โปรแกรมประมวลผลกระดาษคำตอบแบบปรนัยกึ่งอัตโนมัติ
ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัล

SEMI-AUTOMATIC MULTIPLE CHOICE ANSWER SHEET PROCESSING PROGRAM USING DIGITAL IMAGE PROCESSING TECHNIQUES.

นางสาวดุษฎี แซ่หลิ้ม รหัส 43370386

นายปฏิพัทธ์ สุสำเภา รหัส 43370519

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ - 9 S.A. 2547
เลขทะเบียน 4700193
เลขเรียกหนังสือ
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ว506667x c.2
ปร.
ส731ป
2547

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2546

ใบรับรองโครงงานวิจัย

หัวข้อโครงงาน	โปรแกรมประมวลผลกระดาษคำตอบแบบปรนัยกึ่งอัตโนมัติ		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวดุษฎี	แซ่หลิ้ม	43370386
	นายปฏิพัทธ์	สุสำเภา	43370519
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์รัฐภูมิ	วรานุสาสน์	
สาขา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2546		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร สาขาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะกรรมการสอบโครงงานวิจัย

.....**ประธานกรรมการ**

(อาจารย์รัฐภูมิ วรานุสาสน์)

.....**กรรมการ**

(อาจารย์พนมขวัญ ริยะมงคล)

.....**กรรมการ**

(อาจารย์สุชาติ แย้มแม่น)

หัวข้อโครงงาน	โปรแกรมประมวลผลกระดาษคำตอบแบบปรนัยกึ่งอัตโนมัติ		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวคุษฎี	แซ่หลิ้ม	43370386
	นายปฏิพัทธ์	สุสำเภา	43370519
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์รัฐภูมิ	วรานุสาสน์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2546		

.....

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน การสอบแข่งขันต่าง ๆ ใช้กระดาษคำตอบแบบปรนัยฝนคำที่ต้องใช้กับเครื่องตรวจกระดาษคำตอบราคาแพงจากต่างประเทศ ผู้จัดทำโครงงานจึงได้ประยุกต์นำขั้นตอนวิธีของการประมวลผลภาพดิจิทัลมาพัฒนาเป็นโปรแกรมตรวจกระดาษคำตอบปรนัยแบบฝนคำที่สามารถทำงานกับระบบปฏิบัติการของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้งานจาวาได้ ในการจัดเตรียมข้อมูลกระดาษคำตอบผู้ใช้จะทำการกำหนดจุด ขึ้นมาสามจุดเพื่อที่จะใช้ในการตรวจสอบขนาดและความเอียงของกระดาษคำตอบ การปรับความเอียงของกระดาษคำตอบจะใช้วิธีการหมุนและการเลื่อนกระดาษคำตอบ เทคนิคในการตรวจหาเครื่องหมายที่ถูกระบายจะใช้การประมวลผลกับรูปร่างและโครงร่างของภาพ ซึ่งจะทำให้เหลือแต่ส่วนที่ระบายเป็นคำตอบ หลังจากนั้นจะทำการแบ่งภาพเป็นส่วนโดยใช้ค่าขีดแบ่งอัตโนมัติ ภาพผลลัพธ์หลังจากการแบ่งภาพเป็นส่วนจะเป็นภาพไบนารี่ซึ่งจะนำไปทำเป็นภาพฉาย ในแกนหลักและแถวเพื่อที่จะนำไปทำการระบุตำแหน่งของตัวเลือกบนกระดาษคำตอบของมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งจะนำตำแหน่งของตัวเลือกที่ได้นี้ ไปทำการตรวจสอบว่ามีการระบายคำตอบหรือไม่

จากการทดสอบกระดาษคำตอบที่ถูกถ่ายเอกสารนำเข้าเป็นภาพดิจิทัลด้วยสแกนเนอร์พบว่าสามารถตรวจสอบเครื่องหมายที่ระบายไว้ได้อย่างถูกต้องสำหรับการประมวลคะแนนก็ทำได้ถูกต้องเช่นกัน

Project Title	SEMI-AUTOMATIC MULTIPLE CHOICE ANSWER SHEET PROCESSING PROGRAM (SAMCASPP).		
Name	Miss Dusadee	Saelim	ID. 43370386
	Mr Patipat	Susumpow	ID. 43370519
Project Advisor	Mr Ratthapoom	Waranusast	
Major	Computer Engineering		
Department	Electrical and Computer Engineering		
Academic Year	2003		

ABSTRACT

In preprocessing process , three check – points are chosen in order to translate , scale and rotate the input image . Darken choices are filtered by morphological techniques and segment by an automatic thresholding . The binarized image is then projected into x and y axis in order to specify darken choice' s positions on the paper . The acquired positions are then compared to score the paper . Images of photo – copied NU answer sheets were scanned and tested . The results revealed that , this program can score the test sets correctly .

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำเร็จได้ด้วยดีก็เนื่องจากความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน คือ อาจารย์รัฐภูมิ วรานุสาสน์ รวมทั้งพี่ ๆ เจ้าหน้าที่ฝ่ายคอมพิวเตอร์และเพื่อน ๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน อีกทั้งกำลังใจที่ได้รับจากทางบ้าน

ทางคณะผู้จัดทำโครงงานได้ทำการส่งโครงงานนี้เข้าร่วมแข่งขัน โครงการแข่งขันพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 6 โครงงานนี้ก็สามารถผ่านเข้าถึงรอบที่สองของการแข่งขันในครั้งนี้ และทางศูนย์พัฒนาเทคโนโลยีอิเล็กโทรนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทยได้มอบทุนจำนวนหนึ่ง เพื่อนำไปพัฒนาและปรับปรุงซอฟต์แวร์ต่อไป

ในโอกาสนี้ทางคณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณทุก ๆ ท่านที่มีส่วนช่วยทำให้โครงงานนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

นางสาวดุษฎี แซ่หลิ้ม
นายปฏิพัทธ์ สุสำเภา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ข

กิตติกรรมประกาศ..... ค

สารบัญ..... ง

สารบัญรูป..... ฉ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา..... 1

1.2 จุดมุ่งหมายของงานวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 2

บทที่ 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ภาพดิจิทัล..... 3

2.2 การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing)..... 3

2.3 การทำอินเวิร์ทภาพ (Image Inversion)..... 4

2.4 การแยกข้อมูลภาพออกเป็นส่วน ๆ (Image Segmentation)..... 4

2.5 การแปลงข้อมูลภาพในสองมิติ

(Two Dimensional Geometric Transformation)..... 7

2.6 การฉายภาพ (Image Projection)..... 11

2.7 การประมวลผลภาพเชิงรูปร่าง (Morphological Image Processing)..... 12

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 กระดาษคำตอบปรนัยแบบฝนดำของมหาวิทยาลัยนเรศวร..... 20

3.2 การประมวลผลเบื้องต้นกับภาพที่ต้องการนำมาประมวลผล..... 23

3.3 การประมวลผลเพื่อตรวจกระดาษคำตอบ..... 29

3.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ..... 30

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองในการทำการประมวลผลเบื้องต้น..... 31

บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและการนำงานวิจัยไปใช้..... 59

เอกสารอ้างอิง..... 71

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงการแทนค่าของแต่ละจุดสีของภาพระดับเทา 256 ระดับ..... 3
2.2 แสดงการบวกภาพระดับเทา 256 ระดับ 3
2.3 แสดงการทำอินเวิร์ทภาพระดับเทา 256 ระดับ..... 4
2.4 Bimodal image histogram..... 5
2.5 แสดงการหมุนตำแหน่งของภาพรอบจุดหมุน..... 8
2.6 แสดงการย้ายตำแหน่งของจุด P..... 9
2.7 แสดงการฉายภาพตามหลักและแถวของภาพไบนารี่..... 11
2.8 แสดงลักษณะข้อมูลภาพ..... 12
2.9 แสดงการกระทำการเบื้องต้น..... 12
2.10 แสดงถึงจุดภาพที่เราทราบ..... 13
2.11 แสดงแม่แบบข้อมูลภาพ..... 14
2.12 แสดงข้อมูลภาพแถวแรก..... 14
2.13 แสดงการยูเนียนในแถวแรก..... 14
2.14 แสดงการยูเนียนในแถวแรก..... 14
2.15 แสดงภาพผลลัพธ์จากการยูเนียน..... 15
2.16 แสดงแม่แบบกร่อนภาพกับข้อมูลต้นฉบับ..... 15
2.17 แสดงภาพผลลัพธ์ของการกร่อน..... 16
2.18 ผลลัพธ์เมื่อแม่แบบเป็น 1 ทั้งหมด..... 16
2.19 แสดงการเปิดด้วย 1 ทั้งหมด..... 17
2.20 แสดงการปิดด้วย 1 ทั้งหมด..... 18
3.1 กระดาษคำตอบแบบฝนคำของมหาวิทยาลัยนเรศวร (ย่อส่วน)..... 20
3.2 ส่วนต่าง ๆ ของกระดาษแบบฝนคำของมหาวิทยาลัยนเรศวร..... 21
3.3 แสดงส่วนต่าง ๆ ของกระดาษคำตอบ..... 22
3.4 แสดงตำแหน่งในการหาค่าความเอียงของกระดาษคำตอบ..... 24
4.1 แสดงการปรับความเอียงของกระดาษคำตอบ..... 32
4.2 (ก) แสดงภาพต้นฉบับก่อนทำการแบ่งภาพด้วยค่าขีดแบ่ง..... 34
(ข) แสดงภาพผลลัพธ์หลังจากทำการแบ่งภาพด้วยค่าขีดแบ่งที่ 128..... 34
(ค) แสดงภาพผลลัพธ์หลังจากทำการแบ่งภาพด้วยค่าขีดแบ่งอัตโนมัติโดย
วิธีของ Otsu ซึ่งคำนวนค่าขีดแบ่งได้เท่ากับ 163..... 34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.3 (ก) แสดงภาพต้นฉบับที่มีความชัดเจนน้อย..... 36

(ข) แสดงภาพผลลัพธ์ของการแบ่งภาพด้วยค่าขีดแบ่งที่ 128..... 36

(ค) แสดงภาพผลลัพธ์ของการแบ่งภาพด้วยค่าขีดแบ่งอัตโนมัติโดย

วิธีของ Otsu ซึ่งคำนวนค่าขีดแบ่งได้เท่ากับ 180..... 36

4.4 แสดงแม่แบบที่นำมาใช้ในการประมวลผลรูปร่างและลักษณะแบบต่าง ๆ..... 37

4.5 (ก) แสดงรูปกระดาษคำตอบต้นฉบับ..... 39

(ข) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการขยายด้วยแม่แบบขนาด 7x7

ที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 3x3 สีขาวบนพื้นสีดำ..... 39

(ค) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการขยายด้วยแม่แบบขนาด 7x7

ที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 5x5 สีขาวบนพื้นสีดำ..... 39

4.6 (ก) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการขยายด้วยแม่แบบขนาด 7x7

ภายในเป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำ..... 41

(ข) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการขยายด้วยแม่แบบขนาด 9x9

ภายในเป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำ..... 41

(ค) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการขยายด้วยแม่แบบขนาด 11x11

ภายในเป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำ..... 41

4.7 (ก) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการขยายด้วยแม่แบบขนาด 7x7

ภายในเป็นรูปวงกลมสีดำบนพื้นสีขาว..... 43

(ข) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการขยายด้วยแม่แบบขนาด 9x9

ภายในเป็นรูปวงกลมสีดำบนพื้นสีขาว..... 43

(ค) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการขยายด้วยแม่แบบขนาด 11x11

ภายในเป็นรูปวงกลมสีดำบนพื้นสีขาว..... 43

4.8 (ก) แสดงรูปกระดาษคำตอบต้นฉบับ..... 46

(ข) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการกร่อนด้วยแม่แบบขนาด 7x7

ที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 3x3 สีขาวบนพื้นสีดำ..... 46

(ค) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการกร่อนด้วยแม่แบบขนาด 7x7

ที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 5x5 สีขาวบนพื้นสีดำ..... 46

4.9 (ก) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการกร่อนด้วยแม่แบบขนาด 7x7

ภายในเป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำ..... 48

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

(ข) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการกร่อนด้วยแม่แบบขนาด 9x9
ภายในเป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำ..... 48

(ค) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการกร่อนด้วยแม่แบบขนาด 11x11
ภายในเป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำ..... 48

4.10 (ก) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการกร่อนด้วยแม่แบบขนาด 7x7
ภายในเป็นรูปวงกลมสีดำบนพื้นสีขาว..... 50

(ข) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการกร่อนด้วยแม่แบบขนาด 9x9
ภายในเป็นรูปวงกลมสีดำบนพื้นสีขาว..... 50

(ค) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการกร่อนด้วยแม่แบบขนาด 11x11
ภายในเป็นรูปวงกลมสีดำบนพื้นสีขาว..... 50

4.11(ก) แสดงภาพที่ผ่านการขยายด้วยแม่แบบที่เป็น
รูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาด 7x7..... 53

(ข) แสดงภาพที่ผ่านการกร่อนด้วยแม่แบบที่เป็น
รูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาด 7x7..... 53

4.12 (ก) แสดงภาพที่ผ่านการขยายด้วยแม่แบบที่เป็น
รูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาด 9x9..... 54

(ข) แสดงภาพที่ผ่านการกร่อนด้วยแม่แบบที่เป็น
รูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาด 9x9..... 54

4.13 (ก) แสดงภาพที่ผ่านการขยายด้วยแม่แบบที่เป็น
รูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาด 11x11..... 56

(ข) แสดงภาพที่ผ่านการกร่อนด้วยแม่แบบที่เป็น
รูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาด 11x11..... 56

4.14 (ก) ภาพต้นฉบับก่อนทำการฉายภาพ..... 58

(ข) ภาพฉายตามหลัก..... 58

4.15 (ก) ภาพต้นฉบับก่อนทำการฉายภาพ..... 58

(ข) ภาพฉายตามแถว..... 58

4.16 แสดงจุดตัดที่เกิดจากภาพฉายที่เกิดจากตามหลักและตามแถว..... 59

5.1 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรมต้นแบบ..... 61

5.2 แสดงเมนูหลัก..... 62

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.3 แสดงเมนูทำงานของโปรแกรม..... 62
5.4 แสดงเมนูย่อยเมื่อทำการเลือกเมนูหลัก "ไฟล์"..... 62
5.5 แสดงเมนูย่อยเมื่อทำการเลือกเมนูหลัก "ตั้งค่า"..... 62
5.6 แสดงภาพตัวอย่างของกระดาษคำตอบที่นำเข้ามาโดยใช้สแกนเนอร์..... 62
5.7 แสดงหน้าต่างเลือกไฟล์เมื่อทำการเลือก ไฟล์ → เปิดภาพ หรือกดปุ่มเปิดภาพ..... 63
5.8 แสดงการเลือกเมนูเพื่อตั้งค่ากระดาษคำตอบหลัก..... 64
5.9 แสดงรูปแบบการเก็บจุดพิกัดของ Check point ไว้ใน masteranswerconfig.properties..... 65
5.10 แสดงการตั้งค่า Check point ของกระดาษคำตอบที่ต้องการประมวลผล..... 66
5.11 แสดงรูปแบบการเก็บจุดพิกัดของ Check point ไว้ใน answerconfig.properties..... 67
5.12 แสดงการเก็บข้อมูลคำตอบของวิชาที่ต้องการตรวจคำตอบ..... 68
5.13 แสดง Excel File ที่จัดเก็บข้อมูลคะแนนที่ได้ทำการประมวลผลจากกระดาษคำตอบแล้ว..... 69

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ในปัจจุบัน สถานศึกษาต่างก็มีการสอบวัดความรู้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การสอบแข่งขันเพื่อเข้าศึกษาต่อหรือการสอบเพื่อชิงทุนการศึกษา วิธีการเก็บข้อมูลคำตอบอย่างหนึ่งที่นิยมใช้กันมากคือให้ผู้ที่จะทำการตอบเลือกทำเครื่องหมายลงบนกระดาษคำตอบ จากนั้นก็ทำการอ่านผลซึ่งจะสามารถทำได้หลายวิธีเช่นการใช้คนในการตรวจข้อสอบหรือวิธีใช้กระดาษคำตอบเจาะรูแล้วนำไปเปรียบเทียบกับกระดาษคำตอบของผู้เข้าสอบ ซึ่งการตรวจข้อสอบโดยวิธีมีนี้โอกาสที่จะผิดพลาดได้ง่ายอาจจะโดยเหตุที่ว่าผู้ตรวจข้อสอบเจาะรูกระดาษคำตอบผิดหรือผู้ตรวจข้อสอบนับคะแนนของผู้เข้าสอบผิด ดังนั้นจึงมีบางสถาบันได้นำเครื่องตรวจกระดาษคำตอบแบบอัตโนมัติซึ่งจะตรวจกระดาษคำตอบที่เป็นแบบฝนคำตรวจข้อสอบหรือการใช้เครื่องอ่านกระดาษคำตอบที่ใช้แสงอินฟาเรด (infared) ในการตรวจคำตอบ โดยการตรวจวัดแสงสะท้อนที่เกิดจากการระบายดินสอในตำแหน่งที่ต้องการตอบปัจจุบันมีความนิยมใช้การตรวจคำตอบแบบนี้มาก ซึ่งข้อดีของเครื่องตรวจกระดาษแบบนี้คือมีความรวดเร็วในการตรวจข้อสอบและมีความผิดพลาดในการตรวจข้อสอบน้อยมากอีกทั้งยังสามารถตรวจกระดาษคำตอบได้ทีละมาก ๆ ทำให้ผลคะแนนที่ตรวจออกมานั้นมีความแม่นยำสูง แต่ข้อเสียของเครื่องตรวจข้อสอบแบบนี้คือมีราคาสูงเพราะต้องนำเข้าจากต่างประเทศและถ้าเครื่องนี้เกิดเสียขึ้นมาก็ต้องเสียทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม อีกทั้งยังมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงสูงอีกด้วยและรูปแบบของเครื่องหมายคำตอบที่ตรวจได้มีเพียงลักษณะเดียวคือแบบระบายทึบด้วยดินสอดำที่มากกว่า 2B ขึ้นไป โดยไม่สามารถใช้ดินสอที่ต่ำกว่า 2B และไม่สามารถใช้ปากการะบายได้รวมทั้งจำนวนตำแหน่งที่จะสามารถทำเครื่องหมายคำตอบก็มีข้อจำกัดทั้งนี้เนื่องจากอุปกรณ์ตรวจวัดแสงสะท้อนนั้นจะถูกกำหนดให้อยู่ในตำแหน่งคงที่ ส่วนในด้านของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบก็มีข้อจำกัดคือต้องมีเครื่องหมายกำกับระยะการตรวจคำตอบซึ่งมีลักษณะเป็นแถบสีดำอยู่ที่ด้านข้างของกระดาษคำตอบ นอกจากนั้นยังมีปัญหาเกี่ยวกับการที่ไม่สามารถแยกความแตกต่างของการสะท้อนในกรณีที่มีการทำเครื่องหมายคำตอบด้วยสีที่จางหรือมีการลบแก้ไขแล้วทำเครื่องหมายใหม่แต่ไม่ชัดเจนซึ่งก่อให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจคำตอบ

ด้วยข้อเสียของเครื่องตรวจข้อสอบแบบฝนดำดังกล่าวจึงทำให้เกิดความคิดที่จะสร้างเครื่องมือสำหรับการตรวจกระดาษคำตอบแบบฝนดำขึ้นมาใหม่ให้มีราคาถูกลงโดยได้มีการนำความรู้ทางด้านทฤษฎีการประมวลผลภาพดิจิทัลมาประยุกต์ใช้ โดยเครื่องมือนี้จะเป็นโปรแกรมซึ่งจะต้องใช้ร่วมกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีอุปกรณ์สแกนเนอร์ โดยเครื่องมือนี้จะอยู่ในลักษณะของโปรแกรมที่ใช้หลักการการประมวลผลภาพทางดิจิทัลมาเป็นส่วนสำคัญในการตรวจสอบคำตอบ

บนกระดาษคำตอบซึ่งเครื่องมือนี้รวมทั้งเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีอุปกรณ์สแกนเนอร์นั้นมีราคาไม่สูงมากนักซึ่งจะช่วยลดการนำเข้าอุปกรณ์ตรวจข้อสอบจากต่างประเทศและสามารถนำเครื่องมือนี้ไปใช้ในสถานศึกษาที่มีงบประมาณจำกัด

1.2 จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาขั้นตอนวิธีและทดลองทฤษฎีการประมวลภาพทางดิจิทัล
2. เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ประยุกต์เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับการประมวลผลกระดาษคำตอบแบบกึ่งอัตโนมัติ
3. เพื่อลดการนำเข้าเครื่องตรวจกระดาษคำตอบและซอฟท์แวร์จากต่างประเทศเพื่อเป็นการลดต้นทุนทางการศึกษา
4. เพื่อจัดสร้างต้นแบบระบบการตรวจเครื่องหมายคำตอบด้วยข้อมูลรูปภาพกระดาษคำตอบที่ได้จากการเครื่องสแกนเนอร์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

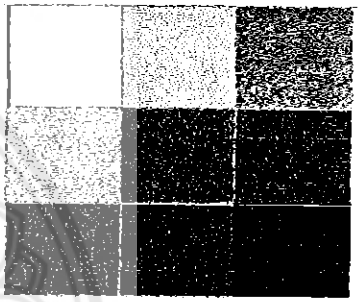
1. พัฒนาซอฟท์แวร์เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับตรวจกระดาษคำตอบแบบกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งโปรแกรมจะทำงานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีอุปกรณ์สแกนเนอร์
2. ซอฟต์แวร์จะสามารถตรวจกระดาษคำตอบได้เฉพาะกระดาษคำตอบแบบฝนคำของมหาวิทยาลัยนเรศวรเท่านั้น
3. โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาคือโปรแกรม Eclipse Platform for Java
4. ในการวิจัยครั้งนี้ถือเอาความถูกต้องของการตรวจคำตอบเป็นส่วนสำคัญมากกว่าความเร็วของการตรวจกระดาษคำตอบ

บทที่ 2
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ภาพดิจิทัล

ภาพดิจิทัลคือการแสดงภาพในรูปของเมตริกซ์ X แถวและ Y หลักโดยที่แต่ละช่องของเมตริกซ์ซึ่งเรียกว่าจุดภาพ (Pixel) จะมีค่าสีของจุดภาพนั้นอยู่โดยเมื่อนำจุดภาพที่มีค่าสีต่าง ๆ กันจำนวนหนึ่งมาเรียงกันกว้าง X สูง Y ก็สามารถที่จะแสดงเป็นภาพดิจิทัลได้

255	205	155
178	128	51
101	24	0



รูปที่ 2.1 แสดงการแทนค่าของแต่ละจุดสีของภาพระดับเทา 256 ระดับ
(กำหนดให้ 0 คือสีขาว 255 คือสีดำ)

2.2 การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing)

การประมวลผลภาพดิจิทัลคือการนำภาพดิจิทัลที่เป็นลักษณะของเมตริกซ์มากระทำการใด ๆ ซึ่งอาจเป็นการกระทำเบื้องต้นทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก,ลบ,คูณหรือหาร และอาจจะมีการกระทำเบื้องต้นทางตรรกศาสตร์ เช่น AND, OR, XOR เป็นต้น ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงการประมวลผลกับภาพดิจิทัลที่เป็นภาพระดับเทา 256 ระดับเป็นหลัก

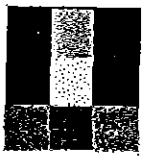
0	30	0
50	0	50
0	100	0

+

10	30	10
255	10	255
100	100	100

=

255	60	255
255	10	255
100	200	100



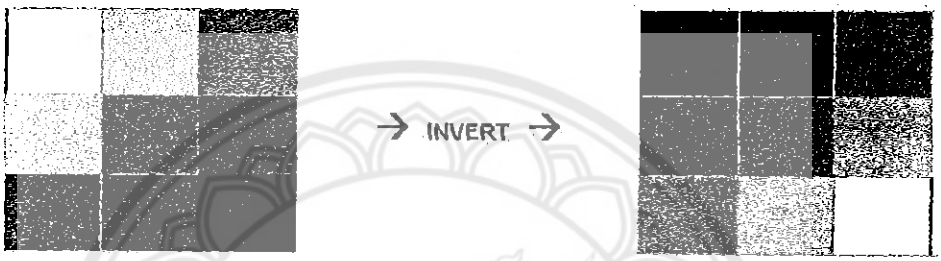
รูปที่ 2.2 แสดงการบวกภาพระดับเทา 256 ระดับ

2.3 การทำอินเวิร์ทภาพ (Image Inversion)

การทำอินเวิร์ทภาพ (การคอมพลิเมนต์) คือการทำให้ภาพเหมือนเป็นภาพเนกาทีฟ นั่นคือ ในส่วนที่เป็นสีขาวจะกลายเป็นสีดำ ส่วนที่เป็นสีดำจะกลายเป็นสีขาว ดังนั้นถ้าภาพระดับเทา 256 ระดับ มีจุดภาพสีขาวคือ 255 และจุดภาพสีดำคือ 0 การทำอินเวิร์ทภาพจะเป็นไปตามสมการ

$$I'(x,y) = 255 - I(x,y)$$

เมื่อ $I(x,y)$ คือความเข้มของระดับเทา ณ จุดภาพใด ๆ ของภาพต้นฉบับและ $I'(x,y)$ คือความเข้มระดับเทา ณ จุดภาพใด ๆ ของภาพผลลัพธ์



รูปที่ 2.3 แสดงการทำอินเวิร์ทภาพระดับเทา 256 ระดับ

2.4 การแยกข้อมูลภาพออกเป็นส่วน ๆ (Image Segmentation)

Image Segmentation คือ การแยกข้อมูลภาพออกเป็นส่วน ๆ ซึ่งจะทำให้สามารถแยกข้อมูลภาพของส่วนที่ต้องการออกมาได้

วิธีการพื้นฐานสำหรับการแยกข้อมูลภาพออกเป็นส่วนๆ คือการพิจารณา Image amplitude (ได้แก่การพิจารณาความสว่างของภาพสำหรับภาพระดับเทา) นอกจากนี้ขอบของภาพและลักษณะของ พื้นผิว ก็เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะทำให้สามารถทำการแยกข้อมูลภาพออกเป็นส่วน ๆ ทำได้สะดวกยิ่งขึ้น

วิธีการแบ่งข้อมูลภาพออกเป็นส่วน ๆ มีวิธีดังนี้

- Amplitude segmentation methods
- Region segmentation methods
- Boundary detection

จะเห็นว่าวิธีการแยกข้อมูลภาพออกเป็นส่วน ๆ มีอยู่หลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการแบ่งข้อมูลภาพออกเป็นส่วน ๆ โดยใช้วิธี Amplitude segmentation methods ดังนั้นจึงขอกล่าวถึงเพียงแค่วิธี Amplitude segmentation methods

สำหรับการแยกข้อมูลภาพออกเป็นส่วน ๆ ในหัวข้อนี้จะเป็นการพิจารณาความเข้มของจุดภาพต่าง ๆ ภายในภาพ ซึ่งผลของการแยกข้อมูลภาพจะขึ้นอยู่กับวิธีการหาค่าขีดแบ่งของส่วนประกอบที่เป็นความเข้มหรือสีของภาพ ซึ่งมีอยู่หลายวิธีด้วยกันดังนี้คือ

2.4.1 Bilevel Luminance Thresholding

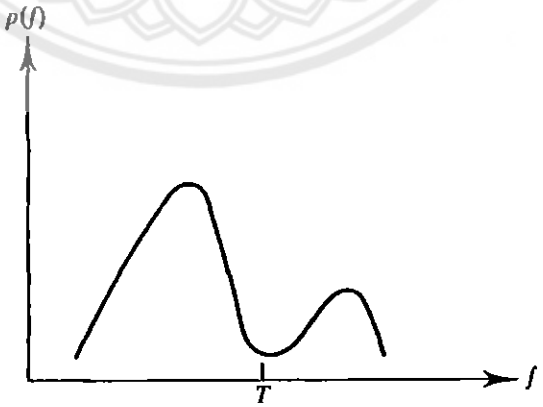
สำหรับภาพบางชนิดจะมีลักษณะวัตถุที่เราสนใจซึ่งมีความเข้มคงที่เมื่อเทียบกับพื้นหลังตัวอย่างได้แก่ ภาพของตัวอักษร (Text) เป็นต้น ภาพเหล่านี้จะมีความเข้มของวัตถุที่เราสามารถแยกออกพื้นหลังได้อย่างชัดเจน (มีความเข้มสองระดับได้แก่ความเข้มของวัตถุและความเข้มของพื้นหลัง)

การทำการแยกข้อมูลภาพออกเป็นส่วนๆ สามารถทำได้โดยการกำหนดค่าขีดแบ่งซึ่งเป็นค่าความเข้มให้มีค่าที่สามารถแยกความแตกต่างของวัตถุและพื้นหลังได้ตัวอย่างอย่างเช่น ภาพของตัวอักษรที่มีความความเข้มของตัวอักษรเป็น 0 (สีดำ) และมีความเข้มของพื้นหลังเป็น 255 (สีขาว) ดังนั้นค่าขัดแย้ง จึงควรจะมีค่าเท่ากับ 128 เพื่อที่จะให้สามารถแยกวัตถุออกจากพื้นหลังได้ โดยปกติแล้วการเลือกค่า ขีดแบ่งจะขึ้นอยู่กับ ฮิสโตแกรม (Histogram) ของภาพ ตามรูปที่ 4 แสดงการหาค่าขีดแบ่งโดยค่าขีดแบ่งควรที่จะเลือกค่าในฮิสโตแกรมที่อยู่ที่จุดต่ำสุดระหว่างจุดยอด(peaks) เมื่อ

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 \text{เมื่อ} (x,y) > T \\ 0 \text{เมื่อ} (x,y) \text{เป็นค่าอื่น} \end{cases} \qquad (2\text{-}1)$$

เมื่อ $g(x,y)$ เป็นข้อมูลภาพ ณ ตำแหน่งที่ x,y

T เป็นค่าขีดแบ่ง



รูปที่ 2.4 Bimodal image histogram

ตัวอย่างโปรแกรมสำหรับการแยกข้อมูลภาพออกเป็นส่วนๆ มีลักษณะเป็นดังนี้คือ

```
int thres(a,b,t,N1,M1,N2,M2)
image a,b;
int t;
int N1,M1,N2,M2;

/*Subroutine to threshold an image
        a,b: buffers
        t: threshold (integer)
        N1, M1: start coordinates
        N2, M2: end coordinates        */

{ int i,j;
  for(i=N1; i<N2; i++)
     for(j=M1; j<M2; j++)
        if(a[i][j]<t) b[i][j]=0; else b[i][j]=1;
     return(0);
}
```

2.4.2 Multilevel Luminance Thresholding

สำหรับภาพที่จะประกอบด้วยหลาย ๆ วัตถุสามารถทำการแยกข้อมูลภาพออกเป็นส่วนๆ ได้โดยการใช้ค่าขีดแบ่งหลาย ๆ ค่า สำหรับภาพที่มี N วัตถุโดยที่แต่ละวัตถุจะมีช่วงกว้างของความเข้มเท่ากับ R_i (กำหนดได้ด้วยค่าขีดแบ่ง 2 ค่าคือ T_{i-1}, T_i) สามารถทำการแยกข้อมูลภาพออกเป็นส่วน ๆ ได้ดังนี้

$$g(x,y) = R_i \qquad \text{เมื่อ } T_{i-1} \le f(x,y) \le T_i), \;\; i = 1,\ldots,N \qquad (2\text{-}2)$$

ค่าขีดแบ่งสามารถหาได้จากฮิสโตแกรมของภาพ แต่ในหลาย ๆ กรณีที่การเปลี่ยนแปลงของฮิสโตแกรมไม่สามารถบอกการเปลี่ยนแปลงระหว่างวัตถุได้อย่างชัดเชน วิธีการที่ง่ายที่สุดที่จะทำให้ฮิสโตแกรมสามารถหาค่าขีดแบ่งได้ง่ายขึ้นก็คือการใช้วิธี การหาขอบภาพ(Edge Detection) เพื่อพิจารณาจุดภาพต่าง ๆ ของภาพว่าเป็นขอบของวัตถุหรือไม่

ตัวอย่างโปรแกรมสำหรับขั้นตอนวิธีที่ 2

```
int segm(a,b,nr,N1,M1,N2,M2)
```

```
image a,b;
int nr;
int N1,M1,N2,M2;

/* Subroutine to segment an image in n regions
a,b: buffers
nr: number of regions (integer)
N1,M1: start coordinates
N2,M2: end coordinates */

{ int i,j;
 nr=256/nr;
 for(i=N1; i<N2; i++)
   for(j=M1; j<M2; j++)
     b[i][j]=((int)a[i][j]/nr)*nr;
   return 0;
 }
```

2.5 การแปลงข้อมูลภาพในสองมิติ (Two Dimensional Geometric Transformation)

Transformation เป็นการแปลงข้อมูลภาพซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงสำหรับในสองมิติเท่านั้น การแปลงภาพเป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับการประมวลผลภาพดิจิทัล เนื่องจากเป็นกระบวนการที่จะนำไปสู่การวิเคราะห์ภาพ (Digital Image Analysis)

2.5.1 การเลื่อนภาพ (Translation)

เป็นการเลื่อนตำแหน่งของภาพตามระยะการขจัดทางแนวแกน x (Tx) และตามแนวแกน y (Ty) เมื่อกำหนดให้พิกัดเดิมคือ (x, y) และพิกัดใหม่คือ (x', y') จะได้สมการของการเลื่อนภาพดังนี้คือ

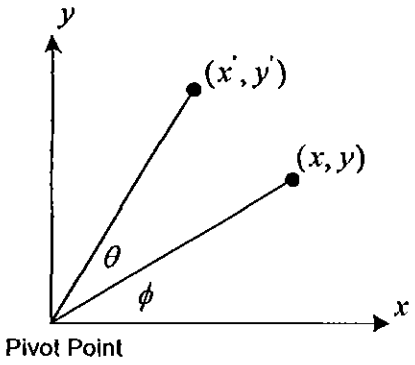
$$x' = x + Tx \qquad y' = y + Ty \tag{2-3}$$

ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของเมตริกได้ มีลักษณะดังนี้คือ $P' = P + T$ เมื่อ

$$P' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} \quad P = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \text{ และ } T = \begin{bmatrix} Tx \\ Ty \end{bmatrix} \tag{2-4}$$

2.5.2 การหมุนภาพ (Rotation)

เป็นการหมุนตำแหน่งของภาพในระนาบ xy รอบจุดหมุน (Pivot Point)



รูปที่ 2.5 แสดงการหมุนตำแหน่งของภาพรอบจุดหมุน

จากรูปที่ 5 จะได้ว่า

$$x = r\cos(\phi) \qquad y = r\sin(\phi) \tag{2-5}$$

และ

$$x' = r\cos(\phi+\theta) = r(\cos\phi\cos\theta - \sin\phi\sin\theta)$$
$$y' = r\sin(\phi+\theta) = r(\sin\phi\cos\theta - \cos\phi\sin\theta) \tag{2-6}$$

จะได้สมการของการหมุนรอบจุดหมุน ดังนี้คือ

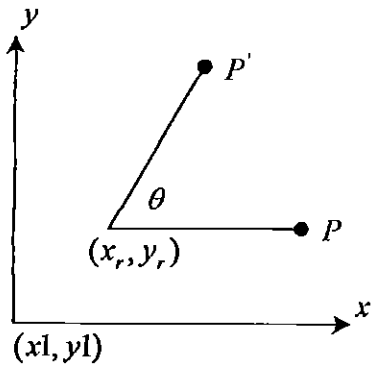
$$x' = x\cos(\theta) - y\sin\theta$$
$$y' = x\sin(\theta) - y\cos\theta \tag{2-7}$$

ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของเมทริกซ์ได้ มีลักษณะดังนี้คือ $P' = R.P$ เมื่อ

$$P' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} \qquad P = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \text{ และ } R = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \tag{2-8}$$

การหมุนภาพเมื่อจุดหมุน ไม่ได้อยู่ที่จุดกำเนิด

พิจารณาเมื่อจุดหมุน ไม่ได้อยู่ในตำแหน่ง (0,0) (ย้ายไปอยู่ที่ตำแหน่ง (x_r, y_r)



รูปที่ 2.6 แสดงการย้ายตำแหน่งของจุด P

วิธีการในการหมุนภาพเมื่อจุดหมุนไม่ได้อยู่ที่จุดกำเนิด สามารถทำได้ดังนี้คือ

1. ทำการเปลี่ยนจุดs,6o ไปยังจุดกำเนิด

$$xl = x - x_r$$
$$yl = y - y_r \qquad (2\text{-}9)$$

2. ทำการหมุนรอบจุดกำเนิด
3. ย้ายกลับไปยังจุดเดิม โดยการบวกด้วย x_r และ y_r
4. สมการการหมุนรอบจุดหมุน ใด ๆ ที่ไม่ใช้จุดกำเนิด มีลักษณะดังนี้คือ

$$x' = (x - x_r)\cos\theta - (y - y_r)\sin\theta + x_r$$
$$y' = (x - x_r)\sin\theta + (y - y_r)\cos\theta + y_r \qquad (2\text{-}10)$$

2.3.1.3 การย่อและขยายภาพ (Scaling)

การย่อและการขยายภาพสามารถทำได้โดยการใช้ Scaling factor ได้แก่ Sx และ Sy ซึ่งใช้สำหรับการย่อและการขยายภาพในทางแกน x และ y ตามลำดับ โดยถ้า

$0 < S_x, S_y < 1$	แสดงว่าเป็นการย่อภาพ
$S_x, S_y > 1$	แสดงว่าเป็นการขยายภาพ
$S_x = S_r$	แสดงว่าย่อและขยายจะเป็นไปตามสัดส่วน
$S_x \neq S_r$	แสดงว่าย่อและขยายจะไม่เป็นไปตามสัดส่วนส่วน

สมการของการย่อและขยายภาพ จะมีลักษณะดังนี้

$$x' = x.S_x$$
$$y' = y.S_y \qquad (2\text{-}11)$$

ดังนั้นย่อและขยายภาพโดยใช้เมทริกซ์จะมีลักษณะดังนี้คือ $P' = S.P$ **เมื่อ**

$$P' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} \qquad P = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \text{ และ } S = \begin{bmatrix} S_x & 0 \\ 0 & S_y \end{bmatrix} \qquad (2\text{-}12)$$

การย่อและขยายภาพเมื่อจุด ไม่ได้อยู่ที่จุด Origin

วิธีการในการย่อและขยายภาพเมื่อจุดกำหนด ของการย่อและขยาย**ไม่ได้อยู่ที่จุดกำเนิด** สามารถทำได้ดังนี้คือ

1. ให้ย้ายตำแหน่งไปยังจุดกำเนิด
2. ทำการย่อและขยายรอบจุดกำเนิด
3. ย้ายไปยังจุดกำหนดเหมือนเดิม

ซึ่งจะได้สมการของย่อและขยายภาพดังนี้คือ

$$x' = (x - x_f)S_x + x_f$$
$$y' = (y - y_f)S_x + y_f \qquad (2\text{-}13)$$

จะแปลงได้เป็นดังนี้คือ

$$x' = xS_x + x_f(1 - S_x)$$
$$y' = yS_y + y_f(1 - S_y) \qquad (2\text{-}14)$$

ดังนั้นการย่อและขยายภาพโดยใช้เมทริกซ์จะมีลักษณะดังนี้คือ

$$P' = \begin{bmatrix} S_x & 0 \\ 0 & S_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_f(1 - S_x) \\ y_f(1 - S_y) \end{bmatrix} \qquad (2\text{-}15)$$

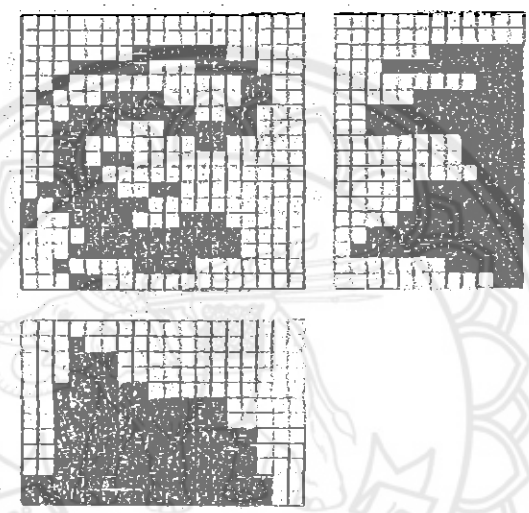
2.6 การฉายภาพ (Image Projection)

การฉายภาพเป็นการกระทำกับภาพไบนารี่ (ภาพระดับเทา 2 ระดับ)ซึ่งจะเป็นการหาจำนวนของจุดภาพที่มีค่าเป็น 1 (สีขาว)ในแต่ละแถวและหลักของภาพไบนารี่ซึ่งเป็นไปตามสมการ

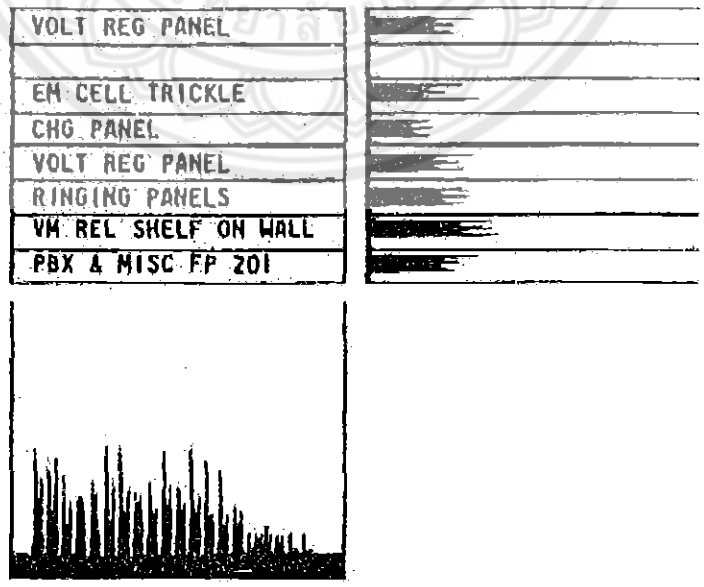
$$H[i] = \sum_{j=1}^{m} B[i, j] \tag{2-16}$$

$$V[i] = \sum_{i=1}^{n} B[i, j] \tag{2-17}$$

เมื่อ $H[i]$ คือการฉายภาพตามหลักของภาพและ $V[i]$ คือการฉายภาพตามแถวของภาพ



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.7 (ก),(ข) แสดงการฉายภาพตามหลักและแถวของภาพไบนารี่

2.7 การประมวลผลภาพเชิงรูปร่าง (Morphological Image Processing)

การประมวลผลภาพเชิงรูปร่างเป็นการประมวลผลภาพโดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ การกระทำพื้นฐานโดยทั่วไปได้แก่ การขยาย (Dilation) การกร่อน (Erosion) และการทำให้เป็นโครงร่าง (Skeletonize)

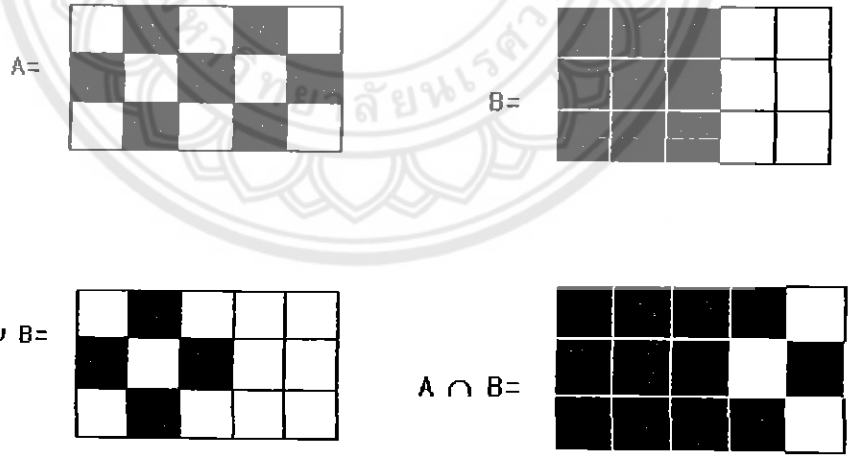
นอกจากการกระทำพื้นฐานดังที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วยังมีการกระทำอื่น ๆ อีกที่ได้กล่าวได้แก่ การเปิด (Opening) และการปิด (Closing)

2.7.1 การกระทำพื้นฐานสำหรับรูปร่างหรือโครงสร้างพื้นฐาน

พิจารณาข้อมูลภาพจะเป็นลักษณะดังนี้

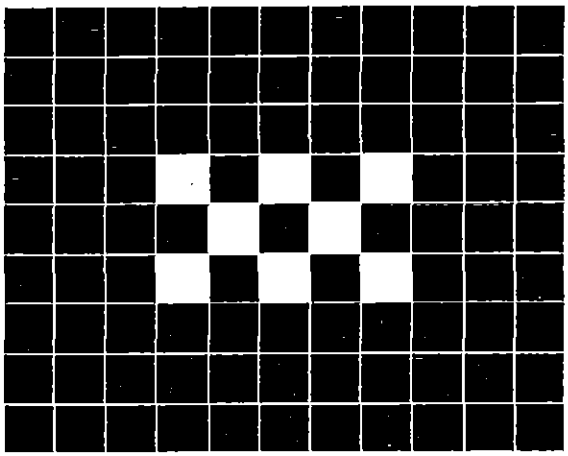
รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะข้อมูลภาพ

เนื่องจากเราสามารถแทนลักษณะภาพได้ดังรูปที่ 1 ดังนั้นเราสามารถกำหนดให้มี ข้อมูลภาพสำหรับการกระทำได้ ดังนี้คือ



รูปที่ 2.9 แสดงการกระทำการเบื้องต้น

หมายเหตุ ข้อมูลภาพตามรูปที่ 2.9 แสดงถึงจุดภาพที่เราทราบ(ค่าเท่ากับ 1) และค่าที่เราไม่ทราบ(แสดงด้วย *) ชุดของข้อมูลภาพจะขยายออกไปทางด้านบน ล่าง ซ้าย ขวาแบบไม่จำกัด



รูปที่ 2.10 แสดงถึงจุดภาพที่เราทราบ

วงกลมที่ล้อมรอบจุดภาพ 1 ตามรูปที่ 10 แสดงตำแหน่งเริ่มต้นของภาพ (Origin)

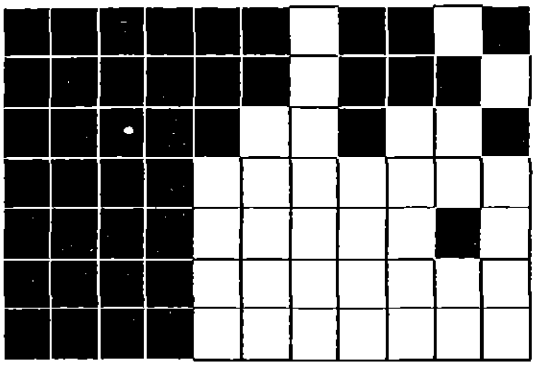
2.7.2 การขยายและการกร่อน (Dilation and Erosion)

2.7.2.1 การขยาย (Dilation)

การขยายภาพในที่นี้จะพิจารณาสำหรับข้อมูลภาพที่เป็นแบบไบนารีโดยการใช้เทคนิคการ Hit และ Miss ซึ่งจะกล่าวต่อไป การขยายภาพจะทำได้โดยกำหนดแม่แบบ (ซึ่งสามารถสร้างได้จากช่องสีดำและช่องสีขาว โดยมีจุดเริ่มต้นที่กำหนดโดยวงกลม) และนำแม่แบบ นี้สแกนไปบนข้อมูลภาพตามลำดับตลอดทั้งภาพซึ่งในขณะที่จุดเริ่มของแม่แบบตรงกับตำแหน่งข้อมูลภาพที่จุดภาพมีค่าเท่ากับ 1 นั้นก็จะทำการยูเนียนแม่แบบ นี้เข้ากับข้อมูลภาพดังตัวอย่าง

ตัวอย่าง

ข้อมูลภาพ แม่แบบ



รูปที่ 2.11 แสดงแม่แบบข้อมูลภาพ

ข้อมูลแถวแรกของภาพเป็นดังนี้

รูปที่ 2.12 แสดงข้อมูลภาพแถวแรก

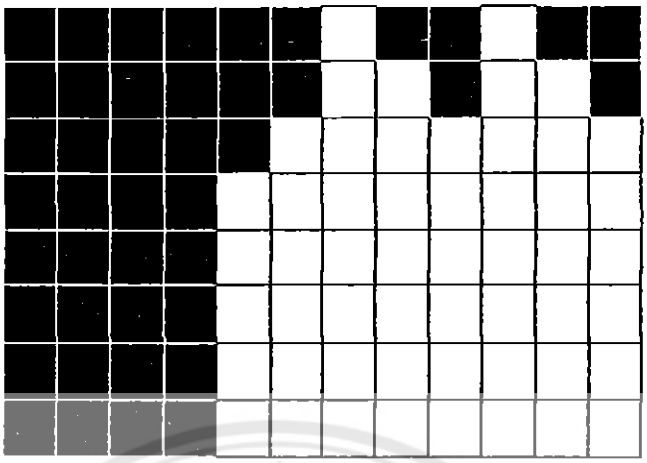
เมื่อทำการยูเนียนกับแม่แบบ ณ. ตำแหน่งข้อมูลภาพที่จุดภาพเท่ากับ 1 ในแถวแรก

รูปที่ 2.13 แสดงการยูเนียนในแถวแรก

และเมื่อยูเนียนกับแม่แบบเข้ากับจุดภาพที่มีค่าเท่ากับ 1 ณ. ตำแหน่งจุดภาพที่สองในแถวแรก

รูปที่ 2.14 แสดงการยูเนียนในแถวแรก

และเมื่อทำการยูเนียนทั้งภาพจะได้ภาพสุดท้ายดังนี้



รูปที่ 2.15 แสดงภาพผลลัพธ์จากการยูเนียน

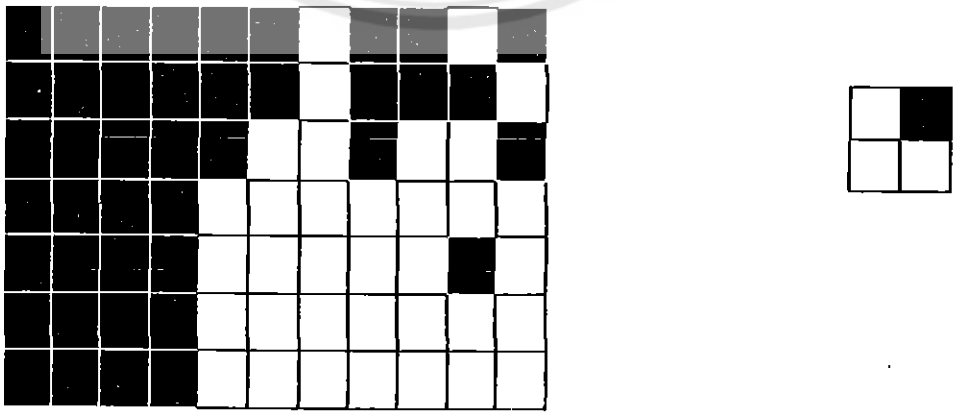
2.7.2.2 การกร่อนภาพ (Erosion)

การกร่อนภาพเป็นลักษณะของการลบข้อมูลภาพบริเวณขอบของภาพการกร่อนภาพสามารถทำได้มีลักษณะคล้ายกับการขยายภาพโดยการสร้างแม่แบบขึ้นแล้วนำแม่แบบไปสแกนตามข้อมูลภาพ

สำหรับทุกตำแหน่งที่เลื่อนแม่แบบไปบนภาพก็จะมีการเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพ ถ้าข้อมูลภาพมีค่าเหมือนกับแม่แบบ จะทำการกำหนดค่าข้อมูลภาพในตำแหน่งที่ตรงกับจุดเริ่มต้นของแม่แบบ ถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1

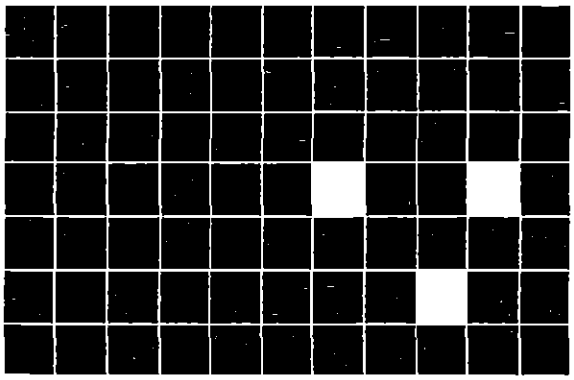
ตัวอย่าง

ข้อมูลภาพ แม่แบบ



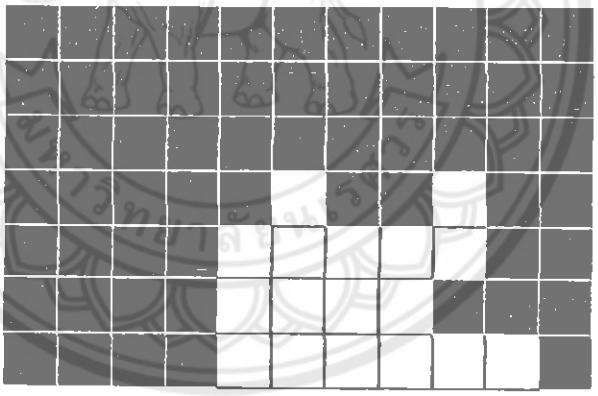
รูปที่ 2.16 แสดงแม่แบบกร่อนภาพกับข้อมูลต้นฉบับ

ผลที่ได้จะมีเพียง 3 ตำแหน่งเท่านั้นที่มีค่าเหมือนกับ แม่แบบ



รูปที่ 2.17 แสดงภาพผลลัพธ์ของการกร่อน

ผลที่ได้ตามรูปที่ 17 ข้อมูลภาพที่ผ่านการกระทำกับแม่แบบ แล้วพบว่ามีข้อมูลของภาพเพียง 3 ตำแหน่งเท่านั้นที่เหมือนกับ แม่แบบ ถ้ามีการเปลี่ยน แม่แบบ เป็น $\begin{matrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{matrix}$ ผลที่ได้มีลักษณะดังนี้คือ



รูปที่ 2.18 ผลลัพธ์เมื่อแม่แบบเป็น 1 ทั้งหมด

ผลที่ได้ตามรูปที่ 18 จะเห็นว่าจะเป็นการย่อขนาดของภาพแต่สามารถย่อขนาดได้น้อยกว่าเมื่อใช้ แม่แบบ $\begin{matrix} 1 & * \\ 1 & 1 \end{matrix}$ ซึ่งได้ผลเป็นที่น่ายอมรับมากกว่าดังนั้นในการเลือกแม่แบบ เป็นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งในการย่อและขยายภาพ

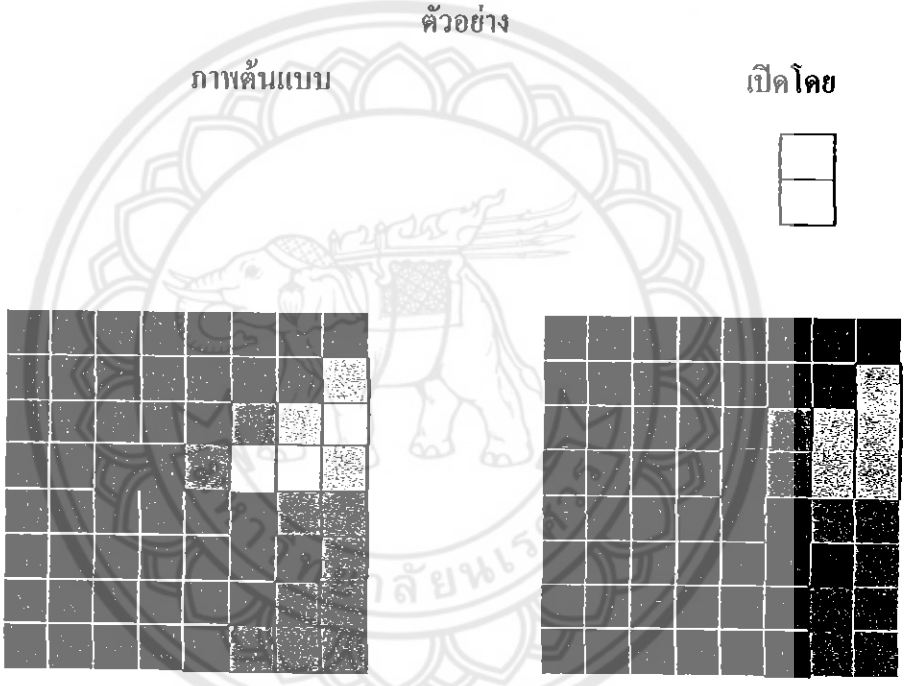
2.7.3 การปิดและเปิด (Opening and Closing)

2.7.3.1 การเปิด (Opening)

กำหนดให้ OPEN (I, T) เป็นการเปิดของภาพ I โดยใช้ แม่แบบ T ซึ่งมีลักษณะดังสมการต่อไปนี้

$$OPEN(I,T) = D(E(I)) \tag{2-18}$$

จากสมการจะได้ว่าการทำการกระทำ OPEN คือการนำข้อมูลภาพ I ผ่านการทำกร่อนภาพ (การกร่อนภาพ) แล้วตามด้วยการขยายภาพ (การขยายภาพ) โดยใช้ แม่แบบ ชุดเดียวกันคือ T



รูปที่ 2.19 แสดงการเปิดด้วย I ทั้งหมด

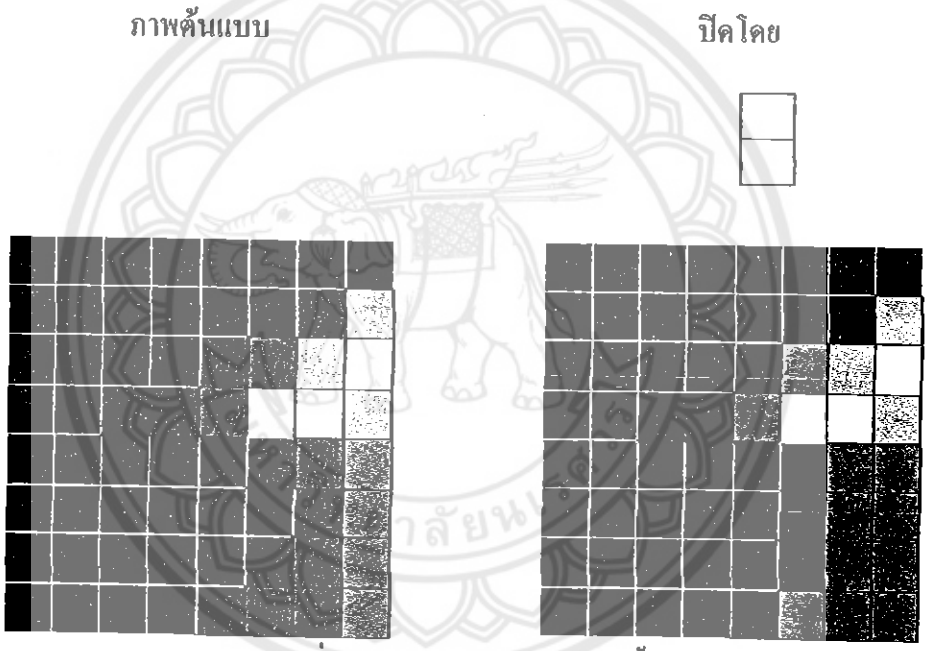
2.7.3.2 การปิด (Closing)

กำหนดให้ CLOSE (I, T) เป็นการปิดของภาพ I โดยใช้ แม่แบบ T ซึ่งมีลักษณะดังสมการต่อไปนี้

$$CLOSE(I,T) = E(D(I)) \qquad (2\text{-}19)$$

จากสมการจะได้ว่าการทำการกระทำ CLOSE คือการนำข้อมูลภาพ I ผ่านการทำการขยายภาพ (การขยายภาพ) แล้วตามด้วยการกร่อนภาพ (การกร่อนภาพ) โดยใช้ แม่แบบ ชุดเดียวกันคือ T

ตัวอย่าง



รูปที่ 2.20 แสดงการปิดด้วย 1 ทั้งหมด

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในหัวข้อนี้กล่าวถึงรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนในการที่จะทำการประมวลกระดาษคำตอบปรนัยแบบฝนดำของมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งจะกล่าวตั้งแต่ขั้นตอนการประมวลผลเบื้องต้นเพื่อทำการเตรียมข้อมูลของกระดาษคำตอบปรนับแบบฝนดำของมหาวิทยาลัยนเรศวร ในรูปแบบของภาพดิจิทัลเพื่อที่จะนำไปทำการประมวลผลในการหาจุดการระบายคำตอบในแต่ละตัวเลือกในแต่ละข้อของกระดาษคำตอบ

ในการออกแบบการทำงานของโปรแกรมเราจำเป็นที่จะต้องทราบถึงลักษณะเฉพาะของกระดาษคำตอบเหตุเพราะ Input ของโปรแกรมเป็นข้อมูลภาพดิจิทัลของกระดาษคำตอบดังนั้นเราจึงต้องมีการศึกษาลักษณะเฉพาะของกระดาษคำตอบเพื่อที่จะนำลักษณะเฉพาะนั้น ๆ ไปเป็นจุดสังเกตในการประมวลผลของโปรแกรม

การประมวลผลเบื้องต้นนั้นจะเป็นการทำการทำให้ข้อมูลภาพดิจิทัลของกระดาษคำตอบปรนัยแบบฝนดำของมหาวิทยาลัยนเรศวรเป็นข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการให้โปรแกรมตรวจกระดาษคำตอบที่พัฒนาขึ้นมา ซึ่งข้อมูลภาพดิจิทัลของกระดาษคำตอบแบบปรนัยของมหาวิทยาลัยนเรศวรที่รับเข้ามานั้นอาจจะมีการผิดพลาด เช่นเมื่อทำการรับภาพของกระดาษคำตอบโดยใช้สแกนเนอร์อาจจะมีความผิดพลาดเนื่องจากการวางตำแหน่งของกระดาษคำตอบทำให้กระดาษเอียงเป็นผลให้การประมวลผลของโปรแกรมผิดพลาดได้ โดยในการประมวลผลเบื้องต้นนั้นข้อมูลภาพดิจิทัลที่ได้หลังจากการทำขั้นตอนดังกล่าวจะเป็นข้อมูลที่สมบูรณ์กล่าวคือภาพดิจิทัลนั้นจะเป็นภาพที่ไม่มีการเอียงของกระดาษคำตอบและกระดาษคำตอบอยู่ในทิศทางที่ถูกต้อง ผลลัพธ์ที่สำคัญหลังจากการทำการประมวลผลเบื้องต้นอีกอย่างหนึ่งก็คือทำให้เหลือแต่ข้อมูลของการระบายคำตอบในแต่ละตัวเลือกในแต่ละข้อซึ่งเป็นส่วนสำคัญมากในการนำข้อมูลไปทำการประมวลผลในโปรแกรม

การประมวลผลข้อมูลภาพดิจิทัลหลังจากการทำการประมวลผลเบื้องต้นนั้นจะเป็นขั้นตอนของการหาว่าในแต่ละตัวเลือกในแต่ละข้อของกระดาษคำตอบนั้น มีการเลือกตัวเลือกใด ซึ่งในการหาตัวเลือกนั้นจะใช้วิธีการฉายภาพในการหาตำแหน่งของตัวเลือกในแต่ละข้อของกระดาษคำตอบซึ่งในการที่จะสามารถหาตำแหน่งของตัวเลือกได้ถูกต้องนั้น จำเป็นที่จะต้องมีการทำการประมวลผลเบื้องต้นในส่วนของการปรับแก้การเอียงของกระดาษคำตอบให้ถูกต้องแม่นยำที่สุดเพื่อให้ผลในการหาตำแหน่งของตัวเลือกแต่ละตัวเลือกเป็นไปได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

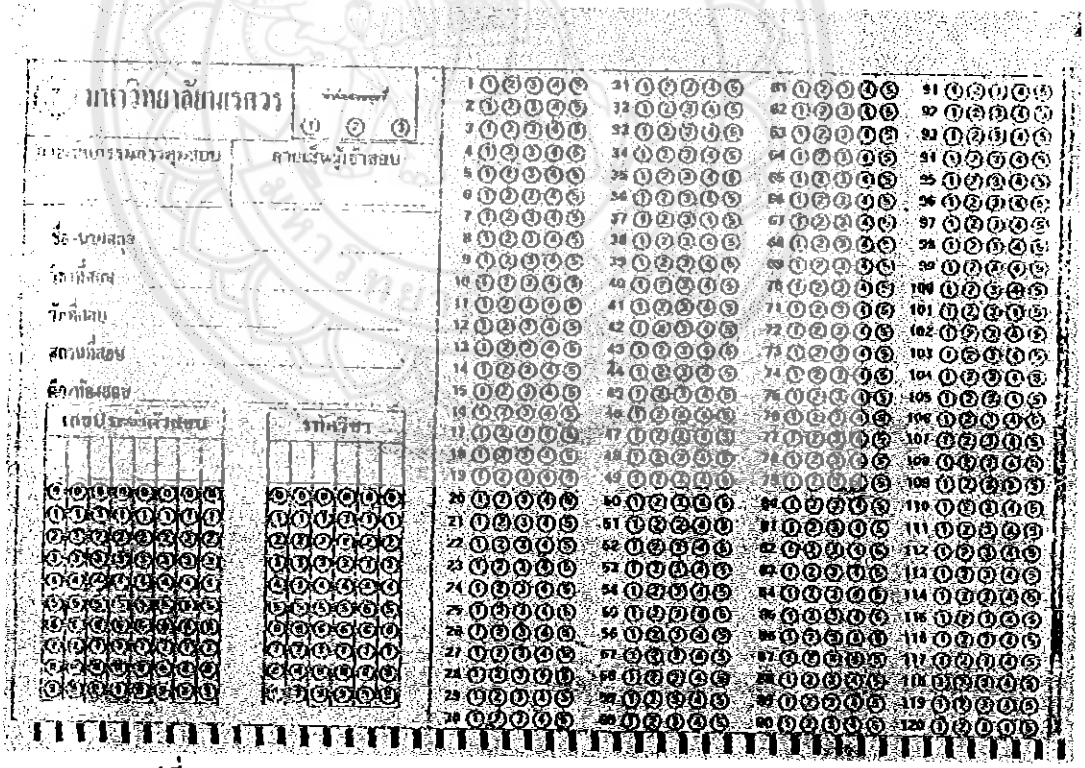
ในขั้นตอนทั้งสองที่กล่าวมากล่าวคือการประมวลผลเบื้องต้นและการประมวลในโปรแกรมเพื่อการหาคำตอบของการระบายคำตอบบนกระดาษคำตอบนั้นเป็นขั้นตอนที่กลุ่มผู้พัฒนาจะทำการอธิบายให้เห็นขั้นตอนการทำงานได้ชัดเจนยิ่งขึ้นในบทนี้

3.1 กระดาษคำตอบปรนัยแบบฝนดำของมหาวิทยาลัยนเรศวร

ในการพัฒนาโปรแกรมนี้กลุ่มผู้พัฒนาได้ใช้กระดาษคำตอบปรนัยแบบฝนดำของมหาวิทยาลัยนเรศวรเป็นต้นแบบในการพัฒนารขั้นตอนวิธีการทำงานของโปรแกรม ซึ่งในขอบเขตของโครงงานก็ได้กำหนดไว้ว่าจะใช้กระดาษคำตอบปรนัยแบบฝนดำของมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งในการที่จะสามารถพัฒนาโปรแกรมให้สามารถทำการประมวลผลการระบายคำตอบบนกระดาษคำตอบได้นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะต้องทราบคุณสมบัติหรือลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ของข้อมูลภาพดิจิทัลของกระดาษคำตอบนั้น เพื่อที่จะสามารถทำการพัฒนาโปรแกรมให้มีความสามารถได้อย่างที่ต้องการ

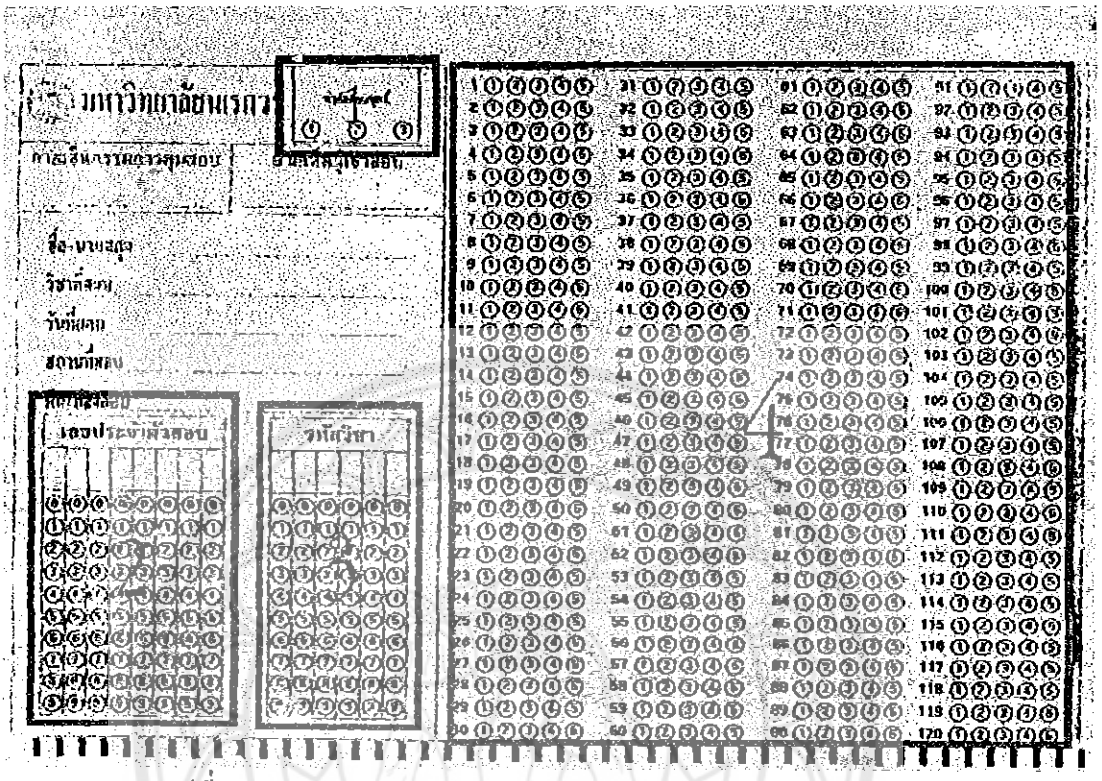
3.1.1 ลักษณะของกระดาษคำตอบปรนัยแบบฝนดำของมหาวิทยาลัยนเรศวร

กระดาษคำตอบปรนัยแบบฝนดำของมหาวิทยาลัยนเรศวรที่ได้รับมาเพื่อนำมาศึกษาเป็นสำเนาของกระดาษคำตอบบนกระดาษถ่ายเอกสารขนาด 70 แกรม ซึ่งผู้พัฒนาได้ทำการนำเข้ากระดาษคำตอบนี้ด้วยสแกนเนอร์โดยนำเข้าเป็นภาพดิจิทัลแบบบิตแมประดับเทา 256 ระดับโดยใช้ความละเอียดที่ 100 dpi



รูปที่ 3.1 กระดาษคำตอบแบบฝนดำของมหาวิทยาลัยนเรศวร (ย่อส่วน)

กระดาษคำตอบแบบฝนดำของมหาวิทยาลัยนเรศวรนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่ใส่ข้อมูลด้วยการเขียนด้วยลายมือและส่วนที่ใส่ข้อมูลด้วยการฝนดำซึ่งในการทดลองนี้กลุ่มผู้ทำโครงงานได้ทำการทดลองกับเฉพาะส่วนที่ใส่ข้อมูลด้วยการฝนดำ

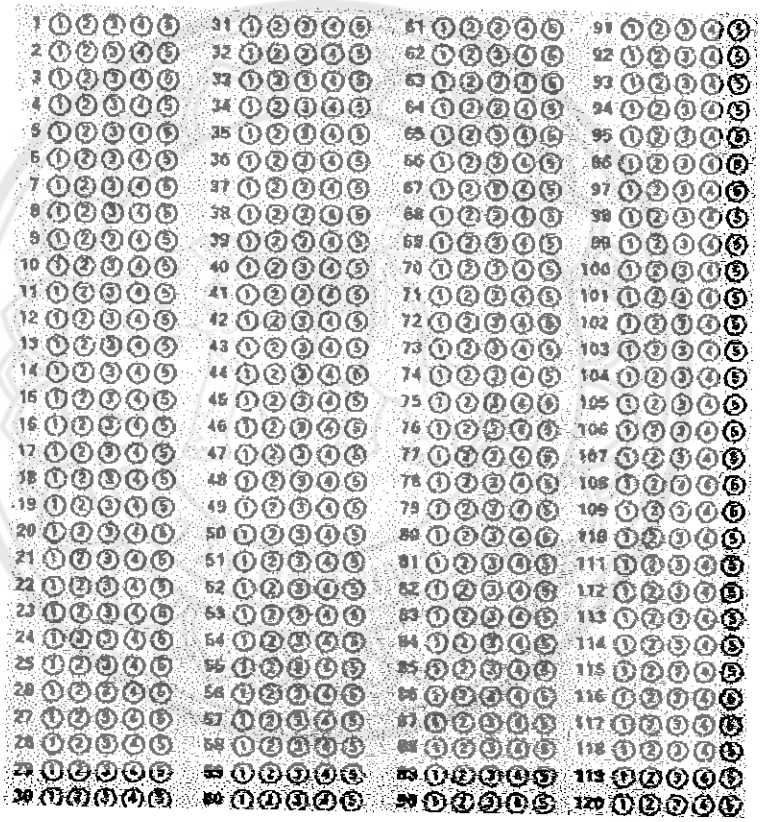


รูปที่ 3.2 ส่วนต่าง ๆ ของกระดาษแบบฝนดำของมหาวิทยาลัยนเรศวร

ส่วนที่ใส่ข้อมูลด้วยการฝนดำนั้นจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ

1. ข้อสอบชุดที่
2. เลขประจำตัวสอบ
3. รหัสวิชา
4. ส่วนระบายคำตอบ

(ก) (ข) (ค)



(ง)

รูปที่ 3.3 (ก) ส่วนที่ระบุข้อสอบชุดที่, (ข) ส่วนที่ระบุเลขประจำตัวสอบ (ค) ส่วนที่ระบุรหัสวิชา, (ง) ส่วนที่ระบาย

3.2 การประมวลผลเบื้องต้นกับภาพที่ต้องการนำมาประมวลผล

ในการที่จะทำการประมวลผลเพื่อทำการหาคำตอบของการระบายบนภาพดิจิทัลของกระดาษคำตอบปรนัยแบบฝนดำของมหาวิทยาลัยนเรศวรนั้น จะต้องมีการประมวลผลเบื้องต้นกับข้อมูลภาพดิจิทัลนั้นก่อน สาเหตุที่จะต้องมีการทำการประมวลผลเบื้องต้นนั้นคือข้อมูลภาพดิจิทัลของกระดาษคำตอบที่รับเข้ามาจากสแกนเนอร์นั้น เป็นข้อมูลที่คอมพิวเตอร์เรียนรู้ได้ยากและเป็นข้อมูลที่มนุษย์เข้าใจเท่านั้น การประมวลผลเบื้องต้นจะทำให้ข้อมูลภาพดิจิทัลของกระดาษคำตอบที่รับเข้ามากลายเป็นข้อมูลที่คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้ได้ง่าย กล่าวคือในเบื้องต้นเมื่อมีการรับข้อมูลภาพกระดาษคำตอบเข้ามาผ่านทางสแกนเนอร์ ข้อมูลที่ได้นั้นจะเป็นข้อมูลภาพดิจิทัลที่เป็นภาพดิจิทัลระดับเทา 256 ระดับโดยข้อมูลภาพดิจิทัลที่รับเข้ามานี้จะประกอบไปด้วยหลายองค์ประกอบเช่น มีข้อมูลส่วนของตัวเลือกที่ยังไม่ได้เลือก มีข้อมูลของเส้นกรอบของกระดาษคำตอบ มีข้อมูลที่ไม่ได้เกิดจากการระบายของผู้ทำข้อสอบ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนั้นเป็นข้อมูลที่ไม่จำเป็นต่อการทำงานของโปรแกรมซึ่งข้อมูลภาพดิจิทัลที่ยังไม่ได้ทำการประมวลผลเบื้องต้นนี้ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ เพราะว่าข้อมูลภาพดิจิทัลที่รับเข้ามานั้นมีองค์ประกอบที่ไม่จำเป็นกับงานอยู่มากดังนั้นจึงต้องมีการทำการประมวลเบื้องต้นเพื่อกำจัดข้อมูลที่ไม่จำเป็นออกจากข้อมูลภาพดิจิทัลที่รับเข้ามาและจะต้องทำให้ข้อมูลที่เราต้องการคงเหลืออยู่ในภาพดิจิทัลซึ่งในที่นี้เราต้องการให้เหลือเฉพาะข้อมูลการระบายคำตอบในแต่ละตัวเลือกในแต่ละข้อของกระดาษคำตอบซึ่งเมื่อนำข้อมูลภาพดิจิทัลนี้ไปผ่านการประมวลผลเบื้องต้นภาพที่ผลลัพธ์ที่ได้มาจะเป็นภาพไบนารีที่เหลือแต่ข้อมูลที่เป็นส่วนการระบายคำตอบในแต่ตัวเลือกในแต่ละข้อของกระดาษคำตอบนี้

หลังจากการทำการประมวลผลเบื้องต้นแล้ว ผลลัพธ์ของข้อมูลภาพดิจิทัลที่ได้จะเหลือแค่ข้อมูลการระบายคำตอบ แต่ว่าข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้มานั้นยังไม่เพียงพอต่อการนำไปประมวลผลเพื่อหาว่าในแต่ละตัวเลือกในแต่ละข้อของกระดาษคำตอบนั้นมีการเลือกตัวเลือกอย่างไร ซึ่งข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้หลังจากการประมวลผลเบื้องต้นยังไม่สามารถระบุตำแหน่งของการระบายในแต่ละตำแหน่งได้ว่าเป็นการระบายที่ตัวเลือกใดของข้อใด ดังนั้นจึงต้องมีการทำการประมวลเพื่อทำการทำให้โปรแกรมสามารถระบุตำแหน่งของการระบายตัวเลือกได้ ซึ่งในการพัฒนาโปรแกรมนี้ทางกลุ่มผู้พัฒนาได้ทำการเลือกที่จะใช้การประยุกต์นำการทำภาพฉายมาเพื่อที่จะทำการระบุตำแหน่งการระบายในแต่ละตัวเลือกในแต่ละข้อของกระดาษคำตอบ

3.2.1 การประมวลผลเบื้องต้น

ดังที่ได้กล่าวมาในข้างต้นว่าการประมวลผลเบื้องต้นคือการประมวลผลที่จะทำให้ข้อมูลภาพดิจิทัลของกระดาษคำตอบเป็นข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการประมวลผลโดยคอมพิวเตอร์ ซึ่งในการพัฒนาโปรแกรมนี้กลุ่มผู้พัฒนาได้ทำการศึกษาขั้นตอนวิธีและเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัลเพื่อที่จะทำการเลือกขั้นตอนวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการที่จะทำให้ข้อมูลภาพดิจิทัลที่รับเข้ามาจากสแกนเนอร์เป็นข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการประมวลผลที่สุด

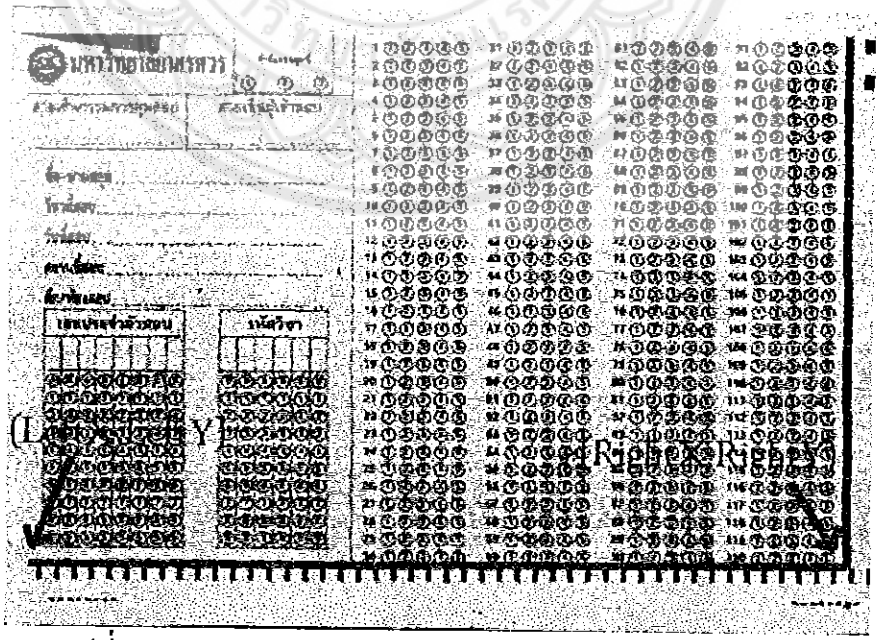
3.2.1.1 การตรวจสอบการเอียงของภาพ

เนื่องจากกระดาษคำตอบปรนัยแบบฝนดำของมหาวิทยาลัยนเรศวรนั้นมีลักษณะเฉพาะ ดังนั้นการที่จะตรวจสอบการเอียงของกระดาษคำตอบจึงจะต้องทำการหาลักษณะของกระดาษที่จะสามารถบอกถึงความเอียงของกระดาษคำตอบได้

กลุ่มผู้พัฒนาได้ทำการหาลักษณะเฉพาะที่ต้องการดังกล่าวพบว่าส่วนล่างของกระดาษคำตอบสามารถที่จะทำการบอกถึงความเอียงของกระดาษคำตอบได้ ซึ่งในการที่จะบอกถึงความเอียงของกระดาษคำตอบได้นั้นต้องทราบถึงตำแหน่งอ้างอิงด้านล่างสองตำแหน่งในกระดาษคำตอบซึ่งสามารถที่จะคำนวณหามุมที่เอียงของภาพได้จากสมการ

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{RightY - LeftY}{RightX - LeftX}\right)$$

เมื่อ θ คือค่าความเอียงของกระดาษคำตอบ



รูปที่ 3.4 แสดงตำแหน่งในการหาค่าความเอียงของกระดาษคำตอบ

- 9 S.A. 2547 ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ 4700193 ปร.
I506661X C.2 ก731ป

3.2.1.2 การแยกข้อมูลภาพพื้นหลังออกจากวัตถุบนกระดาษคำตอบ 2546

ในการที่จะแบ่งภาพออกเป็นส่วน ๆ โดยใช้ค่าขีดแบ่งนั้นโดยทั่วไปแล้วผู้ใช้งานหรือผู้พัฒนาโปรแกรมจะเป็นผู้ที่จะกำหนดค่าขีดแบ่งให้เหมาะสมกับลักษณะของภาพดิจิทัลเองซึ่งในบางครั้งการให้ผู้ใช้กำหนดค่าขีดแบ่งเองเป็นเรื่องที่ยุ่งยากเพราะว่าโปรแกรมที่กลุ่มผู้พัฒนาได้ทำการพัฒนาขึ้นมานั้นเป็นโปรแกรมที่ต้องทำงานกับข้อมูลภาพดิจิทัลของกระดาษคำตอบเป็นจำนวนมากและแต่ละข้อมูลภาพดิจิทัลก็มีลักษณะของฮิสโทแกรมไม่เหมือนกัน ดังนั้นจะเป็นการยุ่งยากถ้าผู้ใช้ต้องทำการกำหนดค่าขีดแบ่งเอง ด้วยเหตุนี้กลุ่มผู้พัฒนาโปรแกรมจึงได้หาขั้นตอนวิธีการที่จะสามารถกำหนดค่าขีดแบ่งสำหรับแต่ละข้อมูลภาพดิจิทัลของกระดาษคำตอบได้โดยอัตโนมัติเพื่อเป็นการลดขั้นตอนในการทำงานของผู้ใช้และเป็นการทำให้ได้ค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมกับข้อมูลภาพดิจิทัลได้เหมาะสม

การหาค่าขีดแบ่งอัตโนมัติโดยวิธีของ Otsu ค่าขีดแบ่งที่ได้นั้นจะแตกต่างไปตามลักษณะของข้อมูลภาพดิจิทัลและลักษณะของฮิสโทแกรม ซึ่งขั้นตอนวิธีของ Otsu จะใช้ได้ดีกับข้อมูลภาพดิจิทัลที่ฮิสโทแกรมมีลักษณะแบ่งเป็นสองกลุ่มแตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน (Bimodal) ซึ่งจากการทดลองทำการหาค่าขีดแบ่งอัตโนมัติด้วยขั้นตอนวิธีของ Otsu กับข้อมูลภาพดิจิทัลของกระดาษคำตอบแล้วพบว่าสามารถที่จะแยกข้อมูลของภาพพื้นหลังและภาพของวัตถุบนกระดาษคำตอบได้อย่างชัดเจน

3.2.1.3 การทำให้เหลือแต่ข้อมูลของการระบายคำตอบบนกระดาษคำตอบ

กระดาษคำตอบที่รับเข้ามาทางสแกนเนอร์นั้นจะมีลักษณะของข้อมูลที่ไม่จำเป็นต่อการประมวลผลอยู่มากซึ่งข้อมูลที่จำเป็นต่อการประมวลผลก็คือส่วนที่เป็นการระบายของผู้ระบายกระดาษคำตอบ ส่วนของการระบายของกระดาษคำตอบจะมีลักษณะเป็นวงกลมสีดำซึ่งการที่จะทำให้เหลือแต่ข้อมูลของการระบายนั้น กลุ่มผู้พัฒนาได้ทำการทดลองการทำการประมวลผลรูปร่างลักษณะ (Morphological Image Processing) ซึ่งกลุ่มผู้พัฒนาได้ทำการเลือกขั้นตอนวิธีในการทดลองการเปิด (Opening) และการปิด (Closing) โดยใช้แม่แบบรูปต่าง ๆ เช่นรูปกากบาท, รูปข้าวหลามตัด, รูปวงกลม, รูปสี่เหลี่ยม โดยใช้ขนาด 7x7, 9x9, 11x11 pixel ในการทดลองโดยขนาดของแม่แบบที่นำมาทำการทดลองนั้นกลุ่มผู้พัฒนาได้เลือกใช้แม่แบบที่มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของการระบายตัวเลือกบนภาพดิจิทัลของกระดาษคำตอบ เพื่อที่จะให้เหลือเพียงแค่ข้อมูลการระบายคำตอบหลังจากการทำ Opening หรือ Closing ซึ่งจากการทดลองแล้วกลุ่มผู้ทดลองพบว่าการทำ Closing ของแม่แบบที่เป็นวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาด 9x9 pixel กับข้อมูลภาพดิจิทัลของกระดาษ สามารถทำให้ข้อมูลที่ไม่จำเป็นต่อการประมวลผลหายไปและเหลือแต่ข้อมูลที่ต้องใช้ในการประมวลผลคือข้อมูลของการระบายคำตอบบนกระดาษคำตอบได้

3.2.1.4 การระบุตำแหน่งของแต่ละตัวเลือกบนกระดาษคำตอบ

ในการที่จะทราบได้ว่าในแต่ละตัวเลือกในแต่ละข้อของข้อมูลภาพดิจิทัลของกระดาษคำตอบได้ถูกระบายหรือไม่ จำเป็นที่จะต้องทราบถึงตำแหน่งของตัวเลือกในแต่ละข้อซึ่งในการที่จะทราบถึงตำแหน่งแต่ละตำแหน่งของแต่ละตัวเลือกได้นั้น กลุ่มผู้พัฒนาได้ทำการศึกษาถึงลักษณะเฉพาะของกระดาษคำตอบปรนัยแบบฝนดำของมหาวิทยาลัยนเรศวรและศึกษาถึงขั้นตอนวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัล ซึ่งในวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลนั้นมีวิธีการหนึ่งที่เรียกว่า การฉายภาพ (Image Projection) ซึ่งโดยมากจะนำมาใช้ในการแบ่งกลุ่มของวัตถุที่มีการเรียงตัวอยู่ในแนวเดียวกันโดยจะเรียงตัวกันตามหลักหรือตามแถวก็ได้ ซึ่งลักษณะของการเรียงตัวของตัวเลือกบนกระดาษคำตอบนั้นก็เป็นในลักษณะที่เรียงกันเป็นแนวเดียวกันตามหลักและตามแถว ดังนั้นกลุ่มผู้พัฒนาจึงเลือกทำการฉายภาพเพื่อนำผลลัพธ์จากการฉายภาพมาบอกถึงตำแหน่งของตัวเลือกแต่ละตัวเลือกบนกระดาษคำตอบ ซึ่งจะมีการใช้ขั้นตอนวิธีการฉายภาพกับกระดาษคำตอบส่วนที่ 1 และ 4 ส่วนในกระดาษคำตอบส่วนที่ 2 และ 3 นั้นไม่สามารถใช้การฉายภาพเพื่อระบุตำแหน่งของแต่ละตัวเลือกได้ดังนั้นในกระดาษคำตอบส่วนที่ 2 และ 3 นั้น กลุ่มผู้พัฒนาจะใช้การกำหนดตำแหน่งที่แน่นอนในแต่ละตัวเลือกแทนการใช้การฉายภาพในการหาตำแหน่งของตัวเลือก

ขั้นตอนในการที่จะทำการระบุตำแหน่งของตัวเลือกแต่ละตัวเลือกโดยการทำภาพฉายกับภาพดิจิทัลของกระดาษคำตอบนั้นในขั้นตอนแรกจะต้องทำการแบ่งภาพออกเป็นส่วน ๆ โดยใช้ค่าขีดแบ่งอัตโนมัติโดยขั้นตอนวิธีของ Otsu ซึ่งหลังจากทำการแบ่งภาพออกเป็นส่วน ๆ โดยใช้ค่าขีดแบ่งแล้วจะทำการอินเวิร์ทภาพเพื่อและจะทำการฉายภาพเพื่อทำการระบุตำแหน่งของตัวเลือกแต่ละตัวเลือกในแต่ละข้อ

ขั้นตอนที่กล่าวมาในเบื้องต้นนั้นเป็นขั้นตอนที่นำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมเพื่อการตรวจกระดาษคำตอบปรนัยแบบฝนคำของมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งในขั้นตอนการศึกษาและพัฒนาโปรแกรมนั้น ได้มีการทำการทดลองขั้นตอนวิธีการต่าง ๆ เพื่อที่จะหาวิธีที่ดีที่สุดในการที่จะบรรลุเป้าหมายตามที่ตั้งไว้ ซึ่งขั้นตอนวิธีที่ได้นำมากล่าวถึงในบทนี้เป็นขั้นตอนวิธีกลุ่มผู้พัฒนาได้ทำการทดลองประมวลผลเบื้องต้นแล้วได้ผลดีเป็นไปตามวัตถุประสงค์และทำให้โปรแกรมที่พัฒนาสามารถทำการประมวลเบื้องต้นเพื่อนำไปทำการประมวลผลเพื่อตรวจคำตอบของกระดาษคำตอบได้อย่างถูกต้อง

ในการเลือกใช้ขั้นตอนวิธีที่จะนำมาทำการประมวลผลเบื้องต้นนั้นกลุ่มผู้พัฒนาได้ทำการศึกษาถึงคุณสมบัติและผลลัพธ์ของการประมวลผลภาพดิจิทัลในแบบต่าง ๆ เพื่อที่จะหาขั้นตอนวิธีที่เหมาะสมในการทำการประมวลผลเบื้องต้นตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งในขั้นแรกกลุ่มผู้พัฒนาได้ทำการเลือกขั้นตอนวิธีที่น่าจะให้ผลลัพธ์ตรงตามความต้องการของกลุ่มผู้พัฒนามาจำนวนหนึ่ง หลังจากนั้นกลุ่มผู้พัฒนาได้ทำการพัฒนาโปรแกรมขึ้นมาเพื่อทำการทดสอบขั้นตอนวิธีที่ได้เลือกมาแล้วนำผลลัพธ์ของแต่ละขั้นตอนวิธีมาทำการเปรียบเทียบเพื่อหาขั้นตอนวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทำการประมวลผลเบื้องต้น ซึ่งกลุ่มผู้พัฒนาได้ทำการคัดเลือกจากขั้นตอนวิธีที่สามารถให้ผลลัพธ์ได้ตรงตามความต้องการที่ได้ออกแบบไว้

เมื่อได้ทำการเลือกขั้นตอนวิธีที่ให้ผลลัพธ์ออกมาเหมาะสมและตรงตามความต้องการที่ได้ออกแบบไว้แล้ว กลุ่มผู้พัฒนาได้ทำการรวมขั้นตอนวิธีต่าง ๆ ดังกล่าวมาทำการประมวลผลร่วมกัน โดยมีลำดับการทำงานของการทำการประมวลผลเบื้องต้นคือ

รับภาพ $\Rightarrow$ ปรับมุมเอียง $\Rightarrow$ ทำการ Treshold $\Rightarrow$ ทำ Closing $\Rightarrow$ ทำ Porjection

3.3 การประมวลผลเพื่อตรวจกระดาษคำตอบ

ในการที่จะสามารถทำการประมวลผลเพื่อตรวจกระดาษคำตอบนั้น ข้อมูลภาพดิจิทัลของกระดาษคำตอบจะต้องผ่านการทำการประมวลผลเบื้องต้นเพื่อทำให้ข้อมูลภาพต้นฉบับที่รับเข้ามานั้นเป็นภาพที่สามารถให้โปรแกรมประมวลผลได้

การประมวลผลเบื้องต้นจะเตรียมข้อมูลภาพดิจิทัลออกเป็นสองส่วนเพื่อที่จะใช้ในการประมวลผลเพื่อตรวจกระดาษคำตอบกล่าวคือข้อมูลส่วนแรกจะเป็นข้อมูลของกระดาษคำตอบที่ผ่านการทำให้ภาพเป็นส่วน ๆ โดยใช้ค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแล้วจึงทำการปิดแล้วจึงทำการอินเวิร์ทภาพดังนั้นภาพในส่วนนี้จะเป็นภาพที่เหลือแต่ข้อมูลการระบายในแต่ละตัวเลือกในแต่ละข้อ ส่วนที่สองเป็นข้อมูลของตำแหน่งของตัวเลือกในแต่ละตัวเลือกในแต่ละข้อ ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้เป็นส่วนสำคัญในการตรวจสอบว่าในแต่ละตัวเลือกในแต่ละข้อบนข้อมูลภาพดิจิทัลของกระดาษคำตอบนั้นมีการระบายคำตอบหรือไม่ อย่างไร

การตรวจคำตอบของการระบายในแต่ละตัวเลือกในแต่ละข้อนั้นจะทำได้โดยการตรวจทีละตำแหน่งของตัวเลือกตามตำแหน่งที่ได้มาจากการทำการประมวลผลเบื้องต้น โดยในแต่ละตำแหน่งจะทำการตรวจสอบพื้นที่ในตำแหน่งนั้นเป็นพื้นที่ประมาณ 7x7 pixel เพื่อที่จะให้แน่ใจได้ว่าในบริเวณตำแหน่งของตัวเลือกมีการทำเครื่องหมายหรือไม่ ถ้ามีการทำเครื่องหมายพื้นที่ขนาด 7x7 pixel ที่ได้ทำการตรวจสอบนั้นควรจะมีพื้นที่ที่เป็นสีขาวมากกว่า 50% แต่ถ้าไม่มีการทำเครื่องหมายในบริเวณนั้นในพื้นที่ขนาด 7x7 pixel ก็ไม่ควรจะมีสีขาวอยู่เลย ในกรณีที่พื้นมีพื้นที่สีขาวน้อยกว่า 50% จะเป็นการเตือนให้ผู้ใช้ทำการตรวจสอบบริเวณคำตอบในข้อนั้นดูว่ามีการทำเครื่องหมายไว้อย่างถูกต้องหรือไม่

เมื่อทำการตรวจสอบในแต่ละตัวเลือกในแต่ละข้อเสร็จเรียบร้อยแล้วโปรแกรมจะทำการเปรียบเทียบคำตอบที่ตรวจได้มากับคำตอบที่ถูกต้องที่ผู้ใช้ได้ทำการกำหนดไว้แล้วและจะทำการรวมคะแนนออกมาเพื่อบอกว่าผู้ระบายกระดาษคำตอบนั้นได้คะแนนเท่าใด

3.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่คาดว่าจะได้รับคือได้โปรแกรมประยุกต์ที่สามารถตรวจกระดาษคำตอบปรนัยแบบฝนดำของมหาวิทยาลัยนเรศวรได้อย่างถูกต้อง 100%

บทที่ 4

ผลการทดลอง

เมื่อทำการทดลองตามที่ได้กล่าวมาในบทที่ 3 ทำให้กลุ่มผู้พัฒนาสามารถเลือกใช้ขั้นตอนวิธีที่ให้ผลลัพธ์ได้ตรงตามความต้องการของผู้พัฒนาได้มากที่สุดในการทำการประมวลผลเบื้องต้นและการประมวลผลเพื่อตรวจกระดาษคำตอบ ซึ่งในการทดลองที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 3 นั้นมีการทดลองกับหลายขั้นตอนซึ่งในบทนี้จะแสดงผลการทดลองที่ได้ทำการทดลองเพื่อให้เห็นความแตกต่างและเปรียบเทียบระหว่างหลาย ๆ ขั้นตอนวิธีที่ได้นำมาใช้ว่ามีผลแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

4.1 ผลการทดลองในการทำการประมวลผลเบื้องต้น

ในการประมวลผลเบื้องต้นได้มีการทดลองตามขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้ดังนี้ คือ

4.1.1 การตรวจสอบความเอียงของภาพ

4.1.2 การแยกข้อมูลภาพพื้นหลังออกจากวัตถุในกระดาษคำตอบ

4.1.3 การทำให้เหลือแต่ข้อมูลของการระบายคำตอบบนกระดาษคำตอบ

4.1.4 การระบุตำแหน่งในแต่ละตัวเลือกของกระดาษคำตอบ

4.1.1 การตรวจสอบความเอียงของภาพ

ในการทำงานของโปรแกรมจะมีการให้ผู้ใช้บอกตำแหน่งของ RightX, RightY, LeftX, LeftY เพื่อที่จะคำนวนหามุมความเอียงของภาพต้นฉบับตามสมการ

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{RightY - LeftY}{RightX - LeftX}\right)$$

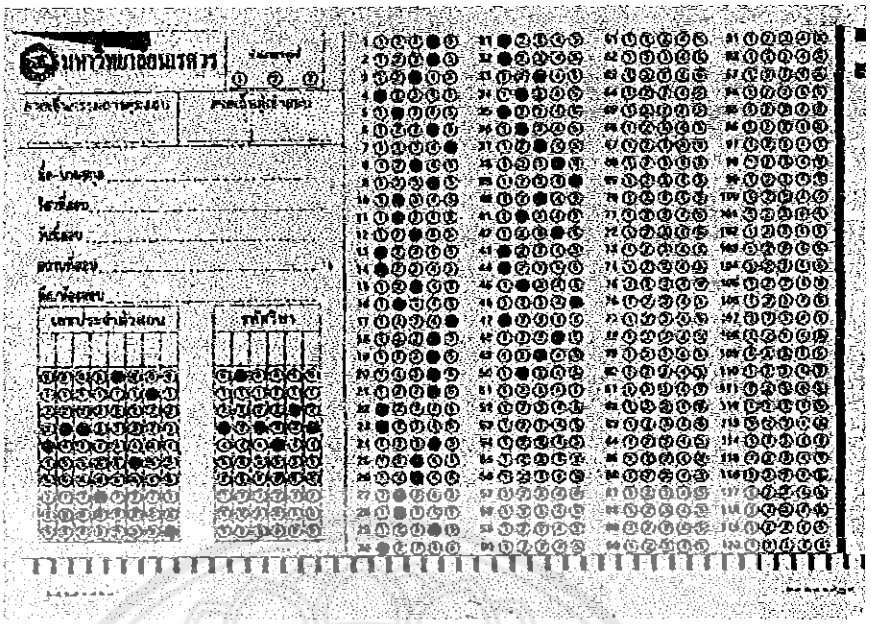
θ คือค่าความเอียงของกระดาษคำตอบ

RightX คือตำแหน่งพิกัด X ของจุดล่างขวาบนกระดาษคำตอบ

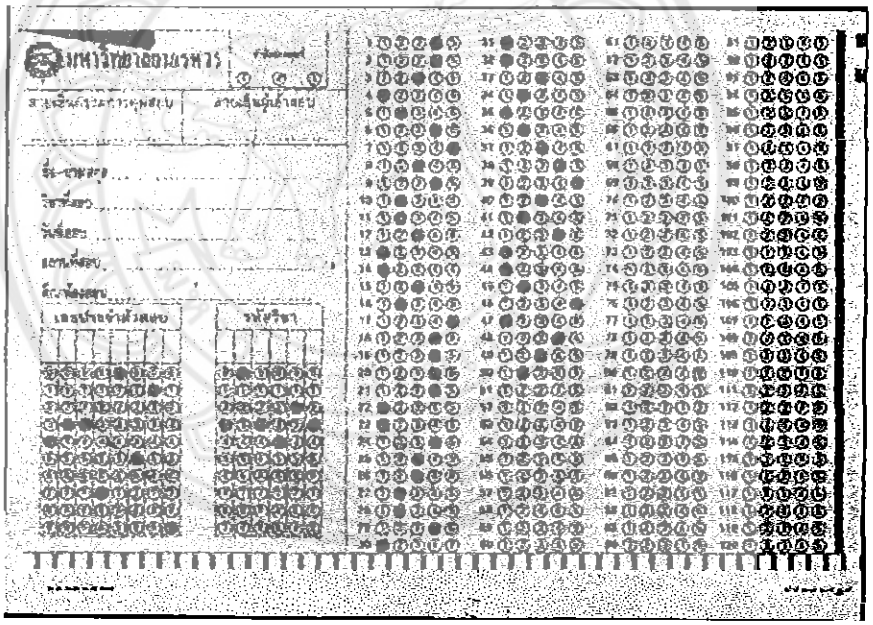
RightY คือตำแหน่งพิกัด Y ของจุดล่างขวาบนกระดาษคำตอบ

LeftX คือตำแหน่งพิกัด X ของจุดล่างซ้ายบนกระดาษคำตอบ

LeftY คือตำแหน่งพิกัด Y ของจุดล่างซ้ายบนกระดาษคำตอบ



(ก)

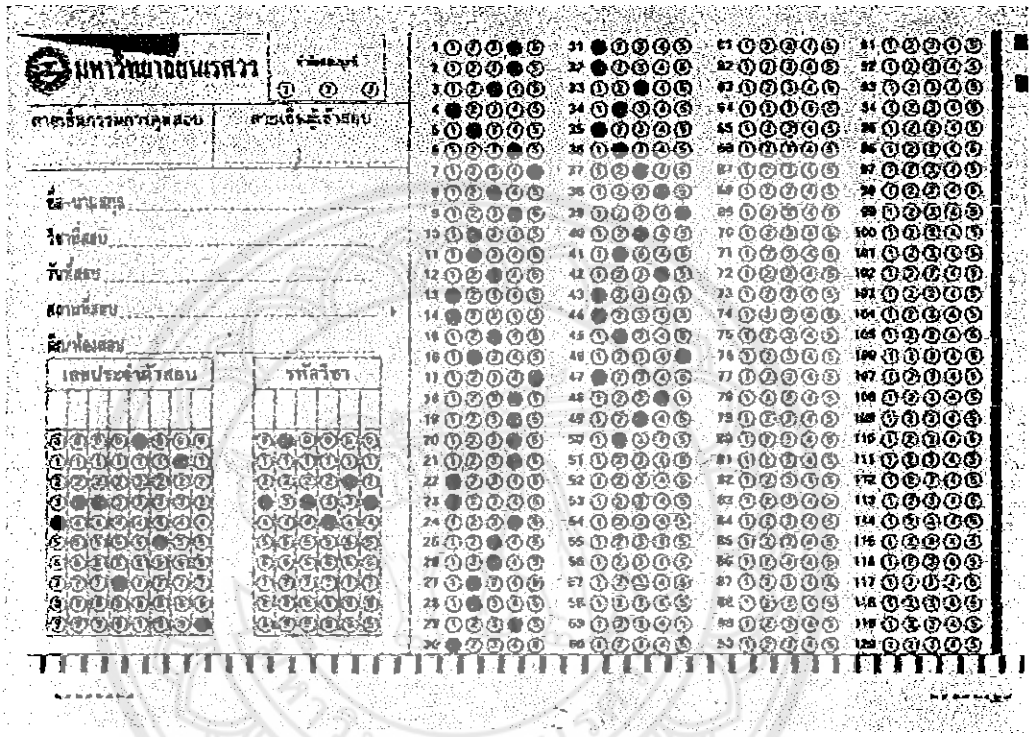


รูปที่ 4.1 (ก) แสดงรูปต้นฉบับก่อนทำการปรับความเอียง

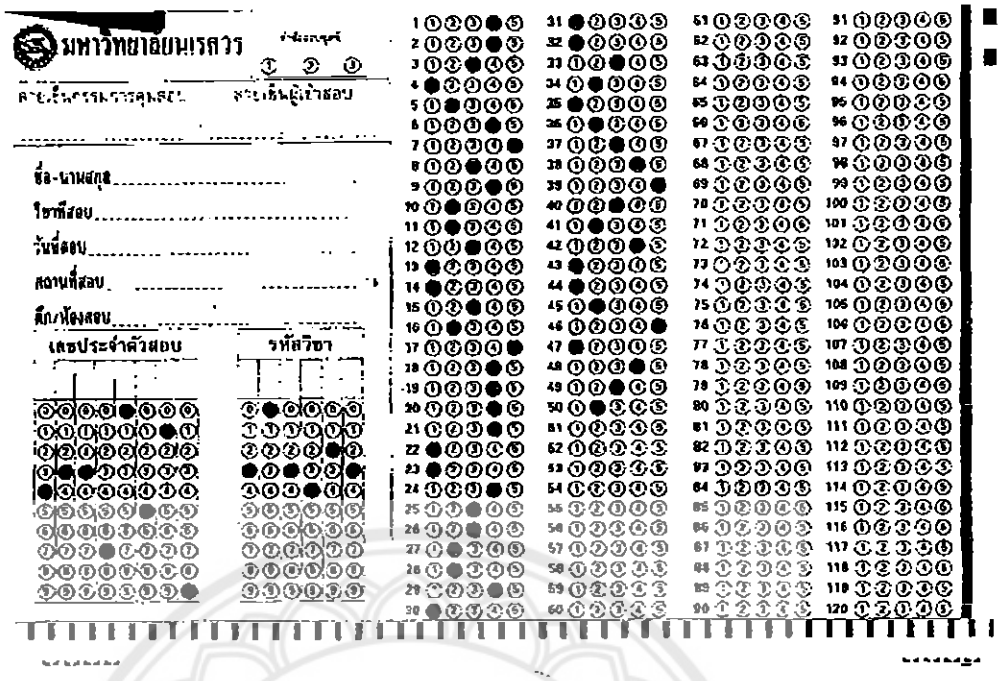
(ข)รูปผลลัพธ์หลังจากปรับความเอียง

4.1.2 การแยกข้อมูลภาพพื้นหลังออกจากวัตถุในกระดาษคำตอบ

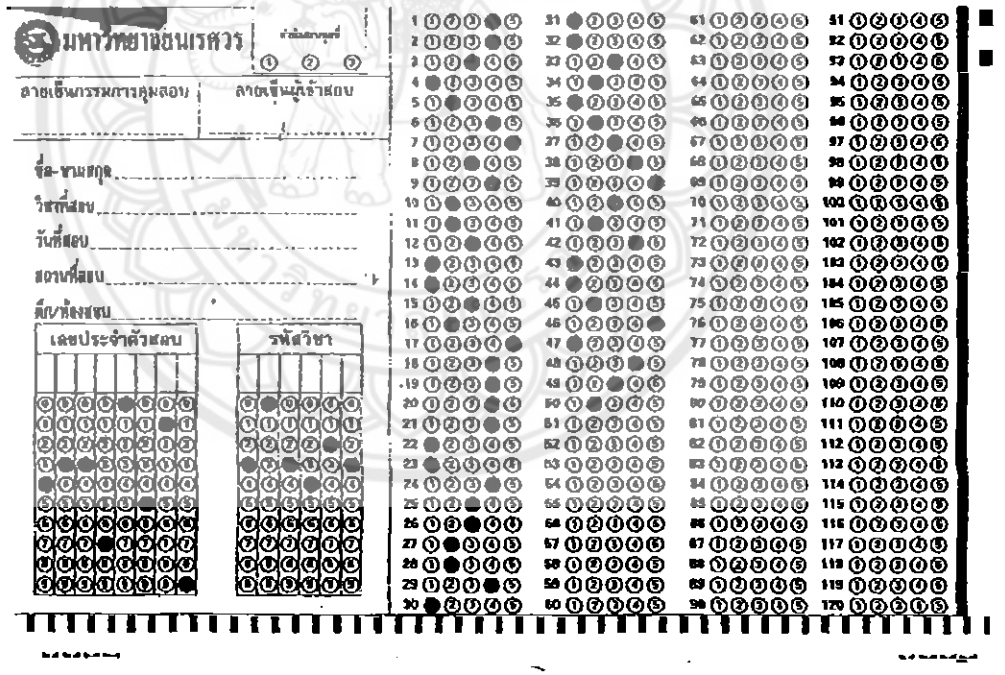
การแยกข้อมูลภาพพื้นหลังออกจากวัตถุจะใช้ขั้นตอนวิธีการแบ่งภาพออกเป็นส่วน ๆ โดยใช้ขั้นตอนวิธีการหาค่าขีดแบ่งอัตโนมัติโดยวิธีของ Otsu ซึ่งในการทดลองได้ทำการเปรียบเทียบการแบ่งภาพที่ค่าขีดแบ่งที่ 128 ซึ่งเป็นค่ากลางระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดและค่าขีดแบ่งซึ่งคำนวนโดยขั้นตอนวิธีของ Otsu



(ก)

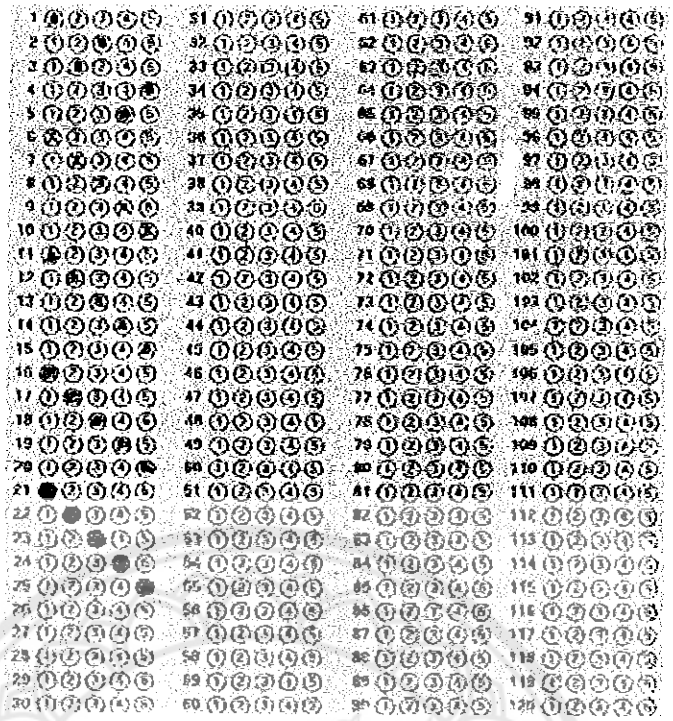


(ข)

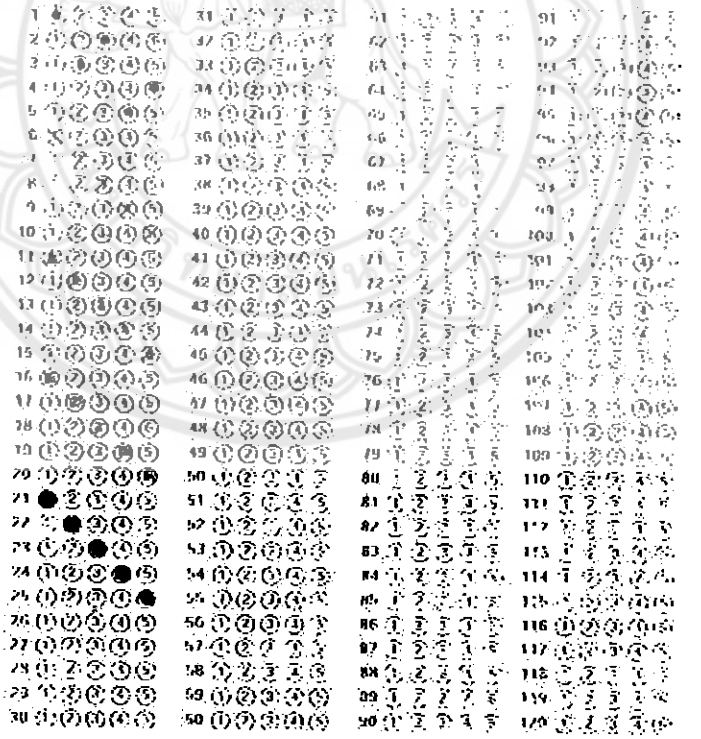


(ค)

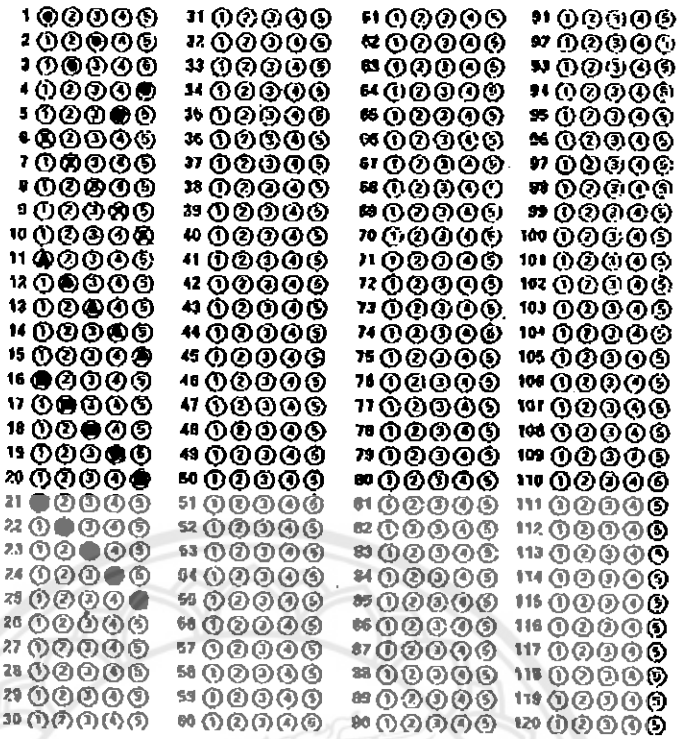
รูปที่ 4.2 (ก) แสดงภาพต้นฉบับก่อนทำการแบ่งภาพด้วยค่าขีดแบ่ง
(ข) แสดงภาพผลลัพธ์หลังจากทำการแบ่งภาพด้วยค่าขีดแบ่งที่ 128
(ค) แสดงภาพผลลัพธ์หลังจากทำการแบ่งภาพด้วยค่าขีดแบ่งอัตโนมัติโดยวิธีของ Otsu ซึ่งคำนวนค่าขีดแบ่งได้เท่ากับ 163



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.3 (ก) แสดงภาพต้นฉบับที่มีความชัดเจนน้อย

(ข) แสดงภาพผลลัพธ์ของการแบ่งภาพด้วยค่าขีดแบ่งที่ 128

(ค) แสดงภาพผลลัพธ์ของการแบ่งภาพด้วยค่าขีดแบ่งอัตโนมัติโดยวิธีของ Otsu ซึ่งคำนวนค่าขีดแบ่งได้เท่ากับ 180

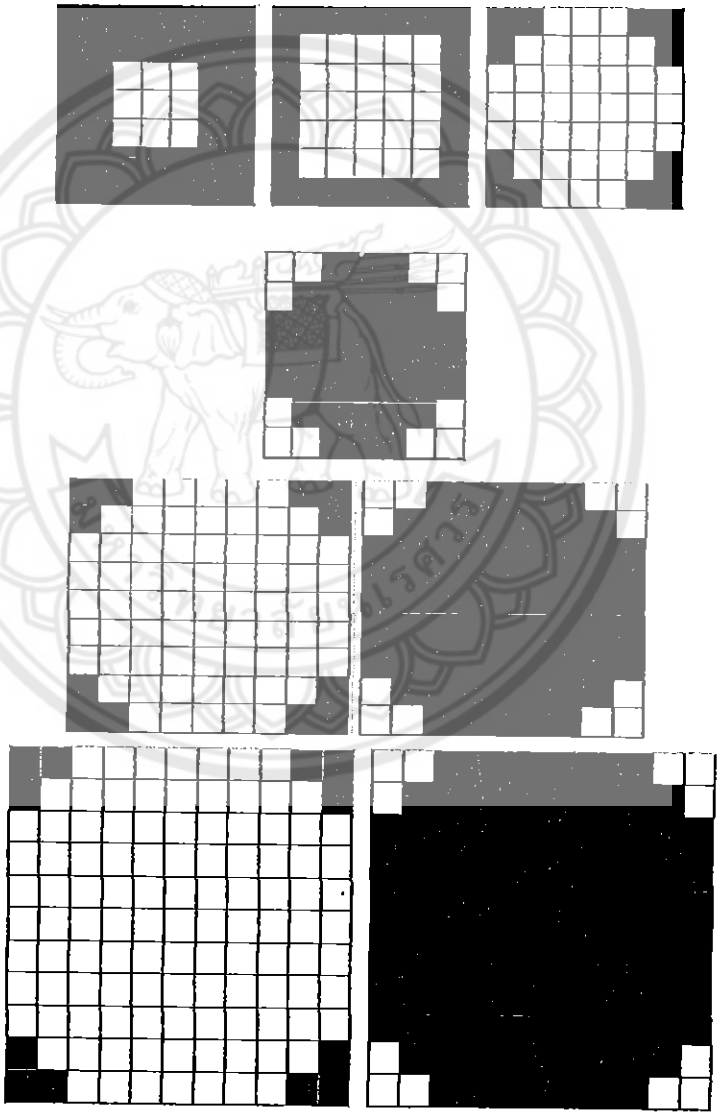
จากการทดลองดังกล่าวทำให้เห็นได้ว่าการใช้การแบ่งภาพโดยใช้ค่าขีดแบ่งอัตโนมัติด้วยวิธีของ Otsu สามารถที่จะแบ่งภาพออกเป็นส่วนพื้นหลังและส่วนของวัตถุบนภาพได้อย่างดีไม่ว่าภาพจะมีความคมชัดมากหรือน้อย

ขั้นตอนวิธีการแบ่งภาพออกเป็นส่วน ๆ ด้วยค่าขีดแบ่งอัตโนมัติโดยวิธีของ Otsu นั้นเหมาะสมเป็นอย่างยิ่งที่จะใช้ทำการหาค่าขีดแบ่งของภาพที่มีฮิสโทแกรมแยกกันเป็น 2 ส่วนอย่างค่อนข้างชัดเจน ซึ่งภาพของกระดาษคำตอบปรนัยแบบฝนดำของมหาวิทยาลัยนเรศวรก็มีลักษณะดังกล่าว ทำให้ขั้นตอนวิธีของ Otsu สามารถทำงานได้ผลเป็นอย่างดี

4.1.3 การทำให้เหลือแต่ข้อมูลของการระบายคำตอบบนกระดาษคำตอบ

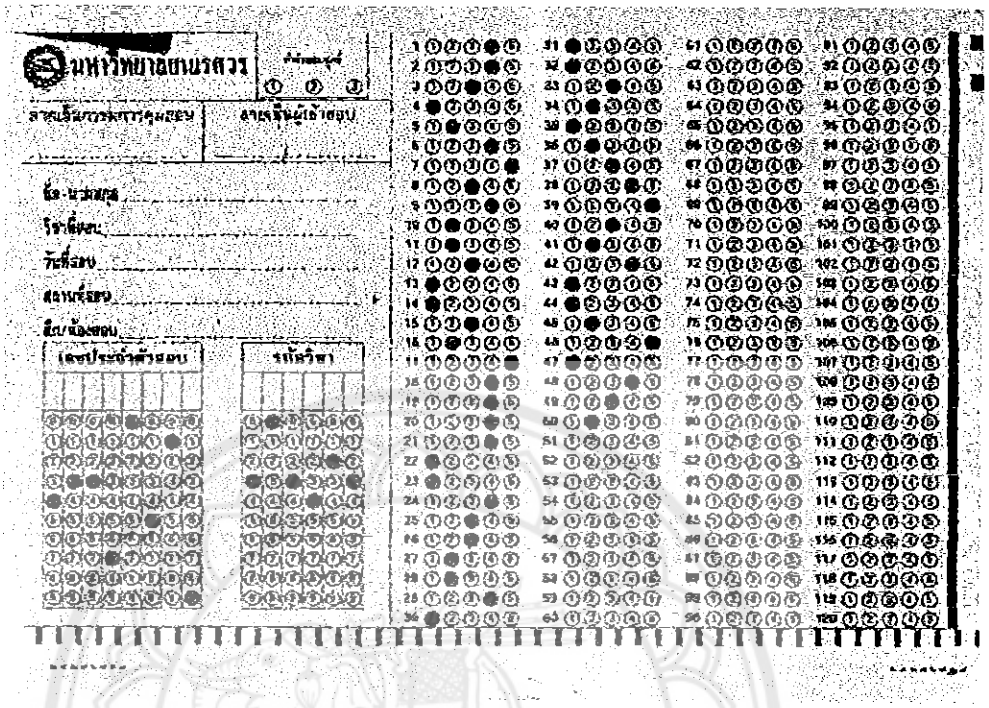
จากการศึกษาขั้นตอนวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลพบว่า วิธีการประมวลผลรูปร่างและลักษณะของภาพ (Morphological Digital Image Processing) น่าจะสามารถทำให้ข้อมูลภาพดิจิทัลของกระดาษคำตอบเหลือแต่ข้อมูลส่วนที่เป็นการระบายคำตอบได้

ในการทดลองขั้นแรกกลุ่มผู้พัฒนาโปรแกรมได้ทำการทดลองนำภาพดิจิทัลของกระดาษคำตอบมาทำการประมวลผลรูปร่างและลักษณะเบื้องต้นคือการขยาย (Dilation) และการกร่อน (Erosion) โดยจะทำการกร่อนและขยายกับแม่แบบซึ่งมีขนาด 7x7, 9x9 และ 11x11 ซึ่งมีรูปร่างต่าง ๆ กันดังรูป

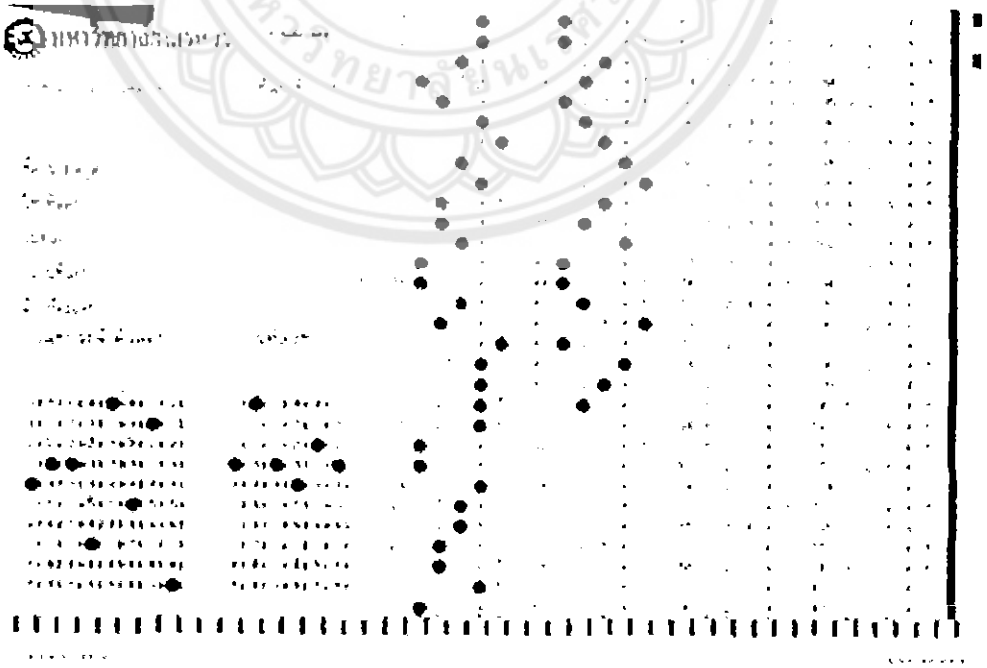


รูปที่ 4.4 แสดงแม่แบบที่นำมาใช้ในการประมวลผลรูปร่างและลักษณะแบบต่าง ๆ

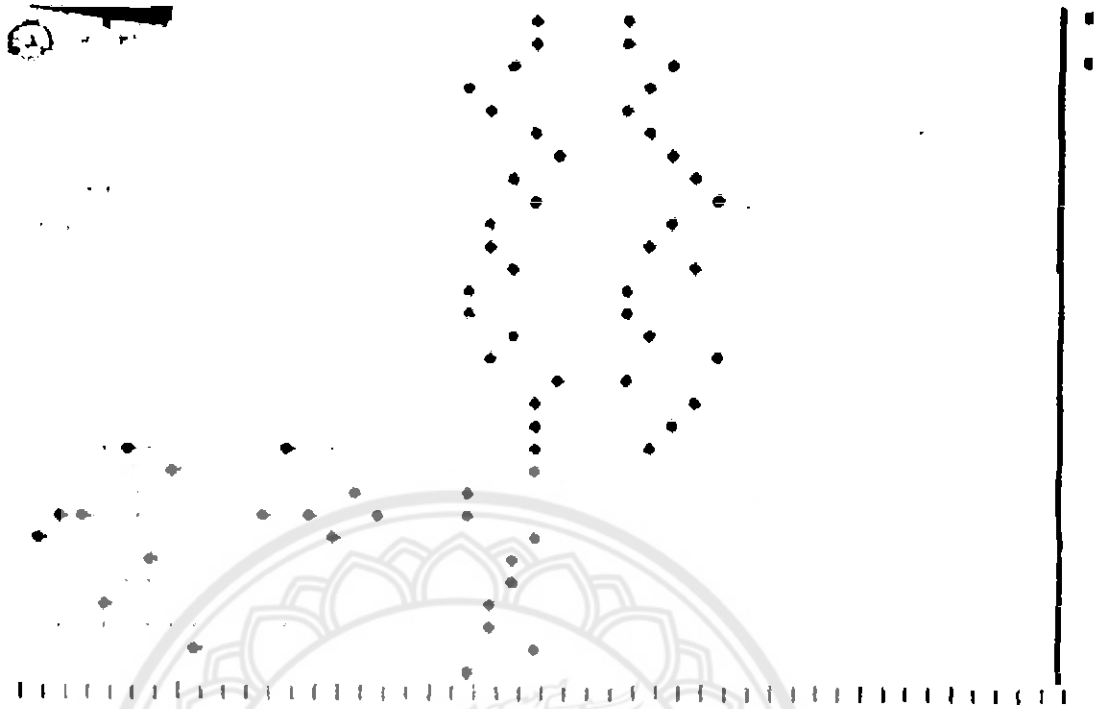
4.1.3.1 การทดลองทำการขยาย (Dilation) กับภาพตัวอย่างโดยใช้แม่แบบชนิดต่าง ๆ



(ก)



(ข)



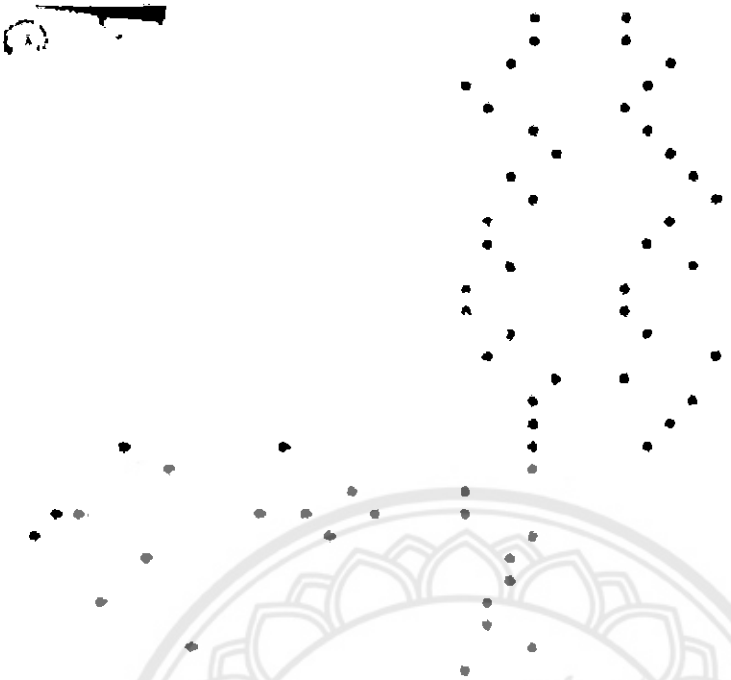
(ค)

รูปที่ 4.5 (ก) แสดงรูปกระดาษคำตอบต้นฉบับ

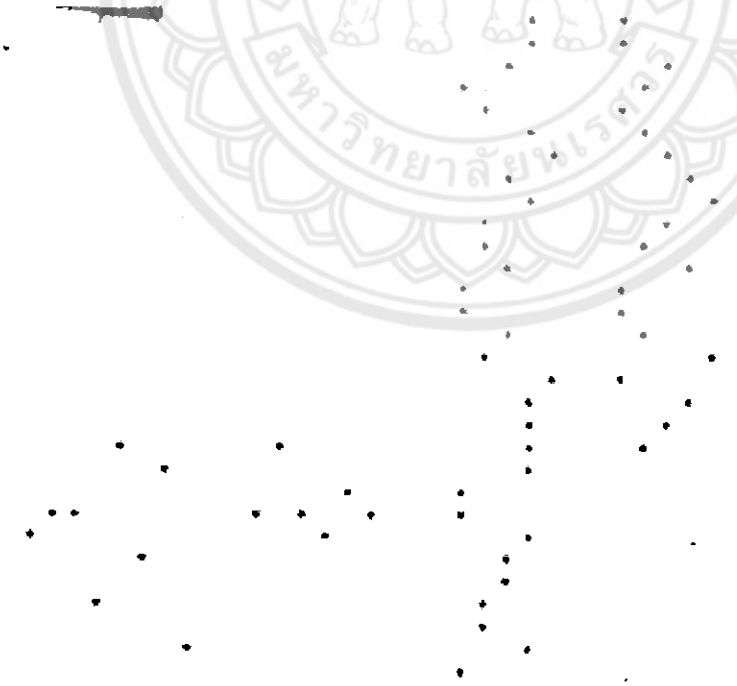
(ข) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการขยายด้วยแม่แบบขนาด 7x7 ที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 3x3 สีขาวบนพื้นสีดำ

(ค) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการขยายด้วยแม่แบบขนาด 7x7 ที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 5x5 สีขาวบนพื้นสีดำ

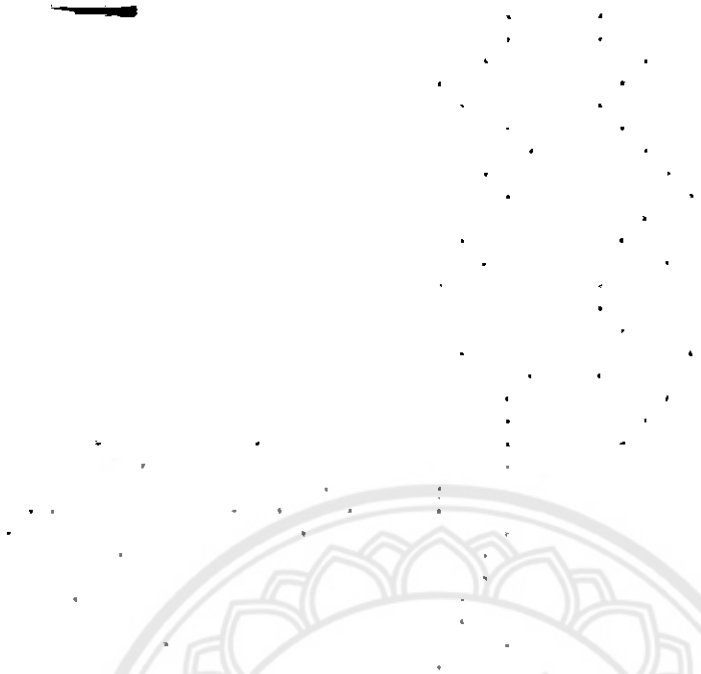
จากรูปด้านบนเป็นการทดลองทำการขยายภาพต้นฉบับที่เป็นกระดาษคำตอบของมหาวิทยาลัยนเรศวรกับแม่แบบขนาด 7x7 ที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสสีขาวบนพื้นสีดำขนาดต่าง ๆ กัน แสดงให้เห็นว่าการใช้แม่แบบที่มีพื้นที่สีขาวขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้พื้นที่สีดำบนกระดาษคำตอบเล็กลง



(ก)



(ข)



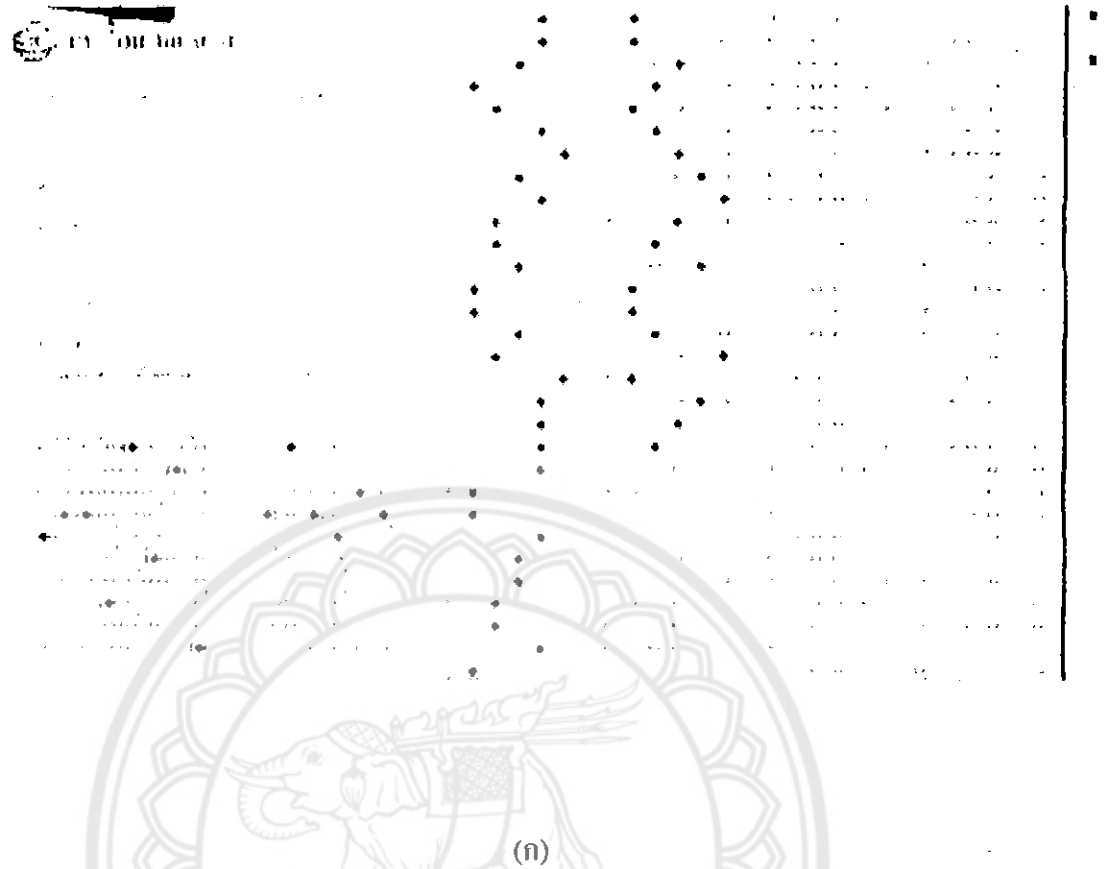
(ค)

รูปที่ 4.6 (ก) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการขยายด้วยแม่แบบขนาด 7x7 ภายในเป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำ

(ข) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการขยายด้วยแม่แบบขนาด 9x9 ภายในเป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำ

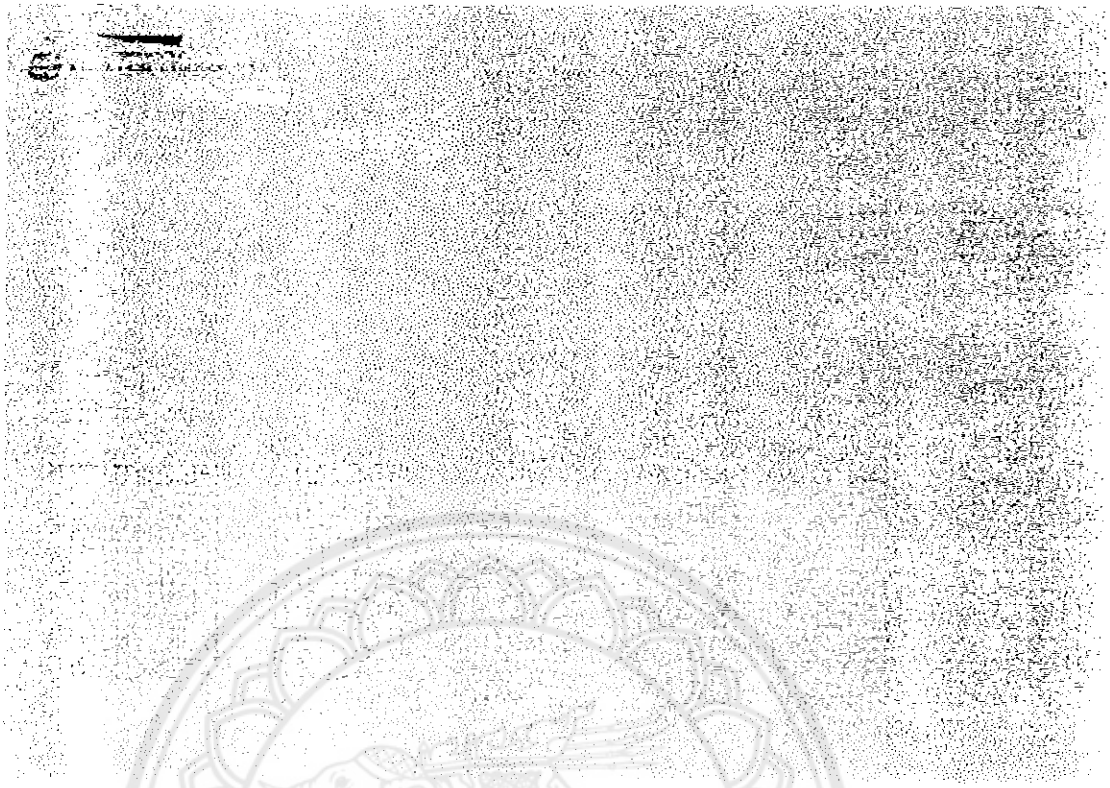
(ค) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการขยายด้วยแม่แบบขนาด 11x11 ภายในเป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำ

จากรูปด้านบนเป็นการทดลองทำการขยายภาพต้นฉบับที่เป็นกระดาษคำตอบของมหาวิทยาลัยนเรศวรกับแม่แบบขนาด 7x7, 9x9 และ 11x11 ที่เป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาดต่าง ๆ กัน แสดงให้เห็นว่าการใช้แม่แบบที่มีพื้นที่สีขาวขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้พื้นที่สีดำบนกระดาษคำตอบเล็กลง



(ก)

(ข)



(ค)

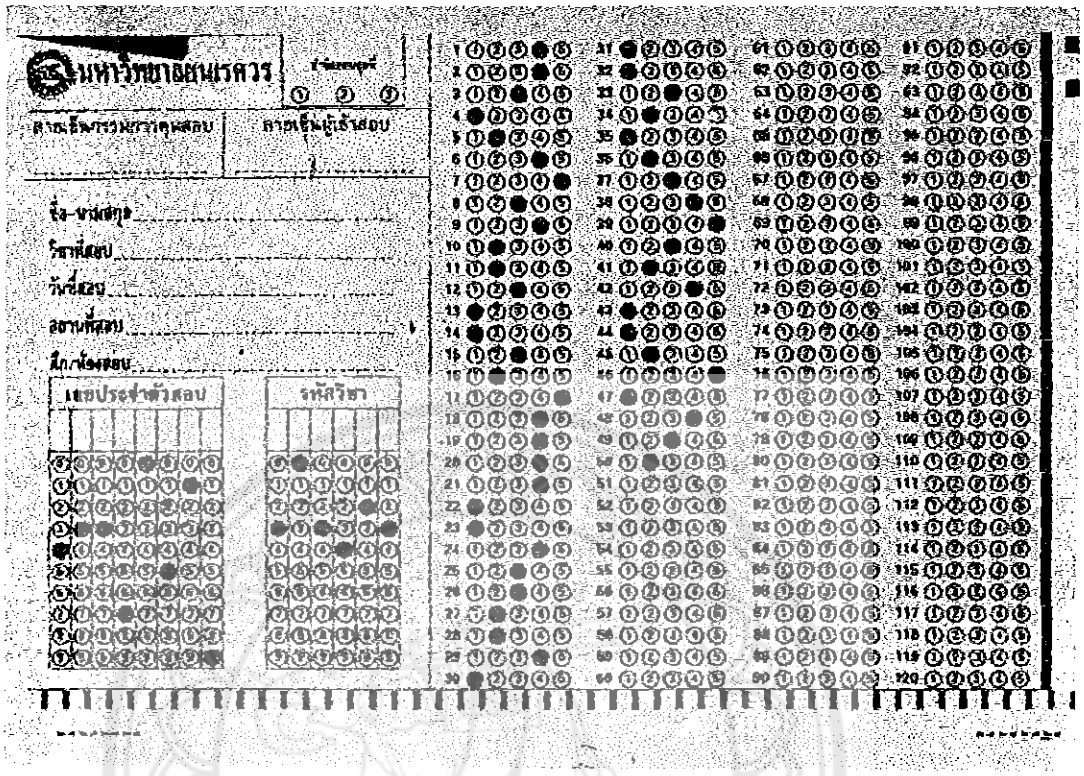
รูปที่ 4.7 (ก) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการขยายด้วยแม่แบบขนาด 7x7 ภายในเป็นรูปวงกลมสีดำบนพื้นสีขาว

(ข) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการขยายด้วยแม่แบบขนาด 9x9 ภายในเป็นรูปวงกลมสีดำบนพื้นสีขาว

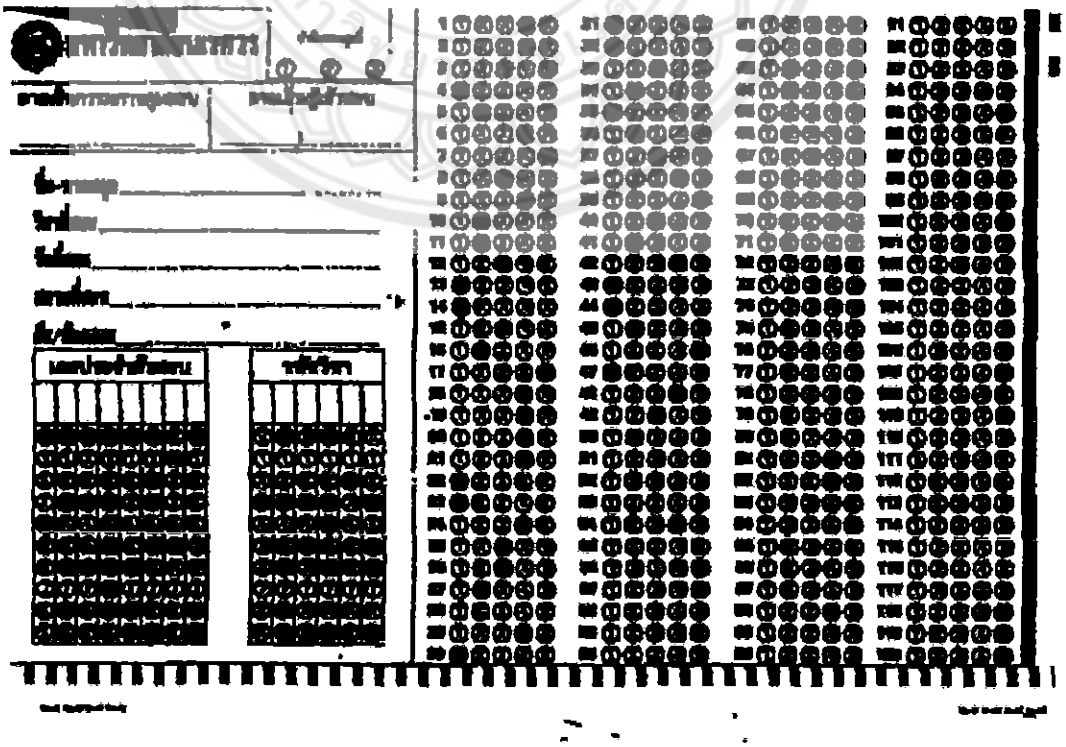
(ค) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการขยายด้วยแม่แบบขนาด 11x11 ภายในเป็นรูปวงกลมสีดำบนพื้นสีขาว

จากรูปด้านบนเป็นการทดลองทำการขยายภาพต้นฉบับที่เป็นกระดาษคำตอบของมหาวิทยาลัยนเรศวรกับแม่แบบขนาด 7x7, 9x9 และ 11x11 ที่เป็นรูปวงกลมสีดำบนพื้นสีขาวขนาดต่าง ๆ กัน แสดงให้เห็นว่าการใช้แม่แบบที่มีพื้นที่สีดำขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้พื้นที่สีดำบนกระดาษคำตอบเล็กลงแต่จะมีลักษณะต่างจากการใช้แม่แบบที่เป็นวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำคือหลังจากการทำการขยายด้วยแม่แบบวงกลมสีดำบนพื้นสีขาวแล้วจะหลงเหลือส่วนที่ถูกระบายชัดเจนกว่าการทำการขยายด้วยวงกลมสีดำบนพื้นสีขาว

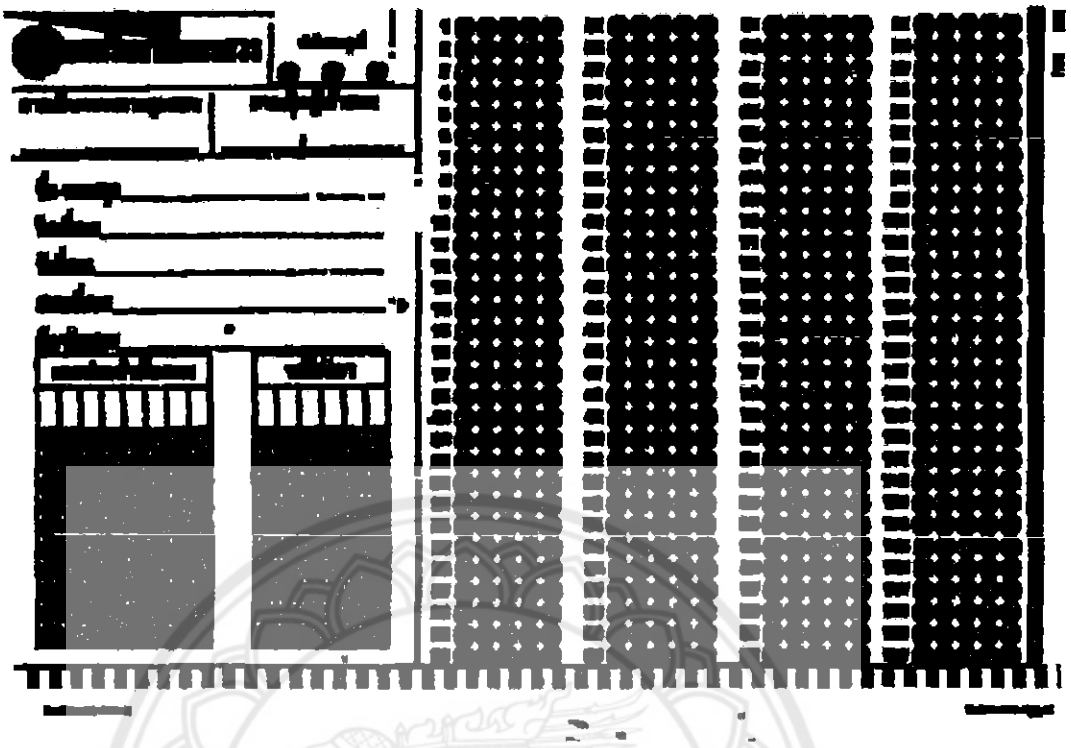
4.1.3.2 การทดลองทำการกร่อน (Erosion) กับภาพตัวอย่างโดยใช้แม่แบบชนิดต่าง ๆ



(ก)



(ข)



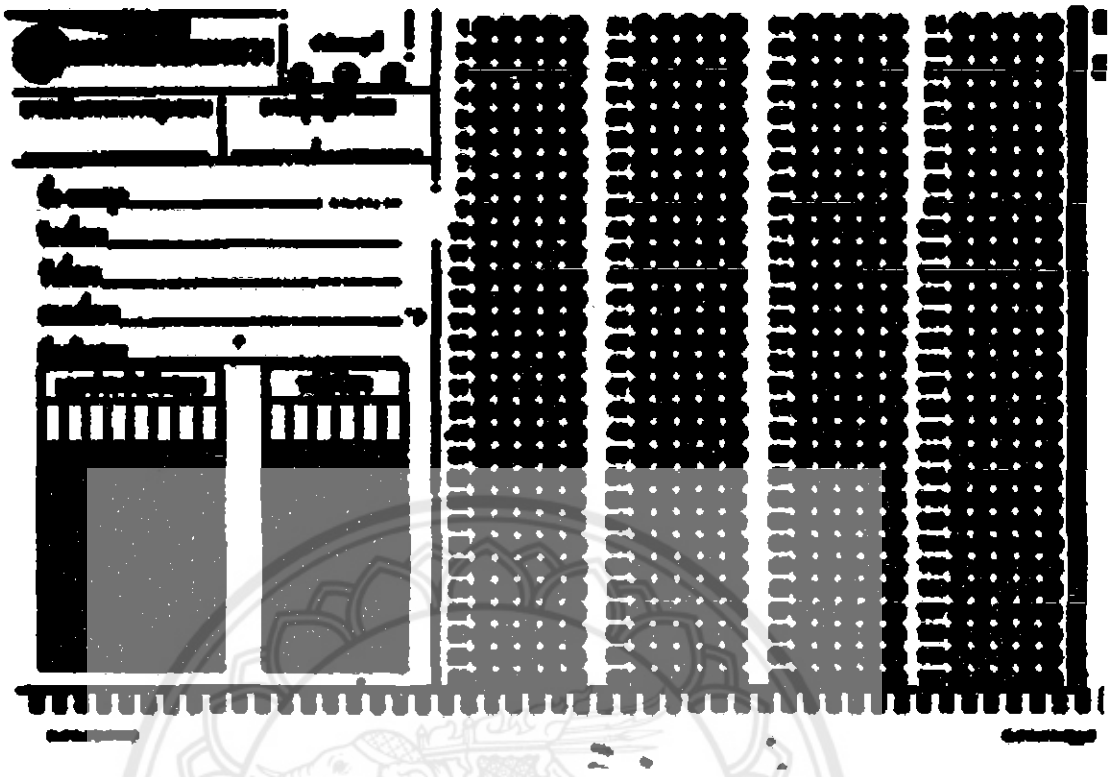
(ค)

รูปที่ 4.8 (ก) แสดงรูปกระดาษคำตอบต้นฉบับ

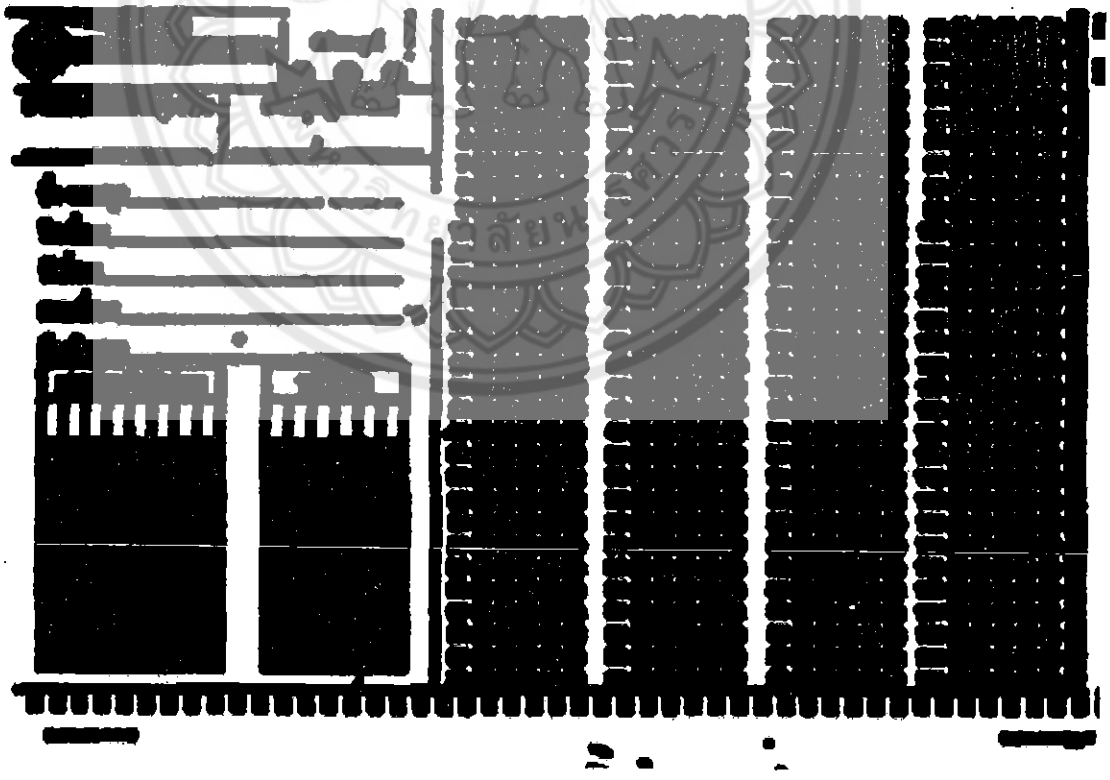
(ข) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการกร่อนด้วยแม่แบบขนาด 7x7 ที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 3x3 สีขาวบนพื้นสีดำ

(ค) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการกร่อนด้วยแม่แบบขนาด 7x7 ที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 5x5 สีขาวบนพื้นสีดำ

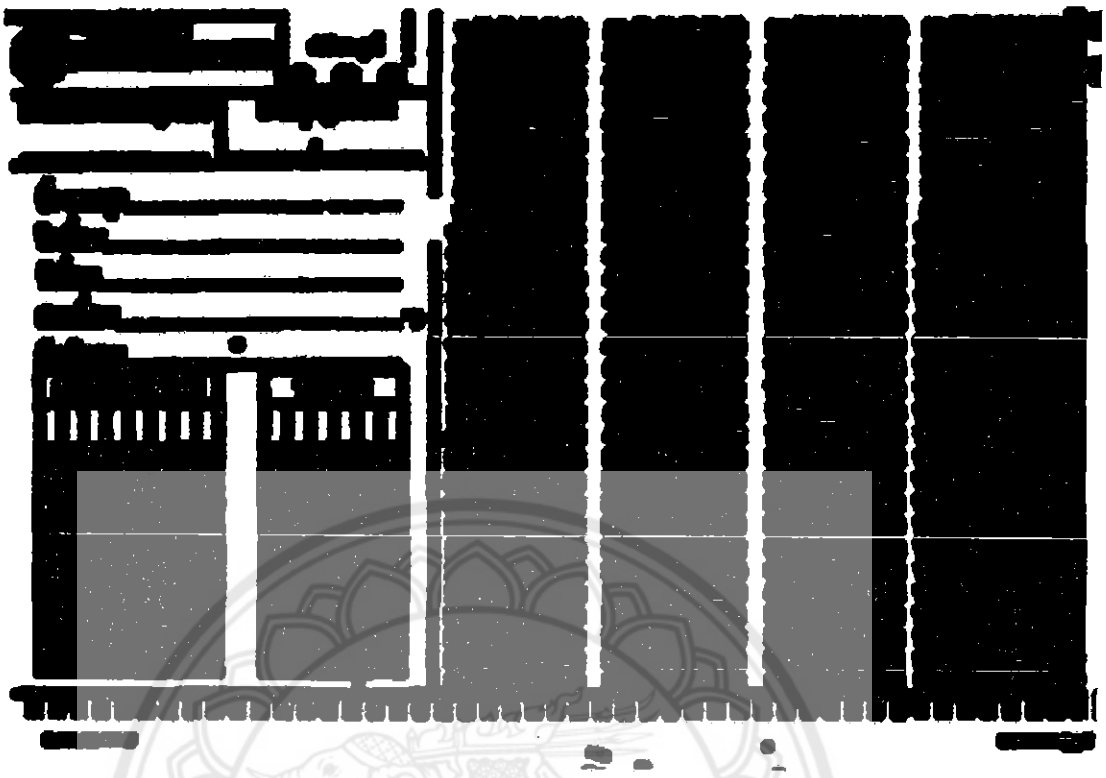
จากรูปด้านบนเป็นการทดลองทำการกร่อนภาพต้นฉบับที่เป็นกระดาษคำตอบของมหาวิทยาลัยนเรศวรกับแม่แบบขนาด 7x7 ที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสสีขาวบนพื้นสีดำขนาดต่าง ๆ กัน แสดงให้เห็นว่าการใช้แม่แบบที่มีพื้นที่สีขาวขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้พื้นที่สีขาวบนกระดาษคำตอบเล็กลง



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.9 (ก) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการกร่อนด้วยแม่แบบขนาด 7x7 ภายในเป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำ

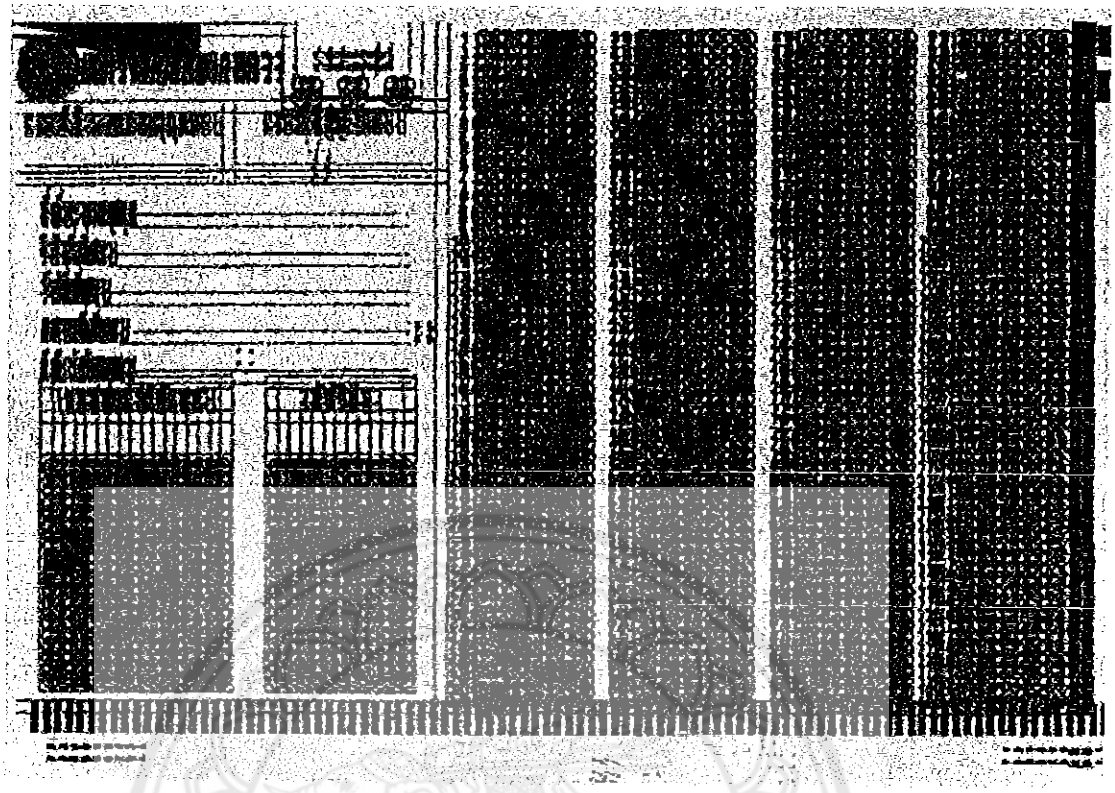
(ข) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการกร่อนด้วยแม่แบบขนาด 9x9 ภายในเป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำ

(ค) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการกร่อนด้วยแม่แบบขนาด 11x11 ภายในเป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำ

จากรูปด้านบนเป็นการทดลองทำการกร่อนภาพต้นฉบับที่เป็นกระดาษคำตอบของมหาวิทยาลัยนเรศวรกับแม่แบบขนาด 7x7, 9x9 และ 11x11 ที่เป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาดต่าง ๆ กัน แสดงให้เห็นว่าการใช้แม่แบบที่มีพื้นที่สีขาวขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้พื้นที่สีดำบนกระดาษคำตอบเล็กลง

(ข)

(ค)



(ค)

รูปที่ 4.10 (ก) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการกร่อนด้วยแม่แบบขนาด 7x7 ภายในเป็นรูปวงกลมสีดำบนพื้นสีขาว

(ข) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการกร่อนด้วยแม่แบบขนาด 9x9 ภายในเป็นรูปวงกลมสีดำบนพื้นสีขาว

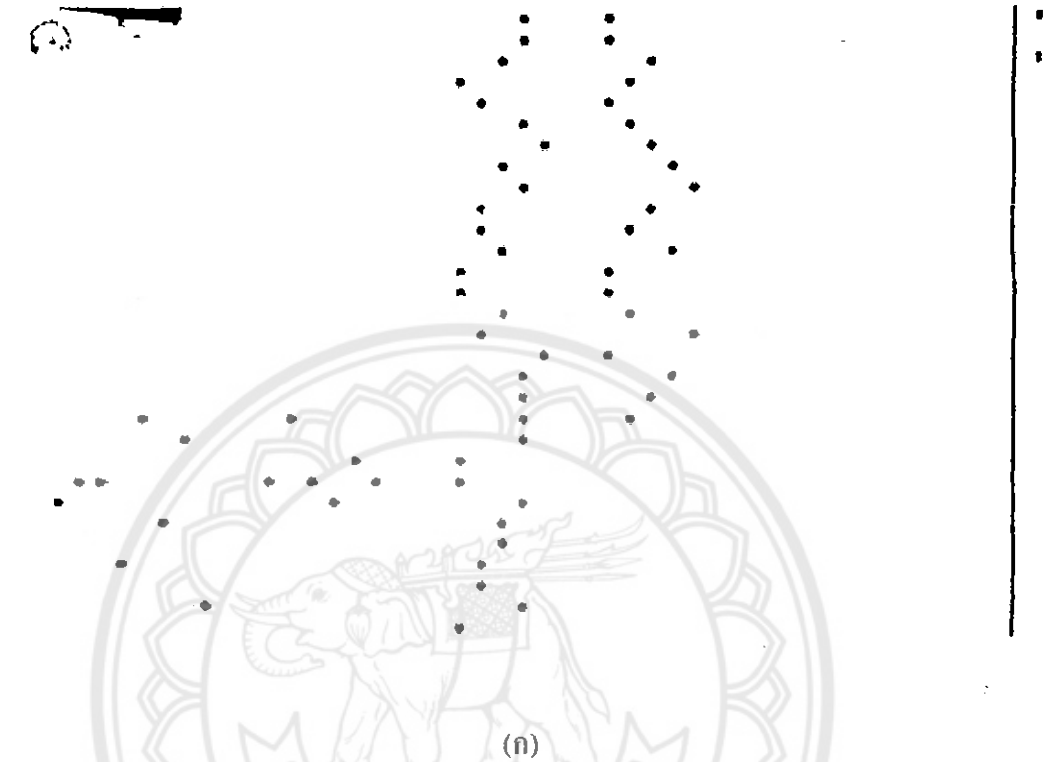
(ค) แสดงกระดาษคำตอบที่ทำการกร่อนด้วยแม่แบบขนาด 11x11 ภายในเป็นรูปวงกลมสีดำบนพื้นสีขาว

จากรูปด้านบนเป็นการทดลองทำการกร่อนภาพต้นฉบับที่เป็นกระดาษคำตอบของมหาวิทยาลัยนเรศวรกับแม่แบบขนาด 7x7, 9x9 และ 11x11 ที่เป็นรูปวงกลมสีดำบนพื้นสีขาวขนาดต่าง ๆ กัน แสดงให้เห็นว่าการใช้แม่แบบที่มีพื้นที่สีดำขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้พื้นที่สีดำบนกระดาษคำตอบตอบใหญ่ขึ้นแต่จะมีลักษณะต่างจากการใช้แม่แบบที่เป็นวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำคือหลังจากการทำการกร่อนด้วยแม่แบบวงกลมสีดำบนพื้นสีขาวแล้วจะหลงเหลือส่วนที่ถูกระบายชัดเจนกว่าการทำการขยายด้วยวงกลมสีดำบนพื้นสีขาว

จากการทดลองขั้นแรกจะพบว่าการทำการขยาย (Dilation) ภาพต้นฉบับกับแม่แบบที่เป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาด 7x7, 9x9 และ 11x11 ให้ผลลัพธ์ที่เป็นที่น่าพอใจกล่าวคือสามารถกำจัดส่วนอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ส่วนของคำตอบที่ระบายออกไปได้เกือบทั้งหมดในขณะที่ถ้าใช้แม่แบบรูปอื่น ๆ จะไม่สามารถกำจัดส่วนที่ไม่ใช่ส่วนของคำตอบที่ระบายได้ดีนัก

ดังนั้นทางกลุ่มผู้พัฒนาจึงได้ทำการเลือกที่จะนำภาพที่ผ่านการขยายทั้ง 3 ภาพ คือภาพที่ 4.6 (ก), (ข) และ (ค) นำมาทดลองทำการ Erosion ด้วยแม่แบบเดิมเพื่อดูผลการทดลอง

4.1.3.3 การทดลองทำการกร่อน (Erosion) กับภาพที่ผ่านการทำการขยาย (Dilation) กับกับแม่แบบที่เป็นวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาดต่าง ๆ

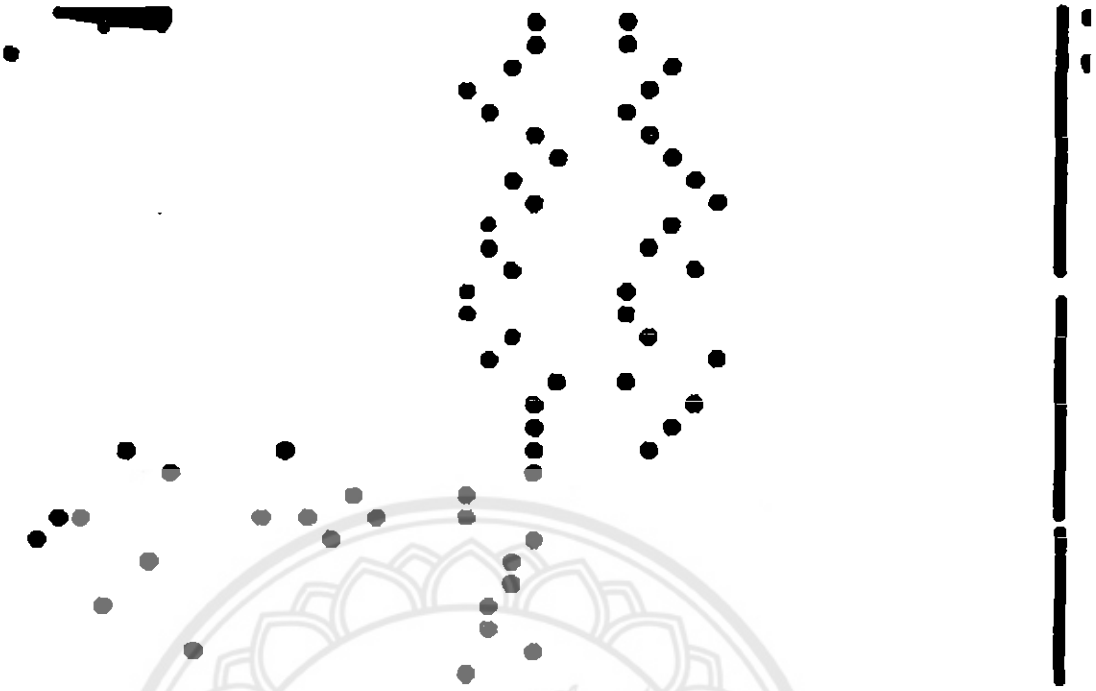


(ก)

(ข)

รูปที่ 4.11 (ก) แสดงภาพที่ผ่านการขยายด้วยแม่แบบที่เป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาด 7x7
(ข) แสดงภาพที่ผ่านการกร่อนด้วยแม่แบบที่เป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาด 7x7

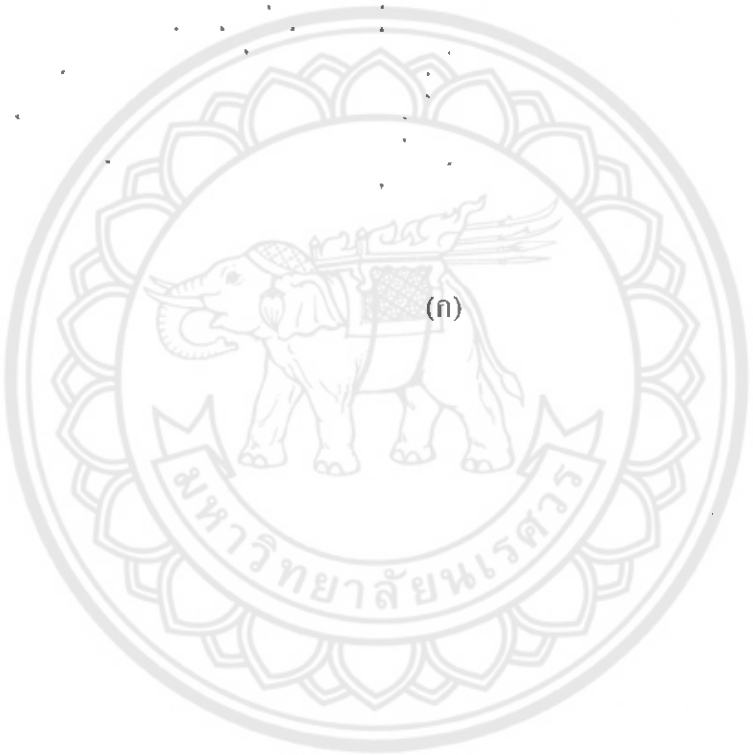
(ก)



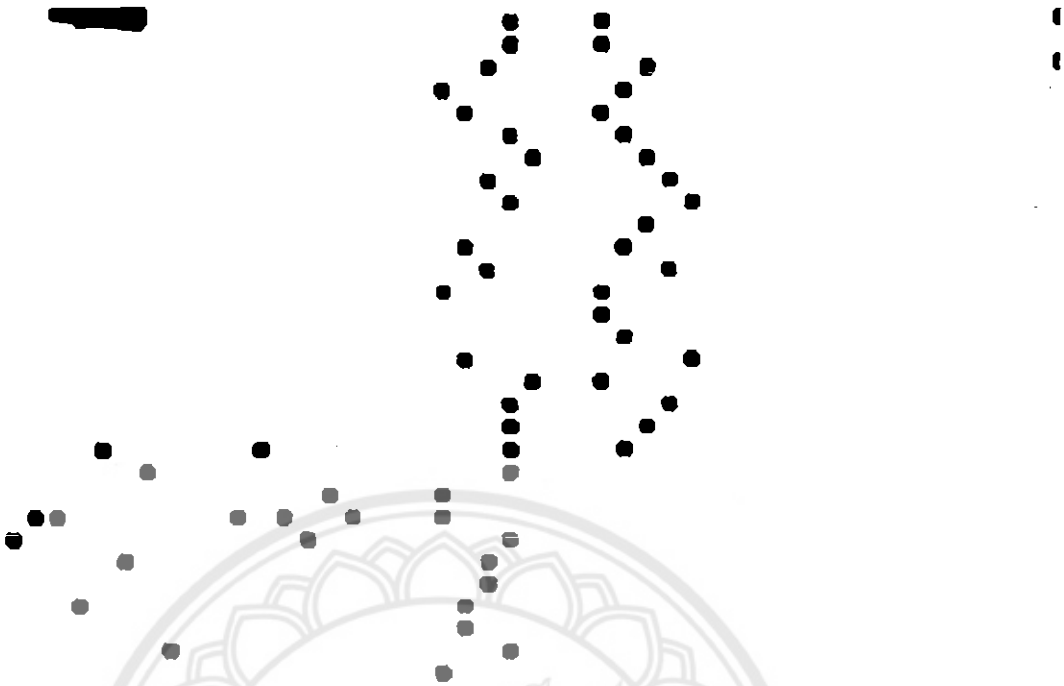
(ข)

รูปที่ 4.12 (ก) แสดงภาพที่ผ่านการขยายด้วยแม่แบบที่เป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาด 9x9 (ข) แสดงภาพที่ผ่านการกร่อนด้วยแม่แบบที่เป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาด 9x9

จากการทดลองนำภาพของกระดาษคำตอบที่ผ่านการขยายด้วยแม่แบบรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาดต่าง ๆ มาทดลองทำการขยายและการกร่อนด้วยแม่แบบรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาด 7x7 และ 9x9 พบว่าการทำการขยายด้วยแม่แบบดังกล่าวส่วนของการระบายคำตอบจะมีขนาดเล็กลงกว่าภาพต้นฉบับในขณะที่เมื่อทำการกร่อนด้วยแม่แบบรูปวงกลมที่มีแบบและขนาดเดียวกัน พบว่าการทำการกร่อนด้วยแม่แบบดังกล่าวส่วนของการระบายคำตอบจะมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าภาพต้นฉบับ



(ก)



(ข)

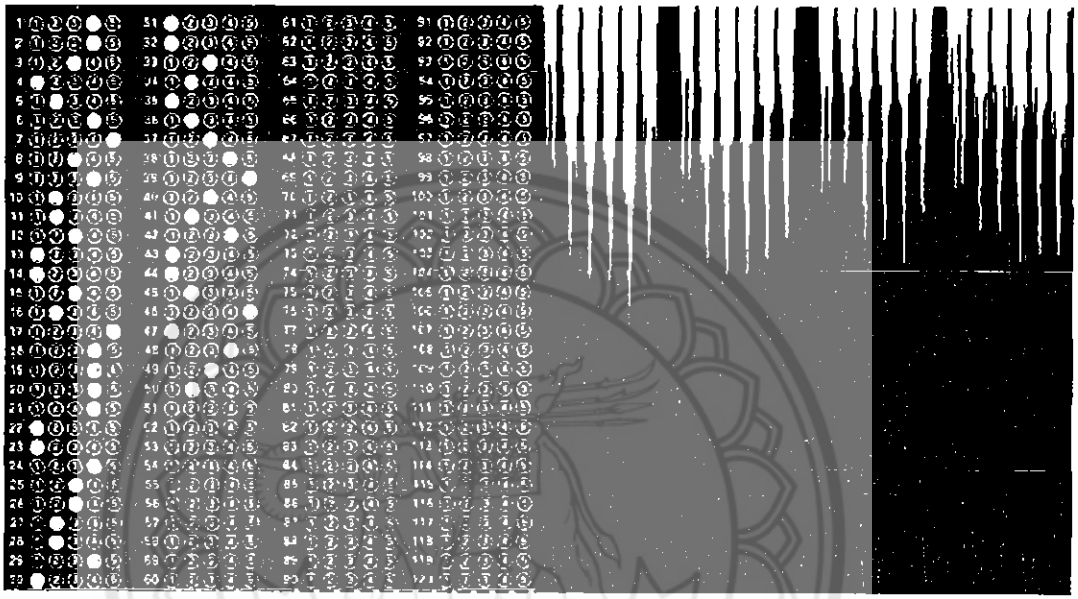
รูปที่ 4.13 (ก) แสดงภาพที่ผ่านการขยายด้วยแม่แบบที่เป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาด 11x11
(ข) แสดงภาพที่ผ่านการกร่อนด้วยแม่แบบที่เป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาด 11x11

จากการทดลองจะเห็นว่า ภาพของกระดาษคำตอบที่ผ่านการขยายด้วยแม่แบบรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาด 7x7 จะมีขนาดของคำตอบที่ถูกระบายใหญ่ที่สุด แม่แบบขนาด 9x9 จะให้ขนาดของคำตอบที่ถูกระบายเล็กลงมาและแม่แบบที่มีขนาด 11x11 จะให้ขนาดของคำตอบที่ถูกระบายเล็กที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม่แบบที่เป็นรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำจะทำการกำจัดส่วนที่ไม่ใช่คำตอบที่ถูกระบายได้ดีที่สุด ซึ่งเมื่อนำภาพที่ผ่านการทำการขยายมาทำการกร่อนอีกครั้งหนึ่งด้วยแม่แบบรูปเดิมหรือเรียกว่าการทำการปิด (Closing) ขนาดของส่วนที่ระบายคำตอบก็จะคืนกลับมาขนาดเท่าเดิมแต่ว่าส่วนที่ไม่จำเป็นจะถูกกำจัดไปเกือบทั้งหมด

ทางกลุ่มผู้พัฒนาได้ทำการเลือกใช้แม่แบบรูปวงกลมสีขาวบนพื้นสีดำขนาด 9x9 มาเป็นแม่แบบในการทำการปิดเพื่อที่จะทำให้ภาพดิจิทัลของกระดาษคำตอบเหลือแต่คำตอบส่วนที่ถูกระบายไว้เพราะเหตุว่า เมื่อใช้แม่แบบขนาด 7x7 ทำการขยายกับภาพต้นฉบับ ภาพผลลัพธ์ที่ได้ยังคงเหลือส่วนที่ไม่จำเป็นต่อการประมวลผลอยู่มาก ดังนั้นเมื่อทำการกร่อนอีกครั้งอาจจะทำให้เกิดการผิดพลาดจากส่วนที่ไม่จำเป็นขนาดใหญ่ได้ ในอีกกรณีหนึ่งเมื่อใช้แม่แบบขนาด 11x11 ทำการขยายกับภาพต้นฉบับส่วนของคำตอบที่ถูกระบายจะเหลืออยู่เล็กเกินไปทำให้การข้อมูลระบายคำตอบในบางจุดอาจจะหายไปได้ ซึ่งอาจจะเกิดการผิดพลาดได้

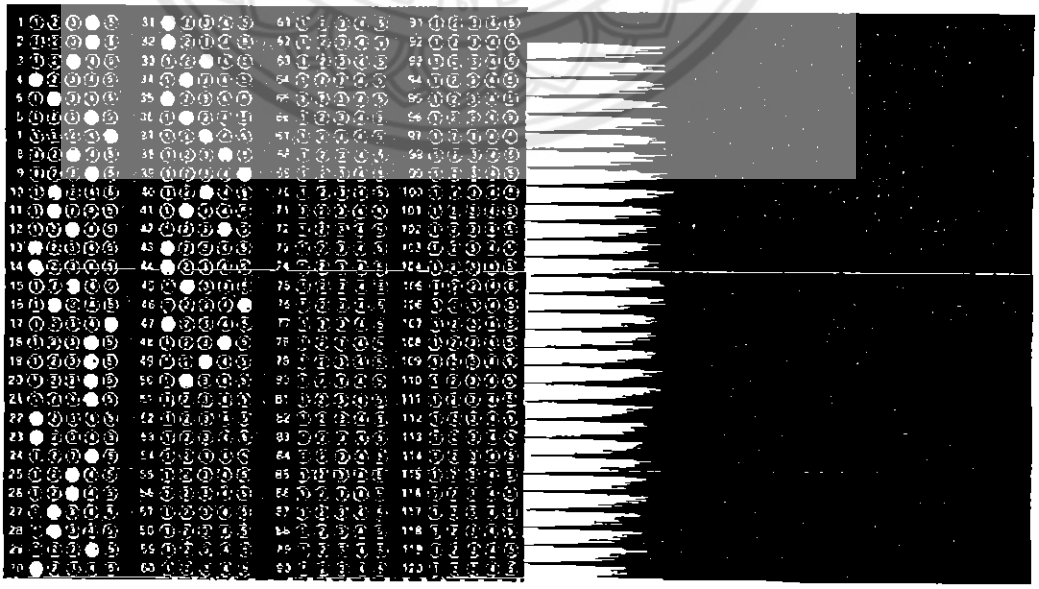
4.1.4 การระบุตำแหน่งในแต่ละตัวเลือกของกระดาษคำตอบ

หลังจากการปิดแล้วนำภาพที่ได้มาผ่านการอินเวิร์ท แล้วจะนำภาพผลลัพธ์นั้นมาเข้าสู่ขั้นตอนวิธีการทำภาพฉาย โดยจะทำภาพฉายตามหลักและตามแถวของภาพต้นฉบับซึ่งการทำภาพฉายนั้นกลุ่มผู้จัดทำโครงงานได้ประยุกต์เพื่อใช้ในการระบุตำแหน่งของตัวเลือกแต่ละตัวเลือกในกระดาษคำตอบแบบฝนดำที่ใช้ในการทดลองทำให้ได้ผลลัพธ์ดังรูป



(ก) (ข)

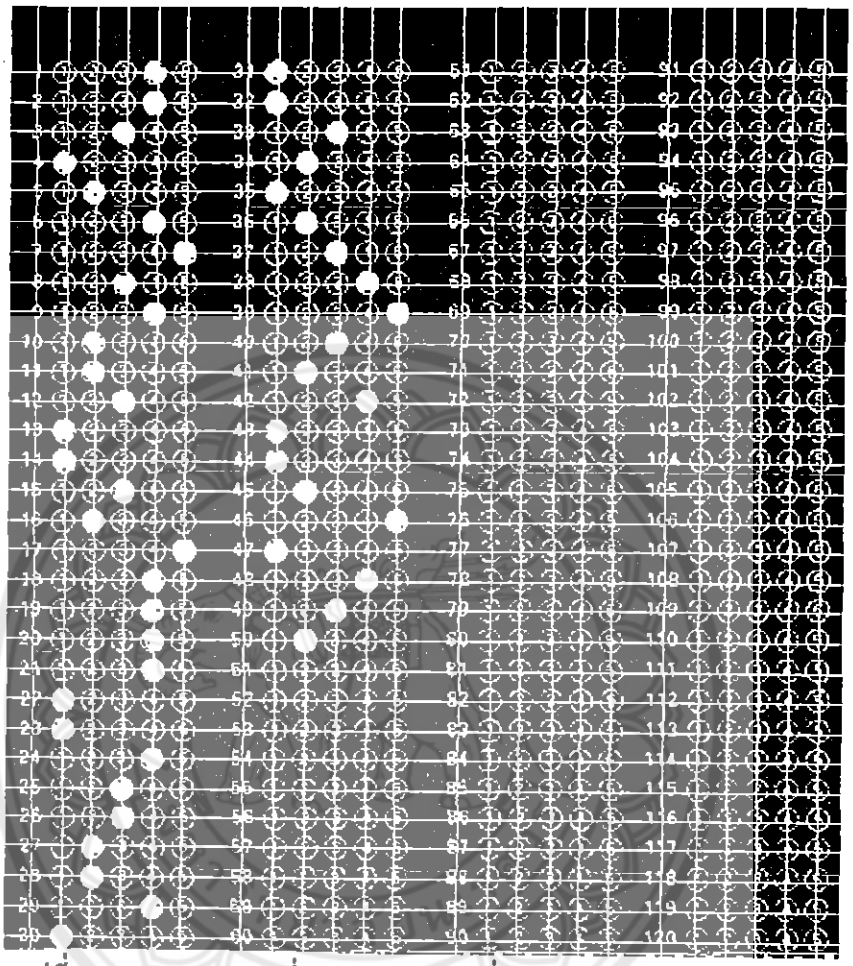
รูปที่ 4.14 (ก) ภาพต้นฉบับก่อนทำการฉายภาพ , (ข) ภาพฉายตามหลัก



(ก) (ข)

รูปที่ 4.15 (ก) ภาพต้นฉบับก่อนทำการฉายภาพ , (ข) ภาพฉายตามแถว

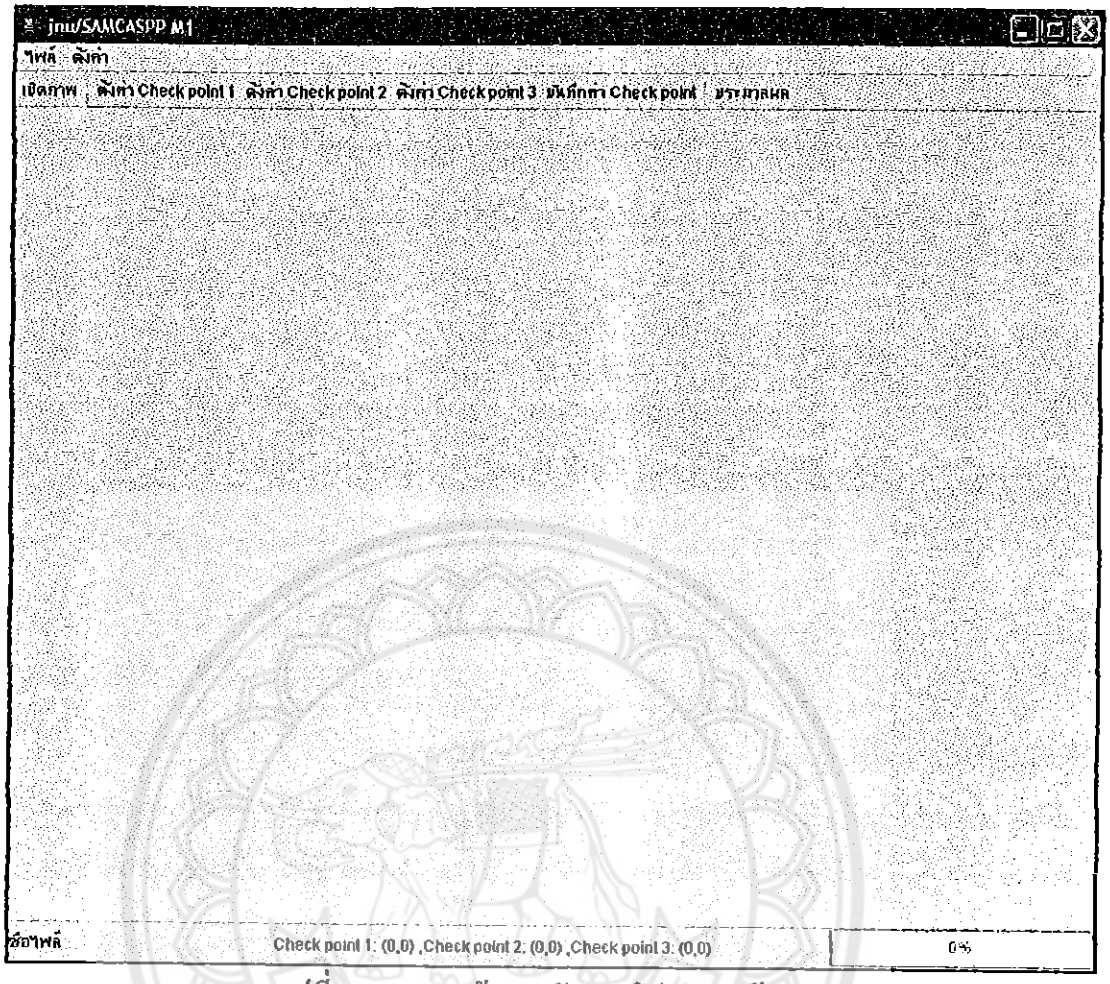
เมื่อเราได้ภาพฉายตามหลักและแถวแล้วเราสามารถที่จะระบุตำแหน่งของตัวเลือกแต่ละตัวเลือกได้ดังรูป



รูปที่ 4.16 แสดงจุดตัดที่เกิดจากภาพฉายที่เกิดจากตามหลักและตามแถว

บทที่ 5
สรุปผลงานวิจัยและการนำงานวิจัยไปใช้

จากการศึกษาขั้นตอนวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลผนวกกับการประยุกต์นำขั้นตอนวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลดังที่ได้กล่าวมาในบทที่ผ่านมาซึ่งทางกลุ่มผู้จัดทำโครงงานได้ทำการทดลองขั้นตอนวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลกับกระดาษคำตอบปรนัยแบบฝนคำของมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยการทดลองดังกล่าวเป็นการทดลองที่ได้นำขั้นตอนวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลต่าง ๆ ที่ทางกลุ่มผู้จัดทำคาดว่าจะสามารถนำมาประยุกต์ในการทำการตรวจกระดาษคำตอบได้ แต่ว่าการทดลองที่ได้กล่าวมานั้นเป็นการทดลองแยกทีละขั้นตอนวิธี ซึ่งจะทำให้เห็นผลการทดลองยากว่าขั้นตอนวิธีที่ทางกลุ่มผู้จัดทำโครงงานนำมาประยุกต์ใช้นั้นสามารถนำมาตรวจกระดาษคำตอบได้หรือไม่ ดังนั้นกลุ่มผู้จัดทำโครงงานจึงได้ทำการทดลองพัฒนาโปรแกรมที่จะใช้ในการทดสอบขั้นตอนวิธีที่เป็นโปรแกรมต้นแบบในการที่จะแสดงให้เห็นการทำงานโดยรวมของขั้นตอนวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลทั้งหมดที่ทางกลุ่มผู้จัดทำโครงงานได้ทำการประยุกต์ใช้ในโครงงาน ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองตรวจกระดาษคำตอบปรนัยแบบฝนคำของมหาวิทยาลัยนเรศวรกับโปรแกรมต้นแบบที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมา ซึ่งมีการทดลองดังนี้

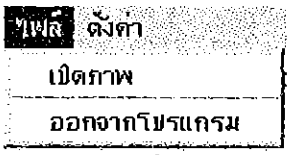


รูปที่ 5.1 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรมต้นแบบ

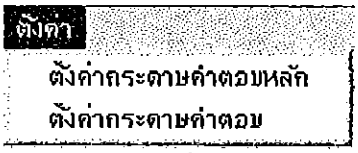
หน้าจอหลักของโปรแกรมจะมีลักษณะดังภาพโดยจะมีเมนูที่จะใช้งานหลักอยู่ 2 เมนู คือ

รูปที่ 5.2 แสดงเมนูหลัก

รูปที่ 5.3 แสดงเมนูทำงานของโปรแกรม

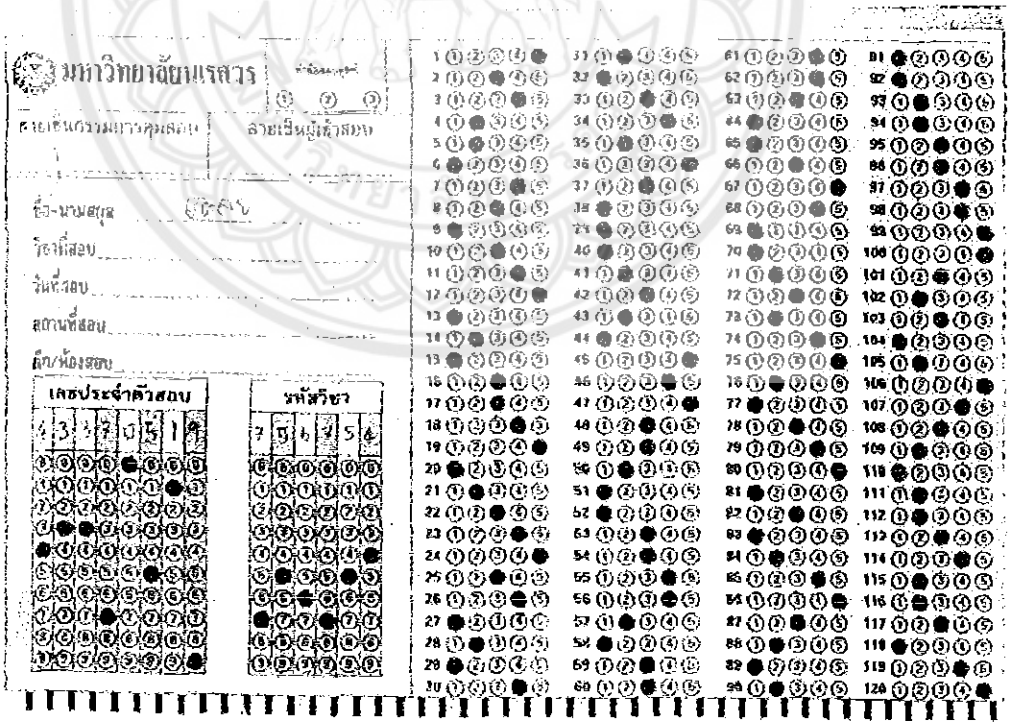


รูปที่ 5.4 แสดงเมนูย่อยเมื่อทำการเลือกเมนูหลัก "ไฟล์"



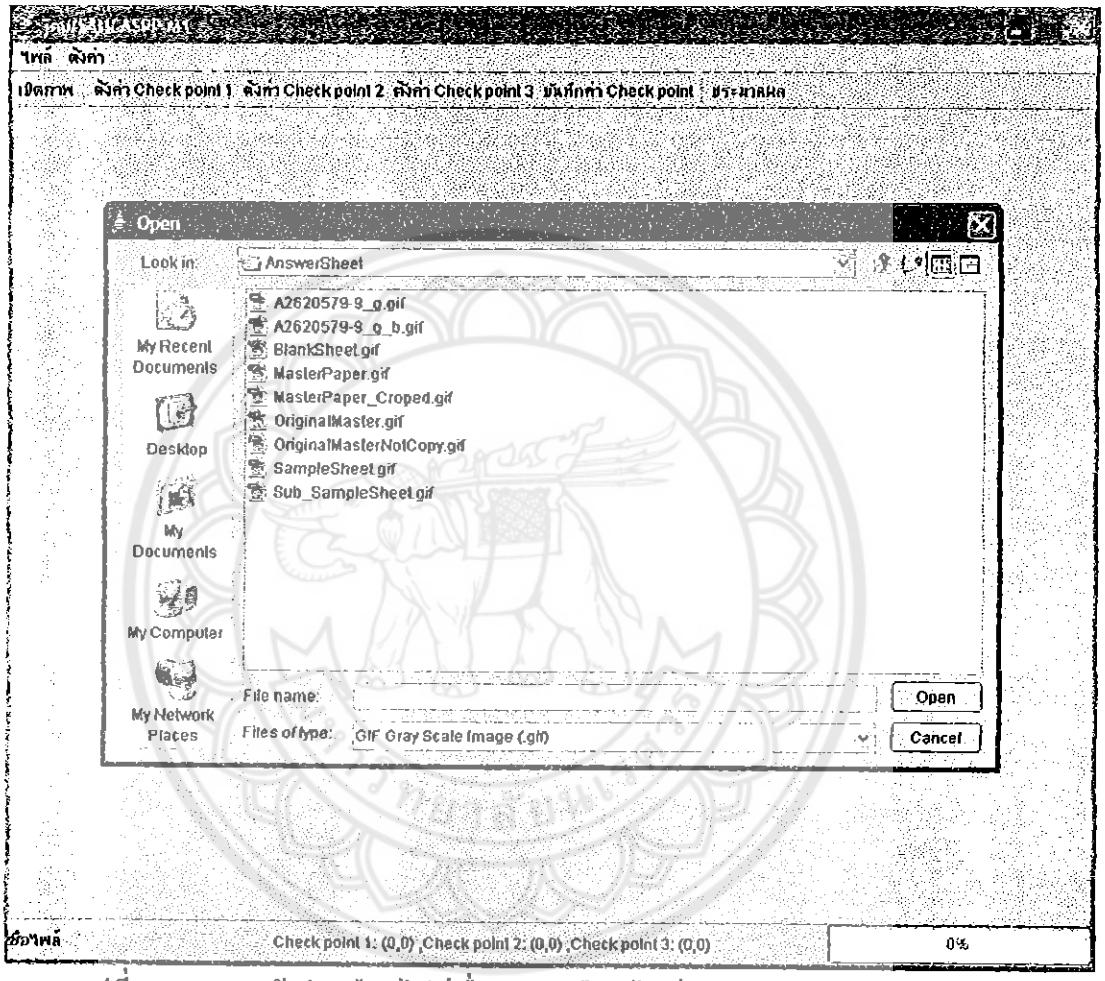
รูปที่ 5.5 แสดงเมนูย่อยเมื่อทำการเลือกเมนูหลัก "ตั้งค่า"

ในการทำงานของโปรแกรมเริ่มแรกจะต้องทำการเปิดภาพที่ต้องการจะทำการตรวจคำตอบก่อนซึ่งภาพที่จะต้องนำมาใช้งานกับโปรแกรมจะต้องเป็นไฟล์ภาพที่นำเข้าโดยสแกนเนอร์ที่ความละเอียด 100 dpi โดยนำเข้าเป็นภาพระดับเทา 256 ระดับโดยบันทึกเป็นภาพนามสกุล GIF โดยผู้ใช้งานจะต้องทำการปรับขนาดของภาพให้พอดีโดยภาพกระดาษคำตอบควรจะมีลักษณะดังภาพ



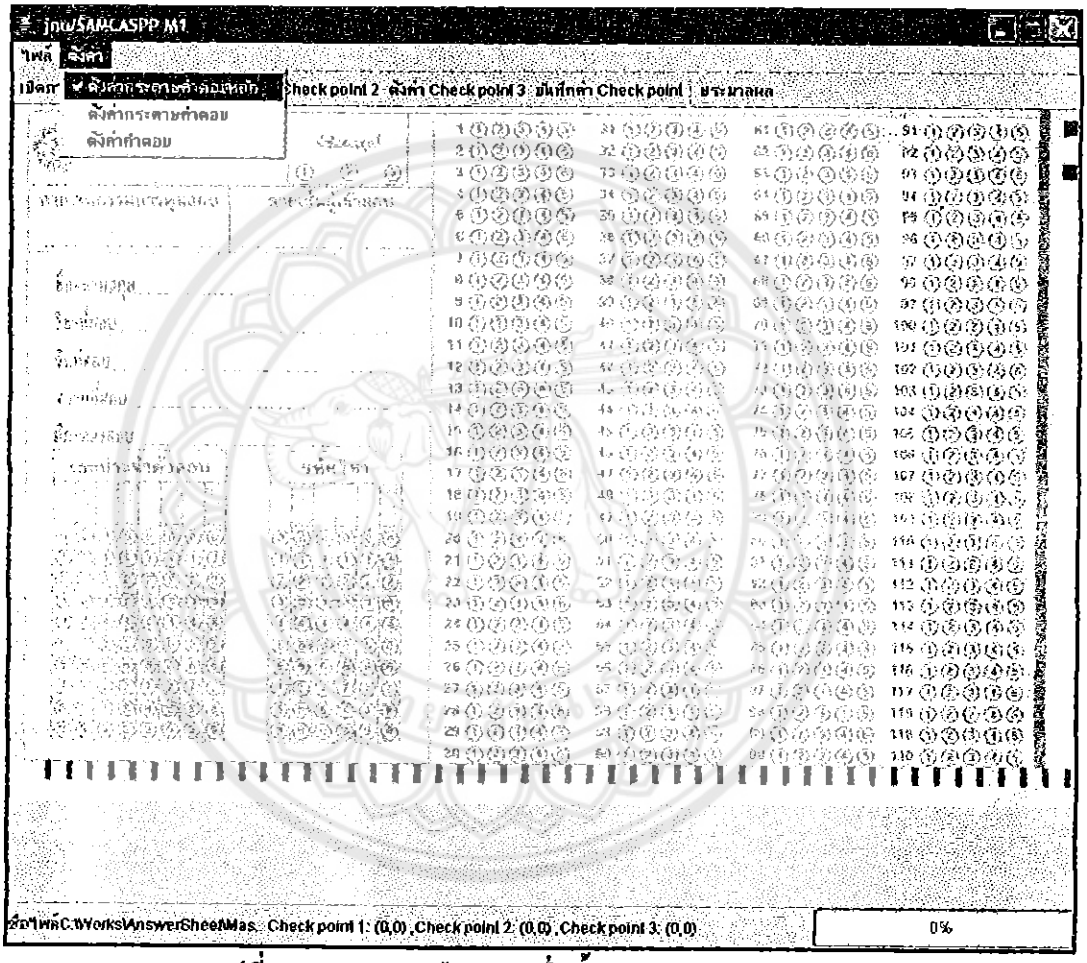
รูปที่ 5.6 แสดงภาพตัวอย่างของกระดาษคำตอบที่นำเข้ามาโดยใช้สแกนเนอร์

เมื่อทำการเลือก ไฟล์ → เปิดภาพ (รูปที่ 5.3) ที่เมนูหลักหรือกดปุ่มเปิดภาพในเมนูทำงานของโปรแกรม (รูปที่ 5.3) จะมีหน้าต่างเลือกไฟล์แสดงขึ้นมาให้ผู้ใช้ทำการเลือกไฟล์ภาพที่จะทำการประมวลผลขึ้นมา โดยหน้าต่างเลือกไฟล์จะทำการกลั่นกรองเฉพาะไฟล์ที่มีนามสกุลเป็น GIF เท่านั้น



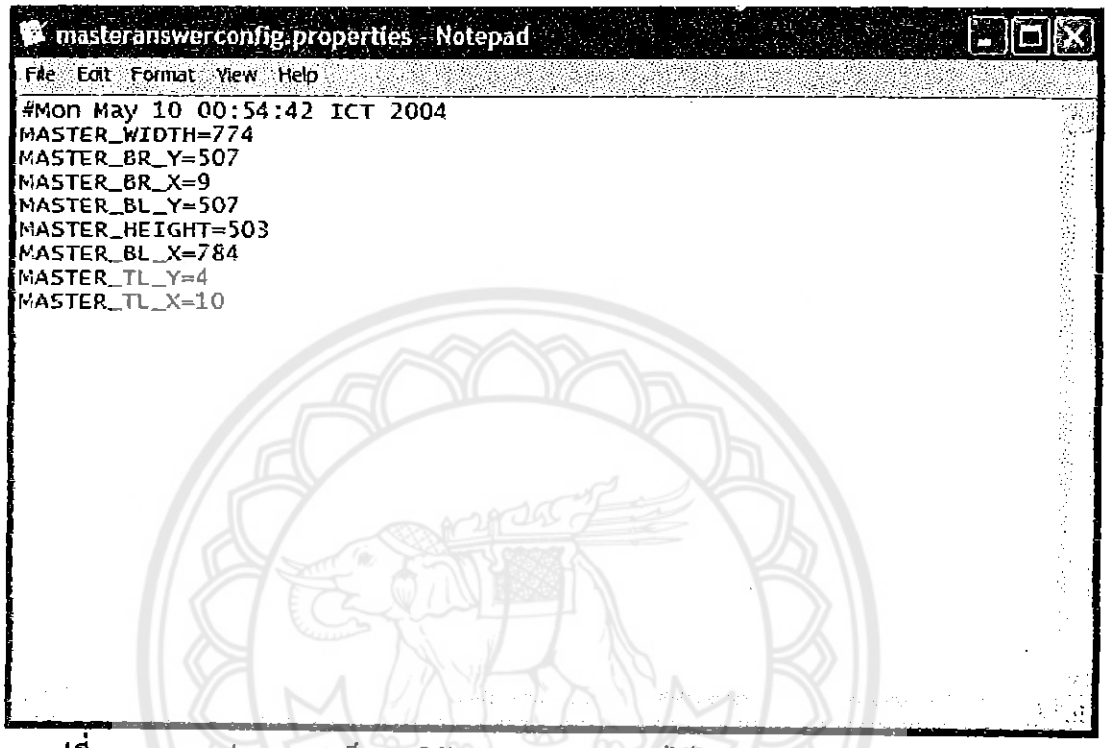
รูปที่ 5.7 แสดงหน้าต่างเลือกไฟล์เมื่อทำการเลือก ไฟล์ → เปิดภาพ หรือกดปุ่มเปิดภาพ

ในการใช้โปรแกรมครั้งแรกผู้ใช้จะต้องทำการตั้งค่า Check point ของกระดาษคำตอบหลัก ซึ่งในที่นี้กระดาษคำตอบหลักคือกระดาษคำตอบที่ไม่มีการเอียงและไม่มีการระบายคำตอบ ซึ่งการตั้งค่า Check point ของกระดาษคำตอบหลักจะทำเพื่อที่จะนำไปเทียบกับกระดาษคำตอบที่ต้องการจะตรวจคำตอบซึ่ง Check point ทั้งสามจุดของกระดาษคำตอบหลักจะเป็นจุดอ้างอิงที่จะใช้เพื่อตรวจสอบการเอียงและขนาดของกระดาษคำตอบที่จะทำการตรวจ



รูปที่ 5.8 แสดงการเลือกเมนูเพื่อตั้งค่ากระดาษคำตอบหลัก

การเก็บข้อมูลของ Check point ทั้งสามจุดของกระดาษคำตอบหลักจะทำการเก็บไว้ในไฟล์ masterconfig.properties ซึ่งจะมีลักษณะการเก็บข้อมูลเป็น key-value pairs โดยที่จะเก็บค่าพิกัดของแต่ละ Check point ไว้เป็นลักษณะดังนี้



รูปที่ 5.9 แสดงรูปแบบการเก็บจุดพิกัดของ Check point ไว้ใน masteranswerconfig.properties

การเก็บค่าพิกัดของแต่ละ Check point จะเก็บเป็นลักษณะ key-value pairs โดยจะมีลักษณะการเก็บ

key = value

การเก็บค่าพิกัดของกระดาษคำตอบหลักนั้นมีการเก็บดังนี้

- MASTER_TL_X #เก็บพิกัด X ของจุด Check point ที่ 1
- MASTER_TL_Y #เก็บพิกัด Y ของจุด Check point ที่ 1
- MASTER_BL_X #เก็บพิกัด X ของจุด Check point ที่ 2
- MASTER_BL_Y #เก็บพิกัด Y ของจุด Check point ที่ 2
- MASTER_BR_X #เก็บพิกัด X ของจุด Check point ที่ 3
- MASTER_BR_Y #เก็บพิกัด Y ของจุด Check point ที่ 3
- MASTER_WIDTH # เก็บค่าความกว้างของกระดาษคำตอบ*
- MASTER_HEIGHT #เก็บค่าความสูงของกระดาษคำตอบ*

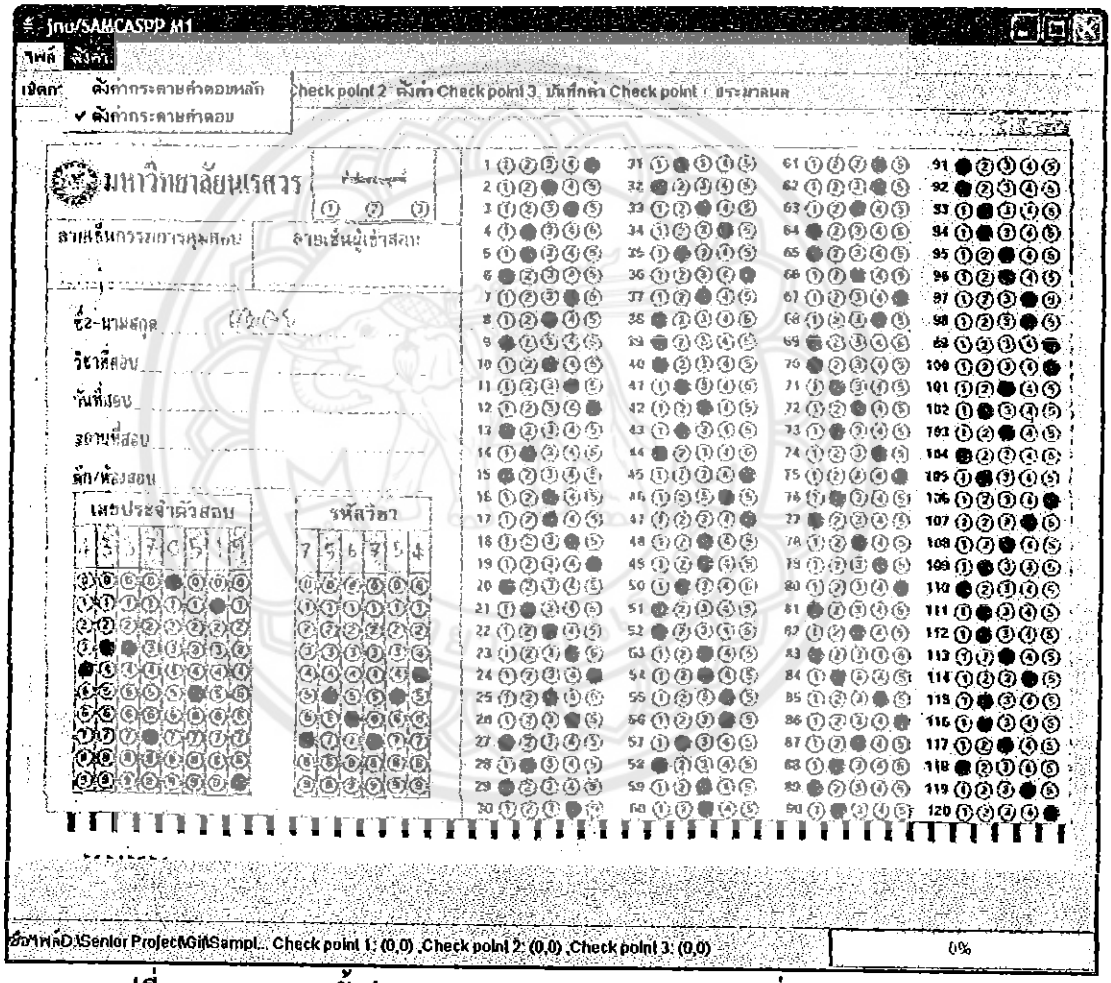
*ค่า MASTER_WIDTH จะคำนวนจาก

MASTER_WIDTH = MASTER_BR_X – MASTER_BL_X

*ค่า *MASTER_HEIGHT* จะคำนวนจาก

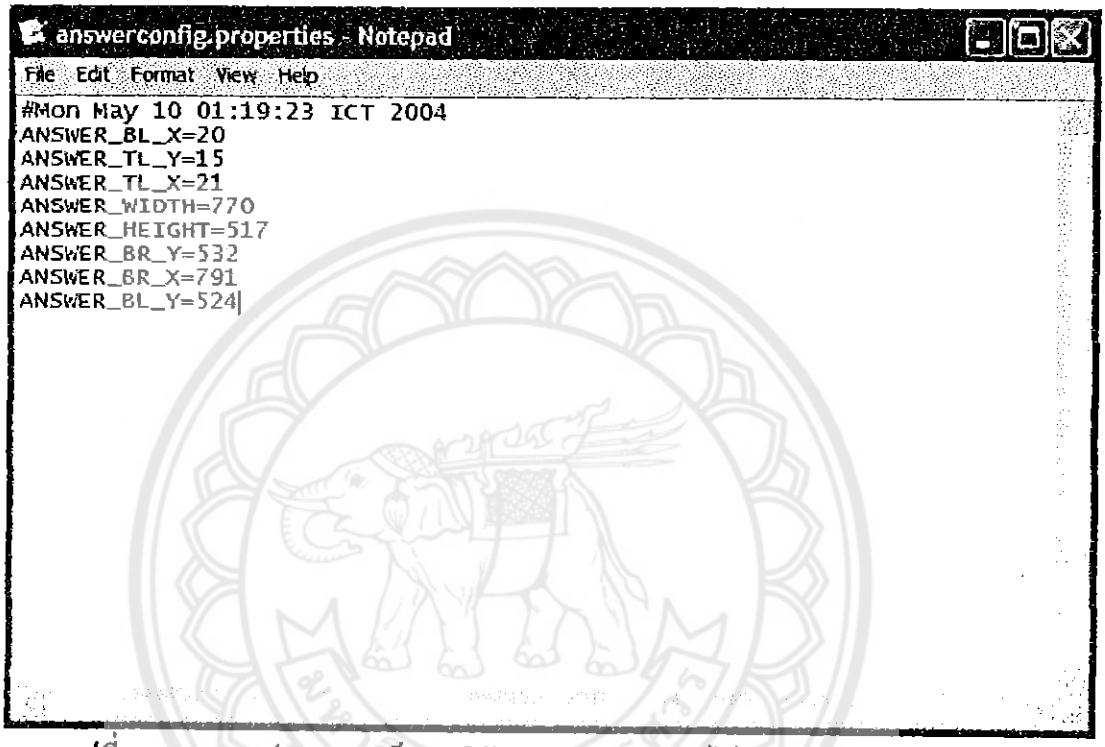
MASTER_HEIGHT = MASTER_BL_X – MASTER_TL_X

เมื่อทำการบันทึกค่า Check point ของกระดาษคำตอบหลักแล้วผู้ใช้ก็จะสามารถทำการตรวจกระดาษคำตอบได้ โดยผู้ใช้จะต้องทำการเปิดภาพของกระดาษคำตอบที่ต้องการประมวลผลแล้วจากนั้นทำการเลือกเมนู



รูปที่ 5.10 แสดงการตั้งค่า Check point ของกระดาษคำตอบที่ต้องการประมวลผล

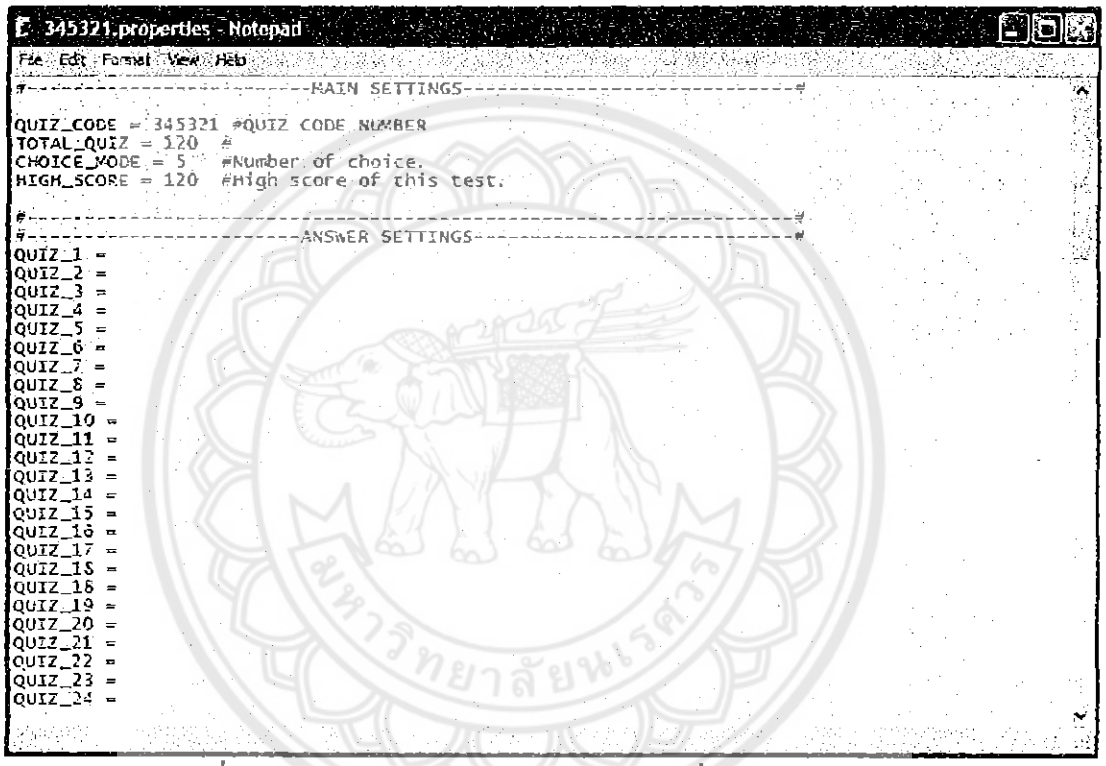
เมื่อทำการตั้งค่า Check point ของกระดาษคำตอบที่ต้องการนำมาประมวลผลแล้ว โปรแกรมจะทำการบันทึกค่า Check point ไว้ใน properties file ที่มีชื่อว่า answerconfig.properties โดยจะมีลักษณะดังนี้



รูปที่ 5.11 แสดงรูปแบบการเก็บจุดพิกัดของ Check point ไว้ใน answerconfig.properties

ซึ่งการเก็บค่าพิกัดในไฟล์ answerconfig.properties จะมีการเก็บเหมือนกันกับไฟล์ masteranswerconfig.properties

การตั้งค่าของคำตอบในวิชาที่ต้องการจะตรวจคำตอบจะใช้วิธีการให้ผู้ใช้ทำการบันทึกข้อมูลของคำตอบของวิชานั้น ๆ ไว้ใน Properties file โดยจะบันทึก Properties file นั้นเป็นรูปแบบ "รหัสวิชา.properties" (ตัวอย่าง : รหัสวิชา 345321 ก็จะบันทึก Properties file เป็น 345321.properties) แล้วถ้าในกรณีที่วิชานั้น ๆ มีข้อสอบหลายชุดก็จะบันทึกเป็น "รหัสวิชา_ชุดที่.properties" (ตัวอย่าง : รหัสวิชา 345321 ข้อสอบชุดที่ 2 ก็จะบันทึกเป็น 345321_2.properties) โดยลักษณะของ Properties file จะเป็นดังภาพ

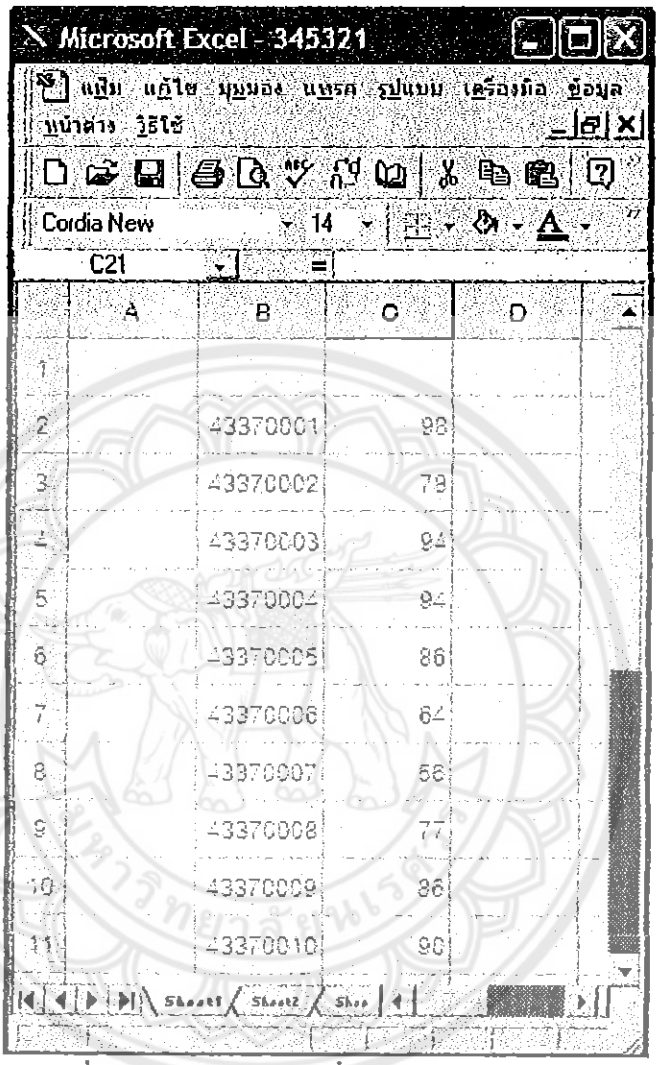


รูปที่ 5.12 แสดงการเก็บข้อมูลคำตอบของวิชาที่ต้องการตรวจคำตอบ

โดยการเก็บข้อมูลจะมีลักษณะดังนี้

- QUIZ_CODE # รหัสวิชาที่ต้องการตรวจสอบคำตอบ
- TOTAL_QUIZ #จำนวนคำตอบทั้งหมดของวิชานี้
- CHOICE_MODE #จำนวนตัวเลือกที่ใช้ (ในกรณีนี้จะมีเพียง 4 และ 5 ตัวเลือก)
- HIGH_SCORE #คะแนนเต็ม
- QUIZ_X #คำตอบของแต่ละข้อ X คือข้อที่อย่างเช่นต้องการกำหนดให้ข้อ 30 ตอบ 1 ดังนั้นจะกำหนดได้ว่า QUIZ_30 = 1

หลังจากการตรวจคำตอบของกระดาษคำตอบแล้วโปรแกรมจะทำการประมวลผลคำตอบและบันทึกเก็บไว้ใน Excel file ซึ่งมีรูปแบบการจัดเก็บดังนี้



รูปที่ 5.13 แสดง Excel File ที่จัดเก็บข้อมูลคะแนนที่ได้ทำการประมวลผลจากกระดาษคำตอบแล้ว

5.1 ข้อจำกัดของโปรแกรม

1. ไม่สามารถตรวจสอบกระดาษคำตอบที่มีการเอียงได้
2. ไม่สามารถตรวจสอบให้การระบายซ้ำเป็นการระบายที่เป็นโมฆะได้
3. ข้อมูลภาพดิจิทัลของกระคำตอบที่นำเข้ามาจะต้องเป็นข้อมูลภาพที่สมบูรณ์และจะต้องมีขอบของกระดาษคำตอบให้สามารถทำการตั้งค่า Check point ได้
4. การระบายคำตอบของผู้ใช้จะต้องระบายด้วยความเข้มที่มากกว่า 60%
5. ไม่สามารถประมวลผลกับกระดาษคำตอบที่ยับได้

เอกสารอ้างอิง

[1] นุกูล กระจาย. การเขียนโปรแกรมแบบวิชชวลด้วย C++ Builder 5 . พิมพ์ครั้งที่ 1 . กรุงเทพมหานคร . โรงพิมพ์สุวีริยสาสน์ . 2544

[2] Grogory A. Baxes . **Digital Image Processing.** United State of America : John Wilcy & Son ,Inc. 1994

[3] Loannis Pitas. **Digital Image Processing Algorithm** . Second Edition . Prentice Hall Europe . 1995

[4] N. Covavisaruch , W .Seeramrungrueng and C. Chansmorn , "Data Acquisition and Answer Checking from scanned Multiple Choice Answer Sheet Image", Proceeding , National Computer Science and Engineering Conference- (NCSEC 2001) , Chaingmai , 8-9 November 2001 . PP. 263-271

[5] Rafeal C. Gonzalez , Richard E . Wood . **Digital Image Processing** . First Edition . Addison Wesley Publishing Company , Inc . 1992

[6] Rafeal C. Gonzalez , Richard E . Wood . Digital Image Processing . Second Edition . United State of America : Prentice Hall , Inc . 2002

[7] Robert M. Haralick , Linda G . Shapiro . **Computer and Robot vision** . Volume 1 . Addison – Wesley Publishing Company , Inc . 1992

[8] Steve Oualline . **Practical C++ Programming** . First Edition . California . O'Reilly & Associates , Inc . 1995

ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ นางสาวดุษฎี แซ่หลิ้ม

ภูมิลำเนา 246/40 ถ. การุณราษฎร์ ต. มะขามเตี้ย
อ.เมือง จ. สุราษฎร์ธานี

ประวัติการศึกษา - จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียน
สุราษฎร์ธานี
- ปัจจุบันศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

e-mail : mauis@msn.com

ชื่อ นายปฏิพัทธ์ สุสำเภา

ภูมิลำเนา 151 ถ. วิไลจิตต์ ต. บางพุทรา
อ.เมือง จ. สิงห์บุรี

ประวัติการศึกษา - จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียน
พิบูลวิทยาลัย
- ปัจจุบันศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

e-mail : kengzz@hotmail.com