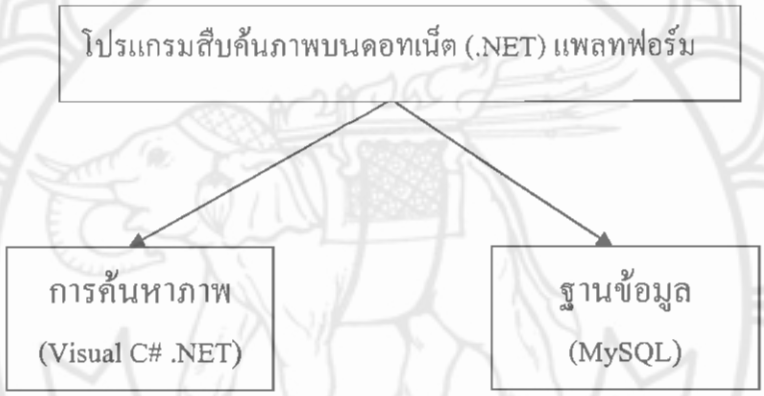
บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

ในการดำเนินการ โปรแกรมสืบค้นภาพบนดอทเน็ต (.NET) แพลทฟอร์ม นั้นจะเป็นการสร้างโปรแกรมค้นหาภาพโดยใช้โปรแกรมทำงานร่วมกันของ 2 โปรแกรม โดยในส่วนแรกเป็นส่วนของโปรแกรมหลักที่ใช้ค้นหาจะเขียนขึ้นด้วยวิชวลซีชาร์ปดอทเน็ต (Visual C# .NET) ส่วนที่ 2 ใช้ในการเก็บข้อมูลและที่มาของภาพ (Path) ของภาพซึ่งใช้มายเอสคิวแอล (MySQL) ในการเก็บ โดยได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็นขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.1 รูปแบบการดำเนินงาน

3.1 การค้นหาภาพ

โปรแกรมที่ใช้ค้นหาภาพนั้น ได้พัฒนาขึ้นภายใต้สถาปัตยกรรม .NET โดยใช้ภาษา C# ซึ่งการที่จะค้นหาภาพได้นั้น เราต้องมีข้อมูลของภาพอยู่ในฐานข้อมูลก่อน โดยการสร้างโปรแกรมขึ้นเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของภาพให้ออกมาเป็นค่าตัวเลข ซึ่งใช้แทนองค์ประกอบของสี และ พื้นผิว ในภาพ ในการค้นหานั้นจะเริ่มจากการนำภาพต้นแบบมาวิเคราะห์องค์ประกอบของสีและพื้นผิว เพื่อให้ได้ค่าเป็นตัวเลขแล้วนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลของภาพในฐานข้อมูล เพื่อที่จะหาภาพที่ใกล้เคียงกับภาพต้นแบบมากที่สุด 20 ภาพ และนำไปแสดงผลโดยลำดับการแสดงผลจะเรียงลำดับความคล้ายคลึงของภาพจากคล้ายมากลงมาเรื่อยๆ แต่อาจจะได้ภาพที่ไม่ตรงกับความต้องการทุกภาพ ดังนั้นจึงให้มีการป้อนกลับ (Feedback) เพื่อสอนให้ คอมพิวเตอร์ ทราบถึงความต้องการของผู้ใช้ สุดท้ายโปรแกรมก็จะแสดงภาพที่ได้จากการประมวลผลออกมา โดยจะเลือกภาพที่มีลักษณะภาพคามที่ผู้ใช้ได้ทำการ

ป้อนกลับ ทำให้การค้นหาภาพที่ขอบเขตได้น้อยลง สุดท้ายโปรแกรมก็จะแสดงภาพที่ได้จากการประมวลผลออกมา

จากหลักการทำงานดังกล่าวนำมาเขียนแผนภาพได้ ดังนี้

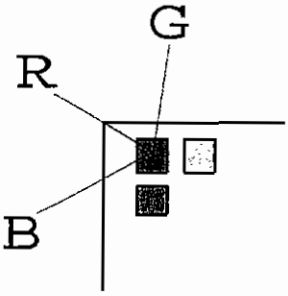
รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของโปรแกรม

3.1.1 เลือกภาพต้นแบบ

เลือกภาพต้นแบบเพื่อนำมาหาภาพที่คล้ายคลึงกันในฐานข้อมูล หรือเลือกภาพที่ต้องการเพิ่มข้อมูลลงในฐานข้อมูล

3.1.2 ทำการวิเคราะห์สีและพื้นผิว

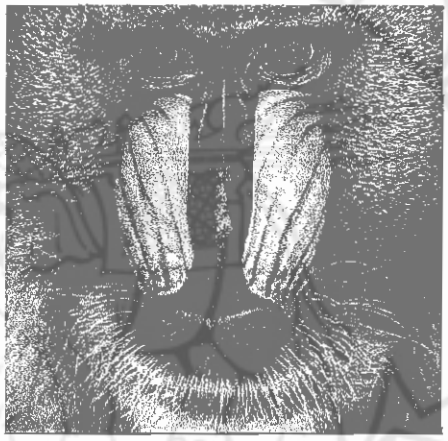
ในการวิเคราะห์สี จะใช้มาตรฐานสีแบบ RGB ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของภาพโดยมาตรฐานสีแบบ RGB นี้จะมีการหาค่าสีแม่สี 3 สี ได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ซึ่งแม่สี 3 สีนี้นำมาประสมประสานกันจะได้สีออกมาแตกต่างกันหลากหลายสี



รูปที่ 3.3 การแสดงส่วนประกอบของ RGB

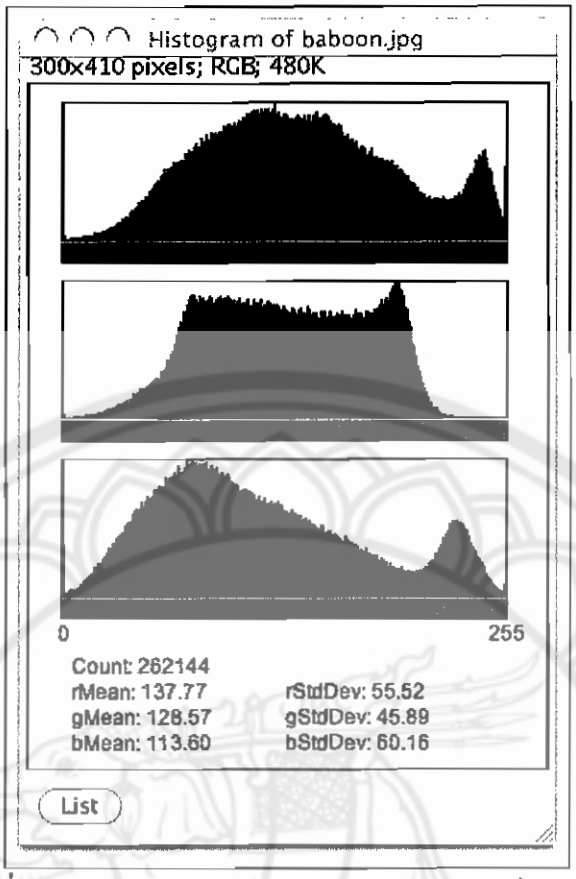
รูปภาพแต่ละภาพก็คือการรวมตัวของเม็ดสีจำนวนมาก โดยรูปภาพที่แปลงเป็นไฟล์ดิจิตอลแล้วจะมีการมองรูปภาพออกเป็นพิกเซล โดยแต่ละรูปภาพก็มีขนาดแตกต่างกันออกไป

ตัวอย่างดังรูป รูปนี้มีขนาด 300 x 410 pixel



รูปที่มีขนาด 300 x 410 pixel รูปนั้นก็มีขนาด 123000 pixel ซึ่งก็คือมีเม็ดสี 123000 เม็ด ซึ่งการที่จะวิเคราะห์เม็ดสีแต่ละเม็ดนี้ว่ามีค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินอย่างละเท่าไรทำได้โดยการพล็อตกราฟแสดงความถี่ความเข้มสี (Color Histogram)

โดยกราฟแสดงความถี่ความเข้มสีของรูปภาพแต่ละรูปนั้น จะมีการแยกสี แดง เขียว และน้ำเงินออกมาจึงทำให้ได้กราฟออกมา 3 กราฟ ซึ่งการกราฟแต่ละกราฟก็คือกราฟความถี่ของความเข้มสีแต่ละพิกเซล



รูปที่ 3.4 การแสดงค่าฮิส โตรแกรม(Histrogram)เป็นกราฟ

และเพื่อที่จะง่ายต่อการนำมาเปลี่ยนเทียบเราจึงเก็บค่าความถี่ของแต่ละสีเอาไว้ ตัวอย่างเช่นทำการเป็นค่าความถี่ของสีแดง ซึ่งสีแดงมีระดับความเข็มของสี 256 ระดับ ดังนั้นจึงต้องทำการการเก็บค่าความถี่ของสีแต่ระระดับลงในฐานข้อมูล ตัวเลขทั้งหมด 256 ค่า และทำการเก็บค่าความถี่ของสีเขียวและสีน้ำเงินแบบเดียวกัน จึงต้องมีฐานข้อมูลที่จะเก็บค่าคุณสมบัติของรูปภาพหนึ่งรูปถึง 768 ค่า ซึ่งมีความละเอียดมากเกินความจำเป็นต่อการใช้งาน และขนาดของฐานข้อมูลมีขนาดใหญ่เกินไป ดังนั้นจึงมีการตั้งเงื่อนไขในการแบ่งระดับความเข็มของสีแต่ละสี โดย สีหนึ่งสี จะแบ่งระดับออกเป็น 8 ระดับ จากเดิมที่มี 256 ระดับทำการตั้งเงื่อนไขให้เหลือ 8 ระดับ ดังนี้

ระดับที่1 ค่าสี มากกว่าหรือเท่ากับ 0 ถึง 31

ระดับที่2 ค่าสี มากกว่าหรือเท่ากับ 32 ถึง 63

ระดับที่3 ค่าสี มากกว่าหรือเท่ากับ 64 ถึง 95

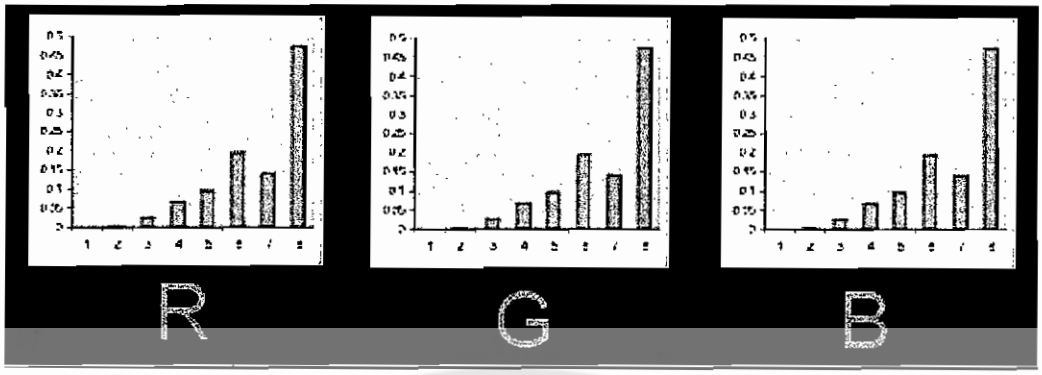
ระดับที่4 ค่าสี มากกว่าหรือเท่ากับ 96 ถึง 127

ระดับที่5 ค่าสี มากกว่าหรือเท่ากับ 128 ถึง 159

ระดับที่6 ค่าสี มากกว่าหรือเท่ากับ 160 ถึง 191

ระดับที่7 ค่าสี มากกว่าหรือเท่ากับ 192 ถึง 223

ระดับที่8 ค่าสี มากกว่าหรือเท่ากับ 224 ถึง 255



รูปที่ 3.5 รูปตัวอย่างการแบ่งกราฟแสดงความถี่ความเข้มสี
(Color Histrogram) ออกเป็นบิน(Bin)

โดยการตั้งเงื่อนไขแบบนี้จะเป็นการลดขนาดของฐานข้อมูลลงมา จากที่ต้องเก็บค่าตัวเลขถึง 768 ลดลงมาเหลือ 24 ค่า ทั้งนี้เพื่อที่โปรแกรมจะทำงานได้รวดเร็วขึ้น

การแปลงค่าความถี่ของความเข็มสีเป็นตัวเลขลงในฐานของมูลทำได้โดย

ค่าความถี่ในแต่ละช่วง / จำนวนพิกเซลของรูป = ค่าที่เก็บในฐานข้อมูล

การแปลงค่าถี่แบบนี้จะทำให้คุณสมบัติของรูปที่เหมือนกันแต่ขนาดต่างกัน สามารถเก็บค่าตัวเลขที่เหมือนกันได้ ตัวอย่างเช่น รูปขนาด 300 x 410 (123000) พิกเซล ย่อรูปให้เหลือ ขนาด 150 x 205 (30750) พิกเซล มีค่าความเข็มระดับที่ 1 เท่ากับ 60700 และ 15000 ตามลำดับ ค่าที่เก็บในฐานข้อมูล คือ 0.49349 และ 0.48781 เมื่อนำค่าความถี่ที่ทำแปลงเป็นสัดส่วนแล้วมาเปลี่ยนเทียบกันจะได้ค่าที่ใกล้เคียงกว่านำค่าความถี่มาเปรียบเทียบกันโดยตรง

path	vr1	vr2	vr3	vr4	vr5	vr6	vr7	vr8	vg1	vg2	vg3	vg4	vg5
C:\Bitmaps\Cars\CARAVAN.JPG	4.84991	1.86975	2.95096	2.22525	1.35869	1.06569	2.78969	2.89005	4.44628	2.56421	4.50148	2.24886	1.20449

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการเก็บค่าความถี่ของสีลงในฐานข้อมูล

ในส่วนของพื้นผิวนั้นเมื่อทำการผ่านค่าข้อมูลของรูปภาพเข้าไปในฟังก์ชั่นสมการกาบอร์เวฟเลต (Gabor Wavelet) จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลภาพและทำงานตามฟังก์ชั่นกาบอร์เวฟเลตที่ทำการเขียนโปรแกรมขึ้นซึ่งจะทำงานวิเคราะห์ข้อมูลภาพให้ได้ข้อมูลค่าของพื้นผิวของรูปภาพเป็นตัวเลข จากสมการ

$$G_{mn}(x,y) = \sum_{x}\sum_{t} I(x-s, y-t)\psi_{mn}(s,t) \qquad (3.1)$$

ฟังก์ชั่นกาบอร์เวฟเลต (Gabor Wavelet) ที่ใช้เขียนโปรแกรมเพื่อหาค่าพื้นผิวของรูป

โดยเมื่อได้ $G_{mn}(x,y)$ แล้ว จะทำการหาค่าเฉลี่ย (μ_{mn}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ_{mn}) จากสมการ

$$E(m,n) = \sum_{x} \sum_{y} |G_{mn}(x,y)|, m = 0,1,...,M-1; n = 0,1,...,N-1 \qquad (3.2)$$

$$\mu_{mn} = \frac{E(m,n)}{PxQ} \qquad (3.3)$$

$$\sigma_{mn} = \frac{\sqrt{\sum_{x}\sum_{y}(|G_{mn}(x,y)| - \mu_{mn})^2}}{PxQ} \qquad (3.4)$$

ส่วนการเก็บค่าลงฐานข้อมูลนั้น จะเก็บค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard -Divation) โดยเก็บลงในเมทริกซ์ขนาด 3x4 ก่อนแล้วนำค่าในนั้นไปเก็บในฐานข้อมูลอีกทีซึ่งจะได้ข้อมูลเป็น mn00,sd00,mn01,sd01,....,mn23,sd23 ตามตัวอย่าง

sd00	mn01	sd01	mn02	sd02	mn03	sd03	mn10	sd10	mn11	sd11	mn12	sd12
14.29551	8.48256	12.12410	4.95343	7.30791	3.99880	4.69834	3.75142	5.48070	1.37716	3.08094	0.89928	1.98114

รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการเก็บค่าความถี่ของพื้นผิวลงในฐานข้อมูล

3.1.3 เพิ่มข้อมูลของภาพลงในฐานข้อมูล

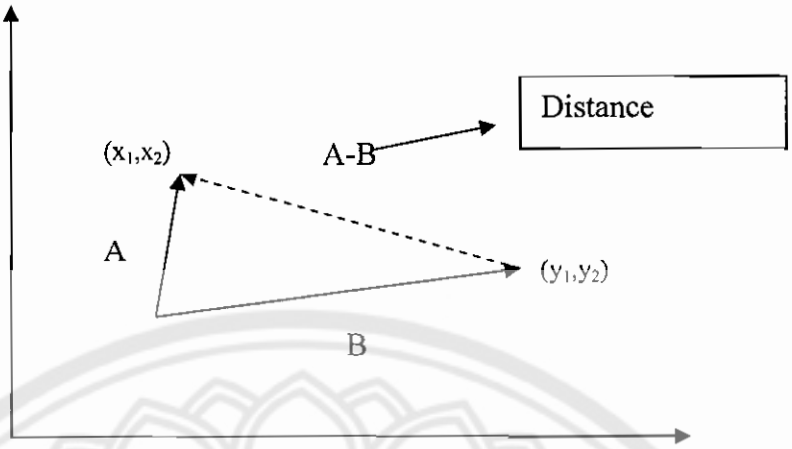
นำข้อมูลของภาพต้นแบบที่ผ่านการวิเคราะห์ให้เป็นเวคเตอร์แทนสีและพื้นผิว ไปเก็บในฐานข้อมูล MySQL เพื่อที่จะใช้ในการเปรียบเทียบหาภาพที่คล้ายคลึงต่อไป

3.1.4 เปรียบเทียบค่าในฐานข้อมูล

จะนำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์จากภาพต้นแบบ ไปเปรียบเทียบกับค่าในฐานข้อมูล เพื่อหาภาพที่คล้ายกับภาพต้นแบบ ซึ่งมีวิธีหาความคล้ายคลึงของภาพ ดังนี้

การหาความคล้ายคลึงของภาพ

เมื่อต้องการหาความคล้ายคลึงของภาพต้นแบบกับภาพในฐานข้อมูล ต้องนำภาพต้นแบบไปผ่านอัลกอริทึมเช่นเดียวกับการเพิ่มข้อมูลลงในฐานข้อมูล เสร็จแล้วนำข้อมูลนั้น มาเปรียบเทียบกับข้อมูลในฐานข้อมูลโดยการคำนวณหานั้นจะทำการหาค่าระยะห่าง (Distance) ระหว่างภาพต้นแบบกับภาพในฐานข้อมูล แล้วนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลของภาพทุกๆภาพในฐานข้อมูล จากนั้นนำค่าระยะห่างที่น้อยที่สุดมาแสดงผล โดยค่าฮิสโตรแกรม (Histogram) ที่ถูกเก็บอยู่ในรูปเวคเตอร์จะทำการเปรียบเทียบได้ดังนี้



รูปที่ 3.8 รูปการหาค่าระยะห่าง(Distance)

จากสูตรการหาค่า Vector

$$D(x,y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \ldots} \qquad (3.5)$$

เมื่อทำการเปรียบเทียบรูปภาพทุกรูปภาพในฐานข้อมูลแล้ว จะได้ค่าระยะห่าง(Distance)ของแต่ละรูปภาพออกมา โดยค่าระยะห่างที่ได้ออกมามีความแตกต่างกันออกไปจึงทำการจัดเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก ซึ่งค่าระยะห่างที่มีค่าน้อยที่สุดคือค่าของรูปภาพในฐานข้อมูลที่มีความใกล้เคียงมากที่สุด โดยโปรแกรมจะทำการนำรูปภาพที่มีค่าระยะห่างน้อยที่สุด 20 อันดับแรกขึ้นไปแสดงผล

3.1.5 แสดงภาพที่ใกล้เคียงกับภาพต้นแบบ

เมื่อภาพที่ใกล้เคียงกับภาพต้นแบบ 20 ภาพแล้ว จะนำมาแสดงในโปรแกรม ตามลำดับจากคล้ายมากไปหาน้อยลงมาเรื่อยๆ แต่ภาพที่ได้ ยังไม่ตรงตามความต้องการมากนัก

3.1.6 ระบบป้อนกลับ(Relevance Feedback)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการค้นหาภาพคือเมื่อโปรแกรมได้หาค่าสี (color) และพื้นผิว (texture) ของภาพต้นแบบแล้ว อินพุต (Input) ตัวต่อไปของโปรแกรมคือค่าสีและพื้นผิวที่ผู้ใช้ได้เลือกจาก ภาพที่โปรแกรมได้แสดงขึ้นมาโดยให้ผู้ใช้ทำการป้อนกลับ (Relevance Feedback) ลักษณะของรูปภาพที่ผู้ใช้ต้องการสอนเพื่อให้โปรแกรมรู้ถึงความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งหลักการในการทำระบบป้อนกลับ คือ การนำของภาพที่ผู้ใช้เลือกมาคำนวณให้ได้ ค่าเรียงลำดับ(Query) ตัวใหม่ แล้วนำค่านี้ไปเปรียบเทียบ กับเว็คเตอร์ ในฐานข้อมูล โดยการคำนวณตามสูตรดังนี้

$$Z = Z' + \alpha_R(\bar{X}' - Z') - \alpha_N(\bar{X}'' - Z') \quad (3.6)$$

α_N, α_R = ค่าคงที่ค่าหนึ่ง

$\bar{x}'$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มภาพที่เราเลือก

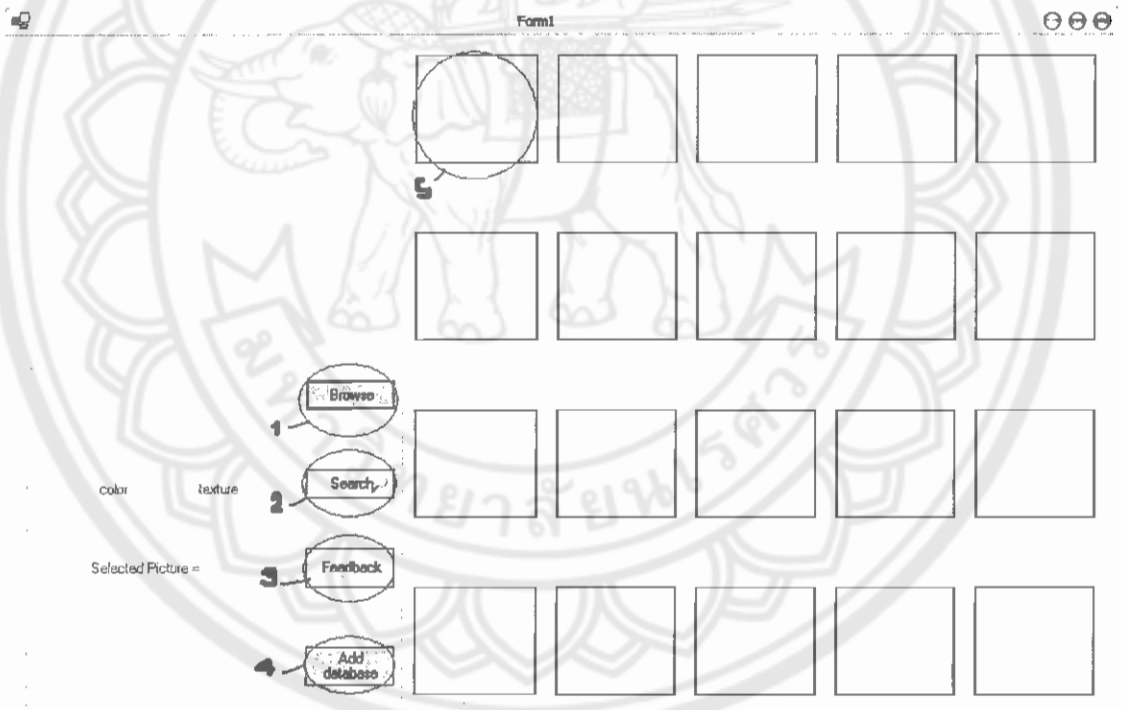
$\bar{x}''$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มภาพที่เราไม่ได้เลือก

Z' = ค่าดัชนี(Index) ของภาพต้นแบบ

Z = ค่าดัชนี(Index) ค่าใหม่ที่จะนำไปใช้ค้นหาในครั้งต่อไป

3.1.7 ได้ภาพตรงกับความต้องการมากขึ้น

หลังจากที่ได้ทำการป้อนกลับ (Relevance Feedback)แล้ว เราจะได้ภาพที่ตรงกับความต้องการมากขึ้น ซึ่งเราสามารถทำการป้อนกลับได้อีกเพื่อความแม่นยำยิ่งขึ้น



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างโปรแกรม

ในตัวโปรแกรมจะมีส่วนหลักๆ อยู่ 5 ส่วน คือ

1. ส่วนที่ใช้เลือกรูปภาพต้นแบบ โดยปุ่ม "Browse" จะเป็นการเลือกภาพที่เราต้องการนำมาเป็นภาพต้นแบบ เพื่อใช้หาภาพที่คล้ายๆกันนี้

2. ส่วนที่ใช้ในการค้นหาภาพ ซึ่งเราสามารถเลือกได้ว่าจะเน้นภาพที่คล้ายกับสี(color) ของภาพต้นแบบ หรือ คล้ายกับพื้นผิว(texture) หรือจะใช้ทั้ง 2 อย่างช่วยในการค้นหา ซึ่งปุ่ม "Search" จะมีอัลกอริทึมคำนวณเพื่อวิเคราะห์ สีและพื้นผิวเช่นเดียวกับการเก็บภาพลงในฐานข้อมูล โดยเมื่อคำนวณได้ค่าเป็นเวคเตอร์แล้ว จะนำไปเปรียบเทียบกับภาพในฐานข้อมูล แล้วนำภาพที่ใกล้เคียงกับภาพต้นแบบ มาแสดงผล

3. ส่วนนี้จะใช้ในการทำการป้อนกลับ (Relevance Feedback)เพื่อให้โปรแกรมเรียนรู้ภาพที่ได้เลือกไว้ แล้วนำไปคำนวณเพื่อให้ได้ค่านำมาค้นหาใหม่ และนำไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลอีกครั้ง ซึ่งจะได้ภาพที่ใกล้เคียงกับภาพต้นแบบมากขึ้น

4. ส่วนที่ใช้ในการเพิ่มข้อมูล ลงในฐานข้อมูล โดยปุ่ม "Add Database" จะมีไว้สำหรับเพิ่มข้อมูลรูปภาพลงในฐานข้อมูล ซึ่งนำรูปที่ Browse เข้ามา ผ่านอัลกอริทึมเพื่อวิเคราะห์สี และ พื้นผิว ออกมา ให้อยู่ในรูป เวคเตอร์แล้วเก็บ เวคเตอร์นั้น ลงในฐานข้อมูล

5. ส่วนที่ใช้แสดงผลของการหาภาพ ซึ่งจะนำภาพที่คล้ายคลึงกับภาพต้นแบบมากที่สุด 20 ภาพ พร้อมทั้งมี "box" ให้เลือกภาพนั้นๆ เพื่อนำภาพนั้นมาทำการป้อนกลับ (Relevance - Feedback) เพื่อให้ได้ภาพที่ตรงตามความต้องการมากขึ้น

3.2 ฐานข้อมูล (Database)

ในฐานข้อมูลจะเก็บข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ผ่านอัลกอริทึมของสีและพื้นผิว พร้อมทั้งเก็บ path ซึ่งเป็นที่อยู่ของภาพ ภาพนั้น โดยค่าสีจะถูกเก็บในฐานข้อมูลดังภาพตามนี้

vr1 – vr8	เก็บฮิสโทรแกรมของสีแดง
vg1 – vg8	เก็บฮิสโทรแกรมของสีเขียว
vb1 – vb8	เก็บฮิสโทรแกรมของสีน้ำเงิน

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

4900112

path	vr1	vr2	vr3	vr4	vr5	vr6	vr7	vr8	vg1	vg2	vg3	vg4	vg5
C:\Bitmaps\Cars\CARAVAN.JPG	4.84991	1.86975	2.95096	2.22525	1.35869	1.06569	2.78969	2.89005	4.44628	2.56421	4.50148	2.24886	1.20449
C:\Bitmaps\Cars\CHEROKEE.JPG	8.74595	3.41350	2.47826	1.11154	0.64721	0.73899	2.17733	0.68722	1.56137	2.62462	2.56344	1.53897	0.80111
C:\Bitmaps\Cars\CIVIC01.JPG	8.61377	1.42496	0.74111	1.09085	1.51151	1.45537	2.78845	2.37397	5.52274	3.67899	1.56072	0.94620	0.22455
C:\Bitmaps\Cars\EAGLE01.JPG	8.92760	2.39719	2.54637	2.88810	1.18979	1.76320	0.28244	0.00532	1.59549	1.92779	1.40689	1.99560	2.69052
C:\Bitmaps\Cars\ELDORAD1.JPG	8.51583	0.75966	1.58573	2.57134	1.39268	1.09539	1.96063	2.11873	5.26244	2.28104	1.60146	2.69757	1.23181
C:\Bitmaps\Cars\GMCVAN01.JPG	7.90710	2.74210	1.40078	1.30447	2.02870	1.96583	2.21960	0.43142	5.47264	1.89214	1.14287	1.41111	2.03186
C:\Bitmaps\Cars\GMCVAN02.JPG	7.79524	2.30006	2.04263	1.44734	2.87963	1.68355	1.32928	0.52228	4.06674	1.94878	1.97975	1.46345	2.68991
C:\Bitmaps\Cars\GMCVAN03.JPG	8.29415	3.46435	2.46942	1.77628	1.10101	0.77867	1.21627	0.89985	4.85589	2.74513	2.33926	1.99627	1.09041
C:\Bitmaps\Cars\GRANDAM.JPG	7.35974	5.63457	2.53367	0.98498	0.69041	1.60998	0.99612	0.19053	2.57703	3.56722	3.19295	1.28307	0.77253
C:\Bitmaps\Cars\INTEGRA.JPG	8.03570	3.88309	3.21301	1.59738	1.14630	0.76475	0.56917	0.79061	2.45435	1.98701	3.34668	2.29015	1.64232
C:\Bitmaps\Cars\JAGUAR03.JPG	8.48043	3.27295	2.99784	1.83808	0.78375	0.59881	1.02268	1.00547	2.52909	2.80400	3.46747	2.75574	2.07404
C:\Bitmaps\Cars\JIMMY01.JPG	7.45576	2.90700	1.13155	1.15743	1.24087	1.98056	1.63327	2.49356	4.91753	2.84268	2.32399	1.39143	1.28683
C:\Bitmaps\Cars\LEGEND02.JPG	7.93181	2.20737	2.84590	1.75709	1.20683	0.87607	1.15335	2.02159	3.10363	1.77631	2.69888	2.47208	1.04381
C:\Bitmaps\Cars\MBZE320.JPG	8.58683	4.50774	2.58286	1.19971	0.72353	0.54173	0.60912	1.24847	3.97781	3.42121	2.26191	1.62856	0.88243
C:\Bitmaps\Cars\ODYSSY95.JPG	7.14236	1.13362	1.87967	1.50910	1.57531	1.69420	2.46964	2.60010	5.93355	1.21169	1.06944	0.90529	1.03041
C:\Bitmaps\Cars\PASSAT95.JPG	6.88578	2.34398	3.64242	2.94966	1.53739	0.75473	0.52169	1.36435	4.08938	2.65181	3.19933	1.81500	0.96247
C:\Bitmaps\Cars\SAAB9502.JPG	11.0870	4.05362	1.58069	0.98346	0.63188	0.36890	0.55214	0.74286	8.37274	1.85333	1.70543	0.73242	0.36464
C:\Bitmaps\Cars\SAAB9503.JPG	8.44312	2.49481	2.67052	2.01298	1.22946	1.00670	1.04974	1.09267	8.24211	1.65993	0.64684	0.85629	1.36635

รูปที่ 3.10 รูปฐานข้อมูลสี

ส่วนการเก็บค่าพื้นผิวลงฐานข้อมูลนั้น จะเก็บค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard -Divation) โดยเก็บลงในเมทริกซ์ขนาด 3x4 ก่อนแล้วนำค่าในนั้นไปเก็บในฐานข้อมูลอีกที ซึ่งจะได้ข้อมูลเป็น mn00,sd00,mn01,sd01,....,mn23,sd23 ตามตัวอย่าง

vb2	vb3	vb4	vb5	vb6	vb7	vb8	mn00	sd00	mn01	sd01	mn02	sd02	mn03	sd03	mn10
2.09375	3.00148	2.41537	1.77441	0.92062	0.56478	0.11314	15.95281	14.29551	9.48256	12.1241	4.95343	7.30791	3.99880	4.69834	3.75142
2.32464	2.48682	1.54302	1.34243	1.10580	1.39891	0.82097	13.32362	16.60506	8.19077	10.9173	6.59777	10.97802	6.15886	9.78754	2.89361
5.44218	1.64783	0.80202	0.21978	0.15784	0.16224	0.06699	10.11564	9.27845	8.76444	13.8787	5.70185	10.80510	7.40001	9.58732	2.36530
2.41367	1.21325	0.94584	1.30746	3.06186	2.86996	0.02612	11.99417	13.98952	7.38522	10.4670	3.79352	6.00302	7.70210	7.74036	2.37403
1.48499	1.44850	2.10804	1.26049	0.53495	0.35115	0.12181	15.81097	14.47000	8.50247	12.2607	5.68883	8.50391	3.90832	5.06152	4.44036
2.84472	1.29608	1.25973	1.99781	1.36053	2.62269	0.43276	24.70832	23.55334	10.2327	11.3106	9.32778	11.14069	8.05157	9.25905	5.22042
2.68981	1.95708	1.91667	2.55816	2.65760	1.92052	0.16869	32.62720	27.47511	12.6669	13.3948	8.72666	11.07763	5.84459	6.38537	6.32316
3.16944	2.19562	2.05352	1.18903	0.66676	0.75029	1.65099	29.12274	28.38665	10.7591	17.0192	6.14420	8.86476	4.36202	5.55505	5.70980
3.92563	3.25703	1.29167	0.75375	0.76332	1.99625	0.41146	17.83281	17.45222	7.84826	9.35125	4.32704	7.07803	5.25856	7.66968	3.84380
2.48514	2.60163	2.37746	1.02107	1.17287	1.53394	1.56882	24.56033	24.29716	11.0537	16.6876	7.20737	13.61872	7.23873	12.49339	3.95265
2.75783	2.41482	1.97185	1.47077	1.49885	1.82735	2.71274	24.35678	25.83965	10.2456	14.4130	9.34019	14.05981	5.62670	6.62990	5.27186
3.10631	1.98582	1.38778	1.36555	1.27620	0.56186	0.01224	28.07588	26.83946	8.84832	13.9448	6.03987	9.48797	5.27769	6.81795	5.87051
1.07571	2.43965	2.10574	1.64401	1.10095	1.33913	2.17547	18.27345	18.00563	13.9657	20.7565	11.51504	14.25684	8.29274	9.81867	5.17116
3.85586	2.27697	1.57003	1.08439	0.80680	0.87510	0.72516	23.77145	25.60838	7.15144	8.76687	5.77953	10.19501	3.87347	5.46618	5.80072
1.17409	0.98803	1.02035	1.24725	1.77886	2.84183	0.14811	21.55296	24.46654	9.64955	14.7132	6.96067	9.44133	4.90465	7.14143	5.06513
2.35936	2.08991	3.11159	1.39427	0.86251	0.94650	0.56986	18.13879	21.85968	8.27298	12.3763	5.20230	9.15920	3.84449	6.65924	2.91332
1.98451	1.48570	1.05954	0.52977	0.35158	0.47040	0.61151	18.77834	15.88230	9.66572	11.3589	12.05419	16.63369	11.45905	10.92768	3.74914
1.98962	0.85748	0.98562	0.80266	0.65398	0.79055	0.72383	24.70425	25.88530	4.97606	7.14992	3.60139	5.55065	2.77887	3.18633	6.13036
0.91735	3.05345	1.85594	1.17338	1.09797	1.04657	1.95234	16.68476	17.27440	8.46609	15.0477	6.52255	9.12927	6.39570	8.23538	3.43419

รูปที่ 3.11 รูปฐานข้อมูลพื้นผิว