การจำแนกข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม

DATA EXTRACTION IN FROM PROCESSING SYSTEM

รพีพร ช่ำชอง
RAPEEPORN CHAMCHONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2544

ISBN 974-648-361-7

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การจำแนกข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม

DATA EXTRACTION IN FORM PROCESSING SYSTEM

รพีพร ช่ำชอง

RAPEEPORN CHAMCHONG

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 40611
วัน, เดือน, ปี 18 ต.ค. 2544

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2544

ISBN 974-648-361-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA EXTRACTION IN FORM PROCESSING SYSTEM

RAPEEPORN CHAMCHONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2001

ISBN 974-648-361-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2001

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจำแนกข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม

DATA EXTRACTION IN FORM PROCESSING SYSTEM

ชื่อนักศึกษา นางรพีพร ช่ำชอง

รหัสประจำตัว 40061046

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.สุวิพล	สิทธิชีวภาค	
ผศ.ดร.ไกรสิน	ส่งวัฒนา	
ผศ.ดร.ปัญญา	ฐิติมัชฌิมา	
รศ.ดร.ยุทธพงษ์	รังสรรค์เสรี	

วัน/เดือนปี ที่สอบ 26 กรกฎาคม 2544 **เวลา** 10.00-12.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร 12 ชั้น ชั้น 4 (ห้อง E12-402)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัตชู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 14 **เดือน** สิงหาคม **พ.ศ.** 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจำแนกข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม
นักศึกษา	นางรพีพร ช่ำชอง
รหัสประจำตัว	40061046
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2544
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี

บทคัดย่อ

ขั้นตอนแรกของการประมวลผลแบบฟอร์มที่มีภาพแบคกราวด์ ได้แก่การเตรียมข้อมูลภาพที่มีคุณภาพดีและเหมาะสมกับการนำไปประมวลผลอื่นๆ ต่อไป ภาพที่ต้องการเป็นภาพที่สมบูรณ์ของข้อมูลที่กรอกในแบบฟอร์ม สามารถคำนวณจากภาพเริ่มต้นซึ่งเป็นภาพระดับเทา (Gray level Image) ของเอกสาร โดยการแยกองค์ประกอบของภาพจากฮิสโตแกรมเพื่อกำจัดแบคกราวด์ ข้อมูลที่กรอกในแบบฟอร์มอาจขาดหายไปบางส่วนภายหลังการกำจัดเส้นอ้างอิงจะถูกสร้างกลับคืนมาได้โดยใช้วิธีทางมอร์โฟโลยี (Morphological Operation) และจำแนกฟิลด์ข้อมูลที่ผู้ใช้กรอกโดยพิจารณาจากแนวเส้นอ้างอิงหลัก โดยการประยุกต์ใช้กับภาพแบบฟอร์มเอกสารต่างๆ แสดงให้เห็นการใช้งานของอัลกอริธึมดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Data Extraction in Form Processing System
Student	Mrs. Rapeeporn Chamchong
Student ID.	40061046
Degree	Master of Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	2001
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr.Yuttapong Rangsanseri

ABSTRACT

The systems that process form document containing gray-level background require a preliminary task of preparing a high quality image suitable for the further processing. Starting from a scanned gray-level image, the background is first eliminated by decomposing the histogram of the image. The lost part of the filled text due to the removal of reference lines is then recovered by using morphological operations. Field extraction is based on reference lines. The experimental results on a complex document images are given to illustrate the usefulness of such an algorithm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ และความช่วยเหลือ ให้ความรู้ คำแนะนำแนวทางการทำวิจัย และแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆ เป็นอย่างดีจาก รศ.ดร.ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

กราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ปัญญา ฐิติมัชฌิมา ที่ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือทุกๆ ด้าน

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ศ.ดร.กิตติ อินทรานนท์ ที่ให้ความช่วยเหลือ และกระตุ้นให้ทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จ

ขอขอบคุณ จุ๋ม ต้น กฤษณะ ตุ๊กตา เล็ก อ๊อด ประพนธ์ นัฐ โป้ง ที่ให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจตลอดมา

สุดท้าย ขอขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ พี่แม็ค และครอบครัวที่คอยดูแลเอาใจใส่ ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

รพีพร ช่ำชอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญภาพ VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาของงานวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ 2

1.5 ขั้นตอนของงานวิจัย 3

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีเบื้องต้นในการประมวลผลแบบฟอร์ม 6

2.1 การกำจัดสัญญาณรบกวน 7

2.1.1 ตัวกรองสัญญาณแบบเฉลี่ยข้อมูล 8

2.1.2 ตัวกรองสัญญาณแบบเกาส์เซียน 8

2.2 การหาค่าเธรดโชลด์ 12

2.2.1 การหาค่าเธรดโชลด์โดยใช้อัลกอริธึมของ Otsu 14

2.2.2 การหาค่าเธรดโชลด์โดยใช้อัลกอริธึมของ Otsu แบบเรียกตัวเอง 15

2.2.3 การหาค่าเธรดโชลด์ตามคุณลักษณะของวัตถุ 18

2.3 มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ 22

2.3.1 มอร์โฟโลยีภาพ 2 ระดับ 23

2.3.2 มอร์โฟโลยีภาพ 256 ระดับเทา 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การจำแนกข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม 30

3.1 การกำจัดสัญญาณรบกวน 31

3.2 การกำจัดแบคกราวด์และเส้นอ้างอิง 31

3.2.1 การกำจัดแบคกราวด์ 32

3.2.2 การกำจัดเส้นอ้างอิง 34

3.3 การปรับปรุงข้อมูลที่เขียนทับกับเส้นอ้างอิง 35

3.3.1 ขบวนการโคลส์ซิงมอร์โฟโลยี 36

3.3.2 การสร้างข้อมูล 37

3.4 การจำแนกฟิลด์ออกจากแบบฟอร์ม 39

บทที่ 4 ผลการทดลอง 41

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 54

เอกสารอ้างอิง 57

ภาคผนวก 59

ประวัติผู้เขียน 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	การจำแนกข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม	3
2.1	ภาพเริ่มต้นเพื่อใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวน	9
2.2	การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองแบบเฉลี่ยข้อมูล	10
2.3	การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองแบบเกาส์เซียน	11
2.4	ฮิสโตแกรมระดับความเข้มของภาพ f(i, j) ที่องค์ประกอบภาพส่วนที่เป็นวัตถุค่อนข้างมืดอยู่บนส่วนพื้นหลังที่สว่าง	13
2.5	ฮิสโตแกรมระดับความเข้มของภาพ f(i, j) ที่องค์ประกอบภาพส่วนที่เป็นวัตถุค่อนข้างมืดอยู่บนส่วนพื้นหลังที่มีมากกว่า 2 พีก	16
2.6	ขั้นตอนการหาค่าเธรดโชลด์โดยการประยุกต์ใช้อัลกอริธึมของ Otsu แบบเรียกตัวเอง	17
2.7	ขั้นตอนการหาค่าเธรดโชลด์ตามคุณลักษณะของวัตถุ (OAT)	19
2.8	ภาพเริ่มต้นเพื่อใช้ในการหาค่าเธรดโชลด์	20
2.9	การกำจัดแบคกราวด์โดยการหาค่าเธรดโชลด์ด้วยอัลกอริธึมของ Otsu	20
2.10	การกำจัดแบคกราวด์โดยการหาค่าเธรดโชลด์โดยใช้อัลกอริธึมของ Otsu แบบเรียกตัวเอง	21
2.11	การกำจัดแบคกราวด์โดยการหาค่าเธรดโชลด์ตามคุณลักษณะของวัตถุ (OAT)	22
2.12	ตัวอย่างจุดภาพในเมตริกซ์ 2 มิติ	23
2.13	ตำแหน่งจุดภาพเริ่มต้นของเซต A, เซต B และการไดเลชันของเซต A $\oplus$ B	24
2.14	ตำแหน่งจุดภาพเริ่มต้นของเซต A, เซต B และการอีรอชันของเซต A $\ominus$ B	25
2.15	การทำโคลส์ซิง : (A $\oplus$ B) $\ominus$ B	26
2.16	การทำโอเพนนิง (A$\ominus$B) $\oplus$ B	26
2.17	การทำไดเลชันของภาพเอกสาร 256 ระดับเทา (f $\oplus$ B)	27
2.18	การทำอีรอชันของภาพเอกสาร 256 ระดับเทา (f $\ominus$ B)	28
2.19	การทำโอเพนนิง และโคลส์ซิงของภาพ 256 ระดับเทา	29
3.1	โครงสร้างระบบจำแนกข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม	30
3.2	การกำจัดแบคกราวด์โดยปรับปรุงการหาค่าเธรดโชลด์ตามคุณลักษณะของวัตถุ (FOAT)	33
3.3	สตรัคเจอร์อีลีเม้นต์ 4 ทิศทาง ในการทำโคลสซิงมอร์โฟโลยี	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.4	การหาค่าเฉลี่ยของเส้นอ้างอิง	38
4.1	ภาพต้นฉบับ	41
4.2	ภาพกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองสัญญาณแบบเกาส์เซียน (f_f)	42
4.3	ฮิสโตแกรมจำนวนจุดภาพจากภาพเอกสารที่ได้จากการกรองสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน	43
4.4	ภาพเช็คธนาคารที่ได้หลังจากกำจัดแบคกราวด์ด้วยวิธีการปรับปรุงการหาค่าเธรดโชลด์ตามคุณลักษณะของวัตถุ (FOAT) (f_{bg})	44
4.5	ผลลัพธ์ภาพเช็คธนาคารที่ได้จากการกำจัดเส้นอ้างอิง (f_{ln})	45
4.6	ผลการรวมข้อมูลภาพ (f_{res}) ที่ได้จากการจำแนกส่วนของข้อมูลออกจากแนวเส้นอ้างอิงที่มีสตรัคเจอร์อีลีเม้นต์ทั้ง 4 ทิศทาง ($f_{res\text{-}k}$) เข้าด้วยกัน	46
4.7	ผลการสร้างข้อมูล (f_{data})โดยการรวมข้อมูลภาพที่ได้จากการจำแนกส่วนของข้อมูลออกจากแนวเส้นอ้างอิง (f_{res}) และภาพที่ได้จากการกำจัดเส้นอ้างอิง (f_{ln})	47
4.8	การสร้างข้อมูล (f_{data}) จากขั้นตอนต่างๆ	48
4.9	การจำแนกฟิลด์ข้อมูลที่ได้จากแบบฟอร์มเช็คธนาคารไทยพาณิชย์ที่ผ่านการสร้างส่วนของข้อมูลที่ขาดหายไป (f_{data})	49
4.10	การจำแนกฟิลด์ข้อมูลที่ได้จากแบบฟอร์มเช็คธนาคารกรุงศรีอยุธยาที่ผ่านการสร้างส่วนของข้อมูลที่ขาดหายไป (f_{data})	50
4.11	การจำแนกข้อมูลจากแบบฟอร์มลงทะเบียน	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาของงานวิจัย

ในปัจจุบันองค์กรต่างๆ ได้นำเอาแบบฟอร์มมาตรฐานเข้ามาใช้ในหน่วยงานเป็นจำนวนมากขึ้น เพื่อให้การเก็บรวบรวมข้อมูลได้สะดวก รวดเร็วขึ้น แต่การนำข้อมูลเข้าระบบคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันนั้นยังไม่จัดเป็นระบบอัตโนมัติ ยังต้องอาศัยผู้ใช้ระบบเป็นผู้บันทึกข้อมูลเข้าระบบ ถ้าในแต่ละวันมีแบบฟอร์มจำนวนมาก ก็จะส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูลได้ และยังทำให้เกิดความล่าช้าในการบันทึกข้อมูล รวมทั้งสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้น การจัดทำระบบประมวลผลแบบฟอร์มอัตโนมัติ จะเป็นการนำข้อมูลเข้าระบบโดยให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลเองอย่างอัตโนมัติ โดยไม่ต้องอาศัยผู้ใช้ระบบเป็นผู้นำเข้าอีกต่อไป ซึ่งจะทำให้การประมวลผลมีความสะดวก รวดเร็ว และยังลดต้นทุนในการนำข้อมูลเข้าระบบคอมพิวเตอร์ได้อีกด้วย

ในการประมวลผลข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์มอัตโนมัตินั้น ก่อนจะนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลต่อไปได้นั้น จำเป็นต้องทำการจำแนกข้อมูลที่ผู้ใช้กรอกออกจากแบบฟอร์มสำเร็จรูปดังกล่าวก่อน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ และถูกต้อง ให้สามารถนำไปประมวลผลในระบบอื่นๆ ต่อไปได้อย่างถูกต้อง เช่น เมื่อนำไปผ่านขบวนการแปลข้อความ หรือ OCR จะทำให้ผลการแปลนั้นถูกต้องสมบูรณ์ด้วย รวมทั้งการหาวิธีการในการจำแนกให้มีความสะดวก รวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด เนื่องจากเอกสารที่นำเข้าอาจเป็นภาพเอกสารที่มีความหลากหลาย ซึ่งประกอบด้วยส่วนของแบคกราวด์ เส้นอ้างอิง ข้อความบนแบบฟอร์มเปล่า และข้อความที่ผู้ใช้เติมลงบนแบบฟอร์มเปล่า ซึ่งจากเดิมได้มีผู้ศึกษาถึงการประมวลผลแบบฟอร์มโดยพิจารณาจากภาพนำเข้าที่เป็นภาพไบนารี ยังไม่ครอบคลุมการทำงานกับภาพที่มีแบคกราวด์หลากหลาย ดังเช่นเช็คของธนาคาร และมีผู้ศึกษาถึงการนำเข้าแบบฟอร์มสำเร็จรูปโดยการจำแนกจะพิจารณาจากแบบฟอร์มเปล่าที่ยังไม่มีการเติมข้อมูลลงบนแบบฟอร์ม ทำให้เสียค่าใช้จ่ายและเวลาในการประมวลผลกับแบบฟอร์มเปล่าก่อนการประมวลผลจริง รวมทั้งยังไม่เป็นระบบที่ทำงานได้โดยอัตโนมัติ ไม่ครอบคลุมการทำงานที่หลากหลาย และการจำแนกฟิลด์โดยทั่วไปยังต้องพึ่งผู้ใช้ระบบเป็นผู้กำหนด

โดยทั่วไปแล้วแบบฟอร์มสำเร็จรูปจะมีส่วนประกอบหลักคือ ข้อความ สัญลักษณ์ ภาพแบคกราวด์ กรอบสี่เหลี่ยมหรือเส้นอ้างอิงแนวนอน และข้อมูลที่กรอกบนแบบฟอร์มซึ่งอาจเป็นตัวอักษรที่เขียนหรือพิมพ์ และการกรอกข้อมูลจะกรอกในกรอบสี่เหลี่ยมหรือบนเส้นแนวนอน ดังนั้น การจำแนกข้อมูลที่กรอกบนแบบฟอร์ม จัดเป็นส่วนสำคัญของการดำเนินงานเพื่อนำข้อมูลบนแบบฟอร์มนำไปใช้งานต่อไปได้ และเพื่อให้ข้อมูลที่กรอกบนแบบฟอร์มมีความสมบูรณ์ ต้องกำจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้มีการนำเอกสารนี้ไปดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคกราวด์ และเส้นอ้างอิง (Reference Lines) ที่อาจตัดทับกับข้อมูลที่กรอกบนแบบฟอร์ม ซึ่งเป็นปัญหาหลักของการจำแนกข้อมูลเบื้องต้น หลังจากกำจัดเส้นอ้างอิงแล้วยังส่งผลให้ส่วนของข้อมูลที่ตัดทับกับเส้นอ้างอิงหายไป ดังนั้นเพื่อให้ข้อมูลที่จำแนกสามารถนำไปประมวลผลต่อได้อย่างถูกต้อง จะต้องหาวิธีการปรับปรุงข้อมูลที่ขาดหายไปให้คงสภาพเช่นเดิมได้

จากปัญหาดังกล่าวที่พบ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอการจำแนกข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม ซึ่งใช้หลักการประมวลผลภาพที่มีแบคกราวด์ และการจำแนกฟิลด์ข้อมูลโดยพิจารณาจากเส้นอ้างอิง (Reference Lines) เป็นหลัก และประมวลผลโดยใช้ยูสเซอร์อินเตอร์เฟสน้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้สามารถจำแนกข้อมูลที่ผู้ใช้กรอกลงบนแบบฟอร์มได้สะดวก รวดเร็ว ถูกต้อง และประหยัดค่าใช้จ่าย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบเพื่อจำแนกข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม ที่มีความสะดวก รวดเร็ว และถูกต้อง สำหรับภาพเอกสารระดับเทาที่มีภาพแบคกราวด์หลากหลาย และการจำแนกฟิลด์ข้อมูลโดยใช้เส้นอ้างอิงเป็นหลักพื้นฐานในการพัฒนา
2. สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ไปในการประมวลผลอื่นๆ ในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม เช่น การแปลข้อความ หรือ OCR
3. เป็นงานวิจัยต้นแบบสำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการประมวลผลแบบฟอร์ม

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. โปรแกรมจำแนกข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์มที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้ได้ในระบบงานจริง มีความถูกต้อง รวดเร็ว และยืดหยุ่น
2. สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการจำแนกไปใช้ประมวลผลอื่นๆ ต่อไปได้อย่างถูกต้อง
3. เป็นโปรแกรมต้นแบบของการพัฒนาซอฟท์แวร์ในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม

1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้กำหนดขอบเขตของการศึกษาและทำวิจัยดังนี้

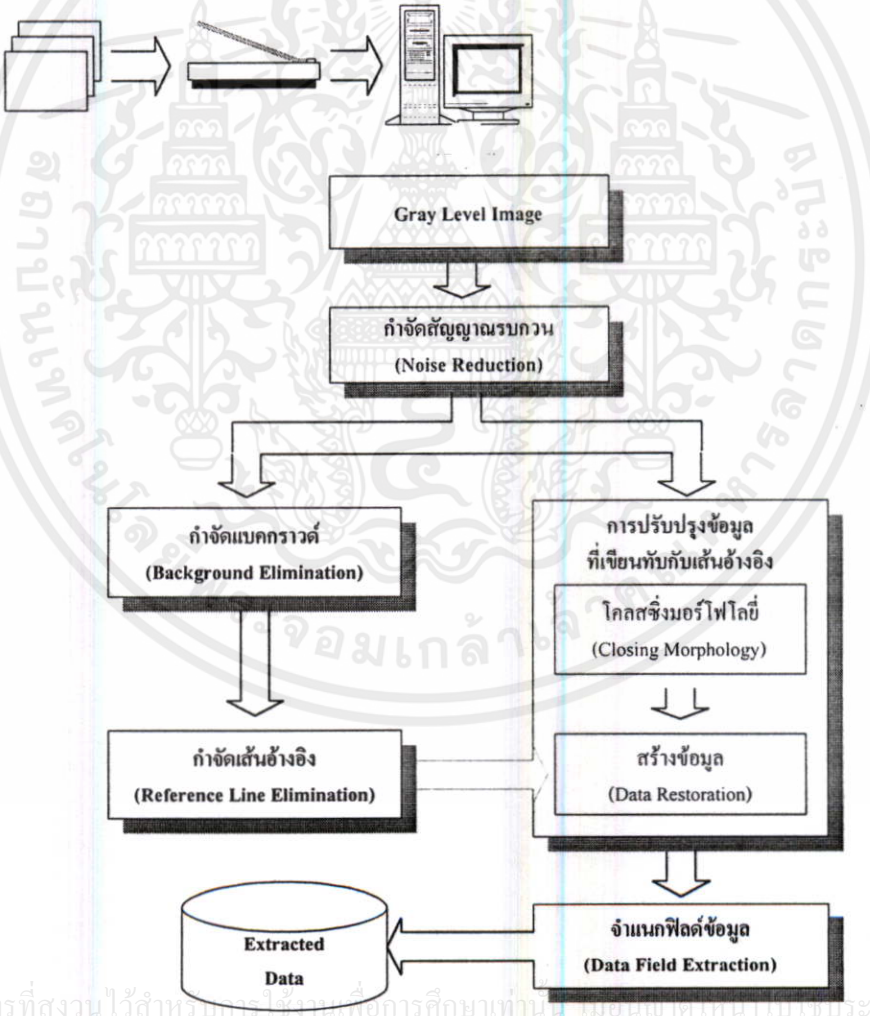
1. ภาพเอกสารที่ใช้ในการทดลองเป็นภาพเอกสารระดับเทา ที่สแกนด้วยรายละเอียดการสแกน 300 จุดภาพต่อนิ้ว
2. ภาพเอกสารสามารถใช้เส้นอ้างอิงในแกนนอนสำหรับจำแนกฟิลด์ข้อมูลได้ และใช้ขบวนการโคลสซิงมอร์โฟโลยีในการสร้างข้อมูลที่ขาดหายไปจากการตัดทับกับแนวเส้นอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เอกสารที่ใช้เป็นเช็คธนาคาร ซึ่งมีความสะดวกในการกำหนดประเภทของฟิลด์ โดยใช้พื้นฐานดังกล่าวได้

1.5 ขั้นตอนของงานวิจัย

การจำแนกข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม วิธีที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะทำการพัฒนาโดยใช้หลักการประมวลผลภาพที่มีภาพแบคกราวด์ และการจำแนกฟิลด์ข้อมูลโดยพิจารณาจากเส้นอ้างอิงเป็นหลัก ภายใต้การทำงานแบบซุปเปอร์ไวเซอร์ โดยการนำเข้าแบบฟอร์มเอกสารผ่านเครื่องสแกนเนอร์ จากนั้น สร้างโปรแกรมเพื่อทำการประมวลผลกับภาพที่ได้จากสแกนเนอร์ โดยแบ่งการประมวลออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการประมวลผลขั้นต้นเพื่อปรับปรุงคุณภาพ และส่วนการประมวลผลเพื่อการจำแนกข้อมูลที่ผู้ใช้เติมลงบนแบบฟอร์ม ดังแสดงขั้นตอนการทำงานโดยรวมในภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 การจำแนกข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 1.1 แสดงการจำแนกข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม เริ่มการทำงานโดยการสแกนภาพแบบฟอร์มเอกสารผ่านเครื่องสแกนเนอร์ให้ทำการสร้างภาพเอกสาร ซึ่งจะสามารถกำหนดเงื่อนไขในการสร้างภาพไว้ได้หลายระดับสี เช่น 2, 256, และ 16.7 ล้านระดับสี แต่ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกำหนดให้สแกนเนอร์สร้างภาพระดับเทา 256 ระดับ (Multi-Gray level) ด้วยความละเอียดการสแกน 300 จุดภาพต่อนิ้ว การที่กำหนดให้ความใช้ความละเอียดสูง เนื่องจากเป้าหมายของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปประมวลผลอื่นๆ ต่อไป ซึ่งเกี่ยวข้องกับขบวนการรู้จำ (Pattern Recognition) ดังนั้นถ้ากำหนดให้ภาพมีความละเอียดต่ำมาก เช่น 75, 100 หรือ 150 จุดภาพต่อนิ้วแล้ว จะทำให้การนำผลลัพธ์ที่ได้ไปทำการแปลข้อความได้ไม่ถูกต้อง

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้เสนอวิธีการจำแนกข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม เนื้อหาแยกออกเป็น บทดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึง ที่มาของงานวิจัย วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขั้นตอนงานวิจัย ข้อตกลงเบื้องต้น ข้อจำกัดของการศึกษา และเนื้อหาของงานวิจัย

บทที่ 2 ทฤษฎีเบื้องต้นในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม ซึ่งจะกล่าวถึง ทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ ในระบบประมวลผลเอกสารและแบบฟอร์มทั่วๆไป และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 การจำแนกข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม ซึ่งจะกล่าวถึง ขั้นตอนการกำจัดแบคกราวด์และเส้นอ้างอิง การปรับปรุงข้อมูลที่เขียนทับกับเส้นอ้างอิงโดยสร้างส่วนที่ขาดหายไปหลังจากการกำจัดเส้นอ้างอิง ด้วยขบวนการโคลสซิงมอร์โฟโลยี และการจำแนกฟิลด์ข้อมูลโดยใช้เส้นอ้างอิงเป็นหลัก

บทที่ 4 ผลการทดลอง กล่าวถึงผลการทดลองที่ได้จากระบบประมวลผลแบบฟอร์มในแต่ละขั้นตอน

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีเบื้องต้นในการประมวลผลแบบฟอร์ม

ระบบการประมวลผลแบบฟอร์ม จัดเป็นงานทางด้านการวิเคราะห์เอกสาร (Document Analysis) ซึ่งได้มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์เอกสารต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก โดยสามารถแบ่งประเภทของเอกสารได้ 2 ประเภท [1] คือ

1. เอกสารทั่วๆ ไป ที่ไม่ได้จัดอยู่ในรูปของแบบฟอร์มมาตรฐาน เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร รายงาน ฯลฯ ซึ่งเอกสารดังกล่าวนี้ถ้ามาทำการวิเคราะห์เอกสารโดยผ่านระบบคอมพิวเตอร์ จะทำการวิเคราะห์เพียงส่วนของข้อความ (Text) และส่วนของภาพกราฟิก (Graphic) โดยอาศัยการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางตรรกเท่านั้น

2. เอกสารที่จัดเป็นแบบฟอร์มมาตรฐาน ที่องค์กรต่างๆ จัดทำเพื่อให้ผู้ใช้กรอกข้อความลงบนแบบฟอร์มพื้นๆ เช่น เช็คธนาคาร แบบฟอร์มฝากถอนเงิน ใบเสร็จรับเงิน ใบส่งของ แบบฟอร์มภาษีเงินได้ แบบฟอร์มการลงทะเบียน ฯลฯ

ซึ่งในการวิเคราะห์แบบฟอร์มมาตรฐานนี้ จะมีความยุ่งยากซับซ้อนขึ้นมากกว่าการวิเคราะห์เอกสารทั่วๆ ไป เช่น จะเห็นว่าในส่วนของเส้นตรงที่ใช้อ้างอิงดังกล่าวนั้น จัดเป็นส่วนของกราฟิก และบางครั้งในการกรอกข้อมูลอาจทำให้เกิดการตัดทับกันระหว่างเส้นตรงกับตัวอักษรที่กรอกลงบนแบบฟอร์ม

ในการวิเคราะห์เอกสารที่อยู่ในรูปของแบบฟอร์มจะเป็นการวิเคราะห์โครงสร้างเอกสารทางกายภาพ และแสดงตำแหน่งของข้อมูลที่ต้องการ (Object) อย่างไรก็ตาม เอกสารที่เป็นแบบฟอร์มสำเร็จรูปนั้น แม้จะมีความหลากหลายแตกต่างกันไป แต่รูปแบบของแบบฟอร์มแต่ละชนิดก็ไม่ได้เปลี่ยนแปลงกันบ่อย และแบบฟอร์มประเภทเดียวกันในแต่ละองค์กร ก็จะมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน

จากการศึกษาโครงสร้างของเอกสารที่จัดอยู่ในรูปของแบบฟอร์มมาตรฐานนั้น มี 2 ประเภท คือ

1. แบบฟอร์มที่มีรูปแบบไม่คงที่ หรือยืดหยุ่น (Flexible Forms) ได้แก่แบบฟอร์มทั่วๆ ไป ที่ไม่ได้มีการกำหนดมาตรฐานที่แน่นอนตายตัว ซึ่งต่างองค์กรก็อาจกำหนดรูปแบบที่แตกต่างกันไป อีกทั้งไม่สามารถกำหนดฟิลด์ข้อมูลที่เป็นมาตรฐานจากแบบฟอร์มได้ ต้องอาศัยยูสเซอร์อินเตอร์เฟสเข้ามาช่วยจัดการในการกำหนดฟิลด์ข้อมูลที่ได้ และจะต้องทำการเก็บข้อมูลแบบฟอร์มเปล่าเบื้องต้นเอาไว้เพื่อการเรียนรู้ฐานข้อมูลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบฟอร์มที่มีรูปแบบคงที่ (Fixed Forms) ซึ่งได้แก่แบบฟอร์มที่มีฟิลด์ข้อมูลคงที่ และมีไว้เป็นมาตรฐานเดียวกันในแต่ละหน่วยงานต่างๆ ได้แก่ เช็คธนาคาร ซึ่งจะมีฟิลด์ข้อมูลที่ให้ผู้

ใช้กรอกเหมือนกัน และตำแหน่งของแต่ละฟิลด์ถูกกำหนดไว้ในรูปแบบเดียวกัน แต่อาจมีขนาดหรือลวดลายต่างกันไป ถึงแม้จะมีความแตกต่างกันบ้างในแต่ละองค์กรแต่ก็จัดว่ามีโครงสร้างทั่วๆ ไป ทั้งทางกายภาพและทางตรรกที่เหมือนกัน ในการจัดการระบบจึงไม่จำเป็นต้องอาศัยยูสเซอร์อินเตอร์เฟซ แต่ใช้เฉพาะการวิเคราะห์โครงสร้างของแบบฟอร์มเท่านั้น

จากการศึกษาการวิเคราะห์แบบฟอร์มที่มีรูปแบบไม่คงที่ ได้มีผู้ศึกษาวิจัยไว้หลายรูปแบบด้วยกัน แต่ต้นแบบได้มีผู้วิเคราะห์ไว้โดยการนำแบบฟอร์มเปล่ามาสร้างเป็นโมเดล [2, 3] แล้วจึงนำแบบฟอร์มจริงที่มีการกรอกข้อมูลแล้วไปแยกประเภทของแบบฟอร์มจากโมเดลดังกล่าว รวมทั้งการจำแนกฟิลด์ข้อมูล จะต้องอาศัยยูสเซอร์อินเตอร์เฟสเข้ามาช่วยในการจำแนกฟิลด์ ในการวิเคราะห์แบบฟอร์มที่มีความยุ่งยากซับซ้อน จำเป็นต้องใช้วิธีการจำแนกฟิลด์ข้อมูลโดยการใช้โมเดลของฟอร์มต้นฉบับเข้ามาช่วยจัดการ นอกจากนี้ งานวิจัยเรื่องระบบตรวจข้อสอบอัตโนมัติ [4] ได้ทำการศึกษา วิเคราะห์การประมวลผลแบบฟอร์มในแนวทางดังกล่าวไว้ ซึ่งวิธีการที่กล่าวมามีความยืดหยุ่นต่อการประมวลผลแบบฟอร์มในประเภทต่างๆ แต่เสียเวลา และเนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูล เพราะต้องมีการสร้างโมเดลบันทึกฟอร์มไลบรารี่ และการกำหนดฟิลด์ข้อมูลในครั้งแรก จากนั้นเมื่อนำฟอร์มเข้าระบบก็จะเสียเวลาในการแยกประเภทของเอกสาร โดยต้องนำมาเปรียบเทียบกับโมเดลที่มีอยู่ และอาจทำให้เกิดปัญหาการแยกประเภทของฟอร์มผิดพลาดได้ เนื่องจากแบบฟอร์มดังกล่าวบางครั้งพิมพ์ไม่พร้อมกัน อาจทำให้ตำแหน่งของฟิลด์ข้อมูลที่ได้คลาดเคลื่อนออกไป

นอกจากนี้ ในงานการวิเคราะห์การประมวลผลแบบฟอร์มดังกล่าวนี้ ศึกษาเฉพาะภาพเอกสารที่เป็นไบนารี ถ้าเอกสารดังกล่าวมีความหลากหลายของแบคกราวด์ จะไม่สามารถวิเคราะห์เอกสารดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นการนำเข้าของเอกสารที่มีความหลากหลายของแบคกราวด์ต้องนำเข้าเป็นภาพระดับเทา และต้องจำแนกส่วนของข้อความออกจากแบคกราวด์ดังกล่าว ซึ่งมีผู้ศึกษาวิจัยขบวนการจำแนกส่วนของข้อความออกจากแบคกราวด์โดยใช้วิธีการหาค่าเธรดโชลด์จากฮิสโตแกรมระดับเทาของภาพของ Otsu [5]

นอกจากนี้ การจำแนกฟิลด์ข้อมูลที่ได้จากแบบฟอร์มต่างๆ ในบางครั้งอาจเกิดปัญหาการตัดทับของข้อความที่ผู้ใช้กรอกลงบนแบบฟอร์มกับแนวเส้นอ้างอิงที่ในแบบฟอร์มได้กำหนดไว้ให้ผู้ใช้เติมข้อมูลนั้น เมื่อทำการจำแนกฟิลด์ข้อมูลแล้วข้อความที่ตัดทับกับเส้นอ้างอิงอาจขาดหายไปได้ ซึ่งได้มีผู้ศึกษาการตัดทับของข้อความกับแนวเส้นอ้างอิงไว้หลายวิธี จากวิธีของ Richard Casey และคณะ [2] นั้นไม่ได้เสนอวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าวไว้ ตัวอักษรที่ถูกจำแนกออกมาจึงมีส่วนที่ขาดหายไปจากการตัดทับกับแนวเส้นอ้างอิง แต่เนื่องจากงานวิจัยดังกล่าวอาศัยโครงสร้างของรูปแบบตัวอักษรในระหว่างการจัดทำ OCR มาทำนายลักษณะตัวอักษรที่ถูกต้องต่อไปได้ แต่ถ้าตัวอักษรดังกล่าวเป็นตัวอักษรที่เป็นลายมือเขียน หรือมีรูปแบบที่หลากหลายมากขึ้น การแก้ปัญหาดังกล่าวอาจทำให้การทำนายตัวอักษรนั้นไม่ถูกต้องได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษาและพัฒนาการจำแนกข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์มนี้ จะลดขั้นตอนการสร้างโมเดลของแบบฟอร์มและยูสเซอร์อินเตอร์เฟสที่ใช้ในการกำหนดฟิลด์ออกไป เพราะเนื่องจากแบบฟอร์มดังกล่าวมีรูปแบบทางกายภาพ และทางตรรกที่คงที่เป็นมาตรฐานอยู่แล้ว โดยมีพื้นฐานการพัฒนาระบบโดยอาศัยแนวเส้นอ้างอิงเป็นตัวกำหนดฟิลด์ข้อมูล นอกจากนี้ยังได้ศึกษาถึงกรณีเอกสารที่นำเข้ามีภาพแบคกราวด์ที่หลากหลายโดยอาศัยการหาค่าเธรดโชลด์ที่เหมาะสม และการสร้างส่วนที่ขาดหายไปของตัวอักษรโดยใช้โคลสซิงมอร์โฟโลยี ในกรณีที่เกิดการตัดทับกันระหว่างตัวอักษรและแนวเส้นอ้างอิง

สำหรับในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีเบื้องต้นในการประมวลผลภาพเอกสารและแบบฟอร์มโดยทั่วไป และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการจำแนกข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม ซึ่งทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่สำคัญ มีดังนี้

1. การกำจัดสัญญาณรบกวนของภาพเอกสาร
2. การหาค่าเธรดโชลด์
3. ตัวดำเนินการมอร์โฟโลยี

2.1 การกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise Reduction)

ทฤษฎีหลักโดยทั่วไปที่ใช้ในการประมวลผลภาพเอกสารหรือแบบฟอร์มนั้น ในขั้นต้นเอกสารนำเข้าที่ผ่านการสแกนโดยทั่วไป ต้องผ่านขบวนการประมวลผลก่อน (Image Preprocessing) เป็นขั้นตอนในการกำจัดสัญญาณรบกวน

ภาพเอกสารที่ผ่านการสแกน อาจเป็นข้อมูลภาพที่ไม่พร้อมสำหรับการประมวลผลจริง ทั้งนี้เพราะเอกสารที่สแกนเข้ามาอาจเกิดจุดภาพที่ไม่พึงประสงค์ขึ้นซึ่งอาจเกิดจากรอยยับของกระดาษ หรือรอยขีดข่วนหรืออาจเกิดระหว่างการแปลงสัญญาณอนาลอกไปเป็นดิจิตอล ดังนั้นต้องทำการกำจัดสัญญาณรบกวนและสิ่งไม่พึงประสงค์ ที่มีขนาดเล็กออกจากภาพก่อนที่จะนำไปประมวลผลในขั้นตอนอื่น ๆ ต่อไป

ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาถึงวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองสัญญาณเชิงเส้น สัญญาณรบกวนโดยทั่วไปแล้วจะมีความถี่สูงกว่าสัญญาณภาพปกติ สัญญาณภาพประเภทนี้สามารถกำจัดออกโดยใช้ตัวกรองสัญญาณที่ยอมให้ความถี่ต่ำผ่านไปได้ การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองสัญญาณเชิงเส้นนี้จะใช้ได้ผลกับสัญญาณรบกวนที่มีความต่อเนื่อง เช่นสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียนหรือสัญญาณรบกวนที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ตัวกรองสัญญาณแบบเฉลี่ยข้อมูล (Average Filtering)

เป็นการกำจัดสัญญาณรบกวน โดยการเฉลี่ยข้อมูลตามจำนวนของจุดรอบข้างที่นำมาพิจารณา [6] ดังนี้

$$f_f(i,j) = \frac{1}{K^2} \sum_{m=1}^{K} \sum_{n=1}^{K} f_{raw}(m,n) \tag{2.1}$$

โดยที่ $f_f(i, j)$ คือจุดภาพตำแหน่งที่ i, j ที่ประมวลผลได้จากการกำจัดสัญญารบกวน

$f_{raw}(m, n)$ คือจุดภาพเริ่มต้นที่นำเข้ามาประมวลผลโดยรวมจุดภาพ i, j

K^2 คือ ขนาดของจุดจำนวนของจุดภาพรอบข้างของจุดภาพ i,j ที่นำมาเฉลี่ยข้อมูล

กรณีที่มาสก์มีขนาด 3×3 จะได้ว่า

$$f_f(i,j) = \frac{1}{9}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \otimes f_{raw}(i,j) \tag{2.2}$$

ถ้ามาสก์มีขนาด 5×5 จะได้

$$f_f(i,j) = \frac{1}{25}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \otimes f_{raw}(i,j) \tag{2.3}$$

นั่นคือเป็นการทำตัวกรองแบบเฉลี่ยข้อมูลที่มีมาสก์ขนาดต่างๆ มาทำคอนโวลูชันกับภาพเริ่มต้นที่ได้จากการสแกนเข้าระบบนั้นเอง

2.1.2 ตัวกรองสัญญาณแบบเกาส์เซียน (Gaussian Filtering)

การกำจัดสัญญาณรบกวนโดยใช้ตัวกรองความถี่เกาส์เซียน (Gaussian Filter) [7] เป็นการถ่วงน้ำหนักให้กับมาสก์นั้นๆ โดยใช้สัมประสิทธิ์ไบโนเมียลซึ่งประยุกต์มาจากตัวกรองสัญญาณแบบเฉลี่ยข้อมูล ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f_f(i,j) = \frac{1}{S_k} \sum_{m=1}^{K} \sum_{n=1}^{K} B_{mn} \cdot f_{raw}(m,n) \qquad (2.4)$$

โดยที่ $f_f(i, j)$ คือจุดภาพตำแหน่งที่ i, j ที่ประมวลผลได้จากการกำจัดสัญญาณรบกวน

$f_{raw}(m, n)$ คือจุดภาพเริ่มต้นที่นำเข้ามาประมวลผลโดยรวมจุดภาพ i, j

B คือ มาสก์สัมประสิทธิ์ไบโนเมียลขนาด KxK

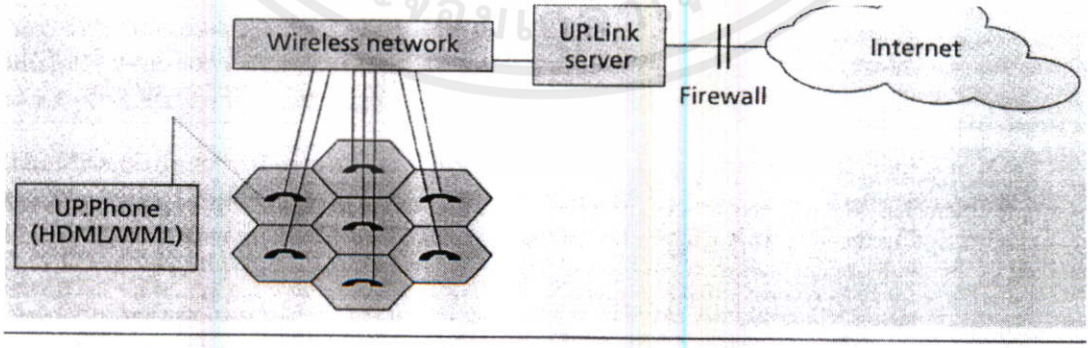
$$S_k = \sum_{m=1}^{K} \sum_{n=1}^{K} B_{mn}$$

ตัวกรองเกาส์เซียนที่ใช้มาสก์ขนาด 3×3 มีรูปแบบเป็นดังนี้

$$B_{mn} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \qquad (2.5)$$

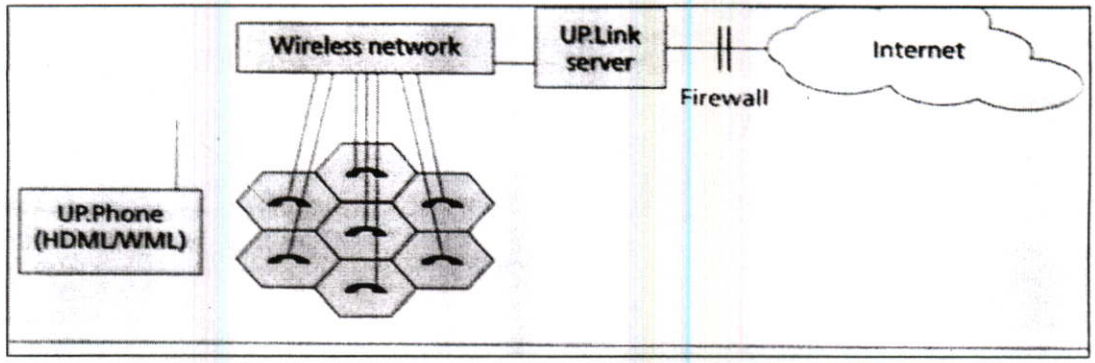
ถ้าเพิ่มมาสก์เป็นขนาด 5×5 จะได้ดังนี้

$$B_{mn} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 8 & 4 & 2 \\ 4 & 8 & 16 & 8 & 4 \\ 2 & 4 & 8 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 4 & 2 & 1 \end{bmatrix} \qquad (2.6)$$

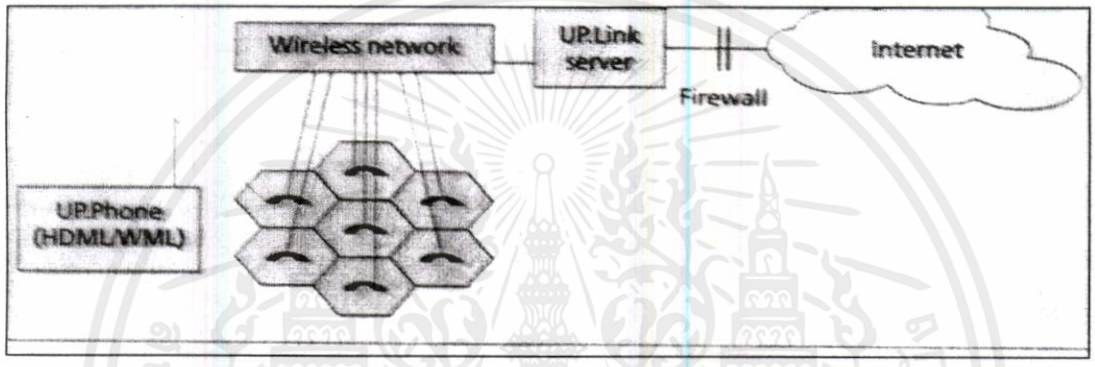


ภาพที่ 2.1 ภาพเริ่มต้นเพื่อใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

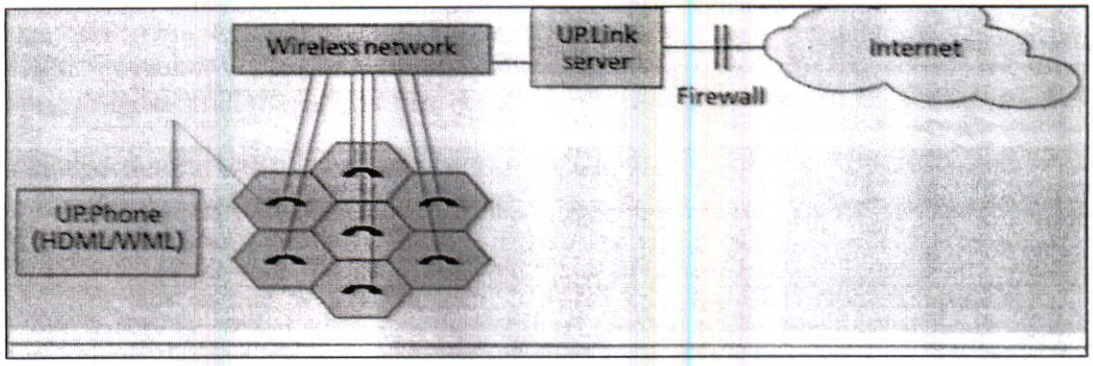


(ข)

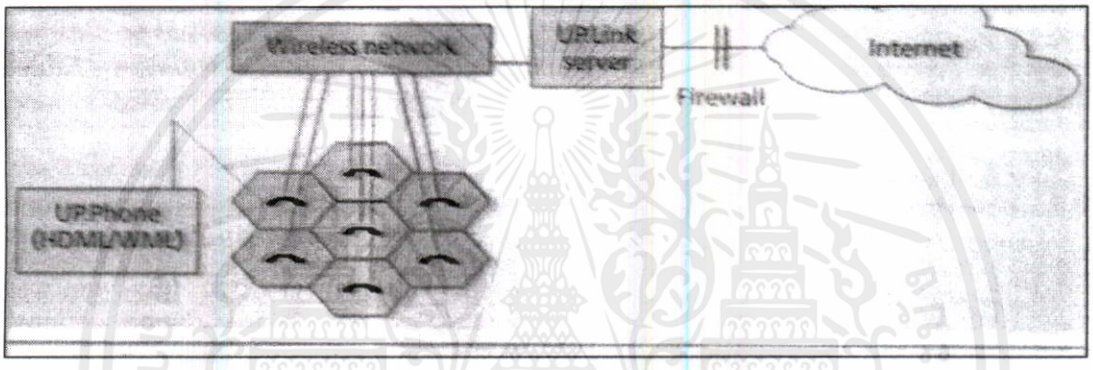
ภาพที่ 2.2 การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองแบบเฉลี่ยข้อมูล
(ก) มาส์กขนาด 3x3 (ข) มาส์กขนาด 5x5

ภาพที่ 2.1 เป็นภาพเริ่มต้นที่นำเข้าจากการสแกน และเมื่อนำมากำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองแบบเฉลี่ยข้อมูล ได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 2.2 โดยเวลาที่ใช้ในการประมวลผลภาพ (ก) ใช้เวลา 2 วินาที และภาพ (ข) ใช้เวลา 3 วินาที ซึ่งถ้าใช้มาส์กขนาด 3x3 จะเห็นว่าภาพที่ได้จะมีความคมชัดและสามารถประมวลผลได้เร็วกว่าการใช้มาส์กขนาด 5x5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2.3 การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองแบบเกาส์เซียน
(ก) มาส์กขนาด 3x3 (ข) มาส์กขนาด 5x5

ภาพที่ 2.3 แสดงตัวอย่างการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองแบบเกาส์เซียน โดยเวลาที่ใช้ในการประมวลผลภาพ (ก) ใช้เวลา 0.30 วินาที และภาพ (ข) ใช้เวลา 1 วินาที ซึ่งถ้าใช้มาสก์ขนาด 3x3 จะเห็นว่าภาพที่ได้จะมีความคมชัด และสามารถประมวลผลได้เร็วกว่าการใช้มาส์กขนาด 5x5 แต่ถ้าเทียบกับการใช้ตัวกรองแบบเฉลี่ยข้อมูล ผลลัพธ์ของภาพที่ได้แตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งวิธีเกาส์เซียนจะช่วยทำให้ตัวอักษร หรือแนวเส้นมีความเข้มมากขึ้น และยังประมวลผลได้เร็วกว่าเพราะเป็นการใช้ค่าสัมประสิทธิ์แบบไบโนเมียล

การกำจัดสัญญาณรบกวนเป็นขั้นตอนที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพเอกสารนำเข้า ซึ่งการปรับปรุงภาพจะส่งผลถึงขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลมีความถูกต้องยิ่งขึ้น เนื่องจากภาพที่ผ่านการปรับปรุงแล้วจะมีสัญญาณรบกวนน้อยลง แต่การปรับปรุงภาพบางครั้งอาจทำให้ข้อมูลที่สำคัญของภาพเกิดสูญหายได้เหมือนกัน ถ้าไม่มีการพิจารณาเลือกวิธีให้เหมาะสมกันแต่ละภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยวิธีเกาส์เซียนจะสามารถกรองสัญญาณที่มีความถี่สูงออกไปได้ และเนื่องจากสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากการสแกนนั้นส่วนใหญ่ไม่ใช้สัญญาณรบกวนประเภทเกลือ และพริกไทย (Salt and Pepper Noise) รวมทั้งยังประมวลผลได้รวดเร็ว สำหรับภาพขนาดใหญ่ และยังคงคุณภาพของความเข้มตัวอักษรไว้ได้ดีกว่าวิธีการกรองแบบเฉลี่ยข้อมูล

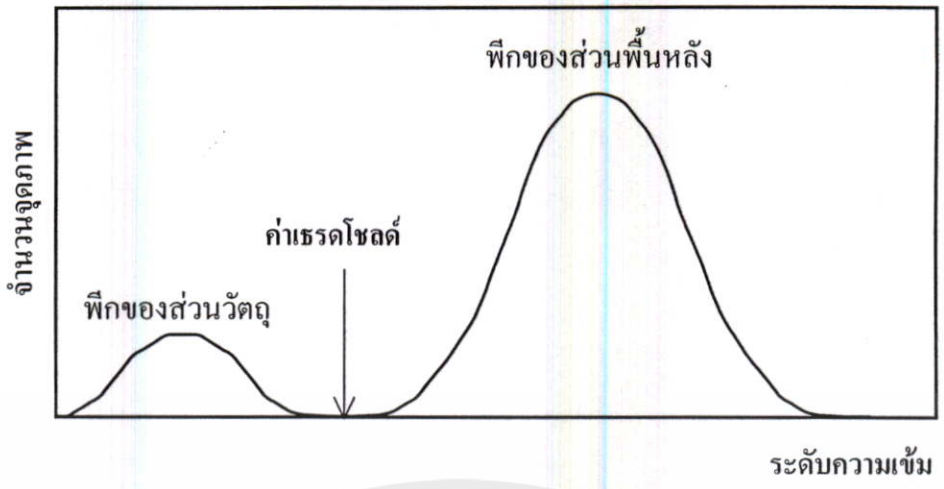
ในการเลือกใช้มาสก์มีผลต่อการคงคุณภาพของตัวอักษรไว้ได้ ถ้ายิ่งใช้มาสก์ที่มีขนาดใหญ่มากขึ้น การประมวลผลจะใช้เวลานานมากขึ้น ลักษณะของภาพเบลอมากขึ้น จะส่งผลให้การกำจัดแบคกราวด์ ออกจากตัวอักษรผิดพลาดได้

2.2 การหาค่าเธรดโชลด์ (Threshold Selection)

เนื่องจากภาพเอกสารที่นำเข้าเป็นภาพเอกสาร 256 ระดับเทา ซึ่งมีความหลากหลายของแบคกราวด์ ต้องจำแนกส่วนของข้อความออกจากแบคกราวด์ดังกล่าว เพื่อจะนำข้อความบนเอกสารที่ได้ไปประมวลผลต่อได้อย่างถูกต้อง ซึ่งในการกำจัดแบคกราวด์ได้นั้น ต้องอาศัยหลักการในการคำนวณหาค่าเธรดโชลด์มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม

การหาค่าเธรดโชลด์ถือว่าเป็นเทคนิคสำคัญในการประมวลผลภาพในส่วนของการจำแนกภาพ ซึ่งจุดประสงค์ของการจำแนกภาพ คือ การแยกองค์ประกอบของภาพออกไปเป็นส่วนประกอบย่อยๆ ที่สัมพันธ์กันทางกายภาพของภาพนั้นและส่วนประกอบที่ถูกแยกออกมานั้นอาจถูกนำไปประมวลผลในส่วนอื่นต่อไป ซึ่งการจำแนกภาพจะมีหลักการทำงานในแนวเดียวกันกับสายตาของคน คือ สามารถแยกลักษณะเด่นออกมาจากภาพที่มองเห็นได้ และเทคนิคการทำเธรดโชลด์ (Thresholding) ถือว่าเป็นเทคนิคในการแบ่งแยกองค์ประกอบภาพที่ง่ายวิธีหนึ่ง โดยอาศัยหลักการจัดกลุ่มตามคุณสมบัติของภาพออกเป็นช่วงๆ โดยที่ระดับความเข้มหนึ่งสามารถแบ่งกลุ่มของจุดภาพออกเป็น 2 กลุ่มอย่างชัดเจน คือ กลุ่มของวัตถุ (Object) กับกลุ่มของพื้นหลัง (Background) ดังเช่นภาพที่ 2.4 ซึ่งแสดงฮิสโตแกรมระดับความเข้มของภาพ f(i, j) ที่มีองค์ประกอบส่วนที่เป็นวัตถุค่อนข้างมืดบนส่วนพื้นหลังที่สว่าง ดังนั้นการแยกกลุ่มทั้งสองออกจากกันอย่างชัดเจนสามารถทำได้โดยเลือกค่าเธรดโชลด์ที่มีค่าระดับความเข้มอยู่ระหว่างกลุ่มทั้งสองบนฮิสโตแกรมระดับความเข้มของภาพ และทำการตรวจสอบแต่ละจุดภาพ ถ้าค่า f(i, j) น้อยกว่าค่าเธรดโชลด์ ($f(i, j) < Thr$) ถือว่าเป็นจุดภาพของวัตถุ และถ้ามากกว่าหรือเท่ากับค่าเธรดโชลด์ ($f(i, j) \geq Thr$) ถือว่าเป็นจุดภาพของส่วนพื้นหลัง ดังนั้น ข้อมูลภาพ $f_{thr}(i, j)$ ที่ผ่านการทำเธรดโชลด์สามารถนิยามด้วยสมการดังต่อไปนี้ [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 ฮิสโตแกรมระดับความเข้มของภาพ f(i, j) ที่องค์ประกอบภาพส่วนที่เป็นวัตถุค่อนข้างมืดอยู่บนส่วนของพื้นหลังที่สว่าง

$$f_{thr}(i,j) = \begin{cases} 1 & \text{if} \quad f_f(i,j) < Thr \\ 0 & \text{if} \quad f_f(i,j) \geq Thr \end{cases} \tag{2.7}$$

จุดภาพที่นิยามด้วย 1 คือ จุดภาพของส่วนที่เป็นวัตถุ และจุดภาพที่นิยามด้วย 0 จะเป็นจุดภาพของแบคกราวด์ของภาพ

การจำแนกภาพโดยใช้เทคนิคการทำเธรดโชลด์เพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องเหมาะสมนั้นสิ่งสำคัญที่สุด คือ ค่าเธรดโชลด์ที่ใช้ เนื่องจากถ้าเลือกค่าเธรดโชลด์ที่ไม่เหมาะสม ภาพผลลัพธ์ที่ได้อาจไม่ถูกต้อง ดังนั้นปัญหาของการจำแนกภาพโดยวิธีการหาค่าเธรดโชลด์ก็คือทำอย่างไรจึงจะสามารถคำนวณหาค่าเธรดโชลด์ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละภาพที่นำมาทำการจำแนกได้ ซึ่งได้มีผู้เสนอวิธีการในการคำนวณหาค่าเธรดโชลด์หลายวิธี โดยแต่ละวิธีอาจจะเหมาะสมกับภาพเฉพาะอย่างที่แตกต่างกันออกไป

ส่วนรูปแบบในการทำเธรดโชลด์กับจุดภาพนั้น ภาพที่จุดภาพของส่วนที่เป็นวัตถุกับจุดภาพของพื้นหลังในแต่ละส่วนมีระดับความเข้มที่ความสม่ำเสมอ และระดับความเข้มระหว่างทั้ง 2 ส่วนแตกต่างกันอย่างชัดเจนทั่วทั้งภาพได้ เรียกการทำเธรดโชลด์ในลักษณะนี้ว่าการทำเธรดโชลด์แบบครอบคลุม (Global Thresholding) แต่ถ้าภาพที่มีระดับความเข้มไม่สม่ำเสมอเกิดขึ้นในส่วนของวัตถุหรือส่วนของพื้นหลังหรือทั้งสองส่วน ค่าเธรดโชลแบบครอบคลุมเพียงค่าเดียวไม่เหมาะสำหรับการทำเธรดโชลด์กับแต่ละจุดภาพทั่วทั้งภาพ ค่าเธรดโชลด์ที่ดีควรมีการปรับเปลี่ยนค่าตามตำแหน่งของจุดภาพนั้น คือ การใช้ค่าเธรดโชลด์ที่ต่างกันสำหรับจุดภาพที่ตำแหน่งต่างกันและเรียกการทำเธรดโชลด์ในลักษณะดังกล่าวว่า การทำเธรดโชลด์แบบปรับค่า (Adaptive Thresholding)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับขั้นตอนการทำเธรดโชลด์แบบครอบคลุม ดำเนินการอยู่บนฮิสโตแกรมระดับความเข้มของจุดภาพ ซึ่งฮิสโตแกรมระดับความเข้มสามารถคำนวณจากจำนวนของจุดภาพในแต่ละระดับความเข้มของจุดภาพ และทำการหาค่าเธรดโชลด์ในรูปแบบต่างๆ ที่สามารถแบ่งฮิสโตแกรมระดับของเข้มของภาพออกเป็น 2 ส่วนได้อย่างถูกต้อง คือ ส่วนที่เป็นระดับความเข้มของวัตถุ กับส่วนที่เป็นระดับความเข้มของพื้นหลัง ตัวอย่างเช่น กรณีของภาพที่มีอัตราความแตกต่างของระดับความเข้มระหว่างส่วนที่เป็นวัตถุกับส่วนของพื้นหลังสูง และระดับความเข้มที่สามารถแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็น 2 กลุ่มแล้วทำให้ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่มที่มีค่ามากที่สุด และความความแปรปรวนที่เกิดขึ้นภายในกลุ่มมีค่าต่ำสุด โดยอาศัยหลักการทำงานจากอัลกอริธึมของ Otsu หลังจากนั้นนำค่าเธรดโชลด์ที่ได้ไปทำเธรดโชลด์กับแต่ละจุดภาพทั่วทั้งภาพเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ที่ต้องการ

2.2.1 การหาค่าเธรดโชลด์โดยใช้อัลกอริธึมของ Otsu (Otsu's Threshold Selection)

การหาค่าเธรดโชลด์ที่เหมาะสมด้วยอัลกอริธึมของ Otsu นั้น [5] สามารถคำนวณได้จากฮิสโตแกรมของภาพระดับเทา ซึ่งค่าเธรดโชลด์ที่ได้จะแบ่งระดับเทาของภาพออกเป็น 2 กลุ่มอย่างเหมาะสม อัลกอริธึมของ Otsu สามารถทำได้ดังนี้

เนื่องจากฮิสโตแกรมของภาพระดับเทามี L ระดับ โดยที่มีระดับความเข้มของภาพตั้งแต่ 0, 2, …, L-1 ระดับ ดังนั้นถ้าทำการแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็น 2 กลุ่ม คือ C_0 และ C_1 (กลุ่มของตัวอักษร และกลุ่มของภาพแบคกราวด์) ด้วยค่าเธรดโชลด์ค่าหนึ่งที่ระดับความเข้ม k ซึ่ง C_0 แสดงถึงจุดภาพที่อยู่ในระดับความเข้ม [0, 1, 2, …, k] และ C_1 แสดงจุดภาพที่อยู่ในระดับเทา [k+1, k+2, …, L-1] และให้ σ_w^2 คือความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Within-Class Variance) σ_B^2 คือความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Between-class variance) และ σ_T^2 คือความแปรปรวนของระดับความเข้มทั้งหมด (Total Variance)

ค่าเธรดโชลด์ที่เหมาะสมนั้นจะประมาณได้จากค่าที่ใช้ในการจำแนกกลุ่ม 2 กลุ่ม (Criterion Measures หรือ Measures of Class Separability) ดังต่อไปนี้

$$\lambda = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_w^2}, \qquad \beta = \frac{\sigma_T^2}{\sigma_w^2}, \qquad \eta = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_T^2} \tag{2.8}$$

จากสมการข้างต้น η เป็นค่าประเมินที่เหมาะสมเนื่องจากค่า σ_T^2 ไม่ขึ้นกับค่า k แต่ σ_w^2 และ σ_B^2 นั้นขึ้นกับค่า k ดังนั้นค่าเธรดโชลด์ (k^*) ที่เหมาะสมนั้นได้จาก

$$\eta(k^*) = \underset{0<k<L-1}{\text{MAX}} (\eta(k)) \tag{2.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ

$$\sigma_B^2(k^*) = \underset{0<k<L-1}{\text{MAX}} (\sigma_B^2(k)) \tag{2.10}$$

โดยที่

$$\mu_T = \sum_{i=0}^{L-1} iP_i \quad . \qquad P_i = \frac{n_i}{N}, \qquad N = \sum_{i=o}^{L-1} n_i \tag{2.11}$$

$$\sigma_T^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (i - \mu_T)^2 P_i \tag{2.12}$$

$$\omega_0 = \sum_{i=0}^{k} P_i, \qquad \omega_1 = 1 - \omega_0 \tag{2.13}$$

$$\mu_k = \sum_{i=0}^{k} iP_i \tag{2.14}$$

$$\mu_0 = \frac{\mu_k}{\omega_0}, \qquad \mu_1 = \frac{\mu_T - \mu_k}{1 - \mu_0} \tag{2.15}$$

$$\sigma_B^2 = \omega_0 \omega_1 (\mu_1 - \mu_0)^2 \tag{2.16}$$

ซึ่ง n_i เป็นจำนวนจุดภาพในแต่ระดับความเข้ม

ค่า η ที่คำนวณได้จะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งเป็นค่าความน่าจะเป็นของความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม

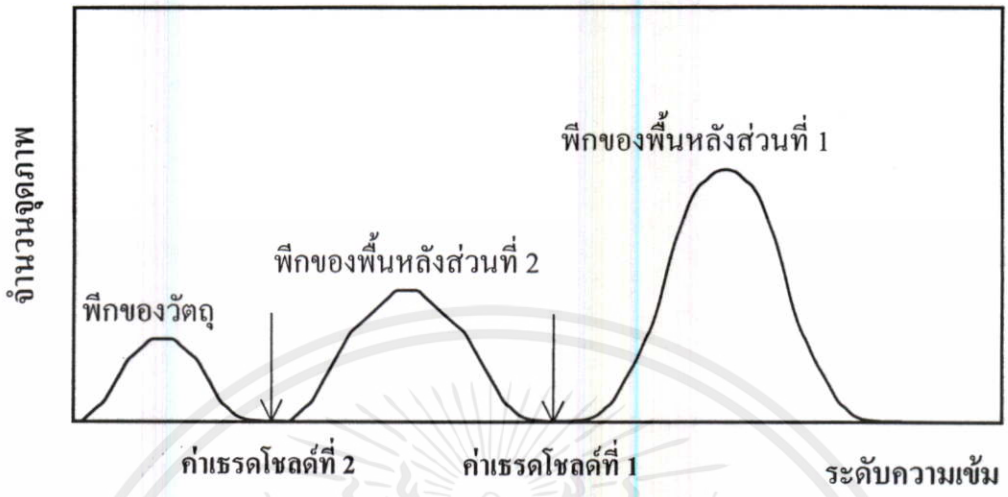
แต่เนื่องจากอัลกอริธึมของ Otsu เหมาะสำหรับภาพเอกสารที่มีจำนวนพีก (Peak) ที่เกิดขึ้นบนฮิสโตแกรมระดับเทาแค่ 2 พีก แต่ถ้าภาพนั้นฉะนั้นความยุ่งยากที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากความหลากหลายของจำนวนพีกบนฮิสโตแกรมระดับเทา จะไม่สามารถทำได้โดยตรงด้วยอัลกอริธึมของ Otsu

2.2.2 การหาค่าเธรดโชลด์โดยใช้อัลกอริธึมของ Otsu แบบเรียกตัวเอง (Recursive Otsu's Threshold Selection)

ในการจำแนกภาพที่มีความหลากหลายของจำนวนพีกบนฮิสโตแกรม สามารถจำกัดลงโดยการปรับค่าเธรดโชลด์ที่มีความเหมาะสมซึ่งค่าเธรดโชลด์ที่ได้ในการปรับแต่ละครั้ง จะเข้าใกล้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าระดับเทาที่แสดงคุณสมบัติของตัวอักษร (มีระดับความเข้มต่ำ หรือเข้าใกล้ 0) มากยิ่งขึ้น ดังกรณีภาพที่มีระดับความเข้มมากกว่า 2 พีกขึ้นไป ดังตัวอย่างในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ฮิสโตแกรมระดับความเข้มของภาพ f(i, j) ที่องค์ประกอบภาพส่วนที่เป็นวัตถุค่อนข้างมืดอยู่บนส่วนของพื้นหลังที่มีมากกว่า 2 พีก

ดังนั้นในการคำนวณหาค่าเธรดโชลด์ที่เหมาะสมนั้นค่าที่ได้ควรจะเป็นค่าเธรดโชลด์ที่ 2 ซึ่งมีความเข้มของส่วนของวัตถุที่ค่อนข้างมืดอยู่บนภาพพื้นหลังที่มีความหลากหลาย โดยการประยุกต์การหาค่าเธรดโชลด์ที่เหมาะสมจากอัลกอริธึมของ Otsu โดยการทำซ้ำจนกว่าจะพบพีกของวัตถุที่มีคุณสมบัติเป็นตัวอักษร [11] ซึ่งขั้นตอนการคำนวณค่าเธรดโชลด์ที่เหมาะสมแสดงดังภาพที่ 2.6

ขั้นตอนการคำนวณหาค่าเธรดโชลด์ มีดังนี้

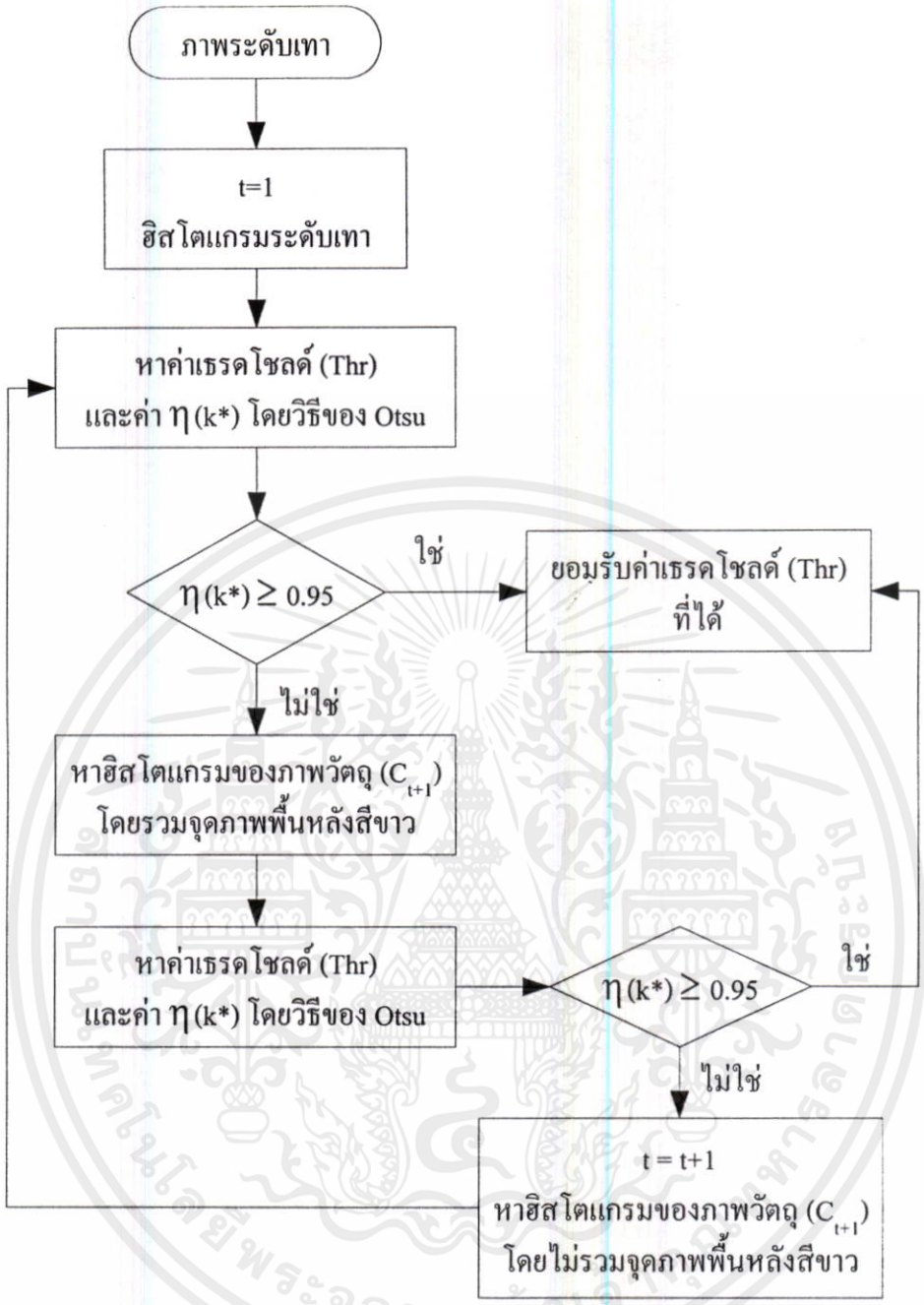
1. กำหนดให้รอบที่ (t) = 1 และค่าความแตกต่างของการจำแนก (η) = 0
2. คำนวณหาฮิสโตแกรมของภาพระดับเทา (C_t) จากภาพที่ได้จากการกำจัดสัญญาณรบกวน (f_f)
3. นำอัลกอริธึมของ Otsu มาคำนวณหาค่าเธรดโชลด์ thr(t) จากฮิสโตแกรมที่ได้ โดยพิจารณาจากความแปรปรวนระหว่างกลุ่มข้อมูล 2 กลุ่ม (σ_B^2) กับความแปรปรวนของภาพทั้งหมด (σ_T^2) และคำนวณหาค่าความแตกต่างของการจำแนก $\eta(k^*) = \sigma_B^2 / \sigma_T^2$
4. ตรวจสอบค่าความแตกต่างของการจำแนก ดังนี้

4.1 ถ้า $\eta(k^*) < 95\%$ ให้ทำการหาค่าเธรดโชลด์ใหม่ โดย

4.1.1 คำนวณหาฮิสโตแกรมของภาพ (C_{t+1}) โดยจะรวมจุดภาพขาวที่แทนที่ส่วนของภาพที่ถูกกำจัดออกไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 2.6 ขั้นตอนการหาค่าเธรดโชลด์โดยการประยุกต์ใช้อัลกอริธึมของ Otsu แบบเรียกตัวเอง

4.1.2 คำนวณหาค่าเธรดโชลดต์ thr(t) และค่าความแตกต่างของการจำแนก $\eta(k^*)$ เช่นเดียวกับข้อ 3 อีกครั้ง

4.1.3 ตรวจสอบค่าความแตกต่างของการจำแนก $\eta(k^*)$ อีกครั้ง ดังนี้

ถ้า $\eta(k^*) < 95\%$ ให้กลับไปหาค่าเธรดโชลด์ใหม่ โดยกำหนดให้ t=t+1 และคำนวณหาฮิสโตแกรมของภาพ (C_t) โดยไม่รวมจุดภาพพื้นหลังสีขาว แล้วกลับไปทำข้อ 3

ถ้า $\eta(k^*) \geq 95\%$ ให้ไปทำข้อ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40611

4.2 ถ้า $\eta(k^*) \geq 95\%$ แสดงว่ายอมรับการจำแนกกลุ่มระหว่างภาพพื้นหลังที่มีความหลากหลายกับส่วนของวัตถุ จะได้ค่าเธรดโชลด์ที่เหมาะสม

ดังนั้นความยุ่งยากที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจาก ความหลากหลายของจำนวนพีกบนฮิสโตแกรมระดับเทา จะถูกจำกัดลงได้โดยการปรับค่าเธรดโชลด์ให้มีความเหมาะสม ซึ่งค่าเธรดโชลด์ที่ได้ในการปรับแต่ละครั้ง จะเข้าใกล้ค่าระดับเทาที่แสดงคุณสมบัติของตัวอักษรมากยิ่งขึ้น

ในการกำหนดค่าความแตกต่างของการจำแนกขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของภาพเอกสาร ซึ่งค่านี้สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม

2.2.3 การหาค่าเธรดโชลด์ตามคุณลักษณะของวัตถุ (Object Attribute Threshold Selection, OAT)

การทำเธรดโชลด์ตามคุณลักษณะของวัตถุ [12] เป็นการหาค่าเธรดโชลด์โดยประยุกต์ใช้อัลกอริธึมของ Otsu เช่นเดียวกับวิธีที่ผ่าน ดังนั้นความยุ่งยากของภาพเอกสารจะถูกกำจัดโดยค่าเธรดโชลด์จะถูกปรับค่าให้มีความเหมาะสมโดยใช้คุณลักษณะของวัตถุ (ค่าระดับความเข้มของตัวอักษร) มาพิจารณาความเหมาะสมของค่าเธรดโชลด์ และค่าเธรดโชลด์ที่ได้จากการปรับแต่ละครั้งจะเข้าใกล้ค่าระดับความเข้มที่แสดงคุณลักษณะของตัวอักษรมากยิ่งขึ้น ซึ่งการทำงานนี้จะเป็นลักษณะของการทำซ้ำเช่นเดียวกับวิธีเรียกตัวเองที่ผ่านมา จนกระทั่งได้ค่าเธรดโชลด์ที่เหมาะสม ซึ่งแสดงขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 2.7

สำหรับขั้นตอนในการคำนวณหาค่าเธรดโชลด์ที่เหมาะสมด้วยวิธี OAT มีดังนี้

1. คำนวณหาระดับความเข้มที่แสดงคุณลักษณะของตัวตัวอักษร (Pretest) เพื่อกำหนดเป็นเงื่อนไขในการหาค่าเธรดโชลด์ที่เหมาะสม ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1.1 กำหนดให้ $t = 1$

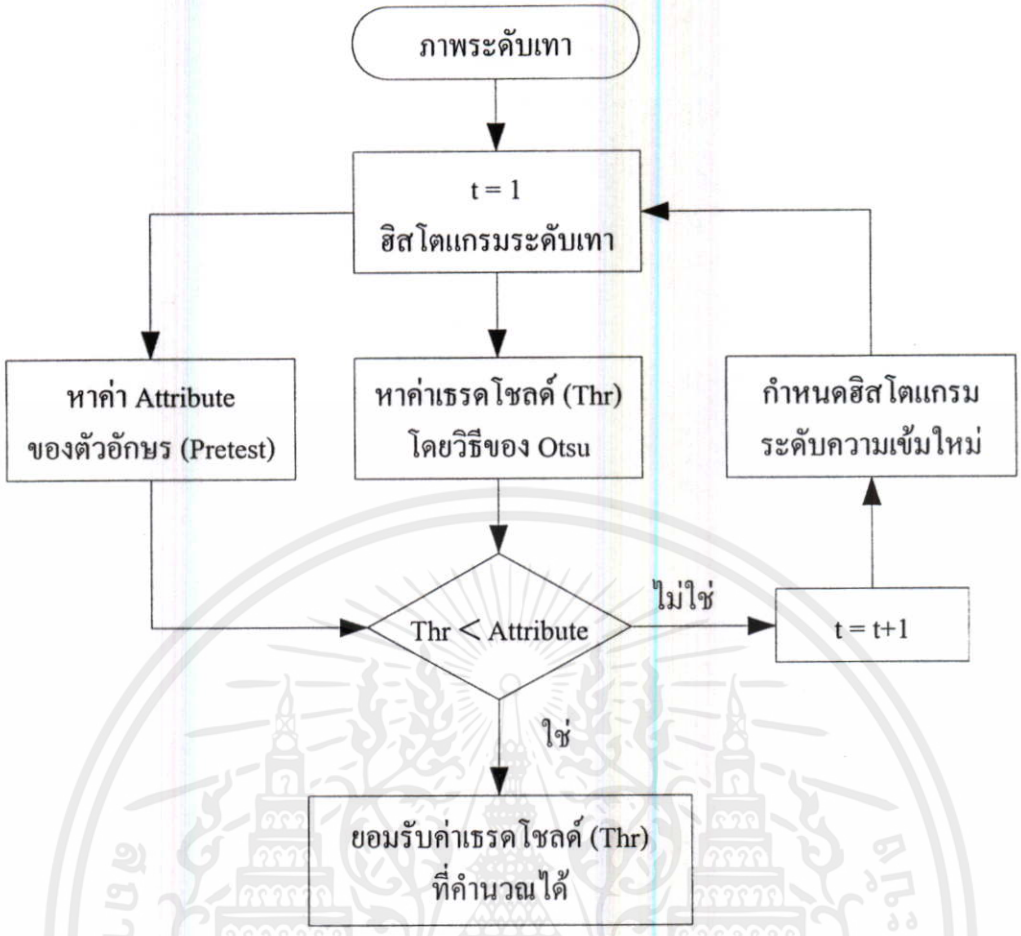
1.2 คำนวณหาฮิสโตแกรมระดับความเข้มของภาพ (G_t) ภาพเอกสารเริ่มต้นที่ผ่านการกรองสัญญาณรบกวนแล้วมา

1.3 คำนวณหาค่าเธรดโชลด์ (Pt_t) จากอัลกอริธึมของ Otsu

1.4 ตรวจสอบลักษณะการกระจายของระดับความเข้มจุดภาพบนฮิสโตแกรม โดยดูจากความน่าจะเป็นว่าความน่าจะเป็นระหว่างส่วนของจุดภาพดำ (black) กับค่าเธรดโชลด์ (Pt_t) ที่ได้ค่าระดับความเข้มใดมีความน่าจะเป็นสูงในช่วงนี้ หรือมีอัตราการเพิ่มของความน่าจะเป็นสูง ก็จะอนุมานได้ว่าเป็นค่าที่แสดงคุณลักษณะของตัวอักษร (A_t)

1.5 หาฮิสโตแกรมระหว่างช่วง black กับ Pt_t แล้วกลับไปทำข้อ 1.3 อีกครั้งเพื่อตรวจสอบว่าสามารถแบ่งค่าเธรดโชลด์ได้อีกหรือไม่ โดยกำหนดให้ $t=t+1$ และทดสอบค่า A_{t+1} ที่ได้จะต้องไม่น้อยกว่าจำนวนจุดภาพ A_t หนึ่งเท่า

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 ขั้นตอนการหาค่าเธรดโชลด์ตามคุณลักษณะของวัตถุ (OAT)

ในกรณีที่ภาพเอกสารที่มีความแตกต่างของระดับความเข้มของตัวอักษร ดังนั้นค่าระดับความเข้มของตัวอักษรที่จะใช้แสดงดังนี้

$$\text{Attribute} = A_t + x \tag{2.17}$$

โดยที่ x คือผลต่างของระดับความเข้มที่มีความเป็นไปได้ระหว่างตัวอักษรในภาพเอกสาร

2. คำนวณหาค่าเธรดโชลด์ที่เหมาะสม โดยใช้อัลกอริธึมของ Otsu ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

2.1 กำหนดให้ t = 1

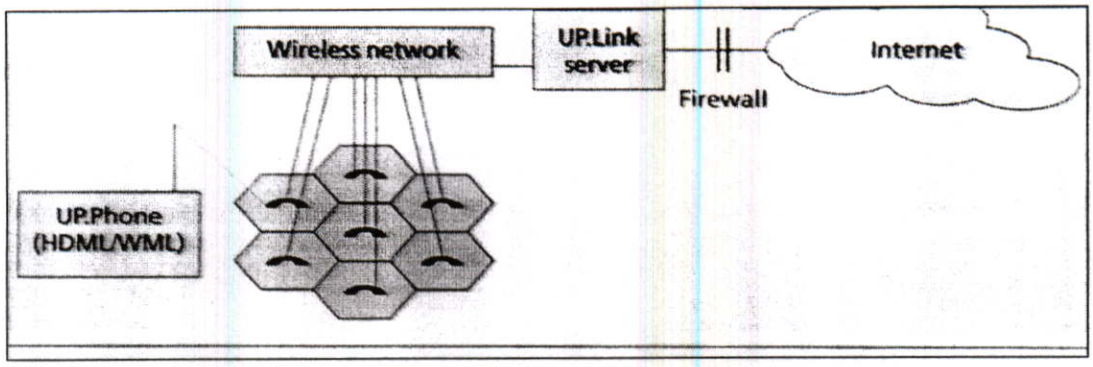
2.2 คำนวณหาฮิสโตแกรมระดับความเข้มของภาพ (G_t) ภาพเอกสารเริ่มต้นที่ผ่านการกรองสัญญาณรบกวนแล้วมา

2.3 คำนวณหาค่าเธรดโชลด์ (Thr_t) จากอัลกอริธึมของ Otsu

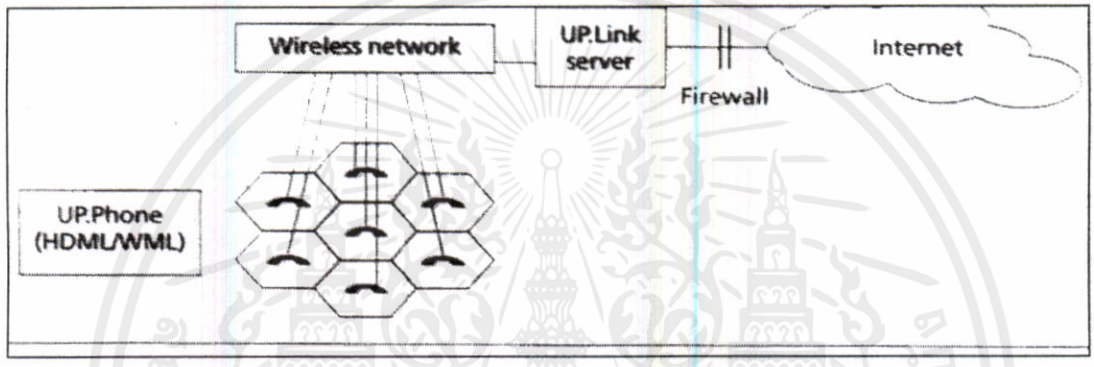
2.4 ตรวจสอบค่าเธรดโชลด์ที่ได้ดังนี้

2.4.1 ถ้า $Thr_t \geq$ Attribute หรือสามารถแยกกลุ่มของวัตถุได้ ให้เพิ่มค่า t = t+1 แล้วคำนวณหาฮิสโตแกรมของภาพวัตถุใหม่ (ระหว่าง black ถึงค่า Thr_t ที่ได้) อีกครั้ง แล้วกลับไปทำข้อ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



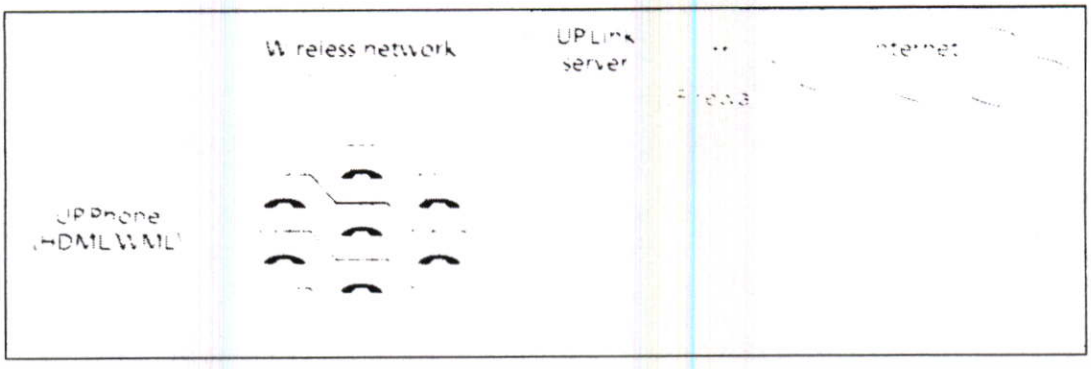
ภาพที่ 2.8 ภาพเริ่มต้นเพื่อใช้ในการหาค่าเธรดโฮลด์



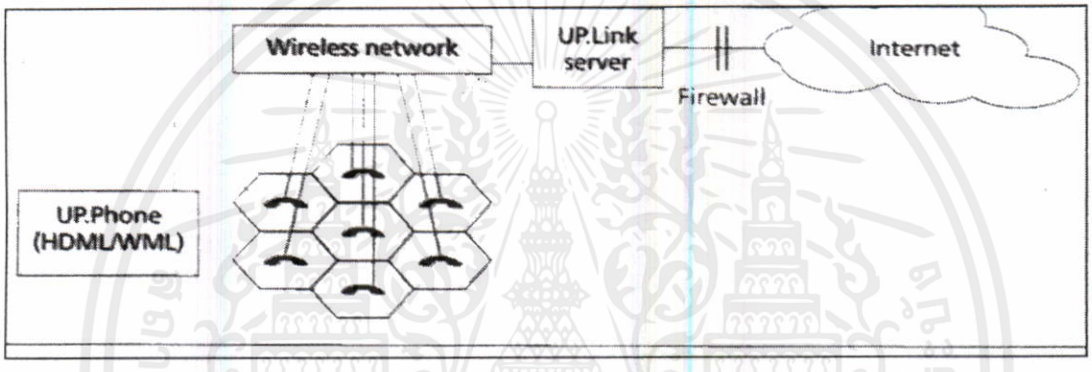
ภาพที่ 2.9 การกำจัดแบคกราวด์โดยการหาค่าเธรดโฮลด์ด้วยอัลกอริธึมของ Otsu

ภาพที่ 2.8 เป็นภาพเอกสารเริ่มต้นที่ผ่านขบวนการการประมวลผลก่อนมาแล้ว นำมากำจัดแบคกราวด์ด้วยวิธีการหาค่าเธรดโฮลด์ต่างๆ ซึ่งภาพที่ 2.9 เป็นการหาค่าเธรดโฮลด์โดยใช้อัลกอริธึมของ Otsu ซึ่งจะสามารถจำแนกภาพเอกสารได้ โดยมีค่าเธรดโฮลด์เป็น 179 ประมวลผล 1 รอบ ใช้เวลา 0.30 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

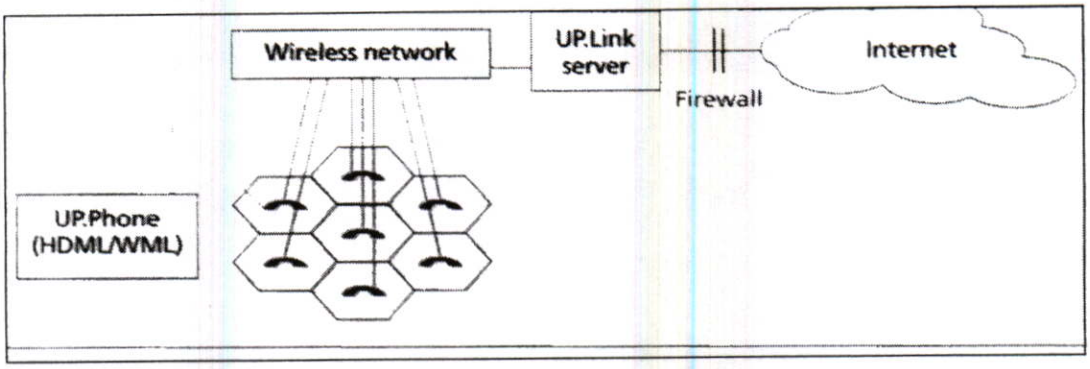


(ข)

ภาพที่ 2.10 การกำจัดแบคกราวด์โดยการหาค่าเธรดโชลด์โดยใช้อัลกอริธึมของ Otsu แบบเรียกตัวเอง (ก) ค่าความแตกต่างในการจำแนก 95%
(ข) ค่าความแตกต่างในการจำแนก 90%

ภาพที่ 2.10 เป็นภาพที่ประยุกต์ใช้อัลกอริธึมของ Otsu แบบเรียกตัวเอง ภาพ (ก) กำหนดค่าความแตกต่างที่ 95% ซึ่งทดสอบค่าความแตกต่าง 4 รอบ ใช้เวลา 2 วินาที ค่าเธรดโชลด์ที่ได้เป็น 111 ซึ่งจะเห็นว่าผลของการจำแนกแบคกราวด์ อาจทำให้ข้อมูลบางส่วนขาดหายไปได้ เนื่องจากเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกค่อนข้างสูง ส่วนภาพ (ข) ใช้ค่าความแตกต่างที่ 90% ใช้การทดสอบ 2 รอบ ใช้เวลา 1 วินาที ค่าเธรดโชลด์ที่ได้เป็น 178 และผลลัพธ์ของภาพยังคงคุณสมบัติของวัตถุที่ต้องการไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 การกำจัดแบคกราวด์โดยการหาค่าเธรดโชลด์ตามคุณลักษณะของวัตถุ (OAT)

ภาพที่ 2.11 เป็นภาพใช้การหาค่าเธรดโชลด์ตามคุณลักษณะของวัตถุ (OAT) เป็นการจำแนกแบคกราวด์โดยใช้คุณสมบัติของวัตถุ หรือตัวอักษรที่ต้องการเป็นเกณฑ์ในการจำแนก โดยจะวนรอบเพื่อทำพรีเทสต์ ทดสอบหาคุณสมบัติของตัวอักษร 1 รอบ และวนรอบที่สองเพื่อหาค่าเธรดโชลด์ที่เหมาะสม ค่าเธรดโชลด์ที่ได้ 179 ซึ่งต้องเวลาในการประมวลผล 1 วินาที

ในการหาค่าเธรดโชลด์ที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของเอกสาร ซึ่งถ้าเอกสารมีแบคกราวด์ที่ไม่หลากหลาย ใช้อัลกอริธึมของ Otsu จะสามารถจำแนกภาพพื้นหลังออกได้อย่างถูกต้อง แต่ขณะเดียวกันถ้าพื้นหลังมีความหลากหลายมากขึ้น การหาค่าเธรดโชลด์โดยใช้อัลกอริธึมของ Otsu แบบเรียกตัวเอง จะกำจัดแบคกราวด์ได้ดียิ่งขึ้น แต่ทั้งนี้ก็ยังขึ้นกับประเภทของเอกสาร เอกสารบางชนิดอาจกำหนดค่าความแตกต่างในการจำแนกที่ 95% ได้ แต่เอกสารบางประเภทจำเป็นต้องลดระดับค่าความแตกต่างลงมา เพื่อให้คงสภาพของวัตถุที่ต้องการไว้ได้

สำหรับการหาค่าเธรดโชลด์ตามคุณลักษณะของวัตถุ จะมีหลักการคล้ายกันกับอัลกอริธึมของ Otsu แบบเรียกตัวเอง แต่ต่างกันที่เงื่อนไขการยอมรับค่าเธรดโชลด์ ซึ่งวิธีจะตรวจสอบคุณลักษณะของตัวอักษรมาเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการยอมรับค่าเธรดโชลด์แทน และความเร็วในการประมวลผลทั้ง 2 วิธีไม่แตกต่างกัน

2.3 มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Morphology)

ถ้าเรากำหนดเซต A และ B เป็นเซตใน 2 มิติ โดยกำหนดให้ $a=(a_1,a_2)$, $b=(b_1,b_2)$ และ $x=(x_1,x_2)$ นิยามพื้นฐานของโมโฟโลยีทางคณิตศาสตร์ [13] ที่สำคัญมีดังนี้

1. ทรานสเลชัน (translation) เป็นการย้ายตำแหน่งของจุดภาพในเซต A โดย $x=(x_1,x_2)$ เขียนแทนด้วย $(A)_x$ นิยามไว้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(A)_x=\{c\,|\,c=a+x;a\in A\} \tag{2.18}$$

2. รีเฟล็กชัน (reflection) ของเซต B เขียนแทนด้วย $\hat{B}$ นิยามไว้ดังนี้

$$\hat{B} = \{x \mid x = -b; b \in B\} \tag{2.19}$$

3. คอมพลีเมนต์ (complement) ของเซต A เขียนแทนด้วย A^c นิยามไว้ดังนี้

$$A^c = \{x \mid x \notin A\} \tag{2.20}$$

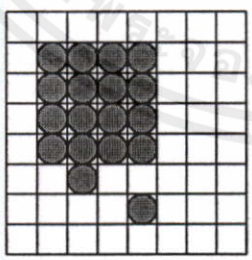
4. ผลต่างของเซต A และ B (difference) เขียนแทนด้วย A-B นิยามไว้ดังนี้

$$A - B = \{x \mid x \in A, x \notin B\} \tag{2.21}$$

2.3.1 มอร์โฟโลยีภาพ 2 ระดับ (Binary Morphology)

โดยทั่วไปหลักการพื้นฐานของมอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์จะเป็นการพิจารณาเฉพาะจุดภาพที่เป็นตัวเนื้อข้อมูลเท่านั้น ซึ่งนั่นก็คือ ถ้าเรากำลังสนใจภาพ 2 ระดับ การทำมอร์โฟโลยีก็จะเป็นการพิจารณาเฉพาะกลุ่มของจุดภาพดำซึ่งเป็นตัวเนื้อข้อมูลเท่านั้น ส่วนกลุ่มของจุดภาพขาวที่เป็นภาพพื้นหลังที่ไปปรากฏอยู่บนตัวอักษรจะไม่นำมาพิจารณา มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์มีรูปแบบในการทำงานที่สำคัญ คือ ไดเลชัน อีรอชัน โคลสชิง และโอเพนนิง

กำหนดให้ข้อมูลภาพที่ศึกษาเป็นข้อมูลในเมตริกซ์ 2 มิติ กล่าวคือ แต่ละจุดภาพสามารถกำหนดให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์ของระบบแกนพิกัดมุมฉาก (XY-Plane) ภาพที่ 2.12 แสดงตัวอย่างภาพที่อยู่ในเมตริกซ์ 2 มิติ



OR

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

ภาพที่ 2.12 ตัวอย่างจุดภาพในเมตริกซ์ 2 มิติ

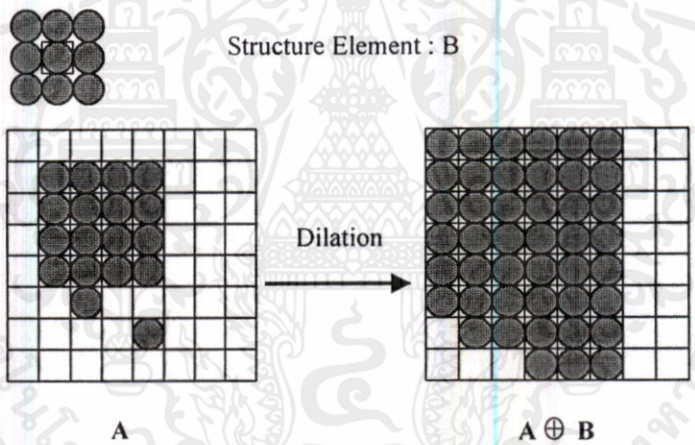
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.1 ไดเลชัน (Dilation)

มีเครื่องหมาย $\oplus$ เป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ไดเลชันเป็นการศึกษาพฤติกรรมของภาพเพื่อทำการเพิ่มจำนวนจุดภาพดำบนภาพ โดยการพิจารณาร่วมกันระหว่างเซตของจุดภาพ A และ สตรัคเจอร์อีลีเมนต์ (Structure Element : B) ซึ่งเซตทั้งสองเมื่อนำมาทำการไดเลชันกันจะเป็นไปตามความสัมพันธ์ของนิยามดังนี้

$$A \oplus B = \{x \mid (\hat{B})_x \cap A \neq \varnothing\} \tag{2.22}$$

การทำไดเลชันระหว่างเซต A กับ B จะเป็นการขยายขนาดของกลุ่มจุดภาพดำในเซต A ให้มีขนาดกว้างขึ้น ส่งผลให้ช่องไฟระหว่างกลุ่มจุดดำมีขนาดแคบลง หรือบางครั้งก็อาจทำให้กลุ่มของจุดภาพดำสองกลุ่มที่อยู่ใกล้ชิดกันเชื่อมติดถึงกันได้ ตัวอย่างของการทำไดเลชัน แสดงดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 ตำแหน่งจุดภาพเริ่มต้นของเซต A, เซต B และ การไดเลชันของเซต $A \oplus B$

2.3.2.2 อีรอชัน (Erosion)

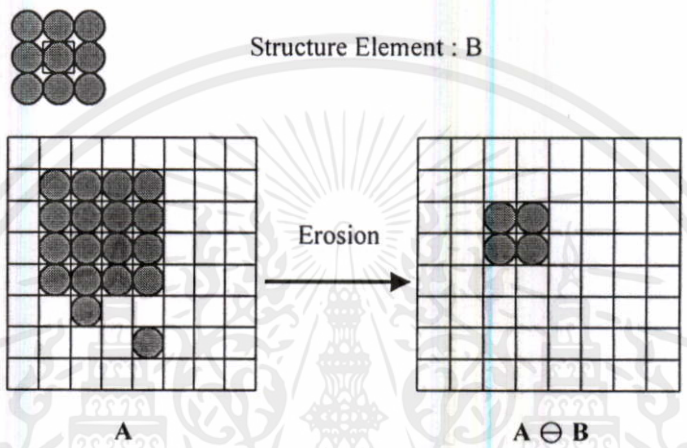
มีเครื่องหมาย $\ominus$ เป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ อีรอชันเป็นการศึกษาพฤติกรรมของภาพเพื่อทำการลดจำนวนจุดภาพดำบนภาพ การลดจุดภาพดำจะต้องพิจารณาประกอบกันระหว่างเซตจุดภาพกับสตรัคเจอร์อีลีเมนต์ โดยจะเป็นไปตามความสัมพันธ์ของนิยามดังนี้

$$A \ominus B = \{x \mid (B)_x \subseteq A\} \tag{2.23}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนิยาม ผลของการทำอีรอชันระหว่างเซต A กับ B จะทำให้เราได้คำตอบเป็น x อยู่ในสเปซ 2 มิติ โดย x จะต้องเป็นซับเซตของเซต A

นอกจากการอีรอชันจะเป็นการลดจำนวนของจุดภาพดำบนข้อมูลภาพแล้ว การทำอีรอชันยังจะทำให้ขนาดของช่องไฟระหว่างกลุ่มของจุดภาพดำแต่ละกลุ่มมีขนาดใหญ่มากขึ้น นั้นคือกลุ่มของจุดภาพดำแต่ละกลุ่มจะแยกจากกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้ถ้ากลุ่มของจุดภาพดำมีขนาดเล็กมาก กลุ่มจุดภาพดำนั้นก็ถูกขจัดออกจากภาพเอกสารไปโดยอัตโนมัติเมื่อผ่านกระบวนการทำอีรอชัน ตัวอย่างการทำอีรอชัน แสดงดังภาพที่ 2.14

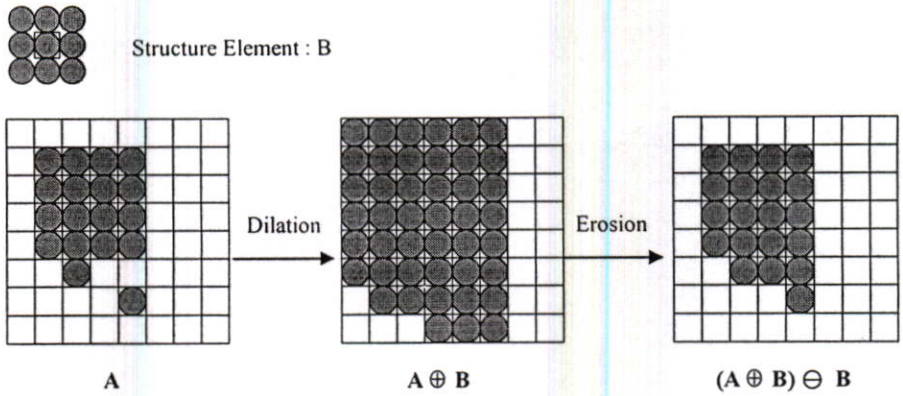


ภาพที่ 2.14 ตำแหน่งจุดภาพเริ่มต้นของเซต A, เซต B และ การอีรอชันของเซต A $\ominus$ B

2.3.2.3 โคลสซิง (Closing)

เป็นการแปลงมอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ที่เริ่มจากการไดเลชัน เมื่อเสร็จแล้วตามด้วยการทำอีรอชันเท่ากับจำนวนครั้งของการทำไดเลชัน นั้นก็คือ การทำโคลสซิงจะเป็นการเพิ่มจำนวนจุดภาพดำลงไปในภาพก่อน จากนั้นค่อยทำการกัดเซาะขอบของจุดภาพดำเหล่านั้นออกโดยใช้สตรัคเจอร์อีลีเมนต์ จากที่กล่าวมาการทำโคลสซิงมอร์โฟโลยีก็เป็นการปรับปรุงคุณภาพภาพอย่างหนึ่งที่จะทำให้ขนาดของกลุ่มจุดภาพดำขยายใหญ่ขึ้นจากการทำไดเลชันหลายๆ ครั้ง และเมื่อทำอีรอชันจะเป็นการไปกัดเซาะแนวขอบของกลุ่มจุดภาพดำนั้นๆ ทำให้คุณภาพของกลุ่มจุดภาพดำมีความราบเรียบมากขึ้น ในการทำโคลสซิงมอร์โฟโลยีถ้ากำหนดจำนวนรอบในการทำซ้ำไว้มากๆ อาจทำให้กลุ่มของจุดภาพดำ 2 กลุ่มที่อยู่ใกล้กันเชื่อมเข้าเป็นกลุ่มของจุดภาพเดียวกันได้ นอกจากนี้การทำโคลสซิงจะทำให้จุดภาพดำที่เป็นสัญญาณรบกวนขยายขนาดขึ้นเองโดยอัตโนมัติจนไม่สามารถขจัดออกไปได้ แสดงดังภาพที่ 2.15

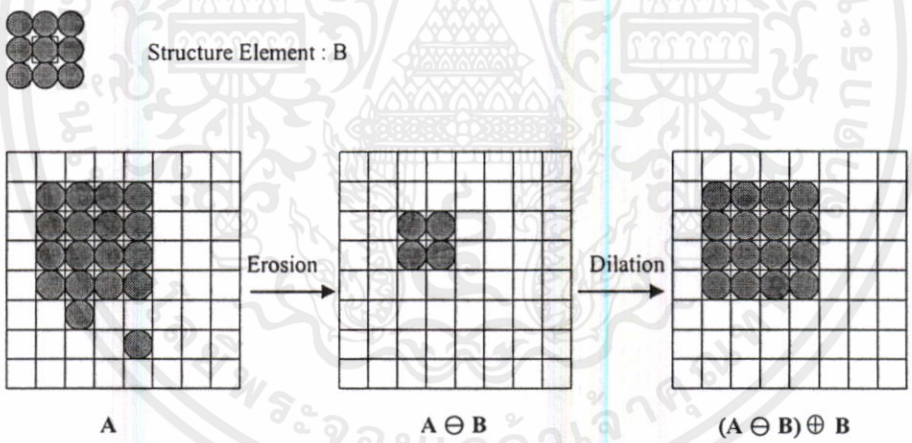
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.15 การทำโคลสซิง : $(A \oplus B) \ominus B$

2.3.1.4 โอเพนนิง (Opening)

เป็นการแปลงมอร์โฟโลยีชนิดที่ทำงานตรงกันข้ามกับการทำโคลสซิงมอร์โฟโลยี กล่าวคือขั้นตอนการทำงานเริ่มจากการลดจำนวนจุดภาพดำด้วยกระบวนการอีรอชัน แล้วตามด้วยการเติมจุดภาพดำกลับด้วยกระบวนทำไดเลชันให้เท่ากับจำนวนครั้งของการทำอีรอชัน ตัวอย่างการทำโอเพนนิง แสดงดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 การทำโอเพนนิง $(A \ominus B) \oplus B$

2.3.2 มอร์โฟโลยีภาพ 256 ระดับเทา (Gray Scale Morphology)

เนื่องจากภาพเอกสาร 256 ระดับเทา มีความแตกต่างของตัวเลขมากขึ้น ดังนั้นการทำมอร์โฟโลยีกับภาพจึงแตกต่างจากภาพเอกสาร 2 ระดับ การปฏิบัติการต่างๆ ของการทำมอร์โฟโลยี จะเป็นการหาค่าสูงสุดสำหรับการทำไดเลชัน และหาค่าต่ำสุดสำหรับการทำอีรอชันภายในขอบเขตของสตรัคเจอร์อีลีเมนต์ที่กำหนด

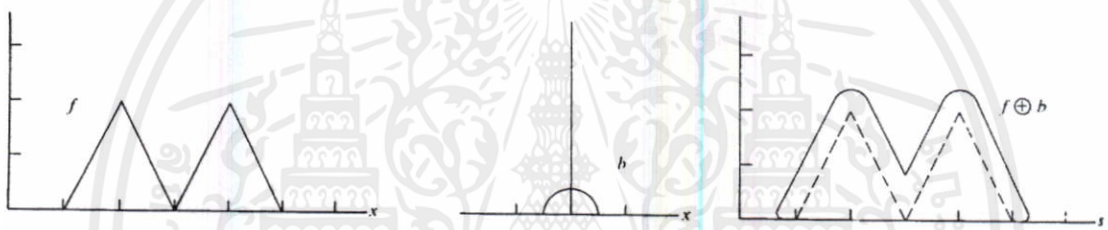
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.1 ไดเลชัน (Dilation)

การทำไดเลชันสำหรับภาพ 256 ระดับเทาของภาพนำเข้า f และสตรัคเจอร์อีลีเมนต์ b เขียนแทนได้ด้วย $f \oplus b$ และนิยามได้ดังนี้

$$(f \oplus b)(i,j) = \{\max(f(i+m, j+n) / (m,n) \in b\} \qquad (2.24)$$

ในการทำไดเลชันสำหรับภาพ 256 ระดับเทาเป็นการหาค่าสูงสุดตามตำแหน่งของสตรัค-เจอร์อีลีเมนต์ที่กำหนดให้ ดังนั้นผลของภาพที่ได้ ถ้าค่าตามแนวของสตรัคเจอร์อีลีเมนต์มีค่าเป็นบวก ผลของภาพที่ได้จะมีความสว่างขยายออกไปบนภาพเอกสาร และขณะเดียวกันระดับความเข้มที่ค่อนข้างมืดจะลดลงหรือถูกกำจัดลงไปได้ ทั้งนี้ต้องขึ้นกับค่าและรูปร่างของสตรัคเจอร์อีลีเมนต์ที่นำมาใช้ด้วย ซึ่งแสดงผลการทำไดเลชันดังภาพที่ 2.17



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 2.17 การไดเลชันของ $f \oplus b$ (ก) สัญญาณภาพเริ่มต้น f (ข) สตรัคเจอร์อีลีเมนต์ b (ค) $f \oplus b$

2.3.1.2 อีรอชัน (Erosion)

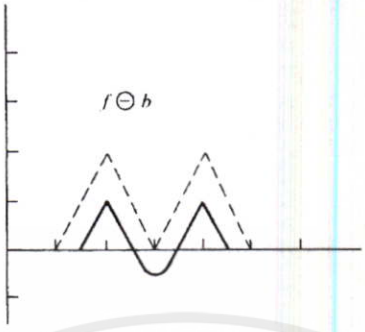
การทำอีรอชันสำหรับภาพ 256 ระดับเทาของภาพนำเข้า f และสตรัคเจอร์อีลีเมนต์ b เขียนแทนได้ด้วย $f \ominus b$ และนิยามได้ดังนี้

$$(f \ominus b)(i,j) = \{\min(A(i+m, j+n) / (m,n) \in b\} \qquad (2.25)$$

ในการทำอีรอชันสำหรับภาพ 256 ระดับเทาเป็นการหาค่าต่ำสุดตามตำแหน่งของสตรัค-เจอร์อีลีเมนต์ที่กำหนดให้ ดังนั้นผลของภาพที่ได้ถ้าค่าของสตรัคเจอร์อีลีเมนต์มีค่าเป็นบวก ผลของภาพที่ได้จะขยายระดับความเข้มให้กับภาพเอกสาร และส่งผลให้ข้อมูลความสว่างในภาพนำเข้าว่ามีพื้นที่เล็กกว่าสตรัคเจอร์อีลีเมนต์หรือทำให้ความสว่างของภาพมีขนาดลดลงเล็กกว่าสตรัคเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีลีเมนต์ ซึ่งการลดค่าความสว่างของระดับเทานั้นขึ้นกับรูปร่างและค่าของสตรัคเจอร์อีลีเมนต์ แสดงดังภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 การอีรอชันของ $f \ominus b$

2.3.1.3 โคลสซิง (Closing)

เป็นการแปลงมอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ที่เริ่มจากการไดเลชัน เมื่อเสร็จแล้วตามด้วยการทำอีรอชัน แสดงดังสมการ

$$f \bullet b = (f \oplus b) \ominus b \tag{2.26}$$

การทำโคลสซิงเป็นการปรับระดับความเข้มที่มืดให้สว่างมากขึ้น โดยในขั้นแรกเป็นการทำไดเลชัน ซึ่งจะทำให้ภาพที่มืดมีความสว่างมากขึ้น แล้วจึงทำอีรอชัน เพื่อปรับให้ภาพให้มีความราบเรียบมากขึ้น

2.3.1.4 โอเพนนิง (Opening)

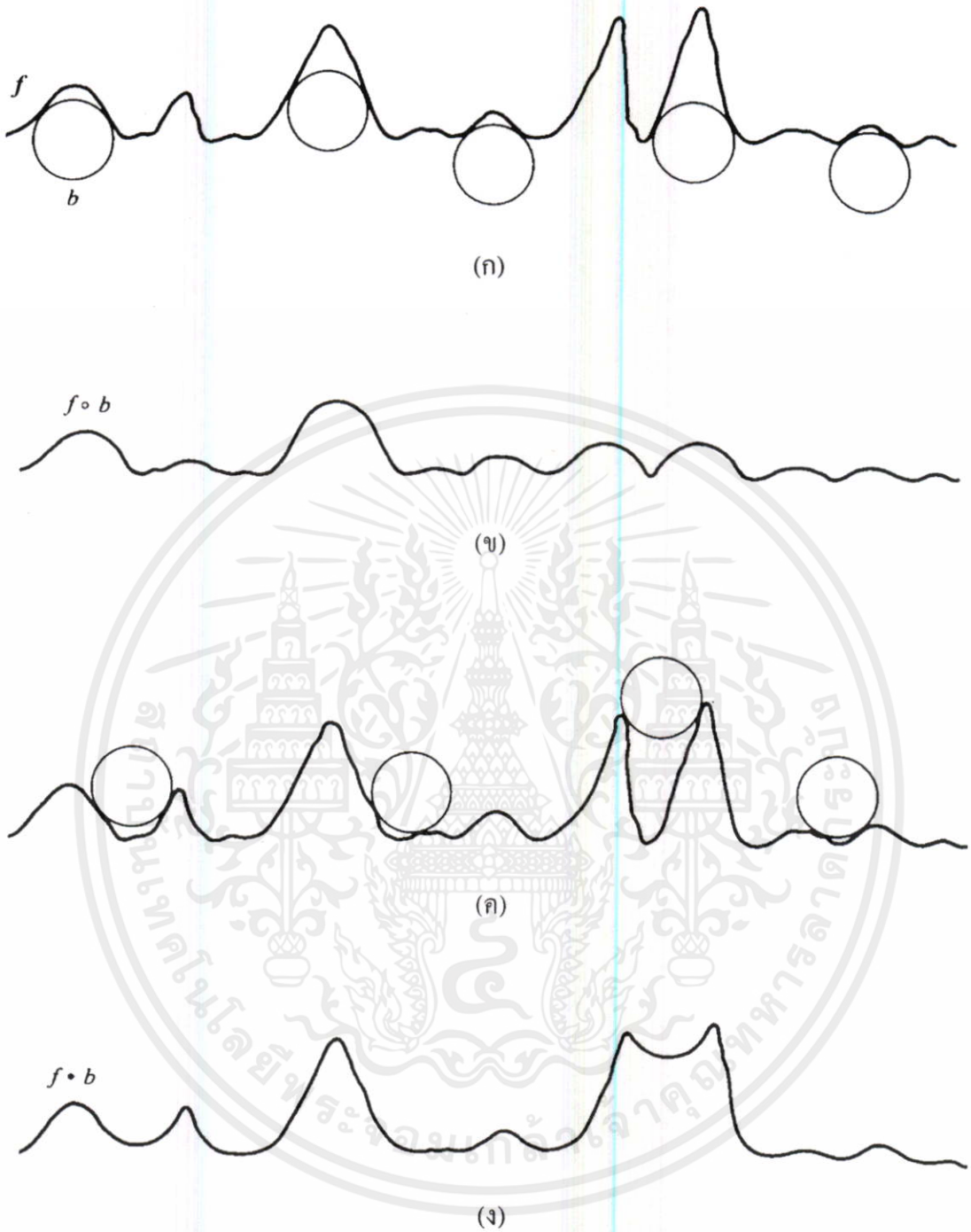
เป็นการแปลงมอร์โฟโลยีชนิดที่ทำงานตรงกันข้ามกับการทำโคลสซิงมอร์โฟโลยี โดยเริ่มจากการทำอีรอชัน แล้วตามด้วยไดเลชัน ซึ่งแสดงดังสมการ

$$f \circ b = (f \ominus b) \oplus b \tag{2.27}$$

ในการทำโอเพนนิงในขั้นแรกเป็นการทำอีรอชัน เป็นการปรับระดับความสว่างของภาพให้ลดลงมา และการทำไดเลชันจะปรับให้ภาพสว่างขึ้นโดยไม่ส่งผลต่อรายละเอียดของเนื้อภาพที่ถูกกำจัดด้วยวิธีอีรอชันที่ผ่านมา ซึ่งหลังการทำโอเพนนิงทำให้ภาพถูกปรับระดับความสว่างของภาพให้ลดลงและมีความราบเรียบมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการทำโอเพนนิงและโคลสซิงมอร์โฟโลยี แสดงในภาพที่ 2.19



ภาพที่ 2.19 การทำโอเพนนิง และโคลสซิงของภาพ 256 ระดับเทา

(ก) การทำโอเพนนิงระหว่างสัญญาณภาพ f และสตรัคเจอร์อีลีเมนต์ b (ข) $f \oplus b$

(ค) การทำโคลสซิงระหว่างสัญญาณภาพ f และสตรัคเจอร์อีลีเมนต์ b (ง) $f \ominus b$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การจำแนกข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาและพัฒนาการจำแนกข้อมูลระบบประมวลผลแบบฟอร์ม ซึ่งจะลดขั้นตอนการสร้างโมเดลของแบบฟอร์มและยูสเซอร์อินเตอร์เฟสที่ใช้ในการกำหนดฟิลด์ออกไป เพราะเนื่องจากแบบฟอร์มดังกล่าวมีรูปแบบทางกายภาพ และทางตรรกที่คงที่เป็นมาตรฐานอยู่แล้ว โดยมีพื้นฐานการพัฒนาระบบโดยอาศัยแนวเส้นอ้างอิงเป็นหลักพื้นฐานในการกำหนดฟิลด์ข้อมูล โดยศึกษาแบบฟอร์มที่มีส่วนของภาพแบคกราวด์ ซึ่งคำนวณจากภาพระดับเทา มีขั้นตอนการประมวลผลหลัก 4 ขั้นตอน [14]

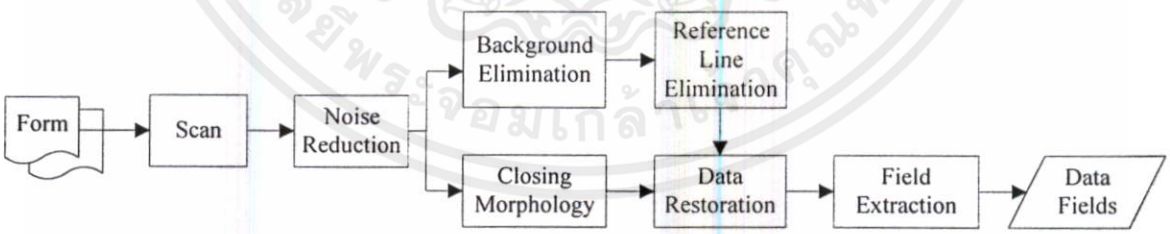
ขั้นตอนที่ 1 การกำจัดสัญญาณรบกวนในภาพเริ่มต้นที่ได้จากการสแกน

ขั้นตอนที่ 2 กำจัดแบคกราวด์และเส้นอ้างอิง ในการกำจัดแบคกราวด์โดยแยกองค์ประกอบของภาพจากฮิสโตแกรม จากนั้นกำจัดเส้นอ้างอิงของภาพ ซึ่งจะส่งผลให้ข้อมูลที่กรอกลงบนแบบฟอร์มอาจขาดหายไปบางส่วน

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการปรับปรุงข้อมูลที่เขียนทับกับเส้นอ้างอิงเพื่อสร้างส่วนที่ขาดหายไปโดยใช้ขบวนการโคลสซิงมอร์โฟโลยี ที่พิจารณาเส้นอ้างอิงทั้งแนวนอนและแนวตั้ง

ขั้นตอนที่ 4 นำภาพเอกสารที่ได้มาทำการจำแนกฟิลด์ข้อมูล โดยอาศัยแนวเส้นอ้างอิงเป็นหลักในการจำแนก

โครงสร้างของระบบจำแนกข้อมูลออกจากแบบฟอร์ม ซึ่งพัฒนาโดยอาศัยแนวเส้นอ้างอิงเป็นพื้นฐานในการจำแนกข้อมูล แสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 โครงสร้างระบบจำแนกข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การกำจัดสัญญาณรบกวน

เนื่องจากข้อมูลภาพเริ่มต้นนั้น อาจมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นในระหว่างการสแกน หรือจากรอยที่ไม่พึงประสงค์ก่อนนำภาพมาสแกน ดังนั้นต้องกำจัดสัญญาณรบกวนเพื่อให้ภาพที่ได้มีความถูกต้อง ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ตัวกรองความถี่เกาส์เซียน (Guassian Filter) ที่มีมาสก์ขนาด 3x3 โดยเป็นการนำภาพเริ่มต้น (f_{raw}) ที่ได้จากการสแกนมาผ่านตัวกรองความถี่เกาส์เซียน ซึ่งจะได้ภาพผลลัพธ์ (f_f) เป็นดังนี้

$$f_f(i,j) = \frac{1}{16}\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \otimes f_{raw}(i,j) \qquad (3.1)$$

การกรองโดยใช้มาสก์ของเกาส์เซียน สามารถคำนวณได้ง่าย ทำให้ภาพมีความราบเรียบ (Smoothing) มากขึ้น ในการเลือกใช้มาสก์ขนาด 3x3 ก็เพียงพอที่จะกำจัดสัญญาณรบกวนออกไปได้ ซึ่งถ้าเพิ่มมาสก์ขนาดใหญ่ขึ้นจะส่งผลให้ภาพเบลอมากขึ้น เนื่องจากมีการกระจายค่าระดับความเข้มให้กับจุดรอบๆ ข้างไปกว้างมากขึ้น จะทำให้ข้อมูลตัวอักษรที่ได้ผิดเพี้ยนไป และอาจทำให้การแยกภาพพื้นหลังออกจากตัวอักษรได้ไม่ดี และการเลือกใช้มาสก์ของเกาส์เซียนยังสามารถประมวลผลได้เร็ว เนื่องจากมาสก์ของเกาส์เซียนอยู่ในรูปของสองยกกำลัง สามารถใช้วิธีการเลื่อนบิตแทนการคูณได้

3.2 การกำจัดแบคกราวด์และเส้นอ้างอิง

เนื่องจากแบบฟอร์มเอกสารโดยทั่วไป อาจประกอบไปด้วย ส่วนของพรีปริ้นท์เท็ด และข้อมูลที่ผู้ใช้กรอก ซึ่งในส่วนของพรีปริ้นท์เท็ด ได้แก่ส่วนของข้อความหรือหัวข้อ สัญลักษณ์แบคกราวด์ และแนวเส้นตรงหรือกรอบสี่เหลี่ยมที่ให้ผู้ใช้กรอกข้อมูล แต่ส่วนที่ต้องการเก็บไปใช้งานต่อไปนั้นได้แก่ ข้อมูลที่ผู้ใช้กรอก ซึ่งโดยปกติการกรอกข้อมูลลงบนแบบฟอร์มนั้น จะต้องกรอกข้อความลงบนเส้นอ้างอิงที่กำหนดให้ หรือในกรอบสี่เหลี่ยม ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและไม่มีส่วนเกิน จึงจำเป็นต้องกำจัดส่วนของแบคกราวด์ออกจากข้อความบนเอกสารก่อน แต่หลังจากกำจัดแบคกราวด์ออกไปแล้ว เมื่อจะนำข้อมูลที่ผู้ใช้กรอกไปใช้งานจะต้องจำแนกฟิลด์ข้อมูลที่อยู่ในแนวเส้นอ้างอิง หรือกรอบสี่เหลี่ยมที่ให้ผู้ใช้เติมออกไปใช้งาน พบว่าส่วนของเส้นอ้างอิง หรือกรอบสี่เหลี่ยมดังกล่าวมิได้ถูกกำจัดออกไปด้วยในขณะที่กำจัดแบคกราวด์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

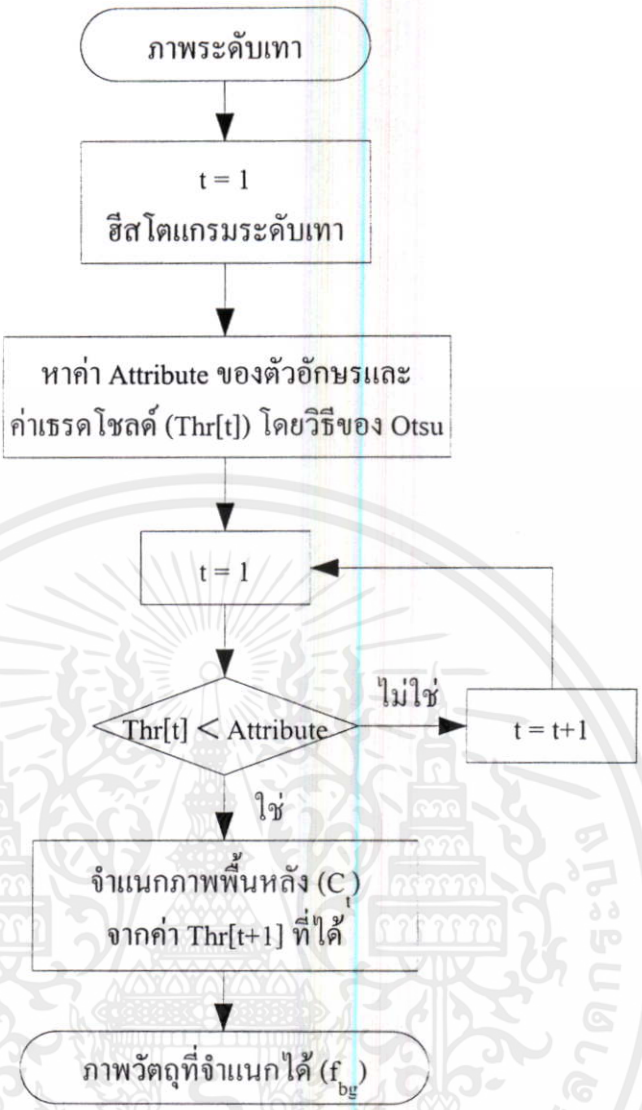
กำจัดเส้นอ้างอิงออกไปก่อนที่จะนำไปจำแนกฟิลด์ข้อมูลเพื่อไม่ให้มีส่วนของข้อมูลเกินมา และสามารถนำไปใช้งานต่อไปได้อย่างถูกต้อง

3.2.1 การกำจัดแบคกราวด์ (Background Elimination)

หลังจากนำภาพเอกสารที่ได้จากการสแกน มาผ่านการกำจัดสัญญาณรบกวนแล้ว นำภาพที่ได้มากำจัดภาพพื้นหลัง โดยวิธีการกำจัดแบคกราวด์ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้วิธีการทำเธรดโซลด์แบบครอบคลุมเนื่องจากประมวลผลได้เร็ว และผลลัพธ์เป็นที่ยอมรับได้ โดยตรวจสอบการแยกองค์ประกอบของภาพจากฮิสโตแกรมระดับความเข้มของภาพ ซึ่งการแยกองค์ประกอบของภาพนั้นจะต้องคำนวณหาค่าเธรดโซลด์ (Threshold) ที่เหมาะสมค่าหนึ่งเพื่อแบ่งระดับเทาของภาพเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งการคำนวณหาค่าเธรดโซลด์นี้ได้จากการประยุกต์ใช้อัลกอริธึมของ Otsu โดยการปรับปรุงการหาค่าเธรดโซลด์ตามคุณลักษณะของวัตถุ (Fast Object Attribute Threshold Selection, FOAT)

เนื่องจากการหาค่าเธรดโซลด์ด้วยวิธี OAT นั้นจะต้องเสียเวลาในการทดสอบเพื่อหาคุณลักษณะของวัตถุ (Pretest) ก่อน แล้วค่อยมาคำนวณหาค่าเธรดโซลด์แบบวนรอบด้วยอัลกอริธึมของ Otsu ซึ่งจะทำให้เสียเวลาในการประมวลผลถึง 2 ครั้ง และหาค่าเธรดโซลด์โดยการวนรอบด้วยอัลกอริธึมของ Otsu นั้นจะต้องประมวลผลในระหว่างการคำนวณหาคุณลักษณะของวัตถุ และการหาค่าเธรดโซลด์ที่เหมาะสมหลังจากคำนวณหาคุณลักษณะของวัตถุที่กำหนดเป็นเงื่อนไขแล้ว และค่าเธรดโซลด์ในการคำนวณทั้ง 2 ครั้งเป็นค่าเธรดโซลด์เดียวกัน ดังนั้น ถ้าในระหว่างการคำนวณหาคุณลักษณะของวัตถุ ทำการเก็บค่าเธรดโซลด์ที่ผ่านมาในแต่ละครั้ง แล้วนำเฉพาะค่าคุณลักษณะของวัตถุที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับค่าเธรดโซลด์ที่เก็บไว้ ก็จะทำให้การประมวลผลเร็วขึ้น โดยไม่ต้องเสียเวลาในการคำนวณหาฮิสโตแกรมและค่าความแตกต่างของภาพเอกสารหลายครั้ง ซึ่งขั้นตอนในการหากำจัดแบคกราวด์ ด้วยการปรับปรุงการค่าเธรดโซลด์ตามคุณลักษณะของวัตถุ แสดงดังภาพที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 การกำจัดแบคกราวด์โดยปรับปรุงการหาค่าเธรดโชลด์ตามคุณลักษณะของวัตถุ (FOAT)

สำหรับขั้นตอนการหาค่าเธรดโชลด์ด้วยวิธี FOAT มีดังนี้

1. คำนวณหาระดับความเข้มที่แสดงคุณลักษณะของตัวตัวอักษร เพื่อกำหนดเป็นเงื่อนไขในการหาค่าเธรดโชลด์ที่เหมาะสม ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1.1 กำหนดให้ t = 1, กำหนดลิงค์ลิสท์ของค่า Thr[t]

1.2 คำนวณหาฮิสโตแกรมระดับความเข้มของภาพ (G_i) ภาพเอกสารเริ่มต้นที่ผ่านการกรองสัญญาณรบกวนแล้วมา

1.3 คำนวณหาค่าเธรดโชลด์ (Pt_i) จากอัลกอริธึม Otsu

1.4 ตรวจสอบลักษณะการกระจายของระดับความเข้มจุดภาพบนฮิสโตแกรม โดยดูจากความน่าจะเป็นว่าความน่าจะเป็นระหว่างส่วนของจุดภาพดำ (black) กับค่าเธรดโชลด์ (Pt_i) ที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าระดับความเข้มใดมีความน่าจะเป็นสูงในช่วงนี้ หรือมีอัตราการเพิ่มของความน่าจะเป็นสูง ก็จะอนุมานได้ว่าเป็นค่าที่แสดงคุณลักษณะของตัวอักษร (A_t)

1.5 กำหนด $Thr[t] = Pt_t$

1.6 หาฮิสโตแกรมระหว่างช่วง black กับ Pt_t แล้วกลับไปทำข้อ 1.3 อีกครั้งเพื่อตรวจสอบว่าสามารถแบ่งค่าเธรดโชลด์ได้อีกหรือไม่ โดยกำหนดให้ t=t+1 และทดสอบค่า A_{t+1} ที่ได้จะต้องไม่น้อยกว่าจำนวนจุดภาพ A_t หนึ่งเท่า

$$Attribute = A_t + x \tag{3.2}$$

โดยที่ x คือผลต่างของระดับความเข้มที่มีความเป็นไปได้ระหว่างตัวอักษรในภาพเอกสาร

2. คำนวณหาค่าเธรดโชลด์ที่เหมาะสม ดังนี้

2.1 กำหนดค่า t = 1

2.2 ถ้าค่า $Thr[t] < Attribute$ ดังนั้นจะยอมรับค่า $Thr[t+1]$

หลังจากคำนวณหาค่าเธรดโชลด์ที่เหมาะสม (Thr) ได้แล้ว ก็นำภาพที่ได้จากการจำแนกจากภาพพื้นหลังที่มีความหลากหลาย โดยภาพที่ได้หลังจากการกำจัดพื้นหลัง [10] คือ

$$f_{bg} = C_p \tag{3.3}$$

ซึ่ง C_p เป็นภาพที่ได้หลังจากทดสอบหาค่าเธรดโชลด์ที่เหมาะสมและแยกองค์ประกอบของแบคกราวด์ออกเป็นภาพสุดท้าย

และภาพก่อนกำจัดแบคกราวด์คือ

$$f_f = \bigcup_{t \in \{1,\ldots,p\}} C_t \tag{3.4}$$

โดยที่ C_t คือภาพในแต่ละกลุ่มที่แยกได้ และ t เป็นจำนวนแบคกราวด์แต่ละครั้งที่จำแนกออกมาได้จนถึง p ครั้ง

3.2.2 การกำจัดเส้นอ้างอิง (Reference Line Elimination)

หลังจากที่สามารถแยกองค์ประกอบของวัตถุที่ต้องการออกจากภาพพื้นหลังได้แล้ว ก็นำภาพเอกสารนั้นมาประมวลผลต่อ แต่เนื่องจากบนภาพที่กำจัดพื้นหลังออกไปแล้วนั้นมีองค์ประกอบของวัตถุอยู่หลายส่วนด้วยกัน ได้แก่ ตัวอักษรที่พิมพ์อยู่บนแบบฟอร์ม สัญลักษณ์ต่างๆ ขององค์กร แนวเส้นอ้างอิงสำหรับให้ผู้ใช้กรอกลงบนแบบฟอร์ม และข้อความที่ผู้ใช้กรอกลงบนแบบฟอร์ม ซึ่งในการจำแนกข้อความที่ผู้ใช้กรอกลงบนแบบฟอร์มอาจจะทำการบันทึกได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรงถ้าการกรอกข้อความลงบนแบบฟอร์มไม่มีการตัดทับกับแนวเส้นตรง แต่ถ้าข้อความตัดทับหรือเขียนคร่อมลงบนแนวเส้นตรงนั้นก็จะทำให้เกิดปัญหาการนำตัวอักษรไปเรียนรู้ต่อไป ซึ่งจะทำให้มีส่วนเกินเพิ่มเข้าไปกับตัวอักษรนั้นได้ และอาจทำให้การเรียนรู้ตัวอักษรนั้นผิดพลาด และโดยทั่วไปเราไม่สามารถหลีกเลี่ยงการใช้แนวเส้นอ้างอิงสำหรับให้ผู้ใช้กรอกข้อความได้ จึงจำเป็นต้องกำจัดแนวเส้นอ้างอิงดังกล่าวออกไปจากแบบฟอร์มเอกสาร

ในกำจัดเส้นอ้างอิงจะต้องทำการตรวจหาองค์ประกอบของวัตถุที่ต้องการบนภาพที่เป็นแนวเส้นอ้างอิงก่อน จึงจะกำจัดแนวเส้นอ้างอิงออกไปได้ ในการตรวจหาแนวเส้นอ้างอิงอาจประมวลผลโดยใช้เวฟเลท [15, 16] หรือ Hough Transform [17] โดยปกติจะมีคุณสมบัติของเส้นที่ต่อเนื่องกันเป็นแนวเส้นตรง และเส้นอ้างอิงบนแบบฟอร์มโดยทั่วไปจะมีทั้งแนวนอน และแนวตั้ง ซึ่งแนวเส้นทั้งสองสามารถนำมาใช้เป็นเส้นอ้างอิงในการจัดเก็บข้อมูลที่เติมลงบนแบบฟอร์มได้

หลังจากกำจัดแบคกราวด์ออกจากภาพเอกสาร พบว่ายังคงมีองค์ประกอบของเส้นอ้างอิงอยู่บนแบบฟอร์มเอกสาร ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ไม่ต้องการ ดังนั้นจึงต้องทำการลบเส้นอ้างอิงดังกล่าวออกจากแบบฟอร์มเอกสารเพื่อให้ได้เฉพาะส่วนของข้อมูลที่ต้องการ โดยกำหนดให้

$$f_{ln}(i,j) = \begin{cases} 255 & \text{ถ้า } f_{bg}(i,j) \in \text{Line} \\ f_{bg}(i,j) & \text{อื่นๆ} \end{cases} \qquad (3.5)$$

โดยที่ Line คือส่วนของเส้นอ้างอิงแนวนอนและแนวตั้งที่ได้ทำการบันทึกไว้

เนื่องจากการกำจัดเส้นอ้างอิงออกไป ถ้ามีตัวอักษรที่เขียนตัดทับกับแนวเส้นอ้างอิง จะทำให้ข้อมูลที่ผู้ใช้กรอกนั้นขาดหายไปได้ ซึ่งเมื่อนำข้อมูลที่ผู้ใช้กรอกไปประมวลผลต่อ จะทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่ถูกต้อง ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงข้อมูลที่เขียนตัดทับกับเส้นอ้างอิงเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องในขั้นตอนต่อไป

3.3 การปรับปรุงข้อมูลที่เขียนทับกับเส้นอ้างอิง

จากปัญหาที่เกิดขึ้นภายหลังกำจัดแนวเส้นอ้างอิง คือ มีข้อมูลที่ผู้ใช้กรอกบางส่วนขาดหายไปเนื่องจากการตัดทับกันระหว่างเส้นอ้างอิงกับข้อความที่ผู้ใช้กรอก ซึ่งจะส่งผลให้ไม่สามารถนำข้อมูลที่ผู้ใช้กรอกบนแบบฟอร์มไปประมวลผลต่อไปได้อย่างถูกต้อง เช่น การนำข้อความดังกล่าวไปผ่านขบวนการแปลตัวอักษรได้ไม่ถูกต้อง ดังนั้น เพื่อให้ข้อมูลที่ผู้ใช้กรอกคงสภาพเดิมและสามารถนำข้อความดังกล่าวไปผ่านการประมวลผลในขั้นตอนต่อไปได้อย่างถูกต้อง จึงต้องทำการปรับปรุงข้อมูลที่ขาดหายไปเนื่องจากการตัดทับกับเส้นอ้างอิงให้คงสภาพเช่นเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการปรับปรุงข้อมูลที่ขาดหายไปเนื่องจากการตัดทับกับแนวเส้นอ้างอิงทั้งแนวนอน และแนวตั้ง ซึ่งงานวิจัยโดยทั่วไปจะพิจารณาเพียงการตัดทับของข้อความ

กับเส้นอ้างอิงเฉพาะแนวนอนเท่านั้น ทำให้ไม่ยืดหยุ่นต่อการนำไปใช้กับแบบฟอร์มที่มีเส้นอ้างอิงแนวตั้งและเกิดการตัดทับกันกับข้อความที่กรอก ทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่ถูกต้อง และอัลกอริธึมที่ใช้ในการปรับปรุงข้อมูลที่ขาดหายไปเนื่องจากการตัดทับกับแนวเส้นอ้างอิงทั้งแนวนอน และแนวตั้ง ได้แก่การทำโคลสซิงมอร์โฟโลยีที่มีสตรัคเจอร์อีลีเมนต์ตามทิศทางของตัวอักษร บนแนวเส้นอ้างอิงแนวนอนและเส้นอ้างอิงแนวตั้ง และการสร้างข้อมูลด้วยการหาค่าเธรดโชลด์โดยใช้การหาค่าเฉลี่ยในแนวเส้นตรง ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานเป็น 2 ขั้นตอนหลัก [10, 14] คือ

ขั้นตอนแรก ได้แก่ การทำโคลสซิงมอร์โฟโลยีกับภาพเอกสารระดับเทา เพื่อเพิ่มระดับความเข้มให้กับตัวอักษรและลดระดับความเข้มของเส้นอ้างอิงตามแนวทิศทางของตัวอักษร

ขั้นตอนที่สอง ได้แก่ การสร้างข้อมูล เพื่อแยกส่วนของข้อมูลที่ต้องการออกจากแนวเส้นอ้างอิง และสร้างส่วนข้อมูลที่หายไปจากภาพเอกสารที่ได้จากการทำโคลสซิงมอร์โฟโลยี โดยการหาค่าเธรดโชลด์ในแนวเส้นอ้างอิงจากค่าเฉลี่ยของเส้นอ้างอิง จากนั้นจำแนกส่วนของข้อมูลออกจากแนวเส้นอ้างอิง ทำการรวมข้อมูลภาพที่จำแนกได้ในแต่ละสตรัคเจอร์อีลีเมนต์ และสร้างภาพข้อมูลจากข้อมูลที่จำแนกได้กับภาพเอกสารจากการกำจัดเส้นอ้างอิงออกไป ซึ่งจะทำให้ข้อมูลภาพเอกสารที่ถูกต้องนำไปประมวลผลต่อไปได้

3.3.1 ขบวนการโคลสซิงมอร์โฟโลยี (Closing Morphology Operation)

โดยนำภาพที่ได้จากการกำจัดสัญญาณรบกวน (f_f) มาประมวลผล และผลลัพธ์ที่ได้หลังจากการทำโคลสซิงมอร์โฟโลยี คือ $f_{cl\text{-}k}$ โดยที่ $k \in \{1, 2, 3, 4\}$

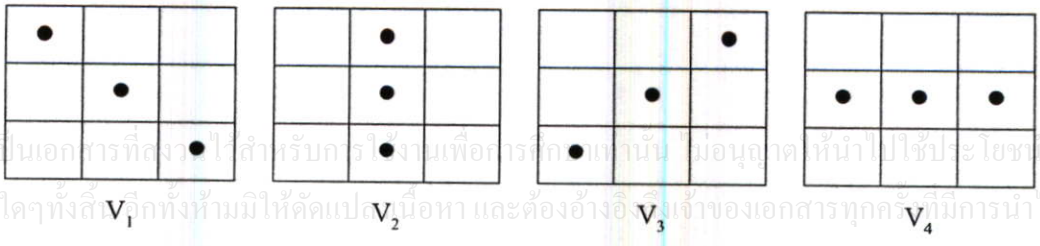
$$f_{cl-k} \bullet V_k = (f_f \oplus V_k) \ominus V_k \tag{3.6}$$

เมื่อ $(f_f \oplus V_k)(i,j) = \{\max(f_f(i+m, j+n) / (m,n) \in V_{\Delta k}\}$

และ $(f_f \ominus V_k)(i,j) = \{\min(f_f(i+m, j+n) / (m,n) \in V_{\Delta k}\}$

โดยที่ V_k เป็นสตรัคเจอร์อีลีเมนต์ (Structure Element) แสดงดังภาพที่ 3.3

และ $V_{\Delta k}$ เป็นเซ็ตของพิกัดที่อยู่ใน V_k



ภาพที่ 3.3 สตรัคเจอร์อีลีเมนต์ 4 ทิศทาง ในการทำโคลสซิงมอร์โฟโลยี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำโคลสซิงมอร์โฟโลยีกับเส้นแนวนอนประกอบด้วยสตรัคเจอร์อีลีเมนต์ใน 3 ทิศทาง คือ V_1, V_2 และ V_3 ดังภาพที่ 3.2 ซึ่งเป็นการดำเนินการที่มีผลต่อการคงสภาพข้อมูลกับเส้นตรงแนวนอนเท่านั้นไม่มีผลต่อเส้นแนวตั้ง เพราะเป็นการเพิ่มค่าระดับความเข้มของตัวอักษรตามทิศทางของตัวอักษรที่ตัดกับเส้นแนวนอน ดังนั้นถ้าแบบฟอร์มดังกล่าวมีส่วนของเส้นแนวตั้งอยู่ด้วยจะไม่สามารถปรับปรุงข้อมูลในแนวตั้งได้ ซึ่งในการปรับปรุงข้อมูลในแนวตั้งจะต้องใช้สตรัคเจอร์อีลีเมนต์ V_1, V_3 และ V_4 ดังภาพที่ 3.2 ตามทิศทางที่ตัวอักษรตัดกับเส้นแนวตั้ง จะเห็นว่าถ้าเป็นการปรับปรุงข้อมูลกับเส้นแนวนอนแล้วไม่สามารถนำ V_4 มาใช้ได้เพราะจะเป็นการดำเนินการที่เสริมค่าข้อมูลของเส้นแนวนอน ทำให้การหาค่าเธรดโชลด์ของเส้นแนวนอนจะส่งผลให้การจำแนกตัวอักษรออกจากเส้นแนวนอนไม่ถูกต้อง ขณะเดียวกันเมื่อนำ V_2 มาดำเนินการกับเส้นแนวตั้งเป็นการดำเนินการที่เสริมค่าข้อมูลของเส้นแนวตั้ง ทำให้การหาค่าเธรดโชลด์ของเส้นแนวตั้งส่งผลให้การจำแนกตัวอักษรออกจากเส้นแนวตั้งไม่ถูกต้อง

ในการเลือกใช้ขบวนการโคลสซิงมอร์โฟโลยีกับภาพเอกสารระดับเทานี้ จะเห็นว่าเป็นการทำให้ตัวอักษรในแนวเส้นอ้างอิงมีระดับความเข้มมากขึ้น และขณะเดียวกันจะลดระดับความเข้มของแนวเส้นอ้างอิงลง ทำให้สามารถจำแนกส่วนของข้อมูลที่ต้องการออกจากเส้นอ้างอิงได้ชัดเจนขึ้น ถ้านำขบวนการดังกล่าวไปประมวลผลกับภาพเอกสารที่ได้จากการกำจัดแบคกราวด์โดยตรง จะทำให้ผลการปรับความเข้มตัวอักษร และแนวเส้นอ้างอิงผิดพลาด เพราะข้อมูลของจุดรอบข้างในส่วนที่เป็นแบคกราวด์อาจถูกกำจัดไปและเปลี่ยนระดับความเข้มเป็นจุดภาพขาวแทนแล้ว ดังนั้น การประมวลผลในขั้นตอนนี้จึงต้องเลือกใช้กับข้อมูลภาพเบื้องต้นที่ผ่านการกำจัดสัญญาณรบกวนมาแล้ว จึงจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้อง

3.3.2 การสร้างข้อมูล (Data Restoration)

หลังจากนำภาพเอกสารมาผ่านขบวนการโคลสซิงมอร์โฟโลยีแล้ว จะต้องนำข้อมูลภาพที่ได้จากขบวนการโคลสซิงมอร์โฟโลยี $f_{cl\text{-}k}$ ซึ่ง โดยที่ $k \in \{1, 2, 3, 4\}$ มาทำการจำแนกข้อมูลหรือข้อความที่ต้องการที่ตัดทับกับเส้นอ้างอิงออกจากแนวเส้นอ้างอิง เพื่อนำไปสร้างข้อมูลที่ขาดหายไป โดยมีขั้นตอนในการสร้างข้อมูล ดังนี้

3.3.2.1 การหาค่าเธรดโชลด์ในแนวเส้นอ้างอิงจากค่าเฉลี่ยของเส้นอ้างอิง

การหาค่าเธรดโชลด์ในแนวเส้นอ้างอิงจากค่าเฉลี่ยตามแนวเส้นอ้างอิงจะเป็นการหาค่าเฉลี่ยแบบโกลบอล โดยพิจารณาแนวเส้นอ้างอิงทั้งหมด จากงานวิจัยที่ผ่านมา [18] มีผู้ศึกษาไว้ [19] พบว่า ถ้าตัวอักษรมีระดับความเข้มที่แตกต่างกันมาก หรือบางตัวมีค่าใกล้เคียงกับเส้นอ้างอิง ก็จะทำให้การคืนข้อมูลผิดพลาดได้ แต่การประมวลผลด้วยวิธีนี้จะรวดเร็ว ดังนั้นถ้าเพิ่มตัวถ่วงน้ำหนักให้กับวิธีดังกล่าว จะทำให้ผลที่ได้จากการคืนข้อมูลถูกต้องมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

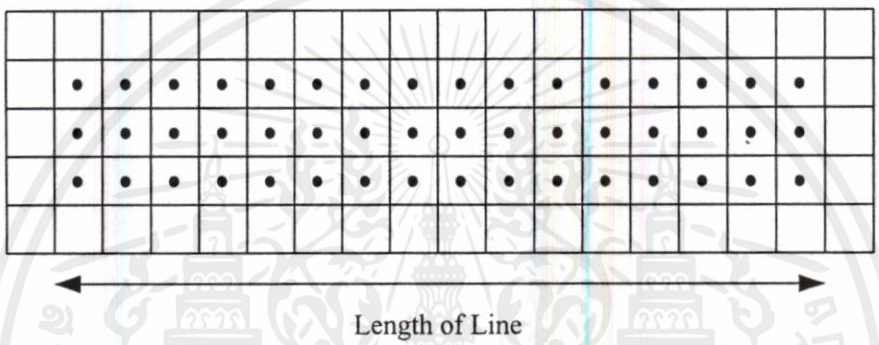
ดังนั้น การหาค่าเฉลี่ย (M_k) ของเส้นอ้างอิงแต่ละเส้นจากภาพเอกสารที่ผ่านการทำโคลสซิงมอร์โฟโลยี f_{cl-k} แสดงดังสมการ

$$M_k = W * \frac{1}{\text{length}} \sum_{i \in \text{Line}} f_{cl-k}(i) \qquad (3.7)$$

โดยที่ i เป็นสมาชิกของเส้นอ้างอิง Line

length คือ ความยาวของเส้นอ้างอิง (Reference Line)

W คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก



ภาพที่ 3.4 การหาค่าเฉลี่ยของเส้นอ้างอิง

3.3.2.2 การจำแนกส่วนของข้อมูลออกจากแนวเส้นอ้างอิง

หลังจากหาค่าเฉลี่ยของเส้นอ้างอิงที่ได้ ทำการจำแนกส่วนของข้อมูลหรือข้อความออกจากแนวเส้นอ้างอิง โดยพิจารณาจากค่าเธรดโซลด์ของเส้นอ้างอิงแต่ละเส้นที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่ผ่านมา ผลลัพธ์ที่ได้หลังจากจำแนกส่วนของข้อมูลออกจากแนวเส้นอ้างอิง คือ f_{res-k} โดยที่ $k \in \{1, 2, 3, 4\}$ เป็นดังนี้

$$f_{res-k}(i,j) = \begin{cases} f_{cl-k}(i,j) & \text{ถ้า } f_{cl-k}(i,j) \le M_k \\ 255 & \text{อื่นๆ} \end{cases} \qquad (3.8)$$

แต่เนื่องจากมีการพิจารณาตามทิศทางของเส้นอ้างอิงแนวนอนและแนวตั้ง ดังนั้นเพื่อไม่ให้มีคุณสมบัติของข้อมูลเกินมา จะต้องแยกพิจารณาสำหรับเส้นอ้างอิงแนวนอนและแนวตั้งเป็น 3 กรณี ซึ่งให้ผลลัพธ์ภาพเป็น f_{res-k} ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>กรณีที่ 1</u> $k = 1, 3$ หา $f_{res\text{-}k}$ โดยที่ $M_k \in$ Horizontal & Vertical Line

<u>กรณีที่ 2</u> $k = 2$ หา $f_{res\text{-}k}$ โดยที่ $M_k \in$ Horizontal Line

<u>กรณีที่ 3</u> $k = 4$ หา $f_{res\text{-}k}$ โดยที่ $M_k \in$ Vetical Line

ผลลัพธ์ของภาพที่ได้จะเป็นการจำแนกข้อมูลที่เกิดการตัดทับกับเส้นอ้างอิง แล้วขาดหายไปในระหว่างการกำจัดเส้นอ้างอิง แสดงผลตามทิศทางของตัวอักษร จากนั้นนำภาพเอกสารที่ได้มารวมกันในขั้นตอนต่อไป

3.3.2.3 การรวมข้อมูลภาพที่จำแนกได้ในแต่ละสตรัคเจอร์อีลีเมนต์

รวมภาพทั้ง 4 ภาพที่ได้จากการจำแนกข้อมูลในแต่ละสตรัครเจอร์อีลีเมนต์เข้าด้วยกัน ได้ผลลัพธ์เป็น f_{res} แสดงดังสมการ

$$f_{res}(i,j) = \bigcup_{k \in \{1,\ldots,4\}} f_{res-k}(i,j) \tag{3.9}$$

3.3.2.4 การสร้างภาพข้อมูล

นำภาพที่ได้จากการจำแนกข้อมูลในแนวเส้นอ้างอิง (f_{res}) ซึ่งเป็นข้อมูลที่จำแนกเฉพาะส่วนที่ตัดทับกับเส้นอ้างอิงมาได้นั้น มารวมกับภาพที่ได้จากการกำจัดเส้นอ้างอิง (f_{in}) ซึ่งส่วนของข้อมูลที่ตัดทับกับเส้นอ้างอิงได้ขาดหายไป และให้ผลลัพธ์เป็น f_{data} ดังนี้

$$f_{data}(i,j) = f_{res}(i,j) \cup f_{in}(i,j) \tag{3.10}$$

จากขั้นตอนของการสร้างข้อมูลนี้ จะได้ส่วนของข้อมูลที่ขาดหายไปจากแนวเส้นอ้างอิงคืนมา และสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ไปประมวลผลต่อไปได้อย่างถูกต้อง

3.4 การจำแนกฟิลด์ข้อมูลออกจากแบบฟอร์ม

หลังจากที่คืนส่วนที่ขาดหายของตัวอักษรที่ตัดทับกับแนวเส้นตรงแล้ว จำเป็นต้องจำแนกฟิลด์ข้อมูลเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปประมวลผลต่อแล้วเก็บลงในฐานข้อมูลได้โดยอัตโนมัติ เนื่องจากแบบฟอร์มเช็คธนาคารมีฟิลด์ข้อมูลที่คงที่ ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพและทางตรรกที่เหมือนกันในแต่ละธนาคาร ดังนั้นในการจำแนกฟิลด์ข้อมูลจึงไม่จำเป็นต้องอาศัยยูสเตอร์อินเตอร์เฟสมาช่วยในการจัดเก็บฟิลด์ข้อมูล โดยหลักการจัดเก็บฟิลด์ข้อมูลสามารถทำได้โดยใช้แนวเส้นอ้างอิงเป็นหลักช่วยในการจำแนกฟิลด์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการจำแนกฟิลด์ข้อมูลโดยอาศัยแนวเส้นอ้างอิงเป็นหลักนั้น จะเป็นการพิจารณาถ้าตำแหน่งใดที่มีแนวเส้นอ้างอิง จัดเป็นฟิลด์ข้อมูลได้ โดยเส้นอ้างอิงดังกล่าวอาจเป็นแนวเส้นตรง

หรือเส้นกรอบสี่เหลี่ยม และฟิลด์แรกที่พบคือฟิลด์ของวันที่ ฟิลด์ที่สองเป็นชื่อผู้รับเช็ค ฟิลด์ที่สามเป็นจำนวนเงินที่เป็นตัวอักษร ฟิลด์ที่สี่เป็นจำนวนเงินที่เป็นตัวเลข และฟิลด์สุดท้ายเป็นลายเซ็นต์ผู้สั่งจ่ายเช็ค โดยมีหลักการจำแนกฟิลด์ดังนี้

1. ฟิลด์วันที่ ฟิลด์ผู้รับเช็ค ฟิลด์จำนวนเงินเป็นตัวอักษร และฟิลด์จำนวนเงินที่เป็นตัวเลข จะพิจารณาจากตำแหน่งของแนวเส้นอ้างอิงจะพิจารณาตัดส่วนของฟิลด์ข้อมูล ดังนี้

1.1 ตัดส่วนของข้อความไปด้านบนของแนวเส้นอ้างอิงเป็นระยะ 1 ใน 11 ส่วนของความกว้างของเช็คในแนวตั้ง

1.2 ตัดส่วนของข้อความไปด้านล่างของแนวเส้นอ้างอิงเป็นระยะ 1 ใน 25 ส่วนของความกว้างของเช็คในแนวตั้ง

1.3 ตัดส่วนตามความกว้างของข้อความจะพิจารณาตามขนาดของแนวเส้นอ้างอิงนั้นๆ โดยขยายขนาดด้านข้างไปข้างละ 5 พิกเซล

2. ฟิลด์ลายเซ็นต์ผู้สั่งจ่ายเช็ค เป็นฟิลด์ที่ไม่จำเป็นต้องนำไปประมวลผลในการแปลข้อความต่อ แต่ฟิลด์ดังกล่าวอาจจำเป็นในการเปรียบเทียบการใช้ลายเซ็นต์เจ้าของเช็คว่าถูกต้องหรือไม่ ดังนั้นฟิลด์นี้จะเก็บเป็นภาพเอกสาร และโดยทั่วไปลายเซ็นต์ของแต่ละคนมีขนาดไม่แน่นอน บางคนมีลายเซ็นต์ขนาดใหญ่มาก จึงจำเป็นต้องเผื่อเนื้อที่ในการจำแนก ทำให้วิธีการจำแนกแตกต่างจากฟิลด์อื่นๆ โดยจะเพิ่มระยะเพื่อจัดเก็บฟิลด์ดังกล่าวเป็นขนาด 1.5 เท่าของการเก็บฟิลด์อื่นๆ ที่ผ่านมา

จากการประมวลผลทั้ง 4 ขั้นตอน จะให้ผลลัพธ์สุดท้ายเป็นฟิลด์ข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการ นำไปเก็บเข้าฐานข้อมูลของระบบได้โดยอัตโนมัติ แล้วนำฟิลด์ที่ได้ไปประมวลผลต่อไปในการแปลข้อความต่อไปได้

สำหรับแบบฟอร์มอื่นๆ สามารถนำวิธีการประมวลผลที่ผ่านมาไปประยุกต์ใช้ได้เช่นเดียวกัน แต่การกำหนดฟิลด์ข้อมูลจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างเอกสารแต่ละประเภทที่อาจมีรูปแบบของฟิลด์ที่คงที่เช่นเดียวกันกับเช็คธนาคาร เช่นแบบฟอร์มการลงทะเบียนต่างๆ หรือแบบฟอร์มเงินฝากถอน โดยสามารถประมวลผลโดยใช้แนวเส้นอ้างอิงเป็นหลักในการจำแนกฟิลด์ได้เช่นเดียวกัน แต่ทั้งนี้อาจต้องใช้ยูสเซอร์อินเตอร์เฟสมาช่วยในการกำหนดประเภทของฟิลด์แรกเริ่ม โดยไม่ต้องสร้างโมเดลของแบบฟอร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการทดลองกับภาพเอกสารเช็คธนาคาร ซึ่งนำเข้าเป็นภาพระดับเทา 256 ระดับ ด้วยความละเอียด 300 dpi โดยมีภาพเริ่มต้น (f_{raw}) แสดงดังภาพที่ 4.1

(ก)

(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.1 ภาพต้นฉบับ (ก) เช็คธนาคารไทยพาณิชย์ (ข) เช็คธนาคารกรุงศรีอยุธยา

4.1 การกำจัดสัญญาณรบกวน

(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.2 ภาพกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองสัญญาณแบบเกาส์เซียน (f_r)
(ก) เช็คธนาคารไทยพาณิชย์ (ข) เช็คธนาคารกรุงศรีอยุธยา

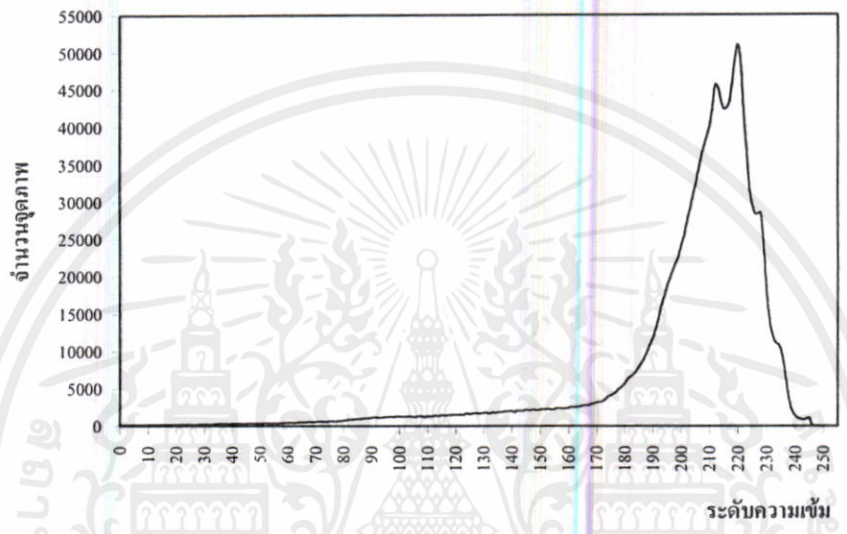
ในการทดลองกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองแบบเกาส์เซียน ใช้เวลา 1 วินาที หลังจากได้ภาพเอกสารที่ผ่านการกรองสัญญาณรบกวน (f_r) แล้ว จากนั้นนำมากำจัดภาพแบคกราวด์ในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

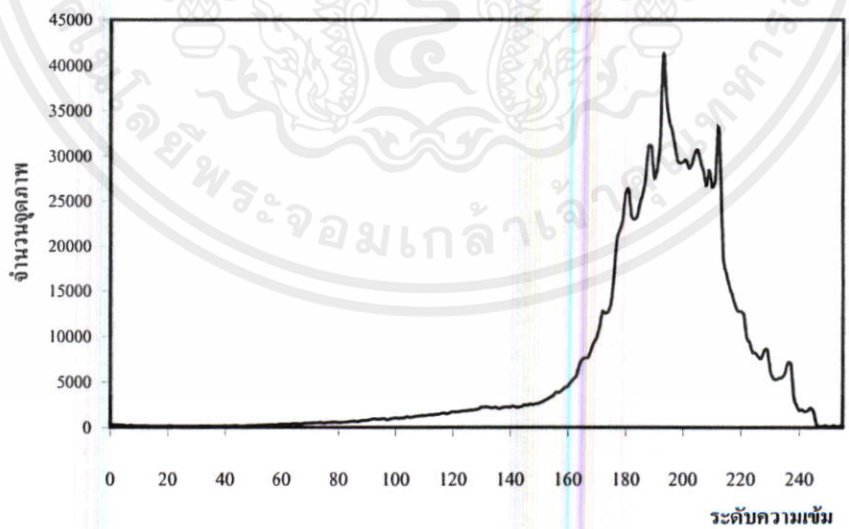
4.2 การกำจัดภาพแบคกราวด์และเส้นอ้างอิง

4.2.1 การกำจัดแบคกราวด์

ในการกำจัดภาพแบคกราวด์เป็นการคำนวณหาค่าเธรดโชลด์ที่เหมาะสมจากฮิสโตแกรมของภาพที่ได้จากการกำจัดสัญญาณรบกวน ซึ่งฮิสโตแกรมของภาพเอกสารที่ใช้ในการทดลองจากภาพ 4.2 ซึ่งเป็นภาพเอกสารที่ผ่านการกรองสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน



(ก)



(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.3 ฮิสโตแกรมจำนวนจุดภาพจากภาพเอกสารที่ได้จากการกรองสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน (f_f) (ก) เช็คธนาคารไทยพาณิชย์ (ข) เช็คธนาคารกรุงศรีอยุธยา

(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.4 ภาพเช็คธนาคารที่ได้หลังจากกำจัดแบคกราวด์ด้วยวิธีการปรับปรุงการหาค่าเธรดโชลด์ตามคุณลักษณะของวัตถุ (FOAT) (f_{bg})
(ก) เช็คธนาคารไทยพาณิชย์ (ข) เช็คธนาคารกรุงศรีอยุธยา

การทดสอบการกำจัดภาพแบคกราวด์โดยใช้วิธี FOAT นี้ จะได้ผลลัพธ์แสดงดังภาพ 4.4 โดยภาพ (ก) จะได้ค่าคุณสมบัติของตัวอักษร เป็น 142 และค่าเธรดโชลด์ที่ได้เป็น 163 การประมวลผล 1 รอบ โดยใช้เวลา 0.45 วินาที และภาพ (ก) จะได้ค่าคุณสมบัติของตัวอักษร เป็น 156 และค่าเธรดโชลด์ที่ได้เป็น 158 การประมวลผล 1 รอบ โดยใช้เวลา 0.45 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการใช้

4.2.2 การกำจัดเส้นอ้างอิง

ในขบวนการกำจัดเส้นอ้างอิง เป็นการนำภาพที่ได้จากการกำจัดพื้นหลัง (f_{bg}) มาประมวลผล จะได้ผลลัพธ์แสดงดังภาพที่ 4.5

(ก)

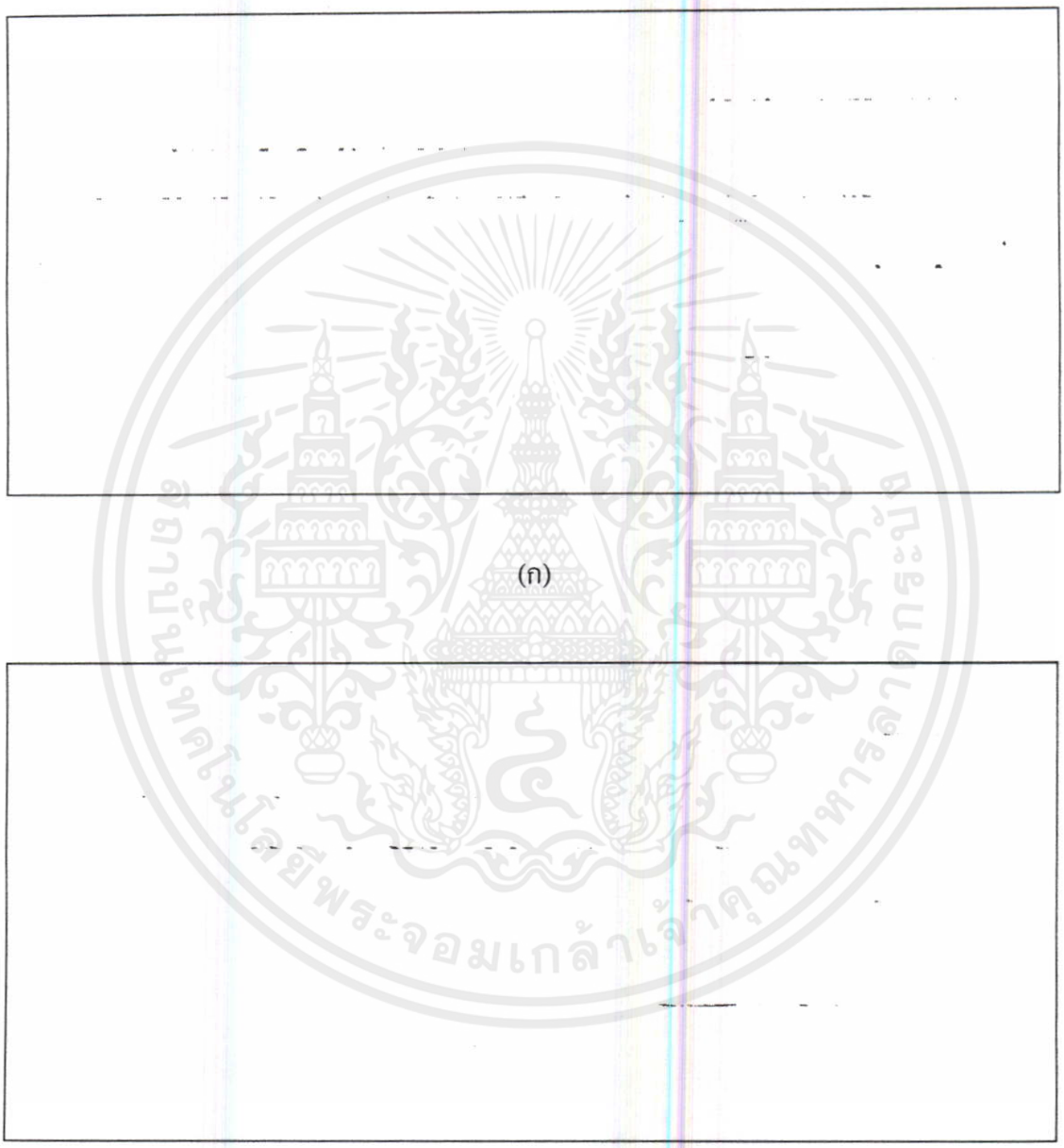
(ข)

ภาพที่ 4.5 ผลลัพธ์ภาพเช็คธนาคารที่ได้จากการกำจัดเส้นอ้างอิง (f_{ln})
(ก) เช็คธนาคารไทยพาณิชย์ (ข) เช็คธนาคารกรุงศรีอยุธยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการกำจัดเส้นอ้างอิงจะเห็นว่าหลังจากกำจัดเส้นอ้างอิงออกจากภาพเอกสารแล้วจะเห็นว่ามีข้อมูลบางส่วนที่ตัดทับกับแนวเส้นอ้างอิงขาดหายไป ทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ อาจทำการนำไปประมวลผลต่อไปผิดพลาดได้

4.3 การสร้างข้อมูล



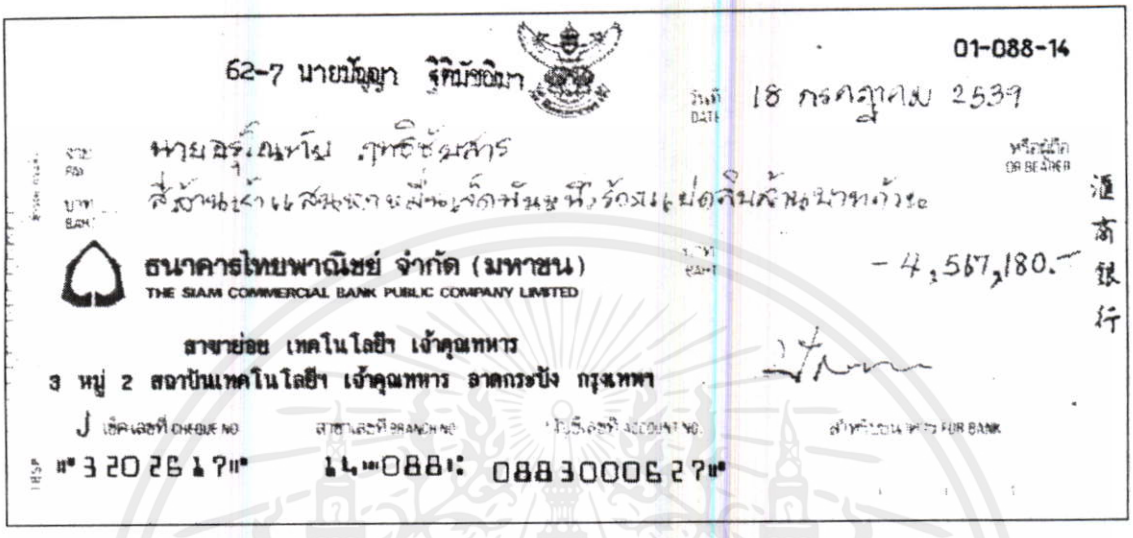
(ก)

(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ทั้งนี้ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.6 ผลการรวมข้อมูลภาพ (f_{rcs}) ที่ได้จากการจำแนกส่วนของข้อมูลออกจากแนวเส้นอ้างอิงที่มีสตรัคเจอร์อีลีเมนต์ทั้ง 4 ทิศทาง ($f_{rcs\text{-}k}$) เข้าด้วยกัน
(ก) เช็คธนาคารไทยพาณิชย์ (ข) เช็คธนาคารกรุงศรีอยุธยา

หลังจากจำแนกแนวเส้นอ้างอิงออกไป อาจมีข้อมูลบางส่วนขาดหายไป ดังนั้น จำเป็นต้องสร้างข้อมูลส่วนที่ขาดหายไปคืนมา โดยจำแนกส่วนของข้อมูลออกจากแนวเส้นอ้างอิงในแต่ละสตรัคเจอร์อีลีเมนต์ ($f_{res\text{-}k}$) แล้วนำภาพที่ได้จากทั้ง 4 สรัคเจอร์อีลีเมนต์ มารวมกัน f_{res} จะได้ผลลัพธ์แสดงดังภาพที่ 4.6



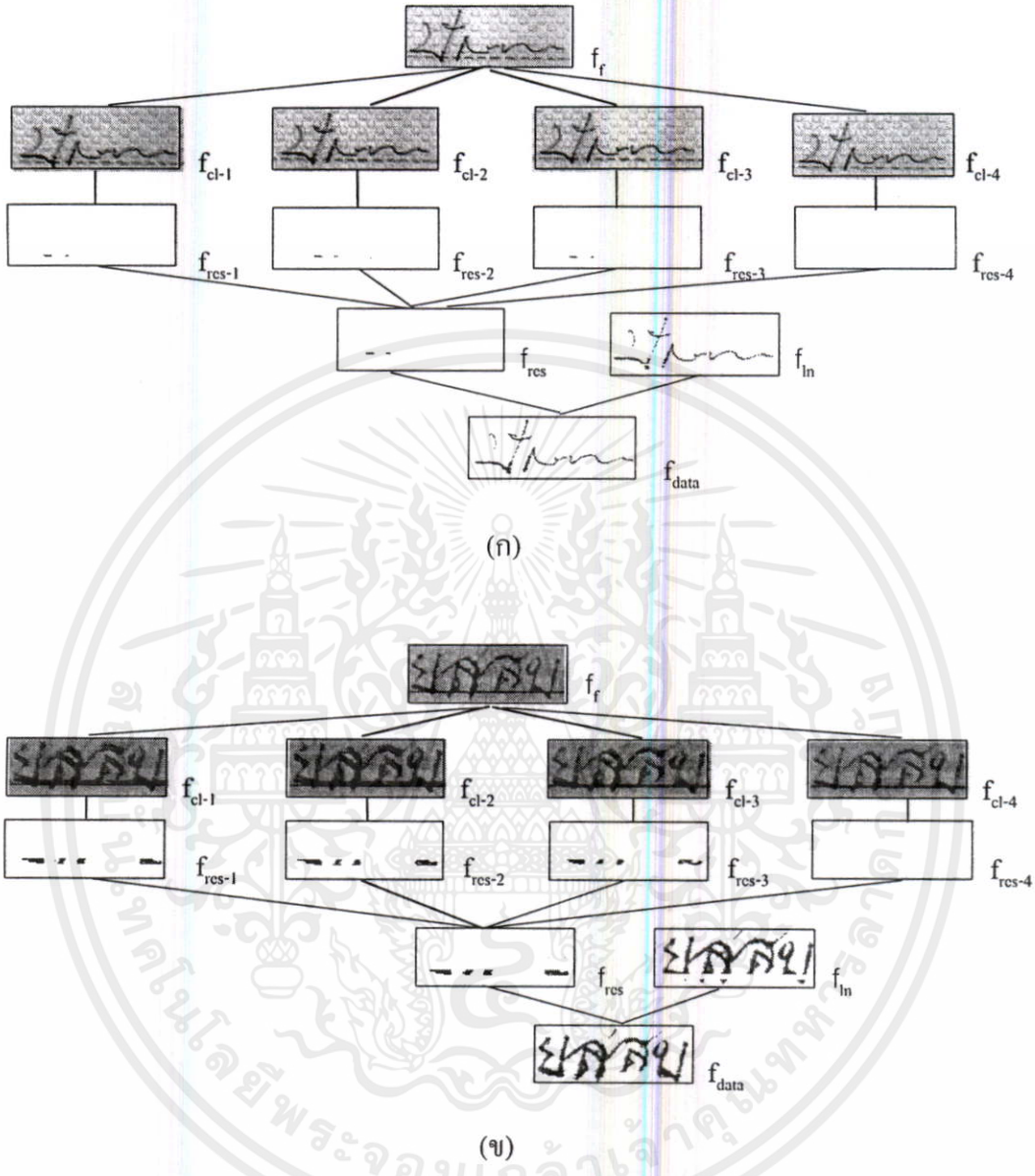
(ก)

(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.7 ผลการสร้างข้อมูล (f_{data}) โดยการรวมข้อมูลภาพที่ได้จากการจำแนกส่วนของข้อมูลออกจากแนวเส้นอ้างอิง (f_{res}) และภาพที่ได้จากการกำจัดเส้นอ้างอิง (f_{ln})
(ก) เช็คธนาคารไทยพาณิชย์ (ข) เช็คธนาคารกรุงศรีอยุธยา

ทำการรวมภาพที่จำแนกส่วนของข้อมูลที่ขาดหายไปจากแนวเส้นอ้างอิง (f_{res}) กับภาพที่กำจัดแนวเส้นอ้างอิงออก จะได้ผลลัพธ์ผลการสร้างข้อมูล (f_{data}) ดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.8 การสร้างข้อมูล (f_{data}) จากขั้นตอนต่างๆ (ก) ตัวอย่างที่ 1 (ข) ตัวอย่างที่ 2

ภาพที่ 4.8 แสดงตัวอย่างการสร้างข้อมูลภาพในแต่ละขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกเป็นการทำโคลสซิงมอร์โฟโลยี นำภาพเอกสารที่ผ่านขบวนการกำจัดสัญญาณรบกวน (f_f) มาประมวลผลกับสตรัคเจอร์อีลีเมนต์ต่างๆ

หลังจากทำโคลสซิงมอร์โฟโลยี (f_{cl-k}) นำผลการทดลองจากขั้นตอนดังกล่าวมาประมวลผลต่อเพื่อสร้างข้อมูล โดยจำแนกส่วนของข้อมูลออกจากแนวเส้นอ้างอิงในแต่ละสตรัคเจอร์อีลีเมนต์ (f_{res-k}) แล้วนำภาพที่ได้จากทั้ง 4 สตรัคเจอร์อีลีเมนต์ มารวมกัน f_{res} จากนั้นทำการรวมภาพที่

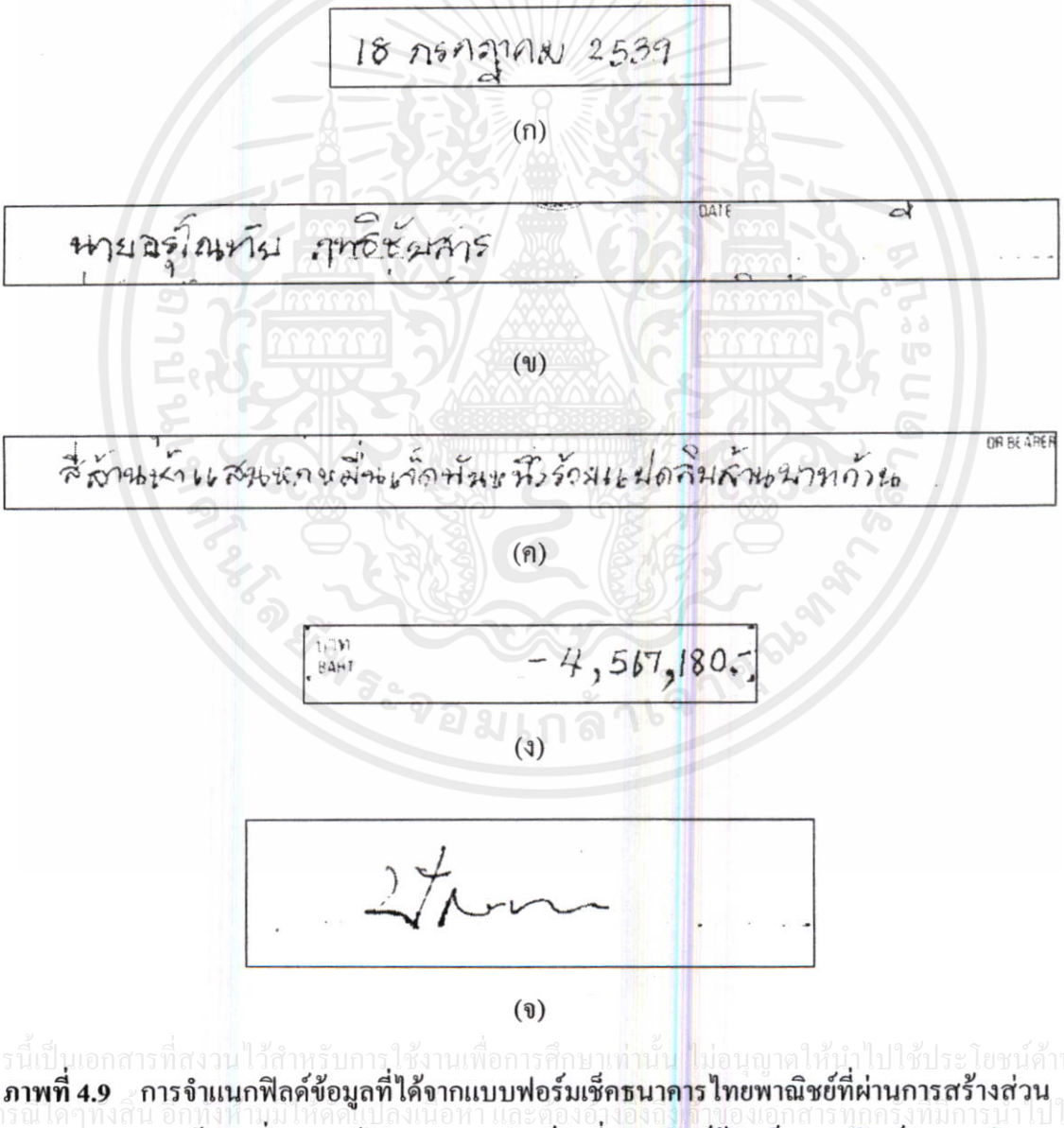
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้จากการจำแนกข้อมูลในแนวเส้นอ้างอิง (f_{res}) กับภาพที่กำจัดแนวเส้นอ้างอิง (f_{ln}) เป็นภาพการสร้างข้อมูล (f_{data})

ในการสร้างข้อมูลภาพโดยใช้มอร์โฟโลยี จะช่วยให้สร้างข้อมูลที่ขาดหายไปตามแนวทิศทางของตัวอักษรได้ และยังคงสภาพของตัวอักษรได้อย่างถูกต้องและชัดเจน แต่ในขั้นตอนนี้จะเปลืองเนื้อที่หน่วยความจำเพื่อให้ประมวลภาพได้เร็วขึ้นทั้ง 4 ทิศทาง

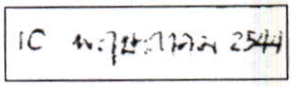
4.4 การจำแนกฟิลด์ข้อมูล

จากนั้นนำภาพเอกสารที่ได้จากการสร้างข้อมูลที่ขาดหายไป และจำแนกแบคกราวด์และเส้นเส้นอ้างอิงเรียบร้อยแล้ว มาผ่านการจำแนกฟิลด์ข้อมูล จะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 4.9 และ 4.10

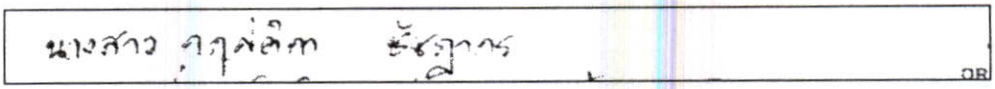


ภาพที่ 4.9 การจำแนกฟิลด์ข้อมูลที่ได้จากแบบฟอร์มเช็คธนาคารไทยพาณิชย์ที่ผ่านการสร้างส่วนของข้อมูลที่ขาดหายไป (f_{data}) (ก) ฟิลด์วันที่ (ข) ฟิลด์ผู้รับเช็ค (ค) ฟิลด์จำนวนเงินเป็นตัวอักษร (ง) ฟิลด์จำนวนเงินเป็นตัวเลข (จ) ฟิลด์ลายเซ็นต์ผู้สั่งจ่าย

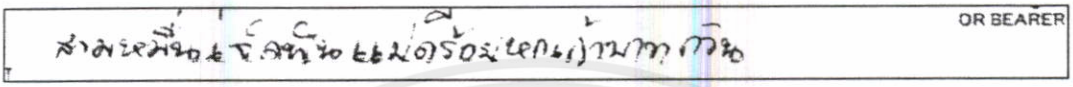
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)

(ง)

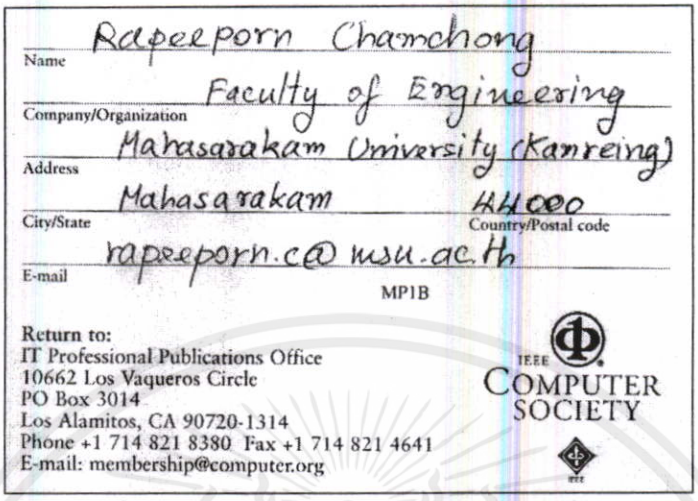
(จ)

ภาพที่ 4.10 การจำแนกฟิลด์ข้อมูลที่ได้จากแบบฟอร์มเช็คธนาคารกรุงศรีอยุธยาที่ผ่านการสร้างส่วนของข้อมูลที่ขาดหายไป (f_{data}) (ก) ฟิลด์วันที่ (ข) ฟิลด์ผู้รับเช็ค (ค) ฟิลด์จำนวนเงินเป็นตัวอักษร (ง) ฟิลด์จำนวนเงินเป็นตัวเลข (จ) ฟิลด์ลายเซ็นต์ผู้สั่งจ่าย

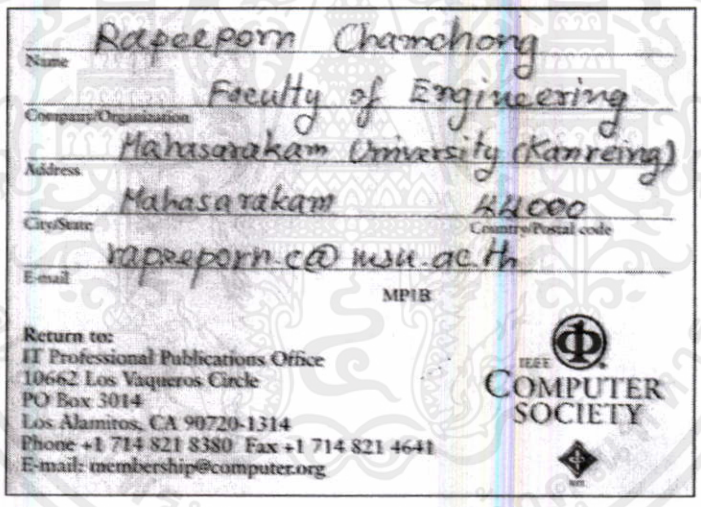
ในการจำแนกฟิลด์ข้อมูล จะสามารถจำแนกฟิลด์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้องโดยสามารถนำผลที่ได้ไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ตัวอย่างแบบฟอร์มอื่นๆ


Rapeeporn Chamchong
Name
Faculty of Engineering
Company/Organization
Mahasarakam University (Kamreing)
Address
Mahasarakam 44000
City/State Country/Postal code
rapeeporn.c@msu.ac.th
E-mail
MP1B
Return to:
IT Professional Publications Office
10662 Los Vaqueros Circle
PO Box 3014
Los Alamitos, CA 90720-1314
Phone +1 714 821 8380 Fax +1 714 821 4641
E-mail: membership@computer.org
IEEE COMPUTER SOCIETY

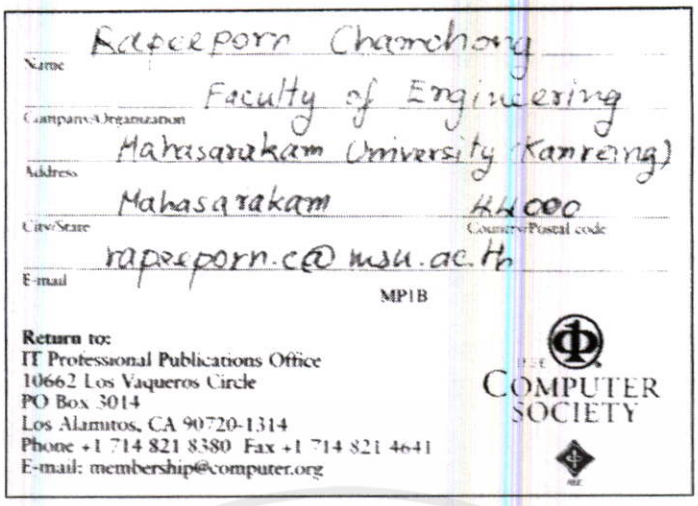
(ก) ภาพจากการสแกน


Rapeeporn Chamchong
Name
Faculty of Engineering
Company/Organization
Mahasarakam University (Kamreing)
Address
Mahasarakam 44000
City/State Country/Postal code
rapeeporn.c@msu.ac.th
E-mail
MP1B
Return to:
IT Professional Publications Office
10662 Los Vaqueros Circle
PO Box 3014
Los Alamitos, CA 90720-1314
Phone +1 714 821 8380 Fax +1 714 821 4641
E-mail: membership@computer.org
IEEE COMPUTER SOCIETY

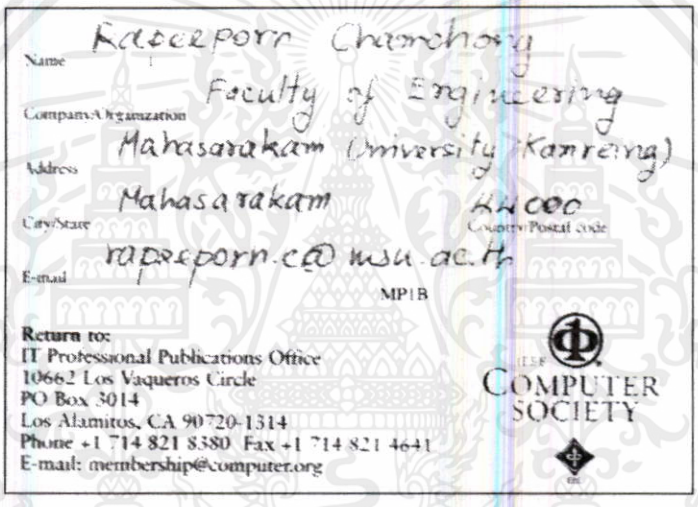
(ข) ภาพการกำจัดสัญญาณรบกวน

ภาพที่ 4.11 การจำแนกข้อมูลจากแบบฟอร์มลงทะเบียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


Name: Kasceporn Chamchong
Company/Organization: Faculty of Engineering
Address: Mahasarakam University (Kamreang)
City/State: Mahasarakam
Country/Postal code: 44000
E-mail: kasceporn.c@msu.ac.th
MP1B
Return to:
IT Professional Publications Office
10662 Los Vaqueros Circle
PO Box 3014
Los Alamitos, CA 90720-1314
Phone +1 714 821 8380 Fax +1 714 821 4641
E-mail: membership@computer.org
IEEE COMPUTER SOCIETY

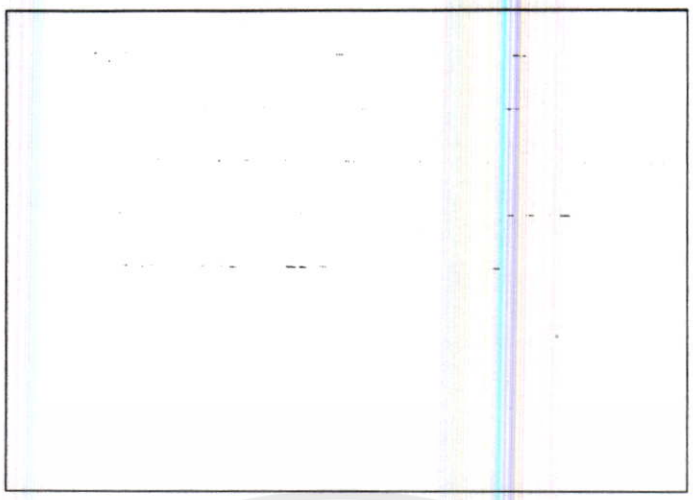
(ค) ภาพการกำจัดแบคกราวด์


Name: Kasceporn Chamchong
Company/Organization: Faculty of Engineering
Address: Mahasarakam University (Kamreang)
City/State: Mahasarakam
Country/Postal code: 44000
E-mail: kasceporn.c@msu.ac.th
MP1B
Return to:
IT Professional Publications Office
10662 Los Vaqueros Circle
PO Box 3014
Los Alamitos, CA 90720-1314
Phone +1 714 821 8380 Fax +1 714 821 4641
E-mail: membership@computer.org
IEEE COMPUTER SOCIETY

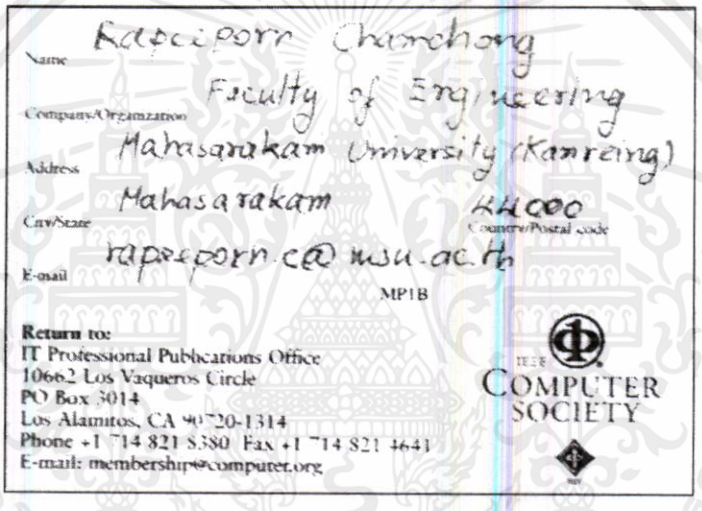
(ง) ภาพการกำจัดเส้นอ้างอิง

ภาพที่ 4.11 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(จ) ภาพการสร้างข้อมูลที่เขียนทับเส้นอ้างอิง



(ฉ) ภาพการปรับปรุงข้อมูลจาก (ง) และ (จ)

ภาพที่ 4.11 (ต่อ)

จากภาพที่ 4.11 เป็นตัวอย่างผลการจำแนกข้อมูลจากแบบฟอร์มลงทะเบียน ซึ่งนอกจากการจำแนกข้อมูลจากเช็คธนาคารแล้ว จะเห็นว่าในงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแบบฟอร์มประเภทต่างได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอกระบวนการประมวลผลแบบฟอร์มโดยอัตโนมัติ โดยศึกษาพื้นฐานการประมวลผลแบบฟอร์มเช็คธนาคารของไทย โดยการนำเข้าภาพเอกสาร 256 ระดับเทา ความละเอียดของการสแกน 300 จุดต่อนิ้ว จากนั้นพัฒนาอัลกอริธึมของการประมวลผลภาพ และการประมวลผลแบบฟอร์มเพื่อการปรับปรุงคุณภาพเอกสาร การจำแนกฟิลด์ข้อความออกจากวัตถุที่ไม่พึงประสงค์ ได้แก่ ภาพพื้นหลังและแนวเส้นอ้างอิง การปรับปรุงข้อมูลที่เขียนทับกับเส้นอ้างอิง และการจำแนกฟิลด์ข้อมูล

เมื่อนำภาพเอกสารที่ผ่านการสแกนมาผ่านขบวนการกรองด้วยวิธีโดยวิธีเกาส์เซียนที่มีมาสก์ขนาด 3 × 3 แล้วก็จะสามารถกรองสัญญาณรบกวนออกไปได้ รวมทั้งยังประมวลผลได้รวดเร็ว สำหรับภาพขนาดใหญ่ และยังคงคุณภาพของความเข้มตัวอักษรไว้ได้ดีกว่าวิธีการกรองแบบเฉลี่ยข้อมูลอีกด้วย ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพเอกสารนำเข้า ซึ่งส่งผลถึงขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น เนื่องจากภาพที่ผ่านการปรับปรุงแล้วจะมีสัญญาณรบกวนน้อยลง แต่บางครั้งอาจทำให้ข้อมูลที่สำคัญของภาพเกิดสูญหายได้ ถ้าไม่พิจารณาเลือกวิธีให้เหมาะสมกันแต่ละภาพ

การจำแนกแบคกราวด์โดยใช้การปรับปรุงการหาค่าเธรดโชลด์ตามคุณลักษณะของวัตถุ (FOAT) จะประมวลผลโดยประมาณ 1-2 รอบ โดยการทดสอบนั้นไม่ต้องประมวลผลหาค่าความแตกต่างที่ได้ แต่ละใช้การทดสอบกับคุณสมบัติของตัวอักษรแทน ซึ่งสามารถใช้ได้กับทุกภาพเอกสาร โดยไม่ขึ้นกับค่าความแตกต่าง และวิธี FOAT จะปรับขบวนการทำพรีเทสต์ ให้มาประมวลผลพร้อมไปกับการหาค่าเธรดโชลด์ของภาพเอกสาร จะลดเวลาในการประมวลผลลงได้มาก ซึ่งวิธีนี้จะประมวลผลได้เร็วกว่าวิธีที่ผ่านมา

ในการกำจัดเส้นอ้างอิงสามารถกำจัดแนวเส้นอ้างอิงออกไปได้ แต่ปัญหาที่ตามมาจากการตัดทับกันระหว่างเส้นอ้างอิงกับตัวอักษรที่ผู้ใช้เติม ก็จะส่งผลให้ตัวอักษรขาดหายไปบางส่วน จะทำให้ข้อมูลที่ต้องการนั้นไม่ถูกต้องได้ ดังนั้นจะต้องคืนข้อมูลส่วนที่ขาดหายไป เพื่อให้นำข้อมูลที่ต้องการไปประมวลผลต่อไปได้อย่างถูกต้อง ในขั้นตอนต่อไป

เนื่องจากภาพเอกสารที่ผ่านการกำจัดแนวเส้นอ้างอิงออกไปทำให้ข้อมูลตัวอักษรที่ตัดทับกับเส้นอ้างอิงขาดหายไปในบางส่วน ดังนั้นในการทำโคลสซิ่งมอร์โฟโลยีในทิศทางต่างๆ บนแนวเส้นอ้างอิง จะสามารถคืนส่วนของข้อมูลที่ขาดหายไปตามแนวทิศทางการเอียงของตัวอักษรนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คืนมาได้ แต่ถ้าระดับความเข้มของตัวอักษรที่เติมมีค่าน้อยกว่าระดับความเข้มของแนวเส้นตรงมากๆ จะทำให้การคืนส่วนของข้อมูลที่ขาดหายไปผิดพลาด แต่โดยปกติการกรอกข้อมูลลงบนแบบฟอร์มจะต้องใช้ปากกาหมึกดำหรือหมึกน้ำเงินในการกรอกข้อความลงบนแบบฟอร์ม และถ้าเส้นตรงมีสีดำ ก็ยังส่งผลให้การคืนส่วนของข้อมูลดังกล่าวได้ดีเพียงพอที่จะนำไปใช้งานต่อไปได้ และนอกจากนี้การพิจารณาการตัดทับของข้อความกับเส้นอ้างอิงโดยทั่วไปจะพิจารณาเพียงการตัดทับในแนวนอนเท่านั้น แต่ในวิทยานิพนธ์นี้ได้พิจารณาถึงการตัดทับกับเส้นอ้างอิงในแนวตั้งด้วย จึงส่งผลให้การคืนส่วนของข้อมูลที่ขาดหายไปมีความถูกต้อง สมบูรณ์ สามารถนำไปใช้งานกับเอกสารที่มีเส้นอ้างอิงได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน

นอกจากนี้ ในการเลือกใช้ตัวถ่วงน้ำหนักในการหาค่าเธรดโชลด์เพื่อใช้จำแนกข้อมูลในแนวเส้นอ้างอิง ส่งผลต่อการคืนส่วนของข้อมูลที่ขาดหายไปด้วย กรณีที่เส้นอ้างอิงเป็นเส้นปะมีความกว้างมากกว่าตัวอักษร ส่งผลให้การคืนส่วนของข้อมูลที่ขาดหายไปผิดพลาดได้ ดังนั้นถ้าส่วนของข้อมูลไม่ได้ตัดทับกับเส้นอ้างอิงโดยตรงหรือมีความเหลื่อมล้ำของตัวอักษรออกนอกเส้นปะ อาจทำให้ส่วนของข้อมูลนั้นมีระดับความเข้มใกล้เคียงกับระดับความเข้มของเส้นตรง และการคืนส่วนของข้อมูลก็ผิดพลาดได้

จากผลการทดลองพบว่าถ้าใช้แนวเส้นอ้างอิงแนวนอนและแนวตั้งเป็นฐานในการจำแนกฟิลด์ข้อมูลเช็คธนาคาร พบว่าเอกสารที่จำแนกได้ในบางครั้งอาจมีข้อความของฟิลด์ที่อยู่ใกล้เคียงเกินมาได้ แต่ข้อความส่วนต่างๆ เหล่านั้นถ้าไม่อยู่ในแนวของข้อมูลที่ต้องการใช้งาน ก็พิจารณาเป็นส่วนเกินของฟิลด์นั้นได้ ดังนั้นอาจต้องพิจารณาการจำแนกส่วนเกินออกไปก่อนที่นำไปผ่านขบวนการแปลข้อความต่อไป ในส่วนของฟิลด์ลายเซ็นต์ผู้สั่งจ่าย ในบางครั้งถ้าผู้เซ็นต์ เซ็นต์เกินขนาดที่กำหนดไว้ในการจำแนก ข้อมูลก็อาจขาดหายไปได้ แต่จากการทดสอบกับเอกสารจำนวนมาก จะยังคงสามารถเก็บข้อมูลลายเซ็นต์ได้ครบถ้วน

จากผลการทดลองพบว่าวิธีที่นำเสนอสามารถประมวลผลแบบฟอร์มเอกสารได้รวดเร็วถูกต้อง สามารถนำฟิลด์ข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลต่อไปได้ และสามารถนำวิธีการดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับแบบฟอร์มต่างๆ ที่มีลักษณะทางกายภาพที่แน่นอน ส่วนของความถูกต้องของการจำแนก พบว่าถ้าข้อความไม่มีการตัดทับกับแนวเส้นอ้างอิง จะให้ความถูกต้องของตัวอักษรที่จำแนก 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้ามีการตัดทับกับแนวเส้นอ้างอิง และความเข้มของตัวอักษรใกล้เคียงกับแนวเส้นอ้างอิง ก็อาจทำให้การสร้างข้อมูลผิดพลาดได้

5.2 ข้อเสนอแนะและปัญหาที่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ในการกำจัดภาพพื้นหลัง เอกสารแต่ละประเภทที่ใช้การประยุกต์อัลกอริธึมของ Otsu แบบเรียกตัวเอง จะเป็นการทดสอบที่ให้คุณภาพของเอกสารดีขึ้น แต่พบว่าภาพเอกสารแต่ละประเภทจะใช้ค่าความแตกต่างในการจำแนกที่แตกต่างกันไปไม่แน่นอน และเอกสารทุกชนิดจะถูก

กำหนดค่าระดับความเข้มของตัวอักษรเข้าใกล้ระดับ 0 หรือสีดำ ดังนั้นการกำจัดพื้นหลังทุกวิธีที่ผ่านมาไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับภาพเอกสารที่มีระดับความเข้มตัวอักษรที่มีสีอ่อนหรือเข้าใกล้สีขาวได้ และวิธี FOAT เช่นเดียวกัน ก็ยังมีข้อจำกัดของระดับความเข้มตัวอักษรเช่นเดียวกัน

2. ในการสร้างส่วนที่ขาดหายไป ถ้าไม่ใช้ตัวถ่วงน้ำหนักเลยจะส่งผลให้การคืนส่วนของข้อมูลที่ขาดหายไปผิดพลาดมากยิ่งขึ้นในกรณีการเลือกใช้ตัวถ่วงน้ำหนักในการหาค่าเธรดโชลด์เพื่อใช้จำแนกข้อมูลในแนวเส้นอ้างอิง ส่งผลต่อการคืนส่วนของข้อมูลที่ขาดหายไปด้วย และกรณีที่เส้นอ้างอิงเป็นเส้นปะซึ่งมีขนาดความกว้างมากกว่าตัวอักษร ก็อาจส่งผลให้การคืนส่วนของข้อมูลที่ขาดหายไปผิดพลาดได้เช่นกัน ถ้าส่วนของข้อมูลไม่ได้ตัดทับกับเส้นอ้างอิงโดยตรงหรือมีความเหลื่อมล้ำของตัวอักษรออกนอกเส้นปะ อาจทำให้ส่วนของข้อมูลนั้นมีระดับความเข้มใกล้เคียงกับระดับความเข้มของเส้นตรงและการคืนส่วนของข้อมูลผิดพลาดได้ ดังนั้นถ้าสามารถพิจารณาการหาค่าเธรดโชลด์แบบโลคอลได้ จะสามารถคงสภาพของข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น แต่ก็จะเพิ่มเวลาที่ใช้ในการประมวลผลนานมากขึ้น

3. สำหรับความเร็วในการประมวลผลนั้น วิธีการนี้จะสามารถประมวลผลได้รวดเร็วแต่สิ้นเปลืองหน่วยความจำ เพราะต้องแยกการประมวลผลเป็นแบบขนาน โดยสามารถสร้างภาพเอกสารพร้อมกันถึง 4 สตรัคเจอร์อีลีเม้นต์

4. ข้อมูลเช็คธนาคารที่นำมาใช้ในการประมวลผลมีจำกัด เนื่องจากเช็คธนาคารเป็นเอกสารสำคัญที่มีผลต่อการเบิกจ่ายเงิน ดังนั้นผลการทดลองกับเช็คธนาคารแต่ละประเภทมีจำนวนจำกัด

5. จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถนำไปประยุกต์การจำแนกข้อมูลบนแบบฟอร์มต่างๆได้ แต่การจำแนกฟิลด์ข้อมูลย่อมจะแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของเอกสารนั้น ดังนั้น ใน 3 ขั้นตอนแรกจะยังคงประมวลผลได้เช่นเดียวกัน แต่ในขั้นตอนสุดท้ายผู้ใช้จะต้องนำไปประยุกต์ให้การจำแนกเป็นอัตโนมัติให้มากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Tang Y. Y., Suen C. Y., Yan C. D. and Cheriet M. "Financial Document Processing Based on Staff Line and Description Language.", IEEE Transactions on System, Man. and Cybernetics, vol. 25, no. 5, May 1995. pp. 738-753.

[2] Casey R., Ferguson D., Mohiuddin K. and Walach E. "Intelligent Forms Processing System.", Machine Vision and Applications, vol. 5, 1992. pp 143-155.

[3] Taylor S. L. Fritzaon R. and Pastor J. A. "Extraction of Data from Preprinted Forms.", Machine Vision and Applications, vol. 5, 1992. pp. 211-222.

[4] กฤษณะ ชินสาร. "ระบบตรวจข้อสอบปรนัยอัตโนมัติ." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2539.

[5] Otsu N. "A Thredshold Selection Method from Gray-Level Histogram.", IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics., vol. SMC-9, no. 1, Jan. 1979. pp. 62-66.

[6] Said J. N., Cheriet M and Suen C. Y. "Dynamical Morphological Processing: A Fast Method for Base Line Extraction.", In Proc., 13th International Conference on Pattern Recognition, ICPR'96, vol. 2, Aug. 25-29, 1996. pp. 8-12.

[7] Pitas I. **Digital Image Processing Algorithms**. Prentice Hall International. 1993.

[8] Davies E.R. **Machine Vision : Theory, Algorithms, Practicalities.** 2nd Ed. Academic Press. 1997.

[9] Cheriet M., Said J. N. and Suen C. Y. "A Formal Model for Document Processing of Business Forms.", In Proc., 3rd International Conference on Document Analysis and Recognition, Aug. 24-26, 1995. pp. 210-213.

[10] รพีพร ช่ำชอง และ ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี "การเตรียมข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม," ประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 21, 2541, หน้า 585-588.

[11] Cheriet M., Said J. N. and Suen C. Y. "A Recursive Thresholding Technique for Image Segmentation.", IEEE Transaction on Image Processing, vol. 7, no. 6, June 1998. pp. 918-921

[12] ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี, สิทธิศักดิ์ รอดทุกข์ "การทำเธรดโซลด์ตามคุณลักษณะของวัตถุ", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า, ครั้งที่ 18, 2538, หน้า 961-964.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[13] Gonzalez R.C. and Woods R.E. **Digital Image Processing**. Addison-Wesley Publishing Company. 1992.

[14] Rangsanseri Y., Thitimajshima P. and Chamchong R. "Data Extraction in Form Documents with Gray-Level Background." In Proc. 2nd International Conference on Information, Communications and Signal Processing, December 8-10, 1999.

[15] Tang Y. Y., Liu J. and Li B. F. "Multiresolution Analysis in Extraction of Reference Lines from Documents with Gray Level Background." IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 19, no. 8, August 1997. pp. 921-925.

[16] Ponsri S., Thitimajshima P. and Rangsanseri Y. "Extraction of Reference Line in Automated Data-Entry System.", In Proc. 2nd International Conference on Information, Communications and Signal Processing, December 8-10, 1999.

[17] Yip R.K.K. "Line Patterns Hough Transform for Line Segment Detection." In Proc. IEEE Region 10's Ninth Annual International Conference., vol.1, 1994 , pp. 319 –323.

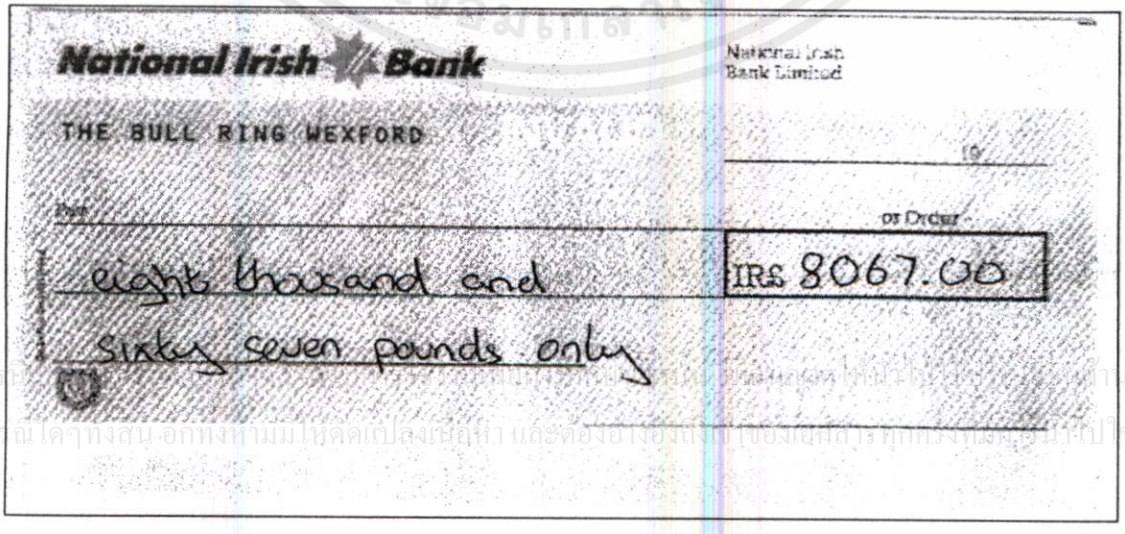
[18] Said J.N., Cheriet M. and Suen C.Y. "Dynamical Morphological Processing : A Fast Method for Base Line Extraction.", In Proc. 13th International Conference on Pattern Recognition, vol. 2, August 25-29, 1996., pp. 8-12.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

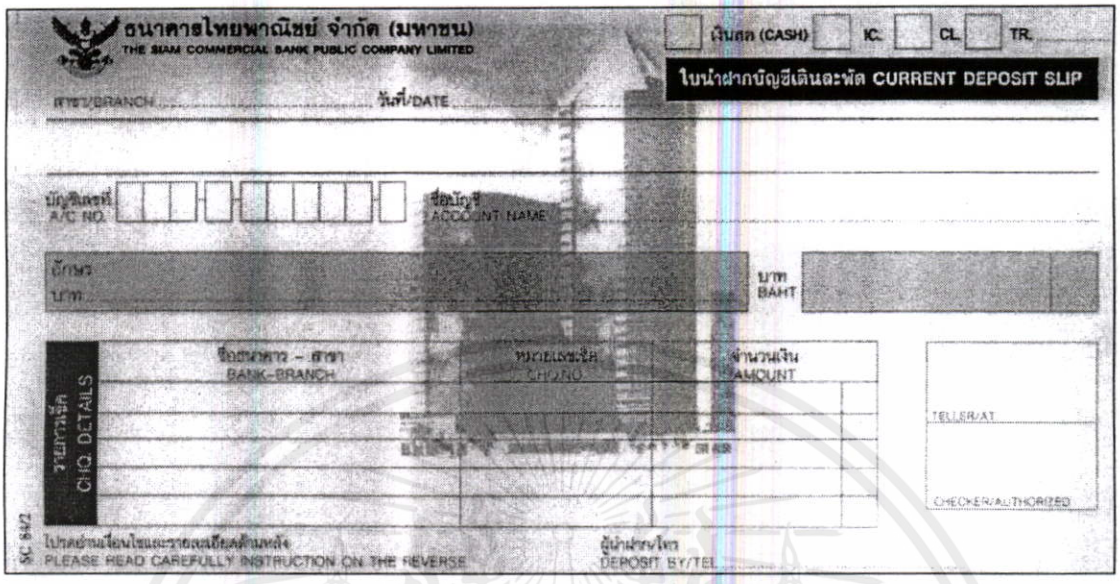
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างแบบฟอร์มเช็คธนาคารต่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเนื้อหาทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างแบบฟอร์มอื่นๆ



ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน)
THE SIAM COMMERCIAL BANK PUBLIC COMPANY LIMITED

เงินสด (CASH) IC CL TR

ใบนำฝากบัญชีเดินสะพัด CURRENT DEPOSIT SLIP

สาขา/BRANCH วันที่/DATE

บัญชีเลขที่ A/C NO. ชื่อบัญชี ACCOUNT NAME

อักษร บาท บาท BAHT

รายการเช็ค CHQ. DETAILS

ชื่อธนาคาร – สาขา BANK-BRANCH | หมายเลขเช็ค CHQ.NO | จำนวนเงิน AMOUNT

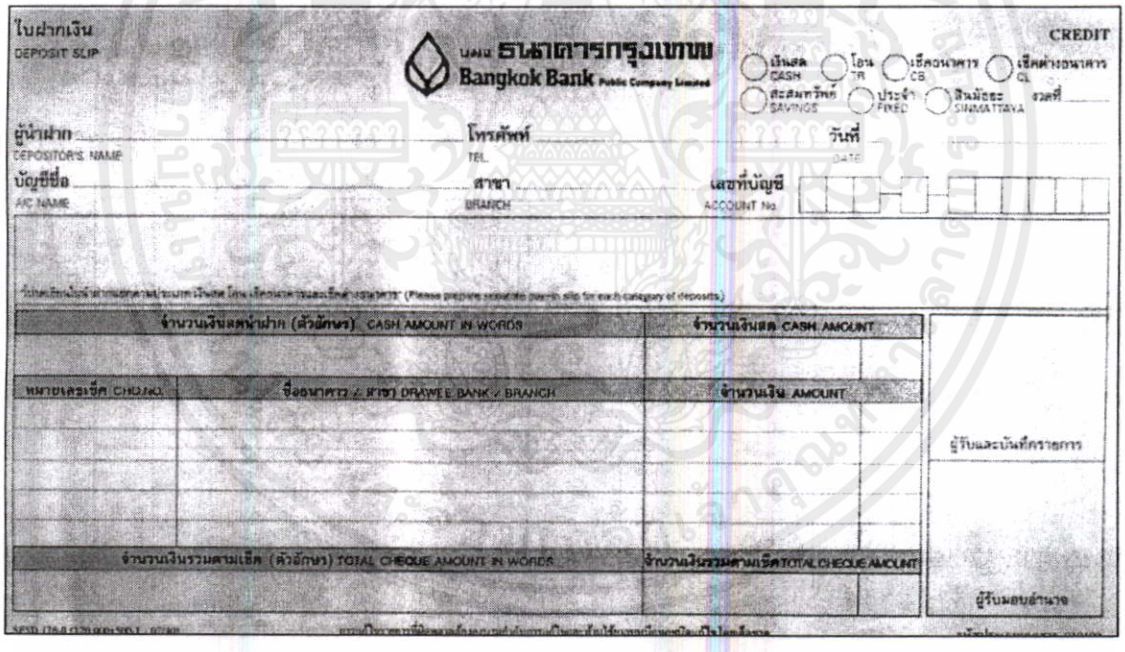
TELLER/AT

CHECKER/AUTHORIZED

SC 6/2

โปรดอ่านเงื่อนไขและรายละเอียดด้านหลัง PLEASE READ CAREFULLY INSTRUCTION ON THE REVERSE

ผู้นำฝากโทร DEPOSIT BY/TEL



ใบฝากเงิน
DEPOSIT SLIP

บมจ. ธนาคารกรุงเทพ
Bangkok Bank Public Company Limited

CREDIT

เงินสด CASH โอน TR เช็คธนาคาร CB เช็คต่างธนาคาร CL
สะสมทรัพย์ SAVINGS ประจำ FIXED สินมัธยะ SINMATTAYA รวดที่

ผู้นำฝาก DEPOSITOR'S NAME โทรศัพท์ TEL วันที่ DATE

บัญชีชื่อ A/C NAME สาขา BRANCH เลขที่บัญชี ACCOUNT No.

(Please prepare separate paying slip for each category of deposits)

จำนวนเงินสดนำฝาก (ตัวอักษร) CASH AMOUNT IN WORDS	จำนวนเงินสด CASH AMOUNT

หมายเลขเช็ค CHQ.NO.	ชื่อธนาคาร / สาขา DRAWEE BANK / BRANCH	จำนวนเงิน AMOUNT

จำนวนเงินรวมตามเช็ค (ตัวอักษร) TOTAL CHEQUE AMOUNT IN WORDS	จำนวนเงินรวมตามเช็ค TOTAL CHEQUE AMOUNT

ผู้รับและบันทึกรายการ

ผู้รับมอบอำนาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDER FORM IEEE Conference Proceedings Bestsellers

Ship to: *(please print)*

Name _____

Address _____

City _____ *State* _____ *Zip* _____

IEEE Customer # _____

Bill to: *(please print)*

Name _____

Address _____

City _____ *State* _____ *Zip* _____

Daytime phone: _____

Artificial Intelligence and Neural Computing

Please send me

_____ copies _____ ISBN _____

_____ copies _____ ISBN _____

_____ copies _____ ISBN _____

_____ copies _____ ISBN _____

Please enter my subscription* beginning with 1996 for the journal:

_____

Please send me a **free** sample copy of the journal:

_____

Name _____

Street _____

City/ZIP-Code _____

Country _____

Date/Signature _____

*Guarantee: I realize that I may cancel this subscription within ten days by notifying in writing the address on the order form. I confirm my understanding of this with my second signature.

Second Signature: _____

In EU-countries the local VAT is effective. Customers in EU countries, please state your VAT-identification-number if applicable. Prices are subject to change without notice. DM prices apply except where local currency prices are available.
38065.3.96.213.Gp. Printed in Germany.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SANYO บริษัท ซันโย (ไทยแลนด์) จำกัด
601 ถนนอโศกดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร
โทร. 2483491-8 โทรสาร. 2465546

ส่วนนี้ลูกค้าเก็บไว้
(FOR CUSTOMER)

บัตรรับประกันสินค้า

ชนิดสินค้า		เลขที่ ก	0173479
รุ่น VPC - X300 EX		หมายเลขเครื่อง	0171050 7
วัน,เดือน,ปี ที่ซื้อ	2 ต.ค. 2541	วันสิ้นสุดประกัน	31 S.A. 2542
ชื่อนามสกุลผู้ซื้อ	[illegible]		
ที่อยู่ บ้านเลขที่	12 หมู่ที่ -	ตรอก/ซอย -	ถนน [illegible]
ตำบล/แขวง	สุริยวงศ์	อำเภอ/เขต	บางรัก
จังหวัด	กท[illegible]	รหัสไปรษณีย์	10500
ซื้อจากร้าน	CYBER CO INTERNATIONAL M 1, M Floor [illegible]	จังหวัด	

บัตรประกันนี้มีผลใช้บังคับภายในประเทศไทยเท่านั้น
THIS WARRANTY IS VALID ONLY IN THAILAND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางรพีพร ช่ำชอง

เกิดวันที่ 9 เมษายน 2512 จังหวัดกรุงเทพมหานคร

การศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาสถิติ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตมหาสารคาม
ปีการศึกษา 2533

ประสบการณ์

2534 โปรแกรมเมอร์
โครงการ Executive Information System
ธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)

2539-2540 ผู้ช่วยนักวิจัย สำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2537-ปัจจุบัน อาจารย์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผลงานวิชาการ

รพีพร ช่ำชอง และยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี. "การทำภาพฮาล์ฟโทนด้วยอัลกอริธึมการกระจายความผิดพลาด" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 18, พ.ศ. 2538

รพีพร ช่ำชอง และยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี. "การเตรียมข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 21, พ.ศ. 2541

Yuttapong Rangsanseri, Panya Thitimashima and Rapeeporn Chamchong "Data Extraction in Form Documents with Gray-Level Background" International Conference on Information, Communications and Signal Processing Proceeding, 1999.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้