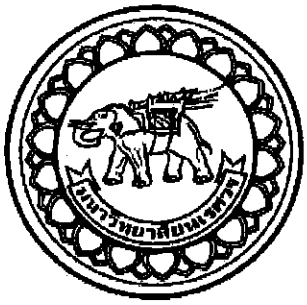


การตรวจหาลายภาพ

Texture Detection

นางสาวกนกวรรณ ชำนาญจุ้ย รหัส 46361846

นางสาววาสนา วงศ์ษา รหัส 46362091

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2549

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน	การตรวจหาลายภาพ		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวกนกวรรณ	ชำนาญจุ้ย	รหัส 46361846
	นางสาววาสนา	วงศ์ษา	รหัส 46362091
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.พนมขวัญ ริยะมงคล		
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2549		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

..... ประธานกรรมการ
(ดร.พนมขวัญ ริยะมงคล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น)

..... กรรมการ
(ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิไล)

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน การตรวจหาลายภาพ

ผู้ดำเนินโครงงาน นางสาวกนกวรรณ ชำนาญจุ้ย รหัส 46361846

นางสาววาสนา วงศ์ษา รหัส 46362091

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.พนมขวัญ ริยะมงคล

สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2549

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

..... ประธานกรรมการ

(ดร.พนมขวัญ ริยะมงคล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น)

..... กรรมการ

(ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิไล)

หัวข้อโครงงาน	การตรวจหาลายภาพ		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวกนกวรรณ	ชำนาญจุ้ย	รหัส 46361846
	นางสาววาสนา	วงศ์ษา	รหัส 46362091
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.พนมขวัญ ริยะมงคล		
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2549		

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการแยกลวดลายของวัตถุ โดยการกำหนดเทมเพลตของลวดลายภาพ และแยกส่วนที่ต้องการโดยใช้ค่าความสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของคุณสมบัติที่มีความใกล้เคียงกันของเทมเพลตและภาพ ขั้นตอนของกระบวนการตรวจหาลายภาพจะใช้ ทฤษฎี Cross Correlation โดยพิจารณาจากค่า Correlation coefficient ซึ่งจะถูกคำนวณโดยการ Convolution ใน spatial domain และใช้ทฤษฎี Image enhancement ในการปรับปรุงภาพที่ได้จากการแยกลาย ซึ่งพัฒนาโดยการใช้ โปรแกรม MATLAB ผลที่ได้จากการแยกลาย คือ ส่วนที่มีคุณลักษณะเช่นเดียวกับเทมเพลต

Project Title	Texture Detection
Name	Miss Kanokwan Chumnanjuy ID 46361846
	Miss Wassana Wongsa ID 46362091
Project Advisor	Dr.Panomkhawn Riyamongkol
Major	Computer Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic Year	2006

Abstract

This paper presents a technique for texture detection. Providing a small template (or mask) of a texture of interest result in the image being segmented into regions using similar properties and background region. The method of the detection uses cross correlation algorithm to detect the texture. The cross correlation coefficient has been computed in the spatial domain convolution and using the image enhancement to improve the result image. This project was developed by using MATLAB tool. The final result is separated texture which have similar feature with template.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์นี้สำเร็จได้ด้วยดีก็เนื่องจากความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน คือ อาจารย์พนมขวัญ ริยะมงคล และท่านอาจารย์กรรมการ ที่ให้ความกรุณาแนะนำวิธีในการทำงานให้เข้าใจถึงการศึกษาอย่างเป็นระบบขั้นตอน อีกทั้งสละเวลาเพื่อตรวจสอบการทำงานและชี้แนวทางแก้ไขในทุกขั้นตอนตลอดการทำโครงงาน และขอบคุณเพื่อนๆ ที่ไม่ได้เอ่ยนามที่คอยให้คำแนะนำต่างๆ

กนกวรรณ ชำนาญจุ้ย

วาสนา วงศ์ษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2
1.5 แผนการดำเนินงาน 2
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.7 รายละเอียดงบประมาณของโครงงาน 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 4
2.1 ภาพดิจิตอล (Digital Image) 4
2.2 มาตรฐานของสี (Color Standard) 9
2.3 รูปแบบของภาพ 15
2.4 รูปแบบของไฟล์ภาพ (Digital file format) 16
2.5 การแปลงภาพสีให้เป็นภาพขาว-ดำ (Thresholding) 19
2.6 การแยกข้อมูลภาพ (Image Segmentation) 20
2.7 ภาพแบบลวดลาย (Texture Image) 24
2.8 การกรองข้อมูลภาพ (Image Filtering) 25
2.9 หลักการของ Cross Correlation 29
2.10 การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงร่างของภาพ
(Morphological Image Processing) 31

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน 36
3.1 บล๊อคไดอะแกรม 36
3.2 การเตรียมข้อมูลภาพสำหรับการทำกระบวนการ texture detection 36
3.3 การออกแบบเทมเพลต สำหรับการคอนโวลูชัน 39
3.4 การคอนโวลูชันระหว่างเทมเพลตและภาพ 42
3.5 การออกแบบการทดลอง 43

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง 44
4.1 ผลการทดลองสำหรับแยกลายภาพแบบลายเดียว 44
4.2 ผลการทดลองสำหรับแยกลายภาพแบบมากกว่าหนึ่งลาย 68
4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง 77

บทที่ 5 สรุปผล 79
5.1 สรุปผลการทดลอง 79
5.2 ปัญหาและอุปสรรค 79
5.3 ข้อเสนอแนะ 80

บรรณานุกรม 81

ประวัติผู้เขียนโครงงาน 82

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน	2
2.1 ตารางแสดงค่าในภาพระดับเทา	19
2.2 ตารางแสดงค่าในภาพขาวดำหลังการทำ Thresholding	20

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 เซลรับแสงสีต่าง ๆ ในระบบการมองเห็นของมนุษย์ 5

2.2 พิกเซลของภาพสี เมื่อขยายรายละเอียดภาพ 5

2.3 ภาพ Intensity Image 6

2.4 ภาพ RGB และ pixel value ของภาพ RGB 7

2.5 ภาพ binary และ pixel value ของภาพ binary 7

2.6 ค่า indexed image และpixel value ของ indexed image 8

2.7 ระบบสี RGB 9

2.8 การแสดงสีระบบ Additive 10

2.9 การผสมกันของแม่สีทั้งสาม 10

2.10 การแสดงสีแบบ Subtractive 10

2.11 การผสมกันของแม่สีทั้งสาม 11

2.12 แสดงระบบสี HSV 11

2.13 แสดงระบบสี HSL 13

2.14 แสดงระบบสี CMY 14

2.15 เปรียบเทียบภาพ Vector เมื่อมีการขยายขนาด 16

2.16 แสดงภาพ JPEG ในระดับต่าง ๆ 18

2.17 แสดงค่าของ Bilevel Luminance Thresholding 21

2.18 หลักการ Sprit region 23

2.19 ลักษณะของระดับสี binary image ของภาพชนิด texture image 25

2.20 ลักษณะของระดับสี ของภาพชนิด texture image 25

2.21 การกรองข้อมูลภาพ 25

2.22 ลักษณะการทำงานการกรองโดยใช้หน้าต่าง 27

2.23 การเปรียบเทียบความคล้ายของภาพ 30

2.24 แสดงค่า Template ตามเทคนิค Hit และ Miss 31

2.25 ตัวอย่างตัวดำเนินการแบบขยาย (Dilation) 32

2.26 ผลลัพธ์จากการดำเนินการแบบขยาย (Dilation) 32

2.27 ตัวอย่างตัวดำเนินการแบบย่อภาพ (Erosion) 33

2.28 ผลลัพธ์จากการดำเนินการแบบย่อภาพ (Erosion) 33

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.29 ตัวอย่างสำหรับตัวดำเนินการแบบเปิด (Opening) 34
2.30 ตัวอย่างสำหรับตัวดำเนินการแบบปิด (Closing) 35
3.1 บล๊อคไดอะแกรม 36
3.2 ภาพสัตว์ชนิดเดียว 37
3.3 ภาพสัตว์ที่มีลายมากกว่าหนึ่งชนิด 37
3.4 แผนผังโปรแกรมของการหาค่า K-mean Clustering 38
3.5 แสดงภาพเทมเพลต ลายแมวดาวขนาด 5x5 และ 11x11พิกเซล 39
3.6 แสดงภาพ mask ลายเสือดาว ขนาด 11x11และ17x17 พิกเซล 40
3.7 แสดงภาพ mask ลายม้าลาย ขนาด 5x5 และ11x11 พิกเซล 40
3.8 แสดงตัวอย่างการสร้าง mask ลายแมวดาว จากภาพอินพุตที่เป็นรูปแมวดาว 41
3.9 แผนผังโปรแกรมของการคอนโวลูชัน 43
4.1 ภาพสีของลายแมวดาว ขนาด 500x332 พิกเซล รูปแบบการจัดเก็บเป็นแบบ .jpg 44
4.2 ภาพเทมเพลตลายแมวดาว ขนาด 5x5 พิกเซล 44
4.3 ผลจากการ Thresholds ค่า Cross correlation coefficient 45
4.4 ผลการแยกลายแมวดาวโดยใช้เทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล 45
4.5 ภาพจากการปรับปรุงภาพเอาต์พุตลายแมวดาวโดยการ dilation และ imfill 46
4.6 ภาพเทมเพลตของแมวดาว ขนาด 11x11 พิกเซล 46
4.7 ผลจากการ Thresholds ค่า Cross correlation coefficient 47
4.8 ผลการแยกลายแมวดาวโดยใช้เทมเพลตขนาด 11x11 พิกเซล 47
4.9 ภาพจากการปรับปรุงภาพเอาต์พุตลายแมวดาวโดยการ dilation และ imfill 48
4.10 แสดงภาพเปรียบเทียบเอาต์พุตของแมวดาว 49
4.11 ภาพสีต้นฉบับของม้าลาย ขนาด 400x300 พิกเซล รูปแบบการจัดเก็บเป็นแบบ .jpg 50
4.12 ภาพเทมเพลตของลายม้าลาย ขนาด 5x5 พิกเซล 50
4.13 ผลจากการ Thresholds ค่า Cross correlation coefficient 51
4.14 ผลจากการแยกลายม้าลาย โดยใช้เทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล 51
4.15 ผลจากการปรับปรุงภาพเอาต์พุตลายม้าลายโดยการ dilation และการ imfill 52
4.16 ภาพเทมเพลตของลาย ม้าลาย ขนาด 11x11 พิกเซล 52
4.17 ผลจากการ Thresholds ค่า Cross correlation coefficient 53
4.18 ผลการแยกลายม้าลายโดยใช้เทมเพลต ขนาด 11x11พิกเซล 53

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.19 ผลจากการปรับปรุงภาพเอาต์พุตลายม้าลายโดยการ dilation และการ imfill 54
4.20 ภาพเปรียบเทียบเอาต์พุตของม้าลาย 55
4.21 ภาพสีต้นฉบับของเสือ ขนาด 490x397 พิกเซล รูปแบบการจัดเก็บเป็นแบบ .jpg 56
4.22 ภาพสีเทมเพลตของลายเสือ ขนาด 11x11 พิกเซล 56
4.23 ผลจากการ Thresholds ค่า Cross correlation coefficient 57
4.24 ผลการแยกลายเสือโดยใช้เทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล 57
4.25 ภาพจากการปรับปรุงภาพเอาต์พุตลายเสือโดยการ dilation และ imfill 58
4.26 ภาพสีเทมเพลตของลาย เสือ ขนาด 17x17 พิกเซล 58
4.27 ผลจากการ Thresholds ค่า Cross correlation coefficient 59
4.28 ผลการแยกลายเสือโดยใช้เทมเพลต ขนาด 17x17 พิกเซล 60
4.29 ภาพจากการปรับปรุงภาพเอาต์พุตลายเสือโดยการ dilation และ imfill 60
4.30 แสดงภาพเปรียบเทียบเอาต์พุตของลายเสือ 61
4.31 ภาพสีต้นฉบับของยีราฟ ขนาด 373x400 พิกเซล รูปแบบการจัดเก็บเป็นแบบ .jpg 62
4.32 ภาพเทมเพลตของลายยีราฟ ขนาด 5x5 พิกเซล 62
4.33 ผลจากการ Thresholds ค่า Cross correlation coefficient 63
4.34 ผลการแยกลายยีราฟโดยใช้เทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล 64
4.35 ภาพจากการปรับปรุงภาพเอาต์พุตลายยีราฟโดยการ dilation และ imfill 64
4.36 ภาพเทมเพลตของลายยีราฟ ขนาด 11x11 พิกเซล 65
4.37 ผลจากการ Thresholds ค่า Cross correlation coefficient 65
4.38 ผลการแยกลายยีราฟโดยใช้เทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล 66
4.39 ภาพจากการปรับปรุงภาพเอาต์พุตลายยีราฟโดยการ dilation และ imfill 66
4.40 ภาพเปรียบเทียบเอาต์พุตของลายยีราฟ 67
4.41 ภาพสีต้นฉบับภาพม้าลายกับแมวดาวขนาด 400x400 พิกเซลการจัดเก็บเป็นแบบ .jpg 68
4.42 ภาพสีที่ได้จากการแบ่งกลุ่ม กลุ่มที่ 1 69
4.43 ภาพสีที่ได้จากการแบ่งกลุ่ม กลุ่มที่ 2 69
4.44 เทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล และผลการแยกลายม้าลายจากภาพในกลุ่มที่ 1 70
4.45 เทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล และผลการแยกลายม้าลายจากภาพในกลุ่มที่ 1 70
4.46 เทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล และผลการแยกลายแมวดาวจากภาพในกลุ่มที่ 2 71

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.47 เทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล และผลการแยกลายเมฆดาวจากภาพในกลุ่มที่ 2	72
4.48 ภาพสีต้นฉบับภาพม้าลายกับยีราฟขนาด 354x373 พิกเซล การจัดเก็บเป็นแบบ .jpg	73
4.49 ภาพสีที่ได้จากการแบ่งกลุ่ม กลุ่มที่ 1	73
4.50 ภาพสีที่ได้จากการแบ่งกลุ่ม กลุ่มที่ 2	74
4.51 เทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล และผลการแยกลายยีราฟจากภาพในกลุ่มที่ 1	74
4.52 เทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล และผลการแยกลายยีราฟจากภาพในกลุ่มที่ 1	75
4.53 เทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล และผลการแยกลายม้าลายจากภาพในกลุ่มที่ 2	76
4.54 เทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล และผลการแยกลายม้าลายจากภาพในกลุ่มที่ 2	77

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

เทคโนโลยีการประมวลผลภาพดิจิตอลในปัจจุบัน นับว่ามีการพัฒนาก้าวหน้าอย่างมาก ซึ่งเห็นได้จาก การนำผลการวิเคราะห์และการประมวลผลภาพมาใช้งานในด้านต่างๆ เช่น การตรวจลายนิ้วมือหาคนร้าย การตรวจหาแสงและเงาจากภาพ การวิเคราะห์ความเหมือนของใบหน้า การแยกแยะภาพเฉพาะส่วนที่สนใจศึกษาออกมาจากภาพต้นแบบ การวิเคราะห์ภาพถ่ายทางการแพทย์ โดยแอพพลิเคชันเหล่านี้เป็นการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการประมวลผลภาพให้เกิดประโยชน์ต่อการทำงานในหลากหลายด้าน ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ไปจนถึงเทคโนโลยีทางการแพทย์

การตรวจหาภาพที่มีลักษณะเป็นลวดลายที่ซ้ำๆ กันหรือเรียกว่า Texture pattern นั้นมีความน่าสนใจอย่างยิ่ง เนื่องจากสามารถนำไปใช้สำหรับแยกภาพของวัตถุที่มีลวดลาย เช่น การแยกภาพลวดลายของเสื้อผ้า การตรวจหาวัตถุที่เป็นลวดลายเฉพาะตัวในภาพที่ปะปนกันอยู่ การแยกภาพสัตว์ต่างชนิดที่มีลายต่างๆ กัน แนวคิดนี้เมื่อนำไปใช้แยกส่วนของภาพที่เป็นลวดลายออกจากภาพต้นแบบซึ่งทำให้ง่ายและสะดวกต่อการวิเคราะห์และประมวลผลในภาพเฉพาะส่วน ดังนั้นจึงเป็นที่มาของโครงงานสำหรับศึกษาและเขียนโปรแกรมสำหรับตรวจหาภาพที่มีลักษณะเป็นลวดลายหรือ Texture pattern ในภาพชนิดต่างๆ

โครงงานนี้มีเป้าหมายสำหรับการศึกษาและเขียนโปรแกรมสำหรับตรวจหาภาพที่มีลักษณะเป็น Texture ตามหลักทฤษฎีของ Digital Image processing โดยในโครงงานนี้จะมุ่งเน้นศึกษาที่ภาพของสัตว์ต่างชนิดที่มีลวดลายต่างๆ กัน เพื่อแยกชนิดของสัตว์ออกจากกันโดยอาศัยการตรวจจากลวดลายลักษณะเฉพาะของสัตว์นั้นๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษารูปแบบของไฟล์ภาพที่มีลักษณะเป็นลวดลาย (texture)

1.2.2 เพื่อศึกษาอัลกอริทึมที่ใช้เขียนโปรแกรมสำหรับตรวจหาลายในภาพชนิดต่างๆ

1.2.3 เพื่อศึกษาและเขียนโปรแกรมสำหรับตรวจหาลายในภาพสัตว์

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษารูปแบบของไฟล์ภาพที่มีลักษณะเป็นลวดลาย(texture)

1.3.2 ศึกษาอัลกอริทึมและวิธีการเขียนโปรแกรมสำหรับตรวจหาลายภาพ ในภาพชนิดต่างๆ

1.3.3 เขียนโปรแกรมสำหรับตรวจหาลายในภาพ โดยเน้นทำการทดลองในภาพของสัตว์

1.4 ขั้นตอนของการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับไฟล์ภาพที่มีลักษณะเป็นลวดลาย

1.4.2 ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการตรวจหาลักษณะของลายในภาพชนิดต่างๆ

1.4.3 ศึกษาการใช้งานโปรแกรม MatLab

1.4.4 เขียนโปรแกรมตรวจหาลายภาพในภาพสัตว์

1.4.5 ทดสอบการทำงานและ แก้ไขความผิดพลาดในส่วนต่างๆของโปรแกรม

1.4.6 สรุปผลการทดลองและจัดทำรูปเล่มโครงงาน

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี 2549					ปี2550			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับไฟล์ภาพที่มีลักษณะเป็น texture	←	—	→						
2. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการตรวจหาลักษณะของ texture ในภาพชนิดต่างๆ		←	—	—	→				
3. ศึกษาการใช้งานโปรแกรม MathLab			←	—	—	→			
4. เขียนโปรแกรมตรวจหาลักษณะของ texture ในภาพสัตว์					←	—	—	—	→
5. ทดสอบการทำงานและแก้ไขความผิดพลาดในส่วนต่างๆของโครงงาน							←	—	→
6. สรุปผลการทดลองและจัดทำรูปเล่มโครงงาน							←	—	→

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับไฟล์ภาพที่มีลักษณะเป็นลวดลาย

1.6.2 เข้าใจหลักการและอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับตรวจหาลักษณะของลวดลายในภาพชนิดต่างๆ

1.6.3 สามารถเขียนโปรแกรมสำหรับตรวจหาลักษณะของลวดลายในภาพสัตว์ได้

1.6.4 สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการสำหรับตรวจหาลักษณะของลวดลายในภาพชนิดต่างๆได้

1.7 รายละเอียดงบประมาณของโครงงาน

1.7.1	ค่าวัสดุสำนักงาน	800	บาท
1.7.2	ค่าถ่ายเอกสาร	500	บาท
1.7.3	ค่าจัดทำรูปเล่มรายงาน	700	บาท
	รวมเป็นเงินทั้งสิ้น	2,000	บาท (สองพันบาทถ้วน)

หมายเหตุ ทุกรายการสามารถถัวเฉลี่ย

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ภาพดิจิตอล (Digital Image)

ภาพดิจิตอล เป็นการแสดงผลภาพในลักษณะสองมิติ ในหน่วยที่เรียกว่า "พิกเซล" ซึ่งจะสามารถนิยามในรูปของฟังก์ชันสองมิติ f(x,y) โดยที่ x และ y จะแสดงค่าพิกัดของภาพ และแอมพลิจูดของ f ที่พิกัด (x,y) ใดๆ ภายในภาพ จะแสดงถึงค่าความเข้มแสงของภาพ (Intensity) ที่ตำแหน่งนั้นๆ และเมื่อค่าของ x, y และแอมพลิจูดของ f เป็นค่าจำกัด (Finite value) จึงเรียกรูปภาพนี้ว่าเป็นภาพดิจิตอล (Digital Image) และถ้ากำหนดให้ภาพ f(x,y) มีขนาด M แถวและ N คอลัมน์ และพิกัดของจุดกำเนิด (Origin) ของภาพคือที่ตำแหน่ง (x,y) = (0,0) แล้ว จะสามารถเขียนสมการให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ได้ดังนี้

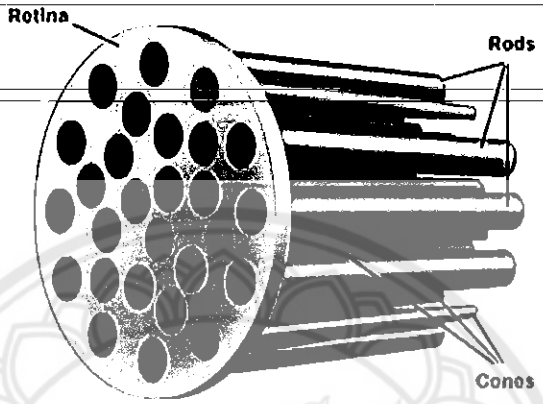
$$f(x,y)=\begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \cdots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

ค่าแต่ละค่าที่อยู่ในเมทริกซ์จะเรียกว่า พิกเซล (Pixel) โดยที่ตำแหน่ง (0,0) จะอยู่ทางด้านซ้ายมือสุด ด้านบนของภาพ การจัดลำดับตำแหน่งของจุดภาพจะเรียงจากซ้ายไปขวา ในแต่ละเส้นจุด และจัดลำดับของเส้นจุดจะเรียงจากบนลงล่างการเก็บค่าของความเข้มแสงของภาพ ดิจิตอลลงหน่วยความจำในลักษณะเส้นจุด (raster)นี้ จะเรียกภาพบิตแมป (bit-maped image) หรือภาพแรสเตอร์ (raster image) แต่ภาพที่จัดเก็บในลักษณะนี้จะมีขนาดใหญ่จึงมีการบีบอัดภาพ(image compression) เพื่อให้ข้อมูลภาพมีขนาดเล็กลง

การสร้างภาพดิจิตอลสามารถสร้างได้จากอุปกรณ์รับภาพ เช่น กล้องดิจิตอล (digital cameras) เครื่องกราดภาพ(scanners) เป็นต้น ภาพดิจิตอลยังสามารถสร้างโดยการสังเคราะห์จากสิ่งที่ไม่ใช่ข้อมูลภาพได้อีกด้วย เช่น ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ หรือ แบบจำลองเรขาคณิตแบบสามมิติ ซึ่งการสร้างภาพลักษณะนี้เป็นส่วนหนึ่งในงานด้านคอมพิวเตอร์กราฟิกส์ (computer graphics)

ทฤษฎีแสง-สี และการมองเห็นสีของตามนุษย์โดยย่อคือ ในธรรมชาติ แสงสีเป็นพลังงาน Electromagnetic wave ที่มีสมบัติของคลื่น และสมบัติเฉพาะทางไฟฟ้า และแม่เหล็กอยู่รวมกัน โดยที่มีความยาวคลื่นที่ตามองเห็นในช่วง 380-780 nm ในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นแตกต่างกันนี้คือ แสงสีที่ต่างกันใน Spectrum ของสี โดยปกติแล้วตาคนเราจะมีเซลรับแสงอยู่ 2 กลุ่ม กลุ่มแรก

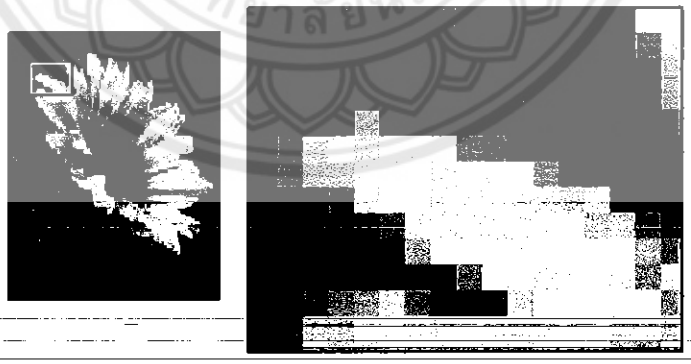
เรียกว่า rods เป็นเซลรับแสงที่รับรู้ถึงความมืด หรือสว่าง ไม่สามารถแยกสีออกได้และจะมีความไวต่อการกระตุ้น แม้ในที่ที่มีแสงเพียงเล็กน้อย เช่น เวลากลางคืน เซลกลุ่มที่สองเป็นเซลทีทำหน้าที่มองเห็นสีต่างๆ เรียกว่า cones โดยจะแยกได้เป็นเซลอีก 3 ชนิด ตามระดับคลื่นแสงหรือสีที่กระตุ้น คือ เซลรับแสงสีแดง ดูดแสงสีในช่วงคลื่น 570 nm , เซลรับแสงสีน้ำเงิน ดูดแสงสีในช่วงคลื่น 445nm และเซลรับแสงสีเขียว ดูดแสงสีในช่วงคลื่น535 nm



รูปที่ 2.1 เซลรับแสงสีต่าง ๆ ในระบบการมองเห็นของมนุษย์

สำหรับแสงสีอื่นๆ เกิดจากการกระตุ้นเซลดังกล่าวนี้มากกว่าหนึ่งชนิด แล้วให้สมองเราแปลภาพออกมาเป็นสีที่ต้องการ เช่น สีม่วง เกิดจากแสงที่กระตุ้นทั้งเซลรับแสงสีแดง และเซลรับแสงสีน้ำเงิน

2.1.1 พิกเซล (Pixel)



รูปที่ 2.2 พิกเซลของภาพสี เมื่อขยายรายละเอียดภาพจะเห็น พิกเซลของภาพ

จุดภาพ หรือ พิกเซล (pixel) มาจากคำว่า "พิกเจอร์" (picture) ที่แปลว่า รูปภาพ และ "เอเลเมนต์" (element) ที่แปลว่า องค์ประกอบ ซึ่งจะหมายถึง "จุดภาพ 1 จุด" เป็นหน่วยพื้นฐานของภาพ คือจุดภาพบนจอแสดงผล หรือ จุดภาพในรูปภาพที่รวมกันเป็นภาพขึ้น ซึ่งจะเป็นหน่วยทางตรรกะมากกว่ากายภาค ขนาดของ Pixel ขึ้นกับการกำหนดความละเอียด (Resolution) โดยจะเทียบ

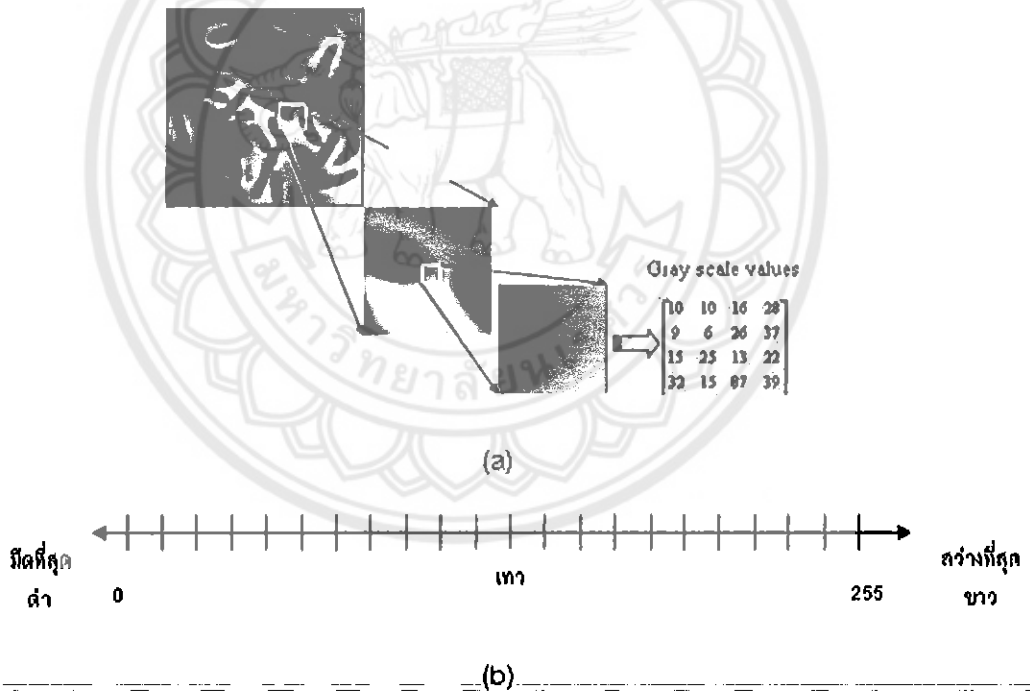
จำนวนพิกเซลกับความยาวต่อนิ้ว ดังนั้นจะมีหน่วยเป็น พิกเซลต่อนิ้ว (ppi : pixels per inch) หรือจุดต่อนิ้ว (dpi : dot per inch) ถ้าภาพมีขนาดเท่ากัน แต่ค่าความละเอียดต่างกัน จำนวนของพิกเซลก็จะต่างกันด้วย ดังนั้นความละเอียด (ความคมชัด)ที่แตกต่างกันไป จึงใช้ในการบอกคุณสมบัติของภาพได้ การกำหนดสีของ pixel ใช้การกำหนดโดยการผสมกันของสีเปลตรัม RGB ข้อมูลของสีสามารถคำนวณไบต์ได้ 3 ไบต์ ระบบสีส่วนใหญ่ใช้ 8 บิต ซึ่งจะมีไฟล์สีได้ทั้งหมด 256 สี

2.1.2 Digital Image Type

Digital Image แบ่งออกเป็นหลายประเภท ได้แก่

Intensity Image หรือ Monochrome Image หรือ Gray Image

ค่าในแต่ละ pixel ของ gray image คือค่าความเข้มของแสง ณ แต่ละตำแหน่งของ pixel ซึ่งจะอยู่ในรูปของ gray scale (gray level) ดังรูปที่ 2.3 (a) ค่าที่เป็นไปได้ของ gray scale จะขึ้นอยู่กับจำนวน bit ที่ใช้ ตัวอย่างเช่น 8-bit monochrome จะมี gray scale ทั้งหมด 256 ระดับ ดังรูปที่ 2.3 (b)



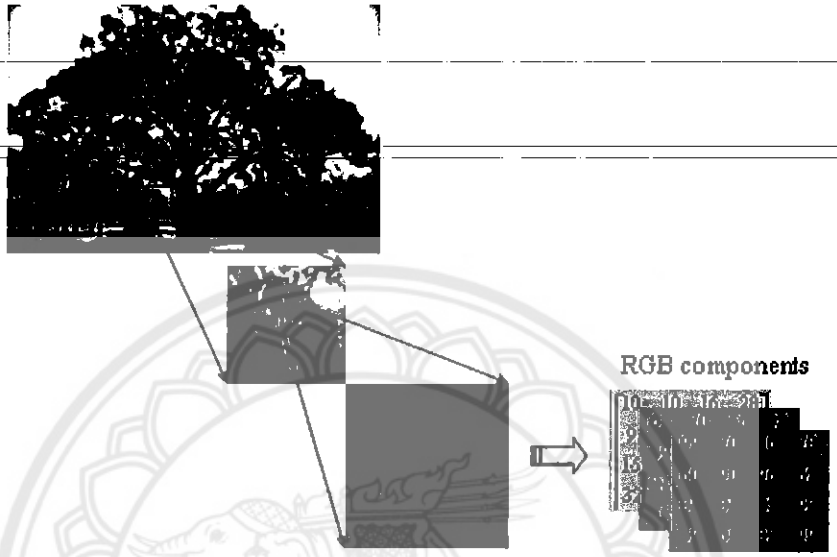
รูปที่ 2.3 ภาพ Intensity Image

(a) แสดง gray image และ pixel value ของ gray image

(b) แสดง 8 bit gray scale

Color Image หรือ RGB Image

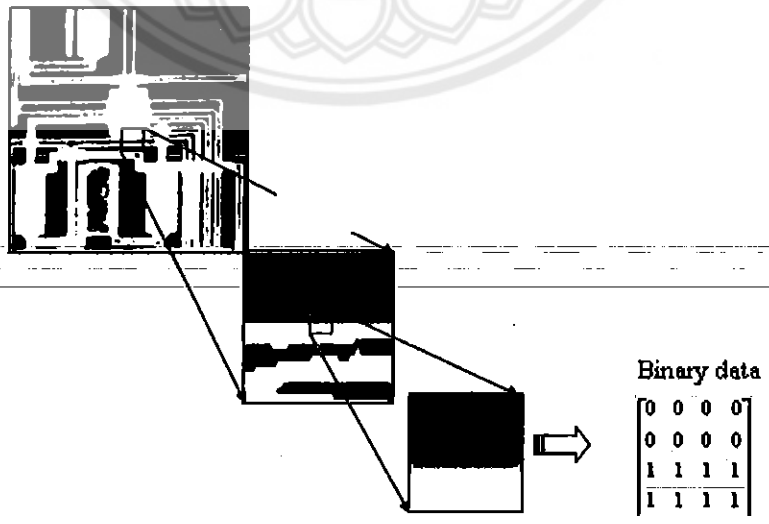
ค่าในแต่ละ pixel ของ color image จะประกอบไปด้วย vector ที่แสดงค่าของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน อย่างละ 8 บิต ดังนั้น RGB image 1 pixel จะประกอบไปด้วยจำนวนบิตทั้งหมด 24 บิต ทำให้ RGB image มีจำนวนสีที่เป็นไปได้ทั้งหมด 2^24 สี ตัวอย่างดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 รูปแสดงภาพ RGB และ pixel value ของภาพ RGB

Binary Image หรือ Black and White Image

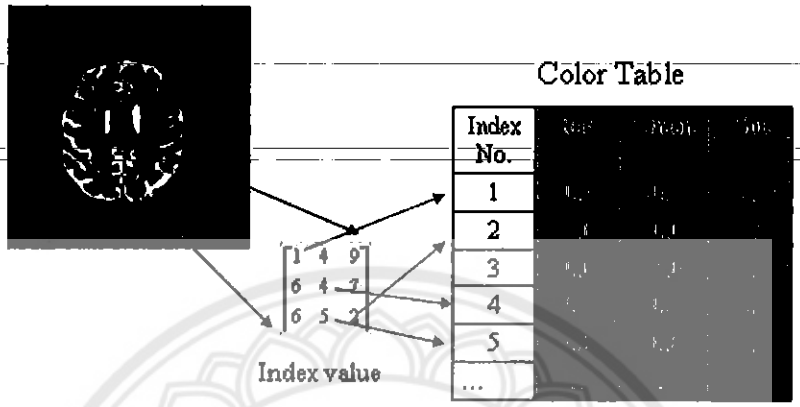
ค่าในแต่ละ Pixel ของ binary image จะใช้แค่ 1 บิต ซึ่งจะมีค่าที่เป็น ไปได้คือ 0 (สีดำ) และ 1 (สีขาว) เท่านั้น ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 รูปแสดงภาพ binary และ pixel value ของภาพ binary

Indexed Image

ค่าในแต่ละ pixel ของ indexed image จะประกอบไปด้วยค่า index number ขนาด 8 บิต ซึ่งจะชี้ไปยังค่าของสีในตารางสี ดังนั้น ถ้าเราต้องการที่จะทราบค่าสีในแต่ละ pixel เราจะต้องไปดูค่าในตารางสีที่ index ตรงกับค่าใน pixel ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 รูปแสดง indexed image และpixel value ของ indexed image

2.1.3 รูปร่างของภาพ (Image Shape)

วัตถุที่มีอยู่ตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้นมีรูปร่างที่แตกต่างกันไป ทั้งที่เป็นรูปทรงเรขาคณิตและไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต ในศาสตร์ของการประมวลผลภาพนั้นจะทำการกำหนดขอบเขตของภาพทุกภาพให้อยู่ในรูปสี่เหลี่ยม (Rectangular image model) เนื่องจากทำให้การอ่านภาพ การจัดเก็บข้อมูลภาพในหน่วยความจำ และการแสดงภาพออกทางอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับการเก็บข้อมูลภาพลงในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์สามารถต้องทำการจองหน่วยความจำของเครื่องไว้ในรูปของตัวแปรอะเรย์ (array) โดยค่าในแต่ละช่องของอะเรย์จะแสดงถึงคุณสมบัติของจุดภาพ (pixel) และตำแหน่งของช่องอะเรย์เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของจุดภาพ

2.1.4 บิต (Bit)

บิต (Bit : Binary Digit) คือ หน่วยของข้อมูลที่เล็กที่สุดที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำภายในคอมพิวเตอร์ ซึ่ง Bit จะแทนด้วยตัวเลขหนึ่งตัว คือ 0 หรือ 1 อย่างใดอย่างหนึ่ง เรียกตัวเลข 0 หรือ 1 ว่าเป็น บิต 1 บิต

จำนวนสีสูงสุดที่เป็นไปได้ของแต่ละจุดภาพขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้ เมื่อมีการกำหนดให้ขนาดของบิตต่อจุด มากขึ้นจะทำให้จำนวนของสีมากขึ้นด้วย ตัวอย่างเช่น

1 บิต = 21=4 สี

2 บิต = 22=4 สี

4 บิต = 24=16 สี

8 บิต = 28=256 สี

16 บิต = 216=65536 สี เป็นต้น

2.2 มาตรฐานของสี (Color Standard)

2.2.1 ระบบสี RGB

ระบบสี RGB เป็นระบบสีของแสง ซึ่งเกิดจากการหักเหของแสงผ่านแท่งแก้วปริซึม จะเกิดแถบสีที่เรียกว่า สีรุ้ง (Spectrum) ซึ่งแยกสีตามที่สายตามองเห็นได้ 7 สี คือ แดง แสด เหลือง เขียว น้ำเงิน คราม ม่วง ซึ่งเป็นพลังงานอยู่ในรูปของรังสี ที่มีช่วงคลื่นที่สายตา สามารถมองเห็นได้ แสงสีม่วงมีความถี่คลื่นสูงที่สุด คลื่นแสงที่มีความถี่สูงกว่าแสงสีม่วง เรียกว่า อัลตราไวโอเลต (Ultra Violet) และคลื่นแสงสีแดง มีความถี่คลื่นต่ำที่สุด คลื่นแสง ที่ต่ำกว่าแสงสีแดง เรียกว่า อินฟราเรด (InfraRed) คลื่นแสงที่มีความถี่สูงกว่าสีม่วง และต่ำกว่าสีแดงนั้น สายตาของมนุษย์ไม่สามารถรับได้ และเมื่อศึกษาดูแล้วแสงสีทั้งหมดเกิดจาก แสงสี 3 สี คือ สีแดง (Red) สีน้ำเงิน (Blue)และสีเขียว (Green)ทั้งสามสีถือเป็นแม่สีของแสง

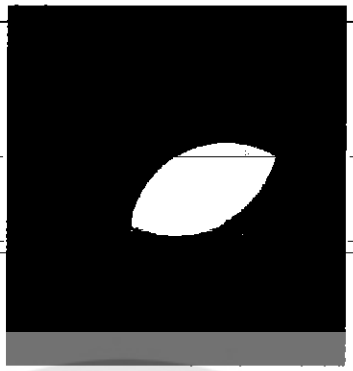
รูปที่ 2.7 แสดงระบบสี RGB

นอกจากนี้แล้ว ระบบสี RGB ยังสามารถแบ่งออกเป็นประเภทย่อย ๆ ได้อีก คือ

แบบ Additive

เป็นระบบสีที่เกิดจากการรวมกันของแสงสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน โดยมีการรวมกันแบบ Additive โดยในระบบสีของคอมพิวเตอร์ ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการแสดงผลแสงบนจอคอมพิวเตอร์ โดยมีลักษณะการแสดงผล คือ ถ้าไม่มีแสดงผลสีใดเลย บนจอภาพจะแสดงเป็น “สีดำ” ถ้าหากสีทุกสีแสดงผลพร้อมกัน จะเห็นสีบนจอภาพเป็น "สีขาว" ส่วนสีอื่นๆ เกิดจากการแสดงสีหลายๆ สี แต่มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งการแสดงผลลักษณะนี้ เรียกว่า การแสดงสีระบบ Additive สีใน

ระบบ Additive ประกอบด้วยสีหลัก 3 สี คือ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) และ สีน้ำเงิน (Blue) เรียกรวมกันว่า RGB ซึ่งมีรูปแบบการผสมสีของ RGB ดังนี้



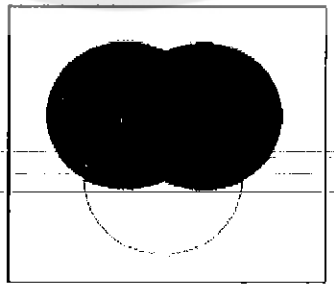
รูปที่ 2.8 การแสดงสีระบบ Additive

การผสมกันของสีทั้งสาม

รูปที่ 2.9 การผสมกันของแม่สีทั้งสาม

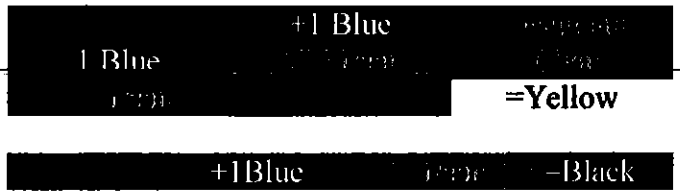
แบบ Subtractive

ระบบสี Subtractive มีลักษณะที่ตรงข้ามกับระบบ Additive โดยสีแต่ละสีจะได้จากการลบสีต่างๆ ออกไปจากระบบ หากไม่มีการแสดงสีใดๆ จะแสดงผลเป็น "สีขาว" ขณะที่การแสดงสีทุกสีจะปรากฏเป็น "สีดำ"



รูปที่ 2.10 การแสดงสีแบบ Subtractive

การผสมกันของสีทั้งสาม



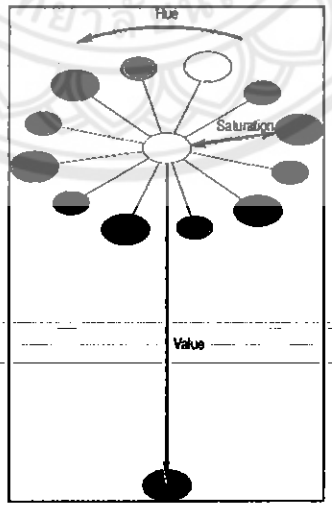
รูปที่ 2.11 การผสมกันของแม่สีทั้งสาม

2.2.2 ระบบสี HSV

ระบบสี HSV (Hue Saturation Value) เป็นการพิจารณาสีโดยใช้ Hue Saturation และ Value ซึ่ง

Hue คือค่าสีของสีหลัก (แดง เขียว และน้ำเงิน) ในทางปฏิบัติจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 255 ซึ่งถ้า Hue มีค่าเท่ากับ 0 จะแทนสีแดง และเมื่อ Hue มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ สีก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามสเปกตรัมของสีจนถึง 256 จึงจะกลับมาเป็นสีแดงอีกครั้งซึ่งสามารถแทนให้อยู่ในรูปขององศาได้ ดังนี้คือ สีแดง = 0 องศา สีเขียวเท่ากับ 120 องศา สีน้ำเงินเท่ากับ 240 องศา Hue สามารถคำนวณได้จากระบบสี RGB ได้ดังนี้

$$red_h = red - \min(red, green, blue)$$
$$green_h = green - \min(red, green, blue)$$
$$blue_h = blue - \min(red, green, blue)$$



รูปที่ 2.12 แสดงระบบสี HSV

จากลักษณะโมเดลของระบบ Hue พบว่าจะมีค่าอย่างน้อยหนึ่งค่าที่จะเท่ากับ 0 แต่ถ้ามีสองค่าเท่ากับ 0แล้ว hue จะเป็นมุมของสี (ค่าสี) มีค่าเป็นไปตามสี่ที่สามและถ้าทั้งสามสีมีค่าเท่ากับ 0 แล้วจะทำให้ไม่มีค่าของ Hue หรือสีที่ได้จะมีค่าเท่ากับสีขาวนั่นเอง ตัวอย่างเช่น จอภาพขาว-ดำ ถ้าเกิดมีสีใดสีหนึ่งมีค่าเท่ากับ 0 จะทำให้ค่าสีที่ได้เป็นไปตามสีที่เหลือ การให้น้ำหนักในการพิจารณาเมื่อสีแดงมีค่าเท่ากับ 0

$$Hue = \frac{(240 \times blue) + (120 \times green)}{blue_h + green_h} \qquad (2.2)$$

Saturation คือความบริสุทธิ์ของสีซึ่งถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 0 แล้วสีที่ได้จะไม่มี Hue ซึ่งจะเป็นสีขาว ล้วนแต่ถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 255 แสดงว่าจะไม่มีแสงสีขาวผสมอยู่เลย Saturation สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$Satuation = \frac{\max(red, green, blue) - \min(red, green, blue)}{\max(red, green, blue)} \qquad (2.3)$$

Value คือความสว่างของสี ซึ่งสามารถวัดได้โดยค่าความเข้มของความสว่างของแต่ละสีที่ประกอบกันสามารถคำนวณได้จาก

$$value = \max(red, green, blue) \qquad (2.4)$$

2.2.3 ระบบสีแบบ HLS

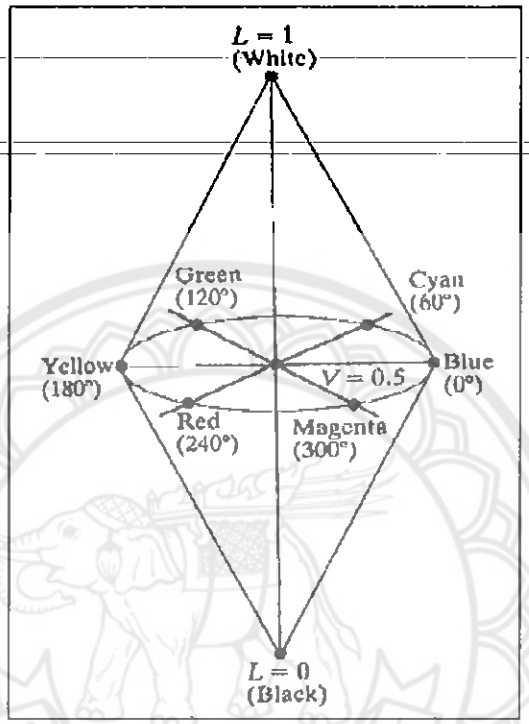
ระบบสีแบบ HLS (Hue lightness saturation) พัฒนาโดย Teletromix Incorporated จะมีลักษณะคล้ายกับ HSV ดังนี้คือสีของระบบจะขึ้นอยู่กับ Hue Lightness และ Saturation

Hue คือ ค่าของสีหลักซึ่งมีสีน้ำเงินอยู่ที่ 0 องศา สีเขียวอยู่ที่ 120 องศา และสีแดงอยู่ที่ 240 องศา

Lightness คือ ค่าความสว่างซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามแนวแกน L โดยที่ L = 0 จะเป็นสีดำ L = 1 จะเป็นสีขาว สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$lightness = \frac{\max(red, green, blue) - \min(red, green, blue)}{2} \qquad (2.5)$$

ค่า Lightness จะบ่งถึงความสว่างและมืด ค่า Hue จะมีค่าตั้งแต่ 0 องศา ถึง 360 องศา ระบบสี Lab เป็นอีกระบบที่ค่า L ชี้ถึง lightness ค่า a เป็นสมดุลระหว่างสี Green กับ Magenta ค่า b เป็นสมดุลระหว่างสี Blue กับ Yellow และระบบสี XYZ ที่มีมาตรฐานค่า Y คือความ Lightness ค่า XZ บ่งถึงค่า Hue และ Saturation ระบบ XYZ เป็นระบบที่ใช้กันในงานสีระดับสูง



รูปที่ 2.13 แสดงระบบสี HSL

Saturation คือความบริสุทธิ์ของสีสามารถหาได้ดังนี้คือ

$$suturation=\begin{cases}\dfrac{\max(red,green,blue)+\min(red,green,blue)}{\max(red,green,blue)-\min(red,green,blue)} & if\ L<=0.5\\ \dfrac{\max(red,green,blue)-\min(red,green,blue)}{2-\max(red,green,blue)-\min(red,green,blue)} & if\ ohterwise\end{cases} \quad (2.6)$$

2.2.4 ระบบสีแบบ CMY

CMY (Cyan Magenta Yellow) เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นมาใช้สำหรับการพิมพ์ภาพสีโดยมีสีหลักคือสี Cyan(C) Magenta (M) และ Yellow(Y) ซึ่งเรียกว่า Subtractive primaries Color ซึ่งจะตรงข้ามกับระบบสี Additive primaries Color (สีแดง เขียว และน้ำเงิน) ระบบสีแบบ CMY สามารถหาได้โดยการนำเอาสีในระบบ RGB ลบกับสีขาวดังนี้คือ

$$C = 1 - R \quad (2.7)$$

$$M = 1 - G \quad (2.8)$$

$$Y = 1 - B \quad (2.9)$$

ระบบสี CMY จะนำไปใช้สำหรับการพิมพ์ภาพสีแต่ยังไม่ดีเท่าที่ควรเนื่องจากไม่ยังไม่สามารถสร้างสีดำได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นจึงมีการใช้ระบบ CMYK แทนโดย

$$K = \min(C, M, Y) \quad (2.10)$$

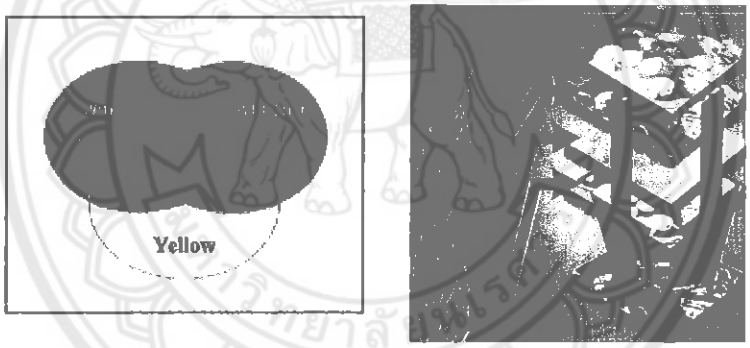
$$C = C - K \quad (2.11)$$

$$M = M - K \quad (2.12)$$

$$Y = Y - K \quad (2.13)$$

โดย ค่า K เป็นสีที่ 4 แทนสีดำ

ในระบบนี้ไม่มีสีของทุกสีจะกลายเป็นสีขาว และถ้ามีทุกสีจะเป็นสีดำ ระบบ Subtractive นี้จะทำงานกับแสงสะท้อน เช่น แสงสะท้อนจากกระดาษสีขาว แล้วเมื่อเพิ่มสีลงไป แสงจะถูกดูดกลืนมากขึ้น และแสงจำนวนน้อยที่เหลือก็จะถูกสะท้อนไป ทำให้มองเห็นเฉพาะแสงที่เหลือ



รูปที่ 2.14 แสดงระบบสี CMY

2.2.5 ระบบสีแบบ XYZ

ระบบสีแบบ XYZ เป็นระบบสีที่ CIE ได้กำหนดให้มีขึ้นเป็นมาตรฐาน เนื่องจากในระบบสี RGB ยังไม่สามารถสร้างสีที่เป็นไปได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงได้มีตั้งระบบสี XYZ ซึ่งเป็นระบบสีที่สมมุติขึ้น

2.2.6 ระบบสีแบบ YIQ

ระบบสีแบบ YIQ เป็นระบบที่ใช้ใน TV Broadcasting สำหรับ NTSC ประโยชน์หลักก็เพื่อให้ใช้งานได้กับโทรทัศน์แบบขาว-ดำ โดยที่ y คือความสว่างของภาพ ส่วน I และ Q จะเป็นสัญญาณที่เข้ารหัสสีของภาพไว้ ดังนั้นสำหรับโทรทัศน์ขาว- ดำ นั้นก็สามารถใช้ค่า Y ค่าเดียวแล้วสามารถได้ภาพที่สมบูรณ์

2.2.7 ระบบสีแบบ YUV

ระบบสีแบบ YUV ใช้สำหรับโทรทัศน์แบบ PAL และ SECAM ซึ่งยังมีใช้อยู่ในหลาย ๆ ประเทศโดย Y คือค่าความสว่างของภาพ ส่วนสัญญาณ U และ V เป็นสัญญาณที่เก็บค่าสีของภาพ ต่อมาได้มีระบบ YIQ มาใช้แทน เนื่องจากพบว่าสัญญาณ I และ Q สามารถลด Bandwidth ได้มากกว่าสัญญาณ U และ V ในขณะที่ได้ภาพที่มีคุณภาพเท่ากัน

2.3 รูปแบบของภาพ

2.3.1 บิตแมป (Bitmap)

Bitmap หรือ Raster เป็นภาพแบบ Resolution Dependent ประกอบขึ้นด้วยจุดสีต่างๆ ที่มีจำนวนคงที่ตายตัวตามการสร้างภาพที่มี Resolution หรือความละเอียดของภาพต่างกันไป หากขยายภาพ Bitmap จะเห็นว่ามีลักษณะเป็นตารางเล็กๆ ซึ่งแต่ละบิตคือ ส่วนหนึ่งของข้อมูลคอมพิวเตอร์

เนื่องจาก Bitmap มีค่า Pixel จำนวนคงที่จึงทำให้มีข้อจำกัดในเรื่องการขยายขนาดภาพ การเปลี่ยนขนาดภาพทำโดยเพิ่มหรือลด Pixel จากที่มีอยู่เดิม เมื่อขยายภาพให้ใหญ่ขึ้น ความละเอียดของภาพจึงลดลง และถ้าเพิ่มค่าความละเอียดมากขึ้นก็จะทำให้ไฟล์มีขนาดใหญ่และเปลืองเนื้อที่หน่วยความจำมากขึ้นตามไปด้วย ภาพที่ขยายโตขึ้นจะมองเห็นเป็นตารางสี่เหลี่ยมเรียงต่อกัน ทำให้ขาดความสวยงาม สำหรับข้อดีของบิตแมป คือ จะมีความเร็วในการแสดงสูงและใช้หน่วยความจำน้อยกว่า

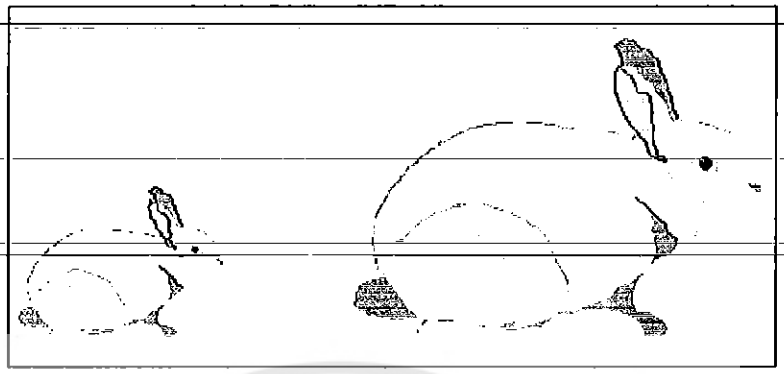
ไฟล์ภาพแบบ Bitmap ในระบบวินโดวส์คือไฟล์ที่มีนามสกุล .BMP, .PCX. , .TIF, .GIF, .JPG, .MSP, .PCD เป็นต้น

2.3.2 เวกเตอร์ (Vector)

Vector เป็นภาพประเภท Resolution-Independent มีลักษณะของการสร้างให้แต่ละส่วนเป็นอิสระต่อกัน โดยแยกชิ้นส่วนของภาพทั้งหมดออกเป็นเส้นตรง รูปทรงหรือส่วนโค้ง โดยอ้างอิงตามความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์หรือการคำนวณเป็นตัวสร้างภาพ เป็นการรวมเอา Object (เช่น วงกลม เส้นตรง ทรงกลม ลูกบาศก์และอื่นๆ เรียกว่ารูปทรงพื้นฐาน) ต่างชนิดมาผสมกัน มีทิศทางการลากเส้นไปในแนวต่างๆ เพื่อสร้างภาพที่แตกต่างกันโดยใช้คำสั่งง่ายๆ จึงเรียกภาพประเภทนี้ว่า Vector Graphic หรือ Object Oriented

ลักษณะเด่นของ Vector คือ สามารถยืดหรือหดภาพเท่าใดก็ได้ โดยที่ภาพจะไม่แตก ความละเอียดของภาพไม่เปลี่ยนแปลง คงคุณภาพของภาพไว้ได้เหมือนเดิม และยังสามารถขยายเฉพาะความกว้างหรือความสูง เพื่อให้มองเห็นเป็นภาพผอมหรืออ้วนกว่าภาพเดิมได้ด้วย และไฟล์มีขนาดเล็กกว่าภาพ Bitmap ภาพแบบ Vector จึงเหมาะสำหรับงานแบบวาง Layout งานพิมพ์ตัวอักษร Line Art หรือ Illustration

ไฟล์รูปภาพแบบ Vector ในระบบวินโดวส์คือ ไฟล์ที่มีนามสกุล .EPD, .WMF, .CDR, .AI, .CGM, .DRW, .PLT เป็นต้น



รูปที่ 2.15 เปรียบเทียบภาพ Vector เมื่อมีการขยายขนาด จะไม่สูญเสียความคมชัด

2.4 รูปแบบของไฟล์ภาพ (Digital file format)

การจัดเก็บภาพดิจิตอลจะถูกจัดเก็บในรูปแบบต่าง ๆ กัน ซึ่งมีอยู่หลายชนิด เช่น TIFF, BMP, GIF, JPEG, PNG ฯลฯ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.4.1 GIF (Graphics Interchange Format)

เป็นรูปแบบไฟล์ภาพและไฟล์ภาพเคลื่อนไหว รูปแบบ GIF ถูกออกแบบโดย Compuserve สามารถใช้ได้กับทุกระบบปฏิบัติการเป็นขนาดไฟล์ชนิด8 บิตที่เก็บรายละเอียดสีได้สูงสุดเพียง 256 สี เท่านั้นสำหรับภาพขาว-ดำ มีความ ละเอียดได้สูงสุดถึง 64000 DPI ภาพแบบGIF มีข้อจำกัดอยู่ตรงด้านแผงสีแบบ Index ภาพสีแบบ 24bit(RGB) ไม่สามารถใช้ได้ แผงสีสามารถบรรจุได้ 2-256 สี ซึ่งสร้างจากข้อมูลสี 24 บิต ใช้การบีบข้อมูลแบบ LZW(Lempel - Zex & Wacth)ทำให้ได้ไฟล์ที่มีขนาดไม่ใหญ่นัก ส่วนใหญ่จะเป็นภาพถ่าย หรือการ์ตูน แสดงผลเป็นแบบภาพนิ่ง

จุดเด่น

- มีขนาดไฟล์ต่ำ
- สามารถทำพื้นของภาพให้เป็นพื้นแบบโปร่งใสได้ (Transparent)
- มีระบบแสดงผลแบบหยาบและค่อยๆ ขยายไปสู่ละเอียดในระบบ Interlace
- มีโปรแกรมสนับการสร้างจำนวนมาก
- เรียกดูได้กับ Graphics Browser ทุกตัว
- ความสามารถด้านการนำเสนอแบบภาพเคลื่อนไหว (Gif Animation)

จุดด้อย

- แสดงสีได้เพียง 256 สี

2.4.2 TIFF (Tagged Image File Format)

ไฟล์รูปแบบ TIFF นั้นเป็นรูปแบบบิตแมปที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง เป็นรูปแบบเปิดสามารถทำให้ผู้อื่นมาเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ รูปแบบ TIFF นั้นเก็บบันทึกข้อมูลรูปภาพหลากหลายใน tagged field ทำให้กลายเป็นชื่อเรียกของรูปแบบและแต่ละ tagged field สามารถใช้กับระบบปฏิบัติการหลายชนิด ที่สามารถจัดเก็บภาพสีทั้งโหมด Index color, RGB และ CMYK รวมถึงขาวดำ และระดับเทา (Gray-scale) ภาพส่วนใหญ่จะเป็นภาพที่เกิดจากการสแกนรูปภาพต่าง ๆ และจะจัดเก็บเป็นไฟล์นามสกุล .TIF

ไฟล์แบบ TIFF เป็นรูปแบบที่มีคุณภาพความคมชัดของภาพสูงที่สุด ไม่ว่าจะย่อหรือขยายภาพคุณภาพที่แสดงก็ยังคงเดิม แต่จะมีขนาดใหญ่เนื่องจากว่ามีการรวมเอาข้อมูลจากบิตแมป วันที่และเวลาที่ไฟล์ถูกสร้าง รวมทั้งซอฟท์แวร์ที่ใช้ เหมาะสมในวงการสื่อสิ่งพิมพ์

2.4.3 BMP (MS-Windows bitmap format)

ไฟล์ BMP เป็นรูปแบบพื้นฐานที่ใช้งานได้ดีกับโปรแกรมที่ทำงานภายใต้วินโดว์เท่านั้น โดยเฉพาะโปรแกรมที่ทำงานภายใต้ Windows 3.x หรือ 95 ซึ่งมีความเร็วสูง เป็นไฟล์มีขนาดใหญ่เพราะไม่ได้รับการบีบย่อข้อมูลเหมือนกับ .GIF หรือ .JPG ไฟล์ BMP ที่เห็นบ่อยๆ คือ ภาพวอลล์เปเปอร์ที่แสดงบนจอภาพของวินโดว์ โดยมีทั้งขนาด 4 และ 8 บิต ซึ่งจะสามารถแสดงได้ตั้งแต่ 2, 16, 256 และ 16 ล้านสี

2.4.4 JPEG (Joint PhotoGraphic Export Group)

JPEG เป็นไฟล์อีกฟอร์แมตหนึ่งที่ได้รับความนิยมกันมากบนWorld Wide Web เพราะเป็นภาพขนาด 24 บิต ทั้งสีและ ขาว-ดำ ที่ผ่านกระบวนการบีบย่อข้อมูลมาก่อนโดยการนำเอาข้อมูลส่วนที่ไม่สำคัญออกไปแล้วทำการบีบย่อข้อมูล ในอัตรา 10 : 1 โดยขนาดของไฟล์ที่นำมาใช้งานนั้นอาจมีขนาดเหลือเพียง 30 %ของไฟล์ก่อน การบีบย่อข้อมูล

ขนาดของการบีบย่อข้อมูลมีได้ถึง 3 ระดับ (High , Middle, Low) ไฟล์ที่มีการบีบย่อข้อมูลมากที่สุดได้ไฟล์ที่มีขนาดเล็ก(Low)ที่สุดถ้าต้องการให้ภาพ ภาพที่แสดงมีคุณภาพที่สุดขนาดของไฟล์ก็ใหญ่(High) ที่สุดด้วย ภาพที่นำมาบีบย่อข้อมูลนี้จะแสดงผลได้สูงสุดถึง 16.7 ล้านสีมีความคมชัดสูง แต่ข้อเสียของไฟล์ฟอร์แมตนี้อยู่ที่กระบวนการบีบอัดภาพ เพราะทำให้เกิดการสูญเสียความคมชัดของภาพไป เนื่องจากอัลกอลิทึมของการบีบอัดพยายามตัดพิกเซลที่ไม่จำเป็นต่อภาพทิ้งไปเพื่อให้ได้แบบนี้หลายครั้งคุณภาพของภาพที่ปรากฏ ขนาดของไฟล์ที่เล็กที่สุดเท่าที่จะทำได้ผลก็คือ ความคมชัดของภาพลดลงบริเวณที่เป็นมุมเอียงเกิดการผิดเพี้ยนได้และถ้าผ่านบีบย่อข้อมูล ลดลงเพราะเกิดความสูญเสียในรายละเอียดของภาพไป และภาพที่มีการบีบย่อข้อมูลมากจะใช้เวลาในการคลายภาพกลับมาเหมือนเดิมนาน

รูปที่ 2.16 แสดงภาพ JPEG ในระดับต่าง ๆ

จุดเด่น

- สนับสนุนสีได้ถึง 24 บิต
- สามารถกำหนดค่าการบีบไฟล์ได้ตามที่ต้องการ
- มีระบบแสดงผลแบบหยาบและค่อยๆ ขยายไปสู่ละเอียดในระบบ Progressive
- มีโปรแกรมสนับสนุนการสร้างจำนวนมาก
- เรียกดูได้กับ Graphics Browser ทุกตัว
- ตั้งค่าการบีบไฟล์ได้ (compress files)

จุดด้อย

- ทำให้พื้นของรูปโปร่งใสไม่ได้

2.4.5 PNG (Portable Network Graphics)

สำหรับ PNG format ได้ถูกพัฒนาโดย W3C จุดประสงค์เพื่อแทนที่ GIF format เนื่องจาก PNG ไม่เสียค่าใช้จ่าย เมื่อมีการนำ format นี้ไปใช้กับ software ใดๆ และ เพิ่มความสามาระในการบีบข้อมูล ความสามารถของ PNG เหมือนกับที่ GIF format มีทุกประการ และมีส่วนเพิ่มเติมขึ้นมาอีก เช่น รองรับจำนวนสีที่มีได้ถึง 65536 สี (16 bit) , สามารถทำ Transparency ได้หลายระดับ ในขณะที่ GIF ได้เพียงระดับเดียว

จุดเด่น

- สนับสนุนสีได้ถึงตามค่า True color (16 บิต, 32 บิต หรือ 64 บิต)
- สามารถกำหนดค่าการบีบไฟล์ได้ตามที่ต้องการ
- มีระบบแสดงผลแบบหยาบและค่อยๆ ขยายไปสู่ละเอียด (Interlace)
- สามารถทำพื้นโปร่งใสได้

จุดด้อย

- หากกำหนดค่าการบีบไฟล์ไว้สูง จะใช้เวลาในการคลายไฟล์สูงตามไปด้วย แต่ขนาดของไฟล์จะมีขนาดต่ำ
- ไม่สนับสนุนกับ Graphic Browser รุ่นเก่า สนับสนุนเฉพาะ IE 4 และ Netscape 4

2.5 การแปลงภาพสีให้เป็นภาพขาว - ดำ (Thresholding)

Thresholding เป็นกระบวนการแปลงภาพสีให้มีการแสดงผลได้แค่ 2 ระดับ คือ ขาว และดำ โดยจะแปลงข้อมูลภาพให้เป็นภาพ binary (Binary Image) มีกระบวนการแปลงภาพที่มีความเข้มหลายระดับ (Multilevel Image) ให้เป็นภาพที่มีความเข้มเพียง 2 ระดับ หรือ 1 บิต (bit) คือ 0 และ 1 โดย 0 แทนด้วยจุดที่มีภาพสีขาว และ 1 แทนด้วยจุดที่มีภาพสีดำ

Thresholding Technique คือการพิจารณาจุด pixel ในภาพว่าจุดใดควรจะเป็นจุดขาว หรือจุดใดควรจะเป็นจุดที่มีค่าเท่ากับ 1 โดยจะทำการเปรียบเทียบค่าของแต่ละ pixel (f(x,y)) กับค่าคงที่ที่เรียกว่า Threshold (Threshold Value) เทคนิคนี้นิยมใช้กันมากในกรณีที่ความแตกต่างระหว่างวัตถุ (Object) และพื้นหลัง (Background) ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับสีขาวของป้ายทะเบียน และสีดำของตัวอักษรบนป้ายทะเบียนรถยนต์ ค่า pixel ในภาพที่มีค่าน้อยกว่าค่า Threshold จะถูกกำหนดเป็น 1 (จุดดำ) และถ้าค่าของ pixel ใด ๆ ในภาพมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า Threshold จะถูกกำหนดให้เป็น 0 (จุดขาว)

ในการทำภาพ Binary โดยการทำ Thresholding ให้ได้ภาพดีและคมชัด ต้องเกิดจากการเลือกค่า Threshold ที่ถูกต้องและเหมาะสม ถ้าเลือกค่า Threshold ไม่เหมาะสม เช่น ค่า Threshold ที่มากหรือน้อยจนเกินไป ภาพที่ได้จะขาดความคมชัดหรืออาจทำให้รายละเอียดของภาพขาดหายไป หรือภาพที่ได้อาจจะมืดเกินไป หรือสว่างเกินไป หรืออาจจะเป็นภาพที่มีสิ่งรบกวน (Noise) เกิดขึ้น ทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้ไม่ชัดเจน

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงค่าในภาพระดับเทา

47	230	170	237	71	219	124	30	53	113
66	111	40	170	74	145	132	44	78	187
199	190	141	224	160	103	170	241	198	196
162	195	192	15	111	160	2	97	224	162
88	152	210	175	229	62	155	157	22	54
216	223	117	196	27	6	250	74	1	83
190	231	88	99	39	28	195	197	145	7
118	206	95	252	114	52	54	136	215	13
1	145	88	183	97	72	152	91	92	117
228	4	28	253	245	207	28	173	210	39

จากตารางสามารถคำนวณค่า Threshold ได้เป็น 128 เมื่อนำไปเข้ากระบวนการ Thresholding จะได้ค่าออกมา ดังตาราง

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงค่าในภาพขาวดำหลังการทำ Thresholding

0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	1
1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	0	0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	0	1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	0	0	0	1	1	1	0
0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
1	0	0	1	1	1	0	1	1	0

2.6 การแยกข้อมูลภาพ (Image Segmentation)

การทำการ Segmentation จะทำให้สามารถแยกข้อมูลภาพของส่วนที่ต้องการออกมาวิธีการพื้นฐานสำหรับการ Segmentation คือการพิจารณา Image amplitude (ได้แก่การพิจารณาความสว่างของภาพสำหรับภาพแบบ Gray scale และความแตกต่างของสีสำหรับภาพสี) นอกจากนี้ขอบของภาพและลักษณะของ Texture ก็เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะทำให้สามารถทำการ Segmentation ได้สะดวกยิ่งขึ้น Segmentation มีหลายวิธี ดังนี้

- Amplitude segmentation methods
- Region segmentation methods
- Boundary detection

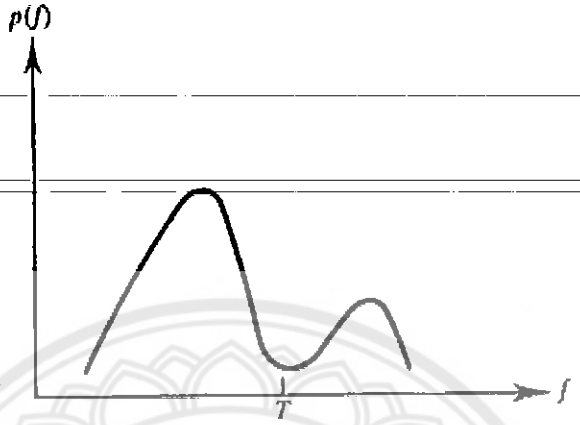
2.6.1 Amplitude segmentation methods

สำหรับการ Segmentation จะพิจารณาความเข้มของจุดต่าง ๆ ภายในภาพ (pixel) ซึ่งผลของการ segment จะขึ้นอยู่กับวิธีการ Threshold ของส่วนประกอบที่เป็นความเข้มหรือสีของภาพ ซึ่งมีอยู่หลายวิธีด้วยกันดังนี้คือ

Bilevel Luminance Thresholding

สำหรับภาพบางชนิดจะมีลักษณะวัตถุที่เราสนใจซึ่งมีความเข้มที่คงที่เมื่อเทียบกับพื้นหลัง ตัวอย่างได้แก่ ภาพของตัวอักษร (Text) เป็นต้น ซึ่งภาพเหล่านี้จะมีความเข้มของวัตถุที่เราสามารถแยกออกจากพื้นหลังได้อย่างชัดเจน (มีความเข้มข้นสองระดับได้แก่ความเข้มของวัตถุและความเข้มของพื้นหลัง) การทำการ Segmentation สามารถทำได้โดยการกำหนดค่า Threshold ซึ่งเป็นค่าความเข้มให้มีค่าที่สามารถแยกความแตกต่างของวัตถุและพื้นหลังได้ ตัวอย่างอย่างเช่น ภาพของตัวอักษรที่มีความความเข้มของตัวอักษรเป็น 0 (สีดำ) และมีความเข้มของพื้นหลังเป็น 255 (สีขาว) ดังนั้นค่า Threshold จึงควรจะมีค่าเท่ากับ 128 เพื่อที่จะให้สามารถแยกวัตถุออกจากพื้นหลังได้

โดยปกติแล้วการเลือกค่า Threshold จะขึ้นอยู่กับ Histogram ของภาพ ตามรูปที่ 2.15 แสดงการหาค่า Threshold โดยค่า Threshold ควรที่จะเลือกค่า histogram ที่อยู่ที่จุดต่ำสุดที่อยู่ระหว่างจุดสูงสุด (peaks) โดยกำหนดให้ T แทนค่าของ Threshold



รูปที่ 2.17 แสดงค่าของ Bilevel Luminance Thresholding

Multilevel Luminance Thresholding

สำหรับภาพที่จะประกอบด้วยหลาย ๆ วัตถุสามารถทำการ Segmentation ได้โดยการใช้ค่า Threshold หลาย ๆ ค่า ค่า Threshold สามารถหาได้จาก histogram ของภาพ แต่ในหลาย ๆ กรณีที่การเปลี่ยนแปลงของ histogram ไม่สามารถบอกการเปลี่ยนแปลงระหว่างวัตถุได้อย่างชัดเจน วิธีการที่ง่ายที่สุดที่จะทำให้ histogram สามารถหาค่า Threshold ได้ง่ายขึ้นก็คือการใช้วิธี Edge Detection เพื่อพิจารณาพิกเซลต่าง ๆ ของภาพให้ว่าเป็นขอบของวัตถุ

2.6.2 Region segmentation methods

จะเป็นการ Segmentation โดยการพิจารณากลุ่มของข้อมูลภาพ ซึ่งมีอยู่หลายวิธีด้วยกันดังนี้ คือ

Region Growing

วิธีการ Region Growing จะนำพิกเซลข้างเคียงมาพิจารณาซึ่งจะทำการจัดกลุ่ม (Region) ของพิกเซลเหล่านี้เข้าไว้ด้วยกันโดยการพิจารณาถึงความเข้มของพิกเซล (ค่าของพิกเซลมีค่าใกล้เคียงกัน)

ประสิทธิภาพของการ Segmentation วิธีนี้จะขึ้นอยู่กับการเลือกค่าความเข้มของพิกเซลเริ่มต้นของในแต่ละกลุ่มซึ่งกำหนดให้โดยผู้ใช้ ซึ่งกระบวนการนี้สามารถหาได้อัตโนมัติจาก histogram ของภาพโดยการพิจารณาค่าสูงสุดของ histogram (ค่า peak) มาใช้เป็นค่าความเข้มของพิกเซลเริ่มต้นของกลุ่มได้ ซึ่งโดยปกติแล้วจะมีค่าความเข้มเริ่มต้นมากกว่าหนึ่งค่าต่อหนึ่งกลุ่ม

ดังนั้นจึงต้องมีวิธีการ merging เพื่อที่จะใช้ในการรวมกลุ่มที่มีลักษณะทาง statistical (พิจารณาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ใกล้เคียงกัน

Split and Merge

- Merge region เป็นวิธีการ segmentation วิธีหนึ่งซึ่งจะมีอัลกอริทึมดังนี้คือถ้าสมมุติว่ามีการสแกนไปยังพิกเซลต่าง ๆ ภายในภาพจากพิกเซลแรกไปยังพิกเซลสุดท้ายของภาพไปตามแถวและหลักตามลำดับ ในช่วงระหว่างการสแกนก็จะมีการกำหนดพิกเซลนั้นไปยังกลุ่มต่าง ๆ

สมมุติปัจจุบันอยู่ที่พิกเซล (k,l) ดังนั้นพิกเซลแรกจนถึงพิกเซล $(k-1,l)$ ได้ถูกกำหนดให้อยู่ในกลุ่มต่าง ๆ หมดแล้ว ดังนั้นพิกเซลที่ (k,l) จึงเปรียบเสมือนเป็นอีกกลุ่มหนึ่งที่พยายามที่จะรวมเข้ากับกลุ่มที่มีอยู่ก่อนหน้านั้น (กลุ่มที่มีทั้งหมด R_i แต่จะเลือกเอาเฉพาะกลุ่มที่อยู่ข้างเคียงเท่านั้นได้แก่กลุ่มที่มีพิกเซล ณ ตำแหน่ง $(k-1,l),(k+1,l),(k,l-1)$ และ $(k,l+1)$ เป็นสมาชิกอยู่) หากพบว่าไม่สามารถทำการรวมเข้ากับกลุ่มใดได้ก็ให้สร้างกลุ่มใหม่ขึ้นมา

ประสิทธิภาพของวิธีนี้จะขึ้นอยู่กับกฎของการรวมกลุ่ม ($P(R_i \cup (k,l))$) ของพิกเซล (k,l) เข้ากับกลุ่ม R_i กฎของการรวมจะขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของกลุ่ม m_i และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน s_i ตามที่อธิบายไว้ในสมการที่ 8.4 และ 8.5 แต่สำหรับการรวมกันของ $R \cup (k,l)$ จะมีการเปลี่ยนแปลงการหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นดังนี้คือ

$$m_i' = \frac{1}{n+1}(f(k,l) + nm_i) \tag{2.14}$$

$$\sigma_i' = \sqrt{\frac{1}{n+1}\left(n\sigma_i^2 + \frac{n}{n+1}[f(k,l) - m_i]^2\right)} \tag{2.15}$$

การรวมกันสามารถทำได้เมื่อค่าความเข้มของพิกเซล $f(k,l)$ มีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย m_i' ดังต่อไปนี้คือ

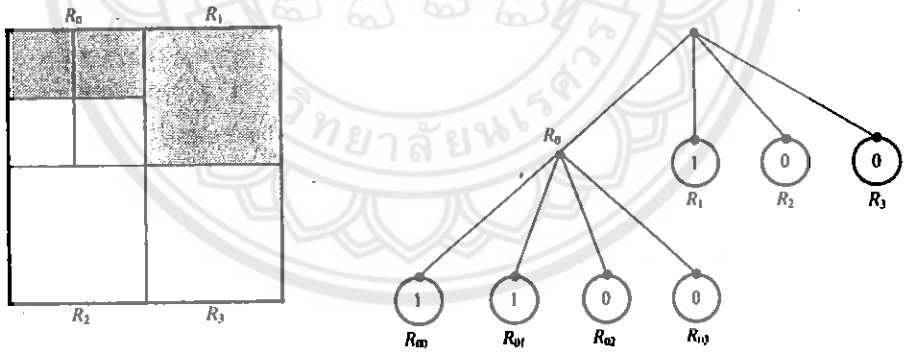
$$|f(k,l) - m_i| <= T_i(k,l) \tag{2.16}$$

เมื่อ T_i เป็นค่า Threshold ที่มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่างกลุ่ม R_i กับความเข้มของพิกเซล $f(k,l)$ ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$T_i(k,l) = \left(1 - \frac{\sigma_i'}{m_i'}\right)T \tag{2.17}$$

ถ้าหากไม่มีกลุ่มใดเลยที่พิกเซลที่ (k,l) สามารถรวมเข้าด้วยกันได้ก็ให้สร้างกลุ่มใหม่ขึ้นมา ถ้าหากมีมากกว่าหนึ่งกลุ่มที่พิกเซลที่ (k,l) สามารถรวมเข้าด้วยกันได้ก็ให้รวมเข้าด้วยกันกับกลุ่มที่มีค่าความแตกต่าง $|f(k,l)-m_i|$ ที่มีค่าน้อยที่สุด การขยายตัวของกลุ่มจะขึ้นอยู่กับค่า Threshold (T) ซึ่งถ้ามีค่าน้อย ๆ ก็จะทำให้ค่า $T_i(k,l)$ มีค่าน้อยด้วย (สำหรับทุก ๆ กลุ่ม) และการรวมกันก็จะทำได้ยากยิ่งขึ้น แต่ถ้าค่า Threshold มีค่ามาก ๆ ก็จะทำให้ในแต่ละกลุ่มมีค่าความแตกต่างของสมาชิกภายในกลุ่มมากขึ้น (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่ามากขึ้น) นอกจากนี้ค่า Threshold $T_i(k,l)$ ยังจะขึ้นอยู่กับค่าอัตราส่วน σ_i / m_i ถ้าในกลุ่มมีสมาชิกที่มีค่าความเข้มที่แตกต่างกันน้อยก็จะทำให้ค่าอัตราส่วนนี้มีค่าเข้าใกล้ศูนย์และค่า $T_i(k,l)$ จะมีค่าเข้าใกล้ T ดังนั้น T จึงเป็นค่าความแตกต่างของ $|f(k,l)-m_i|$ ที่มากที่สุดที่สามารถยอมรับได้ และถ้าความแตกต่างของความเข้มของสมาชิกในกลุ่มยิ่งมีค่าสูงขึ้น (less homogeneous) ค่าอัตราส่วน σ_i / m_i ก็จะมีค่าสูงขึ้นด้วย

- Split region เป็นลักษณะของการ segmentation อีกวิธีหนึ่งที่มีลักษณะตรงข้ามกับ Merge region (เป็นลักษณะ Top-down Approach) โดยเริ่มต้นจะมีการสมมุติว่าทั้งภาพจะมีเพียงหนึ่งกลุ่มเท่านั้น (Region) โดยถ้าหากว่าไม่เป็นความจริงก็ให้ทำการแยกกลุ่มนี้ออกเป็นสี่กลุ่มย่อยและจะมีการพิจารณาลักษณะนี้เรื่อย ๆ จนกระทั่งได้กลุ่มของภาพที่มีสมาชิกของกลุ่มที่มีค่าใกล้เคียงกันในระดับที่สามารถยอมรับได้ (homogeneous) อัลกอลิธึมของวิธีการนี้แสดงดังรูปที่ 8.2



(a) (b)

รูปที่ 2.18 (a) Original Image

(b) Quadtree representation

การตรวจสอบว่ากลุ่มใดสามารถยอมรับได้หรือไม่ทำได้โดยการคำนวณผลต่างของค่าความเข้มของพิกเซลที่ได้จากค่าความเข้มสูงสุดลบกับพิกเซลที่มีความเข้มน้อยสุดแล้วนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่า Threshold ว่ามีค่าน้อยกว่าหรือไม่

คุณสมบัติของ Split region ที่น่าสนใจคือถ้าภาพเริ่มต้นมีขนาดเป็น NxN ก็จะทำให้ขนาดเท่ากับเป็นกำลังของ 2 ($N = 2^n$) ทุกกลุ่มที่ถูกสร้างด้วยอัลกอลิธึม Split จะเป็นสีเหลี่ยมเป็นขนาดเท่ากับ MxM เมื่อ M เป็นกำลังของ 2 ($M = 2^m$), m<=n และเนื่องจากอัลกอลิธึมนี้จะเป็นลักษณะของการเรียกตัวเองดังนั้นจึงสามารถแสดงเป็นลักษณะของรูปต้นไม้ได้ซึ่งแต่ละโหนดจะมีการแตกออกมาเป็น 4 กลุ่มซึ่งเรียกว่า Quadtree ดังแสดงดังรูป 2.16 (b)

- Split and merge การใช้เฉพาะอัลกอลิธึมของ Split จะมีข้อเสียคือวิธีการนี้จะทำให้มีการสร้างกลุ่มขึ้นมาใหม่ R_i, R_j ซึ่งกลุ่มเหล่านี้อาจจะสามารถรวมเป็นกลุ่มเดียวกันได้ $P(R_i \cup R_j) = TRUE$ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วควรที่จะมีการรวมทั้งสองกลุ่มเข้าด้วยกันดังนั้นจึงได้มีการนำเอาการ merge เข้ามาใช้ด้วยและเรียกว่า Split and merge algorithm ซึ่งจะมีลักษณะการทำงานดังนี้คือ

1. ถ้ากลุ่ม R เป็นกลุ่มที่ไม่สามารถยอมรับได้ (inhomogeneous) ก็ให้ทำการแยกออกเป็น 4 กลุ่มย่อยเรื่อย ๆ
2. ถ้าหากกลุ่มสองกลุ่ม R_i, R_j สามารถรวมเข้าด้วยกันได้ (homogeneous) ($P(R_i \cup R_j) = TRUE$) ก็ให้ทำการรวมเข้าด้วยกัน

อัลกอลิธึมนี้จะหยุดก็ต่อเมื่อไม่สามารถที่จะทำการแยกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ได้อีกรวมทั้งไม่สามารถรวมกลุ่มต่าง ๆ เข้าไว้ด้วยกันได้อีกแล้ว

2.7 ภาพแบบลวดลาย (Texture Image)

ภาพที่มีลวดลายซ้ำๆกัน เรียกว่า Texture Image นั้นเป็นภาพที่มีลักษณะของช่วง (region) พิกเซลที่ซ้ำกัน แบ่งตามการเกิดได้ 2 ประเภทคือ

1. ลวดลายที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเช่น ลวดลายของสัตว์ ลายของต้นไม้ ซึ่งลักษณะอาจไม่เป็นการซ้ำที่คงที่ อาจมีบางพิกเซลที่มีความแตกต่างบ้าง หรือการมีลวดลายที่ไม่เท่ากันเล็กบ้างใหญ่บ้าง แล้วแต่ลักษณะที่ธรรมชาติกำหนดมา

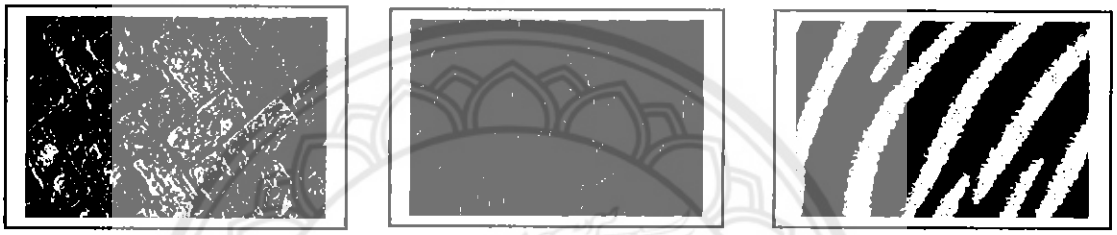
2. ลวดลายที่เกิดขึ้นจากมนุษย์เช่น ผ้าไหมจากการทอ หรือลวดลายกระเบื้อง หรือการสร้างภาพ Texture โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งลายเหล่านี้จะมีลักษณะที่ซ้ำกันอย่างคงที่และจะมีค่าระดับสีของแต่ละพิกเซลที่ซ้ำกันเป็นจำนวนที่แน่นอน

คุณลักษณะของไฟล์ภาพแบบ texture จะเป็นภาพที่มีค่าระดับสีของพิกเซลซ้ำกันเป็นช่วงๆ เช่น ภาพตัวอย่างขนาด 6 x 6 พิกเซล มีระดับสีเป็น binary image คือ มีสีขาว(ค่าระดับสีเป็น 1) และสีดำ(ค่าระดับสีเป็น 0) ส่วนที่เป็นลายในแต่ละแถวและหลักจะพบว่าส่วนที่เริ่มซ้ำกันมีค่าเป็น 0 ขนาด 1 พิกเซล ห่างกันทุกๆ 2 พิกเซล และส่วนที่เป็นสีขาวมีขนาด 2 พิกเซลห่างกันทุกๆ 1 พิกเซล ซ้ำๆไปจนครบภาพ

ป.
ว.
ว.
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

0	1	1	0	1	1
1	0	1	1	0	
1	1	0	1	1	0
0	1	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	1	1	0

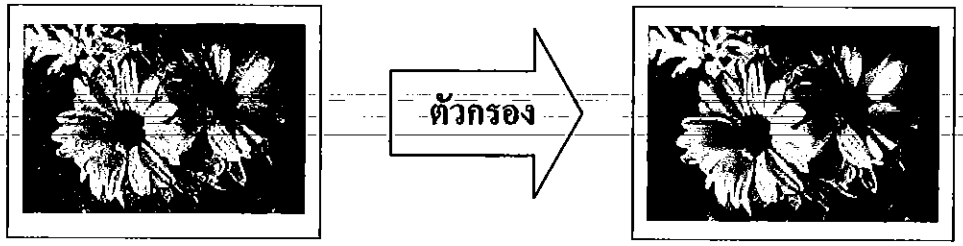
รูปที่ 2.19 ลักษณะของระดับสี binary image ของภาพชนิด texture image



รูปที่ 2.20 ลักษณะของระดับสี ของภาพชนิด texture image

2.8 การกรองข้อมูลภาพ (Image Filtering)

การกรองข้อมูลภาพ (Image Filtering) คือ การนำข้อมูลภาพไปผ่านตัวกรองสัญญาณเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ออกมา ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีคุณสมบัติแตกต่างจากภาพเริ่มต้น โดยวัตถุประสงค์หลักของการกรองข้อมูลภาพ คือ การเน้น (enhance) หรือลดทอน (attenuate) คุณสมบัติบางประการของภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถปรับปรุงให้ภาพมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น



รูปที่ 2.21 การกรองข้อมูลภาพ

องค์ประกอบสำคัญของการกรองข้อมูลภาพคือตัวกรอง หากเปรียบภาพเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ต่างๆ ผสมกันอยู่ ตัวกรองก็คือวงจรไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เลือกหรือกรองให้สัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ในช่วงที่ต้องการผ่านออกไปได้ คุณสมบัติของตัวกรองคือตัวกำหนดคุณสมบัติของภาพผลลัพธ์

เราอาจมองข้อมูลของภาพๆ หนึ่งให้เป็นสัญญาณๆ หนึ่งได้ ด้วยการกำหนดให้ระดับความเข้มแสงของแต่ละจุดคือขนาด (amplitude) ของสัญญาณ ณ ตำแหน่งนั้นๆ ข้อแตกต่างระหว่างสัญญาณไฟฟ้ากับภาพคือ

1. ขนาดของสัญญาณไฟฟ้าคือค่าแรงดันหรือกระแส แต่ขนาดของข้อมูลภาพคือระดับความเข้มแสงของจุดภาพ

2. การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าเป็นการเปลี่ยนแปลงเทียบกับเวลา ความถี่ของสัญญาณไฟฟ้าถูกกำหนดโดยอัตราการเปลี่ยนแปลงของขนาดของสัญญาณในหนึ่งช่วงเวลา แต่การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลภาพเป็นการเปลี่ยนแปลงเทียบกับตำแหน่งของจุดภาพ ความถี่ของการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนระดับความเข้มแสงของจุดที่อยู่ถัดกันไป

3. สัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณมิติเดียว (amplitude vs time) แต่ภาพเป็นสัญญาณ 2 มิติ (intensity vs X & Y)

ตัวกรองคือระบบ ๆ หนึ่งซึ่งรับสัญญาณเข้า (input) ประมวลผลสัญญาณ และส่งสัญญาณออก (output) โดยทั่วไปตัวกรองจะถูกสร้างให้เป็นระบบเชิงเส้น (linear system) เนื่องจากออกแบบได้ง่าย และมีประสิทธิภาพดี ปัจจุบันมีทฤษฎี และเทคนิคมากมายเกี่ยวกับการออกแบบตัวกรองสัญญาณแบบเชิงเส้น

ในการกรองข้อมูลภาพ เรามักพิจารณาว่าภาพคือสัญญาณ 2 มิติที่ประกอบขึ้นจากสัญญาณความถี่ต่างๆ ผสมกันอยู่ในสัดส่วนที่ต่างกัน การออกแบบตัวกรองจึงเป็นการกำหนดว่าเราต้องการกำจัดสัญญาณความถี่ใดออกไป (หรือต้องการเลือกสัญญาณความถี่ใดบ้าง) หากผู้อ่านมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการกรองสัญญาณไฟฟ้า ก็จะสามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับการกรองข้อมูลภาพได้ไม่ยาก เพราะการกรองข้อมูลภาพคือส่วนขยายของความรู้เดิมให้รองรับการประมวลผลสัญญาณ 2 มิติ

2.8.1 ประเภทของการกรอง

การกรองโดยการเฉลี่ยจากหลายภาพ

หากเรามีชุดของภาพคุณภาพต่ำหลาย ๆ ภาพซึ่งถ่ายจากมุมกล้องเดียวกัน เราสามารถสร้างภาพใหม่ที่มีคุณภาพสูงกว่าจากชุดภาพนั้นได้ หากสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นแบบสุ่ม ภาพที่เก็บแต่ละครั้งย่อมมีลักษณะแตกต่างกัน หากความเข้มแสงของจุดในภาพหนึ่งถูกรบกวน เราสามารถนำข้อมูลความเข้มแสงของจุด จากภาพอื่น ณ ตำแหน่งเดียวกันมาแทน แต่ละจุดในภาพผลลัพธ์ที่ได้จะเกิดจากการเฉลี่ย (หรือเลือก) จากจุดที่ตรงกันของภาพต่าง ๆ ในชุดภาพ

- การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่าเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์ (mean filtering)

วิธีการนี้จะใช้ค่าเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์ของจุดทั้งหมด หากมีภาพขนาด NxM ทั้งหมด K ภาพ เราสามารถคำนวณหาภาพใหม่ได้ดังนี้

$$\hat{I}(x,y)=\frac{1}{K}\sum_{j=1}^{K}I_j(x,y) \qquad (2.18)$$

- การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน (median filtering)

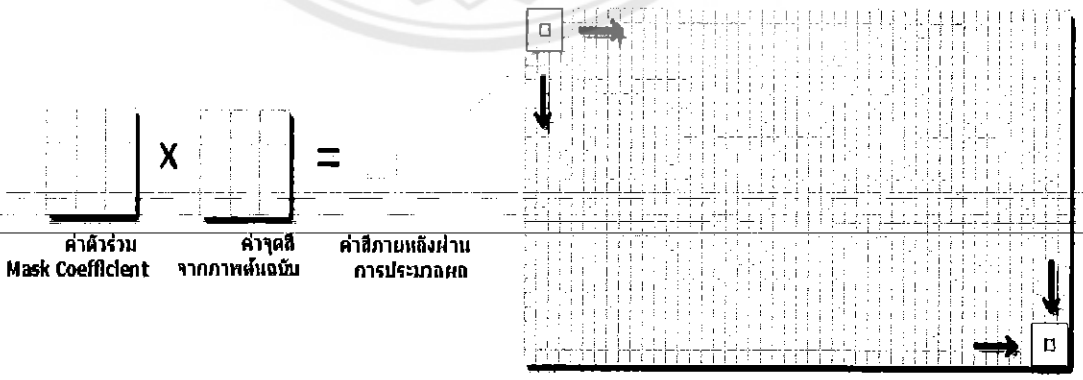
วิธีการนี้จะนำเอาความเข้มแสงของจุดที่ตรงกันในภาพต่างๆ มาเรียงลำดับ (sort) จากน้อยไปหามาก จากนั้นจะเลือกค่าที่อยู่ตรงกลางไปใช้ หากจำนวนภาพทั้งหมดเป็นจำนวนคู่ ค่าทั้งสองที่อยู่ตรงกลางจะนำมาหาค่าเฉลี่ย วิธีการนี้จะต้องใช้การเรียงลำดับซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เวลาในการคำนวณสูง แต่ข้อดีคือไม่สูญเสียความคมชัด

- การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่าฐานนิยม (modal filtering)

วิธีการนี้คล้ายกับวิธีใช้ค่ามัธยฐาน แต่ไม่ใช้การเรียงลำดับข้อมูล ระดับความเข้มแสงที่ใช้บ่อยที่สุดจะถูกเลือกไปใช้ วิธีนี้เสมือนการโวตลงคะแนนเสียง ผู้ที่ได้คะแนนเสียงสูงที่สุดคือผู้ชนะ วิธีนี้เหมาะสำหรับการลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นไม่บ่อย

2.8.2 การกรองโดยใช้หน้าต่าง

การกรองข้อมูลภาพวิธีนี้จะใช้หน้าต่างในการกำหนดขอบเขตของการพิจารณาเพื่อหาระดับความเข้มแสงของจุดต่างๆ ในภาพผลลัพธ์ ความเข้มแสงของจุดที่อยู่รอบๆ จุดกึ่งกลางของหน้าต่างจะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่ได้คือค่าความเข้มแสงของจุดในภาพผลลัพธ์ หน้าต่างจะถูกเลื่อนไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ในภาพจนครบทุกจุด



รูปที่ 2.22 ลักษณะการทำงานการกรองโดยใช้หน้าต่าง

ภาพด้านบนแสดงให้เห็นว่า ณ ตำแหน่งใด ๆ ของภาพที่กำลังพิจารณานั้น เราจะนำพิกเซลที่อยู่ล้อมรอบพิกเซลที่กำลังพิจารณามาทำการคำนวณ โดยเราจะมีตัวเลขคงที่อยู่กลุ่มหนึ่ง เรียกว่า ค่าตัวร่วม หรือ Mask Coefficient เข้าไปคูณกับพิกเซลเหล่านั้น จากนั้นนำผลคูณแต่ละตัวมาทำการบวกเข้าด้วยกัน ผลลัพธ์สุดท้ายจะเก็บไว้ในตำแหน่งพิกัดที่กำลังพิจารณาของภาพที่ผ่านการประมวลผลแล้ว

2.8.3 การกรองโดยวิธีคอนโวลูชัน

วิธีการกรองข้อมูลภาพที่กล่าวมาส่วนใหญ่อาศัยหลักของการหาค่าเฉลี่ย โดยอาจเป็นการหาค่าเฉลี่ยของจุดเดียวกันจากภาพหลายๆ ภาพ หรืออาจเป็นการหาค่าเฉลี่ยจากจุดต่างๆ ที่อยู่รอบๆ จุดที่เราสนใจ เนื่องจากการหาค่าเฉลี่ยเป็นการลดการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล วิธีการที่ผ่านมาจึงใช้ได้ดีกับการกำจัดสัญญาณรบกวนที่เป็นสัญญาณความถี่สูง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า การกรองสัญญาณมีวัตถุประสงค์เพื่อเน้นคุณสมบัติบางอย่างที่ต้องการในภาพให้เด่นชัดขึ้น ในขณะที่ลดทอนคุณสมบัติที่ไม่ต้องการลง หากเราต้องการเน้นการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มของจุดต่างๆ ภายในภาพให้เด่นชัดขึ้น ในที่นี้จะเสมือนกับการกรองสัญญาณความถี่สูงผ่าน เราจะไม่สามารถใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยได้ วิธีที่สามารถนำมาใช้ได้คือการคอนโวลูชัน (Convolution)

ในการประมวลผลภาพการคอนโวลูชัน คือ การกระทำกันระหว่างเทมเพลต (Template) กับภาพ (Image)

เทมเพลต คือ เมตริกซ์ขนาด n x m ของชุดตัวเลขที่จะนำไปซ้อนทับกับภาพที่ตำแหน่งต่างๆ เพื่อหาผลลัพธ์ของการคอนโวลูชัน ถ้ากำหนดให้เทมเพลต T(i , j) เป็น เทมเพลตขนาด n x m และภาพ I(x,y) เป็นภาพที่มีขนาด N x M การคอนโวลูชันระหว่างเทมเพลตกับภาพสามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$I'(x,y) = T * I = \sum_{i=0}^{n-1}\sum_{j=0}^{m-1} T(i,j)\cdot I(x-i,y-j) \qquad (2.19)$$

โดยที่ I'(x,y) คือ ภาพผลลัพธ์จากการคอนโวลูชัน

จากสมการที่ 2.19 จะเห็นว่าระดับความเข้มแสง ณ จุด (x,y) ในภาพผลลัพธ์ได้จากการหาผลรวมของผลคูณของระหว่างค่าในเทมเพลตกับค่าระดับความเข้มแสงของภาพในบริเวณที่เทมเพลตซ้อนทับอยู่ จากสมการ ตัวชี้ตำแหน่งจุดในภาพ (x- i ,y-j) แสดงให้เห็นว่ามีการพลิกเทมเพลตทางแกนนอน และแกนตั้ง สมการที่ 2.20 แสดงการคอนโวลูชันที่ไม่ต้องมีการพลิกเทมเพลต ซึ่งวิธีการนี้มีชื่อที่แท้จริงว่า **cross-correlation** และเป็นที่นิยมใช้ในด้านการประมวลผลภาพ

$$I'(x,y) = T * I = \sum_{i=0}^{n-1}\sum_{j=0}^{m-1} T(i,j)\cdot I(x+i,y+j) \qquad (2.20)$$

ขั้นตอนของการคอนโวลูชันประกอบด้วยการเลื่อน บวก และคูณ เราสามารถใช้การคอนโวลูชันในการประมวลผลภาพได้ในหลายลักษณะ เช่น กรองสัญญาณภาพ การหาขอบภาพ (Edge detection) หรือการหารูปทรงของวัตถุในภาพ เป็นต้น

2.9 หลักการของ Cross Correlation

สหสัมพันธ์(Correlation) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัวขึ้นไป โดยจะเป็นการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด ซึ่งอาจจะมีความสัมพันธ์กันมากหรือน้อยหรือไม่มีความสัมพันธ์กันเลย และอาจจะสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวหรือตรงข้ามกัน

ในการศึกษาแต่ละครั้ง ถ้าประกอบด้วยตัวแปรสุ่มเพียงสองตัว เช่น X และ Y จะเรียกความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรสุ่มว่า สหสัมพันธ์อย่างง่าย (simple correlation) แต่ถ้าหากมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสุ่มมากกว่าสองตัว เรียกว่า สหสัมพันธ์พหุคุณ (multiple correlations) ในกรณีสหสัมพันธ์อย่างง่ายนั้นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองตัวแปรอาจมีสมการอยู่ในรูปเส้นตรงหรือมิใช่ก็ได้ โดยถ้ามีสมการอยู่ในรูปของเส้นตรงจะเรียกว่า สหสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างง่าย (simple linear correlation)

Cross-Correlation หรือ สหสัมพันธ์ เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถใช้ในการเปรียบเทียบค่าความเหมือนกันของภาพ นอกจากนี้ยังถูกใช้ในกระบวนการของ Image-Matching และ Registration โดยจะทำการเปรียบเทียบโดยคำนวณจากการกระจายตัวของค่า Gray-Level หรือค่าของความเข้มของภาพ หลักการของ Cross-Correlation จะนำภาพมาเป็นต้นแบบ (Template) แล้วนำภาพต้นแบบ ซ้อนทับกับภาพที่ต้องการเปรียบเทียบทุก ๆ จุดที่เป็นไปได้ จากนั้นจึงทำการคำนวณหาค่าของ Correlation Coefficient โดยการคำนวณ จะเป็นไปตามสมการ

$$R(k,l) = \frac{\sum_i \sum_j A(i,j)\,xB(i+k,j+l)}{\sqrt{(\sum_i \sum_j A(i,j)^2)\,x\,(\sum_i \sum_j B(i+k,j+l)^2)}} \qquad (2.21)$$

ซึ่งหลักการทำงานของ Correlation coefficient จะการทำการ Convolution ระหว่าง Template กับภาพ (Image) ตามสมการที่ 2.21 ซึ่งค่าของ R จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง -1 การพิจารณาความเหมือนของภาพจะพิจารณาจากค่าของ Correlation coefficient คือ ถ้าภาพที่นำมาเปรียบเทียบมีส่วนที่เหมือนหรือคล้ายกับภาพ Template ค่าของ Correlation coefficient จะมีค่าใกล้เคียงกับ 1

2.9.1 การแปลความหมายค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าระหว่าง 0.00 ถึง 1.00 มีทิศทางไปทางบวกหรือลบ การพิจารณาขนาดของสหสัมพันธ์จากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ให้พิจารณาเฉพาะตัวเลข ส่วนเครื่องหมาย + หรือ – นั้น เป็นสัญลักษณ์แสดงทิศทางของความสัมพันธ์เท่านั้น

การที่จะตัดสินว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ขนาดใดสูงหรือต่ำ ต้องพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วย ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ขนาดเดียวกันนั้น ในกรณีหนึ่งอาจจะสูง แต่อีกกรณีอาจจะถือว่ายังไม่สูงพอก็ได้ อาจจะตัดสินระดับของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หลังจากที่ทดสอบแล้วมีนัยสำคัญ ดังนี้

- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เข้าใกล้ 1.00 (ประมาณ 0.70 ถึง 0.90) ถือว่าสหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง

- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เข้าใกล้ 0.50 (ประมาณ 0.30 ถึง 0.70) ถือว่าสหสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง

- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เข้าใกล้ 0.00 (ประมาณ 0.30 และต่ำกว่า) ถือว่าสหสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำ

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ สำหรับข้อมูลที่มีความคล้ายกันทุกประการทั้งในทางตามกันและทางตรงกันข้าม จะมีค่าเท่ากับ 1.00 หรือ -1.00 ซึ่งจะเรียกข้อมูลทั้ง 2 นี้ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ แต่ในทางปฏิบัติจะไม่มีเลยสำหรับค่า R = ±1

2.9.2 การเปรียบเทียบความคล้ายของภาพ

จะใช้หลักการของ Filter และ Cross-correlation เข้ามาช่วยในการเปรียบเทียบ ดังตัวอย่างรูปที่ 2.23

รูปที่ 2.23 การเปรียบเทียบความคล้ายของภาพ

2.10 การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงร่างของภาพ (Morphological Image Processing)

Morphological Image Processing เป็นการประมวลผลภาพโดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ โอเปอเรชั่นพื้นฐานโดยทั่วไปได้แก่ การ Dilation Erosion และ Skeleton โดยการ Dilation คือการขยายภาพโดยมีสัดส่วนเท่ากันทั่วทั้งภาพ (Uniform) การ Erosion คือการย่อภาพ ส่วนการทำ Skeleton เป็นการหาโครงสร้างหลักของวัตถุซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดต่อจากนี้

นอกจากโอเปอเรชั่นพื้นฐานดังที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วยังมีโอเปอเรชั่นอื่น ๆ อีกที่ได้กล่าวไว้ในบทนี้ได้แก่การ Opening และ Closing เป็นต้น

2.10.1 เทคนิคของการ Hit และ Miss

โอเปอเรชั่นพื้นฐานสำหรับการกระทำกับรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ ไม่ว่าจะเป็นการย่อหรือการขยายภาพ จำเป็นที่จะต้องมีการนำเอาเทคนิคการ Hit และ Miss มาใช้แนวคิดของนี้คือการกำหนดให้มีเมตริก (Template) ที่มีขนาดเล็กเล็ก ๆ และเป็นจำนวนคี่ (โดยทั่วไปจะมีค่าเท่ากับ 3x3) ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพ โดยการเปรียบเทียบจะทำตลอดทั้งภาพตั้งแต่ต้นภาพจนถึงท้ายภาพ ถ้าข้อมูลของภาพมีลักษณะเหมือนกับเมตริกดังกล่าวเอาพุทที่ได้จะขึ้นอยู่กับพิกเซลที่เป็นศูนย์กลางของเมตริกซึ่งจะถูกกำหนดให้เป็นค่าตามต้องการ (1 หรือ 0) แต่ถ้าข้อมูลในเมตริกไม่เหมือนกับข้อมูลภาพข้อมูลเอาพุทที่ได้จะมีค่าตรงกันข้าม

1,1	1,2	1,3
2,1	2,2	2,3
3,1	3,2	3,3

3x3

1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
3,1	3,2	3,3	3,4	3,5
4,1	4,2	4,3	4,4	4,5
5,1	5,2	5,3	5,4	5,5

5x5

รูปที่ 2.24 แสดงค่า Template ตามเทคนิค Hit และ Miss

สำหรับ Operation ที่สำคัญของ Morphology ได้แก่

2.10.2 การขยายภาพ (Dilation)

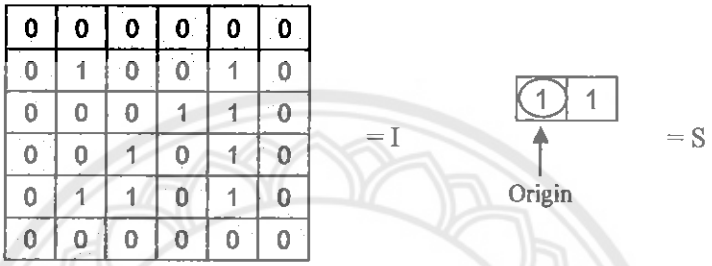
การขยายภาพในที่นี้จะพิจารณาสำหรับข้อมูลภาพที่เป็นแบบไบนารีโดยการใช้เทคนิคการ Hit และ Miss ตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.6.1 การขยายภาพจะทำได้โดยกำหนดTemplate และนำ Template นี้สแกนไปบนข้อมูลภาพตามลำดับตลอดทั้งภาพซึ่งในขณะที่จุดเริ่ม (Origin) ของ Template

ตรงกับตำแหน่งข้อมูลภาพที่พิกเซลมีค่าเท่ากับ 1 นั้นก็จะทำการยูเนียน Template นี้เข้ากับข้อมูลภาพ

กระบวนการนี้จะทำให้พื้นที่ของวัตถุมีขนาดขยายใหญ่ขึ้นในการขยายภาพภาพไบนารี่ (Binary image) I โดยใช้ Mask S สามารถใช้สัญลักษณ์แทนได้ดังนี้

$$I \oplus S = \bigcup_{s \subseteq S} I_S \qquad (2.22)$$

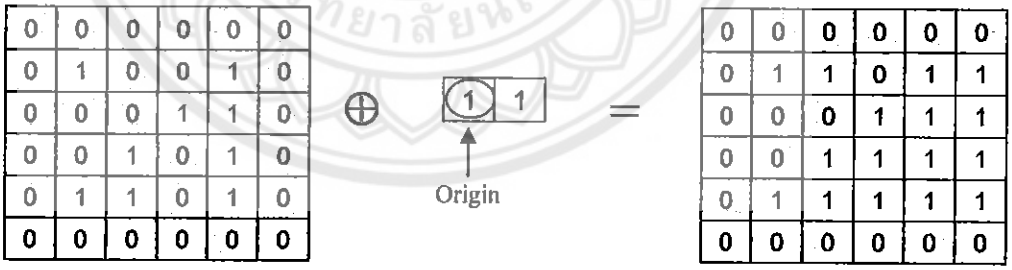
Original Image



รูปที่ 2.25 ตัวอย่างตัวดำเนินการแบบขยาย (Dilation)

เริ่มจากแถวบนคอลัมน์ซ้ายสุด วางจุด Origin ไว้ที่พิกเซลที่มีค่าเป็น 1 พิกเซลเพื่อนบ้านใดๆ ที่ตรงกับ Mask ให้เปลี่ยนค่าเป็น 1 ด้วย ทำไปเรื่อยๆ จนครบทุกพิกเซล

Original Image



รูปที่ 2.26 ผลลัพธ์จากการดำเนินการแบบขยาย (Dilation)

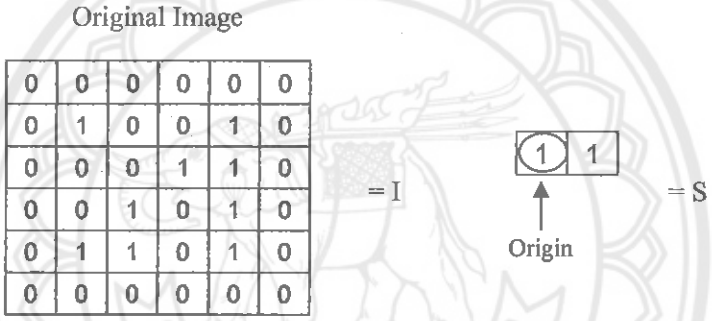
2.10.3 การย่อภาพ (Erosion)

การย่อภาพเป็นลักษณะของการลบข้อมูลภาพบริเวณขอบของภาพ การย่อภาพสามารถทำได้มีลักษณะคล้ายกับการขยายภาพโดยการสร้าง Template ขึ้นแล้วนำ Template ไปสแกนตามข้อมูลภาพ

สำหรับทุกตำแหน่งที่เลื่อน Template ไปบนภาพก็จะมีการเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพ ถ้าข้อมูลภาพมีค่าเหมือนกับ Template จะทำการกำหนดค่าข้อมูลภาพในตำแหน่งที่ตรงกับจุดเริ่มต้น (Origin)ของ Template ถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1

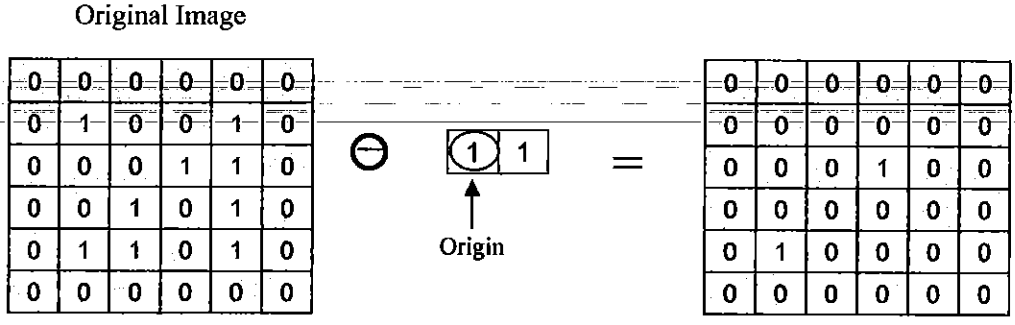
กระบวนการที่จะทำให้พื้นที่ของวัตถุมีขนาดเล็กลงการหดภาพภาพไบนารี่(Binary image) I โดยใช้ Mask S สามารถใช้สัญลักษณ์แทนได้ดังนี้

$$I \boxminus S = \{i \mid i + s \subseteq I, \forall \subseteq S\} \qquad (2.23)$$



รูปที่ 2.27 ตัวอย่างตัวดำเนินการแบบย่อภาพ (Erosion)

เริ่มจากแถวบนคอลัมน์ซ้ายสุด วางจุด Origin ไว้ที่พิกเซลที่มีค่าเป็น 1 พิกเซลเพื่อนบ้านใดๆ ที่ไม่เหมือนกับ Mask ให้ลบทิ้งหรือเปลี่ยนค่าเป็น 0 ทำไปเรื่อยๆ จนครบทุกพิกเซล

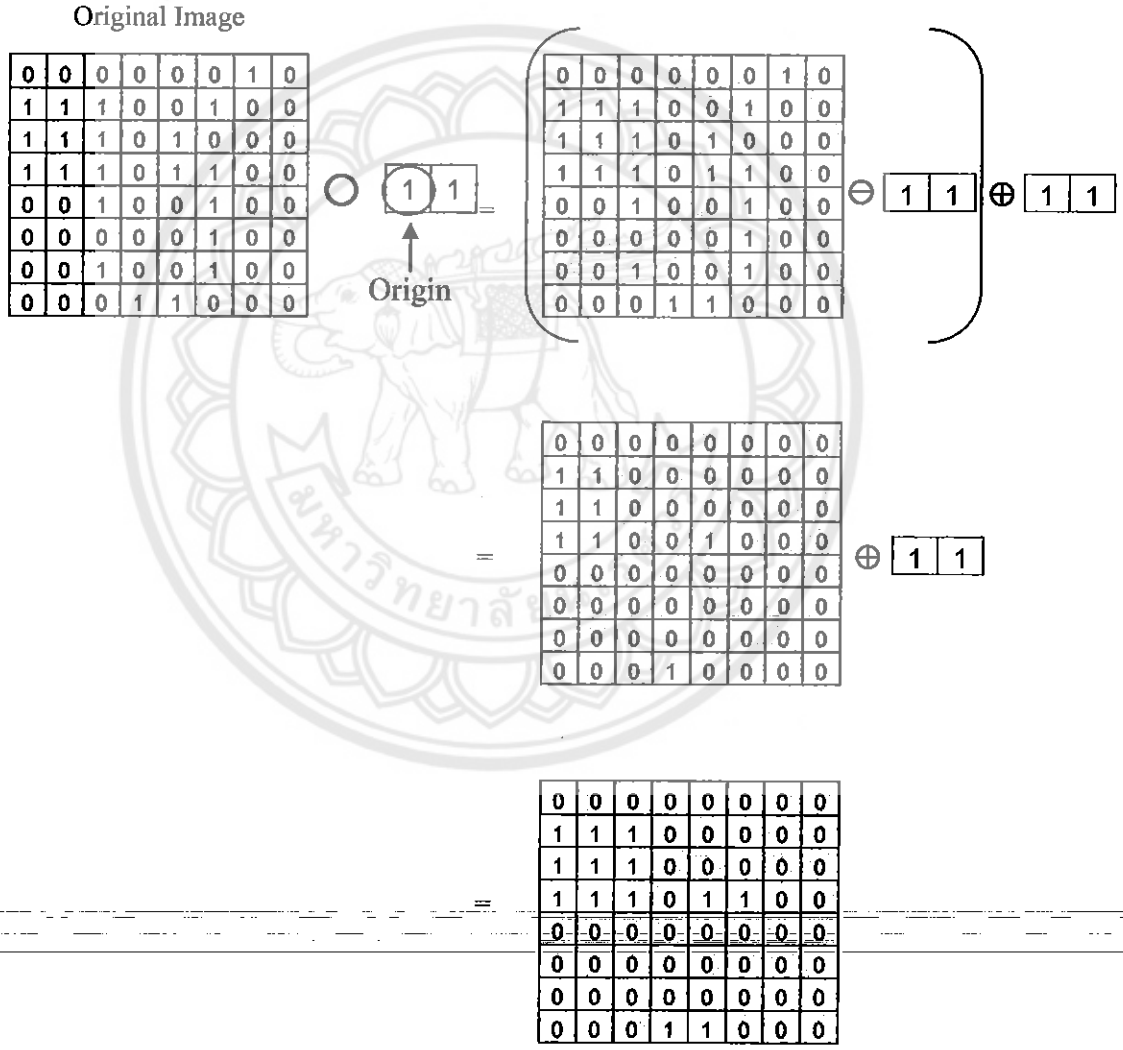


รูปที่ 2.28 ผลลัพธ์จากการดำเนินการแบบย่อภาพ (Erosion)

2.10.4 Opening

คือการทำ Combination ระหว่าง Dilation กับ Erosion โดยจะทำ Erosion ก่อนแล้วจึงตามด้วย Dilation Operation กระบวนการกำจัดส่วนเล็กๆ ที่ยื่นออกมานอกขอบของวัตถุซึ่งการเปิดภาพภาพไบนารี่ (Binary image) I โดยใช้ Mask S เป็นการใช้ตัวดำเนินการแบบทด (Erosion) ก่อนแล้วจึงใช้ตัวดำเนินการแบบขยาย (Dilation) ซึ่งสามารถใช้สัญลักษณ์แทนได้ดังนี้

$$I \boxminus S = (I \boxminus S) \oplus S \qquad (2.24)$$

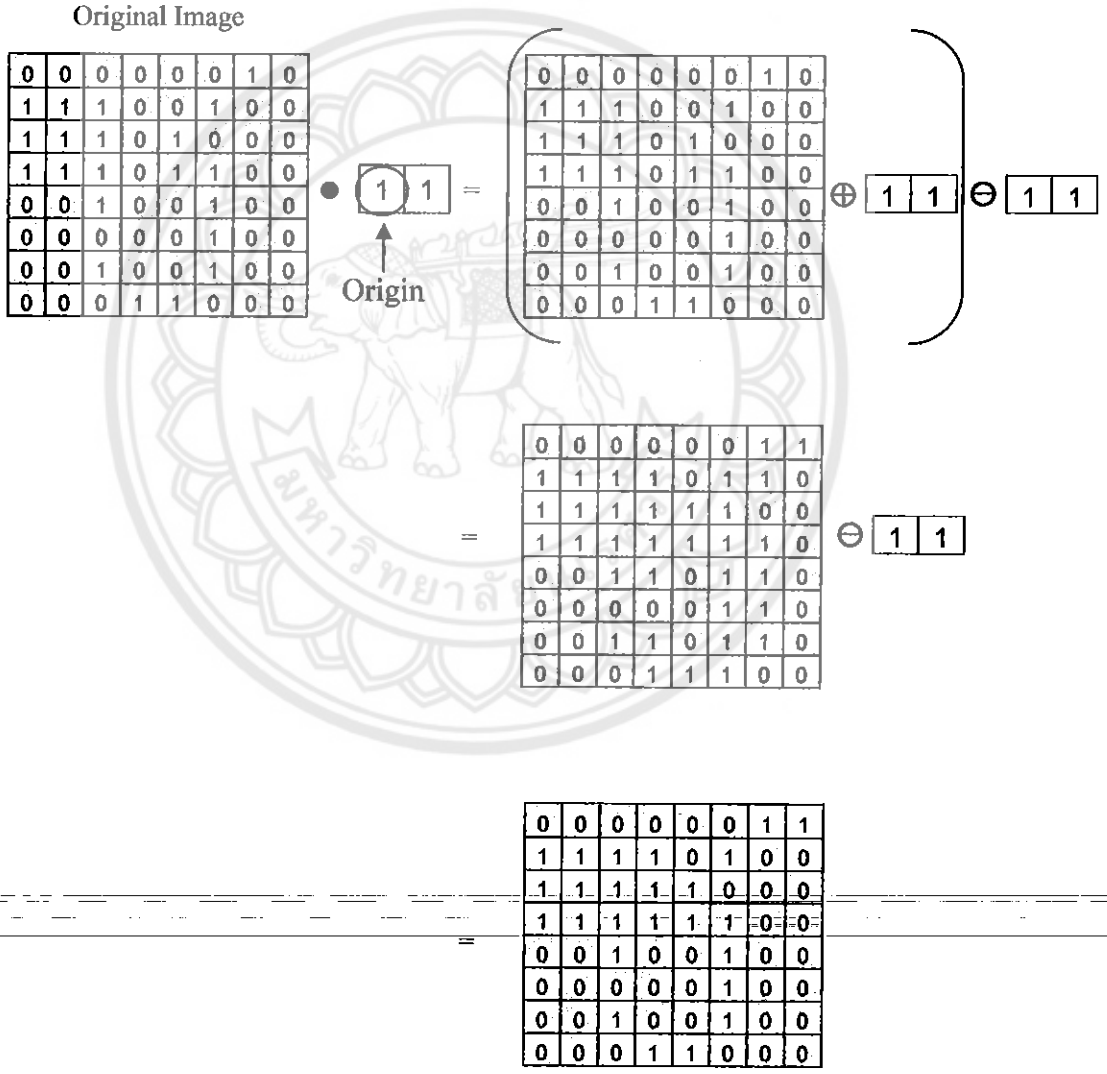


รูปที่ 2.29 ตัวอย่างสำหรับตัวดำเนินการแบบเปิด (Opening)

2.10.5 การปิด (Closing)

การปิด (Closing) คือ การทำ Combination ระหว่าง Dilation กับ Erosion โดยจะทำ Dilation ก่อนแล้วจึงตามด้วย Erosion Operation กระบวนการนี้จะทำการปิดรูหรือ noise ที่อยู่ภายในวัตถุและกำจัดส่วนเว้าตามขอบซึ่งการปิดภาพภาพไบนารี่ (Binary image) I โดยใช้ Mask S เป็นการใช้ตัวดำเนินการแบบขยาย (Dilation) ก่อนแล้วจึงใช้ตัวดำเนินการแบบหด (Erosion) ซึ่งสามารถใช้สัญลักษณ์แทนได้ดังนี้

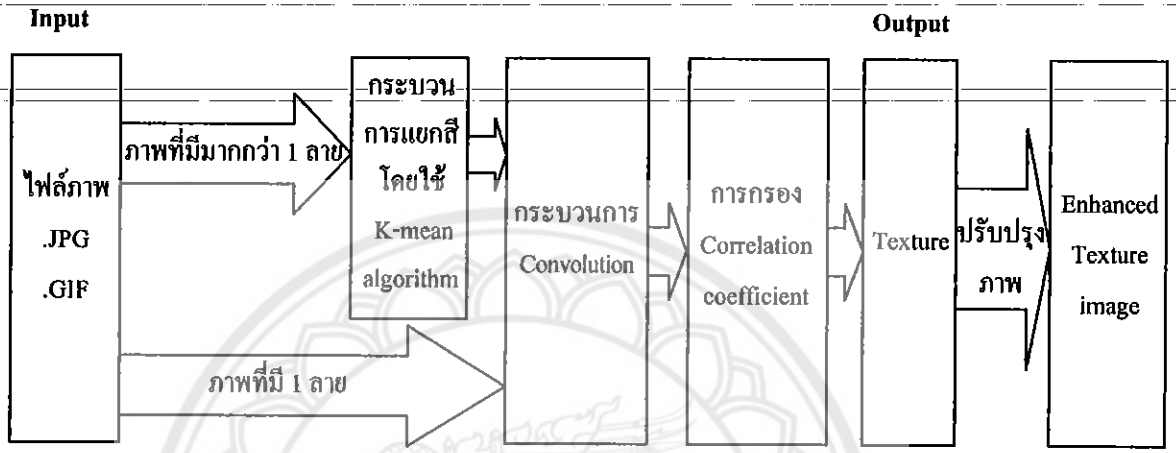
$$I \bullet S = (I \oplus S) \ominus S \qquad (2.25)$$



รูปที่ 2.30 ตัวอย่างสำหรับตัวดำเนินการแบบปิด (Closing)

บทที่ 3
วิธีดำเนินงาน

3.1 บล๊อคไดอะแกรม



รูปที่ 3.1 บล๊อกไดอะแกรม

3.2 การเตรียมข้อมูลภาพสำหรับการทำกระบวนการ texture detection

3.2.1 การวิเคราะห์ภาพที่ใช้เป็นอินพุต

- ทำการอ่านไฟล์ภาพสีโดยใช้คำสั่ง imread
- วิเคราะห์ภาพที่ใช้เป็นภาพที่มีลักษณะลวดลายที่เป็นลวดลายเฉพาะที่มีลักษณะการกระจายอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งในการทดลองนี้จะทดลองกับภาพสัตว์นำมาแยกลวดลายของสัตว์ชนิดต่างๆ มีสองลักษณะใหญ่ๆ ดังนี้

  - ภาพสัตว์ชนิดเดียว
  - ภาพสัตว์มากกว่าหนึ่งชนิด

รูปที่ 3.2 ภาพสัตว์ชนิดเดียว

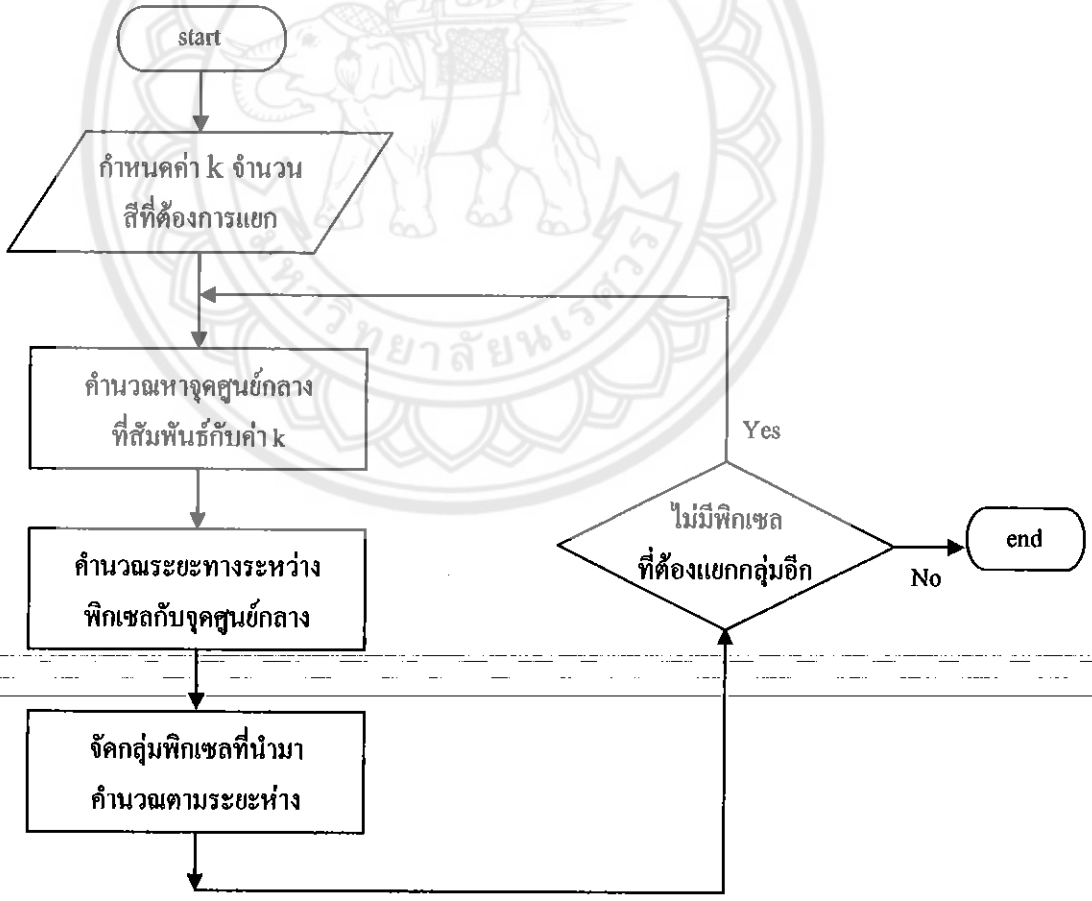
รูปที่ 3.3 ภาพสัตว์ที่มีลายมากกว่าหนึ่งชนิด

3.2.2 นำภาพอินพุตมาผ่านการกระบวนการ Preprocessing

• แยกลักษณะของภาพตามการมองเห็น ถ้าหากภาพที่อ่านเข้ามาเป็นอินพุต มีสัตว์ชนิดเดียว มีลายเด่นเพียงลายเดียว สมบูรณ์เพียงพอต่อการแยกลายสัตว์ออกจากสภาพแวดล้อม สามารถนำภาพอินพุตนั้นไปใช้ในกระบวนการคอนโวลูชันได้เลย

• ถ้าภาพมีสัตว์หลายชนิดในภาพเดียวกันให้ทำการแยกกลุ่มโดยใช้ color processing มาช่วยแยกสี โดยการใช้กระบวนการจัดกลุ่มสี ใช้ฟังก์ชัน k-mean clustering เป็นตัวแบ่งกลุ่มสี โดยมีวิธีทำตามขั้นตอนดังนี้

1. กำหนด k คือ จำนวนกลุ่มสีที่ต้องการแบ่ง
2. คำนวนหาค่าจุดศูนย์กลาง (Centriod) ที่สัมพันธ์กับ k ที่กำหนดไว้
3. คำนวนระยะทางระหว่างพิกเซลกับจุดศูนย์กลางที่กำหนดในข้อ 2.
4. จัดกลุ่มพิกเซลที่นำมาคำนวนตามระยะห่างที่น้อยที่สุด
5. ทำขั้นตอนตามข้อ 2. ไปจนครบทุกพิกเซล



รูปที่ 3.4 แผนผังโปรแกรมของการหาค่า K-mean Clustering

3.3 การออกแบบเทมเพลต (mask) สำหรับนำมาคอนโวลูชันกับภาพอินพุต

3.3.1 การวิเคราะห์ก่อนออกแบบเทมเพลต

1. การกำหนด mask กับภาพอินพุต ต้องสัมพันธ์กัน พื้นที่ส่วนที่จะนำมาเป็น mask จากภาพอินพุตหลักโดยการที่จะสร้าง mask นั้นควรจะใช้ส่วนของภาพมีลักษณะเป็นลายที่ครอบคลุมทั้งตัวที่สามารถเห็นเป็นลักษณะเฉพาะของสัตว์แต่ละชนิดได้อย่างเด่นชัด เช่น แมวดาวจะเป็นลักษณะลายจุดกลมสีดำ ม้าลายจะมีลักษณะเป็นลายทางขาวดำ เสือจะมีลายลักษณะเป็นลายทางสีดำสลับน้ำตาล mask แต่ละชุดควรจะครอบคลุมลายที่ต้องการเพื่อผลการแยกลายที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. ขนาดของ mask ที่จะนำมาทำการคอนโวลูชัน มีส่วนสำคัญต่อการประมวลผล จะเห็นว่าถ้า mask ที่กำหนดมีขนาดเล็ก เนื่องจากลายเป็นลวดลายขนาดเล็กด้วยจะสามารถแยกลายได้อย่างละเอียด ในขณะที่ mask ที่มีขนาดใหญ่ตามขนาดลายที่เราต้องการ ก็จะแยกลายได้แต่ความละเอียดจะลดลงเมื่อขาด mask เพิ่มขึ้น ตัวอย่าง mask ขนาดต่างๆ

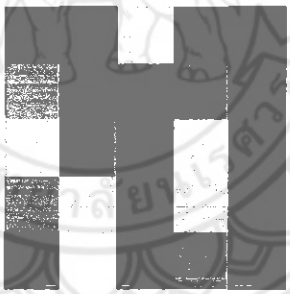
รูปที่ 3.5 แสดงภาพเทมเพลต ลายแมวดาวขนาด 5x5 และ 11x11พิกเซล ตามลำดับ

Mask 11x11 pixel

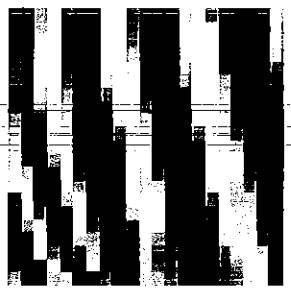
Mask 17x17 pixel

รูปที่ 3.6 แสดงภาพ mask ลายเสือดาว ขนาด 11x11และ17x17 พิกเซล **ตามลำดับ**

Mask 5x5 pixel



Mask 11x11 pixel



รูปที่ 3.7 แสดงภาพ mask ลายม้าลาย ขนาด 5x5 และ11x11 พิกเซล ตามลำดับ

3.3.2 วิธีสร้าง mask

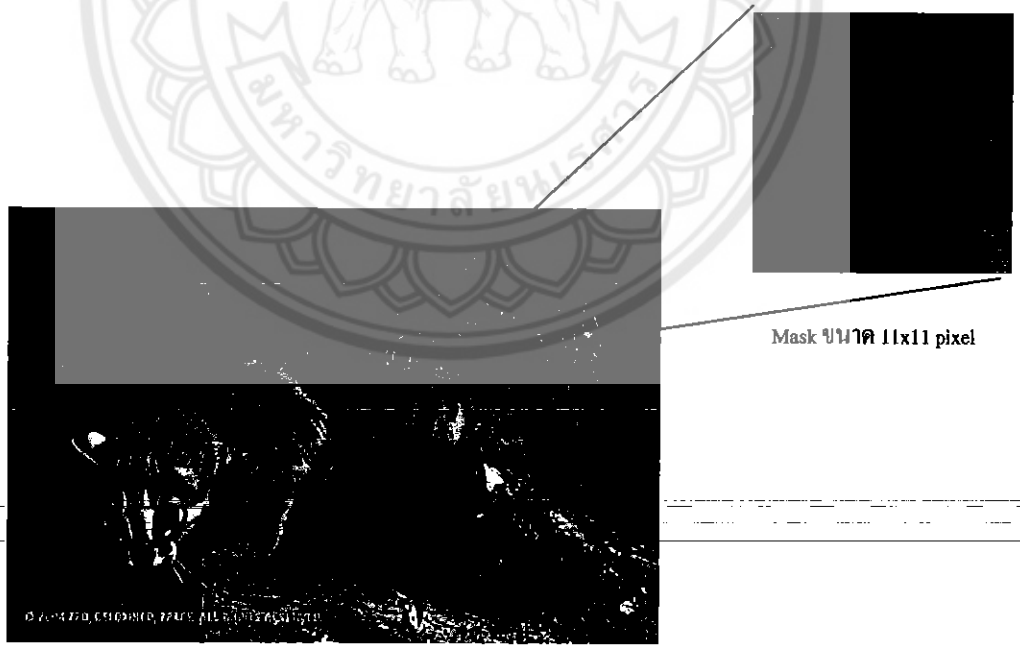
ทำโดยการใช้โปรแกรม matlab ทำการตัดส่วนของภาพ (crop) ทำได้ 2 วิธีดังนี้

1). ทำโดยใช้ฟังก์ชัน imcrop ส่วนที่ต้องการนำมาเป็น mask และทำการ imwrite เก็บเป็นไฟล์รูปแบบไฟล์ฟอร์แมตใดก็ได้

```
I = imread('cat.jpg');
imview(I);
I2=imcrop(I,[297 110 10 10]);
IMWRITE (I2,'maskCat.jpg');
```

2). ทำโดยการสร้างเมตริกซ์ศูนย์ขึ้นมาสำหรับเก็บค่าของพิกเซลที่ต้องการ โดยกำหนดค่ามาจาก index ของภาพอินพุตมาเก็บไว้ในเมตริกซ์ศูนย์และทำการ imwrite เก็บเป็นไฟล์รูปแบบไฟล์ฟอร์แมตใดก็ได้

```
I = imread('cat.jpg');
imview(I);
II=zeros(m,n,z);
II=I(110:120,297:307,:);
figure(),imshow(II);
IMWRITE (IA,'maskCat.jpg') ;
```



รูปที่ 3.8 แสดงตัวอย่างการสร้าง mask ลายแมวดาว จากภาพอินพุตที่เป็นรูปแมวดาว

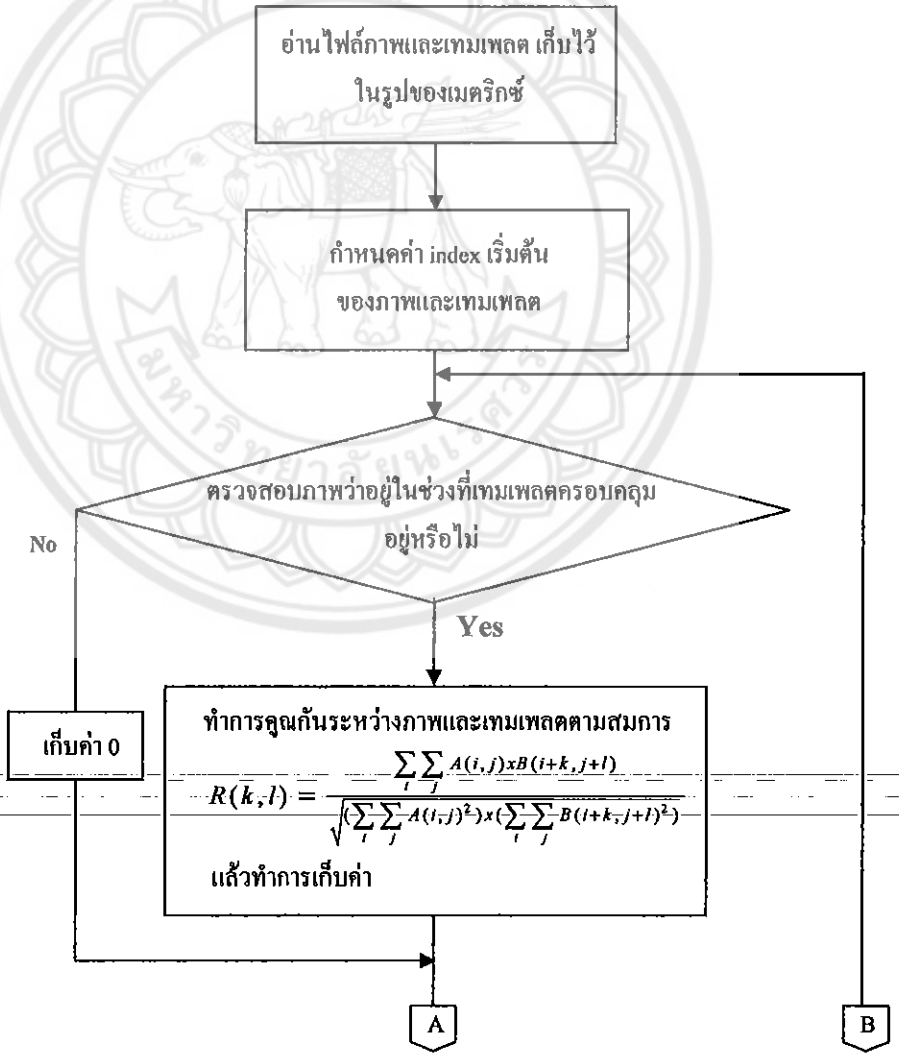
3.4 การคอนโวลูชันระหว่างเทมเพลตและภาพ

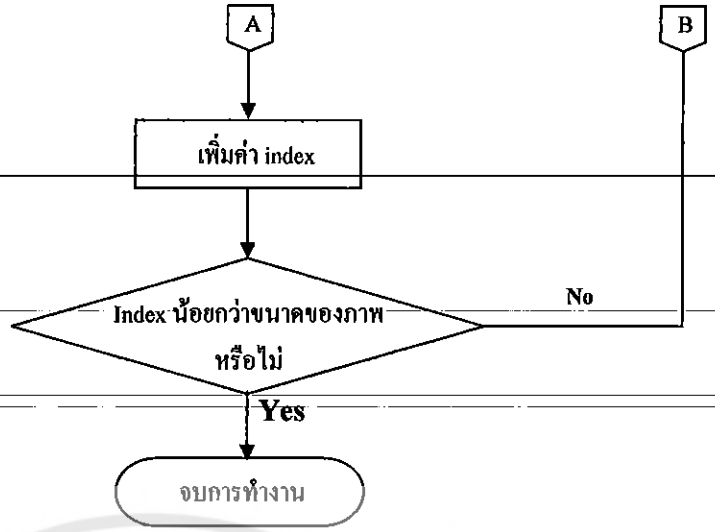
ขั้นตอนการคอนโวลูชัน

1. อ่านไฟล์ภาพ Input และ ภาพเทมเพลต
2. กำหนดค่าเริ่มต้นให้กับค่าของภาพและเทมเพลต
3. ตรวจสอบและทำการคูณกันระหว่างภาพและเทมเพลตส่วนที่ทับกันพอดี ตามสมการ

$$R(k,l) = \frac{\sum_i \sum_j A(i,j) x B(i+k, j+l)}{\sqrt{(\sum_i \sum_j A(i,j)^2) x (\sum_i \sum_j B(i+k, j+l)^2)}} \qquad (3.1)$$

4. เก็บค่าลงในเมตริกซ์
5. ทำการเพิ่มค่า index และทำตามขั้นตอนที่ 3 จนครบทั้งภาพ





รูปที่ 3.9 แผนผังโปรแกรมของการคอนโวลูชัน

3.5 ออกแบบการทดลอง

3.5.1. ทำกระบวนการ preprocessing เพื่อเตรียมภาพที่ใช้เป็นอินพุต และmask

3.5.2. ทำการทดลองโดยการคอนโวลูชัน เพื่อหาค่า cross correlation coefficient ระหว่างภาพกับ mask โดยทดลองกับ mask ขนาดต่าง ๆ เช่น mask ขนาด 3x3, 5x5, 7x7, 11x11 หรือ 21x21 อย่างน้อย 2 ครั้งแล้วเปรียบเทียบผลที่ได้

3.5.3. สังเกตผลการทดลองและเปรียบเทียบช่วง cross correlation coefficient เพื่อแสดงเอาต์พุต เปรียบเทียบค่า cross correlation coefficient ตามทฤษฎีสหสัมพันธ์ ทำการ threshold โดยเลือกเฉพาะค่า cross correlation coefficient ที่มีค่าสูงเข้าใกล้หนึ่ง โดยเปรียบเทียบแต่ละช่วง cross correlation coefficient เพื่อหาค่าที่ทำให้ภาพเอาต์พุตออกมาได้ลวดลายสมบูรณ์มากที่สุด

3.5.4 นำเอาต์พุตจากการทดลองมาทำการปรับปรุง เพื่อการแสดงผลโดยใช้ Operation ของ Matlab ได้แก่ Dilation, Erosion, Opening, Closing หรือ imfill ปรับปรุงภาพเพื่อการแสดงผลที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองสำหรับแยกลายภาพแบบลายเดียว

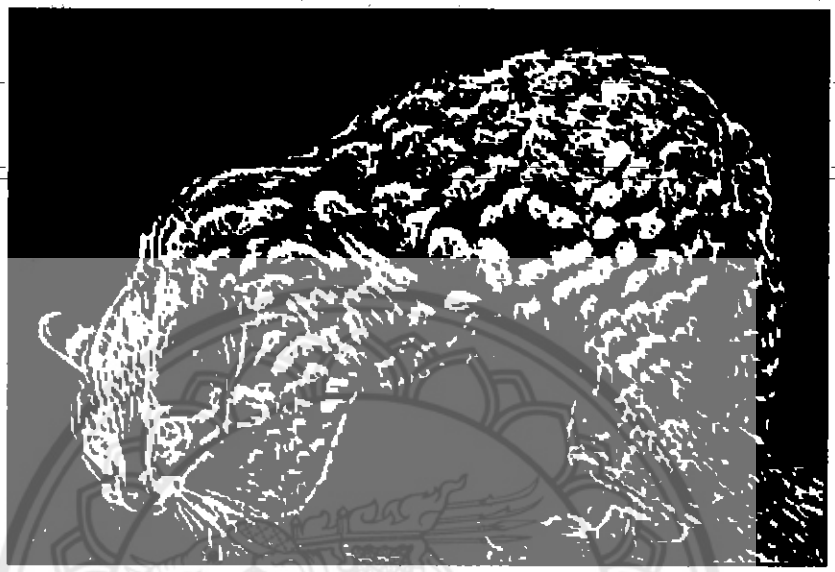
4.1.1 ผลการทดลองการแยกลายจากรูปแมวดาว

รูปที่ 4.1 แสดงภาพสีของลายแมวดาว ขนาด 500x332 พิกเซล ลักษณะลายเป็นจุดวงสีน้ำตาลเข้มปนดำ ขนาดเล็กใหญ่ไม่เท่ากัน กระจายทั่วทั้งตัว ส่วนรูปที่ 4.2 เป็นภาพเทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล และรูปที่ 4.6 เป็นภาพเทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล

รูปที่ 4.1 ภาพสีของลายแมวดาว ขนาด 500x332 พิกเซล รูปแบบการจัดเก็บเป็นแบบ .jpg

รูปที่ 4.2 ภาพเทมเพลตลายแมวดาว ขนาด 5x5 พิกเซล

จากนั้น จะทำการคอนโวลูชันระหว่าง ภาพสีของลายแมวดาวและเทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล ดังรูปที่ 4.2 และทำการเลือกค่า cross correlation coefficient ที่อยู่ในช่วง 0.7 – ค่าเฉลี่ยของ cross correlation coefficient แล้วทำการ Thresholding และแสดงผล ดังรูปที่ 4.3 ส่วนที่ต้องการคือส่วนที่เป็นสีขาว

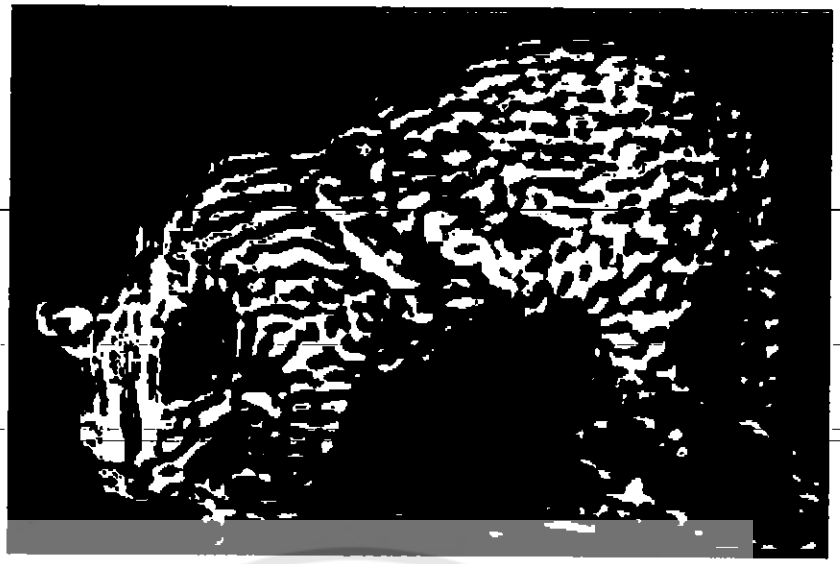


รูปที่ 4.3 ผลจากการ Thresholds ค่า Cross correlation coefficient ในช่วง 0.7 – ค่า mean of cross correlation coefficient ของภาพแมวดาว

เมื่อได้ผลจากการทำ Thresholds แล้ว จะทำการคืนค่าสีให้กับส่วนที่เราสนใจ (ในส่วนของสีขาว) โดยจะเรียกค่าสีจากภาพเดิม และแสดงผลออกมา ดังรูปที่ 4.4 ซึ่งจะแสดงลายส่วนที่มีความคล้ายกับเทมเพลต

รูปที่ 4.4 ผลการแยกลายแมวดาวโดยใช้เทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล

MISSING

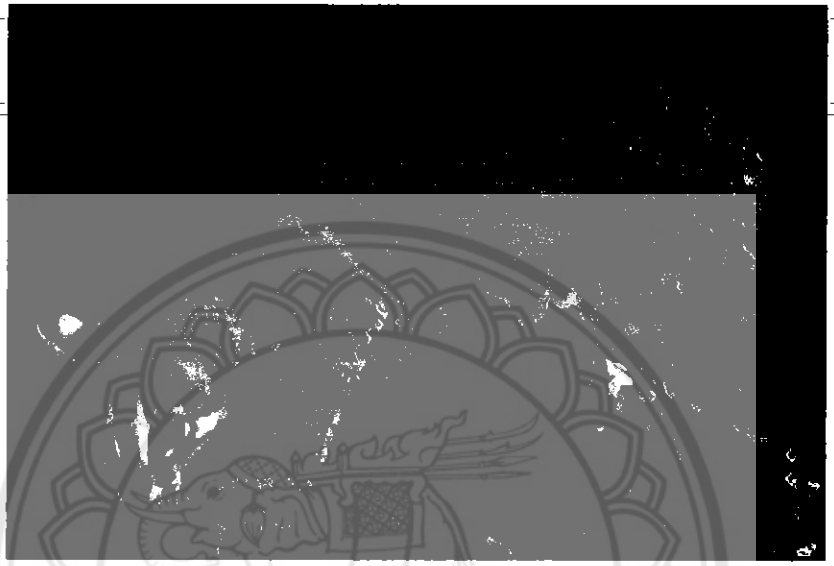


รูปที่ 4.7 ผลจากการ Thresholds ค่า Cross correlation coefficient ในช่วง 0.7 – ค่า mean of Cross correlation coefficient ของภาพแมวดาว

เมื่อได้ผลจากการทำ Thresholds ดังรูปที่ 4.7 แล้ว จะทำการคืนค่าสีให้กับส่วนที่เราสนใจ (ในส่วนของสีขาว) โดยจะเรียกค่าสีจากภาพเดิม และแสดงผลออกมา ดังรูปที่ 4.8 ซึ่งจะแสดงลายส่วนที่มีความคล้ายกับเทมเพลต

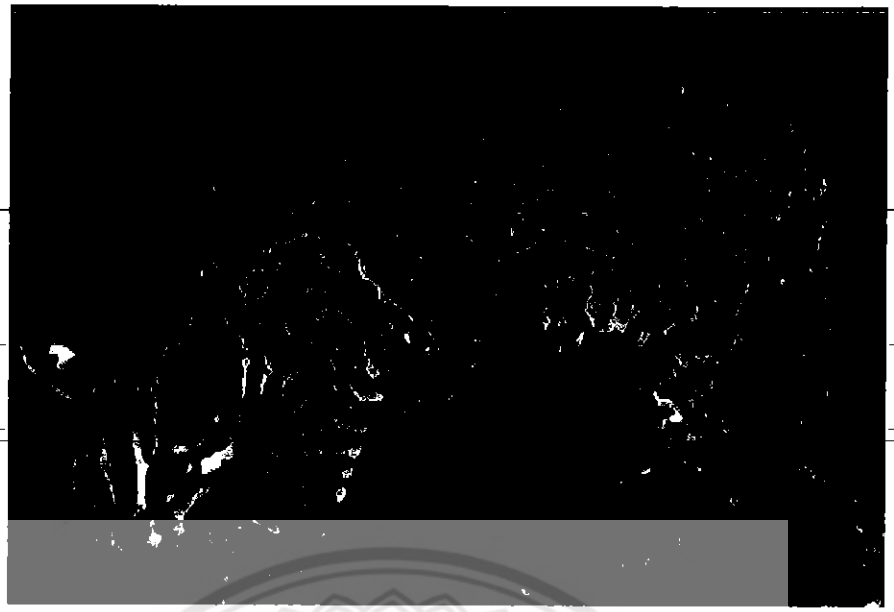
รูปที่ 4.8 ผลการแยกลายแมวดาวโดยใช้เทมเพลตขนาด 11x11 พิกเซล

จากรูปที่ 4.8 ลายที่ได้จากการเปรียบเทียบระหว่างภาพและเทมเพลต จะเป็นบริเวณส่วนลำตัวของแมวดาว แต่รูปที่ได้ไม่สมบูรณ์ ดังนั้น จึงทำการปรับปรุงภาพ โดยการใช้ใช้ Structure element ทรง diamond รัศมี3 ทำการ dilation และทำการเติม และใช้ฟังก์ชัน imfill ในการเติมส่วนที่ขาดให้สมบูรณ์ขึ้น ซึ่งจะได้ภาพเอาต์พุตดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ภาพจากการปรับปรุงภาพเอาต์พุตลายแมวดาวโดยการ dilation และ imfill

(a)



(b)

รูปที่ 4.10 แสดงภาพเปรียบเทียบเอาต์พุตของแมวดาว

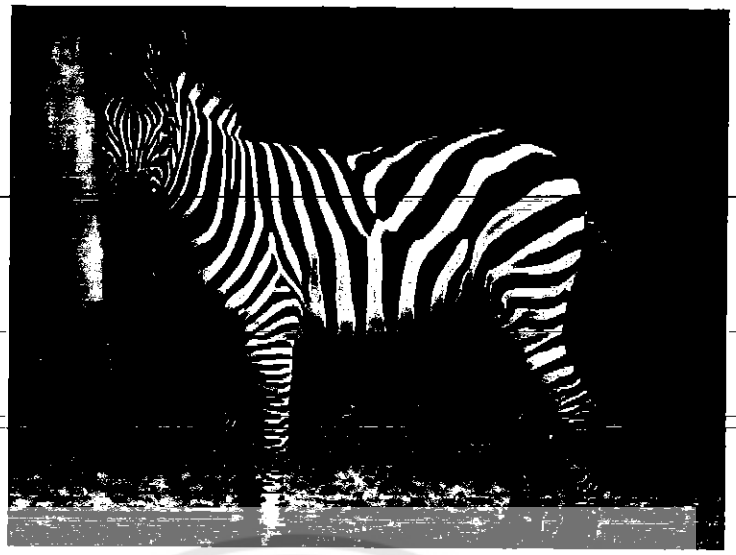
(a) ใช้เทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล

(b) ใช้ เทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล

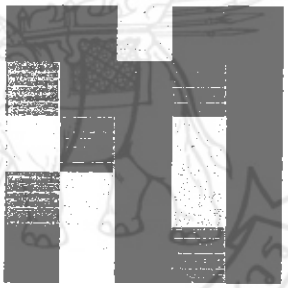
จากรูปที่ 4.10 แสดงภาพที่ได้จากการคอนโวลูชันระหว่างภาพของแมวดาว และเทมเพลต ขนาด 5x5 และ 11x11 ตามลำดับ พบว่าการคอนโวลูชันด้วยเทมเพลตที่มีขนาดเล็ก จะมีความละเอียดมากกว่าการคอนโวลูชันด้วยเทมเพลตที่มีขนาดใหญ่

4.1.2. ผลการทดลองการแยกลายจากรูปม้าลาย

จากรูปที่ 4.11 แสดงภาพสีของม้าลาย ขนาด 400x300 พิกเซล ลักษณะลายเป็นลายทางสีขาวสลับดำ ขนาดไม่เท่ากัน กระจายทั่วลำตัว รูปที่ 4.12 เป็นภาพเทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล และรูปที่ 4.16 เป็นภาพเทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล

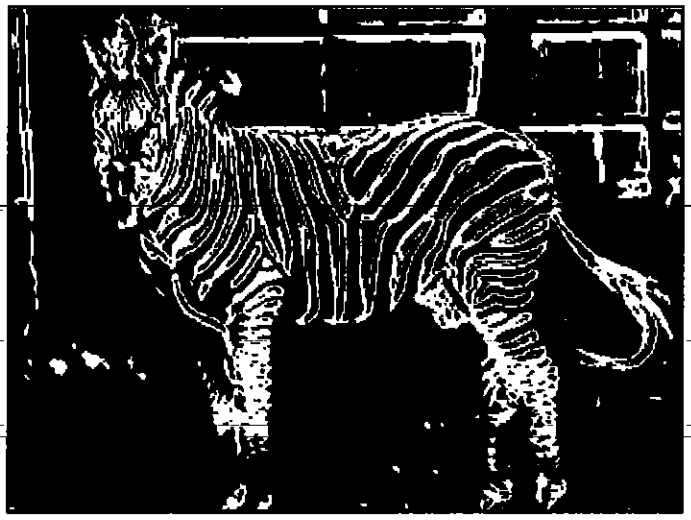


รูปที่ 4.11 ภาพสีต้นฉบับของม้าลาย ขนาด 400x300 พิกเซล รูปแบบการจัดเก็บเป็นแบบ .jpg



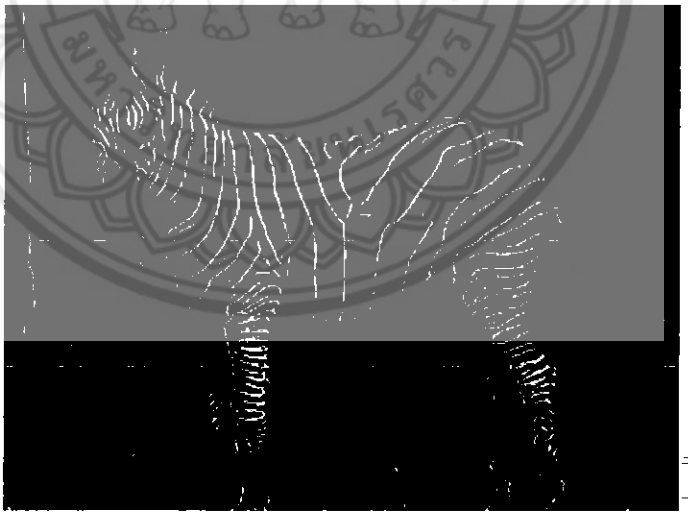
รูปที่ 4.12 ภาพเทมเพลตของลายม้าลาย ขนาด 5x5 พิกเซล

จะทำการคอนโวลูชันระหว่าง ภาพสีของม้าลาย รูปที่ 4.11 และเทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล รูปที่ 4.12 และทำการเลือกค่า cross correlation coefficient ที่อยู่ในช่วง 0.7 – ค่าเฉลี่ยของ cross correlation coefficient แล้วทำการ Thresholding และแสดงผล ดังรูปที่ 4.13 ส่วนที่ต้องการคือส่วนที่เป็นสีขาว ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นลายในส่วนลำตัวของม้าลาย และบริเวณพื้นหลังที่มีลักษณะของลายที่ใกล้เคียงกับเทมเพลต



รูปที่ 4.13 ผลจากการ Thresholds ค่า Cross correlation coefficient ในช่วง 0.7 – ค่า mean of cross correlation coefficient ของภาพม้าลาย

เมื่อได้ผลจากการทำ Thresholds แล้ว จะทำการคืนค่าสีให้กับส่วนที่เราสนใจ (ในส่วนของสีขาว) โดยจะเรียกค่าสีจากภาพเดิม และแสดงผลออกมา ดังรูปที่ 4.14 ซึ่งจะแสดงลายส่วนที่มีความคล้ายกับเทมเพลต



รูปที่ 4.14 ผลจากการแยกลายม้าลาย โดยใช้เทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล

จากรูปที่ 4.14 ลายที่ได้จากการคอนโวลูชันระหว่างภาพและเทมเพลต จะเป็นบริเวณส่วนลำตัวของม้าลาย แต่รูปที่ได้ไม่สมบูรณ์ ดังนั้น จึงทำการปรับปรุงภาพ โดยการใช้ใช้ Structure element ทรง disk รัศมี 1 จากนั้นทำการ dilation และทำการเติม โดยใช้ฟังก์ชัน imfill ในการเติมส่วนที่ขาดให้สมบูรณ์ขึ้น ซึ่งจะได้ภาพเอาต์พุตดังรูปที่ 4.15

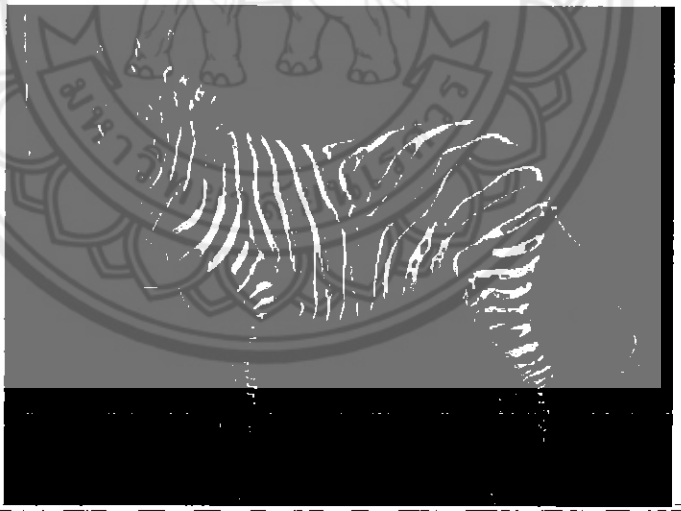
รูปที่ 4.15 ผลจากการปรับปรุงภาพเอาต์พุตลายม้าลายโดยการ dilation และการ imfill

รูปที่ 4.16 ภาพเทมเพลตของลาย ม้าลาย ขนาด 11x11 พิกเซล

จะทำการคอนโวลูชันระหว่าง ภาพสีของลายม้าลาย รูปที่ 4.11 และเทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล รูปที่ 4.16 และทำการเลือกค่า cross correlation coefficient ที่อยู่ในช่วง 0.7 – ค่าเฉลี่ยของ cross correlation coefficient แล้วทำการ Thresholding และแสดงผล ดังรูปที่ 4.17 ส่วนที่ต้องการคือส่วนที่เป็นสีขาว ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นลายในส่วนลำตัวของม้าลาย และบริเวณพื้นหลังที่มีลักษณะของลายที่ใกล้เคียงกับเทมเพลต

รูปที่ 4.17 ผลจากการ Thresholds ค่า Cross correlation coefficient ในช่วง 0.7 – ค่า mean of cross correlation coefficient ของภาพม้าลาย

เมื่อได้ผลจากการทำ Thresholds แล้ว จะทำการคืนค่าสีให้กับส่วนที่เราสนใจ (ในส่วนของสีขาว) โดยจะเรียกค่าสีจากภาพเดิม และแสดงผลออกมา ดังรูปที่ 4.18 ซึ่งจะแสดงลายส่วนที่มีความคล้ายกับเทมเพลต

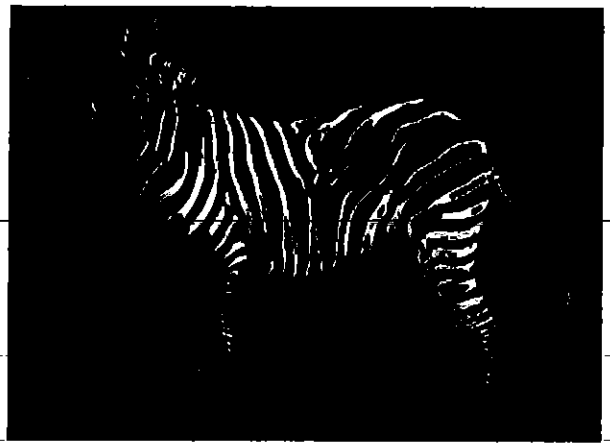


รูปที่ 4.18 ผลการแยกลายม้าลายโดยใช้เทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล

จากรูปที่ 4.18 ลายที่ได้จากการเปรียบเทียบระหว่างภาพและเทมเพลต จะเป็นบริเวณส่วนลำตัวของม้าลาย แต่รูปที่ได้ไม่สมบูรณ์ ดังนั้น จึงทำการปรับปรุงภาพ โดยการใช้ใช้ Structure element ทรง disk รัศมี 1 จากนั้นทำการ dilation และทำการเติม โดยใช้ฟังก์ชัน imfill ในการเติมส่วนที่ขาดให้สมบูรณ์ขึ้น ซึ่งจะได้ภาพเอาต์พุตดังรูปที่ 4.19

รูปที่ 4.19 ผลจากการปรับปรุงภาพเอาต์พุตลายม้าลายโดยการ dilation และการ imfill

(a)



(b)

รูปที่ 4.20 ภาพเปรียบเทียบเอาต์พุตของม้าลาย

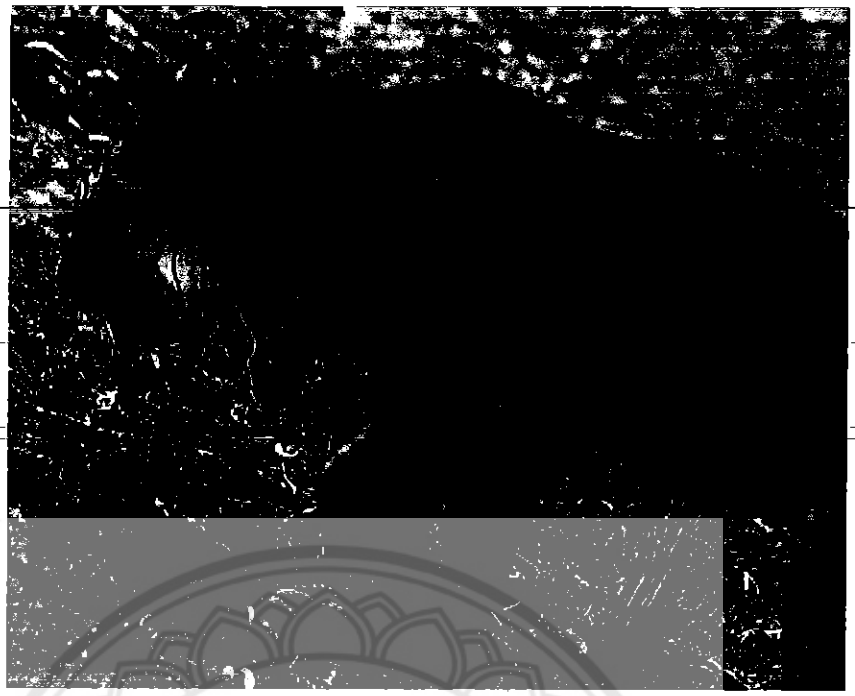
(a) ใช้เทมเพลต ขนาด 5x5 และ

(b) ใช้เทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.20 แสดงภาพที่ได้จากการคอนโวลูชันระหว่างภาพของม้าลาย และเทมเพลต ขนาด 5x5 และ 11x11 ตามลำดับ พบว่าการคอนโวลูชันด้วยเทมเพลตที่มีขนาดเล็ก จะมีความละเอียดมากกว่าการคอนโวลูชันด้วยเทมเพลตที่มีขนาดใหญ่ และจะมีส่วนของพื้นหลังที่มีความคล้ายกับเทมเพลต ออกมาบ้างเล็กน้อย

4.1.3. ผลการทดลองการแยกลายจากรูปเสือ

รูปที่ 4.21 แสดงภาพสีของเสือ ขนาด 490x397 พิกเซล ลักษณะลายเป็นลายทางสีน้ำตาลสลับดำ ขนาดไม่เท่ากัน กระจายทั่วลำตัว รูปที่ 4.22 เป็นภาพเทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล และรูปที่ 4.26 เป็นภาพเทมเพลต ขนาด 17x17 พิกเซล



รูปที่ 4.21 ภาพสีต้นฉบับของเสือ ขนาด 490x397 พิกเซล รูปแบบการจัดเก็บเป็นแบบ .jpg

รูปที่ 4.22ภาพสีเทมเพลตของลายเสือ ขนาด 11x11 พิกเซล

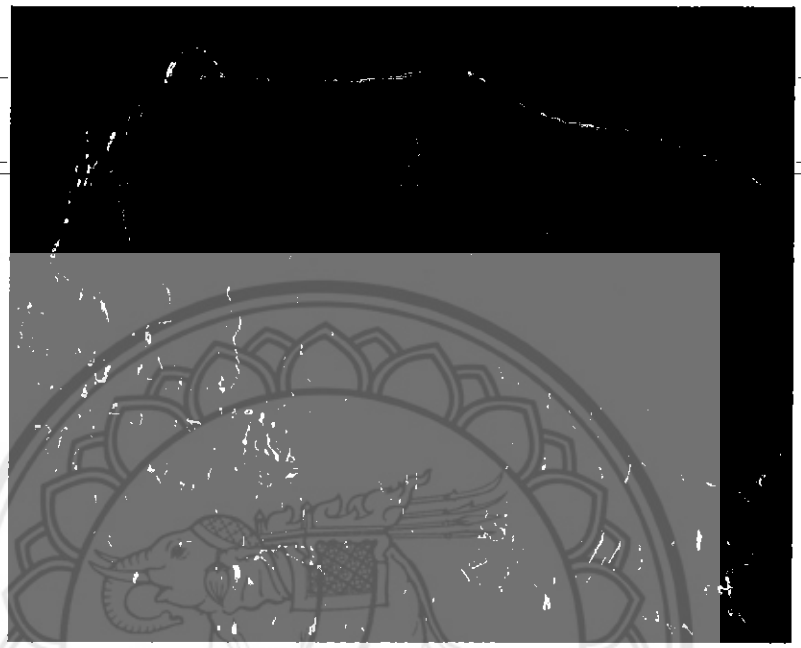
จะทำการคอนโวลูชันระหว่าง ภาพสีของเสือ รูปที่ 4.21 และเทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล รูปที่ 4.22 และทำการเลือกค่า cross correlation coefficient ที่อยู่ในช่วง 0.7 – ค่าเฉลี่ยของ cross correlation coefficient แล้วทำการ Thresholding และแสดงผล ดังรูปที่ 4.23 ส่วนที่ต้องการคือส่วนที่เป็นสีขาว ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นลายในส่วนลำตัวของเสือ และบริเวณพื้นหลังที่มีลักษณะของลายที่ใกล้เคียงกับเทมเพลต

รูปที่ 4.23 ผลจากการ Thresholds ค่า Cross correlation coefficient ในช่วง 0.7 – ค่า mean of cross correlation coefficient ของภาพเสือ

เมื่อได้ผลจากการทำ Thresholds แล้ว จะทำการคืนค่าสีให้กับส่วนที่เราสนใจ (ในส่วนของสีขาว) โดยจะเรียกค่าสีจากภาพเดิม และแสดงผลออกมา ดังรูปที่ 4.24 ซึ่งจะแสดงลายส่วนที่มีความคล้ายกับเทมเพลต

รูปที่ 4.24 ผลการแยกลายเสือโดยใช้เทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล

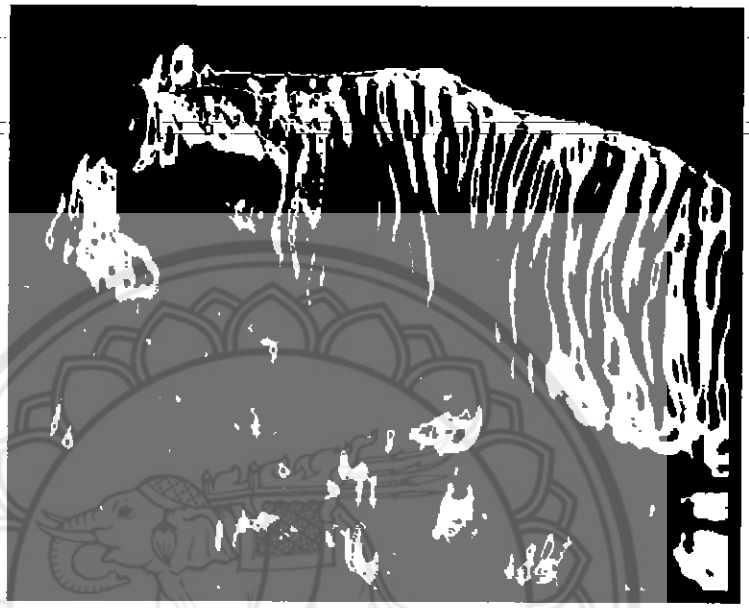
จากรูปที่ 4.24 ลายที่ได้จากการคอนโวลูชันระหว่างภาพและเทมเพลต ส่วนที่ได้จะเป็นบริเวณส่วนลำตัวของเสือ แต่รูปที่ได้ไม่สมบูรณ์ ดังนั้น จึงทำการปรับปรุงภาพ โดยการใช้ใช้ Structure element ทรง disk รัศมี 1 ทำการ dilation และทำการเติม โดยใช้ฟังก์ชัน imfill ในการเติมส่วนที่ขาดให้สมบูรณ์ขึ้น ซึ่งจะได้ภาพเอาต์พุตดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 ภาพจากการปรับปรุงภาพเอาต์พุตลายเสือโดยการ dilation และ imfill

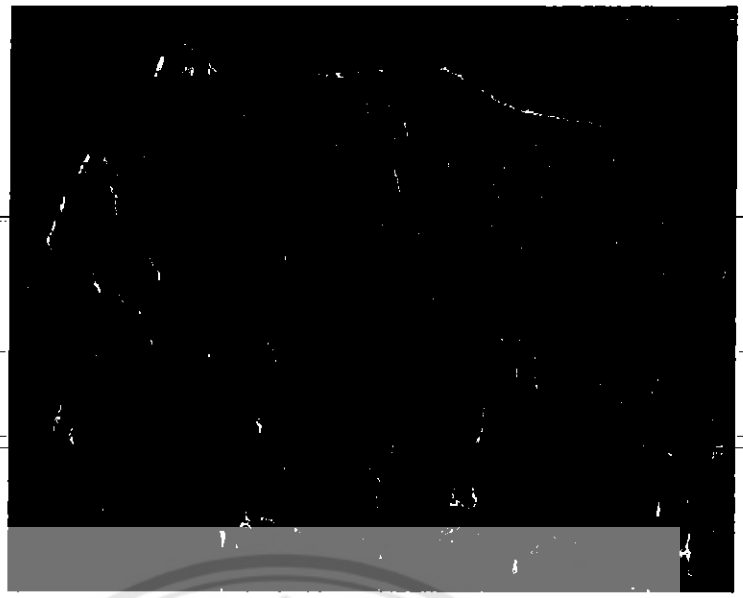
รูปที่ 4.26 ภาพสีเทมเพลตของลายเสือ ขนาด 17x17 พิกเซล

จะทำการคอนโวลูชันระหว่าง ภาพสีของเสือ รูปที่ 4.21และเทมเพลต ขนาด 17x17 พิกเซล รูปที่ 4.26 และทำการเลือกค่า cross correlation coefficient ที่อยู่ในช่วง 0.7 – ค่าเฉลี่ยของ cross correlation coefficient แล้วทำการ Thresholding และแสดงผล ดังรูปที่ 4.27 ส่วนที่ต้องการคือส่วนที่เป็นสีขาว ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นลายในส่วนลำตัวของเสือ และบริเวณพื้นหลังที่มีลักษณะของลายที่ใกล้เคียงกับเทมเพลต



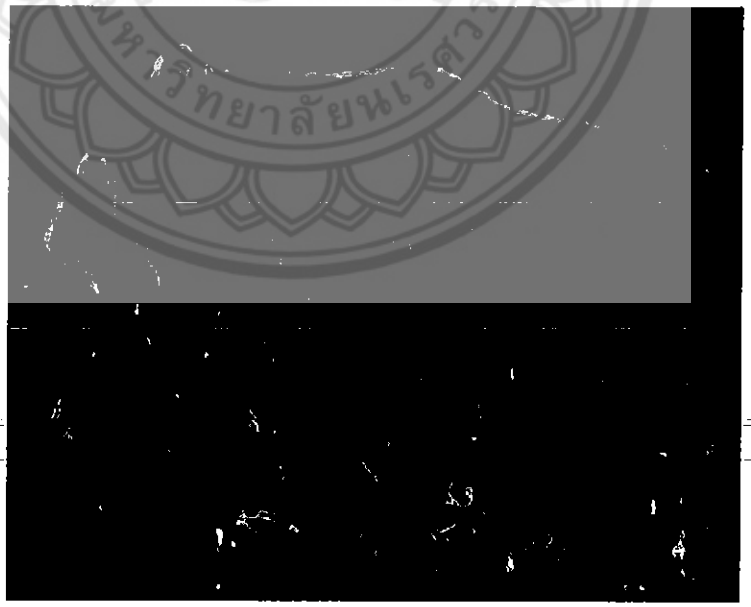
รูปที่ 4.27 ผลจากการ Thresholds ค่า Cross correlation coefficient ในช่วง 0.7 – ค่า mean of cross correlation coefficient ของภาพเสือ

เมื่อได้ผลจากการทำ Thresholds แล้ว จะทำการคืนค่าสีให้กับส่วนที่เราสนใจ (ในส่วนของสีขาว) โดยจะเรียกค่าสีจากภาพเดิม และแสดงผลออกมา ดังรูปที่ 4.28 ซึ่งจะแสดงลายส่วนที่มีความคล้ายกับเทมเพลต

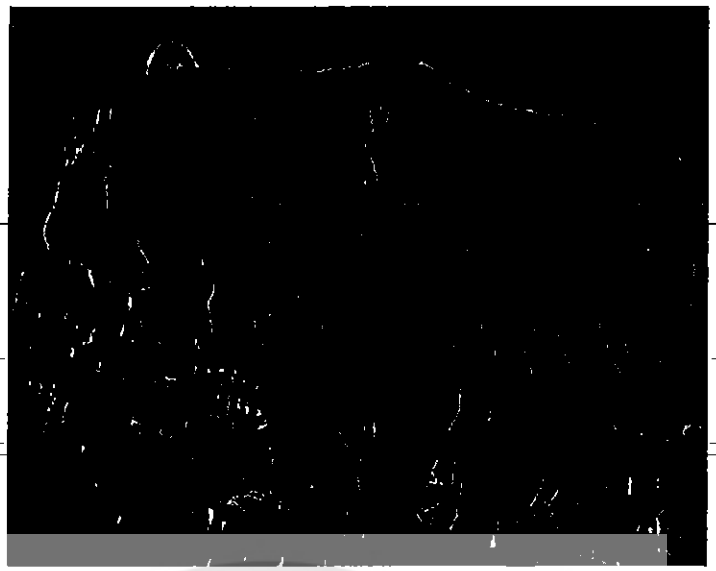


รูปที่ 4.28 ผลการแยกลายเสือโดยใช้เทมเพลต ขนาด 17x17 พิกเซล

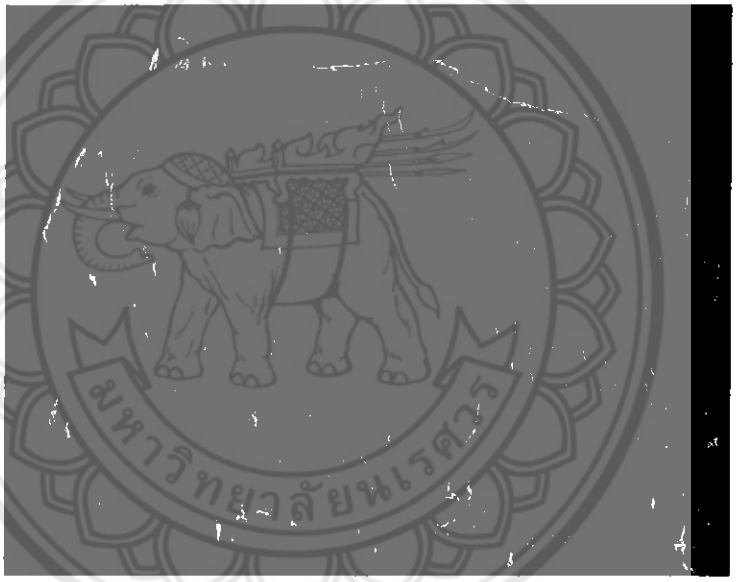
จากรูปที่ 4.28 ลายที่ได้จากการคอนโวลูชันระหว่างภาพและเทมเพลต ขนาด 17x17 พิกเซล จะเป็นบริเวณส่วนลำตัวของเสือ แต่รูปที่ได้ไม่สมบูรณ์ ดังนั้น จึงทำการปรับปรุงภาพ โดยการใช้ใช้ Structure element ทรง disk รัศมี 1 ทำการ dilation และทำการเติม โดยใช้ฟังก์ชัน imfill ในการเติมส่วนที่ขาดให้สมบูรณ์ขึ้น ซึ่งจะได้ภาพเอาต์พุตดังรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 ภาพจากการปรับปรุงภาพเอาต์พุตลายเสือโดยการ dilation และ imfill



(a)



(b)

รูปที่ 4.30 แสดงภาพเปรียบเทียบเอาต์พุตของลายเสือ

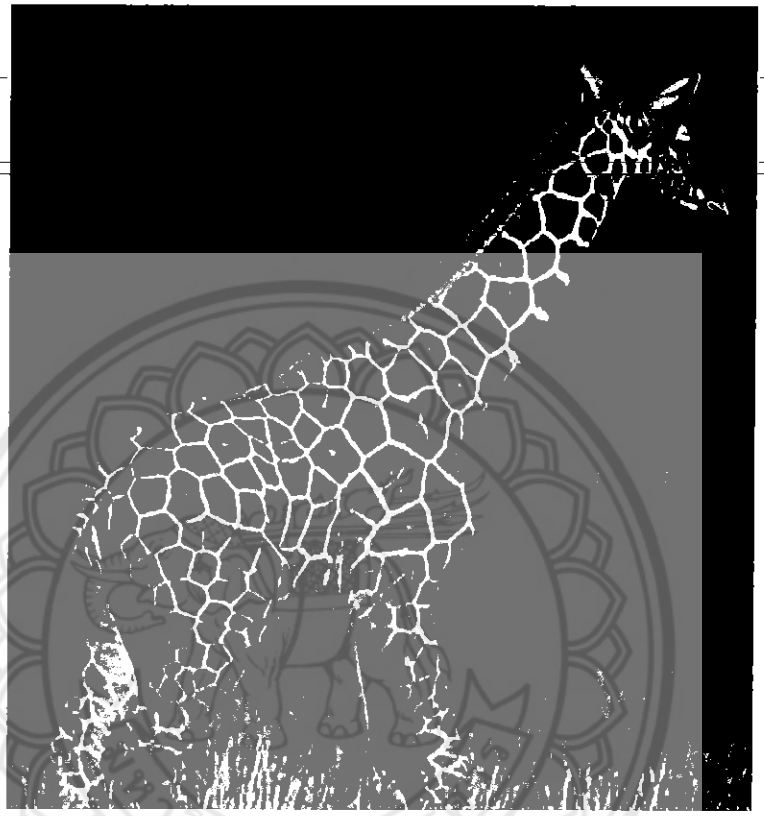
(a)ใช้เทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล

(b) ใช้เทมเพลต ขนาด 17x17 พิกเซล

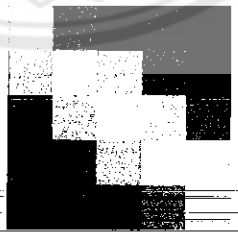
จากรูปที่ 4.30 แสดงภาพที่ได้จากการคอนโวลูชันระหว่างภาพของเสือ และเทมเพลตขนาด 11x11 และ 17x17 ตามลำดับ พบว่าการคอนโวลูชันด้วยเทมเพลตที่มีขนาดเล็ก จะมีความละเอียดมากกว่าการคอนโวลูชันด้วยเทมเพลตที่มีขนาดใหญ่

4.1.4. ผลการทดลองการแยกลายจากรูปยีราฟ

รูปที่ 4.31 แสดงภาพสีของยีราฟ ขนาด 373x400 พิกเซล ลักษณะลายเป็นลายวง และเหลี่ยมไม่สม่ำเสมอสีเหลืองค่อนข้างขาว สลับน้ำตาลอ่อน ขนาดไม่เท่ากัน กระจายทั่วลำตัว รูปที่ 4.32 เป็นภาพเทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล และรูปที่ 4.36 เป็นภาพเทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล

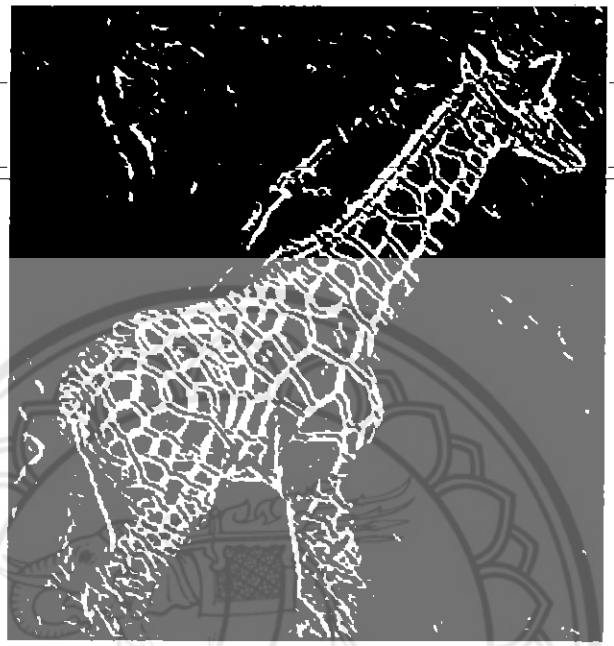


รูปที่ 4.31 ภาพสีต้นฉบับของยีราฟ ขนาด 373x400 พิกเซล รูปแบบการจัดเก็บเป็นแบบ .jpg



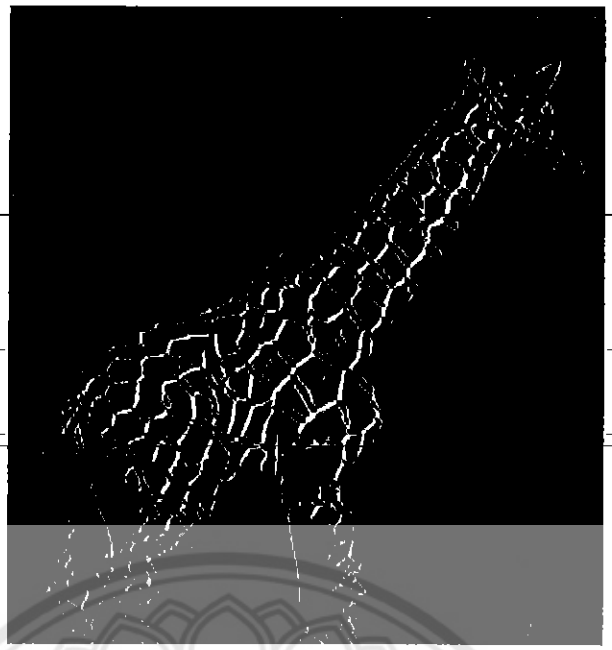
รูปที่ 4.32 ภาพเทมเพลตของลายยีราฟ ขนาด 5x5 พิกเซล

จะทำการคอนโวลูชันระหว่าง ภาพสีของยีราฟ รูปที่ 4.31 และเทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล รูปที่ 4.32 และทำการเลือกค่า cross correlation coefficient ที่อยู่ในช่วง 0.7 – ค่าเฉลี่ยของ cross correlation coefficient แล้วทำการ Threshold และแสดงผล ดังรูปที่ 4.33 ส่วนที่ต้องการคือส่วนที่เป็นสีขาว ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นลายในส่วนลำตัวของยีราฟ



รูปที่ 4.33 ผลจากการ Thresholds ค่า Cross correlation coefficient ในช่วง 0.7 – ค่า mean of cross correlation coefficient ของภาพยีราฟ

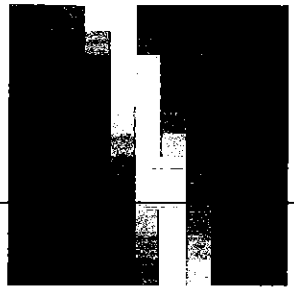
เมื่อได้ผลจากการทำ Thresholds แล้ว จะทำการคืนค่าสีให้กับส่วนที่เราสนใจ (ในส่วนของสีขาว) โดยจะเรียกค่าสีจากภาพเดิม และแสดงผลออกมา ดังรูปที่ 4.34 ซึ่งจะแสดงลายส่วนที่มีความคล้ายกับเทมเพลต



รูปที่ 4.34 ผลการแยกลายยีราฟโดยใช้เทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล

จากรูปที่ 4.34 ลายที่ได้จากการคอนโวลูชันระหว่างภาพและเทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล จะเป็นบริเวณส่วนลำตัวของยีราฟ แต่รูปที่ได้ไม่สมบูรณ์ ดังนั้น จึงทำการปรับปรุงภาพ โดยการใช้ใช้ Structure element ทรง disk รัศมี 1 ทำการ dilation และทำการเติม โดยใช้ฟังก์ชัน imfill ในการเติมส่วนที่ขาดให้สมบูรณ์ขึ้น ซึ่งจะได้ภาพเอาต์พุตดังรูปที่ 4.35

รูปที่ 4.35 ภาพจากการปรับปรุงภาพเอาต์พุตลายยีราฟโดยการ dilation และ imfill



รูปที่ 4.36 ภาพเทมเพลตของลายยีราฟ ขนาด 11x11 พิกเซล

จะทำการคอนโวลูชันระหว่าง ภาพสีของยีราฟ รูปที่ 4.31 และเทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล รูปที่ 4.36 และทำการเลือกค่า cross correlation coefficient ที่อยู่ในช่วง 0.7 – ค่าเฉลี่ยของ cross correlation coefficient แล้วทำการ Threshold และแสดงผล ดังรูปที่ 4.37 ส่วนที่ต้องการคือส่วนที่เป็นสีขาว ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นลายในส่วนลำตัวของยีราฟ

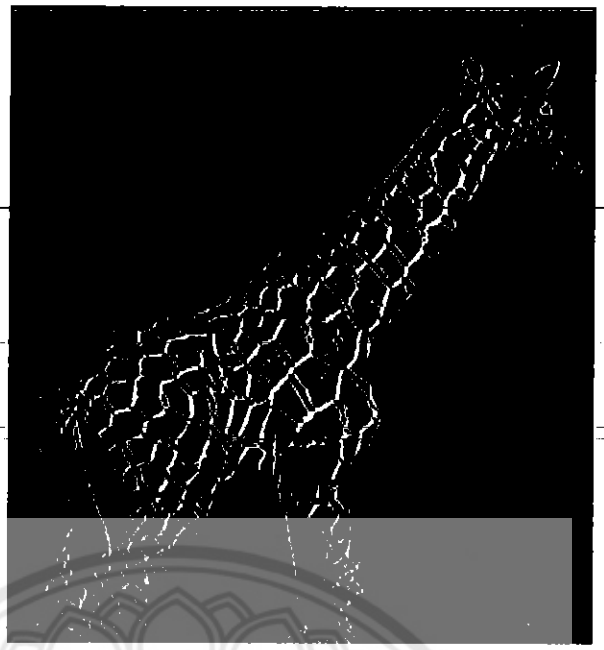
รูปที่ 4.37 ผลจากการ Thresholds ค่า Cross correlation coefficient ในช่วง 0.7 – ค่า mean of cross correlation coefficient ของภาพยีราฟ

เมื่อได้ผลจากการทำ Thresholds แล้ว จะทำการคืนค่าสีให้กับส่วนที่เราสนใจ (ในส่วนของสีขาว) โดยจะเรียกค่าสีจากภาพเดิม และแสดงผลออกมา ดังรูปที่ 4.38 ซึ่งจะแสดงลายส่วนที่มีความคล้ายกับเทมเพลต

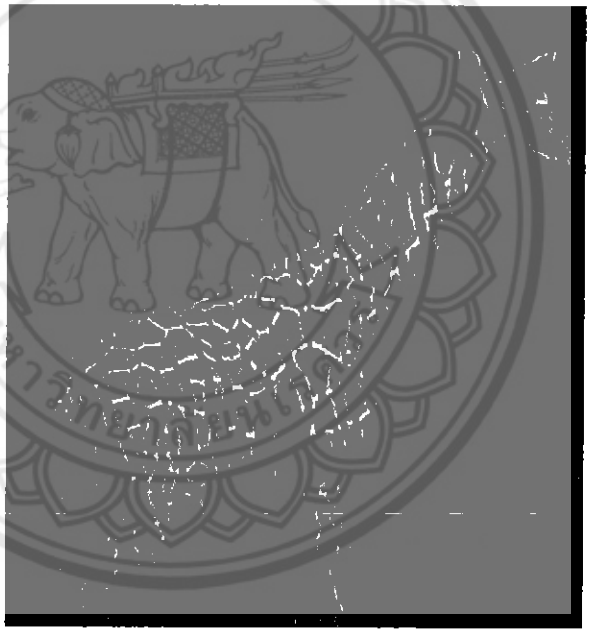
รูปที่ 4.38 ผลการแยกลายยีราฟโดยใช้เทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล

จากรูปที่ 4.38 ลายที่ได้จากการคอนโวลูชันระหว่างภาพและเทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล จะเป็นบริเวณส่วนลำตัวของยีราฟ แต่รูปที่ได้ไม่สมบูรณ์ ดังนั้น จึงทำการปรับปรุงภาพ โดยการใช้ใช้ Structure element ทรง disk รัศมี 1 ทำการ dilation และทำการเติม โดยใช้ฟังก์ชัน imfill ในการเติมส่วนที่ขาดให้สมบูรณ์ขึ้น ซึ่งจะได้ภาพเอาต์พุตดังรูปที่ 4.39

รูปที่ 4.39 ภาพจากการปรับปรุงภาพเอาต์พุตลายยีราฟโดยการ dilation และ imfill



(a)



(b)

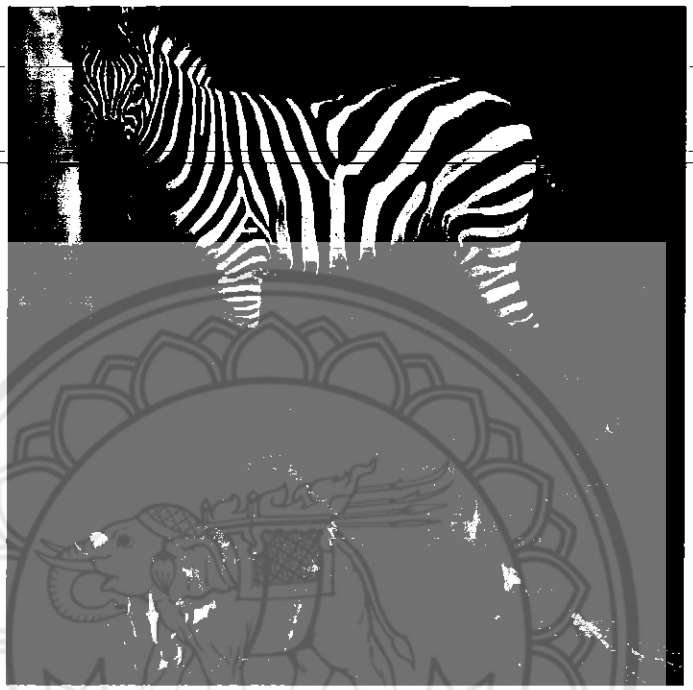
รูปที่ 4.40 แสดงภาพเปรียบเทียบเอาต์พุตของลายยีราฟ

(a) ใช้เทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล

(b) ใช้เทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล

จากรูปที่ 4.40 แสดงภาพที่ได้จากการคอนโวลูชันระหว่างภาพของยีราฟ และเทมเพลตขนาด 5x5 และ 11x11 ตามลำดับ พบว่าการคอนโวลูชันด้วยเทมเพลตที่มีขนาดเล็ก จะมีความละเอียดมากกว่าการคอนโวลูชันด้วยเทมเพลตที่มีขนาดใหญ่ และจะตรวจสอบลายได้มากกว่า

4.2 ผลการทดลองสำหรับแยกลายภาพแบบมากกว่าหนึ่งลาย

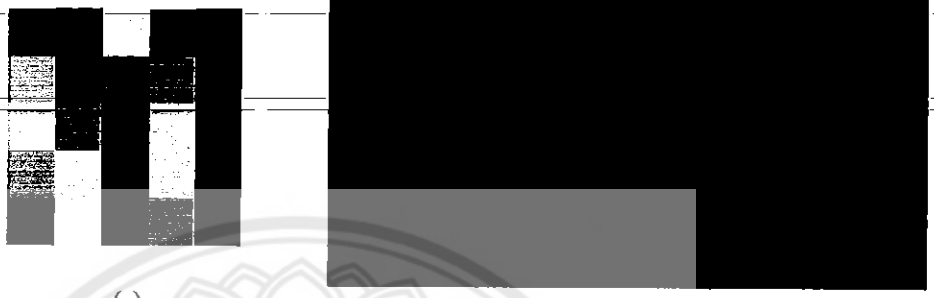


รูปที่ 4.41 ภาพสีต้นฉบับภาพม้าลายกับแมวดาวขนาด 400x400 พิกเซลการจัดเก็บเป็นแบบ .jpg

จากรูปที่ 4.41 แสดงภาพม้าลายกับแมวดาวขนาด 400x400 พิกเซล ซึ่งการทำงานต้องทำการแยกส่วนประกอบของภาพออกเป็น 2 ส่วน คือ รูปที่ 4.42 แสดงส่วนที่แยกออกมาจากภาพต้นฉบับ คือ ส่วนของภาพม้าลาย และ รูปที่ 4.43 แสดงส่วนที่แยกออกมาจากภาพต้นฉบับ คือ ส่วนของภาพแมวลายดาว ซึ่งจะอาศัยหลักการของสีเข้ามาช่วยในการแบ่งส่วน

รูปที่ 4.42 ภาพสีที่ได้จากการแบ่งกลุ่ม กลุ่มที่ 1

รูปที่ 4.43 ภาพสีที่ได้จากการแบ่งกลุ่ม กลุ่มที่ 2



(a) (b)

รูปที่ 4.44 (a) เทมเพลตของลายม้าลาย ขนาด 5x5 พิกเซล

(b) ผลการแยกลายม้าลายจากภาพในกลุ่มที่ 1 โดยการใช้เทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล โดยพิจารณาช่วง cross correlation coefficient ในช่วงที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่วง 0.7 – 0.8 มาเป็นเอาต์พุต

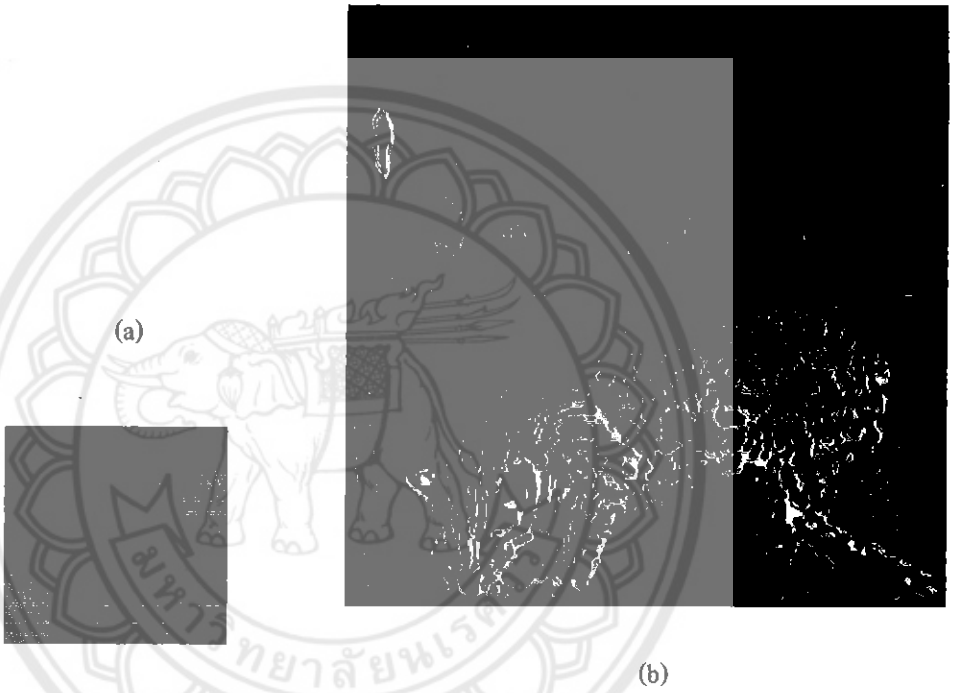
(b)

รูปที่ 4.45 (a) เทมเพลตของลายม้าลาย ขนาด 11x11 พิกเซล

(b) ผลการแยกลายม้าลายจากภาพในกลุ่มที่ 1 โดยการใช้เทมเพลต ขนาด 11x11พิกเซล โดยพิจารณาช่วง cross correlation coefficient ในช่วงที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่วง 0.7 – 0.8 มาเป็นเอาต์พุต

จากรูปที่ 4.44 เป็นการคอนโวลูชันกันระหว่างภาพที่ได้จากการแบ่งกลุ่มข้อมูล ดังรูปที่ 4.42 (รูปม้าลาย) และเทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล รูปที่ 4.44 (a) ทำการเลือกค่า cross correlation coefficient ที่อยู่ในช่วง 0.7 – 0.8 แล้วทำการ Thresholding จากนั้นทำการคืนค่าสีให้กับภาพ และแสดงผล ดังรูปที่ 4.44 (b) ซึ่งส่วนที่ต้องการส่วนใหญ่จะเป็นลายในส่วนลำตัวของม้าลาย

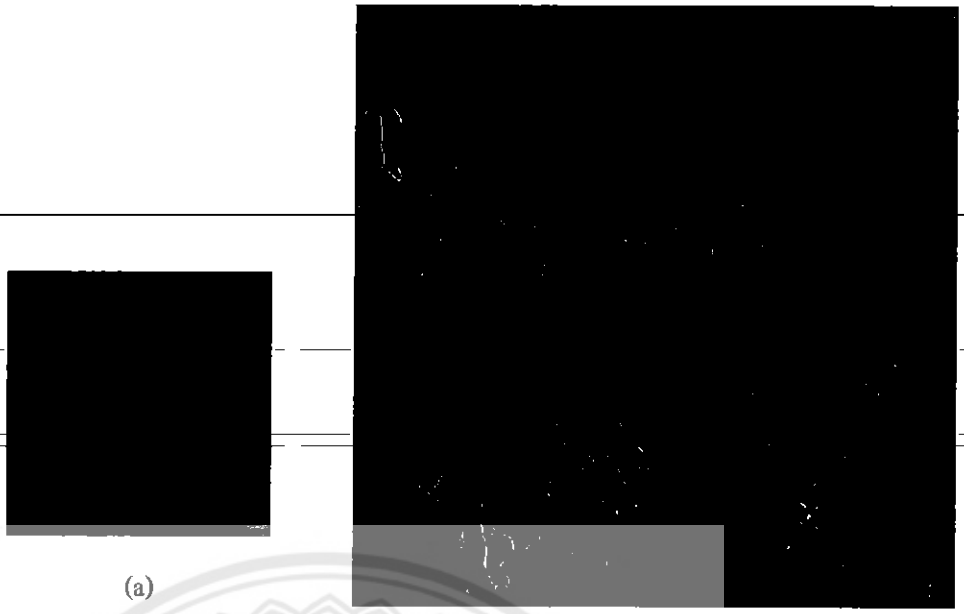
สำหรับรูปที่ 4.45 เป็นการคอนโวลูชันกันระหว่างภาพที่ได้จากการแบ่งกลุ่มข้อมูล ดังรูปที่ 4.42 (รูปม้าลาย) และเทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล รูปที่ 4.45 (a) ทำการเลือกค่า cross correlation coefficient ที่อยู่ในช่วง 0.7 – 0.8 แล้วทำการ Thresholding จากนั้นทำการคืนค่าสีให้กับภาพ และแสดงผล ดังรูปที่ 4.44 (b) ซึ่งส่วนที่ต้องการส่วนใหญ่จะเป็นลายในส่วนลำตัวของม้าลาย



รูปที่ 4.46 (a) เทมเพลตของลายแมวดาว ขนาด 5x5 พิกเซล

(b) ผลการแยกลายแมวดาวจากภาพในกลุ่มที่2 โดยการใช้เทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล โดยพิจารณาช่วง cross correlation coefficient ในช่วงที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่วง 0.7 – 0.8 มาเป็นเอาต์พุต

จากรูปที่ 4.46 เป็นการคอนโวลูชันกันระหว่างภาพที่ได้จากการแบ่งกลุ่มข้อมูล ดังรูปที่ 4.43 (รูปแมวดาว) และเทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล รูปที่ 4.46 (a) ทำการเลือกค่า cross correlation coefficient ที่อยู่ในช่วง 0.7 – 0.8 แล้วทำการ Thresholding จากนั้นทำการคืนค่าสีให้กับภาพ และแสดงผล ดังรูปที่ 4.46 (b) ซึ่งส่วนที่ต้องการส่วนใหญ่จะเป็นลายในส่วนลำตัวของแมวดาว

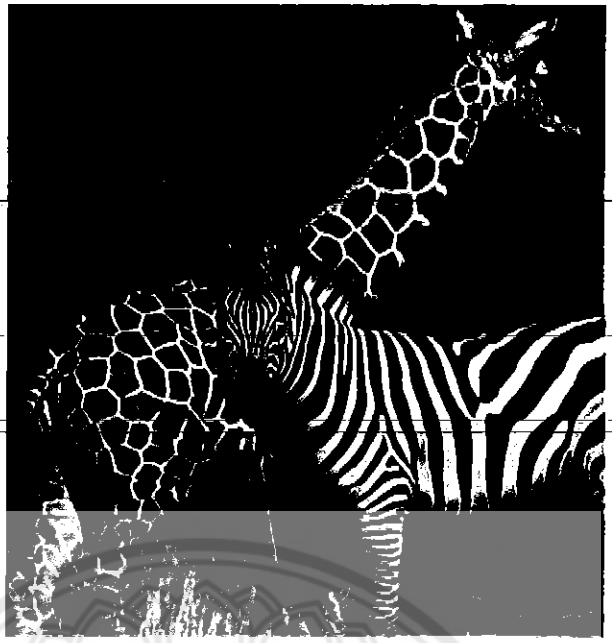


(a) (b)

รูปที่ 4.47 (a) เทมเพลตของลายแมวดาว ขนาด 11x11 พิกเซล

(b) ผลการแยกลายแมวดาวจากภาพในกลุ่มที่2 โดยการใช้เทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล โดยพิจารณาช่วง cross correlation coefficient ในช่วงที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่วง 0.7 – 0.8 มาเป็นเอาต์พุต

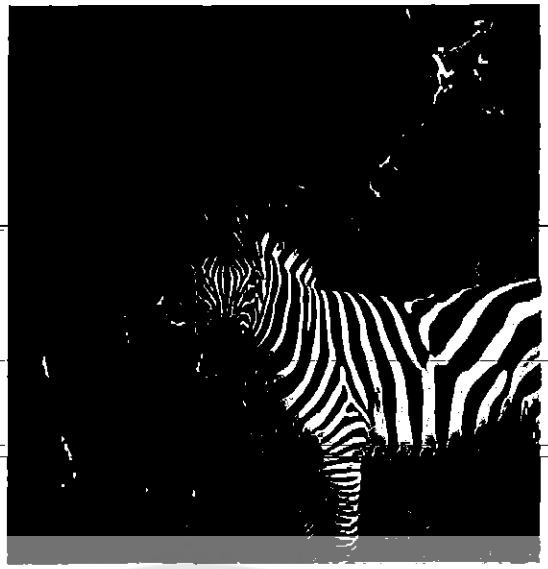
สำหรับรูปที่ 4.47 เป็นการคอนโวลูชันกันระหว่างภาพที่ได้จากการแบ่งกลุ่มข้อมูล ดังรูปที่ 4.43 (รูปแมวดาว) และเทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล รูปที่ 4.47 (a) ทำการเลือกค่า cross correlation coefficient ที่อยู่ในช่วง 0.7 – 0.8 แล้วทำการ Thresholding จากนั้นทำการคืนค่าสีให้กับภาพ และแสดงผล ดังรูปที่ 4.47 (b) ซึ่งส่วนที่ต้องการส่วนใหญ่จะเป็นลายในส่วนลำตัวของแมวดาว



รูปที่ 4.48 ภาพสีต้นฉบับภาพม้าลายกับยีราฟขนาด 354x373 พิกเซล การจัดเก็บเป็นแบบ .jpg

จากรูปที่ 4.48 แสดงภาพม้าลายกับยีราฟขนาด 354x373 พิกเซล ซึ่งการทำงานต้องทำการแยกส่วนประกอบของภาพออกเป็น 2 ส่วน คือ รูปที่ 4.49 แสดงส่วนที่แยกออกมาจากภาพต้นฉบับ คือ ส่วนของภาพยีราฟ และ รูปที่ 4.50 แสดงส่วนที่แยกออกมาจากภาพต้นฉบับ คือ ส่วนของภาพม้าลาย ซึ่งจะอาศัยหลักการของสีเข้ามาช่วยในการแบ่งส่วน

รูปที่ 4.49 ภาพสีที่ได้จากการแบ่งกลุ่ม กลุ่มที่ 1



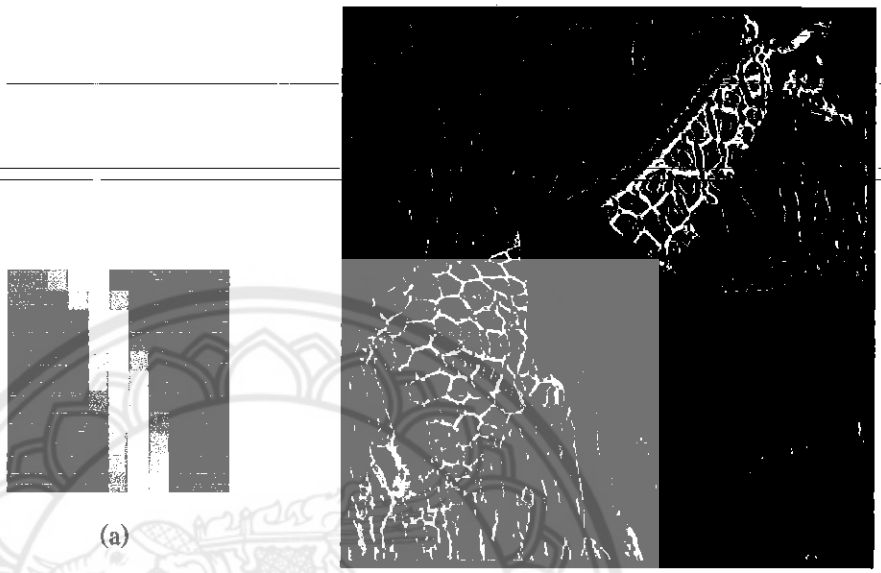
รูปที่ 4.50 ภาพสีที่ได้จากการแบ่งกลุ่ม กลุ่มที่ 2

(a)

(b)

รูปที่ 4.51 (a) เทมเพลตของลายยีราฟ ขนาด 5x5 พิกเซล
(b) ผลการแยกลายยีราฟจากภาพในกลุ่มที่ 1 โดยการใช้เทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล โดยพิจารณาช่วง cross correlation coefficient ในช่วงที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่วง 0.7 – 0.9 มาเป็นเอาต์พุต

จากรูปที่ 4.51 เป็นการคอนโวลูชันกันระหว่างภาพที่ได้จากการแบ่งกลุ่มข้อมูล ดังรูปที่ 4.49 (รูปยีราฟ) และเทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล รูปที่ 4.51 (a) ทำการเลือกค่า cross correlation coefficient ที่อยู่ในช่วง 0.7 – 0.9 แล้วทำการ Thresholding จากนั้นทำการคืนค่าสีให้กับภาพ และแสดงผล ดังรูปที่ 4.51 (b) ซึ่งส่วนที่ต้องการส่วนใหญ่จะเป็นลายในส่วนลำตัวของยีราฟ

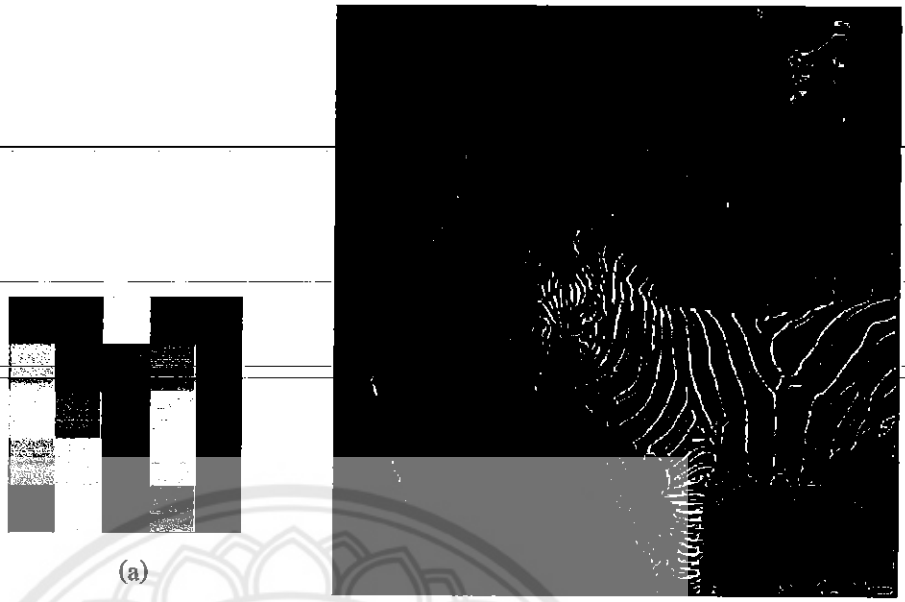


(a) (b)

รูปที่ 4.52 (a) เทมเพลตของลายยีราฟ ขนาด 11x11 พิกเซล

(b) ผลการแยกลายยีราฟจากภาพในกลุ่มที่ 1โดยการใช้เทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล โดยพิจารณาช่วง cross correlation coefficient ในช่วงที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่วง 0.7 – 0.9 มาเป็นเอาต์พุต

จากรูปที่ 4.52 เป็นการคอนโวลูชันกันระหว่างภาพที่ได้จากการแบ่งกลุ่มข้อมูล ดังรูปที่ 4.49 (รูปยีราฟ) และเทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล รูปที่ 4.52 (a) ทำการเลือกค่า cross correlation coefficient ที่อยู่ในช่วง 0.7 – 0.9 แล้วทำการ Thresholding จากนั้นทำการคืนค่าสีให้กับภาพ และแสดงผล ดังรูปที่ 4.52 (b) ซึ่งส่วนที่ต้องการส่วนใหญ่จะเป็นลายในส่วนลำตัวของยีราฟ



(a) (b)

รูปที่ 4.53 (a) เทมเพลตของลายม้าลาย ขนาด 5x5 พิกเซล

(b) ผลการแยกลายม้าลายจากภาพในกลุ่มที่2 โดยการใช้เทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล โดยพิจารณาช่วง cross correlation coefficient ในช่วงที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่วง 0.7 – 0.8 มาเป็นเอาต์พุต

จากรูปที่ 4.53 เป็นการคอนโวลูชันกันระหว่างภาพที่ได้จากการแบ่งกลุ่มข้อมูล ดังรูปที่ 4.50 (รูปม้าลาย) และเทมเพลต ขนาด 5x5 พิกเซล รูปที่ 4.53 (a) ทำการเลือกค่า cross correlation coefficient ที่อยู่ในช่วง 0.7 – 0.8 แล้วทำการ Thresholding จากนั้นทำการคืนค่าสีให้กับภาพ และแสดงผล ดังรูปที่ 4.53 (b) ซึ่งส่วนที่ต้องการส่วนใหญ่จะเป็นลายในส่วนลำตัวของม้าลาย

(a) (b)

รูปที่ 4.54 (a) เทมเพลตของลายม้าลาย ขนาด 11x11 พิกเซล

(b) ผลการแยกลายม้าลายจากภาพในกลุ่มที่2 โดยการใช้เทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล โดยพิจารณาช่วง cross correlation coefficient ในช่วงที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่วง 0.7 – 0.8 มาเป็นเอาต์พุต

จากรูปที่ 4.54 เป็นการคอนโวลูชันกันระหว่างภาพที่ได้จากการแบ่งกลุ่มข้อมูล ดังรูปที่ 4.50 (รูปม้าลาย) และเทมเพลต ขนาด 11x11 พิกเซล รูปที่ 4.53 (a) ทำการเลือกค่า cross correlation coefficient ที่อยู่ในช่วง 0.7 – 0.8 แล้วทำการ Thresholding จากนั้นทำการคืนค่าสีให้กับภาพ และแสดงผล ดังรูปที่ 4.54 (b) ซึ่งส่วนที่ต้องการส่วนใหญ่จะเป็นลายในส่วนลำตัวของม้าลาย

4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.3.1สำหรับแยกลายภาพแบบลายเดียว

1. เมื่อทำการคอนโวลูชัน ค่า cross correlation coefficient ที่ได้จะมีค่าเข้าใกล้ 1 และมีค่าอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกันมาก จึงใช้ค่าเฉลี่ยเข้ามาช่วยในการพิจารณา และผลการทดลองพบว่าผลการทดลองแยกลายจากรูปแมวดาว รูปม้าลาย รูปเสือ และรูปยีราฟ ช่วงลายภาพที่น่าพอใจมากที่สุดมีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.7 ถึง ค่าเฉลี่ยของค่า cross correlation coefficient

2. การใช้เทมเพลตขนาดเล็ก ในการแยกลายจากรูปแมวดาว รูปม้าลาย และรูปยีราฟ ผลลัพธ์ที่ได้จะมีความละเอียด โดยเฉพาะในส่วนของลวดลายค่อนข้างสมบูรณ์ แต่ลายที่ได้ไม่ค่อยเชื่อมต่อกัน และมี noise ส่วนเกินขนาดเล็กติดออกมากับเอาต์พุตด้วย เนื่องจากการคอนโวลูชันของ

เทมเพลตขนาดเล็กกับภาพส่วนอื่นๆที่ไม่ใช่ลวดลายที่เราต้องการ แต่พิกเซลเหล่านั้นมีคุณสมบัติของค่า R G B ใกล้เคียงกับลายของเทมเพลตมาก

3. การใช้เทมเพลตขนาดใหญ่ ในการแยกลายจากรูปแมวดาว รูปม้าลาย รูปเสือ และรูปยีราฟ (เนื่องจากรูปเสือมีลายขนาดใหญ่จึงต้องใช้เทมเพลตขนาดใหญ่จึงจะครอบคลุมลายที่ต้องการ) ผลลัพธ์ที่ได้ คือสามารถแยกลายที่มีลักษณะเป็นลายขนาดใหญ่ ที่ไม่ต้องการละเอียดมากนักได้ดี แต่บางส่วนของ background ที่มีค่า cross correlation coefficient อยู่ในช่วงที่ต้องการติดออกมาด้วย เนื่องจากใช้เทมเพลตขนาดใหญ่ ซึ่งจะครอบคลุมพื้นที่กว้างกว่าเทมเพลต ขนาดเล็ก และลายมีส่วนเชื่อมติดกันมากกว่าเทมเพลตขนาดเล็ก

4.3.2 สำหรับแยกลายภาพแบบมากกว่าหนึ่งลาย

• เมื่อมีลายมากกว่าหนึ่งลายที่จะต้องทำการแยกออกจากกัน เมื่อใช้การจัดกลุ่มสีเข้ามาช่วย สามารถอำนวยความสะดวกต่อการทำกระบวนการคอนโวลูชัน ต่อได้อย่างมาก แต่ในขณะเดียวกัน ภาพที่ถูกแยกสีอาจมีบางส่วนที่ขาดหายไป หรือถูกจัดกลุ่มไว้กับกลุ่มอื่น เช่น ภาพแมวดาว จะเป็นกลุ่มสีน้ำตาล เหลือง และดำ ดังนั้น วัตถุใดก็ตามในภาพที่มีสีใกล้เคียงกับสีกลุ่มนี้จะต้องจัดไว้ในกลุ่มของแมวดาว ตัวอย่างเช่น รูปที่ 4.37 เป็นการจัดกลุ่มโทนสีขาวและดำ ดังนั้นบางพิกเซลของรูปแมวดาวที่เป็นช่วงสีขาวและดำ ต้องถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับรูปม้าลาย

• เมื่อทำการคอนโวลูชัน ค่า cross correlation coefficient ที่ได้จะมีค่าเข้าใกล้ 1 และมีค่าอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกันมาก จึงใช้ค่าเฉลี่ยเข้ามาช่วยในการพิจารณา และผลการทดลองพบว่าช่วงที่ลายภาพออกมาน่าพอใจมากที่สุดค่าช่วงตั้งแต่ 0.7 ถึง 0.8 หรือ ช่วงตั้งแต่ 0.7 ถึง 0.9 ซึ่งเป็นค่าเฉพาะของแต่ละรูป แต่เราสามารถพิจารณาช่วงจากการแยกลายภาพแบบลายเดียว มาใช้ในการพิจารณา cross correlation coefficient ของ การแยกภาพมากกว่าหนึ่งลายได้

• ขนาดของเทมเพลต มีผลต่อผลลัพธ์ที่ได้เหมือนกับการแยกลายภาพแบบลายเดียว โดยที่เทมเพลตขนาดเล็ก สามารถแยกลายได้อย่างละเอียด แต่ก็มี noise ขนาดเล็กติดมามากด้วยเช่นกัน เทมเพลตขนาดใหญ่ สามารถแยกลายได้ไม่ละเอียดเท่าเทมเพลตขนาดเล็ก แต่มีข้อดือได้ลายที่เป็นขนาดใหญ่ และลายมีส่วนเชื่อมติดกันมากกว่าเทมเพลตขนาดเล็ก

4.3.3 การปรับปรุงภาพเอาต์พุตที่ได้จากการแยกลาย

การใช้ Dilation, Erosion, Opening, Closing หรือ imfill สำหรับปรับปรุงภาพเอาต์พุตจากกระบวนการ texture detection ซึ่งเอาต์พุตบางภาพมีเฉพาะลวดลาย บางภาพได้ลวดลายไม่เชื่อมต่อกัน เพื่อการแสดงผลที่ดีขึ้นจึงมีการปรับปรุงเอาต์พุต โดยการใช้ Dilation ทำให้พิกเซลเชื่อมต่อกันมากขึ้นและ imfill ช่วยเติมช่วงที่เป็นช่องว่างระหว่างลวดลายให้เต็มและได้ลายที่สมบูรณ์มากขึ้น ในขณะที่ใช้การ Erosion เพื่อลด noise ได้

บทที่ 5
สรุปผล

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผลของการใช้เทมเพลตขนาดต่างๆ ในการคอนโวลูชัน เพื่อแยกลายภาพของสัตว์

• **เทมเพลตขนาดเล็ก** เช่น ขนาด 3x3 หรือ 5x5 พิกเซล จะทำให้ลายที่ได้มีความละเอียดและค่อนข้างเป็นลวดลายที่สมบูรณ์ แต่บางส่วนที่เป็นพื้นที่ระหว่างลายอาจขาดหายไป ไม่เชื่อมต่อกันมากนัก

• เทมเพลตขนาดใหญ่ เช่น ขนาด 11x11 หรือ 17x17 พิกเซล จะทำให้ลายที่ได้มีความหนาและได้พื้นที่ของลายมากกว่าใช้เทมเพลตขนาดเล็ก แต่จะไม่ละเอียดเท่าการใช้เทมเพลตขนาดเล็ก

• **Correlation coefficient** ที่ทำให้ได้ลายภาพที่ดีที่สุดในการแสดงผลตามทฤษฎีสหสัมพันธ์คือช่วง 0.7 -0.9

- ลายภาพแบบลายเดียว ค่าที่ทำการทดลองคือช่วง Correlation coefficient ในช่วง 0.7 - ค่าเฉลี่ยของ Correlation coefficient ของแต่ละภาพ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงดังกล่าว

- ภาพแบบมีลายมากกว่าหนึ่ง ภาพที่ถูกแยกมาทำกระบวนการ texture detection จะไม่สามารถใช้ค่าเฉลี่ยได้เนื่องจากเกิดการ thresholds มาแล้วครั้งหนึ่ง ดังนั้นค่าช่วงที่ได้เกิดจากการเลือกช่วงโดยอ้างอิงจากค่าเฉลี่ยของ Correlation coefficient ในลายภาพแบบลายเดียว

5.1.2 ผลของการปรับปรุงภาพเพื่อการแสดงผลการแยกลาย

โดยการใช้ Dilation ทำให้พิกเซลเชื่อมต่อกันมากขึ้น ทำให้ส่วนที่ขาดมีความต่อเนื่องกันมากขึ้น และ imfill ช่วยเติมช่วงที่เป็นช่องว่างระหว่างลวดลายให้เต็มและได้ลายที่สมบูรณ์มากขึ้น ในขณะที่ใช้การ Erosion เพื่อลด noise ได้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 ความยากในการเลือกพิกเซลมาสร้างเทมเพลต ควรเลือกให้มีขนาดครอบคลุมลวดลายที่ต้องการ

5.2.2 ค่า Correlation coefficient ที่แสดงถึงค่าความสัมพันธ์ของเทมเพลตกับภาพต้นฉบับ คือค่าที่เข้าใกล้ 1 ตามทฤษฎีสหสัมพันธ์ แต่ค่าที่ได้จากการคำนวนมีค่าใกล้เคียงกันมากจึงต้องใช้ค่าเฉลี่ยเข้ามาช่วยในการกำหนดช่วงของเอาต์พุต ในส่วนที่ต้องแยกสัตว์ที่มีหลายตัวในภาพเดียวกันซึ่งลวดลายในธรรมชาตินั้นมักจะมีลายหรือสีใกล้เคียงกัน จึงต้องใช้ color processing เข้า

มาช่วยแต่ช่วงค่า Correlation coefficient นั้นจะต้องทดลองหลายๆ ช่วงซึ่งไม่สามารถนำค่าเฉลี่ย Correlation coefficient ของภาพที่ถูกแยกกลุ่มสีมาใช้ได้ทันทีเนื่องจากการแยกกลุ่มสีนั้นถูก threshold มาแล้วครั้งหนึ่ง ทำให้ค่าเฉลี่ยถูกดึงลงด้วยค่าศูนย์ จึงต้องอาศัยการทดลองกำหนดหลายๆ ช่วงเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การเลือกพิกเซลของเทมเพลต ควรเลือกให้มีขนาดครอบคลุมลวดลายที่ต้องการ และควรมีคุณสมบัติทั้งสีและขนาด ใกล้เคียงกับลายของสัตว์แต่ละชนิด

5.3.2 ภาพอินพุตที่นำมาทำการทดลองเป็นภาพที่ไม่มี noise อาจจะมีเพิ่มการกำจัด noise หรือกระบวนการอื่นๆ ในกระบวนการ preprocessing เพื่อช่วยปรับปรุงภาพให้ง่ายต่อการแยกลายมากขึ้น

5.3.2 ผลการแยกลายภาพจากลายสัตว์นี้เป็นผลในระดับหนึ่ง ส่วนที่ถูกแยกผ่านโปรแกรมจึงได้เฉพาะส่วนที่เป็นลวดลายอาจไม่สมบูรณ์เป็นภาพสัตว์ทั้งตัว จึงควรที่จะพัฒนาการปรับปรุงภาพหรือ ส่วนของโปรแกมเพื่อให้ได้ผลที่สมบูรณ์ต่อไป

บรรณานุกรม

[1] Asst. Prof. Dr. Montri Karnjanadecha . "Spatial operations and transformations." [Online]. Available. http://fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/Teaching/image/image.htm.2003.

[2] Panomkhawn Riyamongkol, Weizhao Zhao, Yitao Liu, Ludimila Belayev, Raul, Myron D. Ginsberg . "Automated registration of laser Doppler perfusion images by an adaptive correlation approach: application to focal cerebral ischemia in the rat." [online]. www.elsevier.com/locate/jneumeth. 2002.

[3] Kardi Teknomo. "K-Mean Clustering Tutorials." [Online]. Available. http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/kMean/index.html.2006.

[4] Branislav Micusik, Allan Hanbury. "Supervised texture detection in images." Aust Vienna University of Technology. 2005.

ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ นางสาวกนกวรรณ ชำนาญจุ้ย

ภูมิลำเนา 560 หมู่ 2 ต.หาดเสี้ยว อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย

ประวัติการศึกษา

- จบมัธยมศึกษาจากโรงเรียนอุตรดิตถ์ดรุณี จังหวัดอุตรดิตถ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **Kanokwan.ch@gmail.com**

ชื่อ นางสาววาสนา วงศ์ษา

ภูมิลำเนา 51 หมู่ 5 ถนนสระบุรี-หล่มสัก ต.บุ่งคล้า อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์

ประวัติการศึกษา

- จบมัธยมศึกษาจากโรงเรียนวิทยานุกูลนารี จังหวัดเพชรบูรณ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **jj_yaten@hotmail.com**