การค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครร์โลแกรมและโครร์โลแกรมความแตกต่างของค่าสี

IMAGE RETRIEVAL USING AUTOCORRELOGRAM AND COLOR DIFFERENCE CORRELOGRAM

สุธาสินี ฉิมเล็ก

SUTASINEE CHIMLEK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2545

ISBN 974-648-686-1

การค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี

IMAGE RETRIEVAL USING AUTOCORRELOGRAM AND COLOR DIFFERENCE CORRELOGRAM

T 044023

สุธาสินี ฉิมเล็ก

SUTASINEE CHIMLEK

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 44023
วัน, เดือน, ปี 22 ต.ค. 2545

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พ.ศ. 2545

ISBN 974-648-686-1

IMAGE RETRIEVAL USING AUTOCORRELOGRAM AND COLOR DIFFERENCE CORRELOGRAM

SUTASINEE CHIMLEK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN INFORMATION TECHNOLOGY

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2002

ISBN 974-648-686-1

COPYRIGHT 2002

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี

IMAGE RETRIEVAL USING AUTOCORRELOGRAM AND COLOR DIFFERENCE CORRELOGRAM

ชื่อนักศึกษา นางสาวสุธาสินี ฉิมเล็ก

รหัสประจำตัว 42067009

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	

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** พฤษภาคม **พ.ศ.** 2545

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

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี
นักศึกษา	นางสาว สุธาสินี ฉิมเล็ก
รหัสประจำตัว	42067009
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
พ.ศ.	2545
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ. ดร. วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการดัชนีรูปภาพและการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมร่วมกับโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ทั้งข้อมูลสีและข้อมูลเชิงพื้นที่ของรูปภาพ โดยที่ออร์โตโครรีโลแกรมเป็นกราฟหรือตารางที่แสดงสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของพิกเซลที่มีสีเหมือนกันกับระยะห่างระหว่างพิกเซลที่มีสีเหมือนกัน ส่วนโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีเป็นกราฟหรือตารางที่แสดงสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของความแตกต่างของค่าสีของ 2 พิกเซลใดๆ กับระยะห่างระหว่างพิกเซลนั้น ซึ่งผลการทดลองพบว่าวิธีการนี้สามารถค้นคืนรูปภาพที่มีมุมมองที่แตกต่างกันที่อยู่ในสถานที่เดียวกันและรูปภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้ และมีประสิทธิภาพในการค้นคืนรูปภาพสูงกว่าวิธีอื่นที่ได้นำมาเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Image Retrieval Using Autocorrelogram and Color Difference Correlogram
Student	Miss Sutasinee Chimlek
Student ID.	42067009
Degree	Master of Science
Programme	Information Technology
Year	2002
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Wichian Premchaiswadi

ABSTRACT

This thesis proposes a method that is combination of autocorrelogram and color difference correlograms for image indexing and retrieval system. This method makes use of both color and spatial information. Autocorrelogram is graph and table that expresses how the spatial correlation of identical color changes with distance. Color difference correlogram is graph or table that expresses the spatial correlation of color difference of any pixels with distance. Experimental results suggest that this proposed method can retrieve images which different views of the same scene, and large changes in appearance. The performance of the proposed scheme is also compared with various methods : histogram, autocorrelogram and color difference correlogram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเป็นอย่างดีตลอดมาจากท่าน รศ.ดร. วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่าน และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณบิดามารดาที่ให้ความช่วยเหลือในทุกอย่างรวมทั้งกำลังใจที่มีให้ผู้วิจัยอย่างดีที่สุดเสมอมา

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ ทำให้สามารถนำความรู้ที่ได้รับมาใช้ในการศึกษาและวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะเทคโนโลยีสารสนเทศทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ ทำให้การทำงานวิจัยดำเนินไปได้สะดวกและสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจต่อผู้วิจัยอย่างดีตลอดมา

สุดท้ายขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย และมหาวิทยาลัยมหาสารคามที่มอบทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุธาสินี ฉิมเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญภาพ VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 แผนการดำเนินงานวิจัย 2

1.3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 2

1.3.2 ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.5 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 วิธีการทำดัชนีแบบคอนเท็นท์เบสท์ (Content-based indexing method) 5

2.1.1 สี 5

2.1.2 พื้นผิว (Texture representation) 6

2.1.3 รูปร่าง (Shape Representation) 7

2.2 การค้นคืนข้อมูลรูปภาพ (Image Retrieval Strategies) 7

2.2.1 การค้นคืนโดยใช้ข้อความ (Query By Text) 7

2.2.2 การค้นคืนโดยการเลือกรูปภาพ (Browsing) 8

2.2.3 การค้นคืนรูปภาพจากคอนเท็นท์ (Quey By Image Content) 8

2.2.4 Relevance Feedback – Query Refinement 9

2.3 ระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพในปัจจุบัน 10

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและ
โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี 19
3.1 การทำดัชนีรูปภาพ 19
3.1.1 การกรองสี (Color Filtering) 20
3.1.2 ออร์โตโครรีโลแกรม (Autocorrelogram) 21
3.1.3 โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี (color difference correlogram : CDC) 23
3.2 การค้นคืนข้อมูลรูปภาพ 27
3.2.1 การวัดความแตกต่าง (Distance Measures) 28

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 29
4.1 วิธีวัดประสิทธิภาพ (Performance Measures) 29
4.2 องค์ประกอบของการทดลอง 30
4.3 ผลการทดลอง 30

บทที่ 5 สรุปผลและแนวทางการพัฒนาในอนาคต 33

เอกสารอ้างอิง 36

ภาคผนวก 38
ภาคผนวก ก. คู่มือการใช้งานระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรม
และโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี 39
ภาคผนวก ข. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ 44

ประวัติผู้เขียน 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 แสดงตารางสี RGB 64 ระดับ 20

3.2 แสดงโครงสร้างของตารางที่เก็บค่าออร์โตโครรีโลแกรมของรูปภาพในฐานข้อมูล 25

3.3 แสดงโครงสร้างของตารางที่เก็บค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพในฐานข้อมูล 26

3.4 แสดงตารางข้อมูลของรูปภาพที่จัดเก็บในฐานข้อมูล 27

4.1 แสดงรูปภาพตัวอย่างที่ใช้ในการคิวรี่และผลการทดลองของการคิวรี่ 31

4.2 แสดงประสิทธิภาพจากการคิวรี่ที่มีระยะห่าง k = {1, 3, 5, 7, 9} โดยเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของวิธีต่างๆ 32

4.3 แสดงประสิทธิภาพจากการคิวรี่ที่มีระยะห่าง k = {1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19} โดยเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของวิธีต่างๆ 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงวิธี boundary-based 7

2.2 แสดงวิธี Region-based 7

2.3 แสดงระบบค้นคืน DrawSearch 9

2.4 แสดงระบบค้นคืนรูปภาพ Surfimage 9

2.5 แสดงระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพ QBIC 10

2.6 แสดงระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพ VisualSeek 11

2.7 แสดงระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพ Excalibur : Visual RetrievalWare 12

2.8 แสดงระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพ Blobworld 13

2.9 แสดงระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพ MARS 14

2.10 แสดงระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพ MetaSeek 15

2.11 แสดงระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพ Netra 15

2.12 แสดง fuzzy regions 17

3.1 ขั้นตอนในการทำดัชนีรูปภาพ 20

3.2 แสดงพิกเซลของรูปภาพที่เป็นตัวอย่างในการคำนวณหาค่าโครรีโลแกรมของสี 21

3.3 รูปภาพตัวอย่าง 2 รูป 22

3.4 ออร์โตโครรีโลแกรมของรูปภาพตัวอย่าง 23

3.5 โครรีโลแกรมความแตกต่างของสีของรูปตัวอย่างทั้งสอง 24

3.6 แสดงขั้นตอนในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและ
โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี 27

ก. 1 แสดงไอคอนโปรแกรมค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและ
โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี 38

ก.2 แสดงหน้าจอหลักของค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและ
โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี 39

ก.3 แสดงหน้าจอสำหรับเลือกรูปภาพที่ต้องการเพิ่มเข้าไปในฐานข้อมูล 40

ก.4 แสดงหน้าจอเมนูย่อยของเมนู View 40

ก.5 แสดงหน้าจอของเมนูย่อย Autocorrelogram 41

ก.6 แสดงหน้าจอของเมนูย่อย Color Difference Correlogram 41

ก.7 แสดงหน้าจอยืนยันการลบข้อมูล 41

ก.8 แสดงหน้าจอของรูปภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการคิวรี่ของรูปภาพตัวอย่าง 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากฐานข้อมูลรูปภาพปัจจุบันมีขนาดใหญ่มากขึ้น จึงจำเป็นต้องมีระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพ (Image Retrieval System) ที่มีประสิทธิภาพที่สามารถค้นคืนรูปภาพได้ตามที่ผู้ใช้ต้องการ โดยในปี พ.ศ. 2513 ได้มีการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นคืนข้อมูลรูปภาพจาก 2 สาขาคือ การจัดการฐานข้อมูล (Database Management) และคอมพิวเตอร์วิชั่น (Computer Vision) ซึ่งงานวิจัยของทั้งสองสาขาจะศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการค้นคืนข้อมูลรูปภาพในรูปภาพที่แตกต่างกัน โดยในสาขาของการจัดการฐานข้อมูลจะศึกษาวิจัยการค้นคืนข้อมูลรูปภาพในลักษณะของข้อความ (text-based) ส่วนสาขาคอมพิวเตอร์วิชั่นจะศึกษาวิจัยการค้นคืนข้อมูลรูปภาพในลักษณะของพื้นฐานวิชวล (visual-based)

เริ่มแรกโครงสร้างของการค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่ได้รับความนิยมอย่างมากคือการให้คำจำกัดความของรูปภาพเป็นข้อความและใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลที่เป็นข้อความ (text-based Database Management System) เพื่อค้นคืนข้อมูลรูปภาพ ซึ่งโครงสร้างของการค้นคืนข้อมูลรูปภาพดังกล่าวจะมีปัญหา 2 ประการ เมื่อจำนวนรูปภาพในฐานข้อมูลมีจำนวนมาก ปัญหาแรกคือต้องใช้แรงงานจำนวนมากในการให้คำจำกัดความของรูปภาพ และปัญหาที่สองคือคนแต่ละคนอาจจะมองรูปภาพที่มีเนื้อหาเหมือนกันเป็นรูปภาพที่มีเนื้อหาแตกต่างกันได้ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการค้นคืนข้อมูลรูปภาพได้

ในปี พ.ศ. 2533 ได้มีการนำเสนอระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพแบบคอนเท็นท์เบสท์ (Content Base Image Retrieval: CBIR) ขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาข้างต้น โดยที่การค้นคืนข้อมูลแบบคอนเท็นท์เบสท์ จะนำรูปภาพมาทำดัชนีโดยใช้ลักษณะสำคัญต่างๆ ของรูปภาพ เช่น สี (color) พื้นผิว (texture) รูปร่าง (shape) เป็นต้น ต่อมาได้มีการพัฒนาเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพแบบคอนเท็นท์เบสท์ โดยแต่ละวิธีของงานวิจัยที่ผ่านมามีทั้งข้อดีข้อเสียและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพแบบคอนเท็นท์เบสท์ต่อไปในอนาคตได้

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นในการพัฒนาและสร้างระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพแบบคอนเท็นท์เบสท์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่ต้องการได้จากฐานข้อมูลรูปภาพที่มีรูปภาพจำนวนมาก

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพแบบคอนเท็นท์เบสท์

1.2.2 เพื่อศึกษาเทคนิคการค้นคืนรูปภาพที่ใช้ลักษณะสำคัญของสีและข้อมูลเชิงพื้นที่ของรูปภาพ

1.2.3 เพื่อนำความรู้ที่ได้ศึกษามาทั้งหมด พัฒนาระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่ใช้ลักษณะสำคัญของสีและข้อมูลเชิงพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.3 แผนการดำเนินงานวิจัย

1.3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.3.1.1 ศึกษาบทความและผลงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

1.3.1.2 รวบรวมรูปภาพเพื่อมานำมาใช้สำหรับงานวิจัยนี้

1.3.1.3 พัฒนาโปรแกรมเพื่อทดสอบบทความและงานวิจัยที่ได้ศึกษา

1.3.1.4 ทดลองค้นคืนข้อมูลรูปภาพด้วยวิธีที่ได้จากบทความและงานวิจัยที่ได้ศึกษา

1.3.1.5 ออกแบบอัลกอริทึมในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ลักษณะสำคัญของสีและข้อมูลเชิงพื้นที่

1.3.1.6 พัฒนาโปรแกรมเพื่อค้นคืนข้อมูลรูปภาพตามอัลกอริทึมที่ออกแบบ

1.3.1.7 ทดลองค้นคืนรูปภาพจากโปรแกรมที่พัฒนาจากอัลกอริทึมที่ออกแบบ

1.3.1.8 สรุปผลการดำเนินงานและรวบรวมจัดทำเอกสารเสนอเป็นงานวิจัย

1.3.2 ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน

ขั้นตอนการทำงาน	ระยะเวลาที่ใช้ (เดือนที่)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. ศึกษาบทความและผลงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้												
2. รวบรวมรูปภาพเพื่อมานำมาใช้สำหรับงานวิจัยนี้												
3. พัฒนาโปรแกรมเพื่อทดสอบบทความและงานวิจัยที่ได้ศึกษา												

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงาน	ระยะเวลาที่ใช้ (เดือนที่)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4. ทดลองค้นคืนข้อมูลรูปภาพด้วยวิธีที่ได้จากบทความและงานวิจัยที่ได้ศึกษา												
5. ออกแบบอัลกอริทึมในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ลักษณะสำคัญของสีและข้อมูลเชิงพื้นที่												
6. พัฒนาโปรแกรมเพื่อค้นคืนข้อมูลรูปภาพตามอัลกอริทึมที่ออกแบบ												
7. ทดลองค้นคืนรูปภาพจากโปรแกรมที่พัฒนาจากอัลกอริทึมที่ออกแบบ												
8. สรุปผลการดำเนินงานและรวบรวมจัดทำเอกสารเสนอเป็นงานวิจัย												

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้ได้ศึกษาถึงผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพและปัญหาที่เกิดขึ้นสำหรับระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพ

1.4.2 เพื่อพัฒนาระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพแบบคอนเท็นท์เบสท์ ที่ใช้ลักษณะสำคัญของสีและข้อมูลเชิงพื้นที่ของรูปภาพให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.4.3 สามารถนำระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่พัฒนาไปใช้งานได้จริง

1.5 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

โครงสร้างของวิทยานิพนธ์ ประกอบด้วย 5 ส่วนคือ

บทที่ 1 บทนำ ซึ่งบทนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาที่จะต้องทำงานวิจัยในเรื่องนี้ วัตถุประสงค์ของงานวิจัย แผนการดำเนินงานวิจัย และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะกล่าวถึง วิธีการทำดัชนีแบบคอนเท็นท์เบสท์ การค้นคืนข้อมูลรูปภาพ ระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพในปัจจุบัน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 กล่าวถึงวิธีการออกแบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี ซึ่งประกอบด้วยวิธีการดัชนีและการค้นคืนรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 5 สรุปผลและแนวทางการพัฒนาในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่ได้รับความนิยมคือการค้นคืนข้อมูลรูปภาพแบบคอนเท็นท์เบสท์ ซึ่งเป็นการค้นคืนข้อมูลโดยใช้ลักษณะสำคัญที่อยู่ในรูปภาพ เช่น สี รูปร่าง พื้นผิว เป็นต้น

โดยทั่วไประบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพแบบคอนเท็นท์เบสท์ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลักคือ การทำดัชนีและการค้นหารูปภาพ ซึ่งกระบวนการทำดัชนีคือการดึงลักษณะสำคัญ (feature vector) ของแต่ละรูปภาพในฐาน ข้อมูลออกมาจัดเก็บไว้ ส่วนกระบวนการค้นหาคือการนำรูปภาพที่จะใช้คิวรี่มาคำนวณหาเวกเตอร์ของลักษณะสำคัญของรูปภาพที่อยู่ในฐานข้อมูล ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นรูปภาพที่มีความคล้ายคลึงกับรูปภาพที่นำมาคิวรี่

2.1 วิธีการทำดัชนีแบบคอนเท็นท์เบสท์ (Content-based indexing method)

การดัชนีแบบคอนเท็นท์การดึงลักษณะสำคัญของรูปภาพและนำมาวิเคราะห์ โดยลักษณะสำคัญที่ใช้กันทั่วไปคือ สี (color) พื้นผิว (texture) และรูปร่าง (shape) ซึ่งมีการใช้เทคนิคต่างๆ ในการดึงลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้

2.1.1 สี

สีเป็นลักษณะสำคัญที่เห็นได้ชัดเจน ซึ่งการดึงลักษณะสำคัญของสีในที่นี้หมายถึงกระบวนการของการแทนคอนเทนต์ของรูปภาพโดยสีทั้งหมดของรูปภาพ (global color feature) แต่มีบางวิธีที่แทนคอนเทนต์ในรูปภาพโดยสีเฉพาะพื้นที่ (local color feature) ซึ่งวิธีนี้อาจจะถูกนำไปรวมกับลักษณะสำคัญอื่น เช่น รูปร่าง โดยที่เทคนิคที่ใช้โดยทั่วไปประกอบด้วยเทคนิคดังต่อไปนี้

2.1.1.1 ฮีสโตแกรมของสี (Color Histogram)

กระบวนการโดยทั่วไปในการแทนลักษณะสำคัญของสีในรูปภาพคือการแปลงรูปภาพไปเป็นฮีสโตแกรม ตัวอย่างเช่น รูปภาพที่เป็นสีเทาสามารถแปลงไปเป็นอีสโตแกรมที่แสดงจำนวนพิกเซลของระดับสีเทา ส่วนการแปลงรูปภาพสีจะเรียกว่า ฮีสโตแกรมของสี (color histogram)

ฮีสโตแกรมของสีคือการหาความน่าจะเป็นของสีต่างๆ ในรูปภาพ ถ้ากำหนดให้ $H_{c_i}(I)$ แทนจำนวนของพิกเซลในรูปภาพ I ที่มีสีเป็น c_i โดยที่ $h_{c_i}(I)$ แทนฮีสโตแกรมของรูปภาพ I ที่มีสี c_i และ n_1 และ n_2 แทนความกว้างและความยาวของรูปภาพ I แสดงสมการฮีสโตแกรมของสีดังสมการที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h_{c_i}(I) = \frac{H_{c_i}(I)}{n_1 x n_2} \quad (2.1)$$

โดยทั่วไปแล้วรูปภาพแต่ละรูปจะมีฮีสโตแกรมที่แน่นอน ซึ่งฮีสโตแกรมจะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเคลื่อนย้าย (translation) และหมุน (rotation) แกนของรูปภาพ และการเปลี่ยนมุมเพียงเล็กน้อยของวิว ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะนำฮีสโตแกรมของสีมาใช้สำหรับดัชนีรูปภาพเพื่อแสดงความคล้ายคลึงของรูปภาพทั้งหมดสำหรับค้นคืนข้อมูลรูปภาพ

ปัญหาหลายๆ อย่างของฮีสโตแกรมของสี ได้แก่ การแปรผันของความละเอียดของรูปภาพ การแปรผันของความสว่าง เป็นต้น และปัญหาที่สำคัญคือรูปที่แตกต่างกันอาจจะมีฮีสโตแกรมของสีเหมือนกันได้ ซึ่งอาจจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ผิดพลาดในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ฮีสโตแกรมของสีเกิดขึ้นได้

2.1.1.2 สีและข้อมูลเชิงพื้นที่ (Color and Spatial Information)

การดัชนีโดยใช้ฮีสโตแกรมของสีมีข้อจำกัดคือขาดข้อมูลเชิงพื้นที่ จึงอาจจะทำให้ผลลัพธ์ของการค้นคืนรูปภาพผิดพลาด เพื่อแก้ปัญหานี้ได้มีการนำเสนอเทคนิควิธีที่มีการรวมสีและข้อมูลเชิงพื้นที่เข้าด้วยกัน ได้แก่ Histogram refinement [1] ที่ใช้กระบวนการที่เรียกว่า "Colour Coherence Vector (CCV)" [2] ซึ่งมีการแบ่งพิกเซลตามความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (spatial coherence) โดยที่รูปภาพที่แตกต่างกันซึ่งมีฮีสโตแกรมของสีคล้ายคลึงกันจะมี CCV แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีวิธีอื่นที่ได้มีการรวมสีและข้อมูลเชิงพื้นที่เข้าด้วยที่เรียกว่า "Color Correlogram" ซึ่งจะแสดงถึงสหพันธ์เชิงพื้นที่ของคู่สีที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะห่างของพิกเซล [3]

2.1.2 พื้นผิว (Texture representation)

ลักษณะสำคัญของพื้นผิวของรูปภาพได้มีการใช้กันอย่างกว้างขวางในการแบ่งส่วนของรูปภาพ (region segmentation) ซึ่งโดยทั่วไปจะแบ่งประเภทของพื้นผิวของรูปภาพออกเป็น 3 ประเภทคือ หยาบ (coarseness) เรียบ (smoothness) และ สม่ำเสมอ (regularity) โดยที่จะมีเทคนิคในการหาลักษณะของพื้นผิว (texture description) อยู่ 3 ประเภทคือ

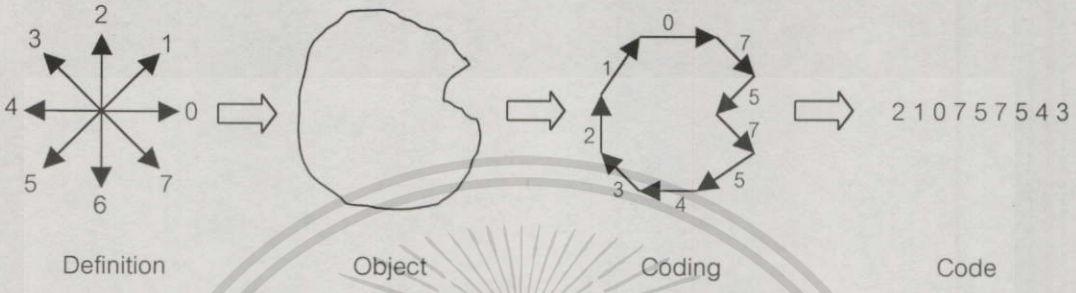
- Statistical เป็นเทคนิคที่ใช้พื้นฐานของฮีสโตแกรมของพื้นที่ในรูปภาพ (region histogram) ซึ่งเป็นเทคนิคที่จะใช้วัดความแตกต่าง (contrast) ความเป็นกลุ่ม (granularity) และความหยาบ (coarseness) ของพื้นผิวของรูปภาพ
- Spectral เป็นเทคนิคที่ใช้พื้นฐานของฟังก์ชั่นออร์โตโกรรีเลชั่นของพื้นที่หรือการยกกำลังของการกระจายใน Fourier transform domain
- structural เป็นเทคนิคที่อธิบายลักษณะพื้นผิวของรูปภาพโดยใช้รูปแบบหรือโครงสร้างของพื้นผิวที่มีอยู่แล้วที่สามารถเข้ากับพื้นผิวของรูปภาพได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

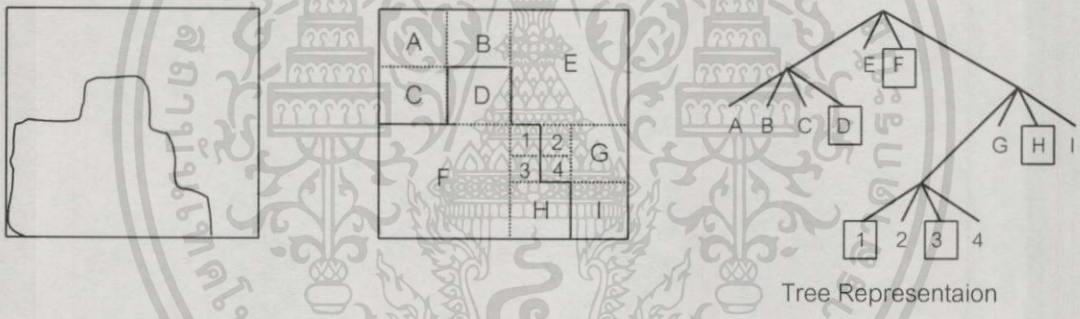
2.1.3 รูปร่าง (Shape Representation)

การดัชนีโดยใช้ลักษณะสำคัญของรูปร่างที่ใช้กันอยู่ทั่วไปประกอบ 2 วิธีคือ boundary-based และ region-based ซึ่งทั้งสองวิธีนี้จะใช้กำหนดโครงสร้างของรหัสของรูปภาพ (image coding) เพื่อแทนคอนเทนต์ของรูปภาพ

ตัวอย่างของ boundary-based แสดงดังรูป 2.1 และตัวอย่างของ region-based แสดงดังรูป 2.2



รูปที่ 2.1 แสดงวิธี boundary-based



รูปที่ 2.2 แสดงวิธี Region-based

2.2 การค้นคืนข้อมูลรูปภาพ (Image Retrieval Strategies)

ปัจจุบันมีการค้นคืนข้อมูลรูปภาพหลายวิธีดังนี้

2.2.1 การค้นคืนโดยใช้ข้อความ (Query By Text)

วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไปในระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพ เช่น Corbis (http://www.corbis.com/) และ Photodisc (http://www.photodisc.com)

ผู้ใช้สามารถค้นหารูปภาพโดยใช้คำสำคัญ (keyword) หรือคำสำคัญร่วมกับ Boolean operators เช่น “AND” “OR” และ “NOT” หรือผู้ใช้อาจจะค้นหาโดยใช้วลี (phrase) เช่น “woman walking on the beach”

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดเปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การค้นคืนโดยการเลือกรูปภาพ (Browsing)

วิธีโดยทั่วไปที่ผู้ใช้สามารถเลือกรูปภาพที่จัดเก็บไว้โดยการใช้ซอต์ฟแวร์เกี่ยวกับรูปภาพเพื่อแสดงไฟล์รูปภาพทีละรูป ซึ่งไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ ซึ่งในปัจจุบันได้มีซอต์ฟแวร์เกี่ยวกับรูปภาพที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในการแสดงกลุ่มของรูปภาพซึ่งประกอบด้วยวิธีการ 2 แบบคือ

- Thumbnail browsing ซึ่งจะแสดงรูปภาพจากไดเรกเทอรี่ของไฟล์เป็นภาพขนาดเล็กๆ บนหน้าจอ เมื่อ thumbnail ถูกคลิกก็จะแสดงรูปภาพตามขนาดจริงบนหน้าจอ
- Slide show จะแสดงรูปภาพบนหน้าจอทีละภาพตามขนาดจริงหรือมีขนาดเท่ากับหน้าจอที่กำหนด

โดยทั่วไปแล้วระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพปัจจุบัน การเลือกรูปภาพจะหมายถึง thumbnail browsing ซึ่งมีส่วนน้อยที่จะเป็นแบบ side show

การค้นคืนข้อมูลแบบนี้จะมีการจัดประเภทของรูปภาพที่จัดเก็บไว้ก่อนเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกรูปภาพที่ต้องการได้สะดวกและรวดเร็ว ซึ่งอาจจะแบ่งประเภทของรูปภาพเป็น 1 ระดับหรือหลายระดับก็ได้ ตัวอย่างเช่น ใน Corbis ถ้าเลือกประเภท “Landscapes and scenic” จะมีประเภทย่อยต่างๆ เช่น “Deserts” “Forests” หรือ “Lakes river and oceans” และโดยทั่วไปรูปภาพจะถูกเรียงลำดับตามค่าความคล้ายคลึง (similarity measure) เพราะฉะนั้นผู้ใช้สามารถเลือกรูปภาพเพื่อค้นหารูปภาพที่ต้องการได้

2.2.3 การค้นคืนรูปภาพจากคอนเท็นท์ (Quey By Image Content)

เป็นการค้นคืนรูปภาพจากลักษณะสำคัญที่อยู่ในรูปภาพ เช่น สี รูปร่าง พื้นผิว เป็นต้น ซึ่งมีวิธีคิวรี่หลายรูปแบบดังนี้

2.2.3.1 การคิวรี่โดยใช้รูปภาพตัวอย่าง (Query by Image Example)

การคิวรี่แบบนี้จะให้ผู้ใช้เลือกรูปภาพที่จะใช้เป็นรูปภาพตัวอย่างในการคิวรี่ และระบบจะวัดความคล้ายคลึงระหว่างรูปภาพตัวอย่างกับรูปภาพที่จัดเก็บไว้ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเรียงตามลำดับความคล้ายคลึง

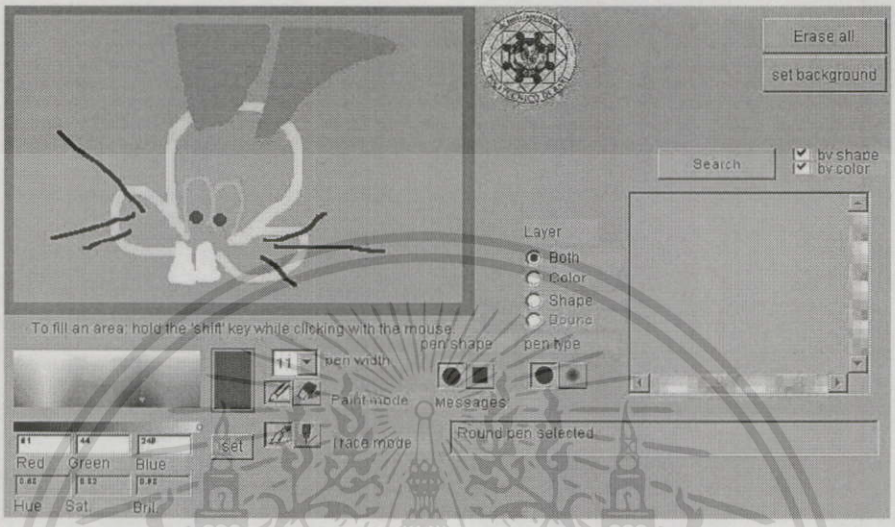
2.2.3.2 การคิวรี่รูปภาพโดยการกำหนดค่า (Query by Image Specification)

เป็นคิวรี่ที่สามารถระบุลักษณะสำคัญของรูปภาพ โดยที่จะมีการกำหนดค่าได้โดยตรง ตัวอย่างเช่น ใน QBIC จะยอมให้ผู้ใช้สามารถคิวรี่รูปภาพโดยใช้ฮีสโตแกรมของสี ซึ่งสามารถระบุเปอร์เซนต์ของสีในฮีสโตแกรมได้ เช่น การสามารถระบุได้ว่าจะค้นหารูปภาพที่มีสีน้ำเงิน 17% และสีขาว 11%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.3 การคิวรี่รูปภาพโดยใช้การวาดรูปของผู้ใช้ (Query by User Construction)

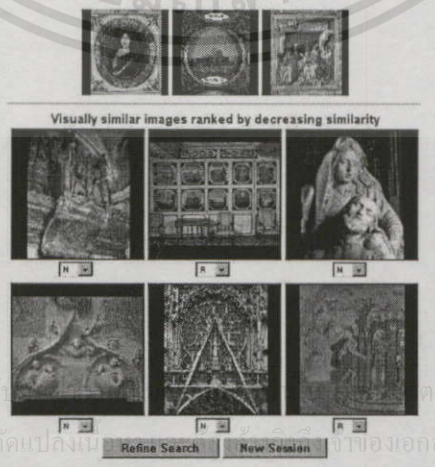
เป็นคิวรี่ที่ให้ผู้ใช้สร้างคอนเท็นต์ของรูปภาพโดยคร่าวๆ จากเครื่องมือวาดรูป ตัวอย่างเช่น ระบบค้นคืนที่ชื่อ DrawSearch ที่ให้ผู้ใช้วาดรูปและเลือกสีของรูปภาพ แล้วระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพจากรูปที่ผู้ใช้วาดโดยใช้ลักษณะสำคัญของสีและรูปร่างของรูปที่วาด แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงระบบค้นคืน DrawSearch

2.2.4 Relevance Feedback – Query Refinement

relevance feedback คือกระบวนการที่ใช้เพื่อปรับปรุงสูตรของการคิวรี่โดยดัดแปลงจากคิวรี่เริ่มต้น โดยที่จะเพิ่มความสำคัญของพจน์ที่เกี่ยวข้องและลดความสำคัญของพจน์ที่ไม่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้กับการค้นคืนเอกสาร ซึ่งในปัจจุบันได้มีบางระบบนำหลักการนี้มาใช้เป็น query refinement สำหรับการค้นคืนข้อมูลรูปภาพ ตัวอย่างเช่น ระบบค้นคืนรูปภาพ Surfimage แสดงดังรูปที่ 2.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ[illegible]ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา[illegible]ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

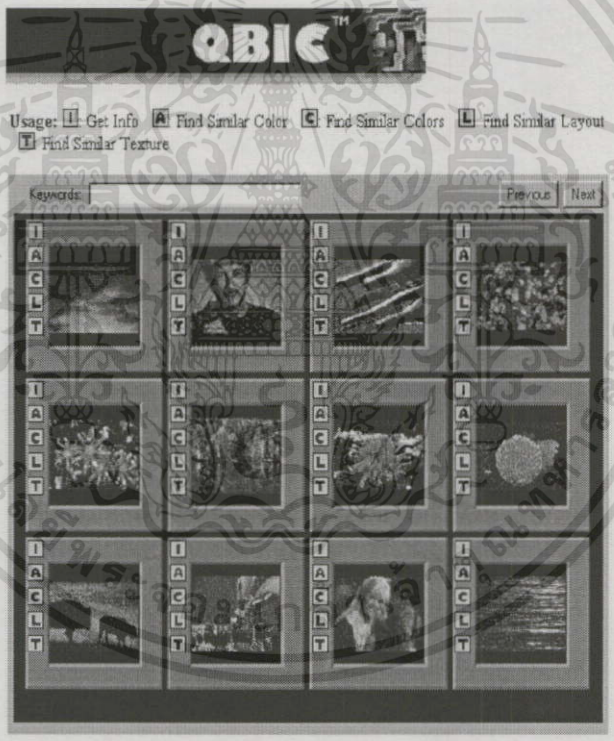
รูปที่ 2.4 แสดงระบบค้นคืนรูปภาพ Surfimage

2.3 ระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพในปัจจุบัน

ในหลายปีที่ผ่านมาได้มีระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพแบบคอนเท็นท์เบสท์ที่มีการพัฒนาทั้งในทางด้านธุรกิจและทางการศึกษา ดังต่อไปนี้

2.3.1 QBIC

เป็นระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่รู้จักกันโดยทั่วไป ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย IBM ระบบนี้จะใช้สำหรับแกลลอรี่รูปภาพ เช่น Fine Museums of San Francisco และ Ministry of Culture ระบบ QBIC เป็นระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพจากคอนเท็นท์ของรูปภาพซึ่งสามารถคิวรี่โดยใช้รูปภาพ ตัวอย่าง การวาดรูปของผู้ใช้ การเลือกสีและลักษณะพื้นผิวของรูปภาพ เป็นต้น สามารถเข้าไปดู รายละเอียดและทดลองระบบ QBIC ได้ที่ http://wwwqbic.almaden.ibm.com/ แสดงรูปภาพของ QBIC ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพ QBIC

2.3.2 Virage : VIR

เป็นระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่ถูกพัฒนาจากบริษัท Virage ซึ่งมีลักษณะการค้นคืนข้อมูลรูปภาพคล้ายคลึงกับระบบ QBIC ใช้ลักษณะสี ลักษณะเชิงพื้นที่ของสี รูปร่างและพื้นผิวของรูปภาพ ซึ่งสามารถดูรายละเอียดของระบบนี้ได้ที่ http://www.virage.com/

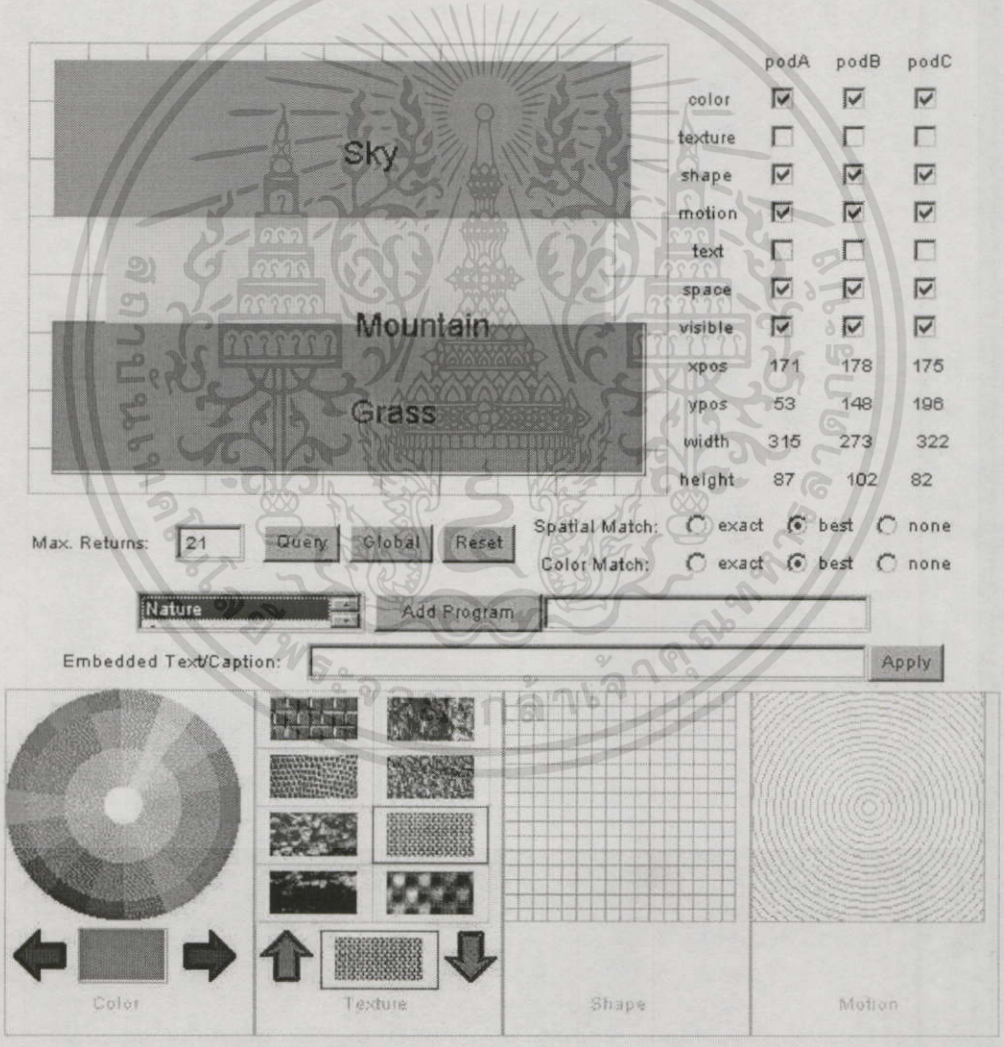
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 Pichunter

เป็นระบบที่พัฒนาโดยสถาบันวิจัยของ NEC ซึ่งใช้คุณสมบัติของรูปภาพแบบง่ายๆ เช่น อัตราส่วนของขนาดรูปภาพ เปอร์เซนต์ของสีและค่าทางสถิติทั้งหมดของสี

2.3.4 VisualSeek

เป็นระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัยโคลัมเบีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งระบบ VisualSeek ได้ออกแบบหน้าจอให้ผู้ใช้สามารถวาดรูปเพื่อใช้ในการคิวรี่รูปภาพ ซึ่งเรียกว่า "Colour Region Queries" โดยยอมให้ผู้ใช้สามารถกำหนดตำแหน่ง ขนาดและสีของคอนเท็นท์ที่จะใช้ในการคิวรี่ได้และยังสามารถค้นหาโดยให้คำสำคัญได้อีกด้วย ซึ่งสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ http://www.ctr.columbia.edu/VisublSeek/ แสดงดังรูปที่ 2.6

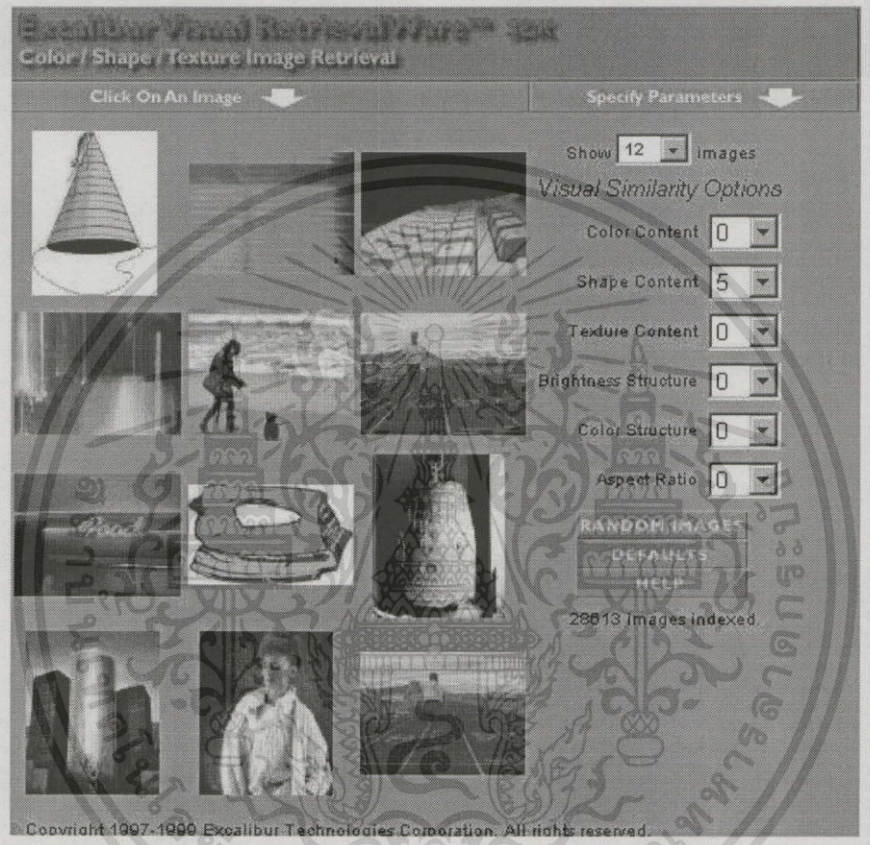


รูปที่ 2.6 แสดงระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพ VisualSeek

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 Excalibur : Visual RetrievalWare

เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัท Excalibur Technologies ซึ่งมีคล้ายคลึงกับ QBIC และ Virage โดยผู้ใช้สามารถกำหนดค่าความสำคัญของลักษณะสำคัญต่างๆ ซึ่งได้แก่ สี รูปร่าง และพื้นผิว เป็นต้น โดยค่าความสำคัญจะมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 5 แสดงดังรูปที่ 2.7 และสามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมของระบบนี้ได้ที่ http://www.excalib.com/



รูปที่ 2.7 แสดงระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพ Excalibur : Visual RetrievalWare

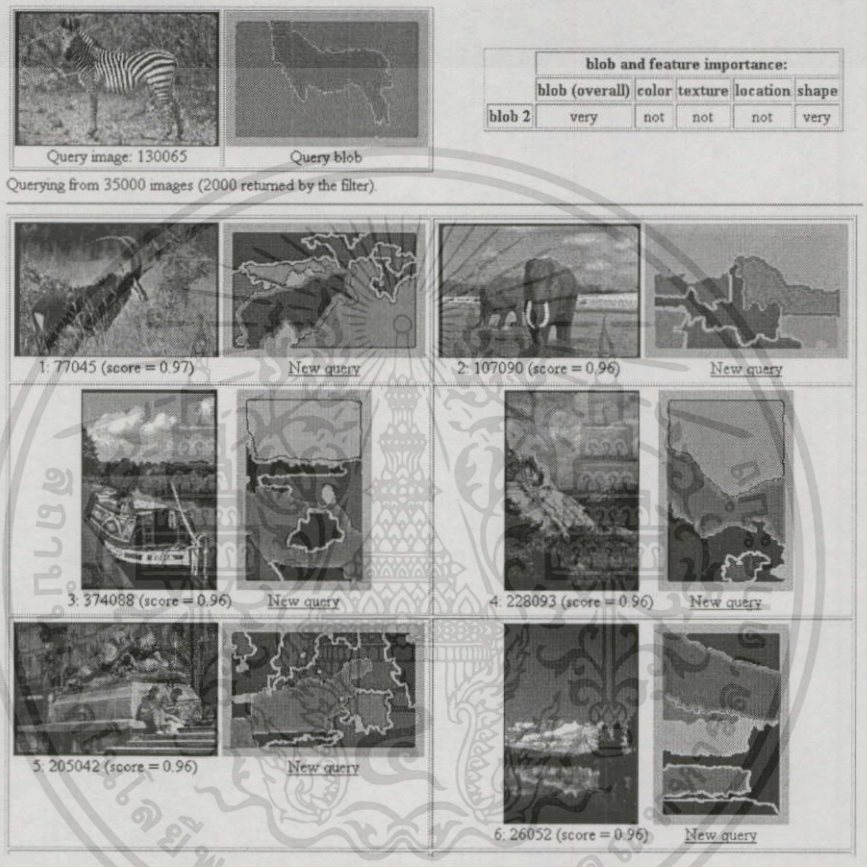
2.3.6 Photobook

เป็นระบบที่พัฒนาโดยห้องวิจัยข้อมูลสื่อผสม MIT ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งประกอบด้วยหน้าจอสำหรับการเลือกและค้นหารูปภาพโดยใช้ลักษณะสำคัญพื้นฐานต่างๆ เช่น สีและพื้นผิว โดยจะมีการแบ่งรูปภาพออกเป็นส่วนและให้สัญลักษณ์โดยอัตโนมัติ สามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมของระบบนี้ได้ที่ http://vismod.www.media.mit.edu/~tpminka/photobook/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.7 Blobworld

เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นโดยภาควิชาคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยแคลิฟอลเนีย ประเทศเบอร์กาเรีย ระบบนี้จะค้นคืนรูปภาพโดยใช้ลักษณะสำคัญของสี พื้นผิว ตำแหน่ง ขอบเขตของรูปร่างและพื้นผิว โดยที่ผู้ใช้สามารถกำหนดความสำคัญของลักษณะสำคัญต่างๆ ได้ แสดงดังรูปที่ 2.8 ซึ่งสามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมของระบบนี้ได้ที่ http://elib.cs.berkeley.edu/photos/blobworld/

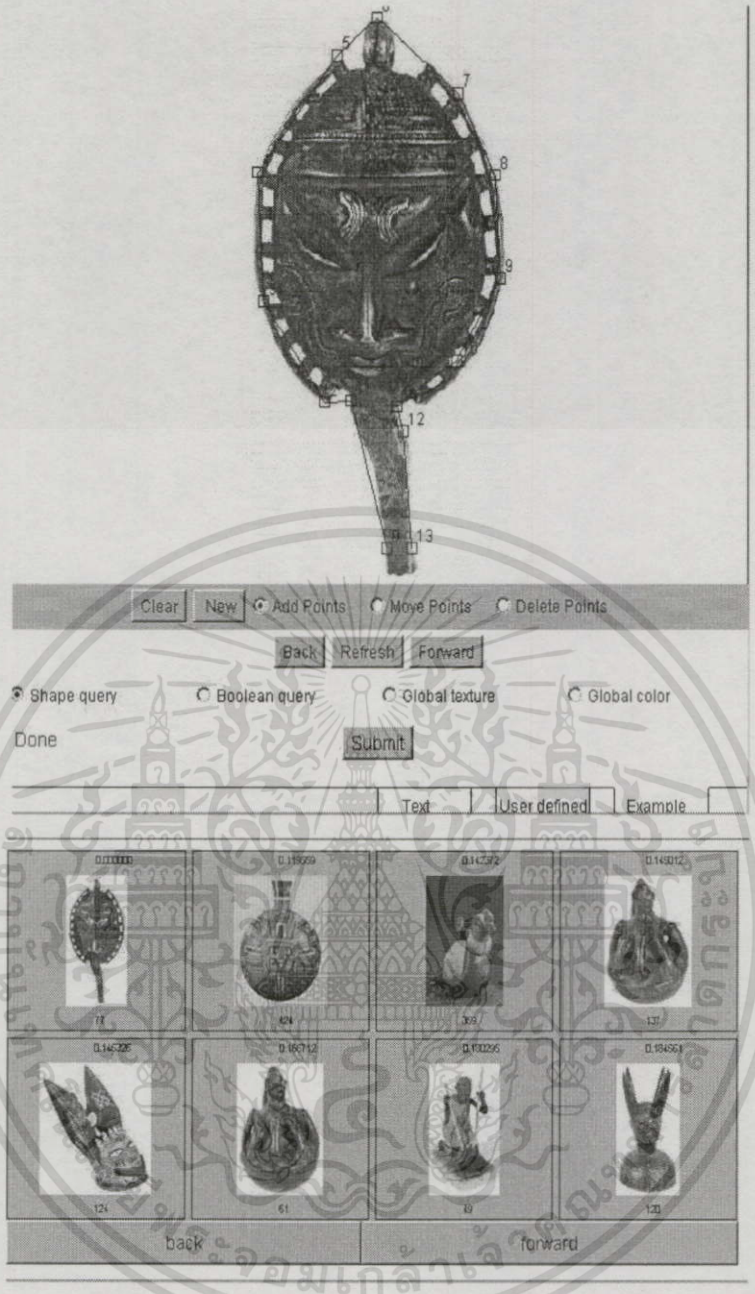


รูปที่ 2.8 แสดงระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพ Blobworld

2.3.8 MARS (Multimedia Analysis and Retrieval System)

ระบบนี้พัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นระบบนี้จะค้นคืนรูปภาพโดยใช้ลักษณะสำคัญของสี พื้นผิว รูปร่าง โดยผู้ใช้สามารถคิวรี่โดยใช้รูปภาพตัวอย่าง หรือกำหนดสีและรูปร่างของรูปภาพ รวมทั้งสามารถคิวรี่โดยใช้การคำนวณทางตรรกะ (Boolean operator) แสดงดังรูปที่ 2.9 ซึ่งแสดงการคิวรี่โดยใช้ลักษณะสำคัญของรูปร่างของรูปภาพตัวอย่าง โดยสามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมของระบบนี้ได้ที่ http://www.ifp.uiuc.edu/~yrui/html/research.html/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

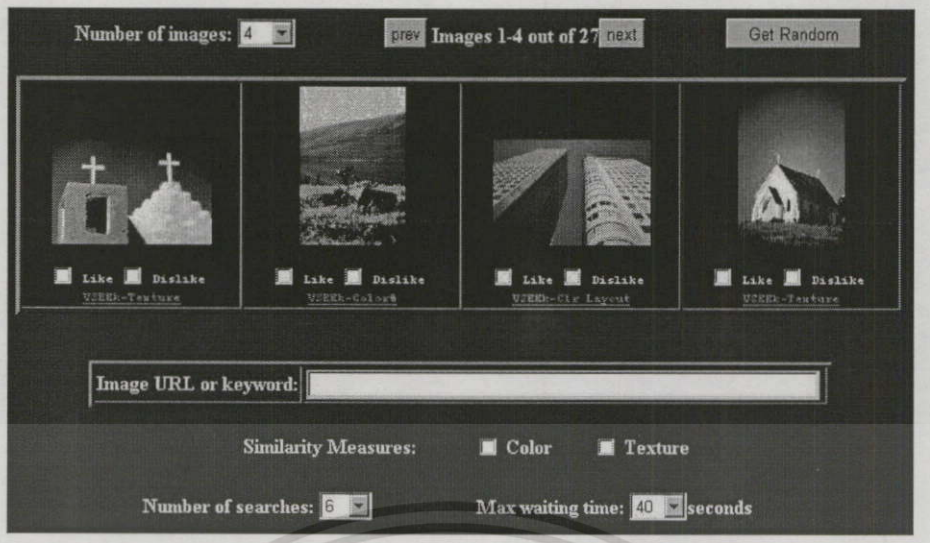


รูปที่ 2.9 แสดงระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพ MARS

2.3.9 MetaSeek

เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นโดย Image and Advanced Television Lab มหาวิทยาลัยโคลัมเบีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นระบบที่ค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ลักษณะสำคัญของสีและพื้นผิว โดยการคิวรี่จะให้ผู้ใช้เลือกประเภทของรูปภาพ และกำหนดคำสำคัญหรือ URL ของรูปภาพ แสดงดังรูปที่ 2.10 สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมของระบบนี้ได้ที่ http://www.ctr.columbia.edu/metaseek/

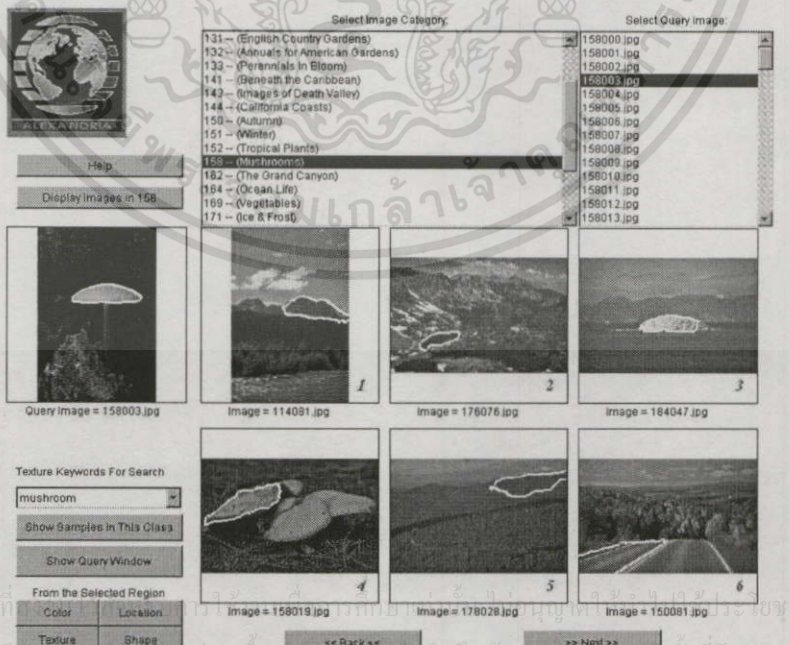
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพ MetaSeek

2.3.10 Netra

ระบบนี้พัฒนาขึ้นโดยภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยแคลิฟอลเนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ลักษณะสำคัญหลักที่ใช้ในระบบนี้คือกระบวนการของแบ่งส่วนของรูปภาพ (image segmentation) สำหรับค้นหาวัตถุหรือขอบเขตของวัตถุในรูปภาพ โดยระบบจะให้ผู้ใช้เลือกคำสำคัญของพื้นผิว (Texture keywords) แสดงดังรูปที่ 2.11 สามารหาข้อมูลเพิ่มเติมของระบบนี้ได้ที่ http://maya.ece.ucsb.edu/Netra หรือ http://vivaldi.ece.ucsb.edu/Netra/



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.11 แสดงระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพ Netra

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพแบบคอนเท็นท์เบสท์ที่ใช้ลักษณะสำคัญของสีและข้อมูลเชิงพื้นที่มีดังต่อไปนี้

2.4.1 Histogram Refinement for Content-Based Image Retrieval

ผลงานวิจัยของ Greg Pass และ Ramin Zabih [1] ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคสำหรับเปรียบเทียบรูปภาพที่เรียกว่า "Histogram refinement" ซึ่งกำหนดให้มีการเพิ่มเงื่อนไขสำหรับการเปรียบเทียบฮีสโตแกรม โดยเทคนิคนี้จะแบ่งประเภทของพิกเซลในฮีสโตแกรมแต่ละสีโดยใช้ "spatial coherence" ถ้าพิกเซลเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่พอสมควรของสีที่เหมือนกันพิกเซลนั้นจะเป็นประเภท "coherence" แต่ถ้าไม่ใช่พิกเซลนั้นจะเป็นประเภท "incoherence" โดยที่พิกเซลที่อยู่ประเภทเดียวกันจะถูกนำมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งกระบวนการที่ใช้ในการแยกประเภทพิกเซลของฮีสโตแกรมเรียกว่า "Color Coherence Vector (CCV)" [2] โดยที่ CCV เป็นกระบวนการที่มีการรวมข้อมูลเชิงพื้นที่เข้าไว้ด้วย ซึ่งงานวิจัยนี้มีความเร็วในการคำนวณสูง สามารถใช้แยกความแตกต่างของรูปภาพที่มีฮีสโตแกรมที่เหมือนกันได้ และมีประสิทธิภาพในการค้นคืนรูปภาพได้ดีกว่าฮีสโตแกรม แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของแสงของรูปภาพมากๆ ของรูปภาพที่นำมาคิวรี่และรูปภาพที่เป็นคำตอบของคิวรีอาจจะทำให้มีความผิดพลาดในการคืนคืนข้อมูลรูปภาพได้

2.4.2 Image Indexing Using Color Correlogram

ผลงานวิจัยของ J. Huang, S. R. Kumar, M. Mitra, W.-J. Zhu และ R. Zabih [3] ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำเสนอลักษณะสำคัญของรูปภาพแบบใหม่ที่เรียกว่า "โครรีโลแกรมของสี" (Color Correlogram) โดยที่โครรีโลแกรมของสีจะแสดงสหพันธ์เชิงพื้นที่ของคู่สีกับระยะห่างระหว่างคู่สีนั้นโดยโครรีโลแกรมของสีมีลักษณะเด่นดังนี้คือ

1) โครรีโลแกรมของสีประกอบด้วยสหพันธ์เชิงพื้นที่ของสี
2) โครรีโลแกรมของสีสามารถใช้อธิบายการกระจายทั้งหมด (global distribution) ของสหพันธ์เชิงพื้นที่ของสีเฉพาะที่ (local spatial correlation of colors)
3) ง่ายต่อการคำนวณ

จากลักษณะเด่นของโครรีโลแกรมที่กล่าวมาข้างต้นทำให้มีประสิทธิภาพในการแยกความแตกต่างของรูปภาพและแก้ไขข้อเสียของฮีสโตแกรม นอกจากนั้นโครรีโลแกรมของสีมีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของรูปภาพ ทำให้สามารถค้นคืนรูปภาพรูปภาพที่มีมุมมองที่แตกต่างกันที่อยู่ในสถานที่เดียวกันและรูปภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้

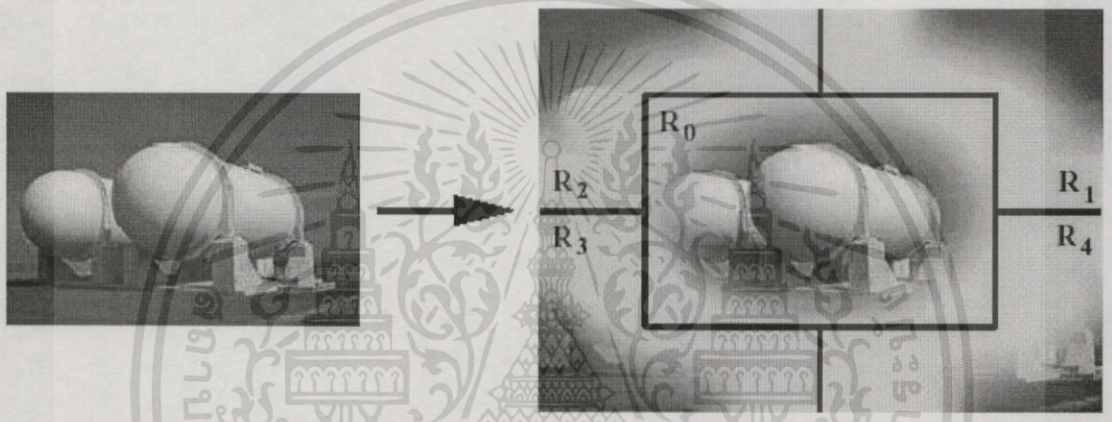
งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองกับฐานข้อมูลที่ประกอบด้วยรูปภาพจำนวน 14,554 รูป และเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับฮีสโตแกรมและ Histogram Refinement ที่ใช้ CCV และ CCV/C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลปรากฏว่าการใช้โครรีโลแกรมของสีสามารถค้นคืนข้อมูลรูปภาพมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีต่างๆ ที่นำมาเปรียบเทียบ

2.4.3 Color Indexing with Weak Spatial Constraints

ผลงานวิจัยของ Markus Stricker และ Alexander Dimai [4] ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการที่ช่วยเพิ่มความชัดเจนในการดัชนีสีโดยรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ในการดัชนีรูปภาพเข้าไว้ด้วยกัน โดยจะแบ่งพื้นที่ในรูปภาพออกเป็น 5 ส่วนที่ซ้อนทับกัน ซึ่งเรียกว่า "fuzzy regions" ดังรูปที่ 2.12 และดึงการกระจายของ 3 สีแรกที่สำคัญมาจัดเก็บเป็นดัชนี วิธีการนี้ต้องการเนื้อที่ในการจัดเก็บน้อย การเปลี่ยนแปลงและการหมุนภาพเพียงเล็กน้อยจะไม่มีผลต่อเวกเตอร์ลักษณะสำคัญนี้



รูปที่ 2.12 แสดง fuzzy regions

2.4.4 An Integrated Color-Spatial Approach to Content-based Image Retrieval

ผลงานวิจัยของ W.Hsu, T.S.Chua และ H.K.Pung [5] ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคของการรวมข้อมูลสีและข้อมูลเชิงพื้นที่ของรูปภาพเข้าด้วยกัน โดยเริ่มจากการเลือกเซตของสีจากรูปภาพ จากนั้นรูปภาพจะถูกแบ่งเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมโดยที่แต่ละพื้นที่จะมีสีเพียงสีเดียวที่มีจำนวนมากกว่าสีอื่น ส่วนความคล้ายคลึงของรูปภาพ 2 รูปคือดีกรีของการซ้อนทับกันระหว่างพื้นที่ที่มีสีเหมือนกัน งานวิจัยนี้ได้ทดลองคิวรี่โดยใช้ฐานข้อมูลที่มีรูปภาพจำนวน 260 รูป ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการคิวรี่ดีกว่าการใช้ฮีสโตแกรม เทคนิคที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีความคงทนต่อสิ่งรบกวนในรูปภาพและสามารถดัดแปลงไปใช้กับวัตถุที่คล้ายคลึงกันที่มีสีแตกต่างกันและวัตถุที่มีขนาดแตกต่างกันเล็กน้อย แต่มีการคำนวณที่ยุ่งยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

44023

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่ได้นำข้อมูลสีและข้อมูลเชิงพื้นที่มารวมกันเพื่อใช้ในการดัชนีและค้นคืนข้อมูลรูปภาพ ซึ่งจะเห็นว่าเทคนิคแต่ละวิธีที่ใช้ในงานวิจัยต่างๆ มีทั้งข้อดีทั้งข้อดีข้อเสียและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาและนำงานวิจัยของ J. Huang และทีมงานที่นำเสนอเกี่ยวกับการดัชนีรูปภาพโดยใช้โครรีโลแกรมของสีมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ และมีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของรูปภาพ ทำให้สามารถค้นคืนรูปภาพที่มีมุมมองที่แตกต่างกันที่อยู่ในสถานที่เดียวกันและรูปภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้ รวมทั้งมีการคำนวณที่ง่าย โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอลักษณะสำคัญที่ เรียกว่า "โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี (Color Difference Correlogram)" ซึ่งได้พัฒนามาจากแนวความคิดของโครรีโลแกรมของสีและทฤษฎีของฮีสโตแกรมของความแตกต่างของระดับสีเทา [3, 6] (histogram of grey-level difference) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นค้นข้อมูลรูปภาพ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

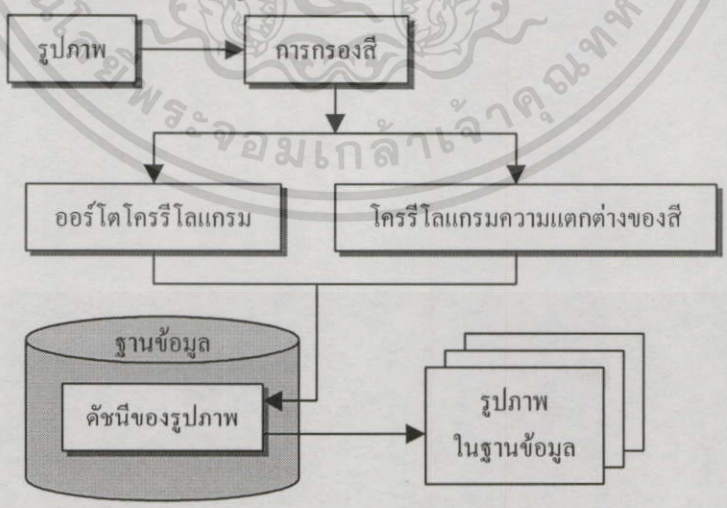
บทที่ 3
การค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี ซึ่งเป็นระบบที่พัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้สำหรับค้นคืนรูปภาพโดยใช้คอนเท็นท์ของรูปภาพ ซึ่งระบบจะให้ผู้ใช้เลือกรูปภาพตัวอย่างที่ต้องการใช้ในการค้นหารูปภาพในฐานข้อมูล โดยลักษณะสำคัญที่ใช้ในการดัชนีและค้นคืนข้อมูลรูปภาพคือออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญที่ได้รวมข้อมูลสีและข้อมูลเชิงพื้นที่ของรูปภาพเข้าด้วยกัน ทำให้สามารถค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่อยู่สถานที่เดียวกัน แต่มุมมองแตกต่างกัน รวมไปถึงรูปภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงไปด้วยวิธีต่างๆ ได้ดี เช่น การหมุน การย่อและขยาย เป็นต้น

ระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ 2 ขั้นตอน คือ การทำดัชนีของรูปภาพ และการค้นคืนข้อมูลรูปภาพ

3.1 การทำดัชนีรูปภาพ

ในงานวิจัยนี้ได้สร้างดัชนีรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมร่วมกับโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี ซึ่งมีขั้นตอนดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนในการทำดัชนีรูปภาพ

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีซึ่งเป็นดัชนีของรูปภาพจะถูกจัดเก็บลงฐานข้อมูลเพื่อที่นำไปใช้ในขั้นตอนของการค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่ผู้ใช้ต้องการ

3.1.1 การกรองสี (Color Filtering)

เป็นขั้นตอนในการแบ่งสีของรูปภาพให้เป็นไปตามระดับสีที่กำหนด โดยในงานวิจัยนี้ได้แบ่งค่า RGB ของรูปภาพออกเป็น 64 ระดับ เพื่อลดความซับซ้อนและเวลาในการทำดัชนีแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงตารางสี RGB 64 ระดับ

ดัชนีสี	R	G	B
1	0 - 64	0 - 64	0 - 64
2	0 - 64	0 - 64	65 - 128
3	0 - 64	0 - 64	129 - 192
4	0 - 64	0 - 64	193 - 255
5	0 - 64	65 - 128	0 - 64
6	0 - 64	65 - 128	65 - 128
7	0 - 64	65 - 128	129 - 192
8	0 - 64	65 - 128	193 - 255
9	0 - 64	129 - 192	0 - 64
10	0 - 64	129 - 192	65 - 128
11	0 - 64	129 - 192	129 - 192
12	0 - 64	129 - 192	193 - 255
13	0 - 64	193 - 255	0 - 64
14	0 - 64	193 - 255	65 - 128
15	0 - 64	193 - 255	129 - 192
16	0 - 64	193 - 255	193 - 255
17	65 - 128	0 - 64	0 - 64
18	65 - 128	0 - 64	65 - 128
19	65 - 128	0 - 64	129 - 192
20	65 - 128	0 - 64	193 - 255
21	65 - 128	65 - 128	0 - 64
22	65 - 128	65 - 128	65 - 128
23	65 - 128	65 - 128	129 - 192
24	65 - 128	65 - 128	193 - 255
25	65 - 128	129 - 192	0 - 64
26	65 - 128	129 - 192	65 - 128
27	65 - 128	129 - 192	129 - 192
28	65 - 128	129 - 192	193 - 255
29	65 - 128	193 - 255	0 - 64
30	65 - 128	193 - 255	65 - 128
31	65 - 128	193 - 255	129 - 192
32	65 - 128	193 - 255	193 - 255
33	129 - 192	0 - 64	0 - 64
34	129 - 192	0 - 64	65 - 128
35	129 - 192	0 - 64	129 - 192
36	129 - 192	0 - 64	193 - 255
37	129 - 192	65 - 128	0 - 64
38	129 - 192	65 - 128	65 - 128
39	129 - 192	65 - 128	129 - 192
40	129 - 192	65 - 128	193 - 255
41	129 - 192	129 - 192	0 - 64
42	129 - 192	129 - 192	65 - 128
43	129 - 192	129 - 192	129 - 192
44	129 - 192	129 - 192	193 - 255
45	129 - 192	193 - 255	0 - 64
46	129 - 192	193 - 255	65 - 128
47	129 - 192	193 - 255	129 - 192
48	129 - 192	193 - 255	193 - 255
49	193 - 255	0 - 64	0 - 64
50	193 - 255	0 - 64	65 - 128
51	193 - 255	0 - 64	129 - 192
52	193 - 255	0 - 64	193 - 255
53	193 - 255	65 - 128	0 - 64
54	193 - 255	65 - 128	65 - 128
55	193 - 255	65 - 128	129 - 192
56	193 - 255	65 - 128	193 - 255
57	193 - 255	129 - 192	0 - 64
58	193 - 255	129 - 192	65 - 128
59	193 - 255	129 - 192	129 - 192
60	193 - 255	129 - 192	193 - 255
61	193 - 255	193 - 255	0 - 64
62	193 - 255	193 - 255	65 - 128
63	193 - 255	193 - 255	129 - 192
64	193 - 255	193 - 255	193 - 255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ออร์โตโครรีโลแกรม (Autocorrelogram)

ออร์โตโครรีโลแกรมเป็นซับเซตของโครรีโลแกรมของสี [3] ซึ่งโครรีโลแกรมของสีของรูปภาพคือกราฟหรือตารางที่แสดงสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (spatial correlation) ของคู่สีที่แตกต่างกันกับระยะห่างระหว่างคู่สีนั้น โดยจะแตกต่างจากฮีสโตแกรมของสีที่เป็นเพียงการหาค่าความน่าจะเป็นของสีในรูปภาพเท่านั้นซึ่งไม่ได้รวมข้อมูลสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่

กำหนดให้

I คือรูปภาพขนาด $n_1 \times n_2$

m คือจำนวนของสีในรูปภาพ โดยที่มีเซตของสีเป็น $\{c_1, \ldots, c_m\}$

p(x, y) คือพิกเซลที่จุด x กับ y

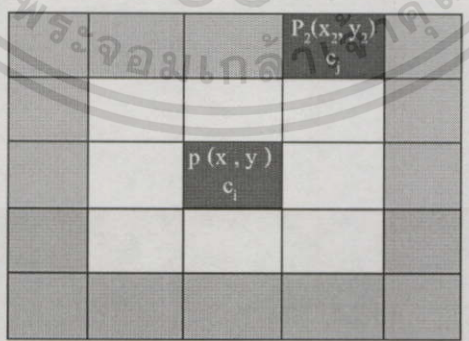
C(p) คือสีของพิกเซล p

I_c คือเซตของพิกเซลที่มีสีเท่ากับ c ดังนั้น $p \in I_c$ แล้ว $C(p) = c$

[n] คือเซตของระยะห่างระหว่างพิกเซลซึ่งมีค่าเป็น $\{1, 2, \ldots, n\}$ โดยที่ระยะห่างระหว่าง 2 พิกเซลสามารถคำนวณได้ดังนี้คือ ถ้ากำหนดให้พิกเซล $p_1 = (x_1, y_1)$ และ $p_2 = (x_2, y_2)$ ดังนั้นระยะห่างระหว่างพิกเซล p_1 กับ p_2 คือ $|p_1 - p_2|$ เท่ากับ $\max\{ |x_1-x_2|, |y_1-y_2| \}$

$H_{c_i}(I)$ คือจำนวนของพิกเซลในรูปภาพ I ที่มีสีเป็น c_i

สมมุติว่าถ้าหยิบพิกเซลใดๆ ของสี c_i ในรูปภาพขึ้นมาค่าโครรีโลแกรมของสีคือค่าความน่าจะเป็นที่จะพบพิกเซลที่มีสี c_j ห่างจากพิกเซลของสี c_i ที่หยิบขึ้นมาเท่ากับ k หรืออาจจะกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าค่าโครรีโลแกรมของสีคือค่าความน่าจะเป็นที่จะพบพิกเซลของสี j ที่ระยะห่าง k จากพิกเซลของสี i แสดงดังรูปที่ 3.2 โดยที่ $p_1(x_1, y_1)$ เป็นพิกเซลของสี c_i และ $p_2(x_2, y_2)$ เป็นพิกเซลของสี c_j ซึ่งระยะห่างระหว่างของทั้งสองพิกเซลเท่ากับ k



รูปที่ 3.2 แสดงพิกเซลของรูปภาพที่เป็นตัวอย่างในการคำนวณหาค่าโครรีโลแกรมของสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ากำหนดให้ $d \in [n]$ $i, j \in [m]$ และ $k \in [d]$ ดังนั้นโครรีโลแกรมของสีของรูปภาพ I คือ

$$\gamma^{(k)}_{c_i,c_j}(I) \cong \Pr_{p_1 \in I_{c_i},\, p_2 \in I}[p_2 \in I_{c_j} \mid |p_1 - p_2| = k] \tag{3.1}$$

$$\gamma^{(k)}_{c_i,c_j}(I) \cong \frac{\Gamma^{(k)}_{c_i,c_j}(I)}{H_{c_i} \times 8k} \tag{3.2}$$

โดยที่ $\Gamma^{(k)}_{c_i,c_j}(I) \cong |\{p_1 \in I_{c_i}, p_2 \in I_{c_j}, | p_1 - p_2 | = k\}|$ หรืออาจกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือจำนวนพิกเซลของสี c_j ที่ห่างจากพิกเซลของสี c_i เท่ากับ k

ตัวหารคือจำนวนพิกเซลทั้งหมดที่มีระยะห่างเท่ากับ k จากพิกเซลของสี c_i โดยที่ 8k คือพิกเซลที่มีระยะห่างเท่ากับ k จากพิกเซลของสี c_i แต่ละพิกเซล

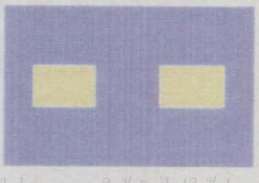
ส่วนออร์โตโครรีโลแกรม เป็นสหพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างสีที่เหมือนกัน ซึ่งเป็นซับเซตของโครรีโลแกรมของสี โดยที่ออร์โตโครรีโลแกรมของรูปภาพ I ที่ $i \in [m]$ และ $k \in [d]$ คือ

$$\alpha^{(k)}_{c}(I) \cong \gamma^{(k)}_{c,c}(I) \tag{3.3}$$

เนื่องจากออร์โตโครรีโลแกรมเป็นสหสัมพันธ์เฉพาะพื้นที่ (local correlation) ของสีที่มีความสำคัญมากกว่าสหสัมพันธ์ของทั้งหมด (global correlation)ในรูปภาพ และค่า d น้อยๆ ก็เพียงพอสำหรับการหาสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ซึ่งทำให้ออร์โตโครรีโลแกรมมีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของรูปภาพมากกว่าเทคนิคอื่นที่ใช้ พื้นฐานของคุณสมบัติเฉพาะที่ (local property) ซึ่งทำให้ออร์โตโครรีโลแกรมสามารถดัชนีและค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่อยู่ในสถานที่เดียวกันแต่ต่างมุมมอง รวมไปถึงรูปภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงไปด้วยวิธีต่างๆ ได้ดี

ตัวอย่าง ออร์โตโครรีโลแกรมของรูปตัวอย่าง 2 รูปที่มีฮิสโตแกรมของสีเหมือนกัน ซึ่งมีสีเพียง 2 สีคือม่วงกับสีเหลือง และมี d = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10} แสดงรูปตัวอย่างดังรูปที่ 3.3 และออร์โตโครรีโลแกรมของรูปตัวอย่าง 2 รูป ดังรูปที่ 3.4

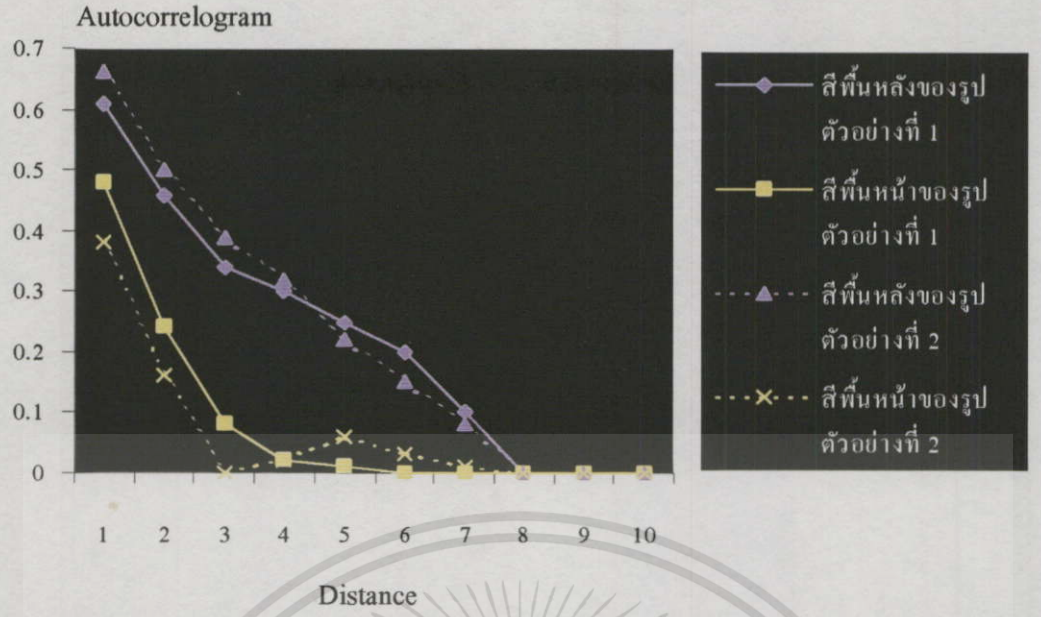
(ก) รูปภาพที่ 1



(ข) รูปภาพที่ 2

รูปที่ 3.3 รูปภาพตัวอย่าง 2 รูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ออร์โตโครรีโลแกรมของรูปภาพตัวอย่าง

3.1.3 โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี (color difference correlogram : CDC)

โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีคือกราฟหรือตารางที่แสดงสหสัมพันธ์ของความแตกต่างของค่าสีของพิกเซลใดๆ กับระยะห่างของพิกเซลนั้น โดยที่โครรีโลแกรมของความแตกต่างของสีได้นำแนวคิดของโครรีโลแกรมของสีและทฤษฎีของสีสโตแกรมของความแตกต่างของระดับสีเทา [3, 6] (histogram of grey-level difference) มาประยุกต์ใช้เพื่อให้สามารถค้นคืนรูปภาพที่มีวัตถุในรูปภาพคล้ายคลึงกันแต่มีสีแตกต่างกัน

ถ้ากำหนดให้ $diff_i$ คือค่าความแตกต่างของค่าสีของพิกเซล 2 พิกเซลซึ่งจะมีค่าอยู่ในเซตของ $\{diff_0, diff_1, \ldots, diff_{(m-1)}\}$

สามารถคำนวณหาค่าความแตกต่างของค่าสีระหว่างสีของพิกเซล 2 พิกเซลที่มีระยะห่างเท่ากับ k คือการนำเอาค่าดัชนีสีของ 2 พิกเซลมาหาผลต่าง แสดงดังสามารถที่ 3.4

$$diff_i = | C(p_1) - C(p_2) | \qquad (3.4)$$

โดยที่กำหนดให้ $| p_1 - p_2 | = k$

สมมุติว่าถ้าหยิบพิกเซลใดๆ ในรูปภาพขึ้นมา ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ $diff_i$ คือค่าความน่าจะเป็นที่จะพบพิกเซลที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ $diff_i$ ห่างจากพิกเซลในรูปภาพที่หยิบขึ้นมาเท่ากับ k หรืออาจจะกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีคือค่าความน่าจะเป็นที่จะพบพิกเซลที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ $diff_i$ ที่ระยะห่าง k จากพิกเซลที่กำลังพิจารณา แสดงดังรูปที่ 3.2 โดยที่ $p_1(x_1, y_1)$ เป็น

พิกเซลที่กำลังพิจารณา และ $p_2(x_2, y_2)$ เป็นพิกเซลที่มีค่าผลต่างของ $|C(p_1) - C(p_2)|$ เท่ากับ $diff_i$ และระยะห่างระหว่างทั้งสองพิกเซลเท่ากับ k

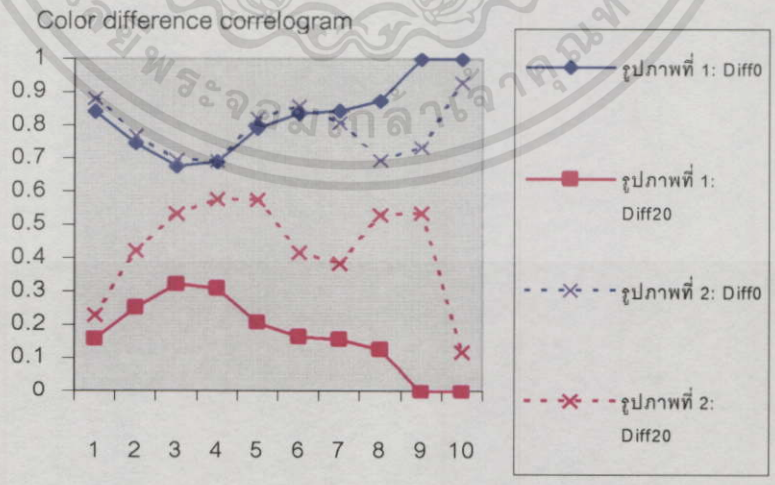
โครรีโรแกรมความแตกต่างของค่าสีคือ

$$CDC^{k}_{diff_i}(I) \cong \Pr_{p_1,p_2 \in I}[|\, C(p_1) - C(p_2)\,| = diff_i \,|\, |\, p_1 - p_2\,| = k] \tag{3.5}$$

$$CDC^{k}_{diff_i}(I) = \frac{\beta^{k}_{diff_i}(I)}{n_1 \times n_2 \times 8k} \tag{3.6}$$

โดยที่ $\beta^{k}_{diff_i}(I)$ คือจำนวนพิกเซลที่มีระยะห่างจากพิกเซลศูนย์กลางที่พิจารณาเท่ากับ k และมีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ $diff_i$ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้พิกเซลทุกพิกเซลในรูปภาพเป็นพิกเซลศูนย์กลางที่ใช้พิจารณาความแตกต่างของค่าสีของพิกเซลที่อยู่ห่างออกไปเท่ากับ k ดังนั้นถ้ารูปภาพที่มีขนาด $n_1 \times n_2$ จะมีพิกเซลศูนย์กลางที่ใช้พิจารณาเท่ากับ $n_1 \times n_2$ พิกเซลและพิกเซลที่อยู่รอบๆ พิกเซลศูนย์กลางที่พิจารณามีจำนวนเท่ากับ 8k ดังนั้นตัวหารคือจำนวนพิกเซลทั้งหมดที่อยู่ที่มีระยะห่างที่เท่ากับ k จากพิกเซลศูนย์กลางที่พิจารณาทั้งหมดในรูปภาพและมีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ $diff_i$ ซึ่งมีจำนวนพิกเซลเท่ากับ $n_1 \times n_2 \times 8k$

ตัวอย่าง จากรูปตัวอย่างในรูปที่ 3.3 (ก) และ (ข) ที่มีฮิสโตแกรมเหมือนกัน จะได้โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีดังแสดงในรูปที่ 3.5 โดยที่มีความแตกต่างของค่าสี 2 ค่าคือ $diff_0$ และ $diff_{20}$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 โครรีโลแกรมความแตกต่างของสีของรูปตัวอย่างทั้งสอง

โดยที่ค่าของออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพจะถูกจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลซึ่งมีโครงสร้างแสดงดังตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 แสดงโครงสร้างของตารางที่เก็บค่าออร์โตโครรีโลแกรมของรูปภาพในฐานข้อมูล

ชื่อฟิลด์	ชนิด	คำอธิบาย
PicID	Long Integer	รหัสของรูปภาพ
K	Integer	ระยะห่างระหว่างพิกเซล
1	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 1
2	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 2
3	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 3
4	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 4
5	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 5
6	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 6
7	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 7
8	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 8
9	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 9
10	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 10
11	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 11
12	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 12
13	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 13
14	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 14
15	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 15
16	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 16
17	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 17
18	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 18
19	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 19
20	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 20
.	.	.
.	.	.
.	.	.
64	Double	ค่าออร์โตโครรีโลแกรมของสีที่มีดัชนีเท่ากับ 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงโครงสร้างของตารางที่เก็บค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพในฐานข้อมูล

ชื่อฟิลด์	ชนิด	คำอธิบาย
PicID	Long Integer	รหัสของรูปภาพ
K	Integer	ระยะห่างระหว่างพิกเซล
0	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 0
1	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 1
2	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 2
3	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 3
4	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 4
5	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 5
6	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 6
7	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 7
8	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 8
9	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 9
10	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 10
11	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 11
12	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 12
13	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 13
14	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 14
15	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 15
16	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 16
17	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 17
18	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 18
19	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 19
20	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 20
.	.	.
.	.	.
.	.	.
63	Double	ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีที่มีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

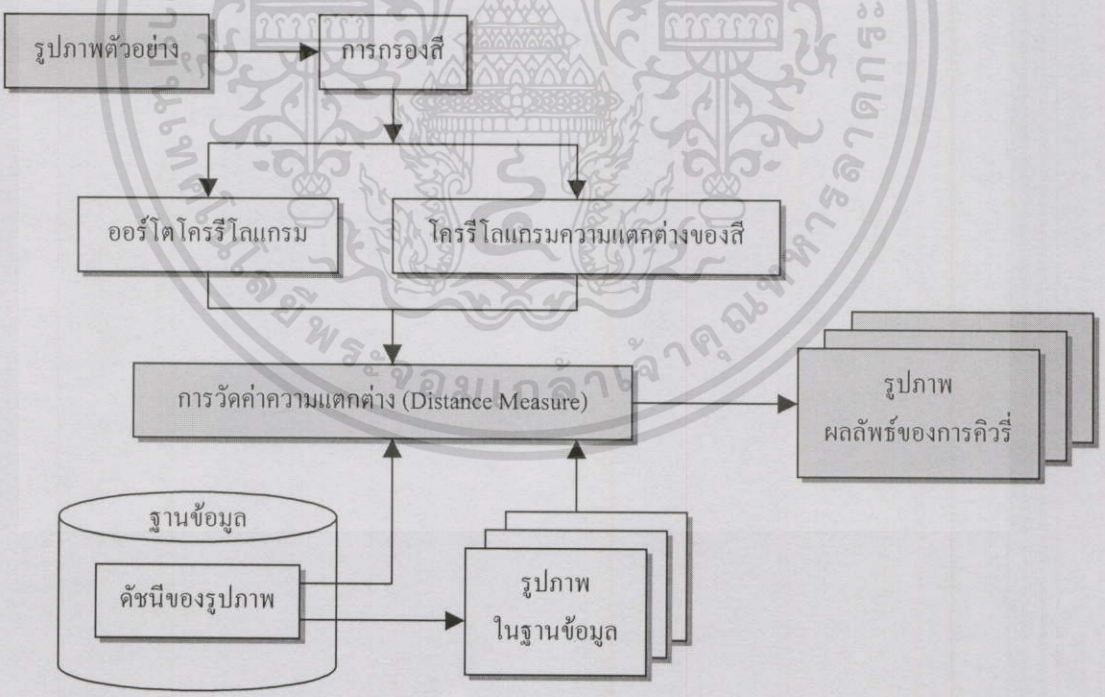
ส่วนข้อมูลของรูปภาพจะจัดเก็บไว้ที่ตารางในฐานข้อมูลที่มีโครงสร้างแสดงดังตาราง 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงตารางข้อมูลของรูปภาพที่จัดเก็บในฐานข้อมูล

ชื่อฟิลด์	ชนิด	คำอธิบาย
PicID	Long Integer	รหัสของรูปภาพ
Width	Integer	ความกว้างของรูปภาพ มีหน่วยเป็นพิกเซล
Height	Integer	ความสูงของรูปภาพ มีหน่วยเป็นพิกเซล
PicFile	String	ชื่อของรูปภาพ

3.2 การค้นคืนข้อมูลรูปภาพ

การค้นคืนข้อมูลรูปภาพของระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี เป็นการค้นคืนข้อมูลรูปภาพแบบใช้รูปภาพตัวอย่าง โดยให้ผู้ใช้นำรูปตัวอย่างมาเพื่อค้นหารูปภาพในฐานข้อมูลที่คล้ายคลึงกับรูปภาพตัวอย่าง ซึ่งมีขั้นตอนในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงขั้นตอนในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.6 แสดงให้เห็นว่าเมื่อผู้ใช้เลือกรูปภาพตัวอย่างที่จะใช้ในการค้นคืนรูปภาพจากฐานข้อมูลที่มีอยู่ได้แล้ว ระบบจะทำการกรองสี คำนวณหาออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพตัวอย่าง ซึ่งเหมือนกับขั้นตอนในการทำดัชนีรูปภาพ แต่ในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพจะนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพในฐานข้อมูลโดยใช้กระบวนการที่เรียกว่า "การวัดความแตกต่าง (Distance Measure)" ซึ่งรูปภาพในฐานข้อมูลที่มีความคล้ายคลึงกับรูปภาพตัวอย่างมาก ๆ จะมีค่าความแตกต่างน้อยๆ

3.2.1 การวัดความแตกต่าง (Distance Measures)

ในงานวิจัยนี้จะเปรียบเทียบออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพตัวอย่างที่นำมาคิวรี่กับออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของสีของรูปภาพที่อยู่ในฐานข้อมูลโดยใช้ d_1 (d_1 distance measure) [3] ซึ่งได้ประยุกต์มากจากการวัดความแตกต่างแบบ L_1 (L_1 distance measure) เพื่อทำให้อยู่ในมาตราฐานเดียวกัน

ตัวอย่างเช่น ถ้าเราพิจารณารูปภาพ 2 คู่คือ (I_1,I_2) และ (I_1',I_2') โดยที่ $H_{c_i}(I_1) = 1000$ $H_{c_i}(I_2) = 1050$ $H_{c_i}(I_1') = 100$ และ $H_{c_i}(I_2') = 150$ ซึ่งผลต่างของพิกเซลของรูปภาพทั้งสองคู่คือ 50 โดยเห็นได้ชัดว่าความแตกต่างของรูปภาพคู่ที่ 2 จะมีความหมายมากกว่ารูปภาพคู่ที่ 1 ดังนั้นค่าความแตกต่างของ $|H_{ci}(I) - H_{ci}(I')|$ จะให้ความสำคัญมากขึ้นถ้าหารด้วย $|H_{c_i}(I_1) + H_{c_i}(I')|$ ที่มีค่าน้อยๆ

สมการที่ใช้คำนวณเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างรูปภาพ I และ I' โดยใช้ d_1 คือ

$$d_1(h) = |I - I'|_{h,d_1} \cong \sum_{i \in [m]} \frac{|h_{c_i}(I) - h_{c_i}(I')|}{1 + h_{c_i}(I) + h_{c_i}(I')} \tag{3.9}$$

$$d_1(\gamma) = |I - I'|_{\gamma,d_1} \cong \sum_{i,j \in [m],\, k \in [d]} \frac{|\gamma^k_{c_i}(I) - \gamma^k_{c_i}(I')|}{1 + \gamma^k_{c_i}(I) + \gamma^k_{c_i}(I')} \tag{3.10}$$

$$d_1(CDC) = |I - I'|_{CDC,d_1} \cong \sum_{diff_i \in [diff],\, k \in [d]} \frac{|CDC^k_{diff_i}(I) - CDC^k_{diff_i}(I')|}{1 + CDC^k_{diff_i}(I) + CDC^k_{diff_i}(I')} \tag{3.11}$$

ส่วน d1 สำหรับออร์โตโครรีโลแกรมร่วมกับโครรีโลแกรมความแตกต่างของสีคือ

$$d_1(\gamma, CDC) = d_1(\gamma) + d_1(CDC) \tag{3.12}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในการพัฒนาระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์หากระบวนและอัลกอริทึมที่เหมาะสมสำหรับการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ข้อมูลสีร่วมกับข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพให้มากขึ้น ซึ่งกระบวนการต่างๆ ที่ศึกษามาได้นำเสนอในบทที่ 3 และในบทนี้จะได้นำเสนอการทดลองและผลการทดลอง

4.1 วิธีวัดประสิทธิภาพ (Performance Measures)

ในการทดลองนี้จะวัดประสิทธิภาพในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ Ranking Measures [3]

Ranking Measures เป็นวิธีที่วัดประสิทธิภาพในการค้นคืนข้อมูลโดยวัดจากลำดับที่ของรูปภาพที่ถูกต้องที่สามารถค้นคืนได้ โดยกำหนดให้ $\{Q_1, \ldots, Q_q\}$ เป็นเซตของรูปภาพที่นำมาคิวรี่ และให้ Q_i' เป็นผลลัพธ์ที่ถูกต้องสำหรับคิวรี่ Q_i ซึ่ง Ranking measures ประกอบด้วย 2 วิธีคือ

1) r-measure คือการหาผลรวมของลำดับที่ (Rank) ที่สามารถหาผลลัพธ์ที่ถูกต้องของคิวรี่ทั้งหมด ดังสมการที่ 4.1 และค่าเฉลี่ยของ r-measure สามารถคำนวณได้โดยนำค่า r-measure หารด้วยจำนวนคิวรี่ทั้งหมด ดังสมการที่ 4.2

$$r - measure = \sum_{i=1}^{q} rank(Q_i') \tag{4.1}$$

$$Avg\ r - measure = \frac{r - measure}{q} \tag{4.2}$$

2) p_1-measure คือการหา precision ที่ recall เท่ากับ 1 โดยสามารถหา p_1-measure ได้จากสมการที่ 4.3 และหาค่าเฉลี่ยได้จากสมการที่ 4.4

$$p_1 - measure = \sum_{i=1}^{q} \frac{1}{rank(Q_i')} \tag{4.3}$$

$$Avg\ p_1 - measure = \frac{p_1 - measure}{q} \tag{4.4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคนิคที่สามารถค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่มีประสิทธิภาพดีจะมีค่า r-measure ต่ำและค่าของ p_1-measure สูง

4.2 องค์ประกอบของการทดลอง

การทดลองระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์ฟวิชวลเบสิก เวอร์ชั่น 6.0 (Microsoft Visual Basic 6.0) และจัดเก็บข้อมูลโดยใช้ฐานข้อมูลของไมโครซอฟต์ฟเอ็กเซส 97 (Microsoft Access 97) ทดลองโดยใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ รุ่นเพนเทียมทรี 866 ที่มีหน่วยความจำ 128 เมกะไบต์ โดยที่องค์ประกอบของการทดลองมีดังต่อไปนี้

- ฐานข้อมูลรูปภาพมีจำนวนรูปภาพทั้งหมด 10,204 รูปภาพ โดยที่รูปภาพในฐานข้อมูลมีขนาดที่แตกต่างกันตั้งแต่ 37 X 56 พิกเซล ถึง 384 X 256 พิกเซล และมีรูปแบบของไฟล์เป็น JPEG BMP และ GIF ซึ่งรูปภาพได้มาจาก WWW-DB.stanford.EDV/IMAGE จำนวน 10,000 รูป และ http://elib.cs.berkeley.edu/photo จำนวน 204 รูปภาพ
- พิจารณาสีของรูปภาพเป็นแบบ RGB ซึ่งแบ่งออกเป็น 64 สี ดังนั้นความแตกต่างของค่าสีจะแบ่งออกเป็น 64 ระดับ คือ {0, 1, 2, …,63}
- รูปภาพที่นำมาใช้เป็นรูปภาพตัวอย่างในการคิวรี่มีจำนวนทั้งหมด 100 รูปภาพ โดยที่รูปภาพตัวอย่างแต่ละรูปจะมีรูปภาพผลลัพธ์ที่ถูกต้องอยู่ในฐานข้อมูลเพียง 1 รูปเท่านั้น
- เซตของระยะห่าง k = {1, 3, 5, 7, 9} และ k = {1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19}

4.3 ผลการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้นำผลการทดลองจากการค้นคืนรูปภาพด้วยฮีสโตแกรม(Hist) ออร์โตโครรีโลแกรม(AC) โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี (CDC) และ ออร์โตโครรีโลแกรมร่วมกับโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี (AC/CDC) มาเปรียบเทียบผลลัพธ์และประสิทธิภาพ โดยที่ตัวอย่างของรูปภาพที่ใช้ในการคิวรี่และผลการทดลองของการคิวรี่แสดงดังตารางที่ 4.1 โดยที่ผลการทดลองจะแสดงถึงลำดับที่ (rank) ของรูปภาพผลลัพธ์ที่ถูกต้องของรูปภาพตัวอย่างที่นำมาคิวรี่ที่สามารถค้นคืนได้ ประสิทธิภาพในของการทดลองการค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่มีเซตของระยะห่างที่ k = {1, 3, 5, 7, 9} แสดงดังตารางที่ 4.2 และประสิทธิภาพในของการทดลองการค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่มีเซตของระยะห่างที่ k = {1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19} แสดงดังตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4. 1 แสดงรูปภาพตัวอย่างที่ใช้ในการคิวรี่และผลการทำลองจากการคิวรี่

ลำดับ	รูปภาพตัวอย่าง ที่ใช้คิวรี่	รูปภาพผลลัพธ์	Hist	Auto	CDC	AC/CDC
1			54	10	2	2
2			21	7	36	4
3			8	2	17	1
4			16	8	14	4
5			28	12	1	1
6			53	12	1	1
7			4	6	2	1
8			7	9	16	4
9			27	6	16	2

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพจากการคิวรี่ที่มีระยะห่าง k = {1, 3, 5, 7, 9} โดยเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของวิธีต่างๆ

วิธีการ	Hist	Auto	CDC	AC/CDC
r-measure	2000	1396	1177	282
Avg. r-measure	20	14	12	3
P_1-measure	55.91	63.45	58.84	77.22
Avg. p1-measure	0.56	0.63	0.59	0.77

ตารางที่ 4.3 แสดงประสิทธิภาพจากการคิวรี่ที่มีระยะห่าง k = {1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19} โดยเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของวิธีต่างๆ

วิธีการ	Hist	Auto	CDC	AC/CDC
r-measure	2000	739	850	202
Avg. r-measure	20	7	9	2
p_1-measure	55.91	69.62	58.33	79.51
Avg. p1-measure	0.56	0.70	0.58	0.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและแนวทางการพัฒนาในอนาคต

การค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่มีมุมมองแตกต่างกันที่อยู่สถานที่เดียวกันและรูปภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้แก่ การย่อขยาย การหมุนรูปภาพ เป็นต้น ซึ่งมีการดัชนีและค้นคืนรูปภาพโดยอาศัยลักษณะสำคัญของสีและข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยที่การค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอน คือ

1) การทำดัชนีรูปภาพ เป็นขั้นตอนในการดึงลักษณะสำคัญของรูปภาพเพื่อใช้สำหรับการค้นคืนข้อมูลรูปภาพ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 4 ขั้นตอนดังนี้

- การกรองสี เป็นขั้นตอนในการแบ่งสีของรูปภาพให้เป็นไปตามระดับสีที่กำหนด โดยในงานวิจัยนี้ได้แบ่งค่า RGB ของรูปภาพออกเป็น 64 ระดับ เพื่อลดความซับซ้อนและเวลาในการทำดัชนี

- ออร์โตโครรีโลแกรม เป็นขั้นตอนในการดึงลักษณะสำคัญของสีและข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยที่ออร์โตโครรีโลแกรมของรูปภาพคือกราฟหรือตารางที่แสดงสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของพิกเซลที่มีสีเหมือนกันกับระยะห่างระหว่างพิกเซลที่มีสีเหมือนกัน

- โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี เป็นขั้นตอนในการดึงลักษณะสำคัญของสีและข้อมูลเชิงพื้นที่เหมือนกับออร์โตโครรีโลแกรม แต่โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีใช้ใช้ความแตกต่างของค่าสีแทนที่จะใช้ข้อมูลของสีโดยตรง ซึ่งทำให้สามารถค้นคืนรูปภาพที่คล้ายคลึงกันแต่มีสีแตกต่างกันได้ โดยที่โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีคือกราฟหรือตารางที่แสดงสหสัมพันธ์ของความแตกต่างของค่าสีของพิกเซลใดๆ กับระยะห่างของพิกเซลนั้น

2) การค้นคืนข้อมูลรูปภาพ เป็นขั้นตอนสำหรับการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี ซึ่งการค้นคืนข้อมูลรูปภาพในงานวิจัยนี้เป็นการค้นคืนข้อมูลรูปภาพแบบใช้รูปภาพตัวอย่าง โดยให้ผู้ใช้นำรูปตัวอย่างมาเพื่อค้นคืนหารูปภาพในฐานข้อมูลที่คล้ายคลึงกับรูปภาพตัวอย่าง เมื่อผู้ใช้เลือกรูปภาพตัวอย่างแล้ว ระบบจะทำการกรองสี คำนวณหาออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพตัวอย่าง ซึ่งเหมือนกับขั้นตอนในการทำดัชนีรูปภาพ แต่ในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพจะนำค่าออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพตัวอย่างที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพใน

ฐานข้อมูล โดยใช้กระบวนการวัดความแตกต่าง d_1 measure ซึ่งรูปภาพในฐานข้อมูลที่มีความคล้ายคลึงกับรูปภาพตัวอย่างมาก จะมีค่า d_1 measure น้อย

ในงานวิจัยนี้ได้วัดประสิทธิภาพของการทดลองค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ Ranking measure ซึ่งประกอบ r-measure avg. r-measure p_1-measure avg. p_1-measure ซึ่งการค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่มีประสิทธิภาพดีจะมีค่า r-measure avg. r-measure ต่ำ และค่า p_1-measure avg. p_1-measure สูง ในการทดลองของการวิจัยนี้ได้ทำการทดลองค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ฮีสโตแกรม ออร์โตโครรีโลแกรม โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี และออร์โตโครรีโลแกรมร่วมกับโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี แล้วนำเอาผลการทดลองมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกันดังตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3

การทดลองจากการคิวรี่ที่มีระยะห่าง k = {1, 3, 5, 7, 9} ซึ่งแสดงประสิทธิภาพของการค้นคืนรูปภาพของวิธีต่างๆ เปรียบเทียบกันดังตารางที่ 4.2 พบว่าการใช้วิธี AC/CDC สามารถค้นคืนข้อมูลรูปภาพได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ ที่นำมาเปรียบเทียบกัน โดยที่วิธี AC/CDC สามารถค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่ถูกต้องออกมาได้เฉลี่ยอยู่ในตำแหน่งที่ 3 ของรูปภาพผลลัพธ์ของที่ได้จากการคิวรี่ ซึ่งการใช้วิธี AC/CDC ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการใช้วิธีฮีสโตแกรม 17 ตำแหน่ง ดีกว่าการใช้ออร์โตโครรีโลแกรม 11 ตำแหน่ง และดีกว่าการใช้โครรีโลแกรมความแตกต่างของสี 9 ตำแหน่ง ส่วนเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการค้นคืนรูปภาพโดยใช้วิธี AC/CDC มีเปอร์เซ็นต์ที่สูงกว่าวิธีอื่นๆ คือ 77 % ส่วนเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการค้นคืนรูปภาพโดยใช้วิธีฮีสโตแกรมคือ 56 % เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการค้นคืนรูปภาพโดยใช้วิธีออร์โตโครรีโลแกรมคือ 63 % และเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการค้นคืนรูปภาพโดยใช้วิธีโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีคือ 59 %

การทดลองจากการคิวรี่ที่มีระยะห่าง k = {1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19} ซึ่งแสดงประสิทธิภาพของการค้นคืนรูปภาพของวิธีต่างๆ เปรียบเทียบกันดังตารางที่ 4.3 พบว่าการใช้วิธี AC/CDC สามารถค้นคืนข้อมูลรูปภาพได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ ที่นำมาเปรียบเทียบกัน โดยที่วิธี AC/CDC สามารถค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่ถูกต้องออกมาได้เฉลี่ยอยู่ในตำแหน่งที่ 2 ของรูปภาพผลลัพธ์ของที่ได้จากการคิวรี่ ซึ่งการใช้วิธี AC/CDC ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการใช้วิธีฮีสโตแกรม 17 ตำแหน่ง ดีกว่าการใช้ออร์โตโครรีโลแกรม 5 ตำแหน่ง และดีกว่าการใช้โครรีโลแกรมความแตกต่างของสี 7 ตำแหน่ง ส่วนเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการค้นคืนรูปภาพโดยใช้วิธี AC/CDC มีเปอร์เซ็นต์ที่สูงกว่าวิธีอื่นๆ คือ 80 % ส่วนเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการค้นคืนรูปภาพโดยใช้วิธีฮีสโตแกรมคือ 56 % เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการค้นคืนรูปภาพโดยใช้วิธีออร์โตโครรีโลแกรมคือ 70 % และเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการค้นคืนรูปภาพโดยใช้วิธีโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีคือ 58 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำผลการทดลองและประสิทธิภาพจากการทดลองในตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3 มาเปรียบเทียบกันจะเห็นว่าเมื่อมีการใช้ระยะห่าง k มากขึ้น จะทำให้ตำแหน่งที่ของรูปภาพผลลัพธ์

ที่ถูกต้องจากการคิวรี่ด้วยวิธี AC/CDC มีค่าลดลง และเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการค้นคืนรูปภาพมีค่าสูงขึ้น ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพสูงขึ้นด้วย ดังนั้นถ้าต้องการประสิทธิภาพในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพด้วยวิธี AC/CDC เพิ่มขึ้น ควรใช้ระยะห่าง k เพิ่มขึ้นหรือมากขึ้นด้วย

เวลาโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการคำนวณและบันทึกค่าออร์โตโครรีโลแกรม และค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพในฐานข้อมูลคือประมาณ 3 รูปต่อนาที ส่วนเวลาที่ใช้ในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพคือประมาณรูปละ 30 วินาที ซึ่งถือว่าค่อนข้างช้า เนื่องจากต้องมีการเปรียบเทียบค่าออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปตัวอย่างกับค่าออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพทุกรูปในฐานข้อมูล ซึ่งในอนาคตควรจะมีการพัฒนานำการประมวลผลแบบขนาน (Parallel processing) มาช่วยเพิ่มความรวดเร็วในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพ และควรมีการพัฒนาอัลกอริทึมในการเปรียบเทียบให้มีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากกว่านี้

จากผลการทดลองข้างต้น ทำให้สามารถสรุปได้ว่าการใช้วิธี AC/CDC ที่ใช้ออร์โตโครรีโลแกรมร่วมกับโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีสำหรับดึงข้อมูลสีและข้อมูลเชิงพื้นที่ของรูปภาพเพื่อดัชนีและค้นคืนรูปภาพ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่มีสิ่งแวดล้อมเดียวกันแต่ต่างมุมมองและรูปภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้ เนื่องจากวิธี AC/CDC มีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของรูปภาพ เช่น การย่อขยายรูปภาพ การหมุนรูปภาพ และการเปลี่ยนแปลงสีของรูปภาพด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Greg Pass and Ramin Zabih. "Histogram Refinement for Content-Based Image Retrieval." Workshop on Applications of Computer Vision. 1996.

[2] Greg Pass, Ramin Zabih, and Justin Miller. "Comparing images using color coherence vectors." In Proceedings of ACM Multimedia 96, Boston, MA USA. 1996. pp. 65-73.

[3] J. Huang, S. R. Kumar, M. Mitra, W.-J. Zhu, and R. Zabih. "Image indexing using color correlograms." In Proc. IEEE Comp. Soc. Conf. Comp. Vis. and Patt. Rec. 1997. pp. 762-768.

[4] Markus Stricker and Alexander Dimai. "Color Indexing with Weak Spatial Constraints." SPIE Conference, San Jose, CA. 1996.

[5] W.Hsu, T.S.Chua and H.K.Pung. "An Integrated Color-spatial Approach to Content-based Image Retrieval." The ACM Multimedia Conference. 1995. pp. 305-313.

[6] Randy Crane. **A simplified approach to Image Processing.** New Jersey : Prentice-Hall. 1997.

[7] Michael Swain and Dana Ballard. "Color indexing." International Journal of Computer Vision, vol. 7, no. 1, 1991. pp. 11-32.

[8] I. Pitas. **Digital Image Processing Algorithms and Applications.** New York : WILEY INTERSCIENCE. 2000.

[9] V. Gudivada and V. Raghavan. "Content-Based Image Retrieval Systems." IEEE Computer, vol. 28, no. 9, 1995. pp. 18-22.

[10] M. Swain. "Interactive indexing into image databases." SPIE Proceedings, vol. 1908, 1993. pp. 95-103.

[11] M. Stricker and M. Swain. "The capacity of color histogram indexing." Proceedings of IEEE. 1994. pp. 704.

[12] M. Stricker. "Bounds for the Discrimination Power of Color Indexing Techniques." Proceedings of SPIE, vol. 2185, 1994. pp. 15-24.

[13] K. Castleman. **Digital Image Processing.** Prentice-Hall : NJ. 1996.

[14] M. Stricker and A. Dimai. "Color Indexing with Weak Spatial Constraints." Proceedings of SPIE, vol. 2670, 1996. pp. 29-40.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[15]Markus A. Stricker and Markus Orengo. "Similarity of Color Images." SPIE Proceedings, vol. 2420, 1995.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

คู่มือการใช้งานระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี

ระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีเป็นระบบที่ใช้ค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้รูปภาพตัวอย่างในการค้นหารูปภาพในฐานข้อมูลที่คล้ายคลึงกับรูปภาพตัวอย่าง ซึ่งอาศัยลักษณะสำคัญของสีและข้อมูลเชิงพื้นที่ของรูปภาพที่ได้จากวิธีออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี ซึ่งประกอบด้วยงานหลัก 2 ส่วน ดังนี้

1. การบันทึกข้อมูลรูปภาพ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูล
2. การค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่คล้ายคลึงกับรูปภาพตัวอย่างที่ผู้ใช้ต้องการ

ความต้องการของระบบ

1. ไมโครซอฟร์วินโดว์ (Microsoft Windows) เวอร์ชั่น 98 หรือสูงกว่า
2. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ รุ่นเพนเทียมทรี หรือสูงกว่า มีหน่วยความจำไม่ต่ำกว่า 128 เมกะไบต์
3. เมาส์
4. จอภาพแบบ VGA หรือดีกว่า ที่มีความละเอียด 800 x 600 พิกเซล
5. แป้นพิมพ์

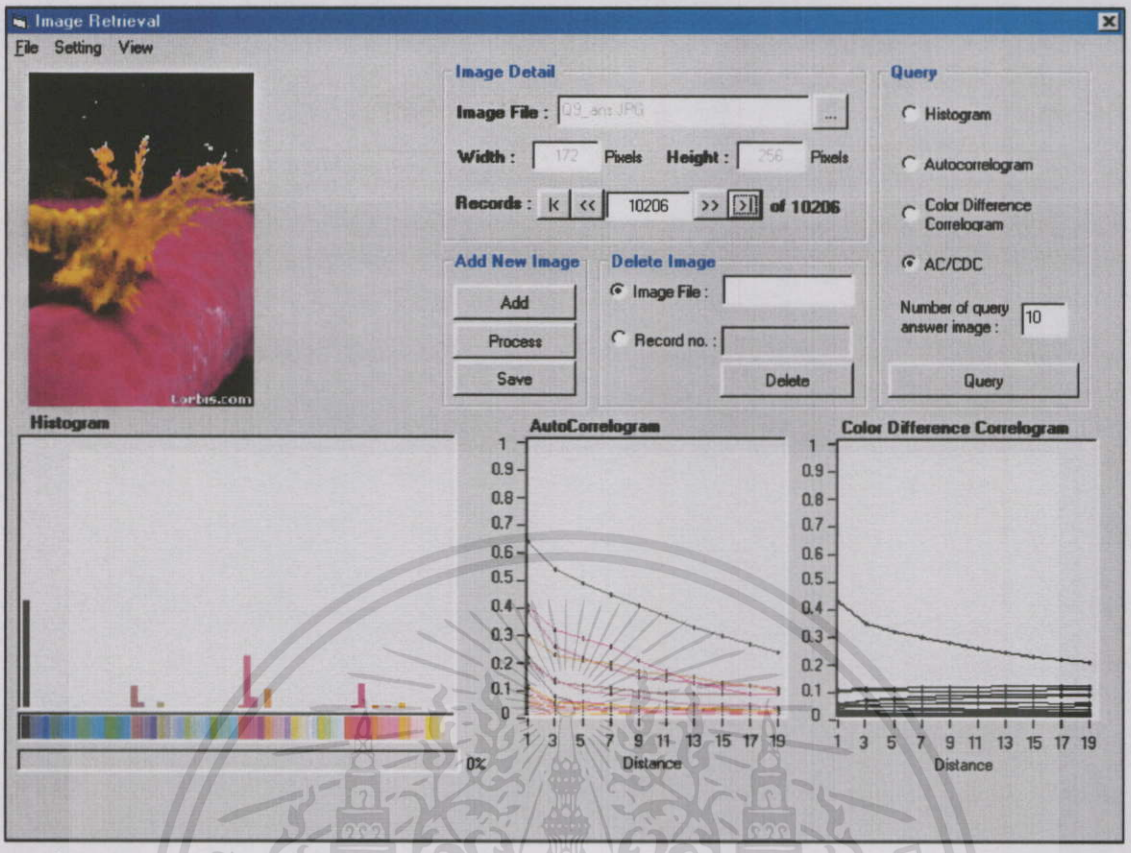
ขั้นตอนการใช้งานระบบ

1. เข้าสู่การทำงานของไมโครซอฟร์วินโดว์ 98 ตามขั้นตอนปกติ

2. ใช้เมาส์ดับเบิลคลิกที่ไอคอนของโปรแกรมค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี (Image Retrieval Using AC and CDC) ที่แสดงดังรูปที่ ก.1 จะปรากฏหน้าดังรูปที่ ก.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ[illegible]ทางนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ทั้งนี้ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก. 1 แสดงไอคอนโปรแกรมค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี



รูปที่ ก.2 แสดงหน้าจอหลักของค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี

หน้าจอหลักจะประกอบด้วยการทำงาน 4 ส่วนคือ

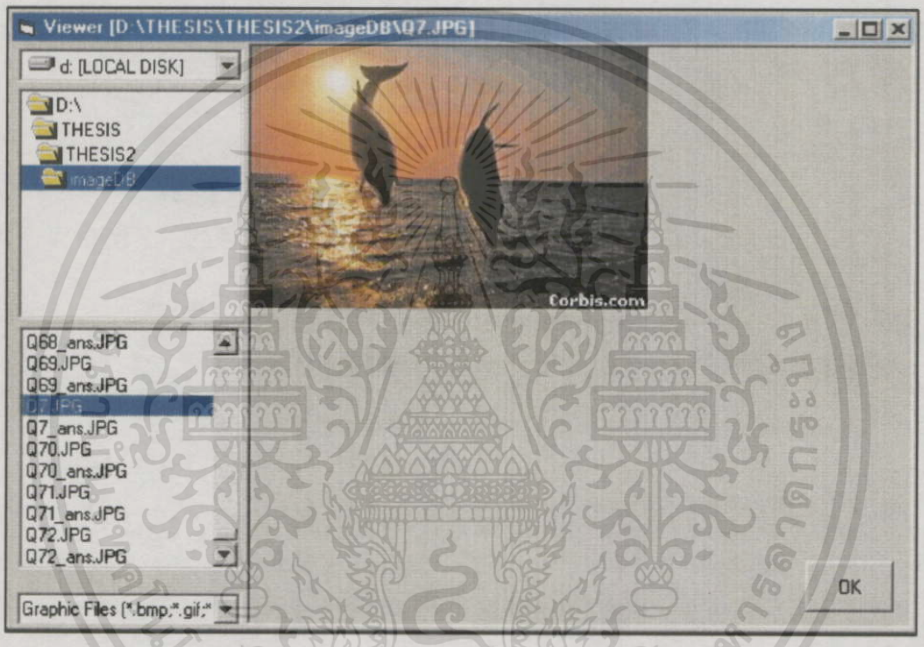
1. **Image Detail** เป็นส่วนที่ใช้แสดงข้อมูลของรูปภาพในฐานข้อมูลซึ่งประกอบด้วย
   - Image File คือชื่อของรูปภาพ
   - Width คือความกว้างของรูปภาพมีหน่วยเป็นพิกเซล (pixel)
   - Height คือความยาวของรูปภาพมีหน่วยเป็นพิกเซล (pixel)
   - Records คือหมายเลขเรคอร์ดของไฟล์รูปภาพ ซึ่งที่สามารถเลื่อนไปยังเรคอร์ดอื่นๆ ได้โดยคลิกที่ปุ่มทางซ้ายและขวา หรือจะใส่หมายเลขเรคอร์ดแล้วกดปุ่ม Enter
2. **Add New Image** เป็นส่วนที่ใช้สำหรับเพิ่มและบันทึกรูปภาพใหม่ลงในฐานข้อมูลโดยมีขั้นตอนในการทำงานดังนี้
   1) คลิกที่ปุ่ม Add เพื่อเพิ่มข้อมูลรูปภาพใหม่
   2) คลิกที่ปุ่ม ... จะปรากฏหน้าจอใหม่ดังรูปที่ ก.3 เพื่อเลือกไฟล์รูปภาพที่ต้องการ เมื่อเลือกไฟล์รูปภาพที่ต้องการแล้วให้คลิกปุ่ม OK ซึ่งจะกลับมาที่หน้าจอหลัก
   3) คลิกที่ปุ่ม Process เพื่อให้โปรแกรมคำนวณหาออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพ ซึ่งจะแสดงค่าฮีสโตแกรม ออร์โตโครรีโลแกรมและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

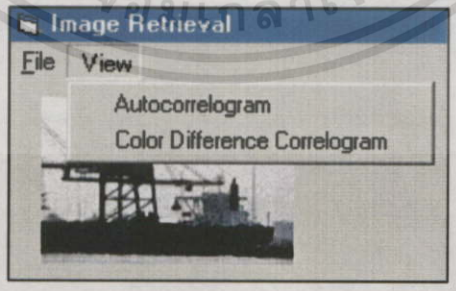
โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีในออกมาในรูปกราฟที่แสดงทางด้านล่างของหน้าจอหลักดังรูปที่ ก.2 หรือเรียกดูจากเมนู View ดังรูปที่ ก.4 ซึ่งในเมนู View จะประกอบด้วยเมนูย่อยดังนี้

- เมนูย่อย Autocorrelogram ใช้สำหรับแสดงค่าออร์โตโครรีโลแกรมของรูปภาพ ดังรูปที่ ก.5
- เมนูย่อย Color Difference Correlogram ใช้สำหรับแสดงค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพ ดังรูปที่ ก.6

4) คลิกที่ปุ่ม Save เพื่อบันทึกข้อมูลของรูปภาพใหม่

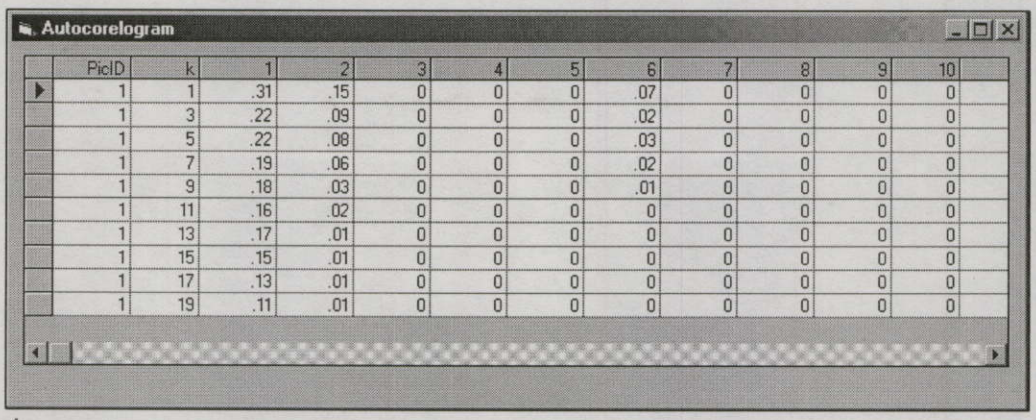


รูปที่ ก.3 แสดงหน้าจอสำหรับเลือกรูปภาพที่ต้องการเพิ่มเข้าไปในฐานข้อมูล



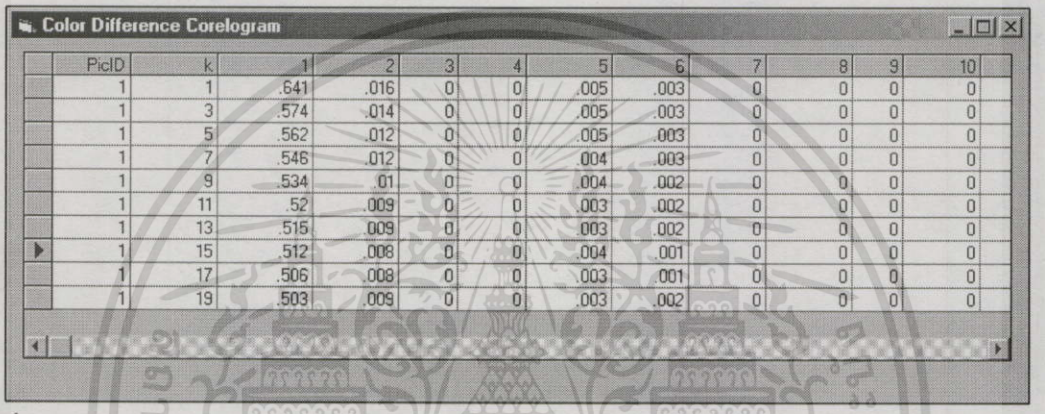
รูปที่ ก.4 แสดงหน้าจอเมนูย่อยของเมนู View

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



PicID	k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	.31	.15	0	0	0	.07	0	0	0	0
1	3	.22	.09	0	0	0	.02	0	0	0	0
1	5	.22	.08	0	0	0	.03	0	0	0	0
1	7	.19	.06	0	0	0	.02	0	0	0	0
1	9	.18	.03	0	0	0	.01	0	0	0	0
1	11	.16	.02	0	0	0	0	0	0	0	0
1	13	.17	.01	0	0	0	0	0	0	0	0
1	15	.15	.01	0	0	0	0	0	0	0	0
1	17	.13	.01	0	0	0	0	0	0	0	0
1	19	.11	.01	0	0	0	0	0	0	0	0

รูปที่ ก.5 แสดงหน้าจอของเมนูย่อย Autocorrelogram

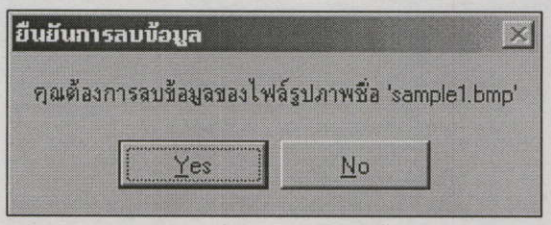


PicID	k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	.641	.016	0	0	.005	.003	0	0	0	0
1	3	.574	.014	0	0	.005	.003	0	0	0	0
1	5	.562	.012	0	0	.005	.003	0	0	0	0
1	7	.546	.012	0	0	.004	.003	0	0	0	0
1	9	.534	.01	0	0	.004	.002	0	0	0	0
1	11	.52	.009	0	0	.003	.002	0	0	0	0
1	13	.515	.009	0	0	.003	.002	0	0	0	0
1	15	.512	.008	0	0	.004	.001	0	0	0	0
1	17	.506	.008	0	0	.003	.001	0	0	0	0
1	19	.503	.009	0	0	.003	.002	0	0	0	0

รูปที่ ก.6 แสดงหน้าจอของเมนูย่อย Color Difference Correlogram

3. **Delete Image** เป็นส่วนที่ใช้สำหรับลบข้อมูลรูปภาพออกจากฐานข้อมูลซึ่งสามารถลบข้อมูลรูปภาพได้ 2 วิธีคือ
   - Image File คือให้ผู้ใช้ใส่ชื่อไฟล์รูปภาพที่ต้องการลบในช่องว่างที่เตรียมไว้
   - Record no. คือให้ผู้ใช้ใส่หมายเลขเรคอร์ดของรูปภาพที่ต้องการลบในช่องว่างที่เตรียมไว้

   เมื่อเลือกวิธีการลบข้อมูลแล้วให้คลิกที่ปุ่ม Delete ซึ่งจะปรากฏหน้าจอขึ้นมาเพื่อยืนยันการลบข้อมูลรูปภาพแสดงดังรูปที่ ก.7 ถ้าคลิกที่ปุ่ม Yes ระบบจะทำการลบข้อมูลออกจากฐานข้อมูล



รูปที่ ก.7 แสดงหน้าจอยืนยันการลบข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

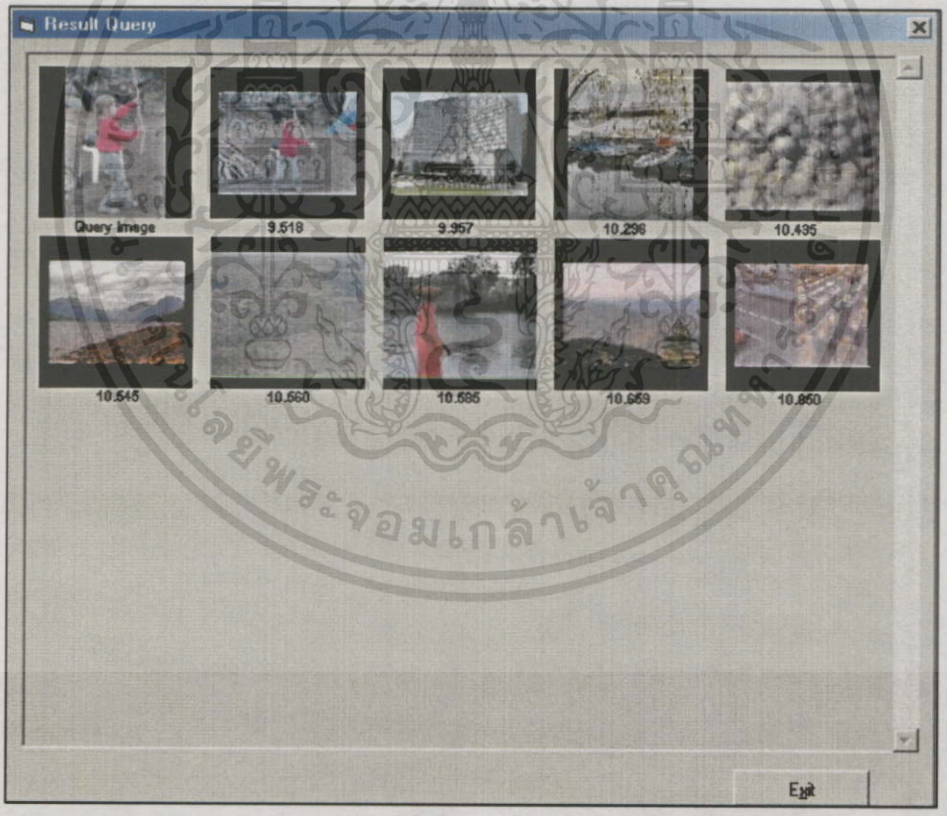
4. **Query** เป็นส่วนที่ใช้สำหรับค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยผู้ใช้สามารถเลือกวิธีที่ใช้ในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพได้ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

   1) เลือกวิธีทีใช้ในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพ โดยการนำเมาส์ไปคลิกที่วงกลมหน้าวิธีที่ต้องการใช้ในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพ

   2) ใส่จำนวนรูปภาพผลลัพธ์ที่ต้องการแสดงในช่องว่างหลังข้อความว่า "Number of query answer image : "

   3) คลิกที่ปุ่ม ... จะปรากฏหน้าจอใหม่ดังรูปที่ ก.3 เพื่อเลือกไฟล์รูปภาพตัวอย่างที่ต้องการใช้ในการคิวรี่

   4) คลิกที่ปุ่ม Query เพื่อทำการค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่คล้ายคลึงกับรูปภาพตัวอย่างตามวิธีที่ผู้ใช้กำหนด ซึ่งระบบจะแสดงรูปภาพผลลัพธ์จากการคิวรี่ดังรูปที่ ก.8 โดยที่รูปภาพแรกที่แสดงเป็นรูปภาพตัวอย่างที่ใช้ในการคิวรี่ ซึ่งรูปภาพผลลัพธ์จะเรียงจากความคล้ายคลึงมากไปน้อย และมีการแสดงค่า d_1 distance ไว้ข้างล่างของรูปภาพผลลัพธ์



รูปที่ ก.8 แสดงหน้าจอของรูปภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการคิวรี่ของรูปภาพตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

1. สุธาสินี ฉิมเล็ก และวิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์. "การค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโล-แกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี (Image Retrieval Using Autocorrelogram and Color Difference Correlogram)." การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 24, พฤศจิกายน 2544. หน้า 1307-1311.
2. Sutasinee Chimlek and Wichian Premchaiswadi. "Image Retrieval Using AC/CDC." ISCIT 2001, November 2001. pp.689-692.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี
Image Retrieval Using Autocorrelogram and Color Difference Correlogram (AC/CDC)

สุธาสินี ฉิมเล็ก วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์
แขนงวิชาวิทยาการสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทร. (01) 861-5968 โทรสาร (02) 326-9074 E-mail : s2067009@kmitl.ac.th , wichian@it.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการดัชนีรูปภาพและการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมร่วมกับโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ทั้งข้อมูลสีและข้อมูลเชิงพื้นที่ของรูปภาพ โดยที่ออร์โตโครรีโลแกรมเป็นกราฟหรือตารางที่แสดงสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของพิกเซลที่มีสีเหมือนกันกับระยะห่างระหว่างพิกเซลที่มีสีเหมือนกัน ส่วนโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีเป็นกราฟหรือตารางที่แสดงสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของความแตกต่างของค่าสีของ 2 พิกเซลใดๆ กับระยะห่างระหว่างพิกเซลนั้น ผลการทดลองพบว่าวิธีการนี้สามารถค้นคืนรูปภาพที่มีมุมมองที่แตกต่างกันและรูปภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้ และมีประสิทธิภาพในการค้นคืนรูปภาพสูงกว่าวิธีอื่นที่ได้นำมาเปรียบเทียบ

Abstract

This paper proposes method that combines autocorrelogram with color difference correlograms for image indexing and retrieval system. This method makes use of both color and spatial information. Autocorrelogram is graph and table that expresses how the spatial correlation of identical color changes with distance. Color difference correlogram is graph or table that expresses the spatial correlation of color difference of any pixels with distance. Experimental results suggest that this method can retrieve images which different views of the same scene, large changes in appearance. The performance of the proposed scheme is also compared with various methods.

Keywords : image retrieval, content-based image retrieval system, color difference correlogram.

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันฐานข้อมูลรูปภาพมีขนาดใหญ่และใช้กันอย่างกว้างขวางจึงจำเป็นต้องมีระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพ (Image Retrieval System) ที่มีประสิทธิภาพที่สามารถค้นคืนรูปภาพตามที่ผู้ใช้ต้องการได้ ซึ่งโดยทั่วไประบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพจะประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ การทำดัชนีและการค้นหา ในกระบวนการทำดัชนีคือการดึงลักษณะสำคัญ (feature vector) ของรูปภาพแต่ละรูปในฐานข้อมูลออกมาแล้วจัดเก็บไว้ ส่วนกระบวนการค้นหาคือการนำรูปภาพที่จะใช้คิวรี่มาคำนวณหาเวกเตอร์ของลักษณะสำคัญแล้วนำไปเปรียบเทียบกับเวกเตอร์ของลักษณะสำคัญของรูปภาพที่อยู่ในฐานข้อมูล ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นรูปภาพที่มีความคล้ายคลึงกับรูปภาพที่นำมาคิวรี่ [1]

เทคนิคในระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่นิยมใช้คือ Content Base Image Retrieval (CBIR) ซึ่งเป็นระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพจากลักษณะสำคัญต่างๆ ของรูปภาพ ได้แก่ สี (color) [2, 3] พื้นผิว (texture) [4, 5, 8, 9] และรูปร่าง (shape) เป็นต้น เทคนิคที่นิยมใช้ในการนำลักษณะสีของรูปภาพมาใช้สำหรับ CBIR คือ ฮีสโตแกรมของสี (color histogram) ซึ่งฮีสโตแกรมของสีเป็นวิธีที่ใช้ในการคำนวณหาค่าการกระจายของสีต่างๆ ในรูปภาพ โดยที่ไม่ได้คำนึงถึงข้อมูลเชิงพื้นที่ซึ่งเป็นวิธีที่คำนวณได้ง่าย แต่วิธีนี้อาจจะทำให้ค้นคืนรูปภาพผิดพลาดได้เนื่องจากรูปภาพบางรูปที่แตกต่างกันอาจจะมีฮีสโตแกรมของสีคล้ายคลึงกันได้ จากข้อเสียของฮีสโตแกรมของสีทำให้มีเทคนิคใหม่ๆ เกิดขึ้นหลายวิธีที่รวมข้อมูลของสีและข้อมูลเชิงพื้นที่เข้าด้วยกัน [1, 10-13]

ในบทความนี้ได้นำเสนอเทคนิค AC/CDC (Autocorrelogram and Color Difference Correlogram) ที่ได้รวมทั้งข้อมูลสีและข้อมูลเชิงพื้นที่เข้าด้วยกันเพื่อใช้ในการดัชนีรูปภาพและค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่อยู่ในสถานที่เดียวกันแต่ต่างมุมมอง รวมไปถึงรูปภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงไปด้วยวิธีต่างๆ เช่น การย่อขยาย การหมุนรูปภาพ เป็นต้น ซึ่งได้มีการทดลองและนำผลลัพธ์ไปเปรียบเทียบกับฮีสโตแกรมและออร์โตโครรีโลแกรม [1] ซึ่งผลการทดลองได้แสดงให้เห็นว่าการใช้ออร์โตโครรีโลแกรมร่วมกับโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีทำให้ประสิทธิภาพในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพสูงกว่าวิธีอื่น

2. โครงสร้างในการทำดัชนีรูปภาพ

การทำดัชนีรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมร่วมกับโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอนดังนี้

1) การกรองสี
2) ฮีสโตแกรม
3) ออร์โตโครรีโลแกรม
4) โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มวิทยาลัยเชียงใหม่ขอสงวนลิขสิทธิ์ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2.1 การกรองสี (Color Filtering)

เป็นขั้นตอนในการแบ่งสีของรูปภาพให้เป็นไปตามระดับสีที่กำหนด โดยในบทความนี้ได้แบ่งค่า RGB ของรูปภาพออกเป็น 64 ระดับ เพื่อลดความซับซ้อนและเวลาในการทำดัชนี

2.2 ฮีสโตแกรม (Histogram)

ฮีสโตแกรมคือการหาความน่าจะเป็นของสีต่างๆ ในรูปภาพ ถ้ากำหนดให้ H_{ci} (I) แทนจำนวนของพิกเซลในรูปภาพ I ที่มีสีเป็น c_i โดยที่ h_{ci} (I) แทนฮีสโตแกรมของรูปภาพ I ที่มีสี c_i จะได้

$$h_{c_i}(I) = \frac{H_{c_i}(I)}{n_1 x n_2} \qquad (1)$$

โดยที่ n_1 และ n_2 แทนความกว้างและความยาวของรูปภาพ I

2.3 ออร์โตโครรีโลแกรม (Autocorrelogram)

ออร์โตโครรีโลแกรมเป็นซับเซตของโครรีโลแกรมของสี [1] ซึ่งโครรีโลแกรมของสีของรูปภาพคือกราฟหรือตารางที่แสดงสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของคู่สีที่แตกต่างกันกับระยะห่างระหว่างคู่สีนั้น โดยจะแตกต่างจากฮีสโตแกรมของสีที่เป็นเพียงการหาค่าความน่าจะเป็นของการกระจายของสีในรูปภาพเท่านั้นไม่ได้รวมข้อมูลสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ กำหนดให้

I คือรูปภาพขนาด $n_1 \times n_2$

m คือจำนวนของสีในรูปภาพ โดยที่มีเซตของสีเป็น $\{c_1, \ldots, c_m\}$

p(x, y) คือพิกเซลที่จุด x กับ y

C(p) คือสีของพิกเซล p

$I_c \cong \{p \mid C(p) = c\}$ คือเซตของพิกเซลที่มีสีเท่ากับ c ดังนั้น $p \in I_c$ แล้ว $C(p) = c$

[n] คือเซตของระยะห่างระหว่างพิกเซลซึ่งมีค่าเป็น {1, 2, ..., n}

โดยที่ระยะห่างระหว่างพิกเซล 2 พิกเซลสามารถคำนวณได้ดังนี้คือ ถ้ากำหนดให้พิกเซล $p_1 = (x_1, y_1)$ และ $p_2 = (x_2, y_2)$ ดังนั้นระยะห่างระหว่างพิกเซล p_1 กับ p_2 คือ $|p_1 - p_2|$ เท่ากับ $\max\{|x_1-x_2|, |y_1-y_2|\}$

ตัวอย่างของการหาโครรีโลแกรมของสี เช่น ถ้าหยิบพิกเซลใดๆ ของสี c_i ในรูปภาพขึ้นมา ค่าโครรีโลแกรมของสีที่คำนวณคือค่าความน่าจะเป็นที่จะพบพิกเซลที่มีสี c_j ห่างจากพิกเซลของสี c_i ที่หยิบขึ้นมาเท่ากับ k หรืออาจจะกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าค่าโครรีโลแกรมของสีที่คำนวณได้คือค่าความน่าจะเป็นที่จะพบสี j ที่ระยะห่าง k จากพิกเซลของสี i

ถ้ากำหนดให้ $d \in [n]$ $i, j \in [m]$ และ $k \in [d]$ ดังนั้นโครรีโลแกรมของรูปภาพ I คือ

$$\gamma^{(k)}_{c_i,c_j}(I) \cong \Pr_{p_1 \in I_{c_i},\ p_2 \in I}[p_2 \in I_{c_j} \mid\mid p_1 - p_2 \mid = k] \qquad (2)$$

$$\gamma^{(k)}_{c_i,c_j}(I) \cong \frac{\Gamma^{(k)}_{c_i,c_j}(I)}{H_{c_i} x 8k} \qquad (3)$$

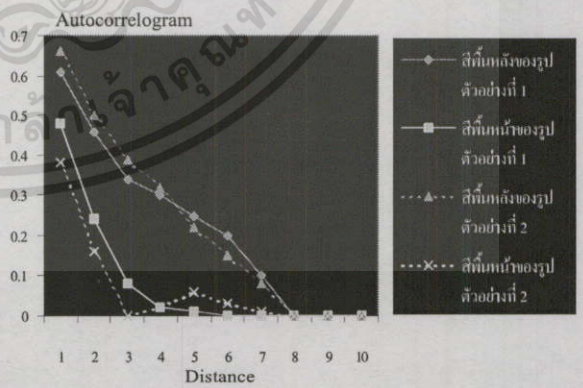
ออร์โตโครรีโลแกรม เป็นสหพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างสีที่เหมือนกัน ซึ่งเป็นซับเซตของโครรีโลแกรม โดยที่ออร์โตโครรีโลแกรมของรูปภาพ I ที่ $i \in [m]$ และ $k \in [d]$ คือ

$$\alpha^{(k)}_{c}(I) \cong \gamma^{(k)}_{c,c}(I) \qquad (4)$$

เนื่องจากออร์โครรีโลแกรมเป็นสหสัมพันธ์เฉพาะพื้นที่ (local correlation) ของสีที่มีความสำคัญมากกว่าสหสัมพันธ์ของทั้งหมด (global correlation)ในรูปภาพ และค่า d น้อยๆ ก็เพียงพอสำหรับการหาสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ซึ่งทำให้โครรีโลแกรมของสีมีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของรูปภาพมากกว่าเทคนิคอื่นที่ใช้พื้นฐานของคุณสมบัติเฉพาะที่ (local property) ซึ่งทำให้ออร์โตโครรีโลแกรมสามารถดัชนีและค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่อยู่ในสถานที่เดียวกันแต่ต่างมุมมอง รวมไปถึงรูปภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงไปด้วยวิธีต่างๆ ได้ดี

ตัวอย่างออร์โตโครรีโลแกรมของรูปตัวอย่าง 2 รูปที่มีฮีสโตแกรมของสีเหมือนกัน ซึ่งมีสีเพียง 2 สีคือม่วงเป็นพื้นหลังกับสีเหลืองเป็นพื้นหน้า และมี d = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10} แสดงดังรูปที่ 1

(ก) รูปตัวอย่างที่ 1 (ข) รูปตัวอย่างที่ 2



(ค) ออร์โตโครรีโลแกรมของรูปตัวอย่างที่ 1 และ 2

รูปที่ 1 รูปภาพตัวอย่างและออร์โตโครรีโลแกรมของรูปภาพตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี (color difference correlogram : CDC)

โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีคือกราฟหรือตารางที่แสดงสหสัมพันธ์ของความแตกต่างของค่าสีกับระยะห่างของพิกเซลที่อยู่รอบๆ พิกเซลศูนย์กลางที่พิจารณา โดยที่โครรีโลแกรมของความแตกต่างของสีได้นำแนวคิดของโครรีโลแกรมของสีและทฤษฎีของฮีสโตแกรมของความแตกต่างของระดับสีเทา [6, 7] (histogram of grey-level difference) มาประยุกต์ใช้เพื่อให้สามารถค้นคืนรูปภาพที่มีสีที่แตกต่างกันแต่เป็นรูปภาพเดียวกันได้

ถ้ากำหนดให้ $diff_i$ คือค่าความแตกต่างของค่าสีของพิกเซล 2 พิกเซลซึ่งจะมีค่าอยู่ในเซตของ $\{ diff_0, diff_1, \ldots, diff_{(m-1)} \}$

สามารถคำนวณหาค่าความแตกต่างของค่าสีระหว่างสีของพิกเซล 2 พิกเซลที่มีระยะห่างเท่ากับ k คือ

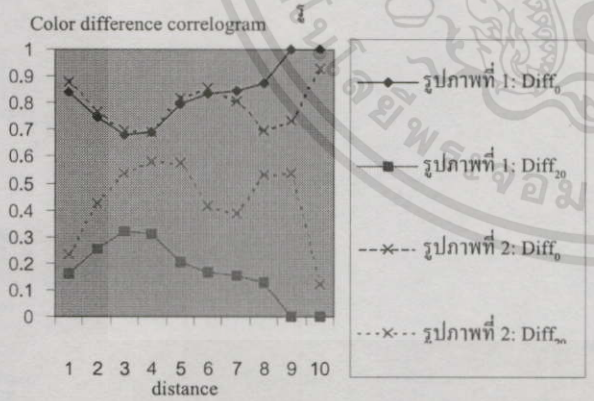
$$diff_i = | C(p_1) - C(p_2) | \quad (5)$$

โดยที่กำหนดให้ $| p_1 - p_2 | = k$

โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีคือ

$$CDC^k_{diff_i}(I) \equiv \Pr_{p_1,p_2 \in I} [| C(p_1) - C(p_2) | = diff_i \, | \, | p_1 - p_2 | = k] \quad (6)$$

$$CDC^k_{diff_i}(I) = \frac{\beta^k_{diff_i}(I)}{n_1 x\, n_2 x\, 8k} \quad (7)$$



รูปที่ 2 รูปภาพตัวอย่างและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี

โดยที่ $\beta^k_{diff_i}(I)$ คือจำนวนพิกเซลที่มีระยะห่างจากพิกเซลศูนย์กลางที่พิจารณาเท่ากับ k และมีค่าความแตกต่างของค่าสีเท่ากับ $diff_i$ ซึ่งในบทความนี้ได้กำหนดให้พิกเซลทุกพิกเซลในรูปภาพเป็นพิกเซลศูนย์กลางที่ใช้พิจารณาความแตกต่างของค่าสีของพิกเซลที่อยู่ห่างออกไปเท่ากับ k ดังนั้นถ้ารูปภาพที่มีขนาด $n_1 \times n_2$ จะมีพิกเซลศูนย์กลางเท่ากับ $n_1 \times n_2$ พิกเซล และพิกเซลที่อยู่รอบๆ พิกเซลศูนย์กลางที่พิจารณามีจำนวนเท่ากับ 8k ทำให้ที่ระยะห่างที่เท่ากับ k จากพิกเซลศูนย์กลางที่พิจารณาทั้งหมดในรูปภาพมีจำนวนพิกเซลเท่ากับ $n_1 \times n_2 \times 8k$

ตัวอย่าง จากรูปตัวอย่างในรูปที่ 1 (ก) และ (ข) ที่มีฮีสโตแกรมเหมือนกันจะได้โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีดังแสดงในรูปที่ 2 โดยที่มีความแตกต่างของค่าสี 2 ค่าคือ $diff_0$ และ $diff_{20}$

3. การวัดความแตกต่าง (Distance Measures)

ในบทความนี้จะเปรียบเทียบออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพที่นำมาคิวรี่กับออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของสีของรูปภาพที่อยู่ในฐานข้อมูลโดยใช้ d_1 ซึ่งได้ประยุกต์มาจากการวัดความแตกต่างแบบ L_1 (L_1 distance measure) ซึ่ง d_1 สามารถเปรียบเทียบเวกเตอร์ลักษณะสำคัญได้ดีกว่า L_1

สมการที่ใช้คำนวณเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างรูปภาพ I และ I' โดยใช้ d_1 คือ

$$d_1(h) = | I - I' |_{h,d_1} \cong \sum_{i \in [m]} \frac{| h_{c_i}(I) - h_{c_i}(I') |}{1 + h_{c_i}(I) + h_{c_i}(I')} \quad (8)$$

$$d_1(\gamma) = | I - I' |_{\gamma,d_1} \cong \sum_{i,j \in [m], k \in [d]} \frac{| h_{c_i}(I) - h_{c_i}(I') |}{1 + h_{c_i}(I) + h_{c_i}(I')} \quad (9)$$

$$d_1(CDC) = | I - I' |_{CDC,d_1} \cong \sum_{diff_i \in [diff], k \in [d]} \frac{| CDC^k_{diff_i}(I) - CDC^k_{diff_i}(I') |}{1 + CDC^k_{diff_i}(I) + CDC^k_{diff_i}(I')} \quad (10)$$

ส่วน d_1 สำหรับออร์โตโครรีโลแกรมร่วมกับโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีคือ

$$d_1(AC / CDC) = d_1(\gamma) + d_1(CDC) \quad (11)$$

4. วิธีวัดประสิทธิภาพ (Performance Measures)

ในบทความนี้จะวัดประสิทธิภาพในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ Ranking measures ซึ่งเป็นวิธีวัดประสิทธิภาพในงานวิจัยของ Hang และทีมงาน [1]

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามทำซ้ำ ดัดแปลง หรือเผยแพร่ในรูปแบบใดๆ ก่อนได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร การใช้งานเพื่อการศึกษาที่ไม่แสวงหากำไรได้รับการยกเว้น โปรดอ้างอิงแหล่งที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ranking measures เป็นวิธีที่วัดประสิทธิภาพในการค้นคืนข้อมูลโดยวัดจากลำดับที่ของรูปภาพที่สามารถค้นคืนรูปภาพที่คล้ายคลึงกันได้ โดยกำหนดให้ $\{Q_1, ...,Q_q\}$ เป็นเซตของรูปภาพที่นำมาคิวรี่ และให้ Q_i' เป็นผลลัพธ์ที่ถูกต้องสำหรับคิวรี่ Q_i ซึ่ง Ranking measures ประกอบด้วย 2 วิธีคือ

1) r-measure คือการหาผลรวมของลำดับที่ (rank) ที่สามารถหาผลลัพธ์ที่ถูกต้องของคิวรี่ทั้งหมด ดังสมการที่ 12 และค่าเฉลี่ยของ r-measure สามารถคำนวณได้โดยนำจำนวนคิวรี่ทั้งหมดมาหาร ดังสมการที่ 13

$$r - measure = \sum_{i=1}^{q} rank(Q_i') \quad (12)$$

$$Avg\ r\text{-}measure = \frac{r\text{-}measure}{q} \quad (13)$$

2) p_1-measure คือการหา precision ที่ recall เท่ากับ 1 โดยสามารถหา p1-measure ได้จากสมการที่ 14 และหาค่าเฉลี่ยได้จากสมการที่ 15

$$p_1 - measure = \sum_{i=1}^{q} \frac{1}{rank(Q_i')} \quad (14)$$

$$Avg\ p_1\text{-}measure = \frac{p_1\text{-}measure}{q} \quad (15)$$

เทคนิคที่สามารถค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่มีประสิทธิภาพดีจะมีค่า r-measure ต่ำและค่าของ p_1-measure สูง

5. การทดลองและผลการทดลอง

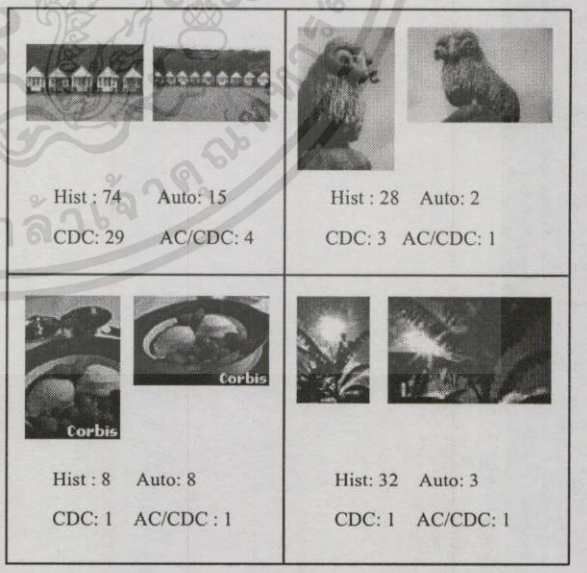
ในบทความนี้ได้ทำการทดลองค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้โครรีโลแกรมของสีร่วมกับโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีโดยใช้โปรแกรมวิชวลเบสิก เวอร์ชั่น 6 (Visual Basic version 6) และฐานข้อมูลของไมโครซอฟต์เอ็กเซส 97 (Microsoft Access 97) ซึ่งฐานข้อมูลรูปภาพมีจำนวนรูปภาพทั้งหมด 10,972 รูป โดยรูปภาพต่างๆ ในฐานข้อมูลจะมีขนาดที่แตกต่างกันและมีรูปแบบของไฟล์เป็น JPEG BMP และ GIF

ในการทดลองนี้ได้พิจารณาสีของรูปภาพเป็น 64 สี ดังนั้นความแตกต่างของค่าสีจะแบ่งออกเป็น 64 ระดับ คือ {0, 1, ..., 63} และเซตของค่า d ที่ใช้ในการทดลองคือ {1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19} ซึ่งจำนวนค่า d ที่นำมาทดลองมีจำนวนไม่มากจึงทำให้มีความรวดเร็วในการคำนวณ ในการทดลองนี้ได้ใช้รูปภาพจำนวน 100 รูปภาพ สำหรับคิวรี่เพื่อค้นคืนรูปภาพที่มีสิ่งแวดล้อมเดียวกันแต่ต่างมุมมองและรูปภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เช่น รูปย่อขยาย รูปที่เกิดจากการหมุนรูป รูปที่มีสีเปลี่ยนแปลงไป โดยใช้ d_1 distance measure ในการเปรียบเทียบเพื่อหาความแตกต่างของค่าออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพที่นำมาคิวรี่กับรูปภาพในฐานข้อมูล ส่วนการวัดประสิทธิภาพของการค้นค้นข้อมูลรูปภาพจะใช้ r-measure avg. r-measure p_1-measure และ avg. p_1-measure

นอกจากนี้ได้นำผลการทดลองของการค้นคืนข้อมูลรูปภาพด้วยฮีสโตแกรม (Hist) ออร์โตโครรีโลแกรม (Auto) โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี (CDC) และออร์โตโครรีโลแกรมร่วมกับโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี (AC/CDC) มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกัน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 1 และรูปที่ 3 แสดงตัวอย่างของคิวรี่บางคิวรี่ที่ทดลองและลำดับที่ (ranking) ที่สามารถได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องของวิธีฮีสโตแกรมสี ออร์โตโครรีโลแกรม โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี และ AC/CDC ซึ่งจะเห็นว่าวิธี AC/CDC ที่ได้มีประสิทธิภาพในการค้นคืนรูปภาพได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ โดยสามารถค้นคืนรูปภาพที่มีสิ่งแวดล้อมเดียวกันแต่ต่างมุมมองและรูปภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงไปได้

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของวิธีการต่างๆ

Method	Hist	Auto	CDC	AC/CDC
r-measure	3536	432	3899	227
Avg. r-measure	48	6	53	3
p_1-measure	42.76	61.02	36.73	72.83
Avg. p1-measure	0.43	0.61	0.37	0.73



รูปที่ 3 ตัวอย่างในการคิวรี่รูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองข้างต้น ทำให้สามารถสรุปได้ว่าการใช้วิธี AC/CDC ที่ใช้ออร์โตโครรีโลแกรมร่วมกับโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีสำหรับดึงข้อมูลสีและข้อมูลเชิงพื้นที่ของรูปภาพเพื่อใช้ในการทำดัชนีรูปภาพและค้นคืนรูปภาพสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่มีสิ่งแวดล้อมเดียวกันแต่ต่างมุมมองและรูปภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงไปได้ เนื่องจากวิธี AC/CDC มีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของรูปภาพ เช่น การย่อขยายรูปภาพ การหมุนรูปภาพ และการเปลี่ยนแปลงสีของรูปภาพด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] J. Huang, S. R. Kumar, M. Mitra, W.-J. Zhu, and R. Zabih, "Image indexing using color correlograms", *In Proc. IEEE Comp. Soc. Conf. Comp. Vis. and Patt. Rec.*, 1997, pp. 762-768.

[2] J. R. Smith and S.-F. Chang, "Single color extraction and image query", *In Proc. IEEE Int. Conf. on Image Proc.*, 1995, pp. 528-531.

[3] Michael Swain and Dana Ballard, "Color indexing", *International Journal of Computer Vision*, 7(1), 1991, pp.11-32.

[4] Robert M. Haralick, K. Shanmugam, and Its'hak Dinstein, "Texture feature for image classification", *IEEE Trans. on Sys, Man, and Cyb*, SMC-3(6), November, 1973, pp. 610-621.

[5] B. Manjunath and W. Ma, "Texture feature for browsing and retrieval of image data", *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 18(8), August, 1996.

[6] Randy Crane, *A simplified approach to Image Processing*, New, Prentice-Hall, Jersey, 1997.

[7] I. Pitas, *Digital Image Processing Algorithms and Applications*, WILEY INTERSCIENCE, New York, 2000.

[8] S. Nepal, M V. Ramakrishna, J A. Thom, "Image Retrieval Using Pixel Descriptor and its Applications to Region Extraction", *Techreport, Royal Melbourne Institute of Technology*, 1997.

[9] Stephan Bres and Jean-Michel Jolion, "Detection of interest points for image indexing", *In 3rd Int.Conf. on Visual Information Systems, Visual 99, Springer, Lecture Notes in Computer Science, 1614*, June, 1999, pp. 427-434.

[10] Greg Pass, Ramin Zabih, and Justin Miller, "Comparing images using color coherence vectors", *In Proceedings of ACM Multimedia 96*, Boston MA USA, 1996, pp. 65-73.

[11] Greg Pass and Ramin Zabih, "Histogram Refinement for Content-Based Image Retrieval", *Workshop on Applications of Computer Vision*, 1996.

[12] Markus Stricker and Alexander Dimai., "Color Indexing with Weak Spatial Constraints", *SPIE Conference*, San Jose, CA February, 1996.

[13] W.Hsu, T.S.Chua and H.K.Pung, "An Integrated Color-spatial Approach to Content-based Image Retrieval", *The ACM Multimedia Conference*, 1995, pp. 305-313.

สุธาสินี ฉิมเล็ก

สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2538 ปัจจุบันกำลังศึกษาปริญญาโท คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง งานวิจัยที่สนใจได้แก่ Image retrieval และ Database system

วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์

สำเร็จการศึกษาปริญญาเอกวิศวกรรมศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จาก Waseda University ประเทศญี่ปุ่น ปัจจุบันดำรงตำแหน่งเป็นรองศาสตราจารย์ และคณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง งานวิจัยที่สนใจได้แก่ Parallel computing, Database system, Multimedia database และ Artificial Intelligent

ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMAGE RETRIEVAL USING AC/CDC

Sutasinee Chimlek and Wichian Premchaiswadi

Sutasinee Chimlek
Faculty of Information Technology,
King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang, Bangkok, 10520, Thailand
Phone: +662 737-2551-4 (401) Fax:+662 326-9074
Email : s2067009@kmitl.ac.th

Wichian Premchaiswadi
Faculty of Information Technology,
King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang, Bangkok, 10520, Thailand
Phone: +662 737-2551-4 (401) Fax:+662 326-9074
Email : wichian@it.kmitl.ac.th

ABSTRACT

This paper proposes method that combines autocorrelogram with color difference correlograms for image indexing and retrieval system. This method makes use of both color and spatial information. Autocorrelogram is graph and table that expresses how the spatial correlation of identical color changes with distance. Color difference correlogram is graph or table that expresses the spatial correlation of color difference of any pixels with distance. Experimental results suggest that this method can retrieve images which different views of the same scene, large changes in appearance. The performance of the proposed scheme is also compared with various methods.

1. INTRODUCTION

At present, image databases are becoming larger and more widespread. There is a need for efficient and effective image retrieval systems. There are two steps that are common used in most image database information retrieval systems as followings: indexing and searching. In indexing process, each image in a database, a feature vector capturing certain essential properties of the image is computed and stored in a feature-base. Then, in searching process, given a query image, its feature vector is computed, compared to the feature vectors in the feature-base, and images most similar to the query image are returned to the user.

In a content-based image retrieval system, color [2][3], the most recognizable element among image contents, is usually used for various image database applications. Color histogram, however, does not provide enough spatial information such that different images may have similar color histogram. To handle the weakness of color histograms several new features that strive to integrate both color and spatial information have been proposed [1][10-13]. This paper proposes a novel scheme AC/CDC (Autocorrelogram and Color Different Correlogram) that makes use of both color and spatial information. The effectiveness of the proposed scheme is tested and compared with both color histogram and color correlogram method.

2. THE PROPOSED SCHEME

The proposed scheme consists of three mains steps as follows:

1) Color Filtering
2) Autocorrelogram and
3) Color different correlogram.

2.1 Color Filtering

The process is used for quantization of the RGB colorspace into 64 colors to reduce the complexity and calculation time.

2.2 Autocorrelogram

A color correlogram expresses how the spatial correlation of color changes with distance [1]. Informally, a color correlogram of an image is a table indexed by color pairs, where the k-th entry for $\langle i,j \rangle$ specifies the probability of finding a pixel of color j at a distance k from a pixel of color i in the image and defined by the formula shown in Eq. 1 and Eq. 2. Such an image feature turn out to be robust in tolerating large changes in appearance of the same scene causes by changes in shape, etc.

Let I be an $n \times n$ image. The colors in I are quantized into m colors $c_1, \ldots, c_m$. $H_{c_i}(I)$ is number of pixels of color c_i in I.

For a pixel $p = (x,y) \in I$, let $C(p)$ denote its color. Lets $I_c = \{p \mid C(p) = c\}$. The distance between 2 pixels, i.e., for pixels $p_1 = (x_1, y_1)$, $p_2 = (x_2, y_2)$, defined $|p_1 - p_2| = max\{|x_1 - x_2|, |y_1 - y_2|\}$, let [n] denote the set $\{1, 2, \ldots, n\}$.

Let a distance $d \in [n]$ be fixed a priori. $i,j \in [m]$, and $k \in [d]$.

$$\gamma_{c_i,c_j}^{(k)}(I) \cong \Pr_{p_1 \in I_{c_i}, p_2 \in I}[p_2 \in I_{c_j} \parallel p_1 - p_2 | = k] \quad (1)$$

$$\gamma_{c_i,c_j}^{(k)}(I) \cong \frac{\Gamma_{c_i,c_j}^{(k)}(I)}{H_{c_i} x 8k} \quad (2)$$

The autocorrelogram captures spatial correlation between identical colors only [1] and defined by Eq. 3. Autocorrelogram is a subset of the color correlogram.

$$\alpha_{c_i}^{(k)}(I) \cong \gamma_{c,c}^{(k)}(I) \quad (3)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved
ข้อความนี้ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Consider the RGB colorspace with color quantization into 64 colors. Thus, color difference values is set {0, 1, ..., 63}.The distance set d = {1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19}.Query set consists of 100 queries, each with a unique correct answer.

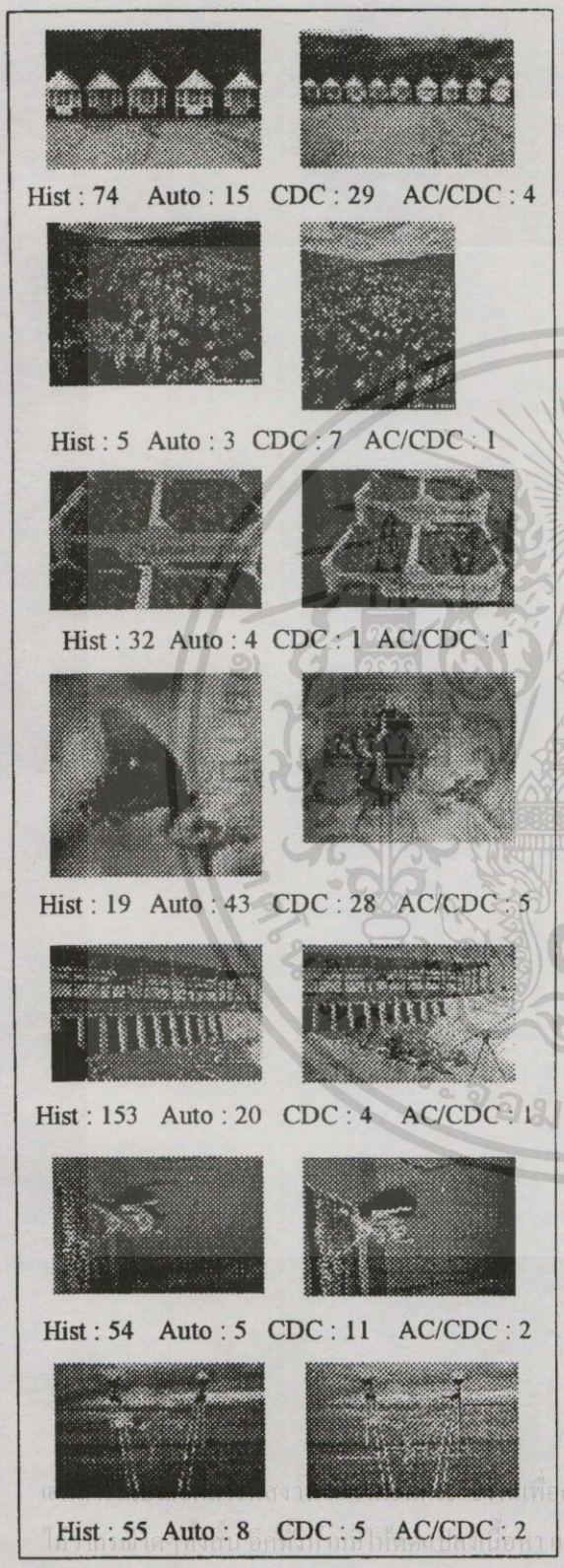


Fig. 5.1 Sample queries and answers.

Table 5.1. Performances of various methods

Method	Hist	Auto	CDC	AC/CDC
r-measure	3536	432	3899	227
Avg. r-measure	48	6	53	3
p_1-measure	42.76	61.02	36.73	72.83
Avg. p1-measure	0.43	0.61	0.37	0.73

Table 5.1 shows the results of the experiments. The performance of the proposed scheme is also compared with other methods, color histogram, autocorrelogram and color difference correlogram.

Fig. 5.1 shows sample of some queries, answers and ranking of color histogram, autocorrelogram, color difference correlogram and AC/CDC methods. It can be seen that the AC/CDC scheme performs better performance than the other compared schemes and could retrieve images which different views of the same scene, large changes in appearance.

5. CONCLUSIONS

From the experimental results, it could be concluded that the use of autocorrelogram and color difference correlogram for indexing and image comparison that used both color and spatial information could improve the performance of the image retrieval system.

REFERENCES

[1] J. Huang, S. Kumar, M. Mitra, W.J.Zhu, and R. Zabih: "Image indexing using color correlogram." Proc. of IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.762-768, 1997.

[2] John R. Smith and Shih-Fu Chang: "Single color extraction and image query," Proc. IEEE Int. Conf. on Image Proc., pp.528-531, 1995.

[3] Michael Swain and Dana Ballard: "Color indexing." International Journal of Computer Vision, 7(1), pp.11-32, 1991.

[4] Robert M. Haralick, K. Shanmugam, and Its'hak Dinstein: "Texture feature for image classification." IEEE Trans. on Sys, Man, and Cyb. SMC-3(6), pp. 610-621, 1973.

[5] B. Manjunath and W. Ma: "Texture feature for browsing and retrieval of image data." IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 18(8), August 1996.

[6] Randy Crane. "A simplified approach to Image Processing." New Jersey, Prentice-Hall, 1997.

[7] I. Pitas: "Digital Image Processing Algorithms and Applications." New York: WILEY INTERSCIENCE, 2000.

[8] S. Nepal, M V. Ramakrishna, J A. Thom: "Image Retrieval Using Pixel Descriptor and

2.3. Color Difference Correlogram

Color difference correlogram (CDC) is the scheme that is modified from the texture description technique [4-8]. Color difference correlogram of an image is graph or table that indexed by color difference value, where the k-th entry for $Diff_i$ specifies the probability of finding color difference value $Diff_i$ of pixels at distance k from any pixels in image. The color difference value between two pixels having distance equal to k is defined by Eq. 4.

$$Diff_i = | C(p1) - C(p2) | \quad (4)$$

where $| p_1 - p_2 | = k$

The color difference correlogram is calculated by the formula in Eq. 5.

$$Cdf^k_{diff_i}(I) \cong \Pr_{p_1, p_2 \in I}[| C(p_1) - C(p_2) | = diff_i \,||\, p_1 - p_2 | = k]$$

$$Cdf^k_{diff_i}(I) = \frac{\beta^k_{diff_i}(I)}{n_1 x n_2 x 8k} \quad (5)$$

Where $\beta^k_{diff_i}(I)$ is the number of pixels having distance of the center equal to k and having color difference equal to $Diff_i$

Example Consider the two sample images are shown in fig. 2.1. The two images have exactly the same histogram. The color difference correlogram corresponding to these two images are shown in fig. 2.2. Color difference value of these two images is $Diff_0$ and $Diff_{20}$.

Fig. 2.1 Sample images : image 1 and image 2.

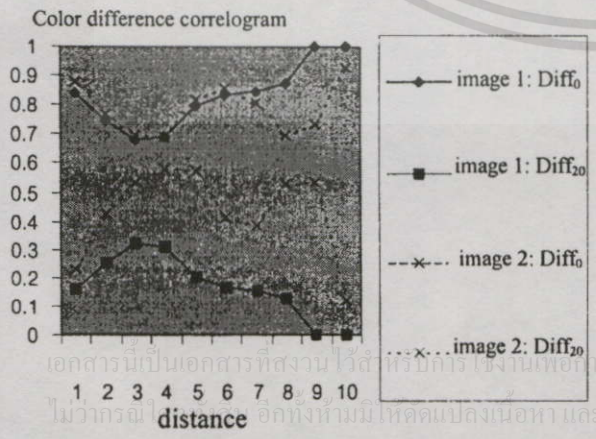


Fig. 2.2 Color difference correlogram of two sample images

3. DISTANCE MEASURES

This paper use d_1 distance measure for comparing histogram, autocorrelogram, color difference correlogram and AC/CDC because it is "relative" measure of distance.

d_1 distance measure for histogram, autocorrelogram, color difference correlogram and AC/CDC is defined by Eq. 6 – 9.

$$d_1(h) = | I - I' |_{h,d_1} \cong \sum_{i \in [m]} \frac{| h_{c_i}(I) - h_{c_i}(I') |}{1 + h_{c_i}(I) + h_{c_i}(I')} \quad (6)$$

$$d_1(\gamma) = | I - I' |_{\gamma,d_1} \cong \sum_{i,j \in [m], k \in [d]} \frac{| h_{c_i}(I) - h_{c_i}(I') |}{1 + h_{c_i}(I) + h_{c_i}(I')} \quad (7)$$

$$d_1(CDC) = | I - I' |_{CDC,d_1} \cong \sum_{diff_i \in [diff], k \in [d]} \frac{| CDC^k_{diff_i}(I) - CDC^k_{diff_i}(I') |}{1 + CDC^k_{diff_i}(I) + CDC^k_{diff_i}(I')} \quad (8)$$

$$d_1(\gamma, CDC) = d_1(\gamma) + d_1(CDC) \quad (9)$$

4. PERFORMANCE MEASURES

The performance measures use the parameters the same as described in [1] as follows.

1) r-measure is the sums up of the rank of correct answer of all queries and average r-measure is the r-measure divided by the number of queries q as shown in the formula below.

$$r - measure = \sum_{i=1}^{q} rank(Q_i') \quad (10)$$

$$Avg\ \text{r - measure} = \frac{\text{r - measure}}{q} \quad (11)$$

2) p_1-measure is the sum of the precision at the recall equal to 1and the average p1-measure is the p1-measure divided by q as shown below.

$$p_1 - measure = \frac{1}{\sum_{i=1}^{q} rank(Q_i')} \quad (12)$$

$$Avg\ p_1\text{ - measure} = \frac{p_1\text{ - measure}}{q} \quad (13)$$

5. EXPERIMENT AND RESULTS

The proposed scheme is implemented by using Visual Basic version 6.0 and Microsoft Access Database. The image database consists of 10,972 images in various formats such as JPEG, BMP and GIF and various sizes. The database is considered as a heterogeneous image database

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ลบเปลี่ยนเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้ง

its Applications to Region Extraction", Technical report, Royal Melbourne Institute of Technology, 1997.

[9] Stephan Bres and Jean-Michel Jolion: "Detection of interest points for image indexing," 3rd Int. Conf. on Visual Information Systems, Visual 99, Springer, Lecture Notes in Computer Science, 1614, pp.427-434, June 1999.

[10] Greg Pass, Ramin Zabih, and Justin Miller: "Comparing images using color coherence vectors," In Proceedings of ACM Multimedia 96, Boston MA USA, pp. 65-73, 1996.

[11] Greg Pass and Ramin Zabih: "Histogram Refinement for Content-Based Image Retrieval," Workshop on Applications of Computer Vision, 1996.

[12] Markus Stricker and Alexander Dimai: "Color Indexing with Weak Spatial Constraints," SPIE Conference, San Jose, CA February 1996.

[13] W.Hsu, T.S.Chua and H.K.Pung: "An Integrated Color-spatial Approach to Content-based Image Retrieval," The ACM Multimedia Conference, pp. 305-313, 1995.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน	นางสาวสุธาสินี ฉิมเล็ก
วัน/เดือน/ปีเกิด	27 สิงหาคม 2517 ที่จังหวัดพิษณุโลก
วุฒิการศึกษา	ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต(วิทยาการคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2538
ประสบการณ์ทำงาน	ปี 2539 เข้าทำงานที่บริษัททีเอ็นอินฟอร์เมชั่นซิสเต็ม ตำแหน่งซอฟต์แวร์เอนจิเนียร์ ปี 2541 เข้าทำงานที่สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก ตำแหน่งอาจารย์ ปัจจุบันรับทุนโครงการพัฒนาอาจารย์ในระดับปริญญาโทของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้