ST-04

การประมวลผลล่วงหน้าด้วยการหมุนภาพสำหรับระบบการรู้จำอักขระด้วยแสงโดยใช้เทคนิคโมเมนต์ไม่แปรผัน

Preprocessing with Image Rotation for Optical Character Recognition System Using Invariant Moment Technique

อนุชิต ดียิ่ง[1] และเตชศ์ฐสิณป์ เพียซ้าย[2]
Anuchit Deeying[1] and Tejtasin Phiasai[2]
[1,2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อีเมล: anuchit.dee@stou.ac.th

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีการรู้จำอักขระด้วยแสง (OCR) ถือเป็นเทคโนโลยีนวัตกรรมหนึ่งที่สามารถนำมาสู่การพัฒนาชุมชนหรือสังคมอย่างยั่งยืนได้โดยผ่านการอำนวยความสะดวกในรูปแบบที่ง่ายต่อการใช้งาน งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีการรู้จำ OCR ที่นำเทคนิคการประมวลผลภาพด้วยโมเมนต์แบบไม่แปรผัน (Invariant Moment) นำมาใช้ในขั้นตอนการประมวลผลล่วงหน้าแล้วจึงทำการหมุนภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรู้จำอักขระด้วยแสง ให้สามารถทนทานต่อการหมุน จากการศึกษาด้วยการนำเอาภาพนามบัตรและปรับปรุงภาพให้ทำมุมเอียง 0, 15, 45, 60, 75, 90 องศา โดยใช้ภาพที่ทำมุมเอียง 0 องศา เป็นภาพต้นฉบับเพื่อนำไปเปรียบเทียบเพื่อคำนวณหาค่าความถูกต้องของคำ (Word Accuracy) และการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของภาพหลังทำการหมุนด้วยวิธีการคำนวณ PSNR จากผลการทดลอง พบว่าภาพที่ผ่านการประมวลผลล่วงหน้าด้วยการหมุนภาพสำหรับระบบรู้จำอักขระด้วยแสงโดยใช้เทคนิคโมเมนต์แบบไม่แปรผันนั้น ให้ค่า Word Accuracy = 100% และให้ค่าเฉลี่ย PSNR = 44.20 โดยแสดงให้เห็นว่าการรู้จำอักขระด้วยแสงที่นำเทคนิคโมเมนต์แบบไม่แปรผันมาใช้ประมวลผลล่วงหน้าด้วยการหมุนภาพสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้

คำหลัก: เทคนิคโมเมนต์ไม่แปรผัน การรู้จำอักขระด้วยแสง โมเมนต์ของภาพถ่าย การหมุนภาพ

Abstract

The technology of optical character recognition (OCR) is one innovative technology that can be used for sustainable community development through the facilitation in an easy-to-use. This paper is a study of an OCR recognition method for applying an invariant moment processing technique in a part of preprocessing for rotating an image to increase the OCR efficiency and to resist the rotation. For the study, we used a business card image and adjust it to tilt angles of 0, 15, 45, 60, 75, and 90 degrees and compare it with an original image that tilted 0 degrees. To compute the word accuracy and to calculate the efficiency of the image after rotation

with the PSNR method, the results found that the rotated images were returned by using the invariant moment technique receiving the word accuracy was 100 percent and the mean value of PNSR was 44.20. Thus, the application of the invariant moment technique in preprocessing part of the optical character recognition system could increase efficiency.

Keywords: Invariant Moment Technique Optical Character Recognition Photo Moment Image Rotation

บทนำ

ปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการนำเข้าข้อมูลในรูปแบบกระดาษเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปจัดเก็บและประมวลผลต่อไป ซึ่งการรู้จำอักขระด้วยแสงนั้นถือเป็นเทคโนโลยีนวัตกรรมหนึ่งสู่การพัฒนาชุมชนหรือการพัฒนาสังคมอย่างยั่งยืนได้โดยผ่านการสนับสนุนช่วยอำนวยความสะดวกให้ง่ายต่อการใช้งานที่เป็นทางเลือกหนึ่งในกระบวนการนำเข้าข้อมูลสู่ระบบคอมพิวเตอร์ ลดการกรอกเอกสารด้วยมือ แต่การใช้วิธีการรู้จำอักขระด้วยแสงโดยปกติจะต้องจัดวางรูปภาพหรือเอกสารให้อยู่ในแนวปกติทำมุมเอียงในแนวนอนที่ 0 องศา จึงจะสามารถรู้จำอักขระด้วยแสงได้ ทำให้เสียเวลาในการจัดตำแหน่งรูปภาพหรือเอกสารให้อยู่ในแนวปกติ

นริศรา เหมัง,นายปณชัย เทพรักษ์ และรพีพร ช่ำชอง (2564) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาเทคนิคการจำแนกยี่ห้อกล่องนม รู้จำวันเดือนปีที่ผลิตบนผลิตภัณฑ์ และค้นคืน อย.จากผลิตภัณฑ์ของนม โดยใช้วิธีการรู้จำอักขระด้วยแสง (OCR) ในการรู้จำตัวอักษรบนกล่องนม และสร้าง Traindata สำหรับ OCR ด้วย Tesseract ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์นมนี้ ใช้สถาปัตยกรรม CNN และเลือกใช้ Optimizers 1 ประเภท คือ SGD ในการทำนายผลลัพธ์ จากนั้นหาค่าความผิดพลาด Character Error Rate (CER) เพื่อหาประสิทธิภาพในการทำนายผล ในการทดลองใช้ชุดข้อมูลรูปภาพโลโก้ 4000 ภาพ รูปภาพ อย. มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ย 39.1666% ซึ่งอาจเกิดการแสงที่ถ่าย ขนาดภาพ การจัดวางตำแหน่งในการถ่ายภาพ

นเรศ โภคทรัพย์ และ สุภัทรา ปลื้มกมล (2554) การตรวจสอบตำแหน่งจับวางของหัวอ่านเขียนข้อมูลบนถาดขน โดยการนำเทคโนโลยีจักรกลวิทัศน์ (machine vision) มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเรขาคณิตของหัวอ่านเขียน แบบโมเมนต์ที่ไม่มีการผันแปร (invariant moment) เพื่อสร้างแบบจำลองการตรวจสอบลักษณะการจัดวางที่ไม่ได้ตำแหน่งของหัวอ่านเขียน เช่น การเอียงหรือการหมุน ซึ่งจะใช้ 7 invariant moment มาช่วยตรวจสอบคุณลักษณะของหัวอ่านเขียนทางเรขาคณิตไม่ว่าจะหมุนหรือเอียงไปกี่องศาก็สามารถตรวจสอบลักษณะเด่นทางเรขาคณิตได้ ซึ่งผู้เขียนได้ทดสอบความแต่งต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ invariant moment ทั้ง 7 ค่าที่มีองศาต่างกัน 5 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมี 20 ตัวอย่างข้อมูล ผลการทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่นด้วยระดับความมีนัยสำคัญ 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

ดังนั้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลภาพก่อนใช้ระบบรู้จำอักขระด้วยแสง ด้วยการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเรขาคณิตของภาพเพื่อปรับปรุงภาพให้พร้อมสำหรับการนำไปใช้กับระบบรู้จำอักขระด้วยแสงจึงได้นำเทคนิคโมเมนต์แบบไม่มีการแปรผัน (Invariant Moment) เนื่องจากเป็นวิธีการหาค่าคุณสมบัติทางเรขาคณิตที่ไม่ผันแปรไปตามลักษณะการเอียง การหมุนและการย่อหรือขยาย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการประมวลผลล่วงหน้าด้วยการหมุนภาพสำหรับระบบการรู้จำอักขระด้วยแสงโดยใช้เทคนิคโมเมนต์ไม่แปรผัน
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพการรู้จำอักขระด้วยแสงโดยใช้เทคนิคโมเมนต์ไม่แปรผัน

วิธีดำเนินการวิจัย

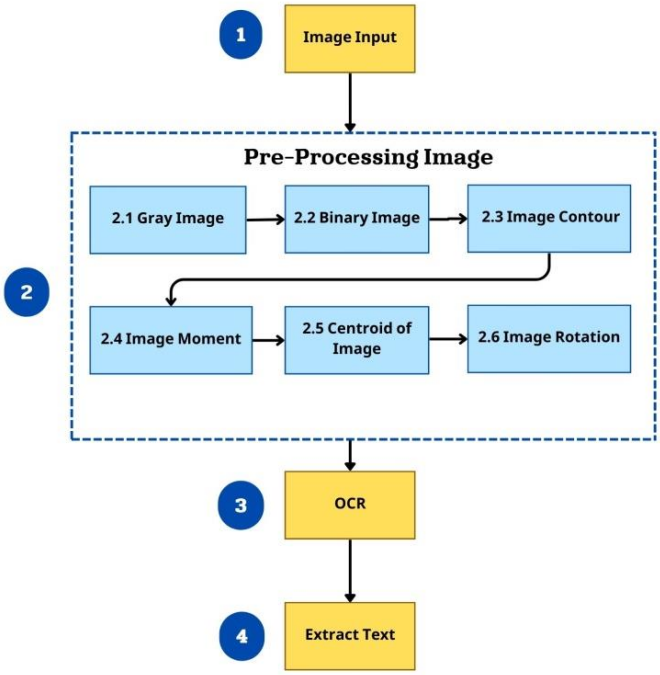
ดำเนินการเพื่อวิจัยการประมวลผลล่วงหน้าด้วยการหมุนภาพสำหรับระบบการรู้จำอักขระด้วยแสงโดยใช้เทคนิคโมเมนต์ไม่แปรผัน โดยมีการนำภาษา Python มาใช้ในการออกแบบระบบสำหรับงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

1) เริ่มจากการเตรียมภาพนามสำหรับใช้ในการทดลอง

2) กระบวนการประมวลผลภาพล่วงหน้า

3) ขั้นตอนการรู้จำอักขระด้วยแสงหรือ OCR

4) การสกัดข้อความออกจากภาพ

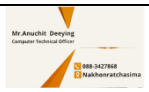


ภาพที่ 1 กระบวนการออกแบบระบบที่ใช้ในงานวิจัย

1. การเตรียมภาพนามบัตรสำหรับนำมาใช้ทดลอง

โดยประกอบไปด้วยภาพต้นแบบที่จัดวางในแนวปกติทำมุมเอียง 0 องศา จำนวน 1 ภาพ ซึ่งจะใช้เป็นภาพต้นฉบับเพื่อนำมาอ้างอิงเปรียบเทียบกับภาพที่ทำมุมเอียงต่างๆ โดยนำภาพต้นฉบับมาปรับให้อยู่ในมุมเอียง 15, 45 , 30 , 45 , 60 , 75 , 90 องศา อย่างละ 1 ภาพ รวมกับภาพต้นฉบับเป็นจำนวน 7 ภาพ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ภาพที่ใช้ในการทดลอง

ลำดับ	ชื่อไฟล์	ภาพตัวอย่าง	องศาของภาพ
1	0.png		0
2	15.png		15
3	30.png		30
4	45.png		45
5	60.png		60
6	75.png		75
7	90.png		90

2. กระบวนการประมวลผลภาพล่วงหน้า

2.1 แปลงภาพเป็นโทนสีเทา (Gray Image) เพื่อเตรียมสำหรับการแปลงเป็นภาพไบนารี่

ภาพที่ 2 ภาพนามบัตรจากการแปลงเป็นภาพสีเทา

2.2 แปลงภาพเป็นภาพประเภทไบนารี่ (Binary Image) ซึ่งเมื่อแปลงเป็นภาพไบนารี่แล้ว จะปรากฏตัวอักษรที่ชัดขึ้น

ภาพที่ 3 ภาพนามบัตรจากการแปลงเป็นภาพไบนารี่

2.3 คำนวณหาโครงร่างของภาพโดยเรียกใช้ฟังก์ชัน Contour จากไลบรารี่ OpenCV เพื่อกำหนดขอบเขตในการคำนวณหาคุณลักษณะทางเรขาคณิตของภาพด้วยโมเมนต์

ภาพที่ 4 ภาพนามบัตรจากการหาโครงร่าง

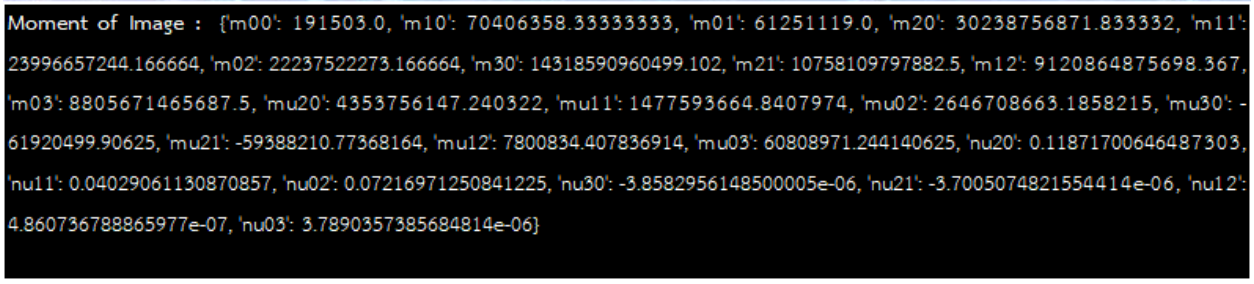
2.4 คำนวณหาโมเมนต์ของภาพ นำค่าโครงร่างที่ได้มาคำนวณเพื่อหาโมเมนต์ของภาพ ด้วยสมการ (1)

<u>สมการที่ใช้คำนวณโมเมนต์ทั่วไป</u>

$$M_{ij} = \sum_{x} \sum_{y} (x^i y^j) f(x,y) \quad (1)$$

เมื่อ *i = 0, 1 , 2 , ...* และ *j = 0 , 1, 2, ...* ตัวแปร $f(x,y)$ แทนฟังก์ชันรูปภาพที่ตำแหน่ง *x, y*

$$\mu_{ij} = \sum_{x} \sum_{y} (x - \bar{x})^i (y - \bar{y})^j f(x,y) \quad (2)$$



ภาพที่ 5 ผลลัพธ์การหาค่าโมเมนต์รูปภาพ

เมื่อ $\bar{x} = \frac{M_{10}}{M_{00}}$ และ $\bar{y} = \frac{M_{01}}{M_{00}}$ เป็นค่าศูนย์กลางของภาพ (Centroid) (3)

กำหนดให้ μ_{ij} แทน ศูนย์กลางโมเมนต์ที่สำคัญดังนี้

$\mu_{00} = M_{00}$ (4)

$\mu_{01} = 0$ (5)

$\mu_{10} = 0$ (6)

$\mu_{11} = M_{11} - \bar{x}M_{01} = M_{11} - \bar{y}M_{10}$ (7)

$\mu_{20} = M_{20} - \bar{x}M_{10}$ (8)

$\mu_{02} = M_{02} - \bar{y}M_{01}$ (9)

ค่าโมเมนต์สำหรับการจัดวางแนวภาพ (image orientation)

$\mu'_{20} = \frac{\mu_{20}}{\mu_{00}} = \frac{M_{20}}{M_{00}} - \bar{x}^2$ (10)

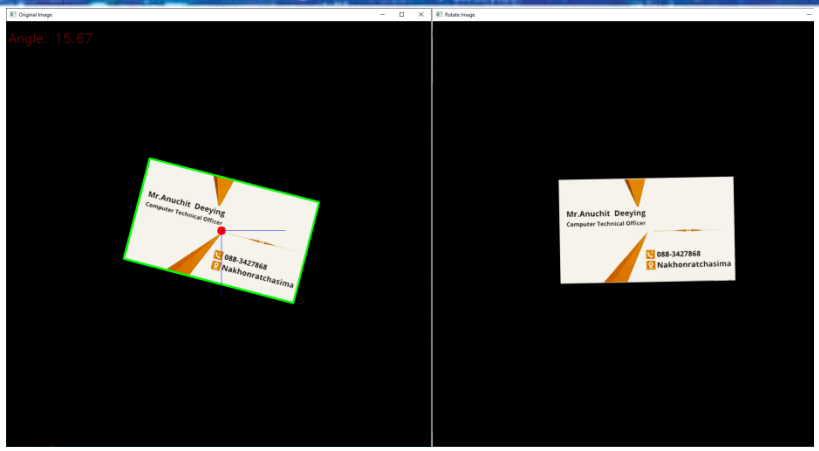
$\mu'_{02} = \frac{\mu_{02}}{\mu_{00}} = \frac{M_{02}}{M_{00}} - \bar{y}^2$ (11)

$\mu'_{11} = \frac{\mu_{11}}{\mu_{00}} = \frac{M_{11}}{M_{00}} - \bar{x}\bar{y}$ (12)

นำค่าตามสมการที่ (10) (11) (12) มาคำนวณเพื่อหาองศาของภาพได้ตามสมการที่ (13)

$$\theta = \frac{1}{2}\arctan\left(\frac{2\mu'_{11}}{\mu'_{20} - \mu'_{02}}\right) \qquad \text{โดยที่} \quad \mu'_{20} - \mu'_{02} \neq 0 \tag{13}$$

เมื่อได้ผลลัพธ์จาก (13) แล้ว นำมาใช้สำหรับคำนวณเพื่อหมุนภาพจะได้ผลลัพธ์ตามภาพที่ 6 จะได้มุม 15.67 องศา



(ก) ก่อนหมุนภาพ (ข) หลังหมุนภาพ

ภาพที่ 6 ภาพที่ถูกประมวลผลล่วงหน้าด้วยการหมุนภาพเทคนิคโมเมนต์แบบไม่แปรผัน

2. การรู้จำอักขระด้วยแสง (Optical Character Recognition หรือ OCR)

เมื่อปรับปรุงภาพเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงทำการรู้จำอักขระด้วยแสง โดยการเรียกใช้ไลบรารี่ Tesseract OCR และนำอักขระที่ได้มาจัดรูปแบบตัวอักษรให้ถูกต้องโดยตัดช่องว่างของอักขระออกไป และนำตัวอักษรมาเรียงต่อกัน

3. การสกัดข้อความ (Extract Image)

หลังจากใช้ระบบรู้จำอักขระด้วยแสงแล้ว ทำการสกัดข้อความออกมาด้วยการบันทึกลงไฟล์ text ซึ่งผลลัพธ์จะได้ตามภาพที่ 7

ภาพที่ 7 ผลลัพธ์จากการสกัดข้อความหลังการหมุนภาพ

ผลการวิจัย

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยนำผลลัพธ์จากอักขระที่สกัดออกมาได้จากการรู้จำอักขระด้วยแสงมาคำนวณประสิทธิภาพด้วยการหาค่าความถูกต้องของคำ (Word Accuracy หรือ WAcc) ตามสมการที่ (15)

อัตราข้อผิดพลาดของคำ (Word Error Rate หรือ WER)

ใช้การวัดประสิทธิภาพอยู่ที่ลำดับคำที่รู้จักอาจมีความยาวแตกต่างจากลำดับคำอ้างอิง (ซึ่งควรจะเป็นลำดับที่ถูกต้อง) WER มาจากค่าความแตกต่าง Levenshtein ซึ่งใช้สำหรับการเปรียบเทียบระบบต่างๆ รวมถึงการประเมินการปรับปรุงภายในระบบเดียวกัน ซึ่งสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\text{WER} = \frac{\boldsymbol{S+D+I}}{\boldsymbol{N}} = \frac{\boldsymbol{S+D+I}}{\boldsymbol{S+D+C}} \quad (14)$$

โดยที่ S คือ จำนวนการแทนที่

D คือ จำนวนการลบ

I คือ จำนวนของการแทรก

C คือ จำนวนคำที่ถูกต้อง

N คือ จำนวนคำในการอ้างอิง (N = S + D + C)

ดังนั้น เมื่อต้องการวัดประสิทธิภาพของคำเพื่อตรวจสอบความถูกต้องหรือแม่นยำ (WAcc) สามารถใช้สมการดังนี้

$$\text{WAcc} = 1 - \text{WER} = \frac{\boldsymbol{N-S-D-I}}{\boldsymbol{N}} = \frac{\boldsymbol{C-I}}{\boldsymbol{N}} \quad (15)$$

จากนั้นหาอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด (Peak Signal-to-Noise Ratio หรือ PSNR) ตามสมการที่ (16) เพื่อใช้ในการวัดประสิทธิภาพของคุณภาพของภาพที่ทำมุมเอียง 15 , 30 , 45 , 60 ,75 , 90 องศา หลังจากการหมุนภาพโดยใช้เทคนิคโมเมนต์แบบไม่แปรผันโดยนำมาเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับที่ทำมุมเอียง 0 องศา

Peak Signal-to-Noise Ratio หรือ PSNR

อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด (PSNR) คืออัตราส่วนระหว่างพลังสูงสุดที่เป็นไปได้ของภาพและพลังของสัญญาณรบกวนที่รบกวนซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของการแสดงภาพค่าที่ได้จะอยู่ในช่วง 0-100 ในการประมาณค่า PSNR ของรูปภาพ โดยจะนำมาใช้เปรียบเทียบคุณภาพของภาพระหว่างภาพที่ถูกเปลี่ยนแปลงกับภาพต้นฉบับ สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\text{PSNR} = \boldsymbol{10\log_{10}\left(\frac{(L-1)^2}{MSE}\right) = 20\log_{10}\left(\frac{L-1}{\sqrt{MSE}}\right)} \quad (16)$$

เมื่อค่า L คือจำนวนของระดับความเข้มสูงสุดที่เป็นไปได้ (ระดับความเข้มต่ำสุดควรเป็น 0) ในภาพ

MSE คือ ข้อผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสอง สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\boldsymbol{MSE = \frac{1}{mn}\sum_{i=0}^{m-1}\sum_{j=0}^{n-1}\left(O(i,j) - D(i,j)\right)^2} \quad (17)$$

เมื่อนำเทคนิคโมเมนต์แบบไม่แปรผันมาใช้ในการประมวลผลล่วงหน้าด้วยการหมุนภาพ ก่อนที่จะทำการรู้จำอักขระด้วยแสงแล้วจึงสกัดข้อความออกมาโดยจะใช้ภาพในแนวปกติทำมุมเอียง 0 องศา เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการเปรียบเทียบกับ

ภาพที่ทำมุมเอียง 15 , 30 , 45 , 60 , 75 , 90 สามารถประเมินประสิทธิภาพของคำด้วย WAcc และประสิทธิภาพของภาพจากค่า PSNR ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลองจากภาพที่ทำการประมวลผลล่วงหน้าด้วยการหมุนภาพสำหรับการรู้จำอักขระด้วยแสงโดยใช้เทคนิคโมเมนต์แบบไม่แปรผัน

ลำดับ	ชื่อภาพ	องศาหลังการหมุน	จำนวนอักขระ	WAcc	PSNR
1	15.png	0.41°	68	100 %	45.28
2	30.png	2.23°	68	100 %	44.56
3	45.png	2.37°	68	100 %	44.02
4	60.png	3.54°	68	100 %	45.53
5	75.png	3.03°	68	100 %	43.08
6	90.png	3.54°	68	100 %	42.74

ดังนั้น ค่าเฉลี่ย PSNR = $\left(\frac{45.28+44.56+44.02+45.53+43.08+42.74}{6}\right)$

= 44.20

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบด้วยภาษา Python เพื่อนำมาใช้ในเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างการประมวลผลล่วงหน้าด้วยการหมุนภาพโดยใช้เทคนิคโมเมนต์แบบไม่แปรผันกับแบบไม่ผ่านการประมวลล่วงหน้าด้วยการหมุนภาพ โดยใช้ภาพในการทดลองทั้งหมด 7 ภาพ ทำมุมเอียง 0 , 15 , 30 , 45 , 60 , 75 , 90 องศา ซึ่งภาพที่ทำมุมเอียง 0 องศา จะถูกนำมาใช้เป็นภาพอ้างอิงเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบจำนวนอักขระและค่าความถูกต้องของคำ ผ่านกระบวนการประมวลผลล่วงหน้าด้วยการหมุนสำหรับการระบบการรู้จำอักขระด้วยแสงโดยใช้เทคนิคโมเมนต์แบบไม่แปรผัน มีขั้นตอนย่อยอยู่ 6 ขั้นตอนได้แก่ 1) แปลงภาพเป็นโทนสีเทา 2) แปลงภาพจากโทนสีเทาเป็นภาพไบนารี่ 3) การหาโครงร่างของภาพ 4) การหาค่าโมเมนต์ของภาพ 5) การหาค่ากึ่งกลาง 6) การหมุนภาพ จากนั้นทำการรู้จำอักขระด้วยแสงโดยใช้ไลบรารี่ Tesseract OCR และสกัดข้อความออกมาบันทึกลง text file เพื่อประเมินผลการทดลองนั้น และภาพที่ถูกเตรียมไว้จะต้องเป็นภาพถ่ายที่มีความคมชัดเห็นตัวอักษรชัดเจน และต้องไม่กลมกลืนกับพื้นหลัง เพื่อให้สามารถแยกความแตกต่างของภาพก่อนที่จะนำมา ซึ่งจะต้องสามารถแยกความแตกต่างจากบัตรได้ เพื่อให้สามารถวาดโครงร่างของภาพนามบัตรก่อนที่จะทำการหาคุณสมบัติของภาพด้วยโมเมนต์

ผลการทดลองในการประมวลล่วงหน้าด้วยวิธีการหมุนภาพสำหรับระบบรู้จำอักขระด้วยแสงโดยใช้เทคนิคโมเมนต์แบบไม่แปรผันจากภาพทั้งหมด 6 ภาพ ที่มีมุมเอียง 15 , 30 , 45 , 60 , 75 , 90 องศา พบว่าภาพที่ได้ทำการหมุนนั้นมีมุมเอียงเล็กน้อย

ไม่เป็น 0 องศา แต่ยังสามารถรู้จำอักขระด้วยแสงพร้อมทั้งนับจำนวนตัวอักษรได้ครบทุกตัวอักษรซึ่งมีทั้งหมด 68 ตัวอักษร เท่ากับภาพต้นฉบับที่ใช้อ้างอิง มีค่าความถูกต้องของคำ (Word Accuracy) เป็นร้อยละ 100 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ย PSNR = 44.20

ข้อเสนอแนะ

1. การรู้จำอักขระด้วยแสงนี้ ทดลองด้วยการใช้นามบัตรภาษาอังกฤษ หากเป็นภาษาไทยค่าความถูกต้องจะลดลงไป โดยขึ้นอยู่กับโมเดลที่ใช้ในการรู้จำอักขระด้วยแสง

2. ในขั้นตอนการกำหนดโครงร่างของภาพ หรือการตรวจจับเส้นขอบภาพ จะต้องใช้ภาพที่มีเส้นขอบชัดเจน ไม่กลืนกับสีพื้นหลังของภาพ

3. ภาพนามบัตรที่ถูกถ่ายด้วยกล้องจากสมาร์ทโฟน ต้องนำภาพไปวางในพื้นที่สีดำที่ตัดกับภาพ เพื่อให้กระบวนการสร้างโครงร่างของภาพสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ และจะต้องถ่ายภาพให้เห็นตัวอักษรบนบัตรอย่างชัดเจน

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเพราะได้รับคำแนะนำในการศึกษาวิจัย ออกแบบการทดลองทำการวิจัยจากอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาการศึกษา ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.เตชค์ฐสิณป์ เพียซ้าย อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าอิสระ และอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำด้านการวิจัยและติดตามการทำการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้อย่างใกล้ชิดตลอดมา ตั้งแต่เริ่มกระบวนการวิจัยจนกระทั่งงานศึกษาค้นคว้าอิสระนี้สำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

เกล็ดนที เวปุลานนท์, ณัฐธิดา ปานขาน, ภาวีตา น้าใจสุข , นฤเบศร์ ว่องปัญจเลิศ และสกล จันทร์ขจร (2562 - 2563). “การพัฒนาวิธีการใหม่ในการกู้คืนหมายเลขทะเบียนที่มีการแก้ไขบนโลหะ AISI 1015”. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ* , 4(1) , 43-53.

นเรศ โภคทรัพย์ และ สุภัทรา ปลื้มกมล (2554). “การตรวจสอบตำแหน่งจับวางของหัวอ่านเขียนข้อมูลบนถาดขนส่ง”.การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25. กระบี่, 19-21 ตุลาคม 2554. หน้า 120-135

นริศรา เหมัง, ปณชัย เทพรักษ์ และรพีพร ช่ำชอง (2564). *การตรวจสอบผลิตภัณฑ์นม*. สืบค้นเมื่อ 17 กุมภาพันธ์ 2566, จาก http://digital.csmsu.net:8080/library/handle/123456789/133

ศิโรรัตน์ สุนทรสุข (2559). “การวิเคราะห์ข้อความตัวอักษรหน้ายาจากภาพอย่างอัตโนมัติ”. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์).

อัฐพร กิ่งบู, ปฏิมากร จริยฐิติพงศ์ (2564). “การสร้างภาพความละเอียดสูงจากภาพขนาดเล็กด้วยเทคนิค IE-T” .*วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 13(1), 83 - 99

Bijay Kumar (2022). *Scipy Rotate Image + Examples*. สืบค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2566, จาก https://pythonguides.com/scipy-rotate-image/ .

Imavijit (2020). *Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)* .สืบค้นเมื่อ 21 มีนาคม 2566 จาก https://www.geeksforgeeks.org/python-peak-signal-to-noise-ratio-psnr/

Opencv . *Image Processing in OpenCV*. สืบค้นเมื่อ 17 กุมภาพันธ์ 2566 , จาก https://docs.opencv.org/4.x/d2/d96/tutorial_py_table_of_contents_imgproc.html.

Projectpro .*How to Train Tesseract OCR in Python*. สืบค้นเมื่อ 17 กุมภาพันธ์ 2566 , จาก https://www.projectpro.io/article/how-to-train-tesseract-ocr-python/561

Tesseract-ocr. *Tesseract User Manual*. สืบค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2566 , จาก https://tesseract-ocr.github.io/tessdoc/

Wikipedia . *Image moment*. สืบค้นเมื่อ 17 กุมภาพันธ์ 2566 , จาก https://en.wikipedia.org/wiki/Image_moment.

Wikipedia . *Levenshtein distance*. สืบค้นเมื่อ 21 มีนาคม 2566 จาก https://en.wikipedia.org/wiki/Levenshtein_distance .

Wikipedia.*Word error rate*. สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2566 จาก https://en.wikipedia.org/wiki/Word_error_rate .