

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ พระจอมเกล้าลาดกระบัง

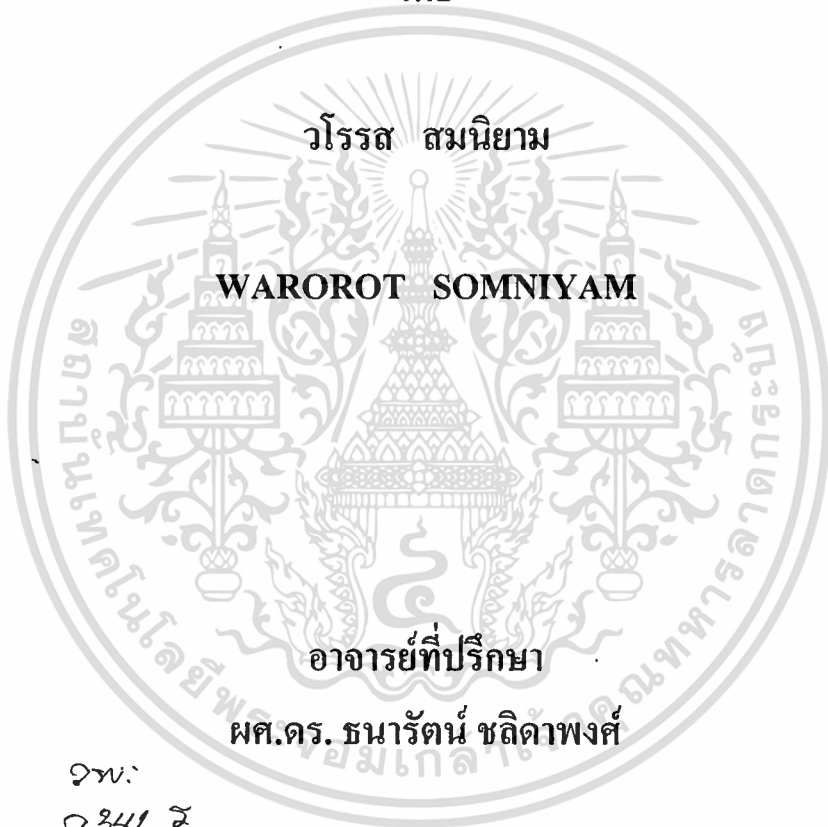
ระบบตรวจจับใบหน้ามนุษย์

FACE DETECTION SYSTEM



H004816

โดย



วโรรส สมนิยาม

WAROROT SOMNIYAM

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. ชนารัตน์ ชลิดาพงศ์

จพ:

๖๓๔๑ ๕

๒๕๕๐

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 04816

วัน,เดือน,ปี..... 8 ต.ค. 2551

b. ๗๗๘๘๙๙x
i.

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการพัฒนาระบบงาน

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FACE DETECTION SYSTEM



**A SYSTEM DEVELOPMENT PROJECT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY
FACULTY OF INFORMATION TECNOLOGY**



COPYRIGHT 2008

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้าหรือการบริการด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	ระบบตรวจจับใบหน้ามนุษย์
นักศึกษา	นายวโรรส สมนิยาม
รหัสประจำตัว	47066229
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	วิทยาการสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2550
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. ธนารัตน์ ชลิดาพงศ์

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์รูปภาพเพื่อตรวจจับและแยกแยะส่วนประกอบของใบหน้ามนุษย์นั้น เป็นเรื่องที่ได้รับ ความสนใจและมีการพัฒนามานานกว่า 10 ปี ทั้งนี้เนื่องจากความสำเร็จของระบบที่ทำการ วิเคราะห์ตรวจจับและแยกส่วนของใบหน้าเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญในการทำระบบจดจำหน้า อัดโนมิติช่วยในการแยกแยะบุคคลหนึ่งออกจากอีกบุคคลหนึ่ง ที่มีลักษณะหรือรูปแบบที่คล้ายคลึง กันได้ และเป็นตัวอย่างที่ดีในการนำไปประยุกต์ใช้งาน เนื่องจากใบหน้านมนุษย์นั้นสามารถเปลี่ยน รูปร่างได้เล็กน้อย คล้ายคลึงกับลักษณะของงานจริงที่จะพบได้ เช่น การจดจำอักษร การตรวจสอบ ความบกพร่องของชิ้นงาน เป็นต้น

โครงการนี้เป็นการนำเสนอวิธีการที่ใช้ในการตรวจจับภาพที่มีส่วนประกอบของใบหน้า มนุษย์เช่น คิ้ว ดวงตา จมูกหรือปาก ซึ่งจะถูวิเคราะห์ด้วยเทคนิควิธีการต่าง ๆ โดยคาดหวังว่าจะ ทราบถึงวิธีการในการตรวจจับใบหน้ามนุษย์จากภาพที่มีความซับซ้อน เพื่อเป็นพื้นฐานในการ ประยุกต์ใช้งานอื่นต่อไป

Title	Face Detection System
Student	Mr. Warorot Somniam
Student ID.	47066229
Degree	Master of Science
Programme	Information Technology
Academic Year	2007
Advisor	Asst. Prof. Dr. Thanarat H. Chalidabhongse

ABSTRACT

Analysis of image for human face detection has been interested and developed for over 10 years. The success of it is the significant step for other process such as face recognition, which face is distinguishes from the others. Human face can be changed a little which is similar to other applications, for instances, character recognition and pattern recognition.

This project presents approach to detect feature of face from images, such as eyebrows, eyes, nose and mouth which are main components to be further analyzed. This will be used for human face detection from a complicated image and also can be applied in other systems.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการพัฒนาระบบงานในหัวข้อเรื่อง ระบบตรวจจับใบหน้ามนุษย์ สำเร็จได้ เนื่องจากการสนับสนุน การให้คำแนะนำปรึกษาในแนวทางต่างๆ ผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณบุคคลต่างๆดังนี้

ขอขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ที่คอยเป็นกำลังใจ รวมถึงเงินทุนสนับสนุนทั้งทางด้านการศึกษาและค่าใช้จ่ายยามจำเป็น

ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. ธนารัตน์ ชลิตาพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ให้คำปรึกษา ให้กำลังใจ และคำแนะนำแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว ที่เป็นประโยชน์ยิ่งจนทำให้โครงการนี้สำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณประยูร ภูเส ผู้อำนวยการฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ บริษัท กลางคุ้มครอง ผู้ประสบภัยจากรถ จำกัด ที่ให้โอกาสในการทำงานและให้เวลาในการศึกษาต่อ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศทุกท่าน ที่ให้การช่วยเหลือในด้านต่างๆ เป็นอย่างดี

และขอขอบคุณ คุณธนิยา จารุโชติกรมล สำหรับกำลังใจและความช่วยเหลือที่มีให้เสมอ และเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจซึ่งกันและกัน แลกเปลี่ยนประสบการณ์ซึ่งกันและกัน จนทำให้การพัฒนาโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

วโรรส สมนิยาม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 แผนการดำเนินการ.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2. ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในการพัฒนาระบบงาน.....	4
2.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของใบหน้ามนุษย์.....	4
2.2 รูปภาพดิจิทัล (Digital Image).....	5
2.3 รูปภาพขาวดำ (Binary Image).....	5
2.4 รูปภาพระดับเทา (Gray level Image).....	6
2.5 รูปภาพสี (Color Image).....	7
2.6 การแปลงรูปภาพสีแบบ RGB ให้เป็นรูปภาพสีแบบอื่น.....	9
2.7 การตัดส่วนด้วยระดับช่วง (Image Segmentation by Threshold).....	9
2.8 การค้นหาก้อนวัตถุที่มีขนาดใหญ่ที่สุดบนรูปภาพขาวดำ.....	11
2.9 การปรับปรุงรูปภาพ (Image Enhancement).....	12
2.10 การปรับปรุงรูปภาพด้วยตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย (Average Filter).....	14
2.11 การปรับปรุงรูปภาพด้วยตัวกรองแบบน้อยสุด (Min Filter).....	15
2.12 เอ็กซ์ทรีมัมชาร์พเพนนิ่ง (Extremum Sharpening).....	16
2.13 มอร์ฟอลอจีในทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Morphology).....	17

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.14 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับเซต.....	18
2.15 ใดเลชัน (Dilation).....	19
2.16 รีเจียนฟิลลิ่ง (Region Filling).....	23
2.17 อินทิกรัลโปรเจคชัน (Integral Projection).....	24
2.18 ฮิสโตแกรม (Histogram).....	26
บทที่ 3. การวิเคราะห์และออกแบบระบบงาน.....	28
3.1 ความต้องการของระบบงานใหม่.....	29
3.2 แบบจำลองเชิงแนวคิดของระบบงานใหม่.....	29
3.3 ขอบเขตของระบบงานใหม่.....	30
3.4 แบบจำลองเชิงกายภาพของระบบงานใหม่.....	31
3.5 การออกแบบโครงสร้างระบบซอฟต์แวร์สำหรับการทดลอง.....	39
3.6 การวัดประสิทธิภาพของระบบตรวจจับใบหน้ามนุษย์.....	41
บทที่ 4. การสร้างและทดสอบระบบ.....	42
4.1 ภาษาและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา.....	42
4.1.1 ทางด้านซอฟต์แวร์.....	42
4.1.2 ทางด้านฮาร์ดแวร์.....	42
4.2 โครงสร้างของระบบซอฟต์แวร์.....	42
4.3 หลักการทำงานของซอฟต์แวร์.....	43
4.4 การจำแนกสีผิว.....	44
4.4.1 ขั้นตอนการปรับปรุงภาพ.....	44
4.4.2 ขั้นตอนการลดรายละเอียดรูปภาพ.....	45
4.4.3 ขั้นตอนแปลงรูปแบบสี.....	45
4.4.4 ขั้นตอนการจำแนกบริเวณสีผิว.....	46
4.4.5 ขั้นตอนการแบ่งภาพเป็นพื้นที่และการจำแนกบริเวณ.....	46
4.4.6 ขั้นตอนการคัดแยกบริเวณ.....	47

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4.7 ขั้นตอนการวิเคราะห์บริเวณ.....	47
4.5 Template matching.....	48
4.5.1 ขั้นตอนการสร้าง Template.....	48
4.5.2 ขั้นตอนเปรียบเทียบบริเวณที่สนใจกับ Template.....	50
4.6 ผลการทดสอบระบบตรวจจับใบหน้ามนุษย์.....	51
บทที่ 5. บทสรุป.....	55
5.1 บทสรุป.....	55
5.2 วิจารณ์ผลการดำเนินงาน.....	55
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ.....	56
บรรณานุกรม.....	64
ภาคผนวก.....	65
ประวัติผู้เขียน.....	67

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

4.1 ผลการทดสอบระบบตรวจจับใบหน้ามนุษย์.....

52



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	กระบวนการในการตรวจจับใบหน้ามนุษย์.....	4
2.2	รูปแบบการเก็บข้อมูลของรูปภาพดิจิทัล.....	5
2.3	รูปภาพขาวดำ.....	6
2.4	การเก็บข้อมูลของรูปภาพขาวดำ.....	6
2.5	การไล่สีตั้งแต่สีดำ สีเทา และสีขาวของรูปภาพระดับเทา.....	6
2.6	การเก็บข้อมูลของรูปภาพระดับเทา.....	7
2.7	โมเดลสีแบบ RGB.....	8
2.8	แผนภาพ โมเดลสีแบบ Hue Saturation Intensity.....	8
2.9	รูปภาพระดับเทาที่ถูกทำการตัดส่วน.....	10
2.10	(ก) รูปภาพขาวดำก่อนทำการค้นหาก้อนวัตถุ (ข) รูปภาพหลังจากทำการติดฉลาก...	11
2.11	(ค) จุดภาพที่เชื่อมต่อกันมากที่สุด (ง) ก้อนวัตถุที่มีขนาดใหญ่ที่สุด.....	11
2.12	การปรับปรุงรูปภาพด้วยตัวกรอง.....	12
2.13	หน้ากากขนาด 3X3 และแสดงการแทนที่ผลรวม.....	13
2.14	(ก) หน้ากากขนาด 3X3 (ข) หน้ากากขนาด 5X5.....	14
2.15	(ก) รูปภาพก่อนผ่านตัวกรองค่าเฉลี่ย (ข) รูปภาพหลังผ่านตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย.....	15
2.16	หน้ากากขนาด 3X3 และแสดงการหาค่าน้อยที่สุดของรูปภาพภายในหน้ากาก.....	15
2.17	หน้ากากขนาด 3X3 และแสดงการแทนที่ค่าน้อยที่สุด.....	16
2.18	(ก) เริ่มต้น (ข) หลังผ่านตัวกรองค่าน้อยสุด (ค) หลังผ่านเอ็กซ์ทรีมมัมชาร์ฟเพนนิ่ง...	17
2.19	หน้ากากขนาด 3X3 และแสดงการแทนที่ด้วยค่า min หรือ max.....	17
2.20	เซตของจุดสีดำเป็นวัตถุ.....	17
2.21	การเพิ่มขนาดของวัตถุ.....	19
2.22	(ก) เซตของจุดติดกัน 4 จุด (ข) เซตของจุดติดกัน 8 จุด.....	20
2.23	กระบวนการทำไคเลชันในรูปภาพขาวดำ.....	21
2.24	กระบวนการทำไคเลชันในรูปภาพระดับเทา.....	22
2.25	ขั้นตอนการทำรีเจียนฟิลลิ่ง.....	23

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.26	การทำอินทรีกรัดโปรเจกชัน.....	24
2.27	ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการทำอินทรีกรัดโปรเจกชันแบบค่าเฉลี่ย.....	26
2.28	ภาพที่ผ่านกระบวนการ Histogram equalization.....	27
3.1	ตำแหน่งต่างๆ ของแต่ละองค์ประกอบ.....	28
3.2	แสดงแบบจำลองเชิงแนวคิดของระบบงาน.....	29
3.3	โครงสร้างในการทำงานของระบบ.....	31
3.4	แสดงกราฟ 3 มิติข้อมูลกลุ่มของตัวอย่างสีผิว.....	33
3.5	ขอบเขต 3 มิติที่ครอบคลุมกลุ่มของตัวอย่างสีผิว.....	34
3.6	Flow Chart แสดงการวิเคราะห์สีผิว.....	35
3.7	Flow Chart แสดงการวิเคราะห์ลักษณะของบริเวณ.....	37
3.8	รูปภาพ Template ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ.....	38
3.9	กระบวนการในการทำ Template matching.....	39
3.10	หน้าจอหลักของระบบซอฟต์แวร์สำหรับการทดลอง.....	40
4.1	ขั้นตอนในการทำงานของซอฟต์แวร์.....	43
4.2	แสดงส่วนของการนำรูปภาพเข้าประมวลผล.....	44
4.3	(ก) รูปภาพนำเข้า (ข) รูปภาพที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงรูปภาพ.....	45
4.4	รูปภาพที่ผ่านกระบวนการลดรายละเอียด.....	45
4.5	รูปภาพสีแบบ RGB ที่แปลงเป็นภาพสีแบบ HSV.....	46
4.6	รูปภาพสีที่ผ่านการจำแนกสีผิว.....	46
4.7	รูปภาพที่ผ่านการตัดแยกบริเวณแล้ว.....	47
4.8	รูปภาพที่ผ่านขั้นตอนวิเคราะห์บริเวณ.....	48
4.9	รูปภาพใบหน้าที่ถูกคัดเลือกเพื่อใช้ในการฝึกสอน.....	49
4.10	แสดงการกำหนดจุดกึ่งกลางของใบหน้า.....	49
4.11	Template ที่จะใช้ในการเปรียบเทียบ.....	50
4.12	Template ทั้งหมดที่จะใช้ในการเปรียบเทียบ.....	51
4.13	แสดงรูปภาพที่ผ่านการแยกแยะใบหน้า.....	51

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.14	แสดงรูปภาพที่แยกแยะใบหน้าผิดพลาดจากความเข้มของแสงที่หลากหลาย.....	53
4.15	แสดงรูปภาพที่แยกแยะใบหน้าผิดพลาดจากใบหน้าที่ปรากฏไม่สมบูรณ์.....	53
4.16	แสดง False Positive ที่เกิดจากความหลากหลายของขนาดพื้นที่.....	54



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ในอดีตถึงปัจจุบัน ระบบรักษาความปลอดภัยในประเทศไทยส่วนใหญ่จะใช้ระบบการ์ด หรือรหัสผ่าน แต่เนื่องจากเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้า การปลอมแปลงการ์ด หรือการขโมยรหัสผ่านนั้นสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็วมากขึ้น ด้วยสาเหตุดังกล่าวนี้ ผู้จัดทำจึงเกิดความคิดว่า ทำอย่างไรจึงจะเพิ่มประสิทธิภาพของระบบรักษาความปลอดภัยให้สูงขึ้น โดยใช้แนวความคิดที่ว่า “มนุษย์แต่ละคนมีเอกลักษณ์ที่บ่งบอกความเป็นตัวตน ที่แตกต่างจากบุคคลอื่นหลายอย่าง เช่น ใบหน้า ลายนิ้วมือ เรตินา ดีเอ็นเอ เป็นต้น” ซึ่งจากแนวความคิดนี้ทำให้โครงการนี้ นำใบหน้ามนุษย์ มาใช้ในการระบุและแยกแยะตัวบุคคลที่มีสิทธิ์ โดยใช้ร่วมกับระบบรักษาความปลอดภัยแบบเดิม เนื่องจากใบหน้ามนุษย์สามารถถ่ายรูปใบหน้าได้ง่าย และปลอมแปลงได้ยาก ซึ่งมีในงานวิจัยหลาย ๆ งาน

ระบบการรู้จำใบหน้ามนุษย์ (Human Face Recognition) จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ การแยกองค์ประกอบของใบหน้า (Face Detection) และการรู้จำใบหน้า (Face Recognition) ซึ่งมีอยู่หลายวิธี เช่น โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ไอเกนเฟซ (Eigenface) เป็นต้น โครงการนี้จะนำเสนอในส่วนแรก คือการแยกองค์ประกอบของใบหน้า (Face Detection) โดยใช้หลักการวิเคราะห์เชิงกายภาพ (Feature based Approach) ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของใบหน้าเช่น คิ้ว ดวงตา จมูก และปาก เพื่อนำเอาผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในการรู้จำใบหน้า (Human Face Recognition) โดยจะวิเคราะห์ตรวจจับใบหน้ามนุษย์ จากลักษณะของสี รูปร่าง และลักษณะเฉพาะตัวต่าง ๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

การศึกษาและพัฒนาโปรแกรมในครั้งนี้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการแยกแยะองค์ประกอบของใบหน้ามนุษย์ โดยมีการรวบรวมรูปภาพที่มีส่วนประกอบของใบหน้ามนุษย์ในลักษณะต่าง ๆ เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพเพื่อช่วยให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้นในการจำแนก ซึ่งมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อตรวจจับและแยกแยะใบหน้าของมนุษย์ซึ่งปรากฏอยู่ในภาพดิจิทัลด้วยหลักการวิเคราะห์เชิงกายภาพ
2. เพื่อทดสอบความถูกต้องในการตรวจจับและแยกแยะใบหน้า ด้วยหลักการวิเคราะห์เชิงกายภาพ
3. เพื่อนำองค์ประกอบของใบหน้า ไปพัฒนาร่วมกับการรู้จำใบหน้ามนุษย์ (Human Face Recognition)

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. พัฒนาโปรแกรมในการตรวจจับใบหน้ามนุษย์จากภาพดิจิทัล

1.3 ขอบเขตของโครงการ

ระบบที่ทำการพัฒนาขึ้นนี้ จะเป็นการพัฒนาระบบขึ้นมาใหม่โดยทำการศึกษาขั้นตอนและกระบวนการในการตรวจจับใบหน้ามนุษย์โดยอาศัยองค์ประกอบทางกายภาพของ ซึ่งมีขอบเขตการศึกษาดังต่อไปนี้

1. สามารถตรวจจับและแยกแยะใบหน้ามนุษย์ โดยการหาตำแหน่งขอบเขตของส่วนที่เป็นสีผิวของมนุษย์ จากรูปภาพดิจิทัลซึ่งประกอบด้วยข้อจำกัดต่าง ๆ ดังนี้
 - ใบหน้ามนุษย์ในรูปภาพต้องเป็นใบหน้าตรง ไม่มีการแต่งหน้า ไม่สวมแว่นตาสีดำ ไม่มีเส้นผมมาปรกหน้า และไม่แสดงสีหน้า เช่น ไมยิ้ม ไม่หลับตา หรืออ้าปาก เป็นต้น
 - ใบหน้าของมนุษย์ภายในภาพต้องเห็นใบหน้าแบบเต็มหน้า ไม่มีวัตถุบดบังส่วนใดส่วนหนึ่งของใบหน้า
 - พื้นหลังของรูปภาพใบหน้าเป็นสีพื้น ไม่มีความสลับซับซ้อนมากเกินไป
 - สามารถมีส่วนผิวของอวัยวะอื่นปรากฏอยู่ภายในรูปภาพได้ เช่น ส่วนผิวของท่อนแขน หรือมือ เป็นต้น
 - แสงที่ใช้ในการถ่ายรูปอยู่ในระดับเพียงพอที่สามารถมองเห็นใบหน้าชัดเจน

1.4 แผนการดำเนินการ

ขั้นตอนในการการพัฒนาระบบจะประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลรูปภาพใบหน้ามนุษย์ในรูปแบบต่าง ๆ
2. ศึกษาวิธีการวิเคราะห์แยกส่วนของภาพที่เป็นสีผิว
3. ศึกษาวิธีการกำหนดขอบเขตส่วนของภาพที่เป็นใบหน้ามนุษย์
4. ศึกษารายละเอียดขององค์ประกอบต่าง ๆ ของใบหน้ามนุษย์ เพื่อใช้ในการแยกแยะ
5. พัฒนาระบบตรวจจับใบหน้ามนุษย์โดยอาศัยคุณลักษณะเด่น
6. ทดสอบการใช้งานและปรับปรุงแก้ไขระบบที่พัฒนาแล้ว
7. สรุปและประเมินผลการทดสอบ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถตรวจจับและแยกแยะใบหน้ามนุษย์จากภาพดิจิทัล เพื่อนำไปใช้ในการรู้จำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (Human Face Recognition) การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทราบถึงความถูกต้องในการตรวจจับและแยกแยะใบหน้ามมนุษย์จากภาพดิจิทัลด้วยหลักการวิเคราะห์เชิงกายภาพ
3. นำไปพัฒนาร่วมกับการรู้จำใบหน้า เพื่อสร้าง โปรแกรมประยุกต์ต่างๆ เช่น ระบบรักษาความปลอดภัย การระบุและตรวจสอบตัวบุคคลด้วยใบหน้าจากเครดิตการ์ด หนังสือเดินทาง หรือบัตรประชาชน เป็นต้น
4. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของกระบวนการการตรวจจับและแยกแยะใบหน้ามมนุษย์จากภาพดิจิทัล ด้วยหลักการวิเคราะห์เชิงกายภาพ
5. เป็นการศึกษาเรียนรู้และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันมาใช้ในการสร้างระบบให้มีประสิทธิภาพ
6. รู้จักวิธีการวางแผนการพัฒนา การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการพัฒนาระบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

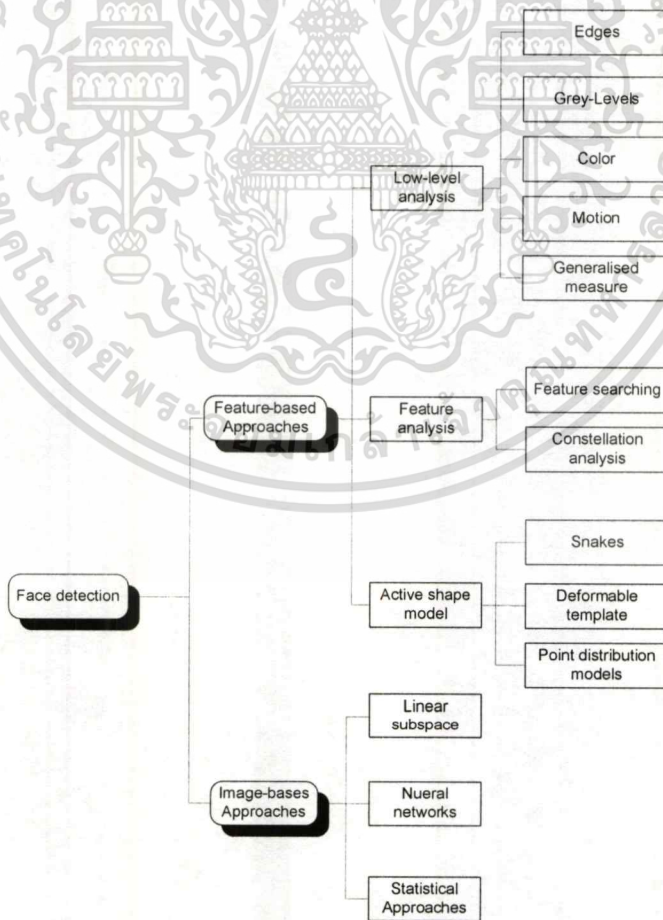
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในการพัฒนาระบบงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการต่างๆ ที่ใช้ในการพัฒนาระบบงาน ซึ่งการพัฒนานั้นจะอยู่บนพื้นฐานของการประมวลผลภาพและ โดยทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ในการพัฒนาระบบงานมีดังต่อไปนี้

2.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของใบหน้ามนุษย์

การตรวจจับใบหน้ามนุษย์เทคนิควิธีในการตรวจจับใบหน้ามนุษย์นั้น ได้ถูกคิดค้นออกมาหลากหลายเทคนิควิธีการ โดยที่สามารถจัดกลุ่มของเทคนิควิธีการออกเป็น กลุ่มหลัก ๆ ได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ Images-Based Approach และ Features-Based Approach ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังแผนภาพ ซึ่งจะแบ่งเป็นกระบวนการย่อยๆ ดังนี้ (Erik Hjelmas and Boon Kee, 2003)

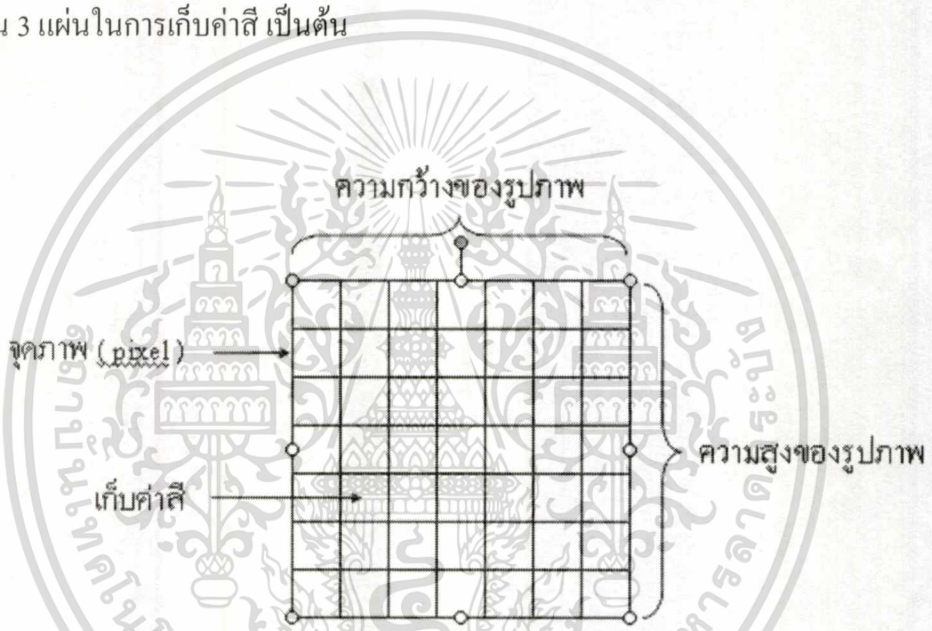


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 2.1 กระบวนการในการตรวจจับใบหน้ามนุษย์นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 รูปภาพดิจิทัล (Digital Image)

รูปภาพดิจิทัล คือรูปภาพที่มีการจัดเก็บข้อมูลในเชิงตัวเลข รูปภาพดิจิทัลมีอยู่หลายชนิด เช่น รูปภาพขาวดำ (Binary Image) รูปภาพระดับเทา (Gray level Image) หรือรูปภาพสี (Color Image) โดยรูปภาพแต่ละชนิด อาจได้มาด้วยวิธีการแตกต่างกัน เช่น อาจถ่ายมาจากกล้องดิจิทัล สแกนจากสแกนเนอร์ หรือได้จากการประมวลผล เป็นต้น

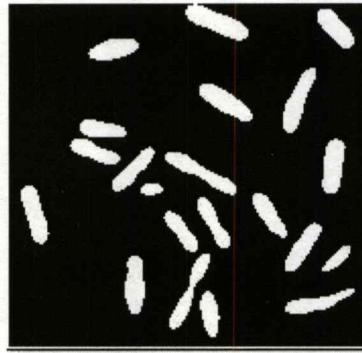
รูปภาพดิจิทัลจะใช้เมตริกซ์ในการเก็บข้อมูล โดยแต่ละช่องของเมตริกซ์นั้นจะเรียกว่า จุดภาพ (Pixel) ดังรูป 2-1 โดยรูปภาพแต่ละชนิดนั้น จะมีรูปแบบการเก็บข้อมูลที่แตกต่างกัน เช่น รูปภาพขาวดำและรูปภาพระดับเทา จะใช้เมตริกซ์ 2 มิติในการเก็บค่าสี ส่วนรูปภาพสีจะใช้เมตริกซ์ 2 มิติจำนวน 3 แผ่นในการเก็บค่าสี เป็นต้น



รูปที่ 2.2 รูปแบบการเก็บข้อมูลของรูปภาพดิจิทัล

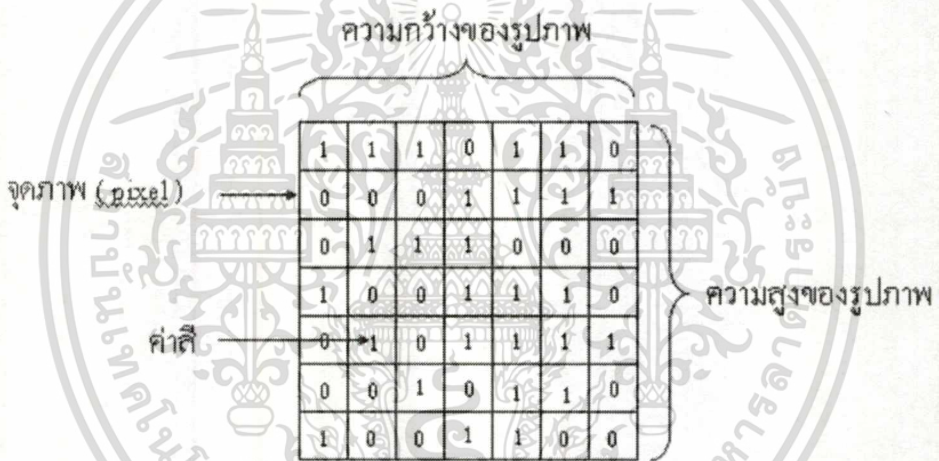
2.3 รูปภาพขาวดำ (Binary Image)

รูปภาพขาวดำ คือ รูปภาพที่ประกอบด้วยสีเฉพาะสีขาวและสีดำ ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วคอมพิวเตอร์สามารถวิเคราะห์ข้อมูลจากรูปภาพขาวดำได้ง่ายกว่ารูปภาพแบบอื่นๆ เนื่องจากรูปภาพขาวดำมีค่าข้อมูลของสีเพียง 2 ค่า ซึ่งแทนด้วยค่า 0,1 หรือ 0,255 โดยที่ 0 แทนสีดำ และ 1 หรือ 255 แทนสีขาว



รูปที่ 2.3 รูปภาพขาวดำ

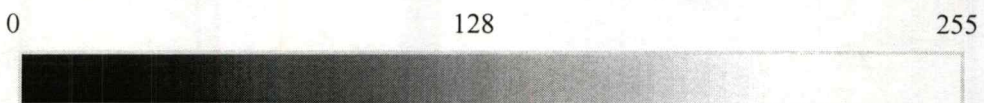
จากที่กล่าวมาข้างต้น รูปภาพขาวดำจะมีข้อมูลเพียง 2 ค่าเท่านั้น โดยรูปแบบการเก็บข้อมูลของรูปภาพขาวดำ จะใช้เมตริกซ์ 2 มิติในการเก็บค่าสี ดังรูป 2.4



รูปที่ 2.4 การเก็บข้อมูลของรูปภาพขาวดำ

2.4 รูปภาพระดับเทา (Gray level Image)

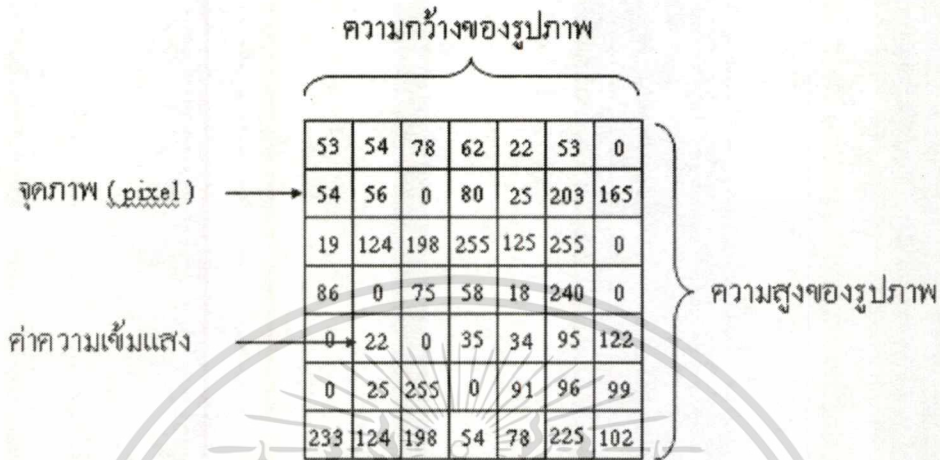
รูปภาพระดับเทา คือรูปภาพที่มีความสามารถแสดงสีได้ถึง 256 สี โดยจะไล่สีได้ตั้งแต่ สีดำ สีเทา และสีขาวตามลำดับ ดังรูป 2.5 โดยสีแต่ละสีจะเกิดจากขนาดแสงที่ตกกระทบบนรูปภาพ เรียกขนาดแสงที่ตกกระทบนี้ว่า ความเข้มแสง (Intensity)



รูปที่ 2.5 การไล่สีตั้งแต่สีดำ สีเทา และสีขาวของรูปภาพระดับเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพระดับเทาจะใช้เมตริกซ์ 2 มิติเก็บข้อมูลเช่นเดียวกับรูปภาพขาวดำ แต่ข้อมูลของรูปภาพระดับเทาจะเป็นค่าความเข้มแสง โดยค่าจะเป็นเลขจำนวนเต็มอยู่ในช่วง 0 ถึง 255 หรืออาจจะกำหนดให้เป็นเลขจำนวนจริงอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ก็ได้ ดังรูป 2.6



รูปที่ 2.6 การเก็บข้อมูลของรูปภาพระดับเทา

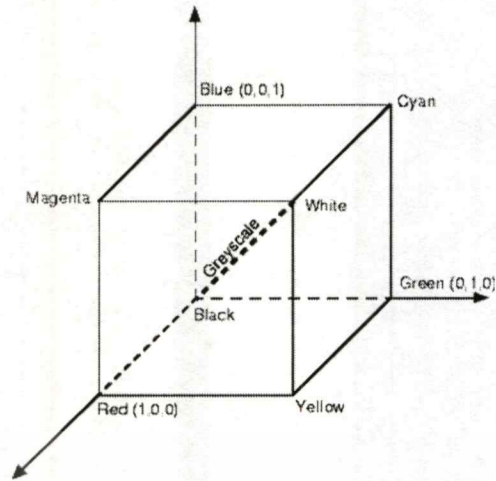
2.5 รูปภาพสี (Color Image)

รูปภาพดิจิทัลมีหลากหลายชนิด เช่นรูปภาพขาวดำ (Binary image), รูปภาพระดับเทา (Gray level image), รูปภาพสี (Color image) โดยรูปภาพแต่ละชนิดนี้จะได้มาด้วยวิธีการต่าง ๆ กัน เช่น จากกล้องดิจิทัล, สแกนเนอร์ หรือจากการประมวลผล

ระบบสีที่ใช้ในการประมวลผลภาพมีหลายรูปแบบ เช่นรูปแบบสี RGB (RGB color model), รูปแบบสี HSI (HSI color model), รูปแบบสี CMY (CMY color model) เป็นต้น ซึ่งแต่ละรูปแบบสีจะเหมาะกับลักษณะงานที่แตกต่างกัน เช่น รูปแบบสี RGB จะใช้สำหรับกล้องดิจิทัลหรือแสดงผลบนจอมอนิเตอร์, รูปแบบสี CMY จะใช้กับเครื่องพิมพ์ (Printer)

2.5.1 รูปแบบ RGB (RGB Color Model)

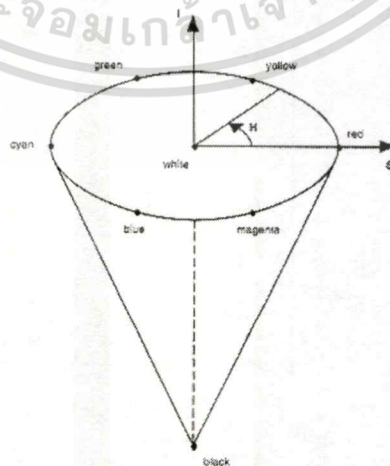
รูปแบบ RGB เป็นรูปแบบที่เกิดจากการผสมกันของแม่สี 3 สี คือสีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) รวมกับค่าความเข้มแสง ดังรูป 2.8 โดยแต่ละแกนจะแทนแม่สีแต่ละสี และมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 (หมายถึงค่าความเข้มแสงของสี) ทำให้สามารถสร้างสีได้มากกว่า 16 ล้านสี นอกจากนี้จะสังเกตเห็นว่า เมื่อค่าความเข้มแสงของแม่สีทั้ง 3 สีมีค่าเท่ากันแล้ว จะสร้างรูปภาพเหมือนกับรูปภาพระดับเทา



รูปที่ 2.7 โมเดลสีแบบ RGB

2.5.2 รูปแบบสีโมเดล Hue-Saturation

ประกอบด้วย HSI (Hue Saturation Intensity), HSV (Hue Saturation Value) และ HSL (Hue Saturation Lightness) ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อตอบสนองความต้องการที่จะระบุคุณสมบัติของจุดสีให้อยู่ในรูปแบบของตัวเลขทางคณิตศาสตร์ที่มีความใกล้เคียงกับค่าสีที่มนุษย์มองเห็น (visible light) ให้มากที่สุดคือความยาวของคลื่นแสงประมาณ 400 ถึง 700 นาโนเมตร ซึ่งโดยพื้นฐานของโมเดลสีชนิดนี้จะอาศัยส่วนประกอบหลัก ๆ 3 ส่วนคือ ความเข้มของสี, ความอิ่มตัวของเฉดสีและโทนสี โดยที่ hue จะเป็นตัวกำหนดค่าความเข้มของสีหลัก (แดง, เขียว, น้ำเงิน) ขณะที่ saturation จะเป็นตัวบ่งบอกถึงความอิ่มตัวและintensity, lightness หรือ value จะเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสว่างของจุดสีนั้น ๆ ซึ่งลักษณะเฉพาะที่เป็นส่วนประกอบของโมเดลสีชนิดนี้ทำให้ได้รับความนิยมอย่างสูงในการนำมาใช้วิจัยด้านงานวิเคราะห์และจำแนกสี



รูปที่ 2.8 แผนภาพโมเดลสีแบบ Hue Saturation Intensity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การแปลงรูปภาพสีแบบ RGB ให้เป็นรูปภาพสีแบบอื่น

2.6.1 แปลงรูปภาพสีแบบ RGB ให้เป็นรูปภาพระดับเทา

การแปลงรูปภาพสีแบบ RGB ให้เป็นรูปภาพระดับเทานั้น สามารถทำได้โดยใช้สมการดังนี้

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B) \quad (2.1)$$

โดยกำหนดให้ตัวแปรแต่ละตัวมีความหมายดังนี้

- I** คือ ค่าความเข้มแสงของจุดภาพหนึ่งๆ ของรูปภาพระดับเทา
- R** คือ ค่าสีของจุดภาพหนึ่งๆ ในเมตริกซ์แผ่นสีแดง ของรูปภาพสีแบบ RGB
- G** คือ ค่าสีของจุดภาพหนึ่งๆ ในเมตริกซ์แผ่นเขียว ของรูปภาพสีแบบ RGB
- B** คือ ค่าสีของจุดภาพหนึ่งๆ ในเมตริกซ์แผ่นสีน้ำเงิน ของรูปภาพสีแบบ RGB

2.6.2 แปลงรูปภาพสีแบบ RGB ให้เป็นรูปภาพสีแบบ HSI

การแปลงภาพสีแบบ RGB ให้เป็นรูปภาพสีแบบ HSI สามารถทำได้โดยใช้ สมการดังนี้

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

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

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

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B) \quad (2.2)$$

โดยกำหนดให้ตัวแปรแต่ละตัวมีความหมายดังนี้

- H** คือ ค่า Hue ของจุดภาพหนึ่งๆ ของรูปภาพสีแบบ HSI
- S** คือ ค่า Saturation ของจุดภาพหนึ่งๆ ของรูปภาพสีแบบ HSI
- I** คือ ค่า Intensity ของจุดภาพหนึ่งๆ ของรูปภาพสีแบบ HSI
- R** คือ ค่าสีของจุดภาพหนึ่งๆ ในเมตริกซ์แผ่นสีแดง ของรูปภาพสีแบบ RGB
- G** คือ ค่าสีของจุดภาพหนึ่งๆ ในเมตริกซ์แผ่นเขียว ของรูปภาพสีแบบ RGB
- B** คือ ค่าสีของจุดภาพหนึ่งๆ ในเมตริกซ์แผ่นสีน้ำเงิน ของรูปภาพสีแบบ RGB

2.7 การตัดส่วนด้วยระดับช่วง (Image Segmentation by Threshold)

การตัดส่วนวัตถุที่ต้องการออกจากสิ่งแวดล้อมหรือพื้นหลัง สามารถทำได้โดยกำหนดช่วงระดับความเข้มแสงของวัตถุที่ต้องการตัดออกจากสิ่งแวดล้อมก่อน จากนั้นใช้ สมการ (2.3) ในการ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัดวัตถุ หลังจากตัดวัตถุที่ต้องการออกจากสิ่งแวดล้อมแล้ว ผลลัพธ์จะได้รูปภาพขาวดำ โดยวัตถุที่ต้องการจะกลายเป็นสีขาวหรือดำนั้น จะขึ้นอยู่กับความเข้มแสง ณ จุดนั้นๆ ว่ามีค่าความเข้มแสงมากหรือน้อยกว่าระดับที่กำหนดไว้

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) > T \\ 0 & \text{if } f(x, y) \leq T \end{cases} \quad (2.3)$$

โดยกำหนดให้ตัวแปรแต่ละตัวมีความหมายดังนี้

$g(x, y)$ คือ รูปภาพขาวดำ

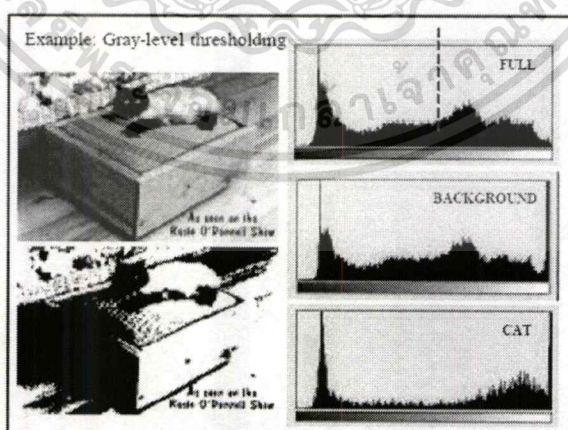
$f(x, y)$ คือ รูปภาพระดับเทา

T คือ ระดับช่วงความเข้มแสง

x คือ ตำแหน่งแถว

y คือ ตำแหน่งคอลัมน์

จากสมการ (2.3) หมายความว่า ถ้าค่าความเข้มแสงที่จุดใดๆ ในรูปภาพระดับเทามีค่ามากกว่าระดับความเข้มแสงที่กำหนดแล้ว รูปภาพ ณ จุดนั้นๆ จะมีค่าเป็น 1 ซึ่งก็คือ สีขาวในรูปภาพขาวดำ และถ้าค่าความเข้มแสงที่จุดใดๆ ในรูปภาพระดับเทามีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับระดับความเข้มแสงแล้ว รูปภาพ ณ จุดนั้นๆ จะมีค่าเป็น 0 ซึ่งก็คือ สีดำในรูปภาพขาวดำ ดังรูป 2.10 โดยจะเรียกช่วงระดับความเข้มแสงนี้ว่า “ค่า (Threshold)”



รูปที่ 2.9 รูปภาพระดับเทาที่ถูกทำการตัดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การค้นหาก้อนวัตถุที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในรูปภาพขาวดำ

การค้นหาก้อนวัตถุที่มีขนาดใหญ่ที่สุด คือการค้นหาจุดภาพ (Pixel) ที่เชื่อมต่อกันมากที่สุด (Maximum Connected Components) โดยจะเริ่มจากการนำรูปภาพขาวดำ (รูปที่ 2.10(ก)) มาทำการติดฉลาก (Label) ดังรูป 2.10 (ข) เมื่อทำการติดฉลากเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ทำค้นหาว่า ฉลากเบอร์ใดมีจำนวนมากที่สุดในรูปภาพ (รูปที่ 2.10(ค)) สุดท้ายให้ทำการเปลี่ยนตำแหน่งที่ตรงตามฉลากเบอร์ที่มีจำนวนมากที่สุดทั้งหมด ให้มีค่า 0 หรือ 1 ตามที่ต้องการ เช่น ถ้าเราพิจารณาสีขาว หรือค่า 1 เป็นวัตถุ ก็กำหนดให้มีค่าเป็น 1 แต่ถ้าเราพิจารณาสีดำ หรือค่า 0 เป็นวัตถุ ก็กำหนดให้มีค่าเป็น 0 ส่วนจุดภาพที่ไม่ใช่ก้อนวัตถุให้มีค่าต่างจากก้อนวัตถุ (ไม่มีค่าเป็น 1 ก็มีค่าเป็น 0) ดังรูป 2.10 (ง)

1	1	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	1	0	1	0
0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0

1	1	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	3	0
0	2	0	2	0	3	0
0	0	2	2	0	0	0
0	0	0	2	0	0	0

(ก)
(ข)

รูปที่ 2.10 (ก) รูปภาพขาวดำก่อนทำการค้นหาก้อนวัตถุ (ข) รูปภาพหลังจากทำการติดฉลาก

Maximum	1	1	1	0	1	1	0
Connected	1	1	1	1	1	0	0
Component	0	1	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0
	0	1	0	1	0	1	0
	0	0	1	1	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0

1	1	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

(ค)
(ง)

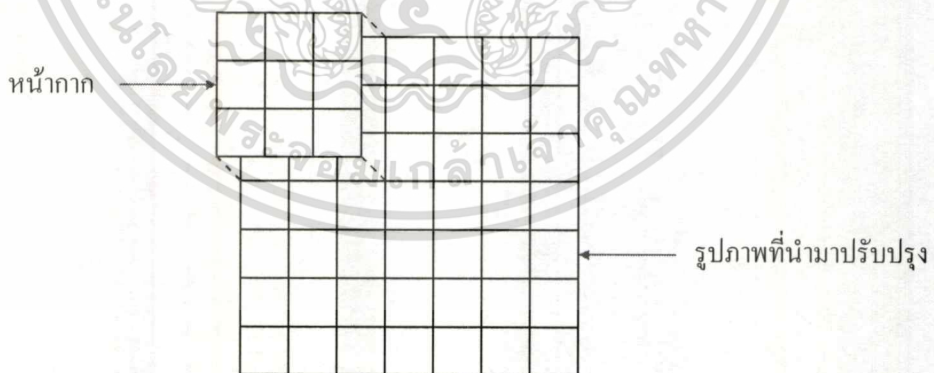
รูปที่ 2.11 (ค) จุดภาพที่เชื่อมต่อกันมากที่สุด (ง) ก้อนวัตถุที่มีขนาดใหญ่ที่สุด

2.9 การปรับปรุงรูปภาพ (Image Enhancement)

การปรับปรุงรูปภาพ เป็นขบวนการปรับปรุง หรือเน้นคุณภาพของข้อมูลที่เราต้องการให้มีความเด่นชัดขึ้น การปรับปรุงรูปภาพมีอยู่หลากหลายชนิด ซึ่งจะเลือกการปรับปรุงรูปภาพด้วยวิธีใดขึ้นอยู่กับความต้องการและความเหมาะสม เช่น ถ้าเราต้องการวิเคราะห์หาตำแหน่งที่มีตำหนิบนรูปภาพ เราก็ต้องทำการหา วิธีการปรับปรุงรูปภาพแบบที่จะทำให้รูปภาพมีความคมชัดสูงขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์หาตำแหน่งที่ต้องการ หรือถ้าเราต้องการให้รูปภาพมีสีเส้นผมที่เข้มมากขึ้น เราก็ต้องหาวิธีการปรับปรุงรูปภาพที่จะทำให้บริเวณเส้นผมมีความเข้มมากขึ้น เป็นต้น

การปรับปรุงรูปภาพสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ การปรับปรุงรูปภาพเชิงพื้นที่ (Spatial Domain) และการปรับปรุงรูปภาพเชิงความถี่ (Frequency Domain) ซึ่งการปรับปรุงรูปภาพเชิงพื้นที่จะยึดหลักปรับปรุงรูปภาพโดยตรง คือจะนำรูปภาพมาทำการปรับปรุงเลย โดยไม่ผ่านกระบวนการใดๆ ทั้งสิ้น ส่วนการปรับปรุงรูปภาพเชิงความถี่จะยึดหลักการปรับปรุงรูปภาพที่ผ่านการแปลงฟูเรียร์แล้ว แต่ในที่นี้จะขอกกล่าวถึงเฉพาะการปรับปรุงรูปภาพระดับเทาเชิงพื้นที่ ด้วยตัวกรอง (Filter) เท่านั้น

การปรับปรุงรูปภาพระดับเทาเชิงพื้นที่ด้วยตัวกรอง เป็นการปรับปรุงรูปภาพโดยจะทำการปรับปรุงรูปภาพทีละส่วน แต่ละส่วนของรูปภาพสามารถแบ่งได้โดยใช้หน้ากาก (Mask) ซึ่งกระบวนการปรับปรุงรูปภาพ จะเริ่มจากการเลื่อนหน้ากากไปที่จุดบนรูปภาพที่ต้องการปรับปรุง พร้อมกับทำการปรับปรุงรูปภาพภายในหน้ากากนั้น ดังรูป



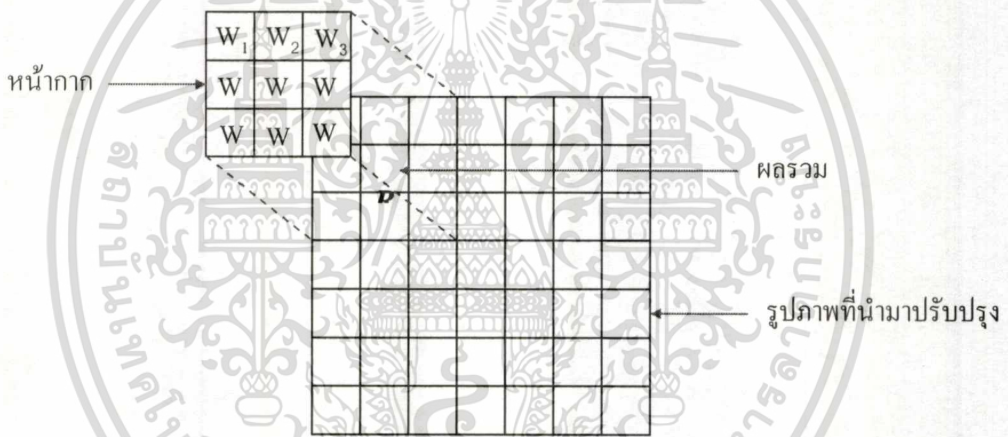
รูปที่ 2.12 การปรับปรุงรูปภาพด้วยตัวกรอง

โดยตัวกรองดังกล่าวสามารถแบ่งกลุ่มได้เป็น 2 ประเภท คือ ตัวกรองแบบเชิงเส้น (Linear Filter) และตัวกรองแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear Filter) ตัวอย่างตัวกรองแบบเชิงเส้น เช่น ตัวกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบค่าเฉลี่ย (Average Filter) ส่วนตัวกรองแบบไม่เชิงเส้น เช่น ตัวกรองแบบค่าน้อยสุด (Minimum Filter) เป็นต้น

ขั้นตอนการปรับปรุงรูปภาพเชิงพื้นที่ด้วยกรองแบบเชิงเส้นนั้น สามารถทำได้โดยเลื่อนหน้ากากไปที่ละจุดบนรูปภาพที่ต้องการปรับปรุง พร้อมกับคำนวณหาผลรวมของแต่ละผลคูณระหว่างค่าข้อมูลภายในหน้ากาก กับค่าข้อมูลของรูปภาพภายในหน้ากาก แล้วนำค่าผลลัพธ์ไปแทนที่จุดศูนย์กลางของรูปภาพภายในหน้ากาก ตัวอย่างเช่น เลื่อนหน้ากากขนาด 3X3 บนรูปภาพที่ต้องการปรับปรุง โดยกำหนดให้ข้อมูลภายในหน้ากากเป็นค่า w_i ดังรูป 2.12 แล้วคำนวณหาผลรวมของแต่ละผลคูณระหว่างค่าข้อมูลภายในหน้ากาก กับค่าข้อมูลของรูปภาพภายในหน้ากาก ด้วยสมการ (2.4) เมื่อคำนวณหาผลรวมได้แล้ว ให้นำผลรวมที่ได้ไปแทนที่จุดศูนย์กลางของรูปภาพภายในหน้ากาก ดังรูป 2.13



รูปที่ 2.13 หน้ากากขนาด 3x3 และแสดงการแทนที่ผลรวม

$$\begin{aligned}
 R &= w_1z_1 + w_2z_2 + \dots + w_9z_9 \\
 &= \sum_{i=1}^9 w_i z_i
 \end{aligned}
 \tag{2.4}$$

โดยกำหนดให้ตัวแปรแต่ละตัวมีความหมายดังนี้

w_i คือ ค่าข้อมูลภายในหน้ากาก

z_i คือ ค่าความเข้มแสงของรูปภาพภายในหน้ากาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนขั้นตอนการปรับปรุงรูปภาพเชิงพื้นที่ด้วยตัวกรองแบบไม่เชิงเส้นนั้น สามารถทำได้โดยเลื่อนหน้ากากไปที่ละจุดบนรูปภาพที่ต้องการปรับปรุง พร้อมกับนำข้อมูลของรูปภาพภายในหน้ากากมาวิเคราะห์ตามวิธีการปรับปรุงรูปภาพ เช่น ถ้าต้องการปรับปรุงรูปภาพด้วยตัวกรองแบบค่ามัธยฐาน ก็จะนำข้อมูลรูปภาพภายในหน้ากากมาหาค่ามัธยฐาน (Median) หรือถ้าต้องการปรับปรุงรูปภาพด้วยตัวกรองแบบค่าน้อยสุด ก็ต้องนำรูปภาพภายในหน้ากากมาหาค่าน้อยสุด (Minimum) เป็นต้น สุดท้ายจะนำค่าผลลัพธ์ที่ได้ไปแทนที่จุดศูนย์กลางของรูปภาพภายในหน้ากากเสมอ

2.10 การปรับปรุงรูปภาพด้วยตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย (Average Filter)

บางครั้งรูปภาพดิจิทัลที่ได้มาจากกล้องดิจิทัล หรือสแกนเนอร์ อาจทำให้เกิดสัญญาณรบกวน (Noise) บนรูปภาพได้ การเกิดสัญญาณรบกวนนี้อาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น อาจเกิดจากตัววัตถุที่ปรากฏอยู่บนรูปภาพเอง หรืออาจเกิดจากคุณภาพของกล้องหรือสแกนเนอร์ เป็นต้น การเกิดสัญญาณรบกวนบนรูปภาพ บางครั้งอาจส่งผลกระทบต่อทำให้การวิเคราะห์รูปภาพ เกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นก่อนที่จะนำรูปภาพดิจิทัลมาวิเคราะห์หรือประมวลผล ถ้ารูปภาพดังกล่าวมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้น ควรทำการปรับปรุงรูปภาพนั้นก่อน เพื่อเป็นการลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นบนรูปภาพให้น้อยลง

การปรับปรุงรูปภาพด้วยตัวกรองแบบค่าเฉลี่ยนั้น เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นบนรูปภาพได้ ซึ่งตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย จะเป็นตัวกรองแบบเชิงเส้น คือจะคำนวณหาผลรวมของแต่ละผลคูณระหว่างค่าข้อมูลภายในหน้ากาก กับค่าข้อมูลของรูปภาพภายในหน้ากาก แล้วนำค่าผลลัพธ์ไปแทนที่จุดศูนย์กลางของรูปภาพภายในหน้ากาก โดยจะกำหนดค่าข้อมูลภายในหน้ากากมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของขนาดหน้ากากที่ใช้ เช่น ถ้าใช้หน้ากากขนาด 3×3 จะกำหนดค่าข้อมูลภายในหน้ากากทั้งหมดเป็น $1/9$ และถ้าใช้หน้ากากขนาด 5×5 จะกำหนดค่าข้อมูลภายในทั้งหมดเป็น $1/25$ ดังรูป 2.14 (ก) และ (ข)

$$\frac{1}{9} \times \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

(ก)

$$\frac{1}{25} \times \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

(ข)

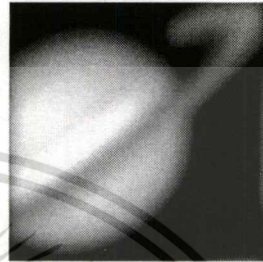
รูปที่ 2.14 (ก) หน้ากากขนาด 3×3 (ข) หน้ากากขนาด 5×5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการกำหนดหน้าฉากเสร็จแล้ว จะทำการคำนวณหาผลรวมของแต่ละผลคูณระหว่างค่าข้อมูลภายในหน้าฉาก กับค่าข้อมูลของรูปภาพภายในหน้าฉาก แล้วนำค่าผลลัพธ์ไปแทนที่จุดศูนย์กลางของรูปภาพภายในหน้าฉาก (รูปที่ 2.14) รูปภาพที่ถูกนำมาปรับปรุงด้วยตัวกรองแบบค่าเฉลี่ยนั้น จะมีลักษณะเบลอ รวมทั้งลดสัญญาณรบกวนที่เป็นจุดให้หมดไปด้วย ดังรูปที่ 2.15 (ข)



(ก)

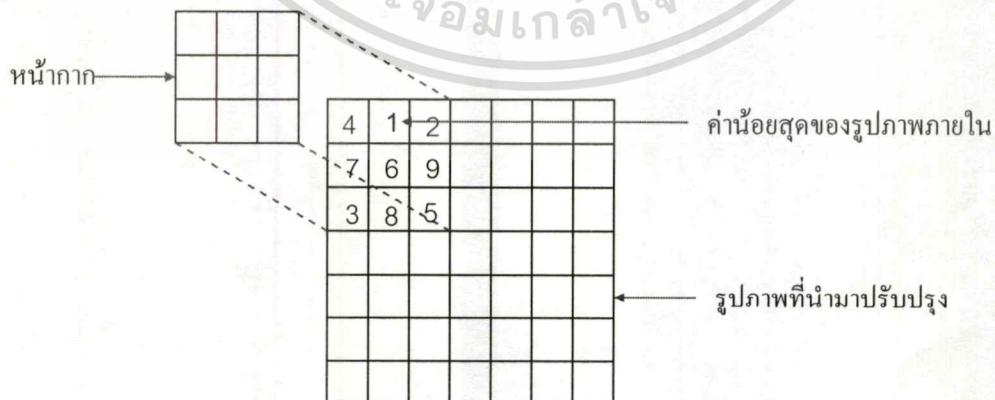


(ข)

รูปที่ 2.15 (ก) รูปภาพก่อนผ่านตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย (ข) รูปภาพหลังผ่านตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย

2.11 การปรับปรุงรูปภาพด้วยตัวกรองแบบน้อยสุด (Min Filter)

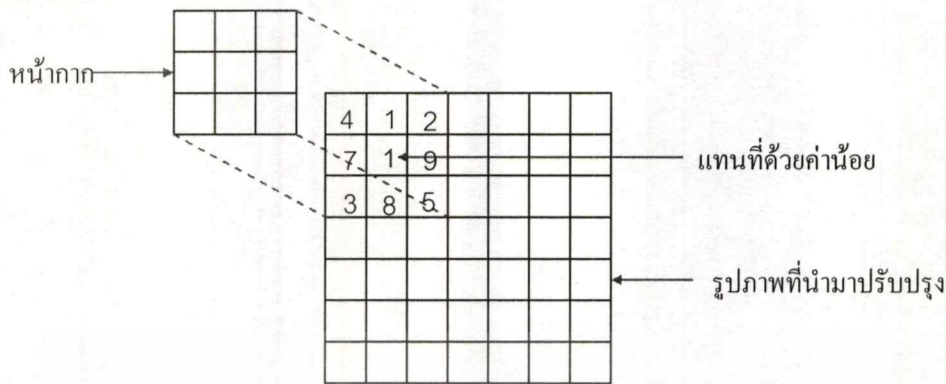
ตัวกรองแบบค่าน้อยสุดจะเป็นตัวกรองแบบไม่เชิงเส้น ก็จะนำข้อมูลของรูปภาพภายในหน้าฉากมาวิเคราะห์หาค่าน้อยที่สุด การปรับปรุงรูปภาพด้วยวิธีนี้จะช่วยเน้นส่วนที่มีมืดหรือส่วนที่มีความเข้มแสงต่ำให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยจะทำการเลื่อนหน้าฉากไปที่ละจุดบนรูปภาพ พร้อมกับคำนวณหาค่าน้อยสุดของรูปภาพที่อยู่ภายในหน้าฉากไปใส่แทนที่จุดศูนย์กลางของรูปภาพภายในหน้าฉาก ดังรูป 2.16 และ รูป 2.17



รูปที่ 2.16 หน้าฉากขนาด 3X3 และแสดงการหาค่าน้อยที่สุดของรูปภาพภายในหน้าฉาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 หน้ากากขนาด 3X3 และแสดงการแทนที่ค่าน้อยที่สุด

เมื่อทำการปรับปรุงรูปภาพเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะสังเกตเห็นว่ารูปภาพที่ได้หลังจากผ่านตัวกรองแบบน้อยสุด จะมีความเข้มมากขึ้น หรือบริเวณส่วนของเส้นผม คิ้ว ดวงตา และปาก จะมีความเข้มมากกว่ารูปภาพก่อนผ่านตัวกรองแบบค่าน้อยสุด ดังรูปที่ 2.19 (ก) และ (ข)



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2.18 (ก) เริ่มต้น (ข) หลังผ่านตัวกรองค่าน้อยสุด (ค) หลังผ่านเอ็กซ์ตรีมัมชาร์พเพนนิ่ง

2.12 เอ็กซ์ตรีมัมชาร์พเพนนิ่ง (Extremum Sharpening)

เอ็กซ์ตรีมัมชาร์พเพนนิ่งเป็นกระบวนการปรับปรุงรูปภาพโดยเพิ่มความคมชัดของรูปภาพ โดยเลื่อนหน้ากากไปที่ละจุดบนรูปภาพ เช่นเดียวกับการปรับปรุงรูปภาพด้วยตัวกรอง แต่จะแตกต่างกันตรงการคำนวณ โดยกระบวนการเอ็กซ์ตรีมัมชาร์พเพนนิ่งจะคำนวณตามสมการ (2.5)

$$g(x,y) = \begin{cases} \min & \text{if } f(x,y) - \min < \max - f(x,y) \\ \max & \text{Otherwise} \end{cases}$$

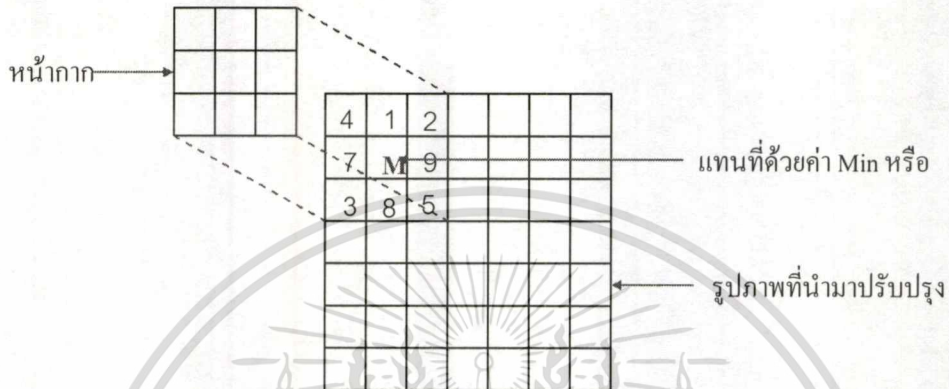
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ (2:5) ราคาไม่ต่ำกว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยกำหนดให้ตัวแปรแต่ละตัวมีความหมายดังนี้

min หมายถึง ค่าความเข้มแสงต่ำสุดภายในหน้ากากของรูปภาพ $f(x,y)$

max หมายถึง ค่าความเข้มแสงสูงสุดภายในหน้ากากของรูปภาพ $f(x,y)$

เมื่อทำการคำนวณหาผลลัพธ์เสร็จแล้ว (อาจเป็นค่า Min หรือ max ในสมการ)ให้นำผลลัพธ์ดังกล่าวไปใส่แทนที่จุดศูนย์กลางของรูปภาพภายในหน้ากาก ดังรูป 2.19

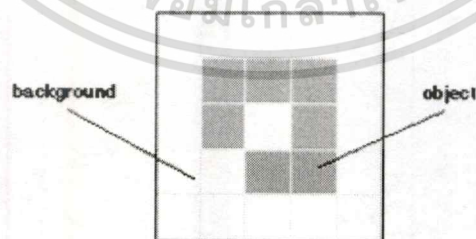


รูปที่ 2.19 หน้ากากขนาด 3x3 และแสดงการแทนที่ด้วยค่า min หรือ max

จะเห็นได้ว่า รูปภาพที่ผ่านการทำเอ็กซ์ทรีมมาร์ทเฟนนิ่ง จะมีความคมชัดมากขึ้น สังเกตได้จากบริเวณขอบต่างๆ เช่น ขอบบริเวณดวงตา จมูก หรือปาก มีความเด่นชัดมากขึ้น ดังรูป 2.18 (ค)

2.13 มอร์ฟอลอจีในทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Morphology)

มอร์ฟอลอจีในทางคณิตศาสตร์จะหมายถึงทฤษฎีเซต เช่น รูปภาพขาวดำ (รูปที่ 2.20) ถ้ามองให้อยู่ในรูปแบบของทฤษฎีเซต ก็จะมองจุดสีดำหรือจุดที่มีค่าเท่ากับ 0 เป็นเซตๆหนึ่ง เป็นต้น



รูปที่ 2.20 เซตของจุดสีดำเป็นวัตถุ

จากรูป 2.20 กำหนดให้กลุ่มจุดสีดำเป็น เซต A โดยจะมองว่า เซต A เป็นวัตถุ (Object) ก็ต่อเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจะมองว่าเซตใดเป็นพื้นหลังของเซต A ก็ต่อเมื่อ

$$A^c = \{\alpha \mid \alpha \notin A\}$$

2.14 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับเซต

ให้ A เป็นเซตของจำนวนเต็ม 2 มิติ (2-D Integer Space) ถ้า $a = (a_1, a_2)$ เป็นสมาชิกของ A แล้ว สามารถเขียนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้

$$a \in A$$

และถ้า a ไม่เป็นสมาชิกของ A สามารถเขียนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้

$$a \notin A$$

ในกรณีที่ไม่มีสมาชิกอยู่ในเซตจะเรียกเซตนั้นว่า “เซตว่าง” และแทนด้วยสัญลักษณ์ \emptyset เซตสามารถแสดงในรูปของ $\{ \}$ โดยสมาชิกของเซตที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ คือพิกัดของจุดในรูปภาพ ซึ่งใช้แทนวัตถุหรือส่วนที่สนใจในรูปภาพ เช่น เซต $C = \{w \mid w = -d, \text{ สำหรับ } d \in D\}$ จะหมายถึง เซต C คือเซตสมาชิกของ w โดยที่ w เป็นค่าพิกัดของจุดในเซต D คูณด้วย -1

ถ้าสมาชิกทุกตัวของเซต A เป็นสมาชิกของเซต B แล้ว จะเรียก A ว่าเป็นซับเซตของ B และแทนด้วยสัญลักษณ์

$$A \subseteq B$$

การยูเนียน (Union) ของเซต A และ B หมายความว่าเซต C ประกอบด้วยสมาชิกของเซต A หรือสมาชิกของเซต B เซตใดเซตหนึ่งหรือทั้งสองเซตก็ได้ สามารถเขียนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้

$$C = A \cup B$$

การอินเตอร์เซกชัน (Intersection) ของเซต A และ B หมายความว่าเซต C ประกอบด้วยสมาชิกที่เป็นสมาชิกของทั้งเซต A และ B สามารถเขียนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้

$$C = A \cap B$$

เซต A และ B ทั้งสองเซตนี้จะเรียกว่า *Mutually Exclusive* หรือ *disjoint* เมื่อทั้งสองเซตไม่มีสมาชิกร่วมกัน สามารถเขียนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้

$$A \cap B = \emptyset$$

คอมพลีเมนต์ (Complement) ของเซต A คือเซตของสมาชิกที่ไม่ได้อยู่ในเซต A สามารถเขียนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้

$$A^c = \{w \mid w \notin A\}$$

ผลต่างระหว่างสองเซต A และ B คือ สมาชิกของเซต A ที่ไม่อยู่ในเซต B สามารถเขียนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้

$$A - B$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนิยามต่างๆ ที่กล่าวไปแล้วนั้น มอร์ฟอลอจียังเพิ่มนิยามอีก 2 อย่าง คือ การเลื่อนที่ (Translation) และ การสะท้อน (Reflection) โดยการเลื่อนที่ของเซต A ด้วยจุด $z = (z_1, z_2)$ สามารถเขียนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้

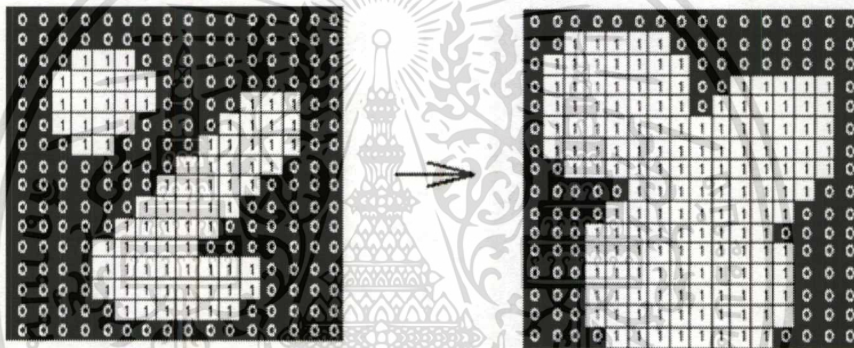
$$(A)_z = \{c \mid c = a+z, \text{ for } a \in A\}$$

การสะท้อนของเซต B สามารถเขียนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้

$$\hat{B} = \{w \mid w = -b, \text{ for } b \in B\}$$

2.15 ไคเลชัน (Dilation)

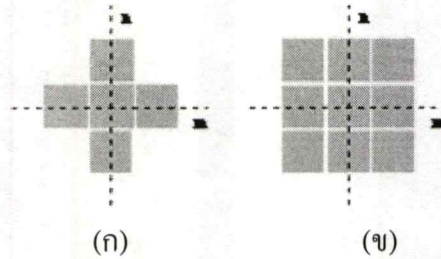
ไคเลชัน คือกระบวนการขยาย หรือเพิ่มขนาดของวัตถุ



รูปที่ 2.21 การเพิ่มขนาดของวัตถุ

โดยกระบวนการดังกล่าวจะคล้ายกับการปรับปรุงรูปภาพ คือจะทำการเลื่อนหน้ากากไปที่ละจุด แล้วทำการวิเคราะห์ แต่กระบวนการไคเลชันจะไม่เรียกแผ่นที่ทำการเลื่อนว่า หน้ากาก หรือ Mask แต่จะเรียกว่า Structuring Element แทน

Structuring Element จริงๆ มีหลากหลายรูปแบบ แต่มีอยู่ 2 ชนิดที่เป็นพื้นฐาน คือ Structuring Element ที่เป็นเซตของจุดที่ติดกัน 4 จุด (4-connected set) และ Structuring Element ที่เป็นเซตของจุดที่ติดกัน 8 จุด (8-connected set) ดังรูป 2.22 (ก) และ (ข) ตามลำดับ



รูปที่ 2.22 (ก) เซตของจุดติดกัน 4 จุด (ข) เซตของจุดติดกัน 8 จุด

2.15.1 การทำไคเลชันกับรูปภาพขาวดำ

ขั้นตอนการทำไคเลชันในรูปภาพขาวดำ คือ จะกำหนดเซต A และ B คือ เซตของจุด ในรูปภาพขาวดำที่ต้องการทำไคเลชัน และเซตของจุดใน Structuring Element ตามลำดับ การทำไคเลชันของ A โดย B สามารถแทนได้ด้วยสัญลักษณ์ $A \oplus B$ และกำหนดนิยามดังนี้

$$A \oplus B = \left\{ z \mid \left(\hat{B} \right)_z \cap A \neq \emptyset \right\} \quad (2.6)$$

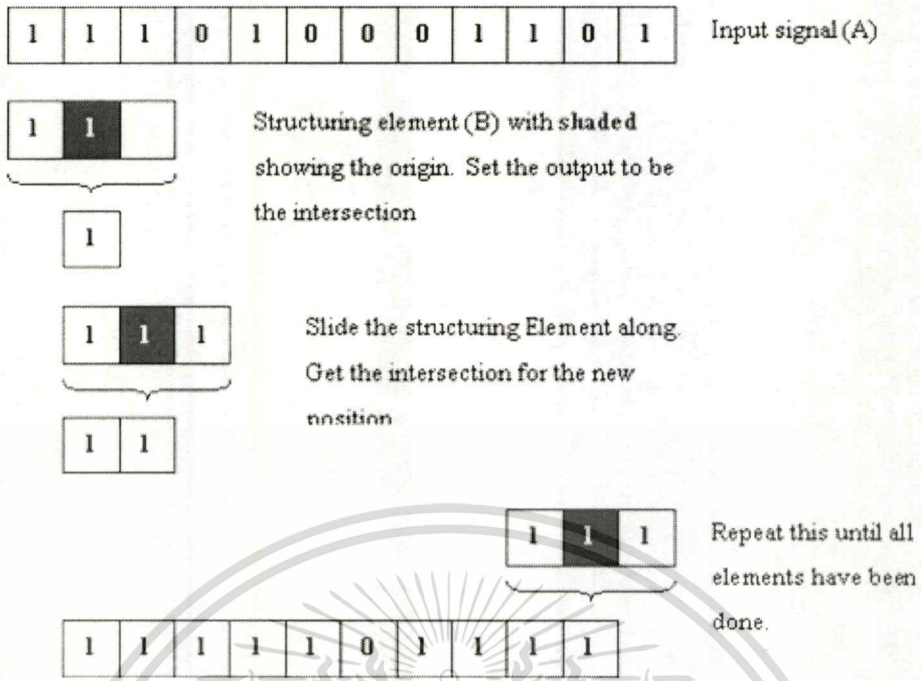
โดยที่

A คือ รูปภาพที่ต้องการทำไคเลชัน

B คือ structuring element ดังรูป 2-21

Z คือ เซตของจุดบนรูปภาพ

จากนิยามหมายความว่า ให้ทำการสะท้อนหน้าฉากและเลื่อนไปที่ละจุดบนรูปภาพ (คือการเลื่อนที่ด้วยค่า z) เมื่อเลื่อนหน้าฉากผ่านจุดใดให้ทำอินเตอร์เซกชันของรูปภาพกับข้อมูลของหน้าฉากว่าเท่ากับเซตว่างหรือไม่ ถ้าไม่เท่ากับเซตว่างจะกำหนดให้จุดกึ่งกลางของรูปภาพภายในหน้าฉากให้เป็น 1 ถ้าเท่ากับเซตว่างจะกำหนดให้จุดกึ่งกลางของรูปภาพภายในหน้าฉากให้เป็น 0 ซึ่งจะให้ผลดังรูปที่ 2.23 (สำหรับตัวอย่างนี้จุดที่มีค่า 1 คือวัตถุ)



รูปที่ 2.23 กระบวนการทำไคเลชันในรูปภาพขาวดำ

จะสังเกตเห็นว่าข้อมูลของรูปภาพหลังการทำไคเลชันจะมีจุดที่มีค่า 1 (วัตถุ) มากขึ้นกว่าเดิม แสดงว่าการทำไคเลชันเหมือนการขยายวัตถุออกนั่นเอง

2.15.2 การทำไคเลชันกับรูปภาพระดับเทา

การทำไคเลชันในรูปภาพระดับเทา สามารถแทนได้ด้วยสัญลักษณ์ $A \oplus B$ และกำหนดนิยามดังนี้

$$A \oplus B = \max_{(i,j) \in S} (A_{x+i,y+j}) \tag{2.7}$$

โดยที่

A คือ รูปภาพที่ต้องการทำไคเลชัน

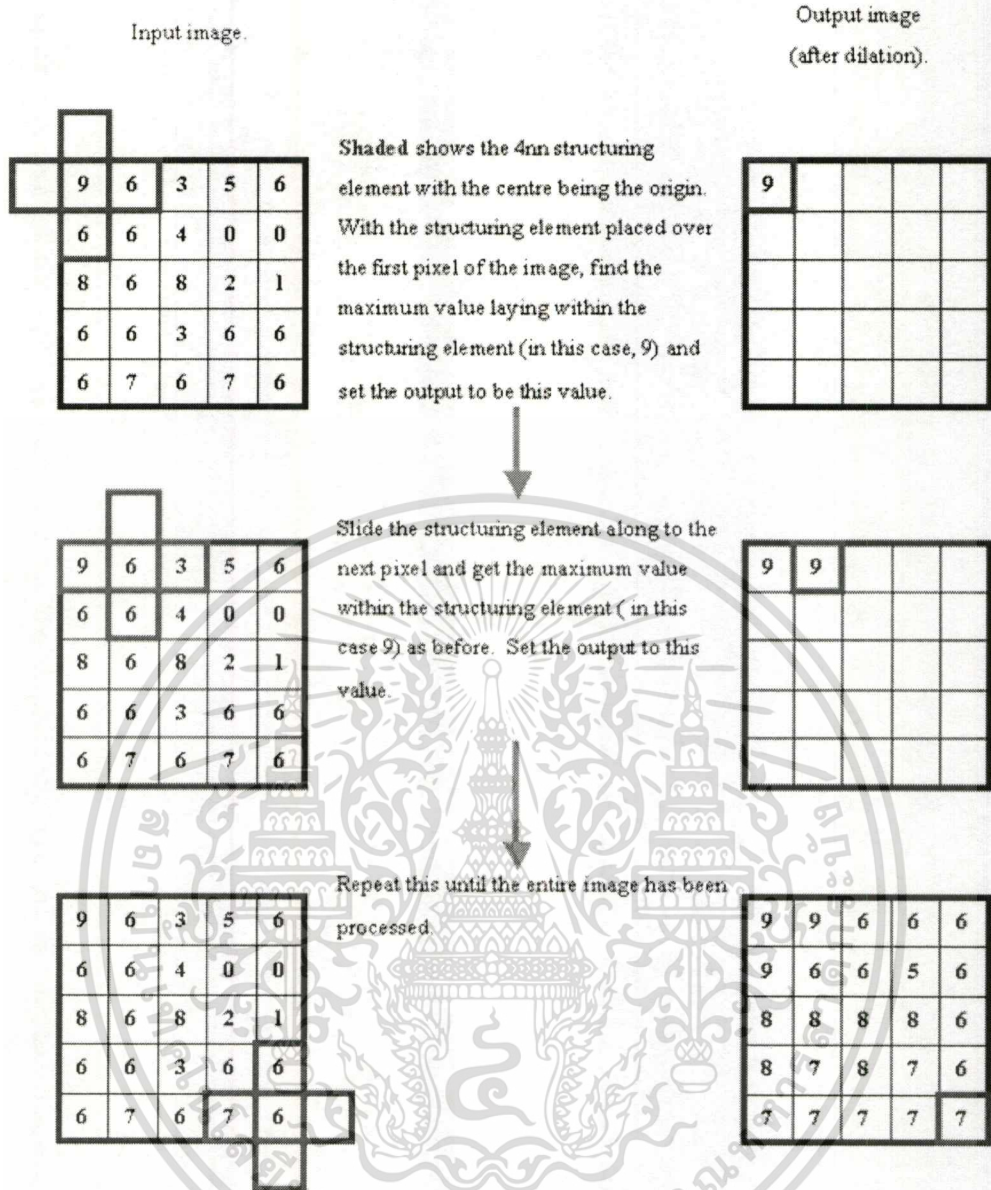
B คือ structuring element ดังรูป 2.23

Z คือ เซตของจุดบนรูปภาพ

จากนิยามหมายความว่า ให้ทำการสะท้อนหน้ากากและเลื่อนไปที่ละจุดบนรูปภาพ (คือการเลื่อนที่ด้วยค่า z) เมื่อเลื่อนหน้ากากผ่านจุดใดให้ทำการคำนวณหาค่าที่มากที่สุดในรูปภาพ จากนั้นให้กำหนดให้จุดกึ่งกลางของรูปภาพภายในหน้ากากให้เป็นค่าที่มากที่สุดที่

คำนวณมาได้ ดังรูป 2.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยศูนย์วิจัยการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 กระบวนการทำไดเลชันในรูปภาพระดับเทา

จะสังเกตเห็นว่าข้อมูลของรูปภาพหลังการทำอิลอชันจะมีจุดที่มีค่า 1 (วัตถุ) น้อยลงกว่าเดิม แสดงว่าการทำอิลอชันเหมือนการกัดกร่อนวัตถุในรูปภาพให้เล็กลงนั่นเอง

2.15.3 การทำอิลอชันกับรูปภาพระดับเทา

ขั้นตอนการทำอิลอชันในรูปภาพระดับเทา จะเหมือนกับการทำไคเลชันในรูปภาพระดับเทา แต่แทนที่จะคำนวณหาค่าที่มากที่สุดในรูปภาพ จะคำนวณหาค่าน้อยที่สุดแทน โดยการทำอิลอชันกับรูปภาพระดับเทาจะกำหนดนิยามดังนี้

$$A \ominus B = \min_{(i,j) \in B} (A_{x+i,y+j}) \tag{2.8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนิยามหมายความว่า ให้ทำการสะท้อนหน้ากากและเลื่อนไปที่ละจุดบนรูปภาพ (คือการเลื่อนที่ด้วยค่า z) เมื่อเลื่อนหน้ากากผ่านจุดใดให้ทำการคำนวณหาค่าที่น้อยที่สุดในรูปภาพจากนั้นให้กำหนดให้จุดกึ่งกลางของรูปภาพภายในหน้ากากให้เป็นค่าที่น้อยที่สุดที่คำนวณมาได้

2.16 รีเจียนฟิลลิง (Region Filling)

การทำรีเจียนฟิลลิงเป็นการประยุกต์ใช้การทำไคเลชัน คอมพลิเมนต์ และอินเตอร์เซกชัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มพื้นที่หรือเติมส่วนวัตถุให้เต็ม โดยรูปภาพที่ต้องการทำรีเจียนฟิลลิงจะเป็นรูปภาพที่มีเฉพาะขอบของวัตถุ และต้องการเติมพื้นที่ภายในขอบของวัตถุให้เต็ม ซึ่งกระบวนการรีเจียนฟิลลิง สามารถทำโดยใช้ สมการ

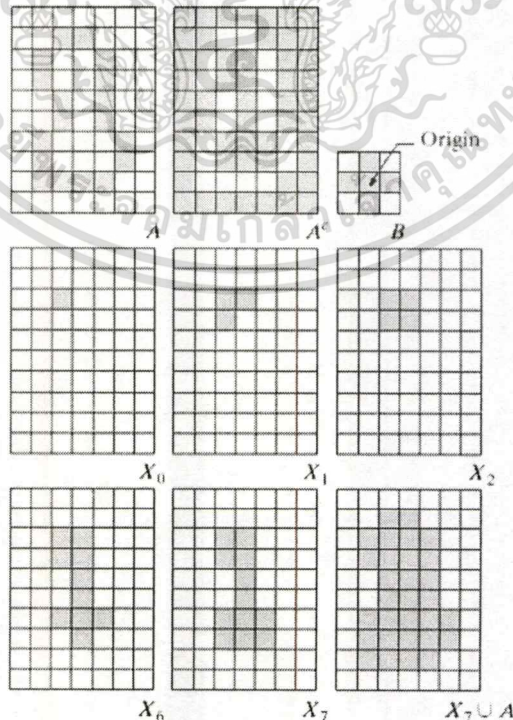
$$X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A^c \quad k = 1, 2, 3, \dots \tag{2.9}$$

โดยกำหนดให้ตัวแปรแต่ละตัวมีความหมายดังนี้

X_k คือ รูปภาพหลังจากทำรีเจียนฟิลลิง

B คือ Structuring Element

A คือ รูปภาพที่ต้องการทำรีเจียนฟิลลิง



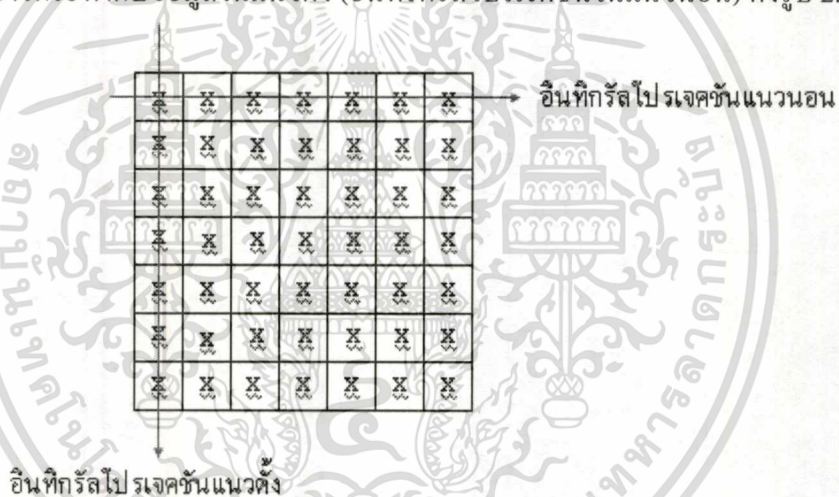
รูปที่ 2.25 ขั้นตอนการทำรีเจียนฟิลลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 2.25 รูปภาพที่จะนำมาทำรีเจียนฟิลดิ่ง ต้องการเติมเต็มพื้นที่เฉพาะภายในขอบของเลขหนึ่งเท่านั้น โดยกำหนดให้ A, A^c, B และ X_0 เป็นดังรูป ซึ่งขั้นตอนแรกจะทำการกำหนดตำแหน่งแรกที่จะทำรีเจียนฟิลดิ่ง (รูป X_0) ก่อน หลังจากนั้นให้คำนวณหารูปภาพ X_1 โดยการนำรูปภาพ X_0 มาทำไคเลชัน แล้วอินเตอร์เซกชันกับ A^c เมื่อได้ X_1 มาแล้วก็ให้คำนวณหารูปภาพ X_2, X_3, \dots, X_k โดยการทำรีเจียนฟิลดิ่งจะหยุดก็ต่อเมื่อ $X_k = X_{k-1}$ สุดท้ายจะนำรูปภาพที่ผ่านการทำรีเจียนฟิลดิ่งมาทำการยูเนียนกับรูปภาพแรก (รูปภาพ A)

2.17 อินทิกรัลโปรเจกชัน (Integral Projection)

อินทิกรัลโปรเจกชัน คือการกระทำกับข้อมูล 2 มิติ (2-Dimension) ที่อยู่ในขอบเขตหนึ่งๆ โดยการกระทำดังกล่าว อาจเป็นการกระทำกับข้อมูลในแนวนอน (อินทิกรัลโปรเจกชันในแนวนอน) หรืออาจกระทำกับข้อมูลในแนวตั้ง (อินทิกรัลโปรเจกชันในแนวตั้ง) ดังรูป 2.26



รูปที่ 2.26 การทำอินทิกรัล โปรเจกชัน

การทำอินทิกรัลโปรเจกชันมีหลายแบบ เช่น การทำอินทิกรัลโปรเจกชันแบบผลรวม หรือ ทำอินทิกรัลโปรเจกชันแบบค่าเฉลี่ย เป็นต้น

2.17.1 อินทิกรัลโปรเจกชันแบบผลรวม

อินทิกรัลโปรเจกชันแบบผลรวม เป็นการคำนวณหาผลรวมของข้อมูลทั้งหมด โดยสามารถคำนวณอินทิกรัลโปรเจกชันแบบผลรวมในแนวนอนได้จาก สมการ (2.10) และ อินทิกรัลโปรเจกชันแบบผลรวมในแนวตั้งได้จาก สมการ (2.11)

$$H(x) = \sum_{y=1}^n I(x,y) \tag{2.10}$$

$$V(y) = \sum_{x_1}^{x_2} I(x, y) \quad (2.11)$$

โดยกำหนดให้ตัวแปรแต่ละตัวมีความหมายดังนี้

$H(y)$ คือ ผลรวมของข้อมูลในคอลัมน์ที่ y

$V(x)$ คือ ผลรวมของข้อมูลในแถว x

$I(x, y)$ คือ รูปภาพระดับเทา

x คือ แถว

y คือ คอลัมน์

โดยขอบเขตที่จะทำอินทรีกรัลโปรเจกชัน คือ $[x_1, x_2] \times [y_1, y_2]$

2.17.2 อินทรีกรัลโปรเจกชันแบบค่าเฉลี่ย

อินทรีกรัลโปรเจกชันแบบค่าเฉลี่ย เป็นการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด โดยสามารถคำนวณอินทรีกรัลโปรเจกชันแบบค่าเฉลี่ยในแนวนอนได้จาก สมการ (2.12) และ อินทรีกรัลโปรเจกชันแบบค่าเฉลี่ยในแนวตั้งได้จาก สมการ (2.13)

$$H(x) = \frac{1}{(y_2 - y_1)} \sum_{y_1}^{y_2} I(x, y) \quad (2.12)$$

$$V(y) = \frac{1}{(x_2 - x_1)} \sum_{x_1}^{x_2} I(x, y) \quad (2.13)$$

โดยกำหนดให้ตัวแปรแต่ละตัวมีความหมายดังนี้

$H(y)$ คือ ค่าเฉลี่ย ของข้อมูลในคอลัมน์ที่ y

$V(x)$ คือ ผลรวมของข้อมูลในแถว x

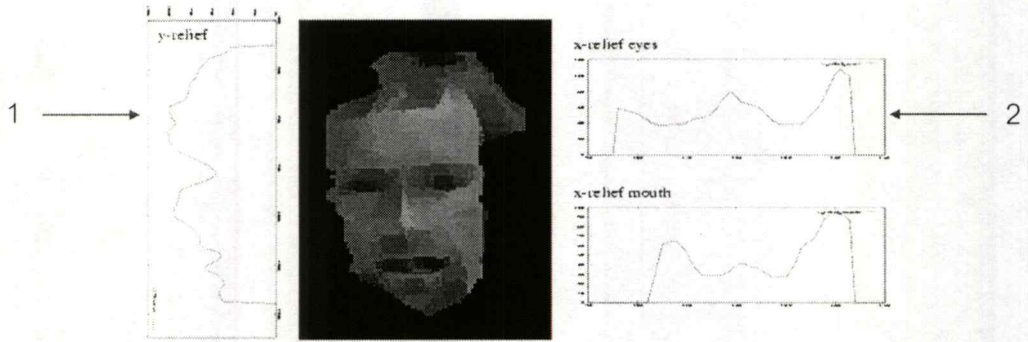
$I(x, y)$ คือ รูปภาพระดับเทา

x คือ แถว

y คือ คอลัมน์

โดยขอบเขตที่จะทำอินทรีกรัลโปรเจกชัน คือ $[x_1, x_2] \times [y_1, y_2]$

ตัวอย่างการนำอินทรีกรัลโปรเจกชันไปใช้



รูปที่ 2.27 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการทำอินทริกัล โปรเจกชันแบบค่าเฉลี่ย

จากรูปเป็นขั้นตอนหนึ่งของการวิเคราะห์หาตำแหน่งต่างๆของคิ้ว ตา จมูก ปาก โดยรูปภาพหมายเลข 1 คือการนำค่าที่ได้จากการทำอินทริกัล โปรเจกชันในแนวนอนแบบค่าเฉลี่ยไปวาดกราฟ ส่วนรูปภาพหมายเลข 2 คือการนำค่าที่ได้จากการทำอินทริกัล โปรเจกชันในแนวตั้งแบบค่าเฉลี่ยไปวาดกราฟ

2.18 ฮิสโตแกรม (Histogram)

Histogram ของภาพดิจิทัลที่เป็นระดับเทา (gray level) ในช่วง $[0, L-1]$ คือ ฟังก์ชันที่เป็น Discrete ซึ่งสามารถแทนด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$H(r_k) = nk \quad \text{โดยที่ } k=[0,L-1] \tag{2.14}$$

ค่า r_k คือระดับเทาที่ k

ค่า nk คือจำนวนพิกเซลในภาพที่มีระดับเทาเท่ากับ r_k

ปกติจะมีการ Normalize histogram ด้วยการหารแต่ละค่าด้วยจำนวนพิกเซลทั้งหมดในภาพ ดังนั้น Histogram ที่ถูก normalized จะเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$P(r_k) = nk/n \quad \text{โดยที่ } k=[0,L-1] \tag{2.15}$$

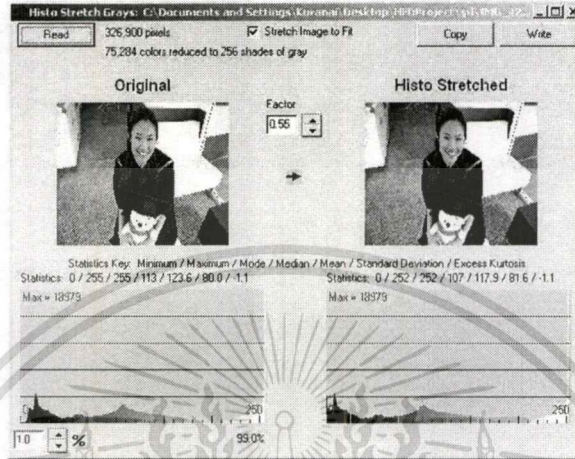
หรืออาจกล่าวได้ว่า $p(r_k)$ คือ ค่าประมาณของความน่าจะเป็นของระดับเทาที่ r_k ที่มีในภาพ สังเกตว่าผลรวมของค่าทุกค่าใน Histogram ที่ถูก normalized นี้จะมีค่าเท่ากับ 1

Histogram Equalization สามารถอธิบายได้ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$S_k = \sum (n_j/n) \text{ ตั้งแต่ } j=0 \text{ ถึง } k \text{ โดยที่ } k=0,1,\dots,L-1 \quad (2.16)$$

วิธี Histogram equalization นี้จะช่วยกระจาย histogram ของภาพ input ทำให้ระดับผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเน้นกระจายระดับเทาในช่วงที่กว้างขึ้น



รูปที่ 2.28 ภาพที่ผ่านกระบวนการ Histogram equalization

บทที่ 3

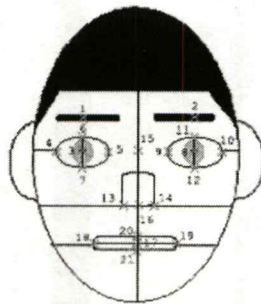
การวิเคราะห์และออกแบบระบบงาน

ในโครงการนี้เทคนิควิธีที่นำมาใช้เพื่อพัฒนาระบบ เป็นเทคนิคการตรวจจับใบหน้ามนุษย์ โดยอาศัยหลักการค้นหาส่วนประกอบของภาพเป็นกลุ่มของข้อมูลที่เข้าข่ายที่จะเป็นส่วนประกอบทางกายภาพของใบหน้ามนุษย์ (Feature Based Approach) แบ่งออกเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ 3 ขั้นตอน คือ

1. Low-level analysis เป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการนี้โดยที่ขั้นตอนนี้จะเป็นการหาตำแหน่งขอบเขตของส่วนประกอบของใบหน้า (Edge Representation) โดยอาศัยหลักความเข้มของสี เช่น ส่วนที่เป็น คิ้ว, รูม่านตาหรือริมฝีปากจะมีความเข้มของสีมากกว่าบริเวณรอบ ๆ ในกรณีที่ภาพที่นำมาวิเคราะห์อยู่ในรูปแบบของภาพเคลื่อนไหวก็จะใช้เทคนิคในการตัดฉากหลังซึ่งอยู่นิ่งออกจากส่วนที่เป็นภาพเคลื่อนไหวโดยเปรียบเทียบกับเฟรมก่อนหน้าเพื่อช่วยในการค้นหาส่วนที่เป็นใบหน้าได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

2. Feature analysis เป็นขั้นตอนต่อมาซึ่งจะทำการคัดเลือกกลุ่มของข้อมูลที่ได้มาจากขั้นตอนแรกโดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ส่วนประกอบของใบหน้ามนุษย์ เนื่องจากใบหน้ามนุษย์มีองค์ประกอบที่แน่นอน ดังนั้นขั้นตอนนี้จึงอาศัยประโยชน์นี้ทำการคัดเลือกกลุ่มของข้อมูล เช่น คัดเฉพาะกลุ่มของข้อมูลที่มีองค์ประกอบที่คาดว่าจะเป็นส่วนประกอบของ ตา จมูกและปาก ซึ่งจะอยู่ในขอบเขตของใบหน้าที่ได้ทำการคัดมาจกขั้นตอนแรก

3. Active shape model เมื่อได้กลุ่มของข้อมูลจากขั้นตอนแรกและขั้นตอนที่สองแล้ว ในขั้นตอนนี้จะทำการคัดกลุ่มของข้อมูลอีกครั้ง โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์รูปทรงส่วนประกอบใบหน้าว่าเข้าข่ายที่เป็นหน้ามนุษย์หรือไม่ ตัวอย่างเช่น การเรียงตัวของส่วนที่เป็นดวงตาและจมูกต้องอยู่ในลักษณะสามเหลี่ยมคว่ำ แล้วทำการคัดกลุ่มของข้อมูลที่ไม่ใช่ออกไป คงไว้แต่กลุ่มของข้อมูลที่เป็นใบหน้ามนุษย์



รูปที่ 3.1 ตำแหน่งต่างๆ ของแต่ละองค์ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่ใช่ออกไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

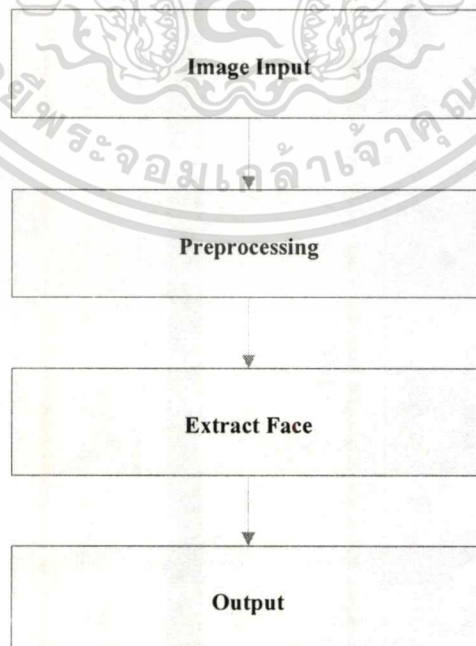
หลังจากที่ได้ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลการในการพัฒนาระบบตรวจจับใบหน้ามนุษย์อย่างละเอียดแล้ว ทำให้ได้รายละเอียดของระบบงานใหม่ที่จะทำการพัฒนาดังนี้

3.1 ความต้องการของระบบงานใหม่

ความต้องการของระบบใหม่ จะเป็นการนำภาพที่มีส่วนประกอบของใบหน้ามนุษย์ ซึ่งได้จากการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล ซึ่งจะเป็นภาพนามสกุล JPG แล้วนำภาพที่ได้มาทำการแปลงชนิดของไฟล์รูปภาพไปเป็นประเภท Bitmap แล้วนำภาพที่ได้เข้ามาสู่โปรแกรม ซึ่งโปรแกรมจะทำการบวนการในการตรวจจับและแยกแยะองค์ประกอบส่วนต่าง ๆ ของใบหน้าในรูปภาพ จากนั้นก็นำมาตัดสินใจแล้วจะแสดงผลลัพธ์ โดยที่

- ระบบต้องสามารถตรวจจับใบหน้ามนุษย์ภายในภาพดิจิทัลได้ถูกต้องไม่น้อยกว่า 85 เปอร์เซ็นต์
- ผู้ใช้งานต้องสามารถดูผลลัพธ์ของการแยกแยะ โดยเปรียบเทียบกับภาพนำเข้า
- ผลลัพธ์การแยกแยะต้องอยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ
- ผลลัพธ์ของการแยกแยะต้องสามารถนำไปใช้ร่วมกับระบบอื่นได้
- ระบบต้องใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน
- ระบบต้องใช้เวลาประมวลผลต่ำ

3.2 แบบจำลองเชิงแนวคิดของระบบงาน (Conceptual Models)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 3.2 แสดงแบบจำลองเชิงแนวคิดของระบบงานนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 สามารถอธิบายรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

1. การนำข้อมูลเข้า

นำรูปภาพที่มีส่วนประกอบของใบหน้ามนุษย์ในลักษณะใบหน้าตรง โดยมีฉากหลังเป็นสีพื้นที่ไม่ซับซ้อน เพื่อเตรียมเข้าสู่กระบวนการในการตรวจจับและแยกองค์ประกอบของใบหน้ามนุษย์ เป็นการนำเอารูปภาพดิจิทัล (Digital Image) ที่มีส่วนประกอบของใบหน้ามนุษย์ในลักษณะใบหน้าตรง ที่ได้มาจากการถ่ายภาพผ่านกล้องดิจิทัล ซึ่งก็จะได้ภาพหลายๆ ภาพของใบหน้ามนุษย์ในลักษณะต่าง ๆ โดยภาพถ่ายดังกล่าวเป็นภาพสี (Color Image) ชนิด JPEG ไฟล์ หลังจากนั้นจึงนำเอาภาพมาทำการแปลงให้ได้ภาพแต่ละภาพที่มีขนาดเดียวกันและเป็นรูปภาพประเภท Bitmap

2. การประมวลผลภาพเบื้องต้น (Pre-processing)

เป็นการกระทำกับภาพเบื้องต้น โดยอาศัยเทคนิคของการปรับปรุงภาพ (Image Enhancement), การแบ่งย่อยภาพ (Image Segmentation), การประมวลผลและคำนวณเกี่ยวกับพิกเซลบนรูปภาพเพื่อเอาสิ่งที่ไม่ต้องการออก เป็นต้น โดยมีการกำจัดรูปภาพส่วนที่ไม่ใช่บริเวณสีผิวของมนุษย์ออกเพื่อให้เหลือแต่ภาพของส่วนที่คาดว่าจะจะเป็นใบหน้ามนุษย์เท่านั้น

3. การตรวจจับใบหน้ามนุษย์ (Face Detection)

เป็นการวิเคราะห์ภาพของส่วนที่คาดว่าจะจะเป็นใบหน้ามนุษย์ เพื่อที่จะระบุตำแหน่งของใบหน้าว่าอยู่ตำแหน่งใดของภาพ

4. แสดงผลลัพธ์ (Output)

เป็นการแสดงผลของกระบวนการประมวลผลทั้งหมดที่ประมวลออกมาว่าภาพข้อมูลที่น่าเข้ามามีใบหน้ามนุษย์เป็นองค์ประกอบหรือไม่ กรณีมีองค์ประกอบที่เป็นใบหน้ามนุษย์อยู่ต้องระบุตำแหน่งที่ตรวจพบแสดงบนภาพข้อมูลนำเข้า และความน่าจะเป็นของคำตอบดังกล่าวนี้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

3.3 ขอบเขตของระบบงานใหม่

ระบบงานใหม่ที่จะทำการพัฒนานั้น เป็นการพัฒนาระบบในส่วนของการตรวจจับและแยกแยะองค์ประกอบทางกายภาพของใบหน้ามนุษย์ทางกายภาพ โดยใช้หลักการแยกแยะส่วนประกอบของภาพที่เป็นสีผิวของมนุษย์ จากนั้นทำการตรวจสอบบริเวณที่เป็นสีผิวว่ามีส่วนขององค์ประกอบของใบหน้ามนุษย์อยู่ภายในหรือไม่แล้วจึงทำการแสดงผลลัพธ์ออกมา ดังนั้น ระบบงานใหม่จึงมีขอบเขตงานดังนี้

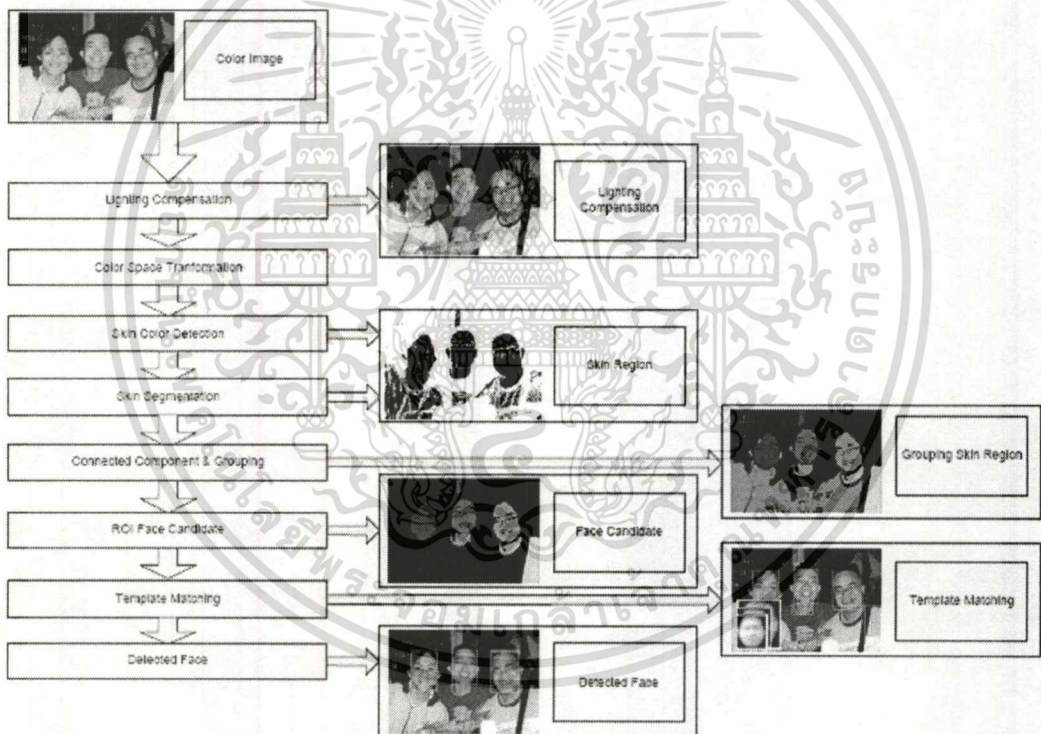
ระบบต้องสามารถตรวจจับใบหน้ามนุษย์จากภาพสีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารระบบสามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์เท่านั้น ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รูปที่นำมาแยกแยะต้องเป็นรูปภาพดิจิทัลสีเท่านั้น โดยอาจใช้กล้องดิจิทัลหรือสแกนเนอร์
- รูปภาพจะต้องถ่ายในสภาพแสงที่มีความสว่างเพียงพอ เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการตรวจจับ
- ภาพของใบหน้าที่จะนำมาตรวจจับต้องอยู่ในลักษณะหน้าตรง หรือเอียงทำมุมไม่เกิน 30 องศา ไม่สวมแว่นตา และเห็นองค์ประกอบของใบหน้าครบถ้วนสมบูรณ์

3.4 แบบจำลองเชิงกายภาพของระบบงานใหม่ (Physical Models)

หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์และระบุขอบเขตในการทำงานของระบบงานในข้างต้นแล้ว สามารถออกแบบระบบงานใหม่โดยมีการทำงานของระบบงานดัง โครงสร้าง



รูปที่ 3.3 โครงสร้างในการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 3.3 ในขั้นตอนนี้จะเป็นโครงขั้นตอนในการทำงานของระบบ ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การนำภาพเข้า

ข้อมูลที่นำเข้าโปรแกรมเป็นข้อมูลภาพดิจิทัล (Digital Image) ซึ่งเป็นภาพสีแบบ RGB และมีนามสกุลเป็น JPG โดยข้อมูลภาพจะถูกโหลดขึ้นมาแสดงบนหน้าจอของโปรแกรมโดยอัตโนมัติ

2. ปรับสมดุลย์แสง

เป็นการนำภาพที่ได้นำเข้ามาทำการ Equalization เพื่อกระจายความเข้มแสงของภาพให้อยู่ในรูปแบบที่มาตรฐาน เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาคือความเข้มแสงที่ไม่เท่ากัน เพื่อให้ง่ายในการจำแนกบริเวณในขั้นตอนต่อไป

3. แปลงภาพสีจาก RGB สู่แบบจำลองสีแบบ HSV

ค่าสีที่อยู่ในรูปแบบของ RGB เป็นค่าสีมาตรฐาน ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าสี (Color) ค่าแสง (Light) และค่าความสว่าง (Brightness) ของภาพ ซึ่งมีความยุ่งยากในการแยกแยะและค้นหาสีผิวมนุษย์ เนื่องจากแต่ละค่าสี RGB จะมีค่าแสงและค่าความสว่างผสมอยู่ด้วยกัน ในรายงานนี้ได้ใช้แบบจำลอง HSV (Hue-Saturation-Value) ในการแยกแยะค่าสีออกจากกัน โดยผลลัพธ์ที่ได้ H คือค่าสีบริสุทธิ์ S คือค่าแสงผสมกับค่าสีบริสุทธิ์ และ V คือค่าความสว่างของภาพ กำหนดให้ค่าสี RGB ที่จะนำมาคำนวณในบทความนี้มีค่าอยู่ในช่วง $[0, 1]$ โดยการนำแต่ละค่าสี RGB มาหารด้วย 255 สมการในการแปลงภาพสีจาก RGB ไปสู่ HSV เป็นไปดังสมการที่ (3.1), (3.2) และ (3.3)

$$V = \max \quad (3.1)$$

$$S = \begin{cases} \frac{(\max - \min)}{\max} & \text{if } \max \neq 0, \\ 0 & \text{if } \max = 0, \end{cases} \quad (3.2)$$

$$H = \begin{cases} -1 \times 60 & \text{if } S = 0, \\ \left[\frac{(G - B)}{(\max - \min)} \right] \times 60 & \text{if } R = \max, \\ \left[2 + \frac{(B - R)}{(\max - \min)} \right] \times 60 & \text{if } G = \max, \\ \left[4 + \frac{(R - G)}{(\max - \min)} \right] \times 60 & \text{if } B = \max \end{cases} \quad (3.3)$$

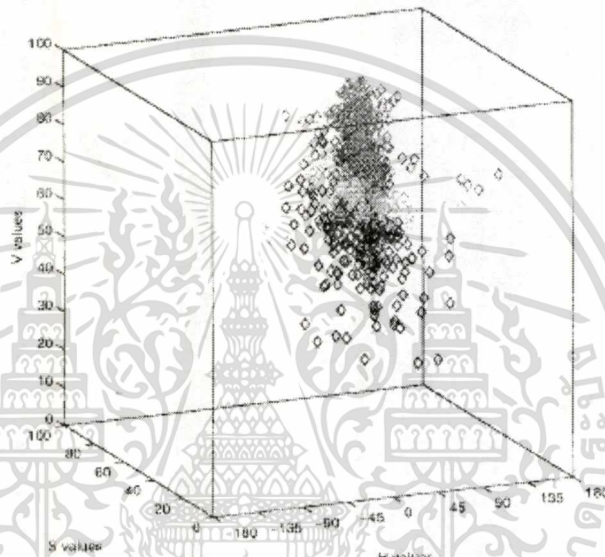
โดยที่

$\max = \text{sub}(R, \text{sub}(G, B))$ คือ ค่าสูงสุดของหนึ่งจุดสี RGB

$\min = \text{inf}(R, \text{inf}(G, B))$ คือ ค่าต่ำสุดของหนึ่งจุดสี RGB

4. กระบวนการการค้นหาสีผิวมนุษย์

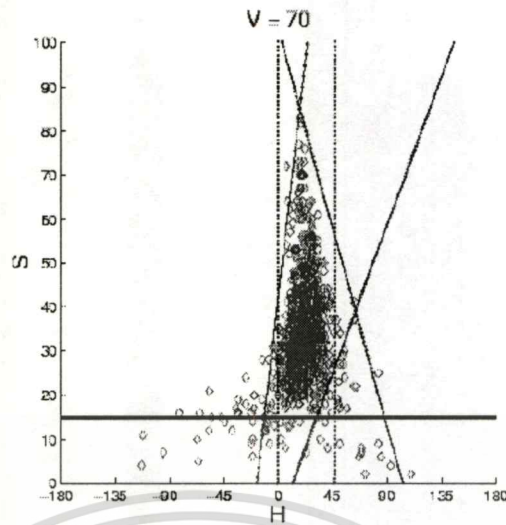
ในกระบวนการจำแนกสีผิวมนุษย์จะใช้โครงสร้างสีแบบ HSV ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ใช้ในงานคอมพิวเตอร์กราฟิกและใกล้เคียงกับวิธีผสมสีของศิลปิน ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลสุ่มตัวอย่างสีผิว 950 ตัวอย่าง โดยสุ่มจากหลากหลายเชื้อชาติและมีความสว่างของภาพที่แตกต่างกันออกไป โดยจะมีการแสดงกลุ่มของตัวอย่างสีผิวในแกนของ HSV ซึ่งแสดงเป็นข้อมูลกราฟ 3 มิติ (Christophe Garcia and Georgios Tziritas, 1999.)



รูปที่ 3.4 แสดงกราฟ 3 มิติข้อมูลกลุ่มของตัวอย่างสีผิว

รูปที่ เป็นการนำตัวอย่างสีผิวที่ได้จากการสุ่มจำนวน 950 ตัวอย่าง แปลงจากโครงสร้างสีแบบ RGB เป็นโครงสร้างสีแบบ HSV แล้วนำมาแสดงเป็นกราฟข้อมูล 3 มิติ เพื่อแสดงการกระจายตัวของกลุ่มสีผิวตัวอย่าง

จากกราฟจะสามารถสังเกตเห็นได้ว่า ตัวอย่างของสีผิวที่นำมาสร้างเป็นกราฟมีการกระจายตัวโดยข้อมูลค่อนข้างที่เรียงเป็นกลุ่ม และสามารถสร้างขอบเขต 3 มิติเพื่อให้ครอบคลุมกลุ่มของตัวอย่างสีผิวที่สุ่มมาทำการทดลองได้มากที่สุดด้วยสมการเส้นตรง ในกราฟจะพบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่า V มีผลเพียงเล็กน้อยต่อการเปลี่ยนแปลงในระนาบ HS จึงกำหนดให้ค่า $V = 70$ เพื่อให้ได้กราฟในระนาบ HS และสมการเส้นตรงให้ครอบคลุมกลุ่มตัวอย่าง



รูปที่ 3.5 ขอบเขต 3 มิติที่ครอบคลุมกลุ่มของตัวอย่างสีผิว

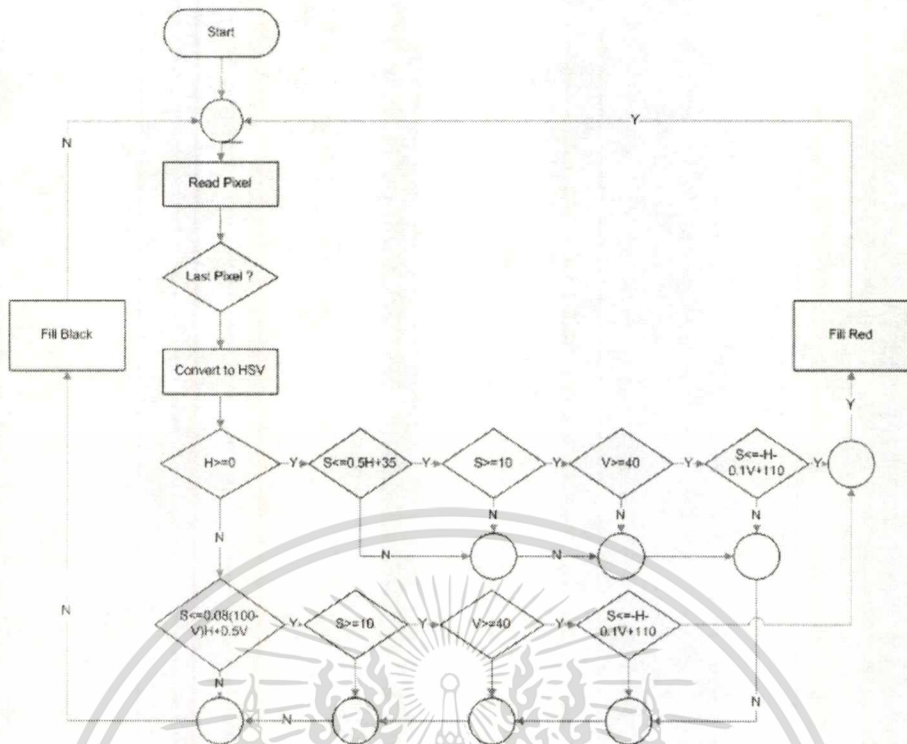
จากการกำหนดค่าคงที่ $V = 70$ จะได้สมการที่มีความสัมพันธ์เพื่อระบุขอบเขตในการคัดแยกจุดของสีผิวออกมาดังนี้

$$\begin{aligned}
 &S \geq 10; \\
 &V \geq 40; \\
 &S \leq -H - 0.1V + 110; \\
 &\text{if } H \geq 0 \text{ then } S \leq 0.08(100 - V)H + 0.5V \\
 &\text{else } S \leq 0.5H + 35
 \end{aligned} \tag{3.4}$$

ในการเลือกสีผิวจะพิจารณาเฉพาะค่าแบบจำลองสี H และ S เพียงเท่านั้น สมการในการเลือกสีผิวมนุษย์เป็นดังสมการที่ (3.5)

$$Skin_{(x,y)} = \begin{cases} HSV_{(x,y)} & \text{if } [H_{(x,y)} \in H_r] \cap [S_{(x,y)} \in S_r] \\ w & \text{otherwise} \end{cases} \tag{3.5}$$

เมื่อ w คือค่าของสีดำ (Black) ที่จะแทนที่บริเวณที่ไม่ใช่สีผิวดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.6 Flow Chart แสดงการวิเคราะห์สีผิว

5. ลดสัญญาณรบกวนในภาพ

เมื่อผ่านขั้นตอนการเลือกสีผิวมนุษย์มาแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จะมีกลุ่มข้อ มูลกระจาย และเกิดจุดเล็ก ๆ ซึ่งถือว่าเป็นสัญญาณรบกวน และมีผลทำให้การค้นหภาพใบหน้าข้างลงไปด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการกำจัดสัญญาณรบกวนเหล่านี้ทิ้งไป ซึ่งในรายงานนี้ได้เลือกใช้วิธีการ Salt and Pepper Noise Removal โดยที่

Salt คือ Noise ที่ทำให้ภาพมี intensity สีขาวซึ่งทำให้แตกต่างจาก pixel ข้างเคียง

Pepper คือ Noise ที่ทำให้ภาพมี intensity สีดำซึ่งทำให้แตกต่างจาก pixel ข้างเคียง

Filter คือ การนำเอาหน้ากากขนาดเล็ก (mask) ไปแปะใน input image ที่ต้องการประมวลผลและหน้ากาก (Mask) จะทำการเลื่อนไปยังทุก ๆ pixel ของ input image จากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่าง จนกระทั่งถึง Pixel สุดท้ายของ input image

6. ค้นหาขอบเขตของบริเวณสีผิว

ภาพที่ได้หลังจากผ่านขั้นตอนการลดสัญญาณรบกวน จะได้ภาพที่เป็นกลุ่มของข้อมูล เช่นอาจจะเป็นกลุ่มข้อมูลของผิวที่เป็น ใบหน้าลำคอ แขน มือ เป็นต้น ซึ่งกลุ่มของข้อมูล

เหล่านี้จะต้องถูกกำหนดขอบเขตเพื่อใช้ในการค้นหา โดยการนับจำนวนจุดทางด้านแนวนอนและแนวตั้ง หากจุดใดมีสีขาวจะไม่ถูกนับ หากจุดใดมีค่าสี RGB ก็จะถูกนับเป็น 1 จุด เมื่อนับจำนวนจุดได้แล้วก็จะทำการกำหนดขอบเขตในการค้นหา โดยผลของการกำหนดขอบเขตเป็นไปดังสมการที่ (3.6)

$$R = R_1, R_2, R_3, \dots, R_{|R|} = \{R_i = (R_{iX_{\min}}, R_{iX_{\max}}, R_{iY_{\min}}, R_{iY_{\max}}) \mid 1 \leq i \leq |R|\} \quad (3.6)$$

เมื่อ $R_{iX_{\min}}$ จุดเริ่มต้นของขอบเขตที่ i ทางแนวนอน
 $R_{iX_{\max}}$ จุดสิ้นสุดของขอบเขตที่ i ทางแนวนอน
 $R_{iY_{\min}}$ จุดเริ่มต้นของขอบเขตที่ i ทางแนวตั้ง
 $R_{iY_{\max}}$ จุดสิ้นสุดของขอบเขตที่ i ทางแนวตั้ง

เนื่องจากภาพที่จะนำไปหาขอบจะต้องมีค่าสีในระดับเทา จึงต้องมีการเปลี่ยนค่าสีให้เหมาะสม ซึ่งจะทำให้ข้อมูลถูกลดลงไป 3:1 และทำให้การประมวลผลเร็วมากขึ้น การคำนวณจะทำเฉพาะในขอบเขตที่ได้จากสมการที่ 5 เท่านั้น การเปลี่ยนค่าสีเป็นไปดังสมการที่ (3.7)

$$Gray_{(x,y)} = 0.299R_{(x,y)} + 0.587G_{(x,y)} + 0.114B_{(x,y)} \quad (3.7)$$

7. หาขอบภาพของบริเวณที่เป็นสีผิว

การหาขอบภาพในรายงานนี้ได้ใช้วิธี Canny Edge Detection ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถให้รายละเอียดของขอบภาพได้อย่างชัดเจน และการหาขอบภาพจะเป็นการหาขอบเฉพาะบริเวณที่ถูกกำหนดมาจากขอบเขตจาก R_1 ถึง $R_{|R|}$ เท่านั้น ซึ่งมีส่วนช่วยให้การประมวลผลลดลงไปเป็นอย่างมาก ผลลัพธ์จากการหาขอบภาพ เป็นดังสมการที่ (3.8)

$$E = E_1, E_2, E_3, \dots, E_{|E|} = \{E_i = (e_1, e_2, e_3, \dots, e_{|E_i|}) \mid 1 \leq i \leq |E|, e_j = (x_j, y_j)\} \quad (3.8)$$

หลังจากผ่านขั้นตอนการตัดส่วนของใบหน้าออกจากสิ่งแวดล้อมแล้ว จะได้รูปภาพขาวดำที่มีก้อนวัตถุสีขาวที่เป็นใบหน้าปรากฏอยู่ สังเกตเห็นว่า ในภายในก้อนวัตถุ (ใบหน้า) อาจมีสิ่งรบกวนเกิดขึ้นได้ เช่น อาจมีจุดสีดำ หรือ ส่วนล้าคอ เป็นต้น ซึ่งสิ่งที่ไม่พึงประสงค์เหล่านี้

อาจทำให้การค้นหาขอบเขตของใบหน้าเกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้น ก่อนที่จะทำการประมาณขอบเขตของใบหน้า ควรกำจัดจุดสีดำ และลำคอก่อน

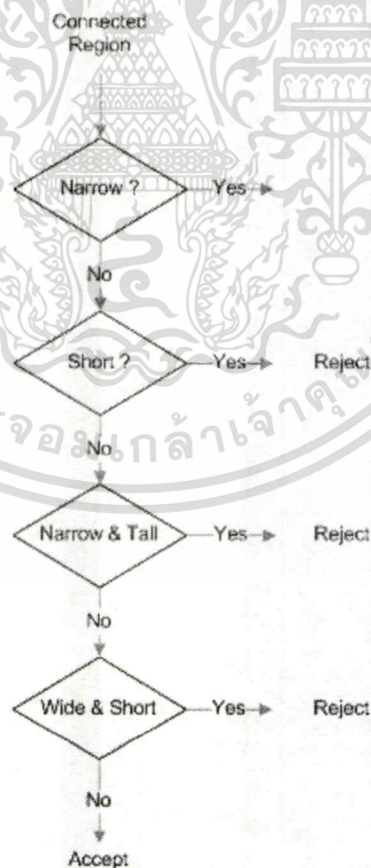
การกำจัดจุดสีดำภายในก้อนวัตถุ จะใช้วิธีที่เรียกว่า รีเจียนฟิลลิ่ง (Region filling) โดยรูปภาพก่อนที่จะนำมาผ่านกระบวนการรีเจียนฟิลลิ่งนั้น จะเป็นรูปภาพขาวดำ ที่ต้องการเติมก้อนวัตถุให้เต็ม เมื่อรูปภาพผ่านการทำรีเจียนฟิลลิ่งแล้ว ก้อนวัตถุจะเหมือนถูกเติมให้เต็ม

ในบางครั้งรูปภาพที่นำมาแยกองค์ประกอบของใบหน้า อาจมีส่วนของลำคอดชิดมากับใบหน้าด้วย ซึ่งถ้ารูปภาพนำเข้ามามีส่วนลำคอดชิดมากับใบหน้าแล้ว อาจทำให้การประมาณขอบเขตของใบหน้าเกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นก่อนที่จะประมาณขอบเขตของใบหน้า จะต้องมีการตัดส่วนลำคอกที่ติดมากับใบหน้าออกก่อน

8. วิเคราะห์เพื่อคัดแยกบริเวณที่สนใจ

- วิเคราะห์ตามลักษณะรูปร่างของบริเวณ

เนื่องจากบริเวณที่คาดว่าจะใบหน้ามนุษย์จะมีขนาดของโครงสร้างที่อยู่ในลักษณะคล้าย ๆ กันจึงใช้ขนาดเป็นเงื่อนไขในการวิเคราะห์รูปร่างเพื่อคัดแยกบริเวณที่ไม่เข้าเงื่อนไขออกจากภาพ โดยมีเงื่อนไขหลัก ๆ ดังนี้



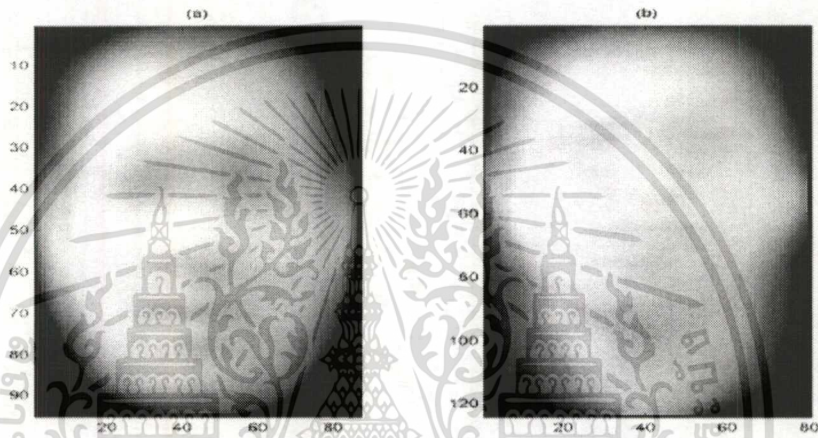
รูปที่ 3.7 Flow Chart แสดงการวิเคราะห์ลักษณะของบริเวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เปรียบเทียบบริเวณที่คาดว่าจะเป็นใบหน้ามนุษย์ด้วย Template Matching

● กระบวนการสร้าง Template

กระบวนการในการสร้างรูปภาพ (Template) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบหาค่าความน่าจะเป็นใบหน้ามนุษย์ได้จากการนำภาพที่มีองค์ประกอบของใบหน้ามนุษย์มาตัดเอาเฉพาะส่วนที่เป็นใบหน้าออกมาโดยแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือที่เป็นแบบเฉพาะส่วนของใบหน้าและแบบที่มีส่วนของลำคอติดมาด้วยแล้วทำการตัดเอาส่วนประกอบอื่น ๆ ออก เช่น ฉากหลัง เส้นผม เป็นต้น เมื่อได้หลาย ๆ ภาพก็ทำการนำภาพทุก ๆ ภาพมาแปลงเป็นภาพสีระดับเทา แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยของทุก ๆ ผลลัพธ์จะเป็น Template ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 รูปภาพ Template ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

● กระบวนการในการทำ Template Matching

สำหรับเทคนิค Template Matching เป็นการเปรียบเทียบบริเวณที่คาดว่าจะ เป็นใบหน้าของมนุษย์ที่ได้จากขั้นตอนข้างต้น ด้วยรูปภาพอีกรูปซึ่งได้มาจากการหาค่าเฉลี่ย จากข้อมูลของภาพใบหน้ามนุษย์ที่ใช้ คนคัดแยกแล้วตัดมาเฉพาะส่วนที่เป็นใบหน้า วิธีการ คือ จะทำการเคลื่อน Template ซึ่งเป็นรูปใบหน้ามนุษย์ที่ทำการคำนวณ ไปยังจุดต่างๆ จากซ้ายไปขวา บนลงล่างเพื่อคำนวณหาค่าความเหมือนของ template กับ บริเวณต่างๆ บน ภาพ ซึ่งขบวนการที่ทำเช่นนี้เรียกว่าการ Correlation และค่าความเหมือนนี้มีชื่ออีกอย่างว่า Correlation Coefficient สามารถคำนวณได้จากสมการด้านล่าง

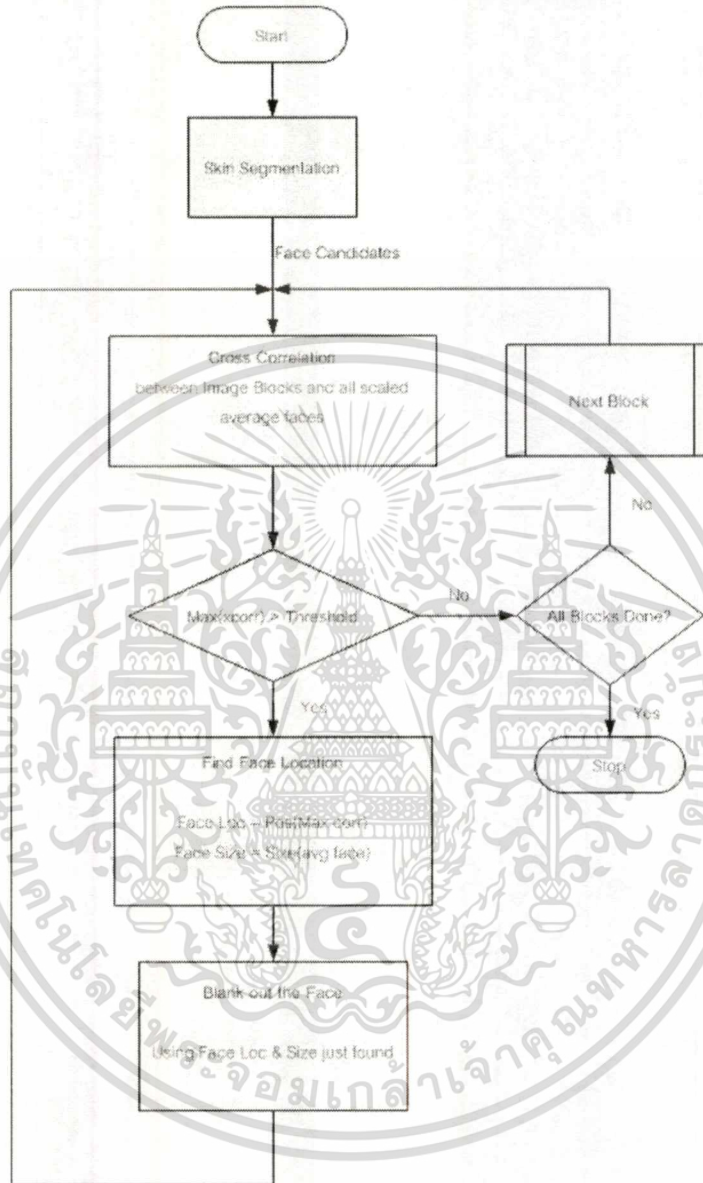
$$C = \frac{\sum_{i=1}^{W \times H} (f_i - \langle f \rangle) \times \sum_{i=1}^{N \times M} (w_i - \langle w \rangle)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{W \times H} (f_i - \langle f \rangle)^2 \times \sum_{i=1}^{N \times M} (w_i - \langle w \rangle)^2}} \quad (3.9)$$

เมื่อ C คือค่า Correlation Coefficient, f คือ ค่าความเข้มสีแต่ละจุดสีบนภาพ (ภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (W*H) W คือค่าความเข้มสีแต่ละจุดบน Template (Template มีขนาด N*M) <f> คือค่า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ $\langle w \rangle$ ก็คือค่าเฉลี่ยสีของภาพ (ขนาดเท่า Template) และ Template ตามลำดับ ดังนั้นถ้า บริเวณใดของภาพเหมือนกับ Template แบบทับกันพอดี ค่า C ที่ได้ก็จะมีค่าเป็น 1 แต่หาก ไม่เหมือนกัน ค่า C ก็จะมีค่าลด ลงตามลำดับ โดยมีกระบวนการดังนี้

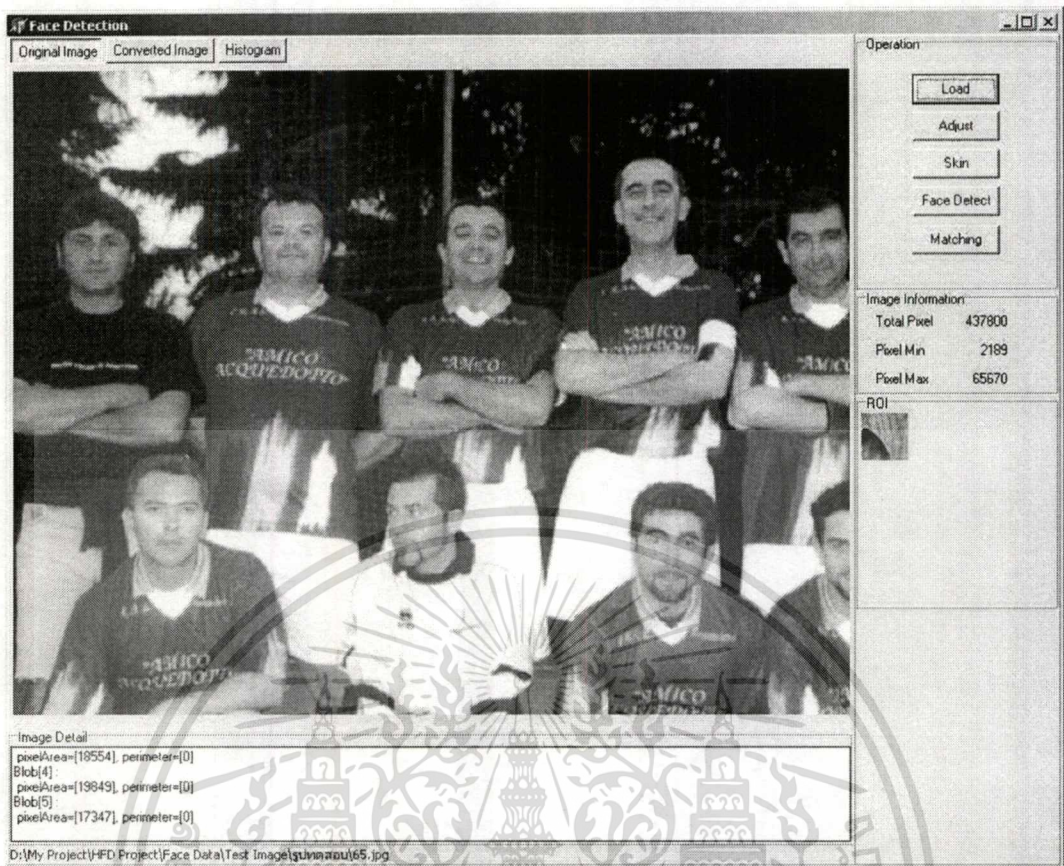


รูปที่ 3.9 กระบวนการในการทำ Template matching

3.5 การออกแบบโครงสร้างระบบซอฟต์แวร์สำหรับการทดลอง

จากการทำวิเคราะห์ระบบและการออกแบบขั้นตอนการทำงานแล้วนั้น สามารถออกแบบ โครงสร้างของระบบซอฟต์แวร์สำหรับการทดลองได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 หน้าจอหลักของระบบซอฟต์แวร์สำหรับการทดลอง

โครงสร้างของระบบซอฟต์แวร์สำหรับการทดลองจะประกอบไปด้วยส่วนหลัก ๆ ของระบบดังต่อไปนี้

1. ส่วนนำเข้าข้อมูล (Load) เป็นส่วนของการนำเข้ารูปภาพที่จะนำมาแยกแยะใบหน้ามนุษย์ เป็นส่วนที่ใช้เปิดไฟล์รูปภาพจากโฟลเดอร์ที่เก็บภาพข้อมูลที่ใช้ทดสอบ
2. ส่วนแสดงผล เป็นส่วนประกอบหลักของระบบใช้ในการแสดงข้อมูลภาพนำเข้าและใช้แสดงผลลัพธ์ของระบบ
3. ส่วนปรับปรุงรูปภาพ (Adjust) เนื่องจากส่วนรูปภาพที่นำเข้ามามีความแตกต่างและหลากหลายในความเข้มของสี ความมืดและความสว่างของภาพ ทำให้ต้องนำภาพที่นำเข้ามาทำการปรับปรุงและลดรายละเอียดรูปภาพก่อนทำการประมวลผลในขั้นต่อไป
4. ส่วนจำแนกสีผิว (Skin) เป็นการประมวลผลเพื่อจำแนกบริเวณที่คาดว่าจะจะเป็นสีผิวของมนุษย์จากภาพข้อมูลนำเข้า
5. ส่วนตรวจจับใบหน้า (Face Detect) เป็นส่วนเป็นนำบริเวณที่คาดว่าจะจะเป็นสีผิวมาทำการเปรียบเทียบกับ template เพื่อตรวจสอบว่าบริเวณนั้นเป็นใบหน้าหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การวัดประสิทธิภาพของระบบตรวจจับใบหน้ามนุษย์

มีการวัดประสิทธิภาพของการตรวจจับใบหน้ามนุษย์จากภาพสี เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของการระบุว่ามีความถูกต้องมากเพียงใด จะใช้กระบวนการทดสอบโดยการแบ่งขนาดของ Template ทั้งหมด 4 ชุดเพื่อใช้ในการทดสอบความถูกต้องและหาค่า false positive คือ

- Template ขนาด 40-120 พิกเซล
- Template ขนาด 40-100 พิกเซล
- Template ขนาด 60-100 พิกเซล
- Template ขนาด 60-120 พิกเซล

โดยการตรวจจับนั้นจะใช้สูตรในการวัดค่าของประสิทธิภาพคือ

$$\text{ประสิทธิภาพความถูกต้อง(\%)} = \frac{\text{จำนวนใบหน้าที่ระบุได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนใบหน้าที่ทั้งหมด}} \times 100 \quad (3.10)$$

บทที่ 4

การสร้างและทดสอบระบบ

เมื่อได้ทำการออกแบบระบบตามรายละเอียดในบทที่ 3 ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาระบบ ตรวจสอบใบหน้ามนุษย์โดยใช้คุณลักษณะเด่นที่ได้ออกแบบไว้เพื่อให้สามารถใช้งานได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานระบบ จึงทำการพัฒนาระบบ โดยมีรายละเอียดการพัฒนาดังนี้

4.1 ภาษาและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

4.1.1 ทางด้านซอฟต์แวร์

ภาษาและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา ได้แก่

- Borland Delphi 6 ซึ่งเป็นเครื่องมือหลักที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมระบบตรวจสอบใบหน้ามนุษย์โดยใช้คุณลักษณะเด่น นี้ โดยที่จะสร้างเป็นโปรแกรมย่อย ที่สามารถใช้งานภาษาอื่น ๆ นอกจาก Borland Delphi สามารถเรียกใช้ได้ แต่จะสามารถทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows 2000 หรือ Windows XP เท่านั้น ทั้งในส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้และการแสดงผล ในส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้นั้น จะใช้ GUI ซึ่งมีอยู่ใน Borland Delphi อยู่แล้วเป็นตัวสร้าง GUI ขึ้นมา เพื่อทำการเชื่อมต่อกับฟังก์ชันต่างๆ ที่เขียนขึ้นมา
- Filters Library เป็นไลบรารีสำหรับใช้งานเรื่องการประมวลผลภาพ (Image processing) ซึ่งสามารถโหลดมาใช้งานได้ฟรี มีฟังก์ชันหลัก ๆ ในการประมวลผลภาพ และสามารถใช้ได้กับภาษาต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาระบบอาทิเช่น C/C++, Delphi, Python, .NET C# และ .NET Visual Basic

4.1.2 ทางด้านฮาร์ดแวร์

ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมระบบตรวจสอบใบหน้ามนุษย์โดยใช้คุณลักษณะเด่น มีคุณสมบัติ ดังนี้

- เครื่องคอมพิวเตอร์ CPU Pentium 4 1.8 GHz , Ram 128 MB, Hard Disk 40 GB, CD-ROM 52 X

4.2 โครงสร้างของระบบซอฟต์แวร์

โครงสร้างของโปรแกรมประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลัก ได้แก่

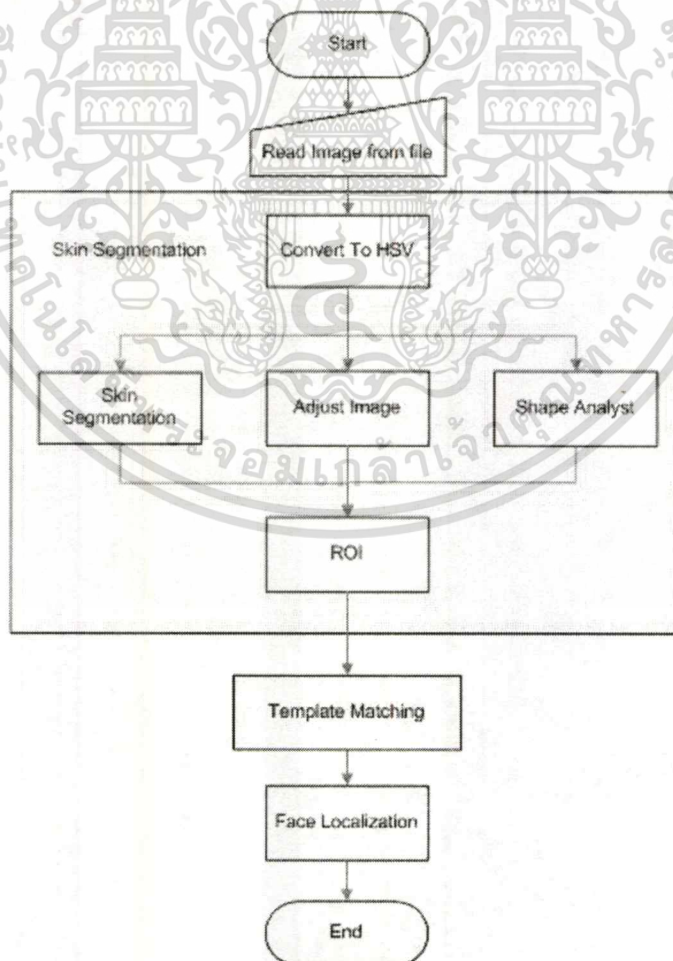
- 1) ส่วนของการฝึกสอนเพื่อหาค่าเฉลี่ยของใบหน้ามนุษย์สร้าง Template ที่ใช้สำหรับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารของใบหน้ามนุษย์ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) ส่วนของการรับภาพสีดิจิทัล โดยที่ภาพนั้น จะต้องเป็นไฟล์ภาพชนิด BMP หรือ JPG ซึ่งจะทำให้การรับรูปภาพด้วยการเปิดแฟ้มภาพ รูปภาพที่เปิดขึ้นมาจะจะไปแสดงในส่วน ของภาพตั้งต้น แสดง บนหน้าจอ
- 3) ส่วนของการประมวลผล โดยจะนำแฟ้มรูปภาพที่เปิด มาทำการประมวลผลว่าใบหน้า มนุษย์เป็นองค์ประกอบอยู่ในภาพแฟ้มข้อมูลนำเข้าหรือไม่
- 4) ส่วนแสดงผล ซึ่งจะแสดงผลออกมาเป็นคำตอบว่าแฟ้มรูปภาพที่เปิด ว่ามีใบหน้ามนุษย์ เป็นองค์ประกอบอยู่ในภาพหรือไม่ถ้ามีจะระบุตำแหน่งของใบหน้าว่าอยู่ตำแหน่งใดของ ภาพ

4.3 หลักการทำงานของซอฟต์แวร์

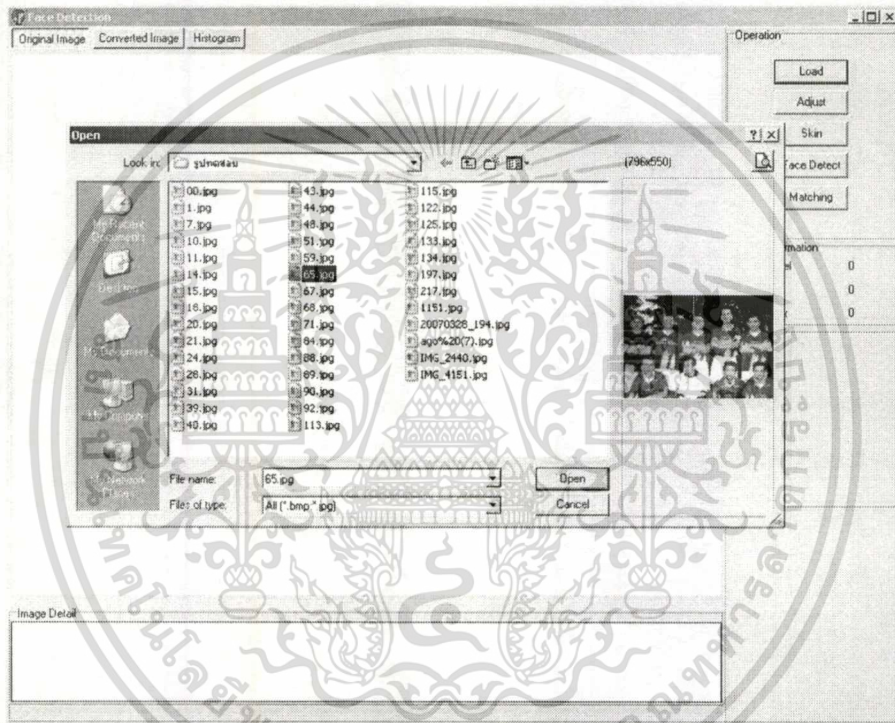
หลักการทำงานของซอฟต์แวร์จะแบ่งเป็นกระบวนการหลัก ๆ ได้ 2 กระบวนการตามที่ได้ทำ การวิเคราะห์แล้วก็คือ กระบวนการจำแนกสีผิวเพื่อกำหนดบริเวณที่สนใจและกระบวนการ Template Matching สามารถเขียนเป็นขั้นตอนได้ดังภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 4.1 ขั้นตอนในกรทำงานของซอฟต์แวร์ที่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การจำแนกบริเวณสีผิว

การจำแนกบริเวณสีผิวเป็นกระบวนการเริ่มต้นในกระบวนการทำงานของระบบตรวจจับใบหน้ามนุษย์ ในการจำแนกสีผิวนี้จะอาศัยหลักของการแบ่งภาพเป็นพื้นที่โดยอาศัยสีเป็นปัจจัยในการจำแนกบริเวณที่สนใจ ซึ่งเป็นหลักการที่ไม่สลับซับซ้อน แต่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของระบบอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นกระบวนการเริ่มต้นของระบบโดยผลลัพธ์ของการจำแนกบริเวณที่ได้จากกระบวนการนี้จะถูกส่งต่อไปให้กระบวนการ Template matching เพื่อทำการค้นหาใบหน้ามนุษย์จากบริเวณที่สนใจต่อไป ในการจำแนกสีผิวประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.2 แสดงส่วนของการนำรูปภาพเข้าประมวลผล

4.4.1 ขั้นตอนการปรับปรุงภาพ

เนื่องจากรูปภาพที่นำเข้ามามีความแตกต่างและหลากหลายในความเข้มของสี ความมืดและความสว่างของภาพ ทำให้ต้องนำภาพที่นำเข้ามาทำการปรับปรุงรูปภาพก่อน เพื่อให้ได้ภาพใหม่ตามที่ต้องการศึกษาทำให้การวิเคราะห์ถูกต้องยิ่งขึ้น โดยใช้วิธียืดความเข้มสีเทาเดิมที่อยู่ในช่วงแคบ ๆ ให้กระจายกว้างขึ้นโดยเชิงคณิตศาสตร์ โดยให้วิธีในการเพิ่ม Contrast ของภาพ



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.3 (ก) รูปภาพนำเข้า (ข) รูปภาพที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงรูปภาพ

4.4.2 ขั้นตอนการลดรายละเอียดรูปภาพ

การลดรายละเอียดของภาพของนำเข้าโดยการทำให้ภาพ Blur หาค่าเฉลี่ยของจุดสีใหม่ช่วยให้ขั้นตอนในการจำแนกสีผิวสามารถจำแนกได้อย่างถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น เนื่องจากการลดรายละเอียดรูปภาพจะทำให้รูปภาพที่มีฉากหลังที่สลับซับซ้อน ลดความซับซ้อนลงเป็นผลให้ noise ของภาพลดลงตามไปด้วย

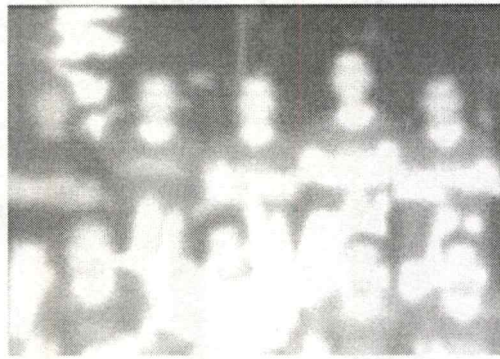


รูปที่ 4.4 รูปภาพที่ผ่านกระบวนการลดรายละเอียด

4.4.3 ขั้นตอนแปลงรูปแบบสี

เนื่องจากค่าสีที่อยู่ในรูปแบบของ RGB เป็นค่าสีมาตรฐาน ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าสี (Color) ค่าแสง (Light) และค่าความสว่าง (Brightness) ของภาพ ซึ่งมีความยุ่งยาก ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการจำแนกบริเวณสีผิวมนุษย์ เนื่องจากแต่ละค่าสี RGB จะมีค่าแสงและค่าความสว่างผสมอยู่ด้วย จึงจำเป็นที่จะต้องทำการแปลงค่าสีของรูปภาพดิจิทัลที่นำเข้าให้เป็นค่าสีที่อยู่ในแบบจำลอง HSV (Hue-Saturation-Value) ก่อน

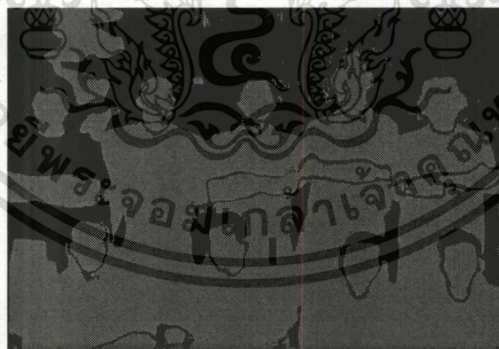
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 รูปภาพสีแบบ RGB ที่แปลงเป็นภาพสีแบบ HSV

4.4.4 ขั้นตอนการจำแนกบริเวณสีผิว

จากผลลัพธ์ของการเตรียมข้อมูลของภาพนำเข้าในข้างต้น ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาประมวลผลเพื่อจำแนกบริเวณที่คาดว่าจะเป็นสีผิวของมนุษย์ โดยในการจำแนกบริเวณนี้จะทำการสแกนรูปภาพที่ผ่านการประมวลผลเบื้องต้นทีละแถว (Scan line) เพื่อตรวจสอบทีละจุดสี (Pixel) ว่าเข้าเงื่อนไขของการจำแนกหรือไม่ โดยทีจุดสีใดทีเข้าเงื่อนไขจะถูกแทนค่าด้วยสีแดง ส่วนจุดสีใดที่ไม่เข้าเงื่อนไขจะถูกแทนค่าด้วยสีดำ กระทำซ้ำไปจนครบทุกแถวของภาพ ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นภาพในรูปแบบไบนารี (Binary image) ซึ่งบริเวณที่ถูกจำแนกออกมาจากภาพจะประกอบไปด้วยบริเวณที่คาดว่าจะเป็นสีผิวทั้งหมด



รูปที่ 4.6 รูปภาพสีทีผ่านการจำแนกสีผิว

4.4.5 ขั้นตอนการแบ่งภาพเป็นพื้นที่และการจำแนกบริเวณ

เมื่อได้ทำการจำแนกบริเวณที่คาดว่าจะเป็นสีผิวจากภาพข้อมูลแล้ว ในขั้นตอนต่อมาต้องทำการนำภาพผลลัพธ์ที่ได้ มาแบ่งเป็นพื้นที่โดยอาศัยหลักการของ Threshold Segmentation ซึ่งภาพข้อมูลทีนำเข้าจะเป็นข้อมูลในรูปแบบไบนารีอยู่แล้ว ทำให้การแบ่งพื้นที่มีความแม่นยำยิ่งขึ้น ต่อมาต้องนำภาพทีทำการแบ่งพื้นที่เรียบร้อยแล้ว ไปทำการวิเคราะห์บริเวณในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.6 ขั้นตอนการคัดแยกบริเวณ

ในขั้นตอนในการคัดแยกบริเวณจะนำภาพที่ได้จากขั้นตอนการจำแนกบริเวณซึ่งบริเวณที่ได้จะเป็นทั้งส่วนที่เป็นใบหน้ามนุษย์และส่วนที่ไม่ได้เป็นใบหน้ามนุษย์ คือนำมาวิเคราะห์รูปร่างของบริเวณที่เพื่อทำการคัดแยกบริเวณที่ไม่เข้าเงื่อนไขออกจากภาพ โดยเงื่อนไขที่ใช้ในการวิเคราะห์และคัดแยกบริเวณจะเป็นการหาค่าเฉลี่ยของขนาดและรูปร่างของบริเวณที่เป็นใบหน้ามนุษย์ที่ได้จากการนำเอารูปภาพตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองซึ่งจะกรองเอาบริเวณที่มีขนาดเล็กและใหญ่กว่าเงื่อนไขทั้งออกไป โดยค่าเฉลี่ยที่ได้สามารถอธิบายได้ดังนี้

- กรณีที่รูปภาพมีขนาดมากกว่า 40,000 พิกเซล
 - ขนาดของบริเวณที่เล็กที่สุดจะมากกว่า 0.5% ของบริเวณภาพทั้งหมด
 - ขนาดของบริเวณใหญ่ที่สุดจะต้องน้อยกว่า 25% ของบริเวณภาพทั้งหมด
- กรณีที่รูปภาพมีขนาดน้อยกว่า 40,000 พิกเซล
 - ขนาดของบริเวณที่เล็กที่สุดจะมากกว่า 0.5% ของบริเวณภาพทั้งหมด
 - ขนาดของบริเวณใหญ่ที่สุดจะต้องน้อยกว่า 100% ของบริเวณภาพทั้งหมด



รูปที่ 4.7 (ก) รูปภาพที่ยังไม่ผ่านการวิเคราะห์บริเวณ (ข) รูปภาพที่ผ่านการคัดแยกบริเวณแล้ว

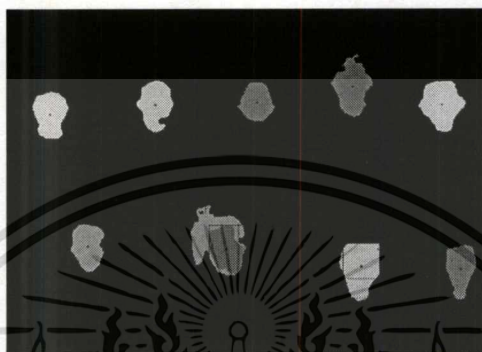
4.4.7 ขั้นตอนการวิเคราะห์บริเวณ

เมื่อทำการคัดแยกขนาดของบริเวณเรียบร้อยแล้วในขั้นตอนต่อมาต้องทำการกำหนดเลขอ้างอิง (Label) ให้กับบริเวณแต่ละตัวและทำการบดล้อมรอบบริเวณนั้นด้วยกรอบสี่เหลี่ยมเพื่อจะทำการวิเคราะห์บริเวณขั้นตอนนี้ก่อนที่จะนำไปสู่กระบวนการ Template Matching ในขั้นตอนต่อไป โดยเงื่อนไขในการวิเคราะห์บริเวณจะอธิบายได้ดังนี้

- วิเคราะห์อัตราส่วนของแกนหลักกับแกนรอง
 - ความยาวแกนหลัก/ความยาวแกนรองต้องน้อยกว่า 1.9
 - ความยาวแกนรอง/ความยาวแกนหลักต้องน้อยกว่า 1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วิเคราะห์ระนาบของแกนหลัก
 - ระนาบของแกนหลักทำมุมกับระนาบแนวนอนของรูปภาพนำเข้ระหว่าง 60-120 องศา
- วิเคราะห์อัตราส่วนของพื้นที่บริเวณที่วิเคราะห์กับบริเวณของกรอบที่ล้อมรอบ
 - พื้นที่ของบริเวณ/พื้นที่ของกรอบต้องมากกว่า 0.48



รูปที่ 4.8 รูปภาพที่ผ่านขั้นตอนวิเคราะห์บริเวณ

เมื่อผ่านกระบวนการในข้างต้นทั้งหมดแล้วจะได้ผลลัพธ์เป็นบริเวณของภาพที่คาดว่าจะ เป็นใบหน้ามนุษย์ โดยจะต้องส่งต่อไปในขั้นตอนสุดท้ายคือ Template matching เพื่อที่จะระบุว่า บริเวณที่สนใจ (Region of Interest) มีบริเวณใดที่เป็นใบหน้ามนุษย์

4.5 Template matching

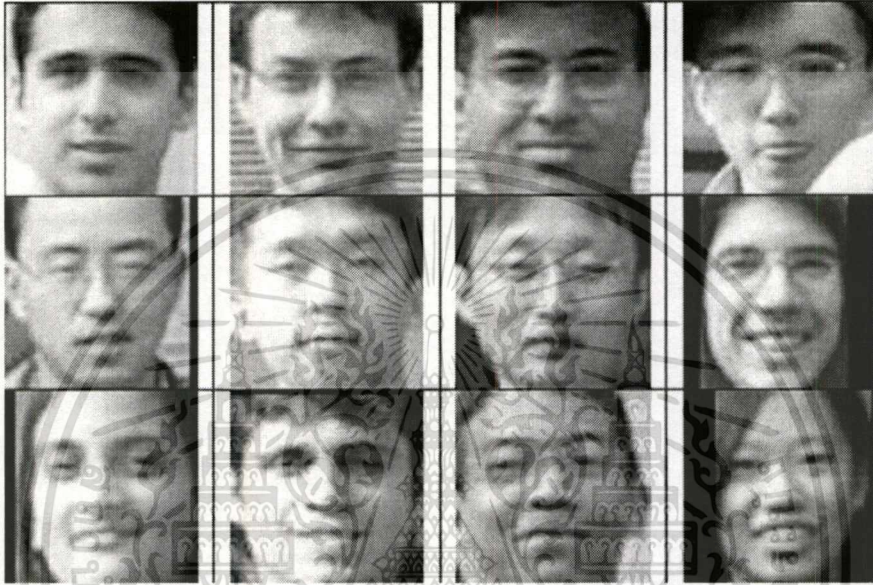
Template matching เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการตรวจจับใบหน้ามนุษย์จากภาพดิจิทัลโดย อาศัยหลักการเปรียบเทียบรูปภาพ Template กับบริเวณที่สนใจจะแบ่งเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ได้ดังนี้

4.5.1 ขั้นตอนการสร้าง Template

เป็นขั้นตอนในการหาใบหน้าที่เฉลี่ย (Average face) ที่จะนำมาสร้างเป็น Template เพื่อที่จะ นำไปเปรียบเทียบกับบริเวณที่สนใจโดยขั้นตอนในการสร้าง Template นั้นสามารถสร้างได้ตาม ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำภาพข้อมูลตัวอย่างที่จะใช้ทำการทดลองมาทำการตัดเอาภาพใบหน้ามนุษย์ที่ปรากฏ อยู่ในรูปภาพข้อมูลออกมา จากข้อมูลรูปภาพทั้งหมด 10 รูปภาพ มีใบหน้ามนุษย์ ทั้งหมด 15 ใบหน้า

2. นำทั้ง 15 ใบหน้ามาหาค่าเฉลี่ยขนาดของใบหน้าจะได้ขอบเขตของความกว้าง [40,100] และขอบเขตของความยาว [40,110] ใช้เป็นขอบเขตของขนาดใบหน้า เพื่อการแยกแยะใบหน้านามนุษย์
3. คัดเลือกภาพใบหน้านามนุษย์ที่มีความสมบูรณ์ เห็นใบหน้าครบชัดเจน จากที่ได้ทำการตัดออกมาจากภาพข้อมูลตัวอย่างข้างต้นจำนวน 12 ใบหน้านำมาใช้เพื่อสร้าง Template



รูปที่ 4.9 รูปภาพใบหน้าที่ถูกคัดเลือกเพื่อใช้ในการฝึกสอน

4. นำภาพใบหน้านามนุษย์ทั้ง 12 ภาพที่ได้มาทำการปรับขนาดให้มีขนาดของภาพที่เท่ากัน คือ 40x40 พิกเซล และจัดให้ตำแหน่งกึ่งกลางของใบหน้าอยู่ในตำแหน่งเดียวกันทั้งหมดทุกภาพ

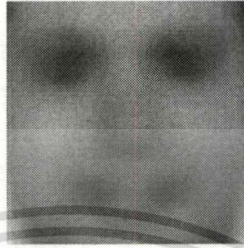


รูปที่ 4.10 แสดงการกำหนดจุดกึ่งกลางของใบหน้า

5. ทำการปรับให้ทั้ง 12 ภาพมีความเข้มของแสงที่เท่ากัน โดยใช้เทคนิค Convolution

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. นำภาพใบหน้าที่ผ่านการปรับแต่งแล้วทั้งหมด 12 ภาพ มาหาค่าเฉลี่ยและทำการลดขนาดให้เหลือ 40x40 พิกเซลซึ่งเป็นขนาดที่เล็กที่สุดของใบหน้าที่ได้จากกลุ่มข้อมูลรูปภาพที่ใช้ในการทดสอบระบบ ก็จะได้ Template ที่จะใช้ในการเปรียบเทียบกับบริเวณที่สนใจในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 4.11 Template ที่จะใช้ในการเปรียบเทียบ

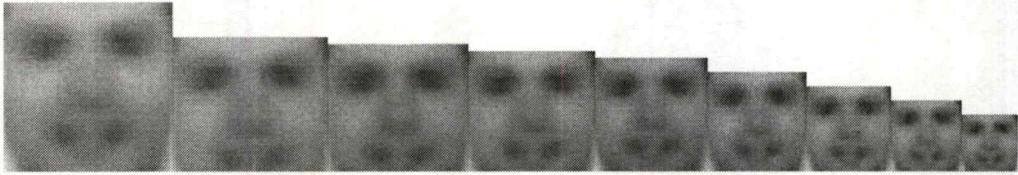
4.5.2 ขั้นตอนเปรียบเทียบบริเวณที่สนใจกับ Template

ขั้นตอนนี้จะเป็นการนำบริเวณที่สนใจที่ได้จากกระบวนการจำแนกสีผิวมาทำการเปรียบเทียบกับ Template ที่สร้างขึ้นในขั้นตอนข้างต้น เพื่อการหาผลลัพธ์ของการแยกแยะตำแหน่งของใบหน้ามนุษย์ที่ถูกต้องที่สุด

1. นำบริเวณที่สนใจมาตรวจสอบขนาดความกว้างและยาว เพื่อทำการคัดเลือกขนาดของ Template ที่จะใช้ในการเปรียบเทียบ
2. ทำการตัดบริเวณที่สนใจให้มีขนาดเท่ากับ Template โดยเริ่มจาก ขนาด Template 120x120 พิกเซล จากตำแหน่ง (x, y) ของบริเวณที่สนใจเป็นตำแหน่งที่ $(0, 0)$
3. ทำการเปรียบเทียบกับ Template โดยใช้เทคนิคการเปรียบเทียบแบบ Sum square Difference เพื่อหาค่าความต่าง (Coefficient) ซึ่งค่าความต่างที่ได้จะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ยิ่งเข้าใกล้ 1 มากเท่าไรแสดงว่าบริเวณนั้นมีความน่าจะเป็นใบหน้ามนุษย์มากยิ่งขึ้นแต่ถ้าเป็น 0 แสดงว่าภาพที่นำมาเปรียบเทียบแตกต่างจาก Template โดยสิ้นเชิง ซึ่งในการพัฒนาระบบนี้ได้กำหนด threshold ของค่าความต่างไว้ที่ 0.7
4. ทำการเลื่อนพิกเซลของบริเวณที่สนใจทีละ 2 พิกเซลแล้วทำขั้นตอนที่ 3 และ 4 วนซ้ำจนครบทั่วทั้งบริเวณ
5. ถ้าค่า Coefficient มากกว่าค่า threshold ที่กำหนดไว้ก็จะหยุดและทำการตีกรอบครอบตำแหน่งใบหน้าที่สามารถแยกแยะได้ บนภาพข้อมูลนำเข้า
6. กรณีที่ Coefficient ยังมีค่าต่ำกว่า threshold ที่กำหนดก็จะทำการลดขนาดของการเปรียบเทียบลงโดยใช้สเกลในการลดขนาดเป็นครั้งละ 10 พิกเซลตามลำดับ

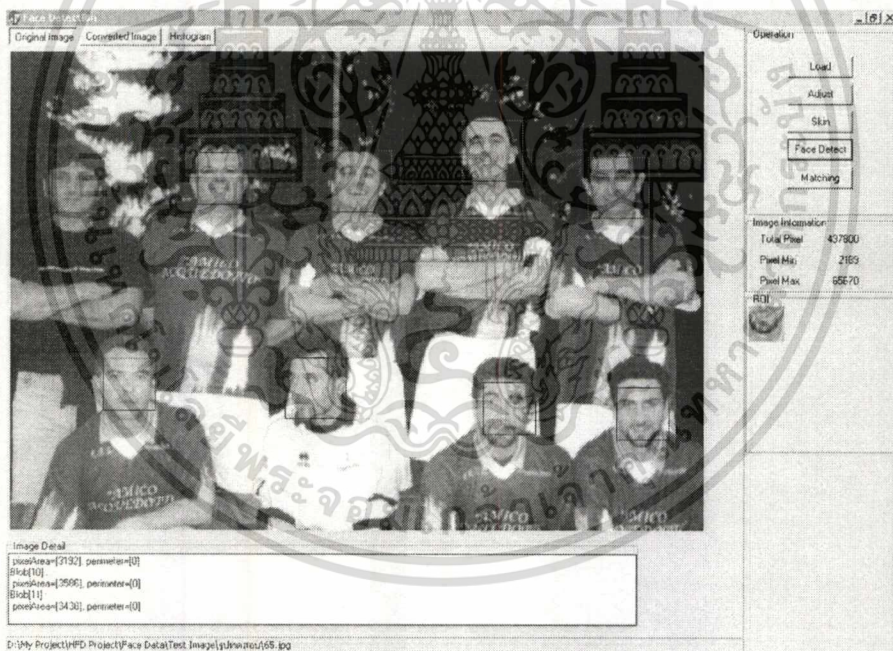
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ทำการเปรียบเทียบจำนวนได้ค่า Coefficient ที่สูงกว่า threshold หรือขนาดของบริเวณที่สนใจน้อยกว่า 40×40 พิกเซลซึ่งจะถือว่าตรวจสอบใบหน้ามนุษย์ไม่พบจากบริเวณที่สนใจ



รูปที่ 4.12 Template ทั้งหมดที่จะใช้ในการเปรียบเทียบ

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการ Template matching แล้วจะได้ตำแหน่งของบริเวณที่เป็นใบหน้าของมนุษย์ที่ปรากฏอยู่ในภาพข้อมูลนำเข้า และจะทำการวาดกรอบล้อมรอบตำแหน่งนั้นบนรูปภาพเพื่อแสดงให้เห็นเป็นผลลัพธ์ของระบบ



รูปที่ 4.13 แสดงรูปภาพที่ผ่านการตรวจจับใบหน้า

4.6 ผลการทดสอบระบบตรวจจับใบหน้ามนุษย์

ในการทดสอบ จะใช้ไฟล์รูปภาพที่เป็นกลุ่มข้อมูลตัวอย่างจำนวน 150 รูป มีใบหน้ามนุษย์ปรากฏอยู่ในภาพทั้งสิ้น 220 ใบหน้า การทดสอบจะใช้ขนาดของ Template ทั้งหมด 4 ชุดคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Template ขนาด 40-120 พิกเซล
- Template ขนาด 40-100 พิกเซล
- Template ขนาด 60-100 พิกเซล
- Template ขนาด 60-120 พิกเซล

จากการทดสอบได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบระบบตรวจจับใบหน้ามนุษย์

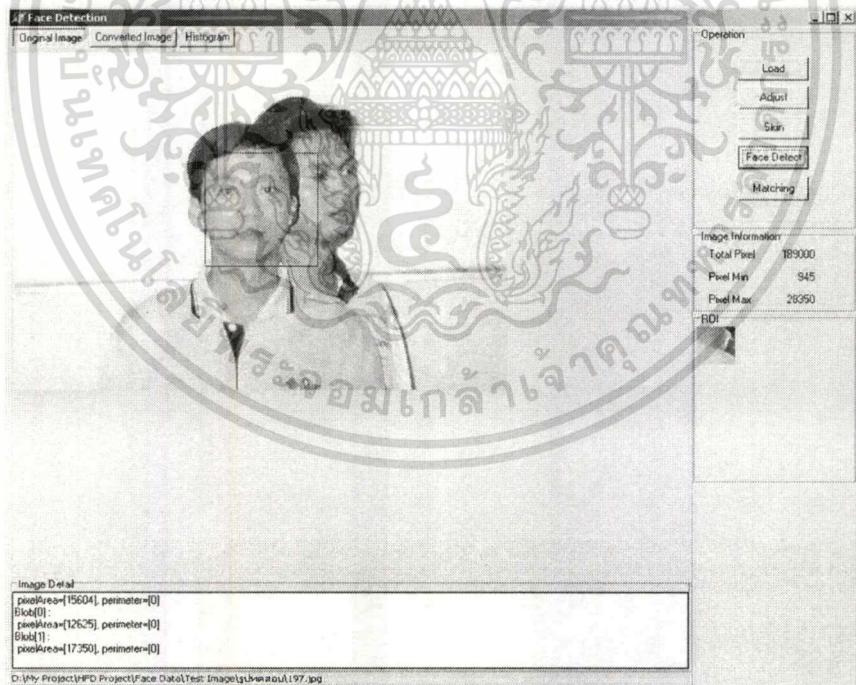
ขนาด Template	จำนวนภาพตัวอย่าง	ใบหน้าทั้งหมด	ใบหน้าที่เข้าเงื่อนไข	ใบหน้าที่ยกแยะได้	False Positive	% ความถูกต้อง
40-120	150	220	195	142	32	72.82%
40-100	150	220	195	166	21	85.13%
60-100	150	220	195	154	19	78.97%
60-120	150	220	195	148	21	75.90%

จากผลการทดสอบจะเห็นว่าระบบสามารถแยกแยะใบหน้ามนุษย์ได้เป็นสูงสุดจำนวนรวม 166 ใบหน้า จากข้อมูลภาพตัวอย่าง 150 ภาพ มีใบหน้ามนุษย์รวมทั้งหมด 220 ใบหน้าแต่มีใบหน้าที่เข้าเงื่อนไขในการตรวจจับทั้งสิ้น 195 ใบหน้าเมื่อใช้ Template ขนาด 40-100 พิกเซล ได้ค่าความถูกต้องเฉลี่ย 85.13% ผิดพลาด 14.87% และมีค่า False Positive อยู่ที่ 21 รูปโดยสาเหตุในการตรวจจับที่ผิดพลาดอาจเกิดจากหลายประการดังนี้

- รูปภาพที่นำมาทดสอบมีความเข้มของแสงที่หลากหลาย
- ใบหน้าที่ปรากฏในรูปภาพไม่สมบูรณ์
- ฉากหลังของภาพมีความสลับซับซ้อนเกินไปยากต่อการจำแนกสีผิว
- ขนาดของใบหน้าที่ปรากฏอยู่ในภาพ มีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่าขนาดของ Template ที่ใช้เปรียบเทียบ



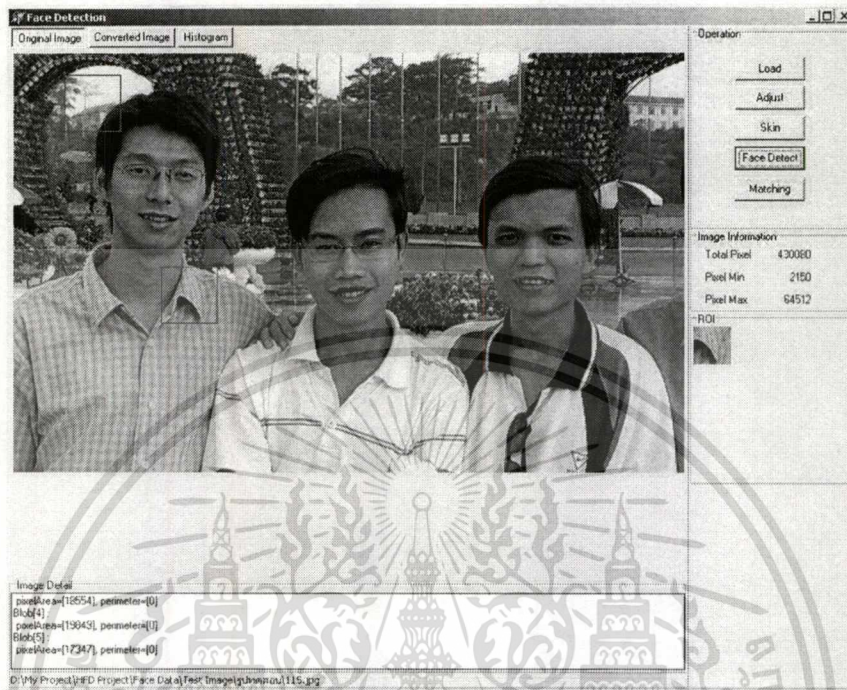
รูปที่ 4.14 แสดงรูปภาพที่ตรวจจับใบหน้าผิดพลาดจากความเข้มของแสงที่หลากหลาย



รูปที่ 4.15 แสดงรูปภาพที่ตรวจจับใบหน้าผิดพลาดจากใบหน้าที่ปรากฏไม่สมบูรณ์ ส่วนค่า False Positive ที่เกิดขึ้นเกิดขึ้นในการทดสอบระบบนั้น เป็นการตัดสินใจว่าบริเวณนั้นมีใบหน้ามนุษย์ปรากฏอยู่ แต่ในความเป็นจริงบริเวณนั้นไม่ใช่ใบหน้าของมนุษย์ จะเห็นว่าค่า False

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Positive จะสูงมากเมื่อใช้ Template ที่มีขนาดในช่วง 40-120 พิกเซล เนื่องจาก ต้องทำการตรวจสอบบริเวณที่มีความหลากหลายของพื้นที่บริเวณที่จะนำมาเปรียบเทียบมากขึ้น



รูปที่ 4.16 แสดง False Positive ที่เกิดจากความหลากหลายของขนาดพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 บทสรุป

การวิเคราะห์ตำแหน่งของใบหน้ามนุษย์ ของโครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำตำแหน่งที่ได้จากการวิเคราะห์ ไปคำนวณหาระยะทาง พื้นที่ หรือมุมต่างๆ ของใบหน้ามนุษย์ที่ปรากฏอยู่ในรูปภาพ เพื่อนำไปใช้ในการรู้จำใบหน้าบุคคลต่อไป โดยโครงการนี้จะใช้ลักษณะของสี รูปร่าง และการเปรียบเทียบกับรูปแบบใบหน้าจำลอง ในการวิเคราะห์หาตำแหน่ง จากผลการพัฒนาระบบพบว่าระบบสามารถแยกแยะใบหน้ามนุษย์จากภาพสีที่แตกต่างกัน 150 ภาพมีความถูกต้องในการแยกแยะประมาณได้ประมาณ 85% โดยระบบที่พัฒนาขึ้นนี้มีข้อดีและข้อเสีย ดังนี้

ข้อดี

1. สามารถวิเคราะห์ตำแหน่งของใบหน้ามนุษย์ในรูปภาพได้ได้อย่างรวดเร็ว
2. สามารถนำตำแหน่งต่างๆ ที่ได้ไปประยุกต์ใช้งานจริงได้

ข้อเสีย

1. รูปภาพใบหน้าที่นำมาแยกแยะต้องอยู่ในรูปแบบหน้าตรง
2. ขนาดของใบหน้าที่ทำการตรวจจับต้องอยู่ในขอบเขตขนาดที่กำหนดไว้
3. ถ้าหากรูปภาพที่นำมาแยก มีแสงสว่างไม่เพียงพอหรือมีแสงสว่างมากเกินไป บริเวณใบหน้าแล้ว จะไม่สามารถวิเคราะห์ตำแหน่งของสีผิวได้ถูกต้อง
4. รูปภาพต้องมีฉากหลังต้องอยู่ในรูปแบบที่ไม่สลับซับซ้อน

5.2 วิจารณ์ผลการดำเนินงาน

การปรับปรุงภาพที่นำมาตรวจจับใบหน้าให้ตรงตามสภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้ นั้น ในบางกรณีอาจทำได้ยาก เช่น การจำกัดความเข้มของแสงให้พอเหมาะ หรือแม้แต่การจำกัดลักษณะของใบหน้า (หันซ้าย-ขวา หรือ เอียงซ้าย-ขวา) เป็นต้น และในบางครั้งรูปภาพดิจิทัลที่นำมาใช้ในการตรวจจับ ก็มีสีของรูปภาพผิดเพี้ยนไปตามสภาวะแวดล้อมในขณะนั้น ซึ่งปัญหาทั้งหมดเหล่านี้ จะส่งผลกระทบต่อขั้นตอนการจำแนกสีผิวและการวิเคราะห์ขอบเขตของใบหน้า ที่ต้องการ นอกจากนี้ เส้นผม หนวด เครา หรือแว่นตา ก็อาจทำให้การวิเคราะห์ตำแหน่งต่างๆ เกิดความผิดพลาดได้เช่นกัน

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ

เนื่องจากปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นกับโครงการนี้ ส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับความเข้มของแสงที่ปรากฏในรูปภาพที่นำมาตรวจจับ และส่วนของผม หนวด เครา และแว่นตาที่ปรากฏบนใบหน้า ซึ่งปัญหาเหล่านี้ อาจทำให้การวิเคราะห์การจำแนกสีผิวและตำแหน่งของใบหน้า เกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นแนวทางในการพัฒนาต่อจากโครงการนี้ คือควรที่จะพัฒนาขั้นตอนวิธีที่สามารถแก้ปัญหาค่ากล่าวมาข้างต้นได้ พัฒนาขั้นตอนวิธีที่สามารถตรวจจับใบหน้าที่หันซ้าย-ขวา หรือเอียงซ้าย-ขวาได้ เล็กน้อยและแก้ไขกรณีที่ความเข้มของแสงที่หลากหลายที่ทำให้การจำแนกสีผิวผิดพลาด เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ลักษณะอื่นๆ ของใบหน้า เช่น ตำแหน่งตา จมูก ปาก หรือ ความกว้างหรือความสูงของแต่ละองค์ประกอบ เป็นต้น เพื่อช่วยส่งต่อผลลัพธ์ให้กับระบบงานอื่นๆ ใช้ได้ต่ออย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น



บรรณานุกรม

ยุทธนา ตีลาสวัฒนกุล. 2546. **คู่มือการเขียนโปรแกรมวินโดวส์ขั้นสูงด้วย Visual C++ .NET**

Episode One. กรุงเทพฯ: ควงกมลสมัย.

Christophe Garcia and Georgios Tziritas. 1999. **Face Detection Using Quantized Skin Color Regions Merging and Wavelet Packet Analysis.** [Online] Available:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/6046/17027/00784465.pdf?arnumber=784465>.

Earl F. Glynn. 1998. **Manipulating Pixels with Delphi's ScanLine Property.** [Online]

Available: <http://www.efg2.com/Lab/ImageProcessing/Scanline.htm>.

Erik Hjelmas and Boon Kee Low. 2001. **Face Detection: A Survey.** England: University of Edinburgh.

Raymond H. Chan, Chung-Wa Ho, and Mila Nikolova. 2004. **Salt-and-Pepper Noise Removal by Median-type Noise Detectors and Detail-preserving Regularization.** [Online]

Available: <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/83/32345/01510683.pdf?arnumber=1510683>.

Zhang, C. and Wang, P. 2000. **A New Method of Color Image Segmentation Based on Intensity and Hue Clustering.** [Online] Available:

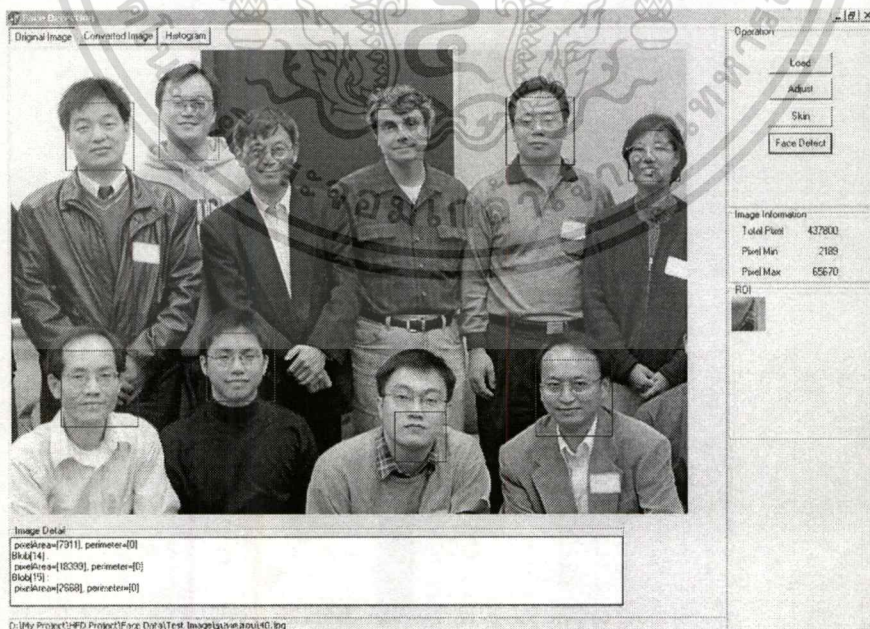
<http://www.cs.fiu.edu/~czhang/publication/icpr2000final.pdf>.

ภาคผนวก

ตัวอย่างผลการตรวจจับใบหน้ามนุษย์



(ก)

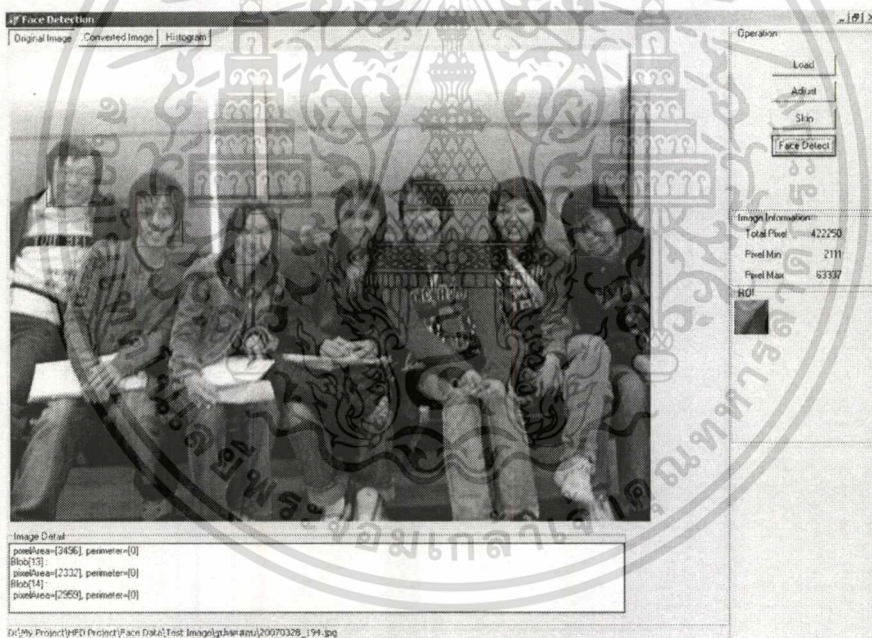


(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค)



(ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน	นายวโรส สมนิยาม
สถานที่เกิด	จังหวัดสุรินทร์
ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสุรวิทยาคาร จังหวัดสุรินทร์
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนสุรวิทยาคาร จังหวัดสุรินทร์
วุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์บัณฑิต วิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ประสบการณ์การทำงาน	บริษัท กลางคุ้มครองผู้ประสบภัยจากรถ จำกัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้