

การค้นคืนภาพโดยการพิจารณาน้ำหนักการกระจายของสีสำหรับฮิสโตแกรมสี  
ในแบบจำลองสี HSV

IMAGE RETRIEVAL USING WEIGHTED COLOR DISTRIBUTION  
OF COLOR HISTOGRAM IN HSV COLOR SPACE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของกรณีศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KWTL-2009-EN-M-070-082

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การค้นคืนภาพโดยการพิจารณาน้ำหนักการกระจายของสีสำหรับฮิสโตแกรมสี  
ในแบบจำลองสี HSV

IMAGE RETRIEVAL USING WEIGHTED COLOR DISTRIBUTION  
OF COLOR HISTOGRAM IN HSV COLOR SPACE



ประภาพร กุลลิ้มรัตน์ชัย

PRAPAPORN KULLIMRATCHAI

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 87091  
วัน,เดือน,ปี..... 30 ส.ค. 2552

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-EN-M-070-382

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**IMAGE RETRIEVAL USING WEIGHTED COLOR DISTRIBUTION  
OF COLOR HISTOGRAM IN HSV COLOR SPACE**



**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  
2008  
KMITL-2008-EN-M-070-382**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2008**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การค้นคืนภาพโดยการพิจารณาน้ำหนักการกระจายของสีสำหรับฮิสโตแกรม  
สีในแบบจำลองสี HSV  
Image Retrieval using Weighted Color Distribution of Color Histogram in  
HSV Color Space  
นักศึกษา นางสาวประภาพร กุลลิมรัตน์ชัย  
รหัสประจำตัว 47060818  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.อรฉัตร จิตต์โสภักตร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ดร.อรัญญา	วัลย์รัชต์	
ดร.ปกรณ์	วัฒน์จตุรพร	
ดร.ศุภกานต์	พิมพ์เรศ	
ดร.วัชระ	ฉัตรวิริยะ	
ผศ.ดร.อรฉัตร	จิตต์โสภักตร์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 8 พฤษภาคม 2551 เวลา 14.00-16.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้องประชุม 5 ชั้น 5 อาคาร A

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว  
  
(รศ.ดร.วีรวรรณ ชินะตระกูล)  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....4.....เดือน.....พฤษภาคม.....พ.ศ.....๒๕๕๑.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การค้นคืนภาพโดยการพิจารณาน้ำหนักการกระจายของสี สำหรับฮิสโตแกรมสีในแบบจำลองสี HSV
นักศึกษา	นางสาวประภาพร กุลลิมรัตน์ชัย
รหัสประจำตัว	47060818
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. อรรถธร จิตต์โสภาคย์

### บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการค้นคืนภาพโดยใช้คุณลักษณะสำคัญของภาพ (CBIR : Content Based Image Retrieval) ในแบบจำลองสีแบบ HSV (Hue, Saturation and Value) ซึ่งจะนำฮิสโตแกรมสีมาใช้ในการสร้างดัชนีภาพ และเนื่องจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของฮิสโตแกรมสี ในกรณีที่มีการกำหนดช่วงสีแบบเป็นช่วงเท่าๆ กัน (Uniform) เป็นวิธีที่ทำได้ง่าย แต่อาจจะทำให้สีเดียวกันกระจายไปตกอยู่หลายช่วงสี และอาจทำให้ผลของการสืบค้นคืนภาพผิดพลาดได้ วิธีที่นำเสนอในบทความนี้ทำการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมสีที่สนใจกับฮิสโตแกรมสีข้างเคียง โดยการปรับปรุงเทคนิคการเปรียบเทียบความแตกต่างของสีแบบสีต่อสีให้สามารถนำข้อมูลของสีข้างเคียงมาร่วมพิจารณาด้วย ซึ่งสีข้างเคียงที่นำมาเปรียบเทียบนี้จะถูกถ่วงน้ำหนักต่างกันตามสมการของการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน เพื่อให้ประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพสูงขึ้น ในส่วนท้ายของงานวิจัยจะแสดงตัวอย่างของผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองด้วยเทคนิคที่นำเสนอ

<b>Thesis Title</b>	Image Retrieval using Weighted Color Distribution of Color Histogram in HSV Color Space
<b>Student</b>	Miss Prapaporn Kullimratchai
<b>Student ID.</b>	47060818
<b>Degree</b>	Master of Engineering
<b>Program</b>	Computer Engineering
<b>Year</b>	2008
<b>Thesis Advisor</b>	Asst. Prof. Dr. Orachat Chitsobhuk

### ABSTRACT

This thesis proposes a content-based image retrieval system (CBIR) using HSV (Hue, Saturation and Value) color histogram. To retrieve similar images to the query from the database, color histogram of the query must be compared to those of images in the database. However, if color histogram is uniformly quantized, one color may distribute to more than one color bin. Therefore, using regular distance measurement, which performs bin-to-bin comparison and does not consider relationship between neighbor colors, may not be efficient. In this paper, distance of each color incorporated with neighbor colors are proposed to improve the retrieval performance of the proposed CBIR system. The experimental results using the proposed CBIR system show good retrieval performance over a variety of image collections.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยคำแนะนำและความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ศศ.ดร. อรรถจักร จิตต์โสภักตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะแนวทางในการแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีเป็นอย่างยิ่งแก่ข้าพเจ้า จึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์อย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ กรรมการสอบหัวข้อและวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตลอดจนข้อชี้แนะในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ เพื่อน พี่น้องนักศึกษาทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซียที่ให้โอกาสในการศึกษา  
สุดท้ายขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัยที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้  
คุณงามความดีและประโยชน์อันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบแต่บิดา  
มารดาอันเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพและผู้มีพระคุณทุกท่าน

ประภาพร กุลฉิมรัตน์ชัย

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	II
กิตติกรรมประกาศ .....	III
สารบัญ .....	IV
สารบัญตาราง .....	VIII
สารบัญรูป .....	IX
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา .....	2
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา .....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย .....	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย .....	3
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา .....	3
1.7 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย .....	4
1.8 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์ .....	4
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นคืนคุณภาพแบบอิงเนื้อหา .....	5
2.1 การกำหนดดัชนีแบบอิงเนื้อหา .....	5
2.2 การค้นคืนภาพ โดยอาศัยคุณลักษณะสี .....	6
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	6
2.3.1 งานวิจัยของ Chen และคณะ .....	7
2.3.2 งานวิจัยของ Sural และคณะ .....	8
2.3.3 แนวความคิดในการพัฒนางานวิจัยที่นำเสนอ .....	12
บทที่ 3 ความรู้พื้นฐานในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย .....	13
3.1 การประมวลผลภาพ .....	13
3.2 แบบจำลองสี .....	14
3.2.1 แบบจำลองสี RGB .....	14
3.2.2 แบบจำลองสี HSV .....	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.3 แบบจำลองสี HLS .....	17
3.2.4 แบบจำลองสี CIE XYZ.....	18
3.3 ฮิสโตแกรมสี .....	19
3.4 ประเภทของภาพดิจิทัล.....	21
3.4.1 Intensity Image หรือ Gray Image .....	21
3.4.2 Binary Image หรือ Black and White Image.....	22
3.4.3 Indexed Image.....	22
3.4.4 RGB Image หรือ Color Image .....	23
3.5 การเปรียบเทียบความแตกต่างของภาพ .....	23
3.5.1 ค่าความเหมือนและค่าความไม่เหมือน .....	23
3.5.2 การหาค่าความแตกต่างแบบ Euclidean Distance .....	24
3.6 การกระจายตัวแบบเกาส์เซียน .....	24
3.7 โมเมนต์ในงานประมวลผลภาพ .....	26
3.7.1 พิจารณาโมเมนต์ในเชิงสถิติ .....	26
3.7.2 พิจารณาโมเมนต์ในเชิงการประมาณค่า .....	27
3.7.3 การวัดความเบ้และความโค้ง .....	27
3.7.4 ประโยชน์ของการศึกษาโมเมนต์ .....	32
3.8 การวัดประสิทธิภาพของระบบค้นคืนภาพ .....	32
3.8.1 ค่าเฉลี่ยของการปรับปรุงตำแหน่งของการค้นคืนให้อยู่ในช่วงปกติ .....	33
3.8.2 ค่าการเรียกคืนและความแม่นยำ .....	35
บทที่ 4 การสร้างคำจำกัดความสี และการค้นคืนภาพ .....	41
4.1 บทนำ .....	41
4.2 การสร้างคำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรม .....	41
4.2.1 การสร้างฮิสโตแกรมสี .....	42
4.2.2 การออกแบบฐานข้อมูลสำหรับคำจำกัดความสี .....	43
4.3 ประโยชน์ของคำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรม ที่มีผลต่อการอธิบายสีของภาพ .....	43
4.4 การค้นคืนภาพ .....	46
4.4.1 การค้นคืนภาพโดยใช้ฮิสโตแกรมสี .....	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4.2 การค้นคืนภาพโดยใช้คำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรม .....	46
4.4.3 การค้นคืนภาพโดยการปรับค่าตัวถ่วงน้ำหนักของสีข้างเคียง .....	48
4.4.3.1 การปรับค่าตัวถ่วงน้ำหนักแบบสัดส่วนคงที่ .....	48
4.4.3.2 การปรับค่าตัวถ่วงน้ำหนักแบบเกาส์เซียน .....	51
4.4.2 การประยุกต์ใช้โมเมนต์เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมของเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบฮิสโตแกรม .....	52
<b>บทที่ 5 ผลการทดลองและการวิเคราะห์</b> .....	<b>53</b>
5.1 ขั้นตอนการเตรียมฐานข้อมูลภาพ .....	53
5.2 ขั้นตอนการทดสอบระบบค้นคืนภาพ .....	57
5.3 ตัวอย่างผลการทดลองการค้นคืนภาพ และการวิเคราะห์ผล .....	59
5.3.1 ตัวอย่างผลการทดลองค้นคืนภาพโดยใช้คำจำกัดความสี ร่วมกับการ กระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ .....	59
5.3.2 ตัวอย่างผลการทดลองค้นคืนภาพโดยใช้คำจำกัดความสี ร่วมกับการ กระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน .....	64
5.4 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพ โดยใช้การถ่วงน้ำหนักของสี ในรูปแบบต่างๆ .....	80
5.5 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพ เปรียบเทียบการถ่วงน้ำหนัก แบบสัดส่วนคงที่และแบบเกาส์เซียน .....	83
5.6 การค้นคืนภาพ ร่วมกับการปรับค่า Contrast และ Brightness .....	89
5.7 ผลการทดลองประยุกต์ใช้โมเมนต์เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสม ของเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ .....	90
5.8 เวลาที่ใช้ในการค้นคืนภาพ .....	97
<b>บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ</b> .....	<b>100</b>
6.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงานวิจัย .....	100
6.1.1 การค้นคืนภาพโดยอาศัยเทคนิคการวัดค่าความเหมือนของภาพ ในรูปแบบต่างๆ .....	100
6.1.2 การค้นคืนภาพโดยการปรับค่าตัวถ่วงน้ำหนักด้วยเทคนิคต่างๆ .....	101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6.1.3 การค้นคืนภาพโดยการปรับค่า Contrast และ Brightness.....	101
6.1.4 การค้นคืนภาพโดยใช้โมเมนต์ช่วยในการเลือกเทคนิคในการ เปรียบเทียบฮิสโตแกรมที่เหมาะสม .....	102
6.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ .....	102
เอกสารอ้างอิง .....	103
ภาคผนวก ก ภาพคำถาม 100 ภาพ .....	107
ภาคผนวก ข ตัวอย่างภาพในฐานะข้อมูล .....	109
ภาคผนวก ค ตัวอย่างผลการค้นคืนภาพ .....	114
ภาคผนวก ง ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ .....	131
ประวัติผู้เขียน .....	142

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตัวอย่างการหาค่าการเรียกคืนและความแม่นยำ .....	37
4.1 IMAGE_TABLE .....	43
4.2 QUERY_LIST .....	43
5.1 ประเภทของรูปภาพในฐานะข้อมูลภาพ .....	54
5.2 ตัวอย่างภาพในฐานะข้อมูล .....	55
5.3 ตัวอย่างภาพคำถามที่ใช้ในการค้นคืนภาพ .....	56
5.4 จำนวนภาพคำถามแต่ละประเภทที่ใช้ในการทดลองค้นคืนภาพ .....	56
5.5 วิธีการค้นคืนภาพ โดยให้การกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ .....	57
5.6 วิธีการค้นคืนภาพ โดยให้การกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน .....	58
5.7 ค่า NMRR ของการค้นคืนภาพพระอาทิตย์ขึ้น .....	61
5.8 ค่า NMRR ของการค้นคืนภาพรถไฟสีเขียว .....	63
5.9 ค่า NMRR ของการค้นคืนภาพพระอาทิตย์ขึ้น .....	69
5.10 ค่า NMRR ของการค้นคืนภาพสวน .....	74
5.11 ค่า NMRR ของการค้นคืนภาพบุคคล .....	79
5.12 ค่า NMRR ของการค้นคืนภาพอาคารสีน้ำตาล .....	85
5.13 ค่า ANMRR จากการทดลองค้นคืนภาพ โดยการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ .....	85
5.14 ค่า ANMRR จากการทดลองค้นคืนภาพ โดยการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน .....	87
5.15 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการค้นคืนภาพ .....	98

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ภาพพื้นผิวของ Brodatz ที่ Chen และคณะ ใช้ทดลองทั้ง 6 กลุ่ม .....	7
2.2 การเปลี่ยนแปลงของสีที่เห็นจากการเปลี่ยนค่าความเข้มตัวของสี .....	8
2.3 การจับกลุ่มของพิกเซลเพื่อแบ่งขอบเขตของภาพ .....	8
2.4 การจับกลุ่มพิกเซลของสี .....	9
2.5 การแบ่งช่วงสีของ Sural และคณะ .....	10
2.6 ผลที่ได้จากการใช้การแบ่งช่วงสีของ Sural และคณะ .....	11
2.7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของฮิสโตแกรม HSV และฮิสโตแกรมแบบ RGB .....	11
3.1 แบบจำลองสี RGB บนพิกัดคาร์ทีเซียน .....	14
3.2 แบบจำลองสี RGB 24 บิต .....	15
3.3 แบบจำลองสีแบบ HSV .....	16
3.4 แบบจำลองสีแบบ HLS .....	17
3.5 ไคอะแกรม CIE Chromaticity 1931 .....	18
3.6 ฮิสโตแกรมระดับสีเทา .....	19
3.7 ฮิสโตแกรมของภาพสี .....	20
3.8 ตัวอย่างภาพ Intensity Image และค่า Gray scale ของแต่ละพิกเซล .....	21
3.9 ตัวอย่างภาพ Binary และค่าในแต่ละพิกเซลของภาพ Binary .....	22
3.10 ตัวอย่างภาพ Indexed และค่าของแต่ละพิกเซล .....	22
3.11 ตัวอย่างภาพ RGB และค่าในแต่ละพิกเซลของภาพ RGB.....	23
3.12 ตัวอย่างภาพดาว .....	24
3.13 การกระจายตัวแบบเกาส์เซียนแสดงใน 1 มิติ.....	25
3.14 การกระจายตัวแบบเกาส์เซียนแสดงใน 2 มิติ .....	25
3.15 เส้นโค้งปกติกรณีสี่ที่ข้อมูลมีการแจกแจงชนิดมาตรฐาน .....	28
3.16 การวัดความเบ้ .....	28
3.17 การแจกแจงความถี่ของ Bowley .....	29
3.18 การวัดความโค้ง .....	31
3.19 ตัวอย่างการวัดประสิทธิภาพด้วยวิธี ANMRR .....	33
3.20 แผนภาพการค้นคืนเอกสาร .....	35
3.21 แผนภาพของการเรียกคืน .....	36
3.22 แผนภาพของความแม่นยำ .....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.23 กราฟการเรียกคืนและความแม่นยำของตัวอย่างที่ 1 .....	38
3.24 กราฟการเรียกคืนและความแม่นยำของตัวอย่างที่ 2 .....	39
4.1 ขั้นตอนการสร้างคำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรม .....	41
4.2 สีของฮิสโตแกรมสีขนาด 68 บินที่ใช้แบบจำลองสี HSV .....	42
4.3 ตัวอย่างฮิสโตแกรมและคำจำกัดความสีในแบบฮิสโตแกรม .....	45
4.4 ตัวอย่างฮิสโตแกรมของภาพสองภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนมุมมอง .....	45
4.5 การค้นคืนภาพโดยใช้คำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรม .....	46
4.6 ฮิสโตแกรมสีของภาพ sunrise_2 และ sunrise_9 .....	47
4.7 ตัวอย่างการถ่วงน้ำหนักให้กับฮิสโตแกรมแบบ WECH .....	49
4.8 ตัวอย่างการถ่วงน้ำหนักให้กับฮิสโตแกรมแบบ EWCH .....	50
4.9 ค่าการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน .....	51
4.10 การกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน .....	52
5.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพพระอาทิตย์ขึ้น .....	60
5.2 กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพพระอาทิตย์ขึ้น โดยการใช้คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ .....	61
5.3 ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพรถไฟสีเขียว .....	62
5.4 กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพรถไฟสีเขียว โดยการใช้คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ .....	63
5.5 ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพพระอาทิตย์ขึ้น .....	65
5.6 กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพพระอาทิตย์ขึ้น โดยการใช้คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน .....	68
5.7 ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพสวน .....	70
5.8 กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพสวน โดยการใช้คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน .....	73
5.9 ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพบุคคล .....	75
5.10 กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพบุคคล โดยการใช้คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน .....	78
5.11 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพพระอาทิตย์ขึ้น .....	80
5.12 ภาพพระอาทิตย์ขึ้นและภาพวาดดอกไม้ .....	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.13 ฮิสโตแกรมสีของภาพพระอาทิตย์ขึ้นและภาพวาดดอกไม้ .....	81
5.14 ภาพพระอาทิตย์ขึ้น .....	82
5.15 ฮิสโตแกรมสีของภาพพระอาทิตย์ขึ้น ภาพ 2 และภาพ 9 .....	82
5.16 ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพอาคารสีน้ำตาล .....	84
5.17 กราฟเฉลี่ยของการเรียกคืนและความแม่นยำในการค้นคืนภาพ โดยการใช้ คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ .....	87
5.18 กราฟค่าเฉลี่ยของการเรียกคืนและความแม่นยำในการค้นคืนภาพ โดยใช้ คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน .....	88
5.19 ผลของการค้นคืนภาพ โดยปรับค่า Contrast และ Brightness .....	89
5.20 ข้อมูลของภาพพระอาทิตย์ขึ้น .....	91
5.21 ข้อมูลของภาพทิวทัศน์สวน .....	91
5.22 ข้อมูลของภาพเรือहाปลา .....	92
5.23 ข้อมูลของภาพช้าง .....	92
5.24 ข้อมูลของภาพแฮมเบอร์เกอร์ .....	93
5.25 ข้อมูลของภาพโคโนเสาร์ .....	94
5.26 ข้อมูลของภาพต้นปาล์ม .....	94
5.27 ข้อมูลของภาพสนามฟุตบอล .....	95
5.28 ข้อมูลของภาพปลามังกร .....	96
5.29 ข้อมูลของภาพรถดับเพลิง .....	96
ก.1 ภาพคำถามที่ใช้ทดลองทั้งหมด 100 ภาพ .....	108
ข.1 ตัวอย่างภาพสิ่งก่อสร้าง .....	110
ข.2 ตัวอย่างภาพสัตว์ .....	110
ข.3 ตัวอย่างภาพสิ่งของและอาหาร .....	111
ข.4 ตัวอย่างภาพมนุษย์ .....	111
ข.5 ตัวอย่างภาพเครื่องดนตรี .....	112
ข.6 ตัวอย่างภาพทิวทัศน์ธรรมชาติ .....	112
ข.7 ตัวอย่างภาพดอกไม้และต้นไม้ .....	113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.1 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพเรือหาปลา โดยใช้คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ .....	115
ก.2 กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพเรือหาปลา โดยใช้คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ .....	116
ก.3 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพทะเลสาบ โดยใช้คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ .....	117
ก.4 กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพทะเลสาบ โดยใช้คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ .....	118
ก.5 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพร้านอาหาร โดยใช้คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ .....	116
ก.6 กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพร้านอาหาร โดยใช้คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ .....	120
ก.7 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพช้าง โดยใช้คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน .....	121
ก.8 กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพช้าง โดยใช้คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน .....	124
ก.9 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพแฮมเบอร์เกอร์ โดยใช้คำจำกัดความสี ร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน .....	126
ก.10 กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพแฮมเบอร์เกอร์ โดยใช้ คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน .....	129

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีและข้อมูลข่าวสารมีการเติบโตอย่างรวดเร็วทำให้ปริมาณของข้อมูลทั้งที่เป็นข้อความและรูปภาพมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ข้อมูลภาพถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งในการนำเสนอและแสดงผลข้อมูลในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นงานด้านสื่อสารมวลชน งานที่เกี่ยวข้องกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต งานด้านการแพทย์ เป็นต้น จากการเพิ่มปริมาณขึ้นของข้อมูลอย่างมหาศาล ทำให้ผู้ใช้ประสบปัญหาในการค้นคืนข้อมูลที่ตรงกับความต้องการ จึงเกิดความต้องการระบบที่จะสามารถทำหน้าที่ในการค้นคืนภาพให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ได้ ระบบในการค้นคืนข้อมูลภาพจากฐานข้อมูลแบบเดิมนั้น ใช้วิธีการให้มนุษย์ทำการเพิ่มคำอธิบายภาพเข้าไปในภาพแต่ละภาพ (Manual Image Annotation) ivalungหน้า จากนั้นเมื่อต้องการค้นหาภาพจะสามารถทำได้โดยค้นหาจากคำที่ต้องการ อย่างไรก็ตามการอธิบายภาพด้วยวิธีนี้มีข้อเสียที่สำคัญคือ วิธีนี้ต้องอาศัยทั้งเวลาและแรงงานคนจำนวนมากในการระบุคำอธิบายภาพ และข้อเสียอีกประการที่สำคัญมากคือเนื้อหาในภาพหนึ่งภาพนั้นมีคำอธิบายได้หลากหลายขึ้นอยู่กับความนึกคิดของผู้ที่มองภาพ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการค้นคืนภาพจากฐานข้อมูลโดยทั่วไปคือการค้นคืนภาพแบบอิงเนื้อหา (Content Based Image Retrieval: CBIR) ซึ่งเป็นการดึงลักษณะสำคัญต่างๆ ของภาพ อันได้แก่ สี (Color) พื้นผิว (Texture) และรูปร่าง (Shape) มาใช้อธิบายภาพแบบอัตโนมัติ ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้ในการอธิบายภาพ ช่วยแก้ปัญหาของการให้มนุษย์ทำการเพิ่มคำอธิบายภาพได้ ระบบค้นคืนภาพแบบอิงเนื้อหาจะใช้ภาพคำถาม (Query Image) ในการสืบค้นคืนภาพ โดยเมื่อกำหนดภาพคำถามที่ต้องการให้กับระบบแล้ว ระบบจะคัดแยกคุณลักษณะสำคัญของภาพคำถามออกมา จากนั้นจะนำคุณลักษณะสำคัญที่ได้ไปเปรียบเทียบกับคุณลักษณะสำคัญของภาพแต่ละภาพที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล หากภาพใดมีคุณลักษณะสำคัญที่เหมือนหรือใกล้เคียงกับภาพคำถามก็จะถูกแสดงเป็นผลลัพธ์ของการค้นหาให้แก่ผู้ใช้

วิทยานิพนธ์นี้ใช้สีซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญลักษณะหนึ่งของภาพที่มักจะใช้ในการค้นคืนภาพแบบอิงเนื้อหา โดยใช้ฮิสโตแกรมสี (Color Histogram) อันเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการอธิบายลักษณะการกระจายสีของภาพได้เป็นอย่างดี เนื่องจากวิธีนี้สามารถคำนวณได้ง่ายแต่อาจจะทำให้ผลของการสืบค้นคืนภาพผิดพลาดได้ ในกรณีที่มีการกำหนดช่วงสีแบบเป็นช่วงเท่าๆ กัน หรือที่เรียกว่า การแบ่งแบบยูนิฟอร์ม (Uniform) อาจจะทำให้สีบางสีที่ไม่ใช่สีเดียวกันมารวมอยู่ในช่วงเดียวกัน ทำให้การสืบค้นคืนได้ภาพที่ไม่ตรงกับความต้องการรวมอยู่ด้วย เนื่องจากในกรณีที่ฐานข้อมูลขนาดใหญ่ อาจจะมีภาพบางภาพที่แตกต่างกัน แต่มีฮิสโตแกรมสีของภาพคล้ายคลึงกันได้ เพื่อแก้ไขปัญหาเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังกล่าว วิทยานิพนธ์นี้จะเสนอการสร้างดัชนีภาพด้วยลักษณะสำคัญของสี โดยอาศัยการรับรู้สีของมนุษย์มาใช้ในการแบ่งกลุ่มสีให้เป็นแบบยูนิฟอร์ม ร่วมกับเทคนิคในการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน (Gaussian Distribution) มาช่วยคำนวณ เพื่อจะได้สามารถดึงความสัมพันธ์ของสีในฮิสโตแกรมของภาพแต่ละภาพ โดยนำข้อมูลสีข้างเคียงสีในฮิสโตแกรมที่สนใจมาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสืบค้นคืนภาพจากฐานข้อมูลภาพ

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

งานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาโดยมีจุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์สำคัญดังนี้

- 1.2.1 พัฒนาระบบการค้นคืนภาพ โดยอาศัยคุณลักษณะสี ที่สามารถค้นคืนภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 1.2.2 นำเสนอแนวทางใหม่เพื่อปรับปรุงกระบวนการค้นคืนภาพ โดยพิจารณาเทคนิคการให้น้ำหนักในการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันของสีในการค้นคืนภาพ
- 1.2.3 ประเมินประสิทธิภาพและวัดคุณภาพในเชิงปริมาณ รวมทั้งสรุปวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการค้นคืนภาพของงานวิจัย

## 1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

จากงานวิจัยต่างๆ เกี่ยวกับการค้นคืนภาพแบบอิงเนื้อหาพบว่า สีเป็นลักษณะสำคัญของภาพที่นิยมใช้ในการค้นคืนภาพ โดยการแบ่งกลุ่มสีเป็นแบบยูนิฟอร์มเมื่อดูรายละเอียดของแต่ละกลุ่มสีจะปรากฏสีอื่นที่ไม่ได้เป็นสีเดียวกันหรือใกล้เคียงกันมารวมอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งการแบ่งกลุ่มสีแบบนี้จะเกิดปัญหาในการสืบค้นภาพโดยใช้ฮิสโตแกรมสี นั่นคือเมื่อทำการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมสีด้วยวิธีการเดิมนั้นเป็นการเปรียบเทียบแบบสีต่อสีซึ่งการเปรียบเทียบด้วยวิธีนี้อาจเกิดข้อผิดพลาดในการสืบค้นคืนภาพ ในกรณีสีที่สนใจเป็นสีเดียวกันตกอยู่ในบินข้างเคียง สีที่อยู่ในบินอื่นเหล่านั้นจะไม่ถูกนำมาพิจารณาเปรียบเทียบด้วย ทำให้อาจยังได้ผลการค้นคืนภาพไม่คืนัก ดังนั้นจึงเกิดสมมุติฐานของการทดลองคือ ถ้าทดลองเปรียบเทียบภาพโดยใช้ฮิสโตแกรมสีที่มีการนำค่าความสัมพันธ์ของสีข้างเคียงสีที่สนใจในฮิสโตแกรมมาร่วมพิจารณาด้วย อาจทำให้ได้ผลของการสืบค้นคืนภาพดีขึ้น

## 1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อที่จะให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ในการสร้างระบบค้นคืนภาพดังกล่าว จึงได้อาศัยทฤษฎีจากแบบจำลองสีแบบ HSV เพื่อนำมาใช้ในการสร้างฮิสโตแกรมสีของภาพแต่ละภาพ เนื่องจากการศึกษางานวิจัยต่างๆ แล้วพบว่าแบบจำลองสี HSV เป็นแบบจำลองสีที่ทรงทนสำหรับภาพที่ถ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสภาวะแสงที่ต่างกัน และได้ใช้เทคนิคการกระจายน้ำหนักเพื่อพิจารณาสีข้างเคียงกับสีที่สนใจ ในการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันของภาพ โดยได้ทดลองทำการปรับค่าตัวถ่วงน้ำหนักในแบบ เป็นสัดส่วนคงที่ และ แบบเกาส์เซียนร่วมด้วย เพื่อให้การปรับปรุงระบบค้นหาภาพสามารถทำงาน ได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

## 1.5 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาและดำเนินการวิจัยเพื่อพิสูจน์ว่าการนำค่าความสัมพันธ์ของสีข้างเคียง สีที่สนใจจากฮิสโตแกรมสีมาร่วมพิจารณาในการค้นหาภาพจากฐานข้อมูลภาพ สามารถค้นหาภาพ ได้มีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ฮิสโตแกรมสีค้นหาภาพแบบสีต่อสี โดยใช้วิธีการกระจายน้ำหนัก แบบเกาส์เซียนในการถ่วงน้ำหนักให้กับสีในฮิสโตแกรมแต่ละบิต และปรับขนาดของสีข้างเคียง (Window Size) สีที่กำลังพิจารณาด้วยค่าต่างๆ ในการเปรียบเทียบแต่ละครั้ง จะสามารถช่วยให้ ประสิทธิภาพของการค้นหาภาพดีขึ้นได้ โดยที่ใช้เวลาในการค้นหาภาพไม่ต่างกับการค้นหาภาพ จากฐานข้อมูลภาพที่พิจารณาฮิสโตแกรมแบบสีต่อสี

## 1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

- 1.6.1 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย ว่าต้องการนำเสนอหรือศึกษางานวิจัย ในหัวข้อนี้มากน้อยแค่ไหนและอย่างไร
- 1.6.2 ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาภาพแบบอิงเนื้อหา โดยใช้ คุณลักษณะสำคัญของสีเป็นตัวแทนภาพ ทำการวิเคราะห์ ข้อดี ข้อด้อย และประเด็นที่ น่าสนใจของงานวิจัยอื่นๆ ที่สามารถนำมาปรับปรุงและประยุกต์ใช้ เพื่อก่อให้เกิด ประโยชน์แก่งานวิจัยนี้ได้
- 1.6.3 ตั้งสมมุติฐานของการศึกษาและกำหนดแนวความคิดของงานวิจัย โดยมีการอ้างอิง ทฤษฎีหรือหลักการที่เกี่ยวข้องเพื่อที่จะสามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้
- 1.6.4 เตรียมฐานข้อมูลภาพ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิจัย โดยฐานข้อมูล ดังกล่าวนี้ประกอบไปด้วยภาพสีหลากหลายชนิด เพื่อที่จะทำให้สามารถนำมาใช้ ตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบที่วิจัยได้อย่างเหมาะสม
- 1.6.5 พัฒนาโปรแกรมเพื่อทดลองค้นหาภาพจากฐานข้อมูล ด้วยอัลกอริธึมตามแนวความคิด ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้
- 1.6.6 ทำการทดลองค้นหาภาพโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา กับฐานข้อมูลภาพที่ได้ จัดเตรียมไว้ โดยในขณะที่ทำการทดลองนั้นจะเก็บข้อมูลและผลลัพธ์ของทุกๆ ขั้นตอน ไว้เพื่อนำมาวิเคราะห์ปรับปรุงงานวิจัยต่อไป

- 1.6.7 นำผลลัพธ์จากการทดลองมาวิเคราะห์และประเมินงานวิจัย ทั้งในแง่ของคุณภาพและประสิทธิภาพ แล้วสรุปผลเพื่อนำเสนอผลงานวิจัย

## 1.7 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่

- 1.7.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

หน่วยประมวลผลกลาง Intel Pentium D 2.80 GHz

หน่วยความจำ (RAM) DDR II 512 MB จำนวน 1 เครื่อง

## 1.8 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็น 6 บท แต่ละบทประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

- บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมุติฐานของการศึกษา รวมทั้งทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการศึกษา ขอบเขตของการศึกษา และขั้นตอนของการศึกษา
- บทที่ 2 กล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นคืนภาพแบบอิงเนื้อหา การใช้คุณลักษณะสีในการค้นคืนภาพ และแนวทางในการคำนวณเพื่อหาความเหมือนกันของภาพ
- บทที่ 3 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่ การประมวลผลภาพ แบบจำลองสี ฮิสโตแกรมสี ประเภทของภาพดิจิทัล การเปรียบเทียบความแตกต่างของภาพ ลักษณะของการกระจายตัวแบบเกาส์เซียน การใช้โมเมนต์ในงานประมวลผลภาพ และการวัดประสิทธิภาพของระบบค้นคืนภาพ
- บทที่ 4 กล่าวถึงขั้นตอนการเตรียมข้อมูลสำหรับงานวิจัยขั้นนี้ เริ่มจากการสร้างฮิสโตแกรมสี การออกแบบฐานข้อมูล ประโยชน์ของคำจำกัดความสีในแบบฮิสโตแกรม จากนั้นอธิบายถึงขั้นตอนในการค้นคืนภาพด้วยเทคนิคต่างๆ ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ โดยใช้การถ่วงน้ำหนักให้กับสีในฮิสโตแกรมสีด้วยค่าตัวแปรต่างๆ และสุดท้ายคือ การประยุกต์ใช้โมเมนต์เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมของเทคนิคต่างๆ ที่นำเสนอ
- บทที่ 5 ผลการทดลองและการวิเคราะห์
- บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง ข้อเสนอแนะ และแนวทางในการพัฒนาระบบการค้นคืนภาพต่อไปในอนาคต

## บทที่ 2

# งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นคืนภาพแบบอิงเนื้อหา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นคืนภาพได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จนปัจจุบันงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสืบค้นคืนภาพและฐานข้อมูลมีลักษณะได้ถูกพัฒนาขึ้นมา 2 รูปแบบ [1] แบบที่หนึ่งคือการอธิบายคุณลักษณะของภาพ และแบบที่สองคือการแปลความหมายของภาพ โดยแบบแรกนั้นจะอาศัยการอธิบายคุณลักษณะ (Attribute Representation) ซึ่งส่วนใหญ่แล้วแนวทางนี้จะถูกนำเสนอโดยนักวิจัยด้านฐานข้อมูล (Database Researchers) โดยการกำหนดกลุ่มคุณลักษณะเฉพาะของภาพ ซึ่งในการเพิ่มคำอธิบายคุณลักษณะแต่ละคุณลักษณะจะกระทำโดยมนุษย์และเก็บข้อมูลไว้ในระบบจัดการฐานข้อมูลที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ในการสืบค้นทำได้โดยระบุคำอธิบายคุณลักษณะที่ต้องการให้กับระบบ ซึ่งการค้นคืนแบบนี้ถูกเรียกว่าการค้นคืนแบบอิงข้อความ (Text Based Retrieval) แต่การที่ให้นมนุษย์ทำการเพิ่มคำอธิบายภาพลงในฐานข้อมูลขนาดใหญ่จะทำให้เกิดปัญหาหลายด้านรวมถึงปัญหาด้านความน่าเชื่อถือของคำอธิบายภาพหรือที่เรียกกันว่าช่องว่างของภาษา (Linguistic Gap) อีกด้วย

สำหรับการค้นคืนภาพแบบที่สองนั้นถูกนำเสนอโดยนักวิจัยด้านการแปลความหมายของภาพ (Image Interpretation Researchers) โดยการใช้เทคนิคการแยกคุณลักษณะ (Feature Extraction) และการรู้จำวัตถุ (Object Recognition) แบบอัตโนมัติมาใช้ในการค้นคืนภาพ ซึ่งการค้นคืนภาพแบบอิงเนื้อหา (Content Based Image Retrieval: CBIR) เป็นการใช้เทคนิคการแยกคุณลักษณะสำคัญต่างๆ ของภาพอันได้แก่ สี (Color) พื้นผิว (Texture) และรูปร่าง (Shape) มาใช้อธิบายภาพแบบอัตโนมัติ การค้นคืนภาพแบบอิงเนื้อหานี้เป็นแนวทางที่ได้รับความสนใจเพื่อใช้ในการอธิบายภาพเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะคุณลักษณะสีเป็นคุณลักษณะที่นิยมใช้เป็นตัวแทนของภาพ เนื่องจากสีเป็นข้อมูลอย่างหนึ่งที่มนุษย์สามารถรับรู้และแยกความแตกต่างได้เป็นอย่างดี

ในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นคืนภาพ โดยใช้สีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบค้นคืนภาพ และในบทนี้จะกล่าวถึงการกำหนดดัชนีแบบอิงเนื้อหา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นคืนภาพด้วยคุณลักษณะสี และการเปรียบเทียบความเหมือนกันของภาพ

### 2.1 การกำหนดดัชนีแบบอิงเนื้อหา (Content-Based Indexing)

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีการกำหนดดัชนีแบบอิงเนื้อหา สำหรับการค้นคืนภาพแบบอิงเนื้อหา (Content-Based Image Retrieval : CBIR) นี้ Gudivada และ Raghavan [2] ได้ให้ความหมายไว้ว่า “ระบบการค้นคืนภาพแบบอิงเนื้อหา เป็นระบบที่สร้างขึ้นเพื่อให้เกิดการใช้ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งได้แก่การช่วยเหลือผู้ใช้งานให้สามารถค้นคืนภาพได้ตรงตาม

เอกสารฉบับเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นใบเซอร์โฮสต์ที่มีการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้องการแม้จะไม่คุ้นเคยกับการใช้ฐานข้อมูลก็ตาม” โดยทั่วไประบบการค้นคืนภาพแบบอิงเนื้อหาที่ถูกพัฒนาให้สามารถทำดัชนีจากภาพที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามาเป็นอินพุทของระบบได้โดยอัตโนมัติ (Automatic Indexing) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์และแยกคุณลักษณะเด่นของภาพนั้น สิ่งสำคัญในการสร้างระบบในรูปแบบนี้คือ ทำอย่างไรจึงสามารถอธิบายรูปภาพได้โดยใช้คุณลักษณะต่างๆ ที่คัดแยกออกมาจากภาพๆ นั้น คุณลักษณะต่างๆ ของภาพที่ใช้ในการคัดแยกภาพได้แก่ การใช้สี พื้นผิว และรูปร่างของวัตถุที่ปรากฏในภาพ

## 2.2 การค้นคืนภาพโดยอาศัยคุณลักษณะสี (Color Retrieval)

งานวิจัยหลายงานวิจัยได้นำเสนอการค้นคืนภาพโดยอาศัยพื้นฐานของความคล้ายคลึงกันของสี ซึ่งงานวิจัยทางด้านนี้ได้มีการพัฒนาออกมาใน 2 แนวทาง [12] คือ การค้นคืนภาพโดยอาศัยคุณลักษณะสีจากข้อมูลดิบของภาพและการให้ภาพคำถามกับระบบ ในส่วนของการค้นคืนภาพโดยอาศัยคุณลักษณะสีจากข้อมูลดิบของภาพ (Raw Image Data) อย่างเช่น การคำนวณหาฮิสโตแกรมสีของภาพ ซึ่งแสดงถึงสัดส่วนของพิกเซลของแต่ละสีภายในภาพ ฮิสโตแกรมสีของแต่ละภาพจะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล ในการสืบค้นผู้ใช้สามารถกำหนดสัดส่วนความต้องการของแต่ละสี (เช่น สีเขียวมะกอก 75% และสีแดง 25%) สำหรับการให้ภาพคำถาม (Query Image) ที่สามารถคำนวณหาฮิสโตแกรมได้ โดยทั้งสองวิธีนี้จะต้องผ่านขั้นตอนการเปรียบเทียบความแตกต่าง เพื่อค้นหาภาพที่มีฮิสโตแกรมสีใกล้เคียงกับภาพคำถามมากที่สุด เทคนิคการเปรียบเทียบความแตกต่างส่วนใหญ่จะใช้การตัดกันของฮิสโตแกรม (Histogram Intersection) ซึ่งพัฒนาโดย Swain และ Ballard ในปี 1991 [5] จนกระทั่งปัจจุบันได้ใช้ความแตกต่างของเทคนิคนี้กันมากในระบบ CBIR มีการปรับปรุงเทคนิคเดิมของ Swain และ Ballard โดยใช้การสะสมฮิสโตแกรมสี (Stricker และ Orengo ปี 1995) [13] และในปี 1996 Stricker และ Dimai [14] ได้นำการสะสมฮิสโตแกรมสีมาใช้ร่วมกับการตัดกันของฮิสโตแกรม และในปี 1997 Carson และคณะ [15] ได้ใช้เทคนิค Region-Based Color Querying มาเพิ่มประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพด้วย

## 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสืบค้นคืนภาพ เพื่อศึกษาหลักการในการเปรียบเทียบภาพ หลักการคำนวณเพื่อหาความเหมือนกันของภาพที่จะนำมาพัฒนางานวิจัยต่อไป โดยนำเสนอ 2 งานวิจัย คืองานวิจัยของ Chen และงานวิจัยของ Sural

### 2.3.1 งานวิจัยของ Chen และคณะ [16]

งานวิจัยของ Chen และคณะ นี้ได้ประยุกต์ใช้เครื่องมือวัดความเหมือนกันของภาพ เพื่อทำการทดสอบความเหมือนกันของภาพพื้นผิว โดยใช้ภาพพื้นผิวของ Brodatz (Brodatz's textures) จำนวน 6 กลุ่ม ในการทดลอง เครื่องมือวัดความเหมือนกันของภาพจะถูกเลือกเพื่อใช้ตัดสินว่าเวกเตอร์เข้าใกล้เวกเตอร์อื่นอย่างไร โดยปัญหานี้สามารถแปลงเป็นการคำนวณความแตกต่างระหว่างสองเวกเตอร์คือ  $x, y \in R^d$  ในงานวิจัยชิ้นนี้ทำการตรวจสอบเครื่องมือวัดระยะห่างสามรูปแบบคือ Euclidean, Mahalanobis และ Chord ซึ่งแสดงดังต่อไปนี้

1. Euclidean Distance เป็นการวัดระยะห่างระหว่าง  $x, y \in R^d$  ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

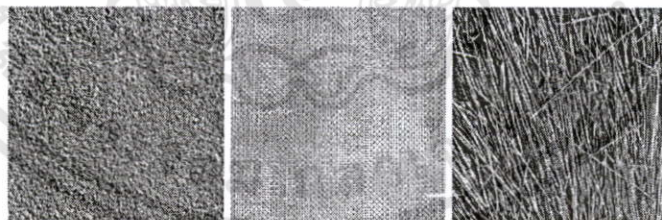
$$\delta_1(x, y) = \|x - y\|_2 = \sqrt{\sum_{j=1}^d (x_j - y_j)^2} \quad (2.1)$$

2. Mahalanobis Distance เป็นการวัดระยะห่างระหว่างสองเวกเตอร์คือ  $x$  และ  $y$  ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

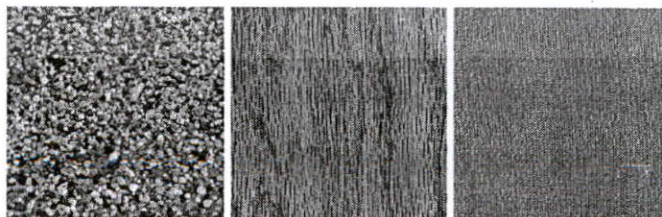
$$\delta_2(x, y) = \sqrt{(x - y)^t S^{-1} (x - y)} \quad (2.2)$$

3. Chord Distance เป็นการวัดระยะห่างระหว่างสองเวกเตอร์คือ  $x$  และ  $y$  เพื่อวัดระยะห่างระหว่างเวกเตอร์  $x$  และ  $y$  ที่ฉายไปยังพื้นที่หนึ่งหน่วย ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\delta_3(x, y) = \left\| \frac{x}{r} - \frac{y}{s} \right\|_2 \quad (2.3)$$



(a) pressed cork      (b) aluminum wire      (c) straw



(d) beach pebbles      (e) wood grain      (f) cotton canvas

**รูปที่ 2.1** ภาพพื้นผิวของ Brodatz ที่ Chen และคณะใช้ทดลองทั้ง 6 กลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบในการดึงภาพพื้นผิวทั้งหมด 96 ภาพ ใน 6 กลุ่ม ตามรูปที่ 2.1 จากการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างภาพพื้นผิวที่เป็นคำถาม และภาพพื้นผิวในฐานะข้อมูล พบว่าเทคนิคการวัดความแตกต่างด้วยวิธี Euclidean Distance ได้ค่าความผิดพลาดเท่ากับ 0.04167 สำหรับการเปรียบเทียบคุณลักษณะ Gabor และค่าความผิดพลาดเป็นศูนย์ สำหรับการเปรียบเทียบคุณลักษณะ Daubechies' four (Daub4) และ Haar transforms ส่วนเทคนิคการวัดความแตกต่างด้วยวิธี Chord Distance จะได้ค่าความผิดพลาดเท่ากับ 0.08333 ค่าความผิดพลาดเป็นศูนย์ สำหรับการเปรียบเทียบคุณลักษณะ Daubechies' four (Daub4) และได้ค่าความผิดพลาดเท่ากับ 0.03125 สำหรับการเปรียบเทียบคุณลักษณะ Haar transforms

ดังนั้นจากผลการทดลองจะพบว่าเทคนิคการเปรียบเทียบความแตกต่าง ด้วยวิธี Euclidean Distance มีประสิทธิภาพการค้นคืนภาพที่ดีกว่าวิธี Chord Distance

จากงานวิจัยชิ้นนี้พบว่า การหาความเหมือนกันของภาพ โดยใช้การคำนวณด้วย Euclidean Distance ให้ผลการค้นคืนภาพพื้นผิวที่ดี ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำหลักการของ Euclidean Distance มาประยุกต์ใช้กับงานงานวิจัยด้านสืบค้นคืนภาพในลักษณะอื่นๆ ต่อไป

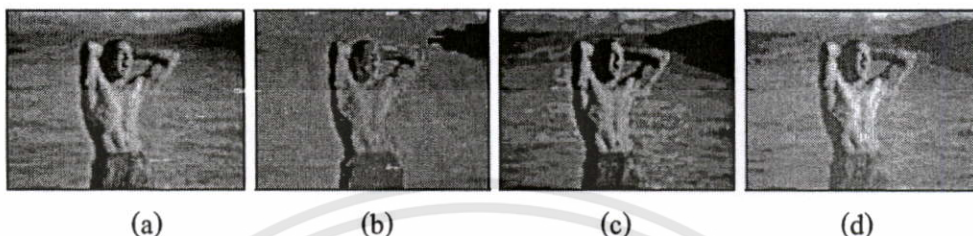
### 2.3.2 งานวิจัยของ Sural และคณะ [17]

งานวิจัยของ Sural และคณะ นี้เป็นการวิจัยเกี่ยวกับการแบ่งส่วน (Segmentation) ของภาพ และได้วิเคราะห์และเปรียบเทียบให้เห็นข้อดีของแบบจำลองสีแบบ HSV เทียบกับแบบจำลองสี RGB เนื่องจากแบบจำลองสีแบบ HSV มีความแตกต่างจากแบบจำลองสีแบบ RGB ตรงที่ แบบจำลองสีแบบ HSV ได้แยกความสว่าง (Luminance) ออกจากข้อมูลสี (Chromaticity) และเมื่อดูข้อมูลสีบนแกนข้อมูลสีสองแกนแล้วจะพบว่าพิคเซลที่มีค่าสี (Hue) ต่างกัน จะสามารถมองเห็นความแตกต่างได้เด่นชัดกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) สำหรับแต่ละพิคเซลของภาพนั้น จะทำการเลือกระหว่างสีของพิคเซลหรือความเข้มแสงของพิคเซลเป็นลักษณะเด่น ต้องขึ้นอยู่กับค่าความอิ่มตัวของสีของพิคเซลนั้นๆ ในส่วนของการแบ่งส่วนภาพทำโดยการรวมกลุ่มพิคเซลที่มีคุณลักษณะเหมือนกัน โดยใช้อัลกอริทึม K-Means Clustering

ในแบบจำลองสีแบบ HSV นั้น ค่า H จะถูกนิยามด้วยมุม  $0 - 2\pi$  โดยมีความสัมพันธ์กับแกนสีแดง คือจะเป็นสีแดงที่มุม  $0$  เป็นสีเขียวที่มุม  $2\pi/3$  เป็นสีน้ำเงินที่มุม  $4\pi/3$  และเป็นสีแดงอีกครั้งที่มุม  $2\pi$  สำหรับค่า S คือความลึกหรือความบริสุทธิ์ของสี และถูกคำนวณเป็นระยะรัศมีจากแกนกลาง คือค่าระหว่าง  $0$  ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลาง ไปจนถึง  $1$  ซึ่งเป็นขอบด้านนอก เมื่อความอิ่มตัวของสีเข้าใกล้  $0$  พิคเซลที่มีสีต่างกันจะกลายเป็นสีเทาเหมือนกัน แต่เมื่อเพิ่มความอิ่มตัวของสีขึ้นไปเรื่อยๆ จนเป็น  $1$  ค่าสีที่มองเห็นจะเป็นสีจริงของตัวเอง แสดงดังรูปที่ 2.2

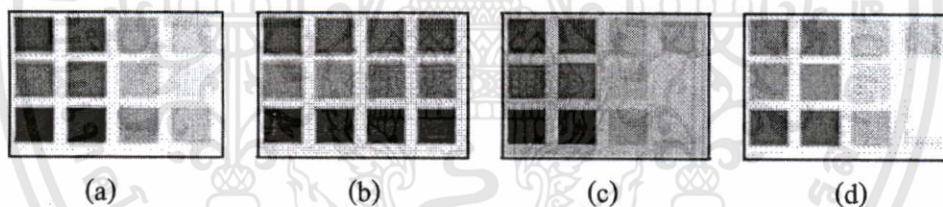


รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงของสีที่เห็นจากการเปลี่ยนค่าความเข้มตัวของสี



รูปที่ 2.3 การจับกลุ่มของพิกเซลเพื่อแบ่งขอบเขตของภาพ

- (a) ภาพต้นฉบับ
- (b) ทำการประมาณค่าด้วย HSV
- (c) ทำการประมาณค่าด้วย RGB โดยกำหนดหกบิตต่ำเป็น 0
- (d) ทำการประมาณค่าด้วย RGB โดยกำหนดหกบิตต่ำเป็น 1



รูปที่ 2.4 การจับกลุ่มพิกเซลของสี

- (a) สีต้นฉบับ
- (b) ทำการประมาณค่าด้วย HSV
- (c) ทำการประมาณค่าด้วย RGB โดยกำหนดหกบิตต่ำเป็น 0
- (d) ทำการประมาณค่าด้วย RGB โดยกำหนดหกบิตต่ำเป็น 1

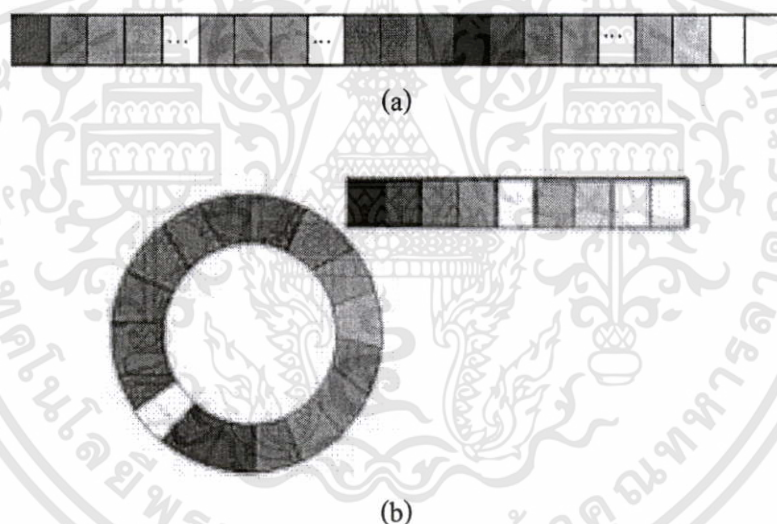
ในรูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4 เป็นการประมาณค่าสีเพื่อแบ่งกลุ่มสีของพิกเซลในภาพ เปรียบเทียบกันระหว่างการประมาณค่าสีด้วยแบบจำลองสี HSV และแบบจำลองสี RGB

จากผลของการประมาณค่าสี ในรูปที่ 2.4 จะเห็นได้ว่า การประมาณค่าสีด้วยแบบจำลองสีแบบ RGB นั้น จะไม่สามารถทำการประมาณค่าสีที่มีความสว่างมากๆ ได้ ดังจะเห็นได้จาก รูปที่ 2.4 (c) และรูปที่ 2.4 (d) สีที่อ่อนมากๆ จะไม่สามารถแยกออกจากพื้นหลังของภาพได้ แต่รูปที่ 2.4 (b) ซึ่งเกิดจากการประมาณค่าด้วยแบบจำลองสี HSV นั้นสามารถทำการประมาณค่าสีได้เป็นอย่างดี

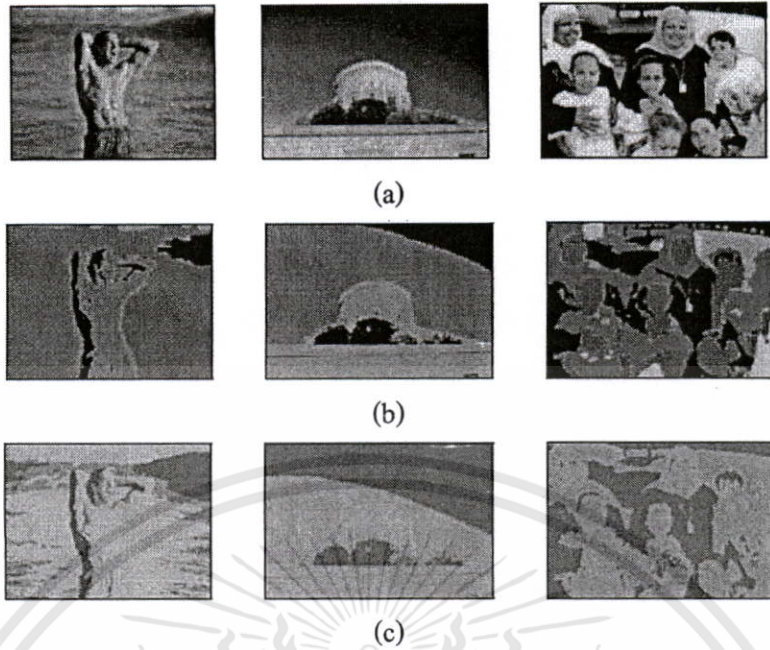
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ผู้เห็นใบแจ้งประสงค์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการแบ่งช่วงสีของแบบจำลองสีแบบ HSV โดยมีวิธีการแบ่งช่วงสีดังนี้ คือ ช่วงของสี (Hue) ถูกแบ่งออกเป็น 17 ช่วง คือช่วงสีแดง ช่วงสีเขียว และช่วงสีน้ำเงิน สีละ 17 ช่วงสี เท่าๆ กัน โดยกำหนดแต่ละช่วงของสีมีความกว้างของช่วง 7 องศา ซึ่งจะได้ช่วงสีทั้งหมด 51 กลุ่ม นอกจากนี้ยังมีการแบ่งช่วงความเข้มแสง (Value / Intensity / Brightness) ออกเป็น 17 ช่วง ในงานวิจัยนี้ได้มีการรวมเอาค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) ไว้กับส่วนของความบริสุทธิ์ของสีและความเข้มแสง โดยในพิภพสีที่มีค่าความอิ่มตัวของสีน้อยกว่า 0.2 จะถือว่าเป็นช่วงสีเดียวกันกับความเข้มแสง ส่วนในพิภพสีที่มีค่ามากกว่า 0.2 จะรวมกับช่วงความบริสุทธิ์ของสี ดังแสดงตัวอย่างการแบ่งช่วงสีไว้ในรูปที่ 2.5 โดยรูปที่ 2.5 (a) แสดงตัวอย่างการแบ่งช่วงสีของในงานวิจัยนี้ ส่วนรูปที่ 2.5 (b) ตัวอย่างการแบ่งช่วงสีแยกความบริสุทธิ์ของสี และช่วงความเข้มแสงออกจากกัน ซึ่งมีสีทั้งหมด 68 ช่วง แบ่งเป็นช่วงสี 51 ช่วง และช่วงที่เป็นเฉดสีเทา 17 ช่วง

จากงานวิจัยนี้ แสดงตัวอย่างของการแยกส่วนที่ได้จากการแบ่งช่วงสีของงานวิจัยได้ ดังในรูปที่ 2.6 โดยรูปที่ 2.6 (a) เป็นภาพต้นฉบับ และรูปที่ 2.6 (b) เป็นผลที่ได้จากการแบ่งช่วงสีดังกล่าว



รูปที่ 2.5 การแบ่งช่วงสีของ Sural และคณะ



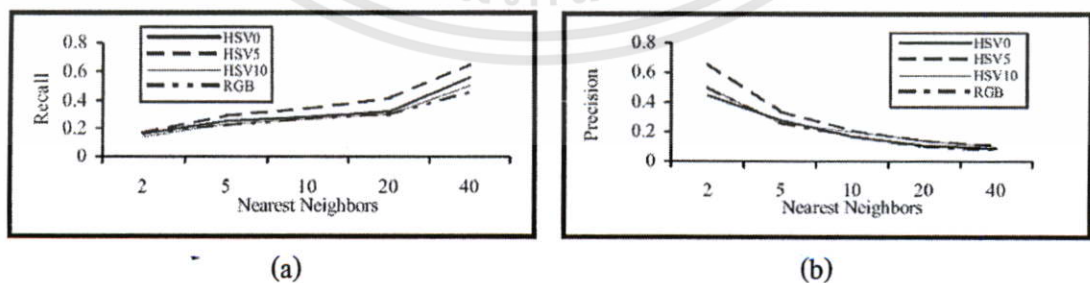
รูปที่ 2.6 ผลที่ได้จากการใช้การแบ่งช่วงสีของ Sural และคณะ

(a) ภาพต้นฉบับ

(b) ภาพที่ถูกแบ่งส่วนด้วยคุณลักษณะ HSV

(c) ภาพที่ถูกแบ่งส่วนด้วยคุณลักษณะ RGB

ในรูปที่ 2.7 แสดงประสิทธิภาพการค้นคืนภาพจากฐานข้อมูล 14,500 ภาพ โดยเปรียบเทียบระหว่างฮิสโตแกรมแบบ RGB และฮิสโตแกรมใหม่ที่ Sural และคณะ นำเสนอ โดยที่ฮิสโตแกรมใหม่นี้มีการใช้ประโยชน์จากวินโดว์ (Window) ดังนี้ HSV0 คือไม่มีวินโดว์ ส่วน HSV5 คือปรับขนาดวินโดว์เท่ากับ 5 และ HSV10 คือปรับขนาดวินโดว์เป็น 10 และพบว่า การปรับขนาดวินโดว์น้อยๆ จะให้ผลที่ดีกว่าการไม่มีวินโดว์และมีวินโดว์ขนาดใหญ่เกินไป



รูปที่ 2.7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของฮิสโตแกรม HSV และฮิสโตแกรมแบบ RGB

(a) กราฟของการเรียกคืน

(b) กราฟของความแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.3 แนวความคิดในการพัฒนางานวิจัยที่น่าเสนอ

งานวิจัยที่น่าเสนอนี้พัฒนาโดยประยุกต์ใช้ข้อดีของงานวิจัยต่างๆ ที่ได้ศึกษามาดังต่อไปนี้ จากงานวิจัยของ Chen เพื่อหาความเหมือนกันของภาพพื้นผิวด้วยวิธีการต่างๆ พบว่าการคำนวณด้วย Euclidean Distance ให้ผลการค้นคืนภาพพื้นผิวที่ดีกว่าวิธีการอื่น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำหลักการของ Euclidean Distance มาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยด้านสืบค้นคืนภาพต่อไป

สำหรับเทคนิคที่จะใช้ในการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของภาพด้วยวิธี Euclidean Distance นั้น เป็นการเปรียบเทียบสีในฮิสโตแกรมแบบสีต่อสี โดยไม่คำนึงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลสีข้างเคียงสีในฮิสโตแกรม เนื่องจากการที่ไม่คำนึงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลสีข้างเคียงในฮิสโตแกรมนี้จึงทำให้เกิดความผิดพลาดได้ ในกรณีที่สีที่สนใจซึ่งถือเป็นสีเดียวกันกระจายอยู่ในหลายบินของฮิสโตแกรม สีที่กระจายอยู่ในบินอื่นๆ เหล่านี้จะไม่ถูกนำมาพิจารณาเปรียบเทียบกับทำให้อาจยังได้ผลการค้นคืนภาพไม่ดีนัก ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงวิธีการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมสี โดยการให้ความสำคัญกับข้อมูลสีข้างเคียงสีในฮิสโตแกรมมากขึ้น น่าจะทำให้ประสิทธิภาพในการสืบค้นคืนภาพดีขึ้นด้วย

จากงานวิจัยของ Sural จะเห็นได้ว่าการแบ่งช่วงสีโดยคำนึงถึงค่า ความบริสุทธิ์ของสี ความอิ่มตัวของสี และความเข้มแสงร่วมกัน การใช้แบบจำลองสีแบบ HSV ในการแบ่งส่วนภาพสามารถแบ่งส่วนภาพได้ชัดเจนดีกว่าการใช้แบบจำลองสีแบบ RGB มาก และมีประสิทธิภาพในการเรียกคืนภาพ (Recall) และความแม่นยำ (Precision) ดีกว่าการใช้แบบจำลองสีแบบ RGB ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาการค้นคืนภาพโดยใช้ลักษณะการแบ่งช่วงสีด้วยวิธีของ Sural โดยใช้แบบจำลองสี HSV นี้ และจากงานวิจัยของ Sural ได้มีการให้นำหนักสีข้างเคียงในการเปรียบเทียบโดยการปรับขนาดของวินโดว์ แต่โดยทั่วไปแล้วข้อมูลสีของภาพจะมีลักษณะการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) หรือแบบเกาส์เซียน (Gaussian Distribution) ซึ่งการให้นำหนักวินโดว์ด้วยสัดส่วนคงที่ของงานวิจัยนี้อาจยังให้ผลการค้นคืนภาพไม่ดีนัก ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดปรับปรุงการให้นำหนักวินโดว์ด้วยการกระจายตัวแบบเกาส์เซียน น่าจะให้ผลการค้นคืนภาพที่ดีกว่าเดิมได้

## บทที่ 3

# ความรู้พื้นฐานในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงความรู้พื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่ ความรู้เบื้องต้นด้านการประมวลผลภาพ แบบจำลองสีที่ใช้ในงานวิจัย การหาฮิสโตแกรมสี การเปรียบเทียบความแตกต่างของภาพ และการกระจายตัวแบบเกาส์เซียน (Gaussian Distribution) โมเมนต์ในงานประมวลผลภาพ และการวัดประสิทธิภาพของระบบการค้นคืนภาพ

### 3.1 การประมวลผลภาพ

กระบวนการประมวลผลภาพในยุคแรก เริ่มนำมาใช้งานสำหรับการพิจารณาภาพถ่ายดาวเทียมของดวงจันทร์ และต่อมาได้มีการตั้งสาขาทางวิทยาศาสตร์สาขาใหม่มีชื่อว่า Digital Image Processing หลังจากนั้นงานทางด้าน การประมวลผลภาพก็พัฒนาขึ้นเรื่อยๆ และใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับงานในหลายๆ ด้าน ตัวอย่างเช่นทางด้าน การสื่อสารโทรคมนาคม ทางด้านงานสื่อสารทางโทรทัศน์ ทางด้านการพิมพ์ ทางด้านกราฟิก ด้านการแพทย์ และการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์

ด้าน Digital Image Processing จะเกี่ยวกับการแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลดิจิทัล (Digital Format) ซึ่งสามารถที่จะนำเอาข้อมูลนี้จัดผ่านกระบวนการต่างๆ ด้วยดิจิทัลคอมพิวเตอร์ได้ ในระบบของดิจิทัล อินพุตและเอาพุตของระบบจะอยู่ในรูปแบบดิจิทัลเท่านั้น

สำหรับด้าน Digital Image Analysis จะเกี่ยวกับวิธีการอธิบายและการจดจำข้อมูลภาพดิจิทัล ซึ่งอินพุตของระบบจะเป็นข้อมูลภาพดิจิทัลและเอาพุตจะเป็นเครื่องหมายที่ใช้แทนข้อมูลภาพดิจิทัลเหล่านั้น ในการวิเคราะห์ภาพมีอยู่หลายวิธีด้วยกันที่ได้นำมาจากการทำงานของตามมนุษย์ (Human Vision) นั่นก็คืองานทางด้าน Computer Vision ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับ Digital Image Analysis นั่นเอง การมองเห็นของมนุษย์นับว่าเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ซึ่งลักษณะเทคนิคโดยทั่วๆ ไปในกระบวนการ Digital Image Analysis และ Computer Vision จะค่อนข้างซับซ้อนเช่นกัน

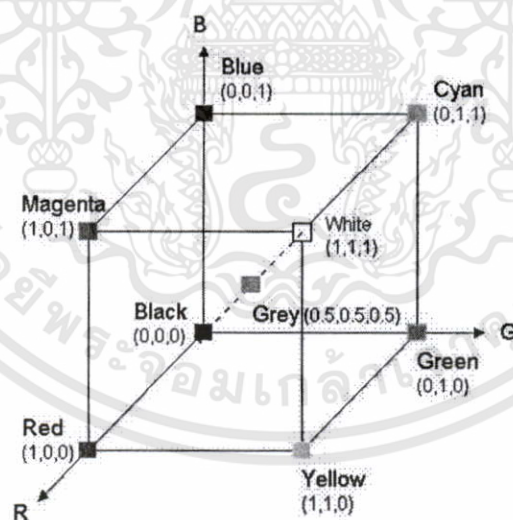
คุณลักษณะดีเป็นคุณลักษณะที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้เด่นชัดที่สุด และในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ นำคุณลักษณะดีมาใช้ในการพัฒนาการค้นคืนภาพเช่นกัน ซึ่งความรู้พื้นฐานที่จะทำงานกับภาพจะประกอบไปด้วย แบบจำลองสี ฮิสโตแกรมสี และประเภทของภาพดิจิทัล

### 3.2 แบบจำลองสี (Color Model)

แบบจำลองสีคือ โครงสร้างที่กำหนดขึ้นเพื่อจัดระบบสีให้เป็นระเบียบ โดยมีสเกลบอกระยะ เพื่อช่วยให้จำแนกและควบคุมการเปลี่ยนแปลงสีให้ง่ายยิ่งขึ้น และถูกสร้างขึ้นเพื่อช่วยในการกำหนดสีให้เป็นไปตามมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งแบบจำลองสีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันได้สร้างขึ้นมาเพื่อรองรับอุปกรณ์หรือโปรแกรมประยุกต์ต่างๆ โดยแบบจำลองสีที่นิยมใช้ได้แก่ แบบจำลองสี RGB ซึ่งเป็นรูปแบบสำหรับใช้ในงานแสดงผลทางมอนิเตอร์ กล้องถ่ายภาพ เป็นต้น แบบจำลองสี CMY และ CMYK เป็นรูปแบบที่ใช้ในงานพิมพ์ และแบบจำลองสี HSV เป็นแบบจำลองสีที่สามารถแยกองค์ประกอบสีออกจากค่าความเข้มแสงได้ และแบบจำลองสีแบบ HSV ยังใกล้เคียงกับการรับรู้และแปลความหมายสีของมนุษย์มากที่สุด

#### 3.2.1 แบบจำลองสี RGB

แบบจำลองสีแบบ RGB (Red Green Blue) เป็นการอธิบายสีด้วยการผสมสีหลัก 3 สีได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินในอัตราส่วนต่างๆ กัน ทำให้เกิดเป็นสีที่หลากหลายขึ้น ดังนั้นจึงเรียกสีทั้ง 3 สีนี้ว่าแม่สี (Primary Colors) แบบจำลองนี้ใช้ระบบพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian Coordinate System) ในการสร้างแบบจำลองสีดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แบบจำลองสี RGB บนพิกัดคาร์ทีเซียน

จากรูปที่ 3.1 ถ้ากำหนดให้ค่าสีผ่านการนอร์มอลไลซ์ (Normalize) ดังนั้นลูกบาศก์ในรูปจะเป็นลูกบาศก์ขนาดหนึ่งหน่วย และค่าของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินจะมีค่าอยู่ในช่วง  $[0,1]$  โดยที่สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินจะอยู่ที่มุมลูกบาศก์ทั้ง 3 มุม บนเส้นแกน R G และ B ตามลำดับ ส่วนสีเขียวน้ำเงิน (Cyan) สีม่วงแดง (Magenta) และสีเหลืองจะอยู่ที่มุมอีก 3 มุมที่เหลือ สำหรับที่จุดกำเนิดจะเป็น

สีดำ ส่วนสีขาวจะอยู่ที่มุมที่อยู่ไกลสุดจากจุดกำเนิด ซึ่งในแบบจำลองสีนี้เส้นที่ลากระหว่างมุมที่เป็นสีดำจนถึงมุมที่เป็นสีขาวจะเป็นเส้นสเกลของสีเทา (Gray Scale) โดยในตำแหน่งพิกัดต่างๆบนเส้นสเกลสีเทานี้จะมีสัดส่วนของค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินเท่าๆกันเสมอ ซึ่งจะไล่ระดับตั้งแต่ความเข้มแสงจากน้อยที่สุด (สีดำ) เรื่อยมาเป็นสีเทา และความเข้มแสงมากที่สุด (สีขาว) สำหรับสีอื่นๆ ของแบบจำลองนี้คือพิกัดต่างๆ ที่อยู่ภายในลูกบาศก์ที่ได้จากการนำเอาสีเหล่านี้มาผสมกันในสัดส่วนที่แตกต่างกันไป

โดยทั่วไปแล้วภาพที่แทนด้วยแบบจำลองสี RGB นั้นในแต่ละระดับสีจะถูกแทนค่าด้วยตัวเลขขนาด 24 บิต หรือที่เรียกว่าภาพสี 24 บิต (24-bit Color Image) โดยจะแทนค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินสีละ 8 บิต ดังนั้นจะสามารถใช้แทนสีของภาพได้ทั้งหมด  $(2^8)^3 = 16,777,216$  สี หรือประมาณ 16.7 ล้านสี ซึ่งการผสมกันของแม่สีในรูปแบบลูกบาศก์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.2

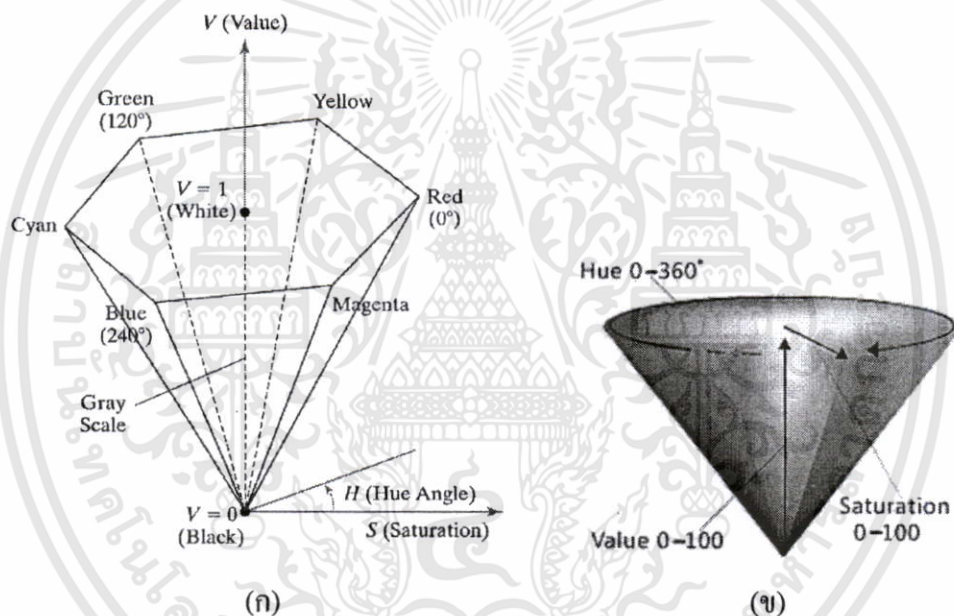


รูปที่ 3.2 แบบจำลองสี RGB 24 บิต

จากการวิจัยของ Gong และคณะ [3] ได้พบปัญหาจากการใช้แบบจำลองสีแบบ RGB ว่าไม่สามารถบ่งบอกความหมายที่แท้จริงของสีได้ และพบว่าแบบจำลองสีแบบ HSI (Hue, Saturation, Intensity) หรือ HSV (Hue, Saturation, Value) เป็นแบบจำลองสีที่ใกล้เคียงกับการรับรู้สีของมนุษย์ การทำดัชนีสีจึงถูกเสนอให้แปลงภาพจากแบบจำลองสีอื่นๆ ให้เป็นแบบจำลองสีแบบ HSI หรือ HSV ก่อน สำหรับแบบจำลองสีแบบ HSV นี้ถูกแบ่งออกเป็นหลายๆ เฉดสี และสามารถกำจัดปัญหาสิ่งรบกวนและความสว่างที่เคยมีอิทธิพลต่อฮิสโตแกรมสี ดังที่ Gopal และคณะ [4] ได้กล่าวไว้ว่า ข้อมูลภาพในแบบจำลองสีแบบ HSV มีความคงทนต่อการเปลี่ยนสภาวะแสง ในกรณีที่ถ่ายภาพในสถานที่เดียวกันแต่ต่างเวลาซึ่งส่งผลให้ภาพนั้นมีแสงสว่างที่ต่างกัน แบบจำลองสีแบบ HSV

### 3.2.2 แบบจำลองสี HSV

การรับรู้สีของมนุษย์ มนุษย์จะอธิบายสีด้วยค่าสี (Hue) ความอิ่มตัวของสี (Saturation) และความสว่าง (Value/Brightness/Intensity) [22] โดยที่ค่าสี เป็นคุณลักษณะที่อธิบายสีที่แท้จริง ในขณะที่ความอิ่มตัวอธิบายถึงระดับความบริสุทธิ์ของสี ส่วนความสว่างใช้อธิบายความเข้มแสง (Value) จากลักษณะการรับรู้สีของมนุษย์และข้อจำกัดของแบบจำลองสี RGB ดังที่อธิบายในหัวข้อก่อนหน้า จึงได้มีการเสนอแบบจำลองสี HSV ซึ่งได้แยกความเข้มแสงออกจากข้อมูลสีซึ่งได้แก่ค่าสีและความอิ่มตัวของสีออกจากกัน โดยแบบจำลองสี HSV ใช้ระบบพิกัดทรงกรวยหกเหลี่ยม (Hexacone Coordinate System) ในการสร้างแบบจำลองสี ซึ่งโดยปกติแล้วจะแสดงอยู่ในรูปทรงกรวยหกเหลี่ยมดังรูปที่ 3.3 แสดงแบบจำลองสีแบบ HSV



รูปที่ 3.3 แบบจำลองสีแบบ HSV

(ก) แบบจำลองสี HSV ในระบบพิกัดทรงกรวยหกเหลี่ยม

(ข) ตัวอย่างสีในแบบจำลองสี HSV

แบบจำลองสี HSV ประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ H คือค่าของสีหลัก (สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน) เป็นสปีบนระนาบวงกลม โดยสีจะเปลี่ยนแปลงตามมุมที่กวาดไปซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง  $[0, 360]$  เริ่มตั้งแต่สีแดง สีเหลือง สีเขียว สีเขียวน้ำเงิน สีน้ำเงิน สีม่วงแดง จนกระทั่งกลับมาที่สีแดง สำหรับ S เป็นค่าตามความยาวรัศมีของระนาบวงกลมซึ่งบอกถึงค่าความบริสุทธิ์ของสี หากความยาวของรัศมีน้อยหมายความว่าสีนั้นมีการเจือปนด้วยสีเทาค่อนข้างมาก ถ้ารัศมียาวไปจนถึงเส้นขอบของวงกลมก็จะหมายถึงสีนั้นมีความบริสุทธิ์มากขึ้นตามลำดับ สำหรับค่า V หรือ I เป็นค่าที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายถึงความเข้มแสงของสี โดยถ้าค่าน้อยจะเข้าใกล้สีดำ แต่ถ้าค่านี้มากสีที่ได้ก็จะเป็นสีขาว เพราะมีค่าความเข้มแสงมาก

ค่าของ Hue Saturation และ Value สามารถคำนวณได้จากระบบสี RGB ดังนี้

$$Hue = \begin{cases} 60 * \frac{(G - B)}{\max(R, G, B)} & ; R = \max(R, G, B) \\ 120 + 60 * \frac{(B - R)}{\max(R, G, B)} & ; G = \max(R, G, B) \\ 240 + 60 * \frac{(R - G)}{\max(R, G, B)} & ; B = \max(R, G, B) \end{cases} \quad (3.1)$$

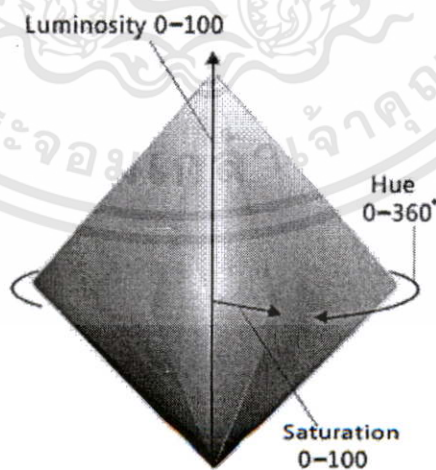
ในกรณี Hue ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าศูนย์ ให้บวกเพิ่มด้วยค่า 360

$$Saturation = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B)} \quad (3.2)$$

$$Value = \max(R, G, B) \quad (3.3)$$

### 3.2.3 แบบจำลองสี HLS

แบบจำลองสีแบบ HLS (Hue Lightness Saturation) พัฒนาโดย Teletromix Incorporated จะมีลักษณะคล้ายกับ HSV ดังนี้คือ สีของแบบจำลองสีจะขึ้นอยู่กับสามองค์ประกอบดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แบบจำลองสีแบบ HLS

จากภาพแบบจำลองสี HLS ประกอบด้วย Hue คือค่าของสีหลักซึ่งมีสีน้ำเงินอยู่ที่ 0 องศา สีเขียวอยู่ที่ 120 องศา และสีแดงอยู่ที่ 240 องศา สำหรับ Lightness คือค่าความสว่างซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามแนวแกน L โดยที่ L=0 จะเป็นสีดำ L=1 จะเป็นสีขาว สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (3.4) Saturation คือความบริสุทธิ์ของสีสามารถหาได้จากสมการที่ (3.5)

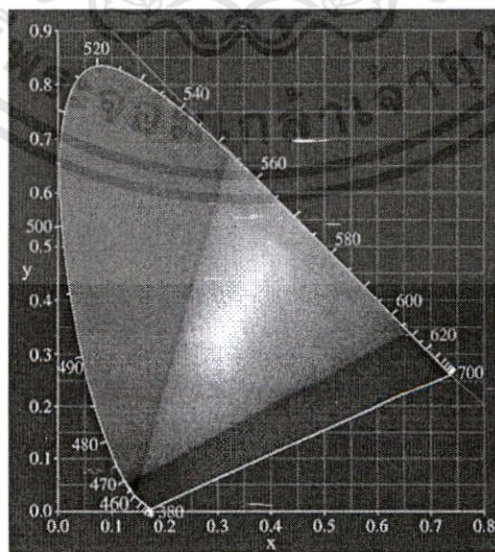
$$Lightness = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{2} \quad (3.4)$$

$$Saturation = \begin{cases} \frac{\max(R, G, B) + \min(R, G, B)}{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)} & ; \quad L \leq 0.5 \\ \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{2 - \max(R, G, B) - \min(R, G, B)} & ; \quad otherwise \end{cases} \quad (3.5)$$

### 3.2.4 แบบจำลองสี CIE XYZ

แบบจำลองสี CIE XYZ เป็นระบบสีซึ่งถูกกำหนดโดย The Commission International de L'Éclairage (CIE) ซึ่งจะใช้วิธีกำหนดสีด้วยค่าตัวเลข (X, Y, Z) และแบบจำลองสี CIE XYZ ยังสามารถกำหนดสีที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ทุกสี ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ได้จากการทดลองเพื่อสร้างฟังก์ชันการตรงกันของสี (Color Matching Function)

ในรูปที่ 3.5 แสดงไดอะแกรม CIE Chromaticity 1931 มีลักษณะคล้ายปีกเครื่องบินซึ่งแสดงสีต่างๆ สีที่อยู่ในช่วงคลื่นที่สามารถมองเห็นได้ โดยตัวเลขที่ปรากฏบนขอบของเส้นไดอะแกรมหมายถึงความยาวคลื่นของแสงที่สามารถมองเห็นได้ โดยสีแดงจะอยู่ที่มุมล่างขวา สีเขียวจะอยู่ตรงมุมบน และสีน้ำเงินจะอยู่ตรงมุมล่างซ้ายของไดอะแกรม

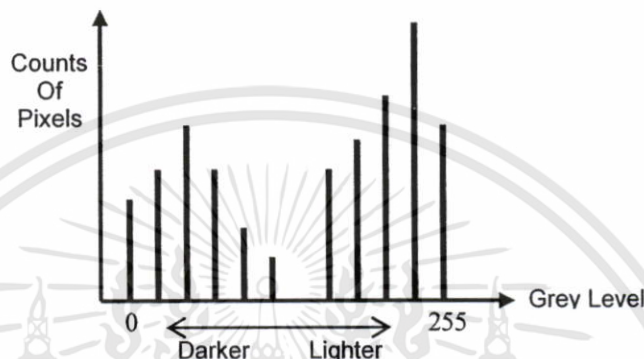


รูปที่ 3.5 ไดอะแกรม CIE Chromaticity 1931

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 ฮิสโตแกรมสี (Color Histogram)

สำหรับฮิสโตแกรมสีนั้นเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ เพื่อแปลงภาพไปพิจารณาในลักษณะของฮิสโตแกรม เช่น ภาพที่เป็นภาพระดับสีเทา (Gray-Scale) สามารถแปลงให้เป็นฮิสโตแกรมของสีเทาที่ระดับต่างๆ ได้ โดยค่าแต่ละแท่งของฮิสโตแกรมจะแสดงให้เห็นถึงจำนวนของพิกเซล (Pixel) ทั้งหมดที่เป็นสีเดียวกันจากในรูปภาพ แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ฮิสโตแกรมระดับสีเทา

Swain และ Ballard [5] กล่าวว่า ฮิสโตแกรมของภาพใดภาพหนึ่งเป็นค่าที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามทิศทางการหมุน ตามมุมมองที่เปลี่ยนไป หรือตามการยืดหดของภาพ ดังนั้นการนำฮิสโตแกรมมาใช้แทนคุณลักษณะโดยรวมของภาพ และพิจารณาถึงความเหมือนกันระหว่างภาพต่างๆ จึงเป็นสิ่งที่สามารถทำได้ ซึ่งโดยปกติแล้วภาพหนึ่งภาพจะมีฮิสโตแกรมที่แน่นอนอยู่หนึ่งฮิสโตแกรม และแม้ว่าจะเป็นภาพคนละภาพก็อาจจะมีฮิสโตแกรมที่คล้ายคลึงกันหรือเหมือนกันได้ [6]

ภายในภาพจะประกอบไปด้วยสีระดับต่างๆ มากมาย โดยฮิสโตแกรมสีจะใช้ในการอธิบายลักษณะการกระจายสีของภาพ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.6)

$$h(r_k) = n_k \quad (3.6)$$

โดยที่  $r_k$  เป็นระดับสีที่กำหนด และ  $n_k$  เป็นจำนวนของพิกเซลในภาพซึ่งมีระดับสีเป็น  $r_k$  การคำนวณค่าอนุกรมลอการิทึมของฮิสโตแกรมเพื่อปรับค่าของฮิสโตแกรมให้อยู่ในช่วง  $[0, 1]$  ทำได้โดยการหาร  $h(r_k)$  ด้วยจำนวนพิกเซลทั้งหมดของภาพ  $n$  ดังสมการที่ (3.7)

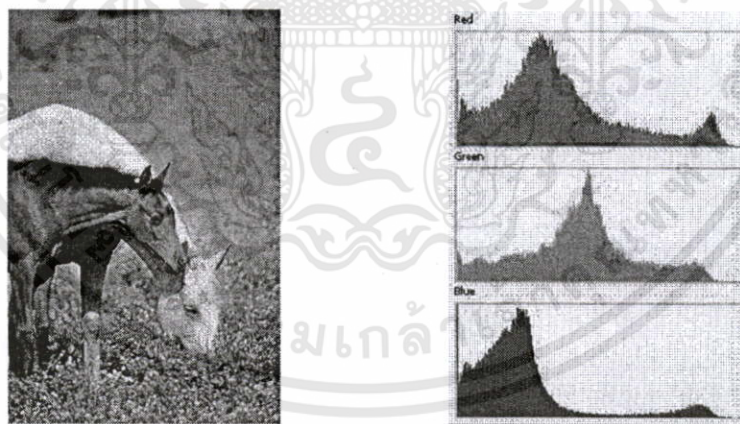
$$p(r_k) = \frac{h(r_k)}{n} \quad (3.7)$$

ฮิสโตแกรมสีจะมีความทนทานต่อการเปลี่ยนมุมมองของภาพ เนื่องจากการเปลี่ยนมุมมองจะไม่ได้ทำให้จำนวนพิกเซลรวมของสีเกิดการเปลี่ยนแปลงมากนัก แต่สำหรับรูปร่างของภาพเมื่อมีการเปลี่ยนมุมมองแล้วรูปร่างของภาพจะเปลี่ยนแปลงไปมาก ฮิสโตแกรมเป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการอธิบายความน่าจะเป็นของสีที่ปรากฏอยู่ในภาพ ซึ่งค่าของสีเดียวกันจะอยู่ในระดับของสีเดียวกัน ฮิสโตแกรมสีนิยมใช้เพื่ออธิบายคุณลักษณะของภาพ เพราะส่วนใหญ่แล้วพบว่า การที่สีที่ปรากฏในภาพมีความมืด เนื่องจากปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ทำให้กลุ่มของสีที่ปรากฏในภาพเปลี่ยนตำแหน่งไป แต่ผลกระทบที่มีต่อฮิสโตแกรมสีจะมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งทำให้การค้นหภาพยังคงมีประสิทธิภาพที่ดีได้

ในการหาค่าฮิสโตแกรมสีสามารถทำได้โดยการนับจำนวนพิกเซลทั้งหมดที่อยู่ในระดับความเข้มแสงนั้นๆ มีขั้นตอนการทำได้ดังนี้

1. สร้างอาร์เรย์ของฮิสโตแกรม ตามจำนวนบิน (Bin) ที่ต้องการ
2. เติลย์ค่าอาร์เรย์ทั้งหมดของฮิสโตแกรม
3. สำหรับทุกๆ พิกเซล ณ พิกัด  $x, y$  ใดๆ ให้บวกเพิ่มค่าฮิสโตแกรมที่ระดับความเข้มแสงนั้น ที่ละหนึ่งค่า

ฮิสโตแกรมสีสำหรับภาพที่ใช้แบบจำลองสี RGB จะประกอบด้วยฮิสโตแกรม 3 ฮิสโตแกรมคือ ฮิสโตแกรมสีแดง เขียว และน้ำเงิน ดังแสดงในรูปที่ 3.7



(ก)

(ข)

### รูปที่ 3.7 ฮิสโตแกรมของภาพสี

(ก) ภาพสีในแบบจำลองสี RGB

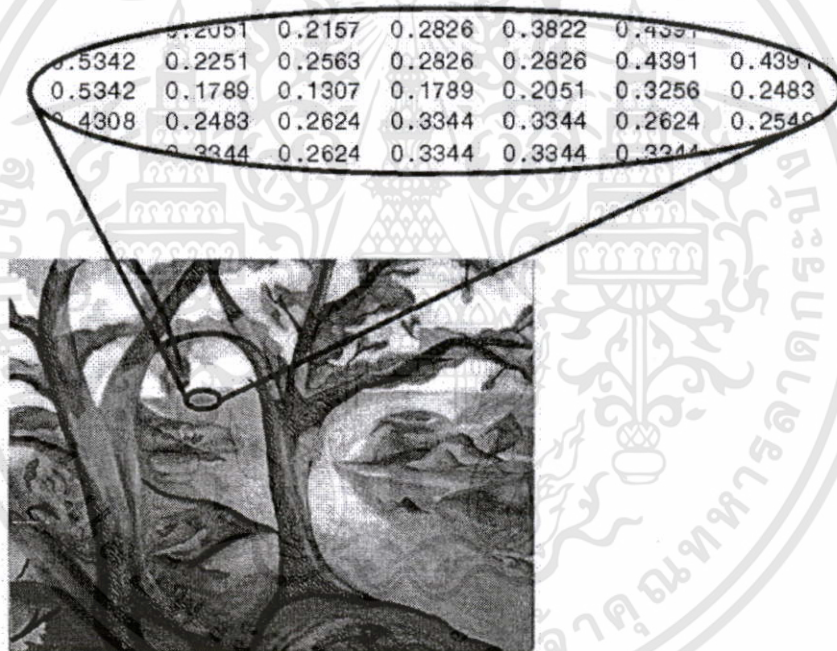
(ข) ฮิสโตแกรมของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน

### 3.4 ประเภทของภาพดิจิทัล

ภาพดิจิทัลมีอยู่หลากหลายประเภท เช่น Binary Images, Intensity Images, Indexed Images และ RGB Images โดยภาพแต่ละประเภทรุ่นจะมีค่าความเข้มแสงของภาพที่แตกต่างกัน

#### 3.4.1 Intensity Image หรือ Monochrome Image หรือ Gray Image

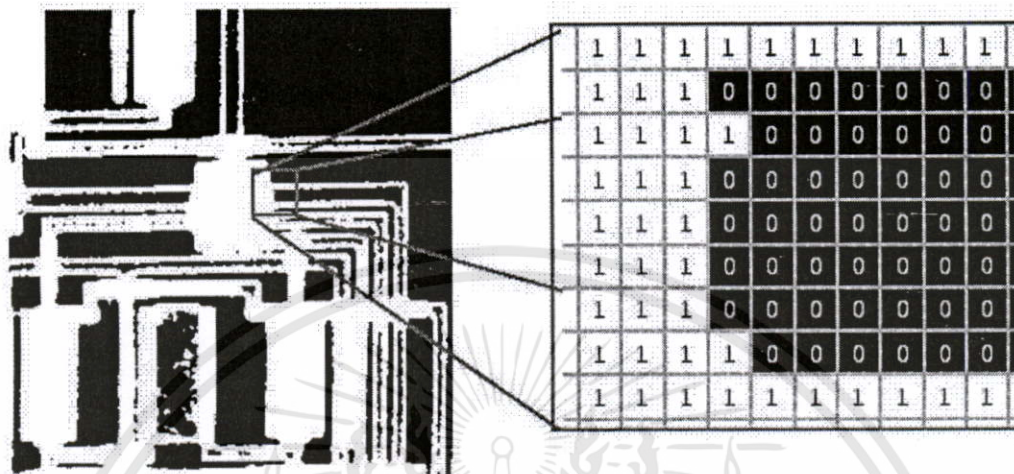
ภาพ Intensity หรือ ภาพ Gray เป็นภาพที่แสดงถึงค่าความเข้มแสง ณ แต่ละตำแหน่งของพิกเซลภายในภาพ ซึ่งภาพจะมีลักษณะเป็นโทนสีเทา (Gray scale) โดยค่าความเข้มแสงที่สามารถแสดงได้ (Gray Levels) จะขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้แทนภาพในแต่ละภาพได้จาก  $L = 2^k$  เมื่อ  $L$  คือ ระดับสีเทา และ  $k$  คือค่าจำนวนบิตที่ใช้แทนภาพ เช่นภาพ Gray scale ขนาด 8 บิตสามารถแสดงค่าระดับสีเทาได้ทั้งหมด 256 ระดับ และค่าที่เป็นไปได้คือ [0-255]



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างภาพ Intensity Image และ ค่า Gray scale ของแต่ละพิกเซล

### 3.4.2 Binary Image หรือ Black and White Image

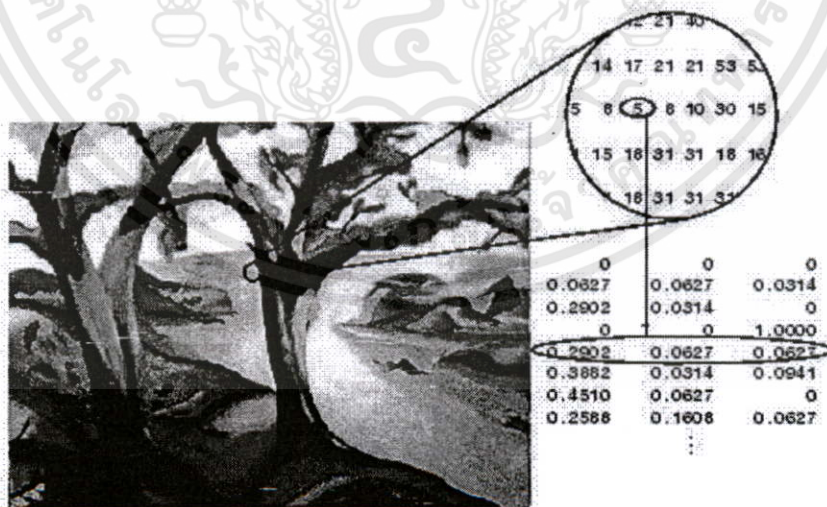
แต่ละพิกเซลของภาพ Binary นั้น สามารถแสดงค่าที่แตกต่างกันได้ 2 ค่า คือ 0 (สีดำ) และ 1 (สีขาว) เท่านั้นดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างภาพ Binary และ ค่าในแต่ละพิกเซลของภาพ Binary

### 3.4.3 Indexed Image

แต่ละพิกเซลของภาพ Indexed จะเก็บค่า Index Number ซึ่งเป็นค่าที่ชี้ไปยังสีในตารางสี ดังนั้น ถ้าต้องการจะทราบสีในแต่ละพิกเซล จะต้องไปดูค่าสีในตารางสีที่ index ตรงกับค่าในพิกเซลดังรูปที่ 3.10

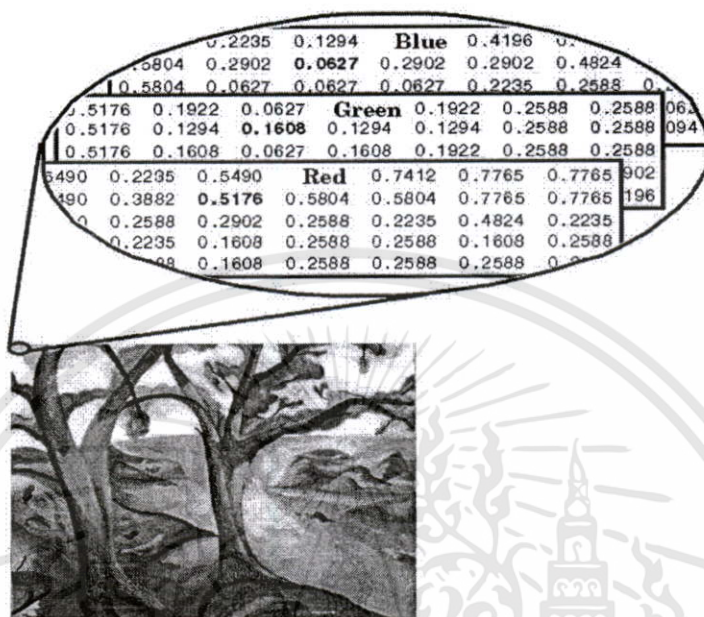


รูปที่ 3.10 ตัวอย่างภาพ Indexed และ ค่าของแต่ละพิกเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.4 RGB Image หรือ Color Image

ภาพ RGB หรือ ภาพ Color แต่ละพิกเซลจะประกอบด้วยค่าสี 3 ค่า คือ ค่าของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ดังรูปที่ 3.11

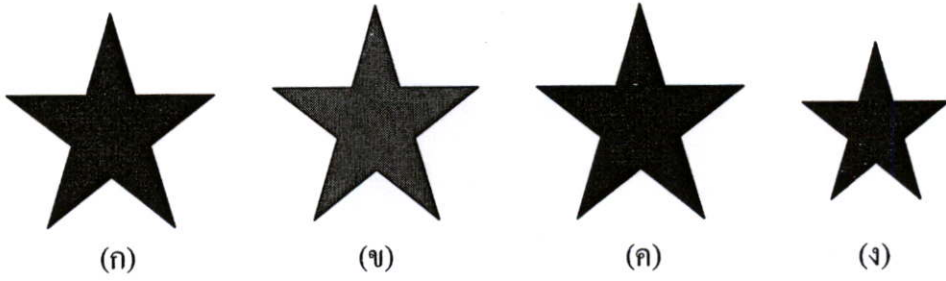


รูปที่ 3.11 ตัวอย่างภาพ RGB และ ค่าในแต่ละพิกเซลของภาพ RGB

## 3.5 การเปรียบเทียบความแตกต่างของภาพ

### 3.5.1 ค่าความเหมือน และ ค่าความไม่เหมือน [18]

ค่าความเหมือน (Similarity) และ ค่าความไม่เหมือน (Dissimilarity) แสดงดังรูปที่ 3.12 มีภาพดาวอยู่ทั้งหมด 4 ภาพ จะเห็นว่าภาพ (ก) เหมือนกับ ภาพ (ค) โดยภาพ (ก), (ข) และ (ค) เป็นภาพดาวที่มีขนาดเท่าๆ กัน ขณะที่ (ก), (ค) และ (ง) เป็นภาพดาวที่มีสีเดียวกัน ดังนั้นจะพบว่าขนาด และ สีเป็นลักษณะหนึ่งที่ใช้ในการวัดค่าความเหมือน (Similarity) ของภาพได้ แต่ค่าความเหมือนนั้นวัดได้ยาก โดยค่าความเหมือนนั้นเป็นปริมาณที่สะท้อนถึงกำลัง (Strength) ของความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ (Object) 2 วัตถุ หรือคุณลักษณะ (Feature) 2 คุณลักษณะ ถ้ากำหนดให้ค่าความเหมือนของวัตถุ  $i$  กับวัตถุ  $j$  คือ  $S_{ij}$  เราจะสามารถวัดค่าความเหมือนด้วยวิธีต่างๆ ได้หลากหลายวิธีขึ้นอยู่กับข้อมูลที่มีอยู่



รูปที่ 3.12 ตัวอย่างภาพดาว

สำหรับค่าความแตกต่าง (Distance) นั้นใช้เพื่อวัดค่าความไม่เหมือน (Dissimilarity) ซึ่งค่าความไม่เหมือนจะเป็นการวัดความแตกต่างกันระหว่างสองสิ่ง ที่ควรจะเหมือนกัน (Discrepancy) โดยอาศัยคุณลักษณะของสิ่งนั้น นอกจากนี้ค่าความไม่เหมือนยังสามารถใช้เพื่อวัดความผิดปกติระหว่างวัตถุสองวัตถุ หรือภาพสองภาพ ได้อีกด้วย สำหรับวิธีวัดค่าความเหมือนและค่าความต่างนั้นมีด้วยกันหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีก็จะมีลักษณะเฉพาะของแต่ละวิธี ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง Euclidean Distance เท่านั้น

### 3.5.2 การหาค่าความแตกต่าง แบบ Euclidean Distance

Euclidean Distance เป็นวิธีการหาค่าความแตกต่างที่นิยมใช้กันมาก โดย Euclidean Distance เป็นการพิจารณารากของผลต่างกำลังสองระหว่างพิกัดของวัตถุสองวัตถุ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ (3.8)

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (3.8)$$

โดยที่  $d_{ij}$  คือค่า Euclidean Distance ระหว่างวัตถุ  $i$  และวัตถุ  $j$

$x_i$  คือวัตถุ  $i$  โดยที่  $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{in})$

$x_j$  คือวัตถุ  $j$  โดยที่  $x_j = (x_{j1}, x_{j2}, x_{j3}, \dots, x_{jn})$

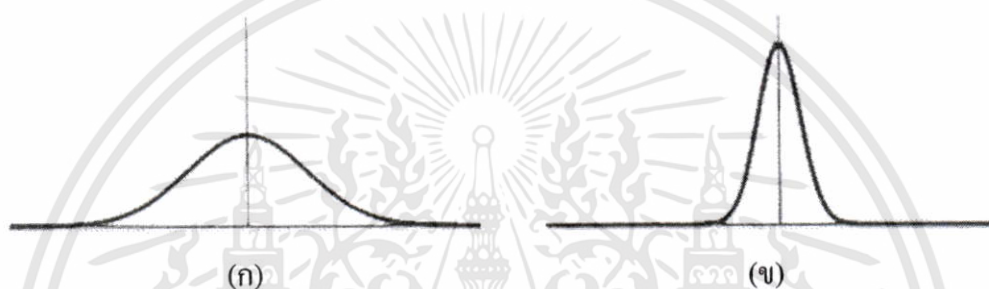
### 3.6 การกระจายตัวแบบเกาส์เซียน

สมการของการกระจายตัวแบบเกาส์เซียน (Gaussian Distribution) [19] หรือเรียกอีกอย่างว่าการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) เป็นการกระจายที่สมมูลทั้งสองข้างคล้ายระฆังคว่ำ และมีค่าเฉลี่ยอยู่ตรงกลาง ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3.9 และ ในสมการที่ 3.10 เป็นการคำนวณสำหรับ 2 มิติ

$$f(x) = e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (3.9)$$

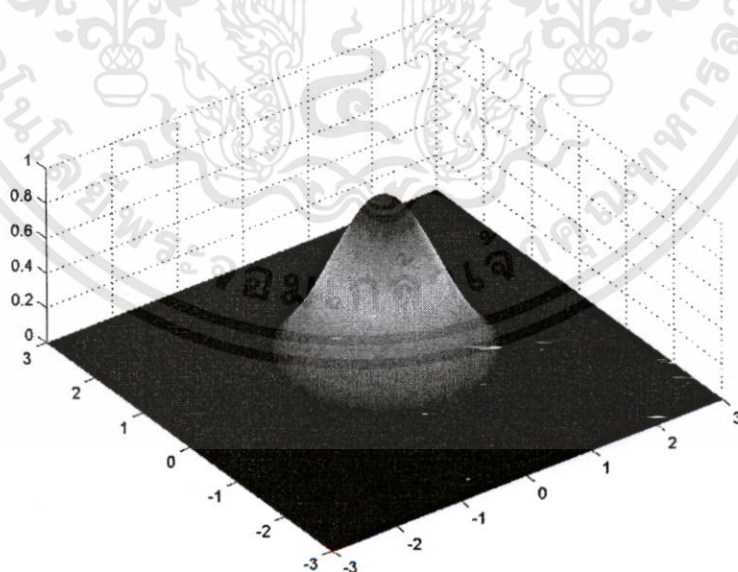
$$f(x,y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (3.10)$$

โดยที่  $\sigma$  คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) กรณีที่มีค่า  $\sigma$  มากๆ จะทำให้โค้งของกราฟมีขนาดกว้าง และถ้ามีค่า  $\sigma$  น้อยกราฟจะมีลักษณะแคบลง แสดงได้ดังรูปที่ 3.13 การกระจายตัวแบบเกาส์เซียนแสดงใน 1 มิติ และรูปที่ 3.14 แสดงใน 2 มิติ



รูปที่ 3.13 การกระจายตัวแบบเกาส์เซียนแสดงใน 1 มิติ

(ก) เมื่อ  $\sigma$  มีค่ามาก (ข) เมื่อ  $\sigma$  มีค่าน้อย



รูปที่ 3.14 การกระจายตัวแบบเกาส์เซียนแสดงใน 2 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.7 โมเมนต์ในงานประมวลผลภาพ

Bob Bailey [26] กล่าวว่าในงานประมวลผลภาพมีสองวิธีในการพิจารณาโมเมนต์ (Moment) วิธีแรกคือ ใช้การคำนวณทางสถิติ และอีกวิธีหนึ่งคือใช้ฟังก์ชันการตัดสินใจ (Arbitrary Functions) เช่น  $f(x)$  หรือ  $f(x,y)$  โดยทั่วไปผลของโมเมนต์ สามารถอธิบายได้มากกว่าหนึ่งวิธี ซึ่งในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการพิจารณาโมเมนต์ในสองแบบคือพิจารณาโมเมนต์ในเชิงสถิติและเชิงการประมาณค่า

#### 3.7.1 พิจารณาโมเมนต์ในเชิงสถิติ

คำจำกัดความของ “โมเมนต์” คือ การคาดการณ์ในเชิงสถิติของฟังก์ชันเลขยกกำลังที่แน่นอนของตัวแปรสุ่ม โมเมนต์พื้นฐานที่สุดคือค่าเฉลี่ย ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการคาดการณ์ค่าของตัวแปรสุ่มแบบหนึ่ง

$$\mu = E[X] = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx \quad (3.11)$$

ซึ่ง  $f(x)$  คือ ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function) ของตัวแปรสุ่มต่อเนื่อง  $X$  โดยทั่วไปแล้ว โมเมนต์ของลำดับ  $p = 0, 1, 2, \dots$  สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.12)

$$m_p = E[X^p] \quad (3.12)$$

โมเมนต์ต่อเนื่องเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Raw moment และยังมีโมเมนต์ในรูปแบบอื่นที่ถูกใช้ประโยชน์อยู่บ่อยครั้ง และหนึ่งในนั้นคือโมเมนต์จุดศูนย์กลาง (Central Moments) ซึ่งหาได้จากสมการ (3.13)

$$\mu_p = E[(X - \mu)^p] \quad (3.13)$$

โมเมนต์จุดศูนย์กลางที่รู้จักกันมากที่สุดคือ โมเมนต์กำลังสองที่มีชื่อว่า Variance ซึ่งมีสมการดังนี้

$$\sigma^2 = \int (x - \mu)^2 f(x) dx = m_2 - \mu_1^2 \quad (3.14)$$

มีเครื่องมือวัดข้อมูลเชิงสถิติสองแบบคือ ความเบ้และความโค้งซึ่งหาได้จากค่ากำลังสามและกำลังสี่ของโมเมนต์จุดศูนย์กลาง

จากความเข้าใจฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นนั้น โมเมนต์สามารถขยายออกไปเป็นสองมิติหรือมากกว่านั้นได้โดยง่าย ตัวอย่างเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$m_{pq} = E[X^p Y^q] = \iint x^p y^q f(x, y) dx dy \quad (3.15)$$

ซึ่ง  $f(x, y)$  คือ จุดร่วมของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

### 3.7.2 พิจารณาโมเมนต์ในเชิงการประมาณค่า (Estimation)

อย่างไรก็ตาม โมเมนต์ง่ายต่อการประมาณค่าจากกลุ่มของการวัด  $x_i$  โมเมนต์ลำดับที่  $p$  ทำการประมาณได้จากสมการ

$$m_p = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^p \quad (3.16)$$

(มีบ่อยครั้งที่ ค่า  $1/N$  จะถูกตัดออกจากคำนิยาม) และ โมเมนต์จุดศูนย์กลางลำดับที่  $p$  ประมาณได้จากสมการ

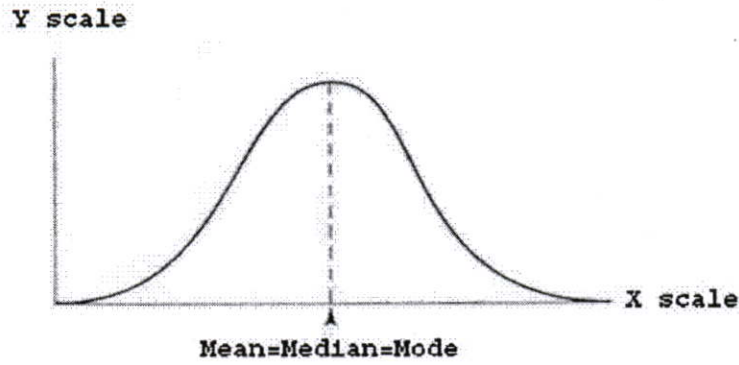
$$\mu_p = \frac{1}{N} \sum_i (x_i - \bar{x})^p \quad (3.17)$$

ซึ่ง  $\bar{x} = m_1$  คือค่าเฉลี่ยของการวัด ซึ่งเป็นการคำนวณค่าเฉลี่ยแบบธรรมดา

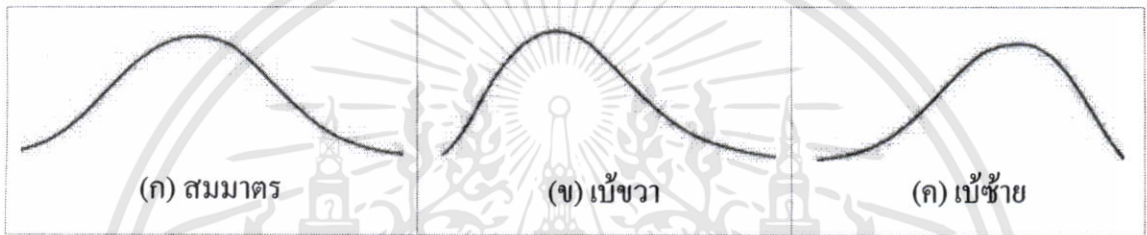
โมเมนต์จุดศูนย์กลางลำดับที่สองให้ค่า Variance ของกลุ่มข้อมูลตามสูตร  $s^2 = \mu_2$  สำหรับโมเมนต์ที่มีหลายทิศทาง ค่าโมเมนต์ลำดับที่หนึ่งและลำดับที่สองจะประมาณได้จากเวกเตอร์ค่าเฉลี่ย (Mean vector) และเมทริกซ์โควาเรียนซ์ (Covariance matrix) ค่าลำดับของโมเมนต์สองมิติซึ่งกำหนดโดย  $p+q$  สำหรับโมเมนต์ที่มีค่ามากกว่า 0 จะได้ลำดับของโมเมนต์รวมมากกว่าหนึ่งตัวอย่างเช่น  $m_{20}$ ,  $m_{11}$  และ  $m_{02}$  ซึ่งทั้งสามโมเมนต์นี้มีค่าของลำดับรวมเท่ากับ 2

### 3.7.3 การวัดความเบ้และความโค้ง

ปริวรรต [27] ได้กล่าวถึงการวัดความเบ้ (Skewness) และการวัดความโค้ง ด้วยค่าโมเมนต์ไว้ว่า โดยทั่วไปจะพบข้อมูลที่มีการแจกแจงความถี่เป็นเส้นโค้งรูประฆังคว่ำส่วนมาก ซึ่งบางครั้งเรียกว่าเส้นโค้งปกติอาจเป็นเส้นโค้งชนิดสมมาตร หรือไม่สมมาตรก็ได้ เส้นโค้งปกติชนิดสมมาตรนั้นหมายถึง เส้นโค้งที่ด้านซ้ายและด้านขวาจากกึ่งกลางของเส้นโค้งมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ และที่กึ่งกลางของเส้นโค้ง คือค่าเฉลี่ย (Mean) ค่ามัธยฐาน (Median) และฐานนิยม (Mode) ซึ่งมีค่าเท่ากันหรือทับกันสนิท แต่ถ้าข้อมูลที่มีลักษณะเส้นโค้งชนิดไม่สมมาตรก็จะมีลักษณะเบ้ไปข้างใดข้างหนึ่ง ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยมก็จะมีค่าต่างกัน แสดงด้วยรูปดังนี้



รูปที่ 3.15 เส้นโค้งปกติกรณีที่มีข้อมูลมีการแจกแจงชนิดมาตรฐาน



รูปที่ 3.16 การวัดความเบ้

3.7.3.1 การวัดความเบ้ (Measure of Skewness)

การวัดความเบ้ คือการวัดเส้นโค้งปกติว่ามีลักษณะสมมาตร เบ้ซ้าย หรือเบ้ขวา ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1. การวัดความเบ้โดยวิธีของ Karl Pearson

โดยดูค่าความแตกต่างระหว่าง Mean-Mode ดังนี้

ถ้า  $Mean - Mode = 0$  ข้อมูลมีการแจกแจงที่สมมาตร

$Mean - Mode < 0$  ข้อมูลมีการแจกแจงที่เบ้ซ้าย

$Mean - Mode > 0$  ข้อมูลมีการแจกแจงที่เบ้ขวา

ในกรณีที่ต้องการเปรียบเทียบความเบ้ระหว่างข้อมูลหลายๆ ชุดจึงต้องสร้างสัมประสิทธิ์ของความเบ้ (Coefficient of Skewness) ขึ้น สัมประสิทธิ์ของความเบ้วัดได้จากอัตราส่วนระหว่างความแตกต่างของมัชฌิมเลขคณิต (ค่าเฉลี่ย) กับฐานนิยมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใช้สัญลักษณ์  $\alpha_3$  มีสูตรดังนี้

1.1) Pearson's first coefficient of skewness

$$\text{สัมประสิทธิ์ความเบ้ } (\alpha_3) = \frac{\text{mean} - \text{mode}}{\text{S.D}} \quad (\text{ไม่มีหน่วย}) \quad (3.18)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

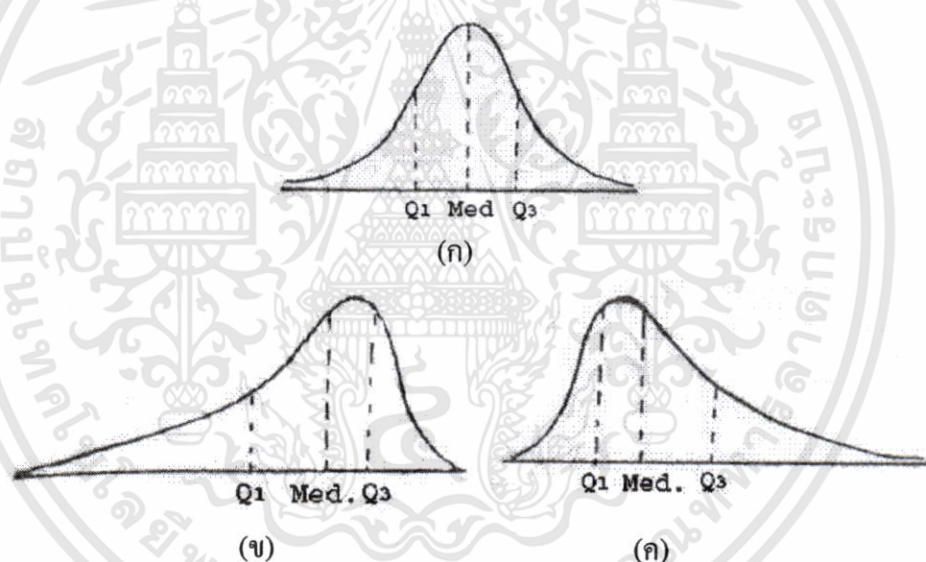
1.2) ถ้ารูปไม่เบ้มากเกินไป อาจจะไม่เปลี่ยนสูตรได้โดยใช้สูตร Pearson's second coefficient of skewness ดังนี้

$$\text{สัมประสิทธิ์ความเบ้ } (\alpha_3) = \frac{3(\text{mean} - \text{mode})}{\text{S.D}} \quad (\text{ไม่มีหน่วย}) \quad (3.19)$$

ถ้าการแจกแจงของข้อมูลมีความเบ้เล็กน้อย สัมประสิทธิ์ของความเบ้ที่คำนวณได้จะมีค่าอยู่ในช่วง  $\pm 1$  ถ้าข้อมูลนั้นมีลักษณะค่อนข้างเบ้ ค่าที่คำนวณได้ก็จะใกล้เคียง  $\pm 1$  แต่ถ้าค่าที่คำนวณได้มากกว่า 1 หรือน้อยกว่า -1 แสดงว่าข้อมูลนั้นเบ้มากผิดปกติ

## 2. การวัดความเบ้โดยวิธีของ Bowley

โดยวิธีพิจารณาค่ามัธยฐาน และควอไทล์ ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 3.17 การแจกแจงความถี่ของ Bowley

จะเห็นได้ว่า ถ้าการแจกแจงความถี่อยู่ในลักษณะที่สมมาตร ค่าของ Q1 และ Q3 จะมีระยะห่างจากค่ามัธยฐานเท่าๆ กัน

ในรูปที่ 3.17 (ก)  $Q3 - \text{median} = \text{median} - Q1$

(ข)  $Q3 - \text{median} < \text{median} - Q1$

(ค)  $Q3 - \text{median} > \text{median} - Q1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรสัมประสิทธิ์ความเบ้ของ Bowley ดังนี้

$$\alpha_3 = \frac{(Q_3 - \text{median}) - (\text{median} - Q_1)}{Q_3 - Q_1} \quad (3.20)$$

### 3. การวัดความเบ้โดยวิธีโมเมนต์ (Moment)

การวัดความเบ้ด้วยวิธีนี้เป็นวิธีที่ดีที่สุด เพราะได้ใช้ทุกค่าของข้อมูล จึงให้ค่าแน่นอนกว่าวิธีอื่นๆ สูตรสัมประสิทธิ์ความเบ้โดยวิธีโมเมนต์ ดังนี้

$$\alpha_3 = \frac{m_3}{\sigma^3} \quad (3.21)$$

$$m_3 = \frac{\sum f(x - \text{mean})^3}{\sum f} \quad (3.22)$$

เรียก  $m_3$  ว่าโมเมนต์ที่ 3 รอบมัชฌิมเลขคณิต

การพิจารณาลักษณะของเส้นโค้ง จากสัมประสิทธิ์ความเบ้มีดังนี้

ถ้าสัมประสิทธิ์ความเบ้ = 0 จะได้เส้นโค้งรูประฆังแบบสมมาตร (Symmetrical bell shape)

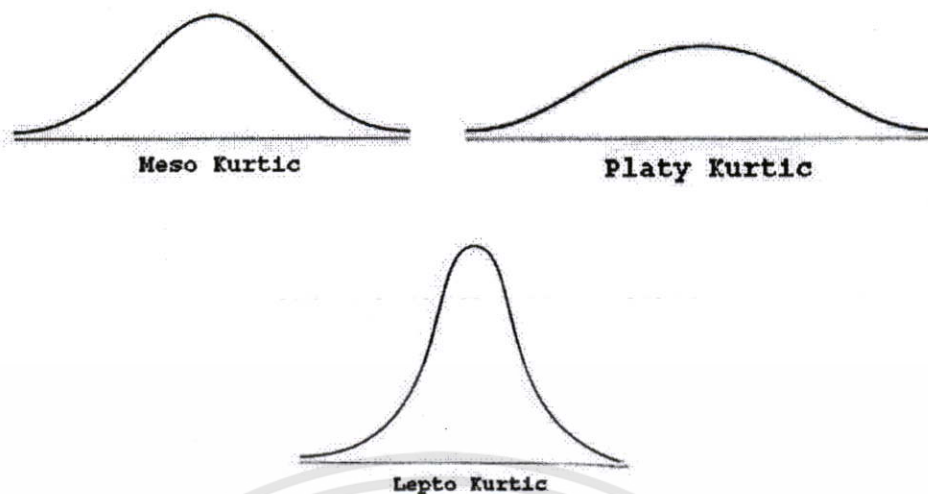
ถ้าสัมประสิทธิ์ความเบ้ > 0 เป็นเส้นโค้งปกติเบ้ขวา หรือเบ้บวก

ถ้าสัมประสิทธิ์ความเบ้ < 0 เป็นเส้นโค้งปกติเบ้ซ้าย หรือเบ้ลบ

#### 3.7.3.2 การวัดความโด่ง (Measure of Kurtosis)

เส้นโค้งที่เรียกว่าเส้นโค้งปกติ (Normal curve) นอกจากเป็นเส้นโค้งที่มีรูประฆังคว่ำชนิดสมมาตรไม่เบ้แล้ว ยังต้องเป็นเส้นโค้งที่มีความโด่งตามส่วนตัดของมันอีกด้วย เส้นโค้งที่โด่งผิดจากปกติ จะเป็นเส้นโค้งที่ไม่ปกติทั้งสิ้น แม้จะมีรูประฆังคว่ำชนิดสมมาตรก็ตาม

- 1) เส้นโค้งที่มีความโด่งเป็นปกติ เรียกว่า เส้นโค้งชนิด Meso Kurtic จะมีค่าสัมประสิทธิ์ของความโด่งประมาณ 3
- 2) เส้นโค้งที่แบนราบกว่าปกติ เรียกว่า เส้นโค้งชนิด Platy Kurtic จะมีค่าสัมประสิทธิ์ของความโด่งน้อยกว่า 3
- 3) เส้นโค้งที่โด่งกว่าปกติ เรียกว่า เส้นโค้งชนิด Lepto Kurtic จะมีค่าสัมประสิทธิ์ของความโด่งมากกว่า 3



รูปที่ 3.18 การวัดความโค้ง

การวัดความโค้ง คือ การวัดเส้นโค้งว่ามีความโค้งมากน้อยเพียงใด มีวิธีพิจารณาดังนี้ คือ

### 1. การวัดความโค้งโดยวิธี Quartile และ Percentile

$$\text{สัมประสิทธิ์ความโค้ง} = k = \frac{Q}{P_{90} - P_{10}}$$

$$\text{เมื่อ } Q = \frac{1}{2}(Q_3 - Q_1)$$

$$\text{ดังนั้น } K = \frac{1}{2} \frac{(Q_3 - Q_1)}{(P_{90} - P_{10})} \quad (3.23)$$

การพิจารณาความโค้ง

ถ้า  $K = 0.263$  เส้นโค้งเป็นแบบ Meso Kurtic

$K > 0.263$  เส้นโค้งเป็นแบบ Lepto Kurtic

$K < 0.263$  เส้นโค้งเป็นแบบ Platy Kurtic

### 2. การวัดความโค้งโดย Moment Dimensionless

การหาสัมประสิทธิ์ของความโค้งทำได้โดยอาศัยโมเมนต์ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สัญลักษณ์  $\alpha_4$  แทนสัมประสิทธิ์ของความโค้ง

$$\text{สัมประสิทธิ์ของความโค้ง} (\alpha_4) = \frac{m_4}{(S.D)^4}$$

$$\text{โดยที่} \quad m_4 = \frac{\sum f(x - \bar{x})^4}{N} \quad (3.24)$$

โดยวิธีนี้ ถ้าเส้นโค้งใดมีความโค้งเป็นปกติจะได้ค่า  $\alpha_4$  เท่ากับ 3  
 ถ้าเส้นโค้งใดมีความโค้งมากกว่าปกติจะได้ค่า  $\alpha_4$  มากกว่า 3  
 ถ้าเส้นโค้งใดมีความโค้งน้อยกว่าปกติจะได้ค่า  $\alpha_4$  น้อยกว่า 3

### 3.7.4 ประโยชน์ของการศึกษาโมเมนต์

จากที่ศึกษามาทั้งหมด จะเห็นว่าโมเมนต์ต่างๆ รอบค่าเฉลี่ยมีประโยชน์ต่างๆ ดังนี้

โมเมนต์ที่ 1 ใช้ตรวจสอบความสมมาตรของข้อมูล

$$m_1 = \frac{\sum f(x - \bar{x})}{N} = 0$$

โมเมนต์ที่ 2 ใช้วัดการกระจายของข้อมูล

$$m_2 = \frac{\sum f(x - \bar{x})^2}{N}$$

โมเมนต์ที่ 3 ใช้วัดความเบ้ของข้อมูล

$$m_3 = \frac{\sum f(x - \bar{x})^3}{N}$$

โมเมนต์ที่ 4 ใช้วัดความโค้งของข้อมูล

$$m_4 = \frac{\sum f(x - \bar{x})^4}{N}$$

### 3.8 การวัดประสิทธิภาพของระบบค้นคืนภาพ

การวัดประสิทธิภาพของระบบการค้นคืนภาพในงานวิจัยนี้ได้นำวิธีวัดค่า ANMRR [20] มาใช้ ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีที่ MPEG-7 ได้พัฒนาขึ้น แต่เนื่องจากการวัดประสิทธิภาพด้วยวิธีนี้เป็นการรวมเอาการวัดการเรียกคืนและความแม่นยำไว้ในค่าเดียว ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์แนวโน้มผลของการค้นหาได้ จึงนำเอาวิธีการวัดประสิทธิภาพโดยใช้การเรียกคืนและความแม่นยำ (Recall and Precision) [21] มาใช้เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ผลของการค้นหาให้เข้าใจได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ในการวัดประสิทธิภาพทั้ง 2 วิธีจะเริ่มจากการเลือกชุดของภาพซึ่งประกอบด้วยภาพคำถาม (Query Image)

และกลุ่มภาพที่ถูกต้อง (Ground Truth Images) ซึ่งหมายถึงกลุ่มของภาพที่คล้ายกันกับภาพคำถาม นั้นไว้ล่วงหน้า ซึ่งการเลือกชุดของภาพแต่ละกลุ่มนี้จะทำโดยผู้วิจัย

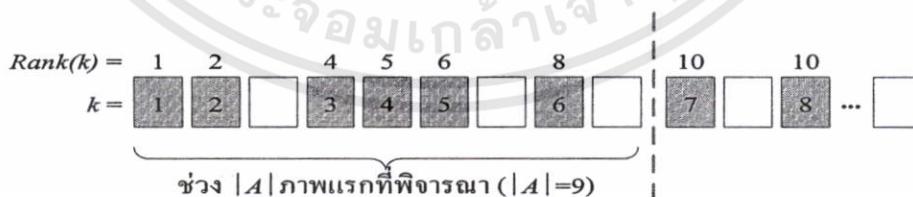
### 3.8.1 ค่าเฉลี่ยของการปรับปรุงตำแหน่งของการค้นคืนให้อยู่ในช่วงปกติ (ANMRR)

เครื่องวัดประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพคือ ค่าเฉลี่ยของการปรับปรุงตำแหน่งของการค้นคืนให้อยู่ในช่วงปกติ (Average Normalized Modified Retrieval Rank: ANMRR) โดยค่านี้น้อยกว่า หมายถึงมีคุณสมบัติในการค้นคืนที่ดีกว่า การวัดประสิทธิภาพด้วยวิธีนี้จะใช้การกำหนดตามวิธีวัดผลของ MPEG-7 ดังสมการที่ (3.25)

$$|A| = \min(4 * NG(q), 2 * GTM) \quad (3.25)$$

โดยกำหนดให้

- $|A|$  คือ จำนวนของภาพผลลัพธ์  $|A|$  ภาพแรกที่พิจารณา
- $GTM$  คือ จำนวนของ Ground Truth Image ที่มากที่สุดของชุดภาพที่ทำการทดลอง
- $q$  คือ ภาพคำถาม  $q$
- $NG(q)$  คือ จำนวนของ Ground Truth Image ของภาพคำถาม  $q$
- $k$  คือ Ground Truth Image ภาพที่  $k$
- $Rank(k)$  คือ ตำแหน่งของ Ground Truth Image ภาพที่  $k$  ที่ถูกค้นคืนอยู่ในช่วง  $|A|$  ภาพแรก ส่วน Ground Truth Image ที่ไม่อยู่ในช่วง  $|A|$  ภาพแรกของการค้นคืนจะคิดค่าตำแหน่งเป็น  $(|A|+1)$
- $Q$  คือ จำนวนของภาพคำถามทั้งหมดที่ใช้ทดลอง



รูปที่ 3.19 ตัวอย่างการวัดประสิทธิภาพด้วยวิธี ANMRR

จากรูปที่ 3.19 แสดงตัวอย่างการกำหนดค่าให้กับตัวแปรต่างๆ โดยสมมุติให้รูปสี่เหลี่ยมแต่ละรูปแทนภาพผลลัพธ์จากการค้นคืนโดยเรียงเป็นลำดับจากซ้ายไปขวา รูปสี่เหลี่ยมสีเข้มคือ Ground

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Truth Image ซึ่งเป็นภาพที่คล้ายกันกับภาพคำถาม  $q$  ซึ่งในตัวอย่างนี้มีจำนวน 8 ภาพ นั่นคือ  $NG(q) = 8$  และเราจะได้  $k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$  และ 8 ตามลำดับ

และสมมุติให้ช่วง  $|A|$  ภาพแรกที่จะพิจารณาคือ  $|A| = 9$  จะทำให้เราได้ตำแหน่งของ Ground Truth Image หรือ  $Rank(k) = 1, 2, 4, 5, 6, 8, 10$  และ 10 ตามลำดับ โดยจะเห็นว่าตำแหน่งของ Ground Truth Image 2 ภาพสุดท้ายเกินจากช่วง  $|A|$  จึงคิดค่าตำแหน่งเท่ากับ  $|A|+1$

จากค่าตัวแปรต่างๆ ตามที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น เราสามารถหาค่า ANMRR ได้ โดยขั้นตอนแรก หาค่าเฉลี่ยของตำแหน่ง AVR(q) สำหรับภาพคำถาม  $q$  ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (3.26)

$$AVR(q) = \sum_{k=1}^{NG(q)} \frac{Rank(k)}{NG(q)} \quad (3.26)$$

จากนั้นทำการปรับปรุงวิธีคำนวณค่าตำแหน่งของการค้นคืนได้ดังสมการที่ (3.27)

$$MRR(q) = AVR(q) - 0.5 - \frac{NG(q)}{2} \quad (3.27)$$

ตำแหน่งของการค้นคืนที่ได้ปรับปรุงแล้วนี้จะมีค่า MRR เป็น 0 เมื่อการค้นคืนสามารถทำได้ อย่างดีเยี่ยม นั่นคือ Ground Truth Image ทั้งหมดอยู่ในตำแหน่งบนสุดของการค้นคืน

จากนั้นทำการปรับปรุงค่าตำแหน่งของการค้นคืนให้อยู่ในช่วงปกติ (Normalized) ดังสมการที่ (3.28)

$$NMRR(q) = \frac{MRR(q)}{|A| + 0.5 - 0.5 * NG(q)} \quad (3.28)$$

และขั้นสุดท้ายก็คือการคำนวณค่าเฉลี่ยของ NMRR ของภาพคำถามทั้งหมด  $Q$  ภาพ ดังสมการที่ (3.29)

$$ANMRR = \frac{1}{Q} \sum_{q=1}^Q NMRR(q) \quad (3.29)$$

ซึ่งค่าที่ใช้เป็นเครื่องวัดประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพคือ ค่าเฉลี่ยของการปรับปรุงตำแหน่งของการค้นคืนให้อยู่ในช่วงปกติ

### 3.8.2 การเรียกคืนและความแม่นยำ (Recall and Precision)

การวัดประสิทธิภาพของระบบค้นคืนอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้คือ การวัดค่าการเรียกคืนและความแม่นยำ (Recall and Precision) การเรียกคืน คืออัตราส่วนของการค้นพบเอกสารที่ถูกต้องจากจำนวนเอกสารที่ถูกต้องทั้งหมด และความแม่นยำคืออัตราส่วนของการค้นพบเอกสารที่ถูกต้องจากจำนวนเอกสารทั้งหมดที่ทำการค้นคืน ดังนั้นสามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการได้ดังสมการที่ (3.30) และ (3.31) และสามารถแสดงในรูปแบบของแผนภาพได้ดังรูปที่ 3.20- 3.22

$$Recall = \frac{|Ra|}{|R|} \quad (3.30)$$

$$Precision = \frac{|Ra|}{|A|} \quad (3.31)$$

เมื่อกำหนดให้

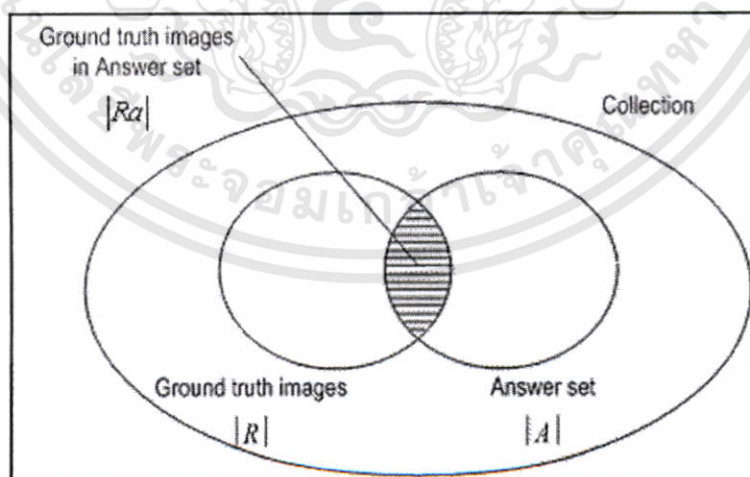
$A$  คือเซตของผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืน (Answer Set)

$R$  คือเซตของกลุ่มภาพที่ถูกต้อง หรือสัมพันธ์กันทั้งหมดในฐานข้อมูล (Relevant Documents)

$|A|$  คือจำนวนภาพในเซต  $A$  ซึ่งก็คือจำนวนของภาพผลลัพธ์  $|A|$  ภาพแรกที่พิจารณา

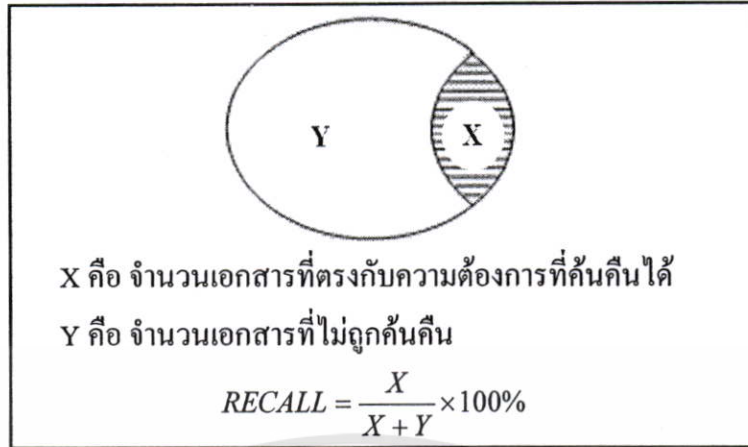
$|R|$  คือจำนวนภาพในเซต  $R$

$|Ra|$  คือจำนวนภาพที่อินเตอร์เซกชัน (Intersection) ระหว่างเซต  $R$  และเซต  $A$

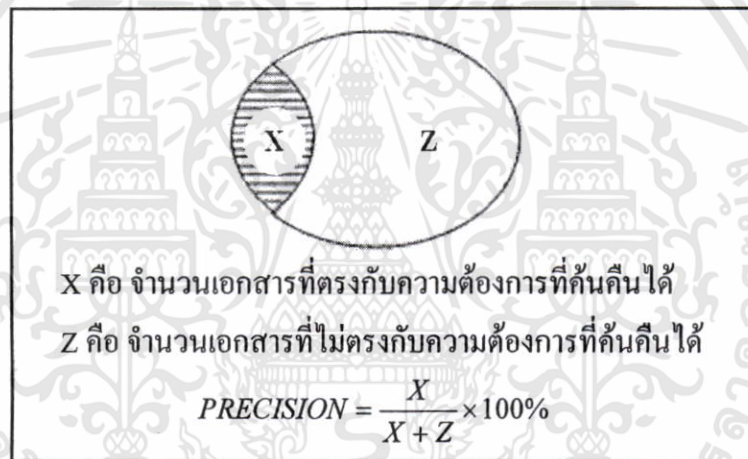


รูปที่ 3.20 แผนภาพการค้นคืนเอกสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 แผนภาพของการเรียกคืน



รูปที่ 3.22 แผนภาพของความแม่นยำ

จะเห็นว่าค่า Recall คืออัตราส่วนของจำนวน Ground Truth Images ที่อยู่ในเซตของผลลัพธ์ต่อจำนวน Ground Truth Images ทั้งหมด ส่วนค่า Precision คืออัตราส่วนของจำนวน Ground Truth Images ที่อยู่ในเซตของผลลัพธ์ต่อจำนวนภาพผลลัพธ์ทั้งหมด

ตัวอย่างที่ 1 การคำนวณค่าการเรียกคืนและความแม่นยำ โดยทำการค้นคืนจาก Query  $q$  และสมมุติให้เซต  $R_q$  ประกอบด้วยเอกสารที่เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับ  $q$  ดังนี้

$$R_q = \{ d_3, d_5, d_9, d_{25}, d_{39}, d_{44}, d_{56}, d_{71}, d_{89}, d_{123} \}$$

จากนั้นสมมุติว่าใช้อัลกอริทึมในการค้นคืน ที่สามารถทำการค้นคืนโดยใช้ Query  $q$  และได้ผลลัพธ์ที่มีอันดับของเอกสารดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

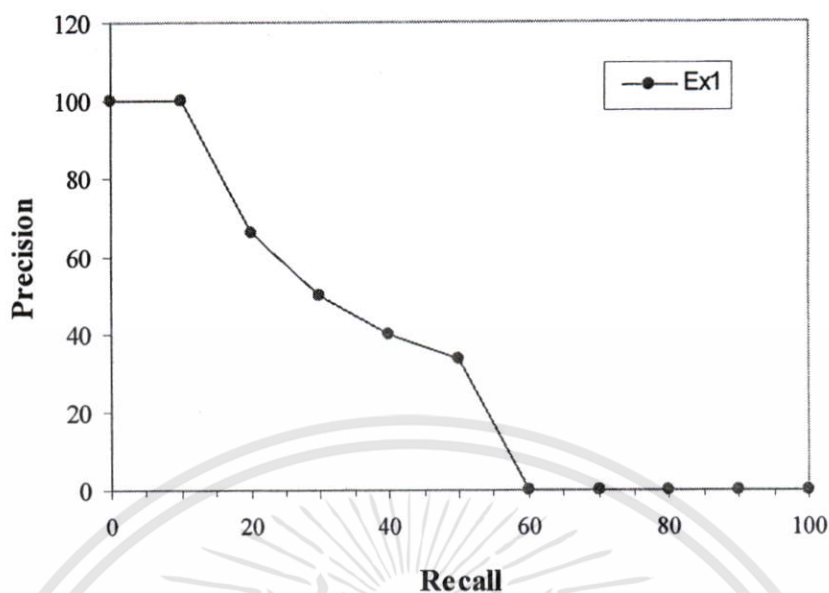
- |                |                |               |
|----------------|----------------|---------------|
| 1. $d_{123}$ • | 6. $d_9$ •     | 11. $d_{38}$  |
| 2. $d_{84}$    | 7. $d_{511}$   | 12. $d_{48}$  |
| 3. $d_{56}$ •  | 8. $d_{129}$   | 13. $d_{250}$ |
| 4. $d_6$       | 9. $d_{187}$   | 14. $d_{133}$ |
| 5. $d_8$       | 10. $d_{25}$ • | 15. $d_3$ •   |

เอกสารที่เกี่ยวข้อง หรือ สัมพันธ์กับ Query  $q$  จะมีเครื่องหมาย จุด “•” กำกับ ถ้าพิจารณาจากอันดับ เริ่มจากเอกสารแรกสุด จะเห็นว่าเอกสาร  $d_{123}$  จะมีความเกี่ยวข้องเป็นอันดับที่ 1 และนับเป็น 10% ของเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในเซต  $R_q$  ดังนั้น เราจะสามารถบอกได้ว่า เรามีค่า Precision เป็น 100% ที่ระดับ Recall เท่ากับ 10% ต่อมาเราพิจารณาเอกสาร  $d_{56}$  ซึ่งเป็นเอกสารที่เกี่ยวข้องในอันดับ 3 ของการค้นคืน ที่ตำแหน่งนี้ เราสามารถบอกได้ว่ามีค่า Precision เท่ากับ 66% (มี 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง จากเอกสารที่ค้นคืนมาได้ 3 เอกสาร) ที่ระดับ Recall เท่ากับ 20% (มี 2 เอกสาร จากเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 10 เอกสาร) ต่อจากนั้นทำการพิจารณาเอกสารอันดับต่อไปเรื่อยๆ ดังตารางที่ 3.1 และสามารถสร้างกราฟการเรียกคืนและความแม่นยำ ได้ดังรูปที่ 3.23 ที่จะเห็นได้ว่าค่าที่ระดับ Recall มากกว่า 50 นั้น ค่า Precision จะตกลงเป็น 0% เป็นเพราะไม่มีเอกสารที่เกี่ยวข้องเหลืออยู่ในการค้นคืนครั้งนั้น

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างการหาค่าการเรียกคืนและความแม่นยำ

อันดับเอกสาร	Recall	Precision
1	$\frac{1}{10} \times 100 = 10\%$	$\frac{1}{1} \times 100 = 100\%$
2	$\frac{2}{10} \times 100 = 20\%$	$\frac{2}{3} \times 100 = 66\%$
3	$\frac{3}{10} \times 100 = 30\%$	$\frac{3}{6} \times 100 = 50\%$
4	$\frac{4}{10} \times 100 = 40\%$	$\frac{4}{10} \times 100 = 40\%$
5	$\frac{5}{10} \times 100 = 50\%$	$\frac{5}{15} \times 100 = 33.34\%$
6	$\frac{6}{10} \times 100 = 60\%$	0%
7	$\frac{7}{10} \times 100 = 70\%$	0%
8	$\frac{8}{10} \times 100 = 80\%$	0%
9	$\frac{9}{10} \times 100 = 90\%$	0%
10	$\frac{10}{10} \times 100 = 100\%$	0%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 กราฟการเรียกคืนและความแม่นยำของตัวอย่างที่ 1

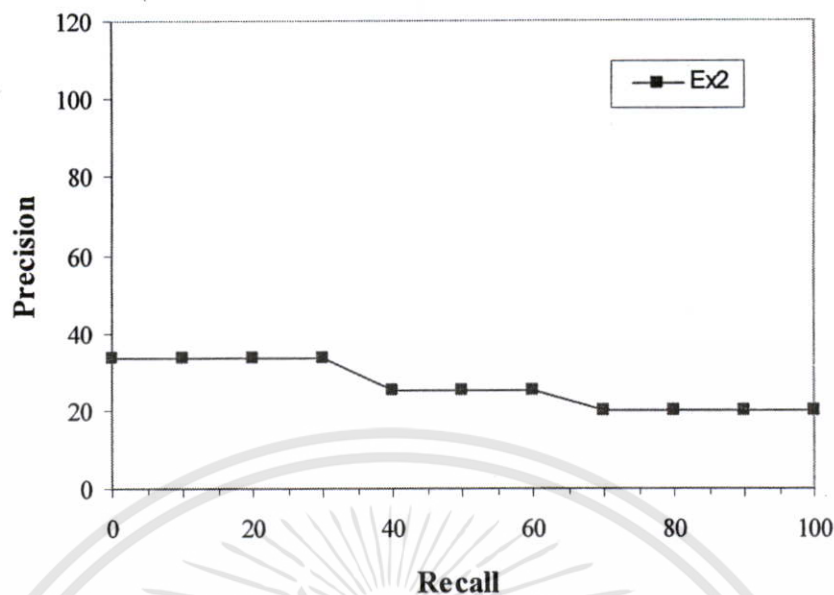
เนื่องจากอันดับการเรียกคืนเอกสารแต่ละครั้งอาจมีความแตกต่างจากตัวอย่างด้านบน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการ Interpolation เข้ามาช่วย ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 2 จะพิจารณาจากกลุ่มของเอกสาร 15 อันดับที่แสดงด้านบนในตัวอย่างที่ 1 สมมติว่าเซต  $R_q$  ประกอบด้วยเอกสารที่เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับ Query  $q$  เป็นดังนี้

$$R_q = \{ d_3, d_{56}, d_{139} \}$$

ในกรณีนี้ เอกสารที่เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับ Query  $q$  เริ่มจากเอกสารอันดับแรกสุด จะเป็นเอกสาร  $d_{56}$  จะมีค่าระดับ Recall เป็น 33.3% (ซึ่งมีค่า Precision เท่ากับ 33.3%) เพราะที่ตำแหน่งนี้มีค่าเป็นหนึ่งในสามของเอกสารทั้งหมดที่มีความเกี่ยวข้องกัน เอกสารอันดับที่สองคือ  $d_{129}$  จะมีค่าระดับ Recall เป็น 66.6% (ซึ่งมีค่า Precision เท่ากับ 25%) เอกสารอันดับที่สามคือ  $d_3$  จะมีค่าระดับ Recall เป็น 100% (ซึ่งมีค่า Precision เท่ากับ 20%) ผลที่ได้จากกฎของการ Interpolation นี้แสดงเป็นกราฟการเรียกคืนและความแม่นยำได้ดังรูปที่ 3.24 โดยที่ระดับ Recall เป็น 0% 10% 20% และ 30% จะมีค่า Precision ที่ได้จากการ Interpolation เท่ากับ 33.3% (ซึ่งคือค่า Precision ที่ระดับ Recall เป็น 33.3%) ที่ระดับ Recall เป็น 40% 50% และ 60% จะมีค่า Precision ที่ได้จากการ Interpolation เท่ากับ 25% (ซึ่งคือค่า Precision ที่ระดับ Recall เป็น 66.6%) ที่ระดับ Recall เป็น 70% 80% 90% และ 100% จะมีค่า Precision ที่ได้จากการ Interpolation เท่ากับ 20% (ซึ่งคือค่า Precision ที่ระดับ Recall เป็น 100%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 กราฟการเรียกคืนและความแม่นยำของตัวอย่างที่ 2

จากตัวอย่างที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าค่า Recall เป็นค่าที่แสดงถึงการเรียกคืนที่สามารถครอบคลุมสิ่งที่ถูกต้องได้ร้อยละเท่าไรจากสิ่งที่ถูกต้องหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์ และค่า Precision เป็นค่าที่แสดงถึงเปอร์เซ็นต์การค้นคืนที่สามารถค้นคืนได้ถูกต้องตามความต้องการร้อยละเท่าไรจากสิ่งที่ค้นคืนมาทั้งหมด โดยที่ Recall และ Precision มักมีความสัมพันธ์แบบผกผันกัน นั่นคือ เมื่อ Recall มีค่าเพิ่มขึ้น ค่า Precision จะลดลง กล่าวคือถ้าค่า Recall มีเปอร์เซ็นต์ต่ำแสดงว่าเราต้องการเอกสารที่เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับ Query  $q$  ที่ปรากฏใน Answer set จำนวนน้อย ดังนั้นโอกาสที่จะเจอเอกสารที่เกี่ยวข้องกับ Query  $q$  จึงมีความเป็นไปได้สูง จึงส่งผลทำให้ค่า Precision มีเปอร์เซ็นต์สูงด้วย และถ้าค่า Recall มีเปอร์เซ็นต์สูง แสดงว่าเราต้องการเอกสารที่เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับ Query  $q$  ที่ปรากฏใน Answer set จำนวนมากดังนั้นจะทำให้โอกาสที่จะเจอเอกสารที่เกี่ยวข้องใน Answer set ต่ำส่งผลให้ค่า Precision มีเปอร์เซ็นต์ต่ำด้วย นั่นคือในการค้นคืนเราไม่สามารถระบุ หรือเจาะจงเอกสารได้อย่างครบถ้วน ทำให้ยังค้นหาที่จะยังได้ทั้งเอกสารที่เกี่ยวข้อง และไม่เกี่ยวข้องเพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัว ดังนั้นถ้ายังต้องการสืบค้นคืนเอกสารที่เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมากก็จะยิ่งทำให้ค่าความแม่นยำต่ำลง

การพิจารณาค่า Recall ร่วมกับ Precision พร้อมด้วยกราฟจะบ่งชี้ได้ว่า อัลกอริทึมที่ใช้ในการค้นคืนนั้นมีประสิทธิภาพดีหรือไม่ เพราะบางอัลกอริทึมจะให้ผลการค้นคืนดีในการค้นคืนลำดับต้นๆ เท่านั้น หรือ บางอัลกอริทึมจะให้ผลการค้นคืนดีที่ลำดับการค้นคืนท้ายๆ และบางอัลกอริทึมจะได้ผลการค้นคืนที่ต้องการอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการพิจารณาค่า Recall ร่วมกับ Precision จึงเป็นการพิจารณาหรือวิเคราะห์แนวโน้มของผลการค้นคืนของแต่ละอัลกอริทึม ซึ่งการคำนวณค่า Recall เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ Precision เมื่อทำการค้นคืนจำนวนหลายๆ ครั้งจะต้องมีการหาค่า Precision เฉลี่ยจากผลการทดลองค้นคืนภาพทั้งหมด ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.32)

$$\bar{P}(r) = \sum_{i=1}^{N_q} \frac{P_i(r)}{N_q} \quad (3.32)$$

- โดยที่  $\bar{P}(r)$  คือ ค่าเฉลี่ย Precision ที่ระดับ Recall  $r$   
 $P_i(r)$  คือ ค่า Precision ของภาพคำถามที่  $i$  ที่ระดับ Recall  $r$   
 $N_q$  คือ จำนวนของภาพคำถามทั้งหมดที่ใช้ทดลอง



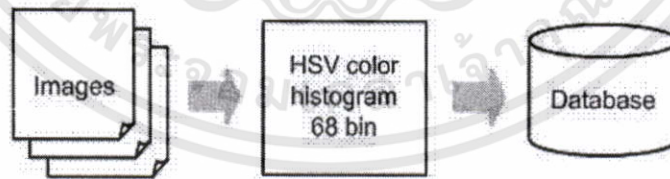
## บทที่ 4

# การสร้างคำจำกัดความสี และการค้นหาภาพ

### 4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงงานของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทั้งหมด เริ่มจากขั้นตอนการสร้างระบบการค้นหาภาพได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกคือส่วนของการสร้างคำจำกัดความสี ซึ่งจะทำการสร้างคำจำกัดความสีของภาพทั้งหมดเก็บไว้ในฐานข้อมูลล่วงหน้าเพื่อที่จะนำมาใช้เป็นตัวค้นหาภาพ และส่วนที่สองคือส่วนของการค้นหาภาพจากฐานข้อมูล โดยในการค้นหาภาพจะเริ่มจากการกำหนดภาพเป็นภาพคำถามให้กับระบบ จากนั้นระบบจะทำการคำนวณหาคำจำกัดความสีของภาพคำถาม เพื่อนำคำจำกัดความสีของภาพคำถามนั้นมาเปรียบเทียบกับความแตกต่างกับคำจำกัดความสีของภาพในฐานข้อมูล และสุดท้ายจะแสดงผลของการค้นหาภาพโดยจัดเรียงภาพตามค่าความแตกต่างที่ได้ ในบทนี้จะอธิบายถึงวิธีในการสร้างคำจำกัดความสีโดยใช้ฮิสโตแกรมสีแบบ HSV การค้นหาภาพโดยใช้คำฮิสโตแกรมสี รวมถึงการปรับปรุงระบบการค้นหาภาพโดยนำเทคนิคการกระจายตัวแบบเกาส์เซียนมาใช้เพื่อเป็นตัวถ่วงน้ำหนักในการเปรียบเทียบความแตกต่างของคำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรม โดยจะพิจารณาความแตกต่างไม่เพียงสีที่ตรงกันยังเป็นการถ่วงน้ำหนักของสีที่อยู่ข้างเคียงมาร่วมพิจารณาด้วย และส่วนสุดท้ายนำเสนอการประยุกต์ใช้โมเมนต์เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมของเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบฮิสโตแกรม

### 4.2 การสร้างคำจำกัดความสีในรูปแบบฮิสโตแกรม



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการสร้างคำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรม

รูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนของการสร้างคำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรม โดยเริ่มจากการสร้างฮิสโตแกรมสีของภาพโดยใช้แบบจำลองสี HSV จากนั้นนำฮิสโตแกรมที่ได้ไปสร้างเป็นคำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรม แล้วเก็บคำจำกัดความสีของภาพแต่ละภาพที่ได้ไว้ในฐานข้อมูลล่วงหน้า ซึ่งในการคำนวณเพื่อสร้างคำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรม มีขั้นตอนดังนี้

#### 4.2.1 การสร้างฮิสโตแกรมสี

ในขั้นแรกจะเป็นการสร้างฮิสโตแกรมสี โดยใช้แบบจำลองสีและตารางการแปลงฮิสโตแกรมที่เหมาะสม ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้นำหลักการคำนวณมาจากงานวิจัยของ Sural และคณะ [17] ตามสมการที่ (4.1) และ (4.2) ทำให้ได้ฮิสโตแกรมที่มีค่าระดับสีจริง 51 สี และค่าระดับสีเทา 17 สี

$$N_h = [2\pi MULT\_FCTR] + 1 \quad (4.1)$$

$$N_g = \left[ \frac{I_{\max}}{DIV\_FCTR} \right] + 1 \quad (4.2)$$

โดยที่  $N_h$  คือ จำนวนขององค์ประกอบสี ในการสร้างเวกเตอร์คุณลักษณะ (ในที่นี้คือค่า 51)

$N_g$  คือ จำนวนขององค์ประกอบที่แทนค่าสีเทา (ในที่นี้คือค่า 17)

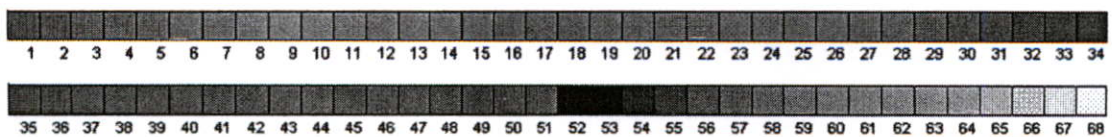
MULT\_FCTR เป็นตัวกำหนดค่าของการแบ่งค่าสีจริง (ในที่นี้กำหนดค่าเป็น 8)

$I_{\max}$  เป็นค่าสูงสุดของความสว่างของสี (มีค่าเป็น 255)

DIV\_FCTR เป็นตัวกำหนดจำนวนของการจัดระดับสีเทา (ในที่นี้กำหนดค่าเป็น 16)

ในงานวิจัยนี้ได้แยกช่วงสีของฮิสโตแกรมโดยคำนึงถึงค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) โดยในพิคเซลที่มีค่าความอิ่มตัวของสีน้อยกว่า 0.2 จะถูกรวมเป็นช่วงสีขององค์ประกอบสีเทา ส่วนในพิคเซลที่มีค่ามากกว่า 0.2 จะรวมกับช่วงความบริสุทธิ์ของสีเป็นองค์ประกอบของสีนั้นๆ

ฮิสโตแกรมสำหรับวิทยานิพนธ์นี้ใช้แบบจำลองสี HSV โดยนำค่าสี (Hue) ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่อธิบายสีที่แท้จริงของภาพ ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) และค่าความสว่างของสี (Value) มาใช้ในการสร้างฮิสโตแกรมสีขนาด 68 บิน โดยทำการแบ่งระดับค่าสีออกเป็น 68 ช่วงเท่าๆ กัน จากการแบ่งระดับสีดังกล่าวสามารถแสดงสีกลางของระดับสีในแต่ละบิנדได้ดังรูปที่ 4.2 หลังจากได้ฮิสโตแกรมสีของภาพแล้วจะนำค่าฮิสโตแกรมที่ได้มาคำนวณค่าออร์มอลไลซ์ของฮิสโตแกรมเพื่อปรับค่าของฮิสโตแกรมให้อยู่ในช่วง [0,1] โดยค่าออร์มอลไลซ์ของฮิสโตแกรมสีนี้จะอธิบายถึงเปอร์เซ็นต์ของสีแต่ละระดับที่มีอยู่ในภาพทำให้การเปรียบเทียบปริมาณสีไม่ขึ้นกับขนาดของภาพ



รูปที่ 4.2 สีของฮิสโตแกรมสีขนาด 68 บินที่ใช้แบบจำลองสี HSV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2 การออกแบบฐานข้อมูลสำหรับคำจำกัดความสี

โครงสร้างของตารางที่ใช้เก็บข้อมูลภาพในฐานข้อมูลมีดังต่อไปนี้

##### ก. ตารางเก็บรายละเอียดรูปภาพและคำจำกัดความของสีในแบบฮิสโตแกรม

ตาราง IMAGE\_TABLE ซึ่งใช้เก็บ Path ชื่อภาพที่ต้องการใช้งานในระบบ และคำจำกัดความสีในแบบฮิสโตแกรม โดยมีโครงสร้างของตารางดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 IMAGE\_TABLE

PATH	ตำแหน่งหรือ Path ที่เก็บภาพนั้น
NAME	ชื่อของรูปภาพ
RANK	ตำแหน่งของภาพนั้นที่ถูกค้นคืนได้แต่ละครั้ง
DESCRIPTION	ลักษณะของภาพนั้น
HIST1	ค่าแทนบิตที่ 1 ของคำจำกัดความสีในแบบฮิสโตแกรม
...	...
HIST68	ค่าแทนบิตที่ 68 ของคำจำกัดความสีในแบบฮิสโตแกรม

##### ข. ตารางเก็บภาพคำถาม

คือตาราง QUERY\_LIST ซึ่งใช้เก็บชื่อภาพ ตำแหน่งของภาพที่ต้องการใช้เป็นภาพคำถาม โดยมีโครงสร้างของตารางดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 QUERY\_LIST

ID	ค่า ID ของภาพ
NAME	ชื่อของภาพ
PATH	ตำแหน่งหรือ Path ที่เก็บภาพนั้น

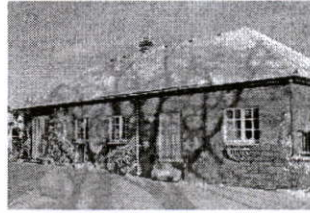
#### 4.3 ประโยชน์ของคำจำกัดความสีในแบบฮิสโตแกรม ที่มีผลต่อการอธิบายสีของภาพ

รูปที่ 4.3 แสดงการสร้างคำจำกัดความสีของภาพตัวอย่างรูปที่ 4.3 (ก) ซึ่งเมื่อทำการคำนวณฮิสโตแกรมสี 68 บิตแล้วจะได้ค่าตามรูปที่ 4.3 (ข) จากนั้นนำฮิสโตแกรมสีที่ได้มาสร้างเป็นกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.3 (ค)

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระดับสีของภาพ เป็นลักษณะเฉพาะที่สามารถแทนภาพได้เป็นอย่างดี และเนื่องจากคุณสมบัติของฮิสโตแกรมสีที่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนมุมมองของภาพ รวมถึงกรณีที่สีที่ปรากฏในภาพมีความผิดเพี้ยนไปด้วยปัจจัยแวดล้อมต่างๆ เช่น ภาพถ่ายจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานที่เดียวกันแต่ถ่ายในเวลาต่างกันแสงในภาพก็จะต่างกัน ทำให้กลุ่มของสีที่ปรากฏในภาพเปลี่ยนตำแหน่งไป แต่ผลกระทบที่มีต่อฮิสโตแกรมสีจะมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.4



(ก) ภาพตัวอย่าง

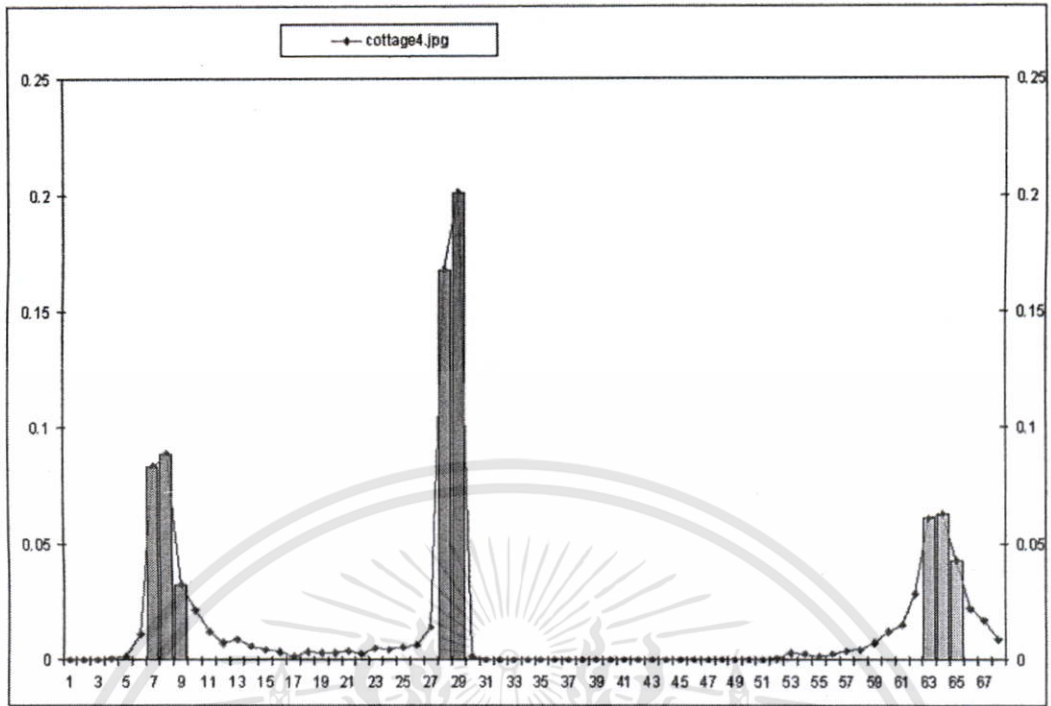
บิตที่	ค่า	บิตที่	ค่า	บิตที่	ค่า	บิตที่	ค่า
1	0.000079	18	0.003192	35	0.000071	52	0.000604
2	0.000096	19	0.002996	36	0.000042	53	0.002904
3	0.000067	20	0.003000	37	0.000000	54	0.002608
4	0.000629	21	0.003883	38	0.000029	55	0.001629
5	0.001425	22	0.002333	39	0.000000	56	0.002350
6	0.011425	23	0.004721	40	0.000008	57	0.003804
7*	0.083329	24	0.004200	41	0.000004	58	0.004521
8*	0.088542	25	0.005467	42	0.000004	59	0.007375
9	0.032525	26	0.006171	43	0.000000	60	0.012425
10	0.021671	27	0.014300	44	0.000000	61	0.015188
11	0.012192	28*	0.167858	45	0.000004	62	0.028292
12	0.007263	29*	0.200771	46	0.000013	63*	0.060838
13	0.008921	30	0.001500	47	0.000000	64*	0.062900
14	0.005904	31	0.000150	48	0.000038	65	0.042504
15	0.004196	32	0.000183	49	0.000029	66	0.022121
16	0.003467	33	0.000179	50	0.000013	67	0.016913
17	0.001442	34	0.000004	51	0.000004	68	0.008688

(ข) ตารางแสดงค่าฮิสโตแกรม 64 บิตของภาพตัวอย่าง (ก) โดยค่าที่แสดงเป็นค่าร้อยละ

สัญลักษณ์ \* หมายถึงบิตที่มีค่าสูงที่สุด

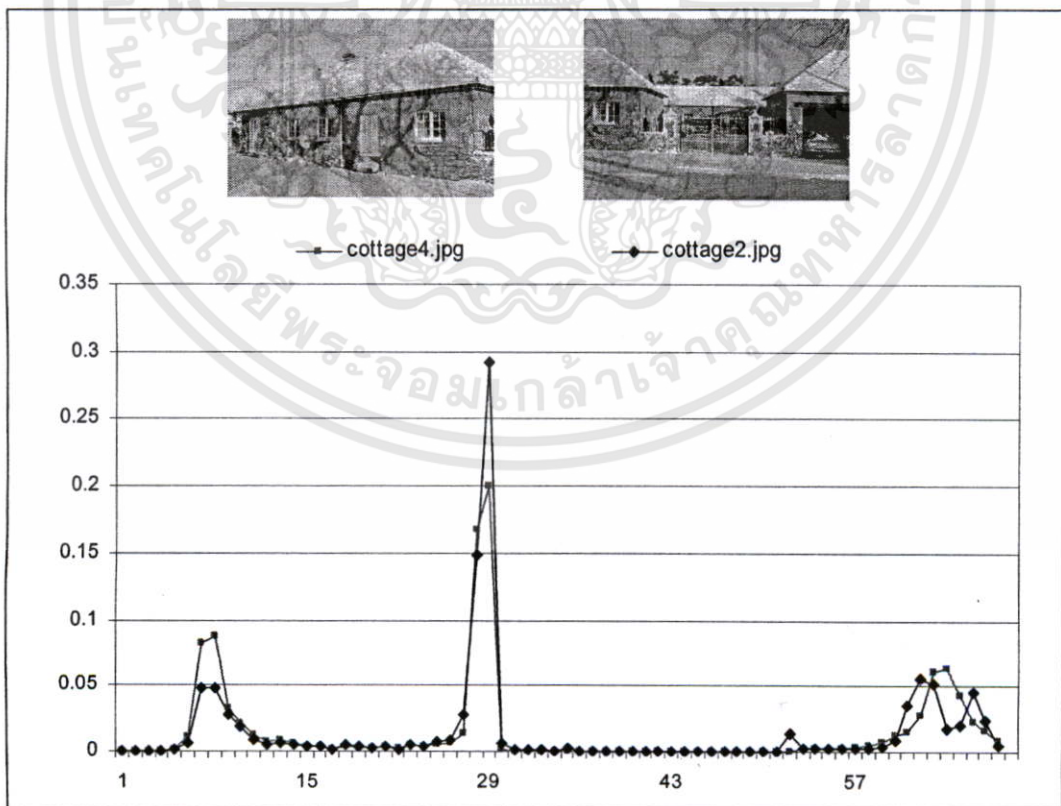
### รูปที่ 4.3 ตัวอย่างฮิสโตแกรมและคำจำกัดความสีในแบบฮิสโตแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค) กราฟของฮิสโตแกรม 68 บินของภาพตัวอย่าง (ก)

รูปที่ 4.3 (ต่อ) ตัวอย่างฮิสโตแกรมและคำจำกัดความสีในแบบฮิสโตแกรม



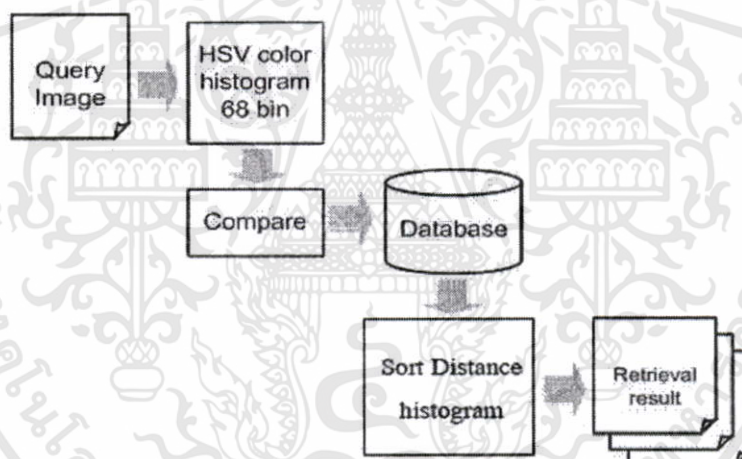
รูปที่ 4.4 ตัวอย่างฮิสโตแกรมของภาพสองภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนมุมมอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.4 การค้นคืนภาพ

### 4.4.1 การค้นคืนภาพโดยใช้ฮิสโตแกรมสี

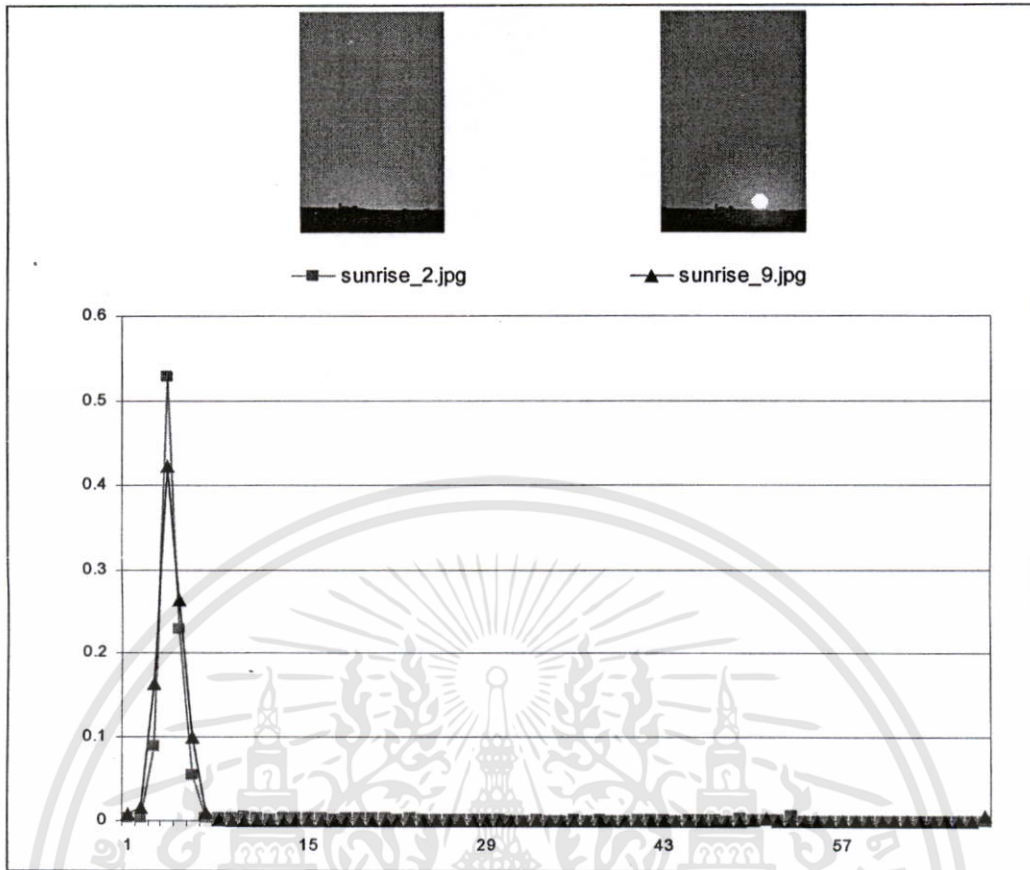
ในการค้นคืนภาพโดยใช้ฮิสโตแกรมสีในวิทยานิพนธ์นี้ ใช้ค่านอร์มอลไลซ์ของฮิสโตแกรมสีมาเป็นค่าจำกัดความสีของภาพ ซึ่งได้ใช้แบบจำลองสีแบบ HSV โดยนำค่าสี ค่าความอิ่มตัวของสี และค่าความสว่างของสี มาแบ่งระดับค่าสีออกเป็น 68 ช่วงเท่าๆ กัน ทำให้ได้ค่าจำกัดความสีที่มีค่าทั้งหมด 68 ค่าสำหรับแทนรูปภาพหนึ่งภาพ โดยค่าฮิสโตแกรมสีของภาพแต่ละภาพในฐานะข้อมูล จะถูกคำนวณและเก็บไว้ล่วงหน้า จากนั้นเมื่อมีการกำหนดภาพคำถามให้กับระบบ ระบบจะเริ่มจากการคำนวณค่านอร์มอลไลซ์ของฮิสโตแกรมสีของภาพคำถาม จากนั้นนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับนอร์มอลไลซ์ของฮิสโตแกรมสีของภาพทั้งหมดในฐานะข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และสุดท้ายจะแสดงผลของการค้นคืนภาพโดยการเรียงลำดับภาพผลลัพธ์ตามค่าความแตกต่างที่ได้ ซึ่งเรียงจากค่าความแตกต่างน้อยไปหาค่าความแตกต่างมาก



รูปที่ 4.5 การค้นคืนภาพโดยใช้ค่าจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรม

### 4.4.2 การเปรียบเทียบค่าจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรมในรูปแบบต่างๆ

โดยปกติการเปรียบเทียบภาพโดยใช้ฮิสโตแกรมนั้น จะทำการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมแบบสีต่อสี (หรือบิตต่อบิต) ดังสมการที่ (4.3) สังเกตว่าในการแบ่งคุณลักษณะของฮิสโตแกรมสี สีที่แบ่งอาจจะกระจายไปอยู่หลายบิตไม่แยกออกจากกันอย่างชัดเจน ทำให้การเปรียบเทียบแบบสีต่อสีในแบบที่นิยมใช้ทั่วไป คือ จะใช้วิธีการหาค่าความแตกต่าง (Distance) ในแบบ Euclidean distance of Color Histogram (ECH) อาจมีความคลาดเคลื่อนได้ แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ฮิสโตแกรมสีของภาพ sunrise\_2 และ sunrise\_9

ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอเทคนิคการค้นคืนภาพที่ใช้การเปรียบเทียบสีของฮิสโตแกรมโดยดึงความสัมพันธ์ของสีข้างเคียงมาใช้เปรียบเทียบเพื่อช่วยให้การค้นคืนภาพมีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยได้ปรับปรุงการเปรียบเทียบหาค่าความแตกต่างในรูปแบบของ Euclidean distance ขึ้นมาสองรูปแบบคือ Weighted Euclidean distance of Color Histogram (WECH) และ Euclidean distance of Weighted Color Histogram (EWCH) ซึ่งจะเป็นการอาศัยการถ่วงน้ำหนักค่าสีในแต่ละ bin ของฮิสโตแกรมไม่เท่ากัน เพื่อจะทำให้สามารถดึงความสัมพันธ์ของสีที่อยู่ใน bin ข้างเคียงสีหลักที่เราสนใจ มาร่วมพิจารณาด้วยได้ ดังแสดงต่อไปนี้

1. การเปรียบเทียบโดยใช้ค่าของ Euclidean distance of Color Histogram (ECH)

$$D = \sum_{i=0}^N (\overline{h_{r1}}(i) - \overline{h_{r2}}(i))^2 \quad (4.3)$$

2. การเปรียบเทียบโดยใช้ค่าของ Weighted Euclidean distance of Color Histogram (WECH)

$$D = \sum_{i=0}^N \sum_{j=-m}^m w_j \{ \overline{h_{r1}}(i+j) - \overline{h_{r2}}(i+j) \}^2 \quad (4.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. การเปรียบเทียบโดยใช้ค่าของ Euclidean distance of Weighted Color Histogram (EWCH)

$$D = \sum_{i=0}^N \left\{ \sum_{j=-m}^m w_j (\overline{h_{11}}(i+j)) - \sum_{j=-m}^m w_j (\overline{h_{12}}(i+j)) \right\}^2 \quad (4.5)$$

โดยที่  $D$  คือ ค่าความแตกต่างระหว่างฮิสโตแกรมสี  $h_{11}$  และ  $h_{12}$

$N$  คือ จำนวนบินทั้งหมดของฮิสโตแกรม

$m$  คือ ขนาดของสีข้างเคียงที่ใช้เปรียบเทียบ มีขนาด  $2m$  เป็นค่า  $[-m, m]$

$w_j$  คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก ณ ตำแหน่ง  $j$  ซึ่งค่านี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งและขนาดของสีข้างเคียง

#### 4.4.3 การค้นคืนภาพโดยการปรับค่าถ่วงน้ำหนักของสีข้างเคียง

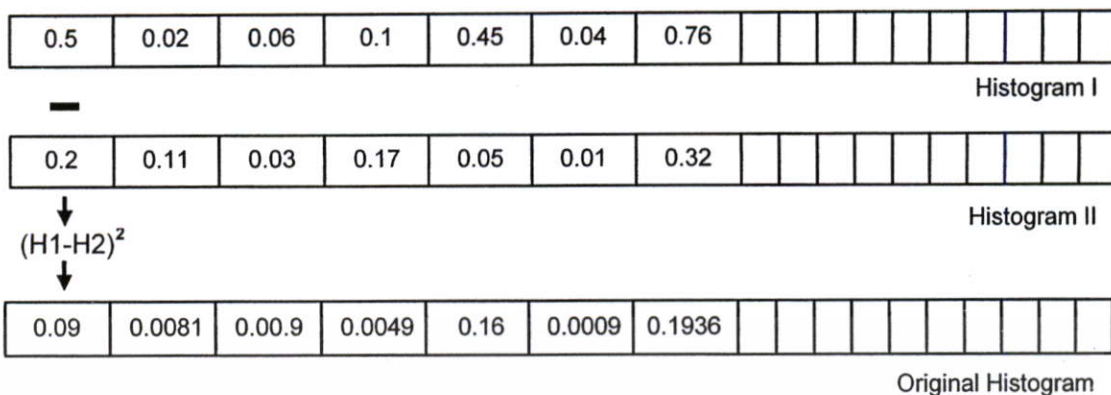
การค้นคืนภาพโดยใช้ค่าจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรม ร่วมกับการถ่วงน้ำหนักของสีข้างเคียง ในแต่ละบินของฮิสโตแกรม (Window Size) ที่ใช้เปรียบเทียบนั้น ได้ทำการทดลองปรับค่าถ่วงน้ำหนัก 2 รูปแบบ ในแบบแรกคือให้ค่าถ่วงน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ และแบบที่สองคือให้ค่าถ่วงน้ำหนักด้วยการกระจายตัวแบบเกาส์เซียน

##### 4.4.3.1 การปรับค่าถ่วงน้ำหนักแบบสัดส่วนคงที่

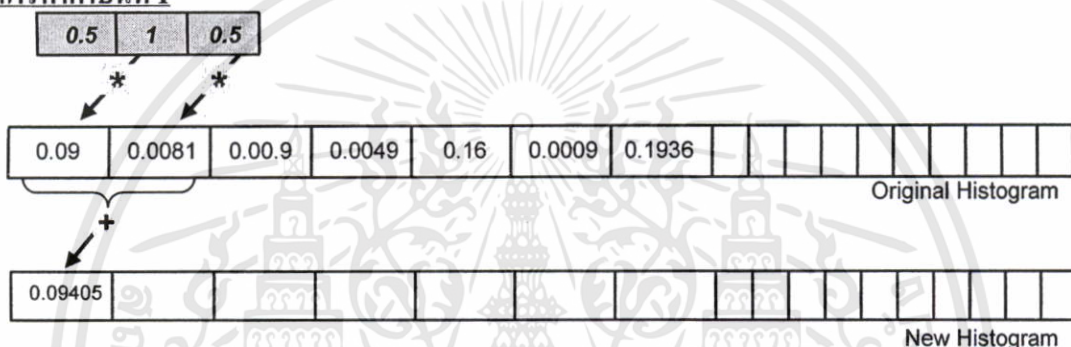
การปรับค่าถ่วงน้ำหนักแบบให้ค่าด้วยสัดส่วนคงที่นั้น จะใช้การให้น้ำหนักแบบกระจาย เป็นสัดส่วนตามระยะห่างจากสีหลักที่สนใจ โดยสัดส่วนนี้จะเป็นน้ำหนักส่วนกลับของกำลังสอง ของตำแหน่งห่างจากสีหลักที่สนใจ โดยทำการนำค่าน้ำหนักคูณเข้ากับฮิสโตแกรมของภาพคำถาม และฮิสโตแกรมของภาพในฐานข้อมูลและทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของฮิสโตแกรมใน ขั้นตอนการค้นคืนภาพตามสมการที่ (4.4) และสมการที่ (4.5) ในตัวอย่างนี้จะทำการกำหนดขนาด บินข้างเคียงเป็น 3 และ 5 โดยที่ขนาดบินข้างเคียงเป็น 3 จะได้ค่าถ่วงน้ำหนักสำหรับแต่ละบิน ของฮิสโตแกรมเป็น  $[0.5, 1, 0.5]$  และเมื่อกำหนดขนาดบินข้างเคียงเป็น 5 จะได้ค่าน้ำหนักที่ใช้คูณ แต่ละบินของฮิสโตแกรมเป็น  $[0.25, 0.5, 1, 0.5, 0.25]$  จากตัวเลขนี้จะเป็นการให้น้ำหนักกับบินตรง กลาง (สีที่สนใจ) สูงสุดคือหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์ และให้น้ำหนักบินข้างเคียงลดหลั่นกันไปตาม ระยะห่างจากสีหลัก

เมื่อนำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักแบบให้ค่าด้วยสัดส่วนคงที่ไปใช้สำหรับ ถ่วงน้ำหนักความสัมพันธ์ของสีข้างเคียง การทำงานสำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างแบบ WECH จะเริ่มจากการนำฮิสโตแกรมของภาพคำถามและภาพในฐานข้อมูลมาลบกันและยกกำลัง สองก่อน จากนั้นจึงนำฮิสโตแกรมค่าใหม่ที่ได้มาให้น้ำหนัก ตัวอย่างการให้น้ำหนักด้วยการปรับ ขนาดบินเป็น 3 ซึ่งมีค่าถ่วงน้ำหนักเป็น  $[0.5, 1, 0.5]$  แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 4.7

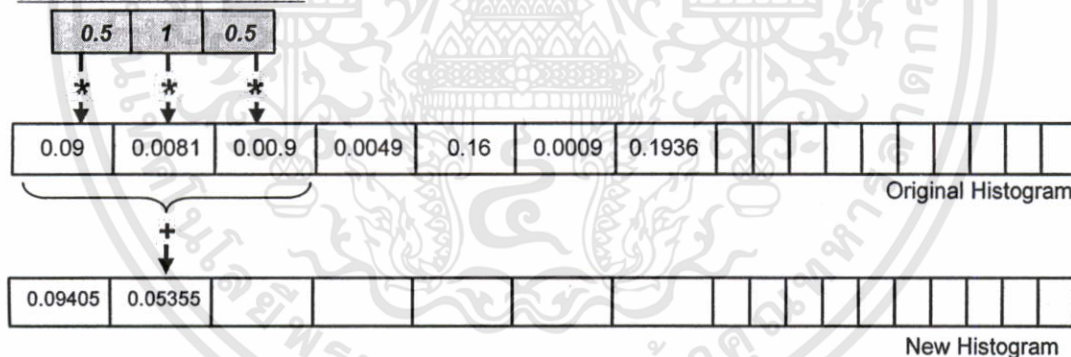
การหาค่าความแตกต่างของฮิสโตแกรม



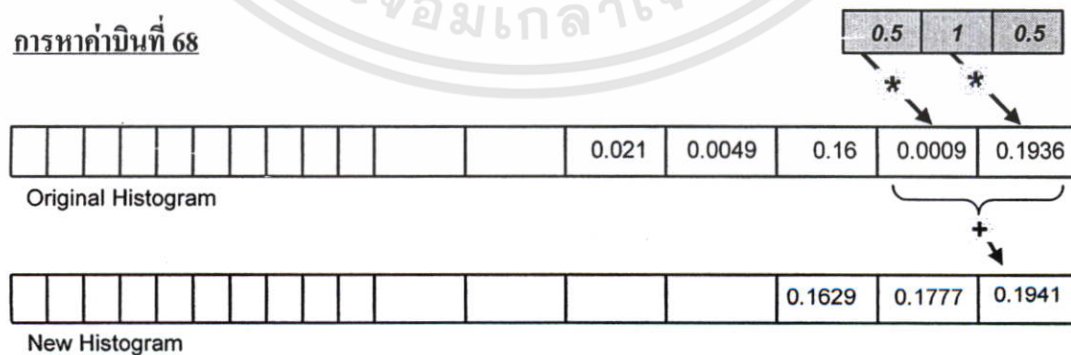
การหาค่าบิที่ 1



การหาค่าบิที่ 2 - บิที่ 67



การหาค่าบิที่ 68

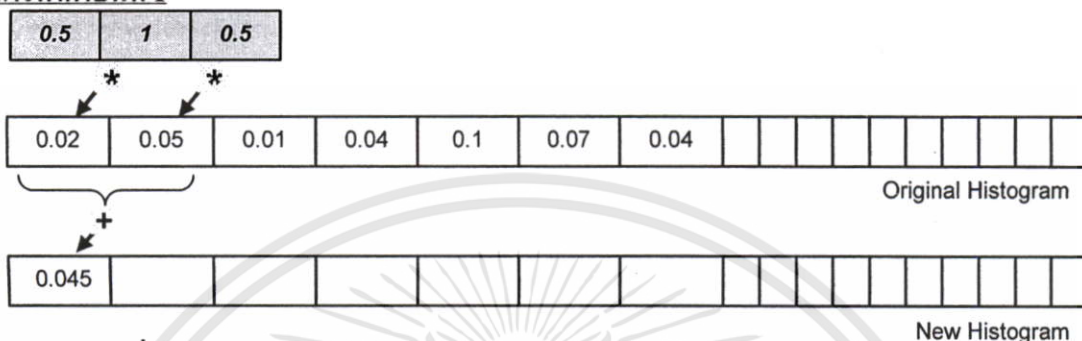


รูปที่ 4.7 ตัวอย่างการถ่วงน้ำหนักให้กับฮิสโตแกรมแบบ WECH

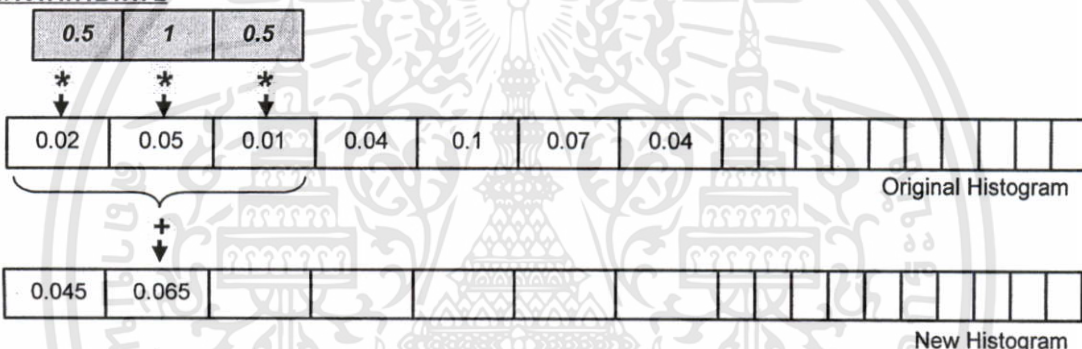
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้การปรับค่าตัวถ่วงน้ำหนักแบบสัดส่วนคงที่ สำหรับถ่วงน้ำหนักเพื่อถึงความสัมพันธ์ของสี่ข้างเคียงสี่ในฮิสโตแกรม การทำงานสำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างแบบ EWCH แสดงดังรูปที่ 4.8 เป็นตัวอย่างการให้น้ำหนักด้วยการปรับขนาดบิเป็น 3 ซึ่งมีค่าตัวถ่วงน้ำหนักเป็น [0.5, 1, 0.5]

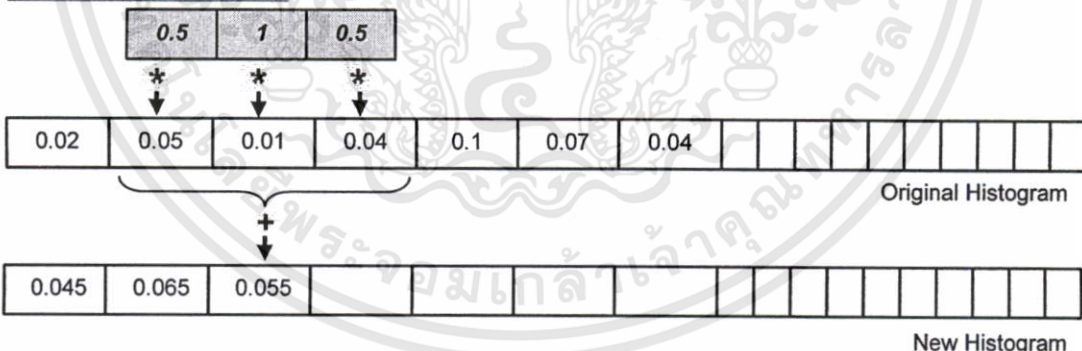
**การหาค่าบิที่ 1**



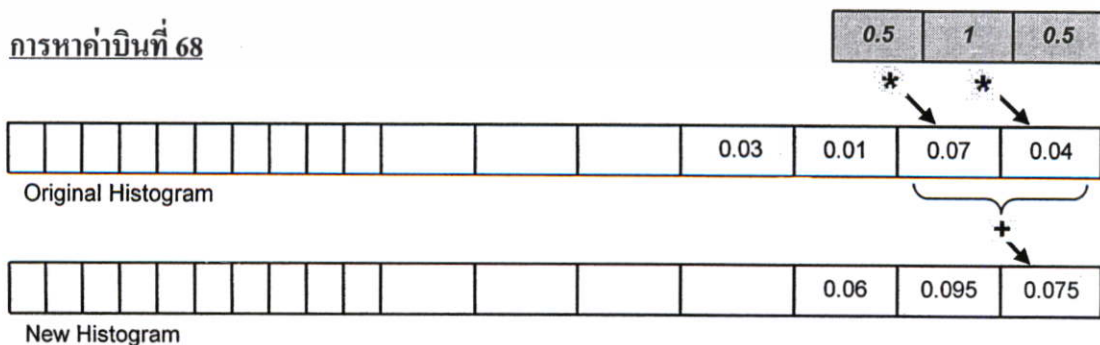
**การหาค่าบิที่ 2**



**การหาค่าบิที่ 3 - บิที่ 67**



**การหาค่าบิที่ 68**



**รูปที่ 4.8** ตัวอย่างการถ่วงน้ำหนักให้กับฮิสโตแกรมแบบ EWCH

จากรูปที่ 4.8 หลังจากให้น้ำหนักกับฮิสโตแกรมของภาพคำถามและฮิสโตแกรมของภาพในฐานข้อมูลที่กำลังจะเปรียบเทียบแล้ว จึงนำค่าฮิสโตแกรมใหม่ที่ได้อาตรกันและยกกำลังสอง จะได้เป็นค่าความแตกต่างของฮิสโตแกรมในแบบ EWCH

#### 4.4.3.2 การปรับค่าตัวถ่วงน้ำหนักแบบเกาส์เซียน

เนื่องจากการกระจายตัวแบบเกาส์เซียน เป็นการกระจายที่สมมาตรทั้งสองข้างคล้ายระฆังคว่ำ และมีค่าเฉลี่ยอยู่ตรงกลาง ดังแสดงในสมการที่ (4.6)

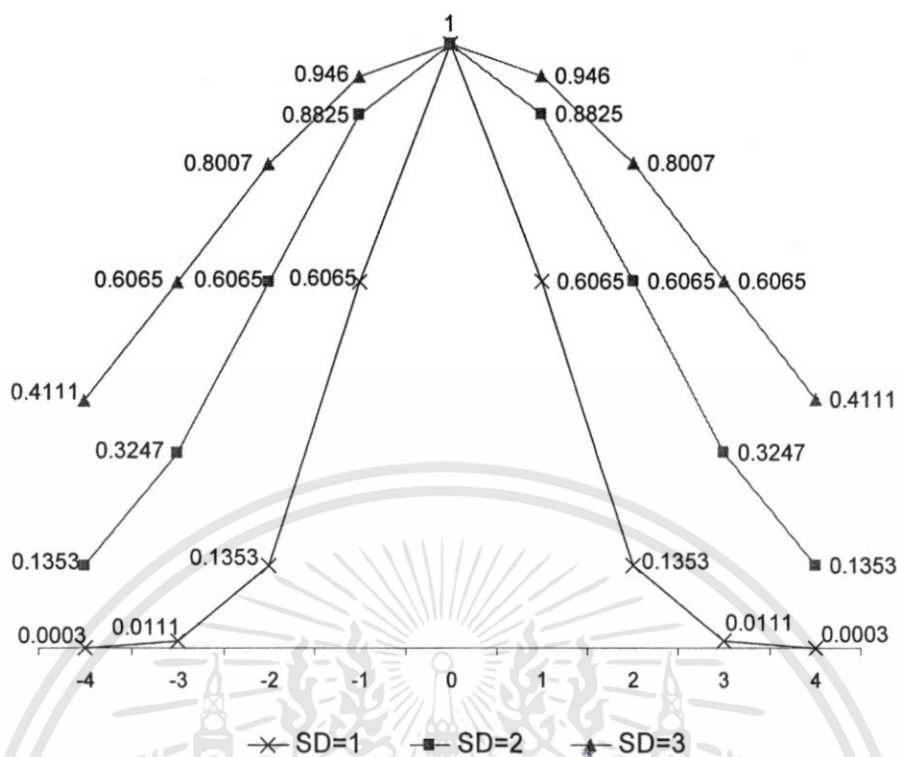
$$f(x) = e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (4.6)$$

ในงานวิจัยนี้จึงได้นำมาปรับใช้โดยตั้งสมมติฐานว่าการกระจายตัวแบบเกาส์เซียนจะเป็นการกระจายค่าที่มีความเหมาะสมสำหรับการถ่วงน้ำหนักสีข้างเคียงสีในฮิสโตแกรมได้ดีกว่าการใช้การกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ การเปรียบเทียบความแตกต่างของฮิสโตแกรมสำหรับการค้นคืนภาพตามสมการที่ (4.4) และ (4.5) ในขั้นตอนนี้จะทำการกำหนดขนาดบิตข้างเคียงเป็น 3, 5, 7 และ 9 ร่วมกับการปรับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของสมการการกระจายตัวแบบเกาส์เซียนด้วยค่า  $SD = \{1, 2, \text{และ } 3\}$  จะได้ค่าตัวถ่วงน้ำหนักที่ใช้สำหรับแต่ละบิตของฮิสโตแกรมเป็นดังรูปที่ 4.9

Window Size	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	
3	SD=1			0.6065	1	0.6065				
	SD=2			0.8825	1	0.8825				
	SD=3			0.946	1	0.946				
5	SD=1		0.1353	0.6065	1	0.6065	0.1353			
	SD=2		0.6065	0.8825	1	0.8825	0.6065			
	SD=3		0.8007	0.946	1	0.946	0.8007			
7	SD=1		0.0111	0.1353	0.6065	1	0.6065	0.1353	0.0111	
	SD=2		0.3247	0.6065	0.8825	1	0.8825	0.6065	0.3247	
	SD=3		0.6065	0.8007	0.946	1	0.946	0.8007	0.6065	
9	SD=1	0.0003	0.0111	0.1353	0.6065	1	0.6065	0.1353	0.0111	0.0003
	SD=2	0.1353	0.3247	0.6065	0.8825	1	0.8825	0.6065	0.3247	0.1353
	SD=3	0.4111	0.6065	0.8007	0.946	1	0.946	0.8007	0.6065	0.4111

รูปที่ 4.9 ค่าการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น มิใช่ให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 การกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน

สำหรับเทคนิคการเปรียบเทียบค่าจำกัดความถี่แบบฮิสโตแกรมแบบที่มีการให้น้ำหนักค่าความสัมพันธ์ของสี่ข้างเคียง (WECH และ EWCH) นี้ ค่าของตัวถ่วงน้ำหนักและขนาดของสี่ข้างเคียงที่จะนำมาพิจารณา มีผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพ ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการทดลองปรับค่าตัวถ่วงน้ำหนักทั้งสองรูปแบบ คือ การใช้ค่าเป็นสัดส่วนคงที่ และใช้การกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน รวมทั้งทดลองปรับขนาดของสี่ข้างเคียง เพื่อแสดงค่าของตัวถ่วงน้ำหนักและขนาดสี่ข้างเคียงที่เหมาะสมสำหรับการค้นคืนภาพในแบบต่างๆ

#### 4.4.4 การประยุกต์ใช้โมเมนต์เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมของเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบฮิสโตแกรม

ในหัวข้อนี้จะนำเสนอการใช้โมเมนต์มาเป็นตัวช่วยในการวิเคราะห์คุณลักษณะของฮิสโตแกรม โดยค่าโมเมนต์ที่คำนวณได้จะเป็นตัวบ่งชี้ลักษณะที่แตกต่างกันของฮิสโตแกรมของภาพ ว่ามีลักษณะที่เกาะกลุ่ม หรือมีการกระจายตัวของแต่ละกลุ่มที่แตกต่างกันมากน้อยเพียงใด เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเลือกเทคนิคการค้นคืนภาพที่เหมาะสมกับภาพถ่ายที่มีฮิสโตแกรมในแต่ละรูปแบบ โดยจะพิจารณาเลือกเทคนิคการค้นคืนภาพที่ได้นำเสนอ 3 เทคนิค คือ วิธี ECH, WECH และวิธี EWCH

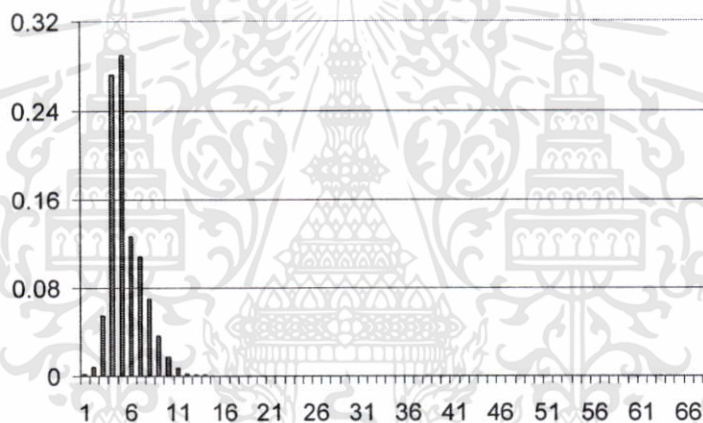
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับสมการหาค่าโมเมนต์จุดศูนย์กลางของฮิสโตแกรม แสดงได้ดังสมการที่ (4.7) และ (4.8)

$$\mu_n = \sum_{x=0}^{N-1} (x - \bar{x})^n \cdot H[x] \quad (4.7)$$

$$\bar{x} = \sum_{x=0}^{N-1} x \cdot H[x] \quad (4.8)$$

โดยที่  $x$  คือ ตำแหน่งของฮิสโตแกรมบินที่ 1 ถึง 68  
 $H[x]$  คือ ค่าของฮิสโตแกรม ณ ตำแหน่งบินที่  $x$   
 $N$  คือ จำนวนของฮิสโตแกรมทั้งหมด (ในที่นี้คือ 68)



รูปที่ 4.11 ตัวอย่างฮิสโตแกรม

## บทที่ 5

### ผลการทดลองและการวิเคราะห์

งานวิจัยระบบค้นคืนภาพโดยอาศัยคุณลักษณะสีนี้ได้ศึกษาการใช้ค่าจำกัดความถี่แบบฮิสโตแกรมจากแบบจำลองสีของ HSV เพื่อใช้ในการค้นคืนภาพ และได้พัฒนาปรับปรุงระบบการค้นคืนภาพโดยการนำเทคนิคการถ่วงน้ำหนักของสีในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้สามารถถึงความสัมพันธ์ของการกระจายของสีข้างเคียงในฮิสโตแกรมมาร่วมพิจารณาในขั้นตอนการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมสีของภาพสำหรับค้นคืนภาพที่ต้องการดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 และได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อทำการทดลองโดยใช้ฐานข้อมูลรูปภาพจากอินเทอร์เน็ต [23] ฐานข้อมูลที่น่ามาจาก Corel Stock Photo Library ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยเป็นจำนวนมาก ดังเอกสารอ้างอิงที่ [28] ถึง [37] เป็นต้น และภาพที่ได้จากภาพเคลื่อนไหว โดยภาพเป็นภาพสีซึ่งมีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ขนาด  $83 \times 125$  พิกเซลจนถึงขนาด  $1,536 \times 2,048$  พิกเซล และวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลองโดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความถูกต้องแม่นยำของการค้นคืนภาพ และเวลาที่ใช้ค้นคืนภาพจากฐานข้อมูลภาพ

#### 5.1 ขั้นตอนการเตรียมฐานข้อมูลภาพ


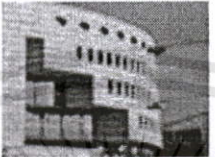
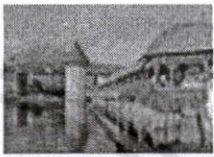
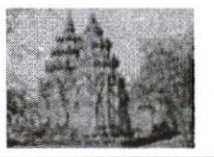

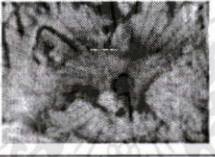
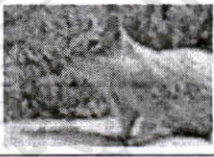



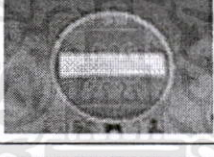





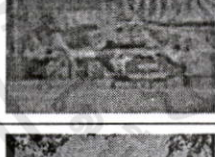


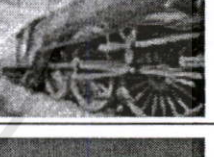








การทดลองเริ่มจากการเตรียมฐานข้อมูลภาพจากที่ต่างๆ จำนวน 10,297 ภาพ โดย อาริยา [38] ได้แบ่งกลุ่มของภาพในฐานข้อมูลสำหรับทำการทดลองออกเป็น 7 ประเภท ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ประเภทของรูปภาพในฐานข้อมูลภาพ

ประเภทของภาพ		จำนวนภาพ
อาคารและสิ่งก่อสร้าง	(Building) {Architecture, Monument}	1,466
สัตว์	(Animal) {Character, Closed-up}	1,240
สิ่งของและอาหาร	(Foodstuff) { Thing, Food, Fruit, Vegetable}	2,720
มนุษย์	(Human) {Face, Posing}	1,312
รถยนต์	(Material) {Car, Train, Boat}	653
ทิวทัศน์ธรรมชาติ	(Natural) {Landscape, Shading}	2,119
ดอกไม้และต้นไม้	(Plant) {Flower, Tree}	787
รวม		10,297

ภาพในแต่ละประเภทจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มโดยภาพภายในกลุ่มเดียวกันจะเป็นวัตถุที่มีความใกล้เคียงกัน (ชื่อเรียกเหมือนกัน) หรือเป็นวัตถุเดียวกันและมีสีใกล้เคียงกัน เช่น กลุ่มภาพบุคคล กลุ่มภาพดอกไม้ กลุ่มภาพอาคาร กลุ่มภาพทิวทัศน์ เป็นต้น ซึ่งสามารถดูตัวอย่างของภาพที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลได้จากตารางที่ 5.2

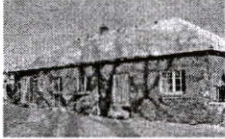


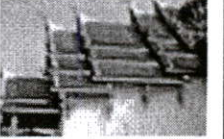





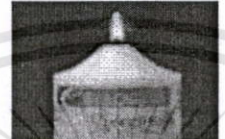


















ตารางที่ 5.2 ตัวอย่างภาพในฐานข้อมูล

ประเภท	ตัวอย่างภาพในฐานข้อมูล			
สิ่งก่อสร้าง				
สัตว์				
สิ่งของและอาหาร				
มนุษย์				
เครื่องยนต์				
ทิวทัศน์ธรรมชาติ				
ดอกไม้และต้นไม้				

จากนั้นทำการเลือกชุดของภาพซึ่งประกอบด้วยภาพคำถาม (Query Image) และกลุ่มภาพที่ถูกต้อง (Ground Truth Images) ซึ่งหมายถึงกลุ่มของภาพที่คล้ายกันกับภาพคำถามนั้นไว้ล่วงหน้า ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการทดลองค้นคืนภาพทั้งหมด 100 ชุด โดยภาพแต่ละชุดถูกเลือกมาจากภาพประเภทต่างๆ ในฐานข้อมูล แสดงตัวอย่างดังตารางที่ 5.3 และตารางที่ 5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 ตัวอย่างภาพคำถามที่ใช้ในการค้นคืนภาพ

ประเภท	ตัวอย่างภาพในฐานข้อมูล			
สิ่งก่อสร้าง				
สัตว์				
สิ่งของ และอาหาร				
มนุษย์				
เครื่องยนต์				
ทิวทัศน์ ธรรมชาติ				
ดอกไม้ และต้นไม้				

ตารางที่ 5.4 จำนวนภาพคำถามแต่ละประเภทที่ใช้ในการทดลองค้นคืนภาพ

ประเภทของภาพ			จำนวนชุด
อาคารและสิ่งก่อสร้าง	(Building)	{Architecture, Monument}	22
สัตว์	(Animal)	{Character, Closed-up}	10
สิ่งของและอาหาร	(Foodstuff)	{Thing, Food, Fruit, Vegetable}	19
มนุษย์	(Human)	{Face, Posing}	11
เครื่องยนต์	(Material)	{Car, Train, Boat}	12
ทิวทัศน์ธรรมชาติ	(Natural)	{Landscape, Shading}	15
ดอกไม้และต้นไม้	(Plant)	{Flower, Tree}	11
<b>รวม</b>			<b>100</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 ขั้นตอนการทดสอบระบบค้นคืนภาพ

ในการสร้างระบบค้นคืนภาพโดยอาศัยคุณลักษณะสีเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพและเวลาที่ใช้ในการค้นคืนภาพด้วยวิธีการใช้ฮิสโตแกรมสีแบบ HSV ที่สร้างเป็นคำจำกัดความสีขนาด 68 บิต และคำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยวิธีต่างๆ นั้น มีขั้นตอนหลักอยู่ 2 ส่วนคือ

1. การสร้างคำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรม โดยนำภาพแต่ละภาพในฐานะข้อมูลมาผ่านกระบวนการสร้างคำจำกัดความสี เริ่มจากการสร้างฮิสโตแกรมสีขนาด 68 บิต คำฮิสโตแกรมทั้ง 68 คำนี้จะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลสำหรับการใช้ในการทดลองค้นคืนภาพด้วยฮิสโตแกรมสี

2. การค้นคืนภาพจากฐานข้อมูลภาพ ในวิทยานิพนธ์นี้ใช้ภาพคำถามที่ได้เลือกไว้ 100 ภาพเพื่อนำไปเป็นภาพคำถามให้กับระบบ จากนั้นระบบจะนำภาพไปคำนวณคำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรมขนาด 68 บิต ตามรูปแบบที่กำหนดไว้ แล้วนำคำจำกัดความสีที่ได้ไปเปรียบเทียบกับคำจำกัดความสีที่มีอยู่ในฐานข้อมูล ตามวิธีที่นำเสนอไว้ในหัวข้อที่ 4.4 คือวิธี Euclidean distance of Color Histogram (ECH) วิธี Weighted Euclidean distance of Color Histogram (WECH) และวิธี Euclidean distance of Weighted Color Histogram (EWCH) โดยได้ทำการทดลองค้นคืนภาพด้วยค่าตัวแปรต่างๆ ซึ่งจะกำหนดชื่อย่อของแต่ละวิธีเพื่อใช้ในการแสดงผลการทดลอง ดังตารางที่ 5.5 เป็นวิธีการค้นคืนภาพ โดยใช้คำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรม และคำจำกัดความสีร่วมกับเทคนิคการให้การกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ และตารางที่ 5.6 เป็นวิธีการค้นคืนภาพโดยใช้คำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรม และคำจำกัดความสีร่วมกับเทคนิคการให้การกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน

ตารางที่ 5.5 วิธีการค้นคืนภาพโดยให้การกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่

วิธีการค้นคืนภาพ	ชื่อย่อ
การใช้คำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรม	ECH
การใช้คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่	
- วิธี Weighted Euclidean distance ขนาด 3	FixWECH3
- วิธี Weighted Euclidean distance ขนาด 5	FixWECH5
- วิธี Euclidean distance of Weighted ขนาด 3	FixEWCH3
- วิธี Euclidean distance of Weighted ขนาด 5	FixEWCH5

ตารางที่ 5.6 วิธีการค้นคืนภาพ โดยให้การกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน

วิธีการค้นคืนภาพ	ชื่อย่อ
การใช้คำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรม	ECH
การใช้คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน	
- วิธี Weighted Euclidean distance ขนาด 3 และ ค่า SD=1	WECH3s1
- วิธี Weighted Euclidean distance ขนาด 3 และ ค่า SD=2	WECH3s2
- วิธี Weighted Euclidean distance ขนาด 5 และ ค่า SD=1	WECH5s1
- วิธี Weighted Euclidean distance ขนาด 5 และ ค่า SD=2	WECH5s2
- วิธี Weighted Euclidean distance ขนาด 7 และ ค่า SD=1	WECH7s1
- วิธี Weighted Euclidean distance ขนาด 7 และ ค่า SD=2	WECH7s2
- วิธี Weighted Euclidean distance ขนาด 9 และ ค่า SD=1	WECH9s1
- วิธี Weighted Euclidean distance ขนาด 9 และ ค่า SD=2	WECH9s2
- วิธี Euclidean distance of Weighted ขนาด 3 และ ค่า SD=1	EWCH3s1
- วิธี Euclidean distance of Weighted ขนาด 3 และ ค่า SD=2	EWCH3s2
- วิธี Euclidean distance of Weighted ขนาด 5 และ ค่า SD=1	EWCH5s1
- วิธี Euclidean distance of Weighted ขนาด 5 และ ค่า SD=2	EWCH5s2
- วิธี Euclidean distance of Weighted ขนาด 7 และ ค่า SD=1	EWCH7s1
- วิธี Euclidean distance of Weighted ขนาด 7 และ ค่า SD=2	EWCH7s2
- วิธี Euclidean distance of Weighted ขนาด 9 และ ค่า SD=1	EWCH9s1
- วิธี Euclidean distance of Weighted ขนาด 9 และ ค่า SD=2	EWCH9s2

### 5.3 ตัวอย่างผลการทดลองการค้นคืนภาพ และการวิเคราะห์ผล

#### 5.3.1 ตัวอย่างผลการทดลองค้นคืนภาพโดยใช้คำจำกัดความมีส่วนร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วย สัดส่วนคงที่

ในหัวข้อนี้จะแสดงตัวอย่างการค้นคืนภาพ เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพโดยใช้ คำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรม และคำจำกัดความมีส่วนร่วมกับเทคนิคการให้การกระจายน้ำหนักด้วย สัดส่วนคงที่ ทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพด้วยวิธี Weighted Euclidean distance of Color Histogram (WECH) และวิธี Euclidean distance of Weighted Color Histogram (EWCH) และทำการปรับขนาดของน้ำหนักเพื่อพิจารณาหาค่าที่เหมาะสมที่จะทำให้การค้นคืนภาพมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยในเบื้องต้นนี้ได้ทำการปรับการให้ ขนาดของการกระจายน้ำหนัก (Window of weighted color distribution) ด้วยขนาด 3 และ 5 เปรียบเทียบกับวิธี Euclidean distance of Color Histogram (ECH) ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่มีการพิจารณา ความสัมพันธ์ของสีข้างเคียง โดยนำวิธีการเรียกคืนและความแม่นยำ (Recall and Precision) วิธี NMRR และวิธี ANMRR มาเพื่อเป็นดัชนีวัดประสิทธิภาพการค้นคืนภาพของแต่ละระบบ ซึ่งค่า ของ NMRR และ ANMRR ที่เข้าใกล้ศูนย์จะเป็นค่าที่บ่งบอกได้ว่าวิธีการนั้นเป็นวิธีที่ดีที่สุด ดังที่ได้ กล่าวไว้ในบทที่ 3 มาใช้เพื่อวัดประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพ

รูปที่ 5.1 แสดงผลการค้นคืนภาพจากฐานข้อมูลจำนวน 10 ลำดับแรกที่สามารถค้นคืนภาพได้ โดยใช้ภาพคำถามเป็นภาพพระอาทิตย์ขึ้น เปรียบเทียบการใช้คำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรมและ การใช้คำจำกัดความมีส่วนร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ และแสดงประสิทธิภาพการค้น คืนภาพดังกราฟรูปที่ 5.2 และตารางที่ 5.7

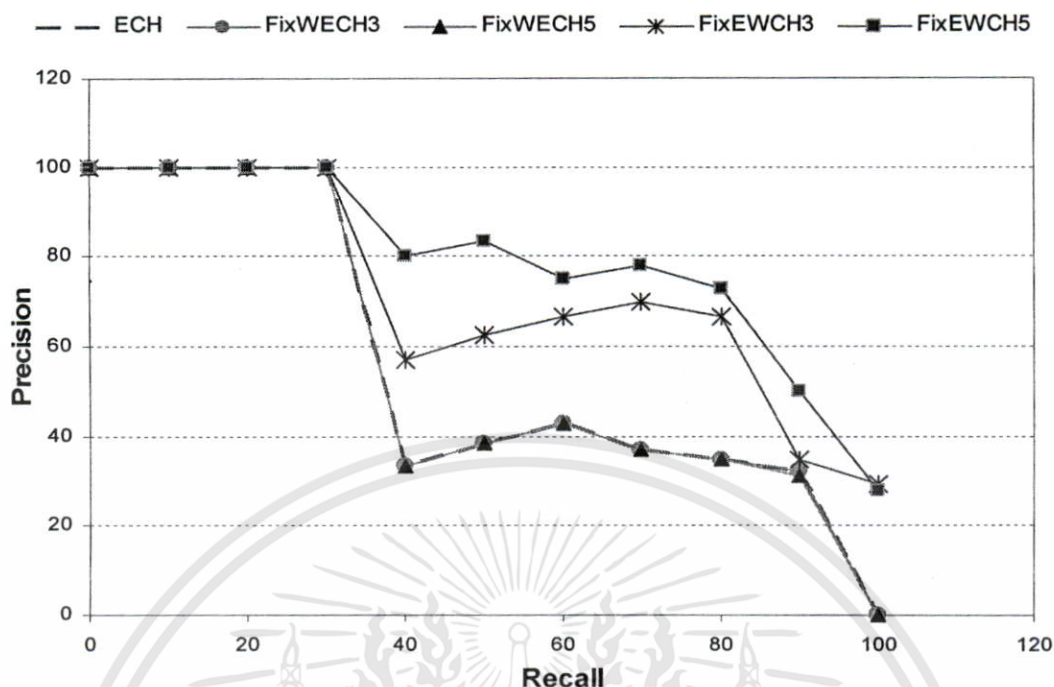


ภาพค่าตาม

ECH	2.22136e-031	0.00322952	0.00349028	0.00497889	0.00558857
	0.00724201	0.0106407	0.0142061	0.0142533	0.0174505
FixWECH3	4.44261e-031	0.00645783	0.00697962	0.00970279	0.0098258
	0.0144693	0.0212777	0.0284045	0.028495	0.0348935
FixWECH5	5.5532e-031	0.00805997	0.00872377	0.0115659	0.0119113
	0.0179713	0.0265052	0.0354883	0.0355893	0.0436001
FixEWCH3	4.50185e-031	0.00151319	0.00390878	0.00641081	0.00726552
	0.0101636	0.0101781	0.0117608	0.011976	0.012131
FixEWCH5	5.05083e-031	0.000970065	0.00307196	0.00580331	0.00691128
	0.00770932	0.00771065	0.00898558	0.00932918	0.010326

รูปที่ 5.1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพพระอาทิตย์ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพพระอาทิตย์ขึ้น โดยการใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับวิธีการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่

จากกราฟรูปที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่าในการค้นคืนภาพพระอาทิตย์ขึ้นจากฐานข้อมูล เมื่อพิจารณาผลของการใช้คำจำกัดความสี่แบบฮิสโตแกรมเทียบกับการใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับวิธีการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ จะพบว่าในช่วงแรกผลของการค้นคืนทุกวิธีให้ผลการค้นคืนที่ดีใกล้เคียงกัน แต่เมื่อถึงระดับการเรียกคืนประมาณที่ 30% การใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับวิธีการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ตามวิธี EWCH สามารถค้นคืนภาพได้ดีกว่าการใช้วิธี ECH โดยค่าตัวแปรที่ดีที่สุดในการทดลองนี้คือ FixEWCH5 ดังนั้น เพื่อแสดงค่าประสิทธิภาพการค้นคืนภาพพระอาทิตย์ขึ้นนี้ สามารถคำนวณค่า NMRR ได้ดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ค่า NMRR ของการค้นคืนภาพพระอาทิตย์ขึ้น

วิธีการค้นคืนภาพ	ค่า NMRR
ECH	0.2845
FixWECH3	0.2845
FixWECH5	0.2873
FixEWCH3	0.1606
FixEWCH5	0.1239

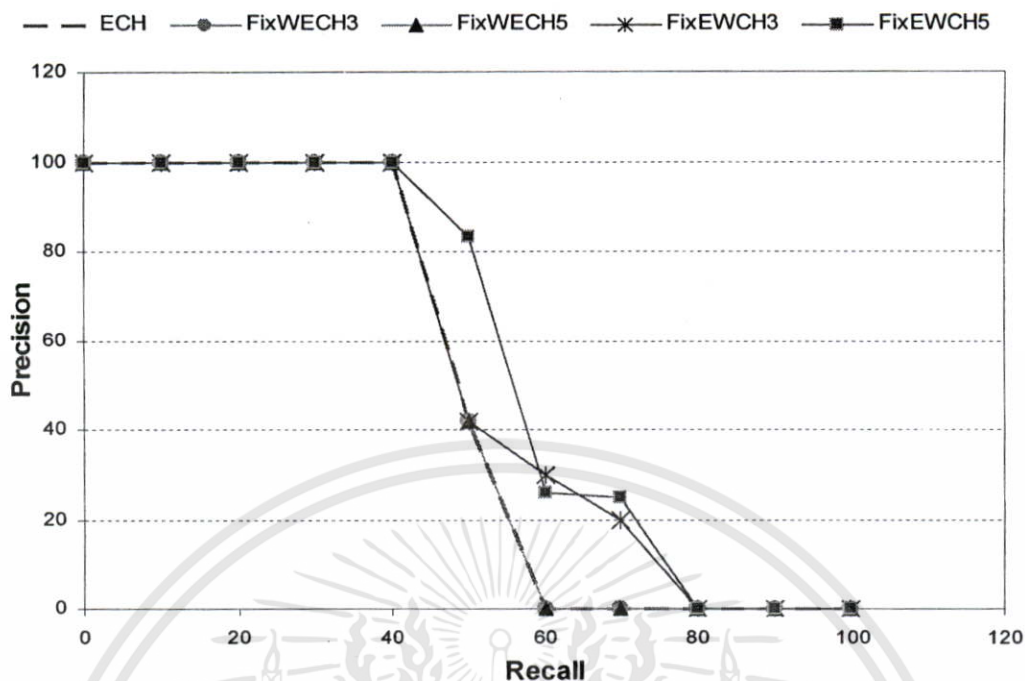


ภาพคำถาม

ECH	1.30459e-031	0.00376863	0.00493087	0.00693305	0.0107577
	0.0119727	0.0142718	0.0156053	0.0160733	0.0164649
FixWECH3	2.60918e-031	0.00746391	0.00977828	0.0119378	0.0201129
	0.0226174	0.0267922	0.0303474	0.03067	0.0315126
FixWECH5	3.259e-031	0.0093076	0.0122018	0.0144389	0.024688
	0.0279044	0.0329974	0.0372597	0.0376921	0.0385532
FixEWCH3	1.71174e-031	0.00417938	0.00972236	0.0107817	0.0201347
	0.0219204	0.0275833	0.0286833	0.0301048	0.031159
FixEWCH5	1.94408e-031	0.00414494	0.00999275	0.0129443	0.0206144
	0.0259627	0.0276919	0.0346406	0.0354067	0.0355273

### รูปที่ 5.3 ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพรถไฟสีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพรดไฟสีเขียว โดยการใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่

จากรูปที่ 5.3 แสดงการค้นคืนภาพรดไฟสีเขียวใน 10 ลำดับแรก ซึ่งอาจจะไม่เห็นความแตกต่างกันมากนัก แต่เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.4 แสดงให้เห็นว่าในการค้นคืนภาพรดไฟสีเขียวจากฐานข้อมูล เมื่อพิจารณาผลของการใช้คำจำกัดความสี่แบบฮิสโตแกรมเทียบกับการใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ จะพบว่าในช่วงแรกผลของการค้นคืนทุกวิธีให้ผลการค้นคืนที่ดีใกล้เคียงกัน แต่เมื่อถึงระดับการเรียกคืนที่ 40% การใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ตามวิธี FixEWCH5 สามารถค้นคืนภาพได้ดีที่สุด เพื่อแสดงค่าประสิทธิภาพการค้นคืนภาพรดไฟสีเขียวนี้สามารถคำนวณค่า NMRR ได้ดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ค่า NMRR ของการค้นคืนภาพรดไฟสีเขียว

วิธีการค้นคืนภาพ	ค่า NMRR
ECH	0.4845
FixWECH3	0.4845
FixWECH5	0.4845
FixEWCH3	0.4085
FixEWCH5	0.3803

จากตัวอย่างที่นำเสนอจะเห็นได้ว่า การใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ตามวิธี EWCH นั้น จะได้ผลการคั่นคืนที่ถูกต้องแม่นยำกว่าการเปรียบเทียบแบบ ECH ซึ่งไม่มีการคำนึงถึงความสัมพันธ์ของสี่ข้างเคียง สำหรับตัวอย่างการคั่นคืนภาพประเภทอื่นๆ รวมถึงกราฟการเรียกคืนและความแม่นยำ และค่า NMRR ที่ได้จากการทดลองได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก

### 5.3.2 ตัวอย่างผลการทดลองคั่นคืนภาพโดยใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน

ในหัวข้อนี้จะแสดงตัวอย่างการคั่นคืนภาพ เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการคั่นคืนภาพโดยใช้คำจำกัดความสี่แบบฮิสโตแกรมและคำจำกัดความสี่ร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน โดยทดลองเพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคั่นคืนภาพด้วยวิธี ECH วิธี WECH และวิธี EWCH วิธีใดสามารถคั่นคืนภาพได้ถูกต้องและแม่นยำกว่ากัน และทำการปรับขนาดของน้ำหนักเพื่อพิจารณาหาค่าที่เหมาะสมที่จะทำให้การคั่นคืนภาพมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยในหัวข้อนี้ได้ทำการปรับขนาดของการกระจายน้ำหนักเป็น 3, 5, 7 และ 9 เปรียบเทียบกับวิธี ECH ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ได้มีการปรับน้ำหนักใดๆ เพื่อทำการเปรียบเทียบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคั่นคืนภาพจากฐานข้อมูลเป็นภาพที่อยู่ในกลุ่มเดียวกับภาพคำถามหรือไม่ และลำดับของภาพผลลัพธ์ที่เป็นกลุ่มเดียวกันนั้นอยู่ในลำดับต้นๆ หรือไม่ โดยนำวิธี NMRR และวิธีการเรียกคืนและความแม่นยำมาใช้เพื่อวัดประสิทธิภาพของการคั่นคืนภาพ

รูปที่ 5.5 แสดงผลการคั่นคืนภาพจากฐานข้อมูล โดยใช้ภาพคำถามเป็นภาพพระอาทิตย์ขึ้นจำนวน 10 ลำดับแรกที่สามารถคั่นคืนภาพได้ ในตัวอย่างนี้เมื่อพิจารณาผลของการใช้คำจำกัดความสี่แบบฮิสโตแกรม เปรียบเทียบกับการใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน ดังกราฟรูปที่ 5.6 จะเห็นว่าในช่วงแรกผลของการคั่นคืนทุกวิธีให้ผลการคั่นคืนที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อถึงระดับการเรียกคืนประมาณที่ 20% การใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียนสามารถคั่นคืนภาพได้ดีกว่าการใช้วิธี ECH






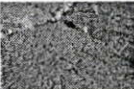
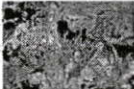

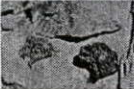





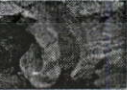
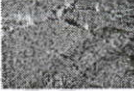
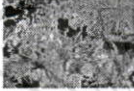



























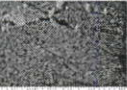

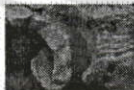







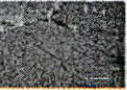
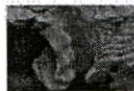






ภาพคำถาม

ECH	2.22136e-031	0.00322952	0.00349028	0.00497889	0.00558857
WECH3s1	0.00724201	0.0106407	0.0142061	0.0142533	0.0174505
WECH3s2	4.91587e-031	0.00714566	0.00772306	0.0107093	0.0107286
WECH5s1	0.0160091	0.0235441	0.0314297	0.0315293	0.03861
WECH5s2	2.82258e-031	0.00410333	0.00443474	0.00625751	0.00673546
WECH3s1	0.00919822	0.0135198	0.0180492	0.0181081	0.0221718
WECH5s1	5.51708e-031	0.00801297	0.00866724	0.0116706	0.0119048
WECH5s2	0.0179049	0.0263739	0.0352644	0.0353698	0.0433232
WECH5s2	2.82407e-031	0.00410548	0.00443708	0.00626048	0.0067378
WECH5s2	0.00920292	0.0135268	0.0180587	0.0181176	0.0221835

รูปที่ 5.5 ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพพระอาทิตย์ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WECH7s1	3.78425e-031	0.00535446	0.00649951	0.00868183	0.0109113
					
	0.0138832	0.0219398	0.0284321	0.03053	0.0340297
					
WECH7s2	1.56461e-031	0.00177657	0.0033262	0.00367703	0.00631836
					
	0.00691341	0.011813	0.0124775	0.0137577	0.0139184
					
WECH9s1	5.56755e-031	0.00807808	0.00871684	0.0117496	0.0119976
					
	0.0180263	0.0285954	0.0355403	0.0356896	0.0436399
					
WECH9s2	2.82407e-031	0.00410548	0.00443708	0.00626048	0.0067378
					
	0.00920292	0.0135268	0.0180587	0.0181176	0.0221835
					
EWCH3s1	7.03675e-031	0.00152459	0.00433232	0.00722123	0.00843514
					
	0.0104239	0.0116178	0.0123639	0.0123772	0.0124949
					
EWCH3s2	2.24616e-031	0.00247695	0.00334817	0.0049805	0.00635885
					
	0.00646066	0.0151567	0.0159354	0.0161701	0.0162159
					

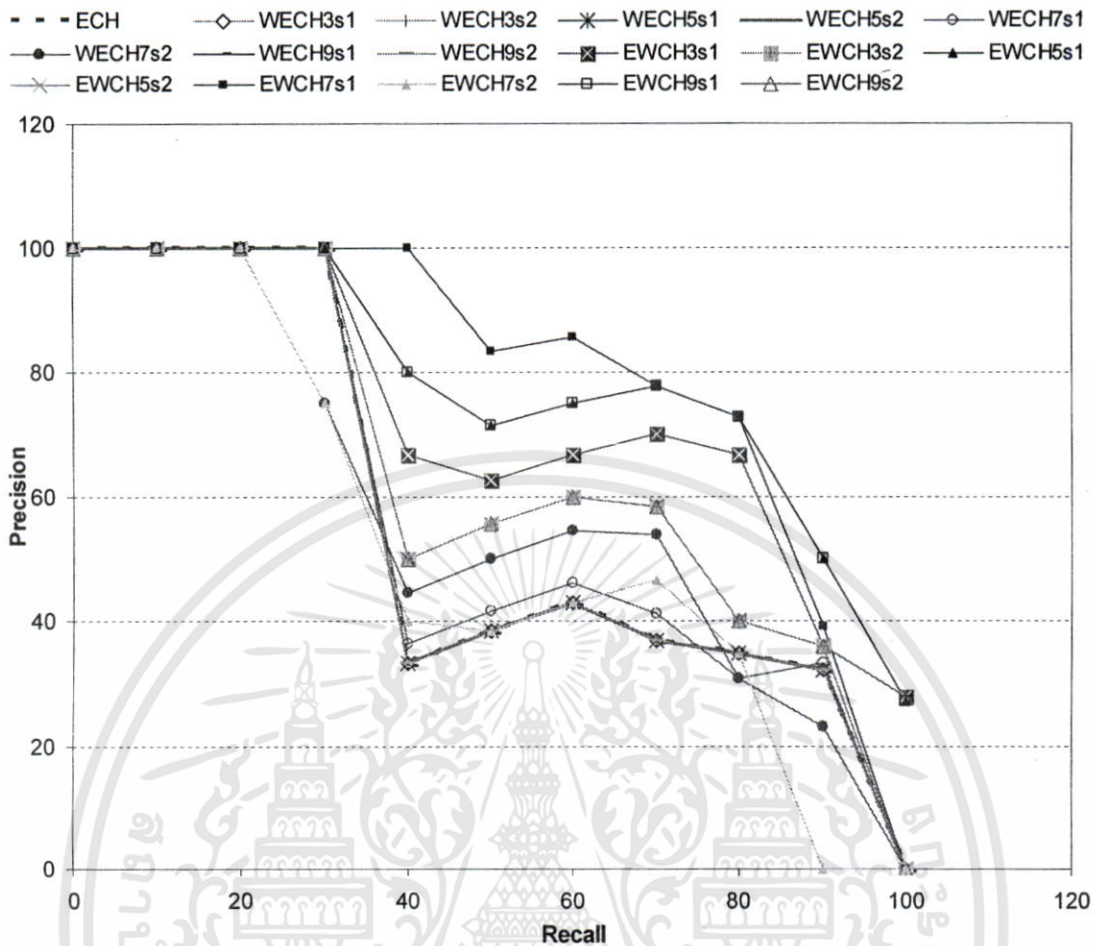
### รูปที่ 5.5 (ต่อ) ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพพระอาทิตย์ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EWCH5s1	7.4779e-031	0.00105802	0.00373106	0.00669441	0.00748679
EWCH5s2	0.00820635	0.00863676	0.00987748	0.00995999	0.0116241
EWCH5s2	2.03048e-031	0.0024763	0.00334683	0.00497926	0.00636044
EWCH7s1	0.00646004	0.015165	0.0159318	0.0161654	0.0162127
EWCH7s1	4.39662e-031	0.000530072	0.00368921	0.00509887	0.0057139
EWCH7s2	0.00586415	0.00738623	0.00814065	0.00898273	0.00904327
EWCH7s2	1.13683e-031	0.000702012	0.00255062	0.00313797	0.00529256
EWCH9s1	0.00531318	0.00534461	0.00612482	0.00619778	0.00637798
EWCH9s1	7.4783e-031	0.00105529	0.0036907	0.00666452	0.00745187
EWCH9s2	0.00814018	0.00857609	0.00990027	0.00996951	0.0116176
EWCH9s2	2.64685e-031	0.0024763	0.00334683	0.00497926	0.00636044
EWCH9s2	0.00646004	0.015165	0.0159318	0.0161654	0.0162127

รูปที่ 5.5 (ต่อ) ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพพระอาทิตย์ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพพระอาทิตย์ขึ้น โดยการใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับวิธีการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน

จากรูปที่ 5.5 และกราฟรูปที่ 5.6 แสดงให้เห็นว่าในการค้นคืนภาพพระอาทิตย์ขึ้นโดยใช้คำจำกัดความสี่แบบฮิสโตแกรมเปรียบเทียบกับการใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับวิธีการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียนตามวิธี WECH และ EWCH ให้ผลการค้นคืนภาพที่ดีกว่าการค้นคืนด้วยวิธี ECH ซึ่งไม่มีการดึงความสัมพันธ์ของข้อมูลสี่ข้างเคียงมาร่วมพิจารณาด้วย ดังจะเห็นได้จากกราฟที่ระดับการเรียกคืน 20% ขึ้นไป วิธี EWCH ยังคงให้ความแม่นยำในการค้นคืนดีกว่า วิธี ECH และ WECH โดยวิธี EWCH7s1 ให้ผลการค้นคืนดีมากจนถึงระดับการเรียกคืนที่ 70% วิธี EWCH5s1 และ EWCH9s1 จะให้ผลการค้นคืนที่ดีที่สุดและสามารถค้นคืนภาพได้ 100 % สามารถเปรียบเทียบได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้นจากรายที่ 5.9 ซึ่งแสดงค่า NMRR ของการค้นคืนภาพพระอาทิตย์ขึ้น

ตารางที่ 5.9 ค่า NMRR ของการคั่นคั่นภาพพระอาทิตย์ขึ้น

วิธีการคั่นคั่นภาพ	ค่า NMRR
ECH	0.2845
WECH3s1	0.2845
WECH3s2	0.2845
WECH5s1	0.2845
WECH5s2	0.2845
WECH7s1	0.2761
WECH7s2	0.2845
WECH9s1	0.2845
WECH9s2	0.2845
EWCH3s1	0.1606
EWCH3s2	0.2141
EWCH5s1	0.1296
EWCH5s2	0.2141
EWCH7s1	0.1465
EWCH7s2	0.3070
EWCH9s1	0.1296
EWCH9s2	0.2141

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



















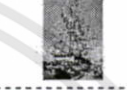


















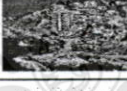





















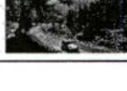


ภาพคำถาม

ECH	1.41821e-031	0.0030808	0.0105642	0.0123588	0.0144695
	0.0157926	0.015826	0.0165334	0.0171214	0.0172465
WECH3s1	3.13839e-031	0.00681412	0.0233677	0.0273486	0.0318076
	0.0328063	0.0349044	0.0365483	0.0378784	0.0380097
WECH3s2	1.80204e-031	0.00391382	0.013421	0.0157035	0.0183382
	0.0196148	0.020057	0.0209993	0.0217529	0.0219078
WECH5s1	3.52222e-031	0.00764685	0.0262179	0.0306931	0.0356676
	0.0365693	0.0391487	0.0409851	0.0425096	0.042558
WECH5s2	1.80299e-031	0.00391588	0.0134281	0.0157118	0.0183477
	0.0196241	0.0200675	0.0210103	0.0217644	0.0219193









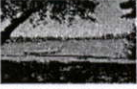















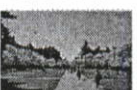










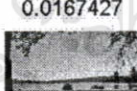







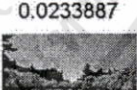

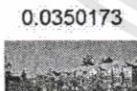
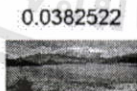
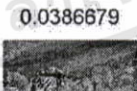
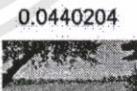
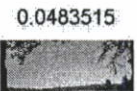

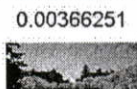
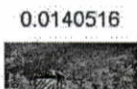
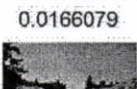
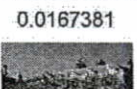
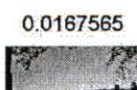
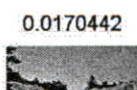



รูปที่ 5.7 ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพสวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WECH7s1	3.55356e-031	0.00771486	0.0263976	0.0309462	0.0358841
					
	0.0368709	0.0392555	0.041137	0.0421665	0.0428889
					
WECH7s2	1.80297e-031	0.00391586	0.0134256	0.0157	0.0182925
					
	0.0196231	0.0198991	0.02093	0.0215371	0.0217641
					
WECH9s1	3.55356e-031	0.00771486	0.0263976	0.0309462	0.0358841
					
	0.0368709	0.0392555	0.041137	0.0421665	0.0428889
					
WECH9s2	1.80299e-031	0.00391588	0.0134281	0.0157118	0.0183477
					
	0.0196241	0.0200675	0.0210103	0.0217644	0.0219193
					
EWCH3s1	3.41178e-031	0.00822796	0.0231901	0.0254448	0.0286425
					
	0.0332563	0.034242	0.037903	0.0413361	0.0418949
					
EWCH3s2	1.56721e-031	0.00366042	0.0140457	0.0166102	0.0167366
					
	0.0167482	0.0170476	0.0188545	0.0199003	0.0208276
					

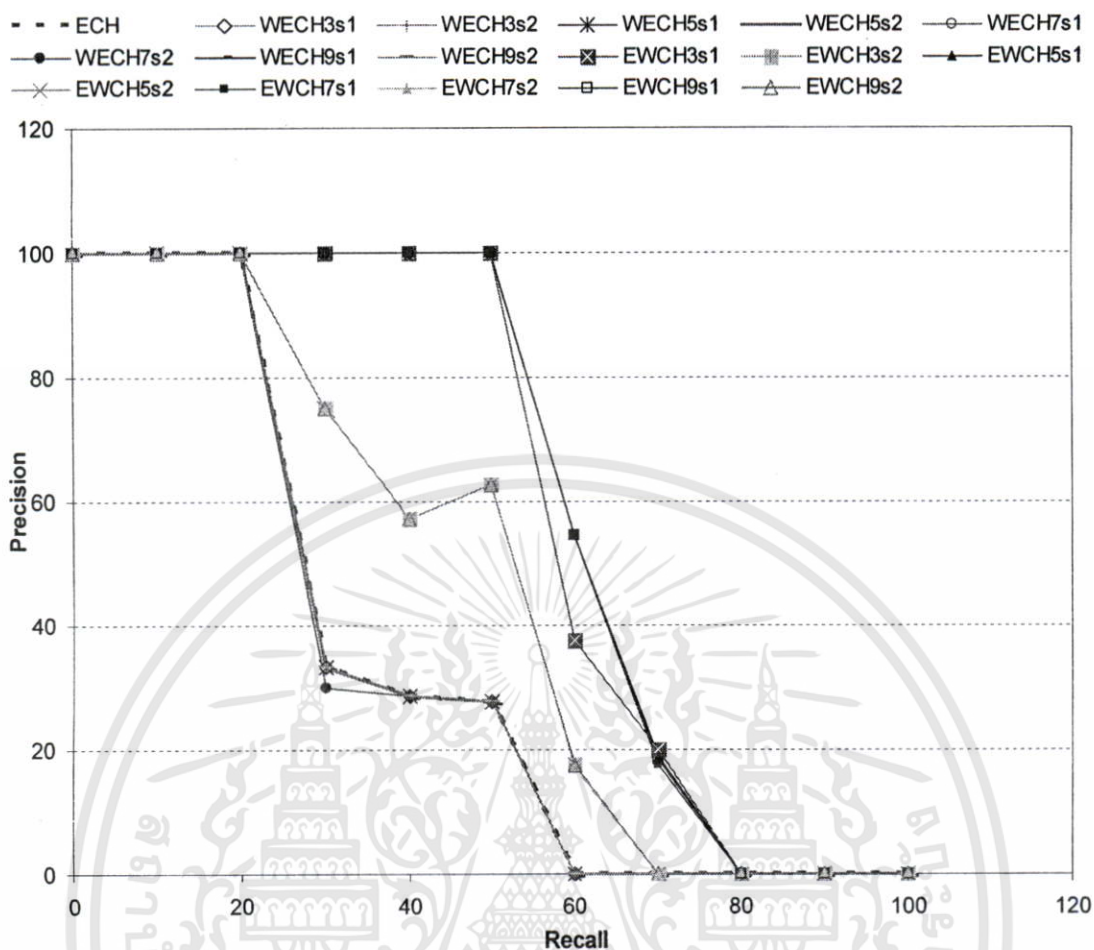
รูปที่ 5.7 (ต่อ) ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพสวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EWCH5s1	4.40984e-031	0.0095424	0.0214829	0.0235931	0.0268316
					
	0.0349828	0.0384475	0.0385123	0.0437317	0.0480679
					
EWCH5s2	1.72394e-031	0.00366251	0.0140516	0.0166079	0.0167381
					
	0.0167565	0.0170442	0.0188511	0.0198984	0.0208329
					
EWCH7s1	4.16042e-031	0.00963052	0.021306	0.0233911	0.0266263
					
	0.034776	0.0382616	0.0386349	0.0438394	0.0483178
					
EWCH7s2	1.85132e-031	0.00366248	0.0140496	0.0166078	0.0166681
					
	0.0167427	0.0170438	0.0188511	0.0198982	0.0208316
					
EWCH9s1	3.91386e-031	0.00963284	0.0213032	0.0233887	0.0266231
					
	0.0350173	0.0382522	0.0386679	0.0440204	0.0483515
					
EWCH9s2	1.72823e-031	0.00366251	0.0140516	0.0166079	0.0167381
					
	0.0167565	0.0170442	0.0188511	0.0198984	0.0208329
					

รูปที่ 5.7 (ต่อ) ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพสวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพสวน โดยการใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับวิธีการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน

จากรูปที่ 5.7 และกราฟรูปที่ 5.8 แสดงให้เห็นว่าในการค้นคืนภาพสวนโดยการใช้คำจำกัดความสี่แบบฮิสโตแกรมเปรียบเทียบกับการใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับวิธีการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียนพบว่าในช่วงแรกผลของการค้นคืนภาพทุกวิธีให้ผลการค้นคืนที่ดีใกล้เคียงกัน แต่เมื่อถึงระดับการเรียกคืนประมาณ 20% การค้นคืนโดยใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับวิธีการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียนด้วยวิธี EWCH ให้ผลการค้นคืนที่ดี และค่าตัวแปรที่ให้ผลดีที่สุดสำหรับภาพนี้คือวิธี EWCH5s1 ซึ่งกราฟของภาพนี้อาจแสดงไม่ชัดเจนนัก ดังนั้นสามารถดูประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพสวนได้จากค่า NMRR ในตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ค่า NMRR ของการคั่นกินภาพสวน

วิธีการคั่นกินภาพ	ค่า NMRR
ECH	0.5465
WECH3s1	0.5465
WECH3s2	0.5465
WECH5s1	0.5465
WECH5s2	0.5465
WECH7s1	0.5493
WECH7s2	0.5493
WECH9s1	0.5465
WECH9s2	0.5465
EWCH3s1	0.1465
EWCH3s2	0.2338
EWCH5s1	0.1380
EWCH5s2	0.2338
EWCH7s1	0.3775
EWCH7s2	0.4676
EWCH9s1	0.3718
EWCH9s2	0.4648

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้






















































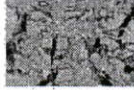








ภาพคำถาม

ECH	2.16739e-031	0.0151384	0.0181167	0.0188977	0.0207912
	0.0208314	0.0224083	0.0226093	0.0226608	0.0230833
WECH3s1	4.78692e-031	0.0334524	0.040022	0.0417826	0.0456993
	0.0459653	0.0495656	0.0499308	0.0499818	0.0509622
WECH3s2	2.75189e-031	0.0192248	0.0230045	0.024004	0.0263802
	0.0264083	0.0284679	0.0287169	0.0287456	0.0293039
WECH5s1	5.37083e-031	0.0375173	0.0448472	0.046886	0.0512005
	0.0512089	0.0554281	0.0558028	0.0559564	0.0570278
WECH5s2	2.75189e-031	0.0192248	0.0230045	0.024004	0.0263802
	0.0264083	0.0284679	0.0287169	0.0287456	0.0293039





























































รูปที่ 5.9 ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WECH7s1	5.37218e-031	0.0378031	0.0433802	0.0450137	0.0468161
					
	0.0477354	0.0484437	0.0487328	0.0531634	0.0549101
					
WECH7s2	2.74393e-031	0.0192195	0.0229082	0.0229327	0.0250925
					
	0.0255663	0.0256856	0.0267548	0.0277609	0.0287331
					
WECH9s1	3.55034e-031	0.0281876	0.0400101	0.0414883	0.047978
					
	0.0497142	0.0505987	0.0515785	0.0521775	0.0534393
					
WECH9s2	2.75334e-031	0.0192349	0.0230164	0.0240166	0.0263938
					
	0.0264213	0.0284824	0.0287317	0.0287601	0.0293189
					
EWCH3s1	4.09475e-031	0.0271013	0.042793	0.0469705	0.0481958
					
	0.0490836	0.0539262	0.053942	0.0554649	0.0562588
					
EWCH3s2	2.2721e-031	0.0157718	0.0232689	0.0234902	0.0249765
					
	0.0257748	0.0258091	0.0275343	0.0278711	0.0285304
					

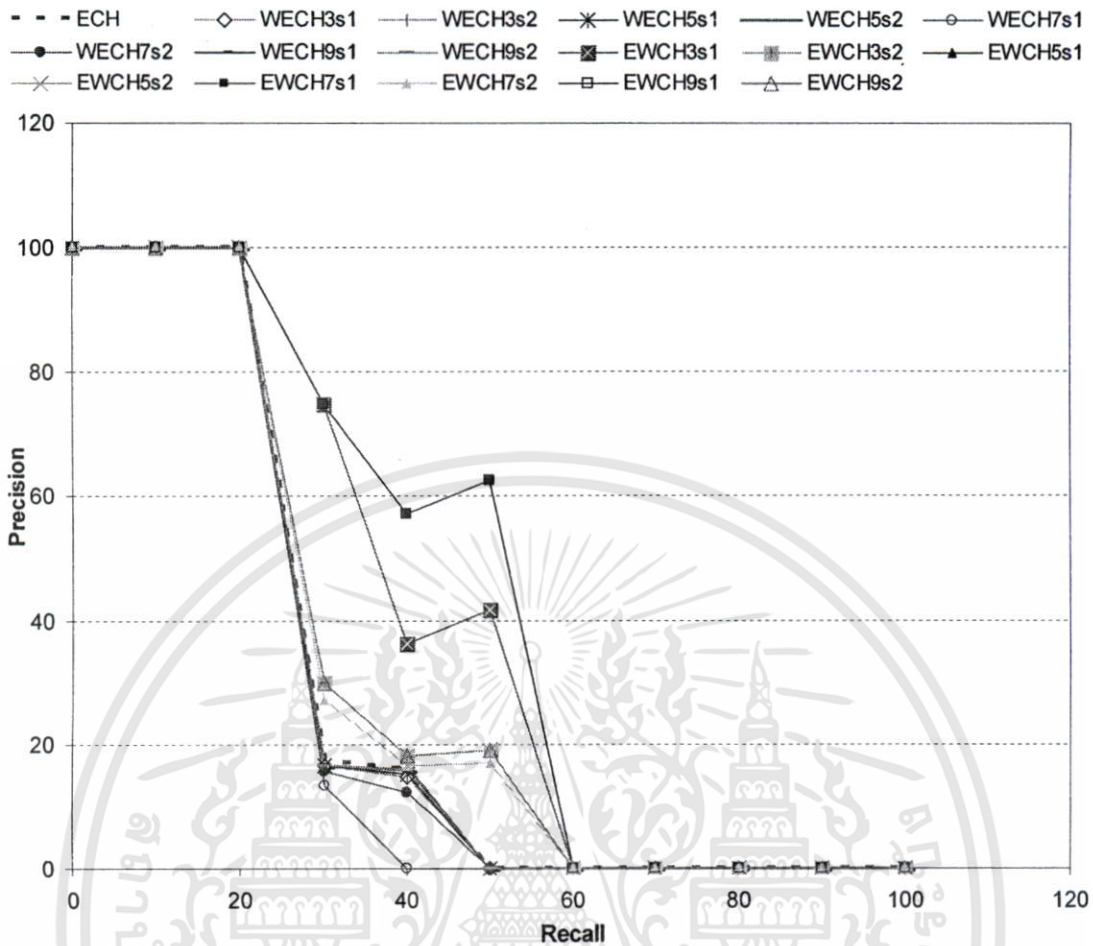
รูปที่ 5.9 (ต่อ) ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EWCH5s1	3.85459e-031	0.0281011	0.0401539	0.0419903	0.047882
					
	0.0496869	0.0510923	0.052177	0.0523759	0.0538357
					
EWCH5s2	2.23242e-031	0.0157729	0.0232673	0.0235015	0.0249674
					
	0.0257785	0.0258065	0.0275303	0.0278661	0.028519
					
EWCH7s1	3.35535e-031	0.0281789	0.0388699	0.0409724	0.0464475
					
	0.0466099	0.0504185	0.0513966	0.0521265	0.0533975
					
EWCH7s2	2.22568e-031	0.015762	0.0225712	0.0234069	0.0246075
					
	0.0251549	0.0256667	0.0272151	0.0274088	0.0274326
					
EWCH9s1	3.55034e-031	0.0281876	0.0400101	0.0414883	0.047978
					
	0.0497142	0.0505987	0.0515785	0.0521775	0.0534393
					
EWCH9s2	2.24048e-031	0.0157729	0.0232673	0.0235015	0.0249674
					
	0.0257785	0.0258065	0.0275303	0.0278666	0.028519
					

รูปที่ 5.9 (ต่อ) ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิได้อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพบุคคล โดยใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน

จากรูปที่ 5.9 และกราฟรูปที่ 5.10 แสดงการค้นคืนภาพบุคคล โดยใช้คำจำกัดความสี่แบบฮิสโตแกรมเปรียบเทียบกับใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน จะพบว่าที่ระดับการเรียกคืนตั้งแต่ 20% ขึ้นไป การใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน ด้วยวิธี EWCH5s1, EWCH7s1 และ EWCH9s1 จะยังคงให้ผลการค้นคืนภาพที่ดีกว่าการค้นคืนด้วยวิธีอื่นๆ ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้นจากตารางที่ 5.11 ซึ่งแสดงค่า NMRR ของการค้นคืนภาพบุคคล


ตารางที่ 5.11 ค่า NMRR ของการค้นคืนภาพบุคคล
















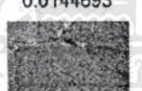











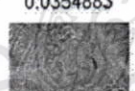






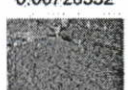











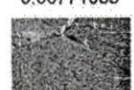



วิธีการค้นคืนภาพ	ค่า NMRR
ECH	0.6648
WECH3s1	0.6732
WECH3s2	0.6676
WECH5s1	0.6704
WECH5s2	0.6676
WECH7s1	0.7239
WECH7s2	0.6901
WECH9s1	0.6704
WECH9s2	0.6676
EWCH3s1	0.5070
EWCH3s2	0.5944
EWCH5s1	0.4845
EWCH5s2	0.5944
EWCH7s1	0.4845
EWCH7s2	0.6113
EWCH9s1	0.4845
EWCH9s2	0.5944

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.4 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพโดยใช้การถ่วงน้ำหนักของสีในรูปแบบต่างๆ

ในหัวข้อนี้ทดลองเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการถ่วงน้ำหนักโดยใช้การกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ ด้วยวิธี WECH และ EWCH เปรียบเทียบกับการค้นคืนภาพด้วยวิธี ECH พิจารณาจากรูปที่ 5.11

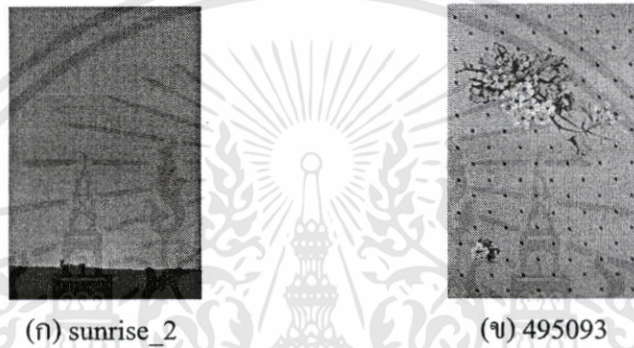
ภาพคำถาม 

ECH	2.22136e-031	0.00322952	0.00349028	0.00497889	0.00558857
					
	0.00724201	0.0106407	0.0142061	0.0142533	0.0174505
					
FixWECH3	4.44261e-031	0.00645783	0.00697962	0.00970279	0.0098258
					
	0.0144693	0.0212777	0.0284045	0.028495	0.0348935
					
FixWECH5	5.5532e-031	0.00805997	0.00872377	0.0115659	0.0119113
					
	0.0179713	0.0265052	0.0354883	0.0355893	0.0436001
					
FixEWCH3	4.50185e-031	0.00151319	0.00390878	0.00641081	0.00726552
					
	0.0101636	0.0101781	0.0117608	0.011976	0.012131
					
FixEWCH5	5.05083e-031	0.000970065	0.00307196	0.00580331	0.00691128
					
	0.00770932	0.00771065	0.00898558	0.00932918	0.010326
					

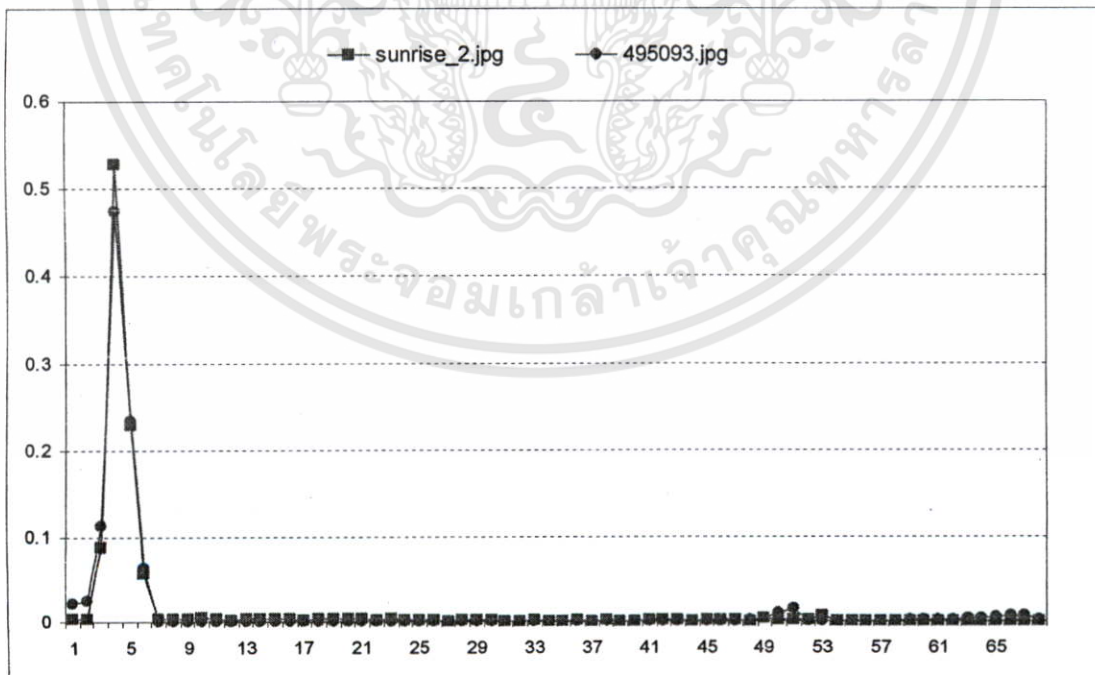
รูปที่ 5.11 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพพระอาทิตย์ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับรูปที่ 5.11 แสดงผลการค้นคืนภาพจากฐานข้อมูลโดยใช้ภาพคำถามเป็นภาพพระอาทิตย์ขึ้น โดยที่ยังไม่เห็นดวงอาทิตย์เต็มดวงนั้น จะเห็นว่าในการค้นคืนภาพโดยใช้คำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรมสีเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการถ่วงน้ำหนัก (ECH) ได้ผลการค้นคืนในตำแหน่งที่ 1 คือ ภาพ sunrise\_2 ซึ่งคือภาพคำถามที่ใช้ในการค้นคืน ส่วนในตำแหน่งที่ 4 คือ ภาพ 495093 (ภาพวาดดอกไม้) จะเห็นได้ว่าทั้ง 2 ภาพนี้แตกต่างกันมาก (รูปที่ 5.12) แต่เมื่อสร้างฮิสโตแกรมสีของภาพทั้ง 2 ภาพนี้ จะได้กราฟดังรูปที่ 5.13 ซึ่งพบว่าฮิสโตแกรมของภาพทั้ง 2 ภาพคล้ายกันมาก และเมื่อหาค่าความต่างของภาพด้วยวิธี Euclidean distance of Color Histogram (ECH) ระหว่างฮิสโตแกรมของภาพ sunrise\_2 และ ภาพ 495093 ตามสมการที่ (4.3) ในบทที่ 4 แล้วจะได้ค่าเท่ากับ 0.00498



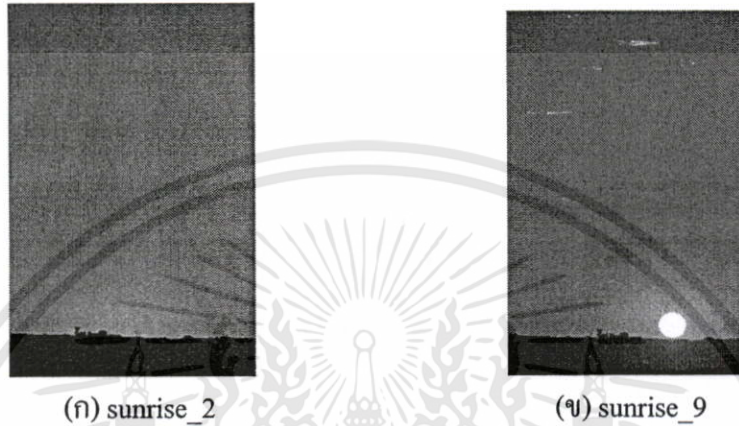
รูปที่ 5.12 ภาพพระอาทิตย์ขึ้นและภาพวาดดอกไม้



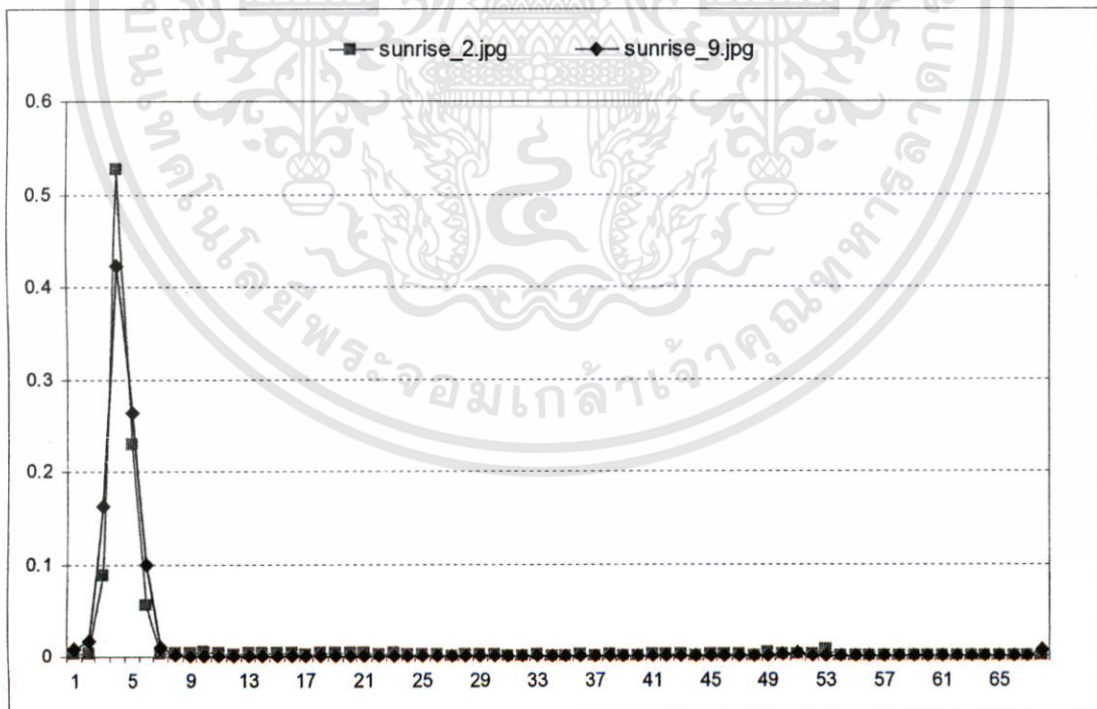
รูปที่ 5.13 ฮิสโตแกรมสีของภาพพระอาทิตย์ขึ้นและภาพวาดดอกไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อลองพิจารณารูป sunrise\_2 และ sunrise\_9 ตามรูปที่ 5.14 จะเห็นได้ว่าภาพทั้ง 2 ภาพ คล้ายกันมากแต่ภาพ sunrise\_9 เป็นภาพพระอาทิตย์ขึ้นที่เห็นพระอาทิตย์เกือบเต็มดวง และมีแสงสว่างจากรัศมีของพระอาทิตย์มากกว่าภาพ sunrise\_2 ซึ่งยังไม่มีดวงพระอาทิตย์ขึ้นมา ทำให้เมื่อสร้างฮิสโตแกรมสีของภาพทั้ง 2 ภาพจะได้ค่าของสีต่างกันเล็กน้อย ณ ตำแหน่งที่มีความสว่างของภาพ และมีจำนวนสีน้ำตาลของท้องฟ้าต่างกัน ดังกราฟดังรูปที่ 5.15



รูปที่ 5.14 ภาพพระอาทิตย์ขึ้น



รูปที่ 5.15 ฮิสโตแกรมสีของภาพพระอาทิตย์ขึ้น ภาพ 2 และภาพ 9

จากกราฟฮิสโตแกรมสีรูปที่ 5.15 จะเห็นว่าค่าของข้อมูลในบิตที่ 3 บิตที่ 4 บิตที่ 5 และบิตที่ 6 ซึ่งเก็บค่าระดับสีน้ำตาลมีจำนวนข้อมูลสีในบิตช่วงนี้แตกต่างกันมาก เมื่อหาค่า Euclidean distance of Color Histogram (ECH) ของภาพ sunrise\_2 และ sunrise\_9 แล้วจะได้ค่าเท่ากับ 0.02008 ทำให้เมื่อค้นคืนภาพโดยใช้ฮิสโตแกรมสีแบบ ECH ภาพ sunrise\_9 จะไม่ปรากฏอยู่ในช่วงตำแหน่งต่างๆ ของผลการค้นคืนภาพ ในขณะที่ภาพ 495093 จะปรากฏอยู่ในตำแหน่งที่ 4 ของผลการค้นคืนภาพ

แต่เมื่อใช้ค่าจำกัดความสัมพันธ์กับการกระจายน้ำหนักด้วยค่าคงที่ในการค้นคืนภาพ จะพบว่าเมื่อหาค่าความต่างของค่าจำกัดความสัมพันธ์ตามรูปแบบคือ FixWECH และ FixEWCH ที่ได้นำเสนอนั้น ผลการค้นคืนภาพจากตัวอย่างรูปที่ 5.11 แสดงให้เห็นว่า การค้นคืนภาพตามแบบ FixWECH นั้นให้ผลการค้นคืนภาพที่ใกล้เคียงกับวิธี ECH ซึ่งไม่มีการถ่วงน้ำหนักให้กับข้อมูลสีในฮิสโตแกรม แต่เมื่อใช้วิธีการค้นคืนภาพตามแบบ FixEWCH3 และ FixEWCH5 ค้นคืนภาพ sunrise\_2 จะปรากฏภาพ sunrise\_9 อยู่ในตำแหน่งต่างๆ ของการค้นคืนด้วย

จากการทดลองนี้พบว่าเมื่อใช้ค่าจำกัดความสัมพันธ์กับการถ่วงน้ำหนักสีข้างเคียงสีในฮิสโตแกรมสำหรับการค้นคืนภาพนั้นสามารถดึงภาพที่มีความใกล้เคียงกับภาพค่าตามได้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในขั้นตอนการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมสีของภาพนั้นมีการกระจายน้ำหนักให้กับสีข้างเคียงสีในฮิสโตแกรมด้วย ซึ่งจะดึงเอาความสัมพันธ์ของการกระจายของสีต่างๆ ที่อยู่ข้างเคียงมารวมพิจารณาด้วย ทำให้ได้ผลลัพธ์จากการค้นคืนภาพที่ดีขึ้น เมื่อวัดประสิทธิภาพระหว่างการค้นคืนภาพโดยใช้ค่าจำกัดความสัมพันธ์แบบฮิสโตแกรมวิธี ECH กับการใช้ค่าจำกัดความสัมพันธ์กับการกระจายน้ำหนักตามวิธี WECH และ EWCH นั้นจะพบว่าผลการค้นคืนภาพตามวิธี WECH ให้ผลการค้นคืนภาพที่ดีกว่าเล็กน้อยในบางกรณี แต่โดยส่วนใหญ่แล้วจะให้ผลใกล้เคียงกับวิธี ECH แต่การค้นคืนภาพตามแบบ EWCH โดยส่วนใหญ่จะให้ผลการค้นคืนที่มีประสิทธิภาพดีกว่า ECH และ WECH

## 5.5 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพเปรียบเทียบการถ่วงน้ำหนักแบบสัดส่วนคงที่และแบบเกาส์เซียน

ในหัวข้อนี้ทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการถ่วงน้ำหนักของสี ระหว่างวิธีการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่และการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน



ภาพคำถาม

ECH	4.69432e-031	0.00186103	0.00396217	0.00522286	0.00769396
FixEWCH3	0.0100208	0.0126051	0.0137832	0.0151492	0.0172707
EWCH3s1	7.01633e-031	0.00485481	0.0106356	0.0132877	0.0171137
FixEWCH5	0.0200019	0.0212143	0.022215	0.025012	0.0308344
EWCH5s1	7.77888e-031	0.00576177	0.0127134	0.0158941	0.0202838
FixEWCH3s1	0.0225358	0.0253656	0.0254421	0.0285914	0.0344207
EWCH3s1	7.06453e-031	0.00564516	0.0139099	0.0170798	0.0201851
FixEWCH5s1	0.0206894	0.0222472	0.0253807	0.0261855	0.0270258
EWCH5s1	8.1415e-031	0.00618201	0.0145256	0.0179503	0.0218868
FixEWCH3s1	0.0228421	0.0242811	0.0282797	0.0285678	0.0307045

รูปที่ 5.16 ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพอาคารสีน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.12 ค่า NMRR ของการค้นคืนภาพอาคารสีน้ำตาล

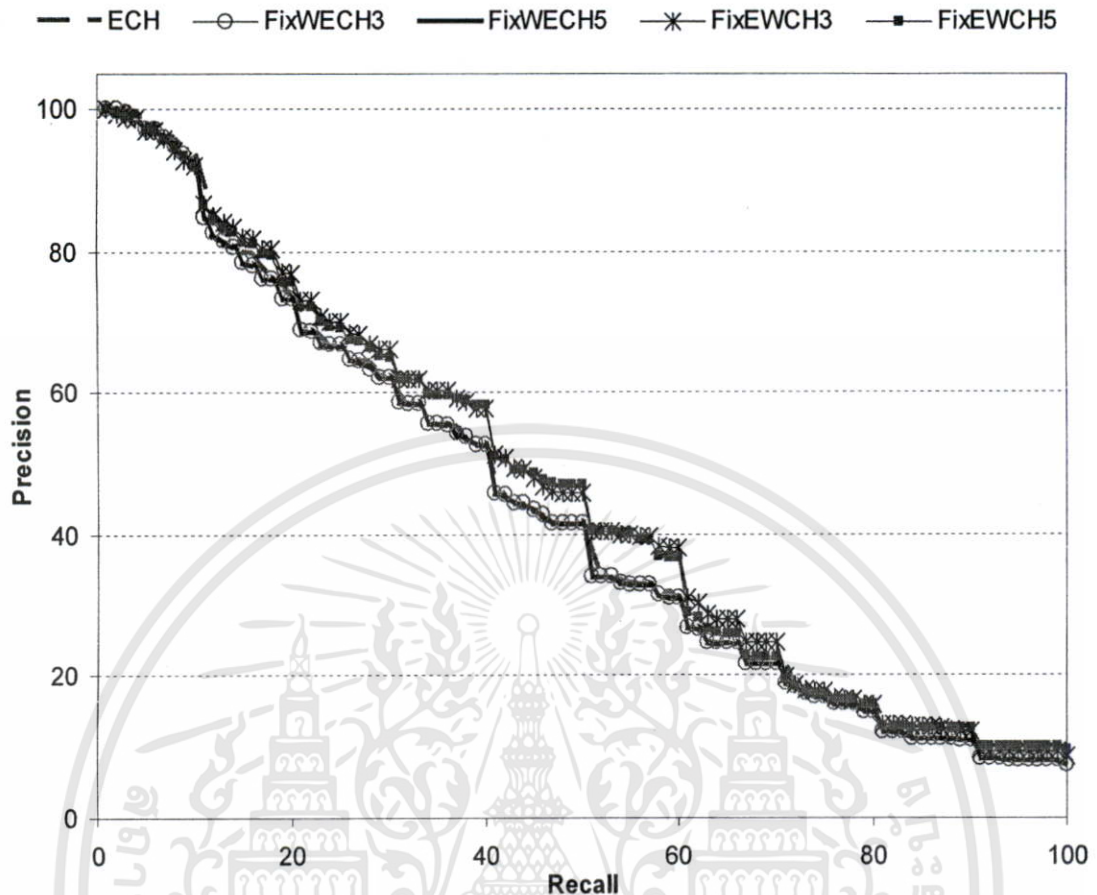
วิธีการค้นคืนภาพ	ค่า NMRR
ECH	0.4676
FixEWCH3	0.2592
EWCH3s1	0.2366
FixEWCH5	0.2085
EWCH5s1	0.2000

จากการทดลองสามารถแสดงประสิทธิภาพโดยรวมของระบบด้วยค่า ANMRR ได้ดังตารางที่ 13 และตารางที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ยของการเรียกคืนและความแม่นยำในการค้นคืนภาพได้ดังกราฟในรูปที่ 17 และรูปที่ 18

ตารางที่ 5.13 แสดงค่า ANMRR (Average NMRR) และกราฟรูปที่ 5.17 แสดงค่าเฉลี่ยของการเรียกคืนและความแม่นยำในการค้นคืนภาพจากการทดลองค้นคืนภาพโดยให้การกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ ทั้งหมด 100 ภาพ

ตารางที่ 5.13 ค่า ANMRR จากการทดลองค้นคืนภาพโดยการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่

วิธีการค้นคืนภาพ	ค่า ANMRR
ECH	0.4911
FixWECH3	0.4788
FixWECH5	0.4806
FixEWCH3	0.4528
FixEWCH5	0.4529

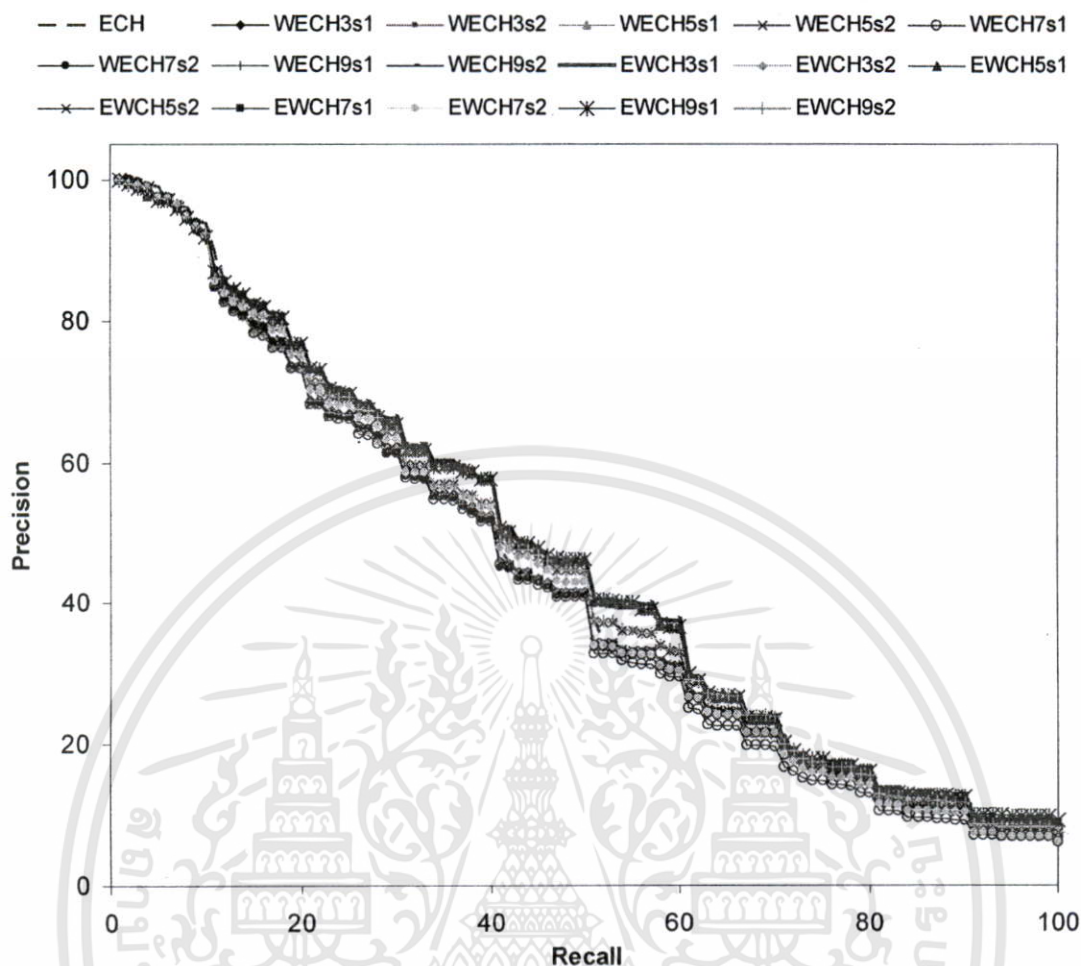


รูปที่ 5.17 กราฟเฉลี่ยของการเรียกคืนและความแม่นยำในการค้นคืนภาพโดยการใช้คำจำกัดความที่  
ร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่

ตารางที่ 5.14 แสดงค่า ANMRR (Average NMRR) และกราฟรูปที่ 5.18 แสดงค่าเฉลี่ยของการเรียกคืนและความแม่นยำในการค้นคืนภาพ จากการทดลองค้นคืนภาพ โดยให้การกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน ทั้งหมด 100 ภาพ

ตารางที่ 5.14 ค่า ANMRR จากการทดลองค้นคืนภาพ โดยการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน

วิธีการค้นคืนภาพ	ค่า ANMRR
ECH	0.4911
WECH3s1	0.4808
WECH3s2	0.4811
WECH5s1	0.4809
WECH5s2	0.4812
WECH7s1	0.4834
WECH7s2	0.5560
WECH9s1	0.4816
WECH9s2	0.4813
EWCH3s1	0.4533
EWCH3s2	0.4629
EWCH5s1	0.4530
EWCH5s2	0.4641
EWCH7s1	0.4521
EWCH7s2	0.4657
EWCH9s1	0.4560
EWCH9s2	0.4654



รูปที่ 5.18 กราฟค่าเฉลี่ยของการเรียกคืนและความแม่นยำในการค้นคืนภาพ โดยใช้คำจำกัดความสี ร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน

เมื่อวัดประสิทธิภาพระหว่างการใช้คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ และการใช้คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียนค้นคืนภาพ เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ทำให้พบว่า การค้นคืนภาพทั้งสองวิธีนี้มีค่าเฉลี่ยของการเรียกคืนและความแม่นยำที่ใกล้เคียงกัน โดยที่การกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่จะให้ผลการค้นคืนภาพที่ดีสำหรับภาพที่มีจำนวนสีในภาพไม่หลากหลายนัก ส่วนการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียนจะให้ผลการค้นคืนภาพที่ดีมากในกรณีที่มีสีที่ไล่เฉดสีกัน สำหรับภาพทั่วไปโดยรวมแล้ว การเลือกการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียนจะให้ผลการค้นคืนที่ดีกว่าการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่






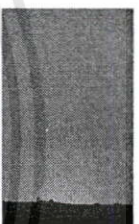
การค้นคืนภาพตามแบบ EWCH โดยส่วนใหญ่จะให้ผลการค้นคืนที่มีประสิทธิภาพดีกว่า WECH และ ECH และจะพบขนาดของการให้น้ำหนักที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน คือค่า EWCH7s1 แต่เมื่อปรับขนาดเป็น EWCH9 แล้ว พบว่าผลการค้นคืนภาพจะเอกสารนเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แย้ง เนื่องจากเมื่อเพิ่มขนาดบิตที่ใช้สำหรับให้น้ำหนักในการเปรียบเทียบมากเกินไปสี่ข้างเคียงที่อยู่ไกลออกไปซึ่งไม่ใช่กลุ่มสีเดียวกันกับสีที่กำลังพิจารณาอยู่จะถูกดึงมาให้น้ำหนักด้วย จึงทำให้ค่าที่ได้นั้นมีความผิดเพี้ยนไป

## 5.6 การค้นคืนภาพ ร่วมกับการปรับค่า Contrast และ Brightness

ในหัวข้อนี้ทำการทดลองเพื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการค้นคืนภาพว่า ถ้าหากภาพคำถามถูกปรับ Contrast (ความแตกต่าง) และ Brightness (ความสว่าง) ของภาพแล้ว จะมีผลกระทบต่อกระบวนการค้นคืนภาพด้วยรูปแบบต่างๆ ที่นำเสนอไปในตอนต้นอย่างไร

ผลของการค้นคืนภาพโดยปรับค่า Contrast และ Brightness ด้วยค่าต่างๆ แสดงด้วยค่า NMRR โดยค่าที่น้อยที่สุดคือวิธีที่ดีที่สุด ดังรูปที่ 5.19

	Original	Brightness 15%	Brightness 25%	Contrast 15%	Contrast 30%	Con&Bright 30%
Sunrise						
<i>ECH</i>	0.2845	0.3859	0.4225	0.4394	0.9155	0.9268
<i>WECH</i>	0.2845	0.3887	0.4197	0.4451	0.9155	0.9268
<i>EWCH</i>	0.1606	0.2394	0.3296	0.3465	0.9380	0.8930

รูปที่ 5.19 ผลของการค้นคืนภาพโดยปรับค่า Contrast และ Brightness

จากผลการทดลองปรับค่า Contrast และ Brightness ของภาพคำถาม จะพบว่าเมื่อปรับค่า Contrast และ Brightness เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย จะทำให้ช่วยลดสัญญาณรบกวน (Noise) ในภาพ ซึ่งมีผลทำให้การค้นคืนภาพด้วยเทคนิคต่างๆ ที่นำเสนอดีขึ้นในทุกๆ วิธี

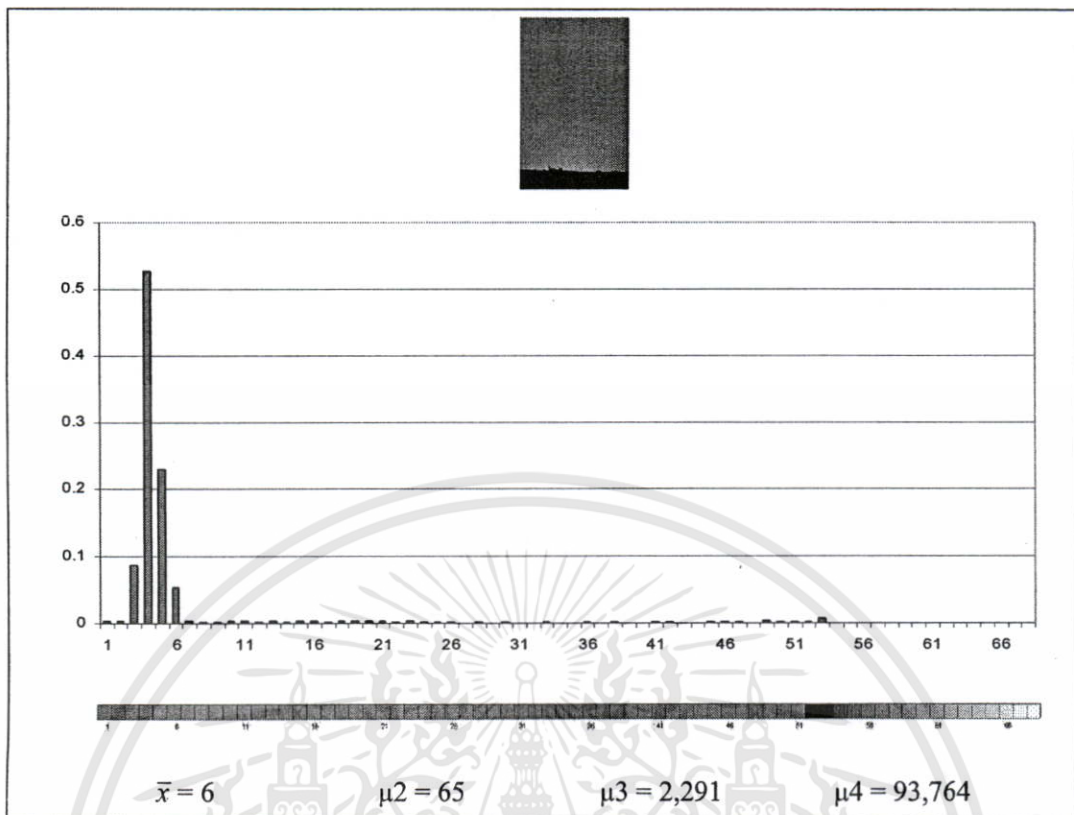
แต่เมื่อภาพคำถามถูกปรับค่า Contrast และ Brightness เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ข้อมูลสีในภาพจะมีความผิดเพี้ยนไป ทำให้ผลการสืบค้นคืนภาพด้วยวิธีต่างๆ แย่ลง แต่วิธีที่ยังคงให้ค่าความแม่นยำดีที่สุดคือการค้นคืนภาพด้วยวิธี EWCH ดังนั้นวิธีนี้จึงเป็นวิธีที่มีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของภาพมากที่สุด

## 5.7 ผลการทดลองใช้โมเมนต์เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมของเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบฮิสโตแกรม

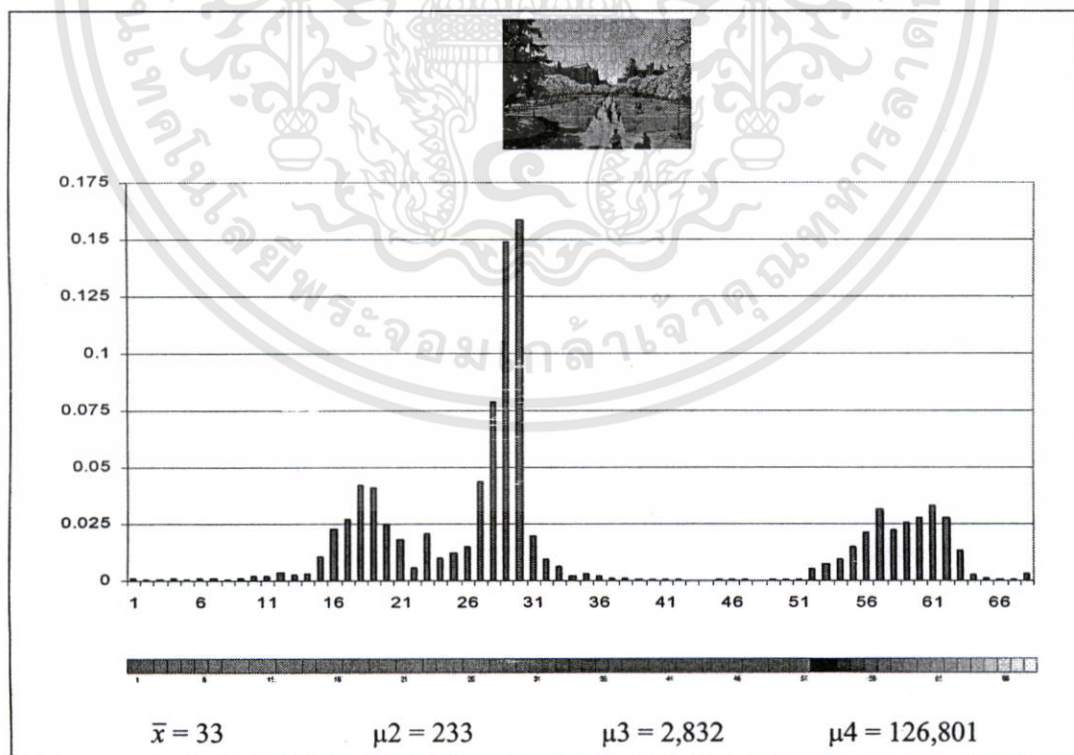
เมื่อพิจารณารูปร่างของฮิสโตแกรมร่วมกับค่าโมเมนต์จะพบว่า

- ค่า  $\bar{x}$  เป็นตัวบอกค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (ตำแหน่งการเกาะกลุ่ม) ของฮิสโตแกรมว่าอยู่ช่วงใดของกราฟในช่วง 1 ถึง 68 โดยถ้าค่า  $\bar{x}$  มีค่าน้อย แสดงว่าฮิสโตแกรมจะมีน้ำหนักอยู่ในช่วงโทนีสี่ ส่วนถ้า  $\bar{x}$  มีค่ามาก แสดงว่าฮิสโตแกรมจะมีน้ำหนักไปอยู่ในช่วงโทนีสี่เทา
- ค่า  $\mu_2$  บอกถึงการกระจายตัวของฮิสโตแกรม เทียบจากค่า  $\bar{x}$  คือ
  - 1) ถ้า  $\mu_2$  น้อยๆ (หลักสิบ) แสดงว่าฮิสโตแกรมมีลักษณะเกาะกลุ่ม ใกล้กับค่าเฉลี่ย  $\bar{x}$
  - 2) ถ้า  $\mu_2$  มากๆ (หลักร้อย) แสดงว่าฮิสโตแกรมมีการกระจายตัวจากค่าเฉลี่ย  $\bar{x}$  โดยจะมีกลุ่มข้อมูลกระจายตัวมาก โดยจะกระจายไปหลายบิน (หลายช่วงสี่)
- ค่า  $\mu_3$  บอกว่า ฮิสโตแกรม เอียงไปด้านใด คือ
  - 1) ถ้า  $\mu_3$  มากๆ แสดงว่าข้อมูลจะอยู่ทางด้านซ้าย ของฮิสโตแกรมคือเอียงไปทางบินที่ 1
  - 2) ถ้า  $\mu_3$  น้อยๆ จนถึงติดลบ แสดงว่าข้อมูลจะอยู่ทางด้านขวาของฮิสโตแกรม คือเอียงไปทางบินที่ 68

จากการทดลองจะพบว่า ภาพ โดยส่วนใหญ่มีการกระจายของสี่แบบ Normal distribution หรือ การกระจายตัวแบบ Gaussian distribution ซึ่งการค้นคืนภาพด้วยวิธี EWCH จะให้ผลการค้นคืนที่ดีมากสำหรับฮิสโตแกรมที่มีการกระจายของสี่ในลักษณะแบบนี้ สามารถพิจารณาจากค่า  $\mu$  โดยค่าที่ดีที่สุดคือ ฮิสโตแกรมมีค่า  $\mu_2$  น้อยกว่า 300 มีค่า  $\mu_3$  น้อยกว่า 3,000 และมีค่า  $\mu_4$  น้อยกว่า 320,000 แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 5.20 ถึงภาพที่ 5.23

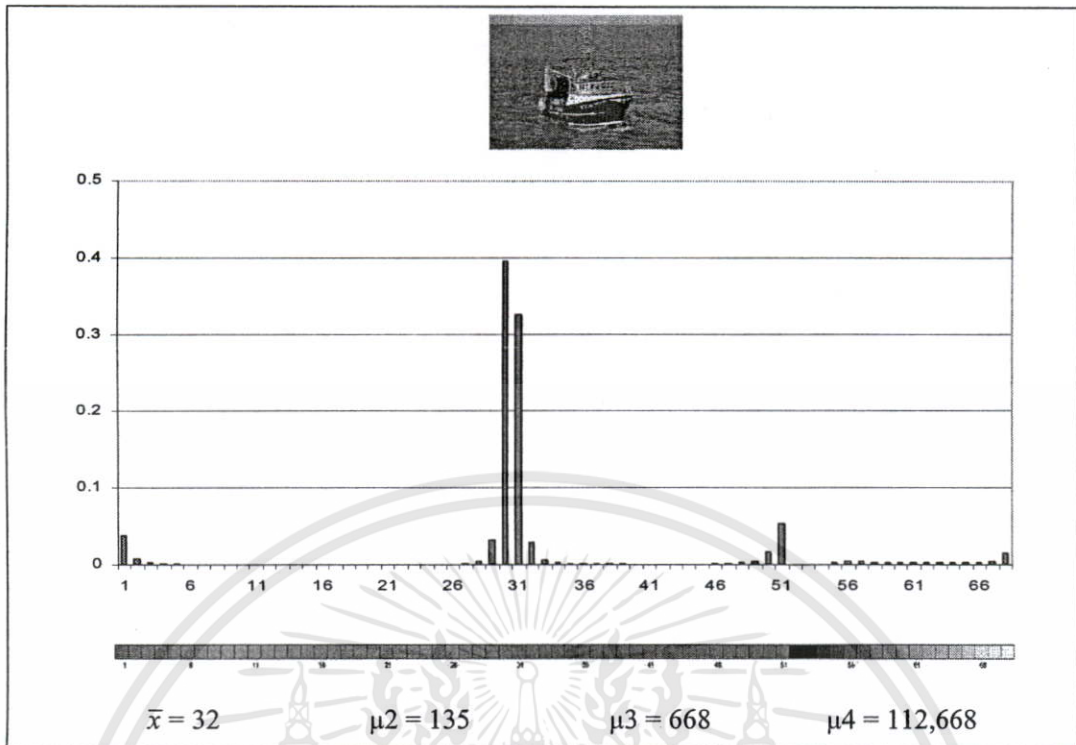


รูปที่ 5.20 ข้อมูลของภาพพระอาทิตย์ขึ้น

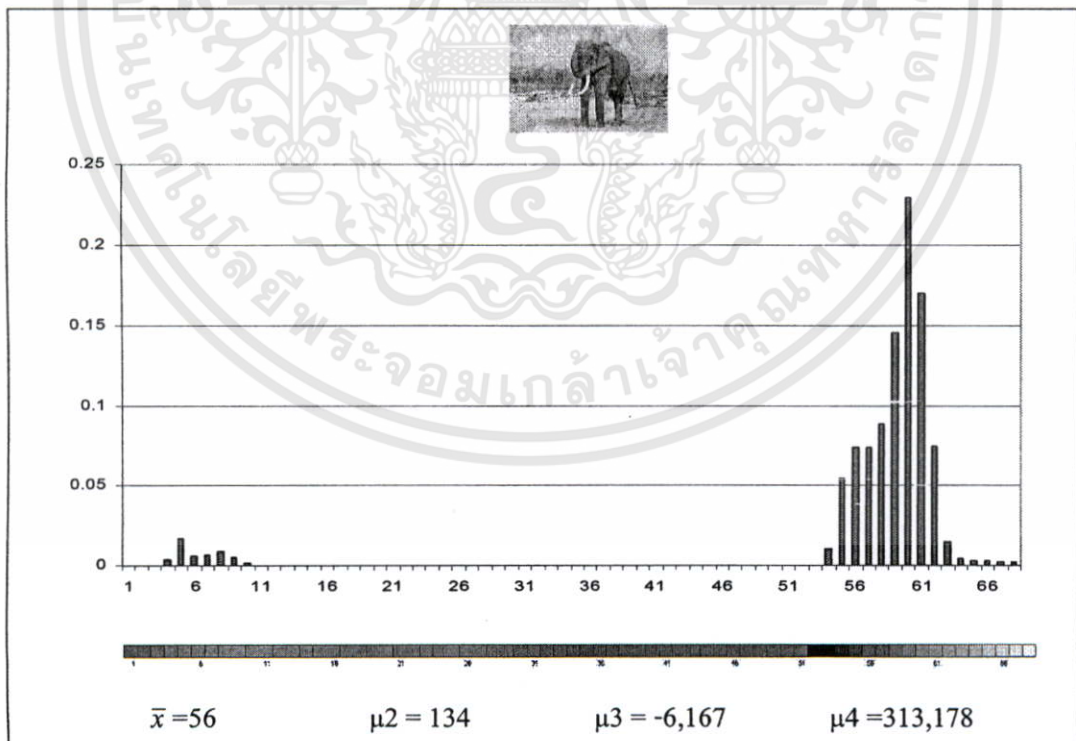


รูปที่ 5.21 ข้อมูลของภาพทิวทัศน์สวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.22 ข้อมูลของภาพเรือहाปลา

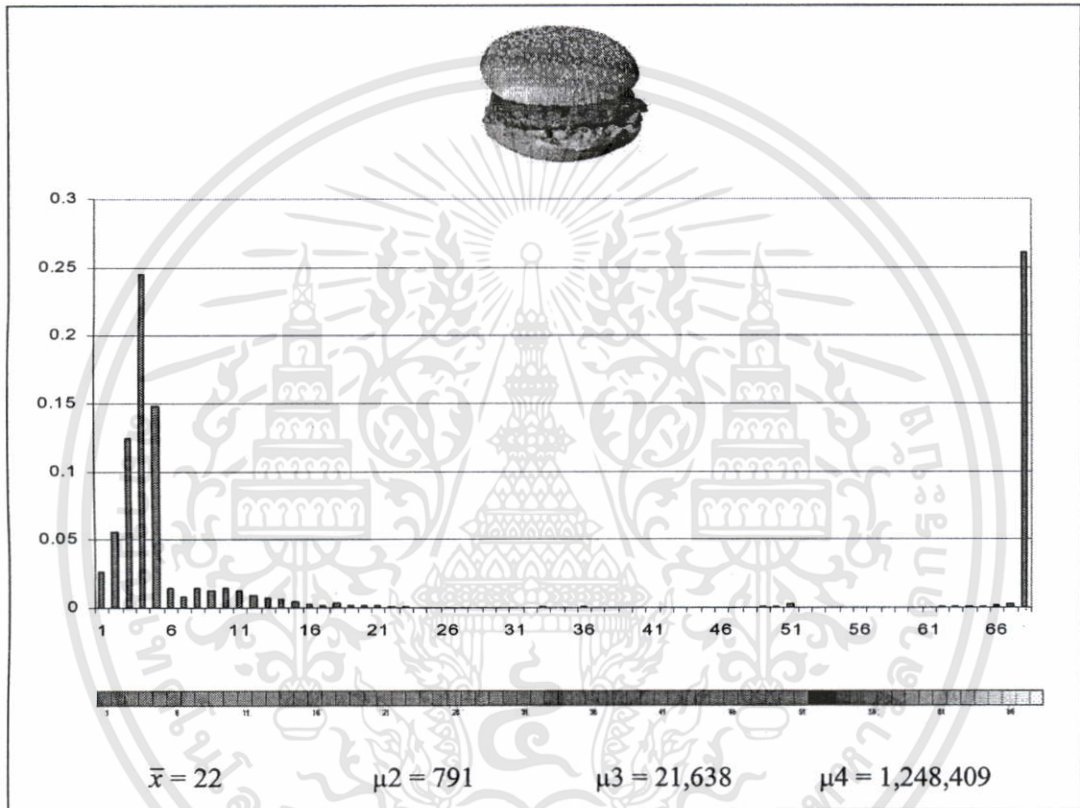


รูปที่ 5.23 ข้อมูลของภาพช้าง

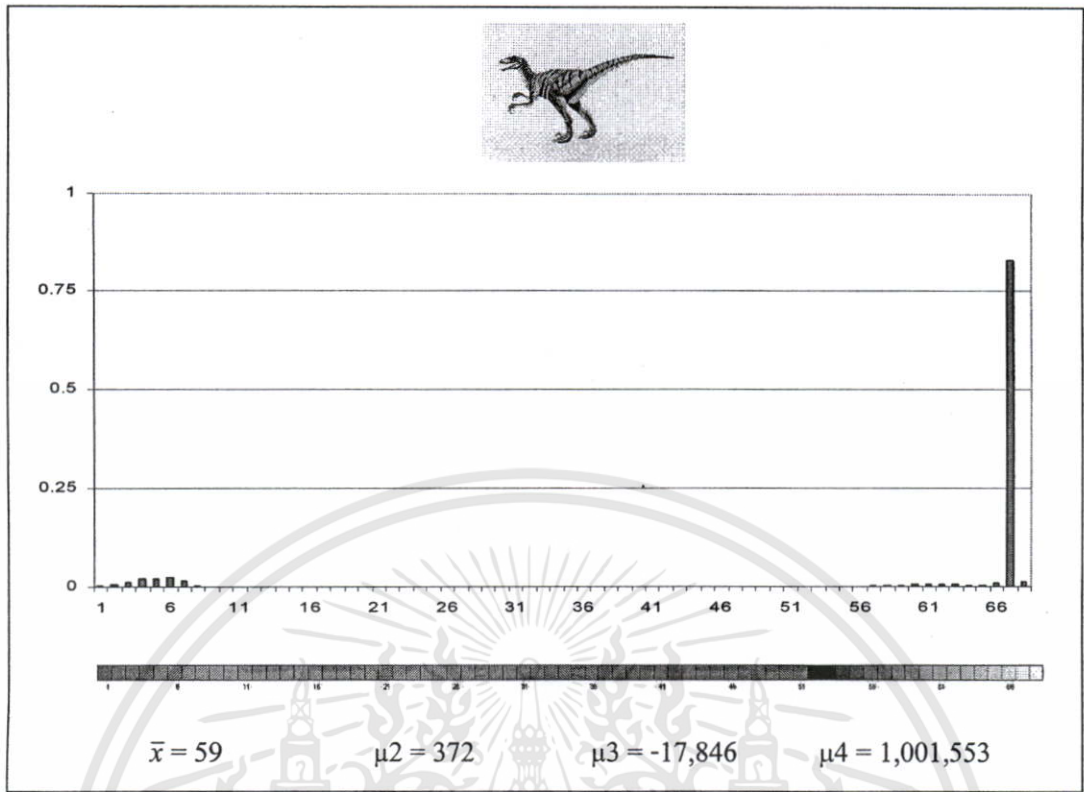
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในบางกรณีนั้น จะพบว่าฮิสโตแกรมสีของภาพมีการกระจายตัวที่ไม่เป็นแบบ Normal distribution ซึ่งภาพลักษณะนี้สามารถเลือกใช้การค้นคืนด้วยวิธี WECH และวิธี ECH ได้ โดยมีหลักการพิจารณาดังนี้

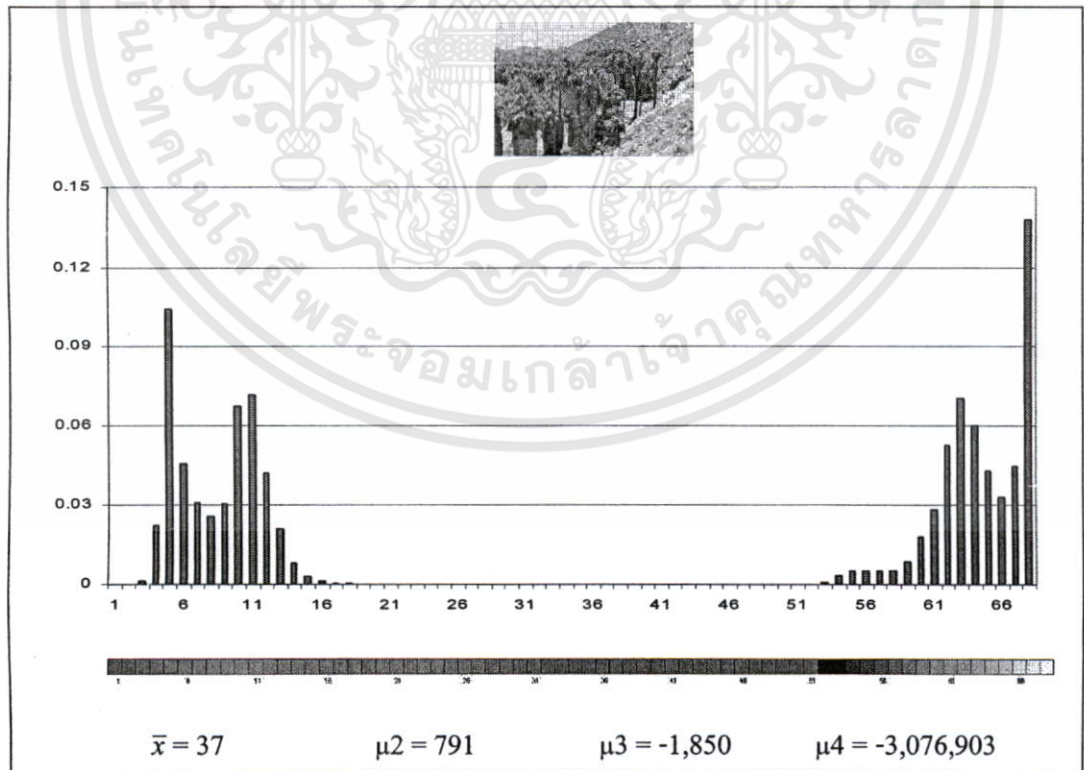
การค้นคืนภาพด้วยวิธี WECH นั้น จะทำงานได้ดีกับภาพที่มีฮิสโตแกรมของสีและฮิสโตแกรมขาวดำแยกออกจากกันอย่างชัดเจน หากพิจารณาจากค่า  $\mu$  จะพบว่า มีค่า  $\mu_2$  มากๆ อยู่ในช่วง 350 ถึง 800 และมีค่า  $\mu_4$  มากๆ คือมากกว่า 1,000,000 แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 5.24 ถึงภาพที่ 5.26



รูปที่ 5.24 ข้อมูลของภาพแฮมเบอร์เกอร์



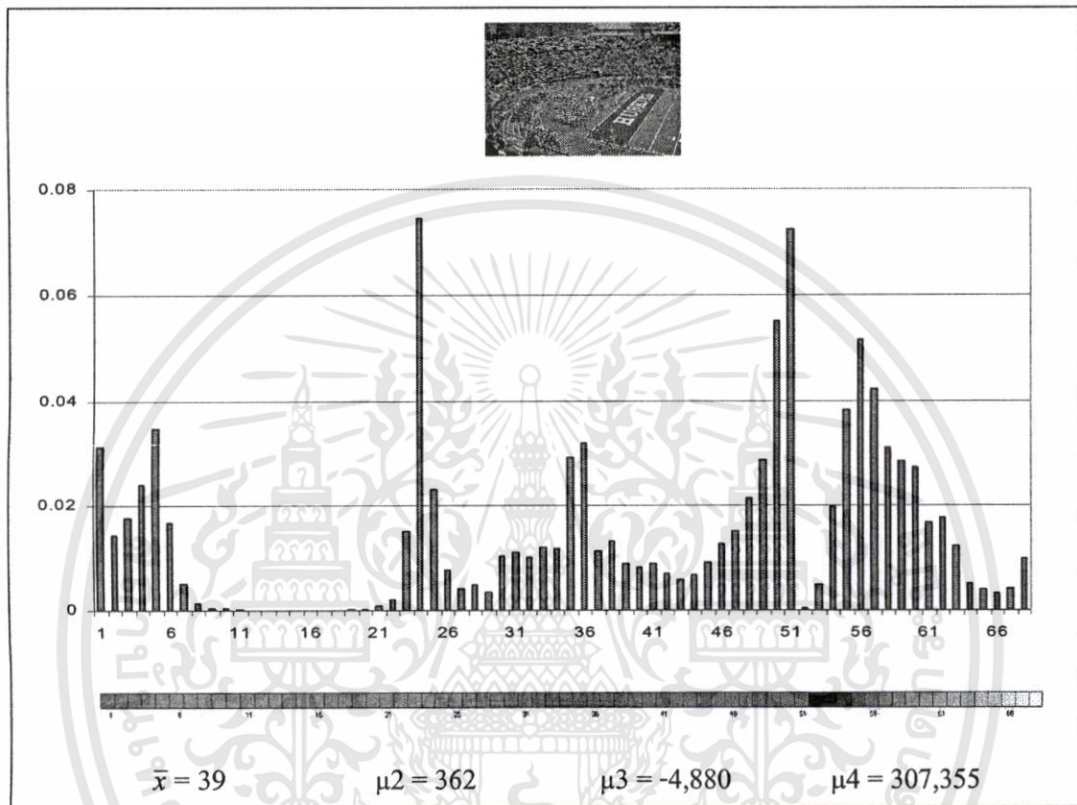
รูปที่ 5.25 ข้อมูลของภาพไดโนเสาร์



รูปที่ 5.26 ข้อมูลของภาพต้นปาล์ม

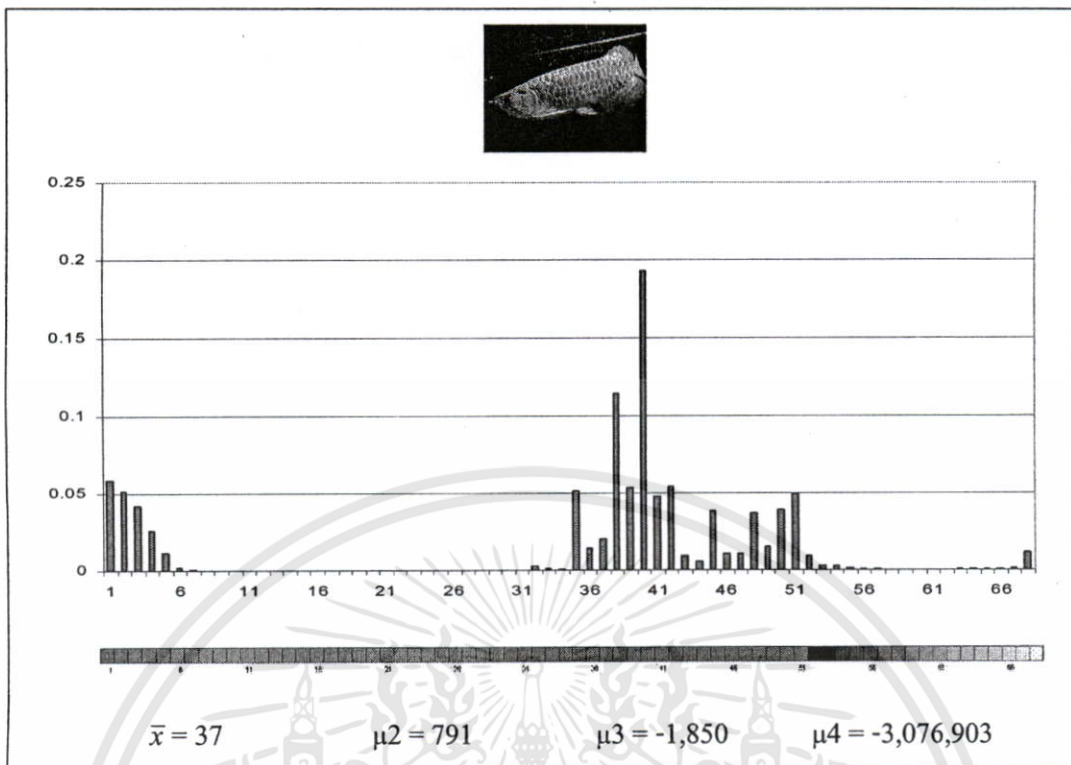
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการค้นคืนภาพด้วยวิธี ECH นั้น จะทำงานได้ดีกับภาพที่มีฮิสโตแกรมของสีกระจายอยู่  
หลากหลายช่วงสี ทั้งในโทนสีและโทนขาวดำไม่แยกออกจากกันอย่างชัดเจน หากพิจารณาจากค่า  
 $\mu$  จะพบว่า มีค่า  $\mu_2$  อยู่ในช่วง 300 ถึง 400 และมีค่า  $\mu_4$  ไม่มาก คืออยู่ในช่วง 200,000 ถึง 350,000  
แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 5.27 ถึงภาพที่ 5.29

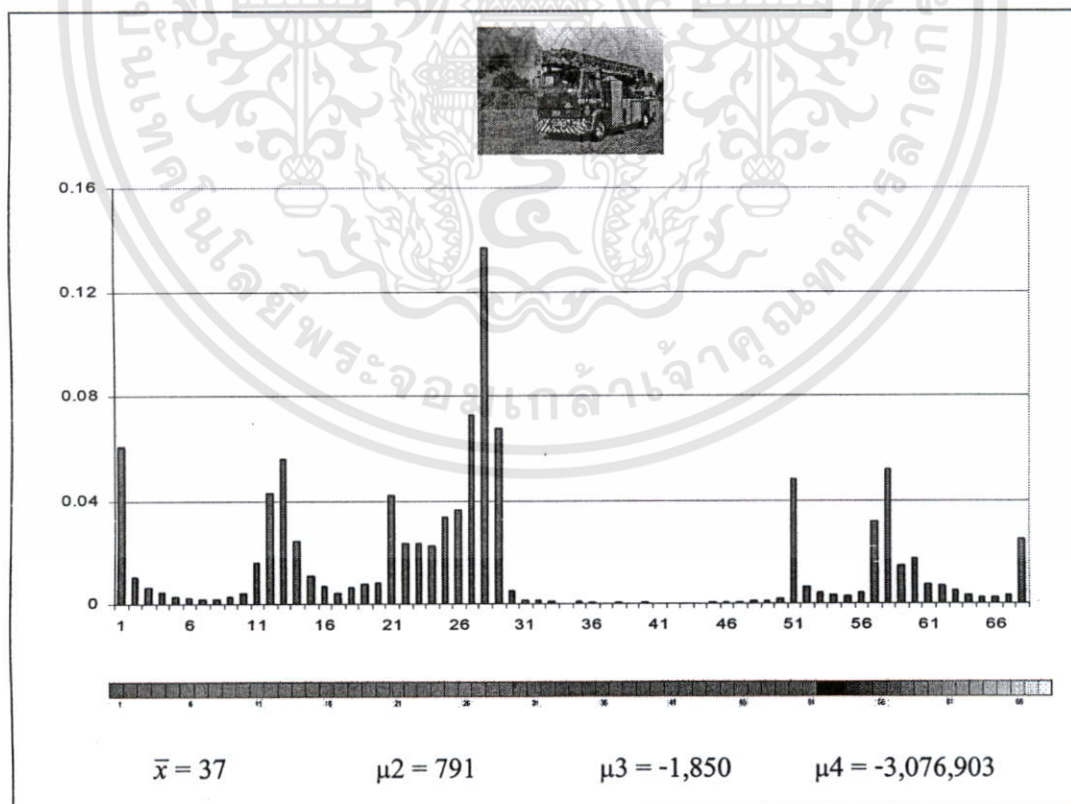


รูปที่ 5.27 ข้อมูลของภาพสนามฟุตบอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.28 ข้อมูลของภาพปลามังกร



รูปที่ 5.29 ข้อมูลของภาพรถดับเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพรวมทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า วิธีการค้นหาภาพแบบ EWCH จะทำงานได้ผลที่ดีมากสำหรับภาพที่มีฮิสโตแกรมสีที่มีโทนสีหลักไม่มากนัก และมีการกระจายตัวใกล้เคียงกับ Normal distribution หรือ Gaussian distribution กล่าวคือ ข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ในช่วงของโทนสีระหว่างช่วงโทนสีกับช่วงของโทนสีเทา ซึ่งมีค่าการกระจายตัว  $\mu_2$ ,  $\mu_3$ , และ  $\mu_4$  ค่อนข้างต่ำ

สำหรับวิธีการค้นหาภาพแบบ ECH นั้นจะทำงานได้ผลดีในกรณีที่ฮิสโตแกรมของภาพมีข้อมูลโทนสีจำนวนมาก มีการกระจายไปในหลากหลายช่วงโทนสีและโทนสีเทา ซึ่งมีค่าการกระจายตัว  $\mu_2$ ,  $\mu_3$ , และ  $\mu_4$  ค่อนข้างสูง

และวิธีการค้นหาภาพแบบ WECH จะทำงานได้ผลดีในกรณีที่ฮิสโตแกรมของภาพมีข้อมูลโทนสี และโทนสีเทา กระจายแยกจากกันอย่างชัดเจน ซึ่งมีค่าการกระจายตัว  $\mu_2$ ,  $\mu_3$  และ  $\mu_4$  สูงมาก

## 5.8 เวลาที่ใช้ในการค้นหาภาพ

การทดลองเพื่อวัดเวลาที่ใช้ในการค้นหาภาพนี้ใช้โปรแกรมที่เขียนโดยใช้คำสั่งของ MATLAB สำหรับการวัดเวลาของโปรแกรมที่ใช้ในการค้นหาภาพโดยใช้คำสั่งจำกัดความสีด้วยวิธี ECH มีขั้นตอนดังนี้

1. อ่านฐานข้อมูลภาพรวมทั้งคำสั่งจำกัดความสีของภาพทั้งหมดมาเก็บไว้
2. อ่านภาพคำถามแล้วสร้างคำสั่งจำกัดความสีของภาพคำถาม
3. หาค่า Euclidean distance ระหว่างคำสั่งจำกัดความสีของภาพคำถามกับคำสั่งจำกัดความสีของภาพในฐานข้อมูลทุกภาพ
4. สุดท้ายแสดงผลของการค้นหาภาพโดยเรียงภาพตามค่า Euclidean distance จากน้อยไปมากแล้วแสดงผล

ในส่วนของโปรแกรมที่ใช้คำสั่งจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบต่างๆ มีขั้นตอนดังนี้

1. อ่านฐานข้อมูลภาพรวมทั้งคำสั่งจำกัดความสีของภาพทั้งหมดมาเก็บไว้
2. อ่านภาพคำถามแล้วสร้างคำสั่งจำกัดความสีของภาพคำถามและคำสั่งจำกัดความสีของภาพทั้งหมดในฐานข้อมูล โดยที่
3. หาค่าความต่างระหว่างคำสั่งจำกัดความสีของภาพคำถาม

3.1 ถ้าต้องการหาความต่างด้วยวิธี WECH ให้ทำการหาค่าความต่างระหว่างคำสั่งจำกัดความสีของภาพคำถามกับคำสั่งจำกัดความสีของภาพในฐานข้อมูลก่อนเพื่อให้ได้คำสั่งจำกัดสีชุดใหม่ออกมา จากนั้นนำคำสั่งจำกัดความสีใหม่นี้คูณด้วยค่าน้ำหนักขนาดต่างๆ ตามที่กำหนด จากนั้นหาผลรวม จึงจะได้ค่าความต่างระหว่างภาพ 2 ภาพ

3.2 ถ้าต้องการหาความต่างด้วยวิธี EWCH คือเริ่มจากนำค่าน้ำหนักขนาดต่างๆ ตามที่ ต้องการหาคูณเข้ากับค่าจำกัดความสีของภาพคำถามและค่าจำกัดความสีของภาพที่จะถูก เปรียบเทียบแต่ละภาพในฐานข้อมูล หลังจากนั้นนำค่าจำกัดความสีของภาพคำถามและภาพใน ฐานข้อมูลที่ถูกให้นำหนักแล้วมาหาค่าความต่าง จะได้ค่าความต่างระหว่างภาพ 2 ภาพ

4. สุดท้ายแสดงผลของการค้นคืนภาพโดยเรียงภาพตามค่าความต่างจากน้อยไปมาก แล้ว แสดงผล

เมื่อทำการทดลองค้นคืนภาพทั้ง 100 ภาพคำถามตามขั้นตอนดังกล่าวแล้ว จึงหาค่าเฉลี่ยของ เวลาที่ใช้ในการค้นคืนภาพแต่ละวิธี ทำให้พบว่าแม้จะค้นคืนภาพโดยใช้ค่าจำกัดความสีร่วมกับการ กระจายน้ำหนักนั้น ไม่ทำให้เสียเวลาเพิ่มขึ้นจากการค้นคืนภาพโดยไม่มีกรถ่วงน้ำหนัก และยังคง ให้ผลการค้นคืนที่ดีกว่า ผลของเวลาเฉลี่ยที่ใช้ไปแสดงดังตารางที่ 5.15

ตารางที่ 5.15 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการค้นคืนภาพ

วิธีการค้นคืนภาพ	เวลาเฉลี่ยของการค้นคืน 100 ภาพคำถาม (วินาที)
ECH	62.98
FixWECH3	62.38
FixWECH5	62.02
FixEWCH3	63.66
FixEWCH5	62.61

ตารางที่ 5.15 (ต่อ) เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการค้นคืนภาพ

วิธีการค้นคืนภาพ	เวลาเฉลี่ยของการค้นคืน 100 ภาพคำถาม (วินาที)
WECH3s1	63.79
WECH3s2	63.79
WECH5s1	63.81
WECH5s2	64.24
WECH7s1	67.70
WECH7s2	67.90
WECH9s1	68.48
WECH9s2	68.40
EWCH3s1	62.80
EWCH3s2	63.30
EWCH5s1	63.06
EWCH5s2	64.24
EWCH7s1	64.54
EWCH7s2	67.70
EWCH9s1	68.64
EWCH9s2	68.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

# สรุปผลการทดลอง

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอระบบสืบค้นคืนภาพ โดยอาศัยคุณลักษณะสีมาใช้ในการสร้างคำจำกัดความสีของภาพ โดยการนำภาพมาแปลงให้อยู่ในแบบจำลองสีแบบ HSV เนื่องจากแบบจำลองสีแบบ HSV เป็นแบบจำลองสีที่คงทนสำหรับภาพที่ถ่ายในสถานะแสงที่ต่างกักัน จากนั้นทำการแปลงภาพทั้งหมดให้อยู่ในรูปของฮิสโตแกรมสี ผลลัพธ์ที่ได้นี้เรียกว่า คำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรม ซึ่งมีขนาด 68 บิต จากนั้นได้ทำการปรับปรุงกระบวนการในการสืบค้นคืนภาพให้สามารถค้นคืนภาพได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้การกระจายน้ำหนักแบบเป็นสัดส่วนคงที่และแบบเกาส์เซียนให้กับการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมสีของภาพ ซึ่งนำเสนอใน 2 รูปแบบ คือแบบ Weighted Euclidean distance of Color Histogram (WECH) และแบบ Euclidean distance of Weighted Color Histogram (EWCH) เพื่อให้สามารถดึงความสัมพันธ์ของข้อมูลสีข้างเคียงสีในฮิสโตแกรมที่กำลังพิจารณาขึ้นมาร่วมพิจารณาด้วยได้ เนื่องจากสีในฮิสโตแกรมสีนั้นเป็นข้อมูลสีที่ไล่ระดับกัน ดังนั้นสีที่อยู่ติดกันจึงเป็นสีที่ใกล้เคียงกันมาก จึงควรจะนำข้อมูลของสีนี้มาร่วมพิจารณาด้วย

### 6.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการทำการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปผล โดยแบ่งออกเป็นสี่หัวข้อดังต่อไปนี้

#### 6.1.1 การค้นคืนภาพโดยอาศัยเทคนิคการวัดค่าความเหมือนของภาพในรูปแบบต่างๆ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการวัดค่าความเหมือนที่พิจารณาความสัมพันธ์ของสีที่สนใจและสีข้างเคียงในรูปแบบของ WECH และ EWCH เทียบกับเทคนิค ECH ซึ่งไม่พิจารณาความสัมพันธ์ของสีข้างเคียง จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้คำจำกัดความสีในการค้นคืนภาพโดยทำการปรับปรุงเทคนิคการค้นคืนด้วยการกระจายน้ำหนักแบบเป็นสัดส่วนคงที่และแบบเกาส์เซียนนั้น การเปรียบเทียบภาพด้วยวิธี WECH นั้น ให้ผลดีกว่าวิธี ECH เพียงเล็กน้อย แต่สามารถให้ผลการค้นคืนภาพได้ดี ในกรณีที่ภาพคำถามนั้นเป็นภาพวัตถุชิ้นเดียวชัดเจนอยู่บนพื้นสีเดียว เนื่องจากภาพลักษณะนี้มีกลุ่มสีที่แยกออกจากกันอย่างชัดเจนจึงไม่เหมาะที่จะนำข้อมูลสีข้างเคียงสีที่กำลังพิจารณาในฮิสโตแกรมมาคำนวณร่วมด้วย

สำหรับการสืบค้นคืนภาพด้วยวิธี EWCH นั้นให้ผลการค้นคืนภาพที่ดีกว่าวิธี WECH และวิธี ECH นั่นคือ สามารถค้นคืนภาพที่คล้ายคลึงกับภาพคำถามได้มากขึ้นและในตำแหน่งที่ดีขึ้นด้วย

และเมื่อพิจารณาปรับค่าขนาดของวินโดว์ (Window) ที่เป็นตัวกำหนดจำนวนสีข้างเคียงที่นำมาประมวลผล สำหรับทั้งการกระจายน้ำหนักแบบเป็นสัดส่วนคงที่ และแบบเกาส์เซียนแล้ว พบว่าเมื่อพิจารณาข้อมูลสีข้างเคียงด้วยวินโดว์ขนาด 3 ขนาด 5 และขนาด 7 นั้น จะทำให้ได้ค่าผลลัพธ์ที่ดี โดยเมื่อพิจารณาการวัดประสิทธิภาพด้วยวิธี ANMRR แล้ว จะได้ขนาดของการกระจายน้ำหนักเท่ากับ 7 เป็นค่าที่ดีที่สุด แต่เมื่อเพิ่มขนาดของการกระจายน้ำหนักเป็น 9 จะทำให้ประสิทธิภาพการค้นคืนภาพลดลง ซึ่งในกรณีนี้สามารถสรุปได้ว่า การดึงข้อมูลสีในบิตที่อยู่ห่างจากสีหลักที่ต้องการพิจารณามากๆ มาร่วมพิจารณาดูด้วยนั้น จะทำให้ข้อมูลสีที่ไม่สัมพันธ์กันถูกนำมาคำนวณด้วย จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพของการสืบค้นภาพลดลง ในส่วนของการปรับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน จากผลการทดลองจะพบว่า เมื่อปรับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเพิ่มขึ้นจะทำให้ความถูกต้องของการสืบค้นภาพลดลง ดังนั้นค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับการทดลองนี้คือ 1 ดังนั้นจากการทดลองทั้งหมดจึงสรุปได้ว่าวิธี EWCH7s1 จึงเป็นค่าที่เหมาะสมจะนำไปใช้งานมากที่สุด

### 6.1.2 การค้นคืนภาพโดยการใช้การกระจายน้ำหนักด้วยเทคนิคต่างๆ

สำหรับการพิจารณาความสัมพันธ์ของสีข้างเคียงที่สนใจ ในการค้นคืนภาพ ในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบการกำหนดค่าการถ่วงน้ำหนักสีข้างเคียง ด้วยการกระจายน้ำหนักแบบสัดส่วนคงที่ และแบบเกาส์เซียน จากผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้ค่าจำกัดความสัมพันธ์กับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่ และการใช้ค่าจำกัดความสัมพันธ์กับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ทำให้เห็นว่าผลการค้นคืนภาพทั้งสองวิธีนี้มีค่าเฉลี่ยของการเรียกคืนและความแม่นยำที่ใกล้เคียงกัน โดยที่การกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่จะให้ผลการค้นคืนภาพที่ดีสำหรับภาพที่มีจำนวนสีในภาพไม่หลากหลายนัก ส่วนการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียนจะให้ผลการค้นคืนภาพที่ดีมากในกรณีที่ภาพนั้นมีสีที่ไล่ระดับเฉดสีกัน สำหรับภาพต่างๆ ไปโดยรวมแล้วการเลือกการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียนจะให้ผลการค้นคืนภาพที่ดีกว่าการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่

### 6.1.3 การค้นคืนภาพโดยการปรับค่า Contrast และ Brightness

จากผลการทดลองปรับค่า Contrast และ Brightness ของภาพคำถาม จะพบว่าเมื่อปรับค่า Contrast และ Brightness เพิ่มขึ้นเล็กน้อยทำให้ช่วยลดสัญญาณรบกวน (Noise) ในภาพ ซึ่งจะมีผลทำให้การค้นคืนภาพของทุกๆ วิธีดีขึ้น

แต่เมื่อภาพคำถามถูกปรับค่า Contrast และ Brightness เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ข้อมูลสีในภาพจะมีความผิดเพี้ยนไป ทำให้ผลการสืบค้นคืนภาพด้วยวิธีต่างๆ แย่ลง แต่วิธีที่ยังคงให้ค่าความแม่นยำที่ดีที่สุดคือวิธี EWCH ดังนั้นวิธีนี้จึงเป็นวิธีที่มีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของภาพมากที่สุด

#### 6.1.4 การค้นคืนภาพโดยใช้ค่าโมเมนต์ช่วยในการเลือกเทคนิคในการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมที่เหมาะสม

จากผลการทดลองนำโมเมนต์มาเป็นตัวช่วยในการวิเคราะห์คุณลักษณะของฮิสโตแกรม เพื่อเลือกเทคนิคการค้นคืนภาพที่เหมาะสมกับภาพถ่ายที่มีฮิสโตแกรมในแต่ละรูปแบบ จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า วิธีการค้นคืนภาพแบบ EWCH จะทำงานได้ผลที่ดีมากสำหรับภาพที่มีฮิสโตแกรมสีที่มีโทนสีหลักไม่มากนัก และมีการกระจายตัวใกล้เคียงกับ Normal distribution หรือ Gaussian distribution กล่าวคือ ข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ในช่วงของโทนสีระหว่างช่วงโทนสีกับช่วงของโทนสีเทา ซึ่งมีค่าการกระจายตัว  $\mu_2$ ,  $\mu_3$ , และ  $\mu_4$  ค่อนข้างต่ำ

สำหรับวิธีการค้นคืนภาพแบบ ECH นั้นจะทำงานได้ผลดีในกรณีที่มีฮิสโตแกรมของภาพมีข้อมูลโทนสีจำนวนมาก มีการกระจายไปในหลากหลายช่วงโทนสีและโทนสีเทา ซึ่งมีค่าการกระจายตัว  $\mu_2$ ,  $\mu_3$ , และ  $\mu_4$  ค่อนข้างสูง

และวิธีการค้นคืนภาพแบบ WECH จะทำงานได้ผลดีในกรณีที่มีฮิสโตแกรมของภาพมีข้อมูลโทนสี และ โทนสีเทา กระจายแยกจากกันอย่างชัดเจน ซึ่งมีค่าการกระจายตัว  $\mu_2$ ,  $\mu_3$ , และ  $\mu_4$  สูงมาก

## 6.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ

เนื่องจากคำจำกัดความสีแบบฮิสโตแกรมที่สร้างขึ้นนี้มีข้อจำกัดในการนำมาใช้ค้นคืนภาพในลักษณะที่ต้องการได้วัตถุในภาพตรงตามธรรมชาติการมองเห็นภาพของมนุษย์ เช่น ดอกกุหลาบสีแดง รถยนต์สีน้ำเงิน หรือทิวทัศน์ต่างๆ โดยการค้นคืนภาพที่มีลักษณะแบบนี้จะต้องอาศัยคุณลักษณะของรูปร่าง พื้นผิว ตำแหน่งของสีภายในภาพ รวมถึงการแบ่งส่วนภาพซึ่งสามารถระบุกลุ่มสีของภาพได้มาใช้ในการค้นคืนภาพ ดังนั้นเพื่อที่จะได้ผลของการค้นคืนที่มีประสิทธิภาพ และได้ภาพที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงเสนอแนะแนวทางในการลดเวลาในการค้นคืน โดยการใช้คุณลักษณะของรูปร่าง พื้นผิว ตำแหน่งของสีภายในภาพ หรือการแบ่งส่วนภาพมาใช้ในการค้นคืนภาพ เพื่อที่จะทำให้ทราบตำแหน่งกลุ่มสีของวัตถุหรือรูปร่างของวัตถุในภาพ โดยทำงานร่วมกับการพิจารณาของผู้ใช้ด้วย คือถ้าผู้ใช้ระบบทราบว่าต้องการสืบค้นภาพโดยภาพต้นฉบับนั้นเป็นภาพวัตถุเดี่ยวบนพื้นสีเดียว ควรใช้การสืบค้นแบบ WECH แต่ถ้าภาพที่ต้องการสืบค้นเป็นภาพทิวทัศน์และภาพที่มีการไล่ระดับเฉดสีนั้น ควรใช้การสืบค้นแบบ EWCH ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้สามารถค้นคืนภาพได้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Deb S. and Zhang Y. "An Overview of Content-based Image Retrieval Techniques." **International Conference on Advanced Information Networking and Application**, vol.1, 2004. pp. 59-64.
- [2] Arnheim R. "Art and Visual Perception: A Psychology of the Creative Eye." The new version (The expanded and revised edition of the original publication of 1954). Berkeley: University of California Pres. 1974.
- [3] Gong Y., Chua H.C. and Guo X. "Image Indexing and Retrieval Based on Color Histograms." **Multimedia Tools and Application**, no.2, 1996. pp.133-15.
- [4] Pingali, G.S.; Jean, Y.; Carlbom, I. "Real Time Tracking for Enhanced Tennis Broadcasts." **IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition**, 1998.
- [5] Swain M.J., Ballard D.H. "Color Indexing." **International Journal of Computer Vision**, vol.7, no. 1, 1991. pp. 11-31.
- [6] Castleman K.R. **Digital Image Processing**. New Jersey: Prentice-Hall. 1996. pp. 140-145.
- [7] Parker J.R. **Algorithms for Image Processing and Computer Vision**. John Wiley & Son. 1997. pp. 84-92.
- [8] Castleman K.R. **Digital Image Processing**. New Jersey : Prentice-Hall. 1996. pp.140-145.
- [9] Tamura H., Mori S., Yamawaki T. "Texture Feature Corresponding to Visual Perception." **IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics**, vol. 8, no. 6, 1987. pp. 460-472.
- [10] P. Brodatz. "Brodatz Textures" [Online]. Available: <http://www.ux.uis.no/~tranden/brodatz.html>.
- [11] Watt A., Policarpo F. **Computer Image**. Harlow : Addison Wesley Longman. 1998. pp. 102-109.
- [12] Albuz, E., Kocalar, E. and Khokhar, A.A. "Scalable color image indexing and retrieval using vector wavelets" **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, vol. 13, 2001. pp. 851-861.
- [13] Stricker M.A. and Orengo M. "Similarity of Color Images" **Storage and Retrieval for Image and Video Database (SPIE)**, vol. 2420 , Feb. 1996. pp. 381-392.
- [14] Stricker M.A. and Dimai A. "Color Indexing with Weak Spatial Constraints" **Storage and Retrieval for Image and Video Database Conf.**, 1996. pp. 29-40.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [29] Yang Chu, Liang-Tien Chia, Sourav S. Bhowmick. "Looking at mapping, indexing & querying of MPEG-7 descriptors in RDBMS with SM3." **MMDB '04: Proceedings of the 2nd ACM international workshop on Multimedia databases**, November 2004.
- [30] Jiayu Tang, Paul H. Lewis. "Using multiple segmentations for image auto-annotation." **CIVR '07: Proceedings of the 6th ACM international conference on Image and video retrieval**, July 2007.
- [31] Kobus Barnard, Pinar Duygulu, David Forsyth, Nando de Freitas, David M. Blei, Michael I. Jordan. "Matching words and pictures." **The Journal of Machine Learning Research**, Vol. 3, March 2003.
- [32] Michael S. Lew, Nicu Sebe, Chabane Djeraba, Ramesh Jain. "Content-based multimedia information retrieval: State of the art and challenges." **ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMCCAP)**, Vol. 2 Issue 1, February 2006.
- [33] Hua Xie, Victor Andreu, Antonio Ortega. "Quantization-based probabilistic feature modeling for kernel design in content-based image retrieval." **MIR '06: Proceedings of the 8th ACM international workshop on Multimedia information retrieval**, October 2006.
- [34] Rui Li, Bir Bhanu, Anlei Dong. "Coevolutionary feature synthesized EM algorithm for image retrieval." **MULTIMEDIA '05: Proceedings of the 13th annual ACM international conference on Multimedia**, November 2005.
- [35] Gustavo Carneiro, Nuno Vasconcelos. "A database centric view of semantic image annotation and retrieval." **SIGIR '05: Proceedings of the 28th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval**, August 2005.
- [36] Ritendra Datta, Dhiraj Joshi, Jia Li, James Z. Wang. "Image retrieval: Ideas, influences, and trends of the new age." **ACM Computing Surveys (CSUR)**, Vol. 40 Issue 2, April 2008.
- [37] Zokai, S.; Wolberg, G. "Image registration using log-polar mappings for recovery of large-scale similarity and projective transformations." **Image Processing, IEEE Transactions on**, Vol. 14, Issue 10, October 2005. pp.1422 – 1434.
- [38] อาริยา อุเทนพัฒน์. 2549. "การค้นคืนรูปภาพโดยใช้การอธิบายสี่แบบ Haar ร่วมกับวิธีการ Pruning." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

- [15] 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. pp. 1-8.
- [16] Chaur-Chin Chen and Hsueh-Ting Chu. "Similarity Measurement between Images." **Proceedings of 29<sup>th</sup> Annual International Computer Software and Application Conference**, 2005.
- [17] Shamik S., Gang Qian and Pramanik S., "Segmentation and Histogram Generation using the HSV color space for Image Retrieval", **IEEE Int. Conf. on Image Processing (ICIP)**, pp. II-589-II-592, September 2002.
- [18] Teknomo K. "Similarity Measurement" [Online]. Available: <http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/Similarity/index.html>. 2005
- [19] Alasdair McAndrew. **Introduction to Digital Image Processing with MATLAB**. Australia : Course Technology, a division of Thomson Learning, Inc. 2004.
- [20] Manjunath B. S., Ohm J.-R., Vasudevan V.V. and Yamada A., "Color and texture descriptors" **IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology**, vol. 11, June 2001. pp. 703 -715
- [21] Baeza-Yates R. and Ribeiro-Neto B. **Modern Information Retrieval**. United State : Addison-Wesley, Inc.1999.
- [22] B.Stockman and L.Shapiro. **Computer Vision**. Pearson Prentice Hall, 2001.
- [23] Britton I. "Free Pictures" [Online]. Available: <http://www.freefoto.com> . 2002.
- [24] Donald Hearn and M. Pauline Baker. **Computer Graphics with OpenGL**. Pearson Prentice Hall, Inc. 2004.
- [25] Minghong Pi, Mrinal K. Mandal and Anup Basu. "Image Retrieval Based on Histogram of Fractal Parameters" **IEEE Transaction on Multimedia**, vol. 7, No. 4, August 2005.
- [26] Bob Bailey. "MOMENTS IN IMAGE PROCESSING" [Online]. Available: [http:// www.csie.ntnu.edu.tw/~bbailey/Moments in IP.htm](http://www.csie.ntnu.edu.tw/~bbailey/Moments%20in%20IP.htm). Nov. 2002.
- [27] ปรีวัตร เชื้อนแก้ว. "ความเบ้(Skewness)และความโด่ง(Kurtosis)" [Online]. Available: <http://reg.cmu.ac.th/research48>.
- [28] Chih-Fong Tsai, Ken McGarry, John Tait. "CLAIRE: A modular support vector image indexing and classification system." **ACM Transactions on Information Systems (TOIS)**, Vol. 24 Issue 3, July 2006.



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

ภาพคำถาม 100 ภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

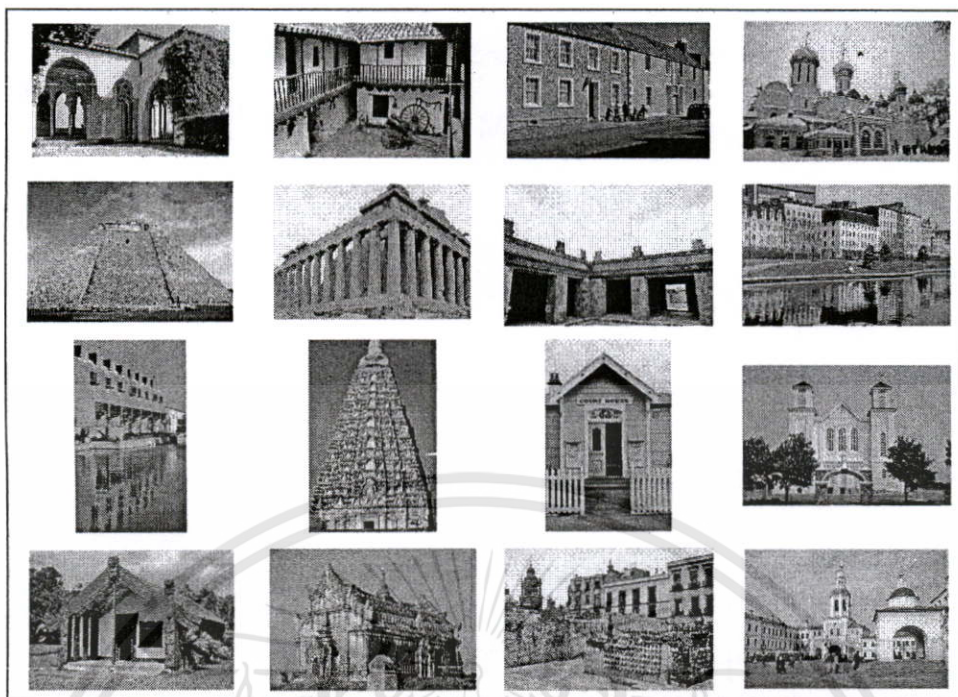


รูปที่ ก.1 ภาพคำถามที่ใช้ทดลองทั้งหมด 100 ภาพ

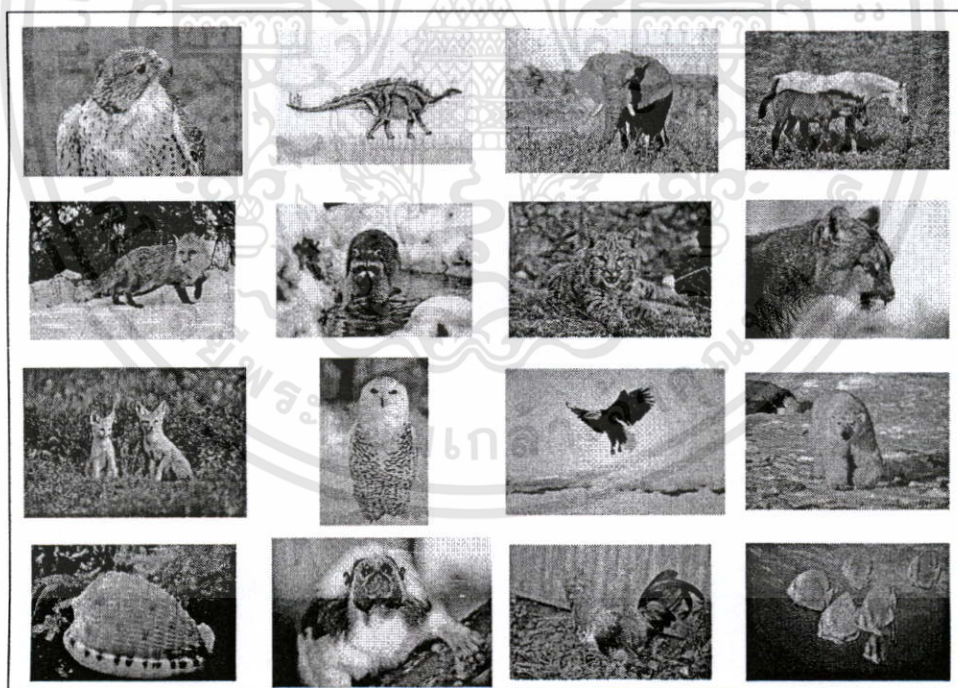
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

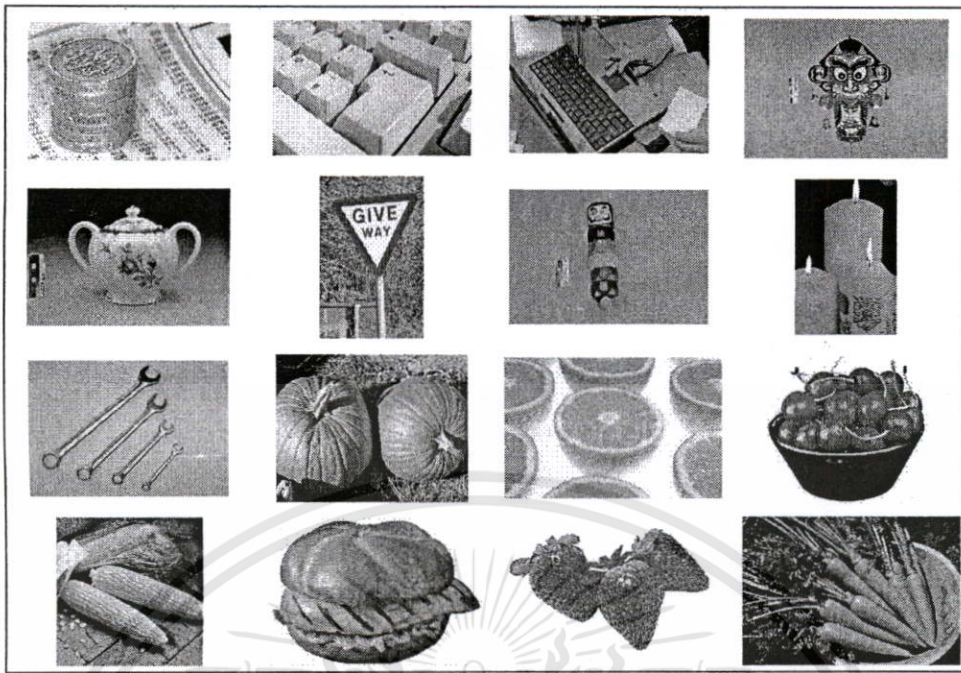


รูปที่ ข.1 ตัวอย่างภาพสิ่งก่อสร้าง



รูปที่ ข.2 ตัวอย่างภาพสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

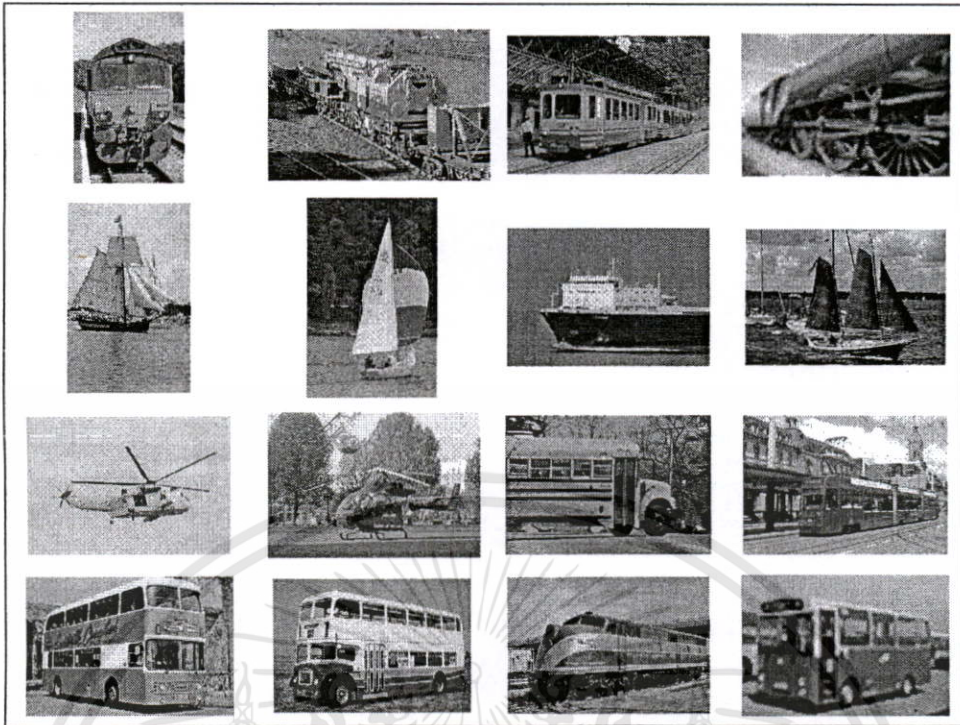


รูปที่ ข.3 ตัวอย่างภาพสิ่งของและอาหาร

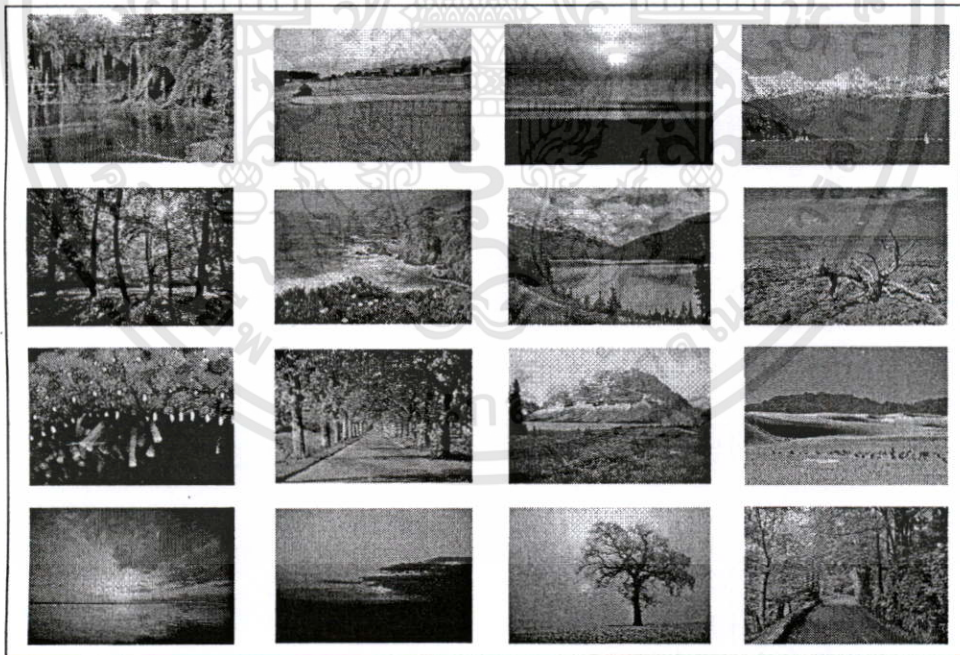


รูปที่ ข.4 ตัวอย่างภาพมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

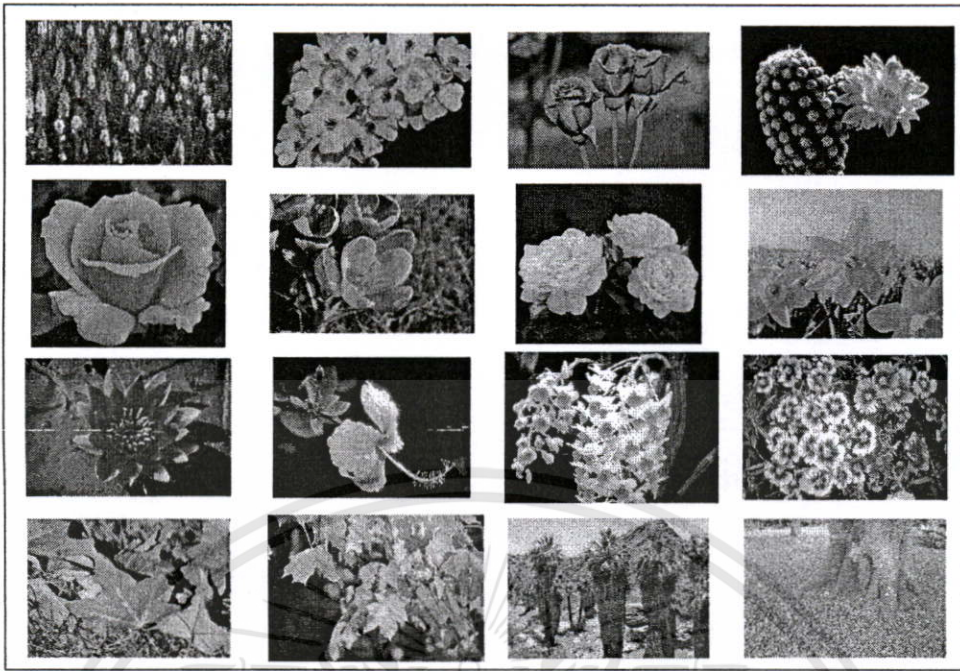


รูปที่ ข.5 ตัวอย่างภาพรถยนต์



รูปที่ ข.6 ตัวอย่างภาพทิวทัศน์ธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.7 ตัวอย่างภาพดอกไม้และต้นไม้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



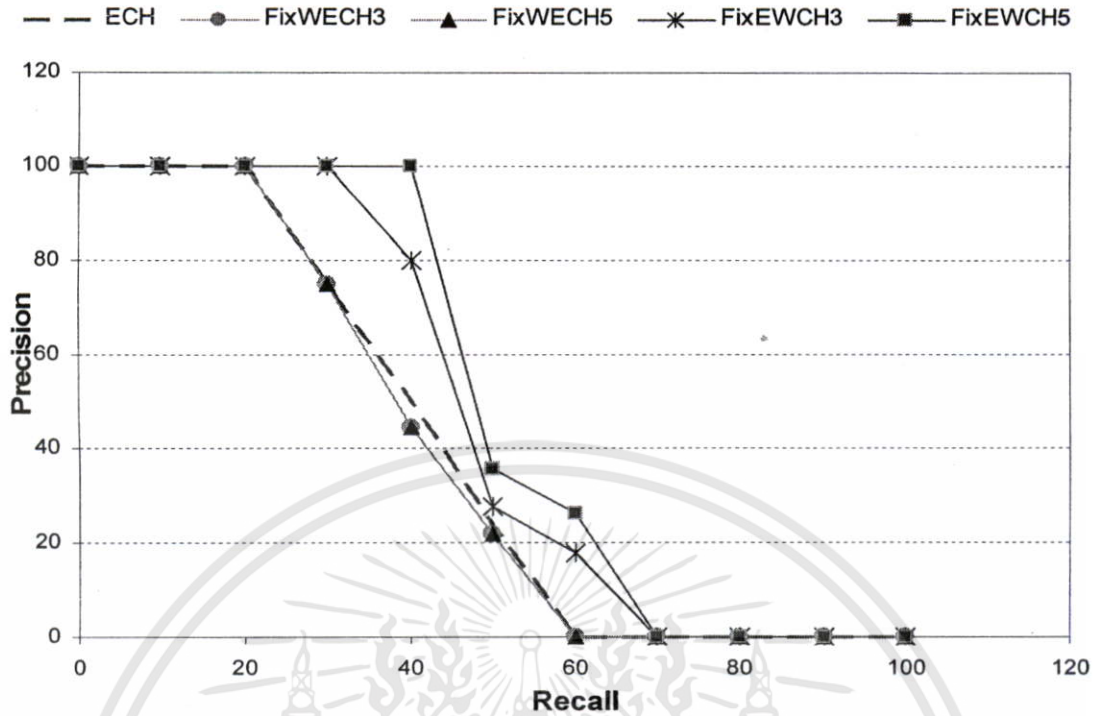
ภาพคำถาม

ECH	2.65623e-031	0.00163051	0.00783121	0.00857789	0.0095585
FixWECH3	0.0110177	0.0112319	0.0134338	0.0135986	0.0144678
FixWECH5	5.30702e-031	0.00265067	0.0135639	0.0163099	0.0169592
FixWECH3	0.0199377	0.0208702	0.02513	0.0263316	0.0275579
FixWECH5	6.62941e-031	0.00310434	0.0163352	0.0200536	0.0205701
FixWECH3	0.0243165	0.025598	0.0308176	0.0324311	0.0339732
FixEWCH3	6.70281e-031	0.00323768	0.0132567	0.0170696	0.0171589
FixEWCH3	0.0196006	0.0205884	0.0206515	0.023654	0.024352
FixEWCH5	7.59404e-031	0.00374867	0.0134645	0.0153424	0.0204379
FixEWCH5	0.0208809	0.0212489	0.0216183	0.0228781	0.0236405

รูปที่ ก.1 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพเรือหางปลา โดยใช้คำจำกัดความสีร่วมกับ

การกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.2 กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพเรือหาปลา โดยใช้ค่าจำกัดความถี่ร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่

ตารางที่ ค.1 ค่า NMRR ของการค้นคืนภาพเรือหาปลา โดยใช้ค่าจำกัดความถี่ร่วมกับการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่

วิธีการค้นคืนภาพ	ค่า NMRR
ECH	0.5239
FixWECH3	0.5324
FixWECH5	0.5324
FixEWCH3	0.4845
FixEWCH5	0.4394



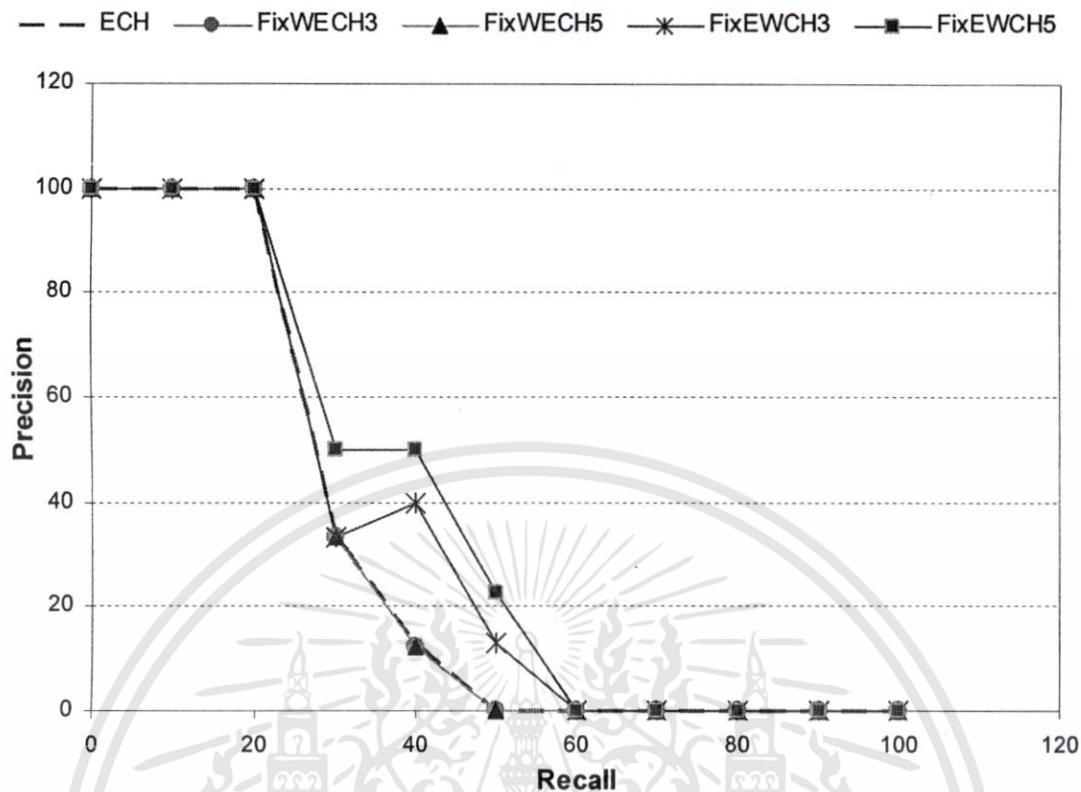
ภาพคำถาม

ECH	2.16031e-031	0.0118549	0.012342	0.0123588	0.0160571
FixWECH3	0.0186721	0.0186855	0.0197662	0.0201993	0.0205143
FixWECH5	4.32053e-031	0.0237063	0.0246736	0.0247158	0.0313432
FixWECH3	0.0373349	0.0373544	0.0395141	0.0403757	0.0410239
FixWECH5	5.40058e-031	0.0296174	0.0308381	0.030894	0.038951
FixEWCH3	0.046666	0.0466764	0.0493857	0.0504528	0.0512706
FixEWCH3	5.42138e-031	0.0107932	0.0243653	0.0297208	0.0348688
FixEWCH5	0.0385723	0.0403763	0.0433989	0.0447356	0.0450912
FixEWCH5	5.45496e-031	0.00885019	0.0238425	0.0394362	0.0450607
FixEWCH5	0.045237	0.0459866	0.0480544	0.0499454	0.0500301

รูปที่ ๓.3 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพทะเลสาบ โดยใช้คำจำกัดความสีร่วมกับ

การกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.4 กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพทะเลสาบ โดยใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับ การกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่

ตารางที่ ค.2 ค่า NMRR ของการค้นคืนภาพทะเลสาบ โดยใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับ การกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่

วิธีการค้นคืนภาพ	ค่า NMRR
ECH	0.6620
FixWECH3	0.6648
FixWECH5	0.6648
FixEWCH3	0.5944
FixEWCH5	0.5324



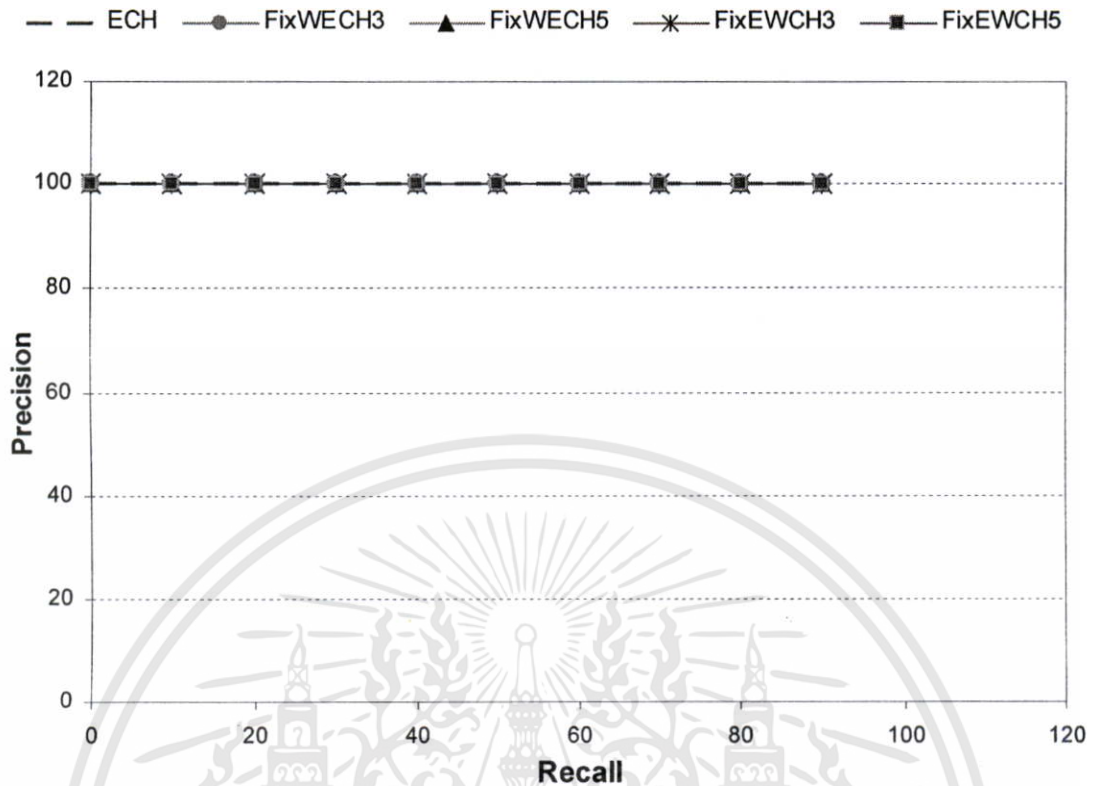
ภาพคำถาม

ECH	4.17414e-032	0.00563239	0.00568339	0.00819376	0.00970725
FixWECH3	0.0136373	0.0199941	0.0224207	0.0258245	0.0283232
FixWECH5	6.96081e-032	0.0111737	0.0112368	0.0155975	0.0162236
FixWECH3	0.0245377	0.0387915	0.0414302	0.0482715	0.0541685
FixWECH5	7.25573e-032	0.00829241	0.0100768	0.0167832	0.018731
FixEWCH3	0.024587	0.0526185	0.0576785	0.0736729	0.0742487
FixEWCH3	7.00741e-032	0.00902289	0.0103503	0.0168712	0.0170192
FixEWCH5	0.022479	0.0465869	0.0474638	0.0627333	0.0640995
FixEWCH5	7.25573e-032	0.00829241	0.0100768	0.0167832	0.018731
FixEWCH3	0.024587	0.0526185	0.0576785	0.0736729	0.0742487

รูปที่ ๓.5 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นกินภาพร้านอาหาร โดยใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับ

การกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๓.๖ กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพร้านอาหาร โดยใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับวิธีการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่

ตารางที่ ๓.๓ ค่า NMRR ของการค้นคืนภาพร้านอาหาร โดยใช้คำจำกัดความสี่ร่วมกับวิธีการกระจายน้ำหนักด้วยสัดส่วนคงที่

วิธีการค้นคืนภาพ	ค่า NMRR
ECH	0.0000
FixWECH3	0.0000
FixWECH5	0.0000
FixEWCH3	0.0000
FixEWCH5	0.0000































































ภาพคำถาม

ECH	1.26396e-031	0.0143788	0.0148702	0.0149467	0.0154489
	0.0155253	0.015862	0.0159851	0.016319	0.0165125
WECH3s1	2.79708e-031	0.0313442	0.0328226	0.0329213	0.0335897
	0.0342889	0.0351007	0.0353307	0.0360822	0.0365059
WECH3s2	1.60605e-031	0.0181643	0.0188759	0.0189573	0.0194967
	0.019712	0.0201547	0.0203017	0.0207288	0.0209736
WECH5s1	2.98902e-031	0.0350259	0.0365371	0.0368905	0.0374824
	0.0376732	0.03937	0.0394771	0.0398799	0.040571
WECH5s2	1.60652e-031	0.0181734	0.0188851	0.0189672	0.0195063
	0.0197204	0.0201653	0.0203119	0.0207382	0.0209837

รูปที่ ก.7 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพซ้าง โดยใช้คำจำกัดความสีร่วมกับ







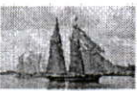









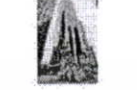











































การกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WECH7s1	2.99718e-031 	0.0351829 	0.0367483 	0.0370386 	0.0376695 
	0.0377941 	0.0395154 	0.0397487 	0.0400363 	0.040626 
WECH7s2	1.60489e-031 	0.0181498 	0.0188673 	0.0189274 	0.0194602 
	0.0196567 	0.0200747 	0.0203019 	0.0206697 	0.0208775 
WECH9s1	3.0051e-031 	0.0352801 	0.0368254 	0.0371889 	0.037795 
	0.0379408 	0.0397136 	0.0398248 	0.0401943 	0.040857 
WECH9s2	1.60652e-031 	0.0181734 	0.0188851 	0.0189672 	0.0195063 
	0.0197204 	0.0201653 	0.0203119 	0.0207382 	0.0209837 
EWCH3s1	1.99149e-031 	0.026286 	0.0340283 	0.0349166 	0.036593 
	0.0375183 	0.0378721 	0.0383995 	0.039987 	0.0403032 
EWCH3s2	1.32968e-031 	0.0168043 	0.0171144 	0.0183454 	0.0189761 
	0.0193556 	0.0196561 	0.0201933 	0.0201987 	0.0202792 

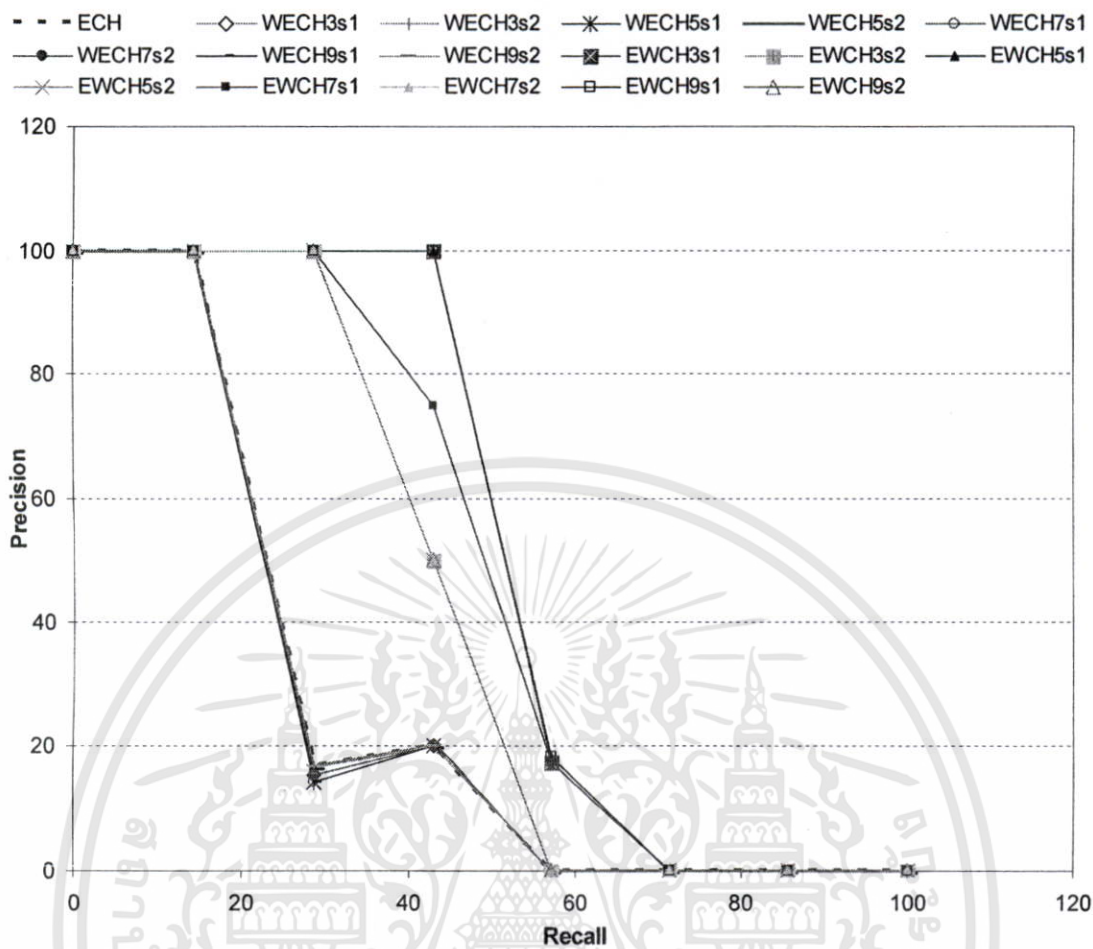
รูปที่ ค.7 (ต่อ) ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นค้นภาพซ้ำ โดยใช้คำจำกัดความสีร่วมกับ  
การกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EWCH5s1	2.25182e-031  0.0361702 	0.0263543  0.0362363 	0.0341341  0.0370325 	0.0343663  0.038655 	0.0353351  0.0395818 
EWCH5s2	1.32597e-031  0.0193544 	0.0168037  0.0196526 	0.017123  0.0201977 	0.0183466  0.0202003 	0.0189807  0.0202819 
EWCH7s1	1.86095e-031  0.0358456 	0.0262695  0.0359101 	0.0333203  0.0365951 	0.0339667  0.0383905 	0.034233  0.0390723 
EWCH7s2	1.15995e-031  0.0193428 	0.0167356  0.0195854 	0.0170468  0.0201142 	0.0183188  0.0201421 	0.0189724  0.0201483 
EWCH9s1	1.86142e-031  0.0359319 	0.0263467  0.0359492 	0.0340122  0.0368044 	0.0344446  0.0386629 	0.0352013  0.0394961 
EWCH9s2	1.3406e-031  0.0193544 	0.0168037  0.0196526 	0.017123  0.0201977 	0.0183466  0.0202003 	0.0189807  0.0202819 

รูปที่ ก.7 (ต่อ) ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพข้าง โดยใช้คำจำกัดความสีร่วมกับ  
การกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
















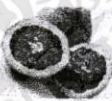






















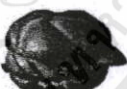













รูปที่ ๘.๘ กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพซ้ำ โดยใช้คำจำกัดความลิ ร่วมกับกรกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน

ตารางที่ ค.4 ค่า NMRR ของการคั่นคินภาพข้าง โดยใช้ค่าจำกัดความเสี่ยงร่วมกับการกระจาย  
น้ำหนักแบบเกาส์เซียน

วิธีการคั่นคินภาพ	ค่า NMRR
ECH	0.6629
WECH3s1	0.6686
WECH3s2	0.6629
WECH5s1	0.6743
WECH5s2	0.6629
WECH7s1	0.6743
WECH7s2	0.6686
WECH9s1	0.6743
WECH9s2	0.6629
EWCH3s1	0.5029
EWCH3s2	0.5543
EWCH5s1	0.4971
EWCH5s2	0.5543
EWCH7s1	0.5086
EWCH7s2	0.5543
EWCH9s1	0.4971
EWCH9s2	0.5543
















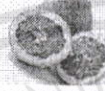









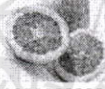
























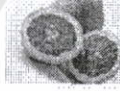











ภาพคำถาม

ECH	4.6341e-031  0.0371817 	0.00507094  0.039287 	0.0100444  0.0467866 	0.0109071  0.0484742 	0.0203783  0.0528808 
WECH3s1	1.00784e-030  0.0820118 	0.0105468  0.0851665 	0.0221911  0.0925973 	0.0224443  0.0928211 	0.0440622  0.0961144 
WECH3s2	5.84889e-031  0.0471847 	0.00629276  0.0495241 	0.0127547  0.0570084 	0.0134814  0.0591184 	0.0256629  0.0621829 
WECH5s1	1.12922e-030  0.0903813 	0.0117114  0.0946091 	0.0247669  0.101565 	0.0250123  0.102779 	0.0490416  0.105436 
WECH5s2	5.8519e-031  0.0472054 	0.00629565  0.0495475 	0.0127611  0.0570336 	0.0134878  0.0591438 	0.0256753  0.0622045 

รูปที่ ก.9 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพแฮมเบอร์เกอร์ โดยใช้คำจำกัดความสี

























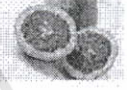



















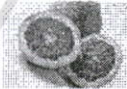















ร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WECH7s1	7.9891e-031  0.0746613 	0.00974782  0.0748035 	0.0195347  0.0873312 	0.0199616  0.0916527 	0.0391385  0.093949 
WECH7s2	3.56176e-031  0.0346284 	0.00560181  0.0386235 	0.0112307  0.03883 	0.0114177  0.0413236 	0.0230779  0.0434248 
WECH9s1	1.13898e-030  0.0910089 	0.0117797  0.0952051 	0.0249687  0.102292 	0.0252055  0.103619 	0.0494134  0.106219 
WECH9s2	5.8519e-031  0.0472054 	0.00629565  0.0495475 	0.0127611  0.0570336 	0.0134878  0.0591438 	0.0256753  0.0622045 
EWCH3s1	4.51675e-031  0.0450947 	0.0140121  0.050726 	0.015556  0.0774415 	0.0175609  0.0781518 	0.0383962  0.083371 
EWCH3s2	3.88492e-031  0.0354509 	0.00665256  0.0472361 	0.0107833  0.0542491 	0.0108301  0.0560853 	0.0242088  0.0574494 

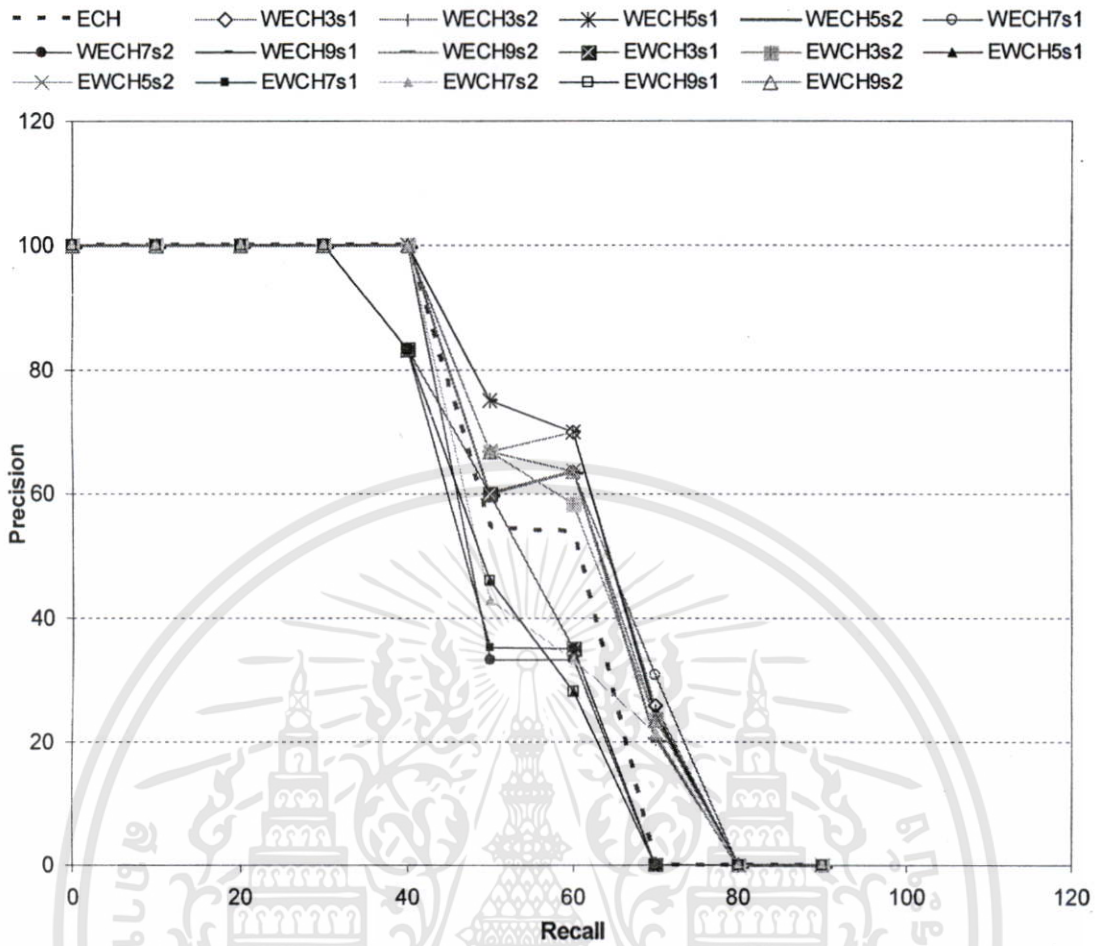
รูปที่ ก.9 (ต่อ) ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพแฮมเบอร์เกอร์ โดยใช้คำจำกัดความสิ  
ร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EWCH5s1	4.34613e-031	0.0122336	0.0160545	0.0175983	0.034654
					
	0.0421263	0.044695	0.0713183	0.0725579	0.0783529
					
EWCH5s2	3.76296e-031	0.00665509	0.0107795	0.0108253	0.0242003
					
	0.0354384	0.0472322	0.054249	0.0560847	0.0574234
					
EWCH7s1	3.727e-031	0.0114591	0.0143096	0.0157986	0.0336623
					
	0.0399475	0.0436623	0.0571986	0.060853	0.063253
					
EWCH7s2	2.65366e-031	0.00596691	0.00961584	0.0107126	0.023441
					
	0.0291888	0.0333186	0.0386006	0.0388906	0.0395961
					
EWCH9s1	4.34793e-031	0.0121693	0.0158842	0.0176902	0.0349164
					
	0.0416329	0.0445257	0.0711838	0.0722212	0.0781576
					
EWCH9s2	4.62194e-031	0.00665509	0.0107795	0.0108253	0.0242003
					
	0.0354384	0.0472322	0.054249	0.0560847	0.0574234
					

**รูปที่ ค.9 (ต่อ) ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นคืนภาพแฮมเบอเกอร์ โดยใช้คำจำกัดความสิทธิ์**  
**ร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.10 กราฟแสดงการเรียกคืนและความแม่นยำของการค้นคืนภาพแฮมเบอเกอร์ โดยใช้ คำจำกัดความสีร่วมกับการกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน

ตารางที่ ค.5 ค่า NMRR ของการกั้นคืนภาพแฮมเบอเกอร์ โดยใช้คำจำกัดความสิ่วมกับ  
การกระจายน้ำหนักแบบเกาส์เซียน

วิธีการกั้นคืนภาพ	ค่า NMRR
ECH	0.3014
WECH3s1	0.2592
WECH3s2	0.2873
WECH5s1	0.2592
WECH5s2	0.2873
WECH7s1	0.2507
WECH7s2	0.3437
WECH9s1	0.2620
WECH9s2	0.2873
EWCH3s1	0.3211
EWCH3s2	0.2732
EWCH5s1	0.3437
EWCH5s2	0.2704
EWCH7s1	0.3408
EWCH7s2	0.3211
EWCH9s1	0.3437
EWCH9s2	0.2704



ภาคผนวก  
ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The EECON-29 Conference Joins the Sixtieth Anniversary Celebration of His Majesty's Accession to the Throne

**29<sup>th</sup> Electrical Engineering Conference**  
**การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ ๒๙**

**Volume II**

- ไฟฟ้าสื่อสาร (CM)
- อิเล็กทรอนิกส์ (EL)
- การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (DS)
- ระบบควบคุมและการวัดคุม (CT)
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)

๙-๑๐ พฤศจิกายน ๒๕๔๙  
 ณ โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ ซิตี้ จอมเทียน พัทยา จังหวัดชลบุรี

Western Digital, สหกรณ์ออมทรัพย์, TOT, NECTEC (a member of NSTDA)

ดำเนินการโดย คณะวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การค้นคืนภาพโดยใช้ฮิสโตแกรมสีในแบบจำลองสี HSV

### Image Retrieval using Color Histogram in HSV Color Space

ประภาพร กุลลิมรัตน์ชัย  
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กรุงเทพมหานคร 10520  
โทร. 08-1696-7797  
E-mail : kunkia@hotmail.com

อรฉัตร จิตต์โสภักตร์  
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กรุงเทพมหานคร 10520  
โทร. 0-2739-2400 ต่อ 129  
E-mail : kcoracha@kmitl.ac.th

#### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการค้นคืนภาพโดยใช้คุณลักษณะสำคัญของภาพ (CBIR : Content Based Image Retrieval) ในแบบจำลองสีแบบ HSV (Hue, Saturation and Value) ซึ่งจะนำฮิสโตแกรมสีมาใช้ในการสร้างดัชนีภาพ และเนื่องจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของฮิสโตแกรมสี ในกรณีที่มีการกำหนดช่วงสีแบบเป็นช่วงเท่าๆ กัน(uniform) เป็นวิธีที่ทำให้ง่าย แต่อาจจะทำให้สีเดียวกันกระจายไปตกอยู่หลายช่วงสี และอาจทำให้ผลของการสืบค้นคืนภาพผิดพลาดได้ วิธีที่นำเสนอในบทความนี้ทำการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมสีที่สนใจกับฮิสโตแกรมสีข้างเคียง โดยการปรับปรุงเทคนิคการเปรียบเทียบความแตกต่างของสีแบบสีต่อสีให้สามารถนำข้อมูลของสีข้างเคียงมาร่วมพิจารณาด้วย ซึ่งสีข้างเคียงที่นำมาเปรียบเทียบนี้จะถูกให้น้ำหนักต่างกันตามสมการของ Gaussian เพื่อทำให้ประสิทธิภาพการค้นคืนสูงขึ้น ในส่วนท้ายของบทความจะแสดงตัวอย่างของผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองด้วยเทคนิคที่นำเสนอ

#### Abstract

This paper presents a content-based image retrieval (CBIR) system using HSV (Hue, Saturation and Value) color histogram. To retrieve similar images to the query from the database, color histogram of the query must be compared to those of images in the database. However, if color histogram is uniformly quantized, one color may distribute to more than one color bin. Therefore, using regular distance measurement, which performs bin-to-bin comparison and does not consider relationship between neighbor colors, may not be efficient. In this paper, distance of each color incorporated with neighbor colors are proposed to improve the retrieval performance of the proposed CBIR system. The experimental results using the proposed CBIR system show good retrieval performance over a variety of image collections.

#### 1. บทนำ

ปัจจุบันข้อมูลภาพถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งในการนำเสนอและแสดงผลข้อมูลในด้านต่างๆ จากข้อมูลภาพจำนวนมาก ทำให้ผู้ใช้งานประสบปัญหาในการค้นคืนภาพ คือ ภาพที่ถูกค้นคืนขึ้นมาจำนวนมาก แต่มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ ทำให้ต้องเสียเวลาในการพิจารณาเลือกภาพที่ต้องการจะนำไปใช้งานจริงๆ

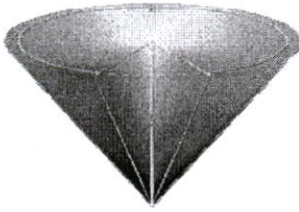
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการค้นคืนภาพจากฐานข้อมูล โดยทั่วไปคือการค้นคืนรูปภาพแบบอิงเนื้อหา(Content Based Image Retrieval : CBIR ) ซึ่งเป็นระบบค้นคืนข้อมูลภาพจากลักษณะสำคัญต่างๆ ของภาพได้แก่ สี(color) พื้นผิว( texture ) และรูปร่าง(shape) เป็นต้น

เทคนิคที่ใช้ในการคัดแยกคุณลักษณะสำคัญของภาพหรือการสร้างดัชนีภาพนั้นมีความสำคัญอย่างมากในการบ่งบอกว่าภาพที่ผู้ใช้งานต้องการนั้นตรงกับภาพในฐานข้อมูลหรือไม่ ซึ่งในบทความนี้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการสร้างดัชนีภาพโดยอาศัยคุณลักษณะสำคัญของสีที่นิยมใช้ได้แก่ การหาฮิสโตแกรมสี(color histogram) ซึ่งฮิสโตแกรมของสีเป็นวิธีการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าการกระจายของสีต่างๆ ทั้งหมด เนื่องจากวิธีนี้สามารถคำนวณได้ง่ายแต่อาจจะทำให้ผลของการสืบค้นคืนภาพผิดพลาดได้ ในกรณีที่มีการกำหนดช่วงสีแบบเป็นช่วงเท่าๆ กัน(uniform) อาจจะทำให้สีเดียวกันกระจายไปตกอยู่หลายช่วงสี ทำให้การวัดความเหมือนของฮิสโตแกรมสีของภาพโดยใช้เทคนิค Euclidean distance ซึ่งวัดความเหมือนของแต่ละช่วงสีแยกกันยังมีประสิทธิภาพไม่ดัดนัก ในงานวิจัยนี้จึงทำการวิจัยเพื่อปรับปรุงเทคนิคการเปรียบเทียบความแตกต่างของสีแบบสีต่อสีให้สามารถนำข้อมูลของฮิสโตแกรมสีข้างเคียงมาร่วมพิจารณาด้วย เพื่อทำให้ประสิทธิภาพการค้นคืนสูงขึ้น

#### 2. การเปรียบเทียบฮิสโตแกรมสี

##### 2.1 วิเคราะห์แบบจำลองสีแบบ HSV

ภาพ 3 มิติ ของแบบจำลองสีแบบ HSV แสดงเป็นรูปทรงกรวยหกเหลี่ยม



รูปที่ 1 แบบจำลองสีแบบ HSV

ใช้ threshold function ต่อไปนี้ ในการกำหนดว่าพิกเซลควร จะแสดง Hue หรือ ความสว่างของสี เป็นคุณลักษณะเด่น

$$th_{sat}(V) = 1.0 - \frac{0.8V}{255} \quad (1)$$

### 2.2 การสร้างคุณลักษณะโดยใช้ แบบจำลองสีแบบ HSV

ทำการสร้างคุณลักษณะโดยใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติที่ กล่าวไปแล้วของแบบจำลองสีแบบ HSV สำหรับจัดกลุ่มพิกเซลที่ เหมือนกัน เป็นการแบ่งบริเวณของรูปภาพ

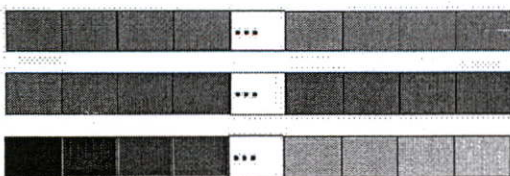


รูปที่ 2 เปรียบเทียบภาพต้นฉบับกับภาพที่ทำการประมาณค่าด้วย HSV

การสร้างคุณลักษณะจะเป็นการประมาณค่าของสีในแต่ละ พิกเซลในรูปแบบของ thresholding การประมาณค่าแบบ HSV สามารถ กำหนดความสว่างของสี และระดับขั้นของสี ใกล้เคียงกับขอบของวัตถุ ด้วย เหตุนี้ทำให้เส้นแบ่งขอบเขตมีความชัดเจนขึ้นและเก็บข้อมูลสีของแต่ละ พิกเซลได้

### 2.3 การสร้างฮิสโตแกรม

บทความนี้ได้ใช้แบบจำลองสีแบบ HSV สำหรับสร้างฮิสโต แกรมตามบทความที่ [2] โดยทำการสร้างฮิสโตแกรมสีขนาด 68 สี แสดงตัวอย่างของฮิสโตแกรมสีในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตัวอย่างของสีในฮิสโตแกรม

### 2.4 การเปรียบเทียบภาพโดยใช้ฮิสโตแกรม

โดยปกติการเปรียบเทียบภาพโดยใช้ฮิสโตแกรมนั้น จะทำการ เปรียบเทียบฮิสโตแกรมแบบสีต่อสี สังเกตว่าในการแบ่งคุณลักษณะของ ฮิสโตแกรมสีที่แบ่งอาจจะกระจายไปอยู่หลายบิต ไม่แยกออกจากกัน อย่างชัดเจน ทำให้การเปรียบเทียบแบบสีต่อสีอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นบทความนี้จึงทำการเปรียบเทียบโดยดึงความสัมพันธ์ของสี ข้างเคียงมาใช้เปรียบเทียบเพื่อช่วยการค้นคืนภาพมีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยอาศัยการคำนวณได้จาก

2.4.1 การเปรียบเทียบโดยใช้ค่าของ Euclidean distance of Color Histogram (ECH)

$$e = \sum_{i=0}^{67} (\overline{h_{r1}}(i) - \overline{h_{r2}}(i))^2 \quad (2)$$

2.4.2 การเปรียบเทียบโดยใช้ค่าของ Weighted Euclidean distance of Color Histogram (WECH)

$$e = \sum_{i=0}^{67} \sum_{j=-1}^1 w_j (\overline{h_{r1}}(i+j) - \overline{h_{r2}}(i+j))^2 \quad (3)$$

2.4.3 การเปรียบเทียบโดยใช้ค่าของ Euclidean distance of Weighted Color Histogram (EWCH)

$$e = \sum_{i=0}^{67} \left\{ \sum_{j=-1}^1 w_j (\overline{h_{r1}}(i+j)) - \sum_{j=-1}^1 w_j (\overline{h_{r2}}(i+j)) \right\}^2 \quad (4)$$

สำหรับเทคนิคที่มีการให้นำน้ำหนักค่าความสัมพันธ์ของสี ข้างเคียง ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองใช้การปรับค่าน้ำหนักและปรับ จำนวนของสีข้างเคียงนำมารวมพิจารณาด้วย

### 3. การทดลองและผลการทดลอง

ในการทดลองค้นคืนรูปภาพโดยใช้การสร้างดัชนีภาพซึ่ง อาศัยฮิสโตแกรมสีในแบบจำลองสีแบบ HSV เริ่มจากการเตรียมฐาน ข้อมูลภาพ ภาพที่ใช้ในการทดลองเป็นภาพที่นำมาจากภาพที่มีใน อินเทอร์เน็ตและฐานข้อมูลที่นำมาจาก Corel stock photo gallery เป็น ภาพที่มีขนาดต่างกันจำนวน 10,297 ภาพ โครงสร้างในการเก็บข้อมูลของ รูปภาพในฐานข้อมูลประกอบด้วย

1. Path ของรูปภาพ
2. ค่าฮิสโตแกรมสีของภาพในฐานข้อมูลที่อ่านมาเก็บไว้ 68 ค่า
3. ค่า Distance

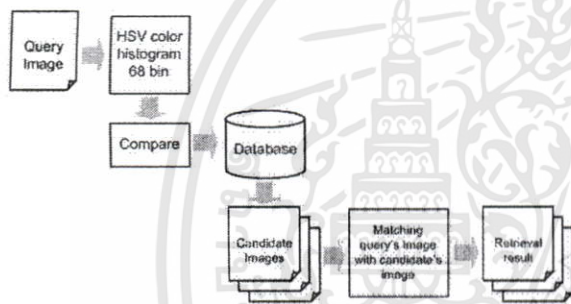
การทำงานเริ่มจากทำการคำนวณภาพทั้งหมดเป็นฮิสโตแกรม สี เก็บไว้ในฐานข้อมูลล่วงหน้า ดังรูปที่ 4 ในการค้นคืนรูปภาพเริ่มจาก

DS29

การเลือกภาพจากฐานข้อมูลมาเป็นภาพคำถาม แล้วนำภาพนั้นมาทำการสร้างดัชนีภาพตามโครงสร้างการเก็บข้อมูลด้านบน จากนั้นทำการค้นคืนรูปภาพโดยนำค่าฮิสโตแกรมของภาพคำถามมาเปรียบเทียบกับค่าฮิสโตแกรมของภาพทั้งหมดในฐานข้อมูล โดยเปรียบเทียบจำนวนของสีข้างเคียงที่นำมาพิจารณาด้วยขนาดต่างๆ คือขนาด 3bin, 5bin และ 7 bin ในการเปรียบเทียบแต่ละแบบจะมีการให้น้ำหนักของสีข้างเคียงตามสมการของ Gaussian ทำการทดลองให้ค่าเบี่ยงเบนเป็น 1, 2 และ 3 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืน จะนำมาเรียงลำดับข้อมูลตามค่า Distance จากน้อยไปมาก ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 กระบวนการคำนวณภาพเป็นฮิสโตแกรมสี



รูปที่ 5 กระบวนการสืบค้นคืนภาพ

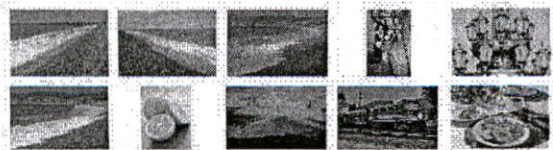
ในการทดลองนำภาพคำถามว่าทำการค้นคืนภาพจากฐานข้อมูลภาพ ซึ่งผลลัพธ์จากการค้นคืนได้แสดงดังตัวอย่างไว้ในรูปที่ 6



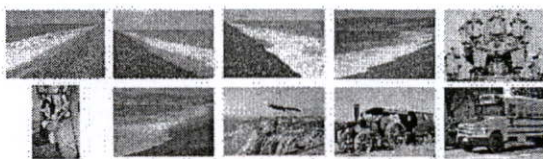
(a) ภาพคำถาม I



(b) ผลจากการค้นคืนโดยใช้วิธี ECH ของภาพคำถาม I



(c) ผลจากการค้นคืนโดยใช้วิธี WECH ของภาพคำถาม I



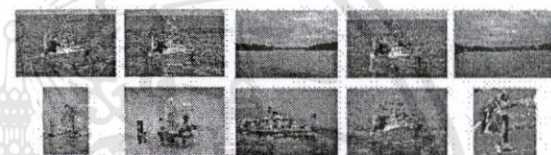
(d) ผลจากการค้นคืนโดยใช้วิธี EWCH ของภาพคำถาม I



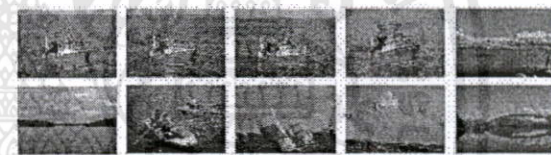
(e) ภาพคำถาม II



(f) ผลจากการค้นคืนโดยใช้วิธี ECH ของภาพคำถาม II



(g) ผลจากการค้นคืนโดยใช้วิธี WECH ของภาพคำถาม II



(h) ผลจากการค้นคืนโดยใช้วิธี EWCH ของภาพคำถาม II

รูปที่ 6 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืน

การประเมินประสิทธิภาพของการค้นคืนภาพนี้ใช้วิธีการประเมินโดยรวมเอาการวัดความแม่นยำ(Precision) และการเรียกคืน (Recall) ไว้ในค่าเดียว

กำหนดให้

- $NG(q)$  คือจำนวนของภาพที่คล้ายกันกับภาพคำถาม  $q$
- พิจารณาภาพที่ค้นคืนได้  $K$  ภาพแรก (ช่วง  $K$  ภาพแรกที่ค้นคืนได้) สำหรับในการทดลองนี้กำหนดให้  $K = 50$
- ภาพที่คล้ายกันภาพที่  $k$  ที่ถูกค้นคืนอยู่ในช่วง  $K$  ภาพแรก จะได้ค่าตำแหน่ง  $Rank(k)$  ซึ่ง  $Rank(k)$  คือตำแหน่งของภาพที่คล้ายกันที่ถูกค้นคืน เช่น ตำแหน่งของ ภาพแรกที่ค้นคืนได้จะมีค่าเป็น 1

วิธีการประเมินโดยใช้ความแม่นยำและการเรียกคืน(Recall and Precision)[3] มาใช้ ดังสมการ

$$R = \frac{k}{NG(q)} \quad ; \text{ โดยที่ } R = \text{Recall}$$

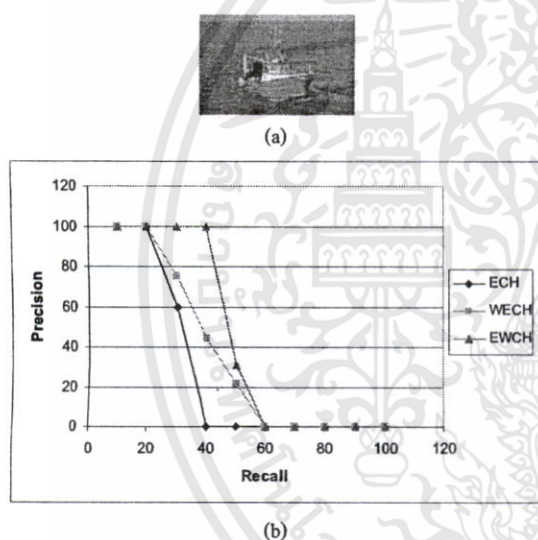
$$P = \frac{k}{\text{Rank}(k)} \quad ; \text{ โดยที่ } P = \text{Precision}$$

ตัวอย่างจากผลการทดลองสามารถแสดงความแม่นยำและการเรียกคืนได้ดังใน รูปที่ 7

กราฟ ECH เป็นการเปรียบเทียบโดยใช้ Euclidean distance of Color Histogram (ECH)

กราฟ WECH เป็นการเปรียบเทียบโดยใช้ Weighted Euclidean distance of Color Histogram (WECH)

กราฟ EWCH เป็นการเปรียบเทียบโดยใช้ Euclidean distance of Weighted Color Histogram (EWCH)



รูปที่ 7 (a) ภาพตัวอย่าง (b) กราฟเปรียบเทียบความแม่นยำและการเรียกคืนของผลการทดลองในแต่ละวิธี

## 5. บทสรุป

บทความฉบับนี้นำเสนอการค้นคืนภาพในแบบจำลองสีแบบ HSV ซึ่งนำฮิสโตแกรมสีมาใช้ในการสร้างดัชนีภาพ โดยทำการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมสีที่สนใจร่วมกับฮิสโตแกรมสีข้างเคียง โดยการปรับปรุงเทคนิคการเปรียบเทียบความแตกต่างของสีแบบสีต่อสีให้สามารถนำข้อมูลของสีข้างเคียงมาร่วมพิจารณาโดยให้นำหนักของสีข้างเคียงด้วยสมการ Gaussian จากผลการทดลองเมื่อนำสีข้างเคียงมาร่วมพิจารณาพร้อมกับสีที่เราสนใจ ผลลัพธ์ที่ได้จะดีกว่าการพิจารณาฮิสโตแกรมแบบสีต่อสี และการเปรียบเทียบแบบด้วยวิธี EWCH ได้ผลของการค้นคืนดีกว่าวิธี WECH

## เอกสารอ้างอิง

- [1] B.Stockman and L.Shapiro, "Computer Vision", Prentice Hall, 2001.
- [2] Shamik Sural, Gang Qian and S.Pramanik, "Segmentation and Histogram Generation using the HSV color space for Image Retrieval", IEEE Int. Conf. on Image Processing (ICIP), pp. II-589-II-592, September 2002.
- [3] Ricardo Baeza-Yates and Berthier Ribeiro-Neto, "Modern Information Retrieval", Addison Wesley, 1999

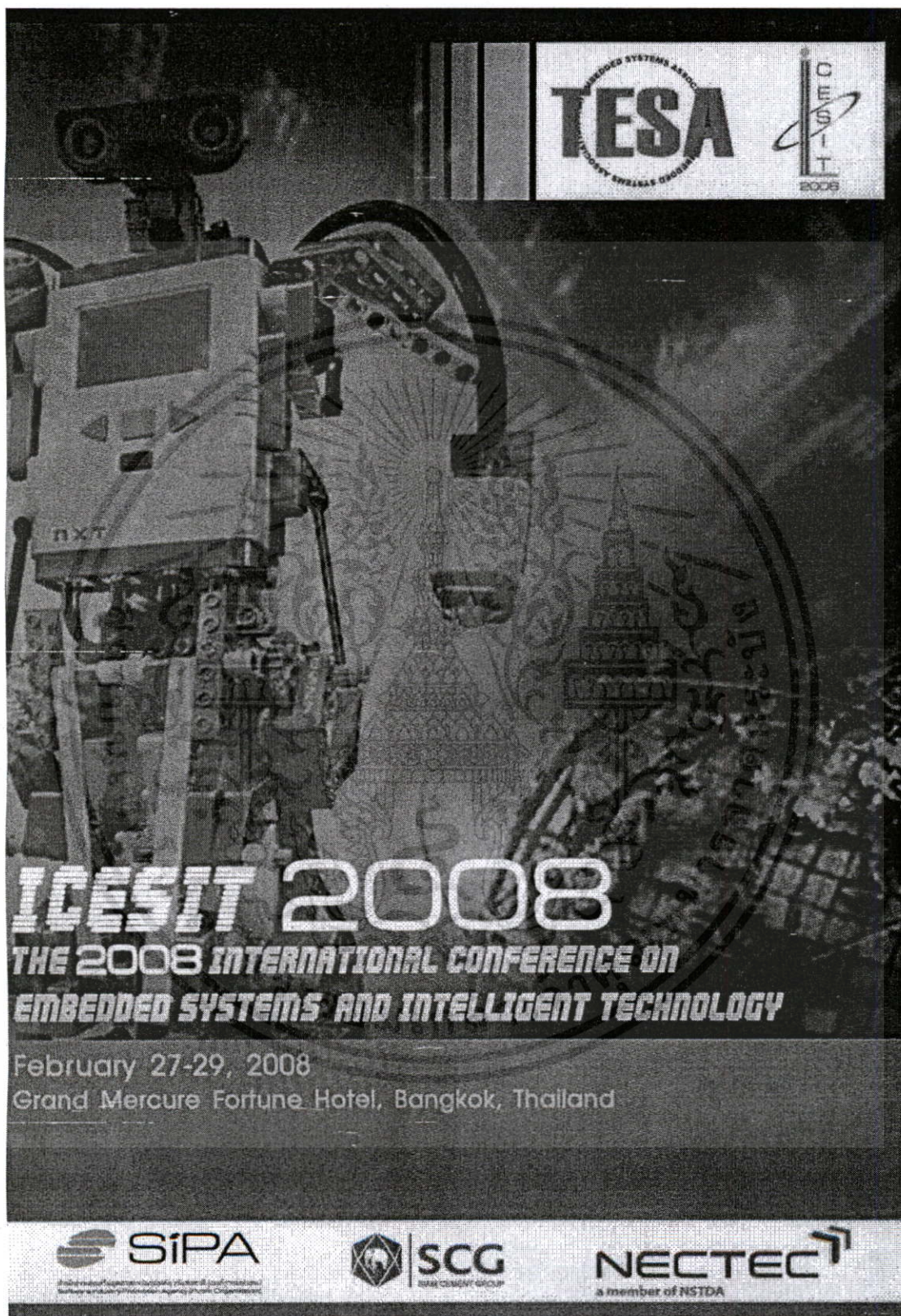
## ประวัติผู้เขียนบทความ



นางสาวประภาพร กุลลิมรัตน์ชัย ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาโท ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ศึกษางานวิจัยด้านการประมวลผลภาพ



นางอรฉัตร จิตต์โสภักดิ์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกด้านวิศวกรรมไฟฟ้าจาก University of Texas, Arlington, USA ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สนใจด้าน Image Processing, Visual Information Indexing and Retrieval, Pattern Recognition



The poster features a background image of a robotic arm on the left and a large, faint circular seal of the Ministry of Science and Technology of Thailand on the right. The seal contains the Thai text 'กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี' and 'ประเทศไทย'.

**EMBEDDED SYSTEMS ASSOCIATION**  
**TESA**  
 UNIVERSITY AVAILABLE GROUP

**ICEFIT**  
 2008

**ICEFIT 2008**  
**THE 2008 INTERNATIONAL CONFERENCE ON**  
**EMBEDDED SYSTEMS AND INTELLIGENT TECHNOLOGY**

February 27-29, 2008  
 Grand Mercure Fortune Hotel, Bangkok, Thailand

**SIPA**  
 Thai Institute of Computer Industry, Software & Information Systems Development Agency Public Organization

**SCG**  
 SANGCHEE GROUP

**NECTEC**  
 a member of NSTDA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Image Retrieval using Weighted Color Distribution of Color Histogram in HSV Color Space

Prapaporn Kullimratchai

Faculty of Engineering,  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,  
Bangkok, Thailand  
[kunkia@hotmail.com](mailto:kunkia@hotmail.com)

Orachat Chitsobhuk

Faculty of Engineering,  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,  
Bangkok, Thailand  
[kcoracha@kmitl.ac.th](mailto:kcoracha@kmitl.ac.th)

**Abstract** — This paper presents a content-based image retrieval (CBIR) system using HSV (Hue, Saturation and Value) color histogram. To retrieve similar images to the query image from the database, the color histogram of the query must be compared to those of images in the database. However, if color histogram is uniformly quantized, one color may distribute to more than one color bin. Therefore, using regular distance measurement, which performs bin-to-bin comparison and does not consider any relationship between neighbor colors, may not be efficient. In this paper, the distance of each color incorporated with neighbor colors are proposed to improve the retrieval performance of the proposed CBIR system. The experimental results using the proposed CBIR system show good retrieval performance over a variety of image collections.

## I. INTRODUCTION

Nowadays, a great number of pictorial information distributed over the internet has increased rapidly. This causes users difficulty in retrieving images from such a large database. Commonly, the CBIR (Content Based Image Retrieval) system, which utilizes the content of images such as color, shape, texture, or any other information derived from the image itself, is implemented. Color information is usually widely used as a representation of an image since it is strongly related to the underlying objects and robust to background complications, scaling, orientation, perspective, and size of an image.

Nevertheless, the techniques used to filter the important color characteristic of an image such as histogram generation are significant since it is the key to identify whether the retrieval results are matched to the query correctly or not. The regular histogram generation method is to compute the color distribution. However, if color histogram is uniformly quantized, one color may distribute to more than one color bin. Therefore, using regular distance measurement, which performs bin-to-bin comparison and does not consider any relationship between neighbor colors, may not be efficient. As a result, among the retrieved images, only few images are similar to the query image. On the other hand, if the relationship between neighbor colors is considered, the retrieval results could be improved. Therefore, this paper presents an alternative distance measure, which computes the

distance of color incorporated with neighbor colors to improve the retrieval performance of the proposed CBIR system.

## II. THE PROPOSED IMAGE RETRIEVAL SYSTEM USING THE HSV COLOR SPACE

### A. HISTOGRAM GENERATION

In this paper, the HSV color space is chosen for histogram generation. The HSV color components consists of Hue, Saturation and Value (sometime called Intensity or Brightness) [1]. The HSV color model is shown in figure 1. Hue is defined as an angle of colors in the range  $[0, 2\pi]$  relative to the red axis at angle 0, green at  $2\pi/3$ , blue at  $4\pi/3$  and back to red at  $2\pi$ . Saturation is the depth or purity of the color and is measured as a radial distance from the central axis with value between 0 at the center to 1 at the outer surface. For  $S=0$ , as one moves higher along the intensity axis, one goes from black to white through various shades of gray. On the other hand, for a given intensity and hue, if the saturation is changed from 0 to 1, the perceived color changes from a shade of gray to the most pure form of the color represented by its hue.

The histogram generation is to uniformly quantize the color space into two sets of total 68 histogram bins: 51 color histogram bins and 17 grayscale histogram bins [2]. A representation of the generated HSV histogram is shown in figure 2. The number of components in the feature vector generated based on Hue is given by:

$$N_h = [2\pi \text{MULT\_FCTR}] + 1 \quad (1)$$

Here MULT\_FCTR determines the quantization level for the Hues. We typically choose a value of 8. The number of components representing gray values is:

$$N_g = \left[ \frac{I_{\max}}{\text{DIV\_FCTR}} \right] + 1 \quad (2)$$

Here  $I_{\max}$  is the maximum value of the Intensity, usually 255, and DIV\_FCTR determines the number of quantized gray levels.

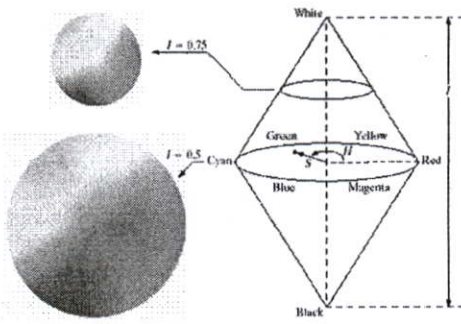


Figure 1. HSV color model

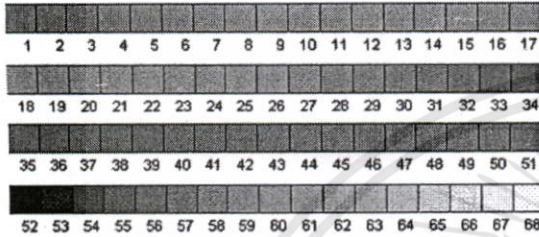


Figure 2. Representation of colors in the histogram

### B. THE PROPOSED IMAGE RETRIEVAL SYSTEM

The proposed image retrieval system is presented in figure 3. To retrieve the similar images compared to the query image from the database, first, a 68-bins color histogram of the query image is computed. Then, the candidate search is performed using techniques that will represent in the next part. The smaller value of the distance, the closer image to query image. The most similar images will be retrieved and ordered according to their distance to the query.

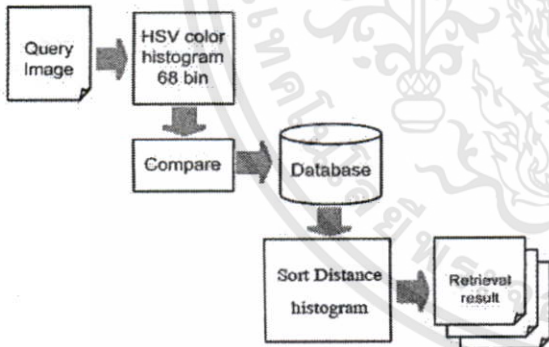


Figure 3. The process to retrieve images from the database

### C. IMAGE RETRIEVAL

To retrieve similar images, color histogram of the images in the database and that of the query will be compared. Generally, the distance obtained from histogram comparison is computed based on bin-to-bin basis.

The bin-to-bin comparison considers each color bin separately as if they are different colors. However, colors

usually are shaded and could be distributed to neighbor color bins as shown in figure 4.

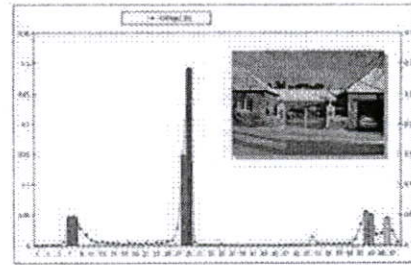


Figure 4. Color distribution of color histogram

Therefore, if the distance measure does not consider any relationship between neighbor colors, this can cause errors in the retrieval process. Therefore, in this paper, the distance of each color bin incorporated with neighbor colors are proposed to improve the retrieval performance of the proposed CBIR system. Nevertheless, the difficulty is how to adjust the suitable weights and the number of neighbor colors to be considered. Three types of the distance measure are presented:

#### 1) Euclidean distance of Color Histogram (ECH)

$$D = \sum_{i=0}^N (\overline{h_{i1}}(i) - \overline{h_{i2}}(i))^2 \quad (3)$$

#### 2) Weighted Euclidean distance of Color Histogram (WECH)

$$D = \sum_{i=0}^N \sum_{j=-m}^m w_j \{\overline{h_{i1}}(i+j) - \overline{h_{i2}}(i+j)\}^2 \quad (4)$$

#### 3) Euclidean distance of Weighted Color Histogram (EWCH)

$$D = \sum_{i=0}^N \left\{ \sum_{j=-m}^m w_j (\overline{h_{i1}}(i+j)) - \sum_{j=-Y}^Y w_j (\overline{h_{i2}}(i+j)) \right\}^2 \quad (5)$$

Here D is the distance between color histogram  $h_{i1}$  and  $h_{i2}$ , N is bin number of histogram bins. The size of neighbor colors (windows size) to be considered is  $2m [-m, m]$ .  $w_j$  is the weight at position j, where its value depends on the position and the size of neighbor colors (size of window). ECH is regular Euclidean distance, which computes the bin-to-bin distance between two color histograms. WECH is weighted Euclidean distance while EWCH is the distance of weighted color histogram. WECH weights the difference of the interested color bins and that of its neighbor color bins. On the other hand, EWCH calculates the weighted color histogram prior to measure the distance. The proposed WECH and EWCH not only measure the bin-to-bin distance between but also consider the relationship between its neighbor colors in order to improve the retrieval performance especially in the case of images with shaded colors, which are usually the case.

In this paper, Gaussian weight and different sizes of neighbor colors to be considered are tested. The Gaussian

parameters of zero mean and standard deviation of 1 and 2 are evaluated with the window size of three and five.

### III. EXPERIMENTAL RESULTS

We have conducted the experiments using the proposed image retrieval system using the image database consisting of 10,000 images chosen from many different sources [3]. To retrieve images similar to the query image from the database, the 68-bin color histogram of the query image is extracted and matched with those of the images in the database. The matching process aims to find the images with minimum distance compared to the query. Three types of distance measure (ECH, WECH, and EWCH) are evaluated to demonstrate the retrieval efficiency of each technique. The weights used in WECH and EWCH are based on Gaussian distribution, which could be defined by its mean and standard deviation. The number of neighbor colors to be considered also has been tested by varying the window size from three to five.

In this paper, the retrieval performance is evaluated using two types of retrieval measure, recall-precision relationship [4] and an objective measure called ANMRR suggested in MPEG-7 [5]. The ANMRR combines recall and precision into a single value.

$$\text{Precision} = \frac{\text{Ground truth images in Answer set}}{\text{Answer set}} \quad (6)$$

$$\text{Recall} = \frac{\text{Ground truth images in Answer set}}{\text{Ground truth images}} \quad (7)$$

To calculate ANMRR, a set of ground truth images that are most relevant to query are identified. The query and ground truth sets were chosen manually. For each query a set of ground truth images were specified a rank. The average rank  $AVR(q)$  for query  $q$  is computed as follows:

$$AVR(q) = \sum_{k=1}^{NG(q)} \frac{\text{Rank}(k)}{NG(q)} \quad (8)$$

where

- $NG(q)$  is the number of ground truth images for query  $q$ .
- $\text{Rank}(k)$  is the retrieval rank of the ground truth image.
- $K$  is the top ranked retrievals are examined.  
where  $K = \min(4 * NG(q), 2 * GMT)$   
and  $GTM = \max\{NG(q)\}$  for all  $q$ 's of a data set.

The modified retrieval rank is computed as follows:

$$MRR(q) = AVR(q) - 0.5 - \frac{NG(q)}{2} \quad (9)$$

Note that  $MRR = 0$ , when the  $NG(q)$  ground truth images are the top retrievals.

The normalized modified retrieval rank is computed as follows:

$$NMRR(q) = \frac{MRR(q)}{K + 0.5 - 0.5 * NG(q)} \quad (10)$$

Then compute average of  $NMRR$  over all queries

$$ANMRR = \frac{1}{Q} \sum_{q=1}^Q NMRR(q) \quad (11)$$

The average normalized modified retrieval rank  $ANMRR$  is used as the objective measure to evaluate the retrieval performances. The  $ANMRR$  not only indicates how many of the correct items are retrieved, but also how highly they are ranked among the retrieved items. The  $ANMRR$  is always in range of 0 to 1 and smaller the value of this measure is the better quality.

An example of the results obtained from the proposed image retrieval technique is presented in figure 5, while a comparison of recall and precision is shown in figure 6 and the  $ANMRR$  and average time from 50 set of query images are illustrated in Table I.

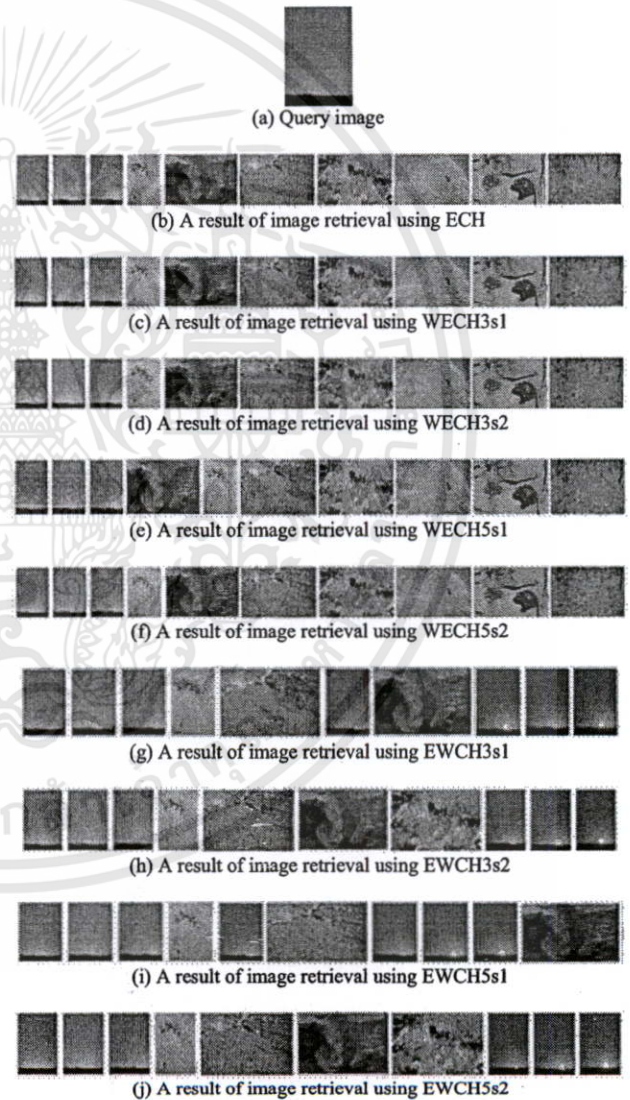


Figure 5. The sample result of image retrieval

where ECH: is Euclidean distance of color histogram techniques, WECHms is WECH technique with the number of neighbor colors (m: window size) and standard deviation (s), and EWCHms is EWCH technique with the number of neighbor colors (m: window size) and standard deviation (s).

From figure 5, the results of using ECH are similar to WECH even though the weighted distance of neighbor colors is incorporated. However, the results of using EWCH outperform the other techniques. The EWCH technique can retrieve all the sunrise images even though the position of the sun may be different from the query image. In contrast to the other techniques, if the images are a distorted only a bit from the query, these techniques will fail to retrieve those similar images.

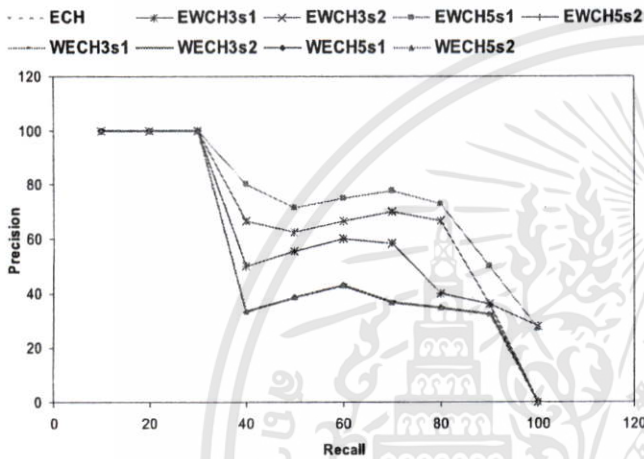


Figure 6. A comparison of recall/precision of query image

Figure 6 presents the graphs of precision versus recall from the query image in figure 5. At the recall level between 10% and 30%, the precision values of every technique are identical. However, after the recall level greater than 30%, the precision values of the EWCH technique (window size 3 and 5) are superior to the others especially in the case of EWCH5s1, which achieves the best result.

Table I shows the ANMRR of the proposed image retrieval using all three measure techniques. The experimental results show that the ANMRR of EWCH technique is better than that of the other techniques while the retrieval time is not much different. The best EWCH is the case of window size 5 and standard deviation 1.

**IV. CONCLUSION**

This paper presents the image retrieval system using weighted color distribution of HSV color histogram. Generally, the distance obtained from histogram comparison is computed based on bin-to-bin basis. However, colors usually

are shaded and could be distributed to neighbor color bins. Therefore, if the distance measure incorporates the distance of each color and its relationship to the neighbors, the retrieval performance can be improved. The selected weights are distributed as Gaussian distribution. Several Gaussian parameters and number of neighbors to be considered have been examined. The experimental results show good retrieval performance using the proposed weighted color distribution over a variety of image collections.

TABLE I  
The comparison of performances

Technique	ANMRR
ECH	0.521
EWCH3 s1	0.480
EWCH3 s2	0.498
EWCH5 s1	0.477
EWCH5 s2	0.501
WECH3 s1	0.523
WECH3 s2	0.522
WECH5 s1	0.523
WECH5 s2	0.522

**REFERENCES**

- [1] B.Stockman and L.Shapiro, "Computer Vision", Prentice Hall, 2001.
- [2] Shamik Sural, Gang Qian and S.Pramanik, "Segmentation and Histogram Generation using the HSV color space for Image Retrieval", IEEE Int. Conf. on Image Processing (ICIP), pp. II-589-II-592, September 2002.
- [3] Britton I. "Free Pictures". <http://www.freefoto.com>. 2002.
- [4] Ricardo Baeza-Yates and Berthier Ribeiro-Neto, "Modern Information Retrieval", Addison Wesley, 1999.
- [5] B. S. Manjunath, Jens-Rainer Ohm, Vinod V. Vasudevan, and Akio Yamada, "Color and Texture Descriptors", IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 11, no. 6, 2001, pp. 703-715.
- [6] Alasdair McAndrew, "Introduction to Digital Image Processing with MATLAB", Australia : Course Technology, a division of Thomson Learning, Inc. 2004.
- [7] Deb S. and Zhang Y. "An Overview of Content-based Image Retrieval Techniques" International Conf. on Advanced Information Networking and Application, vol.1, 2004. pp. 59-64.
- [8] Chaur-Chin Chen and Hsueh-Ting Chu. "Similarity Measurement Between Images", International Computer Software and Applications Conf. (COMPSAC'05), 2005.
- [9] Minghong Pi, Mrinal K. Mandal and Anup Basu. "Image Retrieval Based on Histogram of Fractal Parameters" IEEE Trans. on Multimedia, vol. 7, No. 4, August 2005.
- [10] Donald Hearn and M. Pauline Baker, "Computer Graphics with OpenGL", Pearson Prentice Hall, Inc. 2004.
- [11] Teknomo K. "Similarity Measurement" [Online]. <http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/Similarity/index.html>. 2005.