การวิเคราะห์และรูปแบบองค์ประกอบของหน้าเอกสาร

THE DOCUMENT ANALYSIS AND IDENTIFICATION

โดย

นายสุวิทย์ สายพันธ์

วัน เดือน ปี 15 ตค. 2541
เลขทะเบียน 038989
เลขเรียกหนังสือ T 10100 ส 881 ก

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038989

การวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร

THE DOCUMENT ANALYSIS AND IDENTIFICATION

โดย

นายสุวิทย์ สายพันธ์ 35104507

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ประสาร ดังติสานนท์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2540

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร

ผู้จัดทำ

1. นายสุวิทย์ สายพันธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร

สุวิทย์ สายพันธ์
อ. ประสาร ตังติสานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

การใช้งานเอกสารบนระบบคอมพิวเตอร์มีมากขึ้นและต้องการความรวดเร็วในการใช้งานจึงมีการพัฒนาการจัดเก็บเอกสารโดยการตรวจกวาดด้วยเครื่องตรวจกวาดภาพ แต่แฟ้มเอกสารที่ได้เป็นแฟ้มรูปภาพที่ไม่สามารถดัดแปลงแก้ไขข้อมูลได้เหมือนเอกสารที่สร้างขึ้นมาเอง

ดังนั้นจึงได้พัฒนาโปรแกรมที่สามารถช่วยวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบหน้าเอกสารที่ได้จากการตรวจกวาดด้วยเครื่องตรวจกวาดภาพ ซึ่งแฟ้มรูปภาพอาจประกอบด้วยส่วนที่เป็นรูปภาพหรือส่วนที่เป็นข้อความตัวอักษรที่ต้องการใช้งาน โดยใช้หลักการด้านการประมวลผลภาพเทคนิค RLSA (Run-Length Smooting Algorighm) และเทคนิคการติดตามรอยขอบของภาพเพื่อแยกและคัดลอกส่วนที่เป็นข้อความออกเป็นตัวอักษรเดี่ยวๆ เพื่อส่งให้ส่วนรู้จำต่อไป ส่วนของเอกสารที่เป็นรูปภาพจะจัดเก็บเป็นแฟ้มข้อมูลรูปภาพต่างหาก

ผลการทำงานของโปรแกรมจึงเป็นการจัดเตรียมข้อมูลเบื้องต้นให้กับส่วนการเรียนรู้จำตัวอักษรต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE DOCUMENT ANALYSIS AND IDENTIFICATION

Suwit Saiphan

Prasarn Tangtisanon Advisor

1997

Abstract

Many documents are used on computer system and many users want some method to work faster. So that they apply to use the image scanner but the data file which is taken by this method is a graphic file. On graphic file, datas are considered on the image of the document, so that user can't change data like a text file that make from word processor.

This document analysis and identification program is developed to solve this problem. This process will analyze the whole image of the document to identify its contents; pictures and series of characters. By RLSA (Run-Length Smooting Algorithm), pictures that appear in document will be seperated and stored as graphic files. For text characters, each individual character has to be segmented from sentence by contouring following edge detection technique before passing to the recognition routine.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ของข้าพเจ้าที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา ดูแลและเอาใจใส่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ประสาร ตังติสานนท์ และ อาจารย์ สมศักดิ์ วลัยรัชต์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ ทั้งทางด้านความรู้ คำปรึกษา และแนะนำการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณเหล่าคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และสำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ ในความช่วยเหลือทุกๆ ด้าน

ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ช่วยและให้กำลังใจในการทำงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพและตาราง	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและแนวคิดของงานวิจัย	1
1.2 จุดประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตและวิธีการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและลักษณะของข้อมูลภาพ	3
2.1 เครื่องตรวจกวาดภาพ	3
2.1.1 ลักษณะและการทำงานของเครื่องตรวจกวาดภาพ	4
2.1.2 เครื่องตรวจกวาดภาพที่ใช้ในงานวิจัยของโครงงาน	6
2.2 ลักษณะของข้อมูลภาพ	7
2.2.1 ลักษณะของข้อมูลภาพกราฟิก	7
2.2.2 การเปลี่ยนข้อมูลบิตแม็พเป็นข้อมูลไบนารี	9
บทที่ 3 การวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร	12
3.1 บทนำ	12
3.2 ทฤษฎีที่นำมาใช้	13
3.2.1 เทคนิค RLSA (Run-Length Smoothing Algorithm)	13
3.2.2 เทคนิคการติดตามรอยขอบของภาพ (Contour Following)	15
3.3 การวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร	16
3.3.1 การกำหนดขอบเขต (Block segmentation)	16
3.3.2 การแยกและคัดลอกขอบเขต (Extracting regtangular zones)	39
3.3.3 การแยกภาพตัวอักษรออกจากภาพประโยค	41
3.4 การจัดเก็บส่วนประกอบของหน้าเอกสาร	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 โปรแกรมระบบและผลการทดลอง	44
4.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบ	44
4.1.1 โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับเก็บภาพจากเครื่องตรวจกวาดภาพ	45
4.1.2 โปรแกรมระบบที่พัฒนาขึ้น	46
4.1.2.1 อุปกรณ์ที่ต้องการสำหรับการทำงานของระบบ	46
4.1.2.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	46
4.2 การทดสอบการทำงานของโปรแกรม	56
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	59
5.1 สรุปการทำงานของระบบ	59
5.1.1 ข้อมูลอินพุทกับการวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร	59
5.1.2 ข้อมูลภาพตัวอักษร	59
5.2 ข้อจำกัดของการทำงานของระบบ	60
5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางพัฒนาระบบในอนาคต	60
หนังสืออ้างอิง	61
ภาคผนวก ก. แฟ้มข้อมูลภาพกราฟิกรูปแบบ BMP	62
ภาคผนวก ข. วิชวลเบสิกบนวินโดวส์กับการใช้งานด้านกราฟิก	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพและตาราง

หน้า

รูปที่ 2-1 แสดงตัวอย่างภาพเครื่องตรวจกวาดภาพ 3
รูปที่ 2-2 แสดงหลักการทำงานของเครื่องตรวจกวาดภาพ 5
รูปที่ 2-3 แสดงภาพเครื่องตรวจกวาดภาพที่ใช้ในงานวิจัยโครงงานนี้ 6
รูปที่ 2-4 แสดงตัวอย่างของ Bitmap pattern 7
รูปที่ 2-5 แสดง Bitmap pattern ในรูปของตังเลข 0 กับ 1 8
รูปที่ 2-6 แสดง Bitmap data 8
รูปที่ 2-7 แสดงโครงสร้าง Bitmap ความกว้างเป็นผลคูณของ 8 9
รูปที่ 2-8 แสดงโครงสร้าง Bitmap ความกว้างไม่เป็นผลคูณของ 8 10
รูปที่ 2-9 แสดงตัวอย่างภาพตัวอักษรในลักษณะไบนารี 11
รูปที่ 3-1 แสดงการแปลงข้อมูลไบนารีตามทฤษฎี RLSA 14
รูปที่ 3-2 แสดงลักษณะการติดตามรอยขอบของภาพ 16
รูปที่ 3-3 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 19
รูปที่ 3-4 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 20
รูปที่ 3-5 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 21
รูปที่ 3-6 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 22
รูปที่ 3-7 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 23
รูปที่ 3-8 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 24
รูปที่ 3-9 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 25
รูปที่ 3-10 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 26
รูปที่ 3-11 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 27
รูปที่ 3-12 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 28
รูปที่ 3-13 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 29
รูปที่ 3-14 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 30
รูปที่ 3-15 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 31
รูปที่ 3-16 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 32
รูปที่ 3-17 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 33
รูปที่ 3-18 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 34
รูปที่ 3-19 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-20 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 36
รูปที่ 3-21 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 37
รูปที่ 3-22 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต 38
รูปที่ 3-23 แสดงตัวอย่างพิกัดของขอบเขต 40
รูปที่ 3-24 แสดงตัวอย่างขอบเขตต่างๆ ที่หาได้ของภาพข้อมูลตัวอย่าง 41
รูปที่ 3-25 แสดงการแยกภาพตัวอักษรออกจากภาพประโยค 42
รูปที่ 3-26 แสดงจุดอ้างอิงตำแหน่งของภาพตัวอักษร 43
รูปที่ 4-1 แสดงการทำงานของระบบ 44
รูปที่ 4-2 แสดงภาพโปรแกรม HP DeskScan II 45
รูปที่ 4-3 แสดงภาพหน้าจอของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น 47
รูปที่ 4-4 แสดงการเปิดแฟ้มข้อมูลกราฟิกหน้าเอกสาร 48
รูปที่ 4-5 แสดงตัวอย่างภาพหน้าเอกสาร 49
รูปที่ 4-6 แสดงการเลือกเมนูเพื่อการหาขอบเขตภาพและข้อความ 50
รูปที่ 4-7 แสดงขอบเขตของส่วนประกอบของหน้าเอกสารทั้งหมดที่คำนวณได้ 51
รูปที่ 4-8 แสดงรายการของขอบเขตของส่วนประกอบของหน้าเอกสารทั้งหมดที่คำนวณได้ 52
รูปที่ 4-9 แสดงการเลือกขอบเขตเพื่อจะทำการแยกและคัดลอกตัวอักษร 53
รูปที่ 4-10 แสดงการเลือกขอบเขตเพื่อจะทำการจัดเก็บเป็นรูปภาพ 54
รูปที่ 4-11 แสดงวินโดวส์การสิ้นสุดการทำงานของโปรแกรม 55
รูปที่ 4-12 แสดงตัวอย่างหน้าเอกสารที่ใช้ในการทดสอบ 56
รูปที่ 4-13 แสดงผลการทดสองการแยกและคัดลอกตัวอักษร 58

ตารางที่ 4-1 แสดงเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและแนวคิดของงานวิจัย

ในปัจจุบัน การประยุกต์ใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นไปอย่างกว้างขวางไม่ว่าจะเป็นการใช้งานในสาขาอาชีพใดหรือในงานลักษณะใดก็ตาม การติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการป้อนข้อมูลหรือคำสั่งต่างๆ นั้นสามารถทำได้โดยการใช้แป้นพิมพ์หรือคีย์บอร์ด (Keyboard) แต่ เนื่องจากการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยวิธีนี้อาจเกิดความผิดพลาดได้ง่ายและใช้เวลาค่อนข้างมาก ถ้าผู้ใช้ยังขาดความชำนาญหรือไม่คุ้นเคย นอกจากนี้ในกรณีที่ข้อมูลที่ต้องจัดเก็บมีปริมาณมากๆ ด้วยลักษณะการป้อนข้อมูลโดยผ่านแป้นพิมพ์ จำเป็นต้องจัดหาบุคคลากรและเครื่องมือเพิ่มขึ้นซึ่งจะเป็นการสิ้นเปลืองทั้งงบประมาณ บุคคลากรและเวลา ดังนั้นจึงมีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้ามาช่วยในการจัดเก็บข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

เทคโนโลยีหนึ่งที่นำมาใช้ในงานด้านการจัดเก็บข้อมูลคือ เครื่องอ่านตัวอักษรด้วยแสง (Optical Character Recognition:OCR) หรือเครื่องตรวจกวาดภาพ (Image Scanner) ที่อาศัยการฉายแสงลงบนแผ่นกระดาษแล้วนำปริมาณของแสงที่สะท้อนกลับมาเปลี่ยนไปเป็นรหัสข้อมูลทางดิจิตอล ที่จะถูกนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำหรืออุปกรณ์เก็บข้อมูลสำรองของเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่ข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบของแฟ้มรูปภาพของเอกสาร เนื่องจากเป็นเพียงรูปภาพทำให้ไม่สามารถที่จะแก้ไขหรือเพิ่มเติมข้อมูลนั้นได้ตามต้องการ จึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนการแปลงรูปภาพเอกสารนั้นให้สามารถแยกแยะออกว่ามีส่วนประกอบใดบ้าง หรือเรียกว่า การวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสารเพื่อเป็นการจัดเตรียมข้อมูลที่เป็นข้อความตัวอักษรที่จะนำไปผ่านกระบวนการรู้จำตัวอักษรแล้วนำไปดัดแปลงแก้ไขต่อไปและส่วนข้อมูลที่เป็นภาพกราฟิก (Graphic) จะผ่านการจัดเก็บเป็นแฟ้มรูปภาพเพื่อนำไปประกอบเป็นเอกสารตามที่ต้องการต่อไปได้ จะเห็นได้ว่าการทำงานร่วมกันของเครื่องอ่านตัวอักษรด้วยแสงหรือเครื่องตรวจกวาดภาพ การวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร และการรู้จำตัวอักษร สามารถแก้ปัญหาที่เกิดจากการจัดเก็บข้อมูลโดยการป้อนข้อมูลผ่านทางแป้นพิมพ์ได้

1.2 จุดประสงค์ของงานวิจัย

การวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร เป็นขบวนการทำงานหนึ่งในส่วนของจัดการล่วงหน้า (Preprocessing process) ของระบบการรู้จำตัวอักษร (Character recognition) ส่วนประกอบต่างๆ บนหน้าเอกสารได้กลายเป็นอุปสรรคหนึ่งของระบบการรู้จำตัวอักษร ตัวอย่างเช่นในกรณีของเอกสารหนึ่งหน้ากระดาษที่เป็นข้อความ ถ้าพิจารณาลักษณะโครงร่าง (Layout) ของหน้าเอกสาร จะพบว่าหน้าเอกสารมีลักษณะเป็นเส้นทึบสีดำๆ เรียงกันอยู่ในแนวนอนเป็นเส้นๆ และอยู่รวมกันเป็นกลุ่มๆ ซึ่งที่จริงแล้วเส้นสีทึบสีดำๆ ก็คือภาพของตัวอักษรที่พิมพ์เรียงกันอยู่เป็นบรรทัด และกลุ่มของเส้นดำหลายๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นที่เห็นก็คือ ย่อหน้าของข้อความ จะเห็นได้ว่าแต่ละบรรทัดของข้อความถูกแบ่งแยกออกจากกันในแนวนอน ซึ่งก็คือช่องว่างระหว่างบรรทัดและช่องว่างในแนวตั้ง ซึ่งก็คือช่องว่างระหว่างคอลัมน์ เมื่อนำเอาลักษณะโครงร่างของหน้าเอกสาร ดังกล่าวนี้มาพิจารณาก็สามารถใช้ช่องว่างในแนวนอนและแนวตั้งนี้เป็นตัวแบ่งแยกบริเวณของข้อความหรือย่อหน้าของข้อความที่พิมพ์อยู่บนหน้าเอกสารออกมาได้ และจะได้ส่งต่อภาพของกลุ่มตัวอักษรเหล่านั้นให้กับส่วนของการรู้จำต่อไปได้อย่างถูกต้อง สำหรับกรณีของปัญหาที่ซับซ้อนกว่านี้ บนหน้าเอกสารหนึ่งๆ อาจจะไม่ได้มีเพียงตัวอักษรล้วนๆ พิมพ์อยู่อย่างเดียว แต่อาจจะประกอบด้วย รูปภาพประกอบข้อความ ภาพสัญลักษณ์ หรือภาพโลโก้กราฟิก พิมพ์รวมอยู่ด้วย ซึ่งกรณีนี้ถ้าไม่มีการแยกแยะส่วนประกอบต่างๆ บนหน้าเอกสารให้ถูกต้องแล้ว อาจทำให้การรู้จำตัวอักษรผิดพลาด หรือทำไม่ได้เลย ในกรณีที่ข้อมูลที่ส่งผ่านให้กับส่วนของการรู้จำตัวอักษรกลายเป็นรูปภาพไม่ใช่ภาพตัวอักษร เพราะฉะนั้นขบวนการวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสารจึงเป็นขั้นตอนการทำงานที่สำคัญมากและจะขาดเสียมิได้ เพื่อจัดเตรียมข้อมูลให้กับระบบการรู้จำตัวอักษรจะเป็นไปได้อย่างถูกต้อง

1.3 ขอบเขตและวิธีการดำเนินงาน

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จึงขอนำเสนอระบบการวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร โดยมีขั้นตอนในการทำงานของการวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงาน 3 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

(1) การอ่านข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลกราฟิก

เป็นการอ่านแฟ้มข้อมูลกราฟิกของภาพหน้าเอกสารที่ได้จากเครื่องกวาดตรวจภาพ (Image scanner) ซึ่งใช้เป็นอุปกรณ์อินพุทให้กับระบบ แล้วทำการแปลงข้อมูลกราฟิกให้เป็นข้อมูลไบนารี (Binary data) สำหรับการประมวลผลของเครื่องคอมพิวเตอร์ในขั้นตอนต่อไป

(2) การวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร

ในส่วนนี้ได้นำเอาเทคนิค RLSA (Run-Length Smooting Algorithm) และเทคนิคการติดตามรอยขอบของภาพ มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบหน้าเอกสาร

(3) การจัดเก็บส่วนประกอบของหน้าเอกสาร

หลังจากผ่านการวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสารแล้ว ส่วนที่เป็นรูปภาพกราฟิกจะทำการจัดเก็บในรูปแบบ (Format) ของแฟ้มข้อมูลกราฟิกรูปแบบ BMP อย่างถูกต้องและส่วนที่เป็นข้อความจะถูกแยกตัวอักษรออกจากคำหรือประโยค (Segmentation) ที่อาศัยเทคนิคของการติดตามรอยของของภาพ เพื่อแยกภาพตัวอักษรออกได้อย่างถูกต้องและจัดเก็บไว้เป็นแฟ้มภาพตัวอักษรเพื่อใช้ในการรู้จำตัวอักษรเหล่านั้นต่อไป

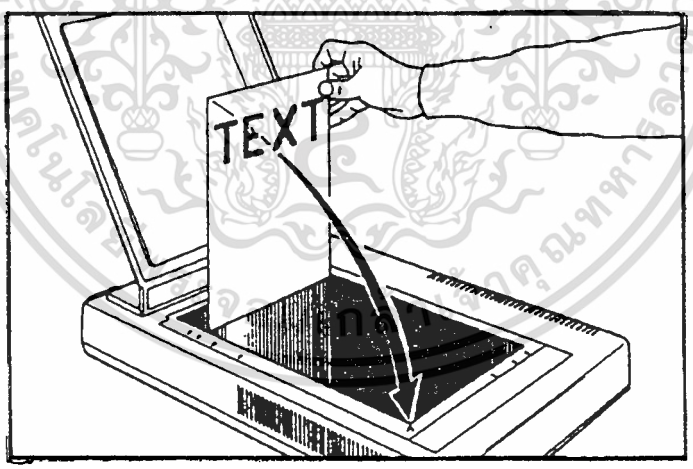
ซึ่งหลักการและเทคนิคที่ใช้ของแต่ละขั้นตอนจะอธิบายรายละเอียดในบทต่อๆ ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและลักษณะของข้อมูลภาพ

2.1 เครื่องตรวจกวาดภาพ

เครื่องตรวจกวาดภาพหรืออิมเมจสแกนเนอร์ (Image scanner) เป็นอุปกรณ์ช่วยสนับสนุนการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่เสมือนตาของเครื่องคอมพิวเตอร์ ใช้เก็บรูปภาพหรือภาพตัวอักษรที่พิมพ์อยู่บนแผ่นกระดาษ นำเข้าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำหรืออุปกรณ์เก็บข้อมูลสำรองของเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น ฟลอปปี้ดิสก์ (Floppy disk) หรือ ฮาร์ดดิสก์ (Hard disk) เป็นต้น ได้มีการนำเอาเครื่องสแกนเนอร์มาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องอ่านตัวอักษรด้วยแสง (Optical Character Reader: OCR) เพื่อใช้ในงานวิจัยทางด้านการรู้จำตัวอักษร (Character recognition) โดยทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เก็บข้อมูล ตัวอย่างข้อมูลอาจมีลักษณะเป็นหน้ากระดาษ ที่ประกอบด้วยรูปภาพและตัวอักษรพิมพ์เรียงเป็นประโยคข้อความ เมื่อนำแผ่นกระดาษดังกล่าวมาตรวจกวาดหรือสแกนด้วยสแกนเนอร์ ภาพที่ปรากฏบนหน้าเอกสารทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นรูปภาพหรือตัวอักษรจะถูกเปลี่ยนเป็นข้อมูลไบนารีและเก็บบันทึกลงแฟ้มข้อมูลในรูปแบบหรือฟอร์แมตแบบกราฟิก ซึ่งจะถูกนำไปประมวลผลในขั้นตอนต่อๆ ไป



รูปที่ 2-1 แสดงตัวอย่างภาพเครื่องตรวจกวาดภาพ

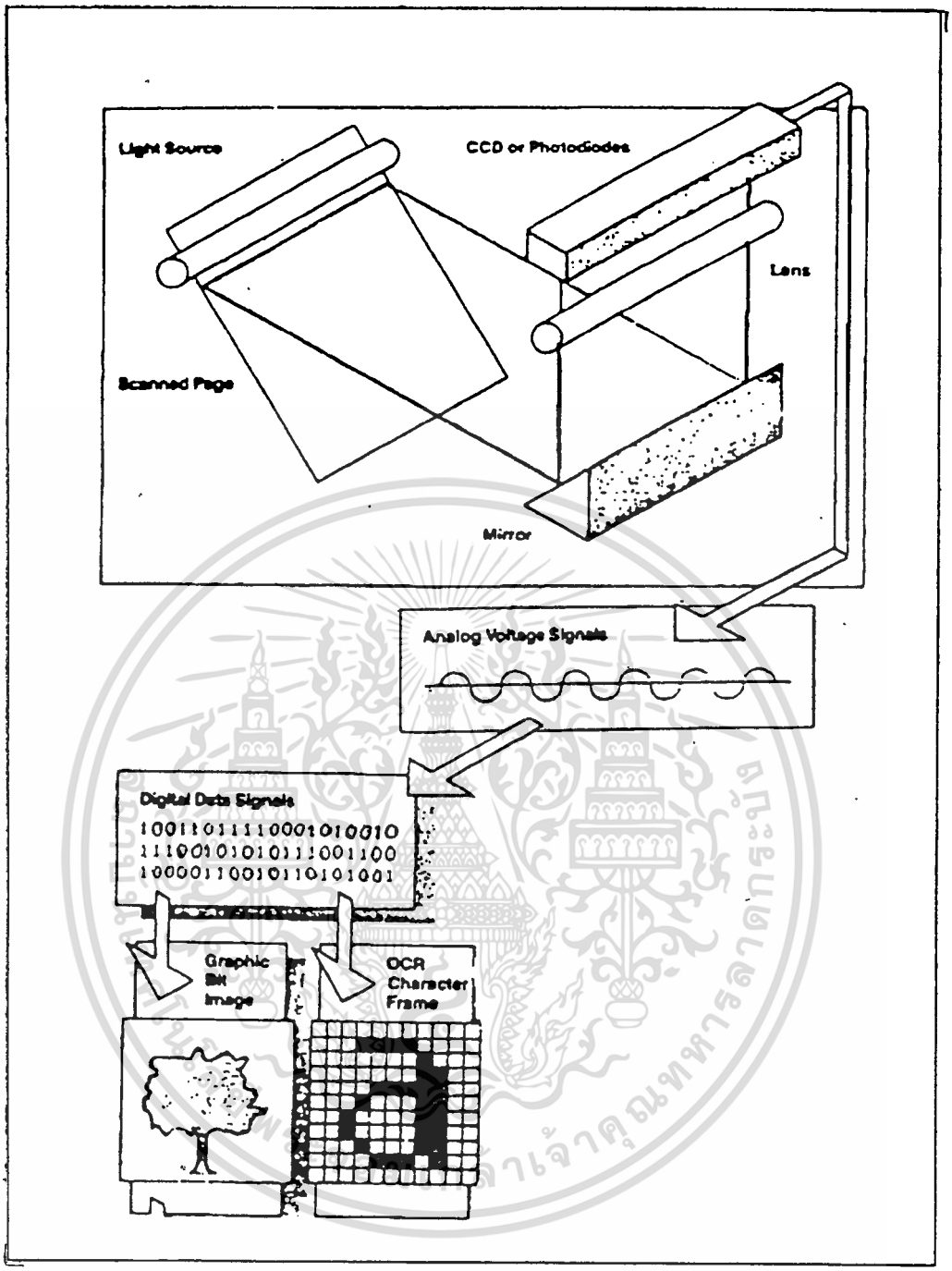
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ลักษณะและการทำงานของเครื่องตรวจกวาดภาพ

เครื่องตรวจกวาดภาพทำงานโดยอาศัยหลักการสะท้อนของแสง เมื่อฉายแสงไปบนแผ่นกระดาษที่มีรูปภาพหรือข้อความพิมพ์อยู่ แล้วเก็บบันทึกแสงที่สะท้อนกลับออกมาในปริมาณที่ต่างกัน ส่วนประกอบของเครื่องตรวจกวาดภาพ ภายในตัวเครื่องจะมีหลอดฟลูออเรสเซนต์ ที่จะให้แสงความถี่ต่ำฉายออกมากระทบกับหน้ากระดาษที่จะตรวจกวาด ส่วนที่เป็นพื้นสีดำซึ่งอาจจะเป็นข้อความหรือรูปภาพ ก็จะดูดซับแสงเอาไว้หรือสะท้อนออกมาบางส่วน และส่วนที่เป็นพื้นขาวก็จะสะท้อนแสงออกมามากกว่า จากนั้นจะมีตัวรับสัญญาณภาพ (Photosensor) ที่เรียกว่า CCD (Charge Couple Device) ซึ่งประกอบด้วยเซลรับแสงเป็นจำนวนมากเรียงเป็นแถว โดยที่เซลแต่ละตัวจะสร้างความต่างศักย์ทางไฟฟ้าขึ้นเป็นสัดส่วนกับปริมาณแสงที่รับเข้ามาค่าความต่างศักย์จะถูกแปลงให้เป็นค่าทางตัวเลขไบนารี (0 หรือ 1)

ความละเอียด (Resolution) ของเครื่องตรวจกวาดภาพจะวัดกันด้วยค่าจุดต่อนิ้ว (Dot per inch: DPI) ซึ่งเป็นค่าตัวเลขแน่นอนค่าหนึ่งที่ได้จากความสัมพันธ์ของจำนวนเซลในหนึ่งอาร์เรย์ และพื้นที่ทั้งหมดที่ตรวจกวาด ตัวอย่างเช่น อาร์เรย์ประกอบด้วยเซลรับแสงจำนวน 2,400 หน่วย สามารถครอบคลุมพื้นที่ในแนวตรงได้ 8 นิ้ว จะได้ค่าความละเอียดของเครื่องตรวจกวาดภาพ (Hardware resolution) เป็น 300 DPI ซึ่งเมื่อนำมาใช้ตรวดกวาดรูปภาพ ก็จะได้ภาพที่มีความละเอียดของภาพ (Image resolution) ขนาด 300 DPI เครื่องตรวจกวาดภาพทั่วๆ ไป ยังสามารถตรวจกวาดภาพและให้ความละเอียดที่ต่ำกว่าหรือสูงกว่าได้ โดยอาศัยซอฟต์แวร์ช่วยในการจัดการกำหนดความละเอียดของภาพ การทำงานของเครื่องตรวจกวาดภาพสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

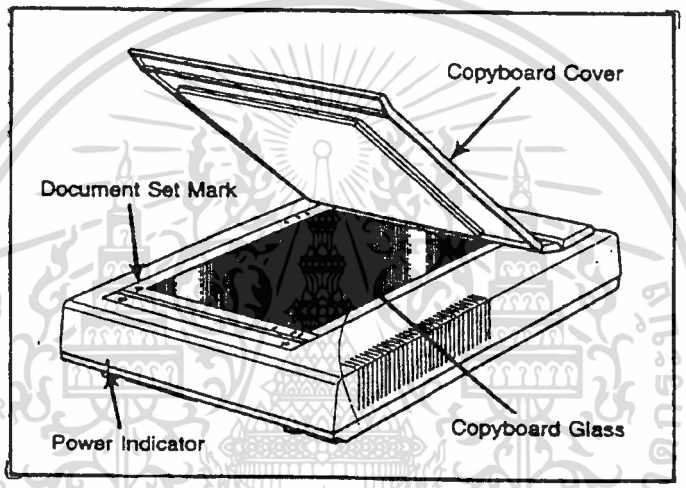


รูปที่ 2-2 แสดงหลักการทำงานของเครื่องตรวจกวาดภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 เครื่องตรวจกวาดภาพที่ใช้ในงานวิจัยของโครงงาน

เครื่องตรวจกวาดภาพที่ใช้ในงานวิจัยของโครงงานนี้เป็นเครื่องตรวจกวาดภาพชนิดตั้งโต๊ะ ผลิตโดยบริษัท Hewlett Packard รุ่น ScanJet 3c สามารถตรวจกวาดภาพเอกสารที่มีขนาดใหญ่ได้ถึงขนาดกระดาษ A4 และสามารถเลือกระดับความละเอียดของภาพ (Scanning resolution) ได้ตั้งแต่ 75-1200 จุดต่อนิ้ว (Dots per inch) สามารถปรับค่าความละเอียดของภาพได้โดยอาศัยซอฟต์แวร์ รูปภาพหรือข้อความที่ตรวจกวาดได้จะถูกจัดเก็บลงแฟ้มข้อมูลกราฟิกในรูปแบบ BMP ข้อมูลที่จัดเก็บมีลักษณะเป็น Packed binary data (มีค่าเป็น ตัวเลขค่า 0 กับ 1) โดยที่ข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 จะแทนส่วนที่เป็นพื้นดำที่เป็นข้อความหรือรูปภาพ และข้อมูลที่มีค่าเป็น 0 จะแทนส่วนที่เป็นพื้นสว่างที่เป็นช่องว่างบนแผ่นกระดาษ



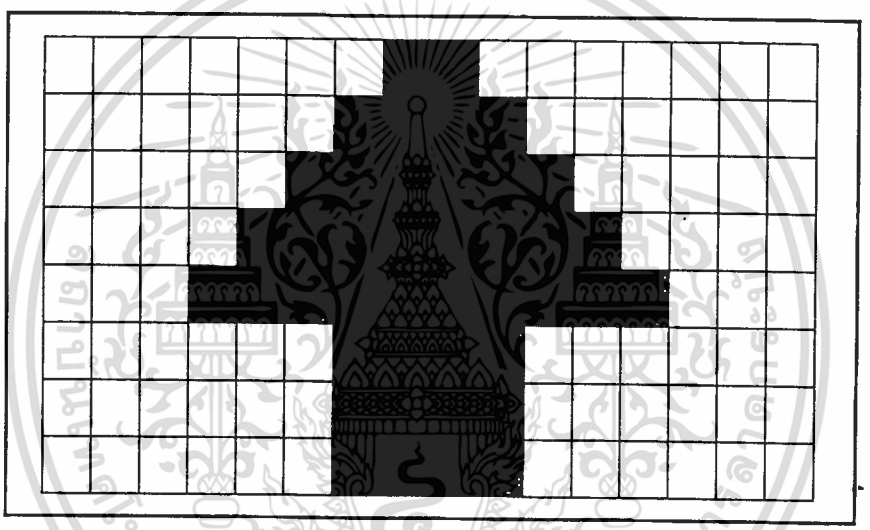
รูปที่ 2-3 แสดงภาพเครื่องตรวจกวาดภาพที่ใช้ในงานวิจัยโครงงานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ลักษณะของข้อมูลภาพ

2.2.1 ลักษณะของข้อมูลภาพกราฟิก

เนื่องจากข้อมูลที่จัดเก็บได้จากเครื่องตรวจกวาดภาพจะอยู่ในแฟ้มข้อมูลภาพกราฟิก นั่นคือ เป็นตัวเลขค่าไบนารีคือ เลข 0 กับ 1 ของจุดภาพหนึ่งๆ ถูกย่อรวมกันจัดเก็บอยู่ในรูปตัวเลขฐาน 16 ก่อนที่จะนำข้อมูลดังกล่าวมาป้อนให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลต่อไป จะต้องแปลงข้อมูลกราฟิกในรูปเลขฐาน 16 นี้กลับให้เป็นข้อมูลไบนารีในรูปตัวเลข 0 กับ 1 เสียก่อน แฟ้มข้อมูลภาพกราฟิกที่ได้จากเครื่องตรวจกวาดภาพ เป็นแฟ้มข้อมูลรูปแบบ BMP มีลักษณะเป็นบิตแม็พ (Bitmap pattern) ซึ่งก็คือกลุ่มของจุดสี่เหลี่ยมอาจจะเป็นสีขาวหรือสีดำมาเรียงต่อกันเป็นตาราง ซึ่งจะต่อรวมกันแสดงออกมาเป็นรูปภาพ ตัวอย่างของรูปภาพแบบบิตแม็พแสดงได้ดังรูปที่ 2-4



รูปที่ 2-4 แสดงตัวอย่างของ Bitmap pattern

Bitmap pattern ที่แสดงดังรูปที่ 2-4 สามารถที่จะแสดงให้อยู่ในรูปของตัวเลข 0 กับ 1 ได้ดังรูปที่ 2-5 และ Bitmap data ซึ่งเป็นข้อมูลที่เก็บบันทึกจริงในแฟ้มข้อมูลกราฟิกจะมีลักษณะเป็นตัวเลขฐาน 16 ดังแสดงในรูปที่ 2-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

รูปที่ 2-5 แสดง Bitmap pattern ในรูปของตัวเลข 0 กับ 1

0x80 (Byte0)	0x01 (Byte1)
0xC0 (Byte2)	0x02 (Byte3)
0xE0 (Byte4)	0x07 (Byte5)
0xF0 (Byte6)	0x0F (Byte7)
0xF8 (Byte8)	0x1F (Byte9)
0xC0 (Byte10)	0x02 (Byte11)
0xC0 (Byte12)	0x02 (Byte13)
0xC0 (Byte14)	0x02 (Byte15)

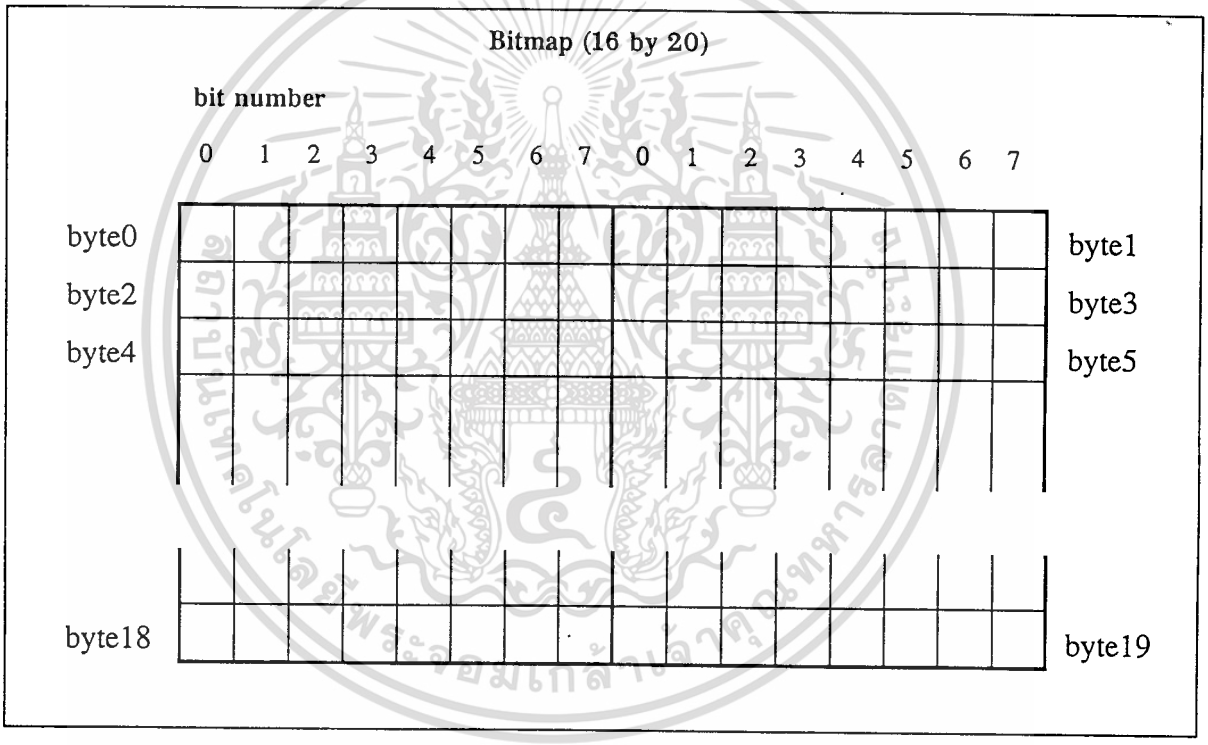
รูปที่ 2-6 แสดง Bitmap data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การเปลี่ยนข้อมูลบิตแม็พเป็นข้อมูลไบนารี

ข้อมูลภาพกราฟิกแบบ Bitmap มีอยู่ 2 ลักษณะ โดยพิจารณาจากความกว้างของภาพ และนำมาใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการเปลี่ยนข้อมูลจากข้อมูลที่อยู่ในลักษณะเลขฐาน 16 เป็นเลขฐาน 2 คือ

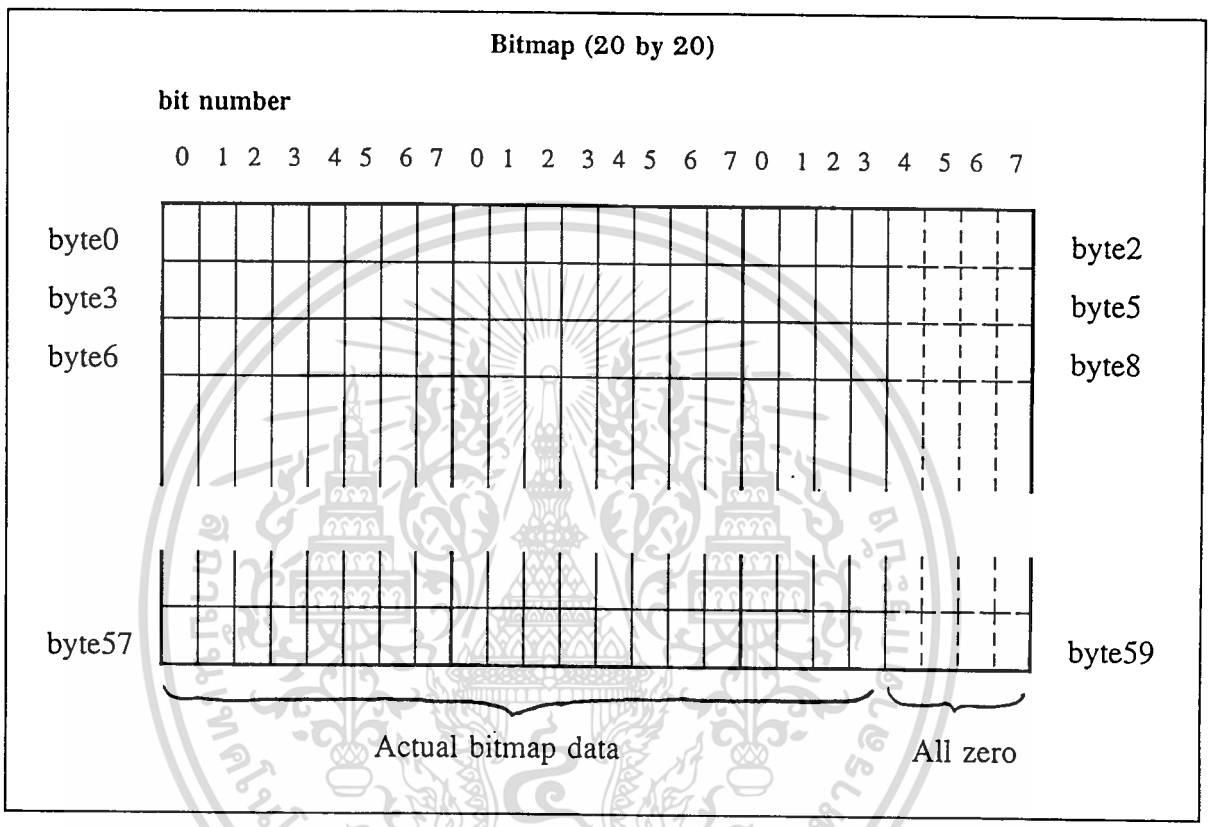
- ถ้าความกว้างเป็นผลคูณของ 8 มีเงื่อนไขของโครงสร้างดังนี้
  - ข้อมูลในรูปของตัวเลข 0 หรือ 1 จะถูกจับเป็นกลุ่มโดยเรียงกันไปจำนวน 8 บิต หรือ 1 ไบต์
  - ลำดับของไบต์ของข้อมูลจะนับจากบนลงล่าง และซ้ายไปขวา
  - ลำดับของบิตในแต่ละไบต์จะนับจากซ้ายไปขวา และบิตทางซ้ายมือสุด (Leftmost bit) นับเป็นบิตที่ 0 และบิททางขวามือสุด (Rightmost bit) นับเป็นบิตที่ 7



รูปที่ 2-7 แสดงโครงสร้าง Bitmap ความกว้างเป็นผลคูณของ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

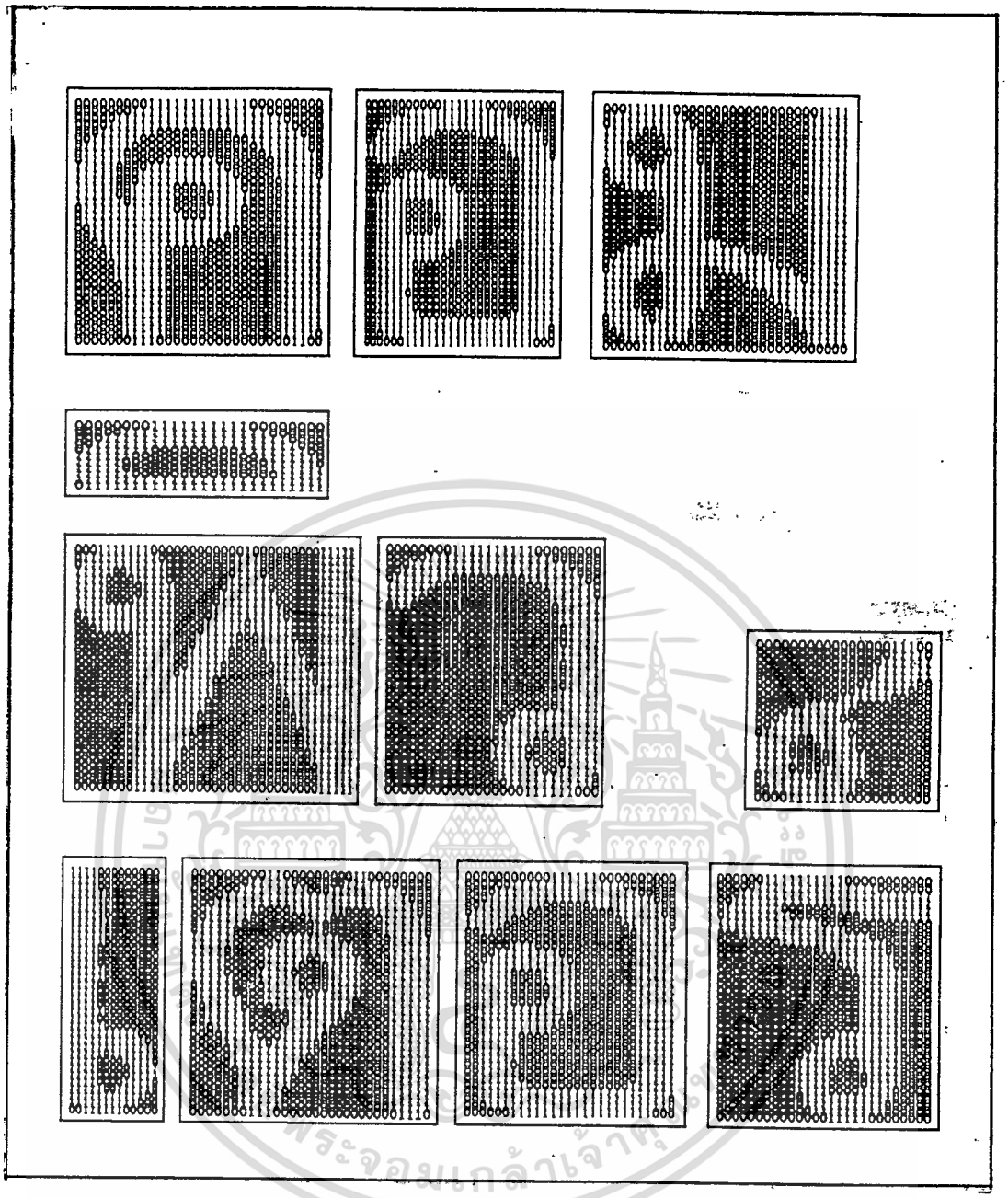
- ถ้าความกว้างไม่เป็นผลคูณของ 8 จะมีเงื่อนไขของดังนี้
    - จะนับความกว้างเป็นผลคูณของ 8 ที่น้อยที่สุดที่มีค่ามากกว่าความกว้างที่แท้จริงของรูป
    - บิตที่เหลืออยู่นอกเหนือจากความกว้างที่แท้จริงจะถูกเติมด้วยตัวเลข 0



รูปที่ 2-8 แสดงโครงสร้าง Bitmap ความกว้างไม่เป็นผลคูณของ 8

เมื่อทราบรูปแบบของ Bitmap แล้ว ก็ทำการเปลี่ยนข้อมูลภาพที่มีลักษณะเป็นเลขฐาน 16 ให้เป็นเลขฐาน 2 โดยหนึ่งบิตของเลขฐาน 2 จะแทนจุดภาพหนึ่งจุด บิตที่มีค่าเป็น 0 จะแทนจุดสว่างหรือจุดที่เป็นพื้นกระดาษสีขาว และบิตที่มีค่าเป็น 1 จะแทนจุดดำหรือมืดทึบ ซึ่งก็คือจุดที่อาจเป็นตัวอักษรหรือจุดดำของรูปภาพ จะได้ข้อมูลภาพตัวอักษรที่ถูกต้องและพร้อมที่จะส่งไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไป ตัวอย่างของภาพตัวอักษรที่ถูกเปลี่ยนจุดภาพให้เป็นค่าไบนารีแสดงได้ดังรูปที่ 2-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-9 แสดงตัวอย่างภาพตัวอักษรในลักษณะไบนารี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร

3.1 บทนำ

การวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร เป็นขบวนการทำงานหนึ่งในส่วนของการจัดการล่วงหน้า (Preprocessing process) ของระบบการรู้จำตัวอักษร (Character recognition) ส่วนประกอบต่างๆ บนหน้าเอกสารได้กลายเป็นอุปสรรคหนึ่งของระบบการรู้จำตัวอักษร ตัวอย่างเช่นในกรณีของเอกสารหนึ่งหน้ากระดาษที่เป็นข้อความ ถ้าพิจารณาลักษณะโครงร่าง (Layout) ของหน้าเอกสาร จะพบว่าหน้าเอกสารมีลักษณะเป็นเส้นทึบสีดำๆ เรียงกันอยู่ในแนวนอนเป็นเส้นๆ และอยู่รวมกันเป็นกลุ่มๆ ซึ่งที่จริงแล้วเส้นสีทึบดำๆ ก็คือภาพของตัวอักษรที่พิมพ์เรียงกันอยู่เป็นบรรทัด และกลุ่มของเส้นดำหลายๆ เส้นที่เห็นก็คือย่อหน้าของข้อความ เราพบว่าแต่ละบรรทัดของข้อความถูกแบ่งแยกออกจากกันด้วยช่องว่างในแนวนอน ซึ่งก็คือช่องว่างระหว่างบรรทัด และช่องว่างในแนวตั้ง ซึ่งก็คือช่องว่างระหว่างคอลัมน์ เมื่อนำเอาลักษณะโครงร่างของหน้าเอกสารดังกล่าวนี้มาพิจารณาก็สามารถใช้ช่องว่างในแนวนอนและแนวตั้งนี้เป็นตัวแบ่งแยกบริเวณของข้อความหรือย่อหน้าของข้อความที่พิมพ์อยู่บนหน้าเอกสารออกมาได้ และจะได้ส่งต่อภาพของกลุ่มตัวอักษรเหล่านั้นให้กับส่วนของการรู้จำต่อไปได้อย่างถูกต้อง สำหรับกรณีของที่ซับซ้อนกว่านี้ บนหน้าเอกสารหนึ่งอาจจะไม่ได้มีเพียงตัวอักษรล้วนๆ พิมพ์อยู่อย่างเดียว แต่อาจจะประกอบด้วย รูปภาพประกอบข้อความ ภาพสัญลักษณ์ หรือภาพโลโกกราฟิก พิมพ์รวมอยู่ด้วย ซึ่งกรณีนี้ถ้าไม่มีการแยกแยะส่วนประกอบต่างๆ บนหน้าเอกสารให้ถูกต้องแล้ว อาจทำให้การรู้จำตัวอักษรผิดพลาด หรือทำไม่ได้เลยในกรณีที่ข้อมูลที่ส่งผ่านให้กับส่วนของการรู้จำตัวอักษรกลายเป็นรูปภาพไม่ใช่ภาพตัวอักษร เพราะฉะนั้นขบวนการวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสารจึงเป็นขั้นตอนการทำงานที่สำคัญมากและจะขาดเสียมิได้ เพื่อการจัดเตรียมข้อมูลให้กับระบบการรู้จำตัวอักษรจะเป็นไปได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ทฤษฎีที่นำมาใช้

3.2.1 เทคนิค RLSA (Run-Length Smoothing Algorithm)

เทคนิค RLSA เป็นเทคนิคที่นำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสารเพื่อเป็นการกำหนดขอบเขตของบริเวณที่เป็นข้อความและรูปภาพประกอบบนหน้าเอกสาร โดยเทคนิคนี้จะอาศัยรูปภาพเอกสารที่เป็นภาพขาวดำ (Black-white image) ตรวจหาข้อมูลภาพที่เป็นเส้นสีขาวตามแนวตั้งและแนวนอนของภาพ โดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

กำหนดให้ข้อมูลภาพแทนด้วยข้อมูลไบนารี

- จุดภาพที่เป็นสีขาวแทนด้วยไบนารี “0”
- จุดภาพที่เป็นสีดำแทนด้วยไบนารี “1”

โดยจะทำการแปลงชุดข้อมูลไบนารีที่ได้ตามหลักการต่อไปนี้

(1) ข้อมูลไบนารี “0” จะเปลี่ยนเป็นไบนารี “1” ถ้าจำนวนไบนารี “0” ที่อยู่ติดกันมีจำนวนน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าคงที่ค่าหนึ่งที่กำหนดไว้ สมมติเป็น “C”

(2) ข้อมูลไบนารี “1” จะไม่เปลี่ยนแปลงเลย

ดังตัวอย่าง

กำหนดให้ ค่าคงที่ C = 4

ข้อมูลภาพ X: 00010000010100001000000011000

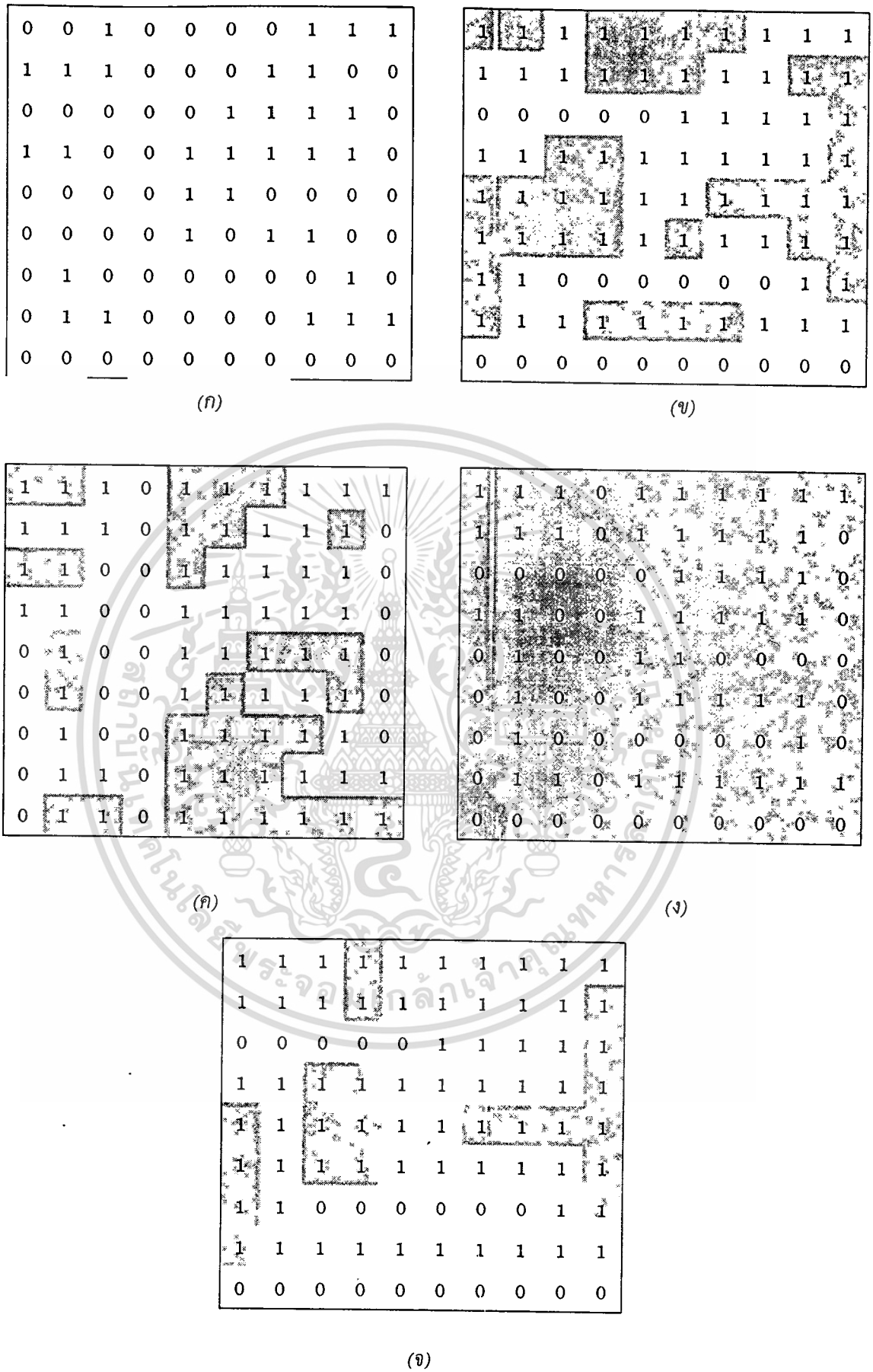
และสามารถแปลงข้อมูล X ได้เป็น Y ดังนี้

X: 00010000010100001000000011000

Y: 1 1110000011 111 1110000000111 11

จากนั้นจึงทำการแปลงชุดข้อมูลตามเงื่อนไขดังกล่าว ทั้งตามแนวนอนและแนวตั้งแล้วนำข้อมูลทั้งสองชุดซึ่งอยู่ในรูปไบนารี มารวมกันทางตรรกะ AND (Logical AND operation) แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทำการแปลงชุดข้อมูลตามแนวนอนอีกครั้ง ผลลัพธ์จะได้ข้อมูลภาพถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ ประกอบด้วยข้อมูลภาพ และข้อความ ตัวอย่างดังรูปที่ 3-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-1 แสดงการแปลงข้อมูลไบนารีตามทฤษฎี RLSA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3-1 เป็นการแสดงขั้นตอนการแปลงข้อมูลไบนารีตามทฤษฎี RLSA ดังต่อไปนี้

(ก) เป็นข้อมูลไบนารีก่อนการแปลงข้อมูล

(ข) เป็นการแปลงข้อมูลไบนารีตามแนวนอน โดยใช้ค่าคงที่ C=4

(ค) เป็นการแปลงข้อมูลไบนารีตามแนวตั้ง โดยใช้ค่าคงที่ C=4

(ง) เป็นการแปลงข้อมูลไบนารีโดยทำการรวมข้อมูลใน รูปที่ 3-1(ข) และ 3-1(ค) ด้วยตรรกะ AND (Logical AND operation)

(จ) เป็นการแปลงข้อมูลไบนารีตามแนวนอนอีกครั้งเพื่อกรองข้อมูลที่ไม่จำเป็น โดยใช้ค่าคงที่ C=4

3.2.2 เทคนิคการติดตามรอยขอบของภาพ (Contour Following)

เทคนิคการติดตามรอยขอบของภาพ ถูกนำมาใช้ในการแยกและคัดลอกส่วนของรูปภาพใดๆ ที่อยู่บนรูปใหญ่ ข้อมูลภาพที่จะนำมาประมวลผลด้วยเทคนิคนี้จะต้องอยู่ในรูปของข้อมูลไบนารี นั่นคือจุดภาพจะแสดงด้วยตัวเลข 0 กับ 1 เท่านั้น โดยที่จุดภาพที่มีค่าเป็น 1 แทนจุดดำหรือจุดที่เป็นส่วนของรูปภาพ และจุดภาพที่มีค่าเป็น 0 แทนจุดขาวหรือจุดที่เป็นช่องว่างบนกระดาษหรือพื้นเบื้องหลัง

การทำงานของเทคนิคการติดตามรอยขอบของภาพ เป็นการเดินไต่ไปตามขอบระหว่างส่วนที่เป็นรูปภาพ (Image) กับส่วนที่เป็นพื้นเบื้องหลัง (Background) โดยจะตรวจกวาดไปทุกๆ จุดภาพ (Pixel) โดยจะเริ่มจากจุดมุมซ้ายบนของข้อมูลภาพ ตรวจกวาดไปในทิศทางจากซ้ายไปขวา และเลื่อนลงจากบนลงล่าง เมื่อตรวจกวาดมาพบจุดภาพใดๆ ที่มีค่าของจุดภาพเป็น 1 ก็จะเปลี่ยนลักษณะการเคลื่อนที่ไปยังจุดภาพจุดถัดไปเสียใหม่โดยมีเงื่อนไขของการเคลื่อนที่ดังต่อไปนี้

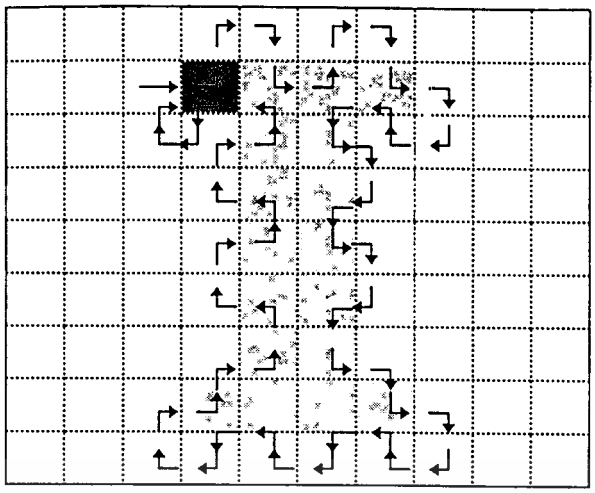
(1) ถ้าจุดที่อยู่ปัจจุบันเป็นจุดของภาพหรือมีค่าของจุดเป็น 1 ให้เลี้ยวซ้าย แล้วก้าวเดินตรงไปข้างหน้าไปจุดถัดไป

(2) ถ้าจุดที่อยู่ปัจจุบันเป็นพื้นเบื้องหลังหรือมีค่าของจุดเป็น 0 ก็ให้เลี้ยวขวา แล้วก้าวเดินตรงไปข้างหน้าไปยังจุดถัดไป

(3) การเคลื่อนที่จะสิ้นสุดลง เมื่อจุดที่อยู่ปัจจุบันเป็นจุดเดียวกันกับจุดเริ่มต้น

ในรูปที่ 3-2 ได้แสดงลักษณะการทำงานของเทคนิคการติดตามรอยขอบภาพ ซึ่งจะแสดงการเคลื่อนที่ไปตามจุดต่างๆ ที่เป็นขอบของภาพ เริ่มจากจุดที่ถูกแรเงาทแยงไว้ซึ่งเป็นจุดของภาพจุดแรกที่ตรวจกวาดมาพบ การเคลื่อนที่จะเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด เมื่อการเคลื่อนที่วนกลับมาถึงจุดที่เป็นจุดเริ่มต้น ก็จะทราบจุดที่เป็นขอบของภาพได้ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-2 แสดงลักษณะการติดตามรอยขอบของภาพ

3.3 การวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร

ในการวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสารได้นำเทคนิค RLSA และเทคนิคการติดตามรอยขอบของภาพมาประยุกต์ใช้ รายละเอียดของการทำงานในขั้นตอนนี้ สามารถแบ่งการทำงานได้ดังต่อไปนี้

3.3.1 การกำหนดขอบเขต (Block segmentation)

การทำงานในขั้นตอนนี้เริ่มต้นด้วยการเตรียมข้อมูลภาพหน้าเอกสารหนึ่งหน้ากระดาษในลักษณะของข้อมูลไบนารี นั่นคือแต่ละจุดของภาพจะถูกแทนด้วยตัวเลขฐานสองเท่านั้น คือตัวเลข 0 และ 1 โดยที่จุดภาพที่มีค่าเป็น 0 จะแทนพื้นสีขาวหรือช่องว่างบนหน้ากระดาษ และจุดภาพที่มีค่าเป็น 1 จะแทนส่วนที่เป็นลายเส้นของตัวอักษรหรือลายเส้นของรูปภาพ โดยจะเตรียมข้อมูลลักษณะนี้ไว้ 3 ชุด เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์

สำหรับข้อมูลชุดที่หนึ่ง จะเก็บไว้เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงหลังจากการกำหนดของเขตเสร็จสิ้น ซึ่งเราจะนำข้อมูลชุดนี้และผลที่ได้จากการกระทำกับจุดภาพในข้อมูลภาพชุดที่สองและสาม มาทำการแยกและคัดลอกขอบเขต แล้วจึงทำการแยกภาพตัวอักษรออกจากภาพประโยคหรือทำการจัดเก็บเป็นรูปภาพประกอบบนหน้าเอกสารต่อไป ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในหัวข้อ 3.3.2 และ 3.3.3

สำหรับข้อมูลชุดที่สอง จะนำมาแปลงข้อมูลภาพไบนารีตามทฤษฎี RLSA ในแนวนอน โดยจะทำการกำหนดค่าคงที่ค่าหนึ่งที่เหมาะสมกับข้อมูลภาพที่เตรียมไว้

การพิจารณาเพื่อแปลงข้อมูลภาพไบนารีตามทฤษฎี RLSA ในแนวนอนนี้ จะพิจารณาทุกๆ จุดภาพในข้อมูลภาพ เริ่มจากจุดภาพที่มุมบนซ้ายมือ และกวาดตรวจไปบนคอลัมน์ในทิศทางจากซ้ายไปขวา และเลื่อนแถวลงมาในทิศทางจากบนลงล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับข้อมูลชุดที่สาม จะนำมาแปลงข้อมูลภาพไบนารีตามทฤษฎี RLSA ในแนวตั้ง โดยจะทำการกำหนดค่าคงที่ค่าหนึ่งที่เหมาะสมกับข้อมูลภาพที่เตรียมไว้

การพิจารณาเพื่อแปลงข้อมูลภาพไบนารีตามทฤษฎี RLSA ในแนวตั้งนี้ จะพิจารณาทุกๆ จุดภาพในข้อมูลภาพ เริ่มจากจุดภาพที่มุมบนซ้ายมือ และกวาดตรวจไปตามแถวของภาพในทิศทางจากบนลงล่าง และเลื่อนคอลัมน์ไปในทิศทางจากซ้ายไปขวา

หลังจากนั้นจึงนำผลการแปลงข้อมูลไบนารีของข้อมูลชุดที่สองและสามมาทำการทางตรรกะ AND (Logical AND operation) ซึ่งจะทำให้เกิดขอบเขตของส่วนประกอบของหน้าเอกสาร และเพื่อให้เกิดความชัดเจนของขอบเขตของส่วนประกอบของหน้าเอกสาร จะทำการแปลงข้อมูลภาพไบนารีที่ได้นี้ตามทฤษฎี RLSA ในแนวนอนอีกครั้งหนึ่ง โดยกำหนดค่าคงที่ที่เหมาะสมกับข้อมูลไบนารีที่ได้เพื่อทำให้เกิดความชัดเจนของขอบเขตของส่วนประกอบของหน้าเอกสาร

การประยุกต์ใช้ทฤษฎี RLSA ในการกำหนดขอบเขตของส่วนประกอบของหน้าเอกสาร จะสามารถกำหนดได้เพียงโครงร่าง (Layout) ของขอบเขตของส่วนประกอบของหน้าเอกสารเท่านั้น ขอบเขตต่างๆ ของส่วนประกอบบนหน้าเอกสารยังคงอยู่กระจัดกระจายบนหน้ากระดาษซึ่งยังไม่เหมาะสมที่จะแยกคัดลอกออกมา จึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนการทำงานอีกขั้นตอนหนึ่งที่จะจับกลุ่มของขอบเขตต่างๆ ที่กระจัดกระจายกันอยู่ รวมเข้าด้วยกันให้ถูกต้องและเหมาะสม ตัวแปรตัวหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เป็นตัวกำหนดการจัดรวมกลุ่มของขอบเขตของส่วนประกอบของหน้าแยกสารที่กระจัดกระจายกันอยู่ คือ ค่าความหยาบของจุดภาพ

ค่าความหยาบของจุดภาพ (Coarseness value) เป็นค่าคงที่ใดๆ ที่ใช้กำหนดระยะห่างของจุดภาพที่เป็นจุดภาพในของเขตต่างๆ ที่กระจัดกระจายอยู่ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะประกอบไปด้วยค่าความหยาบของจุดภาพในแนวนอนและแนวตั้ง ตัวอย่างเช่น ถ้าจุดภาพของ 2 ขอบเขตใดๆ อยู่ในช่วงระยะห่างของค่าความหยาบของจุดภาพที่กำหนด ก็จะทำการรวม 2 ขอบเขตนั้นเข้าเป็นขอบเขตหรือพื้นที่เดียวกัน เป็นต้น ในการกำหนดค่าความหยาบของจุดภาพ ถ้ากำหนดให้ค่าความหยาบของจุดภาพมีค่าน้อยเกินไป จะทำให้ไม่สามารถจับรวมกลุ่มของขอบเขตที่กระจัดกระจายกันอยู่ได้ และถ้ากำหนดให้ค่าความหยาบของจุดภาพมีค่ามากเกินไป ก็จะทำให้ขอบเขตที่กระจัดกระจายอยู่รวมกลุ่มกันเป็นขอบเขตใหญ่เพียงขอบเขตเดียว ซึ่งจะไม่สามารถแยกส่วนประกอบของหน้าเอกสารได้ ดังนั้นการกำหนดขอบเขตของส่วนประกอบของหน้าเอกสารที่ถูกต้องและเหมาะสม จึงจำเป็นจะต้องกำหนดค่าความหยาบของจุดภาพที่ใช้ให้เหมาะสมด้วยเช่นกัน

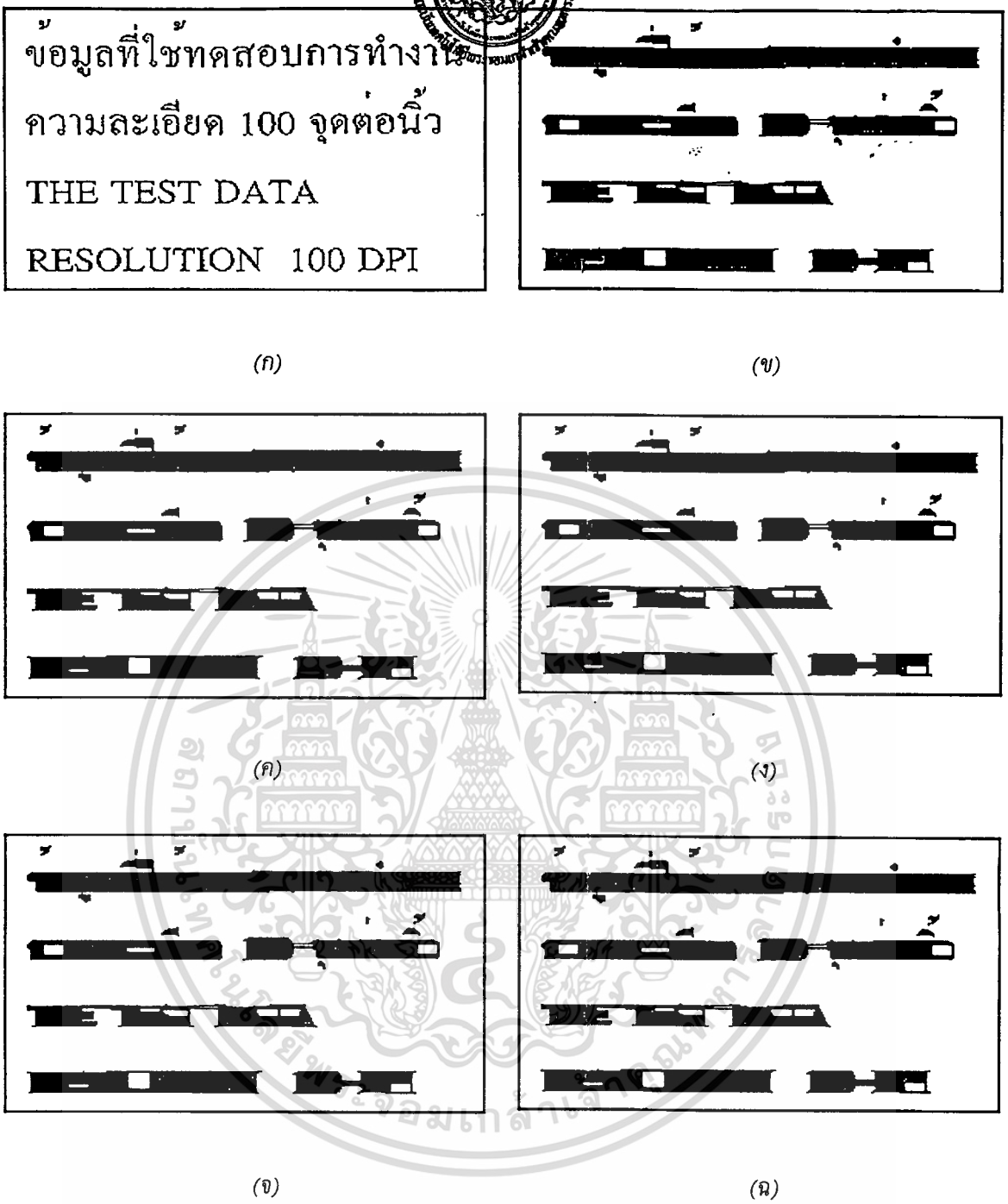
ค่าความหยาบของจุดภาพที่เหมาะสม ที่จะสามารถกำหนดขอบเขตของส่วนประกอบของหน้าเอกสารได้อย่างถูกต้อง จะไปสอดคล้องกับตัวแปรอีกตัวหนึ่งนั่นก็คือ ค่าความละเอียดของจุดภาพของข้อมูลภาพ (Image resolution) ซึ่งค่าความละเอียดของจุดภาพเป็นค่าคงที่ ที่ถูกกำหนดไว้ตั้งแต่ขั้นตอนตรวจกวาดภาพหน้าเอกสารด้วยเครื่องตรวจกวาดภาพ ค่าความหยาบของจุดภาพที่สอดคล้องกับค่าความละเอียดของจุดภาพ สามารถกำหนดค่าขึ้นได้จากการทดลอง ซึ่งในการทดลองได้กำหนดค่าความหยาบของจุดภาพตามแนวนอนและแนวตั้งที่ใช้ทดสอบไว้ทั้งหมด 5 ระดับคือ 5, 15, 25, 50, 100 จุด (Pixel) ทำการทดสอบกับข้อมูลภาพที่ตรวจกวาดมาด้วยค่าความละเอียดของจุดภาพในระดับต่างๆ กัน 4 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ 100, 200, 300, 400 จุดต่อนิ้ว (dot per inch : DPI) ผลของการทดลองได้ค่าของตัวแปรทั้งสองที่สามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานได้

ตัวอย่างภาพของข้อมูลที่ใช้ทดลอง และลักษณะของขอบเขตของข้อมูลที่เกิดขึ้นเมื่อกำหนดค่าความหยาบของจุดภาพตามแนวนอน แนวตั้ง และค่าความละเอียดของจุดภาพ ให้มีค่าต่างๆ กันแสดงดังรูปต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-3 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 100

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 5

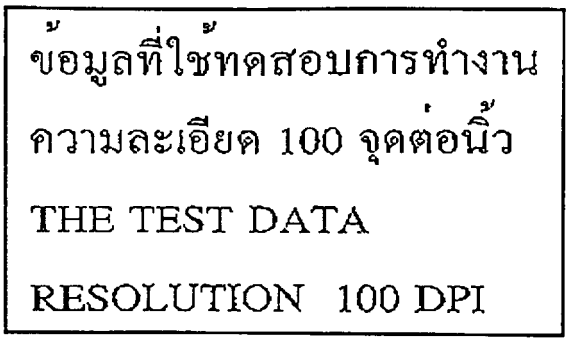
(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 25

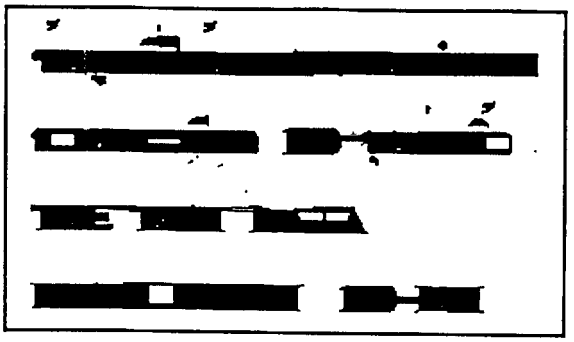
(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 100

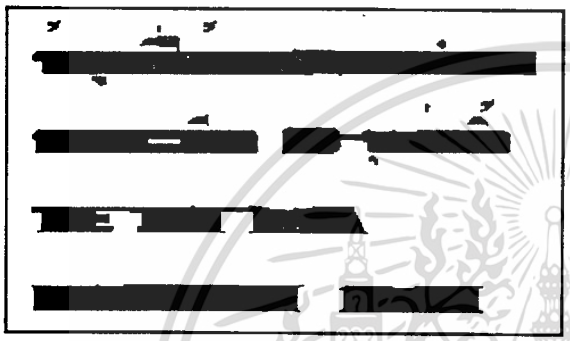
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง 038989



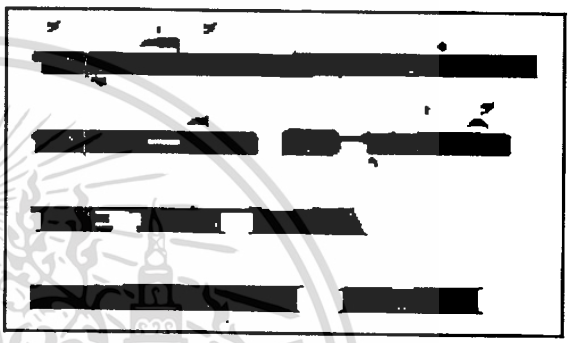
(ก)



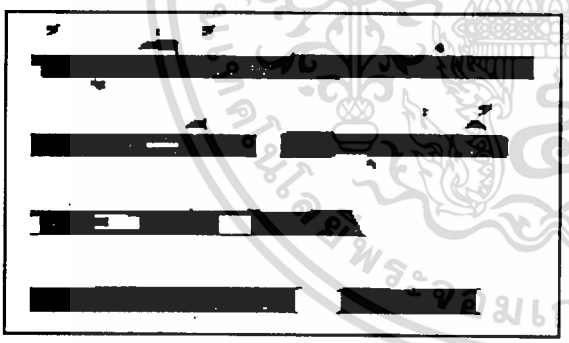
(ข)



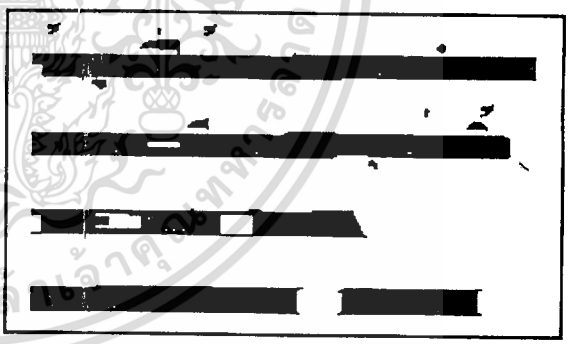
(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

รูปที่ 3-4 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 100

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 5

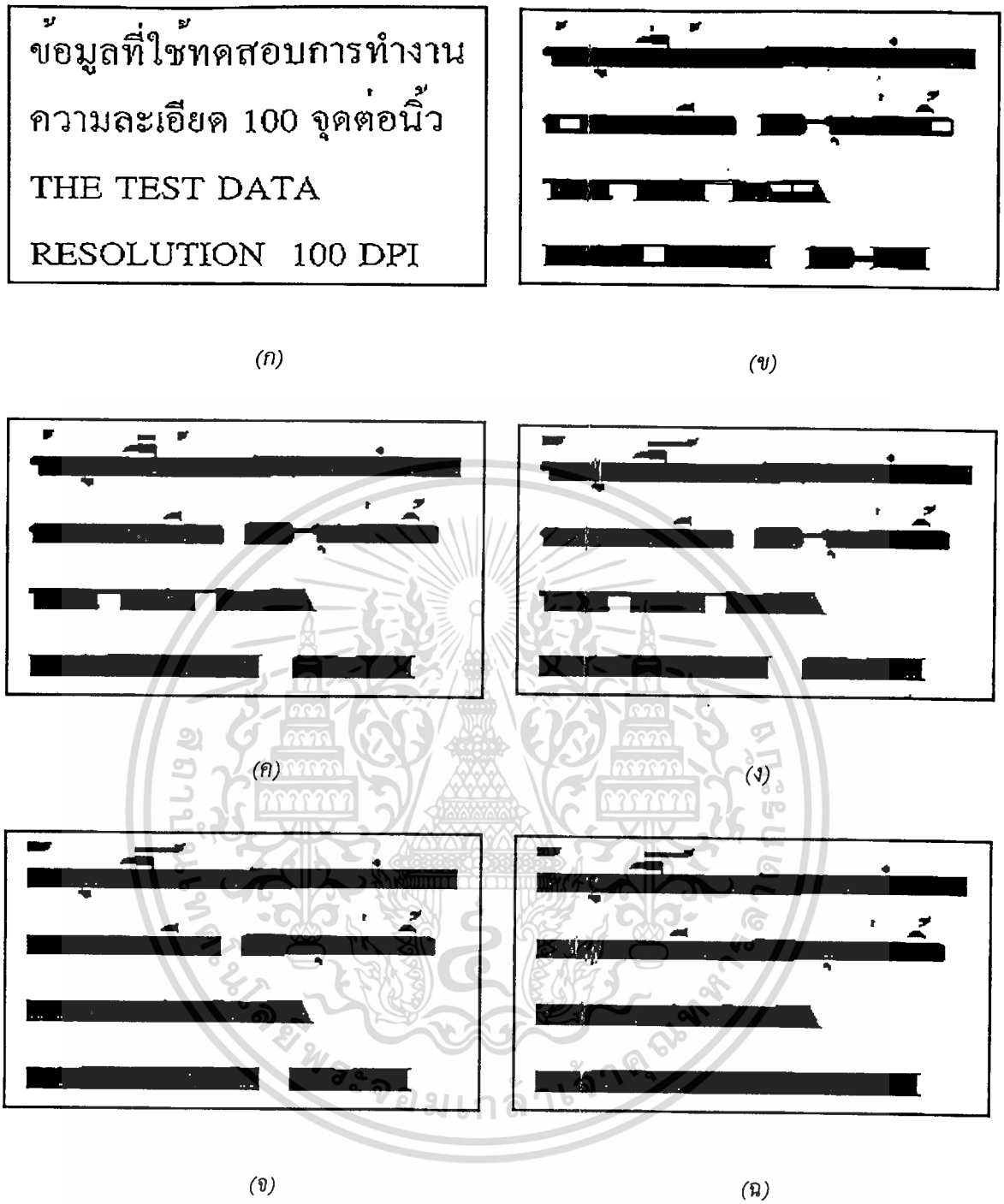
(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 25

(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-5 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ '100

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 5

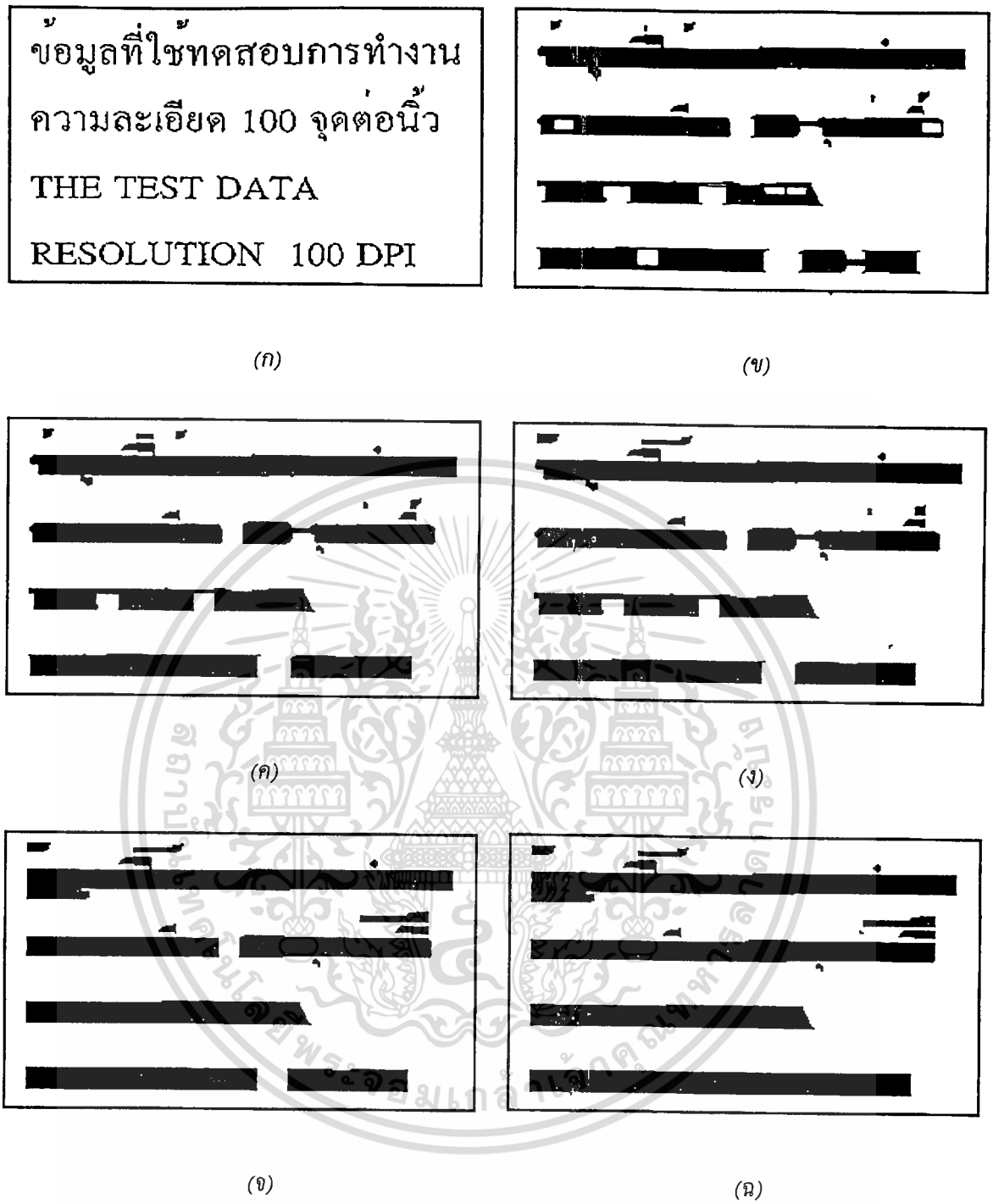
(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 25

(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-6 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 100

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 5

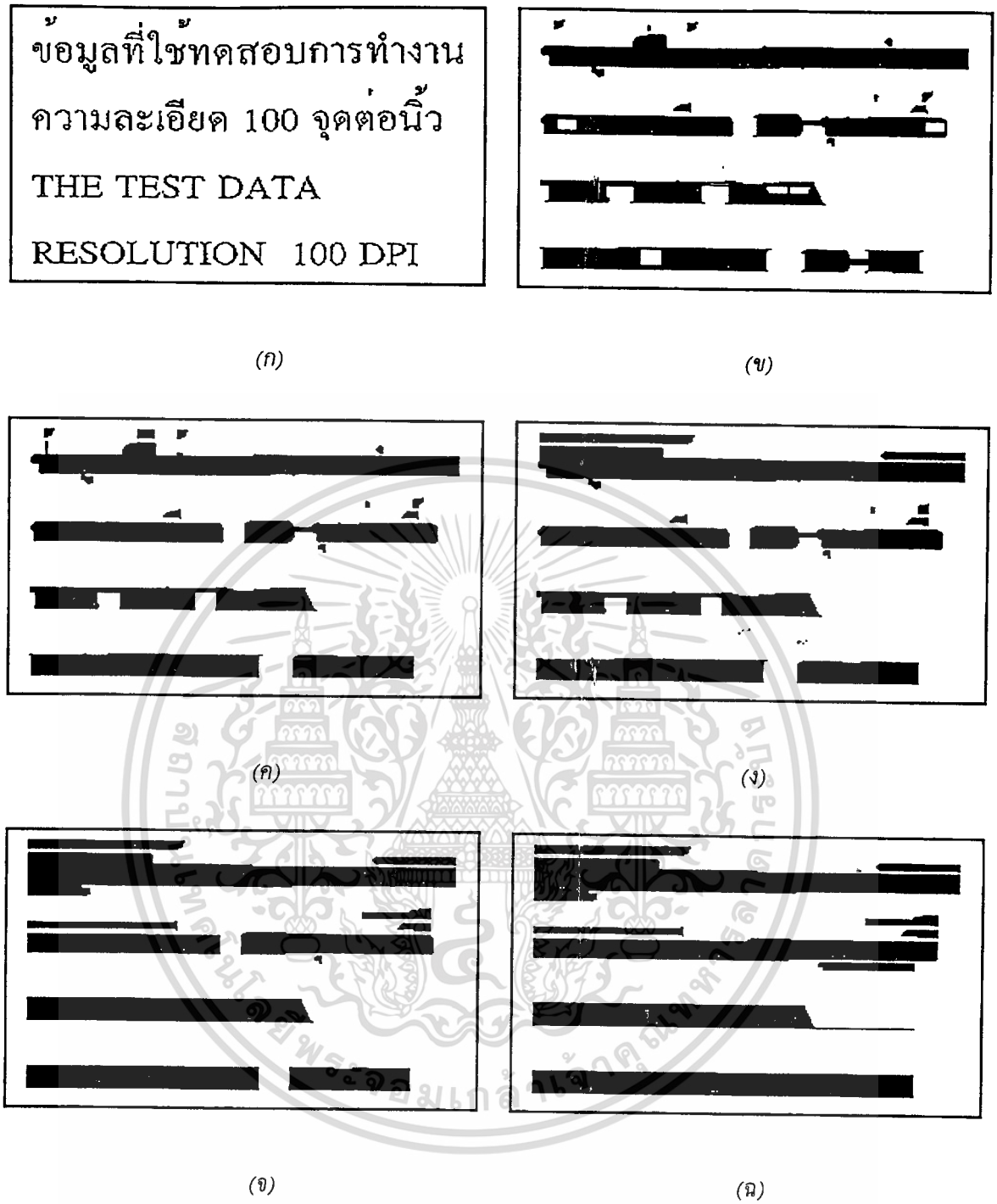
(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 25

(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-7 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 100

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 5

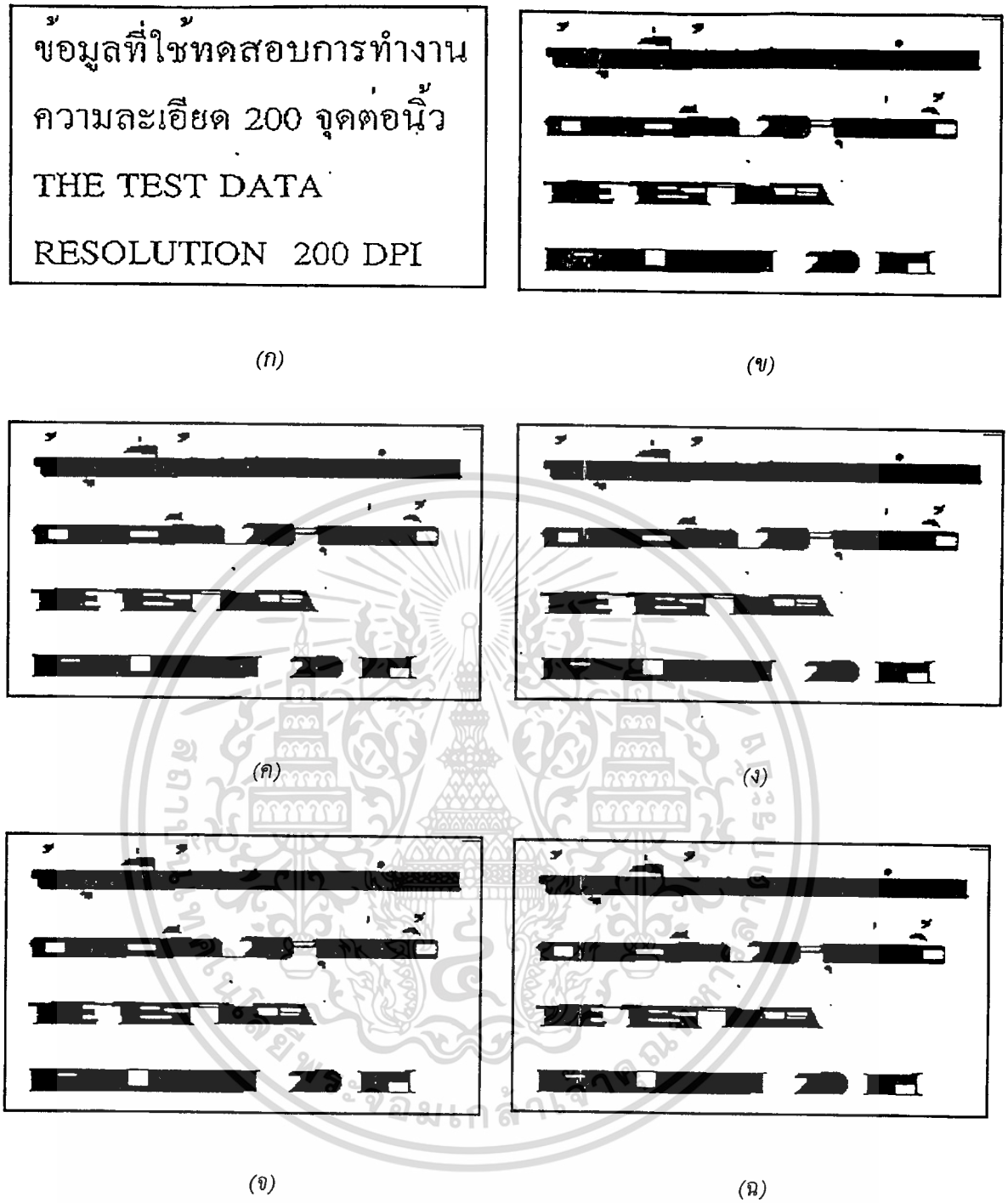
(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 25

(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-8 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 200

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 5

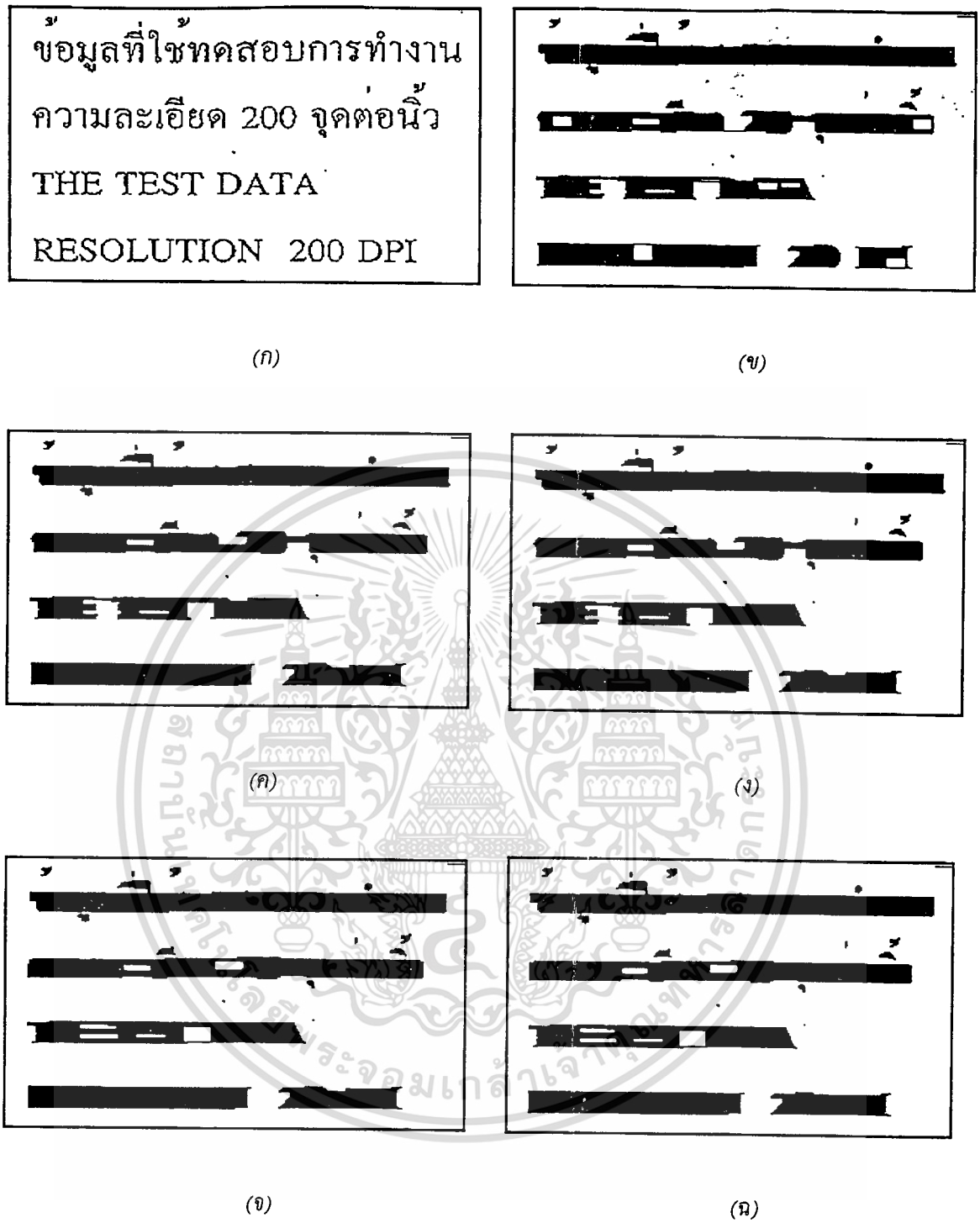
(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 25

(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-9 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 200

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวยืนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 5

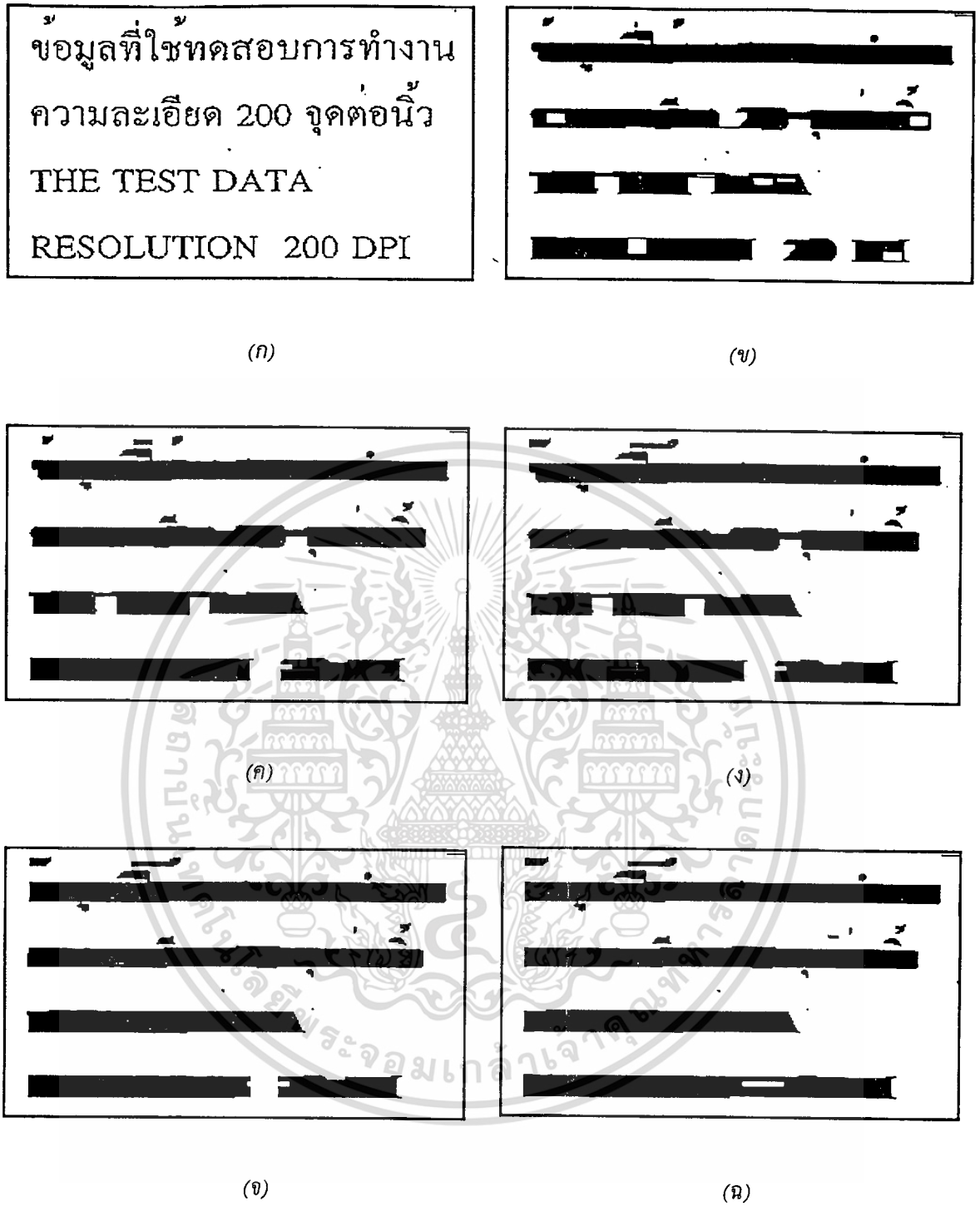
(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 25

(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-10 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 200

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 5

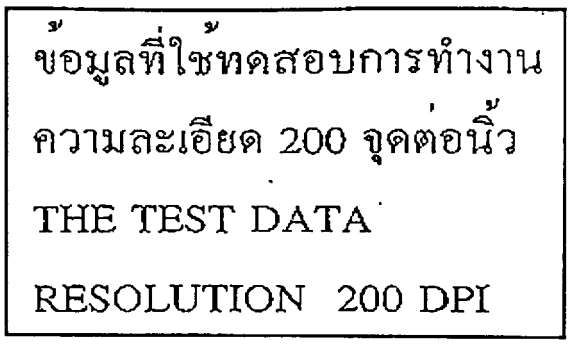
(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 25

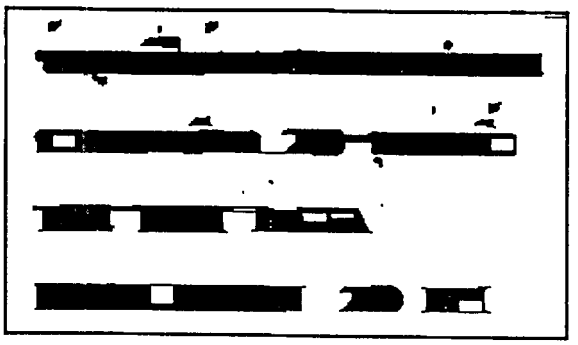
(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

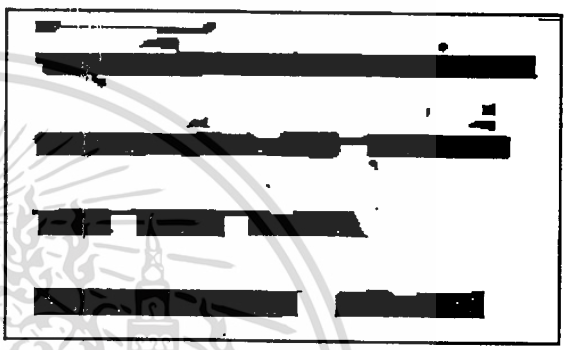


(ก)

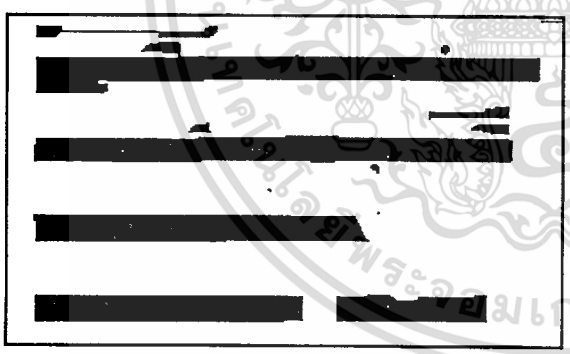


(ข)

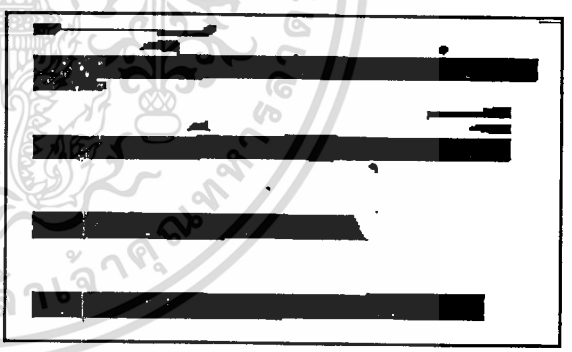
(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

รูปที่ 3-11 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 200

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 5

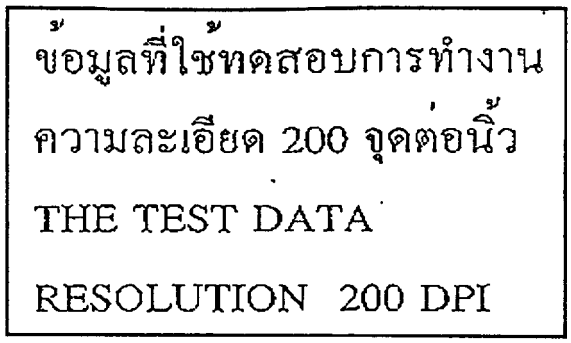
(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 25

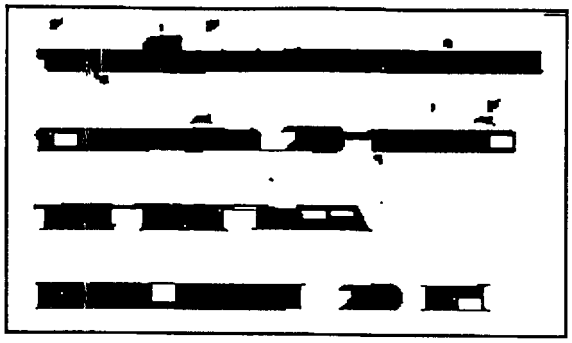
(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 100

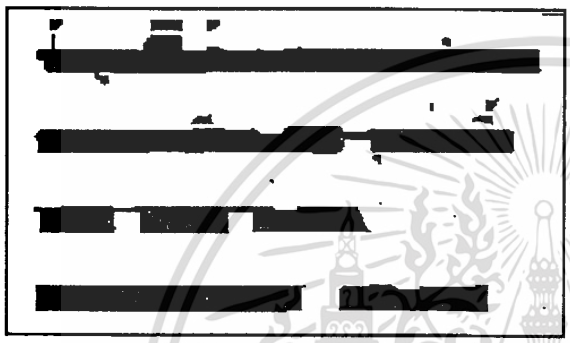
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



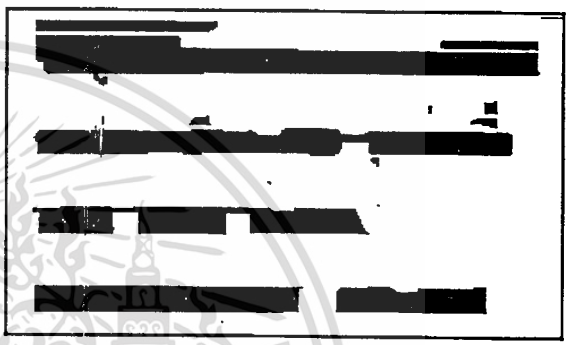
(ก)



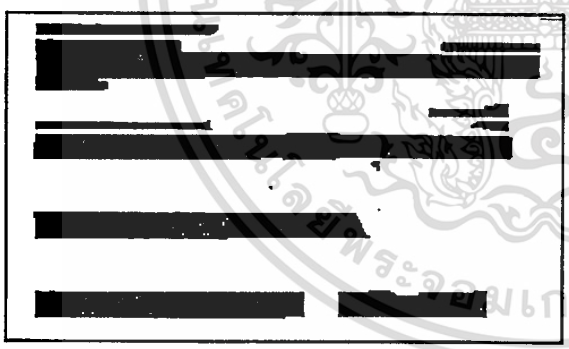
(ข)



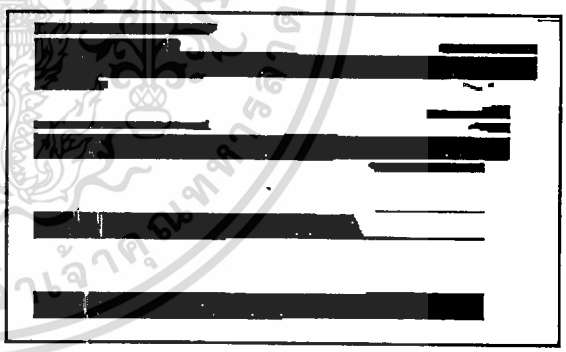
(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

รูปที่ 3-12 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 200

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 5

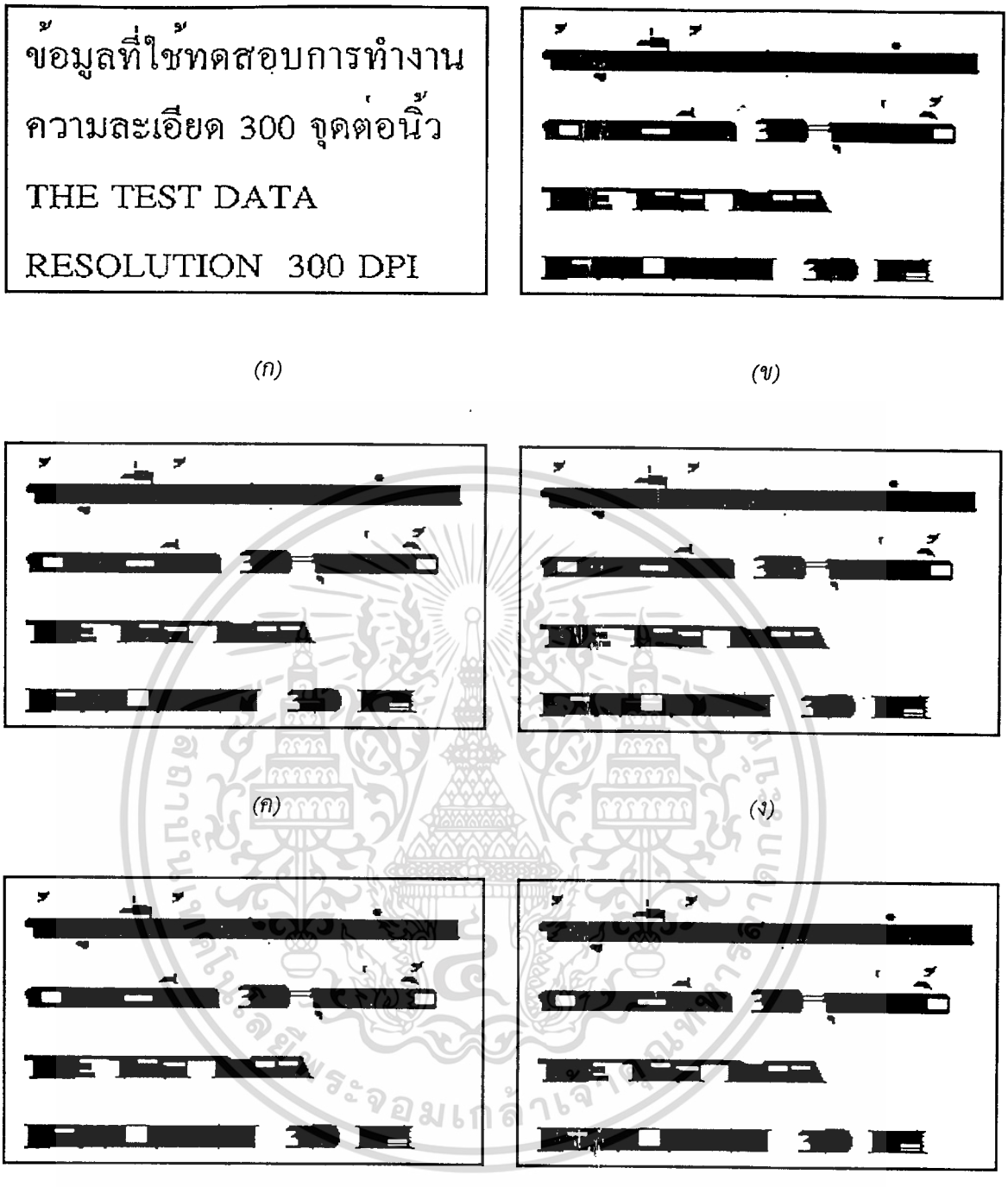
(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 25

(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-13 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 300

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 5

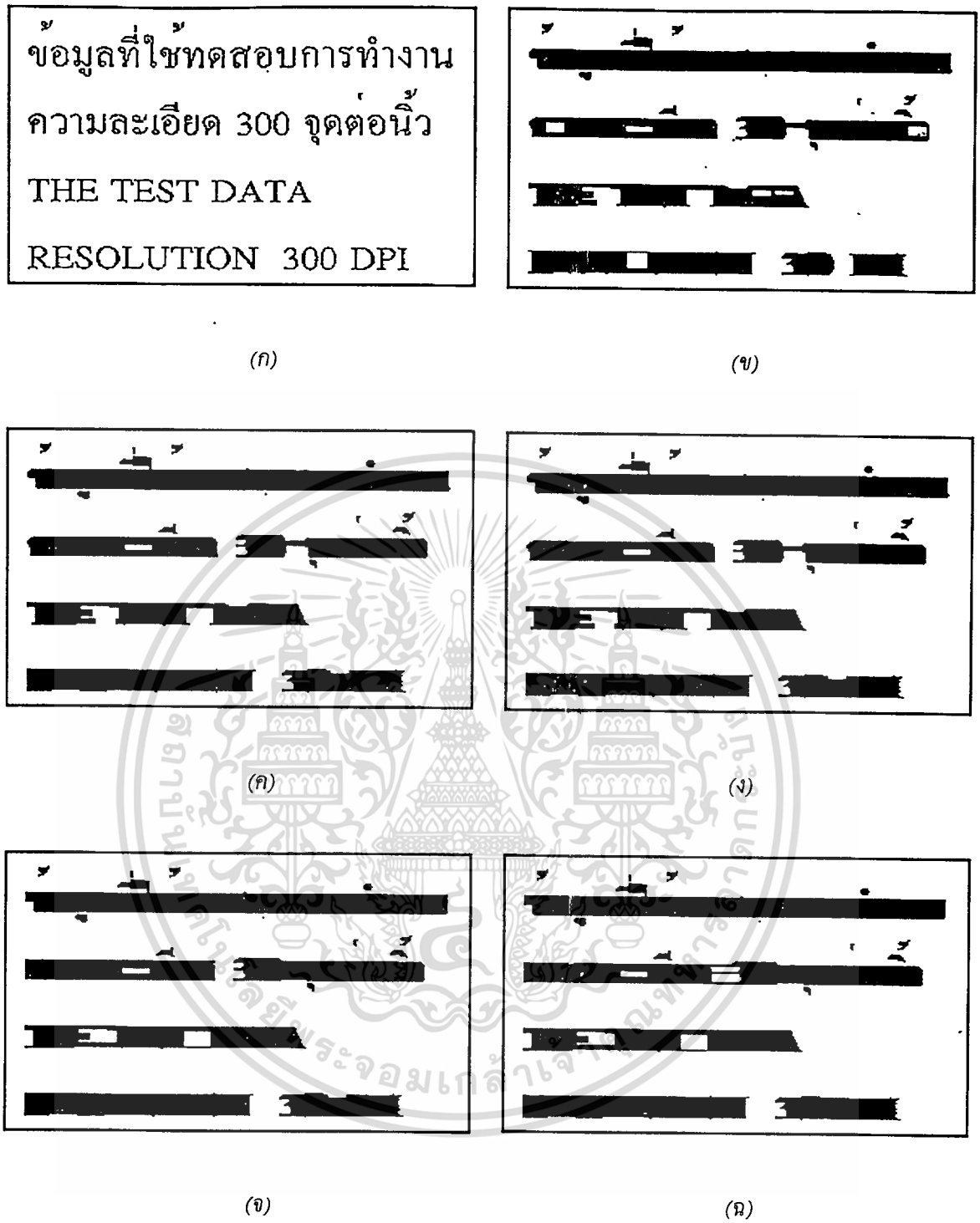
(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 25

(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-14 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 300

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 5

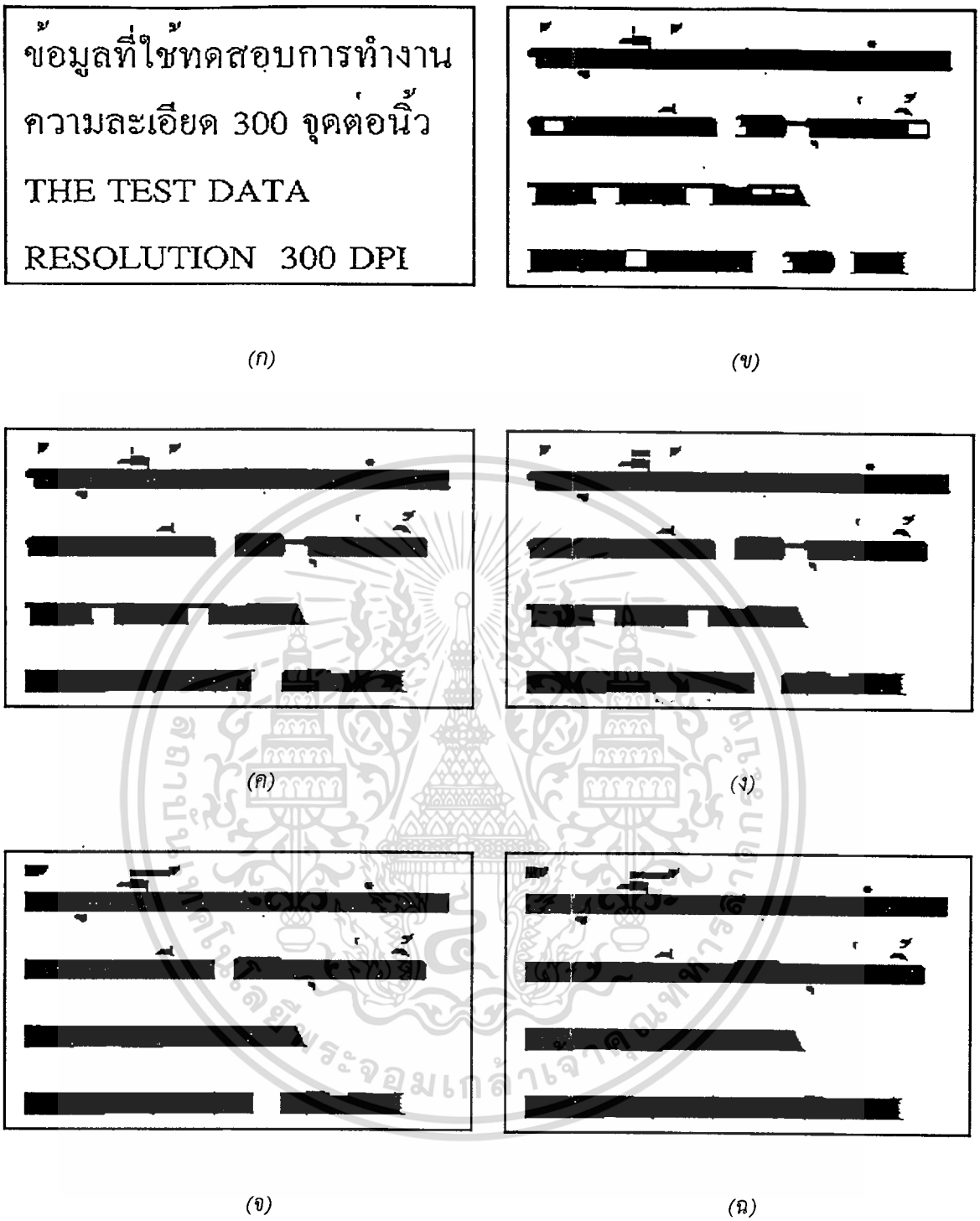
(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 25

(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-15 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 300

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 5

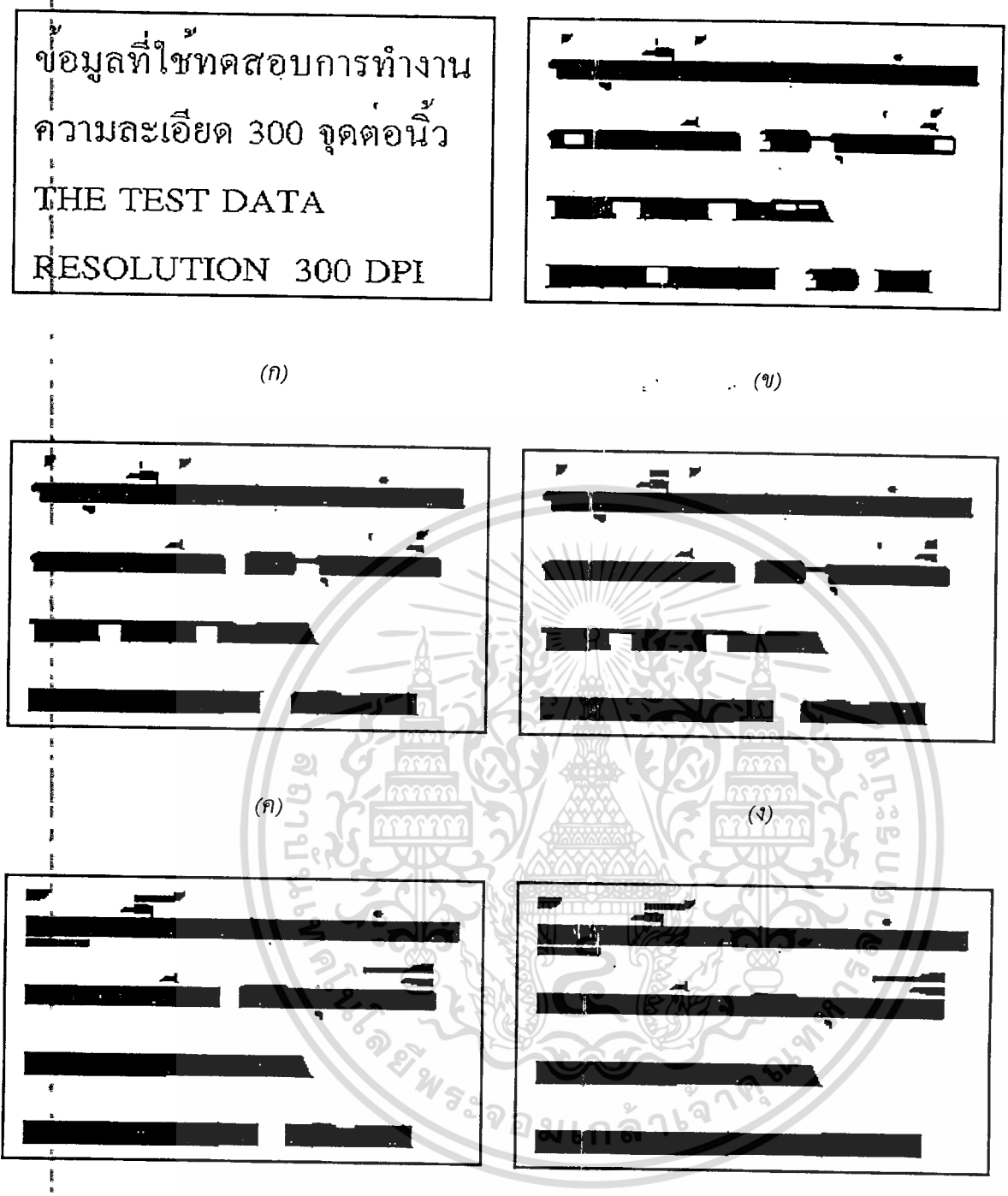
(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 25

(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-16 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 300

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 5

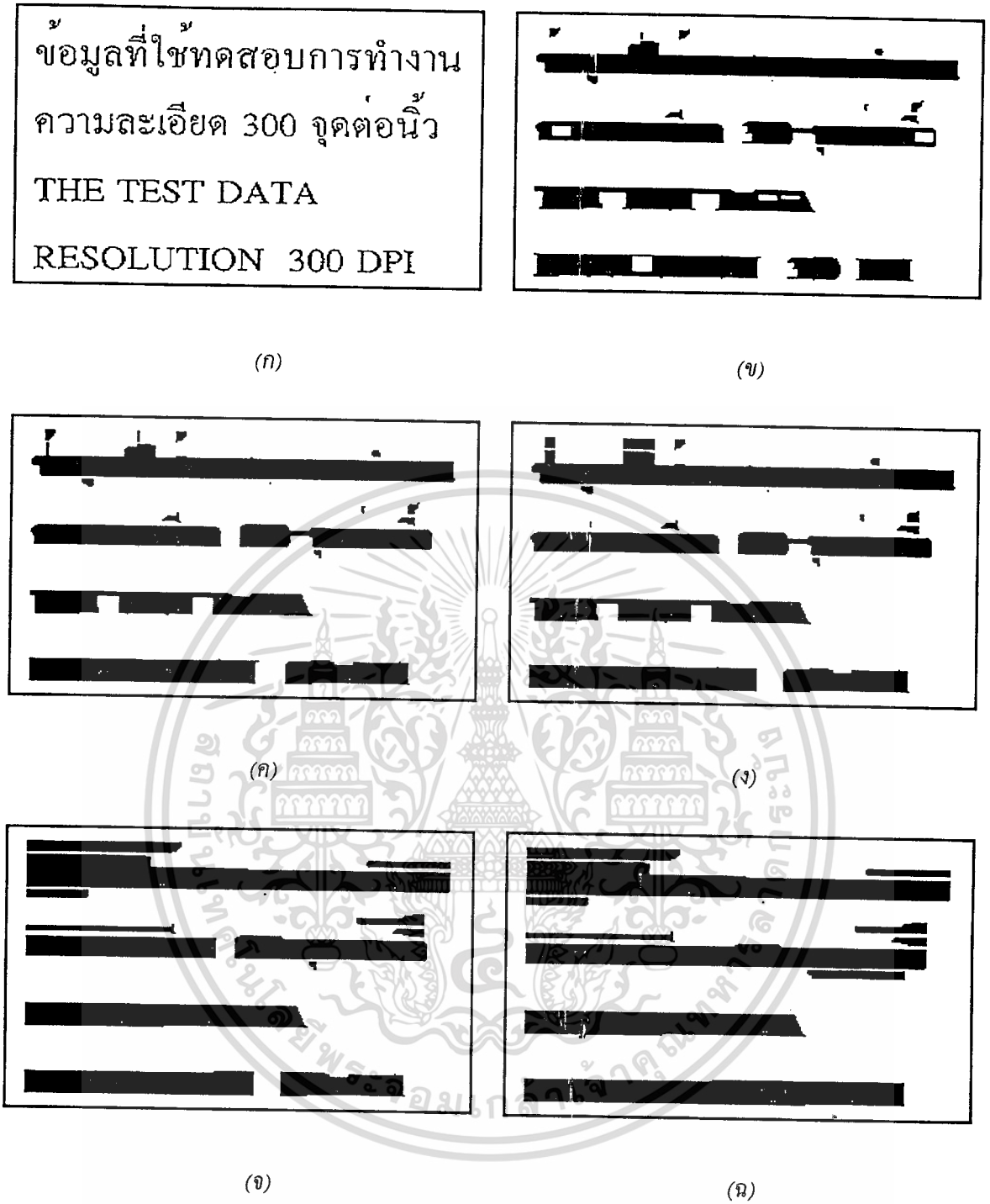
(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 25

(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-17 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 300

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 5

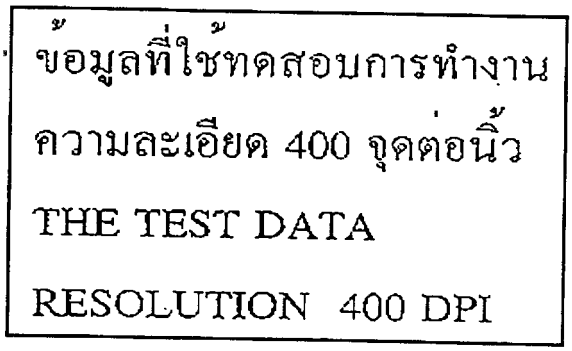
(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 25

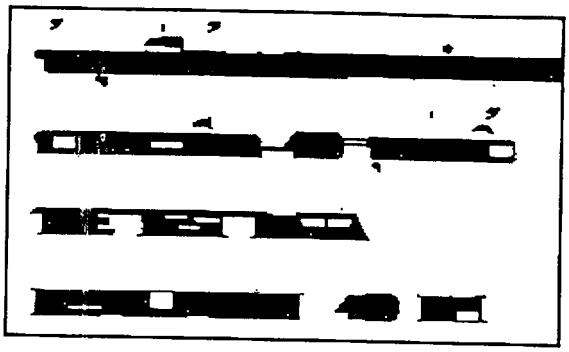
(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

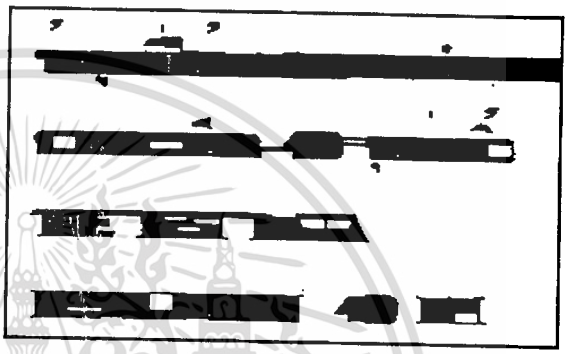


(ก)

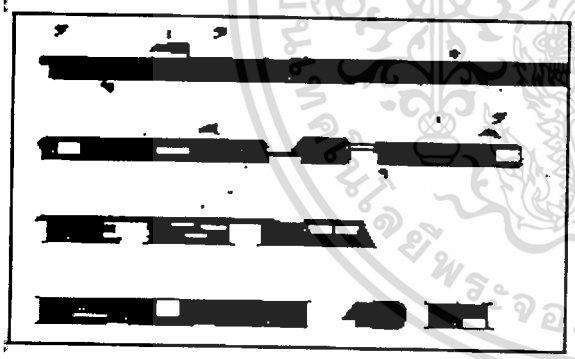


(ข)

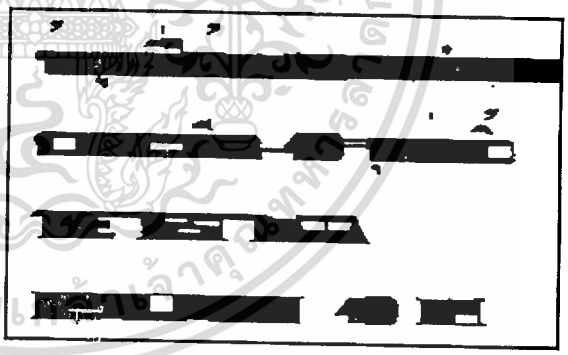
(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

รูปที่ 3-18 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 400

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 5

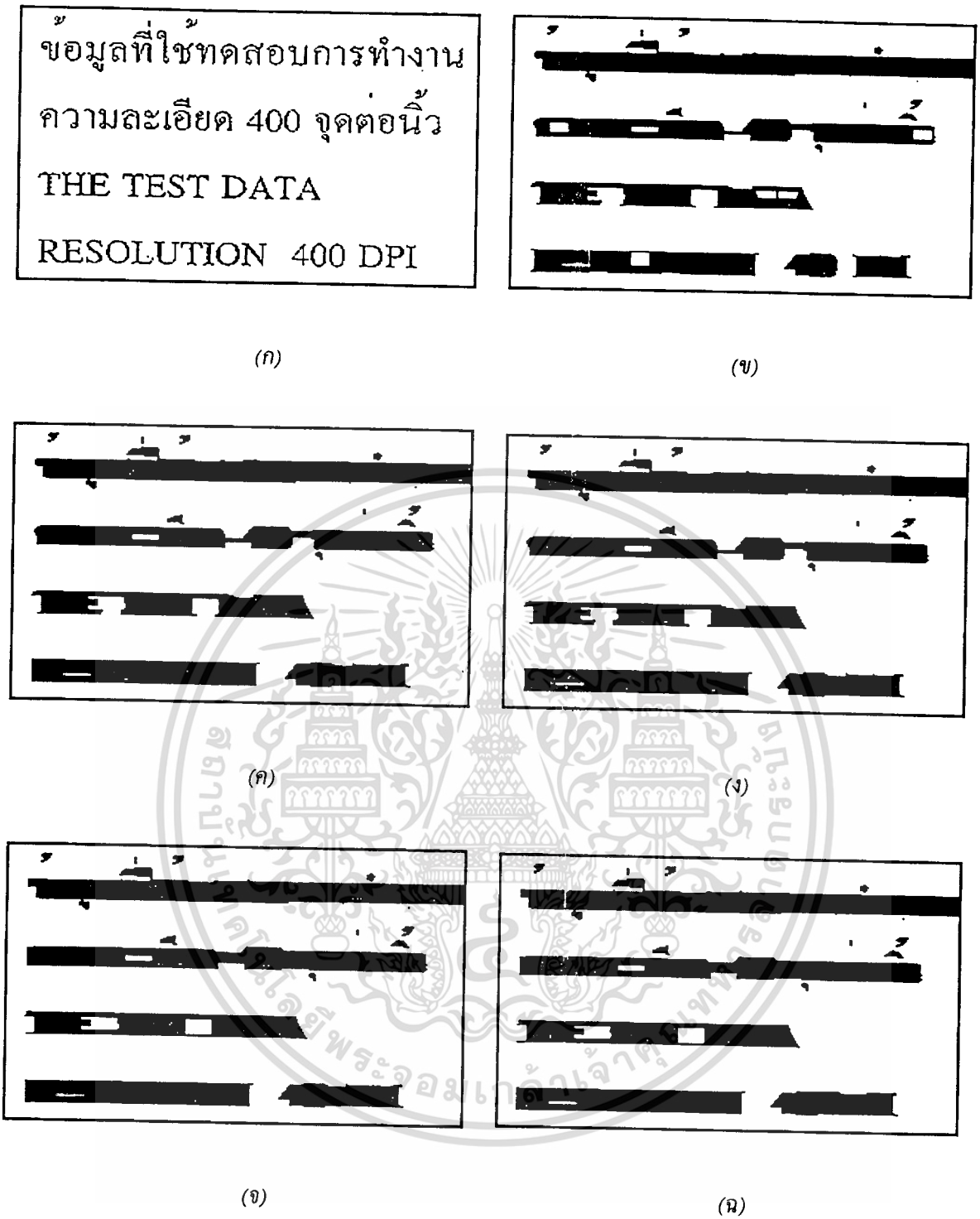
(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 25

(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 5 แนวตั้งเท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-19 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 400

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 5

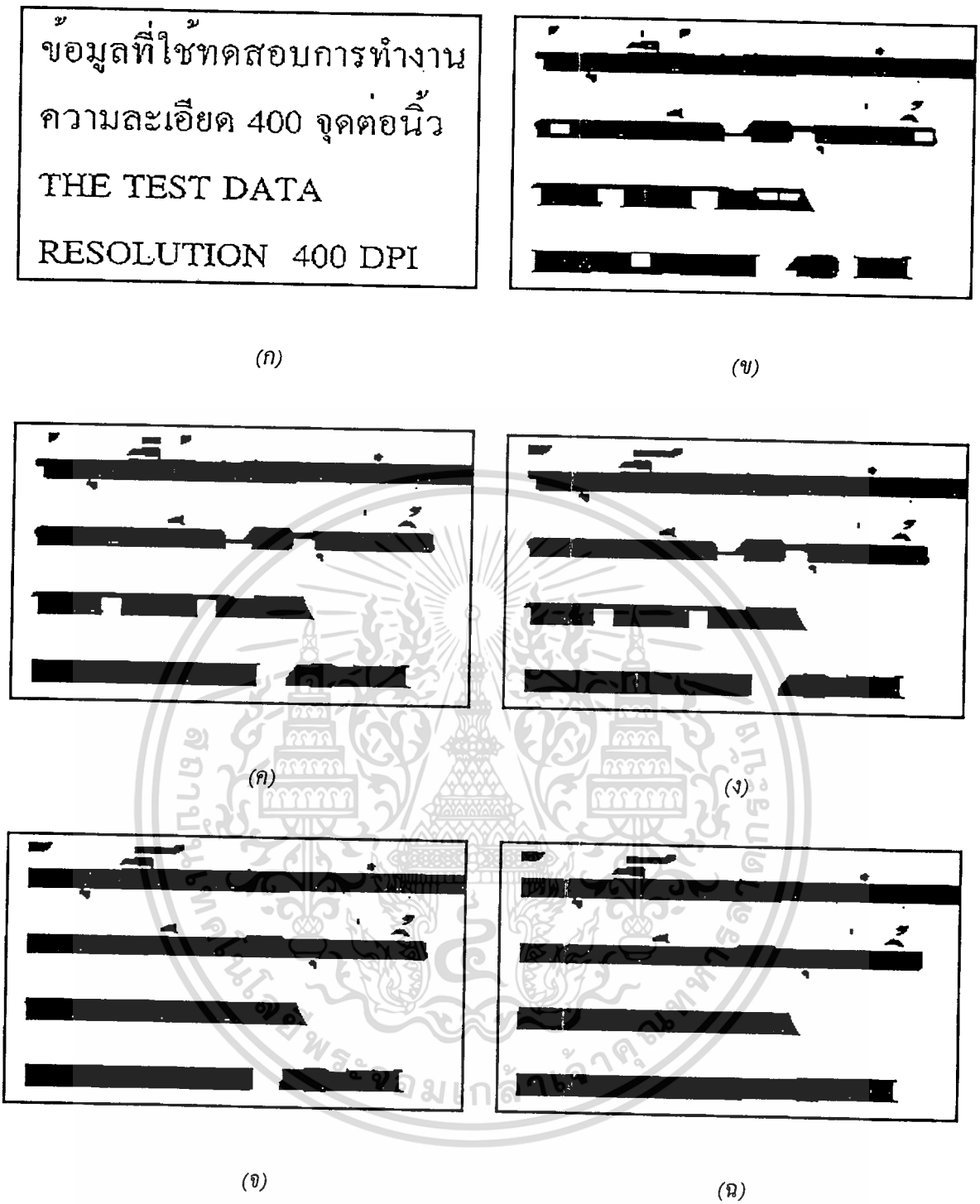
(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 25

(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 15 แนวตั้งเท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-20 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 400

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 5

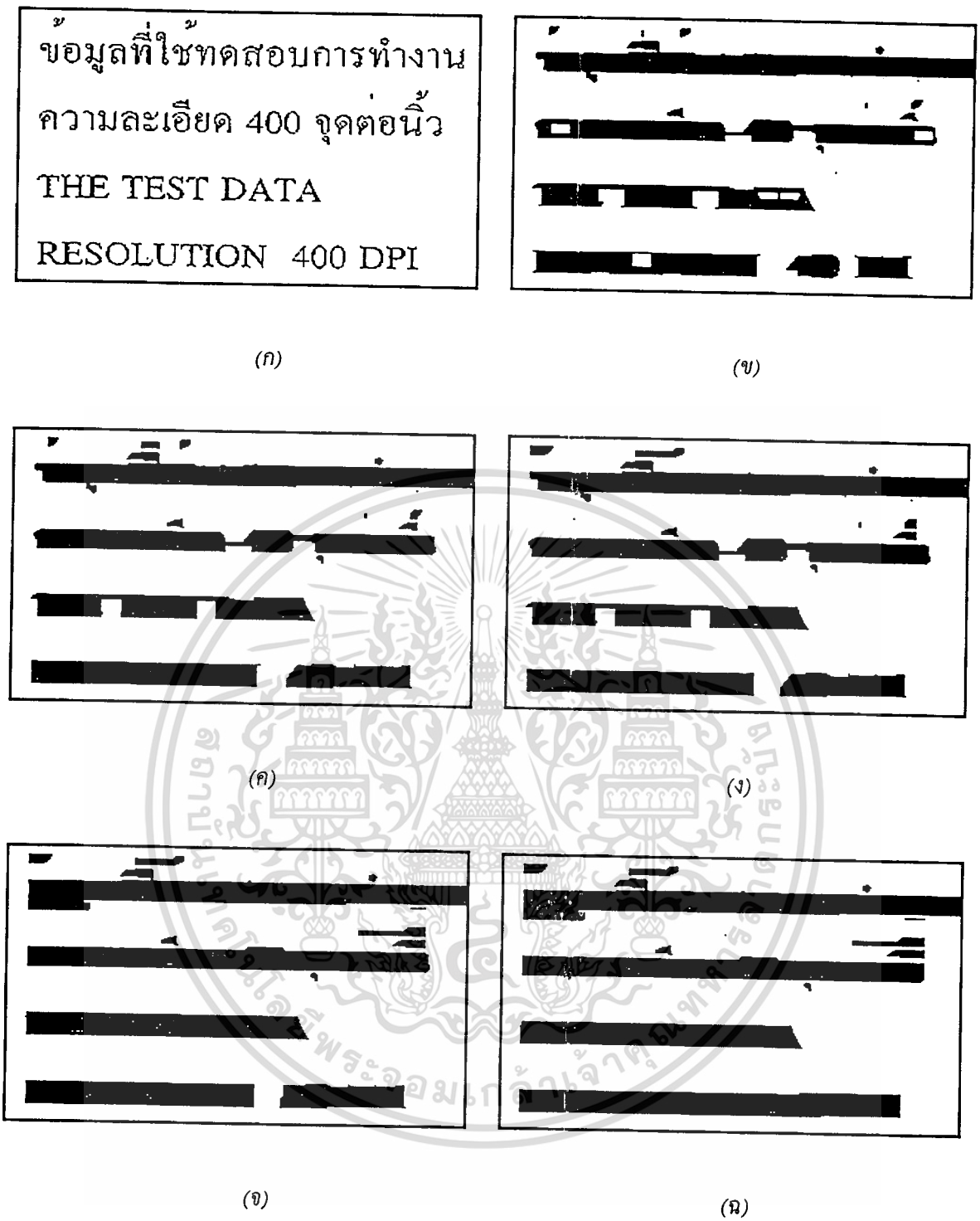
(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 25

(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 25 แนวตั้งเท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-21 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 400

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 5

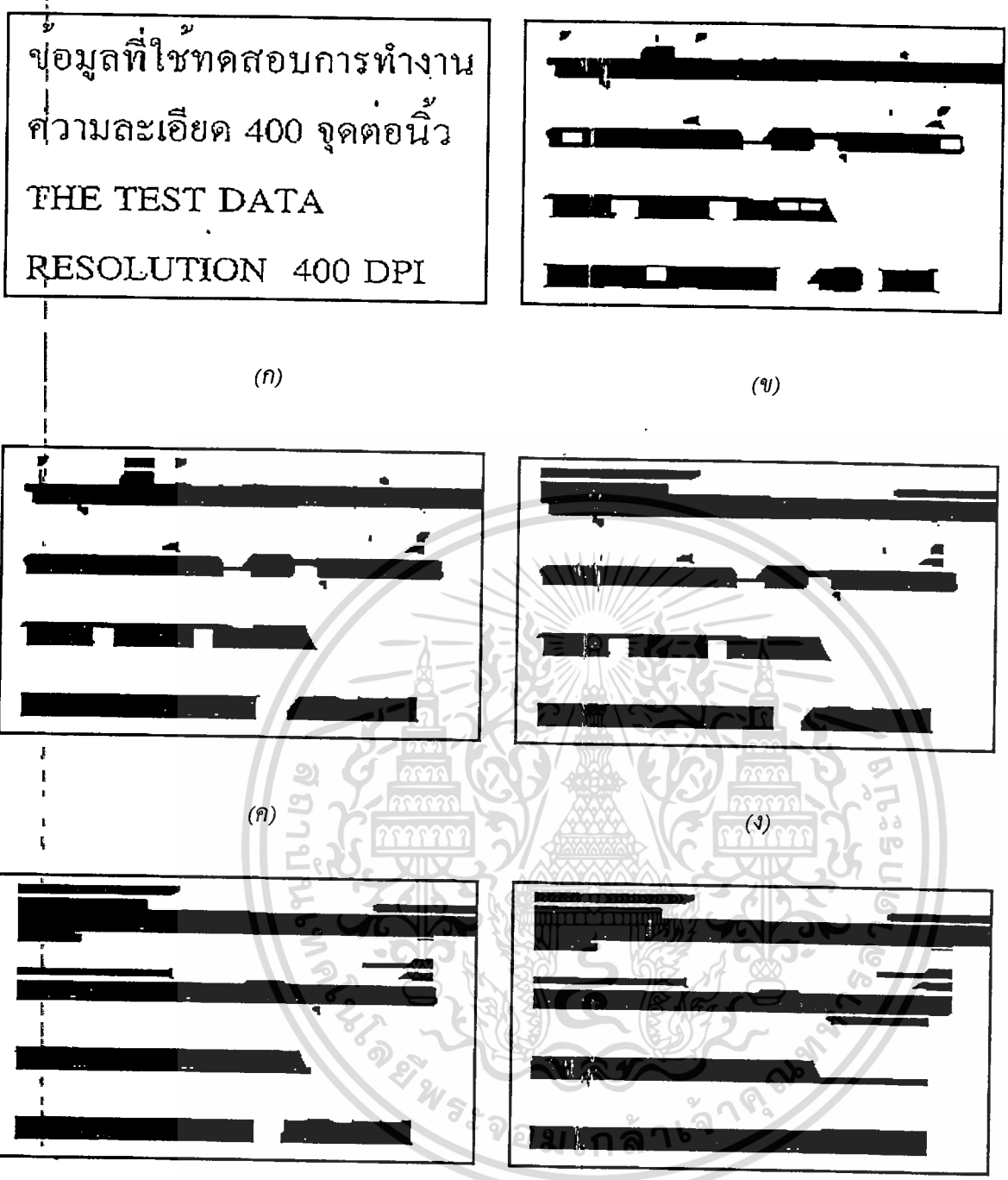
(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 25

(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 50 แนวตั้งเท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-22 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต

(ก) ภาพปกติ มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 400 .

(ข) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 5

(ค) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 15

(ง) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 25

(จ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 50

(ฉ) ภาพแสดงขอบเขต เมื่อกำหนดค่าความหยาบแนวนอนเท่ากับ 100 แนวตั้งเท่ากับ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลอง สรุปค่าของตัวแปรที่เกี่ยวข้องคือ ค่าความละเอียดของข้อมูลภาพ และค่าความหยาบของจุดภาพตามแนวนอนและแนวตั้ง ที่เหมาะสมและสามารถนำไปใช้งานได้ทั่วๆ ไป จะมีค่าความหยาบอยู่ในช่วง 25-100 แต่อย่างไรก็ตามค่าของตัวแปรที่เหมาะสมจริงๆ จะขึ้นอยู่กับว่าต้องการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการกำหนดขอบเขตของส่วนประกอบของหน้าเอกสารไปใช้งานได้อย่างไร

3.3.2 การแยกและคัดลอกขอบเขต (Extracting rectangular zones)

การคัดลอกขอบเขตที่เป็นส่วนประกอบของหน้าเอกสารออกจากภาพหน้าเอกสาร ได้นำเทคนิคการติดตามรอยขอบของภาพมาใช้ในการแยกและคัดลอกขอบเขตออก การทำงานเริ่มตรวจกวาดจุดภาพจากจุดมุมบนด้านซ้ายไปในทิศทางจากซ้ายไปขวา และเลื่อนลงจากบนลงล่าง เมื่อตรวจกวาดมาพบจุดภาพที่เป็นจุดใดจุดหนึ่งของขอบเขต ซึ่งมีค่าของจุดภาพเป็น 1 ก็จะเคลื่อนที่ติดตามรอยขอบของขอบเขตไป โดยอาศัยเทคนิคการติดตามรอยขอบของภาพ ในขณะที่เคลื่อนที่ติดตามรอยขอบของภาพไปตำแหน่งหรือพิกัดของจุด (Coordinate) ที่เป็นขอบของภาพจะถูกบันทึกเก็บไว้ด้วย และเมื่อเคลื่อนที่ไปจนครบรอบ นั่นคือกลับมาอยู่ที่จุดเริ่มต้นแล้ว ก็จะนำพิกัดของจุดที่เป็นขอบภาพทั้งหมดมาคำนวณหาจุดพิกัดที่มีค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง มากำหนดเป็นจุดมุมทั้งสี่ของรูปสี่เหลี่ยม แต่ละจุดมุมของรูปสี่เหลี่ยมอธิบายได้ดังต่อไปนี้

(1) พิกัดของจุดมุมบนด้านซ้ายคือ พิกัดของจุดขอบที่มีค่าน้อยที่สุดในแนวนอนหรือแนวแกน x กับพิกัดของจุดขอบที่มีค่าน้อยที่สุดในแนวตั้งหรือแนวแกน y (x_{min},y_{min})

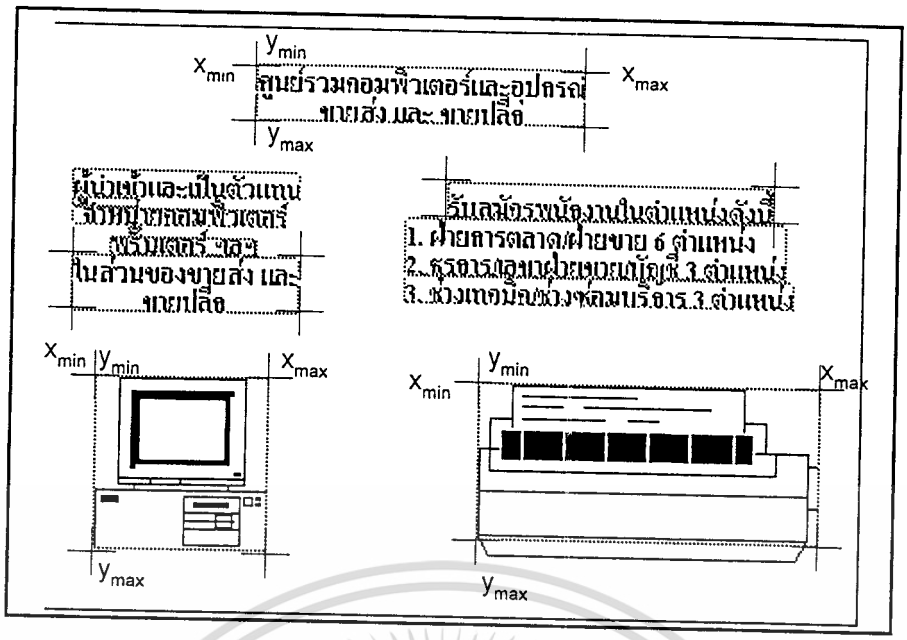
(2) พิกัดของจุดมุมบนด้านขวาคือ พิกัดของจุดขอบที่มีค่ามากที่สุดในแนวนอนหรือแนวแกน x กับพิกัดของจุดขอบที่มีค่าน้อยที่สุดในแนวตั้งหรือแนวแกน y (x_{max},y_{min})

(3) พิกัดของจุดมุมล่างด้านซ้ายคือ พิกัดของจุดขอบที่มีค่าน้อยที่สุดในแนวนอนหรือแนวแกน x กับพิกัดของจุดขอบที่มีค่ามากที่สุดในแนวตั้งหรือแนวแกน y (x_{min},y_{max})

(4) พิกัดของจุดมุมล่างด้านขวาคือ พิกัดของจุดขอบที่มีค่ามากที่สุดในแนวนอนหรือแนวแกน x กับพิกัดของจุดขอบที่มีค่ามากที่สุดในแนวตั้งหรือแนวแกน y (x_{max},y_{max})

โดยกำหนดให้จุดมุมบนด้านซ้ายของข้อมูลภาพทั้งหมดเป็นจุดเริ่มต้น (Origin point) มีพิกัดของจุดเป็น (0,0) แนวแกน x คือ แกนอ้างอิงในแนวนอน และแนวแกน y คือ แกนอ้างอิงในแนวตั้ง ในรูปที่ 3-23 แสดงตัวอย่างลักษณะพิกัดของจุดของขอบเขตหนึ่ง

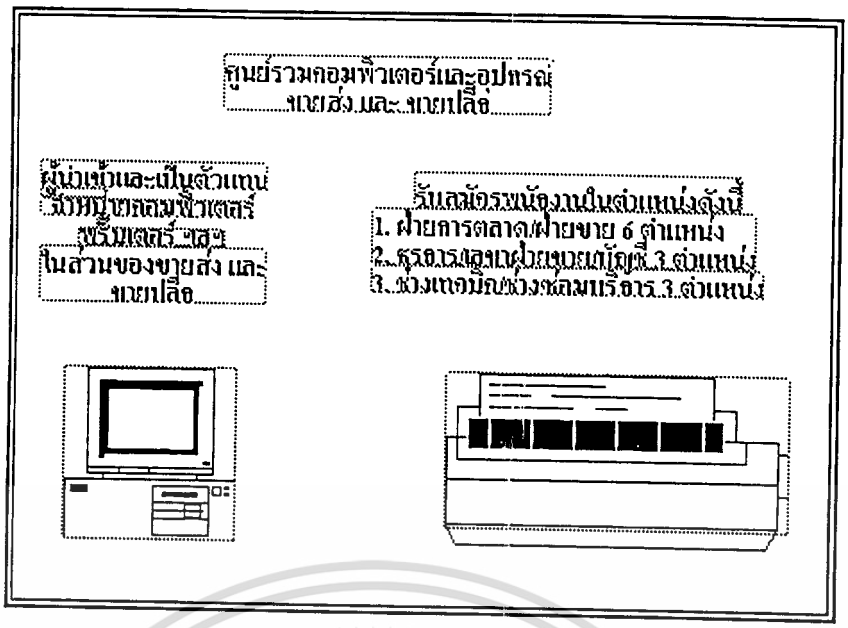
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-23 แสดงตัวอย่างพิกัดของขอบเขต

เมื่อคำนวนหาจุดมุมทั้ง 4 ของรูปสี่เหลี่ยมได้แล้ว ก็จะสามารถกำหนดขอบเขตของส่วนประกอบของหน้าเอกสารนั้นๆ ได้ในลักษณะของพื้นที่รูปสี่เหลี่ยม จุดภาพทั้งหมดที่อยู่ภายในบริเวณรูปสี่เหลี่ยมนั้นจะถูกคัดลอกออกจากภาพหน้าเอกสาร แล้วนำมาแยกเก็บไว้ต่างหากเพื่อการประมวลผลในขั้นตอนต่อไป จุดภาพในบริเวณขอบเขตรูปสี่เหลี่ยมที่ถูกคัดลอกจุดภาพออกไปแล้ว ก็จะถูกเปลี่ยนค่าของจุดภาพภายในบริเวณนั้นๆ ให้มีค่าเป็น 0 หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเปลี่ยนจุดดำของจุดภาพให้กลายเป็นจุดขาวหรือจุดพื้นให้หมดจากนั้นก็จะย้อนกลับไปยังจุดเริ่มต้นที่พบขอบเขตก่อนหน้านี้ ที่เพิ่งจะคัดลอกจุดภาพออกไปแล้วเริ่มตรวจกวาดหาจุดภาพที่เป็นขอบเขตอื่นต่อไป เพื่อที่จะกำหนดขอบเขตและคัดลอกขอบเขตนั้นๆ ออกมา การทำงานจะทำงานวนไปในลักษณะเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนสามารถกำหนดและแยกคัดลอกขอบเขตที่เป็นส่วนประกอบของหน้าเอกสารออกมาได้ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



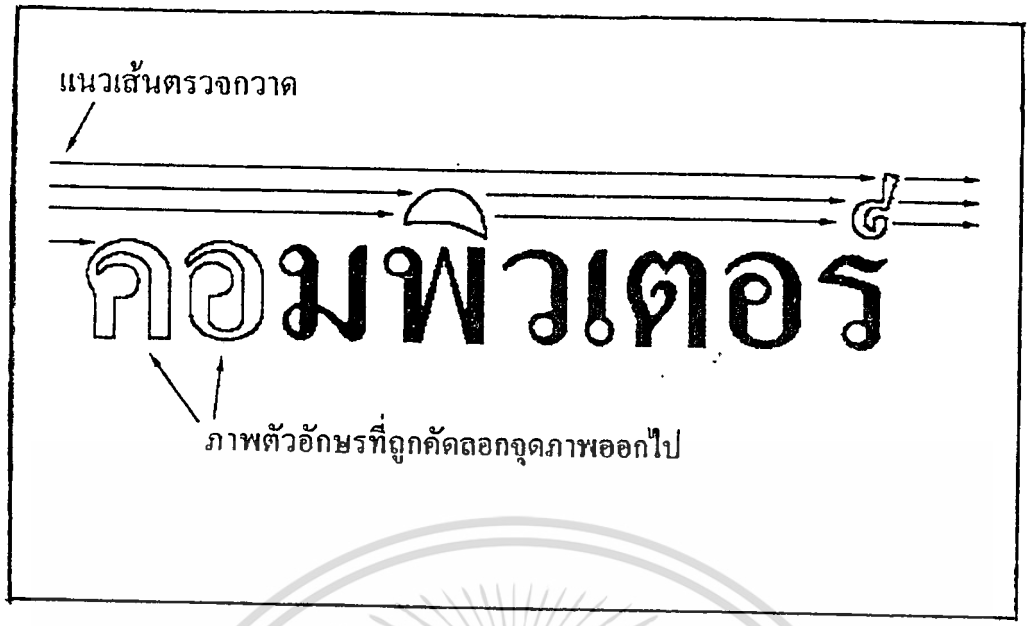
รูปที่ 3-24 แสดงตัวอย่างขอบเขตต่างๆ ที่หาได้ของภาพข้อมูลตัวอย่าง

3.3.3 การแยกภาพตัวอักษรออกจากภาพประโยค

ข้อมูลที่ส่งผ่านมาจากขั้นตอนการแยกส่วนประกอบของหน้าเอกสาร จะมีลักษณะเป็นขอบเขตของภาพตัวอักษรหลายๆ ตัวพิมพ์เรียงต่อกันเป็นประโยค และประโยคหลายๆ ประโยครวมเป็นย่อหน้า ซึ่งการรู้จำตัวอักษรจะกระทำได้กับภาพตัวอักษรแต่ละตัวเท่านั้น ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีขบวนการทำงานอีกขบวนการหนึ่ง นั่นคือการแยกภาพตัวอักษรออกจากประโยค เป็นการเตรียมข้อมูลให้กับส่วนของการรู้จำตัวอักษร โดยจะทำการแยกภาพตัวอักษรแต่ละตัวออกเป็นภาพตัวอักษรเดี่ยวๆ จากภาพประโยค วิธีการและเทคนิคที่นำมาใช้ก็คือ เทคนิคการติดตามรอยขอบของภาพ

การแยกภาพตัวอักษรออกจากภาพประโยค เริ่มจากการตรวจกวาดไปบนจุดภาพของข้อมูลภาพข้อความ จากจุดภาพที่มุมซ้ายมือสุดไปทางขวาและเลื่อนบนลงล่าง เมื่อตรวจกวาดมาพบจุดภาพที่เป็นจุดใดจุดหนึ่งของลายเส้นตัวอักษร หรือจุดภาพที่มีค่าเป็น 1 ก็จะนำเอาเทคนิคการติดตามรอยขอบของภาพมาใช้เพื่อค้นหาจุดที่เป็นขอบของภาพตัวอักษร ทำให้ทราบค่าพิกัดของจุดภาพทุกจุดของตัวอักษร แล้วทำการคัดลอกจุดภาพของตัวอักษรนั้นออกมาไว้ต่างหาก จากนั้นจะลบจุดภาพตัวอักษรจากข้อมูลภาพข้อความเดิมออกไป โดยเปลี่ยนภาพตัวอักษรให้เป็นช่องว่างหรือเปลี่ยนค่าของจุดภาพที่เดิมมีค่าเป็น 1 ให้มีค่าเป็น 0 แล้วทำการตรวจกวาดค้นหาภาพตัวอักษรตัวต่อไป โดยภาพตัวอักษรที่ถูกค้นพบและลบออกไปจะได้ไม่ส่งผลกระทบกับภาพตัวอักษรตัวอื่นที่อยู่ข้างเคียง

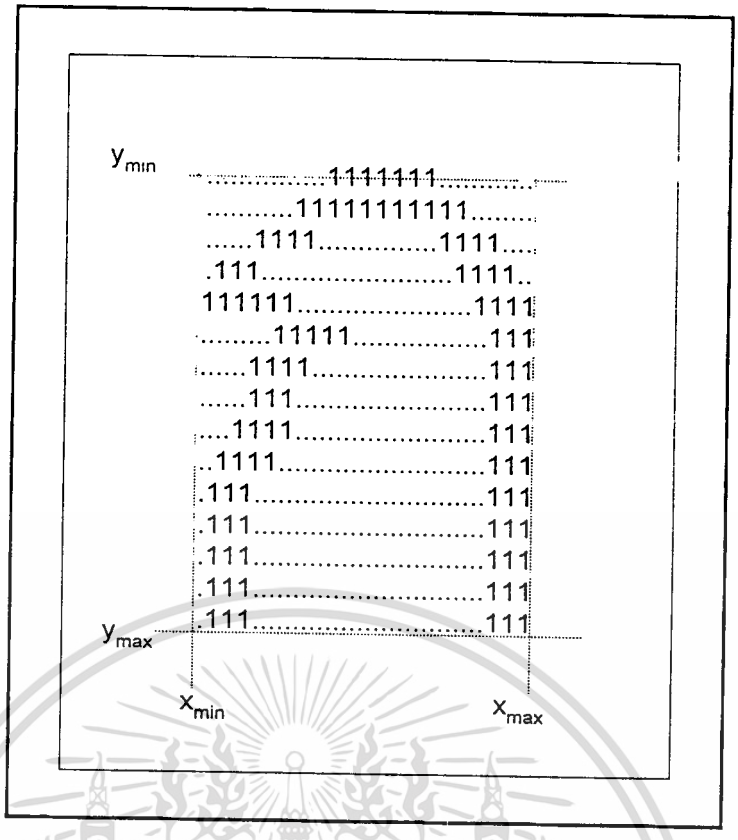
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-25 แสดงการแยกภาพตัวอักษรออกจากภาพประโยค

ภาพตัวอักษรตัวหนึ่งๆ จะถูกคัดลอกออกจากภาพประโยคในลักษณะที่ไม่ได้เรียงตัวอักษรจากซ้ายไปขวา เช่นเดียวกับการเขียน แต่จะถูกคัดลอกออกมาโดยขึ้นอยู่กับตำแหน่งของภาพตัวอักษรที่ตรวจกวาดไปพบเป็นตัวแรกเมื่อตรวจกวาดจากมุมบนซ้ายมือไปทางขวา และจากแถวบนเลื่อนลงล่าง ดังนั้นจะต้องเก็บบันทึกตำแหน่งพิกัดของภาพตัวอักษรที่ปรากฏบนภาพข้อความไว้ เพื่อที่ว่าเมื่อทำการรู้จำตัวอักษรนั้นๆ แล้ว จะได้เรียงลำดับตัวอักษรกลับให้อยู่ ณ ตำแหน่งเดิมที่ถูกต้องในข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-26 แสดงจุดอ้างอิงตำแหน่งของภาพตัวอักษร

3.4 การจัดเก็บส่วนประกอบของหน้าเอกสาร

ในกรณีที่หน้าเอกสารหนึ่งไม่ได้มีเพียงข้อความที่เป็นตัวอักษรพิมพ์อยู่เพียงอย่างเดียว แต่อาจจะมีรูปภาพกราฟิกพิมพ์รวมอยู่ด้วย เมื่อภาพหน้าเอกสารถูกนำมาผ่านขั้นตอนของการกำหนดและแยกคัดลอกขอบเขตที่เป็นส่วนประกอบของหน้าเอกสารออกแล้ว ส่วนประกอบของหน้าเอกสารที่เป็นส่วนของรูปภาพจะไม่ส่งผ่านไปขั้นตอนต่อไป นั่นคือขั้นตอนของการรู้จำตัวอักษร แต่จะทำการจัดเก็บลงแฟ้มข้อมูลภาพกราฟิกแทน ฟอร์แมตที่กำหนดไว้สำหรับบันทึกข้อมูลที่เป็นส่วนที่เป็นรูปภาพบนหน้าเอกสารเลือกใช้ฟอร์แมต BMP ซึ่งเป็นฟอร์แมตเดียวกันกับฟอร์แมตของข้อมูลภาพต้นฉบับ หรือข้อมูลภาพทั้งหน้าเอกสารที่ได้จากเครื่องตรวจกวาดภาพ แฟ้มข้อมูลรูปภาพที่เป็นส่วนประกอบหนึ่งของหน้าเอกสารนี้สามารถเรียกใช้งานได้ด้วนโปรแกรมภาพกราฟิกทั่วๆ ไป เพื่อที่จำนำมาแก้ไขเพิ่มเติม เพื่อรวมเข้ากับเอกสารอื่น หรือพิมพ์ออกมาทางเครื่องพิมพ์ ซึ่งรายละเอียดของโครงสร้างของแฟ้มข้อมูลภาพกราฟิก BMP ได้กล่าวไว้ในภาพผนวก ก.

สำหรับส่วนประกอบของหน้าเอกสารที่อาจเป็นย่อหน้าของข้อความ อาจเป็นประโยค หรืออาจจะเป็นคำ จะถูกส่งต่อไปยังขั้นตอนต่อไปคือขั้นตอนของการแยกตัวอักษรออกจากประโยค ซึ่งเป็นการแยกภาพตัวอักษรเดี่ยวๆ ออกจากภาพย่อหน้า ประโยค หรือคำเสียก่อน แล้วจึงส่งตัวอักษรเหล่านั้น ไปยังขั้นตอนการรู้จำตัวอักษร ซึ่งขั้นตอนนี้ไม่ได้อยู่ในขอบเขตของงานวิจัยโครงงานนี้

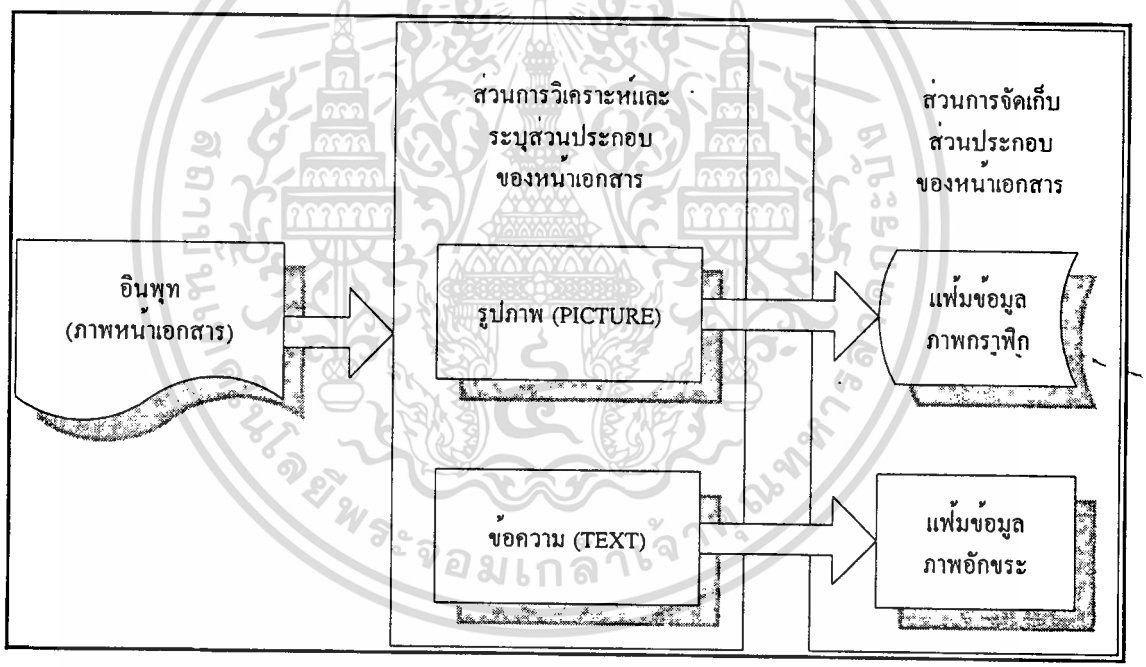
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

โปรแกรมระบบและผลการทดลอง

4.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบ

การทำงานของระบบทั้งหมดประกอบด้วยขบวนการทำงานในแต่ละขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 4-1 โดยเริ่มต้นจากข้อมูลภาพหน้าเอกสารถูกตรวจกวาดด้วยเครื่องตรวจกวาดภาพ ในขั้นตอนต่อไปเป็นการวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร ส่วนประกอบของหน้าเอกสารที่เป็นรูปภาพจะถูกแยกออกจัดเก็บไว้ และในส่วนที่เป็นข้อความตัวอักษรจะถูกส่งต่อไปให้กับส่วนการแยกภาพตัวอักษรออกเป็นตัวอักษรเดี่ยวๆ จัดเก็บเป็นแฟ้มข้อมูลตัวอักขระของข้อความบนหน้าเอกสาร เพื่อส่งต่อไปให้กับขั้นตอนการรู้จำตัวอักษร ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ไม่ได้อยู่ในขอบเขตของงานวิจัยโครงงานนี้



รูปที่ 4-1 แสดงการทำงานของระบบ

ในการทำงานของระบบจะมีทั้งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้และพัฒนาขึ้นเองสำหรับการทำงานในแต่ละขั้นตอน โดยแบ่งโปรแกรมที่ใช้งานเป็น 2 ส่วนคือ

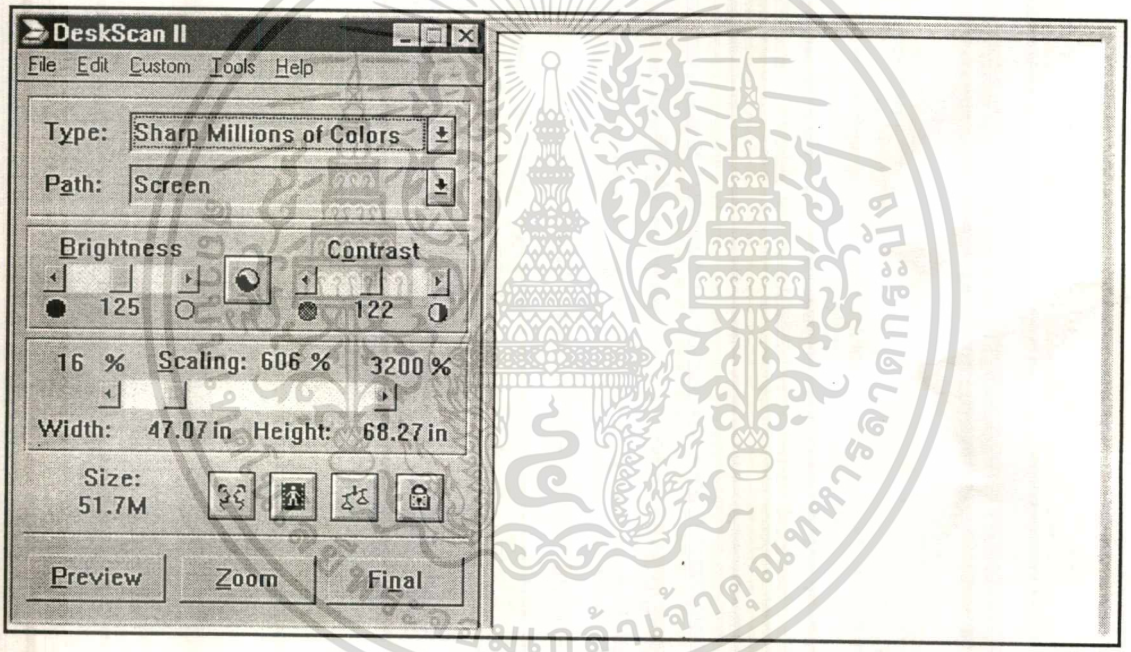
(1) โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับเก็บภาพจากเครื่องตรวจกวาดภาพ

(2) โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเองสำหรับการวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับเก็บภาพจากเครื่องตรวจกวาดภาพ

โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับเก็บภาพหน้าเอกสารที่เลือกใช้ คือ HP DeskScan II Version 2.2 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ประกอบด้วยดีไวซ์ไดรว์เวอร์ (Device driver) ที่สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องตรวจกวาดยี่ห้อ Hewlett Packard รุ่น ScanJet3c ที่เป็นเครื่องตรวจกวาดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้เป็นอย่างดี โดยผู้ใช้สามารถเลือกระดับความละเอียดของการตรวจกวาด (Scanning resolution) ได้ตั้งแต่ 75-1200 DPI และขนาดของหน้าเอกสารที่สามารถเก็บบันทึกไว้ในแฟ้มข้อมูลกราฟิกได้ในหลายๆ รูปแบบ เช่น TIFF, BMP, PCX หรือ GIF สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกรูปแบบ BMP ซึ่งเป็นรูปแบบแฟ้มข้อมูลที่เหมาะสมกับการจัดเก็บข้อมูลภาพจากเครื่องตรวจกวาดภาพ ทั้งนี้จากข้อได้เปรียบของโครงสร้างของแฟ้มข้อมูลแบบนี้ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปแบบพื้นฐานของแฟ้มข้อมูลกราฟิกในระบบปฏิบัติวินโดวส์ (Windows) ดังนั้นจึงเป็นการง่ายสำหรับการเพิ่มเติมรายละเอียดของข้อมูลเมื่อมีการแก้ไขหรือปรับแต่งข้อมูลภาพภายหลัง



รูปที่ 4-2 แสดงภาพโปรแกรม HP DeskScan II

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 โปรแกรมระบบที่พัฒนาขึ้น

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นนี้พัฒนาขึ้นด้วย ภาษาเบสิก (BASIC) โดยใช้โปรแกรมชุดพัฒนาชื่อ Microsoft Visual Basic 4.0 ของบริษัท Microsoft Corporation ที่ทำงานบนสภาวะของระบบปฏิบัติการวินโดวส์ บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ตระกูล IBM ทั่วๆ ไป

4.1.2.1 อุปกรณ์ที่ต้องการสำหรับการทำงานของระบบ

1. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ตระกูล IBM ที่ใช้ตัวประมวลผลกลาง (CPU) 80386 ขึ้นไป
2. หน่วยความจำหลักไม่น้อยกว่า 4 MBytes
3. ฮาร์ดิสจำนวน 1 ตัวและมีเนื้อที่ว่างประมาณ 10 Mbytes
4. จอภาพแสดงผลแบบ VGA หรือ SVGA
5. ฟลอบปี้ดิสก์ไดรว์ขนาด 3.5 นิ้ว จำนวน 1 ตัว
6. เมาส์ พร้อมโปรแกรมดีไวซ์ไดรว์เวอร์
7. เครื่องตรวจกวาดภาพ Hewlett Packard รุ่น ScanJet 3c พร้อม Interface card
8. โปรแกรมควบคุมเครื่องตรวจกวาดภาพ ที่มาพร้อมกับเครื่องตรวจกวาดภาพ
9. โปรแกรมการวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร

4.1.2.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

การทำงานทั้งหมดของโปรแกรมการวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร มีการสั่งงานผ่านทางเมาส์ (Mouse) และแป้นพิมพ์ (Keyboard) เป็นหลักเพื่อความสะดวกในการทำงาน โดยจะอธิบายการใช้งานโปรแกรมเป็นขั้นตอนได้ต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1

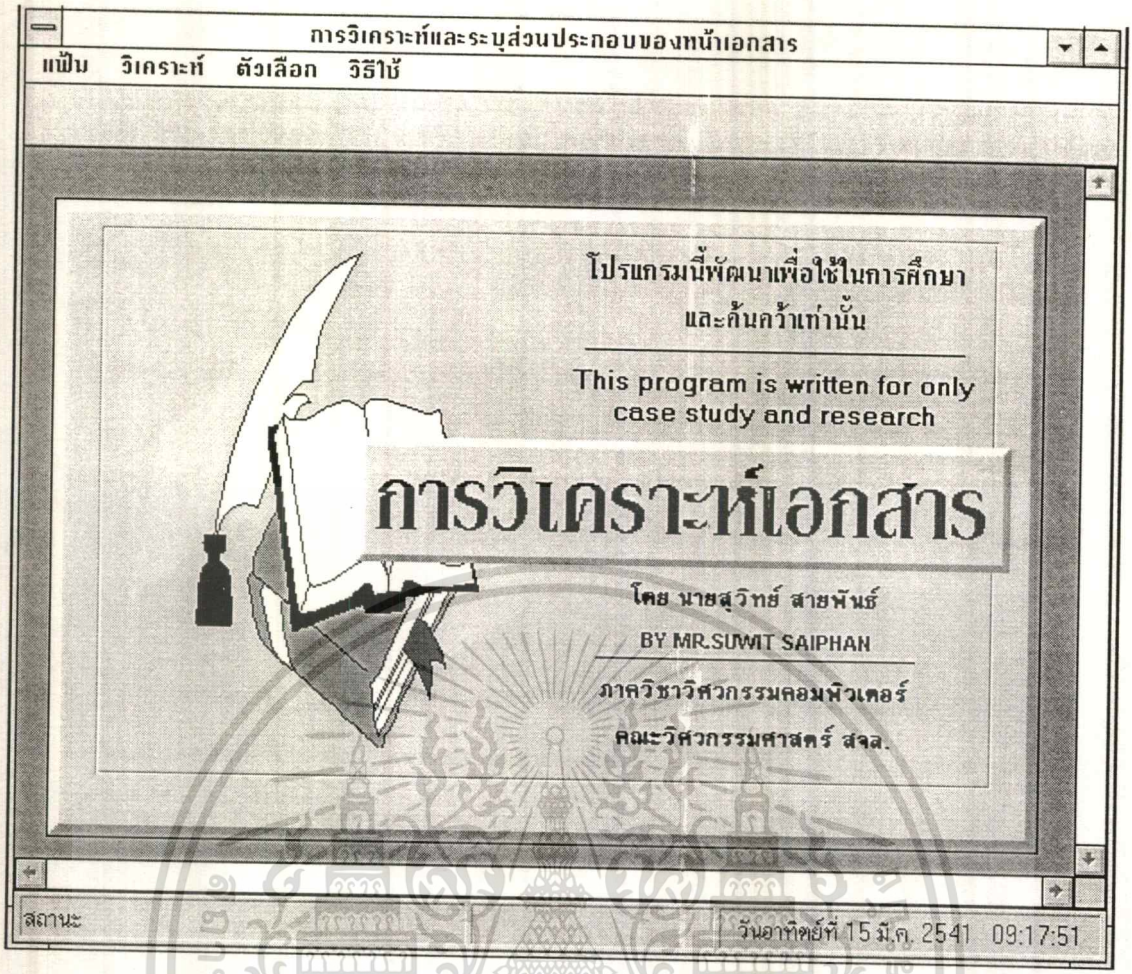
- เข้าสู่สภาวะระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดวส์ โดยการพิมพ์

  C:\>WIN <ENTER>

- รันโปรแกรมด้วยคำสั่ง RUN ในเมนู FILE ของ PROGRAM MANAGER โดยการพิมพ์ PREOCR.EXE ในช่อง Command Line แล้วกดปุ่ม OK

จากนั้นจะปรากฏหน้าจอการทำงานพร้อมรับคำสั่งดังแสดงได้ในรูปที่ 4-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

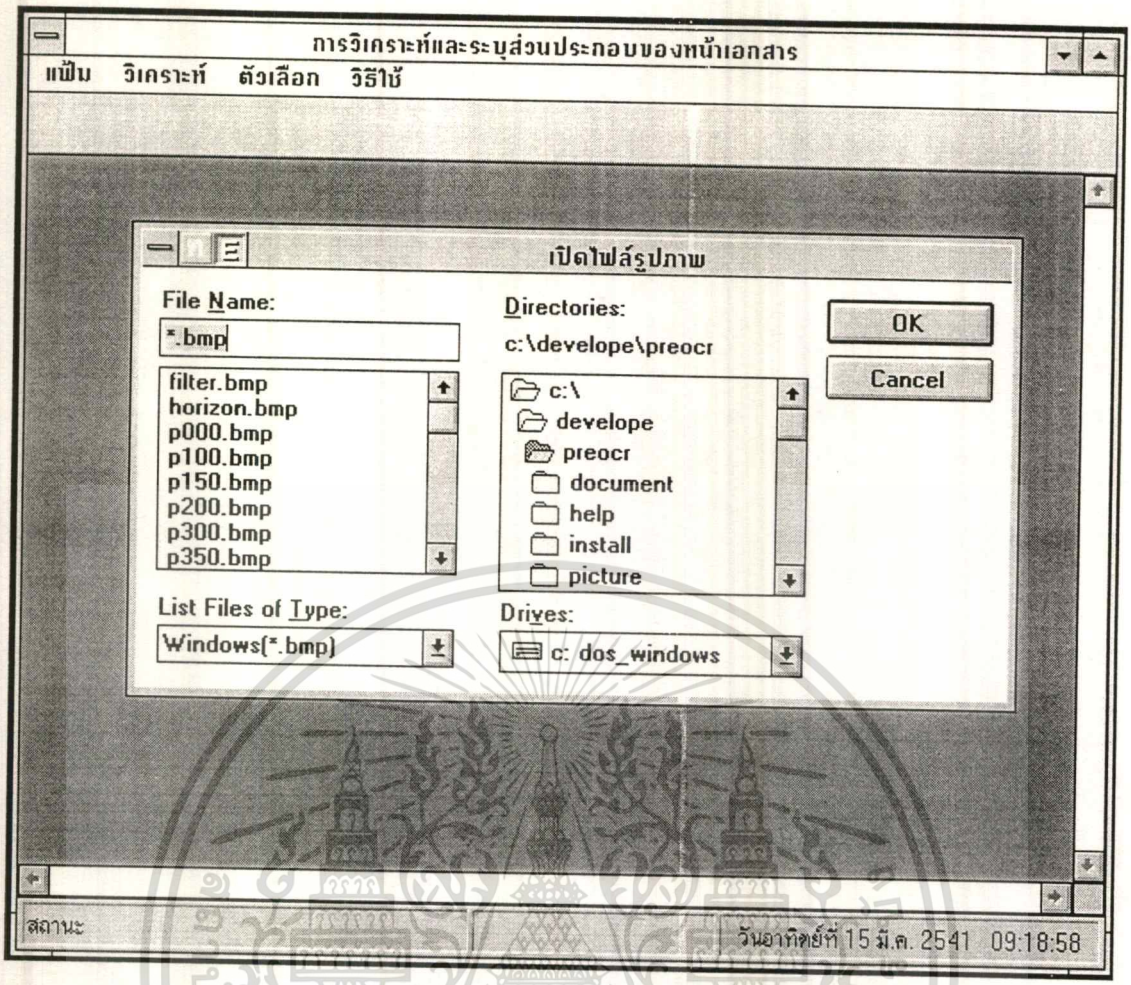


รูปที่ 4-3 แสดงภาพหน้าจอของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

ขั้นตอนที่ 2

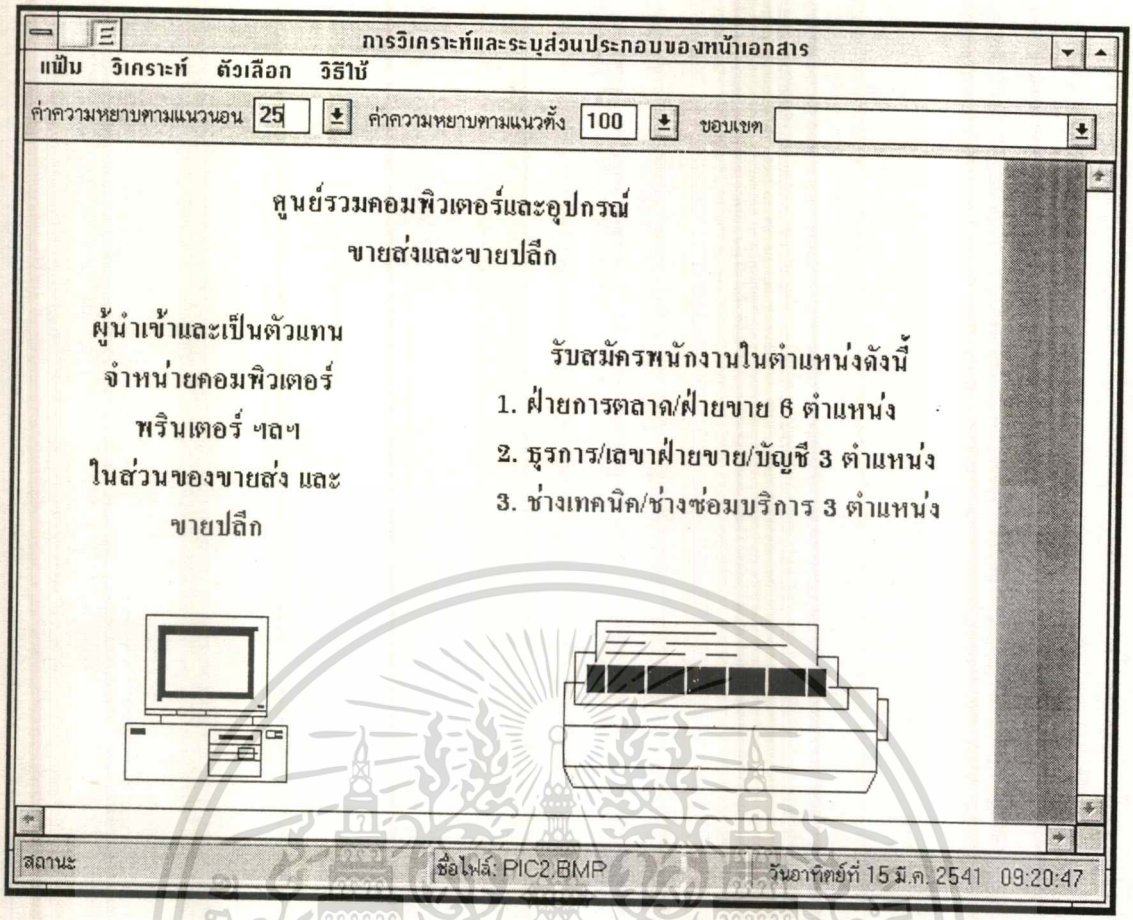
- เปิดแฟ้มข้อมูลรูปภาพหน้าเอกสาร โดยการเลือกเมนู แฟ้ม แล้วเลือก เปิดแฟ้มรูปภาพ... จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ 4-4 และ 4-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-4 แสดงการเปิดแฟ้มข้อมูลกราฟิกหน้าเอกสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

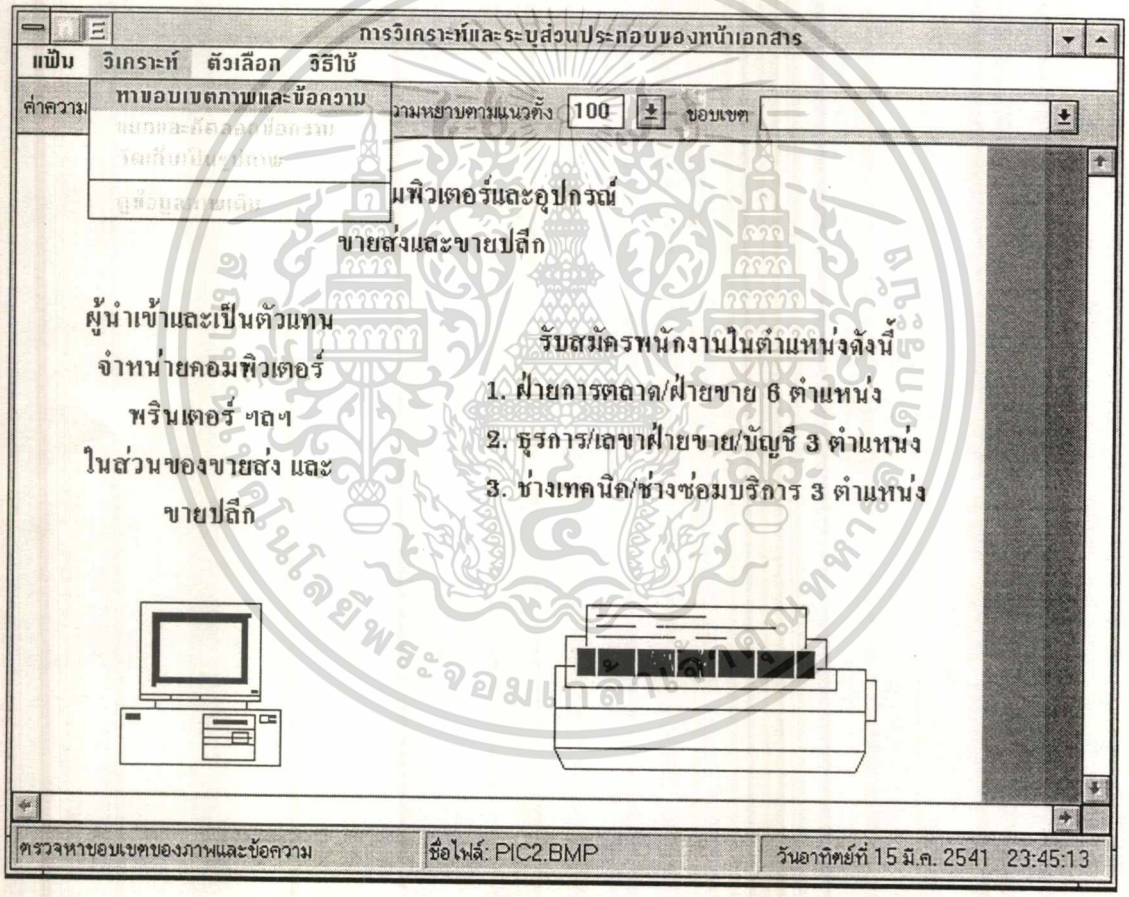


รูปที่ 4-5 แสดงตัวอย่างภาพหน้าเอกสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

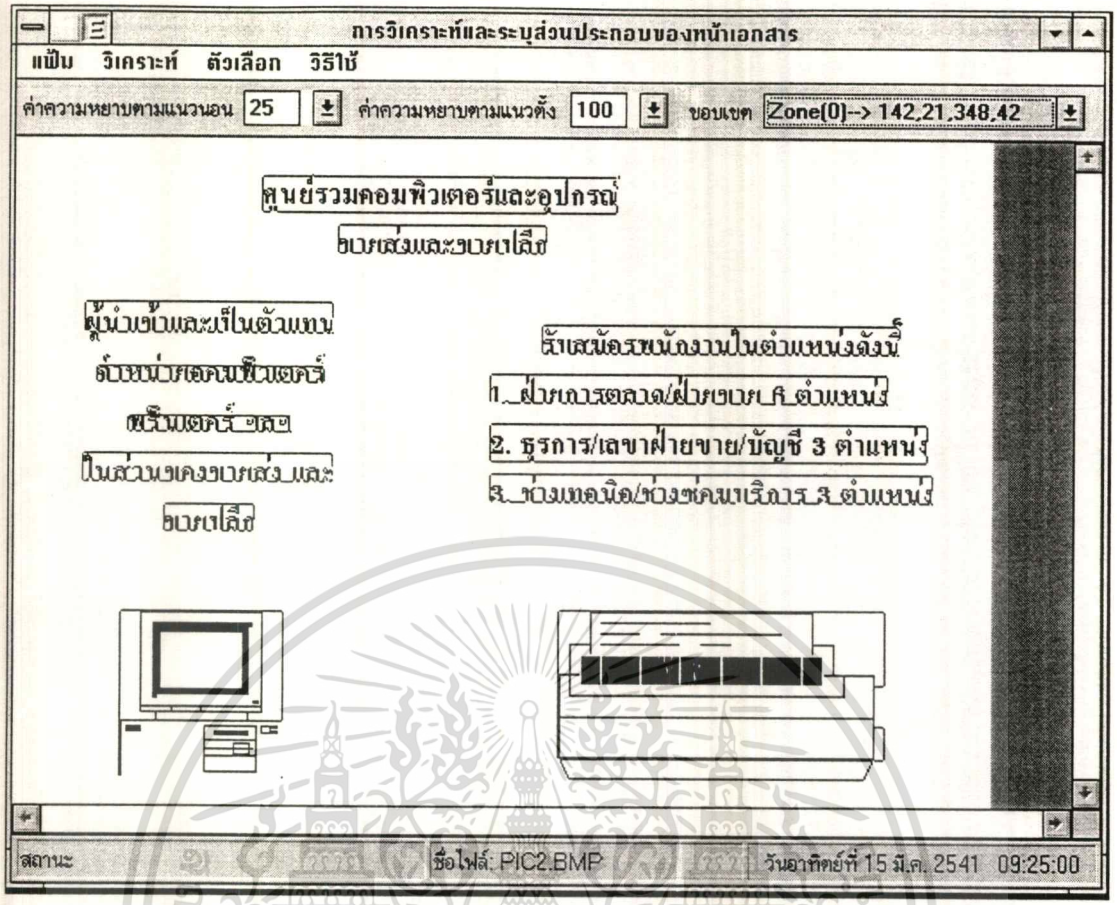
ขั้นตอนที่ 3

- ตั้งค่าความหยาบตามแนวนอนและแนวตั้ง โดยป้อนตัวเลขลงในช่อง **ค่าความหยาบตามแนวนอน** และ **ค่าความหยาบตามแนวตั้ง** บนทูลบาร์ (ToolBar) ซึ่งโปรแกรมได้กำหนดไว้ก่อนแล้วคือ ค่าความหยาบตามแนวนอน เท่ากับ 25 และ ค่าความหยาบตามแนวตั้ง เท่ากับ 100 หรือ ผู้ใช้สามารถกำหนดเองได้ตามต้องการ
- เลือกเมนู **วิเคราะห์** และ **หาขอบเขตภาพและข้อความ** ดังรูปที่ 4-6 เพื่อทำการคำนวณหาขอบเขตของส่วนประกอบของหน้าเอกสารโดยอาศัยเทคนิค RLSA และ เทคนิคการติดตามรอยขอบของภาพ และเมื่อคำนวณเสร็จเรียบร้อย จะสามารถดูภาพส่วนประกอบของหน้าเอกสารแต่ละส่วนได้ โดยเลือกบริเวณขอบเขตที่ปรากฏหรือที่ทูลบาร์ ขอบเขต จะแสดงรายการของขอบเขตทั้งหมดที่คำนวณได้ดังรูปที่ 4-7 และ 4-8



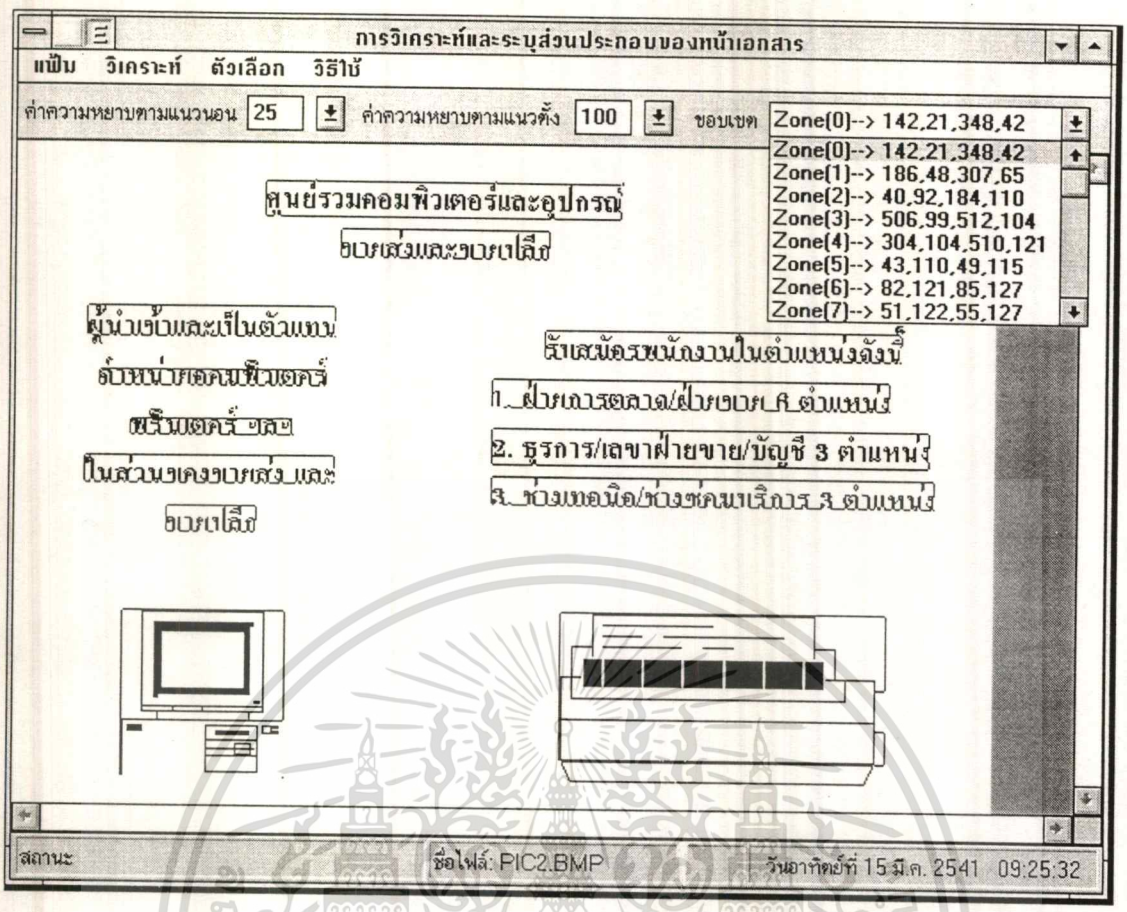
รูปที่ 4-6 แสดงการเลือกเมนูเพื่อการหาขอบเขตภาพและข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-7 แสดงขอบเขตของส่วนประกอบของหน้าเอกสารทั้งหมดที่คำนวณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

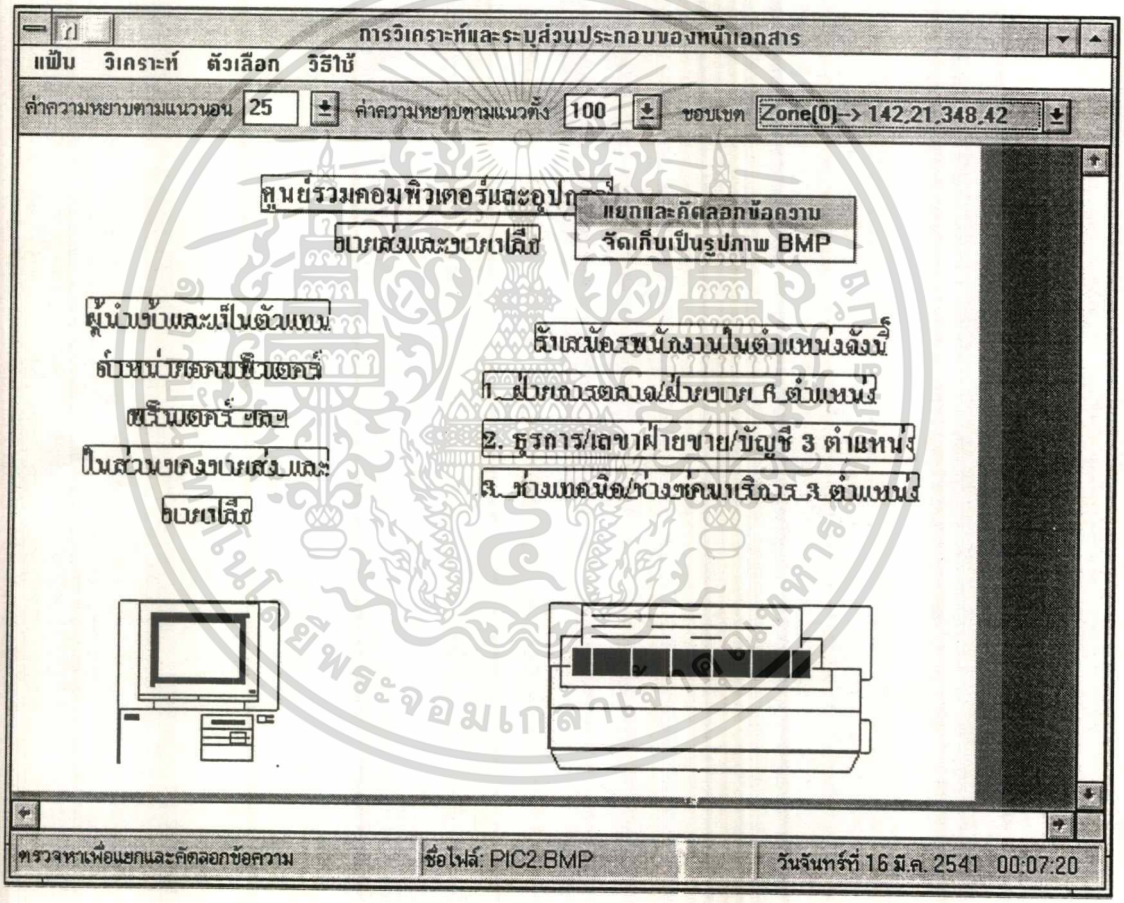


รูปที่ 4-8 แสดงรายการของขอบเขตของส่วนประกอบของหน้าเอกสารทั้งหมดที่คำนวณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

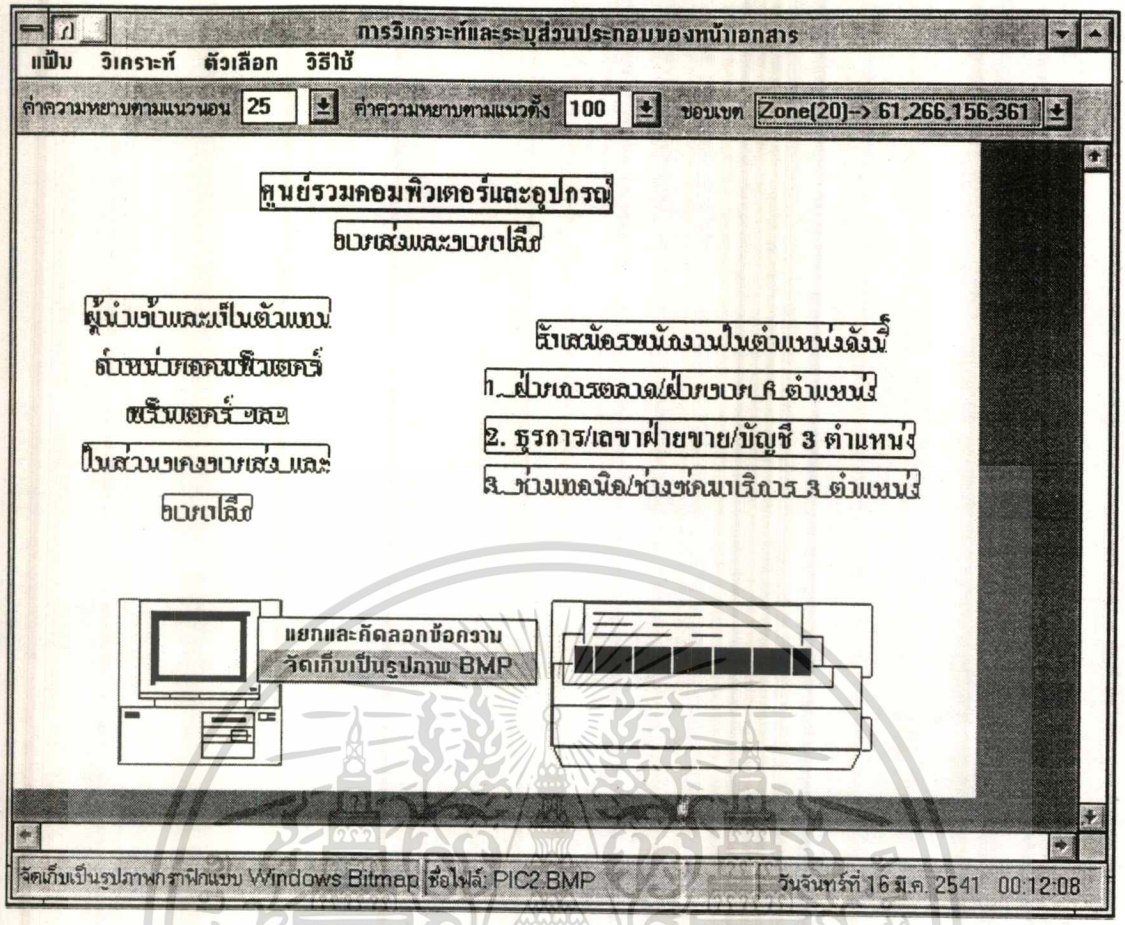
ขั้นตอนที่ 4

- เลือกขอบเขตเพื่อจะทำการแยกและคัดลอกตัวอักษรออกจากประโยค โดยเลือกได้จาก ทูลบาร์ **ขอบเขต** ที่แสดงรายการขอบเขตทั้งหมดที่ตรวจพบ หรือคลิกเม้าส์ที่ปุ่มซ้ายที่ขอบเขตกำหนดหรือปุ่มขวาจะแสดงเป็นกรอบสี่เหลี่ยมสีแดง สำหรับการคลิกเม้าส์ปุ่มขวาจะแสดงป๊อบอัพเมนู (Popup Menu) มาให้เลือกว่าจะทำการแยกและคัดลอกตัวอักษรหรือจัดเก็บเป็นรูปภาพด้วย
- หลังจากนั้นสามารถทำการแยกและคัดลอกตัวอักษรออกจากประโยค โดยเลือกเมนู **วิเคราะห์** และ **แยกและคัดลอกข้อความ** หรือจากการคลิกเม้าส์ปุ่มขวา
- หากต้องการจัดเก็บขอบเขตที่ตรวจพบเป็นภาพกราฟิกชนิด ขาว-ดำ รูปแบบ BMP โดยเลือกเมนู วิเคราะห์ และ จัดเก็บเป็นรูปภาพ หรือจากการคลิกเม้าส์ปุ่มขวา



รูปที่ 4-9 แสดงการเลือกขอบเขตเพื่อจะทำการแยกและคัดลอกตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

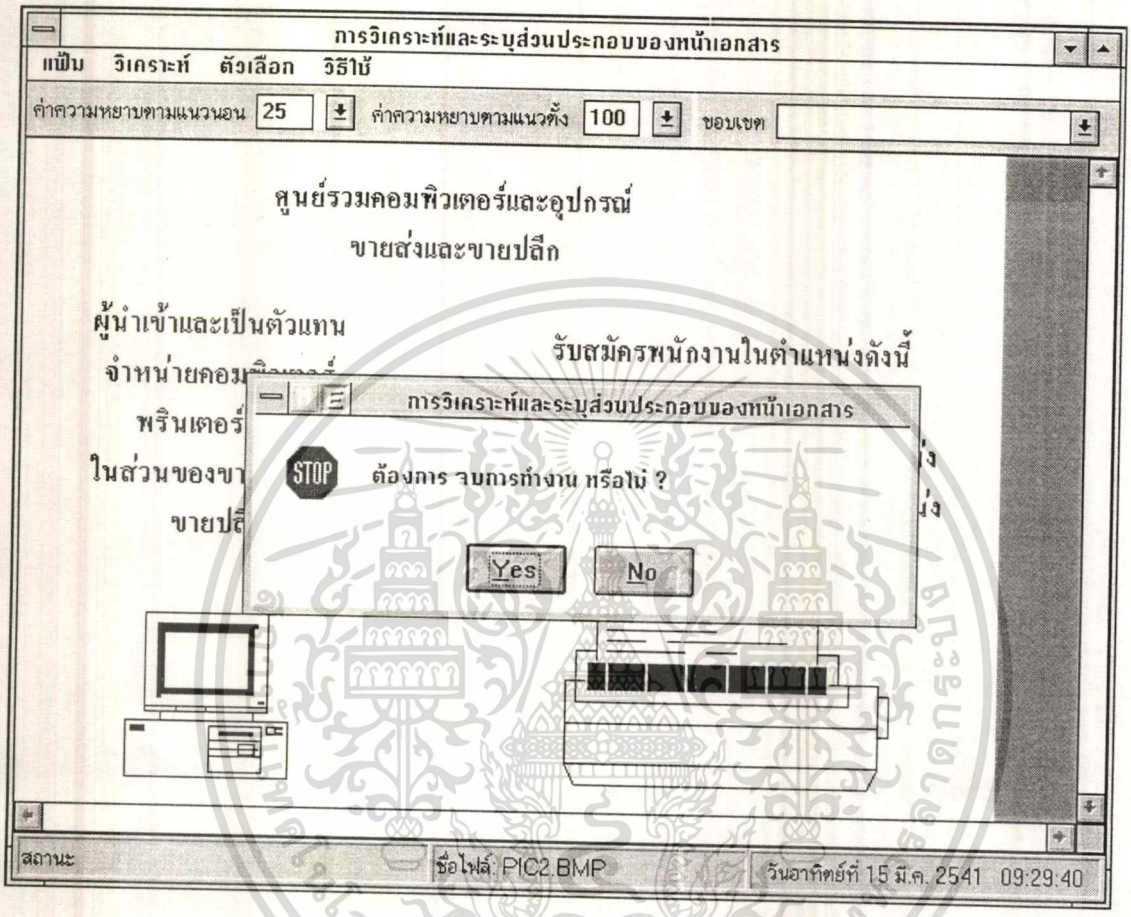


รูปที่ 4-10 แสดงการเลือกขอบเขตเพื่อจะทำการจัดเก็บเป็นรูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 5

- เมื่อสิ้นสุดการทำงานแล้ว ต้องการจะออกจากโปรแกรม สามารถทำได้โดยเลือกเมนู แฟ้ม และ จบการทำงาน จากนั้นจะปรากฏวินโดวส์แสดงข้อความขอคำยืนยันอีกครั้ง หากผู้ใช้ตอบตกลงก็จะออกจากโปรแกรมไปสู่ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ทันที



รูปที่ 4-11 แสดงวินโดวส์การสิ้นสุดการทำงานของโปรแกรม

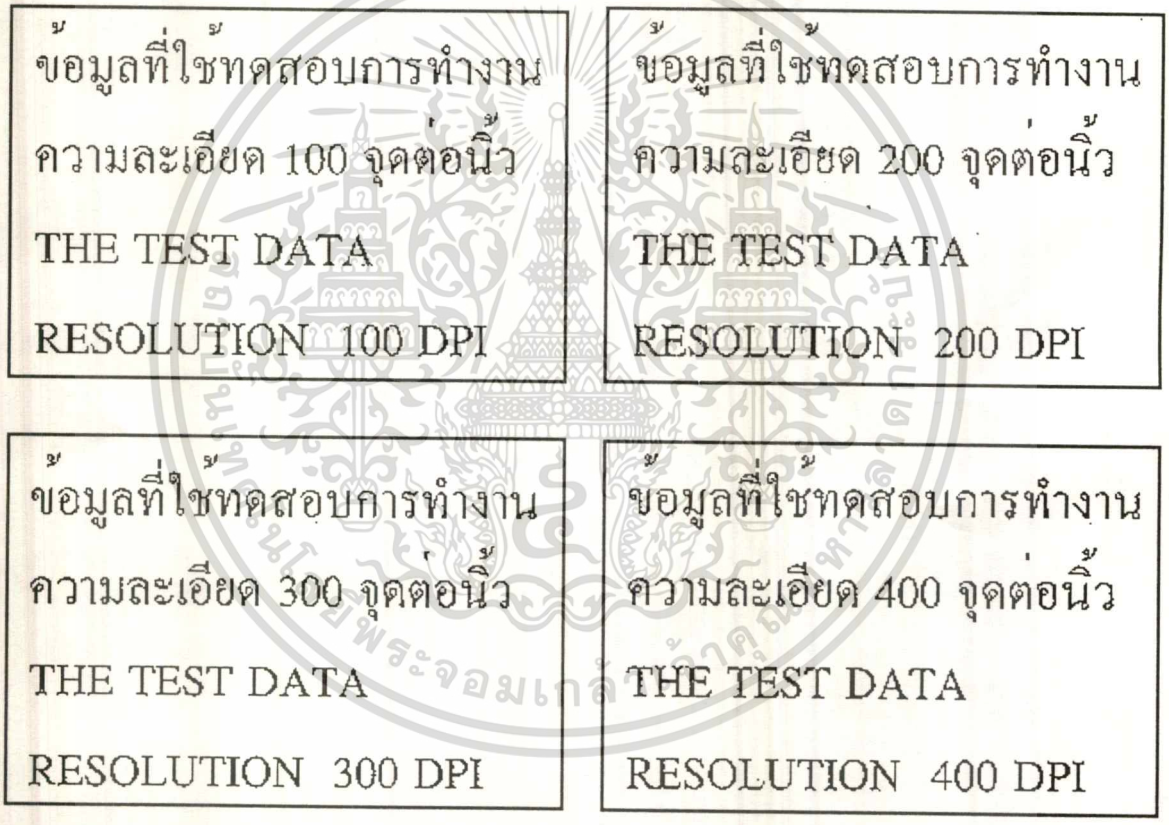
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบการทำงานของโปรแกรม

การทดสอบการทำงานของโปรแกรมกระทำบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ตระกูล IBM ที่ใช้หน่วยประมวลผลกลาง Pentium 100 และมีหน่วยความจำหลัก (Main memory) ขนาด 32 เมกะไบต์ ทำการทดสอบการทำงานของระบบในหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

การทดสอบที่ 1 การวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร

ภาพหน้าเอกสารดังแสดงในรูปที่ 4-12 ถูกตรวจกวาดด้วยเครื่องตรวจกวาดภาพ โดยกำหนดความละเอียดของการตรวจกวาดที่ระดับต่างๆ กัน 4 ระดับคือ 100, 200, 300, 400 จุดต่อนิ้ว ทำการทดสอบการทำงานในส่วนของการวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4-1



รูปที่ 4-12 แสดงตัวอย่างหน้าเอกสารที่ใช้ในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

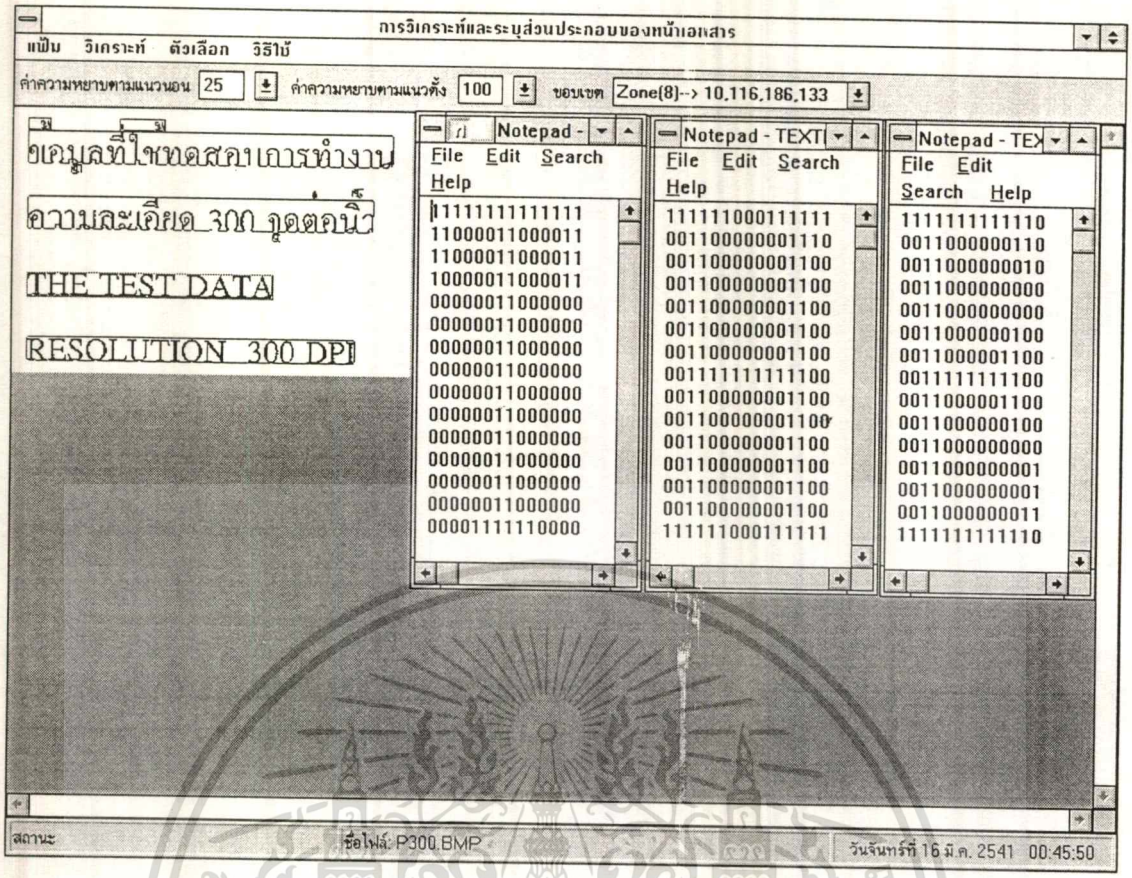
Dimension Width x Height (Pixels x Pixels)	Resolution (DPI)	File size (Bytes)	Time (Seconds)
287 x 187	100	6,732	7
287 x 187	200	6,732	8
287 x 187	300	6,732	9
287 x 187	400	6,732	10

ตารางที่ 4-1 แสดงเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร

การทดสอบที่ 2 การวิเคราะห์เพื่อแยกและคัดลอกตัวอักษรออกจากประโยค

ภาพหน้าเอกสารดังแสดงในรูปที่ 4-12 หลังจากทำการทดสอบในส่วนของการวิเคราะห์และระบุขอบเขตแล้วจึงทำการระบุขอบเขตเพื่อแยกและคัดลอกตัวอักษรจากประโยค ซึ่งการวิเคราะห์เพื่อแยกและคัดลอกขอบเขตนี้ประสิทธิภาพจะขึ้นอยู่กับลายเส้นของตัวอักษรว่ามีความสมบูรณ์เพียงพอที่จะสามารถตรวจกวาดให้เป็นตัวอักขระได้ จากการทำงานของโปรแกรมเมื่อทำการแยกและคัดลอกเสร็จจะจัดเก็บไว้เป็นภาพตัวอักษรแอสกี (Ascii) 0 กับ 1 โดยที่ 0 แทนสีพื้น ส่วน 1 แทนสีลายเส้นของตัวอักษร ดังแสดงในรูปที่ 4-13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-13 แสดงผลการทดสอบการแยกและคัดลอกตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปการทำงานของระบบ

งานวิจัยนี้ประกอบด้วยการทำงานต่างๆ หลายขั้นตอน ซึ่งสามารสรุปการทำงานในแต่ละขั้นตอนได้เป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

5.1.1 ข้อมูลอินพุทกับการวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสาร

ข้อมูลที่เป็นอินพุทให้กับระบบของงานวิจัยนี้ นับเป็นปัญหาใหญ่อันดับแรกของงานวิจัยนี้ ทั้งนี้เนื่องจากอินพุทของระบบ นั่นก็คือภาพหน้าเอกสารหนึ่งหน้ากระดาษ ซึ่งโดยทั่วๆ ไป นิยมใช้กระดาษขนาด A4 ซึ่งมีขนาดกว้างประมาณ 8 นิ้วและยาวประมาณ 11 นิ้ว การจัดเก็บภาพหน้าเอกสารให้อยู่ในรูปแบบที่เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถนำไปประมวลผลได้ทำได้โดยการตรวจกวาดผ่านเครื่องตรวจกวาดภาพ ภาพหน้าเอกสารก็จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปข้อมูลไบนารี ซึ่งหนึ่งไบต์ของข้อมูลก็คือหนึ่งจุดภาพหรือพิกเซล (Pixel) ของภาพหน้าเอกสารนั่นเอง ภาพหน้าเอกสารบนกระดาษขนาด A4 เมื่อตรวจกวาดมาด้วยความละเอียดของการตรวจกวาด 200 จุดต่อนิ้ว ก็จะประกอบด้วยจุดภาพซึ่งเป็นความกว้างของภาพเท่ากับ 1,600 จุด และความสูงของภาพเท่ากับ 2,200 จุด ทำให้ภาพหน้าเอกสารนี้ประกอบด้วยจุดภาพทั้งสิ้น 3,520,000 จุด ซึ่งนั่นก็คือข้อมูลไบนารีขนาด 3,520,000 ไบต์ด้วยเช่นกัน

การประมวลผลภาพเพื่อวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบที่มีอยู่บนหน้าเอกสารโดยอาศัยทฤษฎี RLSA และเทคนิคการติดตามรอยขอบภาพ เป็นวิธีการประมวลผลภาพโดยพิจารณาลักษณะของจุดภาพทุกจุดบนหน้าเอกสาร จึงทำให้เกิดการคำนวณประมวลผลซ้ำๆ กันเป็นจำนวนมาก และเสียเวลาประมวลผลมากด้วยเช่นกัน ยิ่งข้อมูลขนาดใหญ่เท่าไรก็ยิ่งต้องใช้เวลาของการประมวลผลมากขึ้นเท่านั้น แต่ว่าผลลัพธ์ของการวิธีการที่เลือกนำมาใช้นี้ ให้ความถูกต้องแม่นยำพอสมควร และการแก้ปัญหาในเรื่องของเวลาที่ใช้ในการประมวลผลสามารถทำได้ ด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพทางฮาร์ดแวร์ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มหน่วยความจำ (RAM) หรือเลือกใช้หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ที่มีความเร็วของการประมวลผลที่เร็วขึ้น

5.1.2 ข้อมูลภาพตัวอักษร

คุณภาพของข้อมูลภาพตัวอักษรนับเป็นปัญหาอีกประการหนึ่งของงานวิจัยนี้ เทคนิคที่เลือกใช้สำหรับการวิเคราะห์ ขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อมูลภาพที่นำมาวิเคราะห์ เพราะหากคุณภาพของข้อมูลภาพมีลักษณะไม่สมบูรณ์ เช่น ลายเส้นขาด แหว่ง หรือติดกัน จะทำให้การวิเคราะห์ไม่สามารถทำได้ดีเท่าที่ควร

อีกกรณีหนึ่งที่จะทำให้การรู้จำตัวอักษรผิดพลาดไปได้ก็คือ ภาพหน้าเอกสารเอียงซึ่งเกิดจากการวางกระดาษบนเครื่องตรวจกวาดภาพไม่ตรง เมื่อทำการตรวจกวาดภาพหน้าเอกสาร กรณีดังกล่าวพบว่าถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าเอกสารเอียงไปด้านใดด้านหนึ่งไม่ว่าจะเป็นด้านซ้ายหรือขวาประมาณ 1 องศาจากแนวนอน ผู้ใช้อาจจะยังไม่สังเกตเห็นว่าภาพหน้าเอกสารนั้นเอียงไป แต่ถ้าภาพหน้าเอกสารเอียงไปมากยิ่งขึ้น ผู้ใช้จะสามารถมองเห็นว่าภาพนั้นเอียงไปได้อย่างชัดเจน กรณีภาพหน้าเอกสารยิ่งมีขนาดใหญ่มากขึ้นเท่าไร ก็จะยิ่งเห็นว่าภาพนั้นเอียงไปชัดเจนมาก ดังนั้นแนวทางแก้ไขสามารถทำได้โดยจัดวางหน้ากระดาษเสียใหม่ให้ตรง แล้วทำการตรวจกวาดใหม่อีกครั้ง

5.2 ข้อจำกัดของการทำงานของระบบ

เนื่องจากการวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสารเป็นการประมวลผลภาพหน้าเอกสารทั้งหน้า ขนาดมิติของหน้าเอกสารและความละเอียดของจุดภาพเป็นตัวแปรสำคัญ 2 ตัวที่กำหนดขนาดของข้อมูลภาพ ขนาดมิติที่ใหญ่จะทำให้ข้อมูลภาพมีขนาดใหญ่ และความละเอียดของจุดภาพที่มีค่ามากก็ทำให้ข้อมูลภาพมีขนาดใหญ่มากด้วยเช่นกัน ดังนั้นการทำงานในขั้นตอนนี้จึงถูกจำกัดด้วยขนาดของหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ ขนาดของข้อมูลภาพหน้าเอกสารซึ่งเป็นข้อมูลอินพุทของระบบมีขนาดไม่ใหญ่เกินกว่าขนาดหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ กล่าวคือ ต้องพิจารณาด้วยว่าหน่วยความจำที่ระบบปฏิบัติการของเครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมการทำงานของระบบต้องการนั้นมีขนาดเท่าไร ดังนั้นขนาดของข้อมูลภาพจะต้องมีขนาดไม่ใหญ่เกินกว่าหน่วยความจำที่เหลืออยู่

เทคนิควิธีและวิธีการที่เลือกใช้ในการวิเคราะห์นี้ยังมีข้อจำกัดของการทำงาน เช่น คุณภาพของภาพตัวอักษรที่จะทำการวิเคราะห์จะต้องมีคุณภาพที่ดี ลายเส้นของตัวอักษรจะต้องสมบูรณ์ไม่ขาดแหว่งหรือลายเส้นของภาพตัวอักษรต้องไม่ผิดเพี้ยนเนื่องจากหมึกพิมพ์ที่ซึมเปื้อนมากเกินไป อย่างไรก็ตามการเตรียมข้อมูลที่ดีเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดดังเช่นที่กล่าวมาข้างต้น ยังพอจะให้ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์เป็นที่ยอมรับได้

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางพัฒนาระบบในอนาคต

งานวิจัยนี้เน้นการวิเคราะห์และระบุส่วนประกอบหน้าเอกสาร ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้จริง แต่ว่าการระบุว่าส่วนประกอบของหน้าเอกสารว่าส่วนในเป็นส่วนของรูปภาพ หรือส่วนใดเป็นส่วนของข้อความยังไม่สามารถระบุได้เองโดยอัตโนมัติ ยังคงต้องอาศัยผู้ใช้เป็นผู้ตัดสินใจเลือก อีกทั้งข้อมูลภาพที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์และประมวลผลมีลักษณะเป็นข้อมูลภาพขาวดำเท่านั้น หากได้มีการเพิ่มเติมเทคนิคสำหรับการระบุส่วนประกอบของหน้าเอกสารโดยอัตโนมัติ และการจัดการกับข้อมูลภาพสีได้ ก็จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในส่วนนี้มากยิ่งขึ้น ตลอดจน การเพิ่มเติมความสามารถในการย่อและขยาย การปรับหมุนภาพ และการกำจัดส่วนรบกวน (Noise) ของภาพตัวอักษร จะทำให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น แม้งานวิจัยนี้จะไม่สามารถทำงานครอบคลุมในทุกสภาวะแวดล้อมของการทำงานได้ แต่ก็น่าจะแนวทางหรือจุดเริ่มต้นให้กับการพัฒนาระบบสำหรับนักวิจัยรุ่นต่อๆ ไป ในการคิดค้นหาวิธีการและเทคนิคเพื่อพัฒนาระบบให้สามารถทำงานได้ดีมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งจะสามารถนำไปใช้งานได้อย่างแพร่หลายต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. จิระ จริงจิตร, "เรียนลัด VISUAL BASIC", ด่านสุทธาการพิมพ์, 184 หน้า. พิมพ์ครั้งที่ 1, มีนาคม 2538
2. จิรพัฒน์ จันทร์เจิดศักดิ์ และวีระ นพนิราพาธ, "เขียนโปรแกรมบน Microsoft Windows", ซีเอ็ดยูเคชั่น, 608 หน้า. 2536
3. วรวิทย์ ตันติโภคิน และนภดล ชาญธีระเดช, "การเขียนโปรแกรมบนวินโดวส์ด้วย Microsoft Visual Basic", ซีเอ็ดยูเคชั่น, 566 หน้า. 2537
4. สุทธิศักดิ์ พงศ์ธนาพาณิช. "Advanced BASIC Programming Technique ตอน Device Context", ไมโครคอมพิวเตอร์ ฉบับที่ 121 ประจำเดือนสิงหาคม 2538
5. โชคชัย เตชพรรุ่ง ผู้แปล, "เจาะแก่น Visual Basic", ซีเอ็ดยูเคชั่น, 812 หน้า. 2539
6. F. M. Wahl, K. Y. Wong and R. G. Casey, "Document Analysis System", IBM J. Res. Develop., Vol. 26, No.6, November, 1982
7. John Clark Craig, "Microsoft Visual Basic 4.0 Developer's Workshop", Microsoft Press, 552 pages, 1996
8. Lee Adams, "High-Performance C Graphic Programming for Windows", McGraw-Hill, 487 pages, 1992
9. Mark Pruett, C. Woody Butler, Gregg Irwin, "Visual Basic Controls Desk Reference", The Waite Group Press, 792 pages, 1995
10. Noel Jerke, Eric Brierley, "Visual Basic 4 API How-To", The Waite Group Press, 908 pages, 1996
11. Steve Rimmer, "Windows Bitmapped Graphics", McGraw-Hill, 381 pages, 1993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
แฟ้มข้อมูลภาพกราฟิกรูปแบบ BMP

แฟ้มข้อมูลภาพกราฟิกรูปแบบ BMP

แฟ้มข้อมูล Windows Bitmap File Format หรือ BMP ได้รับการพัฒนาขึ้นเมื่อมีการสร้างระบบปฏิบัติวินโดวส์ รุ่นที่ 3 (Microsoft Windows 3.0) เพื่อใช้ในการจัดเก็บข้อมูลภาพแบบ Bit-map ซึ่งเราจะสังเกตุเห็นว่า การแสดงภาพกราฟิกใดบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์จะใช้แฟ้มข้อมูลกราฟิกรูปแบบ BMP เป็นพื้นฐานแทบทั้งหมด ตั้งแต่การเข้าสู่ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ภาพพื้นหลังหรือวอลเปเปอร์ (Wallpaper) ก็แสดงด้วยภาพ BMP

ลักษณะที่สำคัญของแฟ้มข้อมูล BMP คือ สามารถแสดงสีได้ 1, 4, 8, และ 24 บิต กล่าวคือ แสดงจำนวนสีได้ตามข้อมูลสี นั่นคือ 1 บิตแสดงจำนวนสีได้ 2 สีประกอบด้วยสีขาวและดำ ทำให้เรียกภาพนี้ว่า ภาพขาว-ดำและถ้าเป็น 4, 8, 24 บิต จะแสดงจำนวนสีได้ 16 สี 256 สี และ 16.7 ล้านสีตามลำดับ

รูปบิตแม็พ (Bitmap) เป็นการแทนจุดต่างๆ ของรูปภาพด้วยการเรียงตัวของบิต ใน Windows จะมีรูปบิตแม็พอยู่สองอย่าง คือ

1. รูปบิตแม็พที่ขึ้นกับอุปกรณ์ (Device-dependent bitmap) เป็นรูปบิตแม็พที่ใช้แต่ละบิตในหน่วยความจำส่วนแสดงผลแทนจุดในภาพจริงๆ ดังนั้นหากใช้จอที่มีความละเอียดอย่างหนึ่งก็จะได้รูปที่มีขนาดหนึ่ง จึงได้ชื่อว่า "ขึ้นกับอุปกรณ์"

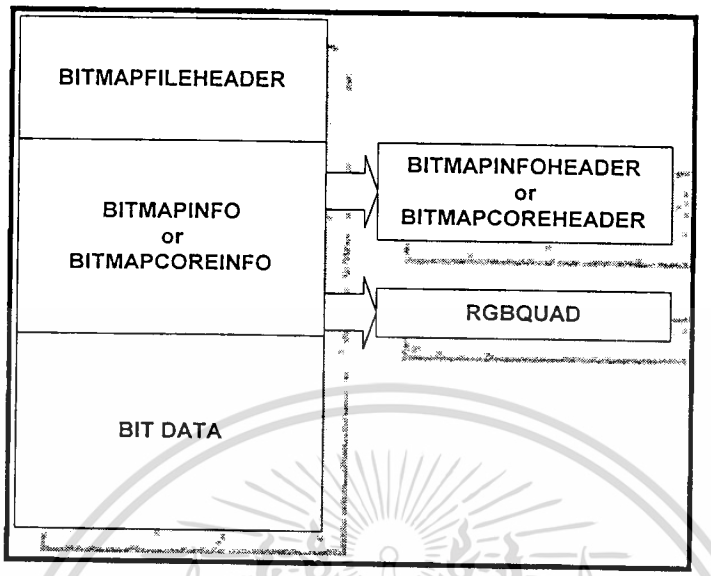
2. รูปบิตแม็พแบบไม่ขึ้นกับอุปกรณ์ (Device-independent bitmap : DIB) รูปแบบนี้จะเป็นการอธิบายลักษณะของภาพนั้น แทนที่จะใช้แต่ละบิตแทนแต่ละจุด ดังนั้นหากรู้จักลักษณะของจอจะสามารถแสดงรูปชนิดนี้ให้เหมาะสมกับจอนั้นๆ ได้

เมื่อพิจารณาโครงสร้างของ BMP จะพบว่าข้อมูลภาพที่จัดเก็บในแฟ้มข้อมูลจะกลับหัวกับที่แสดงผลบนจอหรือที่เราเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างทั่วไปของ BMP

แฟ้มข้อมูลกราฟิก BMP จะประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของภาพ BMP

1. โครงสร้าง BITMAPFILEHEADER

ในส่วนนี้จะมีความยาว 14 ไบต์ ประกอบด้วยรายละเอียดของชนิด ขนาด ของแฟ้มข้อมูลกราฟิก BMP และระบุโครงร่าง (Layout) ของ DIB ด้วย ดังตารางที่ 1

STRUCTURE	SIZE (BYTES)	DESCRIPTION
bfType	2	The file type. It must be BM (19778)
bfSize	4	The size of the bitmap file, in bytes
bfReserved1	2	Reserved; must be zero (0)
bfReserved2	2	Reserved; must be zero (0)
bfOffBits	4	The byte offset from the BITMAPFILEHEADER to the bitmap bits

ตารางที่ 1 แสดงโครงสร้าง BITMAPFILEHEADER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โครงสร้าง BITMAPINFO หรือ BITMAPCOREINFO

ในส่วนนี้จะประกอบข้อมูลมิติ รายละเอียดและรูปแบบสีของภาพ และ ข้อมูลสีของภาพ ซึ่งมีโครงสร้างย่อย 2 ชนิดคือ โครงสร้าง BITMAPINFOHEADER หรือ BITMAPCOREHEADER เพื่อระบุข้อมูลมิติ รายละเอียดและรูปแบบสีของภาพ และ RGBQUAD เพื่อระบุข้อมูลชุดสีที่ใช้ในภาพนั้นๆ ดังตารางที่ 2, 3 และ 4

STRUCTURE	SIZE (BYTES)	DESCRIPTION
bmiHeader	40	Specifics a BITMAPINFOHEADER
bmiColors	~	An array of RGBQUADs that defines the colors in the bitmap (size = 2 ^ bmiHeader.biBitCount)
bmciHeader	12	Specific a BITMAPCOREHEADER
bmciColors	~	An array of RGBQUADs that defines the colors in the bitmap (size = 2 ^ bmciHeader.biBitCount)

ตารางที่ 2 แสดงโครงสร้าง BITMAPINFO และ BITMAPCOREINFO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STRUCTURE	SIZE (BYTES)	DESCRIPTION
biSize	4	The number of bytes required by the structure
biWidth	4	The width of the bitmap, in pixels
biHeight	4	The height of the bitmap, in pixels
biPlanes	2	The number of planes for the target device (must be set to 1)
biBitCount	2	The number of bits per pixel (1, 4, 8, or 24)
biCompression	4	The type of compression (BI_RGB, BI_RLE8, BI_RLE4)
biSizeImage	4	The size of the image. in bytes
biXPelsPerMeter	4	The horizontal resolution of the device, in pixels/meter
biYPelsPerMeter	4	The vertical resolution of the device, in pixels/meter
biClrUsed	4	The number of color indices in the color table are used.
biClrImportant	4	The number of color indices that are considered important
bcSize	4	The number of bytes required by the structure
bcWidth	2	The width of the bitmap, in pixels
bcHeight	2	The height of the bitmap, in pixels
bcPlanes	2	The number of planes for the target device (must be set to 1)
bcBitCount	2	The number of bits per pixel (1, 4, 8, or 24)

ตารางที่ 3 แสดงโครงสร้าง BITMAPINFOHEADER และ BITMAPCOREHEADER

STRUCTURE	SIZE (BYTES)	DESCRIPTION
rgbBlue	1	The intensity of blue in the color
rgbGreen	1	The intensity of green in the color
rgbRed	1	The intensity of red in the color
rgbReserved	1	Reserved; must be zero (0)

ตารางที่ 4 แสดงโครงสร้าง RGBQUAD

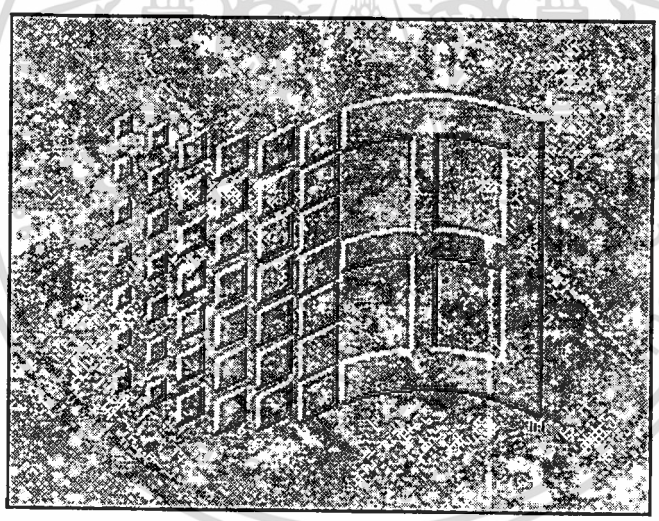
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ข้อมูลภาพ

จำนวนข้อมูลภาพมีขนาดขึ้นกับขนาดของมิติของภาพ และจำนวนชุดสีของภาพ ภาพขาว-ดำ (Black-and-white image) จะมีเพียง 2 สีซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นสีขาวและดำเสมอไป ภาพ 16 สี (16-color image) จะมีจำนวนชุดสี 16 สีซึ่งข้อมูลทุกๆ 4 บิตจะระบุว่าเป็นสีอะไร ภาพ 256 สี (256-color image) จะมีจำนวนชุดสี 256 สีซึ่งข้อมูลทุกๆ ไบต์จะระบุว่าเป็นสีอะไร ส่วนภาพ True color จะไม่มีจำนวนชุดสีระบุเพราะไม่เหมาะสมที่จะระบุชุดสีประมาณ 16.7 ล้านสีในแฟ้มข้อมูลกราฟิกแต่ตัวข้อมูลทุกๆ 3 ไบต์ จะระบุไปในตัวว่าเป็นสีอะไรได้อยู่แล้ว

ข้อมูลแต่ละบรรทัดของ BMP จะมีขนาดเป็นจำนวนคู่โดยการคำนวณจากขนาดมิติความกว้างของภาพที่เป็น Pixel แล้วแปลงให้เป็น ไบต์ (1 ไบต์ คือ 8 พิกเซล) การจัดเก็บข้อมูลภาพจะเก็บในลักษณะกลับหัว โดยข้อมูลบรรทัดแรกจะเป็นลายเส้นสุดท้ายของภาพแล้วจัดลำดับลงมาเรื่อยจนถึงลายเส้นแรกของภาพ ดังตัวอย่างแฟ้มข้อมูลกราฟิก ต่อไปนี้

ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลกราฟิกแบบ BMP



รูปที่ 2 แสดงรูปจากแฟ้มข้อมูลกราฟิก winlogo.bmp ขนาด 320x240 พิกเซล 16 สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BITMAPFILEHEADER

66, 77	= 19778	bfType	File Type field ("BM")
118, 150, 0, 0	= 38518	bfSize	The size of the file
0, 0	= 0	bfReserved1	Reserved integer (0)
0, 0	= 0	bfReserved2	Reserved integer (0)
118, 0, 0, 0	= 118	bfOffBits	Offset of the first pixel

BITMAPINFOHEADER

40, 0, 0, 0	= 40	biSize	Length of BITMAPINFOHEADER
64, 1, 0, 0	= 320	biWidth	Width of the bitmap
240, 0, 0, 0	= 240	biHeight	Height of the bitmap
1, 0	= 1	biPlanes	Number of bitplanes (=1)
4, 0	= 4	biBitCount	Color depth

Colors in image = 2^4 = 16

0, 0, 0, 0	= 0	biCompression	Noncompressed image
0, 0, 0, 0	= 0	biSizeImage	Size of image (optional)
0, 0, 0, 0	= 0	biXPelsPerMeter	(Unused)
0, 0, 0, 0	= 0	biYPelsPerMeter	(Unused)
0, 0, 0, 0	= 0	biClrUsed	(All colors used)
0, 0, 0, 0	= 0	biClrImportant	(All colors important)

16 PALETTE ENTRIES

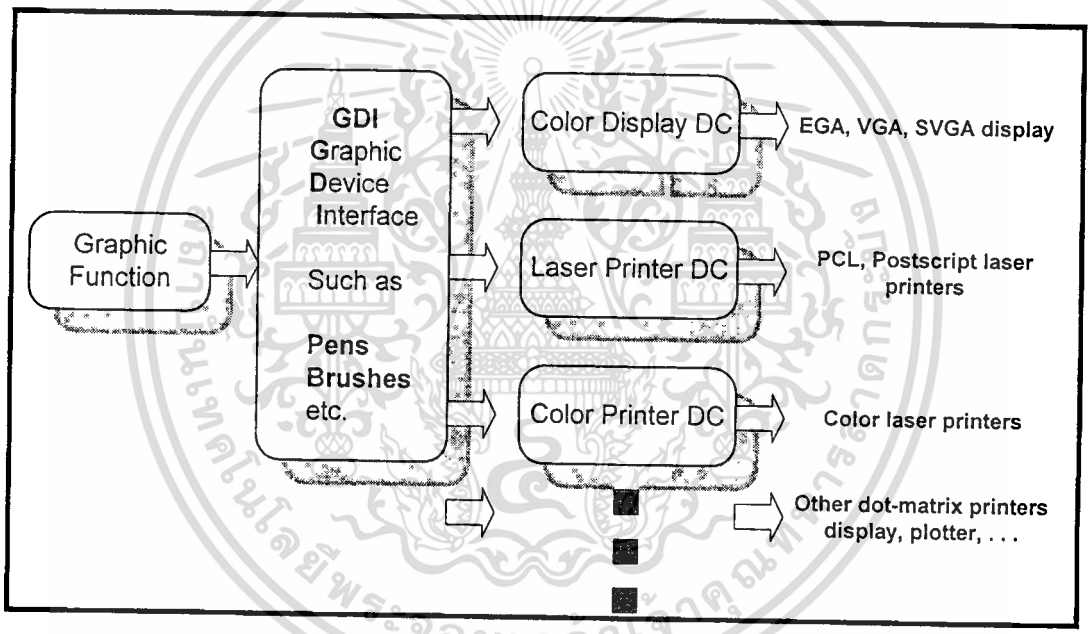
0,	0,	0,	0	Black
0,	0,	191,	0	Light blue tone
0,	191,	0,	0	Light green tone
0,	191,	191,	0	Light cyan tone
191,	0,	0,	0	Light red tone
191,	0,	191,	0	Light magenta tone
191,	191,	0,	0	Light yellow tone
192,	192,	192,	0	Light gray tone
128,	128,	128,	0	Mid-gray tone
0,	0,	255,	0	Pure blue
0,	255,	0,	0	Pure green
0,	255,	255,	0	Pure cyan
255,	0,	0,	0	Pure red
255,	0,	255,	0	Pure magenta
255,	255,	0,	0	Pure yellow
255,	255,	255,	0	White

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
วิชวลเบสิกบนวินโดวส์กับการใช้งานด้านกราฟิก

โปรแกรมและทำงาน

การวาดรูปหรือตัวอักษรใดๆ ก็ตามภายใต้วินโดวส์ พื้นที่ที่ถูกวาดจะมีคุณสมบัติต่างๆ ที่ต้องกำหนดหลายอย่างเช่น ขนาดความกว้างหรือความยาว สี่ที่ใช้เป็นสีพื้นหรือสีตัวอักษร ประเภทของอุปกรณ์ เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้การแสดงผลต่างๆ สามารถกระทำได้โดยวิธีเดียวกัน วินโดวส์จึงได้เตรียมออปเจ็กต์ (Object) ตัวหนึ่งไว้ให้สำหรับกระบวนการวาดเหล่านี้ ซึ่งก็คือ Device Context (DC) เช่น DC ที่ทำหน้าที่แสดงหน้าต่างบนจอภาพในบางครั้งเรามักจะเรียกว่า Display context เป็นต้น



รูปที่ 1 แสดงกระบวนการแสดงผลกราฟิกภายใต้วินโดวส์ (GDI)

ในรูปที่ 1 ได้แสดงตัวอย่างกระบวนการแสดงผลกราฟิกภายใต้วินโดวส์ โดยผ่านทางออปเจ็กต์ DC ดังนั้นจากรูปที่ 1 สมมติว่าเราต้องการวาดเส้นตรง 1 เส้น วินโดวส์ก็จะมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. ดึงเอา DC ที่ต้องการใช้วาดกราฟิก
2. หาตำแหน่งจุดเริ่มต้น และกำหนดตำแหน่งจุดเริ่มต้นโดยใช้ฟังก์ชันวินโดวส์ GDI API (MoveTo)
3. กำหนดสีที่ใช้ในการแสดงผลเส้นตรง โดยการเลือกปากกา (Pen) ที่มีสีดังกล่าวลงใน DC
4. ทำการวาดเส้นตรงด้วยฟังก์ชันวินโดวส์ GDI API (LineTo)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าวินโดวส์ได้ดูแลวิธีการเข้าถึงฮาร์ดแวร์แต่ละประเภท เช่น ถ้าหากทำการวาดเส้นตรงตามรูปที่ 1 ลงบนจอโมโนโครมแทนที่จะเป็นจอสี วินโดวส์ก็จะทำการแปลงเส้นตรงให้เป็นโมโนโครมโดยการเลือกสีที่ใกล้เคียงที่สุดในการแสดงผลเส้นตรงนี้ ดังนั้นจากข้อดีตรงจุดนี้ทำให้สามารถสร้างรูทีนในการวาดภาพใดๆ ลงบนฮาร์ดแวร์ใดๆ ก็ได้ภายในรูทีนเดียว โดยการใช้ DC เป็นตัวแปรของรูทีน

วินโดวส์มี DC มาตรฐานอยู่ภายใน (Built-in) สิ่งที่เรียกว่า Pool 5 ตัว ซึ่งสามาถาใช้ในการวาดภาพกราฟิกต่างๆ ไปยังวินโดวส์หรือ Device ได้ โดยถ้าหากต้องการวาดกราฟิกไปยังวินโดวส์หรือดีไวซ์เราก็ต้องเรียก DC ตัวใดตัวหนึ่งจาก Pool และกำหนดค่าแอตทริบิวต์ให้กับ DC หลังจากนั้นจึงเรียกใช้วาดกราฟิก และถ้าหากเราไม่ต้องการใช้ DC อีกต่อไปเราก็ต้องยกเลิก DC เพื่อให้ DC ที่ถูกยกเลิกกลับไปอยู่ใน Pool และว่างสำหรับถูกเรียกใช้งานโดยแอพพลิเคชันตัวอื่นๆ ต่อไปและนอกจากนี้สามารถที่จะสร้าง DC ขึ้นมาใหม่ให้คอมแพตทิเบิลกับ DC มาตรฐานได้เพื่อนำมาใช้ส่วนตัวสำหรับแต่ละแอพพลิเคชันก็ได้

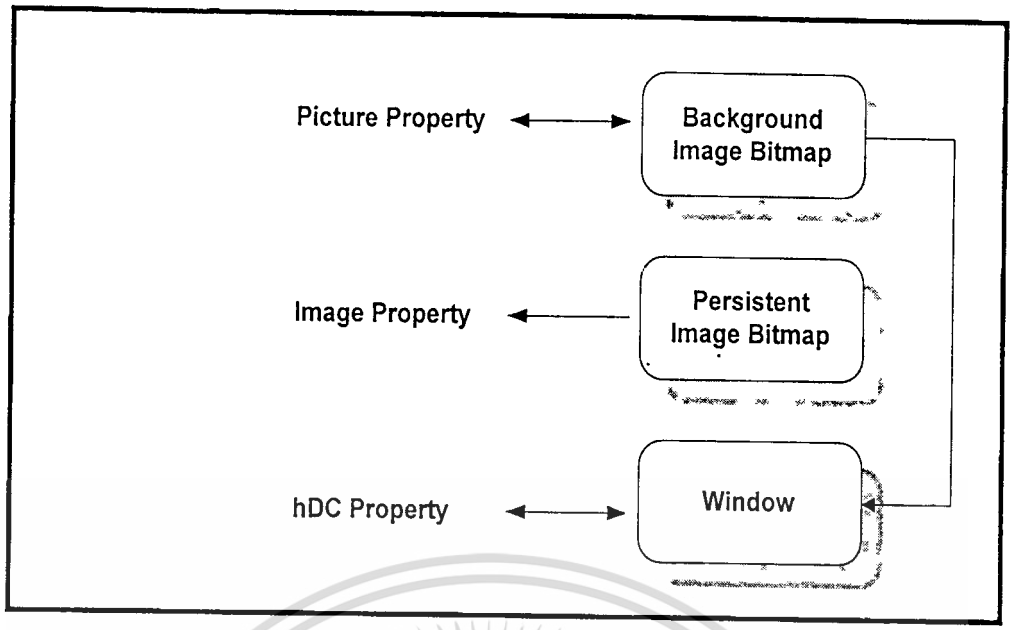
การใช้งาน DC ภายใต้ VB/Win (Visual Basic for Windows)

เนื่องจากฟอร์มและคอนโทรล Picture ของ VB/Win มีการใช้ private DC ดังนั้นเราสามารถที่หาหมายเลข Handle ของ DC ได้โดยใช้ฟังก์ชันของ VB/Win hDC หรือ โดยการใช้ฟังก์ชันวินโดวส์ API GetDC ก็ได้ (วิธีทั้งสองจะให้ค่าของ Handle ที่เหมือนกันถ้าหากคุณสมบัติ AutoRedraw ถูกกำหนดให้มีค่าเป็น False)

ในการใช้ฟังก์ชันวินโดวส์ API วาดภาพกราฟิกใดๆ ลงในฟอร์มหรือคอนโทรล Picture ของ VB/Win เราจะมีการทำงานโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. หาหมายเลข Handle ของ DC โดยใช้คุณสมบัติ hDC ของ VB/Win
2. จัดเก็บสถานะและแอตทริบิวต์ของ DC เอาไว้ด้วยฟังก์ชัน SaveDC
3. เลือก Drawing Object และ Coordinate system ที่เราต้องการให้กับ DC
4. ทำการวาดภาพกราฟิก
5. คืนกลับสถานะของ DC โดยการใช้ฟังก์ชัน RestoreDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 แสดงถึงสถาปัตยกรรมการวาดภาพของ VB/Win เมื่อ AutoRedraw = False

ความสัมพันธ์ระหว่าง DC และ คุณสมบัติ AutoRedraw

เพื่อให้สามารถใช้งาน DC ร่วมกับ VB/Win ได้ง่ายยิ่งขึ้น จึงอธิบายถึงวิธีที่ VB/Win ใช้งาน DC และบิตแม็พภายในตัวมันเอง โดยในรูปที่ 2 ได้แสดงถึงสถาปัตยกรรมการวาดภาพของ VB/Win เมื่อ AutoRedraw = False

จากรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าการวาดรูปใดๆ จะกระทำโดยตรงไปยังวินโดวส์ ซึ่งการทำงานในลักษณะนี้จะทำให้โปรแกรมสามารถทำงานได้รวดเร็วกว่าและต้องการ Overhead น้อยกว่า ดังนั้นจึงไม่ต้องการหน่วยความจำในการสร้างบิตแม็พสำหรับ Persistent image และถ้าหากอิมเมจมีขนาดโตมากๆ การวาดรูปโดยตรงจะสามารถกระทำได้เร็วกว่าการคัดลอกบิตแม็พเสียอีก แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจาก VB/Win จะไม่ทำการอัพเดตส่วนของบิตแม็พสำหรับ Persistent image วินโดวส์หนึ่งๆ ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของโปรแกรมเมอร์ที่จะต้องเขียนโค้ดสำหรับส่วนตรวจจับเหตุการณ์ Paint โดยเมื่อวินโดวส์ได้รับเหตุการณ์ Paint ก็ทำให้การวาดวินโดวส์เสียใหม่ (โดยการใช้วิธี Refresh) นั่นเอง สำหรับค่าคุณสมบติที่เกี่ยวข้องในรูปที่ 2 กับขบวนการวาดรูปเพื่ออัพเดตวินโดวส์มีรายละเอียดดังตารางที่ 1

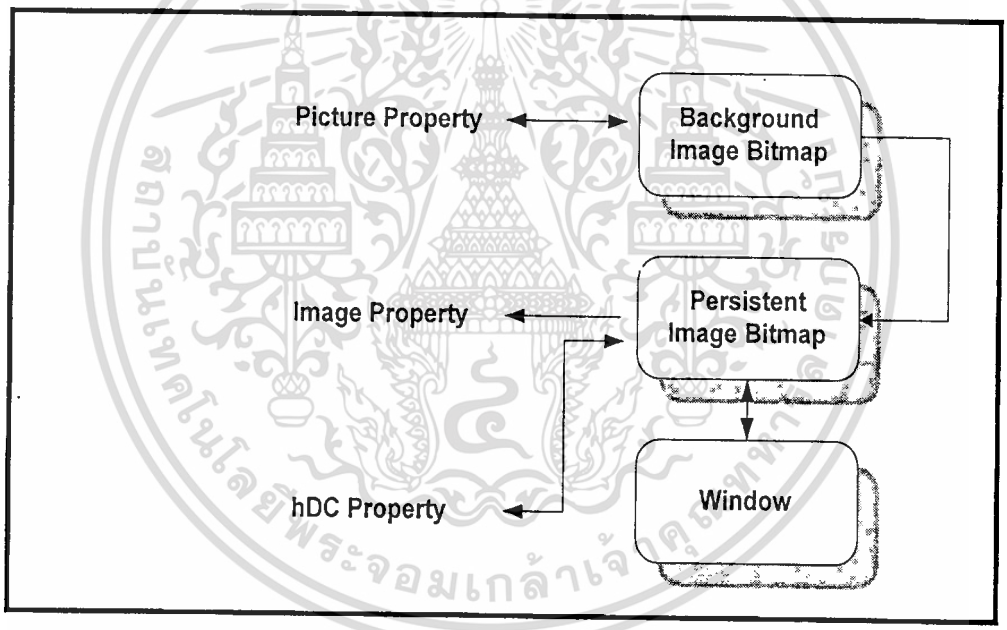
คุณสมบัติ	รายละเอียด
hDC	หมายเลข Handle ของ DC สำหรับวินโดวส์
Image	หมายเลข Handle ของบิตแม็พสำหรับ Persistent Image ของวินโดวส์ ซึ่งอิมเมจนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างขบวนการวาดรูปภาพ
Picture	หมายเลข Handle ของบิตแม็พสำหรับ Background Image ของวินโดวส์

ตารางที่ 1 แสดงค่าคุณสมบัติกับขบวนการวาดรูปเพื่ออัพเดตวินโดวส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และคำสั่ง Cls จะมีผลให้มีการลบวัตถุที่อยู่บนพื้น (Background) หรือบิตแม็พ ส่วนขบวนการอัพเดตวินโดวส์ ก็จะเริ่มด้วยการคัดลอกบิตแม็พ Picture ไปยังวินโดวส์ และเกิดเหตุการณ์ Paint ซึ่งรูปวาดทุกชนิดก็จะถูกส่งไปยังวินโดวส์โดยวิธีของ hDC device context

ในทางกลับกันถ้าหากคุณสมบัติ AutoRedraw = True วินโดวส์ก็จะมีการวาดรูปภาพโดยผ่านทางบิตแม็พสำหรับ Persistent image (บิตแม็พประเภทหน่วยความจำที่คอมแพตทริเบิลกับวินโดวส์) ซึ่งหมายเลข Handle ของบิตแม็พนี้สามารถกำหนดได้จากค่าของคุณสมบัติอิมเมจ ซึ่งโดยอาศัยเทคนิคนี้ทำให้โปรแกรมเมอร์สามารถวาดรูปภาพเพียงครั้งเดียวและอนุญาตให้ VB/Win ทำการคัดลอกบิตแม็พสำหรับ Persistent Image ไปยังวินโดวส์ทันทีที่วินโดวส์ต้องการอัพเดต แต่การกำหนดคุณสมบัติ AutoRedraw = True นั้นจะทำให้โปรแกรมทำงานได้ช้าลง เนื่องจากต้องเสียเวลาไปกับกระบวนการของบิตแม็พสำหรับ Persistent Image ดังนั้นสำหรับโปรแกรมเมอร์ที่ต้องการเขียนโปรแกรมที่ต้องการความเร็วก็แนะนำให้กำหนดค่าของคุณสมบัติ AutoRedraw ให้มีค่าเป็น 0 และเขียนโค้ดในส่วนของเหตุการณ์ Paint สำหรับคอยตรวจจับการอัพเดตฟอร์มเอาเอง



รูปที่ 3 แสดงถึงสถาปัตยกรรมการวาดภาพของ VB/Win เมื่อ AutoRedraw = True

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้