สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# การกำหนดดัชนีและการเรียกภาพนิ่งโดยใช้สีเป็นพื้นฐาน

# Color-based Image Indexing and Retrieval

T042775

นายประชุมพร หงสกุล

นายโสภณ มงคลลักษมี

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42775
วัน, เดือน, ปี 10 มิ.ย. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การกำหนดดัชนีและการเรียกภาพนิ่งโดยใช้สีเป็นพื้นฐาน

# Color-based Image Indexing and Retrieval


โดย

**นายประชุมพร หงสกุล**

**นายโสภณ มงคลลักษมี**

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. ชุติเมษฎ์ ศรีนิลทา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

**ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์**

**คณะวิศวกรรมศาสตร์**

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การกำหนดดัชนีและเรียกภาพนิ่งโดยใช้สีเป็นพื้นฐาน

Color-based Image Indexing and Retrieval

ผู้จัดทำ

1. นาย ประชุมพร หงสกุล รหัสประจำตัว 41013538
2. นาย โสภณ มงคลลักษมี รหัสประจำตัว 41013559

ชุติเมษฎ์ ศรีนิลทา อาจารย์ที่ปรึกษา

( ดร. ชุติเมษฎ์ ศรีนิลทา )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การกำหนดดัชนีและเรียกภาพนิ่งโดยใช้สีเป็นพื้นฐาน

นาย ประชุมพร หงสกุล 41013538
นาย โสภณ มงคลลักษมี 41013559
ดร. ชุติเมษฎ์ ศรีนิลทา อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

**บทคัดย่อ**

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการพัฒนาวิธีการกำหนดดัชนีโดยใช้สีของภาพเพื่อนำไปใช้ในการค้นหาภาพจากห้องสมุดภาพเพื่อเพิ่มความสามารถในการค้นหาภาพในห้องสมุดภาพ ซึ่งปกติการกำหนดดัชนีของภาพโดยใช้สีของภาพเพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถแยกแยะลักษณะการเกาะกลุ่มของสีในภาพได้ เมื่อนำดัชนีนั้นมาใช้ในการค้นหาภาพทำให้ได้ภาพที่ไม่ได้คาดหมายปะปนออกมาด้วย โครงงานนี้จึงพัฒนาวิธีการกำหนดดัชนีโดยใช้สีของภาพและใช้ดัชนีในการค้นหาภาพ โดยการแบ่งขอบเขตของภาพออกเป็น 5 ส่วน แล้วนำแต่ละส่วนมาทำ histogram ของสีของภาพนั้น และเก็บลงในห้องสมุดภาพเพื่อใช้เป็นดัชนีของภาพในการเปรียบเทียบสำหรับการค้นหาภาพนิ่งที่ต้องการ โดยการทำ histogram intersection เพื่อหาค่าความเหมือนในแต่ละส่วนของภาพ ระหว่างภาพเป้าหมายและภาพ Model แต่ละภาพในห้องสมุดภาพ ซึ่งการทำ histogram intersection จะออกแบบให้แต่ละส่วนสามารถหมุนได้เพื่อหาความเหมือนรวมของภาพที่มีค่ามากที่สุด สุดท้ายจึงนำภาพ model ที่มีความเหมือนกับภาพเป้าหมายมากที่สุดมาแสดงผล จากการทดลองพบว่าการแบ่งส่วนและการหมุนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Color-based Image Indexing and Retrieval

Prachumporn Hongsagul

Sophon Mongkolluksamee

Dr. Chutimet Srinilta Advisor

## ABSTRACT

This project is about color-based image indexing and retrieval schemes. Image index is determined from image color components and is represented in form of color histogram. Histogram intersection between the target image and model images is carried out during image retrieval. Color components and histogram intersection alone has a major limitation that it cannot tell the distribution of a color in the image. We had tried to alleviate this limitation by dividing the image into five segments. A color histogram is then created for each segment. Finally,segment-by-segment histogram intersection is performed in the retrieval. In addition, we put in the segment rotation capability to detect the similarity when two objects appear at different positons in the images. The results show that segmentation and rotation helped improve the retrieval performance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และความร่วมมือจากหลายๆฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ อาจารย์ ชุติเมษฎ์ ศรีนิลทา อาจารย์ที่ปรึกษาของโครงงานที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบคุณเป็นอย่างมาก

เพื่อนๆทุกคนที่คอยให้ทั้งกำลังใจและคำปรึกษา เสนอแนวคิดในการทำโครงงาน

และต้องขอขอบพระคุณ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ประชุมพร หงสกุล

โสภณ มงคลลักษมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญภาพ | VI |
| สารบัญตาราง | VIII |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย | 1 |
| 1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 2 |
| 1.4 ขอบเขตของโครงงาน | 2 |
| 1.5 วิธีการดำเนินงาน | 3 |
| บทที่ 2 Color Space และการแปลง Color Space | 4 |
| 2.1 บทนำ | 4 |
| 2.2 Color Space | 4 |
| 2.3 การแปลง Color Space | 5 |
| บทที่ 3 ฮิสโตแกรมของสีและฮิสโตแกรมอินเตอร์เซกชัน | 7 |
| 3.1 บทนำ | 7 |
| 3.2 ฮิสโตแกรมของสี | 7 |
| 3.3 การสร้างฮิสโตแกรมของสี | 7 |
| 3.4 ฮิสโตแกรมอินเตอร์เซกชัน | 8 |
| บทที่ 4 แนวคิดและการออกแบบ | 10 |
| 4.1 บทนำ | 10 |
| 4.2 การพัฒนาโปรแกรม | 10 |
| บทที่ 5 การทดลองโปรแกรม | 22 |
| 5.1 บทนำ | 22 |
| 5.2 การทดลองค้นหาภาพ | 22 |
| 5.3 การคำนวณหาค่าความเหมือนต่ำสุดที่จะนำมาใช้เป็นค่าความเหมือนเริ่มต้นของโปรแกรม | 31 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์ 33
6.1 บทนำ 33
6.2 สรุปและวิจารณ์ 33
6.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ 34
6.4 แนวทางในการประยุกต์ใช้งาน 34
ภาคผนวก ก. Color Space 35
RGB Color space 35
HSV Color space 36
Normalize ให้อยู่ในค่าระหว่าง 0-1 37
ภาคผนวก ข. DIB Format 38
โครงสร้างของ BITMAPINFO 38
โครงสร้างของ BITMAP INFOHEADER 39
โครงสร้างของ RGBQUAD 40
สรุป Layout ของ DIB Format 41
ภาคผนวก ค. ภาพที่ใช้ในการทดลอง 42
ภาพที่ใช้ในการทดลองภาพที่มีความสว่างต่างกัน 42
ภาพที่ใช้ในการทดลองภาพที่มีมุมมองภาพต่างกัน 43
ภาพที่ใช้ในการทดลองภาพที่มีการเกาะกลุ่มของสีต่างกัน 44
ภาพที่ใช้ในการทดลองภาพที่มีความเหมือนภาพเป้าหมายมาก 45
ภาคผนวก ง. Format File Histogram 46
บรรณานุกรม 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ


รูปที่ 2-1 แสดงความสัมพันธ์ของสีใน RGB Color space 5

รูปที่ 2-2 แสดงความสัมพันธ์ของระดับสี, ความเข้มสี และความสว่าง บน HSV color space 5

รูปที่ 2-3 แสดงการแปลงสีจาก RGB color space ไปเป็น HSV color space 6

รูปที่ 3-1 แสดงภาพดอกไม้ที่อยู่ใน RGB color space 7

รูปที่ 3-2 แสดงฮิสโตแกรระดับสีของภาพดอกไม้ 8

รูปที่ 3-3 ฮิสโตแกรมอินเตอร์เซกชันของภาพเป้าหมายกับภาพโมเดล 9

รูปที่ 4-1 แสดงปัญหาภาพที่มีลักษณะการเกาะกลุ่มของสีไม่เหมือนกัน 10

รูปที่ 4-2 แสดงปัญหาการตีกรอบที่ไม่เหมาะสมทำให้มีสีพื้นหลังมาก 11

รูปที่ 4-3 แสดงแนวคิดในการแบ่งขอบเขตของภาพออกเป็น 5 ส่วน 11

รูปที่ 4-4 แสดงการตีกรอบที่เหมาะสมเพื่อลดสีพื้นหลัง 12

รูปที่ 4- 5 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของการเก็บภาพและฮีสโตแกรมลงแฟ้มข้อมูล 14

รูปที่ 4-6 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของการเค้นหาและเรียกภาพนิ่งจากแฟ้มข้อมูล 15

รูปที่ 4-7 แสดงคลาสไดอะแกรมของโปรแกรมที่ออกแบบ 16

รูปที่ 4-8 แสดง member data and member function ของ CdibView Class 17

รูปที่ 4-9 แสดง member data and member function ของ CResultDlg Class 18

รูปที่ 4-10 แสดง member data and member function ของ CThreshold Class 19

รูปที่ 4-11 แสดง member data and member function ของ CAboutDlg Class 19

รูปที่ 4-12 แสดง member data and member function ของ CDataDialog Class 19

รูปที่ 4-13 แสดง member data and member function ของ CDibDoc Class 20

รูปที่ 4-14 แสดง member data and member function ของ CMainFrame Class 20

รูปที่ 4-15 แสดง member data and member function ของ CDibLookApp Class 21

รูปที่ 4-16 แสดง member data and member function ของ Result Class 21

รูปที่ 4-17 แสดง member data and member function ของ ToScree Class 21

รูปที่ 4-18 แสดง member data and member function ของ HSVQUAD Class 21

รูปที่ 5-.1 ภาพเป้าหมายที่ใช้ในการค้นหา 23

รูปที่ 5-2 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบการค้นหาภาพที่มีความสว่างต่างกัน
ของโปรแกรมที่ค่าความเหมือนต่างๆของการใช้คัลเลอร์ฮิสโตแกรมอย่างเดียว 24

รูปที่ 5-3 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบการค้นหาภาพที่มีความสว่างต่างกัน
ของโปรแกรมที่ค่าความเหมือนต่างๆของคัลเลอร์ฮีสโตแกรมที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว 24


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5-4 ภาพเป้าหมายที่ใช้ในการทดลอง 25
รูปที่ 5-5 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบการค้นหาภาพที่มีมุมมองภาพต่างกัน
ของโปรแกรมที่ค่าความเหมือนต่างๆของการใช้คัลเลอร์ฮิสโตแกรมอย่างเดียว 26
รูปที่ 5-6 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบการค้นหาภาพที่มีมุมมองภาพต่างกัน
ของโปรแกรมที่ค่าความเหมือนต่างๆของคัลเลอร์ฮีสโตแกรมที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว 26
รูปที่ 5-7 ภาพเป้าหมายที่ใช้ในการทดลอง 27
รูปที่ 5-8 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบการค้นหาภาพที่มีการเกาะกลุ่มต่างกัน
ของโปรแกรมที่ค่าความเหมือนต่างๆของการใช้คัลเลอร์ฮิสโตแกรมอย่างเดียว 28
รูปที่ 5-9 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบการค้นหาภาพที่มีการเกาะกลุ่มต่างกัน
ของโปรแกรมที่ค่าความเหมือนต่างๆของคัลเลอร์ฮีสโตแกรมที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว 28
รูปที่ 5-10 ภาพเป้าหมายที่ใช้ทดลอง 29
รูปที่ 5-11 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบการค้นหาภาพที่มีการเกาะกลุ่มต่างกัน
ของโปรแกรมที่ค่าความเหมือนต่างๆของการใช้คัลเลอร์ฮิสโตแกรมอย่างเดียว 30
รูปที่ 5-12 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบการค้นหาภาพที่มีการเกาะกลุ่มต่างกัน
ของโปรแกรมที่ค่าความเหมือนต่างๆของคัลเลอร์ฮีสโตแกรมที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว 30
รูปที่ 1ก. แสดงความสัมพันธ์ของสีใน RGB Color space 35
รูปที่ 2ก. แสดงความสัมพันธ์ของระดับสี, ความเข้มสี และความสว่าง บน HSV color space 36
รูปที่ 1ง. แสดงภาพที่ได้รับการกำหนดค่าชนี 46
รูปที่ 2ง. แสดงภาพข้อมูลภายในไฟล์ . his 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่ 4-1 แสดงการจับคู่แต่ละส่วนของภาพเพื่อทำฮิสโตแกรมอินเตอร์เซกชั่น 13
ตารางที่5-1 แสดงผลการทดสอบโปรแกรมเพื่อหาค่าความเหมือนเฉลี่ย
ของโปรแกรมที่เดิมที่ใช้คัลเลอร์ฮิสโตแกรมแต่เพียงอย่างเดียว 31
ตารางที่5-2 แสดงผลการทดสอบโปรแกรมเพื่อหาค่าความเหมือนเฉลี่ย
ของโปรแกรมที่เดิมที่ใช้คัลเลอร์ฮิสโตแกรมที่ได้รับการพัฒนาแล้ว 31
ตารางที่1ข. แสดงสมาชิกต่างๆของ BITMAPFILEHEADER 40

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญ

โครงงานนี้เป็นโครงงานที่ทำการพัฒนาต่อจากโครงงานเดิมที่มีชื่อว่า การกำหนดดัชนี และการเรียกภาพนิ่ง โดยใช้สีของภาพ (IMAGE INDEXING AND RETRIEVAL BASED ON COLOR) ซึ่งเป็นโครงงานที่ทำการศึกษา และค้นหาวิธี ในการที่จะกำหนดดัชนีให้กับภาพ และใช้ดัชนีนั้นในการค้นหาภาพที่มีลักษณะของดัชนี ที่ใกล้เคียงกันที่ถูกเก็บอยู่ในแฟ้มข้อมูล โดยที่ภาพทุกภาพที่เก็บอยู่ในแฟ้มข้อมูลนั้นได้ถูกกำหนดดัชนีไว้เรียบร้อยแล้ว ในการกำหนดดัชนีให้กับภาพนั้น ได้นำเอาสีของภาพซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของภาพเป็นตัวสร้างดัชนี และเทคนิคในการนำสีของภาพเป็นตัวดัชนีที่ได้ในการเลือกใช้คือวิธี GLOBAL COLOR โดยการทำฮีสโตแกรมของสี (COLOR HISTOGRAM) ทั่วทั้งบริเวณที่สนใจที่เป็นดัชนีของภาพ ในการค้นหาภาพนั้น จะใช้การเปรียบเทียบดัชนีของภาพ โดยวิธีฮีสโตแกรมอินเตอร์เซกชัน (HISTOGRAM INTERSECTION)

จากการศึกษาค้นคว้า ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและการทำงานของ SOLFWARE ที่โครงงานเดิมได้พัฒนาขึ้น พบว่าการค้นหาภาพโดยการเปรียบเทียบดัชนีของภาพที่ได้มาจากการเก็บจำนวนของสีแต่ละสีภายในภาพ มาสร้างเป็นดัชนีนั้นทำงานได้ดี ในการค้นหาภาพที่วัตถุภายในภาพจะมีการเปลี่ยนมุมมอง, การหมุน,การเปลี่ยนแปลงสเกลของภาพ หรือภาพที่มีบางส่วนขาดหายไป แต่ข้อบกพร่องของการค้นหาภาพด้วยวิธีการนี้ก็คือ ในการค้นหานั้นไม่สามารถแยกแยะภาพที่มีจำนวนของสีในแต่ละสีใกล้เคียงกัน แต่มีลักษณะการเกาะกลุ่มของสีที่แตกต่างกันได้ จึงทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหามีภาพที่ไม่ใช่ภาพที่คาดหมายปะปนออกมาด้วย ดังนั้นในการกำหนดดัชนีให้กับภาพโดยการใช้สีเพียงอย่างเดียว จึงดูไม่เพียงพอในการกำหนดดัชนีให้กับภาพ จึงจำเป็นต้องใช้ในลักษณะเฉพาะของอย่างอื่นมาประกอบด้วย เช่น โครงร่าง (TEXETURE),รูปร่าง (SHAPE) ฯลฯ แต่เนื่องจากโครงงานนี้ยังมุ่งเน้นในการกำหนดดัชนีและการค้นหาภาพด้วยการใช้สีของภาพเพียงอย่างเดียว จึงพัฒนาวิธีในการสร้างและจัดเก็บดัชนีขึ้นมา เรียกว่าฮีสโตแกรมของสีแบบแบ่งส่วน (COLOR HISTOGRAM WITH SEGMENT) และวิธีในการค้นหารูปภาพที่เรียกว่า ฮีสโตแกรมอินเตอร์เซกชันแบบหมุน (HISTOGRAM INTERSECTION WITH SEGMENT ROTATION) ซึ่งทั้ง 2 วิธีใช้ในการแยกแยะลักษณะการเกาะกลุ่มของสีภาพในภาพ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาทำความเข้าใจ และหาข้อบกพร่องของการนำเอาสีของภาพมาสร้างเป็นดัชนีให้กับภาพและวิธีการที่นำดัชนีที่ได้นั้นใช้ในการค้นหาภาพ

1.2.2 พัฒนาวิธีการที่ในการแก้ไขข้อบกพร่อง ในการสร้างดัชนีและการใช้ดัชนีในการค้นหาภาพ

1.2.3 ปรับปรุงการทำงานของโปรแกรมค้นหาภาพด้วยวิธีการที่ค้นพบเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการค้นภาพมากยิ่งขึ้น และพัฒนาองค์ประกอบต่างๆของโปรแกรมให้มีความเหมาะสมสะดวกต่อการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**1.3 งานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง**

1 A Scalable algorithm for Image Retrieval by Color ใช้วิธีนำภาพมากำหนดดัชนีด้วยวิธี clustering ซึ่งภาพนั้นจะแสดงโดย local color histogram และภาพต่างๆในฐานข้อมูลก็จะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มๆตามลักษณะของภาพ

ผลที่ได้ สามารถค้นหาได้เฉพาะภาพที่ใกล้เคียงกันเท่านั้น

2 Histogram Intersection เป็นวิธีการค้นหาภาพโดยกรคำนวณค่าความเหมือนของคู่ฮีสโตแกรมของภาพ ถ้าค่าความเหมือนมีค่ามากแสดงว่า ภาพ2ภาพนั้นมีความคล้ายกัน

ผลที่ได้

1 แยกสีของพื้นหลังออกจากวัตถุในภาพที่สนใจได้

2 ใช้กับภาพที่เปลี่ยนมุมมองได้

3 ใช้กับภาพที่มีสีพื้นหลังของภาพต่างกันได้

4 ไม่สามารถใช้กับภาพที่มีความสว่างต่างกันได้

3 Capacity of Color Histogram Indexing ให้ทุกภาพมีจำนวนพิกเซลรวมเท่ากัน สร้างฮิสโตแกรมสีของภาพโดยเก็บอยู่ในรูปของเวคเตอร์ หาค่าความเหมือนของภาพโดยดูจากระยะห่าง (distance) ระหว่างฮิสโตแกรมของภาพ

ผลที่ได้ 1. ถ้าภาพมีสีพื้นหลังที่เหมือนกันถึงแม้จะเป็นภาพที่ต่างกัน ก็จะทำให้ค่าระยะห่างที่ได้ต่ำมาก

2. การกำหนดดัชนีโดยใช้ฮิสโตแกรมของสีจะได้ผลดีก็ต่อเมื่อมีการกระจาย (sparse) ของฮิสโตแกรม

3. ค่าความจุ (capacity) จะบอกได้เพียงขนาดของฮิสโตแกรมของสีที่จะเก็บได้เท่านั้น แต่ไม่ได้เป็นตัววัดถึงความสำเร็จของวิธีการในการกำหนดดัชนี

**1.4 ขอบเขตของโครงงาน**

โครงงานนี้เป็นการปรับปรุงแก้ไขวิธีการและการทำงานของโปรแกรมค้นหาภาพ ให้มีประสิทธิภาพในการค้นหาภาพและแยกแยะความแตกต่างระหว่างภาพที่มีจำนวนของสีในแต่ละสีใกล้เคียงกันแต่มีลักษณะการเกาะกลุ่มของสีแตกต่างกันได้ ซึ่งงานในโครงงานนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนสำคัญคือ

1.4.1 พัฒนารูปแบบในการสร้างดัชนี และวิธีในการเปรียบเทียบดัชนีเพื่อทำการค้นหาภาพ

1.4.2 ปรับปรุงการทำงานของโปรแกรม แก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆของโปรแกรมให้สามารถใช้งานได้สะดวกและเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.5 วิธีการดำเนินงาน

วิธีการดำเนินงานประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1.5.1 ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานต่างๆที่โครงงานเดิมใช้ในการพัฒนาโครงงานซึ่งประกอบด้วย

1. color space และคุณสมบัติต่างๆของสี
2. การแปลงสี การลดระดับสี และการกำหนดขอบเขตของภาพ
3. การทำฮิสโตแกรมของสี
4. การทำฮิสโตแกรมอินเตอร์เซกชัน

ซึ่งรายละเอียดได้สรุป และแสดงในบทที่ 2 และบทที่ 3

1.5.2 ศึกษาการทำงานของโปรแกรมหาข้อบกพร่องเพื่อปรับปรุงแก้ไขให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.5.3 วิเคราะห์และพัฒนาวิธีการในการปรับปรุง

1.5.4 ศึกษาความเป็นไปได้ของวิธีการที่คิดขึ้นมาเพื่อคัดเลือกวิธีการที่จะทำการทดลอง

1.5.5 ทดสอบวิธีการที่ตัดสินใจเลือก

1.5.6 นำวิธีการที่ผ่านการคัดเลือกมาพัฒนาโปรแกรม

1.5.7 ทดสอบการทำงานของโปรแกรมเพื่อดูประสิทธิภาพในการทำงานสรุปผลการทดลองการทำงานของโปรแกรม ข้อจำกัดต่างๆ และการนำไปประยุกต์ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่2

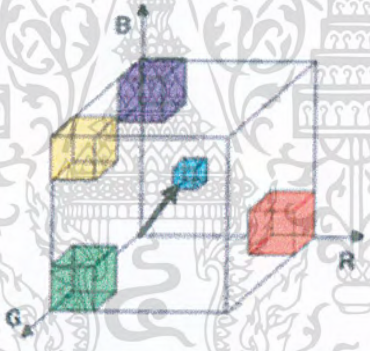
# Color Space และ การแปลง Color Space

## 2.1 บทนำ

ในโครงงานนี้มี color space ที่เกี่ยวข้องด้วยกัน 2 color space คือ RGB color space และ 166 สี HSV color space ในการแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ปกติจะอยู่ใน RGB color space แต่ในการทำงานของโปรแกรมจะใช้ HSV color space ดังนั้นก่อนที่จะนำภาพมาใช้งานในโปรแกรมจึงจำเป็นต้องทำการแปลง color space เสียก่อน

## 2.2 Color Space

2.2.1 RGB color space ภาพสีที่อยู่ในรูปแบบของ RGB จะเป็นรูปแบบพื้นฐานของภาพที่มีการแสดงบนจอคอมพิวเตอร์โดยใช้ 1 พิกเซลของภาพประกอบด้วยองค์ประกอบสี 3 ค่า (channel) คือสีแดง, สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยแสดงองค์ประกอบสีละ n บิต ดังนั้นจะสามารถแสดงเฉดสีได้องค์ประกอบสีละ $2^n$ เฉดสี ที่แตกต่างกัน รูปที่ 2-1 แสดงความสัมพันธ์ของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินในหนึ่งพิกเซล

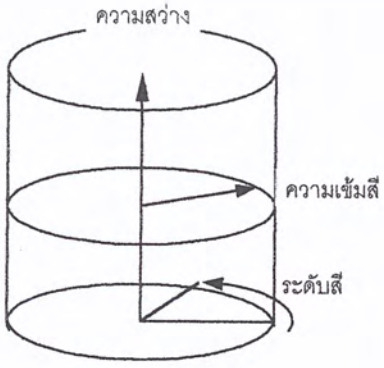



*รูปที่ 2-1 แสดงความสัมพันธ์ของสีใน RGB Color space*

ในระบบนี้แกน R จะแสดงปริมาณของสีแดงที่มีในพิกเซลนั้น แกน G จะแสดงปริมาณของสีเขียวที่มีในพิกเซลนั้น และแกน B จะแสดงปริมาณของสีน้ำเงินที่มีในพิกเซลนั้น เนื่องจากมีการเก็บสีแยกเป็นคนละค่าของสีกันทำให้เมื่อมีการคำนวณแยกทีละค่าของสีแล้วจะเกิดการ color shift สีของภาพที่ได้ก็จะเกิดการเพี้ยนไป

2.2.2 HSV Color space การกำหนดภาพสีในรูปแบบของ HSV ( hue, saturation, value ) โดยความสัมพันธ์ที่แสดงโดยใช้ color space นี้จะเป็นเหมือนกับหลักการของจิตรกรคือการใช้ สี เงา และความเข้มของสี ดังรูปที่ 2-2 แสดงความสัมพันธ์ของระดับสี, ความเข้มสี และความสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




*รูปที่ 2-2 แสดงความสัมพันธ์ของระดับสี, ความเข้มสี และความสว่าง บน HSV color space*

จากรูปด้านในแนวแกนตั้งของรูปทรงกระบอกจะแสดงระดับของความสว่าง ระยะห่างจากแกนกลางจะแสดงถึงระดับของความเข้มสีและองศาที่แสดงในแนวระนาบจะเป็นระดับสีที่ปรากฏใน 1 พิกเซล

ในระบบนี้ระดับสีคือสีที่อธิบายโดยใช้ความยาวคลื่นของสี ยกตัวอย่างเช่น ความแตกต่างระหว่างสีเหลืองและสีแดง ความเข้มสีเป็นปริมาณของสีที่ปรากฏ ยกตัวอย่างเช่น ความแตกต่างระหว่างสีแดงและสีชมพู แกนที่สามเรียกว่า ความสว่าง (lightness), ความเข้ม (intensity) หรือ ค่าของสี (value) เป็นปริมาณของแสง เช่น ความแตกต่างระหว่างสีแดงเข้ม (dark red) และสีแดงสว่าง (light red) หรือสีเทาเข้ม (dark grey) และสีเทาอ่อน (light grey)

**2.3 การแปลง Color space**

ก่อนที่จะนำภาพที่อยู่ใน RGB color space มาใช้งานในโปรแกรมจำเป็นจะต้องทำการแปลงจาก RGB color space ให้มาเป็น 166 สี HSV color space ซึ่งขั้นตอนในการทำประกอบด้วย การแปลงสี( Color transformation, TC ) และการลดระดับสี ( Color quantization, QC ) ในการแปลงสีเป็นการแปลงจาก RGB color space ไปเป็น HSV color space ส่วนการลดระดับสีเป็นการแปลงจาก HSV color space ไปเป็น 166 สี HSV color space

นิยามในการแปลงสี

ให้ $\hat{v}_c = (r, g, b)$ เป็น color point บน RGB color space

$\hat{w}_c = (h, s, v)$ เป็น color point บน HSV color space ซึ่งได้จากการแปลงสี

ซึ่ง $\hat{w}_c = Tc * \hat{v}_c$ สำหรับ r,g,b $\in [0 \ldots 1]$

เมื่อผ่าน Tc จะได้ h,s,v $\in [0 \ldots 1]$ โดยมีสมการการแปลงสี ดังสมการ

$$v = \max(r, g, b) \qquad (1)$$

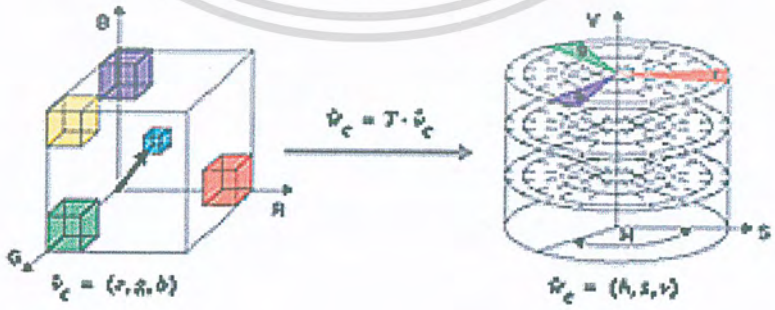
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$s = \frac{v - \min(r,g,b)}{v} \qquad (2)$$

$$6h = \begin{cases} 5 + b' & \text{ถ้า } r = \max(r,g,b) \text{ และ } g = \min(r,g,b) \\ 1 - g' & \text{ถ้า } r = \max(r,g,b) \text{ และ } g \neq \min(r,g,b) \\ 1 + r' & \text{ถ้า } g = \max(r,g,b) \text{ และ } b = \min(r,g,b) \\ 3 - b & \text{ถ้า } g = \max(r,g,b) \text{ และ } b \neq \min(r,g,b) \\ 3 + g' & \text{ถ้า } b = \max(r,g,b) \text{ และ } r = \min(r,g,b) \\ 5 - r' & \text{ถ้าไม่ตรงกับกรณีที่กล่าวมาข้างต้น} \end{cases} \qquad (3)$$

โดย $r' = \frac{v - r}{v - \min(r,g,b)}$ , $g' = \frac{v - g}{v - \min(r,g,b)}$ , $b' = \frac{v - b}{v - \min(r,g,b)}$

การลดระดับสีจะทำการลดจำนวนสีบน HSV color space ให้เหลือ 166 สี จากสมการการแปลงสีที่กล่าวมาข้างต้น จะได้ HSV color space เป็นรูปทรงกระบอก แสดงได้ดังรูปที่ 2-3 ข โดยแกนแนวตั้ง (V) จะแทนความสว่างซึ่งก็คือค่าความมืดถึงความสว่าง (blackness to whiteness) แกนแนวนอน (S) จะแทนความเข้มสีซึ่งก็คือปริมาณของสี และมุมรอบแกนบนระนาบแนวนอน (H) แทนระดับสีซึ่งก็คือโทนสีที่ประกอบไปด้วย สีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน อย่างละ 120 องศา เมื่อทำการลดระดับของสี ที่วงระดับสีจะแบ่งทุกๆ 20 องศาในแต่ละสี จะได้ค่าระดับสีสีละ 6 ระดับ ซึ่งเพียงพอที่จะแทนได้ทั้งกลุ่มสีแดง (red), เขียว (green), น้ำเงิน (blue), เหลือง (yellow), แดงม่วง (magenta) และ เหลืองน้ำเงิน (cyan) ในส่วนของความเข้มสีและความสว่างจะถูกลดระดับ โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ จากการลดระดับจะได้สีที่แตกต่างกัน 166 สีบน HSV color space (ระดับสี 18 ระดับ * ความเข้มสี 3 ระดับ * ความสว่าง 3 ระดับ + สีเทาอีก 4 ระดับ = 166 ระดับ )



ก) ข)

*รูปที่ 2-3 แสดงการแปลงสีจาก RGB color space ไปเป็น HSV color space*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# ฮีสโตแกรมของสี และ ฮีสโตแกรมอินเตอร์เซกชัน

## 3.1 บทนำ

ในโครงงานสิ่งที่กำหนดให้เป็นดัชนีของภาพก็คือ ฮีสโตแกรมของสีนั้นเอง ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงลักษณะของฮีสโตแกรมสี และการสร้างฮีสโตแกรมของสี ซึ่งในการค้นหาภาพนั้นจะใช้วิธีฮีสโตแกรมอินเตอร์เซกชันในการเปรียบเทียบอีสโตแกรม

## 3.2 ฮีสโตแกรมของสี

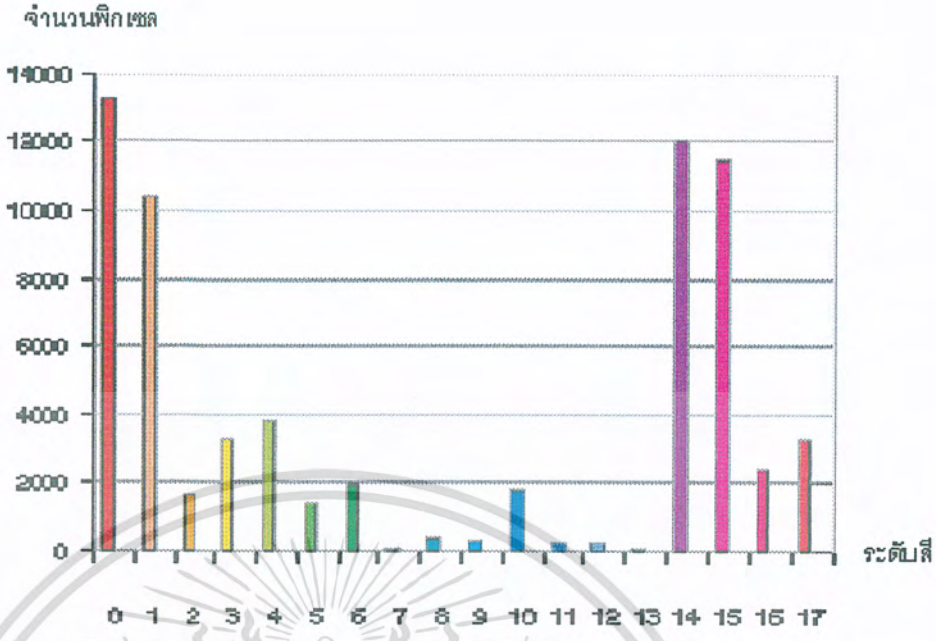
ฮิสโตแกรมของสีประกอบไปด้วยระดับต่างๆ ของสี ซึ่งระดับต่างๆนี้จะเป็นจำนวนของสีในแต่ละระดับที่ปรากฏในภาพ ฮิสโตแกรมของสีจะมีความทนทานต่อการเปลี่ยนมุมมองของภาพ เนื่องจากการเปลี่ยนมุมมองจะทำให้จำนวนพิกเซลรวมของสีไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ถ้าเป็นรูปร่างของภาพเมื่อมีการเปลี่ยนมุมมองแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปมาก

## 3.3 การสร้างฮีสโตแกรมของสี

การสร้างฮิสโตแกรมของสีทำได้โดยเก็บสีที่ปรากฏในภาพที่ผ่านการแปลงสีและลดระดับสีแล้ว ทำโดยใช้วิธีการนับจำนวนพิกเซลของแต่ละสีที่ต่างกันที่ปรากฏในภาพและเก็บไว้โดยสร้างเป็นฮิสโตแกรมของแต่ละภาพขึ้นมา ฮิสโตแกรมของภาพแบ่งออกเป็น 4 ฮิสโตแกรมโดยแบ่งตามแกนใน color space คือ ฮิสโตแกรมของระดับสี ฮิสโตแกรมของความเข้มสี ฮิสโตแกรมของความสว่าง และฮิสโตแกรมของสีเทา แต่ในโครงงานนี้ใช้เพียงฮีสโตแกรมเดียวคือ ฮิสโตแกรมของระดับสี ซึ่งรูป 3-1แสดงภาพที่อยู่ใน RGB color space ซึ่งเมื่อผ่านการแปลงสี การลดระดับของสีแล้ว สามารถสร้างฮิสโตแกรมของระดับสีได้ ดังแสดงในรูปที่ 3-2

*รูปที่ 3-1 แสดงภาพดอกไม้ที่อยู่ใน RGB color space*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




*รูปที่ 3-2 แสดงฮิสโตแกรระดับสีของภาพดอกไม้*

โดยแกนในแนวตั้งของกราฟแสดงจำนวนพิกเซลของแต่ละระดับที่ปรากฏในฮิสโตแกรม และแกนในแนวนอนของกราฟจะแสดงค่าระดับสีต่างๆของฮิสโตแกรม

**3.4 ฮีสโตแกรมอินเตอร์เซกชัน**

ในการค้นหาภาพ จะใช้วิธีดูความคล้ายกันของคู่ฮิสโตแกรมระหว่างฮิสโตแกรมของภาพเป้าหมายและฮิสโตแกรมของภาพโมเดล วิธีนี้เรียกว่าฮิสโตแกรมอินเตอร์เซกชัน วิธีนี้จะเป็นตัววัดว่ามีจำนวนพิกเซลของภาพโมเดลเท่าไรที่พบในภาพเป้าหมาย ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมกับภาพที่ใช้ฮิสโตแกรมเป็นดัชนี

3.4.1 การทำฮิสโตแกรมอินเตอร์เซกชัน

วิธีฮิสโตแกรมอินเตอร์เซกชันเป็นวิธีที่ใช้ในการวัดการซ้อนทับกันระหว่างคู่ฮิสโตแกรมที่กำลังพิจารณา

นิยาม กำหนดให้คู่ของฮิสโตแกรม I และ M โดยที่ I เป็นฮิสโตแกรมของภาพเป้าหมาย และ M เป็นฮิสโตแกรมของภาพโมเดล ที่เรานำมาพิจารณา เราจะสามารถหาค่าอินเตอร์เซกชั่นระหว่าง 2 ฮิสโตแกรมนี้ได้จากสมการที่ 4

$$\sum_{j=1}^{n} \min(Ij, Mj) \qquad (4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ n คือ จำนวนระดับทั้งหมดของฮิสโตแกรมที่สนใจ

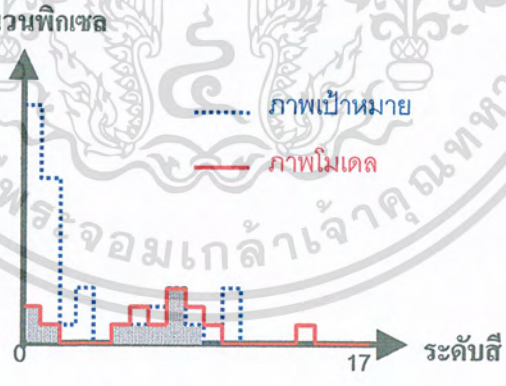
Ij คือ จำนวนพิกเซลของภาพเป้าหมายในระดับที่ j

Mj คือ จำนวนพิกเซลของภาพโมเดลในระดับที่ j

ผลที่ได้จากสมการนี้จะเป็นจำนวนรวมของพิกเซลของฮิสโตแกรมทั้งสองที่มีค่าเดียวกัน จากนั้นนำจำนวนรวมของพิกเซลของภาพโมเดลที่พิจารณามาหารกับค่าอินเตอร์เซกชัน ที่ได้จากสมการที่ 4 เพื่อให้ได้ค่าความเหมือน ดังสมการที่ 5

$$H(I,M) = \frac{\sum_{j=1}^{n} \min(Ij, Mj)}{\sum_{j=1}^{n} Mj} \qquad (5)$$

ค่าความเหมือนที่ได้จากสมการจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0 – 1 ค่าความเหมือนของภาพที่ใกล้เคียงกับ 1 มากที่สุดจะเป็นตัวชี้ว่าภาพคู่ใดมีความเหมือนมากที่สุด รูปที่ 3.3 เป็นตัวอย่างการซ้อนทับกันของคู่ฮิสโตแกรม โดยเส้นประแสดงถึงฮิสโตแกรมของภาพเป้าหมาย เส้นทึบแสดงถึงฮิสโตแกรมของภาพโมเดล ส่วนที่ซ้อนทับกันและระบายสีทึบไว้แสดงส่วนที่เป็นฮิสโตแกรมอินเตอร์เซกชันของกราฟซึ่งจะเท่ากับจำนวนพิกเซลสูงสุดในแต่ละระดับที่ฮิสโตแกรมทั้งสองซ้อนทับกัน




***รูปที่ 3-3 ฮิสโตแกรมอินเตอร์เซกชันของภาพเป้าหมายกับภาพโมเดล***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# แนวคิดและการออกแบบ

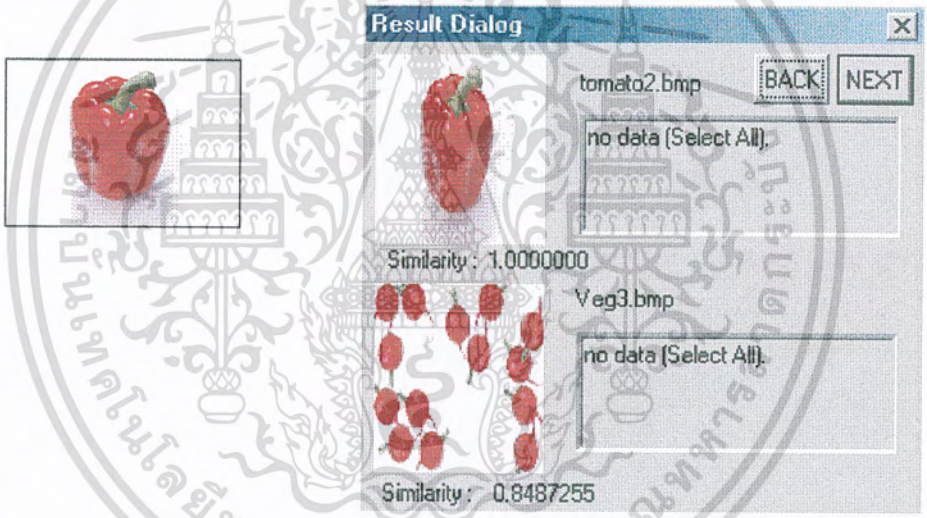
**4.1 บทนำ**

ในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมให้มีความสามารถมากขึ้นนั้น โปรแกรมจะต้องสามารถค้นหาภาพที่มีลักษณะการเกาะกลุ่มของสีในภาพที่มีลักษณะคล้าย ๆ กันออกมาได้

**4.2 การพัฒนาโปรแกรม**

- ปัญหาของการใช้ Color Histogram ในการค้นหาภาพและการตีกรอบขอบเขตของภาพ

จากการใช้จำนวนสีของภาพในขอบเขตที่สนใจแต่เพียงอย่างเดียวนั้น จะใช้ได้ดีกับภาพที่มีความสว่างต่างกัน ภาพที่มีมุมมองภาพต่างกันภาพที่มีขนาดของวัตถุที่สนใจต่างกันและภาพที่มีสีใกล้เคียงกัน แต่พบว่าจะขาดความสามารถในการแยกแยะรูปภาพที่มีจำนวนสีของภาพใกล้เคียงกัน แต่มีลักษณะการเกาะกลุ่มของสีในภาพต่างกัน ดังตัวอย่างผลการทดลองที่แสดงในรูปที่ 4-1




*รูปที่ 4-1 แสดงปัญหาภาพที่มีลักษณะการเกาะกลุ่มของสีไม่เหมือนกัน*

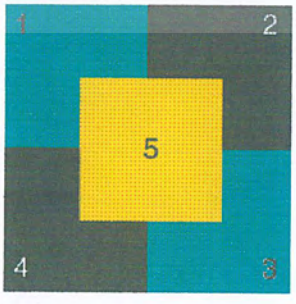
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในการเลือกขอบเขตของรูปที่สนใจ เป็นสี่เหลี่ยมแต่เพียงอย่างเดียวนั้นจะไม่เหมาะสมกับวัตถุที่สนใจที่มีลักษณะเป็นวงกลม ซึ่งในการเลือกแบบสี่เหลี่ยมจะทำให้ได้ส่วนของภาพที่ไม่ใช่วัตถุหรือพื้นหลังที่ไม่สนใจเข้ามาเกี่ยวข้องมากทำให้มีส่วนในการค้นหาภาพผิดพลาดด้วย

*รูปที่ 4-2 แสดงปัญหาการตีกรอบที่ไม่เหมาะสมทำให้มีสีพื้นหลังมาก*

- แนวคิดในการแก้ไขปัญหาทั้ง 2 อย่าง

แนวคิดในการแก้ปัญหาให้ Color histogram สามารถแยกแยะภาพที่มีลักษณะการเกาะกลุ่มต่างกัน แต่มีจำนวนสีของภาพใกล้เคียงกันนั้น โดยจะทำการแบ่งขอบเขตของภาพที่สนใจออกเป็นส่วน ( Segment ) เล็ก ๆ ซึ่งจากการทดลองแบ่งขอบเขตของภาพที่สนใจออกเป็นส่วนเล็ก ๆ จะพบว่าแบ่งขอบเขตของภาพที่สนใจเป็น 5 ส่วนจะเหมาะสมที่สุด และมีความสามารถในการแยกแยะลักษณะการเกาะกลุ่มจำนวนสีในภาพได้ดี ซึ่งการแบ่งขอบเขตของภาพที่สนใจออกเป็น 5 ส่วนจะแสดงไว้ในรูปที่ 4-3 และจะนำแต่ละส่วนที่ได้จากการแบ่ง Histogram Intersection โดยจะออกแบบให้ส่วนที่ 1 , 2 , 3 และ 4 สามารถหมุนได้เพื่อให้การทำ Histogram Intersection แบบแบ่งภาพออกเป็น 5 ส่วนนั้นยังคงความสามารถในการค้นหาภาพที่เป็นมุมมองได้อยู่




*รูปที่ 4-3 แสดงแนวคิดในการแบ่งขอบเขตของภาพออกเป็น 5 ส่วน*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนแนวคิดในการแก้ไขปัญหาเรื่องการเข้ากรอบขอบเขตของภาพที่สนใจให้เหมาะสมนั้นจะทำการเพิ่มการตีกรอบแบบวงกลม เพื่อให้สามารถตีกรอบจุดสนใจของภาพที่มีลักษณะเป็นวงกลมได้ ก็จะทำให้สามารถลดส่วนที่ไม่เป็นจุดสนใจของภาพหรือพื้นหลังของภาพได้ ซึ่งจะทำให้โปรแกรมมประสิทธิภาพในการค้นหาภาพหรือลดภาพที่ไม่เกี่ยวข้องที่จะออกมาเป็นผลลัพธ์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4-4

*รูปที่ 4-4 แสดงการตีกรอบที่เหมาะสมเพื่อลดสีพื้นหลัง*

- อธิบายขั้นตอนของวิธีการแก้ไขปัญหา

ขั้นตอนในการเพิ่มความสามารถในการแยกแยะลักษณะการเกาะกลุ่มของจำนวนสีในขอบเขตของภาพที่สนใจ มีดังนี้

ในส่วนการเก็บภาพลงในแฟ้มข้อมูล

- จะทำการแบ่งขอบเขตของภาพที่สนใจออกเป็น 5 ส่วน ดังแสดงในรูป 4-3
- ทำ Histogram ของสีในแต่ละส่วนของภาพทั้ง 5 ส่วน
- เก็บ File ภาพและ File Histogram ลงในแฟ้มข้อมูล

ในส่วนการทำการค้นหาภาพในแฟ้มข้อมูล

- จะนำภาพ Model ที่ทำการเลือกขอบเขตของภาพที่สนใจแล้วทำการแบ่งขอบเขตของภาพออกเป็น 5 ส่วนและทำ Histogram ของสีในแต่ละส่วนของภาพ
- นำ Histogram ของภาพ Model มาทำ Histogram Intersection กับ Histogram ของภาพเป้าหมายในแฟ้มข้อมูล ซึ่งมีรูปแบบการจับคู่ Intersection ในแต่ละส่วนดังในตารางที่ 4-1 เพื่อหาค่าความเหมือนในแต่ละส่วนของแต่ละรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| รูปแบบที่ | M | T | M | T | M | T | M | T | M | T |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 2 | 1 | 4 | 2 | 1 | 3 | 2 | 4 | 3 | 5 | 5 |
| 3 | 1 | 3 | 2 | 4 | 3 | 1 | 4 | 2 | 5 | 5 |
| 4 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 1 | 5 | 5 |

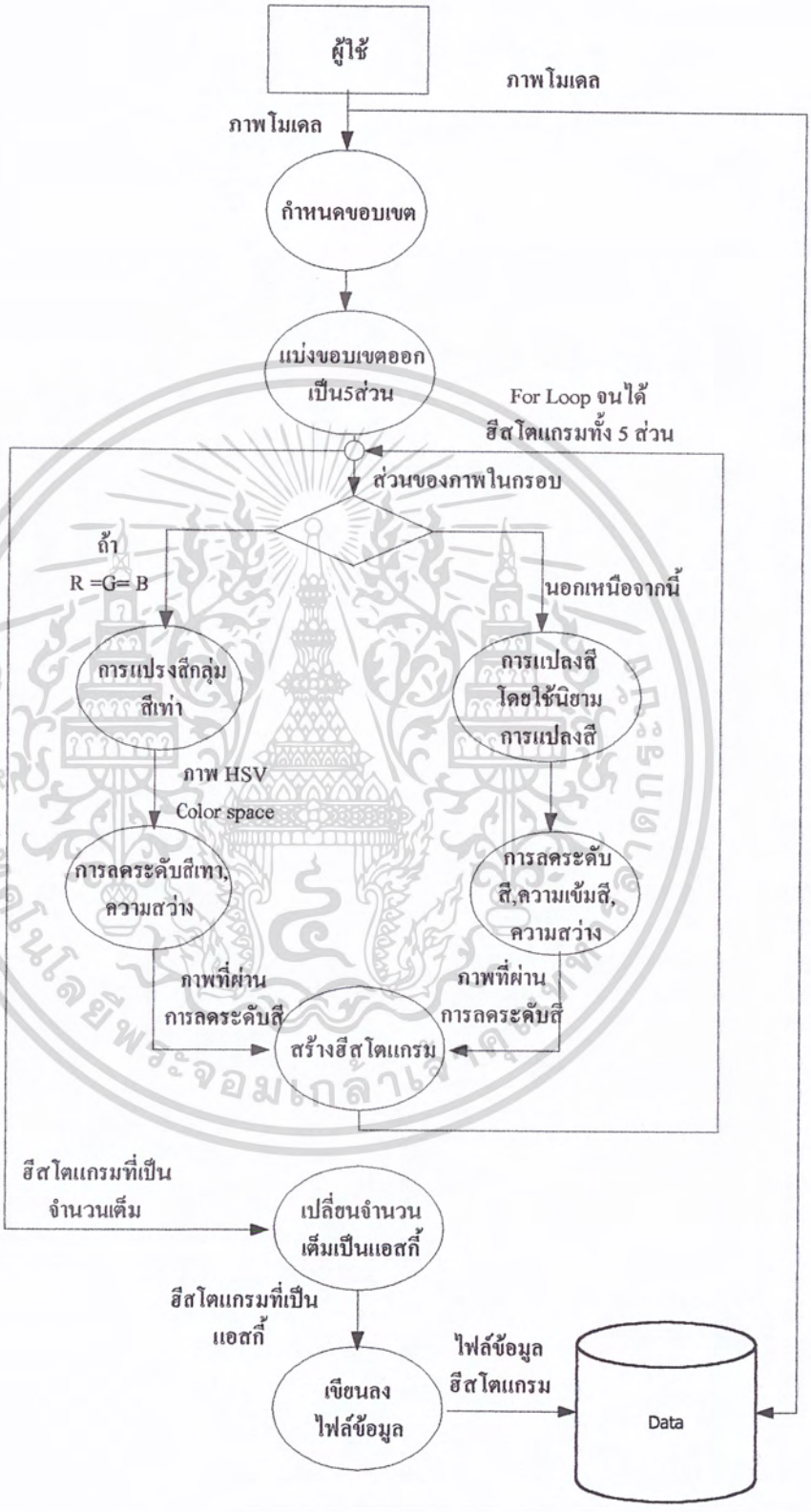
***หมายเหตุ M = ภาพโมเดล , T = ภาพเป้าหมาย***

***ตารางที่ 4-1 แสดงการจับคู่แต่ละส่วนของภาพเพื่อทำฮิสโตแกรมอินเตอร์เซกชั่น***

- ในแต่ละรูปแบบจะนำค่าความเหมือนในแต่ละส่วนมารวมกันและหารด้วย 5
- หาค่าความเหมือนสูงสุดจากทั้ง 4 รูปแบบและเก็บลงในรายการของภาพที่จะแสดงเป็นผลลัพธ์ของภาพนั้น

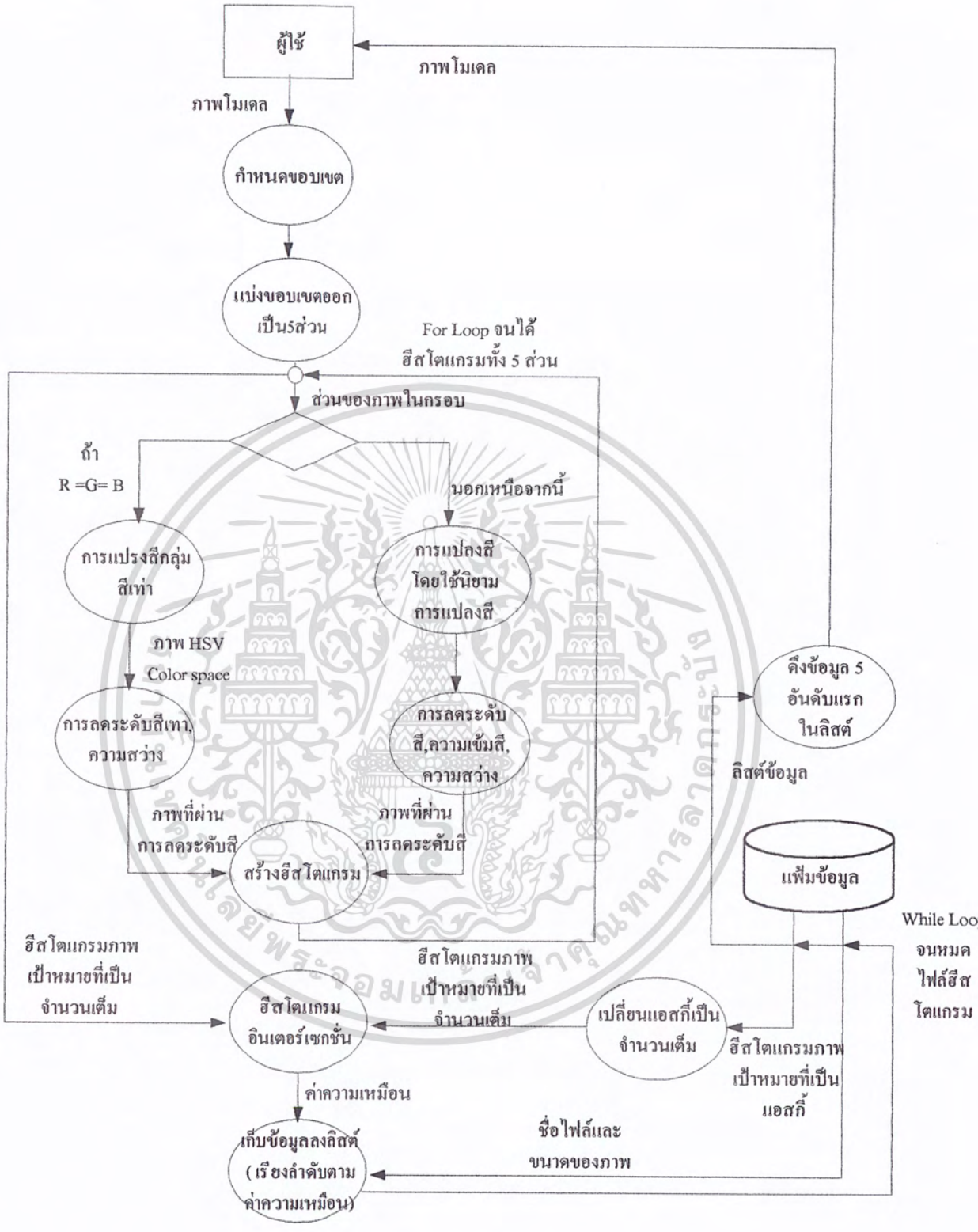
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แผนผังในการทำงานของโปรแกรมที่ได้รับการออกแบบ**




***รูปที่ 4- 5 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของการเก็บภาพและฮีสโตแกรมลงแฟ้มข้อมูล***

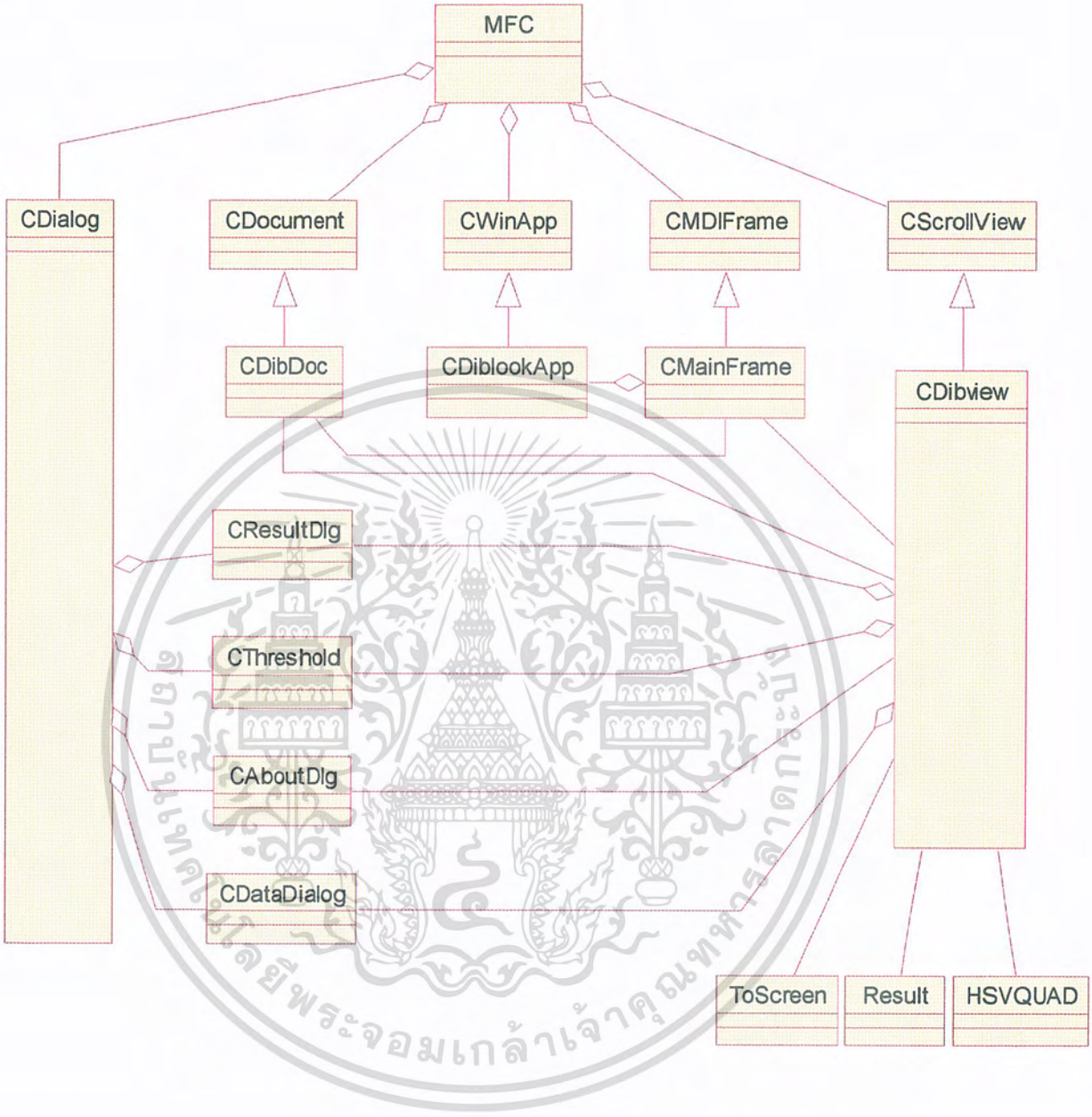
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




***รูปที่ 4-6 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของการค้นหาและเรียกภาพนิ่งจากแฟ้มข้อมูล***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**คลาสไดอะแกรมของโปรแกรมที่ออกแบบ**




*รูปที่ 4-7 แสดงคลาสไดอะแกรมของโปรแกรมที่ออกแบบ*

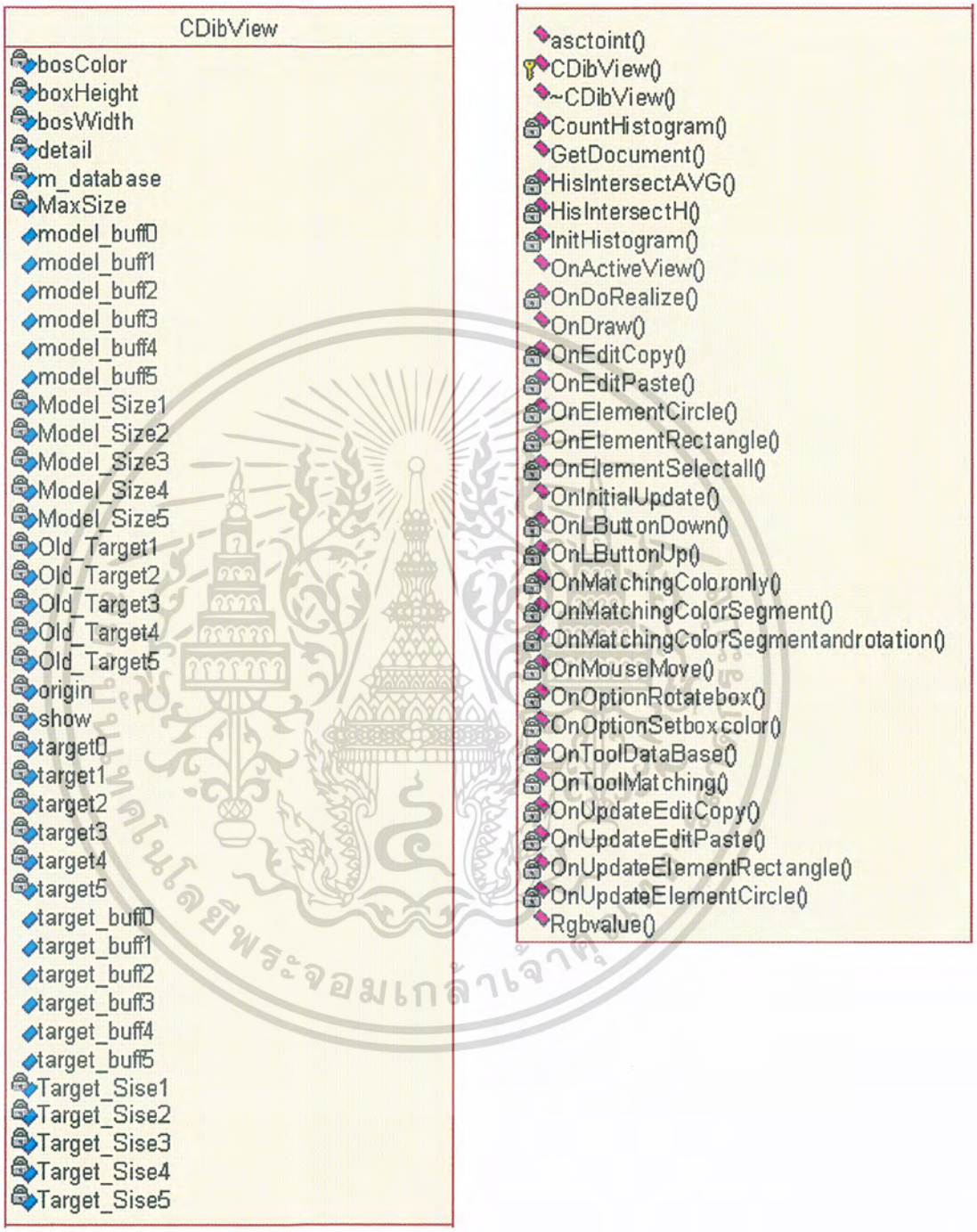
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



**Member data and member function ของแต่คลาส**

CdibView Class




***รูปที่ 4-8 แสดง member data and member function ของ CdibView Class***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42775

CResultDlg Class

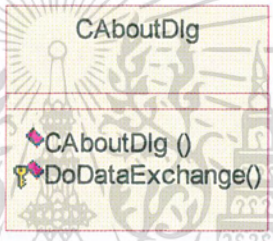
***รูปที่ 4-9 แสดง member data and member function ของ CResultDlg Class***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CThreshold Class

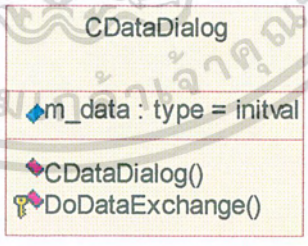
*รูปที่ 4-10 แสดง member data and member function ของ CThreshold Class*

CAboutDlg Class




*รูปที่ 4-11 แสดง member data and member function ของ CAboutDlg Class*

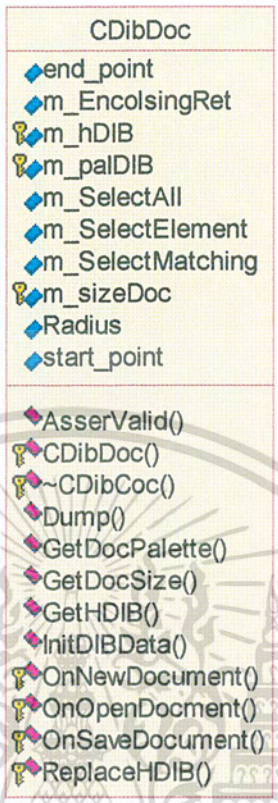
CDataDialog Class




*รูปที่ 4-12 แสดง member data and member function ของ CDataDialog Class*

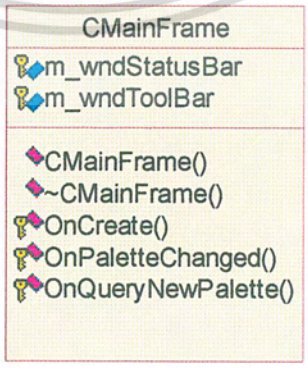
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CDibDoc Class




*รูปที่ 4-13 แสดง member data and member function ของ CDibDoc Class*

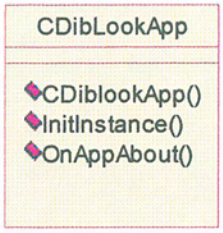
CMainFrame Class




*รูปที่ 4-14 แสดง member data and member function ของ CMainFrame Class*

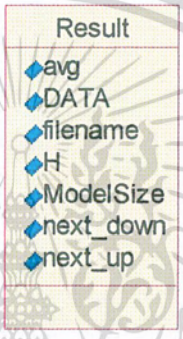
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CDibLookApp Class



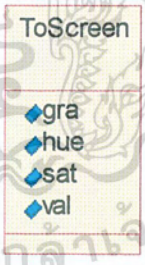

*รูปที่ 4-15 แสดง member data and member function ของ CDibLookApp Class*

Result Class



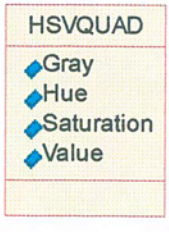

*รูปที่ 4-16 แสดง member data and member function ของ Result Class*

ToScreen Class




*รูปที่ 4-17 แสดง member data and member function ของ ToScree Class*

HSVQUAD Class




*รูปที่ 4-18 แสดง member data and member function ของ HSVQUAD Class*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# การทดลองโปรแกรม

## 5.1 บทนำ

ในบทนี้เป็นการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรมค้นหาภาพ ที่ยังไม่ได้รับการปรับปรุงกับที่ได้รับการปรับปรุงวิธีการสร้างดัชนีของภาพ ในการทดลองการค้นหาภาพจะกำหนดชุดการทดลองต่าง ๆ 20 ภาพ แล้วทดลองการค้นหาภาพในแต่ละชุดการทดลองที่ค่าความเหมือนต่าง ๆ กันเพื่อดูความสามารถในการค้นหาภาพของโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาแล้วกับโปรแกรมที่ยังไม่ได้รับการพัฒนาและคำนวณค่าความเหมือนต่ำสุดซึ่งจะนำไปใช้เป็นค่าความเหมือนเริ่มต้นให้กับโปรแกรม จากนั้นจะทดลองให้โปรแกรมค้นหาภาพในแฟ้มข้อมูลที่มีจำนวน 300 ภาพที่ค่าความเหมือนเริ่มต้นเพื่อดูประสิทธิภาพกาพทำงานโดยรวมของโปรแกรม

## 5.2 การทดลองการค้นหาภาพ

ในการทดลองครั้งนี้ใช้ภาพในแฟ้มข้อมูลซึ่งเป็นภาพที่ได้มาจากอินเตอร์เน็ต ซีดีภาพต่าง ๆ ซึ่งเป็นภาพที่มีความสว่างต่างกัน มุมมองต่างกัน ขนาดของภาพต่างกัน และอื่น ๆ โดยในการค้นหาภาพจะกำหนดค่าความเหมือนที่ระดับค่าง ๆ โดยที่เริ่มที่ 60, 65, 70 และ 75 เปอร์เซ็น สาเหตุที่เริ่มที่ 60 เพราะถ้ากำหนดค่าต่ำกว่านั้นจะทำให้ได้ภาพที่ไม่คาดหมายออกมาปะปนมาก การทดลองโดยการกำหนดให้มีค่าความเหมือนต่าง ๆ กันจะช่วยให้แนวโน้มของการค้นหาว่าสามารถจะค้นหาภาพที่คาดหมายออกมาตรงกับความต้องการมากน้อยเพียงไร จากนั้นจะเลือกค่าความเหมือนที่เหมาะสมในแต่ละกรณีทดลอง มาคำนวณหาค่าความเหมือนต่ำสุดที่เหมาะสมจะใช้เป็นค่าเริ่มต้นของโปรแกรม

การทดลองโปรแกรมกำหนดให้มีภาพที่ต้องการมีความสว่างต่างกันเป็นชุด ชุดละ 20 ภาพ โดยทดลองที่ค่าความเหมือนต่างที่ได้กล่าวไปแล้ว การทดลองจะแบ่งออกเป็น การทดลองภาพที่มีความสว่างต่างกัน ภาพที่มีมุมมองภาพต่างกัน ภาพที่มีการเกาะกลุ่มของสีต่างกัน การค้นหาภาพที่ความเหมือนมาก และ การทดสอบประสิทธิภาพโดยรวมของโปรแกรม

5.2.1 ทดลองการค้นหาภาพเมื่อภาพที่ต้องการมีความสว่างต่างจากภาพเป้าหมาย ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความสามารถในการค้นหาภาพเมื่อภาพที่ต้องการภาพที่มีความสว่างต่างกันจากภาพเป้าหมายทั้ง 2 วิธี การทดลองจะกำหนดให้มีกลุ่มของภาพที่คล้ายกันในแฟ้มข้อมูล แต่ละกลุ่มมีภาพที่มีความสว่างต่างกัน และให้โปรแกรมรับภาพเป้าหมายที่มีความสว่างต่างกับภาพในแฟ้มข้อมูล โปรแกรมจะต้องค้นหาภาพที่คล้ายกับภาพเป้าหมายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การทดลองที่ 1</u>

<u>จุดประสงค์</u> เปรียบเทียบความสามารถในการค้นหาภาพเมื่อความสว่างต่างกัน

<u>ภาพเป้าหมาย</u> ภาพดอกทานตะวัน (cb145)

*รูปที่ 5-1 ภาพเป้าหมายที่ใช้ในการค้นหา*

<u>กลุ่มของภาพในแฟ้มข้อมูล</u>

1. ภาพดอกทานตะวันที่มีความสว่างต่างกัน 10 ภาพ
2. ภาพอื่น ๆ 10 ภาพ

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

ทำการค้นหาภาพโดยใช้วิธีการคัลเลอร์ฮีสโตแกรม เพียงอย่างเดียว

เก็บข้อมูลผลการทดลองและสร้างกราฟเปรียบเทียบผลที่ได้

ทำการค้นหาภาพโดยใช้คัลเลอร์ฮีสโตแกรมที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว

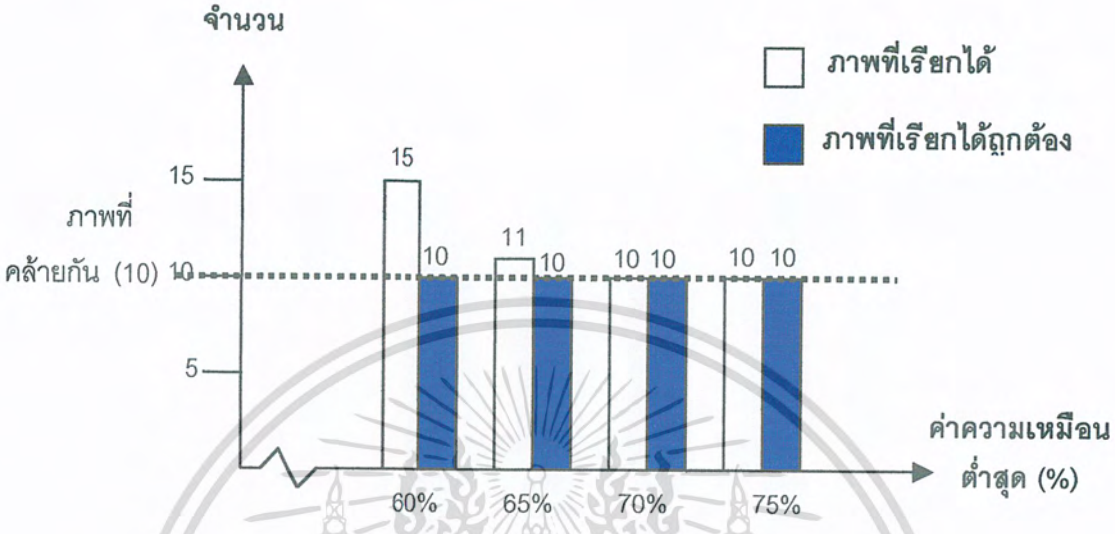
เก็บข้อมูลผลการทดลองและสร้างกราฟเปรียบเทียบผลที่ได้

สรุปผลเปรียบเทียบผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

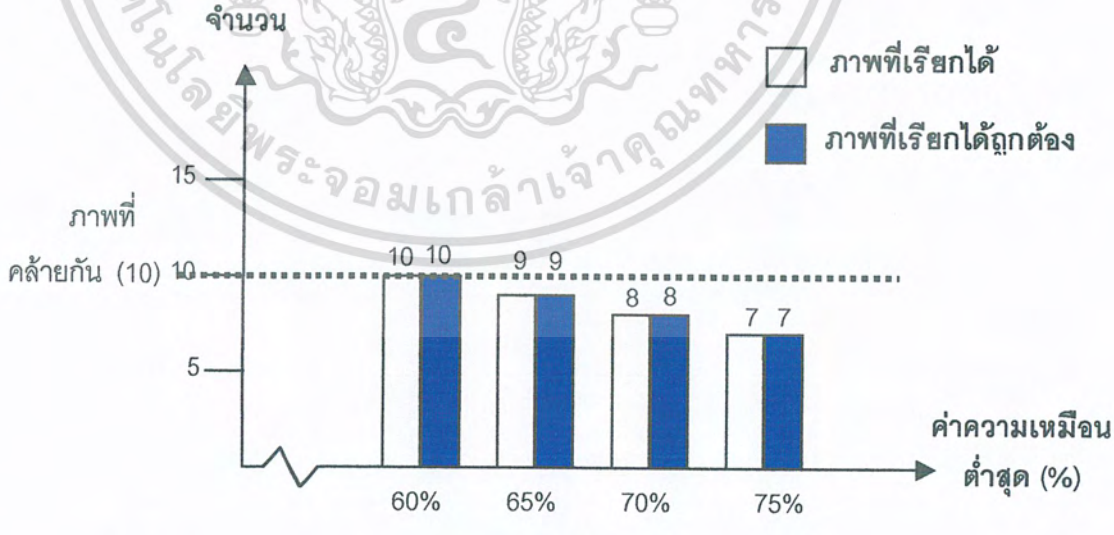
ผลการทดลอง

กราฟผลการทดลองแบบใช้ คัลเลอร์ฮีสโตแกรมอย่างเดียว




*รูปที่ 5-2 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบการค้นหาภาพที่มีความสว่างต่างกัน ของโปรแกรมที่ค่าความเหมือนต่างๆของการใช้คัลเลอร์ฮิสโตแกรมอย่างเดียว*

แบบคัลเลอร์ฮีสโตแกรมที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว




*รูปที่ 5-3 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบการค้นหาภาพที่มีความสว่างต่างกัน ของโปรแกรมที่ค่าความเหมือนต่างๆของคัลเลอร์ฮีสโตแกรมที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองของทั้งสองวิธีจะเห็นได้ว่าการค้นหาภาพที่มีความสว่างต่างกัน ด้วยการใช้ คัลเลอร์ฮีสโตแกรมเพียงอย่างเดียวและโปรแกรมที่ปรับปรุงแล้วนั้นโปรแกรมที่ได้รับการปรับปรุงก็ยังทำงานให้ภาพที่ต้องการได้เหมือนการใช้คัลเลอร์ฮิสโตแกรมแต่เพียงอย่างเดียวและยังสามารถลดจำนวนภาพที่ได้ไม่คาดหมายได้ดีกว่าแบบเดิม

5.2.2 ทดลองการค้นหาภาพเมื่อภาพที่ต้องการมีมุมมองภาพต่างกัน ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความสามารถในการค้นหาภาพเมื่อภาพที่ต้องการมีมุมมองต่างจากภาพเป้าหมายของทั้ง 2 วิธี การทดลองจะกำหนดให้มีกลุ่มของภาพที่คล้ายกันในแฟ้มข้อมูล แต่ละกลุ่มมีภาพที่มีมุมมองภาพต่างกัน และให้โปรแกรมรับภาพเป้าหมายที่มีมุมมองภาพต่างกับภาพในแฟ้มข้อมูล โปรแกรมจะต้องค้นหาภาพที่คล้ายกับภาพเป้าหมายได้

การทดลองที่ 2

จุดประสงค์ เพื่อทดสอบความสามารถในการค้นหาภาพที่มีลักษณะคล้ายกันแต่มีมุมมองต่างกัน

ภาพเป้าหมาย ภาพตุ๊กตาหมีสีน้ำตาล ( bear4)

*รูปที่ 5-4 ภาพเป้าหมายที่ใช้ในการทดลอง*

กลุ่มของภาพในแฟ้มข้อมูล

1. ภาพตุ๊กตาหมีที่มีมุมมองต่างกัน 12 ภาพ
2. ภาพที่มีสีคล้าย ๆ กัน 5 ภาพ
3. ภาพอื่น ๆ

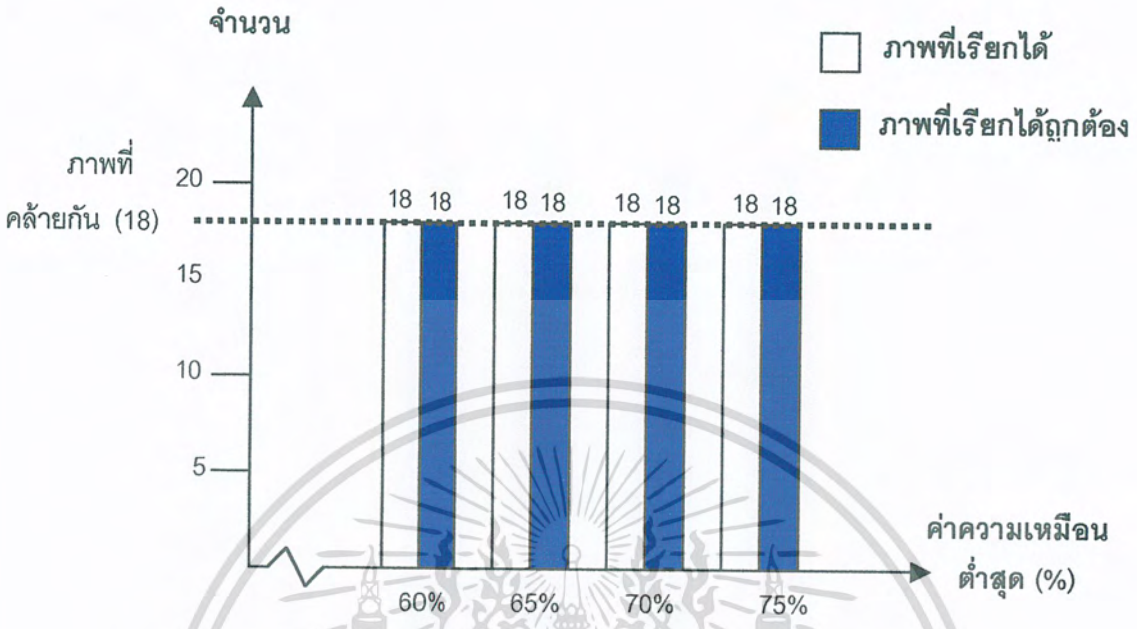
ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการค้นหาภาพโดยใช้วิธีการคัลเลอร์ฮิสโตแกรมเพียงอย่างเดียว
2. เก็บข้อมูลผลการทดลองที่ได้และสร้างกราฟทำการเปรียบเทียบ
3. ทำการค้นหาภาพโดยใช้วิธีคัลเลอร์ฮิสโตแกรมที่ได้รับการพัฒนาแล้ว
4. เก็บข้อมูลผลการทดลองที่ได้และสร้างกราฟทำการเปรียบเทียบ
5. สรุปผลเปรียบเทียบผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

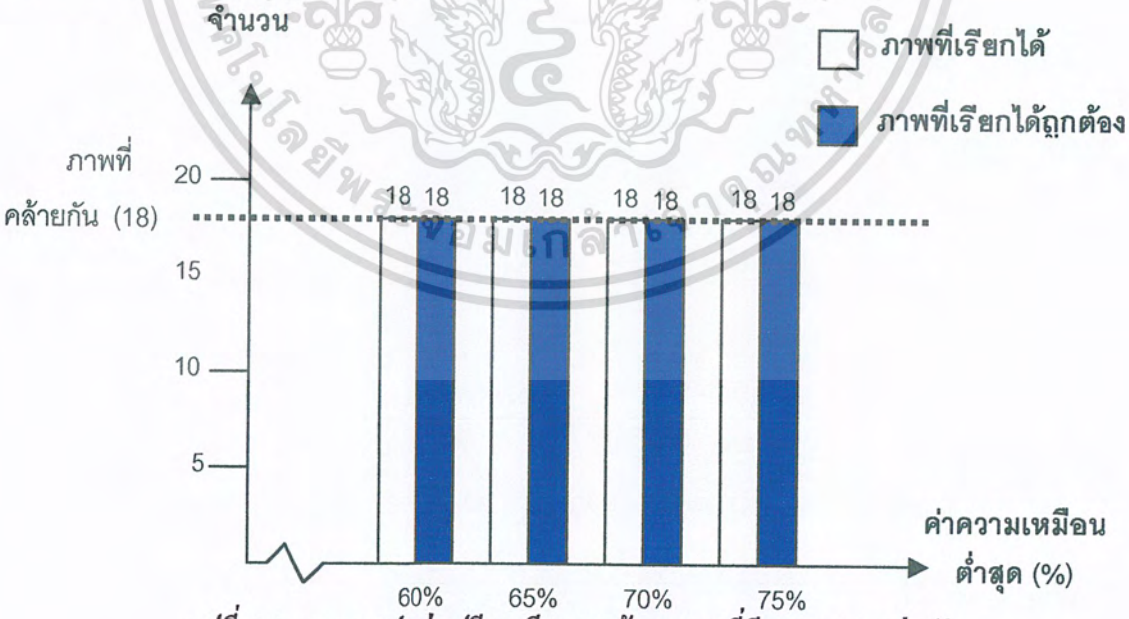
ผลการทดลอง

แบบใช้ คัลเลอร์ฮีสโตแกรมอย่างเดียว




*รูปที่ 5-5 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบการค้นหาภาพที่มีมุมมองภาพต่างกัน ของโปรแกรมที่ค่าความเหมือนต่างๆของการใช้คัลเลอร์ฮิสโตแกรมอย่างเดียว*

แบบคัลเลอร์ฮีสโตแกรมที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว




*รูปที่ 5-6 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบการค้นหาภาพที่มีมุมมองภาพต่างกัน ของโปรแกรมที่ค่าความเหมือนต่างๆของคัลเลอร์ฮีสโตแกรมที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองของทั้งสองวิธีจะเห็นได้ว่าการค้นหาภาพที่มีมุมมองภาพต่างกัน ด้วยการใช้คัลเลอร์ฮิสโตแกรมเพียงอย่างเดียวและโปรแกรมที่ปรับปรุงแล้วนั้นโปรแกรมที่ได้รับการปรับปรุงก็ยังทำงานให้ภาพที่ต้องการได้เหมือนการใช้คัลเลอร์ฮิสโตแกรมแต่เพียงอย่างเดียวและยังสามารถลดจำนวนภาพที่ได้ไม่คาดหมายได้ดีกว่าแบบเดิม

5.2.3 ทดลองการค้นหาภาพเมื่อภาพที่ต้องการมีการเกาะกลุ่มของสีในภาพคล้าย ๆ กัน ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความสามารถในการค้นหาภาพเมื่อภาพที่ต้องการมีจำนวนของสีใกล้เคียงกันแต่มีลักษณะการเกาะกลุ่มของสีแตกต่างกัน การทดลองจะกำหนดให้มีกลุ่มของภาพที่คล้ายกันในแฟ้มข้อมูล แต่ละกลุ่มมีภาพที่มี การเกาะกลุ่มต่างกัน และให้โปรแกรมรับภาพเป้าหมายและโปรแกรมจะต้องค้นหาภาพที่มีการเกาะกลุ่มของสีคล้ายกันภาพเป้าหมายได้

การทดลองที่ 3

จุดประสงค์ เพื่อทดสอบความสามารถในการค้นหาภาพที่มีลักษณะคล้ายกันแต่มีมุมมองต่างกัน

ภาพเป้าหมาย ภาพพริกหวานหนึ่งผลอยู่กลางภาพ ( tomato6)

*รูปที่ 5-7 ภาพเป้าหมายที่ใช้ในการทดลอง*

กลุ่มของภาพในแฟ้มข้อมูล

1. ภาพผลไม้ที่มีการเกาะกลุ่มคล้ายกัน 6 ภาพ
2. ภาพอื่น ๆ

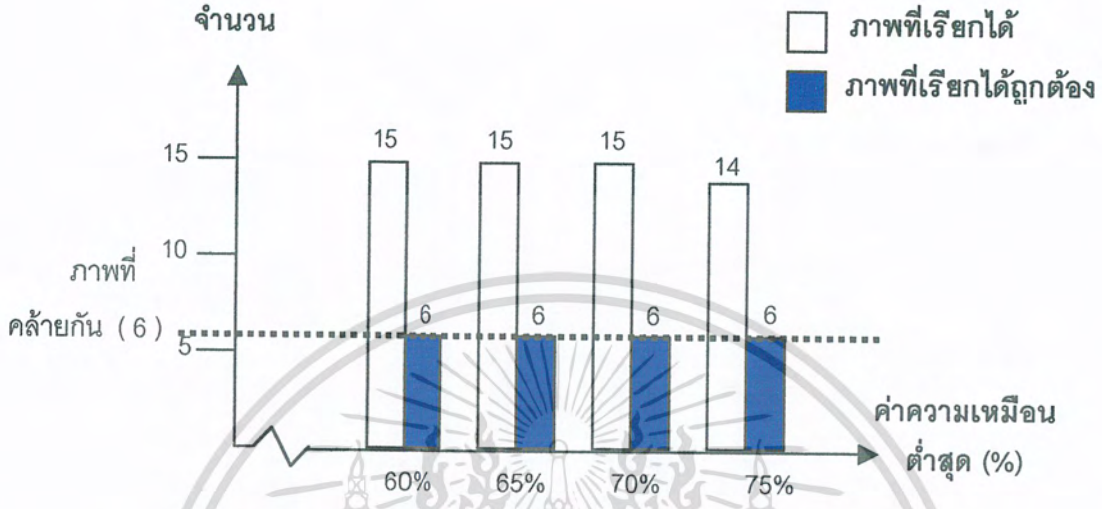
ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการค้นหาภาพโดยใช้วิธีการคัลเลอร์ฮิสโตแกรมเพียงอย่างเดียว
2. เก็บข้อมูลผลการทดลองที่ได้และสร้างกราฟทำการเปรียบเทียบ
3. ทำการค้นหาภาพโดยใช้วิธีคัลเลอร์ฮิสโตแกรมที่ได้รับการพัฒนาแล้ว
4. เก็บข้อมูลผลการทดลองที่ได้และสร้างกราฟทำการเปรียบเทียบ
5. สรุปผลเปรียบเทียบผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

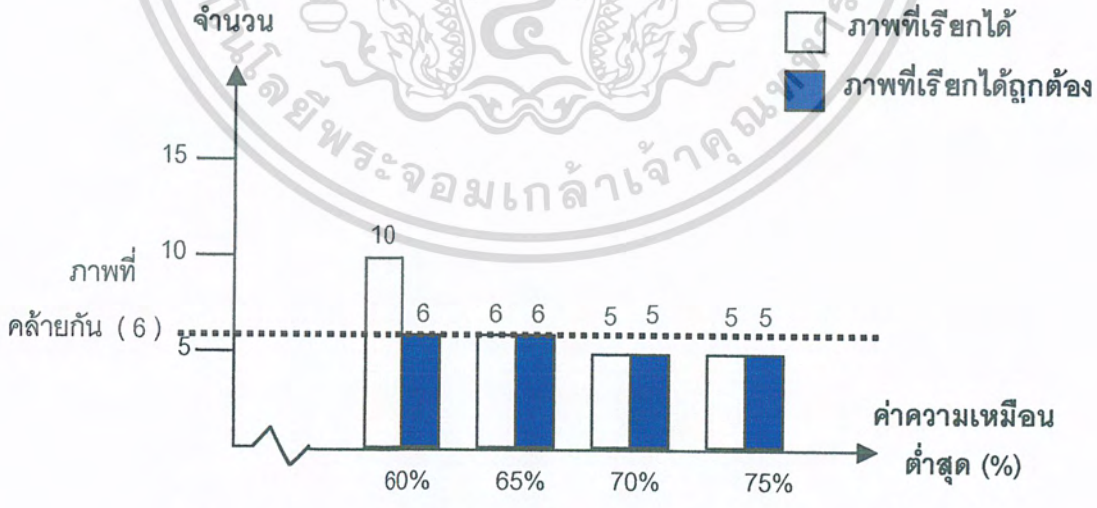
ผลการทดลอง

แบบใช้ คัลเลอร์ฮีสโตแกรมอย่างเดียว




*รูปที 5-8 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบการค้นหาภาพที่มีการเกาะกลุ่มต่างกัน ของโปรแกรมที่ค่าความเหมือนต่างๆของการใช้คัลเลอร์ฮิสโตแกรมอย่างเดียว*

แบบคัลเลอร์ฮีสโตแกรมที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว




*รูปที่ 5-9 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบการค้นหาภาพที่มีการเกาะกลุ่มต่างกัน ของโปรแกรมที่ค่าความเหมือนต่างๆของคัลเลอร์ฮีสโตแกรมที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองของทั้งสองวิธีจะเห็นได้ว่าการค้นหาภาพด้วยการใช้ คัลเลอร์ฮีสโตแกรม เพียงอย่างเดียวจะให้ภาพที่ไม่ตรงตามความต้องการมากกว่า ส่วนการใช้ คัลเลอร์ฮีสโตแกรม ที่ปรับปรุงแล้วนั้นในค่าความเหมือนที่เท่ากันจะได้ภาพที่ไม่ได้คาดหมายออกมาน้อยกว่า ซึ่งดูจากกราฟทั้ง2แล้วจะเห็นได้ว่าด้วยวิธีการแรกจะไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างได้จนถึงที่ค่าความเหมือนที่90%จึงสามารถแยกแยะได้ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจะเป็นภาพที่มีปริมาณสีใกล้เคียงกันมากจริงๆจึงจะนำออกแสดงผล แต่ด้วยวิธีที่ได้รับการปรับปรุงแล้วนั้นสามารถแยกได้ตั้งแต่ที่ค่าความเหมือนน้อยๆ

5.2.4 ทดลองในหัวข้อนี้จะเป็นการค้นหาภาพเมื่อภาพที่ต้องการมีการเกาะกลุ่มของสีในภาพคล้าย ๆ กันมากหรือเหมือนมาก ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความสามารถในการค้นหาภาพเมื่อภาพที่ต้องการมีที่มีจำนวนของสีใกล้เคียงกันแต่มีลักษณะการเกาะกลุ่มของสีแตกต่างกัน การทดลองจะกำหนดให้มีกลุ่มของภาพที่คล้ายกันในแฟ้มข้อมูล แต่ละกลุ่มมีภาพที่มี การเกาะกลุ่มต่างกัน และให้โปรแกรมรับภาพเป้าหมายและโปรแกรมจะต้องค้นหาภาพที่มีการเกาะกลุ่มของสีคล้ายกันภาพเป้าหมายได้ โดยใช้ค่าความเหมือนที่ 80 เปอร์เซ็นเพื่อที่จะได้ภาพที่มีความเหมือนของภาพใกล้เคียงกับภาพที่ต้องการสูง

การทดลองที่ 4

จุดประสงค์ เพื่อแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาแล้วสามารถหาภาพที่มีความเหมือนกับภาพที่ต้องการ ได้ดีกว่าการโปรแกรมเดิมที่ยังไม่ได้รับการพัฒนา

ภาพเป้าหมาย ภาพตำรวจจราจรใส่ชุดสีน้ำเงินชี้มือทางด้านซ้าย

*รูปที่ 5-10 ภาพเป้าหมายที่ใช้ทดลอง*

กลุ่มของภาพในแฟ้มข้อมูล

1. ภาพตำตรวจจารจรใส่ชุดสีน้ำเงินที่ชี้มือไปทางด้านซ้าย 3 ภาพ
2. ภาพตำรวาจจราจรที่ทำท่าอื่น ๆ 6 ภาพ

ขั้นตอนการทดลอง

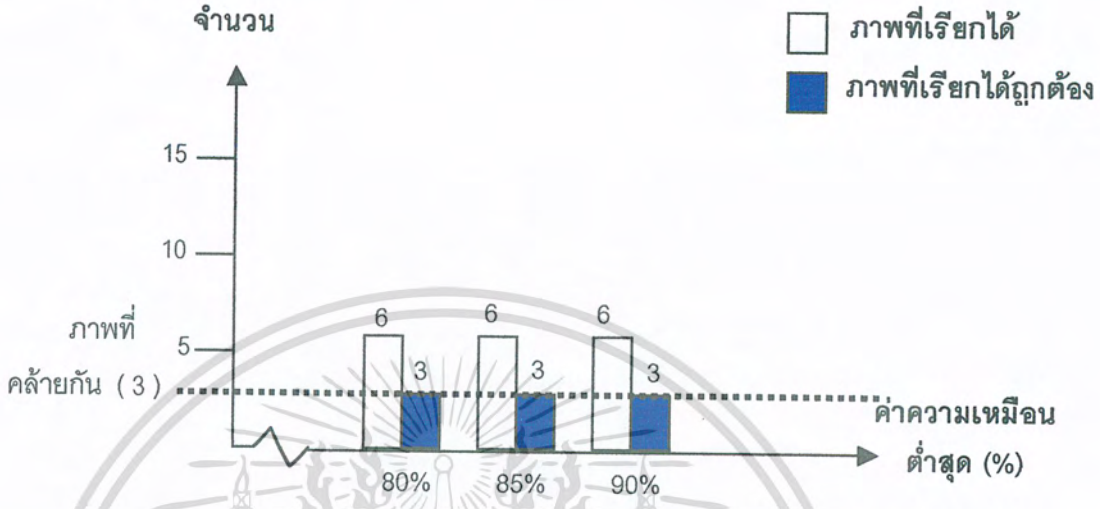
1. ทำการค้นหาภาพโดยใช้วิธีการคัลเลอร์ฮิสโตแกรมเพียงอย่างเดียว
2. เก็บข้อมูลผลการทดลองที่ได้และสร้างกราฟทำการเปรียบเทียบ
3. ทำการค้นหาภาพโดยใช้วิธีคัลเลอร์ฮิสโตแกรมที่ได้รับการพัฒนาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เก็บข้อมูลผลการทดลองที่ได้และสร้างกราฟทำการเปรียบเทียบ
5. สรุปผลเปรียบเทียบผลการทดลอง

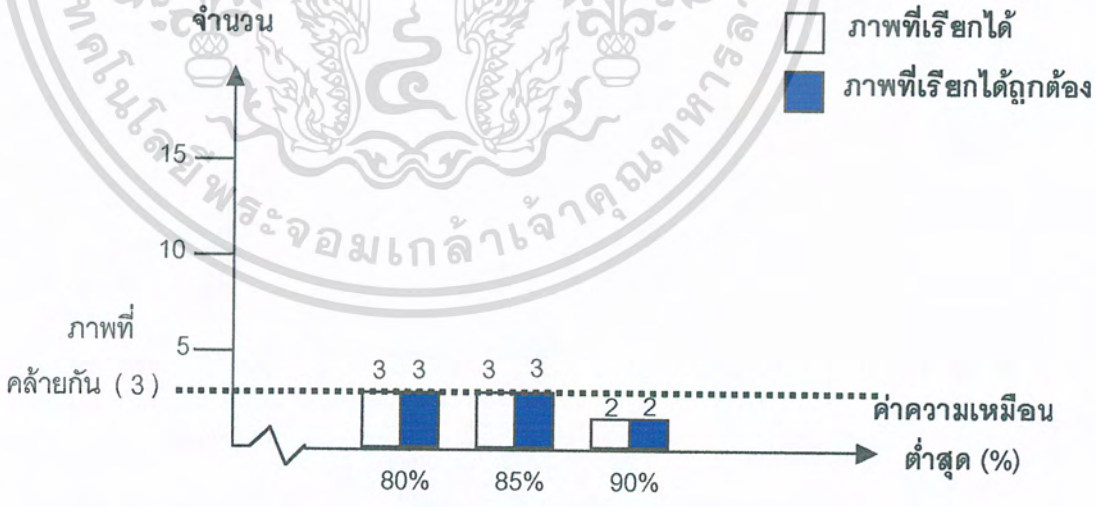
ผลการทดลอง

แบบใช้ คัลเลอร์ฮีสโตแกรมอย่างเดียว




*รูปที่ 5-11 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบการค้นหาภาพที่มีการเกาะกลุ่มต่างกัน ของโปรแกรมที่ค่าความเหมือนต่างๆของการใช้คัลเลอร์ฮีสโตแกรมอย่างเดียว*

แบบคัลเลอร์ฮีสโตแกรมที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว




*รูปที่ 5-12 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบการค้นหาภาพที่มีการเกาะกลุ่มต่างกัน ของโปรแกรมที่ค่าความเหมือนต่างๆของคัลเลอร์ฮีสโตแกรมที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.3 การคำนวณหาค่าความเหมือนต่ำสุดที่จะนำมาใช้เป็นค่าความเหมือนเริ่มต้นของโปรแกรม**

ค่าความเหมือนต่ำสุด คือ ค่าความเหมือนที่น้อยที่สุดของคู่ฮิสโตแกรมที่ยอมรับว่าภาพโมเดลและภาพเป้าหมายของคู่ฮิสโตแกรมนั้นคล้ายกัน การคำนวณหาค่าความเหมือนต่ำสุดนี้ทำได้โดยการทดสอบโปรแกรมการค้นหาภาพหลายๆแบบเพื่อดูว่า ค่าความเหมือนของคู่ฮิสโตแกรมใดที่ยังคงให้ภาพโมเดลที่คล้ายกับภาพเป้าหมาย

จากการทดลองโปรแกรมให้ค้นหาภาพ สามารถสรุปผลการทดลองเพื่อนำมาหาค่าความเหมือนต่ำสุด โดยนำค่าความเหมือนที่เหมาะสมในแต่ละกรณีทดลอง มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยค่าความเหมือนของโปรแกรม แสดงดังตารางที่ 5-1 ซึ่งเป็นตารางของโปรแกรมที่เดิมที่ใช้คัลเลอร์ฮิสโตแกรมแต่เพียงอย่างเดียว

| ประเภทของภาพ | ค่าความเหมือนที่เหมาะสม | จำนวนภาพที่คล้ายในแฟ้มข้อมูล | จำนวนภาพที่ถูก | จำนวนภาพที่ผิด |
|---|---|---|---|---|
| ภาพที่มีความสว่างต่างกัน | 70 | 10 | 10 | 0 |
| ภาพที่เปลี่ยนมุมมอง | 60 | 18 | 18 | 0 |
| ภาพที่มีการเกาะกลุ่มของสีเหมือนกัน | 75 | 6 | 14 | 8 |

***ตารางที่5-1 แสดงผลการทดสอบโปรแกรมเพื่อหาค่าความเหมือนเฉลี่ยของโปรแกรมที่เดิมที่ใช้คัลเลอร์ฮิสโตแกรมแต่เพียงอย่างเดียว***

ตารางที่ 5-2 ซึ่งเป็นตารางของโปรแกรมที่เดิมที่ใช้คัลเลอร์ฮิสโตแกรมที่ได้รับการพัฒนาแล้ว

| ประเภทของภาพ | ค่าความเหมือนที่เหมาะสม | จำนวนภาพที่คล้ายในแฟ้มข้อมูล | จำนวนภาพที่ถูก | จำนวนภาพที่ผิด |
|---|---|---|---|---|
| ภาพที่มีความสว่างต่างกัน | 60 | 10 | 10 | 0 |
| ภาพที่เปลี่ยนมุมมอง | 60 | 18 | 18 | 0 |
| ภาพที่มีการเกาะกลุ่มของสีเหมือนกัน | 65 | 6 | 6 | 0 |

***ตารางที่5-2 แสดงผลการทดสอบโปรแกรมเพื่อหาค่าความเหมือนเฉลี่ยของโปรแกรมที่เดิมที่ใช้คัลเลอร์ฮิสโตแกรมที่ได้รับการพัฒนาแล้ว***

ค่าความเหมือนที่เหมาะสมหมายถึง ค่าความเหมือนที่ทำให้การค้นหาภาพมีประสิทธิภาพโดยรวมดีที่สุด คือสามารถค้นหาภาพที่ต้องการในแฟ้มข้อมูลได้โดยมีภาพที่ไม่ต้องการไม่มากนักในแต่ละกรณีทดลอง จำนวนภาพที่คล้ายในแฟ้มข้อมูลหมายถึง จำนวนภาพที่ต้องการทั้งหมดที่มีอยู่ในแฟ้มข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนภาพที่ถูกหมายถึง จำนวนภาพที่ต้องการที่โปรแกรมสามารถค้นหาได้ จำนวนภาพที่ผิดหมายถึง จำนวนภาพที่ไม่ต้องการที่โปรแกรมค้นหาได้

จากตารางที่ 5-1 เราจึงกำหนดให้ค่าความเหมือนต่ำสุด เป็นค่าเฉลี่ยของค่าความเหมือนที่เหมาะสม ค่าความเหมือนต่ำสุดที่ได้มีค่าเท่ากับ 68 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเป็นค่าเริ่มต้นของค่าความเหมือนของโปรแกรมเดิม จากตารางที่ 5-2 เราจึงกำหนดให้ค่าความเหมือนต่ำสุด เป็นค่าเฉลี่ยของค่าความเหมือนที่เหมาะสม ค่าความเหมือนต่ำสุดที่ได้มีค่าเท่ากับ 62 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเป็นค่าเริ่มต้นของค่าความเหมือนของโปรแกรมที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาแล้วสามารถให้ภาพที่ต้องการได้ดีกว่าโปรแกรมที่ยังไม่ได้รับการพัฒนาสังเกตุได้จากค่าความเหมือนที่ต่ำกว่า

ต่อจากนั้นได้ทำการทดลองกับแฟ้มข้อมูลที่มีจำนวนภาพ 200 ภาพ กับค่าความเหมือนเริ่มต้นที่หามาได้ในแต่ละแบบและทำการทดลองที่ 1 , 2 และการทดลองที่ 3 ใหม่โดยใช้ค่าความเหมือนเริ่มต้นที่หามาได้ของแต่ละแบบเพื่อดูว่าถ้าข้อมูลในแฟ้มข้อมูลมากขึ้นโปรแกรมจะยังที่จะสามารถทำงานให้ภาพที่ตรงกับความต้องการอยู่หรือไม่ที่ค่าความเหมือนเริ่มต้นที่คำนวณได้ ซึ่งจากการทดลองทั้ง 3 การทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าความเหมือนเริ่มต้นที่คำนวณได้นั้นสามารถที่จะให้ภาพที่ต้องการครบถ้วนหรือตรงกับความต้องการอยู่ แต่ก็จะมีภาพอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องปนออกมาบ้างเล็กน้อยซึ่งสามารถแก้ปัญหานี้ได้โดยการเพิ่มค่าความเหมือนของโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาแล้วให้เป็น 65 เปอร์เซ็นก็จะทำให้ไม่มีภาพที่ไม่เกี่ยวข้องหรือไม่ตรงกับความต้องการออกมา

**สรุปการทดลองของโปรแกรมโดยรวม**

จากการทดลองจะพบว่าความสามารถของโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาแล้วนั้นยังคงทำงานได้ตามปกติและยังแก้ปัญหาการแยกแยะภาพที่มีจำนวนสีใกล้เคียงกันแต่การเกาะกลุ่มของสีต่างกันที่โปรแกรมที่ใช้คัลเลอร์ฮิสโตแกรมอย่างเดียวทำไม่ได้ และยังมีสามารถในการหาภาพที่มีความเฉพาะเจาะจงหรือกรเกาะกลุ่มของสีที่ความเหมือนมากได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่6
# สรุปและวิจารณ์

## 6.1 บทนำ

โครงงานนี้ได้ทำการพัฒนาการค้นหาภาพโดยใช้สีเป็นดัชนี เพื่อเพิ่มความสามารถให้กับโปรแกรมในการค้นหาภาพที่มีลักษณะในการเกาะกลุ่มของสีต่างกันแต่มีปริมาณของสีในแต่ละสีใกล้เคียงกัน ซึ่งในการค้นหาภาพ โดยใช้สีเป็นดัชนีแต่เพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถที่จะแยกแยะความแตกต่างนี้ได้ โดยในการพัฒนาต่อนั้นจะออกแบบให้มีการแบ่งส่วนของภาพที่สนใจออกเป็น 5 ส่วน เพื่อพิจารณาการเกาะกลุ่มของสีในภาพ และเพิ่มความสามารถในการตีกรอบขอบเขตของจุดสนใจในภาพให้หลากหลายขึ้นเพื่อให้การตีกรอบจุดสนใจในภาพเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

## 6.2 สรุปและวิจารณ์

โครงงานนี้ได้พัฒนาโปรแกรมดังที่ได้ออกแบบไว้ โดยทำการแบ่งส่วนของภาพออกเป็น 5 ส่วนและให้แต่ละส่วนมีความสามารถในการหมุนได้เพื่อให้โปรแกรมยังคงความสามารถในการค้นหารูปภาพที่เปลี่ยนมุมมองได้ แล้วทำการทดลองโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาขึ้นและเปรียบเทียบการทำงานกับโปรแกรมเดิมในการค้นหาภาพในกรณีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ ภาพที่มีความสว่างต่างกัน ภาพที่มีมุมมองภาพต่างกัน และภาพที่มีลักษณะการเกาะกลุ่มสีในภาพไม่เหมือนกันแต่มีจำนวนของสีในภาพใกล้เคียงกัน จากผลการทดลองปรากฏว่าโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนานั้นสามารถค้นหาภาพที่ต้องการในแฟ้มข้อมูลได้เกือบทั้งหมด เมื่อกำหนดค่าความเหมือนที่ 65% ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้นที่ภาพที่ได้จากการทดลองเริ่มมีไม่มีภาพที่ไม่ต้องการปะปนออกมามากนัก ถ้ากำหนดค่าความเหมือนให้สูงขึ้นภาพที่ได้จากการทดลองจะได้ภาพที่ต้องการลดลงเพราะในการค้นหาจะมีความเฉพาะเจาะจงมากขึ้น

ข้อจำกัดของโครงงานนี้

1. ขนาดของแฟ้มข้อมูล แม้ว่าจะทำการลดระดับสีของภาพเพื่อให้จำนวนครั้งในการเปรียบเทียบในแต่ละระดับลดลงแล้ว หากแฟ้มข้อมูลมีขนาดใหญ่ขึ้นมาก จะทำให้ประสิทธิภาพในการค้นหาน้อยลงและทำให้เวลาในการค้นหาเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะถ้าฮิสโตแกรมมีขนาดใหญ่ เพราะโปรแกรมจะต้องทำการเปรียบเทียบไฟล์ฮิสโตแกรมในแฟ้มข้อมูลทั้งหมด ทั้งนี้อาจหาอัลกอริทึมในการค้นหาข้อมูลที่เหมาะสมมาพัฒนาต่อเพื่อเพิ่มความเร็วในการค้นหาได้

2. การแยกประเภทของแฟ้มข้อมูลในการเก็บภาพ ในการทดลองนั้นจะพบว่าการค้นหาภาพจากแฟ้มข้อมูลที่รวมภาพทุกประเภทไว้ในแฟ้มข้อมูลเดียวนั้นจะให้ผลลัพธ์ของภาพที่ได้มีสีของภาพที่ใกล้เคียงกันหรือเหมือนกันซึ่งเป็นภาพที่ต้องการหรือคาดหมายว่าจะได้ แต่ภาพที่ได้ออกมานั้นจะมีภาพส่วนหนึ่งที่ไม่ตรงกับประเภทของความต้องการออกมาด้วย เช่น ต้องการรูปที่เป็นรูปดอกไม้สีม่วง แต่จะได้ภาพที่เป็นทรงเลขาคณิตสีม่วงออกมาด้วย ดังนั้นการแยกประเภทของแฟ้มข้อมูลในการเก็บภาพก็จะทำให้การค้นหาภาพได้ภาพที่ตรงกับความต้องการมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเลือกวิธีการตีกรอบจุดสนใจในภาพ ในการทดลองการเลือกจุดสนใจของภาพที่ไม่เหมาะสมนั้นจะทำให้ภาพที่ค้นหาจะได้ภาพที่ไม่ตรงกับความต้องการมากกว่าการเลือกวิธีการตีกรอบที่เหมาะสมกับจุดสนใจภายในภาพ ดังนั้นการเลือกวิธีการตีกรอบจุดสนใจของภาพที่เหมาะสมจะทำให้การค้นหาภาพมีความสามารถเพิ่มขึ้น

**6.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ**

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า วิธีที่ใช้สีอย่างเดียวเป็นดัชนียังคงมีข้อจำกัดอยู่มาก แต่ก็เป็นคุณลักษณะหนึ่งที่สำคัญอย่างมาก นักวิจัยหลายท่านได้ทำการทดลองวิธีต่างๆที่ใช้สีเป็นดัชนี รวมกับการเอาคุณลักษณะอื่นๆ เช่น โครงร่าง (texture) ในภาพและรูปร่าง (shape) ร่วมในการคำนวณกับวิธี color histgram เพื่อให้การค้นหาภาพมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งเรียกวิธีการรวมเอาคุณลักษณะต่างๆนี้ว่าวิธีฮิสโตแกรมผสม (Joint histogram) ในส่วนของโครงงานนี้ สามารถพัฒนาให้ประสิทธิภาพดีขึ้นได้โดยการทำวิธี ฮิสโตแกรมผสมก็ได้ หรือใช้โครงร่างของภาพ ซึ่งวิธีนี้จะกำหนดโครงร่างของภาพโดยอัตโนมัติ ทำให้ความผิดพลาดที่เกิดจากพื้นหลังน้อยลง เช่นเดียวกับการหาขอบของรูป (edge detection) ซึ่งจะค้นหาวัตถุที่สนใจในภาพได้อัตโนมัติ ทั้งยังสามารถพัฒนาฮิสโตแกรมอินเตอร์เซกชันให้เป็นฮิสโตแกรมแบคโปรเจ็คชัน (histogram back-projection)ได้ ฮิสโตแกรมแบคโปรเจ็คชันสามารถระบุตำแหน่งของสีในภาพได้ แม้ว่าภาพจะมีขนาดต่างกัน ซึ่งการนำวิธีต่างๆเหล่านี้มาพัฒนาร่วมกับตัวโครงงานชิ้นนี้ จะทำให้การค้นหาภาพด้วยสีถูกต้องมากยิ่งขึ้น

**6.4 แนวทางในการประยุกต์ใช้งาน**

เนื่องจากในปัจจุบันมีภาพดิจิตอลจำนวนมากซึ่งอยู่ในฐานข้อมูลขนาดใหญ่เช่น เวิร์ล ไวด์ เวบ, vedio-on demand หรือการเก็บภาพเพื่อใช้ในงานเฉพาะทางต่างๆ เช่นอัลบั้มภาพดิจิตอล รวมไปถึงงานทางโรบอทวิชั่น เพื่อให้โรบอทจดจำภาพเพื่อใช้ในการทำงานในโรงงาน การค้นหาภาพจึงจำเป็นที่จะต้องพัฒนาเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับงานที่ต้องการ ในโครงงานที่ได้จัดทำนี้สามารถนำไปใช้ในการค้นหาภาพในอัลบั้มภาพดิจิตอล ใช้ค้นหาข้อมูลของภาพในเวิร์ล ไวด์ เวบ รวมถึงโรบอทวิชั่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก.

# Color Space

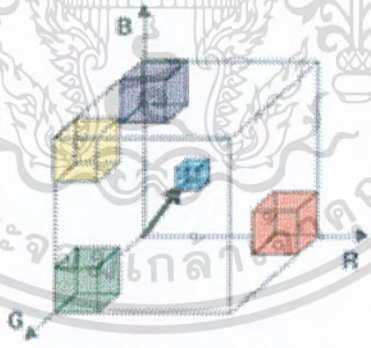
Color space คือ การแสดงพิกเซลของสีในมิติ ( dimension ) ต่างๆ โดยหนึ่งพิกเซลจะประกอบด้วย 3 มิติซึ่งจะมีหลักการในการกำหนด color space ที่ต่างกัน เช่น

1. กำหนดตามแม่สีของแสง คือ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน ( RGB ) ซึ่งจะเหมาะสมกับการแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้การผสมกันของแสงสีต่างๆ ในการแสดงผล
2. กำหนดตามลักษณะการมองเห็นได้แก่ สี ความเข้มของสี ความเข้มของแสง ( HSV ) ซึ่งเหมาะสมกับการแยกแยะวัตถุตามสีที่ปรากฏ

ดังนั้นการเลือกใช้ color space ที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งานว่างานประเภทนั้นเหมาะกับColor space แบบใด

**RGB color space**

การกำหนดภาพสีที่อยู่ในรูปแบบของ RGB จะเป็นรูปแบบพื้นฐานของภาพที่มีการแสดงบนจอคอมพิวเตอร์โดยใช้ 1 พิกเซลของภาพประกอบด้วยองค์ประกอบสี 3 ค่า (channel) คือสีแดง, สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยแสดงองค์ประกอบสีละ n บิต ดังนั้นจะสามารถแสดงเฉดสีได้องค์ประกอบสีละ $2^n$ เฉดสี ที่แตกต่างกัน รูปที่ 1ก. แสดงความสัมพันธ์ของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินในหนึ่งพิกเซล



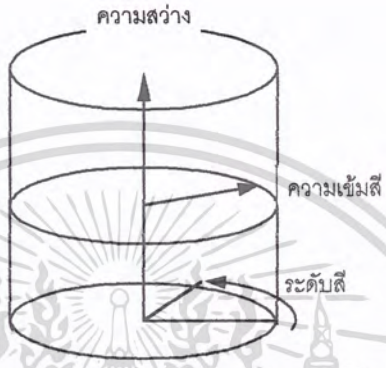

*รูปที่ 1ก. แสดงความสัมพันธ์ของสีใน RGB Color space*

ในระบบนี้แกน R จะแสดงปริมาณของสีแดงที่มีในพิกเซลนั้น แกน G จะแสดงปริมาณของสีเขียวที่มีในพิกเซลนั้น และแกน B จะแสดงปริมาณของสีน้ำเงินที่มีในพิกเซลนั้น เนื่องจากมีการเก็บสีแยกเป็นคนละค่าของสีกันทำให้เมื่อมีการคำนวณแยกทีละค่าของสีแล้วจะเกิดการ color shift สีของภาพที่ได้ก็จะเกิดการเพี้ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**HSV Color space**

การกำหนดภาพสีในรูปแบบของ HSV ( hue, saturation, value ) HSI ( hue, saturation, intensity ) หรือ HLS ( hue, lightness, saturation ) ทั้งสามชื่อนี้เป็นการกล่าวถึง color space ในรูปแบบเดียวกันแต่ได้มีการเรียกชื่อต่างกันไป โดยความสัมพันธ์ที่แสดงโดยใช้ color space นี้จะเป็นเหมือนกับหลักการของจิตรกรคือการใช้ สี เงา และความเข้มของสี ดังรูปที่ 2ก. แสดงความสัมพันธ์ของระดับสี, ความเข้มสี และความสว่าง




***รูปที่ 2ก. แสดงความสัมพันธ์ของระดับสี, ความเข้มสี และความสว่าง บน HSV color space***

จากรูปค่าในแนวแกนตั้งของรูปทรงกระบอกจะแสดงระดับของความสว่าง ระยะห่างจากแกนกลางจะแสดงถึงระดับของความเข้มสีและองศาที่แสดงในแนวระนาบจะเป็นระดับสีที่ปรากฏใน 1 พิกเซล

ในระบบนี้ระดับสีคือสีที่อธิบายโดยใช้ความยาวคลื่นของสี ยกตัวอย่างเช่น ความแตกต่างระหว่างสีเหลืองและสีแดง ความเข้มสีเป็นปริมาณของสีที่ปรากฏ ยกตัวอย่างเช่น ความแตกต่างระหว่างสีแดงและสีชมพู แกนที่สามเรียกว่า ความสว่าง (lightness), ความเข้ม (intensity) หรือ ค่าของสี (value) เป็นปริมาณของแสง เช่น ความแตกต่างระหว่างสีแดงเข้ม (dark red) และสีแดงสว่าง (light red) หรือสีเทาเข้ม (dark grey) และสีเทาอ่อน (light grey)

ระบบสี HSV มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ในโครงงานนี้ เนื่องจากสีที่ปรากฏในภาพเมื่อเราใช้ระดับสีในการแสดงสีจะเป็นการตอบสนองต่อการมองเห็นของมนุษย์โดยไม่มีผลกระทบของแสงเงาและการทำ image processing โดยใช้อัลกอริทึม spatial smoothing หรือ median filtering ในการลดการรบกวน (noise) ต่างๆในภาพที่อยู่ในรูปแบบของ RGB color spaceโดยแยกทำทีละค่าของสีจะมีผลทำให้เกิดการผิดเพี้ยนของสี แต่ถ้าใช้อัลกอริทึมเหล่านี้กับรูปภาพที่เป็น HSV color space จะไม่เกิดการผิดเพี้ยนของสี แต่เนื่องจากการทำงานอุปกรณ์แสดงภาพส่วนมากมักจะสนับสนุนการแสดงภาพในรูปแบบของ RGB color space เราจึงต้องใช้การคำนวณในการแปลงสีภาพที่อยู่ในรูปแบบของ RGB color space ให้มาอยู่ในรูปแบบของ HSV color space และเมื่อเราทำงานกับภาพนั้นเสร็จแล้วจะต้องทำการเปลี่ยนกลับให้มาอยู่ในรูปแบบของ RGB color space ดังเดิมเพื่อที่จะได้สามารถแสดงภาพบนหน้าจอได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Normalization ค่า RGB ให้อยู่ในค่าระหว่าง 0-1**

เราสามารถทำการ normalize สีใน RGB color space ซึ่งประกอบไปด้วยสีหลัก คือ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน ในรูปของสมการที่ 1-3

$$r = \frac{R}{R+G+B}$$

$$g = \frac{G}{R+G+B}$$

$$b = \frac{B}{R+G+B}$$

โดยเราจะสมมติว่า R,G,B เหล่านี้ถูก normalize ให้เป็น r,g,b ที่มีค่าอยู่ระหว่าง [ 0…..1 ]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข.

# DIB Format

Device-independent bitmaps ( DIBs ) เป็นภาพกราฟฟิกที่สามารถนำไปแสดงผลบนอุปกรณ์แสดงผลที่ต่างกันได้ เนื่องจากจะมีตารางสีสำหรับใช้ในการแสดงผลเก็บไว้ ซึ่งไฟล์ประเภทบิทแมพก็เป็น DIBs เช่นกัน ภาพ DIB นี้จะประกอบด้วยโครงสร้างหลายประเภทดังนี้

**โครงสร้างของ BITMAPFILEHEADER**

จะอยู่ในส่วนต้นของไฟล์ซึ่งมีการกำหนดโดย Windows ดังนี้

```
typedet struct tag BITMAPFOLEHEADER
{       WORD bfType;
        DWORD bfSize;
        WORD bfReserved1;
        WORD bfReserved2;
        DWORD bfOffBits;
} BITMAPFILEHEADER;
```

สามารถอธิบายสมาชิกต่างๆของโครงสร้างนี้ได้ดังตารางที่ 1ข.

| ตัวแปร | คำอธิบาย |
|---|---|
| bfType | ระบุประเภทของไฟล์ โดยมีค่าเป็น ASCII คือ BM ( 4D42 ฐานสิบหก ) |
| bfSize | ขนาดของไฟล์ในหน่วยไบต์ |
| bfReserve1 | มีค่าเป็น 0 เสมอ |
| bfReserve2 | มีค่าเป็น 0 เสมอ |
| bfOffBit | จำนวนไบต์ตั้งแต่เริ่มต้นไฟล์จนถึง bitmap data |

*ตารางที่1ข. แสดงสมาชิกต่างๆของ BITMAPFILEHEADER*

**โครงสร้างของ BITMAPINFO**

เป็นส่วนที่อยู่ถัดจาก BITMAPINFOHEADER ซึ่งมีการกำหนดโดย Windows ดังนี้

```
typedet struct tagBITMAPINFO
{
        BITMAPINFOHEADER bmiHeader;
        RGBQUAD bmiColors[1];
} BITMAPINFO;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะเห็นได้ว่าโครงสร้างนี้ประกอบด้วย header ซึ่งเป็น BITMAPINFOHEADER และตารางสีซึ่งมีโครงสร้างเป็น RGBQUAD

**โครงสร้างของ BITMAPINFOHEADER**

จะมีการระบุโดย windows เช่นกัน โดยมีโครงสร้างดังนี้

```
typedef struct tagBITMAPINFOHEADER
{
        DWORD biSize;
        DWORD biWidth;
        DWORD biHeight;
        WORD biPlanes;
        WORD biBitCount;
        DWORD biCompression;
        DWORD biSizeImage;
        DWORD biXPelsPerMeter;
        DWORD biYPelsPerMeter;
        DWORD biClrUsed;
        DWORD biClrImportant;
} BITMAPINFOHEADER;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามรถอธิบายสมาชิกต่างๆของโครงสร้างนี้ได้ดังตารางที่ 2ข.

| ตัวแปร | คำอธิบาย |
|---|---|
| biSize | เก็บขนาดของโครงสร้าง BITMAPINFOHEADER ซึ่งจะมีขนาดเท่ากับ 40 ไบต์ |
| biWidth | ความกว้างของภาพในหน่วยพิกเซล |
| biHeight | ความยาวของภาพในหน่วยพิกเซล |
| biPlanes | มีค่าเป็น 1 เสมอ |
| biBitCount | จำนวนบิทต่อพิกเซลของภาพ |
| biCompression | ประเภทของการบีบอัดข้อมูลที่ใช้ในภาพ<br>0=ไม่มีการบีบอัดข้อมูล, 1=REL-8 compression, 2=REL-4 compression |
| biSizeImage | ขนาดของภาพในหน่วยไบต์ จะใช้เมื่อมีการบีบอัดข้อมูลเท่านั้น |
| biXPelsPerMeter | จำนวนพิกเซลในแนวนอนต่อเมตรของอุปกรณ์แสดงผล มักจะมีค่าเป็น 0 เสมอ |
| biYPelsPerMeter | จำนวนพิกเซลในแนวตั้งต่อเมตรของอุปกรณ์แสดงผล มักจะมีค่าเป็น 0 เสมอ |
| biClrUsed | จำนวนสีทั้งหมดในภาพ |
| biClrImportant | จำนวนของสีที่สำคัญมักมีค่าเป็น 0 เสมอ |

***ตารางที่2ข. แสดงสมาชิกต่างๆ ของ BITMAPINFOHEADER***

**โครงสร้างของ RGBQUAD**

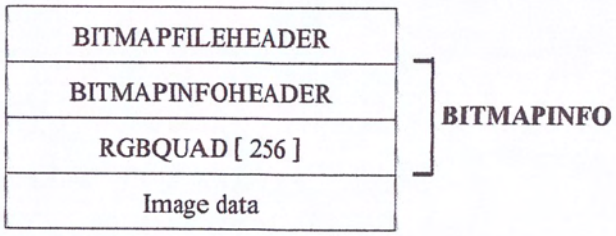
RGBQUAD เป็นข้อมูลสุดท้ายที่ถูกระบุโดย Windows โดยมีโครงสร้างดังนี้

```
Typrdef struct tagRGBQUAD
{
    BYTE rgbBule;
    BYTE rgbGreen;
    BYTE rgbRed;
    BYTE rgbReserved;
} RGBQUAD;
```

โครงสร้างนี้จะระบุถึงความเข้มของสีแดง,เขียวและน้ำเงิน แต่ละสีในภาพจะแสดงโดยโครงสร้างของRGBQUAD นั้นคือ ภาพ 16 สี ( 4 บิท ) จะมีตารางสีซึ่งประกอบด้วย16 RGBQUAD structures ในขณะที่ภาพ 256 สี ( 8 บิท ) จะมีตารางสีซึ่งประกอบด้วย 256 RGBQUAD structures ภาพที่นอกจาก 24 บิท ขึ้นไปจะไม่มีตารางสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**สรุป Layout ของ DIB file**




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

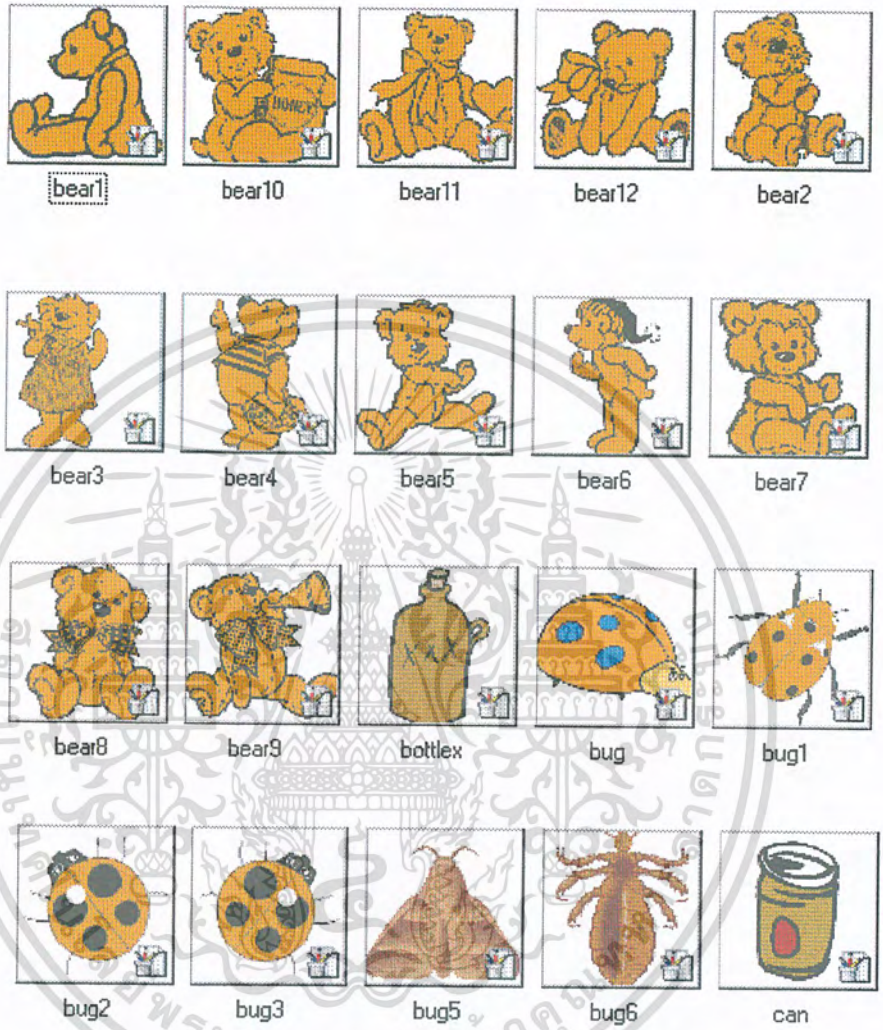
# ภาคผนวก ค.
# ภาพที่ใช้ในการทดลอง

ภาพที่นำเสนอนี้เป็นเพียงบางส่วนของภาพที่ใช้ในการทดลอง

**การทดลอง เรื่อง การค้นหาภาพที่มีความสว่างต่างกัน**

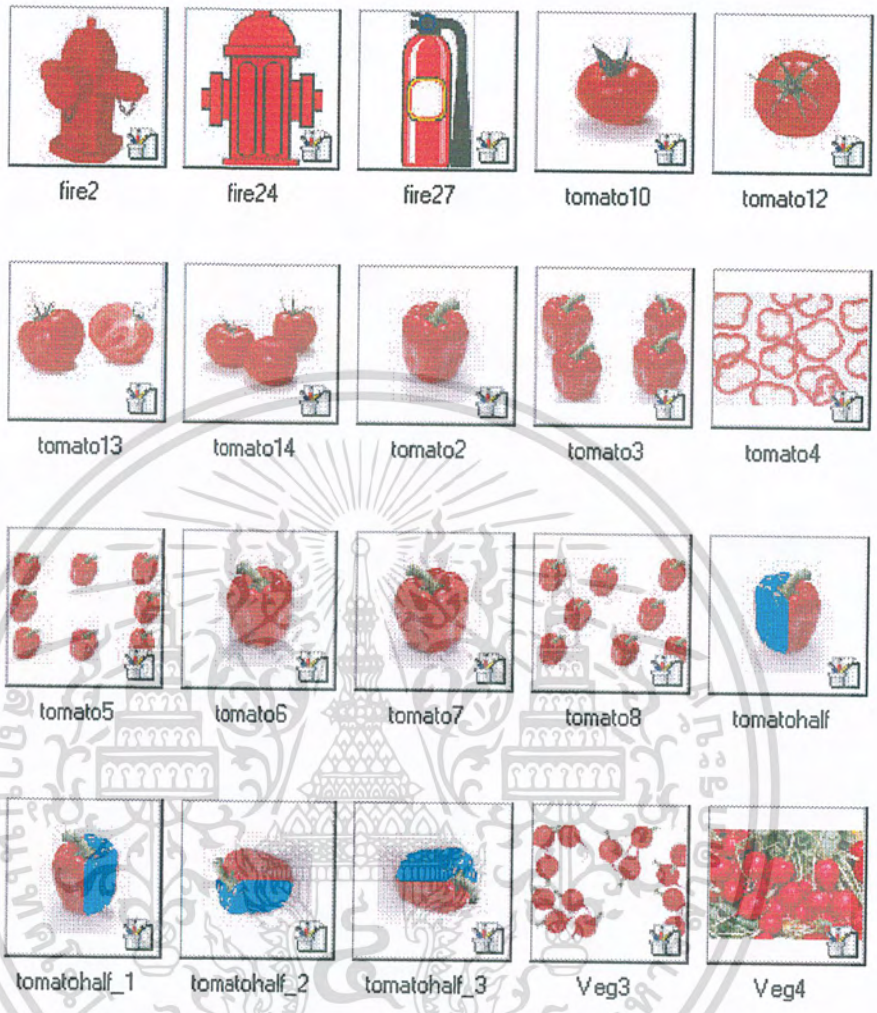
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทดลอง เรื่อง การค้นหาภาพที่มีมุมมองต่างกัน**




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทดลอง เรื่อง การค้นหาภาพที่มีการเกาะกลุ่มของสีต่างกัน**




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

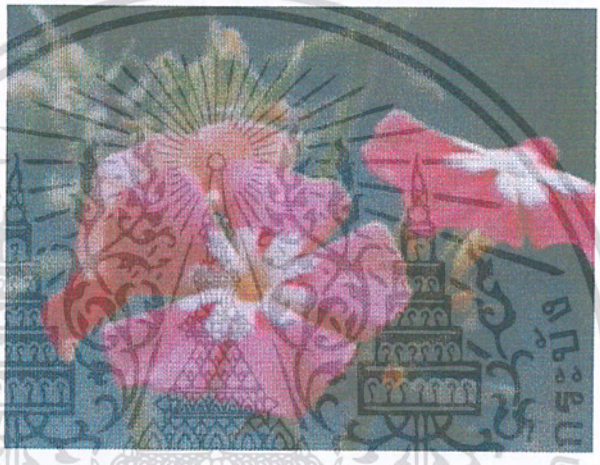
**การทดลอง เรื่อง การค้นหาภาพที่มีความเหมือนภาพเป้าหมายมาก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ง.

## Format file Histogram

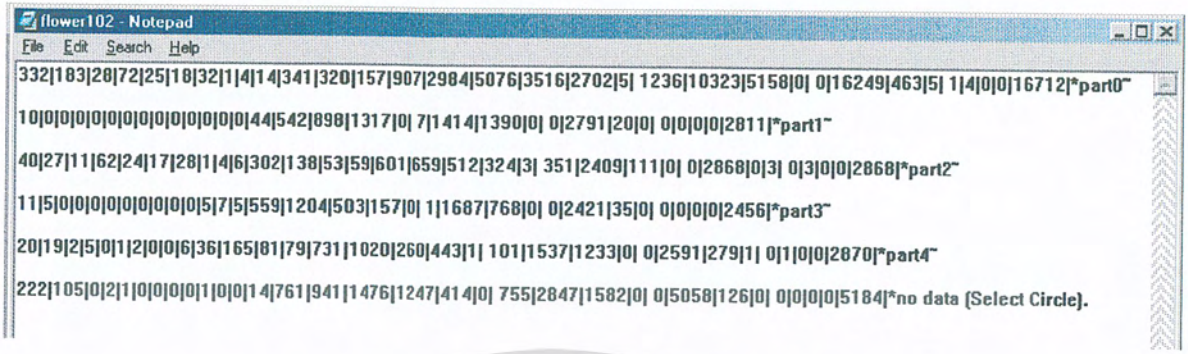
ดัชนีของภาพจะถูกจัดเก็บอยู่ในไฟล์ที่มีนามสกุลเป็น .his จากรูปที่ 1ง. เป็นภาพที่ถูกกำหนดดัชนีแล้วโดยดัชนีแสดงอยู่ในรูปที่ 2ง.



*รูปที่ 1ง. แสดงภาพที่ได้รับการกำหนดดัชนี*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในไฟล์ .his จะประกอบด้วย ฮีสโตแกรมจำนวน 5 ฮีสโตแกรมซึ่งเป็นของแต่ละส่วนของภาพที่ได้ทำการแบ่งออกเป็น 5 ส่วน




*รูปที่ 2ง. แสดงภาพข้อมูลภายในไฟล์ .his*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม

Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods,

Digital Image Processing, Addison Wesley หน้า 191-195

John C. Russ,

The Image Processing Handbook, CRC press หน้า 41-42

John R. Smith,

Integrated Spatial and Feature Image Systems: Retrieval, Analysis and Compression,

Columbia University,

1997, บทที่ 2 หน้า 11-13, 15-17

John R. Smith and Shin-Fu Chang,

Automated Image Retrieval Using Color and Texture,

Columbia University technical Report,

TR# 414-95-20, July, 1995

John R. Smith and Shin-Fu Chang,

Tools and Techniques use for color Image Retrieval,

Columbia University, หน้า 4-6

Michael J. Swain and Dand H. Ballard,

Color Indexing,

International Journal of Computer Vision, หน้า 14-20

Greg Pass and Ramin Zabih,

Comparing Images Using Joint Histograms,

Computer Science Department of Cornell University,หน้า 3-11

Markus Stricker and Michale Swain

Capacity of Color Histogram Indexing

Jai Wang, Wen-jann Yang* and Raj Acharya

Color Clustering Techniques for Color-Content-Based Image Retrieval from Image Database,

Santhana Krishnamachari and Mohamed Abdel-Mottaleb

A Scalable Algorithm for Image Retrieval by Color

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้