สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การรู้จำรหัสไปรษณีย์ลายมือเขียนบนซองจดหมาย

HANDWRITTEN POSTAL CODE RECOGNITION

T061450

โดย

นาย ประกาณฑ์ ฐานะตระกูล

นางสาว พจนารถ พานิชกุล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 61450
วัน,เดือน,ปี..... 17 ก.ค. 2549

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HANDWRITTEN POSTAL CODE RECOGNITION

BY

MR. PRAKARN THANATRAKUL

MISS POTCHANART PANITKUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การรู้จำรหัสไปรษณีย์ลายมือเขียนบนซองจดหมาย
ชื่อนักศึกษา	นายประกาณฑ์ ฐานะตระกูล รหัส 44010281
	นางสาวพจนารถ พานิชกุล รหัส 44010314
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.สมเกียรติ อุดมหรรษากุล
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2547

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

.....

(ดร.สมเกียรติ อุดมหรรษากุล)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การรู้จำรหัสไปรษณีย์ลายมือเขียนบนซองจดหมาย
ชื่อนักศึกษา	นายประกาณฑ์ ฐานะตระกูล รหัส 44010281
	นางสาวพจนารถ พานิชกุล รหัส 44010314
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.สมเกียรติ อุดมหรรษากุล
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2547

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอเกี่ยวกับการรู้จำลายมือเขียนรหัสไปรษณีย์บนซองจดหมายมาตรฐาน โดยศึกษาการประมวลผลภาพในการดึงภาพและรู้จำรหัสไปรษณีย์ โครงงานนี้มีขั้นตอนการทำงาน 3 ขั้นตอนหลัก คือ การรับภาพโดยวิธีการแสกน การปรับปรุงภาพเบื้องต้น ด้วยวิธีการทำภาพสีให้เป็นภาพขาวดำ การแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง การกำจัดสัญญาณรบกวน และการทำเส้นให้บาง ขั้นตอนสุดท้ายคือการเข้าสู่กระบวนการรู้จำ โดยการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวเลข ได้แก่ จุดปลาย จุดตัด และจุดแยก ซึ่งโครงงานนี้สร้างขึ้นโดยโปรแกรม Borland C++ Builder 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	HANDWRITTEN POSTAL CODE RECOGNITION
Student	Mr. Prakarn Thanatrakul ID. 44010281
	Miss Potchanart Panitkul ID. 44010314
Advisor	Dr. Somkait Udomhunsakul
Graduate Level	Bachelor Degree of Information Engineering
Department	Information Engineering
Academic Year	2004

ABSTRACT

This project presents the handwritten postal code recognition. We apply the image processing technique to extract and recognize the postal code on the standard envelopes. In our work, the working process is separated to three steps. The first step is inputting image obtained from scanning. The second is preprocessing by color to gray, threshold, noise reduction and thinning. The last one is recognition process using structural analysis method (composing of End Point, Crossing Point and Junction Point). The programming is conducted by Borland C++ Builder 6 language.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โปรแกรมการรู้จำตัวเลขอารบิคสำเร็จได้ เนื่องจากการให้คำแนะนำ และคำปรึกษาเกี่ยวกับวิธีการประมวลผลภาพ และการวิเคราะห์โครงสร้างรูปแบบ จาก ดร.สมเกียรติ อุดมหรรษากุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำโครงงาน ผู้จัดทำขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบคุณ คุณปิยะพงษ์ แดงขำ และ เอกสารด้านโปรแกรมเรื่องกระบวนการทำให้เส้นบาง (thinning) จาก NECTEC และเพื่อน ๆ ที่ช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ตลอดมา และขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจ และให้ความสนับสนุนเป็นอย่างดี จนกระทั่งโครงงานนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นายประกาณฑ์ ฐานะตระกูล

นางสาวพจนารถ พานิชกุล

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	**ก**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**ข**
กิตติกรรมประกาศ	**ค**
สารบัญ	**ง**
สารบัญรูป	**ช**
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 วิธีการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	**4**
2.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ	4
2.2 การรับภาพ	5
2.3 การปรับปรุงภาพเบื้องต้น	5
2.4 การตรวจจับกรอบตำแหน่งของรหัสไปรษณีย์	5
2.5 การประมวลผลภาพทำให้เส้นบาง	5
2.6 การรู้จำ	5
2.7 ลักษณะซองจดหมายมาตรฐาน	6
2.7.1 ความหมาย และขนาดของซองมาตรฐาน	6
2.7.2 รายละเอียดของซองมาตรฐานที่ใช้	6
2.8 การเขียนรหัสไปรษณีย์	9
2.9 ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.9.1 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข	11
2.9.1.1 การแทนภาพด้วยข้อมูลแบบดิจิตอล	11
2.9.1.2 ลักษณะการจัดเก็บข้อมูลภาพแบบดิจิตอล	12
2.9.2 ไฟล์ข้อมูลภาพชนิดบิตแมป	13
2.9.2.1 รูปแบบของไฟล์ข้อมูลภาพชนิดบิตแมป	13
2.9.2.2 โครงสร้างของไฟล์ข้อมูลภาพชนิดบิตแมป	13
2.9.2.3 การจัดเก็บไฟล์ข้อมูลชนิดบิตแมป	14
2.9.3 การเตรียมข้อมูลภาพ	14
2.9.3.1 การทำภาพสีให้เป็นภาพขาวดำ	15
2.9.3.2 การแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง	15
2.9.3.3 การกำจัดสัญญาณรบกวน	18
2.9.3.4 วิธีการหากรอบรหัสไปรษณีย์	18
2.9.3.5 การทำเส้นบาง (Thinning)	19
บทที่ 3 โครงสร้างระบบ และโครงสร้างโปรแกรม	**21**
3.1 โครงสร้างของระบบรู้จำรหัสไปรษณีย์	22
3.2 ระบบส่วนการประมวลผลภาพ	22
3.2.1 การเตรียมข้อมูลภาพ	22
3.2.2 การกำจัดสิ่งรบกวน	22
3.2.2.1 โครงสร้างของโปรแกรมการกำจัดสัญญาณรบกวน	23
3.2.3 วิธีการหากรอบรหัสไปรษณีย์	24
3.2.3.1 โครงสร้างโปรแกรมการหากรอบรหัสไปรษณีย์	24
3.2.4 การลบกรอบรหัสไปรษณีย์	25
3.2.4.1 โครงสร้างการลบกรอบรหัสไปรษณีย์	25
3.2.5 ระบบรู้จำโดยใช้การวิเคราะห์โครงสร้าง	26
3.2.5.1 จุดแยกมีลักษณะดังยกมาเป็นตัวอย่างต่อไปนี้	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2.5.2 จุดปลายมีลักษณะดังต่อไปนี้	27
3.2.5.3 ลักษณะของจุดตัดดังแสดงต่อไปนี้	27
3.2.5.4 จำนวนจุดปลาย	28
3.2.5.5 จำนวนจุดแยกหรือจุดตัด	28
3.2.5.6 ทิศทางการเดินของเส้นที่ต่อจากจุดปลาย	28
3.2.5.7 ตำแหน่งของจุดปลาย	29
3.3 ระบบส่วนการรู้จำ	29
3.3.1 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 0	31
3.3.2 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 1	32
3.3.3 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 2	33
3.3.4 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 3	35
3.3.5 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 4	36
3.4 รูปแบบของตัวเลขที่ใช้วิเคราะห์	37
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	**38**
4.1 วิธีการใช้งานโปรแกรม	38
4.2 ผลการทดลองให้โปรแกรมบอกค่าของตัวเลขรหัสไปรษณีย์	45
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์	**50**
บรรณานุกรม	**51**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	3
รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมในการทำงานของการตรวจสอบรหัสไปรษณีย์บนหน้าซองจดหมาย	4
รูปที่ 2.2 รายละเอียดของซองธรรมดาที่ กสท.จำหน่ายขนาด C6 และ DL	7
รูปที่ 2.3 แสดงซองที่ไม่ใส่รหัสไปรษณีย์	7
รูปที่ 2.4 แสดงซองที่จ่าหน้าโดยใส่รหัสไปรษณีย์ด้วยตัวเลขไทย	8
รูปที่ 2.5 แสดงซองที่ใส่รหัสไปรษณีย์คร่อมกรอบรหัสไปรษณีย์สีแดงส้ม	8
รูปที่ 2.6 แสดงซองที่ใส่รหัสไปรษณีย์นอกกรอบรหัสไปรษณีย์	8
รูปที่ 2.7 แสดงแยกตัวเลขที่ใช้ได้กับระบบคัดแยกซองจดหมายอัตโนมัติ	9
รูปที่ 2.8 แสดงการเขียนตัวเลขติดต่อกัน	9
รูปที่ 2.9 แสดงการเขียนตัวเลขที่ไม่ชัดเจน	10
รูปที่ 2.10 แสดงการเขียนตัวเลขที่มีขนาดเล็กเกินไป	10
รูปที่ 2.11 แสดงการเขียนตัวเลขที่เส้นขาด	10
รูปที่ 2.12 แสดงตัวอย่างสัญญาณรบกวนที่เป็นจุดเดี่ยว	18
รูปที่ 2.13 แสดงภาพที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ	18
รูปที่ 2.14 แสดงภาพที่มีสัญญาณรบกวนสูง	18
รูปที่ 2.15 จุดที่กำหนดขึ้นเพื่อทำการสแกนหากรอบรหัสไปรษณีย์	19
รูปที่ 2.16 เทมเพลทที่ใช้ในการทำThinning	20
รูปที่ 3.1 โครงสร้างขั้นตอนการทำงานของระบบโดยรวม	21
รูปที่ 3.2 ข้อมูลภาพที่ได้จากการทำ Thresholding	22
รูปที่ 3.3 โครงสร้างโปรแกรมการกำจัดสัญญาณรบกวน	23
รูปที่ 3.4 วิธีหาพิกัดของกรอบรหัสไปรษณีย์	24
รูปที่ 3.5 โครงสร้างโปรแกรมการหากรอบรหัสไปรษณีย์	24
รูปที่ 3.6 วิธีการลบกรอบรหัสไปรษณีย์	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 3.7 โครงสร้างการลบกรอบรหัสไปรษณีย์	25
รูปที่ 3.8 แสดงตัวอย่างจุดแยกแบบต่างๆ	26
รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะของจุดปลายแบบต่างๆ	27
รูปที่ 3.10 แสดงลักษณะของจุดตัดแบบต่างๆ	27
รูปที่ 3.11 แสดงตัวอย่างการนับจุดปลายของตัวเลขต่างๆ	28
รูปที่ 3.12 แสดงตัวอย่างการนับจุดแยกและจุดตัดของตัวเลขต่างๆ	28
รูปที่ 3.13 แสดงทิศทางการเดินทางของเส้นที่ต่อไปจุดปลาย (X0)	28
รูปที่ 3.14 แสดงตัวอย่างตำแหน่งของจุดปลายในควอดแรนท์ทั้งสี่	29
รูปที่ 3.15 โครงสร้างระบบส่วนการรู้จำโดยสังเขป	30
รูปที่ 3.16 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 0	31
รูปที่ 3.17 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 1	32
รูปที่ 3.18 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case2	33
รูปที่ 3.19 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 3	35
รูปที่ 3.20 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 4	36
รูปที่ 3.21 แสดงถึงรูปแบบตัวเลขที่เราเก็บข้อมูลได้ทั้งหมด	37
รูปที่ 4.1 Interface ของโปรแกรม	39
รูปที่ 4.2 เปิดไฟล์ BMP	39
รูปที่ 4.3 ทำ Color to Gray	40
รูปที่ 4.4 ทำการเทรสโฮลด์ (thresholding)	40
รูปที่ 4.5 กำจัดสิ่งรบกวน (noise)	41
รูปที่ 4.6 หาขอบเขตของกรอบรหัสไปรษณีย์ปลายทาง	41
รูปที่ 4.7 การทำเส้นให้บาง (thinning)	42
รูปที่ 4.8 วิเคราะห์โครงสร้างของตัวเลข	42
รูปที่ 4.9 วิเคราะห์ผลลัพธ์	43
รูปที่ 4.10 อีกตัวอย่างหนึ่งของภาพตัวเลขในกรอบรหัสไปรษณีย์	43
รูปที่ 4.11 อีกตัวอย่างหนึ่งของภาพตัวเลขในกรอบรหัสไปรษณีย์	44
รูปที่ 4.12 อีกตัวอย่างหนึ่งของภาพตัวเลขนอกกรอบรหัสไปรษณีย์	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 4.1 บันทึกผลจากการตรวจสอบความถูกต้องของค่าตัวเลขจากข้อมูลภาพ	45
ตารางที่ 4.2 บันทึกผลจากการตรวจสอบความถูกต้องของค่าตัวเลขจากซองจดหมาย โดยพิจารณาทีละซอง	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

จากแนวโน้มปริมาณของการใช้ซองจดหมาย ซึ่งมีจำนวนมากขึ้นตามลำดับเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และความรวดเร็วในการคัดแยก การสื่อสารแห่งประเทศไทย (กสท.) จึงนำระบบคัดแยกจดหมายอัตโนมัติมาติดตั้งใช้งานที่ศูนย์ไปรษณีย์หลักสี่ กลางปี 2539 โดยระบบดังกล่าวประกอบด้วย เครื่องจ่าหน้า (Optical Character Reader: OCR) จะอ่านรหัสไปรษณีย์บนจ่าหน้าของจดหมายแต่ละฉบับ เครื่องพิมพ์รหัสไปรษณีย์ทางจอภาพ (Video Coding Desk: VCD) เพื่อแสดงตัวเลขรหัสไปรษณีย์ที่ถูกตรวจพบออกทางหน้าจอภาพหรือ แสดงตัวเลขที่พบในกรณีที่ระบบคัดแยกจดหมายอัตโนมัติไม่สามารถอ่านรหัสไปรษณีย์ออก และเครื่องคัดแยกจดหมาย (Letter Sorting Machine: LSM) จะทำการเคลื่อนซองจดหมายเพื่อแยกไปตามช่องที่ถูกออกแบบไว้ตามเขตของรหัสไปรษณีย์ ระบบคัดแยกจดหมายอัตโนมัติดังกล่าวต้องใช้ซองจดหมายที่เป็นซองมาตรฐานตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วย การสารบรรณ พ.ศ. 2526 ที่ได้มีการปรับปรุงเพิ่มเติม ซึ่งในปัจจุบันซองจดหมายมาตรฐานได้ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายโดยทั่วไป

อย่างไรก็ดีระบบคัดแยกจดหมายอัตโนมัติ จำเป็นต้องจัดทำซองให้ถูกต้องตามมาตรฐานและเตรียมการฝากส่งที่ถูกต้องโดยเคร่งครัดในการจ่าหน้าซองจดหมายตามที่ กสท. ได้กำหนดไว้ ตัวอย่างกรณีที่ใช้ไม่ได้กับระบบคัดแยกจดหมายอัตโนมัติของ กสท. ได้แก่ ซองที่ใส่ข้อมูลอื่นต่อท้ายรหัสไปรษณีย์หรือในบรรทัดที่ระบุรหัสไปรษณีย์ ซองที่เขียนจ่าหน้าด้วยมือและใส่รหัสไปรษณีย์ในช่องรหัสไปรษณีย์สีอื่นที่ไม่ใช่สีแดงส้ม ซองที่จ่าหน้าโดยใช้หมึกสีแดงหรือสีใกล้เคียงสีแดง ตัวเลขที่จ่าหน้ารหัสไปรษณีย์ต้องไม่เป็นตัวเลขเอน ตัวเลขต้องมีความต่อเนื่อง คือ เส้นในแต่ละตัวเลขรหัสไปรษณีย์ต้องไม่ขาดตอน และแบบของตัวเลขที่ใช้เขียนรหัสไปรษณีย์ควรเป็นตัวเลขในลักษณะที่ถูกกำหนดไว้

ดังนั้นในโครงงานนี้ จึงนำเสนอแนวทางในการศึกษาระบบการประมวลผลภาพโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในบางกรณี โดยในการจะทำให้คอมพิวเตอร์จดจำรูปแบบได้นั้น ข้อมูลเบื้องต้นที่จะทำการป้อนให้กับการจดจำของคอมพิวเตอร์จะอยู่ในลักษณะของข้อมูลรูปภาพ (Image Data) และนำไปแปลงให้อยู่ในรูปของการจัดเก็บข้อมูลแบบตัวหนังสือ (Text Data) เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปทำการประมวลผลคัดแยกรหัสไปรษณีย์ต่อไป โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการก่อนที่จะทำให้คอมพิวเตอร์รู้จักกับตัวเลขรหัส เพื่อแปลงตัวเลขรหัสจากข้อมูลรูปภาพเป็นข้อมูลแบบตัวหนังสือได้นั้น เราจะใช้หลักการของการประมวลผลภาพ (Image Processing)

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านการประมวลผลภาพในการค้นหารหัสไปรษณีย์ได้อย่างรวดเร็ว และถูกต้องในระดับที่ยอมรับได้ บนซองจดหมายมาตรฐาน
2. เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านการประมวลภาพ และพัฒนาให้เหมาะสมกับการใช้งานโดยสามารถตรวจสอบรหัสไปรษณีย์บนหน้าซองจดหมายที่เป็นไปตามเงื่อนไขของคู่มือการใช้ซองจดหมายมาตรฐาน
3. เพื่อศึกษาถึงระบบฐานข้อมูลของรหัสไปรษณีย์ เพื่อประยุกต์ใช้ในการแยกรหัสไปรษณีย์ โดยแสดงผลในรูปของเขตที่อยู่ปลายทาง
4. เพื่อศึกษาหลักการเขียนโปรแกรมประยุกต์ใช้งานด้วย Borland C++ Builder 6

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

การรู้จำรหัสไปรษณีย์ที่นำเสนอนี้เราจะทำการศึกษาในส่วนของ การประมวลผลภาพ โดยเป้าหมายคือเพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปเป็นอินพุทให้แก่ระบบจดจำรูปแบบ และระบบจดจำรูปแบบนั้นจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลภาพและความสามารถของโปรแกรมที่เราจะทำคือให้โปรแกรมสามารถตอบได้ว่าข้อมูลภาพตัวเลขที่เราป้อนนั้นมีค่าเท่ากับเท่าใด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

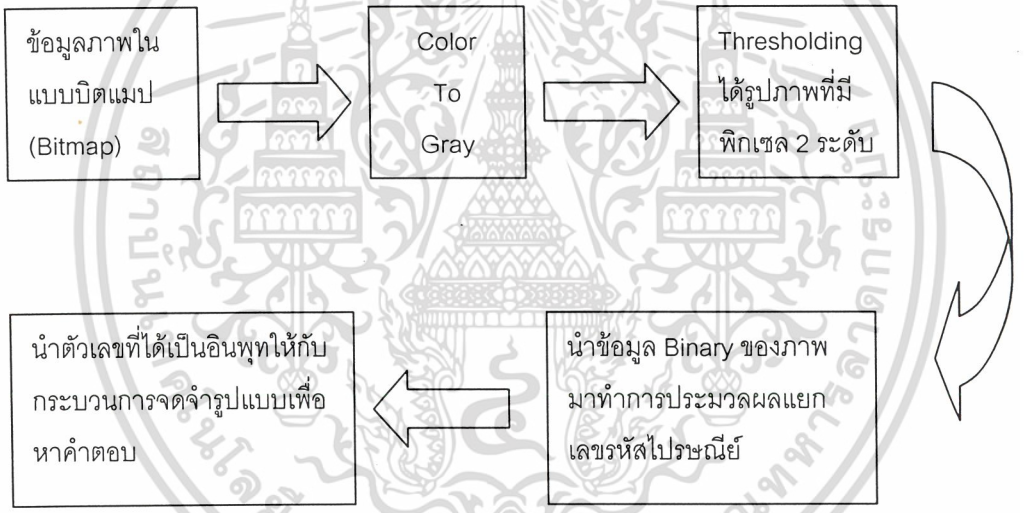
ระบบรู้จำรหัสไปรษณีย์สามารถนำไปใช้กับระบบคัดแยกซองจดหมายของกรมไปรษณีย์ได้ ซึ่งจะทำให้การจัดแยกซองจดหมายไปสู่จุดหมายปลายทางสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยเมื่อทำการผ่านซองจดหมายเข้ามาในระบบรู้จำเพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำการวิเคราะห์แล้วตัดสินว่าเป็นรหัสไปรษณีย์ของอำเภอไหน จังหวัดไหน แล้วนำรหัสที่วิเคราะห์ได้ไปเทียบกับฐานข้อมูล เมื่อตรวจเจอว่าจับตัวเลขรหัสจับคู่ถูกต้องกับรหัสไปรษณีย์ใด ก็จะทำการคัดแยกซองจดหมายลงกล่องคัดแยกพร้อมส่งไปยังที่หมายต่างๆต่อไปได้

จากการศึกษาระบบประมวลผลภาพและระบบรู้จำแบบต่างๆ ทำให้เราเข้าใจและสามารถนำระบบต่างๆ ที่ศึกษาไปประยุกต์ใช้กับระบบรู้จำที่ซับซ้อนกว่าได้ เช่น ระบบรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์ ซึ่งต้องจดจำตัวอักษร ระบบรู้จำลายมือมนุษย์แบบออนไลน์ต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 วิธีการดำเนินงาน

โดยขั้นต้นเราจะนำรูปภาพของรูปซองจดหมายที่ได้มีการเขียนที่อยู่ผู้รับ และรหัสไปรษณีย์ด้วยลายมือคนนำไปทำการสแกนแล้วเก็บข้อมูลมาในแบบบิตแมป (Bitmap) จากนั้นนำมาทำ Color to Gray แล้วทำการ Threshold เพื่อให้ได้รูปภาพที่มีพิกเซล 2 ระดับ คือสีขาวกับสีดำ มาทำการประมวลผลแยกรูปภาพตัวเลขรหัสไปรษณีย์ที่ปะปนกับรูปภาพตัวหนังสือที่อยู่ในซองจดหมายเดียวกันออกมาให้ได้ โดยใช้การประมวลผลภาพ เช่น เทคนิคการใช้เทรชโฮล(Threshold Technique)ในการแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง การจำแนกภาพ (Image Segmentation) โดยกระบวนการหากรอบรหัสไปรษณีย์ และ Detect edge เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปป้อนเป็นอินพุทให้กับกระบวนการจดจำรูปแบบรหัสไปรษณีย์ต่อไป เพื่อให้คอมพิวเตอร์รู้จักและเข้าใจภาพ (Recognition)



รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

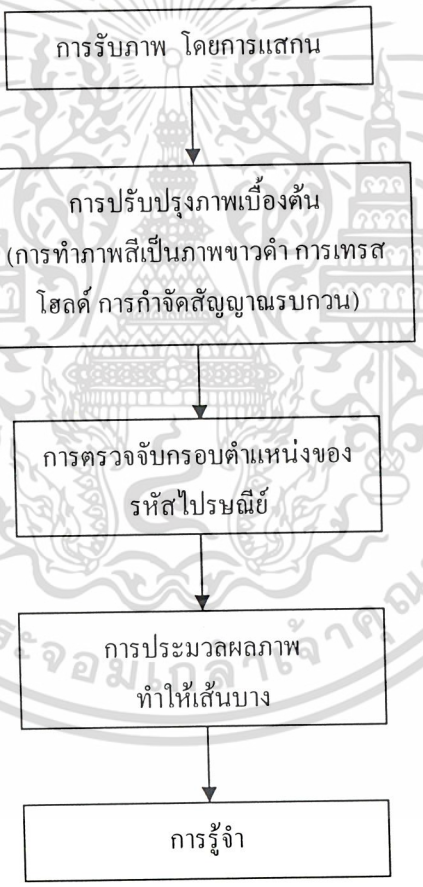
หลังจากผ่านขั้นตอนการแยกรูปตัวเลขรหัสไปรษณีย์ออกจากซองจดหมายแล้ว ข้อมูลภาพของรหัสไปรษณีย์จะถูกเตรียมพร้อมเพื่อเข้าสู่กระบวนการจดจำรูปแบบ เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำการตัดสินข้อมูลรูปภาพรหัสให้ออกมาเป็นข้อมูลตัวเลขที่เป็นแบบตัวอักษรได้อย่างถูกต้อง โดยกระบวนการในส่วนของการจดจำรูปแบบ ซึ่งวิธีการจดจำที่เราจะใช้คือกระบวนการรู้จำโดยการวิเคราะห์โครงสร้าง (Structural Analysis Method)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ

จากข้อมูลเบื้องต้นได้นำเสนอการตรวจสอบรหัสไปรษณีย์บนหน้าซองจดหมายโดยอาศัยพื้นฐานของการวิเคราะห์โครงสร้างงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบโดยการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Borland C++ Builder 6 การดำเนินงานอาศัยขบวนการทางด้านซอฟต์แวร์เพื่อลดต้นทุน และมีความคล่องตัวสูงในการพัฒนา มีการทำงานตามบล็อกไดอะแกรม แสดงไว้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมในการทำงานของการตรวจสอบรหัสไปรษณีย์บนหน้าซองจดหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การรับภาพ (Image Acquisition)

ใช้เครื่องสแกนเนอร์ สแกนซองจดหมายมาตรฐานมาเก็บไว้ในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลภาพมาตรฐาน BMP ทำการอ่านข้อมูลภาพมาตรฐาน BMP ที่ได้ เพื่อให้สามารถทำการประมวลผลข้อมูลภาพในแต่จะจุดภาพได้โดยตรง

2.3 การปรับปรุงภาพเบื้องต้น (Preprocessing of Image)

- Color To Gray เพื่อให้ภาพที่ได้จากการสแกนอยู่ในรูปแบบ Gray level
- Thresholding ทำการปรับปรุงภาพที่ได้ให้เหมาะสมโดยใช้เทคนิคการตัดเทรสโฮลด์ (Thresholding) เพื่อแยกวัตถุที่เราสนใจออกมาจากพื้นหลัง ซึ่งภาพที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวจะเป็นภาพขาวดำ
- การกำจัดNoise เพื่อให้โปรแกรมทำการวิเคราะห์โครงร่างของตัวเลขได้ง่ายขึ้น

2.4 การตรวจจับกรอบตำแหน่งของรหัสไปรษณีย์

ทำการตรวจจับตำแหน่งของกรอบรหัสไปรษณีย์ โดยอาศัยข้อมูลที่ทราบเป็นตัวกำหนดเพื่อให้ได้ข้อมูลภาพภายในกรอบของรหัสไปรษณีย์ซึ่งมีทั้งสิ้น 5 กรอบ โดยปกติจะเป็นตัวเลขรหัสไปรษณีย์ในแต่ละหลัก

2.5 การประมวลผลภาพทำให้เส้นบาง (Thinning)

เป็นการทำให้เส้นที่มีความหนาบางลงให้เหลือเพียงจุดภาพเดียว และยังคงความต่อเนื่องของเส้น โดยใช้ Thinning algorithm เนื่องจากรหัสไปรษณีย์ในแต่ละหลักที่ได้จากการตรวจจับกรอบ อาจมีลายเส้นของตัวเลขที่มีความหนา ฉะนั้นเมื่อผ่านกระบวนการนี้ ผลที่ได้ทำให้ตัวเลขลายมือเขียนในแต่ละหลักของรหัสไปรษณีย์มีลายเส้นบางเพียงพิกเซลเดียวจึงเหมาะที่จะนำไปประมวลผลในกระบวนการรู้จำ

2.6 การรู้จำ (Recognition)

โดยนำรหัสไปรษณีย์แต่ละหลักที่อยู่ในรูปของตัวเลขลายมือเขียนมาทำการรู้จำเพื่อตีความหมายของตัวเลข โดยอาศัยพื้นฐานของการวิเคราะห์โครงสร้าง เมื่อได้ค่าของตัวเลขครบทุกหลักของรหัสไปรษณีย์แล้ว ทำการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลของรหัสไปรษณีย์ ทำให้สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตีความหมาย และแยกซองจดหมายตามเขตที่อยู่ปลายทางได้เป็นผลสำเร็จ โดยแสดงผลเป็นชื่อของที่อยู่ปลายทาง

โครงงานที่ดำเนินการนี้ต้องอาศัยความรู้ทางด้านการประมวลผลภาพ แนวความคิดพื้นฐานของการวิเคราะห์โครงสร้าง ลักษณะของซองจดหมาย และการจำหน้าร่วมกับระบบฐานข้อมูลของรหัสไปรษณีย์ และดำเนินการทดลองโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อสรุปผลจากตัวอย่างซองจดหมายที่ถูกจำหน้าโดยบุคคลทั่วไป ซึ่งอาจทำให้ลายมือเขียนมีความแตกต่างกัน

2.7 ลักษณะซองจดหมายมาตรฐาน

2.7.1 ความหมาย และขนาดของซองมาตรฐาน

ซองมาตรฐาน คือ ซองที่มีขนาด น้ำหนัก รูปแบบ และรายละเอียดอื่นๆ ตามมาตรฐาน กสท.

2.7.2 รายละเอียดของซองมาตรฐานที่ใช้

ซองธรรมดา ที่ กสท. จำหน่าย ขนาด C6 และขนาด DL มีรายละเอียดคือ

- ซองรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้างไม่น้อยกว่า 90 มม. ไม่มากกว่า 120 มม. คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 2 มม. ความยาวไม่น้อยกว่า 140 มม. ไม่มากกว่า 235 มม. คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 2 มม.
- ด้านหลังซองจะต้องเว้นว่างจากขอบซองด้านล่างอย่างน้อย 20 มม. ตลอดแนว
- ในกรณีที่มีการจำหน้าด้วยมือ ควรจัดพิมพ์ช่องใส่รหัสไปรษณีย์สีแดงส้มลงบนตัวซองในตำแหน่ง ขนาด และรูปแบบเดียวกับซองขนาด C6 และซองขนาด DL ที่ กสท. จำหน่าย

โดยสามารถแบ่งรายละเอียดของซองธรรมดาที่ กสท. จำหน่ายขนาด C6 และ DL ออกเป็น 4 พื้นที่หลักดังนี้

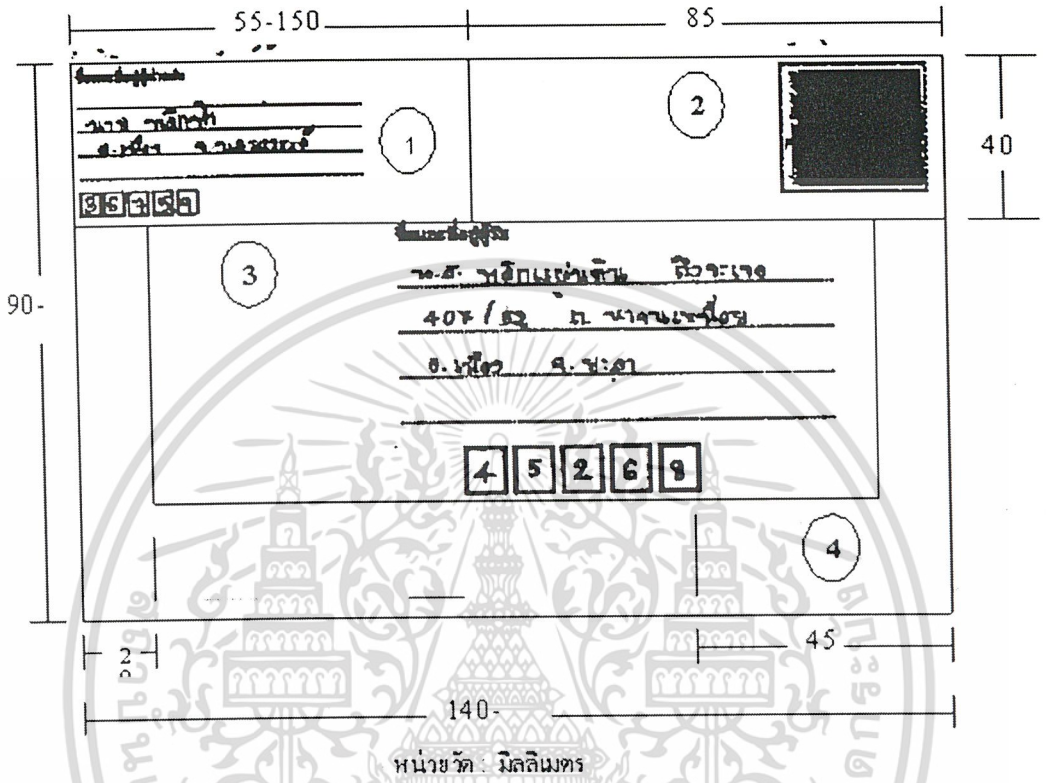
พื้นที่หมายเลข 1	บริเวณสำหรับชื่อที่อยู่ผู้ฝาก
พื้นที่หมายเลข 2	บริเวณสำหรับผนึกตราไปรษณีย์
พื้นที่หมายเลข 3	บริเวณสำหรับจำหน้าผู้รับ
พื้นที่หมายเลข 4	บริเวณที่ต้องเว้นว่างตลอดแนว

นอกจากต้องทราบรายละเอียดและขนาดของซองจดหมาย สิ่งที่สำคัญยิ่งประการหนึ่งคือรายละเอียดขนาดของกรอบที่ถูกกำหนดสำหรับใส่รหัสไปรษณีย์ ซึ่งอยู่ในบริเวณสำหรับจำหน้าผู้รับอยู่ในเขตพื้นที่หมายเลข 3 ดังแสดงไว้ดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

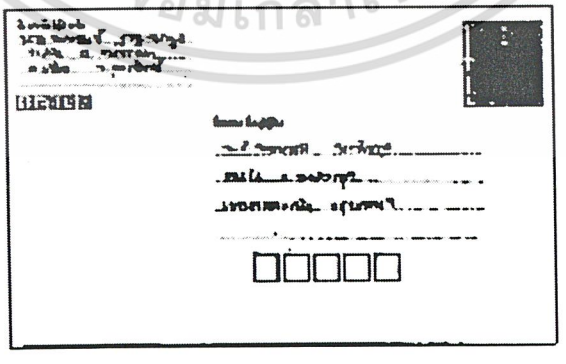
ซองขนาด C6 กว้าง 114 มม. ยาว 162 มม.

ซองขนาด DL กว้าง 110 มม. ยาว 220 มม.



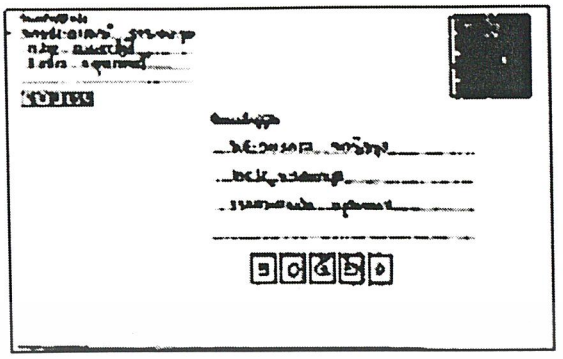
รูปที่ 2.2 รายละเอียดของซองธรรมดาที่ กสท. จำหน่ายขนาด C6 และ DL

ตัวอย่างของซองที่ไม่ได้มาตรฐาน ที่ใช้ไม่ได้กับระบบคัดแยกจดหมายอัตโนมัติของ กสท.



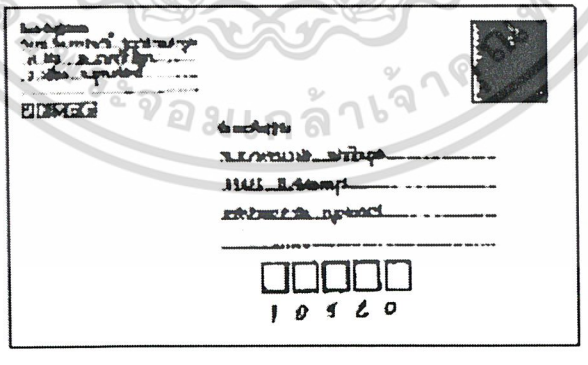
รูปที่ 2.3 แสดงซองที่ไม่ใส่รหัสไปรษณีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงซองที่จ่าหน้าโดยใส่รหัสไปรษณีย์ด้วยตัวเลขไทย

รูปที่ 2.5 แสดงซองที่ใส่รหัสไปรษณีย์คร่อมกรอบรหัสไปรษณีย์สีแดงส้ม

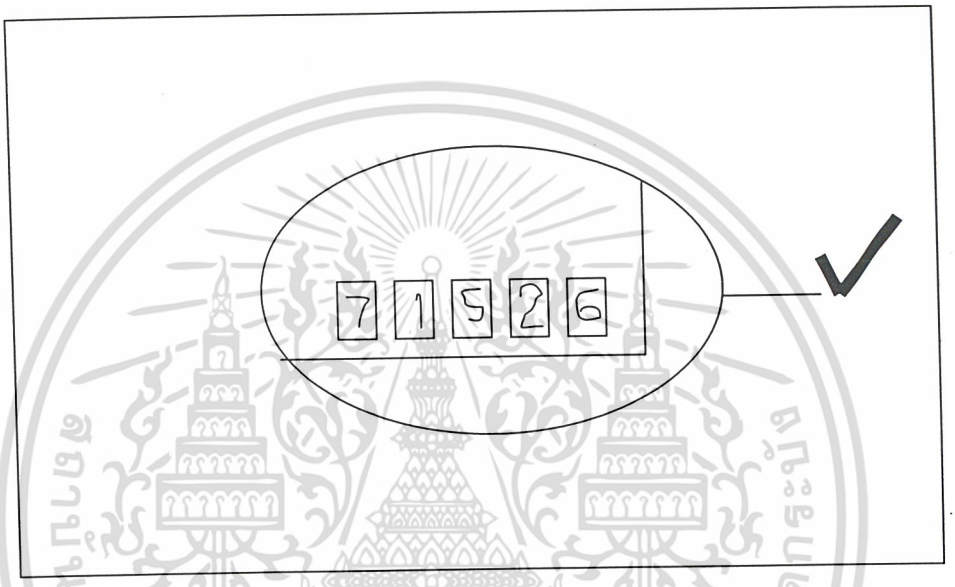


รูปที่ 2.6 แสดงซองที่ใส่รหัสไปรษณีย์นอกกรอบรหัสไปรษณีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

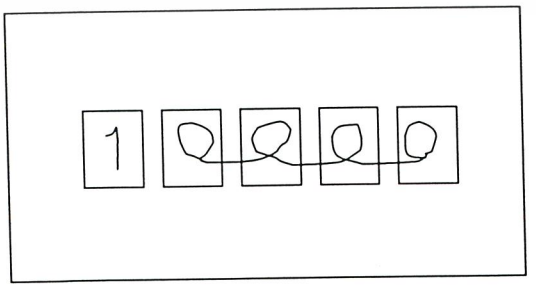
2.8 การเขียนรหัสไปรษณีย์

กรณีการเขียนจ่าหน้าด้วยมือ ถ้าไม่มีช่องใส่รหัสไปรษณีย์ให้จัดทำตามรูปแบบที่กำหนด โดยต้องทำกรอบช่องด้วยหมึกสีแดงส้ม และให้เขียนตัวเลขรหัสไปรษณีย์ในช่องที่กำหนด ควรใช้หมึกสีดำ หรือสีน้ำเงินในการเขียนตัวเลข และเขียนตัวเลขรหัสไปรษณีย์ให้ชัดเจนในลักษณะ ดังรูปที่ 2.7



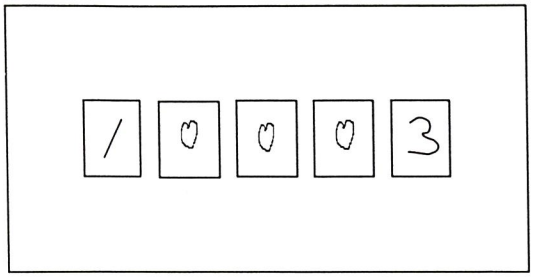
รูปที่ 2.7 แสดงแยกตัวเลขที่ใช้ได้กับระบบคัดแยกซองจดหมายอัตโนมัติ

กรณีตัวอย่างการเขียนรหัสไปรษณีย์แบบตัวเลขที่ใช้ไม่ได้กับเครื่องคัดแยกจดหมายอัตโนมัติ ได้แก่ เขียนตัวเลขออกนอกช่องสี่เหลี่ยม เขียนตัวเลขติดต่อกันนอกช่อง แบบของตัวเลขไม่ชัดเจน ขนาดของตัวเลขบีบผอมเกินไป ขนาดของตัวเลขเล็กเกินไป เส้นของตัวเลขไม่ต่อเนื่อง แสดงไว้ดังรูปที่ 2.8 ถึงรูปที่ 2.11

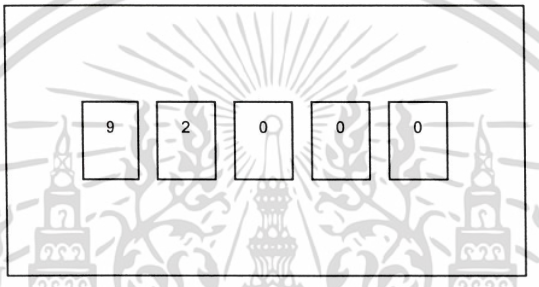


รูปที่ 2.8 แสดงการเขียนตัวเลขติดต่อกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงการเขียนตัวเลขที่ไม่ชัดเจน



รูปที่ 2.10 แสดงการเขียนตัวเลขที่มีขนาดเล็กเกินไป

รูปที่ 2.11 แสดงการเขียนตัวเลขที่เส้นขาด

จากข้อมูลเอกสารเผยแพร่ของการสื่อสารแห่งประเทศไทย ในเอกสารคู่มือการใช้ซองมาตรฐานสำหรับใช้กับระบบคัดแยกจดหมายอัตโนมัติ พบว่าระบบดังกล่าวจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อผู้ใช้ปฏิบัติตามเงื่อนไขที่ระบุไว้อย่างเคร่งครัด หากไม่เป็นไปตามเงื่อนไขจะส่งผลให้ระบบไม่สามารถคัดแยกได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น

2.9.1 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข (Digital Image Processing)

การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข หมายถึง การนำภาพที่พบทั่วไปมาประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยภาพที่นำมาประมวลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์นี้จะถูกแทนที่ด้วยตัวเลขให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ แต่ภาพที่ได้โดยส่วนมากแล้วจะเป็นภาพที่ได้จากตัวรับสัญญาณ ซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชัน f(x,y) ที่ต่อเนื่องในระนาบสองมิติ (คือแกน x และแกน y) โดยจะเป็นสัดส่วนกับความสว่างหรือความเข้มของภาพ ที่ตำแหน่ง(x,y) ใดๆ ซึ่งเรียกว่า ระดับ gray level

2.9.1.1 การแทนภาพด้วยข้อมูลแบบดิจิตอล

ภาพข้อมูลแบบดิจิตอล (Digital Image) เป็นภาพที่ถูกแปลงมาจากอนาลอก ให้อยู่ในรูปของตัวเลขโดยภาพอนาลอกถูกแบ่งเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็กๆ ที่เรียกว่า พิกเซล (Pixel) ในแต่ละพิกเซล จะถูกระบุตำแหน่งด้วยคู่โคออร์ดิเนต (x,y) และค่าระดับสีเทาของพิกเซลนั้นๆ โดยเราสามารถแปลงภาพเป็นข้อมูลแบบดิจิตอลได้โดยมีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

เมื่อเรานำสัญญาณอนาลอกที่ต้องการประมวลผลมาผ่านส่วนที่เรียกว่า ดิจิไตเซอร์ (Digitizer) ซึ่งจะมีหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ไม่ว่าจะเป็นแสกนเนอร์ หรือ กล้องดิจิไตเซอร์ จากนั้นทำการควอนไตซ์ (Quantizing) เพื่อที่จะประมวลสัญญาณด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ฟังก์ชันของภาพ f(x,y) จะถูกทำให้เป็นสัญญาณภาพไม่ต่อเนื่องทั้งระนาบของภาพ ซึ่งเราเรียกว่าการสุ่มภาพ (Image Sampling) ของฟังก์ชันที่ได้เรียกว่า การควอนไตซ์ระดับสีเทา (Gray Level Quantization) ก็จะได้ข้อมูลที่เป็นดิจิตอล

สมมติว่าสัญญาณภาพต่อเนื่อง f(x,y) ถูกดิจิไตซ์ในระนาบ x และ y เป็นช่วงเท่าๆ กัน เราสามารถจัด f(x,y) ให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ ขนาด N x N ได้ดังสมการนี้

$$f(x,y) = \begin{matrix} f(0,0) & f(0,1) & f(0,2)\ldots f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & f(1,2)\ldots f(1,N-1) \\ . & . & . \quad . \\ . & . & . \quad . \end{matrix}$$

ซึ่งทางขวาของสมการ จะเรียกได้ว่า ข้อมูลภาพดิจิตอล และทุกๆสมาชิกของเมตริกซ์จะเรียกว่า พิกเซล จากขบวนการสร้างภาพดิจิตอลดังข้างต้น จะเห็นได้ว่าเราสามารถทราบขนาดของความละเอียดของภาพ N x N พิกเซล และจำนวนระดับของเกรย์สเกล ในทางปฏิบัติการทำควอนไตเซชั่นในระบบดิจิตอลจะมีค่าดังสมการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$B = N \times N \times M$$

เมื่อ B = ขนาดของข้อมูลที่เป็นดิจิตอล

G = จำนวนของเกรย์สเกล ที่ต้องการใช้ในการเก็บข้อมูล

M = จำนวนบิตที่ใช้ในการแทนข้อมูลภาพ 1 พิกเซล

โดย M สามารถหาได้จาก

$$G = 2^M$$

2.9.1.2 ลักษณะการจัดเก็บข้อมูลภาพแบบดิจิตอล

โดยทั่วไปแล้ว ข้อมูลภาพจะมีค่าความเข้มตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไป แต่ที่ใช้กันมากจะใช้กันที่ค่าระดับความเข้มของจุดภาพเท่ากับ 256 ระดับ ซึ่งจะทำให้ค่าของจุดภาพอยู่ในช่วง (0-255) โดยใช้เนื้อที่การเก็บข้อมูลภาพขนาด 1 ไบต์ หรือ 8 บิต สำหรับข้อมูล 1 จุดภาพ (256) ในกรณีที่ต้องการภาพที่มีความละเอียดของระดับความเข้มสูงๆ อาจจะต้องการจำนวนบิตสำหรับการเก็บข้อมูลมากกว่า 8 บิต คืออาจจะเป็น 16 หรือ 24 บิต โดยค่าความเข้มของจุดภาพจะเท่ากับ 2 กำลัง 16 และ 2 กำลัง 24 ตามลำดับ โดยแยกความแตกต่างของแต่ละระดับให้เห็นอย่างชัดเจนได้ดังนี้

1. ภาพ 2 ระดับ คือมีเพียงแค่จุดขาวกับจุดดำเท่านั้น โดยแต่ละจุดภาพเป็นข้อมูลขนาด 1 บิต
2. ภาพ 16 ระดับ คือในแต่ละจุดภาพจะมีขนาดของข้อมูล 4 บิต ซึ่งทำให้สามารถแสดงภาพได้ถึง 16 ระดับสี หรือ Gray Scale 16 Levels ขึ้นอยู่กับภาพนั้นว่าเป็นสีขาวหรือดำ
3. ภาพ 256 ระดับ คือในแต่ละจุดภาพจะมีขนาดของข้อมูล 8 บิต ซึ่งทำให้สามารถแสดงภาพได้ความเข้มถึง 256 ระดับสี หรือ Gray Scale 256 Levels ขึ้นอยู่กับภาพนั้นว่าเป็นสีขาวหรือดำ
4. ภาพทรูคัลเลอร์ (True Color) คือในแต่ละจุดภาพจะมีขนาดของข้อมูล 24 บิต ทำให้แสดงภาพออกมาได้เหมือนจริงมากที่สุด เพราะสามารถแสดงได้ถึง 16,777,216 สี ภาพทรูคัลเลอร์สามารถแสดงได้เฉพาะภาพสีเท่านั้น ไม่สามารถแสดงผลเป็นภาพขาวดำได้

การแสดงภาพนี้ใช้วิธีตั้งค่าของแม่สีในตารางสี โดยอาจเลือกสีเป็นแบบ 16 สีจาก 64 สี หรือ 16 สีจาก 262,144 สี หรือ 256 สีจาก 262,144 สี ขึ้นอยู่กับโหมดการแสดงผล สำหรับทรูคัลเลอร์ จะส่งค่าสี RGB ผ่าน D/A สีละ 8 บิตออกไป ความแตกต่างของการแสดงภาพสีและขาวดำ คือ ภาพขาวดำจะต้องตั้งให้แม่สีทั้งสามสีมีค่าเท่ากัน เนื่องจาก VGA กำหนดให้แม่สีแต่ละสีใช้ได้เพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

64 ระดับเท่านั้น หากต้องการให้เห็นภาพจริงทั้ง 256 ระดับนั้นต้องแสดงในโหมดทรูคัลเลอร์ แล้วให้ RGB มีค่าเท่ากัน

วิธีการประเมินผลภาพเชิงตัวเลขที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จักวัตถุภายในภาพได้นั้น พอจะแบ่งได้สองระดับด้วยกันคือ การประมวลผลภาพในระดับต่ำ (Low-Level Image Processing) และการประมวลผลภาพในระดับสูง (High-Level Image Processing) การประมวลผลภาพในระดับต่ำจะเป็นการประมวลผลภาพเชิงตัวเลขเกือบทั้งหมด เพื่อหาตัวแปรต่างๆ มาอธิบายข้อมูลภาพ โดยมีจุดประสงค์เพื่อนำตัวแปรเหล่านั้นไปใช้ในการประมวลผลภาพในระดับสูงต่อไป โดยทั่วไปแล้วการประมวลผลภาพระดับต่ำจะประกอบด้วย การประมวลผลภาพก่อน (PreProcessing) การกำจัดสัญญาณรบกวนหรือการทำให้ภาพคมชัด การหาขอบภาพ เป็นต้น

การประมวลผลระดับสูง เป็นการนำผลลัพธ์หรือสัญลักษณ์ที่ได้จากการประมวลผลระดับต่ำมาตีความหรือประมวลผลเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จักและเข้าใจภาพได้สำหรับความแตกต่างของการประมวลผลภาพระดับต่ำและการประมวลผลภาพระดับสูงนั้นคือ ข้อมูลที่นำมาใช้การประมวลผลภาพ โดยที่การประมวลผลภาพระดับต่ำจะใช้ค่าความสว่างของจุดโดยตรง ส่วนการประมวลผลภาพระดับสูงนั้นข้อมูลข้อมูลภาพที่นำมาประมวลผลจะถูกแสดงในรูปของสัญลักษณ์ ซึ่งสัญลักษณ์เหล่านี้จะแสดงถึงสิ่งต่าง ๆ ที่มีอยู่ในภาพเช่น ขนาดของวัตถุ รูปร่าง และความสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุภายในภาพ

2.9.2 ไฟล์ข้อมูลภาพชนิดบิตแมป

2.9.2.1 รูปแบบของไฟล์ข้อมูลภาพชนิดบิตแมป

รูปแบบของไฟล์ข้อมูลภาพชนิดบิตแมป เป็นฟอร์แมตของวินโดว์บิตแมป (Bitmap) ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับไฟล์กราฟฟิกบนระบบปฏิบัติการวินโดว์ ซึ่งจะใช้ในการตัดต่อภาพ หรือสำเนาต่าง ๆ ลงบนคลิปบอร์ด (Clipboard) เมื่อเวลาจัดเก็บไฟล์ที่มีสกุล BMP ซึ่งเป็นฟอร์แมตนี้ยังสามารถใช้เป็นวอลล์เปเปอร์ (Wallpaper) ของวินโดว์ได้อีกด้วย

2.9.2.2 โครงสร้างของไฟล์ข้อมูลภาพชนิดบิตแมป จะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. ข้อมูลเฮดเดอร์ (Header)
2. ข้อมูลจานสี (Palette)
3. ข้อมูลภาพ (Data)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ข้อมูลเฮดเดอร์ คือ ข้อมูลที่อยู่บริเวณส่วนหัวไฟล์ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลที่บอกรายละเอียดต่าง ๆ ของภาพ เช่น ความกว้างและความยาวของภาพ จำนวนสี จำนวนบิต ความละเอียด เป็นต้น ซึ่งโครงสร้างของเฮดเดอร์จะแสดงในภาคผนวก

- ข้อมูลจานสี คือ ข้อมูลที่บอกถึงชุดของจานสี ที่เกิดจากการผสมแม่สีทั้งสาม คือ แดง เขียว และน้ำเงิน มาผสมกันได้เป็น สีต่าง ๆ ตามจำนวนสีของภาพ เช่น รูปขนาด 4 บิต จะมี 16 ระดับสี รูปขนาด 8 บิต จะมีขนาด 256 ระดับสี เป็นต้น ซึ่งถ้ามีจำนวนสีน้อย ๆ ก็จะมีการเก็บค่าจานสีนี้ลงไปในไฟล์ด้วย แต่ถ้าเป็นรูปประเภท 24 บิตจะไม่มีค่าจานสี แต่จะใช้วิธีการเก็บค่าแม่สีทั้งสามลงไปเป็นข้อมูลแทนเพราะถ้าเก็บค่าจานสี ที่มีถึง 16.7 ล้านสี ลงไปด้วยนั้นจะเปลืองเนื้อที่มาก ข้อแตกต่างที่สำคัญของบิตแมปขนาดนี้ คือ ไฟล์บิตแมปจะเก็บค่าของจานสี ชุดละ 4 ไบต์ แต่ก็ใช้แค่ 3 ไบต์ เช่นกัน คือ แดง เขียว และน้ำเงิน อย่างละ 1 ไบต์

- ข้อมูลภาพ คือ ข้อมูลสีของภาพแต่ละจุดที่มาประกอบกันเป็นรูปภาพ ซึ่งค่าที่เก็บนี้จะเป็นค่าที่ใช้ในการชี้ตาราง Palette หมายเลขอะไร เช่น จุดแรกมีค่าเป็น 10 ก็ให้ไปเปิดตาราง Palette หมายเลข 10 สมมุติว่าในตารางหมายเลข 10 มีค่าของแม่สีดังนี้ R = 0 , G = 0 และ B = 100 ก็จะได้จุดนี้เป็นสีน้ำเงิน ซึ่งถ้าเป็นในกรณีของรูป 24 บิต จะเป็นการอ่านข้อมูลขึ้นมาสามค่าเป็นค่าของแม่สี RGB แล้วผสมกันบนจอภาพแทน

2.9.2.3 การจัดเก็บไฟล์ข้อมูลชนิดบิตแมป มีการเก็บอยู่ 2 แบบ คือ

1. แบบบีบอัดข้อมูล
   - RLE 4 เป็นการบีบอัดข้อมูลแบบ Run-Length Encoder แบบ 4 บิต
   - RLE 8 เป็นการบีบอัดข้อมูลแบบ Run-Length Encoder แบบ 8 บิต
2. แบบไม่ได้บีบอัดข้อมูล

   เป็นการเก็บข้อมูลจริงของสีของพิกเซล ซึ่งทำให้ขนาดของไฟล์ค่อนข้างใหญ่แต่จะทำการแสดงภาพได้เร็วกว่าเพราะไม่เสียเวลาในการคลายข้อมูล

2.9.3 การเตรียมข้อมูลภาพ(Pre-Processing)

กระบวนการสำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งในการประมวลผลภาพเบื้องต้นก่อนจะไปสู่ขั้นตอนการจดจำรูปแบบ ก็คือ กระบวนการเตรียมข้อมูลภาพ โดยในขั้นแรกโปรแกรมจะทำการเปลี่ยนภาพที่แสกนมาได้ให้เป็นภาพเกรย์สเกล จากนั้นจะนำภาพเกรย์สเกลไปทำ การแยกวัตถุออกจากพื้นหลังโดยการใช้เทคนิคการทำเทรชโฮล(Threshold) ซึ่งจะเกิดสัญญาณรบกวนขึ้นแน่นอน ดังนั้นในขั้นตอนต่อไปคือ การกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise Removing) เมื่อกำจัดสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียบร้อยแล้ว ต่อมาเราจะเริ่มทำการแยกวัตถุที่ต้องการออกจากพื้นหลังด้วยวิธีการหากรอบไปรษณีย์ เมื่อทราบขอบเขตของวัตถุที่ต้องการแล้วจะทำการประมวลผลภาพเพื่อให้เส้นบาง ทำให้เราแยกวัตถุที่เราต้องการออกมาจากพื้นหลังได้อย่างสมบูรณ์ โดยวัตถุที่เราต้องการในโครงงานนี้ คือ ข้อมูลภาพที่เป็นรหัสไปรษณีย์ซึ่งจะบรรจุอยู่ในช่องสี่เหลี่ยม เมื่อเราแยกตัวเลขออกมาจากช่องสี่เหลี่ยมได้แล้วจะนำเข้าสู่กระบวนการจดจำรูปแบบต่อไป

2.9.3.1 การทำภาพสีให้เป็นภาพขาวดำ (Gray Scale)

จากความแตกต่างของกาแสดงภาพสีและขาวดำ คือ ภาพขาวดำจะตั้งค่าของแม่สีทั้งสามให้เท่ากัน สำหรับโครงงานนี้จะใช้โหมดแสดงผลภาพแบบทรูคัลเลอร์ซึ่งแม่สีแต่ละสีสามารถแสดงระดับสีได้ 256 ระดับ ดังนั้น การทำภาพสีให้แสดงผลเป็นภาพขาวดำจึงต้องใช้การนำค่าสีแต่ละพิกเซลมาหาค่าเฉลี่ย แล้วกำหนดให้แต่ละพิกเซลนั้นมีค่าสีเท่ากับค่าเฉลี่ยของพิกเซลเหล่านั้น

2.9.3.2 การแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง

ในการแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง สามารถทำได้โดยการใช้เทคนิคการทำเทรชโฮล (Thresholding Technique) โดยพิจารณาว่าจุดภาพใดควรจะเป็นจุดขาวหรือจุดดำ จะกระทำโดยการเปรียบเทียบระหว่างจุดภาพเริ่มต้นกับค่าคงที่ค่าหนึ่งที่เรียกว่า “ค่าเทรชโฮล” (Threshold Value) เทคนิคนี้ใช้กันมากในกรณีที่ข้อมูลภาพมีลักษณะแตกต่างกันระหว่างวัตถุ (Object) และพื้นหลัง (Background) โดยค่าของจุดภาพใด ๆ ที่มีค่าน้อยกว่าเทรชโฮลจะถูกกำหนดให้เป็นจุดสีดำ และถ้าค่าของจุดภาพใดๆ ที่มีมากกว่า หรือเท่ากับเทรชโฮลจะถูกเปลี่ยนให้เป็นจุดสีขาว ซึ่งการทำงานสามารถแสดงได้ดังสมการนี้

$$b(x,y) = \begin{cases} 1 ; & g(x,y) < Thr \\ 0 ; & g(x,y) \geq Thr \end{cases}$$

b(x,y) คือ ข้อมูลภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแยก

g(x,y) คือ ข้อมูลภาพอินพุทที่มีระดับความเข้ม 0 ถึง L ระดับ

Thr คือ ค่าเทรชโฮลเป็นค่าคงที่ ที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง L ระดับ

1 คือ จุดดำ 0 คือ จุดขาว L คือ ระดับความเข้มของจุดภาพสูงสุด

ในการแยกวัตถุออกจากพื้นหลังโดยใช้เทคนิคเทรชโฮล เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมและคมชัด สิ่งสำคัญที่สุดคือ ค่าเทรชโฮล เนื่องจากถ้าเลือกค่าเทรชโฮลที่ไม่เหมาะสม (ค่าเทรชโฮลที่มีค่ามากหรือน้อยเกินไป) ภาพที่ได้อาจจะไม่เหมาะสม ขาดความคมชัดและรายละเอียดบางส่วนขาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หายไป กล่าวคือภาพที่ได้อาจจะมืดเกินไป (จุดดำมากเกินไป) หรือสว่างเกินไป (จุดขาวมากเกินไป) อันเป็นผลทำให้ภาพที่ได้ไม่สวยงามเท่าที่ควร ดังนั้น ในโครงงานนี้จะทำการกำหนดค่าเทรชโฮลไว้คงที่ค่าหนึ่งโดยค่าเทรชโฮล นี้จะได้จากการพิจารณาผลที่ได้จากการประมวลผลภาพซึ่งมีค่าเหมาะสมกับภาพที่นำมาใช้ในโครงงานนี้ ซึ่งค่าเทรสโฮลด์ที่นำมาใช้ในโครงงานนี้ได้มาจากการคำนวณจากวิธีการข้างล่างนี้

กำหนดให้ P(1),...,P(I) แสดงถึง histogram ที่มีความน่าจะเป็นของค่าเกรย์ (gray) ที่พิจารณาตั้งแต่ 1,..., I ; P(i) = #{(r,c) | Image(r,c) = i} #R x C, เมื่อ R x C เป็นช่วงโดเมนของรูปภาพ ถ้า histogram เป็น bimodal ปัญหาของ histogram threshloding คือ การตัดสินใจเลือกค่าเทรสโฮลด์ที่ดีที่จะแยก 2 โหมดของ histogram ออกจากกัน แต่ละค่าเทรสโฮลด์จะพิจารณาค่าความแปรปรวนของกลุ่มที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ ค่าเทรสโฮลด์ และค่าความแปรปรวนของกลุ่มที่มีค่ามากกว่า ค่าเทรสโฮลด์ การนิยามสำหรับค่าเทรสโฮลด์ที่แนะนำโดย Otsu เป็นค่าเทรสโฮลด์ที่ซึ่งมีผลรวมน้ำหนักของกลุ่มค่าแปรปรวนที่น้อยที่สุด ค่าน้ำหนักเป็นความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นของแต่ละกลุ่ม

เราเสนอเกณฑ์ค่าแปรปรวนภายในกลุ่ม โดยการพิจารณาสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในห้องเรียน การสอบถูกกำหนดขึ้นและ histogram ของผลคะแนนเป็น bimodal มีนักเรียนที่เรียนดีและนักเรียนที่เรียนแย่ การบรรยายนี้เป็นได้ว่ามุ่งที่นักเรียนที่เรียนดีไปได้เร็วกว่าคนอื่น หรือ มุ่งไปที่ระดับของนักเรียนที่เรียนแย่กำลังเบื่อนักเรียนที่เรียนดี การแก้สถานการณ์นี้ อาจารย์ตัดสินใจแบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มที่โดดเด่นอยู่ร่วมกันและกลุ่มที่มีคุณสมบัติเหมือนกันซึ่งขึ้นกับอยู่กับคะแนนที่ทด สอบ คำถามก็คือการตัดสินใจที่คะแนนทดสอบจะใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่ง ตามหลักการแต่ละกลุ่มควรมีคะแนนสอบที่มี histogram โค้งมาตรฐานที่เฉพาะ คือ โค้งหนึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่า และอีกโค้งหนึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่สูงกว่า แสดงให้เห็นว่าแต่ละกลุ่มมีคุณสมบัติเหมือนกันภายในกลุ่มเดียวกันและแตกต่างจากกลุ่มอื่น

เกณฑ์ที่วัดคุณสมบัติที่เหมือนกันของกลุ่มคือ ค่าความแปรปรวน กลุ่มที่มีความเหมือนกันมากจะมีค่าความแปรปรวนต่ำ กลุ่มที่มีความเหมือนกันน้อยจะมีค่าความแปรปรวนสูง วิธีแรกที่เป็นไปได้ จะเลือกเกณฑ์การแบ่งโดยเลือกคะแนนที่ใช้แบ่งจากผลรวมน้ำหนักของค่าความแปร - ปรวนมีค่าน้อยที่สุด เกณฑ์นี้เน้นกลุ่มที่มีความเหมือนกันมาก ส่วนวิธีที่ 2 จะเลือกเกณฑ์การแบ่งโดยเลือกคะแนนที่ใช้แบ่งจากค่ามากที่สุดที่ได้จากผลคูณของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกลุ่ม ค่าความแตกต่างนี้เกี่ยวข้องกับค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม เกณฑ์การแบ่งทั้งคู่จะได้คะแนนที่ใช้แบ่งเหมือนกัน เนื่องจากผลรวมของค่าความแปรปรวนภายในกลุ่มและค่าความแปรปรวนระ-หว่างกลุ่มเป็นค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กำหนดให้ $\sigma_W{}^2$ เป็นผลรวมน้ำหนักของค่าความแปรปรวนกลุ่ม กำหนดให้ $\sigma_1{}^2(t)$ เป็นค่าความแปรปรวนของกลุ่มที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าเทรสโฮลด์ t และ $\sigma_2{}^2(t)$ เป็นค่าความแปรปรวนของกลุ่มที่มีค่ามากกว่าค่าเทรสโฮลด์ t ค่า $q_1(t)$ เป็นความน่าจะเป็นของกลุ่มที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ t และ $q_2(t)$ เป็นความน่าจะเป็นของกลุ่มที่มีค่ามากกว่า t ส่วน $\mu_1(t)$ เป็นค่าเฉลี่ยของกลุ่มแรก และ $\mu_2(t)$ เป็นค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่สอง ซึ่งค่าความแปรปรวนภายในกลุ่ม $\sigma_W{}^2$ กำหนด-ได้ดังนี้

$$\sigma_W^2(t) = q_1(t)\sigma_1^2(t) + q_2(t)\sigma_2^2(t)$$

เมื่อ

$$q_1(t) = \sum_{i=1}^{t} P(i)$$

$$q_2(t) = \sum_{i=t+1}^{I} P(i) \qquad (2.1)$$

$$\mu_1(t) = \sum_{i=1}^{t} iP(i)/q_1(t)$$

$$\mu_2(t) = \sum_{i=t+1}^{I} iP(i)/q_2(t) \qquad (2.2)$$

$$\sigma_1^2(t) = \sum_{i=1}^{t} [i-\mu_1(t)]^2 P(i)/q_1(t)$$

$$\sigma_2^2(t) = \sum_{i=t+1}^{I} [i-\mu_2(t)]^2 P(i)/q_2(t) \qquad (2.3)$$

61450

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

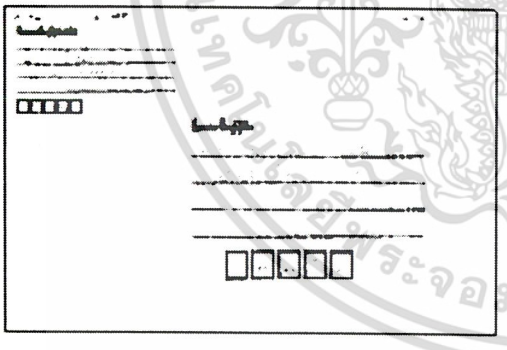
2.9.3.3 การกำจัดสัญญาณรบกวน

การกำจัดสัญญาณรบกวนอาศัยหลักการการสแกนหาจุดดำจุดเดียวที่อยู่บนรูปภาพซึ่งเราตัดสินว่ามันคือสัญญาณรบกวน

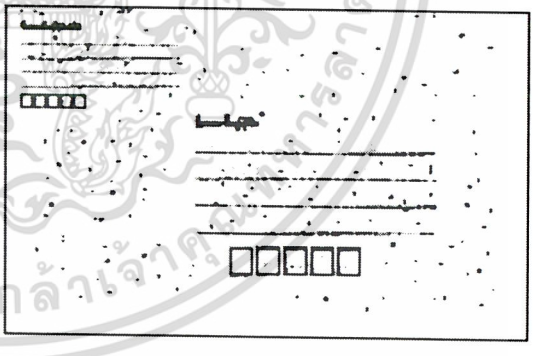
X1	X2	X3
X8	X0	X4
X7	X6	X5

รูปที่ 2.12 แสดงตัวอย่างสัญญาณรบกวนที่เป็นจุดเดี่ยว

พิกเซลที่เราตัดสินว่าเป็นสัญญาณรบกวนในระบบนั้นๆ จะถูกกำจัดออกไปเพื่อให้ข้อมูลภาพมีความสมบูรณ์มากขึ้น โดยอาศัยหลักการตรวจสอบจุดที่ล้อมรอบจุดที่เรากำลังทำการวิเคราะห์อยู่ว่ามีจุดสีดำติดกันอยู่หรือไม่ ถ้ามีจุดดำปรากฏอยู่โดยรอบเราจะตัดสินว่าจุดนั้นไม่ใช่สัญญาณรบกวน แต่ถ้าไม่มีจุดดำล้อมรอบอยู่เลยแม้แต่จุดเดียวเราจะตัดสินว่าจุดนั้นเป็นสัญญาณรบกวน เราจะทำการลบจุดนั้นออก เพื่อเป็นการกำจัดสัญญาณรบกวนในข้อมูลภาพนั่นเอง รูปต่อไปนี้แสดงถึงข้อมูลภาพขาวดำที่มีสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2.13
แสดงภาพที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ

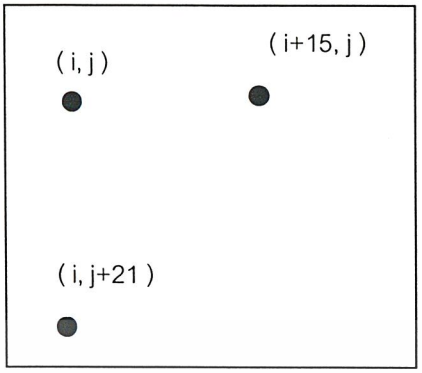


รูปที่ 2.14
แสดงภาพที่มีสัญญาณรบกวนสูง

2.9.3.4 วิธีการหากรอบรหัสไปรษณีย์

วิธีในการนำภาพมาพิจารณาหากรอบรหัสไปรษณีย์ในโครงงานนี้ เราจะใช้กรอบที่กำหนดเป็นมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 2.15 ทำการสแกนไปในภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 จุดที่กำหนดขึ้นเพื่อทำการสแกนหากรอบรหัสไปรษณีย์

ในการหากรอบรหัสไปรษณีย์ มีสมการตรรกดังนี้

$$p(i , j) \&\& p(i+15, j) \&\& p(i , j + 21) = \text{black}$$ สมการที่ 1

เมื่อพบจุดดำที่ตรงกับเงื่อนไขตามสมการที่ 1 ก็จะกำหนดจุดเหล่านั้นเป็นกรอบรหัสไปรษณีย์

2.9.3.5 การทำเส้นบาง (Thinning)

Thinning เป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปภาพไบนารีที่มีขนาดความกว้างพิกเซลที่ใหญ่ให้ความกว้างเหลือเพียงพิกเซลเดียว กระบวนการนี้ถูกใช้ในหลายด้าน เช่น ขั้นตอนการรู้จำ และใช้ในเรื่องการอธิบายรูปร่าง ซึ่งการทำ Thinning แบ่งได้เป็น 2 แบบที่เป็นพื้นฐานของกระบวนการนี้ คือ iterative boundary removal และ distance transformation โดยแบบ iterative boundary removal ยังถูกแบ่งออกเป็นอีก 2 วิธีคือ แบบลำดับ(sequential) และ แบบขนาน(parallel) ซึ่งใช้ต่างกันในรูปแบบของการประมวลผลทางเครื่องคอมพิวเตอร์

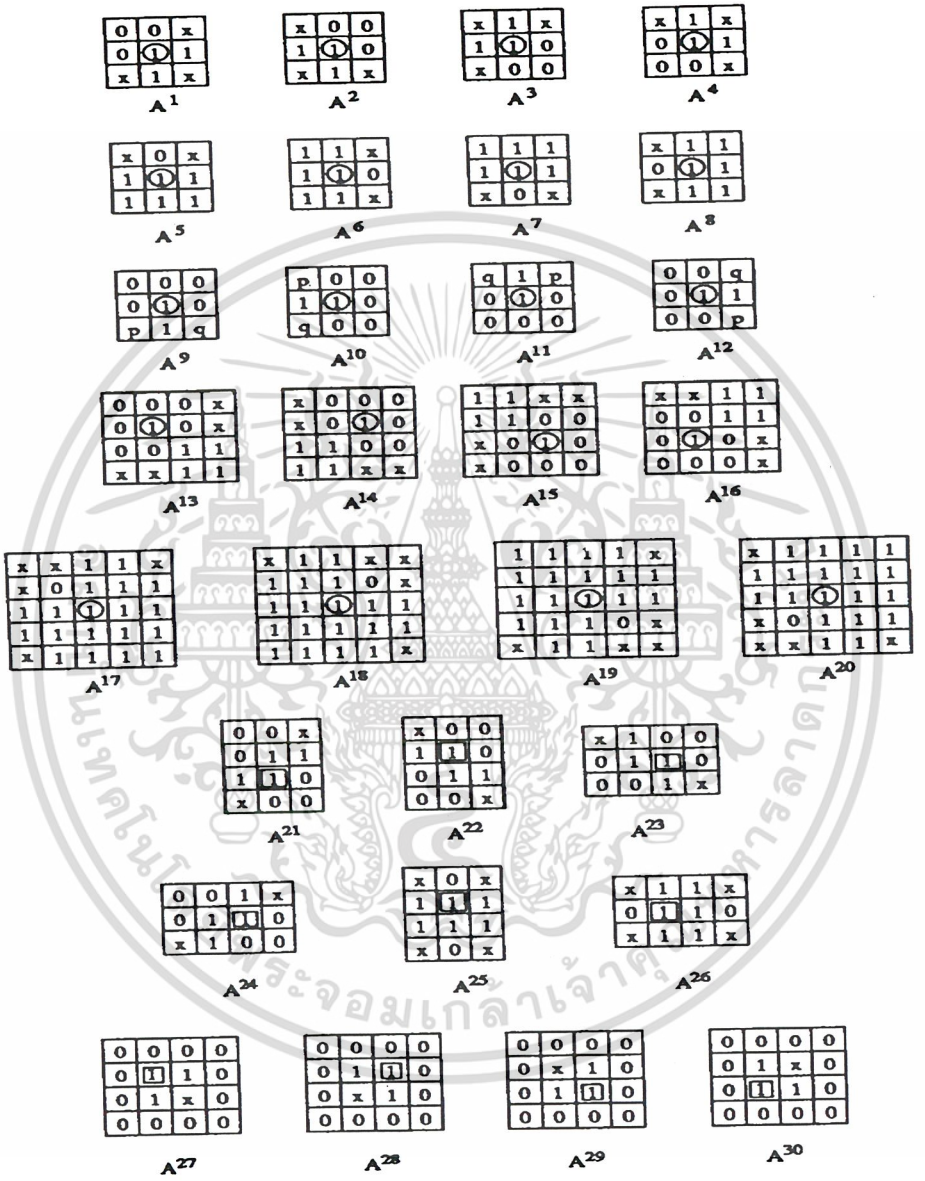
One-Pass Parallel Thinning in the Square Grid

การทำ Thinning ในรูปแบบนี้จะอาศัยเทมเพลท (Template) ที่มีทั้งหมด 30 เทมเพลท ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชุดด้วยกัน คือ ชุดที่กำจัดพิกเซลออก (Remove Boundary Pixel Templates) และชุดคืนค่า(Restoring Templates) โดยชุดแรกจะใช้เทมเพลทตั้งแต่ A^1 ถึง A^{20} ส่วนที่เหลือจะเป็นเทมเพลทชุดคืนค่า

ขั้นตอนของอัลกอริธึมนี้จะเริ่มโดยการนำเทมเพลทไปเปรียบเทียบกับภาพ ถ้าเหมือนกันก็จะทำการลบพิกเซลนั้นออกในกรณีที่ใช้เทมเพลทชุดแรก แต่ถ้าเข้ากรณีของชุดที่สองก็จะคืนค่าให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมือนเดิม ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนไม่มีการเปลี่ยนแปลงของการวางเทมเพลทเปรียบเทียบก็จะได้ผลของการทำ Thinning ภาพ



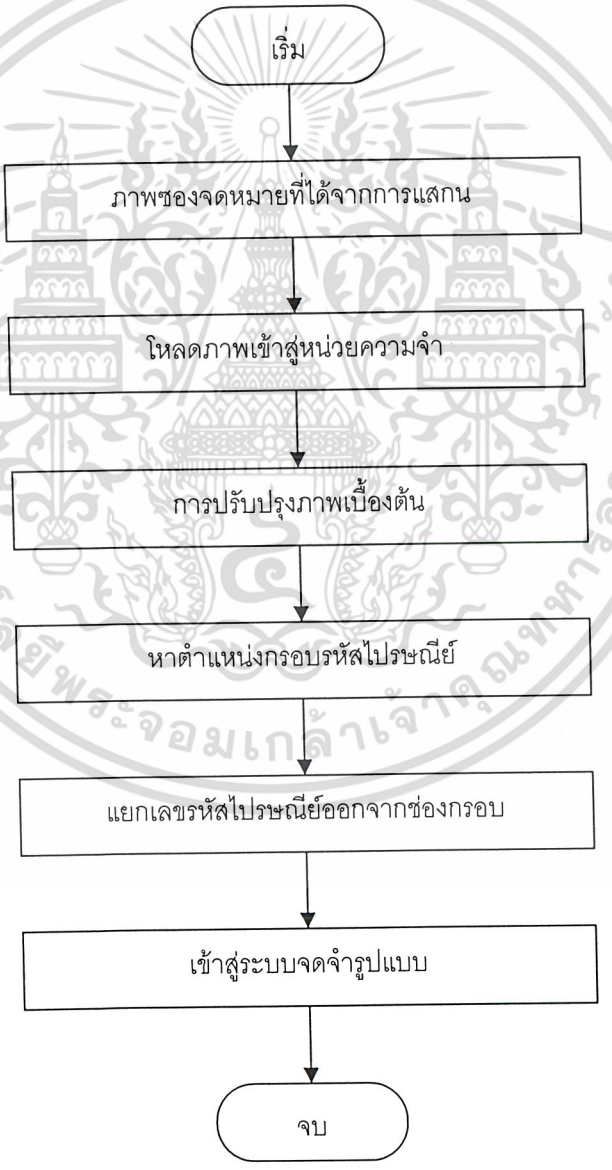
รูปที่ 2.16 เทมเพลทที่ใช้ในการทำThinning โดยแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ A^{1}-A^{20} และ A^{21} -A^{30} ซึ่ง p กับ q เป็นตัวแปรที่ต้องมีค่า p or q = 1 ส่วน X คือ ไม่นำมาพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
โครงสร้างระบบ และโครงสร้างโปรแกรม

3.1 โครงสร้างของระบบรู้จำรหัสไปรษณีย์

ระบบรู้จำรหัสไปรษณีย์ประกอบด้วยส่วนหลักสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนการประมวลผลภาพ และ ส่วนการรู้จำรหัสไปรษณีย์ ซึ่งในส่วนของโปรแกรมการประมวลผลภาพนั้นมีขั้นตอนในการแยกหมายเลขรหัสไปรษณีย์ออกจากข้อมูลภาพโดยรวมดังแสดงใน รูปที่ 3.1



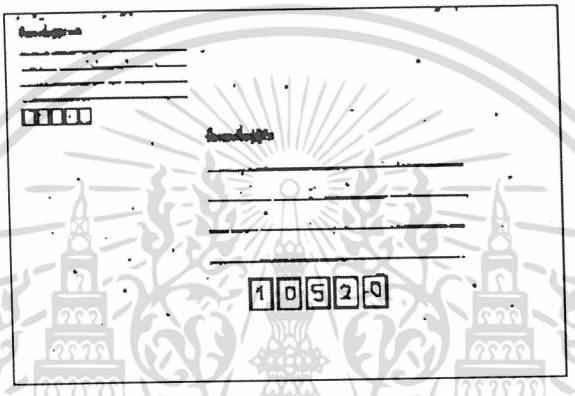
รูปที่ 3.1 โครงสร้างขั้นตอนการทำงานของระบบโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ระบบส่วนการประมวลผลภาพ

3.2.1 การเตรียมข้อมูลภาพ

การเตรียมข้อมูลภาพในโครงงานนี้ ทำโดยนำเอาซองจดหมายจริงมาทำการเขียนชื่อ ที่อยู่ และรหัสไปรษณีย์ลงไป แล้วนำไปจำลองโดยการสแกนภาพจากเครื่องสแกนเนอร์ จากนั้นทำภาพให้อยู่ในรูปแบบ Gray Scale และทำการ Thresholding เพื่อให้ข้อมูลภาพที่ออกมามีความเข้มอยู่สองระดับคือ สีขาวกับสีดำเท่านั้น



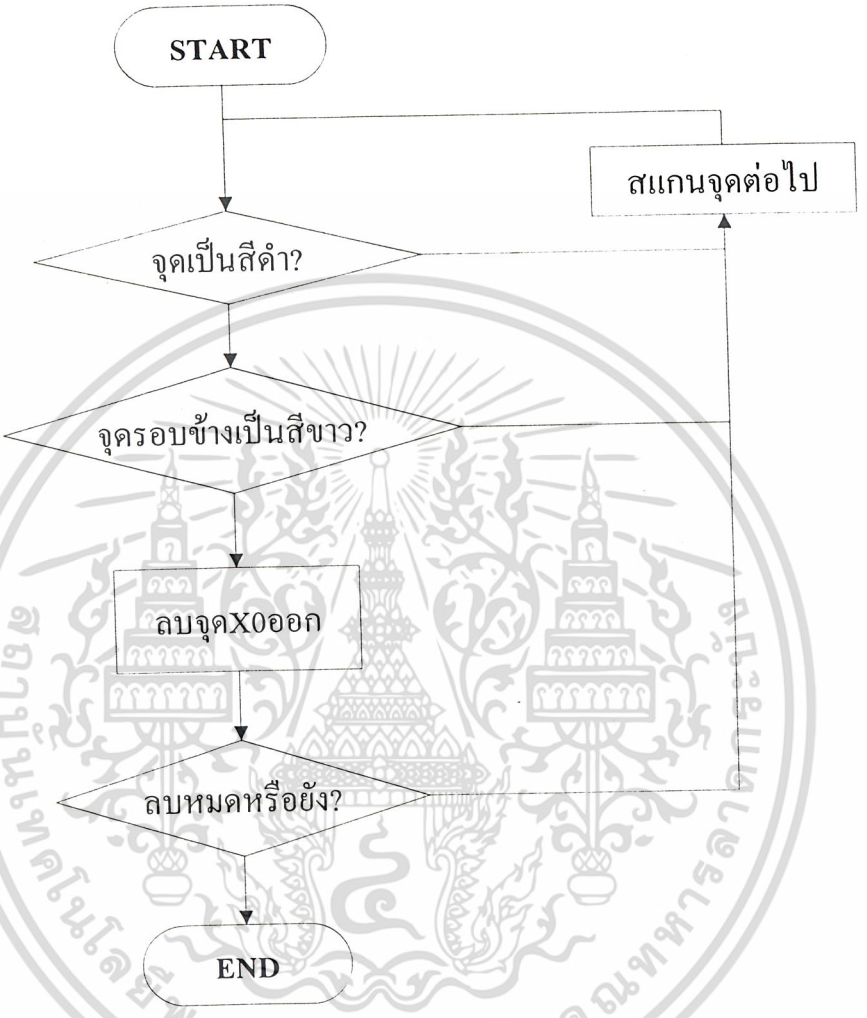
รูปที่ 3.2 ข้อมูลภาพที่ได้จากการทำ Thresholding

3.2.2 การกำจัดสิ่งรบกวน (Noise Removing)

ในขั้นตอนของการแสกนภาพแล้วแยกวัตถุออกพื้นหลังโดยใช้เทคนิคเทรชโฮล อาจทำให้เกิดพิเซกสีดำเดี่ยวๆขึ้นในภาพบ้าง ดังนั้น เราต้องกำจัดพิกเซลที่เป็นสิ่งรบกวนพวกนี้ออกจากภาพ โดย การหาตำแหน่งของพิกเซลสีดำที่ไม่มีพิกเซลข้างเคียงเลย แล้วเปลี่ยนพิกเซลนั้นให้เป็นสีขาวแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.1 โครงสร้างของโปรแกรมการกำจัดสัญญาณรบกวน

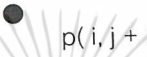


รูปที่ 3.3 โครงสร้างโปรแกรมการกำจัดสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

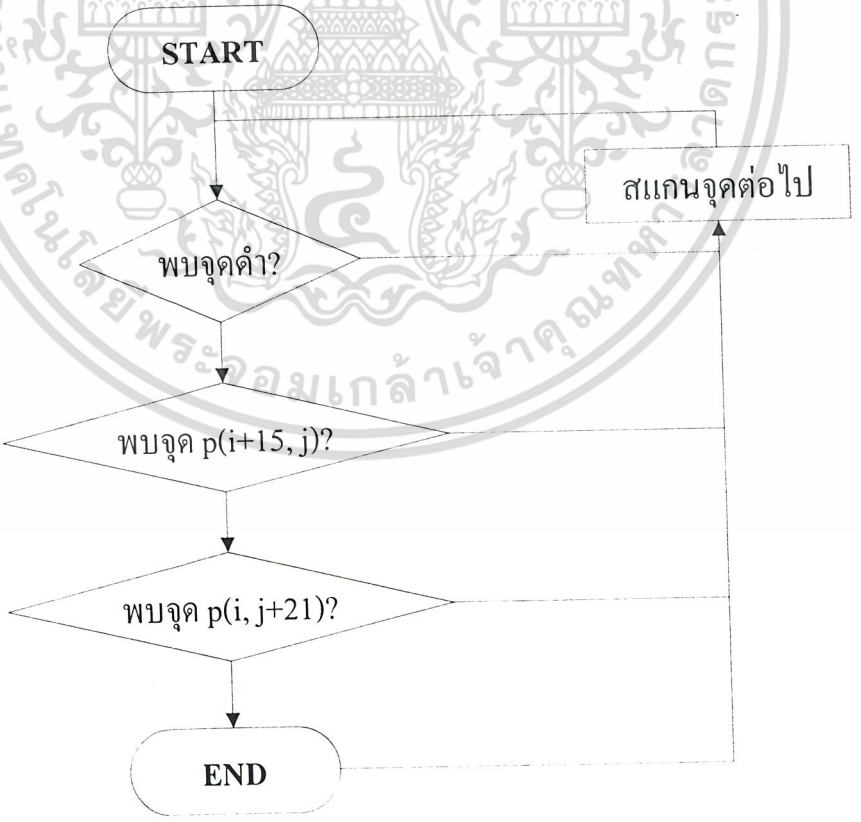
3.2.3 วิธีการหากรอบรหัสไปรษณีย์

มีหลักการพื้นฐาน คือ เมื่อเริ่มสแกนจะเริ่มสแกนมาเรื่อยๆ จนเจอจุดดำ เมื่อพบจุดดำ p(i, j) เราก็จะตรวจสอบดูว่า พบจุดที่ตำแหน่ง p(i+15, j) หรือไม่ ถ้าพบก็ทำการตรวจสอบต่อไปว่า พบจุดที่ตำแหน่ง p(i, j+21) หรือไม่ ถ้าตรงตามเงื่อนไขทั้งหมดแสดงว่าตำแหน่งดังกล่าวเป็นตำแหน่งของกรอบของรหัสไปรษณีย์



รูปที่ 3.4 วิธีหาพิกัดของกรอบรหัสไปรษณีย์

3.2.3.1 โครงสร้างโปรแกรมการหากรอบรหัสไปรษณีย์

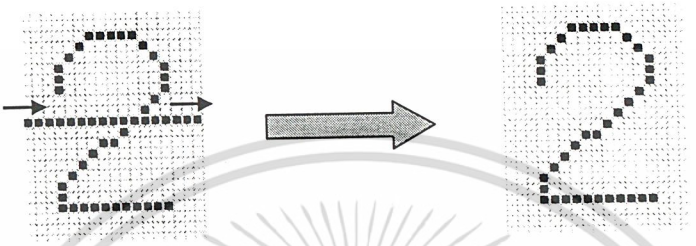


รูปที่ 3.5 โครงสร้างโปรแกรมการหากรอบรหัสไปรษณีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

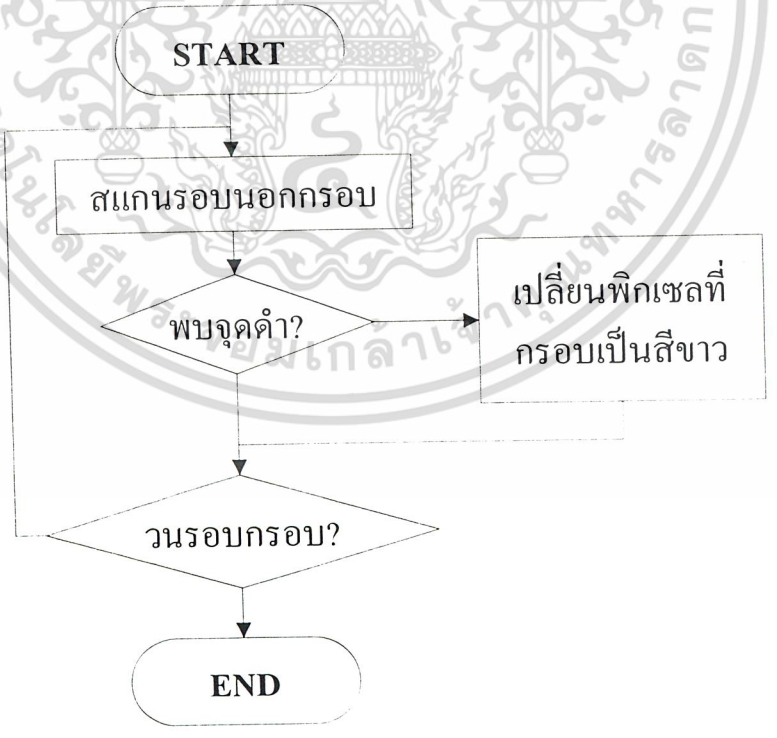
3.2.4 การลบกรอบรหัสไปรษณีย์

กระบวนการนี้จะเป็นการลบกรอบรหัสไปรษณีย์ เพราะว่าอาจมีกรณีที่ตัวเลขอยู่เกินกรอบรหัสไปรษณีย์ไป โดยวิธีการตรวจสอบว่าด้านนอกกรอบมีจุดดำหรือไม่ ถ้าไม่มีก็ให้ที่จุดที่ตรวจสอบตรงนั้นเป็นสีขาว แต่ถ้าด้านนอกของกรอบเป็นสีดำก็จะให้จุดบนกรอบนั้นเป็นสีดำ



รูปที่ 3.6 วิธีการลบกรอบรหัสไปรษณีย์

3.2.4.1 โครงสร้างการลบกรอบรหัสไปรษณีย์



รูปที่ 3.7 โครงสร้างการลบกรอบรหัสไปรษณีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

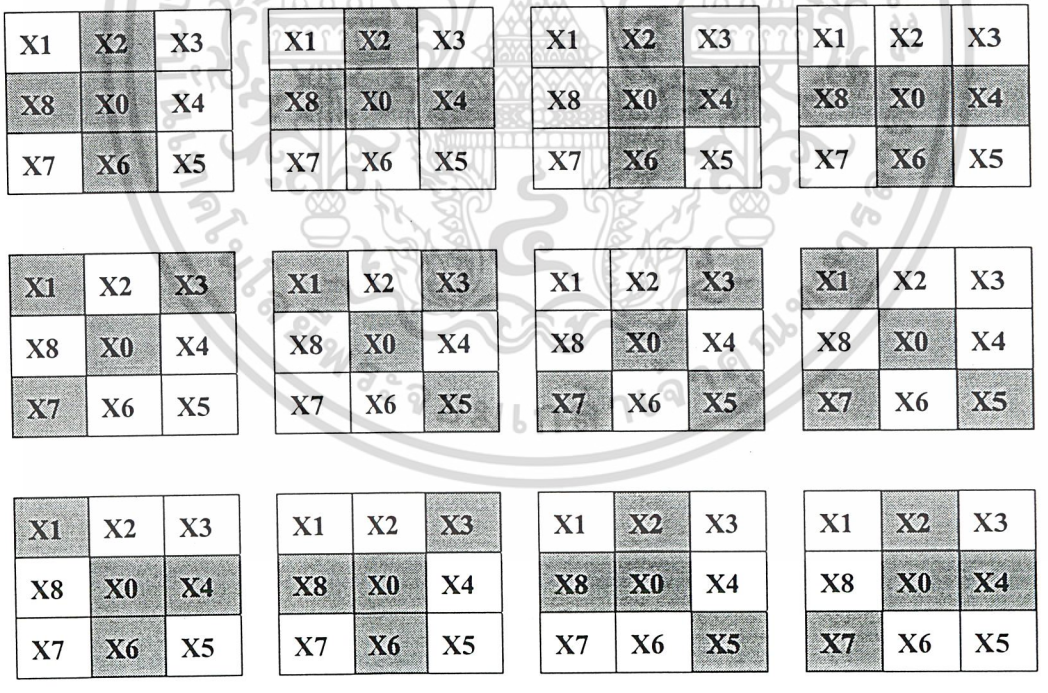
3.2.5 ระบบรู้จำโดยใช้การวิเคราะห์โครงสร้าง

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงระบบจดจำรูปแบบที่เป็นส่วนสำคัญมากที่สุดในโครงงาน เพราะเป็นส่วนที่จะทำการวิเคราะห์ พิจารณาและตัดสินคำตอบ ซึ่งคำตอบที่ได้จะมีผลกับความถูกผิดของการทดลอง

ในโครงงานนี้ได้ใช้วิธีจดจำรูปแบบซึ่งใช้การวิเคราะห์โครงสร้างมาใช้งาน เพราะมีการทำงานที่ไม่ซับซ้อน เข้าใจง่าย และตรงไปตรงมา การทำงานอาศัยหลักการพิจารณาโครงสร้างของรูปภาพแล้วทำการตัดสินใจทำงานจะเป็นไปตามตารางแผนผังการพิจารณาที่ได้ทำการเก็บข้อมูลและรวบรวมความน่าจะเป็นของโครงสร้างไว้

ก่อนอื่นต้องทำความรู้จักกับรูปแบบของจุดแยก จุดปลาย และจุดตัด ในรูปแบบของบล็อกมาตรฐานเสียก่อน เพราะเป็นพื้นฐานที่ต้องเข้าใจและนำไปใช้ในการสร้างโปรแกรมเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป โดยรูปดังได้แสดงต่อไป

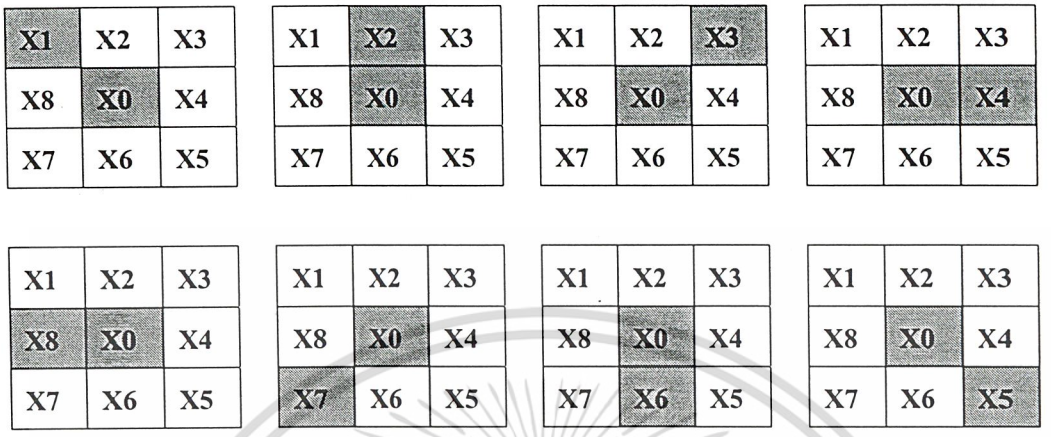
3.2.5.1 จุดแยกมีลักษณะดังยกมาเป็นตัวอย่างต่อไปนี้



รูปที่ 3.8 แสดงตัวอย่างจุดแยกแบบต่างๆ

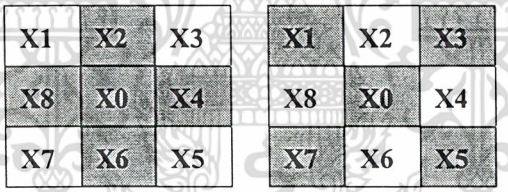
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5.2 จุดปลายมีลักษณะดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะของจุดปลายแบบต่างๆ

3.2.5.3 ลักษณะของจุดตัดดังแสดงต่อไปนี้



รูปที่ 3.10 แสดงลักษณะของจุดตัดแบบต่างๆ

เมื่อเรารู้จักถึงโครงสร้างลักษณะพื้นฐานของรูปแบบจุดแบบต่างๆ แล้วต่อไปเราต้องทำความเข้าในกับองค์ประกอบในการพิจารณาหาคำตอบของระบบรู้จำแบบวิเคราะห์โครงสร้างด้วย เพื่อที่จะได้นำความเข้าใจในส่วนนี้ไปทำการเขียนโปรแกรมแล้วทำการวิเคราะห์ต่อไป โดยองค์ประกอบหลักๆ ที่เราใช้ในการพิจารณาวิเคราะห์โครงสร้างมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5.4 จำนวนจุดปลาย

- ไม่มีจุดปลาย ได้แก่ เลข 0, 8
- มี 1 จุดปลาย ได้แก่ เลข 6, 9
- มี 2 จุดปลาย ได้แก่ เลข 1, 2, 5, 7
- มี 3 จุดปลาย ได้แก่ เลข 3
- มี 4 จุดปลาย ได้แก่ เลข 4

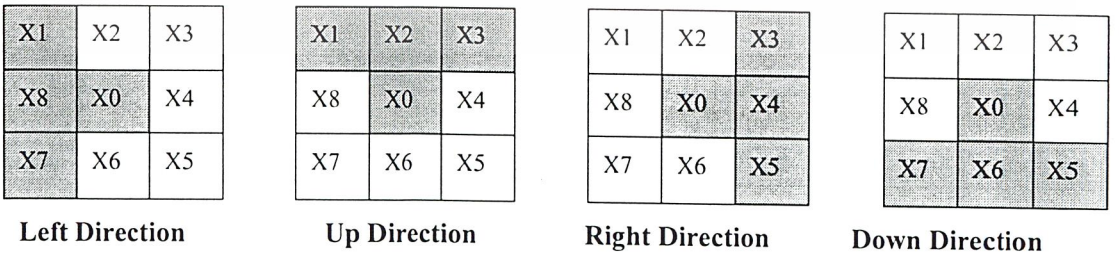
ดังแสดงในรูปตัวอย่างต่อไปนี้

รูปที่ 3.11 แสดงตัวอย่างการนับจุดปลายของตัวเลขต่างๆ

3.2.5.5 จำนวนจุดแยกหรือจุดตัด

รูปที่ 3.12 แสดงตัวอย่างการนับจุดแยกและจุดตัดของตัวเลขต่างๆ

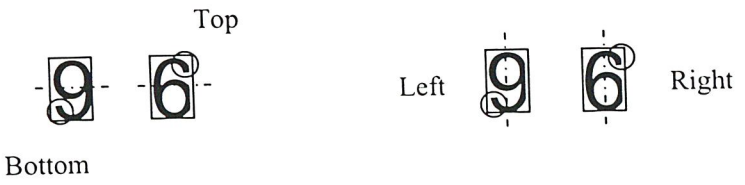
3.2.5.6 ทิศทางการเดินของเส้นที่ต่อจากจุดปลาย



รูปที่ 3.13 แสดงทิศทางการเดินทางของเส้นที่ต่อไปจุดปลาย (X0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5.7 ตำแหน่งของจุดปลาย



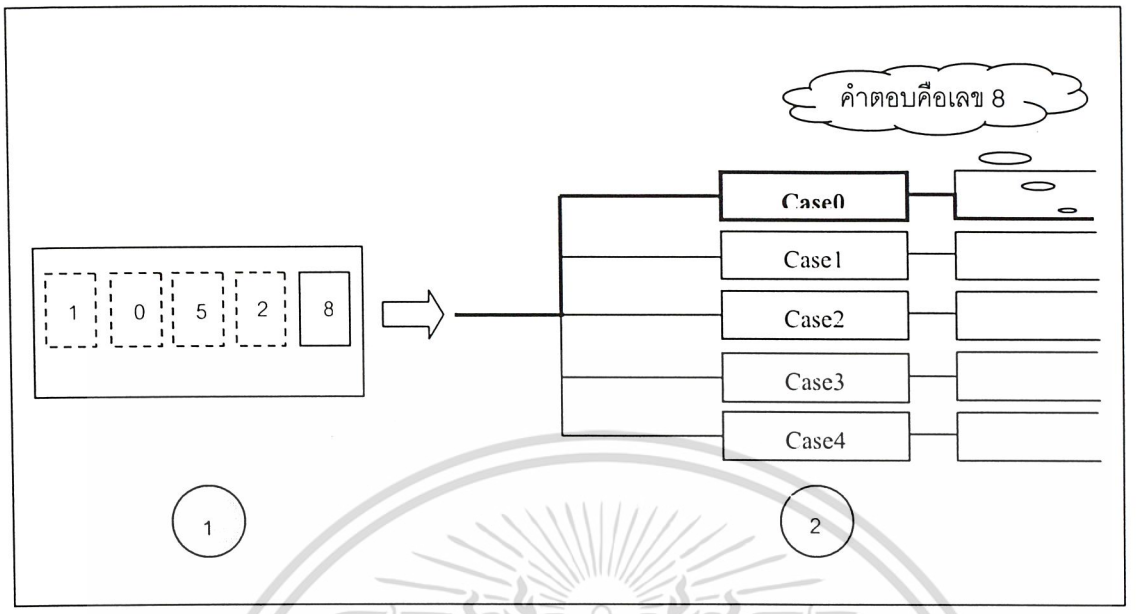
รูปที่ 3.14 แสดงตัวอย่างตำแหน่งของจุดปลายในควอดแรนท์ทั้งสี่

จากองค์ประกอบที่แสดงให้ดูนั้นมีความสำคัญมากในกระบวนการรู้จำแบบวิเคราะห์โครงสร้าง เราจำเป็นต้องหาลักษณะพิเศษของตัวเลขแต่ละตัว เก็บและรวบรวมข้อมูลเพื่อมาทำเป็นโปรแกรมใช้วิเคราะห์โดยจะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์โครงสร้างนี้จะนำคุณสมบัติทางโทโพโลยีมาใช้แบ่งความแตกต่างของตัวเลข อาศัยการคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างจุดต่างๆบนโครงร่างของตัวเลข โดยจะมีองค์ประกอบที่ใช้ในการพิจารณาดังที่ได้กล่าวไปแล้ว

3.3 ระบบส่วนการรู้จำ

ข้อมูลในแต่ละบล็อกของภาพตัวเลขที่ได้ จะทำการแยกออกมาจากข้อมูลภาพรวมของซองจดหมายแล้วนำมาเข้าสู่กระบวนการรู้จำในส่วนนี้ ซึ่งกระบวนการรู้จำที่ใช้จะใช้หลักการวิเคราะห์โครงสร้างของข้อมูลภาพแล้วนำมาเปรียบเทียบกับเงื่อนไขที่เราได้ทำการสำรวจเก็บไว้ก่อนหน้านี้แล้ว และทำการเปรียบเทียบข้อมูลไปเรื่อยๆ จนกว่าจะพบข้อมูลสุดท้ายของเงื่อนไข คอมพิวเตอร์จะทำการตัดสินใจแล้วตอบออกมาว่า ข้อมูลภาพที่ทำการนำมาวิเคราะห์นั้นคือตัวเลขอะไร โดยโปรแกรมที่ใช้เก็บข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบวิเคราะห์ข้อมูลภาพนี้จะใช้โปรแกรม Borland C++ Builder เป็นตัวเขียนขึ้นมา โดยรูปโครงสร้างระบบส่วนการรู้จำโดยสังเขปมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1 บล็อกภาพตัวเลขที่แยกออกจากภาพรวมแล้ว

2 โครงสร้างโปรแกรมย่อย ในรูปแสดงโครงสร้างเงื่อนไขเพื่อการวิเคราะห์ไปสู่ข้อมูลที่ถูกต้องที่สุด

บล็อกข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์

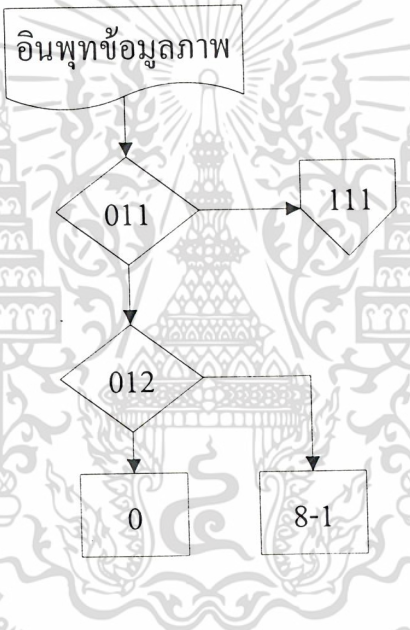
รูปที่ 3.15 โครงสร้างระบบส่วนการรู้จำโดยสังเขป

จากรูปข้างต้น ข้อมูลภาพที่แยกออกมาเป็นบล็อก ๆ แล้วจะนำเข้าสู่โปรแกรมเพื่อทำการวิเคราะห์ลักษณะเด่นของตัวเลขในแต่ละบล็อก แล้วนำลักษณะที่วิเคราะห์ได้นั้นไปเข้าตรวจสอบกับเงื่อนไข โดยเงื่อนไขคือข้อมูลที่เราทำการสำรวจแล้วเก็บข้อมูลไว้แล้วให้ครอบคลุมมากที่สุด เมื่อผ่านเงื่อนไขแรกแล้วจะแยกเข้าสู่การตรวจสอบเงื่อนไขต่อ ๆ ไปจนสิ้นสุดทุกเงื่อนไข หลังจากนั้นแล้วคอมพิวเตอร์จะทำการตัดสินใจแล้วบอกให้เราทราบว่า ข้อมูลภาพตัวเลขที่เรานำมาป้อนให้แก่มันนั้นคือตัวเลขอะไร ในรูปตัวอย่างบล็อกสุดท้ายคือ เลข 8 ตามเป้าหมายของโครงงาน เมื่อนำข้อมูลภาพเลข 8 เข้าไปทำการวิเคราะห์ในโปรแกรม โดยโปรแกรมจะทำการตรวจสอบว่าข้อมูลที่วิเคราะห์ได้นั้นตรงกับเงื่อนไขใด (ตรงกับเงื่อนไขใน case 0) แล้วคำตอบที่คอมพิวเตอร์บอกแก่เราต้องเป็นเลข 8 เช่นเดียวกันดังในรูปเมื่อผ่านโปรแกรมวิเคราะห์ลักษณะพิเศษแล้วคำตอบที่ได้คือ 8 ตรงตามอินพุทที่ป้อนเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปนี้เราจะเริ่มทำการเขียนโปรแกรมของระบบ โดยการออกแบบโครงสร้างนั้นเราจะแยกอัลกอริทึมออกเป็น 5 ส่วนด้วยกัน โดยยึดหลักของจำนวนจุดปลาย โดยเริ่มจากภาพที่ไม่มีจุดปลาย มี 1 2 3 และ 4 จุดปลายตามลำดับเรียกว่า Case 0 – Case 4 ที่เป็นเช่นนี้เพราะอัลกอริทึมของเรา ใช้หลักการพิจารณาหาจุดปลายของข้อมูลภาพก่อนนั่นเอง และในส่วนคำตอบสุดท้ายนั้นจะเป็นตัวเลข 0-9 ที่มีลักษณะหลาย ๆ ลักษณะ และมีหลายรูปแบบแตกต่างกันไป ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างโปรแกรมในส่วนของการวิเคราะห์โครงสร้าง ดังต่อไปนี้

3.3.1 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 0



รูปที่ 3.16 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 0

อธิบายบล็อกรูปที่ 5.15 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 0

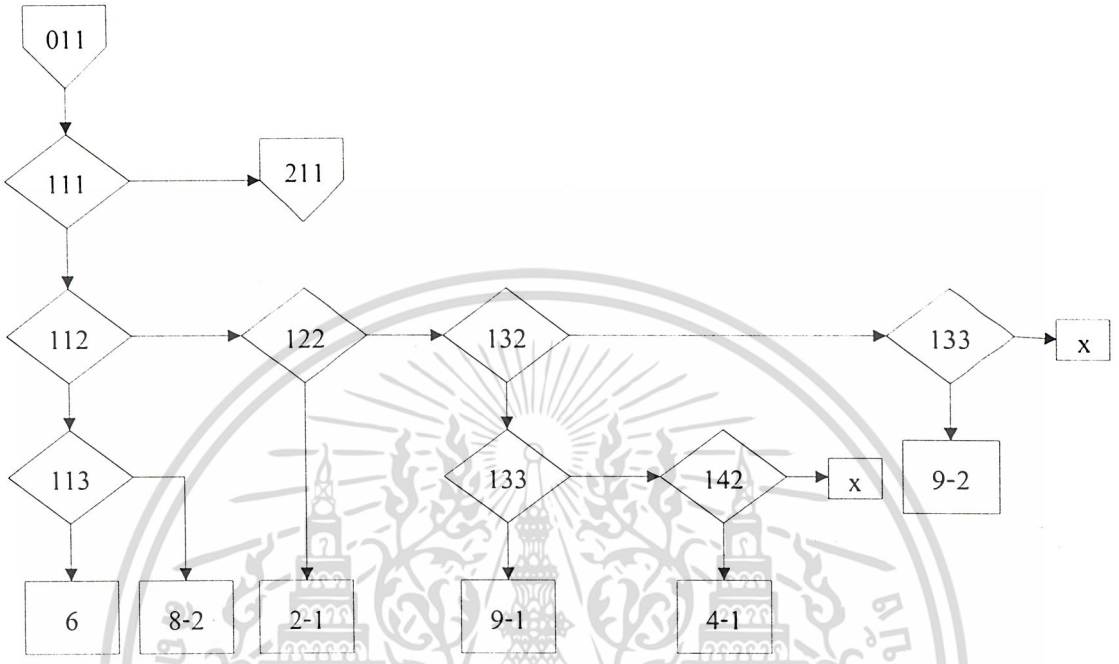
011 ตรวจสอบว่าไม่มีจุดปลายหรือไม่

012 ตรวจสอบว่ามีจุดแยกหรือจุดตัดหรือไม่

81 และ 0 เป็นคำตอบ รูปภาพของเลข 8 แบบที่ 1 และเลข 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 1



รูปที่ 3.17 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 1

อธิบายบล็อกรูปที่ 5.16 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case1

111 ตรวจสอบว่ามี 1 จุดปลายหรือไม่

112 ตรวจสอบว่าจุดปลายอยู่ครึ่งบนของรูปภาพหรือไม่

113 ตรวจสอบว่าถ้าทำเส้นตัดในแนวขนานกับแกน x ตัดเส้นที่เป็นส่วนล่างของจุดปลายแล้วเกิดจุดตัด 1 จุดหรือไม่

122 จุดที่ต่อจากจุดปลายมีทิศวิ่งไปทางทิศซ้ายหรือไม่

132 จุดที่ต่อจากจุดปลายมีทิศวิ่งขึ้นด้านบนหรือไม่

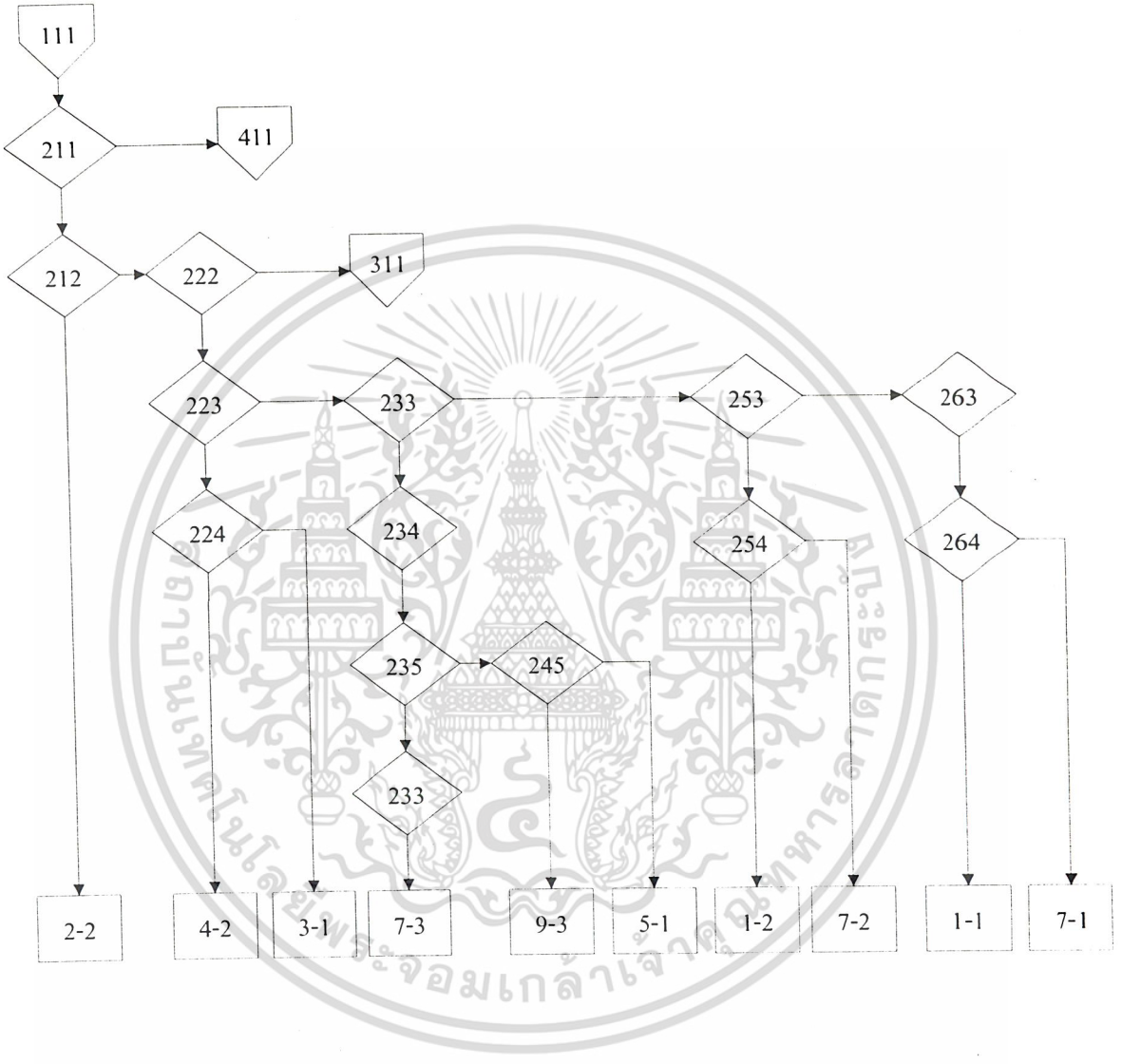
133 มีจุดแยกหรือไม่

142 ตรวจสอบว่าจุดตัดที่พบมีจุดต่ำกว่าจุดกึ่งกลางรูปภาพหรือไม่

61 82 21 91 92 และ 41 คือคำตอบของรูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 2



รูปที่ 3.18 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายบล็อกรูปที่ 5.17 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case2

211 ตรวจสอบว่ามี 2 จุดปลายหรือไม่

212 จุดปลายที่อยู่ต่ำกว่า มีทิศทางวิ่งไปทางด้านซ้ายหรือไม่

222 จุดปลายที่อยู่ต่ำกว่า มีทิศทางวิ่งไปทางด้านบนหรือไม่

223 มีจุดแยกหรือไม่

224 จุดปลายที่อยู่สูงกว่า มีทิศทางวิ่งไปทางด้านซ้ายหรือไม่

233 จุดปลายที่อยู่สูงกว่า มีทิศทางวิ่งไปทางด้านซ้ายหรือไม่

234 จุดปลายที่อยู่สูงกว่า อยู่ด้านล่างของภาพหรือไม่

235 จุดปลายที่อยู่สูงกว่า อยู่ตำแหน่งทางด้านบนซ้ายของภาพหรือไม่

236 ตรวจสอบว่าความกว้างของตัวเลขมากกว่า 1/4 ของความกว้างของภาพหรือไม่

245 จุดปลายที่อยู่สูงกว่าอยู่ห่างจากจุดปลายที่อยู่ต่ำกว่าตามแนวแกน x น้อยกว่าเท่ากับ 3 พิกเซลหรือไม่

253 จุดปลายที่อยู่สูงกว่า มีทิศทางวิ่งไปทางด้านล่างหรือไม่

254 ตรวจสอบว่าความกว้างของตัวเลขน้อยกว่า 1/4 ของความกว้างของภาพหรือไม่

263 จุดปลายที่อยู่สูงกว่า มีทิศทางวิ่งไปด้านขวาหรือไม่

264 ตรวจสอบว่าความกว้างของตัวเลขน้อยกว่า 1/4 ของความกว้างของภาพหรือไม่

22 42 31 93 51 71 11 72 12 และ 73 คือคำตอบของรูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 3

รูปที่ 3.19 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 3

อธิบายบล็อกรูปที่ 5.18 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 3

311 จุดปลายที่อยู่ต่ำกว่ามีทิศทางวิ่งลงทางด้านล่างหรือด้านขวาหรือไม่

312 จุดปลายที่อยู่สูงกว่ามีทิศทางวิ่งไปทางซ้ายหรือไม่

313 จุดปลายทั้งสูงและต่ำถ้าทำเส้นหลักผ่านจุดปลายทั้งสองขนานกับแกน y เส้นหลักทั้งสองเส้นห่างกันเกิน 7 พิกเซลใช่หรือไม่

322 จุดปลายที่อยู่สูงกว่ามีทิศทางวิ่งไปทางด้านบนหรือด้านขวาหรือไม่

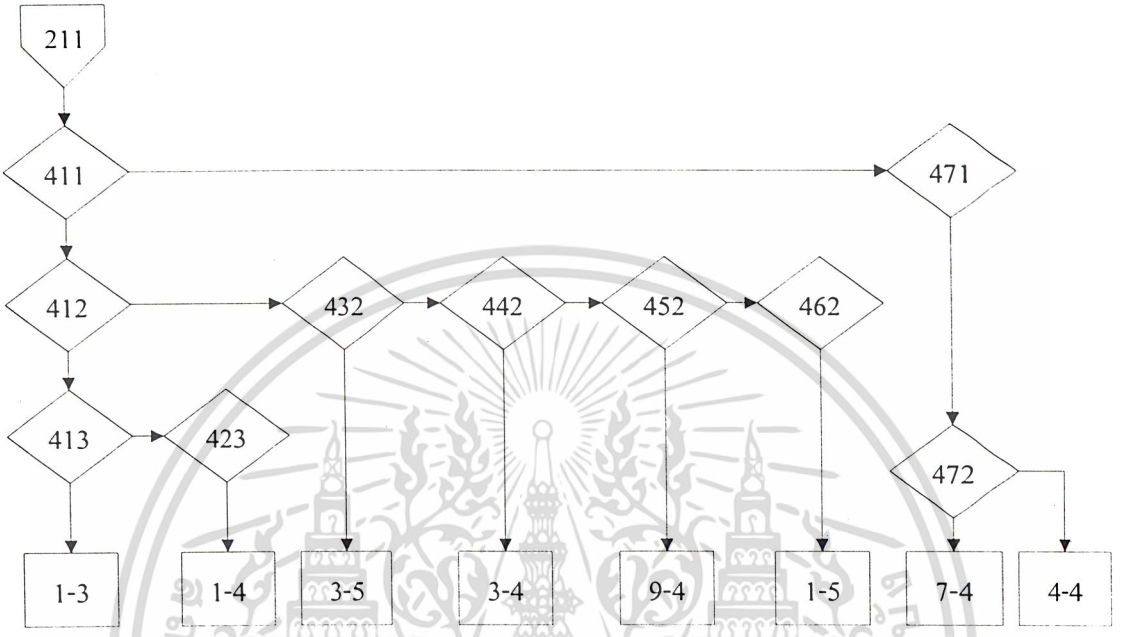
323 ทำเส้นหลักขนานแกน y เกิดจุดตัด 2 จุดหรือไม่

324 จุดปลายที่อยู่สูงกว่าอยู่ต่ำกว่าจุดสูงสุดของภาพน้อยกว่า 5 พิกเซลหรือไม่

334 จุดปลายที่อยู่สูงกว่าอยู่ต่ำกว่าจุดสูงสุดของภาพน้อยกว่า 5 พิกเซลหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 4



รูปที่ 3.20 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 4

อธิบายบล็อกรูปที่ 5.19 โครงสร้างโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง Case 4

411 ตรวจสอบว่ามีจุดปลาย 3 จุดหรือไม่

412 ตรวจสอบว่าจุดปลายที่อยู่สูงสุดมีทิศทางวิ่งลงด้านล่างหรือด้านซ้ายหรือไม่

413 จุดปลายด้านล่างสุดกับจุดปลายที่อยู่ตรงกลางมีความสูงห่างกันไม่เกิน 5 พิกเซล

423 ตรวจสอบว่าความกว้างของภาพน้อยกว่า 1/3 ของความสูงหรือไม่

432 จุดปลายที่อยู่สูงสุดกับจุดสูงสุดของภาพมีความสูงห่างกันน้อยกว่า 1/3 ของความสูงของภาพ

442 จุดปลายที่อยู่สูงสุดมีทิศทางวิ่งไปด้านซ้าย และจุดปลายที่อยู่ต่ำกว่าทั้งสองจุดปลายมี ทิศทางวิ่งไปทางด้านขวา

452 จุดปลายที่อยู่ตรงกลางมีทิศทางวิ่งลงด้านล่างหรือไม่

462 จุดปลายด้านล่างสุดกับจุดปลายที่อยู่ตรงกลางมีความสูงห่างกันไม่เกิน 5 พิกเซล

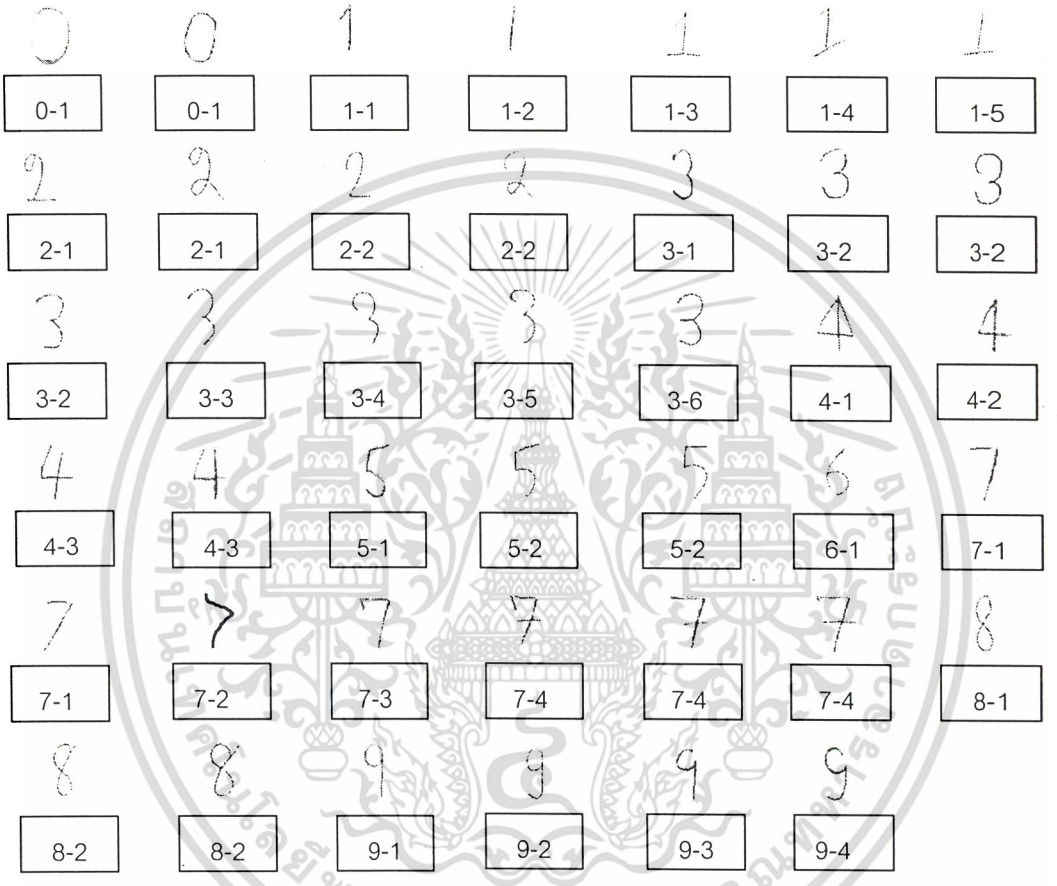
471 ตรวจสอบว่ามี 4 จุดปลายหรือไม่

472 จุดปลายที่อยู่สูงสุดมีทิศทางวิ่งไปทางด้านบนหรือด้านขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 รูปแบบของตัวเลขที่ใช้วิเคราะห์

รูปที่ 3.21 แสดงถึงรูปแบบของตัวเลขลักษณะต่างๆที่รวบรวมได้ โดยจะบอกแทนด้วยรหัสเลข เช่น 0-1 คือ รูปแบบของเลข 0 แบบที่ 1



รูปที่ 3.21 แสดงถึงรูปแบบตัวเลขที่เราเก็บข้อมูลได้ทั้งหมด

จากที่กล่าวไปข้างต้นเป็นโครงสร้างของโปรแกรมที่เราจะทำการเขียนขึ้นต่อไป โดยหลังจากทำการสร้างโปรแกรมที่จะมาใช้ในระบบได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการทดลองเพื่อตรวจสอบผลว่าโปรแกรมที่เราได้ทำการสร้างขึ้นมานั้นมีความถูกต้องมากน้อยแค่ไหนและมีความผิดพลาดอย่างไร เพื่อทำการแก้ไขต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

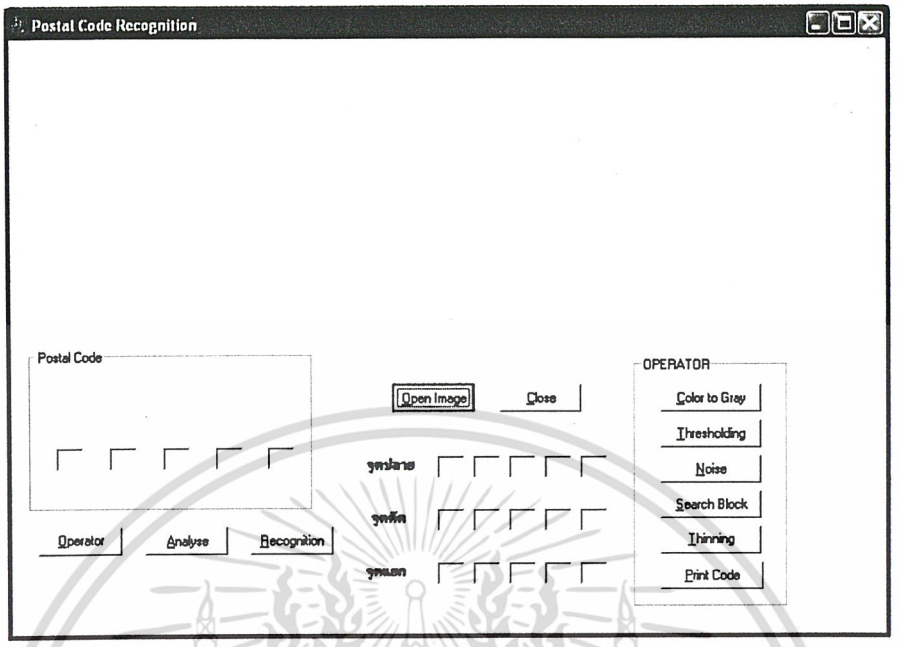
การทดลองและผลการทดลอง

เมื่อทำการสร้างโปรแกรมขึ้นตามโครงสร้างโปรแกรมในบทที่ 3

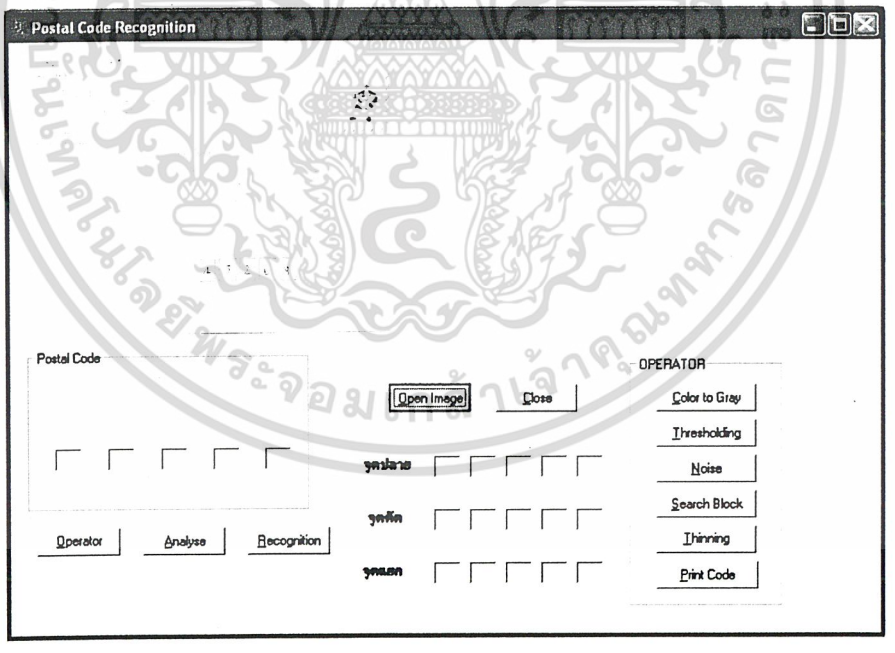
4.1 วิธีการใช้งานโปรแกรม

1. RUN โปรแกรมที่ได้เขียนมา
2. กดปุ่ม Open Image เพื่อ เปิดภาพนามสกุล BMP ที่สแกนเข้ามา
3. กดปุ่ม Color to Gray เพื่อ เปลี่ยนภาพสีที่สแกนมาให้เป็นภาพระดับสีเทา
4. กดปุ่ม Thresholding เพื่อ ทำการแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง ซึ่งจะได้ภาพที่มีสีขาว(พื้นหลัง) กับสีดำ (ข้อมูลที่ต้องการพิจารณา)
5. กดปุ่ม Noise เพื่อ ทำการกำจัดสิ่งรบกวนที่จะเกิดขึ้นในการทำเทรชโฮลด์
6. กดปุ่ม Search Block เพื่อ ค้นหากรอบบรหัสไปรษณีย์ที่ต้องการนำไปพิจารณาในขั้นต่อไป
7. กดปุ่ม Print Code เป็นการแสดงผลจากการค้นหากรอบบรหัสไปรษณีย์ ซึ่งก็คือ รูปตัวเลขที่อยู่ในแต่ละกรอบนั่นเอง
8. กดปุ่ม Analyst เพื่อให้โปรแกรมทำการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวเลขแต่ละตัว ว่ามีจุดปลาย จุดแยก และจุดตัด จำนวนเท่าไร
9. กดปุ่ม Recognition เพื่อนำผลที่ได้จากข้างต้นมาวิเคราะห์หาคำตอบ
10. กดปุ่ม Close เพื่อ ทำการปิดโปรแกรมที่ทำงานอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

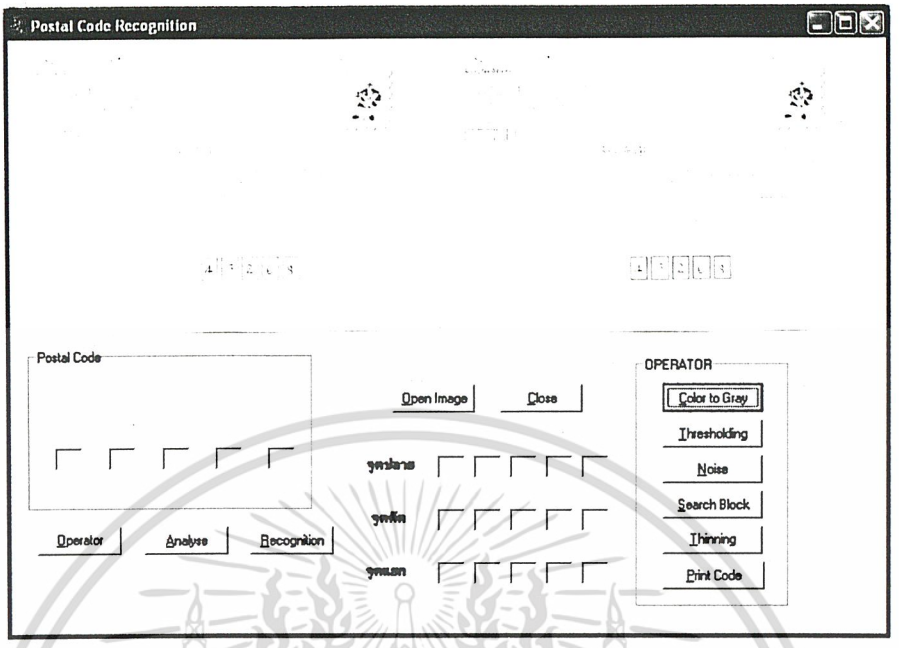


รูปที่ 4.1 Interface ของโปรแกรม

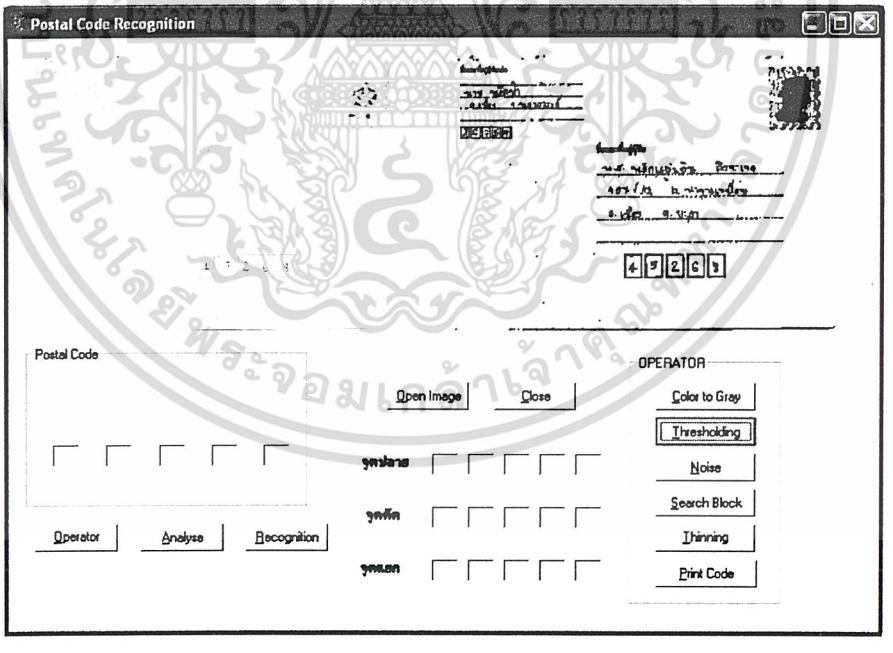


รูปที่ 4.2 เปิดไฟล์ BMP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

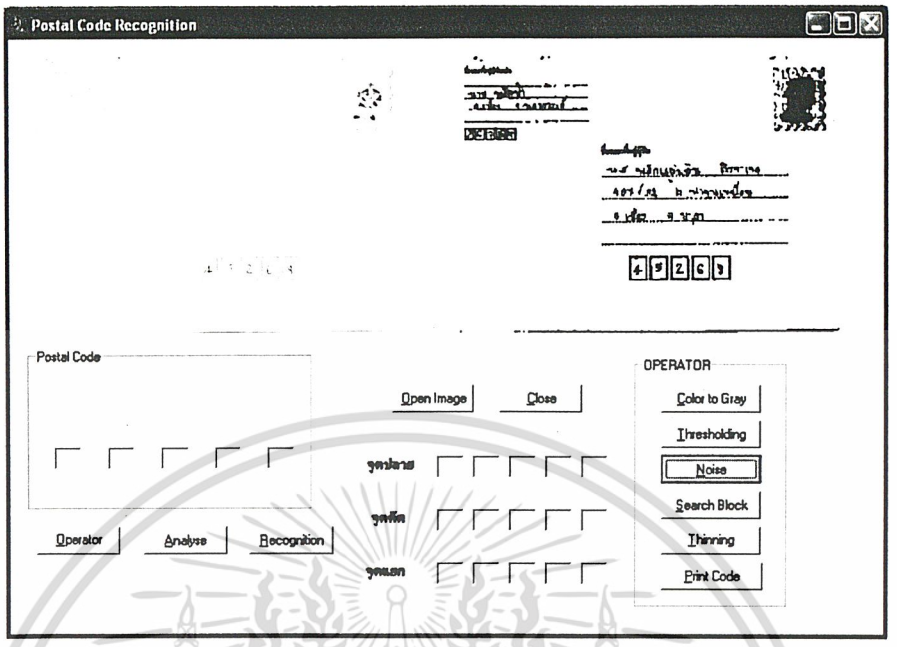


รูปที่ 4.3 ทำ Color to Gray

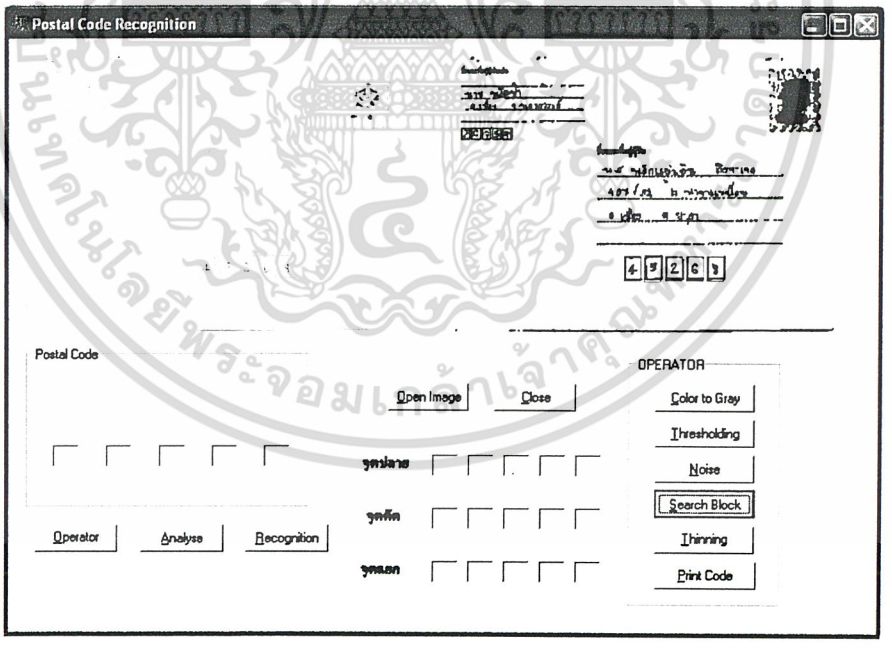


รูปที่ 4.4 ทำการเทรสโฮลด์ (thresholding)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

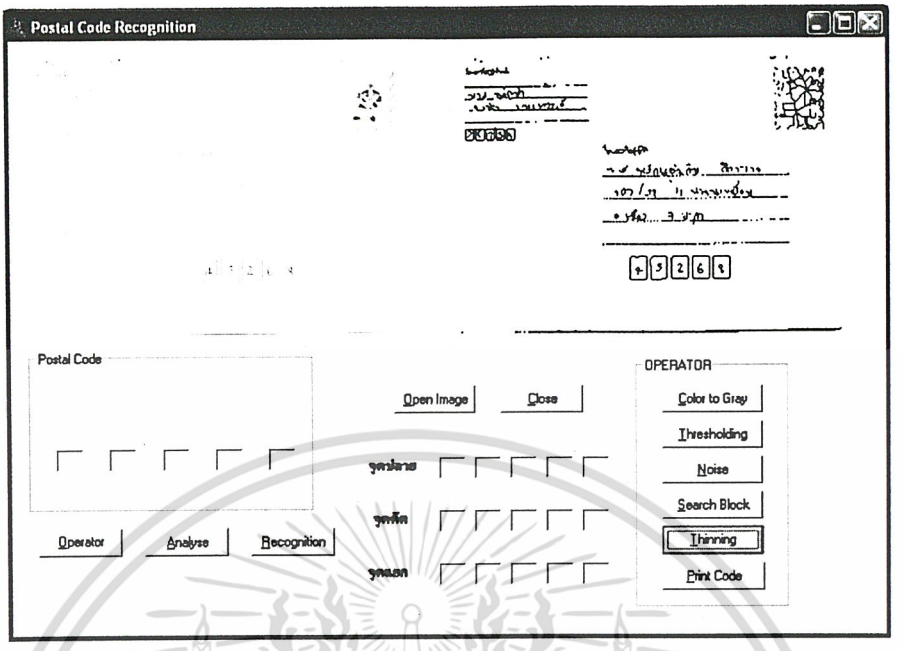


รูปที่ 4.5 กำจัดสิ่งรบกวน (noise)

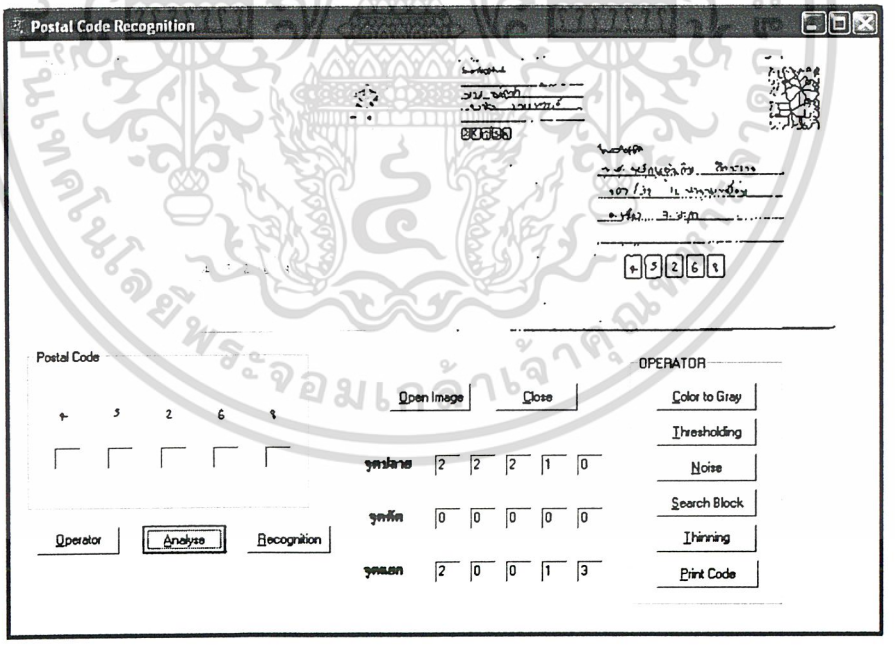


รูปที่ 4.6 หาขอบเขตของกรอบรหัสไปรษณีย์ปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

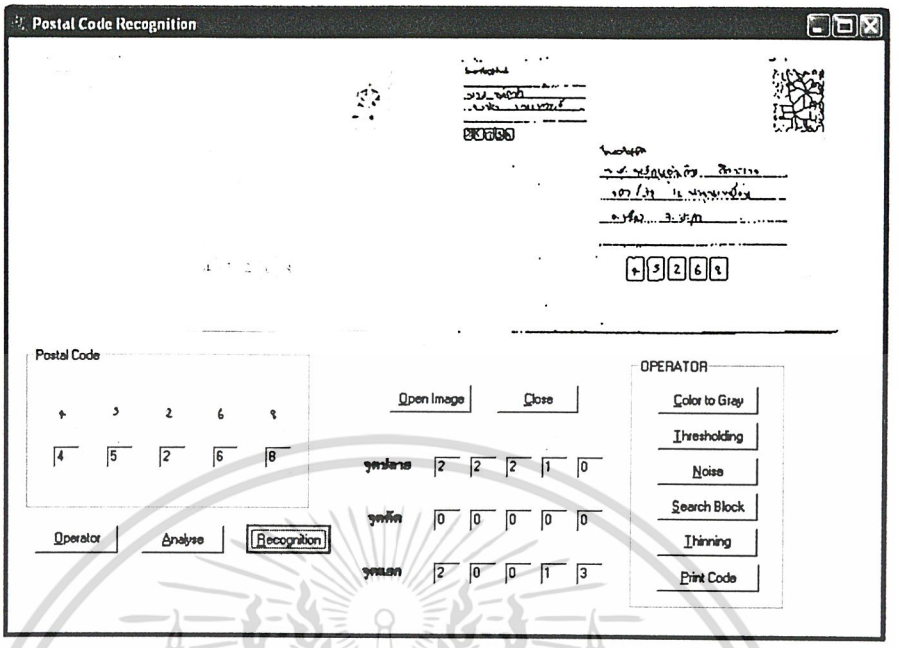


รูปที่ 4.7 การทำเส้นให้บาง (thinning)

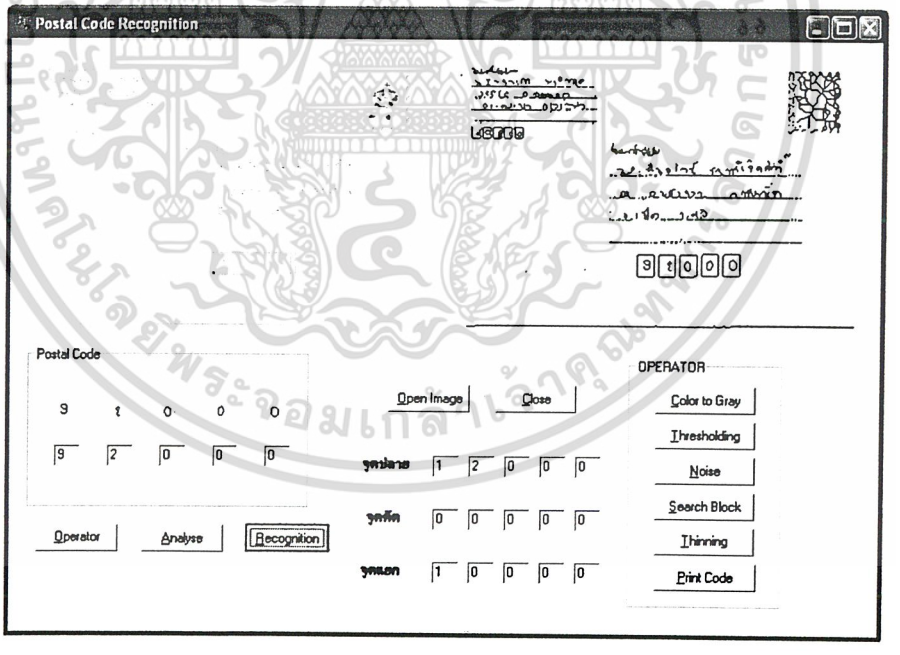


รูปที่ 4.8 วิเคราะห์โครงสร้างของตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

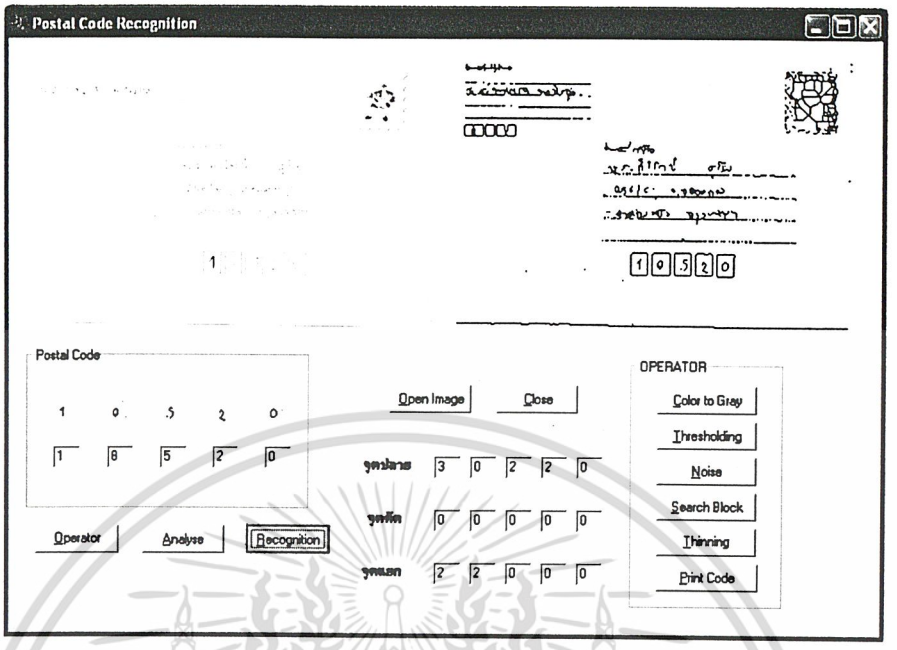


รูปที่ 4.9 วิเคราะห์ผลลัพธ์

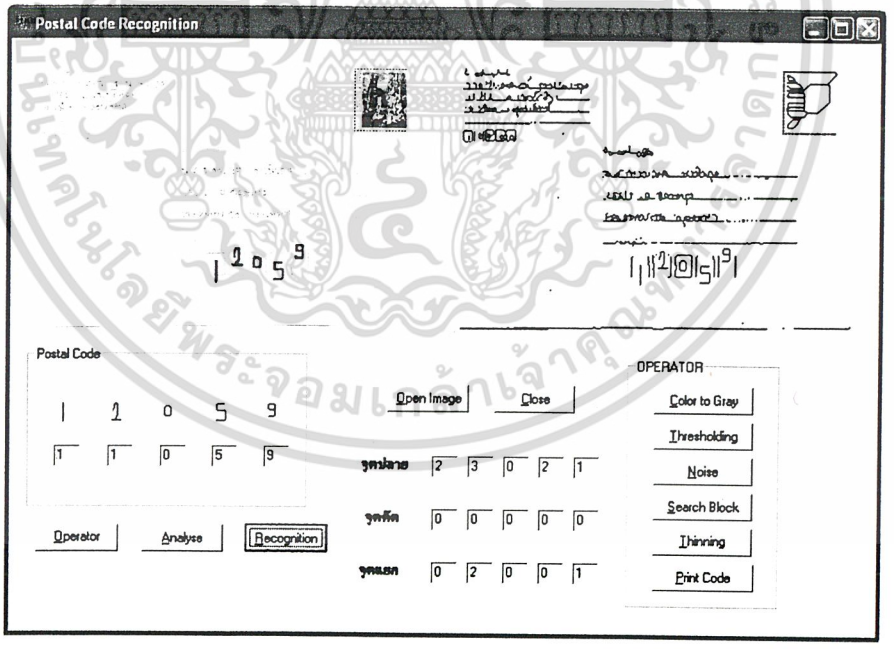


รูปที่ 4.10 อีกตัวอย่างหนึ่งของภาพตัวเลขในกรอบรหัสไปรษณีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 อีกตัวอย่างหนึ่งของภาพตัวเลขในกรอบรหัสไปรษณีย์



รูปที่ 4.12 อีกตัวอย่างหนึ่งของภาพตัวเลขนอกกรอบรหัสไปรษณีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองให้โปรแกรมบอกค่าของตัวเลขรหัสไปรษณีย์

ผลการทดลองที่ได้นั้นเป็นผลมาจากการใส่อินพุทเป็นภาพลายมือเขียนรหัสไปรษณีย์ โดยแต่ละครั้งที่ทำการทดลองให้อินพุทเป็นตัวเลข 0-9 แล้วให้โปรแกรมทำการประมวลผลว่าเป็นตัว - เลขใด โดยตัวเลขในตารางด้านล่าง หมายถึง ตัวเลขที่ได้จากการประมวลผล

(X หมายถึง โปรแกรมไม่สามารถวิเคราะห์ได้ว่าเป็นตัวเลขใด เนื่องจากเกินขอบเขตที่กำหนด)

ครั้งที่	เลข 0	เลข 1	เลข 2	เลข 3	เลข 4	เลข 5	เลข 6	เลข 7	เลข 8	เลข 9
1	0	1	1	3	4	5	6	x	3	3
2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	0	1	2	3	4	5	6	x	8	2
4	0	7	2	3	4	5	6	7	8	9
5	0	2	2	3	1	5	6	9	8	9
6	8	7	2	7	4	5	6	7	8	9
7	0	1	5	3	4	5	5	7	3	9
8	0	1	2	3	7	5	6	7	8	9
9	8	7	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0	1	2	7	4	7	6	7	8	9
11	0	7	1	3	2	5	5	1	9	9
12	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	0	1	2	3	4	5	6	7	3	9
14	0	1	2	1	7	5	6	7	8	9
15	0	1	2	3	4	5	6	1	3	9
16	0	1	2	3	4	1	6	7	8	3
17	8	1	2	3	4	5	5	7	8	9
18	0	1	2	3	1	5	5	7	8	3
19	0	1	2	9	4	5	6	7	8	9
20	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	0	2	2	3	2	5	6	9	2	3
22	0	7	2	3	4	5	6	7	8	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซองที่	เลข 0	เลข 1	เลข 2	เลข 3	เลข 4	เลข 5	เลข 6	เลข 7	เลข 8	เลข 9
23	0	1	2	1	4	5	6	7	8	9
24	0	1	2	3	1	5	6	1	9	9
25	8	1	1	3	4	5	5	7	8	9

ตารางที่ 4.1 บันทึกผลจากการตรวจสอบความถูกต้องของค่าตัวเลขจากข้อมูลภาพ

ผลที่ได้จากการบันทึกมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องดังนี้

เลข 0 ถูก 21 ผิด 4 คิดเป็นถูก 84 % ผิด 16 %

เลข 1 ถูก 18 ผิด 7 คิดเป็นถูก 72 % ผิด 28 %

เลข 2 ถูก 21 ผิด 4 คิดเป็นถูก 84 % ผิด 16 %

เลข 3 ถูก 20 ผิด 5 คิดเป็นถูก 80 % ผิด 20 %

เลข 4 ถูก 18 ผิด 7 คิดเป็นถูก 72 % ผิด 28 %

เลข 5 ถูก 23 ผิด 2 คิดเป็นถูก 92 % ผิด 8%

เลข 6 ถูก 20 ผิด 5 คิดเป็นถูก 80 % ผิด 20 %

เลข 7 ถูก 18 ผิด 7 คิดเป็นถูก 72 % ผิด 28 %

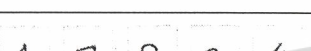
เลข 8 ถูก 18 ผิด 7 คิดเป็นถูก 72 % ผิด 28 %

เลข 9 ถูก 20 ผิด 5 คิดเป็นถูก 80 % ผิด 20 %

รวม ถูก 197 ผิด 53 คิดเป็นถูก 78.80% ผิด 21.20%

ส่วนในตารางด้านล่างนี้เป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์ตัวเลขรหัสไปรษณีย์บนซองจดหมาย โดยพิจารณาทีละซองซึ่งเป็นซองที่ได้จากการสำรวจลายมือมา 25 ตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของตัวเลขรหัสไปรษณีย์ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซองที่	รหัสไปรษณีย์	ความถูกต้องของรหัสไปรษณีย์				
		บล็อก 1	บล็อก 2	บล็อก 3	บล็อก 4	บล็อก 5
1		2	0	2	2	0
2		9	1	4	3	0
3		1	9	9	3	4
4		1	8	4	5	0
5		4	1	7	3	2
6		1	2	5	2	7
7		2	1	2	1	3
8		1	5	9	6	0
9		2	1	5	7	3
10		4	6	8	9	5
11		1	7	9	7	1
12		1	8	2	X	7
13		9	0	2	0	9
14		1	0	1	9	2
15		1	9	1	2	0
16		5	2	7	6	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซองที่	รหัสไปรษณีย์	ความถูกต้องของรหัสไปรษณีย์				
		บล็อก 1	บล็อก 2	บล็อก 3	บล็อก 4	บล็อก 5
17		1	1	1	0	3
18		8	0	5	0	5
19		1	7	3	8	0
20		3	0	2	3	0
21		1	6	X	1	0
22		1	5	2	5	0
23		7	0	2	4	0
24		3	0	9	0	0
25		X	1	2	5	2

ตารางที่ 4.2 บันทึกผลจากการตรวจสอบความถูกต้องของค่าตัวเลขจากซองจดหมาย โดยพิจารณาทีละซอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่ได้จากการตรวจสอบความถูกต้องของตัวเลขจากซองจดหมายตัวอย่างมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องดังนี้

ซองที่ 1 ถูก 5 ผิด 0 คิดเป็นถูก 100 % ผิด 0 %

ซองที่ 2 ถูก 4 ผิด 1 คิดเป็นถูก 80 % ผิด 20 %

ซองที่ 3 ถูก 3 ผิด 2 คิดเป็นถูก 60 % ผิด 40 %

ซองที่ 4 ถูก 3 ผิด 2 คิดเป็นถูก 60 % ผิด 40 %

ซองที่ 5 ถูก 3 ผิด 2 คิดเป็นถูก 60 % ผิด 40%

ซองที่ 6 ถูก 3 ผิด 2 คิดเป็นถูก 60 % ผิด 40 %

ซองที่ 7 ถูก 3 ผิด 2 คิดเป็นถูก 60 % ผิด 40 %

ซองที่ 8 ถูก 5 ผิด 0 คิดเป็นถูก 100 % ผิด 0 %

ซองที่ 9 ถูก 5 ผิด 0 คิดเป็นถูก 100 % ผิด 0 %

ซองที่ 10 ถูก 5 ผิด 0 คิดเป็นถูก 100 % ผิด 0 %

ซองที่ 11 ถูก 3 ผิด 2 คิดเป็นถูก 60 % ผิด 40 %

ซองที่ 12 ถูก 2 ผิด 3 คิดเป็นถูก 40 % ผิด 60 %

ซองที่ 13 ถูก 3 ผิด 2 คิดเป็นถูก 60 % ผิด 40 %

ซองที่ 14 ถูก 3 ผิด 2 คิดเป็นถูก 60 % ผิด 40 %

ซองที่ 15 ถูก 4 ผิด 1 คิดเป็นถูก 80 % ผิด 20 %

ซองที่ 16 ถูก 4 ผิด 1 คิดเป็นถูก 80 % ผิด 20 %

ซองที่ 17 ถูก 3 ผิด 2 คิดเป็นถูก 60 % ผิด 40 %

ซองที่ 18 ถูก 3 ผิด 2 คิดเป็นถูก 60 % ผิด 40 %

ซองที่ 19 ถูก 3 ผิด 2 คิดเป็นถูก 60 % ผิด 40 %

ซองที่ 20 ถูก 5 ผิด 0 คิดเป็นถูก 100 % ผิด 0 %

ซองที่ 21 ถูก 4 ผิด 1 คิดเป็นถูก 80 % ผิด 20 %

ซองที่ 22 ถูก 5 ผิด 0 คิดเป็นถูก 100 % ผิด 0 %

ซองที่ 23 ถูก 4 ผิด 1 คิดเป็นถูก 80 % ผิด 20 %

ซองที่ 24 ถูก 4 ผิด 1 คิดเป็นถูก 80 % ผิด 20 %

ซองที่ 25 ถูก 3 ผิด 2 คิดเป็นถูก 60 % ผิด 40 %

รวม ถูก 92 ผิด 33 คิดเป็นถูก 73.60% ผิด 26.40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์

ในส่วนการเตรียมข้อมูล พบว่าภาพของซองไปรษณีย์ที่เตรียมมาควรมีมาตรฐานเดียวกัน คือ ควรให้ซองจดหมายเป็นแบบเดียวกัน แสกนมาในขนาดที่เท่ากัน เพื่อที่จะให้การประมวลผลภาพจะได้ถูกต้อง และเมื่อทำการตั้งมาตรฐานของภาพ คือภาพที่เหมาะสมจะนำมาแสกนเพื่อประมวลภาพนั้น ไม่ควรจะใหญ่หรือเล็กเกินไป เพราะถ้าภาพใหญ่มากเกินไปก็จะทำให้การแสกนและการประมวลผลช้าลง แล้วยังทำให้เปลืองเนื้อที่ในการเก็บข้อมูลอีกด้วย แต่ถ้าหากภาพที่เตรียมมาประมวลผลมีขนาดเล็กจนเกินไป ภาพก็จะขาดรายละเอียดและทำให้ภาพที่ทำการประมวลผลออกมาได้นั้น ดูไม่รู้เรื่องเพราะมีขนาดเล็กเกินไป

ในส่วนของการแยกตัวเลขออกจากภาพนั้น ตัวโปรแกรมก็ทำงานได้ดี แม้ว่าตัวเลขจะถูกเขียนเกินกรอบรหัสไปรษณีย์ไป แต่โปรแกรมก็สามารถเก็บภาพในส่วนที่เป็นตัวเลขที่เกินกรอบไปรษณีย์ได้ครบถ้วน

ในส่วนของรู้จำ ผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจ ในส่วนที่ตอบเป็นตัวเลข 0-9 สามารถตอบถูกถึง 78.8 %

ในส่วนที่เกิดการผิดพลาด มีสาเหตุดังนี้

1. เกิดจากการทำให้เส้นบางทำได้ไม่สมบูรณ์แบบ
2. การวิเคราะห์โครงสร้างไม่สมบูรณ์ครบทุกกรณี
3. เกิดจากลายมือตัวเลขที่วิเคราะห์ไม่ได้อยู่ในขอบเขตที่ได้กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. Keneth R. Catleman, "Digital Image Processing", Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall, 1996.
2. Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesly Publishing Company, Inc., 1992, p491-495
3. Haralick, Robert M., and Linda G. Shapiro. "Computer and Robot Vision, Volume I." Addison-Wesley, 1992. pp. 28-48
4. รศ.นุกูล กระจาย, "การเขียนโปรแกรมแบบวิชวลด้วย C++Builder 5", สุวีริยาสาสน์, พิมพ์ครั้งที่ 1
5. ผศ.ชม กิ้มปาน, "ทฤษฎีการจดจำรูปแบบเบื้องต้น" ,คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
6. นายอรรณพ ตรีสิริเกษม และ นายอรรถพล ตันพานิชกุล, "การรู้จำรหัสไปรษณีย์", คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้