สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานโครงการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2545

เรื่อง

วิธีการค้นคืนรูปภาพโดยเนื้อหา
Content-Based Image Retrieval Scheme

โดย

วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

พ.ศ. 2546

RCH
TA
1637
.I5595
เลขหมู่.....
54573
เลขทะเบียน.....
21 ม.ค. 2548
วัน.เดือน.ปี.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

วิธีการค้นคืนรูปภาพโดยเนื้อหา

Content-Based Image Retrieval Scheme

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการค้นคืนภาพจากฐานข้อมูลโดยการใช้เทคนิคของคอนเท็นเบส โดยการสร้างดัชนีรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมร่วมกับโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ทั้งข้อมูลสีและข้อมูลเชิงพื้นที่ของรูปภาพ โดยที่ออร์โตโครรีโลแกรมเป็นกราฟหรือตารางที่แสดงสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของพิกเซลที่มีสีเหมือนกันกับระยะห่างระหว่างพิกเซลที่มีสีเหมือนกัน ส่วนโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีเป็นกราฟหรือตารางที่แสดงสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของความแตกต่างของค่าสีของสองพิกเซลใดๆ กับระยะห่างระหว่างพิกเซลนั้น ผลการทดลองพบว่าวิธีการนี้สามารถค้นคืนรูปภาพที่มีมุมมองที่แตกต่างกันที่อยู่ในสถานที่เดียวกันและรูปภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้ และการนำหลักการดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับการประมวลผลแบบขนาดด้วยวิธีการของ พีวีเอ็ม โดยใช้ ซีพียู สองตัว พบว่าสามารถช่วยเพิ่มความเร็วในการค้นหาภาพได้ประมาณ เกือบสองเท่าเมื่อเทียบกับการประมวลผลด้วยซีพียูเพียงตัวเดียว

ABSTRACT

The research presents the method for searching an image in the database with the technique of content-based. The scheme is the combination of the autocorrelogram and color difference correlograms for image indexing and retrieval. 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 scheme is also implemented by using parallel processing, PVM. On the test with two CPUs, it can speed up the retrieval time approximately two times when comparing with that of one CPU.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความช่วยเหลือของบุคคลหลายคน ได้แก่ นางสาวสุธาสินี ฉิมเล็ก และนายเธียรชัย พัฒนศิริเวคิน ที่ช่วยในการพัฒนาโปรแกรมและเก็บข้อมูลการทดลอง ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.3 ระเบียบวิธีวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีหรือกรอบแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การทำดัชนีเพื่อการสืบค้น (Content-based indexing method)	3
2.2 การแทนด้วยพื้นผิว (Texture representation)	4
2.3 การแทนด้วยรูปร่าง (Shape Representation)	4
2.4 การค้นคืนข้อมูลรูปภาพ (Image Retrieval Strategies)	4
2.5 ระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพในปัจจุบัน	5
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
บทที่ 3 พัฒนาระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพ	9
3.1 การทำดัชนีรูปภาพ	9
3.2 การค้นคืนข้อมูลรูปภาพ	14
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	16
บทที่ 5 สรุปผลและการพัฒนาในอนาคต	25
เอกสารอ้างอิง	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 แสดงรูปภาพตัวอย่างที่ใช้ในการคิวรี่และรูปภาพผลลัพธ์ที่ถูกต้องของการคิวรี่ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
3.1 แสดงพิกเซลของรูปภาพที่เป็นตัวอย่างในการคำนวณหาค่าโครรีโลแกรมของสี	10
3.2 รูปภาพตัวอย่าง 2 รูป	11
3.3 ออร์โตโครรีโลแกรมของรูปภาพตัวอย่าง	12
3.4 รูปภาพตัวอย่างและโครรีโลแกรมความแตกต่างของสีของรูปตัวอย่างทั้งสอง	13
5.1 ภาพที่จะทำการค้นหาในฐานข้อมูล	25
5.2 ผลลัพธ์จากการค้นหา	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันได้มีการประยุกต์การใช้งานเกี่ยวกับรูปภาพเพิ่มขึ้นอย่างมากมาย และใช้กันอย่างกว้างขวาง ทำให้มีการจัดเก็บข้อมูลรูปภาพเหล่านี้ไว้ในฐานข้อมูลรูปภาพ ซึ่งนับวันก็จะมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ จึงทำให้เกิดความจำเป็นต้องมีระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพ (Image Retrieval System) ที่มีประสิทธิภาพที่สามารถค้นคืนรูปภาพตามที่ผู้ใช้ต้องการได้ ซึ่งโดยทั่วไประบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพจะประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ การทำดัชนี (indexing) และการค้นหา (searching) ในกระบวนการทำดัชนีคือการดึงลักษณะสำคัญ (feature vector) ของรูปภาพแต่ละรูปในฐานข้อมูลออกมาแล้วจัดเก็บไว้ ส่วนกระบวนการค้นหาคือการนำรูปภาพที่จะใช้คิวรี่มาคำนวณหาเวกเตอร์ของลักษณะสำคัญแล้วนำไปเปรียบเทียบกับเวกเตอร์ของลักษณะสำคัญของรูปภาพที่อยู่ในฐานข้อมูล ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นรูปภาพที่มีความคล้ายคลึงกับรูปภาพที่นำมาคิวรี่[1]

ในปัจจุบันระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่นิยมใช้คือ 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]

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นในการพัฒนาและสร้างระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพแบบคอนเท็นท์เบสท์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่ต้องการได้จากฐานข้อมูลรูปภาพที่จำนวนรูปภาพจำนวนมากให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

(1) เพื่อศึกษาระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพแบบ Content Base Image Retrieval (CBIR)

(2) เพื่อพัฒนาระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่ใช้เนื้อหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

(1) ได้ศึกษาถึงผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพและปัญหาที่เกิดขึ้นสำหรับระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพ และ เทคนิคต่างๆที่ใช้ในการพัฒนาระบบการค้นคืนข้อ มูลรูปภาพแบบ CBIR

(2) เป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

3. ระเบียบวิธีวิจัย

1) ศึกษาบทความและผลงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

2) ออกแบบอัลกอริทึมในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพ

3) พัฒนาโปรแกรมเพื่อค้นคืนข้อมูลรูปภาพ

4) ทดลองค้นคืนรูปภาพ

5) สรุปผลการดำเนินงานและจัดทำเอกสารงานวิจัย

4. ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาและพัฒนาโปรแกรมต้นแบบระบบการค้นคืนสารสนเทศโดยเน้นที่การใช้สีของภาพสำหรับฐานข้อมูลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีหรือกรอบแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

การสืบค้นข้อมูลแบบคอนเทนท์เบสเป็นปัจจัยสำคัญที่จะต้องพิจารณาในระบบจัดการฐานข้อมูล มันต้องการการดึงคุณลักษณะ (extraction of feature) ออกจากรูปแบบเดิมโดยอาศัยกระบวนการในการสร้างฐานข้อมูล

การจัดเก็บข้อมูลสื่อประสมและการค้นคืนข้อมูล(retrieval) ตลอดจนความต้องการในการนำเสนอข้อมูลแบบสื่อประสม มีลักษณะที่แตกต่างจากข้อมูลแบบเดิมหรือแบบที่มีอยู่ก่อนที่จะอยู่ในรูปแบบของข้อความ(text) เท่านั้น การจัดเก็บข้อมูลเหล่านี้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถจัดการกับข้อมูลที่มาจากหลายๆแบบได้จึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็น การจัดเก็บข้อมูลเหล่านี้โดยการให้ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดคำสำคัญ(keyword) เพื่อประโยชน์ในการสืบค้นข้อมูลนั้น เป็นสิ่งที่ยุ่งยาก และต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ความชำนาญ และมีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาที่จะทำการจัดเก็บด้วย ในกรณีของข้อมูลสื่อประสม เช่น การให้คำสำคัญของการจัดเก็บข้อมูลรูปภาพเป็นต้น จะเห็นว่าจะกระทำได้ยากเนื่องจากอาจมีองค์ประกอบของความรู้สึกเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย และรูปภาพต่างๆอาจมีความคล้ายคลึงกันตามดุลพินิจของแต่ละบุคคล ปัจจุบันข้อมูลในรูปของสื่อประสมเหล่านี้นับวันก็จะมีเข้ามามีบทบาทและเกี่ยวข้องกับการทำงาน การจัดเก็บข้อมูล และที่สำคัญที่สุดก็คือการค้นคืนข้อมูลเหล่านี้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการศึกษาและพัฒนาระบบการค้นคืนข้อมูลในฐานข้อมูลสื่อประสมจึงมีความสำคัญและความจำเป็นอย่างมาก

2.1 การสร้างดัชนีเพื่อการสืบค้น (Content-based indexing method)

"content-based image retrieval (CBIR) system เป็นระบบที่ต้องการประสิทธิผลและประสิทธิภาพในการใช้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้" (A content-based image retrieval (CBIR) system is required to effectively and efficiently use information from repositories) เช่น ระบบที่ช่วยผู้ใช้ค้นคืนรูปภาพที่ต้องการจากสิ่งที่อยู่ในรูปภาพ ถ้าจะกล่าวโดยทั่วไปแล้วการพัฒนาของ content-based retrieval จะหมายถึงการดัชนีอัตโนมัติ (automatic indexing) โดยใช้การดึงลักษณะสำคัญของรูปภาพและ การวิเคราะห์ วิธีการแทนคอนเทนต์ของรูปภาพที่ได้จากการดึงลักษณะสำคัญของรูปภาพ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเทคนิคที่ใช้กันโดยทั่วไป คือ สี (color) พื้นผิว (texture) และรูปร่าง (shape)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การแทนด้วยพื้นผิว (Texture representation)

ลักษณะของพื้นที่ผิวได้มีการใช้กันอย่างกว้างขวางในการแบ่งส่วนของรูปภาพ (region segmentation) ซึ่งโดยทั่วไปจะแบ่งพื้นที่ผิวของรูปภาพออกเป็น 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 เป็นเทคนิคที่ใช้พื้นฐานของฟังก์ชั่นออร์โตโครรีเลชั่นของพื้นที่หรือการยกกำลังของการกระจายใน Fourier transform domain
- structural เป็นเทคนิคที่อธิบายลักษณะพื้นผิวของรูปภาพโดยใช้รูปแบบหรือโครงสร้างของพื้นผิวที่มีอยู่แล้วที่สามารถเข้ากับพื้นผิวของรูปภาพได้

2.3 การแทนด้วยรูปร่าง (Shape Representation)

เทคนิคสำหรับการวิเคราะห์รูปร่างได้รับความสนใจกันอย่างกว้างขวาง โดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 วิธีในการแทนลักษณะสำคัญของรูปร่างคือ boundary-based และ region-based ซึ่งวิธีนี้จะใช้กำหนดโครงสร้างของรหัสของรูปภาพ (image coding) เพื่อแทนคอนเทนต์ของรูปภาพ

2.4 การค้นคืนรูปภาพจากคอนเท็นท์ (Quey By Image Content)

การค้นคืนรูปภาพจากคอนเท็นท์ เป็นการค้นคืนรูปภาพจากลักษณะสำคัญที่อยู่ในรูปภาพ เช่น สี รูปภาพ พื้นผิวเป็นต้องซึ่งมีวิธีคิวรี่หลายรูปแบบดังนี้

2.4.1 **การคิวรี่โดยใช้รูปภาพตัวอย่าง** (Query by Image Example)

การคิวรี่แบบนี้จะยอมให้ผู้ใช้เลือกรูปภาพที่จะใช้เป็นรูปภาพตัวอย่างในการคิวรี่ และระบบจะวัดความคล้ายคลึงระหว่างรูปภาพตัวอย่างกับรูปภาพที่จัดเก็บไว้ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเรียงตามลำดับความคล้ายคลึง

2.4.2 **การคิวรี่รูปภาพโดยการกำหนดค่า** (Query by Image Specification)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 **การคิวรี่รูปภาพโดยใช้การวาดรูปของผู้ใช้** (Query by User Construction)

เป็นคิวรี่ที่ให้ผู้ใช้สร้างสร้างคอนเท็นต์ของรูปภาพโดยคร่าวๆ จากเครื่องมือวาดรูป ตัวอย่างเช่น ระบบค้นค้นที่ชื่อ DrawSearch ที่ให้ผู้ใช้วาดรูปและเลือกสีของรูปภาพ แล้วระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพจากรูปที่ผู้ใช้วาดโดยใช้ลักษณะสำคัญของสีและรูปร่างของรูปที่วาด

2.4.4 Relevance Feedback – Query Refinement

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

2.5 ระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพในปัจจุบัน

ในหลายปีที่ผ่านมาได้มีระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพแบบคอนเท็นท์เบสท์ที่มีการพัฒนาทั้งในทางด้านธุรกิจและทางการศึกษา ดังต่อไปนี้

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

2.5.2 Virage : VIR เป็นระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่ถูกพัฒนาจากบริษัท Virage ซึ่งมีลักษณะการค้นคืนข้อมูล รูปภาพคล้ายคลึงกับระบบ QBIC ใช้ลักษณะสี ลักษณะเชิงพื้นที่ของสี รูปร่างและพื้นผิวของ รูปภาพ ซึ่งสามารถดูรายละเอียดของระบบนี้ได้ที่ http://www.virage.com/

2.5.3 Pichunter เป็นระบบที่พัฒนาโดยสถาบันวิจัยของ NEC ซึ่งใช้คุณสมบัติของรูปภาพแบบง่ายๆ เช่น อัตราส่วนของขนาดรูปภาพ เปอร์เซนต์ของสีและค่าทางสถิติทั้งหมดของสี

2.5.4 VisualSeek เป็นระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัยโคลัมเบีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งระบบ VisualSeek ได้ออกแบบหน้าจอให้ผู้ใช้สามารถวาดรูปเพื่อใช้ในการคิวรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ ซึ่งเรียกว่า "Colour Region Queries" โดยยอมให้ผู้ใช้สามารถกำหนดตำแหน่ง ขนาดและสีของคอนเท็นท์ที่จะใช้ในการคิวรี่ได้และยังสามารถค้นหาโดยให้คำสำคัญได้อีกด้วย ซึ่งสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ http://www.ctr.columbia.edu/VisublSeek/

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

2.5.6 Photobook เป็นระบบที่พัฒนาโดยห้องวิจัยข้อมูลสื่อผสม MIT ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งประกอบด้วยหน้าจอสำหรับการเลือกและค้นหารูปภาพโดยใช้ลักษณะสำคัญพื้นฐานต่างๆ เช่น สีและพื้นผิว โดยจะมีการแบ่งรูปภาพออกเป็นส่วนและให้สัญลักษณ์โดยอัตโนมัติสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมของระบบนี้ได้ที่ http://vismod.www.media.mit.edu/~tpminka/photobook/

2.5.7 Blobworld เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นโดยภาควิชาคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยแคลิฟอลเนีย ประเทศเบอร์กาเรีย ระบบนี้จะค้นคืนรูปภาพโดยใช้ลักษณะสำคัญของสี พื้นผิว ตำแหน่ง ขอบเขตของรูปร่างและพื้นผิว โดยที่ผู้ใช้สามารถกำหมดความสำคัญของลักษณะสำคัญต่างๆ ได้ ซึ่งสามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมของระบบนี้ได้ที่ http://elib.cs.berkeley.edu/photos/blobworld/

2.5.8 MARS (Multimedia Analysis and Retrieval System) ระบบนี้พัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นระบบนี้จะค้นคืนรูปภาพโดยใช้ลักษณะสำคัญของสี พื้นผิว รูปร่าง โดยผู้ใช้สามารถคิวรี่โดยใช้รูปภาพตัวอย่าง หรือกำหนดสีและรูปร่างของรูปภาพ รวมทั้งสามารถการคิวรี่โดยใช้การคำนวณทางตรรกะ (Boolean operator) ซึ่งแสดงการคิวรี่โดยใช้ลักษณะสำคัญของรูปร่างของรูปภาพตัวอย่าง โดยสามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมของระบบนี้ได้ที่ http://www.ifp.uiuc.edu/~yrui/html/research.html/

2.5.9 MetaSeek เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นโดย Image and Advanced Television Lab มหาวิทยาลับโคลัมเบีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นระบบที่ค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ลักษณะสำคัญของสีและพื้นผิว โดยการคิวรี่จะให้ผู้ใช้เลือกประเภทของรูปภาพ และกำหนดคำสำคัญหรือ URL ของรูปภาพ สามารหาข้อมูลเพิ่มเติมของระบบนี้ได้ที่ http://www.ctr.columbia.edu/metaseek/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพแบบคอนเท็นท์เบสท์ที่ใช้ลักษณะสำคัญของสีและข้อมูลเชิงพื้นที่มีดังต่อไปนี้

2.6.1 Image Indexing Using Color Correlogram

ผลงานวิจัยของ J. Huang, S. R. Kumar, M. Mitra, W.-J. Zhu และ R. Zabih [1] ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำเสนอลักษณะสำคัญของรูปภาพแบบใหม่ที่เรียกว่า "color correlogram" ซึ่งประกอบด้วยสหพันธ์เชิงพื้นที่ของสี ทำให้มีประสิทธิภาพในการแยกความแตกต่างของรูปภาพและแก้ไขข้อเสียของฮีสโตแกรม นอกจานั้นโครรีโลแกรมของสีมีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของรูปภาพ ทำให้สามารถค้นคืนรูปภาพรูปภาพที่มีมุมมองที่แตกต่างกันที่อยู่ในสถานที่เดียวกันและรูปภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้

2.6.2 Color Indexing with Weak Spatial Constraints

ผลงานวิจัยของ Markus Stricker และ Alexander Dimai [12] ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการที่ช่วยเพิ่มความชัดเจนในการดัชนีสีโดยรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ในการดัชนีรูปภาพ โดยจะแบ่งพื้นที่ในรูปภาพออกเป็น 5 ส่วนที่ซ้อนทับกัน ซึ่งเรียกว่า "fuzzy regions" และดึงการกระจายของ 3 สีแรกที่สำคัญมาจัดเก็บเป็นดัชนี ซึ่งการเปลี่ยนแปลงและการหมุนภาพเพียงเล็กน้อยจะไม่มีผลต่อเวกเตอร์ลักษณะสำคัญนี้

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

ผลงานวิจัยของ W.Hsu, T.S.Chua และ H.K.Pung [13] ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคของการรวมข้อมูลสีและข้อมูลเชิงพื้นที่ของรูปภาพเข้าด้วยกัน โดยเทคนิคนี้ประกอบด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอนดังนี้ การเลือกเซตของสี การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ของสีที่เลือก และกระบวนการค้นคืนโดยใช้การรวมข้อมูลสีและข้อมูลเชิงพื้นที่เข้าด้วยกัน (integrated color-spatial information)

2.6.4 Histogram Refinement for Content-Based Image Retrieval

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานวิจัยของ Greg Pass และ Ramin Zabih [10] ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคสำหรับเปรียบเทียบรูปภาพที่เรียกว่า "histogram refinement" ซึ่งกำหนดให้มีเงื่อนไขเพิ่มขึ้นในการเปรียบเทียบฮีสโตแกรม โดยเทคนิคนี้จะแบ่งพิกเซลออกเป็นหลายๆ ประเภทตามคุณสมบัติเฉพาะพื้นที่ (local property) งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่ากระบวนการของ histogram refinement สามารถใช้แยกความ แตกต่างของรูปภาพที่มีฮีสโตแกรมที่เหมือนกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การพัฒนาระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพ

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้คอนเท็นท์ของรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี[14] ซึ่งเป็นระบบที่พัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้สำหรับค้นคืนรูปภาพโดยใช้คอนเท็นท์ของรูปภาพ โดยที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดรูปภาพตัวอย่างที่ใช้ในการค้นหาภาพในฐานข้อมูล โดยลักษณะสำคัญที่ใช้ในการดัชนีและค้นคืนข้อมูลรูปภาพคือออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญที่ได้รวมสีและข้อมูลเชิงพื้นที่ของรูปภาพเข้าด้วยกัน ทำให้สามารถค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่อยู่สถานที่เดียวกัน แต่มุมมองแตกต่างกัน รวมไปถึงรูปภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงไปด้วยวิธีต่างๆ ได้ดี เช่น การหมุน การย่อและขยาย เป็นต้น

ระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ 2 ขั้นตอน คือ การทำดัชนีของรูปภาพ และการค้นคืนข้อมูลรูปภาพ

3.1 การทำดัชนีรูปภาพ

ในงานวิจัยนี้ได้สร้างดัชนีรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมร่วมกับโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีซึ่งเป็นดัชนีของรูปภาพจะ ถูกจัดเก็บลงฐานข้อมูลเพื่อที่นำไปใช้ในขั้นตอนของการค้นคืนข้อมูลรูปภาพที่ผู้ใช้ต้องการ

3.1.1 การกรองสี (Color Filtering)

เป็นขั้นตอนในการแบ่งสีของรูปภาพให้เป็นไปตามระดับสีที่กำหนด โดยในงานวิจัยนี้ได้แบ่งค่า RGB ของรูปภาพออกเป็น 64 ระดับ เพื่อลดความซับซ้อนและเวลาในการทำดัชนี

3.1.2 ออร์โตโครรีโลแกรม (Autocorrelogram)

ออร์โตโครรีโลแกรมเป็นซับเซตของโครรีโลแกรมของสี [1] ซึ่งโครรีโลแกรมของสีของรูปภาพคือกราฟหรือตารางที่แสดงสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (spatial correlation) ของคู่สีที่แตกต่างกันกับระยะห่างระหว่างคู่สีนั้น โดยจะแตกต่างจากฮีสโตแกรมของสีที่เป็นเพียงการหาค่าความน่าจะเป็นของสีในรูปภาพ เท่านั้นซึ่งไม่ได้รวมข้อมูลสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่

กำหนดให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I คือรูปภาพขนาด $n_1 \times n_2$

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

p(x, y) คือพิกเซลที่จุด x กับ y

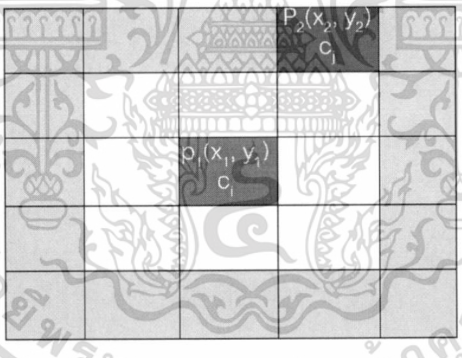
C(p) คือสีของพิกเซล p

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 3.1 แสดงพิกเซลของรูปภาพที่เป็นตัวอย่างในการคำนวณหาค่าโครรีโลแกรมของสี

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $\Gamma_{c_i,c_j}^{(k)}(I) \cong |\{p_1 \in I_{c_i}, p_2 \in I_{c_j}, |p_1 - p_2| = k\}|$ 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

$$\alpha_c^{(k)}(I) \cong \gamma_{c,c}^{(k)}(I) \quad (3.3)$$

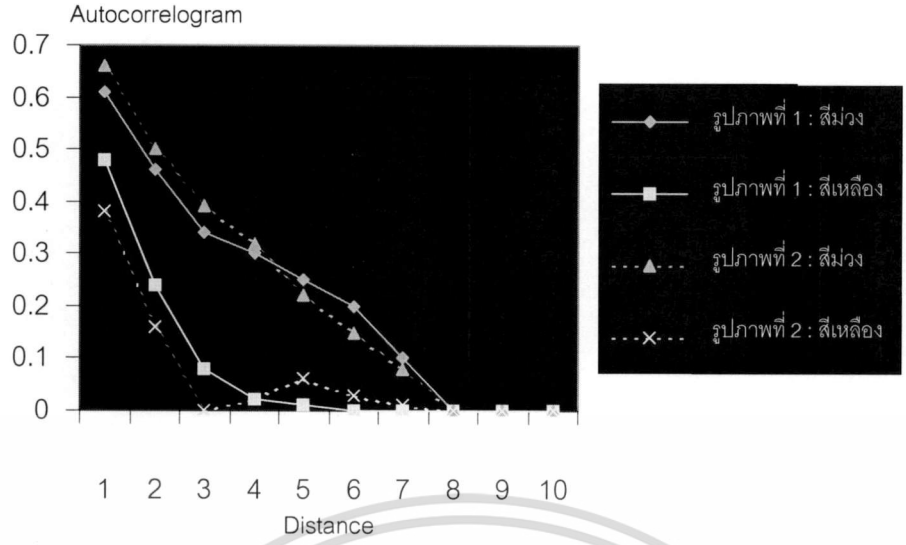
เนื่องจากออร์โตโครรีโลแกรมเป็นสหสัมพันธ์เฉพาะพื้นที่ (local correlation) ของสีที่มีความสำคัญมากกว่าสหสัมพันธ์ของทั้งหมด (global correlation) ในรูปภาพ และค่า d น้อยๆ ก็เพียงพอสำหรับการหาสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ซึ่งทำให้ออร์โตโครรีโลแกรมมีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงของรูปภาพมากกว่าเทคนิคอื่นที่ใช้ พื้นฐานของคุณสมบัติเฉพาะที่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

ตัวอย่าง ออร์โตโครรีโลแกรมของรูปตัวอย่าง 2 รูปที่มีฮีสโตแกรมของสีเหมือนกัน 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 3.2 รูปภาพตัวอย่าง 2 รูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ออร์โตโครรีโลแกรมของรูปภาพตัวอย่าง

3.1.3 **โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี** (color difference correlogram: CDC)

โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีคือกราฟหรือตารางที่แสดงสหสัมพันธ์ของความแตกต่างของค่าสีของพิกเซลใดๆ กับระยะห่างของพิกเซลนั้น โดยที่โครรีโลแกรมของความแตกต่างของสีได้นำแนวคิดของโครรีโลแกรมของสีและทฤษฎีของฮีสโตแกรมของความแตกต่างของระดับสีเทา [10, 12] (histogram of grey-level difference) มาประยุกต์ใช้เพื่อให้สามารถค้นคืนรูปภาพที่มีสีที่ แตกต่างกันแต่เป็นรูปภาพเดียวกัน

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

สามารถคำนวณหาค่าความแตกต่างของค่าสีระหว่างสีของพิกเซล 2 พิกเซลที่มีระยะห่างเท่ากับ คือการนำเอาค่าดัชนีของ 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 $diff_i$ คือค่าความน่าจะเป็นที่จะพบพิกเซลที่มีค่าความแตกต่างของ ค่าสีเท่ากับ $diff_i$ ห่างจากพิกเซลในรูปภาพที่หยิบขึ้นมาเท่ากับ k หรืออาจจะกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่า ค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีคือค่าความน่าจะเป็นที่จะพบพิกเซลที่มีค่าความแตกต่างของค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีเท่ากับ $diff_i$ ที่ระยะห่าง k จากพิกเซลที่กำลังพิจารณา แสดงดังรูปที่ 3.2 โดยที่ $p_1(x_1, y_1)$ เป็น พิกเซลที่กำลังพิจารณา และ $p_2(x_2, y_2)$ เป็นพิกเซลค่าผลต่างของ $|C(p_1) - C(p_2)|$ เท่ากับ $diff_i$ และระยะห่างระหว่างทั้งสองพิกเซลเท่ากับ k

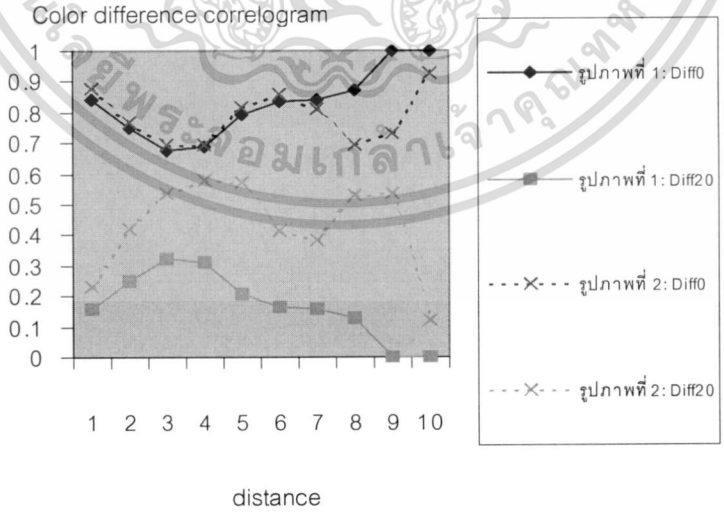
โครรีโรแกรมความแตกต่างของค่าสีคือ

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

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

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) ที่มีฮีสโตแกรมเหมือนกัน จะได้โครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยที่มีความแตกต่างของค่าสี 2 ค่าคือ $diff_0$ และ $diff_{20}$



รูปที่ 3.4 รูปภาพตัวอย่างและโครรีโลแกรมความแตกต่างของสีของรูปตัวอย่างทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ค่าของออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพจะถูกจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล

3.2 การค้นคืนข้อมูลรูปภาพ

การค้นคืนข้อมูลรูปภาพของระบบการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี เป็นการค้นคืนข้อมูลรูปภาพแบบใช้รูปภาพตัวอย่าง โดยให้ ผู้ใช้นำรูปตัวอย่างมาเพื่อค้นคืนหารูปภาพในฐานข้อมูลที่คล้ายคลึงกับรูปภาพตัวอย่าง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ เมื่อผู้ใช้เลือกรูปภาพตัวอย่างที่จะใช้ในการค้นคืนรูปภาพจาก ฐานข้อมูลที่มีอยู่ได้แล้วระบบจะทำการกรองสี คำนวณหาออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพตัวอย่าง ซึ่งเหมือนกับขั้นตอนในการทำดัชนีรูปภาพ แต่ในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพจะนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรม ความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพในฐานข้อมูล โดยใช้กระบวนการที่เรียกว่า "การวัดความแตกต่าง (Distance Measure)" ซึ่งรูปภาพในฐานข้อมูลที่มีความคล้ายคลึงกับรูปภาพตัวอย่างมาก ๆ จะมีค่าความแตกต่างน้อยๆ

3.2.1 การวัดความแตกต่าง (Distance Measures)

ในงานวิจัยนี้จะเปรียบเทียบออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพตัวอย่างที่นำมาคิวรี่กับออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของสีของรูปภาพที่อยู่ในฐานข้อมูลโดยใช้ d_1 (d_1 distance measure) [3] ซึ่งได้ประยุกต์มาจากการวัดความ แตกต่างแบบ L_1 (L_1 distance measure) เพื่อทำให้อยู่ในมาตราฐานเดียวกัน

ตัวอย่างเช่น ถ้าเราพิจารณารูปภาพ 2 คู่คือ (I_1,I_2) (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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ส่วน d1 สำหรับออร์โตโครรีโลแกรมร่วมกับโครรีโลแกรมความแตกต่างของสีคือ

$$d_1(\gamma, CDC) = d_1(\gamma) + d_1(CDC) \quad (3.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

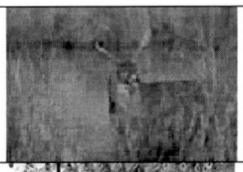
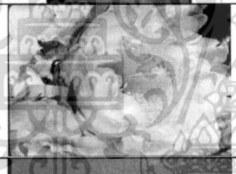
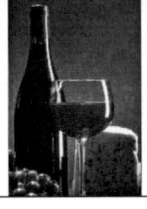
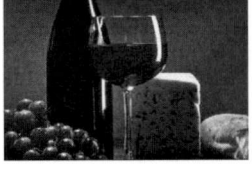
การทดลองและผลการทดลอง

ในการทดลองระบบค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีโดยใช้โปรแกรมไมโครซอต์ฟวิชวลเบสิก เวอร์ชั่น 6.0 (Microsoft Visual Basic 6.0) และจัดเก็บข้อมูลโดยใช้ฐานข้อมูลของไมโครซอต์ฟเอ็กเซส 97 (Microsoft Access 97) ซึ่งเป็นการพัฒนาเพิ่มเติมจาก [14]. ในการทดลองนี้จะวัดประสิทธิภาพในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยใช้ Ranking Measures [3] และ ผลจากการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงรูปภาพตัวอย่างที่ใช้ในการคิวรี่และรูปภาพผลลัพธ์ที่ถูกต้องของการคิวรี่

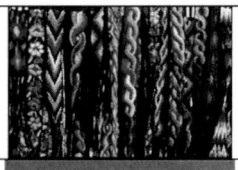
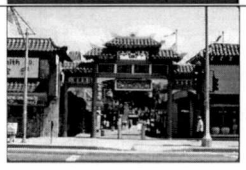
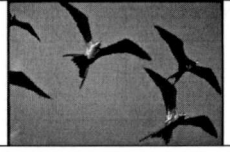
ชื่อรูปภาพตัวอย่าง	รูปภาพตัวอย่าง	รูปภาพผลลัพธ์
Q1.JPG		
Q3.JPG		
Q4.JPG		
Q6.JPG		
Q7.JPG		
Q8.JPG		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

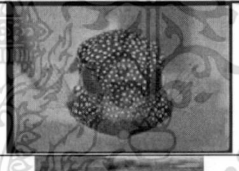
Q9.JPG		
Q11.JPG		
Q12.JPG		
Q13.JPG		
Q14.JPG		
Q15.JPG		
Q16.JPG		
Q17.JPG		
Q18.JPG		
Q19.JPG		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

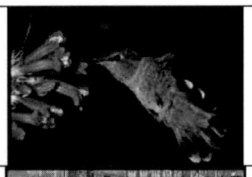
54573

Q20.JPG		
Q21.JPG		
Q22.JPG		
Q24.JPG		
Q25.JPG		
Q26.JPG		
Q27.JPG		
Q28.JPG		
Q29.JPG		
Q30.JPG		

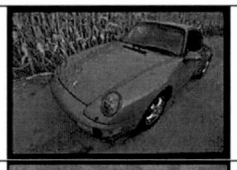
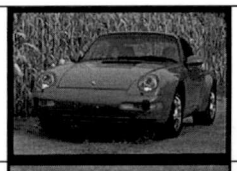
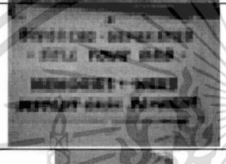
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q31.JPG		
Q32.JPG		
Q33.JPG		
Q34.JPG		
Q37.JPG		
Q38.JPG		
Q41.JPG		
Q42.JPG		
Q43.JPG		
Q45.JPG		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q46.JPG		
Q49.JPG		
Q51.JPG		
Q52.JPG		
Q53.JPG		
Q54.JPG		
Q55.JPG		
Q56.JPG		
Q57.JPG		

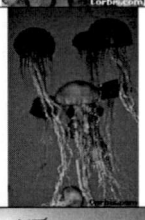
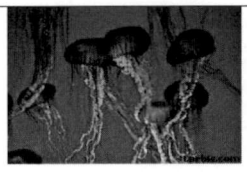
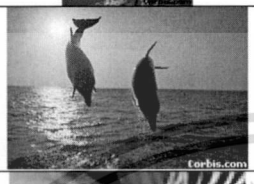
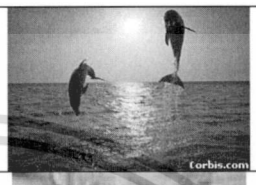
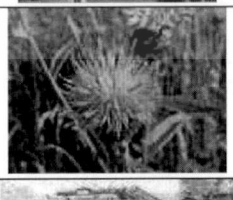
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q59.JPG		
Q60.JPG		
Q61.JPG		
Q62.JPG		
Q63.JPG		
Q64.JPG		
Q65.JPG		
Q66.JPG		
Q67.JPG		
Q68.JPG		
Q69.JPG		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q70.JPG		
Q71.JPG		
Q72.JPG		
Q73.JPG		
Q74.JPG		
Q75.JPG		
Q76.JPG		
Q77.JPG		
Q78.JPG		
Q79.JPG		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q80.JPG		
Q81.JPG		
Q82.JPG		
Q83.JPG		
Q84.JPG		
Q85.JPG		
Q86.JPG		
Q87.JPG		
Q88.JPG		
Q89.JPG		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

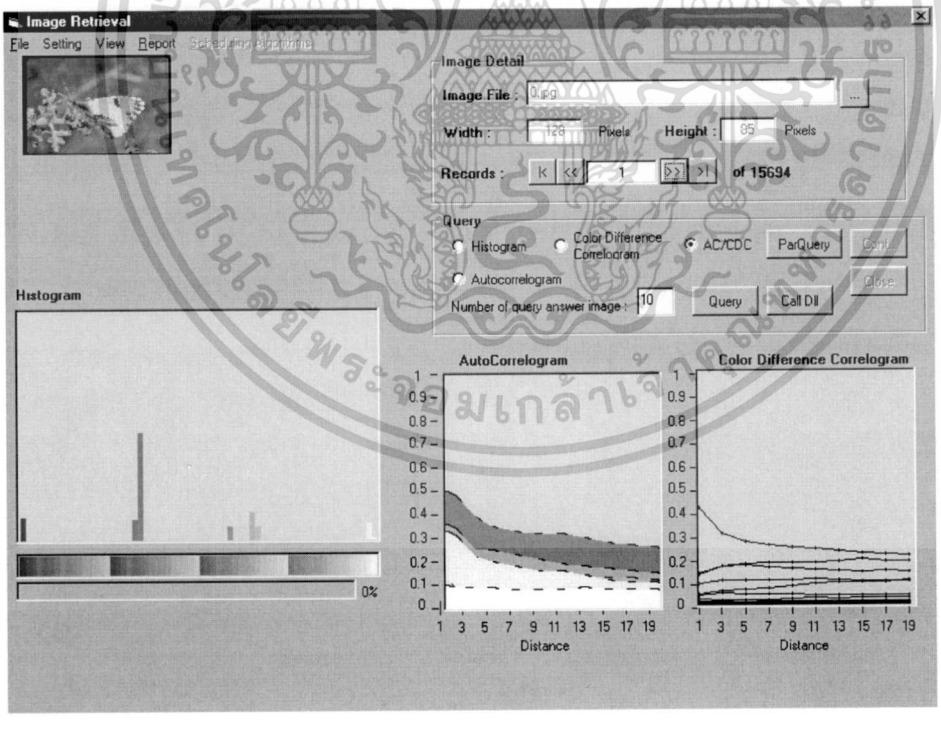
Q90.JPG		
Q91.JPG		
Q93.JPG		
Q94.JPG		
Q95.JPG		
Q96.JPG		
Q97.JPG		
Q98.JPG		
Q99.JPG		
Q100.JPG		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและการพัฒนาในอนาคต

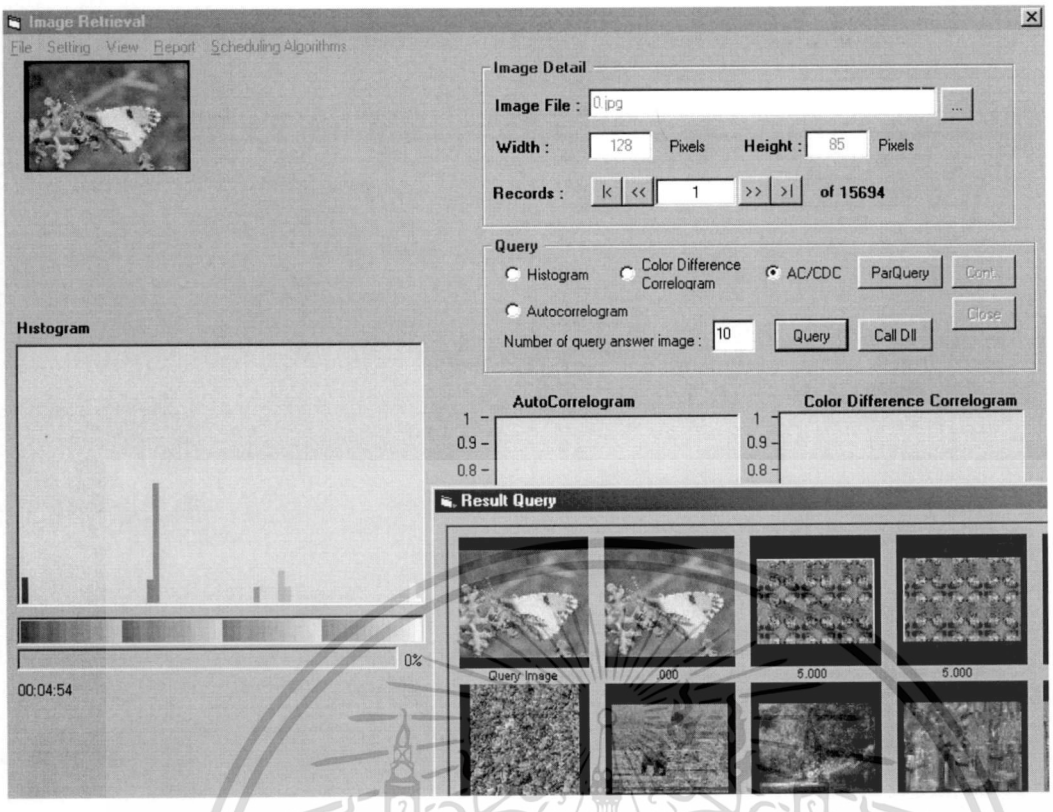
จากผลการทดลองจากการคิวรี่พบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถทำการค้นหารูปภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉลี่ยจะสามารถค้นหาภาพที่ใกล้เคียงที่สุดกับภาพตัวอย่างที่ป้อนเข้าไป ในประมาณ 3 แรก เวลาโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการคำนวณและบันทึกค่าออร์โตโครรีโลแกรม และค่าโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพในฐานข้อมูล ประมาณภาพละ 20 วินาที ส่วนเวลาที่ใช้ในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพคือประมาณรูปละ 4 นาที ซึ่งถือว่าค่อนข้างช้า เนื่องจากต้องมีการเปรียบเทียบค่าออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปตัวอย่างกับค่าออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสีของรูปภาพทุกรูปในฐานข้อมูล

ทางผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงโปรแกรมดังกล่าวเพื่อให้สามารถ ทำการประมวลผลแบบขนาน (Parallel processing) โดยใช้เทคนิคของ PVM เข้ามาช่วยเพิ่มความรวดเร็วในการค้นคืนข้อมูลรูปภาพ และจากการทดลองกับฐานข้อมูลขนาด 15,000 ภาพ โดยใช้ CPU 2 ตัว ที่มีประสิทธิภาพเท่ากัน ผลปรากฏว่าสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง และ มีความเร็วเฉลี่ยเพิ่มขึ้นประมาณเกือบสองเท่าเมื่อเทียบกับการประมวลผลด้วย เครื่องเพียงเครื่องเดียว ดังแสดงในรูป ที่ 5.1 และ 5.2



รูปที่ 5.1 ภาพที่จะทำการค้นหาในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 ผลลัพธ์จากการค้นหา

จากผลการทดลองข้างต้น ทำให้สามารถสรุปได้ว่าวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้เพื่อทำการค้นหาภาพในฐานข้อมูล โดยใช้ออร์โตโครรีโลแกรมร่วมกับโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี สำหรับดึงข้อมูลสีและข้อมูลเชิงพื้นที่ของรูปภาพเพื่อดัชนีและค้นคืนรูปภาพ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นคืนข้อมูล รูปภาพที่มีสิ่งแวดล้อมเดียวกันแต่ต่างมุมมองและรูปภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้ เนื่องจากวิธี การนี้มีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของรูปภาพ เช่น การย่อขยายรูปภาพ การหมุน รูปภาพ และการเปลี่ยนแปลงสีของรูปภาพด้วย

ในการพัฒนาในอนาคตจะได้มีการปรับปรุงแก้ไขอัลกอริทึม ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น พร้อมกับพัฒนาเทคนิคที่จะทำให้การค้นคืนในลักษณะของการประมวลผลแบบขนานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ตลอดจนการนำไปใช้งานจริงต่อไป.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

[14] สุธาสินี ฉิมเล็ก, "การค้นคืนข้อมูลรูปภาพโดยออร์โตโครรีโลแกรมและโครรีโลแกรมความแตกต่างของค่าสี", สจล. พ.ศ. 2545"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้