การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับระบบการอ่านเครื่องหมาย

Computer Programming Development for Optical Mark Reading System

ขนบ ทองคำ

Khanob Thongkhome

เลขหมู่ QA76.76 .O63 T433 2544 ฉ.2
Bib Key 241277
26 มิ.ย. 2544

วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Engineering Thesis in Electrical Engineering

Prince of Songkla University

2544

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับระบบการอ่านเครื่องหมาย

ผู้เขียน นายขนบ ทองคำ

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ ลิ่มสกุล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เลียง คูบุรัตถ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมพัฒน์ รุ่งตะวันเรืองศรี)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ ลิ่มสกุล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เลียง คูบุรัตถ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมพัฒน์ รุ่งตะวันเรืองศรี)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อิว ไอยราคาญจนกุล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัชฌา ธีรเชษฐมงคล)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิติ ทฤษฎิคุณ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอสงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตหาดใหญ่
ได้รับมอบ
บัณฑิตวิทยาลัย
วันที่ 16 ธ.ค. 2551

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับระบบการอ่านเครื่องหมาย
ผู้เขียน นายขนบ ทองคำ
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอระบบการอ่านเครื่องหมายสำหรับการตรวจข้อสอบและแบบสอบถามแบบปรนัยด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยประยุกต์ใช้การประมวลผลภาพดิจิตอลมาแทนวิธีการแบบธรรมดาที่ต้องใช้กระดาษคำตอบและอุปกรณ์การตรวจที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้จะใช้เครื่องกวาดภาพรับภาพกระดาษคำตอบและแปลงเป็นสัญญาณข้อมูลดิจิตอล โดยใช้วิธีการกำหนดกรอบข้อมูลสำหรับการประมวลผล ด้วยการลากกรอบไปครอบคลุมพื้นที่ของตัวเลือกที่ถูกทำเครื่องหมาย กรอบข้อมูลทั้งหมดจะถูกฉายภาพตัดแยกออกเป็นรูปย่อยๆ และตรวจสอบคุณลักษณะตัวเลือกด้วยการหาพื้นที่ภายในรูปย่อยๆนั้นอีกครั้งหนึ่งเพื่อจำแนกเป็นคำตอบที่ถูกเลือก ผู้ใช้สามารถกำหนดรูปแบบกระดาษคำตอบได้อย่างอิสระ สามารถประเมินคำตอบที่ถูกเลือกจากการทำเครื่องหมายกากบาทหรือระบายทึบ และมีความยืดหยุ่นในการวินิจฉัยการทำเครื่องหมายจากป่ากกาหรือดินสอในกระดาษคำตอบได้ จากผลการวิจัยที่ได้ทำการตรวจข้อสอบบนกระดาษคำตอบจำนวน 179 ชุด และแบบสอบถามจำนวน 20 ชุด พบว่าระบบสามารถตรวจข้อสอบและแบบสอบถามได้อย่างถูกต้องทั้งหมดบนกระดาษคำตอบที่ถูกทำเครื่องหมายทั้งแบบกากบาทและระบายทึบ สามารถแยกรหัสประจำตัวและทำรายงานผลคะแนนสอบของนักศึกษา สามารถแยกข้อสอบหรือแบบสอบถามที่มีข้อผิดพลาดอันเกิดมาจากการเลือกคำตอบมากกว่าหนึ่งตัวเลือกในข้อเดียวกันได้ สามารถคำนวณผลทางสถิติของการเลือกคำตอบสำหรับการประเมินข้อสอบและแบบสอบถาม จากการทดสอบความเร็วในการตรวจข้อสอบระหว่างโปรแกรมและมนุษย์ ด้วยการคำนวณความเร็วจากเวลาในการประมวลผลจริงที่ใช้ในการตรวจข้อสอบเท่านั้น โดยไม่รวมถึงเวลาที่ใช้ในการกวาดภาพเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ พบว่าโปรแกรมสามารถประมวลผลได้เร็วกว่า 4 เท่า

Thesis Title	Computer Programming Development for Optical Mark Reading System
Author	Mr. Khanob Thongkhome
Major Program	Electrical Engineering
Academic Year	2000

Abstract

This thesis presented the optical mark reading system developed for the marking of objective type of examination papers and the tallying of closed questionnaire on microcomputer responses by applying algorithms of digital image processing instead of conventional methods which required specially designed answer sheets and marking equipment. This system used a scanner to import answer sheet images and converted them into digital data signal. The data block assigned method moved the data block to cover the marked choice areas. All data blocks were split into segmented images by means of image projection and taken into feature extraction process by area determination of each object in that segmented image again for the classification of the answers selected. This allowed the users to assign any answer sheet forms. It could take answers shown either by cross marks or fill marks, and was flexible in considering choices marked on the answer sheets both by pen or pencil. The results of the research were acquired from 179 sets of examination answer sheet and 20 sets of questionnaires. It was found that the system was able to correctly collect all answers whether cross marked or fill marked, record student codes and report the score from each answer sheet and filter out unacceptable answers resulting from marking more than one choice for one item. In addition, it was able to compute statistical value which could be used in the evaluation of examination papers and questionnaires. The results of the study showed that the program could mark faster than man about 4 times but it wasn't include scanning time to computer system.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ ลิ่มสกุล ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เลียง คูบุรัตถ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมพัฒน์ รุ่งตะวันเรืองศรี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้กรุณาตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ เลียง คูบุรัตถ์ ที่ได้กรุณาช่วยเหลือให้คำแนะนำปรึกษาในด้านการศึกษาและวิจัยทางด้านการประมวลผลภาพดิจิตอล จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่าน โดยเฉพาะ อาจารย์ คณดิต เจฎ์พัฒนานนท์ และ อาจารย์ สาวิตร์ ตัณฑนุช ที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจ จนทำให้ผู้วิจัยสามารถสะสมหน่วยกิตในหมวดวิชาบังคับและวิชาเลือกได้ครบตามหลักสูตร

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ อิว ไอยราคาญจนกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัชฌา ธีรเชษฐมงคล ที่กรุณาช่วยตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนกระทั่งบรรลุวัตถุประสงค์

ขอขอบคุณน้องแหม่ม หรือ คุณ สุวรรณา สงนาค (ทองคำ) ผู้ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายขอน้อมรำลึกถึงพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยส่งเสริม ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือทางด้านทุนทรัพย์ตลอดมา จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขนบ ทองคำ

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อ..... (3)

Abstract..... (4)

กิตติกรรมประกาศ..... (5)

สารบาญ..... (6)

รายการตาราง..... (9)

รายการภาพประกอบ..... (10)

ตัวย่อและสัญลักษณ์..... (13)

บทที่

1. บทนำ..... 1

1.1. ความสำคัญและที่มาของหัวข้อวิจัย..... 1

1.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3

1.3. วัตถุประสงค์..... 4

1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4

1.5. ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย..... 4

1.6. ขอบเขตงานวิจัย..... 5

2. ขั้นตอนวิธีการประมวลผล OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์ม..... 6

2.1. บทนำ..... 6

2.2. กระบวนการประมวลผลของ OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์ม..... 7

2.2.1. กระบวนการประมวลผลขั้นต้น..... 11

2.2.1.1. การกำหนดค่าขีดจำกัด..... 11

2.2.1.2. การกรองสัญญาณรบกวน..... 16

2.2.1.3. การตรวจสอบและปรับค่าความเอียง..... 20

2.2.1.4. การแก้ปัญหาการย้ายตำแหน่งของจุดภาพ..... 36

2.2.1.5. การกำหนดกรอบข้อมูล..... 37

2.2.2. การตรวจสอบตำแหน่งตัวเลือกที่ถูกทำเครื่องหมายไว้..... 38

2.2.2.1. การฉายภาพ..... 38

2.2.2.2. การตัดแยกตัวเลือก..... 39

2.2.2.3. การแยกคุณลักษณะของตัวเลือก..... 40
3. องค์ประกอบของโปรแกรม OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์ม..... 42
3.1. บทนำ..... 42
3.2. กระบวนการเตรียมข้อมูลป้อนเข้า..... 42
3.2.1. การสร้างกระดาษคำตอบต้นแบบ..... 42
3.2.2. ขนาดของช่องว่างระหว่างตัวเลือก..... 47
3.3. การสร้างข้อมูลผลเฉลย..... 49
3.3.1. การสร้างผลเฉลยโดยวิธีป้อนข้อมูลทางแป้นพิมพ์..... 49
3.3.2. การสร้างผลเฉลยโดยวิธีป้อนข้อมูลผ่านทางเครื่องกวาดภาพ..... 49
3.4. การตรวจข้อสอบ..... 49
3.4.1. การหารหัสประจำตัวของผู้ทำข้อสอบ..... 49
3.4.2. การหาตัวเลือกที่ถูกทำเครื่องหมายโดยผู้ทำข้อสอบ..... 51
3.5. การวิเคราะห์ตัวเลือก..... 52
4. การพัฒนาและการทำงานของโปรแกรม OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์ม..... 55
4.1. บทนำ..... 55
4.2. ซอฟท์แวร์ที่ใช้พัฒนาโปรแกรม..... 55
4.3. การพัฒนาโปรแกรม..... 56
4.3.1. การออกแบบอัลกอริทึมการทำงานของขั้นตอนต่างๆ..... 57
4.3.2. การออกแบบกราฟฟิกในแต่ละจอภาพ..... 58
4.4. ผังงานแสดงการทำงานฟังก์ชันย่อยของโปรแกรมOMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์ม..... 67
4.4.1. ฟังก์ชันการหาค่าขีดจำกัดที่เหมาะสม..... 67
4.4.2. ฟังก์ชันการกรองสัญญาณรบกวน..... 68
4.4.3. ฟังก์ชันการตรวจสอบและปรับค่าความเอียง..... 69
4.4.4. ฟังก์ชันการกำหนดกรอบข้อมูลสำหรับการประมวลผล..... 70
4.4.5. ฟังก์ชันการฉายภาพ..... 71
4.4.6. ฟังก์ชันการตัดแยกตัวเลือก..... 72
4.4.7. ฟังก์ชันการแยกคุณสมบัติของตัวเลือก..... 73
5. ผลการวิจัย..... 74

5.1. การทดสอบโปรแกรมอ่านเครื่องหมาย..... 74
5.1.1. แหล่งข้อมูลที่นำมาใช้ทดสอบโปรแกรม..... 74
5.1.2. ผลการทดสอบโปรแกรมอ่านเครื่องหมายด้วยดินสอดำหรือปากกา..... 74
5.1.3. ผลการทดสอบความเร็วและความถูกต้องของโปรแกรมอ่านเครื่องหมาย 76
5.2. บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 79
บรรณานุกรม..... 81
ภาคผนวก ก. รายละเอียดการใช้งานโปรแกรมอ่านเครื่องหมาย..... 83
ภาคผนวก ข. การใช้งาน matlab เวอร์ชัน 5.3 เบื้องต้น..... 98
ประวัติผู้เขียน..... 109

รายการตาราง

ตาราง หน้า

2.1 ค่าขีดจำกัดของภาพกรอบข้อมูลจำนวน 10 รูป..... 15
2.2 การประมาณและปรับค่าความเอียงของกระดาษคำตอบ..... 31
3.1 ระยะห่างระหว่างตัวเลือกแต่ละตัวที่น้อยที่สุด
โดยทดสอบบนภาพขนาด 349 x 1051 พิกเซล..... 47
5.1 ผลจากการใช้ดินสอดำ ในการทำเครื่องหมายแบบต่างๆ..... 75
5.2 ผลจากการใช้ปากกาหมึกแห้งสี ในการทำเครื่องหมายแบบต่างๆ..... 75
5.3 ผลจากการใช้ปากกาเมจิกสี ในการทำเครื่องหมายแบบต่างๆ..... 76
5.4 ผลจากการใช้โปรแกรมอ่านเครื่องหมายตรวจข้อสอบ ในวิชาที่ 1 (ก)
กับผลจากการใช้โปรแกรมอ่านเครื่องหมายตรวจข้อสอบ ในวิชาที่ 2 (ข)..... 77
5.5 ผลการทดสอบหาความเร็วในการกวาดภาพของเครื่องกวาดภาพ..... 79

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ หน้า

1.1 แบบฟอร์มชนิดพิเศษของกระดาษคำตอบ..... 1

1.2 ระบบการอ่านเครื่องหมายที่ใช้หลักการประมวลผลภาพดิจิตอล..... 2

2.1 ขั้นตอนการตรวจข้อสอบแบบปรนัย..... 5

2.2 ขั้นตอนการประมวลผลของ OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์ม..... 9

2.3 ภาพกระดาษคำตอบที่มีความละเอียดเท่ากับ 30 จุดต่อนิ้ว (ก) กับภาพกระดาษคำตอบที่มีความละเอียดเท่ากับ 75 จุดต่อนิ้ว (ข)..... 10

และภาพกระดาษคำตอบที่มีความละเอียดเท่ากับ 150 จุดต่อนิ้ว (ค)..... 11

2.4 ภาพตัวอย่างที่ใช้ในการหาค่าขีดจำกัดที่เหมาะสม (ก) กับลักษณะฮิสโตแกรมของภาพประกอบ 2.4 (ก) (ข)..... 13

2.5 ภาพต้นฉบับก่อนการแยกจุดภาพออกจากฉากหลัง (ก)..... 15

และผลลัพธ์หลังจากการแยกกรอบข้อมูลออกจากฉากหลัง (ข)..... 16

2.6 ภาพต้นฉบับก่อนการแยกจุดภาพออกจากฉากหลัง (ก) กับผลลัพธ์หลังจากการแยกกรอบข้อมูลออกจากฉากหลัง (ข)..... 16

2.7 ลักษณะฮิสโตแกรมของสัญญาณรบกวนแบบจุดอิสระ..... 17

2.8 ตัวอย่างกระดาษคำตอบที่มีสัญญาณรบกวน..... 18

2.9 ฮิสโตแกรมของสัญญาณรบกวนในภาพประกอบ 2.8..... 19

2.10 ตัวอย่างกระดาษคำตอบที่ผ่านกระบวนการกรองสัญญาณรบกวนด้วยวิธี median filter..... 19

2.11 ขั้นตอนการตรวจสอบและปรับค่าความเอียงของกรอบข้อมูล..... 20

2.12 Sobel operator..... 22

2.13 การฉายภาพด้วยวิธี Radon transform..... 22

2.14 ลักษณะทางเรขาคณิตของ Radon transform..... 23

2.15 ลักษณะของ Radon function ของภาพกระดาษคำตอบที่มีมุมเอียง 10 องศา ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (ก)..... 24

และลักษณะของ Radon function ของภาพกระดาษคำตอบที่มีมุมเอียง 10 องศา ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา (ข)..... 25

2.16 ลักษณะของ Radon function ของภาพกระดาษคำตอบที่มีมุมเอียง 20 องศา ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (ก) 26
ลักษณะของ Radon function ของภาพกระดาษคำตอบที่มีมุมเอียง 20 องศา ในทิศทางตาม เข็มนาฬิกา (ข) 27
2.17 การเปลี่ยนตำแหน่งร่วมก่อนและหลังการหมุนภาพ 28
2.18 เทคนิคของวิธีการทำ Interpolation 29
2.19 Bilinear interpolation 30
2.20 กระดาษคำตอบต้นแบบ 32
2.21 แนวขอบภาพที่ใช้ประมวลผล 33
2.22 ขอบภาพที่ถูกดึงมาประมวลผล 34
2.23 Radon function 34
2.24 ผลลัพธ์จากการประมาณและปรับค่าความเอียงของเอกสาร 35
2.25 ปัญหา Pixel translation 36
2.26 การเลือกกรอบข้อมูลบนกระดาษคำตอบ 37
2.27 การภาพฉายบนกรอบตัวเลือก 39
2.28 การตัดแยกตัวเลือกออกมาเป็นส่วนๆ 40
2.29 พื้นที่ของตัวเลือกแต่ละแบบ 41
3.1 กรอบข้อมูลทั้ง 2 ชนิด 44
3.2 ตัวอย่างของกระดาษคำตอบที่ใช้ในงานวิจัย 45
3.3 ตัวอย่างของกระดาษคำตอบที่ใช้ในงานวิจัย 46
3.4 วิธีการทดสอบหาระยะห่างระหว่างตัวเลือก 47
3.5 คุณลักษณะของกรอบรหัสนักศึกษา 50
3.6 คุณลักษณะของกรอบข้อมูล 51
3.7 กระดาษคำตอบที่มีข้อผิดพลาดอันเกิดมาจากการเลือกคำตอบมากกว่า 1 ตัวเลือกในข้อเดียวกัน 53
3.8 กระดาษคำตอบที่ถูกทำเครื่องหมายใดๆไว้ เพื่อแสดงการยกเลิกตัวเลือก 53
3.9 กระดาษคำตอบที่มีตัวเลือกเลอะเลือนไม่ชัดเจน อันเนื่องมาจากการใช้น้ำยาลบคำผิดหรือยางลบ 54
3.10 กระดาษคำตอบที่ขาดความระมัดระวังในการทำเครื่องหมายในตัวเลือก 54

4.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมายบนหน้าต่างรูปภาพ..... 58
4.2 เครื่องมือบนซอฟท์แวร์ Matlab ในการสร้าง GUI..... 59
4.3 หน้าต่างรูปภาพในการสร้างกระดาษคำตอบต้นแบบ..... 60
4.4 หน้าต่างรูปภาพในการประมวลผลกระดาษคำตอบ..... 61
4.5 แผนภูมิต้นไม้ของหน้าต่างรูปภาพในการสร้างกระดาษคำตอบต้นแบบ..... 61
4.6 แผนภูมิต้นไม้ของหน้าต่างรูปภาพในการประมวลผลกระดาษคำตอบ..... 62
4.7 ผังงานแสดงการทำงานของโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมาย..... 66
4.8 ผังงานของการหาค่าขีดจำกัดที่เหมาะสม..... 67
4.9 ผังงานของการกรองสัญญาณรบกวน..... 68
4.10 ผังงานของการตรวจสอบและปรับค่าความเอียงของเอกสาร..... 69
4.11 ผังงานของการกำหนดกรอบข้อมูลสำหรับการประมวลผล..... 70
4.12 ผังงานของการฉายภาพ..... 71
4.13 ผังงานของการตัดแยกตัวเลือก..... 72
4.14 ผังงานของการแยกคุณสมบัติของตัวเลือก..... 73
5.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์มกับการประมวลผลด้วยมนุษย์..... 78

ตัวย่อและสัญลักษณ์

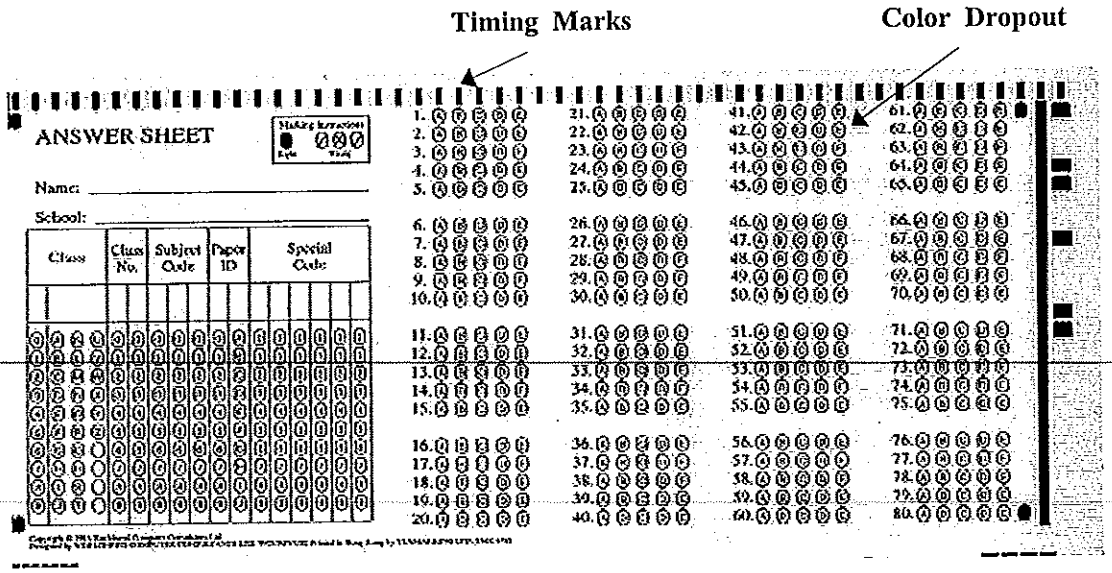
GUI	=	graphic user interface
OMR	=	optical mark reading
DPI	=	dot per inches
IBM	=	international business machine
PC	=	personal computer

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของหัวข้อวิจัย

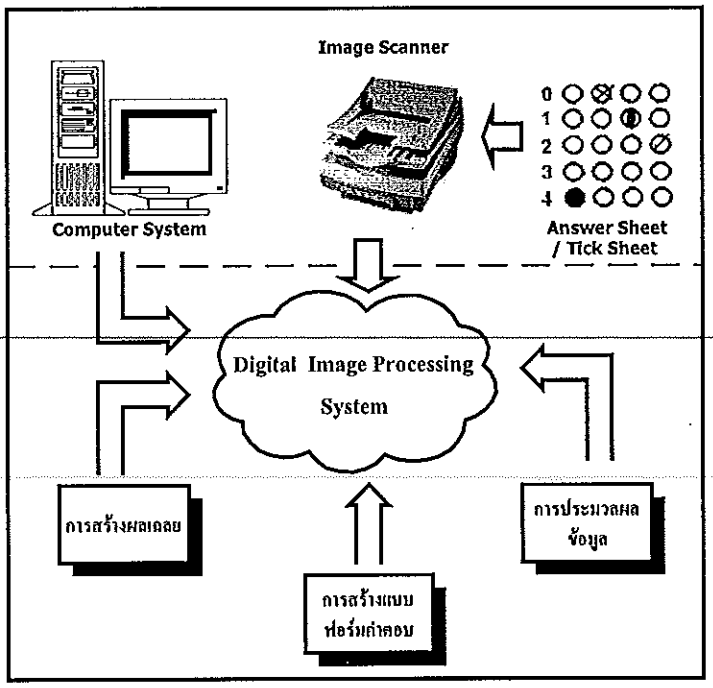
ระบบการอ่านเครื่องหมาย หรือ OMR (Optical mark reading system) คือ ระบบการอ่านและประมวลผลข้อมูล โดยการใช้ดินสอดำหรือปากกาทำเครื่องหมายลงในช่องตัวเลือกของแบบฟอร์มกระดาษผ่านทางเครื่องกวาดภาพ (Image scanner) และแปลงข้อมูลเหล่านั้นให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลทางดิจิตอล เนื่องจากระบบการอ่านเครื่องหมายเป็นเครื่องมือที่สามารถประมวลผลข้อมูลได้ด้วยความรวดเร็วและถูกต้อง จึงนิยมนำมาใช้ในการตรวจแบบสอบถามหรือตรวจข้อสอบของนักศึกษา จากหลักการทำงานของ OMR สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ชนิดแรกใช้หลักการอ่านข้อมูลโดยอาศัยแสงสะท้อน (Reflected light method) จากตัวเลือกที่ถูกทำเครื่องหมายด้วยดินสอดำไว้ ซึ่งต้องใช้แบบฟอร์มชนิดพิเศษที่มี Timing marks และ Color dropout เพื่อบอกตำแหน่งในการกวาดหาเครื่องหมายตัวเลือกเหล่านั้น ดังแสดงไว้ดังภาพประกอบ 1.1



ภาพประกอบ 1.1 แบบฟอร์มชนิดพิเศษของกระดาษคำตอบ

OMR ชนิดที่สองใช้เทคโนโลยีการประมวลผลแบบฟอร์ม (Form processing technology) ในการประมวลผลตัวเลือกที่ถูกทำเครื่องหมายไว้ จากคุณสมบัติพิเศษบางอย่างของตัวเลือก เช่น สีฉากหลัง (Background color) ตารางรหัส (Coding scheme) และความหนาแน่นของการทำเครื่องหมาย (Density of marks) เป็นต้น แต่การประมวลผลข้อมูลด้วยระบบการอ่านเครื่องหมายทั้งสองแบบยังมีข้อจำกัดอยู่มาก เช่น ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของตัวเลือกบนแบบฟอร์มตามความต้องการได้ ความผิดพลาดอันเกิดมาจากการใช้ดินสอดำระบายตัวเลือกที่ต้องการลงในช่องตัวเลือกบางจนเกินไปหรือระบายไม่เต็มช่องตัวเลือกหรือระบายออกนอกช่องตัวเลือกมากเกินไป การเลือกตัวเลือกกำหนดให้ใช้ดินสอขนาด 2B ขึ้นไป เป็นต้น จากปัญหาของระบบการอ่านเครื่องหมายที่กล่าวมาข้างต้น ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเสนอการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของระบบการอ่านเครื่องหมายโดยนำหลักการประมวลผลภาพดิจิตอล (Digital image processing) มาประยุกต์ใช้ ซึ่งจะทำให้สามารถประมวลผลข้อมูลได้รวดเร็วและถูกต้องเมื่อเทียบกับการประมวลผลข้อมูลโดยมนุษย์ และมีความยืดหยุ่นในการออกแบบแบบฟอร์มกระดาษมากยิ่งขึ้น

ระบบการอ่านเครื่องหมายที่ใช้หลักการประมวลผลภาพดิจิตอล มีหลักการทำงานดังแสดงในภาพประกอบ 1.2



ภาพประกอบ 1.2 ระบบการอ่านเครื่องหมายที่ใช้หลักการประมวลผลภาพดิจิตอล

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2.1. โปรแกรม Remark Office OMR 4.0 ของบริษัท Principia Products,Inc. นับว่าเป็นโปรแกรมระบบอ่านเครื่องหมายบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานในเชิงธุรกิจ การทำงานของโปรแกรมจะอาศัยเครื่องกวาดภาพในการป้อนข้อมูลภาพกระดาษคำตอบเข้าสู่ระบบ จากนั้นโปรแกรมจึงนำข้อมูลดังกล่าวมาประมวลผล ซึ่งข้อดีของโปรแกรม คือ สามารถประมวลผลภาพกระดาษคำตอบได้หลากหลายรูปแบบตามที่ผู้ใช้ต้องการ สามารถประมวลผลเครื่องหมายได้ทั้งแบบระบายทึบ กากบาท เครื่องหมายถูก และบาร์โค้ด สามารถประมวลผลข้อมูลทางสถิติได้ เป็นต้น แต่เนื่องจาก Software ดังกล่าวเป็น Software ต่างประเทศที่มีราคาแพงมาก จึงไม่ค่อยนิยมนำมาใช้งานในประเทศไทย

1.2.2.เครื่องตรวจข้อสอบระดับมืออาชีพ (ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี,2540) บทความเกี่ยวกับงานวิจัยนี้ เป็นการสร้างเครื่องตรวจข้อสอบระดับมืออาชีพที่มีราคาถูกด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิตอล โดยให้ระบบสามารถรับกระดาษคำตอบแบบธรรมดา และไม่จำเป็นต้องมีรูปแบบที่ตายตัว อีกทั้งสามารถยอมรับวิธีการทำเครื่องหมายเลือกคำตอบได้หลายรูปแบบอีกด้วย การตรวจข้อสอบทำได้โดยการหาแนวเส้นตรงของจุดภาพดำในแนวแกนตั้งและแนวแกนนอนของเอกสาร จากนั้นหาจุดตัดกันของแนวเส้นตรงทั้งสองแนวทุกเส้นที่เป็นไปได้ เพื่อกำหนดกรอบข้อมูลสำหรับการประมวลผล ในขั้นตอนการตรวจคำตอบเพื่อหาจำนวนข้อที่ถูก ผู้วิจัยเลือกใช้ค่าความแตกต่างระหว่างจำนวนจุดภาพดำระหว่างเครื่องต้นแบบกับภาพนำเข้าเพื่อตรวจคำตอบ ผลจากการวิจัยจะทำให้ได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้นแบบของระบบตรวจข้อสอบปรนัยอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพสูง และมีความยืดหยุ่นในการตรวจข้อสอบ แต่ผู้วิจัยไม่ได้แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทำวิจัยครั้งนี้มาแสดงให้ทราบ

1.2.3.ระบบตรวจข้อสอบปรนัยอัตโนมัติ (กฤษณะ ชินสาร,2540) งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการใช้หลักการของการประมวลผลภาพดิจิตอลมาพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการตรวจข้อสอบแบบปรนัยที่มีการทำข้อสอบได้หลายรูปแบบ เช่น แบบระบายทึบและกากบาท และสามารถใช้งานกับกระดาษคำตอบได้หลายประเภททั้งดินสอและปากกา การตรวจข้อสอบทำได้โดยการนับจำนวนจุดภาพดำที่เกิดขึ้นในแต่ละตัวเลือกที่สนใจพิจารณาแล้วนำตำแหน่งของตัวเลือกที่มีจุดภาพดำมากที่สุดไปเปรียบเทียบกับข้อมูลในฟอร์มไลบรารีและฐานข้อมูลของส่วนผลเฉลยคำตอบ เพื่อวิเคราะห์หารูปแบบของแบบฟอร์ม กระดาษคำตอบ รหัสวิชา รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ และทำการตรวจข้อสอบ พบว่าการทำข้อสอบแบบกากบาทด้วยดินสอ HB และปากกา สามารถตรวจข้อสอบได้ถูกต้องจำนวน 1,732 และ 1,764 ข้อ จาก 1,800 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 96.22 และ 98

ตามลำดับ ส่วนการทำข้อสอบแบบระบายด้วยดินสอ HB และปากกา สามารถตรวจข้อสอบได้ถูกต้องจำนวน 1,800 ข้อ จาก 1,800 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งจากผลลัพธ์ของงานวิจัยพบข้อจำกัดในส่วนต่างๆหลายประการ เช่น การประมวลผลเครื่องหมายแบบกากบาท การได้มาซึ่งแหล่งข้อมูลตัวอย่างในการตรวจข้อสอบตลอดจนถึงจำนวนข้อของการสุ่มตรวจข้อสอบที่อาจมีปริมาณไม่เพียงพอ ความซับซ้อนของอัลกอริทึมที่นำมาประยุกต์ใช้ เป็นต้น

ด้วยข้อมูลที่นำเสนอ จึงเป็นเหตุจูงใจอันสำคัญที่จะต้องมีการศึกษาและพัฒนาโปรแกรมให้ดียิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการอ่านเครื่องหมาย เช่น ความสามารถในการคำนวณผลทางสถิติของการเลือกคำตอบสำหรับการประเมินข้อสอบและแบบสอบถาม สามารถแยกข้อสอบหรือแบบสอบถามที่มีข้อผิดพลาดอันเกิดมาจากการเลือกคำตอบมากกว่าหนึ่งตัวเลือกในข้อเดียวกัน เป็นต้น อีกทั้งแนวทางในการวิจัยได้มาจากการศึกษาผลงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยเฉพาะภายในประเทศซึ่งมีการวิจัยเกี่ยวกับระบบการอ่านเครื่องหมายเพียงแค่ 2 รายเท่านั้น จึงนับว่าน่าสนใจที่จะมีการพัฒนาโปรแกรมของระบบการอ่านเครื่องหมาย จนสามารถนำไปใช้งานได้จริงในเชิงพาณิชย์ได้

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของระบบการอ่านเครื่องหมาย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้โปรแกรมต้นแบบสำหรับงานวิจัยทางด้านการประมวลผลภาพดิจิตอล

1.4.2 ได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของระบบการอ่านเครื่องหมายที่มีความถูกต้อง รวดเร็ว และยืดหยุ่น

1.5 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

1.5.1 ศึกษาวิธีการประมวลผลขั้นต้นของภาพแบบฟอร์มที่ถูกป้อนผ่านทางเครื่องกวาดภาพ

1.5.2 ศึกษาวิธีการในการตรวจสอบหาตำแหน่งเครื่องหมายตัวเลือก

1.5.3 ศึกษาวิธีการหาคุณลักษณะเด่นของเครื่องหมายตัวเลือก

1.5.4 ศึกษาวิธีการจำแนกตัวเลือก

1.5.5 เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของกระบวนการต่างๆทั้งหมด

1.5.6 ทำการทดสอบการทำงานของกระบวนการต่างๆ

1.5.7 สรุปผลการศึกษา

1.6 ขอบเขตงานวิจัย

เพื่อการพัฒนาโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมายให้สามารถนำมานับจำนวนคะแนนของแบบสอบถามและกระดาษคำตอบได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ จึงได้กำหนดขอบเขตของงานจริงไว้ดังนี้

1.6.1 ใช้เครื่องกวาดภาพเป็นอุปกรณ์ในการอ่านภาพแบบสอบถามหรือกระดาษคำตอบเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์

1.6.2 โปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมายที่พัฒนาขึ้น ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดว์ 95 เป็นต้นไป และใช้หลักการประมวลผลภาพดิจิตอลในการประมวลผลภาพแบบสอบถามหรือกระดาษคำตอบ โดยการนำค่าเฉลี่ยของพื้นที่จุดภาพรวมของตัวเลือกที่ถูกทำเครื่องหมายและไม่ได้ถูกทำเครื่องหมายในแต่ละข้อมาเปรียบเทียบกับพื้นที่ของภาพตัวเลือกแต่ละภาพ โดยตัวเลือกที่ถูกทำเครื่องหมายย่อมมีพื้นที่มากกว่าค่าเฉลี่ยที่นำมาเปรียบเทียบ

1.6.3 แบบสอบถามหรือกระดาษคำตอบที่ใช้ในงานวิจัย มีขนาดตามมาตรฐาน A4 ที่ถูกทำเครื่องหมายตัวเลือกไว้ด้วยการระบายหรือกากบาทด้วยปากกาหรือดินสอดำได้

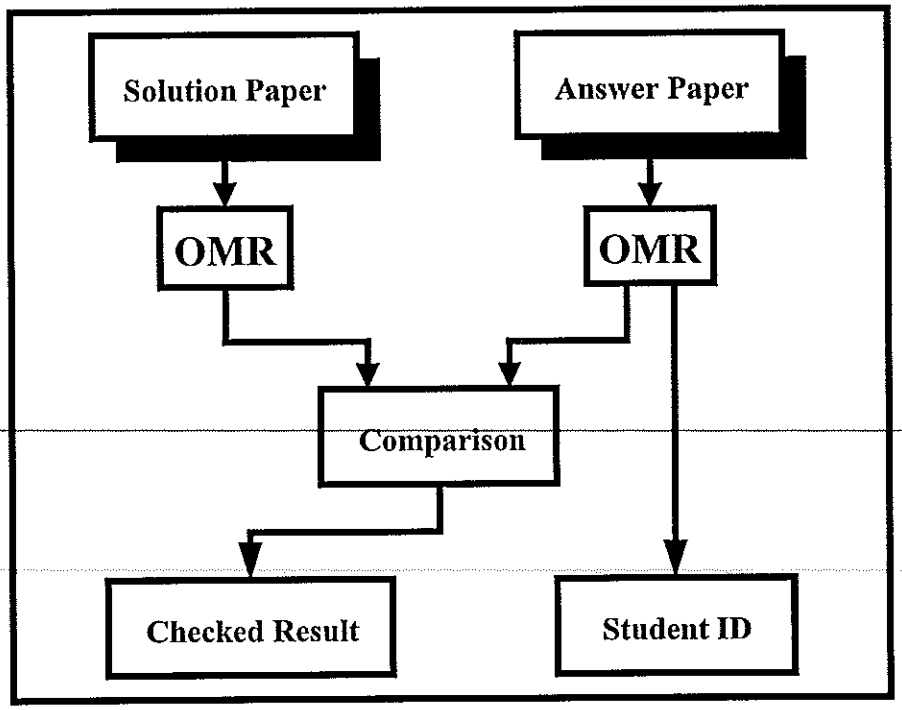
1.6.4 ผลลัพธ์จากการประมวลผลจะถูกเก็บเป็นแฟ้มข้อมูลชนิดตัวอักษรและสามารถออกรายงานผลลัพธ์คะแนนรวมของแบบสอบถามหรือกระดาษคำตอบแต่ละชุดผ่านทางเครื่องพิมพ์ได้

บทที่ 2

ขั้นตอนวิธีการประมวลผล OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์ม

2.1 บทนำ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการพัฒนาโปรแกรมของระบบการอ่านเครื่องหมายภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดว์ 98 บนโปรแกรม Matlab เวอร์ชัน 5.3 ซึ่งโปรแกรมของระบบการอ่านเครื่องหมายจะใช้หลักการของการประมวลผลภาพดิจิตอลมาประยุกต์ใช้งาน โดยการกำหนดให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของเครื่องกวาดภาพให้รับข้อมูลภาพต้นฉบับเข้ามาประมวลผล จากนั้นก็จะสร้างโปรแกรมในการประมวลผลข้อมูลภาพดิจิตอลเหล่านั้น ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้ข้อมูลจากกระดาษคำตอบของข้อสอบแบบปรนัย เป็นเครื่องมือวัดและทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ดังแสดงขั้นตอนการตรวจข้อสอบไว้ในภาพประกอบ 2.1



ภาพประกอบ 2.1 ขั้นตอนการตรวจข้อสอบแบบปรนัย

จากขั้นตอนการตรวจข้อสอบจะใช้ระบบการอ่านเครื่องหมายในการประมวลผลข้อมูล 2 ส่วน คือ ส่วนของผลเฉลย และ ส่วนของกระดาษคำตอบ จากนั้นนำข้อมูลทั้งสองมาเปรียบเทียบกัน ผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบคือผลรวมของคะแนนจากกระดาษคำตอบแต่ละชุด ขณะเดียวกันก็จะแยกส่วนของรหัสประจำตัวนักศึกษาออกมาแสดงผลพร้อมกัน ซึ่งได้แสดงรายละเอียดของขั้นตอนดังกล่าวไว้ในบทถัดไป

2.2 กระบวนการประมวลผลของ OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์ม

ขั้นตอนการประมวลผลของ OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์ม ดังแสดงในภาพประกอบ 2.2 ประกอบด้วย

2.2.1.กระบวนการประมวลผลขั้นต้น (Preprocessing)

2.2.1.1.การกำหนดค่าขีดจำกัด (Thresholding)

2.2.1.2.การกรองสัญญาณรบกวน (Noise filter)

2.2.1.3.การตรวจสอบและปรับค่าความเอียง (Skew checking and adjustment)

2.2.1.4.การแก้ปัญหาการย้ายตำแหน่งของจุดภาพ (Pixel translation)

2.2.1.5.การกำหนดกรอบข้อมูล (Data block identify)

2.2.2.กระบวนการตรวจสอบตัวเลือกที่ถูกทำเครื่องหมายไว้ (Mark checking)

2.2.2.1.การฉายภาพ (Amplitude projection)

2.2.2.2.การตัดแยกตัวเลือก (Mark segmentation)

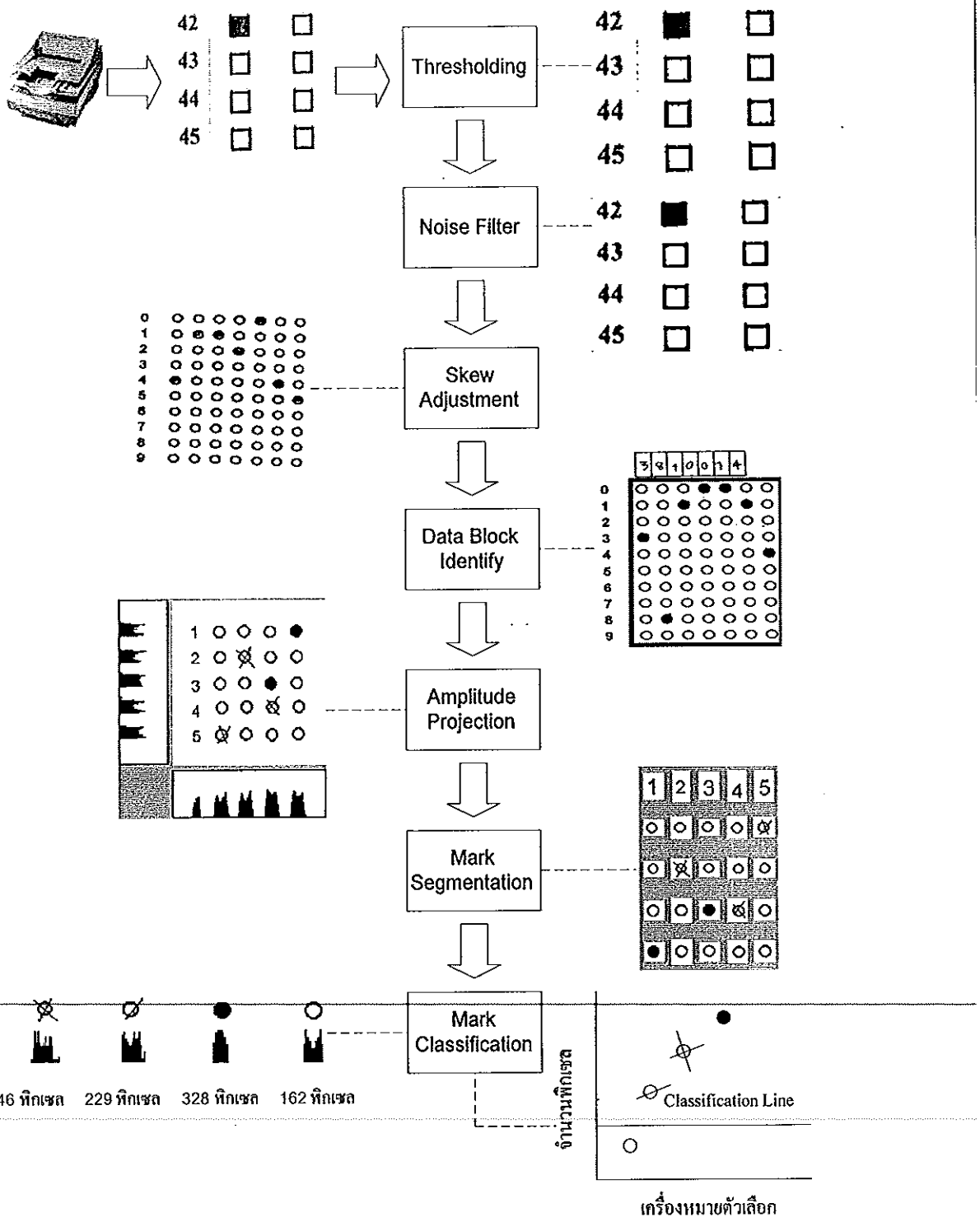
2.2.2.3.การแยกคุณลักษณะของตัวเลือก (Mark classification)

ขั้นตอนการประมวลผลเริ่มต้นตั้งแต่การเปลี่ยนรูปแบบของภาพกระดาษคำตอบจากภาพที่มีค่าระดับความเทา 256 ระดับ (Graylevel image) เป็นภาพที่มีค่าระดับความเทา 2 ระดับ (Binary image) เพื่อแยกวัตถุใดๆที่ใช้ในการประมวลผลออกจากฉากหลัง จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดค่าขีดจำกัดที่เหมาะสมแก่ภาพกระดาษคำตอบก่อน จากนั้นจึงทำการกำจัดจุดภาพที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นบนภาพกระดาษคำตอบ การตรวจสอบและปรับค่าความเอียงของกระดาษคำตอบที่ได้รับจากเครื่องกวาดภาพ และการกำหนดกรอบข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผล ตลอดจนถึงกระบวนการตรวจสอบตัวเลือกที่ถูกทำเครื่องหมายไว้ เพื่อหาค่ารหัสนักศึกษาและค่าของคะแนนสอบของกระดาษคำตอบแต่ละชุด ขั้นตอนการประมวลผลของ OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์มแต่ละขั้นตอนได้แสดงไว้ดังภาพประกอบ 2.2 การทำงานเริ่มจากไมโครคอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของเครื่องกวาดภาพ ให้ทำการรับข้อมูลภาพกระดาษคำตอบเข้ามา

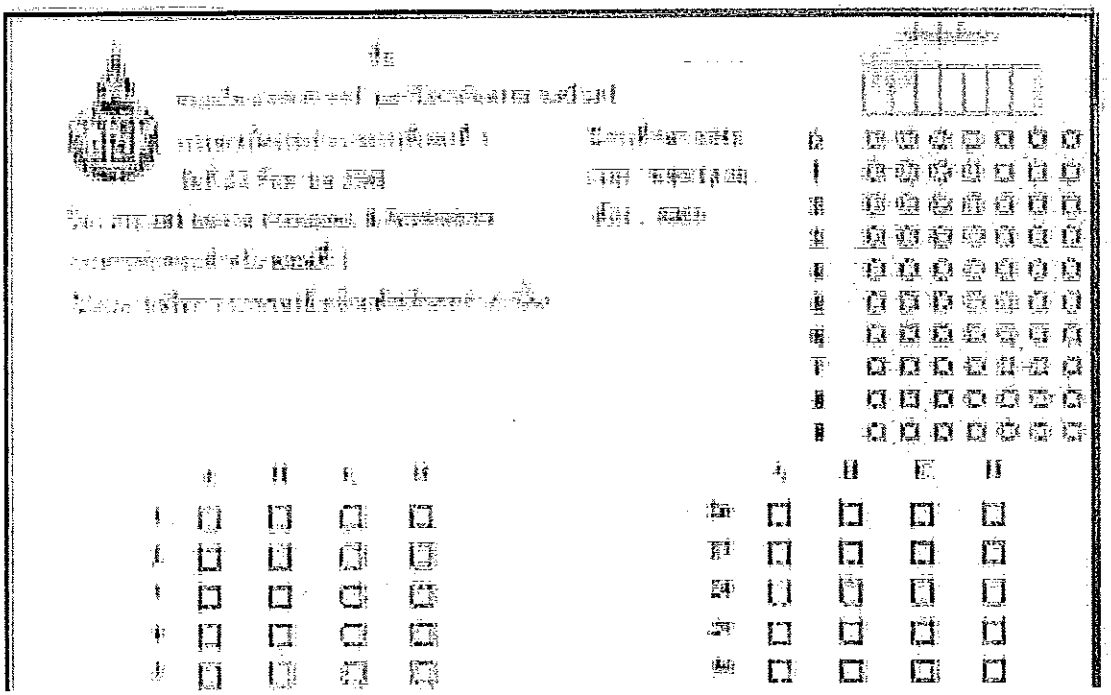
ประมวลผล ด้วยรูปแบบข้อมูลภาพที่มีระดับความเทา 256 ระดับ มีความละเอียด (Resolution) 75 จุดภาพต่อนิ้ว (Pixel/inches) เพื่อลดเวลาในการประมวลผล เนื่องจากภาพที่มีความละเอียดสูง ย่อมจะมีขนาดของภาพที่ใหญ่ขึ้น จึงทำให้ใช้เวลาในการประมวลผลนานยิ่งขึ้น ขณะที่ภาพที่มีความละเอียดต่ำเกินไป จะทำให้รายละเอียดของภาพบางส่วนขาดหายไป การประมวลผลจึงเกิดความผิดพลาดได้ ดังตัวอย่างในภาพประกอบ 2.3 ซึ่งเป็นข้อมูลภาพกระดาษคำตอบชุดเดียวกัน แต่ถูกเก็บผ่านเครื่องกวาดภาพด้วยความละเอียด 30,75,150 จุดภาพต่อนิ้ว ตามลำดับ โดยภาพประกอบ 2.3 (ก) เป็นภาพที่ไม่มีคุณภาพ รายละเอียดของภาพที่สำคัญหายไป เช่น ตัวเลือก เครื่องหมายตัวเลือก เป็นต้น จึงไม่สามารถนำไปประมวลผลต่อได้ ในทางกลับกันภาพประกอบ 2.3 (ข) และ (ค) สามารถนำมาใช้ประมวลผลได้ แต่ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เลือกใช้ภาพที่มีความละเอียด 75 จุดภาพต่อนิ้ว อันเนื่องมาจากเหตุผลข้างต้น จากนั้นข้อมูลภาพกระดาษคำตอบที่ได้จากเครื่องกวาดภาพ ก็จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการประมวลผลขั้นต้น และกระบวนการตรวจสอบตัวเลือกที่ถูกทำเครื่องหมายไว้ ซึ่งจะได้อธิบายรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

ดังนั้นขั้นตอนการตรวจข้อสอบแบบปรนัย จากภาพประกอบ 2.1 ภาพผลเฉลย (Solution paper image) และ ภาพกระดาษคำตอบ (Answer paper image) จะถูกส่งผ่านเข้าสู่ระบบการอ่านเครื่องหมายไปตามขั้นตอนดังในภาพประกอบ 2.2 จากนั้นนำผลการประมวลผลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน ก็จะได้คะแนนสอบของกระดาษคำตอบแต่ละชุดพร้อมทั้งรหัสประจำตัวนักศึกษา โดยโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นนี้นอกจากจะสามารถป้อนผลเฉลยผ่านทางเครื่องกวาดภาพได้แล้ว ผู้ใช้ยังสามารถป้อนผลเฉลยผ่านทางแป้นพิมพ์ได้โดยตรงอีกด้วย อีกทั้งคะแนนที่ได้ทั้งหมดจากโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมายที่ได้สร้างขึ้นในการทำวิจัยครั้งนี้ จะถูกตรวจสอบความถูกต้องและประสิทธิภาพด้วยการเปรียบเทียบกับการตรวจข้อสอบด้วยมนุษย์ เพื่อให้ข้อมูลสามารถเชื่อถือได้มากที่สุด

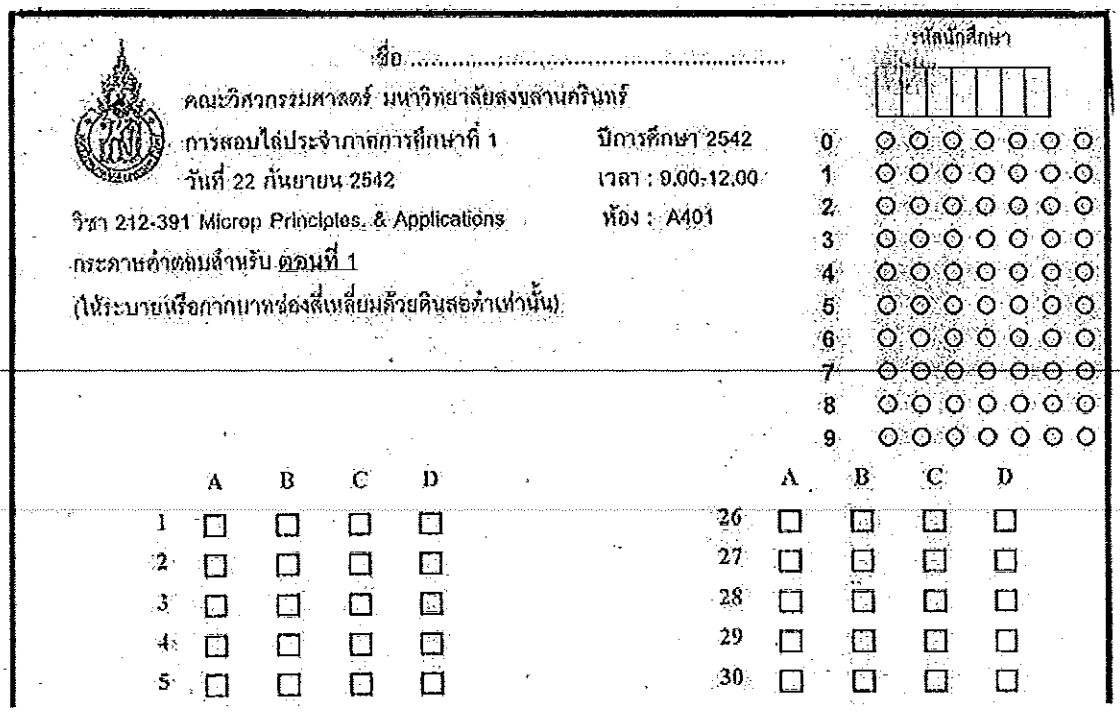
ก่อนเข้าสู่กระบวนการตรวจข้อสอบ ผู้ใช้สามารถออกแบบกระดาษคำตอบได้เองตามความต้องการภายใต้เงื่อนไขที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ เช่น ขนาดของกระดาษคำตอบ โครงสร้างของการวางแนวตัวเลือก เป็นต้น เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นและง่ายต่อการใช้งานมากที่สุด และผู้ทำวิจัยได้ทำการทดลองสร้างกระดาษคำตอบหลากหลายรูปแบบขึ้น เพื่อเตรียมไว้ให้ผู้ใช้เลือกใช้งานได้ทันที โดยรายละเอียดต่างๆจะแสดงไว้ในบทที่ 3 ส่วนในบทที่ 2 จะกล่าวถึงเฉพาะส่วนของระบบการอ่านเครื่องหมายดังหัวข้อที่ 2.2.1 และ 2.2.2 เท่านั้น



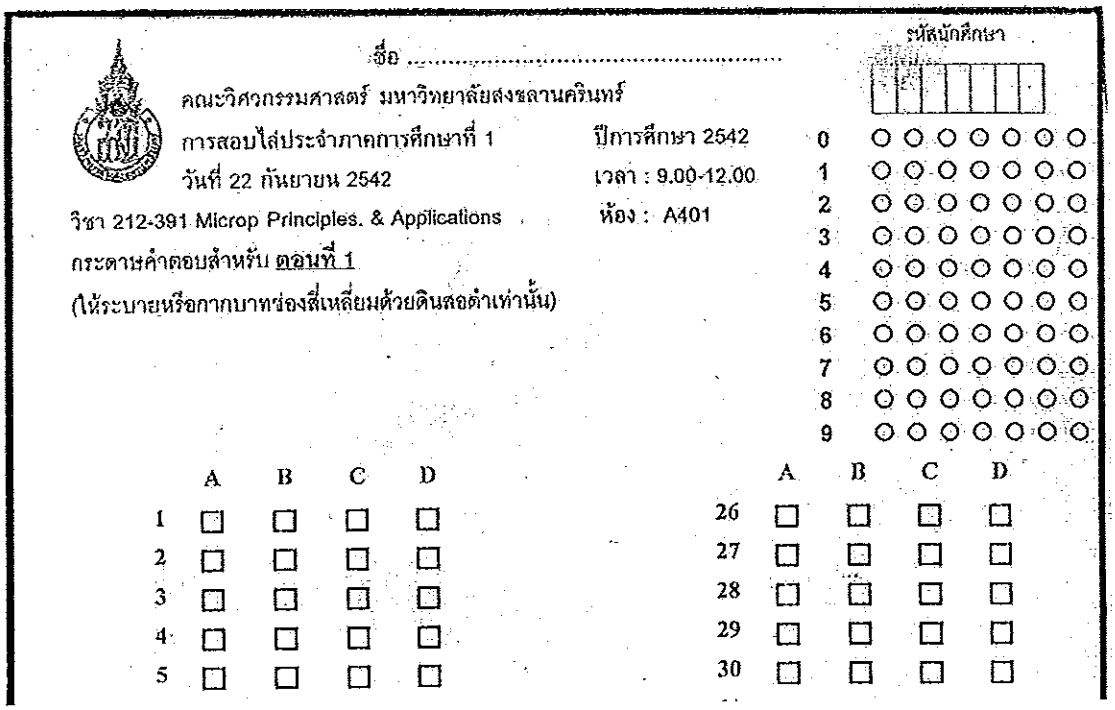
ภาพประกอบ 2.2 ขั้นตอนการประมวลผลของ OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์ม



ภาพประกอบ 2.3 (ก) ภาพกระดาษคำตอบที่มีความละเอียดเท่ากับ 30 จุดต่อนิ้ว



ภาพประกอบ 2.3 (ข) ภาพกระดาษคำตอบที่มีความละเอียดเท่ากับ 75 จุดต่อนิ้ว


ชื่อ .....
รหัสนักศึกษา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
การสอบไล่ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2542
วันที่ 22 กันยายน 2542 เวลา : 9.00-12.00
วิชา 212-391 Microp Principles. & Applications ห้อง : A401
กระดาษคำตอบสำหรับ ตอนที่ 1
(ให้ระบายหรือกากบาทช่องสี่เหลี่ยมด้วยดินสอดำเท่านั้น)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
A B C D
1 2 3 4 5
A B C D
26 27 28 29 30

ภาพประกอบ 2.3 (ค) ภาพกระดาษคำตอบที่มีความละเอียดเท่ากับ 150 จุดต่อนิ้ว

2.2.1 กระบวนการประมวลผลขั้นต้น

ข้อมูลภาพที่ได้จากเครื่องกวาดภาพ ยังไม่มีความพร้อมที่จะนำไปประมวลผล อันเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการด้วยกัน เช่น อาจจะมีสิ่งแปลกปลอมเข้ามาปนเปื้อนบนภาพเอกสาร หรือความผิดพลาดที่เกิดจากการวางตำแหน่งของกระดาษคำตอบบนเครื่องกวาดภาพ จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการสำหรับการเตรียมพร้อมข้อมูลภาพ ก่อนที่จะนำไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไป ซึ่งกระบวนการดังกล่าว เรียกว่า กระบวนการประมวลผลขั้นต้น โดยกระบวนการประมวลผลขั้นต้นจะมีกระบวนการย่อย 4 กระบวนการ คือ การกำหนดค่าขีดจำกัดของภาพ การกำจัดสัญญาณรบกวน การตรวจสอบและปรับค่าความเอียงของกระดาษคำตอบ และการกำหนดกรอบข้อมูล ซึ่งแต่ละกระบวนการย่อยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1.1 การกำหนดค่าขีดจำกัด

การกำหนดค่าขีดจำกัดถูกนำมาใช้ในการแยกจุดภาพของวัตถุที่สนใจพิจารณาออกจากจุดภาพของฉากหลัง ดังนั้นค่าขีดจำกัดที่กำหนดขึ้นจึงถูกใช้แปลงภาพกระดาษคำตอบให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าระดับความเทา จากภาพที่มีค่าระดับความเทา 256 ระดับ ไปเป็นภาพที่มีค่าระดับความเทา 2 ระดับ สิ่งสำคัญในการแยกภาพกระดาษคำตอบออกจากฉากหลัง ก็คือ จะต้องมี

การกำหนดค่าขีดจำกัดให้เหมาะสม ซึ่งค่าขีดจำกัดสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของฟังก์ชัน T ได้ดังสมการที่ (1) ดังนี้

$$T = T[x, y, P(x,y), f(x,y)] \qquad (1)$$

โดย T เป็นค่าขีดจำกัดที่ต้องการ

x,y เป็นตำแหน่งพิกัดของจุดภาพ

f(x,y) เป็นค่าระดับความเทาที่ตำแหน่งพิกัด x,y

P(x,y) เป็นค่าเฉลี่ยของค่าระดับความเทาสูงสุดรอบๆจุดพิกัด x,y

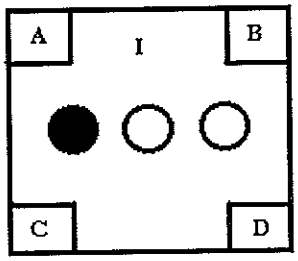
ดังนั้นค่าระดับไบนารี่ที่ตำแหน่งพิกัด x,y ที่ถูกกำหนดค่าขีดจำกัดจึงมีค่าเป็นดังสมการที่ (2)

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{ถ้า } f(x,y) > T \\ 0 & \text{ถ้า } f(x,y) \leq T \end{cases} \qquad \text{.....(2)}$$

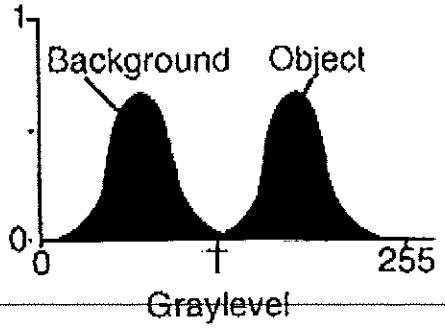
เมื่อ g(x,y) คือ ค่าระดับไบนารี่ที่ตำแหน่งพิกัด x,y

การกำหนดค่าขีดจำกัดจัดเป็นวิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการตัดแยกองค์ประกอบของภาพ (Image segmentation) สำหรับการรู้จำวัตถุ ค่าขีดจำกัดจะถูกใช้เป็นจุดอ้างอิงในการแยกวัตถุออกจากจุดภาพของฉากหลัง ถ้าค่าระดับความเทาของวัตถุภายในภาพมีค่าแตกต่างจากค่าระดับความเทาของฉากหลังมากๆ การหาค่าขีดจำกัดที่เหมาะสม (Optimal thresholding) จึงเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการหาค่าขีดจำกัดบนภาพต้นแบบ (Gonzalez,1989) แต่ถ้าภาพต้นแบบมีค่าระดับความเทาหลายๆ ระดับ (Multi -graylevel image) วิธีการกำหนดค่าขีดจำกัดแบบค่าระดับความเทารวม (Multi-graylevel thresholding) จึงถูกนำมาใช้แยกพื้นที่ของระดับความเทาที่แตกต่างกันในภาพ แต่ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีการหาค่าขีดจำกัดที่เหมาะสม ในการคำนวณหาค่าขีดจำกัดบนภาพกระดาษคำตอบ เนื่องจากพื้นที่ที่ใช้ในการประมวลผลบนกระดาษคำตอบจะมีลักษณะเป็นจุดภาพดำที่มีค่าระดับความเทาแตกต่างจากจากจุดภาพของฉากหลังซึ่งมีลักษณะเป็นจุดภาพขาวมากและมองเห็นได้ชัดเจน ดังนั้นขั้นตอนการคำนวณค่าขีดจำกัดจะพิจารณาความแตกต่างของระดับความ

สว่างระหว่างวัตถุที่สนใจพิจารณามาเป็นค่าขีดจำกัดเริ่มต้น คือ จุดภาพของกระดาษคำตอบกับจุดภาพของฉากหลังซึ่งได้เลือกใช้ค่ากลางของค่าระดับความเทาจากมุมทั้งสี่ของภาพกรอบข้อมูล (พื้นที่ A,B,C,D) แทนระดับ ความสว่างของฉากหลังทั้งหมด มาเทียบกับค่ากลางของค่าระดับความเทาภายในภาพต้นฉบับ (พื้นที่ I) ที่มีค่าความสว่างแตกต่างกัน 256 ระดับ ดังแสดงในภาพประกอบ 2.4 (ก) ถ้าฮิสโตแกรม (Histogram) ของภาพ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ค่าขีดจำกัดที่เหมาะสมจะอยู่ตรงกลางระหว่างจุดยอดทั้งสองของฮิสโตแกรม ดังภาพประกอบ 2.4 (ข) ดังนั้นเป้าหมายของการหาค่าขีดจำกัดที่เหมาะสม คือ การหาจุดที่อยู่ระหว่างจุดยอดของฮิสโตแกรมทั้งสองจุด



ภาพประกอบ 2.4 (ก) ภาพตัวอย่างที่ใช้ในการหาค่าขีดจำกัดที่เหมาะสม



ภาพประกอบ 2.4 (ข) ลักษณะฮิสโตแกรมของภาพประกอบ 2.4 (ก) (Myler,1990)

ดังนั้นการหาค่าขีดจำกัดที่เหมาะสม สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$T_{new} = (f_m + g_m) / 2 \qquad (3)$$

โดย

T_{New} = ค่าขีดจำกัดใหม่ที่คำนวณได้

f_m = ค่ากลางของระดับความเทาของวัตถุ

g_m = ค่ากลางของระดับความเทาของฉากหลัง

และ

$$f_m = \sum_{m*n}\left(\left\{\sum_{y=1}^{n}\sum_{x=1}^{m}(f(x,y) > T) * f(x,y)\right\} \;/\; |q(x,y)|\right) \qquad (4)$$

$$g_m = \sum_{m*n}\left(\left\{\sum_{y=1}^{n}\sum_{x=1}^{m}(f(x,y) \le T) * f(x,y)\right\} \;/\; |p(x,y)|\right) \qquad (5)$$

โดย

$f(x,y) > T$ คือ ค่าระดับความเทาที่ตำแหน่งพิกัด x,y ใดๆที่มีค่าระดับความเทามากกว่าค่าขีดจำกัด T

$f(x,y) \le T$ คือ ค่าระดับความเทาที่ตำแหน่งพิกัด x,y ใดๆที่มีค่าระดับความเทาน้อยกว่าค่าขีดจำกัด T

$|q(x,y)|$ คือ จำนวนจุดภาพของวัตถุทั้งหมดที่มีค่าระดับความเทามากกว่าค่าขีดจำกัดเริ่มต้น

$|p(x,y)|$ คือ จำนวนจุดภาพของวัตถุทั้งหมดที่มีค่าระดับความเทาน้อยกว่าค่าขีดจำกัดเริ่มต้น

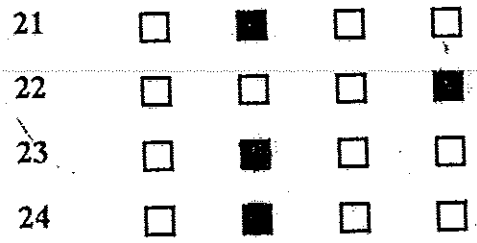
$f(x,y)$ คือ ค่าระดับความเทาที่ตำแหน่งพิกัด x,y

สรุป จากการทดสอบหาค่าขีดจำกัดที่เหมาะสม ของภาพกรอบข้อมูลจำนวน 10 รูป ซึ่งมีความละเอียด 75 จุดต่อนิ้ว ได้ค่าขีดจำกัดดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.1 ดังนี้

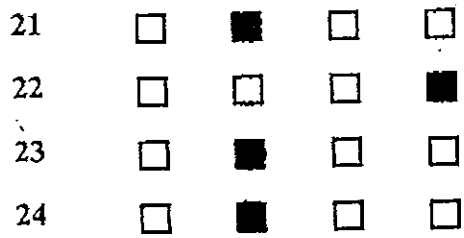
กรอบข้อมูล ลำดับที่	ค่าขีดจำกัดจากวิธีการ optical Thresholding (% ของระดับความเทาสูงสุด)
1	65.26
2	65.50
3	65.63
4	66.01
5	65.37
6	65.52
7	66.01
8	65.26
9	65.38
10	65.84

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าขีดจำกัดของภาพกรอบข้อมูลจำนวน 10 รูป

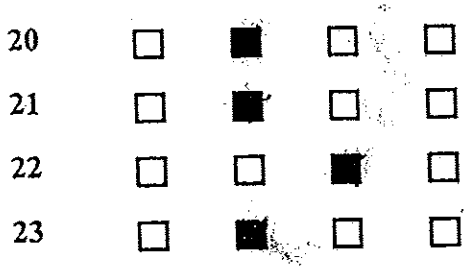
จากผลการทดสอบพบว่า ค่าขีดจำกัดเฉลี่ยของกรอบข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด มีประมาณ 65% ของค่าระดับความเทาสูงสุด ดังตัวอย่างในภาพประกอบ 2.5 และ 2.6 แสดงผลลัพธ์ของการแยกจุดภาพกรอบข้อมูลออกจากจุดภาพของฉากหลังที่มีรอยเปื้อนของดินสอและปากกาเกิดขึ้น โดยใช้วิธีการคำนวณค่าขีดจำกัดที่เหมาะสม โดยภาพประกอบ 2.5 (ก) และ 2.6 (ก) เป็นภาพต้นฉบับที่ได้จากเครื่องกวาดภาพ ส่วนภาพประกอบ 2.5 (ข) และ 2.6 (ข) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้หลังจากการแยกจุดภาพกรอบข้อมูล



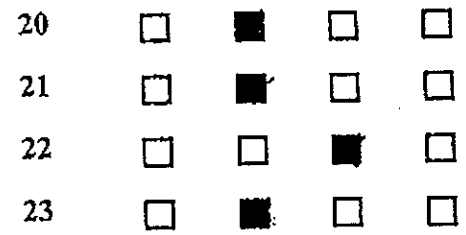
ภาพประกอบ 2.5 (ก) ภาพต้นฉบับก่อนการแยกจุดภาพออกจากฉากหลัง



ภาพประกอบ 2.5 (ข) ผลลัพธ์หลังจากการแยกกรอบข้อมูลออกจากฉากหลัง



ภาพประกอบ 2.6 (ก) ภาพต้นฉบับก่อนการแยกจุดภาพออกจากฉากหลัง

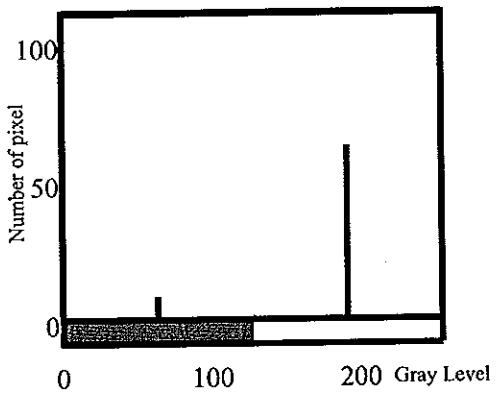


ภาพประกอบ 2.6 (ข) ผลลัพธ์หลังจากการแยกกรอบข้อมูลออกจากฉากหลัง

2.2.1.2 การกรองสัญญาณรบกวน

การกรองสัญญาณรบกวนเป็นขั้นตอนที่ใช้ในการกำจัดจุดภาพที่ไม่ต้องการออกจากภาพกระดาษคำตอบ ซึ่งสัญญาณรบกวนอาจเกิดจากรอยเปื้อนของดินสอและปากกาหรือรอยขีดเขียนลงในกระดาษคำตอบของผู้ทำข้อสอบทั้งที่เจตนาหรือไม่ได้เจตนา หรือจากการได้มาซึ่งข้อมูลภาพกระดาษคำตอบผ่านทางเครื่องกวาดภาพซึ่งอาจมีจุดภาพที่ไม่ต้องการเข้ามาปะปนอยู่ เป็นต้น โดยหลังจากผ่านกระบวนการแยกภาพกระดาษคำตอบออกจากฉากหลัง อาจจะมีสัญญาณรบกวนเหล่านี้หลงเหลืออยู่บนภาพกระดาษคำตอบ ซึ่งเป็นสัญญาณรบกวนแบบจุดอิสระ (Isolate point) ดังตัวอย่างในภาพประกอบ 2.7 ซึ่งเป็นลักษณะฮิสโตแกรมของสัญญาณรบกวนแบบจุดอิสระที่

ปรากฏบนภาพกระดาษคำตอบที่ใช้ในงานวิจัย



ภาพประกอบ 2.7 ลักษณะฮิสโตแกรมของสัญญาณรบกวนแบบจุดอิสระ

โดยปกติสัญญาณรบกวนแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ สัญญาณรบกวนประเภทจุดภาพดำไปปรากฏบนฉากหลังสีขาว และสัญญาณรบกวนประเภทจุดภาพขาวไปปรากฏบนฉากหลังสีดำ ซึ่งการกรองสัญญาณรบกวนด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิตอลมีวิธีการมากมายหลายวิธีด้วยกัน โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้กำหนดวิธีการในการกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้วิธี Median filter ซึ่งเป็นการกำจัดสัญญาณรบกวนทั้งสองประเภทออกไปพร้อมกันได้

Median filter เป็นวิธีการซึ่งถูกนำใช้ในการกรองสัญญาณรบกวนบนกรอบข้อมูล เพราะการทำ Median filter (Gonzalez,1989) คือ การแทนที่ระดับความเทาของจุดภาพอินพุตแต่ละจุดด้วยค่ากลาง ของระดับความเทาของจุดภาพข้างเคียงรอบๆจุดภาพอินพุต ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1.จัดเรียงค่าระดับความเทาของจุดภาพอินพุตและจุดภาพข้างเคียง

2.หาค่ากลางของค่าระดับความเทาทั้งหมด

3.กำหนดค่ากลางของระดับความเทาไปยังตำแหน่งของจุดภาพอินพุตที่ต้องการ

สามารถเขียนสมการของจุดภาพอินพุต ได้ดังนี้

$$u(x,y) = median\{i(x-k,y-l),(k,l) \in W\} \qquad (6)$$

โดย u(x,y) เป็นค่าระดับความเทาของจุดภาพเอาท์พุต

i(x,y) เป็นค่าระดับความเทาของจุดภาพอินพุต

x,y เป็นตำแหน่งพิกัดของจุดภาพ

k,l มีค่า $0, \pm 1, \pm 2, \ldots, \pm n$ ตามขนาดของ W

W เป็นหน้าต่างที่ถูกเลือกตามความเหมาะสม เพื่อใช้ในการประมวลผล

Median filter มีคุณสมบัติดังนี้

1.มีคุณสมบัติการกรองไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear filter) ดังนั้น

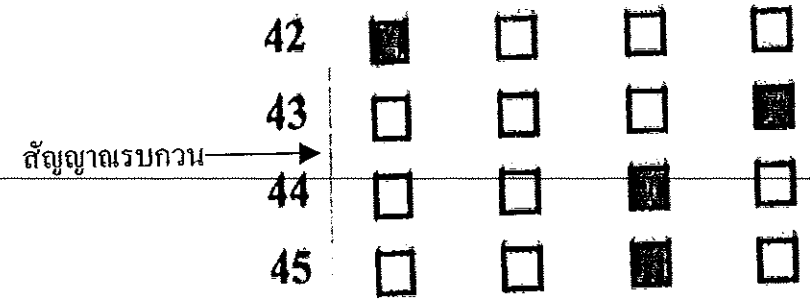
$$median\{x(m) + y(m)\} \neq median\{x(m)\} + median\{y(m)\} \qquad (7)$$

2.นำมาใช้ในการกำจัดจุดภาพบนภาพที่มี Binary noise ปะปนอยู่

3.ไม่สามารถกำจัดจุดภาพที่มีจำนวนจุดภาพมากกว่าหรือครึ่งหนึ่งของจำนวนจุดภาพบนหน้าต่างประมวลผล

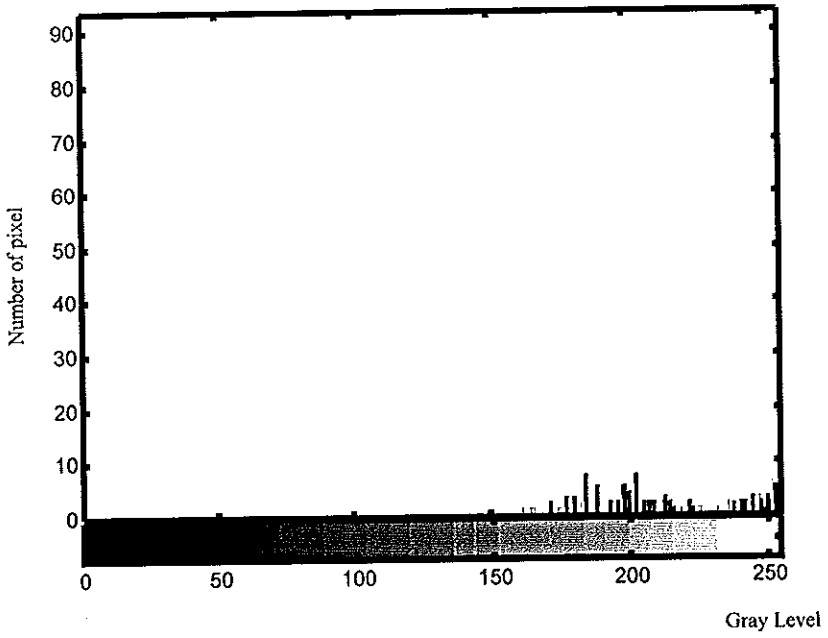
การทดสอบ Median filter ได้แสดงไว้ ดังตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 เป็นการทดสอบวิธีการลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นบนกระดาษคำตอบ



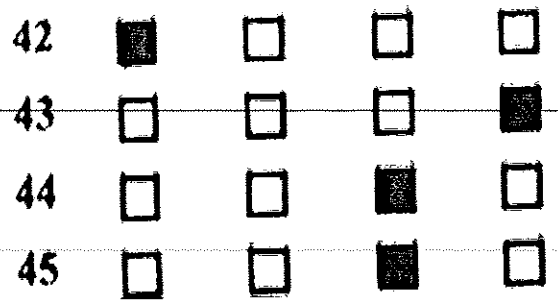
ภาพประกอบ 2.8 ตัวอย่างกระดาษคำตอบที่มีสัญญาณรบกวน

ภาพประกอบ 2.8 เป็นตัวอย่างกระดาษคำตอบที่ใช้ในงานวิจัย ซึ่งมีสัญญาณรบกวนที่มีลักษณะเป็นเส้นตรงอยู่ระหว่างหัวข้อและตัวเลือก ซึ่งลักษณะฮิสโตแกรมของสัญญาณรบกวนดังกล่าวได้แสดงไว้ในภาพประกอบ 2.9



ภาพประกอบ 2.9 ฮิสโตแกรมของสัญญาณรบกวนในภาพประกอบ 2.8

จากลักษณะของภาพกระดาษคำตอบในภาพประกอบ 2.8 เมื่อผ่านกระบวนการกรองสัญญาณรบกวนด้วยวิธี Median filter สามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนว่าเส้นตรงระหว่างหัวข้อและตัวเลือกจะหายไป ดังภาพประกอบ 2.10

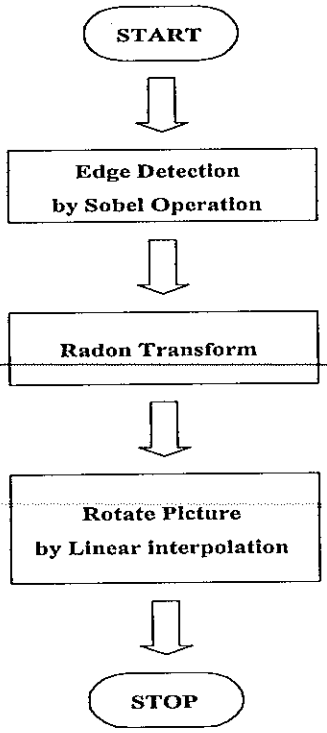


ภาพประกอบ 2.10 ตัวอย่างกระดาษคำตอบที่ผ่านกระบวนการกรองสัญญาณรบกวนด้วยวิธี Median filter

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

2.2.1.3.การตรวจสอบและปรับค่าความเอียง

การตรวจสอบและปรับค่าความเอียงของกรอบข้อมูล จัดว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการประมวลผลขั้นต้น เพราะจะส่งผลให้การประมวลผลข้อมูลของระบบการอ่านเครื่องหมายมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น เนื่องจากการวางกระดาษคำตอบบนเครื่องกวาดภาพไม่สามารถรับประกันได้ว่ามุมในการวางกระดาษคำตอบอยู่ในแนว 0 องศาพอดี จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการตรวจสอบแนวในการวางกระดาษคำตอบ และปรับระดับมุมของกรอบข้อมูลให้อยู่ในแนวระนาบ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการปรับค่าความเอียงของเอกสารโดยอาศัยคุณลักษณะของกระดาษคำตอบที่มีกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบ เพื่อใช้เป็นแนวเส้นตรงในการตรวจสอบค่าความเอียง อัลกอริทึมที่ใช้ในการตรวจสอบความเอียงได้ใช้หลักการ Radon transform (Jain,1989) โดยการฉายภาพกระดาษคำตอบในแนวแกนตั้งและแกนนอน และคำนวณมุมความเอียงของกระดาษคำตอบออกมา จากนั้นจึงปรับค่าความเอียงโดยการหมุนภาพกลับมาที่แนวระนาบ 0 องศาในทิศทางตรงกันข้ามกับแนวมุมที่คำนวณได้โดยวิธีการประมาณค่าในช่วง (Linear interpolation) ซึ่งขั้นตอนในการตรวจสอบและปรับค่าความเอียง ได้แสดงไว้ดังภาพประกอบ 2.11



ภาพประกอบ 2.11 ขั้นตอนการตรวจสอบและปรับค่าความเอียงของกรอบข้อมูล

ขั้นตอนแรก ใช้วิธีการในการหาขอบภาพ (Edge detection) โดยใช้ Sobel operation (Gonzalez,1989) เพื่อทำการตรวจสอบขอบของกรอบสี่เหลี่ยมภายในภาพกระดาษคำตอบ ก่อนที่จะส่งเข้าไปยังกระบวนการฉายภาพโดยใช้ Radon transform ซึ่งกระบวนการตรวจสอบสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

จากความชัน หรือ Gradient ของภาพ f(x,y) ที่ตำแหน่ง x,y สามารถแสดงด้วยเวคเตอร์ ∇f

$$\nabla f = \begin{bmatrix} Gx \\ Gy \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \qquad (8)$$

ในการตรวจสอบขอบภาพ สิ่งที่สำคัญ คือ ขนาดของเวคเตอร์เหล่านี้ เพราะเป็นตัวเลขที่แสดงถึงความชันของภาพวัตถุ ดังนั้นสามารถแสดงขนาดของ ∇f ได้จากสมการ

$$|(\nabla f)| = \left[G_x^2 + G_y^2\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (9)$$

และทิศทางของ Gradient vector $\alpha(x,y)$ สามารถเขียนสมการได้เป็น

$$\alpha(x,y) = \tan^{-1}\left(\frac{Gy}{Gx}\right) \qquad (10)$$

การคำนวณหาความชันของภาพ จะยึดหลัก Partial derivative $\frac{\partial f}{\partial x}$ และ $\frac{\partial f}{\partial y}$ ในทุกๆ ตำแหน่งของจุดภาพ การแยกความแตกต่างของขอบภาพสามารถกระทำได้หลายๆวิธีการด้วยกัน แต่ในงานวิจัยได้ใช้ Sobel operator ในการตรวจจับขอบภาพ เนื่องจาก Sobel operator มีข้อดีในด้าน Differencing และ Smoothing effect ดังนั้นการแยกความแตกต่างด้วย Sobel operator สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$Gx = (Z7 + 2*Z8 + Z9) - (Z1 + 2*Z2 + Z3) \qquad (11)$$

$$Gy = (Z3 + 2*Z6 + Z9) - (Z1 + 2*Z4 + Z7) \qquad (12)$$

โดย Z1,Z2,...,Z9 เป็นตำแหน่งของภาพดังต่อไปนี้

Z1	Z2	Z3
Z4	Z5	Z6
Z7	Z8	Z9

โดย Z คือ ค่าระดับความเทาของจุดภาพที่ถูกทับด้วย Mask operator ที่ทุกๆตำแหน่งในภาพต้นฉบับ ลักษณะของ Sobel mask operator ในการตรวจสอบขอบภาพ จะมีลักษณะดังแสดงไว้ในภาพประกอบ 2.12

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

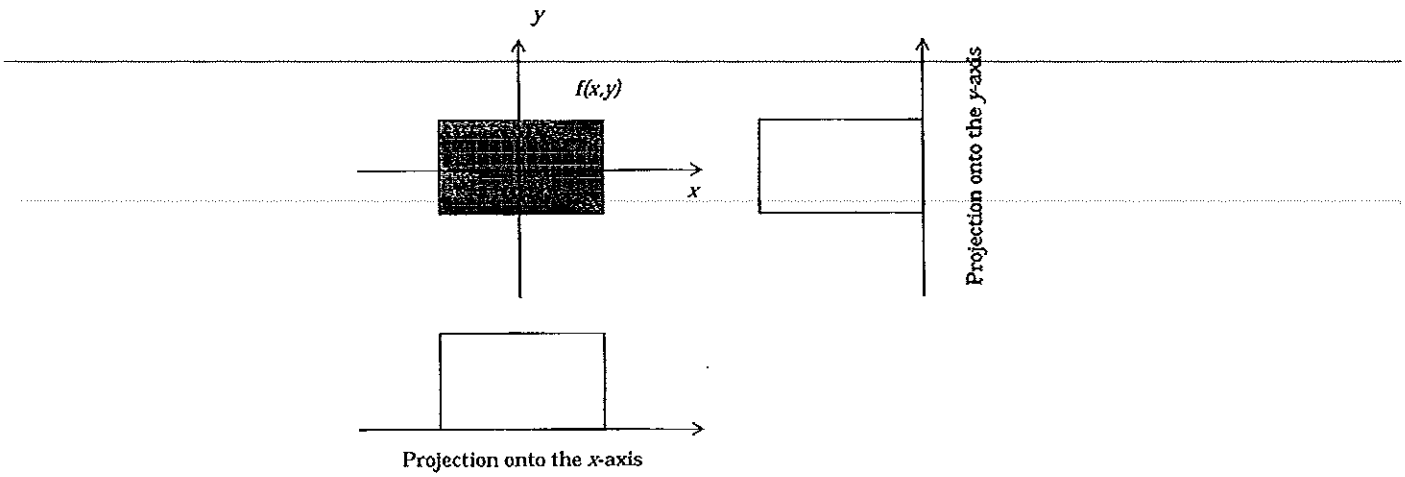
Horizontal (G_H)

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Vertical (G_V)

ภาพประกอบ 2.12 Sobel operator (Gonzalez,1989)

ขั้นตอนที่2 ใช้ฟังก์ชัน Radon ในการคำนวณภาพฉายของกระดาษคำตอบในแนวทิศทางที่กำหนด การฉายภาพของฟังก์ชัน 2 มิติ f(x,y) จะเป็นการทำ Line integral ในทิศทางที่แน่นอน ตัวอย่าง เช่น Line integral ของ f(x,y) ในแนวตั้งจะเป็นการฉายภาพ f(x,y) บนแกน x และ Line integral ของ f(x,y) ในแนวนอนจะเป็นการฉายภาพของ f(x,y) บนแกน y ดังแสดงในภาพประกอบ 2.13



ภาพประกอบ 2.13 การฉายภาพด้วยวิธี Radon transform (Jain,1989)

การฉายภาพสามารถคำนวณได้แนวมุม θ โดยทั่วๆไป Radon transform ของ f(x,y) จะเป็น Line integral ของ f ขนานไปในแนวแกน y'

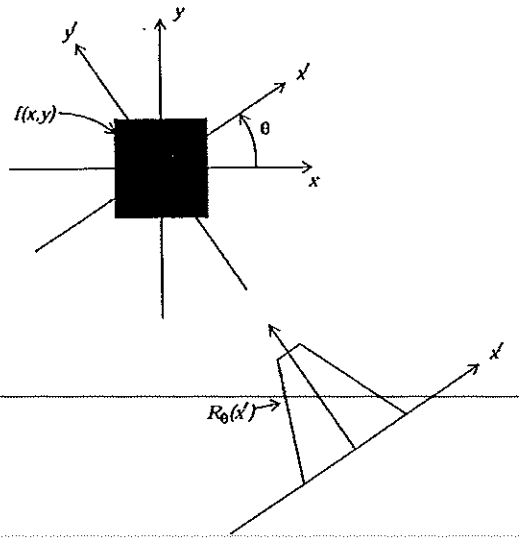
$$R_\theta(x') = \int_{-\infty}^{\infty} f(x'\cos\theta - y'\sin\theta, x'\sin\theta + y'\cos\theta)dy' \qquad (13)$$

โดย $R_\theta(x')$ เรียกว่า ผลรวมในแนวรัศมี ซึ่งแสดงผลรวมของ f(x,y) ในแนวรัศมีบนระยะทาง x และมุม θ

$$X' = -\infty < X' < \infty \text{ , } Y' = -\infty < Y' < \infty \text{ และ } 0 \le \theta < \pi \qquad (14)$$

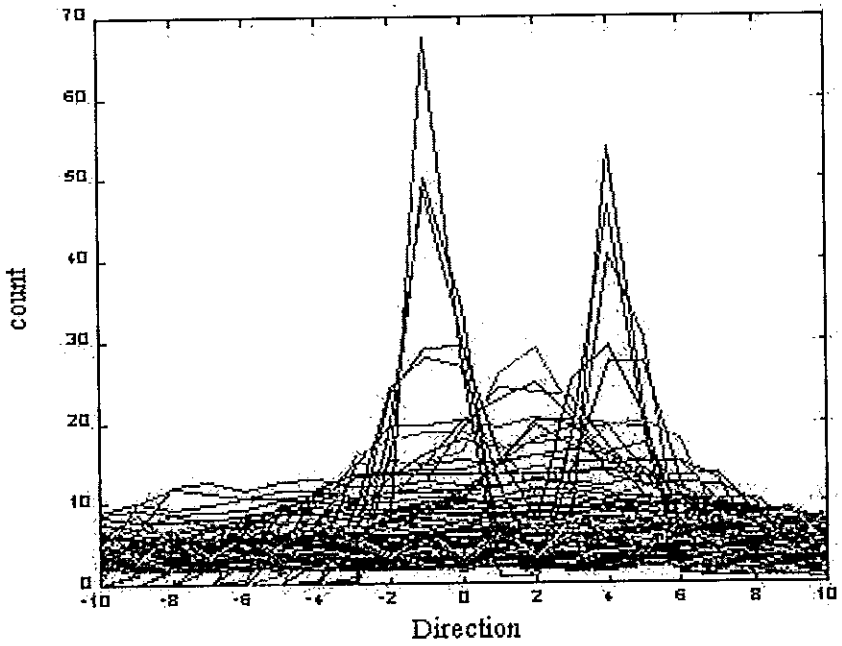
และ

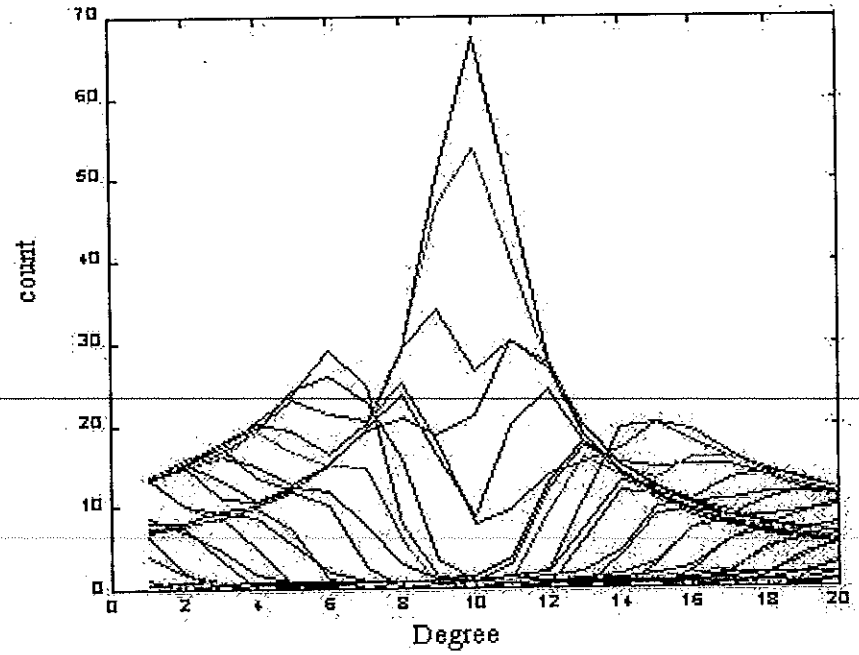
$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \qquad (15)$$



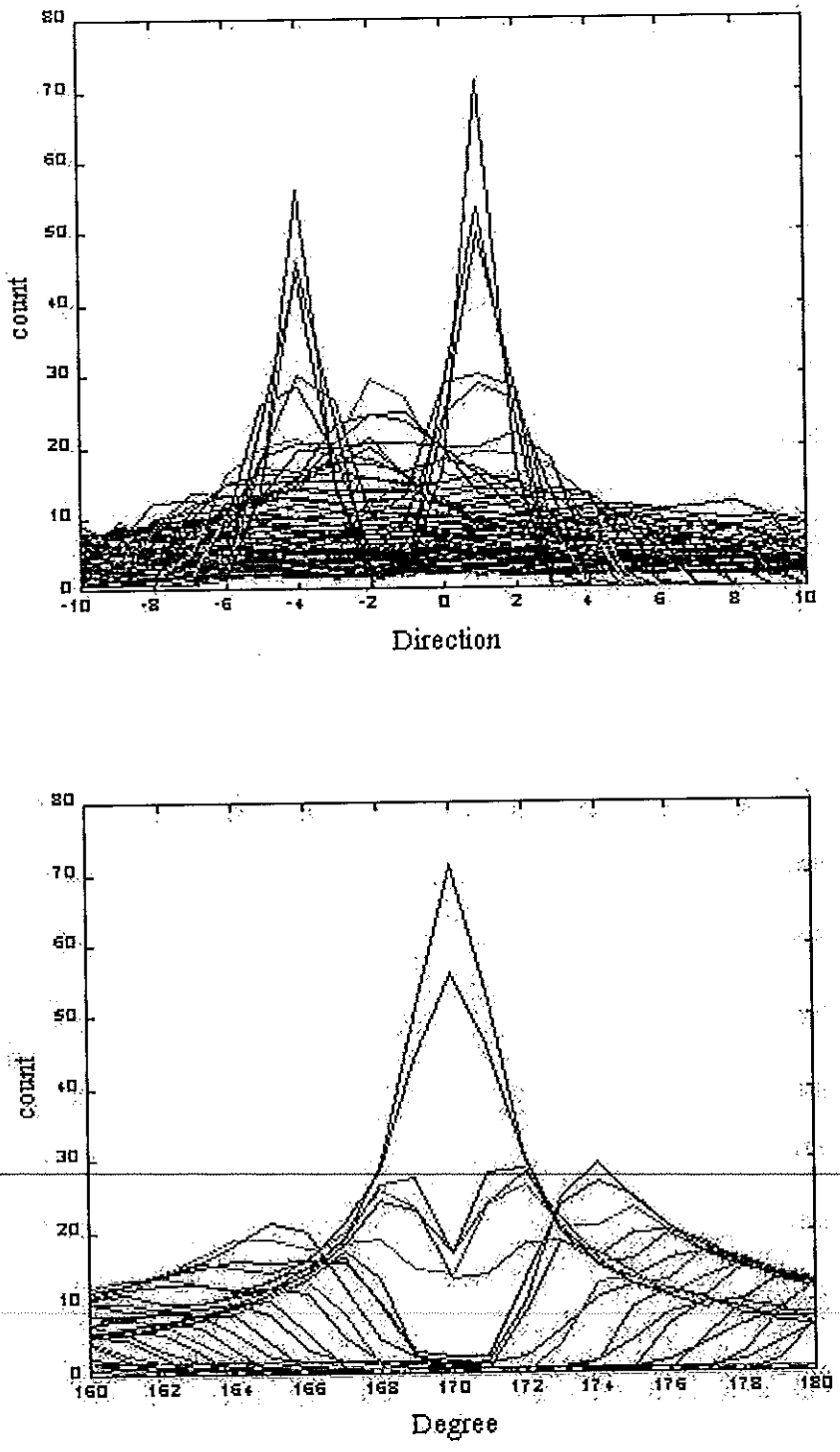
ภาพประกอบ 2.14 ลักษณะทางเรขาคณิตของ Radon transform (Jain,1989)

ภาพประกอบ 2.15 และ 2.16 เป็นลักษณะของภาพกระดาษคำตอบที่มีมุมความเอียงและทิศทางที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาทดสอบด้วยสมการ Radon function โดยการแทนค่ามุม θ ตั้งแต่ 0 ถึง 179 องศา และพล็อตกราฟออกมาด้วยภาพที่เอียง 10 และ 20 องศา จะมีลักษณะดังนี้

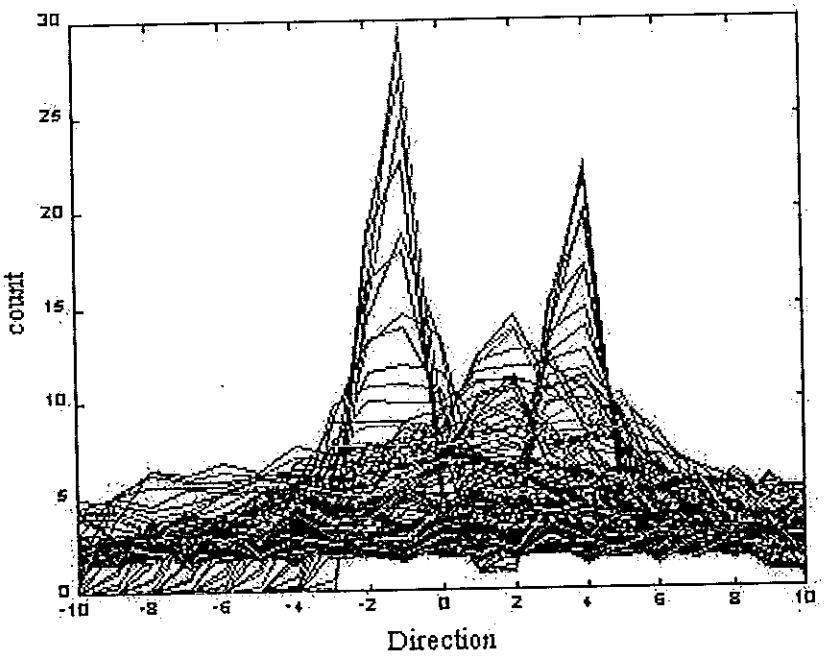


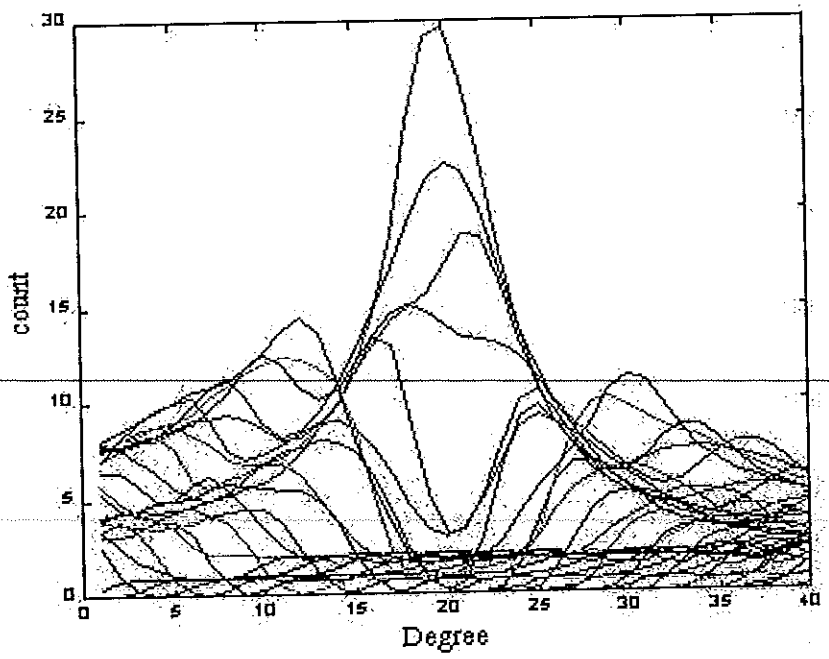


ภาพประกอบ 2.15 (ก) ลักษณะของ Radon function ของภาพกระดาษคำตอบที่มีมุมเอียง 10 องศา ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

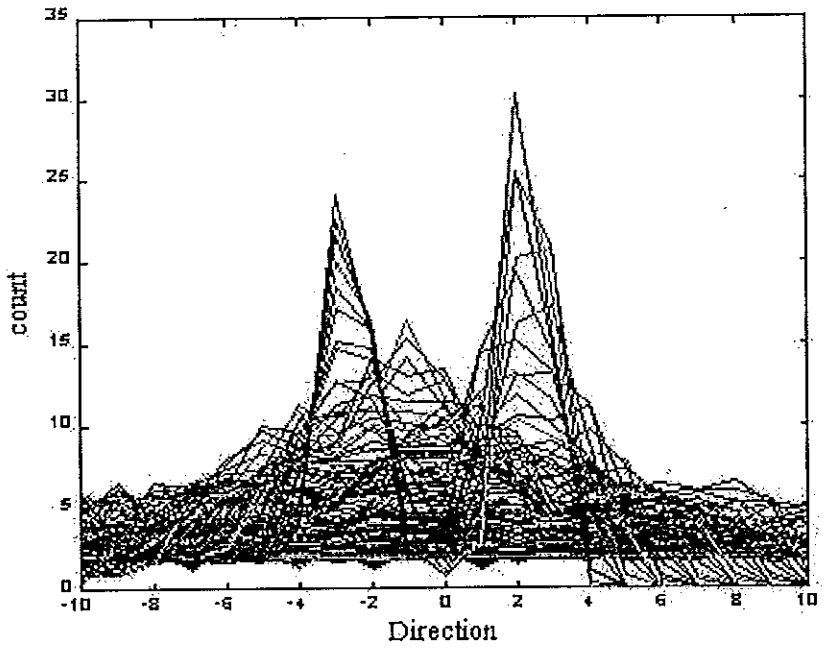


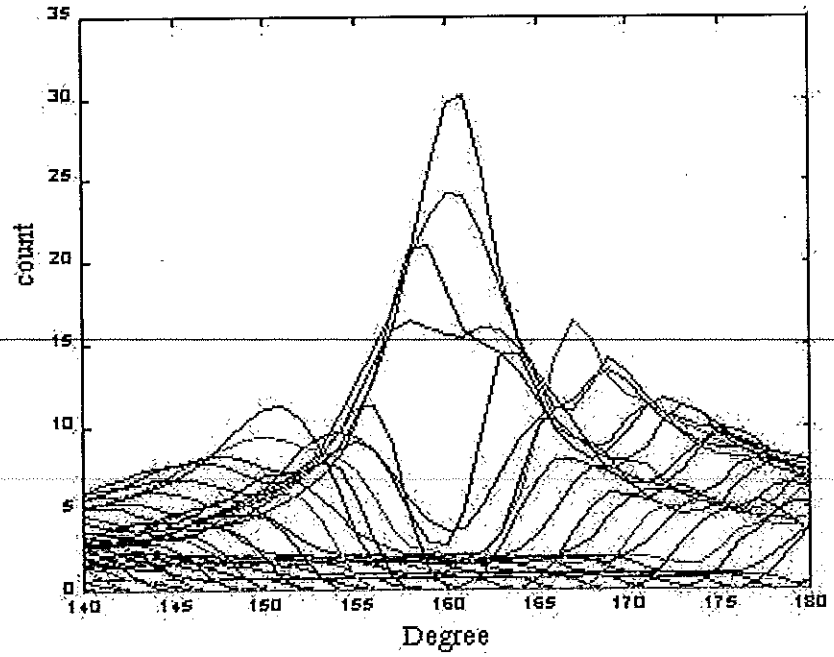
ภาพประกอบ 2.15 (ข) ลักษณะของ Radon function ของภาพกระดาษคำตอบที่มีมุมเอียง 10 องศา ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา





ภาพประกอบ 2.16 (ก) ลักษณะของ Radon function ของภาพกระดาษคำตอบที่มีมุมเอียง 20 องศา ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา





ภาพประกอบ 2.16 (ข) ลักษณะของ Radon function ของภาพกระดาษคำตอบที่มีมุมเอียง 20 องศา ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ขั้นตอนที่ 3 ทำการหมุนภาพกระดาษคำตอบกลับมาวางอยู่ที่แนวระนาบ (Watkins,1993) ซึ่งสามารถเขียนสมการในการหมุนภาพได้ดังนี้

$$\left.\begin{aligned} X_k &= U_q \cos\theta - V_p \sin\theta \\ Y_j &= U_q \sin\theta + V_p \cos\theta \end{aligned}\right\} \quad \text{.....(16)}$$

ซึ่งสมการที่ (16) เป็นสมการในการหมุนภาพในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา จากสมการดังกล่าวสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของเวคเตอร์ ได้ดังสมการที่ (17)

$$\begin{bmatrix} X_k \\ Y_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_q \\ V_p \end{bmatrix} \qquad (17)$$

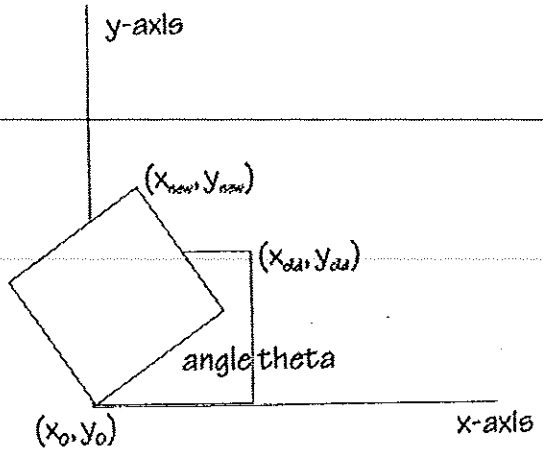
โดย

θ = มุมการหมุนภาพในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

X_k, Y_j = ตำแหน่งร่วมใหม่ในการหมุนจุดภาพ

U_q,V_p = ตำแหน่งร่วมก่อนการหมุนภาพบนภาพต้นฉบับ

ซึ่งแสดงวิธีการหมุนภาพได้ดังภาพประกอบ 2.17



ภาพประกอบ 2.17 การเปลี่ยนตำแหน่งร่วมก่อนและหลังการหมุนภาพ (Watkins,1993)

สำหรับรูปแบบทั่วไปของสมการการหมุนภาพ วัตถุอาจจะถูกหมุนอยู่รอบจุดหมุนใดๆ (Arbitary point) A,B ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการใหม่ได้เป็น

$$\left.\begin{aligned} X_k &= A + (U_q - A)\cos\theta - (V_p - B)\sin\theta \\ Y_k &= B + (U_q - A)\sin\theta - (V_p - B)\cos\theta \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (18)$$

เพื่อประสิทธิภาพและความถูกต้องในการหมุนภาพ เราต้องใช้สมการในการกลับภาพ (Reverse equation) ดังสมการด้านล่างเพื่อเป็นการรับประกันว่าไม่มีรูบนภาพที่ต้องการหมุน ดังนี้

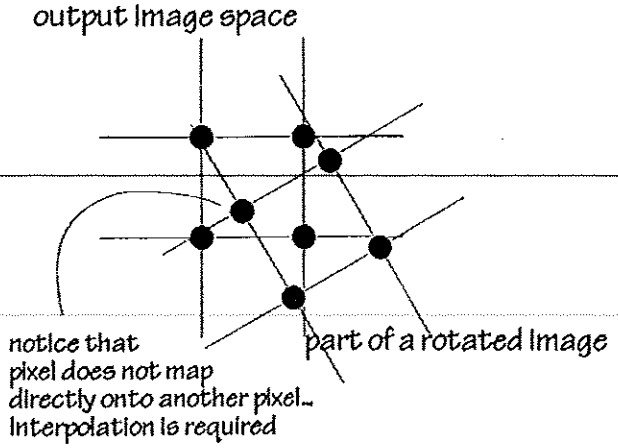
$$\left.\begin{aligned} U_q &= X_k / X_{scale} \\ V_p &= Y_j / Y_{scale} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (19)$$

โดย

X_{scale} = สเกลบนแกน X

Y_{scale} = สเกลบนแกน Y

จากนั้นจึงจะใช้วิธีการ Interpolation ในการคำนวณหาค่าจุดภาพ ซึ่งเกิดจากการสุ่มภาพต้นฉบับไปวางไว้ระหว่างจุดภาพ 2 จุดดังรูปที่ 2.18

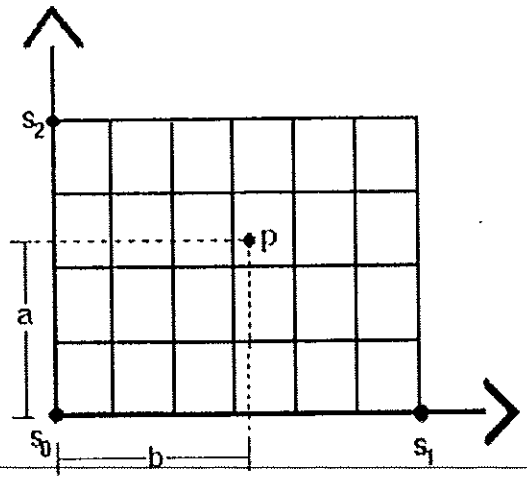


ภาพประกอบ 2.18 เทคนิคของวิธีการ Interpolation (Watkins,1993)

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีการ Bilinear interpolation ในการคำนวณหาตำแหน่งจุดร่วมที่เปลี่ยนแปลงไปจากการหมุนภาพ สมมุติว่าเรามีพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าในระบบ 2 มิติ ซึ่งถูกกำหนดโดยจุด 3 จุด ในตำแหน่ง s_0,s_1 และ s_2 เราสามารถหาตำแหน่งของจุด P ด้วยการใช้ Normalize parameter (a,b) ดังสมการที่ (20)

$$P(a,b)\, s_0 + (s_1 - s_0)\, a + (s_2 - s_0)\, b = 0 \qquad (20)$$

ระยะทาง (a,b) ไปยังจุด P คือ ผลรวมของ Linear interpolation ไปตามแนวของขอบภาพ โดย a เป็นเวคเตอร์ระหว่าง s_0 และ s_1 และ b เป็นเวคเตอร์ระหว่าง s_0 และ s_2 และจุด P เป็นตำแหน่งที่ถูกพบได้โดยการรวมเวคเตอร์ a และเวคเตอร์ b ไปยัง s_0 โดยสมการที่ (18) บอกให้ทราบว่าจะหาตำแหน่งของจุด P ได้อย่างไร ในทางกลับกันเราสามารถหาขนาดของ เวคเตอร์ a และ b ได้เช่นเดียวกัน เราสามารถเขียนสมการที่ (20) ให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ได้เป็น



ภาพประกอบ 2.19 Bilinear interpolation (Watkins,1993)

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (x_1 - x_0) & (x_2 - x_0) \\ (y_1 - y_0) & (y_2 - y_0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \qquad (21)$$

ดังนั้นในทางกลับกัน การหาค่า Inverse matrix ทำได้โดยการย้าย s_0 ไปยังอีกด้านหนึ่งของสมการ

$$\begin{bmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (x_1 - x_0) & (x_2 - x_0) \\ (y_1 - y_0) & (y_2 - y_0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (22)$$

และทำ Inverse matrix จนได้ระยะ a และ b ดังนี้

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \left(\frac{1}{(x_1 - x_0) * (y_2 - y_0) - (x_2 - x_0) * (y_1 - y_0)} \right) \begin{bmatrix} (y_2 - y_0) & -(x_2 - x_0) \\ (y_1 - y_0) & (x_1 - x_0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \end{bmatrix}$$

(23)

สรุป จากการทดสอบวิธีการประมาณและปรับค่าความเอียงของกระดาษคำตอบ ซึ่งเป็นภาพขนาด A4 มีความละเอียด 75 จุดภาพต่อนิ้ว สามารถแสดงผลลัพธ์ที่ได้ดังในตารางที่ 2.2 โดยเปรียบเทียบกับมุมของกระดาษคำตอบที่ได้จากการใช้ Adobe photoshop V 5.5 ปรับค่าความเอียงของกระดาษคำตอบ

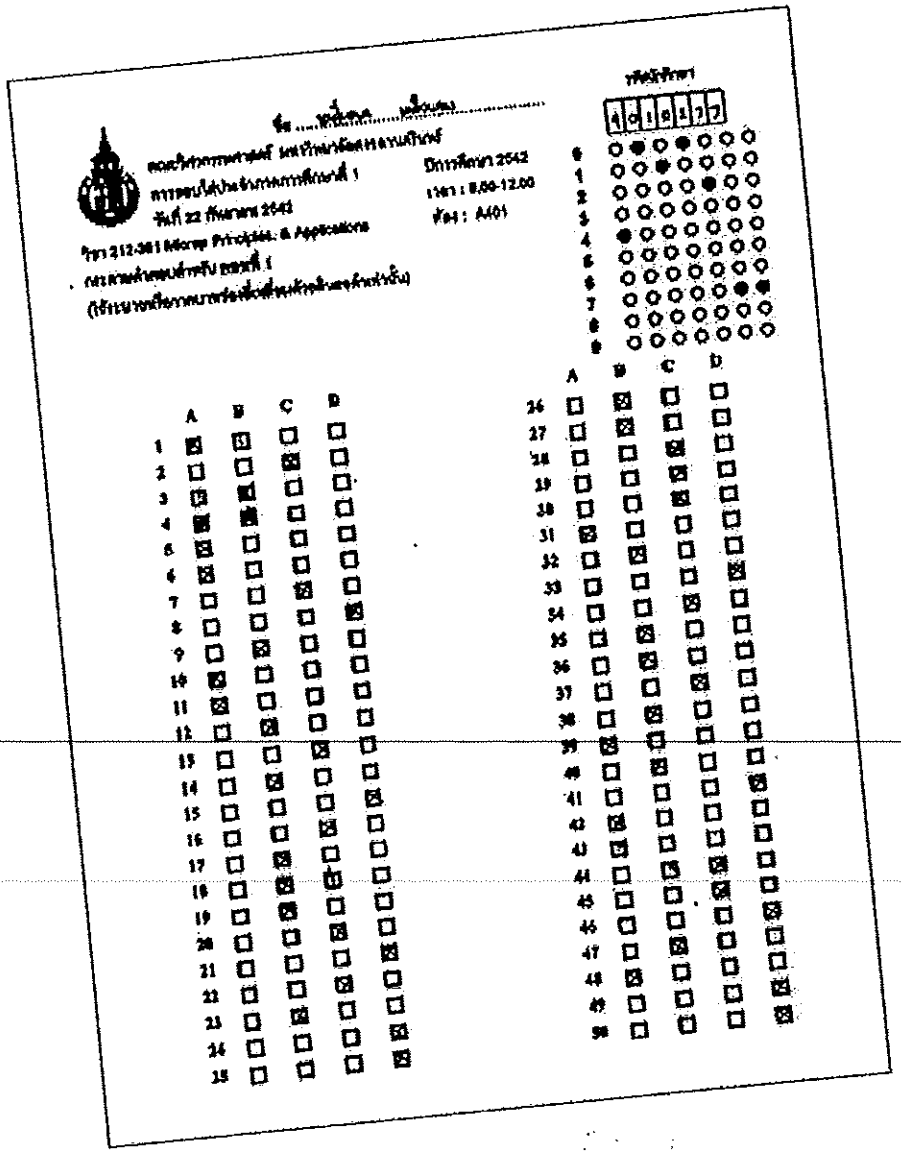
มุมของกระดาษคำตอบจากการปรับค่าด้วย Adobe photoshop	มุมของกระดาษคำตอบที่ประมาณได้ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา	มุมของกระดาษคำตอบที่ประมาณได้ ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา	เวลาที่ใช้ไปทั้งหมดในการประมวลผล (ทวนเข็ม,ตามเข็ม)
1 องศา	1 องศา	179 องศา	7.145,6.37 s
5 องศา	5 องศา	175 องศา	6.92,,6.76 s
10 องศา	10 องศา	170 องศา	7.36,7.14 s
20 องศา	20 องศา	160 องศา	8.29,8.24 s
30 องศา	30 องศา	150 องศา	8.84,9.06 s
40 องศา	40 องศา	140 องศา	8.84,9.01 s
50 องศา	140 องศา	39 องศา	8.95,9.12 s
60 องศา	151 องศา	31 องศา	8.35,9.01 s

ตารางที่ 2.2 การประมาณและปรับค่าความเอียงของกระดาษคำตอบ

จากตารางพบว่าโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น มีความสามารถในการประมาณและปรับค่ามุมความเอียงของกระดาษได้อย่างถูกต้องแม่นยำเมื่อกระดาษคำตอบมีค่าความเอียงต่ำกว่า 40 องศา ซึ่งในทางปฏิบัติการวางกระดาษคำตอบบนเครื่องกวาดภาพย่อมมีค่าไม่เกิน 40 องศา อย่างแน่นอน

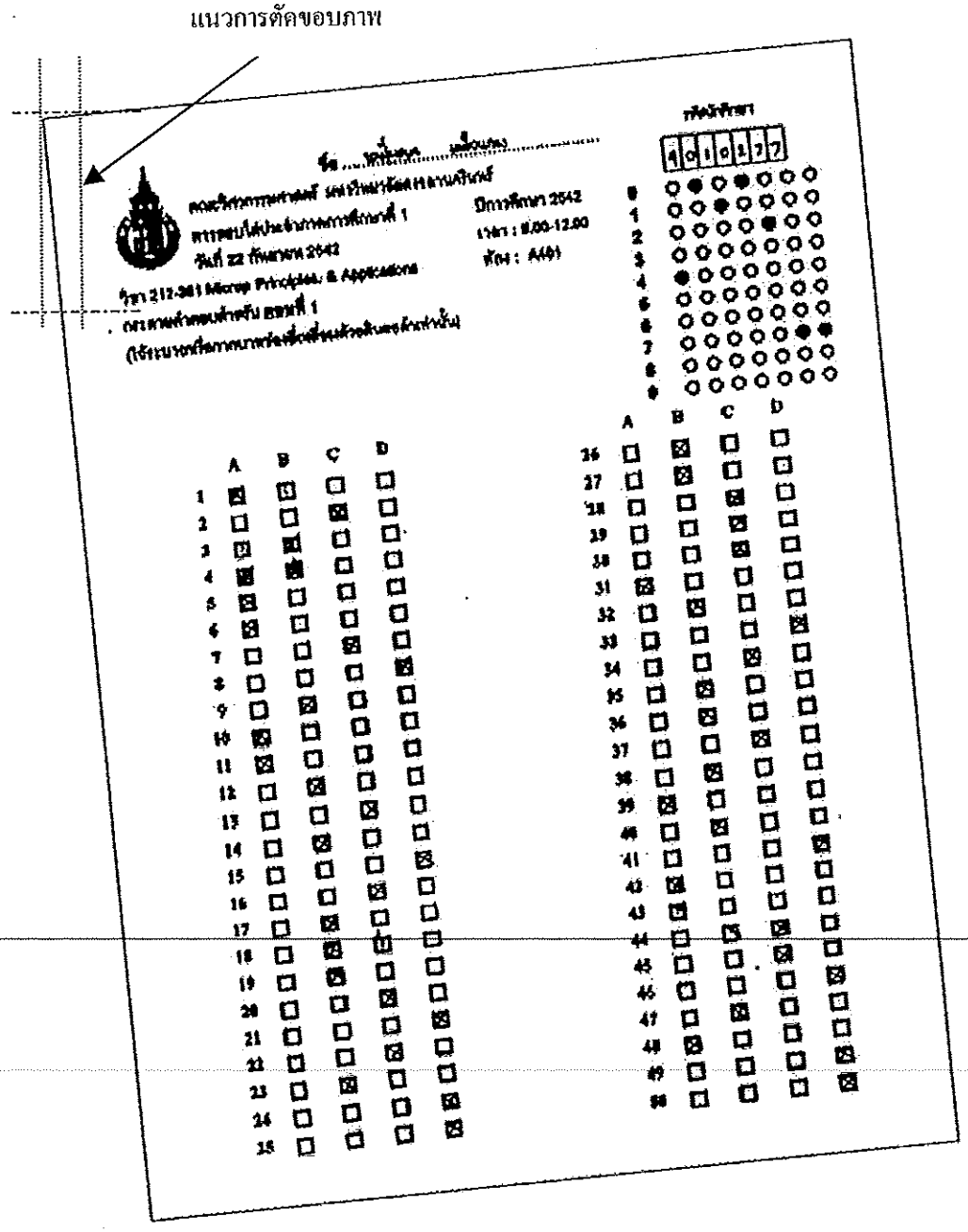
สรุปขั้นตอนการตรวจสอบและปรับค่าความเอียงของกระดาษคำตอบ มีขั้นตอนดังนี้

1.จากกระดาษคำตอบที่มีค่าความเอียงเท่ากับ 5 องศา (ปรับโดยโปรแกรม Photoshop 5.5) ดังภาพประกอบ 2.20



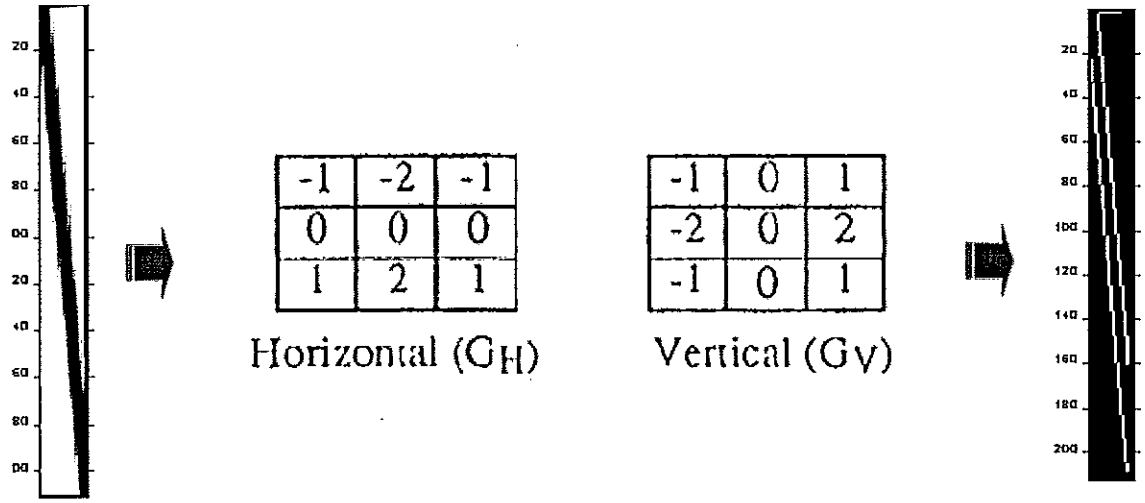
ภาพประกอบ 2.20 กระดาษคำตอบต้นแบบ

2.เพื่อเพิ่มความเร็วในการประมวลผล จึงตัดขอบภาพบางส่วนมาใช้ประมวลผล ดังภาพประกอบ 2.21 ซึ่งเป็นการดึงขอบภาพทางซ้ายมือสุดมาใช้



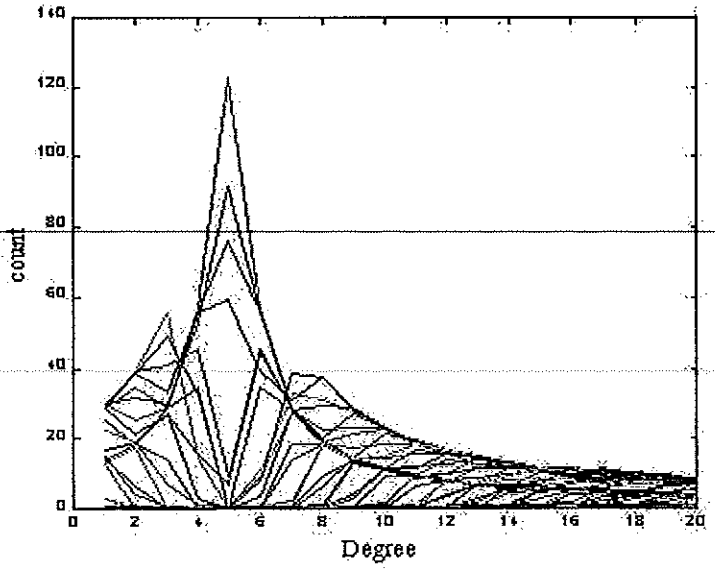
ภาพประกอบ 2.21 แนวขอบภาพที่ใช้ประมวลผล

3.ทำการหาขอบภาพ โดยวิธีการ Sobel operation ดังภาพประกอบ 2.22



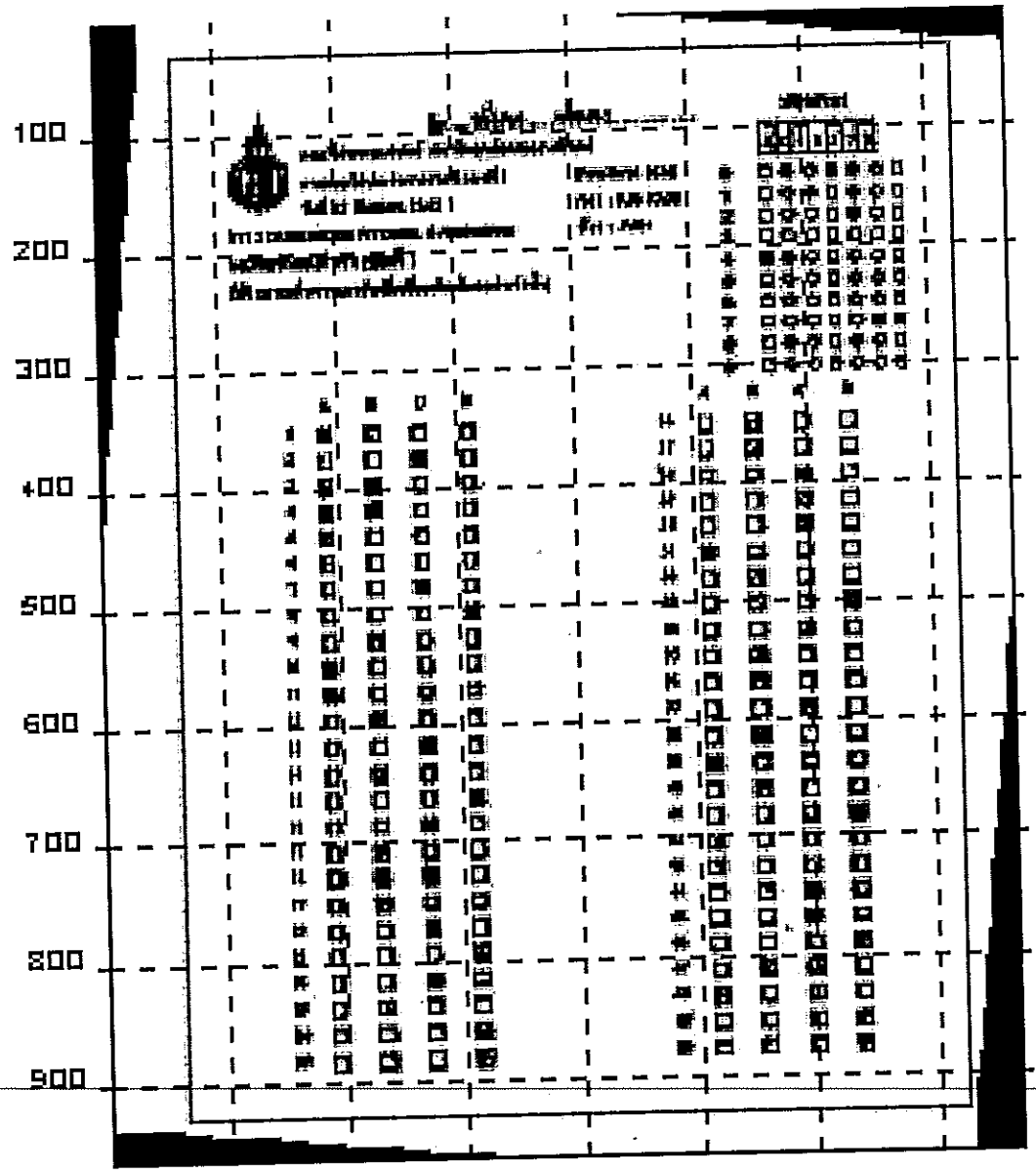
ภาพประกอบ 2.22 ขอบภาพที่ถูกดึงมาประมวลผล

4.ทำ Radon transform จนได้ Radon function ดังภาพประกอบ 2.23



ภาพประกอบ 2.23 Radon function

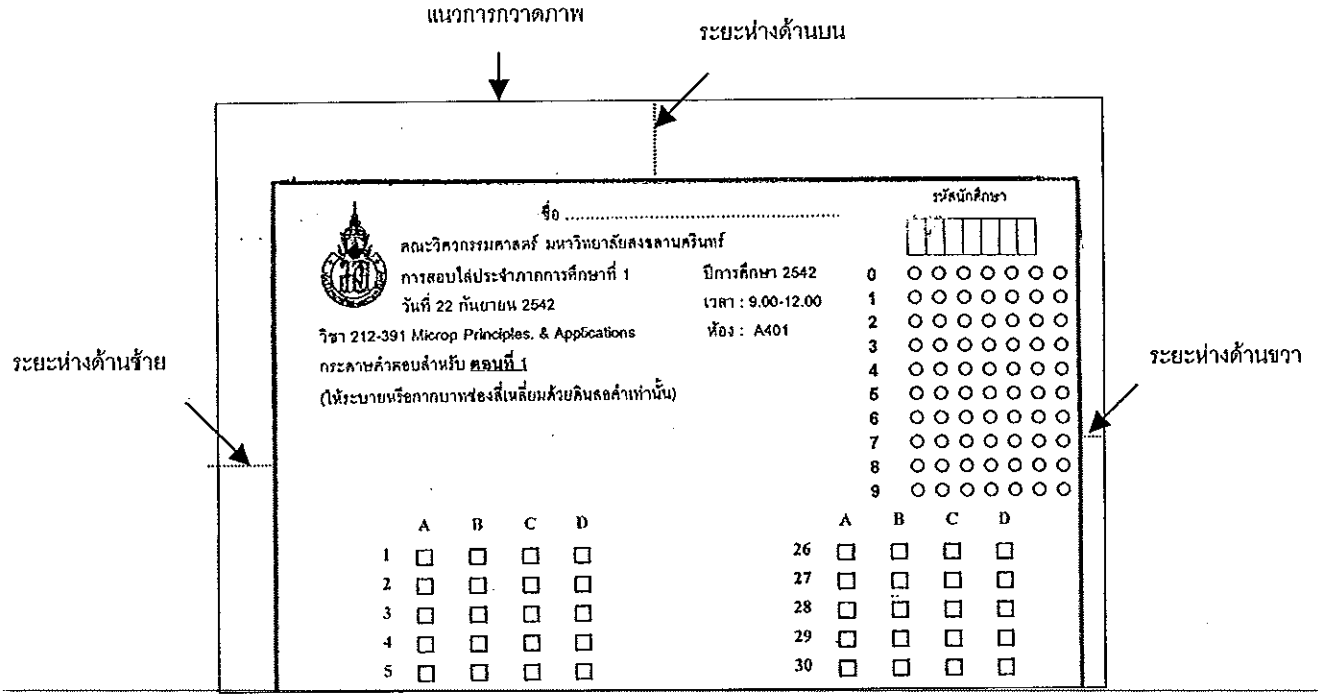
5.ทำการหมุนภาพ โดยวิธีการ Bilinear interpolation ดังภาพประกอบ 2.24



ภาพประกอบ 2.24 ผลลัพธ์จากการประมาณและปรับค่าความเอียงของเอกสาร

2.2.1.4.การแก้ปัญหาการย้ายตำแหน่งของจุดภาพ

อันเนื่องมาจากการวางกระดาษคำตอบบนเครื่องกวาดภาพแต่ละครั้งจะไม่ลงในตำแหน่งเดียวกันเสมอ ดังนั้นตำแหน่งจุดภาพของภาพกระดาษคำตอบก็จะแตกต่างกันออกไป ทำให้เกิดปัญหาการย้ายตำแหน่งของจุดภาพ (Pixel translation) ซึ่งจะส่งผลต่อตำแหน่งของกรอบข้อมูลอ้างอิง ทำให้การประมวลผลตัวเลือกผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นบนกระดาษคำตอบชุดแรกที่ถูกนำมาใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงของกรอบข้อมูล จึงต้องมีกระบวนการคำนวณหาระยะห่างของกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้ากับแนวการกวาดภาพด้านบน ด้านซ้ายและด้านขวา เพื่อจะนำมาใช้เป็นระยะอ้างอิงที่วัดได้ ในการคำนวณหาตำแหน่งจริงของกรอบข้อมูลของกระดาษคำตอบชุดต่อไป



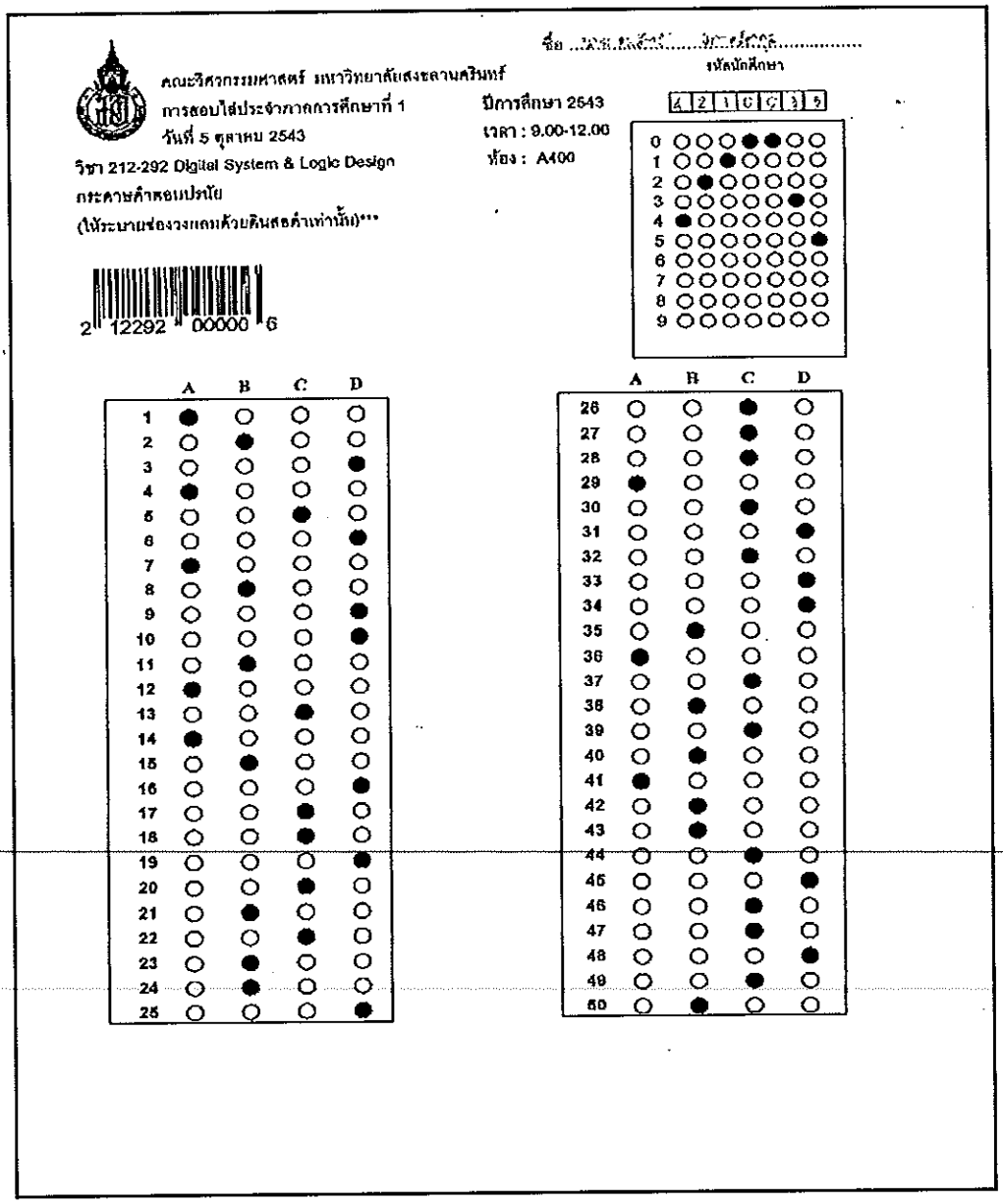
ภาพประกอบ 2.25 ปัญหา Pixel translation

หลังจากกระดาษคำตอบชุดต่อไปถูกวางบนเครื่องกวาดภาพ ก็จะใช้วิธีการเดียวกันในการคำนวณระยะห่างของกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้ากับแนวการกวาดภาพทั้ง 3 ด้าน จากนั้นจึงนำไปเปรียบเทียบกับระยะห่างของกระดาษคำตอบชุดแรกกับแนวการกวาดภาพ ผลต่างที่ได้ก็จะถูกนำไปเพิ่มหรือลดจำนวนของตำแหน่งจริงๆบนกรอบข้อมูล

การคำนวณระยะห่างของกระดาษคำตอบกับแนวการกวาดภาพ ใช้วิธีการฉายภาพเพื่อตรวจจับแนวทางด้านบนสุดหรือซ้ายสุดและขวาสุดเมื่อเทียบกับแนวการกวาดภาพ

2.2.1.5.การกำหนดกรอบข้อมูล

การกำหนดกรอบข้อมูลสำหรับการประมวลผล ทำได้โดยการลากเม้าส์ไปครอบคลุมพื้นที่ของตัวเลือกที่ถูกทำเครื่องหมายไว้บนกระดาษคำตอบต้นแบบ ตำแหน่งของกรอบข้อมูลที่ถูกครอบจะถูกบันทึกเก็บไว้ เพื่อใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงบนกระดาษคำตอบต้นแบบทุกๆชุด ดังแสดงในภาพประกอบ 2.26



ภาพประกอบ 2.26 การเลือกกรอบข้อมูลบนกระดาษคำตอบต้นแบบ

การกำหนดกรอบข้อมูลจะถูกกระทำบนกระดาษคำตอบชุดแรกที่ถูกส่งเข้ามาประมวลผลบนระบบการอ่านเครื่องหมาย เพื่อใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงของกระดาษคำตอบชุดต่อไปในการเข้าไปถึงตำแหน่งของกรอบข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผล การลากเม้าส์เลือกกรอบข้อมูลจะต้องให้กรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้าล้อมรอบตัวเลือกที่ต้องการประมวลผลทั้งหมด (ทั้งในส่วนตำแหน่งตัวเลือกและหมายเลขข้อ) ดังนั้นจากภาพประกอบ 2.26 จะมีกรอบรหัสประจำตัว 1 กรอบข้อมูล และกรอบตัวเลือก 2 กรอบข้อมูล (ภายในกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้า) โดยกรอบตัวเลือกจะต้องทำการลากเม้าส์เพื่อล้อมรอบตัวเลือก 2 ครั้ง โดยกรอบแรกเป็นกรอบตัวเลือกตั้งแต่ข้อ 1 ถึง 25 และกรอบที่ 2 จะเป็นกรอบตัวเลือกตั้งแต่ข้อ 26 ถึง 30 โดยในโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นกำหนดให้ผู้ใช้ลากเม้าส์เพื่อเลือกกรอบตัวเลือกได้ไม่เกิน 4 กรอบตัวเลือก แต่ละกรอบตัวเลือกมีจำนวนข้อไม่จำกัด ส่วนกรอบรหัสประจำตัวจะมีได้เพียง 1 กรอบเท่านั้น ในเบื้องต้นระบบจะทำการตรวจสอบและนับจำนวนข้อเปรียบเทียบกับทางเลือกที่ผู้ใช้เข้าไปกำหนดจำนวนข้อ จำนวนตัวเลือก และจำนวนกรอบข้อมูลในหน้าเมนูหลักของโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นก่อน ถ้ามีค่าตรงกันระบบก็จะยินยอมให้ผู้ใช้เข้าไปตรวจข้อสอบได้ และเพื่อแก้ปัญหาความผิดพลาดในการเข้าถึงตำแหน่งของกรอบข้อมูลในการประมวลผล จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบค่าความเอียงของเอกสารและการเลื่อนตำแหน่งของจุดภาพก่อนที่จะมีการกำหนดกรอบข้อมูล ดังที่ได้กล่าวไว้จากหัวข้อที่ผ่านมา

2.2.2.การตรวจสอบตำแหน่งตัวเลือกที่ถูกทำเครื่องหมายไว้

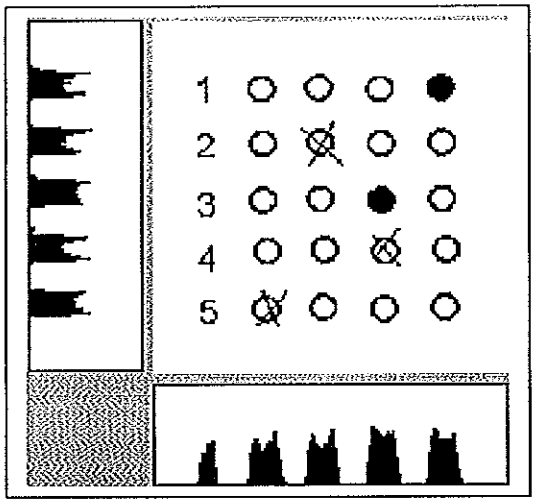
เมื่อกรอบข้อมูลผ่านกระบวนการขจัดสัญญาณรบกวน การกำหนดค่าขีดจำกัด และกระบวนการประมาณและปรับค่าความเอียงของกรอบข้อมูล กรอบข้อมูลจึงมีความพร้อมที่จะส่งเข้ามายังกระบวนการตรวจสอบตำแหน่งตัวเลือก ซึ่งมีกระบวนการย่อยๆ 3 กระบวนการ คือ การฉายภาพตัวเลือก การตัดแยกตัวเลือก การแยกคุณลักษณะของตัวเลือก ซึ่งได้แสดงรายละเอียดไว้ดังต่อไปนี้

2.2.2.1.การฉายภาพ

วิธีการฉายภาพ (Awcock,1995) ถูกนำมาใช้ในการค้นหาตำแหน่งของตัวเลือกบนกรอบข้อมูล โดยการนับจำนวนจุดภาพดำบนกรอบข้อมูลของข้อมูลภาพต้นฉบับที่ได้กำหนดไว้ในทิศทางด้านแนวนอนและแนวตั้ง ส่วนของภาพที่ไม่มีจุดภาพดำถือว่าเป็นช่องว่างระหว่างตัวเลือกแต่ละตำแหน่ง ดังแสดงในภาพประกอบ 2.27 ซึ่งการฉายภาพในด้านแนวนอนและแนวตั้งถูกกำหนดดังสมการที่ (24) และ (25) ดังนี้

$$H(k) = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} F(j,k) \qquad (24)$$

$$V(j) = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} F(j,k) \qquad (25)$$



ภาพประกอบ 2.27 การภาพฉายบนกรอบตัวเลือก

โดย H (k) คือ ผลรวมของจุดภาพดำในแนวนอน

V (j) คือ ผลรวมของจุดภาพดำในแนวตั้ง

F (j,k) คือ จุดภาพดำบนภาพกระดาษคำตอบ

N คือ จำนวนจุดภาพทั้งหมด

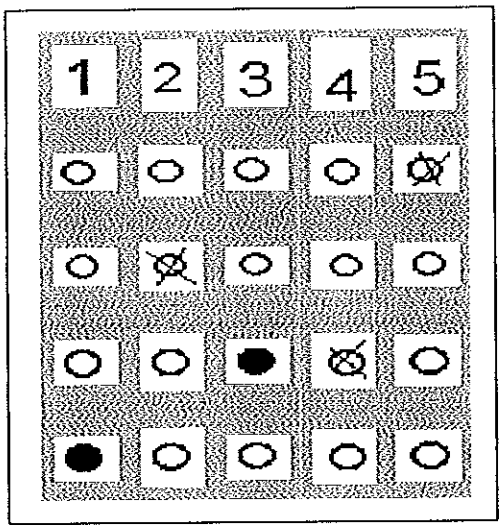
2.2.2.2.การตัดแยกตัวเลือก

หลังจากกระบวนการฉายภาพ จะได้ตำแหน่งของช่องว่างและตำแหน่งของตัวเลือก เนื่องจากช่องว่างจะไม่มีตำแหน่งจุดภาพดำอยู่ ซึ่งแทนคุณลักษณะดังกล่าวด้วยสมการด้านบนได้ดังนี้

$$H(k) = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} F(j,k) = 0 \qquad (26)$$

$$V(j) = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} F(j,k) = 0 \qquad (27)$$

แต่ขณะเดียวกันตำแหน่งของตัวเลือกจะมีจำนวนของจุดภาพดำ ดังนั้นในการตัดแยกตัวเลือกจะอาศัยข้อมูลเหล่านี้มาทำการตัดแยกตัวเลือกออกมาเป็นส่วนย่อยๆจากกรอบข้อมูล ดังแสดงในภาพประกอบ 2.28



ภาพประกอบ 2.28 การตัดแยกตัวเลือกออกมาเป็นส่วนๆ

2.2.2.3.การแยกคุณลักษณะของตัวเลือก

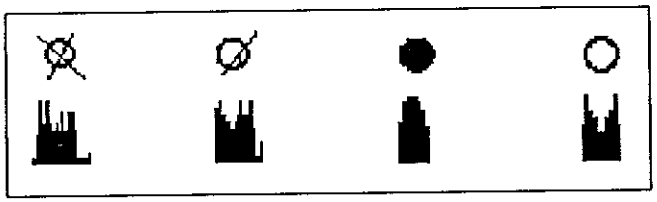
การแยกคุณลักษณะเด่นของภาพตัวเลือก (Jain,1989) เป็นการหาคุณสมบัติตามธรรมชาติหรือคุณลักษณะของตัวเลือกที่อยู่ภายในภาพย่อยๆ ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้แสดงรูปร่างลักษณะของตัวเลือก ซึ่งเป็นกระบวนการย่อยๆก่อนเข้าไปสู่กระบวนการจำแนกวัตถุ คุณลักษณะที่สนใจโดยส่วนใหญ่แล้วจะเกี่ยวข้องกับรูปร่างของวัตถุใดๆ จากกระบวนการตัดแยกตัวเลือก ซึ่งรูปร่างทั่วไปของตัวเลือกจะถูก แสดงด้วยคุณลักษณะที่ผสมกันระหว่างเส้นขอบเขต (Boundary) หรือจากพื้นที่ทั้งหมด (Regional) แต่ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการหาพื้นที่ทั้งหมดของตัวเลือก ดังแสดงไว้ในสมการที่ (28) ดังนี้

$$A = \iint_{\Re} dxdy = \int_{\partial\Re} y(t)\frac{dx(t)}{dt}dt - \int_{\partial\Re} x(t)\frac{dy(t)}{dt}dt \qquad (28)$$

โดย $\Re$ = ขอบเขตของวัตถุ

∂R = เส้นขอบนอกของวัตถุ

ตัวเลือกที่ถูกทำเครื่องหมายใดๆไว้ย่อมมีพื้นที่มากกว่าตัวเลือกอื่นๆที่ไม่ได้ทำเครื่องหมายไว้ ดังแสดงในภาพประกอบ 2.29



246 พิกเซล 229 พิกเซล 328 พิกเซล 162 พิกเซล

ภาพประกอบ 2.29 พื้นที่ของตัวเลือกแต่ละแบบ

บทที่ 3

องค์ประกอบของโปรแกรม OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์ม

3.1.บทนำ

เพื่อเป็นการทดสอบการทำงานของโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมายด้วยหลักการประมวลผลภาพดิจิตอลที่ได้พัฒนาขึ้น งานวิจัยครั้งนี้ในช่วงแรกจึงได้เลือกวิธีการตรวจข้อสอบแบบปรนัยมาใช้ทดสอบโปรแกรมดังกล่าว เนื่องจากสามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมกับผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยมนุษย์ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลจะเปรียบเทียบข้อแตกต่าง 2 ด้านด้วยกัน คือ ความเร็วและความถูกต้องในการประมวลผล

ขั้นตอนในการตรวจข้อสอบแบบปรนัย ได้แสดงไว้ดังขั้นตอนในภาพประกอบ 2.1 ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนในการประมวลผลได้ 4 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

1.การเตรียมข้อมูลป้อนเข้า

2.การสร้างข้อมูลผลเฉลย

3.การตรวจข้อสอบ

4.การวิเคราะห์ตัวเลือก

3.2.กระบวนการเตรียมข้อมูลป้อนเข้า (Data entry preparation)

3.2.1.การสร้างกระดาษคำตอบต้นแบบ (Answer sheet prototype)

เพื่อให้ระบบการอ่านเครื่องหมายสามารถตรวจข้อสอบแบบปรนัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และยืดหยุ่น ซึ่งหมายถึง การที่ระบบสามารถตรวจข้อสอบที่มีการทำเครื่องหมายตัวเลือกได้หลายรูปแบบ (กากบาทหรือระบาย) และสามารถทำเครื่องหมายตัวเลือกได้ด้วยดินสอหรือปากกา ผู้ใช้สามารถออกแบบกระดาษคำตอบต้นแบบได้เองตามเงื่อนไขที่กำหนด ดังนั้นเพื่อให้ระบบสามารถเรียนรู้และเข้าใจรูปแบบของกระดาษคำตอบแต่ละแบบได้นั้น ต้องเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยกระดาษคำตอบจะเป็นกระดาษที่มีความกว้างไม่เกินแนวกวาดภาพของเครื่องกวาดภาพ ซึ่งมีความหนาประมาณ 70-80 แกรม ที่ไม่ได้ผ่านการใช้งาน ซึ่งภายในประกอบด้วยกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ล้อมรอบตัวเลือกทั้งหมดไว้ และมีลักษณะการจัดวางตัวเลือกรหัสประจำตัวและตัวเลือกคำตอบ ดังนี้

ตำแหน่งตัวเลือกบนกระดาษคำตอบ (Choices position on answer sheet)

บนกระดาษคำตอบ จะต้องประกอบไปด้วยพื้นที่ของข้อมูลภาพ 2 ประเภท คือ ตัวเลือกรหัสประจำตัวของผู้ทำข้อสอบ และตัวเลือกคำตอบที่ผู้ทำข้อสอบต้องทำเครื่องหมายไว้ ดังภาพประกอบ 3.1 ตัวเลือกทั้ง 2 ประเภทมีเงื่อนไขดังนี้

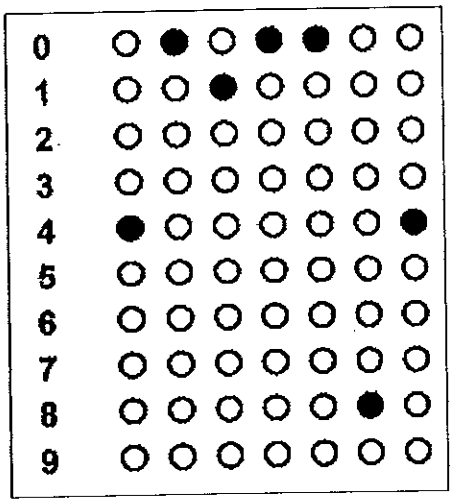
ตัวเลือกรหัสประจำตัว (Code choices)

ตัวเลือกรหัสประจำตัวนักศึกษา จะเป็นตัวเลือกของข้อมูลแบบตัวเลข ซึ่งประกอบด้วยภาพวงกลมตัวเลือกหรือสี่เหลี่ยมตัวเลือกที่วางเรียงกันในแนวตั้ง จำนวน 10 ภาพ ซึ่งจะเป็นค่าของตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 9 และมีภาพวงกลมตัวเลือกหรือสี่เหลี่ยมตัวเลือกที่วางเรียงกันในแนวนอนตามจำนวนที่ผู้ใช้ต้องการ ดังภาพประกอบ 3.1 (ก)

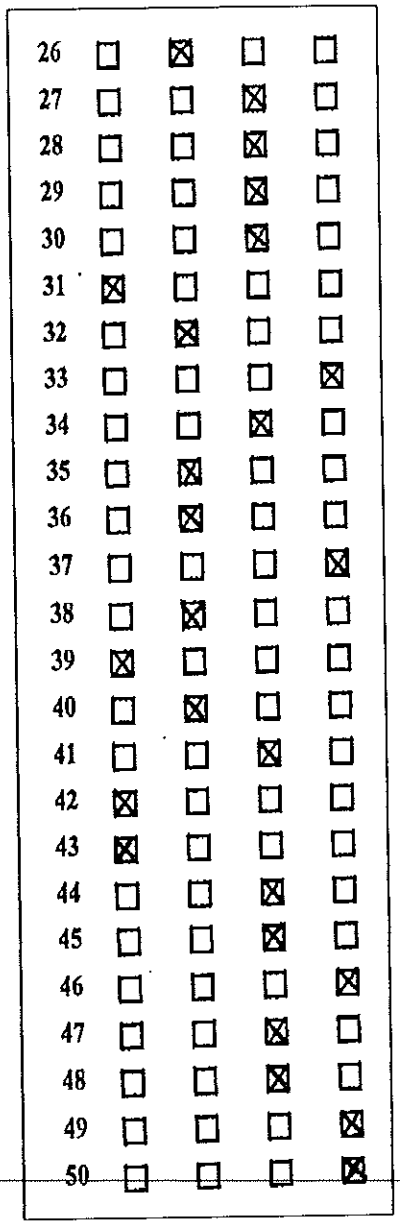
ตัวเลือกคำตอบ (Answer choices)

ตัวเลือกคำตอบจะเป็นตัวเลือกของข้อมูลแบบตัวเลข เช่นเดียวกันกับกรอบรหัสประจำตัวนักศึกษา แต่จะเป็นตัวเลขที่ใช้ในการตรวจสอบตำแหน่งของตัวเลือกที่ผู้ใช้ได้ทำเครื่องหมายไว้ โดยตัวเลือกข้อ ก หรือ ข้อ A จะถูกแทนด้วยตัวเลข 1 ตัวเลือกข้อ ข หรือ ข้อ B จะถูกแทนด้วยตัวเลข 2 ตามลำดับ ตัวเลือกคำตอบจะประกอบด้วยตัวเลือกวงกลมหรือตัวเลือกสี่เหลี่ยมที่วางเรียงกันในแนวตั้ง ซึ่งจะมีจำนวนเท่ากับจำนวนข้อ หรือเท่ากับครึ่งหนึ่ง หรือหนึ่งในสามของข้อสอบ เป็นต้น (ตามความต้องการของผู้ใช้) ส่วนจำนวนตัวเลือกวงกลมหรือตัวเลือกสี่เหลี่ยมในแนวนอนจะขึ้นอยู่กับจำนวนตัวเลือกในหนึ่งข้อ ดังภาพประกอบ 3.1 (ข)

ภาพประกอบ 3.2 และ 3.3 เป็นภาพตัวอย่างของกระดาษคำตอบที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งเป็นกระดาษคำตอบที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในหัวข้อกรอบข้อมูลดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น

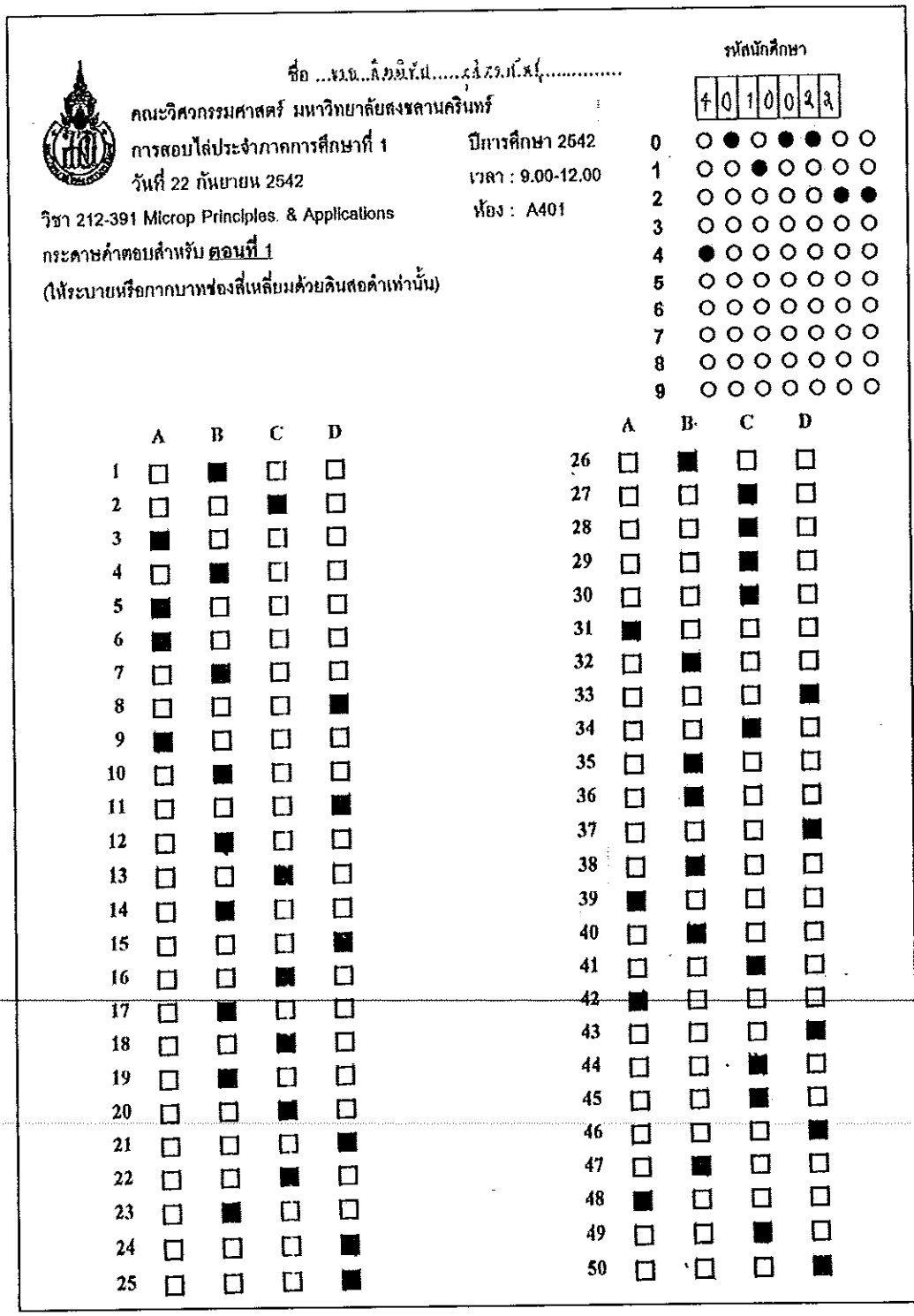


ภาพประกอบ 3.1 (ก) ตัวเลือกรหัสประจำตัว



ภาพประกอบ 3.1 (ข) ตัวเลือกคำตอบ

ภาพประกอบ 3.1 กรอบข้อมูลทั้ง 2 ชนิด



ชื่อ ...นาย...[illegible].....[illegible].....

รหัสนักศึกษา 4010023

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การสอบไล่ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2542

วันที่ 22 กันยายน 2542 เวลา : 9.00-12.00

วิชา 212-391 Microp Principles. & Applications ห้อง : A401

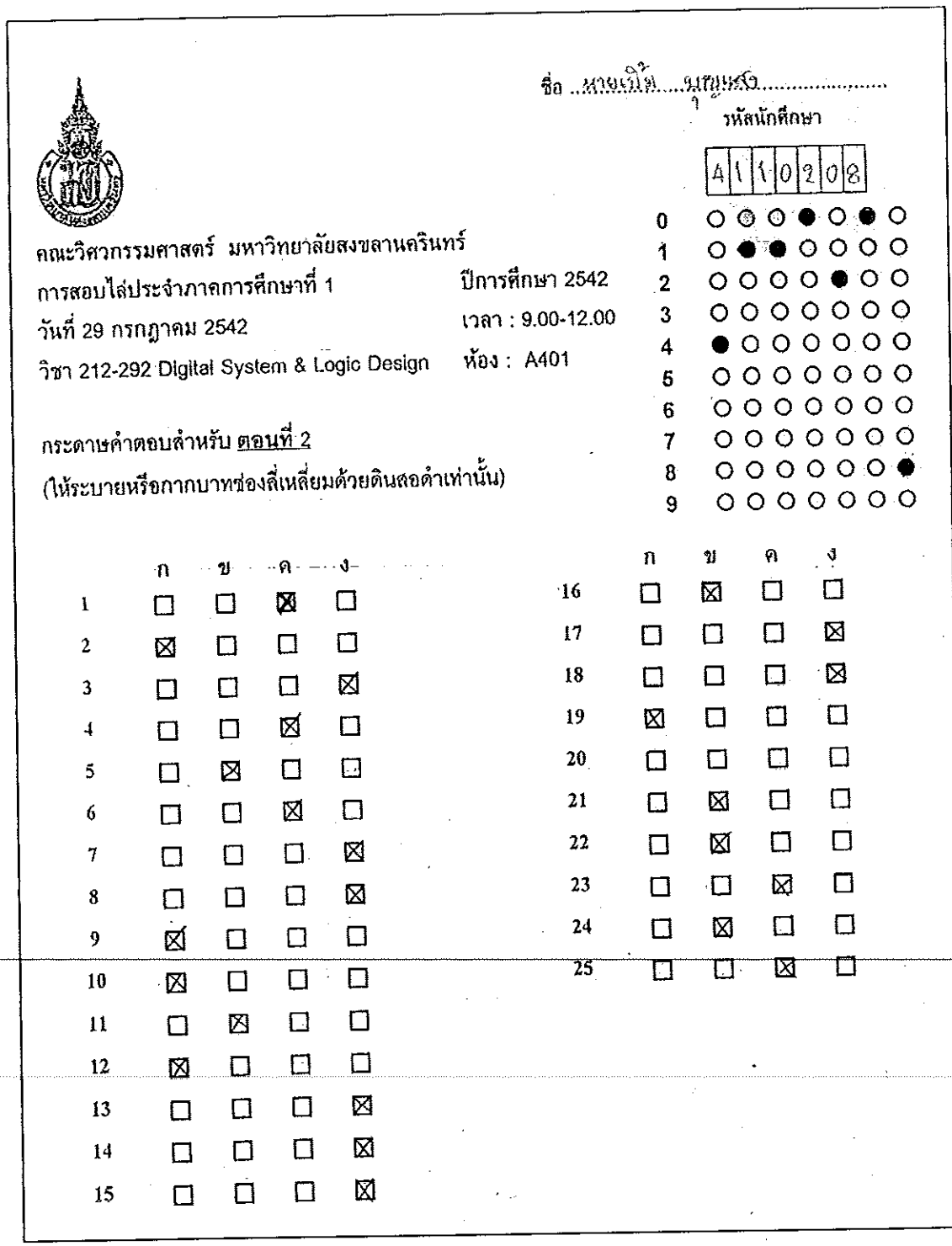
กระดาษคำตอบสำหรับ ตอนที่ 1

(ให้ระบายหรือกากบาทช่องสี่เหลี่ยมด้วยดินสอดำเท่านั้น)

	A	B	C	D
1	☐	■	☐	☐
2	☐	☐	■	☐
3	■	☐	☐	☐
4	☐	■	☐	☐
5	■	☐	☐	☐
6	■	☐	☐	☐
7	☐	■	☐	☐
8	☐	☐	☐	■
9	■	☐	☐	☐
10	☐	■	☐	☐
11	☐	☐	☐	■
12	☐	■	☐	☐
13	☐	☐	■	☐
14	☐	■	☐	☐
15	☐	☐	☐	■
16	☐	☐	■	☐
17	☐	■	☐	☐
18	☐	☐	■	☐
19	☐	■	☐	☐
20	☐	☐	■	☐
21	☐	☐	☐	■
22	☐	☐	■	☐
23	☐	■	☐	☐
24	☐	☐	☐	■
25	☐	☐	☐	■

	A	B	C	D
26	☐	■	☐	☐
27	☐	☐	■	☐
28	☐	☐	■	☐
29	☐	☐	■	☐
30	☐	☐	■	☐
31	■	☐	☐	☐
32	☐	■	☐	☐
33	☐	☐	☐	■
34	☐	☐	■	☐
35	☐	■	☐	☐
36	☐	■	☐	☐
37	☐	☐	☐	■
38	☐	■	☐	☐
39	■	☐	☐	☐
40	☐	■	☐	☐
41	☐	☐	■	☐
42	■	☐	☐	☐
43	☐	☐	☐	■
44	☐	☐	■	☐
45	☐	☐	■	☐
46	☐	☐	☐	■
47	☐	■	☐	☐
48	■	☐	☐	☐
49	☐	☐	■	☐
50	☐	☐	☐	■

ภาพประกอบ 3.2 ตัวอย่างของกระดาษคำตอบที่ใช้ในงานวิจัย



ชื่อ นายเกียรติ นกยูงทอง

รหัสนักศึกษา 4110208

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การสอบไล่ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2542

วันที่ 29 กรกฎาคม 2542 เวลา : 9.00-12.00

วิชา 212-292 Digital System & Logic Design ห้อง : A401

กระดาษคำตอบสำหรับ ตอนที่ 2

(ให้ระบายหรือกากบาทช่องสี่เหลี่ยมด้วยดินสอดำเท่านั้น)

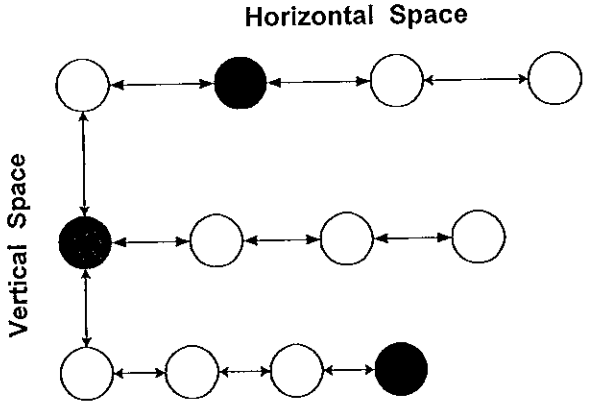
	ก	ข	ค	ง
1	☐	☐	☒	☐
2	☒	☐	☐	☐
3	☐	☐	☐	☒
4	☐	☐	☒	☐
5	☐	☒	☐	☐
6	☐	☐	☒	☐
7	☐	☐	☐	☒
8	☐	☐	☐	☒
9	☒	☐	☐	☐
10	☒	☐	☐	☐
11	☐	☒	☐	☐
12	☒	☐	☐	☐
13	☐	☐	☐	☒
14	☐	☐	☐	☒
15	☐	☐	☐	☒

	ก	ข	ค	ง
16	☐	☒	☐	☐
17	☐	☐	☐	☒
18	☐	☐	☐	☒
19	☒	☐	☐	☐
20	☐	☐	☐	☐
21	☐	☒	☐	☐
22	☐	☒	☐	☐
23	☐	☐	☒	☐
24	☐	☒	☐	☐
25	☐	☐	☒	☐

ภาพประกอบ 3.3 ตัวอย่างกระดาษคำตอบที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.2.ขนาดของช่องว่างระหว่างตัวเลือก (The size of space between choices)

เนื่องจากเมื่อผู้ใช้ต้องการปรับเปลี่ยนจำนวนของตัวเลือกบนกระดาษคำตอบ อาจทำให้ต้องลดขนาดของตัวเลือกและขนาดของระยะห่างระหว่างตัวเลือกให้เล็กลง จึงส่งผลต่อความถูกต้องแม่นยำของระบบการอ่านเครื่องหมายในการประมวลผลตัวเลือก จากการทดสอบหาค่าระยะห่างระหว่างตัวเลือกในแต่ละตัวเลือกที่ใกล้ที่สุด ทั้งในแนวตั้งและแนวนอน ดังภาพประกอบ 3.4 พบว่าระยะห่างของตัวเลือกแต่ละตัวเลือกจะต้องมีระยะห่างกันทางในแนวตั้งและแนวนอนอยู่อย่างน้อย 1 พิกเซล จึงสามารถนำไปประมวลผลได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสามารถสรุปเป็นขนาดของภาพจริงได้ดังแสดงในตารางที่ 3.1



ภาพประกอบ 3.4 วิธีการทดสอบหาระยะห่างระหว่างตัวเลือก

Resolution(DPI)	ระยะห่างระหว่างตัวเลือกที่น้อยที่สุด ทั้งแนวตั้งและแนวนอน
75 DPI	0.3387 มิลลิเมตร
90 DPI	0.282 มิลลิเมตร
100 DPI	0.254 มิลลิเมตร
120 DPI	0.212 มิลลิเมตร
150 DPI	0.169 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3.1 ระยะห่างระหว่างตัวเลือกแต่ละตัวที่น้อยที่สุด
โดยทดสอบบนภาพขนาด 349 x 1051 พิกเซล

จากความหมายของคำว่า อิมเมจ (Image) หมายถึง ภาพที่เก็บไว้ในรูปของสัญญาณทางดิจิตอลซึ่งเกิดจากการรวมตัวของจุดต่างๆที่เรียกว่า จุดภาพ (Pixel) จุดภาพเหล่านี้จะถูกจัดเรียงเป็นแถวทำให้เกิดภาพ ขนาดของจุดภาพแต่ละจุดภาพเรียกว่า ความละเอียด ตัวอย่างเช่น ภาพมีความละเอียด 75 จุดต่อนิ้ว (Dot per inch – DPI) หรือ จุดภาพต่อนิ้ว หมายถึง ความยาวของภาพ 1 นิ้ว จะมีจำนวนจุดภาพอยู่ 75 จุดภาพหรือขนาดของแต่ละจุดภาพจะเท่ากับ 1/75 นิ้ว ความละเอียดนอกจากจะเป็นตัวกำหนดขนาดของจุดภาพแล้วยังกำหนดขนาดของภาพอีกด้วย เช่น ภาพกว้าง 256 จุดภาพ สูง 256 จุดภาพ โดยที่มีความละเอียด 100 จุดต่อนิ้ว จะได้ขนาดของภาพจริงกว้าง 2.56 นิ้ว ยาว 2.56 นิ้ว เมื่อดูจากขนาดภาพที่แท้จริงดังแสดงในตัวอย่างที่ 1

ตัวอย่างที่ 1 ถ้าภาพของกรอบตัวเลือกมีขนาด 256x256 พิกเซล 75 จุดต่อนิ้ว สามารถคำนวณหาระยะห่างของตัวเลือกได้จากสูตร

ระยะห่างจริงระหว่างตัวเลือก = 1/(ขนาดความละเอียด) x 25.4

= (1 / 75) x 25.4

= 0.3387 มิลลิเมตร

โดย 25.4 เป็นค่าคงที่ ซึ่งเกิดจากการแปลงหน่วยนิ้วให้กลายเป็นหน่วยมิลลิเมตร (จากหน่วยมาตรฐาน 1 นิ้ว มีค่าเท่ากับ 2.54 มิลลิเมตร และ 1 เซนติเมตรมีค่าเท่ากับ 10 มิลลิเมตร)

จะสังเกตเห็นได้ว่ายิ่งภาพมีความละเอียดน้อยลงก็จะส่งผลให้ช่องว่างระหว่างตัวเลือกมีค่าน้อยลง แต่การใช้รูปที่มีความละเอียดน้อยๆจะช่วยลดเวลาในการกวาดภาพเข้ามาประมวลผลได้น้อยลงและเพิ่มความเร็วในการประมวลผลด้วยเช่นกัน

จากงานวิจัยนี้พบว่าระยะห่างระหว่างตัวเลือกแต่ละตัวเลือกจะต้องมีขนาดเท่ากับจำนวน 1 จุดภาพของขนาดความละเอียดภาพ แต่เนื่องจากในกระบวนการกรองสัญญาณรบกวนไม่สามารถที่จะลดสัญญาณรบกวนออกได้ทั้งหมด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดระยะห่างระหว่างตัวเลือกบนกระดาษคำตอบที่น้อยที่สุดอย่างปลอดภัย (Minimum safety margin) มีขนาดเท่ากับ 5 จุดภาพของขนาดความละเอียด จึงทำให้ข้อสอบทั้งหมดที่ถูกตรวจด้วยโปรแกรมอ่านเครื่องหมายของผู้วิจัย สามารถประมวลผลลัพธ์ออกมาได้อย่างถูกต้อง

3.3.การสร้างข้อมูลผลเฉลย (Solution data)

ผลเฉลยเป็นส่วนที่สำคัญที่ถูกนำมาเปรียบเทียบกับตัวเลือกที่ถูกเลือกไว้บนกระดาษคำตอบ ซึ่งวิธีการสร้างผลเฉลยในงานวิจัยนี้ สามารถกระทำได้ 2 วิธีการ ดังนี้

3.3.1.การสร้างผลเฉลยโดยวิธีป้อนข้อมูลทางแป้นพิมพ์

การสร้างผลเฉลยด้วยวิธีการนี้ ผู้ใช้สามารถป้อนผลเฉลยผ่านทางแป้นพิมพ์ได้โดยตรง โดยขั้นแรกผู้ใช้ต้องป้อนจำนวนข้อ จำนวนของตัวเลือกของคำถามแต่ละข้อ และจำนวนกรอบข้อมูลทั้งหมดบนกระดาษคำตอบ ผ่านทางแป้นพิมพ์เข้ามา และข้อมูลเหล่านี้จะถูกเก็บไว้เป็นพารามิเตอร์เริ่มต้นของระบบ ขั้นตอนต่อไปผู้ใช้จึงจะสามารถป้อนผลเฉลยผ่านทางแป้นพิมพ์ไปบนหน้าต่างผลเฉลยทีละข้อไปจนครบตามจำนวนข้อในข้อสอบที่ระบุไว้ในขั้นตอนแรก โดยข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่ระบบ จะแทนตัวเลือกข้อ ก,ข,ค และ ง หรือตัวเลือกข้อ a,b,c และ d ด้วยข้อมูลแบบตัวเลข 1,2,3 และ 4 ตามลำดับ ผลเฉลยเหล่านี้ก็จะถูกเก็บเป็นข้อมูลตัวเลขเพื่อรอการเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากกระดาษคำตอบ ดังนั้นเมื่อกระดาษคำตอบชุดแรกถูกส่งผ่านเข้ามายังระบบการอ่านเครื่องหมาย ระบบจะถือว่าเป็นกระดาษคำตอบชุดแรกที่ถูกประมวลผลและตรวจนับคะแนน

3.3.2.การสร้างผลเฉลยโดยวิธีป้อนข้อมูลผ่านทางเครื่องกวาดภาพ

การสร้างผลเฉลยด้วยวิธีนี้ ผู้ใช้สามารถป้อนผลเฉลยโดยการทำเครื่องหมายด้วยดินสอดำหรือปากกาในช่องตัวเลือกที่ถูกต้องบนกระดาษคำตอบ 1 ชุดก่อน จากนั้นจึงนำกระดาษคำตอบดังกล่าวมาป้อนทางเครื่องกวาดภาพ ดังนั้นกระดาษคำตอบที่ทำเครื่องหมายผลเฉลยไว้จะเป็นกระดาษคำตอบชุดแรกที่ถูกส่งผ่านเข้ามายังระบบการอ่านเครื่องหมาย ระบบจะถือว่าผลลัพธ์ที่ได้จากกระดาษคำตอบชุดแรกเป็นผลเฉลยที่จะเก็บไว้เปรียบเทียบกับกระดาษคำตอบชุดอื่นในการตรวจนับคะแนน

3.4.การตรวจข้อสอบ

เมื่อสร้างข้อมูลผลเฉลยแล้ว ขั้นตอนต่อไปเราสามารถดำเนินการตรวจข้อสอบ โดยการป้อนกระดาษคำตอบผ่านทางเครื่องกวาดภาพครั้งละ 1 ชุด ซึ่งผู้วิจัยจะยกตัวอย่างภาพกระดาษคำตอบในภาพประกอบ 2.19 มาใช้เป็นตัวอย่างในการตรวจข้อสอบ โดยขั้นตอนการตรวจข้อสอบแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

3.4.1.การหารหัสประจำตัวของผู้ทำข้อสอบ

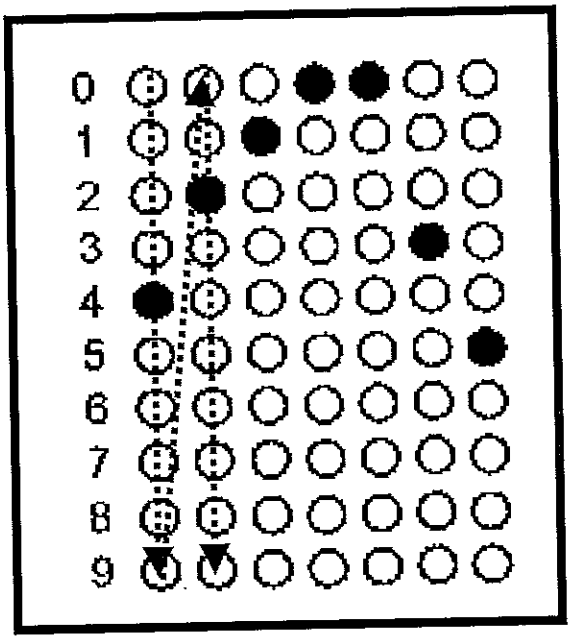
โดยปกติรหัสประจำตัวของนักศึกษาของโรงเรียน วิทยาลัย หรือมหาวิทยาลัยต่างๆ จะมีความยาวของรหัสประจำตัวตั้งแต่ 6 หลัก ขึ้นไป เช่น

4122005 รหัสประจำตัวนักศึกษาของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

3589003 รหัสประจำตัวนักศึกษาของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

424244 รหัสประจำตัวนักศึกษาของสถาบันราชภัฏสงขลา

ดังนั้นขั้นตอนแรกของการตรวจข้อสอบจึงจำเป็นที่จะต้องจำแนกชนิดของกรอบข้อมูลที่เลือกไว้ การฉายภาพจึงถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบจำนวนทางด้านแถวและคอลัมน์ของกรอบข้อมูล โดยกรอบข้อมูลที่มีจำนวนคอลัมน์มากกว่า 6 คอลัมน์ขึ้นไป จะถือว่าเป็นกรอบรหัสประจำตัวที่จะต้องถูกประมวลผลก่อนกรอบข้อมูลอื่นๆ จากวิธีการแยกคุณสมบัติของตัวเลือกในบทที่ 2 สามารถสังเกตเห็นคุณลักษณะของตัวเลือกในกรอบรหัสประจำตัวได้ดังภาพประกอบ 3.5



66	74	74	**175**	**170**	73	69
65	74	**181**	73	72	72	76
74	**182**	78	75	71	76	72
75	70	67	69	73	**169**	65
173	69	69	66	68	67	65
73	78	75	71	71	65	**170**
76	69	70	72	66	68	68
75	70	72	74	72	65	67
77	71	71	71	72	73	72
74	72	70	67	73	71	67

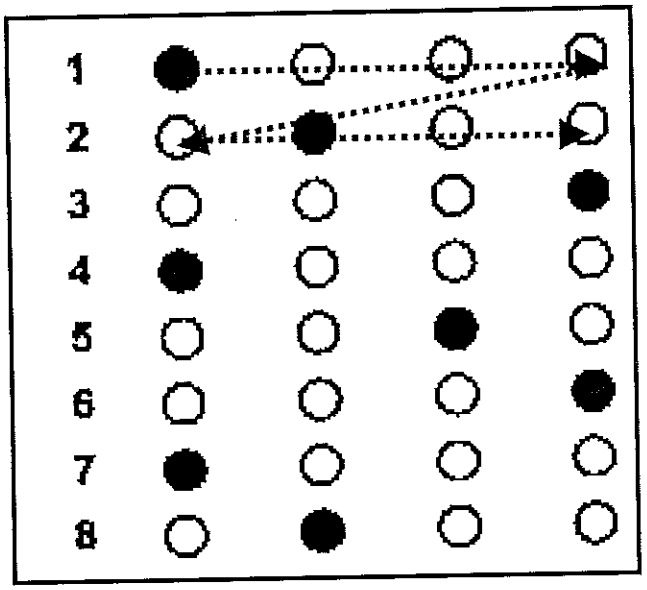
..... ▶ หมายถึง แนวการกวาดภาพ

ภาพประกอบ 3.5 คุณลักษณะของกรอบรหัสนักศึกษา

จากภาพประกอบ 3.5 สามารถอ่านค่ารหัสนักศึกษา โดยการกวาดหาค่าสูงสุดของแต่ละคอลัมน์ การกวาดจะเริ่มนับ 0 ที่แถวแรกของคอลัมน์ที่ 1 จากนั้นก็จะกวาดหาค่าสูงสุดลงมาด้านล่างในแถวที่ 1 คอลัมน์ที่ 1 ไปเรื่อยๆ จนหมดจำนวนแถวในคอลัมน์ที่ 1 ถ้าค่าสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่งแถวใด ก็จะเป็นค่าเลขรหัสประจำตัวหลักแรก จากนั้นจึงจะเริ่มกวาดหาค่าสูงสุดในคอลัมน์ถัดไปจนครบทุกๆคอลัมน์ ก็จะได้เลขรหัสประจำตัวในหลักถัดๆไปจนครบ

3.4.2.การหาตัวเลือกที่ถูกทำเครื่องหมายโดยผู้ทำข้อสอบ

รายการตัวเลือกในกรอบข้อมูล ได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้นโดยผู้ใช้หรือผู้ที่ออกแบบกระดาษคำตอบ ความแตกต่างระหว่างกระดาษคำตอบแต่ละแบบจะขึ้นอยู่กับจำนวนข้อและจำนวนตัวเลือกที่แปรเปลี่ยนไปตามความต้องการของผู้ใช้ วิธีการฉายภาพจะถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความแตกต่างดังกล่าว จากวิธีการแยกคุณสมบัติของตัวเลือกในบทที่ 2 สามารถสังเกตเห็นคุณลักษณะของตัวเลือกในกรอบข้อมูลตัวเลือกได้ดังภาพประกอบ 3.6



202	70	74	69
54	**180**	62	62
60	52	59	**176**
168	51	58	57
63	58	**183**	62
65	70	65	**191**
169	49	55	56
62	**187**	60	60

..... หมายถึง แนวการกวาดภาพ

ภาพประกอบ 3.6 คุณลักษณะของกรอบข้อมูล

จากภาพประกอบ 3.6 สามารถอ่านค่าตัวเลือกที่ถูกทำเครื่องหมาย โดยการกวาดหาค่าสูงสุดของแต่ละแถว การกวาดจะเริ่มนับ 1 ที่คอลัมน์แรกของแถวที่ 1 จากนั้นก็จะกวาดหาค่าสูงสุดไปทางขวาในแถวที่ 1 คอลัมน์ที่ 2 ไปเรื่อยๆ จนหมดจำนวนคอลัมน์ในแถวที่ 1 ถ้าค่าสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่งคอลัมน์ใด ก็จะเป็นค่าตัวเลือกที่ถูกทำเครื่องหมายในแต่ละข้อ จากนั้นจึงจะเริ่มกวาดหาค่าสูงสุดในแถวถัดไปจนครบทุกๆแถว ก็จะได้ค่าตัวเลือกที่ถูกทำเครื่องหมายในแต่ละข้อเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลผลเฉลยต่อไป

3.5.การวิเคราะห์ตัวเลือก

การหาตัวเลือกโดยการกวาดหาค่าสูงสุดในแนวคอลัมน์หรือแนวแถว ดังที่ได้กล่าวถึงข้างต้น ไม่สามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานจริงได้ เนื่องจากในการทำวิจัยครั้งนี้พบว่าการทำเครื่องหมายตัวเลือกบางอย่างลงในกระดาษคำตอบ อาจทำให้ระบบการอ่านเครื่องหมายประมวลผลผิดพลาดได้ เช่น กระดาษคำตอบที่มีข้อผิดพลาดอันเกิดมาจากการเลือกทำเครื่องหมายมากกว่า 1 ตัวเลือกในข้อเดียวกัน กระดาษคำตอบที่ถูกทำเครื่องหมายใดๆไว้เพื่อแสดงการยกเลิกตัวเลือกกระดาษเป็นต้น โดยภาพประกอบ 3.7,3.8,3.9 และ 3.10 แสดงให้เห็นถึงข้อผิดพลาดของกระดาษคำตอบที่ส่งผลต่อความถูกต้องแม่นยำในการประมวลผลการให้คะแนนและการระบุเลขรหัสประจำตัว

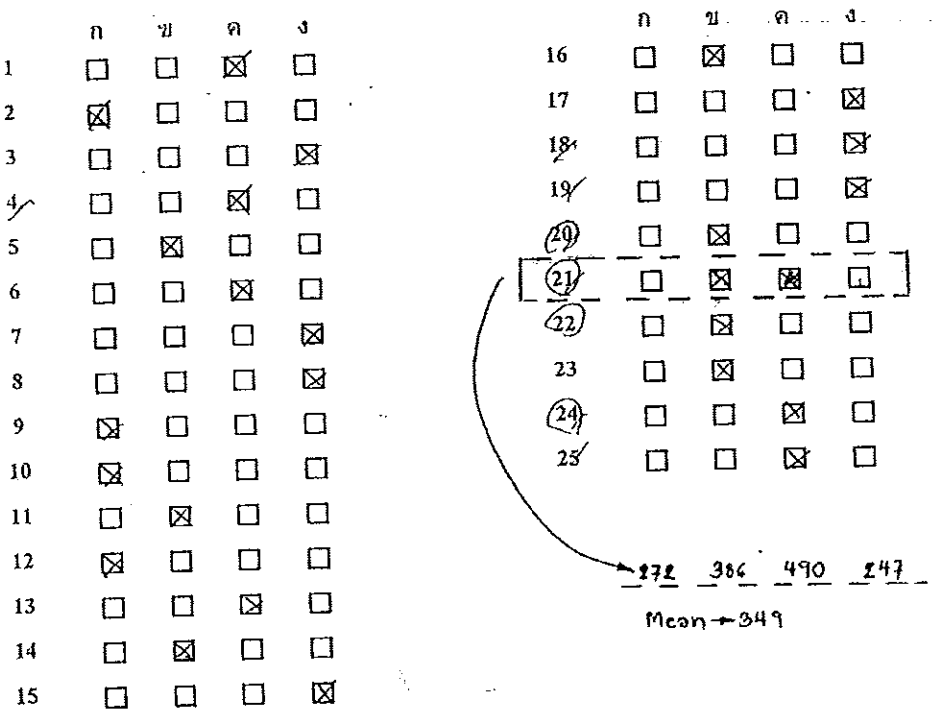
เพื่อให้ระบบการอ่านเครื่องหมายสามารถแยกแยะข้อผิดพลาดดังกล่าวได้ ผู้วิจัยจึงได้หาวิธีการในการวิเคราะห์ตัวเลือกเหล่านั้น ด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำค่าสูงสุดของแต่ละแถวหรือคอลัมน์มาหารด้วย 2 ขึ้นอยู่กับชนิดของกรอบข้อมูล
2. นำผลลัพธ์ที่ได้ในข้อ 1 มาเปรียบเทียบกับทั้ง 4 ตัวเลือกอีกครั้งหนึ่ง ถ้าตัวเลือกใดมีค่าน้อยกว่าผลลัพธ์ดังกล่าว ก็ให้ตัดออกไปโดยไม่ต้องนำตัวเลือกนั้นมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (กรณีนี้จะสังเกตได้ชัดเจนบนกระดาษคำตอบที่ถูกลบข้อมูลด้วยน้ำยาลบคำผิดหรือยางลบ)
3. คำนวณหาค่าเฉลี่ยในแนวคอลัมน์หรือแถว
4. ตัวเลือกที่ถูกทำเครื่องหมายจะมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยเสมอ ดังนั้นถ้าในแต่ละแถวหรือคอลัมน์ใดมีตัวเลือกมากกว่าค่าเฉลี่ยเกินกว่า 1 ค่า แสดงว่ามีการทำเครื่องหมายมากกว่า 1 เครื่องหมายในข้อเดียวกัน

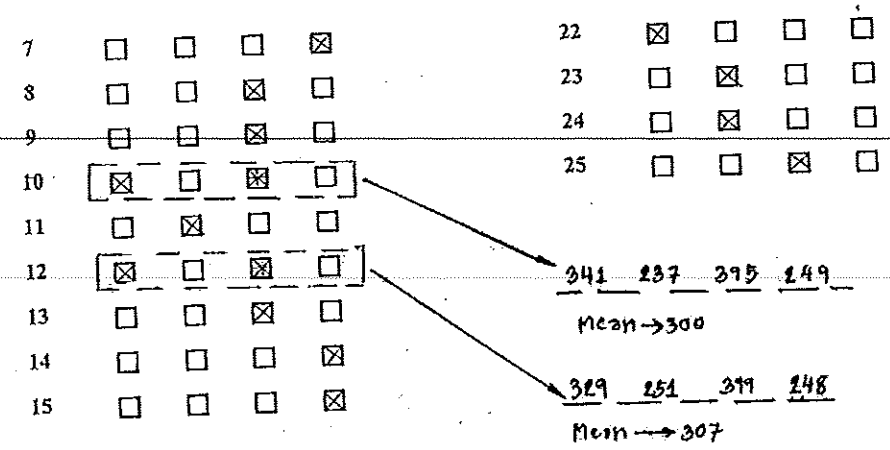
ตัวอย่างที่ 2 จากคุณสมบัติของกระดาษคำตอบชุดหนึ่ง เป็นดังนี้

	ก	ข	ค	ง	ค่าเฉลี่ย
1.	249	274	**451**	263	**309**
2.	272	**386**	**490**	247	**349**

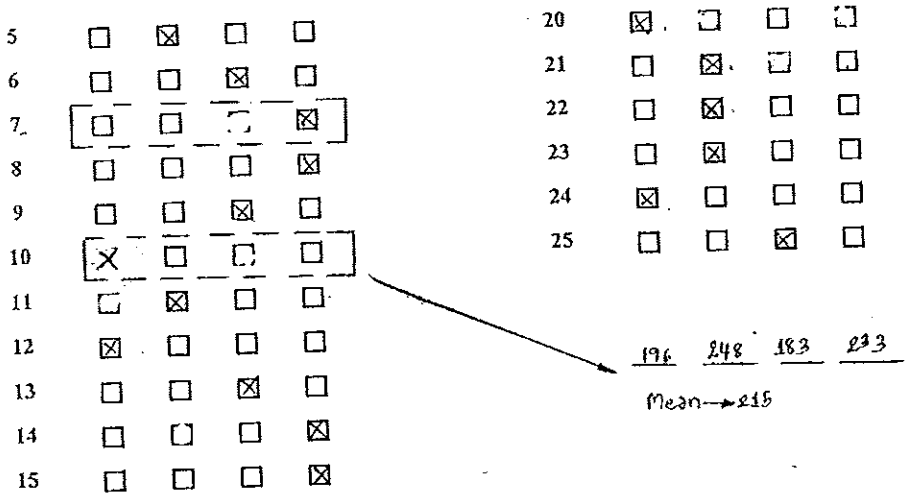
จะเห็นว่าในข้อ (2) จะมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ถ้าเราเลือกค่าสูงสุดเป็นเกณฑ์ในการหาตัวเลือก เพราะจริงๆแล้วผู้ทำข้อสอบเลือกตอบข้อ (ข) โดยข้อ (ค) เป็นตัวเลือกที่ถูกยกเลิกโดยการทำเครื่องหมายขีดฆ่าตัวเลือกเดิมทิ้ง ดังนั้นค่าเฉลี่ยจะเป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นว่าข้อ (2) ผิดพลาด ซึ่งผู้ตรวจข้อสอบสามารถสังเกตข้อผิดพลาดได้ โดยโปรแกรมจะทำเครื่องหมายดอกจันไว้เพื่อแจ้งให้ผู้ตรวจข้อสอบทราบหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการประมวลผลข้อสอบ



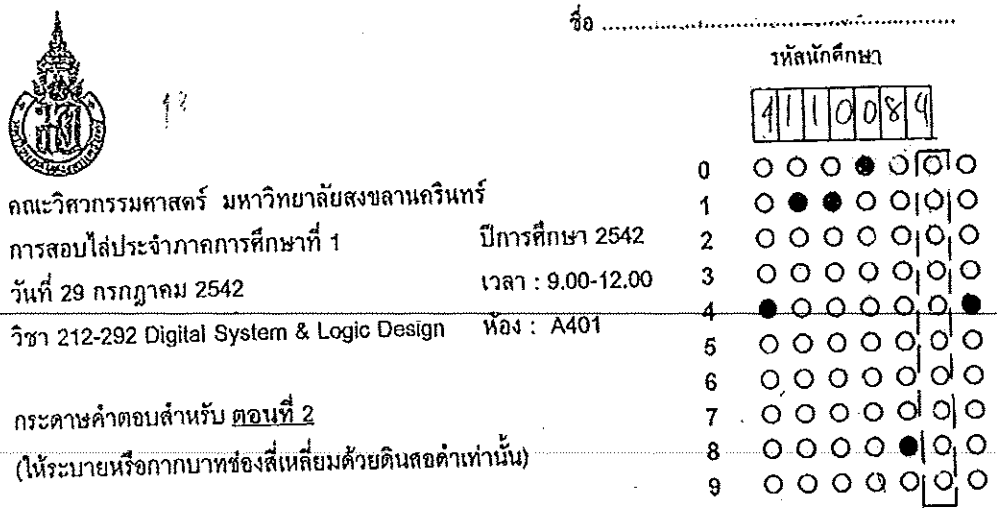
ภาพประกอบ 3.7 กระดาษคำตอบที่มีข้อผิดพลาดอันเกิดมาจากการเลือกคำตอบมากกว่า 1 ตัวเลือก ในข้อเดียวกัน



ภาพประกอบ 3.8 กระดาษคำตอบที่ถูกทำเครื่องหมายใดๆไว้ เพื่อแสดงการยกเลิกตัวเลือก



ภาพประกอบ 3.9 กระดาษคำตอบที่มีตัวเลือกเลอะเลือนไม่ชัดเจน อันเนื่องมาจากการใช้น้ำยาลบคำผิดหรือยางลบ



ภาพประกอบ 3.10 กระดาษคำตอบที่ขาดความระมัดระวังในการทำเครื่องหมายในตัวเลือก

บทที่ 4

การพัฒนาและการทำงานของโปรแกรม OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์ม

4.1 บทนำ

ในการพัฒนาโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมายด้วยหลักการประมวลผลภาพดิจิตอลได้เลือกวิธีการตรวจข้อสอบแบบปรนัยมาเป็นส่วนที่ใช้พัฒนาและทดสอบโปรแกรม ดังนั้นการพัฒนาโปรแกรมดังกล่าวจึงเริ่มที่การวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการตรวจข้อสอบแบบปรนัย แล้วจัดหาอัลกอริทึมต่างๆทางด้านการประมวลผลภาพดิจิตอลที่จะนำมาใช้งาน จากนั้นทดสอบการทำงานของแต่ละอัลกอริทึม ก่อนที่จะนำมาประกอบรวมกันเป็นโปรแกรมทั้งหมด การดำเนินการพัฒนาจึงได้แยกอัลกอริทึมที่เกี่ยวข้องทั้งหมดออกเป็นฟังก์ชันย่อยๆ แล้วส่งภาพกระดาษคำตอบที่ต้องการประมวลผลเข้าไปทดสอบการทำงานของแต่ละฟังก์ชั่น หลังจากนั้นนำผลที่ได้มาแสดงผลที่หน้าจอ สุดท้ายจึงได้รวบรวมฟังก์ชันย่อยๆทั้งหมดมาเป็นโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมายที่สมบูรณ์

4.2.ซอฟท์แวร์ที่ใช้พัฒนาโปรแกรม

บนโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมาย สมการที่ใช้อธิบายการทำงานของแต่ละอัลกอริทึมทางด้านการประมวลผลภาพดิจิตอลจะเป็นฟังก์ชันของเวลา นอกจากนี้ยังต้องออกแบบโปรแกรมในการเชื่อมต่อกับผู้ใช้ให้สามารถควบคุมการทำงานของโปรแกรมได้ใกล้เคียงกับการทำงานจริงๆในการตรวจข้อสอบ ดังนั้นซอฟท์แวร์ที่เลือกใช้ในการพัฒนาโปรแกรมจะต้องรองรับการทำงานในลักษณะดังกล่าวได้

ผู้วิจัยได้เลือกใช้ซอฟท์แวร์ที่ชื่อว่า Matlab Version 5.3 ของบริษัท Mathworks มาพัฒนาโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมายบนเครื่องคอมพิวเตอร์ CPU PENTIUM 133 RAM 96 Mbyte Monitor 20" SVGA บนระบบปฏิบัติการ Window98 (คุณลักษณะและรายละเอียดการใช้งานเบื้องต้นของซอฟท์แวร์ Matlab แสดงไว้ในภาคผนวก ข) พบว่าเป็นโปรแกรมที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนารูปแบบดังกล่าว เพราะในปัจจุบัน Matlab เป็นโปรแกรมที่ใช้คำนวณเชิงตัวเลขที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในการนำมาใช้งานในด้านการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เนื่องจากมีฟังก์ชันเฉพาะทางมากมาย และเป็นโปรแกรมที่ง่ายต่อการศึกษาเพื่อใช้งานเพราะเป็นโปรแกรมในลักษณะโต้ตอบการเขียนโปรแกรมไม่ยุ่งยากซับซ้อน หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงเขียนโปรแกรมโดยการรวบรวมและเรียกใช้ฟังก์ชันเฉพาะทางที่มีอยู่บนซอฟท์แวร์มาเขียนเป็นฟังก์ชัน

ใหม่ขึ้นมาใช้งานเอง ในเบื้องต้นขณะที่มีการพัฒนาโปรแกรมในแต่ละฟังก์ชันย่อยๆอยู่นั้นจำเป็นที่จะต้องทำงาน (Execute) บนโปรแกรม Matlab ไปก่อน หากพบว่าโปรแกรมที่ได้มีความสมบูรณ์ก็สามารถคอมไพล์ (Compile) ไปเป็นแฟ้มข้อมูลแบบ .EXE แต่จะต้องมีคอมไพเลอร์ (Compiler) ตามรูปแบบของภาษาที่ใช้ในการเขียนมาใช้ในการคอมไพล์

การพัฒนาโปรแกรมในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เขียนโปรแกรมในรูปแบบภาษาเฉพาะของซอฟท์แวร์ Matlab โดยมีรหัสต้นฉบับ (Source code) ของโปรแกรมในลักษณะแฟ้มข้อมูลแบบ .M ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับรูปแบบของภาษาซีมาก เพราะเราสามารถแปลงหรือเชื่อมต่อรหัสต้นฉบับดังกล่าวเข้ากับรหัสต้นฉบับของโปรแกรมภาษาซีในลักษณะแฟ้มข้อมูลแบบ .C ได้ โดยได้แฟ้มในการพัฒนาชื่อว่า OMR.M แล้วทำงานบนโปรแกรม Matlab โดยยังไม่มีการคอมไพล์ไปเป็นแฟ้ม .EXE โดยมีแฟ้มข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาครั้งนี้ ได้แก่

1. OMR.M เป็นรหัสต้นฉบับในรูปแบบภาษาเฉพาะของซอฟท์แวร์ Matlab ซึ่งเป็นรหัสต้นฉบับที่สามารถเข้าไปแก้ไขเพิ่มเติมข้อมูลหรือฟังก์ชันต่างๆได้ผ่านทาง Text file editor ทั่วไป
2. GRAPHIC.MAT เป็น Workspace variable เริ่มต้นของซอฟท์แวร์ Matlab ในการกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆในการเชื่อมต่อกับผู้ใช้ด้วยภาพกราฟฟิก
3. OPTION1,OPTION2,OPTION3 และ OMRSCREEN.MAT เป็น Workspace variable ที่ถูกสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ ซึ่งจะถูกนำมาใช้ในการสร้างหน้าต่างหลัก 4 หน้าต่างในการเชื่อมต่อกับผู้ใช้ด้วยภาพกราฟฟิก

แฟ้มข้อมูลทั้งหมดจะถูกเรียกใช้ผ่านทาง Workspace ของซอฟท์แวร์ Matlab

4.3.การพัฒนาโปรแกรม

ได้มีการวางกรอบของการพัฒนาโปรแกรมไว้ 2 ขั้นตอน ดังนี้

ก. ออกแบบอัลกอริทึมในการทำงานของขั้นตอนต่างๆ ได้แก่

- การกำหนดค่าขีดจำกัด
- การกำจัดสัญญาณรบกวน
- การตรวจสอบและปรับค่าความเอียง
- การกำหนดกรอบข้อมูล
- การฉายภาพ
- การตัดแยกตัวเลือก
- การแยกคุณลักษณะของตัวเลือก

ข. การออกแบบกราฟฟิกในแต่ละจอภาพ

4.3.1. ออกแบบอัลกอริทึมในการทำงานของขั้นตอนต่างๆ

4.3.1.1.อัลกอริทึมในการกำหนดค่าขีดจำกัด

อัลกอริทึมในการหาค่าขีดจำกัดที่เหมาะสม นำไปเขียนเป็นฟังก์ชันชื่อ opthr() โดยหน้าที่ของฟังก์ชันจะถูกใช้ในการหาค่าขีดจำกัดที่เหมาะสมของภาพกระดาษคำตอบที่ป้อนเข้าสู่ระบบการอ่านเครื่องหมาย

4.3.1.2.อัลกอริทึมในการกำจัดสัญญาณรบกวน

อัลกอริทึมในการกำจัดสัญญาณรบกวน ผู้วิจัยได้เลือกใช้ฟังก์ชันชื่อ medfilt2() ซึ่งเป็นฟังก์ชันเฉพาะที่อยู่ในกล่องเครื่องมือ (Toolbox) การประมวลผลภาพของซอฟท์แวร์ Matlab โดยหน้าที่ของฟังก์ชันจะถูกใช้ในการทำ Median filter ของภาพกระดาษคำตอบที่ป้อนเข้าสู่ระบบการอ่านเครื่องหมาย

4.3.1.3.อัลกอริทึมในการตรวจสอบและปรับค่าความเอียง

อัลกอริทึมในการตรวจสอบและปรับค่าความเอียง นำไปเขียนเป็นฟังก์ชันชื่อ skew2() ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่เขียนขึ้นโดยอาศัยหลักการของ Radon transform ในการคำนวณหาค่าความเอียงของกระดาษคำตอบ และปรับกระดาษคำตอบให้หมุนกลับไปอยู่ในแนวระนาบ

4.3.1.4.อัลกอริทึมในการกำหนดกรอบข้อมูล

อัลกอริทึมในการการกำหนดกรอบข้อมูล ได้ถูกนำไปเขียนเป็นฟังก์ชันได้ 3 ฟังก์ชัน คือ blockmark(),unmark() และ blockDefine() โดยหน้าที่ของฟังก์ชัน blockmark() ถูกใช้ในการควบคุมเม้าส์ในการลากกรอบสี่เหลี่ยมไปล้อมรอบกรอบข้อมูลเพื่อกำหนดพื้นที่ในการประมวลผล ฟังก์ชัน unmark() ถูกใช้ในการยกเลิกกรอบข้อมูลที่ถูกเลือกไว้ ฟังก์ชัน blockDefine() เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งของกรอบข้อมูลบนกระดาษคำตอบ

4.3.1.5.อัลกอริทึมในการฉายภาพ

อัลกอริทึมในการฉายภาพ นำไปเขียนเป็นฟังก์ชันชื่อ projection3() และ projection4() โดยหน้าที่ของฟังก์ชันทั้งสองจะถูกใช้ในการหาตำแหน่งของตัวเลือกบนกรอบข้อมูล

4.3.1.6.อัลกอริทึมในการตัดแยกตัวเลือก

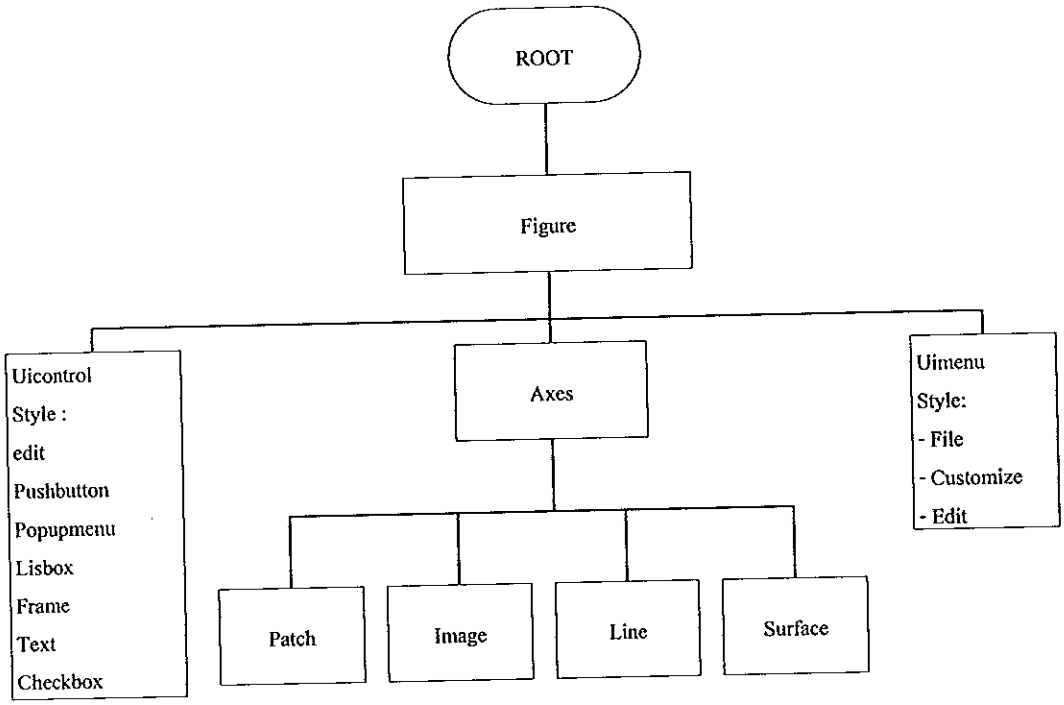
อัลกอริทึมในการตัดแยกตัวเลือก นำไปเขียนเป็นฟังก์ชันชื่อ segment2(),segment3() และ segment4() โดยหน้าที่ของฟังก์ชันทั้งหมดจะถูกใช้ในการแยกตัวเลือกทั้งหมดออกมาเป็นภาพย่อยๆก่อนเข้าสู่กระบวนการแยกคุณลักษณะตัวเลือก

4.3.1.7.อัลกอริทึมในการแยกคุณลักษณะของตัวเลือก

อัลกอริทึมในการแยกคุณลักษณะของตัวเลือก นำไปเขียนเป็นฟังก์ชันชื่อ areaval() โดยหน้าที่ของฟังก์ชันจะถูกใช้ในการแยกตัวเลือกที่ถูกทำเครื่องหมายออกจากตัวเลือกอื่นๆ

4.3.2.การออกแบบกราฟฟิกในแต่ละจอภาพ

โปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมายที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ได้ถูกออกแบบให้มีการเชื่อมต่อกับผู้ใช้ทางกราฟฟิก (Graphic user interface – GUI) บนพื้นฐานแนวความคิดที่ว่าทุกสิ่งบนหน้าต่างรูปภาพ (Figure) ของซอฟท์แวร์ Matlab จะเป็นวัตถุซึ่งมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวและมีคุณลักษณะที่สามารถปรับปรุงแก้ไขได้ตลอดเวลา ซึ่งมีส่วนประกอบพื้นฐานต่างๆ ดังภาพประกอบ 4.1



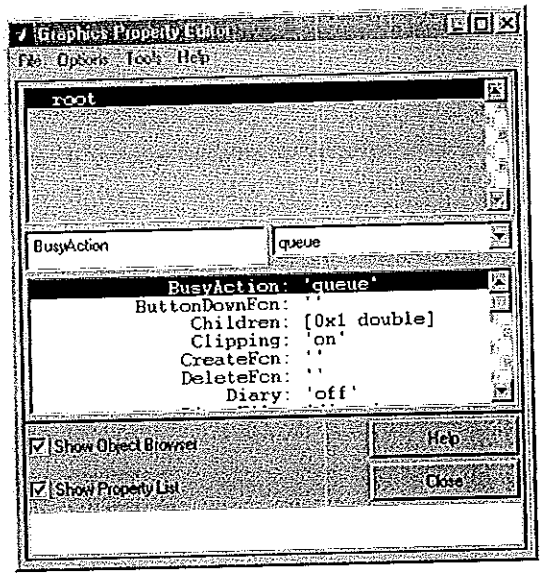
ภาพประกอบ 4.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมายบนหน้าต่างรูปภาพ

ในการสร้างรูปแบบต่างๆที่ติดต่อกับผู้ใช้ทางด้านกราฟฟิก มักประสบปัญหาในการกำหนดตำแหน่งและขนาดที่จะวางรูปแบบเหล่านั้นลงบนหน้าต่างรูปภาพ แต่ซอฟท์แวร์ Matlab จะมีเครื่องมืออำนวยความสะดวกในการสร้าง GUI ในการวางรูปแบบเหล่านั้นบนหน้าต่างภาพด้วยการคลิกและลากด้วยเมาส์ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างมี 2 ชนิด ดังนี้

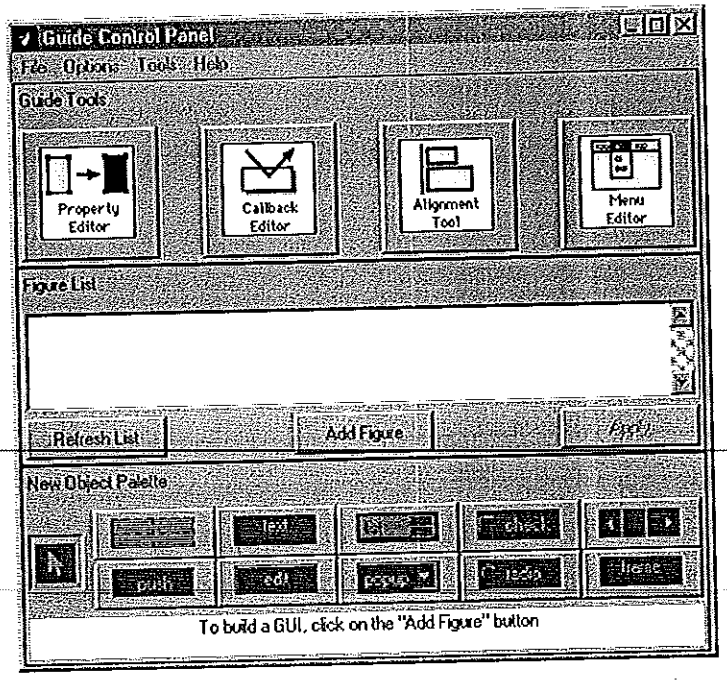
1.ตัวแก้ไขคุณสมบัติ (The property editor)

2.แนวทางในการควบคุมรายชื่อ (The guide control panel)

ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวได้แสดงไว้ดังภาพประกอบ 4.2 ก และ ข



ภาพประกอบ 4.2 ก แสดงตัวแก้ไขคุณสมบัติ



ภาพประกอบ 4.2 ข แสดงตัวแก้ไขคุณสมบัติ

ภาพประกอบ 4.2 เครื่องมือบนซอฟท์แวร์ Matlab ในการสร้าง GUI

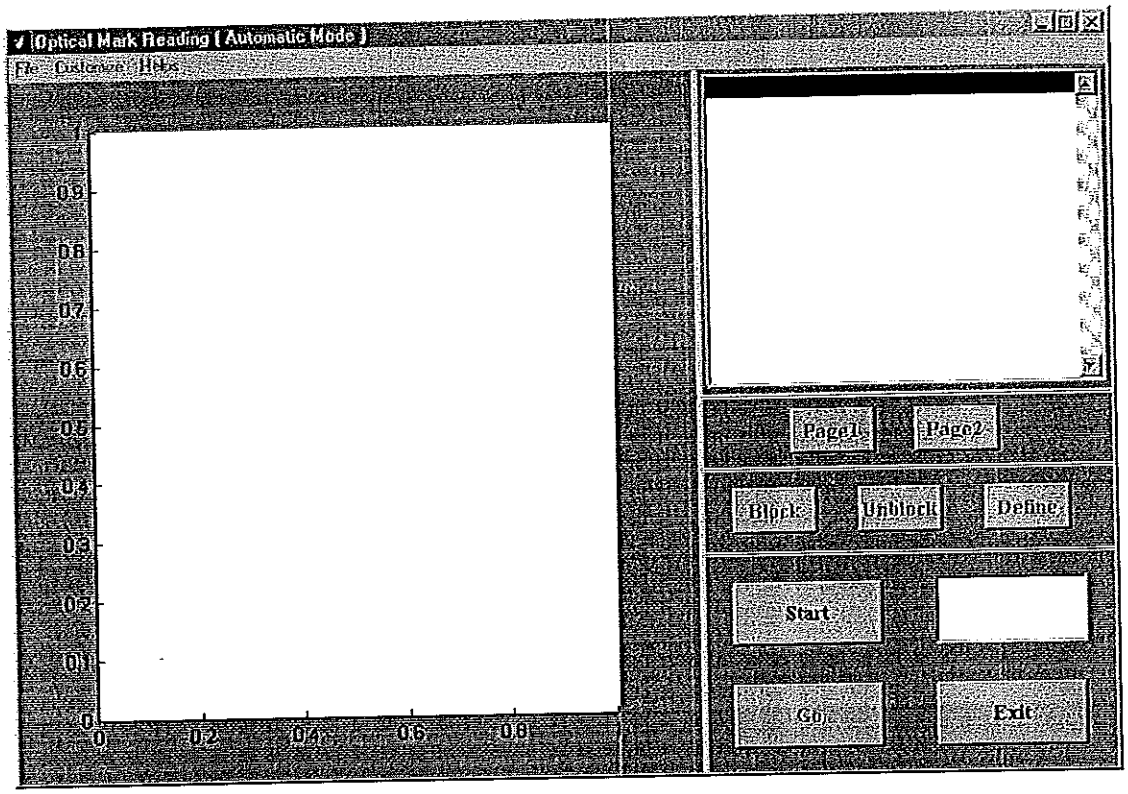
การออกแบบกราฟฟิกในแต่ละหน้าจอภาพบนโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมาย ได้แบ่งหน้าจอหลักออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1.หน้าต่างรูปภาพในการสร้างกระดาษคำตอบต้นแบบ

2.หน้าต่างรูปภาพในการประมวลผลกระดาษคำตอบ

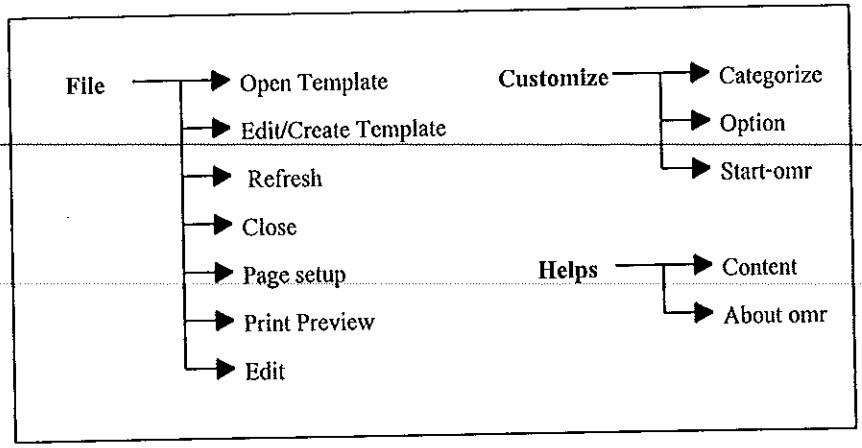
ลักษณะของหน้าต่างรูปภาพบนหน้าจอหลักทั้ง 2 หน้าจอ ได้แสดงดังภาพประกอบ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

ภาพประกอบ 4.3 หน้าต่างรูปภาพในการสร้างกระดาษคำตอบต้นแบบ

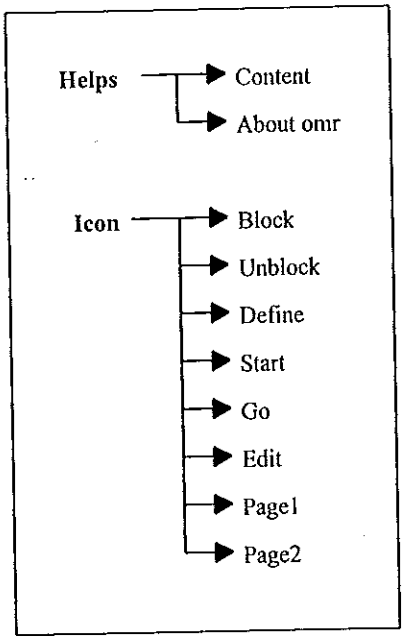


ภาพประกอบ 4.4 หน้าต่างรูปภาพในการประมวลผลกระดาษคำตอบ

รายละเอียดของหน้าจอหลักทั้งสอง สามารถแสดงด้วยแผนภูมิต้นไม้ดังภาพประกอบ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 4.5 แผนภูมิต้นไม้ของหน้าต่างรูปภาพในการสร้างกระดาษคำตอบต้นแบบ



ภาพประกอบ 4.6 แผนภูมิต้นไม้ของหน้าต่างรูปภาพในการประมวลผลกระดาษคำตอบ

หน้าที่การทำงานของเมนูต่างๆมีดังนี้

1.เมนู FILE

เป็นเมนูที่ใช้ในการออกแบบและสร้างกระดาษคำตอบต้นแบบ ผู้ใช้สามารถเปิดภาพกระดาษต้นแบบที่มีอยู่ในฐานข้อมูลภาพมาพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์หรือนำมาแก้ไขและสร้างภาพกระดาษคำตอบใหม่ตามที่ผู้ใช้ต้องการโดยอาศัยโปรแกรม Ms-paint บนระบบปฏิบัติการ Window98 โดยมีเมนูย่อยทั้งหมด 7 เมนู ดังภาพประกอบ 4.5

2.เมนู Customize

เป็นเมนูที่ใช้ในการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมายโดยผู้ใช้จะต้องกำหนดประเภทของข้อมูลป้อนเข้าว่าเป็นกระดาษคำตอบหรือแบบสอบถาม จากนั้นจึงจะกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น จำนวนข้อสอบที่จะถูกประมวลผล จำนวนกรอบข้อมูล จำนวนตัวเลือกต่อหนึ่งข้อ เป็นต้น เมนู Customize มีจำนวนเมนูย่อยทั้งหมด 3 เมนู ดังภาพประกอบ 4.5

3.เมนู Help

เป็นเมนูที่ใช้อธิบายที่มาและการทำงานคร่าวๆของโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมายที่ได้พัฒนาขึ้น ซึ่งมีเมนูย่อยทั้งหมด 2 เมนู ดังแสดงในภาพประกอบ 4.5 และ 4.6

4.ไอคอนควบคุม

ในโปรแกรมประกอบด้วยไอคอนควบคุมการทำงานทั้งหมด 8 ไอคอน โดยทั้งหมดอยู่ในหน้าจอหลักที่ 2 ซึ่งเป็นหน้าต่างรูปภาพในการประมวลผลกระดาษคำตอบ แต่ละไอคอนมีหน้าที่การทำงานดังนี้

1.Block ไอคอน ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเมาส์ให้อยู่ในสภาวะการวาดภาพทางด้านกราฟฟิก เพื่อใช้ในการวาดกรอบสี่เหลี่ยมไปล้อมรอบกลุ่มตัวเลือก ซึ่งเราเรียกว่ากรอบข้อมูล

2.Unblock ไอคอน ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเมาส์ให้กลับคืนสู่สภาวะปกติหลังจากถูกควบคุมให้เปลี่ยนสภาวะเป็นการวาดภาพทางด้านกราฟฟิกด้วยไอคอน Block เพื่อใช้ในการยกเลิกการสร้างกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบกลุ่มตัวเลือก

3.Define ไอคอน ทำหน้าที่ตรวจหาตำแหน่งของกลุ่มตัวเลือกที่ถูกล้อมรอบด้วยกรอบสี่เหลี่ยมบนกระดาษคำตอบ เพื่อใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงในการประมวลผลตัวเลือก

4.Start ไอคอน ทำหน้าที่เรียกหาฟังก์ชันเริ่มต้นในการเปิดภาพกระดาษคำตอบมากำหนดกรอบข้อมูลเริ่มต้น

5.Go ไอคอน ทำหน้าที่เรียกหาฟังก์ชันเริ่มต้นในการประมวลผลกระดาษคำตอบ

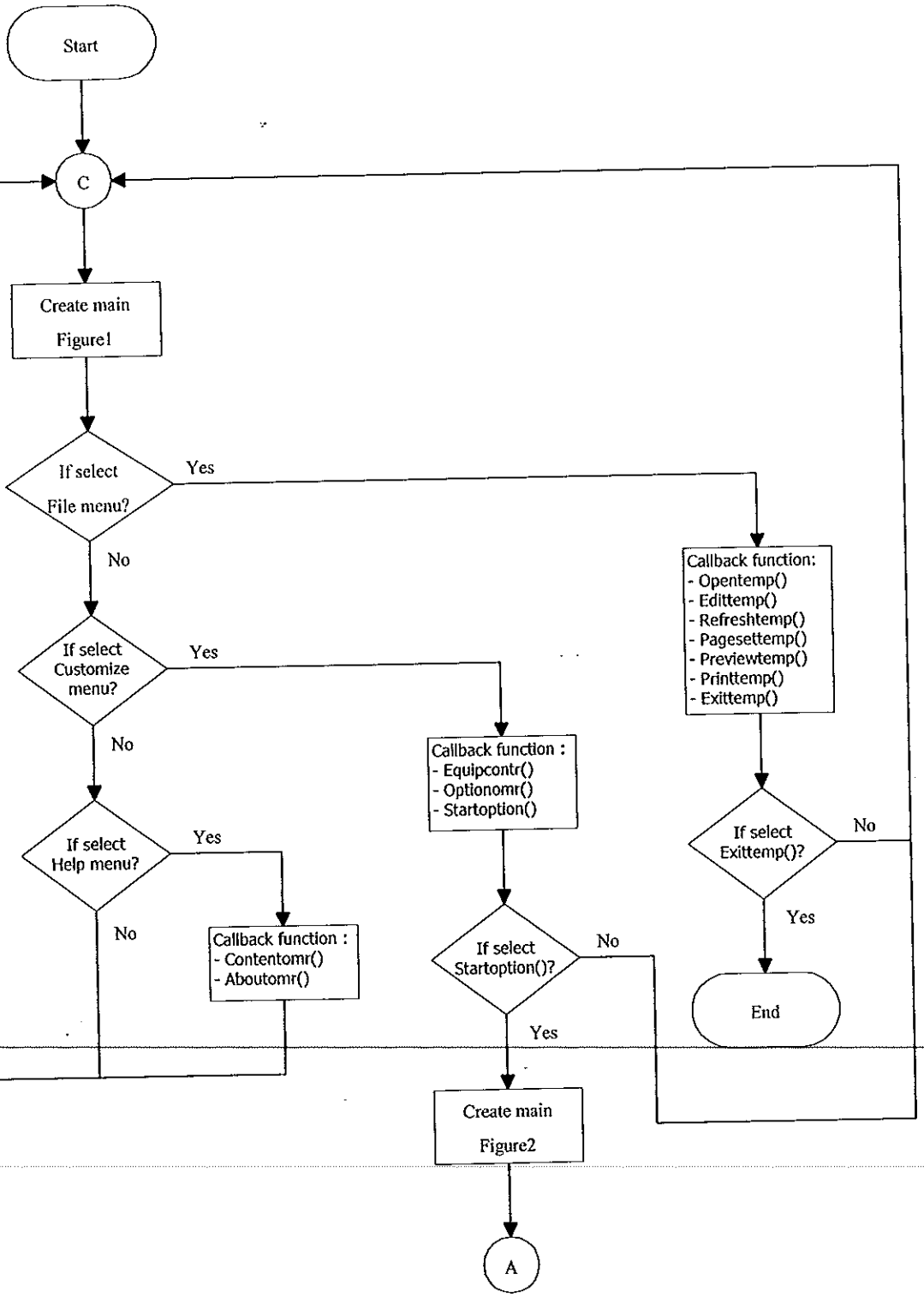
6.Exit ไอคอน ทำหน้าที่ปิดหน้าต่างรูปภาพในการประมวลผลกระดาษคำตอบ

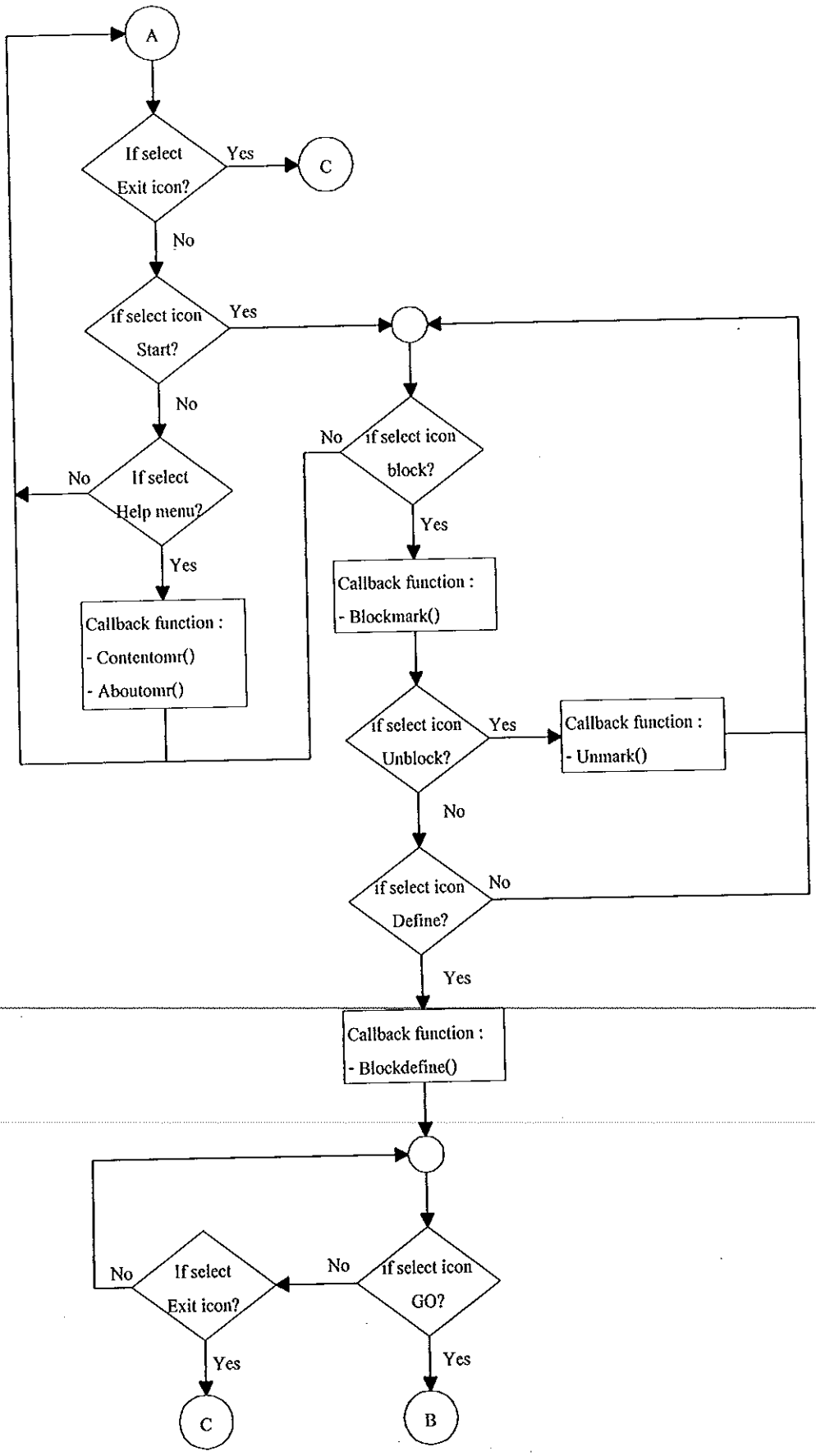
7.Page1 ไอคอน ทำหน้าที่แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจข้อสอบ เฉพาะส่วนของคะแนนสอบบนกระดาษคำตอบแต่ละชุด

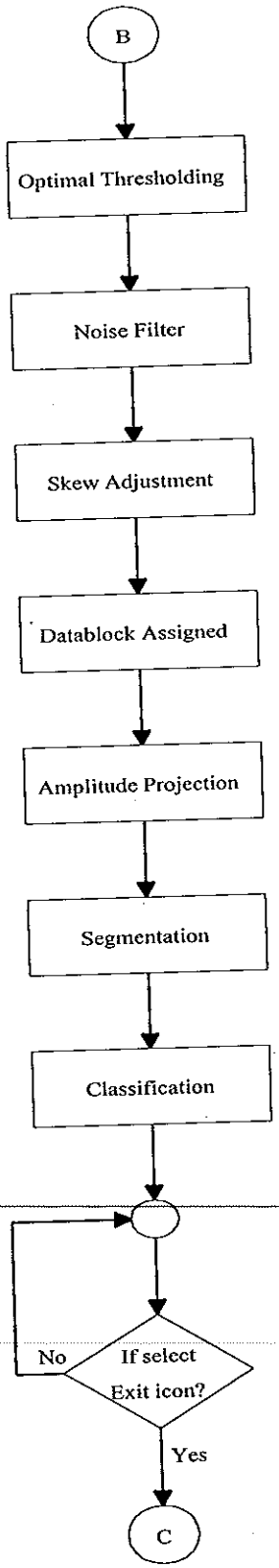
8.Page2 ไอคอน ทำหน้าที่แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจข้อสอบ เฉพาะส่วนการสรุปผลเพื่อแยกความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อ

สำหรับรายละเอียดในการใช้งานโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมาย ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก. พร้อมทั้งการใช้งานโปรแกรม Matlab เบื้องต้นในภาคผนวก ข.ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

การทำงานทั้งหมดของระบบการอ่านเครื่องหมาย ได้แสดงด้วยผังงานดังภาพประกอบ 4.7


Start
C
Create main Figure1
If select File menu?
Yes
No
Callback function:
- Opentemp()
- Edittemp()
- Refreshtemp()
- Pagesettemp()
- Previewtemp()
- Printtemp()
- Exittemp()
If select Customize menu?
Yes
No
Callback function :
- Equipcontr()
- Optionomr()
- Startoption()
If select Exittemp()?
No
Yes
End
If select Help menu?
Yes
No
Callback function :
- Contentomr()
- Aboutomr()
If select Startoption()?
No
Yes
Create main Figure2
A


A
If select Exit icon?
Yes
C
No
if select icon Start?
Yes
No
If select Help menu?
No
Yes
Callback function :
- Contentomr()
- Aboutomr()
if select icon block?
No
Yes
Callback function :
- Blockmark()
if select icon Unblock?
Yes
Callback function :
- Unmark()
No
if select icon Define?
No
Yes
Callback function :
- Blockdefine()
if select icon GO?
No
If select Exit icon?
No
Yes
C
Yes
B

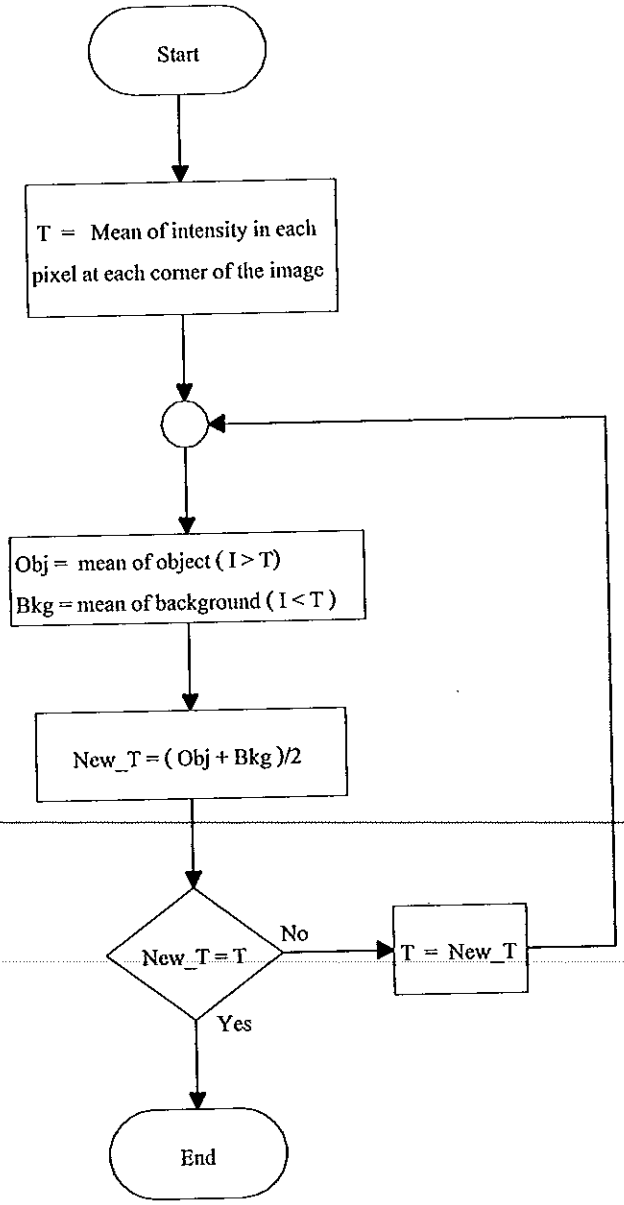


ภาพประกอบ 4.7 ผังงานแสดงการทำงานของโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมาย

4.4.ผังงานแสดงการทำงานฟังก์ชันย่อยของโปรแกรม OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์ม

การทำงานของโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมาย ประกอบด้วยฟังก์ชันหลักและฟังก์ชันย่อยต่างๆที่ทำงานประสานเชื่อมโยงกันมากมาย ซึ่งสามารถแสดงการทำงานของฟังก์ชันต่างๆดังกล่าวได้ด้วยผังงานดังในหัวข้อถัดไป แต่ในวิทยานิพนธ์นี้จะยกตัวอย่างเฉพาะฟังก์ชันการทำงานที่เกี่ยวข้องกับอัลกอริทึมต่างๆที่ใช้ในการประมวลผลภาพเท่านั้น

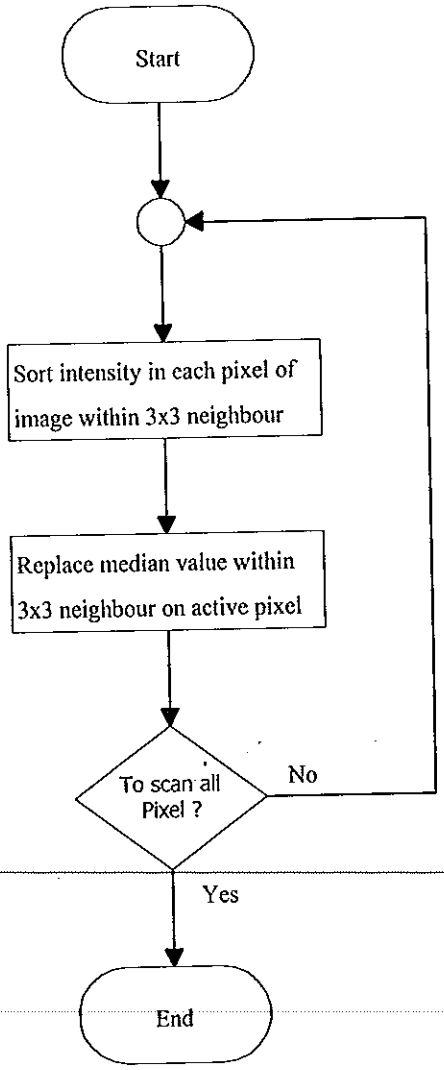
4.4.1.ฟังก์ชันการหาค่าขีดจำกัดที่เหมาะสม



ภาพประกอบ 4.8 ผังงานของการหาค่าขีดจำกัดที่เหมาะสม

ฟังก์ชันในการหาค่าขีดจำกัด เป็นฟังก์ชันที่เขียนขึ้นโดยอาศัยอัลกอริทึมของการประมวลผลภาพดิจิตอลเพื่อใช้ในการแยกกลุ่มตัวเลือกที่ต้องการประมวลผลออกจากฉากหลัง เพื่อให้โปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมายมีความถูกต้องแม่นยำมากที่สุด

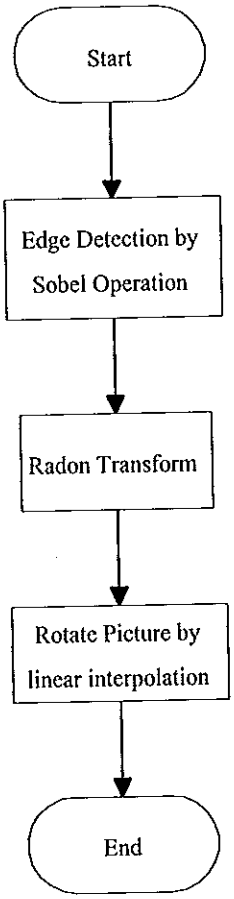
4.4.2.ฟังก์ชันการกรองสัญญาณรบกวน



ภาพประกอบ 4.9 ผังงานของการกำจัดสัญญาณรบกวน

ฟังก์ชันในการกรองสัญญาณรบกวน ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่เขียนขึ้นโดยอาศัยอัลกอริทึมของการประมวลผลภาพดิจิตอลเพื่อใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวนรูปแบบต่างๆที่เกิดขึ้นบนภาพกระดาษคำตอบ

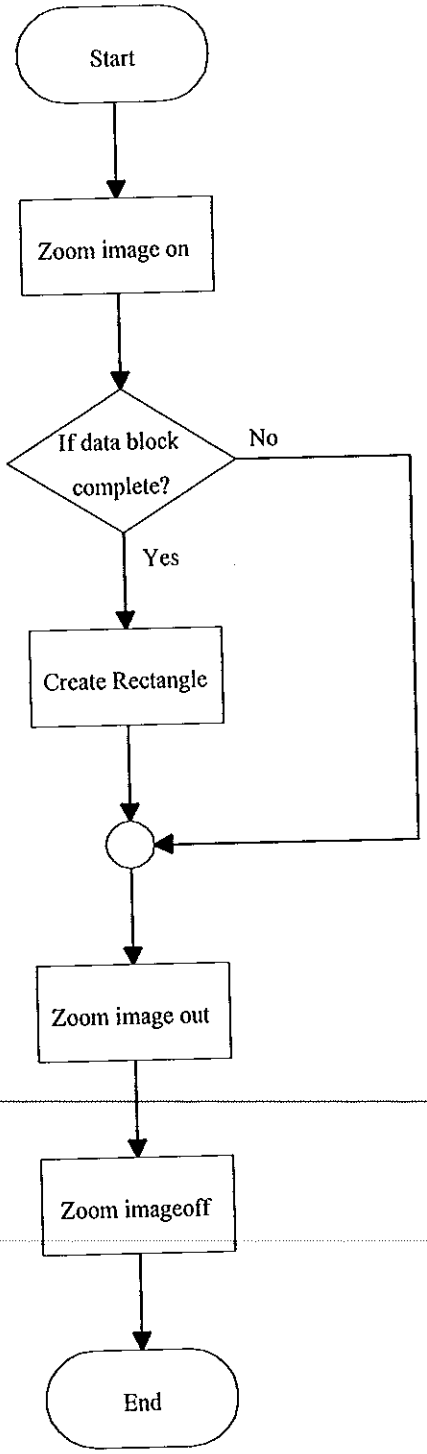
4.4.3.ฟังก์ชันการตรวจสอบและปรับค่าความเอียง



ภาพประกอบ 4.10 ผังงานของการตรวจสอบและปรับค่าความเอียง

ฟังก์ชันในการตรวจสอบและปรับค่าความเอียงของเอกสาร ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่เขียนขึ้นโดยอาศัยอัลกอริทึมของการประมวลผลภาพดิจิตอลเพื่อใช้ในการประมาณค่าความเอียงของภาพกระดาษคำตอบและปรับความเอียงนั้นกลับไปสู่แนวระนาบ

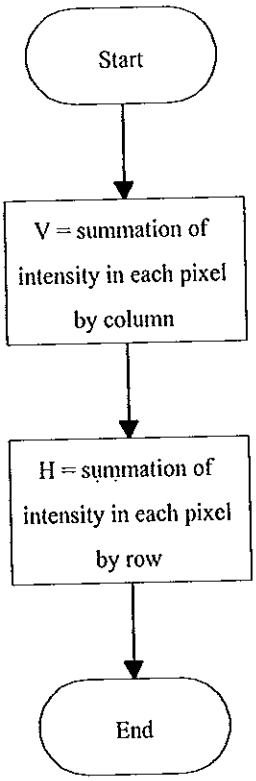
4.4.4.ฟังก์ชันการกำหนดกรอบข้อมูลสำหรับการประมวลผล



ภาพประกอบ 4.11 ผังงานของการกำหนดกรอบข้อมูลสำหรับการประมวลผล

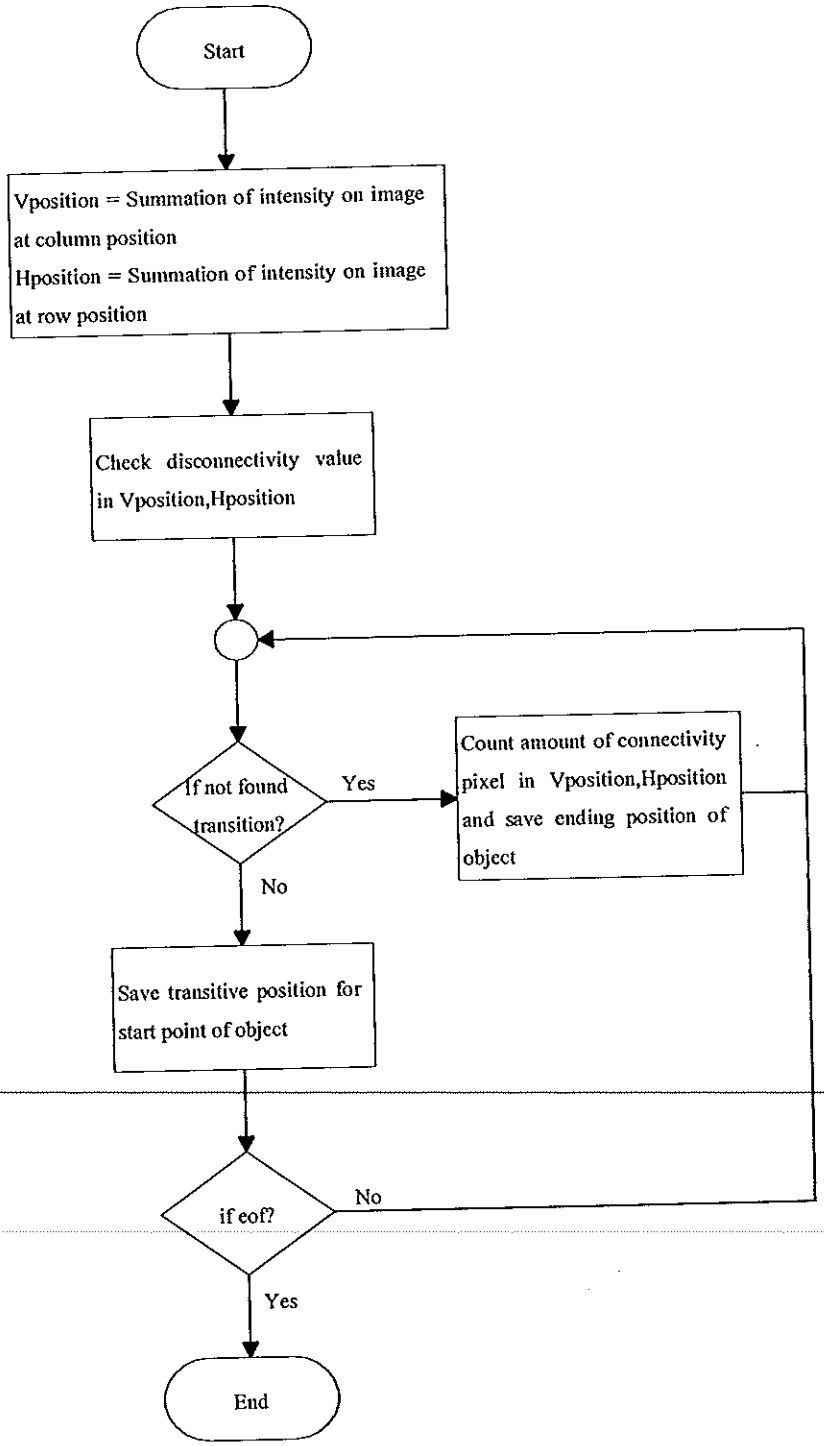
ฟังก์ชันในการกำหนดกรอบข้อมูลสำหรับการประมวลผล ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่เขียนขึ้น เพื่อใช้ในการควบคุมเมาส์ในการสร้างกรอบสี่เหลี่ยมในการกำหนดกรอบข้อมูล

4.4.5.ฟังก์ชันการฉายภาพ



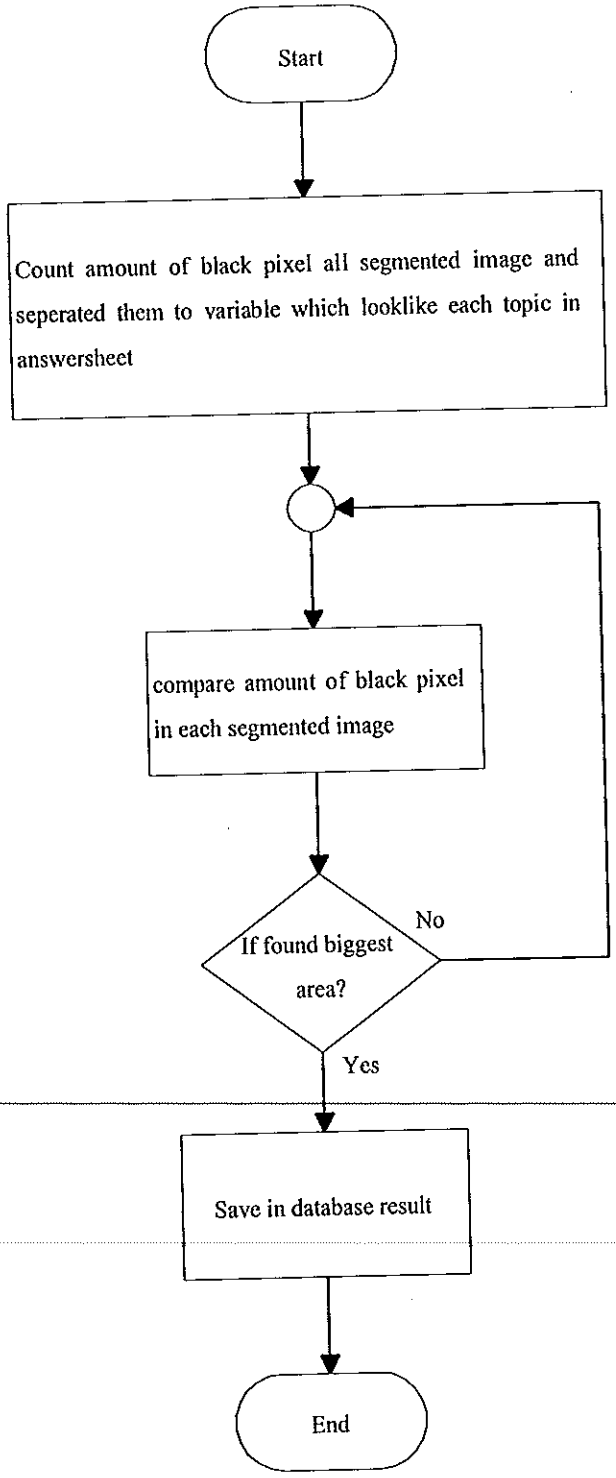
ภาพประกอบ 4.12 ผังงานของการฉายภาพ

4.4.6.ฟังก์ชันการตัดแยกตัวเลือก



ภาพประกอบ 4.13 ผังงานของการตัดแยกตัวเลือก

4.4.7.ฟังก์ชันการแยกคุณสมบัติของตัวเลือก



ภาพประกอบ 4.14 ผังงานของการแยกคุณสมบัติของตัวเลือก

บทที่ 5

ผลการวิจัย

5.1. การทดสอบโปรแกรมอ่านเครื่องหมายที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์ม

ในการดำเนินการจัดทำโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมาย ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม ในแง่ของชนิดของปากกาที่ใช้ทำเครื่องหมายบนกระดาษคำตอบและเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับการประมวลผลด้วยมนุษย์ ทั้งในแง่ของความรวดเร็วในการทำงานและความถูกต้องในการประมวลผล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.1.1.แหล่งข้อมูลที่นำมาใช้ทดสอบโปรแกรม

กระดาษคำตอบที่นำมาใช้ทดสอบการทำงาน ของโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมายในงานวิจัยครั้งนี้ ได้รับความอนุเคราะห์จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ เลียง คูบุรัตถ์ ได้ออกแบบกระดาษคำตอบต้นแบบขึ้นและผู้วิจัยได้นำมาดัดแปลงแก้ไขจนได้กระดาษคำตอบจริง ดังแสดงในภาพประกอบ 3.2 และ 3.3 จากนั้นจึงนำกระดาษคำตอบดังกล่าวไปทดลองใช้งานจริง โดยให้ผู้ทำข้อสอบหรือแบบสอบถามทำเครื่องหมายลงบนกระดาษคำตอบ ซึ่งได้รวบรวมข้อมูลของการทำเครื่องหมายแบบต่างๆบนกระดาษคำตอบจากกระดาษคำตอบในการสอบปลายภาคของนักศึกษาปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ภาคการศึกษาที่ 1/2542 จำนวน 179 ชุด

แหล่งข้อมูลดังกล่าว จัดว่าเป็นข้อมูลที่มีลักษณะการกระจายของข้อมูลปกติ (Normal Distribution) เนื่องจากเป็นการนำข้อมูลที่ประกอบขึ้นจากสภาพแวดล้อมต่างๆที่ไม่สามารถควบคุมได้ (uncontrol effect) รวมเข้าด้วยกัน จึงเป็นข้อมูลที่ใช้ทดสอบโปรแกรมได้อย่างดี

5.1.2. ผลการทดสอบโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมายด้วยดินสอดำหรือปากกา

การทดสอบโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมายด้วยดินสอดำหรือปากกา ผู้วิจัยเลือกดินสอดำมาตรฐาน แบบ H,2H,B,2B,3B,HB,F ยี่ห้อ staedtler และเลือกปากกาหมึกแห้งสี แบบสีฟ้า, สีชมพู,สีเขียวอ่อน,สีแสด,สีม่วง,สีทอง,สีแดง,สีน้ำเงิน และ สีบรอนซ์ ยี่ห้อ pentel พร้อมทั้งปากกาเมจิกสี แบบสีน้ำเงิน,น้ำตาล,เขียวแก่,สีฟ้า,สีแดง,สีชมพู,สีม่วง,สีเขียวอ่อน,สีดำ,สีแสด,สีเหลือง ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 ตามลำดับ โดยเครื่องหมาย ✓ หมายถึง สามารถจำแนกคุณสมบัติได้ และเครื่องหมาย – หมายถึง ไม่สามารถจำแนกคุณสมบัติได้

ประเภทของดินสอ	เครื่องหมายขีดถูก	เครื่องหมายกากบาท	เครื่องหมายระบายทึบ
H	✓	✓	✓
2H	✓	✓	✓
B	✓	✓	✓
2B	✓	✓	✓
3B	✓	✓	✓
HB	✓	✓	✓
F	✓	✓	✓

ตารางที่ 5.1 ผลจากการใช้ดินสอดำ ในการทำเครื่องหมายแบบต่างๆ

ประเภทของปากกา	เครื่องหมายขีดถูก	เครื่องหมายกากบาท	เครื่องหมายระบายทึบ
สีน้ำเงิน	✓	✓	✓
สีฟ้า	✓	✓	✓
สีแดง	✓	✓	✓
สีชมพู	–	–	–
สีม่วง	✓	✓	✓
สีเขียว	✓	✓	✓
สีเงิน	✓	✓	✓
สีทอง	✓	✓	✓
สีแสด	✓	✓	✓
สีเหลือง	–	–	–

ตารางที่ 5.2 ผลจากการใช้ปากกาหมึกแห้งสี ในการทำเครื่องหมายแบบต่างๆ

ประเภทของปากกาเมจิก	เครื่องหมายขีดถูก	เครื่องหมายกากบาท	เครื่องหมายระบายทึบ
สีน้ำเงิน	✓	✓	✓
สีน้ำตาล	✓	✓	✓
สีเขียวแก่	✓	✓	✓
สีฟ้า	✓	✓	✓
สีแดง	✓	✓	✓
สีชมพู	–	–	–
สีม่วง	✓	✓	✓
สีเขียว	✓	✓	✓
สีดำ	✓	✓	✓
สีแสด	✓	✓	✓
สีเหลือง	–	–	–

ตารางที่ 5.3 ผลจากการใช้ปากกาเมจิกสี ในการทำเครื่องหมายแบบต่างๆ

จากการทดสอบพบว่าโปรแกรมไม่สามารถจำแนกคุณสมบัติได้ ไม่ว่าจะใช้เครื่องหมายมีลักษณะเป็นกากบาทเครื่องหมายถูกหรือระบายทึบ เมื่อความเข้มของปากกาสีมีน้อยและขนาดของเส้นที่ทำเครื่องหมายบางเกินไป

5.1.3. ผลการทดสอบความเร็วและความถูกต้องของโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมาย

ผลการทดสอบความเร็วของระบบการอ่านเครื่องหมายด้วยโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นในการประมวลผลกระดาษคำตอบจำนวน 2 วิชา โดยเปรียบเทียบกับความเร็วในการประมวลผลกระดาษคำตอบดังกล่าวด้วยอาสาสมัครจำนวน 6 คน (การทดสอบไม่รวมเวลาในการกวาดภาพกระดาษคำตอบเข้ามาประมวลผล) ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

5.1.3.1.การประมวลผลด้วยโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมายที่ได้พัฒนาขึ้น

5.1.3.1.1.วิชาแรกมีจำนวนกระดาษคำตอบ 90 ชุด แต่ละชุดจะมีจำนวนข้อ 25 ข้อ โดยการตรวจข้อสอบจะใช้โปรแกรม OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์ม ในการตรวจกระดาษคำตอบทั้งหมด 90 ชุด และใช้อาสาสมัครในการตรวจกระดาษคำตอบวิชาเดียวกันเพียง 50

ชุด เพื่อลดข้อผิดพลาดอันเกิดจากความเมื่อยล้าของผู้ตรวจข้อสอบ ซึ่งได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 5.4 ก

ผู้ตรวจข้อสอบ	เวลาที่ใช้ทั้งหมด	เวลาเฉลี่ย / 1 ชุด	ความผิดพลาด
OMR	410.35 s	4.6 s	0 %
อาสาสมัคร #1	871 s	17.42 s	4 %
อาสาสมัคร #2	940 s	18.80 s	0 %
อาสาสมัคร #3	825 s	16.50 s	8 %

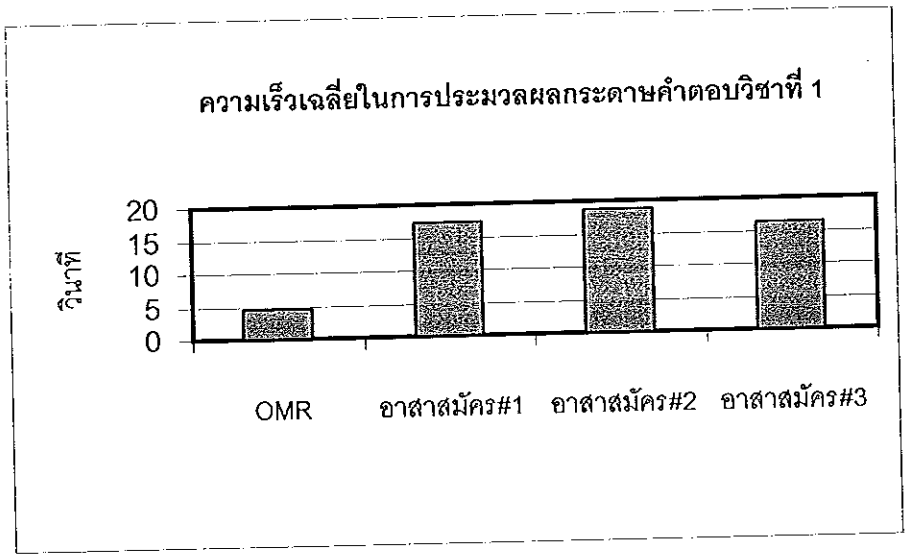
ตารางที่ 5.4 (ก) ผลจากการใช้โปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมายตรวจข้อสอบ ในวิชาที่ 1

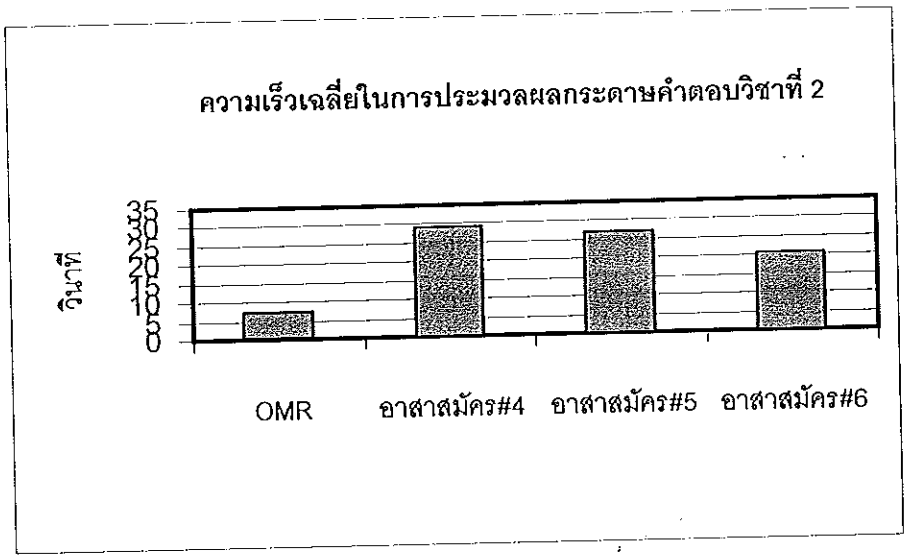
5.1.3.1.2.วิชาที่สองมีจำนวนกระดาษคำตอบ 89 ชุด แต่ละชุดจะมีจำนวนข้อ 50 ข้อ โดยการตรวจข้อสอบจะใช้โปรแกรม OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์ม ในการตรวจกระดาษคำตอบทั้งหมด 89 ชุด และใช้อาสาสมัครในการตรวจกระดาษคำตอบวิชาเดียวกันเพียง 30 ชุด เพื่อลดข้อผิดพลาดอันเกิดจากความเมื่อยล้าของผู้ตรวจข้อสอบ ซึ่งได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 5.4 ข

ผู้ตรวจข้อสอบ	เวลาที่ใช้ทั้งหมด	เวลาเฉลี่ย / 1 ชุด	ความผิดพลาด
OMR	665.64 s	7.5 s	0 %
อาสาสมัคร #4	873 s	29.10 s	0 %
อาสาสมัคร #5	812 s	27.06 s	6.67 %
อาสาสมัคร #6	620 s	20.66 s	6.67 %

ตารางที่ 5.4 (ข) ผลจากการใช้โปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมายตรวจข้อสอบ ในวิชาที่ 2

ซึ่งสามารถแสดงกราฟของผลการทดสอบความเร็วได้ดังภาพประกอบ 5.1





ภาพประกอบ 5.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์มกับการประมวลผลด้วยมนุษย์

ผลการทดสอบพบว่าโปรแกรมระบบการอ่านเครื่องหมาย สามารถตรวจข้อสอบได้รวดเร็วและถูกต้องกว่าการใช้แรงงานมนุษย์ในการตรวจข้อสอบ

5.2.บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการทำงานของโปรแกรมสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ นั่นคือสามารถนำอัลกอริทึมของการประมวลผลภาพดิจิตอลมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมอ่านเครื่องหมายให้ประมวลผลข้อมูลได้ตามต้องการ อย่างไรก็ตามในการพัฒนาโปรแกรมอ่านเครื่องหมายในครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดตลอดจนข้อวิจารณ์ดังนี้

1.โปรแกรมยังไม่สามารถทำงานได้อย่างอิสระ เพราะโปรแกรมจะต้องอาศัยซอฟท์แวร์ Matlab ในการประมวลผล ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนาในขั้นต่อไป

2.ข้อจำกัดในเรื่องของการนำภาพกระดาษคำตอบมาแสดงผลบนหน้าจออย่างสมบูรณ์ ซึ่งด้วยความสามารถของโปรแกรมทำได้เพียงการย่อส่วนของภาพมาแสดงผลเท่านั้น ทำให้ภาพกระดาษคำตอบมีขนาดเล็ก ยากต่อการสร้างหรือกำหนดขอบเขตของกรอบข้อมูล

3.ความเร็วในการทำงานของระบบทั้งหมดนั้นขึ้นอยู่กับความเร็วในการกวาดภาพของเครื่องกวาดภาพ ดังแสดงผลการทดสอบความเร็วในตารางที่ 5.5 ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหาความเร็วในการกวาดภาพด้วยเครื่องกวาดภาพยี่ห้อ Prolink รุ่น Winscan pro 2000 ผ่านทาง USB พอร์ต ด้วยเครื่อง Celeron ความเร็ว 450 MHz หน่วยความจำ 64 Mbyte โดยใช้ข้อมูลภาพกระดาษคำตอบขนาด 856x1170 จุดต่อนิ้ว อีกทั้งโปรแกรมยังไม่สามารถรับข้อมูลภาพกระดาษคำตอบที่ได้จากเครื่องกวาดภาพได้โดยตรง อันเนื่องมาจากโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องกวาดภาพ (Driver Program) จะส่งข้อมูลกลับมายังโปรแกรมประยุกต์ด้านการประมวลผลภาพที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดให้เท่านั้น เช่น โปรแกรม Photoshop 5.5 เป็นต้น

ความละเอียดของจุดภาพ (จุดต่อนิ้ว)	ความเร็วเฉลี่ย (วินาที)
75	36.67
100	36.25
150	36

ตารางที่ 5.5 ผลการทดสอบหาความเร็วในการกวาดภาพของเครื่องกวาดภาพ

4.เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้เร็วขึ้น เราสามารถกระทำได้หลายวิธีการด้วยกัน ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1. แปลงรูปแบบของรหัสต้นฉบับให้เป็นแฟ้มข้อมูลแบบ .Exe ซึ่งจำเป็นต้องมี

คอมไพเลอร์ตามรูปแบบของภาษาที่ใช้ในการเขียนมาใช้ในการคอมไพล์ แต่เนื่องจากขีดจำกัดของโปรแกรม matlab 5.3 คอมไพเลอร์ ซึ่งไม่สามารถแปลงแฟ้มข้อมูลที่มีโครงสร้างของคำสั่งที่ซับซ้อนของโปรแกรม OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์ม ที่ได้พัฒนาขึ้นได้

4.2. อันเนื่องมาจากกระบวนการทำซ้ำของโปรแกรม Matlab เกิดปัญหาคอขวดทำให้ความเร็วในการคำนวณไม่ดีเท่ากับภาษาซี จึงจำเป็นต้องนำรหัสต้นฉบับของ Matlab มาเชื่อมต่อกับโปรแกรมภายนอกอื่นๆ เช่น ภาษาซี ภาษาฟอร์แทน เป็นต้น เพื่อเพิ่มความเร็วในการทำงานให้มากขึ้นได้ โดย Matlab จะเรียกใช้งานโปรแกรมภายนอกเหล่านั้นผ่านทางแฟ้มข้อมูล .Mex ไฟล์

4.3.เนื่องจากโปรแกรมยังไม่สามารถรับข้อมูลภาพกระดาษคำตอบที่ได้จากเครื่องกวาดภาพได้โดยตรง อันเนื่องมาจากโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องกวาดภาพจะส่งข้อมูลกลับมายังโปรแกรมประยุกต์ด้านการประมวลผลภาพที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดให้เท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้โปรแกรม OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์ม ทำงานได้เร็วขึ้น จึงจำเป็นต้องพัฒนาส่วนของโปรแกรมควบคุมเครื่องกวาดภาพให้ส่งผ่านกลับเข้ามาประมวลผลที่โปรแกรม OMR ที่ใช้วิธีการประมวลผลแบบฟอร์ม ได้อย่างต่อเนื่อง

บรรณานุกรม

เลียง คูบุรัตถ์. 2541. การประมวลผลภาพดิจิตอล. สงขลา : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.(สำเนา)

มนัส สังวรศิลป์,วรรัตน์ ภัทรอมรกุล. 2543. คู่มือการใช้งาน MATLAB ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ: อินโฟเพรส.

สมพงษ์ บุญธรรมจินดา.2540. "ทำความรู้จักกับสแกนเนอร์กันเถิด", ไมโครคอมพิวเตอร์. ฉบับที่ 141 (มี.ค. 2540) และ 142 (เม.ย. 2540) ,175-181 และ 169-172.

กฤษณะ ชินสาร. 2540. "ระบบตรวจข้อสอบปรนัยอัตโนมัติ",วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี,2540. "เครื่องตรวจข้อสอบระดับมืออาชีพ", โครงการวิจัย. สำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Jain, A. K.1989. The Fundamentals of Digital Image Processing. New Jersey:Prentice-Hall,Inc.

Gonzalez, R. C. and Woods, R. E.1989. The Digital Image Processing. California :Addison-Wesley Publishing Co.

Awcock, G. J. and Thomas, R.1995. Applied Image Processing. Singapore :McGraw-Hill.

Myler, H. R. and Weeks, A.R.1990. The Pocket Handbook of Imaging Processing Algorithm in C. New Jersey:Prentice-Hall,Inc.

Tsujimoto ,S. and Asada ,H.1992."Major components of a complete text reading system" , Proceeding of the IEEE. 80 (July 1992),1133-1149.

Casey,R.G.and Wong,K.Y. 1990. Image analysis Applications.Newyork:Marcel Dekker,Inc.

Fujisawa,H. and Nakano,Y.1992. "Segmentation method for character recognition:from segmentation to document structure analysis", Proceeding of IEEE. 80 (July 1992) ,1079-1091.

Pratt,W.K.1991. Digital Image Processing.Newyork:John Wiley&Son,Inc.

Watkins,C.D.,Sadun,A.and Marenka,S.1993. Modern Image Processing.Boston:Academic Press Professional.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. คุณลักษณะและรายละเอียดการใช้งานโปรแกรมอ่านเครื่องหมาย

โปรแกรมอ่านเครื่องหมาย (OMR version 1.0) เป็นโปรแกรมที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นบนโปรแกรม Matlab เวอร์ชั่น 5.3 ของบริษัท Mathwork Inc. ซึ่งสามารถทำงานบนเครื่อง IBM PC หรือเครื่อง PC compatible ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Window95 หรือ Window98 มีหน่วยความจำไม่ต่ำกว่า 32 Mbyte และมีเนื้อที่ว่างบนฮาร์ดดิสก์ไม่ต่ำกว่า 120 Mbyte จากคุณลักษณะดังกล่าวจัดว่าโปรแกรมอ่านเครื่องหมายเป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพ เพราะสามารถประมวลผลเครื่องหมายสัญลักษณ์ต่างๆได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว บนกระดาษคำตอบที่มีความยืดหยุ่นต่อการใช้งานสูง โดยคุณลักษณะที่สำคัญของโปรแกรมมีดังนี้

1.ใช้ประมวลผลกระดาษคำตอบในการทำข้อสอบหรือแบบสอบถาม

2.ผู้ใช้สามารถสร้างหรือแก้ไขกระดาษคำตอบได้เอง ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

2.1.กระดาษจะต้องมีความหนาประมาณ 70-80 แกรม และมีขนาดไม่เกินความกว้างของแนวกวาดภาพของเครื่องกวาดภาพ

2.2.กระดาษจะต้องไม่ผ่านการใช้งานใดๆมาก่อน

2.3.ภายในกระดาษคำตอบจะประกอบด้วยตัวเลือกคำตอบ ซึ่งจะเป็นตัวเลือกของข้อมูลแบบตัวเลข แต่จะเป็นตัวเลขที่ใช้ในการตรวจสอบตำแหน่งของตัวเลือกที่ผู้ใช้ได้ทำเครื่องหมายไว้ โดยตัวเลือกข้อ ก หรือ ข้อ A จะถูกแทนด้วยตัวเลข 1 ตัวเลือกข้อ ข หรือ ข้อ B จะถูกแทนด้วยตัวเลข 2 ตามลำดับ ตัวเลือกคำตอบจะประกอบด้วยตัวเลือกวงกลมหรือตัวเลือกสี่เหลี่ยมที่วางเรียงกันในแนวตั้ง ซึ่งจะมีจำนวนเท่ากับจำนวนข้อ หรือเท่ากับครึ่งหนึ่ง หรือหนึ่งในสามของข้อสอบ เป็นต้น (ตามความต้องการของผู้ใช้) ส่วนจำนวนตัวเลือกวงกลมหรือตัวเลือกสี่เหลี่ยมในแนวนอนจะขึ้นอยู่กับจำนวนตัวเลือกในหนึ่งข้อ ดังภาพประกอบ 3.1 (ก) และ 3.1 (ข)

2.4.ระยะห่างระหว่างตัวเลือกแต่ละตัวเลือกจะต้องมีขนาดอย่างน้อยเท่ากับจำนวน 5 จุดภาพของขนาดความละเอียดภาพ

2.5.ต้องพิมพ์กระดาษคำตอบด้วยเครื่องพิมพ์ที่มีความคมชัด

3.ประมวลผลบนกระดาษคำตอบที่ถูกทำเครื่องหมายทั้งแบบกากบาท เครื่องหมายถูกและแบบระบายทึบ

4.แยกแยะข้อผิดพลาดอันเกิดจากการเลือกตัวเลือกมากกว่า 1 ตัวเลือกในข้อเดียวกัน

5.สามารถใช้ดินสอดำหรือปากกาในการทำเครื่องหมายบนกระดาษคำตอบ

6.สามารถคำนวณผลทางสถิติของการเลือกคำตอบสำหรับการประเมินข้อสอบ

การติดตั้งโปรแกรม

มีขั้นตอนดังนี้

1.สร้างไดเร็คทอรีใหม่ 1 ไดเร็คทอรี สำหรับการสำเนาแฟ้มข้อมูล

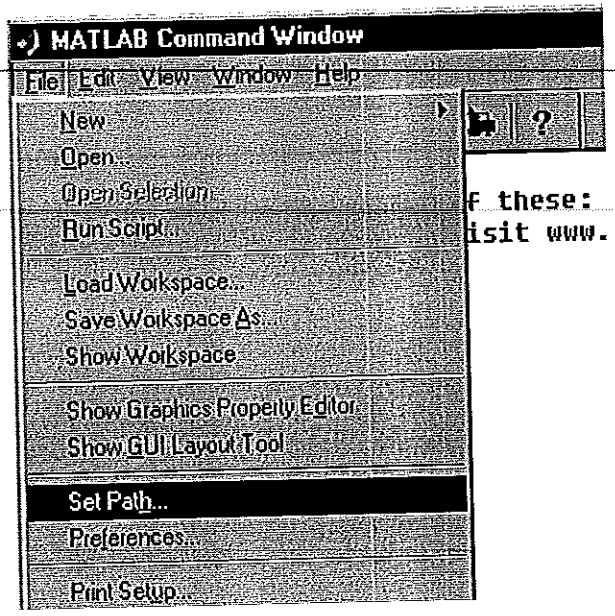
2.สำเนาแฟ้มข้อมูลที่สำคัญดังต่อไปนี้ ลงในไดเร็คทอรีใหม่ที่สร้างขึ้น

แฟ้มข้อมูล	หน้าที่
1. OMR.M	แฟ้มข้อมูลรหัสต้นฉบับของโปรแกรมอ่านเครื่องหมาย
2. GRAPHIC.MAT	แฟ้มข้อมูลที่ใช้เก็บ GUI workspace variable ของโปรแกรม OMR
3 OPTION1.MAT OPTION2.MAT OPTION3.MAT OMRSCREEN.MAT	แฟ้มข้อมูลทั้ง 4 แฟ้ม ใช้เก็บ workspace variable ของหน้าต่างหลัก4 หน้าต่างในการเชื่อมต่อกับผู้ใช้ด้วยภาพกราฟฟิก
4. MSPAINT.EXE	แฟ้มข้อมูล Microsoft paint สำหรับแก้ไขกระดาษคำตอบ

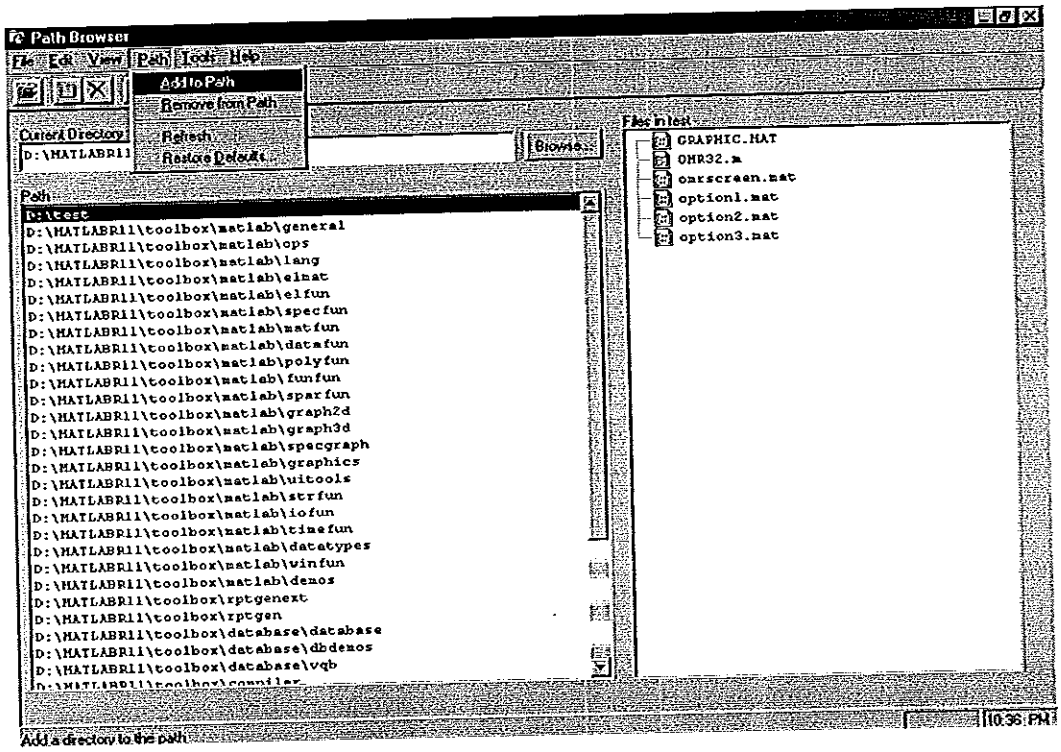
ตาราง ก1 แฟ้มข้อมูลที่สำคัญของโปรแกรมอ่านเครื่องหมาย

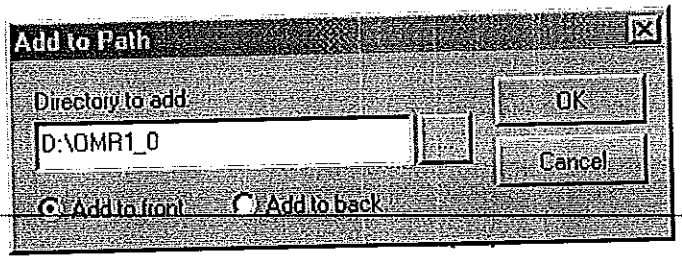
การใช้งานโปรแกรมอ่านเครื่องหมาย มีขั้นตอนดังนี้

1.เรียกโปรแกรม Matlab จากนั้นเลือกเมนู File >> Set Path

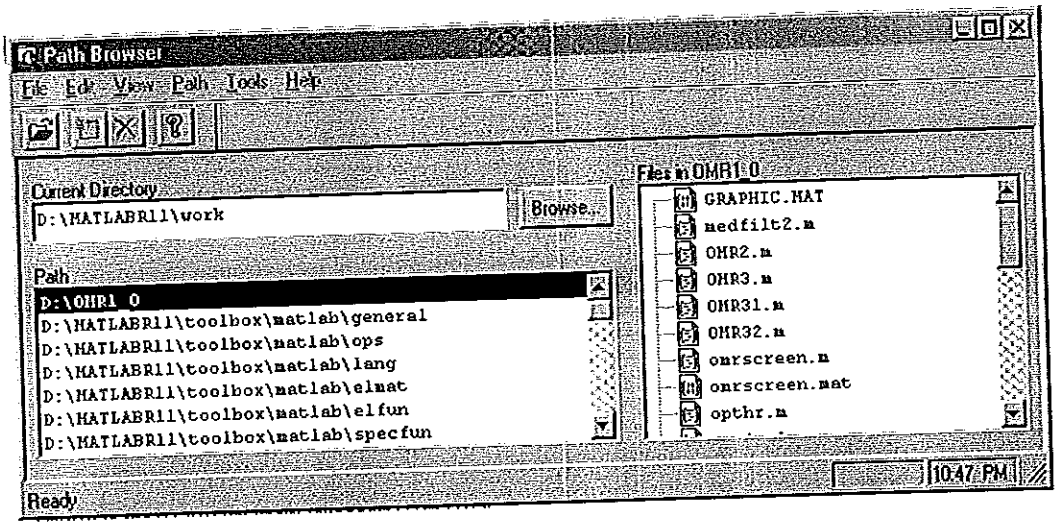


2. เมื่อปรากฏหน้าต่าง Path browser เลือกเมนู Path >> Add to Path จากนั้น add path ไปยังไดเร็คทอรีที่เก็บโปรแกรมไว้

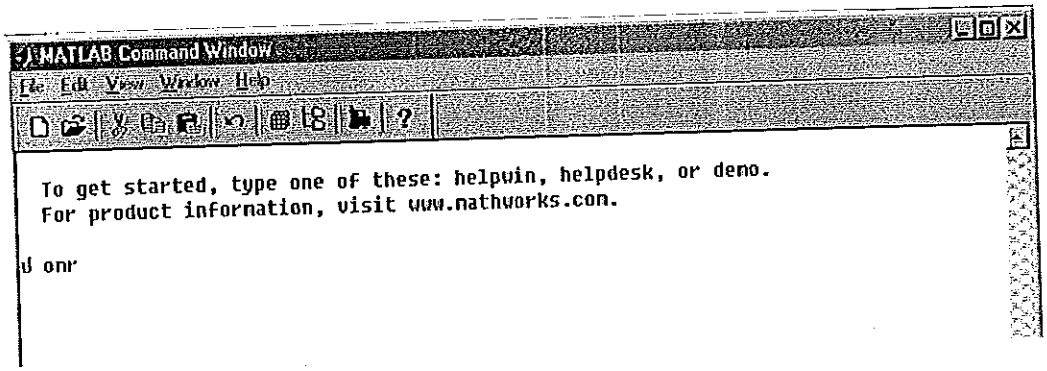




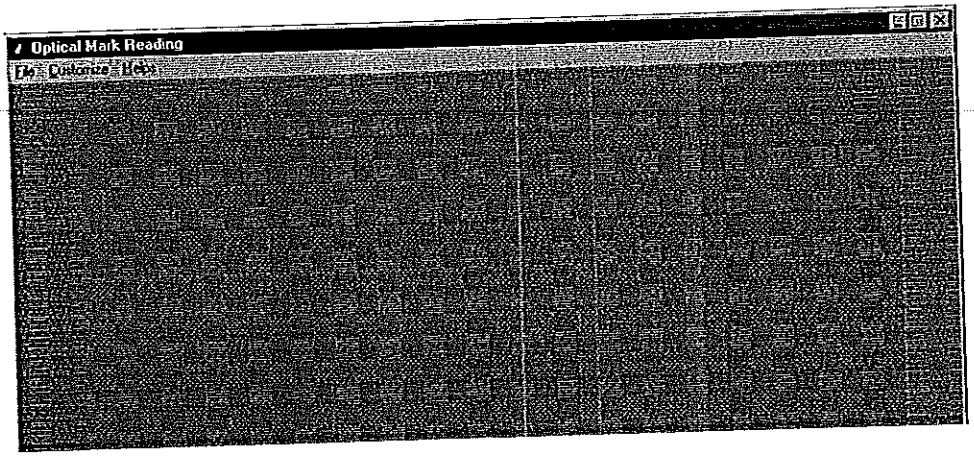
3.คลิก OK จะปรากฏไดเร็คทอรีที่ add เข้าไป



4.พิมพ์ omr บน Matlab prompt จากนั้นกด enter



5.ปรากฏหน้าต่าง Optical Mark Reading



6.บนหน้าต่าง Optical Mark Reading ประกอบด้วยเมนูย่อย 3 เมนู คือ เมนู File,Customize และ Helps ซึ่งแต่ละเมนูจะมีหน้าที่การทำงานหลักๆ ดังนี้

เมนู File ใช้ในการสร้างหรือแก้ไขกระดาษคำตอบ มีเมนูย่อย 8 เมนู คือ

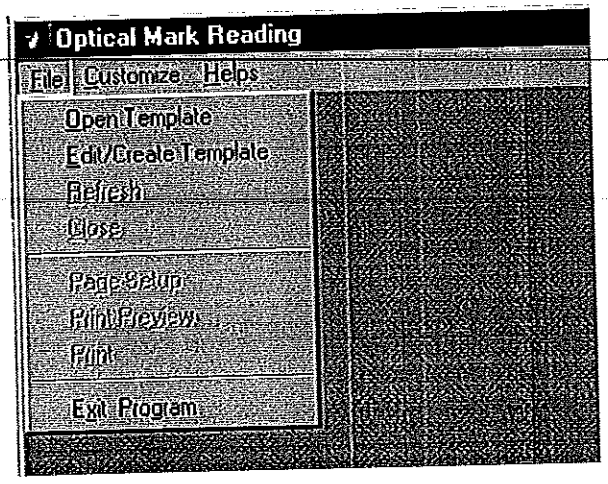
- Open Template เปิดและแสดงแฟ้มข้อมูลกระดาษคำตอบ
- Edit/CreateTemplate เชื่อมต่อกับโปรแกรม Microsoft paint ในการสร้างหรือแก้ไขกระดาษคำตอบ
- Refresh ปรับรูปแบบหน้าจอภาพให้ตรงกับข้อมูลที่เปลี่ยนแปลง
- Close ปิดแฟ้มข้อมูลกระดาษคำตอบ
- Page Setup ปรับเปลี่ยนขนาดของหน้าจอในการแสดงแฟ้มข้อมูล
- Print Preview แสดงผลก่อนพิมพ์แฟ้มข้อมูล
- Print พิมพ์แฟ้มข้อมูล
- Exit Program ออกจากโปแกรม

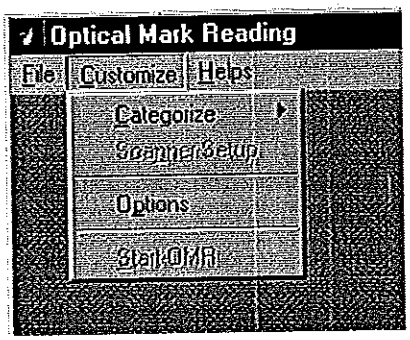
เมนู Customize ใช้ในการประมวลผลข้อสอบหรือแบบสอบถาม

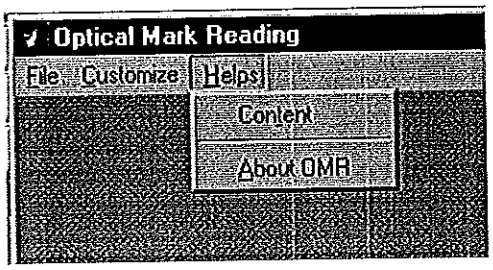
- Categorize เลือกชนิดของกระดาษคำตอบ
- Option ป้อนพารามิเตอร์ในการประมวลผลกระดาษคำตอบ
- Start OMR เริ่มต้นตรวจข้อสอบ

เมนู Helps เมนูช่วยเหลือ

- Content แสดงคุณลักษณะของโปรแกรม
- About OMR แสดงรุ่นของโปรแกรม



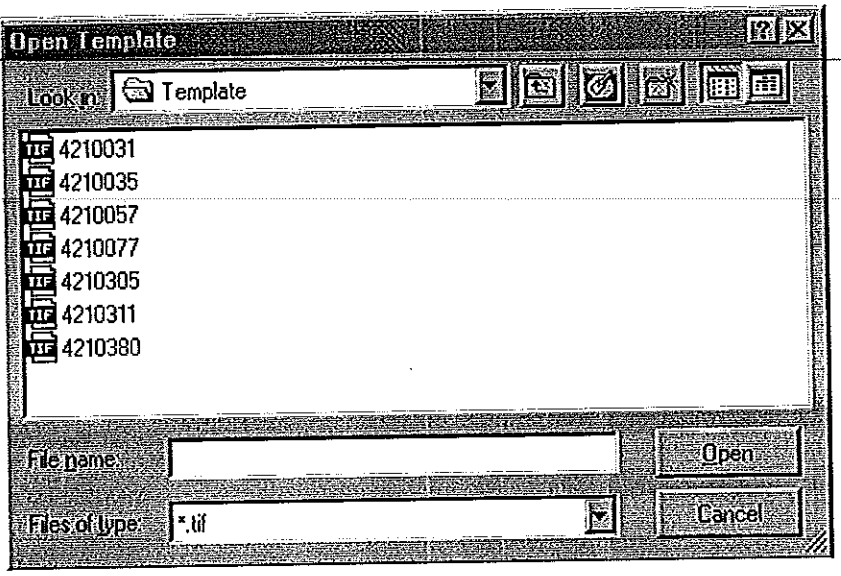




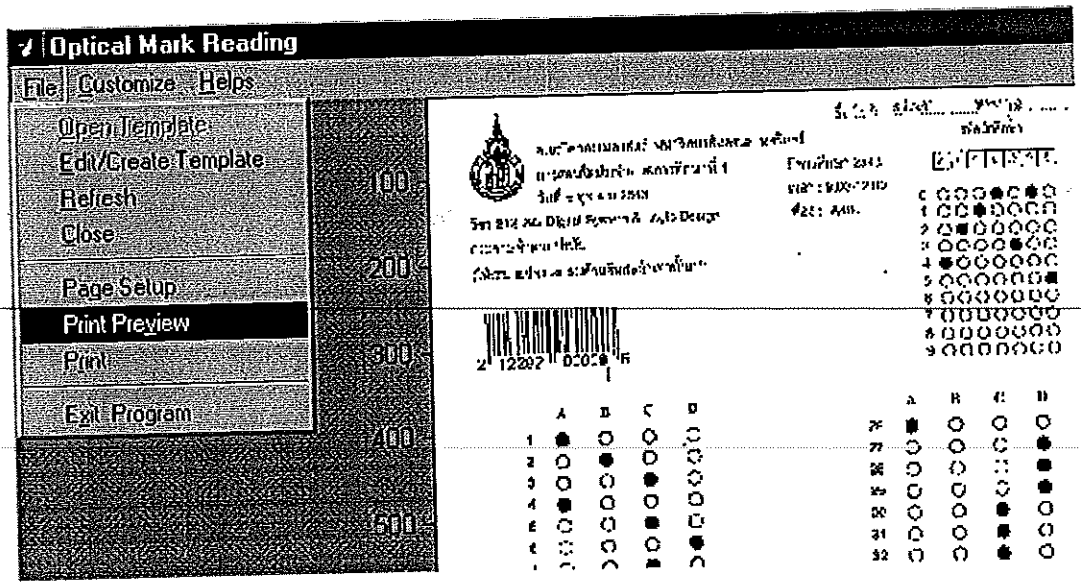
7.การสร้างหรือแก้ไขกระดาษคำตอบ มีขั้นตอนดังนี้

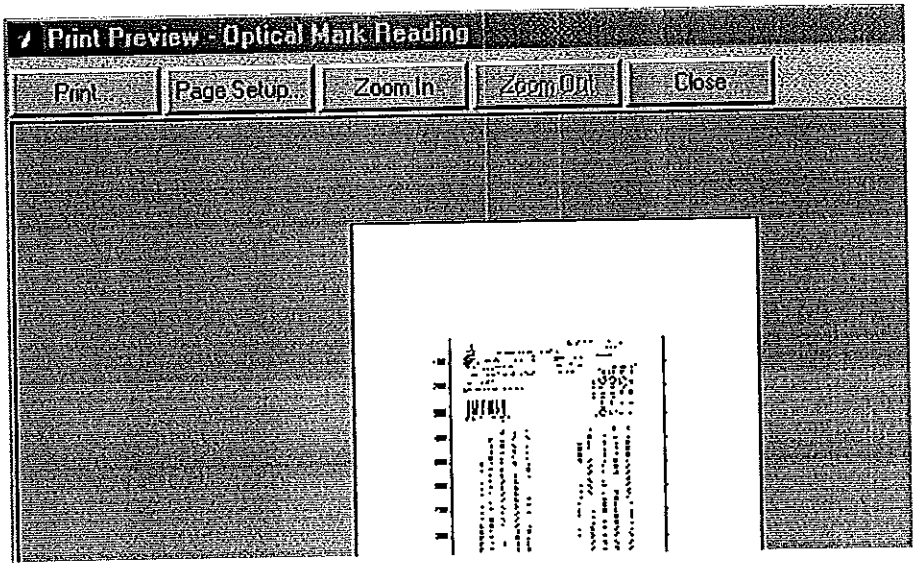
7.1.ที่หน้าต่าง Optical Mark Reading เลือกเมนู File >> Edit/Create Template

7.2.จะปรากฏหน้าต่าง Open Template ขึ้นมา ซึ่งที่หน้าต่างนี้ผู้ใช้สามารถเลือก default template file ขึ้นมาดัดแปลงหรือแก้ไขกระดาษคำตอบตามที่ผู้ใช้ต้องการได้ หรืออาจจะสร้างกระดาษคำตอบขึ้นมาได้ใหม่ โดยอาศัยเครื่องมือในการจัดการภาพบนโปรแกรม Microsoft paint

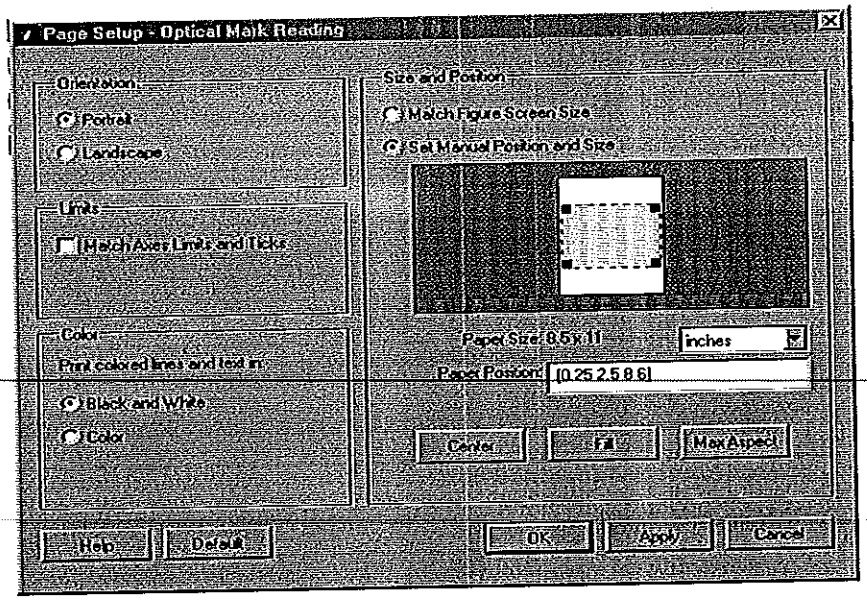


8.ถ้าต้องการพิมพ์ภาพกระดาษคำตอบสามารถใช้เมนูOpen,Print Preview และเมนู Print ร่วมกันในการพิมพ์ภาพออกทางเครื่องพิมพ์ เลือกเมนู Open >> Print Preview หรือ Print



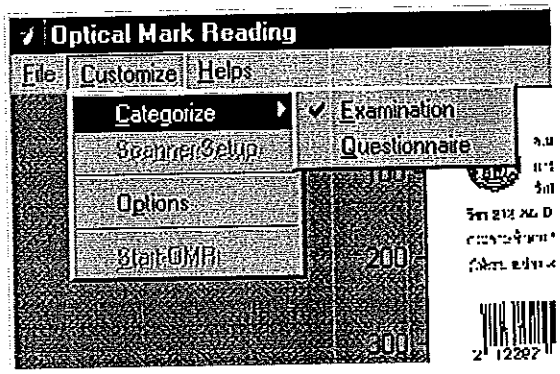


9.เราสามารถปรับรูปแบบการแสดงภาพกระดาษคำตอบออกทางเครื่องพิมพ์ได้ โดยใช้เมนู File >> Page Setup

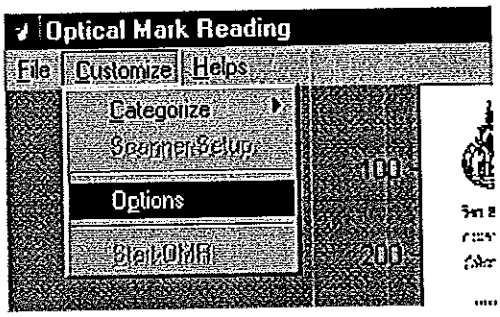


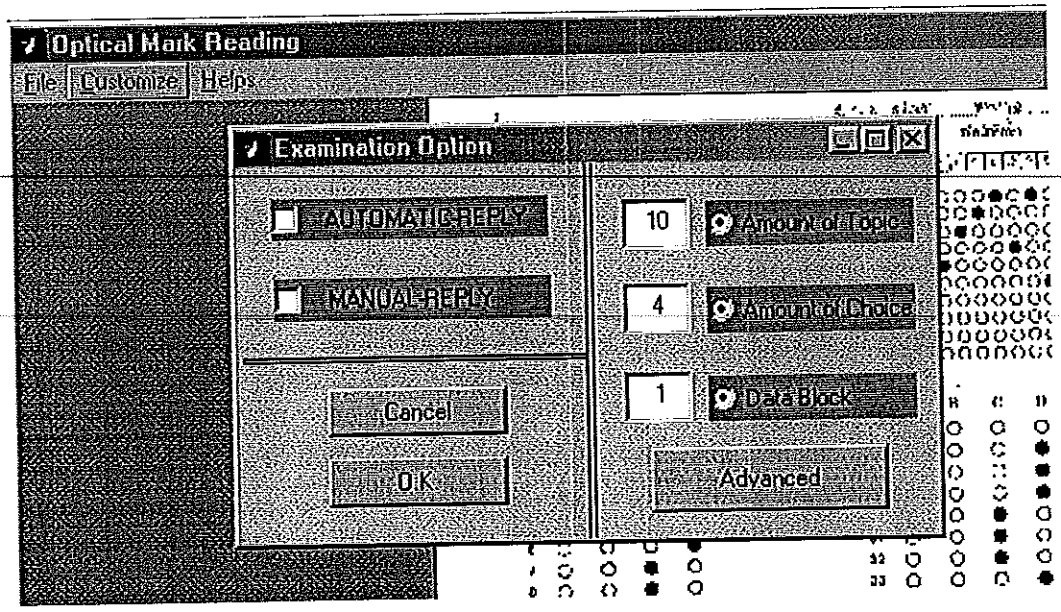
10.การตรวจข้อสอบ มีขั้นตอนดังนี้

10.1.เลือกเมนู Customize >> Categorize >> Examination



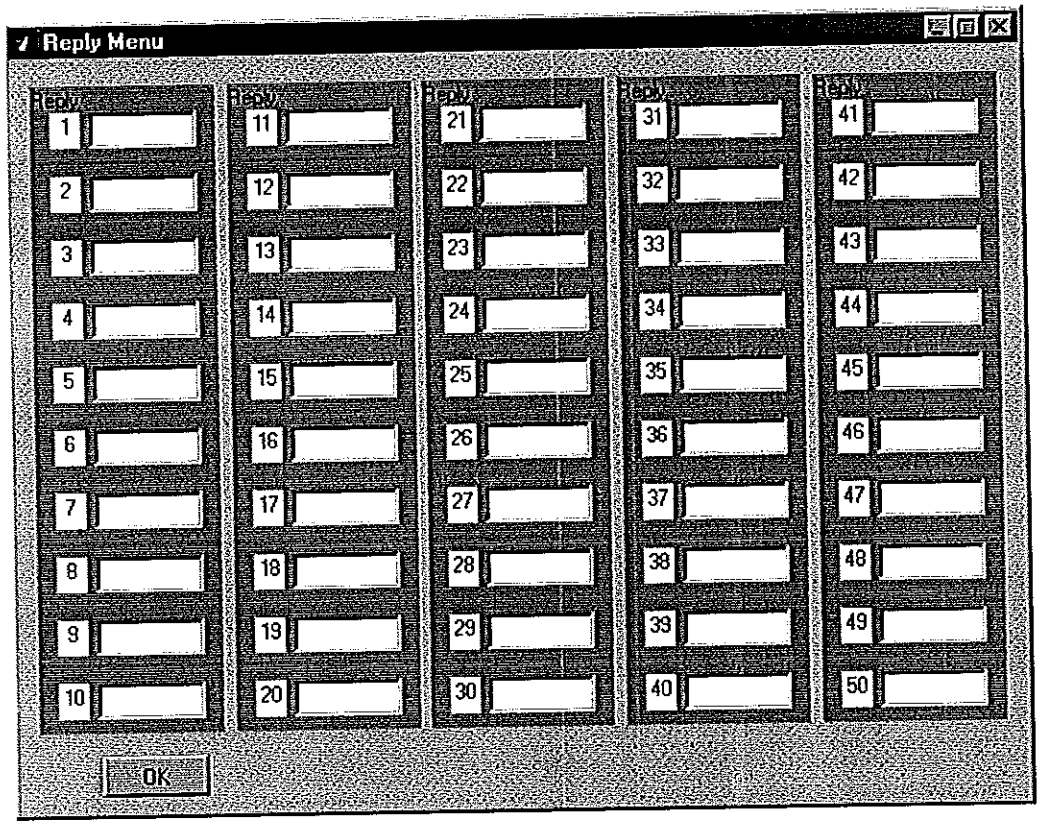
10.2.เลือกเมนู Customize >> Option จะปรากฏหน้าต่าง Option ขึ้นมา



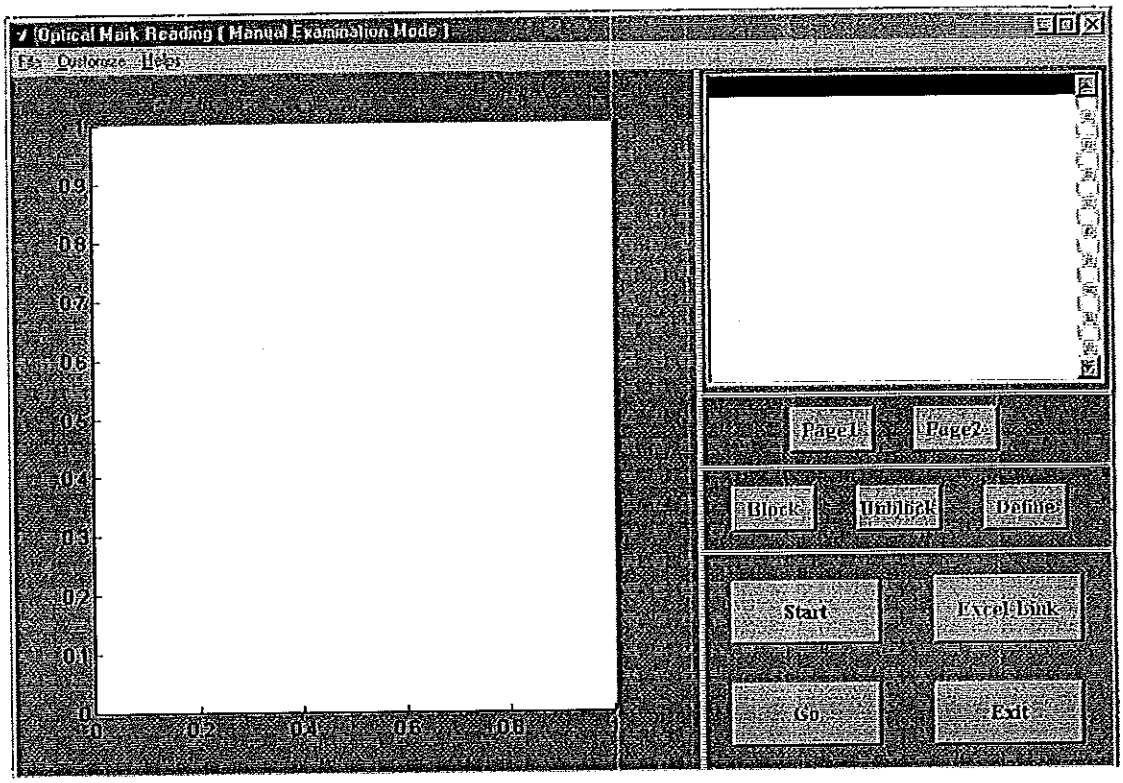


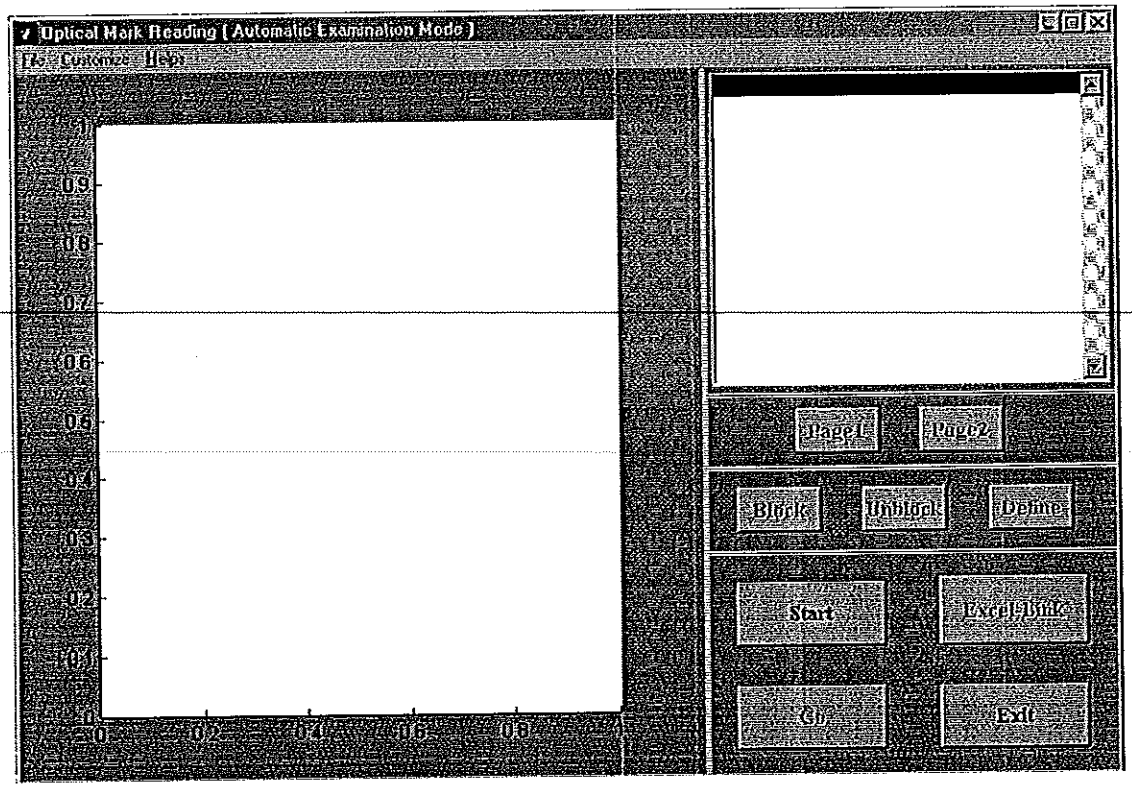
10.3.ป้อนจำนวนข้อ จำนวนตัวเลือก จำนวนกรอบข้อมูล จำนวนข้อในแต่ละกรอบข้อมูล และวิธีการตรวจข้อสอบ (Auto หรือ Manual) ของข้อสอบที่ต้องการตรวจคำตอบ จากนั้นเลือก OK

10.4. เลือกเมนู Customize >> Start OMR ถ้าเลือกวิธีการตรวจข้อสอบแบบ Manual จะมีหน้าต่าง Reply menu ขึ้นมาก่อน เพื่อให้ผู้ใช้ป้อนผลเฉลยเข้าสู่ระบบผ่านทางคีย์บอร์ด

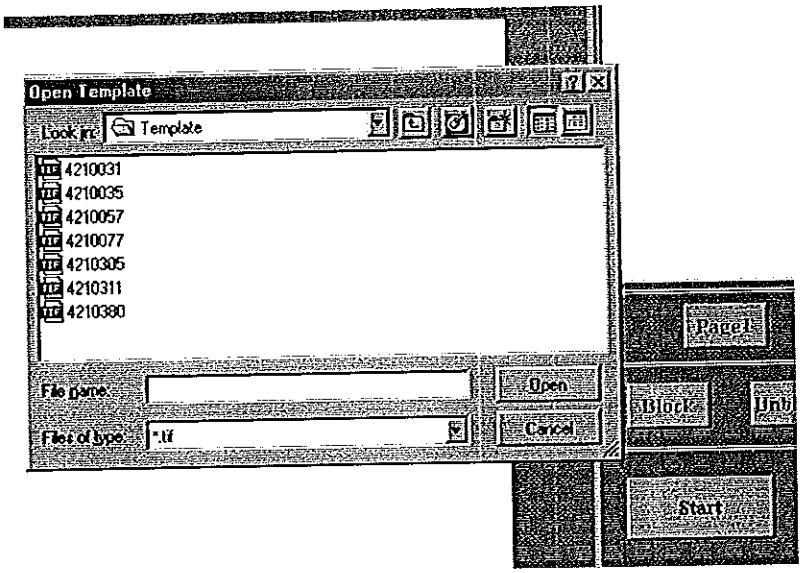


ในการป้อนผลเฉลยผ่านทางคีย์บอร์ด ผู้ใช้จะต้องป้อนผลเฉลยของคำถามแต่ละข้อ โดยแทนตัวเลือกข้อ ก หรือข้อ A ด้วยตัวเลข 1 แทนตัวเลือกข้อ ข หรือข้อ B ด้วยตัวเลข 2 เป็นต้น จากนั้นจึงจะปรากฏหน้าต่าง Optical Mark Reading (Manual mode) ขึ้นมา ส่วนวิธีการตรวจข้อสอบแบบอัตโนมัติ โปรแกรมจะถือว่าตัวเลือกบนกระดาษคำตอบแผ่นแรกที่ถูกส่งผ่านเข้าสู่ระบบเป็นผลเฉลยโดยอัตโนมัติ จะปรากฏหน้าต่าง Optical Mark Reading (Automatic mode) ขึ้นมาทันที ซึ่งสังเกตพบว่าลักษณะหน้าของหน้าต่างทั้งสองวิธีการจะเหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันตรงวิธีการตรวจนับคะแนน และตรงตำแหน่งไตเติ้ลบาร์ (Title bar) ส่วนบนสุดของหน้าต่าง

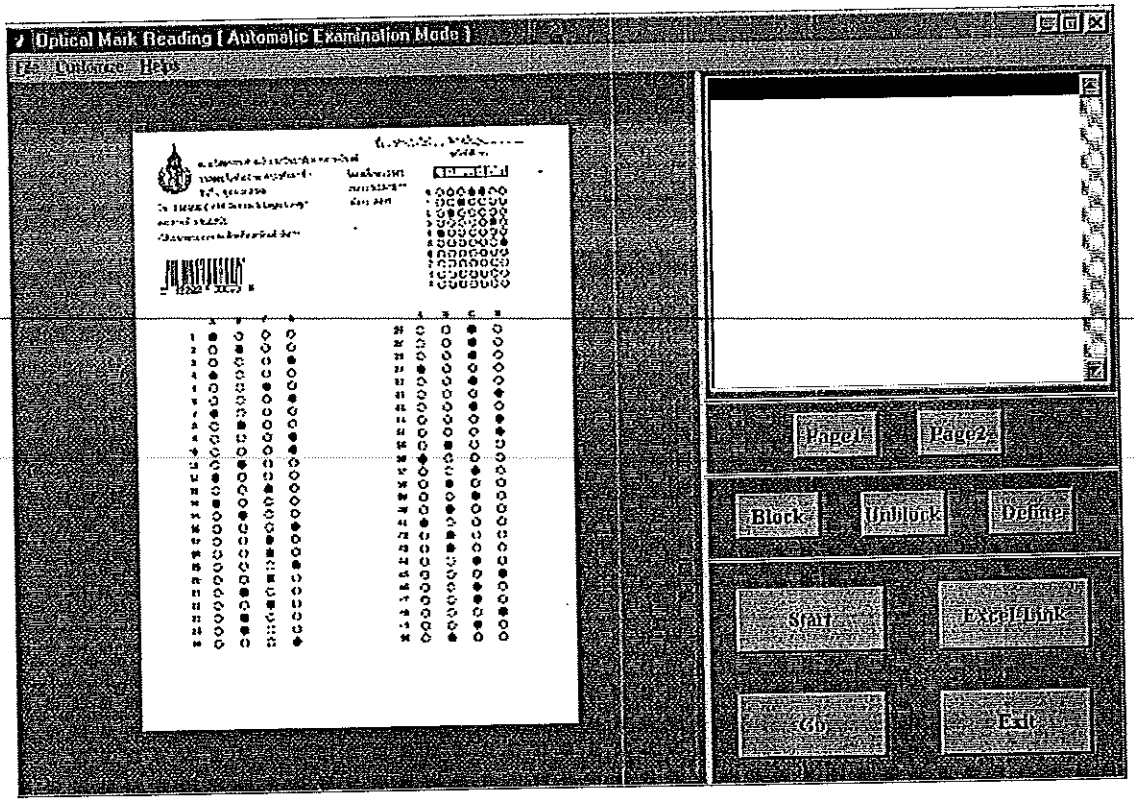

Optical Mark Reading (Manual Examination Mode)
File Customize Help
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0 0.2 0.4 0.6 0.8
Page1
Page2
Block
Unblock
Define
Start
Excel Link
Go
Exit


Optical Mark Reading (Automatic Examination Mode)
File Customize Help
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0 0.2 0.4 0.6 0.8
Page1
Page2
Block
Unblock
Define
Start
Excel Link
Go
Exit

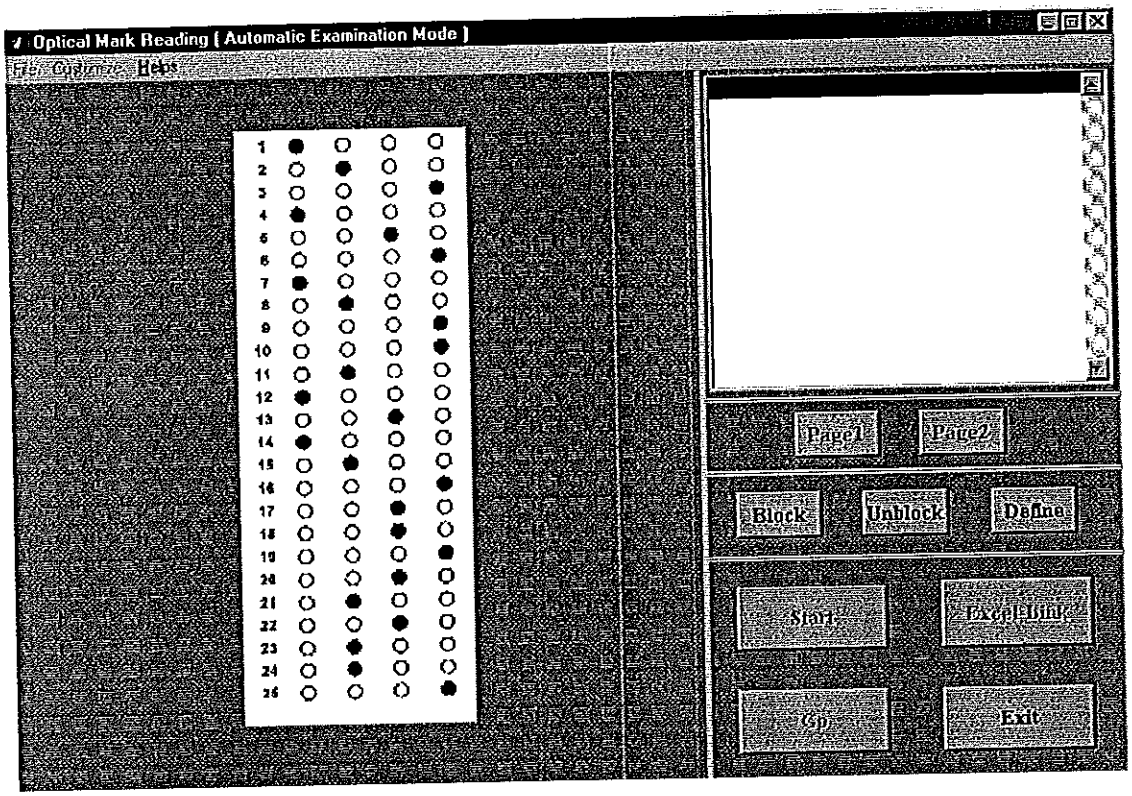
10.5.กดปุ่ม Start จากนั้นเลือกไดเร็คทอรีที่เก็บแฟ้มข้อมูลภาพ และข้อมูลภาพกระดาษคำตอบที่ต้องการตรวจ



10.6.เลือกปุ่ม Open โปรแกรมจะแสดงภาพกระดาษคำตอบภาพแรกขึ้นมา

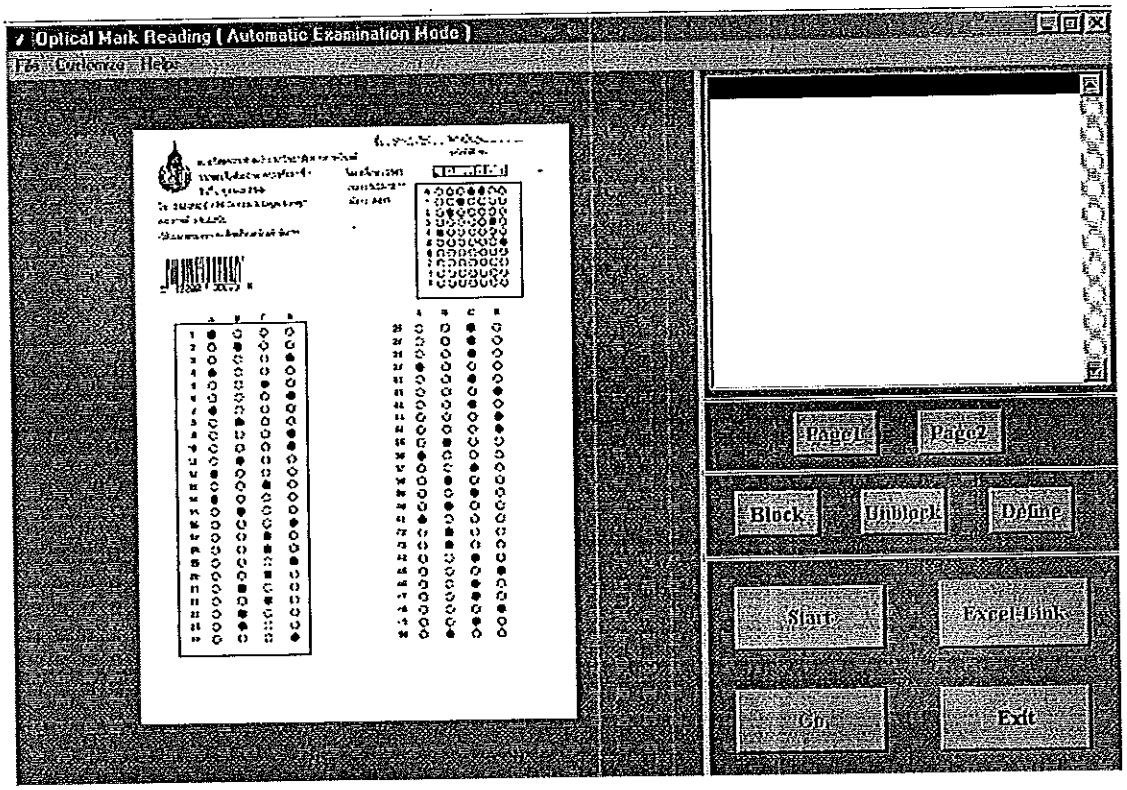


10.7.เลือกปุ่ม Block จากนั้นลากเมาส์ครอบคลุมพื้นที่ของตัวเลือกที่จะถูกประมวลผล บนภาพกระดาษคำตอบแรกที่ปรากฏขึ้น การลากเมาส์ให้กดเมาส์ปุ่มซ้ายค้างไว้ เพื่อทำให้เกิดเส้นสี่เหลี่ยมผืนผ้าล้อมรอบตัวเลือกดังกล่าวไว้ทั้งหมด

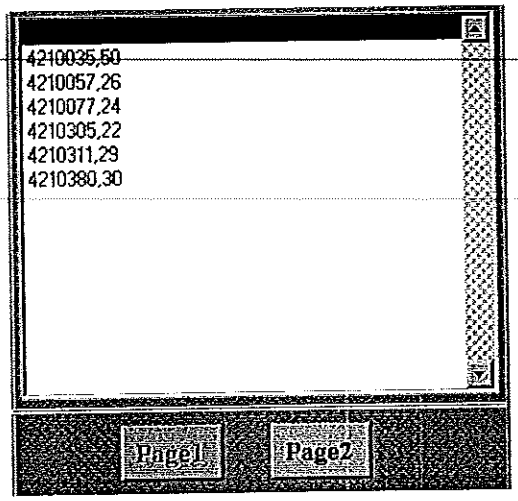


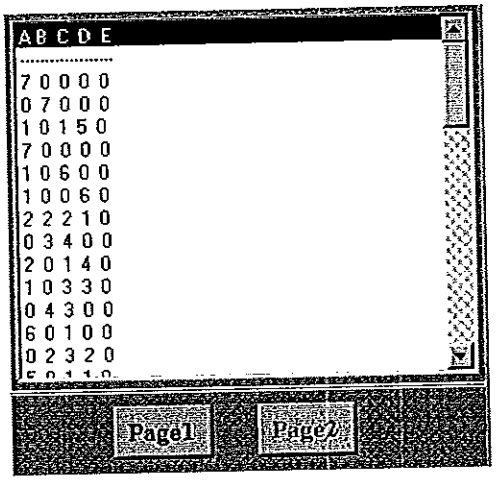
10.8.หลังจากลากเมาส์ไปล้อมรอบตัวเลือกที่ต้องการประมวลผลผิดพลาด สามารถยกเลิกการทำงานด้วยการกดปุ่ม Unblock เพื่อกลับไปเริ่มต้นลากเมาส์ใหม่ แต่ถ้าทุกอย่างถูกต้องผู้ใช้สามารถกดปุ่ม Define เพื่อยืนยันการกำหนดกรอบข้อมูลนั้นๆ ได้

กรอบข้อมูลที่กำหนดขึ้น จะต้องครอบคลุมพื้นที่ของตัวเลือกที่ต้องการประมวลผลทั้งหมด โดยจำนวนของกรอบข้อมูลที่จะต้องสร้างขึ้นมา จะต้องมีจำนวนเท่ากับค่าเริ่มต้นที่ป้อนให้กับเมนู Customizr >> Option โปรแกรมจึงจะยินยอมให้ผู้ใช้เข้าไปดำเนินการตรวจข้อสอบได้ นอกจากนี้จำนวนของตัวเลือกในแต่ละข้อและจำนวนข้อทั้งหมด จะถูกตรวจสอบให้ตรงกับค่าเริ่มต้นเช่นกัน



10.9.หลังจากกำหนดกรอบข้อมูลเรียบร้อยแล้ว กดปุ่ม Go เพื่อให้โปรแกรมเริ่มต้นตรวจนับคะแนนสอบและวิเคราะห์ความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อจนครบทุกข้อ โดยผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงผลออกมาบนหน้าจอ ผู้ใช้สามารถกดปุ่ม Page1 หรือ page2 เพื่อเข้าไปดูผลลัพธ์ดังกล่าวได้





11.สามารถใช้โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นในการตรวจสอบแบบสอบถามได้ด้วยวิธีการเช่นเดียวกัน เพียงแต่เลือก categorize เป็น questionnaire

ภาคผนวก ข. การใช้งานโปรแกรม Matlab เบื้องต้น

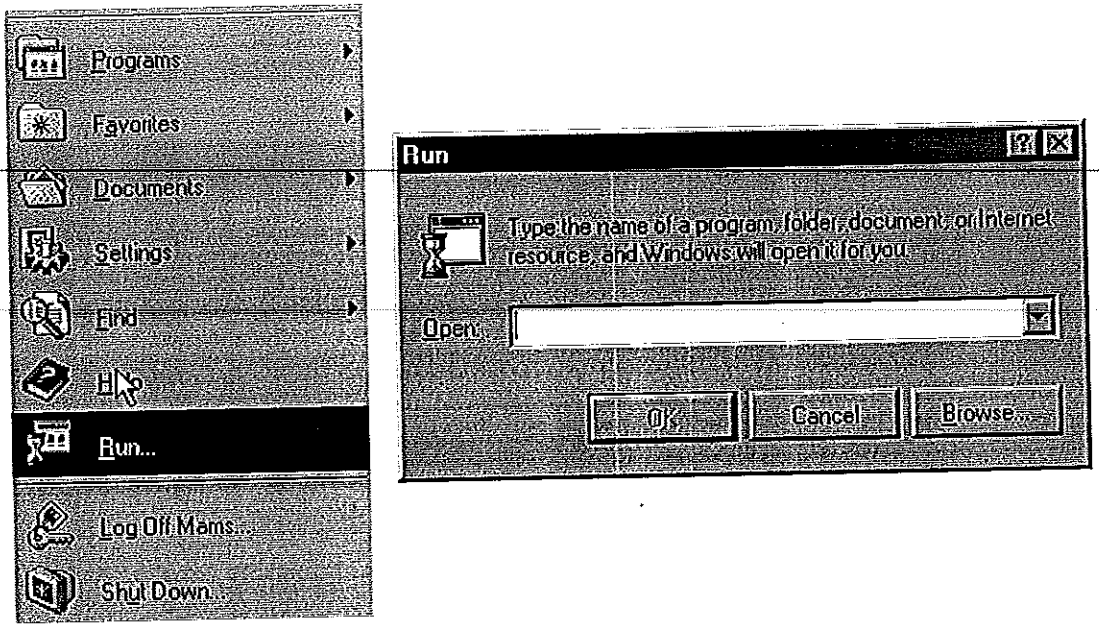
ซอฟท์แวร์ Matlab version 5.3 (ลิขสิทธิ์ของบริษัท Mathwork Inc.) เป็นซอฟท์แวร์ที่ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมอ่านเครื่องหมายของงานวิจัยนี้ อันเนื่องจากคุณลักษณะเด่นของซอฟท์แวร์ Matlab ที่มีความสามารถในการคำนวณเชิงตัวเลขและกราฟฟิกที่มีความซับซ้อนให้ง่ายต่อการใช้งานและมีความรวดเร็ว เมื่อเทียบกับซอฟท์แวร์ภาษาระดับสูงอื่นๆ เช่น ภาษาซี ภาษาปาสคาล เป็นต้น โปรแกรม Matlab มีฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์ให้เลือกใช้เป็นจำนวนมาก Algorithm ในการเขียนโปรแกรมก็พัฒนาได้ง่ายไม่ยุ่งยาก นำมาใช้งานทางด้านกราฟฟิกได้เป็นอย่างดี มีกล่องเครื่องมือในการนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆมากมาย อีกทั้งการติดตั้งซอฟท์แวร์ก็สามารถติดตั้งบนเครื่อง IBM PC หรือเครื่อง PC compatible ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Window95 หรือ Window98 ที่มีหน่วยความจำไม่ต่ำกว่า 32 Mbyte และมีเนื้อที่ว่างบนฮาร์ดดิสก์ ไม่ต่ำกว่า 112 Mbyte ได้เป็นอย่างดี

การใช้งานซอฟท์แวร์ Matlab เบื้องต้น จะต้องติดตั้งซอฟท์แวร์ลงไปในฮาร์ดดิสก์ก่อน ซึ่งวิธีการติดตั้งสามารถกระทำได้ดังขั้นตอนต่างๆต่อไปนี้

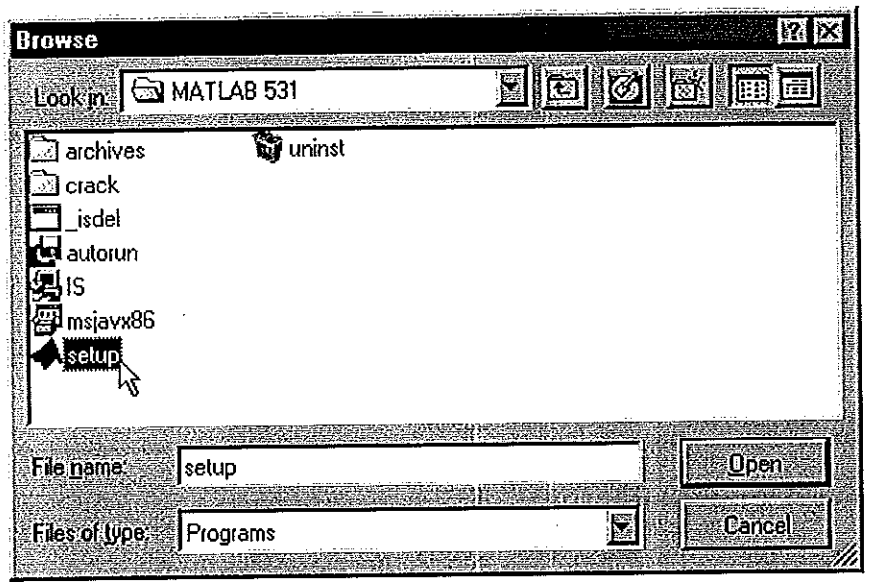
1.นำแผ่น CD สำหรับติดตั้งซอฟท์แวร์ใส่ลงใน CD ROM Drive จากนั้นนำเมาส์คลิกที่ปุ่ม

2.เลือกเมนู RUN จากนั้นคลิกที่ปุ่ม

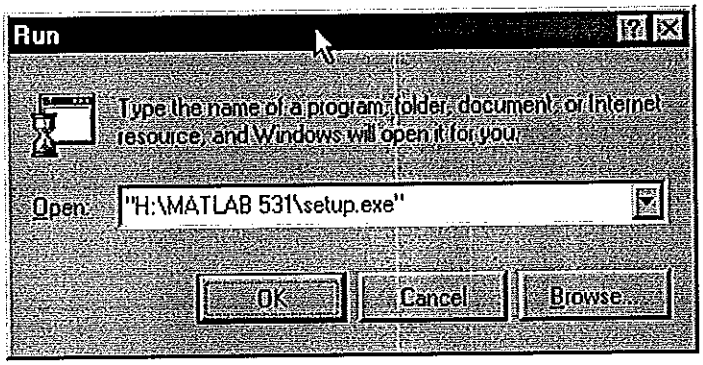
เพื่อเลือกไดรว์สำหรับติดตั้งไฟล์



3.คลิกเลือกไฟล์ Setup จากนั้นคลิกปุ่ม

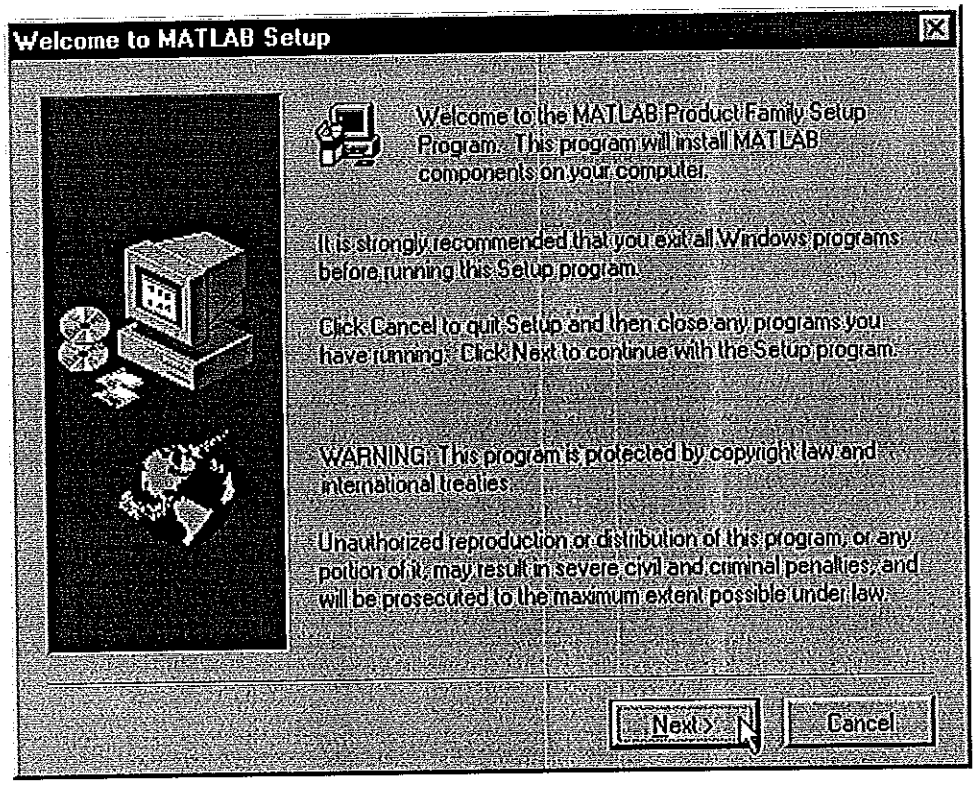


4.จะปรากฏไดเร็คทอรีและชื่อโปรแกรม setup.exe ที่จะเริ่มต้นติดตั้ง

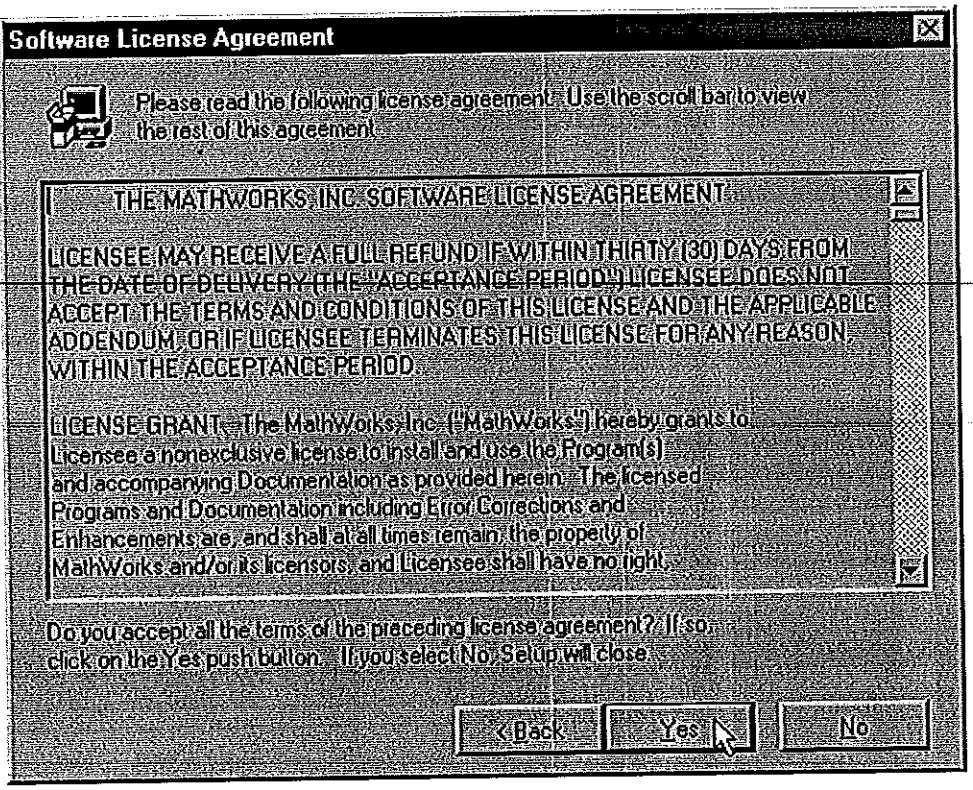


5.กดปุ่ม

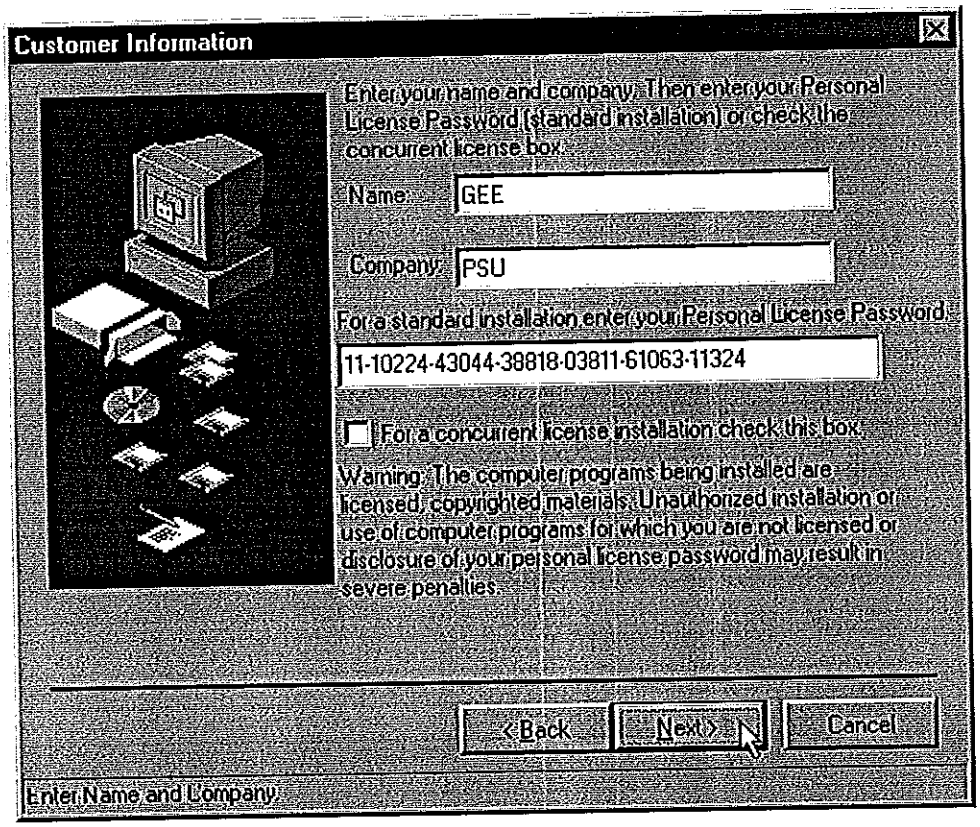
6.อ่านรายละเอียดแล้วกดปุ่ม



7.อ่านข้อความแล้วกดปุ่ม



8.กรอกชื่อผู้ใช้ บริษัท และ licence password จากนั้นกดปุ่ม

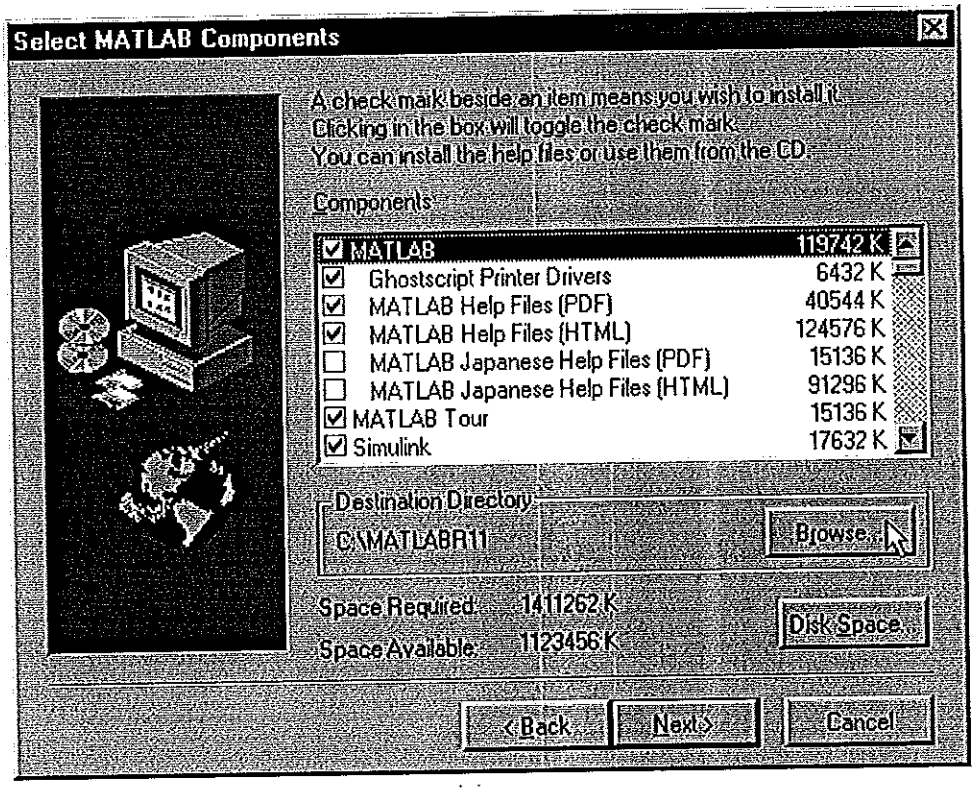


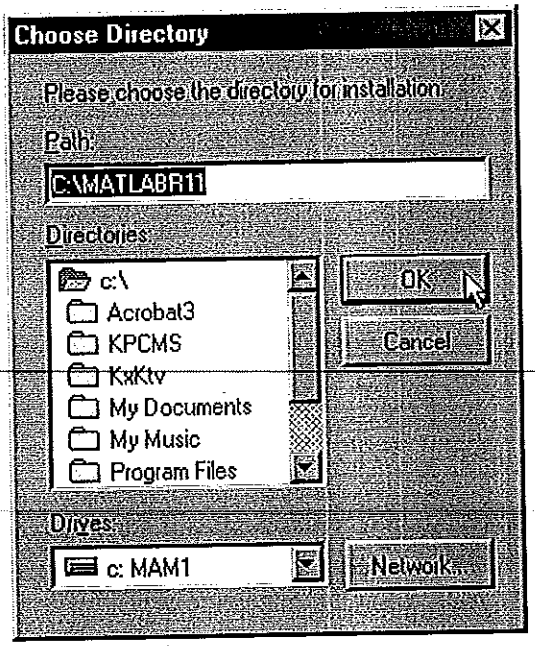
9.คลิกเมาส์ที่ปุ่ม

เพื่อเลือกตำแหน่งไดเร็คทอรีที่จะติดตั้งโปรแกรมลงไปใน

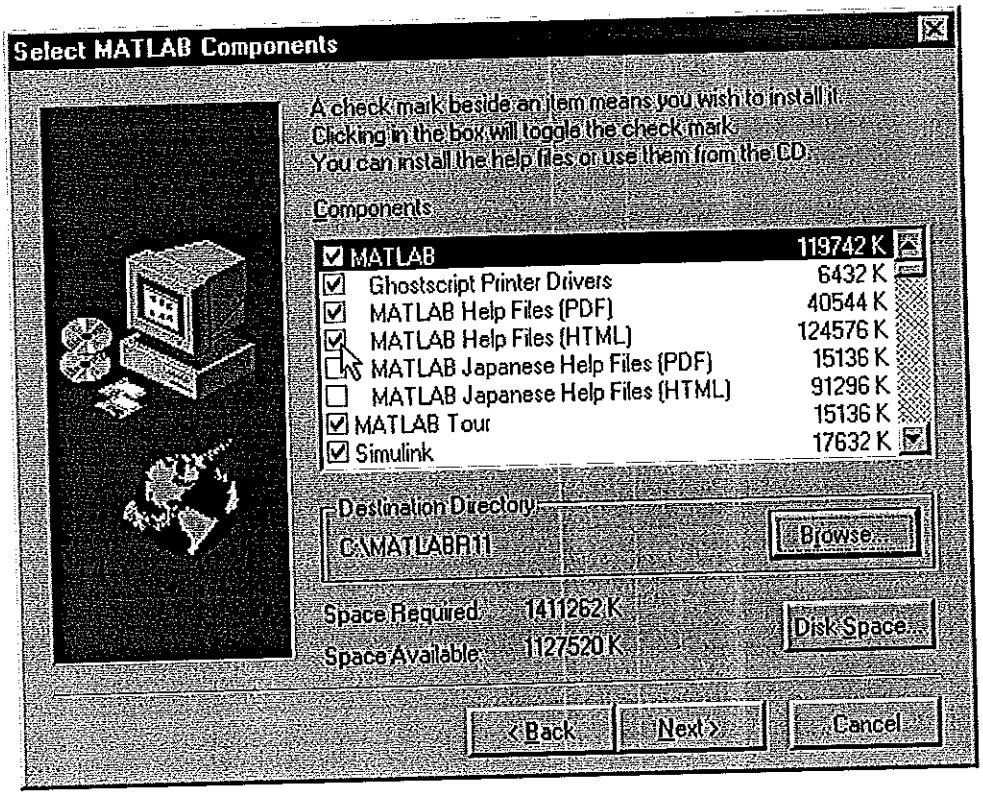
ฮาร์ดดิสก์ จากนั้นคลิกปุ่ม

เมื่อได้ไดเร็คทอรีที่ต้องการแล้ว

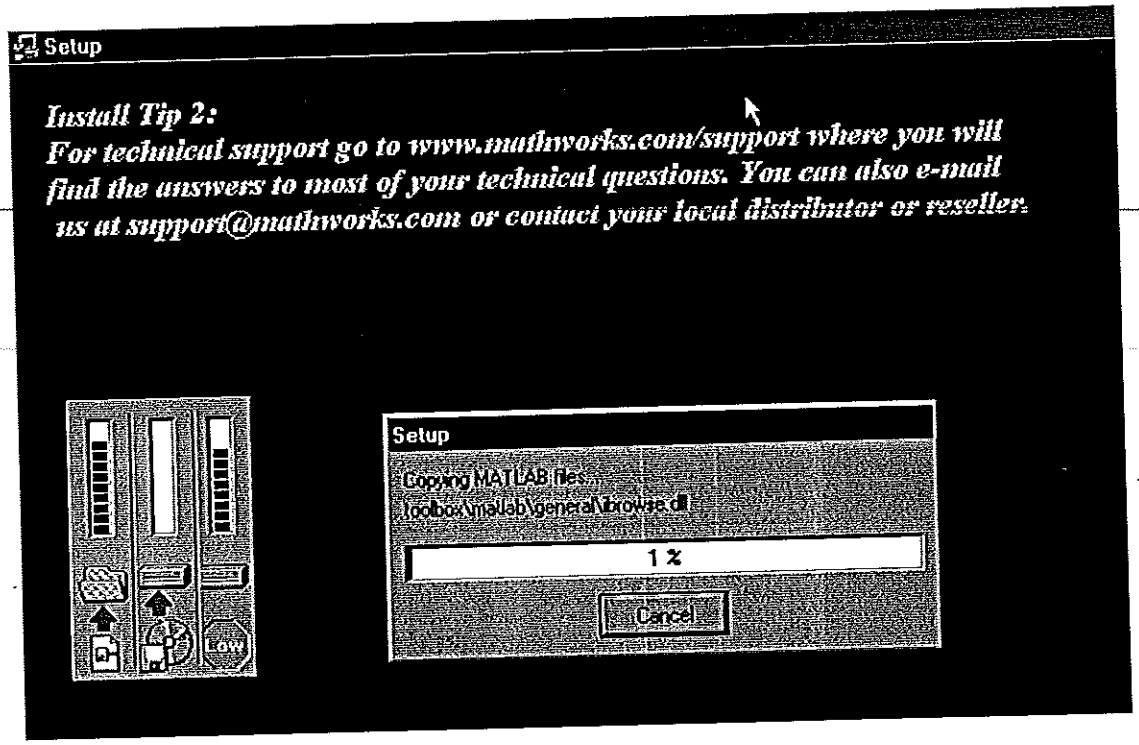




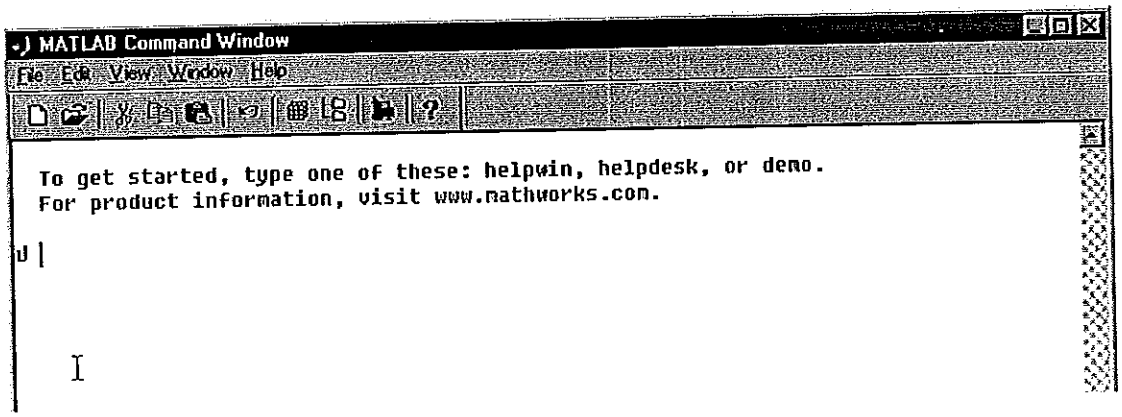
10.คลิกเลือกโปรแกรมที่ต้องการใช้งาน จากนั้นกดปุ่ม



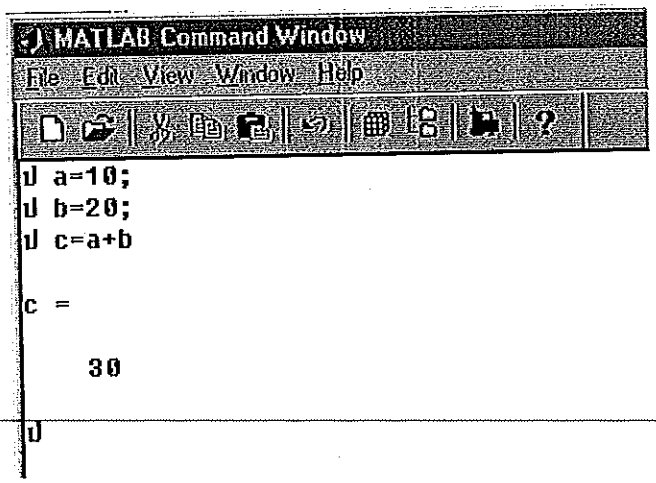
11.จะพบหน้าต่าง setup ปรากฏขึ้น โดยจะเริ่มต้นติดตั้งโปรแกรมตั้งแต่ 0 % ถึง 100 % จนเสร็จสิ้นกระบวนการติดตั้ง



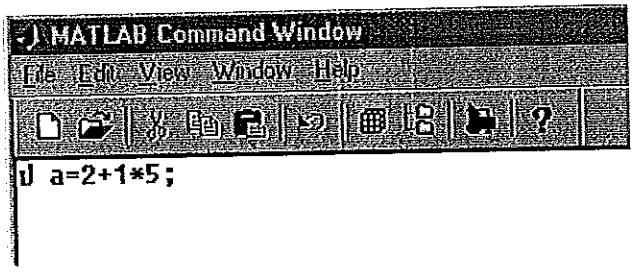
เมื่อเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม Matlab หน้าต่างแรกที่จะปรากฏขึ้น คือ หน้าต่างคำสั่ง (Matlab command window) ซึ่งภายในหน้าต่างคำสั่งจะมี prompt (>>) ซึ่งด้านขวามือจะมีเคอเซอร์ (Cursor) กระพริบอยู่เพื่อรอรับคำสั่งจากผู้ใช้ผ่านทางคีย์บอร์ด



ตัวอย่างการป้อนคำสั่ง เช่น

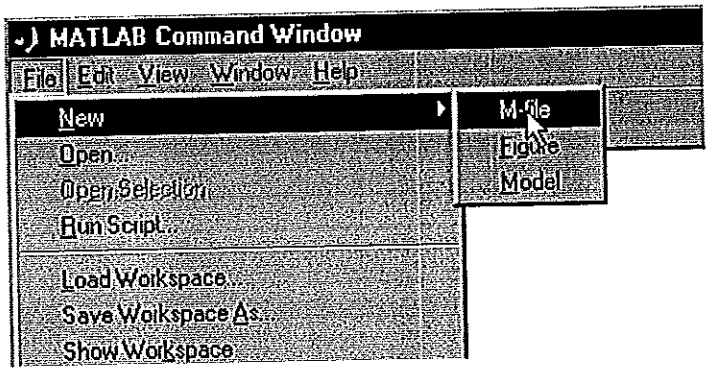


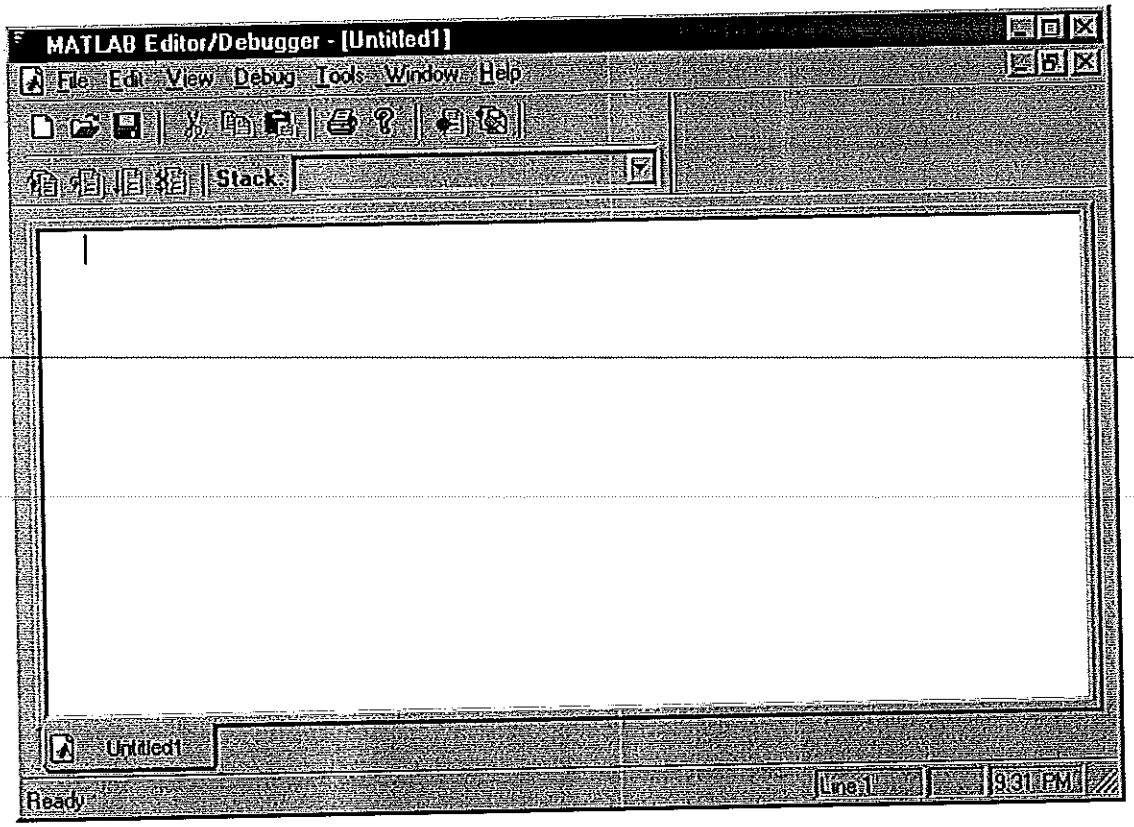
ถ้าไม่ต้องการให้พิมพ์ผลลัพธ์ออกมา ก็ให้พิมพ์เครื่องหมายเซมิโคลอน (;) ต่อท้ายบรรทัดคำสั่ง เช่น



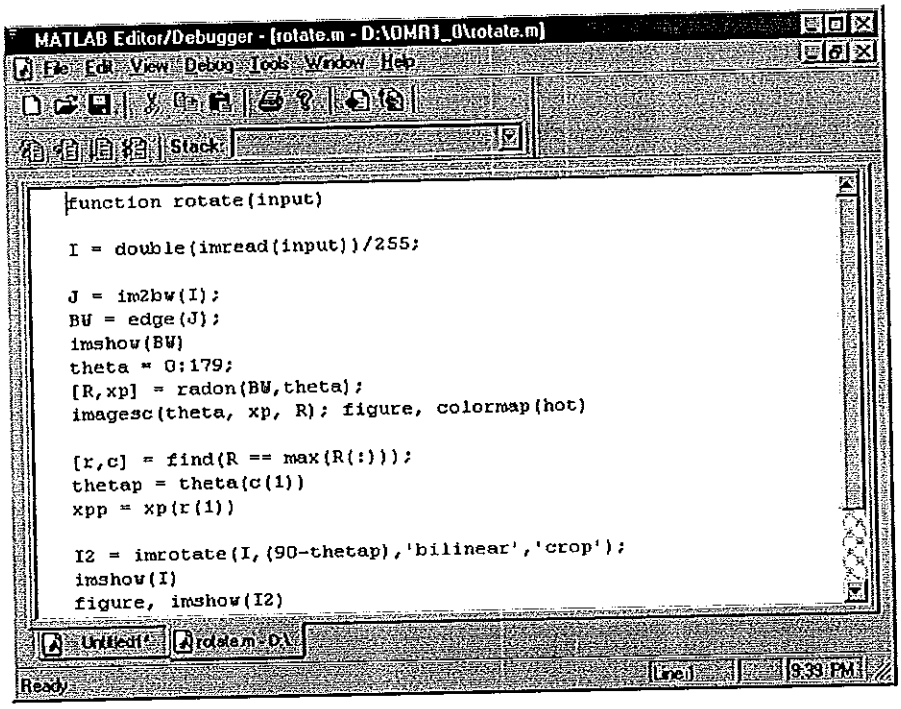
แต่จากวิธีการดังกล่าวเป็นการป้อนคำสั่งทีละบรรทัด (Command line) ซึ่งเมื่อนำวิธีการนี้มาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมแล้วจะเกิดความยุ่งยากในการแก้ไข (Debug) โปรแกรมในภายหลัง ดังนั้นผู้ใช้สามารถเขียนคำสั่งหรือชุดคำสั่งบนเอดิเตอร์ (Editor) ต่างๆ ซึ่งเราเรียกการเขียนโปรแกรมด้วยวิธีการนี้ว่า m-file function ซึ่งในการเขียนโปรแกรมด้วยวิธีการดังกล่าว มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

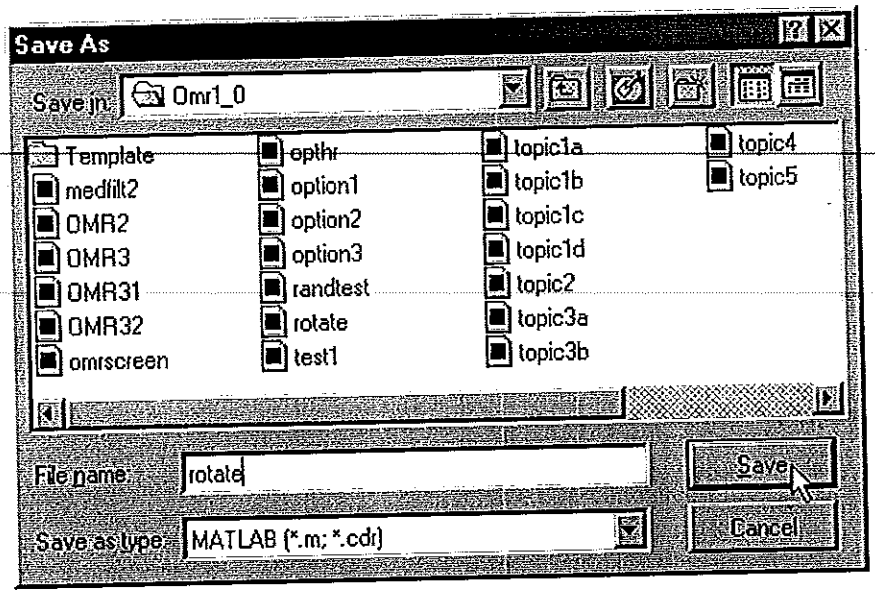
1.เลือกเมนู File >> New >> m-file จะปรากฏหน้าต่าง MATLAB Editor/Debugger ขึ้นมา





2.เขียนชุดคำสั่งที่ต้องการลงใน Matlab editor ตามกฎในการสร้าง m-file function จากนั้นจึงเลือกเมนู File >> Save แล้วตั้งชื่อแฟ้มข้อมูล "ชื่อไฟล์.m" ลงในไดเร็คทอรีที่ต้องการ จากนั้นคลิกปุ่ม





กฎการสร้าง m-file function

1.ในบรรทัดแรกของโปรแกรม จะต้องขึ้นต้นด้วยคำว่า function ตามด้วยชื่อฟังก์ชันที่ผู้ใช้กำหนด ตัวอย่างเช่น

function rotate(input)

โดยที่ rotate เป็นชื่อฟังก์ชันที่ผู้ใช้กำหนด

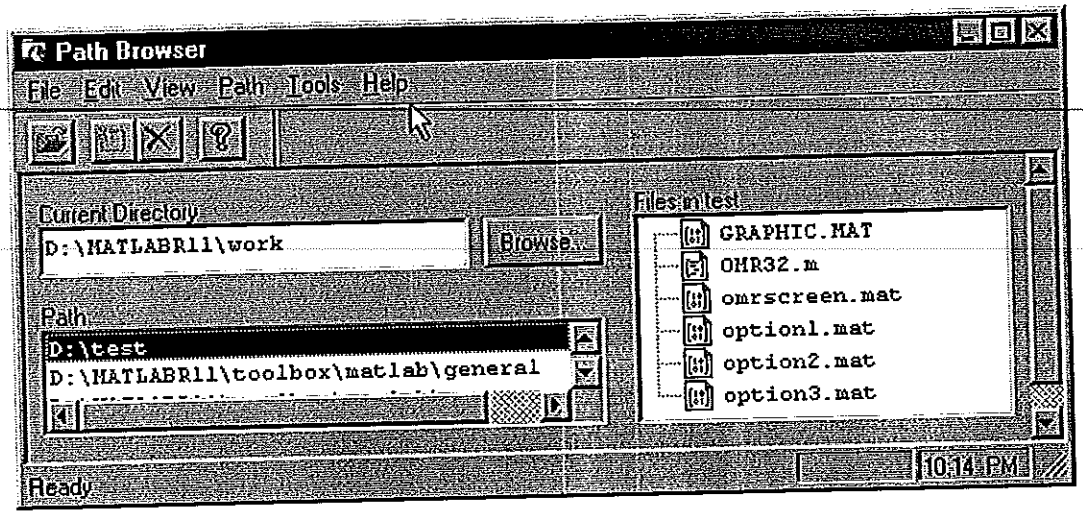
input เป็นตัวแปรอินพุท argument ที่ทำหน้าที่รับข้อมูลผู้ใช้เป็นผู้กำหนดและส่งผ่านให้กับฟังก์ชั่น เพื่อประมวลผล

2.ควรกำหนดชื่อฟังก์ชันที่ปรากฏในบรรทัดแรกของโปรแกรม ให้ตรงกับชื่อของแฟ้มข้อมูล m-file ที่จะบันทึกเก็บไว้ในฮาร์ดดิสก์ แต่ Matlab จะประมวลผลจากการอ่านชื่อไฟล์ที่เก็บไว้ในฮาร์ดดิสก์เป็นหลัก และชื่อฟังก์ชันต้องเริ่มต้นด้วยตัวอักษรเท่านั้น ถัดจากนั้นสามารถใช้ตัวเลขหรือตัวอักษร หรือเครื่องหมาย "_" ได้

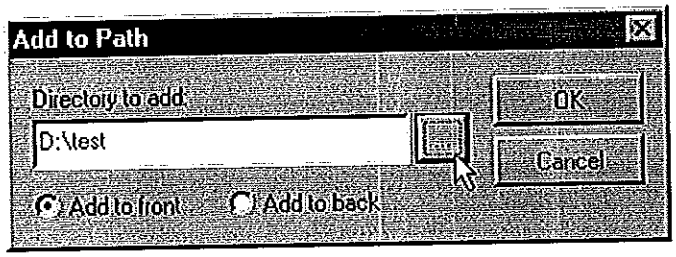
3.ผู้ใช้สามารถใช้เครื่องหมาย "%" เพื่ออธิบายคำสั่งต่างๆ โดย Matlab จะไม่ประมวลผลคำสั่งที่ตามหลังเครื่องหมายดังกล่าว

การเรียกใช้ฟังก์ชัน

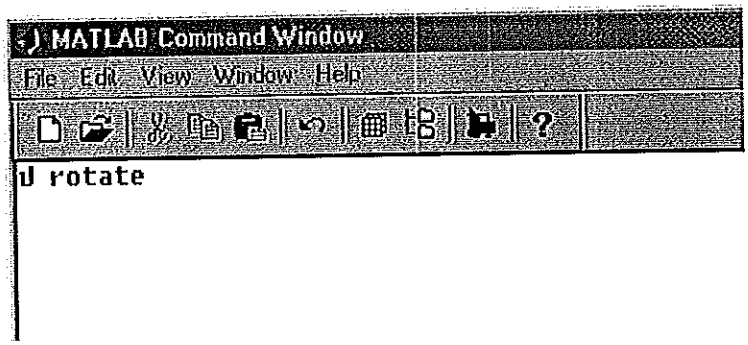
1.จากหน้าต่างคำสั่ง เลือกเมนู File >> Set Path จะปรากฏหน้าต่าง Path Browser ขึ้นมา



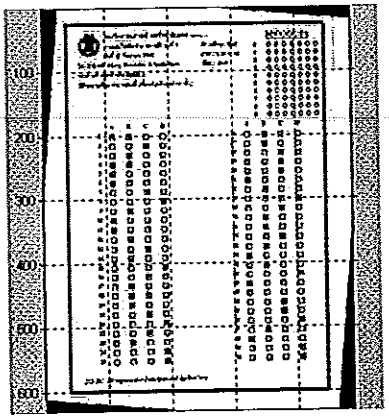
2.จากหน้าต่าง Path Browser เลือกเมนู Path >> Add to path จากนั้นกดปุ่ม เพื่อกำหนดตำแหน่งไดเร็คทอรีที่ใช้เก็บฟังก์ชันที่ต้องการประมวลผลหรือป้อนตำแหน่งผ่านทางคีย์บอร์ดก็ได้



3.ที่ตำแหน่ง prompt ของหน้าต่างคำสั่ง พิมพ์ชื่อฟังก์ชันที่ต้องการประมวลผล จากนั้นกดปุ่ม Enter บนคีย์บอร์ด



4.ฟังก์ชันก็จะแสดงผลตามคำสั่งที่ผู้ใช้เขียนไว้



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายขนบ ทองคำ

วัน เดือน ปีเกิด 20 ตุลาคม 2515

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2537

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับระหว่างการศึกษา)

ทุนการศึกษามูลนิธิคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

ลูกจ้างชั่วคราวตำแหน่งอาจารย์ โปรแกรมวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และคอมพิวเตอร์ศึกษา สถาบันราชภัฏสงขลา