การสร้างดัชนีภาพโดยการใช้ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่

IMAGE INDEXING BY USING COLOR SPATIAL RELATIONSHIP

สุรางคนา ระวังยศ

SURANGKANA RAWUNGYOT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2545

ISBN 974-648-692-6

การสร้างดัชนีภาพโดยการใช้ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่

IMAGE INDEXING BY USING COLOR SPATIAL RELATIONSHIP

T043721

สุรางคนา ระวังยศ

SURANGKANA RAWUNGYOT

ขหมู่..................
ขทะเบียน 43721
, เดือน, ปี 30 ก.ย. 2545

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2545

ISBN 974-648-692-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMAGE INDEXING BY USING COLOR SPATIAL RELATIONSHIP

SURANGKANA RAWUNGYOT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN COMPUTER SCIENCE AND

INFORMATION TECHNOLOGY

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2002

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISBN 974-648-692-6

COPYRIGHT 2002

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF THCHNOLOGY LADKRABANG
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การสร้างดัชนีภาพโดยการใช้ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่

IMAGE INDEXING BY USING COLOR SPATIAL RELATIONSHIP

ชื่อนักศึกษา นางสาวสุรางคนา ระวังยศ

รหัสประจำตัว 42067003

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.วิเชียร	เปรมชัยสวัสดิ์	
รศ.ดร.บุญวัฒน์	อัตชู	
ผศ.ดร.ประจวบ	วานิชชัชวาล	
ผศ.ดร.อาริต	ธรรมโน	
ผศ.ดร.วรพจน์	กรีสุระเดช	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน/เดือนปี ที่สอบ 10 เมษายน 2545 เวลา 9.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้องเรียน M23 (ชั้นลอย) คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัตชู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 24 เดือน [illegible] พ.ศ. 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่า... ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิง... ทุกครั้งที่มีการนำไป...

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสร้างดัชนีภาพโดยการใช้ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่
นักศึกษา	นางสาวสุรางคนา ระวังยศ
รหัสประจำตัว	42067003
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
พ.ศ.	2545
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ. ดร. วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้เสนอวิธีการสร้างดัชนีและวิธีการค้นคืนภาพสีซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของกลุ่มสีที่ต้องการให้ปรากฏในภาพ โดยนำหลักการของข้อความสองมิติ (2D+Strings) เพื่อนำมาเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของแต่ละกลุ่มสี วิธีการที่นำเสนอนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลักคือ ขั้นตอนการสร้างฐานข้อมูลภาพสี โดยจัดเก็บค่าดัชนีสี ขนาด พื้นที่ และตำแหน่งของกลุ่มสีต่างๆ ที่ปรากฏในภาพด้วยกรอบสี่เหลี่ยมซึ่งเล็กที่สุดและครอบคลุมบริเวณกลุ่มสีที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งได้จากการนำรูปภาพผ่านกระบวนการประมวลผล (image processing) แล้วนำคุณสมบัติเหล่านี้สร้างเป็นดัชนีร่วมกันให้กับภาพที่จัดเก็บในฐานข้อมูล เพื่อรองรับการค้นคืนรูปภาพในหลายรูปแบบ ขั้นตอนที่สองคือกระบวนการค้นคืนภาพที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับภาพที่ต้องการค้นคืนโดยการกำหนดค่าสี ขนาด ตำแหน่ง หรือความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของกลุ่มสีต่างๆที่ต้องการให้ปรากฏในภาพ โดยผ่านหน้าจอที่สร้างขึ้นเพื่อรองรับคุณสมบัติต่างๆเหล่านี้ แล้วนำคุณสมบัติของกลุ่มสีที่กำหนดเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนแรก จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการค้นคืนภาพที่ปรากฏกลุ่มสีซึ่งมีความสัมพันธ์กันเชิงพื้นที่ได้อย่างสอดคล้อง รวดเร็วและมีความคล้ายคลึงกับลักษณะของบริเวณกลุ่มสีตามที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Image Indexing by Using Color Spatial Relationship
Student	Miss Surangkana Rawungyot
Student ID.	42067003
Degree	Master of Science
Programmed	Information Technology
Year	2002
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Wichian Premchaiswadi

ABSTRACT

This paper proposes a new method for color indexing and similarity image retrieval with single and multi color region, which employs 2D+String for represent spatial relationships. This method consists 2 steps : database construction and image retrieval. In database construction process, the color regions of each image in database are extracted. An images is represented by a set of color regions, corresponding to minimum bounding rectangle (MBR), which are characterized by color, size and location properties from image processing. These features are used for creating index for each image in the database. In the image retrieval process, a target region with size, color and spatial relationship of each region are specified via a user interface tool. Then matching this information with indexing form image database by compare with 2D+ String of each color region. This allow very fast indexing of image collection by color contents of the images. Furthermore, information about the identified region, such as the color, size and location, enables a rich variety of queries that specify both color content and spatial relationships of region.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับระบบการค้นคืนรูปภาพ รวมทั้งกระบวนการในการประมวลผลภาพจาก รศ.ดร.วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณบิดา มารดาของข้าพเจ้าที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจแก่ข้าพเจ้าโดยตลอด

ขอขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำต่างๆ พร้อมทั้งช่วยตรวจเทียบและแก้ไขข้อผิดพลาดอื่นๆ จนสำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้นและยังให้กำลังใจต่อผู้วิจัยอย่างใกล้ชิดตลอดมา

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้ายขอขอบคุณ คณาจารย์และเจ้าหน้าที่คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่ให้ความรู้และช่วยเหลือในทุกๆด้าน

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุรางคนา ระวังยศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย...I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..II

กิตติกรรมประกาศ..III

สารบัญ...IV

สารบัญตาราง..VII

สารบัญรูป...VIII

บทที่ 1 บทนำ..1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย...2

1.4 ขั้นตอนการทำวิจัย..3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ...3

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..4

2.1 การค้นคืนรูปภาพด้วยข้อความ..4

2.2 วิธีการดัชนีเชิงเนื้อหาของภาพ..4

2.2.1 คุณลักษณะของสี..4

2.2.2 พื้นผิว...5

2.2.3 รูปทรง..6

2.3 กลยุทธการค้นคืนรูปภาพ..7

2.3.1 แสดงโดยคำค้น...7

2.3.2 แสดงโดยการเลือกภาพ...7

2.3.3 แสดงโดยเนื้อหาของภาพ..8

บทที่ 3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการประมวลผลภาพ..9

3.1 แบบจำลองสี..9

3.1.1 แบบจำลองสี RGB..9

เอกสารนี้มีไว้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น หรือห้ามดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.1.2 แบบจำลองสี HSV.....9

3.1.3 แบบจำลองสี CMY.....11

3.1.4 แบบจำลองสี CIE LUV.....11

3.2 การขจัดสัญญาณรบกวน.....12

บทที่ 4 ทฤษฎีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่.....16

4.1 นิยามของ 2D+ String.....16

4.2 กฎความสัมพันธ์เชิงพื้นที่.....20

4.2.1 กฎความสัมพันธ์เชิงทิศทาง.....20

4.2.2 กฎความสัมพันธ์เชิงเนื้อหา.....23

4.3 การเปรียบเทียบความเหมือนของ 2D+ String.....24

บทที่ 5 แนวทางในการวิจัย.....25

5.1 กระบวนการสร้างดัชนีภาพ.....25

5.2 โครงสร้างฐานข้อมูลภาพ.....29

5.2.1 ตารางดัชนีภาพ.....29

5.2.2 ตารางคุณสมบัติของภาพ.....29

5.2.3 ตารางแสดงค่าความต่างของภาพ.....30

5.2.4 ตารางแสดงค่าความต่างโดยรวม.....31

5.3 การเปรียบเทียบความคล้ายคลึงของภาพ.....32

5.3.1 การเปรียบเทียบความเหมือนของกลุ่มสีหนึ่งบริเวณ.....32

5.3.2 การเปรียบเทียบความเหมือนของกลุ่มสีหลายบริเวณ.....34

บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง.....35

6.1 การประเมินประสิทธิภาพของระบบการค้นคืนรูปภาพ.....35

6.2 องค์ประกอบการทดลอง.....36

6.3 ผลการทดลอง.....37

เอกสารนี้มีไว้...ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น ...ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 7 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..41

เอกสารอ้างอิง..43

ภาคผนวก..45

ประวัติผู้เขียน..55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ความสัมพันธ์เชิงทิศทางระหว่างวัตถุ A กับวัตถุ B และสัญลักษณ์แทนความสัมพันธ์ในลักษณะหนึ่งมิติ..........19

4.2 สรุปกฎแสดงทิศทางสัมพันธ์พื้นฐาน 6 ความสัมพันธ์ของวัตถุ A..........22

4.3 สรุปกฎความสัมพันธ์เชิงทิศทาง 8 ความสัมพันธ์..........23

6.1 แสดงตัวอย่างภาพต้นแบบและภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองหนึ่งบริเวณสี..........38

6.2 แสดงภาพต้นแบบและตัวอย่างภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพหลายบริเวณสี..........39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงตัวอย่างภาพระดับเทาและฮีสโตแกรม 256 ระดับเทาของภาพ........................5

2.2 แสดงภาพก่อนและหลังการแบ่งส่วนในระบบการค้นคืนรูปภาพ Netra........................6

2.3 แสดงภาพก่อนและหลังการแบ่งส่วนในระบบการค้นคืนรูปภาพ BlobWorld........................6

2.4 แสดงการแทนรูปทรงบนพื้นฐานเส้นขอบ........................6

2.5 แสดงการแทนรูปทรงบนพื้นฐานบริเวณของรูปทรง........................7

2.6 แสดงตัวอย่างการกำหนดคิวรีและผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนรูปภาพระบบ VisualSEEK......8

3.1 แสดงแบบจำลองสีโหมด RGB........................9

3.2 แสดงแบบจำลองสีโหมด HSV........................10

3.3 แสดงอัลกอริทึมการแปลงสีโหมด RGB เป็นโหมด HSV........................10

3.4 แสดงแบบจำลองสีโหมด CMY........................11

3.5 แสดงอัลกอริทึมในการแปลงค่าความหนาแน่นสีโหมด RGB เป็น CIE LUV 11

3.6 แสดงหลักการลดสัญญาณรบกวนด้วยวิธีการ Color median filter........................13

3.7 แสดงกระบวนการ color median filter ตามหลัก moving window ผลลัพธ์ที่ได้คือ
พิกเซลทั้งหมดในภาพผ่านกระบวนการ median filter ยกเว้นพิกเซลตำแหน่งแถว
และคอลัมม์ที่มากกว่าและน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของขนาดเมตริกซ์........................14

3.8 แสดงการเปรียบเทียบภาพต้นฉบับ ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวนด้วยหลักการ
median filters, low pass filters และHigh pass filters ด้วยเมตริกซ์ขนาด 5 x 5 พิกเซล......15

4.1 แสดงทิศทางพื้นฐาน 6 ส่วนรอบวัตถุ A 16

4.2 แสดง Minimum Bounding Rectangle Coordinate ของวัตถุ A........................17

4.3 แสดง 2D+ String ของภาพต้นแบบที่ความต่าง 2 พิกเซล........................18

4.4 แสดงกรณีที่วัตถุ A มีความสัมพันธ์ X2 กับวัตถุ B........................21

4.5 แสดงความสัมพันธ์เชิงทิศทาง 9 ความสัมพันธ์จาก 6 ความสัมพันธ์พื้นฐาน........................23

5.1 แสดงขั้นตอนในการเก็บลักษณะเด่นของสีตามบริเวณและการค้นคืนข้อมูล........................25

5.2 แสดงกระบวนการ Scaling into square segmentation........................26

5.3 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลภาพ........................28

5.4 แสดงตัวอย่างข้อมูลตารางดัชนีภาพ........................29

...ให้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.5 แสดงตัวอย่างข้อมูลคุณสมบัติของบริเวณสีที่ได้จากกระบวนการประมวลผลภาพ..............30

5.6 แสดงตารางค่าความต่างของภาพที่ได้เมื่อต้องการค้นหาภาพตามคุณลักษณะที่กำหนด.........31

5.7 แสดงตารางค่าความต่างโดยรวม...31

6.1 แสดงค่า Recall และ Precision โดยที่ a + b + c + d = จำนวนรูปภาพทั้งหมดที่มีอยู่
ในฐานข้อมูล a + c = จำนวนภาพที่สอดคล้องภาพคิวรีทั้งหมดที่มีอยู่ในฐานข้อมูล
และ a + b = จำนวนรูปภาพทั้งหมดที่ค้นคืนได้...35

6.2 แสดงภาพต้นแบบและภาพที่ค้นคืนได้จากฐานข้อมูลภาพด้วยหนึ่งบริเวณสี.....................36

6.3 แสดงตัวอย่างภาพต้นแบบและภาพที่ค้นคืนได้จากฐานข้อมูลรูปภาพด้วยบริเวณกลุ่มสี
หลายบริเวณ 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

งานวิจัยทางด้านการจัดเก็บและสืบค้นข้อมูลรูปภาพเป็นที่นิยมกันมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีผู้นิยมบันทึกภาพด้วยรูปแบบของสัญญาณดิจิตอลไว้ในสื่อบันทึกข้อมูลเป็นจำนวนมาก ปัญหาที่ตามมาคือ จะทำการจัดเก็บรูปภาพจำนวนมากนั้นไว้ในฐานข้อมูลอย่างไรและค้นหารูปภาพอย่างไรเพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้ค้นหา และใช้เวลาน้อยที่สุดในการค้นคืนรูปภาพเหล่านั้นซึ่งในบางครั้งอาจเกิดความกำกวมในการกำหนดคุณลักษณะของภาพที่ต้องการค้นหา ดังนั้นจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ทำการวิเคราะห์รูปภาพเพื่อกำหนดคำสำคัญหรือให้ความหมายกับรูปภาพอย่างสอดคล้องและมีมาตรฐานเดียวกัน

ที่ผ่านมามีงานวิจัยเกี่ยวกับการค้นคืนภาพในฐานข้อมูลเป็นจำนวนมาก เช่น ศูนย์วิจัยของ IBM ได้พัฒนาระบบค้นคืนรูปภาพ QBIC (Query By Image Content) [1][2][3] ค้นคืนภาพโดยใช้ภาพตัวอย่างหรือกำหนดลักษณะของสี พื้นผิว รูปทรง และภาพร่าง เพื่อค้นหาภาพที่มีความคล้ายคลึงกัน มีสามวิธีในการกำหนดลักษณะต่างๆของภาพคือ วิธีการแรกค้นหาความเหมือนของภาพโดยการกำหนดสีที่เด่นในภาพเพื่อเป็นตัวแทนภาพที่ต้องการ วิธีที่สองใช้ฮิสโตแกรมสีแสดงเปอร์เซ็นต์ของสีโดยประมาณเพื่อสร้างเป็นรูปแบบแทนลักษณะของภาพที่ต้องการ จุดเด่นของการวัดความเหมือนจากฮิสโตรแกรมคือค่าเปอร์เซ็นต์ของสีไม่เปลี่ยนแปลงแม้ว่าจะทำการแปลงรูป (Translation) หมุนรูปภาพ (Rotation) หรือเปลี่ยนขนาดของภาพ (Scale) จากข้อดีของวิธีการเปรียบเทียบความเหมือนของฮีสโตรแกรมนี้ได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการค้นคืนภาพโดยเปรียบเทียบความเหมือนของฮีสโตรแกรมด้วยกระบวนการต่างๆหลายงานวิจัย [4][5] แต่อย่างไรก็ตามภาพที่มีฮิสโตรแกรมเหมือนกันอาจมิลักษณะที่เห็นต่างกันเนื่องจากไม่ได้นำเอาคุณลักษณะและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่สีร่วมพิจารณาด้วย จากจุดเด่นของฮิสโตแกรมภาพและจุดด้อยที่ค้นพบทำให้มีนักวิจัยได้พัฒนาระบบการค้นคืนรูปภาพด้วยวิธีการที่มีชื่อว่า ออโตคอริโลแกรม [15] ขึ้นโดยนำค่าฮิส-โตรแกรมพิจารณาร่วมกับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับงานการค้นคืนรูปภาพ วิธีที่สามกำหนดลักษณะของภาพที่ต้องการค้นคืนโดยการวาดรูปสี่เหลี่ยม กำหนดสี และขนาดเท่าที่ต้องการ ในการเปรียบเทียบความเหมือน ระบบนี้พิจารณาจาก ตำแหน่ง ขนาด รูปทรง และสีตามพื้นที่ที่สร้างขึ้น แต่ไม่ได้พิจารณาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างพื้นที่ของวัตถุต่างๆ เหล่านั้น อีกระบบหนึ่งที่ได้รับการกล่าวถึงทางด้านการค้นคืนข้อมูลรูปภาพ คือ VisualSEEk[4][5] เป็นระบบที่นำเอาข้อมูลลักษณะของสีและพื้นผิวที่ปรากฏในภาพใช้เป็นตัวแทนภาพแตกต่างจากระบบ QBIC ในส่วนการนำเอาลักษณะของความสัมพันธ์เชิงพื้นที่มาร่วมพิจารณาเพื่อค้นหา

ภาพที่มีความคล้ายกันด้วยวิธี Back-projection เพื่อแบ่งภาพเป็นส่วนๆตามลักษณะของสี ขนาด และรูปทรงของสี โดยใช้บริเวณขอบสี่เหลี่ยมซึ่งเล็กที่สุดและครอบคลุมบริเวณกลุ่มสีที่สัมพันธ์กัน (Minimum bounding rectangle - MBR) เป็นคุณสมบัติแทนบริเวณสีต่างๆที่ปรากฏในแต่ละรูปภาพ ส่วนการคิวรีใช้วิธีการเปรียบเทียบด้วยหลักการของ 2D Strings [6] เพื่อใช้แสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แต่ละส่วนของสีที่ปรากฏในภาพ [7][8] ระบบค้นคืนรูปภาพอีกระบบหนึ่งคือ Netra [9] เป็นระบบที่ใช้ข้อมูลสี (Color) พื้นผิว (Texture) รูปทรง (Shape) และตำแหน่ง (Position) เป็นลักษณะที่นำมาพิจารณาหาภาพที่มีความคล้ายคลึงกัน โดยหลักการแปลงภาพให้อยู่ในโหมดขาวดำและใช้ลักษณะของพื้นผิวเพื่อแบ่งภาพออกเป็นส่วนๆ และได้นำตำแหน่งจุดศูนย์กลางและ จุดตัด (Coordinate)ของบริเวณขอบสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุดซึ่งครอบคลุมบริเวณสี เพื่อใช้แสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างส่วนต่างๆ ภายในรูปแต่ไม่ได้คำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างบริเวณสี รายละเอียดของงานวิจัยอื่นๆ จะได้กล่าวถึงในบทที่ 2

จากการศึกษางานวิจัยทางด้านการค้นคืนและการประมวลผลภาพทำให้ทราบว่ายังมีข้อมูลบางส่วนที่อยู่ในภาพซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นลักษณะสำคัญของแต่ละภาพ (Feature) เพื่อจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางเพื่อพัฒนาระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่มีอยู่ในปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นโดยการรวมลักษณะสำคัญของสี ตำแหน่งของบริเวณสีที่ปรากฏในภาพ และความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของบริเวณกลุ่มสีที่ได้จากการประมวลผลภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการประมวลผลรูปภาพและรูปแบบการแสดงผลรูปภาพสี

1.2.2 เพื่อศึกษาวิธีการจัดเก็บและค้นคืนรูปภาพโดยใช้ลักษณะของสี

1.2.3 เพื่อศึกษาวิธีการจัดเก็บและค้นคืนข้อมูลเชิงพื้นที่ของวัตถุภายในภาพ

1.2.4 เพื่อพัฒนาระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ลักษณะสำคัญของสีร่วมกับลักษณะความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของบริเวณกลุ่มสีที่ปรากฏในภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้เสนอกระบวนสร้างดัชนีให้กับฐานข้อมูลรูปภาพโดยนำภาพผ่านกระบวนการประมวลผล (Image Processing) เพื่อหาขนาดของกลุ่มสีที่ปรากฏในภาพซึ่งมีหลายบริเวณสีนำไปจัดเก็บในฐานข้อมูลซึ่งแต่ละรูปมีขนาดที่แตกต่างกัน โดยแบ่งประเภทการค้นคืนตามจำนวนของกลุ่มสีที่ต้องการเป็นสองประเภทคือ ประเภทแรกต้องการค้นคืนภาพที่ปรากฏกลุ่มสีที่ต้องการบริเวณเดียวโดยไม่พิจารณาบริเวณอื่น ประเภทที่สองคือการค้นคืนภาพที่พิจารณากลุ่มสีหลายบริเวณ ในการค้นคืนประเภทที่สองนี้ได้ประยุกต์หลักการของ 2D+ String (2 Dimensional Plus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

String) [13] เพื่อแสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของแต่ละบริเวณกลุ่มสีต่างๆที่ต้องการให้ปรากฏในภาพโดยไม่พิจารณาสีบริเวณอื่นที่นอกเหนือจากที่กำหนดหรือพิจารณาในขณะนั้น

1.4 ขั้นตอนการทำวิจัย

1.4.1 ศึกษาบทความและผลงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

1.4.2 ศึกษาทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการประมวลผลภาพ

1.4.3 กำหนดหัวข้อ เป้าหมาย วัตถุประสงค์ และขอบเขตการทำวิทยานิพนธ์

1.4.4 วิเคราะห์และออกแบบวิธีการค้นคืนรูปภาพด้วยลักษณะของสีและบริเวณที่ปรากฏสี

1.4.5 เก็บรวบรวมรูปภาพเพื่อใช้ในงานวิจัย

1.4.6 พัฒนาโปรแกรมเพื่อทดสอบแนวคิดที่ได้ออกแบบ

1.4.7 ทดลองค้นคืนข้อมูลรูปภาพด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นใหม่

1.4.8 วิเคราะห์ และสรุปผลการดำเนินงาน

1.4.9 รวบรวมจัดทำเอกสารประกอบวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทำให้ได้ศึกษาถึงหลักการแสดงผลภาพและทฤษฎีต่างๆ เกี่ยวกับการประมวลผลภาพ

1.5.2 ได้ศึกษาถึงวิธีการค้นคืนรูปภาพโดยใช้ลักษณะของสีและข้อมูลเชิงพื้นที่ของบริเวณกลุ่มสีซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของบริเวณกลุ่มสีที่ปรากฏในรูปภาพ

1.5.3 สามารถพัฒนาระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ลักษณะของสีพิจารณาร่วมกับข้อมูลความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของบริเวณสีที่ปรากฏในภาพได้

1.5.4 สามารถนำไปใช้งานจริงได้โดยใช้ลักษณะของข้อมูลสีและข้อมูลเชิงพื้นที่ของบริเวณสีที่ปรากฏในภาพได้

1.5.5 งานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบการค้นคืนรูปภาพให้ดียิ่งขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้กล่าวถึงงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องการค้นคืนรูปภาพ ซึ่งในที่นี้ได้นำเสนอบทสรุปของงานวิจัยที่เกี่ยวกับกระบวนการค้นคืนรูปภาพจาก[19] เริ่มจากระบบการค้นคืนรูปภาพโดยใช้ข้อความ (Text-based method) และกล่าวถึงระบบการค้นคืนรูปภาพอีกหลายระบบ ซึ่งในปัจจุบันระบบการค้นคืนเชิงเนื้อหาของภาพ (Content-based image retrieval) นิยมนำคุณสมบัติของสี (Color) ลักษณะพื้นผิว (Texture) และรูปทรง (Shape) เป็นตัวแทนของข้อมูลภาพซึ่งลักษณะเหล่านี้ได้มาโดยอัตโนมัติ กระบวนการค้นคืนรูปภาพมีหลายวิธีดังต่อไปนี้

2.1 การค้นคืนรูปภาพด้วยข้อความ (Text-Based Indexing Methods)

การค้นคืนรูปภาพด้วยข้อความเป็นวิธีการค้นคืนซึ่งเป็นพื้นฐานที่สุดสำหรับระบบการค้นคืนรูปภาพ โดยการให้คำอธิบายรูปภาพด้วยข้อความ การสร้างดัชนีด้วยคนนั้นสามารถอธิบายรูปภาพได้ตามเนื้อหา หรือคุณลักษณะของภาพต่างๆ เช่นสามารถบอกถึงเวลา สถานที่ หรือผู้ที่ทำการบันทึกภาพ ส่วนกระบวนการเข้าถึงภาพที่ต้องการค้นคืน ผู้ค้นจะต้องทำการสร้างคิวรีโดยใช้คำอธิบายภาพ หรือคำสำคัญ (Keyword) ให้เหมือนกับที่ได้สร้างดัชนีไว้ และนี่เป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งของการค้นคืนรูปภาพโดยใช้ข้อความ เนื่องจากแต่ละบุคคลมีมุมมองที่แตกต่างกันเป็นสาเหตุให้การกำหนดคำจำกัดความหรือคำอธิบายภาพแตกต่างกันโดยเฉพาะลักษณะของพื้นผิว ทำให้มีผู้วิจัยได้พยายามสร้างระบบที่ใช้กำหนดคำศัพท์ต่างๆ ที่ใช้อธิบายรูปภาพเหล่านั้นด้วยชื่อ Art and Architecture Thesaurus (AAT) เสนอเมื่อปีค.ศ. 1979 เสนอขึ้นเพื่อพัฒนาพจนานุกรมสำหรับงานศิลปะ และใช้ควบคุมคำศัพท์สำหรับงานศิลปะและสถาปนิก (http://www.getty.edu/gri/)

2.2 วิธีการดัชนีเชิงเนื้อหาของภาพ (Content-Based Indexing Methods)

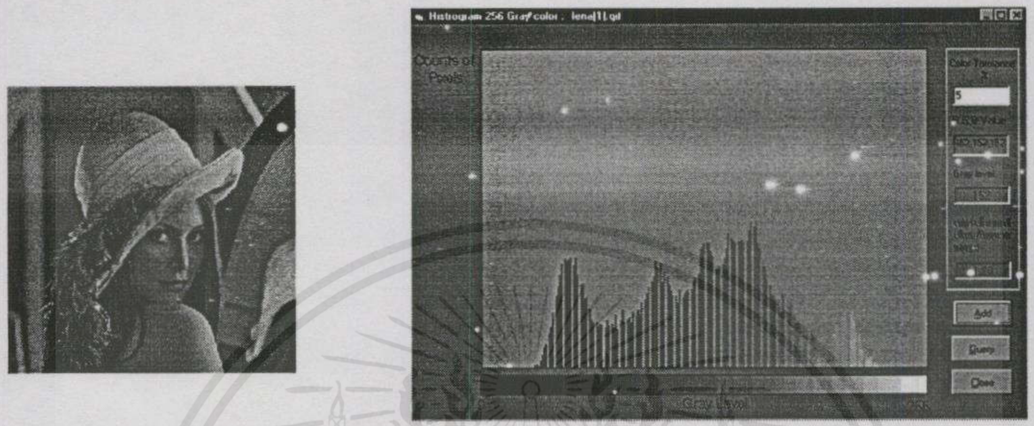
ระบบการค้นคืนรูปภาพเชิงเนื้อหา (CBIR) พัฒนาขึ้นจากการนำประโยชน์ของการใช้คุณลักษณะของภาพที่ได้จากการดึงข้อมูลหรือการวิเคราะห์รูปภาพโดยอัตโนมัติ ประเด็นที่สำคัญสำหรับวิธีการดัชนีเชิงเนื้อหาของภาพคือ จะทำการแทนเนื้อหาของภาพโดยใช้คุณลักษณะของภาพที่ได้จากการดึงหรือวิเคราะห์รูปภาพได้อย่างไร ในปัจจุบันมีวิธีการแทนรูปภาพด้วยคุณลักษณะของภาพโดยทั่วไปลักษณะที่ใช้คือ สี ลักษณะพื้นผิว และรูปทรงของวัตถุ

ประโยชน์ด้านการค้า
เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 คุณลักษณะของสี (Color)

การแทนข้อมูลรูปภาพด้วยลักษณะของสีแบ่งเป็นสองประเภทคือ ลักษณะโดยทั่วไปของบริเวณสี (Global) และลักษณะของบริเวณสีแต่ละบริเวณในภาพ (Local) ลักษณะนี้มักใช้พิจารณา

ร่วมกับคุณลักษณะอื่น เช่นลักษณะของสี หรือพื้นผิว ในบทนี้จะกล่าวถึงลักษณะโดยทั่วไปของบริเวณสี วิธีการแทนลักษณะของภาพด้วยคุณลักษณะของสีที่นิยมใช้กันคือ ทำการแปลงรูปภาพให้อยู่ในรูปของฮิสโตแกรม ตัวอย่างเช่นรูปที่ 2.1 ด้านซ้ายแสดงภาพระดับเทา ด้านขวาแสดงฮีสโตแกรม 256 ระดับเทาของรูปทางซ้าย

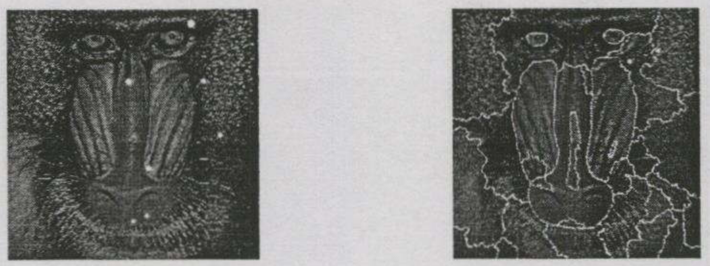


รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างภาพระดับเทาและฮีสโตแกรม 256 ระดับเทาของภาพ

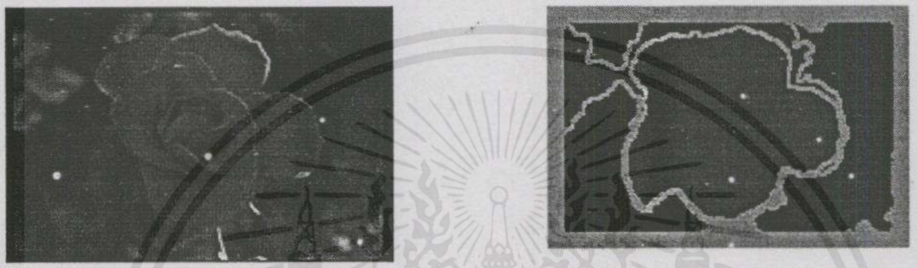
โดยปกติภาพหนึ่งภาพสร้างฮีสโตแกรมได้เพียงฮีสโตแกรมเดียวแต่ภาพที่ต่างกันอาจมีฮีสโตแกรมสีที่เหมือนกันได้ [20] และแม้ว่าจะทำการแปลงภาพ (translation) หมุนภาพ (rotation) หรือ การเปลี่ยนมุมมองของภาพ ฮีสโตแกรมของภาพจะไม่เปลี่ยนแปลง [21] จากคุณสมบัติของฮีสโตแกรมที่กล่าวมาข้างต้นทำให้มีนักวิจัยนิยมประยุกต์ฮีสโตแกรมของสีเป็นตัวแทนหาภาพที่มีลักษณะคล้ายกันในกระบวนการค้นคืนรูปภาพ เช่น วิธีการ Histogram Backprojection [4] ได้สร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาตำแหน่งของวัตถุ แต่อย่างไรก็ตามการแปลงภาพให้เป็นฮีสโตแกรมทำให้ขาดคุณสมบัติของข้อมูลเชิงพื้นที่ของภาพ ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่ได้นำคุณสมบัติของฮีสโตแกรมรวมกับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่เรียกงานวิจัยนี้ว่า ออโตคอริโลแกรม [15] สร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาเรื่องความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของบริเวณสี

2.2.2 พื้นผิว (Texture)

งานวิจัยที่นำลักษณะของพื้นผิวพิจารณาสร้างระบบค้นคืนรูปภาพคือ ระบบที่มีชื่อว่า Netra [9] เสนอโดย Wei ma และทีมงานโดยใช้อัลกอริทึม Gabor filter ในการดึงข้อมูลคุณสมบัติของพื้นผิวที่ปรากฏในภาพ ผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งส่วนภาพแสดงดังในรูปที่ 2.2 และอีกงานวิจัยหนึ่งมีชื่อว่า Bolbworld เสนอโดย Belongie et. al. โดยใช้อี-เอ็มอัลกอริทึม (Expectation-Maximisation : E-M algorithm) พิจารณาร่วมกับลักษณะของพื้นผิวเพื่อใช้ในการแบ่งส่วนของภาพ ผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งส่วนด้วย อี-เอ็มอัลกอริทึม แสดงดังตัวอย่างในรูปที่ 2.3



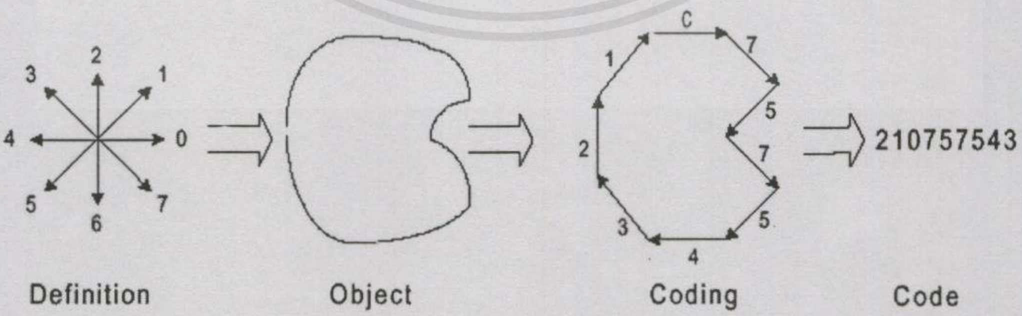
รูปที่ 2.2 แสดงภาพก่อนและหลังการแบ่งส่วนในระบบการค้นคืนรูปภาพ Netra



รูปที่ 2.3 แสดงภาพก่อนและหลังการแบ่งส่วนในระบบการค้นคืนรูปภาพ BolbWorld

2.2.3 รูปทรง (Shape)

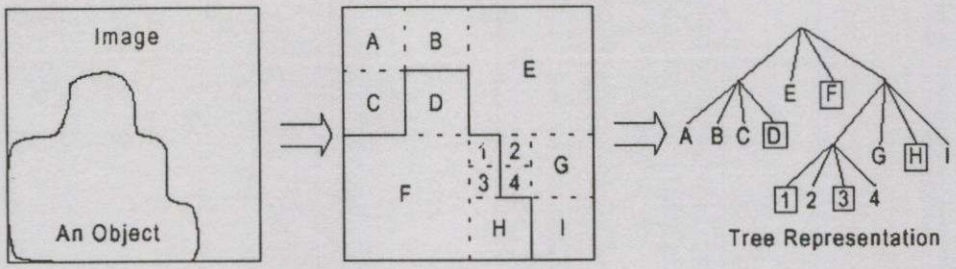
วิธีการวิเคราะห์รูปทรงได้กล่าวถึงในหลายงานวิจัย [20] โดยทั่วไปการอ้างถึงรูปทรงมี 2 ลักษณะคือ กำหนดรูปทรงบนพื้นฐานของเส้นขอบ (boundary-base) และการกำหนดรูปทรงบนพื้นฐานบริเวณของรูปทรง (Region-base) วิธีการนี้ทำการสร้างรหัส (code) เพื่อแทนคุณลักษณะของภาพดังตัวอย่างในรูปที่ 2.4 และ 2.5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 2.4 แสดงการแทนรูปทรงบนพื้นฐานเส้นขอบ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงการแทนรูปทรงบนพื้นฐานบริเวณของรูปทรง

2.3 กลยุทธ์การค้นคืนรูปภาพ (Image Retrieval Strategies)

ในตอนนี้กล่าวถึงวิธีการแสดงรูปภาพผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการค้นคืน ซึ่งในที่นี้เรียกว่า กลยุทธ์การค้นคืนรูปภาพ

2.3.1 แสดงโดยคำค้น (Query by text)

ระบบการค้นคืนรูปภาพในปัจจุบันนิยมใช้วิธีการค้นคืนรูปภาพด้วยข้อความเป็นส่วนใหญ่ เช่น ระบบที่เรียกว่า คอร์บิส (Corbis : http://www.corbis.com) และระบบที่เรียกว่า โฟโตดิส (PhotoDisc : http://www.photodisc.com) วิธีการนี้ผู้ใช้สามารถค้นหารูปภาพโดยใช้คีย์เวิร์ดร่วมกับเครื่องหมายตรรกศาสตร์ (Boolean Operators) เช่น "AND" , "OR", "NOT" หรือการค้นคืนโดยวลี เช่น "ภาพผู้หญิงกำลังเดินบนชายหาด"

2.3.2 แสดงรูปโดยการเลือกภาพ (Browsing)

เป็นวิธีการแสดงรูปภาพที่นิยมใช้อีกวิธีหนึ่ง แต่เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพต่ำ การแสดงรูปภาพโดยการเลือกนี้ นิยมสร้างกันสองประเภทคือ

2.3.2.1 การบราวส์แบบทัมเนล (Thumbnail browsing)

คือการแสดงรูปภาพเล็กๆ หลายรูปในหนึ่งหน้าจอ เมื่อต้องการแสดงรูปภาพเท่ากับขนาดที่แท้จริงของรูป หรือต้องการแสดงภาพขนาดใหญ่เท่ากับหนึ่งหน้าจอ ให้ทำการคลิกที่ภาพเล็กนั้น

2.3.3.2 การแสดงแบบสไลด์ (Slide show)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือการแสดงภาพบนหน้าจอ 1 รูปภาพ ต่อ 1 หน้าจอ ซึ่งโดยปกติจะมีขนาดเท่ากับภาพจริงหรือมีขนาดเต็มหน้าจอ

2.3.3 การแสดงโดยเนื้อหาของภาพ (Image Contents)

2.3.3.1 การแสดงโดยภาพตัวอย่าง (Query by Example)

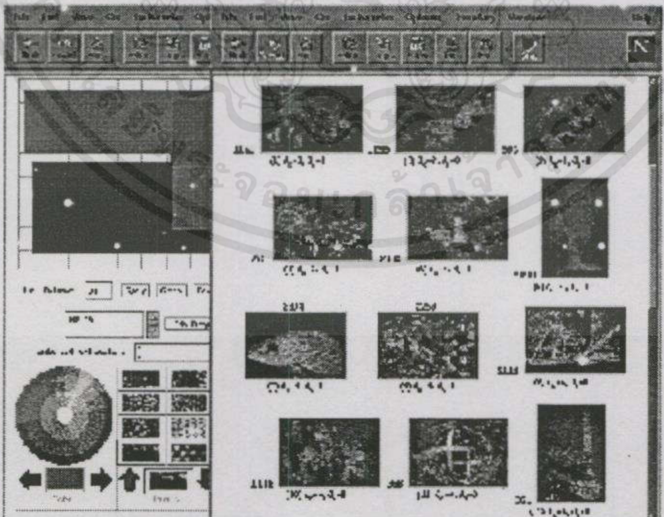
ระบบทำการค้นคืนโดยผู้ใช้เลือกภาพตัวอย่างที่มีลักษณะคล้ายกับรูปที่ต้องการแสดง แล้วระบบจะสร้างเงื่อนไขหรือทำการเลือกเงื่อนไขเพื่อใช้เป็นพารามิเตอร์ในการวัดความเหมือนของภาพต่างๆ ในฐานข้อมูล

2.3.3.2 การค้นภาพโดยการกำหนดรายละเอียดของภาพ(Query by Image Specification)

การสร้างคิวรีในรูปแบบนี้สามารถกำหนดค่าให้กับคุณสมบัติของภาพได้อย่างชัดเจน ตัวอย่างระบบ QBIC [2] สามารถให้ผู้ใช้คิวรีภาพโดยฮีสโตแกรมสี เช่นทำการค้นหารูปภาพที่ประกอบด้วยสีน้ำเงิน 17% สีขาว 11% เป็นต้น

2.3.3.3 การค้นภาพโดยผู้ใช้เป็นผู้สร้างภาพ (Query by User Construction)

การกำหนดภาพที่ต้องการค้นด้วยวิธีการนี้ ระบบทำการเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการวาดเนื้อหาของภาพโดยประมาณโดยให้ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดลักษณะของภาพที่ต้องการค้น ตัวอย่างเช่น ระบบการค้นคืนรูปภาพ VisualSEEK ได้สร้างเครื่องมือเพื่อความสะดวกในการสร้างภาพคิวรีในการกำหนดตำแหน่งและคุณสมบัติของบริเวณต่างๆของภาพแสดงดังรูปที่ 2.5 ส่วนด้านซ้ายประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างภาพคิวรี ส่วนด้านขวาของหน้าจอแสดงภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนรูปภาพ ทดลองระบบและศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ www.crt.columbia.edu/VisualSEEk



รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างการกำหนดคิวรีและผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนรูปภาพระบบ VisualSEEK

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

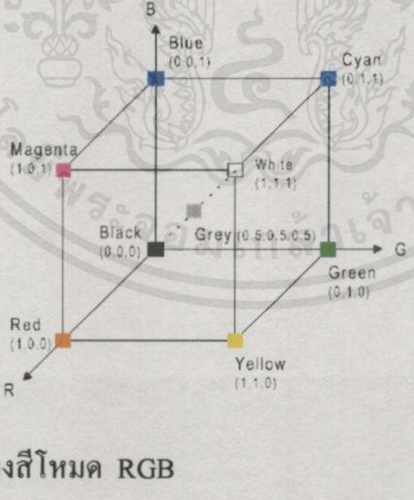
บทที่ 3
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการประมวลผลภาพ

3.1 แบบจำลองสี (Color Model or Color Space)

วิธีการแสดงสีและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบสีต่างๆ ในแต่ละแบบจำลอง ต่างมีเหตุผลที่แตกต่างกันตามแต่ความเหมาะสมของงานในแต่ละประเภท ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาแบบจำลองสี 4 ประเภทคือ

3.1.1 แบบจำลองสี RGB

แบบจำลองสี RGB (Red, Green, Blue) เป็นระบบที่ใช้กันทั่วๆไปใช้ในการแสดงผลบนจอมอนิเตอร์ เนื่องจากเป็นการกำหนดความเข้มของลำอิเล็กตรอนที่ยิงไปกระทบบนจอภาพ แบบจำลองแสดงดังรูปที่ 3.1 ประกอบด้วยค่าของแม่สีหลัก 3 สีได้แก่ ค่าของความหนาแน่นของสีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) รูปภาพที่จะนำมาทำการประมวลผลเพื่อจัดเก็บลงฐานข้อมูลในงานวิจัยนี้ใช้ภาพสีขนาด 24 บิตต่อพิกเซล (pixel) นั่นคือ แต่ละสีมีข้อมูลได้ 8 บิต ดังนั้นแต่ละพิกเซลสามารถแทนสีได้ 16777216 สี



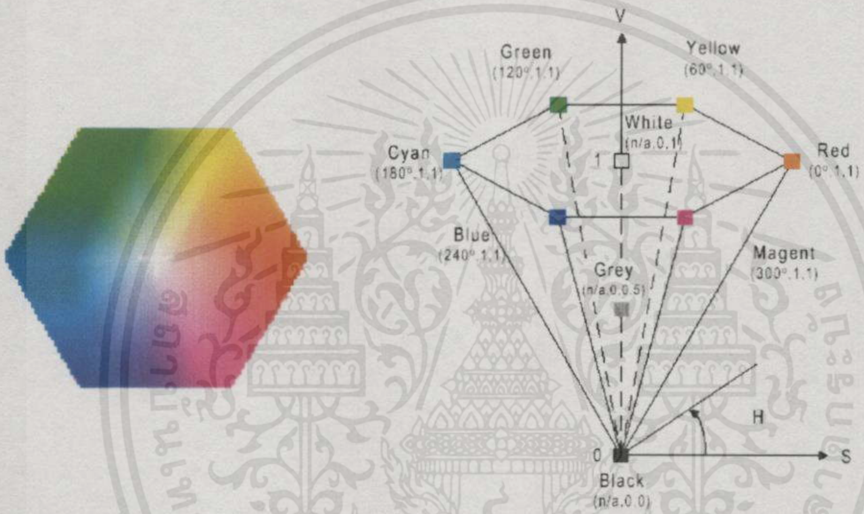
รูปที่ 3.1 แสดงแบบจำลองสีโหมด RGB

3.1.2 แบบจำลองสี HSV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองสี HSV (Hue, Saturation, Value) ประกอบด้วยค่าของ Hue Saturation และ Value ซึ่งเป็นแบบจำลองสีที่สื่อความหมายในการรับรู้ของมนุษย์ได้ดีกว่าแบบจำลองสี RGB แบบจำลองสี HSV มีลักษณะเป็นรูปกรวยหกเหลี่ยมแสดงดังรูปที่ 3.2 โดย H(Hue) ใช้กำหนดค่าของสีต่างๆ ตามมุมในหน่วยของศามีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 360 องศา โดยที่ H = 0 คือค่าสีแดง H= 120 คือค่าสีเขียว

H = 240 คือค่าสีน้ำเงิน ส่วนค่า S (Saturation) เป็นการกำหนดความบริสุทธิ์ของสีหรือบอกถึงปริมาณการเจือปนของสีขาว (Purity) มีค่า 0 ถึง 1 โดยที่ค่า S = 1 หมายถึงมีความบริสุทธิ์ของสีมากที่สุดไม่มีสีขาวเจือปน ตรงข้ามกับ S = 0 หมายถึงความบริสุทธิ์ของสีน้อยที่สุดหรือหมายถึงการมีสีขาวเจือปนอยู่มากที่สุด ส่วนค่า V (Value) เป็นการกำหนดค่าความสว่างหรือความเข้มของสี (Intensity) มีค่า 0 ถึง 1 โดยที่ค่า V = 0 หมายถึงการมีความเข้มของสีมาก ส่วน V= 1 หมายถึงการมีความเข้มสีน้อยหรือมีความสว่างของสีมาก การแปลงค่าความหนาแน่นของสีจากตามแบบจำลอง RGB เป็นค่าความหนาแน่นของสีตามแบบจำลอง HSV แสดงดังอัลกอริทึมที่ในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 แสดงแบบจำลองสีในโหมด HSV

$v = \max(r, g, b)$, ถ้า $\max \neq 0$ แล้ว $S = \dfrac{v - \min(r, g, b)}{v}$

ถ้า $\max = 0$ แล้ว $S = 0$ และ $H =$ undefined (-1)

$delta = \max(r, g, b) - \min(r, g, b)$

$$h = 60 * \begin{cases} (g - b)/delta & \text{ถ้า } r = \max(r, g, b) \\ 2 + (b - r)/delta & \text{ถ้า } g = \max(r, g, b) \\ 4 + (r - g)/delta & \text{กรณีอื่นๆ} \end{cases}$$

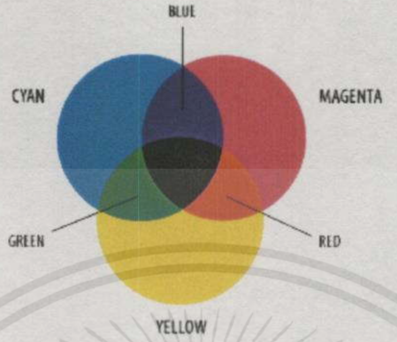
ถ้า $h < 0$ แล้ว $h = h + 360$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 แสดงอัลกอริทึมการแปลงสีโหมด RGB เป็นโหมด HSV

3.1.3 แบบจำลองสี CMY

แบบจำลองสี CMY กำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นมาตรฐานสำหรับอุปกรณ์การพิมพ์ต่างๆ ประกอบด้วยแม่สีหลักคือสีฟ้า (cyan) สีม่วง (magenta) และสีเหลือง (yellow) แบบจำลองสีแสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงแบบจำลองสี CMY

3.1.4 แบบจำลองสี CIE LUV

แบบจำลองสี CIE LUV เป็นอีกแบบจำลองสีหนึ่งที่สามารถสื่อความหมายและสอดคล้องกับการแสดงความรู้สึกของมนุษย์ได้ การแปลงค่าจากแบบจำลองสี RGB เป็นแบบจำลองสี CIE LUV จะต้องทำการแปลงค่า จาก RGB เป็นค่า XYZ แล้วทำการแปลงค่า XYZ เข้าสู่ค่าของแบบจำลอง LUV ดังอัลกอริทึมที่แสดงในรูปที่ 3.5

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.490 & 0.310 & 0.200 \\ 0.177 & 0.813 & 0.011 \\ 0.000 & 0.100 & 0.990 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$u' = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z} \qquad v' = \frac{6Y}{X+15Y+3Z}$$

$$u'_n = \frac{4X_n}{X_n + 15Y_n + 3Z_n} \qquad v'_n = \frac{9Y_n}{X_n + 15Y_n + 3Z_n}$$

$$L^* = 25(100Y / Y_n)^{1/3} - 16 , \quad Y/Y_n > 0.01$$

$$u^* = 13L^*(u' - u'_n) \qquad , \quad v^* = 13L^*(1.5v' - v'_n)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 แสดงอัลกอริทึมในการแปลงค่าความหนาแน่นสีโหมด RGB เป็น CIE LUV

3.2 การขจัดสัญญาณรบกวน (Color filter)

กระบวนการประมวลผลภาพ [16] เพื่อทำให้ภาพราบเรียบ (smoothing) หรือกระบวนการขจัดสัญญาณรบกวนที่ปรากฏในภาพทำได้หลายวิธี เช่น วิธีการ low pass filters หรือที่เรียกวิธีการนี้ว่าการทำให้ภาพเลือนหรือทำให้ภาพราบเรียบ (blurring or smoothing filters) เป็นวิธีการที่ช่วยในการลดสัญญาณรบกวน (noise) ที่ปรากฏในภาพโดยการเฉลี่ยค่าของสีจากบริเวณใกล้เคียง คำนวณได้จากผลรวมของการนำเมตริกซ์สมมาตรขนาดตามที่กำหนดคูณกับค่าความหนาแน่นสีรอบจุดที่พิจารณาแล้วนำค่าที่คำนวณได้มาแทนค่าให้กับจุดที่พิจารณานั้น ตัวอย่างเช่น กำหนดให้เมตริกซ์มีขนาด 3 x 3 และกำหนดให้ค่าของเมตริกซ์ (mask) มีค่า

$$\text{mask} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{20} & \frac{1}{20} & \frac{1}{20} \\ \frac{1}{20} & \frac{12}{20} & \frac{1}{20} \\ \frac{1}{20} & \frac{1}{20} & \frac{1}{20} \end{bmatrix}$$

สามารถคำนวณหาค่าผลลัพธ์ที่จุด O(x,y) ใดๆ ได้จากสมการที่ 3.1

$$O(x,y) = a * I(x-1,y-1) + b * I(x,y-1) + c * I(x+1,y-1) + d * I(x-1\,,y) + e * I(x\,,y) + f * I(x+1,y) + g * I(x+1\,,y) + h * I(x\,,y+1) + i * I(x+1\,,y+1) \tag{3.1}$$

โดยที่ I คือค่าความหนาแน่นของสีแดง เขียว หรือน้ำเงิน

และ $a+b+c+d+e+f+g+h+i = 1$ และ ค่า $e < 1$

ลักษณะโดยทั่วไปของกระบวนการ low pass filters คือ เมตริกซ์ที่นำมาใช้คูณเป็นเมตริกซ์สมมาตร และผลรวมของค่าต่างๆ ในเมตริกซ์ต้องมีค่าเท่ากับ 1 ถ้าเมตริกซ์ไม่สมมาตร จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการนี้ไม่ราบเรียบ แต่ถ้าผลรวมของค่าในเมตริกซ์มีค่าไม่เท่ากับ 1 จะทำให้ภาพมืดหรือสว่างกว่าภาพต้นฉบับ

อีกวิธีการหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันในการลดสัญญาณรบกวนที่ปรากฏในภาพคือ วิธีการ high pass filters ซึ่งวิธีการนี้หลักการคล้ายกับวิธีการของ low pass filters แตกต่างกันตรงที่วิธีการ high pass filters ค่ากลางของเมตริกซ์ (e) จะต้องมีค่ามากกว่าหนึ่ง และค่าตัวเลข (coefficient) รอบจุดศูนย์กลางมีค่าติดลบ ผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการนี้ทำให้ได้ภาพที่คมชัดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการลดสัญญาณรบกวนในภาพอีกวิธีหนึ่งเรียกว่า median filter [10] เป็นการลดสัญญาณรบกวนในภาพด้วยเมตริกซ์สมมาตรรอบจุดพิกเซลที่พิจารณา โดยคำนวณหาค่าสีที่จะนำมาใช้แทน

พิกเซลที่พิจารณาในขณะนั้น เปรียบเทียบค่าความต่างสี (Distance$_i$) ของจุดที่อยู่รอบทั้ง 8 ทิศทาง คำนวณได้ดังสมการที่ 3.2 ตำแหน่งใดมีค่าความต่างของสีน้อยที่สุดจะใช้ค่าสีของพิกเซลนั้นแทนพิกเซลที่พิจารณาในขณะนั้น ทำการเคลื่อนที่เมตริกซ์ไปยังพิกเซลถัดไปจนกระทั่งครบทุกพิกเซล เว้นแต่พิกเซลที่อยู่ในตำแหน่งขอบของภาพเข้ามาครึ่งหนึ่งตามขนาดของเมตริกซ์ ดังอธิบายกระบวนการ median filter ไว้ในรูปที่ 3.6 และ รูปที่ 3.7 ซึ่งการลดสัญญาณรบกวนด้วยวิธีการนี้จะทำให้ค่าความหนาแน่นของสีและตำแหน่งเส้นขอบของบริเวณสีคลาดเคลื่อนจากที่เป็นจริงน้อยกว่าการลดสัญญาณรบกวนด้วยวิธีอื่นๆ [10] ตัวอย่างในรูปที่ 3.8

$$\text{Distance}_i = \sum\nolimits_{i=1}^{n} \left(|\text{red}_i - \text{red}_j| + |\text{green}_i - \text{green}_j| + |\text{blue}_i - \text{blue}_j|\right) \tag{3.2}$$

Distance$_i$: ผลรวมค่าความต่างสีของพิกเซลที่อยู่โดยรอบ โดย i = 1…25

n : จำนวนพิกเซลที่ต้องพิจารณาในการหาค่าเฉลี่ยของสีซึ่งคำนวณได้จากขนาดของเมตริกซ์

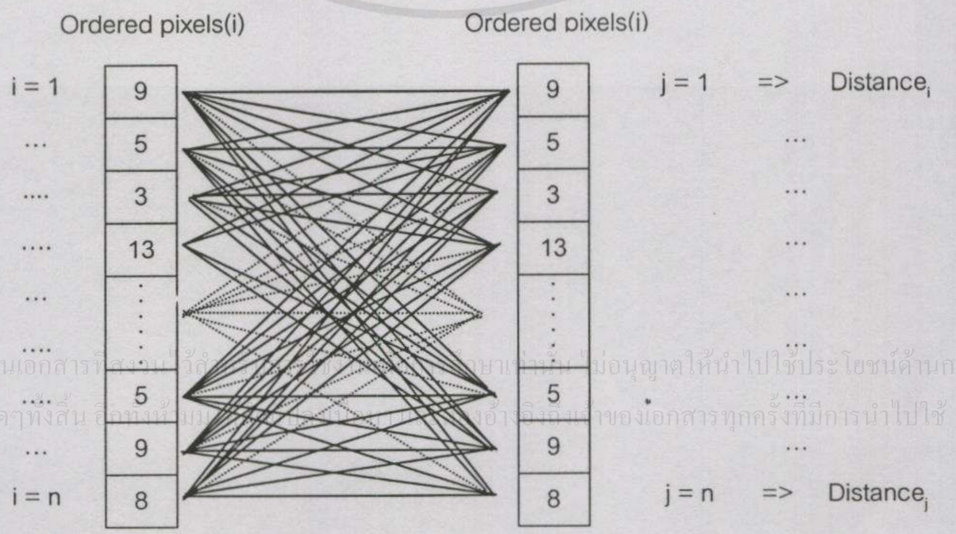
red$_i$, red$_j$: ค่าความหนาแน่นของสีแดงในตำแหน่งที่ i และ j

green$_i$ green$_j$:ค่าความหนาแน่นของสีเขียวในตำแหน่งที่ i และj

blue$_i$, blue$_j$:ค่าความหนาแน่นของสีน้ำเงินในตำแหน่งที่ i และj

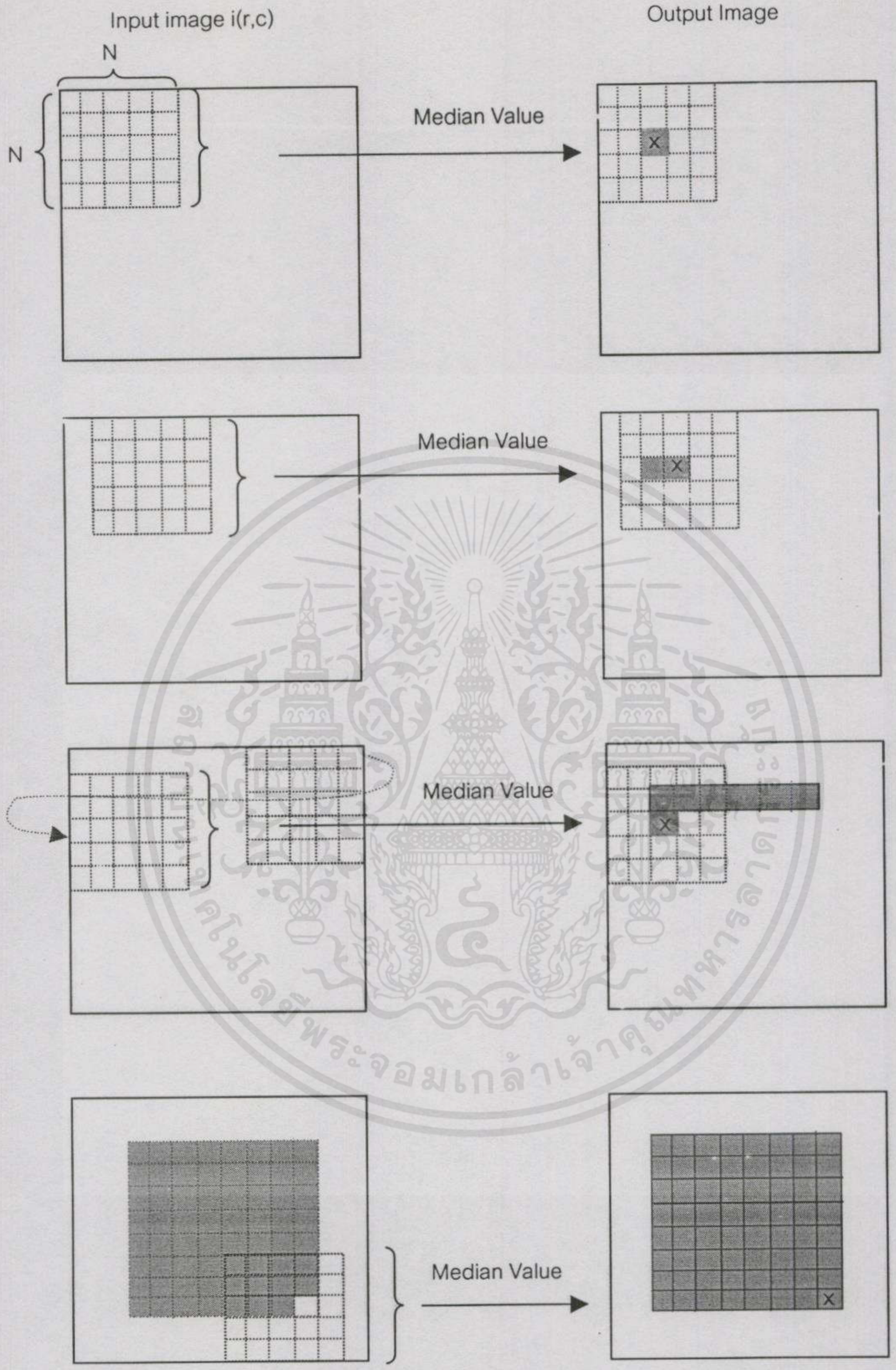
13	4	8	2	9	2	7
5	9	5	3	13	3	6
8	15	2	19	5	5	14
7	6	17	12	3	6	5
18	5	6	9	15	7	11
6	13	2	5	9	8	4
5	9	10	12	11	10	9

ภาพต้นแบบ



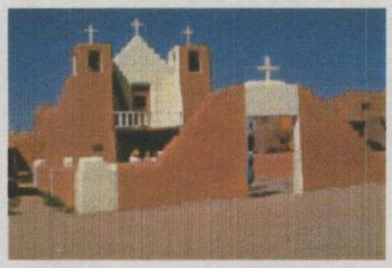
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ...การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ...ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 แสดงหลักการลดสัญญาณรบกวนด้วยวิธีการ Color median filter

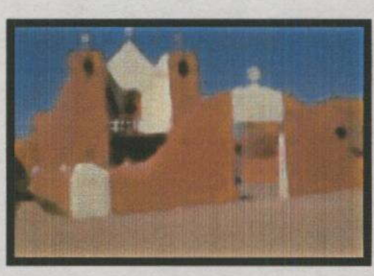


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 แสดงกระบวนการ color median filter ตามหลัก moving window ผลลัพธ์ที่ได้ คือพิกเซลทั้งหมดในภาพผ่านกระบวนการ median filter ยกเว้นพิกเซลตำแหน่งแถวและคอลัมน์ที่มากกว่าและน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของขนาดเมตริกซ์



ก. แสดงภาพต้นฉบับ

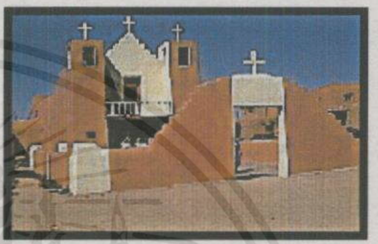


ข. แสดงภาพที่ผ่านกระบวนการ

Color median filters

ง. แสดงภาพที่ผ่านกระบวนการ

Low pass filters



ค. แสดงภาพที่ผ่านกระบวน

การ High pass filters

รูปที่ 3.8 แสดงเปรียบเทียบภาพต้นฉบับ ผ่านกระบวนการลดสัญญาณรบกวนด้วยหลักการ median filters , Low pass filters และ High pass filters ด้วยเมตริกซ์ขนาด 5 x 5 พิกเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

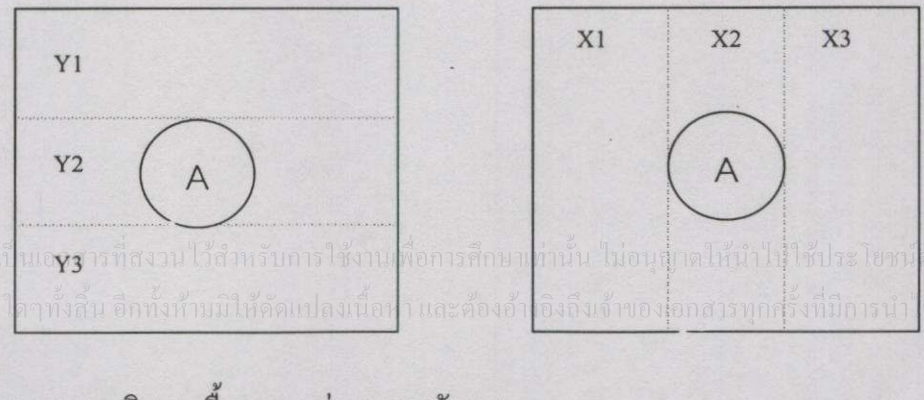
บทที่ 4

ทฤษฎีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่

สำหรับการค้นคืนรูปภาพที่ต้องการให้ปรากฏบริเวณสีหลายบริเวณซึ่งมีความสัมพันธ์กันนั้น ในขั้นตอนการเปรียบเทียบข้อมูลภาพต้นฉบับ (Query Image) กับภาพต่างๆ ที่ได้จัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล (Image Database) งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์หลักการของ 2D+ String (2 Dimension Plus String) [13] เพื่อใช้แสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของแต่ละบริเวณกลุ่มสีที่ปรากฏในภาพ

4.1 นิยามของ 2D+ String

วิธีการ 2D+ String [13] เป็นการสร้างข้อความสัญลักษณ์เพื่ออธิบายความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ให้กับวัตถุที่ปรากฏในภาพซึ่งได้นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เพื่อเป็น metadata ของข้อมูลภาพ วิธีการนี้อิงพื้นฐานมาจาก 2D Strings ที่เสนอโดย Chang et al.[6] ทั้งสองวิธีเป็นการแสดง ความสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Directional Relationship) มีลักษณะความสัมพันธ์คือ อยู่บน ล่าง ซ้าย ขวา บนซ้าย บนขวา ล่างซ้าย ล่างขวา หรืออยู่ในตำแหน่งเดียวกันกับ ในงานวิจัย [13] ได้นิยามความสัมพันธ์เชิงทิศทางเป็น 9 ความสัมพันธ์ คือ ทิศตะวันออก (East) ทิศตะวันตก (West) ทิศใต้ (South) ทิศเหนือ (North) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (South west) ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (South east) ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (North west) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (North east) ตำแหน่งเดียวกันกับ (Same) และได้นิยามตามทิศทางสัมพันธ์พื้นฐาน (Basic direction) เป็น 6 ส่วน คือ บริเวณ X1, X2, X3, Y1, Y2 และ Y3 โดยบริเวณ X1, X2 และ X3 คือการแบ่งส่วนของพื้นที่เป็น 3 ส่วนในแนวตั้ง ซ้าย กลาง ขวา ตามลำดับ ส่วน Y1, Y2 และ Y3 คือการแบ่งส่วนของพื้นที่เป็น 3 ส่วน ในแนวนอน บน กลาง และล่าง ตามลำดับ เพื่อนำมาใช้ประกอบกันในการอ้างถึงความสัมพันธ์เชิงทิศทางที่ได้นิยามไว้ 9 ความสัมพันธ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.1

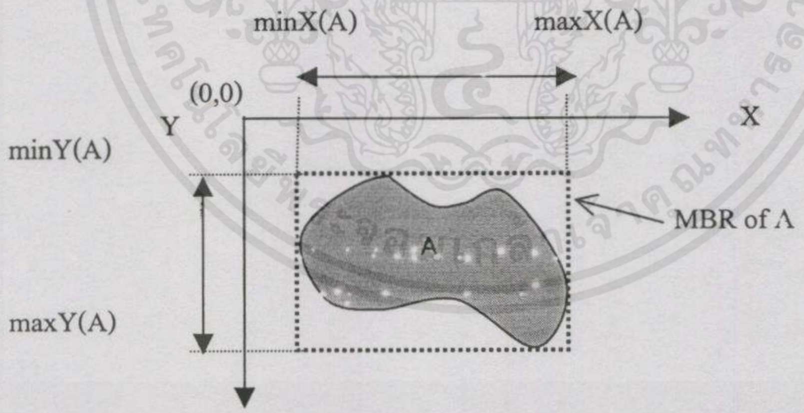


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 แสดงทิศทางพื้นฐาน 6 ส่วน รอบวัตถุ A

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

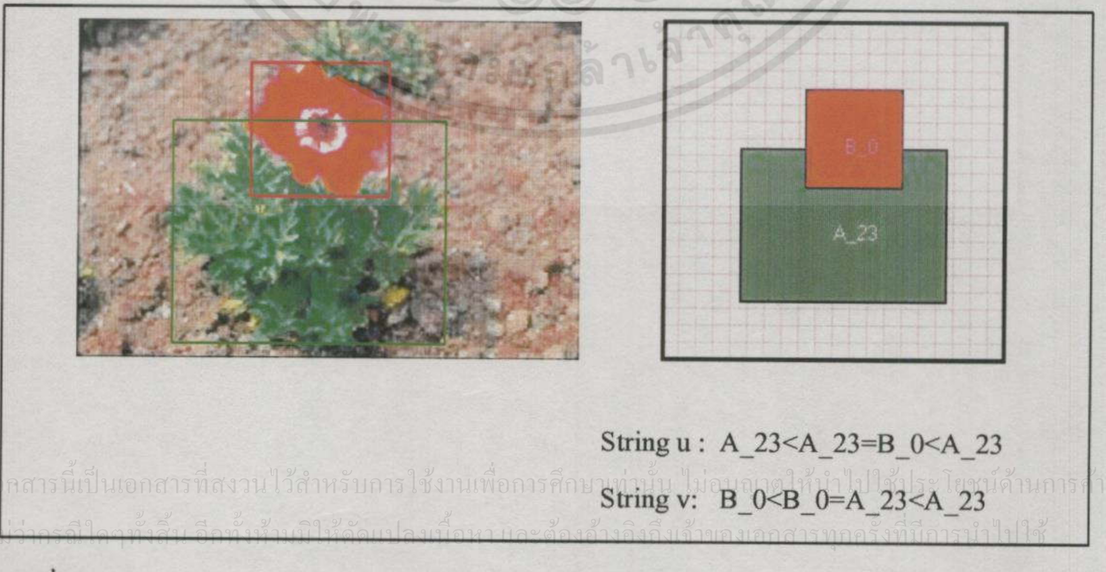
สิ่งที่ 2D+ String แตกต่างจาก 2D Strings และเป็นเหตุผลที่บทความนี้ได้นำหลักการของ 2D+ String ร่วมพิจารณาคือ ได้นำเอาความสัมพันธ์เชิงเนื้อหา (Topology Relationship) พิจารณาร่วมกับความสัมพันธ์เชิงทิศทาง [17][18] ได้นิยามความสัมพันธ์เชิงเนื้อหาระหว่างวัตถุโดยใช้ขอบภายในของวัตถุ ความสัมพันธ์ลักษณะนี้ได้แก่ วัตถุไม่มีส่วนที่สัมพันธ์กัน (disjoint) วัตถุที่มีบางส่วนสัมพันธ์กัน (meet) วัตถุที่มีบางส่วนซ้อนทับกัน (overlap) วัตถุหนึ่งบรรจุอยู่ในอีกวัตถุหนึ่ง (inside) วัตถุหนึ่งครอบคลุมวัตถุหนึ่ง (cover) วัตถุหนึ่งถูกครอบคลุมโดยอีกวัตถุหนึ่ง (covered by) และวัตถุทั้งสองมีตำแหน่งและขนาดเท่ากัน (equal) ซึ่งความสัมพันธ์เหล่านี้พิจารณาจากกรอบสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุดซึ่งครอบคลุมวัตถุอธิบายดังรูปที่ 4.2 โดยที่ maxX (A) คือตำแหน่งของกรอบสี่เหลี่ยมที่น้อยที่สุดที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของวัตถุ A (minimum bounding rectangle : MBR) ซึ่งเป็นค่าที่มากที่สุดในแนวแกน X minX (A) คือตำแหน่งแนวแกน X ของขอบสี่เหลี่ยมที่น้อยที่สุดที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของวัตถุ A และเป็นค่าที่น้อยที่สุดในแนวแกน X maxY (A) คือตำแหน่งกรอบสี่เหลี่ยมซึ่งน้อยที่สุดที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของวัตถุ A และเป็นตำแหน่งสูงสุดในแนวแกน Y minY (A) คือตำแหน่งกรอบสี่เหลี่ยมซึ่งน้อยที่สุดที่สามารถครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของวัตถุ A และมีค่าน้อยที่สุดในแนวแกน Y และอีกเหตุผลหนึ่งที่เลือกใช้ 2D+ String เพื่อใช้แทนข้อมูลเชิงพื้นที่ของวัตถุคือ 2D+ String ไม่จำเป็นต้องกำหนดกริดที่แน่นอนให้กับภาพเหมือนวิธีการของ 2D Strings



รูปที่ 4.2 แสดง Minimum Bounding Rectangle Coordinate ของวัตถุ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

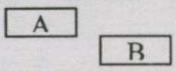
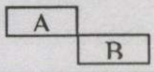
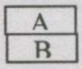
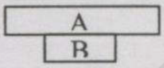
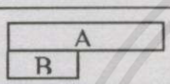
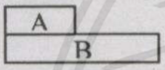
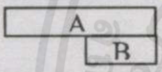
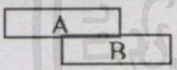
วิธีการสร้าง 2D+ String มี 3 ขั้นตอนหลักคือขั้นแรกสร้างลิสต์ U และลิสต์ V โดยพิจารณาตำแหน่งของกรอบสี่เหลี่ยมในแนวแกน X ที่มีค่าน้อยที่สุดของแต่ละวัตถุ (MinX(Obj)) เรียงค่าจากน้อยไปมาก เก็บวัตถุไว้ในลิสต์ U พิจารณาตำแหน่งกรอบสี่เหลี่ยมในแนวแกน y ที่มีค่าน้อยที่สุดของแต่ละวัตถุ (MinY(Obj)) เรียงค่าจากน้อยไปมากเก็บวัตถุไว้ในลิสต์ V ขั้นตอนที่สองสร้างความสัมพันธ์เชิงทิศทางเริ่มจากนำวัตถุแรกที่อยู่ในลิสต์ U เก็บไว้ในเซตของ U พิจารณาส่วนที่สัมพันธ์กับวัตถุอื่นแบ่งช่วงด้วยสัญลักษณ์ “ <” ส่วนวัตถุที่มีการซ้อนทับกันใช้สัญลักษณ์ “ =” ตัวอย่างเช่น จากรูปที่ 4.3 สัญลักษณ์ 2D+String คือ {A<A=B<A , B<B=A<A} ขั้นตอนที่สามแทนสัญลักษณ์ความสัมพันธ์เชิงทิศทางให้กับวัตถุที่อยู่ใน String u และ String v ด้วยความสัมพันธ์เชิงเนื้อหา จากทั้งสามขั้นตอนจะได้สัญลักษณ์ที่แสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบ 2D+ string ซึ่งแสดงความสัมพันธ์โดยตรงและแสดงความสัมพันธ์เชิงเนื้อหา โดยที่ Strings u แทนความสัมพันธ์ในลักษณะ 1 มิติในแนวตั้ง (Horizontal String) และ String v แทนความสัมพันธ์ในลักษณะ 1 มิติในแนวนอน (Vertical String) ให้กับวัตถุที่ปรากฏในภาพ ในงานวิจัยนี้ได้สร้าง 2D+String ถึงขั้นตอนที่สองซึ่งเพียงพอที่จะแสดงความสัมพันธ์และทำให้รวดเร็วในการเปรียบเทียบความเหมือนระหว่างกลุ่มสีของวัตถุที่ปรากฏในภาพ โดยทำการเปรียบเทียบ String ของภาพต้นแบบเทียบกับ String ของภาพที่จัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล โดยที่ภาพในฐานข้อมูลจะต้องมีทั้ง String u และ String v เหมือน String u และ String v ของภาพต้นแบบทุกประการ แสดงว่าภาพนั้นในฐานข้อมูลมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่สอดคล้องกับภาพต้นแบบทุกประการ ความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุและข้อความที่ใช้แทนความสัมพันธ์สรุปดังตารางที่ 4.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 แสดง 2D+String ของภาพต้นแบบที่ความต่าง 2 พิกเซล

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์เชิงทิศทางระหว่างวัตถุ A กับวัตถุ B และสัญลักษณ์แทนความสัมพันธ์ในลักษณะหนึ่งมิติ

ความสัมพันธ์หนึ่งมิติ ระหว่างวัตถุ A กับวัตถุ B		เงื่อนไข ความสัมพันธ์	สัญลักษณ์ใน 1 มิติ
	Disjoint	Max(A) < Min(B)	A<B
	Meet	Max(A)=Min(B)	A<A=B<B
	Equal	Min(A) = Min(B) and Max(A)= Max(B)	A=B
	Contain	Min(A) < Min(B) and Max(A) > Max(B)	A<A=B<A
	Left-cover	Min(A) = Min(B) and Max(A) >Max(B)	A=B<A
	Left-covered	Min(A) = Min(B) and Max(A) < Max(B)	A=B<B
	Righ-cover	Min(A) < Min(B) and Max(A) = Max(B)	A<A=B
	Overlap	Others	A<A=B<B

ในการสร้างสัญลักษณ์ แทนข้อความสองมิตินั้นกำหนดให้ O เป็นเซตของวัตถุ R เป็นเซตของความสัมพันธ์ โดยที่

O(p) = {O_i คือสัญลักษณ์แทนลักษณะของวัตถุ i ที่ปรากฏในภาพ p }

R = { D ∪ T}

D = { = , < } แสดงสัญลักษณ์ความสัมพันธ์เชิงทิศทาง

T = { eq, mt, ov, ct, cv} แสดงสัญลักษณ์ความสัมพันธ์เชิงเนื้อหา

สัญลักษณ์ " = " หมายถึงวัตถุอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน

สัญลักษณ์ " < " หมายถึงวัตถุมีความสัมพันธ์แบบอยู่ทางซ้าย หรือถัดจากวัตถุก่อนหน้า

สัญลักษณ์ " eq " หมายถึงตำแหน่งวัตถุเท่ากันทั้งจุดเริ่มต้นและจุดจบ (equals)

สัญลักษณ์ " mt " หมายถึงจุดสิ้นสุดวัตถุหนึ่งเท่ากับจุดเริ่มต้นของอีกวัตถุหนึ่ง (meet)

สัญลักษณ์ " ov " หมายถึงมีส่วนหนึ่งของวัตถุซ้อนทับกัน (overlap)

สัญลักษณ์ " ct " หมายถึงจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของวัตถุหนึ่งครอบคลุมวัตถุอื่น (contains)

สัญลักษณ์ " cv " หมายถึงจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของวัตถุหนึ่งครอบคลุมอีกวัตถุหนึ่งซึ่งอาจมีจุดเริ่มต้นหรือจุดสิ้นสุดจุดใดจุดหนึ่งเท่ากัน (covers)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้งาน จึงได้กำหนดให้ระบบสามารถกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนของระยะห่างระหว่างวัตถุได้ สรุปเป็นสัญลักษณ์ได้ว่า

String u = $O_{p1}r_{1x}O_{p2}r_{2x}O_{p3}r_{3x}\ldots r_{(n-1)x}O_{pn}$ และ

String v = $O_{p'(1)}r_{1y}O_{p'(2)}r_{2y}O_{p'(3)}r_{3y}\ldots r_{(n-1)}O_{p'(n)}$

โดยที่ $i = 1\ldots n$, $o_i \in O$, $r_i \in R$

4.2 กฎความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Relationship)

ในงานวิจัย [13] ได้นิยามกฎสำหรับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และเสนอวิธีการเพื่อนำสารสนเทศจาก 2D+ String ที่สร้างไว้โดยการประยุกต์กฎต่างๆที่ได้นิยามไว้ดังนี้

4.2.1 กฎความสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Directional Relationships)

ความสัมพันธ์เชิงทิศทางประกอบด้วยกฎ 6 ข้อ โดยอิงพื้นฐานจากทิศทางพื้นฐานที่ได้กล่าวไว้ในตอนที่ 4.1 ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงทิศทางได้ โดยใช้สารสนเทศที่ได้จาก 2D+ String และแสดงความสัมพันธ์อยู่ทางทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และอยู่ในตำแหน่งเดียวกันกับ กฎทั้ง 6 ข้อนิยามไว้ดังนี้

1) positionList_u(A) คือ เซตของตำแหน่งวัตถุ A ใน String u
2) positionList_v(A) คือ เซตของตำแหน่งวัตถุ A ใน String v

โดยที่ตำแหน่งของวัตถุพิจารณาจากจำนวนเครื่องหมาย “ < ” ที่ปรากฏใน String u หรือ String v บวก 1 แต่ละวัตถุอาจปรากฏหลายตำแหน่งใน String u หรือ v ดังนั้น [13] จึงได้นิยามค่าตำแหน่งที่น้อยที่สุดและมากที่สุดของวัตถุ A ใน String u หรือ String v ดังนี้

3) minPosition_u(A) คือตำแหน่งที่น้อยที่สุดของวัตถุ A ใน String u นั่นคือค่าที่น้อยที่สุดในเซตของ positionList_u(A)
4) minPosition_v(A) คือตำแหน่งที่น้อยที่สุดของวัตถุ A ใน String v นั่นคือค่าที่น้อยที่สุดในเซตของ positionList_v(A)
5) maxPosition_u(A) คือ ตำแหน่งที่มากที่สุดของวัตถุ A ใน String u นั่นคือค่าที่มากที่สุดในเซตของ positionList_u(A)
6) maxPosition_v(A) คือ ตำแหน่งที่มากที่สุดของวัตถุ A ใน String v นั่นคือค่าที่มากที่สุดในเซตของ positionList_v(A)

ตัวอย่าง จาก 2D+ String ในรูปที่ 4.3 2D+ String = { A<ActB<A , B<B=A<A }

จะได้ว่า positionList_u(A) คือ {1, 2, 3} และ positionList_v(A) คือ {2, 3}

positionList_u(B) คือ {2} และ positionList_v(B) คือ {1, 2}

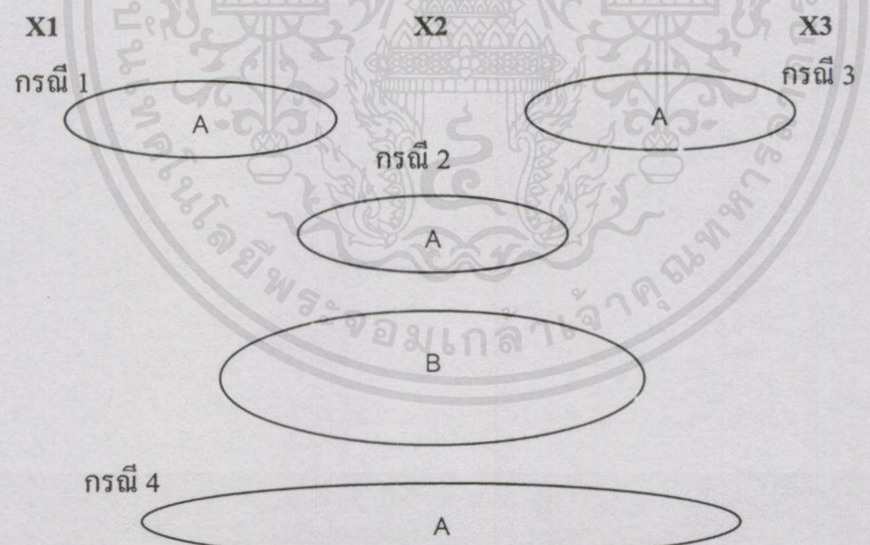
ดังนั้น minPosition_u(A) = 1, maxPosition_u(A) = 3

minPosition_v(A) = 2, maxPosition_v(A) = 3

minPosition_u(B) = 2, maxPosition_u(B) = 2

minPosition_v(B) = 1, maxPosition_v(B) = 2

minPosition_u(A) หมายถึงตำแหน่งซ้ายสุดของวัตถุ A เมื่อเทียบกับวัตถุอื่นในภาพ และ maxPosition_u(A) หมายถึงตำแหน่งขวาสุดของวัตถุ A เมื่อเทียบกับวัตถุอื่นในภาพ minPositon_v(A) หมายถึงตำแหน่งบนสุดหรืออยู่เหนือวัตถุ A เมื่อเทียบกับวัตถุอื่นในภาพ และ maxPosition_v(A) หมายถึงตำแหน่งต่ำสุดหรืออยู่ใต้วัตถุ A เมื่อเทียบกับวัตถุอื่นในภาพ งานวิจัย [13] ได้นิยามกฎ 6 ข้อสำหรับทิศทางสัมพันธ์พื้นฐาน กล่าวได้ว่า " A อยู่ทาง X1 ของ B " ถ้า minPosition_u(A) < minPosition_u(B) นั่นคือ ตำแหน่งซ้ายที่สุดของ A อยู่ทางซ้ายของตำแหน่งซ้ายที่สุดของ B ซึ่งมีลักษณะคล้ายกันกับ " A อยู่ทาง X3 ของ B " ถ้า maxPosition_u(A) > maxPosition_u(B) ส่วน A อยู่ในตำแหน่ง X2 เมื่อเทียบกับ B มี 4 กรณีด้วยกันดังอธิบายในรูปที่ 4.4 กรณี 1, 2 และ 3 ในรูปที่ 4.4 เป็นลักษณะของตำแหน่งซ้ายสุดของ A หรือตำแหน่งขวาสุดของ A อยู่ในตำแหน่ง X2 ของ B ส่วนกรณีที่ 4 เป็นลักษณะช่วงของวัตถุ B อยู่ในช่วงของวัตถุ A ดังนั้นในกรณีที่ 4 นี้แทนได้ว่า ซ้ายสุดและขวาสุดของ B อยู่ในส่วนของ A



รูปที่ 4.4 แสดงกรณีที่ วัตถุ A มีความสัมพันธ์ X2 กับวัตถุ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า A อยู่ทางตำแหน่ง X2 เมื่อเทียบกับ B โดยเป็นไปตามเงื่อนไขดังนี้

1) minPosition_u(B) < (minPosition_u(A) | maxPosition_u(A)) < maxPosition_u(B)

2) minPosition_u(A) < minPosition_u(B) และ maxPosition_u(A) > maxPosition_u(B)

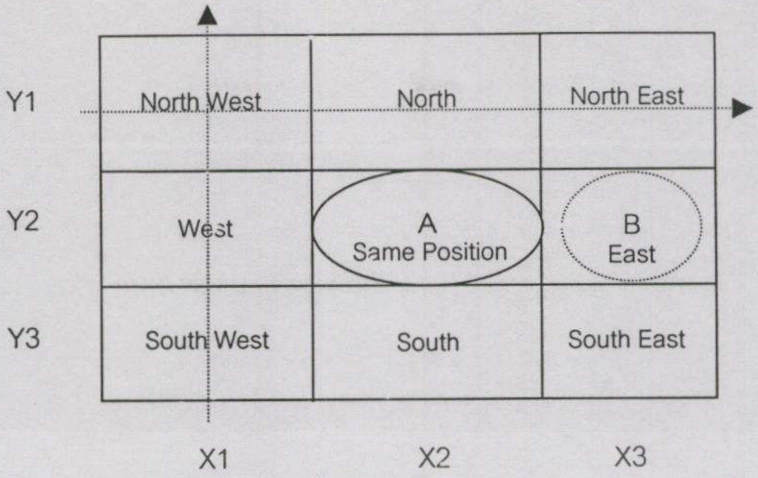
ในกรณีของ Y1, Y2 และ Y3 จะมีลักษณะความสัมพันธ์คล้ายกัน สรุปได้ดังตารางที่ 4.2 ในงานวิจัยนี้ได้สรุปความสัมพันธ์เชิงทิศทาง 9 ความสัมพันธ์ โดยการรวมกฎข้างต้นสำหรับ 2 ความสัมพันธ์พื้นฐาน (Xi, Yj) โดยที่ i, j = 1..3 หมายถึงส่วนที่ตัดกันระหว่างบริเวณของ X_i และ Y_j ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ามี 9 ความสัมพันธ์จากพื้นฐาน 6 ทิศทาง แสดงในรูปที่ 4.5 วัตถุ A และ B ในรูปแทนวัตถุต่างๆ ในรูป โดยที่ A คือวัตถุที่อยู่ในความสนใจและ B เป็นวัตถุที่ถูกอ้างถึง

ตารางที่ 4.2 สรุปกฎแสดง ทิศทางสัมพันธ์พื้นฐาน 6 ความสัมพันธ์ของวัตถุ A

ทิศทางสัมพันธ์พื้นฐาน เมื่อเทียบกับ วัตถุ B	เงื่อนไขความสัมพันธ์
A อยู่ทาง X1 จาก B	minPosition_u(A) < minPosition_u(B)
A อยู่ทาง X2 จาก B	1) minPosition_(u) < (minPosition_u(A) | maxPosition_u(A)) < maxPosition_u(B) or 2) minPosition_u(A) < minPosition_u(B) and maxPosition_u(B) < maxPosition_u(A)
A อยู่ทาง X3 จาก B	maxPosition_u(A) > maxPosition_u(B)
A อยู่ทาง Y1 จาก B	maxPosition_v(A) > maxPosition_v(B)
A อยู่ทาง Y2 จาก B	1) minPosition_v(B) < (maxPosition_v(A) | maxPosition_v(A)) < maxPosition_v(B)) or 2) minPosition_v(A) < minPosition_v(B) and maxPosition_v(B) < maxPosition_v(A)
A อยู่ทาง Y3 จาก B	minPosition_v(A) < minPosition_v(B)

นั่นคือ ถ้าวัตถุ B อยู่ทางตะวันออกของ A สรุปได้จากองค์ประกอบความสัมพันธ์พื้นฐาน X3 และ Y3 ตัดกันในส่วนของทิศตะวันออก จากรูปที่ 4.5 วัตถุ A มีความสัมพันธ์กับวัตถุ B คือวัตถุ B อยู่ทางทิศตะวันออกของวัตถุ A ซึ่งสรุปได้จากความสัมพันธ์ X3 และ Y2 ซ้อนทับกันในทางทิศตะวันออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์เชิงทิศทาง 9 ความสัมพันธ์จาก 6 ความสัมพันธ์พื้นฐาน

4.2.2 กฎความสัมพันธ์เชิงเนื้อหา(Topological Relationships)

สำหรับกฎของความสัมพันธ์เชิงเนื้อหาระหว่างวัตถุ 2 วัตถุ มี 8 ข้อ ซึ่งได้นิยามขึ้นจากข้อมูลที่ปรากฏใน 2D+ String ที่แทนด้วยสัญลักษณ์ความสัมพันธ์ " mt ", " ov ", " ct ", " cv " และ "eq" ดังนั้นจึงใช้ความสัมพันธ์เหล่านี้ได้โดยตรงจากการดึงข้อมูลใน 2D+String ความสัมพันธ์ดังกล่าวประกอบด้วยสัญลักษณ์ความสัมพันธ์เพียง 5 ความสัมพันธ์ โดยไม่ปรากฏสัญลักษณ์ของความสัมพันธ์ inside, covered by และ disjoint เนื่องจากว่า ความสัมพันธ์ inside สามารถแทนด้วยความสัมพันธ์ contains เพราะทั้งสองความสัมพันธ์เป็นส่วนกลับกัน เช่น A contain B = B inside A และ covered by เป็นส่วนกลับของความสัมพันธ์ covers และถ้าวัตถุ 2 วัตถุ ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขทั้ง 7 แสดงว่าวัตถุมีความสัมพันธ์กันแบบ disjoint กฎทั้ง 8 ข้อสรุปได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สรุปกฎความสัมพันธ์เชิงทิศทาง 8 ความสัมพันธ์

ความสัมพันธ์เชิงทิศทาง	เงื่อนไขความสัมพันธ์
A meets B	"AmtB" หรือ "BmtA" ใน string u
A overlaps B	"AovB" หรือ "BovA" ใน string u
A contains B	"ActB" ใน string u
A insides B	"BctA" ใน string u
A covers B	"AcvB" ใน string u
A covers by B	"BcvA" ใน string u
A equals B	"AeqB" หรือ "BeqA" ใน string u
A disjoint B	กรณีอื่นๆ ที่ไม่ปรากฏข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และระบุอ้างอิงถึงที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การเปรียบเทียบความเหมือนของ 2D+ String

งานวิจัยได้นำหลักการของ 2D+ String เพื่อใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของวัตถุที่ต้องการให้ปรากฏในภาพ ข้อดีคือ สามารถแสดงได้ทั้งความสัมพันธ์เชิงทิศทางและความสัมพันธ์เชิงเนื้อหา อัลกอริทึมในการสร้าง 2D+ String ไม่ซับซ้อนและใช้เวลาในการสร้างน้อย การเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของวัตถุในภาพมีขั้นตอนดังนี้

1) ทำการวิเคราะห์บริเวณสีที่ต้องการให้ปรากฏในภาพต้นแบบ โดยกำหนดชื่อให้กับบริเวณสีด้วยค่า ascii ของตัวอักษรตามด้วยเครื่องหมาย _ และค่าดัชนีของสี แล้วทำการสร้าง 2D+ String ให้กับภาพต้นแบบ

2) ค้นหาภาพที่มีค่าดัชนีของสีเช่นเดียวกับภาพต้นแบบแล้วนำมาสร้าง 2D+ String ให้กับแต่ละภาพที่ปรากฏในฐานข้อมูล ทำการเปรียบเทียบ 2D+ String ของภาพต้นแบบและของภาพที่มีค่าดัชนีสีเช่นเดียวกัน ถ้ามี 2D+String เหมือนกันทุกประการแสดงว่า ภาพที่กำลังทำการเปรียบเทียบในฐานข้อมูลมีลักษณะความสัมพันธ์เชิงพื้นที่เช่นเดียวกับภาพต้นแบบ แต่ถ้า 2D+ String ของภาพทั้งสองไม่เหมือนกันแสดงว่าภาพที่พิจารณามีความสัมพันธ์ของบริเวณสีแตกต่างจากภาพต้นแบบ ทำการสร้าง 2D+ String ให้กับภาพอื่นต่อไปและทำการเปรียบเทียบ 2D+ String ของภาพดังกล่าวเทียบกับ 2D+ String ของภาพคิวรี จนกระทั่งครบทุกภาพในฐานข้อมูลที่มีคุณสมบัติของสีเช่นเดียวกับภาพต้นแบบ จะได้ภาพที่ประกอบด้วยลักษณะของสีและมีความสัมพันธ์เชิงทิศทาง เช่นเดียวกับภาพต้นแบบ

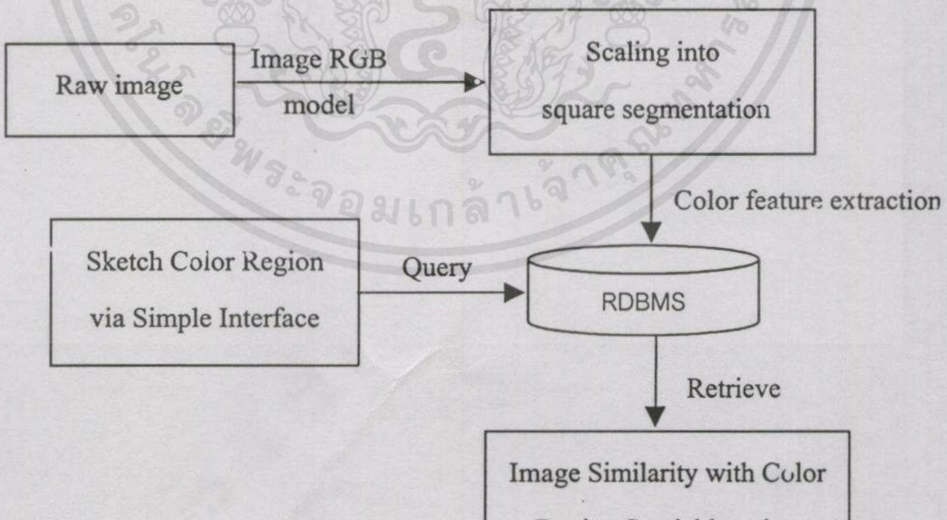
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

แนวทางในการวิจัย

5.1 กระบวนการสร้างดัชนีภาพ(Color image indexing process)

ภาพที่จะนำมาทำการจัดเก็บลงฐานข้อมูลเพื่อนำมาใช้กับงานวิจัยนี้ใช้ภาพสีขนาด 24 บิตต่อพิกเซล (pixel) ในแบบจำลองสี RGB นำภาพที่ได้เข้าสู่กระบวนการที่งานวิจัยนี้เรียกว่า Scaling into square segmentation ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการนี้คือคุณลักษณะของบริเวณกลุ่มสีที่ปรากฏในภาพเพื่อนำไปสร้างเป็นดัชนีให้กับฐานข้อมูลภาพ ส่วนในกระบวนการค้นคืนในงานวิจัยนี้ได้สร้างหน้าจอ (User interface) เพื่อรองรับคุณสมบัติของบริเวณกลุ่มสีและลักษณะความสัมพันธ์ของบริเวณกลุ่มสีที่ต้องการให้ปรากฏในภาพที่ค้นคืนได้ โดยนำไปเปรียบเทียบกับดัชนีที่ได้สร้างไว้ในฐานข้อมูลภาพ ทำการแสดงผลลัพธ์ซึ่งสอดคล้องกับบริเวณสีโดยเรียงลำดับความเหมือนจากการคำนวณค่าความต่างดังสมการที่ 5.6 ในกรณีที่ต้องการค้นคืนภาพที่มีคุณสมบัติของกลุ่มสีหนึ่งบริเวณ และทำการคำนวณและเปรียบเทียบความเหมือนดังได้อธิบายในตอนที่ 5.2 ในกรณีที่ต้องการค้นคืนภาพที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับกลุ่มบริเวณสีหลายบริเวณ สรุปกระบวนการวิจัยได้ดังรูปที่ 5.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

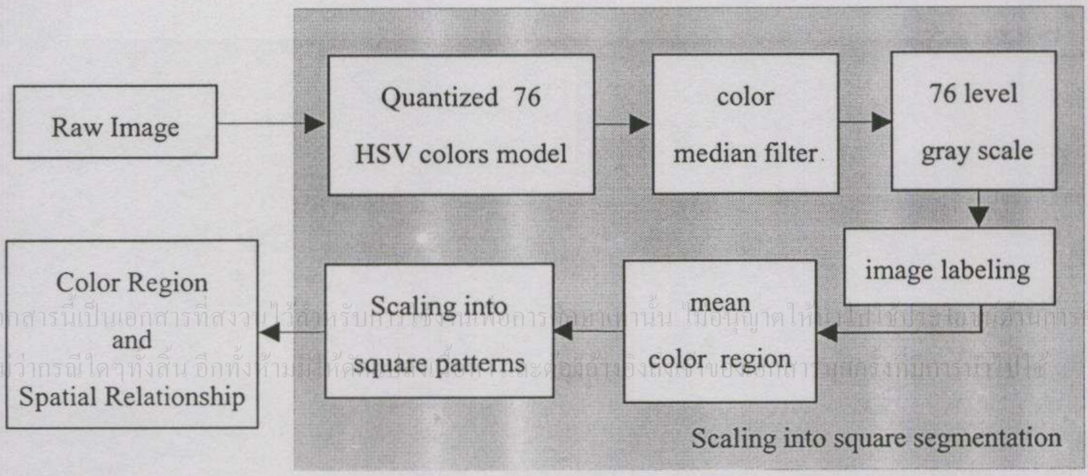
รูปที่ 5.1 แสดงขั้นตอนในการเก็บลักษณะเด่นของสีตามบริเวณและการค้นคืนข้อมูล

กระบวนการแบ่งส่วนของภาพให้อยู่ในขนาดที่กำหนด (Scaling into square segmentation) อธิบายได้ดังรูปที่ 5.2 เริ่มจากการนำรูปภาพเหล่านี้ผ่านกระบวนการแปลงสีให้อยู่ในลักษณะตามแบบจำลองสี HSV [12] ดังอัลกอริทึมในรูปที่ 3.3 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่สื่อความหมายในการรับรู้ของมนุษย์ได้ดีกว่าแบบจำลองสี RGB เข้าสู่กระบวนการแบ่งส่วนของสี (Quantization) ในงานวิจัยนี้แบ่งสีตามแบบจำลอง HSV โดยแบ่งตามค่าของ Hue ออกเป็น 18 ส่วน ส่วนละ 20 องศาทำให้ได้สีทั้งหมด 18 สี กำหนดค่าความบริสุทธิ์ของสีเป็น 2 ระดับ ที่ค่า 0.5 และ 1 โดยที่ถ้าสีมีค่าความบริสุทธิ์ของสีมากกว่า 0.75 จะเทียบได้ว่าสีนั้นมีค่าความบริสุทธิ์เป็น 1 ส่วนสีที่มีค่าความบริสุทธิ์ของสีอยู่ในช่วง 0.25 ถึง 0.75 จะเทียบได้ว่าสีนั้นมีค่าความบริสุทธิ์ของสีเป็น 0.5 ถ้าค่าความบริสุทธิ์ของสีน้อยกว่า 0.25 จะเทียบได้ว่าค่านั้นเป็นสีขาวและกำหนดให้ค่าความเข้มสีเป็น 2 ระดับเช่นกันจะได้สี 72 เฉดสี แต่ถ้าค่าความบริสุทธิ์ของสีน้อยกว่า 0.25 จะพิจารณาที่ค่าความเข้มของสีของสีโดยแบ่งเป็น 4 ส่วนทำให้แบ่งเป็นระดับสีเทาได้ 4 ระดับ ดังนั้นสีที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จึงเท่ากับ 76 ระดับสี ดังสมการที่ 5.1

$$\text{color index} = \{\, i \mid (\min(|H_i - H_j|, 180 - |H_i - H_j|) + |S_i - S_j| + |V_i - V_j|) \,\} \tag{5.1}$$

โดยที่ค่า i คือค่าดัชนีของสีมีค่า 1...76 ค่า j คือค่าตำแหน่งพิกเซลที่ปรากฏในภาพ

เมื่อทำการแปลงค่าสีจากแบบจำลอง RGB เป็น ค่าสีตามแบบจำลอง HSV ดังอัลกอริทึมในรูปที่ 3.3 แล้วนำมาคำนวณหาความเหมือนของสีเทียบกับค่าดัชนีของสีด้วยสมการหาความเหมือนของสี ดังสมการที่ 5.1 เมื่อได้ภาพที่มีสีสอดคล้องกับที่กำหนด นำภาพที่ได้มาผ่านการลดสัญญาณรบกวนด้วยวิธีการทำให้ภาพราบเรียบ (Smoothing) โดยใช้กระบวนการ color median filter[10] ดังอธิบายในบทที่ 3 ซึ่งการลดสัญญาณรบกวนด้วยวิธีการนี้จะทำให้ค่าความหนาแน่นของสีและตำแหน่งเส้นขอบของบริเวณสีคลาดเคลื่อนจากที่เป็นจริงน้อยกว่าการลดสัญญาณรบกวนด้วยการวิธีอื่นๆ



รูปที่ 5.2 แสดงกระบวนการ Scaling into square segmentation

เมื่อกระทำการกรองสีแล้วเสร็จให้ทำการแปลงภาพสีจากค่าความหนาแน่นของสีแดง เขียวและน้ำเงินของแต่ละพิกเซลเป็นค่าดัชนีของสี เพื่อทำการแปลงภาพสีให้อยู่ในรูปแบบภาพระดับเทาตามค่าดัชนีของสี จะได้ภาพระดับเทา 76 ระดับตามค่าดัชนีของสีของแต่ละพิกเซล นำภาพที่ได้จัดกลุ่มสีโดยสีที่มีค่าดัชนีสีเดียวกันและมีตำแหน่งสัมพันธ์กันเชิงพื้นที่จัดเป็นกลุ่มเดียวกัน เรียกกระบวนการนี้ว่าการกำหนดชื่อให้กับแต่ละบริเวณกลุ่มสีในภาพ (Image labeling) [14] จากขั้นตอนนี้ทำให้ได้บริเวณสีที่มีค่าดัชนีของสีสอดคล้องกันอยู่ในบริเวณเดียวกันหลังจากนั้น ทำการหาค่าเฉลี่ยของค่าสีในโหมด RGB ของแต่ละพิกเซล (mean color region) ในบริเวณที่มีค่าดัชนีสีเดียวกันเพื่อนำค่าสีของแต่ละบริเวณไปสร้างเป็นส่วนหนึ่งของดัชนีรูปภาพ บริเวณที่ได้จากการกำหนดชื่อให้กับแต่ละบริเวณสีมีพื้นที่น้อยกว่าหนึ่งเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมดของภาพจะไม่ได้รับการพิจารณา พื้นที่ดังกล่าวจะแสดงเป็นสีเทาดังรูปที่ 5.3.6 จากกระบวนการนี้จะได้พื้นที่ของแต่ละกลุ่มสีที่สัมพันธ์กัน หลังจากนั้นนำรูปภาพที่ได้ทำให้ทุกภาพมีขนาดเท่ากัน(Scaling) เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการเปรียบเทียบบริเวณที่ปรากฏสีซึ่งจากกระบวนการนี้ตำแหน่งและความสัมพันธ์ของบริเวณสียังคงคุณสมบัติเดิมไว้ [4][5] นำตำแหน่งของกลุ่มสี่ที่ได้จากการกระบวนการนี้คำนวณหาตำแหน่งจุดตัดแกน (x, y) ของสี่เหลี่ยมที่ครอบคลุมบริเวณสีซึ่งเล็กที่สุดและเป็นบริเวณกลุ่มสีที่มีพื้นที่มากกว่าหนึ่งเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับพื้นที่ทั้งหมดภายในรูปภาพ เมื่อผ่านขั้นตอนทั้งหมดนี้จะสามารถจัดเก็บค่าสีตามแบบจำลอง HSV ค่าดัชนีของสี ตำแหน่งจุดตัด (x, y) ของกรอบสี่เหลี่ยมที่ครอบคลุมบริเวณสีซึ่งเล็กที่สุดที่ปรากฏในแต่ละภาพไว้ในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ตัวอย่างภาพก่อนการประมวลผล

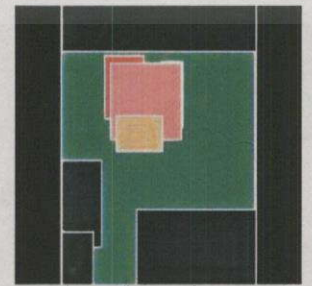
ข. ภาพที่ได้หลังการลดสี

ค. ภาพที่ได้หลังขจัดสัญญาณรบกวน

ง. ภาพระดับเทา 76 ระดับ

จ. ภาพที่ได้จากกระบวนการกำหนดบริเวณสีที่มีดัชนีเดียวกัน

ฉ. ภาพหลังหาค่าเฉลี่ยของสีภายในขอบเขตที่ได้จากการลาเบล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ช. ภาพแสดงกรอบสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุดซึ่งครอบคลุมบริเวณสี

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำการดัดแปลงแก้ไข และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.3 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลภาพ

5.2 โครงสร้างฐานข้อมูลภาพ (Image Database Structure)

ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลเพื่อใช้เป็นดัชนีให้แก่ภาพเพื่อความรวดเร็วและความถูกต้องในการค้นคืนรูปภาพ ฐานข้อมูลที่สร้างมีลักษณะเป็น Relational Database ประกอบด้วยตาราง (table) ที่ใช้เก็บข้อมูล 2 ตารางและตารางที่สร้างขึ้นในระหว่างทำการเปรียบเทียบความเหมือนเพื่อเก็บค่าความต่างของแต่ละภาพที่คำนวณได้จากสมการ 5.3 –5.7 เพื่อนำมาทำการจัดลำดับความเหมือนของภาพคำตอบประกอบด้วย 2 ตาราง ดังนี้

5.2.1 ตารางดัชนีภาพ

ประกอบด้วย 4 ฟิลด์ คือฟิลด์ image_id เป็นคีย์หลัก (Primary key) ของตารางดัชนีภาพ ฟิลด์ file_name ใช้สำหรับเก็บชื่อไฟล์รูปภาพ ฟิลด์ widthfile เก็บข้อมูลความกว้างที่แท้จริงของรูปก่อนผ่านกระบวนการประมวลผล ฟิลด์ hightfile เก็บข้อมูลความสูงที่แท้จริงของรูปภาพก่อนผ่านกระบวนการประมวลผลภาพ ตัวอย่างข้อมูลแสดงดังรูปที่ 5.4

image_id	file_name	widthfile	hightfile
1	00001.jpg	170	250
2	00002.jpg	170	250
3	00003.jpg	170	250
4	00004.jpg	250	170
5	00005.jpg	250	170
6	00006.jpg	250	170
7	00007.jpg	250	170
8	00008.jpg	250	170
9	00009.jpg	250	170
10	00010.jpg	170	250
11	00011.jpg	250	170
12	00012.jpg	170	250
13	00013.jpg	250	170
14	00014.jpg	250	170
15	00015.jpg	250	170

Record: 9 of 2115

รูปที่ 5.4 แสดงตัวอย่างข้อมูลตารางดัชนีภาพ

5.2.2 ตารางคุณสมบัติของภาพ

เป็นตารางที่สร้างขึ้นเพื่อเก็บข้อมูลคุณสมบัติของบริเวณสีต่างๆ ที่ปรากฏในภาพประกอบด้วยฟิลด์ต่างๆ ดังนี้ ฟิลด์ Image_id เก็บดัชนีให้กับไฟล์รูปภาพ ฟิลด์ Region_id เป็นฟิลด์ที่เก็บรหัสของแต่ละบริเวณที่ปรากฏในภาพ ฟิลด์ Color_index เป็นฟิลด์ที่ได้จากการคำนวณดัชนีของสีที่ใกล้เคียงกับสีที่ปรากฏในภาพที่แท้จริงมี 76 ค่า มีค่าตั้งแต่ 0-75 ฟิลด์ Hue เป็นฟิลด์ที่เก็บค่าสีของบริเวณที่ปรากฏในภาพมีค่า 0 – 359 ฟิลด์ Sat เป็นฟิลด์ที่เก็บค่าความบริสุทธิ์ของสีที่แท้จริงของแต่ละบริเวณสีที่ปรากฏในภาพ มีค่า 0-1 ฟิลด์ Value เป็นฟิลด์ที่เก็บค่าความเข้มของสีที่แท้จริงของ

แต่ละบริเวณหลังผ่านกระบวนการประมวลผลภาพแล้ว มีค่า 0-1 ฟิลด์ Minx เก็บค่าตำแหน่งในแนวแกน x ซึ่งเป็นตำแหน่งของ Minimum Bounding Rectangle ของบริเวณสีที่น้อยที่สุดในแนวแกน x ฟิลด์ Maxx เก็บค่าตำแหน่งในแนวแกน x ซึ่งเป็นตำแหน่งของ Minimum Bounding Rectangle ของบริเวณสีและเป็นค่าตำแหน่งที่มากที่สุดในแนวแกน x ฟิลด์ Miny เก็บค่าตำแหน่งในแนวแกน y ซึ่งเป็นตำแหน่งของ Minimum Bounding Rectangle ของบริเวณสีและเป็นค่าตำแหน่งที่น้อยที่สุดในแนวแกน y ฟิลด์ Maxy เก็บค่าตำแหน่งในแนวแกน y ซึ่งเป็นตำแหน่งของ Minumum Bounding Rectangle ของบริเวณสีและเป็นค่าที่มากที่สุดในแนวแกน y ฟิลด์ absolute_area เป็นฟิลด์ที่เก็บค่าจำนวนพิกเซลหรือพื้นที่ที่แท้จริงของบริเวณสีใดๆ ตามรหัสของไฟล์และรหัสของบริเวณสี ฟิลด์ Xc และ Yc เป็นฟิลด์ที่กำหนดตำแหน่งจุดศูนย์กลางของกลุ่มบริเวณสีแต่ละบริเวณที่ปรากฏในภาพ ฟิลด์ Wid และ Hig เป็นฟิลด์ที่เก็บความกว้างและความสูงของบริเวณกลุ่มสีที่ปรากฏในภาพ ฟิลด์ relative_area เป็นฟิลด์ที่เก็บค่าพื้นที่ซึ่งได้จากการคำนวณความกว้างคูณความสูงแต่ละบริเวณ ตัวอย่างข้อมูลแสดงดังรูปที่ 5.5

Image_id	Region_id	Color_index	Hue	Sat	Value	Minx	Maxx	Miny	Maxy	absolute_area	Xc	Yc	Wid	Hig	relative_area
9	16	74	137.14	.37	.38	90	119	90	130	539	14	20	29	40	1160
9	17	73	55.38	.59	.56	49	94	90	118	788	22	14	45	28	1260
9	18	73	155.29	.11	.6	114	147	100	118	522	16	9	33	18	594
9	19	43	206.51	.45	.38	95	125	114	139	409	15	12	30	25	750
9	20	43	197.87	.44	.42	40	74	115	131	388	17	8	34	16	544
9	21	72	172.26	.13	.91	122	176	141	150	314	27	4	54	9	486
10	1	75	204	.41	.15	32	35	0	199	484	2	100	3	199	597
10	2	75	214.29	.99	.44	34	167	0	29	3725	66	14	133	29	3857
10	3	41	209.29	1	.5	57	124	1	12	653	34	6	67	11	737
10	4	59	278.03	.67	.42	34	106	16	64	676	36	24	72	48	3456
10	5	65	311.34	.87	.57	58	90	19	47	837	16	14	32	28	896
10	6	61	305.41	.86	.51	72	166	20	66	3137	47	23	94	46	4324
10	7	75	205.71	.62	.13	166	167	24	199	224	0	88	1	175	175
10	8	59	184.8	.49	.6	33	166	26	170	15063	66	72	133	144	19152

Record: 158 of 37408

รูปที่ 5.5 แสดงตัวอย่างข้อมูลคุณสมบัติของบริเวณสีที่ได้จากกระบวนการประมวลผลภาพ

5.2.3 ตารางแสดงค่าความต่างของภาพ

ตารางนี้สร้างขึ้นเมื่อต้องการเปรียบเทียบความเหมือนของภาพในฐานข้อมูลเพื่อนำมาพิจารณาค่าความต่างของคุณสมบัติของบริเวณสีโดยที่จะต้องมีน้อยกว่าค่าที่กำหนด (Tolerance) ประกอบด้วยฟิลด์ image_id เป็นฟิลด์แสดงค่าดัชนีของไฟล์รูปภาพ ฟิลด์ ColorDis เป็นฟิลด์ที่ได้จากการคำนวณค่าความต่างของสีในแต่ละบริเวณพื้นที่เทียบกับค่าสีของภาพคิวรี คำนวณได้ดังสมการ 5.3 ฟิลด์ LocationDis เป็นฟิลด์ที่ได้จากการคำนวณหาค่าความต่างขนาดของตำแหน่งที่ปรากฏสีเทียบกับตำแหน่งที่ต้องการให้ปรากฏ คำนวณได้ดังสมการที่ 5.4 ฟิลด์ SizeDis เป็นฟิลด์ที่ได้จากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณค่าความต่างขนาดของบริเวณสีที่สอดคล้องกับภาพคิวรี คำนวณได้ดังสมการที่ 5.5 ฟิลด์ AreaDis เป็นฟิลด์ที่ได้จากการคำนวณค่าความต่างของพื้นที่ คำนวณได้จากสมการที่ 5.6 ตัวอย่างข้อมูลของตารางนี้แสดงได้ดังรูปที่ 5.6

image_id	SizeDis	LocationDis	AreaDis	ColorDis
16	28.947368421	15.243902439	16.782246879	44.918478183
423	55.263157895	6.0975609756	77.59064791	7.500005805
452	55.263157895	12.804878049	77.115117892	20.054357207
486	51.315789474	11.585365854	74.143055280	50.597833550
497	35.526315789	14.024390244	62.908658609	11.372276622
498	12.5	11.890243902	12.938379235	9.8369536193
510	30.263157895	10.365853659	52.268674460	38.442029469
511	36.184210526	13.719512195	43.293045373	55.32609639
517	33.552631579	24.695121951	60.412126015	7.7445636625
520	40.789473684	22.56097561	59.956409748	4.5652104461
523	15.131578947	4.5731707317	33.663562512	30.29891719
525	81.578947366	37.804878049	96.433524866	42.445654454

Record: 7 of 67

รูปที่ 5.6 แสดงตารางค่าความต่างของภาพที่ได้เมื่อต้องการค้นหาภาพตามคุณลักษณะที่กำหนด

5.2.4 ตารางแสดงค่าความต่างโดยรวม

ตารางแสดงค่าความต่างโดยรวมเป็นตารางที่สร้างขึ้นมาเพื่อแสดงและจัดลำดับความเหมือนของภาพตามค่าความต่าง ค่าความต่างของภาพคำนวณได้ดังสมการที่ 5.7 ซึ่งถ้าภาพใดมีค่าความต่างน้อยแสดงว่าภาพนั้นมีความเหมือนกับคุณลักษณะที่กำหนดมาก ตัวอย่างดังรูปที่ 5.7

ans_id	image_id	[illegible]	[illegible]
1	16	00016.jpg	3031.5929265
2	423	00423.jpg	3793.9584371
3	452	00452.jpg	4348.9397634
4	486	00486.jpg	5390.3744484
5	497	00497.jpg	3192.9210414
6	498	00498.jpg	1150.5319609
7	510	00510.jpg	3814.6621071
8	511	00511.jpg	4372.7145493
9	517	00517.jpg	3040.1501781
10	520	00520.jpg	3022.6999401
11	523	00523.jpg	2570.2268492

Record: 9 of 63

รูปที่ 5.7 แสดงตารางค่าความต่างโดยรวม

5.3 การเปรียบเทียบความคล้ายคลึงของภาพ (Similarity measure)

ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการเปรียบเทียบความเหมือนของบริเวณสีออกเป็น 2 ประเภทตามจำนวนกลุ่มสีที่ต้องการค้นคืน คือ การเปรียบเทียบความเหมือนของบริเวณกลุ่มสีหนึ่งบริเวณ และการเปรียบเทียบบริเวณกลุ่มสีหลายบริเวณ

5.3.1 การเปรียบเทียบความเหมือนของกลุ่มสีหนึ่งบริเวณ

สิ่งที่ใช้ในการเปรียบเทียบความเหมือนระหว่างคุณสมบัติบริเวณกลุ่มสีของภาพต้นแบบและภาพที่จัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลในกรณีนี้คือ ค่าดัชนีของสี พื้นที่ส่วนที่ซ้อนทับกันระหว่างบริเวณกลุ่มสีที่ต้องการให้ปรากฏในภาพและบริเวณกลุ่มสีที่ปรากฏในฐานข้อมูล ดังสมการที่ 5.2

$$Area_i = \{r_i \in R \mid R = R_i \cap R_q\} \qquad (5.2)$$

$Area_i$ คือ พื้นที่บริเวณสีภาพที่ i ในฐานข้อมูลของแต่ละรูปที่มีค่าดัชนีสีตามที่ต้องการและเป็นบริเวณที่อยู่ภายในขอบเขตของบริเวณสีซึ่งสอดคล้องกับภาพต้นแบบ

R_q คือ บริเวณสีที่ถูกกำหนดขึ้นในภาพต้นแบบ

R_i คือ บริเวณสีของภาพที่ i ในฐานข้อมูลซึ่งมีดัชนีสีสอดคล้องกับภาพต้นแบบ

เมื่อได้รูปภาพที่มีสีและบริเวณสอดคล้องกับที่กำหนดจะสามารถค้นคืนภาพที่มีลักษณะเดียวกันกับคุณสมบัติที่ได้กำหนดไว้ในภาพต้นแบบได้ แต่ภาพผลลัพธ์ที่ได้ยังคงมีความคลาดเคลื่อนมาก ดังนั้นจึงนำภาพที่ได้พิจารณาความเหมือน โดยคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความต่างของสี (Color Dissimilarity Distance) ดังสมการที่ 5.3 ในงานวิจัยนี้วัดความต่างของสีตามแบบจำลอง HSV โดยที่ค่า H = [0…180] S= [0…2] และ V = [0…2] ค่าเปอร์เซ็นต์ความต่างของตำแหน่ง (Location Dissimilarity Distance) ดังสมการที่ 5.4 ค่าเปอร์เซ็นต์ความต่างของขนาด (Size Dissimilarity Distance) ดังสมการที่ 5.5 และค่าเปอร์เซ็นต์ความต่างของพื้นที่ (Area Dissimilarity Distance) ดังสมการที่ 5.6

$$CDD_{i,q}=((\min(|H_i-H_q|, 180-|H_i-H_q|) + |S_i -S_q| + |V_i - V_q|) \times 100)/ 94 \qquad (5.3)$$

$CDD_{i,q}$: ค่าเปอร์เซ็นต์ความต่างของสีตามแบบจำลอง HSV ของกลุ่มสีที่ i ของภาพในฐานข้อมูล เทียบกับค่ากลุ่มสีที่ q ของภาพต้นแบบ

H_i , H_q : ค่ามุมในหน่วยองศาแสดงสีของกลุ่มสีของภาพที่ I ในฐานข้อมูลและค่าสีของกลุ่มสีที่ q ของภาพต้นแบบ [0..180]

S_i , S_q : ค่าความบริสุทธิ์ของกลุ่มสีที่ i ของภาพในฐานข้อมูลและค่าความบริสุทธิ์ของกลุ่มสีที่ q ของภาพต้นแบบ

V_i , V_q : ค่าความเข้มของกลุ่มสีที่ i ของภาพในฐานข้อมูลและค่าความเข้มของกลุ่มสีที่ q ของภาพต้นแบบ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ... มิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$LDD_{i,q} = ((\sqrt{(x_{ci} - x_{cq})^2 + (y_{ci} - y_{cq})^2})X100) / \sqrt{W_q^2 + H_q^2} \qquad (5.4)$$

$LDD_{i,q}$: ค่าเปอร์เซ็นต์ความต่างของจุดศูนย์กลางของบริเวณกลุ่มสีในภาพต้นแบบและบริเวณกลุ่มสีที่ได้จากฐานข้อมูลภาพที่ i เทียบกับจุดศูนย์กลางของบริเวณสีในภาพต้นแบบ

X_{ci} , Y_{ci} : ตำแหน่งจุดศูนย์กลาง x, y ของบริเวณสีของภาพที่ i ในฐานข้อมูลภาพซึ่งสอดคล้องกับภาพต้นแบบ

X_{cq} , Y_{cq} : ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของบริเวณสีในภาพต้นแบบ

$$SDD_{i,q} = \left(\left| \frac{w_i}{h_i} - \frac{w_q}{h_q} \right| x100 \right) / \left(\frac{w_q}{h_q} \right) \tag{5.5}$$

$SDD_{i,q}$: คือค่าเปอร์เซ็นต์ความต่างอัตราส่วนความกว้างเทียบกับความยาวของบริเวณกรอบสี่เหลี่ยมที่ครอบคลุมบริเวณสีของภาพต้นแบบที่ i และอัตราส่วนความกว้างเทียบกับความยาวของบริเวณกรอบสี่เหลี่ยมที่ครอบคลุมบริเวณสีของภาพต้นแบบที่มีค่าดัชนีสีสอดคล้องกัน

W_i , H_i : ค่าความกว้างและยาวของบริเวณสีของภาพที่ i ซึ่งมีดัชนีสีสอดคล้องภาพต้นแบบ

W_q , H_q : ค่าความกว้างและยาวของบริเวณสีในภาพต้นแบบ

$$ADD_{i,q} = |Area_i - Area_q| \text{ x } 100 / Area_q \tag{5.6}$$

$ADD_{i,q}$: ค่าเปอร์เซ็นต์ความต่างพื้นที่บริเวณสีของภาพต้นแบบและพื้นที่ของบริเวณกลุ่มสีซึ่งสอดคล้องกับภาพต้นแบบเทียบกับพื้นที่บริเวณสีของภาพต้นแบบ

$Area_i$: พื้นที่บริเวณกลุ่มสีซึ่งสอดคล้องกับภาพต้นแบบของภาพที่ i ในฐานข้อมูลภาพ

$Area_q$: ผลคูณของความกว้าง ยาวของบริเวณสีภาพต้นแบบ

โดยค่าที่ได้ในสมการ 5.3 – 5.6 มีค่าน้อยแสดงถึงความเหมือนกับภาพต้นแบบมีมากและค่าต่างๆ จะต้องมีค่าน้อยกว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ของแต่ละคุณสมบัติ นำภาพที่ได้จัดลำดับความเหมือนดังสมการ 5.7 (Single region Dissimilarity Distance : SDD) โดยให้ค่าน้ำหนักในการพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความต่างของแต่ละคุณสมบัติ นำภาพที่ได้มาจัดลำดับความคล้ายคลึงของภาพโดยภาพที่มีค่าความต่างน้อย แสดงว่าภาพนั้นมีความคล้ายคลึงกับภาพต้นแบบมากที่สุด

$$SDD_i = W_C CDD_{iq} + W_L LDD_{iq} + W_S SDD_{iq} + W_A ADD_{iq} \tag{5.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SDD_i : ค่าเปอร์เซ็นต์ความต่างโดยรวมของภาพที่ i ในฐานข้อมูลภาพซึ่งมีคุณสมบัติสอดคล้องกับคุณสมบัติของภาพต้นแบบที่กำหนดหนึ่งบริเวณกลุ่มสี

W_c : ค่าความสำคัญของสีที่ต้องการให้ปรากฏในภาพ

W_L : ค่าความสำคัญของตำแหน่งบริเวณกลุ่มสี

W_S : ค่าความสำคัญของขนาดของบริเวณกลุ่มสี

W_A : ค่าความสำคัญของพื้นที่บริเวณกลุ่มสี

5.3.2 การเปรียบเทียบความเหมือนของกลุ่มสีหลายบริเวณ

ในการเปรียบเทียบความเหมือนของภาพต้นแบบที่มีหลายบริเวณกลุ่มสี สิ่งแรกที่พิจารณาคือค่าดัชนีสีของบริเวณต่างๆ ในภาพต้นแบบเทียบกับค่าดัชนีสีที่ปรากฏในภาพฐานข้อมูลโดยที่แต่ละภาพจะต้องมีจำนวนบริเวณสีอย่างน้อยเท่ากับจำนวนบริเวณสีในภาพต้นแบบและเป็นบริเวณกลุ่มสีที่มีดัชนีสีสอดคล้องกับบริเวณกลุ่มสีของภาพต้นแบบ นำคุณสมบัติของแต่ละบริเวณสร้างเป็นสัญลักษณ์ภาพในรูปแบบของ 2D+ String แสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของบริเวณกลุ่มสีเหล่านั้นเพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ตามหลักการของ 2D+ String ดังที่ได้อธิบายในบทที่ 4 ภาพที่มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่เช่นเดียวกับต้นแบบ จัดลำดับความเหมือน โดยกำหนดค่าความสำคัญ (weight) ให้กับค่าความต่างเหล่านั้น เพื่อคำนวณหาความเหมือนโดยรวมแล้วนำมาจัดลำดับความเหมือนของภาพซึ่งมีความสัมพันธ์กันเชิงพื้นที่ตามหลักการของ 2D+String ดังสมการที่ 5.8 (Multi region Dissimilarity Distance) โดยภาพที่มีค่าความต่างน้อยที่สุดคือภาพที่มีความสอดคล้องกับภาพต้นแบบด้วยบริเวณสีที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับภาพต้นแบบที่สุด

$$MDD_i = W_C CDD + W_A ADD + W_R SDD \tag{5.8}$$

MDD_i : ค่าเปอร์เซ็นต์ความต่างของภาพที่ i ในฐานข้อมูลภาพ ซึ่งมีคุณสมบัติสอดคล้องกับคุณสมบัติของภาพต้นแบบที่กำหนดหลายบริเวณกลุ่มสี

CDD : ค่าเปอร์เซ็นต์ความต่างของสีโดยรวมของบริเวณกลุ่มสีหลายบริเวณของภาพที่ i ในฐานข้อมูล ซึ่งมีคุณสมบัติสอดคล้องกับบริเวณสีในภาพต้นแบบ

ADD_i : ค่าเปอร์เซ็นต์ความต่างของพื้นที่โดยรวมของบริเวณกลุ่มสีหลายบริเวณของภาพที่ i ในฐานข้อมูล ซึ่งมีคุณสมบัติสอดคล้องกับบริเวณกลุ่มสีในภาพต้นแบบ

SDD_i : ค่าเปอร์เซ็นต์ความต่างโดยรวมของอัตราส่วนกว้างต่อยาวของบริเวณสีต่างๆ ของภาพต้นแบบและอัตราส่วนกว้างต่อยาวของบริเวณสีต่างๆ ของภาพในฐานข้อมูลซึ่งเป็นบริเวณกลุ่มสีที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับภาพต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอก... ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

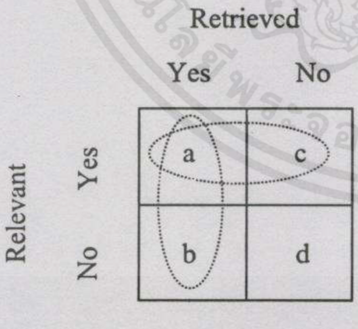
บทที่ 6

การทดลองและผลการทดลอง

ในการพัฒนาระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยการประมวลผลภาพเพื่อดึงลักษณะสำคัญของบริเวณสีสร้างเป็นดัชนีให้กับฐานข้อมูลภาพ และได้นำหลักการของความสัมพันธ์เชิงพื้นที่จากงานวิจัยข้อความสองมิติ(2D+ String) ร่วมพิจารณา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพให้มากขึ้นตามกระบวนการต่างๆ ที่ได้นำเสนอในบทที่ 5 และในบทนี้ได้นำเสนอวิธีการทดลองและแสดงผลการทดลองที่ได้

6.1 การประเมินประสิทธิภาพของระบบการค้นคืนรูปภาพ (Performance Evaluation)

วิธีการวัดประสิทธิภาพที่นิยมใช้ในงานวิจัยทางด้านการค้นคืนรูปภาพ คือการวัดด้วยค่า Recall ค่า Precision และค่า Fallout [4][5] โดยที่ Recall คืออัตราส่วนของภาพที่ค้นคืนได้และสอดคล้องกับภาพคิวรีเทียบกับภาพที่สอดคล้องกับภาพคิวรีทั้งหมดที่ปรากฏในฐานข้อมูล ส่วนค่า Precision คือ อัตราส่วนของภาพที่ค้นคืนได้และสอดคล้องกับภาพคิวรีเทียบกับภาพที่ค้นคืนได้ทั้งหมดทั้งที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกับคุณสมบัติของภาพที่คิวรี และค่า Fall out คืออัตราส่วนของจำนวนภาพที่ถูกค้นคืนและไม่สอดกับภาพคิวรีเทียบกับจำนวนภาพที่ไม่สอดคล้องทั้งหมดในฐานข้อมูลอธิบายดังรูปที่ 6.1



$$\text{Recall} = \frac{a}{a + c}$$

$$\text{Precision} = \frac{a}{a + b}$$

$$\text{Fall out} = \frac{b}{b + d}$$

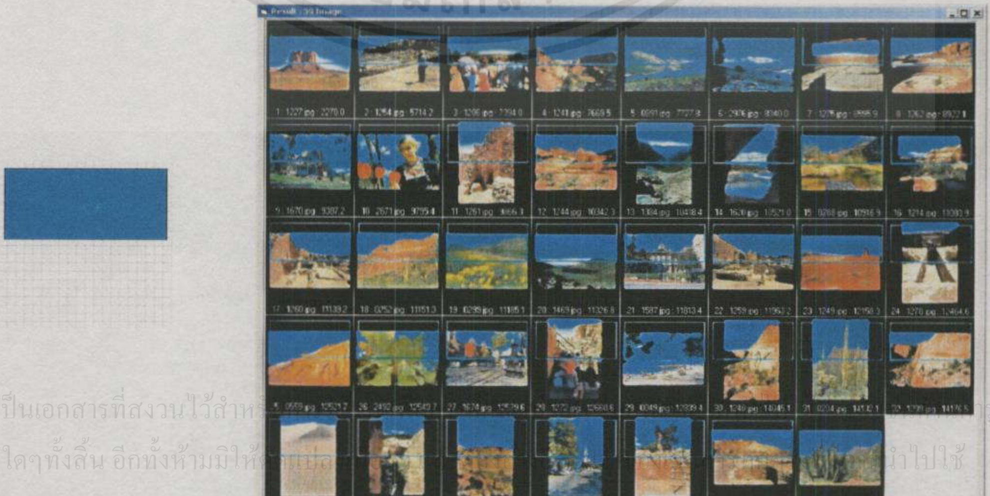
รูปที่ 6.1 แสดงค่า Recall และ Precision โดยที่ a + b + c + d = จำนวนรูปภาพทั้งหมดที่มีอยู่ในฐานข้อมูล a + c = จำนวนภาพที่สอดคล้องภาพคิวรีทั้งหมดที่มีอยู่ในฐานข้อมูล และ a + b = จำนวนรูปภาพทั้งหมดที่ค้นคืนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

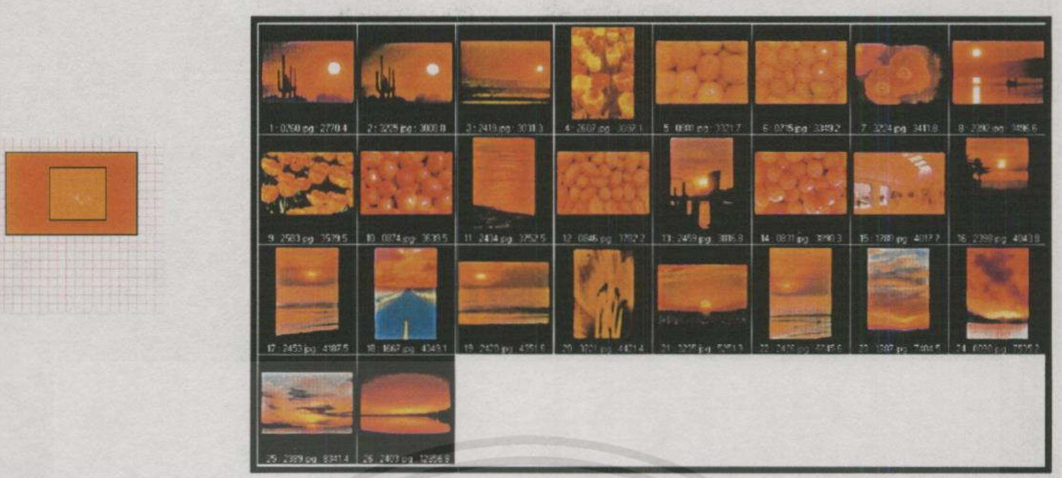
6.2 องค์ประกอบการทดลอง

ระบบค้นคืนรูปภาพโดยการสร้างดัชนีให้กับภาพสีร่วมกับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของบริเวณสี สร้างจากโปรแกรมไมโครซอฟต์วิชวลเบสิก เวอร์ชั่น 6.0 (Microsoft Visual Basic 6.0) และจัดเก็บข้อมูลโดยใช้ฐานข้อมูลของไมโครซอฟต์เอ็กเซส 97 (Microsoft Access 97) ทดลองกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หน่วยประมวลผล AMD Thumderbird 750 MHz หน่วยความจำ (RAM) 128 MB ความละเอียดของจอภาพ 1024 x 768 พิกเซล รูปภาพที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดจำนวน 3,260 รูปภาพ โดยรูปภาพในฐานข้อมูลมีขนาดที่แตกต่างกัน มีขนาดไม่เกิน 250 x 250 พิกเซล และมีรูปแบบของไฟล์ JPEG ซึ่งเป็นภาพที่ได้จาก CD-ROM รูปภาพทั่วไป โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

- กระบวนการสร้างดัชนีให้กับรูปภาพโดยทำการดึงข้อมูลบริเวณสีของรูปภาพทั้งหมด (feature extraction) ด้วยกระบวนการที่กล่าวในบทที่ 5 เพื่อสร้างดัชนีให้กับข้อมูลรูปภาพ เก็บข้อมูลที่ได้ทั้งหมดไว้ในฐานข้อมูล
- กระบวนการค้นคืนรูปภาพ ทำได้โดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้กับคุณลักษณะของบริเวณสี กำหนดน้ำหนักให้กับคุณลักษณะของบริเวณสี กำหนดค่าสีและบริเวณสีที่ต้องการให้ปรากฏในภาพโดยผ่านหน้าจอที่สร้างขึ้นเพื่อรองรับคุณสมบัติต่างๆเหล่านี้ ทำการค้นหาและแสดงภาพที่สอดคล้องกับคิวรีตามลำดับความเหมือนดังรูปที่ 6.2 แสดงการแสดงหน้าจอที่รองรับภาพต้นแบบด้วยบริเวณเดียวและแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการกำหนดต้นแบบเรียงจากความเหมือนมากไปยังรูปภาพที่มีความเหมือนน้อย โดยเรียงจากด้านบนซ้ายไปยังด้านขวาและจากด้านบนลงด้านล่างของหน้าจอ ส่วนรูปที่ 6.3 แสดงตัวอย่างการค้นคืนรูปภาพด้วยการกำหนดบริเวณสีหลายบริเวณ และภาพผลลัพธ์ที่ค้นคืนได้จากกระบวนการค้นคืนภาพด้วยการเปรียบเทียบความเหมือนของ 2D+ String



รูปที่ 6.2 แสดงภาพต้นแบบและภาพที่ค้นคืนได้จากฐานข้อมูลภาพด้วยหนึ่งบริเวณสี



รูปที่ 6.3 แสดงตัวอย่างภาพต้นแบบและภาพที่ค้นคืนได้จากฐานข้อมูลรูปภาพด้วยบริเวณกลุ่มสีหลายบริเวณ

6.3 ผลการทดลอง

ขณะทำการทดลองผู้วิจัยได้บันทึกเวลาในการประมวลผลรูปภาพทั้งหมด 3260 รูปภาพ ใช้เวลาในการประมวลผลภาพทั้งหมด 21 ชั่วโมง 10 นาที โดยเฉลี่ยแล้วใช้เวลาในการประมวลผล 23.30 วินาทีต่อหนึ่งรูป จำนวนบริเวณกลุ่มสีที่ได้ทั้งหมด 37994 บริเวณ โดยเฉลี่ยแต่ละรูปภาพประกอบด้วย 12 บริเวณสี

จากการทดลองค้นหาภาพสีด้วยกลุ่มสีหนึ่งบริเวณโดยการเปลี่ยนขนาด ตำแหน่ง และสีของภาพที่สร้างขึ้นจำนวน 80 การทดลอง โดยการกำหนดค่าความต่าง CDD=60, ADD=90, LDD=90, SDD=80 และกำหนดค่าความสำคัญในการพิจารณาคุณสมบัติต่างๆดังนี้ $W_C = 40$, $W_A = 30$, $W_L=10$, $W_S=20$

เนื่องจากจำนวนภาพในฐานข้อมูลมีจำนวนมากจึงไม่สามารถทำการวัดประสิทธิภาพของระบบด้วยค่า Recall และ Fall out ได้ ดังนั้นการวัดประสิทธิภาพของระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพในงานวิจัยนี้จึงวัดจากค่า Precision โดยในการทดลองผู้วิจัยได้ให้ผู้ใช้งานโปรแกรม 5 คน ทำการเปรียบเทียบความเหมือนของภาพที่ค้นคืนได้กับภาพที่สร้างขึ้น เพื่อหาจำนวนภาพที่สอดคล้องกับภาพคิวรีเทียบกับจำนวนภาพที่ค้นคืนได้ทั้งหมดซึ่งอาจเป็นรูปที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกับภาพต้นแบบ ค่า Precision ที่วัดได้จากการทดลองค้นคืนภาพด้วยหนึ่งบริเวณสีมีค่าเฉลี่ย 0.99 เวลาที่ใช้ในการทดลองค้นคืนรูปภาพจำนวน 80 การทดลองใช้เวลาโดยเฉลี่ย 1.68 วินาทีสำหรับการค้นคืนภาพแล้วมีคำตอบ ส่วนการค้นหาที่ไม่มีผลลัพธ์สอดคล้องกับคุณสมบัติของสีที่กำหนดใช้เวลาโดยเฉลี่ย 1.61 วินาที สำหรับการค้นหาภาพที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับคุณลักษณะของสีที่กำหนดหลายบริเวณสีมีค่า Precision โดยเฉลี่ย 0.91 เวลาที่ใช้ในการทดลองค้นคืนรูปภาพ

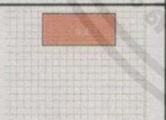
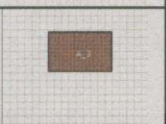
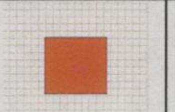
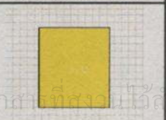
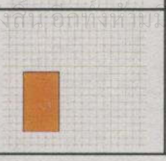
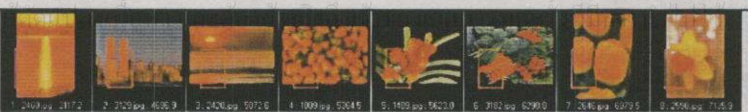
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวน 80 การทดลองใช้เวลาโดยเฉลี่ย 20.33 วินาทีสำหรับการค้นคืนภาพแล้วมีคำตอบ สำหรับเวลาในการค้นหาภาพที่ไม่มีคำตอบโดยเฉลี่ยใช้เวลา 15.2 วินาที

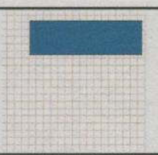
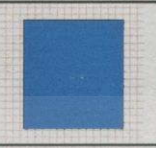
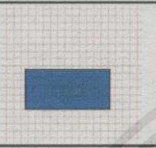
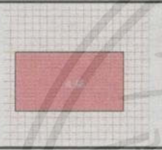
ผลลัพธ์ที่ได้จาก 80 การทดลองในการกำหนดบริเวณสีหนึ่งบริเวณแสดงดังรูปในตารางที่ 6.1 โดยที่คอลัมแรกแสดงการกำหนดคุณสมบัติบริเวณสีที่ต้องการให้ปรากฏในภาพ คอลัมน์ที่สองของตารางแสดงภาพผลลัพธ์ที่ได้ 8ลำดับแรกที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับภาพต้นแบบที่สุด

ในการทดลองค้นคืนภาพด้วยบริเวณกลุ่มสีหลายบริเวณ กำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนของขอบวัตถุมีค่า 2 พิกเซล จากการทดลอง 80 การทดลอง ภาพที่ค้นคืนได้มีคุณสมบัติสอดคล้องกับภาพที่ผู้ใช้สร้างขึ้น โดยแต่ละการทดลองใช้เวลาค้นคืนโดยเฉลี่ย 20.33 วินาที ซึ่งมีค่าส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยสูง ขึ้นอยู่กับการกำหนดสี จำนวนบริเวณสี และขนาดของบริเวณสี โดยถ้ากำหนดสีซึ่งปรากฏในภาพส่วนใหญ่ที่จัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลจะทำให้ใช้เวลาในการค้นคืนมาก เนื่องจากต้องนำภาพเหล่านั้นสร้างความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ตามรูปแบบ 2D+ Stringและทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของแต่ละบริเวณสีในภาพ ตัวอย่างภาพต้นแบบและตัวอย่างภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองแสดงดังตารางที่ 6.2

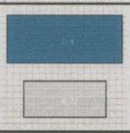
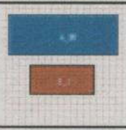
ตารางที่ 6.1 แสดงตัวอย่างภาพต้นแบบและภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองหนึ่งบริเวณสี

การทดลองที่	ภาพต้นแบบ	ภาพผลลัพธ์ เรียงจากภาพที่เหมือนที่สุด 8 ลำดับแรก
1		
2		
3		
4		
5		
6		

ตารางที่ 6.1 แสดงตัวอย่างภาพต้นแบบและภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองหนึ่งบริเวณสี(ต่อ)

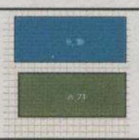
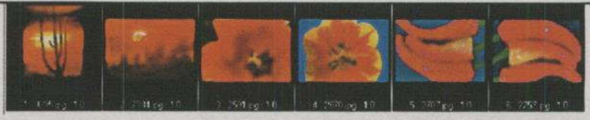
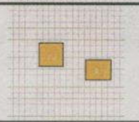
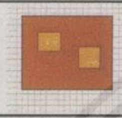
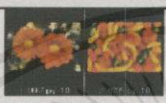
การทดลองที่	ภาพต้นแบบ	ภาพผลลัพธ์ เรียงจากภาพที่เหมือนที่สุด 8 ลำดับแรก
7		
8		
9		
10		

ตารางที่ 6.2 แสดงภาพต้นแบบและตัวอย่างภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพหลายบริเวณสี

การทดลองที่	ภาพต้นแบบ	ตัวอย่างภาพผลลัพธ์
1		
2		
3		
4		
5		
6		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3 แสดงภาพต้นแบบและตัวอย่างภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนภาพหลายบริเวณสี(ต่อ)

การทดลองที่	ภาพต้นแบบ	ตัวอย่างภาพผลลัพธ์
7		
8		
9		
10		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยการสร้างดัชนีร่วมกับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ พัฒนาขึ้นเพื่อทำการค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่มีลักษณะของบริเวณสีที่ปรากฏในภาพได้สอดคล้องกับการมองเห็นของมนุษย์ ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลักคือ

1) กระบวนการสร้างดัชนีให้กับรูปภาพ เป็นขั้นตอนในการดึงลักษณะสำคัญของคุณสมบัติของบริเวณสีเพื่อใช้สำหรับเป็นดัชนีในการค้นคืนรูปภาพ อย่างอัตโนมัติโดยมีขั้นตอนย่อยดังนี้

- การแบ่งสีของรูปภาพให้เป็นไปตามระดับสีที่กำหนด ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งค่าสีตามแบบจำลองสี HSV ของรูปภาพออกเป็น 76 ระดับสี เพื่อลดความละเอียดของภาพและลดเวลาในการประมวลผลขั้นต่อไป
- การกรองสี เป็นขั้นตอนขจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ
- การแปลงสีให้อยู่ในระดับเทา 76 ระดับสีตามค่าดัชนีสีในแต่ละพิกเซล เพื่อเป็นการแบ่งส่วนของบริเวณสีในภาพ
- กำหนดบริเวณสีที่มีความสัมพันธ์เชิงทิศทางและดัชนีสีสอดคล้องกัน รวมเป็นกลุ่มเดียวกันแล้วทำการหาค่าเฉลี่ยค่าสีที่แท้จริงของทุกพิกเซลที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันนั้น เพื่อหาค่าสีที่แท้จริงของกลุ่ม
- กำหนดให้ทุกภาพอยู่ในขนาดเดียวกัน งานวิจัยนี้กำหนดที่ขนาด 200 x 200 พิกเซล

2) กระบวนการค้นคืนข้อมูลรูปภาพจากฐานข้อมูลภาพเป็นขั้นตอนสำหรับการค้นคืนข้อมูลรูปภาพ โดยแบ่งกระบวนการค้นคืนตามจำนวนบริเวณสีที่กำหนดให้ปรากฏในภาพโดยไม่พิจารณาบริเวณอื่นๆ ที่ไม่ได้กำหนดสี ออกเป็น 2 ประเภทคือ การค้นคืนรูปภาพโดยพิจารณาสีเพียงหนึ่งบริเวณ และการค้นคืนรูปภาพโดยพิจารณาบริเวณสีหลายบริเวณ ในการพิจารณาสีเพียงหนึ่งบริเวณสิ่งที่ใช้ในการพิจารณาความคล้ายคลึงของภาพคือ คุณลักษณะของค่าสี พื้นที่ ตำแหน่งเชิงสัมพันธ์วัดจากจุดศูนย์กลางที่ปรากฏสี และขนาดของบริเวณสีที่ปรากฏในภาพฐานข้อมูลเทียบกับภาพที่ผู้ใช้สร้างขึ้น โดยยอมให้มีค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละคุณสมบัติได้ และเมื่อค้นคืนแล้วทำการเรียงลำดับความเหมือนพิจารณาตามค่าความสำคัญที่ผู้ใช้กำหนด ส่วนการเปรียบเทียบความเหมือนของภาพสีหลายบริเวณนั้นนอกจากพิจารณาค่าดัชนีสีของแต่ละบริเวณที่เหมือนกับภาพที่ผู้ใช้สร้างขึ้นแล้วนำมาเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของแต่ละบริเวณสีตามหลักการของ 2D+String

ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวคิดนี้ได้ดึงลักษณะเด่นของบริเวณสีที่ปรากฏในภาพโดยอัตโนมัติ เพื่อนำไปสร้างเป็นดัชนีในกับรูปภาพดิจิตอลที่จัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลและจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าแนวคิดนี้

สามารถที่จะทำการค้นคืนภาพตามลักษณะของสีได้สอดคล้องกับความรู้สึกในการมองเห็น สามารถกำหนดตำแหน่งเชิงสัมพันธ์ ขนาดของวัตถุ และบริเวณที่ปรากฏสีในภาพใกล้เคียงกับลักษณะของบริเวณสีที่กำหนดในภาพต้นแบบหรือตามที่ต้องการได้ นอกจากนั้นยังสามารถค้นคืนภาพที่ปรากฏบริเวณสีซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ได้สอดคล้องกับภาพต้นแบบโดยใช้เวลาในประมวลผลและทำการค้นคืนรูปภาพจากฐานข้อมูลภาพจำนวนมากด้วยเวลาที่รวดเร็วและมีความถูกต้องสูง ด้วยคุณสมบัติของตำแหน่งกรอบสี่เหลี่ยมที่ครอบคลุมบริเวณสีที่น้อยที่สุดทำให้เวลาในการประมวลผลเพื่อหาตำแหน่งของบริเวณสีนั้นรวดเร็วแต่ยังขาดคุณสมบัติในเรื่องของรูปทรงของวัตถุ วิธีนี้จึงเหมาะสำหรับการค้นหาภาพที่ไม่คำนึงถึงลักษณะรูปทรงและลักษณะพื้นผิวของวัตถุที่ปรากฏในภาพ ตัวอย่างภาพลักษณะพื้นผิวแสดงดังตัวอย่างในรูปที่ 7.1 และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับงานนี้ควรนำคุณสมบัติอื่นของภาพ เช่น รูปทรงของวัตถุหรือลักษณะพื้นผิวของวัตถุที่ปรากฏในภาพร่วมพิจารณาด้วย

รูปที่ 7.1 แสดงตัวอย่างรูปภาพที่มีลักษณะของพื้นผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Faloutsos, C. et. al. 1993. "Efficient and Effective Querying by Image Content." Research Report. IBM Almaden Research Center. No. 9453.

[2] Flickner, M. et. al. 1995. "Query by image and video content: the QBIC system." IEEE computers. Vol. 28. No.9. 23-32 .

[3] Niblack, W. et. al. 1993. "The Qbic project : querying images by content using color, texture, and shape." Research Report. IBM Almaden Research Center. No. 9203.

[4] J. R. Smith and S.F. Chang. 1996 "Tools and techniques for color image retrieval." Storage and Retrieval for Image and Video Database IV. SPIE Proceedings Vol. 2670.

[5] J.R. Smith and S.F. Chang. 1996. "VisualSEEk : a fully automated content-based image query system." Proceeding of ACM International Conference Multimedia. 87-98.

[6] S.K. Chang. et. al. 1987. "Iconic indexing by 2-D Stirngs." IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol. 9. No. 3. 413-428.

[7] S.K. Chang et. al. 1988. "An intelligent image database system." IEEE Transaction on Software Engineering. Vol. 14. No. 5. 681-688.

[8] S.Y. Lee et. al. 1989. "Similarity retrieval of iconic image database." Pattern Recognition. Vol.22 No.6. 675-682.

[9] W. Y. Ma and B. S. Manjunath. 1999. " NETRA: A toolbox for navigating large image databases." Multimedia Systems. 184-198.

[10] Rany Crane. 1997. **A Simplified Approach to Image Processing**. New Jersey. Prentice Hall.

[11] Cheng-Chai Chang. 1998. "Color Image Retrieval based on 2D Strings." Thesis of Master Degree in Computer Science National Tsing Hua University of Republic of China.

[12] Foley, James D.Computer. 1999. **Graphics : Principles and Practice.** Second Edition. Delhi : Addison Wesley Longman(singapore).

[13] Bowon Kim and Kyhyun Um. 1999. "2D+ string : A Spatial Metadata to Reason Topological and Directional Relationships." 112-121.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[14] I.Pitas. 1999. **Digital Image Processing Algorithm and Applications**. New York: WILEY INTER-SCIENCE .

[15] J. Huang et. al. 1997. "Image indexing using color correlograms." In Proc. IEEE Comp. Soc. Conf. Comp. Vis. and Patt. Rec. 762-768.

[16] Rod Stephens. 1999. **Visual Basic Graphics Programming**. 2nd ed. New York : Wiley.

[17] Max J. Egenhofer and Robert D. Franzosa. 1991. "Point-set topological spatial relations." Int. Journal of Geographic Information Systems. Vol. 5. No. 2. 161-174.

[18] Max J. Egenhofer. 1991. "Reasoning about Binary Topological Relations." Lecture Notes in Computer Science 525. Springer-Verlag. 143-160.

[19] Ting-Sheng Lai. 2000. "CHROMA : A Photographic Image Retrieval System." Ph.D.Thesis of University of Sunderland of United Kingdom.

[20] Castleman, K.R. 1996. **Digital Image Processing**. New Jersey : Prentice-Hall.

[21] Swain et. al. 1991. "Color Indexing." International Journal of Computer Vision. Vol.7 . No. 2. 11-31.

[22] Belongie et.al. 1998. "Color-and Texture-Based Image Segmentation Using the Expectation-Maximization Algorithm and Its Application to Content-Based Image Retrieval." International Conference on Computer Vision(ICCV'98). Bombay. India.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างดัชนีภาพโดยการใช้ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่
(Image Indexing by Using Color Spatial Relationship)

สุรางคนา ระวังยศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
E-mail :s2067003@kmitl.ac.th

รศ.ดร.วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
E-mail : wichian@it.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้เสนอวิธีการสร้างดัชนีให้กับฐานข้อมูลภาพสีและวิธีการค้นคืนภาพด้วยคุณสมบัติของบริเวณสีที่ปรากฏในภาพ วิธีการที่นำเสนอนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลักคือ ขั้นตอนการสร้างฐานข้อมูลภาพสี โดยจัดเก็บค่าดัชนีของสี ขนาดและตำแหน่งเชิงสัมพันธ์ของบริเวณสีซึ่งได้จากกระบวนการรวมกลุ่มของบริเวณสีที่มีความสัมพันธ์กันเชิงพื้นที่ เพื่อนำค่าเหล่านี้รวมกันสร้างเป็นดัชนีให้กับฐานข้อมูลภาพ ขั้นตอนที่สองคือ ขั้นตอนการค้นคืนภาพที่มีคุณสมบัติคล้ายกับภาพที่ต้องการค้นหา โดยการสร้างรูปสี่เหลี่ยมที่มีสี ขนาด และตำแหน่งเชิงสัมพันธ์ของบริเวณสีหนึ่งแห่งตามที่ต้องการให้ปรากฏในภาพผ่านหน้าจอที่เตรียมไว้เพื่อรองรับการกำหนดคุณสมบัติต่างๆของบริเวณสีที่ต้องการให้ปรากฏในรูปภาพที่ต้องการค้นคืน แล้วนำคุณสมบัติของภาพที่ต้องการนี้เทียบกับดัชนีที่ได้จากขั้นตอนแรก จากกระบวนการที่กล่าวมาสามารถค้นคืนภาพที่มีความคล้ายคลึงกับลักษณะของสีที่ต้องการให้ปรากฏในภาพได้ และจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแนวคิดนี้มีประสิทธิภาพในการค้นคืนรูปภาพที่ปรากฏสี ขนาดและตำแหน่งเชิงสัมพันธ์ของบริเวณสีได้อย่างรวดเร็ว สอดคล้องและมีความคล้ายคลึงกับลักษณะที่ต้องการ

Abstract

This paper proposes a new method for indexing and retrieval of color images with single region-base image. This method consists 2 steps: database construction and image retrieval. In database construction process, the color regions of each image in database is extracted. An image is represented by a set of regions, roughly corresponding to objects, which are characterized by color, spatial location and size properties from scaling into block-base square segmentation. These features are used for creating index of each image in the database. In the retrieval process, a target region with size, color and spatial location in single region are specified via a user interface tool. The indexing of the query images is computed and matching with indexing from image database. This proposed scheme allows very fast indexing of image collection by color contents of the images. Furthermore, information about the identified regions, such as the color, size and location, enables a rich variety of queries that specify both color content and spatial relationship of region.

1. บทนำ

งานวิจัยทางด้านการจัดเก็บและสืบค้นข้อมูลรูปภาพเป็นที่นิยมกันมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีผู้นิยมบันทึกภาพด้วยรูปแบบของสัญญาณดิจิตอลไว้ในสื่อบันทึกข้อมูลเป็นจำนวนมาก ปัญหาที่ตามมาคือ จะทำการจัดเก็บรูปภาพจำนวนมากนั้นไว้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานข้อมูลอย่างไรและค้นหารูปภาพอย่างไร เพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้ค้นหา และใช้เวลาน้อยที่สุดในการค้นหารูปภาพเหล่านั้น

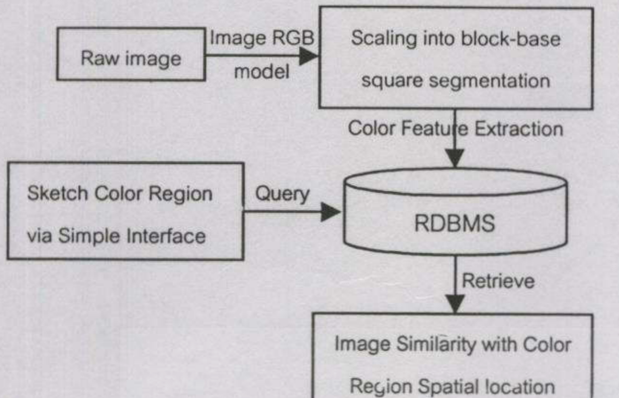
ที่ผ่านมามีงานวิจัยเกี่ยวกับการค้นหาภาพในฐานข้อมูลเป็นจำนวนมาก เช่น ศูนย์วิจัยของ IBM ได้พัฒนาระบบค้นคืนรูปภาพ QBIC(Query By Image Content) [1][2][3] คิวรีโดยใช้ภาพตัวอย่างหรือลักษณะของสี พื้นผิว รูปทรง และภาพร่าง ออกแบบมาเพื่อค้นหาภาพที่มีความคล้ายคลึงกันมีสามวิธีคือ วิธีการแรกในการค้นหาความเหมือนของภาพโดยการกำหนดสีที่เด่นในภาพเพื่อเป็นตัวแทนภาพที่ต้องการ วิธีที่สองใช้ฮีสโตแกรมสีแสดงเปอร์เซ็นต์ของสีโดยประมาณเพื่อสร้างเป็นรูปแบบแทนลักษณะของภาพที่ต้องการ ข้อดีของการวัดความเหมือนจากฮีสโตแกรมคือค่าเปอร์เซ็นต์ของสีไม่เปลี่ยนแปลงแม้ว่าจะทำการแปลงรูป(translation) หมุนรูปภาพ(rotation) หรือเปลี่ยนขนาดของภาพ(scale) แต่อย่างไรก็ตามภาพที่มีฮีสโตแกรมเหมือนกันอาจมีลักษณะที่เห็นต่างกันเนื่องจากไม่ได้นำเอาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ร่วมพิจารณาด้วย วิธีที่สามสร้างคิวรีโดยการวาดรูปสี่เหลี่ยม กำหนดสี และขนาดเท่าที่ต้องการ ในการเปรียบเทียบความเหมือน ระบบนี้พิจารณาจาก ตำแหน่ง ขนาด รูปทรง และสีตามพื้นที่ที่สร้างขึ้น แต่ไม่ได้พิจารณาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างพื้นที่ของวัตถุต่างๆเหล่านั้น อีกระบบหนึ่งที่ได้รับการกล่าวถึงทางด้านการค้นคืนข้อมูลรูปภาพ คือ VisualSEEk [4][5] เป็นระบบที่นำเอาข้อมูลลักษณะของสีและพื้นผิวที่ปรากฏในภาพใช้เป็นตัวแทนภาพแตกต่างจากระบบ QBIC ในส่วนการนำเอาลักษณะของความสัมพันธ์เชิงพื้นที่มาร่วมพิจารณาเพื่อค้นหาภาพที่มีความคล้ายกัน โดยวิธีการ Back-projection เพื่อแบ่งภาพเป็นส่วนๆตามลักษณะของสี ขนาด และรูปทรงของสี โดยใช้บริเวณขอบที่เล็กที่สุดแทนแต่ละส่วนของรูป(Minimum bounding rectangle(MBR)) ส่วนการคิวรีใช้วิธีการของ 2D Strings [6] เพื่อใช้แสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของแต่ละส่วนที่ปรากฏในภาพ [7][8][12] ระบบค้นคืนรูปภาพอีกระบบหนึ่งคือ Netra [9] เป็นระบบที่ใช้ข้อมูลสี พื้นผิว รูปทรงและตำแหน่งเป็นลักษณะที่นำมาพิจารณาหาภาพที่มีความคล้ายคลึงกัน โดยหลักการแปลงภาพให้อยู่ในโหมดขาวดำและใช้ลักษณะของพื้นผิวพิจารณาร่วมกันหรือพิจารณาทีละลักษณะเพื่อแบ่งภาพออกเป็นส่วนๆ และได้นำจุดศูนย์กลาง (Centriods) และ จุดตัด(coordinate)ของบริเวณขอบสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุด เพื่อใช้แสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างส่วนต่างๆภายในรูป

บทความนี้ได้เสนอกระบวนการในการหาขนาดของบริเวณสีที่ปรากฏในภาพซึ่งมีหลายบริเวณเพื่อนำไปจัดเก็บในฐานข้อมูลซึ่งแต่ละรูปมีขนาดของรูปที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ตามหลักการของการแบ่งส่วนของภาพเป็นบล็อกๆ โดยทุกรูปจะมีจำนวนบล็อกที่เท่ากัน ส่วนขนาดของบล็อกขึ้นอยู่กับความกว้างและความยาวของรูปภาพและในกระบวนการค้นคืนสามารถหาภาพที่มีความคล้ายคลึงกันตามความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของบริเวณสีที่ปรากฏในแต่ละรูปภาพซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดสี ขนาดและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของวัตถุที่ต้องการให้ปรากฏในภาพเพื่อนำไปสร้างคิวรี โดยผ่านหน้าจอที่ออกแบบมาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถกำหนดลักษณะต่างๆได้สะดวก

วิธีการในการดึงลักษณะขนาดและบริเวณสีจากภาพมีกระบวนการต่อไปนี้คือ นำภาพสี ขนาด 24 บิต เข้าสู่กระบวนการหาความเหมือนของสีเพื่อให้ใกล้เคียงกับสีที่กำหนดในงานวิจัยนี้ใช้สีทั้งหมด 77 สี แล้วผ่านกระบวนลดสัญญาณรบกวน หลังจากนั้นทำการแบ่งภาพออกเป็นส่วนๆ ตามจำนวนบล็อกที่กำหนดเพื่อความเร็วในการประมวลผลและให้ทุกภาพมีขนาดที่เท่ากัน แล้วนำแต่ละบล็อกที่มีสีใกล้เคียงกันมารวมกันด้วยอัลกอริทึม agglomerative clustering [10] จะได้ภาพที่ปรากฏสีเป็นกลุ่มอย่างชัดเจน

เนื้อหาส่วนต่อไปของบทความได้อธิบายถึงถึงขั้นตอนในการดึงข้อมูลสีโดยทำการแบ่งส่วนบริเวณของสีในภาพออกจากกันให้ชัดเจนและการรวมกลุ่มพิกเซลที่มีลักษณะสีใกล้เคียงกันให้เป็นบริเวณเดียวกันในตอนที่ 2 ตอนที่ 3 อธิบายถึงการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันของภาพที่ทำการคิวรีและภาพที่จัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล ตอนที่ 4 อธิบายถึงการทดลองและผลการทดลอง ส่วนสรุปและแนวทางการสร้างรายงานในอนาคตบรรยายในตอนที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนในการเก็บลักษณะเด่นของสีตามบริเวณและการค้นคืนข้อมูล

2. กระบวนการแบ่งส่วนบริเวณสี (color region extraction)

ภาพที่จะนำมาทำการจัดเก็บลงฐานข้อมูลเพื่อนำมาใช้กับงานวิจัยนี้ใช้ภาพสีขนาด 24 บิตชนิดไม่มีการบีบอัดข้อมูล แต่ละพิกเซลประกอบด้วยค่าของแม่สีหลัก 3 สีได้แก่ ค่าของความหนาแน่นของสีแดง(Red) สีเขียว(Green) และสีน้ำเงิน(Blue) ซึ่งเรียกแบบจำลองนี้ว่า แบบจำลองสี RGB [13] โดยที่แต่ละสีมีข้อมูลได้ 8 บิต นั่นคือแต่ละจุด(pixel)สามารถแทนสีได้ 16777216 สี นำรูปภาพเหล่านี้ผ่านกระบวนการแปลงสีให้อยู่ในลักษณะตามแบบจำลองสี HSV(Hue, Saturation, Value) [13] ซึ่งเป็นแบบจำลองที่สื่อความหมายในการรับรู้ของมนุษย์มากกว่าแบบจำลองสี RGB โดย H(Hue) ใช้กำหนดค่าของสีต่างๆ ตามมุมในหน่วยองศามีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 360 องศาโดยที่ H = 0 คือค่าสีแดง H= 120 คือค่าสีเขียว H = 240 คือค่าสีน้ำเงิน S (Saturation) เป็นการกำหนดความบริสุทธิ์ของสีหรือบอกถึงปริมาณการเจือปนของสีขาว(purity) มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 โดยที่ค่า S = 1 หมายถึงมีความบริสุทธิ์ของสีมากที่สุด ไม่มีสีขาวเจือปน ตรงข้ามกับ S = 0 ส่วน V(Value) เป็นการกำหนดค่าความสว่างหรือความเข้มของสี (intensity) มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 โดยที่ค่า V = 1 หมายถึง มีความสว่างของสีมากมีความเข้มของสีน้อย

$$(H,S,V) = T(R,G,B) \quad (1)$$

งานวิจัยนี้ได้พิจารณาสีตามแบบจำลอง HSV โดยแบ่งตามค่าของ Hue ออกเป็น 18 ส่วน ส่วนละ 20 องศาทำให้ได้สีทั้งหมด 18 สี ซึ่งสามารถแสดงสีหลักได้ครบถ้วนทุกสี กำหนดค่าความบริสุทธิ์ของสีเป็น 2 ระดับ ที่ค่า 0.5 และ 1 โดยที่ถ้าสีมีค่าความบริสุทธิ์ของสีมากกว่า 0.75 จะเทียบได้ว่าสีนั้นมีค่าความบริสุทธิ์เป็น 1 ส่วนสีที่มีค่าความบริสุทธิ์ของสีอยู่ในช่วง 0.25 ถึง 0.75 จะเทียบได้ว่าสีนั้นมีค่าความบริสุทธิ์ของสีเป็น 0.5 และกำหนดให้ค่าความเข้มสีเป็น 2 ระดับเช่นกัน แต่ละสีจึงประกอบด้วย 4 เฉด ฉะนั้นมีจำนวนสีเท่ากับ 72 ระดับสี ส่วนค่าสีใดที่มีค่าความบริสุทธิ์ของสีน้อยกว่า 0.25 จะถูกแบ่งตามค่าระดับความเข้มเป็น 5 ส่วนทำให้ได้สีระดับเทา 5 ระดับ ดังนั้นสีที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ทั้งหมดจึงเท่ากับ 77 ระดับสี เมื่อทำการแปลงค่าสีจากแบบจำลอง RGB เป็น ค่าสีตามแบบจำลอง HSV แล้วนำมาหาความเหมือนของสีด้วยสมการหาความเหมือนของสี ดังสมการที่ 7 นำค่าของสีที่ได้คำนวณค่าเทรสโฮลด์เพื่อหาค่าเฉลี่ยของสีตามมุมองศาของค่า Hue ดังสมการที่ 2 เมื่อได้ภาพสีตามที่กำหนดนำมาผ่านการลดสัญญาณรบกวนด้วยกระบวนการ color median filter [11] วินโดว์ขนาด 5x5 เพื่อคำนวณหาค่าสีที่จะนำมาใช้แทนพิกเซลที่พิจารณาในขณะนั้น โดยเปรียบเทียบค่าความต่าง(Distance)สีของจุดที่อยู่รอบทั้ง 8 ทิศทาง ตำแหน่งใดมีค่าความต่างของสีน้อยที่สุดจะใช้ค่าสีของพิกเซลนั้นมาแทนที่พิกเซลที่พิจารณาในขณะนั้น ดังสมการที่ 3

$$M_j(H_j,S_j,V_j) = \frac{\sum_{k=0}^{3} I_{j+k}(H_{j+k},S_{j+k},V_{j+k}).P_{j+k}}{\sum_{k=0}^{3} P_{j+k}} \quad (2)$$

$M_j(H_j,S_j,V_j)$: ค่าเฉลี่ยของสี ที่ j

P_{j+k} : ค่าความหนาแน่นของสีที่ j + k ในหน่วยเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับพื้นที่ทั้งหมดในภาพ

$I_{j+k}(H_{j+k},S_{j+k},V_{j+k})$: ค่าสีตามแบบจำลอง H,S,V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Distance}_i = \sum_{j=1}^{n} (|\text{red}_i\text{-red}_j|+|\text{green}_i\text{-green}_j|+|\text{blue}_i\text{-blue}_j|) \quad (3)$$

Distance_i : ผลรวมค่าความต่างสีของพิกเซลที่อยู่โดยรอบ โดย $i = 1 \ldots 25$

n : จำนวนพิกเซลที่ต้องพิจารณาในการหาค่าเฉลี่ยของสีซึ่งคำนวณได้จากขนาดของวินโดว์

$\text{red}_i, \text{red}_j$: ค่าความหนาแน่นของสีแดงในตำแหน่งที่ i และ j ตามลำดับ

$\text{green}_i, \text{green}_j$: ค่าความหนาแน่นของสีเขียวในตำแหน่งที่ i และ j ตามลำดับ

$\text{blue}_i, \text{blue}_j$: ค่าความหนาแน่นของสีน้ำเงินในตำแหน่งที่ i และ j ตามลำดับ

หลังจากนั้นทำการแบ่งส่วนของภาพตามลักษณะของสี (Color Segmentation)โดยวิธีการแบ่งทุกภาพเป็นบล็อกด้วยจำนวนบล็อกที่เท่ากัน ซึ่งการแบ่งภาพทุกภาพให้ได้จำนวนบล็อกที่เท่ากันนี้สามารถที่จะช่วยแก้ปัญหาเรื่องการเปรียบเทียบความเหมือนของภาพแต่ละภาพที่มีขนาดไม่เท่ากัน ในงานวิจัยนี้แบ่งภาพด้วยขนาด 20 x 20 บล็อก เนื่องจากได้ทำการทดลองแบ่งภาพด้วยขนาด 15 x 15 บล็อก 20 x 20 บล็อกและ 25 x 25 บล็อก จากการวิเคราะห์สรุปได้ว่า การแบ่งภาพด้วยขนาด 15 x 15 บล็อก ทำให้ข้อมูลของบริเวณสีในภาพลดลงไปมาก ขนาด 20 x 20 บล็อก รายละเอียดของสีในภาพลดลงน้อยกว่าขนาด 15 x 15 ส่วนการแบ่งภาพด้วยขนาด 25 x 25 บล็อก ความละเอียดของบริเวณสีมีมาก บริเวณกลุ่มสีที่ได้ไม่แตกต่างจากภาพที่แบ่งด้วยขนาด 20 x 20 บล็อกมากนักแต่ใช้เวลาในการประมวลผลภาพในขั้นตอนต่อไปนานกว่าขนาด 20 x 20 บล็อกมาก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าขนาดของภาพที่ควรแบ่งส่วนเหมาะสมที่สุดสำหรับการทดลองในครั้งนี้คือ 20 x 20 บล็อก ค่าสีที่ใช้เป็นตัวแทนบล็อกคือค่าของสีที่มีความหนาแน่นมากที่สุดเมื่อเทียบกับค่าสีของพิกเซลทั้งหมดที่ปรากฏในบล็อก ทำการจัดกลุ่มสีให้กับแต่ละบล็อกในภาพด้วยกระบวนการ Hierarchical clustering ด้วยหลักการ agglomerative algorithm [14] (bottom-up , clumping) เริ่มจากแต่ละบล็อกคือ 1 กลุ่มข้อมูล (cluster) นำไปคำนวณหาค่าความต่างของสี(color distance) ดังสมการที่ 7 ของแต่ละกลุ่มข้อมูลที่สัมพันธ์กันในตำแหน่ง บน ล่าง ซ้าย และขวา ทำการรวม(merge) กลุ่มข้อมูลที่มีค่าความต่างของสีน้อยที่สุดในระดับเดียวกันสร้างเป็นกลุ่มข้อมูลใหม่ในระดับถัดไป โดยค่าสีที่ใช้เป็นตัวแทนของกลุ่มข้อมูลใหม่คือค่าเฉลี่ยสีของทั้งสองกลุ่มข้อมูลที่นำมารวมกันคำนวณหาค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มข้อมูล(square error) ดังสมการที่ 4 นำค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นของทุกกลุ่มข้อมูลในระดับเดียวกันรวมเป็นผลรวมของค่าความผิดพลาด ดังสมการที่ 5 เมื่อผ่านขั้นตอนนี้จำนวนกลุ่มข้อมูลจะลดลงตามจำนวนกลุ่มข้อมูลที่นำมารวมกัน ทำจนกระทั่งเหลือเพียง 1 กลุ่มข้อมูล แล้วคำนวณหาระดับที่ทำการแบ่งส่วนของรูปได้ดีที่สุดดังสมการที่ 6 โดยในระดับที่ k ใดที่มีค่า B(k) มากที่สุดเป็นระดับที่ทำการแบ่งรูปเป็นส่วนๆ ตามลักษณะของสีที่ใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 2 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการแบ่งส่วนของภาพเป็นกลุ่มข้อมูลด้วยขนาดของกลุ่มข้อมูลที่เท่ากันและทุกรูปภาพมีจำนวนกลุ่มข้อมูลเท่ากัน(Scaling into block-base square segmentation)

$$e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} \left(x_i^{(k)} - m^{k-1}\right)^T \left(x_i^{(k)} - m^{(k-1)}\right) \quad (4)$$

e_i^2 : ค่าความผิดพลาด(square error) ที่ i

$x_i^{(k)}$: ค่า R,G,B ของกลุ่มข้อมูลที่ i .ในระดับที่ k

m^{k-1} : ค่าเฉลี่ยของ R,G,B ในระดับที่ k-1

$$E_k^2 = \sum_{i=1}^{k} e_k^2 \quad (5)$$

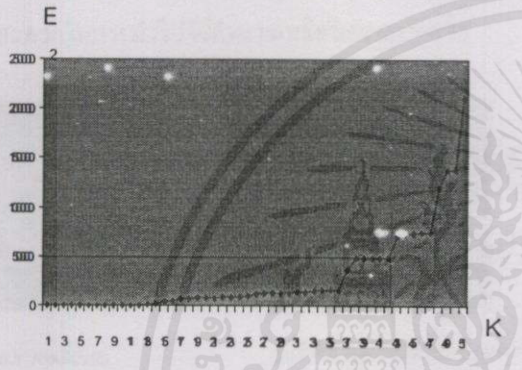
E_k^2 : ผลรวมของค่าความผิดพลาด(sum of square error) ในระดับที่ k

$$B(k) = \text{abs}\left(\frac{E_{k-1}^2 - E_k^2}{E_k^2 - E_{k+1}^2} \right) \quad (6)$$

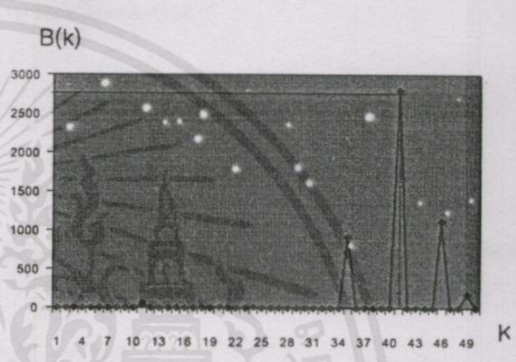
B(k) : ค่าความต่างของผลรวมของค่าผิดพลาดยกกำลังสองในระดับที่ k (Best Segment Level)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

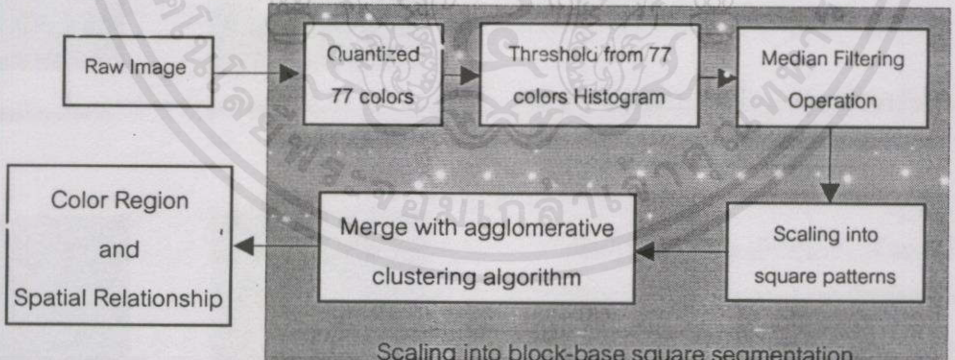
รูปที่ 2 แสดงภาพต้นฉบับ และภาพที่ได้หลังจากผ่านกระบวนการ
Scaling into block-base square segmentation ด้วย
ขนาดบล็อก 20 x 20 แบ่งกลุ่มได้ 14 บริเวณ



รูปที่ 3 กราฟแสดงค่า E_i^2 จากรูปที่ 2



รูปที่ 4 กราฟแสดงค่า B(K) ของรูปที่ 3 จากกราฟระดับที่ 42 คือระดับที่แบ่งรูปออกเป็นส่วนได้ดีที่สุด

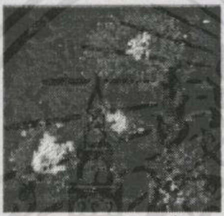


รูปที่ 5 แสดงกระบวนการ Scaling into block-base square segmentation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกระบวนการที่กล่าวมาแสดงดังรูปที่ 5 ทำให้ได้ภาพที่ถูกแบ่งเป็นส่วนๆของบริเวณสีอย่างชัดเจนยังคงลักษณะความสัมพันธ์เชิงพื้นที่(Spatial Relationship)และลักษณะของสีที่เด่น (chromatic)ในภาพไว้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 6 งานวิจัยนี้ใช้บริเวณรูปสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุดที่ครอบคลุมบริเวณของสี(Minimum bounding rectangle (MBR)) เพื่อใช้ในการพิจารณาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของแต่ละบริเวณสีที่แบ่งกลุ่มได้ แล้วทำการบันทึกตำแหน่งจุดตัดแกน x และ y ของรูปสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุดซึ่งครอบคลุมบริเวณสีที่ได้จากการแบ่งกลุ่มทุกบริเวณ เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้คำนวณหรือวิเคราะห์ต่อไป

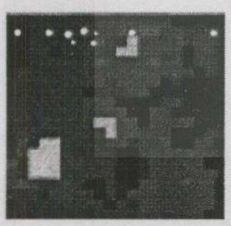
รูปที่ 6.1 ภาพต้นฉบับ



รูปที่ 6.2 ภาพผ่านกระบวนการลดสี 77 สี

รูปที่ 6.3 ภาพหลังหาค่าเฉลี่ยจากฮีสโตแกรม

รูปที่ 6.4 ภาพผ่านกระบวนการ median filter



รูปที่ 6.5 ภาพผ่านการแบ่งส่วนด้วยกระบวนการแบ่งส่วนของภาพด้วยขนาด 20x20

รูปที่ 6.6 ภาพที่ได้จากกระบวนการรวมกลุ่มด้วย agglomerative clustering algorithm

รูปที่ 6 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการแบ่งภาพด้วยกระบวนการรวมกลุ่มสีในภาพด้วยความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ด้วยขนาด 20 x 20 บล็อก

3. การเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันของภาพที่ทำการคิวรีและภาพที่จัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล

3.1 การเปรียบเทียบความเหมือนของสี(Color Similarity Distance)

ในงานวิจัยนี้วัดความเหมือนของสีตามแบบจำลอง HSV (Hue,Saturation,Value) ด้วยค่า H , S , V ของแต่ละสี โดยที่ H = (0…360) , S = (0…1) และ V = (0…1) ค่าความต่างของสีคำนวณได้ดังสมการที่ 7

$$CD_{i,q} = \min(|aH_i - aH_q|, 18 - |aH_i - aH_q|) + |bS_i - bS_q| + |bV_i - bV_q| \quad (7)$$

$CD_{i,q}$: ค่าความต่างของสีตามแบบจำลอง HSV ในตำแหน่งที่ i เทียบกับค่าสีในตำแหน่งที่ q

a , b : ค่าคงที่ a = 0.05 , b = 2

S_i , S_j : ค่าความบริสุทธิ์ของสีในตำแหน่งที่ i และตำแหน่งที่ q

V_i , V_j : ค่าความเข้มของสีในตำแหน่งที่ i และตำแหน่งที่ q

สีที่มีความคล้ายคลึงกันจะมีค่าความต่างของสี(Color Similarity Distance)น้อยที่สุด

3.2 การเปรียบเทียบตำแหน่งเชิงสัมพันธ์ของวัตถุในภาพ (Relate Location Distance)

เมื่อคำนวณหาวัตถุที่มีคุณสมบัติของสีใกล้เคียงกันแล้วต่อไปพิจารณาหาตำแหน่งบริเวณพื้นที่ของวัตถุในภาพ ที่สอดคล้องกับตำแหน่งบริเวณพื้นที่ในภาพที่นำมาคิวรีโดยพิจารณาจากค่าต่ำสุดในแนวแกน x ค่าสูงสุดในแนวแกน x ค่าต่ำสุดในแนวแกน y และค่าสูงสุดในแนวแกน y ซึ่งครอบคลุมบริเวณที่คิวรีและบริเวณสีที่ได้จากกระบวนการ รวมกลุ่มข้อมูลสีของภาพในฐานข้อมูล ดังสมการที่ 8

$$LD_{(i,q)} = \{ r_i \in R \mid R = R_i \cap R_q \} \quad (8)$$

เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$LD_{(i,q)}$: เซตบริเวณสีของภาพในฐานข้อมูลที่มีตำแหน่งเชิงสัมพันธ์กับคิวรี

R_q : ขอบเขตที่ครอบคลุมบริเวณที่น้อยที่สุดของสีในคิวรี

R_i : ขอบเขตที่ครอบคลุมบริเวณที่น้อยที่สุดของสีในฐานข้อมูลภาพที่สอดคล้องกับสีของวัตถุคิวรี

3.3 เปรียบเทียบจำนวนพิกเซลของบริเวณสี(Area Distance)

นำข้อมูลที่ได้จากการเปรียบเทียบความเหมือนของสีและเปรียบเทียบตำแหน่งเชิงสัมพันธ์พิจารณาพื้นที่ของบริเวณสี ในที่นี้สามารถกำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนของจำนวนพิกเซลในบริเวณสีมีได้มากกว่าหรือน้อยกว่าค่าที่กำหนดได้ ในหน่วยพิกเซล^2 (Tolerance of Area) นั่นคือ ถ้าภาพที่มีจำนวนพิกเซลของสีที่สอดคล้องกับบริเวณสีที่กำหนดน้อยกว่าค่าความคลาดเคลื่อน(TA_L) ภาพนั้นจะไม่เป็นคำตอบของการคิวรี เป็นไปตามเงื่อนไขในสมการที่ 9 นำค่าของจำนวนกลุ่มพิกเซลที่ได้จัดเรียงลำดับจากมากไปน้อย ภาพที่ได้เป็นคำตอบจะเรียงลำดับตามความสอดคล้องกับคิวรีมากที่สุดไปยังภาพที่มีความสอดคล้องน้อยที่สุดเป็นไปตามค่าความคลาดเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้

$$Ad_{i,q} = \{a \in A_i \mid (A_q - TA_L) <= A_i \} \quad (9)$$

4. การทดลองและผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ทดลองนำวิธีการต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นสร้างหน้าจอเพื่อรองรับการคิวรีและแสดงผลด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Basic เวอร์ชั่น 6.0 โดยใช้ฐานข้อมูล Microsoft Access เวอร์ชัน 97 ระบบได้ทดสอบกับภาพสีความละเอียดภาพ 24 บิตต่อพิกเซล(pixel) ขนาดของรูปไม่เกิน 300 X 300 พิกเซล จำนวน 550 รูป จากซีดีภาพทั่วไป เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลองใช้หน่วยประมวลผล AMD Thunderbird หน่วยความจำ(RAM) 128 MB ความละเอียดจอ 1024x768 พิกเซล

ขั้นตอนในการทดลอง ขั้นแรกดึงข้อมูลบริเวณสีของรูปภาพทั้งหมดด้วยกระบวนการที่กล่าวมาข้างต้นเพื่อเก็บบันทึกคุณสมบัติของสีไว้ในฐานข้อมูล องค์ประกอบที่ใช้กำหนดเป็นดัชนีให้กับภาพในฐานข้อมูลประกอบด้วย ค่า H , S , V ของแต่ละบริเวณกลุ่มสี และจุดตัด x, y ของสี่เหลี่ยมที่เล็กที่สุดและครอบคลุมบริเวณกลุ่มสี่ซึ่งได้จากกระบวนการทั้งหมดของแต่ละภาพ หลังจากนั้นสร้างคิวรีผ่านหน้าจอที่สร้างขึ้นเพื่อรองรับคิวรีสำหรับค้นหารูปภาพที่มีบริเวณสีสัมพันธ์กับบริเวณของสีที่คิวรีทำการค้นหาและแสดงภาพที่สอดคล้องกับคิวรีตามลำดับความเหมือนดังตัวอย่างในรูปที่ 7 ส่วนบนแสดงหน้าจอที่รองรับคิวรีและผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังส่วนล่างของรูปที่ 7 เรียงจากความเหมือนมากไปยังรูปภาพที่มีความเหมือนน้อย จากด้านบนซ้ายไปยังด้านขวาและด้านล่างของหน้าจอ

จากการทดลองประมวลผลภาพและเก็บข้อมูลภาพจำนวน 550 รูป เวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลทั้งหมดประมาณ 10 ชั่วโมง ทำการทดลองค้นคืนโดยการเปลี่ยนขนาด ตำแหน่ง และสีของบริเวณที่ต้องการให้ปรากฏในภาพจำนวน 50 การทดลอง อัตราส่วนของจำนวนภาพค้นคืนได้จากฐานข้อมูลและมีคุณสมบัติของสีสอดคล้องกับที่กำหนดต่อจำนวนภาพที่ค้นคืนได้ทั้งหมด (precision)โดยเฉลี่ยมีค่า 0.89 แต่ยังมีบางภาพซึ่งมีคุณสมบัติสอดคล้องกับภาพที่ต้องการค้นคืนที่มีอยู่ในฐานข้อมูลภาพไม่ถูกค้นคืน(recall)โดยเฉลี่ยมีค่า 0.21 ซึ่งมีค่าน้อยมากเนื่องจากกระบวนการในการรวมกลุ่มใช้ค่าเฉลี่ยของสีที่ซึ่งเป็นสาเหตุให้คุณสมบัติของสีในบริเวณดังกล่าวมีสีที่คลาดเคลื่อนจากที่สังเกตได้หรือมีบางส่วนในรูปหายไปในระหว่างกระบวนการรวมกลุ่มสี เวลาที่ใช้ในการทดลองค้นหารูปภาพจำนวน 50 การทดลอง ในหนึ่งการทดลองใช้เวลาค้นหาโดยเฉลี่ย 0.095 วินาที สำหรับการค้นหาแล้วมีการแสดงผลลัพธ์ ส่วนการค้นหาที่ไม่มีผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับคุณสมบัติของสีที่กำหนดใช้เวลาน้อย

5. สรุปและแนวทางในอนาคต

แนวคิดนี้ได้ดึงลักษณะเด่นของบริเวณสีที่ปรากฏในภาพอย่างอัตโนมัติ เพื่อนำไปสร้างเป็นดัชนีของภาพและจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองแสดงให้เห็นว่าแนวคิดนี้สามารถที่จะทำการค้นคืนภาพตามลักษณะของสีที่ตรงกับความรู้สึกในการมองเห็น และสามารถกำหนดตำแหน่งและขนาดของวัตถุที่มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ตามคุณสมบัติของสีเพียงหนึ่งบริเวณที่ปรากฏในภาพได้ดี ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าแนวคิดนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการค้นคืนภาพที่มีความคล้ายคลึงกันด้วยคุณสมบัติของความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของบริเวณสีมากกว่าหนึ่งบริเวณ ซึ่งต้องใช้เทคนิคของ 2D Strings [6] เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพต่อไป แนวคิดนี้เหมาะสำหรับภาพที่ปรากฏบริเวณสีเด่นชัดไม่มีรายละเอียดในภาพมากและไม่มีลักษณะเด่นของพื้นผิว จากกระบวนการประมวลผลภาพด้วยวิธีการที่นำเสนอเป็นการแบ่งภาพเป็นบล็อก ข้อมูลที่ได้คือข้อมูลของจุดตัดในแกน x และแกน y ซึ่งครอบคลุมบริเวณของสีทำให้รายละเอียดบางส่วนในภาพหายไปเช่น ลักษณะของรูปทรง(Shape) หรือพื้นผิว(Texture)ของบริเวณสี ทำให้ระบบนี้ไม่สามารถค้นคืนภาพตามลักษณะอื่นนอกเหนือจากการกำหนดสีและบริเวณที่ปรากฏสีในภาพได้

รูปที่ 7 แสดงการกำหนดคิวรีและผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นคืนรูปภาพ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] C. Faloutsos, M. Flickner, W. Niblack, D. Petkovic, W. Equitz, and R. Barber, "Efficient and effective querying by image content", Research Report, No. 9453, IBM Almaden Research Center, 1993.

[2] M. Flickner, H.S. Sawhney, J. Ashley, Q. Huang, B. Dom, M.Gorkani, J. Hafner, D. Lee, D. Petkovic, D. Steele, and P. Tanker, "Query by image and video content: the QBIC system", IEEE conputers, Vol. 28 , No.9, 1995, pp.23-32.

[3] W.Niblack, R. Barber, W.Equitz, M. Flickner, E. Glasman, D.Petkovic, P. Yanker, and C. Faloutsos, "The Qbic project : querying images by content using color, texture, and shape", Research Report, No. 9203, IBM Almaden Research Center, 1993.

[4] J. R. Smith and S.F. Chang, "Tools and techniques for color image retrieval", Storage and Retrieval for Image and Video Database IV, SPIE Proceedings Vol. 2670, 1996.

[5] J.R. Smith and S.F. Chang, "VisualSEEk : a fully automated content-based image query system", Proceeding of ACM International Conference Multimedia, 1996, pp. 87-98.

[6] S.K. Chang,Q.Y. Shi, and C. W. Yan, "Iconic indexing by 2-D Strings", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 9 , No. 3, 1987 , pp. 413-428.

[7] S.K. Chang, W. W. Yan, D. Dimitrof and T.Arndt, "An intelligent image database system", IEEE Transaction on Software Engineering, Vol. 14, No. 5,1988 , pp. 681-688.

[8] S.Y. Lee, M.K. Shan, and W.P. Yang, "Similarity retrieval of iconic image database", Pattern Recognition, Vol.22 No.6, 1989, pp.675-682.

[9] W. Y. Ma and B. S. Manjunath., " NETRA: A toolbox for navigating large image databases", In IEEE International Conference on Image Processing, 1997.

[10] R. Duda and P. Hart, Pattern Classification and Scene Analysis. New York: Wiley, 1973.

[11] Rany Crane, A simplified approach to image processing, New Jersey, Prentice Hall, 1997.

[12] Cheng-Chai Chang, "Color Image Retrieval based on 2D Strings", Thesis of Master Degree in Computer Science Nation Tsing Hua University, China,1998.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
หรือการดำเนินการใดๆ ห้ามทำการดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[13] Foley, James D. et. al., Computer Graphics : Principles and Practice, Second Edition, Delhi : Addison Wesley Longman, Singapore, 1999.

[14] Anil K.Jain and Richard C.Dubes, Algorithms for Clustering Data, Prentice Hall, New Jersey, 1988.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวสุรางคนา ระวังยศ เกิดวันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2519 ที่จังหวัดน่าน การศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีพ.ศ. 2541 เข้าทำงานที่ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตน่าน ตำแหน่งอาจารย์พิเศษ

ปัจจุบันรับทุนสนับสนุนการศึกษาจากกองทุน 400 ปี สมเด็จพระนเรศวรมหาราช จาก มหาวิทยาลัยนเรศวร วิทยาเขตพะเยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้