# การตรวจสอบอักษรโดยใช้วิธีนับความถี่

## Optical Character Recognition (OCR) Using Frequency Counting

นายขจรภพ วงศ์ภาคำ รหัส 46361861

นางสาวพฤฒิรัตน์ กุลธรพุฒิพงศ์ รหัส 46362000

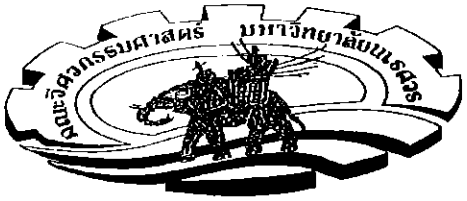
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 25 พ.ค. 2553
เลขทะเบียน 150812.50
เลขเรียกหนังสือ ว.ป. ว135ก 2549
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2549




# ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

| | | | |
|---|---|---|---|
| **หัวข้อโครงงาน** | การตรวจสอบอักษรโดยใช้วิธีนับความถี่ | | |
| **ผู้ดำเนินโครงงาน** | นายขจรภพ | วงศ์ภาคำ | รหัส 46361861 |
| | นางสาวพฤฒิรัตน์ | กุลธรพุฒิพงศ์ | รหัส 46362000 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | ดร. สุรเดช จิตประไพกุลศาล | | |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ | | |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ | | |
| **ปีการศึกษา** | 2549 | | |

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ

(ดร. สุรเดช จิตประไพกุลศาล)

.....กรรมการ

**(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ แย้มเม่น)**

.....กรรมการ

**(ดร. พนมขวัญ ริยะมงคล)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **หัวข้อโครงงาน** | การตรวจสอบอักษรโดยใช้วิธีนับความถี่ | | |
| **ผู้ดำเนินโครงงาน** | นายขจรภพ | วงศ์ภาคำ | รหัส 46361861 |
| | นางสาวพฤฒิรัตน์ | กุลธรพุฒิพงศ์ | รหัส 46362000 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | ดร.สุรเดช | จิตประไพกุลศาล | |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ | | |
| **ภาควิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ | | |
| **ปีการศึกษา** | 2549 | | |

## บทคัดย่อ

โครงงานนี้ศึกษาและพัฒนาโปรแกรมสำหรับรู้จำตัวอักษร (Optical Character Recognition หรือ OCR) โดยจะรู้จักตัวอักษรไทยหรืออังกฤษจากรูปภาพของตัวอักษร โครงงานของเรานี้ใช้หลักการ 3 ข้อ คือหาความสูงของตัวอักษร, หาตำแหน่งหัวของตัวอักษร และ คำนวนหาผลรวม Pixelตามแนวต่างๆ ในการวิเคราะห์ตัวอักษรจะใช้วิธีการนับความถี่ของพิกเซล ซึ่งตัวอักษรที่นำมาใช้วิเคราะห์จะเป็นตัวอักษรพยัญชนะภาษาไทยและตัวอักษรภาษาอังกฤษทั้งพิมพ์เล็กและพิมพ์ใหญ่

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Project Title** | Optical Character Recognition (OCR) Using Frequency Counting | | |
| **Name** | Mr.Kachornpop | Wongpakam | ID. 46361861 |
| | Miss.Phuttirat | Kunthornphuttiphong | ID. 46362000 |
| **Project Advisor** | Dr.Suradet | Jitprapaikulsarn | |
| **Major** | Computer Engineering. | | |
| **Department** | Electrical and Computer Engineering. | | |
| **Academic Year** | 2006 | | |


## Abstract

This project develops an optical recognition program that can detect English or Thai characters from an image. Our program use height, position of head and counting pixel of character to analyze the picture and recognize the character. Based on our experiments.

# กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์สำเร็จได้ด้วยดี ก็เนื่องจากความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สุรเดช จิตประไพกุลศาล ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำวิธีการในการทำงานตลอดถึงการตรวจสอบการทำงานพร้อมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขตลอดระยะเวลาการทำโครงงาน สุดท้ายต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านและเพื่อนๆ ทุกคนที่ยังไม่ได้เอ่ยนามที่คอยสนับสนุนในการทำโครงงานครั้งนี้

# สารบัญ

หน้า

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

บทที่ 1 บทนำ
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน ..... 1
1.2 วัตถุประสงค์โครงงาน ..... 1
1.3 ขอบเขตการทำงาน ..... 2
1.4 ขั้นตอนของการดำเนินงานโครงงาน ..... 2
1.5 แผนการดำเนินงาน ..... 3
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ ..... 3
1.7 รายละเอียดงบประมาณของโครงงาน ..... 4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี
2.1 Image Processing ..... 5
2.1.1 การแปลงภาพให้เป็นภาพเชิงดิจิตอล ..... 5
2.1.2 MatLab Image Processing ..... 9
2.2 การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงร่างของภาพ ..... 13
2.2.1 การขยายภาพ (Dilation) ..... 13
2.2.2 การย่อภาพ (Erosion) ..... 15

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน
3.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม ..... 18
3.1.1 ลักษณะขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม ..... 19
3.1.2 วิธีการสร้างฐานข้อมูล ..... 19

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.3 ขั้นตอนการหาความสูงของตัวอักษร .....19
3.1.4 ขั้นตอนการหาตำแหน่งของหัวของตัวอักษร .....20
3.1.5 ขั้นตอนการหาผลรวมของ Pixel .....22
3.2 วิธีการคำนวณ .....24
3.2.1 Flow Chart: การทำงานของโปรแกรม .....25
3.2.2 Flow Chart: การหาความสูงของตัวอักษร .....26
3.2.3 Flow Chart: การหาตำแหน่งหัวของอักษร .....27
3.2.4 Flow Chart: การหาผลรวมของ Pixel .....28

บทที่ 4 ผลการทดลอง
4.1 การแยกลักษณะจำเพาะของตัวอักษร .....29
4.1.1 กลุ่มของตัวอักษรที่มีความสูงของด้านบนและล่าง .....29
4.1.2 กลุ่มของตัวอักษรที่มีตำแหน่งของหัวตัวอักษรตามพื้นที่ต่างๆ .....30
4.2 การหาคำตอบ .....31
4.3 ผลการทดลอง .....32
4.3.1 สรุปผลการทดลอง .....32
4.3.2 รูปภาพที่ใช้ในการทดลอง .....35

บทที่ 5 สรุปผล
5.1 สรุปผลการทดลอง .....90
5.1.1 ผลของการวิเคราะห์ภาพเป็นตัวอักษร .....90
5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง .....92
5.3 ปัญหาและอุปสรรค .....92
5.4 ข้อเสนอแนะ .....92
5.5 สรุป .....92

เอกสารอ้างอิง .....94
ประวัติผู้เขียนโครงงาน .....95

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

4.1 ตัวอย่างกลุ่มของตัวอักษรที่มีความสูงของด้านบนและล่าง (ภาษาไทย) ..... 29

4.2 ตัวอย่างกลุ่มของตัวอักษรที่มีความสูงของด้านบนและล่าง (ภาษาอังกฤษ)..... 29

4.3 กลุ่มของตัวอักษรที่มีตำแหน่งของหัวตัวอักษรตามพื้นที่ต่างๆ (ภาษาไทย)..... 30

4.4 กลุ่มของตัวอักษรที่มีตำแหน่งของหัวตัวอักษรตามพื้นที่ต่างๆ (ภาษาอังกฤษ) ..... 30

4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ภาพเป็นตัวอักษร (ภาษาไทย).....32

4.6 แสดงผลการวิเคราะห์ภาพเป็นตัวอักษร (ภาษาอังกฤษ).....33

4.7 แสดงผลการทดลองของรูปที่ใช้ทดสอบ (ภาษาอังกฤษ) ..... 35

4.8 แสดงผลการทดลองของรูปที่ใช้ทดสอบ (ภาษาไทย) ..... 47

4.9 แสดงผลการทดลองของรูปที่ใช้เป็นฐานข้อมูล (ภาษาอังกฤษ) ..... 55

4.10 แสดงผลการทดลองของรูปที่ใช้เป็นฐานข้อมูล (ภาษาไทย) ..... 72

5.1 ตัวอักษรที่นำมาสร้างเป็นฐานข้อมูล (ภาษาไทย).....90

5.2 ตัวอักษรที่นำมาสร้างเป็นฐานข้อมูล (ภาษาอังกฤษ).....91

# สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ตัวอย่างกลุ่มของตัวอักษรที่มีความสูงของด้านบนและล่าง (ภาษาไทย) ..... 29

4.2 ตัวอย่างกลุ่มของตัวอักษรที่มีความสูงของด้านบนและล่าง (ภาษาอังกฤษ)..... 29

4.3 กลุ่มของตัวอักษรที่มีตำแหน่งของหัวตัวอักษรตามพื้นที่ต่างๆ (ภาษาไทย)..... 30

4.4 กลุ่มของตัวอักษรที่มีตำแหน่งของหัวตัวอักษรตามพื้นที่ต่างๆ (ภาษาอังกฤษ) ..... 30

4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ภาพเป็นตัวอักษร (ภาษาไทย).....32

4.6 แสดงผลการวิเคราะห์ภาพเป็นตัวอักษร (ภาษาอังกฤษ).....33

4.7 แสดงผลการทดลองของรูปที่ใช้ทดสอบ (ภาษาอังกฤษ) ..... 35

4.8 แสดงผลการทดลองของรูปที่ใช้ทดสอบ (ภาษาไทย) ..... 47

4.9 แสดงผลการทดลองของรูปที่ใช้เป็นฐานข้อมูล (ภาษาอังกฤษ) ..... 55

4.10 แสดงผลการทดลองของรูปที่ใช้เป็นฐานข้อมูล (ภาษาไทย) ..... 72

5.1 ตัวอักษรที่นำมาสร้างเป็นฐานข้อมูล (ภาษาไทย).....90

5.2 ตัวอักษรที่นำมาสร้างเป็นฐานข้อมูล (ภาษาอังกฤษ).....91

# สารบัญรูป

หน้า

รูปที่
2.1 ภาพจากการบันทึกภาพ ..... 6
2.2 ภาพจากการสุ่มเลือกจุดตำแหน่ง ..... 6
2.3 คุณภาพของภาพ ..... 7
2.4 ภาพจากการประมาณค่าความเข้มของแสง ..... 7
2.5 แต่ละจุดภาพจะถูกแทนที่ด้วยตัวเลขที่บอกถึงค่าสี ..... 8
2.6 ระดับความเข้มของสีที่เรากำหนดให้กับภาพ ..... 9
2.7 การอ้างถึงตำแหน่งของจุดภาพที่อยู่ในรูปภาพ ..... 10
2.8 รูปประกอบการบวกและลบภาพ ..... 10
2.9 ผลลัพธ์จากการนำมาบวกกัน ..... 12
2.10 ผลลัพธ์จากการนำมาลบกัน ..... 13
2.11 ข้อดีของการบวกภาพ ..... 13
2.12 การขยายภาพสำหรับข้อมูลภาพที่เป็นแบบไบนารีโดยการใช้เทคนิคการ Hit และ Miss ..... 14
2.13 ข้อมูลแถวแรกของภาพ ..... 14
2.14 ทำการยูเนียนกับ Template ณ ตำแหน่งข้อมูลภาพที่พิกเซลเท่ากับ 1 ในแถวแรก ..... 14
2.15 ยูเนียนกับ Template เข้ากับพิกเซลที่มีค่าเท่ากับ 1 ณ ตำแหน่งพิกเซลที่สองในแถวแรก ..... 14
2.16 เมื่อทำการยูเนียนทั้งภาพ ..... 15
2.17 การย่อภาพ ..... 15
2.18 มีเพียง 3 ตำแหน่งเท่านั้นที่มีค่าเหมือนกับ Template ..... 16
2.19 ถ้ามีการเปลี่ยน Template เป็น 1 ทั้งหมด ..... 16
3.1 การเปรียบเทียบกับตัวอักษรในฐานข้อมูล ..... 18
3.2 ขั้นตอนความสูงของตัวอักษร ..... 20
3.3 รูปต้นแบบและรูปที่ผ่านการ Imfill ..... 20
3.4 ส่วนที่แตกต่างคือหัวของรูปภาพ ..... 21
3.5 ตำแหน่งของหัว ..... 21
3.6 การหาผลรวมตามบนลงล่าง ..... 22
3.7 การหาผลรวมตามด้านทแยงมุม จากมุมซ้ายบน ไป มุมขวาล่าง ..... 22
3.8 การหาผลรวมตามซ้ายไปขวา ..... 23

# สารบัญรูป (ต่อ)


รูปที่ หน้า

3.9 การหาผลรวมด้านทแยงมุม จากมุมซ้ายล่าง ไป มุมขวาบน ..... 23

3.10 ผลลัพธ์ของการคำนวณ ..... 24

3.11 แสดงการทำงานของโปรแกรม ..... 25

3.12 การหาความสูงของตัวอักษร ..... 26

3.13 การหาตำแหน่งหัวของอักษร ..... 27

3.14 การหาผลรวมของ Pixel ..... 28

4.1 ผลลัพธ์จากการคำนวณหาผลรวม Pixel ตามแนวต่างๆ ..... 31

4.2 ตัวอักษรที่มีค่าผลรวมของ Pixel ที่ใกล้เคียงที่สุด ..... 32

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

เมื่อมีเอกสารมากๆ การค้นหาเอกสารจากการจัดเก็บใส่ตู้เอกสารไว้หลายๆ ตู้ทำให้ต้องใช้เวลามากขึ้น ทำให้ไม่สะดวกอย่างมาก ดังนั้นจึงได้มีจัดเก็บเอกสารเหล่านั้นมาไว้ในคอมพิวเตอร์โดยการผ่านเครื่องสแกน (Scanner) ซึ่งการจัดเก็บภาพเอกสารไว้จะมีขนาดของแฟ้มภาพที่ใหญ่เปลืองเนื้อที่ในการจัดเก็บมาก และยังไม่สะดวกต่อการค้นหาเท่าที่ควร เพื่อความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น จึงได้มีการนำเอกสารจัดเก็บเป็นแบบแฟ้มข้อความใส่ไว้ในระบบคอมพิวเตอร์แทน

การรู้จำตัวอักษรหรือ OCR (OCR : Optical character recognition) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการแปลงภาพเอกสารให้เป็นแฟ้มข้อความหรือไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ โดยอินพุตจะเป็นภาพเอกสารที่ได้จากเครื่องสแกน (Scanner) และส่งแฟ้มข้อความ (Text File) ออกมาเป็นเอาต์พุต จะส่งผลให้มีการประหยัดแรงงานและเวลาในการเตรียมเอกสารเป็นอย่างมาก ซึ่งข้อมูลที่เก็บไว้ในลักษณะแฟ้มข้อความจะอำนวยความสะดวกและเพิ่มความรวดเร็วในการค้นหาและแก้ไขข้อความ และยังเป็นการประหยัดเนื้อที่ของหน่วยจำในการจัดเก็บเอกสารอีกด้วย เพราะขนาดของแฟ้มข้อความจะเล็กกว่าขนาดของแฟ้มภาพมาก

ประโยชน์ที่เห็นได้ชัดคือ เรื่องเวลาที่จะสามารถช่วยลดเวลาในการพิมพ์ การนำเข้าเอกสารจำนวนมากได้อย่างมาก สามารถนำไปเปลี่ยนแปลงแก้ไขหรือตัดเอาบางส่วนไปใช้ในงานอื่นๆ ได้อีก สามารถทำการค้นหาข้อมูลได้โดยสะดวก และลดขนาดเนื้อที่ในการจัดเก็บ สามารถจัดการกับรายละเอียดต่างๆ ที่เป็นรูปภาพของข้อความที่ได้จากการสแกน(Scan) ให้สามารถทำการเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อความนั้นๆ และจัดเก็บในรูปของไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ได้

## 1.2 วัตถุประสงค์โครงงาน

1. ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีและหลักการในการเขียนโปรแกรมเพื่อที่จะทำการวิเคราะห์ตัวอักษรโดยใช้วิธีการนับความถี่ของพิกเซลได้
2. ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีของ Image Processing เพื่อประยุกต์ใช้งานได้
3. พัฒนาโปรแกรมโดยใช้ MATLAB ได้
4. พัฒนาและประยุกต์ใช้งานวิธีการนับความถี่ของพิกเซลในการวิเคราะห์ตัวอักษรได้
5. แปลงรูปภาพที่เป็นข้อความให้เป็นข้อความในรูปแบบของไฟล์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อสามารถจัดการเปลี่ยนแปลงแก้ไขรายละเอียดต่างๆ และลดขนาดการจัดเก็บของข้อมูลได้

## 1.3 ขอบเขตการทำงาน

1. นำหลักการของการนับความถี่ของพิกเซลมาใช้ในการวิเคราะห์ตัวอักษร
2. ตัวอักษรที่ใช้วิเคราะห์เป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษทั้งพิมพ์เล็กและพิมพ์ใหญ่

## 1.4 ขั้นตอนของการดำเนินงานโครงงาน

1. ศึกษาทฤษฎีและหลักการในสิ่งต่างๆเหล่านี้
    1) ศึกษาวิธีการนับความถี่ของพิกเซล
    2) ศึกษาวิธีการวิเคราะห์ตัวอักษรทั้งพิมพ์เล็กและพิมพ์ใหญ่
2. เขียนโปรแกรมโดยออกแบบและพัฒนา
3. ติดตามผลการทำงาน
4. ทดสอบการทำงานของโปรแกรมและปรับปรุง
5. ตรวจทานและแก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรม
6. การเขียนรายงาน
7. สรุปผลการทำงาน
8. ตรวจทานและแก้ไขข้อผิดพลาดของรายงาน
9. จัดทำเป็นรูปเล่ม

มหาวิทยาลัยนเรศวร

## 1.5 แผนการดำเนินงาน

| กิจกรรม | ปี 2549 | | | | | | ปี 2550 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. |
| 1. ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีและหลักการต่างๆ | ← | → | | | | | |
| 2. เขียนโปรแกรมโดยออกแบบและพัฒนา | | ← | → | → | | | |
| 3. ติดตามผลการทำงาน | ← | | | → | | | |
| 4. ทดสอบการทำงานของโปรแกรมและปรับปรุง | | | | ← | → | | |
| 5. ตรวจทานและแก้ไขข้อ ผิดพลาดของโปรแกรม | | | | ← | → | | |
| 6. การเขียนรายงาน | ← | | | | → | | |
| 7. ตรวจทานและแก้ไขข้อผิดพลาดของรายงาน | ← | | | | → | | |
| 8. สรุปผลการทำงาน | | | | | ← | → | |
| 9. ตรวจทานและแก้ไขข้อผิดพลาดของรายงาน | | | | | ← | → | |
| 10.จัดทำเป็นรูปเล่มโครงงาน | | | | | ← | → | |

## 1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถทำการแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงข้อความที่ผ่านการวิเคราะห์โดยการนับความถี่ได้
2. เรียนรู้วิธีการวิเคราะห์ตัวอักษรทั้งตัวพิมพ์เล็กและตัวพิมพ์ใหญ่
3. สามารถเขียนโปรแกรมและพัฒนาได้

**1.7 รายละเอียดงบประมาณของโครงงาน**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1. ค่าวัสดุอุปกรณ์ | | 500 | บาท | |
| 2. ค่าเข้าเล่มรายงาน | | 500 | บาท | |
| 3. ค่าถ่ายเอกสาร | | 1,000 | บาท | |
| | รวมเป็นเงินทั้งสิ้น | 2,000 | บาท | (สองพันบาทถ้วน) |

# บทที่ 2
# หลักการและทฤษฎี

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรม โดยจะกล่าวตั้งแต่ที่มาของรูปภาพดิจิตอล โครงสร้างของรูปภาพ การจัดเก็บรูปภาพ จำนวนสีที่รูปภาพเก็บอยู่ เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษารูปภาพดิจิตอล ซึ่งในขั้นต่อไปก็จะกล่าวถึงการย่อ-ขยายภาพ เมื่อรูปภาพไม่ได้ขนาดเท่าที่ต้องการ การบวก-ลบภาพเพื่อหาผลรวมหรือผลต่างของรูปภาพ ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการทำงานของโปรแกรม

## 2.1 Image Processing

### 2.1.1 การแปลงภาพให้เป็นภาพเชิงดิจิตอล

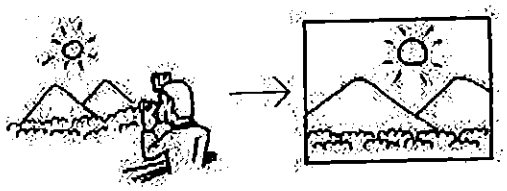
ภาพเป็นกระบวนการทางแสง (Optical Process) ซึ่งเกิดจากพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum) หลายๆ ช่วงความถี่ เช่น แสงธรรมดา รังสีเอ็กซ์เรย์ (X-Ray) เป็นต้น และพลังงานเสียง เช่น อัลตราซาวนด์ (Ultrasound) ตกกระทบวัตถุแล้วสะท้อนกลับมาสู่ประสาทรับรู้ทางตาของมนุษย์ หรืออุปกรณ์ตรวจจับ เช่น เซนเซอร์ (Sensor) หรือกระจกเลนส์ (Lens) เป็นต้น

ถ้าพูดกันในภาษาทางเทคนิคแล้ว ภาพดิจิตอลนั้นก็คือ ฟังก์ชั่น 2 มิติ หรือ f(x, y) ของค่าความเข้มของแสง โดยที่ x และ y คือ ค่าที่บอกถึงตำแหน่งในระบบพิกัดฉาก และค่าของฟังก์ชั่น ณ ตำแหน่งใดๆ จะเป็นสัดส่วนกับความสว่างของแสง ณ ตำแหน่งนั้น กระบวนการแปลงภาพให้เป็นภาพในเชิงดิจิตอลเราเรียกว่า Image Digitization มีกระบวนการ 3 ขั้นตอน คือ การบันทึกภาพ (Image Acquisition), การสุ่มเลือกจุดตำแหน่ง (Image Sampling) และ การประมาณค่าความเข้มของแสง (Image Quantization)

**1) การบันทึกภาพ (Image Acquisition)**

ก่อนที่จะได้ภาพมา อันดับแรก เราจะต้องทำการถ่ายภาพเสียก่อน การถ่ายภาพ เป็น การแปลงภาพเชิงต่อเนื่อง (Continuous Image) แบบ 3 มิติ ให้เป็นภาพเชิงต่อเนื่อง 2 มิติ โดยใช้อุปกรณ์เชิงแสง (Optical Device) เช่น กล้องถ่ายรูป เพื่อแปลงภาพให้มาเป็นภาพบนฟิล์ม, รูปถ่ายบนกระดาษ หรือภาพบนจอคอมพิวเตอร์

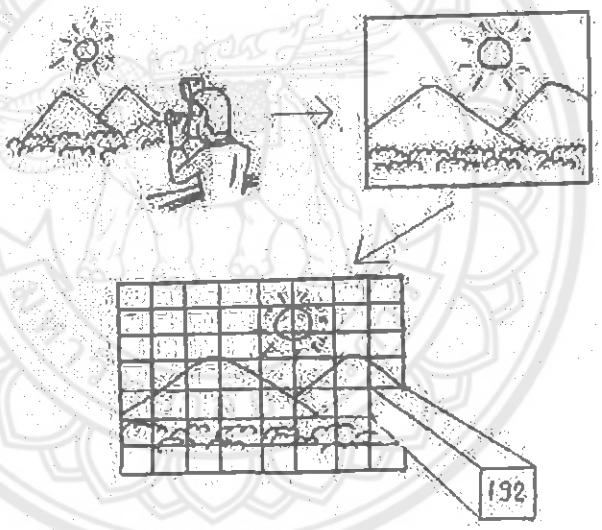
โดยปกติแล้ว ภาพที่เรามองเห็นกันอยู่นั้น มีทั้งความกว้าง , ความสูง และความลึก ซึ่งเป็นแบบ 3 มิตินั่นเอง การถ่ายภาพด้วยกล้องจะทำให้เราได้ภาพมา แต่จะเป็นภาพที่มีแต่ความกว้าง และความสูงเท่านั้น ซึ่งเป็นภาพแบบ 2 มิติ เพราะเราไม่อาจจะถ่ายความลึกของสถานที่มาด้วยได้



**รูปที่ 2.1** ภาพจากการบันทึกภาพ

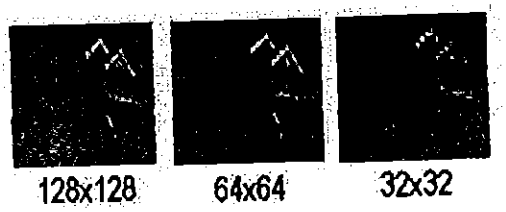
**2) การสุ่มเลือกจุดตำแหน่ง (Image Sampling)**

เป็นการแปลงภาพ 2 มิติที่ได้ให้เป็นภาพเชิงดิจิตอล โดยการสุ่มเลือกทางจุดตำแหน่ง หรือ Spatially Sampling โดยสุ่มเลือกเฉพาะบางตำแหน่งในภาพ ซึ่งถ้าเราสุ่มเลือกมาละเอียดภาพที่ได้ก็จะมีความละเอียดสูง หน่วยของการสุ่มเลือกก็คือ จุด หรือ Pixel นั่นเอง




**รูปที่ 2.2** ภาพจากการสุ่มเลือกจุดตำแหน่ง

เหตุผลของการทำ Image Sampling นั้นก็คือ ในการแสดงผลของจอภาพคอมพิวเตอร์นั้น หน่วยของความละเอียดในการแสดงผลนั้นเป็นจุด (Pixel) แต่ในโลกแห่งความเป็นจริง ภาพที่เรามองเห็นด้วยตา ไม่ใช่การเรียงกันของจุด แต่มันเป็นภาพเชิงต่อเนื่องคือ ไม่สามารถแยกลงไปเป็นทีละจุดๆ ได้เลย เพราะฉะนั้น เมื่อภาพนั้นมาอยู่ในคอมพิวเตอร์ ภาพจะต้องถูกปรับให้อยู่ในหน้าจอที่ประกอบด้วยจุดสี เพราะฉะนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีการสุ่มเลือกจุดตำแหน่ง หรือการทำ Image Sampling จากที่ได้กล่าวมานี้ ถ้าเราสุ่มเลือกจุดตำแหน่งถี่มากเท่าใด คุณภาพของภาพที่ได้ก็จะดีขึ้น




รูปที่ 2.3 คุณภาพของภาพ

จากรูปทั้ง 4 รูป จะเห็นได้ว่า ภาพ ๆ เดียวกัน แต่เมื่อทำการสุ่มเลือกทางจุดมาไม่เท่ากัน ขยายออกมา คุณภาพของภาพที่ได้จึงต่างกัน

ภาพที่ 1 สุ่มเลือกมา 128x128 จุด

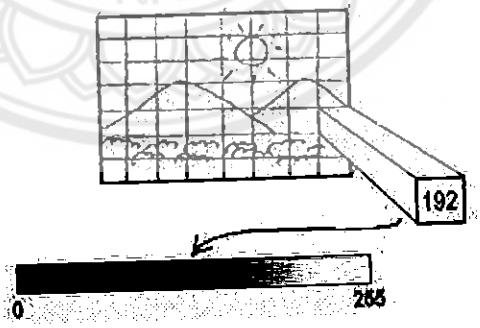
ภาพที่ 2 สุ่มเลือกมา 64x64 จุด

ภาพที่ 3 สุ่มเลือกมา 32x32 จุด

ในการสุ่มเลือกทางตำแหน่งนี้ ถ้าในระยะความกว้างและความสูงของภาพ เราสุ่มมาละเอียดมาก ๆ เช่น สุ่มมา 128 จุด คุณภาพของภาพก็จะดีขึ้น แต่ก็ต้องใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลภาพมากขึ้น และขนาดของภาพก็จะมากขึ้นด้วย

3) การประมาณค่าความเข้มของแสง (Image Quantization)

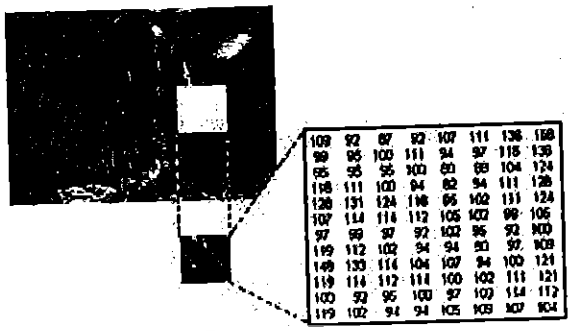
เมื่อเราได้ภาพจากการ Sampling มาแล้ว แต่ละจุดในภาพจะถูกแทนด้วยสี ภาพในโทนสีเทา หรือ Grayscale จะประกอบไปด้วยสีดำ และไล่เฉดสีจางลงไปจนถึงสีขาวดังรูป




รูปที่ 2.4 ภาพจากการประมาณค่าความเข้มของแสง

สีดำจะแทนด้วยค่าตัวเลข 0 สีขาวจะแทนด้วยค่าตัวเลขคือ 255 รวมทั้งสิ้น 256 ระดับสี (0-255) หรือ 2 กำลัง 8 โดยที่ 8 ก็คือ จำนวนบิตในหน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บค่านี้หนึ่งค่า เพราะฉะนั้น สีดำ จะถูกแทนด้วยรหัสในเลขฐานสองคือ 00000000 และสีขาวก็จะถูกแทนด้วยรหัส 11111111

ถ้าภาพเป็นแบบโทนขาวดำ (Grayscale) แต่ละจุดภาพก็จะถูกแทนที่ด้วยตัวเลขที่บอกถึงค่าสีตั้งแต่ 0-255 ลองดูภาพต่อไปนี้



รูปที่ 2.5 แต่ละจุดภาพจะถูกแทนที่ด้วยตัวเลขที่บอกถึงค่าสี

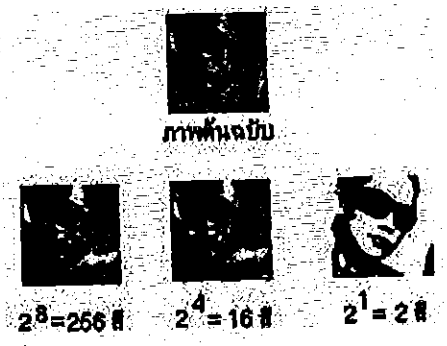
จะเห็นได้ว่า แต่ละจุดๆ จะถูกแทนที่ด้วยตัวเลข ซึ่งตัวเลขเหล่านี้ก็อยู่ระหว่าง 0-255 คือ ตั้งแต่ 0, 1, 2, 3, 4, …, 255 เป็นโทนสีเทา แต่ถ้าเป็นภาพขาวดำล่ะก็จะมีอยู่ด้วยกันแค่ 2 สีคือ สีดำแทนด้วยเลข 0 กับสีขาวแทนด้วยเลข 255 เพราะฉะนั้นถ้าเป็นภาพขาวดำหนึ่งจุดภาพจะใช้พื้นที่เก็บข้อมูลเพียง 1 บิตเท่านั้น แต่ถ้าเป็นภาพในโทนสีเทานั้น ใน 1 จุดภาพจะใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูล 8 บิต ที่เป็น 8 บิตก็เพราะว่าค่าระดับสีเมื่อเปลี่ยนเป็นเลขฐานสองแล้วจะได้ 8 บิต เช่น

- ค่าระดับสี 0 ก็คือ 00000000
- ค่าระดับสี 1 ก็คือ 00000001
- ค่าระดับสี 2 ก็คือ 00000010
- ค่าระดับสี 255 ก็คือ 11111111

เพราะฉะนั้นใน 1 จุดสี จะมีค่าใดค่าหนึ่งเท่านั้น จึงใช้พื้นที่ในการเก็บเพียง 8 บิต บางครั้งจะใช้การเขียนในแบบยกกำลังคือ

- ภาพขาวดำ 2 ยกกำลัง 1 (1 ก็คือ 1 บิต)
- ภาพโทนสีเทา 2 ยกกำลัง 8 (8 ก็คือ 8 บิต)

ระดับความเข้มของสีที่เรากำหนดให้กับภาพ ถ้าภาพ ๆ นั้นใช้ระดับสีน้อย เช่น 256, 128, 64, 32, 16, 8, 4, 2 (1 บิต) ผลที่ได้ก็คือการไล่สีของภาพนั้นจะไม่นวล เป็นรอยที่ไม่ค่อยน่าดูเท่าไหร่ ดังรูปต่อไปนี้




**รูปที่ 2.6 ระดับความเข้มของสีที่เรากำหนดให้กับภาพ**

จากที่ได้กล่าวมา จะเห็นว่า ในความเป็นจริงแล้ว ความละเอียดของภาพจะมีมากกว่านี้ และอัตราในการสุ่มภาพนั้น ถ้าเราไม่คำนึงถึงคุณภาพและรายละเอียดของภาพ แต่คำนึงถึงเนื้อหาของภาพ เราอาจใช้อัตราน้อยๆ ได้ เช่น เราต้องการทราบแค่ว่ารูปนี้คือรูปอะไรเท่านั้น เพราะฉะนั้น เมื่อเราพูดถึงเนื้อหาของภาพแบบดิจิตอล ก็จะเกี่ยวข้องกับเรื่องของการมองเห็นของมนุษย์ด้วย เพราะภาพที่มีความละเอียดต่างกัน ดวงตาของมนุษย์อาจจะแยกแยะไม่ได้ หรือสนใจเพียงแค่เนื้อหา แต่ไม่สนใจในรายละเอียด

### 2.1.2 MatLab Image Processing

- **การกระทำทางพีชคณิต**

ในการประมวลผลภาพทางพีชคณิต เป็นการประมวลผลภาพแบบง่าย ๆ และเราจะมาศึกษากันเป็นวิธีแรก โดยเราจะใช้ตัวกระทำทางคณิตศาสตร์ คือ เครื่องหมายบวก, ลบ, คูณ และหาร โดยผลที่ได้จากการใช้ตัวกระทำแต่ละตัว จะให้ผลออกมาไม่เหมือนกันและผลที่ได้นั้นก็สามารถนำไปพิจารณาและวิเคราะห์ได้

การกระทำทางพีชคณิตนี้จะแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

1) การกระทำระหว่างค่าคงที่ กับภาพ เช่น ตัวเลข กับรูปภาพ
2) การกระทำระหว่างภาพกับภาพ เช่น ภาพ A กับภาพ B

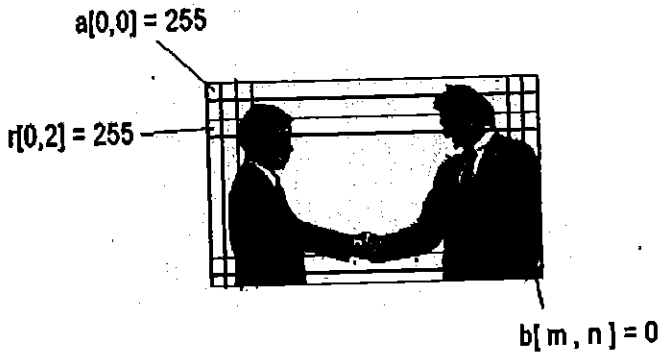
การกระทำในระดับจุดภาพ จะกระทำกันทีละจุดๆ ในภาพหนึ่งๆ นั้น เพราะฉะนั้น เราจึงต้องมีการอ้างถึงตำแหน่งของจุดภาพที่อยู่ในรูปภาพ โดยพิจารณารูปภาพให้เป็นเมตริกซ์ (Matrix) ซึ่งสมาชิกแต่ละตัวในเมตริกซ์ ก็คือ คู่ลำดับ (i, j) ดังตัวอย่างต่อไปนี้

a[ x , y ] = ตำแหน่งความเข้มของจุดสีที่ x , y ของรูป a

b[ x , y ] = ตำแหน่งความเข้มของจุดสีที่ x , y ของรูป b

r[ x , y ] = ตำแหน่งความเข้มของจุดสีที่ x , y ของรูป r

ลองดูรูปต่อไปนี้ เพื่อความเข้าใจ




รูปที่ 2.7 การอ้างถึงตำแหน่งของจุดภาพที่อยู่ในรูปภาพ

จากรูปก็จะเห็นได้ว่า ข้อมูลในจุดภาพหนึ่งจุด ก็คือ ค่าสีที่เราจะนำมาประมวลผล โดยการอ้างถึงจุดนั้น เราใช้คู่ลำดับนั่นเอง ในการอธิบายหัวข้อถัดไป จะใช้สัญลักษณ์คู่ลำดับดังกล่าวนี้ด้วย

การบวกและลบภาพ

การบวกภาพ มีอยู่สองลักษณะ คือ บวกภาพกับภาพ (บวก Matrix กับ Matrix) และบวกภาพกับค่าคงที่ (Matrix กับค่า c) ดังนี้

$$r[x,y] = a[x,y] + b[x,y]$$

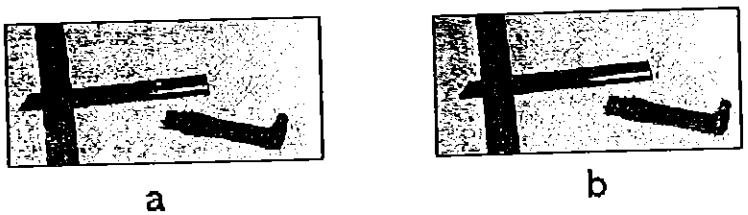
$$r[x,y] = a[x,y] + c$$

สำหรับการลบภาพจะเป็นดังนี้

$$r[x,y] = a[x,y] - b[x,y]$$

$$r[x,y] = a[x,y] - c$$

สมมติว่าเรามีไฟล์ภาพ 2 ไฟล์ คือ a.bmp กับ b.bmp ดังรูป




**รูปที่ 2.8 รูปประกอบการบวกและลบภาพ**

ภาพทั้งสองมีความต่างกันตรงที่มีการเคลื่อนที่เกิดขึ้นในการเก็บภาพ เราจะเขียนโปรแกรมด้วย Mathlab เพื่ออ่านไฟล์ภาพทั้งสองไฟล์นี้มาเก็บไว้ในตัวแปร a กับ b ซึ่งเป็นตัวแปรอะเรย์ ดังนี้

```
a=imread('a.bmp');
b=imread('b.bmp');
```

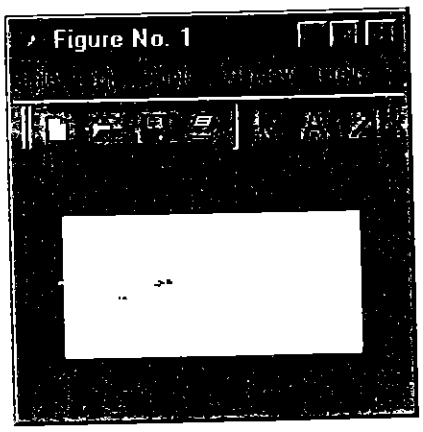
จากโปรแกรม ภาพ a.bmp ถูกเก็บลงไปในเมตริกซ์ a และ b.bmp เก็บลงไปในเมตริกซ์ b ถ้าเราดูค่าที่อยู่ในเมตริกซ์ ทั้งสองแล้ว ก็จะพบว่าทั้ง 2 เก็บค่าอยู่ประมาณ 200 ขึ้นไปด้วยกันทั้งนั้น

เพราะฉะนั้น เมื่อทำการบวกภาพกันแล้ว มันจะต้องเกิน 255 แน่นอน แต่เนื่องจากภาพแบบ Grayscale นั้น จะต้องไม่เกิน 0-255 จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการบวกทีละจุด ถ้าบวกแล้วมากกว่า 255 ก็ให้เก็บค่า 255 เอาไว้ ดังโปรแกรมต่อไปนี้

**ch01-plus1.m**

```
filename1='a.bmp';
filename2='b.bmp';

[Img1,map1]=imread(filename1);
[Img2,map2]=imread(filename2);

Info1=imfInfo(filename1);
Info1_rows=Info1.Height;
Info1_cols=Info1.Width;

for r=1:Info1_rows,
for c=1:Info1_cols,

t = double(Img1(r,c)) + double(Img2(r,c));

if (t>255)
t=255;
end

Img(r,c)=t;

end
end

imshow(Img);
```

จากนั้นเมื่อนำมาบวกกันผลที่ได้จะถูกเก็บไว้ในเมตริกซ์ c ซึ่งถ้าเราดูจากภาพแล้ว เมื่อเราทำการแสดงเมตริกซ์ c ก็จะได้ผลดังนี้



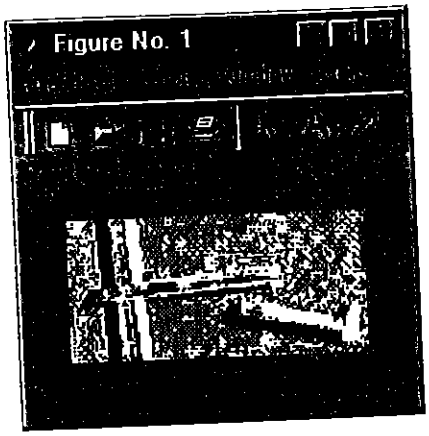

รูปที่ 2.9 ผลลัพธ์จากการนำมาบวกกัน

แต่ถ้าเราเปลี่ยนจากการบวกเป็นการลบกัน เราจะเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

**ch01-minus.m**

```
filename1='a.bmp';
filename2='b.bmp';

[Img1,map1]=imread(filename1);
[Img2,map2]=imread(filename2);

Info1=imfInfo(filename1);
Info1_rows=Info1.Height;
Info1_cols=Info1.Width;

for r=1:Info1_rows,
for c=1:Info1_cols,

t = double(Img1(r,c)) - double(Img2(r,c));

if (t<0)
t=0;
end

Img(r,c)=t;

end
end

imshow(Img);
```

ผลลัพธ์จากการรันโปรแกรมจะได้ดังนี้




รูปที่ 2.10 ผลลัพธ์จากการนำมาลบกัน

ข้อดีของการบวกภาพ ณ จุดภาพใด ๆ นั้นก็คือ เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนแบบสุ่มเพิ่ม และเพื่อใช้ในการหาขอบของภาพ ดังรูป ภาพ a เป็นภาพต้นฉบับ และภาพ b เป็นภาพที่ผ่านตัวกรองแบบ Gaussian เมื่อนำมาบวกกัน เราก็จะได้ภาพ c ออกมา ทำให้เราเห็นขอบของภาพ

รูปที่ 2.11 ข้อดีของการบวกภาพ

สำหรับการลบความเข้มของภาพ ณ จุดใด ๆ จะใช้ในการหาปริมาณความแตกต่างของภาพ เช่น การเคลื่อนที่ของวัตถุในภาพ หรือคำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงดังตัวอย่างการลบภาพที่เราได้ทดลองกันไปในโปรแกรม ch01-minus.m นั่นเอง

## 2.2 การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงร่างของภาพ (Morphological Image Processing)

### 2.2.1 การขยายภาพ (Dilation)

การขยายภาพในที่นี้จะพิจารณาสำหรับข้อมูลภาพที่เป็นแบบไบนารีโดยการใช้เทคนิคการ Hit และ Miss ตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.2.1 การขยายภาพจะทำได้โดยกำหนดTemplate (ซึ่งสามารถสร้างได้จาก * และ 1 โดยมีจุดเริ่มต้นที่กำหนดโดยวงกลม) และนำ Template นี้สแกนไป

บนข้อมูลภาพตามลำดับตลอดทั้งภาพซึ่งในขณะที่จุดเริ่ม (Origin) ของ Template ตรงกับตำแหน่งข้อมูลภาพที่พิกเซลมีค่าเท่ากับ 1 นั้นก็จะทำการยูเนียน Template นี้เข้ากับข้อมูลภาพดังตัวอย่าง

ตัวอย่าง

ข้อมูลภาพ

```
* * * * * * 1 * * 1 *
* * * * * * 1 * * * 1
* * * * * 1 1 * 1 1 *
* * * * 1 1 1 1 1 1 1
* * * * 1 1 1 1 1 * 1
* * * * 1 1 1 1 1 1 1
* * * * 1 1 1 1 1 1 1
```

Template

```
1 *
1 1
```

รูปที่ 2.12 การขยายภาพสำหรับข้อมูลภาพที่เป็นแบบไบนารี โดยการใช้เทคนิคการ Hit และ Miss

ข้อมูลแถวแรกของภาพเป็นดังนี้

```
* * * * * * 1 * * 1 *
```

รูปที่ 2.13 ข้อมูลแถวแรกของภาพ

เมื่อทำการยูเนียนกับ Template ณ ตำแหน่งข้อมูลภาพที่พิกเซลเท่ากับ 1 ในแถวแรก

```
* * * * * * 1 * * * *
* * * * * * 1 1 * 1 *
```

รูปที่ 2.14 ทำการยูเนียนกับ Template ณ ตำแหน่งข้อมูลภาพที่พิกเซลเท่ากับ 1 ในแถวแรก

และเมื่อยูเนียนกับ Template เข้ากับพิกเซลที่มีค่าเท่ากับ 1 ณ ตำแหน่งพิกเซลที่สองในแถวแรก

```
* * * * * * 1 * * * *
* * * * * * 1 1 * 1 1
```

รูปที่ 2.15 ยูเนียนกับ Template เข้ากับพิกเซลที่มีค่าเท่ากับ 1 ณ ตำแหน่งพิกเซลที่สองในแถวแรก

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1500125 0
ป.
ท1350
2549
ฉ.2

และเมื่อทำการยูเนียนทั้งภาพจะได้ภาพสุดท้ายดังนี้

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * | * | * | * | * | * | 1 | * | * | 1 | * | * |
| * | * | * | * | * | * | 1 | 1 | * | 1 | 1 | * |
| * | * | * | * | * | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| * | * | * | * | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| * | * | * | * | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| * | * | * | * | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| * | * | * | * | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| * | * | * | * | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

รูปที่ 2.16 เมื่อทำการยูเนียนทั้งภาพ

2.2.2 การย่อภาพ (Erosion)

การย่อภาพเป็นลักษณะของการลบข้อมูลภาพบริเวณขอบของภาพ การย่อภาพสามารถทำได้ มีลักษณะคล้ายกับการขยายภาพโดยการสร้าง Template ขึ้น แล้วนำ Template ไปสแกนตามข้อมูลภาพสำหรับทุกตำแหน่งที่เลื่อน Template ไปบนภาพก็จะมีการเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพ ถ้าข้อมูลภาพมีค่าเหมือนกับ Template จะทำการกำหนดค่าข้อมูลภาพในตำแหน่งที่ตรงกับจุดเริ่มต้น (Origin) ของTemplate ถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1

ตัวอย่าง

ข้อมูลภาพ

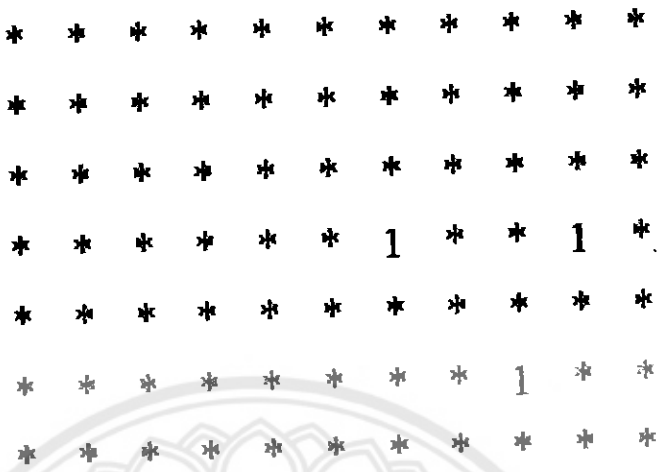
| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| * | * | * | * | * | * | 1 | * | * | 1 | * |
| * | * | * | * | * | * | 1 | * | * | * | 1 |
| * | * | * | * | * | 1 | 1 | * | 1 | 1 | * |
| * | * | * | * | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| * | * | * | * | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | * | 1 |
| * | * | * | * | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| * | * | * | * | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Template

| | |
|---|---|
| 1 | * |
| 1 | 1 |

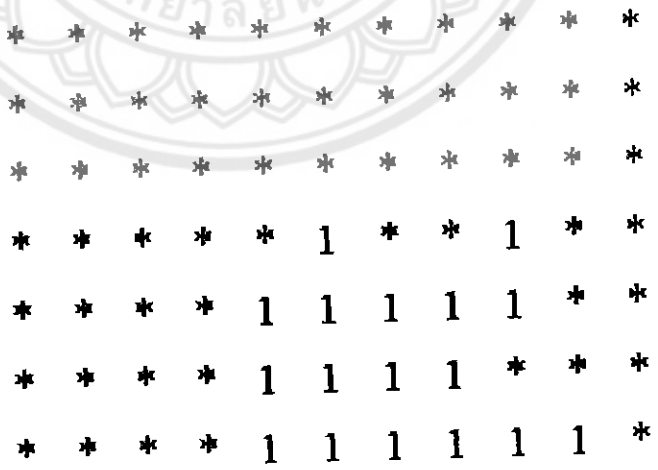
รูปที่ 2.17 การย่อภาพ

ผลที่ได้จะมีเพียง 3 ตำแหน่งเท่านั้นที่มีค่าเหมือนกับ Template



รูปที่ 2.18 มีเพียง 3 ตำแหน่งเท่านั้นที่มีค่าเหมือนกับ Template

ผลที่ได้ตามรูปที่ 2.18 ข้อมูลภาพที่ผ่านการทำโอเปอเรชั่นกับ Template แล้ว พบว่ามีข้อมูลของภาพเพียง 3 ตำแหน่งเท่านั้นที่เหมือนกับ Template ถ้ามีการเปลี่ยน Template เป็น 1 ทั้งหมด ผลที่ได้มีลักษณะดังนี้คือ



รูปที่ 2.19 ถ้ามีการเปลี่ยน Template เป็น 1 ทั้งหมด

ผลที่ได้ตามรูปที่ 2.19 จะเห็นว่าจะเป็นการย่อขนาดของภาพแต่สามารถย่อขนาดได้น้อย

กว่าเมื่อใช้ Template $\begin{matrix} 1 & * \\ 1 & 1 \end{matrix}$ ซึ่งได้ผลเป็นที่น่ายอมรับมากกว่า ดังนั้นในการเลือก Template

เป็นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งในการย่อและขยายภาพ

หน้า 18-28

MISSING

# บทที่ 4

# ผลการทดลอง

จากการทดลองโปรแกรมโดยการรับภาพเข้ามาแล้วผ่านขั้นตอนต่างๆ 3 ขั้นตอนดังที่ได้กล่าวไปแล้วนั้นจึงนำผลการทดลองสรุปแยกออกมาเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ

- การแยกลักษณะจำเพาะของตัวอักษร เป็นการหาลักษณะจำเพาะของตัวอักษรแต่ละตัวที่รับเข้ามาว่าตัวอักษรนั้นมีระดับความสูงที่แตกต่างอยู่ในช่วงใด และมีตำแหน่งหัวของตัวอักษรที่ตำแหน่งใด
- การหาคำตอบ เป็นการนำเอาผลลัพธ์ของตัวอักษรที่ได้จากขั้นตอนแรกมาหาคำตอบโดยวิธีหาผลรวมของ pixel

## 4.1 การแยกลักษณะจำเพาะของตัวอักษร

4.1.1 กลุ่มของตัวอักษรที่มีความสูงของด้านบนและล่าง (ผลของการแยกลักษณะจำเพาะสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามลักษณะรูปภาพที่อ่านเข้ามา)

1) ภาษาไทย

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างกลุ่มของตัวอักษรที่มีความสูงของด้านบนและล่าง (ภาษาไทย)

| ระดับความสูงที่แตกต่าง | ตัวอักษรที่เป็นไปได้ |
|---|---|
| แตกต่างที่ช่วงบน | ง ธ ป ฝ ฟ |
| สูงเท่ากัน | ก ค ด ม ฉ ฌ ฐ ฑ ฒ ณ ด ต ถ ท น บ ผ พ ภ ม ย ล ศ ษ ส ห อ ฮ |
| แตกต่างที่ช่วงล่าง | ข ฃ จ ช ซ ญ ฎ ฏ ร ว |

2) ภาษาอังกฤษ

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างกลุ่มของตัวอักษรที่มีความสูงของด้านบนและล่าง (ภาษาอังกฤษ)

| ระดับความสูงที่แตกต่าง | ตัวอักษรที่เป็นไปได้ |
|---|---|
| แตกต่างที่ช่วงบน | C G I J K L S X Z b d h k l m s t w x y z |
| สูงเท่ากัน | A D H M N O Q U W a c i n o u v |
| แตกต่างที่ช่วงล่าง | B E F P R T V Y e f g j p q r |

วิธีการวิเคราะห์คือนำความสูงของหัวตัวอักษรมาวิเคราะห์ ตัวอย่างเช่น ถ้าได้ความสูงของตัวอักษรเท่ากับ "แตกต่างที่ช่วงบน" ก็จะได้ตัวอักษรที่มีความน่าจะเป็นคือ ง ธ ป ฝ ฟ ซึ่งผลลัพธ์จากวิธีนี้จะถูกนำไปคำนวณต่อด้วยวิธีการแยกตัวอักษรโดยแยกตามตำแหน่งของหัวตัวอักษรตามพื้นที่ต่างๆ

### 4.1.2 กลุ่มของตัวอักษรที่มีตำแหน่งของหัวตัวอักษรตามพื้นที่ต่างๆ

**1) ภาษาไทย**

ตารางที่ 4.3 กลุ่มของตัวอักษรที่มีตำแหน่งของหัวตัวอักษรตามพื้นที่ต่างๆ (ภาษาไทย)

| ตำแหน่งพื้นที่ | ตัวอักษรที่เป็นไปได้ |
|---|---|
| 0 (ตัวอักษรไม่มีหัว) | ก ฃ ฅ |
| 1 | ข จ ฉ ฐ ท ธ น บ ผ พ ม ย ศ ษ ห ฟ อ |
| 2 | ค ง ผ ย ศ อ ฮ |
| 3 | ง ห ฟ |
| 4 | ข จ ฉ ญ ฎ ฏ ฐ ฒ ป ฝ ฟ ศ อ ฮ |
| 5 | ค ฅ จ ช ซ ญ ฒ ด ต ธ ฝ ศ อ ฮ |
| 6 | ช ซ ธ |
| 7 | ฌ ฎ ฏ ฐ ณ ถ ภ ม ล ส |
| 8 | ฆ ช ซ ฌ ฎ ฏ ฐ ฒ ณ ถ ธ ร ล ว ษ ส |
| 9 | ฉ ช ซ ฐ ณ ธ น ว ษ |

**2) ภาษาอังกฤษ**

**ตารางที่ 4.4 กลุ่มของตัวอักษรที่มีตำแหน่งของหัวตัวอักษรตามพื้นที่ต่างๆ (ภาษาอังกฤษ)**

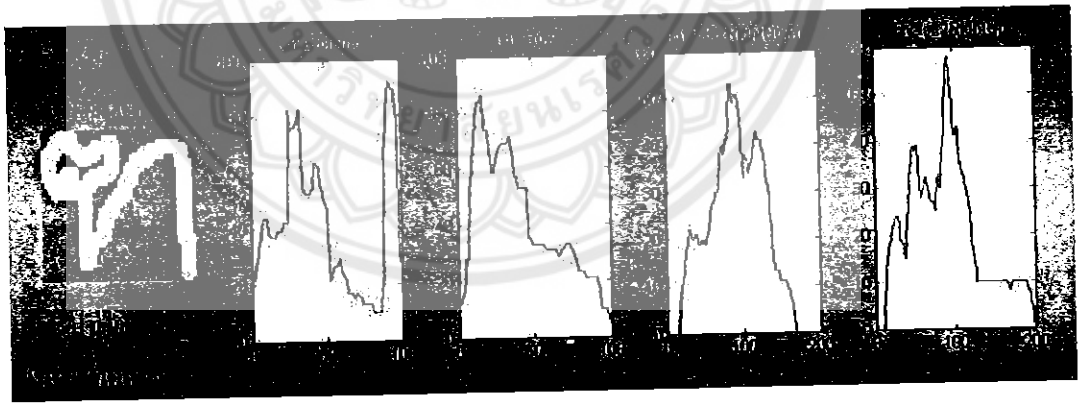
| ตำแหน่งพื้นที่ | ตัวอักษรที่เป็นไปได้ |
|---|---|
| 0 (ตัวอักษรไม่มีหัว) | C E F G H I J K L M N R S T U V W X Y Z<br>c f h i j k l m n r s t u v w x y z |
| 1 | B D O P Q e g o p q |
| 2 | A B D O P Q a e g o p q |
| 3 | A B D O P Q g o p q |
| 4 | A B D O P Q a b d g o p q |
| 5 | A B D O P Q a b d g o p q |

| ตำแหน่งพื้นที่ | ตัวอักษรที่เป็นไปได้ |
|---|---|
| 6 | A B D O P Q b g o p |
| 7 | B D O Q a b d o |
| 8 | B D O Q b d o |
| 9 | B D O Q b o |

วิธีการวิเคราะห์คือนำตำแหน่งพื้นที่ของหัวตัวอักษรมาวิเคราะห์ ตัวอย่าง เช่น ถ้าได้ตำแหน่งหัวตัวอักษรเป็น 2 5 6 7 ก็จะตัดตัวอักษรที่ไม่มีความเป็นได้ออก คือตัดตัวอักษรที่มีตำแหน่งหัวตัวอักษรที่ไม่ได้อยู่ที่ตำแหน่ง 2 5 6 7 (นำเซตของตัวอักษรในกลุ่ม 2 5 6 7 มาทำการ Intersect กัน) ออกเพื่อคัดกรองเอาเฉพาะตัวอักษรที่เป็นไปได้ ซึ่งถ้าไม่เหลือตัวอักษรที่เป็นไปได้ก็จะถือว่าตัวอักษรทุกตัวมีความเป็นไปได้ทั้งหมด แล้วนำผลลัพธ์ไปคำนวณในขั้นตอนต่อไป คือ คำนวณหาผลรวม Pixel ตามแนวต่างๆ

## 4.2 การหาคำตอบ

หลังจากที่ผ่านขั้นตอนการกรองตัวอักษรที่มีความเป็นไปได้แล้วจะนำตัวอักษรที่ได้มาวิเคราะห์โดยคำนวณหาผลรวม Pixel ตามแนวต่างๆ (รายละเอียดในบทที่ 3) ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังนี้

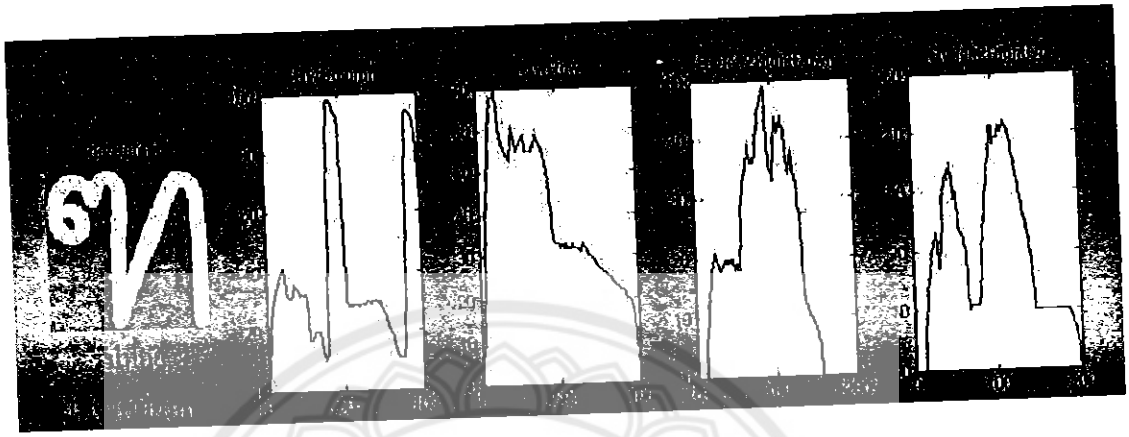


**รูปที่ 4.1** ผลลัพธ์จากการคำนวณหาผลรวม Pixel ตามแนวต่างๆ

จากรูป จะเห็นว่าจำนวน Pixel ที่นับได้ในแต่ละแนวจะมีค่าไม่เท่ากัน โดยที่

1) กราฟช่องที่ 1 เป็นหาผลรวมจากซ้ายไปขวา
2) กราฟช่องที่ 2 เป็นหาผลรวมจากบนลงล่าง
3) กราฟช่องที่ 3 เป็นหาผลรวมตามด้านทแยงมุม จากมุมซ้ายบน ไป มุมขวาล่าง
4) กราฟช่องที่ 4 เป็นหาผลรวมตามด้านทแยงมุม จากมุมซ้ายล่าง ไป มุมขวาบน

จึงสามารถเอามาวิเคราะห์ได้ว่าเป็นตัวอักษรตัวใด แล้วนำผลลัพธ์ไปเปรียบเทียบกับตัวอักษรในฐานข้อมูล แล้วหาตัวอักษรที่มีค่าของ Pixel ใกล้เคียงที่สุดซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังภาพข้างล่าง



รูปที่ 4.2 ตัวอักษรที่มีค่าผลรวมของ Pixel ที่ใกล้เคียงที่สุด

## 4.3 ผลการทดลอง

### 4.3.1 สรุปผลการทดลอง

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ภาพเป็นตัวอักษร(ภาษาไทย)

| ตัวอักษรที่นำมาทดสอบ | ตัวอักษรที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูล | | | ตัวอักษรที่อยู่ในฐานข้อมูล | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | จำนวนที่ทดสอบ | จำนวนที่วิเคราะห์ถูก | | จำนวนที่ทดสอบ | จำนวนที่วิเคราะห์ถูก | |
| | | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
| ก | 10 | 8 | 5 | 9 | 9 | 9 |
| ข | 8 | 0 | 2 | 9 | 9 | 9 |
| ฃ | 7 | 2 | 3 | 9 | 9 | 9 |
| ค | 10 | 3 | 2 | 9 | 9 | 9 |
| ฅ | 7 | 1 | 2 | 9 | 9 | 9 |
| ฆ | 9 | 4 | 4 | 9 | 9 | 9 |
| ง | 9 | 5 | 6 | 9 | 9 | 9 |
| จ | 10 | 5 | 7 | 9 | 9 | 9 |
| ฉ | 11 | 2 | 3 | 9 | 9 | 9 |
| ช | 8 | 2 | 3 | 9 | 9 | 9 |
| ฌ | 8 | 3 | 3 | 9 | 8 | 9 |
| ญ | 4 | 2 | 2 | 9 | 9 | 9 |
| ฎ | 7 | 2 | 1 | 9 | 9 | 9 |
| | 7 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 |

| ที่นำมาทดสอบ | จำนวนที่ทดสอบ | จำนวนที่วิเคราะห์ถูก | | จำนวนที่ทดสอบ | จำนวนที่วิเคราะห์ถูก | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
| ฤ | 2 | 2 | 1 | 9 | 9 | 9 |
| ฤ | 2 | 0 | 0 | 9 | 9 | 9 |
| ฑ | 2 | 2 | 2 | 9 | 9 | 9 |
| ฒ | 3 | 2 | 3 | 9 | 9 | 9 |
| ณ | 1 | 0 | 0 | 9 | 9 | 9 |
| ด | 3 | 0 | 2 | 9 | 9 | 9 |
| ด | 2 | 0 | 1 | 9 | 9 | 9 |
| ถ | 2 | 1 | 1 | 9 | 9 | 9 |
| ท | 3 | 1 | 2 | 9 | 9 | 9 |
| ธ | 2 | 2 | 2 | 9 | 9 | 9 |
| น | 3 | 2 | 2 | 9 | 9 | 9 |
| บ | 3 | 2 | 2 | 9 | 9 | 9 |
| ป | 4 | 3 | 4 | 9 | 9 | 9 |
| ผ | 2 | 1 | 1 | 9 | 9 | 9 |
| ฝ | 1 | 1 | 1 | 9 | 9 | 9 |
| พ | 3 | 1 | 3 | 9 | 9 | 9 |
| ฟ | 2 | 1 | 2 | 9 | 9 | 9 |
| ภ | 2 | 2 | 1 | 9 | 9 | 9 |
| ม | 3 | 1 | 2 | 9 | 9 | 9 |
| ย | 2 | 1 | 2 | 9 | 9 | 9 |
| ร | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 |
| ล | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 |
| ว | 3 | 1 | 2 | 9 | 9 | 9 |
| ศ | 3 | 2 | 2 | 9 | 9 | 9 |
| ษ | 3 | 1 | 2 | 9 | 9 | 9 |
| ส | 3 | 2 | 2 | 9 | 9 | 9 |
| ห | 3 | 3 | 1 | 9 | 9 | 9 |
| ฬ | 2 | 0 | 2 | 9 | 9 | 9 |
| อ | 2 | 0 | 1 | 9 | 9 | 9 |
| ฮ | 1 | 0 | 0 | 9 | 9 | 9 |

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการวิเคราะห์ภาพเป็นตัวอักษร (ภาษาอังกฤษ)

| ตัวอักษรที่นำมาทดสอบ | ที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูล | | | ที่อยู่ในฐานข้อมูล | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | จำนวนที่ทดสอบ | จำนวนที่วิเคราะห์ถูก | | จำนวนที่ทดสอบ | จำนวนที่วิเคราะห์ถูก | |
| | | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
| A | 6 | 4 | 4 | 15 | 15 | 15 |
| B | 7 | 1 | 3 | 15 | 15 | 15 |
| C | 6 | 5 | 5 | 15 | 15 | 15 |
| E | 9 | 3 | 7 | 15 | 15 | 15 |
| E | 7 | 4 | 3 | 15 | 15 | 15 |
| F | 6 | 3 | 4 | 15 | 15 | 15 |
| G | 7 | 0 | 0 | 15 | 15 | 15 |
| H | 7 | 4 | 2 | 15 | 15 | 15 |
| I | 6 | 2 | 2 | 15 | 12 | 12 |
| J | 6 | 4 | 6 | 15 | 15 | 15 |
| K | 7 | 3 | 4 | 15 | 15 | 15 |
| L | 8 | 5 | 7 | 15 | 15 | 15 |

| ตัวอักษรที่นำมาทดสอบ | ที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูล | | | ที่อยู่ในฐานข้อมูล | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | จำนวนที่ทดสอบ | จำนวนที่วิเคราะห์ถูก | | จำนวนที่ทดสอบ | จำนวนที่วิเคราะห์ถูก | |
| | | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
| M | 7 | 2 | 2 | 15 | 15 | 15 |
| N | 8 | 3 | 4 | 15 | 15 | 15 |
| O | 8 | 5 | 7 | 15 | 15 | 15 |
| P | 6 | 3 | 4 | 15 | 15 | 15 |
| Q | 7 | 3 | 5 | 15 | 15 | 15 |
| R | 7 | 5 | 1 | 15 | 15 | 15 |
| S | 6 | 3 | 4 | 15 | 15 | 15 |
| T | 8 | 3 | 3 | 15 | 15 | 15 |
| U | 7 | 5 | 6 | 15 | 15 | 15 |
| V | 8 | 4 | 6 | 15 | 15 | 15 |
| W | 8 | 3 | 3 | 15 | 15 | 15 |
| X | 6 | 3 | 3 | 15 | 15 | 15 |
| Y | 7 | 4 | 5 | 15 | 15 | 15 |
| Z | 5 | 3 | 4 | 15 | 15 | 15 |
| a | 7 | 4 | 5 | 15 | 15 | 15 |
| b | 3 | 1 | 2 | 15 | 15 | 15 |
| c | 4 | 3 | 3 | 15 | 15 | 15 |
| d | 4 | 1 | 3 | 15 | 15 | 15 |
| e | 4 | 1 | 3 | 15 | 15 | 15 |
| f | 5 | 2 | 3 | 15 | 15 | 15 |
| g | 4 | 0 | 0 | 15 | 15 | 15 |
| h | 3 | 1 | 1 | 15 | 15 | 15 |
| i | 4 | 2 | 2 | 15 | 15 | 15 |
| j | 2 | 2 | 1 | 15 | 15 | 15 |
| k | 3 | 2 | 2 | 15 | 15 | 15 |
| l | 3 | 1 | 1 | 15 | 12 | 12 |
| m | 4 | 3 | 3 | 15 | 15 | 15 |
| n | 4 | 3 | 3 | 15 | 15 | 15 |
| o | 6 | 3 | 4 | 15 | 15 | 15 |
| p | 3 | 1 | 1 | 15 | 15 | 15 |
| q | 6 | 3 | 0 | 15 | 15 | 15 |
| r | 3 | 2 | 2 | 15 | 15 | 15 |
| s | 4 | 3 | 3 | 15 | 15 | 15 |
| t | 6 | 5 | 5 | 15 | 13 | 13 |
| u | 3 | 1 | 0 | 15 | 15 | 15 |
| v | 3 | 2 | 2 | 15 | 15 | 15 |
| w | 2 | 1 | 1 | 15 | 15 | 15 |
| x | 3 | 0 | 0 | 15 | 15 | 15 |
| y | 4 | 1 | 3 | 15 | 15 | 15 |
| z | 4 | 2 | 2 | 15 | 15 | 15 |

### 4.3.2 รูปภาพที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลองของรูปที่ใช้ทดสอบ (ภาษาอังกฤษ)

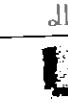
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | W | w |
| | A | A |
| | A | A |
| | A | A |
| | A | A |
| | L | f |
| | N | B |
| | a | B |
| | d | e |
| | o | B |
| | B | S |
| | V | J |
| | C | C |
| | C | C |
| | c | c |
| | f | f |
| | C | C |
| | r | r |
| | c | c |
| | s | D |
| | D | D |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | D | D |
| | a | o |
| | D | D |
| | u | D |
| | Y | J |
| | c | E |
| | z | i |
| | E | E |
| | E | B |
| | B | F |
| | E | E |
|  | M | M |
| | F | F |
| | F | F |
| | F | F |
| | Y | V |
| | D | F |
| | i | y |
|  | D | O |
| | D | D |
|  | s | o |
|  | Q | c |
|  | C | C |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | O | w |
| | H | H |
| | h | y |
| | H | B |
|  | U | B |
|  | R | R |
| | A | Y |
|  | I | I |
|  | f | f |
|  | t | Y |
|  | p | Y |
|  | O | T |
|  | I | I |
|  | J | J |
|  | J | J |
|  | J | J |
|  | J | J |
|  | O | J |
|  | d | J |
|  | K | K |
|  | k | k |
|  | K | d |
|  | x | X |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | R | K |
| | Q | T |
| | L | L |
| | L | L |
|  | L | L |
| | L | L |
| | D | L |
| | B | L |
| | J | J |
| | H | H |
| | M | M |
| | M | M |
| | w | w |
| | P | H |
| | K | H |
| | A | f |
| | H | H |
| | w | w |
| | N | N |
|  | N | N |
| | d | s |
| | R | N |
| | j | j |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | C | O |
| | o | o |
| | o | o |
| | s | o |
| | O | O |
| | o | O |
| | Y | f |
| | r | P |
| | P | p |
| | r | e |
| | f | J |
| | P | p |
| | P | p |
| | Q | Q |
| | Q | Q |
| | Q | Q |
| | f | f |
| | s | Q |
| | o | o |
| | c | Q |
| | R | P |
| | R | w |
| | R | a |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | U | U |
| | R | k |
| | f | L |
| | s | s |
| | x | x |
| | s | s |
| | Q | f |
| | Q | s |
| | s | s |
| | I | i |
|  | T | T |
| | T | I |
| | r | r |
| | Y | f |
| | Q | T |
| | V | V |
| | U | U |
| | u | u |
| | U | U |
|  | u | u |
| | K | U |
| | U | U |
| | Y | T |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | V | V |
| | v | v |
| | r | P |
| | V | V |
| | B | v |
| | Y | Y |
| | H | H |
| | V | V |
| | B | V |
| | w | w |
| | W | w |
|  | V | V |
| | X | X |
| | y | x |
| | y | y |
|  | Y | J |
|  | X | X |
|  | X | v |
|  | Y | Y |
|  | y | y |
|  | y | Y |
|  | V | v |
|  | B | Y |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | j | V |
| | Z | Z |
| | z | z |
| | E | Z |
| | J | M |
| | z | Z |
| | c | a |
| | d | i |
| | D | W |
| | h | b |
| | b | b |
| | L | L |
| | c | c |
| | c | e |
| | c | c |
| | p | C |
| | d | d |
| | J | d |
| | J | j |
| | P | e |
| | s | e |
| | q | A |
| | y | y |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | J | f |
| | t | t |
| | z | s |
| | J | f |
| | s | l |
| | h | h |
| | k | k |
| | J | j |
| | i | i |
| | i | i |
| | z | y |
| | V | L |
| | j | j |
| | J | Y |
| | k | k |
| | k | k |
| | L | L |
| | l | l |
| | Y | J |
|  | f | A |
| | m | m |
|  | M | M |
|  | W | W |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | n | n |
|  | V | q |
| | N | N |
|  | V | v |
| | e | e |
| | s | o |
| | P | P |
| | T | L |
| | r | r |
| | t | t |
| | q | a |
| | q | a |
| | f | f |
| | r | r |
| | r | r |
| | N | v |
| | s | s |
| | u | w |
| | s | s |
| | Y | f |
| | t | t |
| | t | t |
| | Y | Y |

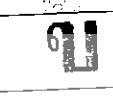
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | u | a |
| | W | W |
| | V | Q |
| | y | v |
| | V | v |
| | v | Y |
| | W | W |
| | I | w |
| | w | w |
| | w | w |
| | v | y |
| | y | A |
| | i | Y |
| | i | Y |
| | z | z |
| | w | x |
| | v | w |
| | z | z |
| | A | A |
| | e | e |
| | n | D |
| | E | E |
| | D | D |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | H | H |
| | n | K |
| | L | L |
| | N | N |
| | O | O |
| | R | R |
| | T | T |
| | V | V |
| | y | V |
| | u | u |
| | W | W |
| | y | Y |
| | a | a |
| | a | a |
| | a | a |
| | B | D |
| | E | E |
| | F | F |
| | F | F |
| | d | d |
| | l | B |
| | M | M |
| | n | n |

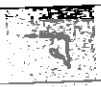
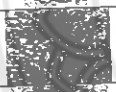
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | O | O |
| | o | o |
| | O | o |
| | P | f |
| | S | S |
| | t | t |
| | t | t |
| | t | t |
| | W | W |
|  | o | o |

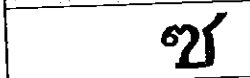
ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดลองของรูปที่ใช้ทดสอบ (ภาษาไทย)

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
|  | ก | ถ |
|  | ก | ก |
|  | ก | ก |
|  | ญ | ก |
|  | ก | ฬ |
|  | ก | ฉ |
|  | ฑ | ฑ |
|  | ก | ก |
|  | ก | ศ |
|  | ว | จ |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | จ | จ |
| | ฆ | ฆ |
| | ฆ | ข |
| | ญ | บ |
| | จ | จ |
|  | ธ | ธ |
| | ฆ | ข |
| | ฐ | ฆ |
| | ฆ | ฆ |
| | ข | ช |
| | ฆ | ฆ |
| | จ | ว |
| | ร | ร |
| | ฑ | ข |
| | ฑ | ศ |
| | ก | ค |
| | จ | ค |
| | จ | ค |
| | ส | ก |
| | ก | ต |
| | ค | ต |
| | ก | ก |
| | ก | ต |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | ศ | ค |
| | ท | ก |
| | ถ | ศ |
| | ศ | ศ |
| | ภ | ภ |
| | ค | ค |
| | ก | ผ |
| | ซ | ซ |
| | ถ | ผ |
| | ร | น |
| | ถ | ฟ |
| | ฆ | ข |
| | ฑ | ฆ |
| | ฆ | ฆ |
| | ง | ง |
| | ข | ร |
| | ง | ง |
| | ง | ง |
| | ว | ป |
| | อ | ธ |
| | ฐ | ง |
|  | ง | ง |
| | ธ | ฎ |

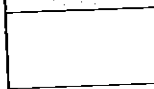
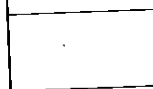
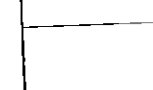
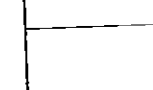
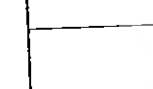
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | อ | จ |
| | ฑ | จ |
| | จ | จ |
| | จ | จ |
| | ว | ก |
|  | ว | จ |
| | จ | ห |
| | จ | จ |
| | ฉ | ฉ |
| | ว | ญ |
| | จ | ฉ |
|  | ฉ | ฉ |
| | ง | ฑ |
| | ฐ | ฐ |
| | ฒ | ฒ |
| | ธ | ช |
| | ช | ช |
| | ช | ช |
| | ป | ฟ |
| | ศ | ญ |
| | ฎ | ศ |
| | ซ | ซ |
| | ธ | ข |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
|  | ซ | ซ |
| | ศ | ป |
| | ป | ฟ |
| | ซ | ซ |
| | ซ | ซ |
| | ข | ห |
| | ฟ | ฟ |
| | ช | ข |
| | ฎ | ฑ |
| | ญ | ฉ |
| | ญ | ญ |
| | ฎ | ฑ |
| | ฎ | ฌ |
| | ร | ร |
| | ข | ข |
| | ฎ | ฎ |
| | ฎ | ฎ |
| | ฐ | ฐ |
| | ล | ป |
| | ส | ฐ |
| | ฎ | ฎ |
| | ฎ | ฎ |
| | ฎ | ฎ |

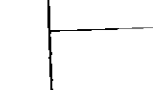
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | ฑ | ฑ |
| | อ | ฒ |
| | ธ | ฌ |
| | ก | ค |
| | ก | ค |
| | ก | ต |
| | ก | ศ |
| | ก | ต |
| | ถ | ถ |
| | ฆ | ถ |
| | ท | ท |
| | ฑ | ท |
| | ก | พ |
| | ธ | ธ |
| | น | น |
| | ฃ | บ |
| | น | น |
| | บ | บ |
| | ธ | บ |
| | ป | ป |
|  | ฮ | ป |
|  | ย | ย |
|  | ฝ | ฝ |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| พ | ธ | พ |
| พ | ก | พ |
| ฟ | ส | ฟ |
| ภ | ภ | ภ |
| ภ | ภ | ฎ |
| ม | ธ | พ |
| ม | ก | ม |
| ย | ย | ย |
| ย | ก | ย |
| ร | ร | ร |
| ล | ล | ล |
| ล | ล | ล |
| ว | ฐ | ง |
| ว | ฐ | ว |
| ศ | ศ | ศ |
| ศ | ศ | ศ |
| ศ | ก | ศ |
| ษ | ศ | ษ |
| ษ | ษ | ษ |
| ส | ส | ส |
| ส | ล | ล |
| ห | ห | พ |
| ห | ห | ท |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
|  | ช | พ |
|  | ก | อ |
|  | ค | ฎ |
|  | ธ | อ |
|  | ก | ก |
|  | ค | ค |
|  | ฆ | ฆ |
|  | ฆ | ฆ |
|  | ง | ง |
|  | จ | จ |
| | ฌ | ผ |
|  | ฌ | ฌ |
|  | ฌ | ฌ |
|  | ฌ | ฌ |
|  | ฎ | ฎ |
|  | ฎ | ฎ |
|  | ญ | ฮ |
|  | ฑ | ฑ |
|  | ฒ | ฒ |
|  | ฒ | ฒ |
|  | ธ | ธ |
|  | บ | ข |
| | ป | ป |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
|  | ป | ป |
|  | ผ | ผ |
| | พ | พ |
| | ฟ | ฟ |
| | ม | ม |
| | ร | ร |
|  | ร | ร |
|  | ล | ล |
|  | ว | ว |
| | ย | ฮ |
| | ส | ส |
| | ห | ห |

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดลองของรูปที่ใช้เป็นฐานข้อมูล (ภาษาอังกฤษ)

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | a | a |
|  | a | a |
| | a | a |
| | a | a |
| | a | a |
| | a | a |
| | a | a |
| | a | a |
| | a | a |

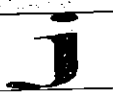
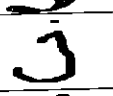
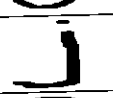
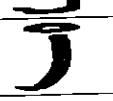
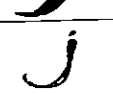
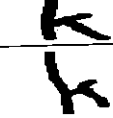
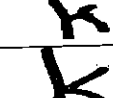
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | a | a |
| | a | a |
| | a | a |
| | a | a |
| | a | a |
| | a | a |
| | b | b |
| | b | b |
| | b | b |
| | b | b |
| | b | b |
| | b | b |
| | b | b |
| | b | b |
| | b | b |
| | b | b |
| | b | b |
| | b | b |
| | b | b |
| | b | b |
| | b | b |
| | c | c |
| | c | c |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | c | c |
| | c | c |
| | c | c |
| | c | c |
| | c | c |
| | c | c |
| | c | c |
| | C | C |
| | c | c |
| | c | c |
| | c | c |
| | c | c |
| | c | c |
| | d | d |
| | d | d |
| | d | d |
| | d | d |
| | d | d |
| | d | d |
| | d | d |
| | d | d |
| | d | d |
| | D | D |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | d | d |
| | d | d |
| | d | d |
| | d | d |
| | d | d |
| | e | e |
| | e | e |
| | e | e |
| | e | e |
| | e | e |
| | e | e |
| | e | e |
| | e | e |
| | e | e |
| | E | E |
| | e | e |
| | e | e |
| | e | e |
| | e | c |
| | e | e |
| | f | f |
| | f | f |
| | f | f |

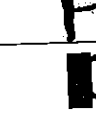
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | f | f |
| | f | f |
| | f | f |
| | f | f |
| | f | f |
| | f | f |
| | F | F |
| | f | f |
| | f | f |
| | f | f |
| | f | f |
| | f | f |
| | h | h |
| | h | h |
| | h | h |
| | h | h |
| | h | h |
| | h | h |
| | h | h |
| | h | h |
| | H | H |
| | h | h |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | h | h |
| | h | h |
| | h | h |
| | h | h |
| | i | i |
| | i | i |
| | i | i |
| | i | i |
| | i | i |
| | i | i |
| | i | i |
| | i | i |
| | i | i |
| | i | i |
| | I | I |
| | i | i |
| | i | i |
| | i | i |
| | i | i |
| | i | i |
| | j | j |
| | j | j |
| | j | j |
| | j | j |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
|  | j | j |
|  | j | j |
|  | j | j |
|  | j | j |
|  | j | j |
| | J | J |
| | j | j |
| | j | j |
| | j | j |
| | j | j |
| | j | j |
| | k | k |
| | k | k |
| | k | k |
| | k | k |
| | k | k |
| | k | k |
|  | k | k |
|  | k | k |
| | k | k |
| | k | k |
| | K | K |
| | k | k |
| | k | k |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | k | k |
| | k | k |
| | k | k |
| | l | l |
| | I | I |
| | I | I |
| | l | l |
| | l | l |
| | l | l |
| | l | l |
| | l | l |
| | l | l |
| | L | L |
| | l | l |
| | l | l |
| | l | l |
| | I | I |
| | l | l |
| | m | m |
| | m | m |
| | m | m |
| | m | m |
| | m | m |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | m | m |
| | m | m |
| | m | m |
| | m | m |
| | M | M |
| | m | m |
| | m | m |
| | m | m |
| | m | m |
| | m | m |
| | n | n |
| | n | n |
| | n | n |
| | n | n |
| | n | n |
| | n | n |
| | n | n |
| | n | n |
| | n | n |
| | N | N |
| | n | n |
| | n | n |
| | n | n |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | n | n |
| | n | n |
| | o | o |
| | o | o |
| | o | o |
| | o | o |
| | o | o |
| | o | o |
| | o | o |
| | o | o |
| | o | o |
| | o | o |
| | o | o |
| | o | o |
| | o | o |
| | o | o |
| | o | o |
| | o | o |
|  | o | o |
| | o | o |
| | o | o |
| | o | o |
| | o | o |
| | o | o |
|  | o | o |
|  | p | p |
|  | p | p |
|  | p | p |
|  | p | p |
|  | p | p |
|  | p | p |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | p | p |
| | p | p |
| | p | p |
| | P | P |
| | p | p |
| | p | p |
| | p | p |
| | p | p |
| | p | p |
| | q | q |
| | q | q |
| | q | q |
| | q | q |
| | q | q |
| | q | q |
| | q | q |
| | q | q |
| | q | q |
|  | q | q |
|  | Q | Q |
|  | q | q |
|  | q | q |
|  | q | q |
|  | q | q |

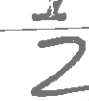
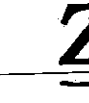
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | q | q |
| | r | r |
| | r | r |
| | r | r |
| | r | r |
| | r | r |
| | r | r |
| | r | r |
| | r | r |
| | r | r |
| | R | R |
| | r | r |
| | r | r |
| | r | r |
| | r | r |
| | r | r |
| | s | s |
| | s | s |
| | s | s |
| | s | s |
| | s | s |
| | s | s |
| | s | s |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | s | s |
| | s | s |
| | S | S |
| | s | s |
| | s | s |
| | s | s |
| | s | s |
| | s | s |
| | t | t |
| | t | t |
| | t | t |
| | t | t |
| | t | t |
| | t | t |
| | t | t |
| | t | t |
| | t | t |
| | T | T |
| | i | i |
| | t | t |
| | t | t |
| | i | i |
| | t | t |

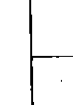
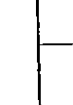
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | u | u |
| | u | u |
| | u | u |
| | u | u |
| | u | u |
| | u | u |
| | u | u |
| | u | u |
| | u | u |
| | U | U |
| | u | u |
| | u | u |
| | u | u |
| | u | u |
| | u | u |
| | v | v |
| | v | v |
| | v | v |
| | v | v |
| | v | v |
| | v | v |
| | v | v |
| | v | v |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | v | v |
| | V | V |
| | v | v |
| | v | v |
| | v | v |
| | v | v |
| | v | v |
| | w | w |
| | w | w |
| | w | w |
| | w | w |
| | w | w |
| | w | w |
| | w | w |
| | w | w |
| | w | w |
| | w | w |
| | W | W |
| | w | w |
| | w | w |
| | w | w |
| | w | w |
| | w | w |
|  | x | x |

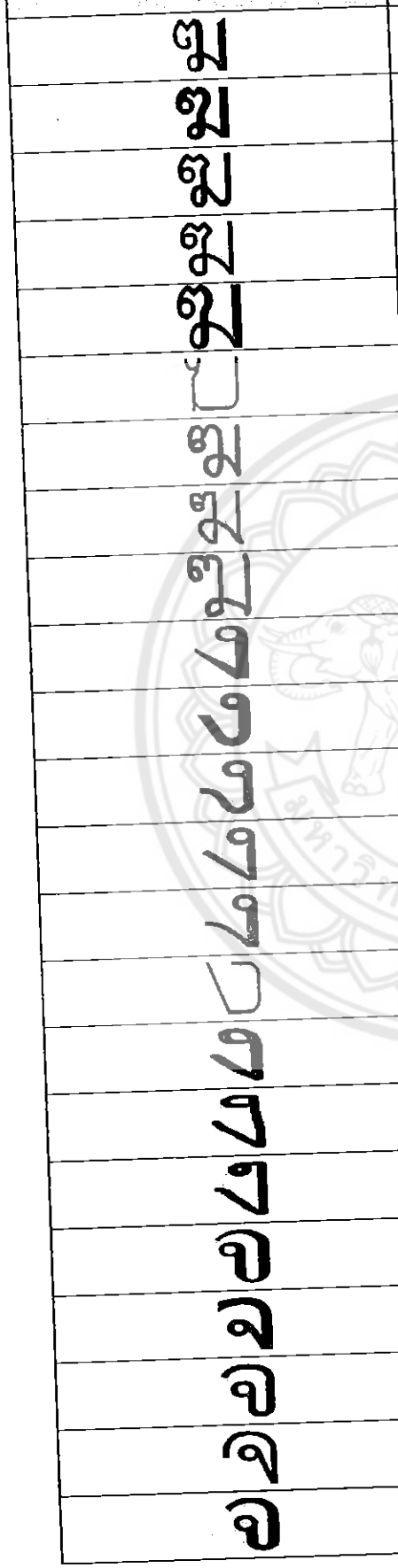
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | x | x |
| | x | x |
| | x | x |
| | x | x |
| | x | x |
| | x | x |
| | x | x |
| | x | x |
| | X | X |
| | x | x |
| | x | x |
| | x | x |
| | x | x |
| | x | x |
| | x | x |
| | y | y |
| | y | y |
| | y | y |
| | y | y |
| | y | y |
| | y | y |
| | y | y |
| | y | y |

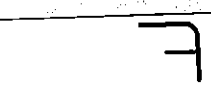
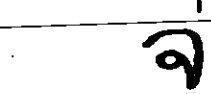
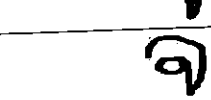
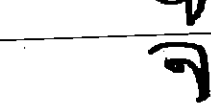
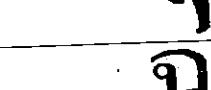
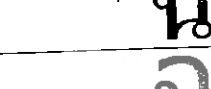
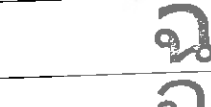
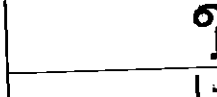
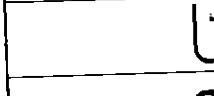
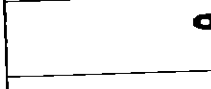
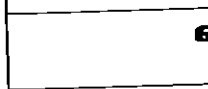
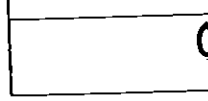
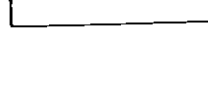
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | Y | Y |
| | y | y |
| | y | y |
| | y | y |
| | y | y |
| | y | y |
|  | z | z |
| | z | z |
| | z | z |
| | z | z |
| | z | z |
| | z | z |
| | z | z |
| | z | z |
| | z | z |
| | Z | Z |
| | z | z |
| | z | z |
|  | z | z |
| | z | z |
| | z | z |

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดลองของรูปที่ใช้เป็นฐานข้อมูล (ภาษาไทย)

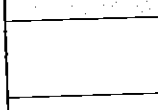
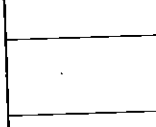
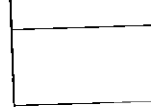
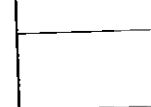
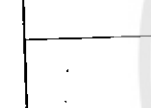
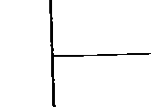
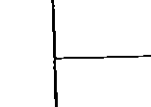
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | ก | ก |
| | ก | ก |
| | ก | ก |
| | ก | ก |
| | ก | ก |
| | ก | ก |
| | ก | ก |
| | ก | ก |
| | ก | ก |
| | ข | ข |
| | ข | ข |
| | ข | ข |
| | ข | ข |
|  | ข | ข |
| | ข | ข |
| | ข | ข |
| | ข | ข |
|  | ข | ข |
| | ข | ข |
| | ข | ข |
| | ข | ข |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | ฃ | ฃ |
| | ฃ | ฃ |
| | ฃ | ฃ |
| | ฃ | ฃ |
| | ฃ | ฃ |
| | ค | ค |
| | ค | ค |
| | ค | ค |
| | ค | ค |
| | ค | ค |
| | ค | ค |
| | ค | ค |
| | ค | ค |
| | ค | ค |
| | ค | ค |
| | ค | ค |
| | ค | ค |
| | ค | ค |
| | ค | ค |
| | ค | ค |
|  | ค | ค |
|  | ค | ค |
|  | ค | ค |
|  | ค | ค |

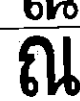
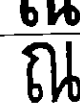
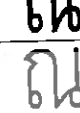
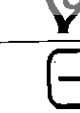
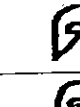
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
|  | ฆ | ฆ |
| | ฆ | ฆ |
| | ฆ | ฆ |
| | ฆ | ฆ |
| | ฆ | ฆ |
| | ฆ | ฆ |
| | ฆ | ฆ |
| | ฆ | ฆ |
| | ฆ | ฆ |
| | ง | ง |
| | ง | ง |
| | ง | ง |
| | ง | ง |
| | ง | ง |
| | ง | ง |
| | ง | ง |
| | ง | ง |
| | จ | จ |
| | จ | จ |
| | จ | จ |
| | จ | จ |
| | จ | จ |

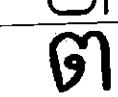
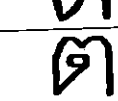
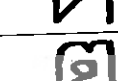
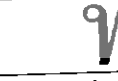
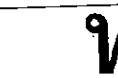
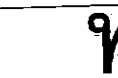
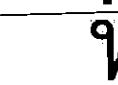
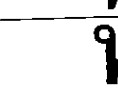
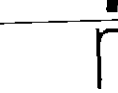
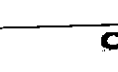
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
|  | จ | จ |
|  | จ | จ |
|  | จ | จ |
|  | จ | จ |
|  | ฉ | ฉ |
|  | ฉ | ฉ |
|  | ฉ | ฉ |
| | ฉ | ฉ |
| | ฉ | ฉ |
| | ฉ | ฉ |
| | ฉ | ฉ |
| | ฉ | ฉ |
| | ช | ช |
| | ช | ช |
| | ช | ช |
| | ช | ช |
| | ช | ช |
| | ช | ช |
| | ช | ช |
|  | ช | ช |
|  | ช | ช |
|  | ช | ช |
| | ช | ช |
|  | ช | ช |
|  | ช | ช |
|  | ช | ช |

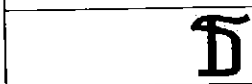
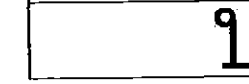
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | ซ | ซ |
| | ซ | ซ |
| | ซ | ซ |
| | ซ | ซ |
| | ซ | ซ |
| | ซ | ซ |
| | ซ | ซ |
| | ซ | ซ |
| | ฌ | ฌ |
| | ฌ | ฌ |
| | ฌ | ฌ |
| | ฌ | ฌ |
| | ฌ | ฌ |
| | ฌ | ฌ |
| | ฌ | ฌ |
| | ฌ | ฌ |
| | ฌ | ฌ |
| | ญ | ญ |
| | ญ | ญ |
| | ญ | ญ |
| | ญ | ญ |
| | ญ | ญ |
| | ญ | ญ |

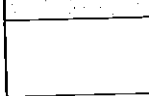
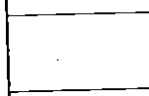
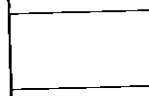
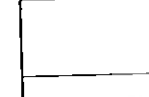
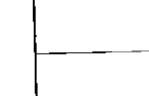
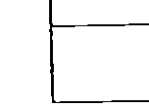
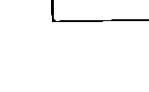
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
|  | ญ | ญ |
|  | ญ | ญ |
| | ญ | ญ |
| | ฎ | ฎ |
| | ฎ | ฎ |
|  | ฎ | ฎ |
| | ฎ | ฎ |
|  | ฎ | ฎ |
| | ฎ | ฎ |
| | ฎ | ฎ |
|  | ฎ | ฎ |
| | ฎ | ฎ |
| | ฎ | ฎ |
| | ฎ | ฎ |
| | ฎ | ฎ |
| | ฎ | ฎ |
| | ฎ | ฎ |
| | ฎ | ฎ |
| | ฎ | ฎ |
| | ฎ | ฎ |
| | ฎ | ฎ |
|  | ฐ | ฐ |
|  | ฐ | ฐ |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | ฐ | ฐ |
| | ฐ | ฐ |
| | ฐ | ฐ |
| | ฐ | ฐ |
| | ฐ | ฐ |
| | ฐ | ฐ |
| | ฐ | ฐ |
| | ฑ | ฑ |
| | ฑ | ฑ |
| | ฑ | ฑ |
|  | ฑ | ฑ |
|  | ฑ | ฑ |
|  | ฑ | ฑ |
|  | ฑ | ฑ |
|  | ฑ | ฑ |
|  | ฑ | ฑ |
|  | ฑ | ฑ |
|  | ฒ | ฒ |
|  | ฒ | ฒ |
|  | ฒ | ฒ |
|  | ฒ | ฒ |
|  | ฒ | ฒ |
|  | ฒ | ฒ |
|  | ฒ | ฒ |

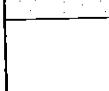
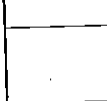
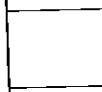
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | ฒ | ฒ |
| | ฒ | ฒ |
| | ณ | ณ |
|  | ณ | ณ |
|  | ณ | ณ |
|  | ณ | ณ |
| | ณ | ณ |
| | ณ | ณ |
| | ณ | ณ |
| | ณ | ณ |
| | ณ | ณ |
| | ณ | ณ |
| | ด | ค |
| | ด | ค |
| | ด | ด |
| | ด | ค |
| | ด | ด |
|  | ด | ด |
| | ด | ค |
| | ด | ค |
|  | ด | ค |
| | ด | ค |
| | ต | ต |
| | ต | ต |
| | ต | ต |

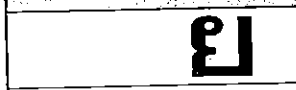
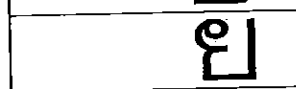
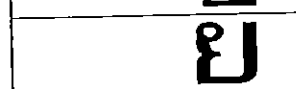
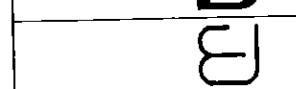
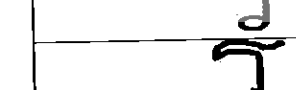
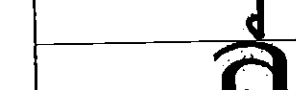
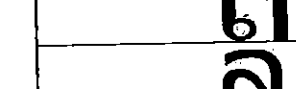
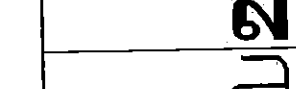
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | ต | ต |
| | ต | ต |
| | ต | ต |
|  | ต | ต |
|  | ต | ต |
|  | ต | ต |
| | ถ | ถ |
| | ถ | ถ |
| | ถ | ถ |
| | ถ | ถ |
| | ถ | ถ |
| | ถ | ถ |
| | ถ | ถ |
| | ถ | ถ |
| | ถ | ถ |
| | ถ | ถ |
|  | ท | ท |
|  | ท | ท |
|  | ท | ท |
|  | ท | ท |
|  | ท | ท |
|  | ท | ท |
| | ท | ท |
|  | ท | ท |

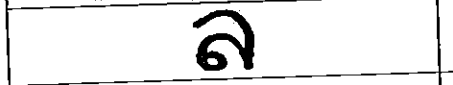
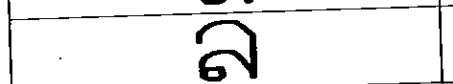
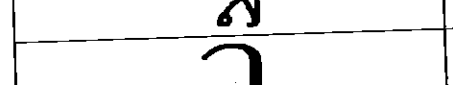
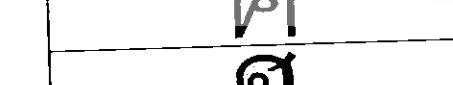
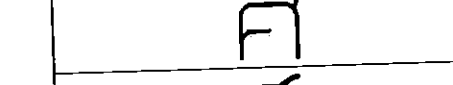
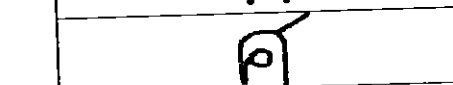
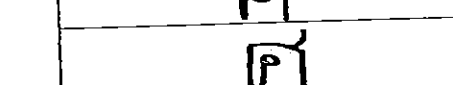
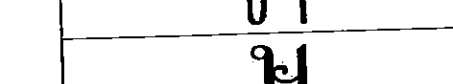
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | ท | ท |
| | ธ | ธ |
| | ธ | ธ |
|  | ธ | ธ |
| | ธ | ธ |
| | ธ | ธ |
| | ธ | ธ |
| | ธ | ธ |
| | ธ | ธ |
| | ธ | ธ |
| | น | น |
| | น | น |
| | น | น |
| | น | น |
| | น | น |
| | น | น |
| | น | น |
| | น | น |
| | น | น |
| | น | น |
| | บ | บ |
| | บ | บ |
|  | บ | บ |
|  | บ | บ |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
|  | บ | บ |
|  | บ | บ |
|  | บ | บ |
| | บ | บ |
| | บ | บ |
| | ป | ป |
| | ป | ป |
|  | ป | ป |
| | ป | ป |
| | ป | ป |
| | ป | ป |
| | ป | ป |
| | ป | ป |
|  | ป | ป |
| | ป | ป |
| | ผ | ผ |
| | ผ | ผ |
| | ผ | ผ |
| | ผ | ผ |
| | ผ | ผ |
| | ผ | ผ |
|  | ผ | ผ |
|  | ผ | ผ |
|  | ผ | ผ |

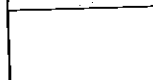
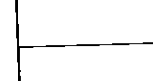
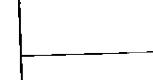
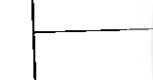
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | ฝ | ฝ |
| | ฝ | ฝ |
| | ฝ | ฝ |
| | ฝ | ฝ |
|  | ฝ | ฝ |
| | ฝ | ฝ |
| | ฝ | ฝ |
| | ฝ | ฝ |
| | ฝ | ฝ |
| | พ | พ |
| | พ | พ |
| | พ | พ |
| | พ | พ |
| | พ | พ |
| | พ | พ |
| | พ | พ |
| | พ | พ |
| | พ | พ |
| | พ | พ |
| | ฟ | ฟ |
| | ฟ | ฟ |
|  | ฟ | ฟ |
| | ฟ | ฟ |
|  | ฟ | ฟ |

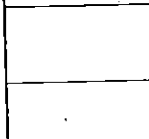
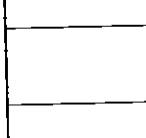
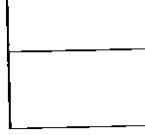
| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
|  | ฟ | ฟ |
|  | ฟ | ฟ |
| | ฟ | ฟ |
| | ฟ | ฟ |
|  | ภ | ภ |
| | ภ | ภ |
| | ภ | ภ |
| | ภ | ภ |
| | ภ | ภ |
| | ภ | ภ |
| | ภ | ภ |
| | ภ | ภ |
| | ภ | ภ |
| | ม | ม |
| | ม | ม |
| | ม | ม |
| | ม | ม |
| | ม | ม |
| | ม | ม |
| | ม | ม |
| | ม | ม |
| | ม | ม |
| | ย | ย |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
|  | ย | ย |
| | ย | ย |
|  | ย | ย |
|  | ย | ย |
|  | ย | ย |
| | ย | ย |
| | ย | ย |
| | ย | ย |
| | ร | ร |
| | ร | ร |
| | ร | ร |
| | ร | ร |
| | ร | ร |
| | ร | ร |
| | ร | ร |
| | ร | ร |
|  | ร | ร |
|  | ล | ล |
|  | ล | ล |
| | ล | ล |
| | ล | ล |
| | ล | ล |
|  | ล | ล |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
|  | ล | ล |
|  | ล | ล |
| | ล | ล |
|  | ว | ว |
| | ว | ว |
| | ว | ว |
| | ว | ว |
| | ว | ว |
| | ว | ว |
| | ว | ว |
| | ว | ว |
| | ว | ว |
| | ว | ว |
| | ศ | ศ |
| | ศ | ศ |
| | ศ | ศ |
| | ศ | ศ |
| | ศ | ศ |
|  | ศ | ศ |
| | ศ | ศ |
|  | ศ | ศ |
| | ศ | ศ |
|  | ศ | ศ |
|  | ศ | ศ |
|  | ษ | ษ |
| | ษ | ษ |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
| | ษ | ษ |
| | ษ | ษ |
| | ษ | ษ |
| | ษ | ษ |
| | ษ | ษ |
| | ษ | ษ |
| | ษ | ษ |
| | ส | ส |
| | ส | ส |
| | ส | ส |
| | ส | ส |
| | ส | ส |
|  | ส | ส |
|  | ส | ส |
|  | ส | ส |
|  | ส | ส |
| | ส | ส |
| | ห | ห |
| | ห | ห |
| | ห | ห |
| | ห | ห |
| | ห | ห |
| | ห | ห |
| | ห | ห |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
|  | ห | ห |
| | ห | ห |
| | พ | พ |
| | พ | พ |
|  | พ | พ |
|  | พ | พ |
| | พ | พ |
| | พ | พ |
| | พ | พ |
| | พ | พ |
| | พ | พ |
|  | พ | พ |
| | อ | อ |
| | อ | อ |
| | อ | อ |
| | อ | อ |
| | อ | อ |
| | อ | อ |
| | อ | อ |
| | อ | อ |
| | อ | อ |
| | ฮ | ฮ |
| | ฮ | ฮ |
| | ฮ | ฮ |

| รูปภาพ | ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น | ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น |
|---|---|---|
|  | ฮ | ฮ |
|  | ฮ | ฮ |
|  | ฮ | ฮ |
|  | ฮ | ฮ |
|  | ฮ | ฮ |

มหาวิทยาลัยนเรศวร

# บทที่ 5
# สรุปผล

จากการทดลองพบว่าโปรแกรมทำงานได้ สามารถวิเคราะห์ตัวอักษรได้ตรงตามอัลกอริทึมที่เขียนไว้ โดยอัลกอริทึมหลักๆก็ได้แก่ การเปรียบเทียบความสูงของตัวอักษรเพื่อคัดแยกตัวอักษรที่มีความเป็นเป็นไปได้ออกมา หลังจากนั้นนำผลลัพธ์มาหาตำแหน่งหัวตัวอักษรเพื่อคัดแยกตัวอักษรที่มีความเป็นเป็นไปได้ออกมา เช่นเดียวกับขั้นตอนแรก และขั้นตอนสุดท้ายคือการหาผลรวมของ Pixel เพื่อใช้ในการแยกแยะตัวอักษร ซึ่งก็เป็นวิธีการที่ใช้หาคำตอบนั่นเอง

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

### 5.1.1 ผลของการวิเคราะห์ภาพเป็นตัวอักษร

โปรแกรมสามารถอ่านรูปภาพเข้ามาแล้ววิเคราะห์เป็นตัวอักษรได้ โดยการตรวจสอบจุดเด่นของตัวอักษรเพื่อหาความน่าจะเป็นของตัวอักษร ซึ่งโปรแกรมสามารถแยกตัวอักษรที่อยู่นอกเหนือจากฐานข้อมูลได้ โดยที่ ตัวอักษรที่นำมาทดสอบนั้นจะมีอยู่สองลักษณะคือ

- ตัวอักษรที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูล คือตัวอักษรที่เอามาจากที่ต่างๆที่นอกเหนือจากตัวอักษรที่อยู่ในฐานข้อมูล
- ตัวอักษรที่อยู่ในฐานข้อมูล คือตัวอักษรที่ถูกนำไปสร้างเป็นฐานข้อมูล ซึ่งมีเปอร์เซนการวิเคราะห์ที่ถูกต้องสูงมาก

ซึ่งตัวอักษรที่นำมาสร้างเป็นฐานข้อมูลนั้นมีดังนี้

ตารางที่ 5.1 ตัวอักษรที่นำมาสร้างเป็นฐานข้อมูล (ภาษาไทย)

| ภาษา | ฟอนต์มาตรฐาน ขนาด 250 | ฟอนต์ลายมือบุคคล |
|---|---|---|
| ภาษาไทย | AngsanaUPC<br>Arial<br>BrowalliaUPC<br>CordiaNew<br>MicrosoftSansSerif<br>NPNaipolAllinOne<br>PeachTV | ลายมือบุคคลที่ 1 (Som)<br>ลายมือบุคคลที่ 2 (Top) |

ตารางที่ 5.2 ตัวอักษรที่นำมาสร้างเป็นฐานข้อมูล (ภาษาอังกฤษ)

| ภาษา | ฟอนต์มาตรฐาน ขนาด 250 | ฟอนต์ลายมือบุคคล |
|---|---|---|
| ภาษาอังกฤษ | 1.05_tushand | ลายมือบุคคลที่ 1 (Som) |
| | 2005_iannnnnJPG | ลายมือบุคคลที่ 2 (Top) |
| | 2005_iannnnnSOS | ลายมือบุคคลที่ 3 (Float) |
| | A_D_MONO | |
| | AngsanaNew | |
| | BookmanOldStyle | |
| | BradleyHandITC | |
| | CordiaNew | |
| | Gungsuh | |
| | Impact | |
| | MSDialog | |
| | TimesNewRoman | |

และขั้นตอนการทดลองมีอยู่สองประเภทคือ

- ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น คือจะผ่านกระบวนการ ขั้นตอนการหาความสูง ขั้นตอนการหาตำแหน่งหัวตัวอักษร และขั้นตอนการหาผลรวมของ Pixel
- ไม่ใช้วิธีแยกลักษณะเด่น คือจะผ่านกระบวนการขั้นตอนการหาผลรวมของ pixel เพียงอย่างเดียว

ประกอบด้วยตัวอักษรไทยจำนวน 44 ชนิด, ตัวอักษรอังกฤษจำนวน 52 ชนิด ซึ่งรวมทั้งหมดแล้วโปรแกรมสามารถที่จะวิเคราะห์ตัวอักษรได้ทั้งหมด 96 ชนิด

จากตัวอักษรชนิดต่างๆ ที่สามารถตรวจสอบได้นั้น สามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบของโปรแกรมให้สามารถที่จะตรวจสอบตัวอักษรชนิดต่างๆได้เพิ่มขึ้นอีก โดยการเพิ่มข้อมูลของตัวอักษรต่างๆ ที่ต้องการให้โปรแกรมสามารถตรวจสอบได้ลงในฐานข้อมูล

## 5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

สาเหตุที่โปรแกรมวิเคราะห์ตัวอักษรผิดพลาดเนื่องจาก

1) ตัวอักษรที่ถูกต้องถูกตัดออกไปตั้งแต่ขั้นตอนการหาความสูงของตัวอักษร

2) ตัวอักษรที่ถูกต้องถูกตัดออกไปตั้งแต่ขั้นตอนการหาตำแหน่งหัวของตัวอักษร

3) วิเคราะห์ผิดที่ขั้นตอนหาผลรวมของพิกเซล เนื่องจาก

- ในการเปรียบเทียบ มีกราฟบางกราฟที่มีค่า Error สูงมากทำให้ค่าเฉลี่ยของ Error มีค่ามากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งทำให้โปรแกรมมองว่าไม่ใช่คำตอบ

- ในการเปรียบเทียบ มีกราฟบางกราฟที่มีค่าผลรวมของ pixel สูงกว่าปรกติซึ่งทำให้โปรแกรมวิเคราะห์ไปเป็นตัวอักษรตัวอื่นที่กราฟนั้นๆ มีค่าผลรวมของ pixel สูงกว่าปรกติ

## 5.3 ปัญหาและอุปสรรค

1. โปรแกรมไม่สามารถตรวจสอบตัวอักษรที่รับเข้ามาที่มีขนาดตัวอักษรเล็กๆ ได้ถูกต้อง เนื่องจากโปรแกรมไม่สามารถวิเคราะห์หาจุดเด่นของตัวอักษรได้ถูกต้อง

2. โปรแกรมใช้เวลานานในการทำงาน เนื่องจากต้องอ่านข้อมูล Pixel ของตัวอักษรหลายรอบ

3. ความผิดพลาดของการวิเคราะห์ตัวอักษรนั้นเกิดจากขั้นตอนที่ 1 และ 2 ซึ่งเมื่อตัวอักษรที่ถูกต้องถูกตัดออกไปแล้ว โปรแกรมก็จะไม่สามารถวิเคราะห์เป็นตัวอักษรที่ถูกต้องได้

4. โปรแกรมจะมองว่ารูปทุกรูปที่รับเข้ามาเป็นรูปของตัวอักษร

## 5.4 ข้อเสนอแนะ

1. ในการวิเคราะห์ตัวอักษรในสองขั้นตอนแรกควรจะใช้ความน่าจะเป็นเข้ามาช่วยเพื่อให้น้ำหนักของแต่ละตัวอักษร แทนที่จะใช้การคัดตัวอักษรออกไป ซึ่งอาจมีตัวอักษรที่ถูกต้องถูกคัดออกไปจนหมด

2. ถ้ามีการเพิ่มข้อมูลของตัวอักษรลงไปในฐานข้อมูลมากขึ้น โอกาสที่โปรแกรมจะวิเคราะห์ตัวอักษรที่ถูกต้องก็มีมากขึ้นด้วย แต่เวลาที่ใช้ก็จะมากขึ้นด้วยเช่นกัน

## 5.5 สรุป

ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของตัวอักษรประเภทต่างๆ ว่ามีโครงสร้างในลักษณะใด โดยได้เก็บรวบรวมโครงสร้างของตัวอักษรรูปแบบของไฟล์ข้อมูลของโปรแกรม MATLAB ซึ่งเป็นฐานข้อมูลของโปรแกรม โดยสามารถที่จะตรวจสอบตัวอักษรว่าเป็นตัวอักษรชนิดใดได้โดยการนำโครงสร้างของทั้งคู่มาเปรียบเทียบกัน

หลังจากนั้น ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการตรวจสอบตัวอักษรที่รับเข้ามา ว่าเป็นตัวอักษรชนิดใด โดยนำเอาโครงสร้างของตัวอักษรที่รับเข้าไปเปรียบเทียบกับโครงสร้างของตัวอักษรในฐานข้อมูล โดยใช้หลักการดังที่กล่าวมาในขบวนการเปรียบเทียบ จากการทดลองโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถที่จะตรวจสอบเปรียบเทียบตัวอักษรได้ทั้งหมด 96 ชนิด

# เอกสารอ้างอิง

[1] Gregory A. Baxes. **Digital image processing.** New York: John Wiley & Sons, Inc. 1994.

# ประวัติผู้เขียนโครงงาน

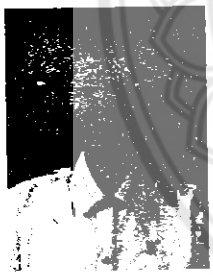
ชื่อ นายขจรภพ วงศ์ภาคำ

ภูมิลำเนา 511 หมู่ 4 ตำบลหนองจะบก อำเภอเมือง
จังหวัดนครราชสีมา 30000

ประวัติการศึกษา

- จบมัธยมศึกษาจากโรงเรียนโคราชพิทยาคม จังหวัดนครราชสีมา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
  สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
  มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: oat_au@hotmail.com



ชื่อ นางสาวพฤติรัตน์ กุลธรพุฒิพงศ์

ภูมิลำเนา 100/176 หมู่ 2 ตำบลวัดจันทร์ อำเภอเมือง
จังหวัดพิษณุโลก 65000

ประวัติการศึกษา

- จบมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเฉลิมขวัญสตรี จังหวัดพิษณุโลก
- ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
  สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
  มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: sunny_beer@hotmail.com