โครงการวิจัย

การตรวจเอกสารแบบตัวเลือกด้วยการประมวลผลภาพ

(Multiple Choice Papers Processing Using Image Processing)

หัวหน้าโครงการวิจัย

นายกิตติวัณณ์ นิ่มเกิดผล

ที่ปรึกษาโครงการวิจัย

ดร.สุทินัน พรอนุรักษ์

ผู้ร่วมวิจัย

นายมาโนช ประชา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อโครงการวิจัย	การตรวจเอกสารแบบตัวเลือกด้วยการประมวลผลภาพ Multiple Choice Papers Processing Using Image Processing	
ผู้วิจัย	นายกิตติวัณณ์ นิ่มเกิดผล	หัวหน้าโครงการวิจัย
	ดร.สุทินัน พรอนุรักษ์	ที่ปรึกษาโครงการวิจัย
	นายมาโนช ประชา	ผู้ร่วมวิจัย
พ.ศ.	2549	

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสำหรับตรวจประเมินผลเอกสารแบบตัวเลือกด้วยวิธีการประมวลผลภาพ เนื่องจากการประมวลผลเอกสารด้วยการประมวลผลภาพนั้นสามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งและขนาดตัวเลือกของเอกสารได้หลากหลายรูปแบบ โดยไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางกายภาพของเครื่อง ทำให้มีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง โดยระบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถเรียนรู้และประมวลผลเอกสารแบบตัวเลือกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า วิธีที่นำเสนอสำหรับการประมวลเอกสารแบบตัวเลือกนั้น สามารถประมวลผลเอกสารที่มีรูปแบบตัวเลือกแบบวงกลมได้สะดวกและมีความยืดหยุ่นในการประมวลผลมากกว่าเอกสารตัวเลือกในรูปแบบตาราง (ที่มีแนวเส้นสำหรับระบุตำแหน่งสำหรับทำเครื่องหมาย) โดยความเร็วในการประมวลผลเอกสารตัวเลือกแบบวงกลมด้วยอุปกรณ์ระบุในโครงการวิจัย มีความเร็วประมาณ 0.1 วินาทีต่อวงกลม ซึ่งทำให้สามารถประมวลผลเอกสารทั่วไปได้ไม่ต่ำกว่า 1000 ชุดต่อวัน (คำนวนที่เวลา 8 ชั่วโมงทำงานต่อวัน)

คำสำคัญ : ประมวลผลภาพ, ปรับมุมภาพ, ข้อมูลภาพแนวตั้งและแนวนอน, เอกสารแบบตัวเลือก, ฮัฟทรานส์ฟอร์ม

ลงทะเบียนวันที่ 24 เม.ย. 2551
เลขทะเบียน 088219
เลขหมู่ วน ตค ๗๖.๖ ก๖๗๘
ชื่อเรื่อง โปรแกรมประมวลผลเอกสาร-ข้อสอบ

สารบัญ

บทคัดย่อ ..... ก

สารบัญ ..... ข

สารบัญรูป ..... ง

บทที่ 1 1

บทนำ 1

บทที่ 2 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

การหาขอบของภาพ (Edge Detection) 3

การหาขอบของภาพโดยวิธีการ Canny Edge Detection 4

Image Profile Plot 4

Hough Transform 5

การหาเส้นตรงและมุมด้วยด้วยวิธีการ Hough Line Transform 5

การหาวงกลมด้วยวิธีการ Hough Circle Transform 7

การหาวัตถุที่รูปทรงทั่วไปด้วยวิธีการ Modified Generalized Hough Transform 8

บทที่ 3 9

การดำเนินการวิจัยและวิธีการประมวลผล 9

แนวความคิดในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม 9

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 9

การออกแบบเอกสาร 10

กระบวนวิธีการประมวลผลสำหรับการเรียนรู้ต้นแบบ เอกสารตัวเลือกชนิดตาราง 11

กระบวนวิธีการประมวลผลสำหรับเอกสารแบบตัวเลือกชนิดตาราง 12

กระบวนวิธีการประมวลผลสำหรับการเรียนรู้ต้นแบบเอกสาร ตัวเลือกชนิดวงกลม 12

กระบวนวิธีการประมวลผลสำหรับเอกสารแบบตัวเลือกชนิดวงกลม 12

วิธีการคำนวนหาค่าสีเทา 13

บทที่ 4 14
ผลการวิจัย 14
บทที่ 5 18
ผลสรุปและข้อเสนอแนะ 18
บรรณานุกรม 20

สารบัญรูป

รูปที่ 1 ตัวอย่างเอกสารที่ใช้สำหรับเครื่อง OMR 2
รูปที่ 2 ตัวอย่างเครื่อง OMR Scanner 2
รูปที่ 3 ผลการประมวลผลภาพเพื่อหาขอบของรูปด้วย Mask แบบต่าง ๆ 4
รูปที่ 4 ตัวอย่าง Image profile plot ของโปรแกรม Origin® 7.5 5
รูปที่ 5 สมการเส้นตรงในรูปแบบเชิงขั้ว (Polar form) 6
รูปที่ 6 การหาเส้นตรงด้วยวิธีการ Hough Line Transform 6
รูปที่ 7 การหาวงกลมด้วยวิธีการ Hough Circle Transform 7
รูปที่ 8 การหาวงกลมด้วยวิธีการ Hough Circle Transform 7
รูปที่ 9 การวิเคราะห์หาตำแหน่งของวัตถุรูปทรงที่ไม่ใช่รูปทรงเลขาคณิต (Arbitrary shape) 8
รูปที่ 10 อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการวิจัย 10
รูปที่ 11 ตัวอย่างเอกสารที่สร้างด้วย Microsoft ® Word ที่ใช้ในการทดลอง 11
รูปที่ 12 การประมวลผลเอกสารในรูปแบบตาราง 14
รูปที่ 13 รูปภาพตัวอย่างเอกสารตัวเลือกชนิดวงกลมที่ใช้ในการวิจัย 15
รูปที่ 14 การประมวลผลเอกสารตัวเลือกแบบวงกลม 16
รูปที่ 15 วิธีการใช้โปแกรม 17
รูปที่ 16 ตัวอย่างผลการประมวลผลด้วยโปรแกรมตรวจสอบการทำเครื่องหมาย 17
รูปที่ 17 กราฟแสดงเวลาที่ใช้ในการประมวลผลเอกสารรูปแบบต่าง ๆ 19

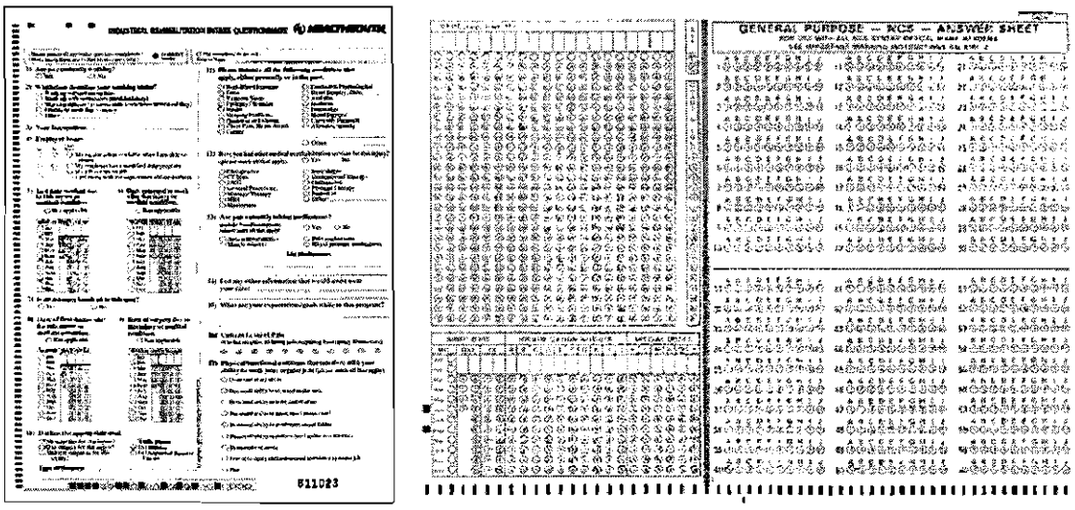
บทที่ 1

บทนำ

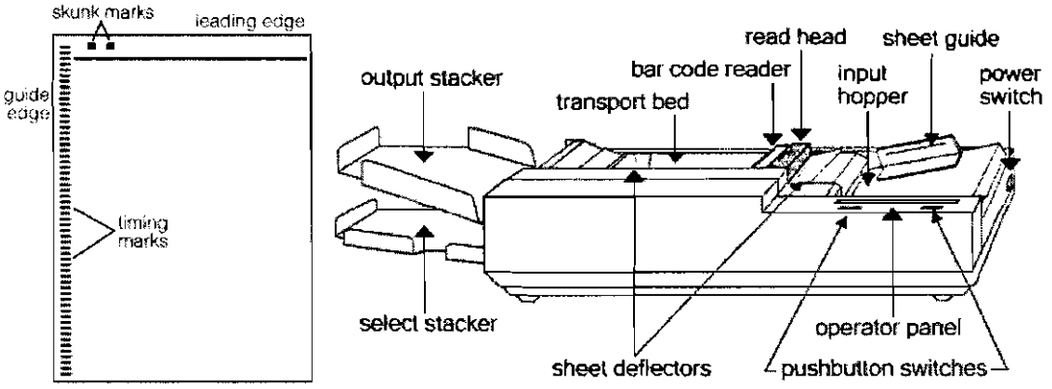
การตรวจประเมินผลเอกสารแบบตัวเลือกในจำนวนมากเช่น ข้อสอบ แบบสอบถามงานวิจัย และเอกสารแบบตัวเลือกรูปแบบต่าง ๆ ผู้ประเมินผลมักจำเป็นต้องสร้างเครื่องมือเพื่อช่วยในการตรวจสอบ รวบรวมและสรุปผลจากเอกสารเหล่านั้น ดังนั้นผู้พัฒนางานวิจัย เห็นถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงพัฒนาเครื่องตรวจเอกสารแบบตัวเลือกหลายรูปแบบโดยใช้การประมวลผลภาพ ซึ่งระบบสามารถเรียนรู้รูปแบบ และประมวลผลเอกสารแบบตัวเลือกได้โดยอัตโนมัติ

เครื่องตรวจเอกสารแบบตัวเลือก (OMR: Optical Mark Reader)[1-3] ส่วนมากจะใช้ตัวตรวจจับ (Sensors) โดยอาศัยความนำไฟฟ้าหรือการสะท้อนของแสงจากการทำเครื่องหมายบนเอกสาร และต้องใช้เอกสารตามรูปแบบที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้า รวมทั้งต้องทำเครื่องหมายด้วยสื่อเฉพาะที่ทำให้ได้ลักษณะดังกล่าวได้ เช่น ดินสอ ทำให้ขาดความสะดวกและความยืดหยุ่นในการปรับใช้สำหรับเอกสารรูปแบบต่าง ๆ

โครงการวิจัยนี้มีเป้าหมายหลักคือ พัฒนาโปรแกรมและเครื่องต้นแบบสำหรับตรวจเอกสารแบบตัวเลือกทั่วไป โดยอาศัยหลักการของการประมวลผลภาพ ซึ่งโปรแกรมจะหาองค์ประกอบของเอกสารและเรียนรู้ตำแหน่งสำหรับทำเครื่องหมายของเอกสารต้นแบบ จากนั้นโปรแกรมจะทำการตรวจสอบตำแหน่งการทำเครื่องหมายบนเอกสารเพื่อประมวลผลข้อมูลโดยอัตโนมัติ โปรแกรมยังมีความยืดหยุ่นในการตรวจสอบเอกสารที่มีภาพเอียง เนื่องจากการป้อนกระดาษที่ไม่ได้ตำแหน่ง หรือถาดป้อนกระดาษไม่ได้ถูกปรับตำแหน่งให้ถูกต้อง



รูปที่ 1 ตัวอย่างเอกสารที่ใช้สำหรับเครื่อง OMR[3]



รูปที่ 2 ตัวอย่างเครื่อง OMR Scanner[3]

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงการวิจัยนี้ใช้วิธีการประมวลผลภาพ (Image processing)[4-6] ต่าง ๆ เพื่อให้สามารถระบุตำแหน่งสำหรับการทำเครื่องหมาย จากนั้นทำการประเมินค่าสีเทาภายในช่องต่าง ๆ ดังกล่าว แล้วเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่กำหนดไว้ล่วงหน้า (Threshold value) เพื่อใช้ในการพิจารณาการทำเครื่องหมาย ซึ่งมีกระบวนการประมวลผลภาพต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเช่น การหาขอบของภาพ (Edge detection) [4], Image profile plot[4] และ Hough transforms[5,6] เป็นต้น

การหาขอบของภาพ (Edge Detection)

การประมวลผลภาพเพื่อให้ได้ขอบของรูปภายในภาพนั้น จะทำให้รูปดังกล่าวเหลือแต่โครงสร้าง ซึ่งมีประโยชน์ทำให้โปรแกรมสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปประมวลผลในการหาคุณลักษณะของรูปวัตถุนั้น ๆ ได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ

วิธีการประมวลผลภาพเพื่อหาขอบของภาพโดยทั่วไปใช้หลักการ คอลโวลูชั่น (Convolution) โดยนำภาพดังกล่าว ทำการ Convolution กับ Mask สำหรับการหาขอบต่าง ๆ ซึ่งมีผู้ค้นคิด Mask ต่าง ๆ หลายวิธีการเช่น Sobel, Prewitt, Roberts[4] และ Canny[5]

<u>ตัวอย่าง</u> Sobel Convolution Mask

$$G_X = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, G_Y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

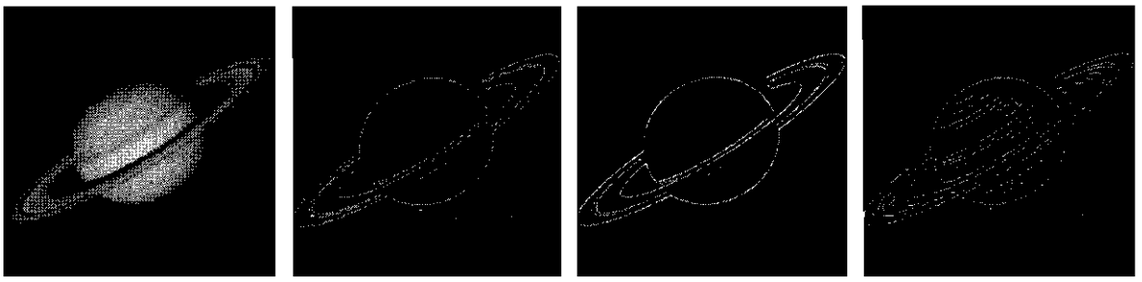
$$I_{Edge} = (I \circledast G_X) + (I \circledast G_Y)$$

โดย

G_X และ G_Y คือ Mask สำหรับคำนวนหาขอบของรูปในแนวแกน X และ Y ตามลำดับ

I_{Edge} คือ รูปผลลัพท์การหาขอบของภาพด้วย Mask ของ Sobel

$\circledast$ คือการ Convolution



(ก) (ข) (ค) (ง)

รูปที่ 3 ผลการประมวลผลภาพเพื่อหาขอบของรูปด้วย Mask แบบต่าง ๆ (ก) รูปต้นแบบ, (ข) ผลการหาขอบด้วย Mask ของ Sobel, (ค) ผลการหาขอบด้วย Mask ของ Roberts และ (ง) ผลการหาขอบด้วยวิธีการของ Canny

การหาขอบของภาพโดยวิธีการ Canny Edge Detection

วิธีการของ Canny[5] จะเพิ่มความสามารถในการหาขอบของรูปภาพที่มีลักษณะแสงที่ค่อย ๆ เปลี่ยนแปลง (Shade) ทำให้สามารถหาขอบของภาพได้อย่างครบถ้วน โดยมีขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

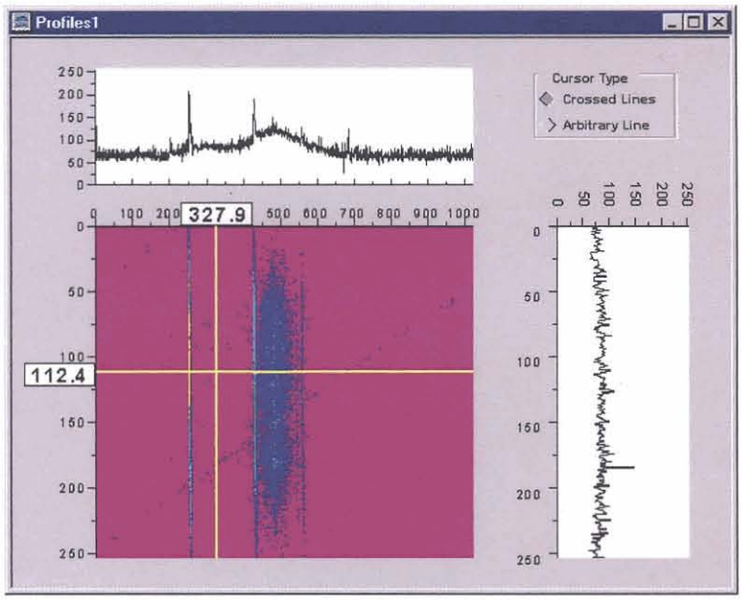
1. ทำการกำจัดจุดสีที่ไม่ต้องการ (Noise) ของภาพ โดยใช้ Gaussian Filter
2. ทำการหาขอบหลักในแนวตั้งและแนวนอนของภาพ โดยอาศัยวิธีการ Convolution กับ Mask ของ Sobel (G_X, G_Y)
3. หาทิศทางของขอบ หรือ Gradient direction (θ)

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$$

4. จัดกลุ่มของขอบตามทิศทางของขอบนั้น ๆ โดยหากค่าสีเทาในทิศทางนั้นมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกัน ให้เปลี่ยนค่าเป็น 0 เพื่อทำให้เป็นภาพพื้นหลัง (ไม่ใช่ขอบของรูป)
5. ใช้ค่า Hysteresis ในการคำนวนเพื่อเชื่อมต่อ และเพิ่มเส้นขอบที่น่าจะเป็น จากค่าที่คำนวนได้

Image Profile Plot

การทำ Image profile นั้นเพื่อแสดง (project) จำนวน pixels ในแนวตั้ง และหรือ แนวนอนของภาพดังกล่าวเพื่อใช้ประโยชน์ในการประมวลผลภาพ



รูปที่ 4 ตัวอย่าง Image profile plot ของโปรแกรม Origin® 7.5

Hough Transform

เป็นวิธีการที่นิยมในการวิเคราะห์หาวัตถุภายในภาพที่มีรูปทรงเลขาคณิต (Parametric Shape) ที่สามารถสร้างรูปดังกล่าวจากสมการได้ เช่น วงกลม เส้นตรง โดยวิธีการประมวลผลเพื่อหารูปทรงวัตถุดังกล่าวภายในภาพด้วย Hough Transform[5,6] มีหลายวิธีคือ Hough Line Transform, Hough Circle Transform ส่วนการวิเคราะห์หาวัตถุรูปทรงทั่วไปด้วย Hough Transform[5,6] ที่ไม่ใช่ทรงเลขาคณิตนั้น (Arbitrary Shape) สามารถใช้วิธีการ Generalized Hough Transform[5,6] และ Modified Generalized Hough Transform[7] ในการวิเคราะห์หาตำแหน่งวัตถุนั้น ๆ ได้

การหาเส้นตรงและมุมด้วยด้วยวิธีการ Hough Line Transform

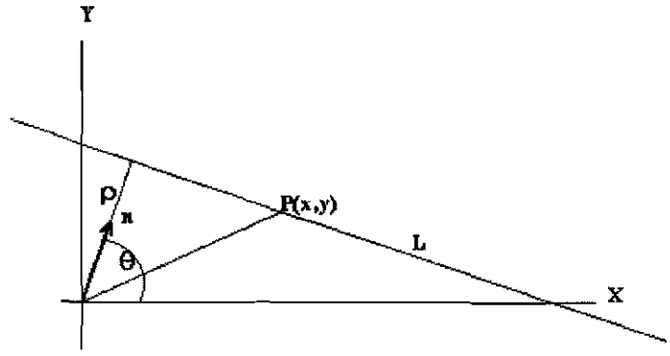
การคำนวนหามุมเส้นตรงภายในภาพโดยวิธีการ Hough Line ทำได้โดยการสร้าง Accumulator array (A) ของ m, c จากสมการเส้นตรง (2) แล้วทำการวาดเส้นโดยการ sampling ค่า m หรือ c ของทุกจุดสีดำ (X, Y) ภายในภาพ ซึ่งตำแหน่งที่มีค่าสูงสุดของ A คือตำแหน่งมุมเส้นตรงต่าง ๆ ที่พบจากรูปที่นำมาวิเคราะห์

จากสมการเส้นตรง $y = mx + c$ (1)

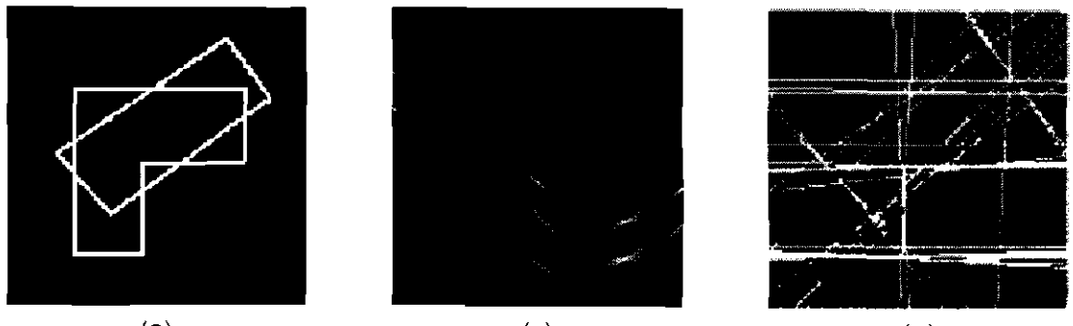
หรือ $c = y - mx$ (2)

เนื่องจากสมการเส้นตรงดังกล่าวจะเกิดปัญหาเมื่อเส้นเป็นแนวตั้งเนื่องจากค่า m, b จะเพิ่มสูงมาก ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยใช้การประมวลผลจากสมการจากรูปแบบ polar (3) ได้ โดย ρ คือความระยะที่สั้นที่สุดจากจุดอ้างอิงจนถึงจุดบนแนวเส้น (x, y) และ θ เป็นมุมของเส้นนั้น ๆ กับแกน x โดยมีหลักการทำงานเช่นเดียวกับการใช้สมการที่ (2) โดยเราสามารถหาค่า ρ ได้จากการ sampling ค่า θ

สมการในรูปแบบ Polar $\rho = x \cdot \cos\theta + y \cdot \sin\theta$ (3)



รูปที่ 5 สมการเส้นตรงในรูปแบบเชิงขั้ว (Polar form), L คือแนวเส้นของจุดต่าง ๆ ภายในรูป, n คือเวคเตอร์หน่วย (Unit Vector) ของแนวเส้น L กับจุดอ้างอิง และ P(x, y) คือจุดต่าง ๆ ที่อยู่ในแนวเส้น L ในรูปภาพ



(ก) (ข) (ค)

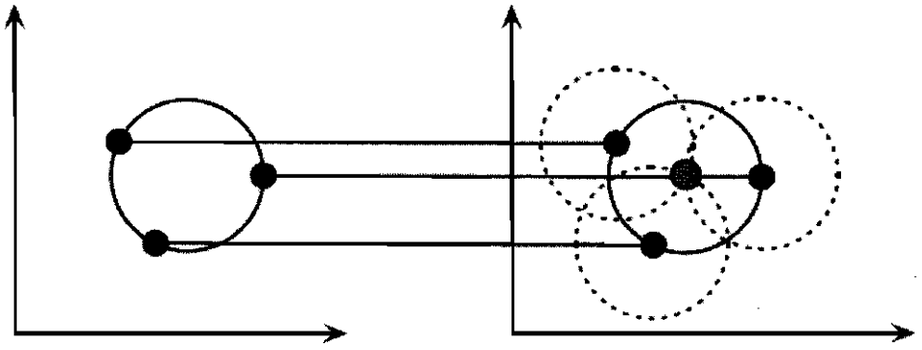
รูปที่ 6 การหาเส้นตรงด้วยวิธีการ Hough Line Transform ในรูปแบบ Polar form (ก) รูปภาพต้นแบบที่ประกอบด้วยเส้นตรงต่าง ๆ, (ข) รูปแสดง Accumulator array ของ parametric space (ρ, θ) โดยจุดที่มีค่าสูง (จุดสีขาว) ซึ่งแสดงถึงมุมและตำแหน่งของเส้นต่าง ๆ ที่พบภายในภาพ, (ค) แสดงภาพเส้นตรงที่สร้างจาก Accumulator array

การหาวงกลมด้วยวิธีการ Hough Circle Transform

การคำนวนหาตำแหน่งวงกลมในภาพด้วยวิธีการ Hough circle มีหลักการเช่นเดียวกับ Hough Line ซึ่งทำได้โดยการสร้าง Accumulator array (A) ของรัศมีที่ต้องการหา (r) แล้วทำการวาดวงกลมใน A ด้วยรัศมี r ของทุกจุดสีดำ (X, Y) ภายในภาพ ซึ่งตำแหน่งที่มีค่า vote สูงของ A คือตำแหน่งที่พบวงกลมรัศมีดังกล่าว

จากสมการ $(x-a)^2+(y-b)^2=r^2$ (4)

และ $x=a+r\cdot\cos\theta\,,\quad y=b+r\cdot\sin\theta$ (5)



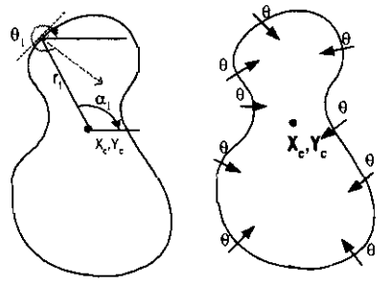
รูปที่ 7 การหาวงกลมด้วยวิธีการ Hough Circle Transform (ซ้าย) เป็นรูปภาพที่ต้องการหาวงกลมรัศมี R ซึ่งมีจุดอยู่ 3 จุด, (ขวา) วาดวงกลมรัศมี R ใน Parametric space (accumulator array) โดยจุดที่ตัดกันมากที่สุดคือจุดที่มีค่า vote สูงสุดซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของคำตอบ

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 8 การหาวงกลมด้วยวิธีการ Hough Circle Transform (ก) แสดงจุดต่าง ๆ ภายในภาพ, (ข) รูปแสดง Accumulate array (r,θ) และ (ค) แสดงรูปวงกลมและจุดศูนย์กลางที่ตรวจพบ

การหาวัตถุที่รูปทรงทั่วไปด้วยวิธีการ Modified Generalized Hough Transform

1. หาขอบ และ Gradient Direction ของรูปภาพต้นแบบ
2. หาค่า θ, r, α, จากรูปต้นแบบ และเก็บเป็นตารางต้นแบบ (R-Table)
3. หาขอบ และ Gradient Direction ของรูปภาพที่ต้องการค้นหา
4. สร้าง Accumulator Array เท่ากับขนาดของภาพต้นแบบ
5. สำหรับทุกจุด x และ y ของ Pixel นำค่า Gradient Direction จากข้อ 3 ที่ตรงกับจุดดังกล่าวเพื่อเป็นทิศทางในการหาขอบภาพถัดไปเพื่อหาค่า θ
6. เปรียบเทียบค่า θ กับ R-Table แล้วนำค่า r, α ในแถวดังกล่าวไป Vote ใน Accumulator Array
7. หาค่าสูงสุดใน Accumulator Array เพื่อเป็นตำแหน่งของคำตอบ



θ	α_1, r_1	α_2, r_2	α_3, r_3
0..19	180,15	179,15	177,16
20..39	160,17	159,17	161,18
...	...	...	...
340..359	105,23	103,24	102,21

รูปที่ 9 การวิเคราะห์หาตำแหน่งของวัตถุรูปทรงที่ไม่ใช่รูปทรงเลขาคณิต (Arbitrary shape) ด้วยวิธีการ Modified Generalized Hough Transform

บทที่ 3

การดำเนินการวิจัยและวิธีการประมวลผล

แนวความคิดในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม

โครงการนี้มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมให้สะดวกในการใช้งาน มีความยืดหยุ่นในการประมวลผลเอกสารได้หลายรูปแบบ และมีความสามารถในการประมวลผลเอกสารจำนวนมาก เช่น ข้อสอบ แบบสอบถามงานวิจัย และเอกสารแบบตัวเลือกรูปแบบต่าง ๆ โดยระบบจะเรียนรู้ภาพต้นแบบแล้ว ประมวลผลชุดเอกสารแบบตัวเลือกได้โดยอัตโนมัติ เนื่องการโครงการนี้ใช้วิธีการประมวลผลภาพ ดังนั้นทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้การทำเครื่องหมายด้วยดินสอเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

โปรแกรมถูกพัฒนาด้วยภาษาที่เป็นที่รู้จักแพร่หลายโดยทั่วไป เพื่อความสะดวกในการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูป โดยผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม Borland® Delphi เวอร์ชั่น 7 ในการพัฒนา ในส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย ได้ถูกทดลองและคัดเลือกเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างสะดวก มีประสิทธิภาพและเสถียรภาพในการใช้งาน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

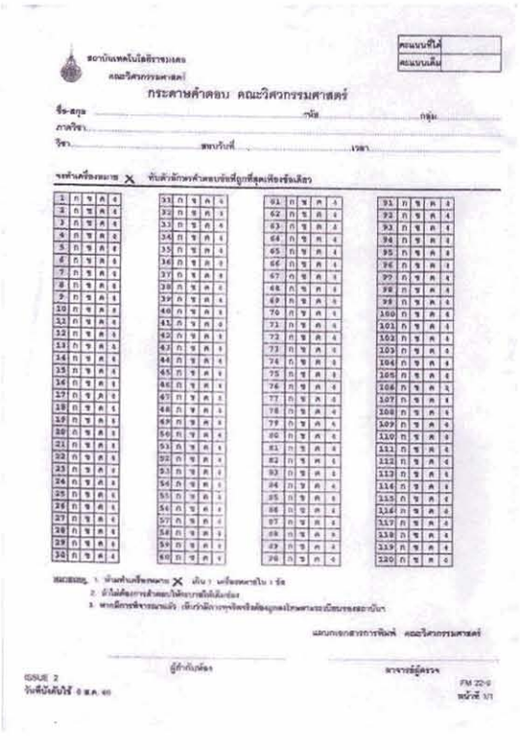
โครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นการเลือกอุปกรณ์ที่มีขนาดกระทัดรัดเพื่อความสะดวกในการใช้งาน และมีความเร็วที่เหมาะสมในการประมวลผลเอกสารในระดับสำนักงาน หรือ หน่วยงาน ซึ่งสามารถรองรับการประมวลผลเอกสารได้ไม่ต่ำกว่า 1000 ชุดต่อวัน (8 ชั่วโมงทำงาน)

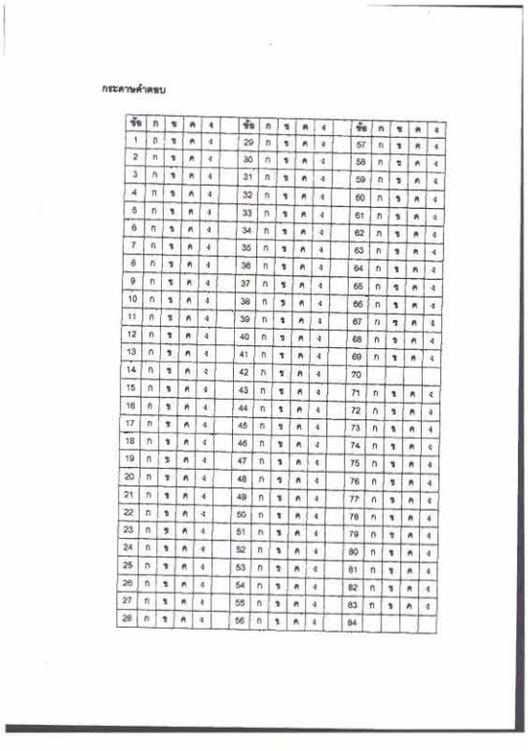
อุปกรณ์ที่ใช้ในการนำภาพเข้าเพื่อใช้ในการประมวลผลข้อมูล ถูกคัดเลือกจากอุปกรณ์รับภาพชนิดต่าง ๆ เช่น กล้องถ่ายภาพแบบดิจิตอล (Digital Camera) กล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหวแบบดิจิตอล (Digital Video Camcorder) และเครื่องกวาดภาพแบบดิจิตอล (Digital Image Scanner) ซึ่งผลจากการทดลองพบว่าอุปกรณ์สองชนิดแรก จะทำให้ภาพที่ได้เกิดความบิดเบี้ยวหากทำชุดป้อนกระดาษสำหรับการบันทึกภาพไม่มีเสถียรภาพเพียงพอ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงเลือกใช้ Scanner ยี่ห้อ Canon รุ่น DR-2050C ซึ่งมีเสถียรภาพและความเร็วในการกวาดภาพสูง เหมาะสมสำหรับการบันทึกภาพเอกสารในลักษณะเป็นแผ่น ๆ อีกทั้งยังมีขนาดเล็กและความน่าเชื่อถือสูง ในส่วนของหน่วยประมวลผลข้อมูล ผู้วิจัยเลือกเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาที่สามารถปรับแนวการแสดงผลโดยให้แสดงภาพแนวตั้งได้อย่างสะดวกเพื่อประโยชน์ในการแสดงผลลัพท์ของกระดาษทั่วไป ที่มีลักษณะการใช้งานในแนวตั้ง

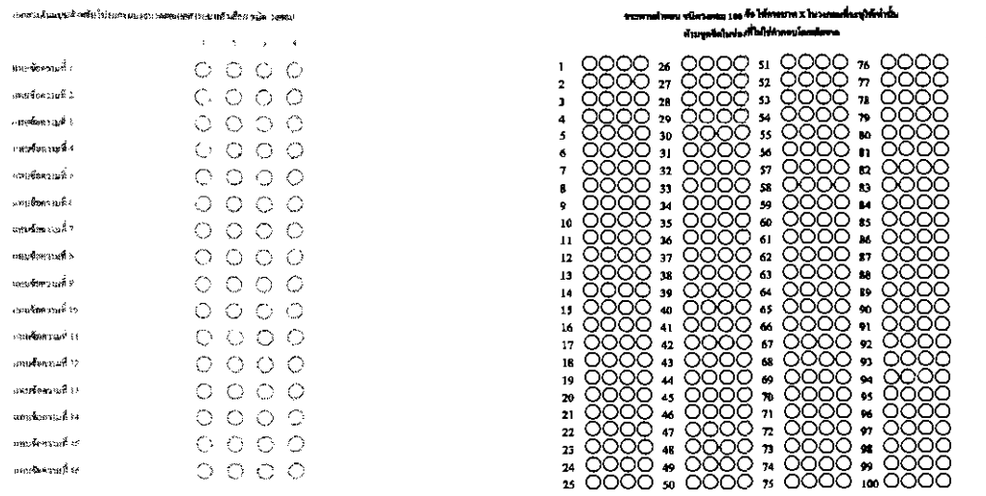
รูปที่ 10 อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการวิจัย (ซ้าย) เครื่องกวาดภาพ ยี่ห้อ Canon รุ่น DR-2050C
(ขวา) เครื่องประมวลผลแบบพกพา ยี่ห้อ ACER รุ่น Travelmate C200

การออกแบบเอกสาร

โครงการวิจัยนี้ออกแบบสำหรับการประมวลเอกสารแบบตัวเลือกแบบต่าง ๆ โดยผู้วิจัยได้พัฒนา ทดลอง และออกแบบโปรแกรมสำหรับประมวลผลเอกสารที่มีลักษณะเป็นตาราง (Table-like) และ เอกสารที่มีตัวเลือกเป็นลักษณะวงกลม (ซึ่งเอกสารทั้งสองแบบถูกใช้งานทางด้านการศึกษา การวิจัยและแบบสอบถามต่าง ๆ โดยทั่วไป) เพื่อเลือกรูปแบบตัวเลือกที่ทำให้การประมวลผลมีความถูกต้องและมีเสถียรภาพมากที่สุด







รูปที่ 11 ตัวอย่างเอกสารที่สร้างด้วย Microsoft ® Word ที่ใช้ในการทดลอง

กระบวนวิธีการประมวลผลสำหรับการเรียนรู้ต้นแบบ เอกสารตัวเลือกชนิดตาราง

(Table-like, Learning)

1. โปรแกรมแสดงหน้าต่างให้ผู้ใช้ระบุแฟ้มภาพต้นแบบที่ต้องการ
2. โปรแกรมจะทำการหามุมของแนวเส้นของเอกสารเพื่อทำการปรับความเอียงของเอกสาร โดยใช้ Hough Line
3. โปรแกรมทำการหมุนภาพตามที่ได้มุมจากขั้นตอนที่ 2 และ Image profiles plot ทั้งแนวตั้งและแนวนอนเพื่อใช้สำหรับสร้างตารางเสมือน
4. โปรแกรมทำการเรียนรู้ตารางและคำนวนค่าสีเทาในช่องต่าง ๆ และบันทึกลงแฟ้มเพื่อเป็นแฟ้มเอกสารต้นแบบ (Template file) สำหรับการประมวลผลชุดเอกสาร

กระบวนวิธีการประมวลผลสำหรับเอกสารแบบตัวเลือกชนิดตาราง

(Table-like, Processing)

1. โปรแกรมแสดงหน้าต่างเพื่อให้ผู้ใช้ระบุแฟ้มข้อมูลต้นแบบเอกสาร (Template file)
2. โปรแกรมแสดงหน้าต่างเพื่อให้ผู้ใช้ระบุโฟลเดอร์ (ไดเรกทรอรี่) ที่บรรจุแฟ้มภาพเอกสารที่ต้องการประมวลผล
3. โปรแกรมอ่านแฟ้มทั้งหมดเพื่อทำการประมวลผลซึ่งใช้หลักการเดียวกับการเรียนรู้ต้นแบบเอกสาร
4. โปรแกรมคำนวนหาค่าสีเทาภายในตารางเสมือนที่สร้างจากข้อมูลแฟ้มต้นแบบ โดยหากเกินค่าที่กำหนดไว้ โปรแกรมจะถือว่าผู้กรอกเอกสารทำเครื่องหมายในช่องดังกล่าว
5. โปรแกรมบันทึกข้อมูลผลการคำนวนลงในแฟ้มในรูปแบบ CSV เพื่อให้ผู้ใช้ประมวลผลต่อไป

กระบวนวิธีการประมวลผลสำหรับการเรียนรู้ต้นแบบเอกสาร ตัวเลือกชนิดวงกลม

(Circle-choices, Learning)

1. โปรแกรมแสดงหน้าต่างให้ผู้ใช้ระบุแฟ้มภาพต้นแบบที่ต้องการ
2. จากนั้นผู้ใช้ต้องระบุขนาดของวงกลมโดยผู้ใช้โปรแกรมสามารถนำเม้าส์ไปลากบนหน้าจอตามความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมที่ต้องการตรวจสอบ โปรแกรมจะระบุขนาดวงกลมและค่า threshold ให้จากค่าที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า ซึ่งได้มาจากการทดลอง
3. โปรแกรมจะทำการหาวงกลมตามขนาดที่ระบุด้วยวิธีการ Hough Circle และบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดลงแฟ้มข้อมูลเพื่อเป็นข้อมูลต้นแบบของเอกสาร (Template file) ชุดนั้น ๆ

กระบวนวิธีการประมวลผลสำหรับเอกสารแบบตัวเลือกชนิดวงกลม

(Circle-choices, Processing)

1. โปรแกรมแสดงหน้าต่างเพื่อให้ผู้ใช้ระบุแฟ้มข้อมูลต้นแบบเอกสาร (Template file)
2. โปรแกรมแสดงหน้าต่างเพื่อให้ผู้ใช้ระบุโฟลเดอร์ (ไดเรกทรอรี่) ที่บรรจุแฟ้มภาพเอกสารที่ต้องการประมวลผล
3. โปรแกรมอ่านแฟ้มทั้งหมดเพื่อทำการประมวลผลซึ่งใช้หลักการเดียวกับการเรียนรู้ต้นแบบเอกสาร

4. โปรแกรมคำนวนหาค่าสีเทาภายในวงกลมต่าง ๆ โดยหากเกินค่าที่กำหนดไว้ โปรแกรมจะถือว่าผู้กรอกเอกสารทำเครื่องหมายในช่องดังกล่าว
5. โปรแกรมบันทึกข้อมูลผลการคำนวนลงในแฟ้มในรูปแบบ CSV เพื่อให้ผู้ใช้ประมวลผลต่อไป

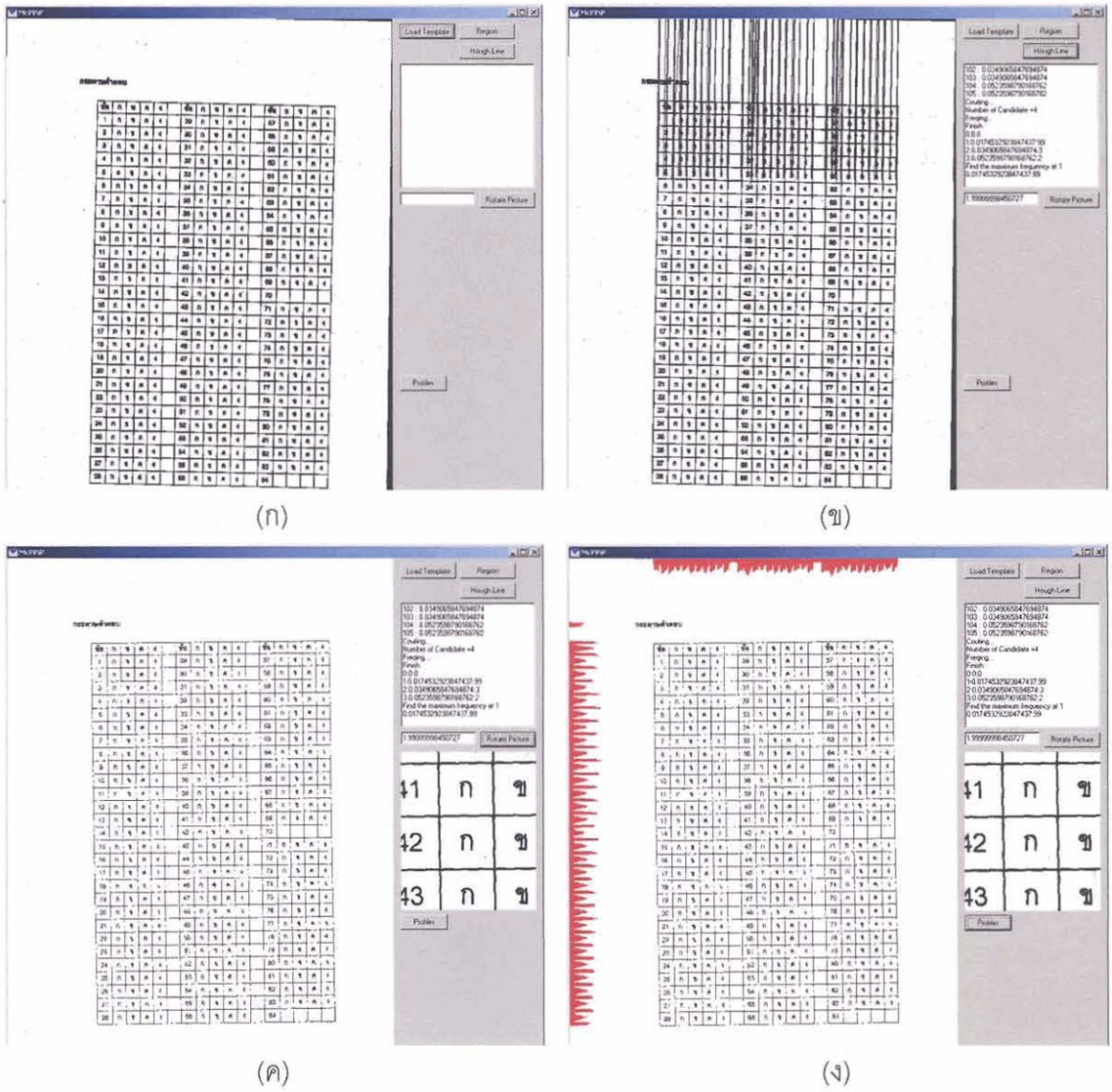
วิธีการคำนวนหาค่าสีเทา

ในการวิเคราะห์ผลเพื่อแยกระหว่างการทำหรือไม่ทำเครื่องหมายภายในช่องที่โปรแกรมตรวจพบนั้น จะใช้วิธีการนับจำนวนสีเทาภายในช่องดังกล่าว โดยหากเกินค่าที่กำหนดไว้ จะถือว่าผู้กรอกเอกสารทำเครื่องหมายในช่องดังกล่าว และเพื่อเป็นการป้องกันการคำนวนผิดผลาดเนื่องจากสีดำของขอบตารางหรือวงกลม ผู้วิจัยจึงใช้หลักการคำนวนโดยให้น้ำหนักค่าสีเทาที่จุดศูนย์กลางมีค่าสูงสุดในขณะที่ค่าสีเทาที่ขอบของตารางหรือวงกลมมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งทำให้ผลการคำนวนมีค่าผิดผลาดน้อยลง

บทที่ 4

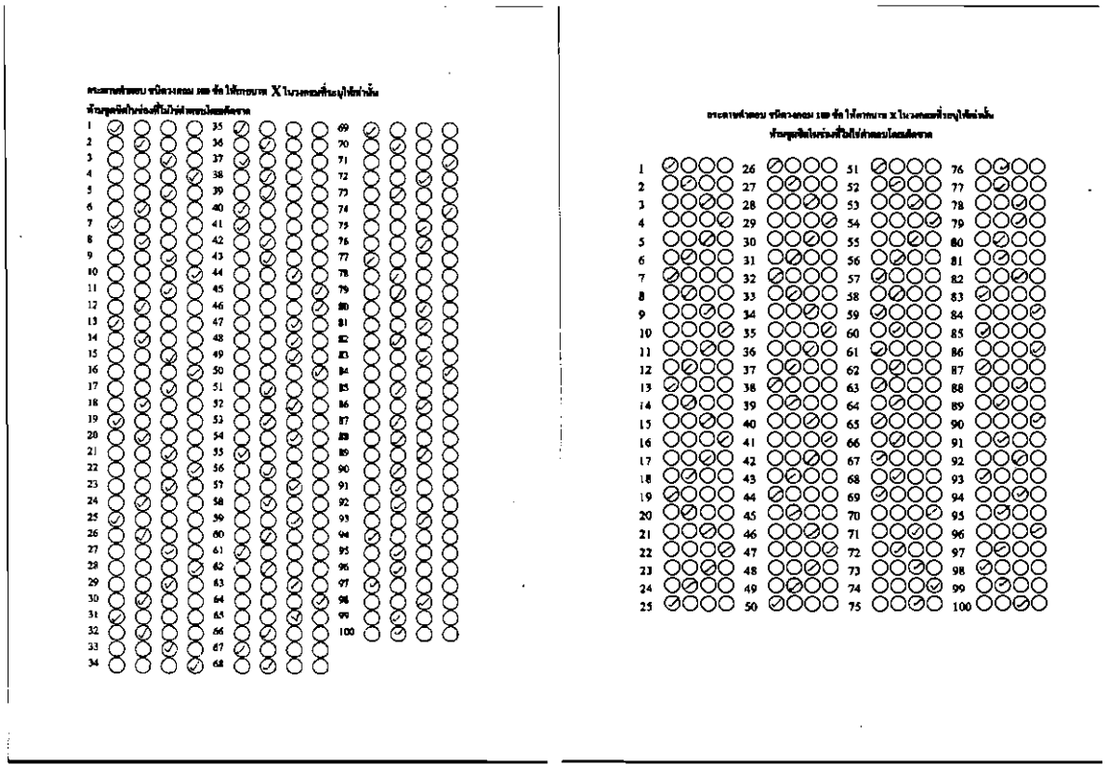
ผลการวิจัย

การประมวลผลเอกสารแบบตัวเลือกชนิดตารางพบว่าจากรูปแบบกระดาษคำตอบทั่วไป แบบ 4 ตัวเลือกมักจะมีลักษณะช่องที่ถี่เพื่อให้ได้จำนวนคำตอบที่ต้องการและมีตัวอักษรกำกับภายในช่อง

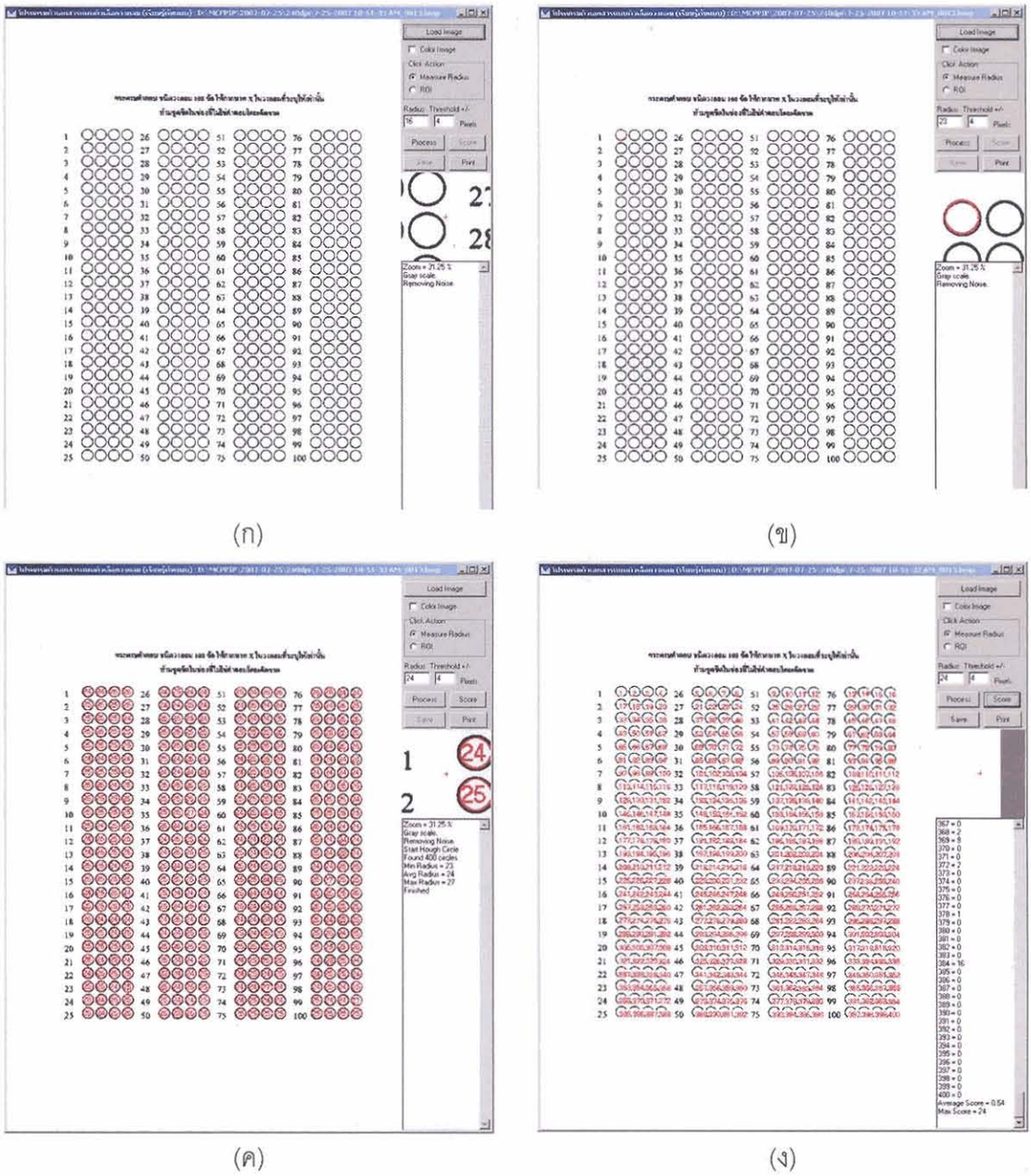


รูปที่ 12 การประมวลผลเอกสารในรูปแบบตาราง (ก) รูปภาพต้นแบบ (ข) ผลของ Hough Line (ค) ผลของการหมุนภาพ (ง) แสดง Image profile plot ของรูปภาพในแนวตั้งและแนวนอน

ผลของ Image profile plot ในแนวตั้ง จากการทดลองการประมวลผลเอกสารตัวเลือกชนิดตาราง (ด้านบนของรูปที่ 12 ง.) แสดงให้เห็นว่าการมีตัวอักษรอยู่ภายในระหว่างช่องดังกล่าว ทำให้ไม่สามารถแยกแนวเส้นด้านแนวตั้งได้โดยง่าย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือก รูปแบบตัวเลือก ที่ไม่มีผลต่อความเอียงของเอกสาร โดยผู้วิจัยเลือกรูปแบบตัวเลือกชนิดวงกลม ซึ่งทำให้เอกสารสามารถเอียงได้โดยมีขนาดไม่เกิน รัศมีของวงกลมที่ของตัวเลือกที่ต้องการ (รูปที่ 13)



รูปที่ 13 รูปภาพตัวอย่างเอกสารตัวเลือกชนิดวงกลมที่ใช้ในการวิจัย

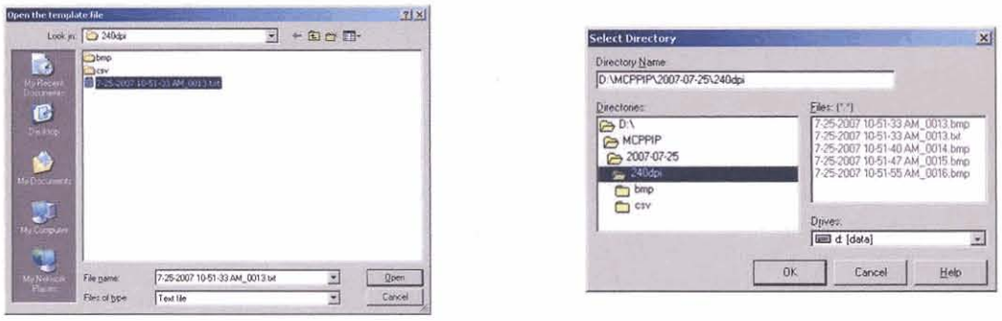


(ก) (ข)

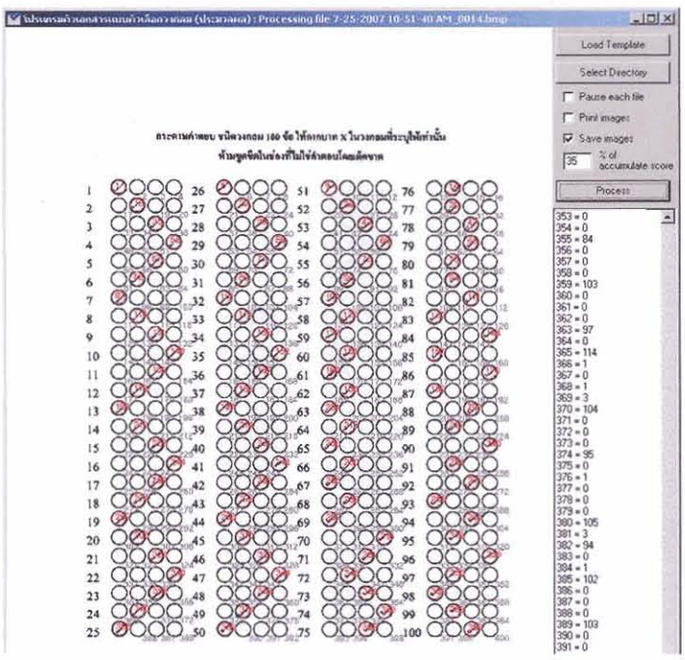
(ค) (ง)

รูปที่ 14 การประมวลผลเอกสารตัวเลือกแบบวงกลม (ก) โปรแกรมแสดงรูปภาพต้นแบบที่ผู้ใช้ระบุ (ข) ผู้ใช้วัดขนาดวงกลมโดยใช้เม้าส์ลากแนวขวางตามความยาวของเส้นผ่าศูนย์กลางของวงกลมที่ต้องการตรวจสอบ แล้วโปรแกรมจะแสดงรัศมีและค่า Threshold ที่ได้กำหนดล่วงหน้าซึ่งได้จากการทดลอง (ค) โปรแกรมทำการหาวงกลมตามขนาดที่ผู้ใช้ได้เลือกและแสดงขนาดรัศมีของทุกวงกลมที่ตรวจพบ และ (ง) โปรแกรมทำการคำนวนหาค่าสีเทาภายในวงกลม และแสดงตำแหน่งของวงกลมต่าง และบันทึกลงแฟ้มข้อมูลในรูปแบบ CSV

จากวิธีการที่ผู้วิจัยได้นำเสนอ รูปที่ 14 แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการใช้โปรแกรมดังกล่าว โดยโปรแกรมจะแสดงภาพต้นแบบที่ผู้ใช้ระบุ (รูปที่ 14 (ก)) จากนั้นผู้ใช้โปรแกรมต้องทำการวัดขนาดวงกลม (รูปที่ 14 (ข)) แล้วโปรแกรมจะทำการค้นหาวงกลมตามขนาดรัศมีที่ได้ ด้วยวิธีการ Hough circle (รูปที่ 14 (ค)) จากนั้นโปรแกรมจะคำนวนหาค่าสีเทาภายในวงกลมต่าง และบันทึกลงแฟ้มข้อมูลในรูปแบบ CSV (รูปที่ 14 (ง)) ในส่วนของการประมวลผลชุดเอกสารเพื่อตรวจสอบการทำเครื่องหมายนั้น โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างเพื่อให้ผู้ใช้ระบุแฟ้มข้อมูลต้นแบบที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้ต้นแบบ (รูปที่ 15 (ก)) และแสดงหน้าต่างเพื่อให้ผู้ใช้ระบุโฟล์เดอร์ที่บรรจุรูปภาพที่ต้องการตรวจหาการทำเครื่องหมาย (รูปที่ 15 (ข))



รูปที่ 15 วิธีการใช้โปแกรม (ซ้าย) หน้าต่างสำหรับเปิดแฟ้มข้อมูลต้นแบบ (ขวา) หน้าต่างสำหรับให้ผู้ใช้ระบุโฟล์เดอร์ที่บรรจุรูปภาพที่ต้องการตรวจหาการทำเครื่องหมาย



รูปที่ 16 ตัวอย่างผลการประมวลผลด้วยโปรแกรมตรวจสอบการทำเครื่องหมาย

บทที่ 5

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

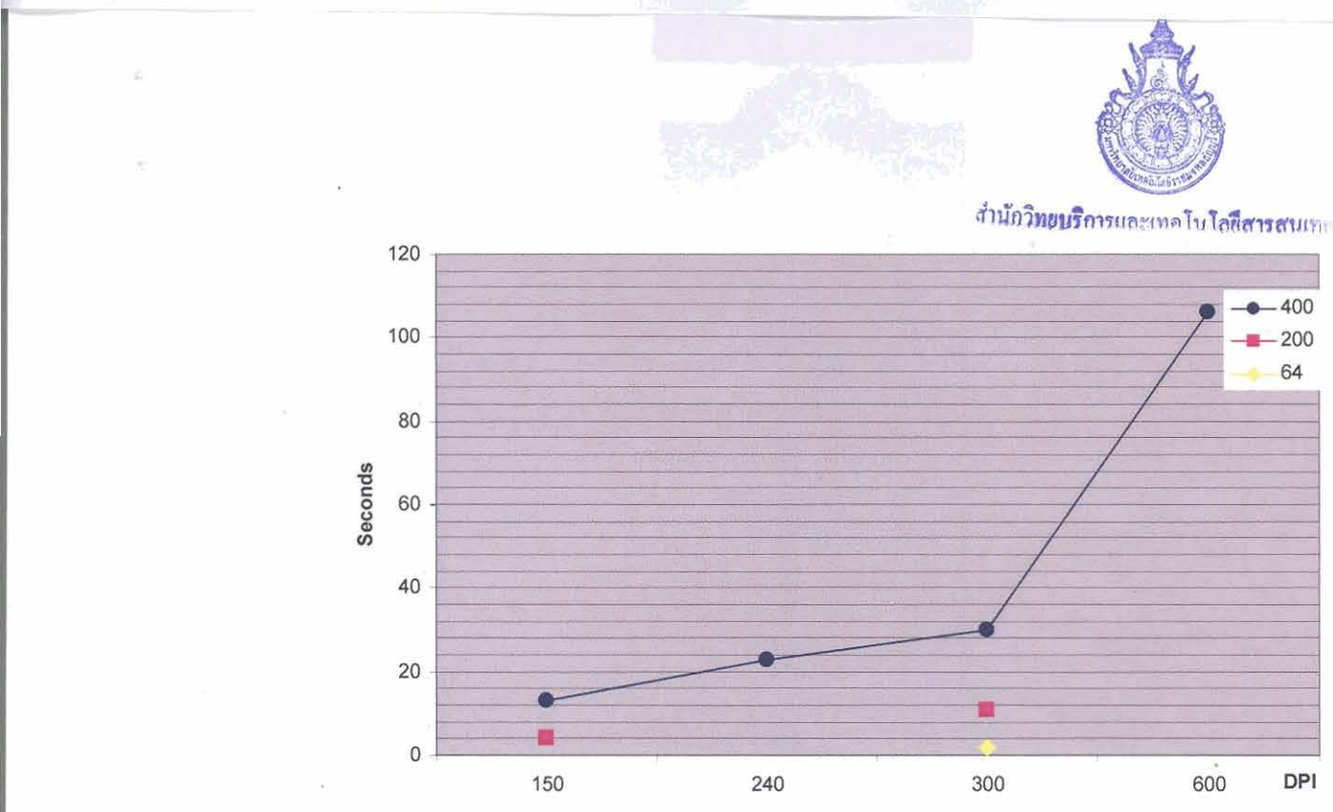
ผลจากการวิจัยพบว่า วงกลมควรมีความหนาของเส้นไม่ต่ำกว่า 1pt และรัศมีไม่ต่ำกว่า 15 pixels โดยทำการกวาดภาพ (scan) ที่ความละเอียดไม่ต่ำกว่า 150 dpi โดยเมื่อทำการ scan แล้ว โปรแกรมจะทำงานถูกต้องหากภาพดังกล่าวเอียงไม่เกินแนวรัศมีของวงกลมในแต่ละแถว

โปรแกรมชุดนี้สามารถประมวลผลเอกสารขนาด A4 และระบุรัศมีที่ต้องการตรวจสอบวงกลมได้ 1 ค่า โดยโปรแกรมจะทำการเรียงวงกลมที่พบจากซ้ายไปขวา บนลงล่าง (รูปที่ 14 (ง)) โดยผลการประมวลผลด้วยโปรแกรมตรวจสอบการทำเครื่องหมายจะให้คำตอบในรูปแบบ CSV โดยจะคอลัมน์แรกจะแสดงหมายเลขของวงกลม และคอลัมน์ที่สองจะแสดงผลการประมวลผล โดยหากค่าสีเทาที่ประมวลผลได้มีค่ามากกว่าค่าที่ระบุไว้ จะทำให้ค่าในช่องนั้น ๆ มีค่าเป็น 1 หรือถ้าหากมีค่าน้อยกว่าค่าที่ระบุไว้จะทำให้ค่าในช่องนั้น ๆ มีค่าเป็น 0 โปรแกรมยังสามารถบันทึกและพิมพ์รูปภาพหลังจากการประมวลผลเพื่อใช้ในการสอบทานผลการคำนวนในภายหลัง

ความเร็วในการประมวลผลขึ้นอยู่กับขนาดเอกสาร ขนาดรัศมีที่ต้องการค้นหา และจำนวนจุดสีดำบนรูปภาพ โดยหากมีขนาดของข้อมูลดังกล่าวอย่างใดอย่างหนึ่งเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลการคำนวนช้าลง ข้อมูลด้านล่างแสดงเวลาที่ใช้ในการคำนวนเอกสารในแต่ละแผ่นที่ความละเอียดต่าง ๆ ด้วยคอมพิวเตอร์แบบพกพา ที่ใช้หน่วยประมวลผล Intel® Celeron 2GHz ด้วยหน่วยความจำ 1 GB

เอกสารขนาด	จำนวนวงกลมที่ต้องการค้นหา	ความละเอียด	เวลาที่ใช้คำนวน
A4	64	300 dpi	2 วินาที
A4	200	150 dpi	4 วินาที
A4	200	300 dpi	11 วินาที
A4	400	150 dpi	13 วินาที
A4	400	240 dpi	23 วินาที
A4	400	300 dpi	30 วินาที
A4	400	600 dpi	106 วินาที

088219



รูปที่ 17 กราฟแสดงเวลาที่ใช้ในการประมวลผลเอกสารรูปแบบต่าง ๆ โดย● แสดงการใช้เวลาในการประมวลผลเอกสารขนาด A4 ที่มีวงกลม 400 วง, ■ แสดงการใช้เวลาในการประมวลผลเอกสารขนาด A4 ที่มีวงกลม 200 วง และ ◆ แสดงการใช้เวลาในการประมวลผลเอกสารขนาด A4 ที่มีวงกลม 64 วง

แม้ว่า Hough circle จะสามารถตรวจหาวงกลมได้แม้ว่าภาพจะเอียงจากต้นฉบับ แต่ Hough transform โดยทั่วไปสำหรับทุกวิธีการ (รวมถึง Generalized Hough Transform) ไม่สามารถทำงานกับรูปที่มีความบิดเบี้ยว (deform) ไปจากรูปต้นแบบได้ ซึ่งผลจากการทดลองพบว่าโปรแกรมสามารถทำงานได้ถูกต้องที่สุด กับเอกสารรูปแบบขาวดำ ที่ความละเอียด 300 dpi โดยที่ความละเอียด 150 dpi มีความถูกต้อง 99% และ ที่ความละเอียด 240 dpi มีความถูกต้อง 99.5% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทั้งการปรับแต่งค่า รัศมี และ Threshold ในขั้นตอนการเรียนรู้ต้นแบบ และความบิดเบี้ยวของเอกสารระหว่างการนำเข้าภาพด้วย Scanner

ทั้งนี้ผลวิจัยและพัฒนาโปรแกรมเพื่อตรวจสอบเอกสารแบบตัวเลือก แสดงให้เห็นว่าด้วยวิธีการที่นำเสนอ สามารถตรวจสอบการทำเครื่องหมายในตำแหน่งที่ต้องการตรวจสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถใช้ได้กับเครื่องกวาดภาพ (Scanner) ทั่วไปที่มีตามท้องตลาด ซึ่งทำให้สามารถนำไปใช้ประยุกต์ใช้กับการตรวจเอกสารแบบตัวเลือก สำหรับทั้งทางด้านการศึกษาและการวิจัยได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ

บรรณานุกรม

[1] NCS Pearson. *OpScan® optical mark read (OMR) scanners*. NCS Pearson Inc., 2003. Online publication http://www.pearsonncs.com/scanners/

[2] Lytrod U. *Optical mark recognition forms: a strategic application for color electronic forms*. Lytrod Software Inc. 2003. Online publication http://www.lytrod.com/Solutions /omr.html

[3] Academic Support Unit of U. of Wyoming. *The Optical Mark Reader*. Online publication http://microlab.uwyo.edu/Documentation /OMR/default.htm

[4] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods 1992. *Digital Image Processing (2nd Edition)*, Addison-Wesley

[5] Ramesh Jain, Rangachar Kasturi, Brain G. Schunck 1995. *MACHINE VISION*, McGRAW-HILL, Inc.

[6] David A. Forsyth, Jean Ponce 2002. *Computer Vision, A Modern Approach*, Prentice Hall.

[7] Kittiwann Nimkerdphol and Suthep Madarasmi 2001. *A Modified Generalized Hough Transform Algorithm for Image Retrieval by Contour Matching*. ICICS 2001, 15-18 October 2001, Mandarin Singapore Hotel, Singapore. 6 pp.