

การสร้างดัชนีภาพโดยอาศัยการแบ่งกลุ่มสีตามการรับรู้สีของมนุษย์สำหรับการสืบค้นค้นข้อมูลภาพ

HUMAN PERCEPTION COLOR INDEXING FOR COLOR IMAGE QUERY



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 60557  
วัน,เดือน,ปี. - 3 ก.ค. 2548

b. 11541313  
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
บัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2548

ISBN 974-15-1997-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# HUMAN PERCEPTION COLOR INDEXING FOR COLOR IMAGE QUERY



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING IN COMPUTER ENGINEERING  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2005

ISBN 974-15-1997-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2005**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Thesis</b>	Human Perception Color Indexing For Color Image Query
<b>Student</b>	Miss Rattikorn Sombutkaew
<b>Student ID</b>	43061631
<b>Degree</b>	Master of Engineering
<b>Programme</b>	Computer Engineering
<b>Year</b>	2005
<b>Thesis Advisor</b>	Asst. Prof. Orachat Chitsobhuk

### ABSTRACT

Image indexing constitutes a crucial initial step before performing content-based image retrieval in a large collections of images. In this thesis, an image indexing technique based on histogram of perception color and correlogram for color image query is presented. During indexing process, the ROIs on every image in the image database are extracted using a region-based image segmentation technique. The JSEG approach is selected to handle this problem in order to create color-texture regions. Then, color features in the form of perception color histogram and correlogram are extracted from each segmented region. Finally, the features are stored in the database as the keys to retrieve the relevant images. In the retrieval system, users are allowed to select ROIs directly over the sample or user's submission image. The query process then focuses on the content of the selected ROI in order to find those images containing similar regions from the database. The hierarchical region-of-interest query is performed to retrieve the similar images. The experimental results using the proposed indexing technique show good retrieval performance over a variety of image collections.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยคำแนะนำและความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. อรรถจักร จิตต์โสภักตร์ ที่ให้โอกาส ความช่วยเหลือและคำชี้แนะในการแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีเป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์อันเป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ พี่น้องนักศึกษาทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและกำลังใจที่ดีตลอดมา

สุดท้ายขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัยที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

คุณงามความดีและประโยชน์ที่ได้จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบแต่บิดามารดาอันเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

รัตติกร สมบัติแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	II
กิตติกรรมประกาศ .....	III
สารบัญ .....	IV
สารบัญตาราง .....	VII
สารบัญรูป .....	VIII
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา .....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา .....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย .....	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย .....	3
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา.....	3
1.7 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	4
1.8 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์.....	4
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดคุณลักษณะสี.....	5
2.1 การสืบค้นคืนข้อมูลภาพโดยอาศัยคุณลักษณะสี.....	5
2.2 เทคนิคที่ใช้ในการกำหนดคุณลักษณะสี.....	6
2.2.1 องค์ประกอบของสี.....	6
2.2.2 การรับรู้สีของมนุษย์.....	7
2.2.3 การตั้งชื่อสี.....	8
2.2.4 การกำหนดคุณลักษณะสีแบบยูนิฟอร์ม.....	9
บทที่ 3 ความรู้พื้นฐานในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	12
3.1 ส่วนประกอบของลูกตาและการมองเห็นของมนุษย์.....	12
3.2 องค์ประกอบของภาพ.....	15
3.3 แบบจำลองสี.....	16
3.3.1 แบบจำลองสี RGB.....	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 ผลการทดลองและการวิเคราะห์.....	47
5.1 การทดลองเปรียบเทียบการสืบค้นข้อมูลภาพ โดยอาศัยคุณลักษณะสี.....	48
5.2 ผลการควอนไทซ์ภาพ โดยการแบ่งช่วงสีแบบต่าง ๆ.....	49
5.3 การแยกส่วนของภาพในฐานข้อมูล.....	51
5.4 ขั้นตอนการทดลองของระบบสืบค้นข้อมูลภาพ.....	53
5.5 การปรับค่าตัวแปรต่างๆ ในงานวิจัย.....	54
5.6 ตัวอย่างผลการทดลองในการสร้างดัชนีภาพแบบต่างๆ และการวิเคราะห์ผล.....	57
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	79
6.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงานวิจัย.....	79
6.2 ปัญหา.....	80
6.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ.....	80
เอกสารอ้างอิง.....	83
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการแบ่งช่วงสีแบบต่างๆ.....	85
ภาคผนวก ข กราฟเปรียบเทียบผลการทดลอง.....	119
ภาคผนวก ค ตัวอย่างการเก็บค่าดัชนีภาพ.....	130
ภาคผนวก ง ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....	138
ประวัติผู้เขียน.....	143

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การกำหนดกลุ่มสีตามการมองเห็นของมนุษย์ ตามแนวคิดของ Lai และ Tait.....	9
4.1 ตัวอย่างของการรวมช่วงสีในแต่ละกลุ่ม.....	34
5.1 ประเภทของภาพที่นำมาใช้ในการทดลอง.....	47
5.2 ตัวอย่างภาพที่ใช้เป็นฐานข้อมูล.....	48
5.3 ตัวอย่างภาพหลังจากการควอนไทซ์ในแต่ละแบบ.....	50
5.4 ตัวอย่างการแยกส่วนของภาพในฐานข้อมูล.....	51
5.5 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับค่าฮิสโตแกรมและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สี.....	54
5.6 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบการกำหนดค่า distance.....	56
6.1 ตัวอย่างเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเลือกพื้นที่ที่สนใจ.....	81
6.2 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้การเลือกพื้นที่ที่สนใจของภาพวีดิทัศน์แบบต่างๆ.....	82
ก.1 รายละเอียดการกำหนดชื่อสีในแบบจำลองสี 216 สี.....	86
ก.2 การแบ่งช่วงสีแบบยูนิฟอร์ม 64 ระดับในงานวิจัยของ Tha และคณะ.....	92
ก.3 รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบยูนิฟอร์ม 68 ระดับในงานวิจัยของ Sorai และคณะ.....	95
ก.4 รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบน็อนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี RGB เทียบจากแบบจำลองสี 216 สี.....	103
ค.1 ตัวอย่างรายละเอียดของการเก็บค่าฮิสโตแกรมสีในแต่ละ region.....	131

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 คลื่นแสงที่ผ่านปริซึม.....	6
2.2 แสดงช่วงสีที่มนุษย์มองเห็นใน electromagnetic spectrum.....	6
2.3 ระบบการมองเห็นของมนุษย์เปลี่ยนแสงเป็นการเห็น.....	7
2.4 เซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวยในจอตา.....	8
2.5 กราฟแสดงการตอบสนองต่อการกระตุ้นของเซลล์รูปกรวย.....	8
2.6 แสดงการกำหนดช่วงสีของภาพเป็น 64 ระดับแบบ Uniform.....	10
2.7 ตัวอย่างสีที่ถูกรวมอยู่ในช่วงสีเดียวกัน.....	10
2.8 ตัวอย่างสีที่ได้จากการแบ่งช่วงสีของ Sural และคณะ.....	11
2.9 แสดงตัวอย่างของภาพที่ได้จากการใช้การแบ่งช่วงสีของ Sural และคณะ.....	11
3.1 ส่วนประกอบของลูกตา.....	12
3.2 เซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวยในจอตา.....	13
3.3 ขอบเขตการรับแสงของเซลล์รูปกรวยแต่ละชนิด.....	14
3.4 แสดงภาพดิจิทัลขนาด 256 X 384 พิกเซล.....	15
3.5 แสดงแบบจำลองสี RGB บนพิกัดคาร์ทีเซียน.....	16
3.6 แสดงแบบจำลองสี RGB 24 บิต.....	17
3.7 แสดงแบบจำลองสี 216 สี RGB.....	18
3.8 แสดงแบบจำลองสี HIS.....	18
3.9 แสดงฮิสโตแกรมของภาพสี.....	21
3.10 แสดงตัวอย่างการแทนสัญลักษณ์ของแต่ละกลุ่มสี.....	23
3.11 แสดงการแยกส่วนใน class-map และค่า $J$ ของแต่ละ class-map.....	25
3.12 ตัวอย่างภาพ $J$ -image ที่ได้จากการคำนวณ.....	26
3.13 Precision และ Recall.....	28
4.1 ภาพรวมของระบบการสืบค้นคืนข้อมูลภาพ.....	29
4.2 ตัวอย่างของภาพหลังจากผ่านกระบวนการควอนไทซ์.....	30
4.3 ตัวอย่างการแยกส่วนของภาพ.....	31
4.4 ตัวอย่างของกลุ่มสีที่มีสีอื่นรวมอยู่ในกลุ่มเดียวกัน.....	32
4.5 ตัวอย่างของสีในจากการแบ่งของ Sural.....	33
4.6 ตัวอย่างสีแดงที่กำหนดค่าความบริสุทธิ์ของสีในช่วง 0-7 องศา.....	33
4.7 ตัวอย่างของการรวมกันของกลุ่มสีในโมเดลสี 216 RGB Color.....	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 ช่วงสีที่ได้จากการแบ่งแบบเนียนยูนิฟอร์ม 92 สี.....	35
4.9 การแบ่งช่วงสีแบบเนียนยูนิฟอร์มในงานวิจัย [18].....	36
4.10 ตัวอย่างของการหาค่าฮิสโตแกรมสีของภาพในฐานะข้อมูล.....	37
4.11 การหาค่าความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สี.....	38
4.12 แสดงการสืบค้นข้อมูลรูปภาพด้วยวิธีการแบบผสมระหว่างการสืบค้นข้อมูลแบบลำดับ ชั้นและการสืบค้นข้อมูลแบบ static.....	39
4.13 การเลือกพื้นที่ที่สนใจภายในภาพตัวอย่าง.....	40
4.14 การหาพื้นที่สำคัญเพื่อนำไปสืบค้นคืนในขั้นที่ 1.....	40
4.15 ตัวอย่างของดัชนีภาพของภาพ query .....	42
4.16 ตัวอย่างของดัชนีภาพของภาพป้ายจราจรในฐานะข้อมูล.....	43
4.17 ผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนในขั้นที่ 1 จากการเปรียบเทียบค่าฮิสโตแกรมสีของ region ภายในกรอบสี่เหลี่ยมหน้ากับภาพในฐานะข้อมูล.....	46
4.18 ผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพ query รูปปั้นจากฐานข้อมูล.....	46
5.1 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพรถยนต์สีน้ำเงินในแบบจำลองสี RGB.....	58
5.2 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพรถยนต์สีน้ำเงินในแบบจำลองสี HIS.....	59
5.3 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ รถยนต์สีน้ำเงินจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ.....	60
5.4 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ รถยนต์สีน้ำเงินจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ.....	60
5.5 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพวิวต้นไม้สีเขียวในแบบจำลองสี RGB.....	61
5.6 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพวิวต้นไม้สีเขียวในแบบจำลองสี HSI.....	62
5.7 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ วิวต้นไม้สีเขียวจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ.....	63
5.8 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ วิวต้นไม้สีเขียวจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ.....	63
5.9 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพรูปปั้นเด็กสีดำในแบบจำลองสี RGB.....	64
5.10 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพรูปปั้นเด็กสีดำในแบบจำลองสี HIS.....	65
5.11 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ รูปปั้นเด็กสีดำจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ.....	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.12 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ รูปปั้นเด็กสีดำจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ.....	66
5.13 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพลูกบอลสีแดงในแบบจำลองสี RGB.....	67
5.14 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพลูกบอลสีแดงในแบบจำลองสี HIS.....	68
5.15 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ ลูกบอลสีแดงจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ.....	69
5.16 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ ลูกบอลสีแดงจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ.....	69
5.17 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพผู้หญิงเล่นกีฬาในแบบจำลองสี RGB.....	70
5.18 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพผู้หญิงเล่นกีฬาในแบบจำลองสี HIS.....	71
5.19 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ ผู้หญิงเล่นกีฬาจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ.....	72
5.20 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ ผู้หญิงเล่นกีฬาจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ.....	72
5.21 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพรถรางในแบบจำลองสี RGB.....	73
5.22 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพรถรางในแบบจำลองสี HIS.....	74
5.23 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ รถรางจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ.....	75
5.24 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ รถรางจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ.....	75
5.25 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ query 6 ภาพ.....	76
5.26 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ query 6 ภาพ.....	77
5.27 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมของระบบในกรณีเจอภาพกลุ่มเดียวกันกับภาพ query.....	78
5.28 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมของระบบในกรณีเจอภาพประเภทเดียวกันกับ ภาพ query.....	78
ข.1 ภาพ query ที่นำมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ.....	120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.2 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน.....	123
ข.3 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกัน.....	123
ข.4 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน.....	124
ข.5 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกัน.....	124
ข.6 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน.....	125
ข.7 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกัน.....	125
ข.8 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน.....	126
ข.9 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกัน.....	126
ข.10 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน.....	127
ข.11 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกัน.....	127
ข.12 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน.....	128
ข.13 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกัน.....	128
ข.14 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน.....	129
ข.15 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกัน.....	129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้เป็นยุคของเทคโนโลยีและข้อมูลข่าวสาร ทั้งข้อมูลที่เป็นข้อความหรือข้อมูลภาพ ดังจะเห็นได้จากงานหลายๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นงานด้านสื่อสารมวลชน งานที่เกี่ยวข้องกับเครือข่าย อินเทอร์เน็ต เช่น เว็บไซต์ต่างๆ งานด้านการแพทย์ งานทางด้านแพชชันดิไซน์ เป็นต้น ข้อมูลภาพ ถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งในการนำเสนอและแสดงผลข้อมูลในด้านต่างๆ ที่กล่าวมา จากการขยายตัวของฐานข้อมูลภาพนี้ ทำให้ผู้ใช้งานประสบปัญหาในเรื่องปริมาณของภาพจำนวนมากที่มีเพิ่มมากขึ้นทุกวัน นอกจากนี้ยังประสบปัญหาในการค้นคืน กล่าวคือ ภาพถูกค้นคืนขึ้นมาจำนวนมาก แต่มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ ทำให้ต้องเสียเวลาในการพิจารณาเลือก ภาพที่ต้องการจะนำไปใช้งานจริงๆ หรือผู้ใช้อาจมีภาพตัวอย่างที่ต้องการป้อนให้แก่ระบบเพื่อ สืบค้นภาพที่ใกล้เคียงกับภาพตัวอย่างมากที่สุดและใช้เวลาไม่มากนัก ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้อง มีการจัดเก็บภาพอย่างเป็นระบบและสามารถค้นคืน ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

งานวิจัยที่เกี่ยวกับระบบการค้นคืนภาพจากฐานข้อมูลโดยทั่วไปคือ Content Based Image Retrieval : CBIR ซึ่งเป็นระบบค้นคืนข้อมูลภาพจากลักษณะสำคัญต่างๆ ของภาพได้แก่ สี (color) พื้นผิว (texture) และรูปร่าง (shape) เป็นต้น โดยใช้ภาพตัวอย่างในการค้นคืน ซึ่งเมื่อป้อนภาพ นั้นเข้าสู่ระบบ ระบบก็จะคัดแยกคุณลักษณะสำคัญในภาพตัวอย่างออกมา ซึ่งได้แก่ คุณลักษณะสี พื้นผิว รูปร่าง เป็นต้น เมื่อคัดแยกคุณลักษณะเหล่านี้ออกมาแล้ว ก็จะนำไปเปรียบเทียบกับ คุณลักษณะสำคัญของแต่ละภาพที่เก็บในฐานข้อมูลซึ่งได้มีการคัดแยกไว้ก่อนหน้านี้แล้ว หากภาพ ใดมีคุณลักษณะที่ตรงหรือใกล้เคียงกับภาพตัวอย่างมากก็จะถูกค้นคืนออกมาให้แก่ผู้ใช้

ดังนั้นเทคนิคที่ใช้ในการคัดแยกคุณลักษณะสำคัญของภาพหรือการสร้างดัชนีภาพนั้นมีความสำคัญอย่างมากในการบ่งบอกว่าภาพที่ผู้ใช้ต้องการนั้นตรงกับภาพในฐานข้อมูลหรือไม่ ซึ่งในงานนี้มีวิจัยเกี่ยวกับสร้างดัชนีภาพ โดยอาศัยลักษณะสำคัญของสีที่นิยมใช้ได้แก่ การหาฮิสโตแกรมสี (color histogram) ซึ่งฮิสโตแกรมของสีเป็นวิธีการที่ใช้ในการคำนวณหาการกระจายของสีต่างๆ ทั้งหมด เนื่องจากวิธีนี้สามารถคำนวณได้ง่ายแต่อาจจะทำให้ผลของการสืบค้นคืนภาพผิดพลาดได้ ในกรณีที่มีการกำหนดช่วงสีแบบเป็นช่วงเท่าๆ กัน (uniform) อาจจะทำให้สีบางสีที่ไม่ใช่สีเดียวกัน มารวมอยู่ในช่วงเดียวกัน ทำให้การสืบค้นคืนได้ภาพที่ไม่ตรงกับความต้องการรวมอยู่ด้วย นอกจากนี้ในกรณีที่ฐานข้อมูลขนาดใหญ่อาจจะมีภาพบางภาพที่แตกต่างกัน แต่มีฮิสโตแกรมของสี คล้ายคลึงกันได้ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว วิทยานิพนธ์นี้จะเสนอการสร้างดัชนีภาพด้วยลักษณะ

สำคัญของสี โดยอาศัยการรับรู้สีของมนุษย์มาช่วยในการแบ่งกลุ่มสีให้เป็นแบบนี้ออนยูนิฟอร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมทั้งได้นำเทคนิคในการแยกส่วนภาพมาใช้เพื่อแยกส่วนของภาพก่อนที่จะนำไปสร้างดัชนีภาพ โดยจะใช้การหาฮิสโตแกรมสีร่วมกับการหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สี (color correlogram) มาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสืบค้นคืนภาพจากฐานข้อมูล

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อพัฒนาระบบการสืบค้นคืนภาพโดยอาศัยคุณลักษณะสี
- 1.2.2 ประยุกต์ใช้เทคนิคการแยกส่วนภาพด้วยเทคนิค JSEG มาใช้ในขั้นตอนการสร้างดัชนีของภาพ เพื่อให้สามารถแยกพื้นที่ภายในภาพออกเป็นส่วนต่างๆ
- 1.2.3 ประยุกต์ใช้เทคนิคการสืบค้นคืนแบบเป็นลำดับชั้น (Hierarchical search) เข้ามาช่วยในการเปรียบเทียบดัชนีภาพ เพื่อลดเวลาในการเปรียบเทียบข้อมูลของภาพตัวอย่างกับภาพในฐานข้อมูล
- 1.2.4 ศึกษาวิธีการในการแบ่งกลุ่มสีในงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการแบ่งกลุ่มสี
- 1.2.5 ประเมินประสิทธิภาพและวัดคุณภาพในเชิงปริมาณ รวมทั้งสรุปวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนข้อมูลภาพของงานวิจัย

## 1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การสร้างระบบการสืบค้นคืนภาพในงานวิจัยนี้ เป็นการนำคุณลักษณะสำคัญของสีมาใช้ในการสร้างดัชนีภาพในฐานข้อมูล จากวิธีการกำหนดคุณลักษณะของสีโดยการแบ่งกลุ่มสีแบบยูนิฟอร์ม เมื่อมาดูรายละเอียดของแต่ละกลุ่มสีจะปรากฏสีอื่นที่ไม่ได้เป็นสีเดียวกันหรือใกล้เคียงกันมารวมอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดคุณลักษณะของสีแบบนี้อนยูนิฟอร์มกับแบบจำลองสี RGB และ HSI ซึ่งจะทำให้ได้กลุ่มสีที่เป็นสีใกล้เคียงกันจริงๆ มาอยู่ในกลุ่มสีเดียวกัน และได้นำวิธีการหาฮิสโตแกรมสีและการหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สีมาใช้ในสร้างดัชนีภาพของฐานข้อมูล

## 1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อที่จะให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ในการสร้างระบบสืบค้นคืนภาพ จะต้องอาศัยหลักการและทฤษฎีดังต่อไปนี้

1. การมองเห็นสีของมนุษย์
2. แบบจำลองสีแบบ RGB และ HSI
3. วิธีการหาฮิสโตแกรมสีและการหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วิธีการสืบค้นคืนข้อมูลภาพแบบลำดับชั้น
5. การแยกส่วนของภาพด้วยอัลกอริทึม JSEG
6. วิธีการสืบค้นคืนข้อมูลสารสนเทศ(Information Retrieval)

### 1.5 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาและดำเนินการวิจัยเพื่อพิสูจน์ว่าการนำการรับรู้สีของมนุษย์มาใช้ในการแบ่งกลุ่มสีสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสืบค้นคืนข้อมูลภาพจากฐานข้อมูล โดยมุ่งเน้นที่การแบ่งกลุ่มสีออกเป็นช่วงสีที่ไม่เท่ากัน (nonuniform) ตามการรับรู้สีของมนุษย์ โดยพยายามแสดงให้เห็นว่าเทคนิคที่นำมาใช้นี้สามารถที่จะเปรียบเทียบพื้นที่ที่สนใจกับภาพในฐานข้อมูลได้ดีกว่าการแบ่งกลุ่มสีแบบเป็นช่วงที่เท่ากัน (uniform) ซึ่งนำไปสู่ประสิทธิภาพในการสืบค้นคืนข้อมูลภาพที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ และการนำเทคนิค color correlogram มาใช้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างดัชนีภาพได้ดีกว่าการใช้ color histogram เพียงอย่างเดียว รวมทั้งการนำอัลกอริทึม JSEG มาประยุกต์ใช้ในการแยกส่วนของภาพจะให้ผลดีว่าการแยกส่วนของภาพด้วยการควอนไทซ์สีเพียงอย่างเดียว

### 1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

- 1.6.1 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย ว่าต้องการนำเสนอหรือศึกษางานวิจัยในหัวข้อนี้มากน้อยแค่ไหนและอย่างไร
- 1.6.2 ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งกลุ่มสีในภาพ แล้ววิเคราะห์ข้อดี ข้อด้อย และประเด็นที่น่าสนใจของงานวิจัยอื่นๆ ที่สามารถนำมาปรับปรุงและประยุกต์ใช้ เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์แก่งานวิจัยนี้ได้
- 1.6.3 ตั้งสมมติฐานของการศึกษาและกำหนดวางแผนความคิดของงานวิจัย โดยมีการอ้างอิงทฤษฎีหรือหลักการที่เกี่ยวข้องเพื่อที่จะบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้
- 1.6.4 เตรียมฐานข้อมูลภาพ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิจัย โดยฐานข้อมูลดังกล่าวนี้ประกอบไปด้วยภาพสีในหลากหลายชนิดเพื่อที่จะสามารถนำมาใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบที่วิจัยได้อย่างเหมาะสม
- 1.6.5 พัฒนาโปรแกรมเพื่อทดลองสืบค้นคืนภาพจากฐานข้อมูล ด้วยอัลกอริทึมตามแนวคิดที่งานวิจัยนี้ได้นำเสนอ
- 1.6.6 ทำการทดลองสืบค้นคืนภาพด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา กับฐานข้อมูลภาพที่ได้จัดเตรียมไว้ โดยในขณะที่ทำการทดลองนั้นจะเก็บข้อมูลและผลลัพธ์ของทุกๆ ขั้นตอนเอาไว้เพื่อนำมาวิเคราะห์ปรับปรุงงานวิจัยต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.6.7 นำผลลัพธ์จากการทดลองมาวิเคราะห์และประเมินงานวิจัย ทั้งในแง่ของคุณภาพและประสิทธิภาพ โดยเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ แล้วสรุปผลเพื่อนำเสนอผลงานวิจัย

## 1.7 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่

- 1.7.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลใช้หน่วยประมวลผลกลาง Intel Pentium 4 1.8 GHz หน่วยความจำ (RAM) 512 เมกกะไบต์ (MB) จำนวน 1 เครื่อง
- 1.7.2 ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 2000
- 1.7.3 โปรแกรมไมโครซอฟท์ วิซวล ซีพลัสพลัส (Microsoft Visual C++) เวอร์ชัน 6.0
- 1.7.4 กล้องถ่ายภาพดิจิทัล โอลิมปัส (Olympus) รุ่น E-20P ความละเอียด 5 ล้านพิกเซล

## 1.8 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็น 6 บท แต่ละบทประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมติฐานของการศึกษา รวมทั้งทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา ขอบเขตของการศึกษา ขั้นตอนของการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึง งานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้คุณลักษณะของสีในการค้นคืนรูปภาพ เทคนิคที่ใช้ในการกำหนดคุณลักษณะสี องค์ประกอบของสี การรับรู้สีของมนุษย์และการตั้งชื่อสี และงานวิจัยที่มีการกำหนดคุณลักษณะสีแบบยูนิฟอร์ม

บทที่ 3 กล่าวถึง ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่ องค์ประกอบของลูกตาและการมองเห็นสีของมนุษย์ แบบจำลองสี ฮิสโตแกรมสี การหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สี และการแยกส่วนของภาพ

บทที่ 4 กล่าวถึง ขั้นตอนในการสร้างดัชนีภาพของงานวิจัยนี้ เริ่มจากการควอนไทซ์ การแยกส่วนภาพ การกำหนดคุณลักษณะของสีแบบยูนิฟอร์มและแบบเนียนยูนิฟอร์ม การสร้างดัชนีภาพ และขั้นตอนในการสืบค้นคืนภาพ

บทที่ 5 ผลการทดลองและการวิเคราะห์

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง ข้อเสนอแนะ และแนวทางในการพัฒนาระบบการค้นคืนภาพต่อไปในอนาคต

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดคุณลักษณะสี

ปัจจุบันงานวิจัยเกี่ยวกับการสืบค้นคืนข้อมูลภาพโดยอาศัยคุณลักษณะ (Content - Based Image Retrieval) นั้น ได้มีการวิจัยและพัฒนาเทคนิคต่างๆ มาอย่างต่อเนื่องเพื่อใช้ประโยชน์ในการสืบค้นคืนภาพจากฐานข้อมูลภาพให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ในงานด้านต่างๆ เช่น ด้านการแพทย์ ด้านอาชญากรรม ด้านแฟชั่นและกราฟฟิคดีไซน์ เป็นต้น เทคนิคที่ใช้ในการสืบค้นคืนข้อมูลภาพโดยอาศัยคุณลักษณะประกอบด้วยการใช้คุณลักษณะต่างๆ ดังนี้ คือ การใช้คุณลักษณะสี พื้นผิว หรือรูปร่าง ซึ่งสีเป็นลักษณะสำคัญที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ดีที่สุด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษา งานวิจัยเกี่ยวกับการแบ่งช่วงสีเพื่อนำมาเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการสืบค้นคืนภาพ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการกำหนดดัชนีภาพโดยอาศัยคุณลักษณะสีของภาพ และเทคนิคที่ใช้ในการกำหนดคุณลักษณะสี องค์ประกอบของสี การรับรู้สีของมนุษย์และการตั้งชื่อสี และตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้การแบ่งกลุ่มสีแบบยูนิฟอร์ม

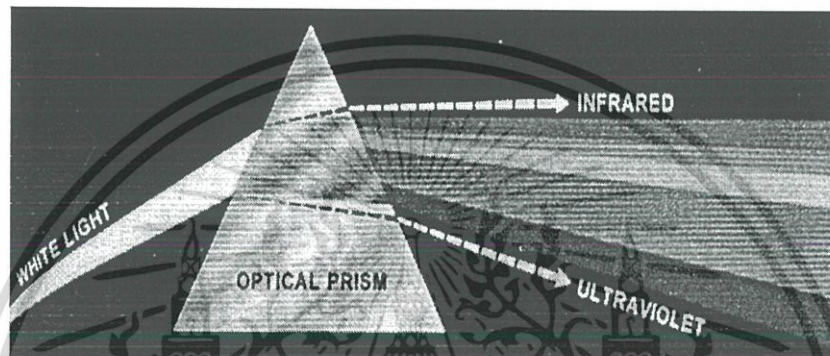
### 2.1 การสืบค้นคืนข้อมูลภาพโดยอาศัยคุณลักษณะสี (Color Retrieval)

มีวิธีการหลายอย่างในการสืบค้นคืนข้อมูลภาพโดยอาศัยพื้นฐานของความคล้ายคลึงกันของสี เช่น การคำนวณหาฮิสโตแกรมสีภายในภาพ ซึ่งแสดงถึงสัดส่วนของพิกเซลของแต่ละสีภายในภาพ ฮิสโตแกรมสีของแต่ละภาพจะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล ในการสืบค้นผู้ใช้สามารถกำหนดสัดส่วนความต้องการของแต่ละสี (เช่น สีเขียวมะกอก 75% และสีแดง 25% ) หรือให้ตัวอย่างภาพที่สามารถคำนวณหาฮิสโตแกรมได้ ทั้งสองวิธีจะผ่านกระบวนการแมชชีนเพื่อค้นหาภาพที่มีฮิสโตแกรมสีเข้าคู่กันกับ query มากที่สุด เทคนิคการแมชชีนซึ่งส่วนใหญ่จะใช้การตัดกันของฮิสโตแกรม (histogram intersection) พัฒนาโดย Swain และ Ballard ในปี 1991[1] ปัจจุบันใช้ความแตกต่างของเทคนิคนี้กันมากในระบบ CBIR การแก้ไขเทคนิคเดิมของ Swain และ Ballard โดยการใช้การสะสมฮิสโตแกรมสี ( Stricker และ Orengo ปี 1995)[2] และในปี 1996 Stricker และ Dimai [3] ได้นำการสะสมฮิสโตแกรมสีมารวมกับการตัดกันของฮิสโตแกรมในบางส่วนของกระบวนการแมชชีน และในปี 1997 Carson [4] และคณะได้ใช้เทคนิค region-based color querying

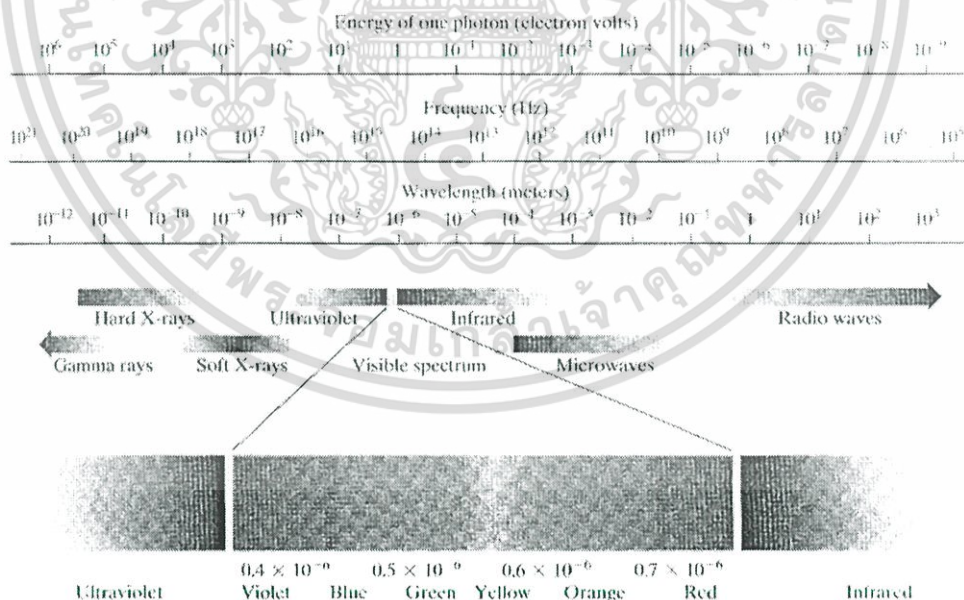
## 2.2 เทคนิคที่ใช้ในการกำหนดคุณลักษณะสี

### 2.2.1 องค์ประกอบของสี

ในปี 1666 Isaac Newton [5] ได้ทดลองนำแสงของดวงอาทิตย์ผ่านแก้วปริซึมดังรูปที่ 2.1 จากการทดลองพลังงานของแสงไม่ได้เป็นสีขาวแต่ประกอบด้วยความต่อเนื่องของสีซึ่งมีตั้งแต่สีม่วงไปจนถึงสีแดง ในช่วงของคลื่นแสงจะมีทั้งแสงที่เรามองเห็นและไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า จากรูปที่ 2.2 คลื่นแสงในช่วงของสีที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้เป็นส่วนหนึ่งของ electromagnetic spectrum ซึ่งอยู่ในช่วง visible spectrum มีค่าอยู่ระหว่าง  $0.4 \times 10^{-6}$  ถึง  $0.7 \times 10^{-6}$  เมตร



รูปที่ 2.1 คลื่นแสงที่ผ่านปริซึม

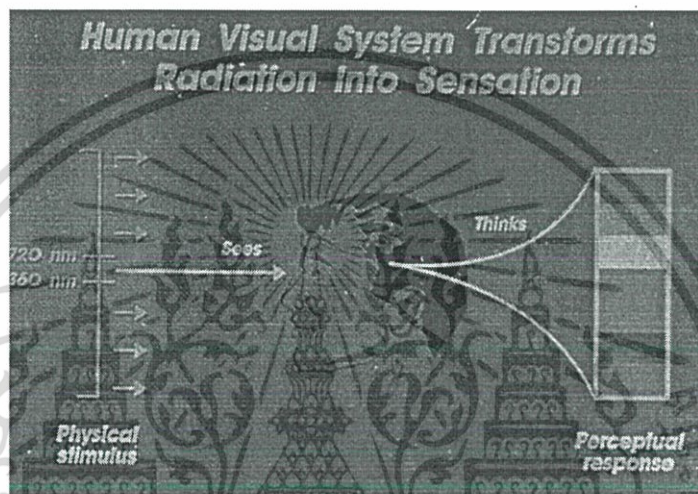


รูปที่ 2.2 แสดงช่วงสีที่มนุษย์มองเห็นใน electromagnetic spectrum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.2 การรับรู้สีของมนุษย์

ระบบการมองเห็นของมนุษย์ในรูปที่ 2.3 [6] เป็นการแปลงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของแสงไปเป็นการตอบสนองการแลเห็น (perceptual response : สี) จากนั้นจะทำการประมวลผลการมองเห็นในสมอง ซึ่งเป็นการยากที่จะบอกว่าการตอบสนองการมองเห็นนั้นได้มาได้อย่างไร สิ่งหนึ่งที่ต้องกระทำในการทดลองทางด้านจิตวิทยาภาพ (psychophysical) และวิชาที่เกี่ยวข้องกัน นั่นคือการนำเสนอลำดับขั้นตอนการจำลองการทำงานภายใต้เงื่อนไขที่ถูกควบคุมและมีการบันทึกเกี่ยวกับผลลัพธ์ของการตอบสนอง



รูปที่ 2.3 ระบบการมองเห็นของมนุษย์เปลี่ยนแสงเป็นการเห็น

ในตาของมนุษย์จะมีเซลล์พิเศษทำหน้าที่ในการรับแสงอยู่ที่จอตา (Retina) ซึ่งเป็นเยื่อชั้นในสุดทำหน้าที่เป็นจอรับภาพ ประกอบด้วยเซลล์ที่มีความไวแสง 2 ชนิด ดังรูปที่ 2.4 คือ

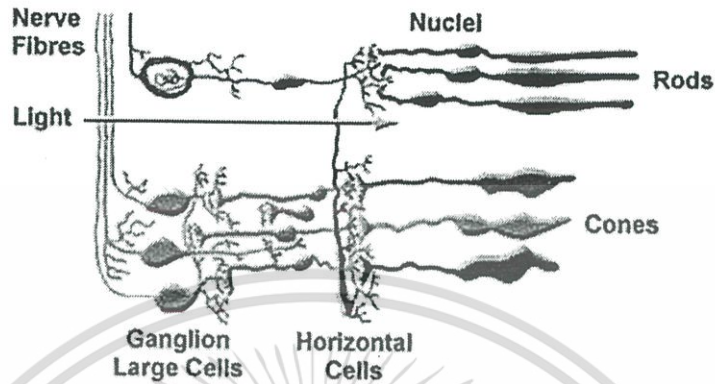
1. เซลล์รูปแท่ง (Rod cells) มีประมาณ 100 ล้านเซลล์ ทำหน้าที่รับแสงสว่างทำให้มองเห็นรูปร่างของวัตถุต่างๆ ได้
2. เซลล์รูปกรวย (Cone cells) มีประมาณ 6 ล้านเซลล์ ทำหน้าที่รับสีทำให้มองเห็นวัตถุมีสีต่างๆ เซลล์รูปกรวยจะทำงานได้ดีต้องมีแสงสว่างมาก เซลล์รูปกรวยจะทำงานเมื่อมีการกระตุ้นจากแสง โดยสามารถแยกประเภทของเซลล์รับแสงรูปกรวยได้ 3 ชนิดคือ เซลล์ที่มีความไวต่อแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน

เมื่อเซลล์ต่างๆ เหล่านี้ได้รับแสงสีต่างๆ จะนำมาประมวลผลเป็นสีที่เราสามารถมองเห็นได้ โดยสมองของมนุษย์จะต้องทำการเปรียบเทียบอินพุตจากเซลล์รูปกรวยทั้งสามชนิด การเปรียบเทียบจะเริ่มต้นที่จอตา (ซึ่งเชื่อมต่อไปยังสมอง) ถ้าเซลล์อันใดถูกกระตุ้นสมองก็จะตอบสนองสีนั้น เช่น เมื่อเซลล์รูปกรวยสีเขียวถูกกระตุ้นเราก็จะเห็นสีเขียว หรือเมื่อเซลล์รูปกรวยสี

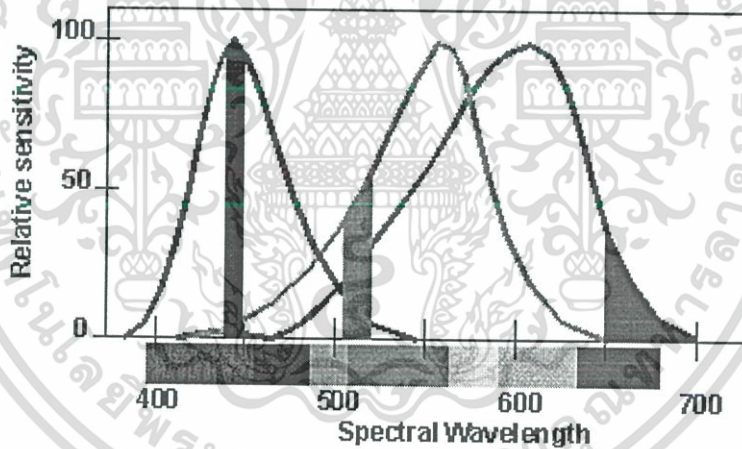
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แดงทำงานเราจะเห็นสีแดง ดังนั้นเมื่อเซลล์รูปกรวยสีเขียวและสีแดงถูกกระตุ้นผลการตอบสนองต่อการกระตุ้นของเซลล์จะทำให้เราจะเห็นสีเหลือง ดังกราฟในรูปที่ 2.5

### The Retina



รูปที่ 2.4 เซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวยในจอตา



รูปที่ 2.5 กราฟแสดงการตอบสนองต่อการกระตุ้นของเซลล์รูปกรวย

#### 2.2.3 การตั้งชื่อสี

จากการศึกษาของงานวิจัย [7] พบว่าจำนวนสีที่มีอยู่นับล้านสีนั้น มนุษย์สามารถแยกแยะสีได้เพียงไม่กี่สีเท่านั้น Lai และ Tait [8] ได้กำหนดชื่อสีออกเป็น 10 กลุ่มสี โดยใช้แบบจำลองสี HSI ซึ่งสีทั้ง 10 กลุ่มสีเป็นไปตามตารางที่ 2.1

ในกลุ่ม 0 กลุ่มสีที่ระบุไม่ได้นั้น จะแทนสีที่มีความสว่างมากๆ หรือมืดมากๆ จนไม่สามารถคัดแยกได้ว่าเป็นสีอะไร ซึ่งถ้าสายตามนุษย์มองอาจมองว่าสีที่มีความสว่างมากๆ ให้เป็นสีขาว ส่วนสีที่มีความสว่างน้อยๆ ให้เป็นสีดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 2.1 การกำหนดกลุ่มสีตามการมองเห็นของมนุษย์ ตามแนวคิดของ Lai และ Tait

รหัสสี	ชื่อสี
0	สีที่ระบุไม่ได้ (Uncertain Color)
1	สีขาว
2	สีเทา
3	สีดำ
4	สีแดง, สีชมพู
5	สีน้ำตาล, สีน้ำตาลเหลือง
6	สีเหลือง, สีเหลืองส้ม, สีส้ม
7	สีเขียว, สีเขียวมะนาว
8	สีน้ำเงิน, สีฟ้า
9	สีม่วง, สีแดงม่วง

นอกจากนี้ยังมีการกำหนดชื่อสีในแบบจำลองสี 216 สีที่นิยมใช้กันในอินเทอร์เน็ต [9] สามารถดูรายละเอียดของสีและชื่อสีได้ในภาคผนวก ก ตารางสี ก.1

### 2.2.4 การกำหนดคุณลักษณะสีแบบยูนิฟอร์ม (Uniform)

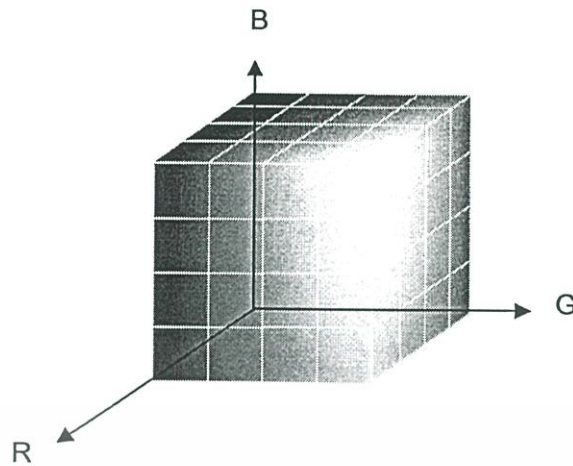
จากการศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับการแบ่งช่วงสีในงานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้คุณลักษณะสีมาใช้สำหรับระบบสืบค้นคุณภาพ มีงานวิจัยที่ได้ทำการแบ่งช่วงสีออกเป็นแต่ละช่วงที่เท่าๆ กัน แต่ละงานวิจัยมีรายละเอียดในการแบ่งช่วงสีดังนี้

#### 2.2.4.1 งานวิจัยของ Bounthanh และคณะ [10]

เป็นงานวิจัยที่ใช้การแบ่งช่วงสีของภาพในแบบจำลองสี RGB มาใช้ในการสร้างดัชนีภาพ โดยแบ่งช่วงสีออกเป็น 64 ช่วงเท่าๆ คือ ช่วงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินออกเป็น 4 ช่วง โดยช่วงที่ 1 มีค่าสีตั้งแต่ 0 ถึง 63 ช่วงที่ 2 มีค่าสีตั้งแต่ 64 ถึง 128 ช่วงที่ 3 มีค่าสีตั้งแต่ 129 ถึง 193 และช่วงที่ 4 มีค่าสีตั้งแต่ 194 ถึง 255 ดังแสดงรูปแบบของการแบ่งไว้ในรูปที่ 2.6 และได้แสดงรายละเอียดในการแบ่งของสีในแต่ละช่วงไว้ในภาคผนวก ก ตารางสี ก.2

การแบ่งช่วงสีในงานวิจัยดังกล่าวนี้ยังมีข้อบกพร่องคือ ช่วงสีบางช่วงจะมีสีที่ไม่ใช่สีที่ใกล้เคียงกันรวมอยู่ด้วย ตัวอย่างเช่น ช่วงสีขาวจะมีสีฟ้าอ่อน ชมพูอ่อน หรือเหลืองอ่อน รวมอยู่ด้วย และมีปัญหาในช่วงสีที่เป็นสีเทา (gray scale) จะสีอื่นปนกับสีเทาปน ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงการกำหนดช่วงสีของภาพเป็น 64 ระดับแบบ Uniform

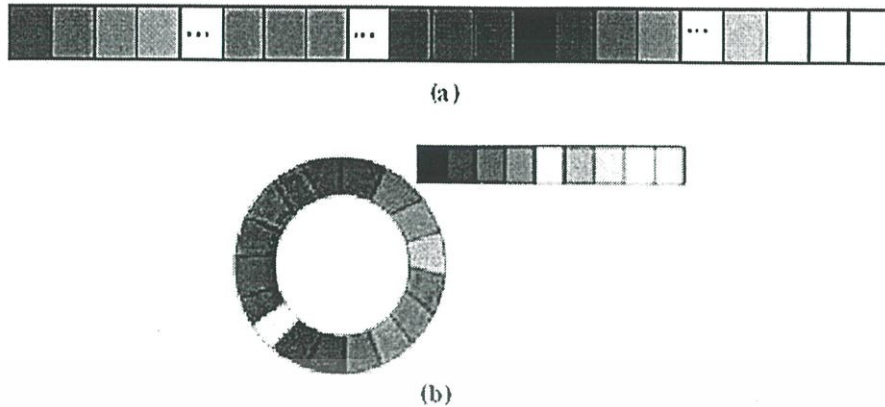


รูปที่ 2.7 ตัวอย่างสีที่ถูกรวมอยู่ในช่วงสีเดียวกัน

#### 2.2.4.2 งานวิจัยของ Sural และคณะ [11]

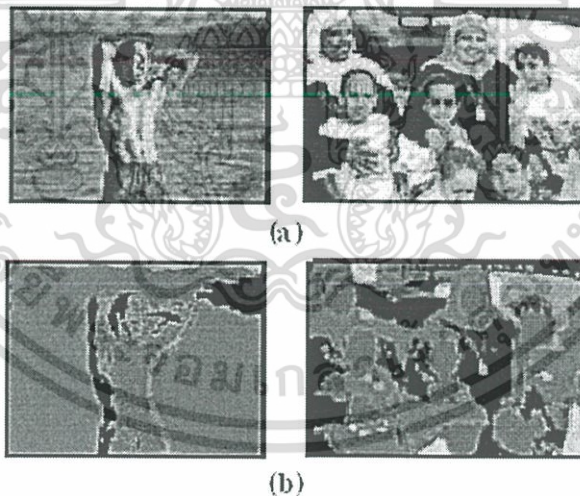
งานวิจัยนี้เป็นการแยกส่วนของภาพ โดยการแบ่งช่วงสีของแบบจำลองสีแบบ HSI โดยมีวิธีการแบ่งช่วงสีดังนี้ คือ ช่วงความบริสุทธิ์ของสี (Hue) ถูกแบ่งออกเป็น 17 ช่วง คือช่วงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน สีละ 17 ช่วงสีเท่าๆ กัน โดยกำหนดแต่ละช่วงของ hue มีความกว้างของช่วง 7 องศา ซึ่งจะได้ช่วงสีทั้งหมด 51 กลุ่ม นอกจากนี้ยังมีการแบ่งช่วงความเข้มแสง (Intensity) ออกเป็น 17 ช่วง ในงานวิจัยนี้ได้มีการรวมเอาค่า saturation ไว้กับส่วนของความบริสุทธิ์ของสีและความเข้มแสง โดยในพิภพเซตที่มีค่า saturation น้อยกว่า 0.2 จะถือว่าเป็นช่วงสีเดียวกันกับความเข้มแสง ส่วนในพิภพเซตที่มีค่ามากกว่า 0.2 จะรวมกับช่วงความบริสุทธิ์ของสี (Hue) ดังแสดงตัวอย่างการแบ่งช่วงสีไว้ในรูปที่ 2.8 โดยรูปที่ 2.8(a) แสดงตัวอย่างการแบ่งช่วงสีของในงานวิจัยนี้ ส่วนรูปที่ 2.8(b) ตัวอย่างการแบ่งช่วงสีแยกความบริสุทธิ์ของสี (Hue) และช่วงความเข้มแสงออกจากกัน

จากงานวิจัยดังกล่าวจะสังเกตได้ว่า มีการแบ่งช่วงสีโดยรวมเอาสีที่มีแสงสว่างมากและสีที่มีแสงสว่างน้อยมารวมเป็นช่วงเดียวกัน ซึ่งถ้านำมาใช้ในการสร้างดัชนีภาพจะทำให้การสืบค้นผิดพลาดขึ้นได้ ดังในรูปที่ 2.9 แสดงถึงตัวอย่างของการแยกส่วนที่ได้จากการแบ่งช่วงสีของงานวิจัยดังกล่าว เมื่อพิจารณาที่รูป 2.9 (b) สังเกตได้ว่าสีของผ้าคลุมหมตสีเขียวจะถูกรวมไปอยู่ในช่วงสีน้ำเงิน หรือสีเสื้อหรือผ้าคลุมหมตสีขาวจะรวมอยู่ในช่วงสีน้ำเงินเช่นเดียวกัน นอกจากนั้นสีผิวของคนยังรวมอยู่ในส่วนของสีชมพูเข้ม



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างสีที่ได้จากการแบ่งช่วงสีของ Sural และคณະ

จากข้อบกพร่องในการแบ่งช่วงสีแบบนี้ถ้านำมาใช้ในการแบ่งช่วงสีเพื่อสร้างดัชนีภาพจะไม่เหมาะสม เนื่องจากถ้าเราต้องการสีบั้นคั้นภาพที่เป็นน้ำทะเล จะได้ผลลัพธ์ที่มีภาพของที่มีเป็นกลุ่มเด็กด้วย ดังนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์แล้วน่าจะมีการแบ่งช่วงของค่า saturation เพิ่ม ซึ่งผู้วิจัยตั้งข้อสันนิษฐานว่าหากทำการแบ่งค่า saturation ออกเป็น 3 ช่วงเพื่อแยกรายละเอียดของสีภายในภาพให้มากขึ้นซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการสีบั้นคั้นภาพดีขึ้นได้



รูปที่ 2.9 แสดงตัวอย่างของภาพที่ได้จากการใช้การแบ่งช่วงสีของ Sural และคณະ

จากข้อบกพร่องของการแบ่งช่วงสีแบบยูนิฟอร์มของงานวิจัยทั้งสองชิ้นนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดว่าในการแบ่งช่วงสีภายในภาพควรจะมีการแบ่งสีที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยอาศัยการรับรู้สีของมนุษย์มาใช้ในการแบ่งกลุ่มสีที่อยู่ในช่วงเดียวกัน ซึ่งเป็นที่มาของการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์ม โดยทำการทดลองเปลี่ยนค่าสี R G และ B แล้วนำสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับสีแต่ละกลุ่มว่าสีที่ได้นั้นมีความใกล้เคียงกันกับกลุ่มเดิมมากน้อยเพียงใด ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เผยแพร่เห็นประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

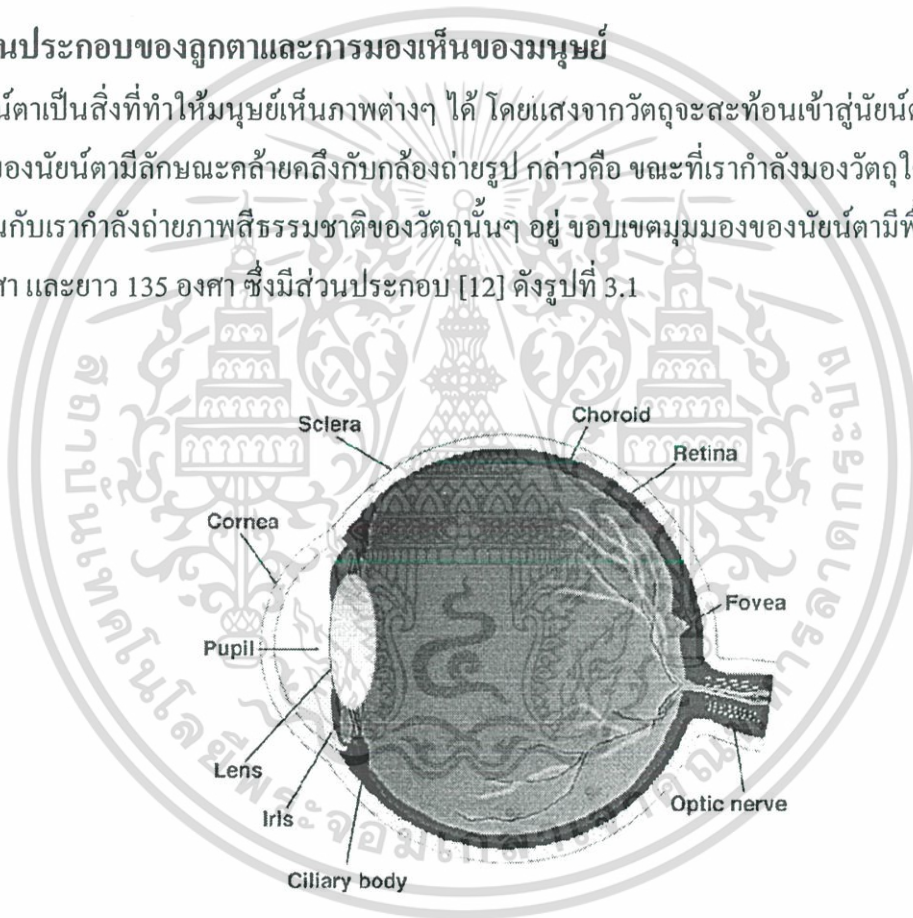
### บทที่ 3

## ความรู้พื้นฐานในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงความรู้พื้นฐานต่างที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่ ส่วนประกอบของลูกตา และการมองเห็นของมนุษย์ องค์ประกอบของภาพ แบบจำลองที่ใช้ในงานวิจัย การหาคุณลักษณะสำคัญของสีด้วยการหาฮิสโตแกรมสีและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สี รวมทั้งการแยกส่วนของภาพ (Segmentation) ด้วยการใช้วิธีการของอัลกอริทึม JSEG

### 3.1 ส่วนประกอบของลูกตาและการมองเห็นของมนุษย์

นัยน์ตาเป็นสิ่งที่ทำให้มนุษย์เห็นภาพต่างๆ ได้ โดยแสงจากวัตถุจะสะท้อนเข้าสู่ นัยน์ตา ซึ่งการทำงานของนัยน์ตามีลักษณะคล้ายคลึงกับกล้องถ่ายรูป กล่าวคือ ขณะที่เรากำลังมองวัตถุใดๆ อยู่ นั่นก็เหมือนกับเรากำลังถ่ายภาพสีธรรมชาติของวัตถุนั้นๆ อยู่ ขอบเขตมุมมองของนัยน์ตามีพื้นที่ที่กว้าง 160 องศา และยาว 135 องศา ซึ่งมีส่วนประกอบ [12] ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของลูกตา

ส่วนประกอบหลักของนัยน์ตาที่สามารถทำให้เรามองเห็นภาพได้มีดังนี้

1. กระจกตา (Cornea) เป็นเนื้อเยื่อโปร่งใสอยู่ด้านหน้าของนัยน์ตา ทำหน้าที่รับและให้แสงผ่านเข้าไปสู่ภายใน

2. ม่านตา (Iris) เป็นส่วนที่เป็นสีของนัยน์ตา ซึ่งอาจมีสีดำ สีน้ำตาลหรือสีฟ้า ตามเชื้อชาติ ม่านตาทำหน้าที่ควบคุมปริมาณแสงให้พอเหมาะที่จะผ่าน ไปสู่เลนส์ตา ม่านตาสามารถเปิดกว้างมากขึ้นตามความสว่างของแสง ถ้าแสงสว่างมากม่านตาจะเปิดน้อย แสงสว่างน้อยม่านตาจะเปิดกว้าง

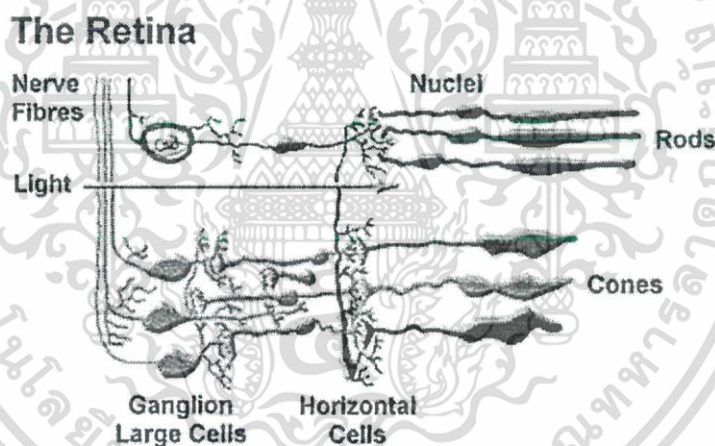
3. พิวพิล (Pupil) เป็นสีดำอยู่ตรงกลางนัยน์ตา ซึ่งเรียกว่า รูม่านตา พิวพิล ทำหน้าที่เป็นช่องให้แสงผ่าน ไปสู่เลนส์ตา

4. เลนส์ตา (Lens) เป็นเลนส์นูนที่สามารถยืดหยุ่นได้เนื่องจากการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อที่ยึดเลนส์ตา เลนส์ตาทำหน้าที่โฟกัสภาพให้ไปตกบนเรตินา

5. โฟเวีย (Fovea) หรือจุดดวงเหลือง เป็นแอ่งเล็กๆ บริเวณจอตา เป็นบริเวณที่มีเซลล์รูปกรวยอยู่หนาแน่นที่สุด จึงเป็นบริเวณที่เห็นภาพชัดเจนที่สุด

6. จุดบอดแสง (Blind spot) เป็นบริเวณที่เส้นประสาทและเส้นเลือดผ่านเข้าสู่นัยน์ตาไม่มี เซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวยเลย ดังนั้นถ้าแสงตกบริเวณนี้เราจะมองไม่เห็นวัตถุนั้นเลย

7. จอตา (Retina) เป็นเยื่อชั้นในสุด ทำหน้าที่เป็นจอรับภาพ จอตาประกอบด้วยเซลล์ที่มีความไวแสง 2 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 3.2 คือ



รูปที่ 3.2 เซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปกรวยในจอตา

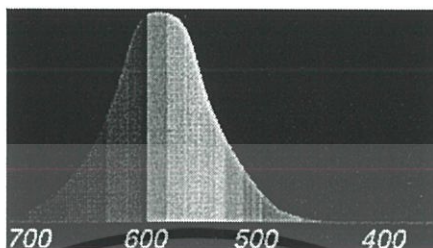
7.1 เซลล์รูปแท่ง (Rod cells) มีประมาณ 100 ล้านเซลล์ ทำหน้าที่รับแสงสว่างทำให้มองเห็นรูปร่างของวัตถุต่างๆ ได้

7.2 เซลล์รูปกรวย (Cone cells) มีประมาณ 6 ล้านเซลล์ ทำหน้าที่รับสีทำให้มองเห็นวัตถุมีสีต่างๆ เซลล์รูปกรวยจะทำงานได้ดีต้องมีแสงสว่างมาก เซลล์รูปกรวยจะทำงานเมื่อมีการกระตุ้นจากแสง โดยสามารถแยกประเภทของเซลล์รับแสงรูปกรวยได้ 3 ชนิด ดังนี้

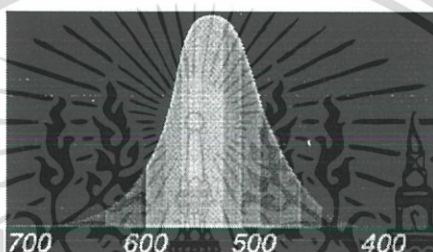
1) เซลล์รูปกรวยที่ไวต่อแสงสีน้ำเงิน (Blue-sensitive Cones) จะถูกกระตุ้นมากที่สุดด้วยแสงที่อยู่ในขอบเขตจากสีแดงไปถึงสีเหลือง

2) เซลล์รูปกรวยที่ไวต่อแสงสีเขียว (Green-sensitive Cones) จะถูกกระตุ้นมากที่สุดด้วยแสงที่อยู่ในขอบเขตจากสีเหลืองไปถึงสีเขียว

3) เซลล์รูปกรวยที่ไวต่อแสงสีแดง (Red-sensitive Cones) จะถูกกระตุ้นมากที่สุดด้วยแสงที่อยู่ในขอบเขตจากสีเขียวไปถึงสีม่วง



(a) Red-sensitive Cones or L Cones



(b) Green-sensitive Cones or M Cones



(c) Blue-sensitive Cones or S Cone

### รูปที่ 3.3 ขอบเขตการรับแสงของเซลล์รูปกรวยแต่ละชนิด

การมองเห็นสีของวัตถุ เมื่อแสงสีน้ำเงิน สีแดง หรือสีเขียว สีใดสีหนึ่งมาเข้านัยน์ตา เซลล์รูปกรวยที่ไวต่อแสงสีนั้นจะได้รับการกระตุ้น สัญญาณกระตุ้นนี้จะถูกส่งผ่านประสาทตาไปสู่สมอง เพื่อแปลความหมายออกมาเป็นความรู้สึกและเห็นเป็นสีของแสงนั้น จากรูปที่ 3.3 ถ้าแสงที่เข้าสู่ นัยน์ตาเป็นสีเหลือง เซลล์รูปกรวยที่ไวต่อแสงสีแดงและสีเขียวจะได้รับการกระตุ้น ซึ่งการกระตุ้น จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณแสงสีที่มากกกระทบจอตา โดยปกติตัวรับภาพ (photoreceptors) ในตาของมนุษย์จะมีความไวต่อคลื่นแสงระหว่าง 535 และ 550 นาโนเมตร

สมองของมนุษย์จะต้องทำการเปรียบเทียบอินพุตจากเซลล์รูปกรวยทั้งสามชนิด โดยการเปรียบเทียบจะเริ่มต้นที่จอตา (ซึ่งเชื่อมต่อไปยังสมอง) โดยที่สัญญาณจากเซลล์รูปกรวยที่ไวต่อแสงสีแดง และสีเขียวจะถูกเปรียบเทียบกับเซลล์พิเศษคือ red-green opponent cells ซึ่งจะทำการเอกลสารนี้เป็นเอกลสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกลสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณความสัมพันธ์ระหว่างแสงสีแดงและแสงสีเขียวที่มาจากการมองเห็น ส่วน opponent cells อื่นจะทำการเปรียบเทียบสัญญาณจากเซลล์รูปกรวยที่ไวต่อแสงสีน้ำเงินกับสัญญาณที่ได้จากการรวมกันของเซลล์ที่ไวต่อแสงสีแดงและสีเขียว ดังนั้นเมื่อเซลล์รับแสงชนิดใดชนิดหนึ่งทำงานไม่ถูกต้องจะทำให้การคำนวณสีที่ได้เกิดการผิดพลาดขึ้น

### 3.2 องค์ประกอบของภาพ

ภาพที่จะกล่าวถึงในงานวิจัยนี้ เป็นภาพดิจิทัล (Digital Image)  $I(x,y)$  ซึ่งเป็นภาพ 2 มิติที่มี  $x$  และ  $y$  เป็นพิกัดของภาพ เรียกพิกัด  $(x,y)$  นี้ว่าค่าความเข้มแสงของภาพ (Intensity) หรือพิกเซล ซึ่งแต่ละภาพจะประกอบไปด้วยพิกเซลจำนวนมากน้อยต่างกันตามขนาด และความละเอียดของภาพ กำหนดให้  $I(x,y)$  เป็นภาพดิจิทัลใดๆ แล้ว สามารถเขียนสมการให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ (Matrix) ได้ดังนี้

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \cdots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

ในสมการที่ (3.1) ค่าแต่ละค่าที่อยู่ในเมทริกซ์จะเรียกว่าอิลิเมนต์ของภาพ (Picture Element) หรือพิกเซล (Pixel) โดยปกติแล้วตำแหน่งจุดภาพ  $(0,0)$  จะอยู่ทางด้านซ้ายมือสุดด้านบนของภาพ การจัดลำดับตำแหน่งของจุดภาพจะเรียงจากซ้ายไปขวาในแต่ละเส้นภาพและจัดลำดับของเส้นภาพจะเรียงจากบนลงล่าง ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงภาพดิจิทัลขนาด 256 X 384 พิกเซล

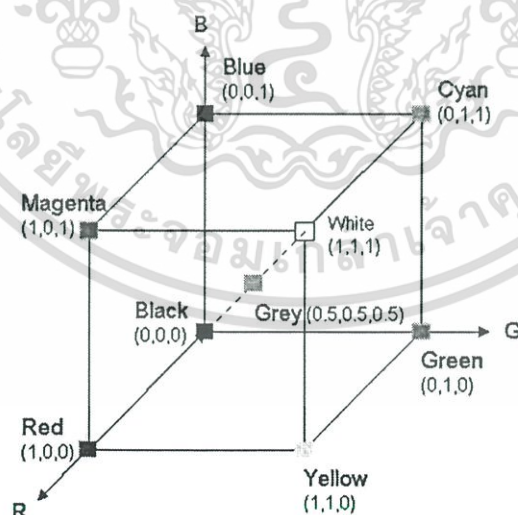
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 แบบจำลองสี (Color Model)

แบบจำลองสีได้ถูกสร้างขึ้น เพื่อสามารถกำหนดสีให้เป็นไปตามมาตรฐานเดียวกัน ในปัจจุบันแบบจำลองสีที่นิยมใช้ได้แก่ แบบจำลองสี RGB ซึ่งเป็นรูปแบบสำหรับใช้ในงานแสดงผลทางมอนิเตอร์ กล้องถ่ายภาพ เป็นต้น แบบจำลองสี CMY และ CMYK เป็นรูปแบบที่ใช้ในงานพิมพ์ และแบบจำลองสี HSI เป็นแบบจำลองที่ใกล้เคียงกับการรับรู้และแปลความหมายสีของมนุษย์มากที่สุด นอกจากนี้ แบบจำลองสีแบบ HSI ยังมีข้อดีที่สามารถแยกองค์ประกอบของสีและค่าความสว่างออกจากกันได้ สำหรับงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงแบบจำลองสี RGB และ HSI เท่านั้น

#### 3.3.1 แบบจำลองสี RGB

แบบจำลองสีแบบ RGB จะอธิบายถึงการประกอบกันขององค์ประกอบหลัก 3 สี เกิดเป็นสีต่างๆ องค์ประกอบหลักหรือที่เรียกว่าแม่สีทั้ง 3 สีนั้นได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน แบบจำลองนี้จะใช้ระบบพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian Coordinate System) ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินจะอยู่ที่มุมลูกบาศก์ทั้ง 3 มุม บนเส้นแกน R G และ B ตามลำดับ ส่วนสีเขียวน้ำเงิน (Cyan) สีม่วงแดง (Magenta) และสีเหลืองจะอยู่ที่มุมอีก 3 มุมที่เหลือ สำหรับจุดกำเนิดจะเป็นสีดำ และมุมที่อยู่ไกลสุดจากจุดกำเนิดจะเป็นสีขาว เส้นทางการระหว่างจุดกำเนิดและมุมที่ไกลที่สุดนั้น อาจเรียกได้ว่าเป็นเส้นสเกลสีเทา (Gray Scale) เป็นเส้นที่บอกระดับความเข้มแสงจากน้อยที่สุด (สีดำ) เรื่อยมาเป็นสีเทา และความเข้มแสงมากที่สุด (สีขาว) สำหรับสีอื่นๆ ได้จากการนำเอาสีเหล่านี้มาผสมกันในสัดส่วนที่แตกต่างกันไป

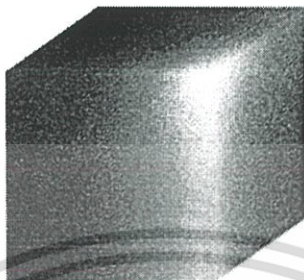


รูปที่ 3.5 แสดงแบบจำลองสี RGB บนพิกัดคาร์ทีเซียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง.

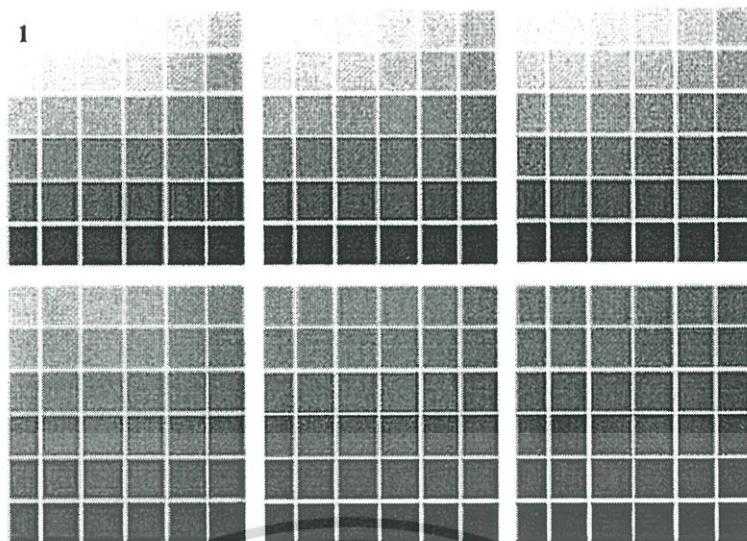
สำหรับภาพที่แทนด้วยแบบจำลองสี RGB อาจกล่าวได้ว่าแต่ละระดับสีจะแทนด้วยเลข 24 บิต ซึ่งแสดงค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน สีละ 8 บิต ดังนั้นภาพสีที่มีสีครบสมบูรณ์นั้นสามารถมีระดับสีที่เป็นไปได้ทั้งหมด  $(2^8)^3 = 16,777,216$  สี หรือประมาณ 16.7 ล้านสี ซึ่งการประกอบกันของสีในรูปแบบของลูกบาศก์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.6



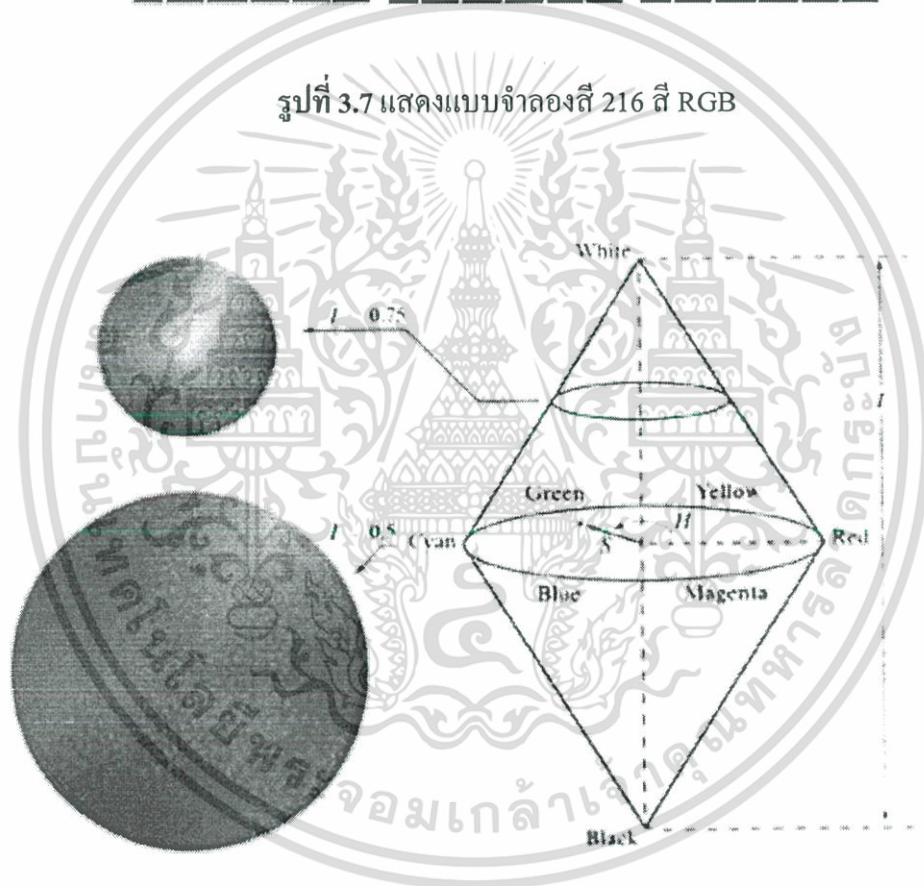
รูปที่ 3.6 แสดงแบบจำลองสี RGB 24 บิต

### 3.3.2 แบบจำลองสี 216 สี RGB

ในแบบจำลองสี RGB จะมีแบบจำลองสี 216 สีที่เป็นมาตรฐานสีที่นิยมใช้กันในอินเทอร์เน็ต โดยแต่ละสีได้มาจากค่าสี RGB คือ 0 51 102 153 204 หรือ 255 เท่านั้น ดังนั้นจึงมีสีที่เป็นไปได้ทั้งหมด  $6^3 = 216$  สี ดังรูปที่ 3.7 ประกอบไปด้วยอะเรย์ของสีจำนวน 6 ชุด ในแต่ละชุดจะมีอยู่ 36 สี เมื่อมองที่อะเรย์ชุดแรกซ้ายมือด้านบน สีเหลี่ยมซ้ายมือแถวบนสุด(หมายเลข 1)มีค่า RGB เป็น (255, 255, 255) คือ สีขาว สีเหลี่ยมถัดมาทางขวามือมีค่าเป็น (255, 255, 204) (255, 255, 153) (255, 255, 102) (255, 255, 51) และ (255, 255, 0) ตามลำดับ ซึ่งเป็นสีไล่เฉดมาตั้งแต่เหลืองอ่อนจนถึงเหลืองเข้ม ส่วนในแถวที่สองมีค่าสีเรียงจาก (255, 204, 255) (255, 204, 153) (255, 204, 102) (255, 204, 51) และ (255, 204, 0) ในอะเรย์ชุดที่สอง(ทางขวามือของชุดแรก)จะเริ่มต้นที่ค่าสี (204, 204, 204) และจะมีการเรียงในลักษณะนี้ทั้งหมดจนถึงแถวสุดท้ายของอะเรย์ขวามือด้านล่างเป็นสีดำมีค่าสีเป็น (0, 0, 0)



รูปที่ 3.7 แสดงแบบจำลองสี 216 สี RGB



รูปที่ 3.8 แสดงแบบจำลองสี HSI

### 3.3.3 แบบจำลองสี HSI

จะเห็นได้ว่าแบบจำลองสี RGB นั้นจะพิจารณาเพียงการรวมตัวของสี 3 องค์ประกอบหลักเท่านั้น ซึ่งจะพบปัญหาในการวิเคราะห์สีว่าการกำหนดความหมายของสีทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากค่าความเข้มแสงถูกรวมไปกับทั้ง 3 องค์ประกอบสี ต่อมาแบบจำลองสี HSI จึงถูกเสนอขึ้นเพื่อแก้ปัญหานี้ [13] รูปที่ 3.8 แสดงแบบจำลองสีแบบ HSI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์กับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองสี HSI ประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ H (Hue) จะเป็นค่าของสีบนระนาบวงกลม และสีจะเปลี่ยนแปลงตามมุมที่กวาดไป ซึ่งอยู่ในช่วง  $[0, 360]$  สำหรับ S (Saturation) เป็นค่าตามเส้นรัศมีของระนาบวงกลม บอกถึงค่าความบริสุทธิ์ (Pure) ของสี หากเส้นรัศมีสั้น หมายความว่าสีนั้นมีการเจือปนด้วยสีเทาค่อนข้างมาก ถ้ารัศมียาวไปจนถึงขอบวงกลมก็จะหมายถึงสีนั้นมีความบริสุทธิ์มากขึ้นตามลำดับ สำหรับค่า B หรือ I (Brightness/Intensity) จะเป็นค่าที่บอกความสว่างของสี โดยถ้าค่าน้อยจะเข้าใกล้สีดำ ถ้าค่านี้มาก สีที่ได้ก็จะเป็นสีขาวเพราะมีค่าความสว่างมาก

### 3.3.4 การแปลงสีจากแบบจำลอง RGB เป็น HSI

การแปลงระดับสีในแบบจำลอง RGB ให้สามารถแสดงในแบบจำลอง HSI ได้นั้น สามารถทำได้โดยใช้สมการดังนี้

ค่า H สามารถหาได้จากสมการที่ (3.2)

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B > G \end{cases} \quad (3.2)$$

โดยที่

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{\left[ (R-G)^2 + (R-B)(G-B) \right]^{1/2}} \right\} \quad (3.3)$$

สำหรับค่า S สามารถหาได้จากสมการที่ (3.4)

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)] \quad (3.4)$$

และสำหรับค่า I สามารถหาได้จากสมการที่ (3.5)

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B) \quad (3.5)$$

โดยกำหนดให้ค่า RGB ได้ถูกทำการนอร์มอลไลซ์ (Normalize) ให้เป็นค่าที่อยู่ในช่วง  $[0, 1]$  แล้ว ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ (3.6) ถึง (3.8)

$$\text{Normalize } R = \frac{R}{R+G+B} \quad (3.6)$$

$$\text{Normalize } G = \frac{G}{R+G+B} \quad (3.7)$$

$$\text{Normalize } B = \frac{B}{R+G+B} \quad (3.8)$$

ค่า  $\theta$  เป็นมุมที่วัดเริ่มจากค่าสีแดงดังแสดงในรูปที่ 3.7 และค่า  $H$  ในสมการที่ (3.2) สามารถทำให้อยู่ในช่วง  $[0, 1]$  ได้ โดยหารด้วย  $360^\circ$

### 3.4 ฮิสโตแกรมสี (Color Histogram)

ฮิสโตแกรมสีประกอบไปด้วยระดับต่างๆ ของสี ซึ่งเป็นจำนวนของสีในแต่ละระดับที่ปรากฏในภาพคำนวณได้จากสมการที่ 3.9

$$h(r_k) = n_k \quad (3.9)$$

โดยที่  $r_k$  เป็นระดับสีที่กำหนด และ  $n_k$  เป็นจำนวนของพิกเซลในภาพซึ่งมีระดับสีเป็น  $r_k$  การคำนวณค่าออร์มอลไลซ์ของฮิสโตแกรมเป็นการหารส่วนประกอบทั้งหมดของ  $h(r_k)$  ด้วยจำนวนพิกเซลทั้งหมดในภาพ ซึ่งจะหาได้จากสมการที่ 3.10

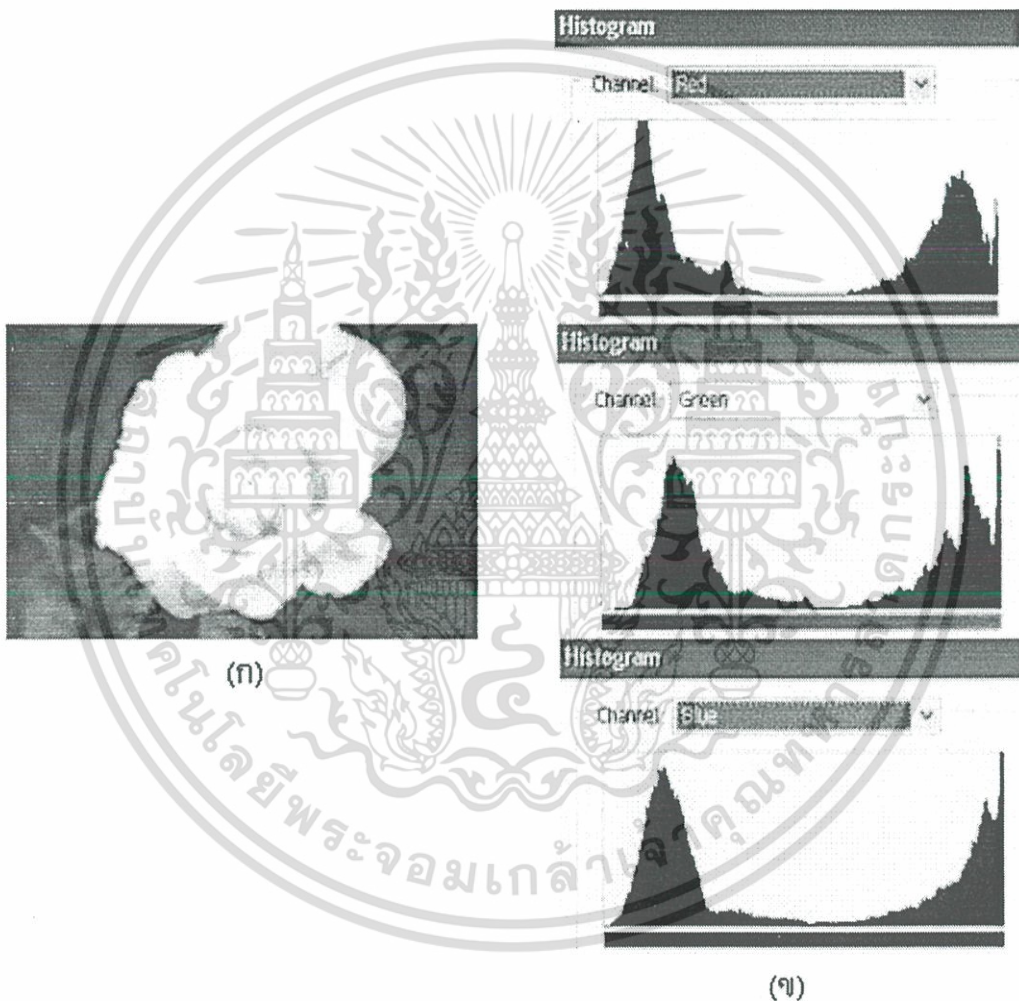
$$p r_k = \frac{h(r_k)}{n} \quad (3.10)$$

ฮิสโตแกรมของสีจะมีความทนทานต่อการเปลี่ยนมุมมองของภาพ เนื่องจากการเปลี่ยนมุมมองจะทำให้จำนวนพิกเซลรวมของสีไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ถ้ารูปร่างของภาพเมื่อมีการเปลี่ยนมุมมองแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปมาก ฮิสโตแกรมจะเป็นเสมือนฟังก์ชันในการกำหนดความน่าจะเป็นของสีที่ปรากฏในภาพ ซึ่งค่าของสีเดียวกันจะต้องอยู่ในระดับของสีเดียวกัน ฮิสโตแกรมสีไม่เหมาะที่จะใช้ในการทำการจำ (recognition) เนื่องจากการจะระบุว่าภาพใดเหมือนกันนั้นจะต้องดูที่กลุ่มของสีที่ปรากฏภายในภาพว่าอยู่ในตำแหน่งเดียวกันหรือไม่ แต่ฮิสโตแกรมสีไม่สามารถบอกได้ว่าระดับสีในแต่ละระดับอยู่ในตำแหน่งใดของภาพ อย่างไรก็ตาม ฮิสโตแกรมสีกลับได้รับความนิยมในการเป็นดัชนีของภาพ เพราะส่วนใหญ่แล้วพบว่า การที่สีที่ปรากฏในภาพมีความมัว เนื่องจากปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ทำให้กลุ่มของสีที่ปรากฏในภาพเปลี่ยนตำแหน่งไป แต่ผลกระทบที่มีต่อฮิสโตแกรมสีจะมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งทำให้การค้นหาภาพยังคงมีประสิทธิภาพที่ดีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการหาค่าฮิสโตแกรมสีสามารถทำได้โดยการนับจำนวนพิกเซลทั้งหมดที่อยู่ในระดับความเข้มแสงนั้นๆ มีขั้นตอนการทำดังนี้

1. สร้างอาร์เรย์ของฮิสโตแกรม ตามจำนวนบิน (bin) ที่ต้องการ
2. เคลียร์ค่าอาร์เรย์ทั้งหมดของฮิสโตแกรม
3. สำหรับทุกๆ พิกเซล ณ พิกัด  $x,y$  ใดๆ ให้บวกเพิ่มค่าฮิสโตแกรมที่ระดับความเข้มแสงนั้นๆ ที่ละหนึ่งค่า ซึ่งภาพสีจะประกอบด้วยฮิสโตแกรม 3 ฮิสโตแกรมคือ สีแดง เขียว และน้ำเงิน ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงฮิสโตแกรมของภาพสี

(ก) ภาพสีในแบบจำลองสี RGB

(ข) ฮิสโตแกรมของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคูสี (Color Correlogram)

โครรีโลแกรมสี [14] คือกราฟที่แสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคูสี โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างคูสีทุกๆ คูสีภายในภาพ

กำหนดให้

- $I$  คือ ภาพขนาด  $n \times n$
- $m$  คือจำนวนของสีในภาพโดยมีเซตของสีเป็น  $\{c_1, \dots, c_m\}$
- $p$  คือพิกเซลที่จุด  $x$  กับ  $y$
- $I_c$  คือเซตของพิกเซลที่มีสีเท่ากับ  $c$
- $[n]$  คือเซตของระยะห่างระหว่างพิกเซลที่มีค่าเป็น  $\{1, 2, \dots, n\}$

ถ้าหยิบพิกเซลใดๆ ของสี  $C_i$  ในรูปภาพขึ้นมา ค่าโครรีโลแกรมของสีที่คำนวณคือค่าความน่าจะเป็นที่จะพบพิกเซลที่มีสี  $C_j$  ห่างจากพิกเซลของสี  $C_i$  ที่หยิบขึ้นมาเท่ากับ  $k$  หรืออาจจะกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าค่าโครรีโลแกรมของสีที่คำนวณได้คือค่าความน่าจะเป็นที่จะพบสี  $C_j$  ที่ระยะห่าง  $k$  จากพิกเซลของสี  $C_i$  จะเป็น

$$\gamma_{c_i, c_j}^{(k)}(I) \cong \Pr_{p_1 \in I_{c_i}, p_2 \in I} [p_2 \in I_{c_j} \mid |p_1 - p_2| = k] \quad (3.9)$$

ในบทความนี้ทำการหาความสัมพันธ์ของคูสีทุกๆ คูสีภายในกลุ่มของรูปภาพ ซึ่งกำหนดค่า  $k = 1, 2, \dots, 10$  ทำให้สามารถลดเวลาในการคำนวณลงได้โดยใช้สมการ

$$\lambda_{(x,y)}^{c,h}(k) = \lambda_{(x,y)}^{c,h}(k-1) + \lambda_{(x+k,y)}^{c,h}(0) \quad (3.10)$$

กำหนดเงื่อนไขว่า  $\lambda_p^{c,h}(0) = 1$  ในกรณีที่  $p \in I_c$  ส่วนกรณีให้เป็น 0 และมีการคำนวณทั้งในแนวตั้งและแนวนอน จะได้สมการเป็น

$$\Gamma_{C_i, C_j}^{(k)}(I) = \sum_{(x,y) \in I_{c_i}} (\lambda_{(x-k,y+k)}^{c_j,h}(2k) + \lambda_{(x-k,y-k)}^{c_j,h}(2k) + \lambda_{(x-k,y-k+1)}^{c_j,v}(2k-2) + \lambda_{(x+k,y-k+1)}^{c_j,h}(2k-2)) \quad (3.11)$$

ค่าความสัมพันธ์ระหว่างคูสีที่ได้จากการคำนวณจะถูกนำมาเก็บเป็นดัชนีรูปภาพในฐานะข้อมูลเพื่อใช้ในการสืบค้นคืนข้อมูลรูปภาพ โดยมีโครงสร้างในการเก็บความสัมพันธ์ระหว่างคูสีดังนี้

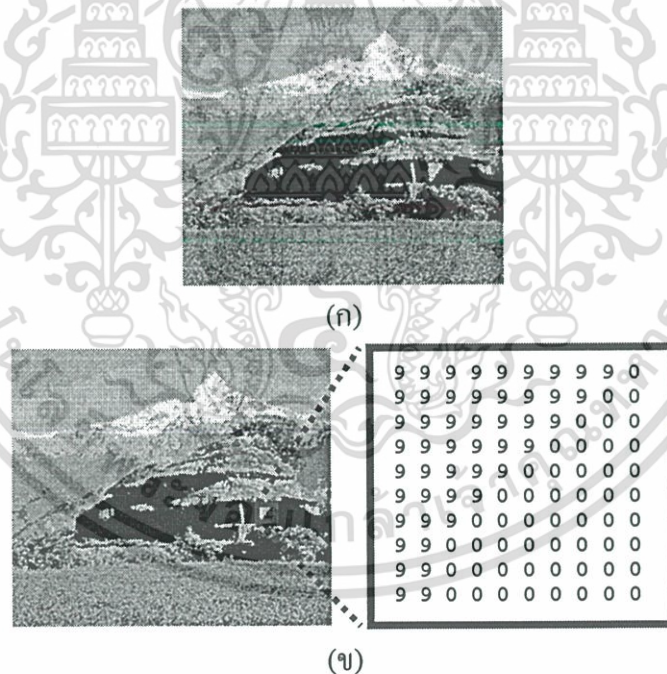
$r_1, r_2, \dots, r_N$  เป็น region ในแต่ละกลุ่มของภาพที่ 1 ถึง region ที่  $N$

$C_i, C_j$  เป็นคูสีที่มีในแต่ละ region กำหนดค่า  $i, j = 1, \dots, m$  โดยแต่ละคูสีจะเก็บจำนวนความสัมพันธ์ระหว่างคูสี  $i, j$  ที่ระยะห่าง  $k = 1, \dots, 10$

### 3.6 การแยกส่วนของภาพ (Segmentation)

การแยกส่วนของวัตถุในภาพสี มีประโยชน์อย่างมากสำหรับงานวิจัยด้านอื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะได้นำเอาผลจากการแยกส่วนของภาพไปใช้เพื่อแบ่งขอบเขตของวัตถุเฉพาะที่สนใจจากภาพ สำหรับการแยกส่วนของวัตถุภายในภาพนั้นมีวิธีการมากมาย เช่น Stochastic model based approaches [15] และ Energy diffusion [16] เป็นต้น สำหรับในงานวิจัยนี้จะได้อเลือกใช้อัลกอริทึม JSEG [17] ซึ่งสามารถจำแนกพื้นที่ที่เป็นลายภาพ (texture) ที่ต่างกันออกจากได้ดี

ภาพที่ได้จากการควอนไทซ์ด้วย Quantization Algorithm [18] เพื่อจำแนกกลุ่มของสีออกมาแล้วจะถูกแทนด้วยสัญลักษณ์ของแต่ละกลุ่มสี โดยพิกเซลที่อยู่ใน color class เดียวกันคือเซตของพิกเซลที่ถูกแทนด้วยสัญลักษณ์เดียวกัน ซึ่งภาพที่ได้นี้จะเรียกว่า class-map ซึ่งโดยทั่วไปแล้วแต่ละขอบเขตภายในภาพจะประกอบไปด้วยพิกเซลที่ถูกแทนด้วยสัญลักษณ์ของบางกลุ่มสี และแต่ละกลุ่มสีก็จะกระจายอยู่ ณ ตำแหน่งต่างๆ ภายในภาพ ตัวอย่างของ class-map แสดงไว้ในรูปที่ 3.10 จะเห็นได้ว่าในรูปที่ 3.10 (ข) เป็นภาพที่มีการแทนสัญลักษณ์ลงไปภายในภาพ ในกรอบสี่เหลี่ยมสีแดงเป็นตัวอย่างของสัญลักษณ์ที่ถูกแทนในแต่ละพิกเซล



รูปที่ 3.10 แสดงตัวอย่างการแทนสัญลักษณ์ของแต่ละกลุ่มสี (ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ภาพ class-map

ค่าของแต่ละพิกเซลใน class-map จะถูกมองให้อยู่ในลักษณะของข้อมูลแบบ spatial point ที่เรียงกันอยู่ในระนาบ 2 มิติ และด้วยการใช้อัลกอริทึม JSEG เพื่อการแยกส่วนของวัตถุนั้น จะต้องมี การประมาณค่าการกระจายตัวของลายภาพหรือ texture และให้แทนด้วยสัญลักษณ์  $J$  โดยสามารถ หาค่าได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้

$m$  คือค่าเฉลี่ยของจุดข้อมูลทั้งหมด

$m_i$  คือค่าเฉลี่ยของจุดข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ใน cluster  $Z_i$

และกำหนดให้

$$S_T = \sum_{z \in Z} \|z - m\|^2 \quad (3.12)$$

และ

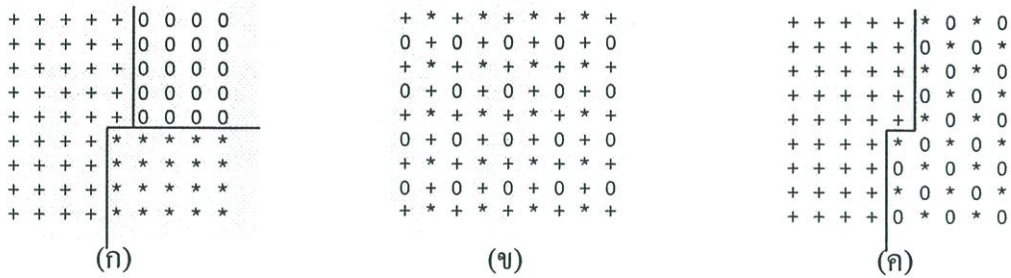
$$S_W = \sum_{i=1}^C s_i = \sum_{i=1}^C \sum_{z \in Z_i} \|z - m_i\|^2 \quad (3.13)$$

แล้วค่า measure  $J$  จะหาได้จาก

$$J = S_B / S_W = (S_T - S_W) / S_W \quad (3.14)$$

ในการหาค่า measure  $J$  สิ่งที่สำคัญก็คือการหาค่าผลต่างระหว่าง class  $S_B$  ด้วยกัน กับค่าผลต่างระหว่างสมาชิกภายในแต่ละ class  $S_W$  ซึ่งเป็นแนวความคิดที่คล้ายกับกับ Fisher's multi-class linear discriminant [19] แต่เป็นถูกนำมาใช้กับ Arbitrary nonlinear class distributions โดยถ้าค่า  $J$  ที่ได้มีค่าสูง แสดงว่าแต่ละ class หรือ พื้นที่ในแต่ละกลุ่มที่ถูกแบ่งนั้นมีความแตกต่างกันในตัวอย่างชัดเจน ในทางกลับกันถ้าค่า  $J$  ที่ได้มีค่าต่ำ แสดงว่า ลักษณะของ color class ทั้งหมดนั้นกระจายตัวแบบ uniform distributed ตลอดทั่วทั้งรูปภาพ และค่า  $J$  ยังสามารถเป็นตัวบ่งบอกว่าทำการแยกส่วนของวัตถุในภาพนั้นได้ดี โดยสมาชิกภายในแต่ละ class ก็จะมีค่าใกล้เคียงกันภายใน class เดียวกัน แต่บ่อยครั้งที่ค่าของ  $J$  จะมีค่ากลางๆ อยู่ระหว่างค่าทั้งสองดังกล่าว ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.10 ที่มี class-map ของแต่ละภาพแบ่งเป็น 3 color classes ตามสัญลักษณ์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงกรณีที่เป็นไปได้ทั้ง 3 แบบ ดังที่ได้กล่าวมา โดยที่จำนวนจุดพิกเซลของแต่ละ color class ในภาพมีจำนวนเท่ากันทั้ง 3 class-map ทำให้ได้ค่า  $J$  แตกต่างกันไป

พิจารณา class-map 1 จากรูปที่ 3.11(ก) แสดงถึงการแยกส่วนภายในภาพที่ดีสำหรับกรณีนี้อาจจะแบ่งเป็น 3 พื้นที่ ซึ่งแต่ละพื้นที่จะประกอบไปด้วยจุดข้อมูลเพียง color class กลุ่มเดียวที่ชัดเจน ส่วน class-map 2 ในรูปที่ 3.11(ข) จะมีรูปแบบในตัวมันเองซึ่งไม่จำเป็นที่จะต้องแยกส่วนต่อไปอีกแล้ว และสุดท้าย class-map 3 ในรูปที่ 3.11(ค) การแยกส่วนภายในภาพที่ดีสำหรับกรณีนี้อาจจะแบ่งเป็นสองส่วนก่อน โดยขอบเขตแรกประกอบไปด้วย color class '+' เพียงอย่างเดียว และขอบเขตอีกส่วนหนึ่งประกอบไปด้วย color class '\*', 'o'



รูปที่ 3.11 แสดงการแยกส่วนใน class-map และค่า  $\bar{J}$  ของแต่ละ class-map

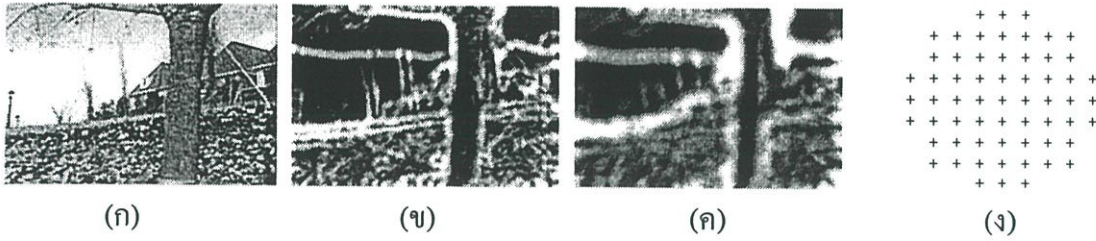
(ก) ภาพ class-map 1 มีค่า  $J_{entire\_image} = 1.720$  ( $J_+ = 0, J_* = 0, J_o = 0$ )

(ข) ภาพ class-map 2 มีค่า  $J_{entire\_image} = 0$  ( $J_{\{+,*,o\}} = 0$ )

(ค) ภาพ class-map 3 มีค่า  $J_{entire\_image} = 0.855$  ( $J_+ = 0, J_{\{*,o\}} = 0.011$ )

จากคุณสมบัติของค่า  $J$  นี้เอง จึงถูกนำมาใช้เป็นตัวบ่งบอกว่าพื้นที่เฉพาะบางส่วนของภาพประมาณค่า  $J$  ออกมานั้น เป็นส่วนที่อยู่ใกล้กับส่วนขอบหรืออยู่ในบริเวณส่วนกลางของพื้นที่หรือวัตถุที่ต้องการแยกออกมาจากภาพ ดังนั้นจึงได้นำเอาวิธีการหาค่า  $J$  นี้ไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่เฉพาะบางส่วน (local area) แทนที่จะกระทำกับทั้งหมดภาพ โดยพื้นที่เฉพาะส่วนนั้นจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.12(ง) เป็น window กลมที่มีจุดศูนย์กลางเป็นพิกเซลที่จะถูกแทนด้วยค่า  $J$  ที่หาได้จากพื้นที่ของ window นั้นครอบคลุมอยู่ และเมื่อหาค่า  $J$  สำหรับแต่ละพิกเซลครบทั้งหมดแล้ว จะได้ภาพในลักษณะของ gray-scale ที่แทนพิกเซลด้วยค่า  $J$  ของมันเอง แล้วภาพนั้นจะถูกเรียกว่า  $J$ -image และจากการทดลองพบว่า การเปลี่ยนขนาดของ window scale จะช่วยให้สามารถเลือกเอาขนาดที่ทำให้ได้ค่า  $J$  ค่าที่ดีที่สุดได้คือการใช้ window ที่กำหนด scale ไว้เพียงขนาดเดียว

ขนาดของ local window จะเป็นตัวบ่งบอกถึงขนาดของขอบเขตที่จะถูกแบ่งภายในภาพ (image regions) ที่สามารถจะเป็นไปได้ โดยที่ถ้าหากว่า window นั้นมีขนาดเล็กจะเป็นผลดีต่อการหาค่าแห่งขอบของวัตถุหรือส่วนที่เป็นเส้นแบ่งเขตแดน ในขณะที่ window ที่มีขนาดใหญ่จะเป็นผลดีสำหรับการหาขอบเขตของ texture แต่บ่อยครั้งที่จำเป็นต้องใช้ window หลายๆ ขนาดเพื่อให้ได้ผลของการแยกส่วนวัตถุในภาพที่ดีขึ้น นั้นหมายถึงได้ค่า  $J_{average}$  ของภาพนั้นน้อยลง ดังแสดงในรูปที่ 3.6(ข) และ 3.6(ค) ค่า Window scale ที่เล็กที่สุดหรือที่เรียกว่า basic window scale จะมีค่าเป็น 1 ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.6(ง) จากนั้นขนาดของ window scale จะเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวไปเรื่อยๆ เพื่อหาขนาดที่ใหญ่กว่าที่พอดี (next larger scale) โดยขนาดที่ใหญ่กว่านั้นจะมีช่วงของการ Sampling จุดข้อมูลที่หยาบขึ้น



รูปที่ 3.12 ตัวอย่างภาพ  $J$ -image ที่ได้จากการคำนวณ

(ก) ภาพต้นฉบับ

(ข)  $J$ -image ที่มีการปรับขนาดของ window scale เท่ากับ 3 มีค่า  $J_{average} = 0.103$

(ค)  $J$ -image ที่มีการปรับขนาดของ window scale เท่ากับ 2 มีค่า  $J_{average} = 0.125$

(ง) ตัวอย่าง basic window scale 1 ที่ถูกใช้เพื่อ convolution หาค่า  $J$  ภายใต้ window

เมื่อได้ภาพ  $J$ -image แล้ว จะนำมาทำการแยกส่วนของวัตถุในภาพด้วยวิธีการขยายพื้นที่แบบ SRG ซึ่งจะต้องเริ่มต้นด้วยการหาจุดที่จะถูกใช้เป็นตัวเริ่มต้นของการขยายพื้นที่หรือที่เรียกว่า Seed โดยสามารถหาได้ดังนี้

กำหนดให้

$\mu_j$  คือค่าเฉลี่ยของค่า local  $J$  เฉพาะพื้นที่

$\sigma_j$  คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า local  $J$  เฉพาะพื้นที่

$T_j$  คือค่า threshold สำหรับการกำหนดเลือก seed

แล้ว  $T_j$  สามารถหาได้จาก

$$T_j = \mu_j + a\sigma_j \quad (3.15)$$

ค่าของตัวแปร  $a$  จะถูกเลือกมาจากเซตของพารามิเตอร์  $\{-0.6, -0.4, -0.2, 0, 0.2, 0.4\}$  และเลือกเอาค่าที่ทำให้ได้จำนวน Seed มากที่สุด โดยมีเงื่อนไขคือ ถ้าพิกเซลใดที่มีค่า local  $J$  น้อยกว่า  $T_j$  จะถูกพิจารณาให้เป็น Candidate seed แล้วพิกเซลที่อยู่ติดกับ Candidate seed ในลักษณะ 4 ทิศทาง (4-connectivity) ก็จะถูกรวมกลุ่มเข้าด้วยกันกับ Candidate seed นั้นๆ และพิจารณาเช่นเดียวกันนี้กับ Seed อื่นอีกต่อไป และถ้า Candidate seed ใดมีขนาดใหญ่กว่าขนาดที่เล็กที่สุดของ Seed ที่เหมาะสมกับขนาด window scale ที่เลือกใช้ตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 3.1 แล้ว Candidate seed นั้นจะถูกกำหนดให้เป็น Seed จริงๆ เพื่อใช้ในการขยายพื้นที่ต่อไป

ในการทำงานของอัลกอริทึมจริงๆ นั้น ถ้าหากกำหนดให้ Seed มีการขยายพื้นที่โดยเพิ่มขึ้นทีละพิกเซลแล้วอาจจะทำให้การประมวลผลเป็นไปได้ช้ามาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีการที่เร็วกว่าเพื่อ implement จริง โดยมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กำจัด Hole หรือ Noise ที่มีปรากฏอยู่ใน Seed ต่างๆ
2. เกลี่ยค่า local  $J$  ของพิกเซลที่เหลือที่ยังไม่ถูกแยกส่วน และรวมพิกเซลที่มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเพื่อสร้างเป็นพื้นที่ที่จะทำการขยายให้ใหญ่ขึ้น ถ้าหากพื้นที่ที่ขยายขึ้นนั้นอยู่ใกล้เคียงหรือติดกับ Seed ใด Seed หนึ่ง แล้วพิกเซลของพื้นที่กลุ่มนั้นจะถูกรวมให้เป็นส่วนหนึ่งของ Seed นั้นไปด้วย
3. คำนวณค่า local  $J$  ของพิกเซลที่เหลือด้วยค่าขนาดของ window scale ที่น้อยกว่าถัดไป เพื่อให้มีความแม่นยำมากขึ้นสำหรับการกำหนดตำแหน่งขอบเขตของพื้นที่สำหรับพิกเซลที่เหลือ แล้วกลับไปทำตามขั้นตอนที่ 2
4. ทำการขยายพื้นที่ของพิกเซลที่เหลือทีละพิกเซลด้วยค่าขนาดของ window scale ที่เล็กที่สุด ส่วนพิกเซลในบริเวณขอบ (boundary) ของ Seed ที่ยังไม่สามารถกำหนดกลุ่มให้ได้ จะถูกเก็บไว้ใน Buffer แล้วจึงเลือกพิกเซลใน Buffer ที่มีค่า local  $J$  น้อยสุดเพื่อกำหนดกลุ่มไปยัง Seed ที่อยู่ติดกับพิกเซลนั้น และทำการ Update buffer ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าทุกพิกเซลที่เหลือจะถูกกำหนดกลุ่มให้ทั้งหมด

### 3.7 การคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบสืบค้นคืนภาพ

การคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบสืบค้นคืนภาพได้นำวิธีการหา Recall และ Precision [20] มาใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพในการสืบค้นคืนภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการนำ query ของภาพที่ต้องการมาทดสอบ ซึ่งแสดงในสมการที่ 3.16 และ 3.17 และคุณภาพประกอบได้ในรูปที่ 3.13

Recall คือ อัตราส่วนของจำนวนภาพที่ตรงตามความต้องการกับจำนวนภาพทั้งหมด

Precision คือ อัตราส่วนของจำนวนภาพที่ตรงตามความต้องการที่สามารถสืบค้นได้กับจำนวนภาพทั้งหมดที่ตรงและไม่ตรงตามความต้องการที่เป็นผลลัพธ์จากการสืบค้นคืน

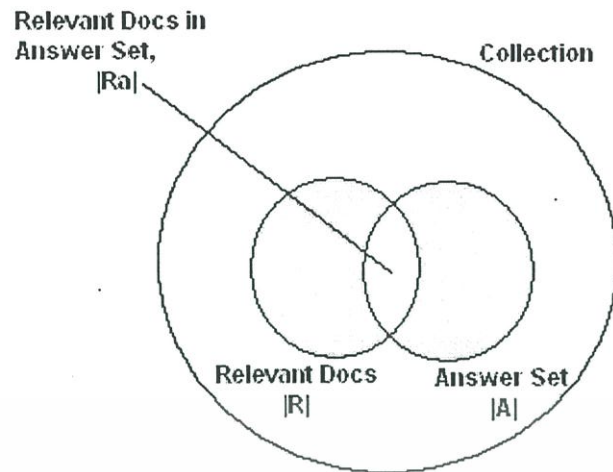
$$\text{Recall} = \frac{|Ra|}{|R|} \quad (3.16)$$

$$\text{Precision} = \frac{|Ra|}{|A|} \quad (3.17)$$

โดยที่  $|R|$  เป็นจำนวนของภาพตรงตามความต้องการที่มีอยู่ในฐานข้อมูล

$|Ra|$  เป็นจำนวนของภาพที่อินเตอร์เซกชัน (intersection) ระหว่างเซต  $R$  และเซต  $A$

$|A|$  เป็นจำนวนของภาพในผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืน



รูปที่ 3.13 Precision และ Recall

นอกจากนี้ได้ทำการวัดประสิทธิภาพของการค้นคืนข้อมูลภาพโดยการหาค่าเฉลี่ย precision ระดับ recall  $r$  ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

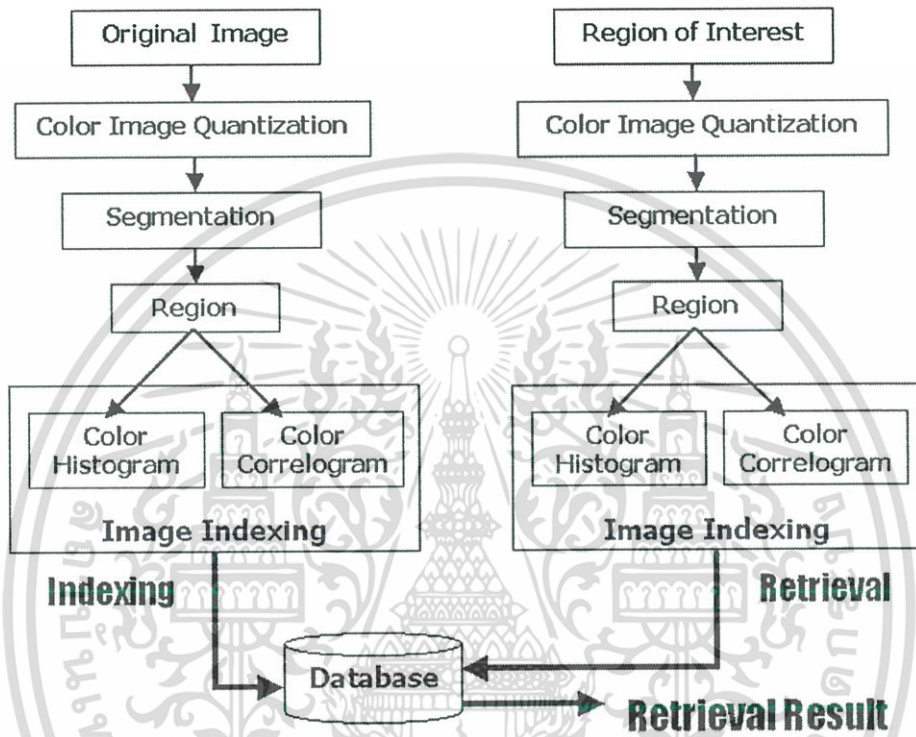
$$\bar{P}(r) = \sum_{i=1}^{N_q} \frac{P_i(r)}{N_q} \quad (3.18)$$

- $P(r)$  คือ ค่าเฉลี่ย precision ที่ระดับ recall  $r$
- $N_q$  คือ จำนวนของ query ที่ใช้
- $P_i(r)$  คือ ค่า precision ที่ระดับ recall  $r$  สำหรับ query  $i$  ใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การสร้างดัชนีภาพโดยอาศัยการรับรู้สีของมนุษย์

## 4.1 บทนำ



รูปที่ 4.1 ภาพรวมของระบบการสืบค้นคืนข้อมูลภาพ

ภาพรวมของระบบจะมี 2 ส่วนคือ ส่วนของการสร้างดัชนีภาพในฐานข้อมูล และส่วนในการสืบค้นคืนภาพจากฐานข้อมูล ดังรูปที่ 4.1

ส่วนของการสร้างดัชนีภาพ จะนำภาพสีที่อยู่ในฐานข้อมูลมาผ่านขบวนการควอนไทซ์สีแล้ว จะทำการแยกส่วนของภาพเพื่อให้ได้พื้นที่ภายในภาพที่สามารถแทนความหมายได้ จากนั้นจะทำการสร้างดัชนีภาพโดยอาศัยคุณลักษณะของสีมาใช้ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะนำการหาฮิสโตแกรมสีและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สีมาใช้ แล้วนำดัชนีภาพที่ได้ไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล

ส่วนการสืบค้นคืนภาพจากฐานข้อมูล จะนำพื้นที่ที่ผู้ใช้สนใจ (Region of Interest) มาผ่านขบวนการเดียวกับการสร้างดัชนีภาพ แล้วทำการเปรียบเทียบคุณลักษณะที่ได้กับคุณลักษณะของภาพในฐานข้อมูลแล้วค้นคืนภาพที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับความต้องการมาให้ผู้ใช้ ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

## 4.2 การควอนไทซ์สีของภาพ

ภาพต้นฉบับที่ใช้เป็นฐานข้อมูลเป็นภาพที่เก็บรายละเอียดด้วยสีจำนวน 24 บิต เช่น ภาพฉากธรรมชาติ โดยส่วนมากแล้วจะประกอบไปด้วยสีจำนวนหลายพันสี และเป็นกรายากที่จะประมวลผลไปโดยตรงกับจำนวนสีที่มากขนาดนั้น ดังนั้นในการประมวลผลจริงๆ จึงลดจำนวนสีให้น้อยลง โดยไม่ทำให้รายละเอียดที่สำคัญหายไป ด้วยการควอนไทซ์แบบเวกเตอร์ (Vector Quantization) [21] โดยนำมาประยุกต์ใช้กับอัลกอริทึม Modified General Lloyd (GLA) [22] ขั้นตอนการควอนไทซ์สีของภาพให้เหลือจำนวนน้อยลงนั้น เริ่มต้นด้วยการกำจัดกรองเอา noise ออกไปโดยไม่ทำให้ส่วนที่เป็นเส้นขอบของพื้นที่หรือวัตถุจางหาย (blur) มากไปกว่าเดิม ด้วยอัลกอริทึมที่เรียกว่า peer group filtering (PGF) [18] ผลลัพธ์จาก PGF จะได้ค่า weight ของแต่ละพิกเซล เป็นค่าที่แสดงถึงความราบเรียบ (smoothness) ของแต่ละพื้นที่ในภาพ จากนั้นใช้อัลกอริทึม GLA เพื่อควอนไทซ์สีของภาพ แสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.2 (a) ภาพต้นฉบับ (b) ภาพที่ได้จากการควอนไทซ์



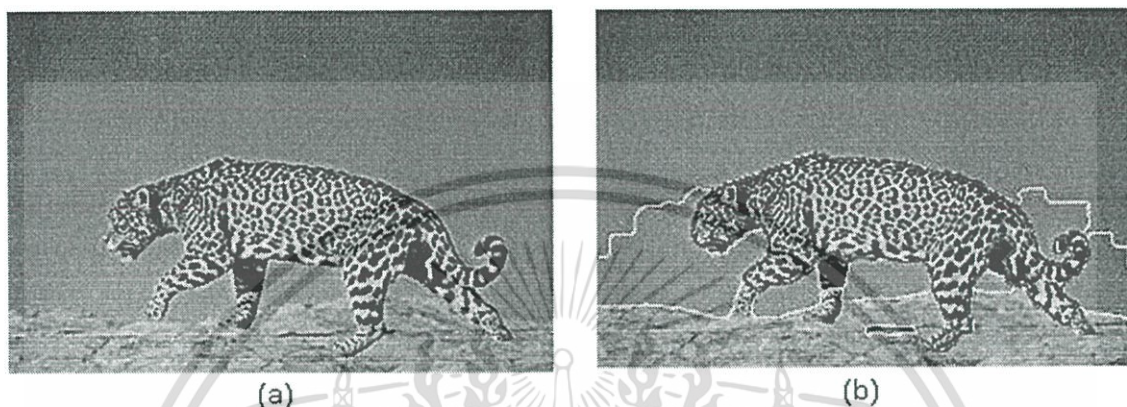
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างของภาพหลังจากผ่านกระบวนการควอนไทซ์

## 4.3 การแยกส่วนของภาพ

ขั้นตอนต่อไปเป็นการแยกส่วนของวัตถุในภาพด้วยอัลกอริทึม JSEG [17] เพื่อแยกส่วนของภาพที่มีสีหรือลายภาพแบบเดียวกันไว้ในพื้นที่เดียวกัน โดยหลังจากจำแนกสีต่างๆ ของภาพแล้ว จะทำการแทนแต่ละจุดพิกเซลของภาพด้วยสัญลักษณ์ (label) ของแต่ละกลุ่มสีใดกลุ่มหนึ่งที่ได้จากการควอนไทซ์ เพื่อจำแนกว่าพิกเซลนั้นอยู่ในกลุ่มสีใดของภาพ ซึ่งภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแทนค่านี้นี้จะเรียกว่า color class-map จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการแยกส่วนของภาพโดยการคำนวณหาค่า  $\bar{J}$  ของ class-map เพื่อเป็นเงื่อนไขในการ minimize วิธีทางที่เป็นไปได้ในการแยกส่วนของวัตถุในภาพแล้วนำมาประยุกต์ใช้กับการทำ local windows ไปยัง color class-map ผลที่ได้จากขั้นตอนนี้เรียกว่า “J-image” ซึ่งจะมีข้อมูลที่เป็นค่าพิกเซลสูงต่ำต่างๆ กันไปขึ้นอยู่กับว่าพิกเซลนั้นอยู่ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งใจของขอบเขตที่ถูกแบ่ง จากนั้นจึงใช้วิธีการทำ region growing ขยายแต่ละขอบเขต ร่วมกับการทำ Multi-scale J-image เพื่อให้ได้ผลการแยกส่วนของวัตถุที่ดีขึ้น หลังจากขั้นตอนของ JSEG จะได้พื้นที่ต่างๆ ของภาพที่ประกอบไปด้วยสีและลายภาพ เพื่อนำไปใช้ในการสร้างดัชนีรูปภาพ ในรูปที่ 4.3 (a) เป็นภาพต้นฉบับ เมื่อนำผ่านขบวนการแยกส่วนของภาพจะได้แต่ละส่วนดังรูปที่ 4.3 (b)



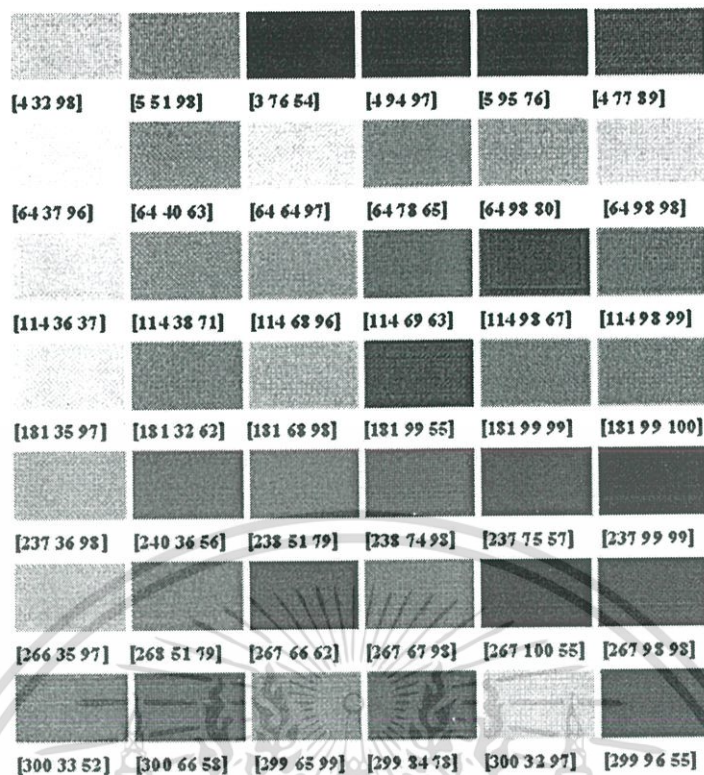
รูปที่ 4.3 ตัวอย่างการแยกส่วนของภาพ

#### 4.4 การกำหนดคุณลักษณะของสี

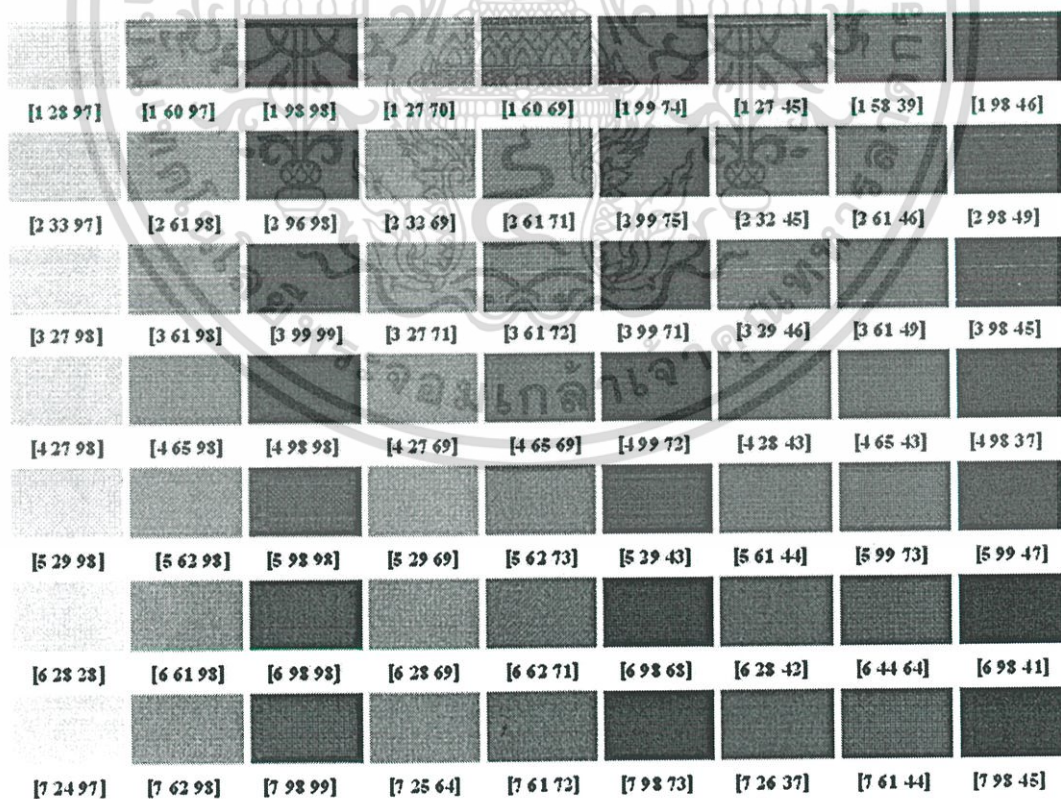
##### 4.4.1 ปัญหาของการกำหนดคุณลักษณะสีแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Color Descriptor)

จากงานวิจัยของ Bounthanh และคณะ [10] จะมีวิธีการแบ่งสีแต่ละสีออกเป็น 4 ช่วงเท่าๆ กัน คือ ช่วงที่ 1 มีค่าสีตั้งแต่ 0 ถึง 63 ช่วงที่ 2 มีค่าสีตั้งแต่ 64 ถึง 128 ช่วงที่ 3 มีค่าสีตั้งแต่ 129 ถึง 193 และช่วงที่ 4 มีค่าสีตั้งแต่ 194 ถึง 255 ซึ่งรวมแล้วจะได้ช่วงสีทั้งหมด 64 ช่วงสี เมื่อสังเกตรายละเอียดของสีที่ทำการแบ่งในแต่ละช่วง จะพบว่า มีสีที่ไม่ใช่สีที่ใกล้เคียงกันมารวมอยู่ในช่วงสีเดียวกัน ดังแสดงตัวอย่างของช่วงสีที่มีลักษณะดังกล่าวดังรูปที่ 4.4 ซึ่งจะมีย่านสี [R G B] เช่น สีที่อยู่ตรงมุมซ้ายมือบนสุดมีค่าสีแดงเป็น 95 สีเขียวเป็น 95 และสีน้ำเงินเป็น 33 ตัวอย่างของสีในแถวสุดท้าย จะเห็นว่าคอดลิมนั้นทางซ้ายมือสุดเป็นสีที่เป็นสีกลางของกลุ่มคือ สีเทา อยู่ในช่วง R[4] G[4] B[4] มีช่วงสีที่ค่าสีแดงตั้งแต่ 194 ถึง 255 ค่าสีเขียวตั้งแต่ 194 ถึง 255 และค่าสีน้ำเงินตั้งแต่ 194 ถึง 255 ส่วนสีที่อยู่ทางขวามือทั้งหมดเป็นสีที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันคือ สีม่วงอ่อน สีฟ้าอ่อน สีขาว สีชมพูอมม่วง และสีชมพู ดังมีรายละเอียดของค่าสีตามตัวเลขด้านล่างของแต่ละสี ส่วนรายละเอียดของช่วงสีอื่นๆ นั้นได้แสดงไว้ในภาคผนวก ตารางสี ก.2





รูปที่ 4.5 ตัวอย่างของสีในการแบ่งของ Sural



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างสีแดงที่กำหนดค่าความบริสุทธิ์ของสีในช่วง 0-7 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.2 การออกแบบคุณลักษณะสีแบบ Nonuniform ในแบบจำลองสี RGB

จากปัญหาของการกำหนดคุณลักษณะสีแบบยูนิฟอร์ม งานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองแบ่งกลุ่มของช่วงสีโดยทำการเทียบการรวมกลุ่มจากโมเดลสี 216 สี ที่นิยมใช้กันในการทำเวบไซค์ดังได้กล่าวถึงในบทที่ผ่านมา จะประกอบไปด้วย 6 กลุ่มแต่ละกลุ่มจะมี 36 ช่วงสี สังเกตได้ว่าบางช่วงสีมีความใกล้เคียงกันมากสามารถรวมเป็นกลุ่มสีเดียวกันได้ จากการทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน สามารถจำแนกการรวมกลุ่มสีออกเป็น 5 กลุ่ม คือ

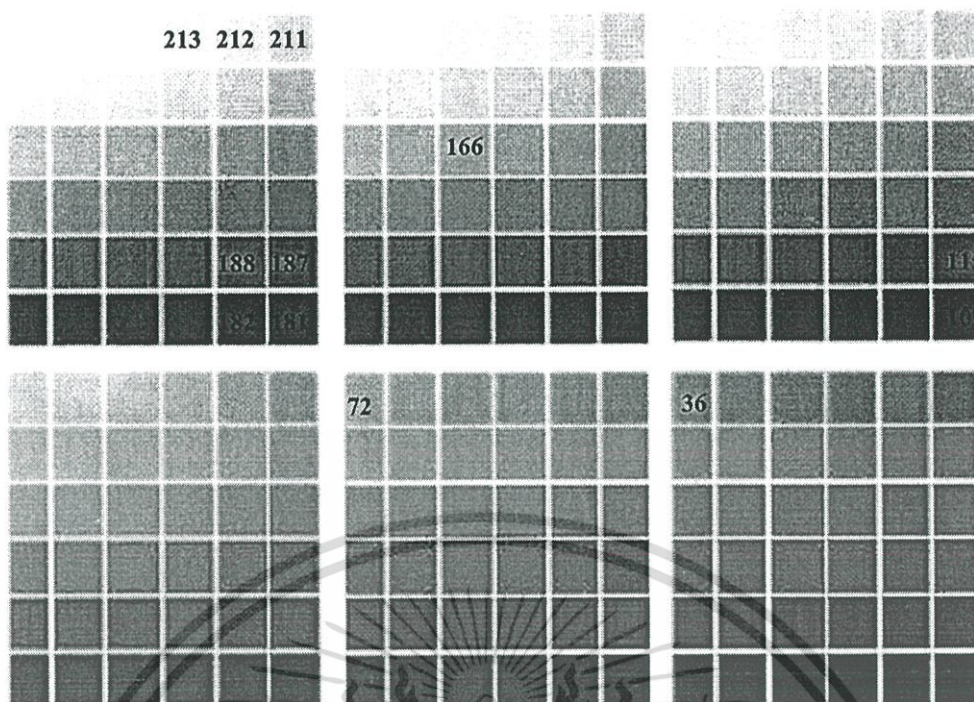
1. กลุ่มที่สามารถรวมค่าสีแดงเข้าด้วยกัน เช่น สีหมายเลข 36 และ 72 สามารถรวมเป็นสีกลุ่มเดียวกันได้คือ สีหมายเลข 18 แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.1
2. กลุ่มที่สามารถรวมค่าสีเขียวเข้าด้วยกัน เช่น สีหมายเลข 109 และ 115 สามารถรวมเป็นสีกลุ่มเดียวกันได้คือ สีหมายเลข 44 แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.1
3. กลุ่มที่สามารถรวมค่าสีน้ำเงินเข้าด้วยกัน เช่น สีหมายเลข 211 212 และ 213 สามารถรวมเป็นสีกลุ่มเดียวกันคือ สีหมายเลข 90 แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.1
4. กลุ่มที่ไม่สามารถรวมกันได้ คือ สีในแนวเส้นทแยงมุม เช่น สีหมายเลข 166 ไม่สามารถรวมกลุ่มได้ก็จะแยกเป็นสีเดี่ยว คือ สีหมายเลข 65 แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.1
5. กลุ่มที่สามารถรวมค่าได้มากกว่าหนึ่งสี เช่น สีหมายเลข 181 182 187 และ 188 สามารถรวมเป็นสีกลุ่มเดียวกันคือ สีหมายเลข 76 แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.1

สามารถดูรายละเอียดของการแบ่งช่วงสีที่เหลือได้ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.4

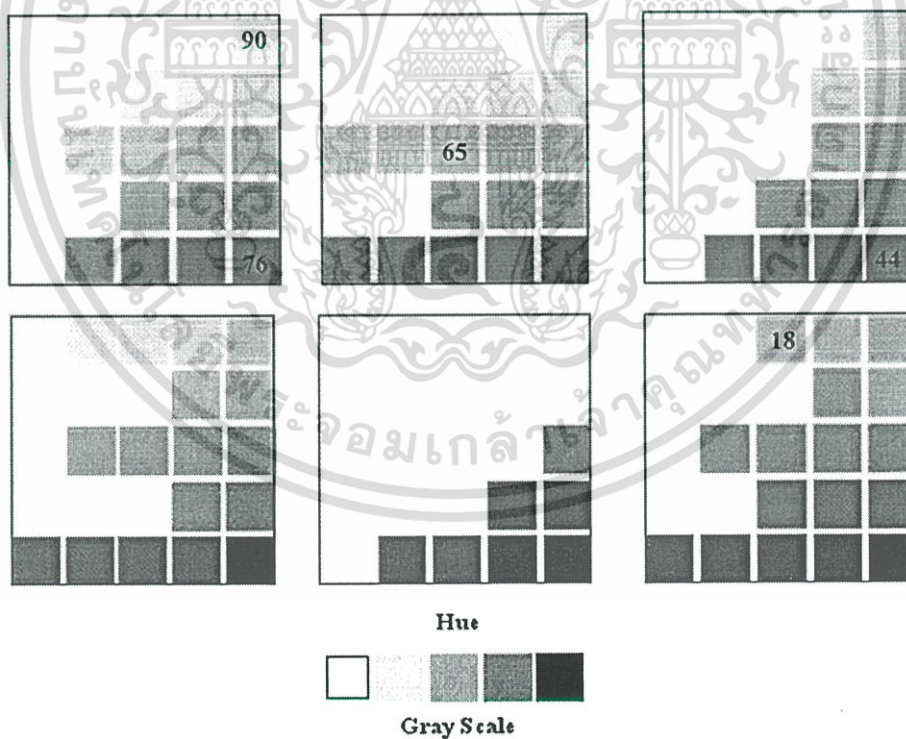
ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างของการรวมช่วงสีในแต่ละกลุ่ม

กลุ่มที่	สีที่อยู่ในแบบจำลองสี 216 สี			สีที่ได้จากการรวมช่วงสีแบบโอเพนโทรม	
1	36 [0 255 255]	72 [51 255 255]		18 [38 255 255]	
2	109 [153 0 0]	105 [153 51 0]		44 [153 38 0]	
3	211 [255 255 0]	212 [255 255 51]	213 [255 255 102]	90 [342 342 64]	
4	166 [204 153 153]			65 [204 153 153]	
5	181 [255 0 0]	182 [255 0 51]	187 [255 51 0]	188 [255 51 51]	76 [242 38 38]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างของการรวมกันของกลุ่มสีใน โมเดลสี 216 RGB Color



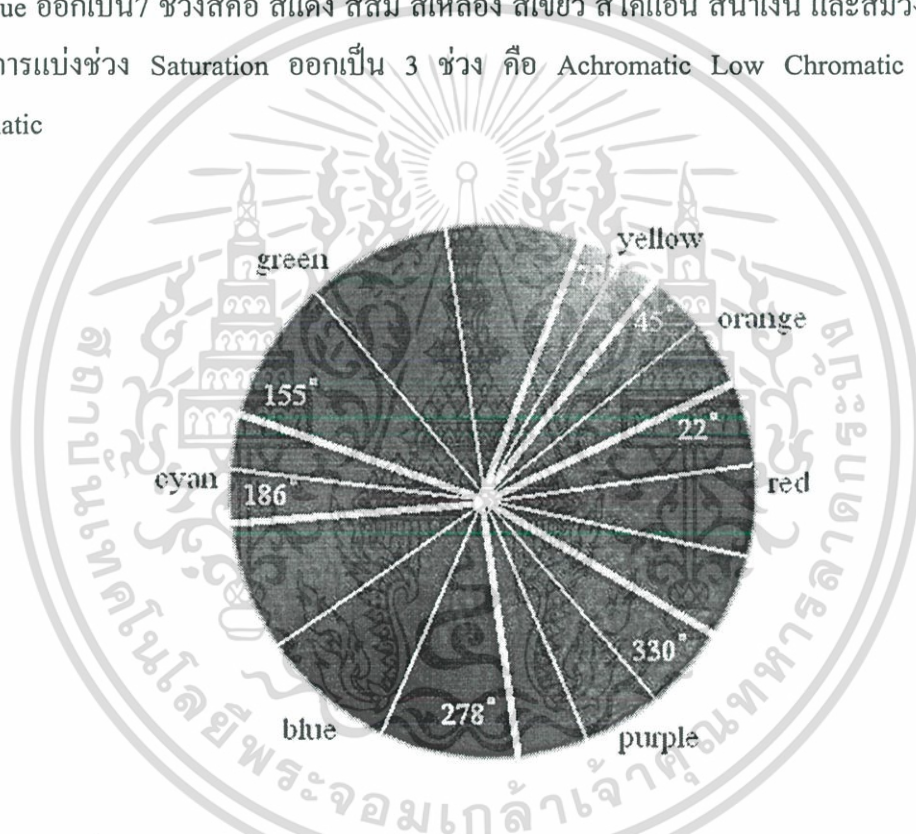
รูปที่ 4.8 ช่วงสีที่ได้จากการแบ่งแบบนีออนยูนิฟอร์ม 92 สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 4.7 แสดงตำแหน่งของสีตัวอย่างในโมเดลสี 216 ที่นำมารวมกันแบบนีออนยูนิฟอร์มตามตารางที่ 4.1 และจากการทดลองเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง เขียว และน้ำเงินสามารถจำแนกกลุ่มสีออกเป็น 92 กลุ่มสีดังรูปที่ 4.8 ประกอบด้วยกลุ่มที่เป็นสี และกลุ่มของสีขาวเทา สามารถดูรายละเอียดของการรวมช่วงสีแต่ละช่วงได้ในภาคผนวก ก.4

#### 4.4.3 การออกแบบคุณลักษณะสีแบบ Nonuniform ในแบบจำลองสี HSI

จากการแบ่งช่วงสีของงานวิจัย Sorai แต่ละช่วงสีจะมีความละเอียดมากขึ้นไป งานวิจัยนี้จึงได้แบ่งช่วงสีของแบบจำลองสี HIS เป็นแบบนีออนยูนิฟอร์มโดยอาศัยการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์มของงานวิจัยของ Ho Yong และคณะ [22] มาประยุกต์ใช้ จากรูปที่ 4.9 จะเป็นการแบ่งช่วงสีของ Hue ออกเป็น 7 ช่วงสีคือ สีแดง สีส้ม สีเหลือง สีเขียว สีไคแอน สีน้ำเงิน และสีม่วง ตามลำดับ และมีการแบ่งช่วง Saturation ออกเป็น 3 ช่วง คือ Achromatic Low Chromatic และ High Chromatic



รูปที่ 4.9 การแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์มในงานวิจัยของ Ho Yong และคณะ

จากช่วงสีที่ได้จะเห็นว่าแต่ละสีจะมีเพียงเฉดสีเดียว ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้แบ่งช่วงสีของ Hue ออกเป็น 18 ช่วงสี มีรายละเอียดการแบ่งของแต่ละสีดังนี้

1. สีแดง แบ่งออกเป็น 3 ช่วงคือ ช่วงแรกจาก 331° ถึง 347° ช่วงที่สองจาก 348° ถึง 4° และช่วงที่สามจาก 5° ถึง 22°
2. สีส้มแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงแรกจาก 23° ถึง 33° และช่วงที่สองจาก 34° ถึง 45°
3. สีเหลืองแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงแรกจาก 46° ถึง 57° และช่วงที่สองจาก 58° ถึง 70°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เขียวแบ่งออกเป็น 3 ช่วงคือ ช่วงแรกจาก  $71^{\circ}$  ถึง  $98^{\circ}$  ช่วงที่สองจาก  $99^{\circ}$  ถึง  $126^{\circ}$  และช่วงที่สามจาก  $127^{\circ}$  ถึง  $155^{\circ}$
5. สีโคแอนแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงแรกจาก  $156^{\circ}$  ถึง  $170^{\circ}$  และช่วงที่สองจาก  $171^{\circ}$  ถึง  $186^{\circ}$
6. สีนํ้าเงินแบ่งออกเป็น 3 ช่วงคือ ช่วงแรกจาก  $187^{\circ}$  ถึง  $217^{\circ}$  ช่วงที่สองจาก  $218^{\circ}$  ถึง  $248^{\circ}$  และช่วงที่สามจาก  $249^{\circ}$  ถึง  $278^{\circ}$
7. สีม่วงแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงแรกจาก  $279^{\circ}$  ถึง  $295^{\circ}$  ช่วงที่สองจาก  $296^{\circ}$  ถึง  $312^{\circ}$  และช่วงที่สามจาก  $313^{\circ}$  ถึง  $330^{\circ}$

นอกจากนี้ได้มีการแบ่งช่วงของ Saturation ออกเป็น 3 ช่วงตามงานวิจัย [18] รายละเอียดการแบ่ง Intensity ในแต่ละช่วง และตัวอย่างสีที่อยู่ในแต่ละช่วงแสดงไว้ในภาคผนวก ก.5

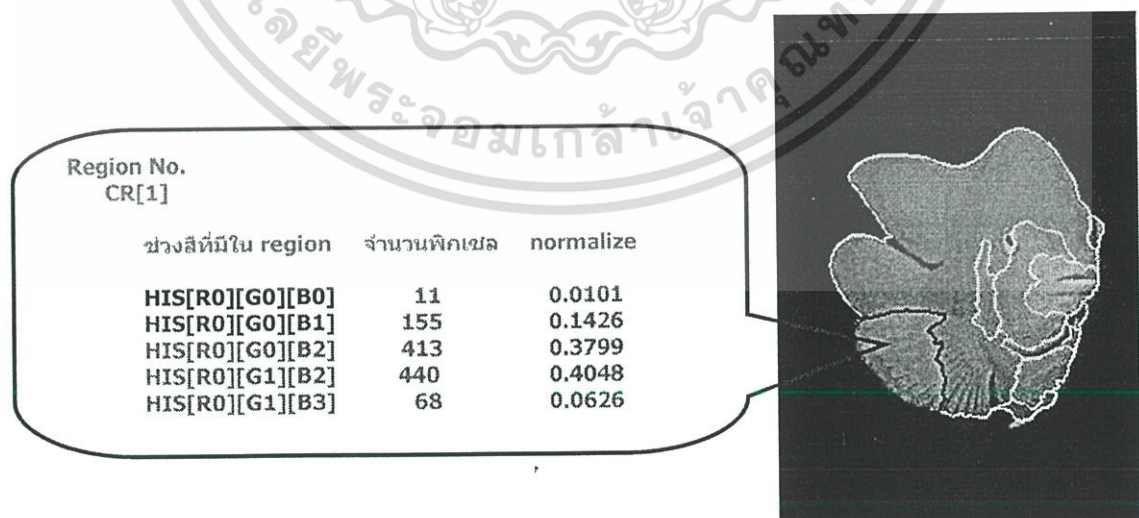
## 4.5 การสร้างดัชนีภาพ

### 4.5.1 ฮิสโตแกรมสี

พื้นที่ของภาพที่ได้หลังจากการแยกส่วนภาพด้วยอัลกอริทึม JSEG จะนำแต่ละพื้นที่มาหาค่าฮิสโตแกรมของสี (color histogram) โดยการหาค่ากระจายของสีภายในภาพ โดยทำการหาในช่วงสีต่างๆ ตามที่ได้ทำการแบ่งกลุ่มไว้ทั้ง 4 แบบก่อนหน้านี้นี้ แล้วนำค่าดัชนีภาพที่ได้ไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการสืบค้นคืน โดยมีโครงสร้างในการเก็บค่าฮิสโตแกรมสีดังนี้

$CR1, CR2, \dots, CRn$  เป็นหมายเลขของ region ภายในภาพจาก region ที่ 1 ถึง region ที่ n

$HIS R[i]G[j]B[k]$  เป็นช่วงสีที่มีอยู่ในแต่ละ region โดยกำหนดค่า i, j, k มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n ตามจำนวนของช่วงสีที่ได้ทำการแบ่งในแต่ละแบบ



รูปที่ 4.10 ตัวอย่างของการหาค่าฮิสโตแกรมสีของภาพในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 เป็นตัวอย่างของการเก็บค่าฮิสโตแกรมสีของภาพปลา ภายใน region กรอบสีน้ำเงิน ซึ่งแสดงค่าช่วงสีที่มีอยู่ภายใน region 1 (CR[1]) เช่น ในช่วงสี HIS[R0][G0][B0] มีจำนวนพิกเซลในช่วงสีนี้ 11 พิกเซล และมีค่านอร์มอลไลซ์ของช่วงสีนี้เป็น 0.0101 เป็นต้น

#### 4.5.2 การหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สี (color correlogram)

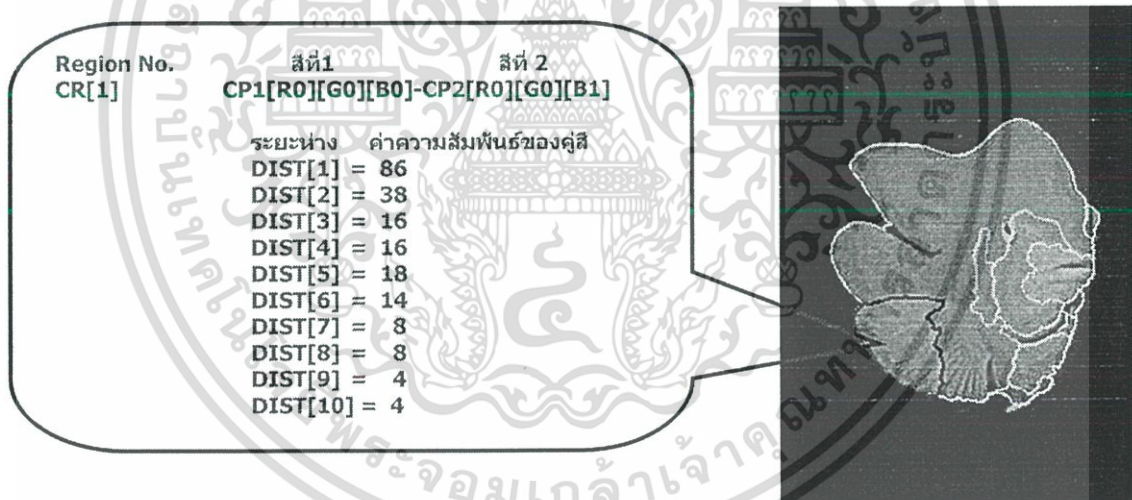
ค่าความสัมพันธ์ระหว่างคู่สีที่ได้จากการคำนวณตามที่ได้อธิบายไว้ก่อนหน้านี้ จะถูกนำมาเก็บเป็นดัชนีภาพในฐานะข้อมูล เพื่อใช้ในการสืบค้นคืนข้อมูลภาพ โดยมีโครงสร้างในการเก็บความสัมพันธ์ระหว่างคู่สีดังนี้

$CR_1, CR_2, \dots, CR_n$  เป็นหมายเลขของ region ภายในภาพจาก region ที่ 1 ถึง region ที่ n

$CP_i - CP_j$  เป็นคู่สีที่มีในแต่ละ region กำหนดค่า  $i, j = 1, \dots, m$

DIS[1], DIS[2], ..., DIS[10] จะเก็บจำนวนพิกเซลของคู่สี  $i, j$  ที่ระยะห่าง 1 ถึง 10

จากในรูปที่ 4.11 เป็นตัวอย่างการเก็บค่าดัชนีภาพที่ได้จากการหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สี ซึ่งเป็นของ region 1 (CR[1]) เปรียบเทียบสี CP1 ที่มีค่าช่วงสีเป็น R[0]G[0]B[0] กับสี CP2 ที่มีค่าช่วงสีเป็น R[0]G[0]B[1]



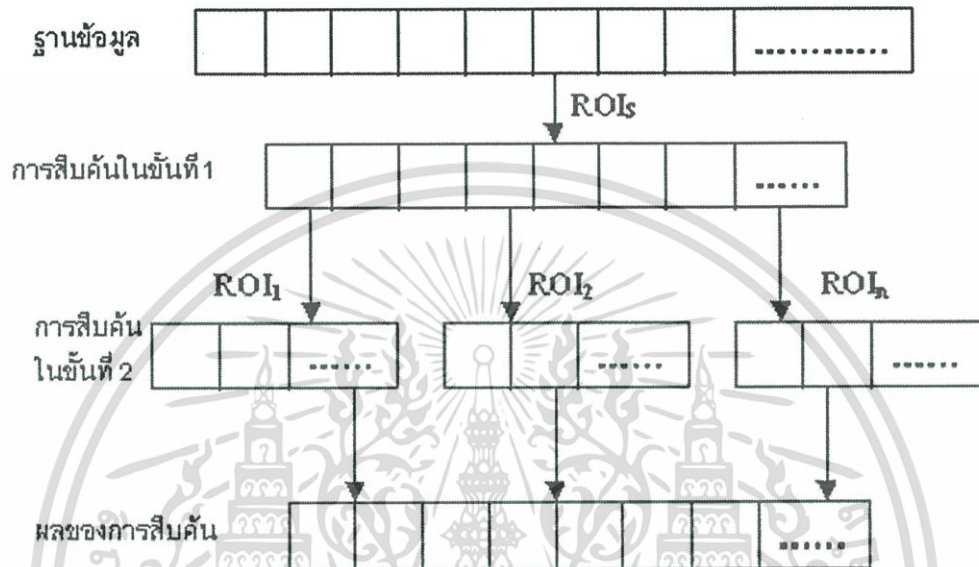
รูปที่ 4.11 การหาค่าความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สี

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำวิธีการสืบค้นข้อมูลแบบลำดับชั้นมาใช้ในการสืบค้นข้อมูลภาพจากฐานข้อมูล มีขั้นตอนในการสืบค้นดังรูปที่ 4.8 โดยนำพื้นที่สำคัญ (ROI) มาใช้ในการสืบค้นคืนภาพจากฐานข้อมูลในขั้นที่ 1 จะได้ภาพที่มีค่าดัชนีภาพใกล้เคียงกันกับดัชนีของพื้นที่สำคัญมาหนึ่งชุด จากนั้นจะนำพื้นที่ที่เหลือ (ROI<sub>1</sub>, ..., ROI<sub>n</sub>) มาใช้ในการสืบค้นจากข้อมูลชุดแรก แต่ละพื้นที่ก็จะได้ภาพมาคนละชุดกัน จากนั้นผลที่ได้จากการสืบค้นทั้งหมดมาทำการจัดลำดับข้อมูลว่าภาพใดมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความใกล้เคียงกับพื้นที่ที่ผู้ใช้สนใจมาแสดงเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดของขั้นตอนต่างๆ ในหัวข้อต่อไป

#### 4.6 การสืบค้นคืนข้อมูลภาพ



รูปที่ 4.12 แสดงการสืบค้นข้อมูลรูปภาพด้วยวิธีการแบบผสมระหว่างการสืบค้นข้อมูลแบบลำดับขั้นและการสืบค้นข้อมูลแบบ static

##### 4.6.1 วิธีการค้นคืนภาพในขั้นที่ 1

ขั้นตอนในการค้นคืนภาพในขั้นที่ 1 จะประกอบด้วย การเลือกพื้นที่ที่สนใจ โดยการหา region ที่จะนำไปใช้ค้นคืนในขั้นที่ 1 เพื่อนำคุณลักษณะสีที่ได้ไปเปรียบเทียบกับภาพที่มีอยู่ในฐานข้อมูล การเปรียบเทียบข้อมูล และการจัดลำดับข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

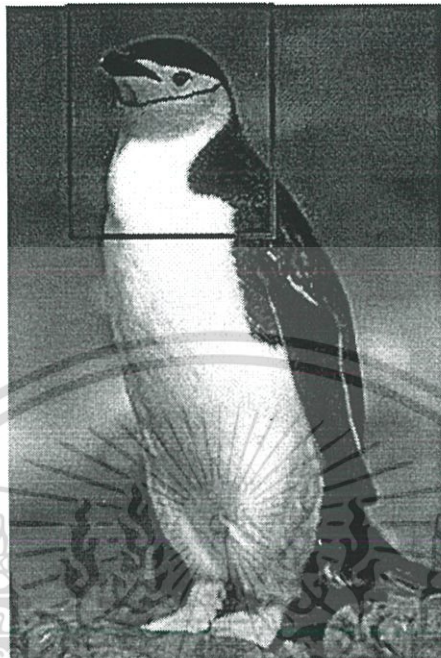
###### 4.6.1.1 การเลือกพื้นที่ที่สนใจ

ระบบค้นคืนข้อมูลภาพที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ ผู้ใช้สามารถกำหนดพื้นที่ที่ต้องการได้โดยติกรอบสี่เหลี่ยมบนภาพตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 4.13 คือ พื้นที่ภายในกรอบสีแดง คือ พื้นที่ที่สนใจ (Region of Interest : ROI) โดยพื้นที่นี้จะนำไปหาพื้นที่ (region) สำคัญเพื่อจะนำไปใช้ในการสืบค้นคืนขั้นที่ 1

###### 4.6.1.2 การหาพื้นที่สำคัญที่จะนำไปสืบค้นคืนในขั้นที่ 1

ในการหาพื้นที่สำคัญจะหา region ที่ใหญ่ที่สุดภายในพื้นที่ 30 เพลอร์เซ็นต์ที่อยู่บริเวณตรงกลางของภาพที่ผู้ใช้เลือกเพื่อนำมาใช้ในการสืบค้นข้อมูลรูปภาพในขั้นที่ 1 ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.14

จะพบว่าพื้นที่ในกรอบสีน้ำเงินเป็นพื้นที่ 30 เปอร์เซ็นต์บริเวณตรงกลาง ซึ่งมีพื้นที่ย่อย 3 ส่วน โดยจะเลือกพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดคือ พื้นที่สี่เหลี่ยม (ROIs) เป็นพื้นที่สำคัญที่จะนำไปใช้ในการสืบค้นในขั้นที่ 1



รูปที่ 4.13 การเลือกพื้นที่ที่สนใจภายในภาพตัวอย่าง



รูปที่ 4.14 การหาพื้นที่สำคัญเพื่อนำไปสืบค้นค้นในขั้นที่ 1

#### 4.6.1.3 การหาคุณลักษณะที่จะเอาไปเทียบกับคุณลักษณะในฐานข้อมูล

พื้นที่ที่ผู้ใช้เลือกในรูปที่ 4.14 จะนำไปผ่านขั้นตอนการสร้างดัชนีภาพ โดยการหาคุณลักษณะสี ทั้งการหาฮิสโตแกรมสีและการหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สี ดังที่ได้กล่าวในหัวข้อที่ผ่านมา เพื่อนำไปใช้ในการเปรียบเทียบความใกล้เคียงกับดัชนีภาพที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล

#### 4.6.1.4 การเปรียบเทียบข้อมูล

ในการเปรียบเทียบคุณลักษณะสีของภาพที่สนใจกับภาพในฐานข้อมูล ในงานวิจัยนี้ ประยุกต์ใช้เทคนิคการวัดความแตกต่างแบบ L1 ( L1 distance measure ) [20] สำหรับการวัดความแตกต่างของฮิสโตแกรมสีในสมการที่ 4.1 และการหาความแตกต่างของความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สีในสมการที่ 4.2

$$|I - I'|_{h,d_1} \triangleq \sum_{i \in [m]} \frac{|h_{c_i}(I) - h_{c_i}(I')|}{1 + h_{c_i}(I) + h_{c_i}(I')} \quad (4.1)$$

$$|I - I'|_{\gamma,d_1} \triangleq \sum_{i \in [m]} \frac{|\gamma_{c_i,c_j}^{(k)}(I) - \gamma_{c_i,c_j}^{(k)}(I')|}{1 + \gamma_{c_i,c_j}^{(k)}(I) + \gamma_{c_i,c_j}^{(k)}(I')} \quad (4.2)$$

โดยที่  $I$  คือ ภาพ query และ  $I'$  คือ ภาพในฐานข้อมูล  $h_{c_i}I$  และ  $h_{c_i}I'$  คือ ฮิสโตแกรมสี  $\gamma_{c_i,c_j}^{(k)}(I)$  และ  $\gamma_{c_i,c_j}^{(k)}(I')$  คือ ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สี

#### 4.6.1.5 การจัดลำดับข้อมูล

ในการจัดลำดับข้อมูลของภาพในฐานข้อมูลที่มีความใกล้เคียงกับภาพที่ผู้ใช้สนใจ หาได้จากสมการที่ 4.3 โดยภาพที่มีดัชนีภาพใกล้เคียงกับภาพที่สนใจมากที่สุดจะอยู่ในลำดับแรกของผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืน

$$\text{Distance} = \left( |I - I'|_{h,d_1} * \text{weigh}(\text{Histogram}) + |I - I'|_{\gamma,d_1} * \text{weigh}(\text{Correlogram}) \right) \quad (4.3)$$

นอกจากนี้มีการวัดประสิทธิภาพของการค้นคืนข้อมูลภาพโดยใช้การหาค่าเฉลี่ย precision ระดับ recall  $r$  สามารถคำนวณจากสมการที่ 3.18

### 4.6.2 วิธีการค้นคืนภาพในขั้นที่ 2

ในขั้นตอนที่สองจะนำเอาพื้นที่ที่เหลือที่ผู้ใช้เลือกมาสืบค้นภาพในชุดภาพที่ได้ผลมาจากขั้นตอนแรก จากรูปที่ 4.14 คือ พื้นที่สีขาวและพื้นที่สีดำ นำมาสืบค้นภาพจากผลลัพธ์ที่ได้ในขั้นที่ 1 แล้วนำผลที่ได้ในขั้นที่ 2 มาทำการจัดลำดับข้อมูลตามสมการที่ 4.3 เพื่อจัดลำดับความใกล้เคียงของพื้นที่ที่สนใจกับภาพในฐานข้อมูล โดยภาพแรกของผลลัพธ์ที่ได้จะภาพที่มีความใกล้เคียงกับพื้นที่ที่สนใจมากที่สุดซึ่งจะเรียงลำดับจากความใกล้เคียงมากไปหาน้อย

#### 4.6.3 ตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าดัชนีภาพของภาพ query กับภาพในฐานข้อมูล

การเปรียบเทียบดัชนีภาพของระบบจะทำการเปรียบเทียบดัชนีของภาพ query กับภาพในฐานข้อมูลที่ละภาพ โดยการนำพื้นที่ที่สนใจที่ผู้ใช้เลือกจากภาพตัวอย่างไปหาค่าฮิสโตแกรมสีและค่าความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สีภายในพื้นที่ย่อยทุกพื้นที่ที่ผู้ใช้เลือก แล้วนำค่าดัชนีภาพที่ได้มาเปรียบเทียบกับดัชนีภาพแต่ละภาพที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล

##### 4.6.3.1 ตัวอย่างโครงสร้างของการเก็บค่าดัชนีภาพ

เมื่อนำภาพ query ไปสร้างดัชนีภาพตามวิธีการในหัวข้อที่ผ่านมาจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.15 ซึ่งเป็นตัวอย่างการเก็บดัชนีภาพของค่าฮิสโตแกรมสีที่ได้จาก query รูปปั้น โดยรูปที่ 4.15 (a) เป็นภาพตัวอย่างที่นำมาให้ผู้เลือกพื้นที่ที่สนใจ (b) ภาพพื้นที่ที่สนใจที่ผู้ใช้เลือก (c) ภาพที่ได้จากการแยกส่วนภาพ (d) ตัวอย่างของค่าฮิสโตแกรมสีของ region ในกรอบสี่เหลี่ยมเส้นหนาในรูป (c) และสามารถดูค่าฮิสโตแกรมสีของ region อื่นๆ ได้ในภาคผนวก ก



(a) (b) (c)  
ค่าฮิสโตแกรมสีของ region ในกรอบสี่เหลี่ยมเส้นหนา

R(0)G(0)B(0)=10	0.0015	R(0)G(0)B(3)=129	0.0201
R(0)G(0)B(4)=3	0.0004	R(0)G(1)B(2)=489	0.0764
R(0)G(4)B(1)=367	0.0573	R(0)G(4)B(4)=1	0.0001
R(1)G(1)B(1)=667	0.1042	R(1)G(2)B(0)=1406	0.2197
R(2)G(0)B(4)=1193	0.1864	R(2)G(4)B(1)=972	0.1519

(d)

รูปที่ 4.15 ตัวอย่างของดัชนีภาพของภาพ query รูปปั้น

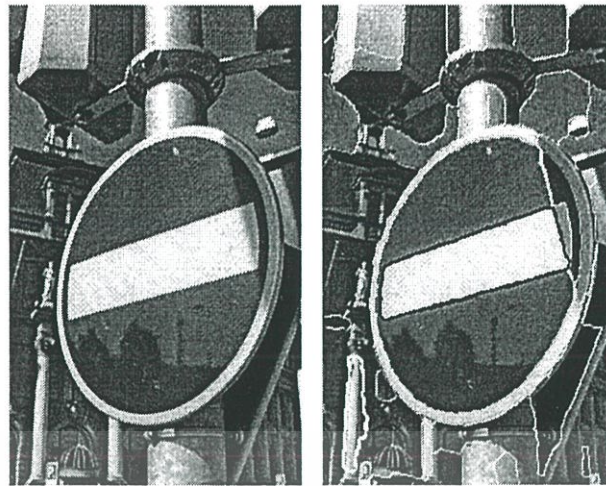
(a) ภาพตัวอย่าง

(b) ภาพพื้นที่ที่สนใจ

(c) ภาพจากการแยกส่วนภาพ

(d) ค่าฮิสโตแกรมสีของ region ในกรอบสี่เหลี่ยมเส้นหนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)

(b)

Region ในกรอบสีขาว		Region ในกรอบสีน้ำเงิน		Region ในกรอบสีเหลือง	
R(0)G(0)B(1)=2	0.0014	R(1)G(2)B(0)=10	0.0013	R(0)G(0)B(3)=1	0.00004
R(0)G(0)B(3)=33	0.0244	R(2)G(0)B(4)=183	0.0245	R(0)G(1)B(2)=6	0.00002
R(0)G(1)B(2)=223	0.1650	R(2)G(4)B(1)=7210	0.9681	R(0)G(2)B(2)=1	0.00004
R(0)G(4)B(1)=264	0.1954	R(2)G(4)B(4)=44	0.0059	R(0)G(4)B(1)=9	0.0004
R(1)G(1)B(1)=43	0.0318			R(1)G(0)B(3)=117	0.0052
R(1)G(2)B(0)=196	0.1450			R(1)G(1)B(1)=10	0.0004
R(2)G(0)B(4)=300	0.2220			R(1)G(2)B(0)=97	0.0043
R(2)G(4)B(1)=240	0.1776			R(2)G(0)B(4)=189	0.0085
R(2)G(4)B(4)=50	0.0370			R(2)G(1)B(3)=5485	0.2475
				R(2)G(1)B(4)=15893	0.7171
				R(2)G(4)B(1)=313	0.0141
				R(2)G(4)B(4)=39	0.0017

(c)

รูปที่ 4.16 ตัวอย่างของดัชนีภาพของภาพป้ายจราจรในฐานะข้อมูล

(a) ภาพตัวอย่าง

(b) ภาพจากการแยกส่วนภาพ

(c) ค่าฮิสโตแกรมสีของแต่ละ region

ในรูปที่ 4.16 จะเป็นตัวอย่างการเก็บดัชนีภาพในฐานะข้อมูลของภาพป้ายจราจร โดยแสดงตัวอย่างการเก็บค่าฮิสโตแกรมสีของ region ในกรอบสีขาว เส้นหนา สีน้ำเงิน และสีเหลือง ดังรูปที่ 4.16(c)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.6.3.2 ตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าดัชนีภาพ

การเปรียบเทียบดัชนีภาพจะทำการเปรียบเทียบค่าฮิสโตแกรมสีและค่าความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สีซึ่งจะทำการเปรียบเทียบค่าดัชนีภาพทีละ region ภายในภาพ ตามที่ได้อธิบายในหัวข้อที่ 4.6 ในรูปที่ 4.15 เป็นตัวอย่างดัชนีภาพของ query รูปปั้นของ region ภายในกรอบสี่ขาวเส้นหนาซึ่งเป็นพื้นที่ที่สำคัญสำหรับการนำไปเปรียบเทียบในขั้นที่ 1 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับดัชนีภาพของ region ภายในกรอบสี่ขาวเส้นหนาในรูปที่ 4.16 (b) (ภาพในฐานะข้อมูล) ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบค่าฮิสโตแกรมสีจากรูปที่ 4.15 (d) กับรูปที่ 4.16 (c) ตามสมการที่ 4.1 จะได้ค่าความแตกต่างของการเปรียบเทียบเป็น

$$\begin{aligned}
 I - I' &= \left[ \begin{aligned}
 &(R(0)G(0)B(0)=0.0015-0) + (R(0)G(0)B(3)=0.0201-0.0244) + \\
 &(R(0)G(0)B(4)=0.0004-0) + (R(0)G(1)B(2)=0.0764-0.1650)+ \\
 &(R(0)G(4)B(1)=0.0573-0.1954) + (R(0)G(4)B(4)=0.0001-0) + \\
 &(R(1)G(1)B(1)=0.1042-0.0318) + (R(1)G(2)B(0)=0.2197-0.1450) + \\
 &(R(2)G(0)B(4)=0.1864-0.2220) + (R(2)G(4)B(1)=0.1519-0.0370) + \\
 &(R(0)G(0)B(1)=0-0.00014) + (R(2)G(4)B(4)=0-0.0370)
 \end{aligned} \right] \\
 &= \left[ \begin{aligned}
 &1 + 0.0015 + 0.0201 + 0.0244 + 0.0004 + 0.0764 + 0.1650 + \\
 &0.0573 + 0.1954 + 0.0001 + 0.1042 + 0.0318 + 0.2197 + 0.1450 + \\
 &0.1864 + 0.2220 + 0.1519 + 0.0370
 \end{aligned} \right] \\
 &= 0.17923 \\
 &= 17.923 \text{ เปอร์เซนต์}
 \end{aligned}$$

เมื่อนำค่าฮิสโตแกรมสี region ภายในกรอบสี่ขาวเส้นหนาของรูปปั้นในรูปที่ 4.15 (d) มาเปรียบเทียบกับ region ภายในกรอบสี่น้ำเงินของรูปป้ายจราจรของรูปที่ 4.16 (c) จะได้ค่าความแตกต่างเป็น

$$\begin{aligned}
 I - I' &= \left[ \begin{aligned}
 &(R(0)G(0)B(0)=0.0015-0) + (R(0)G(0)B(3)=0.0201-0) + \\
 &(R(0)G(0)B(4)=0.0004-0) + (R(0)G(1)B(2)=0.0764-0)+ \\
 &(R(0)G(4)B(1)=0.0573-0) + (R(0)G(4)B(4)=0.0001-0) + \\
 &(R(1)G(1)B(1)=0.1042-0) + (R(1)G(2)B(0)=0.2197-0.0013) + \\
 &(R(2)G(0)B(4)=0.1864-0.0245) + (R(2)G(4)B(1)=0.1519-0.9681) + \\
 &(R(2)G(4)B(4)=0-0.0059)
 \end{aligned} \right] \\
 &= \left[ \begin{aligned}
 &1 + 0.0015 + 0.0201 + 0.0004 + 0.0764 + 0.0573 + 0.0001 + 0.1042 \\
 &+ 0.2197 + 0.0013 + 0.1864 + 0.0245 + 0.1519 + 0.9681 + 0.0059
 \end{aligned} \right]
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 0.51898$$

$$= 51.898 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

เมื่อนำค่าฮิสโตแกรมสี region ภายในกรอบสี่เหลี่ยมของรูปปั้นในรูปที่ 4.15 (d) มาเปรียบเทียบกับ region ภายในกรอบสี่เหลี่ยมของรูปป้ายจราจรของรูปที่ 4.16 (c) จะได้ค่าความแตกต่างเป็น

$$I - I' = \begin{array}{l} (R(0)G(0)B(0)=0.0015-0) + (R(0)G(0)B(3)=0.0201-0.00004) + \\ (R(0)G(0)B(4)=0.0004-0) + (R(0)G(1)B(2)=0.0764-0.00002) + \\ (R(0)G(4)B(1)=0.0573-0.0004) + (R(0)G(4)B(4)=0.0001-0) + \\ (R(1)G(1)B(1)=0.1042-0.0004) + (R(1)G(2)B(0)=0.2197-0.0043) + \\ (R(2)G(0)B(4)=0.1864-0.0085) + (R(2)G(4)B(1)=0.1519-0.0141) + \\ (R(0)G(2)B(2)=0-0.00004) + (R(1)G(0)B(3)=0-0.0052) + \\ (R(2)G(1)B(3)=0-0.2475) + (R(2)G(1)B(4)=0-0.7171) + \\ (R(2)G(4)B(4)=0-0.0017) \end{array}$$

$$= \frac{1 + 0.0015 + 0.0201 + 0.0004 + 0.0764 + 0.0573 + 0.0001 + 0.1042 + 0.2197 + 0.1864 + 0.1519 + 0.00004 + 0.00002 + 0.00004 + 0.0052 + 0.0004 + 0.0043 + 0.0085 + 0.2475 + 0.7171 + 0.0141 + 0.0017}{1}$$

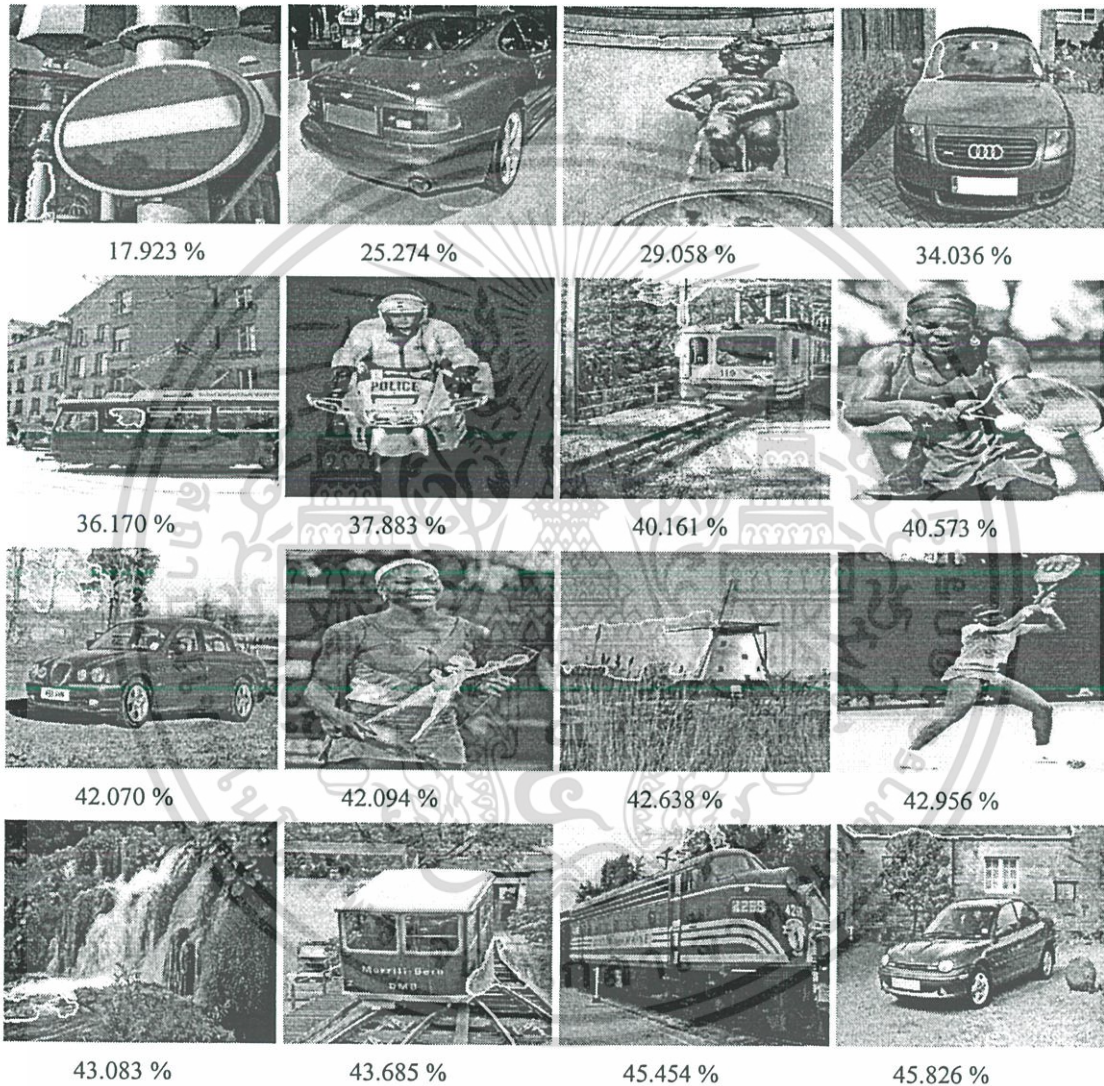
$$= 0.62543$$

$$= 62.543 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

ค่าความแตกต่างที่ได้จะเห็นว่าใน region ที่มีจำนวนของช่วงสีที่ตรงกันมากจะให้ค่าความแตกต่างของข้อมูลน้อย ส่วน region ที่มีจำนวนของช่วงสีที่ตรงกันน้อยจะให้ค่าความแตกต่างของข้อมูลมากกว่า

ค่าความแตกต่างที่ได้หลังการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมของ region ในกรอบสี่เหลี่ยมกับ region ในกรอบสี่เหลี่ยม สีน้ำเงิน สีเหลือง และ region อื่นๆ ของภาพป้ายจราจรจะนำมาเปรียบเทียบโดยเลือกเอาค่าความแตกต่างที่น้อยที่สุดเพื่อเก็บเป็นค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบของภาพไว้ (สำหรับภาพป้ายจราจรจะได้ค่าความแตกต่างน้อยที่สุดคือ 17.923 % ) จากนั้นทำการเปรียบเทียบ region สีเขียวกับ region ต่างๆ ในภาพอื่นๆ ที่เก็บในฐานะข้อมูลในลักษณะเดียวกันแล้วจัดลำดับความแตกต่างของภาพแต่ละภาพในฐานะข้อมูล โดยจะเรียงลำดับภาพที่มีความแตกต่างน้อยไปหามาก ซึ่งจาก query รูปปั้นในรูปที่ 4.15 (b) จะได้ผลลัพธ์ของการสืบค้นคืนในขั้นที่ 1 ดังรูปที่ 4.17 โดย แทน region ของผลลัพธ์ที่มีความแตกต่างกับ query น้อยที่สุดด้วยกรอบสี่เหลี่ยม

สำหรับในการสืบค้นคืนในขั้นที่ 2 จะนำ region อื่นๆ ของภาพ query มาเปรียบเทียบกับทุกๆ region ของภาพผลลัพธ์ที่ได้ในขั้นที่ 1 แล้วทำการจัดลำดับจากค่าความแตกต่างจากน้อยไปหามาก ซึ่งจะได้ภาพผลลัพธ์ในการสืบค้นคืนของระบบดังรูปที่ 4.18 จะเห็นได้ว่าผลของ query นี้เจอภาพเพียงภาพเดียวและไม่เจอภาพที่เป็นกลุ่มเดียวกันเลย เนื่องจากการกำหนดค่า distance ของผลลัพธ์ที่ได้มีภาพป้ายจราจรเพียงภาพเดียวที่มีค่า distance อยู่ในช่วงที่กำหนด (ขั้นที่ 1 กำหนดค่า distance เป็น 50 เปอร์เซนต์และขั้นที่ 2 กำหนดค่า distance เป็น 25 เปอร์เซนต์)



รูปที่ 4.17 ผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนในขั้นที่ 1 จากการเปรียบเทียบค่าฮิสโตแกรมสีของ region ภายในกรอบสีขาวเส้นหนากับภาพในฐานข้อมูล



รูปที่ 4.18 ผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพ query รูปปั้นจากฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น การเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### ผลการทดลองและการวิเคราะห์



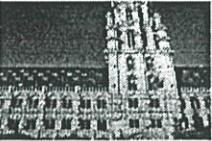















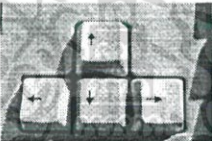



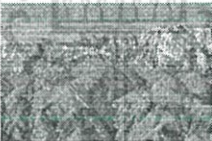
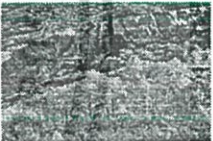




งานวิจัยระบบสืบค้นค้นภาพโดยใช้ลักษณะสำคัญในการสร้างดัชนีภาพนี้ ได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการแบ่งช่วงสี การรับรู้สีของมนุษย์และข้อมูลที่เกี่ยวข้องของระบบสืบค้นค้นข้อมูลภาพที่อาศัยลักษณะสำคัญ (Content-based Image Retrieval) แล้วนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์เพื่อหาวิธีการในการแบ่งช่วงสีและวิธีการในการสืบค้นเพื่อนำมาใช้ในการสร้างระบบสืบค้นค้นภาพโดยอาศัยการแบ่งช่วงสีตามการรับรู้สีของมนุษย์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการแบ่งช่วงสีเป็นแบบเนียนยูนิฟอร์มตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 แล้วพัฒนาโปรแกรมเพื่อที่จะทดลองและวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลอง โดยใช้ฐานข้อมูลภาพที่มีในอินเทอร์เน็ต [20] ฐานข้อมูลที่น่ามาจาก Corel stock photo gallery และภาพที่ได้จากวีดิโอคลิป ภาพที่น่ามาเป็นฐานข้อมูลจะมีขนาด 384 X 256 พิกเซล หรือ 256 X 384 พิกเซล มีความละเอียด 24 บิตต่อพิกเซล จำนวนกว่า 2,000 ภาพ ในการทดลองได้แบ่งกลุ่มภาพออกเป็น 7 ประเภทตามตารางที่ 5.1 ภาพในแต่ละประเภทจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มโดยภาพภายในกลุ่มเดียวกันจะเป็นวัตถุที่มีความใกล้เคียงกัน(ชื่อเรียกเหมือนกัน)หรือเป็นวัตถุเดียวกันและมีสีใกล้เคียงกัน เช่น กลุ่มภาพแคโรต กลุ่มภาพดอกกุหลาบสีส้ม กลุ่มกระรอก เป็นต้น สามารถดูตัวอย่างของภาพที่นำมาเป็นฐานข้อมูลได้ในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 ประเภทของภาพที่นำมาใช้ในการทดลอง

ประเภทของภาพ	จำนวนภาพ
อาคารและสิ่งก่อสร้าง (Building) {Architecture, Monument}	400
สัตว์สิ่งมีชีวิต (Creature) {Character, Closed-up}	250
ผักผลไม้และอาหาร (Foodstuff) {Food, Fruit, Vegetable}	200
มนุษย์ (Human) {Face, Posing}	300
สิ่งของและรถยนต์ (Material) {Car, Train, Thing}	400
วิวธรรมชาติ (Natural) {Landscape, Shading}	300
ดอกไม้และต้นไม้ (Plant) {Flower, Tree}	300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ตัวอย่างภาพที่ใช้เป็นฐานข้อมูล

ประเภท	ตัวอย่างภาพในฐานข้อมูล			
สิ่งก่อสร้าง				
สิ่งมีชีวิต				
อาหาร				
มนุษย์				
สิ่งของและ เครื่องยนต์				
วิวธรรมชาติ				
ดอกไม้และ ต้นไม้				

### 5.1 การทดลองเปรียบเทียบการสืบค้นกินข้อมูลภาพโดยอาศัยคุณลักษณะสี

ในการทดลองจะทำการเปรียบเทียบคุณลักษณะของช่วงสีที่ได้จากการแบ่งช่วงสีแบบยูนิฟอร์ม และน็อนยูนิฟอร์มในแต่ละแบบจำลองสี โดยทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นกินภาพในฐานข้อมูลว่าภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นนั้นอยู่ในกลุ่มภาพเดียวกันกับภาพตัวอย่าง (query) หรือไม่ ลำดับของภาพผลลัพธ์ที่เป็นกลุ่มเดียวกันนั้นอยู่ในลำดับต้นๆ หรือไม่ และภาพผลลัพธ์ที่ได้โดยส่วนใหญ่มีสีใกล้เคียงหรือแตกต่างกับภาพตัวอย่างมากน้อยเพียงใด โดยจะแบ่งการเปรียบเทียบตามการแบ่งช่วงสีแบบจำลองสีที่ใช้คือ แบบจำลองสี RGB และแบบจำลองสี HSI ตามแนวคิดที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 4 จะได้ดัชนีภาพที่นำมาเปรียบเทียบ 4 แบบด้วยกัน คือ

#### 1. การแบ่งช่วงสียูนิฟอร์ม 64 ระดับในแบบจำลองสี RGB (64 RGB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การแบ่งช่วงสีนีออนยูนิฟอร์ม 92 ระดับในแบบจำลองสี RGB (92RGB)
3. การแบ่งช่วงสียูนิฟอร์ม 68 ระดับในแบบจำลองสี HSI (68HSI)
4. การแบ่งช่วงสีนีออนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี HSI (94HSI)

## 5.2 ผลการควอนไทซ์ภาพโดยการแบ่งช่วงสีแบบต่าง ๆ

ภาพในฐานะข้อมูลจะถูกนำมาสร้างดัชนีภาพตามแนวคิดที่นำเสนอในบทที่ 4 เมื่อทำการแบ่งช่วงสีของภาพตามแนวคิดดังกล่าว และเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการควอนไทซ์ภาพในฐานะข้อมูลตามช่วงสีที่ได้แบ่งไว้ ภาพที่ได้จากการทดลองในแต่ละแบบจะมีความแตกต่างจากภาพต้นฉบับแตกต่างกันตามช่วงสีที่แบ่ง ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 5.3 จากตารางคอลัมน์แรกเป็นภาพต้นฉบับที่นำมาเป็นฐานข้อมูลในแต่ละประเภท คอลัมน์ถัดไปเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการควอนไทซ์ช่วงสีในแต่ละแบบ จากผลการทดลองสามารถวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างดัชนีภาพตามการแบ่งช่วงสีในแต่ละแบบได้ดังนี้

1. การแบ่งช่วงสียูนิฟอร์ม 64 ระดับในแบบจำลองสี RGB

การควอนไทซ์ภาพแบบ 64 RGB ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีสีอื่นปนเข้ามาภายในภาพ ตัวอย่างเช่น ภาพอาคารแถวบนสุดจะเห็นว่าภาพที่ได้จากการควอนไทซ์จะมีสีชมพูเข้มกระจายอยู่ในภาพ ในภาพนกเพนกวิน ภาพกระเทียม และภาพมนุษย์ก็มีลักษณะคล้ายกัน ส่วนในภาพวิวต้นไม้สีเขียวจะมีสีเขียวปนอยู่ และภาพดอกกุหลาบสีชมพูจะมีสีฟ้าปนอยู่ที่กลีบดอก ผลลัพธ์เหล่านี้เกิดจากสีที่อยู่บริเวณขอบของแต่ละช่วงสีมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีทั้ง R G และ B ทำให้สีที่ไม่ใช่สีเดียวกันมารวมอยู่ในช่วงสีเดียวกัน

2. การแบ่งช่วงสีนีออนยูนิฟอร์ม 92 ระดับในแบบจำลองสี RGB

การควอนไทซ์ภาพแบบ 92 RGB ผลลัพธ์ที่ได้โดยรวมจะมีสีใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับ ยกเว้นภาพป้ายจราจรที่สีเทาของพื้นถนนจะกลายเป็นสีเขียวอ่อน เนื่องจากการแบ่งช่วงสีในช่วงที่เป็นสีเทา (gray scale) ยังมีสีอื่นที่อยู่ใกล้เคียงปนอยู่ด้วย

3. การแบ่งช่วงสียูนิฟอร์ม 68 ระดับในแบบจำลองสี HSI

การควอนไทซ์ภาพแบบ 68 HSI ผลลัพธ์ที่ได้จะมีสีที่แตกต่างจากการควอนไทซ์แบบอื่น เนื่องจากวิธีการนี้จะแทนค่าสีในแต่ละช่วงให้มีค่า Saturation ไว้ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีสีแตกต่างจากภาพต้นฉบับ ส่วนสีที่อยู่ในช่วงสีเทาผลลัพธ์ที่ได้จะใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับมากเนื่องจากวิธีการนี้มีการแบ่งช่วงสีเทาไว้ละเอียดถึง 17 ระดับ

4. การแบ่งช่วงสีนีออนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี HSI

การควอนไทซ์ภาพแบบ 94 HSI ผลลัพธ์ที่ได้ส่วนใหญ่จะอยู่ในโทนสีเทา โดยสีที่อยู่ในช่วงสีที่เป็นสีเทาจะถูกแทนด้วยสีเทา ส่วนสีที่อยู่ในช่วงสีอื่นจะถูกปิดให้เข้มขึ้น ดังตัวอย่างรูปวิวต้นไม้สีเขียวผลลัพธ์ที่ได้ต้นไม้จะมีสีเข้มขึ้น

ตารางที่ 5.3 ตัวอย่างภาพหลังจากการควอนไทซ์ในแต่ละแบบ

ภาพต้นฉบับ	64 RGB	92RGB	68 HSI	94 HSI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3 การแยกส่วนของภาพในฐานข้อมูล



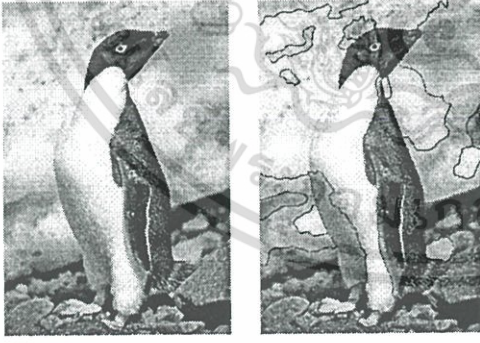

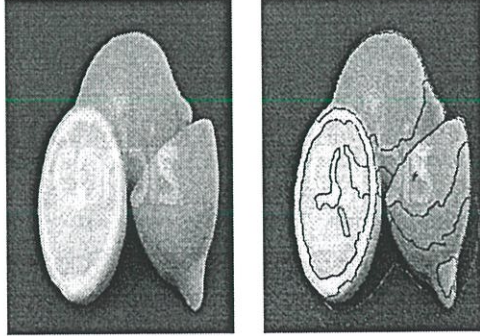
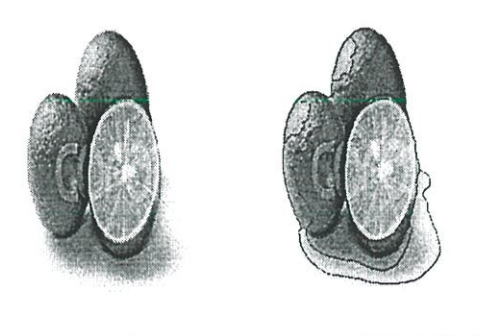
ภาพในฐานข้อมูลเมื่อนำมาแยกส่วนของภาพด้วยอัลกอริทึม JSEG ตามที่ได้แสดงรายละเอียดในบทที่ 3 สามารถคุณลักษณะของการแยกส่วนภาพในแต่ละประเภทได้ในตารางที่ 5.4

ภาพประเภทสิ่งก่อสร้างจะได้ region ที่มีขนาดใหญ่และสีภายใน region เป็นสีที่ใกล้เคียงกัน ภาพประเภทสิ่งมีชีวิตได้ผลลัพธ์ที่คล้ายคลึงกัน แต่ในภาพของนกเพนกวินจะมีส่วนที่เป็นวัตถุ (ตัวนก) และพื้นหลัง (หิมะ) ซึ่งมีสีใกล้เคียงกันมารวมเป็น region เดียวกัน

ภาพประเภทอาหารเป็นภาพที่สีของวัตถุกับพื้นหลังแตกต่างกันผลลัพธ์ที่ได้สามารถแยกส่วนของวัตถุที่เด่นชัดและมี region ที่แสดงให้เห็นเงาของวัตถุและแสงที่ตกกระทบวัตถุด้วย









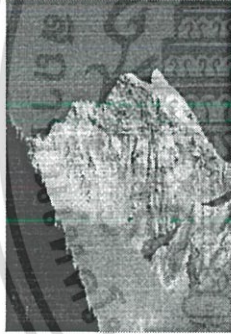
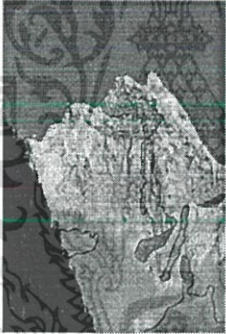


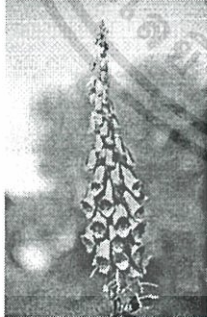
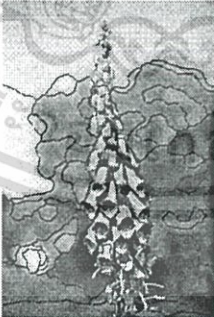


ภาพประเภทมนุษย์สามารถแยกตัวคนได้เป็นพื้นที่ขนาดใหญ่แต่จะมีบางส่วน เช่น ใบหน้าจะแยกออกเป็นหลาย region เนื่องจากแสงที่ตกกระทบบริเวณใบหน้าไม่สม่ำเสมอ

ตารางที่ 5.4 ตัวอย่างการแยกส่วนของภาพในฐานข้อมูล

ประเภท	ภาพในฐานข้อมูล	การแยกส่วนภาพ	ภาพในฐานข้อมูล	การแยกส่วนภาพ
สิ่งก่อสร้าง				
สิ่งมีชีวิต				
อาหาร				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 (ต่อ)

ประเภท	ภาพในฐานข้อมูล	การแยกส่วนภาพ	ภาพในฐานข้อมูล	การแยกส่วนภาพ
มนุษย์				
สิ่งของและ เครื่องยนต์				
วิว ธรรมชาติ				
ดอกไม้และ ต้นไม้				

ภาพประเภทสิ่งของและเครื่องยนต์สามารถแยก region ที่เป็นส่วนของวัตถุและพื้นหลังออกจากกันได้อย่างชัดเจน เนื่องจากสีของวัตถุและสีของพื้นหลังแตกต่างกัน

ภาพประเภทวิวธรรมชาติสามารถแยกส่วนของท้องฟ้าและภูเขาได้อย่างชัดเจน region ที่ได้จะมีขนาดใหญ่และสีภายใน region เป็นสีที่มีการกระจายใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพประเภทดอกไม้และต้นไม้ จะแยกดอกไม้ออกเป็น region เล็ก ๆ เนื่องจากเฉดสีของดอกไม้ และมีการแยกส่วนของท้องฟ้าออกเป็นเมฆและท้องฟ้า

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการแยกส่วนของภาพเมื่อใช้อัลกอริทึม JSEG จะเห็นได้ว่า region ที่ได้มีสีใกล้เคียงกันอยู่ภายใน region เดียวกัน จากนั้นจะนำ region ที่ได้เหล่านี้มาทำการหาคุณลักษณะสีของแต่ละ region ภายในภาพ โดยการหาค่าฮิสโตแกรมสีและค่าความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่ในขั้นตอนต่อไป

#### 5.4 ขั้นตอนการทดลองของระบบสืบค้นคืนข้อมูลภาพ

ในการสร้างระบบการสืบค้นคืนข้อมูลภาพโดยอาศัยคุณลักษณะสำคัญสี่เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของการแบ่งช่วงสีแบบยูนิฟอร์มและเน็อนยูนิฟอร์มนั้น มีส่วนหลักอยู่ 2 ส่วนคือ

1. การสร้างดัชนีภาพ (Image Indexing) โดยนำภาพแต่ละภาพในฐานข้อมูลมาผ่านกระบวนการสร้างดัชนีภาพ เริ่มจากการควอนไทซ์ภาพตามช่วงสีในแต่ละแบบที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 4 การแยกส่วนของภาพด้วยอัลกอริทึม JSEG จากนั้นจะนำแต่ละ region มาหาคุณลักษณะสำคัญของสี ด้วยเทคนิคฮิสโตแกรมสีและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สี (Color Correlogram) เพื่อเก็บเป็นดัชนีภาพไว้ในฐานข้อมูล (สามารถดูรายละเอียดของแต่ละส่วนได้ในบทที่ 4)

2. การสืบค้นคืนภาพจากฐานข้อมูล (Image Retrieval) ในงานวิจัยนี้ผู้ใช้สามารถเลือกพื้นที่ที่สนใจ (Region of Interest) ได้จากภาพตัวอย่าง ภาพที่ได้จากการเลือกจะนำไปเป็น query เพื่อสืบค้นคืนภาพจากฐานข้อมูล โดย query ที่ได้จะนำไปสร้างดัชนีภาพตามขั้นตอนในข้อ 1 จากนั้นนำดัชนีภาพที่ได้ไปเปรียบเทียบกับดัชนีภาพที่มีอยู่ในฐานข้อมูล (ตามวิธีการที่นำเสนอในหัวข้อ 4.6) โดยการหาพื้นที่สำคัญของภาพ query จะหาจาก region ที่ใหญ่ที่สุดภายในพื้นที่ 30 เปอร์เซนต์ที่อยู่บริเวณตรงกลางของภาพ เพื่อนำมาใช้ในการสืบค้นข้อมูลรูปภาพในขั้นที่ 1 แล้วคืนผลลัพธ์เป็นภาพที่มีดัชนีภาพมีความใกล้เคียงกับภาพ query มา ต่อจากนั้นจะทำการสืบค้นในขั้นที่ 2 โดยนำ region ที่เหลือมาสืบค้นจากผลลัพธ์ที่ได้ในรอบแรก แล้วเปรียบเทียบความใกล้เคียงระหว่างภาพในฐานข้อมูลกับภาพ query เพื่อเรียงลำดับความใกล้เคียงมากที่สุดเรียงไปยังความใกล้เคียงน้อย มาให้ผู้ใช้ สามารถดูตัวอย่างของผลการทดลองได้ในหัวข้อถัดไป

### 5.5 การปรับค่าตัวแปรต่างๆ ในงานวิจัย

ในการทดลองจะทำการปรับค่าตัวแปรต่างๆ เพื่อทดลองหาผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพจากระบบ โดยมีการปรับค่าตัวแปรดังนี้

1. การเปรียบเทียบข้อมูลของดัชนีภาพ จะมีการปรับค่าตัวแปรอยู่ 2 ค่าคือ ค่าฮิสโตแกรมสี และค่าความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สี (สมการที่ 4.1 และ 4.2) สามารถดูตัวอย่างในตารางที่ 5.5

จากตารางที่ 5.5 แสดงตัวอย่างของ query 3 ภาพซึ่งจะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนในภาพดอกลิลีสีชมพูจากฐานข้อมูล ใน 5 อันดับแรกของการปรับค่าแต่ละแบบจะเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน แต่อันดับถัดไปการปรับค่าเป็น 80/20 และ 70/30 ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการปรับค่าฮิสโตแกรมเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ในภาพรูปปั้นสีเขียวการปรับค่า 80/20 จะให้ผลลัพธ์ในอันดับที่ดีกว่าการปรับค่า 70/30 และ 100 ซึ่งเมื่อปรับค่าฮิสโตแกรมเป็น 100 ผลลัพธ์ที่ได้จะไม่ตรงกับภาพ query ส่วนในภาพดอกกุหลาบสีเหลือง ในสองอันดับแรก การปรับค่า 100 ให้ผลลัพธ์ดีกว่าแต่ในอันดับถัดไปการปรับค่า 80/20 จะเจอภาพที่เป็นกลุ่มภาพเดียวกันมากกว่า



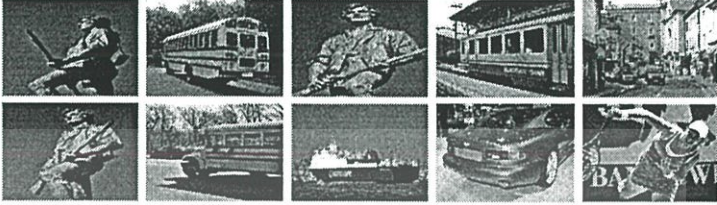
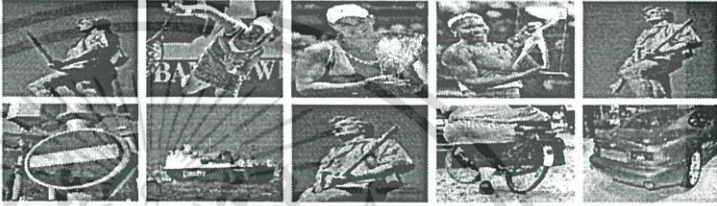
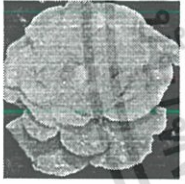
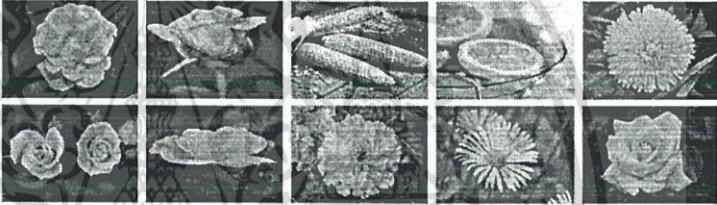
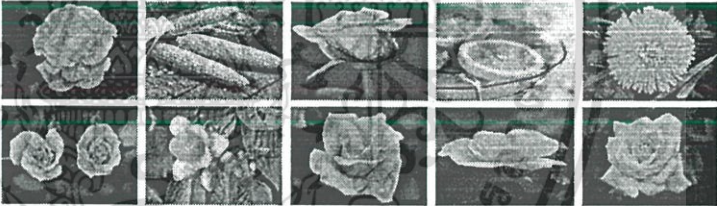

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกปรับค่าฮิสโตแกรมสี 80 เปอร์เซ็นต์ และค่าความสัมพันธ์ระหว่างคู่สี 20 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากผลการทดลองที่ได้ดังกล่าวข้างต้น เพื่อให้ผลการสืบค้นคืนภาพเจอภาพที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมากกว่าปรับที่ค่าอื่น

ตารางที่ 5.5 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับค่าฮิสโตแกรมและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สี

Query	Histogram/ Correlogram	ผลที่ได้จากการสืบค้นคืนจากฐานข้อมูล				
	100/0					
	80/20					
	70/30					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5(ต่อ)

Query	Histogram/ Correlogram	ผลที่ได้จากการสืบค้นคืนจากฐานข้อมูล
	100	
	80/20	
	70/30	
	100	
	80/20	
	70/30	






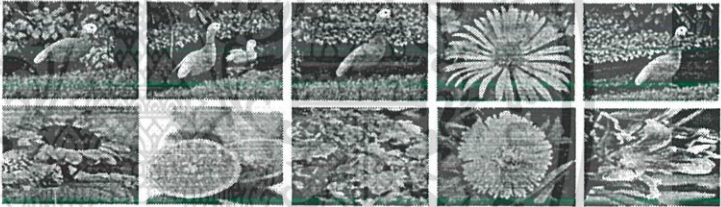
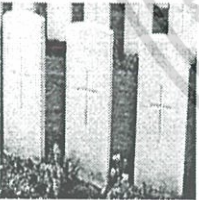
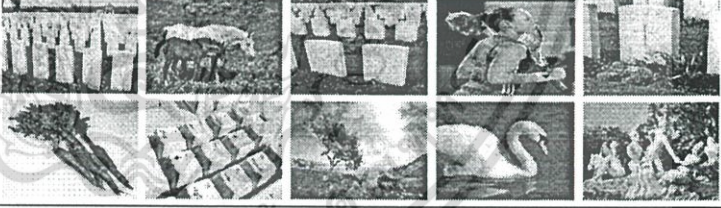



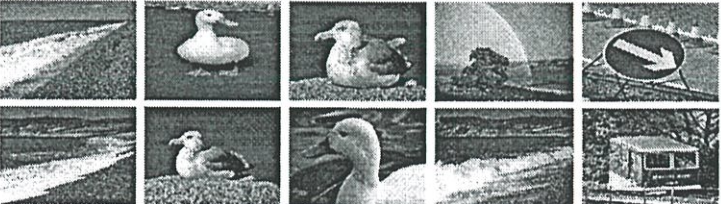
2. การจัดลำดับของข้อมูลเพื่อดูว่าภาพในฐานข้อมูลมีความใกล้เคียงกับภาพ query มากน้อยเพียงไรหาได้จากสมการที่ 4.3 ในการทดลองจะปรับค่า distance ของการในการสืบค้นขั้นที่ 1 เป็น 50 เปอร์เซ็นต์และ 40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากนั้นจะปรับค่า distance ที่ใช้ในการสืบค้นในขั้นที่ 2 เป็น 25 และ 20 เปอร์เซ็นต์ สามารถดูผลของการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองในตารางที่ 5.6 จากตารางจะเห็นว่าผลลัพธ์ที่ได้เมื่อปรับค่า distance ในขั้นที่ 2 เป็น 25 ผลลัพธ์ของการสืบค้นคืนจะเจอภาพที่เป็นกลุ่มเดียวกันมากกว่าและเจอในลำดับที่ดีกว่า เช่น เมื่อเลือก query เป็นรูปนกสีน้ำตาลจะเห็นว่า ในกรณีที่เลือกค่า distance เป็น 20 จะเจอภาพที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันเพียง 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพและเจอในลำดับที่ 4 และ 5 แต่เมื่อเลือกค่า distance เป็น 25 จะเจอภาพในกลุ่มเดียวกันในอันดับที่ 1 ถึง 3 และเจอภาพที่เป็นกลุ่มเดียวกันถึง 4 รูป

ดังนั้นจากผลการทดลองที่ได้ ในงานวิจัยนี้จึงเลือกปรับค่า distance สำหรับการสืบค้นในขั้นที่ 1 เป็น 50 เปอร์เซนต์ และเลือกปรับค่า distance สำหรับการสืบค้นในขั้นที่ 2 เป็น 25 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 5.6 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบการกำหนดค่า distance

Query	Distance	ผลที่ได้จากการสืบค้นในขั้นที่ 2
	40/20	
	50/25	
	40/20	
	50/25	
	40/20	
	50/25	
	40/20	
	50/25	

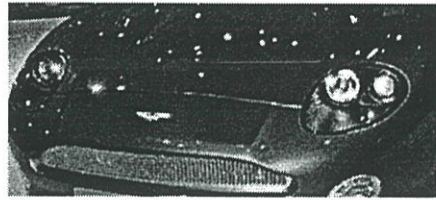
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.6 ตัวอย่างผลการทดลองในการสร้างดัชนีภาพแบบต่างๆ และการวิเคราะห์ผล

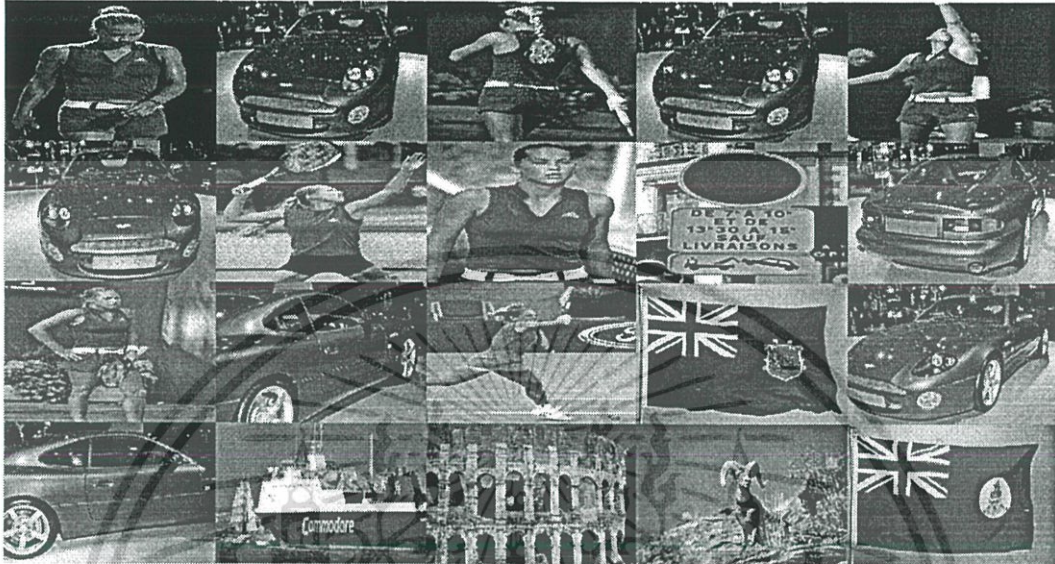
ในการทดลองจะทำการเปรียบเทียบผลการทดลองของการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ โดยการนำภาพพื้นที่ที่สนใจมาเป็นภาพ query เพื่อนำไปสืบค้นคืนภาพจากฐานข้อมูลทั้ง 4 ระบบ แล้วเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนจากฐานข้อมูล ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 5.1 เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพโดยอาศัยแบบจำลองสี RGB (a) เป็นภาพของ query ที่นำไปสืบค้นจากระบบ (b) เป็นภาพตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นในฐานข้อมูลแบบ 64 RGB โดยเรียงจากลำดับที่มีความใกล้เคียงกับภาพ query จากมากไปหาน้อย (จากแถวบนสุดทางซ้ายมือไปจนถึงแถวล่างสุด) ส่วนในภาพ (c) เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นในฐานข้อมูลแบบ 92 RGB เรียงจากลำดับที่มีความใกล้เคียงมากไปหาน้อยเช่นเดียวกัน

ส่วนในรูปที่ 5.2 เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพโดยอาศัยแบบจำลองสี HSI (a) เป็นภาพของ query ที่นำไปสืบค้นจากระบบ (b) เป็นภาพตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นในฐานข้อมูลแบบ 68 HSI โดยเรียงจากลำดับที่มีความใกล้เคียงกับภาพ query จากมากไปหาน้อย (จากแถวบนสุดทางซ้ายมือไปจนถึงแถวล่างสุด) ส่วนในภาพ (c) เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นในฐานข้อมูลแบบ 94 HSI เรียงจากลำดับที่มีความใกล้เคียงมากไปหาน้อยเช่นเดียวกัน

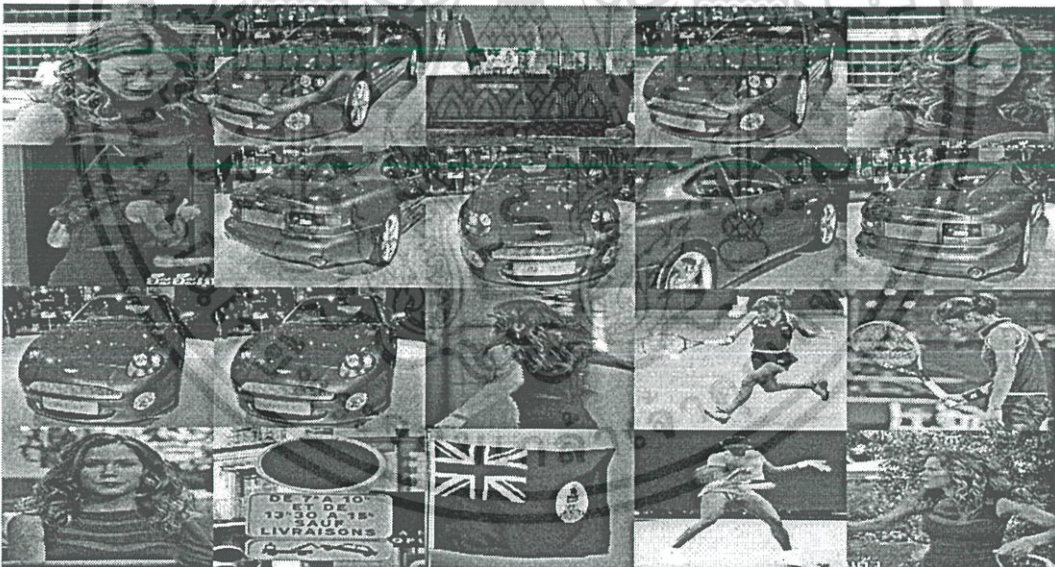
ส่วนตัวอย่างถัดไปจะแสดงผลที่ได้จากการสืบค้นของแต่ละ query โดยเปรียบเทียบในแบบจำลองสี RGB และแบบจำลองสี HSI ซึ่งมีลักษณะการเรียงลำดับผลลัพธ์เช่นเดียวกันกับรูปที่ 5.1 และ 5.2



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 5.1 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพรถยนต์สีน้ำเงินในแบบจำลองสี RGB

(a) ภาพ query ขนาด 288 X 128 พิกเซล

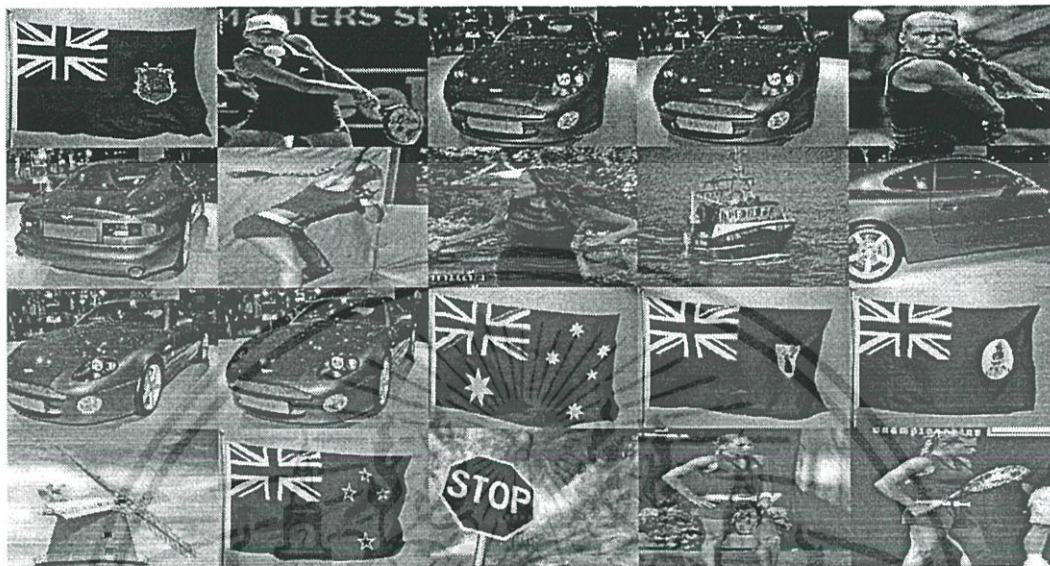
(b) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสียูนิฟอร์ม 64 RGB

(c) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสีน็อนยูนิฟอร์ม 92 RGB

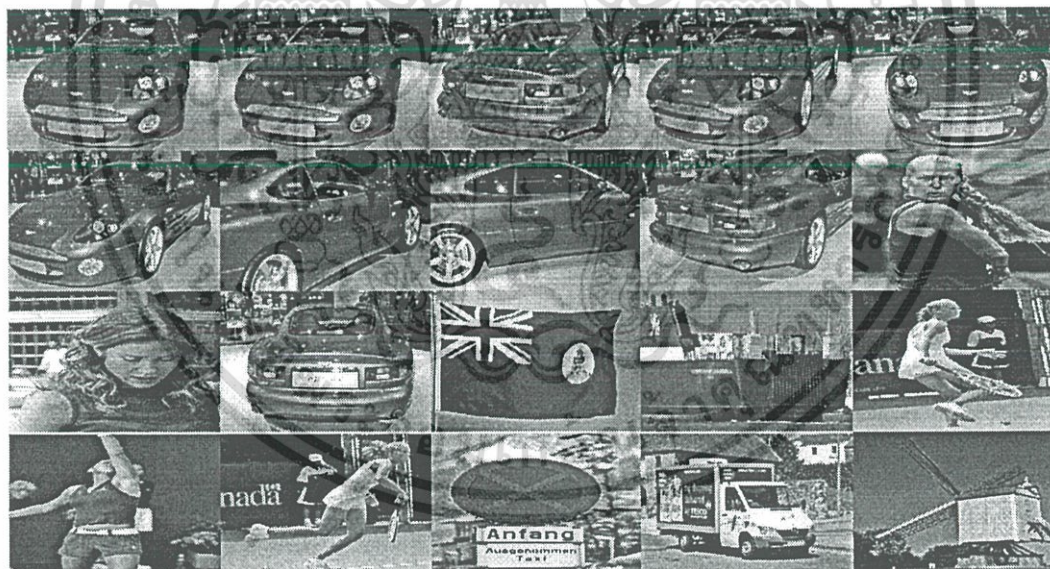
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)



(c)

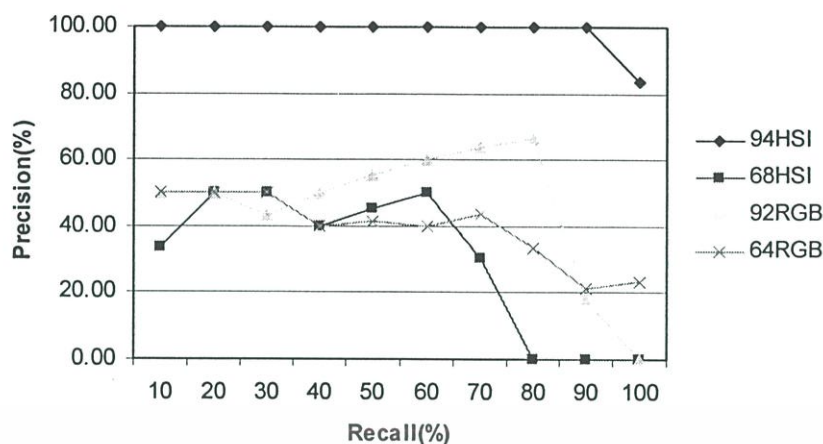
รูปที่ 5.2 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพรถยนต์สีน้ำเงินในแบบจำลองสี HSI

(a) ภาพ query ขนาด 288 X 128 พิกเซล

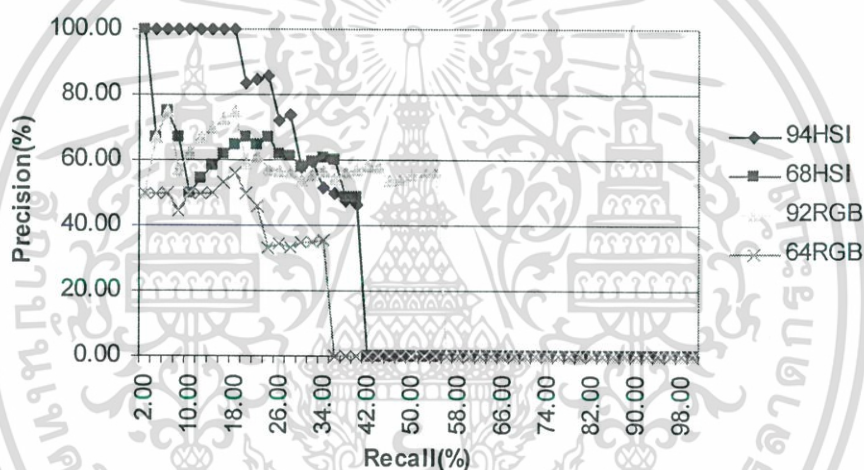
(b) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสียูนิฟอร์ม 68 HSI

(c) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสีนีออนยูนิฟอร์ม 94 HSI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ  
รถยนต์สีน้ำเงินจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ

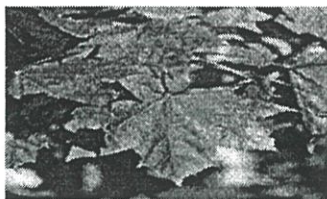


รูปที่ 5.4 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ  
รถยนต์สีน้ำเงินจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ

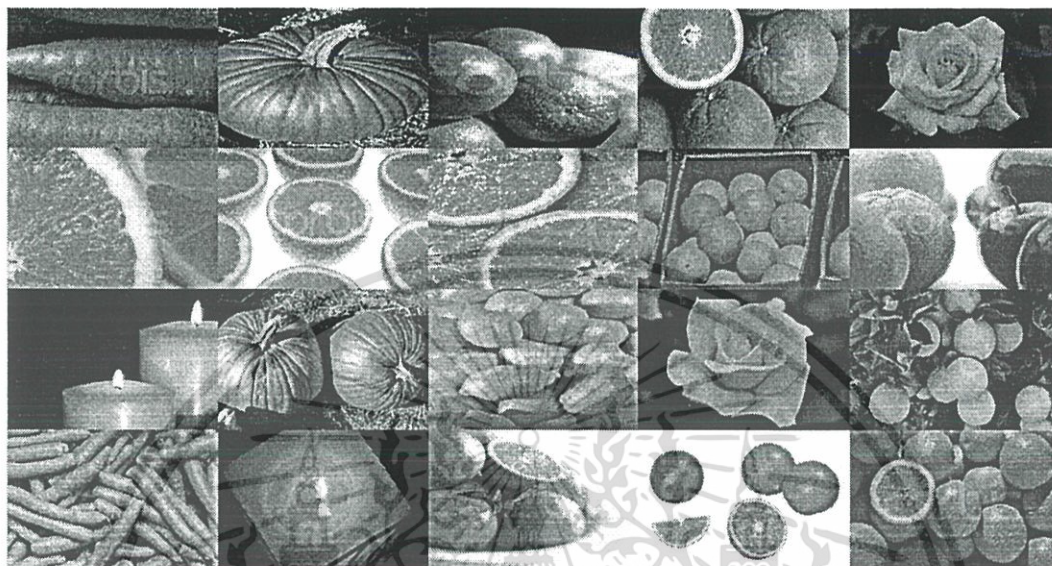
จากผลการทดลองในรูปที่ 5.1 และ 5.2 เมื่อนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพจากฐานข้อมูล จากกราฟในรูปที่ 5.3 เป็นการเปรียบเทียบการเจอภาพในกลุ่มรถยนต์สีน้ำเงิน จะเห็นว่าดัชนีภาพแบบ 94 HSI จะเจอภาพที่เป็นกลุ่มเดียวกันในอันดับต้นๆ ทำให้กราฟที่ได้มีค่าถึง 100 ซึ่งดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีภาพแบบอื่น ส่วนดัชนีภาพแบบ 92 RGB กราฟที่ได้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากเจอกลุ่มเดียวกันมากขึ้นและกราฟที่ได้จะมีค่าสูงกว่าแบบ 64 RGB

ในรูปที่ 5.4 เป็นการเปรียบเทียบการเจอภาพในประเภทสิ่งของและเครื่องยนต์กับ query จากกราฟจะเห็นว่าแบบ 94 HSI ได้ผลลัพธ์ที่ดีเมื่อเปรียบเทียบในลำดับที่ 1-30 เนื่องจากเจอภาพในประเภทเดียวกันแต่เมื่อลำดับถัดไปจะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ของ 92 RGB จะเพิ่มขึ้นและเจอภาพในประเภทเดียวกันมากกว่าดัชนีแบบอื่น

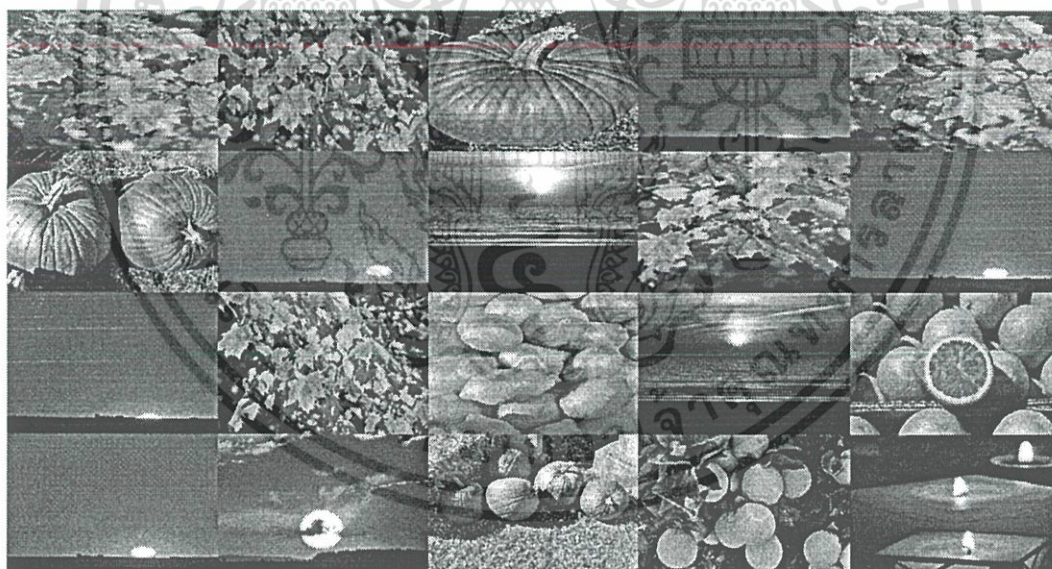
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)



(c)

**รูปที่ 5.5** ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพวิวดันไม้สีเหลืองในแบบจำลองสี RGB

(a) ภาพ query ขนาด 156 X 192 พิกเซล

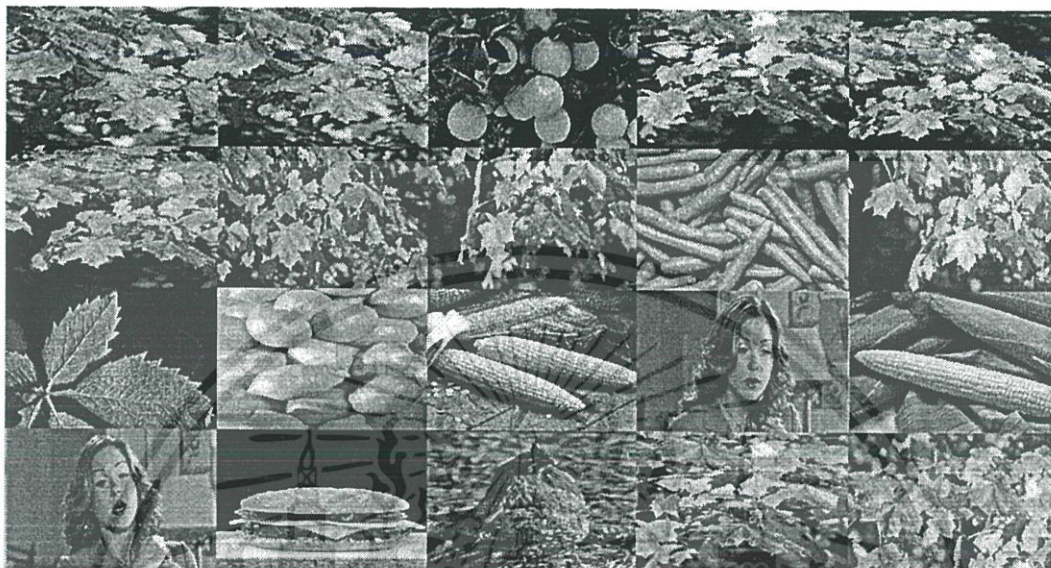
(b) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสียูนิฟอร์ม 64 RGB

(c) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสีนีออนยูนิฟอร์ม 92 RGB

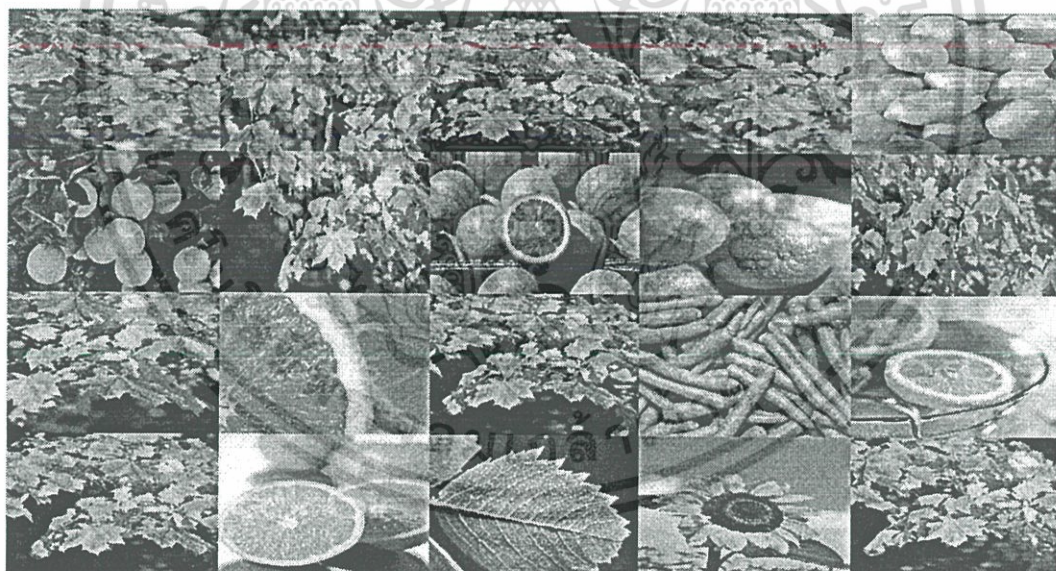
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)



(c)

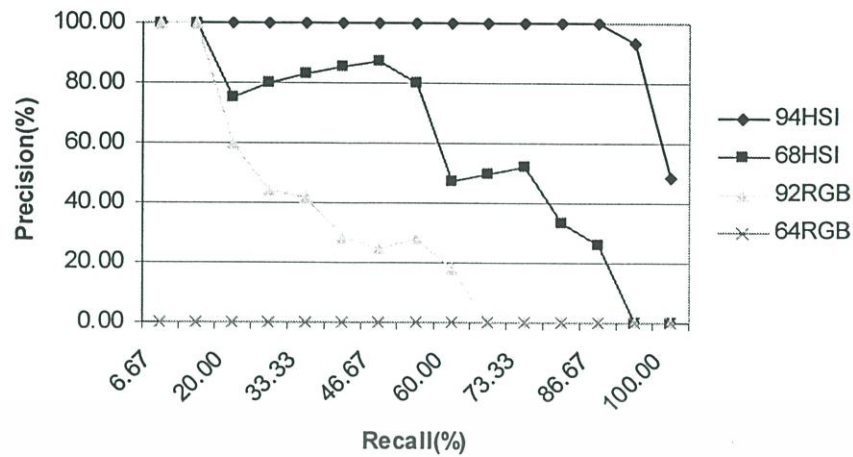
**รูปที่ 5.6** ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพวีวตันไม้สีเหลืองในแบบจำลองสี HSI

(a) ภาพ query ขนาด 156 X 192 พิกเซล

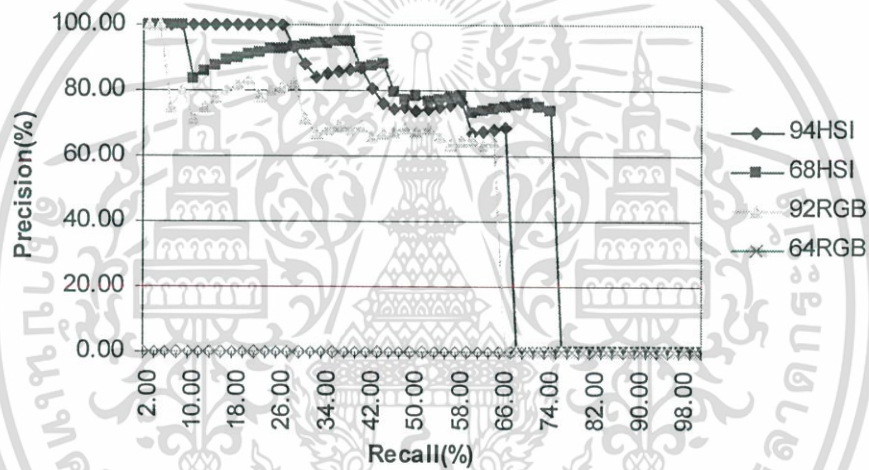
(b) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสียูนิฟอร์ม 68 HSI

(c) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสีนีออนยูนิฟอร์ม 94 HSI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ  
วิวต้นไม้สี่เหลี่ยมจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ



รูปที่ 5.8 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ  
วิวต้นไม้สี่เหลี่ยมจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ

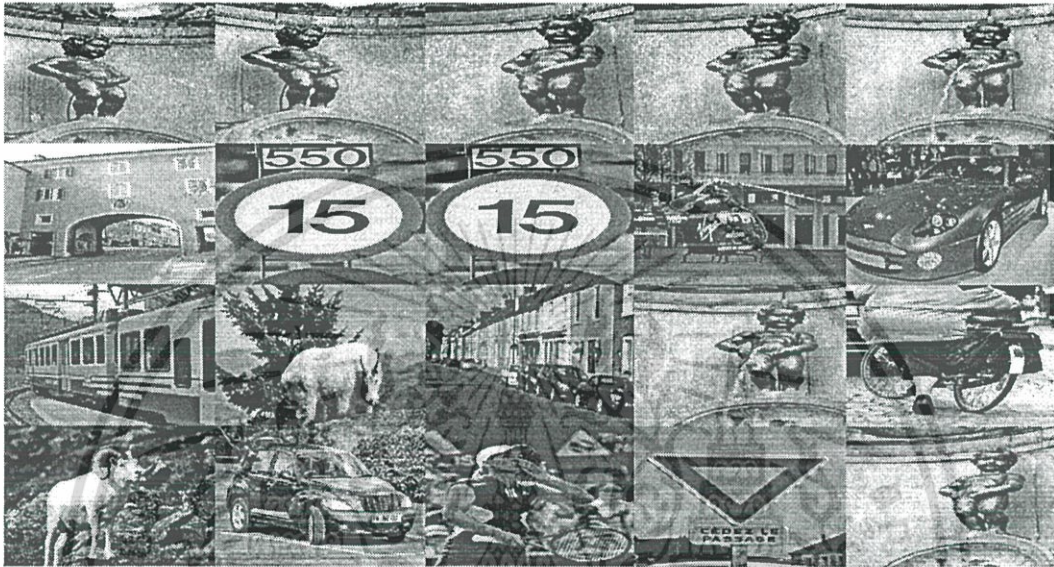
จากผลการทดลองในรูปที่ 5.5 และ 5.6 เมื่อนำมาคำนวณประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพวิวต้นไม้สี่เหลี่ยมจากฐานข้อมูล จากกราฟในรูปที่ 5.7 ผลลัพธ์ของการเป็นการเปรียบเทียบการเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน จะเห็นว่าดัชนีภาพแบบ 94 HSI จะเจอภาพที่เป็นกลุ่มเดียวกันในอันดับต้นๆ และเจอภาพในอันดับที่ดีกว่าแบบ 68 HSI ส่วนดัชนีภาพแบบ 92 RGB กราฟที่ได้จะค่อยๆลดลงและมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในบางช่วงซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะดีกว่าแบบ 64 RGB ซึ่งไม่เจอภาพที่ต้องการเลย

ในรูปที่ 5.8 เป็นการเปรียบเทียบการเจอภาพในประเภทวิศวกรรมชาติ จากกราฟจะเห็นว่าแบบ 68 HSI จะเจอภาพในประเภทเดียวกันมากกว่า (50 อันดับแรก) แบบอื่น ส่วนแบบ 94 HSI จะเจอภาพในกลุ่มเดียวกันตั้งแต่อันดับ 1 ถึง 26 ทำให้กราฟในช่วงแรกมีค่าสูงถึง 100 ส่วนผลลัพธ์ของ 92 RGB จะใกล้เคียงกัน และผลลัพธ์ของ 64 RGB จะไม่เจอภาพในประเภทเดียวกันเลย

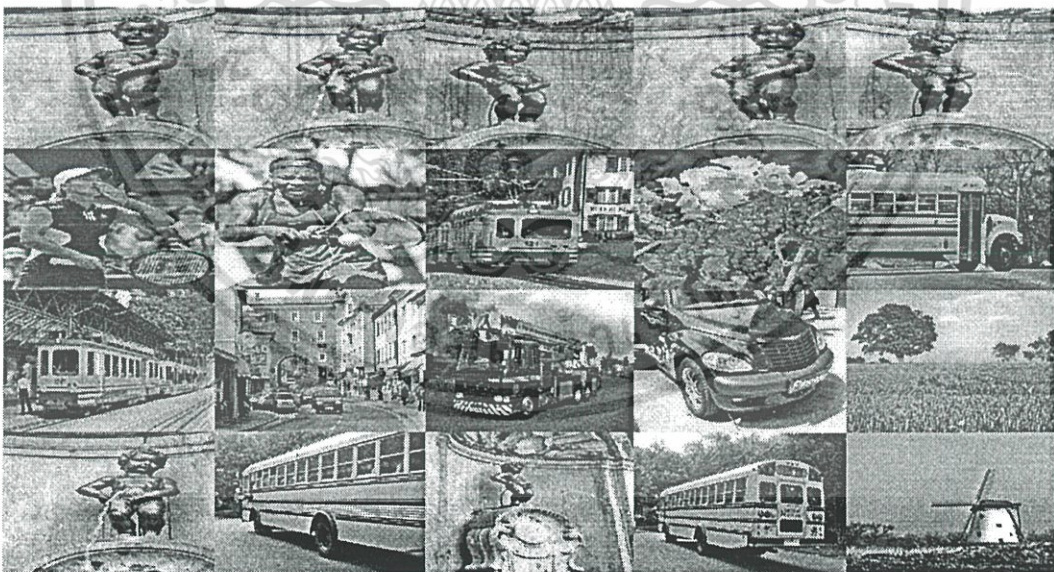
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 5.9 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพรูปปั้นเด็กสีดำนในแบบจำลองสี RGB

(a) ภาพ query ขนาด 200 X 244 พิกเซล

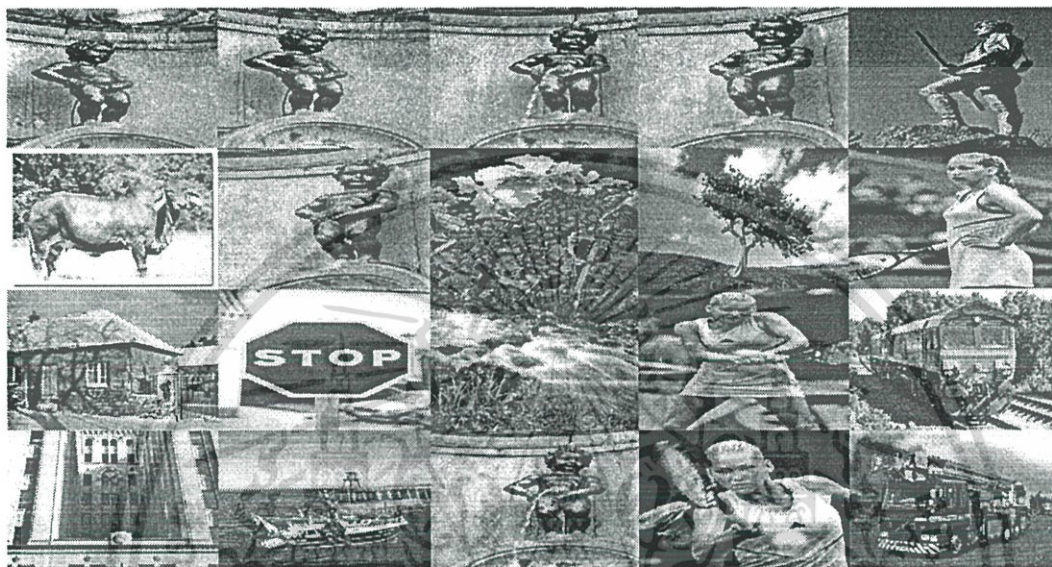
(b) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสียูนิฟอร์ม 64 RGB

(c) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสีนีออนยูนิฟอร์ม 92 RGB

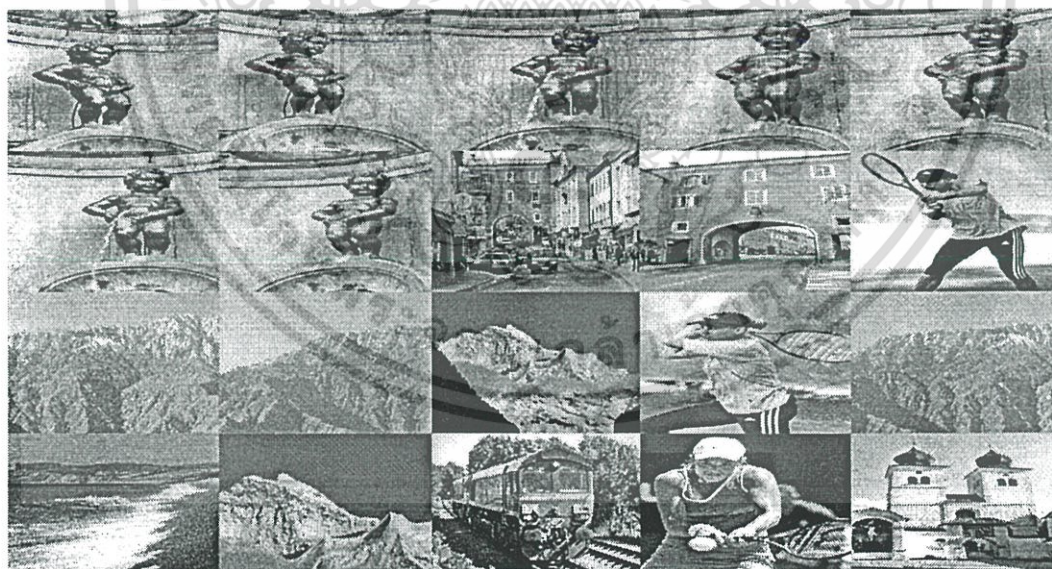
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)



(c)

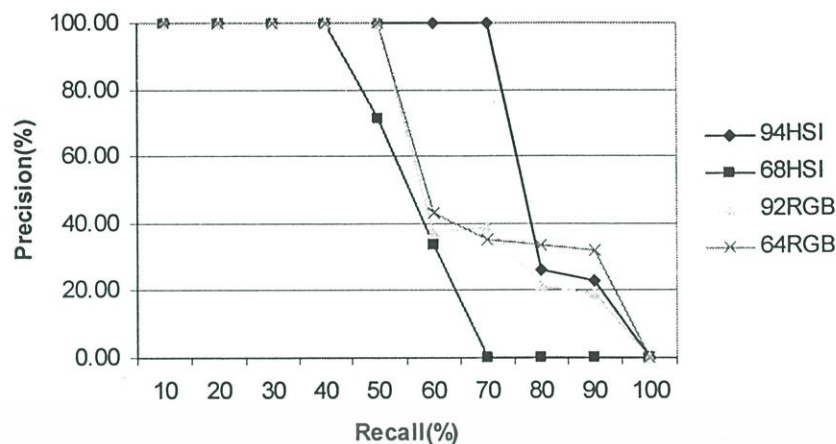
รูปที่ 5.10 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพรูปปั้นเด็กสีดำในแบบจำลองสี HSI

(a) ภาพ query ขนาด 200 X 244 พิกเซล

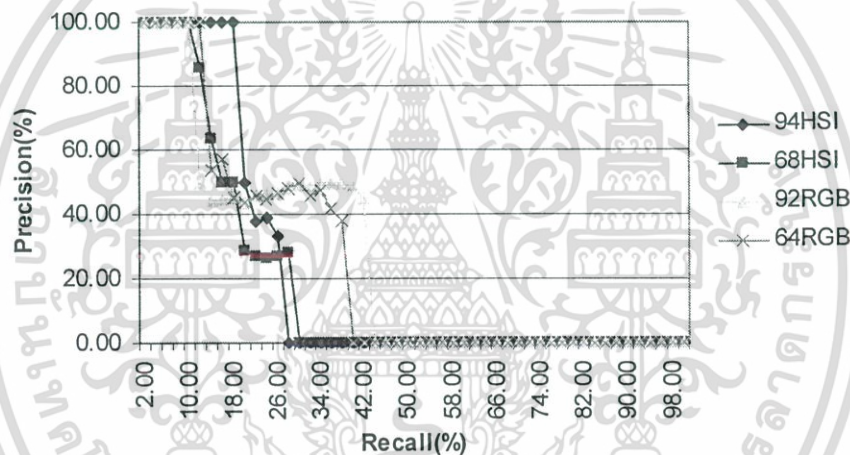
(b) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสียูนิฟอร์ม 68 HSI

(c) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสีนีออนยูนิฟอร์ม 94 HSI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.11 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพรูปปั้นเด็กสีดำจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ



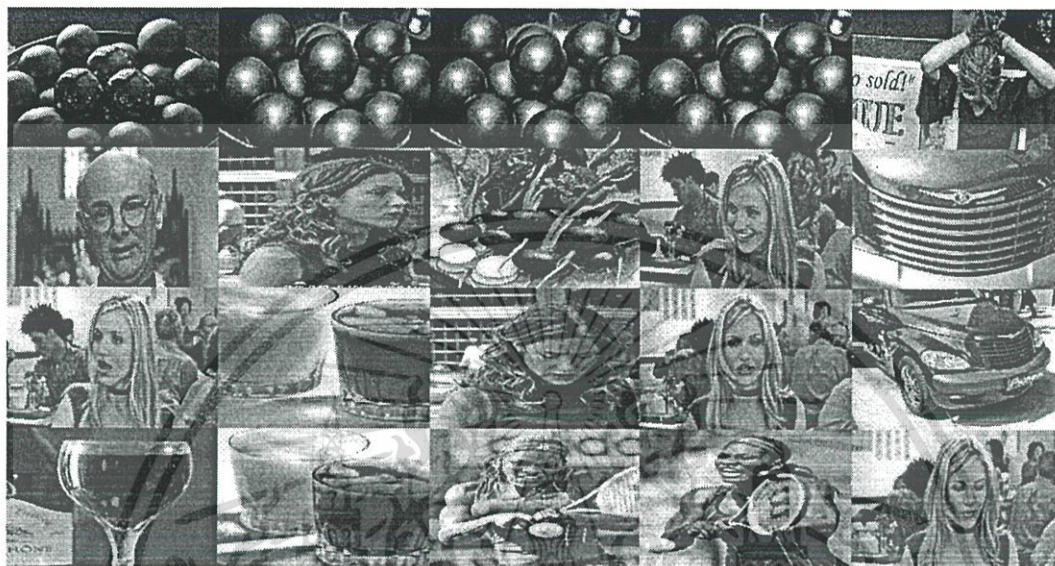
รูปที่ 5.12 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพรูปปั้นเด็กสีดำจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ

จากผลการทดลองในรูปที่ 5.9 และ 5.10 เมื่อนำมาคำนวณประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพรูปปั้นเด็กสีดำจากฐานข้อมูล จากกราฟในรูปที่ 5.11 เป็นการเปรียบเทียบการเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน จะเห็นว่าในอันดับ 1 ถึง 4 แต่ละวิธีการจะเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน หลังจากนั้นกราฟของแต่ละแบบจะค่อยตกลงแต่แบบ 94 HSI จะยังเจอภาพอยู่ถึงลำดับที่ 7 กราฟจึงตกลงซึ่งผลที่ได้จะดีกว่าแบบ 68 HSI ส่วนดัชนีภาพแบบ 92 RGB และแบบ 64 RGB กราฟที่ได้จะใกล้เคียงกัน

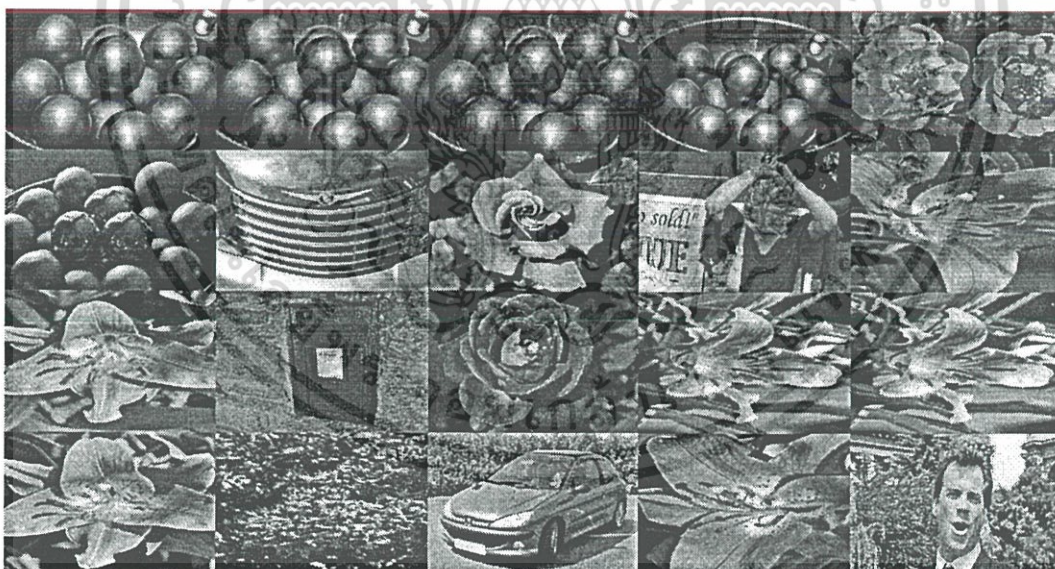
ในรูปที่ 5.12 เป็นการเปรียบเทียบการเจอภาพในประเภทสิ่งก่อสร้าง จากกราฟจะเห็นว่าแบบ 92 RGB จะเจอภาพในประเภทเดียวกันมากกว่า (50 อันดับแรก) แต่อันดับในอันดับต้นๆ จะต่ำกว่าแบบ 94 HSI ส่วนแบบ 68 HSI กราฟที่ได้ผลลัพธ์จะน้อยกว่าแบบ 94 HSI



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 5.13 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพลูกบอลสีแดงในแบบจำลองสี RGB

(a) ภาพ query ขนาด 128 X 116 พิกเซล

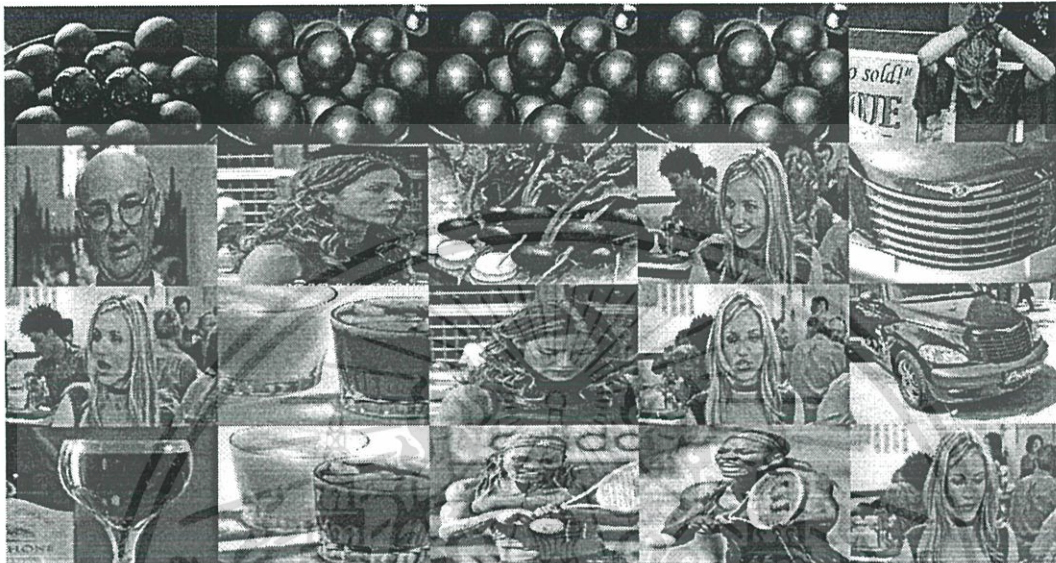
(b) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสียูนิฟอร์ม 64 RGB

(c) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสีนีออนยูนิฟอร์ม 92 RGB

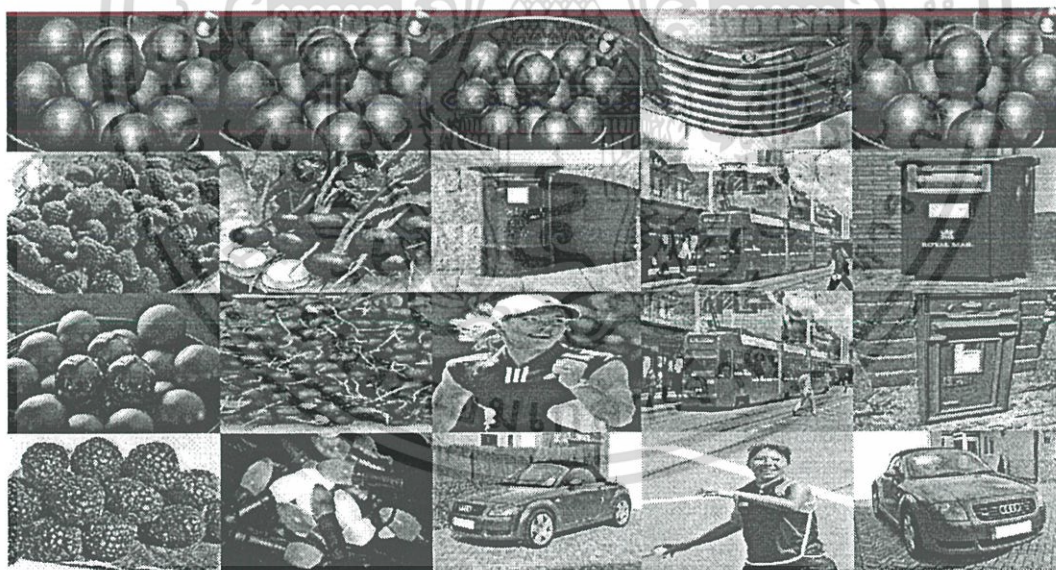
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)



(c)

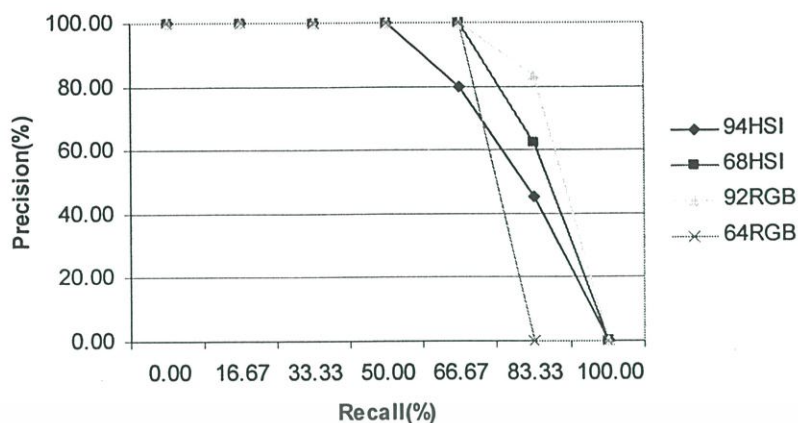
รูปที่ 5.14 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพลูกบอลสีแดงในแบบจำลองสี HSI

(a) ภาพ query ขนาด 128 X 116 พิกเซล

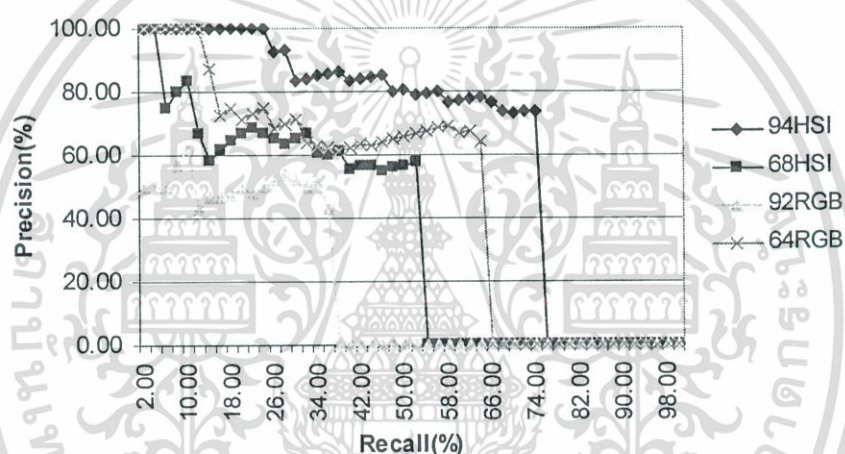
(b) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสียูนิฟอร์ม 68 HSI

(c) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสีนีออนยูนิฟอร์ม 94 HSI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.15 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ  
ลูกบอลสีแดงจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ



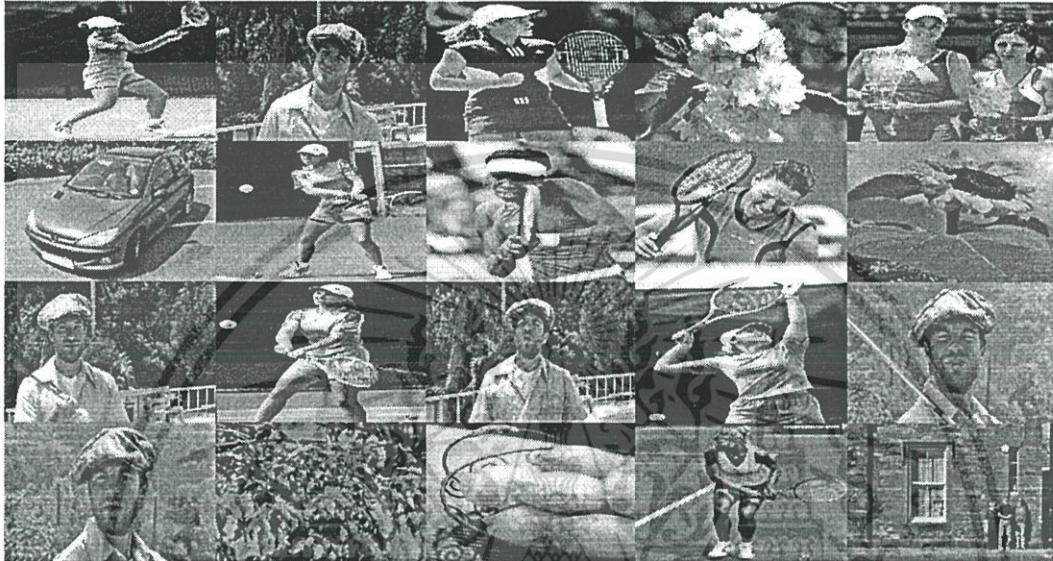
รูปที่ 5.16 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ  
ลูกบอลสีแดงจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ

จากผลการทดลองในรูปที่ 5.13 และ 5.14 เมื่อนำมาคำนวณประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพลูกบอลสีแดงจากฐานข้อมูล จากกราฟในรูปที่ 5.15 เป็นการเปรียบเทียบการเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน จะเห็นว่าในอันดับ 1 ถึง 4 แต่ละวิธีการจะเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน หลังจากนั้นกราฟของแต่ละแบบจะค่อยตกลง กราฟที่ได้จึงมีลักษณะใกล้เคียงกัน

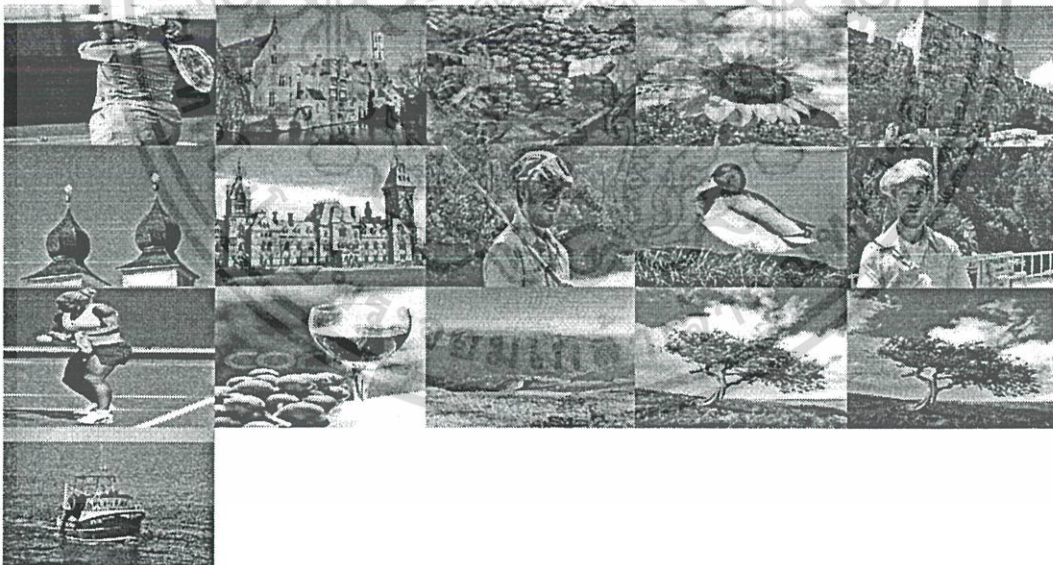
ในรูปที่ 5.16 เป็นการเปรียบเทียบการเจอภาพในประเภทสิ่งของและเครื่องยนต์ จากกราฟจะเห็นว่าแบบ 94 HSI จะเจอภาพในประเภทเดียวกันมากกว่า (50 อันดับแรก) แบบอื่น จาก query นี้ เห็นได้ว่าแบบ 64 RGB จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบ 92 RGB



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 5.17 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพผู้หญิงเล่นกีฬาในแบบจำลองสี RGB

(a) ภาพ query ขนาด 128 X 116 พิกเซล

(b) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสียูนิฟอร์ม 64 RGB

(c) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสีนีออนยูนิฟอร์ม 92 RGB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)



(c)

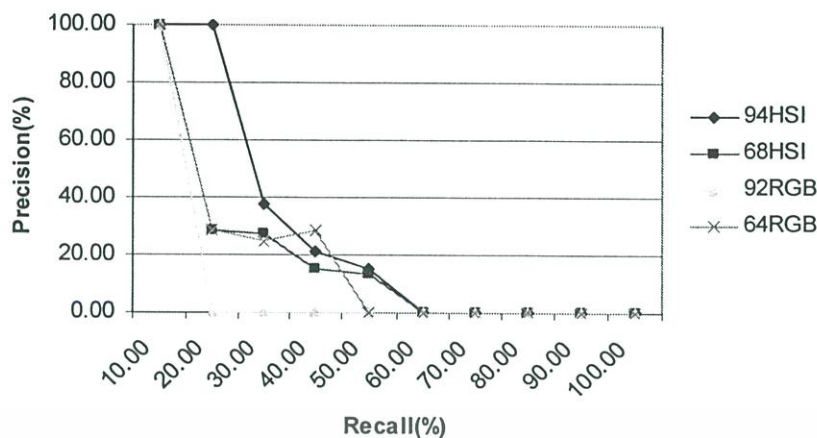
รูปที่ 5.18 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพผู้หญิงเล่นกีฬาในแบบจำลองสี HSI

(a) ภาพ query ขนาด 144 X 352 พิกเซล

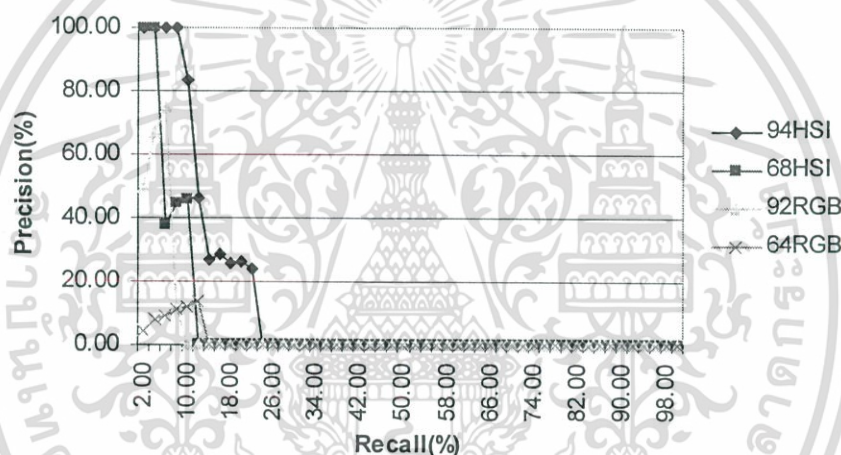
(b) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสียูนิฟอร์ม 68 HSI

(c) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสีนีออนยูนิฟอร์ม 94 HSI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



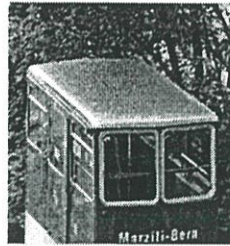
รูปที่ 5.19 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ ผู้หญิงเล่นกีฬาจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ



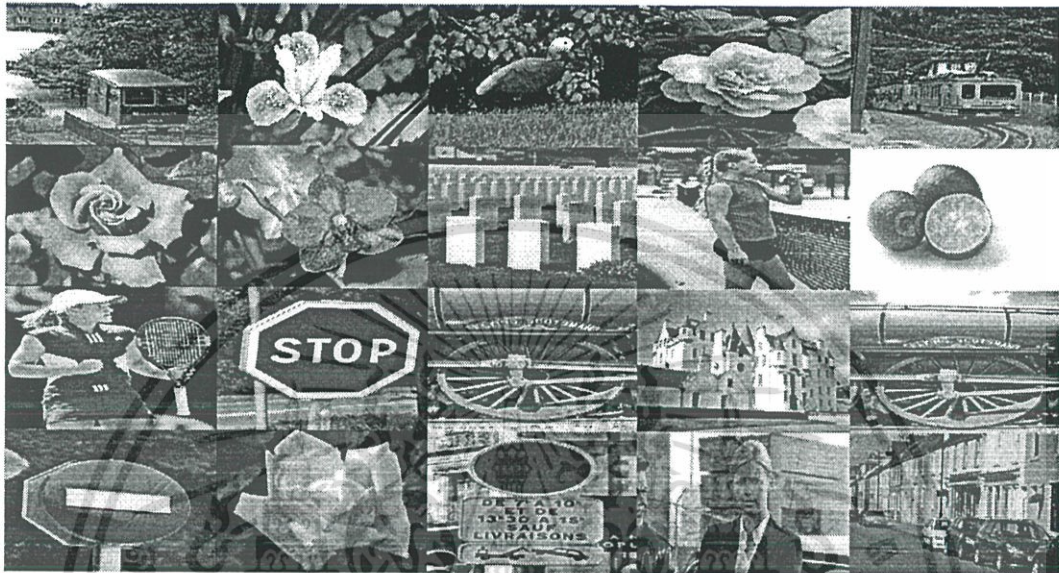
รูปที่ 5.20 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ ผู้หญิงเล่นกีฬาจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ

จากผลการทดลองในรูปที่ 5.17 และ 5.18 เมื่อนำมาคำนวณประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพ ผู้หญิงเล่นกีฬาจากฐานข้อมูล กราฟในรูปที่ 5.19 เป็นการเปรียบเทียบการเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน แบบ 94 HSI เจอภาพในกลุ่มเดียวกัน 2 รูปแรก ส่วนวิธีการอื่นเจอเพียงรูปแรกรูปเดียว และไปเจอในอันดับหลังๆ ทำให้กราฟที่ได้มีค่าตกลงอย่างเห็นได้ชัด

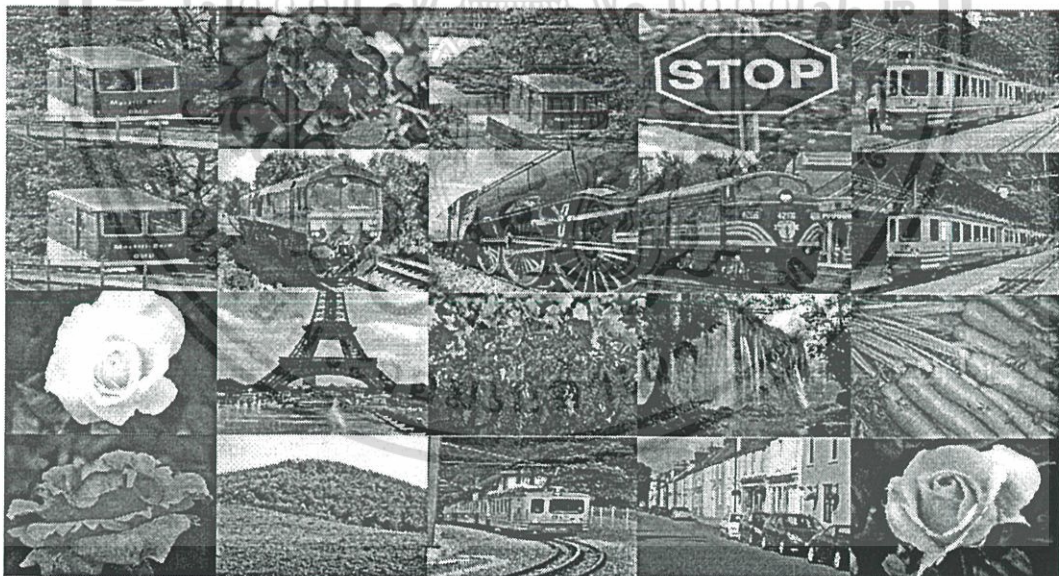
ในรูปที่ 5.20 เป็นการเปรียบเทียบการเจอภาพในประเภทมนุษย์ จากกราฟจะเห็นว่าแบบ 94 HSI จะเจอภาพในประเภทเดียวกันมากกว่า (50, อันดับแรก) แบบอื่น จาก query นี้เห็นได้ว่าแบบ 64 RGB จะให้ผลลัพธ์น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 5.21 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพตรงในแบบจำลองสี RGB

(a) ภาพ query ขนาด  $276 \times 252$  พิกเซล

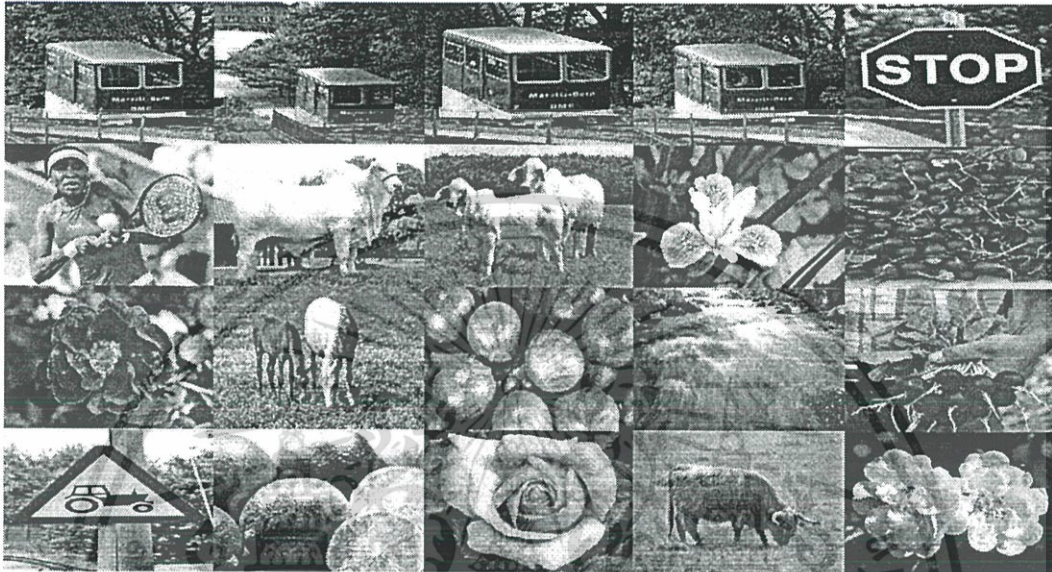
(b) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสียูนิฟอร์ม 64 RGB

(c) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสีน็อนยูนิฟอร์ม 92 RGB

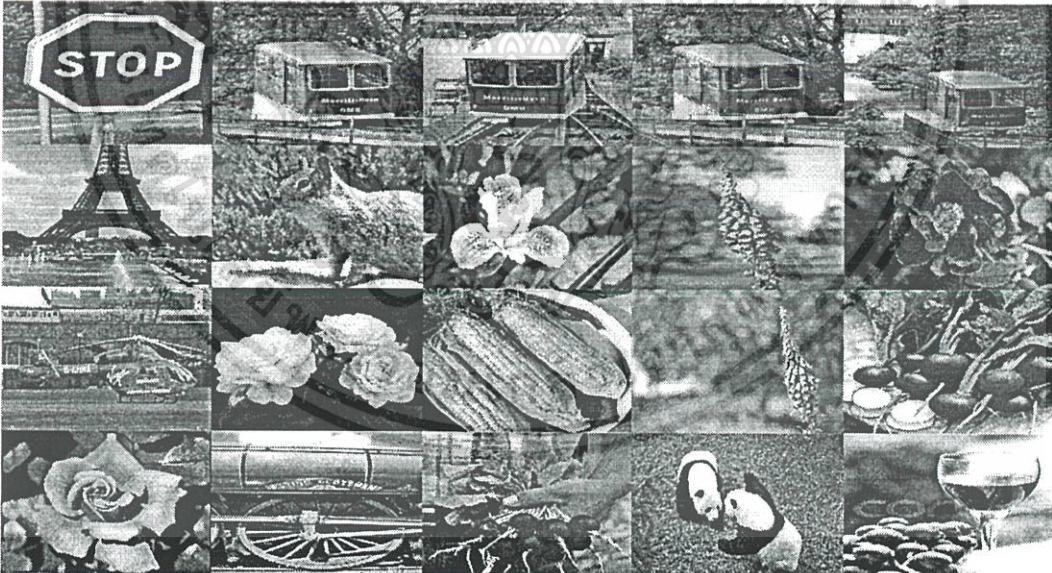
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)



(c)

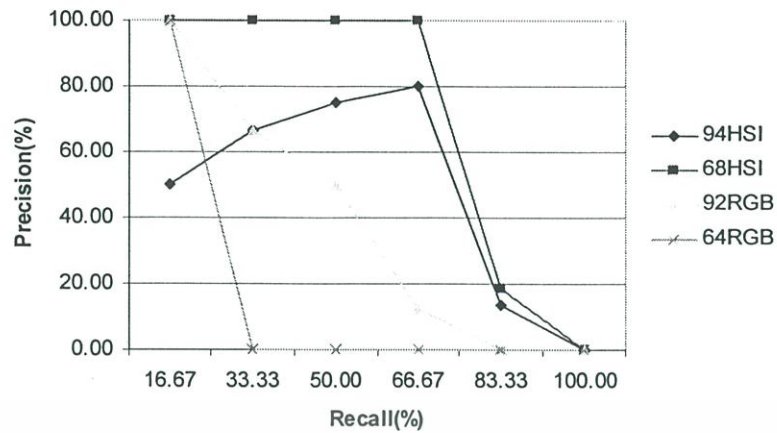
รูปที่ 5.22 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพจราจรในแบบจำลองสี HSI

(a) ภาพ query ขนาด 276 X 252 พิกเซล

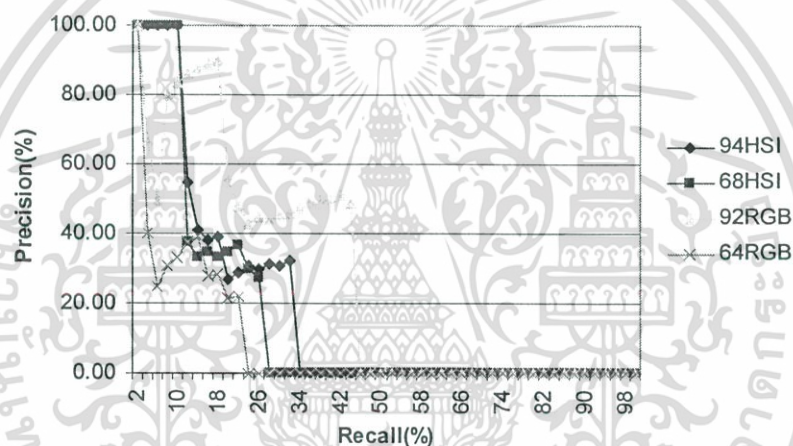
(b) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสียูนิฟอร์ม 68 HSI

(c) ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพในการแบ่งช่วงสีนีออนยูนิฟอร์ม 94 HSI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.23 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ  
รตรางจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ



รูปที่ 5.24 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ  
รตรางจากการสร้างดัชนีภาพทั้ง 4 แบบ

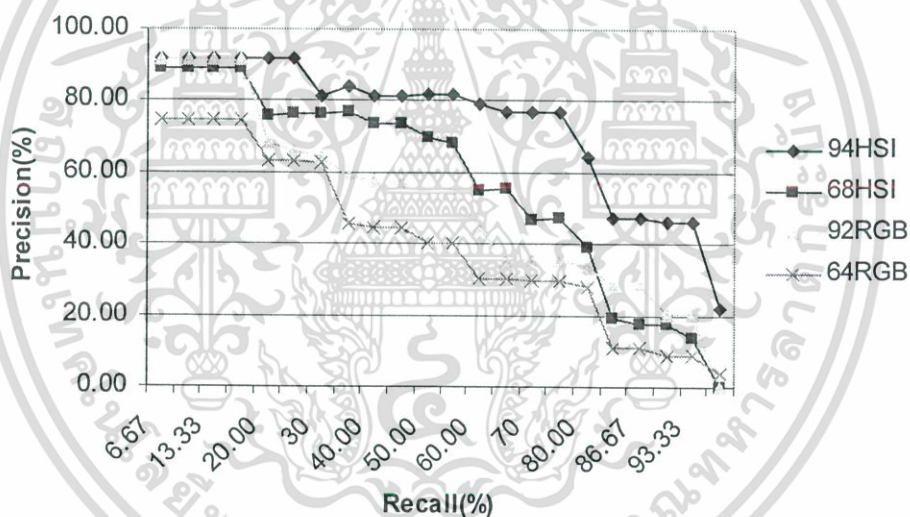
จากผลการทดลองในรูปที่ 5.21 และ 5.22 เมื่อนำมาคำนวณประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพ  
รตรางจากฐานข้อมูล กราฟในรูปที่ 5.23 เป็นการเปรียบเทียบการเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน แบบ 68  
HSI เจอภาพในกลุ่มเดียวกันในลำดับที่ดีกว่าและมากกว่าแบบอื่น ส่วนแบบ 94 HSI เจอภาพใน  
ลำดับที่สองทำให้กราฟที่ได้เริ่มแรกมีค่าแค่ 50 แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากเจอภาพในลำดับ  
ถัดไป ในแบบ 64 RGB จะเจอภาพแรกเพียงภาพเดียวขณะที่แบบ 92 RGB จะเจอภาพในกลุ่ม  
เดียวกันถึง 3 ภาพ (ใน 20 ลำดับแรก )

ในรูปที่ 5.24 เป็นการเปรียบเทียบการเจอภาพในประเภทสิ่งของและเครื่องยนต์ จากกราฟจะ  
เห็นว่าแบบ 94 HSI และ 68 HSI จะเจอภาพในประเภทเดียวกันใกล้เคียงกัน (50 อันดับแรก) ส่วน

แบบ 92 RGB จะเจอภาพประเภทเดียวกันมากกว่าแบบ 64 RGB ซึ่งจะให้ผลลัพธ์น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น

จาก query ตัวอย่างที่ผ่านมา 6 ภาพ เมื่อนำมาสร้างกราฟรวมของการเจอภาพที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 5.25 และกราฟรวมของการเจอภาพที่อยู่ในประเภทเดียวกันจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 5.27

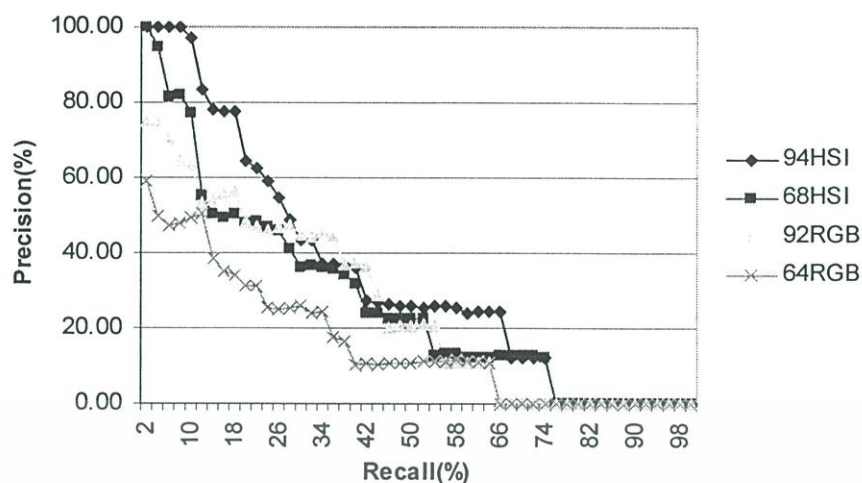
จากรูปที่ 5.25 จะเห็นว่ากราฟในแต่ละแบบในช่วง recall เริ่มต้นจนถึง 20 จะได้ค่า precision สูงประมาณ 90 % จากนั้นค่า precision ที่ได้จะค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ จนเป็น 0 เนื่องจากในอันดับต้นๆ ของผลลัพธ์ที่ได้จากฐานข้อมูลเจอภาพที่เป็นกลุ่มเดียวกันส่วนในอันดับถัดไปจะเจอภาพในกลุ่มตัวเองน้อยลงทำให้กราฟที่ได้มีค่าลดลงเรื่อยๆ กราฟของการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์ม 94 HSI จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับการแบ่งช่วงสีในแบบอื่น และการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์ม 92 RGB ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบยูนิฟอร์ม 64 RGB นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าการแบ่งช่วงสีในแบบจำลองสี HSI ให้ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนดีกว่าการแบ่งช่วงสีในแบบจำลองสี RGB



รูปที่ 5.25 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ query 6 ภาพ

จากรูปที่ 5.26 เป็นกราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียว จากกราฟในช่วงเริ่มต้นของกราฟจะมีค่าสูงจากนั้นกราฟจะค่อยๆ ตกลง จะเห็นได้ว่าการแบ่งช่วงสีนีออนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี HSI ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการแบ่งช่วงสีแบบอื่น การแบ่งช่วงสีนีออนยูนิฟอร์ม 92 ระดับในแบบจำลองสี RGB ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการแบ่งช่วงสียูนิฟอร์ม 64 ระดับในแบบจำลองสี RGB และที่ระดับ recall ประมาณ 26 ถึง 45 การแบ่งช่วงสีนีออนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี RGB จะเจอภาพในประเภทเดียวกันมากกว่าแบบอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



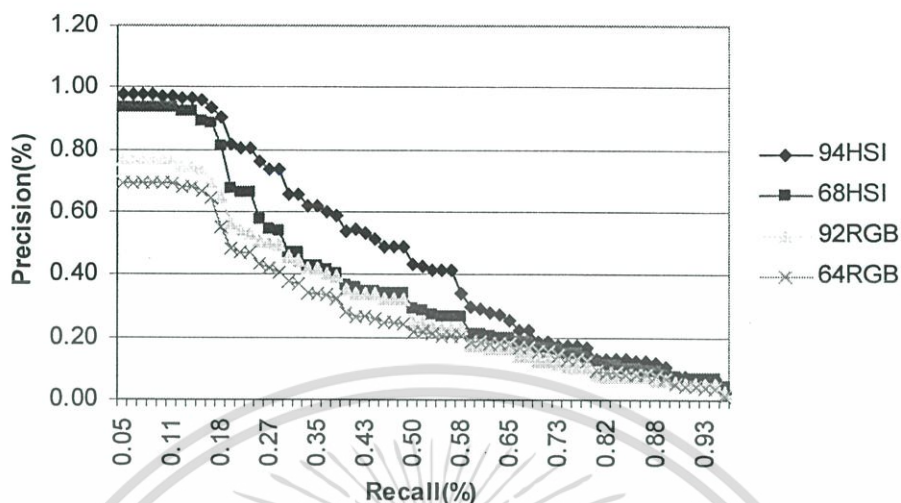
รูปที่ 5.26 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกันสำหรับการสืบค้นคืนภาพ query 6 ภาพ

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพโดยรวมของระบบด้วยการนำภาพ query ที่ได้จากการเลือกพื้นที่ที่สนใจจากภาพในฐานข้อมูลจำนวน 70 query (แสดงไว้ในภาคผนวก ข.1) โดยเลือกภาพในแต่ละประเภท ๆ ละ 10 ภาพ เพื่อนำมาเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการสืบค้นคืนที่ได้จากการสร้างดัชนีภาพในแต่ละแบบ และได้แสดงผลการทดลองไว้ในรูปที่ 5.27 และรูปที่ 5.28 ซึ่งจะทำให้การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืน 2 กรณีคือ การเจอภาพในกลุ่มเดียวกันกับภาพ query และการเจอภาพในประเภทเดียวกันกับภาพ query โดยจะคำนวณตั้งแต่ภาพแรกถึงภาพที่ 50 ของผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนของแต่ละ query

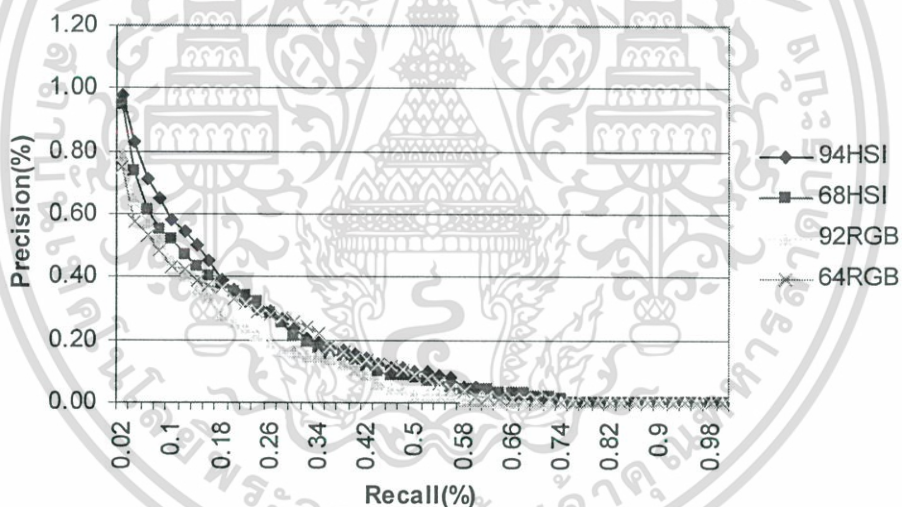
รูปที่ 5.27 เป็นกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมของระบบสืบค้นคืนภาพในกรณีการเจอภาพในกลุ่มเดียวกันกับภาพ query จากกราฟจะเห็นได้ว่าการแบ่งช่วงสีน็อนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี HSI ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการแบ่งช่วงสีแบบอื่น และการแบ่งช่วงสีน็อนยูนิฟอร์ม 92 ระดับในแบบจำลองสี RGB ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการแบ่งช่วงสียูนิฟอร์ม 64 ระดับในแบบจำลองสี RGB เมื่อมองโดยรวมจะเห็นว่าการสร้างดัชนีภาพในแบบจำลองสี HSI ให้ผลลัพธ์ของการสืบค้นคืนดีกว่าการสร้างดัชนีภาพในแบบจำลองสี RGB

รูปที่ 5.28 เป็นกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมของระบบสืบค้นคืนภาพในกรณีการเจอภาพภาพประเภทเดียวกันกับภาพ query จากกราฟจะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าที่ใกล้เคียงมาก กราฟในช่วงแรกที่ระดับ recall เป็น 0 จะให้ค่า precision เกือบถึง 1 จากนั้นกราฟที่ได้จะค่อยๆ ตกลงเป็น 0 ซึ่งกราฟในช่วงแรกของการแบ่งช่วงสีน็อนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี HSI จะให้ผลลัพธ์ที่สูงกว่าแบบอื่น และการแบ่งช่วงสีในแบบจำลองสี HSI จะให้ผลของการสืบค้นคืนที่ดีกว่าการแบ่งช่วงสีในแบบจำลอง HSI

นอกจากนี้ยังแสดงกราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนสำหรับภาพแต่ละประเภทไว้ในภาคผนวก ข.2



รูปที่ 5.27 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมของระบบในกรณีเจอภาพกลุ่มเดียวกันกับภาพ query



รูปที่ 5.28 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยรวมของระบบในกรณีเจอภาพประเภทเดียวกันกับภาพ query

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### สรุปผลการทดลอง

วิทยานิพนธ์นี้ ได้นำเสนอระบบสืบค้นคืนข้อมูลภาพโดยอาศัยลักษณะสำคัญสีในการสร้างดัชนีภาพ โดยใช้การแบ่งช่วงสีตามการรับรู้สีของมนุษย์ซึ่งเป็นการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์ม และได้นำอัลกอริทึม JSEG มาใช้ในการแยกส่วนของภาพก่อนทำการหาลักษณะสีด้วยฮิสโตแกรมสีและการหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สี (color correlogram) ใน region ที่ได้ ในระบบจะมี ส่วนหลักอยู่ 2 ส่วนคือ การสร้างดัชนีภาพในฐานข้อมูลและการสืบค้นคืนข้อมูลภาพ

การแบ่งช่วงสีของงานวิจัยนี้ได้ทำการแบ่งช่วงสีทั้งแบบจำลองสี RGB และแบบจำลองสี HSI เพื่อหาแบบจำลองสีที่เหมาะสมสำหรับการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์ม

#### 6.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงานวิจัย

จากผลการทดลองของงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์มจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบสืบค้นคืนข้อมูลภาพเพิ่มขึ้น เจอภาพที่เป็นภาพในกลุ่มเดียวกันมากขึ้น และอยู่ในลำดับต้นๆ ของผลลัพธ์ที่ได้

การสร้างดัชนีภาพแบบยูนิฟอร์ม 64 ระดับในแบบจำลองสี RGB ผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนเมื่อเทียบกับการแบ่งช่วงสีแบบอื่นจะได้เจอภาพที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันและประเภทเดียวกันน้อยกว่าและไม่เหมาะสมสำหรับภาพวิศวกรรมชาติเนื่องไม่เจอภาพในกลุ่มเลย แต่วิธีการนี้ให้ผลลัพธ์ที่ดีเมื่อภาพในกลุ่มเป็นภาพวิดีโอคลิปที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงฉากหลังของภาพหรือภาพที่ถ่ายระยะห่างของการถ่ายภาพเท่าเดิมแต่เปลี่ยนมุมมองการถ่ายภาพ

การสร้างดัชนีภาพแบบนีออนยูนิฟอร์ม 92 ระดับในแบบจำลองสี RGB เมื่อเปรียบเทียบกับแบบยูนิฟอร์ม 64 ระดับ จะเจอภาพที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันและประเภทเดียวกันมากกว่า แต่จะเจอภาพน้อยกว่าการสร้างดัชนีภาพในแบบจำลองสี HSI ทั้งสองแบบ แต่จะมีบางภาพที่เจอภาพในประเภทเดียวกันมากกว่าแบบอื่น

การสร้างดัชนีภาพแบบยูนิฟอร์ม 68 ระดับในแบบจำลองสี HSI ให้ผลลัพธ์ที่ดีเมื่อภาพตัวอย่างเป็นภาพวิดีโอคลิปที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงฉากหลังของภาพหรือภาพที่ถ่ายวัตถุเดิมแต่มีการเปลี่ยนระยะห่างของการถ่ายและเปลี่ยนมุมมองการถ่ายภาพ

การสร้างดัชนีภาพแบบนีออนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี HSI เมื่อดูโดยรวมจากภาพทุกประเภทจะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบ 64 RGB และ 92 RGB แต่จะมีบางกรณีที่ดีน้อยกว่าแบบ 68 HSI เช่น กรณีของรถราง ลำดับของผลลัพธ์ที่ได้จะต่ำกว่า เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำวิธีการหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างคู่สีมาช่วยในการหาลักษณะสำคัญสีร่วมกับฮิสโตแกรมสี จะให้ผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนของระบบที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้มากกว่าการใช้ฮิสโตแกรมสีเพียงอย่างเดียว

## 6.2 ปัญหา

จากการทดลองเมื่อผู้ใช้ทำการเลือกพื้นที่ที่สนใจมาเป็น query ของระบบการสืบค้นคืนภาพ ถ้าพื้นที่ที่เลือกนั้นไม่ได้เลือกส่วนที่เป็นลักษณะสีเด่นของภาพให้อยู่ตรงกลางภาพ ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพจะไม่ได้ภาพที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันหรือประเภทเดียวกัน หรือผลลัพธ์ที่ได้จะถูกสืบค้นมาน้อย ถ้าในกรณีพื้นที่ที่สนใจเป็นพื้นหลังของภาพมาอยู่ตรงกลางของพื้นที่ที่สนใจจะทำให้การสืบค้นได้ภาพที่ไม่ตรงกับความต้องการ ดังตัวอย่างของการเลือกพื้นที่ที่สนใจในตารางที่ 6.1

จากตารางเป็นการเปรียบเทียบการเลือกพื้นที่ที่สนใจในรูปผู้หญิงใส่เสื้อสีชมพู 3 query โดยจะมีภาพการแยกส่วนภาพอยู่ด้านล่างของแต่ละ query ใน query บนสุดจะเห็นได้ว่าเมื่อนำผลของการแยกส่วนของภาพมาใช้สืบค้นคืนในขั้นที่ 1 region ที่นำมาคือ region ที่มีส่วนประกอบของสีน้ำเงิน ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นภาพที่ประกอบด้วยโทนสีน้ำเงินเป็นหลัก ใน query ที่สองก็เช่นกันจะนำ region ที่มีส่วนประกอบของสีน้ำตาลอ่อนมาใช้ในขั้นที่ 1 ผลลัพธ์ที่ได้จึงมีภาพที่เป็นสีน้ำตาลอ่อนเป็นส่วนประกอบของแต่ละภาพ และใน query ที่สามจะนำ region ที่มีส่วนประกอบของสีชมพูมาใช้ในขั้นที่ 1 ผลลัพธ์ที่ได้จึงมีภาพที่เป็นสีชมพูเป็นส่วนประกอบของแต่ละภาพ

ปัญหาที่พบอีกประการคือ การเลือกขนาดของภาพที่จะนำมาเป็น query ตัวอย่างเช่น ในภาพวิวธรรมชาติ ถ้าเลือกขนาดของ query เล็กไป (128 X 128 พิกเซล) จะทำให้ได้องค์ประกอบทั้งหมดของภาพไม่ครบถ้วนซึ่งในภาพวิวธรรมชาติจะประกอบไปด้วยสีที่หลากหลาย ดังนั้นถ้าเลือกพื้นที่ที่มีองค์ประกอบภาพไม่ครบจะส่งผลต่อผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนของระบบได้ดังตัวอย่างในตารางที่ 6.2 จากตารางจะเห็นว่าภาพนี้เป็นภาพภูเขาหินทรายสีน้ำตาลริมทะเล เมื่อเลือกพื้นที่ที่สนใจเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ทรายผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนจะได้ภาพที่ประกอบไปด้วยสีน้ำตาลซึ่งไม่ตรงกับภาพในกลุ่มวิวธรรมชาติที่ต้องการ ดังนั้นในการเลือกพื้นที่ที่สนใจควรจะต้องเลือกพื้นที่ที่มีองค์ประกอบของภาพและเลือกขนาดที่ใหญ่ขึ้น เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของการสืบค้นคืนที่ดีและตรงกับความต้องการของผู้ใช้ และเลือกขนาดของพื้นที่ที่สนใจใหญ่กว่า 128 X 128 พิกเซล

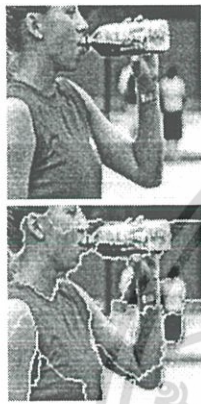
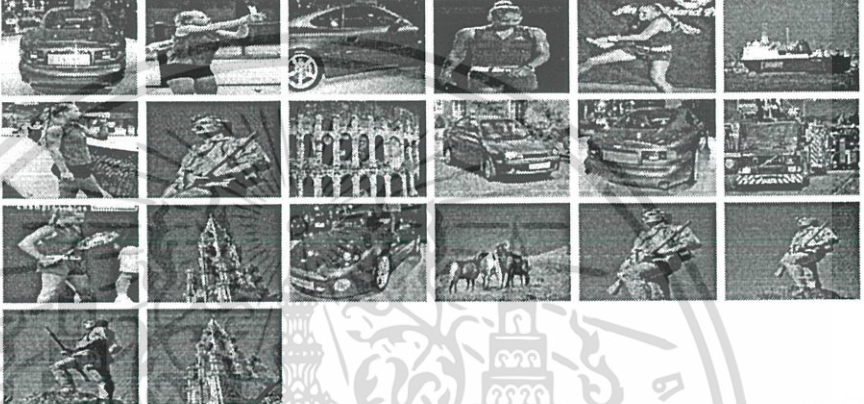




## 6.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ

จากผลการทดลองยังมีข้อจำกัดในขั้นตอนของการจัดลำดับข้อมูลเพื่อหาภาพที่เป็นผลลัพธ์และในส่วนของการเลือกพื้นที่ที่สนใจ ผู้วิจัยจึงเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


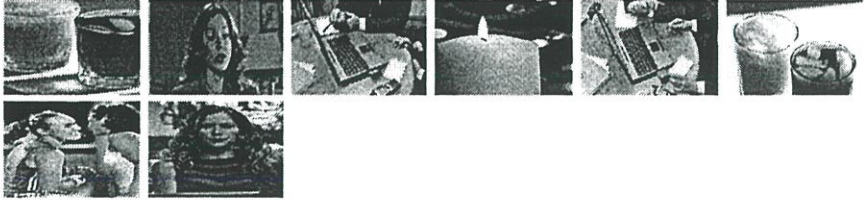




1. เพิ่มค่า weight ให้กับภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นในขั้นที่ 1 เนื่องจากในรอบแรกเจอภาพที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ในอันดับต้นๆ แต่เมื่อนำ region ที่เหลือมาสืบค้นในขั้นที่ 2 ทำให้ภาพที่ตรงความต้องการนั้นตกลงไปอยู่ในลำดับท้ายๆ ของผลลัพธ์
2. ทำ pre segment โดยการนำพื้นที่ที่สนใจมาแยกส่วนของภาพออกเป็นแต่ละ region แล้วให้ผู้ใช้เลือก region ที่ต้องการนำมาใช้ในการสืบค้นในขั้นที่ 1

ตารางที่ 6.1 ตัวอย่างเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเลือกพื้นที่ที่สนใจ

Query	ผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้น
	
	
	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้รับการเลือกพื้นที่ที่สนใจของภาพวีธีธรรมชาติแบบต่างๆ

Query	ผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้น
	
	
	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Swain M.J. and Ballard D.H. "Color Indexing" International Journal of Computer Vision. Vol.7, no.1, 1991 : 11-32.
- [2] Stricker M.A. and Orengo M. "Similarity of Color Images" Storage and Retrieval for Image and Video Database Conf.,1996 : 381-392.
- [3] Stricker M.A. and Dimai A. "Color Indexing with Weak Spatial Constraints" Storage and Retrieval for Image and Video Database Conf.,1996 : 29-40.
- [4] Carson C., Belongie S., Greenspan H. and Malik J. "Region-Based Image Querying" Proc. CVPR'97 Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries, 1997 : 1-8.
- [5] Gonzalez R.C. and Woods R.E. **Digital Image Processing. International Edition.** New Jersey : Prentice-Hall, Inc. 2002. 2<sup>nd</sup> Edition.
- [6] Sexton I., "Human Perception" [Online].  
<http://www.cse.dmu.ac.uk/~sexton/SOFT2057/colour/colour.html>. 2004
- [7] Arnheim R. **Art and Visual Perception: A Psychology of the Creative Eye.** Berkeley : University of California Press. 1974.
- [8] Lai T.S. and Tait J. "CHROMA : A Content-based Image Retrieval System" ACM Conf. On Research and Development in Information Retrieval, Aug, 1999 : 324.
- [9] Pual R. "Color chart" [Online]. <http://www.nutrocer.co.uk/colorchart.html>. 2004.
- [10] Bounthanh T., Chitsobhuk O. and S. Mitatha "Hierarchical Region of Interest Query and Indexing for Content-Based Image Retrieval" Digital Signal Processing and its Applications, 2003 : 281-284
- [11] Sural S., Qian G., and Pramanile S. "Segmentation and Histogram Generation Using The HSV Color Space For Image Retrieval." **IEEE ICIP 2002** : 589-592.
- [12] Forayth D.A. and Ponce J. **Computer Vision A Modern Approach.** New Jersey : Pearson Education, Inc. 2002.
- [13] Gong Y., Chua H.C and Guo X. "Image Indexing and Retrieval Based on Color Histograms." **Multimedia Tools and Application**, no. 2, 1996 : 133-156.
- [14] Huang J., Kumar S.R., Mita M., Zhu W.-J. and Zabih R. "Image Indexing Using Color Correlograms." Proc. Of the 1997 Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'97), 1997 :762-768.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
















- [15] Belongie S., Carson C., Greenspan H., and Malih J. “Color and Texture-based Image Segmentation Using EM and its Application to Content-Based Image Retrieval”, Proc. of ICCV, 1998 : 675-682.
- [16] Ma W.Y. and Manjunath B.S., “Edge flow: A Framework of Boundary Detection and Image Segmentation”, Proc. Of CVPR, 1997 : 744-749.
- [17] Deng Y., Kenney C., Moore M.S., and Manjunath B.S., “Color Image Segmentation” Proc. of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR’99, Fort Collins, CO, vol.2 ,June 1999 : 446-451.
- [18] Deng Y., Kenney C., Moore M.S., and B.S. Manjunath, “Peer Group Filter and Perceptual Color Image Quantization”, Proc. of ISCAS, 1999.
- [19] Duda R. O. and Hart P.E., Pattern Classification and Scene Analysis, John Wiley & Sons, New York, 1970.
- [20] Baeza-Yates R. and Ribeiro-Neto B. **Modern Information Retrieval**. United State : Addison-Wesley, Inc.1999
- [20] Gray R.M., “Vector Quantization”, IEEE Acoustics, Speech and Signal Processing Society Magazine, April 1984 ; pp.4-29.
- [21] Gersho A. and Gray R.M., “Vector Quantization and Signal Compression”, Kluwer Academic Publisher, Boston, USA, 1970.
- [22] Ho Yong L., Ho Keun L. and Yeong Ho H. “Spatial Color Descriptor for Image Retrieval and Video Segmentation” IEEE Transactions on Multimedia,vol.5, 2003 :358-367.
- [24] Britton I. “Free Pictures” [Online]. <http://www.freefoto.com> . 2002.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

























## ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก.1 รายละเอียดการกำหนดชื่อสีในแบบจำลองสี 216 สี

NO.	Color Name	Samples	R	G	B	HTML Code
1	Alice blue		240	248	255	F0F8FF
2	Antique white		250	235	215	FAFBD7
3	Aqua		0	255	255	00FFFF
4	Aquamarine		127	255	212	7FFD4
5	Azure		240	255	255	F0FFFF
6	Beige		245	245	220	F5F5DC
7	Bisque		225	228	196	FFE4C4
8	Black		0	0	0	000000
9	Blanched Almond		255	235	205	FFEBCD
10	Blue		0	0	255	0000FF
11	Blue Violet		138	43	226	8A2BE2
12	Brown		165	42	42	A52A2A
13	Burly Wood		222	184	135	DEB887
14	Cadet Blue		95	158	160	5F9EA0
15	Chartreuse		127	255	0	7FFF00
16	Chocolate		210	105	30	D2691E
17	Coral		255	127	80	FF7F50
18	Cornflower Blue		100	149	237	6495ED
19	Cornsilk		255	248	220	FFF8DC
20	Crimson		220	20	60	DC143C
21	Cyan		0	255	255	00FFFF
22	Dark Blue		0	0	139	00008B























เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายละเอียดการกำหนดรหัสสีในแบบจำลองสี 216 สี

NO.	Color Name	Samples	R	G	B	HTML Code
23	Dark Cyan		0	139	139	008B8B
24	Dark Golden Rod		184	134	11	B8860B
25	Dark Gray		169	169	169	A9A9A9
26	Dark Green		0	100	0	006400
27	Dark Khaki		189	183	170	BDB76B
28	Dark Magenta		139	0	139	8B008B
29	Dark Olive Green		85	107	47	556B2F
30	Dark Orange		255	140	0	FF8C00
31	Dark Orchid		153	50	204	9932CC
32	Dark Red		139	0	0	8B0000
33	Dark Salmon		233	150	122	E9967A
34	Dark Sea Green		143	188	143	8FBC8F
35	Dark Slate Blue		72	61	139	483D8B
36	Dark Slate Gray		47	79	79	2F4F4F
37	Dark Turquoise		0	206	209	00CED1
38	Dark Violet		148	0	211	9400D3
39	Deep Pink		255	20	147	FF1493
40	Deep Sky Blue		0	191	255	00BFFF
41	Dim Gray		105	105	105	696969
42	Dodger Blue		30	144	255	1E90FF
43	Fire Brick		178	34	34	B22222
44	Floral White		255	250	240	FFFAF0
45	Forest Green		34	139	34	228B22
46	Fuchsia		255	0	255	FF00FF

























เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายละเอียดการกำหนดชื่อสีในแบบจำลองสี 216 สี

NO.	Color Name	Samples	R	G	B	HTML Code
47	Gainsboro		220	220	220	DCDCDC
48	Ghost White		248	248	255	F8F8FF
49	Gold		255	215	0	FFD700
50	Golden Rod		218	165	32	DAA520
51	Gray		128	128	128	7F7F7F
52	Green		0	128	0	008000
53	Green Yellow		173	255	47	ADFF2F
54	Honeydew		240	255	240	F0FFF0
55	Hot Pink		255	105	180	FF69B4
56	Indian Red		205	92	92	CD5C5C
57	Indigo		75	0	130	4B0082
58	Ivory		255	255	240	FFFFF0
59	Khaki		240	230	140	F0E68C
60	Lavender		230	230	250	E6E6FA
61	Lavender Blush		230	230	250	FFF0F5
62	Lawn Green		124	252	0	7CF000
63	Lemon Chiffon		255	250	205	FFFACD
64	Light Blue		173	216	230	ADD8E6
65	Light Coral		240	128	128	E08080
66	Light Cyan		224	255	255	E0FFFF
67	Light Golden Rod Yellow		250	250	210	FAFAD2
68	Light Grey		211	211	211	D3D3D3
69	Light Pink		255	182	193	FFB6C1
70	Light Salmon		255	160	122	FFA07A




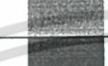











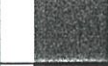

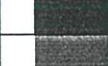



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายละเอียดการกำหนดชื่อสีในแบบจำลองสี 216 สี

NO.	Color Name	Samples	R	G	B	HTML Code
71	Light Sea Green		38	178	170	20B2AA
72	Light Sky Blue		135	206	250	87CEFA
73	Light Slate Gray		119	136	153	778899
74	Light Green		144	238	144	90EE90
75	Light Steel Blue		176	196	222	B0C4DE
76	Light Yellow		255	255	224	FFFFE0
77	Lime		0	255	0	00FF00
78	Lime Green		50	205	50	32CD14
79	Linen		250	240	230	FAF0E6
80	Magenta		255	0	255	FF00FF
81	Maroon		128	0	0	800000
82	Medium Aqua Marine		102	205	170	66CDAA
83	Medium Blue		0	0	205	0000CD
84	Medium Orchid		186	85	211	BA55D3
85	Medium Purple		147	112	219	9370DB
86	Medium Sea Green		60	179	113	3CB371
87	Medium Slate Blue		123	104	238	7B68EE
88	Medium Spring Green		0	250	154	00FA9A
89	Medium Turquoise		72	209	204	48D1CC
90	Medium Violet Red		199	21	133	C71585
91	Midnight Blue		25	25	112	2191970
92	Mint Cream		245	255	250	F5FFFA
93	Misty Rose		255	228	225	FFE4E1
94	Moccasin		255	228	181	FFE4B5























เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายละเอียดการกำหนดชื่อสีในแบบจำลองสี 216 สี

NO.	Color Name	Samples	R	G	B	HTML Code
95	Navajo White		255	222	173	FFDEAD
96	Navy		0	0	128	000080
97	Oldlace		253	245	230	FDF5E6
98	Olive		128	128	0	808000
99	Olive Drab		107	142	35	6B8E23
100	Orange		255	165	0	FFA500
101	Orange Red		255	69	0	FF4500
102	Orchid		218	112	214	DA70D6
103	Pale Golden Rod		238	232	170	EEE8AA
104	Pale Green		152	251	152	98FB98
105	Pale Turquoise		175	238	238	AFEEEE
106	Pale Violet Red		219	112	147	DB7793
107	Papaya Whip		255	239	213	FFEFD5
108	Peach Puff		255	218	185	FFDAB9
109	Peru		205	133	63	CD853F
110	Pink		255	192	203	FFC0CB
111	Plum		221	160	221	DDA0DD
112	Powder Blue		176	224	230	B0E0E6
113	Purple		128	0	128	800080
114	Red		255	0	0	FF0000
115	Rosy Brown		188	143	143	BC8F8F
116	Royal Blue		65	105	225	4169E1
117	Saddle Brown		139	69	19	8B4513
118	Salmon		250	128	114	FA8072

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายละเอียดการกำหนดชื่อสีในแบบจำลองสี 216 สี

NO.	Color Name	Samples	R	G	B	HTML Code
119	Sandy Brown		244	164	96	F4A460
120	Sea Green		46	139	87	2E8B57
121	Sea Shell		255	245	238	FFF5EE
122	Sienna		160	82	45	A0522D
123	Silver		192	192	192	C0C0C0
124	Sky Blue		135	206	235	87CEEB
125	Slate Blue		106	90	205	6A5ACD
126	Slate Gray		112	128	144	708090
127	Snow		255	250	250	FFFAFA
128	Spring Green		0	255	127	00FF7F
129	Steel Blue		70	130	180	4682B4
130	Tan		210	180	140	D2B48C
131	Teal		0	128	128	008080
132	Thistle		216	191	216	D8BFD8
133	Tomato		255	99	71	FF6347
134	Turquoise		64	224	208	40E0D0
135	Violet		238	130	238	EE82EE
136	Wheat		245	222	179	F5DEB8
137	White		255	255	255	FFFFFF
138	White Smoke		245	245	245	F5F5F5
139	Yellow		255	255	0	FFFF00
140	Yellow Green		154	205	50	8BCD32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 การแบ่งช่วงสีแบบยูนิฟอร์ม 64 ระดับในงานวิจัยของ Tha และคณะ

No.	Uniform	ตัวอย่างสีในแต่ละช่วง	ช่วงสีแดง สีเขียว สีม่วง (R/G/B)
1.			R=0-63, G=0-63, B=0-63
2.			R=0-63, G=0-63, B=64-128
3.			R=0-63, G=0-63, B=129-193
4.			R=0-63, G=0-63, B=194-255
5.			R=0-63, G=64-128, B=0-63
6.			R=0-63, G=64-128, B=64-128
7.			R=0-63, G=64-128, B=129-193
8.			R=0-63, G=64-128, B=194-255
9.			R=0-63, G=129-193, B=0-63
10.			R=0-63, G=129-193, B=64-128
11.			R=0-63, G=129-193, B=129-193
12.			R=0-63, G=129-193, B=194-255
13.			R=0-63, G=194-255, B=0-63
14.			R=0-63, G=194-255, B=64-128
15.			R=0-63, G=194-255, B=129-193
16.			R=0-63, G=194-255, B=194-255
17.			R=64-128, G=0-63, B=0-63
18.			R=64-128, G=0-63, B=64-128
19.			R=64-128, G=0-63, B=129-193
20.			R=64-128, G=0-63, B=194-255
21.			R=64-128, G=64-128, B=0-63
22.			R=64-128, G=64-128, B=64-128
23.			R=64-128, G=64-128, B=129-193
24.			R=64-128, G=64-128, B=194-255

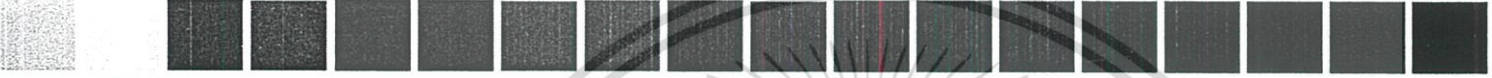
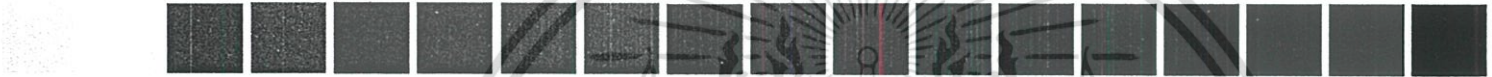
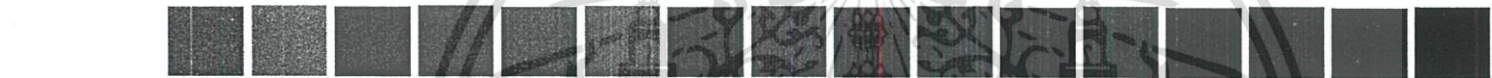





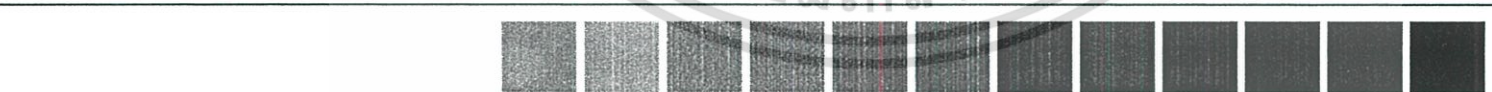
ตารางที่ ก.2 (ต่อ) การแบ่งช่วงสีเบมยูนิฟอรม 64 ระดับในงานวิจัยของ Tha และคณะ

No.	Uniform	ตัวอย่างสีในแต่ละช่วง						ช่วงสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน (R:G:B)
25.								R=64-128, G=129-193, B=0-63
26.								R=64-128, G=129-193, B=64-128
27.								R=64-128, G=129-193, B=129-193
28.								R=64-128, G=129-193, B=194-255
29.								R=64-128, G=194-255, B=0-63
30.								R=64-128, G=194-255, B=64-128
31.								R=64-128, G=194-255, B=129-193
32.								R=64-128, G=194-255, B=194-255
33.								R=129-193, G=0-63, B=0-63
34.								R=129-193, G=0-63, B=64-128
35.								R=129-193, G=0-63, B=129-193
36.								R=129-193, G=0-63, B=194-255
37.								R=129-193, G=64-128, B=0-63
38.								R=129-193, G=64-128, B=64-128
39.								R=129-193, G=64-128, B=129-193
40.								R=129-193, G=64-128, B=194-255
41.								R=129-193, G=129-193, B=0-63
42.								R=129-193, G=129-193, B=64-128
43.								R=129-193, G=129-193, B=129-193
44.								R=129-193, G=129-193, B=194-255
45.								R=129-193, G=194-255, B=0-63
46.								R=129-193, G=194-255, B=64-128
47.								R=129-193, G=194-255, B=129-193
48.								R=129-193, G=194-255, B=194-194










ตารางที่ ก.2 (ต่อ) การแบ่งช่วงสีแบบยูนิฟอร์ม 64 ระดับในงานวิจัยของ Tha และคณะ

No.	Uniform	ตัวอย่างสีในแต่ละช่วง	ช่วงสีแดง สีเขียว สีนํ้าเงิน (RGB)
49.			R=194-255, G=0-63, B=0-63
50.			R=194-255, G=0-63, B=64-128
51.			R=194-255, G=0-63, B=129-193
52.			R=194-255, G=0-63, B=194-255
53.			R=194-255, G=64-128, B=0-63
54.			R=194-255, G=64-128, B=64-128
55.			R=194-255, G=64-128, B=129-193
56.			R=194-255, G=64-128, B=194-255
57.			R=194-255, G=129-193, B=0-63
58.			R=194-255, G=129-193, B=64-128
59.			R=194-255, G=129-193, B=129-193
60.			R=194-255, G=129-193, B=194-255
61.			R=194-255, G=194-255, B=0-63
62.			R=194-255, G=194-255, B=64-128
63.			R=194-255, G=194-255, B=129-193
64.			R=194-255, G=194-255, B=194-255




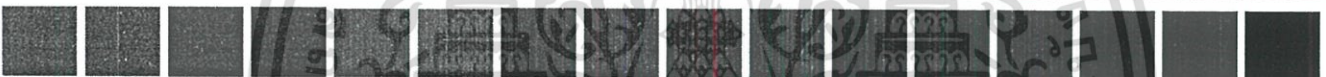





ตารางที่ ก.3 รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบยูนิฟอร์ม 68 ระดับในงานวิจัยของ Soral และคณะ

No.	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
1.		H=0-7, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
2.		H=8-14, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
3.		H=15-21, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
4.		H=22-28, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
5.		H=29-35, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
6.		H=36-42, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
7.		H=43-49, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
8.		H=50-56, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
9.		H=57-63, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue










ตารางที่ ก.3 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบยูนิฟอร์ม 68 ระดับในงานวิจัยของ Sorai และคณะ

No.	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
10.		H=64-70, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
11.		H=71-77, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
12.		H=78-84, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
13.		H=85-91, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
14.		H=92-98, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
15.		H=99-105, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
16.		H=106-112, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
17.		H=113-119, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
18.		H=120-126, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue










ตารางที่ ก.3 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบยูนิฟอร์ม 68 ระดับในงานวิจัยของ Soral และคณะ

No.	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
19.		H=127-133, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
20.		H=134-140, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
21.		H=141-147, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
22.		H=148-154, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
23.		H=155-161, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
24.		H=162-168, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
25.		H=169-175, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
26.		H=176-182, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
27.		H=183-189, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบยูนิฟอร์ม 68 ระดับในงานวิจัยของ Sorai และคณะ

No.	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
28.		H=190-196, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
29.		H=197-203, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
30.		H=204-210, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
31.		H=211-217, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
32.		H=218-224, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
33.		H=225-231, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
34.		H=232-238, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
35.		H=239-245, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
36.		H=246-252, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue

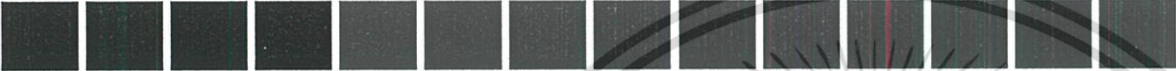
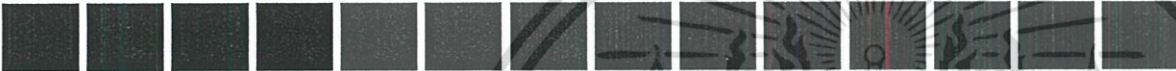
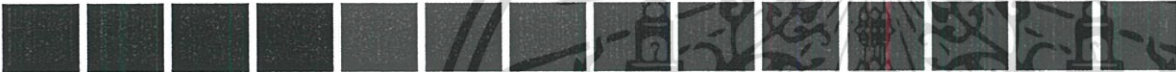


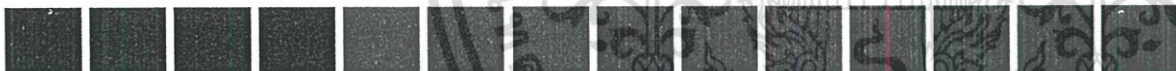
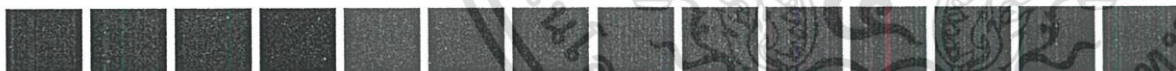
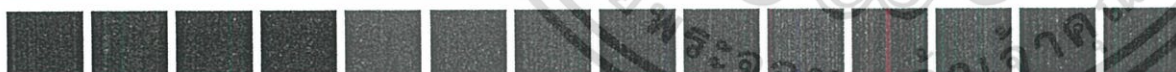

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบยูนิฟอร์ม 68 ระดับในงานวิจัยของ Sorai และคณะ

No.	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
37.		H=253-259, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
38.		H=260-266, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
39.		H=267-273, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
40.		H=274-280, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
41.		H=281-287, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
42.		H=288-294, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
43.		H=295-301, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
44.		H=302-308, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue
45.		H=309-315, S=0.21-1.0, I ขึ้นอยู่กับ Hue

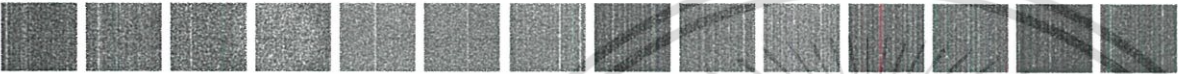
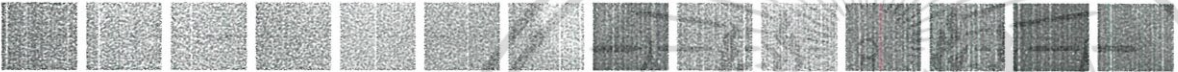



ตารางที่ ก.3 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบยูนิฟอร์ม 68 ระดับในงานวิจัยของ Soral และคณะ

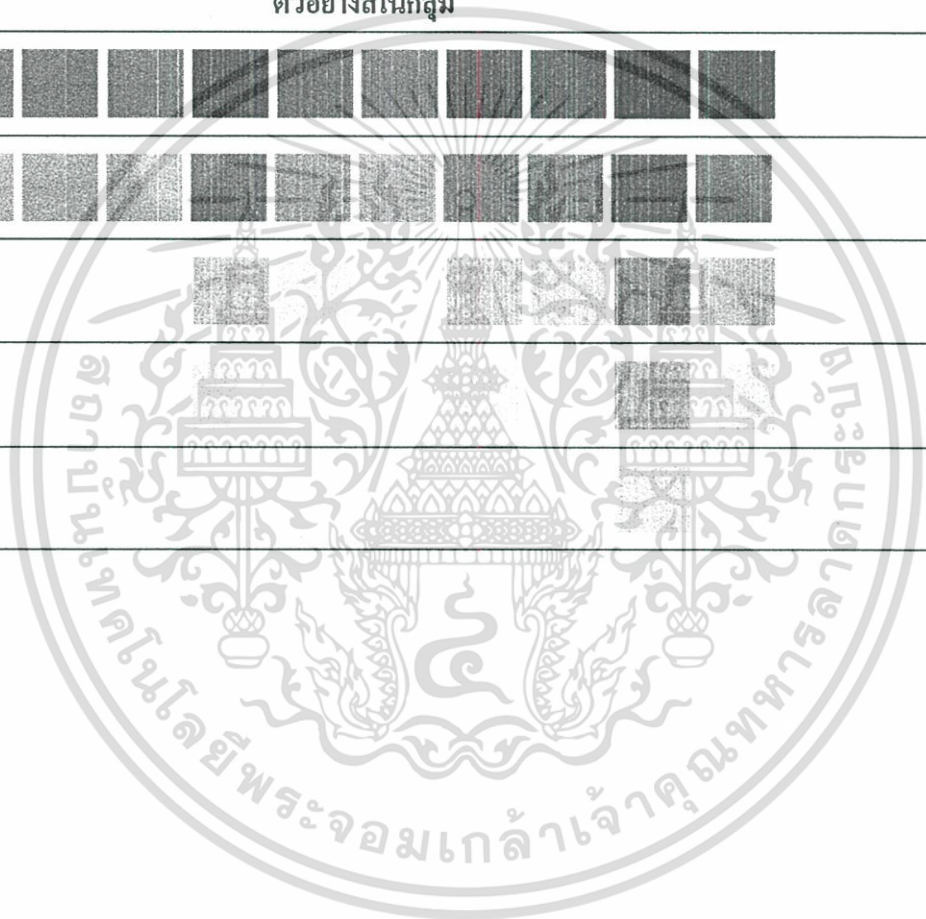
No.	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
46.		H=316-322, S=0.21-1.0, I=0.5 ขึ้นอยู่กับ Hue
47.		H=323-329, S=0.21-1.0, I=0.5 ขึ้นอยู่กับ Hue
48.		H=330-336, S=0.21-1.0, I=0.5 ขึ้นอยู่กับ Hue
49.		H=337-343, S=0.21-1.0, I=0.5 ขึ้นอยู่กับ Hue
50.		H=344-351, S=0.21-1.0, I=0.5 ขึ้นอยู่กับ Hue
51.		H=352-360, S=0.21-1.0, I=0.5 ขึ้นอยู่กับ Hue
52.		H=0-360, S=0-0.20, I=0.5
53.		H=0-360, S=0-0.20, I=0.6-0.11
54.		H=0-360, S=0-0.20, I=0.12-0.17

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบยูนิฟอร์ม 68 ระดับในงานวิจัยของ Sorai และคณะ

No.	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
55.		H=0-360, S=0-0.20, I=0.18-0.23
56.		H=0-360, S=0-0.20, I=0.24-0.29
57.		H=0-360, S=0-0.20, I=0.30-0.35
58.		H=0-360, S=0-0.20, I=0.36-0.40
59.		H=0-360, S=0-0.20, I=0.41-0.46
60.		H=0-360, S=0-0.20, I=0.47-0.53
61.		H=0-360, S=0-0.20, I=0.54-0.59
62.		H=0-360, S=0-0.20, I=0.60-0.65
63.		H=0-360, S=0-0.20, I=0.66-0.71

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบยูนิฟอร์ม 68 ระดับในงานวิจัยของ Sorai และคณะ

No.	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
64.		H=0-360, S=0-0.20, I=0.72-0.76
65.		H=0-360, S=0-0.20, I=0.77-0.81
66.		H=0-360, S=0-0.20, I=0.82-0.86
67.		H=0-360, S=0-0.20, I=0.87-0.92
68.		H=0-360, S=0-0.20, I=0.93-1.0



ตารางที่ ก.4 รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์ม 92 ระดับในแบบจำลองสี RGB เทียบจาก  
แบบจำลองสี 216 สี

No.	Nonuniform	216 Color Model	ช่วงสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน (RGB)
1.			R=0-26, G=0-26, B=0-26
2.			R=0-26, G=0-26, B=27-77
3.			R=0-26, G=27-77, B=0-26
4.			R=0-26, G=27-77, B=27-77
5.			R=0-26, G=0-77, B=78-128
6.			R=0-26, G=0-77, B=129-255
7.			R=0-77, G=78-128, B=0-77
8.			R=0-77, G=78-128, B=78-128
9.			R=0-26, G=78-128, B=129-255
10.			R=0-77, G=129-179, B=0-77
11.			R=0-77, G=129-179, B=78-128
12.			R=0-77, G=129-179, B=129-179
13.			R=0-77, G=129-179, B=180-255
14.			R=0-77, G=180-230, B=129-255
15.			R=0-77, G=180-230, B=129-255
16.			R=0-77, G=231-255, B=0-128
17.			R=0-77, G=231-255, B=129-230
18.			R=0-77, G=231-255, B=231-255
19.			R=27-77, G=0-26, B=0-26
20.			R=27-77, G=0-26, B=27-77
21.			R=27-77, G=27-77, B=0-26
22.			R=27-77, G=27-77, B=27-77
23.			R=27-77, G=0-77, B=78-128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์ม 92 ระดับในแบบจำลองสี RGB เทียบ  
จากแบบจำลองสี 216 สี

No.	Nonuniform	216 Color Model	ช่วงสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน (RGB)
24.			R=27-77, G=0-77, B=129-255
25.			R=27-77, G=78-128, B=129-255
26.			R=78-128, G=0-26, B=0-26
27.			R=78-128, G=27-77, B=0-26
28.			R=78-128, G=27-77, B=0-77
29.			R=78-128, G=0-77, B=78-128
30.			R=78-128, G=0-77, B=129-255
31.			R=78-128, G=78-128, B=0-77
32.			R=78-128, G=78-128, B=78-128
33.			R=78-128, G=78-128, B=129-255
34.			R=78-128, G=129-179, B=0-77
35.			R=78-128, G=129-179, B=78-128
36.			R=78-128, G=129-179, B=129-179
37.			R=78-128, G=129-179, B=180-255
38.			R=78-128, G=180-230, B=0-128
39.			R=78-128, G=180-230, B=129-255
40.			R=78-128, G=231-255, B=0-128
41.			R=78-179, G=231-255, B=129-179
42.			R=78-179, G=231-255, B=180-230
43.			R=78-179, G=231-255, B=231-255
44.			R=129-179, G=0-77, B=0-26
45.			R=129-179, G=0-77, B=27-77
46.			R=129-179, G=0-77, B=78-128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์ม 92 ระดับในแบบจำลองสี RGB เทียบ  
จากแบบจำลองสี 216 สี

No.	Nonuniform	216 Color Model	ช่วงสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน (RGB)
47.			R=129-179, G=0-77, B=129-255
48.			R=129-179, G=78-128, B=0-77
49.			R=129-179, G=78-128, B=78-128
50.			R=129-179, G=78-128, B=129-255
51.			R=129-179, G=129-179, B=0-128
52.			R=129-179, G=129-179, B=129-179
53.			R=129-179, G=129-179, B=180-255
54.			R=129-179, G=180-230, B=0-128
55.			R=129-179, G=180-230, B=129-255
56.			R=129-179, G=231-255, B=0-128
57.			R=180-230, G=0-26, B=0-26
58.			R=180-230, G=27-77, B=0-26
59.			R=180-230, G=0-77, B=27-77
60.			R=180-230, G=0-77, B=78-128
61.			R=180-230, G=0-77, B=129-255
62.			R=180-230, G=78-128, B=0-77
63.			R=180-230, G=78-128, B=78-128
64.			R=180-230, G=78-128, B=129-255
65.			R=180-230, G=129-179, B=0-77
66.			R=180-230, G=129-179, B=78-128
67.			R=180-230, G=129-179, B=129-179
68.			R=180-230, G=129-179, B=180-230
69.			R=180-230, G=129-179, B=231-255












เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์ม 92 ระดับในแบบจำลองสี RGB เทียบ  
จากแบบจำลองสี 216 สี












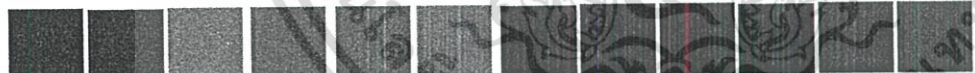




No.	Nonuniform	216 Color Model	ช่วงสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน (RGB)
70.			R=180-230, G=180-230, B=129-230
71.			R=180-230, G=180-230, B=129-179
72.			R=180-230, G=180-230, B=180-230
73.			R=180-230, G=180-230, B=231-255
74.			R=180-230, G=231-255, B=0-128
75.			R=180-230, G=231-255, B=129-255
76.			R=231-255, G=0-77, B=0-77
77.			R=231-255, G=0-77, B=78-128
78.			R=231-255, G=0-77, B=129-179
79.			R=231-255, G=0-128, B=180-255
80.			R=231-255, G=78-128, B=0-77
81.			R=231-255, G=78-128, B=78-128
82.			R=231-255, G=78-128, B=129-179
83.			R=231-255, G=129-179, B=0-77
84.			R=231-255, G=129-179, B=78-128
85.			R=231-255, G=129-179, B=129-179
86.			R=231-255, G=129-179, B=180-255
87.			R=231-255, G=180-230, B=0-128
88.			R=231-255, G=180-230, B=129-179
89.			R=231-255, G=180-230, B=180-255
90.			R=231-255, G=231-255, B=0-128
91.			R=231-255, G=231-255, B=129-230
92.			R=231-255, G=231-255, B=231-255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


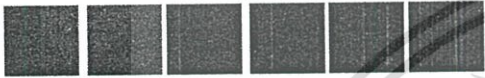

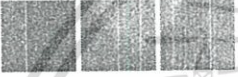



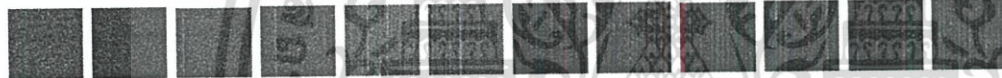









ตารางที่ ก.5 รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี HSI

No.	สีตัวแทน	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
1.			H=0-360, S=0-0.2, I=0-0.25
2.			H=0-360, S=0-0.2, I=0.26-0.50
3.			H=0-360, S=0-0.2, I=0.51-0.75
4.			H=0-360, S=0-0.2, I=0.76-1.0
5.			H=331-347, S=0.21-0.6, I=0-0.33
6.			H=331-347, S=0.21-0.6, I=0.34-0.66


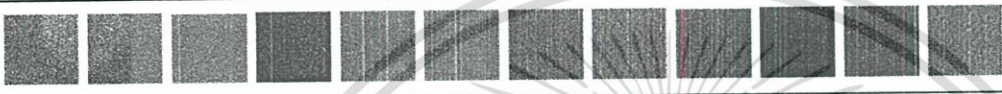





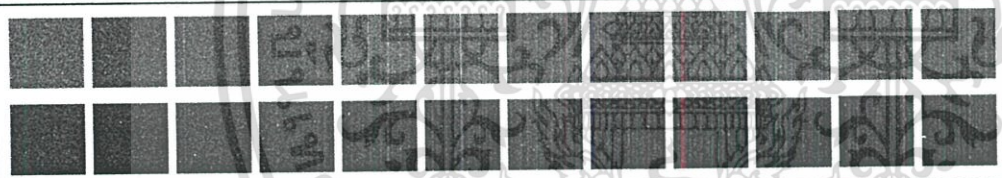

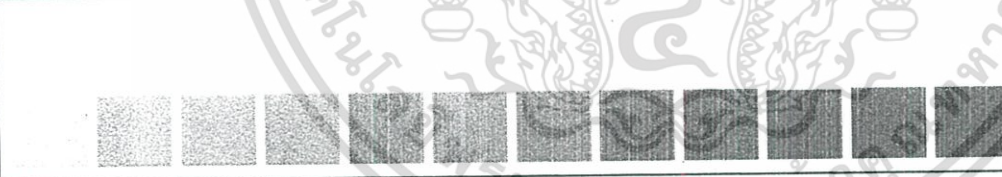

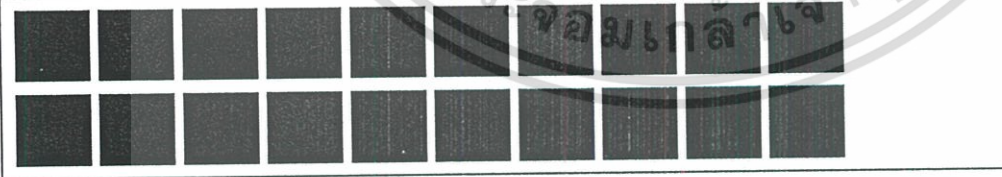
ตารางที่ ก.5 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบน็อนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี HSI

No.	สีตัวแทน	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
7.			H=331-347, S=0.21-0.6, I=0.67-1.0
8.			H=348-4, S=0.21-0.6, I=0-0.33
9.			H=348-4, S=0.21-0.6, I=0.34-0.66
10.			H=348-4, S=0.21-0.6, I=0.67-1.0
11.			H=5-22, S=0.21-0.6, I=0-0.33
12.			H=5-22, S=0.21-0.6, I=0.34-0.66
13.			H=5-22, S=0.21-0.6, I=0.67-1.0
14.			H=23-33, S=0.21-0.6, I=0-0.33

ตารางที่ ก.5 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี HSI

No.	สีตัวแทน	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
15.			H=23-33, S=0.21-0.6, I=0.34-0.66
16.			H=23-33, S=0.21-0.6, I=0.67-1.0
17.			H=34-45, S=0.21-0.6, I=0-0.33
18.			H=34-45, S=0.21-0.6, I=0.34-0.66
19.			H=34-45, S=0.21-0.6, I=0.67-1.0
20.			H=46-57, S=0.21-0.6, I=0-0.33
21.			H=46-57, S=0.21-0.6, I=0.34-0.66
22.			H=46-57, S=0.21-0.6, I=0.67-1.0
23.			H=58-70, S=0.21-0.6, I=0-0.33


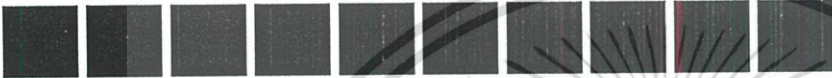














ตารางที่ ก.5 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี HSI

No.	สีตัวแทน	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
24.			H=58-70, S=0.21-0.6, I=0.34-0.66
25.			H=58-70, S=0.21-0.6, I=0.67-1.0
26.			H=71-98, S=0.21-0.6, I=0-0.33
27.			H=71-98, S=0.21-0.6, I=0.34-0.66
28.			H=71-98, S=0.21-0.6, I=0.67-1.0
29.			H=99-126, S=0.21-0.6, I=0-0.33








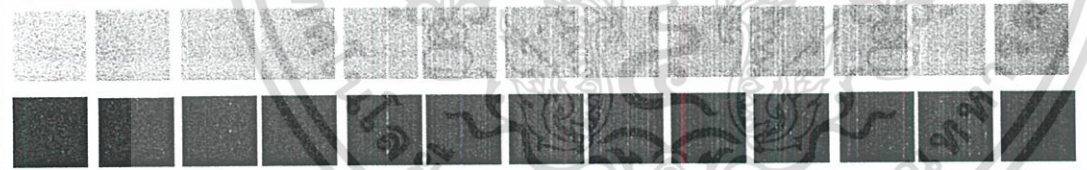

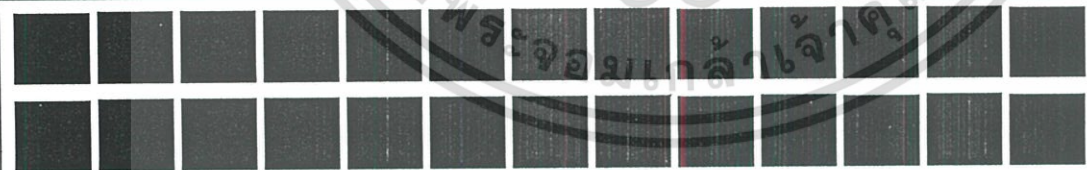
ตารางที่ ก.5 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี HSI

No.	สีตัวแทน	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
30.			H=99-126, S=0.21-0.6, I=0.34-0.66
31.			H=99-126, S=0.21-0.6, I=0.67-1.0
32.			H=127-155, S=0.21-0.6, I=0-0.33
33.			H=127-155, S=0.21-0.6, I=0.34-0.66
34.			H=127-155, S=0.21-0.6, I=0.67-1.0


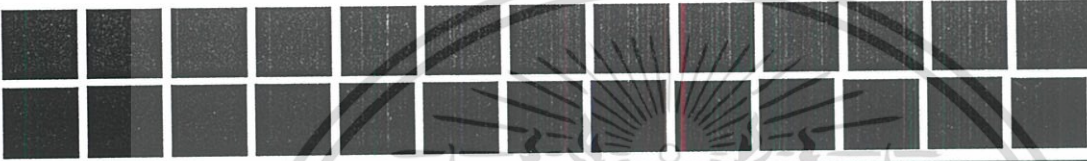

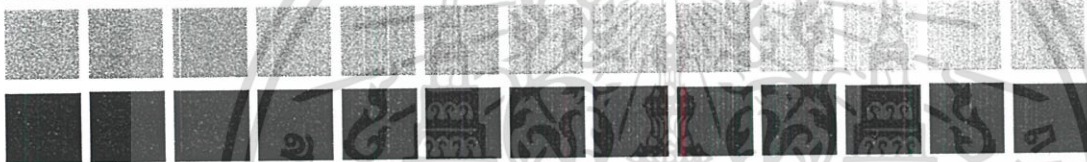









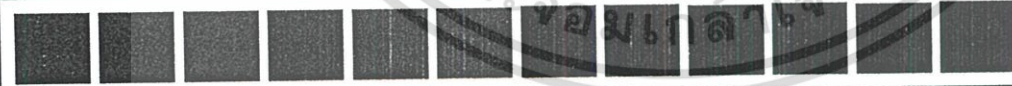


ตารางที่ ก.5 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี HSI

No.	สีตัวแทน	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
35.			H=156-170, S=0.21-0.6, I=0-0.33
36.			H=156-170, S=0.21-0.6, I=0.34-0.66
37.			H=156-170, S=0.21-0.6, I=0.67-1.0
38.			H=171-186, S=0.21-0.6, I=0-0.33
39.			H=171-186, S=0.21-0.6, I=0.34-0.66
40.			H=171-186, S=0.21-0.6, I=0.67-1.0
41.			H=187-217, S=0.21-0.6, I=0-0.33
42.			H=187-217, S=0.21-0.6, I=0.34-0.66





















ตารางที่ ก.5 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบน็อนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี HSI

No.	สีตัวแทน	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
43.			H=187-217, S=0.21-0.6, I=0.67-1.0
44.			H=218-248, S=0.21-0.6, I=0-0.33
45.			H=218-248, S=0.21-0.6, I=0.34-0.66
46.			H=218-248, S=0.21-0.6, I=0.67-1.0
47.			H=249-278, S=0.21-0.6, I=0-0.33

ตารางที่ ก.5 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี HSI

No.	สีตัวแทน	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
48.			H=249-278, S=0.21-0.6, I=0.34-0.66
49.			H=249-278, S=0.21-0.6, I=0.67-1.0
50.			H=279-295, S=0.21-0.6, I=0-0.33
51.			H=279-295, S=0.21-0.6, I=0.34-0.66
52.			H=279-295, S=0.21-0.6, I=0.67-1.0
53.			H=296-312, S=0.21-0.6, I=0-0.33
54.			H=296-312, S=0.21-0.6, I=0.34-0.66
55.			H=296-312, S=0.21-0.6, I=0.67-1.0


ตารางที่ ก.5 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี HSI

No.	สีตัวแทน	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
56.			H=313-330, S=0.21-0.6, I=0-0.33
57.			H=313-330, S=0.21-0.6, I=0.34-0.66
58.			H=313-330, S=0.21-0.6, I=0.67-1.0
59.			H=331-347, S=0.61-1.0, I=0-0.25
60.			H=331-347, S=0.61-1.0, I=0.26-1.0
61.			H=348-4, S=0.61-1.0, I=0-0.25
62.			H=348-4, S=0.61-1.0, I=0.26-1.0
63.			H=5-22, S=0.61-1.0, I=0-0.25
64.			H=5-22, S=0.61-1.0, I=0.26-1.0
65.			H=23-33, S=0.61-1.0, I=0-0.25





ตารางที่ ก.5 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี HSI

No.	สีตัวแทน	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
66.			H=23-33, S=0.61-1.0, I=0.26-1.0
67.			H=34-45, S=0.61-1.0, I=0-0.25
68.			H=34-45, S=0.61-1.0, I=0.26-1.0
69.			H=46-57, S=0.61-1.0, I=0-0.25
70.			H=46-57, S=0.61-1.0, I=0.26-1.0
71.			H=58-70, S=0.61-1.0, I=0-0.25
72.			H=58-70, S=0.61-1.0, I=0.26-1.0
73.			H=71-98, S=0.61-1.0, I=0-0.25
74.			H=71-98, S=0.61-1.0, I=0.26-1.0
75.			H=99-126, S=0.61-1.0, I=0-0.25

ตารางที่ ก.5 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบน็อนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี HSI

No.	สีตัวแทน	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
76.			H=99-126, S=0.61-1.0, I=0.26-1.0
77.			H=127-155, S=0.61-1.0, I=0-0.25
78.			H=127-155, S=0.61-1.0, I=0.26-1.0
79.			H=156-170, S=0.61-1.0, I=0-0.25
80.			H=156-170, S=0.61-1.0, I=0.26-1.0
81.			H=171-186, S=0.61-1.0, I=0-0.25
82.			H=171-186, S=0.61-1.0, I=0.26-1.0
83.			H=187-217, S=0.61-1.0, I=0-0.25
84.			H=187-217, S=0.61-1.0, I=0.26-1.0

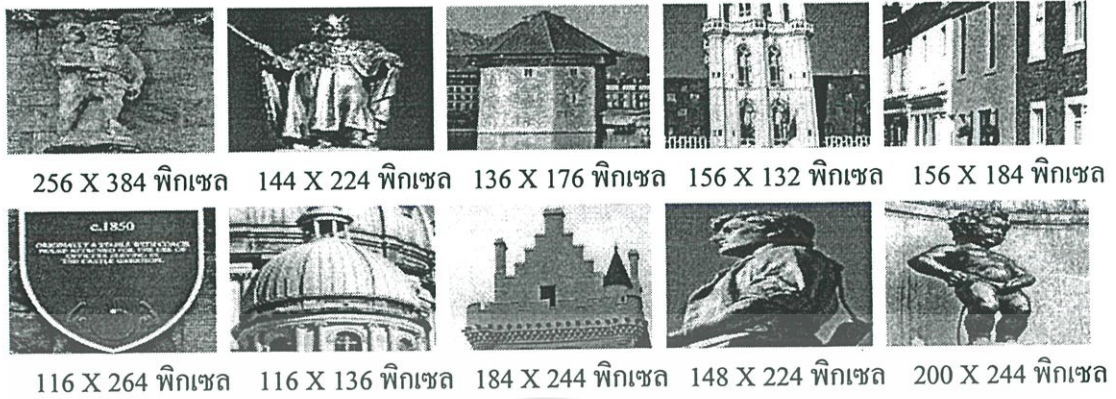
ตารางที่ ก.5 (ต่อ) รายละเอียดการแบ่งช่วงสีแบบนีออนยูนิฟอร์ม 94 ระดับในแบบจำลองสี HSI

No.	สีตัวแทน	ตัวอย่างสีในกลุ่ม	ช่วงสีของ HSI
85.			H=218-248, S=0.61-1.0, I=0-0.25
86.			H=218-248, S=0.61-1.0, I=0.26-1.0
87.			H=249-278, S=0.61-1.0, I=0-0.25
88.			H=249-278, S=0.61-1.0, I=0.26-1.0
89.			H=279-295, S=0.61-1.0, I=0-0.25
90.			H=279-295, S=0.61-1.0, I=0.26-1.0
91.			H=296-312, S=0.61-1.0, I=0-0.25
92.			H=296-312, S=0.61-1.0, I=0.26-1.0
93.			H=313-330, S=0.61-1.0, I=0-0.25
94.			H=313-330, S=0.61-1.0, I=0.26-1.0



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

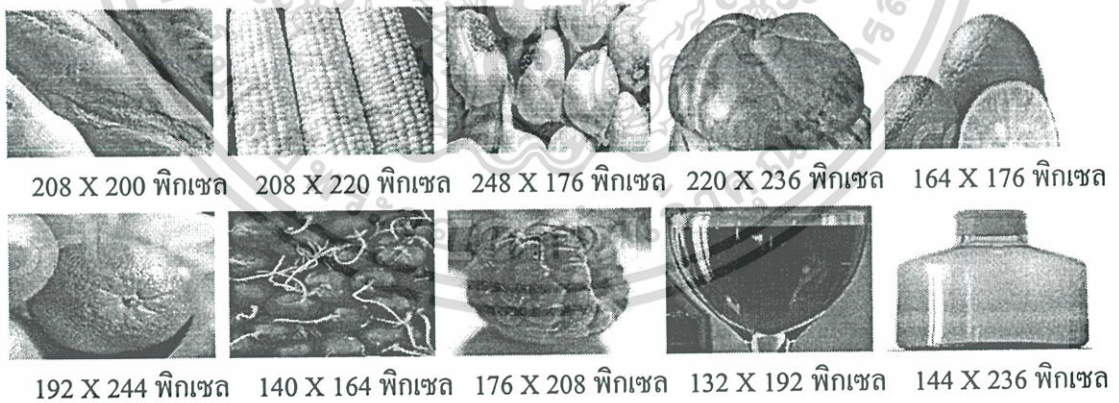
## ภาพ query ที่นำมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ



(a) ภาพสิ่งก่อสร้าง



(b) ภาพสิ่งมีชีวิต



(c) ภาพอาหาร

## รูปที่ ข.1 ภาพ query ที่นำมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(d) ภาพมนุษย์



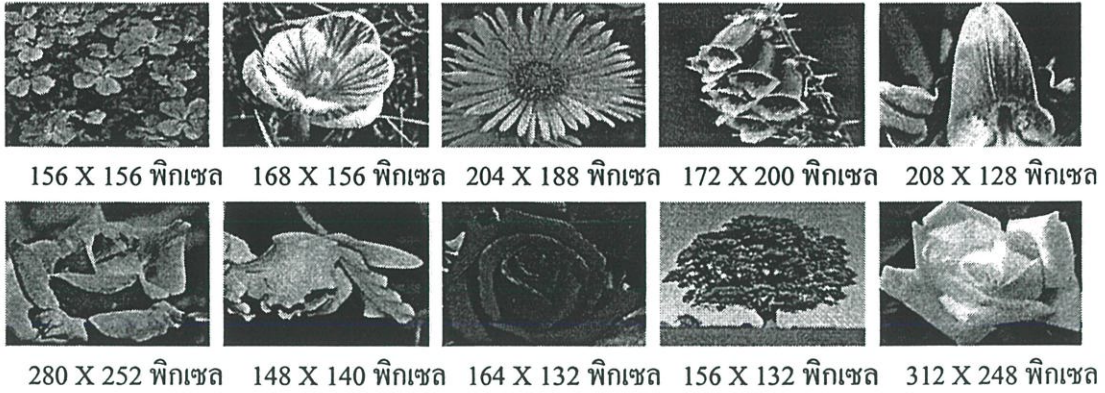
(e) ภาพสิ่งของและรถยนต์



(f) ภาพวิวธรรมชาติ

รูปที่ ข.1(ต่อ) ภาพ query ที่นำมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(g) ภาพดอกไม้และต้นไม้

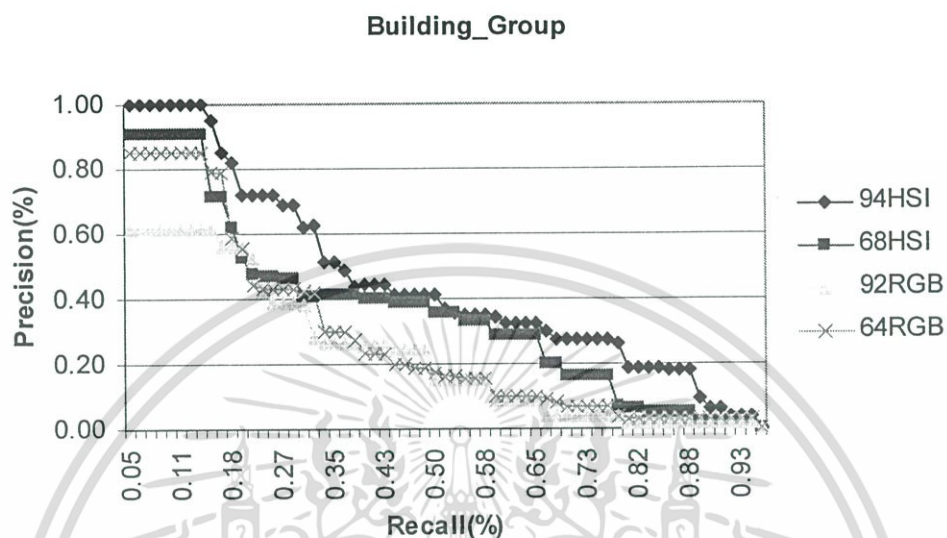
รูปที่ ข.1(ต่อ) ภาพ query ที่นำมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ



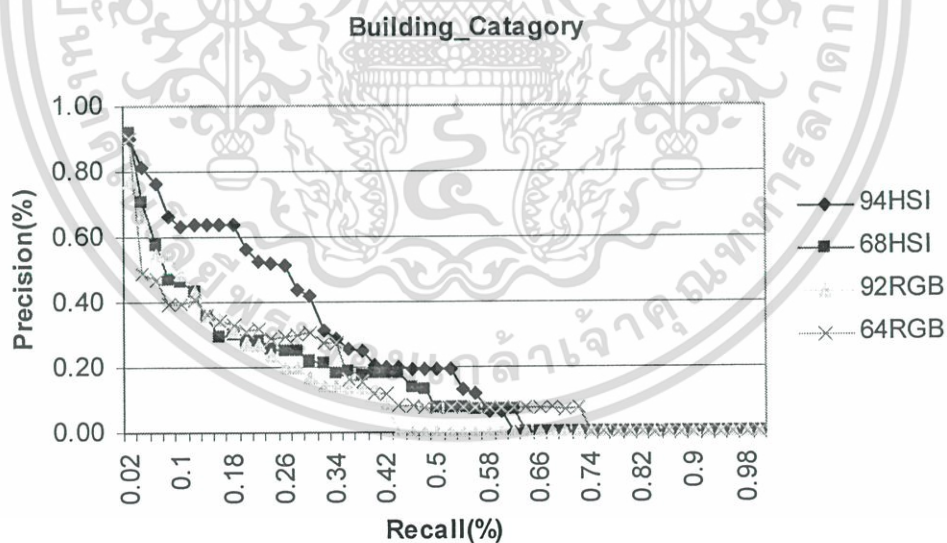
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการสืบค้นคืนภาพของระบบสำหรับการสร้างดัชนีภาพแต่ละแบบ

### 1. ภาพประเภทสิ่งก่อสร้าง



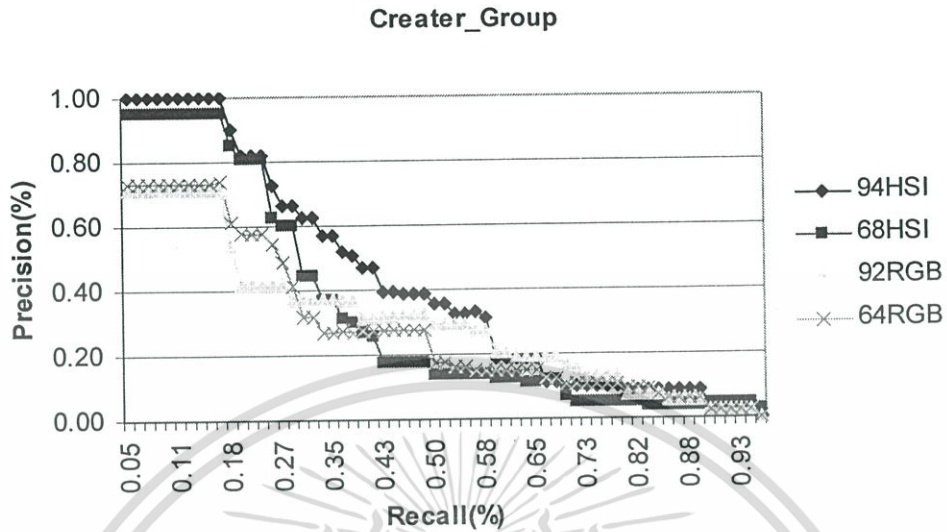
รูปที่ ข.2 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน



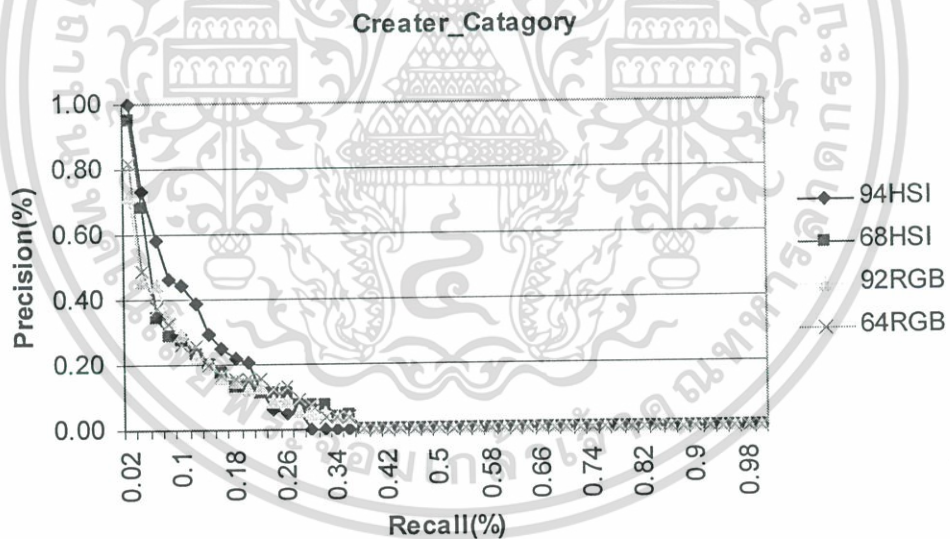
รูปที่ ข.3 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ภาพประเภทสิ่งมีชีวิต



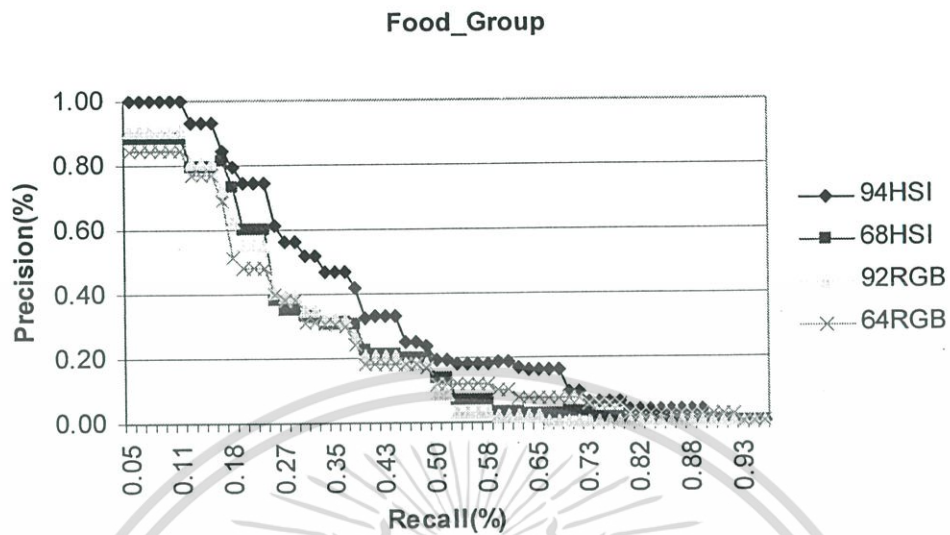
รูปที่ ข.4 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน



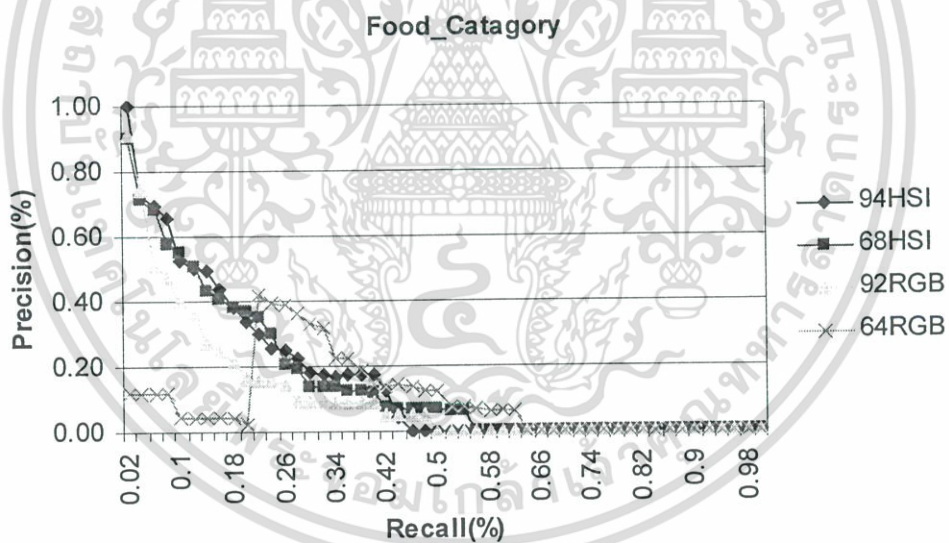
รูปที่ ข.5 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. ภาพประเภทอาหาร



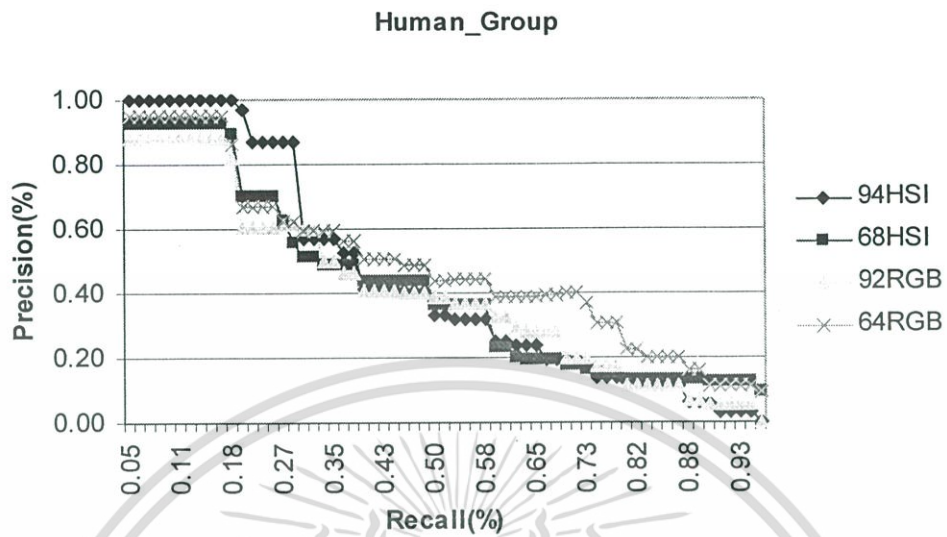
รูปที่ ข.6 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน



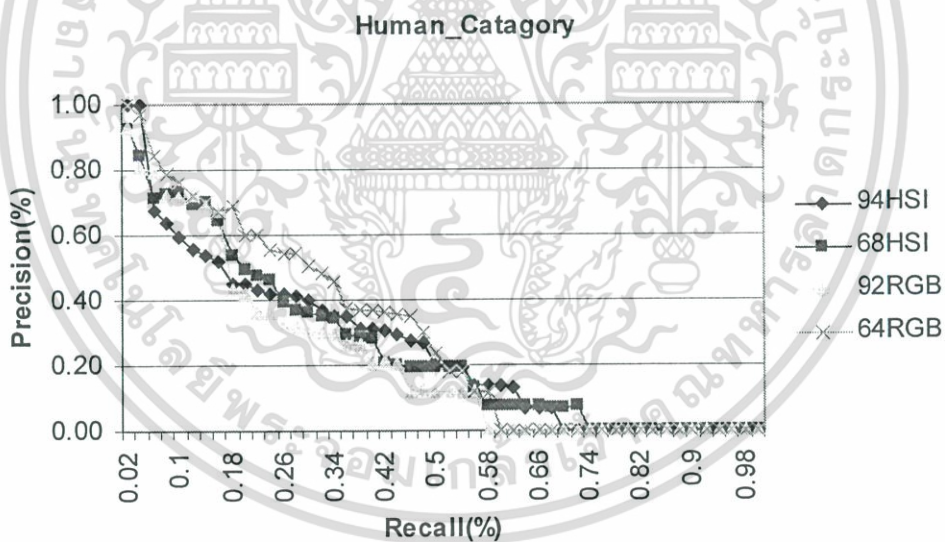
รูปที่ ข.7 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. ภาพประเภทมนุษย์



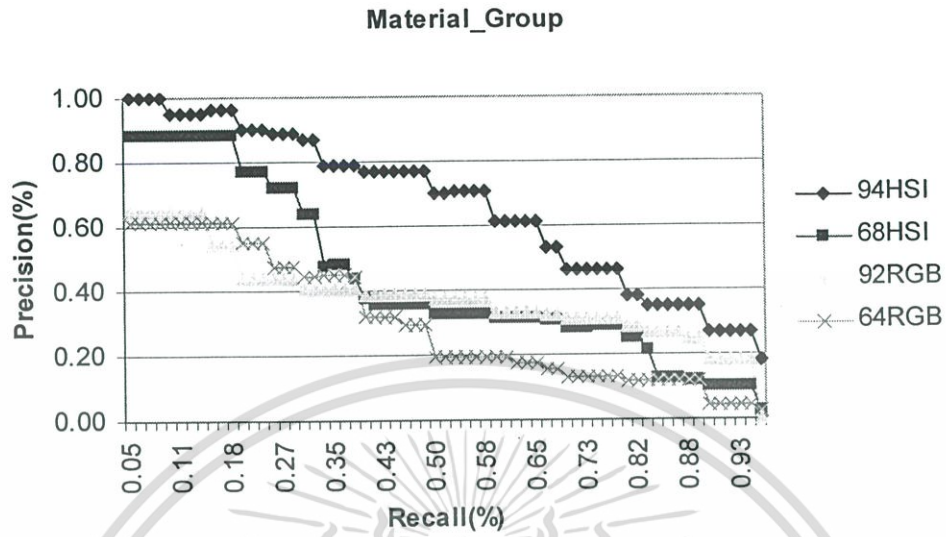
รูปที่ ข.8 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน



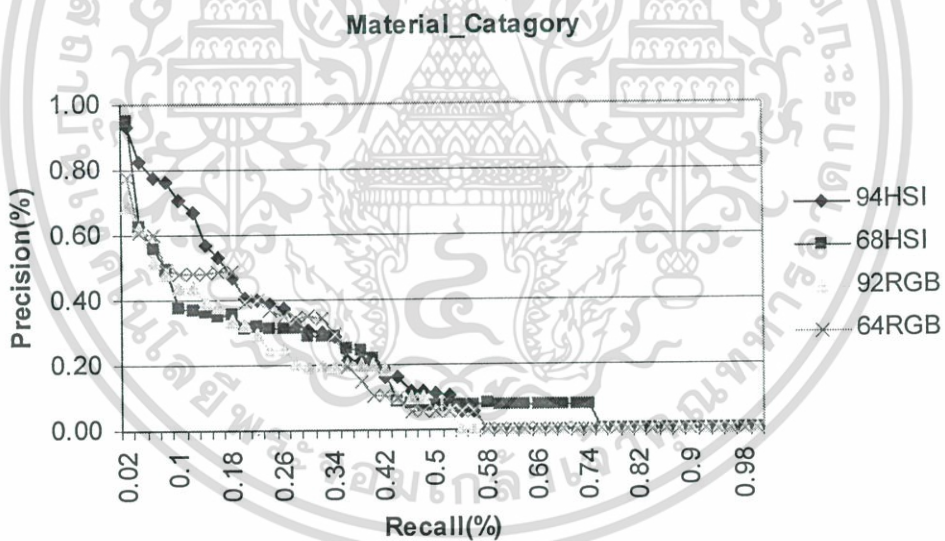
รูปที่ ข.9 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. ภาพประเภทสิ่งของและเครื่องยนต์



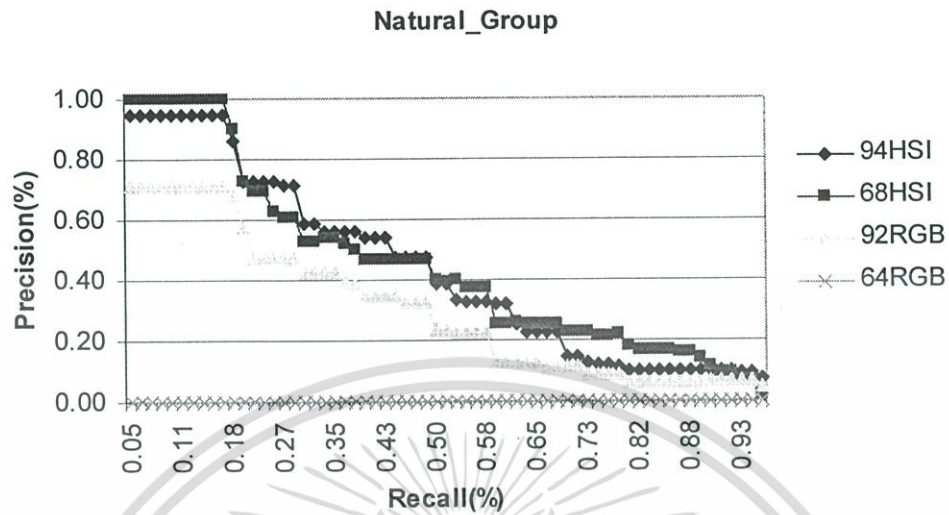
รูปที่ ข.10 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน



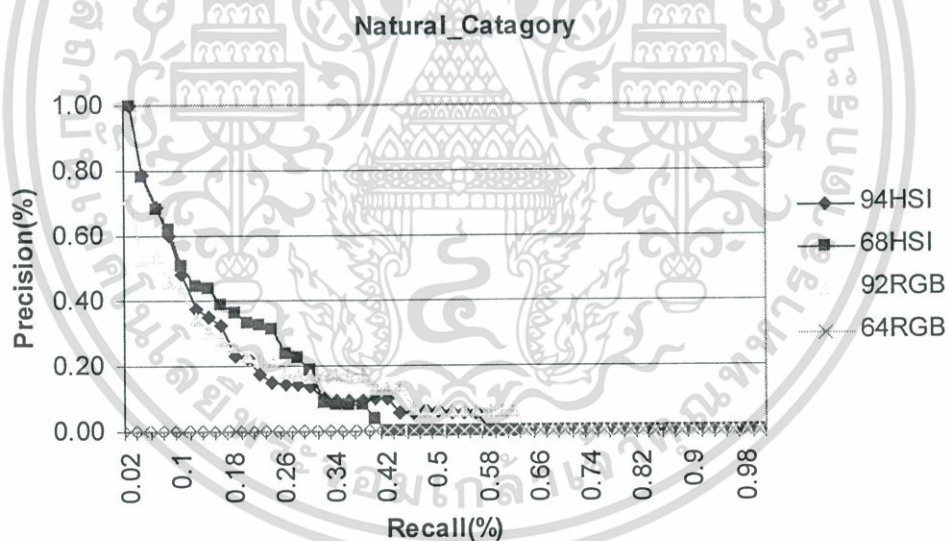
รูปที่ ข.11 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6. ภาพประเภทวิวธรรมชาติ

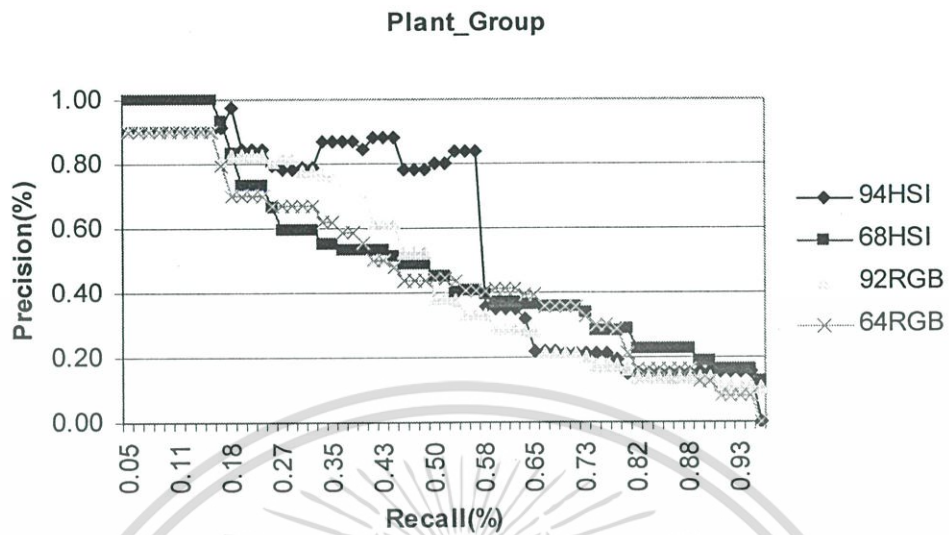


รูปที่ ข.12 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน

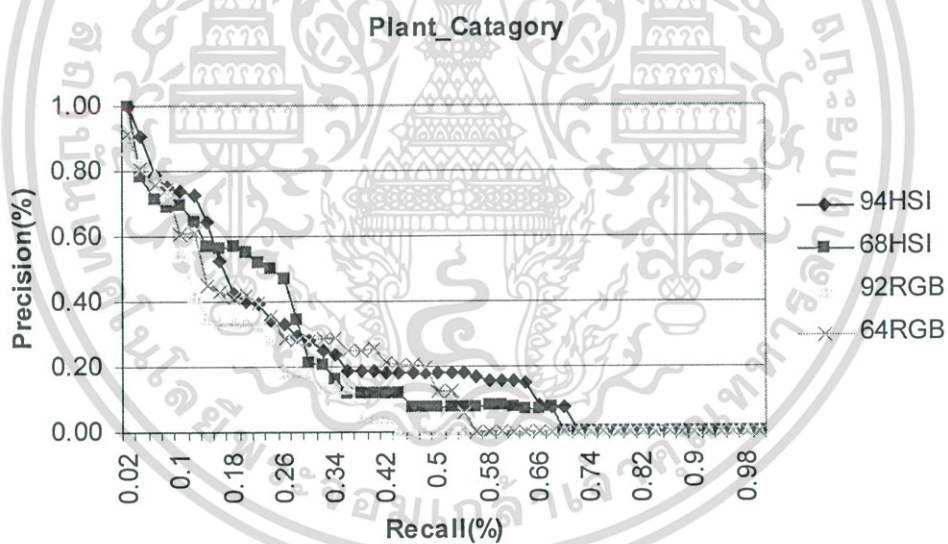


รูปที่ ข.13 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภท

## 7. ภาพประเภทดอกไม้และต้นไม้



รูปที่ ข.14 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในกลุ่มเดียวกัน



รูปที่ ข.15 กราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการเจอภาพในประเภทเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ตัวอย่างรายละเอียดของการเก็บค่าฮิสโตแกรมสีในแต่ละ region

ภาพรูปปั้น		ภาพป้ายจราจร	
ช่วงสีในแต่ละ region	ค่า normalize	ช่วงสีในแต่ละ region	ค่า normalize
<b>Region Number 1</b>		<b>Region Number 1</b>	
R(0)G(0)B(0)=21	0.0569	R(1)G(2)B(0)=10	0.0013
R(0)G(0)B(2)=17	0.0460	R(2)G(0)B(4)=183	0.0245
R(0)G(0)B(3)=7	0.0189	R(2)G(4)B(1)=7210	0.9681
R(0)G(1)B(2)=19	0.0514	R(2)G(4)B(4)=44	0.0059
R(0)G(4)B(1)=13	0.0352	<b>Region Number 2</b>	
R(1)G(1)B(1)=26	0.0704	R(0)G(1)B(2)=52	0.0400
R(1)G(2)B(0)=41	0.1111	R(0)G(4)B(1)=1	0.0007
R(2)G(0)B(4)=57	0.1544	R(1)G(0)B(3)=1186	0.9144
R(2)G(4)B(1)=168	0.4552	R(1)G(1)B(1)=14	0.0107
<b>Region Number 2</b>		R(1)G(2)B(0)=42	0.0323
R(0)G(0)B(3)=380	0.2724	R(2)G(0)B(4)=2	0.0015
R(0)G(0)B(4)=260	0.1863	<b>Region Number 3</b>	
R(0)G(1)B(2)=115	0.0824	R(0)G(0)B(3)=1	0.0005
R(0)G(4)B(1)=13	0.0093	R(0)G(1)B(2)=249	0.1466
R(0)G(4)B(4)=614	0.4401	R(0)G(2)B(2)=2	0.0011
R(1)G(2)B(0)=13	0.0093	R(0)G(4)B(1)=8	0.0047
<b>Region Number 3</b>		R(0)G(4)B(4)=5	0.0029
R(0)G(0)B(0)=10	0.0015	R(1)G(0)B(3)=9	0.0053
R(0)G(0)B(3)=129	0.0201	R(1)G(1)B(1)=22	0.0129
R(0)G(0)B(4)=3	0.0004	R(1)G(2)B(0)=1381	0.8133
R(0)G(1)B(2)=489	0.0764	R(2)G(0)B(4)=18	0.0106
R(0)G(4)B(1)=367	0.0573	R(2)G(4)B(1)=3	0.0017
R(0)G(4)B(4)=1	0.0001	<b>Region Number 4</b>	
R(1)G(1)B(1)=667	0.1042	R(0)G(1)B(2)=3	0.0074
R(1)G(2)B(0)=1406	0.2197	R(1)G(0)B(3)=1	0.0024
R(2)G(0)B(4)=1193	0.1864	R(1)G(2)B(0)=352	0.8734
R(2)G(4)B(1)=972	0.1519	R(2)G(0)B(4)=47	0.1166
<b>Region Number 4</b>		<b>Region Number 5</b>	
R(0)G(0)B(0)=21	0.0195	R(0)G(0)B(1)=5	0.0031
R(0)G(0)B(3)=913	0.8516	R(0)G(0)B(3)=5	0.0031
R(0)G(0)B(4)=6	0.0055	R(0)G(1)B(2)=50	0.0319

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

ภาพรูปปั้น		ภาพป้ายจราจร	
ช่วงสีในแต่ละ region	ค่า normalize	ช่วงสีในแต่ละ region	ค่า normalize
R(0)G(1)B(2)=67	0.0625	R(0)G(2)B(2)=1426	0.9100
R(0)G(4)B(1)=51	0.0475	R(0)G(4)B(1)=31	0.0197
R(0)G(4)B(4)=1	0.0009	R(0)G(4)B(4)=39	0.0248
R(1)G(1)B(1)=13	0.0121	R(1)G(2)B(0)=8	0.0051
<b>Region Number 5</b>		R(2)G(0)B(4)=3	0.0019
R(0)G(0)B(0)=3918	0.5786	<b>Region Number 6</b>	
R(0)G(0)B(2)=685	0.1011	R(0)G(0)B(1)=260	0.0133
R(0)G(0)B(3)=1751	0.2586	R(0)G(0)B(3)=1339	0.0689
R(0)G(0)B(4)=5	0.0007	R(0)G(1)B(2)=950	0.0489
R(0)G(1)B(2)=110	0.0162	R(0)G(2)B(2)=60	0.0030
R(0)G(4)B(1)=216	0.0319	R(0)G(4)B(1)=13573	0.6990
R(0)G(4)B(4)=5	0.0007	R(0)G(4)B(4)=22	0.0011
R(1)G(1)B(1)=28	0.0041	R(1)G(0)B(3)=2	0.0001
R(1)G(2)B(0)=25	0.0036	R(1)G(1)B(1)=2120	0.1091
R(2)G(0)B(4)=23	0.0033	R(1)G(2)B(0)=461	0.0237
R(2)G(4)B(1)=5	0.0007	R(2)G(0)B(4)=257	0.0132
<b>Region Number 6</b>		R(2)G(1)B(4)=1	0.00005
R(0)G(0)B(0)=6	0.0171	R(2)G(4)B(1)=306	0.0157
R(0)G(0)B(3)=12	0.0342	R(2)G(4)B(4)=65	0.0033
R(0)G(0)B(4)=1	0.0028	<b>Region Number 7</b>	
R(0)G(1)B(2)=20	0.0571	R(0)G(1)B(2)=29	0.0121
R(0)G(4)B(1)=15	0.0428	R(0)G(2)B(2)=1702	0.876
R(0)G(4)B(4)=2	0.0057	R(0)G(4)B(1)=5	0.0002
R(1)G(1)B(1)=33	0.0942	R(0)G(4)B(4)=622	0.0320
R(1)G(2)B(0)=122	0.3485	R(1)G(2)B(0)=14	0.0058
R(2)G(0)B(4)=65	0.1857	R(2)G(0)B(4)=6	0.0025
R(2)G(4)B(1)=74	0.2114	<b>Region Number 8</b>	
<b>Region Number 7</b>		R(0)G(2)B(2)=7	0.0171
R(0)G(0)B(0)=773	0.3394	R(0)G(4)B(4)=373	0.9164
R(0)G(0)B(2)=89	0.0390	R(1)G(2)B(0)=10	0.0245
R(0)G(0)B(3)=956	0.4198	R(2)G(0)B(4)=17	0.0417
R(0)G(0)B(4)=3	0.0013	<b>Region Number 9</b>	
R(0)G(1)B(2)=141	0.0619	R(0)G(1)B(2)=42	0.0486

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านนิติวิทยาศาสตร์เท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

ภาพรูปปั้น		ภาพป้ายจราจร	
ช่วงสีในแต่ละ region	ค่า normalize	ช่วงสีในแต่ละ region	ค่า normalize
R(0)G(4)B(1)=142	0.0623	R(1)G(1)B(1)=2	0.0023
R(1)G(1)B(1)=129	0.0566	R(1)G(2)B(0)=177	0.2049
R(1)G(2)B(0)=44	0.0193	R(2)G(0)B(4)=642	0.7430
<b>Region Number 8</b>		R(2)G(4)B(1)=1	0.0011
R(0)G(0)B(0)=127	0.1179	<b>Region Number 10</b>	
R(0)G(0)B(2)=20	0.0185	R(0)G(1)B(2)=29	0.0154
R(0)G(0)B(3)=113	0.1049	R(0)G(2)B(2)=7	0.0037
R(0)G(0)B(4)=4	0.0037	R(0)G(4)B(1)=1	0.0005
R(0)G(1)B(2)=200	0.1857	R(0)G(4)B(4)=1805	0.9595
R(0)G(4)B(1)=106	0.0984	R(1)G(2)B(0)=27	0.0143
R(0)G(4)B(4)=1	0.0009	R(2)G(0)B(4)=9	0.0047
R(1)G(1)B(1)=253	0.2349	R(2)G(4)B(1)=1	0.0005
R(1)G(2)B(0)=167	0.1550	R(2)G(4)B(4)=2	0.0010
R(2)G(0)B(4)=51	0.0473	<b>Region Number 11</b>	
R(2)G(4)B(1)=35	0.0324	R(0)G(0)B(1)=3271	0.1676
<b>Region Number 9</b>		R(0)G(0)B(3)=2708	0.1387
R(0)G(0)B(0)=491	0.0346	R(0)G(1)B(2)=1225	0.0627
R(0)G(0)B(2)=92	0.0064	R(0)G(2)B(2)=1311	0.0671
R(0)G(0)B(3)=337	0.0237	R(0)G(4)B(1)=8173	0.4188
R(0)G(0)B(4)=129	0.0091	R(0)G(4)B(4)=106	0.0054
R(0)G(1)B(2)=315	0.0222	R(1)G(1)B(1)=1416	0.0725
R(0)G(4)B(1)=9	0.0006	R(1)G(2)B(0)=739	0.0378
R(0)G(4)B(4)=12557	0.8858	R(2)G(0)B(4)=303	0.0155
R(1)G(1)B(1)=33	0.0023	R(2)G(4)B(1)=102	0.0052
R(1)G(2)B(0)=195	0.0137	R(2)G(4)B(4)=160	0.0081
R(2)G(0)B(4)=17	0.0011	<b>Region Number 12</b>	
<b>Region Number 10</b>		R(0)G(1)B(2)=49	0.0184
R(0)G(1)B(2)=27	0.2673	R(0)G(4)B(1)=60	0.0257
R(1)G(1)B(1)=44	0.4356	R(1)G(0)B(3)=2	0.0008
R(1)G(2)B(0)=24	0.2376	R(1)G(1)B(1)=26	0.0111
R(2)G(0)B(4)=6	0.0594	R(1)G(2)B(0)=181	0.0776
R(2)G(4)B(1)=1	0.0099	R(2)G(0)B(4)=930	0.3991
		R(2)G(1)B(4)=2	0.0008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้วงมเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากสำนักงานการ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

ภาพรูปปั้น		ภาพป้ายจราจร	
ช่วงสีในแต่ละ region	ค่า normalize	ช่วงสีในแต่ละ region	ค่า normalize
<b>Region Number 11</b>		R(2)G(4)B(1)=976	0.4188
R(0)G(0)B(0)=76	0.2338	R(2)G(4)B(4)=104	0.0446
R(0)G(0)B(2)=8	0.0246	<b>Region Number 13</b>	
R(0)G(0)B(3)=100	0.3076	R(0)G(1)B(2)=44	0.0320
R(0)G(0)B(4)=2	0.0061	R(0)G(2)B(2)=1194	0.8683
R(0)G(1)B(2)=32	0.0984	R(0)G(4)B(1)=15	0.0109
R(0)G(4)B(1)=50	0.1538	R(0)G(4)B(4)=28	0.0203
R(1)G(1)B(1)=19	0.0584	R(1)G(1)B(1)=2	0.0014
R(1)G(2)B(0)=27	0.0830	R(1)G(2)B(0)=60	0.0436
R(2)G(0)B(4)=8	0.0246	R(2)G(0)B(4)=19	0.0138
R(2)G(4)B(1)=5	0.0153	R(2)G(4)B(1)=8	0.0058
		R(2)G(4)B(4)=5	0.0036
		<b>Region Number 14</b>	
		R(0)G(0)B(3)=3	0.0032
		R(0)G(1)B(2)=9	0.0096
		R(0)G(4)B(1)=12	0.0128
		R(1)G(2)B(0)=60	0.0641
		R(2)G(0)B(4)=587	0.6278
		R(2)G(4)B(1)=246	0.2631
		R(2)G(4)B(4)=18	0.0192
		<b>Region Number 15</b>	
		R(0)G(1)B(2)=31	0.0627
		R(1)G(2)B(0)=318	0.6437
		R(2)G(0)B(4)=143	0.2894
		R(2)G(4)B(1)=2	0.0040
		<b>Region Number 16</b>	
		R(0)G(0)B(3)=2	0.0021
		R(0)G(1)B(2)=332	0.3581
		R(0)G(4)B(1)=591	0.6375
		R(1)G(2)B(0)=2	0.0021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

ภาพป้ายจราจร		ภาพป้ายจราจร	
ช่วงสีในแต่ละ region	ค่า normalize	ช่วงสีในแต่ละ region	ค่า normalize
<b>Region Number 17</b>		<b>Region Number 20</b>	
R(0)G(1)B(2)=11	0.0054	R(0)G(0)B(1)=2	0.0014
R(0)G(2)B(2)=1	0.0004	R(0)G(0)B(3)=33	0.0244
R(0)G(4)B(1)=8	0.0039	R(0)G(1)B(2)=223	0.1650
R(1)G(1)B(1)=6	0.0029	R(0)G(4)B(1)=264	0.1954
R(1)G(2)B(0)=314	0.1545	R(1)G(1)B(1)=43	0.0318
R(2)G(0)B(4)=402	0.1978	R(1)G(2)B(0)=196	0.1450
R(2)G(4)B(1)=707	0.3479	R(2)G(0)B(4)=300	0.2220
R(2)G(4)B(4)=583	0.2869	R(2)G(4)B(1)=240	0.1776
<b>Region Number 18</b>		R(2)G(4)B(4)=50	0.0370
R(0)G(0)B(3)=1	0.0018	<b>Region Number 21</b>	
R(0)G(1)B(2)=234	0.4262	R(0)G(1)B(2)=237	0.7645
R(0)G(2)B(2)=1	0.0018	R(0)G(4)B(1)=66	0.2129
R(0)G(4)B(1)=295	0.5373	R(1)G(1)B(1)=2	0.0064
R(1)G(1)B(1)=3	0.0054	R(1)G(2)B(0)=4	0.0129
R(1)G(2)B(0)=13	0.0236	R(2)G(0)B(4)=1	0.0032
R(2)G(0)B(4)=1	0.0018	<b>Region Number 22</b>	
R(2)G(4)B(1)=1	0.0018	R(0)G(0)B(3)=6	0.0163
<b>Region Number 19</b>		R(0)G(1)B(2)=43	0.1171
R(0)G(0)B(3)=1	0.00004	R(0)G(4)B(1)=181	0.4931
R(0)G(1)B(2)=6	0.00002	R(1)G(1)B(1)=37	0.1008
R(0)G(2)B(2)=1	0.00004	R(1)G(2)B(0)=98	0.2670
R(0)G(4)B(1)=9	0.0004	R(2)G(0)B(4)=2	0.0054
R(1)G(0)B(3)=117	0.0052	<b>Region Number 23</b>	
R(1)G(1)B(1)=10	0.0004	R(0)G(0)B(1)=10	0.0136
R(1)G(2)B(0)=97	0.0043	R(0)G(0)B(3)=29	0.0397
R(2)G(0)B(4)=189	0.0085	R(0)G(1)B(2)=266	0.3643
R(2)G(1)B(3)=5485	0.2475	R(0)G(4)B(1)=354	0.4849
R(2)G(1)B(4)=15893	0.7171	R(1)G(1)B(1)=6	0.0082
R(2)G(4)B(1)=313	0.0141	R(1)G(2)B(0)=29	0.0397
R(2)G(4)B(4)=39	0.0017	R(2)G(0)B(4)=10	0.0136
		R(2)G(4)B(1)=11	0.0150
		R(2)G(4)B(4)=15	0.0205

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

ภาพป้ายจราจร		ภาพป้ายจราจร	
ช่วงสีในแต่ละ region	ค่า normalize	ช่วงสีในแต่ละ region	ค่า normalize
<b>Region Number 24</b>		R(1)G(2)B(0)=56	0.0247
R(0)G(0)B(3)=2	0.0022	R(2)G(0)B(4)=1336	0.5901
R(0)G(1)B(2)=6	0.0067	R(2)G(4)B(1)=752	0.3321
R(0)G(4)B(1)=4	0.0044	R(2)G(4)B(4)=82	0.0362
R(0)G(4)B(4)=3	0.0033	<b>Region Number 29</b>	
R(1)G(2)B(0)=14	0.0156	R(0)G(0)B(1)=2	0.0068
R(2)G(0)B(4)=220	0.2466	R(0)G(0)B(3)=2	0.0068
R(2)G(4)B(1)=328	0.3677	R(0)G(1)B(2)=213	0.7344
R(2)G(4)B(4)=315	0.3531	R(0)G(2)B(2)=1	0.0034
<b>Region Number 25</b>		R(0)G(4)B(1)=62	0.2137
R(0)G(1)B(2)=359	0.8215	R(0)G(4)B(4)=6	0.0206
R(0)G(4)B(1)=57	0.1304	R(1)G(2)B(0)=4	0.0137
R(0)G(4)B(4)=3	0.0068	<b>Region Number 30</b>	
R(1)G(1)B(1)=5	0.0114	R(0)G(1)B(2)=14	0.0380
R(1)G(2)B(0)=13	0.297	R(0)G(2)B(2)=34	0.0923
<b>Region Number 26</b>		R(0)G(4)B(1)=2	0.0054
R(0)G(1)B(2)=16	0.0329	R(0)G(4)B(4)=314	0.8532
R(1)G(2)B(0)=343	0.7057	R(1)G(2)B(0)=3	0.0081
R(2)G(0)B(4)=127	0.2613	R(2)G(0)B(4)=1	0.0027
<b>Region Number 27</b>		<b>Region Number 31</b>	
R(0)G(1)B(2)=2153	0.9050	R(0)G(1)B(2)=8	0.0404
R(0)G(4)B(1)=63	0.0264	R(0)G(2)B(2)=46	0.2323
R(0)G(4)B(4)=4	0.0016	R(0)G(4)B(1)=14	0.0707
R(1)G(1)B(1)=78	0.0327	R(0)G(4)B(4)=25	0.1262
R(1)G(2)B(0)=42	0.0176	R(1)G(2)B(0)=15	0.0757
R(2)G(0)B(4)=12	0.0050	R(2)G(0)B(4)=27	0.1363
R(2)G(4)B(1)=22	0.0092	R(2)G(4)B(1)=35	0.1767
R(2)G(4)B(4)=5	0.0021	R(2)G(4)B(4)=28	0.2857
<b>Region Number 28</b>		<b>Region Number 32</b>	
R(0)G(0)B(1)=6	0.0026	R(0)G(1)B(2)=25	0.2777
R(0)G(0)B(3)=4	0.0017	R(0)G(4)B(1)=9	0.1000
R(0)G(1)B(2)=17	0.0075	R(1)G(1)B(1)=7	0.0777
R(0)G(4)B(1)=11	0.0048	R(1)G(2)B(0)=49	0.5444

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการให้บริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

ภาพป้ายจราจร		ภาพป้ายจราจร	
ช่วงสีในแต่ละ region	ค่า normalize	ช่วงสีในแต่ละ region	ค่า normalize
<b>Region Number 33</b>		<b>Region Number 35</b>	
R(0)G(1)B(2)=43	0.6935	R(0)G(0)B(1)=151	0.5634
R(0)G(4)B(1)=10	0.1612	R(0)G(0)B(3)=42	0.1567
R(1)G(2)B(0)=8	0.1290	R(0)G(1)B(2)=13	0.0485
R(2)G(0)B(4)=1	0.0161	R(0)G(4)B(1)=36	0.0143
<b>Region Number 34</b>		R(1)G(2)B(0)=21	0.0783
R(0)G(0)B(3)=2	0.0144	R(2)G(0)B(4)=3	0.0111
R(0)G(1)B(2)=1	0.0072	R(2)G(4)B(1)=1	0.0037
R(0)G(4)B(1)=135	0.9782	R(2)G(4)B(4)=1	0.0037



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Color Image Query Using Hierarchical Search by Region of Interest with Color Indexing

Rattikom Sombutkaew\* and Orachat Chitsobhuk\*\*

Department of Computer Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand

(\* E-mail: ksrattik@kmitl.ac.th)

(\*\* E-mail: kcoracha@kmitl.ac.th)

**Abstract:** Indexing and Retrieving images from large and varied collections using image content as a key is a challenging and important problem in computer vision application. In this paper, a color Content-based Image Retrieval (CBIR) system using hierarchical Region of Interest (ROI) query and indexing is presented. During indexing process, First, The ROIs on every image in the image database are extracted using a region-based image segmentation technique, The JSEG approach is selected to handle this problem in order to create color-texture regions. Then, Color features in form of histogram and correlogram are then extracted from each segmented regions. Finally, The features are stored in the database as the key to retrieve the relevant images. As in the retrieval system, users are allowed to select ROI directly over the sample or user's submission image and the query process then focuses on the content of the selected ROI in order to find those images containing similar regions from the database. The hierarchical region-of-interest query is performed to retrieve the similar images. Two-level search is exploited in this paper. In the first level, the most important regions, usually the large regions at the center of user's query, are used to retrieve images having similar regions using static search. This ensures that we can retrieve all the images having the most important regions. In the second level, all the remaining regions in user's query are used to search from all the retrieved images obtained from the first level. The experimental results using the indexing technique show good retrieval performance over a variety of image collections, also great reduction in the amount of searching time.

**Keywords:** Color Indexing, JSEG, Hierarchical Search, CBIR

### 1. INTRODUCTION

Interest in the potential of digital images has increased enormously over the last few years, fuelled at least in part by the rapid growth of imaging on the World-Wide Web [1] and digital image database. Therefore, the need of effective database management is required in order that user can retrieve most relevant images from the database. Content-based image retrieval (CBIR) is an approach, which uses content derived from the image itself as image indices. The basic features used in CBIR system are low-level features such as color, texture, and shape [2]. However, color features such as color histogram [3] and color correlogram [4] are widely used since they are easy to be computed and can effectively represent human perception of color image. However, the retrieval performance is still unsatisfied since it is difficult to derive meaningful object features in an image due to the limitation of the segmentation algorithm used to partition the image. Therefore, in this paper, we present the usage of efficient segmentation algorithm named JSEG [5]. The JSEG is suitable for segmenting objects with various types of texture, which is usually the difficult case in image segmentation. After meaningful regions of the objects in an image are extracted, their features can be derived and stored in the database as the image indices. In the query process, the

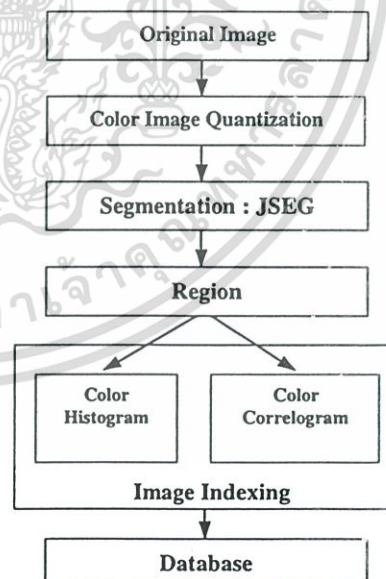


Fig. 1 Schematic of proposed indexing technique.

proposed system allows user to select his/her regions of

$w_2$  be the correlogram weight, which are defined the value as 0.8 and 0.2, respectively.

$$Dis \tan ce(I, I') = (|I - I'|_{h,d} * w_1) + (|I - I'|_{\gamma,d} * w_2) \quad (5)$$



Fig. 2 The example of ROI selection and the most important region from user's query.

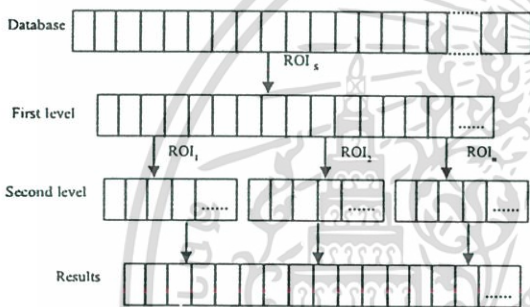


Fig. 3 Schematic of the hierarchical searching which produce the results from user's query.

4. EXPERIMENTAL RESULTS

We have experimented the proposed indexing approach using color features, regional color histogram compared to a combination of regional color histogram and its corresponding correlogram. These features are extracted from regions in the indexing images and the selected ROI of user's query. The number of histogram bins used is 64 bins while the distance set  $k = \{1, 2, 3, \dots, 10\}$  is used for computing correlogram feature. The database consists of 500 images, including animals, cars, flowers, flags, cards etc. Each set of images in the database contains 10 pictures and each picture contain an object with different scales, points of view, and backgrounds. Our query set consists of 100 queries, each chosen to represent various situations such as different views of the ROI, spatial translations and backgrounds. The retrieval performance of all the queries is shown in Fig. 7.

The retrieval performance [9] is evaluated using average precision at each recall level [x] as follow:

$$\bar{P}(r) = \sum_{i=1}^{N_q} \frac{P_i(r)}{N_q} \quad (6)$$

where  $P(r)$  is the average the precision at the recall level  $r$ ,

$N_q$  is the number of queries used, and  $P_i(r)$  is the precision at recall  $r$  for the  $i$ -th query. The retrieval results and performance using region color histogram are shown in fig. 4 and 5, respectively. Fig.6 and 7 show the retrieval result and performance using the proposed combined feature of region color histogram and correlogram. The overall performance is presented in Fig.8. It can be seen that the results obtained by the proposed indexing technique represents better precision than those obtained by the other algorithm.

In order to carry visual comparative results, six different examples of the both retrieval results of the query using each type of features are presented in Fig. 4 and Fig. 6.

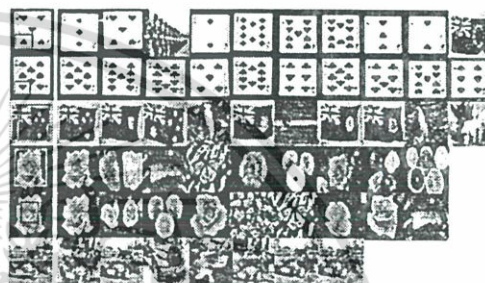


Fig. 4 The retrieval results of six different examples using regional color histogram feature.

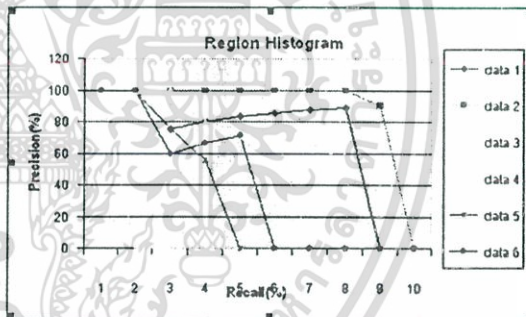


Fig. 5 The performance of retrieval system using regional color histogram feature.

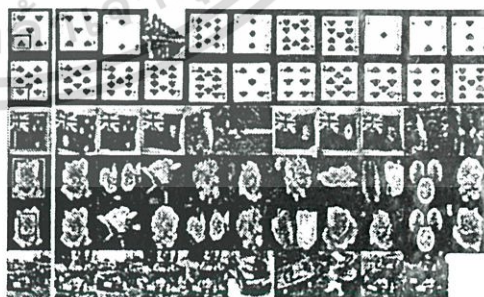


Fig. 6 The retrieval results of six different examples using the combined features between regional color histogram and region correlogram.

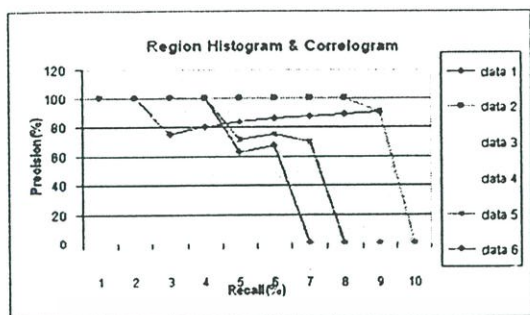


Fig. 7 The retrieval results of six different examples using the combined features between regional color histogram and region correlogram.

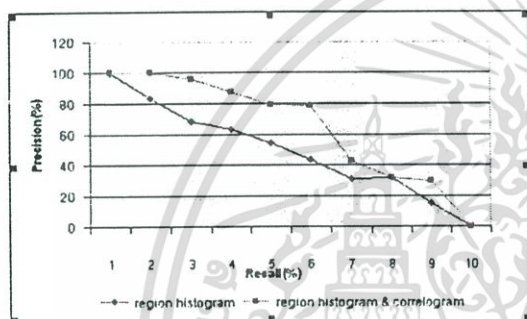


Fig. 8 Comparison of the overall performance between retrieving system that shown in Fig. 5. and Fig. 7.

## 5. CONCLUSION

This paper presents an indexing technique to the content-based image retrieval problem by using region color histogram and correlogram analysis compared with the regional color histogram only. Since the results from the segmentation process using JSEG algorithm contain both color and texture on each segmented region, it can be used effectively to discriminate between different types of ROI, especially in the case of close-up objects.

The experimental results show that the proposed indexing technique is able to increase the overall performance and obtain good precision results on some data set of image categories such as cars, flags and flowers that shown in Fig. 6. Even though color indexing seems to give reasonable retrieval results, in some cases, only color features may not be enough to distinguish different types of ROI having similar colors. In order to further improve the retrieval performance, other features such as texture or shape should be incorporated with color information.

As future work, additional feature should be integrated to the proposed indexing technique to increase overall performance. The improvement of segmentation algorithm may gives retrieval results. Moreover, the appropriate range of

color histogram should be appropriately specified in order to obtain the better performance of the proposed indexing algorithm.

## REFERENCES

- [1] J. P. Eakins and M. E. Graham, "Content-based image retrieval: A report to the JISC Technology Applications Programme, Institute for Image Data Research, University of Northumbria at Newcastle, January 1999.
- [2] C.K.Ching, et al., "1999 COMP530-Project Survey Paper:Content-based image retrieval" Department of Computer Science, Hong Kong University of Science and Technology, 1999.
- [3] G. Pass and R. Zabih, "Histogram refinement for content-based image retrieval," IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, pp. 96-102, 1996.
- [4] J. Huang et al. "Image Indexing using Color Correlograms," IEEE Comp. Soc. Conf. Vision and Pattern Recognition, pp. 762-768, 1997.
- [5] Y. Deng and B.S. Manjunath, "Unsupervised Segmentation of Color-Texture Regions in Image and Video", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 23, no. 8, August 2001, pp. 800-810.
- [6] A. Gersho and R. M. Gray, Vector Quantization and Signal Compression, Kluwer Academic, Norwell, MA, 1992.
- [7] Y. Deng et al. "Peer Group Filtering and Perceptual Color Image Quantization," IEEE ISCAS, vol. 4, pp. 21-24, 1999.
- [8] T. Bounthan, O. Chitsobhuk and S. Mitatha "Hierarchical Region of Interest Query and Indexing for Content-Based Image Retrieval" Digital Signal Processing and its Applications, pp.281-284, 2003.
- [9] R. Baeza-Yates and B. Ribeiro-Neto, Modern Information Retrieval, Addison Wesley, 1999.

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวรัตติกกร สมบัติแก้ว
วัน เดือน ปีเกิด	20 พฤศจิกายน 2517
ที่อยู่	44 หมู่ 8 ต.นาไผ่ อ.บ้านนาเดิม จ.สุราษฎร์ธานี 84240
ประวัติการศึกษา	2541 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี 2544 อุดสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยสยาม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้