

การตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV และ HSI
SKIN DETECTION USING HSV AND HSI MODELS



ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

การตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV และ HSI
SKIN DETECTION USING HSV AND HSI MODELS



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SKIN DETECTION USING HSV AND HSI MODELS




A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG
ACADEMIC YEAR 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV และ HSI
SKIN DETECTION USING HSV AND HSI MODELS
นักศึกษาผู้จัดทำ นางสาวจุฑามาศ สุขหทัยนิรันดร์ รหัสนักศึกษา 51010188
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2555

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญา	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์	

หัวข้อปริญญาานิพนธ์	การตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV และ HSI		
	SKIN DETECTION USING HSV AND HSI MODELS		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นางสาวจุฑามาศ	สุขหทัยนิรันดร์	รหัสนักศึกษา 51010188
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.เกษตร์	ศิริสันติสัมฤทธิ์	
ปีการศึกษา	2555		

บทคัดย่อ

ในบทความนี้นำเสนอการตรวจจับสีผิวมนุษย์จากภาพสี โดยการแปลงคุณลักษณะสีตามแบบจำลอง RGB ให้เป็นคุณลักษณะสีตามแบบจำลอง HSV และ HSI ที่มีความใกล้เคียงกับการรับรู้ของสายตามนุษย์ ชั้นแรก จะทำการตัดตัวอย่างสีผิวจากภาพสีหลายๆภาพ จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาการกระจายของค่าข้อมูลของสีผิวในโมเดลสีทั้งสอง ได้แก่โมเดล HSV และโมเดล HSI เมื่อ Hue (H) คือตัวบ่งชี้คุณลักษณะของสีหลัก Saturation (S) คือค่าความอิ่มตัวของสี และ Value (V) คือค่าที่ใช้บอกความสว่างหรือความมืดของสี ส่วน Intensity (I) คือความเข้มของสี โดยนำค่าการกระจายของข้อมูลสีผิวไปพล็อตกราฟย่อย 2 มิติของแต่ละตัวแปร (H, S, V และ I) แล้วนำค่าการกระจายของข้อมูลสีผิวที่ได้ไปสร้างข้อกำหนด เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่สีผิว (เทรสโช่ว) จากการทดลองกับภาพทั้งหมด 110 ภาพที่มาจากกล้องซีซีดี (CCD) และดาวนโหลดจากอินเทอร์เน็ต พบว่า โมเดล HSV ให้ความถูกต้องถึง 91.81% และค่าผิดพลาดในการตรวจจับสีผิวคือ 8.19% ส่วนโมเดล HSI ให้ความถูกต้องเท่ากับ 89.09% และค่าผิดพลาดในการตรวจจับสีผิวคือ 10.91% ดังนั้นสรุปว่าการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV จะดีกว่าการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSI สาเหตุที่ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการตรวจจับสีผิวมนุษย์ทั้ง 2 โมเดลนั้น ก็เพื่อเปรียบเทียบข้อดีและข้อด้อยในแต่ละโมเดล และหาโมเดลที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด มีความผิดพลาดน้อยที่สุดในการตรวจจับสีผิว

Thesis Title	SKIN DETECTION USING HSV AND HSI MODELS	
Authors	Miss Juthamas	Sukhathainirun
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Kaset	Sirisantisamrid
Year	2012	

ABSTRACT

This paper proposes a method to detect the human's skin from color images. The color attributes represented by RGB model and converted to HSV and HSI models, which they are similarity with visual perception of the human eyes. The first step is to cut the examples of human's skin from many images. Then, analyzing the two skin color models, HSV and HSI models when Hue (H) indicates the identity of color properties, Saturation (S) indicates saturation of the color, Value (V) indicates lightness or darkness of the color and Intensity (I) expresses intensity of the color. The distribution histogram of each variable (H, S, V and I) is plotted and its threshold value is selected. Then, the candidate skin areas are extracted from background using the given threshold values. On experiments, we test the proposed method on 110 images that came from CCD camera and images download from internet. The experimental results show that the HSV model give 91.81% accuracy to detect the human's skin while the false is 8.19%. Otherwise, the accuracy of HSI model is 89.09% in which the false is 10.91%. Thereby, we can conclude that skin detection using HSV model is superior than HSI model. The reason that we proposed both models is to find the advantages and disadvantages of each model and find the best results with slightest mistake in skin detection.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV และ HSI สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจาก รศ. ดร.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำเกี่ยวกับแนวทางการทำโครงการ ให้คำปรึกษา ข้อชี้แนะ แนวทางในการแก้ปัญหา ความคิดริเริ่ม แนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของโครงการ รวมถึงคอยถามถึงความคืบหน้าและกระตุ้นให้คณะผู้จัดทำตั้งใจทำงานอยู่เสมอ และความช่วยเหลือในหลายสิ่งหลายอย่างจนกระทั่งโครงการมีความก้าวหน้าจนถึงปัจจุบัน ขอขอบคุณประธานสาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุมและควบคุมที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย ตลอดจนขอขอบคุณผู้เรียบเรียงและแปลโครงการต่างๆ ที่ผู้จัดทำได้นำมาอ้างอิงศึกษาค้นคว้าจนผู้จัดทำสามารถทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดา ที่ได้อบรมเลี้ยงดู สนับสนุน ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำปรึกษา เป็นกำลังใจ เป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างกับผู้จัดทำโครงการ

ผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 กล่าวนำ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน.....	3
2.1 กล่าวนำ.....	3
2.2 การประมวลผลภาพดิจิทัล.....	3
2.2.1 ภาพสองระดับ (Binary image)	4
2.2.2 ภาพสี RGB (Color RGB Image).....	5
2.2.2 ภาพระดับเทา (Grayscale Image).....	5
2.3. ระบบสี.....	5
2.3.1 ระบบสี RGB.....	6
2.3.2 ระบบสี HSV.....	8
2.3.2.1 การแปลงระบบสี RGB เป็นระบบสี HSV.....	10
2.3.3 ระบบสี HSI.....	11
2.3.3.1 การแปลงระบบสี RGB เป็นระบบสี HSI.....	12
2.3.4 ระบบสีแบบ HLS.....	12
2.3.4.1 การแปลงระบบสี RGB เป็นระบบสี HLS.....	13
2.3.5 ระบบสีแบบ CMY.....	14
2.3.6 ระบบสีแบบ YUV.....	15

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3.7 ระบบสีแบบ YIQ.....	15
2.3.8 ระบบสีแบบ XYZ.....	15
บทที่ 3 การตรวจจับสีผิว.....	18
3.1 การหาตัวอย่างสีผิวที่เหมาะสมโดยใช้โมเดล HSV	18
3.1.1 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50% : 50%.....	17
3.1.2 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 40% : 60%.....	33
3.1.3 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 60% : 40%.....	36
3.1.4 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 30% : 70%.....	38
3.1.5 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 70 % : 30%.....	40
3.2 การหาตัวอย่างสีผิวที่เหมาะสมโดยใช้โมเดล HSI	42
3.2.1 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50% : 50%.....	42
3.2.2 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 40% : 60%.....	44
3.2.3 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 60% : 40%.....	45
3.2.4 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 30% : 70%.....	46
3.2.5 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 70% : 30%.....	47
บทที่ 4 การทดลอง.....	49
4.1 รายละเอียดข้อมูลภาพในการทดลอง.....	49
4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	49
4.2.1 ฮาร์ดแวร์ที่ใช้.....	49
4.2.2 ซอฟต์แวร์ที่ใช้.....	49
4.3 ขั้นตอนการทดลอง.....	49
4.3.1 การตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV.....	49
4.3.2 การตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSI.....	52
บทที่ 5 ผลการทดลอง.....	54
5.1 ผลกระทบของ Hue , Saturation และ Value ต่อการตรวจจับสีผิว.....	54
5.2 ภาพผลลัพธ์ของการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV	56

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.3 ผลกระทบของ Hue , Saturation และ Intensity ต่อการตรวจจับสีผิว.....	67
5.4 ภาพผลลัพธ์ของการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV.....	68
5.5 ภาพผลลัพธ์ของการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV และ HSI.....	76
5.6 สรุปผลการทดลอง.....	79
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	81
6.1 สรุปผลการทดลอง.....	81
6.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ.....	81
6.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา.....	82
บรรณานุกรม.....	83
ภาคผนวก.....	84

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงค่า Threshold ของการตรวจจับสีผิวโดยวิธี HSV ทั้ง 5 กรณี.....	42
3.2 แสดงค่า Threshold ของการตรวจจับสีผิวโดยวิธี HSI ทั้ง 5 กรณี.....	48
5.1 แสดงผลกระทบของ Hue, Saturation และ Value ต่อการตรวจจับสีผิว	55
5.2 แสดงภาพผลลัพธ์การตรวจจับสีผิวของโมเดล HSV ทั้ง 5 กรณี.....	57
5.3 สรุปผลการทดลองการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV	62
5.4 แสดงการเปรียบเทียบภาพผลลัพธ์การตรวจจับสีผิวระหว่าง Normalized rg กับโมเดล HSV	65
5.5 แสดงผลกระทบของ Hue, Saturation และ Intensity ต่อการตรวจจับสีผิว	67
5.6 แสดงภาพผลลัพธ์การตรวจจับสีผิวของโมเดล HSI ทั้ง 5 กรณี.....	69
5.7 สรุปผลการทดลองการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSI	73
5.8 แสดงการเปรียบเทียบภาพผลลัพธ์การตรวจจับสีผิว.....	74
ระหว่าง Normalized rg กับโมเดล HSI	
5.9 แสดงผลการเปรียบเทียบการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV และ HSI.....	77
5.10 แสดงผลการเปรียบเทียบข้อดีและข้อด้อย.....	80
ของแต่ละโมเดลในการตรวจจับสีผิว	

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 พิกัดที่ใช้อ้างอิงถึงภาพดิจิทัล.....	4
2.2 ภาพสองระดับ.....	4
2.3 ภาพสีและค่าที่เก็บอยู่ในแต่ละจุดภาพซึ่งประกอบไปด้วยค่าในแกนสีแดง เขียวและน้ำเงิน.....	5
2.4 ระดับสีเทา.....	5
2.5 การเปลี่ยนจากภาพสี RGB เป็นภาพระดับสีเทาและแสดงค่าที่เก็บในแต่ละจุดภาพ.....	6
2.6 Additive colors (RGB).....	7
2.7 ค่าของสี RGB บนแกนสามมิติ.....	7
2.8 ลูกบาศก์ของระบบสี RGB	8
2.9 แบบจำลองของระบบสี HSV.....	9
2.10 วงล้อสีของ Hue.....	9
2.11 สัดส่วนของสีเทาที่มีอยู่ในภาพ.....	10
2.12 แบบจำลองของระบบสี HSI และระนาบสีแบบวงกลม.....	11
โดยวงกลมจะตั้งฉากกับแกนความเข้มสีตามแนวตั้ง	
2.13 แบบจำลองของระบบสี HLS.....	13
2.14 ระบบสี CMYK.....	14
3.1 ตัวอย่างแถบสีผิวที่ตัดจากบริเวณแก้มจำนวน 10 แถบสี กรณี 50% : 50%.....	17
3.2 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 1 (1.jpg).....	17
3.3 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 1 (1.jpg).....	18
3.4 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 2 (2.jpg).....	19
3.5 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 2 (2.jpg).....	20
3.6 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 3 (3.jpg).....	20
3.7 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 3 (3.jpg).....	21
3.8 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 4 (4.jpg)	21
3.9 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 4 (4.jpg).....	22
3.10 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 5 (5.jpg).....	23
3.11 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 5 (5.jpg).....	24
3.12 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 6 (6.jpg).....	24
3.13 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 6 (6.jpg).....	25
3.14 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 7 (7.jpg).....	25

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.15 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 7 (7.jpg).....	26
3.16 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 8 (8.jpg).....	27
3.17 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 8 (8.jpg).....	28
3.18 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 9 (9.jpg).....	28
3.19 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 9 (9.jpg).....	29
3.20 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 10 (10.jpg).....	29
3.21 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 10 (10.jpg).....	30
3.22 แถบสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50 % : 50 %.....	31
3.23 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิว กรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50 % : 50 %.....	32
3.24 การแยกสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน.....	33
3.25 แถบสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 40 % : 60 %.....	34
3.26 แถบสีผิวที่ใส่เพิ่ม กรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 40 % : 60 %.....	34
3.27 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิว กรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 40 % : 60 %.....	35
3.28 แถบสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 60 % : 40 %.....	36
3.29 แถบตัวอย่างสีผิวที่ใส่เพิ่ม กรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 60 % : 40 %.....	36
3.30 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิว กรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 60 % : 40 %.....	37
3.31 แถบสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 30 % : 70 %.....	38
3.32 แถบสีผิวที่ใส่เพิ่ม กรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 30 % : 70 %.....	38
3.33 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิว กรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 30 % : 70 %.....	40
3.34 แถบสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 70 % : 30 %.....	41
3.35 แถบสีผิวที่ใส่เพิ่ม กรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 70 % : 30 %.....	41
3.36 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิว กรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 70 % : 30 %.....	42
3.37 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSI กรณีตัวอย่างสีผิว ระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50 % : 50 %.....	43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.38 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSI กรณีตัวอย่างสีผิว..... ระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 40 % : 60 %	43
3.39 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSI กรณีตัวอย่างสีผิว..... ระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 60 % : 40 %	45
3.40 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSI กรณีตัวอย่างสีผิว..... ระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 30 % : 70 %	46
3.41 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSI กรณีตัวอย่างสีผิว..... ระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 70 % : 30 %	47
4.1 ตัวอย่างแถบสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50 % : 50 %.....	50
5.1 ตัวอย่างภาพที่สามารถตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องสมบูรณ์.....	61
5.2 ตัวอย่างภาพที่ตรวจจับสีผิวได้แต่มีความผิดพลาดเล็กน้อย.....	61
5.3 ตัวอย่างภาพที่มีพื้นฉากหลังติดมากับสีผิวเป็นจำนวนมาก.....	61

บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ปริณูณานิพนธ์นี้ทำเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพ (Image Processing) ซึ่ง การประมวลผลภาพหมายถึงการประยุกต์ใช้งานการประมวลผลสัญญาณบนสัญญาณ 2 มิติ เช่น ภาพนิ่ง (ภาพถ่าย) หรือภาพเคลื่อนไหว (วิดีโอ) และยังรวมถึงสัญญาณ 2 มิติอื่นๆ ที่ไม่ใช่ภาพด้วย โดยในงานวิจัยนี้ขอเสนอเรื่องการตรวจจับสีผิว ที่เป็นการศึกษาต่อจากโครงการงานวิจัย (project) ของผู้อื่นที่เคยทำการศึกษาวิจัยเอาไว้ [1, 2] แนวความคิดเดิมของการแยกส่วนของสีผิวมนุษย์ออกจากภาพสีคือ เก็บตัวอย่างอินพุตจากภาพสีโดยเลือกเก็บตัวอย่างบริเวณแก้ม ในอัตราส่วน 20%:80% นั่นคือสีผิวโทนอ่อน 20% ต่อสีผิวโทนเข้ม 80% จากนั้นนำภาพตัวอย่างสีผิวของทุกภาพมารวมกันเป็นภาพเดี่ยว แล้วทำการ Normalized RGB เพื่อหาค่าต่ำสุดและสูงสุดของ r g และ b ที่นำไปใช้กำหนดค่า Threshold หากจุดภาพใดบนภาพที่นำมาวิเคราะห์มีค่าไม่อยู่ในช่วง Threshold ที่กำหนดจะเปลี่ยนจุดภาพนั้นให้กลายเป็นสีดำ เพื่อเป็นการตัดบริเวณที่ไม่ต้องการออกไป ในทางตรงกันข้ามหากจุดภาพใดบนภาพที่นำมาวิเคราะห์มีค่าอยู่ในช่วง Threshold ที่กำหนด จะให้คงค่าสีเดิมไว้ อย่างไรก็ตาม ถ้าเรากำหนดตัวอย่างสีผิวได้ไม่ครอบคลุม จะทำให้โปรแกรมตรวจจับสีผิวได้ไม่สมบูรณ์

การกำหนดอัตราส่วนของโทนสีผิวมีความสำคัญต่อการกำหนดค่า Threshold อย่างมาก ซึ่งในแต่ละบุคคลจะเลือกแถบสีผิวที่แตกต่างกัน บางบุคคลตัดแถบสีผิวโทนอ่อนเกินไปหรือบางบุคคลตัดแถบสีผิวเข้มเกินไป ถ้าเลือกค่า Threshold ไม่เหมาะสมจะทำให้รายละเอียดของส่วนที่สนใจหายไปหรือได้รายละเอียดที่ไม่ต้องการเพิ่มมากขึ้น เช่น มีแถบสีดำเกิดขึ้นอยู่บนใบหน้าเล็กน้อย ใบหน้าอาจหายไปบางส่วนหรือมีพื้นฉากหลังที่ไม่ใช่สีผิวปรากฏออกมา ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจจับสีผิวเป็นอย่างมาก คือ ขนาดของภาพไม่เท่ากันอาจใหญ่เกินไปหรือเล็กเกินไป ภาพที่มีพื้นฉากหลังที่ซับซ้อน ภาพมีแสงเงา และภาพมีความสว่างที่ไม่ปกติหรือความสว่างไม่สมดุลง่ายกันทั้งภาพ เป็นต้น เพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้ผู้จัดทำจึงได้ศึกษาถึงแนวทางในการตรวจจับสีผิว โดยศึกษาทั้งโมเดล HSV และ HSI เพื่อเปรียบเทียบข้อดีและข้อด้อยในแต่ละโมเดล และหาโมเดลที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด มีความผิดพลาดน้อยที่สุดและสามารถตรวจจับสีผิวคนได้สมบูรณ์ที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาวิธีการตรวจจับแยกสีผิวของมนุษย์จากภาพสีที่ได้จากกล้องซีซีดี (CCD) กล้องมือถือยี่ห้อต่างๆ และภาพถ่ายที่ดาวน์โหลดจากอินเทอร์เน็ต
2. พัฒนาแนวคิด และขั้นตอนวิธีการตรวจจับแยกสีผิวของมนุษย์จากภาพสี โดยใช้โมเดล HSV และ HSI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ศึกษาทฤษฎีการตรวจแยกสีผิวมนุษย์ เพื่อตัดส่วนต่างๆของภาพให้เหลือเฉพาะบริเวณที่เป็นสีผิวมนุษย์
2. พัฒนาการตรวจจับสีผิวให้สามารถตรวจจับสีผิวในภาพที่มีพื้นฉากหลังซับซ้อน และภาพที่มีบุคคลมากกว่า 1 บุคคลได้
3. พัฒนาการตรวจจับสีผิวให้สามารถตรวจจับสีผิวในภาพ ทั้งระยะใกล้และระยะไกลของบุคคลที่อยู่ในภาพเดียวกันได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ฝึกทักษะการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C ผ่านโปรแกรม MATLAB
2. ได้ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการทำโครงการ ทั้งการประมวลผลภาพทางดิจิทัล ระบบสี และแบบจำลองในโมเดลสีต่างๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการประมวลผลภาพเพื่อตรวจจับสีผิวมนุษย์
3. ได้รับความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้โมเดล HSV และ HSI เพื่อนำมาใช้ในการตรวจจับสีผิว
4. สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดงานวิจัย ที่มีพื้นฐานเกี่ยวข้องกับการตรวจจับสีผิว เช่น ในงานด้านการตรวจจับใบหน้าบุคคล (Face Detection) สามารถตรวจจับสีผิวและติดตามวัตถุที่มีการเคลื่อนไหว (ตรวจจับการเคลื่อนไหว) หรือการตรวจจับใบหน้าเพื่อรักษาความปลอดภัย (ตรวจจับผู้บุกรุก) ฯลฯ

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน

2.1 กล่าวนำ

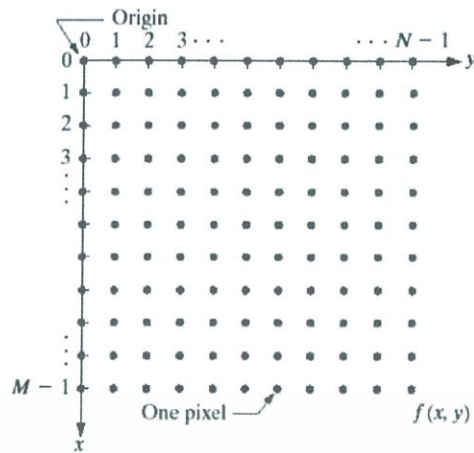
การตรวจจับสีผิวมนุษย์จากภาพสีนั้น อาศัยกระบวนการค้นหาพื้นที่สีผิวเพื่อแยกสีผิวมนุษย์ออกจากส่วนที่ไม่ใช่สีผิวในรูปภาพ สิ่งจำเป็นที่จะต้องทราบในการตรวจจับสีผิวขั้นพื้นฐาน คือ การประมวลผลภาพทางดิจิทัล ระบบสีและโมเดลสีต่างๆ โดยภาพสีจากโมเดลหนึ่งสามารถแปลงค่าไปสู่อีกโมเดลหนึ่งได้ และมักใช้ประโยชน์จากความแตกต่างของค่าสีนี้ในการตัดแยกสีผิวมนุษย์ออกจากสีอื่นๆ ซึ่งการตัดแยกสีผิวมนุษย์ออกจากสิ่งแวดล้อม จะช่วยให้สามารถลดขอบเขตในการค้นหาตำแหน่งของบุคคลให้แคบลง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการทำโครงงาน ประกอบด้วย การประมวลผลภาพทางดิจิทัล ระบบสี และแบบจำลองโมเดลสีต่าง ๆ รวมไปถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคต่างๆ ที่วิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้ในการตรวจจับสีผิว ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

2.2. การประมวลผลภาพดิจิทัล

ในการประมวลผลภาพดิจิทัล เมื่อระบบได้รับข้อมูลภาพเข้าไปแล้วจะทำการคำนวณและส่งออกมาเป็นข้อมูลที่ใช้แทนข้อมูลภาพดิจิทัลเหล่านั้น การเก็บข้อมูลภาพลงหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ สามารถทำได้โดยการจองหน่วยความจำของเครื่องไว้ในรูปของตัวแปรอาร์เรย์ที่เป็นโครงสร้างของข้อมูลที่จัดเรียงข้อมูลได้หลายมิติ โดยค่าในแต่ละช่องจะแสดงถึงคุณสมบัติของจุดภาพ (pixel) (คำว่า "พิกเซล" มาจากคำว่า "พิกเจอร์" (picture) ที่แปลว่า รูปภาพ และ "เอลิเมนต์" (element) ที่แปลว่า องค์ประกอบ เป็นหน่วยพื้นฐานของภาพ หมายถึง จุดภาพบนจอแสดงผล หรือจุดภาพในรูปภาพที่รวมกันเป็นภาพขึ้น โดยภาพหนึ่งๆ จะประกอบไปด้วยจุดภาพหรือพิกเซลมากมาย และแต่ละภาพที่สร้างขึ้นจะมีความหนาแน่นของจุดภาพ หรือบางครั้งแทนด้วยความละเอียด (ความคมชัด) ที่แตกต่างกันไป จึงใช้ในการบอกคุณสมบัติของภาพ จอภาพ หรือ อุปกรณ์แสดงผลภาพได้ ภาพที่มีจำนวนพิกเซลมาก จะมีความละเอียดของภาพมาก) หรือค่าความเข้มของสี (intensity) และตำแหน่งของช่องอาร์เรย์เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของจุดภาพ

การจัดเก็บรูปภาพจะจัดเก็บข้อมูลของภาพ จะถูกเก็บไว้ในรูปของเมทริกซ์ สมมติว่าภาพมีขนาด $M \times N$ (แถว \times คอลัมน์) ค่าของจุดภาพของภาพที่แทนด้วยเลขจำนวนเต็ม จะสามารถอ้างอิงกับเมทริกซ์ได้ ดังเช่น จุดภาพที่อยู่ ณ ตำแหน่งจุดกำเนิดมีค่า $(x,y) = (0,0)$ จะเท่ากับเมทริกซ์แถวที่ 0 คอลัมน์ที่ 0 และพิกัดที่อยู่แถวแรกมีค่า $(x,y) = (0,1)$ จะเท่ากับเมทริกซ์แถวที่ 0 คอลัมน์ที่ 1 จะแสดงให้เห็นการอ้างอิงจุดภาพของภาพ ดังแสดงในรูปที่ 2.1

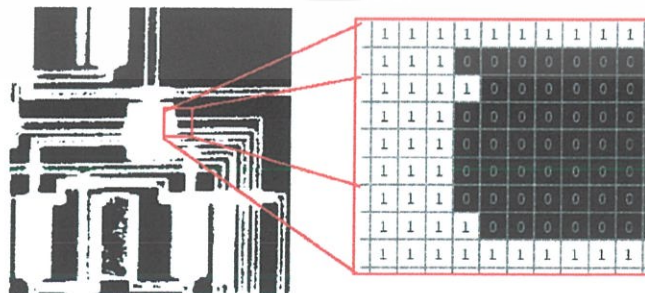


รูปที่ 2.1 พิกัดที่ใช้อ้างอิงถึงภาพดิจิทัล

ภาพดิจิทัลมักอยู่ในรูปของภาพสองระดับ (Binary Image) ภาพระดับสีเทา (Gray Image) และภาพสี RGB (Color RGB Image) ซึ่งข้อมูลของภาพจะอยู่ในรูปของ 1 บิต 8 บิต และ 24 บิต ตามลำดับ

2.2.1 ภาพสองระดับ (Binary Image)

ในบางกรณีการเก็บข้อมูลภาพจะเก็บเป็นความเข้มของแสงสว่าง ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลของภาพเป็นระดับของความสว่าง เช่น ถ้าหากความสว่างของแสงมีปริมาณมากข้อมูลภาพก็จะเป็นระดับของแสงสีขาวในตำแหน่งของจุดภาพนั้น แต่ถ้าความสว่างของแสงมีปริมาณน้อยมากๆ ข้อมูลของภาพก็จะเป็นระดับสีดำในตำแหน่งของจุดภาพนั้น ภาพที่ได้ทั้งหมดก็จะปรากฏเฉพาะระดับของสีขาวและสีดำเท่านั้น ซึ่งเรียกว่า Binary Image โดยภาพสองระดับเป็นภาพที่ประกอบด้วยสีขาวและสีดำเท่านั้น ซึ่งค่าในแต่ละจุดภาพของภาพสองระดับจะมีได้เพียง 2 ค่า คือ 0 และ 1 โดยที่ค่า 0 แทนจุดภาพสีดำ และค่า 1 แทนจุดภาพสีขาว ดังนั้นค่าในแต่ละจุดภาพจะใช้เพียง 1 บิตในการเก็บข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 2.2

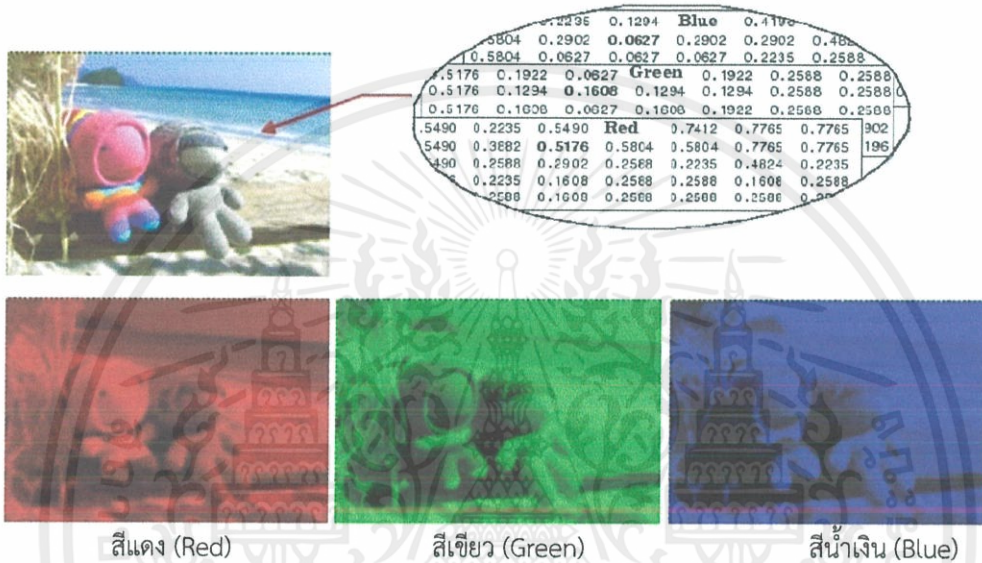


รูปที่ 2.2 ภาพสองระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ภาพสี RGB (Color RGB Image)

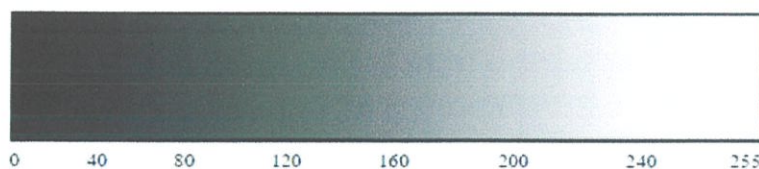
ภาพสีเป็นภาพที่ค่าในแต่ละจุดภาพจะประกอบไปด้วยค่าของสีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) อย่างละ 8 บิต กล่าวคือ ภาพสี 1 จุดภาพหรือ 1 พิกเซล (Pixel) จะประกอบไปด้วยจำนวนบิตทั้งหมด 24 บิต ทำให้ภาพสีมีจำนวนสีที่เป็นไปได้ทั้งหมด $(2^8)^3 = 2^{24} = 16,777,216$ สี ภาพที่แทนด้วยแบบจำลอง RGB จะเป็นภาพที่เกิดจากการประกอบกันของภาพ 3 ภาพด้วยกัน แต่ละภาพที่มาประกอบจะแทนแม่สีแต่ละสี เมื่อนำเข้าสู่จอภาพ ภาพทั้งสามภาพจะประกอบกันเพื่อเกิดภาพสีที่เราเห็น ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งจะใกล้เคียงกับสีที่ตาเรามองเห็นปกติ



รูปที่ 2.3 ภาพสีและค่าที่เก็บอยู่ในแต่ละจุดภาพซึ่งประกอบไปด้วยค่าในแกนสีแดง เขียวและน้ำเงิน

2.2.3 ภาพระดับสีเทา (Grayscale Image)

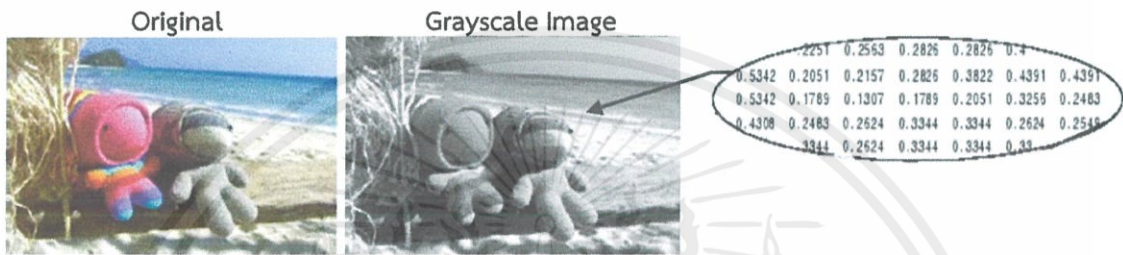
ภาพที่ได้จากกล้องดิจิตอลนั้นมักจะเป็นข้อมูลภาพสี ซึ่งในแต่ละจุดภาพจะประกอบไปด้วยค่าของสีหลัก 3 สี คือ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน ซึ่งหากนำข้อมูลภาพไปทำการประมวลผลจะทำให้ใช้เวลาในการประมวลผลข้อมูลภาพช้า ดังนั้นจึงต้องมีการปรับข้อมูลภาพให้สามารถทำงานได้เร็วขึ้น โดยทำให้ภาพสีนั้นถูกแปลงให้อยู่ในลักษณะความเข้มแสง ซึ่งภาพที่ได้จะเป็นภาพที่เป็นระดับสีเทา หรือเรียกว่า Grayscale Image ซึ่งเป็นภาพที่มีการเก็บข้อมูลเป็นความสว่างของแสงหลายระดับ ทำให้การเก็บข้อมูลภาพมีความหลากหลาย แสดงแถบภาพดำไล่ระดับไปจนถึงสีขาว แสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงระดับสีเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแปลงภาพสีเป็นภาพระดับสีเทาเป็นกระบวนการที่สร้างขึ้นเพื่อให้การประมวลผลภาพมีความรวดเร็วและง่ายยิ่งขึ้น โดยค่าที่เป็นไปได้ของภาพระดับสีเทาทั้งหมดขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้ ตัวอย่างเช่น ภาพระดับสีเทา 8 บิต จะมีระดับสีเทาทั้งหมด $2^8 = 256$ ระดับ โดยนิยมระบุในช่วง 0-1 หรือ 0-255 ซึ่งที่ระดับความเข้มสูงสุดคือ 255 จะทำให้จุดภาพนั้นเป็นสีขาว ที่ระดับความเข้มตรงกึ่งกลางคือ 127 จะทำให้จุดภาพนั้นเป็นจุดภาพสีเทาและที่ระดับความเข้มต่ำสุด คือ 0 จะทำให้จุดภาพนั้นจะปรากฏเป็นสีดำ พบว่าค่าของระดับสีเทาในแต่ละจุดภาพ จะทำให้ภาพมีลักษณะความเข้มในแต่ละจุดภาพที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การเปลี่ยนจากภาพสี RGB เป็นภาพระดับสีเทาและแสดงค่าที่เก็บในแต่ละจุดภาพ

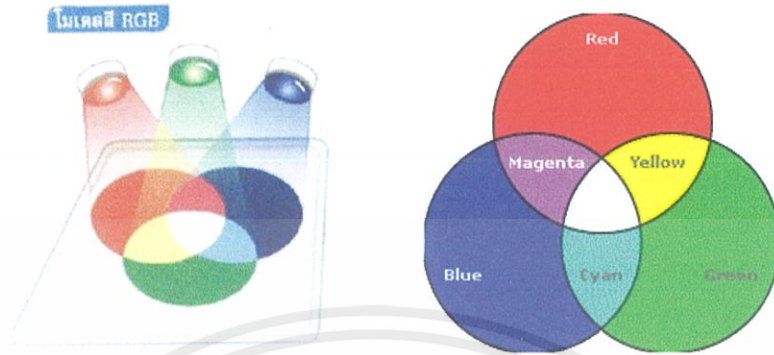
2.3 ระบบสี

มาตรฐานของสีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายระบบด้วยกัน ได้แก่ RGB, HSV, HSI, HSL, YCrCb, YUV, YIQ, YES, CIE XYZ และ CIE LUV ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการใช้งาน แต่โดยทั่วไปแล้วทุกมาตรฐานจะมีแนวคิดเดียวกันคือ การแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ภายในสเปส 3 มิติ โดยจะมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในสเปส ซึ่งแต่ละแกนจะมีความเป็นอิสระต่อกัน ตัวอย่างเช่นในระบบ RGB จะมีแกนสีคือ แแกนสีแดง เขียว และน้ำเงิน ในระบบ HSI จะมีแกนเป็นค่าเฉดสี (hue) ความอิ่มตัวของสี (saturation) และความเข้มของสี (Intensity) ตัวอย่างระบบสีที่นิยมใช้กัน ได้แก่ ระบบ RGB HSV (Hue, Saturation, Value) และ HSI (Hue, Saturation, Intensity) แต่ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้มี 2 รูปแบบคือ ทฤษฎีสีแบบ HSV และทฤษฎีสีแบบ HSI

2.3.1 ระบบสี RGB

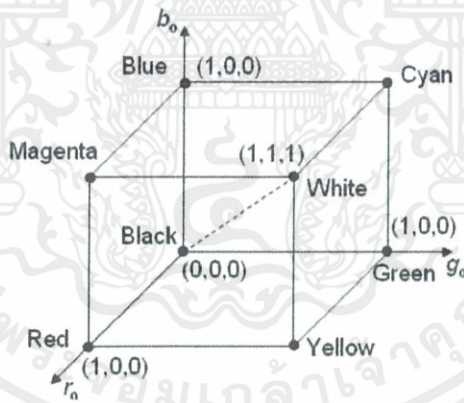
ระบบสีอาร์จีบีเป็นระบบสีของแสง ซึ่งเกิดจากการหักเหของแสงผ่านแท่งแก้วปริซึมจนเกิดแถบสีที่เรียกว่า "Spectrum" ระบบสีอาร์จีบีเป็นระบบสีที่เกิดจากการรวมตัวของสเปกตรัมของแสงสีแดง (Red) เขียว (Green) และน้ำเงิน (Blue) โดยใช้หลักการยิงประจุไฟฟ้าให้เกิดการเปล่งแสงของแม่สีทั้ง 3 สี ซึ่งเมื่อนำมาฉายรวมกันจะทำให้เกิดสีใหม่อีก 3 สี คือ สีแดงม่วง (เกิดจากสีแดงผสมกับสีน้ำเงิน) สีฟ้า (เกิดจากสีน้ำเงินผสมกับสีเขียว) และสีเหลือง (เกิดจากสีเขียวผสมกับสี

แดง) ซึ่งถ้าฉายแสงสีทั้งหมดรวมกันจะได้แสงสีขาว เรียกการผสมสีแบบนี้ว่า “Additive” ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 Additive colors (RGB)

โดยนำหลักการของระบบพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinate system) มากำหนดพื้นที่ของแม่สีแต่ละสีในลักษณะของลูกบาศก์ ถ้านำระบบสี RGB มาวางลงบน Cartesian coordinate system จะได้ผลดังรูปที่ 2.7

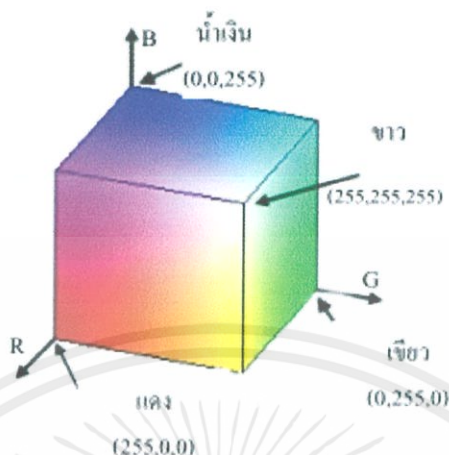


รูปที่ 2.7 ค่าของสี RGB บนแกนสามมิติ

จะเห็นว่าบนแกนหลักทั้งสามแกนนั้นจะถูกแทนด้วยแม่สี 3 สี คือ แดง เขียว และน้ำเงิน และมุมอีก 3 มุมที่ไม่ได้อยู่บนแกนเกิดจากการผสมกันของสีหลัก คือ สีม่วง (Magenta) เกิดจากการผสมกันของสีแดงและสีน้ำเงินโดยอยู่ที่พิกัด (255,0,255) สีเขียวน้ำทะเล (Cyan) เกิดจากการผสมกันของสีเขียวและสีน้ำเงินอยู่ที่พิกัด (0,255,255) และ สีเหลืองเกิดจากการผสมกันของสีแดงและสีเขียวอยู่ที่พิกัด (255,255,0) ส่วนสีที่ตำแหน่งจุดกำเนิดคือ สีดำ โดยที่มันจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆในแต่ละแนวแกนจนกระทั่งมีค่าสูงสุดเท่ากับ 255 คือ สีขาว ซึ่งเกิดจากการรวมกันของสีหลักทั้งสามสีใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนที่เท่ากัน และที่จุดกึ่งกลางของลูกบาศก์จะเป็นสีเทาโดยมีพิกัดที่ (128,128,128) ถ้านำลูกบาศก์ RGB มาลงสีจะได้ภาพที่มีลักษณะดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ลูกบาศก์ของระบบสี RGB

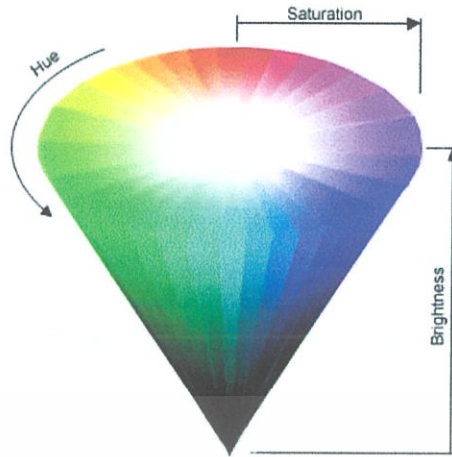
ระบบสี RGB มักจะถูกใช้สำหรับการส่องแสงทั้งบนจอภาพทีวีและจอคอมพิวเตอร์ อาทิ การฉายภาพยนตร์ การบันทึกภาพเคลื่อนไหว (Video) ภาพโทรทัศน์ การสร้างภาพเพื่อนำเสนอผ่านทางจอคอมพิวเตอร์ และการจัดแสงสีในการแสดง เป็นต้น ซึ่งสร้างจากสารที่ให้งานสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินทำให้สีดูสว่างกว่าความเป็นจริง การใช้งานระบบสี RGB ยังมีการสร้างมาตรฐานที่แตกต่างกันออกไปที่นิยมใช้งานได้แก่ RGB_{CIE} และ RGB_{NTSC}

- ระบบสีแบบ RGB_{CIE} เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นโดย CIE (Commission International 'Eclairage) ซึ่งอ้างอิงสีด้วยสีแดงที่ 700nm สีเขียวเท่ากับ 546.1 nm และสีน้ำเงิน 435.8 nm
- ระบบสีแบบ RGB_{NTSC} เป็นระบบที่พัฒนาโดย NTSC (National Television System Committee) เพื่อใช้สำหรับการแสดงภาพของจอภาพแบบ CRT เป็นมาตรฐานสำหรับผู้ผลิตแบบ CRT ให้มีลักษณะเดียวกัน

2.3.2 ระบบสี HSV

ระบบสีแบบ HSV บางทีเรียกว่า HSB (Hue-Saturation-Brightness) เกิดจากการแปลงระบบสี RGB ให้อยู่ในรูปแบบที่สอดคล้องกับการรับรู้สีของคนเรา โดยรูปแบบสี HSV จะแยกองค์ประกอบของสีและแสงออกจากกันโดยสิ้นเชิง คือค่า Hue และ Saturation จะเก็บองค์ประกอบของสี ส่วนค่า Value จะเก็บองค์ประกอบแสง ตามลำดับ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การวิเคราะห์สีของภาพสีทำได้โดยง่าย และมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบสีแบบ RGB ดังนั้นระบบสีแบบ HSV จึงเหมาะสำหรับงานที่ต้องการวิเคราะห์สีในรูปภาพ โดยไม่ขึ้นกับความเข้มแสง ระบบสี HSV สามารถนำมาแสดงแบบจำลองของระบบสี HSV ด้วยพิกัดทรงกรวยดังแสดงในรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงแบบจำลองของระบบสี HSV

โดยระบบสี HSV นี้จะแบ่งองค์ประกอบของสีออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

- Hue แทนค่าสีของวัตถุที่สะท้อนเข้ามายังตาของเรา ซึ่งแต่ละสีจะแตกต่างกันตามความยาวของคลื่นแสงที่มากกระทบวัตถุและสะท้อนกลับมาที่ตาของเรา ค่า Hue ถูกวัดโดยตำแหน่งการแสดงสีบนวงล้อสี (Standard Color Wheel) ซึ่งถูกแทนให้อยู่ในรูปขององศาคือ 0 ถึง 360 องศา ได้ดังนี้คือ 0 องศาแสดงด้วยสีแดง, 60 องศาแสดงด้วยสีเหลือง, 120 องศาแสดงด้วยสีเขียว, 180 องศาแสดงด้วยสีน้ำเงินปนเขียว, 240 องศาแสดงด้วยสีน้ำเงิน และ 360 องศาสเปกตรัมของสีจะวนกลับมาเป็นสีแดงอีกครั้ง แต่โดยทั่วไปแล้ว มักจะเรียกการแสดงสีนั้นๆ เป็นชื่อของสี เช่น สีแดง สีม่วง สีเหลือง



รูปที่ 2.10 วงล้อสีของ Hue

- Saturation แทนค่าความอิ่มตัวของสี ใช้กำหนดระดับความสดหรือความหมองของภาพสังเกตจากสัดส่วนของสีเทาโดยวัดค่าสีเทาเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ดังนี้คือ จาก 0% ($S = 0$ หรือมีสีเทาผสมอยู่มาก) จนถึง 100% ($S = 1$ หรือสีเทาไม่มีเลยเรียกว่า “Full Saturation” คือ สีที่มีความอิ่มตัวเต็มที่) ถ้าถูกวัดโดยตำแหน่งบน Standard Color Wheel ค่า Saturation จะเพิ่มขึ้นจากจุดกึ่งกลางจนถึงเส้นขอบ โดยค่าที่เส้นขอบจะมีสีที่ชัดเจนและอิ่มตัวที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 สัดส่วนของสีเทาที่มีอยู่ในภาพ

- Brightness หรือ Value แทนค่าความสว่างและความมืดของสี เป็นระยะในแนวแกนตั้ง ซึ่งถูกกำหนดค่าเป็นเปอร์เซ็นต์จาก 0% (V = 0 สีดำ) คือ จุดล่างสุดถึง 100% (V = 1 สีขาว) คือ จุดบนสุด ยังมีเปอร์เซ็นต์มากจะทำให้สีนั้นสว่างมากขึ้น

2.3.2.1 การแปลงระบบสี RGB เป็นระบบสี HSV

ในการแปลงค่าสีจากระบบสีอาร์จีบีเป็นระบบสีเอชเอสวี สามารถทำได้ดังสมการที่ (2.1) ~ (2.3)

$$\text{Hue} = 60^\circ \times H' \quad (2.1)$$

$$\text{Saturation} = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B)} \quad (2.2)$$

$$\text{Value} = \max(R, G, B) \quad (2.3)$$

เมื่อ

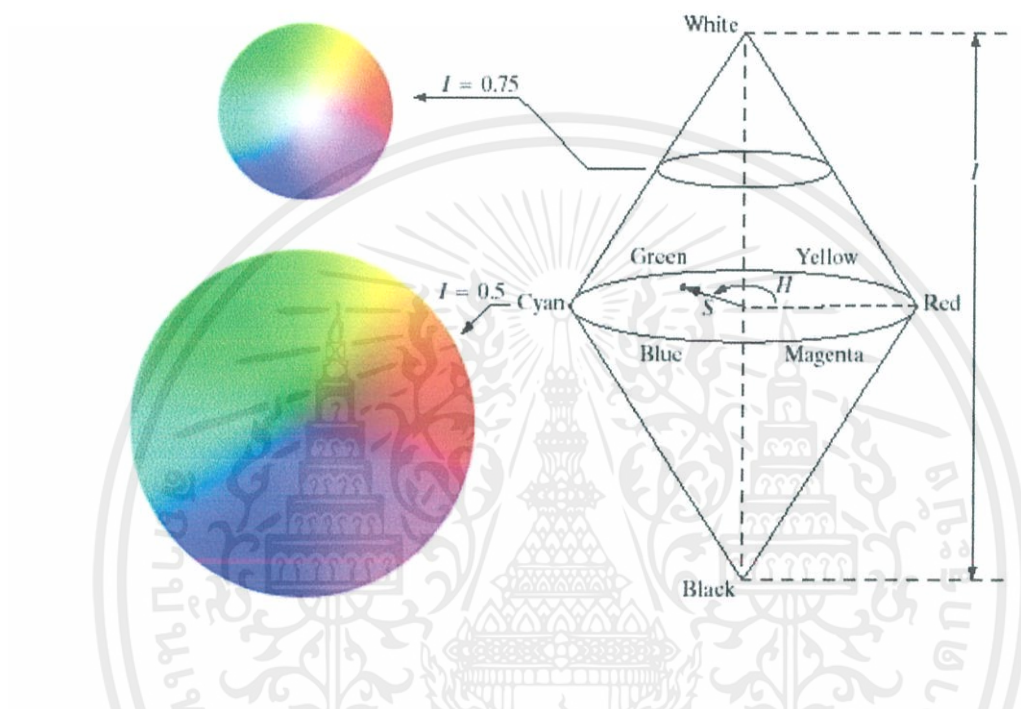
$$H' = \begin{cases} \frac{G - B}{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)} & \text{if } \max(R, G, B) = R \\ 2 + \frac{B - R}{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)} & \text{if } \max(R, G, B) = G \\ 4 + \frac{R - G}{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)} & \text{if } \max(R, G, B) = B \end{cases}$$

ค่า R G และ B ที่ใช้ในสมการที่ (2.1) ~ (2.3) จะต้องทำการปรับค่าให้อยู่ในช่วง 0-1 เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ระบบสี HSI

ค่าเฉดสี (Hue) ความอิ่มตัวของสี (Saturation) และความเข้มสี (Intensity) เป็นคุณสมบัติหนึ่งที่จะนำมาใช้ในการแสดงสี ซึ่งเป็นระบบสีที่สื่อความหมายในการรับรู้ของสายตามนุษย์ ได้ดีกว่าระบบสีอาร์จีบี แบบจำลองของระบบสี HSI สามารถแสดงด้วยพิกัดทรงกรวย ดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แบบจำลองของระบบสี HSI และระนาบสีแบบวงกลม โดยวงกลมจะตั้งฉากกับแกนความเข้มสีตามแนวตั้ง

จากรูปที่ 2.12 สามารถอธิบายค่าแต่ละค่าในระบบสี HSI ได้ดังนี้

- Hue แทนด้วยค่าเฉดสี โดยกำหนดค่าเฉดสีด้วยค่ามุมของกรวยที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 360 องศา ค่าของ Hue จะไล่ลำดับการเปลี่ยนแปลงจากสีแดง (Hue = 0) ไปยังสีเขียว (Hue = 120) จากสีเขียวไปยังสีน้ำเงิน (Hue = 240) และจากสีน้ำเงินกลับมายังสีแดงเหมือนกันกับ HSV
- Saturation แทนด้วยความอิ่มตัวของสี ซึ่งใช้กำหนดระดับความสดหรือความหมองที่เกิดขึ้นจากการผสมกันระหว่างสีที่อยู่ตรงข้ามในวงล้อสี โดยระดับสีที่สดที่สุดคือสีที่ไม่ถูกนำมาผสมเลย นั่นคือ $S = 1$ และระดับสีที่หมองที่สุดคือ สีที่ถูกผสมกันในอัตราส่วนครึ่งต่อครึ่งระหว่างสีที่อยู่ตรงข้ามกันในวงล้อสี นั่นคือ $S = 0$ โดยถ้าค่า Saturation ยังมีค่ามากก็จะทำให้สีที่ได้ใกล้เคียงกับเฉดสีที่แท้จริงมากขึ้น

- Intensity แทนด้วยความเข้มของสี เป็นค่าที่ใช้ระบุว่าสีนั้นมีความเข้มมากเท่าใด ถ้าค่าความเข้มของสีมีค่ามากขึ้นก็จะทำให้สีที่ได้มีส่วนประกอบของสีขาวมากขึ้น ในทางกลับกันถ้าค่านี้มีค่าน้อยลงก็จะทำให้สีที่ได้มีส่วนประกอบของสีดำมากขึ้นเช่นกัน โดยระดับสีที่มืดที่สุดของทุกสีคือ สีดำ $I = 0$ และระดับสีที่สว่างที่สุดของทุกสีคือ สีขาว $I = 1$

2.3.3.1 การแปลงระบบสี RGB เป็นระบบสี HSI

ในการแปลงค่าสีจากระบบสีอาร์จีบีเป็นระบบสีเอชเอสไอ สามารถทำได้ดังสมการที่ (2.4) ~ (2.6)

$$\text{Hue} = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 2\pi - \theta & \text{if } B > G \end{cases} \quad (2.4)$$

$$\text{Saturation} = 1 - \frac{3}{R + G + B} (\min(R, G, B)) \quad (2.5)$$

$$\text{Intensity} = \frac{1}{3} (R + G + B) \quad (2.6)$$

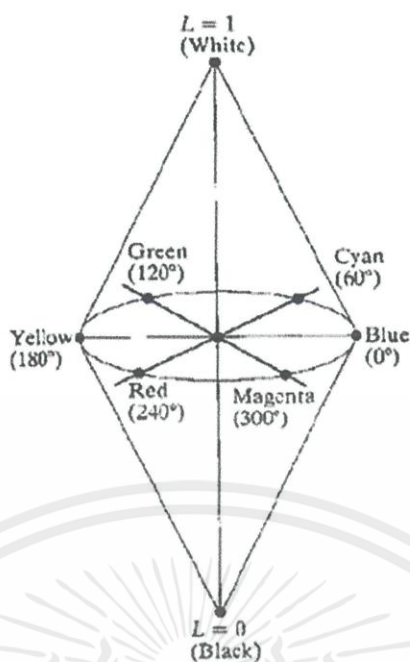
เมื่อ

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

โดยที่ค่า $\min(R, G, B)$ ในสมการที่ (2.5) หมายถึงให้พิจารณาค่าที่น้อยที่สุดของค่าความเข้มสีเพียงค่าเดียวจากทั้ง 3 ค่าสีคือ สีแดง, เขียว, น้ำเงิน ซึ่งค่า R, G และ B ที่ใช้ในสมการที่ (2.4) ~ (2.6) จะต้องทำการปรับค่าให้อยู่ในช่วง 0-1 เสมอ และค่ามุม θ ที่ใช้ในสมการที่ (2.4) เป็นมุมที่วัดตามแนวแกนสีแดง โดยวัดมุมไปทางด้านทวนเข็มนาฬิกาดังรูปที่ 2.12 ประโยชน์ของการแปลงระบบสี RGB ให้เป็นระบบสี HSI คือ การคัดแยกพีชผลทางการเกษตรว่าผลไหนที่เสียโดยคัดแยกจากสี เป็นต้น

2.3.4 ระบบสีแบบ HLS

ระบบสีแบบ HLS ถูกพัฒนาขึ้นโดย Teletromix Incorporated จะมีลักษณะคล้ายกับระบบสี HSV คือสีของระบบขึ้นอยู่กับ Hue, Lightness และ Saturation แบบจำลองของระบบสี HLS แสดงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แบบจำลองของระบบสี HLS

จากรูปที่ 2.13 สามารถอธิบายค่าแต่ละค่าในระบบสี HLS ได้ดังนี้

- Hue คือ ค่าของสีหลัก โดยกำหนดค่าของสีหลักด้วยค่ามุมของกรวย ที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 360 องศา ซึ่งมีสีน้ำเงินอยู่ที่ 0 องศา สีเขียวอยู่ที่ 120 องศา และสีแดงอยู่ที่ 240 องศา
- Lightness คือ ค่าความสว่างซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามแนวแกน L โดยที่ $L = 0$ จะเป็นสีดำ และ $L = 1$ จะเป็นสีขาว
- Saturation คือ ความบริสุทธิ์ของสี

2.3.4.1 การแปลงระบบสี RGB เป็นระบบสี HLS

ในการแปลงค่าสีจากระบบสีอาร์จีบีเป็นระบบสีเอชแอลเอส สามารถทำได้ดังสมการที่ (2.7) ~ (2.8)

$$\text{Lightness} = \frac{\max(R, G, B) + \min(R, G, B)}{2} \quad (2.7)$$

$$\text{Saturation} = \begin{cases} \frac{\max(R, G, B) + \min(R, G, B)}{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)} & \text{if } L \leq 0.5 \\ \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{2 - \max(R, G, B) - \min(R, G, B)} & \text{if otherwise} \end{cases} \quad (2.8)$$

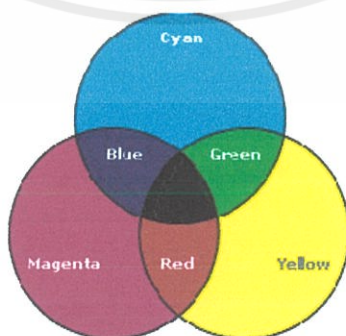
2.3.5 ระบบสีแบบ CMY

CMY (Cyan, Magenta, Yellow) เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นมาใช้สำหรับแสดงสีของเครื่องพิมพ์ โดยมีสีหลักคือ สีฟ้า (Cyan) สีบานเย็นหรือสีม่วงแดง (Magenta) และสีเหลือง (Yellow) โดยเรียกการผสมสีทั้ง 3 สีข้างต้นว่า "Subtractive primaries Color" (สีแดง เขียวและน้ำเงิน เรียกว่า "Additive primaries Color" ระบบสีแบบ CMY สามารถหาได้โดยการนำเอาสีในระบบ RGB ลบกับสีขาวดังสมการที่ (2.9)

$$\begin{aligned} C &= 1 - R \\ M &= 1 - G \\ Y &= 1 - B \end{aligned} \quad (2.9)$$

ระบบสี CMY จะนำไปใช้สำหรับการพิมพ์ภาพสี แต่ยังไม่ดีเท่าที่ควรเนื่องจากยังไม่สามารถสร้างสีดำได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นจึงมีการใช้ระบบ CMYK ซึ่งมีแหล่งกำเนิดสีอยู่ที่การซึมซับ (Absorb) ของหมึกพิมพ์บนกระดาษ ประกอบด้วยสีหลัก 4 สี คือ สีฟ้า, สีม่วงแดง, สีเหลือง และสีดำ แต่จะไม่ดำสนิทเนื่องจากหมึกพิมพ์มีความไม่บริสุทธิ์ จึงเป็นการผสมสีแบบลบ (Subtractive) หลักการเกิดสีของระบบนี้ คือ หมึกสีหนึ่งจะดูดกลืนแสงจากสีหนึ่งแล้วสะท้อนกลับออกมาเป็นสีต่างๆ เช่น สีฟ้าดูดกลืนแสงของสีม่วงแล้วสะท้อนออกมาเป็นสีน้ำเงิน ซึ่งจะสังเกตได้ว่าสีที่สะท้อนออกมาจะเป็นสีหลักของระบบสี RGB การเกิดสีในระบบนี้จึงตรงข้ามกับการเกิดสีในระบบสี RGB ดังรูปที่ 2.14 ดังสมการที่ (2.10)

$$\begin{aligned} K &= \min(C, M, Y) && K \text{ เป็นสีที่ 4 แทนสีดำ} \\ C &= C - K \\ M &= M - K \\ Y &= Y - K \end{aligned} \quad (2.10)$$



รูปที่ 2.14 ระบบสี CMYK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 ระบบสีแบบ YUV

ระบบสีแบบ YUV ใช้สำหรับโทรทัศน์แบบ PAL และ SECAM ซึ่งยังมีใช้อยู่ในหลายประเทศ โดย Y คือ ค่าความสว่างของภาพ ส่วนสัญญาณ U และ V เป็นสัญญาณที่เก็บค่าสีของภาพ ต่อมาได้มีระบบ YIQ มาใช้แทน เนื่องจากพบว่าสัญญาณ I และ Q สามารถลด Bandwidth ได้มากกว่าสัญญาณ U และ V ในขณะที่ได้ภาพที่มีคุณภาพเท่ากัน

2.3.7 ระบบสีแบบ YIQ

เป็นระบบที่ใช้ใน TV Broadcasting สำหรับ NTSC ประโยชน์หลักก็เพื่อให้ใช้งานได้ดีกับโทรทัศน์แบบขาว-ดำ โดยที่ y คือ ความสว่างของภาพ ส่วน I และ Q จะเป็นสัญญาณที่เข้ารหัสสีของภาพไว้ ดังนั้นสำหรับโทรทัศน์ขาว-ดำนั้นสามารถใช้ค่า Y ค่าเดียวก็สามารถได้ภาพที่สมบูรณ์

2.3.8 ระบบสีแบบ XYZ

เป็นระบบสีที่ CIE ได้กำหนดให้มีขึ้นเป็นมาตรฐาน เนื่องจากในระบบสี RGB ยังไม่สามารถสร้างสีที่เป็นไปได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงได้มีตั้งระบบสี XYZ ซึ่งเป็นระบบสีที่สมมุติขึ้น

บทที่ 3

การตรวจจับสีผิว

สีผิวมนุษย์มีความหลากหลายแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับลักษณะพันธุกรรมและเชื้อชาติ แต่จะพบว่าความแตกต่างของสีผิวมนุษย์ที่เกิดขึ้นนั้น มาจากความแตกต่างทางด้านความเข้มแสง (intensity) มากกว่าทางด้านความเป็นสี (chrominance) ดังนั้นการแยกสีผิวมนุษย์ทำได้โดยการตัดส่วนที่เป็นความเข้มแสงออก พิจารณาเฉพาะส่วนของความเป็นสี ทำให้ได้ค่าสีผิวมนุษย์ที่แตกต่างจากค่าสีอื่น ๆ โดยการตรวจจับสีผิวนี้ เริ่มจากการเก็บตัวอย่างอินพุตจากภาพบริเวณใบหน้า ซึ่งโดยทั่วไปนิยมเลือกบริเวณแก้มหรือบริเวณหน้าผาก ซึ่งเป็นจุดหลักบนใบหน้าทำให้ง่ายในการเก็บข้อมูล อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติมักเลือกบริเวณแก้มมากกว่าเพราะบริเวณหน้าผากของภาพใบหน้าบางภาพอาจมีเส้นผมปิดบังอยู่ทำให้ไม่ได้สีผิวที่ถูกต้อง และในการเก็บข้อมูลเก็บข้อมูลถึง 10 แถบสี แล้วนำไปหาค่าต่ำสุดและสูงสุดของแต่ละโมเดล เพื่อใช้กำหนดขอบเขตพื้นที่สีผิว (Threshold) สิ่งที่ส่งผลกระทบต่อโดยตรงต่อการตรวจจับสีผิว คือ ความเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอนของโครงสร้างทางกายภาพ เชื้อชาติ ตำแหน่งการยืน การวางท่าหรือการแสดงออก พื้นผิวหลัง แสงเงา และความสว่างที่ไม่ปกติ ขนาดของภาพและความละเอียด โดยในโครงงานนี้มีการเลือกตัวอย่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อนออกเป็น 5 กรณีศึกษา เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่ครอบคลุม การกำหนดโทนสีผิวมีความสำคัญต่อการกำหนดค่า Threshold อย่างมาก เพราะค่า Threshold จะเป็นตัวกำหนดขอบเขตของความเป็นสีผิว ซึ่งกำหนดขึ้นมาจากการทดลองกับภาพหลายๆ ภาพ โดยถ้าเลือกค่า Threshold ไม่เหมาะสมจะทำให้รายละเอียดของส่วนที่สนใจหายไป หรือได้รายละเอียดที่ไม่ต้องการเพิ่มมากขึ้น การหาค่าตัวอย่างสีผิวที่เหมาะสมโดยใช้ระบบสีหรือโมเดล HSV และ HSI มีรายละเอียดดังนี้

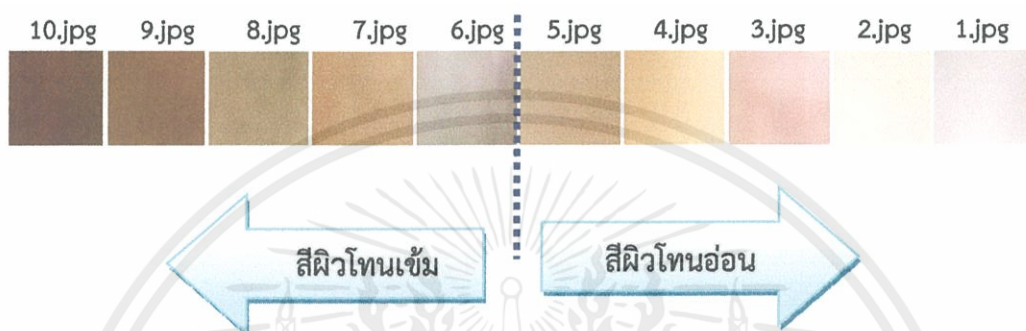
3.1 การหาตัวอย่างสีผิวที่เหมาะสมโดยใช้โมเดล HSV

ภาพตัวอย่างสีผิวที่นำมาทดลองมีจำนวน 10 แถบสี โดยแต่ละแถบสีมีรายละเอียดดังนี้ คือ เป็นภาพขนาด 100 x 69 Pixel ความละเอียด (Resolution) 98 Pixels และเป็นภาพชนิด JPG จากนั้นใช้กระบวนการ HSV Segmentation ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้ในการแปลงค่าสีที่ประกอบขึ้นเป็นภาพจากระบบ RGB ไปเป็นระบบ HSV โดยใช้สมการที่ (2.1) ~ (2.3) แล้วการนำค่าพิกัดหรือตำแหน่งต่างๆกันมาสร้างแท่งความถี่ (Histogram) ทั้ง Hue, Saturation และ Value เพื่อสังเกตการกระจายตัวของข้อมูลสีผิว แล้วนำไปสร้างข้อกำหนดเพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่สีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน ซึ่ง Histogram ที่ได้ก็คือ ตัวแทนของสีผิวนั้นเอง โดยที่เราจะแบ่งการทดสอบตัวอย่างสีผิวออกเป็น 5 กรณี คือ 1) กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50% : 50% 2) กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 40% : 60% 3) กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 60% : 40% 4) กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างโทนเข้มกับสีผิวโทน

อ่อน 30% : 70% และ 5) กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 70% : 30% ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50 % : 50 %

เก็บตัวอย่างอินพุตจากภาพหลายๆภาพบริเวณแก้มขนาด 100 x 69 Pixel จำนวน 10 แถบสีดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 1 แสดงดังรูปที่ 3.2

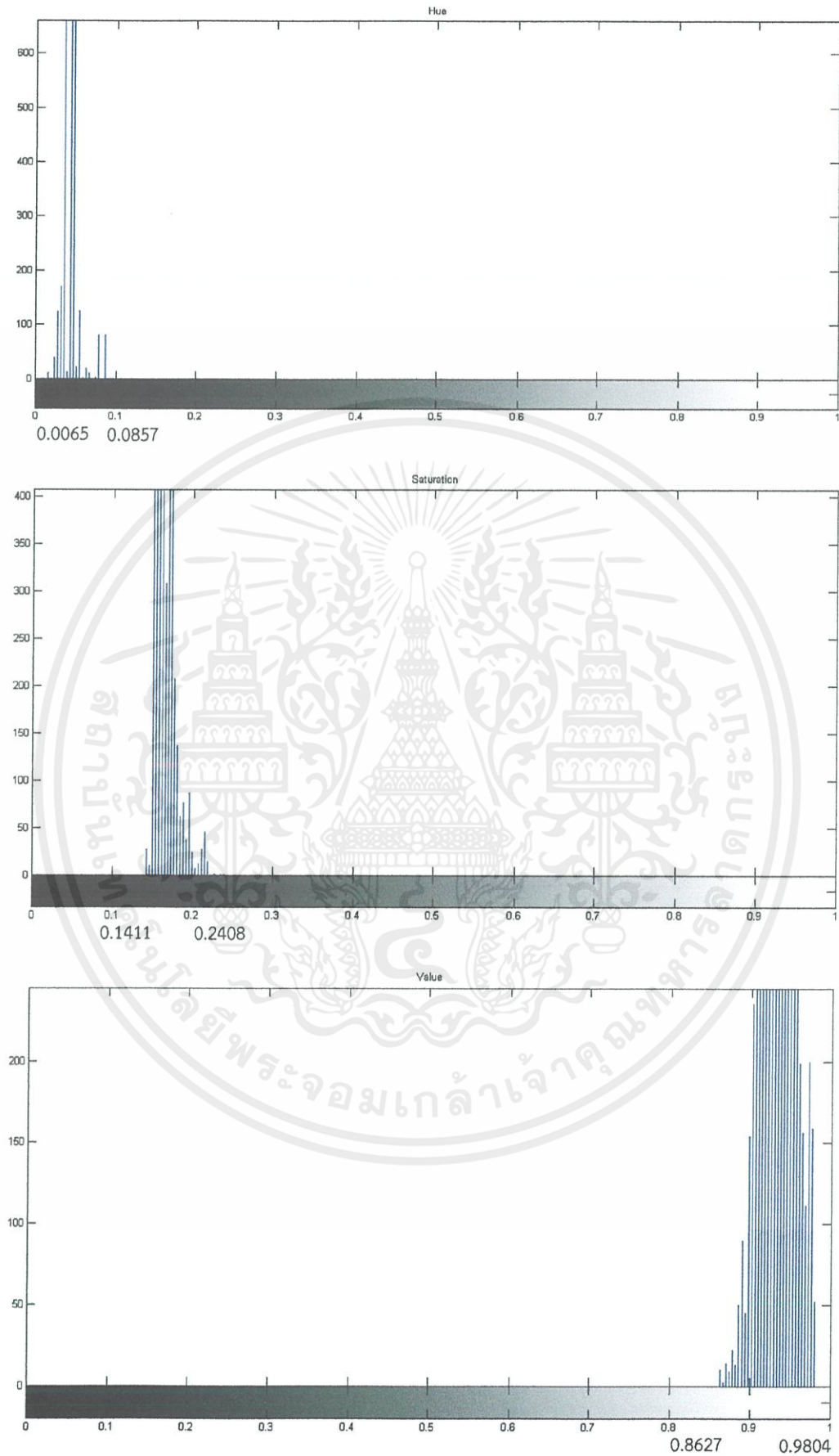


รูปที่ 3.1 ตัวอย่างแถบสีผิวที่ตัดจากบริเวณแก้มจำนวน 10 แถบสี กรณี 50 % : 50 %



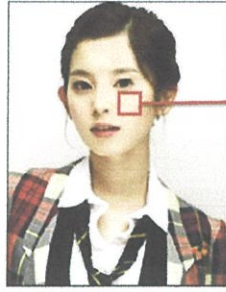
รูปที่ 3.2 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 1 (1.jpg)

จากนั้นแปลงภาพแถบสีผิวจากระบบสีหรือโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSV โดยใช้สมการที่ (2.1) ~ (2.3) แล้วนำค่าที่ได้มาสร้างแท่งความถี่ (Histogram) ทั้ง Hue, Saturation และ Value เพื่อหาค่าขีดแบ่ง (Threshold) ระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อนที่เหมาะสม จะได้ Hue อยู่ในช่วง 0.0065~0.0857 Saturation อยู่ในช่วง 0.1411~0.2408 และ Value อยู่ในช่วง 0.8627 ~0.9804 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของ Hue, Saturation และ Value แสดงดังรูปที่ 3.3



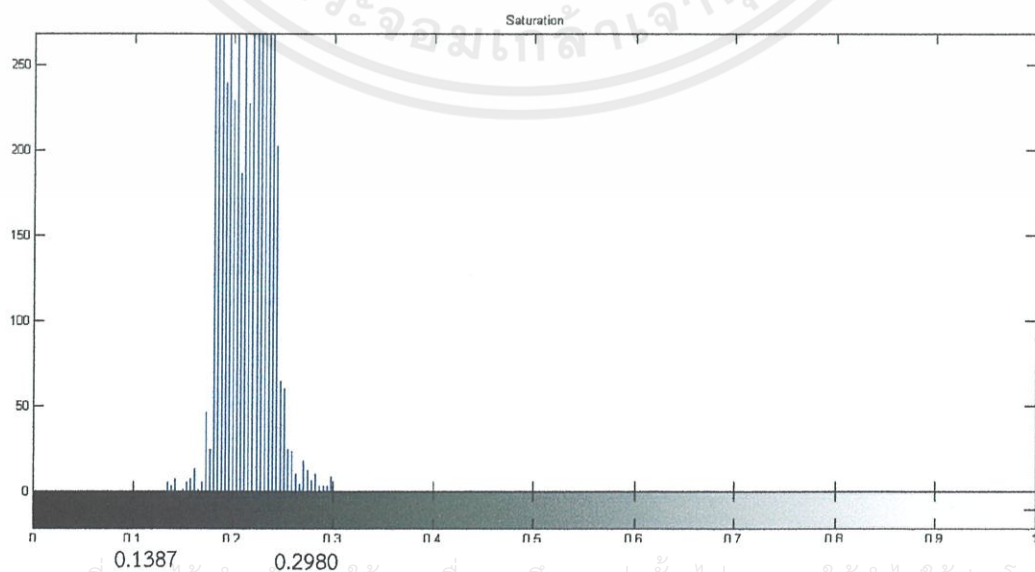
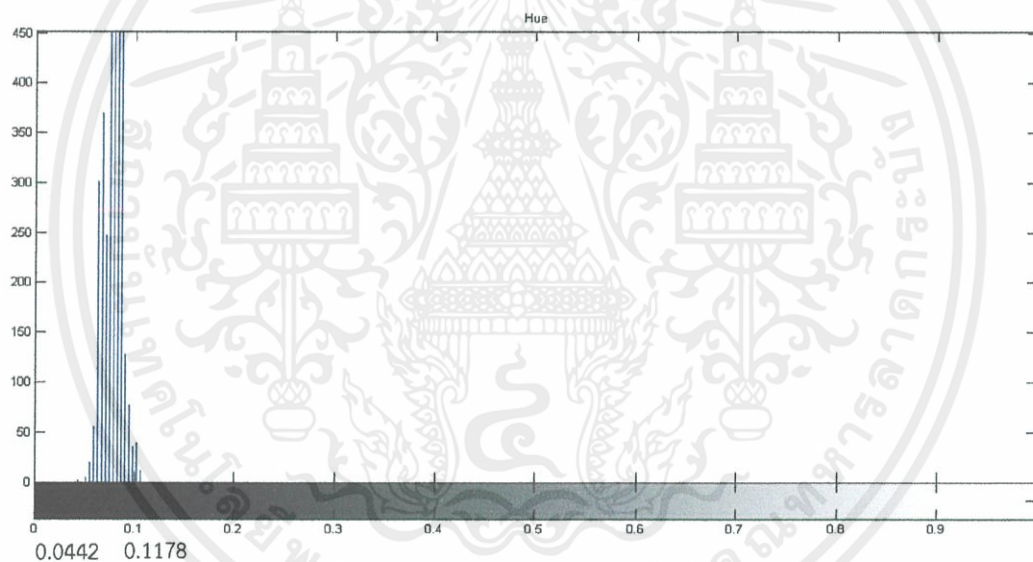
รูปที่ 3.3 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 1 (1.jpg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

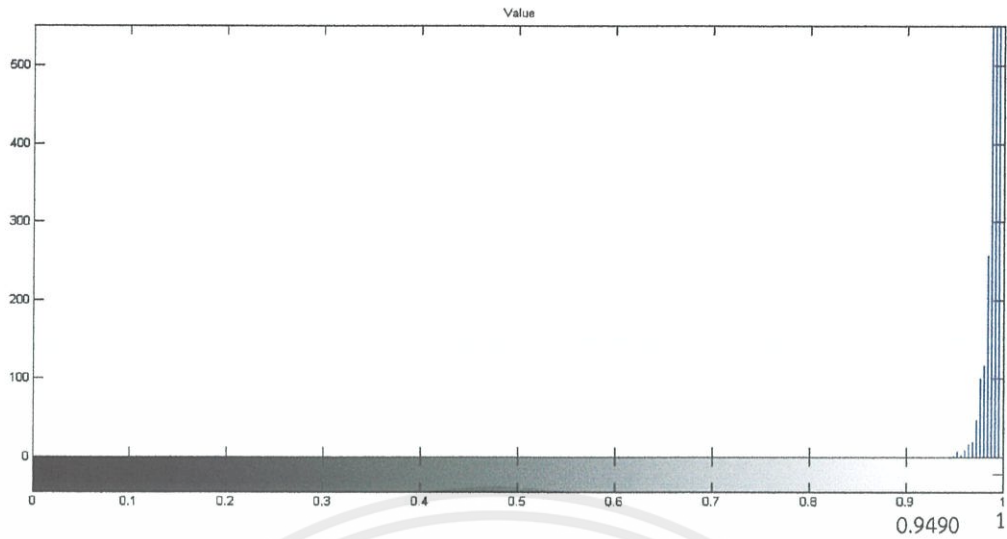


รูปที่ 3.4 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 2 (2.jpg)

แปลงภาพตัวอย่างแถบสีผิวที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 3.4 จากระบบสีหรือโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSV โดยใช้สมการที่ (2.1) ~ (2.3) แล้วนำค่าที่ได้มาสร้าง Histogram จะได้ค่า Hue อยู่ในช่วง 0.0442~0.1178 ค่า Saturation อยู่ในช่วง 0.1387~0.2980 และ Value อยู่ในช่วง 0.9490~1 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของ Hue, Saturation และ Value แสดงได้ดังรูปที่ 3.5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

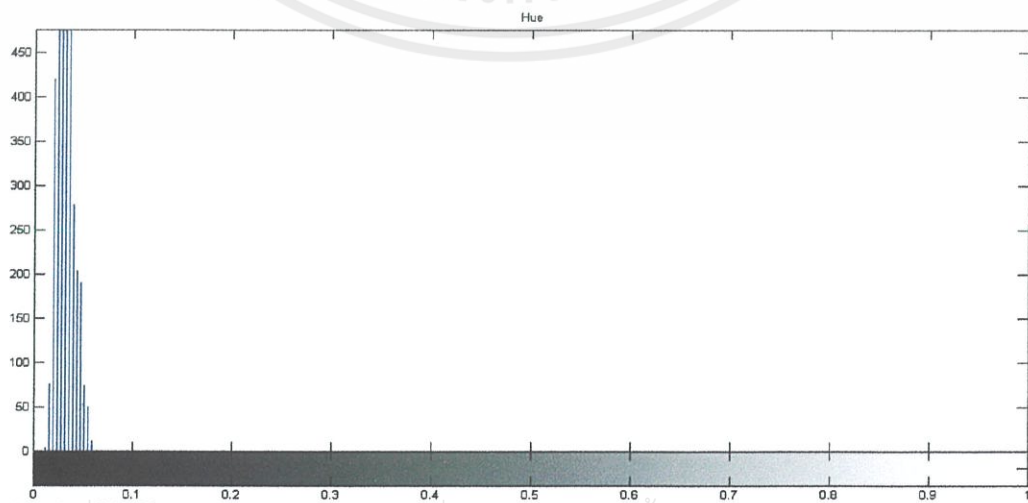


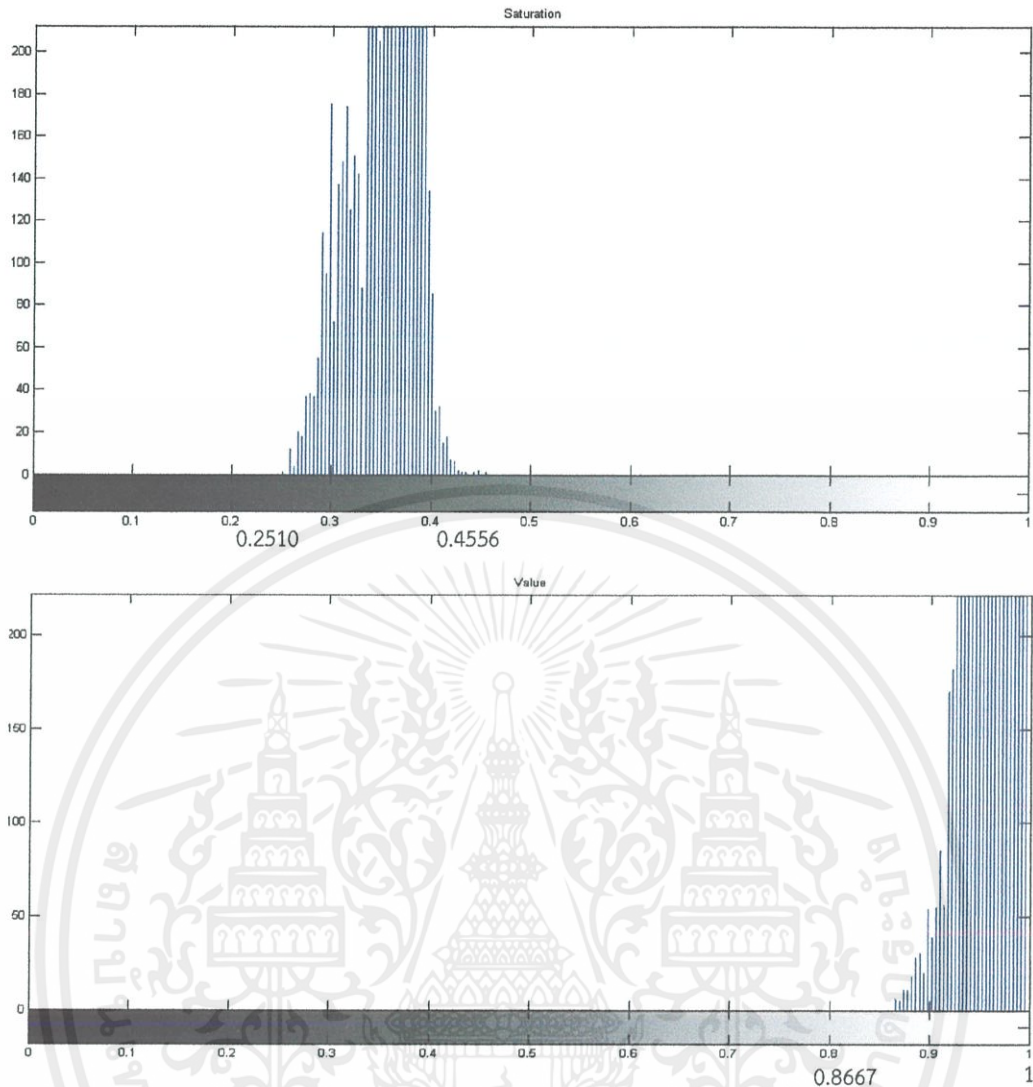
รูปที่ 3.5 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 2 (2.jpg)



รูปที่ 3.6 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 3 (3.jpg)

แปลงภาพตัวอย่างแถบสีผิวที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 3.6 จากระบบสีหรือโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSV โดยใช้สมการที่ (2.1) ~ (2.3) แล้วนำค่าที่ได้มาสร้าง Histogram จะได้ค่า Hue อยู่ในช่วง 0.0130~0.0602 ค่า Saturation อยู่ในช่วง 0.2510 ~ 0.2980 และ Value อยู่ในช่วง 0.8667 ~ 1 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของ Hue, Saturation และ Value แสดงดังรูปที่ 3.7





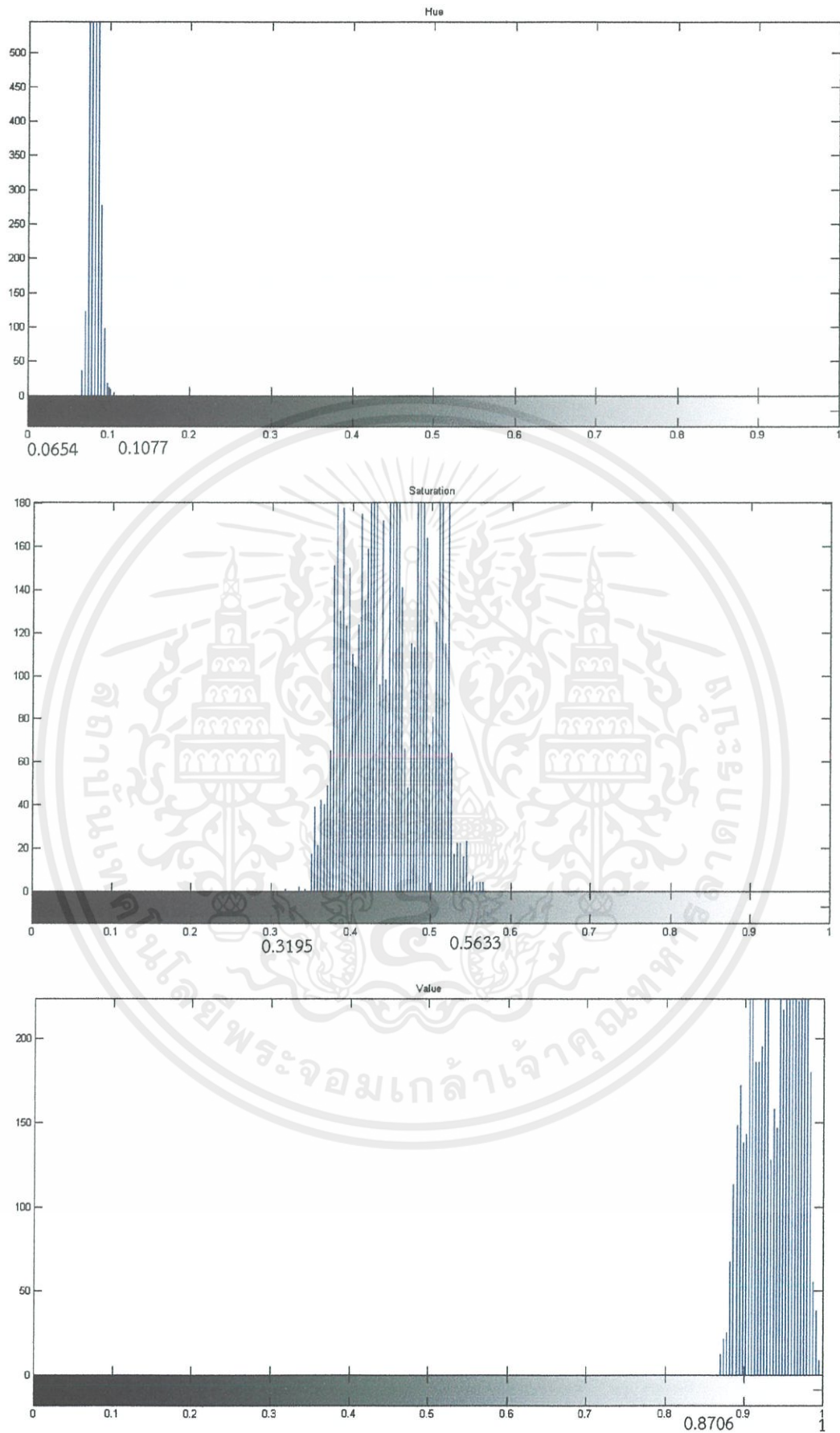
รูปที่ 3.7 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 3 (3.jpg)



รูปที่ 3.8 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 4 (4.jpg)

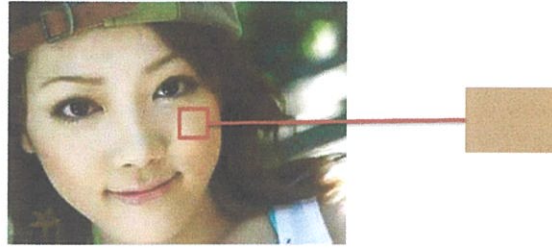
แปลงภาพตัวอย่างแถบสีผิวที่ 4 ดังแสดงในรูปที่ 3.8 จากระบบสีหรือโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSV โดยใช้สมการที่ (2.1) ~ (2.3) แล้วนำค่าที่ได้มาสร้าง Histogram จะได้ค่า Hue อยู่ในช่วง $0.0654 \sim 0.1077$ ค่า Saturation อยู่ในช่วง $0.3195 \sim 0.5633$ และ Value อยู่ในช่วง $0.8706 \sim 1$ ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของ Hue, Saturation และ Value แสดงดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



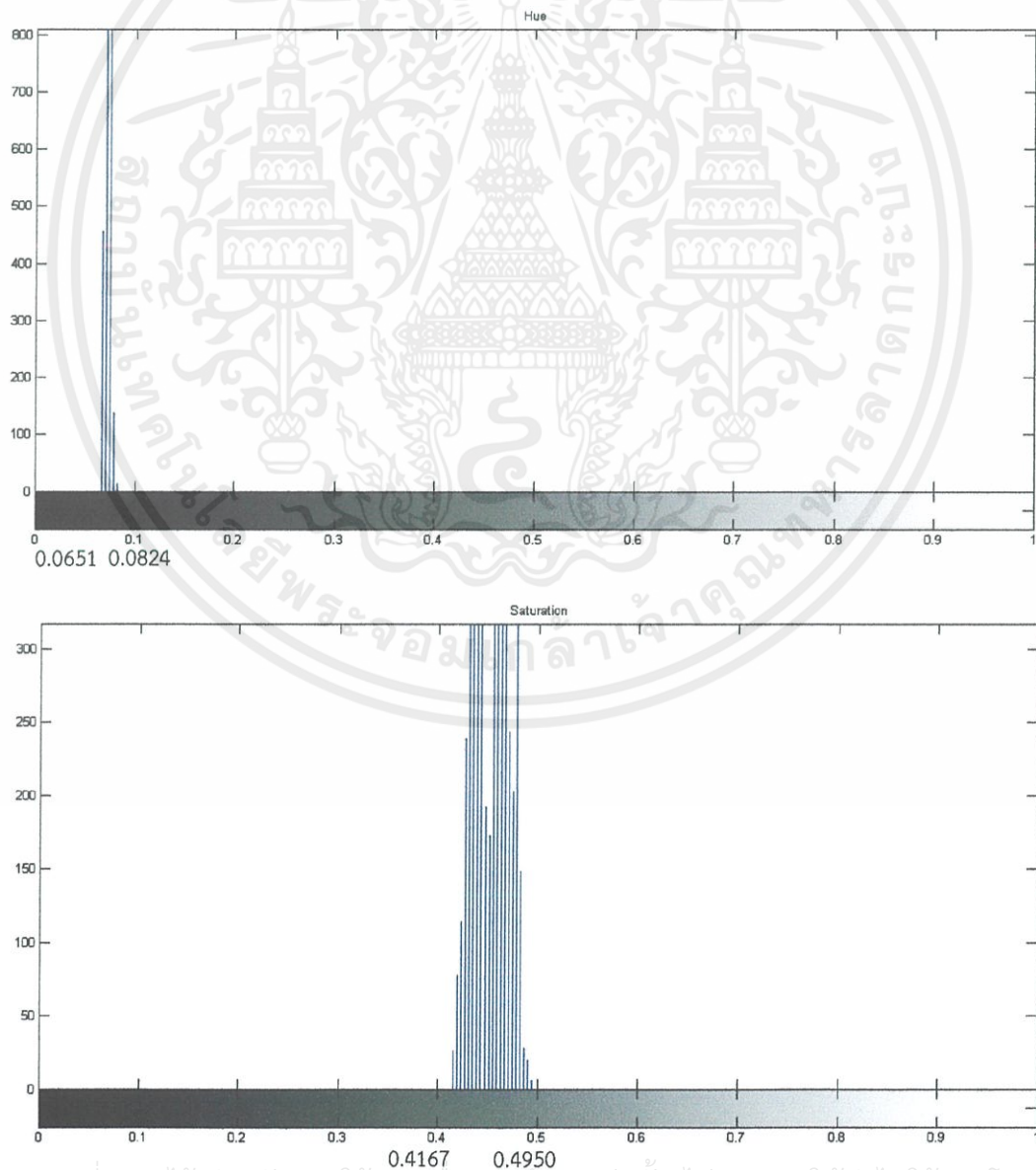
รูปที่ 3.9 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 4 (4.jpg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

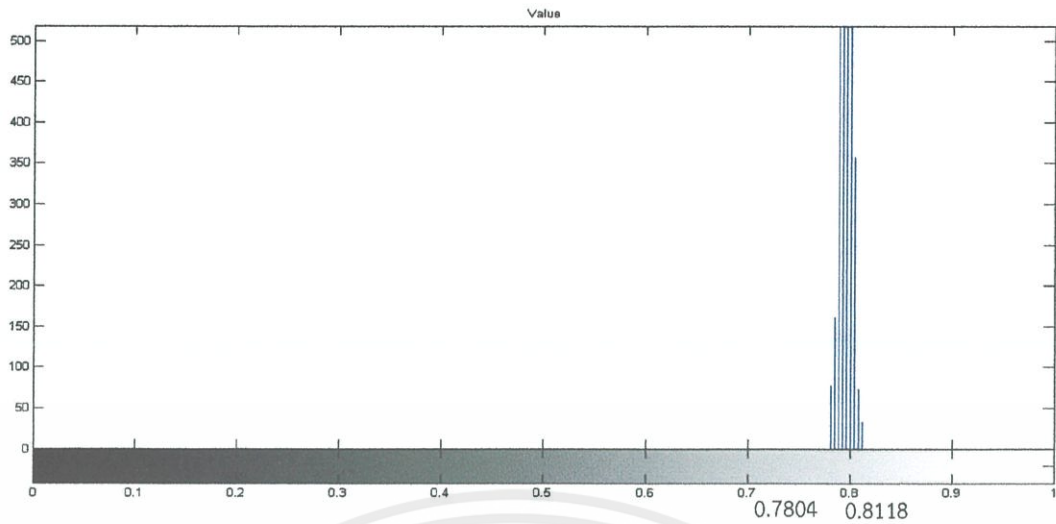


รูปที่ 3.10 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 5 (5.jpg)

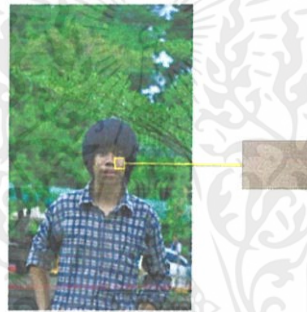
แปลงภาพตัวอย่างแถบสีผิวที่ 5 ดังแสดงในรูปที่ 3.10 จากระบบสีหรือโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSV โดยใช้สมการที่ (2.1) ~ (2.3) แล้วนำค่าที่ได้มาสร้าง Histogram จะได้ค่า Hue อยู่ในช่วง 0.0651 ~ 0.0824 ค่า Saturation อยู่ในช่วง 0.4167 ~ 0.4950 และ Value อยู่ในช่วง 0.7804 ~ 0.8118 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของ Hue, Saturation และ Value แสดงดังรูปที่ 3.11



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

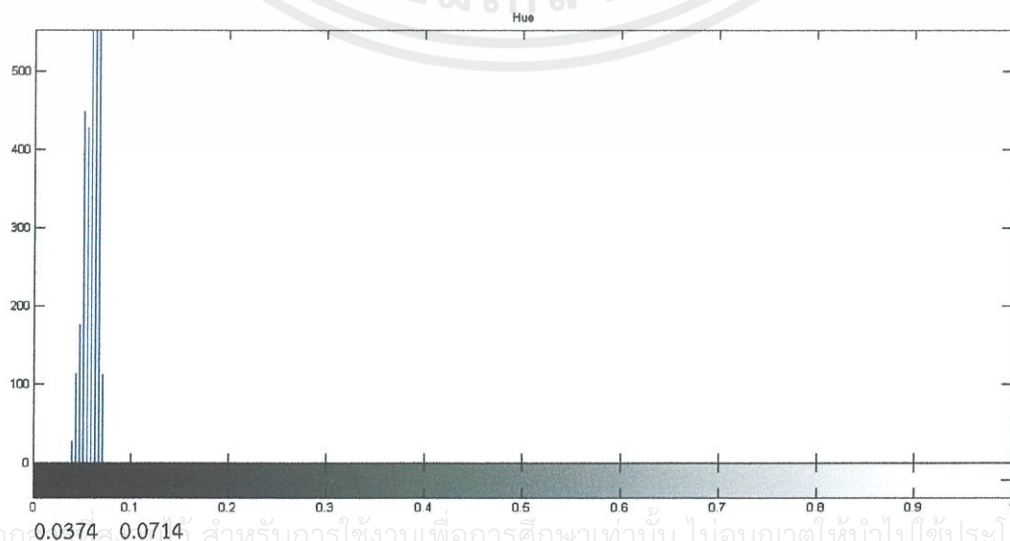


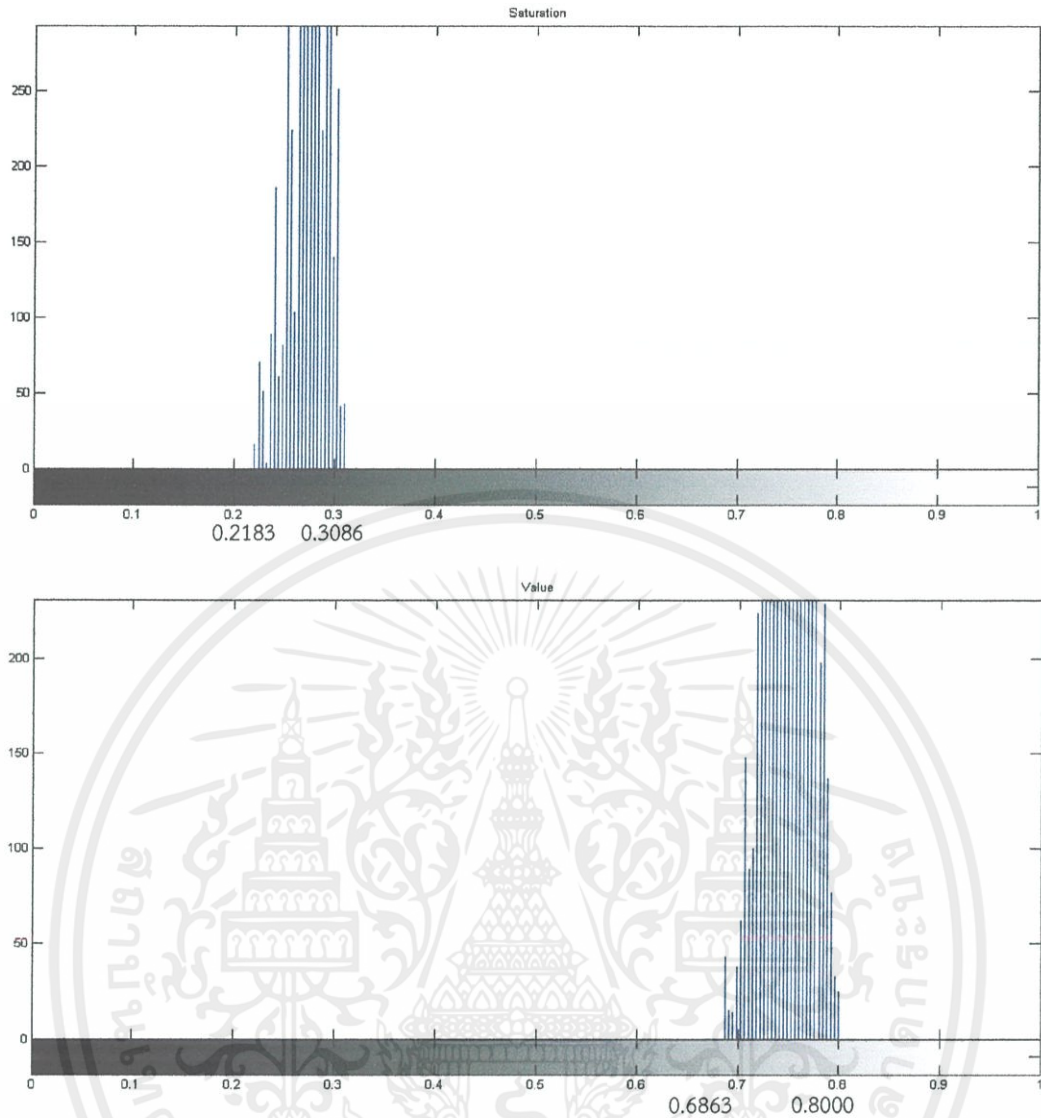
รูปที่ 3.11 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 5 (5.jpg)



รูปที่ 3.12 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 6 (6.jpg)

แปลงภาพตัวอย่างแถบสีผิวที่ 6 ดังแสดงในรูปที่ 3.12 จากระบบสีหรือโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSV โดยใช้สมการที่ (2.1) ~ (2.3) แล้วนำค่าที่ได้มาสร้าง Histogram จะได้ค่า Hue อยู่ในช่วง 0.0374 ~ 0.0714 ค่า Saturation อยู่ในช่วง 0.2183 ~ 0.3086 และ Value อยู่ในช่วง 0.6863 ~ 0.8000 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของ Hue, Saturation และ Value แสดงดังรูปที่ 3.13





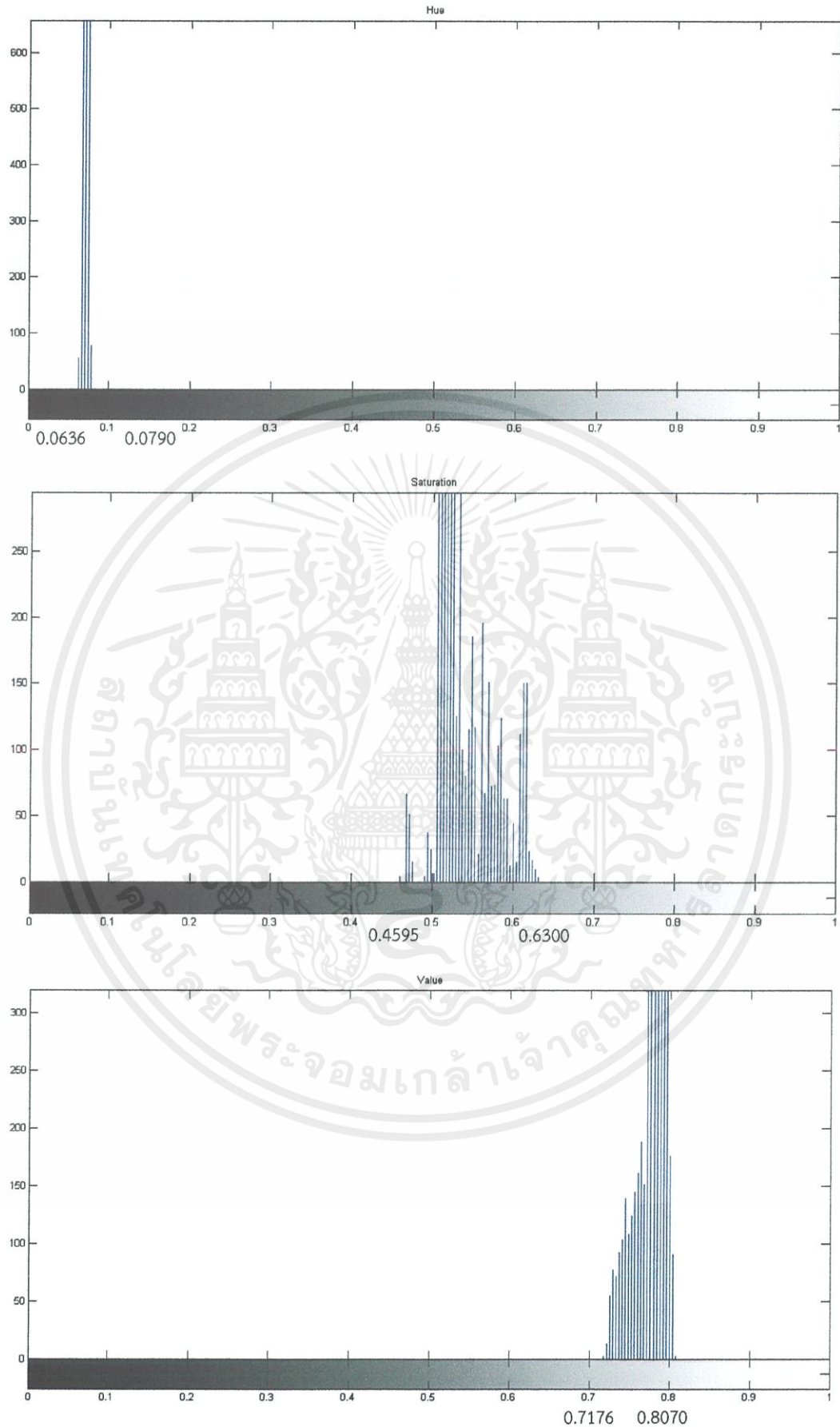
รูปที่ 3.13 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 6 (6.jpg)



รูปที่ 3.14 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 7 (7.jpg)

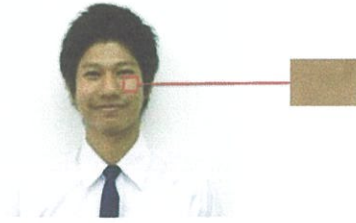
แปลงภาพตัวอย่างแถบสีผิวที่ 7 ดังแสดงในรูปที่ 3.14 จากระบบสีหรือโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSV โดยใช้สมการที่ (2.1) ~ (2.3) แล้วนำค่าที่ได้มาสร้าง Histogram จะได้ค่า Hue อยู่ในช่วง $0.0636 \sim 0.0790$ ค่า Saturation อยู่ในช่วง $0.4595 \sim 0.6300$ และ Value อยู่ในช่วง $0.7176 \sim 0.8070$ ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของ Hue, Saturation และ Value แสดงดังรูปที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



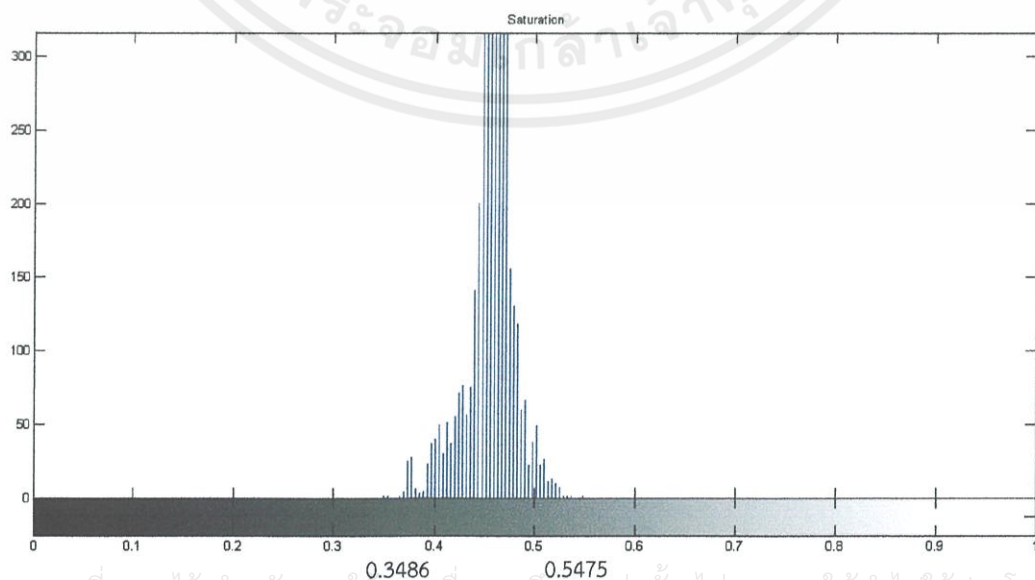
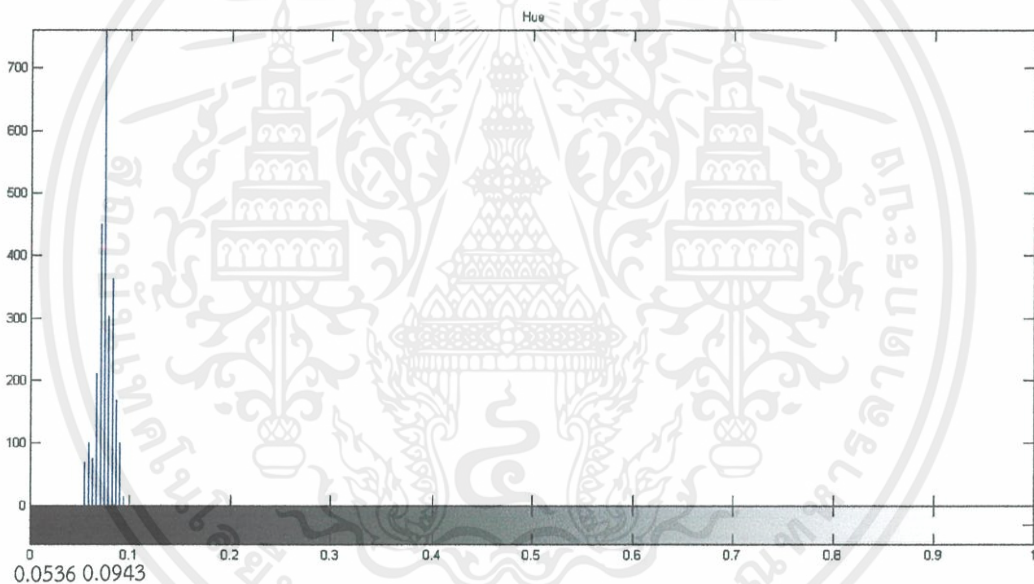
รูปที่ 3.15 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 7 (7.jpg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

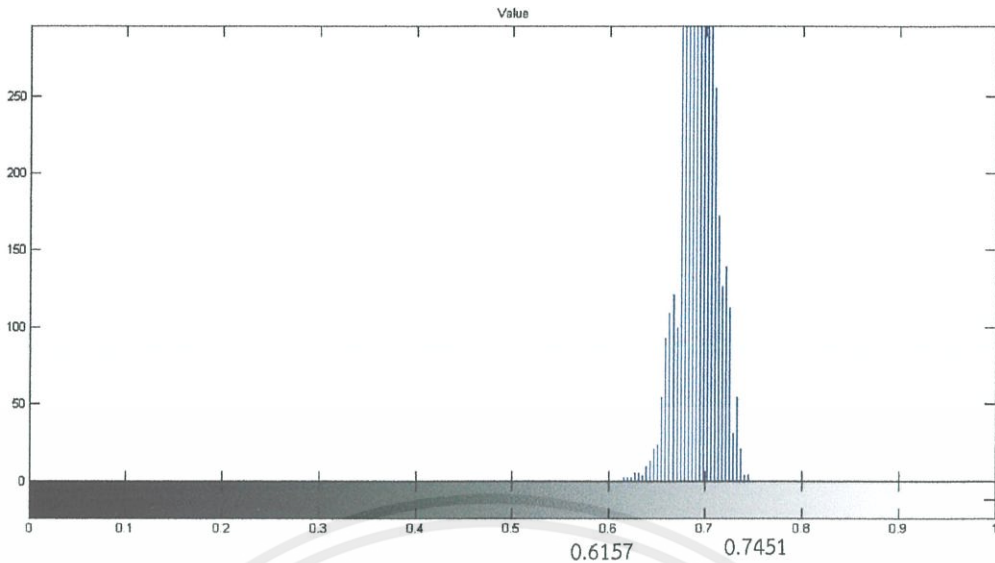


รูปที่ 3.16 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 8 (8.jpg)

แปลงภาพตัวอย่างแถบสีผิวที่ 8 ดังแสดงในรูปที่ 3.16 จากระบบสีหรือโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSV โดยใช้สมการที่ (2.1) ~ (2.3) แล้วนำค่าที่ได้มาสร้าง Histogram จะได้ค่า Hue อยู่ในช่วง 0.0536 ~ 0.0943 ค่า Saturation อยู่ในช่วง 0.3486 ~ 0.5475 และ Value อยู่ในช่วง 0.6157 ~ 0.7451 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของ Hue, Saturation และ Value แสดงดังรูปที่ 3.17



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

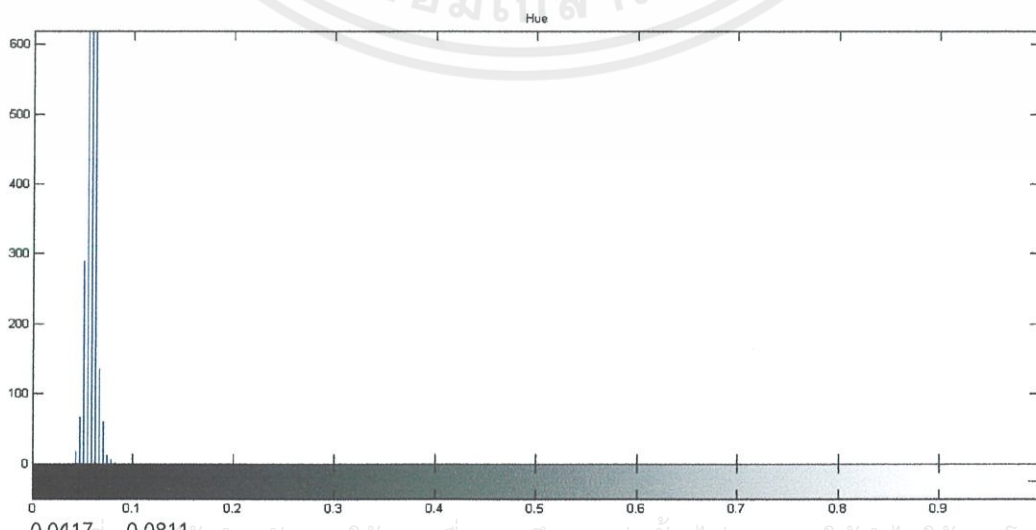


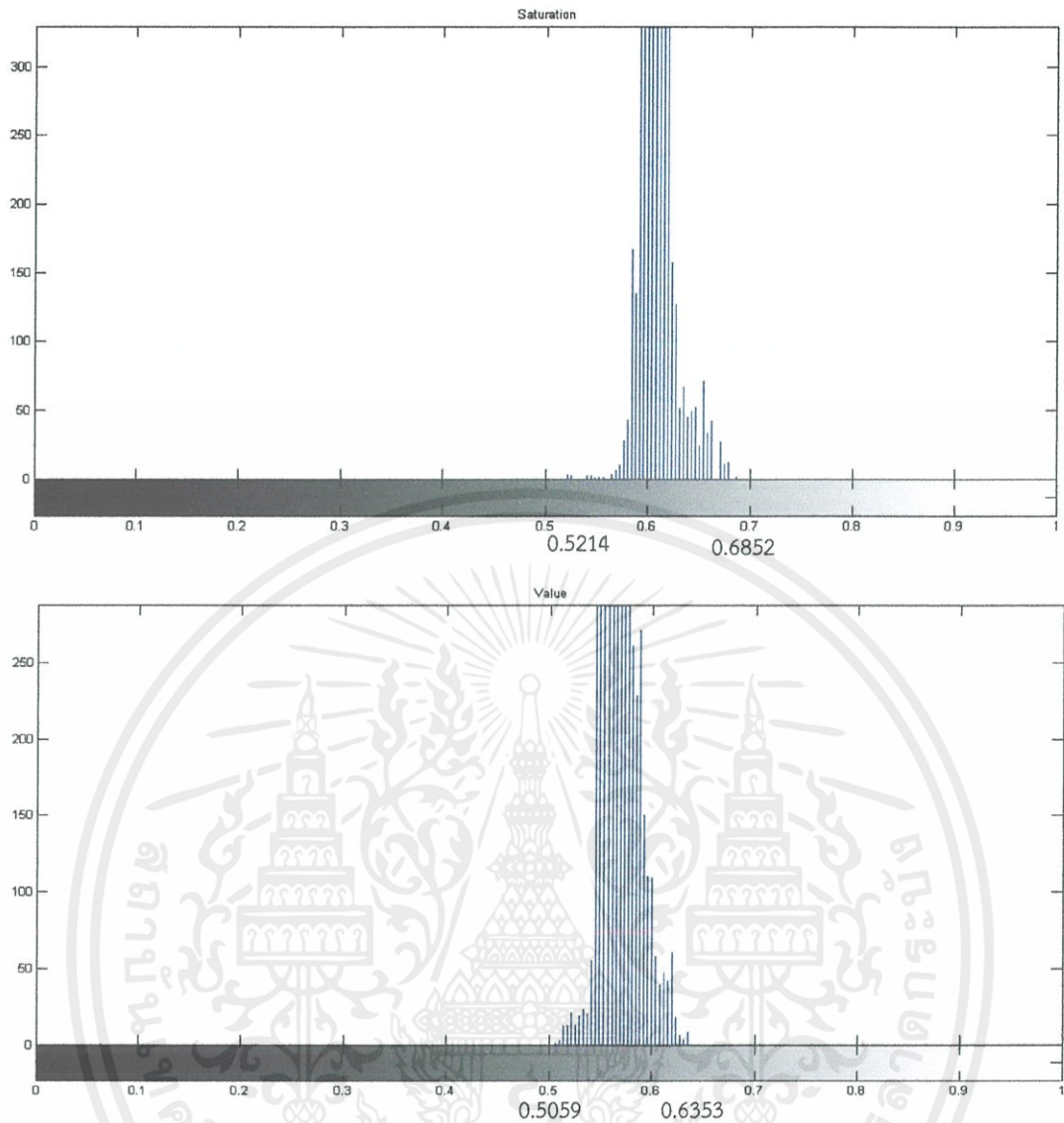
รูปที่ 3.17 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 8 (8.jpg)



รูปที่ 3.18 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 9 (9.jpg)

แปลงภาพตัวอย่างแถบสีผิวที่ 9 ดังแสดงในรูปที่ 3.18 จากระบบสีหรือโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSV โดยใช้สมการที่ (2.1) ~ (2.3) แล้วนำค่าที่ได้มาสร้าง Histogram จะได้ค่า Hue อยู่ในช่วง $0.0417 \sim 0.0811$ ค่า Saturation อยู่ในช่วง $0.5214 \sim 0.6852$ และ Value อยู่ในช่วง $0.5059 \sim 0.6353$ ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของ Hue, Saturation และ Value แสดงดังรูปที่ 3.19





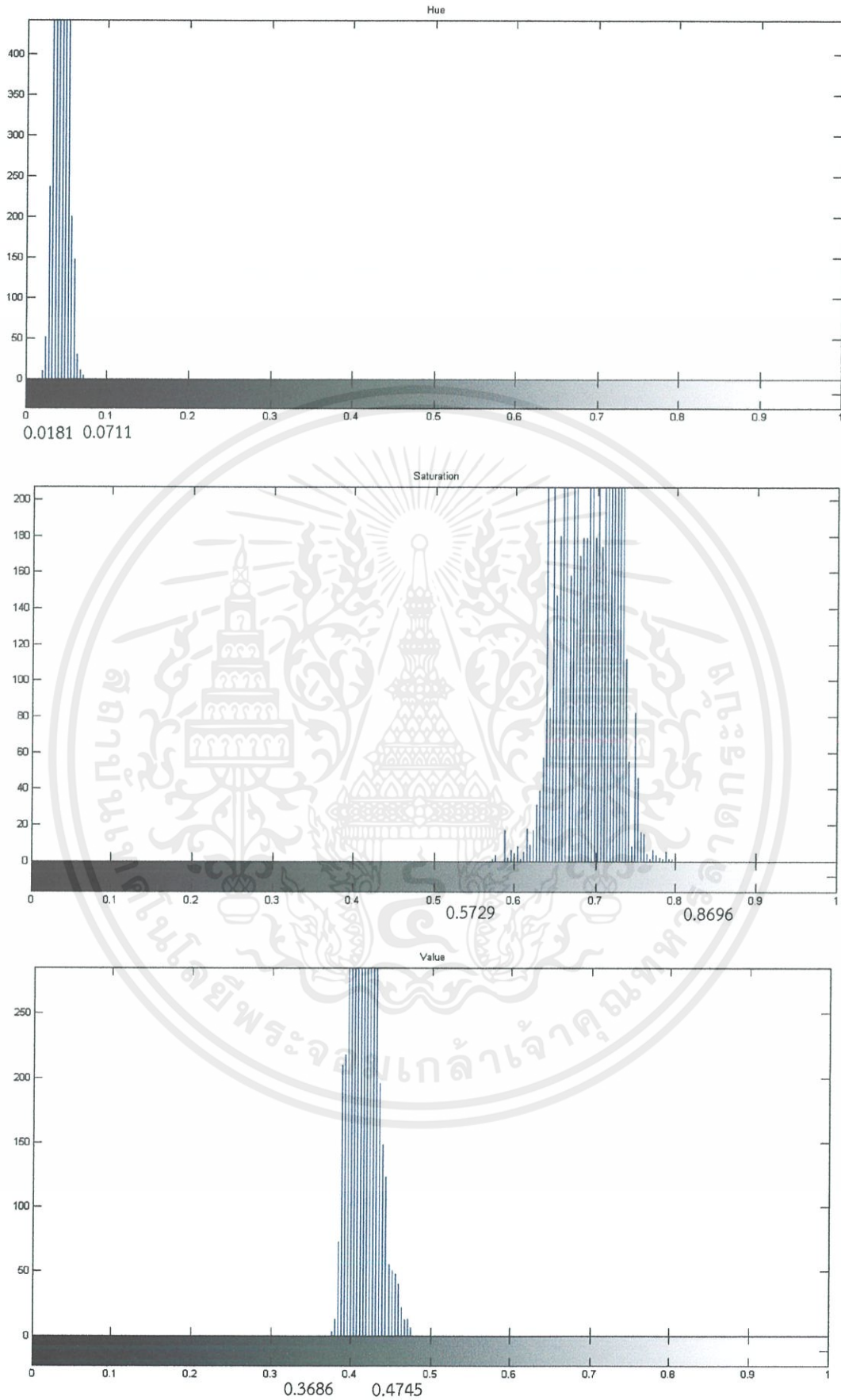
รูปที่ 3.19 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 9 (9.jpg)



รูปที่ 3.20 ภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวที่ 10 (10.jpg)

แปลงภาพตัวอย่างแถบสีผิวที่ 10 ดังแสดงในรูปที่ 3.20 จากระบบสีหรือโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSV โดยใช้สมการที่ (2.1) ~ (2.3) แล้วนำค่าที่ได้มาสร้าง Histogram จะได้ค่า Hue อยู่ในช่วง $0.0181 \sim 0.0711$ ค่า Saturation อยู่ในช่วง $0.5729 \sim 0.8696$ และ Value อยู่ในช่วง $0.3686 \sim 0.4745$ ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของ Hue, Saturation และ Value แสดงดังรูปที่ 3.21

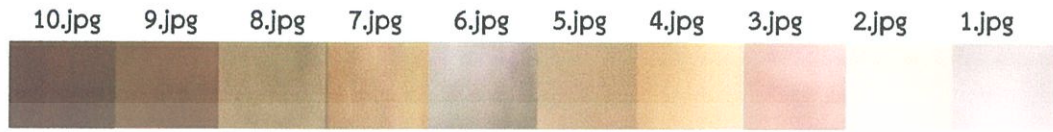
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



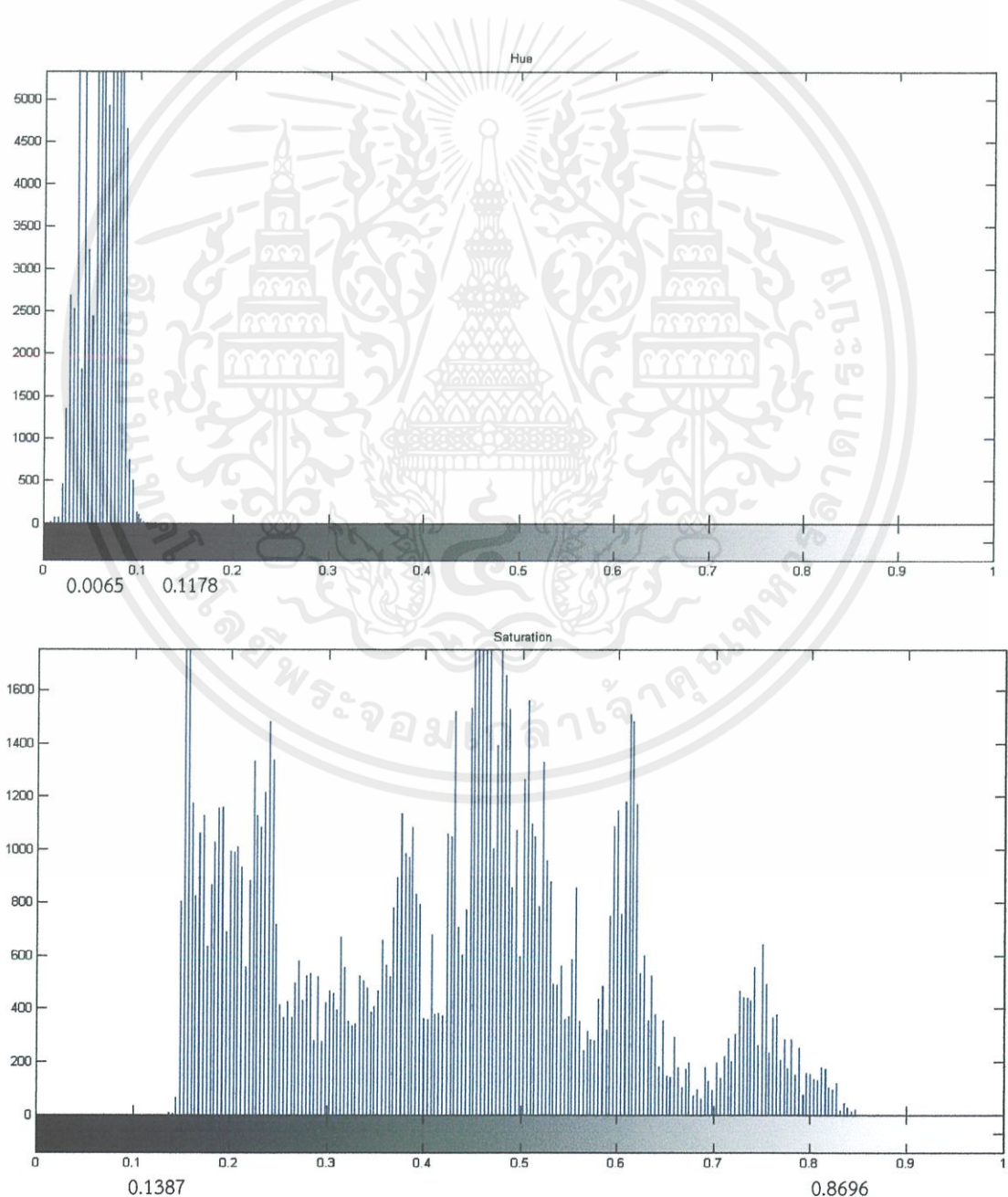
รูปที่ 3.21 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิวที่ 10 (10.jpg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

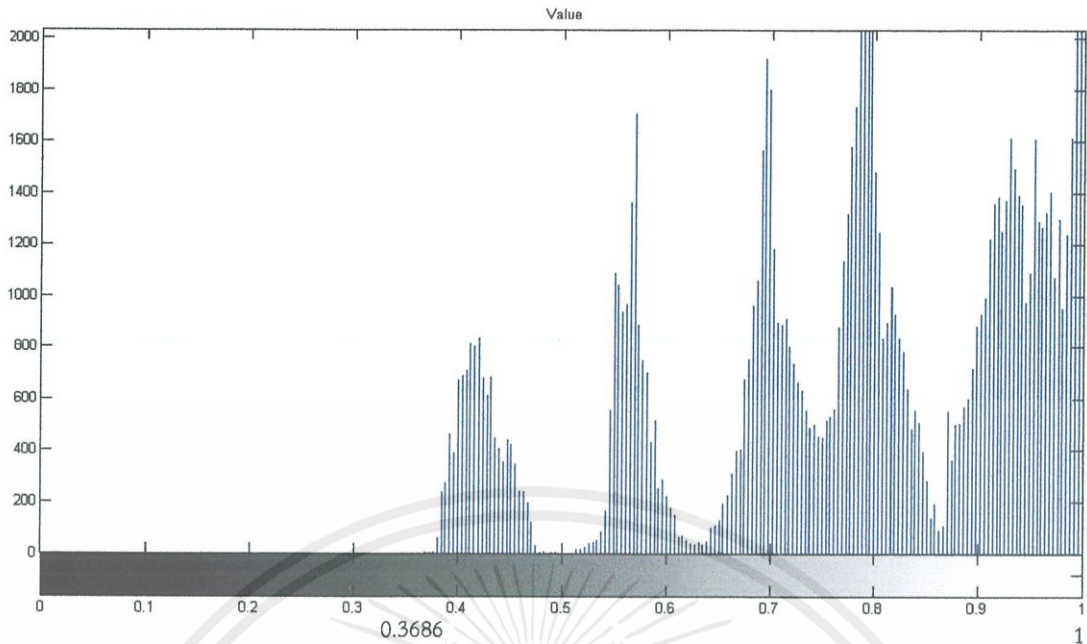
ต่อมาเมื่อนำภาพสีผิวทุกภาพจำนวน 10 แบลสี (1.jpg~10.jpg) มารวมกันเป็นภาพเดี่ยวซึ่งแสดงได้ดังในรูปที่ 3.22 และเมื่อนำมาสร้าง Histogram ของภาพสีผิวทั้ง 10 ภาพจะแสดงได้ดังรูปที่ 3.23 โดยมีค่า Hue อยู่ในช่วง 0.0065 ~ 0.1178 ค่า Saturation อยู่ในช่วง 0.1387 ~ 0.8696 และ Value อยู่ในช่วง 0.3686 ~ 1



รูปที่ 3.22 แบลสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50 % : 50 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



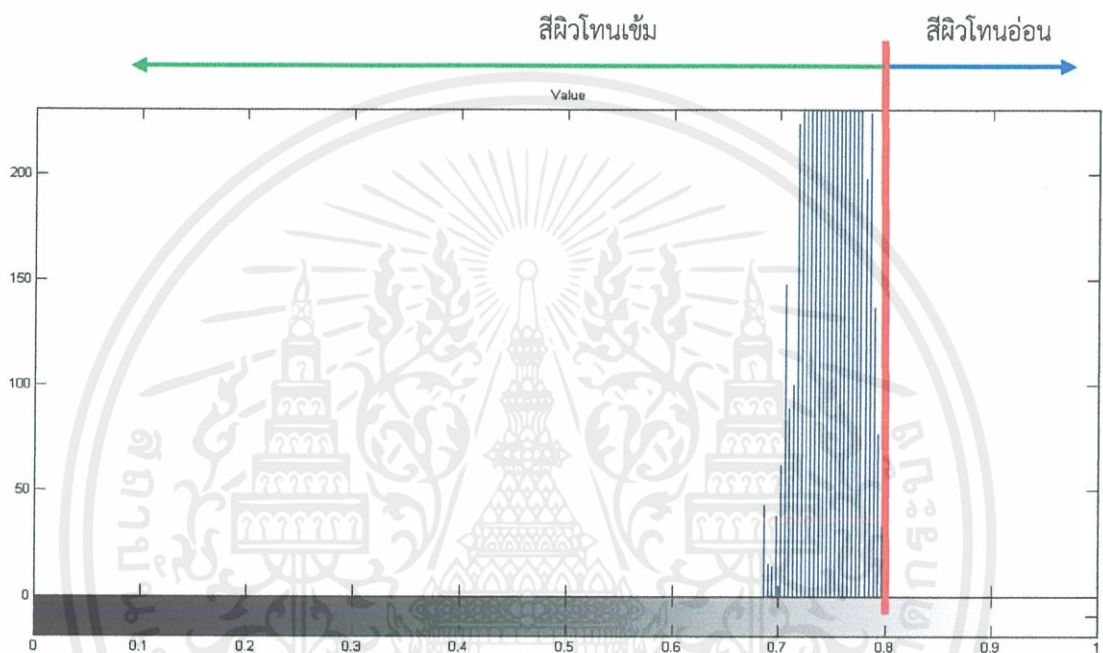
รูปที่ 3.23 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV จากแถบสีผิว
กรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50% : 50%

จากการที่ได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับเรื่อง การตรวจจับสีผิว (Skin Detection) ส่วนใหญ่ ไม่มีงานวิจัยใดเลยที่บอกได้ว่า เราควรใช้หลักการใดในการแยกแยะระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่สังเกตจากการมองเห็นและความรู้สึกส่วนบุคคล คือ คนที่มีผิวขาวก็นิยมให้เป็นสีผิวโทนอ่อน ยังมีผิวขาวมากก็กำหนดให้เป็นสีผิวโทนอ่อนลงเรื่อยๆ ส่วนคนสีผิวคล้ำก็นิยมให้เป็นสีผิวโทนเข้ม เราจะเห็นว่าในแต่ละงานวิจัยจะเลือกแถบสีผิวที่แตกต่างกันไปไม่มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอน บางบุคคลตัดแถบสีผิวโทนอ่อนเกินไปหรือบางบุคคลตัดแถบสีผิวเข้มเกินไป จึงทำให้ไม่สามารถตรวจจับสีผิวได้อย่างสมบูรณ์ ภาพบางภาพสีผิวอาจหายไปบางส่วนหรือมีพื้นฉากหลังที่ไม่ใช่สีผิวปรากฏออกมาแทน เนื่องจากสีพื้นฉากหลังและสีผิวมนุษย์อาจเป็นโทนสีที่ใกล้เคียงกัน จึงถือเป็นอีกประเด็นหนึ่งที่น่าสนใจที่ทำให้มีงานวิจัยฉบับนี้เกิดขึ้น

จากตัวอย่างแถบสีผิวจำนวน 10 แถบสีที่ได้อธิบายข้างต้น เราได้ทำการทดลองเพื่อกำหนดนิยามที่ใช้ในการแยกความแตกต่างระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อนให้ชัดเจน มีหลักการพิจารณาที่มาจากทดลองตัดตัวอย่างสีผิวบริเวณแก้มออกจากภาพสี จำนวน 10 ตัวอย่าง ในอัตราส่วน 50%:50% นั่นคือสีผิวโทนอ่อน 50% ต่อสีผิวโทนเข้ม 50% แล้วนำมาสร้าง Histogram เพื่อหาการกระจายค่าข้อมูลของสีผิว คือ H, S และ V แล้วจึงนำค่าการกระจายข้อมูลของ H, S และ V ไปสร้างข้อกำหนด (Threshold) เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่สีผิว เมื่อพิจารณาจาก Histogram ที่เป็นภาพรวมทั้งหมดจากภาพสีผิวตัวอย่างทั้ง 10 ภาพที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.23 แล้วพบว่า ที่ H ลักษณะของกราฟจะมีการกระจายน้อยมาก และค่าสีมีค่าใกล้เคียงกันมากจนเกือบอยู่ในช่วงเดียวกัน ทำให้การใช้ H ในการแยกโทนสีผิวนี้ไม่เหมาะสม ส่วน S ลักษณะของกราฟมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีกระจายจัดกระจายขึ้นลง

ในช่วงกว้างและค่าที่ได้จะก้ำกึ่งกัน ทำให้การใช้ S ในการแยกโทนสีผิวไม่เหมาะสม สุดท้าย V ลักษณะของกราฟมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีแบบเกาะกลุ่มไม่กระจัดกระจายมากเกินไป แต่สามารถแยกโทนสีผิวอ่อนกับสีผิวเข้มได้อย่างชัดเจน ด้วยเหตุนี้ เราจึงเลือกใช้ V เป็นตัวกำหนดในการแยกโทนสีผิวเข้มกับสีผิวอ่อน

จากการพิจารณาที่ V เราจะให้นิยามในการแยกโทนสีผิวเข้มกับสีผิวอ่อนออกจากกัน คือ ถ้าค่าที่ได้ในแนวแกน X มีค่าน้อยกว่า 0.8 ลงมา จะเรียกว่า สีผิวโทนเข้ม และถ้ามีค่ามากกว่า 0.8 ขึ้นไป จะเรียกว่า สีผิวโทนอ่อนดังแสดงในรูปที่ 3.24

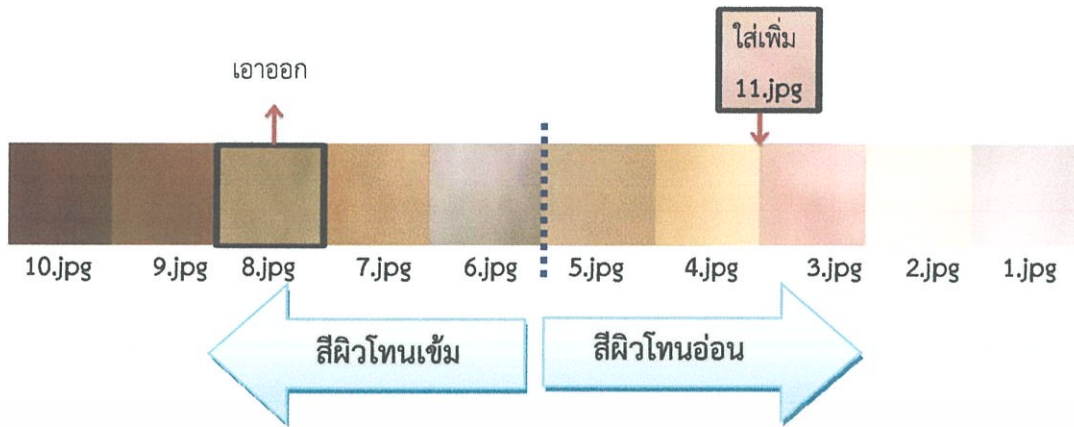


รูปที่ 3.24 การแยกสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน

อย่างไรก็ตามการเลือกตัวอย่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อนในอัตราส่วนที่เท่ากันคือ 50%:50% อาจจะไม่สามารถแยกสีผิวออกจากพื้นฉากหลังได้สมบูรณ์ ดังนั้นเราจึงได้ทดลองสร้างตัวอย่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อนในหลายๆอัตราส่วน เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาดังนี้

3.1.2 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 40 % : 60 %

กรณีที่ตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อนเป็น 40% : 60% คือ สีผิวโทนเข้ม 40% และสีผิวโทนอ่อน 60% มาจากแถบสีผิวเก่าในรูปที่ 3.22 ของกรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50% : 50% แต่เนื่องจากเราต้องการผิวโทนเข้มที่ 40% จากเดิม 50 % เราจึงนำแถบสีผิวของรูป 8.jpg ออกและทำการเพิ่มแถบสีผิว 11.jpg ดังแสดงในรูปที่ 3.26 ซึ่งเป็นโทนอ่อนเข้ามาแทน



จะได้แถบสีผิวใหม่กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 40 % : 60% แสดงดังรูปที่ 3.25



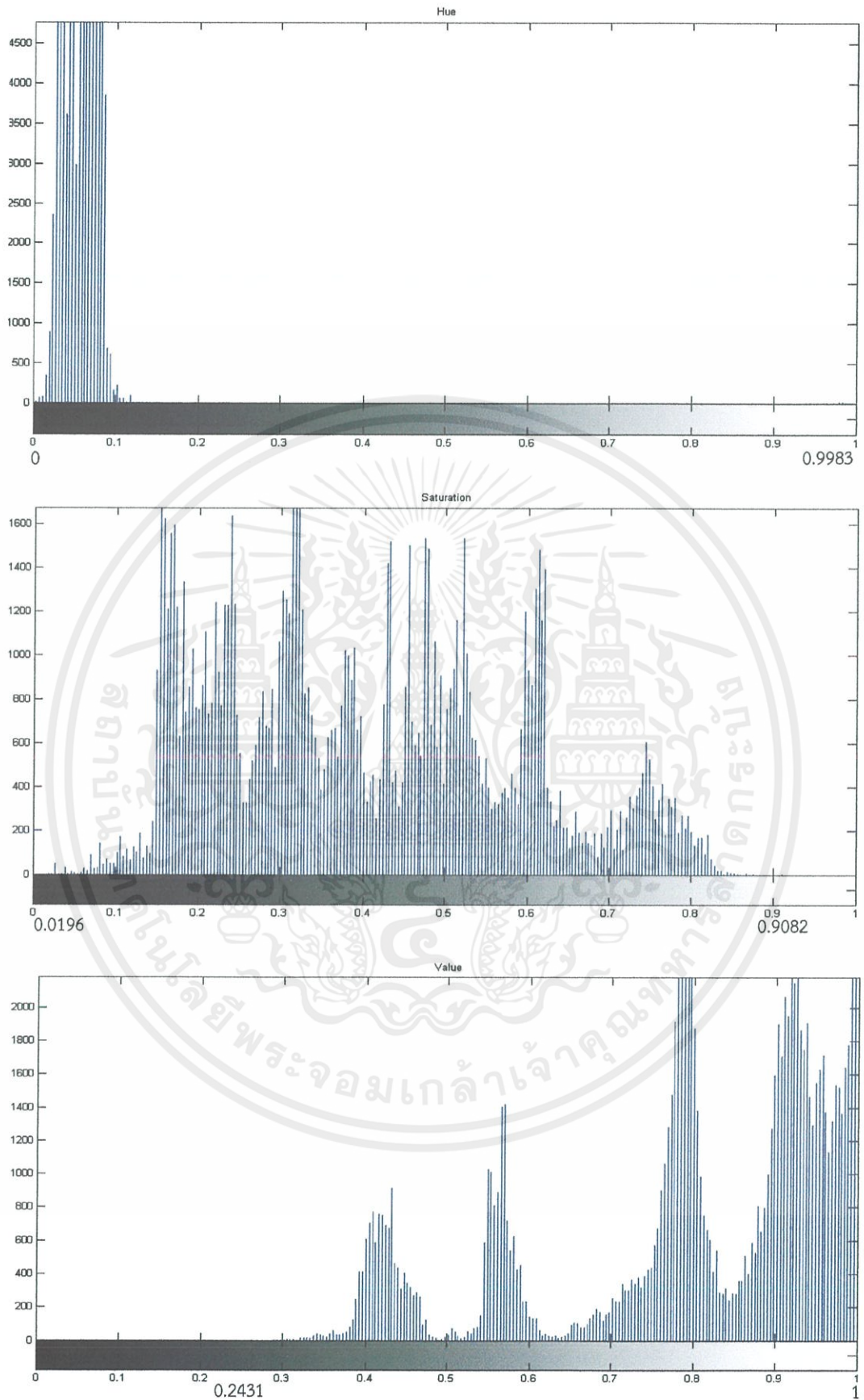
รูปที่ 3.25 แถบสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 40 % : 60 %



รูปที่ 3.26 แถบสีผิวที่ใส่เพิ่ม กรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 40 % : 60 %

จากนั้นแปลงภาพแถบสีผิวจากโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSV โดยใช้สมการที่ (2.1) ~ (2.3) แล้วนำค่าที่ได้มาสร้าง Histogram จะได้ค่า Hue อยู่ในช่วง 0 ~ 0.9983 (ค่าการกระจายในช่วงกว้าง และค่าตั้งแต่ 0.1178 เป็นต้นไปจนกระทั่งถึงค่า 0.9983 มีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นในกราฟนี้ได้) ซึ่งค่าที่ได้นี้จะต่างจากค่า Hue ของกรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50% : 50% เนื่องจากค่า Hue กรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50% : 50% ที่ได้ มีการเกาะกลุ่มและสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนจาก Histogram ค่า Saturation อยู่ในช่วง 0.0196 ~ 0.9082 และ Value อยู่ในช่วง 0.2431 ~ 1 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของ Hue, Saturation และ Value แสดงดังรูปที่ 3.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



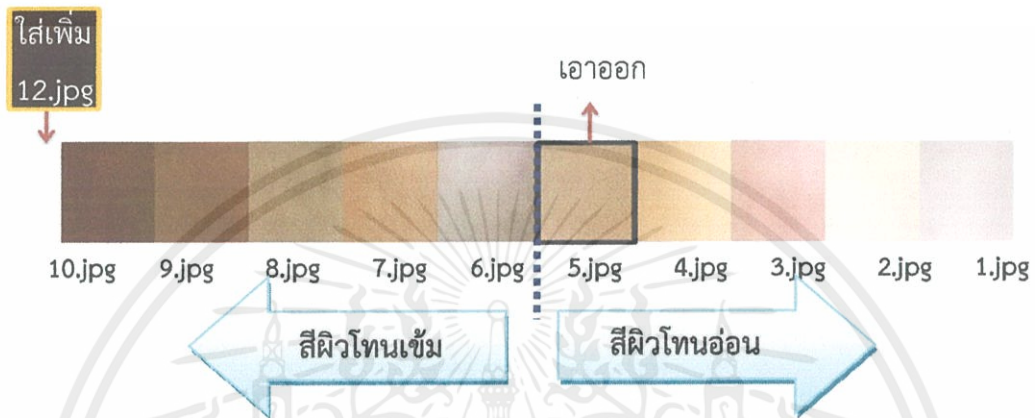
รูปที่ 3.27 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV กรณีตัวอย่างสีผิว

ระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 40 % : 60 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 60 % : 40 %

กรณีที่ตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อนเป็น 60% : 40% คือ สีผิวโทนเข้ม 60% และ สีผิวโทนอ่อน 40% มาจากแถบสีผิวเก่าในรูปที่ 3.22 ของกรณีตัวอย่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50% : 50% แต่เนื่องจากเราต้องการสีผิวโทนอ่อนที่ 40% จากเดิม 50 % เราจึงนำแถบสีผิวของรูป 5.jpg ออกและทำการเพิ่มแถบสีผิว 12.jpg ดังแสดงในรูปที่ 3.29 ซึ่งเป็นโทนสีเข้มเข้ามาแทน



จะได้แถบสีผิวใหม่กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 60% : 40% แสดงดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 แถบสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 60 % : 40 %

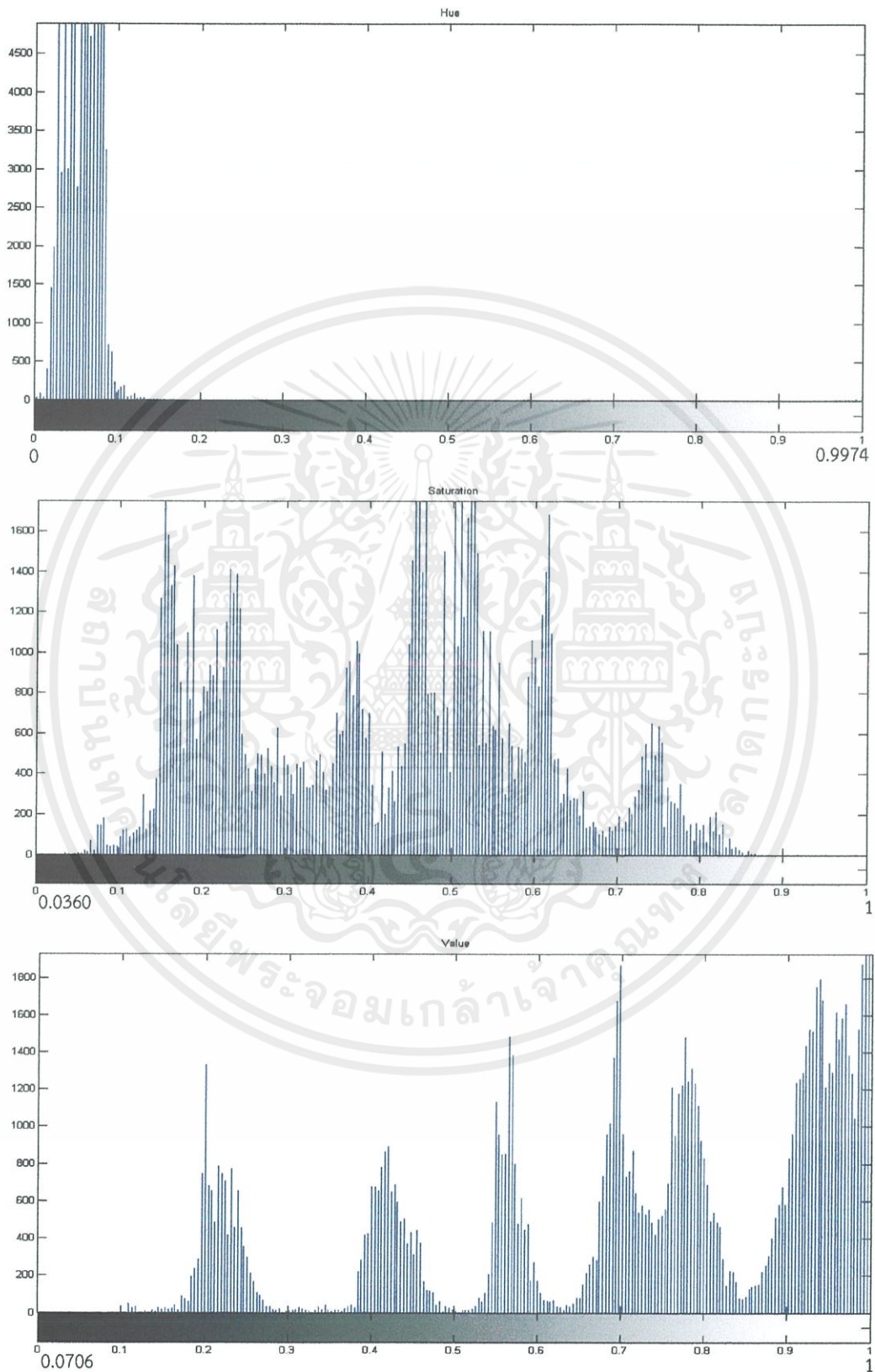


รูปที่ 3.29 แถบตัวอย่างสีผิวที่ใส่เพิ่ม กรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 60 % : 40 %

จากนั้นแปลงภาพแถบสีผิวจากโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSV โดยใช้สมการที่ (2.1) ~ (2.3) แล้วนำค่าที่ได้มาสร้าง Histogram จะได้ค่า Hue อยู่ในช่วง 0 ~ 0.9974 (ค่าการกระจายในช่วงกว้าง และมีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นในกราฟนี้ได้) ค่า Saturation อยู่ในช่วง 0.0360 ~ 1 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Value อยู่ในช่วง 0.0706 ~ 1 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของ Hue, Saturation และ Value แสดง
 ดังรูปที่ 3.30

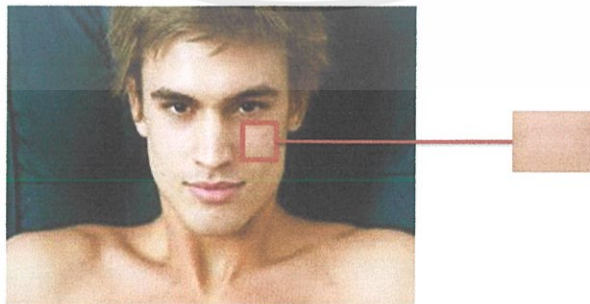
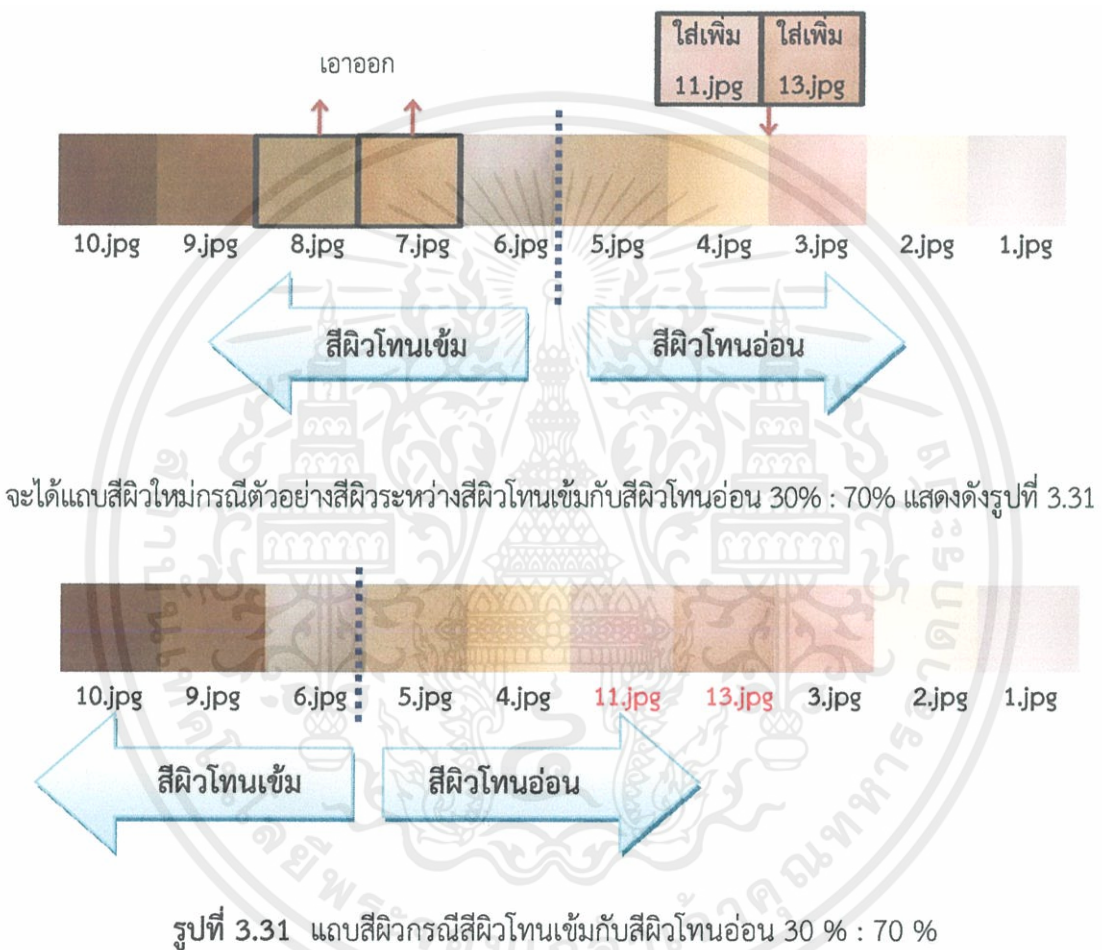


รูปที่ 3.30 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV กรณีตัวอย่างสีผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานภายในของหน่วยงานที่จัดทำขึ้น มิใช่เพื่อให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 30 % : 70 %

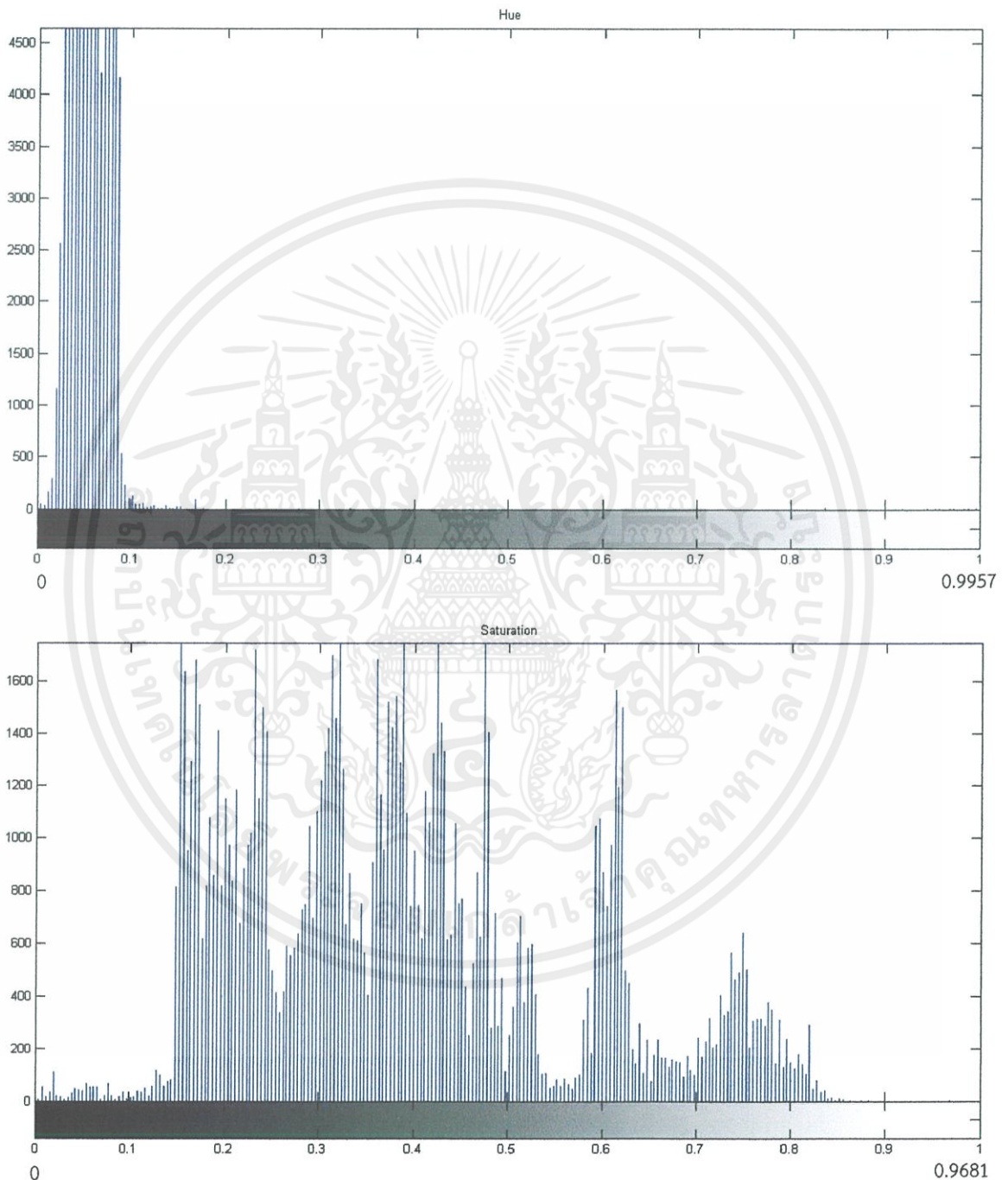
กรณีที่ตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อนเป็น 30% : 70% คือ สีผิวโทนเข้ม 30% และสีผิวโทนอ่อน 70% มาจากแถบสีผิวเก่าในรูปที่ 3.22 ของกรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50% : 50% แต่เนื่องจากเราต้องการผิวโทนเข้มที่ 30% จากเดิม 50% เราจึงนำแถบสีผิวของรูป 7.jpg และ 8.jpg ออกและทำการเพิ่มแถบสีผิว 11.jpg (จากรูปที่ 3.26) และ 13.jpg (จากรูปที่ 3.32) ที่เป็นโทนอ่อนเข้ามาแทน



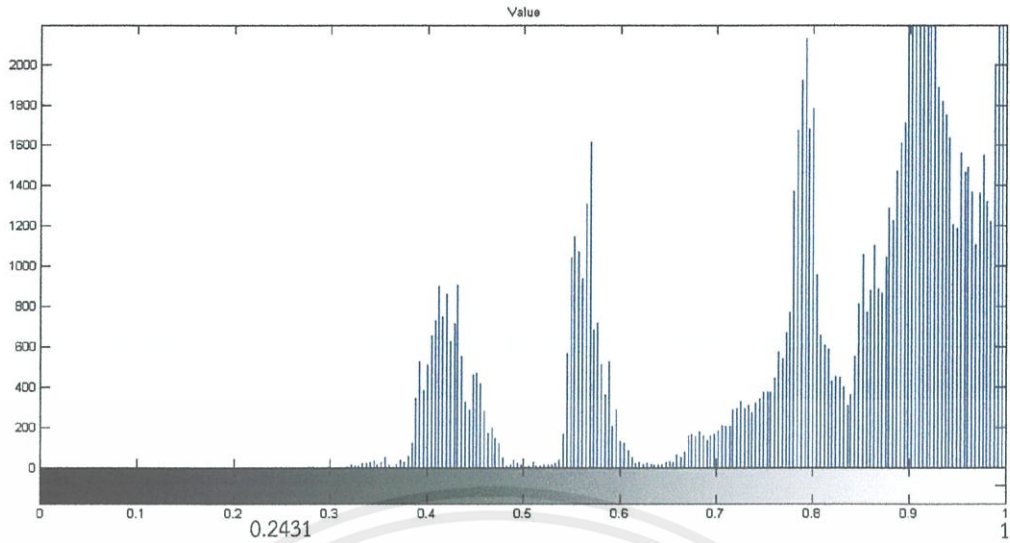
รูปที่ 3.32 แถบสีผิวที่ใส่เพิ่ม กรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 30 % : 70 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วแปลงภาพแถบสีผิวจากโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSV โดยใช้สมการที่ (2.1) ~ (2.3) แล้วนำค่าที่ได้มาสร้าง Histogram จะได้ค่า Hue อยู่ในช่วง 0 ~ 0.9957 (ค่าการกระจายในช่วงกว้างและมีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นในกราฟนี้ได้) ค่า Saturation อยู่ในช่วง 0 ~ 0.9681 และ Value อยู่ในช่วง 0.2431 ~ 1 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของ Hue, Saturation และ Value แสดงดังรูปที่ 3.33



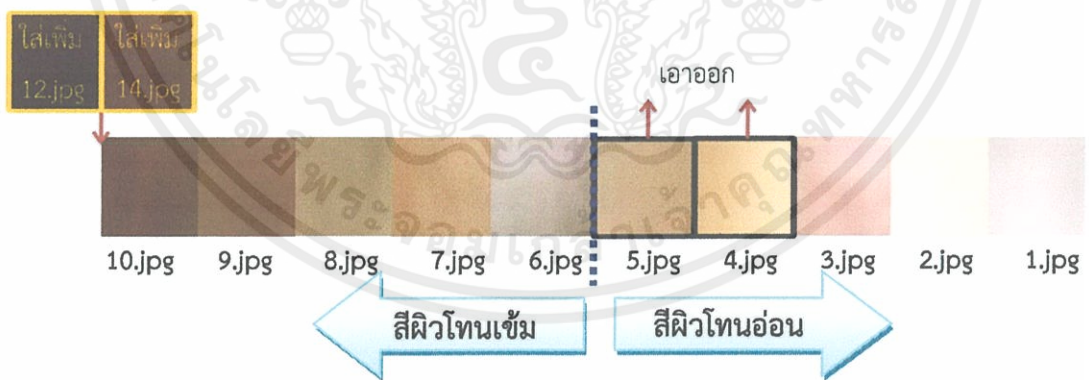
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.33 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 30 % : 70 %

3.1.5 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 70 % : 30 %

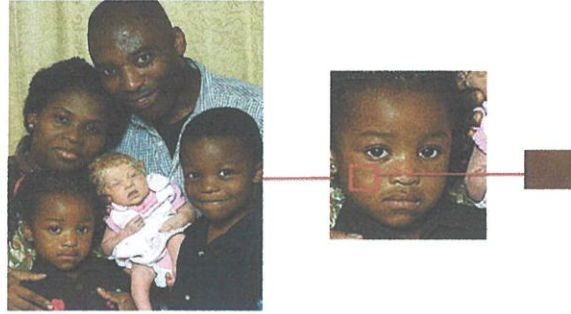
กรณีที่ตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อนเป็น 70% : 30% คือ สีผิวโทนอ่อน 30% และสีผิวโทนเข้ม 70% มาจากแถบสีผิวเก่าในรูปที่ 3.22 ของกรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50% : 50% แต่เนื่องจากเราต้องการสีผิวโทนอ่อนที่ 30% จากเดิม 50 % เราจึงนำแถบสีผิวของรูป 4.jpg และ 5.jpg ออกและทำการเพิ่มแถบสีผิว 12.jpg (จากรูปที่ 3.29) และ 14.jpg (จากรูปที่ 3.35) ที่เป็นโทนเข้มเข้ามาแทน



จะได้แถบสีผิวใหม่กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 70% : 30% แสดงดังรูปที่ 3.34

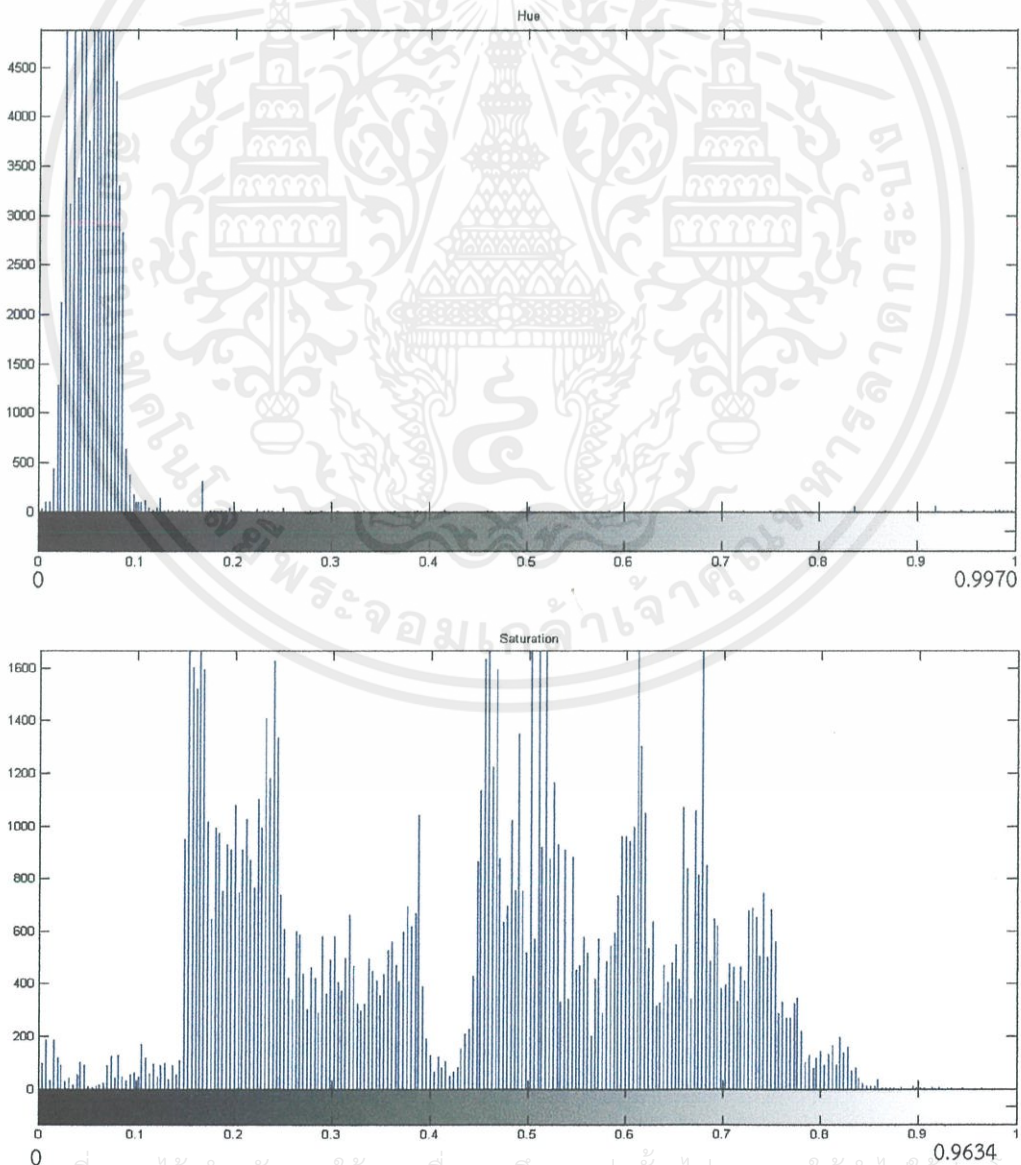


รูปที่ 3.34 แถบสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 70 % : 30 %

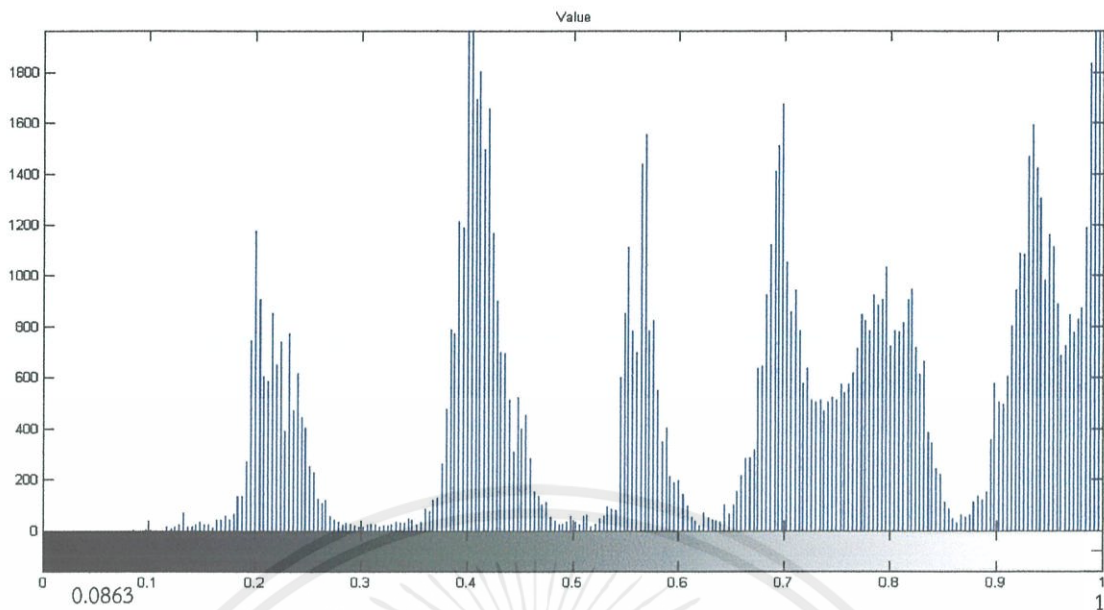


รูปที่ 3.35 แถบสีผิวที่ใส่เพิ่ม กรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 70 % : 30 %

แปลงภาพแถบสีผิวจากโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSV โดยใช้สมการที่ (2.1) ~ (2.3) แล้วนำค่าที่ได้มาสร้าง Histogram จะได้ค่า Hue อยู่ในช่วง 0 ~ 0.9970 (ค่าการกระจายในช่วงกว้างและมีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นในกราฟนี้ได้) ค่า Saturation อยู่ในช่วง 0 ~ 0.9634 และ Value อยู่ในช่วง 0.0863 ~ 1 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของ Hue, Saturation และ Value แสดงดังรูปที่ 3.36



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.36 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSV กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 70 % : 30 %

จากนั้นนำค่า Hue, Saturation และ Value ที่ได้จากการแปลงระบบสีหรือโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSV ทั้ง 5 กรณี มาสรุปลงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงค่า Threshold ของการตรวจจับสีผิวโดยวิธี HSV ทั้ง 5 กรณี

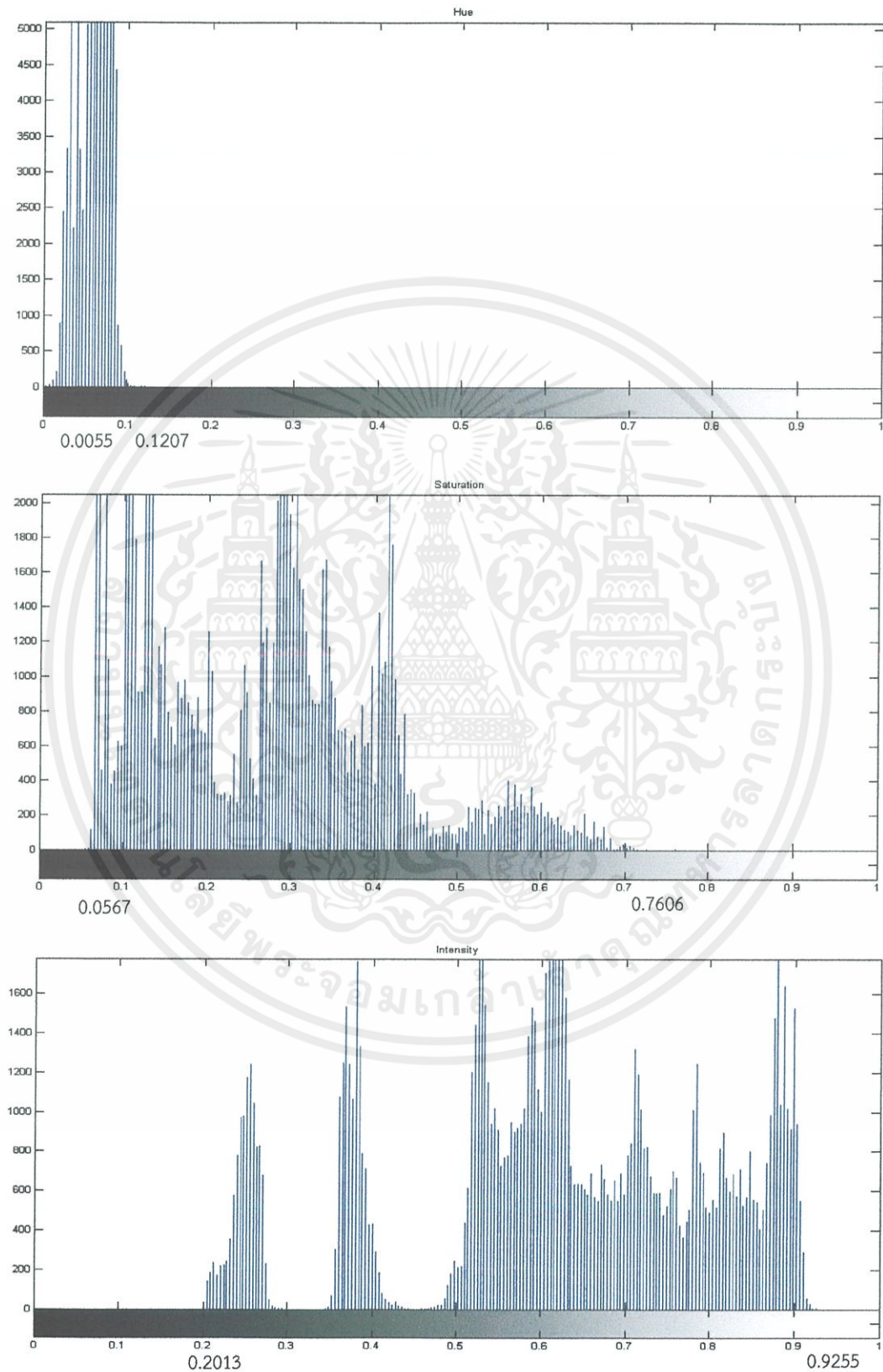
กรณี	Hmin	Hmax	Smin	Smax	Vmin	Vmax
1) 50% : 50%	0.0065	0.1178	0.1387	0.8696	0.3686	1
2) 40% : 60%	0	0.9983	0.0196	0.9082	0.2431	1
3) 60% : 40%	0	0.9974	0.0360	1	0.0706	1
4) 30% : 70%	0	0.9957	0	0.9681	0.2431	1
5) 70% : 30%	0	0.9970	0	0.9634	0.0863	1

3.2 การหาตัวอย่างสีผิวที่เหมาะสมโดยใช้โมเดล HSI

3.2.1 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50 % : 50 %

ใช้แถบสีผิวเดียวกับวิธี HSV กรณี 50 % : 50 % ดังรูปที่ 3.22 จากนั้นทำการแปลงภาพแถบสีผิวจากโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSI โดยใช้สมการที่ (2.4) ~ (2.6) แล้วนำค่าที่ได้มาสร้าง Histogram จะได้ค่า Hue อยู่ในช่วง 0.0055~0.1207 ค่า Saturation อยู่ในช่วง 0.0567~0.7606 และ Intensity อยู่ในช่วง 0.2013~0.9255 (ถึงแม้ว่าจะใช้แถบสีผิวเดียวกันและมีค่า H กับ S เหมือนกับโมเดล HSV แต่ค่าที่ได้จะแตกต่างกัน เนื่องมาจากสมการที่ใช้ในการแปลงโมเดล RGB เป็น

โมเดล HSV กับสมการที่ใช้ในการแปลงโมเดล RGB เป็นโมเดล HSI ต่างกัน ดังกล่าวไว้ในบทที่ 2) ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของ Hue, Saturation และ Intensity แสดงดังรูปที่ 3.37

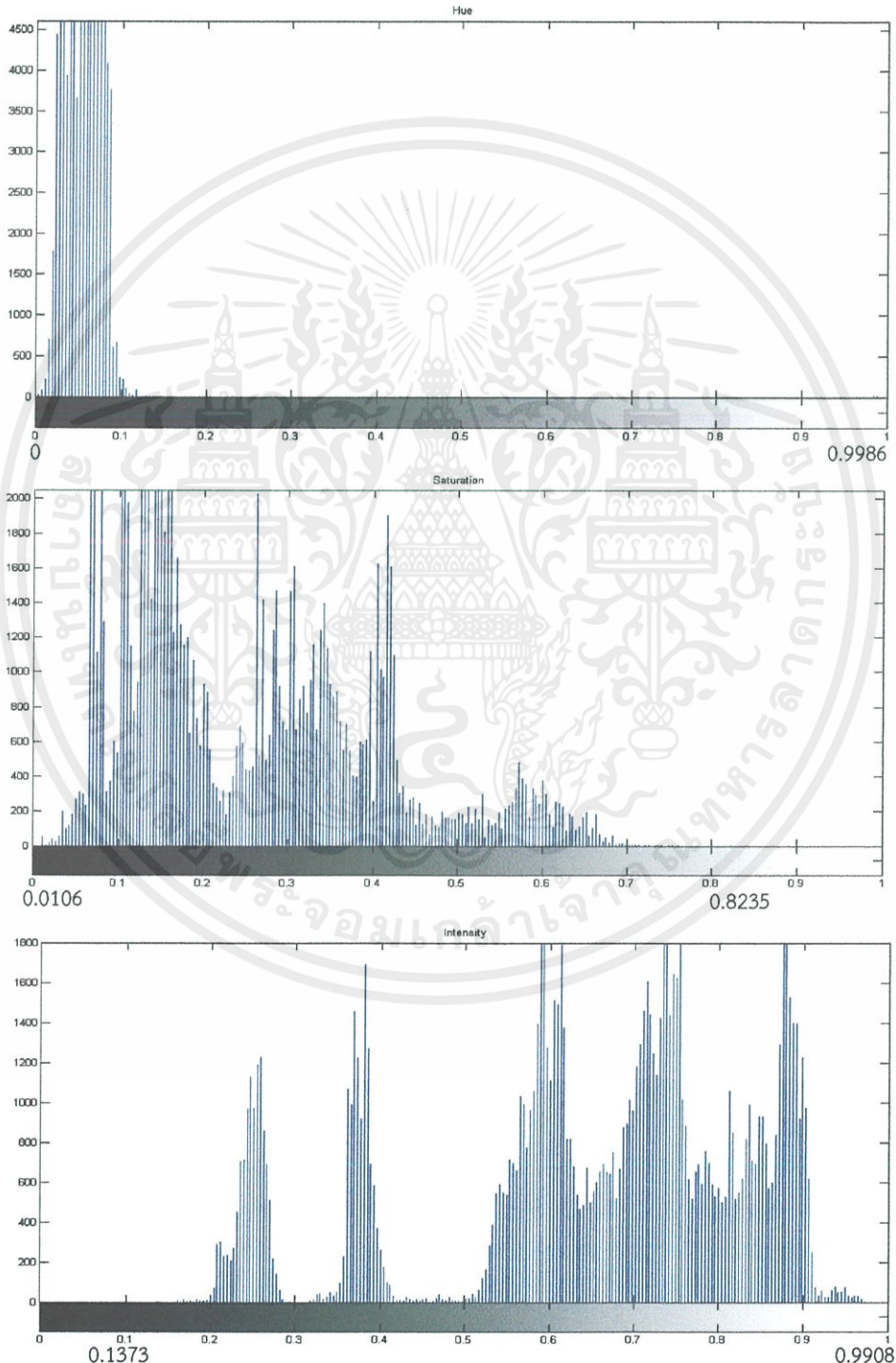


รูปที่ 3.37 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSI กรณีตัวอย่างสีผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50% : 50% ตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 40 % : 60 %

ใช้แถบสีผิวเดียวกับวิธี HSV กรณี 40% : 60% ดังรูปที่ 3.25 จากนั้นทำการแปลงภาพแถบสีผิวจากโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSI โดยใช้สมการที่ (2.4) ~ (2.6) แล้วนำค่าที่ได้มาสร้าง Histogram จะได้ค่า Hue อยู่ในช่วง 0~0.9986 ค่า Saturation อยู่ในช่วง 0.0106~0.8235 และ Intensity อยู่ในช่วง 0.1373~0.9908 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของ Hue, Saturation และ Intensity แสดงดังรูปที่ 3.38

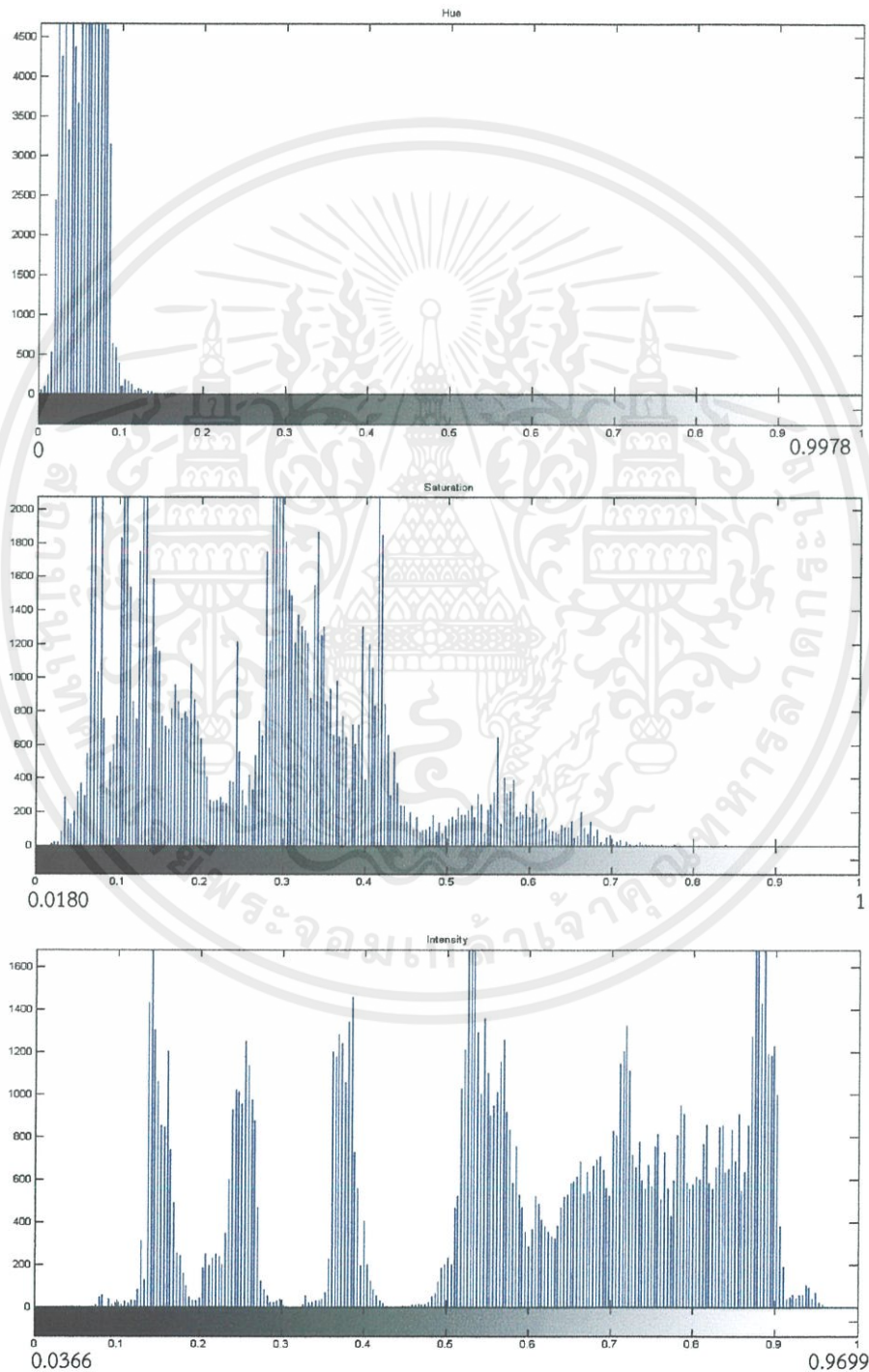


รูปที่ 3.38 ภาพแห่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSI กรณีตัวอย่างสีผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับความรู้ในวงจำกัดเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 40 % : 60 %
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 60 % : 40 %

ใช้แถบสีผิวเดียวกับวิธี HSV กรณี 60 % : 40 % ดังรูปที่ 3.28 จากนั้นทำการแปลงภาพแถบสีผิวจากโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSI โดยใช้สมการที่ (2.4) ~ (2.6) แล้วนำค่าที่ได้มาสร้าง Histogram จะได้ค่า Hue อยู่ในช่วง 0~0.9978 ค่า Saturation อยู่ในช่วง 0.0180~1 และ Intensity อยู่ในช่วง 0.0366~0.9699 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของ Hue, Saturation และ Intensity แสดงดังรูปที่ 3.39



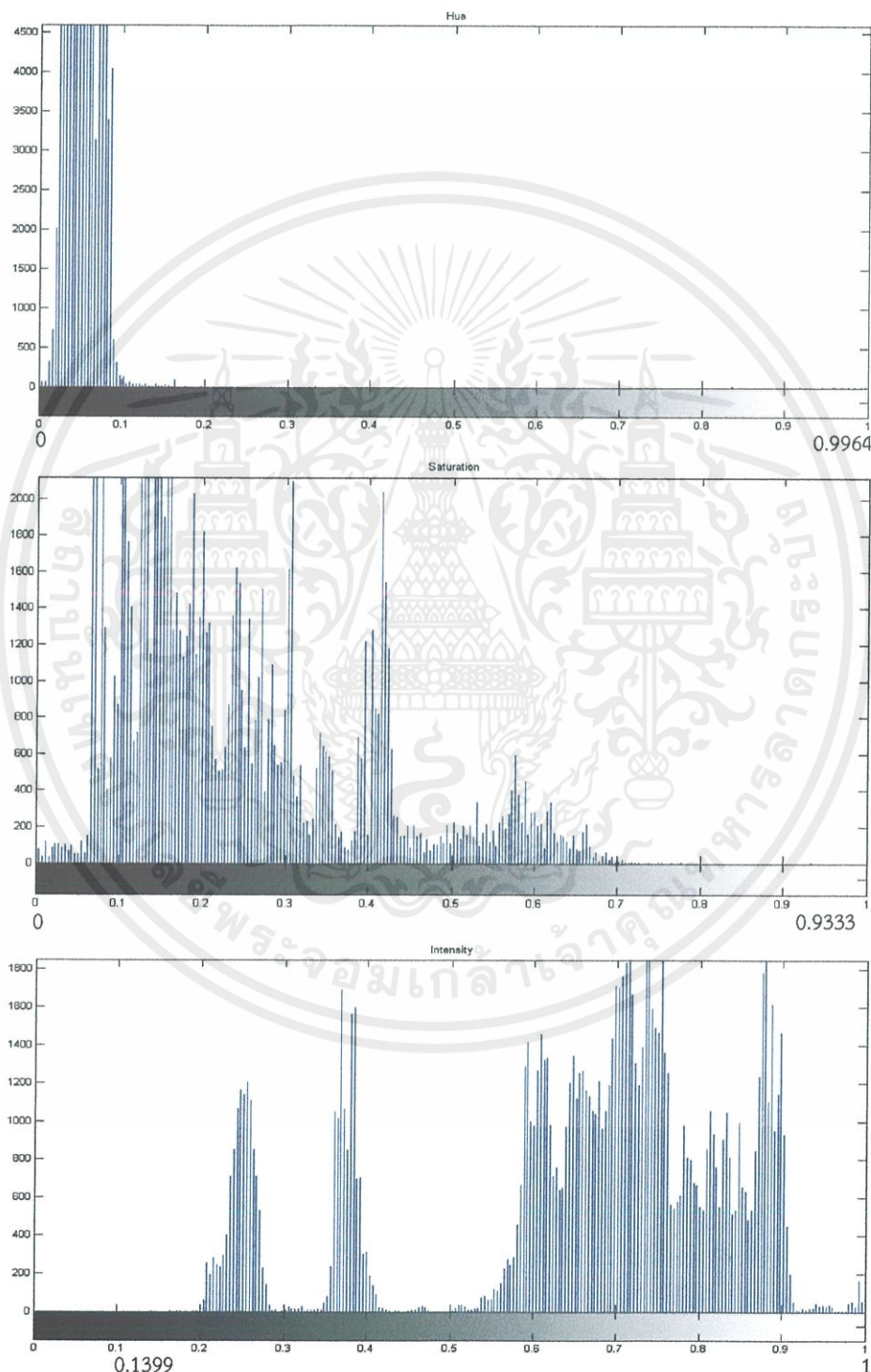
รูปที่ 3.39 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSI กรณีตัวอย่างสีผิว

ระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 60% : 40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับใช้ในกรณีศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 30 % : 70 %

ใช้แถบสีผิวเดียวกับโมเดล HSV กรณี 30 % : 70 % ดังรูปที่ 3.31 จากนั้นทำการแปลงภาพแถบสีผิวจากโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSI โดยใช้สมการที่ (2.4)~(2.6) แล้วนำค่าที่ได้มาสร้าง Histogram จะได้ค่า Hue อยู่ในช่วง 0~0.9964 ค่า Saturation อยู่ในช่วง 0~0.9333 และ Intensity อยู่ในช่วง 0.1399~1 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของ Hue, Saturation และ Intensity แสดงดังรูปที่ 3.40



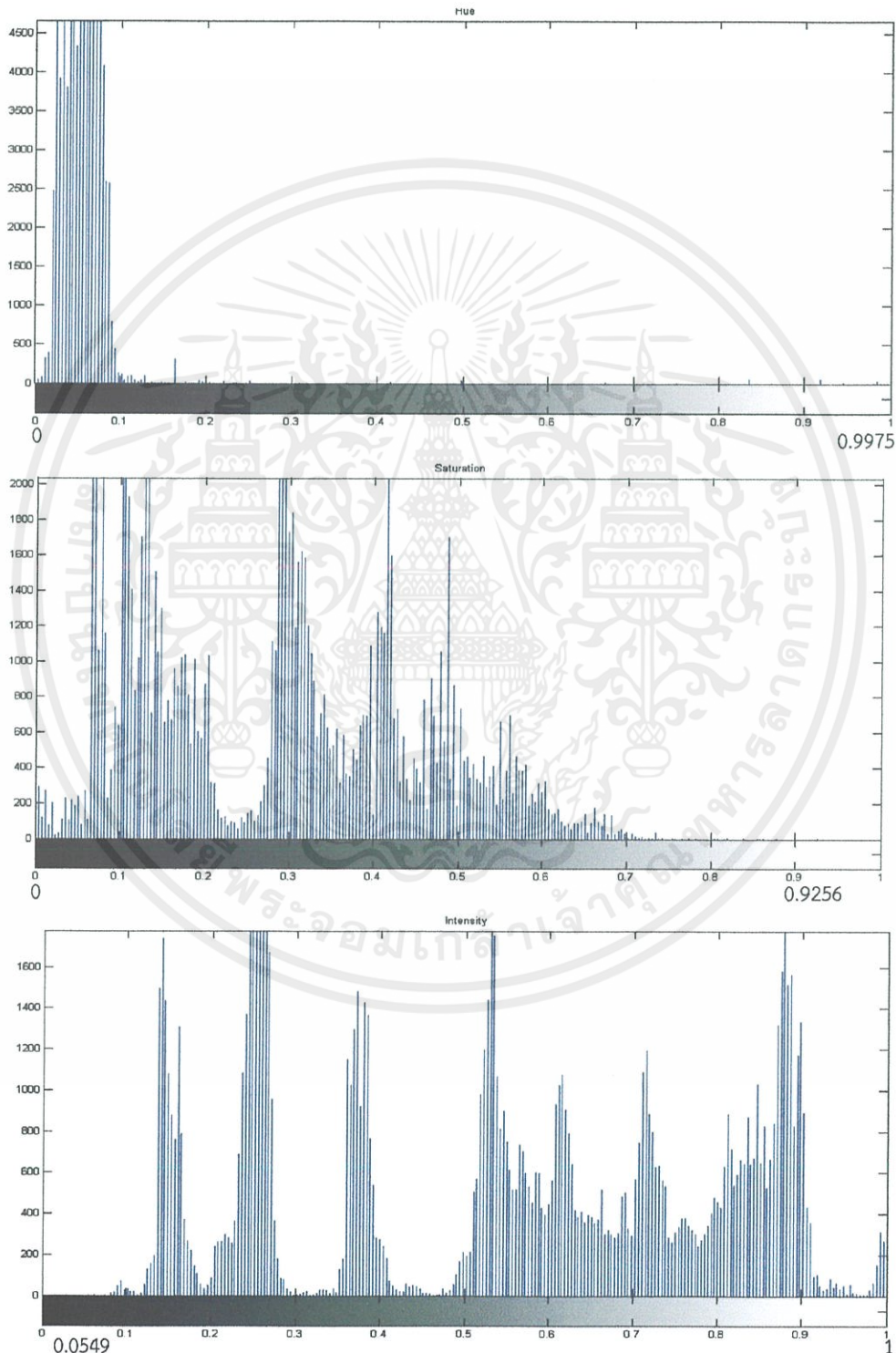
รูปที่ 3.40 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSI กรณีตัวอย่างสีผิว

ระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 30 % : 70 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า เท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 กรณีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 70 % : 30 %

ใช้แถบสีผิวเดียวกับโมเดล HSV กรณี 70 % : 30 % ดังรูปที่ 3.34 จากนั้นทำการแปลงภาพแถบสีผิวจากโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSI โดยใช้สมการที่ (2.4) ~ (2.6) แล้วนำค่าที่ได้ มาสร้าง Histogram จะได้ค่า Hue อยู่ในช่วง 0~0.9975 ค่า Saturation อยู่ในช่วง 0~0.9256 และ Intensity อยู่ในช่วง 0.0549~1 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของ Hue, Saturation และ Intensity แสดงดังรูปที่ 3.41



รูปที่ 3.41 ภาพแท่งความถี่ (Histogram) ของโมเดล HSI กรณีตัวอย่างสีผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 70 % : 30 % ห้าหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำค่า Hue, Saturation และ Intensity ที่ได้จากการแปลงโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSI ทั้ง 5 กรณี มาสรุปลงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงค่า Threshold ของการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSI ทั้ง 5 กรณี

กรณี	Hmin	Hmax	Smin	Smax	Imin	Imax
1) 50% : 50%	0.0055	0.1207	0.0567	0.7606	0.2013	0.9255
2) 40% : 60%	0	0.9986	0.0106	0.8235	0.1373	0.9908
3) 60% : 40%	0	0.9978	0.0180	1	0.0366	0.9699
4) 30% : 70%	0	0.9964	0	0.9333	0.1399	1
5) 70% : 30%	0	0.9975	0	0.9256	0.0549	1

จากตารางที่ 3.1 (แปลงจากโมเดล RGB เป็นโมเดล HSV) และจากตารางที่ 3.2 (แปลงจากโมเดล RGB เป็นโมเดล HSI) เมื่อทำการเปรียบเทียบกันจะพบว่าจะมีค่า Thresholds ที่แตกต่างกัน เพราะเป็นคุณลักษณะโมเดลกัน และมีสมการการคำนวณที่ต่างกัันดังที่ได้อธิบายไว้แล้วในบทที่ 2

บทที่ 4

การทดลอง

บทนี้กล่าวถึงการทดลองการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV และ HSI ที่พัฒนาขึ้นตามที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย รายละเอียดข้อมูลภาพในการทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และขั้นตอนการทดลอง ซึ่งรายละเอียดต่างๆ จะมีดังต่อไปนี้

4.1 รายละเอียดข้อมูลภาพในการทดลอง

การทดลองนี้ได้ใช้ข้อมูลภาพถ่าย ที่มาจากกล้องซีซีดี กล้องมือถือรุ่นต่างๆ และดาวนโหลดจากอินเทอร์เน็ตจำนวน 110 ภาพที่มีขนาดแตกต่างกัน แบ่งเป็นภาพถ่ายที่ได้จากกล้องดิจิทัลและกล้องมือถือจำนวน 53 ภาพ และภาพถ่ายที่ดาวนโหลดจากอินเทอร์เน็ตจำนวน 57 ภาพ โดยส่วนหนึ่งนำมาใช้เป็นภาพฐานข้อมูลในการตัดแถบสีผิว ซึ่งภาพที่ใช้เป็นตัวอย่างแถบสีผิวจะมีรายละเอียดดังนี้

Type : Color RGB
Format : JPG
Size : 100 x 69 Pixels
Resolution : 98 Pixels

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

4.2.1 ฮาร์ดแวร์ที่ใช้คือ เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก

- CPU: L840 Intel Core i5 -3210M (2.5 GHz)
- RAM: 8 GB
- HD: 640 GB AMD Radeon 7670M
- Screen: 14 HDLD (4096 x 640)

4.2.2 ซอฟต์แวร์ที่ใช้คือ MATLAB Version 7.8 (R2009a) และ Photoshops cs4

4.3 ขั้นตอนการทดลอง

4.3.1 การตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV

ขั้นตอนที่ 1 : เก็บข้อมูลภาพถ่ายที่ถ่ายภายในห้อง (Indoor) ภายนอกห้อง (Outdoor) บุคคลเดี่ยว และกลุ่ม ทั้งที่ได้จากกล้องดิจิทัล กล้องมือถือและดาวนโหลดจากอินเทอร์เน็ตจำนวน 110 ภาพ ซึ่งแบ่งเป็นภาพถ่ายที่ได้จากกล้องดิจิทัล กล้องมือถือจำนวน 53 ภาพและภาพถ่ายที่ดาวนโหลดจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเทอร์เน็ตจำนวน 57 ภาพ ซึ่งในจำนวนนี้ประกอบด้วยภาพเดี่ยวจำนวน 33 ภาพ ภาพกลุ่มจำนวน 77 ภาพ ภาพที่ถ่ายภายนอกห้องจำนวน 50 ภาพและภาพที่ถ่ายภายในห้องจำนวน 60 ภาพ (ดูรายละเอียดภาพถ่ายทั้งหมด ในภาคผนวก ก.)

ขั้นตอนที่ 2 : ตัดตัวอย่างสีผิว โดยเลือกเก็บตัวอย่างบริเวณแก้มขนาด 100x69 พิกเซล ความละเอียด 98 พิกเซล จำนวน 10 แถบสี จากภาพ 9 ภาพใน 100 ภาพ ซึ่งประกอบด้วยรูปที่ 1, รูปที่ 8, รูปที่ 11, รูปที่ 13, รูปที่ 14, รูปที่ 37, รูปที่ 63, รูปที่ 65, และรูปที่ 103 เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่ครอบคลุมมากที่สุด โดยทั่วไปมักนิยมเลือกบริเวณแก้มหรือบริเวณหน้าผาก อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติ มักเลือกบริเวณแก้มมากกว่าเพราะบริเวณหน้าผากของภาพใบหน้าบางภาพอาจมีเส้นผมปิดบังอยู่ทำให้ไม่ได้สีผิวที่ต้องการ การตัดตัวอย่างสีผิวเพื่อให้ครอบคลุมทั้งภาพที่ถ่ายจากกล้องมือถือ ภาพถ่ายจากอินเทอร์เน็ต รวมทั้งภาพถ่ายในห้องและนอกห้องที่เป็นภาพเดี่ยวและเป็นกลุ่ม จึงมีการกำหนดเลือกโทนสีผิวโทนอ่อนและโทนเข้มเป็น 5 กรณีศึกษาดังนี้

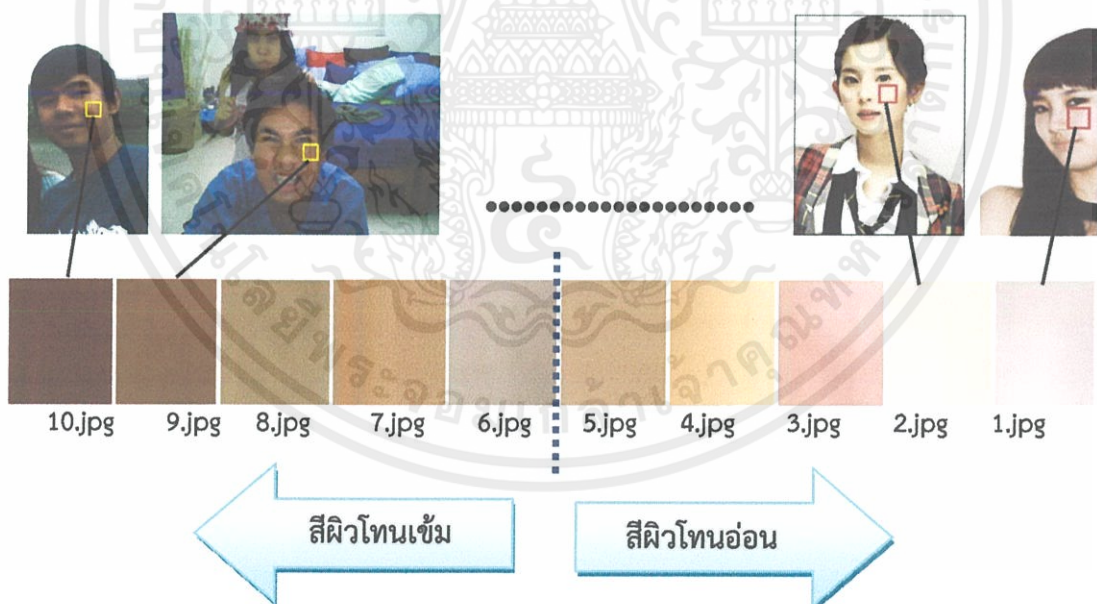
กรณีศึกษาที่ 1 ตัวอย่างสีผิวเป็น 50% : 50% คือ สีผิวโทนเข้ม 50% และสีผิวโทนอ่อน 50%

กรณีศึกษาที่ 2 ตัวอย่างสีผิวเป็น 40% : 60% คือ สีผิวโทนเข้ม 40% และสีผิวโทนอ่อน 60%

กรณีศึกษาที่ 3 ตัวอย่างสีผิวเป็น 60% : 40% คือ สีผิวโทนเข้ม 60% และสีผิวโทนอ่อน 40%

กรณีศึกษาที่ 4 ตัวอย่างสีผิวเป็น 30% : 70% คือ สีผิวโทนเข้ม 30% และสีผิวโทนอ่อน 70%

กรณีศึกษาที่ 5 ตัวอย่างสีผิวเป็น 70% : 30% คือ สีผิวโทนเข้ม 70% และสีผิวโทนอ่อน 30%



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างแถบสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50% : 50%

เราจะสังเกตเห็นได้ว่าแถบสีผิวที่อยู่ข้างซ้ายมือจะมีสีเข้มกว่าแถบสีผิวที่อยู่ด้านขวามือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 : นำภาพตัวอย่างสีผิวทุกภาพ (จำนวน 10 แถบสี) มารวมกันเป็นภาพเดียว ดังแสดงในรูปที่ 3.1 (แถบสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50% : 50%), รูปที่ 3.23 (แถบสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 40% : 60%), รูปที่ 3.25 (แถบสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 60% : 40%), รูปที่ 3.27 (แถบสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 30% : 70%) และรูปที่ 3.29 (แถบสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 70% : 30%)

ขั้นตอนที่ 4 : รับข้อมูลภาพตัวอย่างสีผิวเข้ามาเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลโดยใช้คำสั่ง imread()

```
pic1 = imread('1.jpg')
```

ขั้นตอนที่ 5 : นำภาพตัวอย่างสีผิวแต่ละกรณีที่ได้รับเข้ามาจากขั้นตอนที่ 4 แปลงภาพจากโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSV โดยใช้สมการที่ (2.1) ~ (2.3) อ้างอิงจากบทที่ 2 ดังแสดงสมการดังนี้ คือ

$$\text{Hue} = 60^\circ \times H' \quad (2.1)$$

$$\text{Saturation} = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B)} \quad (2.2)$$

$$\text{Value} = \max(R, G, B) \quad (2.3)$$

โดยที่

$$H' = \begin{cases} \frac{G - B}{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)} & \text{if } \max(R, G, B) = R \\ 2 + \frac{B - R}{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)} & \text{if } \max(R, G, B) = G \\ 4 + \frac{R - G}{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)} & \text{if } \max(R, G, B) = B \end{cases}$$

ในขั้นตอนนี้จะต้องทำการแปลงข้อมูลให้สามารถคำนวณแบบมีจุดทศนิยมได้ โดยใช้คำสั่ง double()

ขั้นตอนที่ 6 : นำค่า Hue , Saturation และ Value ที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 ไปพล็อตกราฟ Histogram เพื่อสังเกตการกระจายข้อมูลสีผิว โดยใช้คำสั่ง imhist ()

```
imhist(Hue)
```

```
imhist(Saturation)
```

```
imhist(Value)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากการพล็อตกราฟ Histogram พบว่า เราสามารถแยกโทนสีผิวเข้มกับสีผิวอ่อนได้อย่างชัดเจน โดยพิจารณาที่ Histogram ของค่า Value คือ ถ้าค่าที่ได้มีค่าน้อยกว่า 0.8 ลงมาจะเรียกว่า สีผิวโทนเข้ม และถ้ามีค่ามากกว่า 0.8 ขึ้นไปจะเรียกว่า สีผิวโทนอ่อน

ขั้นตอนที่ 7 : นำค่าต่ำสุดและสูงสุดของ คือ Hmin, Hmax, Smin, Smax, Vmin และ Vmax นำไปสร้างข้อกำหนดเพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่สีผิว โดยเราจะได้ค่า Threshold ในแต่ละกรณีแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า Threshold ของการตรวจจับสีผิวโดยวิธี HSV ทั้ง 5 กรณี

กรณี	Hmin	Hmax	Smin	Smax	Vmin	Vmax
1) 50% : 50%	0.0065	0.1178	0.1387	0.8696	0.3686	1
2) 40% : 60%	0	0.9983	0.0196	0.9082	0.2431	1
3) 60% : 40%	0	0.9974	0.0360	1	0.0706	1
4) 30% : 70%	0	0.9957	0	0.9681	0.2431	1
5) 70% : 30%	0	0.9970	0	0.9634	0.0863	1

ขั้นตอนที่ 8 : เมื่อได้ค่าเทรสเตอร์ของ Hue , Saturation และ Value มาแล้ว เราจะนำมาทดลองใช้กับภาพถ่ายบุคคลที่ได้จากกล้องดิจิทัล กล้องมือถือ และดาวนโหลดจากอินเทอร์เน็ตจำนวน 110 ภาพ โดยเริ่มจากรับข้อมูลภาพที่ใช้ทดลอง เข้ามาเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลโดยใช้คำสั่ง imread()

```
pic2 = imread('person1.jpg')
```

ขั้นตอนที่ 9 : นำภาพที่รับเข้ามาจากขั้นตอนที่ 8 แปลงภาพจากระบบสี RGB ไปเป็นระบบสี HSV โดยใช้สมการที่ (2.1) ~ (2.3) หลังจากนั้นนำค่า Threshold ที่ได้จากขั้นตอนที่ 7 นำไปสร้างข้อกำหนดเพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่สีผิว จะพบว่า หากจุดภาพใดบนภาพที่นำมาวิเคราะห์มีค่าไม่อยู่ในช่วง Threshold ที่กำหนดจะเปลี่ยนจุดภาพนั้นให้กลายเป็นสีดำ เพื่อเป็นการตัดบริเวณที่ไม่ต้องการออกไป ในทางตรงกันข้าม หากจุดภาพใดบนภาพที่นำมาวิเคราะห์มีค่าอยู่ในช่วง Threshold ที่กำหนดจะให้คงค่าสีเดิมไว้ ผลลัพธ์แสดงในตารางที่ 5.2 (บทที่ 5)

4.3.2 การตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSI

การตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSI จะมีหลักการทดลองเหมือนกับการใช้โมเดล HSV แต่จะแตกต่างกันตรงสมการ คือ กรณีของการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV จะใช้สมการที่ (2.1) ~ (2.3) ที่กล่าวไปแล้วเบื้องต้น ในการหาค่า Hmin, Hmax, Smin, Smax, Vmin และ Vmax

แต่การตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSI นั้น จะใช้สมการที่ (2.4) ~ (2.6) อ้างอิงจากบทที่ 2 จะใช้หา ค่า Hmax, Hmin, Smax, Smin, Imax และ Imin ดังแสดงสมการได้ดังนี้

$$\text{Hue} = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 2\pi - \theta & \text{if } B > G \end{cases} \quad (2.4)$$

$$\text{Saturation} = 1 - \frac{3}{R + G + B} (\min(R, G, B)) \quad (2.5)$$

$$\text{Intensity} = \frac{1}{3} (R + G + B) \quad (2.6)$$

โดยที่

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

โดยเราจะได้ค่า Threshold ของการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSI ในแต่ละกรณี แสดงใน ตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า Threshold ของการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSI ทั้ง 5 กรณี

กรณี	Hmin	Hmax	Smin	Smax	Imin	Imax
1) 50% : 50%	0.0055	0.1207	0.0567	0.7606	0.2013	0.9255
2) 40% : 60%	0	0.9986	0.0106	0.8235	0.1373	0.9908
3) 60% : 40%	0	0.9978	0.0180	1	0.0366	0.9699
4) 30% : 70%	0	0.9964	0	0.9333	0.1399	1
5) 70% : 30%	0	0.9975	0	0.9256	0.0549	1

เมื่อได้ค่า Threshold ของการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSI มาแล้ว ก็นำมาวิเคราะห์โดยใช้หลักการเหมือนเดิม คือ หากจุดภาพใดบนภาพที่นำมาวิเคราะห์มีค่าไม่อยู่ในช่วง Threshold ที่กำหนดจะเปลี่ยนจุดภาพนั้นให้กลายเป็นสีดำ แต่หากจุดภาพใดบนภาพที่นำมาวิเคราะห์มีค่าอยู่ในช่วง Threshold ที่กำหนดจะให้คงค่าสีเดิมไว้ ผลลัพธ์แสดงในตารางที่ 5.6 (บทที่ 5)

บทที่ 5

ผลการทดลอง




จากขั้นตอนการทดลองและผลการทดลองบางส่วนที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 4 เมื่อทำการทดลองกับภาพอื่นๆ ที่มาจากหลายๆ แหล่งที่มา ทั้งภาพที่ถ่ายในห้อง (Indoor images) ถ่ายนอกห้อง (Outdoor images) ของบุคคลคนเดียวหรือกลุ่มบุคคล ซึ่งมีทั้งลักษณะหน้าตรง ค่อนข้างตรง หันด้านข้าง เห็นบางส่วนของใบหน้า หรือมีผมมาบังใบหน้าเป็นส่วนใหญ่ ตัวอย่างเช่น ภาพถ่ายในฐานะข้อมูล ภาพถ่ายบุคคลติดบัตร ภาพถ่ายจากกล้อง และภาพที่ดาวน์โหลดจากอินเทอร์เน็ต จำนวนทั้งสิ้น 110 ภาพ นอกจากนี้ภาพที่นำมาใช้ในการทดลองยังมีขนาด ความละเอียด และนามสกุลที่แตกต่างกัน เช่น JPG JPEG PNG และ BMP อีกด้วย

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองจากการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV และ HSI ซึ่งมีทฤษฎีและขั้นตอนการทดลองดังที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 2 และ 4 ตามลำดับ โดยแสดงผลกระทบของ Hue , Saturation และ Value ต่อการตรวจจับสีผิวในหัวข้อที่ 5.1 ภาพผลลัพธ์ของการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV ได้ถูกแสดงไว้ในหัวข้อที่ 5.2 ผลกระทบของ Hue , Saturation และ Intensity ต่อการตรวจจับสีผิวถูกแสดงไว้ในหัวข้อที่ 5.3 และภาพผลลัพธ์ของการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSI ถูกแสดงไว้ในหัวข้อที่ 5.4 นอกจากนี้ในแต่ละหัวข้อ เราได้ทำการเปรียบเทียบภาพผลลัพธ์ของการตรวจหาสีผิวโดยวิธี Normalized rgb ทั้งนี้เพื่อแสดงถึงความเที่ยงตรงของการตรวจหาสีผิวโดยโมเดล HSV และ HSI ที่เหนือกว่าวิธี Normalized rgb และหัวข้อที่ 5.5 เป็นการเปรียบเทียบภาพผลลัพธ์ของการตรวจจับสีผิวระหว่างโมเดล HSV และ HSI เพื่อตรวจสอบว่าโมเดลใดที่ให้ความเที่ยงตรงในการตรวจจับสีผิวได้ดีที่สุด สุดท้ายหัวข้อที่ 5.6 เป็นการสรุปผลการทดลองทั้งหมด ซึ่งรายละเอียดของหัวข้อต่างๆ เป็นดังนี้

5.1 ผลกระทบของ Hue , Saturation และ Value ต่อการตรวจจับสีผิว

จากการศึกษาจากงานวิจัยต่างๆพบว่า งานวิจัยส่วนมากจะใช้เพียง Hue และ Saturation เท่านั้น ซึ่งไม่ค่อยมีงานวิจัยใดที่ใช้ Value เราจึงสนใจว่า ทำไมงานวิจัยส่วนใหญ่ถึงไม่ค่อยนิยมนำ Value มาใช้กำหนด Threshold ร่วมด้วย เราจึงทำการหาผลกระทบของ Hue , Saturation และ Value ต่อการตรวจจับสีผิวดังแสดงในตารางที่ 5.1 สำหรับค่า Threshold ของตัวแปร H, S และ V ได้ถูกหาไว้แล้วในตารางที่ 4.1 ของบทที่ 4

ตารางที่ 5.1 แสดงผลกระทบของ Hue , Saturation และ Value ต่อการตรวจจับสีผิว

ภาพต้นฉบับ	กรณีใช้ H กำหนด Threshold	กรณีใช้ S กำหนด Threshold
		
กรณีใช้ V กำหนด Threshold	กรณีใช้ H กับ S กำหนด Threshold	กรณีใช้ H S และ V กำหนด Threshold
		
ภาพต้นฉบับ	กรณีใช้ H กำหนด Threshold	กรณีใช้ S กำหนด Threshold
		
กรณีใช้ V กำหนด Threshold	กรณีใช้ H กับ S กำหนด Threshold	กรณีใช้ H S และ V กำหนด Threshold
		

จากตารางที่ 5.1 ที่แสดงผลกระทบของ Hue , Saturation และ Value ต่อการตรวจจับสีผิว พบว่าการใช้ Hue แค่เพียงตัวเดียวก็สามารถตรวจจับสีผิวได้ค่อนข้างสมบูรณ์ แต่จะมีบางส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

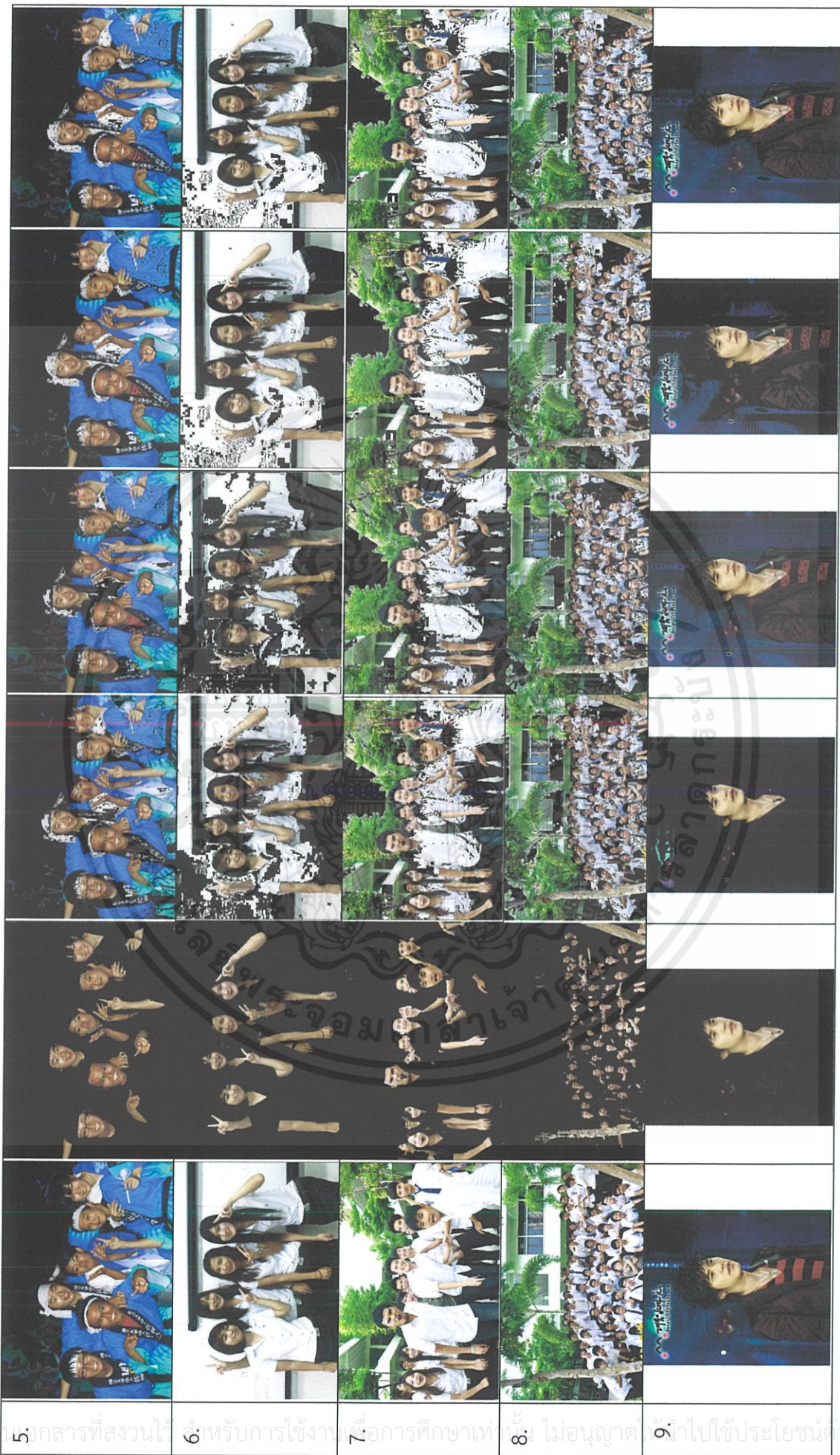
ของพื้นหลังและบางส่วนของเส้นและโครงร่างปรากฏอยู่ในภาพด้วย ส่วนการใช้ Saturation เพียงตัวเดียวจะไม่สามารถตรวจจับสีผิวได้สมบูรณ์ มีส่วนที่เป็นเส้นและโครงร่างปรากฏอยู่ในภาพเป็นจำนวนมาก และเมื่อใช้แค่ Value เพียงตัวเดียวจะไม่สามารถตรวจจับอะไรได้เลย แต่มันสามารถลดผลกระทบในเรื่องของความเป็นเงาและสีผิวให้น้อยลงได้ ซึ่งจะส่งผลน้อยมากต่อการตรวจจับสีผิว จากนั้น เมื่อใช้ตัวแปร H กับ S มากำหนดค่า Threshold จะเห็นว่าบางส่วนของพื้นหลังและบางส่วนของเส้นและโครงร่างที่ปรากฏเป็นส่วนเล็กๆ ในภาพจะหายไปเกือบหมด แต่ก็ไม่สามารถตัดสีผิวได้ดีที่สุด ด้วยเหตุนี้ทำให้เราทราบว่าคนที่ผู้ทำวิจัยส่วนใหญ่เลือกใช้เพียง H และ S นั้น อาจเป็นเพราะว่ามันสามารถตรวจหาสีผิวได้ในระดับหนึ่ง ถึงแม้ว่าจะไม่สามารถตรวจหาสีผิวได้สมบูรณ์ยังมีบางส่วนของเส้นผ้าติดอยู่ในภาพบ้างก็ตามแต่ก็พออนุมานขอบเขตของสีผิวได้ จากนั้นเราได้ทดลองใช้ทั้งตัวแปร H S และ V มากำหนดค่า Threshold เพื่อใช้ในการตรวจหาสีผิว จากการทดลองเราพบว่าบริเวณขอบระหว่างผมกับพื้นหลังและบางส่วนของโครงร่างที่หลงเหลืออยู่ในภาพในกรณีที่ใช้ตัวแปร H และ S สามารถลบทิ้งไปได้ ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะค่า Threshold ของตัวแปร V ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

5.2 ภาพผลลัพธ์ของการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV

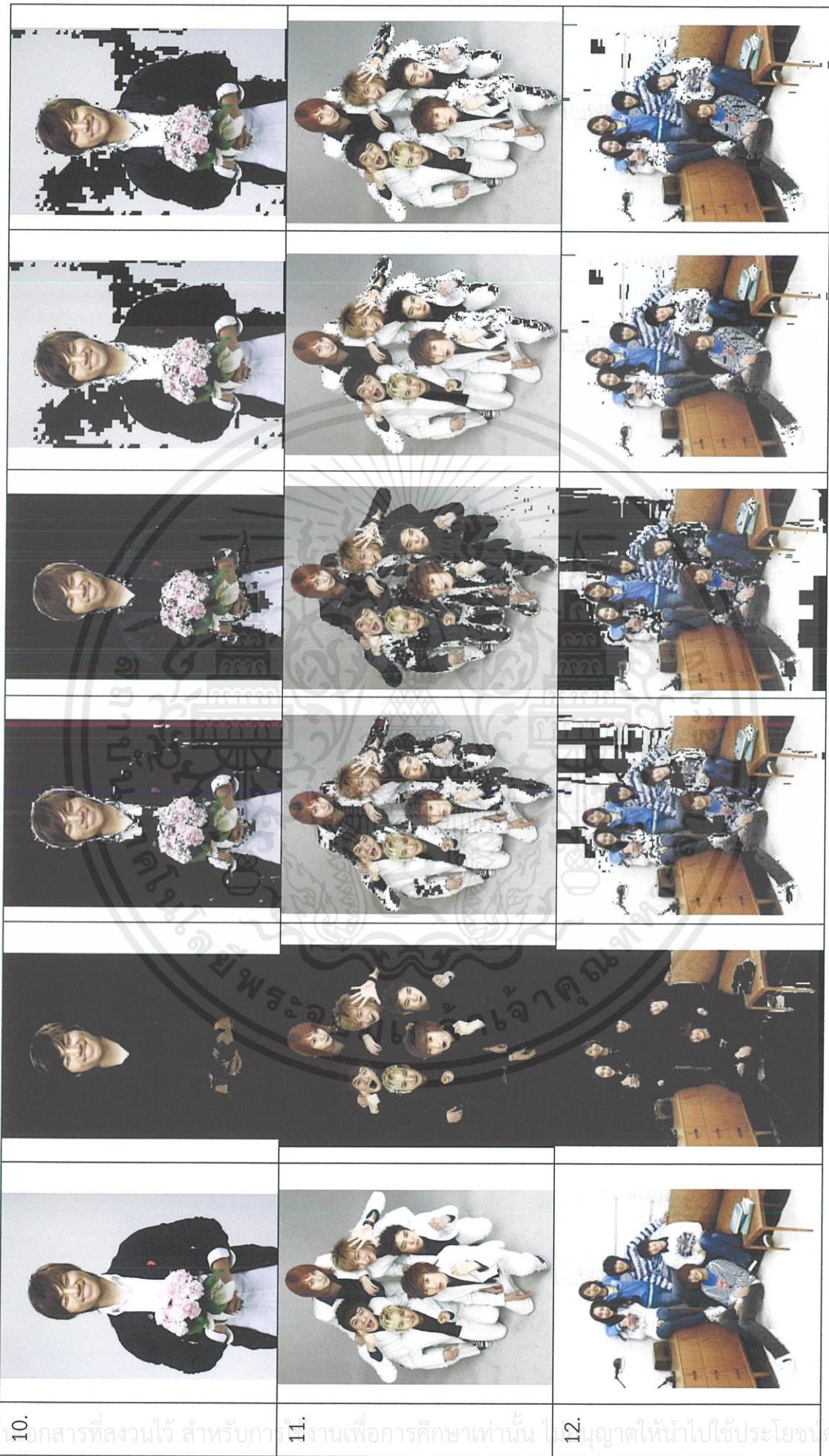
ผลการทดลองการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV ที่ใช้ภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัล กล้องมือถือและดาวนโหลดจากอินเทอร์เน็ตจำนวน 110 ภาพ ซึ่งแบ่งเป็นภาพถ่ายที่ได้จากกล้องดิจิทัล กล้องมือถือจำนวน 53 ภาพและภาพถ่ายที่ดาวนโหลดจากอินเทอร์เน็ตจำนวน 57 ภาพ ในจำนวนนี้ประกอบด้วยภาพเดี่ยวจำนวน 33 ภาพ ภาพกลุ่มบุคคลจำนวน 77 ภาพ และประกอบด้วยภาพถ่ายภายนอกห้องจำนวน 60 ภาพและภาพถ่ายภายในห้องจำนวน 50 ภาพ (ดูรายละเอียดภาพถ่ายทั้งหมดได้ในภาคผนวก ก.) แต่ในที่นี้ขอยกตัวอย่างจำนวน 16 ภาพ ซึ่งเป็นภาพจากกล้องจำนวน 8 ภาพ (ภาพที่ 1-8) และภาพถ่ายดาวนโหลดจากอินเทอร์เน็ตจำนวน 8 ภาพ (ภาพที่ 9-16) โดยได้แสดงผลการทดลองที่มีการเลือกโทนสีผิวโทนเข้มและโทนอ่อนเป็น 5 กรณีศึกษา แสดงดังตารางที่ 5.2 (ดูผลการทดลองทั้งหมดได้ใน CD)

ตารางที่ 5.2 แสดงภาพผลลัพธ์การตรวจจับสีผิวของโมเดล HSV ทั้ง 5 กรณี

No	ภาพต้นฉบับ	กรณีที่ 1 50% : 50%	กรณีที่ 2 40% : 60%	กรณีที่ 3 60% : 40%	กรณีที่ 4 30% : 70%	กรณีที่ 5 70% : 30%
1.						
2.						
3.						
4.						



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ 6 ทรัพยากรใช้งาน 7 เอกสารการศึกษาที่ 8: ไม่อนุญาต 9: นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใด * ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



10.

เอกสารที่ส่งจนไว้ สำหรับกา

11.

งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น

12.

อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับกา งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



13. เอกสารที่ส่งมอบ 14. สำหรับการใช้ 15. เพื่อการศึกษาเท่า 16. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราทำการแยกสีผิวออกจากพื้นหลังโดยดูจากตารางที่ 5.2 แล้ว เราได้นิยามคำจำกัดความต่างๆ ของการตรวจจับสีผิวไว้ข้างล่างนี้ ทั้งนี้ก็เพื่อให้ผู้อ่านเกิดความชัดเจนในเรื่องการตรวจจับสีผิว และมีความเข้าใจตรงกับผู้ทำโครงการงาน

1. ตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องสมบูรณ์ หมายถึง สามารถตรวจจับสีผิวได้ครบทุกคน โดยปราศจากความผิดพลาดใดๆ ตัวอย่างภาพแสดงดังรูปที่ 5.1



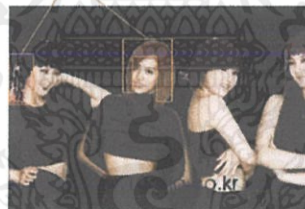
ก)

ข)

รูปที่ 5.1 ตัวอย่างภาพที่สามารถตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องสมบูรณ์

2. ตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องแต่มีความผิดพลาดเล็กน้อย หมายถึง สามารถตรวจจับสีผิวได้ครบทุกคน แต่มีความผิดพลาดเล็กน้อยเนื่องจากมีบางส่วนของพื้นฉากหลัง เสื้อ หรือบริเวณที่เป็นผม (กรณีที่มีการทำสีผม) เป็นต้น ปรากฏอยู่ในภาพ ตัวอย่างภาพแสดงดังรูปที่ 5.2

การทำสีผม



รูปที่ 5.2 ตัวอย่างภาพที่ตรวจจับสีผิวได้แต่มีความผิดพลาดเล็กน้อย

3. มีความผิดพลาดในการตรวจจับสีผิวจำนวนมาก หมายถึงสามารถตรวจจับสีผิวได้ แต่จะตรวจจับบางส่วนของพื้นฉากหลังที่เป็นสีน้ำตาล แดง หรือ เหลืองจะติดมาด้วยเป็นจำนวนมาก ดังแสดงในรูปที่ 5.3



พื้นฉากหลังที่เป็นสีน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 5.3 ตัวอย่างภาพที่มีพื้นฉากหลังติดมากับสีผิวเป็นจำนวนมาก ระเบียบข้อดำเนินการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์การตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV ใช้สมการที่ (5.1) และ (5.2) ในการคำนวณดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด(\%)} = \frac{\text{จำนวนภาพที่ตรวจจับผิดพลาด}}{\text{จำนวนภาพทั้งหมด}} \times 100\% \quad (5.1)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง(\%)} = \frac{\text{จำนวนภาพที่ตรวจจับถูกต้อง}}{\text{จำนวนภาพทั้งหมด}} \times 100\% \quad (5.2)$$

ตารางที่ 5.3 สรุปผลการทดลองการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV

จำนวนภาพ กรณี	ตรวจจับสีผิวได้ ถูกต้องสมบูรณ์	ตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องแต่ มีความผิดพลาดเล็กน้อย	มีความผิดพลาดในการ ตรวจจับสีผิวจำนวนมาก
1) 50 % : 50 %	67	34	9
2) 40 % : 60 %	0	1	109
3) 60 % : 40 %	0	10	100
4) 30 % : 70 %	0	0	110
5) 70 % : 30 %	0	0	110

จากตารางที่ 5.3 การตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV สามารถสรุปได้ว่า

- 1) ในกรณีเลือกใช้ตัวอย่างสีผิวโทนเข้มต่อสีผิวโทนอ่อนเป็น 50% : 50% พบว่า
 - สามารถตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องสมบูรณ์จำนวน 67 ภาพจากภาพทั้งหมด 110 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเท่ากับ 60.90% ตัวอย่างเช่น รูปที่ 1, รูปที่ 2, รูปที่ 3, รูปที่ 5, รูปที่ 6, รูปที่ 7, รูปที่ 10 และรูปที่ 15 เป็นต้น (ดูตารางที่ 5.2)
 - สามารถตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องแต่มีความผิดพลาดเล็กน้อยจำนวน 34 ภาพ เนื่องจากจะติดบางส่วนที่เป็นพื้นหลังสีน้ำตาลแดง หรือ เหลืองมาด้วย หรือติดบริเวณสีผม (กรณีที่มีการทำสีผมที่ไม่ใช่สีดำ) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้ 30.90% ตัวอย่างเช่น รูปที่ 4, รูปที่ 8, รูปที่ 9, รูปที่ 11, รูปที่ 13, รูปที่ 14 และรูปที่ 16 เป็นต้น (ดูตารางที่ 5.2)
 - มีความผิดพลาดในการตรวจจับสีผิวเป็นจำนวนมากมีจำนวน 9 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้ 8.19 % เป็นเพราะภาพมีพื้นฉากหลังที่เป็นสีน้ำตาลเป็นบริเวณกว้าง เช่น รูปที่ 12 (ตารางที่ 5.2)
- 2) ในกรณีเลือกใช้ตัวอย่างสีผิวโทนเข้มต่อสีผิวโทนอ่อนเป็น 40% : 60% พบว่า
 - สามารถตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องสมบูรณ์จำนวน 0 ภาพจากภาพทั้งหมด 110 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเท่ากับ 0 %

- สามารถตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องแต่มีความผิดพลาดเล็กน้อยจำนวน 1 ภาพ จากภาพทั้งหมด 110 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้ 0.91 % ตัวอย่างเช่น รูปที่ 9 เป็นต้น (ตารางที่ 5.2)
 - มีความผิดพลาดในการตรวจจับสีผิวเป็นจำนวนมากมีจำนวน 109 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้ 99.09 % โดยความผิดพลาดที่พบส่วนใหญ่มักเกิดจากการตัดแถบสีผิวที่ไม่เหมาะสม เพราะมีค่า Hue ที่กระจายในช่วงกว้างเกินไปนั่นคือ Hue อยู่ระหว่าง 0 ~ 0.9983 ซึ่งในกรณีเลือกใช้ตัวอย่างสีผิวโทนเข้มต่อสีผิวโทนอ่อนเป็น 50% : 50% จะมีค่า Hue อยู่ระหว่าง 0.0065 ~ 0.1178 จะเห็นว่ามีกระจายในช่วงแคบๆเท่านั้น
- 3) ในกรณีเลือกใช้ตัวอย่างสีผิวโทนเข้มต่อสีผิวโทนอ่อนเป็น 60% : 40% พบว่า
- สามารถตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องสมบูรณ์จำนวน 0 ภาพจากภาพทั้งหมด 110 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเท่ากับ 0%
 - สามารถตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องแต่มีความผิดพลาดเล็กน้อยจำนวน 10 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้ 9.09% ซึ่งภาพที่ตรวจจับได้ถูกต้องส่วนใหญ่จะมีพื้นหลังเป็นสีขาวตลอดทั่วทั้งภาพ ตัวอย่างเช่น รูปที่ 10, รูปที่ 13 และรูปที่ 15 เป็นต้น (ตารางที่ 5.2)
 - มีความผิดพลาดในการตรวจจับสีผิวเป็นจำนวนมากมีจำนวน 100 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้ 90.9 % โดยความผิดพลาดที่พบมาจากการตัดตัวอย่างแถบสีผิวโทนเข้มต่อสีผิวโทนอ่อนที่ไม่เหมาะสม
- 4) ในกรณีเลือกใช้ตัวอย่างสีผิวโทนเข้มต่อสีผิวโทนอ่อนเป็น 30% : 70% และ 70% : 30% พบว่า
- สามารถตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องสมบูรณ์จำนวน 0 ภาพจากภาพทั้งหมด 110 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเท่ากับ 0%
 - สามารถตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องแต่มีความผิดพลาดเล็กน้อยจำนวน 0 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้ 0 %
 - มีความผิดพลาดในการตรวจจับสีผิวเป็นจำนวนมากมีจำนวน 110 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้ 100% โดยความผิดพลาดที่พบมาจา การตัดตัวอย่างแถบสีผิวโทนเข้มต่อสีผิวโทนอ่อนที่ไม่เหมาะสม

จากผลการทดลอง เราสามารถสรุปได้ว่ากรณีศึกษาที่ 1 ที่มีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อนเป็น 50% : 50% สามารถตรวจจับสีผิวมนุษย์ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด และให้ความถูกต้องมากที่สุด นั่นคือสามารถตรวจจับสีผิวได้จำนวน 101 ภาพจากภาพทั้งหมด 110 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเท่ากับ 91.81% โดยความผิดพลาดมักเกิดจากการที่ติดพื้นฉากหลังที่เป็นสีน้ำตาล แดง หรือ เหลืองมาบางส่วน อีกทั้งแต่ละสถานที่ก็มีแสงและเงาที่ไม่เท่ากัน ทำให้การตัดสีผิวทำได้ไม่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่ได้พัฒนาการตรวจจับสีผิวจากโครงการวิจัย (project) เรื่องการตรวจจับใบหน้าของบุคคลในภาพนิ่ง (FACE DETECTION IN STILL IMAGES) ของ [2] ที่ได้ทำการศึกษาวิจัยเอาไว้ ซึ่งมีแนวความคิดในการตรวจจับสีผิวมนุษย์สำหรับภาพสี คือ เลือกตัวอย่างสีผิวในการตัดค่าเทรสโรว์เป็น 20% : 80% นั่นคือสีผิวโทนอ่อนจำนวน 20% และสีผิวโทนเข้มจำนวน 80% ทั้งนี้เป็นเพราะมันให้ผลลัพธ์ในตรวจจับสีผิวที่ดีที่สุด จากนั้นทำการ Normalized เป็น r g และ b ตามสมการที่ (5.3) ~ (5.5)

$$r = \frac{R}{R+G+B} \quad (5.3)$$

$$g = \frac{G}{R+G+B} \quad (5.4)$$

และ
$$b = \frac{B}{R+G+B} \quad (5.5)$$

จากนั้นนำค่า r g และ b ที่ได้มาหาค่าสูงสุด (Maximum) และค่าต่ำสุด (Minimum) เพื่อใช้เป็นขอบเขตของค่า Threshold โดยจะได้ค่าดังนี้คือ r อยู่ระหว่าง 0.3422 ~ 0.5929 g อยู่ระหว่าง 0.2840 ~ 0.3606 และ b อยู่ระหว่าง 0.272 ~ 0.3747 ต่อมานำ r g และ b มาจับคู่กัน จะได้ 4 รูปแบบด้วยกัน นั่นคือ rg , rb , gb และ rgb เพื่อที่จะนำผลลัพธ์ที่ได้จากแต่ละแบบมาเปรียบเทียบกับว่าคูใดสามารถตรวจหาสีผิวได้ดีที่สุด โดยจากการทดลองในงานวิจัยเล่มดังกล่าว กล่าวไว้ว่า เราสามารถตรวจหาสีผิวของมนุษย์ที่อยู่ในภาพได้ไม่ว่าจะใช้ rg, rb, gb หรือ rgb เพียงแต่คุณภาพในการตรวจจับสีผิวของแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกัน แต่รูปแบบที่สามารถตรวจหาสีผิวได้ดีที่สุดคือ rg เพราะมันให้ความผิดพลาดในการตรวจจับสีผิวน้อยกว่าแบบอื่นๆ

อย่างไรก็ตาม จากการทดลองการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV เราจะพบว่าในกรณีศึกษาที่ 1 ที่มีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อนเป็น 50% : 50% สามารถตรวจจับสีผิวมนุษย์ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เราจึงนำตัวอย่างสีผิวเดียวกันนี้เข้ามาทดลองใหม่เพื่อหาค่า Threshold ของ r และ g จากการทดลองเราพบว่าจะได้ค่า Threshold ของ rg คือ r อยู่ระหว่าง 0.3588 ~ 0.6299 และ g อยู่ระหว่าง 0.2398 ~ 0.3568 และได้ทดลองตรวจจับสีผิวของภาพต่างๆที่มาจากหลายๆแหล่งด้วย Normalized rg ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการตรวจจับสีผิวกับโมเดล HSV สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบภาพผลลัพธ์การตรวจจับสีผิวระหว่าง Normalized rg กับโมเดล HSV

No	ภาพต้นฉบับ	Normalized rg	HSV
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5.4 พบว่าการตรวจแยกสีผิวของมนุษย์ในภาพสีด้วย Normalized rg สามารถตรวจแยกสีผิวได้ไม่ตีเท่ากับการใช้โมเดล HSV การตรวจจับสีผิวของ Normalized rg มีความผิดพลาดโดยจะได้สีของเสื้อ ผม และบริเวณสีฉากหลังที่มีสีชมพูและน้ำเงินติดมาด้วยเป็นบางส่วน ตัวอย่างเช่น รูปที่ 2, รูปที่ 5, รูปที่ 6, รูปที่ 8 และ รูปที่ 10 เป็นต้น

5.3 ผลกระทบของ Hue , Saturation และ Intensity ต่อการตรวจจับสีผิว

จากการศึกษาจากรายงานวิจัยต่างๆ พบว่าโมเดล HSI ถูกใช้งานเพื่อการตรวจจับสีผิวน้อยมาก ด้วยเหตุนี้ เราจึงพิจารณาว่าควรจะใช้โมเดล HSI ในการตรวจจับสีผิว และเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการตรวจจับสีผิวระหว่างโมเดล HSI กับ HSV เพื่อศึกษาว่าโมเดลใดที่สามารถตรวจจับสีผิวได้ดีกว่ากัน ตัวอักษร H, S และ I ย่อมาจากคำว่า Hue , Saturation และ Intensity อย่างไรก็ตามสมการที่ใช้คำนวณค่า Hue และ Saturation ในโมเดล HSI นี้จะแตกต่างจากโมเดล HSV ดังที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 2 และค่า Threshold ของตัวแปร H, S และ I ได้ถูกหาไว้แล้วดังแสดงในตารางที่ 4.2 ของบทที่ 4

ตารางที่ 5.5 แสดงผลกระทบของ Hue , Saturation และ Intensity ต่อการตรวจจับสีผิว

ภาพต้นฉบับ	กรณีใช้ H กำหนด Threshold	กรณีใช้ S กำหนด Threshold
		
กรณีใช้ I กำหนด Threshold	กรณีใช้ H กับ S กำหนด Threshold	กรณีใช้ H S และ I กำหนด Threshold
		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากตารางที่ 5.5 แสดงผลกระทบของ Hue, Saturation และ Intensity ต่อการตรวจจับสีผิว พบว่าการใช้แค่ Hue, Saturation และ Intensity เพียงตัวเดียวหรือใช้ Hue กับ Saturation ก็ไม่สามารถจะตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องสมบูรณ์ แต่การใช้ทั้ง H S และ I จะทำให้การตรวจจับสีผิวมีความสมบูรณ์มากที่สุด ด้วยเหตุนี้เราจึงพิจารณาเลือกใช้ทั้ง Hue, Saturation และ Intensity มา กำหนดค่า Threshold

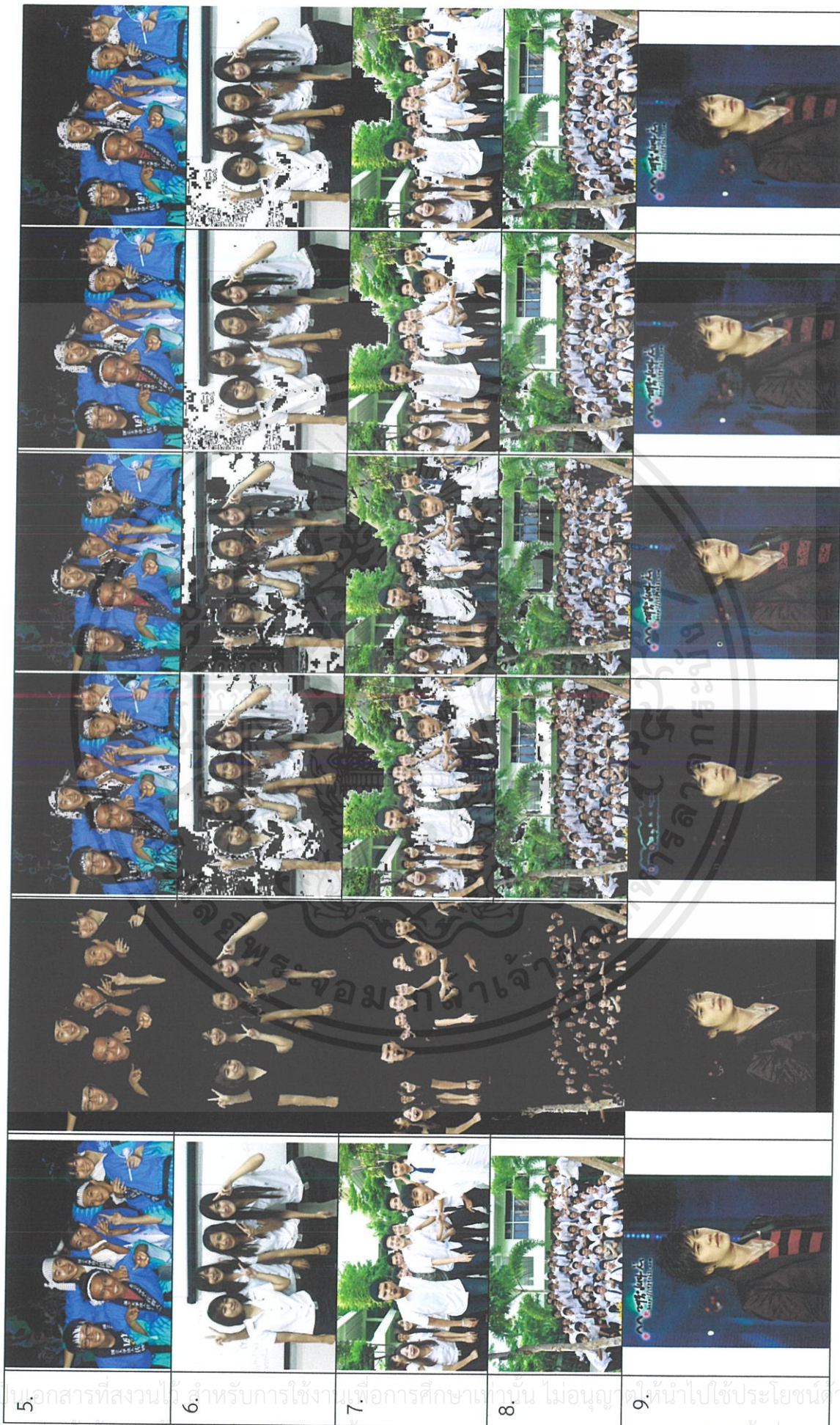
5.4 ภาพผลลัพธ์ของการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSI

ผลการทดลองการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSI ที่ใช้ภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัล กล้องมือถือและดาวนโหลดจากอินเทอร์เน็ตจำนวน 110 ภาพ แต่ในที่นี้ขอยกตัวอย่างจำนวน 16 ภาพ ซึ่งเป็นภาพจากกล้องจำนวน 8 ภาพ (ภาพที่ 1-8) และภาพที่ดาวนโหลดจากอินเทอร์เน็ตจำนวน 8 ภาพ (ภาพที่ 9-16) โดยได้แสดงผลการทดลองที่มีการเลือกสีผิวโทนเข้มต่อสีผิวโทนอ่อนเป็น 5 กรณีศึกษา แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 5.6 (ดูผลการทดลองทั้งหมดได้ใน CD)

ตารางที่ 5.6 แสดงภาพผลลัพธ์การตรวจจับสีผิวของโมเดล HSI ทั้ง 5 กรณี

No	ภาพต้นฉบับ	กรณีที่ 1 50% : 50%	กรณีที่ 2 40% : 60%	กรณีที่ 3 60% : 40%	กรณีที่ 4 30% : 70%	กรณีที่ 5 70% : 30%
1.						
2.						
3.						
4.						

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่สงวนไว้สำหรับก... ใช้งานเพื่อการค... 3. เท่านั้น ไม่อ... 4. แต่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า...
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5.

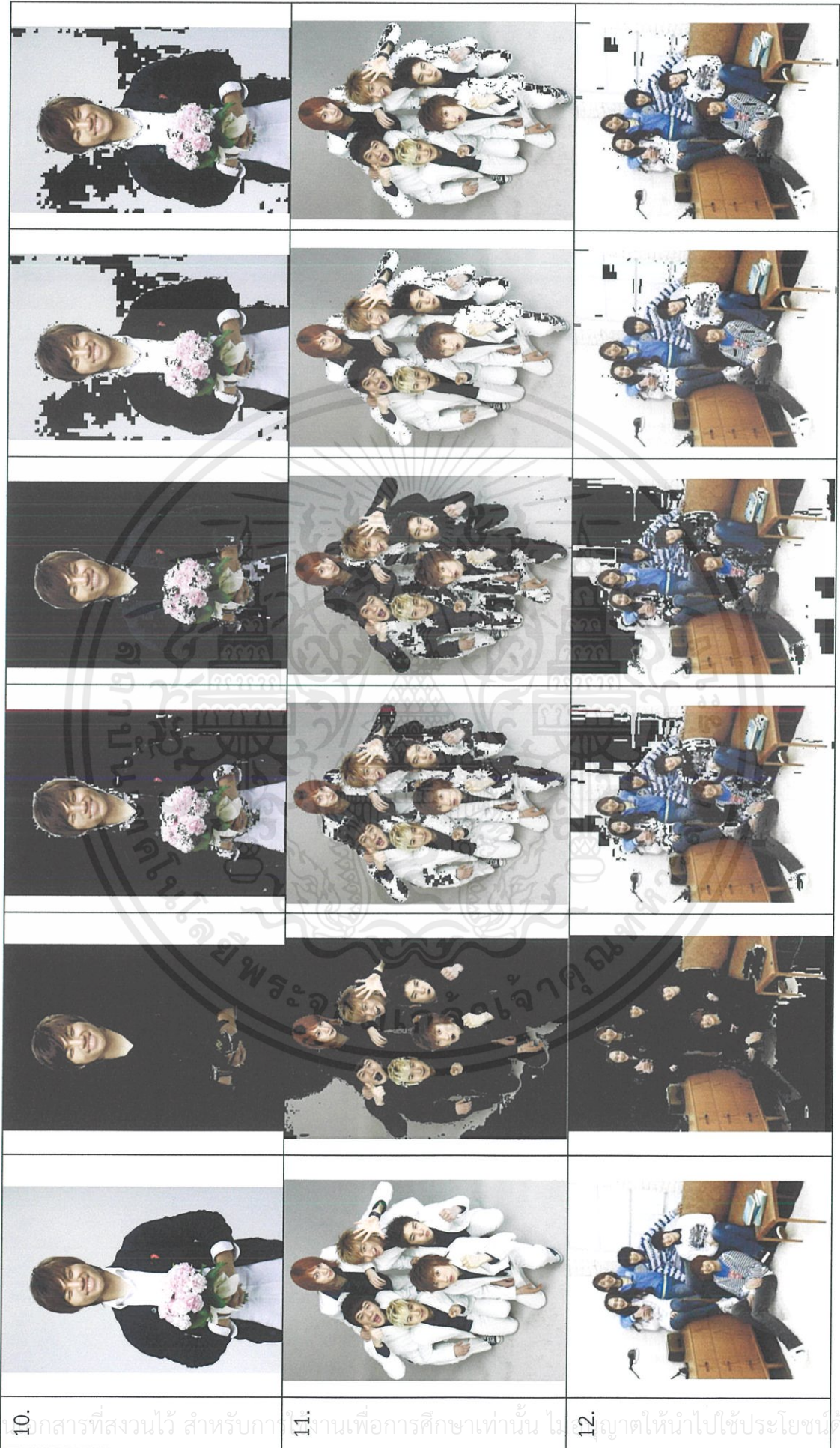
6.

7.

8.

9.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



10. เอกสารที่ส่งมอบไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่
 11. อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 12. ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



13. เอกสารที่ส่งวน 14. สำหรับการใช้ 15. เพื่อการศึกษาเท่า 16. ไม่นอญตให้ นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 สรุปผลการทดลองการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSI

กรณี / จำนวนภาพ	ตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องสมบูรณ์	ตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องแต่มีความผิดพลาดเล็กน้อย	มีความผิดพลาดในการตรวจจับสีผิวจำนวนมาก
1) 50 % : 50 %	62	36	12
2) 40 % : 60 %	0	1	109
3) 60 % : 40 %	0	11	99
4) 30 % : 70 %	0	0	110
5) 70 % : 30 %	0	0	110

จากตารางที่ 5.7 การตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSI สามารถสรุปได้ว่า

- 1) ในกรณีเลือกใช้ตัวอย่างสีผิวโทนเข้มต่อสีผิวโทนอ่อนเป็น 50% : 50% พบว่า
 - สามารถตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องสมบูรณ์จำนวน 62 ภาพจากภาพทั้งหมด 110 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเท่ากับ 56.36% ตัวอย่างเช่น รูปที่ 1, รูปที่ 2, รูปที่ 3, รูปที่ 5, รูปที่ 6, รูปที่ 7, รูปที่ 10 และรูปที่ 15 เป็นต้น (ดูตารางที่ 5.6)
 - สามารถตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องแต่มีความผิดพลาดเล็กน้อยจำนวน 36 ภาพ เนื่องจากจะติดบางส่วนที่เป็นพื้นหลังสีน้ำตาลแดง หรือ เหลืองติดมาด้วย หรือติดบริเวณสีผม (กรณีที่มีการทำสีผมที่ไม่ใช่สีดำ) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้ 32.72% ตัวอย่างเช่น รูปที่ 4, รูปที่ 8, รูปที่ 9, รูปที่ 13, รูปที่ 14 และรูปที่ 16 เป็นต้น (ตารางที่ 5.6)
 - มีความผิดพลาดในการตรวจจับสีผิวเป็นจำนวนมากมีจำนวน 12 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้ 10.91% เป็นเพราะภาพมีพื้นฉากหลังที่เป็นสีน้ำตาลเป็นบริเวณกว้าง ตัวอย่างเช่น รูปที่ 13 เป็นต้น (ตารางที่ 5.6)
- 2) ในกรณีเลือกใช้ตัวอย่างสีผิวโทนเข้มต่อสีผิวโทนอ่อนเป็น 40% : 60% พบว่า
 - สามารถตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องสมบูรณ์จำนวน 0 ภาพจากภาพทั้งหมด 110 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเท่ากับ 0%
 - สามารถตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องแต่มีความผิดพลาดเล็กน้อยจำนวน 1 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้ 0.91% ตัวอย่างเช่น รูปที่ 9 (ตารางที่ 5.6)
 - มีความผิดพลาดในการตรวจจับสีผิวเป็นจำนวนมากมีจำนวน 109 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้ 99.09% โดยความผิดพลาดที่พบส่วนใหญ่มาจากการตัดแถบสีผิวไม่เหมาะสม เพราะมีค่า H กระจายในช่วงกว้างเกินไปดังนี้คือ Hue อยู่ระหว่าง 0.0106~0.8235
- 3) ในกรณีเลือกใช้ตัวอย่างสีผิวโทนเข้มต่อสีผิวโทนอ่อนเป็น 60% : 40% พบว่า
 - สามารถตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องสมบูรณ์จำนวน 0 ภาพจากภาพทั้งหมด 110 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเท่ากับ 0%




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องแต่มีความผิดพลาดเล็กน้อยจำนวน 11 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้ 10% ซึ่งภาพที่ตรวจจับได้ส่วนใหญ่จะมีพื้นหลังเป็นสีขาวตลอดทั่วทั้งภาพ ตัวอย่างเช่น รูปที่ 10 เป็นต้น (ตารางที่ 5.6)
 - มีความผิดพลาดในการตรวจจับสีผิวเป็นจำนวนมากมีจำนวน 99 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้ 90% โดยความผิดพลาดที่พบมาจาก การตัดตัวอย่างแถบสีผิวโทนเข้มต่อสีผิวโทนอ่อนที่ไม่เหมาะสม
- 4) ในกรณีเลือกใช้ตัวอย่างสีผิวโทนเข้มต่อสีผิวโทนอ่อนเป็น 30% : 70% และ 70% : 30% พบว่า
- สามารถตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องสมบูรณ์จำนวน 0 ภาพจากภาพทั้งหมด 110 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเท่ากับ 0%
 - สามารถตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องแต่มีความผิดพลาดเล็กน้อยจำนวน 0 ภาพ จากภาพทั้งหมด 110 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้ 0 %
 - มีความผิดพลาดในการตรวจจับสีผิวเป็นจำนวนมากมีจำนวน 110 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้ 100% โดยความผิดพลาดที่พบมาจาก การตัดตัวอย่างแถบสีผิวโทนเข้มต่อสีผิวโทนอ่อนที่ไม่เหมาะสม

จากการทดลอง เราพบว่า การตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSI เมื่อเลือกใช้กรณีศึกษาที่ 1 ที่มีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อนเป็น 50% : 50% จะให้ภาพผลลัพธ์ในการตรวจจับสีผิวมนุษย์ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด และถูกต้องมากที่สุด นั่นคือสามารถตรวจจับสีผิวได้จำนวน 98 ภาพ จากภาพทั้งหมด 110 ภาพ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเท่ากับ 89.09% โดยความผิดพลาดที่พบส่วนใหญ่จากการทดลองมาจากมีพื้นฉากหลังและสีผิวมนุษย์เป็นโทนสีใกล้เคียงกัน หรือบริเวณพื้นฉากหลังที่มีสีน้ำตาล แดง หรือเหลือง จะทำให้โปรแกรมไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ ตัวอย่างเช่น รูปที่ 34, รูปที่ 41, รูปที่ 69 และรูปที่ 76 เป็นต้น ซึ่งมีพื้นฉากหลังที่มีสีน้ำตาลจะปรากฏอยู่ในภาพด้วย

เมื่อนำโมเดล HSI มาเปรียบเทียบกับ Normalized rg ที่มีตัวอย่างสีผิวโทนสีเข้มต่อโทนสีอ่อนเป็น 50% : 50 % ภาพผลลัพธ์แสดงได้ดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบภาพผลลัพธ์การตรวจจับสีผิวระหว่าง Normalized rg กับโมเดล HSI

No.	ต้นฉบับ	Normalized rg	HSI
1.			



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เราจะพบว่าการตรวจแยกสีผิวของมนุษย์ในภาพสีด้วย Normalized rg ไม่สามารถตรวจแยกสีผิวได้ดีเท่ากับการใช้โมเดล HSI โดยการตรวจจับสีผิวของ Normalized rg จะมีความผิดพลาด บริเวณพื้นฉากหลังที่มีสีชมพูและน้ำเงินจะติดมาด้วยเป็นบางส่วน ตัวอย่างเช่น ในรูปที่ 2, รูปที่ 5, รูปที่ 6, รูปที่ 8 และรูปที่ 10 เป็นต้น

5.5 ภาพผลลัพธ์ของการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV และ HSI

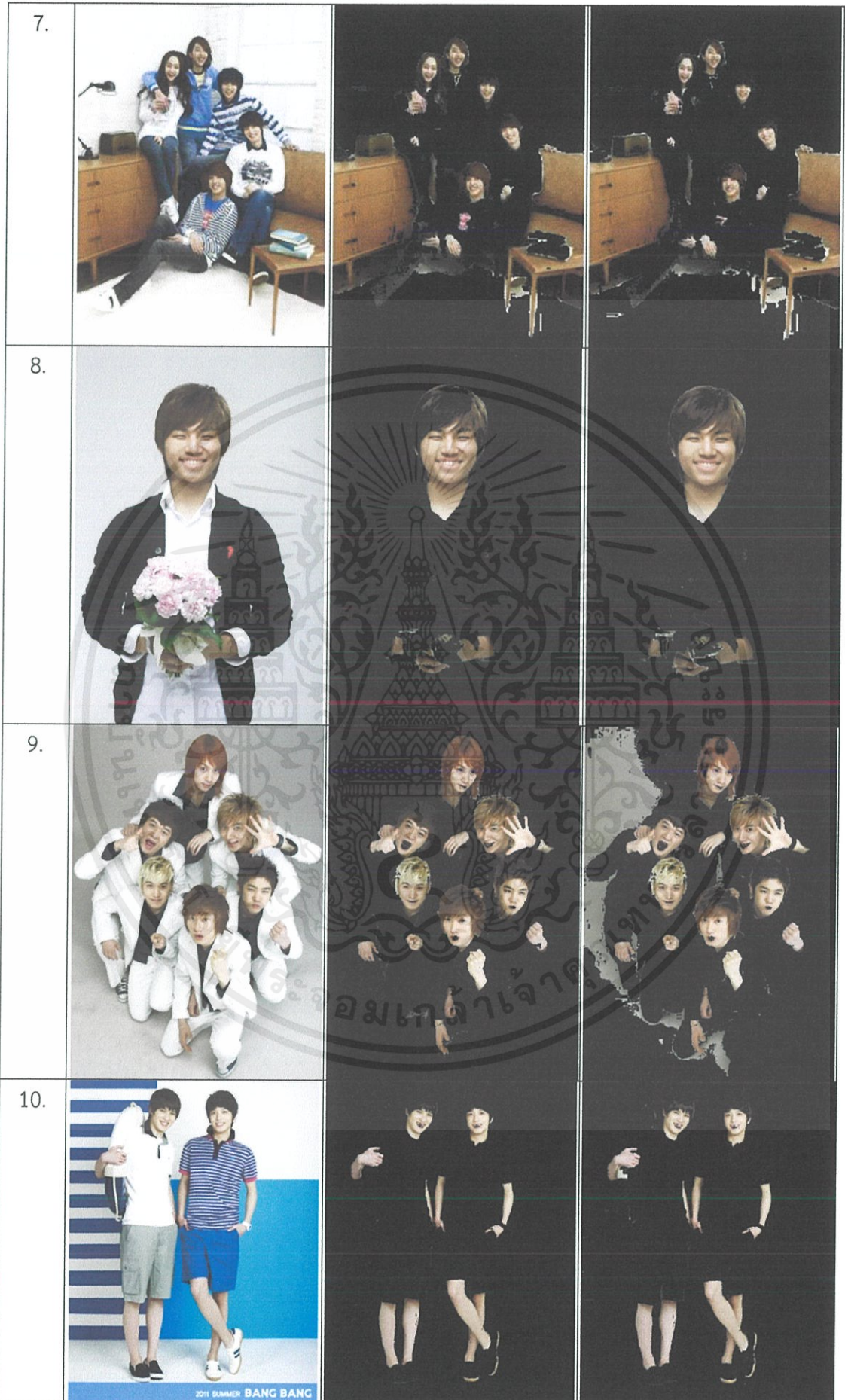
สุดท้ายเมื่อนำผลการตรวจจับสีผิวของมนุษย์โดยใช้โมเดล HSV และ HSI ที่มีตัวอย่างสีผิวโทนสีเข้มต่อโทนสีอ่อนเป็น 50% : 50 % ทั้งสองโมเดล มาเปรียบเทียบกับกันจะได้ภาพผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 5.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.9 แสดงผลการเปรียบเทียบการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV และ HSI

No.	ภาพต้นฉบับ	HSV	HSI
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5.9 สามารถสรุปได้ว่าการตรวจแยกสีผิวของมนุษย์ในภาพสีด้วยโมเดล HSV สามารถตรวจแยกสีผิวได้ดีกว่าการใช้โมเดล HSI การตรวจจับสีผิวของโมเดล HSI นั้น จะมีความผิดพลาดอยู่บ้างบริเวณพื้นฉากหลัง และสีผม ตัวอย่างเช่น ในรูปที่ 6 ถึงรูปที่ 10 เป็นต้น แต่ในภาพรวมแล้วทั้งโมเดล HSV และ HSI สามารถตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องสมบูรณ์ใกล้เคียงกัน

5.6 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองที่มีการเลือกโทนสีผิวโทนเข้มและโทนอ่อนเป็น 5 กรณีศึกษา คือ 1) แยกสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 50% : 50% 2) แยกสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 40% : 60% 3) แยกสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 60% : 40% 4) แยกสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 30% : 70% และ 5) แยกสีผิวกรณีสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อน 70% : 30% และเมื่อทำการแปลงภาพจากโมเดล RGB ไปเป็นโมเดล HSV และ โมเดล HSI โดยใช้สมการที่ (2.1) ~ (2.3) และสมการที่ (2.4) ~ (2.6) ตามลำดับ แล้วเลือกใช้ทั้ง 3 ตัวแปรมากำหนดเทรส์โรว์ เนื่องจากการใช้แค่ตัวแปร Hue, Saturation, Value และตัวแปร Hue, Saturation, Intensity เพียงตัวแปรเดียว หรือใช้ตัวแปร Hue กับ Saturation คู่กันก็ไม่สามารถจะตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องสมบูรณ์ แต่การใช้ทั้ง 3 ตัวแปรจะทำให้การตรวจจับสีผิวมีความสมบูรณ์ที่สุด จึงทำให้ในงานวิจัยนี้เราจะใช้ทั้ง 3 ตัวแปร มากำหนดค่า Threshold เมื่อกำหนดค่าเทรส์โรว์ของ Hue, Saturation, Value และ Hue, Saturation, Intensity ได้แล้ว เราจะนำมาทดลองใช้กับภาพสีที่ถ่ายจากหลายๆ แหล่งที่มา ทั้งภาพที่ถ่ายในห้อง (Indoor images) ถ่ายนอกห้อง (Outdoor images) ของบุคคลคนเดียวหรือกลุ่มบุคคล ซึ่งมีทั้งลักษณะหน้าตรง ค่อนข้างตรง หันด้านข้าง เห็นบางส่วนของใบหน้า หรือมีผมมาบดบังใบหน้าเป็นส่วนใหญ่จำนวนทั้งหมด 110 ภาพ ซึ่งแบ่งเป็นภาพถ่ายที่ได้จากกล้องดิจิทัล กล้องมือถือจำนวน 53 ภาพและภาพถ่ายที่ดาวน์โหลดจากอินเทอร์เน็ตจำนวน 57 ภาพ จะพบว่ากรณีศึกษาที่ 1 ที่มีตัวอย่างสีผิวระหว่างสีผิวโทนเข้มกับสีผิวโทนอ่อนเป็น 50% : 50% สามารถตรวจจับสีผิวมนุษย์ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด และให้ความถูกต้องมากที่สุด โดยการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV สามารถตรวจจับสีผิวได้ความถูกต้อง 91.09% ส่วนโมเดล HSI สามารถตรวจจับสีผิวได้ความถูกต้อง 89.81% ซึ่งทั้งสองวิธีจะสามารถตัดสีผิวได้ค่อนข้างดีใกล้เคียงกัน แต่กรณีการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV จะดีกว่าเล็กน้อยในเรื่องของการตัดบริเวณที่มีสีผม (กรณีที่มีการทำสีผม) และกรณีที่สีของพื้นฉากหลังและสีผิวมนุษย์เป็นโทนสีใกล้เคียงกันออกไปได้มากกว่า ทำให้สีผิวที่ตรวจจับได้มีลักษณะสมบูรณ์มากกว่า และเมื่อเปรียบเทียบกับ Normalized rg เราพบว่าทั้งโมเดล HSV และ HSI สามารถตรวจจับสีผิวได้ดีกว่า Normalized rg มาก ดังที่ได้แสดงไว้ในผลการทดลองที่ได้อธิบายไว้แล้วข้างต้น

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบข้อดีและข้อด้อยของ Normalized rg โมเดล HSV และ HSI สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 แสดงผลการเปรียบเทียบข้อดีและข้อด้อยของแต่ละโมเดลในการตรวจจับสีผิว

โมเดล	ข้อดี	ข้อด้อย
HSV	สามารถตัดบริเวณที่มีสีผิว (กรณีที่มีการทำสีผิว) ออกไปได้มาก ทำให้สีผิวที่ตรวจจับได้มีลักษณะสมบูรณ์	บริเวณดวงตา ปากและฟัน จะมีแถบสีดำเกิดขึ้นมากกว่า
HSI	บริเวณดวงตา ปากและฟัน จะมีแถบสีดำเกิดขึ้นน้อยกว่า หรืออาจจะไม่มีเลย ทำให้ใบหน้าที่ผ่านการตรวจจับดูสวยงาม	ติดพื้นที่บริเวณที่มีสีผิวมากเกินไป (กรณีที่มีการทำสีผิวที่ไม่ใช่สีดำ)
Normalized rg	บริเวณดวงตา ปากและฟัน จะมีแถบสีดำเกิดขึ้นน้อยกว่า หรืออาจจะไม่มีเลย	บริเวณที่มีสีผิวและน้ำเงินจะไม่สามารถตัดได้อย่างสมบูรณ์ ภาพผลลัพธ์ที่ได้มักจะมีพื้นฉากหลังติดมาด้วยเป็นจำนวนมาก

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงข้อสรุปของการดำเนินงานทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยสรุปผลการทดลอง ปัญหาและอุปสรรคที่พบ ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา สำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต

6.1 สรุปผลการทดลอง

โครงการนี้ได้นำเสนอวิธีการตรวจจับสีผิวโดยใช้ทฤษฎีโครงสร้างสีแบบ HSV และ HSI แล้วทำการวิเคราะห์หาค่า Threshold ที่เหมาะสม โดยทั้ง 2 วิธีจะมีขั้นตอนเริ่มต้นในการประมวลผลเหมือนกันคือ ตัดตัวอย่างสีผิว โดยเลือกเก็บตัวอย่างบริเวณแก้มขนาด 100x96 พิกเซล จำนวน 10 แถบสีจากภาพ 9 ภาพ มีการกำหนดเลือกโทนสีผิวโทนเข้มและโทนอ่อนเป็น 5 กรณี แล้วนำภาพตัวอย่างสีผิวของทุกภาพมารวมกันเป็นภาพเดียว หลังจากนั้นนำมาหาค่าต่ำสุดและสูงสุด เพื่อนำไปสร้างข้อกำหนดเพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่สีผิว (Threshold) ถ้าค่าของตัวแปร Hue, Saturation, Value และค่าของตัวแปร Hue, Saturation และ Intensity มีค่าอยู่ระหว่างค่า Threshold ที่กำหนดจะแสดงเป็นสีผิว แต่ถ้าไม่อยู่ระหว่างค่า Threshold ที่กำหนดจะแสดงเป็นสีดำ ซึ่งจากผลการทดลองในบทที่ 5 พบว่า ทั้ง 2 โมเดล (HSV และ HSI) สามารถตรวจจับสีผิวมนุษย์ได้เกือบสมบูรณ์ แต่บางภาพจะเกิดความผิดพลาดเล็กน้อย สาเหตุเกิดจากมีส่วนที่ไม่ใช่สีผิวติดเข้ามาด้วย โดยเฉพาะภาพในกลุ่มของภาพจากกล้องดิจิทัลและกล้องมือถือ เนื่องจากภาพของทั้ง 2 กลุ่มนี้มีพื้นฉากหลังของภาพที่มีรายละเอียดค่อนข้างมาก จึงส่งผลให้มีโอกาสที่สีของพื้นที่ในบางบริเวณที่ไม่ใช่สีผิวมนุษย์ติดเข้ามาด้วย เช่น พื้นฉากหลัง และเสื้อผ้า สุดท้ายจากผลการทดลองเราพบว่าร้อยละของความถูกต้องของภาพใบหน้าที่สามารถตรวจจับใบหน้าได้ครบทุกใบหน้า โดยวิธี HSV คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ค่าความถูกต้องได้ 60.90% แต่ถ้ารวมกรณีการตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องแต่มีความผิดพลาดเล็กน้อยแล้วจะได้เปอร์เซ็นต์ค่าความถูกต้องเป็น 91.81% และวิธี HSI คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ค่าความถูกต้องได้ 56.36% แต่ถ้ารวมกรณีการตรวจจับสีผิวได้ถูกต้องแต่มีความผิดพลาดเล็กน้อยแล้วจะได้เปอร์เซ็นต์ค่าความถูกต้องเป็น 89.09% สรุปได้ว่าการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการตรวจจับสีผิวด้วยโมเดล HSI

6.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

การตรวจจับภาพสีผิวมนุษย์ของทั้ง 2 โมเดล ยังมีความผิดพลาดเล็กน้อย กล่าวคือ ในภาพบางภาพจะไม่สามารถตรวจจับสีผิวได้สมบูรณ์ เช่น บริเวณที่เป็นผม (กรณีที่มีการทำสีผม) บริเวณดวงตา

ปากและฟัน บริเวณที่มีผมมาดบังใบหน้าเป็นพื้นที่มาก และบริเวณพื้นหลังที่เป็นสีน้ำตาล แดง หรือ เหลืองจะติดมาเป็นบางส่วน

การตรวจจับสีผิวโดยใช้ทั้งสองโมเดลนี้ โปรแกรมจะใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างนาน เนื่องจากขนาดและความละเอียดของภาพที่ใช้ในการตรวจจับจะส่งผลกระทบต่อเวลาที่ใช้ในการประมวลผล กล่าวคือ ยิ่งรูปมีขนาดใหญ่ขึ้นก็ยิ่งใช้เวลาในการประมวลผลนานขึ้น หรือเวลาที่ใช้ในการประมวลผลจะแปรผันโดยตรงกับขนาดของภาพ ซึ่งภาพต่างชนิดกันเวลาที่ใช้ในการประมวลผล ต่างกันก็อาจต่างกัน

6.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

กำหนดค่าเทรชโฮลด์ ของการจำแนกส่วนที่เป็นสีผิวและไม่ใช่สีผิว ให้มีความเหมาะสมมากที่สุด อาจทำได้โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลส่วนที่เป็นใบหน้าและไม่ใช่ใบหน้าให้มีข้อมูลที่หลากหลาย

การพัฒนาต่อยอดความรู้ โดยนำไปประยุกต์ไปใช้กับการตรวจจับสีผิวในภาพเคลื่อนไหว เพราะพื้นฐานของภาพเคลื่อนไหวจะมาจากภาพนิ่งหลายๆ ภาพที่มีการเรียงลำดับตามจังหวะเวลาอย่างต่อเนื่องกัน ด้วยความเร็วในการเก็บภาพจะทำให้มองเห็นเป็นภาพเคลื่อนไหว โดยภาพนิ่งแต่ละภาพที่ได้จากกล้องวิดีโอ เรียกว่า เฟรม (Frame) และอัตราการแสดงภาพต่อวินาทีของกล้องวิดีโอ (Frame Rates) ในแต่ละระบบก็มีความแตกต่างกันไป โดยมีหน่วยเป็นเฟรมต่อวินาที (Frames per Second หรือ FPS)

บรรณานุกรม

- [1] จุฬารัตน์ ผ่องศรี และ ดวงใจวัชรโพธิคุณ. 2554. “การตรวจจับใบหน้าของบุคคลในภาพนิ่ง.” ปรินิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [2] สิริระ รัมย์จิต, อภิวัฒน์ อำพันธ์ทองศิริ, อมรรัตน์ ไชยนิ่ง, และภัทรวดี ภัคศิษนาภัทร์. 2553. “การติดตามคนที่กำลังเคลื่อนที่ในภาพ.” ปรินิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [3] ชนัญญา พิภสุวรรณ และ เขียรธาดา หิรัญญะชาติธาดา. 2553. “การตรวจจับการเคลื่อนไหวบนใบหน้าของตัวการ์ตูนจากภาพยนตร์การ์ตูน” ปรินิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [4] อาคม ม่วงเขาแดง. 2552. “การค้นหาใบหน้าและดวงตาเพื่อตรวจจับอาการง่วงโดยวิธีประมวลผลภาพ” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [5] มงคล คักตานภาพ และ ธนพงศ์ อินทร. 2551. “โปรแกรมตรวจจับและแทนที่ป้ายโฆษณาในสนามกีฬาสำหรับการโฆษณาที่เข้าถึงคนทั่วโลก.” ปรินิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [6] A. Douglas and Arthur E. Kirkpatrick. 1999. "Model and representation: the effect of visual feedback on human performance in a color picker interface". ACM Transactions on Graphics. 18(2) pp. 96–127.
- [7] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, “Digital Image Processing” : Prentice-Hall, Inc, 2002.
- [8] Henry Chang and Ulises Robles. May 25, 2000. **Skin color Model**. Face Detection. <http://www-cs-students.stanford.edu/~robles/ee368/skincolor.htm>: July. 2, 2012.



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

รูปภาพที่ใช้

ในส่วนของภาคผนวก ก จะแสดงถึงภาพที่นำมาใช้ในการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย

ก.1 รูปภาพต้นฉบับ

ก.1.1 ภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัลและกล้องมือถือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 15



รูปที่ 16



รูปที่ 17



รูปที่ 18



รูปที่ 19



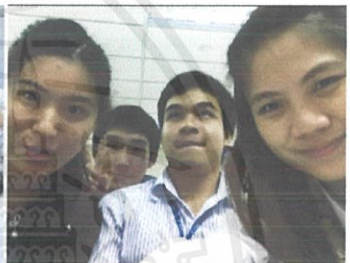
รูปที่ 20



รูปที่ 21



รูปที่ 22



รูปที่ 23



รูปที่ 24



รูปที่ 25



รูปที่ 26



รูปที่ 27



รูปที่ 28



รูปที่ 29



รูปที่ 30



รูปที่ 31



รูปที่ 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 33



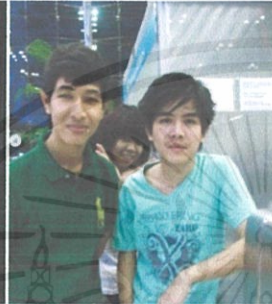
รูปที่ 34



รูปที่ 35



รูปที่ 36



รูปที่ 37



รูปที่ 38



รูปที่ 39



รูปที่ 40



รูปที่ 41



รูปที่ 42



รูปที่ 43



รูปที่ 44



รูปที่ 45



รูปที่ 46

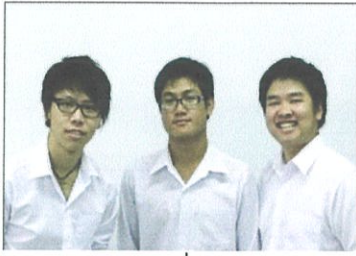


รูปที่ 47



รูปที่ 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 49



รูปที่ 50



รูปที่ 51



รูปที่ 52

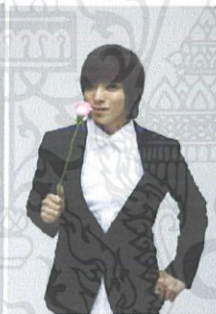


รูปที่ 53

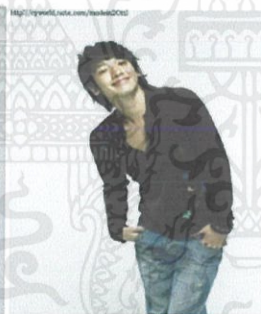
ก.1.2 ภาพที่ดาวน์โหลดจากอินเทอร์เน็ต



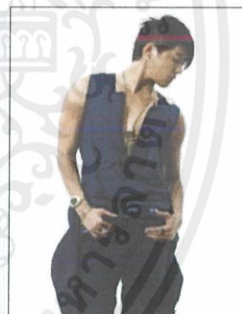
รูปที่ 54



รูปที่ 55



รูปที่ 56



รูปที่ 57



รูปที่ 58



รูปที่ 59



รูปที่ 60



รูปที่ 61



รูปที่ 62



รูปที่ 63



รูปที่ 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 65



รูปที่ 66



รูปที่ 67



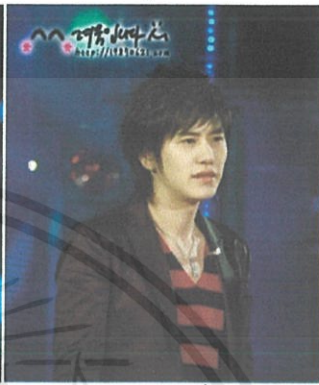
รูปที่ 68



รูปที่ 69



รูปที่ 70



รูปที่ 71



รูปที่ 72



รูปที่ 73



รูปที่ 74



รูปที่ 75



รูปที่ 76



รูปที่ 77



รูปที่ 78



รูปที่ 79



รูปที่ 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 81



รูปที่ 82



รูปที่ 83



รูปที่ 84



รูปที่ 85



รูปที่ 86



รูปที่ 87



รูปที่ 88



รูปที่ 89



รูปที่ 90



รูปที่ 91



รูปที่ 92



รูปที่ 93



รูปที่ 94



รูปที่ 95



รูปที่ 96



รูปที่ 97



รูปที่ 98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 99



รูปที่ 100



รูปที่ 101



รูปที่ 102



รูปที่ 103



รูปที่ 104



รูปที่ 105



รูปที่ 106



รูปที่ 107



รูปที่ 108



รูปที่ 109

















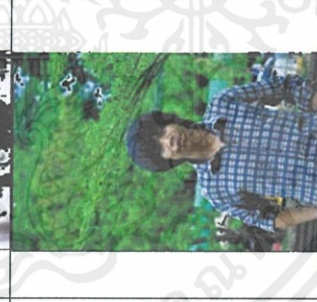









รูปที่ 110

ก.2 ผลลัพธ์ภาพสีผิว

ผลลัพธ์ภาพสีผิวเป็นผลลัพธ์ที่ได้มาจากทฤษฎีในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.32 เรื่องระบบสี HSV และหัวข้อที่ 2.3.3 เรื่อง ระบบสี HSI ที่มีขั้นตอนการทำการทดลองดังที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 4.3 โดยภาพผลลัพธ์การตรวจจับสีผิวแยกสีผิวของภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัลและภาพถ่ายจากอินเทอร์เน็ต จะแสดงได้ในตารางตารางที่ ก.2.1 แสดงภาพผลลัพธ์การตรวจจับสีผิวของโมเดล HSV ทั้ง 5 กรณี ตารางที่ ก.2.2 แสดงภาพผลลัพธ์การตรวจจับสีผิวของโมเดล HSI ทั้ง 5 กรณีและตารางที่ ก.2.3 แสดงภาพผลลัพธ์แสดงการเปรียบเทียบการตรวจจับสีผิวของโมเดล HSV กับ HSI (ดูผลการทดลองทั้งหมดได้ใน CD) จะได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2.1 แสดงภาพผลลัพธ์การตรวจจับสีผิวของโมเดล HSV ทั้ง 5 กรณี

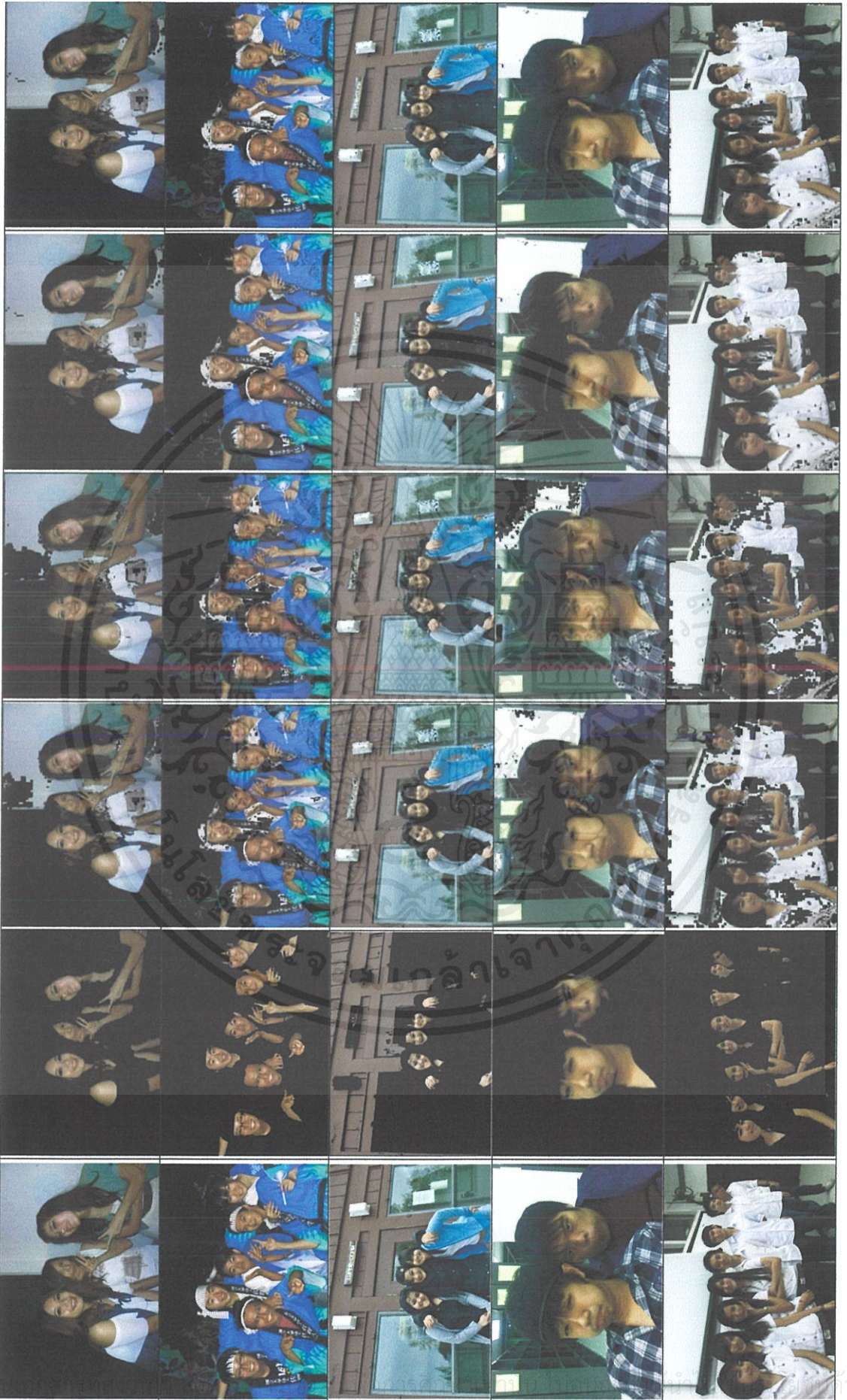
ต้นฉบับ	กรณีที่ 1 50% : 50%	กรณีที่ 2 40% : 60%	กรณีที่ 3 60% : 40%	กรณีที่ 4 30% : 70%	กรณีที่ 5 70% : 30%
					
					
					
					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้... ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์
 ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

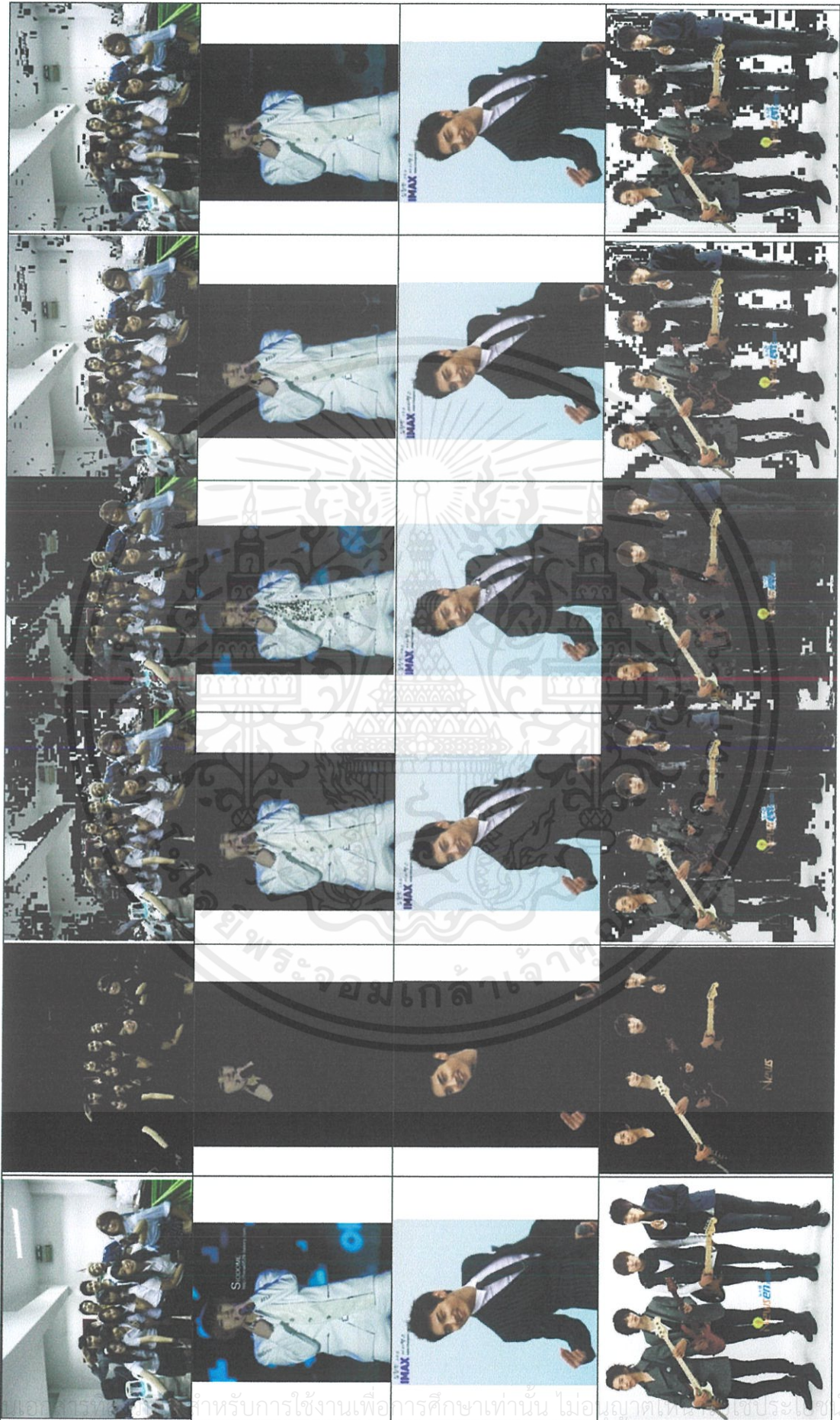
ด้านการค้า



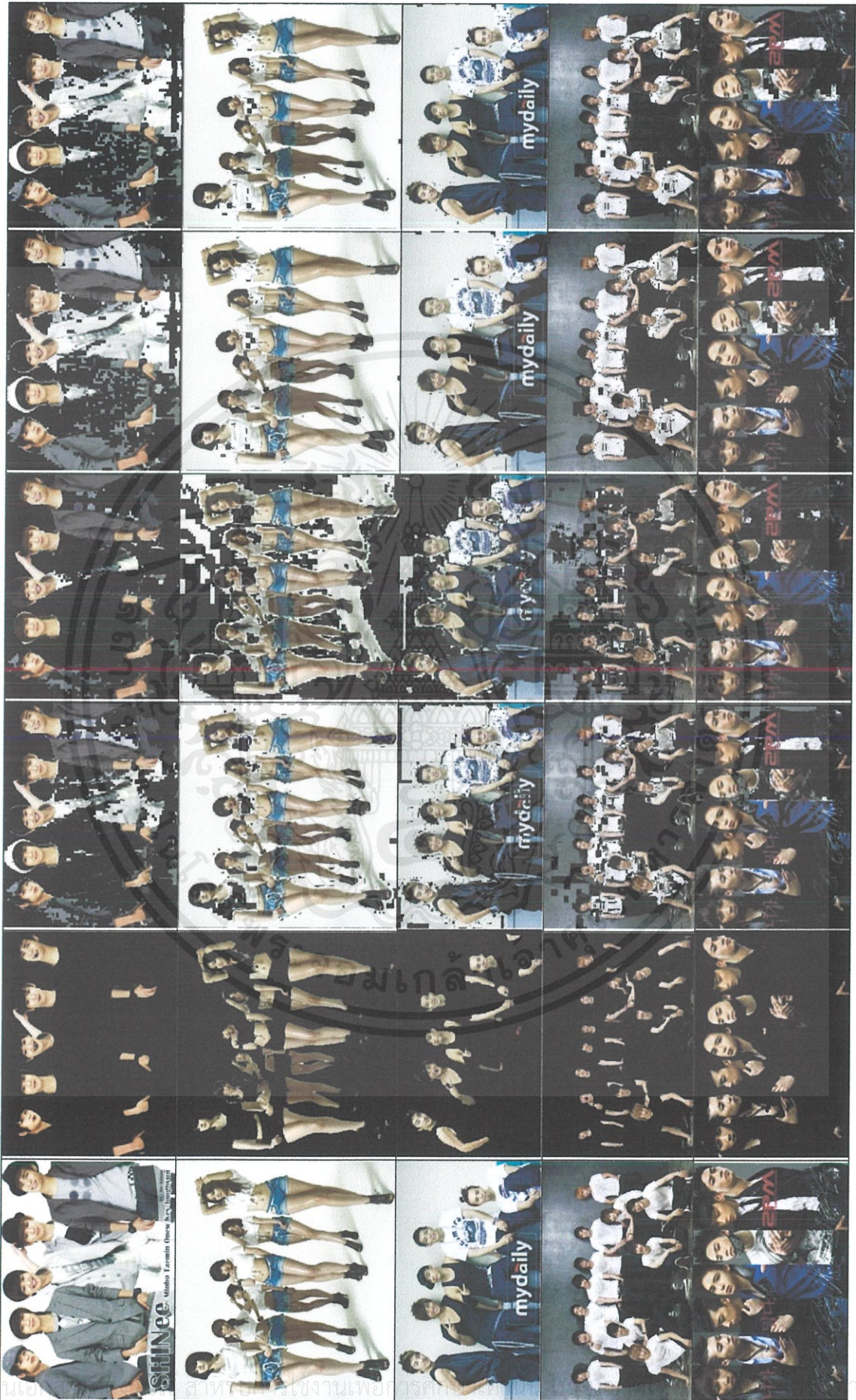
เอกสารนี้เป็น

งานการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

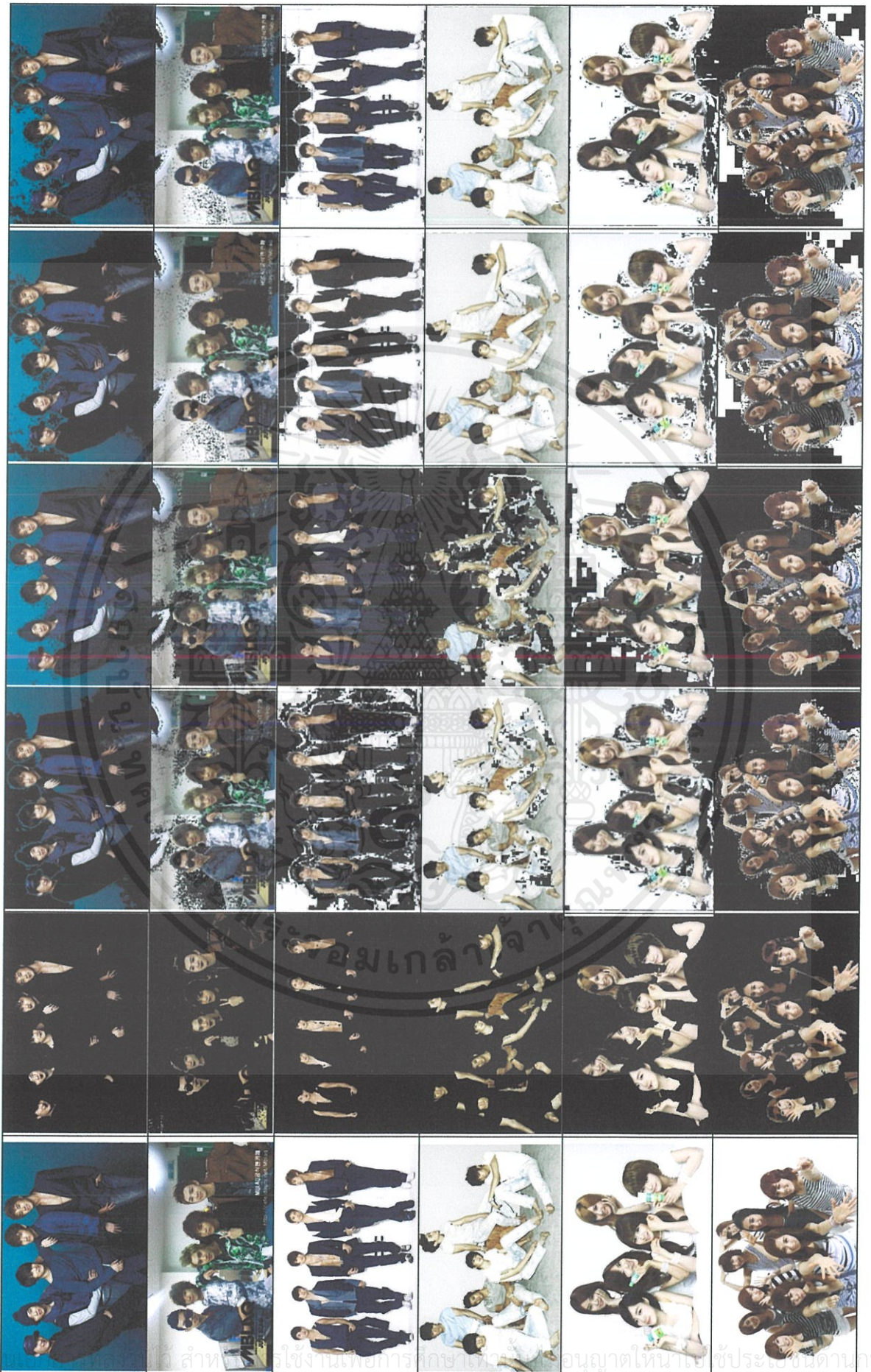


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ในเชิงพาณิชย์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ บริษัท สยามอินเตอร์คอมเมิร์ซ จำกัด ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต



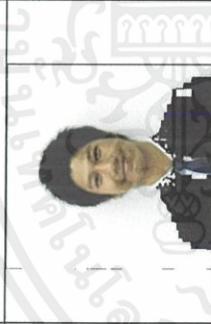








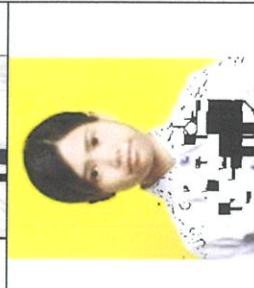



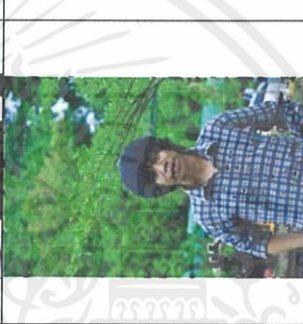








ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

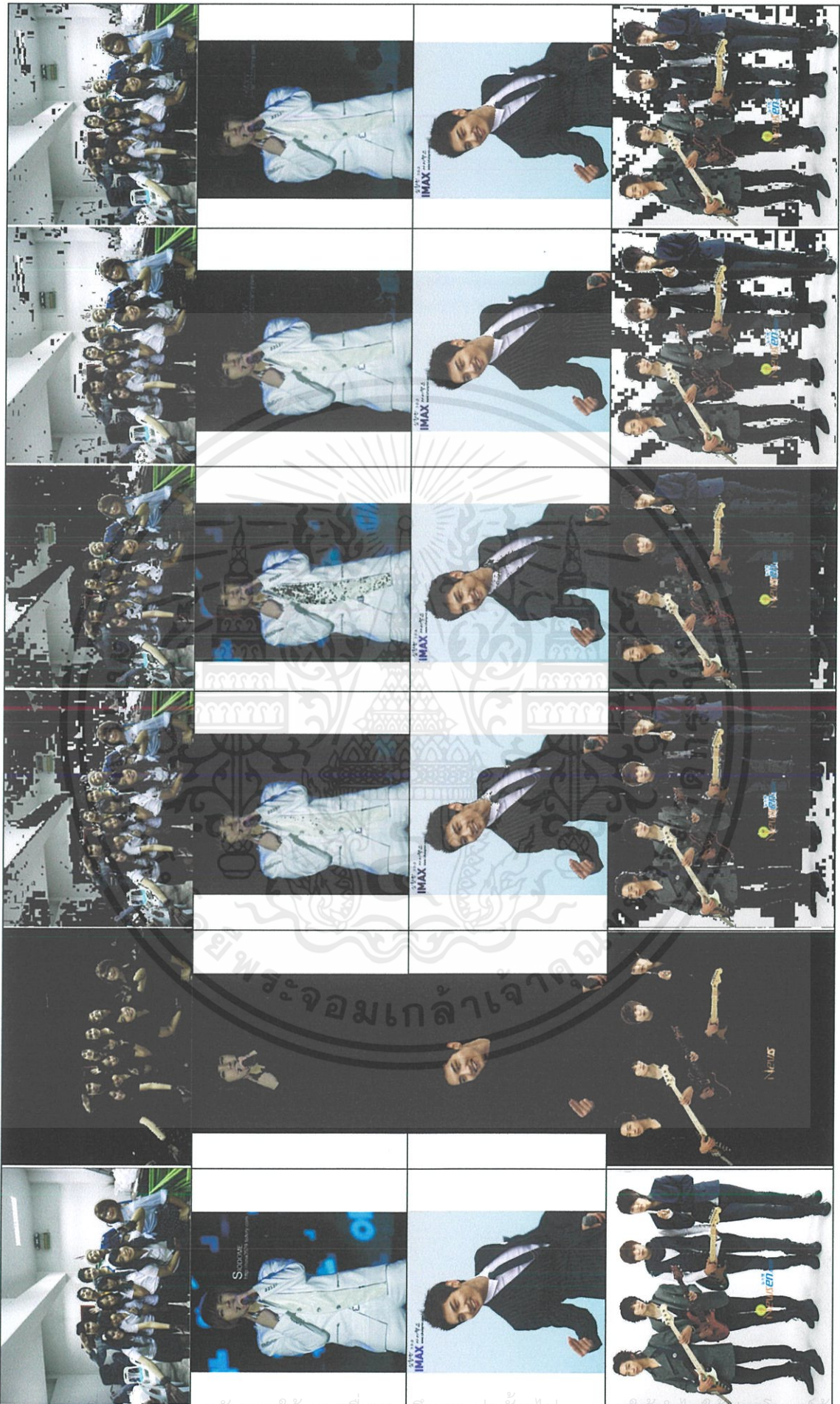
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2.2 แสดงภาพผลลัพธ์การตรวจจับสีผิวของโมเดล HSI ทั้ง 5 กรณี

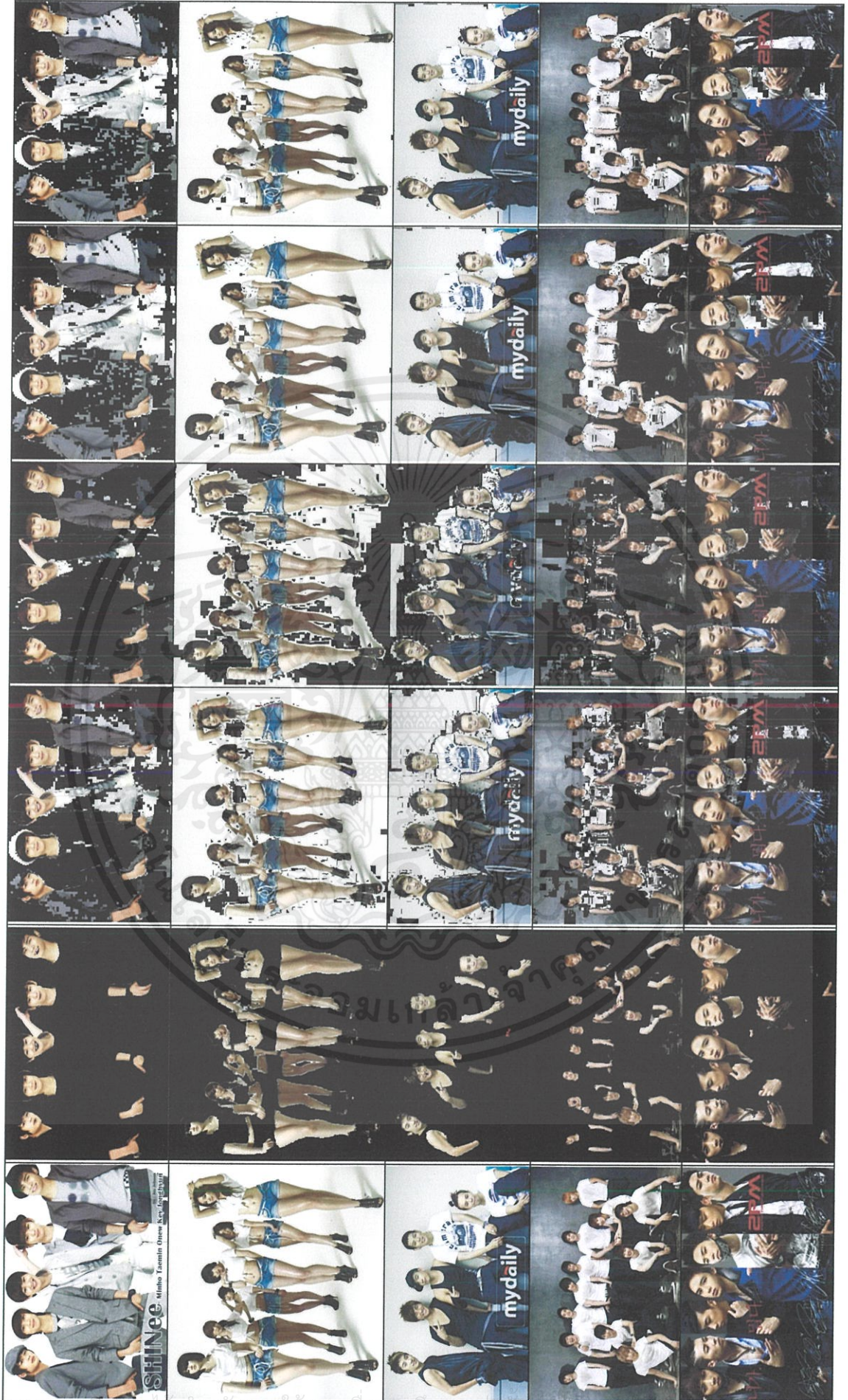
ภาพต้นฉบับ	กรณีที่ 1 50% : 50%	กรณีที่ 2 40% : 60%	กรณีที่ 3 60% : 40%	กรณีที่ 4 30% : 70%	กรณีที่ 5 70% : 30%
					
					
					
					



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้ สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษ เท่านั้น ไม่นิยัฒให้เผยแพร่หรือใช้เป็นการค้า
 ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

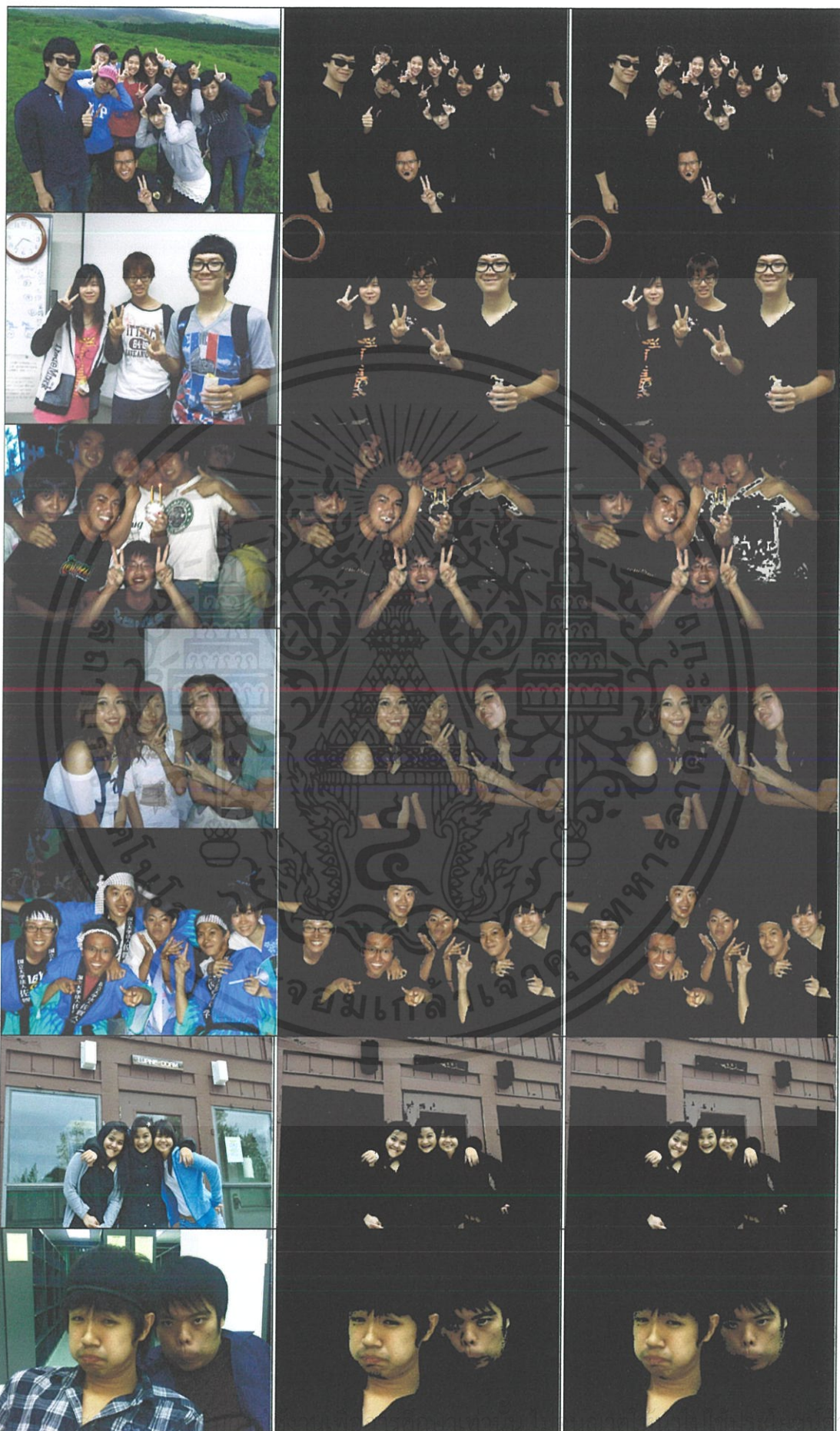


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2.3 แสดงภาพผลลัพธ์แสดงการเปรียบเทียบการตรวจจับสีผิวของโมเดล HSV กับโมเดล HSI

ต้นฉบับ	โมเดล HSV	โมเดล HSI
		
		
		
		
		
		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็น

งานการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

โปรแกรมที่ใช้

ในส่วนของภาคผนวก ข จะแสดงถึงโปรแกรมที่นำมาใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

ข.1 โปรแกรมการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSV

```

clear all;          %ล้างค่าตัวแปรทั้งหมดใน workspace
clc                %ล้างข้อมูลในcommand window
pic = imread('person1.jpg');
R=pic(:,:,1);
G=pic(:,:,2);
B=pic(:,:,3);      %แยกแพลน R, G และ B
[o,u]=size(R);    % กำหนดค่า o และ u ให้มีค่าเท่ากับขนาดของ R
for i=1:o          % วนรอบแบบ for-loop ตั้งแต่ 1 ถึง o
    for j=1:u      % วนรอบแบบ for-loop ตั้งแต่ 1 ถึง u
% //////////////// find maximum
        if ( (R(i,j) >= G(i,j)) && (R(i,j) >= B(i,j)))
            maxRGB(i,j) = R(i,j);
        else if ( (G(i,j) >= R(i,j)) && (G(i,j) >= B(i,j)))
            maxRGB(i,j) = G(i,j);
        else ( (B(i,j) >= G(i,j)) && (B(i,j) >= R(i,j)));
            maxRGB(i,j) = B(i,j);
        end
    end
% //////////////// find minimum
        if ( (R(i,j) <= G(i,j)) && (R(i,j) <= B(i,j)))
            minRGB(i,j) = R(i,j);
        else if ( (G(i,j) <= R(i,j)) && (G(i,j) <= B(i,j)))
            minRGB(i,j) = G(i,j);
        else ( (B(i,j) <= G(i,j)) && (B(i,j) <= R(i,j)));
            minRGB(i,j) = B(i,j);
        end
    end
% //////////////// SATURATION
        if (maxRGB(i,j) == 0)
            S(i,j) = 0;
        else
            S(i,j) = (double(maxRGB(i,j)) - double(minRGB(i,j))) /
double(maxRGB(i,j));
        end
% //////////////// HUE
        if (double(maxRGB(i,j)) - double(minRGB(i,j)) == 0)
            Hue(i,j) = 0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else
    A=(double(maxRGB(i,j))-double(minRGB(i,j)));

if (R(i,j) == maxRGB(i,j))
    Hue(i,j)=(double(G(i,j))-double(B(i,j)))/A;
end
if (G(i,j) == maxRGB(i,j))
    Hue(i,j) =2 + ((double(B(i,j))-double(R(i,j)))/A);
end
if (B(i,j) == maxRGB(i,j))
    Hue(i,j) =4 + ((double(R(i,j))-double(G(i,j)))/A);
end
end
end
end
for i=1:o
for j=1:u
    Hue1(i,j) = Hue(i,j)*60;
    if (Hue1(i,j) < 0);
        Hue2(i,j) =(Hue1(i,j))+360;
    else (Hue1(i,j) > 0);
        Hue2(i,j) =(Hue1(i,j));
    end
end
end
for i=1:o
for j=1:u
    H(i,j) =(Hue2(i,j))/360;
end
end

% //////////// VALVE
for i=1:o
for j=1:u
    V(i,j) = (double(maxRGB(i,j))/255);
end
end
pic1=pic;
for i=1:o % วงรอบแบบ for-loop ตั้งแต่ 1 ถึง o
    for j=1:u % วงรอบแบบ for-loop ตั้งแต่ 1 ถึง u
if ~( H(i,j)>0.0065 && H(i,j)< 0.1178 &&S(i,j)>0.1387 &&
S(i,j)<0.8696 &&V(i,j)>0.3686 && V(i,j)<1 )
pic1(i,j,:)=0;
end % จบการทำงานแบบ if loop
end % จบการทำงานแบบ for loop
end % จบการทำงานแบบ for loop
figure(1),imshow(pic1); %โชว์รูป pic1
imwrite(pic1,'C:\Users\L840\Documents\MATLAB\HSV\person1.jpg')%เก็บ
ภาพ

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 โปรแกรมการตรวจจับสีผิวโดยใช้โมเดล HSI

```

clear all; % ล้างค่าตัวแปรทั้งหมดในworkspace

clc % ล้างข้อมูลในcommand window

image = imread('person1.jpg');
rgb_r=image(:,:,1);
rgb_g=image(:,:,2);
rgb_b=image(:,:,3);
[o,u]=size(rgb_r);
PI=3.1415956;
for i=1:o
    for j=1:u
        R=double(rgb_r(i,j));
        G=double(rgb_g(i,j));
        B=double(rgb_b(i,j));
        minRGB = R;
    if (G < minRGB)
        minRGB = G;
    end
    if (B < minRGB)
        minRGB = B;
    end
    I = (R+G+B)/3; % //////////////// INTENSITY
    S = 1 - minRGB/I; % //////////////// SATURATION
    if (S == 0.0)
        H = 0;
    else
        H = ((R-G)+(R-B))/2.0; % //////////////// HUE
        H = H/sqrt((R-G)*(R-G) + (R-B)*(G-B));
        H = acos(H);
        if (B > G)
            H = 2*PI - H;
        end
        H = H/(2*PI);
    end
    hsi_h(i,j)=H;
    hsi_s(i,j)=S;
    hsi_i(i,j)=I/255;
end
end
pic2=image;
for i=1:o % วนรอบแบบ for-loop ตั้งแต่ 1 ถึง o
    for j=1:u % วนรอบแบบ for-loop ตั้งแต่ 1 ถึง u
        if ~( hsi_h(i,j)>0.0055 && hsi_h(i,j)<0.1207&&hsi_s(i,j)>0.0567
&& hsi_s(i,j)<0.7606&&hsi_i(i,j)>0.2013 && hsi_i(i,j)<0.9255)
            pic4(i,j,:) = 0;
        end% จบการทำงานแบบ if loop
    end% จบการทำงานแบบ for loop
end% จบการทำงานแบบ for loop

imwrite(pic2, 'C:\Users\L840\Documents\MATLAB\HSI\person1.jpg') %เก็บภาพ

figure(2), imshow(pic2) %โชว์รูปpic2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้