การค้นคืนภาพเชิงเนื้อหาโดยใช้ 2-แกรมของรหัสเชิงคำของ ซุปเปอร์พิกเซลเพื่อนบ้านตามเข็มนาฬิกา

ณฐวร ตันเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศ)
คณะสถิติประยุกต์
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
2558

การค้นคืนภาพเชิงเนื้อหาโดยใช้ 2-แกรมของรหัสเชิงคำของ
ซุปเปอร์พิกเซลเพื่อนบ้านตามเข็มนาฬิกา

ณฐวร ตันเจริญ
คณะสถิติประยุกต์

รองศาสตราจารย์.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ดร.สุรพงค์ เอื้อวัฒนามงคล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาแล้วเห็นสมควรอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศ)

รองศาสตราจารย์.....ประธานกรรมการ
(ดร.พิพัฒน์ หิรัณย์วณิชชากร)

รองศาสตราจารย์.....กรรมการ
(ดร. โอม ศรนิล)

รองศาสตราจารย์.....กรรมการ
(ดร.สุรพงค์ เอื้อวัฒนามงคล)

อาจารย์.....กรรมการ
(ดร.อรวรรณ เชาวลิต)

อาจารย์.....คณบดี
(ดร.ศิวิกา ดุษฎีโหนด)

ตุลาคม 2558

บทคัดย่อ

ชื่อวิทยานิพนธ์	การค้นคืนภาพเชิงเนื้อหาโดยใช้ 2-แกรมของรหัสเชิงคำของซุปเปอร์พิกเซลเพื่อนบ้านตามเข็มนาฬิกา
ชื่อผู้เขียน	นายณฐวร ตันเจริญ
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศ)
ปีการศึกษา	2558

การค้นคืนภาพด้วยเนื้อหา (Content Based Image Retrieval) นั้นจะต้องอาศัยการคำนวณหาค่าความคล้ายระหว่างภาพสอบถาม (Query Image) และรูปภาพในฐานข้อมูลเพื่อคัดเลือกรูปภาพในฐานข้อมูลที่มีความคล้ายกับภาพสอบถามให้มากที่สุด งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีหาค่าความคล้ายของรูปภาพแบบใหม่ที่คำนวณจาก 2-Gram หรือ Bigram ของรหัสเชิงคำ (Visual Word IDs) ของซุปเปอร์พิกเซล (Superpixel) เพื่อนบ้านตามเข็มนาฬิกา วิธีการนี้จะเริ่มจากการแบ่งรูปภาพแต่ละภาพในฐานข้อมูลมาออกเป็นส่วนเล็กๆที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ที่เรียกว่า ซุปเปอร์พิกเซล หลังจากนั้นทำการคำนวณหาเวกเตอร์เฉพาะ (Feature Vector) ของแต่ละซุปเปอร์พิกเซลของทุกรูปภาพในฐานข้อมูลจากลักษณะสีและลักษณะพื้นผิวของซุปเปอร์พิกเซล นำเวกเตอร์เฉพาะของซุปเปอร์พิกเซลทั้งหมดมาจัดกลุ่มด้วยวิธีการแบบ K-Means รหัสกลุ่มของแต่ละซุปเปอร์พิเซล จะใช้เป็นรหัสเชิงคำ ของซุปเปอร์พิกเซลนั้นๆ จุดศูนย์กลางของกลุ่มจะถูกเก็บไว้เพื่อใช้กำหนดรหัสเชิงคำของซุปเปอร์พิกเซลในภาพสอบถาม หลังจากนั้น 2-Gram ของรหัสเชิงคำ ของซุปเปอร์พิกเซลเพื่อนบ้านตามเข็มนาฬิกา ณ ซุปเปอร์พิกเซลใดๆในรูปภาพจะถูกนับเพื่อสร้าง Histogram การคำนวณหาค่าความคล้ายของภาพสองภาพใดๆ จะใช้ค่า Cosine Similarity ระหว่าง Histogram ของภาพทั้งสอง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอนี้ สามารถค้นคืนภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีการเดิมบางวิธีและเป็นไปได้ว่าอาจนำไปประกอบกับคุณสมบัติเฉพาะอื่นๆ ของภาพเพื่อทำให้การค้นคืนภาพมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นได้ในอนาคต

ABSTRACT

Title of Thesis	Content-Based Image Retrieval Using 2-Grams of Visual Word IDs of Clockwise Successive Neighbors of Superpixels
Author	Mr. Nattaworn Tancharoen
Degree	Master of Science (Computer Science and Information Systems)
Year	2015

For a content-based image retrieval system, the similarity value between a query image and any database image must be determined to select which database images are similar or relevant to the given query image. This research proposes a new method to determine the similarity value based on image features derived from 2-Grams or Bigram of visual word ids of superpixels. In this method, all images in the database are first segmented into small approximately equal size regions called superpixels. The feature vectors of all superpixels of database images are then constructed based on their colors and texture characrteristics. Based on their feature vectors, all superpixels are clustered using K-Means algorithm and each superpixel is assigned with its cluster id as its visual word id. The centers of the clusters are recorded to label superpixels of a future query image. For any image, the 2-grams of visual word ids of clockwise successive neighbors of any superpixel in the image are counted to create the 2-gram histogram or frequencies. This histogram can depict the composition of superpixels of the given image, hence can be used as a feature of the image for retrieval. The similarity value is calculated based on the histograms of the 2-grams of the two images. Experiment results show that the proposed method can be an alternative approach to represent an image for image retrieval since it outperforms some existing methods. It is possible that the proposed feature can be combined with other image features to form a better representation that can improve the performances of contented based image retrieval.

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพงค์ เอื้อวัฒนามงคล ที่ได้ให้คำแนะนำและชี้แนะในทุกด้าน และตรวจสอบวิทยานิพนธ์ในทุกขั้นตอน และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ หิรัณย์วณิชชากร และรองศาสตราจารย์ ดร.โอม ศรนิล ที่ได้แนะนำข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ตลอดจนกรุณาพิจารณาและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านจากสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ที่ได้ถ่ายทอดและสร้างความรู้ให้แก่ผู้เขียนและขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะสถิติประยุกต์ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในเรื่องการดำเนินการและการประสานงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการศึกษาในครั้งนี้เป็นอย่างดี

ท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนการศึกษาแก่ผู้เขียนจนสามารถเขียนวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้ และได้ให้กำลังใจแก่ผู้เขียนตลอดมา

ณฐวร ตันเจริญ

ตุลาคม 2558

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ **(3)**

ABSTRACT **(4)**

กิตติกรรมประกาศ **(5)**

สารบัญ **(6)**

สารบัญตาราง **(8)**

สารบัญภาพ **(9)**

บทที่ 1 บทนำ **1**

1.1 ความเป็นมาของปัญหาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 1

1.2 จุดประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง **5**

2.1 ภาพดิจิตอล 5

2.2 ภาพโทนสีเทา 5

2.3 ระบบสี (Color Space) ของภาพดิจิตอล 6

2.3.1 ระบบสีอาร์จีบี RGB 6

2.3.2 ระบบสี CIELAB หรือ Lab color space 6

2.4 การหาคุณสมบัติเฉพาะของพื้นผิวด้วยขั้นตอนวิธี Local Binary Pattern (LBP) 7

2.5 การจัดกลุ่มข้อมูลด้วยขั้นตอนวิธี K-Means 7

2.6 การสร้างซุปเปอร์พิกเซลด้วยขั้นตอนวิธี SLIC Superpixels 8

2.7 การหาค่าความใกล้เคียงด้วยสมการ Cosine Similarity 9

บทที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของระบบ **10**

3.1 การแบ่งพื้นที่ของภาพ 10

3.2 คุณสมบัติเฉพาะของซูเปอร์พิกเซล 10

3.3 การกำหนดรหัสเชิงคำของซุปเปอร์พิกเซล 12

3.4 การสร้าง 2-Grams ของรหัสเชิงคำของซุปเปอร์พิกเซลเพื่อนบ้าน 13

3.5 การเปรียบเทียบความเหมือน (Similarity) ระหว่างภาพ 14

บทที่ 4 ผลการทดลอง **15**

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ **23**

บรรณานุกรม **24**

ประวัติผู้เขียน **27**

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ Precision ที่ L = 20 16

4.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ Precision ที่ L = 100 17

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ภาพตารางข้อมูลที่เป็นภาพดิจิตอล 5

2.2 ภาพที่ถูกแปลงเป็นโทนสีเทา (Grayscale) 6

2.3 ตารางขนาด 3 x 3 เพื่อคำนวณหาค่า LBP 7

2.4 ตัวอย่างภาพที่ผ่านการสร้างซูเปอร์พิกเซล 9

3.2 ขั้นตอนหาค่าจากขั้นตอนวิธี Local Binary Pattern 11

3.3 ซุปเปอร์พิกเซลของภาพที่กำหนด 11

3.4 Connectivity Graph ของซูเปอร์พิกเซลจากภาพที่ 3.3 12

3.5 ซูเปอร์พิกเซลและ Visual Word IDs ที่กำหนดให้กับแต่ละซูเปอร์พิกเซล 12

3.6 ตัวอย่าง 2-Gram ของรหัสเชิงคำเพื่อนบ้านของซุปเปอร์พิกเซล 13

4.1 ตัวอย่างภาพจากฐานข้อมูลภาพ Corel-1K 15

4.2 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดชนเผ่าแอฟริกา 18

4.3 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดชายหาด 18

4.4 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดโบราณสถาน 19

4.5 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดรถบัส 19

4.6 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดไดโนเสาร์ 20

4.7 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดช้าง 20

4.8 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดดอกไม้ 21

4.9 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดม้า 21

4.10 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดภูเขา 22

4.11 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดอาหาร 22

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาของเทคโนโลยีสารสนเทศทำให้ปริมาณของข้อมูลที่ถูกจัดเก็บเพิ่มมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลประเภทรูปภาพ ด้วยปริมาณของข้อมูลรูปภาพและความต้องการของผู้ใช้ทำให้ประสบปัญหาทางด้านการค้นหาหรือสืบค้นข้อมูลเพื่อให้ได้รูปภาพที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ วิธีการค้นหาข้อมูลภาพจากชื่อ หรือ คำอธิบายรูปภาพ (Image Caption) อาจมีความผิดพลาดในการสืบค้นหรือได้ภาพที่ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการของผู้สืบค้น ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดระบบค้นคืนภาพด้วยเนื้อหา (Content Based Image Retrieval) ซึ่งเป็นระบบที่ค้นหา รูปภาพจากฐานข้อมูลด้วยการใช้ภาพสอบถาม (Query Image) ระบบค้นคืนแบบนี้จะวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของภาพ เช่น รูปร่าง สี และพื้นผิวในบริเวณต่างๆ ภายในภาพ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลลักษณะเฉพาะของรูปภาพนี้จะเก็บอยู่ในรูปของชุดตัวเลข หรือเรียกว่า คุณสมบัติเฉพาะ (Feature Vector) เมื่อระบบได้ทำการคำนวณหาคุณสมบัติเฉพาะของภาพในฐานข้อมูลและภาพสอบถามเรียบร้อยแล้วจะทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติเฉพาะของภาพและดึงภาพที่มีคุณสมบัติเฉพาะใกล้เคียงกับคุณสมบัติเฉพาะภาพสอบถามมากที่สุดจำนวนหนึ่งออกมา

ในอดีตที่ผ่านมามีงานวิจัยจำนวนมากที่พยายามปรับปรุงการค้นคืนภาพด้วยเนื้อหาโดยใช้คุณสมบัติเฉพาะในแบบต่างๆ ของรูปภาพมาใช้ในการค้นคืนภาพ เช่น ลักษณะสี ลักษณะพื้นผิว รูปร่าง หรือ ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในภาพ เป็นต้น Swain and Ballard (1991: 11-32) เป็นผู้ริเริ่มใช้ Color Histogram เพื่อเพิ่มทักษะการมองเห็นของหุ่นยนต์ และได้กล่าวถึง Color Histogram ว่าสามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบภาพได้ โดยงานวิจัยนี้ได้ถูกอ้างอิงและประยุกต์ในงานวิจัยอื่นๆ มากมาย ข้อดีของ Color Histogram สามารถเปรียบเทียบภาพหากมีการกลับด้านของภาพ (Flip) หรือหมุนรูปภาพ แต่มีข้อจำกัดในการแยกแยะความสัมพันธ์เชิงตำแหน่ง (Spatial Relationship) ของเนื้อหาในรูปภาพ จึงทำให้ประสิทธิภาพในการค้นคืนภาพอยู่ในระดับที่ไม่ดีนัก Huang and

Dai (2003: 665-679) ได้ใช้วิธี Wavelet Decomposition และ Gradient Vector ทำการแยกลักษณะของพื้นผิวของภาพ (Texture) เพื่อใช้ในการค้นคืนภาพซึ่งให้ผลการค้นคืนภาพที่ดีขึ้น

ในงานวิจัยของ Jhanwar, Chaudhuri, Seetharaman and Zavidoviue (2004: 1211-1220) ได้เสนอวิธีการหาคุณสมบัติเฉพาะของภาพจาก Motif Co-occurrence Matrix (MCM) โดยจะใช้ Motif ในรูปของ Grids ขนาด 2x2 ในการตรวจสอบและแปลงภาพให้อยู่ในแบบ Motif Patterns แล้วคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่ Motif Patterns มีโอกาสเกิดขึ้นร่วมกันในแต่ละพื้นที่ ซึ่งค่านี้จะถูกนำมาใช้ในการค้นคืนภาพ แต่งานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี RGB

และในบทความวิจัยของ Lin, Chen and Chan (2009: 655-658)ได้เสนอวิธีการหาคุณสมบัติเฉพาะของภาพที่ประกอบด้วย 3 ส่วน ซึ่งอ้างอิงจากสีและลักษณะพื้นผิวของภาพ โดยส่วนแรกเรียกว่า Color Co-Occurrence Matrix (CCM) จะเป็นการหาความเป็นไปได้ที่พิกเซล 2 พิกเซลที่อยู่ติดกันทั้ง 4 ทิศทางจะมีสีเดียวกัน ส่วนที่สองเรียกว่า Difference Between Pixels of Scan Pattern (DBPSP) เป็นการตรวจสอบพิกเซลที่อยู่ติดกันในรูปแบบที่แตกต่างกัน 6 รูปแบบและคำนวณหาค่าความแตกต่างของสีของพิกเซลที่ตรวจสอบในรูปแบบต่างๆ 6 รูปแบบ จนได้ค่าความแตกต่างเฉลี่ยทั้ง 6 รูปแบบ ส่วนที่สามเรียกว่า Color Histogram for K-Means (CHKM) จะทำการจัดกลุ่มพิกเซลทั้งหมดของภาพในฐานข้อมูลโดยใช้การจัดกลุ่มสีด้วย K-Means และทำการกำหนดลำดับ (IDs) การจัดกลุ่มให้แต่ละพิกเซลแล้วคำนวณหา Histogram ของลำดับของกลุ่มสีของพิกเซลในภาพ วิธีการของ Lin et al. (2009: 655-658) ให้ผลลัพธ์ในการค้นคืนที่ค่อนข้างดีมาก แต่การคำนวณค่า K-mean ของ Color Histogram นั้นยากที่จะนำมาใช้ในการกำหนดค่าศูนย์กลางของรูปแต่ละรูป ซึ่งค่าที่หาได้มานั้นไม่สามารถอ้างอิงถึงรูปทุกรูปสำหรับภาพสอบถาม โดยเฉพาะถ้ารูปนั้นไม่ได้อยู่ในฐานข้อมูล

ในบทความต่อมาของ Kaiping, Tingwen, Qing and Wu (2010: 431-435) ได้นำวิธีการแบ่งภาพเป็นสี่เหลี่ยมย่อย (Sub-Block) และใช้การคำนวณความต่างด้วย Euclidean Distance ของ Color Histogram โดยนำ Sub-Block ที่ตามแกนแนวตั้งแนวนอนและแนวทแยงมุมมาประมวลผลโดยไม่จำเป็นต้องนำทุก Block มาประมวลและใช้วิธีกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization) ในการค้นหาภาพจากฐานข้อมูล วิธีการนี้มีข้อดีในเรื่องความเร็วในการค้นคืนภาพ แต่งานวิจัยนี้ยังไม่สามารถค้นคืนได้แม่นยำมากนัก และในงานวิจัยของ Wang, Dai, Zhang and Lu (2011: 83-86) ได้นำเสนอการใช้วิธี Local Binary Pattern (LBP) ในการหาลักษณะเฉพาะของพื้นผิวในภาพและใช้ Euclidean Distance ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของภาพ วิธีการนี้มีข้อจำกัดสำหรับภาพมีความซับซ้อนของสีจะให้ผลไม่ดีเท่าที่ควร

และในงานวิจัยของ Subrahmanyam, Jonathan, Maheshwari and Balasubramanian (2013: 762-774) ได้เสนอวิธีที่ใช้ Modified Color Motif Co-Occurrence Matrix (MCMCM) มาใช้ในการค้นคืนภาพ โดยสมบัติเฉพาะจะประกอบไปด้วยข้อมูล 2 ส่วน คือ Modified Color Motif Co-Occurrence Matrix (MCMCM) ซึ่งเป็นการนำ Color Motif Co-Occurrence Matrix (CMCM) มาปรับปรุงใหม่ และส่วนที่สองใช้ Difference Between Pixels of Scan Pattern (DBPSP) คุณสมบัติทั้ง 2 ส่วนจะถูกคำนวณภายใต้ Motif ทั้ง 9 รูปแบบ บนแต่ละ Plane ของแม่สี คือ สีแดง สีเขียว และสีเหลือง วิธีการดังกล่าว ให้ผลลัพธ์ในการสืบค้นที่ดีมาก อย่างไรก็ตามวิธีการที่นำเสนอมาทั้งหมดมีความจำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพในการทำงานให้ดีมากขึ้นถ้าจะนำไปใช้งานได้อย่างแท้จริง

งานวิจัยนี้ทำการเสนอวิธีการหาคุณสมบัติเฉพาะใหม่ของภาพเพื่อนำมาใช้ในการค้นคืนภาพ ซึ่งวิธีการที่นำเสนอนี้จะใช้หลักการของ Ferdin and Auwatanamongkol (2015: 41-49) ซึ่งใช้ได้ผลดีในการวิเคราะห์วัตถุบนภาพ (Image Parsing) งานวิจัยนี้จะใช้ Histogram ของ 2-Grams ของ Visual Word IDs ของซุปเปอร์พิกเซลเพื่อนบ้านในทิศทางตามเข็มนาฬิกามาอธิบายคุณสมบัติเฉพาะของภาพ ผลการทดลองที่ใช้คุณสมบัติเฉพาะนี้ให้ความแม่นยำในการค้นคืนภาพได้ดีกว่าบางวิธีที่ได้นำเสนอมาข้างต้น วิธีการใหม่นี้อาจนำไปใช้ร่วมกับวิธีการอื่นเพื่อเพิ่มความถูกต้องในการค้นคืนภาพให้มากยิ่งขึ้น

1.2 จุดประสงค์ของการวิจัย

พัฒนาระบบการค้นคืนภาพโดยใช้คุณสมบัติเฉพาะที่คำนวณจากลักษณะของสีและพื้นผิวของซุปเปอร์พิกเซลภายในภาพเพื่อช่วยในการค้นคืนภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งภาพออกเป็นซุปเปอร์พิกเซล โดยขั้นตอนวิธีของ SLIC เมื่อได้ซุปเปอร์พิกเซลในภาพทั้งหมดในฐานข้อมูลจะคำนวณหาคุณสมบัติเฉพาะของทุกซุปเปอร์พิกเซลโดยใช้ค่าสี RGB ของพิกเซลและคุณลักษณะของพื้นผิวตามหลักการวิธี Local Binary Pattern หลังจากนั้นจะทำการจัดกลุ่มซุปเปอร์พิกเซลทั้งหมดที่ปรากฏในฐานข้อมูลภาพโดยใช้ K-Means และกำหนดให้ Visual Word IDs ของแต่ละซุปเปอร์พิกเซลเป็น Cluster ID ที่ได้จากการจัดกลุ่ม หลังจากนั้น 2-

Grams ของซุปเปอร์พิกเซลเพื่อนบ้านตามเข็มนาฬิกา ณ ซุปเปอร์พิกเซลใดๆ จะถูกนับเพื่อสร้างเป็น Histogram ของ 2-Grams เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบภาพต่อไป

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) นำเสนอและพิสูจน์แนวคิดการใช้ 2-Grams ของซุปเปอร์พิกเซลเพื่อนบ้านตามเข็มนาฬิกามาคำนวณหาคุณลักษณะเฉพาะของภาพเพื่อการค้นคืนภาพ

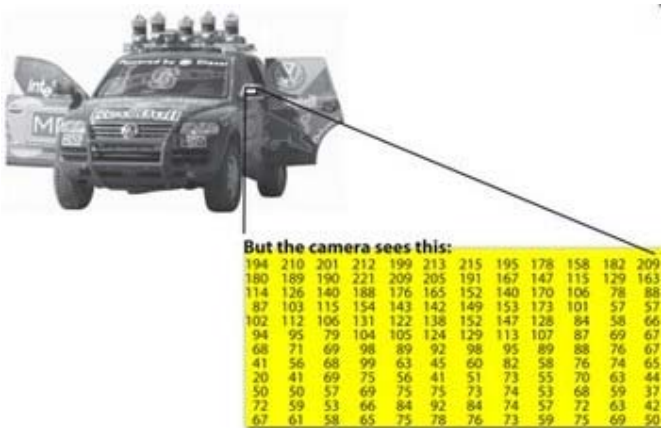
2) สามารถนำคุณลักษณะเฉพาะของภาพตามที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับคุณลักษณะอื่นของภาพเพื่อการสืบค้นภาพให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้นในอนาคต

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ภาพดิจิตอล

ภาพดิจิตอล คือ การจับข้อมูลที่มนุษย์มองเห็นได้ โดยข้อมูลภาพนั้นอาจมาจาก ภาพถ่ายจากกล้องถ่ายรูป การ Scan ภาพ หรือเอกสาร ข้อมูลจะถูกจัดเก็บในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ มีลักษณะเป็นตารางโดยเรียกช่องในตารางนั้นว่า พิกเซล (Pixel) หรือ จุดภาพ



ภาพที่ 2.1 ภาพตารางข้อมูลที่เป็นภาพดิจิตอล

2.2 ภาพโทนสีเทา

ภาพโทนสีเทา (Grayscale) เป็นภาพที่แต่ละพิกเซลมีค่าสีระหว่าง 0 ถึง 255 ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสว่างของพิกเซล สามารถทำให้มองเห็นถึงการไล่ความเข้มหรือจางลงของภาพได้อย่างชัดเจน โดยค่า 0 จะเป็นค่าที่เป็นสีดำที่สุด และค่าที่เป็น 255 จะเป็นค่าที่เป็นสีขาวที่สุด ดังภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.2 ภาพที่ถูกแปลงเป็นโทนสีเทา (Grayscale)

2.3 ระบบสี (Color Space) ของภาพดิจิตอล

ภาพดิจิตอลจะมีระบบสีที่แตกต่างกัน แล้วแต่การใช้งานหรือจุดประสงค์ในการแสดงผลที่แตกต่างกันออกไป

2.3.1 ระบบสีอาร์จีบี RGB

คือระบบสีที่เกิดจากสีของแสงหลัก 3 สี ได้แก่ R แทนสีแดง G แทนสีเขียวและ B แทนสีน้ำเงิน เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ภาพ 1 ภาพมีตารางข้อมูล 3 ตารางซ้อนทับกันกล่าวคือข้อมูลสีของ 1 พิกเซลนั้นจะประกอบด้วย 3 ค่าหรือ 3 แกน แต่ละค่าจะมีข้อมูลสีระหว่าง 0 ถึง 255 ที่แสดงถึงความเข้มของค่าสีนั้นๆ

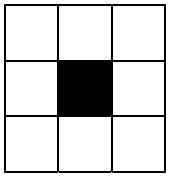
2.3.2 ระบบสี CIELAB หรือ Lab Color Space

คือระบบสีแบบ 3 มิติหรือ 3 แกน เหมือน ระบบสี RGB แต่ข้อมูลตัวเลขมีความหมายต่างจะของระบบสี RGB กล่าวคือ L แทนค่าความสว่าง (Lightness) ของสีโดย มีค่าเริ่มต้นเป็น 0 คือสีดำ และค่าสูงสุดคือ 100 เป็นสีขาว หรือเป็นค่าสว่างที่สุด ค่าของ a คือการแทนค่าของสีแดงและเขียว (Redness/Greeness) ถ้ามีค่าไปในทางบวกจะหมายถึงมีความเข้มของสีแดงสูง ถ้าค่า a ไปในทางลบจะหมายถึงมีค่าความเข้มของสีเขียวสูง โดยค่าของ a จะอยู่ในช่วง -60 ถึง 60 สำหรับแกนสุดท้ายคือค่า b คือค่าที่แทนค่าของสีของเหลืองและน้ำเงิน (Yellowness/Blueness) ถ้ามีค่าไปใน

ทางบวกจะหมายถึงมีความเข้มของสีเหลืองสูง แต่ถ้าค่า b มีค่าไปในทางลบจะหมายถึงมีค่าความเข้มของสีน้ำเงินสูง สำหรับค่าของ b จะอยู่ในช่วง -60 ถึง 60

2.4 การหาคุณสมบัติเฉพาะของพื้นผิวด้วยขั้นตอนวิธี Local Binary Pattern (LBP)

เป็นขั้นตอนวิธีในการหาคุณสมบัติของพื้นผิวที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง และใช้กับภาพที่เป็นโทนสีเทา LBP แสดงความแตกต่างของความเข้มสีของพิกเซลเพื่อนบ้านเมื่อเทียบกับค่าสีของพิกเซลเอง การคำนวณหาค่า LBP แต่ละพิกเซลจะใช้ตารางขนาด 3x3 เพื่อกำหนดตำแหน่งของพิกเซลที่จะคำนวณหาค่า LBP (ตรงตำแหน่งกึ่งกลางตาราง) และเพื่อนบ้านของพิกเซลใน 8 ทิศทาง ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ตารางขนาด 3 x 3 เพื่อคำนวณหาค่า LBP

ค่า LBP จะอยู่ในรูปของเลขฐานสองจำนวน 8 หลักโดยแต่ละหลักจะคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$f(x) = \begin{cases} 1 & if\ x \geq 0 \\ 0 & if\ \ x < 0 \end{cases}$$

โดยที่ค่า x คือค่าความแตกต่างของค่าโทนสีเทาของพิกเซลเพื่อนบ้านในแต่ละทิศทางกับค่าโทนสีเทาของพิกเซล ณ ตำแหน่งกึ่งกลาง ถ้าค่าความแตกต่างมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 ค่าเลขฐานสองหลักนั้นจะมีค่าเป็น 1 หากมีค่าน้อยกว่า 0 จะมีค่าเป็น 0 ค่า LBP ในเลขฐานสองอาจแปลงเป็นเลขฐานสิบที่มีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 การหาค่าคุณสมบัติเฉพาะของพื้นผิวของบริเวณใดในภาพทำได้โดยการหา Histogram ของค่า LBP ของพิกเซลภายในบริเวณนั้นๆ

2.5 การจัดกลุ่มข้อมูลด้วยขั้นตอนวิธี K-Means

เป็นขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่ม แบบ Partition ซึ่งจะแบ่ง (Partition) ข้อมูลออกเป็น K กลุ่ม โดยแทนแต่ละกลุ่มด้วยค่าเฉลี่ยของกลุ่ม ที่เรียกว่าจุดศูนย์กลาง (Centroid) ขั้นแรกของการจัดกลุ่ม

คือการกำหนดจุดศูนย์กลางเริ่มต้นจำนวน K จุด ในการกำหนดจุดศูนย์กลางเริ่มต้นของแต่ละกลุ่มนี้ควรจะถูกกำหนดด้วยวิธีที่เหมาะสม เพราะตำแหน่งจุดศูนย์กลางเริ่มต้นที่แตกต่างกันทำให้ได้ผลลัพธ์สุดท้ายแตกต่างกัน การจะกำหนดจุดศูนย์กลางอาจใช้วิธีสุ่มข้อมูลจำนวน K ตัวเพื่อเป็นจุดศูนย์กลางเริ่มต้น ขั้นตอนต่อไปคือสร้างกลุ่มข้อมูลและความสัมพันธ์กับจุดศูนย์กลางที่ใกล้มากที่สุด โดยแต่ละจุดจะถูกกำหนดไปยังจุดศูนย์กลางที่ใกล้เคียงที่สุดจนครบหมดทุกจุด และคำนวณจุดศูนย์กลางใหม่ โดยการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในกลุ่ม ทำซ้ำแบบนี้ไป จนกระทั่งจุดศูนย์กลางของกลุ่มทั้ง K จุด ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจึงจะสิ้นสุดกระบวนการ

ขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยวิธี K-Means

1) สุ่มข้อมูลเพื่อเป็นจุดศูนย์กลางเริ่มต้นด้วยจำนวน K จุด

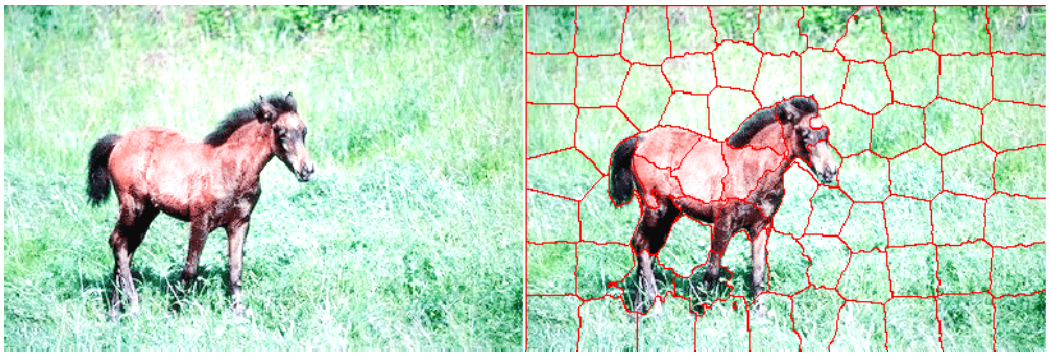
2) นำข้อมูลทั้งหมดจัดเข้ากลุ่มที่มีจุดศูนย์กลางที่อยู่ใกล้ข้อมูลนั้นมากที่สุด โดยคำนวณจากระยะห่างระหว่างข้อมูลกับจุดศูนย์กลางทั้ง K ตัว

3) คำนวณจุดศูนย์กลาง K จุดใหม่ โดยหาจากค่าเฉลี่ยทุกข้อมูลที่อยู่ในกลุ่มแต่ละกลุ่ม

4) ตรวจดูเงื่อนไข โดยทำซ้ำในหัวข้อที่ 2.5.1.2 และ 2.5.1.3 ไปจนกระทั่งไม่มีการเปลี่ยนตำแหน่งของกลุ่ม (กลุ่มคงที่) หรือ ด้วยจำนวนรอบที่กำหนด

2.6 การสร้างซุปเปอร์พิกเซลด้วยขั้นตอนวิธี SLIC Superpixels

ในการสร้างซุปเปอร์พิกเซลจะทำการจัดกลุ่มพิกเซลที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกันโดยอ้างอิงจากระยะห่างของตำแหน่งและระยะห่างของสีของพิกเซล ซึ่งจะทำการคำนวณในรูปเวกเตอร์ของพิกเซล 5 มิติ (L,a,b,x,y) โดยค่าในแกน L, a และ b จะเป็นค่าสีของพิกเซลในรูปแบบสี CIELAB และในแกน x และ y จะเป็นค่าตำแหน่ง Coordinates ของแต่ละพิกเซล ทำการจัดกลุ่มพิกเซลด้วยวิธีการคล้าย K-Means เพื่อให้ได้ซุปเปอร์พิกเซล โดย K คือจำนวนซุปเปอร์พิกเซลที่ต้องการ ทุกพิกเซลในภาพจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่มีระยะห่างระหว่างเวกเตอร์ของพิกเซลและจุดศูนย์กลางของกลุ่มน้อยที่สุดและพิกเซลจะต้องมี Coordinates (x,y) อยู่ในพื้นที่ขนาด 2S x 2S รอบจุดศูนย์กลางของกลุ่มนั้นๆ ด้วย โดย $s = \sqrt{(n/K)}$ และ n คือจำนวนพิกเซลในภาพ การหาระยะห่างระหว่างเวกเตอร์และจุดศูนย์กลางของกลุ่มจะคำนวณจากระยะห่างของสี (L,a,b) และระยะห่างของตำแหน่ง Coordinates (x,y) เพื่อให้ได้ระยะห่างที่คำนึงจากระยะห่างทั้งสองชนิด ผลลัพธ์ของการจัดกลุ่มพิกเซลจะได้ซุปเปอร์พิกเซลที่มีขนาดใกล้เคียงกันและพิกเซลภายในแต่ละซุปเปอร์พิกเซลต่างมีสีที่ใกล้เคียงกัน ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างภาพที่ผ่านการสร้างซูเปอร์พิกเซล

2.7 การหาค่าความใกล้เคียงด้วยสมการ Cosine Similarity

Cosine Similarity เป็นค่าความใกล้เคียงของข้อมูล 2 เวกเตอร์ ที่คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$similarity = \frac{A \cdot B}{\|A\|\|B\|} = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i \times B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(A_i)^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(B_i)^2}}$$

โดยที่ A_i นั้นคือสมาชิกตัวที่ i ของเวกเตอร์ A และ B_i คือสมาชิกตัวที่ i ของเวกเตอร์ B ค่า Cosine Similarity จะมีค่าที่อยู่ระหว่าง 0 และ 1 โดยค่าที่เป็น 0 หรือเข้าใกล้ 0 หมายถึง มีค่าความใกล้เคียงกันต่ำ แต่หากค่าเข้าใกล้ 1 หรือเป็น 1 หมายถึง สองเวกเตอร์นี้มีความใกล้เคียงกันมาก ค่า Cosine Similarity เป็นการวัดค่า Cosine ของมุมระหว่าง 2 เวคเตอร์โดยไม่คำนึงถึงขนาดของเวคเตอร์ทั้งสอง ถ้าเวคเตอร์ทั้งสองมีทิศทางไปในทางเดียวกันมุมระหว่างสองเวคเตอร์จะมีค่าใกล้ 0 ซึ่งจะทำให้ค่า Cosine มีค่าใกล้ 1 ในทางตรงกันข้ามถ้ามุมมีค่าเข้าใกล้ 90 องศา เวคเตอร์ทั้งสองจะไม่ชี้ไปในทิศทางเดียวกันค่า Cosine ของมุมจะมีค่าใกล้ 0

บทที่ 3

ขั้นตอนการทำงานของระบบ

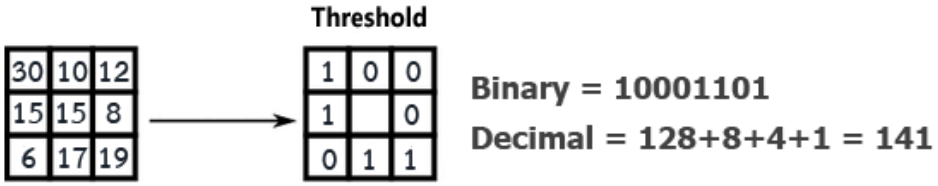
3.1 การแบ่งพื้นที่ของภาพ

ภาพทุกภาพจากฐานข้อมูลรูปภาพ รวมถึงภาพที่จะนำมาเป็นภาพสอบถาม จะถูกแบ่งพื้นที่ออกเป็นซุปเปอร์พิกเซล โดยในงานวิจัยนี้จะใช้ขั้นตอนวิธี Simple Linear Iterative Clustering (SLIC) ในการสร้างซุปเปอร์พิกเซล วิธีการนี้จะแปลงค่าสีแบบ RGB เป็น CIELAB และใช้ขั้นตอนวิธีคล้าย K-Means จัดกลุ่มพิกเซลที่อยู่ใกล้เคียงกันและมีลักษณะสีใกล้เคียงกันให้ได้ซุปเปอร์พิกเซล การจัดกลุ่มจะมีจำนวนศูนย์กลางเท่ากับจำนวนซุปเปอร์พิกเซลตามที่กำหนดไว้

3.2 คุณสมบัติเฉพาะของซูเปอร์พิกเซล

คุณสมบัติเฉพาะของซูเปอร์พิกเซลที่ใช้ในการวิจัยนี้ มีการเก็บข้อมูลด้วยกัน 2 ค่า คือ คุณสมบัติเฉพาะของสี RGB และคุณสมบัติเฉพาะพื้นผิว โดยคุณสมบัติเฉพาะของสีนั้นจะใช้ Histogram จำนวน 16 ช่วงความถี่ในแต่ละแม่สีของ RGB ดังนั้น Histogram ของสีจะเป็นเวกเตอร์ขนาด 3x16 = 48 ค่า จากนั้นจึงทำการ Normalize ค่าใน Histogram ด้วยจำนวนพิกเซลภายในซุปเปอร์พิกเซลเพื่อไม่ให้ Histogram ขึ้นกับขนาดของซุปเปอร์พิกเซลที่อาจมีขนาดที่แตกต่างกันบ้าง การหาคุณลักษณะเฉพาะพื้นผิวของซุปเปอร์พิกเซลจะใช้วิธีการของ Local Binary Pattern (LBP) ค่าสีของพิกเซลจะถูกแปลงเป็นสีเทา (Grayscale) การคำนวณหา LBP ของพิกเซลใดๆ จะใช้บล็อกพิกเซลขนาด 3x3 พิกเซล โดยพิกเซลที่ต้องการหาค่า LBP เป็นจุดกึ่งกลางของบล็อกพิกเซล จากนั้นทำการแปลงค่าสีเทาของเพื่อนบ้านทั้ง 8 ตัวของพิกเซลกึ่งกลางเป็นค่า 0 หรือ 1 โดยค่าสีเทาของพิกเซลเพื่อนบ้านมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าสีของพิกเซลกลางจะแปลงค่าเป็น 1 และที่มีค่าต่ำกว่าจะให้แปลงค่าเป็น 0 และนำค่าที่เป็นเลขฐานสองแปลงกลับเป็นตัวเลขฐานสิบซึ่งจะได้ค่าระหว่าง 0 ถึง 255 ดังภาพที่ 3.2 Histogram ของค่า LBP ของพิกเซลทั้งหมดในซุปเปอร์พิกเซลจะ

ถูกคำนวณโดยแบ่งออกเป็น 16 ช่วงความถี่และทำการ Normalize ด้วยจำนวนพิกเซลในซุปเปอร์พิกเซล

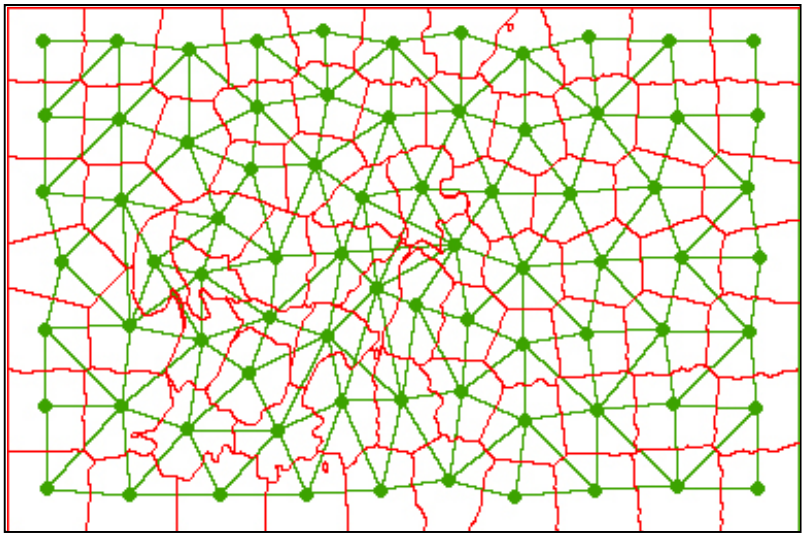


ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนหาค่าจากขั้นตอนวิธี Local Binary Pattern

ฉะนั้นคุณลักษณะเฉพาะของซุปเปอร์พิกเซลจะเป็นเวกเตอร์ขนาด 64 ช่วงความถี่ ประกอบด้วย Histogram ของสีเป็นเวกเตอร์ 48 ช่วงความถี่ และ Histogram ของ LBP เป็นเวกเตอร์ 16 ช่วงความถี่

หลังจากนั้นจะทำการสร้าง Connectivity Graph ของซุปเปอร์พิกเซล เพื่อให้ทราบว่าซูเปอร์พิกเซลใดเป็นเพื่อนซึ่งกันและกัน โดยโหนดในกราฟ คือ ซุปเปอร์พิกเซลแต่ละอันและเส้นเชื่อมระหว่างโหนดในกราฟ แสดงถึง โหนดหรือซุปเปอร์พิกเซลมีเขตแดนติดต่อกัน ภาพที่ 3.3 แสดงซุปเปอร์พิกเซลในภาพที่กำหนด และ Connectivity Graph ของซุปเปอร์พิกเซลที่สร้างได้ดังภาพที่ 3.4

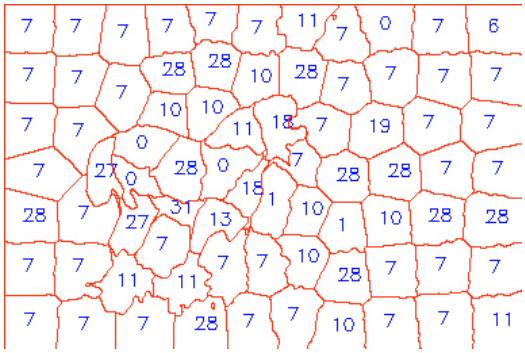
ภาพที่ 3.3 ซุปเปอร์พิกเซลของภาพที่กำหนด



ภาพที่ 3.4 Connectivity Graph ของซูเปอร์พิกเซลจากภาพที่ 3.3

3.3 การกำหนดรหัสเชิงคำของซุปเปอร์พิกเซล

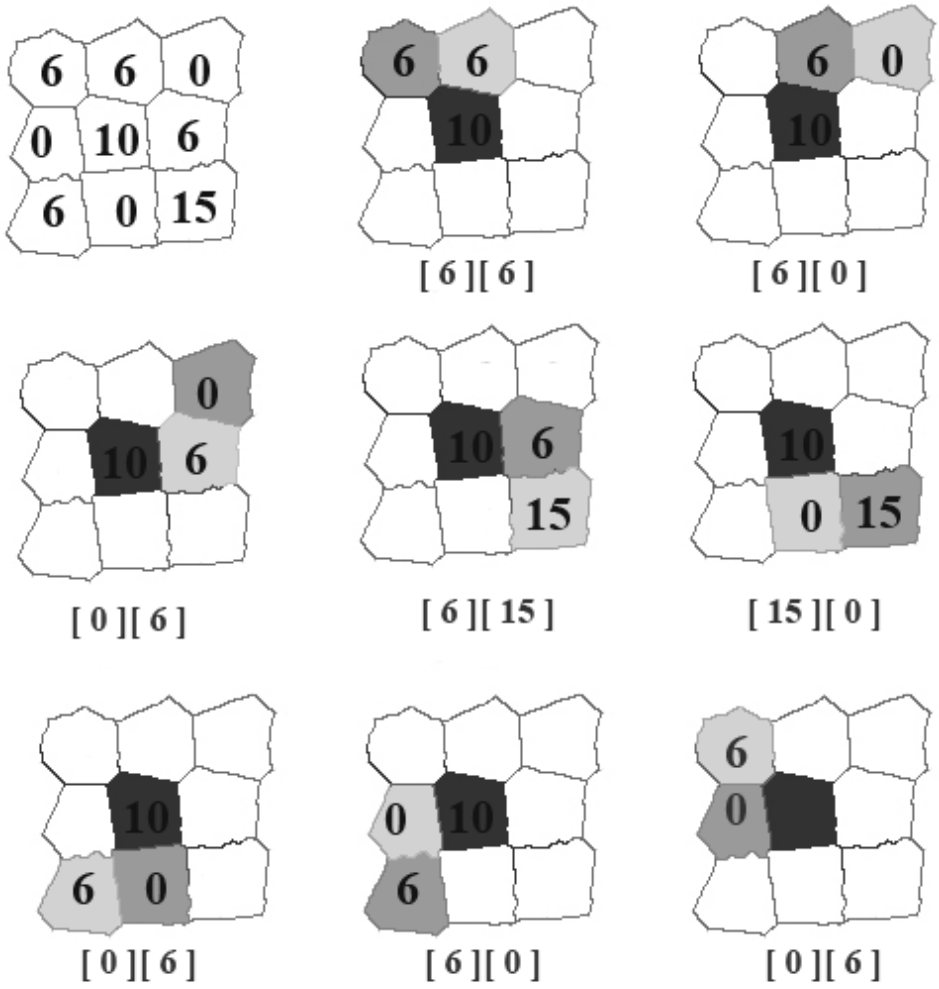
ขั้นต่อไปคือการกำหนดรหัสเชิงคำ (Visual Word ID) ให้กับแต่ละซุปเปอร์พิกเซลในแต่ละภาพในฐานข้อมูล การกำหนดรหัสเชิงคำนี้จะใช้วิธี K-Means จัดกลุ่มซุปเปอร์พิกเซลที่ได้จากทุกภาพในฐานข้อมูล โดยใช้เวกเตอร์คุณลักษณะของซุปเปอร์พิกเซลทั้ง 64 ค่าเป็นเกณฑ์ในการจัดกลุ่ม ในการทดลองจะกำหนดให้จำนวน (Cluster) เท่ากับ 32 เมื่อแบ่งกลุ่มเรียบร้อยแล้ว Cluster ID ของซุปเปอร์พิกเซล ที่มีค่าระหว่าง 0 ถึง 31 จะกำหนดให้เป็น Visual Word ID ของซุปเปอร์พิกเซลนั้น ๆ ดังภาพที่ 3.5 จุดศูนย์กลางของกลุ่มจะถูกเก็บไว้ใช้ในการกำหนด Visual Word ID ของซุปเปอร์พิกเซลในภาพสอบถามด้วย



ภาพที่ 3.5 ซุปเปอร์พิกเซลและ Visual Word IDs ที่กำหนดให้กับแต่ละซูเปอร์พิกเซล

3.4 การสร้าง 2-Grams ของรหัสเชิงคำของซุปเปอร์พิกเซลเพื่อนบ้าน

หลังจากที่ได้กำหนดรหัสเชิงคำให้กับทุก ซุปเปอร์พิกเซลในภาพแล้วจะทำการเก็บ 2-Grams ของ รหัสเชิงคำของซุปเปอร์พิกเซลเพื่อนบ้านในทิศทางตามเข็มนาฬิกา (ตาม Connectivity Graph) ภาพที่ 3.6 แสดงให้เห็นถึง 2-Grams ของรหัสเชิงคำของเพื่อนบ้านรอบซุปเปอร์พิกเซลกลาง



ภาพที่ 3.6 ตัวอย่าง 2-Gram ของรหัสเชิงคำเพื่อนบ้านของซุปเปอร์พิกเซล

จากนั้นจึงนับจำนวน 2-Grams ของรหัสเชิงคำของเพื่อนบ้านของทุกซุปเปอร์พิกเซลในภาพ ผลลัพธ์ที่ได้คือ Histogram ของ 2-Grams ดังกล่าว เนื่องจากรหัสเชิงคำ (Visual Word ID) มีค่าระหว่าง 0 ถึง 31 Histogram จึงขนาดเท่ากับ 32x32 = 1024 ค่า

$$V = [(0,0), (0,1), (0,2) , \cdots , (31,30), (31,31)]$$

ค่าใน Histogram จะถูก Normalize อีกครั้งด้วยจำนวนซุปเปอร์พิกเซลในภาพ ผลลัพธ์คือ Normalized Histogram ที่แสดงคุณลักษณะของภาพว่าประกอบด้วยซุปเปอร์พิกเซลชนิดใดและการจัดเรียงตัวในลักษณะ 2-Grams ของซุปเปอร์พิกเซลภายในภาพ

3.5 การเปรียบเทียบความเหมือน (Similarity) ระหว่างภาพ

การคำนวณหาค่าความเหมือนระหว่างภาพสอบถามและภาพในฐานข้อมูลจะใช้วิธีการ Cosine Similarity ระหว่าง Histogram ของ 2-Grams ของทั้งสองภาพในทำนองเดียวกับการค้นหา Text File จาก Query Keywords

ค่า Cosine Similarity จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1 ถ้าภาพทั้งสองมีลักษณะเหมือนกัน และมีค่าเข้าใกล้ 0 ถ้าภาพทั้งสองมีลักษณะแตกต่างกันมาก การค้นคืนภาพจะคืนภาพจากฐานข้อมูลที่ค่าความเหมือนกับภาพสอบถามสูงสุดจำนวน L ภาพ

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การทดลองในงานวิจัยนี้จะใช้ฐานข้อมูลรูปภาพ Corel-1K (Wang, Li and Wiederhold, 2001: 947-963) เป็นชุดข้อมูลที่ประกอบด้วยภาพ 1,000 ภาพ และมีทั้งหมด 10 หมวดด้วยกันได้แก่ ชนเผ่าแอฟริกา ชายหาด โบราณสถาน รถบัส ไดโนเสาร์ ช้าง ดอกไม้ ม้า ภูเขา และ อาหาร โดยแต่ละหมวดจะมีภาพอยู่ทั้งหมด 100 ภาพ เป็นภาพในรูปแบบ JPEG ที่มีทั้งแนวตั้งที่ความกว้าง 256 พิกเซลและความสูง 384 พิกเซล และภาพแนวนอนที่มีความกว้าง 384 พิกเซล และความสูง 256 พิกเซล

ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างภาพจากฐานข้อมูลภาพ Corel-1K

โดยภาพแต่ละภาพในฐานข้อมูลภาพจะถูกแบ่งเป็น 250 ซูเปอร์พิกเซล โดยวิธี SLIC และใช้ K-Means ในการจัดกลุ่มซุปเปอร์พิกเซลตามคุณลักษณะของสีและพื้นผิวของซูเปอร์พิกเซลนั้นๆ จำนวนกลุ่มที่ใช้ในการทดลองคือ 32 กลุ่ม ภาพแต่ละภาพจะใช้เป็นภาพสอบถามและเปรียบเทียบกับภาพทั้งหมดในฐานข้อมูล ภาพที่มีความใกล้เคียงตาม Cosine Similarity มากที่สุดจำนวน L ภาพจะเป็นผลลัพธ์จากการค้นหาภาพ การวัดค่าประสิทธิภาพการค้นคืนจะใช้ค่าเฉลี่ยของ Precision และ Recall ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ Precision คำนวณที่ L = 20 กับ

ผลงานวิจัยทีผ่านมาและและตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ Recall จะใช้ L = 100 เนื่องจากภาพสอบถามจะสัมพันธ์กับภาพในหมวดของตนที่มีจำนวนทั้งสิ้น 100 ภาพ จากตารางเปรียบเทียบจะเห็นว่า ขั้นตอนวิธีของงานวิจัยนี้ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า 2 วิธีของ Jhanwar et al. (2004) และ Haung and Dai (2003) แต่ยังมีค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าของ Lin et al. (2009) และ Subrahmanyam et al. (2013) ซึ่งใช้คุณลักษณะเฉพาะหลายอย่างมาประกอบกันในการเปรียบเทียบภาพ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำคุณลักษณะเฉพาะที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ไปใช้ร่วมกับคุณลักษณะเฉพาะอื่นซึ่งอาจช่วยให้มีประสิทธิภาพในการค้นคืนภาพสูงขึ้นได้

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ Precision ที่ L = 20

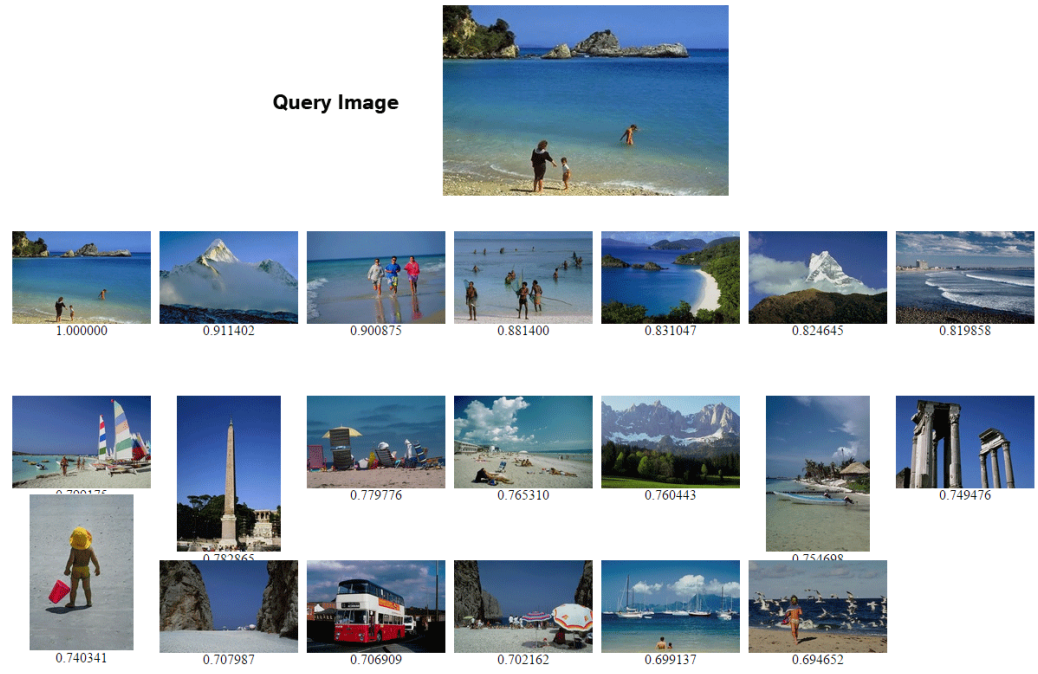
หมวด	วิธีที่นำเสนอ	Lin et al. [4]	Subrahmanyam et al. [5]	Jhanwar et al. [10]	Haung and Dai [11]
ชนเผ่าแอฟริกา	0.5355	0.6830	0.6975	0.4525	0.4240
ชายหาด	0.3570	0.5400	0.5425	0.3975	0.4455
โบราณสถาน	0.4090	0.5615	0.6395	0.3735	0.4105
รถบัส	0.4410	0.8880	0.8965	0.7410	0.8515
ไดโนเสาร์	0.9730	0.9925	0.9870	0.9145	0.5865
ช้าง	0.3935	0.6580	0.4880	0.3040	0.4255
ดอกไม้	0.6530	0.8910	0.9230	0.8515	0.8975
ม้า	0.8550	0.8025	0.8945	0.5680	0.5890
ภูเขา	0.4020	0.5215	0.4730	0.2925	0.2680
อาหาร	0.3640	0.7325	0.7090	0.3695	0.4265
ค่าเฉลี่ย	**0.5385**	**0.7270**	**0.7250**	**0.5264**	**0.5324**

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ Recall ที่ L = 100

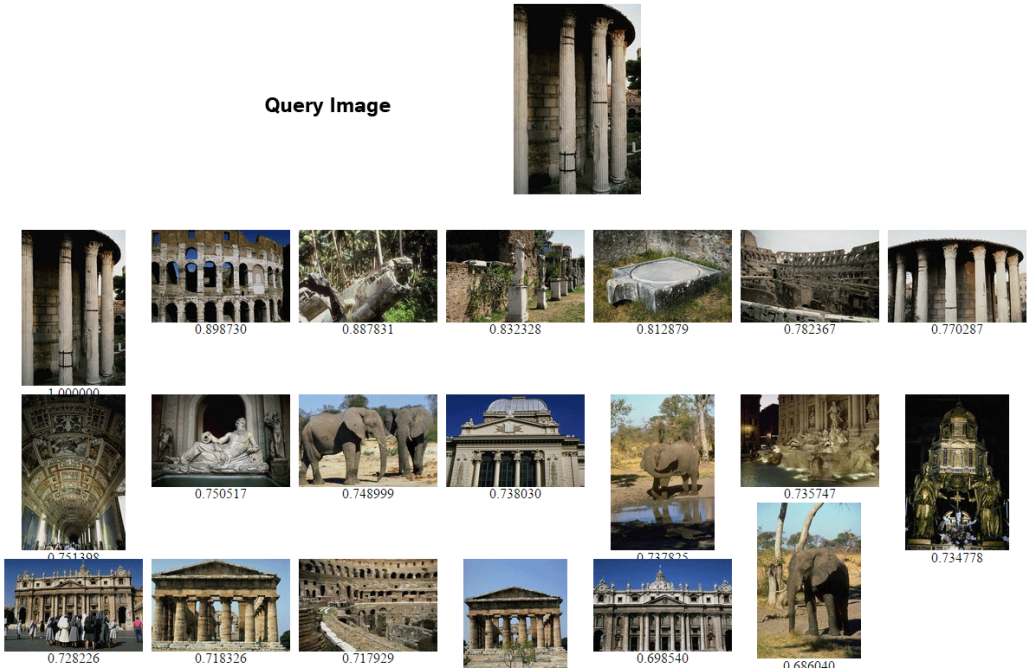
หมวด	วิธีที่นำเสนอ	Lin et al. [4]	Subrahmanyam et al. [5]	Jhanwar et al. [10]	Haung and Dai [11]
ชนเผ่าแอฟริกา	0.3652	0.4210	0.4358	0.3221	-
ชายหาด	0.2857	0.3210	0.3577	0.2904	-
โบราณสถาน	0.2342	0.3650	0.3489	0.2770	-
รถบัส	0.3036	0.6170	0.6339	0.4866	-
ไดโนเสาร์	0.9802	0.9410	0.9278	0.8144	-
ช้าง	0.2474	0.3310	0.3031	0.2142	-
ดอกไม้	0.3834	0.7500	0.6459	0.6353	-
ม้า	0.7140	0.4760	0.6655	0.3584	-
ภูเขา	0.3272	0.2770	0.3209	0.2175	-
อาหาร	0.3842	0.4900	0.4512	0.2902	-
ค่าเฉลี่ย	**0.4225**	**0.4989**	**0.5091**	**0.3906**	**-**

ภาพที่ 4.2 ถึง 4.11 แสดงตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในที่ได้จากงานวิจัยที่นำเสนอนี้ทั้ง 10 หมวดตามลำดับ

ภาพที่ 4.2 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดชนเผ่าแอฟริกา

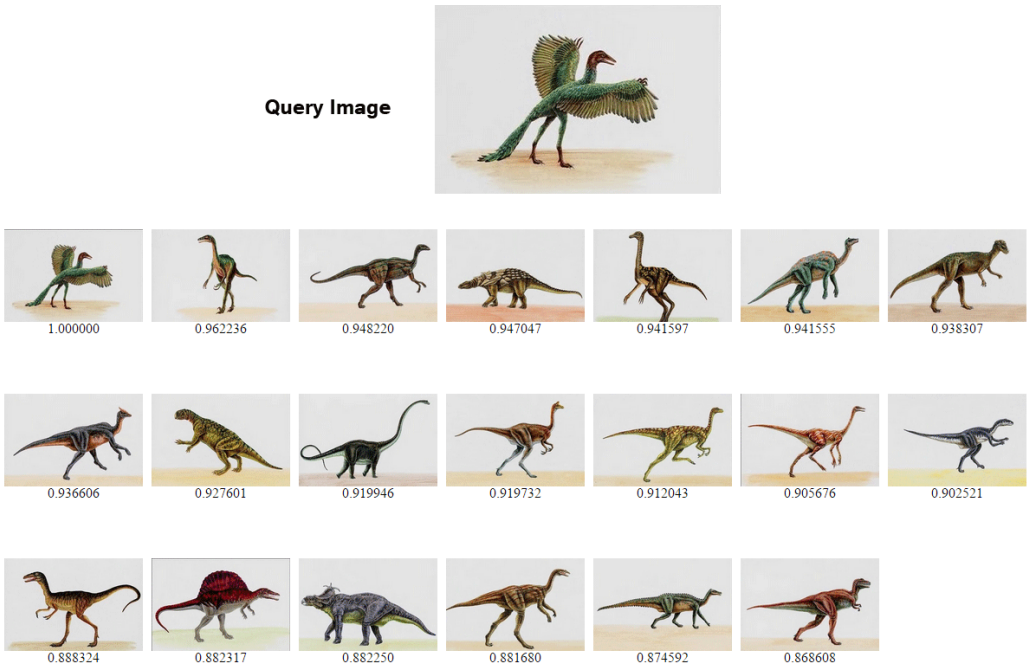


ภาพที่ 4.3 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดชายหาด

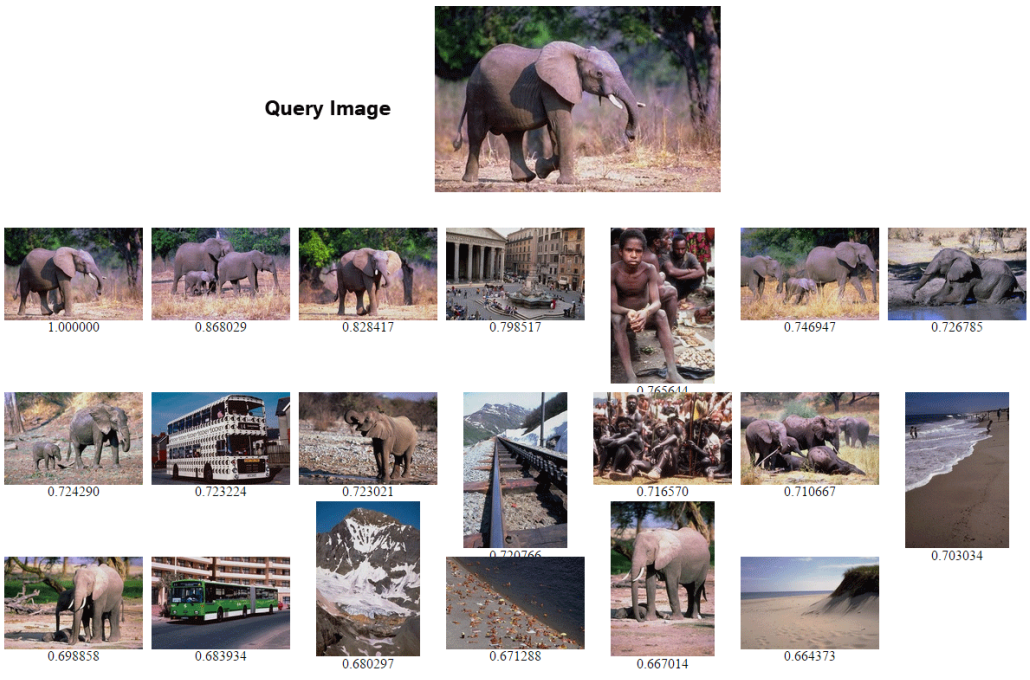


ภาพที่ 4.4 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดโบราณสถาน

ภาพที่ 4.5 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดรถบัส



ภาพที่ 4.6 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดไดโนเสาร์



ภาพที่ 4.7 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดช้าง

ภาพที่ 4.8 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดดอกไม้

ภาพที่ 4.9 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดม้า

ภาพที่ 4.10 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดภูเขา

ภาพที่ 4.11 ภาพตัวอย่างของผลการค้นคืนภาพในหมวดอาหาร

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้นำเสนอแนวคิดใหม่ในการค้นคืนภาพเชิงเนื้อหาโดยใช้คุณสมบัติเฉพาะแบบใหม่ในการคำนวณหาความคล้ายคลึงระหว่างภาพสอบถามและภาพในฐานข้อมูล โดยวิธีการนี้จะแบ่งรูปภาพออกเป็นบริเวณเล็กๆที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ที่เรียกว่าซุปเปอร์พิกเซล และเมื่อได้ซุปเปอร์พิกเซลของรูปภาพทั้งหมดในฐานข้อมูลแล้วจะทำจัดกลุ่มตามลักษณะสีและพื้นผิวของซุปเปอร์พิกเซลนั้นๆ หลังจากนั้นจะกำหนดรหัสเชิงคำ (Visual Word IDs) ของแต่ละซุปเปอร์พิกเซลด้วยรหัสกลุ่ม (Cluster IDs) ของซุปเปอร์พิกเซลนั้นๆ การคำนวณหาคุณสมบัติเฉพาะของภาพเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบทำได้โดยการคำนวณหา Histogram ของ 2-Grams ของรหัสเชิงคำซุปเปอร์พิกเซลเพื่อนบ้านตามเข็มนาฬิกาของซุปเปอร์พิกเซลทั้งหมดในรูปภาพ Histogram ของ 2-Grams ของซุปเปอร์พิกเซลในภาพจะสามารถอธิบายถึงองค์ประกอบของซุปเปอร์พิกเซลต่างๆที่จัดเรียงกันเป็นภาพนั้น เช่นเดียวกับการใช้ 2-Gramsของคำที่เกิดขึ้นภายใน Text File เพื่อการจำแนกข้อมูลข้อความของรูปภาพ การเปรียบเทียบหาความคล้ายกันระหว่างภาพสอบถามและรูปภาพในฐานข้อมูลนั้นจะใช้ค่า Cosine Similarity เป็นหลักซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีที่นำเสนอนั้นเป็นวิธีการที่อาจนำไปใช้ในการค้นคืนภาพ เนื่องจากให้ประสิทธิภาพในการค้นคืนภาพที่ดีกว่าบางวิธีการ และเป็นไปได้ว่าการนำคุณสมบัติเฉพาะอื่นๆ ของภาพและคุณสมบัติเฉพาะที่นำเสนอในงานวิจัยนี้มาใช้ร่วมกัน น่าจะทำให้การค้นคืนภาพมีความถูกต้องแม่นยำที่มากขึ้นได้

บรรณานุกรม

Achanta, R.; Shaji, A.; Smith, K.; Lucchi, A.; Fua P. and Susstrunk, S. 2012. SLIC Superpixels Compared to State-of-the-Art Superpixel Methods. **PAMI**. 34 (11): 2274-2281.

Cai-xiang, Yu and Shu-bo, Qiu. 2009. Image Retrieval Algorithm Based on Texture and Color Features. In **WASE International Conference on Information Engineering 2009, 10-11 July 2009, Taiyuan, Shanxi.** Retrieved June 15, 2015 from http://ieeexplore.ieee.org /stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5211133

Chen, Jie.; Zhao, Guoying and Pietikäinen, Matti. 2008. **Unsupervised Dynamic Texture Segmentation Using Local Spatiotemporal Descriptors**. Retrieved June 15, 2015 from http://www.ee.oulu.fi/mvg/files/pdf/ICPR2008-chenjie-ThAT1.2-Unsupervised %20Dynamic%20Texture%20Segmentation.pdf

Ferdin, J. and Auwatanamongkol, S. 2015. Image Parsing Using Genetic Algorithm and Local Features Derived from2-Grams of Visual Words of Clockwise Neighboring Superpixels**. International Journal of Advancements in Computing Technology (IJACT)**. 7 (1): 41-49.

Huang, P. W. and Dai, S. K. 2003. Image Retrieval by Texture Similarity. **Pattern Recognition**. 36 (3): 665-679.

Jain, Anil K. 2008. Data Clustering: 50 years beyond Kmeans. In **19th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)**. Tempa. FL. Pp. 1-16.

Jhanwar, N.; Chaudhuri, S.; Seetharaman, G. and Zavidoviue, B. 2004. Content-Based Image Retrieval Using Motif Co-Occurrence Matrix. **Image Vision Computing**. (2): 1211-1220.

Kaiping, Wei; Tingwen, Lu; Qing, Zhang; Wu, Bi. 2010. Research of Image Retrieval Algorithm Based on PSO and a New Sub-Block Idea. In **Advanced Computer Control (ICACC), 2010 2nd International Conference on 27-29 March 2010, Shenyang**. Retrieved June 15, 2015 from http://ieeexplore.ieee.org/xpl/ articleDetails.jsp?arnumber=5486977 &tag=1

Lin, Ch; Chen, R. T. and Chan, Y. K. 2009. A Smart Content Based Image Retrieval System Based on Color and Texture Feature. **Image and Vision Computing**. 27: 655-658.

Opencv Dev Team. **Load, Modify, and Save an Image**. Retrieved September 10, 2015 from http://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/introduction/load_save_image/load_save_image.html

Opencv Dev Team. **Mat - The Basic Image Container**. Retrieved September 10, 2015 from http://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/core/mat_the_basic_image_container/mat_the_bbasi_image_container.html

Pandey, Dilkeshwar and Kumar, Rajive. 2011. Inter Space Local Binary Patterns For Image Indexing and Retrieval. **Journal of Theoretical and Applied Information Technology**. 32 (October): 160-168. Retrieved June 15, 2015 from http://www.jatit.org/volumes/Vol32No2/8Vol32No2.pdf

Sadat, Najmus; Rakib, Abdur; Salehin, Musfequs and Afrin, Naurin. 2011. Efficient Design of Local Binary Pattern for Image Retrieval. In **IEEE Symposium on Computers & Informatics on 20-23 March 2011, Kuala Lumpur.** Retrieved June 15, 2015 from http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5958968&tag=1

Shan, Caifeng; Gorg, Shaogang and Mcowan, Peter W. 2007. Facial Recognition Based on Local Binary Pattern: A Comprehensive Study. **Image Vision Computing**. 27.

Subrahmanyam, M.; Jonathan W. V., Q. M.; Maheshwari, R. P. and Balasubramanian, R. 2013. Modified Color Motif Co-Occurrence Matrix for Image Indexing and Retrieval. **Computers and Electrical Engineering**. 39: 762-774.

Swain, Michael J. and Ballard, Dana H. 1991. Color indexing. **International Journal of Computer Vision**. Retrieved June 5, 2015 from http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00130487

Wang, H.; Dai, F.; Zhang, L. and Lu, S. 2011. An Image Retrieval Method Based on Texture Features of Object Region. **International Conference on Electronics and Optoelectronics (ICEOE 2011).** Pp. 83-86.

Wang, Z.; Li, J. and Wiederhold, G. 2001. SIMPLIcity: Semantics-Sensitive Integrated Matching for Picture Libraries. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**. 23 (9): 947-963.

Weng, Shiuh-Ku; Kuo, Chung-Ming ; Kang, Wei-Chung. 2005. Unsupervised Texture Segmentation Using Color Quantization And Color Feature Distributions. In **IEEE International Conference on Image Processing, 2005, 11-14 September 2005.** Retrieved June 15, 2015 from http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?Arnumber =1530597

Zhuang, Dewen and Wang, Shoujue. 2010. Content-Based Image Retrieval Based On Integrating Region Segmentation and Relevance Feedback. **Multimedia Technology (ICMT)**. Retrieved June 15, 2015 from http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber =5630973

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นามสกุล	นายณฐวร ตันเจริญ
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีที่สำเร็จการศึกษา พ.ศ. 2551
ประสบการณ์การทำงาน	ผู้ช่วยสอน คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยศิลปากร