

การรู้จำตัวอักษรแผ่นป้ายทะเบียนด้วยเทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสง
ร่วมกับเทคนิคการหาค่าที่ใกล้เคียงโดยแสดงผลเป็นเสียงพูด

**LICENSE PLATE RECOGNITION USING OPTICAL CHARACTER
RECOGNITION WITH K-NEAREST NEIGHBOR ALGORITHM AND
SPEECH GENERATING**

อนุรักษ์ พรหมโคตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การรู้จำตัวอักษรแผ่นป้ายทะเบียนด้วยเทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสง
ร่วมกับเทคนิคการหาค่าที่ใกล้เคียงโดยแสดงผลเป็นเสียงพูด

อนุรักษ พรหมโคตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การรู้จำตัวอักษรแผ่นป้ายทะเบียนด้วยเทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสง
ร่วมกับเทคนิคการหาค่าที่ใกล้เคียงโดยแสดงผลเป็นเสียงพูด

License Plate Recognition System Using Optical Character Recognition
with K-Nearest Neighbor Algorithm and Speech Generating

ชื่อ - นามสกุล

นายอนุรักษ์ พรหมโคตร

สาขาวิชา

วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

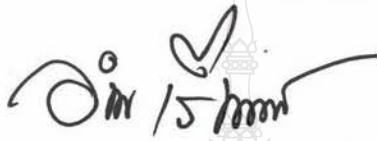
อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรี ศรีนนท์ฉัตร, Ph.D.

ปีการศึกษา

2561

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อานวย เรืองวารี, Dr.-Ing.)



กรรมการ

(รองศาสตราจารย์สมเกียรติ อุดมธรรมยากุล, Ph.D.)



กรรมการ

(อาจารย์วิเชียร อุปแก้ว, Ph.D.)



กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรี ศรีนนท์ฉัตร, Ph.D.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท



คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)

วันที่ 29 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2561

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การรู้จำตัวอักษรแผ่นป้ายทะเบียนด้วยเทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสงร่วมกับเทคนิคการหาค่าที่ใกล้เคียงโดยแสดงผลเป็นเสียงพูด
ชื่อ – นามสกุล	นายอนุรักษ์ พรหมโคตร
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรี ศรีนนท์ฉัตร, Ph.D.
ปีการศึกษา	2561

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการเพิ่มประสิทธิภาพระบบการรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์ได้รับความนิยมมากขึ้นเนื่องจากความสมดุลของแสง ภาพถ่ายที่เอียงและระยะในการถ่ายภาพยังคงเป็นสาเหตุหลักในการทำให้เกิดความผิดพลาด ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงนำเสนอการรู้จำตัวอักษรแผ่นป้ายทะเบียนด้วยเทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสงร่วมกับเทคนิคการหาค่าที่ใกล้เคียงโดยแสดงผลเป็นเสียงพูดโดยมุ่งเน้นในการลดค่าความผิดพลาดและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ

ในการทดลองใช้ภาพถ่ายป้ายทะเบียนรถยนต์จำนวน 465 ภาพ ซึ่งมีมุมการถ่ายภาพแตกต่างกัน ทั้งหมด 7 มุม คือ -45° , -30° , -15° , 0° , 15° , 30° , 45° ตามลำดับ ในขั้นตอนการประมวลผลภาพแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนแรกเป็นการค้นหาคำแหน่งแผ่นป้ายโดยใช้เทคนิคการแปลงภาพสัมพันธ์ เทคนิคมอร์ฟโอโลยี การค้นหาขอบภาพไซเบล และการวิเคราะห์ไบนารี ขั้นตอนต่อมาใช้เทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสงร่วมกับเทคนิคการหาค่าที่ใกล้เคียงเพื่อการรู้จำตัวอักษรบนแผ่นป้าย ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการเปรียบเทียบตัวอักษรแล้วแสดงผลเป็นเสียง

ผลการทดลองพบว่าโดยเฉลี่ยระบบสามารถให้ความถูกต้องในการค้นหาคำแหน่งแผ่นป้ายร้อยละ 93.12 การรู้จำตัวอักษรร้อยละ 90.10 และสามารถแสดงความถูกต้องของเสียงพูดโดยเฉลี่ยร้อยละ 90.10 ทั้งนี้การใช้เทคนิคข้างต้นสามารถเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักและปรับปรุงแก้ไขคุณสมบัติของตัวอักษรที่ใช้ในการรู้จำได้ ส่งผลให้สามารถลดระยะเวลาในการคำนวณและลดพื้นที่ในการเก็บข้อมูลของแผ่นป้ายทะเบียนในหน่วยความจำ

คำสำคัญ: การรู้จำแผ่นป้ายทะเบียน เทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสง เปลี่ยนตัวอักษรเป็นเสียง

Thesis Title	License Plate Recognition using Optical Character Recognition with K-Nearest Neighbor Algorithm and Speech Generating
Name-Surname	Mr. Anuruk Prommakhot
Program	Electrical and Telecommunication Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Jakkree Srinonchat, Ph.D.
Academic Year	2018

ABSTRACT

Researchers recently became more interested in license plate recognition systems. Factors such as different lighting conditions, various tilt angles, and varied distances were the main causes of system errors. This research aimed to present the license plate recognition system using Optical Character Recognition (OCR) program with K-Nearest Neighbor (K-NN) algorithm and speech generating program to reduce system errors and increase the efficiency of the system.

The license plate image of 465 pictures were included in the experiment taken in -45° , -30° , -15° , 0° , 15° , 30° , and 45° angles. The system consisted of three steps. First, the affine transformations, morphological operations, Sobel operators, and blob analysis were employed to locate the license plates. Then, The Optical Character Recognition program with K-Nearest Neighbor algorithm were used to recognize the characters in the images. Finally, the matching characters were converted into speech.

The research revealed that the system could yield an average of 93.12% accuracy for license plate identification, 90.10% accuracy for character recognition, and 90.10% accuracy for speech generating. The techniques used in this experiment changed the properties of the characters into editable data that could reduce computation time and memory storage of the license plate recognition system.

Keyword: license plate recognition, optical character recognition, text to speech.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และโทรคมนาคม ซึ่งได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น แนวทางการแก้ปัญหา รวมถึงสนับสนุนในการทำ วิทยานิพนธ์ตลอดมา ผู้จัดทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ รุ่งพี เพื่อน และน้องนักศึกษาที่ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางด้านการประมวลผล สัญญาณที่ได้ให้ความช่วยเหลือ แนะนำและแสดงข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนการทำวิจัยเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดาที่ให้การสนับสนุนแก่ผู้ทำวิจัยเสมอมา จนสำเร็จการศึกษา

อนุรักษ์ พรหมโคตร



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
สารบัญตาราง.....	(8)
สารบัญรูป.....	(9)
บทที่ 1 บทนำ.....	11
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	11
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	12
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	12
1.4 ข้อยกเว้นของการศึกษา.....	12
1.5 วิธีการดำเนินการทางวิจัยและขั้นตอนการศึกษา.....	12
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	13
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
2.1 การประมวลผลภาพดิจิทัล.....	14
2.2 ระดับสี.....	15
2.3 การแปลงภาพสัมพรรค (Affine Transformation).....	17
2.4 การค้นหาขอบภาพโซเบล (Sobel Edge).....	22
2.5 การยืดคอนทราสต์ (Contrast Stretching).....	23
2.6 มอร์โฟโลยี (Morphology).....	24
2.7 การวิเคราะห์ไบนารี (Blob Analysis).....	27
2.8 การรู้จำตัวอักษรด้วยแสง (Optical Character Recognition: OCR).....	28
2.9 เสียงพูด (Speech).....	35
2.10 การทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม.....	36
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	40
3.1 ลักษณะของการถ่ายภาพ.....	42
3.2 การเตรียมภาพ.....	43
3.3 การค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียน (Location License Plate: LLP).....	45
3.4 การรู้จำตัวอักษร (Character Recognition: CR).....	49
3.5 การเปรียบเทียบตัวอักษรและเปลี่ยนเป็นเสียง (Speech Generating).....	58
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	60
4.1 ผลของการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียน.....	60
4.2 ผลการทดลองการรู้จำตัวอักษรบนแผ่นป้าย.....	66
4.3 ผลการทดลองการเปลี่ยนตัวอักษรเป็นเสียง.....	75
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	78
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	78
5.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนา.....	79
บรรณานุกรม.....	80
ภาคผนวก.....	86
ภาคผนวก ก รูปภาพที่ใช้ในการทดลอง.....	87
ภาคผนวก ข ผลการทดลอง.....	97
ภาคผนวก ค บทความวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่.....	112
ประวัติผู้เขียน.....	159

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักภาพตัวอักษร	54
ตารางที่ 3.2 ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักภาพตัวอักษรเลข “5”	55
ตารางที่ 3.3 ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักภาพตัวอักษรที่แก้ไขภาพถ่ายเอียง	57
ตารางที่ 4.1 ผลการค้นหาคำแหน่งแผ่นป้าย	60
ตารางที่ 4.2 ผลของการค้นหาคำแหน่งของแผ่นตามลักษณะการถ่ายภาพเอียง	61
ตารางที่ 4.3 ผลจากการแบ่งส่วนภาพ	66
ตารางที่ 4.4 ผลจากการรู้จำตัวอักษร	70
ตารางที่ 4.5 ผลจากการรู้จำตัวอักษรบนแผ่นป้าย	71
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการเปลี่ยนตัวอักษรเป็นเสียง	75



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ตำแหน่งของพิกเซล.....	14
รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของภาพสี.....	15
รูปที่ 2.3 ระดับของภาพสีเทา.....	16
รูปที่ 2.4 ภาพระดับไบนารี.....	16
รูปที่ 2.5 พิกเซลและตำแหน่งพิกเซลไบนารี.....	17
รูปที่ 2.6 การเลื่อนภาพ.....	18
รูปที่ 2.7 การหมุนภาพ.....	20
รูปที่ 2.8 การเลื่อนภาพ.....	21
รูปที่ 2.9 การค้นหาขอบภาพโซเบล.....	22
รูปที่ 2.10 การปรับปรุงภาพ.....	23
รูปที่ 2.11 การกระทำแบบขยาย.....	24
รูปที่ 2.12 การกระทำแบบกัดกร่อน.....	25
รูปที่ 2.13 การกระทำแบบเปิด.....	26
รูปที่ 2.14 การกระทำแบบปิด.....	27
รูปที่ 2.15 การวิเคราะห์บริเวณไบนารี.....	27
รูปที่ 2.16 ลักษณะการลากเส้นของการรู้จำแบบออนไลน์.....	28
รูปที่ 2.17 ตัวอักษรแบบฟอนต์เฉพาะ.....	29
รูปที่ 2.18 ตัวอักษรที่ห่างจากกัน.....	30
รูปที่ 2.19 ลายมือที่เขียนต่อเนื่อง.....	30
รูปที่ 2.20 อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการออกเสียง.....	35
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการประมวลผลระบบรู้จำป้ายทะเบียน.....	40
รูปที่ 3.2 ลักษณะการถ่ายภาพเอียงที่ใช้ในการทดลองและระยะในการถ่ายภาพ.....	42
รูปที่ 3.3 ลักษณะการถ่ายภาพที่ไม่ส่งผลต่อการทดลอง.....	42
รูปที่ 3.4 ตัวอย่างขนาดของภาพที่ใช้ในการทดลอง.....	43
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างรูปถ่ายที่ใช้ในการทดลอง.....	43

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.6 ตัวอย่างรูปถ่ายที่ใช้ในการทดลองถ่ายภาพไม่อยู่ในระนาบแกน X	44
รูปที่ 3.7 ผลจากการแปลงภาพสัมพรรคและการปรับขนาดภาพ	45
รูปที่ 3.8 ผลจากการค้นหาขอบภาพโซเบล	46
รูปที่ 3.9 ผลจากการแปลงภาพแบบเปิดและการแปลงเป็นภาพระดับไบนารี	46
รูปที่ 3.10 ผลการกระทำด้วยเทคนิคมอร์โฟโลยีแบบขยายและแบบกัดกร่อน	47
รูปที่ 3.11 บริเวณไบนารีที่คาดว่าเป็นตำแหน่งแผ่นป้าย	48
รูปที่ 3.12 แสดงผลของการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย	49
รูปที่ 3.13 ผลการปรับปรุงภาพ	50
รูปที่ 3.14 การกำจัดสัญญาณรบกวนขอบภาพ	51
รูปที่ 3.15 แสดงผลของการค้นหาบริเวณไบนารีที่คาดว่าเป็นตัวอักษร	52
รูปที่ 3.16 ภาพที่ผ่านการแบ่งส่วนตัวอักษร	52
รูปที่ 3.17 ตัวอย่างแม่แบบที่ใช้ในการทดลอง	53
รูปที่ 3.18 ความแตกต่างขององศาการถ่ายภาพและการค้นหาบริเวณไบนารี	54
รูปที่ 3.19 การเพิ่มองศาการถ่ายภาพครั้งละ 5 องศาและตัวอย่างแม่แบบ	55
รูปที่ 3.20 ค่าน้ำหนักของตัวอักษรเลข “5” ในมุมมององศาที่แตกต่างกัน	56
รูปที่ 3.21 ความแตกต่างขององศาการถ่ายภาพที่ผ่านการแก้ไขปัญหภาพถ่ายเอียง	56
รูปที่ 3.22 ขั้นตอนการเปรียบเทียบค่าน้ำหนัก	58
รูปที่ 3.23 ขั้นตอนการเปรียบเทียบเสียง	58
รูปที่ 3.24 ผลการค้นหาแผ่นป้าย ผลการรู้จำตัวอักษรและสัญญาณเสียง	59
รูปที่ 4.1 ตัวอย่างผลการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนประเภทที่ 1	62
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างผลการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนประเภทที่ 2	64
รูปที่ 4.3 ตัวอย่างผลการรู้จำตัวอักษรที่ผิดพลาด	65
รูปที่ 4.4 ผลการแบ่งส่วนภาพ	67
รูปที่ 4.5 ตัวอย่างภาพที่มีความผิดพลาดจากขั้นตอนการปรับปรุงภาพและการแบ่งส่วน	69
รูปที่ 4.6 ผลการรู้จำตัวอักษร	71
รูปที่ 4.7 ผลการรู้จำตัวอักษรที่ผิดพลาด	74
รูปที่ 4.8 ตัวอย่างผลการทดลองเปลี่ยนตัวอักษรเป็นเสียง	76

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การประมวลผลภาพสำหรับการรู้จำป้ายทะเบียนยังเป็นที่น่าสนใจเนื่องจากสามารถประยุกต์ใช้ในด้านของการคมนาคมและการรักษาความปลอดภัยเช่น ระบบการรู้จำและจำแนกรถแบบ Real-Time ประยุกต์ใช้ภาพจากกล้อง CCTV [1-2] หรือการตรวจจับป้ายทะเบียนด้วยระบบ Device ของโทรศัพท์มือถือ [3-4] เป็นต้น จากการศึกษาพบว่าการรู้จำป้ายทะเบียนสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบตามลักษณะของการประมวลผลคือ การประมวลผลแบบ Real-Time [5-7], การประมวลผลแบบ Video [8-10] และการประมวลผลด้วยภาพถ่าย [11-13] นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งขั้นตอนของการประมวลผลออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ 1). การค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย (Location License Plate: LLP) [14-16], 2). การรู้จำตัวอักษรบนแผ่นป้าย (Character Recognition: CR) [17-19] จากขั้นตอนดังกล่าวมักเกิดความผิดพลาดมีสาเหตุเกิดจาก ระยะการถ่ายภาพ สัญญาณรบกวนจากภาพถ่าย กลางคืนและลักษณะของการประมวลผลภาพถ่ายเอียง

ดังนั้นงานวิจัยนี้นำเสนอการรู้จำตัวอักษรแผ่นป้ายทะเบียนด้วยเทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสงร่วมกับเทคนิคการหาตำแหน่งที่ใกล้เคียงโดยแสดงผลเป็นเสียงพูด มุ่งเน้นในการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายและรู้จำตัวอักษรในกรณีที่ป้ายรถยนต์ทำมุมกล้องถ่ายภาพเอียง การประมวลผลแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ 1) การค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย (Location License Plate: LLP) จากการศึกษาในงานวิจัยที่พัฒนาการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย [20] ซึ่งพัฒนาโดย N.Saleem, H.Muazzam, H.M.Tahir, U.Farooq ประยุกต์ใช้เทคนิคมอร์โฟโลยี (Morphology) และการค้นหาขอบภาพโซเบล (Sobel Edge) มีผลการทดลองโดยเฉลี่ยร้อยละ 86.2 จากเทคนิคดังกล่าวงานวิจัยนี้นำมาพัฒนาร่วมกับเทคนิคการแปลงสัมพรรค (Affine Transformation: AT) และการวิเคราะห์ไบนารี (Blob Analysis) ทำให้มีประสิทธิภาพของการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายโดยเฉลี่ยร้อยละ 93.12, 2) การรู้จำตัวอักษร (Character Recognition: CR) พัฒนาโดยใช้เทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสง (Optical Character Recognition: OCR) เทคนิคดังกล่าวมีงานวิจัยต่างประเทศ [20] ที่นำมาพัฒนารู้จำตัวอักษรบนแผ่นป้ายเช่น ในงานวิจัยของ P. Hidayatullah, N. Syakrani, I. Suhartini, W. Muhlis [21] เป็นการใช้รู้จำตัวอักษรแผ่นป้ายในประเทศอินโดนีเซียหรือในงานวิจัยของ S. S. Omran, J. A. Jarallah [22] เป็นการใช้รู้จำตัวอักษรแผ่นป้ายในประเทศไอร์แลนด์ มีผลการทดลองโดยเฉลี่ยร้อยละ 86.6 จากการศึกษาเทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสง (OCR) กำลังเป็นที่นิยมในการประยุกต์และพัฒนา งานวิจัยนี้จึงนำเทคนิคดังกล่าวมาพัฒนา

ร่วมกับเทคนิคการหาค่าที่ใกล้เคียง (K-Nearest Neighbor: K-NN) [30] รู้จำตัวอักษรบนแผ่นป้ายทะเบียนไทย ซึ่งมีผลการทดลองโดยเฉลี่ยร้อยละ 90.10, 3) การเปรียบเทียบตัวอักษรและเปลี่ยนเป็นเสียง ในการนำระบบไปใช้งานอาจมีสัญญาณแจ้งเตือนผู้ใช้งาน ขั้นตอนนี้เป็นการเปรียบเทียบตัวอักษรที่ได้จากการรู้จำกับฐานข้อมูลเสียงซึ่งมีผลการทดลองโดยเฉลี่ยร้อยละ 90.10 ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวจะเท่ากับผลจากการรู้จำตัวอักษรเสมอ จากเทคนิคและขั้นตอนดังกล่าวยังมีความผิดพลาด เนื่องจากระยะในการถ่ายภาพ และมุมมองของการถ่ายภาพเสียง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาและพัฒนาระบบการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนในกรณีที่แผ่นป้ายทำมุมกล้องถ่ายภาพเอียง

1.2.2 ศึกษาและพัฒนาการรู้จำตัวอักษรด้วยเทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสงร่วมกับเทคนิคการหาค่าที่ใกล้เคียง

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ระบบสามารถรู้จำตัวอักษรบนแผ่นป้ายทะเบียนด้วยเทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสง (OCR) กรณีที่แผ่นป้ายรถยนต์ทำมุมกล้องถ่ายภาพเอียง ± 45 องศา มีความแม่นยำในการรู้จำตัวอักษรไม่น้อยกว่าร้อยละ 90

1.4 ข้อยกเว้นของการศึกษา

1.4.1 ระยะห่างในการถ่ายภาพมีผลต่อการค้นหาแผ่นป้ายและการจดจำตัวอักษร

1.4.2 ภาพถ่ายป้ายทะเบียนทำมุมกับกล้องถ่ายภาพเอียงไม่เกิน ± 45 องศา

1.4.3 ถ่ายภาพในระนาบแกน X และกำหนดมุมมอง 0 องศาในระนาบแกน Y

1.4.4 ระยะห่างในการถ่ายภาพ 0.8-1.2 เมตร

1.4.5 แม่แบบของตัวอักษรมีขนาด 24x42 พิกเซล

1.4.6 ภาพถ่ายป้ายทะเบียนรถยนต์ส่วนบุคคลในประเทศไทยตามพระราชบัญญัติรถยนต์ มาตรการที่ 5 พ.ศ. 2542 (ฉบับที่ 10)

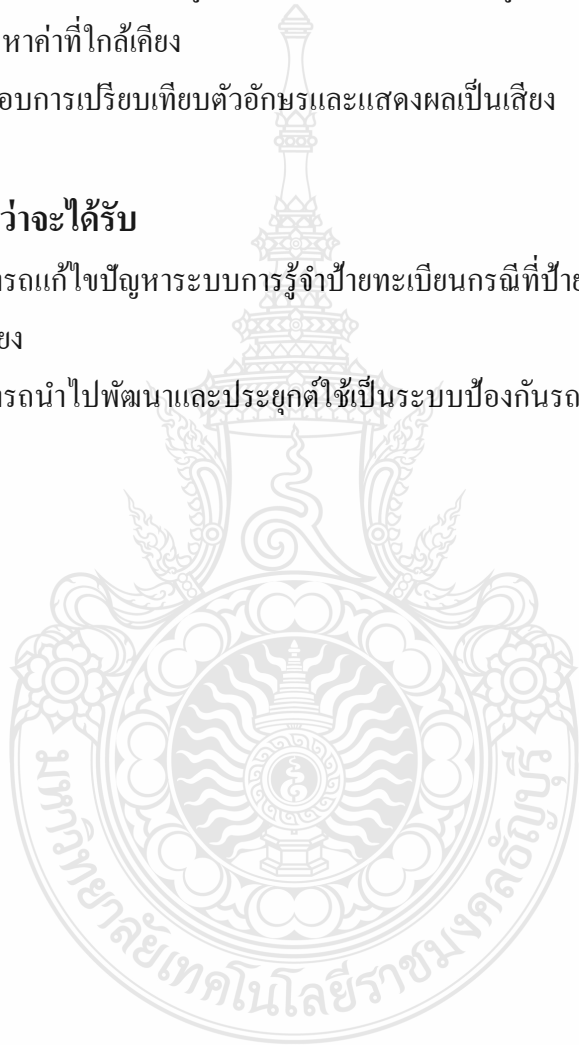
1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัยและขั้นตอนการศึกษา

1.5.1 ศึกษาทฤษฎีและทดสอบการปรับรูปแบบภาพด้วยเทคนิคการแปลงสัมพรรค

- 1.5.2 ศึกษาทฤษฎีและทดสอบเทคนิคการค้นหาขอบภาพโซเบล
- 1.5.3 ศึกษาและแปลงภาพด้วยเทคนิคมอร์โฟโลยี
- 1.5.4 ศึกษาและแปลงภาพด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ไบนารี
- 1.5.5 ศึกษาและทดสอบการแปลงภาพด้วยเทคนิคการเพิ่มความคมชัด
- 1.5.6 กำจัดสัญญาณรบกวนภาพ
- 1.5.7 ศึกษาและทดสอบการรู้จำตัวอักษรด้วยเทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสงร่วมกับเทคนิคการหาค่าที่ใกล้เคียง
- 1.5.8 ทดสอบการเปรียบเทียบตัวอักษรและแสดงผลเป็นเสียง

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1 สามารถแก้ไขปัญหาระบบการรู้จำป้ายทะเบียนกรณีที่มีป้ายรถยนต์ทำมุมกล้องถ่ายภาพเอียง
- 1.6.2 สามารถนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้เป็นระบบป้องกันรถภายในอาคาร



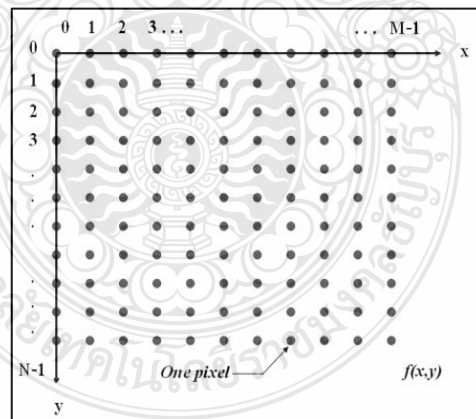
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีการทดลองและการประมวลผลภาพโดยใช้โปรแกรม MATLAB พัฒนาการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายและการรู้จำตัวอักษรบนแผ่นป้าย ทดลองโดยมีลักษณะของการถ่ายภาพที่แตกต่างกัน รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing)

เทคโนโลยีการประมวลผลภาพดิจิทัลเป็นการนำภาพมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้ตัวดำเนินการหรือเทคนิคต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลของภาพตามที่ต้องการ ซึ่งข้อมูลของภาพมีความเข้มของแสงและความเข้มของสีที่แตกต่างกัน ในแต่ละภาพประกอบไปด้วยตำแหน่งเล็กๆเรียงกันเรียกว่าจุดภาพหรือพิกเซล (Pixel) ดังรูปที่ 2.1 มีหน่วยเป็น ppi (Pixel Per Inch) ทุกๆตำแหน่งจะมีความหนาแน่นหรือค่าของตำแหน่งนั้นๆแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความละเอียดของภาพนั้นๆ ภาพที่มีความหนาแน่นมากจะมีความคมชัดมาก ภาพที่มีความหนาแน่นน้อยความละเอียดจะลดลงตามลำดับ



รูปที่ 2.1 ตำแหน่งของพิกเซล [23]

เมื่อ N จำนวนพิกเซลที่มากที่สุดในแกน Y

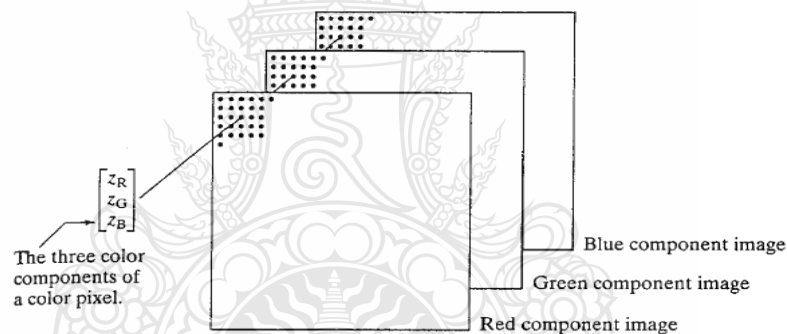
M จำนวนพิกเซลที่มากที่สุดในแกน X

2.2 ระดับของสี

ภาพมีความเข้มของระดับสีที่ใช้ในการวิเคราะห์แตกต่างกัน แบ่งออกเป็น 4 ลักษณะคือ ภาพระดับสีจริง (RGB Image) ภาพระดับสีเทา (Gray scale Image) ภาพระดับขาวดำ (Binary Image) และภาพระดับดัชนี (Index Image) มีข้อมูลและองค์ประกอบของเมทริกซ์แตกต่างกัน ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะขอกล่าวถึง 3 ลักษณะดังต่อไปนี้

2.2.1 ภาพสีจริง (RGB Image)

ระดับภาพสีจริง (True Color Image) หรือ RGB เป็นภาพที่มีระดับความเข้มหรือระดับพิกเซลของภาพ 3 มิติ หมายถึงมิติของระดับสีมี 3 มิติ ซ้อนกันอยู่ ซึ่งมีมิติสีแดง (RED) มิติสีเขียว (GREEN) และมิติสีน้ำเงิน (BLUE) ดังรูปที่ 2.2 ในแต่ละมิติจะมีค่าของระดับพิกเซลที่แตกต่างกัน หรืออีกความหมายคือ ระดับความเข้มของสีที่แตกต่างกันรวมเข้าด้วยกัน ทำให้เกิดเป็นระดับของสีอื่นๆที่ใกล้เคียงกัน ตามลักษณะของการผสมระดับสี



รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของภาพสี [23]

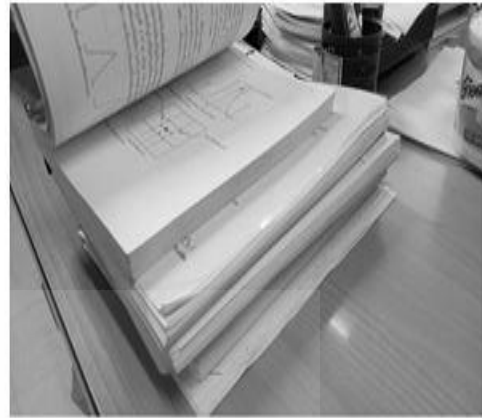
จากรูปที่ 2.2 เป็นองค์ประกอบของภาพระดับสี แสดงเป็นอาร์เรย์ $M \times N \times 3$ ของพิกเซลระดับสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน (Red Green Blue) ซึ่งยังมีระดับสเปซสีอื่นๆ ที่พัฒนามาจากมิติสีจริง (RGB) เช่น NTSC, YCbCr หรือ HSV เป็นต้น

2.2.2 ภาพระดับสีเทา (Gray Scale Image)

ภาพระดับสีเทาเป็นภาพที่มีความเข้มของระดับสีแตกต่างจากระดับสีจริง (RGB) เป็นภาพ 2 มิติ มีระดับความเข้มของภาพอยู่ระหว่าง 0-255 ระดับ หรือ 256 ระดับ มีความละเอียด 8 บิต แสดงระดับความเข้มบิต 0 ถึงบิต 1 โดยเป็นการไล่ระดับของสีตั้งแต่ 0 ถึง 1 ดังรูปที่ 2.3 (ข) ซึ่งแปลงมาจากภาพระดับสีดังรูปที่ 2.3 (ก)



(ก) ภาพระดับสี



(ข) ภาพระดับสีเทา

รูปที่ 2.3 ภาพระดับสีเทา

2.2.3 ภาพระดับไบนารี (Binary Image)

ภาพระดับไบนารีมีความเข้มของระดับสี 2 บิต คือบิตขาวและบิตดำ เขียนด้วยเลข 1 และเลข 0 ในการประมวลผลภาพมักจะใช้ในการจำลองและวิเคราะห์การประมวลผล เนื่องจากโครงสร้างของบิตมีจำนวนน้อย สามารถประมวลผลได้เร็ว มีหลักการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ง่าย มีประสิทธิภาพความแม่นยำในการประมวลผลสูง ส่วนใหญ่นำไปใช้กับงานที่ต้องการความเร็วเช่นระบบการตรวจจับวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่เป็นต้น มีผลการแปลงเป็นภาพระดับไบนารีดังรูปที่ 2.4 (ข) ซึ่งแปลงมาจากภาพระดับสีดังรูปที่ 2.4 (ก)



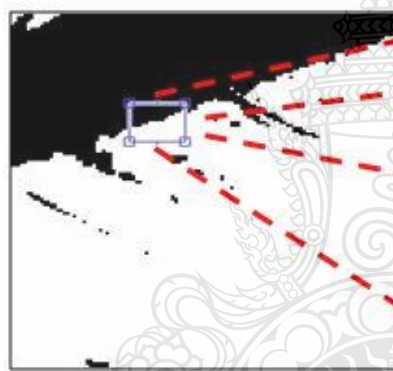
(ก) ภาพระดับสี



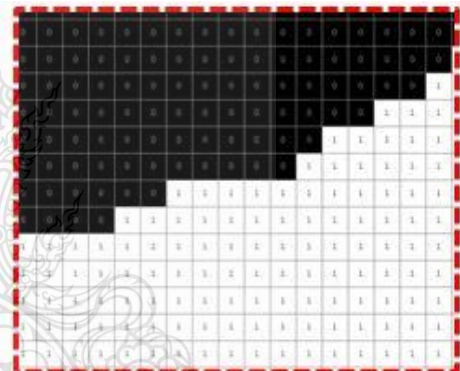
(ข) ภาพระดับไบนารี

รูปที่ 2.4 ภาพระดับไบนารี

ภาพไบนารีมาจากการวิเคราะห์ระดับของสีหรือภาพระดับสีเทา เป็นการเปรียบเทียบระหว่างพิกเซลของภาพกับค่าคงที่เรียกว่าค่าเทรชโฮลด์ (Threshold Value) เป็นการสร้างระดับค่าคงที่เปรียบเทียบกับข้อมูลของภาพระดับสีเทา อาศัยความเข้มของภาพในแต่ละพิกเซลของแต่ละตำแหน่ง ซึ่งในการเปรียบเทียบพิกเซล ณ จุดใด ๆ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าเทรชโฮลด์จะเป็นบิต 0 หรือ (สีดำ) ถ้าจุดพิกเซล ณ จุดใด ๆ มีค่าน้อยกว่าค่าเทรชโฮลด์จะเป็นบิต 1 หรือ (สีขาว) ดังรูปที่ 2.5 (ข) ซึ่งเป็นส่วนย่อยของภาพไบนารีดังรูปที่ 2.5 (ก) จากที่กล่าวมาข้างต้นเป็นตัวอย่างในการแปลงเป็นภาพระดับไบนารี ซึ่งการใช้งานยังขึ้นอยู่กับข้อกำหนดค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสมกับระดับภาพ ในการแปลงภาพเทรชโฮลด์มีหลายวิธี เช่น การหาค่าเทรชโฮลด์โดยการกำหนดค่าล่วงหน้า (Pre-Assigned Threshold Value) เป็นการกำหนดค่าเทรชโฮลด์โดยขึ้นอยู่กับผู้พัฒนา หรือการหาค่าเทรชโฮลด์จากค่ากลาง (Mid-Range Threshold Value) คือการหาค่าเทรชโฮลด์โดยอัตโนมัติจะได้ภาพไบนารีที่ไม่ค่อยดีนัก



(ก) ภาพระดับไบนารี



(ข) พิกเซลของภาพระดับไบนารี

รูปที่ 2.5 พิกเซลและตำแหน่งพิกเซลไบนารี

2.3 การแปลงสัมพรรค (Affine Transformation)

การแปลงภาพสัมพรรค [24] เป็นการแปลงภาพทางดิจิทัล สามารถพัฒนาได้ทั้งภาพ 2 มิติ และ 3 มิติ ประยุกต์ใช้การเพิ่มเวกเตอร์ในการแปลงภาพ หรือพิกัดฮอโมจีเนียส (Homogenous Coordinate) เป็นการแทนพิกัดเพิ่ม 1 มิติ การแปลงสัมพรรคประกอบไปด้วยการแปลงภาพหลายเทคนิครวมกันคือ การเลื่อนภาพ (Translation) การหมุนภาพ (Rotation) การย่อหรือขยายภาพ (Scaling) และการเฉือนภาพ (Shear) ซึ่งได้จากการคูณกันของเมทริกซ์ภาพ (Inverse Matrix) กับสัมประสิทธิ์การแปลงภาพ (Coefficient) โดยใช้หลักการทางเรขาคณิตในการแปลงกล่าวอีกก็คือในการ

แปลงภาพขึ้นอยู่กับความสอดคล้องกัน เป็นผลกับลักษณะของภาพที่นำมาประมวลผล และภาพที่ต้องการ

2.3.1 การเลื่อนภาพ (Image Translation)

เป็นการเคลื่อนย้ายภาพโดยการเพิ่มพิกัด $f(x, y)$ จากจุดเริ่มต้นของการย้าย โดยการเคลื่อนที่ตามตำแหน่งที่เพิ่มพิกัด ซึ่งจะได้ตำแหน่งของภาพขึ้นใหม่หรือ $g(x, y)$ โดยมีความสัมพันธ์ของตำแหน่งที่เคลื่อนย้ายในระนาบ ดังสมการ $x = x + t_x$ และ $y = y + t_y$ จากสมการเบื้องต้นเป็นการเลื่อนตำแหน่งของวัตถุหรือการเพิ่มตำแหน่งจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่ต้องการ ในการทดลองการแปลงภาพโดยการเพิ่มพิกัดฮอมอจีเนียส (Homogenous) สามารถเขียนสมการการเลื่อนภาพให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ 3×3 ดังสมการที่ 2.1 ผลของการเลื่อนดังรูปที่ 2.6 (ข)

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

เมื่อ t_x คือสัมประสิทธิ์การเลื่อน
 t_y คือสัมประสิทธิ์การเลื่อน
 x คือจุดเริ่มต้นของแกน x
 y คือจุดเริ่มต้นของแกน y
 w คือพิกัดฮอมอจีเนียส



(ก) ภาพต้นฉบับ



(ข) ภาพระดับสีที่ผ่านการเลื่อน

รูปที่ 2.6 การเลื่อนภาพ

2.3.2 การสเกลภาพ (Image Scaling)

การสเกลคือการย่อหรือการขยายทำได้โดยการเปลี่ยนพิกัดในแนวราบ (Cartesian) ของภาพต้นฉบับ หรือการเพิ่มตำแหน่งเริ่มต้นของภาพด้วยการคูณปริมาณสเกล ดังสมการ $u = S_x x$ และ $v = S_y y$ รวมกับการเพิ่มพิกัดฮอมอจีเนียส (Homogenous) สามารถเขียนสมการการย่อและขยายให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ 3×3 ได้ดังสมการที่ 2.2 ในการแทนค่าเมื่อ S_x, S_y มีค่าน้อยกว่าหนึ่งจะทำให้ภาพกลับด้าน จากซ้ายไปขวา จากขวาไปซ้าย และถ้าอยู่ระหว่าง (0 - 1) จะทำให้ภาพมีขนาดเล็กและถ้า S_x, S_y ใดๆ มีค่ามากกว่าหนึ่งจะทำให้ภาพมีขนาดใหญ่ขึ้น

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

เมื่อ S_x คือสัมประสิทธิ์การสเกลแกน x

S_y คือสัมประสิทธิ์การสเกลแกน y

x คือระยะเริ่มต้นของแกน x

y คือระยะเริ่มต้นของแกน y

w คือพิกัดฮอมอจีเนียส

2.3.3 การหมุนภาพ (Image Rotation)

การหมุนภาพคือ การหมุนจากจุดหมุนรอบแกน หรือจุด (x, y) จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่ต้องการ (u, v) โดย θ เป็นการหมุนทวนเข็มนาฬิกา เมื่อเทียบกับในแกนนอน (Horizontal Axis) ซึ่งมีสมการการหมุนภาพเบื้องต้น $u = x \cos \theta - y \sin \theta$ และ $v = x \sin \theta + y \cos \theta$ เมื่อเพิ่มพิกัดฮอมอจีเนียส (Homogenous) สามารถเขียนให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ 3×3 ได้ดังสมการที่ 2.3 ผลของการหมุนภาพดังรูปที่ 2.7 (ข) ซึ่งแปลงมาจากภาพต้นฉบับดังรูปที่ 2.7 (ก)

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

เมื่อ $\sin \theta$ คือสัมประสิทธิ์การหมุน

$\cos\theta$ คือสัมประสิทธิ์การหมุน
 x คือระยะเริ่มต้นของแกน x
 y คือระยะเริ่มต้นของแกน y
 w คือพิกัดฮอโมจีเนียส



(ก) ภาพต้นฉบับ



(ข) ภาพระดับสีที่ผ่านการหมุน

รูปที่ 2.7 การหมุนภาพ

2.3.4 การเฉือนภาพ (Image Shearing)

การเฉือนคือ การแปลงภาพให้อยู่ในรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน โดยขึ้นอยู่กับลักษณะของภาพต้นฉบับและจุดเดิมของภาพ โดยการแปลงระนาบของภาพมี 3 แบบ ตามลักษณะและทิศทางคือ การเฉือนไปข้างหน้าในแกน x , การเฉือนไปข้างหน้าในแกน y , การเฉือนข้างหน้าในแกน x และ y สามารถเขียนสมการการเฉือนภาพให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ 3×3 ได้ดังสมการที่ 2.4 ผลของการเฉือนภาพดังรูปที่ 2.8 (ข) ซึ่งแปลงมาจากภาพต้นฉบับดังรูปที่ 2.8 (ก)

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & Sh_x & 0 \\ Sh_y & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

เมื่อ sh_x คือสัมประสิทธิ์การเฉือน
 sh_y คือสัมประสิทธิ์การเฉือน
 x, y คือระยะเริ่มต้นของแกน x และแกน y
 w คือพิกัดฮอโมจีเนียส



(ก) ภาพต้นฉบับ



(ข) ภาพระดับสี่ที่ผ่านการเหือน

รูปที่ 2.8 การเหือนภาพ

การเขียนสมการให้อยู่ในรูปของพิกัดฮอโมจีเนียสเมื่อรวมเทคนิคทั้งหมดในการแปลงภาพสัมพรรค สามารถเขียนสมการการแปลงภาพได้ดังสมการที่ 2.5 เมื่อ T คือการแปลงสัมพรรค, S คือเทคนิคการหมุน, Sh คือเทคนิคการเหือน, Tr คือเทคนิคการเลื่อน ซึ่งในการแปลง T สามารถลดรูปสมการโดยเขียนให้อยู่ในรูปของเมทริกซ์ 3×3 ได้ดังสมการที่ 2.6 และรวมสมการการแปลงสำหรับได้ดังสมการที่ 2.7

$$T = S * Sh * R * Tr \quad (2.5)$$

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_c \\ 0 & 1 & y_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -x_c \\ 0 & 1 & -y_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 & a_1 & a_2 \\ b_0 & b_1 & b_2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

เมื่อ a_0, a_1, a_2 คือสัมประสิทธิ์การแปลง
 b_0, b_1, b_2 คือสัมประสิทธิ์การแปลง
 w คือพิกัดฮอโมจีเนียส

2.4 การหาขอบภาพโซเบล (Sobel Edge)

การค้นหาขอบภาพโซเบลเป็นเทคนิคการหาค่าอนุพันธ์อันดับที่หนึ่ง หาค่าได้จากการคำนวณอนุพันธ์แยก ในแนวตั้งและแนวนอนออกจากกัน ดังสมการที่ 2.8 โดยการสร้างหน้าต่างเทรมเพรดหรือหน้าต่างการกรองขนาด 3×3 ดังสมการที่ 2.9 กล่าวอีกคือ เป็นการหาค่าเกรเดียนต์ในแนวแกนตั้ง และแนวแกนนอน (G_x, G_y) ของข้อมูลภาพ

$$g(x, y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (2.8)$$

$$x_{diff} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}, y_{diff} = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

เมื่อ x_{diff} คือหน้าต่างเทรมเพรดในระนาบแกน X

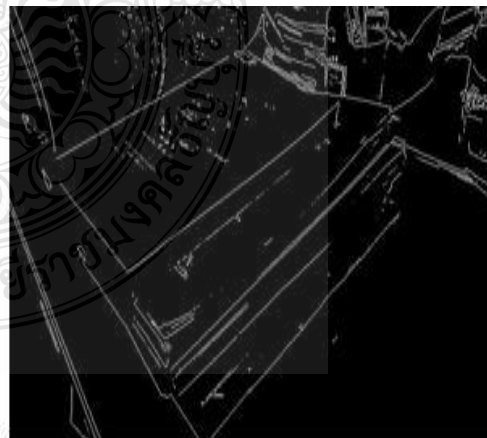
y_{diff} คือหน้าต่างเทรมเพรดในระนาบแกน Y

$g(x, y)$ คือค่าเกรเดียน

จากสมการที่ 2.8 และสมการที่ 2.9 มีผลของการค้นหาขอบภาพดังรูปที่ 2.9 (ข) ซึ่งแปลงมาจากภาพระดับสีดังรูปที่ 2.9 (ก)



(ก) ภาพต้นฉบับ



(ข) ภาพระดับสีที่ผ่านการค้นหาขอบภาพ

รูปที่ 2.9 การค้นหาขอบภาพโซเบล

2.5 การยืดคอนทราสต์ (Contrast Stretching)

การยืดคอนทราสต์เป็นเทคนิคการปรับปรุงภาพ เป็นการยืดค่าความแตกต่างของข้อมูลภาพ สามารถยืดได้ทั้งภาพระดับสีเทาและภาพระดับสี ทำให้ภาพมีความคมชัดขึ้นและสว่างมากขึ้น มีรายละเอียดของข้อมูลภาพชัดเจนมากขึ้น เพื่อให้ภาพเหมาะสมกับการนำไปประมวลผล ภาพที่มีค่าคอนทราสต์น้อยเกิดจากภาพที่ถ่ายอยู่ในที่มืด แสงของภาพไม่สม่ำเสมอเป็นผลมาจากระดับของไดนามิกภาพมีค่าน้อย (Small Dynamic Range) และภาพที่มีค่าคอนทราสต์มากเกินไป เป็นผลมาจากภาพที่ถ่ายในลักษณะย้อนแสง ทำให้แสงกระจายไม่สม่ำเสมอ โดยทั่วไปการยืดคอนทราสต์มีอยู่ 2 วิธี คือการปรับปรุงภาพที่เป็นเชิงเส้นและการปรับปรุงภาพที่ไม่เป็นเชิงเส้น

2.5.1 การปรับปรุงภาพที่เป็นเชิงเส้น (Linear Contrast Stretch)

การปรับปรุงภาพแบบเชิงเส้น เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากในการแปลงภาพ เป็นการยืดค่าความสว่างให้มีระดับของค่าสีเพิ่มขึ้นตามลักษณะของการหาค่าพิสัยภาพต้นฉบับให้มีค่าเพิ่มขึ้น โดยการขยาย Range ของภาพ (256 บิต) ดังรูปที่ 2.10 (ข) ซึ่งแปลงมาจากภาพต้นฉบับดังรูปที่ 2.10 (ก)



(ก) ภาพต้นฉบับ



(ข) ภาพระดับสีที่ผ่านการเพิ่มความคมชัด

รูปที่ 2.10 การปรับปรุงภาพ

2.5.2 การปรับปรุงภาพที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear Contrast Stretch)

เป็นวิธีการยืดระดับของข้อมูลภาพ โดยใช้ความสัมพันธ์ของระดับความไม่เป็นเชิงเส้น โดยอาศัยการกระจายของระดับข้อมูลภาพที่ผิดปกติ ทำให้ระดับพิสัยของภาพสมดุลมากขึ้น และปรับระดับของพิสัยทุกๆตำแหน่งให้มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด

2.6 เทคนิคมอร์โฟโลยี (Morphology)

เทคนิคมอร์โฟโลยี [32] เป็นการกระทำทางคณิตศาสตร์นำมาประยุกต์ใช้กับการประมวลผลภาพ ซึ่งเป็นการสร้างตัวดำเนินการในการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบโครงสร้างของภาพ เรียกว่า แม่แบบ หรือ (Structure Element: Se) ส่วนใหญ่นำมาประยุกต์ใช้กับภาพระดับไบนารี เนื่องจากโครงสร้างของไบนารีมีจำนวนน้อย มีความเด่นชัด ไม่มีความซับซ้อน ทั้งยังทำให้กระบวนการวิเคราะห์ภาพรวดเร็วขึ้น โดยแบ่งย่อยออกเป็นการกระทำหลายแบบเช่น การกระทำแบบขยาย (Dilation) การกระทำแบบกัดกร่อน (Erosion) การกระทำแบบเปิด (Opening) หรือการกระทำแบบปิด (Closing) เป็นต้น ซึ่งในแต่ละการกระทำหรือการวิเคราะห์โครงสร้างขึ้นอยู่กับภาพไบนารีที่ต้องการและขนาดของตัวดำเนินการ

2.6.1 การกระทำแบบขยาย (Dilation) เป็นเทคนิคมอร์โฟโลยีขั้นพื้นฐาน เป็นการเติมเต็มหรือขยายโครงสร้างของไบนารี โดยการสร้างแม่แบบ (Se) เปรียบเทียบพิกเซลไบนารี จากตำแหน่งที่หนึ่งของภาพ เลื่อนไปจนถึงพิกเซลลำดับสุดท้ายของภาพ ดังสมการที่ 2.10 มีผลของการกระทำดังรูปที่ 2.11 (ก) ซึ่งแปลงมาจากภาพระดับไบนารีดังรูปที่ 2.11 (ก)

$$A \oplus B = \{z | (B_z \cap A \neq \emptyset)\} \quad (2.10)$$

- เมื่อ
- | | |
|---|--------------------------------------|
| A | คือโครงสร้างของไบนารี |
| B | คือ Structure Element |
| Z | คือจุดตัดของแม่แบบและโครงสร้างไบนารี |



(ก) ภาพระดับไบนารี



(ข) ภาพที่ผ่านการกระทำแบบขยาย

รูปที่ 2.11 การกระทำแบบขยาย

2.6.2 การกระทำแบบกัดกร่อน (Erosion) เป็นเทคนิคมอร์โฟโลยีขั้นพื้นฐาน เป็นเทคนิคการกัดกร่อนหรือการลดขนาดโครงสร้างของไบนารี ซึ่งใช้การเปรียบเทียบแม่แบบหรือ (Se) เปรียบเทียบกับพิกเซลไบนารี จากพิกเซลตำแหน่งที่หนึ่งในระนาบแกน X ถึงพิกเซลตำแหน่งสุดท้ายตามลำดับ ซึ่งมีขั้นตอนเหมือนกับเทคนิคการกระทำแบบขยาย (Dilation) แตกต่างกันที่การกระทำแบบขยาย เมื่อตำแหน่งพิกเซลใดๆเปรียบเทียบกับแม่แบบ พิกเซลเหมือนกันจะเปลี่ยนพิกเซลจาก 0 เป็น 1 ทำให้ขนาดของโครงสร้างไบนารีขยาย แต่เทคนิคการกระทำแบบกัดกร่อนจะเปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 ซึ่งทำให้ขนาดของโครงสร้างไบนารีเล็กลง ดังสมการที่ 2.11 มีผลของการกระทำดังรูปที่ 2.12 (ข) ซึ่งแปลงมาจากภาพระดับไบนารีดังรูปที่ 2.12 (ก)

$$A \ominus B = \{z | (B_z) \in A\} \quad (2.11)$$

เมื่อ A คือโครงสร้างของไบนารี
 B คือ Structure Element
 Z คือจุดตัดของแม่แบบและโครงสร้างไบนารี



(ก) ภาพระดับไบนารี



(ข) ภาพที่ผ่านการกระทำแบบกัดกร่อน

รูปที่ 2.12 การกระทำแบบกัดกร่อน

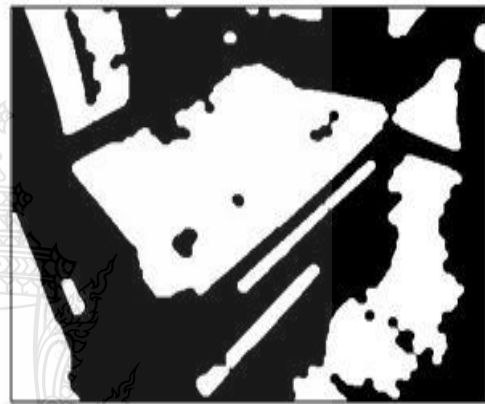
2.6.3 การกระทำแบบเปิด (Opening) เป็นการเปิดโครงสร้างไบนารีโดยประกอบด้วยการกระทำมอร์โฟโลยี 2 แบบรวมกันคือ การกระทำแบบกัดกร่อนและการกระทำแบบขยายดังสมการที่ 2.12 มีผลของการกระทำดังรูปที่ 2.13 (ข) ซึ่งแปลงมาจากภาพระดับไบนารีดังรูปที่ 2.13 (ก)

$$open(f, s) = dilate(erods(f, s)s) \quad (2.12)$$

เมื่อ	<i>dilate</i>	คือการกระทำแบบขยาย
	<i>erods</i>	คือการกระทำแบบกัดกร่อน
	<i>f</i>	คือพิกเซลแกน <i>x</i>
	<i>s</i>	คือพิกเซลแกน <i>y</i>
	<i>open(f, s)</i>	คือการกระทำแบบเปิด



(ก) ภาพระดับไบนารี



(ข) ภาพที่ผ่านการกระทำแบบเปิด

รูปที่ 2.13 การกระทำแบบเปิด

2.6.4 การกระทำแบบปิด (Closing) เป็นการปิดโครงสร้างไบนารีที่ทำการขยาย โดยประกอบด้วยการกระทำมอร์โฟโลยี 2 แบบรวมกันคือ การกระทำแบบขยายและการกระทำแบบกัดกร่อน มีวิธีการเหมือนเทคนิคการกระทำแบบเปิด แต่ลำดับของการการเปลี่ยนแปลงไป แสดงผลของการกระทำดังรูปที่ 2.14 (ข) ซึ่งแปลงมาจากภาพระดับไบนารีดังรูปที่ 2.14 (ก)

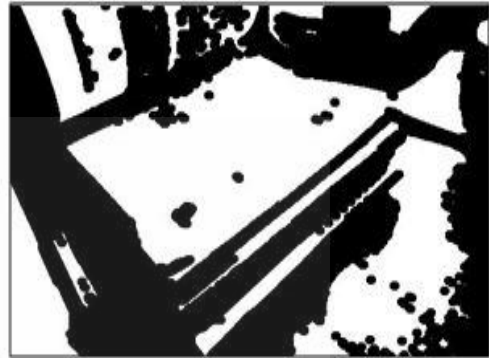
$$clos(f, s) = erods(dilate(f, s)s) \quad (2.13)$$

เมื่อ	<i>dilate</i>	คือการกระทำแบบขยาย
	<i>erods</i>	คือการกระทำแบบกัดกร่อน
	<i>f</i>	คือตำแหน่งพิกเซลแกน <i>x</i>

s คือตำแหน่งพิกเซลแกน y
 $clos(f,s)$ คือการกระทำแบบปิด



(ก) ภาพระดับไบนารี

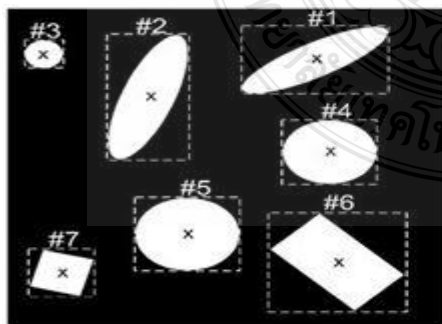


(ข) ภาพที่ผ่านการกระทำแบบปิด

รูปที่ 2.14 การกระทำแบบปิด

2.7 การวิเคราะห์บริเวณไบนารี (Binary Large Object)

การวิเคราะห์บริเวณไบนารีเป็นการวิเคราะห์การเชื่อมกันของพิกเซลไบนารีที่ใกล้เคียงกัน รวมกันเป็นกลุ่มพื้นที่หรือบริเวณไบนารี ซึ่งมีขนาดแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับจำนวนของพิกเซล โดยสามารถแยกแยะโครงสร้าง น้ำหนัก พื้นที่ ความสูง จุดศูนย์กลางดังรูปที่ 2.15 (ก) โดยแสดงข้อมูลของบริเวณไบนารีดังรูปที่ 2.15 (ข) เทคนิคการวิเคราะห์ไบนารีมักจะใช้ในการประมวลผลภาพที่ต้องใช้ความเร็วในการประมวลผลเช่น ระบบควบคุมอุตสาหกรรมในโรงงาน ระบบตรวจจับรถ เป็นต้น



(ก) วัตถุหรือบริเวณไบนารี

BLOB number	Circularity	Area (pixels)
1	0.31	6561
2	0.40	6544
3	0.98	890
4	0.97	6607
5	0.99	6730
6	0.52	6611
7	0.75	2073

(ข) ข้อมูลของบริเวณไบนารี

รูปที่ 2.15 การวิเคราะห์บริเวณไบนารี [25]

2.8 เทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสง (Optical Character Recognition: OCR)

เทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสง (Optical Character Recognition: OCR) [26] เป็นการแปลงภาพทางอิเล็กทรอนิกส์กล่าวคือ เป็นการรู้จำตัวอักษรภายในภาพ หรือข้อความภายในภาพ ทำการประมวลผลด้วยการสแกนด้วยเครื่องสแกน หรืออัลกอริทึมในการรู้จำ การประยุกต์ใช้เทคนิคการรู้จำตัวอักษรมีผลการรู้จำตัวอักษรเป็นตัวอักษรหรือข้อความที่สามารถแก้ไขได้ (Text) ซึ่งการรู้จำตัวอักษรสามารถจำแนกได้เป็นกลุ่มๆ ตามลักษณะของตัวอักษรที่นำมาประมวลผล หรือแหล่งที่มาของตัวอักษร ซึ่งการรู้จำตัวอักษรสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือการรู้จำแบบออนไลน์และการรู้จำตัวอักษรแบบออฟไลน์

2.8.1 การรู้จำตัวอักษรแบบออนไลน์ (On-line Character Recognition)

เป็นการประมวลผลตัวอักษรด้วยปากกาอิเล็กทรอนิกส์ที่นิยมใช้ภายในมือถือ หรือเว็บไซต์ต่างๆ การประมวลผลจะใช้การลากจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง ตามลักษณะของการเขียนตัวอักษร ซึ่งเป็นการประมวลผลที่ซับซ้อนมากกว่าการรู้จำแบบออฟไลน์ เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลแบบทวิทิศทาง การเขียน การลากเส้น และความเร็วของการลากเส้น ทำให้การประมวลผลในส่วนนี้มีความยากที่สุดดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ลักษณะการลากเส้นของการรู้จำตัวอักษรแบบออนไลน์ [27]

2.8.2 การเรียนรู้ตัวอักษรแบบออฟไลน์ (Off – line Character Recognition)

การเรียนรู้ตัวอักษรแบบออฟไลน์ เป็นการประมวลผลตัวอักษรด้วยเครื่องสแกน แบบพิมพ์ หรือเทคนิคการจดจำ ซึ่งเป็นการประมวลผลตัวอักษรได้ทั้งแบบเดี่ยว แบบติดกันเป็นกลุ่มคำของ ตัวอักษรโดยสามารถจำแนกการประมวลผลตามลักษณะของตัวอักษรดังนี้

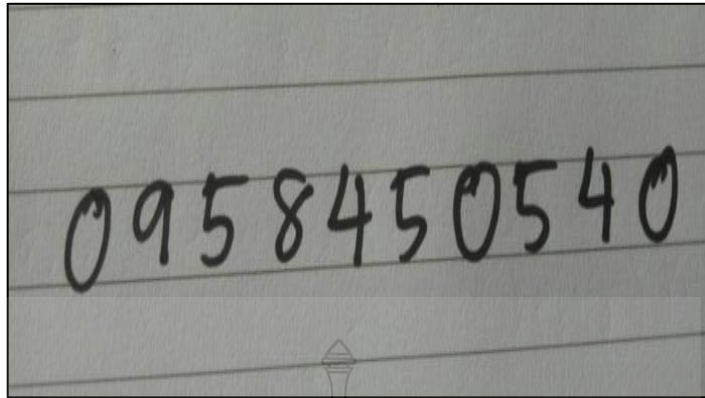
ตัวอักษรแบบโดด (Single Character) เป็นการประมวลผลตัวอักษรที่มีอินพุตเป็นภาพ ของตัวอักษรที่เป็นตัวเดี่ยวๆ มีระยะห่างจากกัน ไม่เชื่อมติดกับตัวอักษรตัวอื่นๆ ซึ่งมักประยุกต์ใช้กับ การรู้จำตัวอักษรภาษาอังกฤษหรือตัวเลข สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1. การรู้จำตัวพิมพ์แบบฟอนต์เฉพาะ (Printed Fixed-Font Character Recognition) เป็นการรู้จำพื้นฐานที่นิยมใช้โดยง่ายที่สุด แต่มักจะมีข้อเสียที่เกิดจากการรู้จำตัวอักษรที่มีสัญญาณรบกวนสูงคุณภาพของตัวอักษรต่ำดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ตัวอักษรแบบฟอนต์เฉพาะ

2. การรู้จำลายมือเขียนแบบตัวโดด (Isolated Handprint Character Recognition) การประมวลผลในส่วนนี้เป็นการรู้จำตัวอักษรด้วยลายมือเขียน มีระยะห่างจากกัน ไม่ติดหรือทับซ้อน กับตัวอักษรตัวอื่นๆ โดยเขียนทีละตัวแยกจากกันชัดเจนเช่น เบอร์มือถือ ซึ่งเป็นตัวเลขจากลายมือเขียน เป็นต้น การประมวลผลที่มีความยากขึ้นอีกระดับจากตัวอักษรแบบโดด เนื่องจากลายมือของผู้เขียนตัวอักษรไม่เหมือนกัน มีความหลากหลายที่แตกต่างกันทำให้มีความผิดพลาดในการประมวลผลเนื่องจากโครงสร้างของตัวอักษรในการประมวลผลไม่เป็นที่แน่นอนดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 ตัวอักษรที่ห่างจากกัน

ตัวอักษรลายมือแบบเขียนต่อเนื่อง (Script recognition) การประมวลผลในส่วนนี้เป็นการรู้จำที่ยากที่สุดเนื่องจากลักษณะการเขียนด้วยลายมือที่ไม่มีขอบเขตในการเขียน ทั้งยังเป็นการประมวลผลโดยตัวอักษรเขียนได้อย่างต่อเนื่อง เป็นตัวอักษรที่มีเส้นลากเชื่อมติดกัน ตัวติดกัน และมีโครงสร้างของตัวอักษรที่แตกต่างกัน ไม่กำหนดพอนต์ของตัวอักษร มีความแตกต่างของลายมื่อดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ลายมือที่เขียนต่อเนื่อง [28]

2.8.3 ขั้นตอนการประมวลผลของเทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสง (Optical Character Recognition: OCR)

การประมวลผลหรือขั้นตอนในการจดจำตัวอักษรมีการประมวลผลหลักอยู่ 3 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.8.3.1 ขบวนการประมวลผลขั้นต้น (Pre-Processing)

การประมวลผลขั้นต้นเป็นการประมวลผลขั้นแรกของเทคนิคโอซีอาร์ (OCR) เป็นการเข้าถึงตัวอักษรและการปรับปรุงภาพ โดยทำการตรวจสอบภาพที่ก่อนนำไปรู้จำ สามารถแยกย่อยขั้นตอนการแปลงภาพได้หลายขั้นตอน ขึ้นอยู่กับการประมวลผลภาพซึ่งเรียกกระบวนการประมวลผลขั้นต้นว่า Pre-Processing เช่น

การลดสัญญาณรบกวน (Noise Filtering) เป็นการกรองข้อมูลภาพที่มีสิ่งแทรกซ้อนที่ไม่ต้องการ โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดความผิดพลาด สิ่งรบกวน ภายในภาพเช่น รอยขีดข่วน หรือการเติมเต็มความคมชัดของภาพเพื่อให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการรู้จำมากยิ่งขึ้น

การตัดแบ่งตัวอักษรภาพหรือพื้นที่ใช้งาน (Segmentation) เป็นการตัดตัวอักษร หรือภาพตัวอักษรออกจากกัน เพื่อนำภาพเข้าสู่กระบวนการรู้จำ โดยส่วนใหญ่ตัดเฉพาะภาพไบนารี หรือพื้นที่สีขาวที่ต้องการ โดยเป็นการแบ่งเบื้องหน้า และเบื้องหลังของภาพไบนารี คำและขาว แต่มักจะมีข้อผิดพลาดในการประยุกต์ใช้งาน เนื่องในการรู้จำตัวอักษรแบบจดจำลายมือแบบต่อเนื่อง มักจะมีโครงสร้างที่ติดกันทำให้ไม่สามารถแบ่งตัวอักษรออกจากกัน ได้จึงพัฒนาอัลกอริทึมแบบใหม่ในการช่วยแบ่งโครงสร้างของตัวอักษรที่เขียนขึ้นเองแบบต่อเนื่องในการแบ่งตัวอักษร

การสกัดลักษณะ (Feature Extraction) เป็นการสกัดหรือเปรียบเทียบโครงสร้างของตัวอักษรนั้นๆ โดยกำหนดลักษณะของโครงสร้างล่วงหน้าเช่นการสกัดจากเส้นตรง (แนวตั้งหรือแนวนอน) เส้นเอียง ส่วนโค้ง ส่วนเว้า จุดแตก จุดตัด เป็นต้น เมื่อสามารถแยกโครงสร้างและองค์ประกอบของตัวอักษรได้แล้วซึ่งนำไปสู่กระบวนการรู้จำ

2.8.3.2 การรู้จำ (Recognition)

การรู้จำเป็นส่วนที่สำคัญที่สุด เป็นการระบุหรือตัดสินใจว่ารูปตัวอักษรผ่านกระบวนการนั้นใช่ตัวอักษรนั้นๆหรือไม่ ซึ่งวิธีการรู้จำตัวอักษรมีหลากหลายที่สามารถนำมาใช้งานได้จริง ซึ่งมีความแม่นยำ ความเร็วและการทำงานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับผู้พัฒนา สามารถจำแนกเทคนิคการรู้จำพื้นฐานได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

วิธีทางสถิติ (Statistical Approach) เป็นวิธีการที่ประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติ โดยการคาดการณ์น่าจะเป็นของตัวเลขรวมถึงการใช้ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นในการระบุตัวอักษรโดยใช้ภาพอินพุตที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงภาพ สกัดลักษณะเด่นของตัวอักษร และประมวลผลตัวอักษรโดยใช้ความน่าจะเป็นว่าเป็นตัวอักษรตัวใดๆ แล้วนำผลลัพธ์ในการรู้จำมาหาค่าความน่าจะเป็นของตัวอักษรที่ใกล้เคียงมากที่สุดแล้วแสดงผลลัพธ์เป็นตัวอักษรนั้นๆ

วิธีการวิเคราะห์ทางโครงสร้าง (Structural Analysis) คือการวิเคราะห์โครงสร้างภาพตัวอักษร โดยใช้โครงสร้างพื้นฐานของภาพตัวอักษร สกัต์ลักษณะเด่นของตัวอักษร โครงสร้างของตัวอักษรเช่น เส้นตรงบน ล่าง วงกลม วงรี เส้นตัด จุดเชื่อม เป็นต้น ในขั้นตอนการรู้จำจะใช้การวิเคราะห์ลักษณะของตัวอักษรเช่น ฟอรั่มอลแกรมมาแมชชีน (formal grammar machine) โครงสร้างกราฟ หรือโครงสร้างต้นไม้เป็นต้น เพื่อเป็นอัลกอริทึมในการตัดสินใจ เทคนิคการวิเคราะห์มักจะใช้กับความหลากหลายของตัวอักษร เทคนิคนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างรูปแบบโครงสร้างและการวิเคราะห์โครงสร้าง

โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) เป็นเทคนิคใหม่ที่ได้รับการพัฒนาเป็นอย่างมาก เนื่องจากประสิทธิภาพความแม่นยำสูง ถูกนำไปใช้งานหลายๆด้าน โครงข่ายประสาทเทียมเป็นเทคนิคที่เลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ มีโครงข่ายความจำย่อจำนวนมากในการแบ่งโครงสร้างพื้นฐานข้อมูลความรู้ เป็นการแบ่งเลเยอร์หรือรูปแบบในการประมวลผลเป็นชั้นๆเพื่อค้นหาเลเยอร์ที่ถูกต้องของข้อมูลนั้นๆ

วิธีการรู้จำด้วยการเปรียบเทียบรูปแบบ (Template Matching) เป็นวิธีการรู้จำตัวอักษรแบบแรกเริ่มที่นำมาประยุกต์ใช้กับการรู้จำตัวอักษรโดยมีหลักการพื้นฐานคือการสร้างแม่แบบหรือที่เรียกว่า template เพื่อนำมาอ่านและเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันของตัวอักษร โดยกำหนดตำแหน่งของพิกเซลตัวอักษรแล้วเปรียบเทียบหาความแตกต่างระหว่างตัวอักษรแต่ละตัว จากนั้นก็ระบุว่าป็นรหัสตัวอักษรอะไร โดยใช้ค่าต่างระดับในการตัดสินใจ วิธีนี้มีข้อเสียที่ความเปลี่ยนแปลงต่อข้อมูลที่แตกต่างกัน ขนาด ความเอียงของตัวอักษรซึ่งในการเปรียบเทียบแม่แบบมี 2 ลักษณะคือ การเปรียบเทียบโครงสร้างของภาพ และเปรียบเทียบน้ำหนักของภาพ ในงานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการเปรียบเทียบน้ำหนักโดยอาศัยการหาค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงกันของภาพ (Two-Correlation Coefficient) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบค่าของข้อมูล 2 ข้อมูลโดยมีค่าสัมประสิทธิ์ในการบ่งบอกถึงข้อมูลหรือบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลนั้นๆ ซึ่งผลของการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์จะอยู่ระหว่าง -1.0 ถึง 1.0 โดยนิยามค่าของข้อมูลนั้นๆว่า เมื่อค่าของข้อมูลใดมีค่าเข้าใกล้ -1.0 มากๆ ข้อมูลทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันในเชิงตรงกันข้ามกัน ถ้าข้อมูลใดมีค่าเข้าใกล้ 1.0 มากๆ ข้อมูลทั้ง 2 นั้นมีความสัมพันธ์กันโดยตรงหรือมีความคล้ายคลึงกัน แต่ถ้าข้อมูลใดมีค่าเป็น 0 หรือเข้าใกล้ 0 มากๆข้อมูลทั้ง 2 นั้นไม่มีความสัมพันธ์กันโดยสิ้นเชิงดังสมการที่ 2.14

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2.14)$$

- เมื่อ r คือค่าสัมประสิทธิ์
 x คือค่าสูงสุดของข้อมูล
 y คือค่าต่ำสุดของข้อมูล

จากสมการที่ 2.14 เป็นพื้นฐานของการหาค่าค่าสัมประสิทธิ์ ซึ่งในงานวิจัยนี้กล่าวถึงการประยุกต์ใช้กับการหาค่าสัมประสิทธิ์ของภาพ (Two-Correlation Coefficient) โดยการประยุกต์ใช้ต้องคำนึงถึงการลดข้อมูลของภาพโดยใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลนั้นๆทั้งในระนาบแกน X และระนาบแกน Y ดังสมการที่ 2.15

$$\bar{A} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_i \quad (2.15)$$

- เมื่อ $\bar{A}$ คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลภาพ
 A คือเวกเตอร์หรือตัวแปรสุ่มของข้อมูล
 N คือจำนวนของข้อมูล

จากสมการที่ 2.15 เป็นการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลในระนาบแกน X และแกน Y จะได้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์ของภาพ [29] ดังสมการที่ 2.16

$$r = \frac{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})(B_{mn} - \bar{B})}{\sqrt{(\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})^2)(\sum_m \sum_n (B_{mn} - \bar{B})^2)}} \quad (2.16)$$

- เมื่อ $\bar{A}$ คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลภาพต้นฉบับ
 A คือเวกเตอร์หรือข้อมูลภาพต้นฉบับ
 $\bar{B}$ คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลภาพแม่แบบ
 B คือเวกเตอร์หรือข้อมูลภาพแม่แบบ
 r คือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของภาพ

การหาความสัมพันธ์ที่ใกล้เคียง (K-Nearest Neighbor: K-NN) [30] เป็นเทคนิคในการหาค่าของข้อมูล เช่นตัวเลข หรือโครงสร้างที่ใกล้เคียงที่สุด โดยการจัดแบ่งคลาสของข้อมูลและตัดสินใจว่าคลาสใดที่ตรงตามเงื่อนไขโดยการตรวจสอบจำนวนของข้อมูลทั้งหมด ในการพัฒนาด้านต่างๆการนำเทคนิคการหาค่าที่ใกล้เคียงไปใช้มักจะใช้กับการวัดระยะหรือการจัดการข้อมูลที่มีไม่มาก หรือขึ้นอยู่กับข้อกำหนดค่าและการวัดระยะที่เหมาะสมของทุกค่าข้อมูลที่วัดมาได้ เมื่อสามารถคำนวณระยะห่างระหว่างเงื่อนไขของข้อมูลในกรณีต่างๆได้จากนั้นเลือกชุดเงื่อนไขที่ใช้จัดคลาสมาเป็นฐานสำหรับการจัดคลาสนั้นในเงื่อนไขใหม่ แล้วตัดสินใจกำหนดขอบเขตของจุดข้างเคียงที่ควรจะเป็นและแสดงข้อมูลของค่าที่ได้สามารถคำนวณค่าที่ใกล้เคียง ได้ดังสมการที่ 2.17 และแจกแจงสมการได้ดังสมการที่ 2.18

$$D_e(x, y) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (pk - qk)^2} \quad (2.17)$$

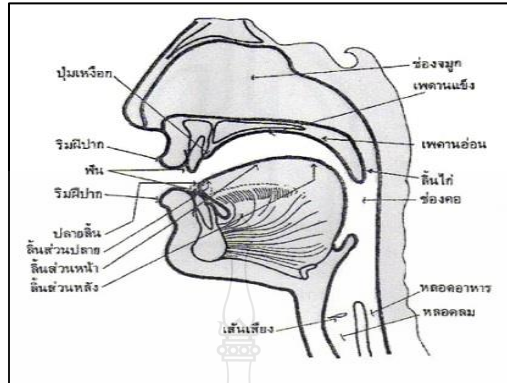
$$D_e(x, y) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (2.18)$$

เมื่อ	$D_e(x, y)$	คือผลรวมที่ใกล้เคียงที่สุด
	K	คือค่าที่ต้องการในคราส
	N	คือจำนวนของข้อมูลภายในคราส
	pq	คือลำดับของข้อมูล
	qk	คือลำดับของข้อมูล
	x	คือระยะจากจุด x
	y	คือระยะจากจุด y

2.8.3.3 ขบวนการประมวลผลขั้นสุดท้าย (Post-Processing)

การประมวลผลขั้นสุดท้ายคือการตรวจสอบและแก้ไขผลจากการรู้จำ รูปตัวอักษรที่ผ่านการบวกรู้จำมีผลเป็นรหัสตัวอักษร ซึ่งอาจจะเป็นตัวอักษรที่ถูกต้องหรือผิดพลาดก็เป็นได้ ดังนั้นขั้นตอนสุดท้ายเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของการรู้จำ โดยการแสดงผลการรู้จำเป็นตัวอักษรที่สามารถแก้ไขได้ ส่วนนี้มักเป็นอัลกอริทึมในการตรวจสอบความถูกต้องเช่น ไวยากรณ์ภาษา เป็นต้น

2.9 เสียงพูด (Speech)



รูปที่ 2.20 อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการออกเสียง [31]

- | | |
|---------------|------------------|
| 1. ริมฝีปากบน | 8. ริมฝีปากล่าง |
| 2. ฟันบน | 9. ฟันล่าง |
| 3. ปุ่มเหงือก | 10. ปลายลิ้น |
| 4. เพดานแข็ง | 11. ลิ้นส่วนปลาย |
| 5. เพดานอ่อน | 12. ลิ้นส่วนหน้า |
| 6. ลิ้นไก่ | 13. ลิ้นส่วนหลัง |
| 7. โคนลิ้น | |

2.9.1 ลักษณะเสียงของมนุษย์มีหลายแบบหลายระดับสามารถปรับเปลี่ยนระดับเสียงสูง – ต่ำได้แล้วแต่การออกเสียงในแต่ละครั้งแล้วแต่ละตัวแล้วแต่บุคคล เสียงที่บันทึกเป็นไฟล์เสียงมีนามสกุลไฟล์เป็น (.wav) เป็นข้อมูลทางดิจิทัล ในการนำเสียงมาวิเคราะห์จะมีรูปร่างเป็นสัญญาณคลื่นไซน์ ในแต่ละรูปคลื่นมีลักษณะเฉพาะไม่เท่ากันมีหน่วยเป็นบิต (Bitrate) ความกว้างของสัญญาณคลื่นเสียง (Amplitude)

2.9.2 ไฟล์เสียงต้นฉบับ (Original Speech Waveform) ลักษณะของสัญญาณเสียง โดยประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นเสียง (voice) และไม่ใช่เสียง (Un-voice) ปะปนกันอยู่ เสียงที่บันทึกจะไม่มี ความต่อเนื่องของเสียงโดยเป็นลักษณะการเว้นคำของการพูดซึ่งมีส่วนหัวและท้ายของรูปแบบของ คลื่น

2.10 การทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม

ในการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม โดย อัตราส่วนความถูกต้องของการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย ทดสอบโดยการหาค่าเฉลี่ยของจำนวนแผ่นป้ายที่สามารถตรวจจับได้ต่อจำนวนของแผ่นป้ายทั้งหมดที่นำมาทดลองในแต่ละห้องสวดสมการที่ 2.19 และอัตราส่วนความถูกต้องของการรู้จำตัวอักษร ทดสอบโดยการหาค่าเฉลี่ยของจำนวนแผ่นป้ายที่สามารถรู้จำตัวอักษรได้ทั้งหมดต่อจำนวนแผ่นป้ายที่ใช้ในการทดลองในแต่ละห้องสวดสมการที่ 2.20 และอัตราส่วนความถูกต้องของการแสดงเสียง ทดสอบได้โดยการหาค่าเฉลี่ยของจำนวนเสียงของแผ่นป้ายที่ถูกต้องต่อจำนวนเสียงแผ่นป้ายที่ใช้ในการทดลองในแต่ละห้องสวดสมการที่ 2.21

$$result_LLP = \frac{Num_LocationPlate}{NumPlate} \times 100 \quad (2.19)$$

เมื่อ $result_LLP$ คืออัตราส่วนของของแผ่นป้ายทั้งหมดที่สามารถตรวจจับได้
 $Num_LocationPlate$ คือจำนวนของแผ่นป้ายที่สามารถตรวจจับได้
 $NumPlate$ คือจำนวนของแผ่นป้ายทั้งหมดที่นำมาทดลอง

$$result_CR = \frac{Ture_Position}{NumPlate} \times 100 \quad (2.20)$$

เมื่อ $result_CR$ คืออัตราส่วนของจำนวนการรู้จำแผ่นป้ายทั้งหมด
 $Ture_Character$ คือจำนวนของแผ่นป้ายที่สามารถรู้จำตัวอักษรได้ถูกต้องทั้งหมด
 $NumPlate$ คือจำนวนของแผ่นป้ายที่นำมาทดลองในแต่ละห้อง

$$result_Speech = \frac{Ture_Speech}{NumSpeech} \times 100 \quad (2.21)$$

เมื่อ $result_Speech$ คืออัตราส่วนของการแสดงเสียงที่ถูกต้อง
 $Ture_Speech$ คือจำนวนของเสียงที่สามารถแสดงได้ถูกต้องทั้งหมด
 $NumSpeech$ คือจำนวนของเสียงที่นำมาทดลองในแต่ละห้อง

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากทฤษฎีทั้งหมดที่กล่าวมานี้งานวิจัยนำไปประยุกต์กับระบบการรู้จำตัวอักษรแผ่นป้ายทะเบียนและแสดงผลเป็นเสียงพูด นอกจากนี้ยังมีการนำทฤษฎีดังกล่าวไปพัฒนาอย่างหลากหลาย ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานในงานวิจัยนั้นๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้สรุปและคัดเลือกบทความที่เกี่ยวข้องที่นำเทคนิคดังกล่าวไปพัฒนาดังตัวอย่างต่อไปนี้

2.11.1 ในงานวิจัยของ [33] นำเสนอ “Optical Character Recognition Techniques: A Review” 2014 อธิบายถึงความสำคัญของการรู้จำตัวอักษรโดยใช้เทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสง (OCR) และยังบอกถึงขั้นตอนในการประมวลผลเช่น การปรับปรุงภาพ การรู้จำและการแสดงตัวอักษรที่แก้ไขได้ ทั้งยังแบ่งประเภทของตัวอักษรที่นำมาจดจำคือ การแยกแยะการจดจำตัวอักษรแบบออนไลน์ การจดจำตัวอักษรแบบออฟไลน์ รวมถึงอธิบายถึงลักษณะของการจดจำตัวอักษรแบบเขียนด้วยมือ การรวบรวมงานวิจัยที่พัฒนาการรู้จำตัวอักษรโดยใช้เทคนิคการรู้จำด้วยแสงที่นำไปพัฒนาการจดจำตัวอักษรที่เขียนด้วยลายมือ

2.11.2 ในงานวิจัยของ [34] นำเสนอ “A Position-Varied Plate Utilized for A Thai License Plate Recognition”, 2010 เป็นการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนในประเทศไทย กล่าวถึงการทดลองโดยการถ่ายภาพที่มีระยะห่างแตกต่างกันในลักษณะภาพถ่ายหน้าตรง ทำให้เห็นถึงความผิดพลาดในการรู้จำเมื่อมีระยะห่างเพิ่มขึ้น การรู้จำตัวอักษรบนป้ายทะเบียนทดลองโดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบย้อนกลับ (BPNN) ซึ่งมีผลความแม่นยำของแผ่นป้ายที่ร้อยละ 97 และภาพเอียงไม่เกิน ± 30 องศา

2.11.3 ในงานวิจัยของ [35] นำเสนอ “A Thai License Plate Localization using SVM” 2014 บทความนี้เสนอวิธีการปรับพื้นที่ของป้ายทะเบียนภาษาไทย มีกระบวนการประมวลผล 3 ขั้นตอนคือ 1) การประมวลผลขั้นพื้นฐาน 2) การวิเคราะห์ภาพย่อยและ 3) การจำแนกประเภทใบแผ่นป้าย ใช้เทคนิคการตรวจหาขอบภาพช่วยลดสัญญาณรบกวน จากนั้นใช้ภาพที่ตัดแผ่นป้ายมาวิเคราะห์หาจุดพื้นที่ที่น่าสนใจ ประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์พื้นที่ที่น่าสนใจ (ROI) จากนั้นใช้เทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine: SVM) จำแนกหรือแยกแยะตำแหน่งแผ่นป้าย

2.11.4 ในงานวิจัยของ [36] นำเสนอ “License Plate Extraction and Recognition of a Thai Vehicle Based on MSER and BPNN,” 2015 เป็นระบบเรียนรู้ป้ายทะเบียนในประเทศไทย พัฒนาร่วมกับเทคนิค MSER เป็นการวิเคราะห์บริเวณใบนารีแบบหยด พัฒนาร่วมกับเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบย้อนกลับ (BPNN) ทดลองกับป้ายทะเบียนในลักษณะตรง ผลการทดลองสามารถหาดำแหน่งของป้ายที่ร้อยละ 95 แบ่งตัวอักษรที่ร้อยละ 98 และรู้จำตัวอักษรได้ร้อยละ 93.2

2.11.5 ในงานวิจัยของ [37] นำเสนอ “License Plate Recognition Application using Extreme Learning Machines” 2014 กล่าวถึงการจดจำป้ายทะเบียนในประเทศไทย ประยุกต์ใช้โทรศัพท์มือถือเป็น Application ในการถ่ายภาพแผ่นป้าย และสกัดตัวอักษรด้วยระดับฮิสโตแกรมของการแปลงแบบ Hough ซึ่งระดับของฮิสโตแกรมของในแต่ละตัวอักษรจะไม่เท่ากัน ลำดับต่อมาจำด้วยเทคนิคตัวอักษรด้วยเทคนิค ELM เป็นการอาศัยการสุ่มค่าน้ำหนักในการนำเข้าสู่ของข้อมูลนั้นๆ ประยุกต์ใช้ในการรู้จำมีผลการทดลองร้อยละ 89.05

2.11.6 ในงานวิจัยของ [38] นำเสนอ “Thai Car License Plate Recognition Using Essential-Elements-Based Method” 2007 เป็นงานวิจัยการรู้จำตัวอักษรแผ่นป้ายทะเบียนในประเทศไทยโดยใช้เทคนิค Essential-Elements เป็นการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวอักษร โดยการกำหนดจุดและเส้นที่สำคัญของตัวอักษรแต่ละตัว และใช้การเปรียบเทียบภาพตัวอักษรที่ได้จากการแบ่งส่วนที่ละภาพ ทดลองกับรูปถ่ายแผ่นป้ายทะเบียน 300 ภาพ แผ่นป้ายมีลักษณะตรง มีความแม่นยำในการรู้จำตัวอักษรที่ร้อยละ 85.33

2.11.7 ในงานวิจัยของ [39] นำเสนอ “Representation of Thai Character Features with Impulse Response of FIR System” 2017 เป็นงานวิจัยที่นำเอาเทคนิคการตอบสนองของฟิลเตอร์ (FIR System) มาวิเคราะห์การตอบสนองต่อสัญญาณ โดยกำหนดรูปแบบสัญญาณของเป็นตัวอักษรภาษาไทยในแต่ละตัวและยังอาศัยการตั้งสำประสิทธิ์ของ DCT มุ่งเน้นในการสกัดตัวและรู้จำตัวอักษรซึ่งมีผลการทดลองที่ร้อยละ 87

2.11.8 ในงานวิจัยของ [40] นำเสนอ “SIFT Based Automatic Number Plate Recognition”, 2015 การรู้จำทะเบียนอัตโนมัติ ANPR เป็นระบบรู้จำป้ายทะเบียนของประเทศจordan ทดลองระบบจากสภาพแวดล้อมจริง พัฒนาโดยใช้การหาค่าปริภูมิของมิติภาพ (SIFT) จับคู่กับแม่แบบ (Template) ระบบสามารถปรับเปลี่ยนการหมุนภาพ และปรับความเข้มแสงได้พัฒนาร่วมกับเทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสง (OCR) ในการรู้จำตัวอักษรแผ่นป้าย ผลการทดลองสามารถรู้จำป้ายทะเบียนได้ร้อยละ 90

2.11.9 ในงานวิจัยของ [41] นำเสนอ “Automatic License Plate Recognition Using Mobile Device”, 2016 งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้ Device ของโทรศัพท์มือถือถ่ายภาพ แล้วใช้ open source ของ OpenCV ในการพัฒนาระบบ ทดลองโดยใช้แผ่นป้ายทะเบียนรถจักรยานยนต์และรถยนต์ โดยมีขั้นตอน 2 ขั้นตอนคือ การค้นหาแผ่นป้ายพัฒนาโดยใช้เทคนิคมอร์โฟโลยีและการปรับค่าไบนารี ส่วนการรู้จำตัวอักษรพัฒนาโดยใช้เทคนิค การรู้จำตัวอักษรด้วยแสง (OCR) ผลการทดลองมีความถูกต้องที่ร้อยละ 98 และ 96 ตามลำดับ

2.11.10 ในงานวิจัยที่ [42] นำเสนอ “A Feedback based Method for License plate image Binaryzation” 2015 เป็นระบบรู้จำจำนวนแผ่นป้ายโดยอัตโนมัติ (ANPR) เป็นการทดลองในการแก้ปัญหาการแบ่งตัวอักษรโดยใช้เทคนิคการเปรียบเทียบค่าเทรชโฮลแบบย้อนกลับ (Feedback thresholding) ทดลองโดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพ 3 แบบ Global thresholding, Local thresholding และ Feedback thresholding มีผลการทดลองในการรู้จำป้ายทะเบียนร่วมกับเทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสง Optical Character Recognition โดยเฉลี่ยร้อยละ 86 ร้อยละ 93 และร้อยละ 98.

2.11.11 ในงานวิจัยที่ [43] นำเสนอ “An Efficient FPGA Implementation of Optical Character Recognition for License Plate Recognition,” 2017 เป็นการแก้ปัญหาระบบรู้จำแผ่นป้ายพัฒนาโดยใช้เทคนิค FPGA ในการลดสัญญาณรบกวนพัฒนาร่วมกับเทคนิค OCR และ A-NN ประมวลผลทำให้มีประสิทธิภาพความแม่นยำมากขึ้นใช้การกำหนดค่า Parameter ของเทคนิค A-NN ที่พอเหมาะกับ Noise ของป้ายทะเบียน ผลการทดลองมีความแม่นยำร้อยละ 98.2 ในการจำรู้ตัวอักษรที่มีสัญญาณรบกวน

2.11.12 ในงานที่วิจัยที่ [44] นำเสนอ “การพัฒนากระบวนการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์สำหรับการจัดการจราจรในเมืองอัจฉริยะ,” 2018 กล่าวถึงการพัฒนาจดจำป้ายทะเบียนในมุมมองไม่เกิน 25 องศา ใช้เทคนิคมอร์ฟโฟโลยีร่วมกับเทคนิคการค้นหาขอบภาพในการตรวจจับแผ่นป้ายและจดจำตัวอักษรด้วยเทคนิคการจดจำตัวอักษรด้วยแสง (OCR) มีผลการค้นหาแผ่นป้ายและการจดจำตัวอักษรบนแผ่นป้ายที่ร้อยละ 94.66 และร้อยละ 92.66 ตามลำดับ

จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นทำให้ทราบถึงความสำคัญของการพัฒนาระบบการรู้จำป้ายทะเบียน ซึ่งยังพบว่าความผิดพลาดของการรู้จำตัวอักษรแผ่นป้ายทะเบียนเกิดจากลักษณะการประมวลผลภาพถ่ายเอียง ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการรู้จำตัวอักษรแผ่นป้ายทะเบียนมุ่งเน้นในการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายและจดจำตัวอักษรที่ถ่ายภาพจากมุมมองเอียง พัฒนาโดยใช้เทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสง (Optical Character Recognition: OCR) ร่วมกับเทคนิคการหาค่าความสัมพันธ์ที่ใกล้เคียง (K-Nearest Neighbor: K-NN) โดยแสดงผลเป็นเสียงพูด

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการประมวลผลภาพสำหรับการรู้จำตัวอักษรแผ่นป้ายทะเบียนที่ถูกถ่ายภาพในมุมเอียง ในการทดลองแบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ส่วนคือ 1) การค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย (Location License Plate: LLP) 2) การรู้จำตัวอักษรบนป้าย (Character Recognition: CR) 3) การเปรียบเทียบตัวอักษรและเปลี่ยนเป็นเสียง (Speech Generating) มีขั้นตอนการประมวลผลดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการประมวลผลระบบการจดจำแผ่นป้ายทะเบียน

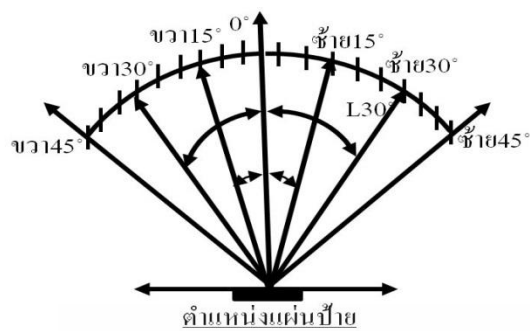
จากรูปที่ 3.1 ขั้นตอนของการประมวลผลอันดับแรก การค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย (Location License Plate: LLP) แปลงภาพด้วยเทคนิคการแปลงสัมพรรคในพิกัดฮอว์มมิงเงสแก้ไขภาพถ่ายเอียงและปรับขนาดภาพ จากนั้นแปลงภาพด้วยเทคนิคการค้นหาขอบภาพโซเบลเพื่อลดระดับของพิกเซล ลำดับต่อมาประมวลผลภาพด้วยเทคนิคมอร์โฟโลยีแบบเปิด แปลงเป็นภาพไบนารีด้วยเทคนิคการเปรียบเทียบเทรโดสทำให้พิกเซลลดระดับลง แล้วแปลงภาพด้วยเทคนิคมอร์โฟโลยีแบบขยายและแบบกัดกร่อนตามลำดับ ซึ่งเป็นการประมวลผลในลักษณะรูปสี่เหลี่ยม (Rectangle) เพื่อขยายบริเวณพิกเซล และลดสัญญาณรบกวนบริเวณไบนารีที่ไม่ต้องการ ลำดับต่อมาใช้เทคนิคการวิเคราะห์บริเวณไบนารี เพื่อหาพื้นที่ของบริเวณไบนารีที่คาดว่าเป็นตำแหน่งของแผ่นป้าย ขยายขนาดของบริเวณไบนารีให้เหมาะสมกับขนาดของแผ่นป้าย จากนั้นเปรียบเทียบภาพไบนารีกับภาพระดับสีแสดงตำแหน่งที่คาดว่าเป็นตำแหน่งของแผ่นป้ายเป็นภาพระดับสี

จากรูปที่ 3.1 ขั้นตอนการรู้จำตัวอักษร (Character Recognition: CR) พัฒนาด้วยเทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสง (Optical Character Recognition: OCR) ซึ่งเป็นการแปลงข้อความภายในภาพเป็นตัวอักษรที่สามารถแก้ไขได้ โดยสามารถแยกขั้นตอนการประมวลผลออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

อันดับแรกการปรับปรุงภาพ ใช้เทคนิคการเพิ่มความคมชัดของภาพ (Image Contrast) เป็นการปรับปรุงภาพแบบเชิงเส้น ซึ่งทำให้ภาพและตัวอักษรภายในภาพมีความคมชัดมากขึ้น โดยภาพดังกล่าวยังไม่สามารถรู้จำตัวอักษรได้ ลำดับต่อมาเป็นการลดสัญญาณรบกวนขอบภาพหรือบริเวณขอบภาพที่ไม่ต้องการ แปลงภาพโดยใช้เทคนิคการเปรียบเทียบเทรตโฮล และการกรองสัญญาณภาพ (Fill-Hold) ตามลำดับ จะได้บริเวณพื้นที่ไบนารีที่มีลักษณะเป็นพื้นที่เดียว ลำดับต่อมาแปลงภาพด้วยการกระทำมอร์โฟโลยีแบบเปิดและแบบปิด ซึ่งเป็นการลดขอบภาพไบนารีหรือบริเวณขอบภาพที่ไม่ต้องการ ทำให้ไม่มีสัญญาณรบกวนขอบภาพ เปรียบเทียบตำแหน่งของบริเวณภาพสีและภาพที่ผ่านกระบวนการแปลงภาพแบบปิด จะได้ภาพระดับสีที่ไม่มีสัญญาณรบกวนขอบภาพ (ขอบภาพอยู่ในระดับสีดำ หรือบิต 0) ลำดับต่อมาเป็นการแปลงภาพเทรตโฮลและการวิเคราะห์บริเวณไบนารี ภาพที่ได้เป็นภาพตัวอักษรหรือวัตถุไบนารี ขั้นตอนต่อมาเป็นการรู้จำตัวอักษร โดยการนำภาพที่ได้จากการวิเคราะห์บริเวณไบนารี เปรียบเทียบกับแม่แบบตัวอักษร หรือการหาค่าสัมประสิทธิ์ของภาพความสัมพันธ์หรือข้อมูลที่ได้เป็นค่าน้ำหนักของภาพนั้นๆ นำค่าน้ำหนักหาค่าที่ใกล้เคียงของข้อมูลตัวอักษร แสดงเป็นตัวอักษรที่สามารถแก้ไขได้ ซึ่งเป็นตัวอักษรของแผ่นป้ายนั้นๆ ลำดับสุดท้าย การเปรียบเทียบตัวอักษรและเปลี่ยนเป็นเสียง (Speech Generating) นำตัวอักษรที่สามารถแก้ไขได้ เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลเสียง แสดงผลเป็นสัญญาณเสียงข้อมูลของผู้ใช้รถ

3.1 ลักษณะของการถ่ายภาพ

การทดลองนี้ใช้ภาพถ่ายแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ซึ่งมีระยะห่างในการถ่ายภาพ 0.8-1.2 เมตรดังรูปที่ 3.2 (ข) มีลักษณะการถ่ายภาพเอียงซ้ายและขวา ± 45 องศาแบ่งเป็น 7 มุมตามลักษณะขององศาการถ่ายภาพ กำหนดเอียงขวา 45 องศา เอียงขวา 30 องศา เอียงขวา 15 องศา หน้าตรง เอียงซ้าย 15 องศา เอียงซ้าย 30 องศาและเอียงซ้าย 45 องศา ดังรูปที่ 3.2 (ก) เป็นลักษณะของการถ่ายภาพเอียงทำมุมเอียงห่างกัน 15 องศา โดยมีมุมมองของกล้องถ่ายภาพตั้งตรงแผ่นป้ายในระนาบแกน X กล่าวคือกล้องที่ถ่ายภาพตั้งตรงแผ่นป้ายเคลื่อนองศาในระนาบแกน X และกำหนดระนาบแกน Y ที่ 0 องศา ความสูงของกล้องอยู่ระดับเดียวกันกับแผ่นป้าย ในงานวิจัยนี้เพิ่มองศาการถ่ายภาพครั้งละ 15 องศา เนื่องจากการทดลองเมื่อเลื่อนมุมถ่ายภาพที่ 5 องศา หรือทดลองเลื่อนมุมถ่ายภาพที่ 10 องศา ดังรูปที่ 3.3 (ก) และดังรูปที่ 3.3 (ข) ไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของตัวอักษร



(ก) ลักษณะองศาการถ่ายภาพ



(ข) ระยะห่างของการถ่ายภาพ

รูปที่ 3.2 ลักษณะการถ่ายภาพเอียงที่ใช้ในการทดลองและระยะในการถ่ายภาพ



(ก) ภาพถ่ายเอียง 5 องศา



(ข) ภาพถ่ายเอียง 10 องศา

รูปที่ 3.3 ลักษณะการถ่ายภาพที่ไม่ส่งผลต่อการทดลอง

3.2 การเตรียมภาพ

ในการทดลองนี้ใช้รูปถ่ายแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ส่วนบุคคลตามพระราชบัญญัติรถยนต์ (ฉบับที่ 10) พ.ศ. 2542 กำหนดขนาดความกว้างของของแผ่นป้าย 15 เซนติเมตรยาว 34 เซนติเมตร แผ่นป้ายแบ่งออกเป็น 2 บรรทัดคือตัวอักษรประจำหมวดและหมายเลขทะเบียนมีขนาดสูงไม่น้อยกว่า 6.5 เซนติเมตร มีความกว้างไม่น้อยกว่า 3.5 เซนติเมตร ตัวอักษรจังหวัดสูงไม่น้อยกว่า 2 เซนติเมตร กว้างไม่น้อยกว่า 1.5 เซนติเมตร มีพื้นหลังแผ่นสีขาว ตัวอักษรสีดำ ขอบแผ่นป้ายสีดำ ไม่มีสัญญาณรบกวนขอบภาพ ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการทดลองดังรูปที่ 3.4 และรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 ขนาดของภาพถ่ายที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างรูปถ่ายที่ใช้ในการทดลอง

จากรูปที่ 3.4 เป็นตัวอย่างของการเตรียมภาพซึ่งเป็นภาพถ่ายแผ่นป้ายจริง ไม่มีสิ่งบดบังตัวอักษรและเป็นภาพถ่ายที่ผ่านการกำหนดขนาด 750 x 650 พิกเซล และในรูปที่ 3.5 เป็นภาพถ่ายที่ใช้ในการทดลองมีลักษณะการถ่ายภาพที่แตกต่างกัน 7 แบบ ซึ่งในการถ่ายภาพที่นำมาทดลองจะมีภาพที่ไม่ได้อยู่ในระนาบของแกน X ดังรูปที่ 3.6

	
(ก) ภาพเงยหน้าเอียงซ้าย 30 องศา	(ข) ภาพเงยหน้าเอียงขวา 45 องศา

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างรูปถ่ายที่ใช้ในการทดลองถ่ายภาพไม่อยู่ในระนาบของแกน X

จากรูปที่ 3.5 เป็นภาพที่ถูกต้องตามเงื่อนไขลักษณะของการถ่ายภาพที่นำมาทดลองดังรูปที่ 3.2 (ก) แต่ในรูปที่ 3.6 เป็นลักษณะของการถ่ายภาพที่แผ่นป้ายไม่อยู่ในระนาบของแกน X เนื่องจากลักษณะของป้ายคว่ำลงและเงยหน้าขึ้นทำให้ตัวอักษรของแผ่นป้ายเอียงมากยิ่งขึ้น

3.3 การค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย (Location License Plate: LLP)

กระบวนการค้นหาแผ่นป้ายเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากเนื่องจากผลของการค้นหาแผ่นป้ายส่งผลกระทบต่อผลของการรู้จำตัวอักษร โดยงานวิจัยนี้นำเทคนิคและขั้นตอนที่พัฒนาโดย N.Saleem, H.Muazzam, H.M.Tahir, U.Farooq [20] ซึ่งมีผลการค้นหาแผ่นป้ายที่ร้อยละ 86.2 จากงานวิจัยดังกล่าวเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น และความหลากหลายในการค้นหาแผ่นป้ายจึงนำเทคนิคดังกล่าวมาพัฒนาโดยมีขั้นตอนการประมวลผลดังนี้

ในส่วนของขั้นตอนของการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย (LLP) อันดับแรกแปลงภาพด้วยเทคนิคการแปลงสัณฐาน (Affine Transformation: AT) ใช้การแปลงภาพร่วมกับระนาบหรือพิกัดฮอโมจีเนียส โดยการแปลงสัณฐานนำมาแก้ไขปัญหาภาพถ่ายแผ่นป้ายเอียง สำหรับขั้นตอนการเตรียมภาพ ซึ่งเป็นภาพแผ่นป้ายที่มีลักษณะคว่ำหน้าแผ่นป้าย หรือเงยหน้าแผ่นป้ายดังรูปที่ 3.6 มีผลการแปลงภาพดังรูปที่ 3.7 (ง) แล้วปรับขนาดให้ภาพมีขนาด 500×450 พิกเซล หรือเป็นการลดขนาดของภาพลง



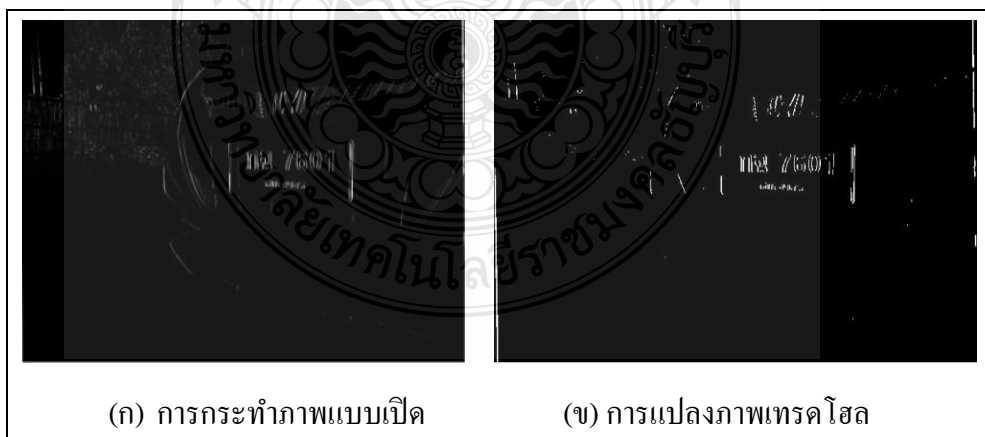
รูปที่ 3.7 ผลจากการแปลงสัมพรรคและการปรับขนาดภาพ

จากรูปที่ 3.7 (ข) และรูปที่ 3.7 (ง) ผลจากการแปลงสัมพรรคและการปรับขนาด ลำดับต่อมาแปลงภาพด้วยเทคนิคการค้นหาขอบภาพโซเบล ซึ่งเป็นเทคนิคในการหาค่าอนุพันธ์อันดับหนึ่งแบบไม่ต่อเนื่อง หรือการประมาณค่าเกรเดียนต์ (Gradient) ทางแนวตั้งและแนวนอน เปรียบเทียบแม่แบบเทมเพลตขนาด 3×3 ในงานวิจัยนี้นำมาพัฒนาซึ่งทำให้ขอบภาพมีขนาดใหญ่และคมชัดมากยิ่งขึ้น มีผลการแปลงภาพดังรูปที่ 3.8 (ข) และรูปที่ 3.8 (ง) ซึ่งแปลงมาจากภาพที่ผ่านการแปลงสัมพรรค ดังรูปที่ 3.8 (ก) และการปรับขนาดรูปภาพ ดังรูปที่ 3.8 (ค)

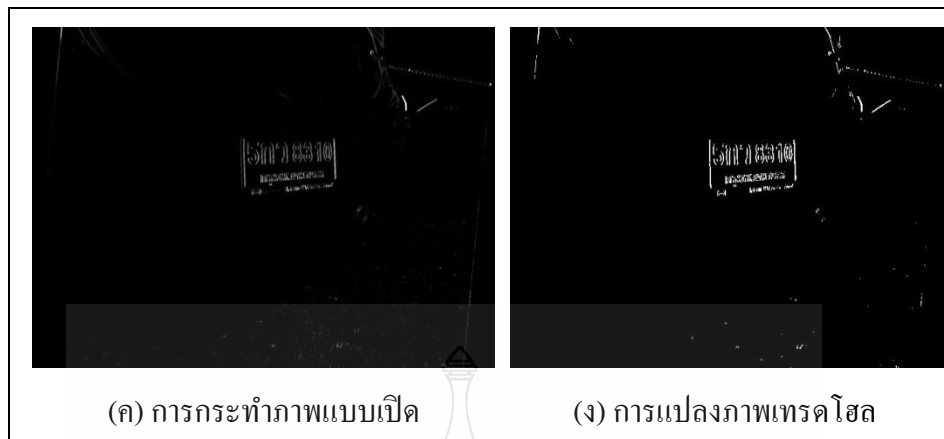
จากภาพผลของการค้นหาขอบภาพโซเบล เป็นภาพระดับดัดขึ้น ซึ่งยังมีสัญญาณรบกวนหรือพิกเซลที่ไม่ต้องการ จากนั้นทำการแปลงภาพด้วยเทคนิคการกระทำแบบเปิด (Opening) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์โครงสร้างของภาพ นิยมใช้ในการขยายโครงสร้างไบนารี ซึ่งเป็นการรวมกันของเทคนิคมอร์โฟโลยี 2 เทคนิค ทำให้โครงสร้างของภาพขยายใหญ่ขึ้น ลดสัญญาณรบกวนลงมีผลของการกระทำดังรูปที่ 3.9 (ก) และดังรูปที่ 3.9 (ค)



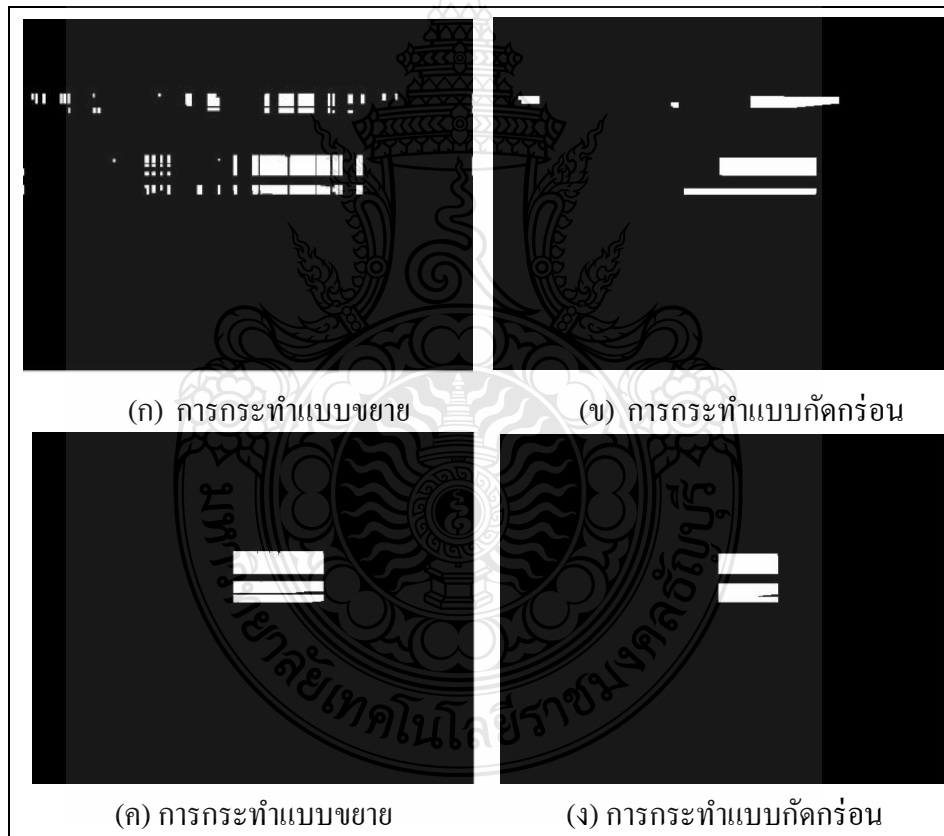
รูปที่ 3.8 ผลจากการค้นหาขอบภาพโซเบล



รูปที่ 3.9 ผลจากการแปลงภาพแบบเปิดและการแปลงภาพเป็นไบนารี



รูปที่ 3.9 ผลจากการแปลงภาพแบบเปิดและการแปลงภาพเป็นไบนารี (ต่อ)



รูปที่ 3.10 ผลจากการกระทำด้วยเทคนิคมอร์โฟโลยีแบบขยายและแบบกัดกร่อน

ลำดับต่อมาทำการแปลงภาพไบนารีโดยใช้การเปรียบเทียบระดับเทรชโฮล (Threshold) มีผลการแปลงภาพดังรูปที่ 3.9 (ข) และดังรูปที่ 3.9 (ง) แล้วใช้เทคนิคมอร์โฟโลยีแบบขยาย (Dilation) เป็นการสร้างแม่แบบ (Se) สแกนลงบนภาพทุกๆพิกเซล จากตำแหน่งบนสุดไปตำแหน่งสุดท้ายทำให้พิกเซลที่จุดว่างเดิมเติมเต็มกลุ่มภาพไบนารีสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งขยายภาพในลักษณะของรูปสี่เหลี่ยมหรือ (Rectangle) เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของแผ่นป้าย จะได้บริเวณไบนารีที่ผ่านการกระทำแบบขยาย มีผลการกระทำดังรูปที่ 3.10 (ก) และดังรูปที่ 3.10 (ค) ขั้นตอนต่อมาเป็นการแปลงภาพมอร์โฟโลยีแบบกัดกร่อน (Erosion) เป็นเทคนิคการกัดกร่อนหรือลบบริเวณไบนารีที่มีขนาดเล็ก มีขั้นตอนเหมือนกับเทคนิคการกระทำแบบขยายมีผลของการกระทำดังรูปที่ 3.10 (ข) และดังรูปที่ 3.10 (ง) ขั้นตอนต่อมาทำการวิเคราะห์ไบนารี (Blob Analysis) ซึ่งเป็นเทคนิคที่วิเคราะห์หาความหนาแน่นของพิกเซลไบนารีที่เชื่อมติดกัน หรืออยู่ในเนื้อเดียวกัน ภายในโครงสร้างหรือบริเวณไบนารี ซึ่งในงานวิจัยนี้นำมาค้นหาพื้นที่ของไบนารีที่คาดว่าเป็นตำแหน่งแผ่นป้าย ทั้งยังเป็นการลบบริเวณไบนารีที่ไม่ต้องการ มีผลของการค้นหาบริเวณไบนารีดังรูปที่ 3.11 (ก) และดังรูปที่ 3.11 (ค) ซึ่งเป็นบริเวณไบนารีที่คาดการณ์ว่าเป็นตำแหน่งของแผ่นป้าย จากนั้นเปรียบเทียบกับภาพระดับสีแสดงผลการค้นหาตำแหน่งของบริเวณไบนารีดังรูปที่ 3.11 (ข) และดังรูปที่ 3.11 (ง)



รูปที่ 3.11 บริเวณไบนารีที่คาดว่าเป็นตำแหน่งของแผ่นป้าย

จากรูปที่ 3.11 (ข) และดังรูปที่ 3.11 (ง) แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของแผ่นป้ายที่ไม่สมบูรณ์ไม่สามารถทำการรู้จำตัวอักษรได้ ลำดับต่อมาเป็นการขยายขอบเขตของบริเวณไบนารี โดยจากรูปที่ 3.11 (ก) และรูปที่ 3.11 (ค) ขยายขอบเขตของบริเวณไบนารี ขอบบน-ล่าง ขอบซ้าย-ขวา ของวัตถุแล้วขยายขนาดของบริเวณไบนารีในแนวแกน X และแกน Y ทำให้บริเวณของไบนารีมีขนาดกว้างขึ้น มีพื้นที่ไบนารีเพิ่มมากขึ้นดังรูปที่ 3.12 (ก) และดังรูปที่ 3.12 (ค) ลำดับต่อมาเปรียบเทียบตำแหน่งบริเวณไบนารีกับภาพต้นฉบับแสดงบริเวณที่คาดว่าเป็นตำแหน่งแผ่นป้ายด้วยการสร้างเส้นอ้างอิงขอบภาพดังรูปที่ 3.12 (ข) และดังรูปที่ 3.12 (ง)



รูปที่ 3.12 แสดงผลของการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย

3.4 การรู้จำตัวอักษร (Character Recognition: CR)

การรู้จำตัวอักษรเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่สุดในการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียน งานวิจัยนี้พัฒนาโดยใช้เทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสง (OCR) ร่วมกับการหาค่าที่ใกล้เคียง (K-NN) มีผลการรู้จำเป็นตัวอักษรที่สามารถแก้ไขได้ (.text) ขั้นตอนการรู้จำตัวอักษรแบ่งย่อยออกเป็นหลายขั้นตอน อันดับแรกคือการปรับปรุงภาพ (Normalization) มีผลการปรับปรุงภาพดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ผลของการปรับปรุงภาพ

จากรูปที่ 3.13 เป็นภาพที่ได้จากขั้นตอนการค้นหาดำเนินการแผ่นป้าย บทความนี้ทดลองโดยใช้ภาพที่ตัดเฉพาะส่วนของแผ่นป้าย นำมาประมวลผลด้วยเทคนิคการเพิ่มความคมชัด (Image Contrast) เป็นเทคนิคการปรับปรุงภาพแบบเชิงเส้น มีผลของการปรับปรุงภาพดังรูปที่ 3.13 (ข) และดังรูปที่ 3.13 (ฉ) ซึ่งแปลงมาจากภาพที่กล่าวว่าเป็นตำแหน่งแผ่นป้ายดังรูปที่ 3.13 (ก) และดังรูปที่ 3.13 (จ) เพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของความคมชัดของภาพ โดยทำให้เห็นถึงความแตกต่างของภาพที่มีความคมชัดมากยิ่งขึ้น และมีสีที่เข้มขึ้นดังรูปที่ 3.13 (ค) และรูปที่ 3.13 (ง) หรือรูปที่ 3.13 (ช)

และรูปที่ 3.13 (ข) แสดงให้เห็นถึงระดับการกระจายของฮิสโตแกรมเมื่อเพิ่มความคมชัดและความเข้มแสงขึ้น ลำดับต่อมาแปลงภาพระดับสีเทาแล้วเปรียบเทียบระดับพิกเซลเทอร์สโฮลด์ (Threshold) เป็นภาพระดับไบนารี (1, 0) โดยตั้งระดับของค่าเทอร์สโฮลด์มากกว่า 235 เป็นพิกเซล 1 น้อยกว่าระดับ 235 เป็นพิกเซล 0 ดังรูปที่ 3.14 (ก) ทำการกรองภาพ (Fill-hold) เป็นการเติมเต็มโครงสร้างบริเวณไบนารี ดังรูปที่ 3.14 (ข) ลำดับต่อมาแปลงภาพด้วยมอร์โฟโลยีแบบเปิด (Opening) และมอร์โฟโลยีแบบปิด (Closing) ตามลำดับ ซึ่งทำให้บริเวณขอบภาพหรือเส้นขอบภาพไม่มีสัญญาณรบกวน กล่าวอีกคือ พิกเซลขอบภาพที่ไม่ต้องการดังรูปที่ 3.14 (ค) ขั้นตอนต่อมาเป็นการเปรียบเทียบตำแหน่งของภาพระหว่างภาพที่ 3.14 (ค) และภาพที่ 3.13 (ข) โดยปรับขนาดให้เท่ากันมีผลของการเปรียบเทียบตำแหน่งดังรูปที่ 3.14 (ง) แสดงเป็นภาพระดับสีจากภาพดังกล่าวจะเห็นได้ว่าเป็นภาพที่ไม่มีสัญญาณรบกวนขอบภาพหรือบริเวณขอบภาพที่ไม่ต้องการ



รูปที่ 3.14 การกำจัดสัญญาณรบกวนขอบภาพ

จากภาพที่ 3.14 (ง) เป็นภาพระดับสีที่ไม่มีสัญญาณรบกวนบริเวณขอบภาพ ลำดับต่อมาใช้การเปรียบเทียบเทอร์สโฮลด์โดยตั้งระดับของค่าเทอร์สโฮลด์มากกว่า 200 เป็นพิกเซล 1 น้อยกว่าระดับ 200 เป็นพิกเซล 0 และ กลับพิกเซล (จาก 0 เป็น 1, จาก 1 เป็น 0) ทำให้ได้ภาพบริเวณไบนารีดังรูปที่ 3.15 (ก) จากนั้นวิเคราะห์ไบนารีโดยกำหนดค่าระดับพื้นที่ของบริเวณไบนารีที่ต้องการ ลบบริเวณไบนารีที่ไม่ต้องการและปรับขนาดของภาพ 200×100 พิกเซล ดังรูปที่ 3.15 (ข) และดังรูปที่ 3.15 (ง) เป็น

ภาพที่ไม่มีสัญญาณรบกวนแสดงลักษณะบริเวณของไบนารีที่คาดว่าเป็นโครงสร้างหรือพื้นที่ของตัวอักษรแผ่นป้าย ซึ่งเป็นภาพที่ได้จากการกรองภาพและการวิเคราะห์ไบนารีดังรูปที่ 3.15 (ก) และดังรูปที่ 3.15 (ค) ลำดับต่อมาทำการแบ่งตัวอักษรโดยแบ่งเฉพาะบริเวณไบนารี บิต 1 หรือพิกเซลสีขาวมีผลการแบ่งภาพดังรูปที่ 3.16 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงบริเวณไบนารีที่แยกออกจากกัน



รูปที่ 3.15 แสดงผลของการค้นหาบริเวณไบนารีที่คาดว่าเป็นตัวอักษร

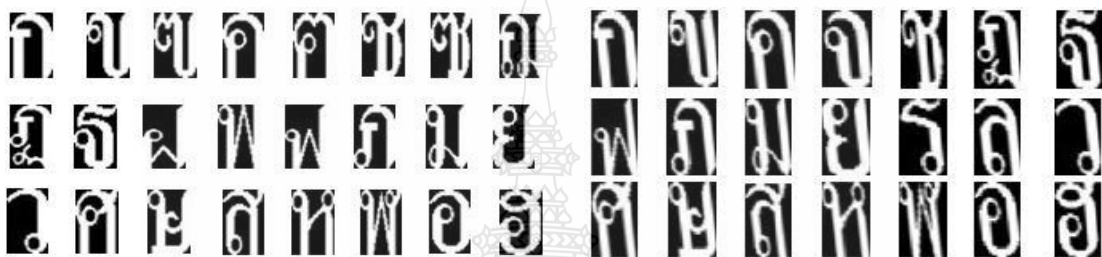


รูปที่ 3.16 ภาพที่ผ่านการแบ่งส่วนตัวอักษร

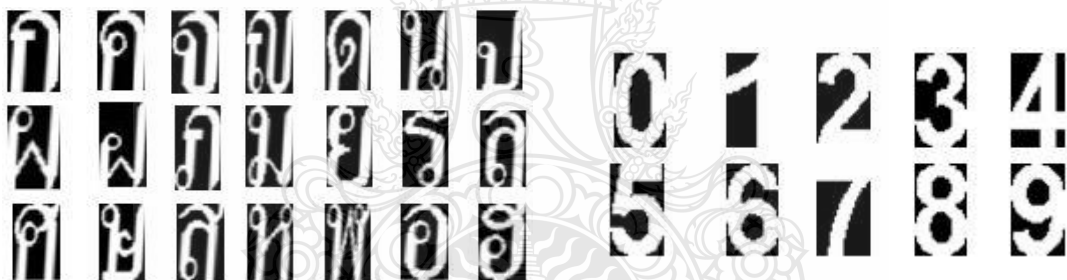
จากรูปที่ 3.16 เป็นผลจากการแบ่งภาพตัวอักษรแล้วทำการปรับขนาดของภาพ (24x42 พิกเซล) ลำดับต่อมานำภาพตัวอักษรที่ได้จากการแบ่งส่วนเปรียบเทียบกับแม่แบบตัวอักษร กล่าวอีกคือ เป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์ของภาพตัวอักษร (Two-Correlation Coefficient) ดังสมการที่ 2.16 ในการทดลองนี้ใช้แม่แบบตัวอักษรภาษาไทยและแม่แบบตัวเลข (จำนวน 400 ภาพตัวอักษร) ซึ่งเป็น

แม่แบบตัวอักษรที่สร้างขึ้นใหม่ โดยแบ่งเป็นแม่แบบตัวอักษรที่มีลักษณะ และมีจำนวนที่นำมาทดลองแตกต่างกันดังนี้

- (1) แม่แบบตัวอักษรภาษาไทยลักษณะตรงจำนวน 302 ภาพ ดังตัวอย่างรูปที่ 3.17 (ก)
- (2) แม่แบบตัวอักษรภาษาไทยลักษณะเอียงซ้ายจำนวน 44 ภาพ ดังตัวอย่างรูปที่ 3.17 (ข)
- (3) แม่แบบตัวอักษรภาษาไทยลักษณะเอียงขวาจำนวน 44 ภาพ ดังตัวอย่างรูปที่ 3.17 (ค)
- (4) แม่แบบตัวเลขลักษณะตรงจำนวน 10 ภาพ ดังตัวอย่างรูปที่ 3.17 (ง)



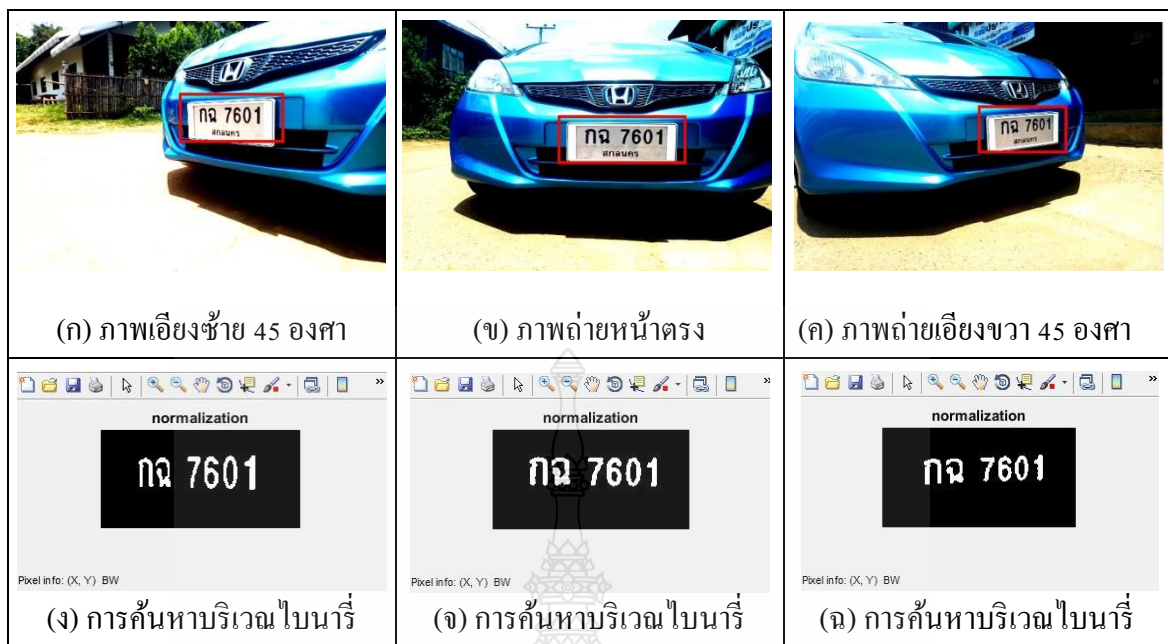
(ก) แม่แบบตัวอักษรไทยลักษณะตรง (ข) แม่แบบตัวอักษรไทยลักษณะเอียงซ้าย



(ค) แม่แบบตัวอักษรไทยลักษณะเอียงขวา (ง) แม่แบบตัวเลขลักษณะตรง

รูปที่ 3.17 ตัวอย่างแม่แบบที่ใช้ในการทดลอง

จากรูปที่ 3.17 เป็นแม่แบบที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งมีทั้งลักษณะเอียงซ้าย-ขวาและลักษณะตัวอักษรแบบตรง โดยเป็นแม่แบบที่สร้างขึ้นขนาด 24×42 พิกเซล เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงกันของภาพตัวอักษร และภาพแม่แบบดังสมการที่ 2.16 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้เป็นค่าน้ำหนักของตัวอักษรนั้นๆดังตารางที่ 3.1 เป็นผลของการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของภาพตัวอักษรจะได้ค่าน้ำหนักที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความคล้ายคลึงกันของโครงสร้างภาพ ซึ่งในตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2 แสดงให้เห็นถึงค่าความแตกต่างของค่าน้ำหนักดังรูปที่ 3.18



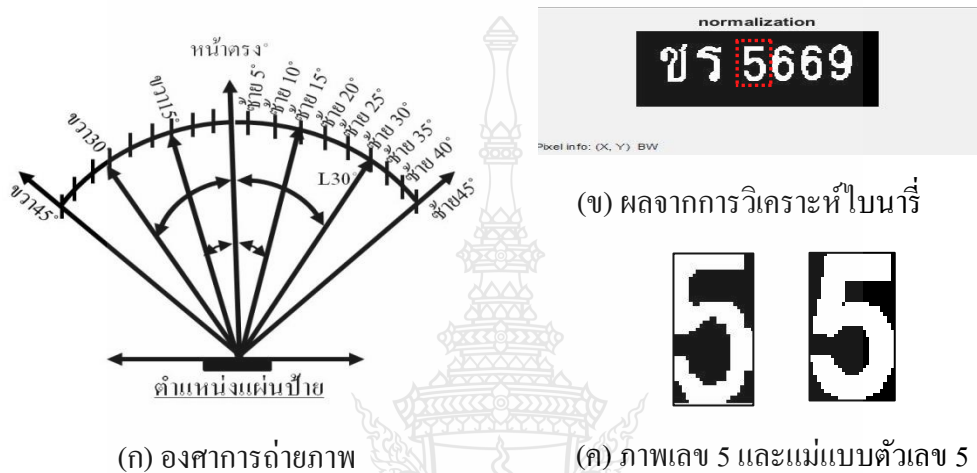
รูปที่ 3.18 ความแตกต่างขององศาการถ่ายภาพและการวิเคราะห์บริเวณใบนารี

ตารางที่ 3.1 ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักภาพตัวอักษร

ตัวอักษรภาพ	น้ำหนักของรูปที่ 3.18 (ง) การค้นหาลิขณใบนารี	น้ำหนักของรูปที่ 3.18 (จ) การค้นหาลิขณใบนารี	น้ำหนักของรูปที่ 3.18 (ฉ) การค้นหาลิขณใบนารี
ก	0.5513	0.5941	0.6102
ฉ	0.5591	0.5909	0.5791
7	0.5724	0.5844	0.5702
6	0.5747	0.6042	0.5830
0	0.5911	0.5955	0.5841
1	0.6027	0.6217	0.5686

จากตารางที่ 3.1 เป็นผลมาจากการเปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ของตัวอักษรภาพแม่แบบที่สร้างขึ้นกับรูปตัวอักษรแผ่นป้ายดังรูปที่ 3.18 (ง) รูปที่ 3.18 (จ) และรูปที่ 3.18 (ฉ) ซึ่งค่าของน้ำหนักที่ได้จากภาพหน้าตรง ภาพเอียงซ้าย 45 องศา และภาพเอียงขวา 45 องศา จะเห็นถึงค่าน้ำหนักที่ไม่เท่ากัน โดยค่าน้ำหนักยังขึ้นอยู่กับผลของการปรับปรุงภาพ เพื่อเป็นกรณีศึกษา มุมมองของการถ่ายภาพเอียง ได้ทำการทดลองเพิ่มมุมมองการถ่ายภาพ ครั้งละ 5 องศา รวมเป็น 19 มุม ตามลักษณะ

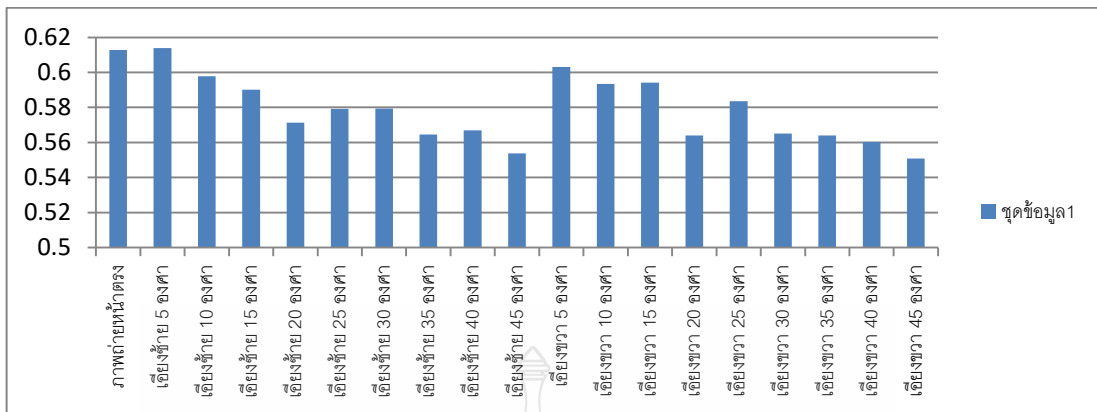
ขององศาการถ่ายภาพ จากภาคผนวกดังรูปที่ ก.8 แสดงค่าความแตกต่างของค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเปรียบเทียบเฉพาะตัวอักษรเลข “5” แสดงค่าน้ำหนักที่ได้ดังตารางที่ 3.2 และนำข้อมูลค่าน้ำหนักที่ได้แสดงเป็นกราฟเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักดังรูปที่ 3.20 จากตารางที่ 3.2 เป็นการเปรียบเทียบตัวอักษรเลข “5” จากภาพถ่ายแผ่นป้ายที่มีเลขป้าย “ข ร 5 6 9” ที่นำมาทดลองเนื่องจากตำแหน่งเลข “5” อยู่ตรงกลางแผ่นป้ายดังรูปที่ 3.19 (ข)



รูปที่ 3.19 การเพิ่มองศาการถ่ายภาพครั้งละ 5 องศาและตัวอย่างแม่แบบ

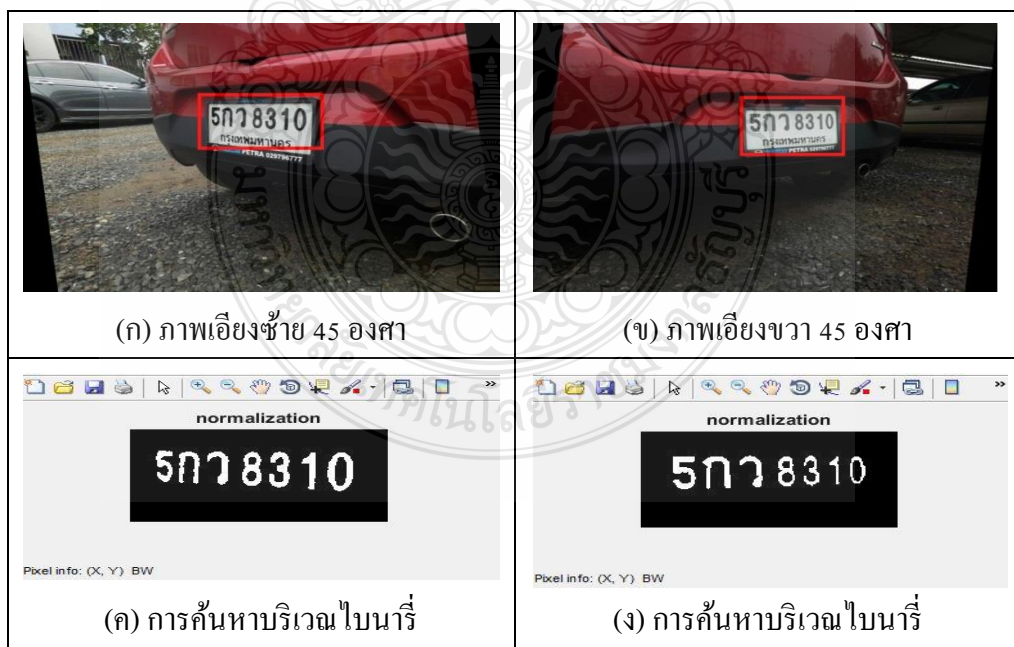
ตารางที่ 3.2 ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักภาพตัวอักษรเลข “5”

องศาการถ่ายภาพ	น้ำหนักภาพตัวอักษร	องศาการถ่ายภาพ	น้ำหนักภาพตัวอักษร
ภาพถ่ายหน้าตรง	0.6127	ภาพถ่ายหน้าตรง	0.6127
เอียงซ้าย 5 องศา	0.6139	เอียงขวา 5 องศา	0.6031
เอียงซ้าย 10 องศา	0.5979	เอียงขวา 10 องศา	0.5935
เอียงซ้าย 15 องศา	0.5902	เอียงขวา 15 องศา	0.5942
เอียงซ้าย 20 องศา	0.5714	เอียงขวา 20 องศา	0.5641
เอียงซ้าย 25 องศา	0.5792	เอียงขวา 25 องศา	0.5836
เอียงซ้าย 30 องศา	0.5793	เอียงขวา 30 องศา	0.5652
เอียงซ้าย 35 องศา	0.5645	เอียงขวา 35 องศา	0.5640
เอียงซ้าย 40 องศา	0.5669	เอียงขวา 40 องศา	0.5604
เอียงซ้าย 45 องศา	0.5537	เอียงขวา 45 องศา	0.5509



รูปที่ 3.20 ค่าน้ำหนักของตัวอักษรเลข “5” ในมุมมององศาที่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.20 เป็นผลสรุปการทดลองของการเปรียบเทียบค่าสำประสิทธิ์ของภาพตัวอักษรที่คาดว่าเป็นเลข “5” สามารถสรุปได้ว่า เมื่อองศาในการถ่ายภาพเปลี่ยนแปลงไปโครงสร้างของภาพตัวอักษรที่นำมาเปรียบเทียบแม่แบบมีความไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้ค่าความสัมพันธ์ของภาพนั้นๆ ลดน้อยลง ทำให้เกิดความผิดพลาดในการรู้จำตัวอักษร ซึ่งนอกจากนี้ มีผลการทดลองภาพถ่ายที่แก้ไขภาพเอียงดังรูปที่ 3.21 โดยสรุปผลการทดลองดังตารางที่ 3.3



รูปที่ 3.21 ความแตกต่างขององศาการถ่ายภาพที่ผ่านการแก้ไขปัญหภาพถ่ายเอียง

จากรูปที่ 3.21 (ก) และรูปที่ 3.21 (ข) เป็นผลของขั้นตอนการค้นหาค่าตำแหน่งป้ายที่คาดว่า
เป็นตำแหน่งแผ่นป้าย สำหรับภาพที่ผ่านการแปลงภาพสัมพรรคแก้ปัญหภาพถ่ายเอียง และผลของ
การปรับปรุงภาพดังรูปที่ 3.21 (ค) และดังรูปที่ 3.21 (ง) โดยเมื่อผ่านขั้นตอนการหาค่าสัมประสิทธิ์
เปรียบเทียบตัวอักษรและแม่แบบ มีผลการทดลองเป็นน้ำหนักของตัวอักษรดังตารางที่ 3.3

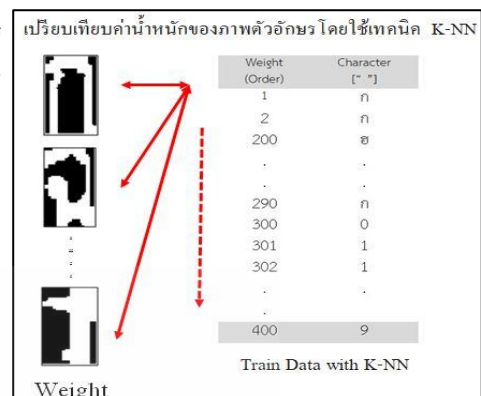
ตารางที่ 3.3 ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักภาพตัวอักษรที่แก้ไขภาพถ่ายเอียง

ตัวอักษรภาพ	น้ำหนักของรูปที่ 3.20 (ค) การค้นหาค่าบริเวณใบนารี	น้ำหนักของรูปที่ 3.20 (ง) การค้นหาค่าบริเวณใบนารี
5	0.5563	0.6107
ก	0.5642	0.6002
ว	0.5602	0.5923
8	0.5848	0.5772
3	0.5890	0.5844
1	0.5941	0.5706
0	0.5943	0.5648

จากตารางที่ 3.1 ตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3 สรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ของการ
เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของภาพ เป็นผลมาจากการปรับปรุงภาพ และองศาในการถ่ายภาพ เมื่อ
โครงสร้างของภาพไม่สมบูรณ์ มีขนาดไม่ตรงกัน โครงสร้างของภาพที่ผ่านการปรับปรุงมีความเอียง
ไม่เท่าแม่แบบ หรือมีความแตกต่างจากแม่แบบ จะส่งผลต่อค่าน้ำหนักที่ได้และเป็นผลให้มีความสำ
พันธ์ที่มีต่อแม่แบบน้อยลง เป็นผลให้เกิดความผิดพลาดในการจดจำ ขั้นตอนต่อมาเป็นการแสดงผล
การทดลองเป็นตัวอักษรที่สามารถแก้ไขได้ (Post Processing) ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการรู้จำ
ตัวอักษรด้วยแสง (OCR) ขั้นตอนนี้อาศัยการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักที่ได้จากขั้นตอนข้างต้น
ประยุกต์ใช้การหาค่าที่ใกล้เคียง (K-NN) เปรียบเทียบกับค่าน้ำหนักที่ผ่านการฝึกสอนหรือกำหนดเป็น
ตัวอักษรนั้นๆ โดยเตรียมชุดฝึกสอนตัวเลข 0-9 และ ก - ฮ จำนวน 400 ชุดข้อมูล หรือเท่ากับตัวอักษร
แม่แบบที่นำมาหาค่าสัมประสิทธิ์ดังรูปที่ 3.22 (ก) และรูปที่ 3.22 (ข) จากนั้นนำค่าน้ำหนักที่ได้มาหา
ค่าระยะห่างของตัวอักษรทั้งหมด โดยวัดค่า Euclidean Distance ดังสมการที่ 2.17 และสมการที่ 2.18
โดยเปรียบเทียบกับชุดฝึกสอน หรือค่าน้ำหนักของตัวอักษรในแต่ละตัว แสดงผลของตัวอักษรลำดับ
นั้นๆดังรูปที่ 3.22 (ค) แสดงผลเป็นตัวอักษรที่สามารถแก้ไขได้ดังรูปที่ 3.22 (ง)

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
'ภ'	'ท'	'น'	'น'	'น'	'น'	'น'	'น'	'น'	'น'	'น'
BW	BX	BY	BZ	CA	CB	CC	CD	CE	CF	CG
74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
'ข'	'ข'	'ข'	'ข'	'ข'	'ข'	'ข'	'ข'	'ข'	'ข'	'ข'
LP	LQ	LR	LS	LT	LV	LW	LX	LY	LZ	
327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337
'อ'	'อ'	'อ'	'อ'	'อ'	'อ'	'อ'	'อ'	'อ'	'อ'	'อ'
NS	NT	NU	NV	NW	NX	NY	NZ	OA	OB	OC
382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392
'ป'	'ป'	'ป'	'ป'	'ป'	'ป'	'ป'	'ป'	'ป'	'ป'	'ป'

← ลำดับของตัวอักษร
← ตัวอักษรที่ผ่านการฝึกสอน

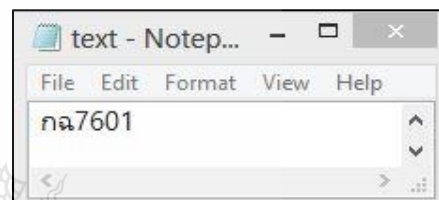


(ก) การฝึกสอนหรือค่าระยะห่างที่กำหนดลำดับของตัวอักษรในฐานข้อมูล

(ข) การเปรียบเทียบตัวอักษร

```
word =
1x6 cell array
'ภ' 'ท' 'น' 'น' 'น' 'น'
Elapsed time is 10.728007 seconds.
```

(ค) ผลจากการรู้จำตัวอักษร



(ง) ตัวอักษรที่สามารถแก้ไขได้

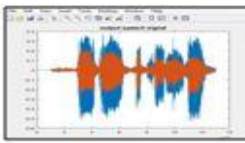
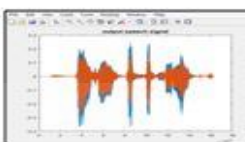
รูปที่ 3.22 ขั้นตอนการเปรียบเทียบค่าน้ำหนัก

3.5 การเปรียบเทียบตัวอักษรและเปลี่ยนเป็นเสียง (Speech Generating)

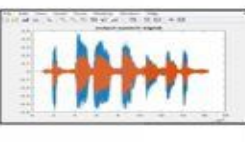
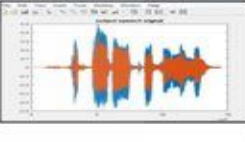
การแสดงผลเป็นเสียงเป็นการเปรียบเทียบตัวอักษรกับฐานข้อมูลเสียง โดยการเตรียมชุดข้อมูลเสียงเป็นเสียงข้อมูลของผู้ใช้ที่บันทึกเป็นฐานข้อมูลมีขั้นตอนการเปรียบเทียบเสียงดังรูปที่ 3.23 ซึ่งผลของการแสดงเสียงจะมีความแม่นยำเท่ากับผลของการจดจำตัวอักษรเสมอ จากขั้นตอนดังที่กล่าวมาแสดงผลของการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย การรู้จำตัวอักษร และสัญญาณเสียงดังรูปที่ 3.24



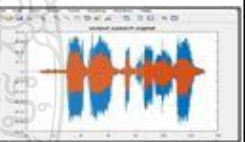
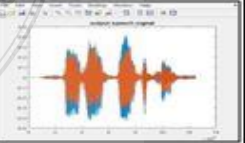
รูปที่ 3.23 ขั้นตอนการเปรียบเทียบฐานข้อมูลเสียง

	word = กจ8015 Elapsed time is 0.000183 seconds. >>	
	word = กฉ7601 Elapsed time is 0.000116 seconds. >>	

(ก) ผลการค้นหตำแหน่งป้าย (ข) ผลการรู้จำตัวอักษร (ค) ผลการแสดงเสียง

	word = 6กธ3447 Elapsed time is 0.000094 seconds. >>	
	word = 6กม8011 Elapsed time is 0.000138 seconds. >>	

(ก) ผลการค้นหตำแหน่งป้าย (ข) ผลการรู้จำตัวอักษร (ค) ผลการแสดงเสียง

	word = กจ8015 Elapsed time is 0.000108 seconds. >>	
	word = กธ960 Elapsed time is 0.000136 seconds. >>	

(ก) ผลการค้นหตำแหน่งป้าย (ข) ผลการรู้จำตัวอักษร (ค) ผลการแสดงเสียง

รูปที่ 3.24 ผลการค้นหป้าย ผลการรู้จำตัวอักษร และผลการแสดงสัญญาณเสียง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยเรื่อง การรู้จำตัวอักษรแผ่นป้ายทะเบียนด้วยเทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสงร่วมกับเทคนิคการหาค่าที่ใกล้เคียงโดยแสดงผลเป็นเสียงพูด ทดลองโดยใช้รูปถ่ายแผ่นป้ายทะเบียนเอียง มีลักษณะการถ่ายภาพเอียงแตกต่างกัน 7 มุมมองตามลักษณะการถ่ายภาพ ทดลองโดยแบ่งเป็นองศาละ 65 ภาพ โดยมีภาพถ่ายที่นำมาทดลองทั้งหมด 465 ภาพ ในการถ่ายภาพแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ แผ่นป้ายที่มีลักษณะถ่ายภาพในระนาบแกน X และแผ่นป้ายที่มีลักษณะถ่ายภาพไม่อยู่ในระนาบแกน X กล่าวคือ แผ่นป้ายคว่ำหน้าหรือแผ่นป้ายเงยหน้า ซึ่งภาพถ่ายที่นำมาทดลองยังสามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะคือ แผ่นป้ายที่มี 5 ตัวอักษร แผ่นป้ายที่มี 6 ตัวอักษร และแผ่นป้ายที่มี 7 ตัวอักษร ขั้นตอนในการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ 1) การค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียน 2) การรู้จำตัวอักษร ซึ่งในขั้นตอนของการรู้จำตัวอักษร สามารถแบ่งผลการทดลองออกเป็น 3 แบบคือ ผลการแบ่งส่วนภาพ ผลการรู้จำตัวอักษร และผลการรู้จำตัวอักษรบนแผ่นป้าย 3) การเปรียบเทียบตัวอักษรแล้วเปลี่ยนเป็นเสียง โดยมีผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลของการค้นหาตำแหน่งของป้ายทะเบียน (Location License Plate: LLP)

การค้นหาแผ่นป้าย เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญเนื่องจากผลของการค้นหาตำแหน่งป้าย ส่งผลต่อขั้นตอนของการรู้จำตัวอักษร ซึ่งการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายเป็นการแยกแยะข้อมูลภาพ ที่คาดว่า เป็นตำแหน่งแผ่นป้ายออกจากภาพต้นฉบับ จากการทดลองภาพถ่ายทั้งหมด 465 ภาพ สามารถค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายได้ถูกต้อง 433 ภาพ คิดเป็นร้อยละ 93.12 โดยสรุปผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย

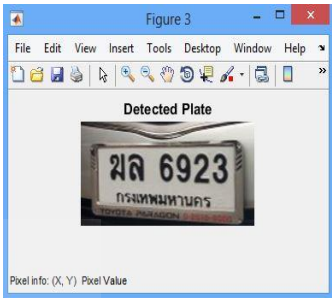
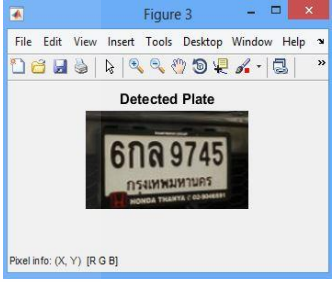
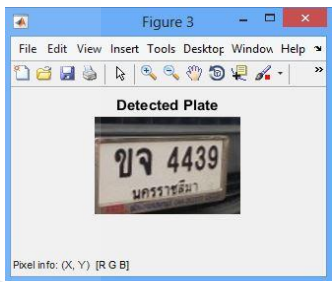
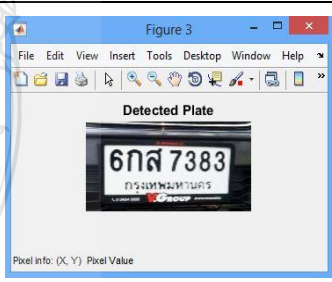
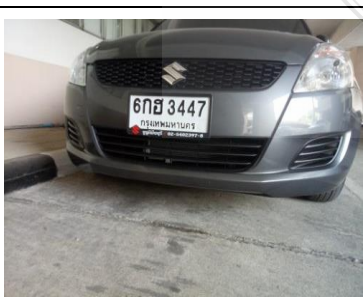
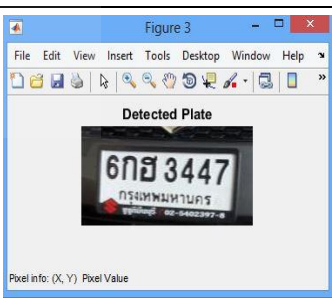
ลักษณะการถ่ายภาพ	จำนวนภาพถ่ายที่ใช้ ในการทดลอง	จำนวนตำแหน่ง ที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
ประเภทที่ 1	420	391	93.10
ประเภทที่ 2	45	42	93.33
รวม	465	433	93.12

จากตารางที่ 4.1 เมื่อประเภทที่ 1 คือ แผ่นป้ายที่มีลักษณะการถ่ายภาพในระนาบแกน X, ประเภทที่ 2 คือ ป้ายที่มีลักษณะคว่ำหน้าหรือป้ายที่มีลักษณะเงยหน้า ลำดับต่อมาเป็นการทดลองโดยในลักษณะการถ่ายภาพ 7 ลักษณะคือ กำหนดภาพหน้าตรง เอียงซ้าย 15 องศา เอียงซ้าย 30 องศา เอียงซ้าย 45 องศา เอียงขวา 15 องศา เอียงขวา 30 องศา เอียงขวา 45 องศา จากการทดลองด้วยภาพถ่าย 465 ภาพ ซึ่งแบ่งเป็นมุมมองละ 65 ภาพ มีผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

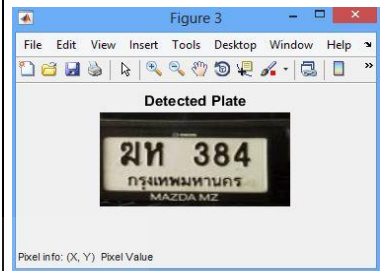
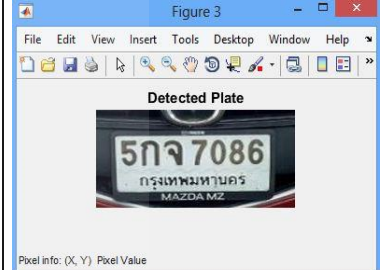
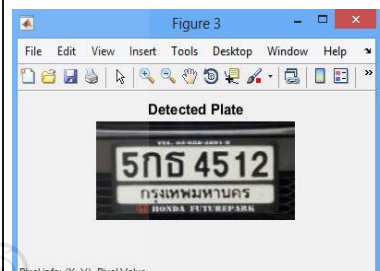
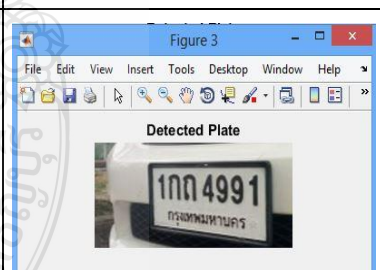
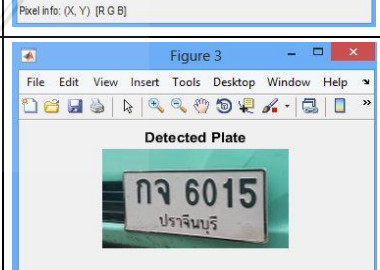
ตารางที่ 4.2 ผลของการค้นหาตำแหน่งของแผ่นตามลักษณะการถ่ายภาพ 7 ลักษณะ

องศาในการถ่ายภาพ	จำนวนแผ่นป้ายที่ใช้ในการทดลอง	จำนวนตำแหน่งที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
เอียงซ้าย 45°	65	58	89.23 %
เอียงซ้าย 30°	65	60	92.30 %
เอียงซ้าย 15°	65	64	98.46 %
หน้าตรง	65	65	100.0 %
เอียงขวา 15°	65	63	96.92 %
เอียงขวา 30°	65	63	96.92 %
เอียงขวา 45°	65	60	92.30 %
รวม	465	433	93.12 %

จากตารางการทดลองที่ 4.2 พบว่าเทคนิคที่นำเสนอสามารถตรวจจับแผ่นป้ายให้ความถูกต้องทั้งหมดจำนวน 433 ภาพ โดยเฉลี่ย 93.12 จากจำนวนแผ่นป้าย 465 ภาพ และยังให้ความถูกต้องที่ร้อยละ 100 ในลักษณะการถ่ายภาพหน้าตรง ซึ่งผลการทดลองในมุมมองที่น้อยที่สุดในลักษณะของการถ่ายภาพเอียงซ้าย 45 องศา คิดเป็นร้อยละ 89.23 โดยเทคนิคที่ใช้มีข้อดีคือ สามารถค้นหาตำแหน่งป้ายทะเบียนในกรณีที่แผ่นป้ายทำมุมกล้องถ่ายภาพเอียง ซึ่งเป็นผลทำให้การค้นหาแผ่นป้ายมีความหลากหลายมากขึ้นดังรูปที่ 4.1 เป็นตัวอย่างผลการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนประเภทที่ 1 และดังรูปที่ 4.2 เป็นผลการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายประเภทที่ 2 เป็นภาพที่ผ่านการแปลงสัมพรรค

ภาพต้นฉบับ	ตำแหน่งของแผ่นป้าย	ผลการแสดงตำแหน่ง
		
		
		
		
		

รูปที่ 4.1 ตัวอย่างผลการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนประเภทที่ 1

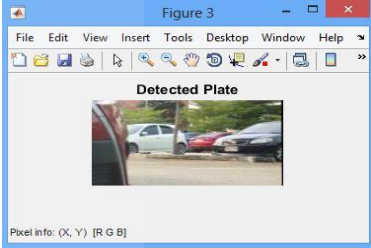
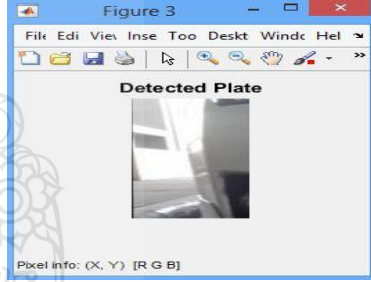
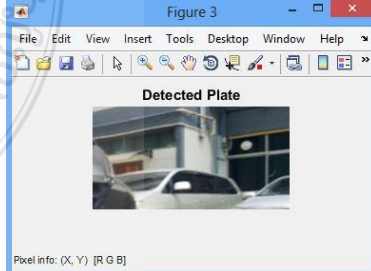
ภาพต้นฉบับ	ตำแหน่งของแผ่นป้าย	ผลการแสดงตำแหน่ง
		
		
		
		
		

รูปที่ 4.1 ตัวอย่างผลการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนประเภทที่ 1 (ต่อ)

ภาพต้นฉบับ	ตำแหน่งของแผ่นป้าย	ผลการแสดงตำแหน่ง
		
		
		
		
		

รูปที่ 4.2 ตัวอย่างผลการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนประเภทที่ 2

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 และผลการทดลองตารางที่ 4.2 เป็นผลการทดลองโดยการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายที่มีลักษณะตรงในระนาบแกน X และภาพที่มีลักษณะเงหน้าหรือคว่ำลง รวมถึงการทดลองลักษณะการถ่ายภาพ 7 แบบ โดยทดลองกับแผ่นป้ายทั้งหมดจำนวน 465 ภาพ มีผลการทดลองที่ถูกต้องโดยเฉลี่ยร้อยละ 93.12 ซึ่งมีความผิดพลาด 32 แผ่นป้าย คิดเป็นร้อยละ 6.88 ซึ่งความผิดพลาดเกิดจากลักษณะการถ่ายภาพที่มีมุมเอียงมากเกินไปและระยะในการถ่ายภาพซึ่งมีความผิดพลาดดังรูปที่ 4.3

ภาพต้นฉบับ	ตำแหน่งของแผ่นป้าย	ผลการแสดงตำแหน่ง
		
		
		

รูปที่ 4.3 ตัวอย่างผลการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนที่ผิดพลาด

4.2 ผลการรู้จำตัวอักษรบนแผ่นป้าย (Character Recognition: CR)

การรู้จำตัวอักษร งานวิจัยนี้พัฒนาด้วยเทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสง (Optical Character Recognition: OCR) ร่วมกับการหาค่าที่ใกล้เคียง (K-Nearest Neighbor: K-NN) ซึ่งสามารถแบ่งผลการทดลองออกเป็นหลายส่วน ขึ้นอยู่กับลักษณะของภาพที่นำมาประมวล ผลการทดลองอันดับแรกเป็นการแบ่งส่วนภาพตัวอักษร (Segmentation) ซึ่งผลการแบ่งส่วนภาพแสดงถึงประสิทธิภาพของการปรับปรุงภาพ (Normalization) โดยเป็นขั้นตอนแรกของการรู้จำตัวอักษรด้วยแสง (OCR) ในการทดลองกับภาพถ่าย 465 ภาพ โดยแบ่งเป็นภาพที่มีตัวอักษรแผ่นป้าย 7 ตัวอักษร ภาพที่มี 6 ตัวอักษร และภาพที่มี 5 ตัวอักษร จากการทดลองสรุปผลการแบ่งส่วนภาพดังตารางที่ 4.3

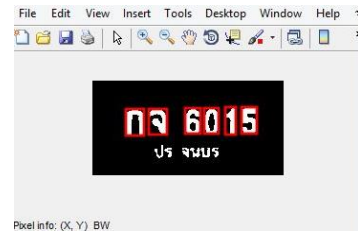
ตารางที่ 4.3 ผลจากการแบ่งส่วนภาพ

จำนวนภาพที่ใช้ในการทดลอง	จำนวนตัวอักษรแผ่นป้าย 3 แบบ	จำนวนแผ่นป้าย	จำนวนตัวอักษรแผ่นป้ายทั้งหมด	ผลจากการแบ่งตัวอักษร
465 ภาพ	5 ตัวอักษร	7 ภาพ	35 ตัวอักษร	35 ตัวอักษร
	6 ตัวอักษร	310 ภาพ	1,860 ตัวอักษร	1,788 ตัวอักษร
	7 ตัวอักษร	148 ภาพ	1,036 ตัวอักษร	861 ตัวอักษร

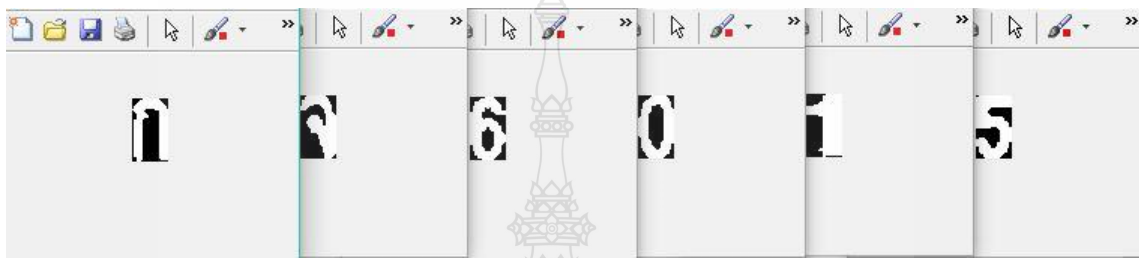
จากตารางที่ 4.3 เป็นผลการทดลองในขั้นตอนของการแบ่งส่วนภาพ ซึ่งจากจำนวนภาพทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง สามารถสรุปผลการทดลองโดยภาพที่มีจำนวน 5 ตัวอักษร สามารถแบ่งส่วนได้ 35 ตัวอักษร คิดเป็นร้อยละ 100 ภาพที่มีจำนวน 6 ตัวอักษร สามารถแบ่งส่วนได้ 1,788 ตัวอักษร คิดเป็นร้อยละ 96.13 และภาพที่มีจำนวน 7 ตัวอักษร สามารถแบ่งส่วนได้ 861 ตัวอักษร คิดเป็นร้อยละ 83.10 จากผลการทดลองดังกล่าว แสดงผลของการแบ่งภาพตัวอักษรโดยการสร้างเส้นอ้างอิงขอบภาพ เพื่อแสดงถึงตัวอักษรที่นำไปใช้ในการรู้จำดังรูปที่ 4.4 ซึ่งในการทดลองยังมีความผิดพลาดเกิดจาก ภาพตัวอักษรติดกับขอบแผ่นป้าย ทำให้บริเวณของตัวอักษรที่ผ่านการขั้นตอนการปรับปรุงภาพขาดหาย ซึ่งเป็นผลมาจากมุมมองของการถ่ายภาพเอียง ทำให้ตัวอักษรที่อยู่ตำแหน่งสุดท้ายมีขนาดเล็กลง และติดกับขอบแผ่นป้าย ดังรูปที่ 4.5



(ก) ผลการค้นหาแผ่นป้าย



(ข) ผลการปรับปรุงภาพและเส้นอ้างอิงขอบภาพ

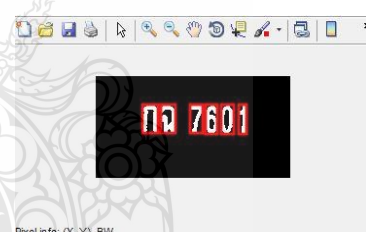


(ค) ผลการแบ่งส่วนภาพ

รูปที่ 4.4 ผลการแบ่งส่วนภาพ



(ก) ผลการค้นหาแผ่นป้าย

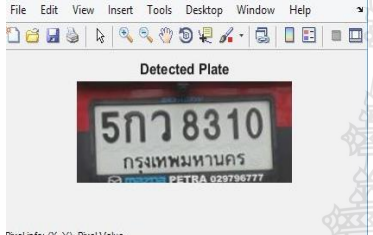
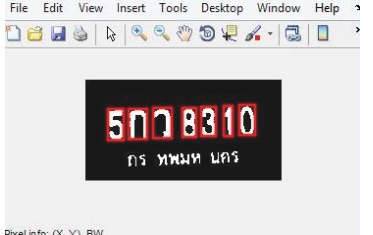
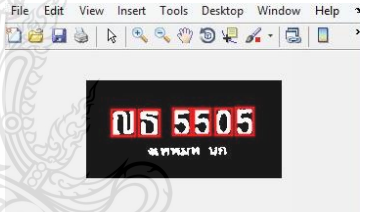
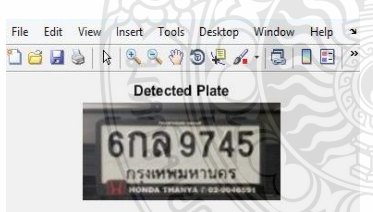
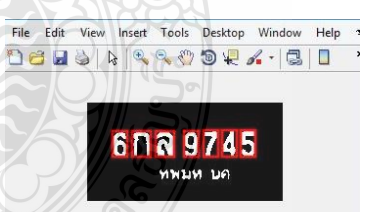
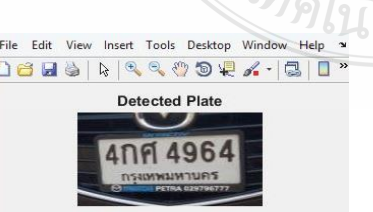
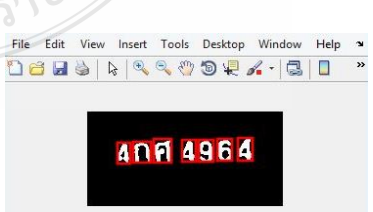


(ข) ผลการปรับปรุงภาพและเส้นอ้างอิงขอบภาพ

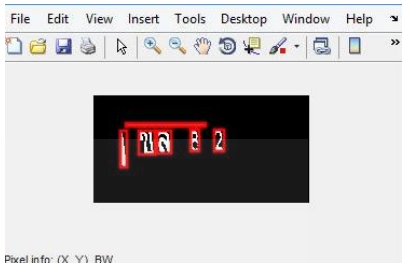
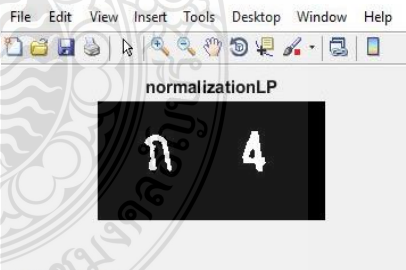


(ค) ผลการแบ่งส่วนภาพ

รูปที่ 4.4 ผลการแบ่งส่วนภาพ (ต่อ)

ผลการแสดงตำแหน่งแผ่นป้าย	การปรับปรุงภาพและการแบ่งตัวอักษรด้วยเส้นอ้างอิงขอบภาพ
 Pixel info: (X, Y) [R G B]	 Pixel info: (X, Y) Pixel Value
 Pixel info: (X, Y) Pixel Value	 Pixel info: (X, Y) BW
 Pixel info: (X, Y) Pixel Value	 Pixel info: (X, Y) Pixel Value
 Pixel info: (X, Y) Pixel Value	 Pixel info: (X, Y) Pixel Value
 Pixel info: (X, Y) Pixel Value	 Pixel info: (X, Y) Pixel Value

รูปที่ 4.4 ผลการแบ่งส่วนภาพ (ต่อ)

ผลจากการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย	การปรับปรุงภาพและสาเหตุความผิดพลาดของการแบ่งส่วนภาพ
 (ก) ภาพที่ผ่านการค้นหาตำแหน่ง	 (ข) เกิดจากความสมดุลของแสงทำให้ภาพมีบริเวณ ไบনারี่ที่เป็นขอบแผ่นป้าย
 (ค) ภาพที่ผ่านการค้นหาตำแหน่ง	 (ง) ตัวอักษรภาพติดขอบแผ่นป้าย
 (จ) ภาพที่ผ่านการค้นหาตำแหน่ง	 (ฉ) ตัวอักษรขาดหายไม่สมบูรณ์

รูปที่ 4.5 ตัวอย่างภาพที่มีความผิดพลาดจาขั้นตอนการปรับปรุงภาพและการแบ่งส่วน

จากตารางที่ 4.3 ผลการแบ่งส่วนภาพ ลำดับต่อมาเป็นการจดจำตัวอักษรโดยนำภาพที่สามารถแบ่งส่วนไปจดจำตัวอักษรโดยใช้การหาค่าสัมประสิทธิ์ของภาพ 2 ภาพผลที่ได้เป็นค่าน้ำหนักของข้อมูลภาพนั้นๆ มีค่าน้ำหนักไม่เกิน 1 ซึ่งเป็นขั้นตอนของเทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสงพัฒนา ร่วมกับการหาค่าที่ใกล้เคียง สรุปผลการทดลองดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลจากการรู้จำตัวอักษร

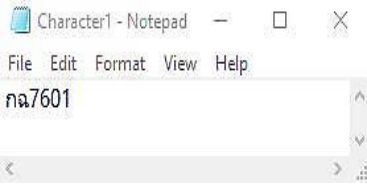
จำนวนภาพที่ใช้ ในการทดลอง	จำนวนตัวอักษร แผ่นป้าย 3 แบบ	ผลจากการแบ่ง ตัวอักษร	ผลการรู้จำ ตัวอักษรที่ถูกต้อง	ผลการรู้จำ คิดเป็นร้อยละ
465 ภาพ	5 ตัวอักษร	35 ตัวอักษร	35 ตัวอักษร	100 %
	6 ตัวอักษร	1,788 ตัวอักษร	1,779 ตัวอักษร	95.64 %
	7 ตัวอักษร	861 ตัวอักษร	853 ตัวอักษร	82.33 %
รวม		2,684 ตัวอักษร	2,667 ตัวอักษร	91.00 %

จากตารางที่ 4.4 เป็นผลการทดลองการรู้จำตัวอักษร โดยใช้เทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสง (OCR) ร่วมกับการหาค่าที่ใกล้เคียง (K-NN) เป็นการทดลองลำดับต่อมาจากการแบ่งส่วนภาพ จากตารางที่ 4.4 มีจำนวนตัวอักษรที่ถูกต้องทั้งหมด 2,667 ตัวอักษรจากจำนวน 2931 ตัวอักษร คิดเป็นร้อยละ 91.00 จากจำนวนตัวอักษรในแผ่นป้ายที่นำมาทดลองทั้งหมด จากตารางจะเห็นว่า ผลของการรู้จำป้ายแบบ 5 ตัวอักษร มีประสิทธิภาพสูงที่สุดโดยเฉลี่ยร้อยละ 100 แต่ป้ายแบบ 7 ตัวอักษรมีประสิทธิภาพการรู้จำน้อยที่สุดที่ร้อยละ 82.33 ลำดับต่อมางานวิจัยนี้เป็นการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียน โดยภายใน 1 แผ่นป้ายที่นำมาทดลอง มีจำนวนของตัวอักษรไม่เท่ากันดังการทดลองข้างต้น ในงานวิจัยนี้เป็นการทดลองรู้จำแผ่นป้าย ซึ่งนั่นหมายถึงความถูกต้องของตัวอักษรทั้งหมดบนแผ่นป้ายที่นำมาทดลอง งานวิจัยนี้ทดลองรู้จำแผ่นป้ายทะเบียน โดยจำแนกตามองศาการถ่ายภาพ 7 ลักษณะคือ กำหนดภาพหน้าตรง เอียงซ้าย 15 องศา เอียงซ้าย 30 องศา เอียงซ้าย 45 องศา เอียงขวา 15 องศา เอียงขวา 30 องศา เอียงขวา 45 องศา ซึ่งแบ่งเป็นมุมมองละ 65 ภาพ จากการทดลองด้วยภาพถ่าย 465 ภาพ มีผลการทดลองดังตารางที่ 4.5

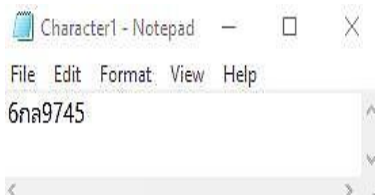
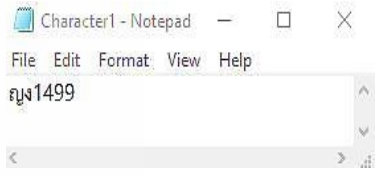
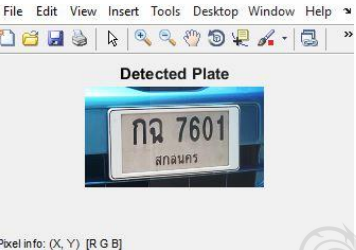
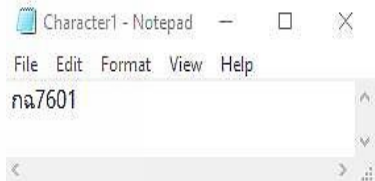
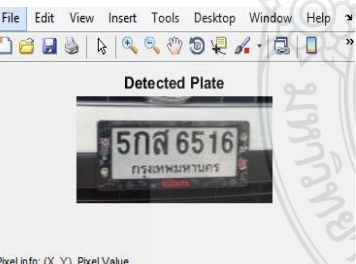
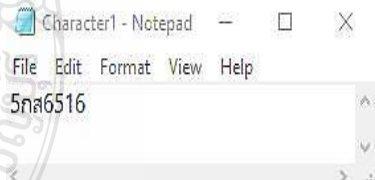
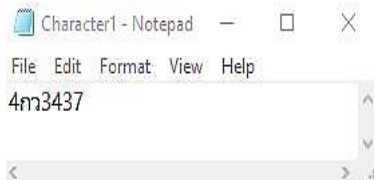
ตารางที่ 4.5 ผลจากการรู้จำตัวอักษรบนแผ่นป้าย

องศาในการถ่ายภาพ	จำนวนแผ่นป้ายที่ใช้ในการทดลอง	จำนวนแผ่นป้ายที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
เอียงซ้าย 45°	65	53	81.53 %
เอียงซ้าย 30°	65	59	90.76 %
เอียงซ้าย 15°	65	62	95.38 %
หน้าตรง	65	65	100.0 %
เอียงขวา 15°	65	63	96.92 %
เอียงขวา 30°	65	62	95.38 %
เอียงขวา 45°	65	55	84.61 %
รวม	465	419	90.10 %

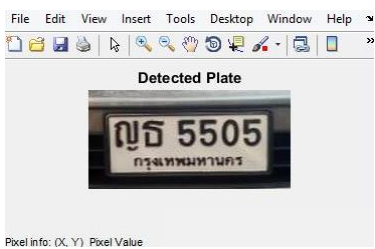
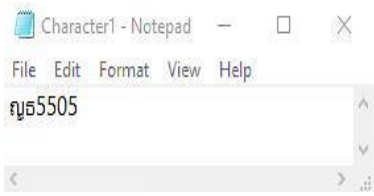
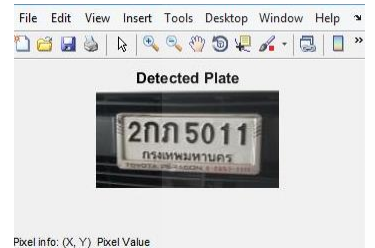
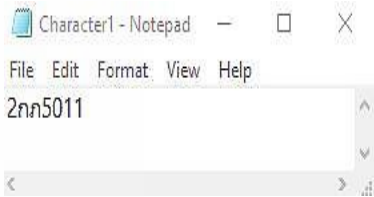
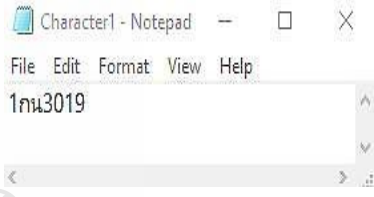
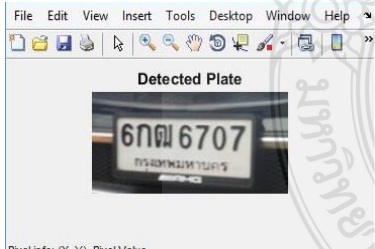
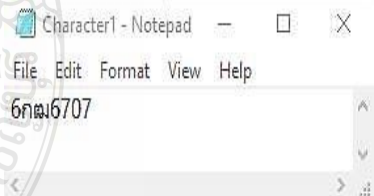
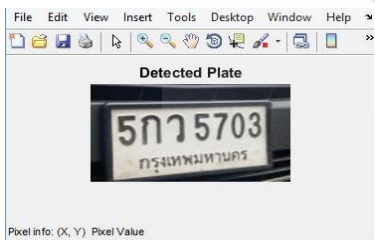
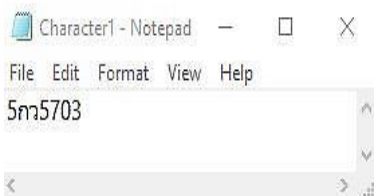
จากตารางที่ 4.5 เป็นผลของการทดลองโดยใช้ภาพถ่ายแผ่นป้ายทะเบียนจำนวน 465 ภาพ แบ่งเป็นองศาการถ่ายภาพ ± 45 องศา คือ ภาพถ่ายเอียงซ้ายไม่เกิน 45 องศา และภาพถ่ายเอียงขวาไม่เกิน 45 องศา มีผลการทดลองโดยเฉลี่ยร้อยละ 90.10 โดยเทคนิคที่น่าเสนอและผลการทดลองดังกล่าวมีประสิทธิภาพสูงสุดที่การรู้จำตัวอักษรในลักษณะภาพถ่ายหน้าตรงโดยเฉลี่ยร้อยละ 100 ซึ่งในการทดลองรู้จำตัวอักษรที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดในลักษณะการถ่ายภาพเอียงซ้าย 45 องศา โดยเฉลี่ยร้อยละ 81.53 โดยมีผลการทดลองดังรูปที่ 4.6 ซึ่งเทคนิคดังที่กล่าวมีข้อดีคือ สามารถรู้จำตัวอักษรบนป้ายกรณีที่แผ่นป้ายทำมุมกล้องถ่ายภาพเอียง โดยงานวิจัยนี้ส่งผลต่อการนำไปพัฒนาในส่วนของการรู้จำป้ายที่ใช้ภายในอาคาร ที่มีลักษณะการตั้งกล้องถ่ายภาพในมุมเอียง

ผลการแสดงตำแหน่ง	ผลการรู้จำ	แสดงเป็นตัวอักษรที่แก้ไขได้
	<pre>word = 'ก' 'ฉ' '7' '6' '0' '1' Elapsed time is 8.387079 seconds. >> </pre>	

รูปที่ 4.6 ผลการรู้จำตัวอักษร

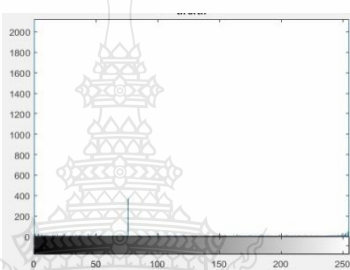
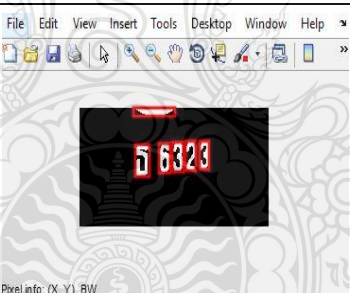
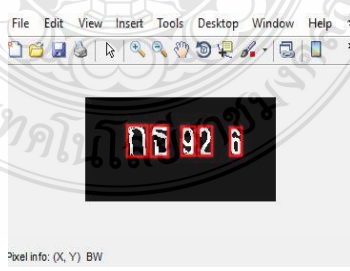
ผลการแสดงตำแหน่ง	ผลการรู้จำ	แสดงเป็นตัวอักษรที่แก้ไขได้
 Detected Plate 6กข 9745 กรุงเทพมหานคร HONDA THARYA / 02-0040001 Pixel info: (X, Y) Pixel Value	word = '6' 'ก' 'ข' '9' '7' '4' '5' Elapsed time is 9.659314 seconds. >>	 Character1 - Notepad File Edit Format View Help 6กข9745
 Detected Plate ญง 1499 กรุงเทพมหานคร Pixel info: (X, Y) Pixel Value	word = 'ญ' 'ง' '1' '4' '9' '9' Elapsed time is 8.638497 seconds. >>	 Character1 - Notepad File Edit Format View Help ญง1499
 Detected Plate กข 7601 สกลนคร Pixel info: (X, Y) [R G B]	word = 'ก' 'ข' '7' '6' '0' '1' Elapsed time is 2.689270 seconds. >>	 Character1 - Notepad File Edit Format View Help กข7601
 Detected Plate 5กข 6516 กรุงเทพมหานคร Pixel info: (X, Y) Pixel Value	word = '5' 'ก' 'ข' '6' '5' '1' '6' Elapsed time is 2.702227 seconds. >>	 Character1 - Notepad File Edit Format View Help 5กข6516
 Detected Plate 4กข 3437 กรุงเทพมหานคร Pixel info: (X, Y) [R G B]	word = '4' 'ก' 'ข' '3' '4' '3' '7' Elapsed time is 9.612998 seconds. >>	 Character1 - Notepad File Edit Format View Help 4กข3437

รูปที่ 4.6 ผลการรู้จำตัวอักษร (ต่อ)

ผลการแสดงตำแหน่ง	ผลการรู้จำ	แสดงเป็นตัวอักษรที่แก้ไขได้
	<pre>word = 'ญ' 'ธ' '5' '5' '0' '5' Elapsed time is 8.488551 seconds. >></pre>	
	<pre>word = '2' 'ก' 'ข' '5' '0' '1' '1' Elapsed time is 9.690863 seconds. >></pre>	
	<pre>word = '1' 'ก' 'น' '3' '0' '1' '9' Elapsed time is 2.665721 seconds. >></pre>	
	<pre>word = '6' 'ก' 'ฉ' '6' '7' '0' '7' Elapsed time is 9.732369 seconds. >></pre>	
	<pre>word = '5' 'ก' 'ฏ' '5' '7' '0' '3' Elapsed time is 9.682865 seconds. >></pre>	

รูปที่ 4.6 ผลการรู้จำตัวอักษร (ต่อ)

จากตารางผลการทดลองที่ 4.5 ผลการรู้จำตัวอักษรบนแผ่นป้ายมีความถูกต้องที่ร้อยละ 90.10 มีความผิดพลาดในการรู้จำที่ร้อยละ 9.9 ซึ่งความผิดพลาดเกิดจาก ผลของการค้นหาตำแหน่งป้ายและผลของขั้นตอนการปรับปรุงภาพ เนื่องจากภาพที่ใช้ในการทดลองเป็นภาพที่มีความเข้มแสงแตกต่างกัน มีมุมมองการถ่ายภาพเอียงที่ต่างกันไป ทำให้ส่งผลต่อการรู้จำตัวอักษรตำแหน่งสุดท้ายของป้ายมีขนาดเล็กกว่าตัวอักษรด้านหน้า และภาพที่มีสัญญาณรบกวนขอบภาพ ทำให้โครงสร้างของตัวอักษรติดกับขอบแผ่นป้าย มีตัวอย่างการรู้จำที่ผิดพลาดดังรูปที่ 4.7

ผลจากการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย	สาเหตุความผิดพลาด	ผลจากการรู้จำที่ผิดพลาด
 (ก) ภาพที่ผ่านการค้นหาตำแหน่ง	 (ข) เกิดจากความสมดุลแสง	<pre>word = 'ข' 'ล' Elapsed time is 2.670680 seconds. >></pre>
 (ค) ภาพที่ผ่านการค้นหาตำแหน่ง	 (ง) ตัวอักษรติดขอบภาพ	<pre>word = '5' '6' '3' '2' '3' Elapsed time is 2.788917 seconds. >></pre>
 (จ) ภาพที่ผ่านการค้นหาตำแหน่ง	 (ฉ) ตัวอักษรขาดหาย	<pre>word = 'ก' '5' '9' '2' '6' Elapsed time is 2.681340 seconds. >></pre>

รูปที่ 4.7 ผลการรู้จำตัวอักษรที่ผิดพลาด

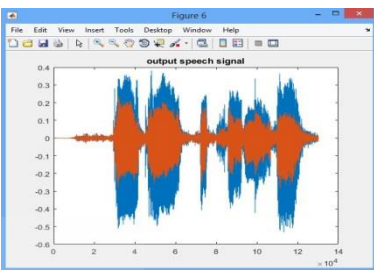
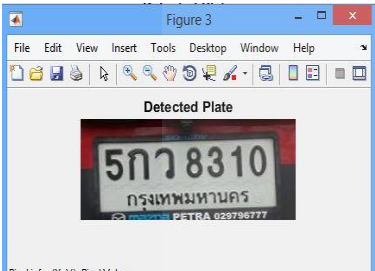
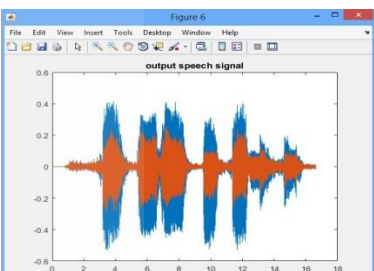
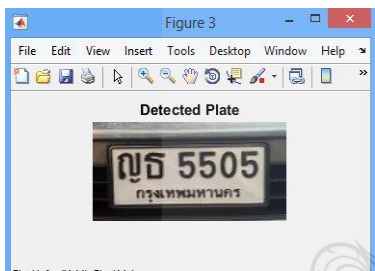
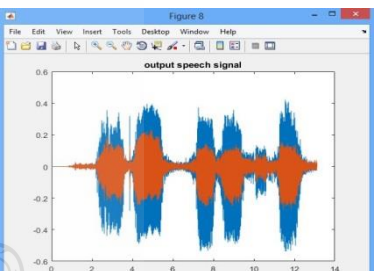
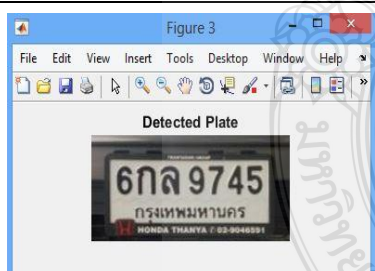
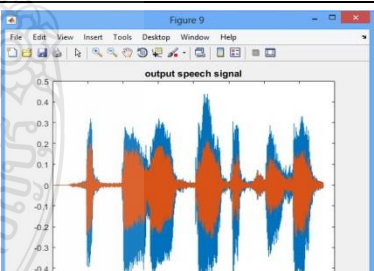
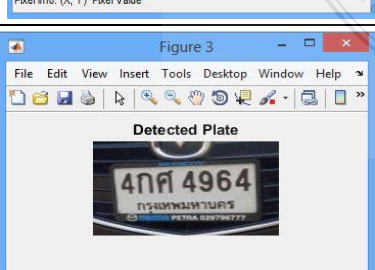
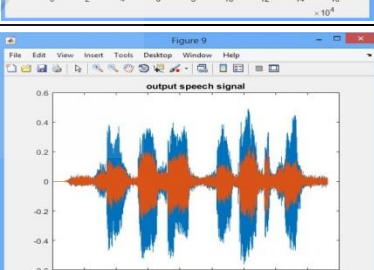
4.3 การเปรียบเทียบตัวอักษรและเปลี่ยนเป็นเสียง (Speech Generating)

การเปรียบเทียบตัวอักษรและเปลี่ยนเป็นเสียง งานวิจัยนี้พัฒนาโดยนำผลการรู้จำตัวอักษรเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลเสียงที่บันทึกขึ้นเอง เป็นเสียงข้อมูลของผู้ใช้จริง สรุปผลการทดลองดังตารางที่ 4.6

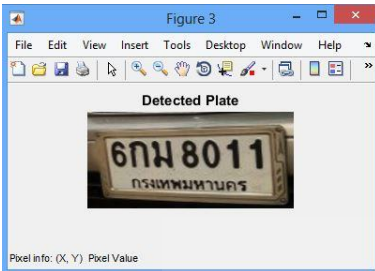
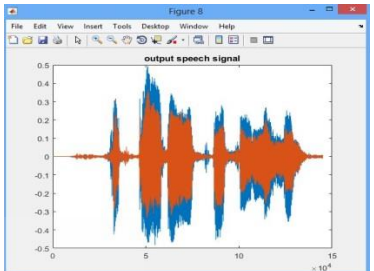
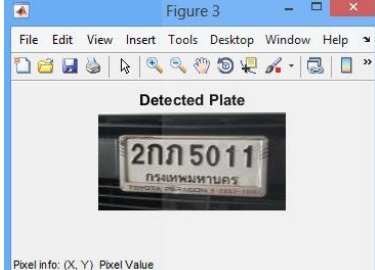
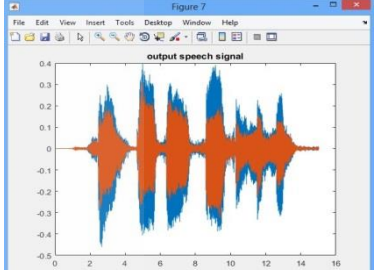
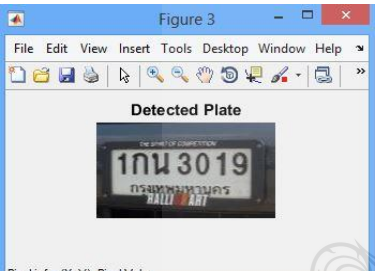
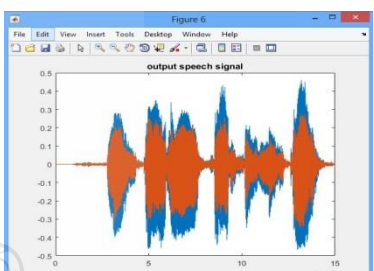
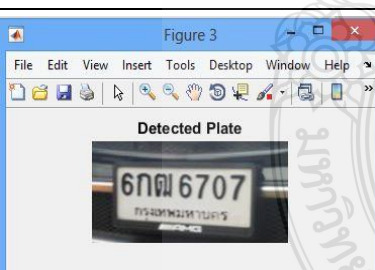
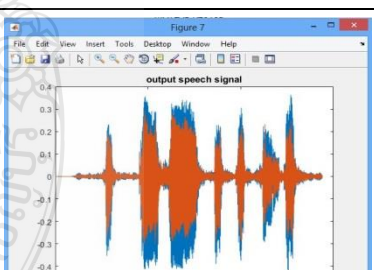
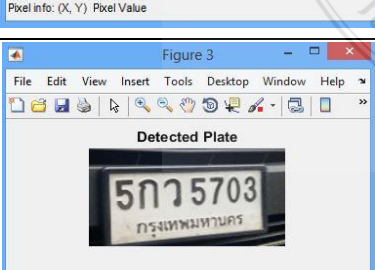
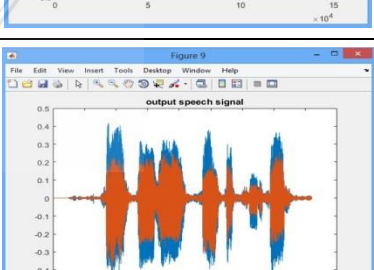
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการเปลี่ยนตัวอักษรเป็นเสียง

องศาในการถ่ายภาพ	จำนวนแผ่นป้ายที่ใช้ในการทดลอง	จำนวนเสียงที่ถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
เอียงซ้าย 45°	65	53	81.53 %
เอียงซ้าย 30°	65	59	90.76 %
เอียงซ้าย 15°	65	62	95.38 %
หน้าตรง	65	65	100.0 %
เอียงขวา 15°	65	63	96.92 %
เอียงขวา 30°	65	62	95.38 %
เอียงขวา 45°	65	55	84.61 %
รวม	465	419	90.10 %

จากตารางผลการทดลองที่ 4.6 การเปรียบเทียบตัวอักษรและเปลี่ยนเป็นเสียงมีความถูกต้องร้อยละ 90.10 มีความผิดพลาดในการแสดงเสียงที่ร้อยละ 9.9 ความผิดพลาดของการแสดงเสียงเนื่องจากความผิดพลาดของการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายและการรู้จำตัวอักษร โดยมีตัวอย่างการเปรียบเทียบตัวอักษรและเปลี่ยนเป็นเสียงดังรูปที่ 4.8 ซึ่งผลการทดลองของการแสดงเสียงมีความแม่นยำเท่ากับผลจากการรู้จำตัวอักษรเสมอ

ผลการแสดงตำแหน่ง	ผลการรู้จำตัวอักษร	ผลการแสดงเสียง
	word = 'ก' 'จ' '1' '6' '0' '1' Elapsed time is 2.689270 seconds. >>	
	word = '5' 'ก' 'ฏ' '8' '3' '1' '0' Elapsed time is 2.828204 seconds. >>	
	word = 'น' 'ฐ' '5' '5' '0' '5' Elapsed time is 8.488551 seconds. >>	
	word = '6' 'ก' 'ค' '9' '7' '4' '5' Elapsed time is 9.659314 seconds. >>	
	word = '4' 'ก' 'ค' '4' '9' '6' '4' Elapsed time is 2.840272 seconds. >>	

รูปที่ 4.8 ตัวอย่างผลการทดลองเปลี่ยนตัวอักษรเป็นเสียง

ผลการแสดงตำแหน่ง	ผลการรู้จำตัวอักษร	ผลการแสดงเสียง
	word = '6' 'ก' 'ม' '8' '0' '1' '1' Elapsed time is 2.846200 seconds. >>	
	word = '2' 'ก' 'บ' '5' '0' '1' '1' Elapsed time is 9.690863 seconds. >>	
	word = '1' 'ก' 'น' '3' '0' '1' '9' Elapsed time is 2.665721 seconds. >>	
	word = '6' 'ก' 'ฉ' '6' '7' '0' '7' Elapsed time is 9.732369 seconds. >>	
	word = '5' 'ก' 'ว' '5' '7' '0' '3' Elapsed time is 9.682865 seconds. >>	

รูปที่ 4.8 ตัวอย่างผลการทดลองเปลี่ยนตัวอักษรเป็นเสียง (ต่อ)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การรู้จำตัวอักษรป้ายทะเบียนด้วยเทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสงร่วมกับการหาค่าที่ใกล้เคียงโดยแสดงผลเป็นเสียงพูด งานวิจัยนี้แบ่งขั้นตอนการทดลองออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่หนึ่งคือการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย (Location License Plate: LLP) ประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงสัมพรรค (Affine Transformation: AT) แก้ไขภาพถ่ายเอียง และใช้เทคนิคการค้นหาขอบภาพโซเบล (Sobel Edge) เพิ่มความเข้มของเส้นขอบภาพ จากนั้นแปลงภาพด้วยเทคนิคมอร์โฟโลยีแบบเปิด (Opening) เพื่อลดสัญญาณรบกวนเปรียบเทียบค่าเทรชโวลด์แปลงเป็นภาพไบนารีตามลำดับ ขั้นตอนต่อมาแปลงภาพด้วยเทคนิคมอร์โฟโลยีแบบขยาย (Dilation) เทคนิคมอร์โฟโลยีแบบกัดกร่อน (Erosion) ซึ่งผลการประมวลผลภาพจะได้ตำแหน่งของบริเวณไบนารีที่คาดว่าเป็นตำแหน่งของแผ่นป้าย มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมหรือวัตถุแบบ Rectangle ลำดับต่อมาวิเคราะห์พื้นที่ไบนารี (Blob Analysis) และคำนวณหาขอบบน-ล่าง ขอบซ้าย-ขวา ขยายบริเวณไบนารี จะได้ไบนารีที่มีพื้นที่มากขึ้นและสกัดตำแหน่งของบริเวณไบนารี เปรียบเทียบกับภาพระดับระดับสี (RGB) แสดงตำแหน่งของภาพที่คาดว่าเป็นแผ่นป้ายทะเบียน ส่วนที่สองคือการรู้จำตัวอักษรพัฒนาโดยเทคนิคการรู้จำด้วยแสง (Optical Character Recognition: OCR) ซึ่งสามารถแบ่งย่อยออกเป็นหลายขั้นตอนโดยอันดับแรก แปลงภาพด้วยเทคนิคการเพิ่มความคมชัด (Image Contrast) ทำให้ภาพคมชัดมากขึ้น ลำดับต่อมาแปลงภาพเทรชโวลด์ (Threshold) และกรองสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการ (Fill-hold) แปลงภาพด้วยเทคนิคมอร์โฟโลยีแบบเปิดและเทคนิคมอร์โฟโลยีแบบปิดตามลำดับ เปรียบเทียบตำแหน่งของภาพที่ผ่านการเพิ่มความคมชัดและภาพที่ผ่านการกรองสัญญาณรบกวน จะได้ตำแหน่งของภาพป้ายทะเบียนที่ไม่มีสัญญาณรบกวนขอบภาพ จากนั้นแปลงภาพเทรชโวลด์ (Threshold) เป็นการตั้งระดับของภาพเปรียบเทียบพิกเซลภาพผลการเปรียบเทียบเป็นภาพไบนารี (0,1) แล้วกรองสัญญาณรบกวน (noise) ทำการวิเคราะห์ไบนารี (ค้นหาพื้นที่ของไบนารีที่ต้องการ) แล้วทำการแบ่งภาพตัวอักษรหรือบริเวณไบนารีออกจากกัน ลำดับต่อมาเป็นการรู้จำภาพใช้การเปรียบเทียบตัวอักษรกับแม่แบบ กล่าวอีกคือการหาค่าสัมประสิทธิ์ของภาพ (Two-Correlation Coefficient) ระหว่างแม่แบบภาพกับภาพตัวอักษร ปรับขนาดให้เท่ากันจะได้ค่าน้ำหนักของตัวอักษร แล้วใช้การหาค่าที่ใกล้เคียง (K-Nearest Neighbor: K-NN) เปรียบเทียบน้ำหนักของฐานข้อมูลตัวอักษร แสดงเป็นตัวอักษรที่สามารถแก้ไขได้ (text) ลำดับ

สุดท้าย เป็นขั้นตอนในการแสดงผลของการเปรียบเทียบตัวอักษรที่ได้จากการรู้จำกับฐานข้อมูลเสียง
แสดงผลเป็นเสียงข้อมูลของผู้ใช้รถและสัญญาณเสียง

จากเทคนิคและขั้นตอนดังกล่าวการค้นหาคำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนและการรู้จำตัวอักษรมี
ผลการทดลองโดยเฉลี่ยร้อยละ 93.12 และร้อยละ 90.10 ตามลำดับ รวมถึงการแสดงข้อความเสียงมีผล
ความถูกต้องโดยเฉลี่ยร้อยละ 90.10 ซึ่งผลการทดลองยังมีข้อผิดพลาดเนื่องจากไม่สามารถเก็บข้อมูล
ของแผ่นป้ายในสถานะที่มีความสมดุลของแสงเท่ากันและยัง無法รู้จำแผ่นป้ายทะเบียนกรณีที่
แผ่นป้ายทำมุมกล้องถ่ายภาพเอียงเกินกว่า ± 45 องศา

5.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนา

- 5.2.1 การเก็บข้อมูลภาพถ่ายนอกเหนือจากองศาที่ใช้ในการทดลอง
- 5.2.2 การเก็บข้อมูลภาพถ่ายในสภาพแวดล้อมที่มีสัญญาณรบกวนสูง
- 5.2.3 การเปลี่ยนตัวอักษรเป็นเสียงไม่เหมาะในการใช้งานของระบบรู้จำแผ่นป้าย

บรรณานุกรม

- [1] Jonghoon Kim, Junggha Jin, Keecheon, “Multiple studies using license plate recognition system HD CCTV,” 2016 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData), pp. 594-597, 2016.
- [2] Surjandy , Firman Anindra, Haryono Soeparno, Togar Alam Napitupulu, “CCTV Traffic congestion analysis at Pejompongan using case based reasoning,” International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT), International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, pp. 861-865, 2018.
- [3] Hung Ngoc Do, Minh-Thanh Vo, Bao Quoc Vuong, Huy Thanh Pham, An Hoang Nguyen, Huy Quoc Luong, “Automatic license plate recognition using mobile device,” International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC), pp. 268 - 271, 2016.
- [4] Sumanta Subhadhira, Usarat Juithonglang , Paweena Sakulkoo , Punyaphol Horata , “License plate recognition application using extreme learning machines,” Third ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC), pp. 103 - 106, 2014.
- [5] Y. K. Al-Audah, A. K. Al-Juraifani, M. A. Deriche , “A Real-Time License Plate Recognition System for Saudi Arabia using Lab VIEW” , 3rd International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA), pp. 160 - 164, 2012.
- [6] Jakub Wosyka, Pavel Přebyl CSc, “Real-Time Travel Time Estimation on Highways Using Loop Detector Data and License Plate Recognition” ELEKTRO, pp. 391-394, 2012.
- [7] Rong-Tsai Lee , King-Chu Hung , “Real-Time Vehicle License Plate Recognition Based on 1-D Discrete Periodic Wavelet Transform”, International Symposium on Computer, Consumer and Control , pp. 914 - 917, 2012.
- [8] Sachin Prabhu B , Subramaniam Kalambur, Dinkar Sitaram, “Recognition of Indian License Plate Number from Live Stream Videos”, International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), pp. 2359 - 2365, 2017.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [9] HIL'RIO SEIBEL, SIOME GOLDENSTEIN, ANDERSON ROCHA, "Eyes on the Target: Super-Resolution and License-Plate Recognition in Low-Quality Surveillance Videos," IEEE Access, vol. 5, pp. 20020 - 20035, 2017.
- [10] Mikolaj Leszczuk, Lucjan Janowski , "Database for Video Quality Assessment in License Plate Recognition," Signal Processing: Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications (SPA), pp. 51 – 55. 2013.
- [11] Tiange Li, Song Yu , "Parallel License Plate Recognition Scheme based on Image Splicing for Intelligent Transportation System" International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT 2015), pp. 1482 - 1485, 2015.
- [12] Ni Hao. Liu Fanghua, Ruan Ruolin, "Image Super-Resolution via Sparse Coding for Chinese License Plate Recognition," International Congress on Image and Signal Processing (CISP 2015), pp. 944 – 948. 2015.
- [13] Chaofeng Lan, Fengchen Li, Yingjian Jin, Xuemei Sui, Shouqiang Kang, Liping Zhang, "Research on the License Plate Recognition Based on Image Processing," Fifth International Conference on Instrumentation and Measurement, Computer, Communication and Control, pp. 731 - 734, 2015.
- [14] Chen yuping, "License Plate Location Based on Quantum Particle Swarm Optimization," 14th International Symposium on Distributed Computing and Applications for Business Engineering and Science, pp. 336 - 339. 2015.
- [15] Asadollah Shahbahrami, Babak Abad Foomani, Alireza Akoushideh, "A Style-Free and High Speed Algorithm for License Plate Detection," Iranian Conference on Machine Vision and Image Processing, pp. 76 - 81, 2017.
- [16] Yang Yong, Wang Chixi, Yu Bencheng, Yin Zhi-hao, "Research on the method of image preprocessing in license plate location," International Conference on Computational and Information Sciences. pp. 1084 - 1087. 2013.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [17] Zhao Youting, Yu Zhi, Li Xiyang, "Evaluation methodology for license plate recognition systems and experimental results," IET Intelligent Transport Systems, pp. 375 – 385, vol. 12, Is. 5, 2015.
- [18] Zied Selmi, Mohamed Ben Halima, Adel M. Alimi, "Deep Learning System for Automatic License Plate Detection and Recognition," 14th IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition, pp. 1132 – 1138, vol.1, 2017.
- [19] Rahim Panahi, Iman Gholampour, "Accurate Detection and Recognition of Dirty Vehicle Plate Numbers for High-Speed Applications," IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, Vol. 18, NO. 4, APRIL 2017.
- [20] Nauman Saleem , Hassam Muazzam , H.M.Tahir , Umar Farooq , "Automatic License Plate Recognition Using Extracted Features," 4th International Symposium on Computational and Business Intelligence, pp. 221 – 225. 2016.
- [21] Priyanto Hidayatullah, Nurjannah Syakrani, Ida Suhartini, Wildan Muhlis, "Optical Character Recognition Improvement for License Plate Recognition in Indonesia," UKSim-AMSS 6th European Modelling Symposium, pp. 249 - 254, 2012.
- [22] Safaa S. Omran, Jumana A. Jarallah, "Iraqi Car License Plate Recognition Using OCR," Annual Conference on New Trends in Information & Communications Technology Applications, pp. 298 – 303. 2017.
- [23] สุพจน์ ทรัพย์เปลี่ยนจำ. (2015). การใช้การแปลงฟูเรียร์อย่างเร็วร่วมกับซอฟต์แวร์แมชชีนสำหรับการรู้จำตัวเลข. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [24] ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์, (2550). การประมวลผลภาพดิจิทัลด้วย Matlab. แผนกตำรา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [25] BLOB Analysis (Introduction to Video and Image Processing: <http://what-when-how.com/introduction-to-video-and-image-processing/blob-analysis-introduction-to-video-and-image-processing-part-1/>) (สืบค้นออนไลน์)
- [26] Nikhil Pai, Vijaykumar S.Kolkure, "OPTICAL CHARACTER RECOGNITION: AN ENCOMPASSING REVIEW, IJRET International of Research in Engineering and Technology, pp. 407-409, 2015.
- [27] Thai OCR: Thai Optical Character Recognition: <http://thaiocr.phaisarn.com/ocr.html> (สืบค้นออนไลน์)
- [28] J.D. Hobby, "Page Decomposition and Signature Finding via Shape Classification and Geometric Layout," Proceedings of the Fifth International Conference on Document Analysis and Recognition, pp. 555 – 558, 1999.
- [29] Math Work: 2-D correlation coefficient: <https://www.mathworks.com/help/images/ref/corr2.html> (สืบค้นออนไลน์)
- [30] Sadegh Bafandeh Imandoust and Mohammad Bolandraftar, "Application of K-Nearest Neighbor (KNN) Approach for Predicting Economic Events: Theoretical Background," Journal of Engineering Research and Applications, Vol.3, Is.5, pp. 605-610.
- [31] ชายเดี่ยว เทียงธรรม. (2014). การแยกแยะอารมณ์เสียงพูดโดยซัพพอร์ตเวกเตอร์เมทชีนร่วมกับการใช้ FFT และ MFCC วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [32] R.C. Gonzalez , R .E. Woods , S .L. Essins. (2004). Digital Image Processing Using Matlab. America : Pearson Prentice Hall.
- [33] Er.Neetu Bhatia, "Optical Character Recognition Techniques: A Review", International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, Vol 4, Is 5,pp. 1219-1223. May 2014.
- [34] Adisorn Leelasantham, Supaporn Kiattisin, "A Position-Varied Plate Utilized for A Thai License Plate Recognition" SICE Conference on Annual, pp. 3303-3307, 2010.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [35] Worapan Kusakunniran, Kornthep Ngamaschariyakul, Chiyanan Chantaraviwat, Knon Janvittayanuchit, Kittikhun Thongkanvorn, “A Thai License Plate Localization using SVM”, International Conference on Computer Science and Engineering(ICSEC) , pp.163-167, 2014.
- [36] Tao Hong, Anilkumar Kothalil Gopalakrishnam, “License Plate Extraction and Recognition of a Thai Vehicle Based on MSER and BPNN” International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST), pp. 48-53, 2015.
- [37] Sumanta Subhadira, Usarat Juithonglang, Paweena Sakulkoo, Punyapho Horata, “License Plate Recognition Application using Extreme Learning Machines”, Third ICT International Conference on Student Project (ICT-ISPC), pp. 103-106, 2014.
- [38] P.sa-nagamuang, C.Thamnittasana, T.Kondo, “Thai Car License Plate Recognition Using Essential-Elements-Based Method”, Proceeding of Asia-Pacific Conference on Communication, pp. 41-44, 2007.
- [39] Kaset Sirisantisamrid, “Representation of Thai Character Features with Impulse Response of FIR System”, International Conference on Control, Automation and System (ICCAS 2017), pp. 517-521, 2017.
- [40] Khalil M.Ahmad Yousel, Maha Al-Tabanjah, Esraa Hudaib, Maymona Ikrai, “SIFT Based Automatic Number Plate Recognition”, International Conference on Information and Communication System (ICICS), pp. 124-129, 2015.
- [41] Hung Ngoc Do, Minh-Thanh Vo, Bao Quoc Vuong, Huy Thanh Pham, An Hong Nguyen, Huy Quoc Luong, “Automatic License Plate Recognition Using Mobile Device”, International Conference on Advanced Technologies for Communication (ATC), pp. 268-271, 2016.
- [42] Mandar Sovani, Dr. Duc Vo, Dr. Marimuthu Palaniswami, “A Feedback based method for License plate image binarization”, International Conference on Signal Processing and Communication System (ICSPCS), pp. 1-5, 2015.

บรรณานุกรม (ต่อ)

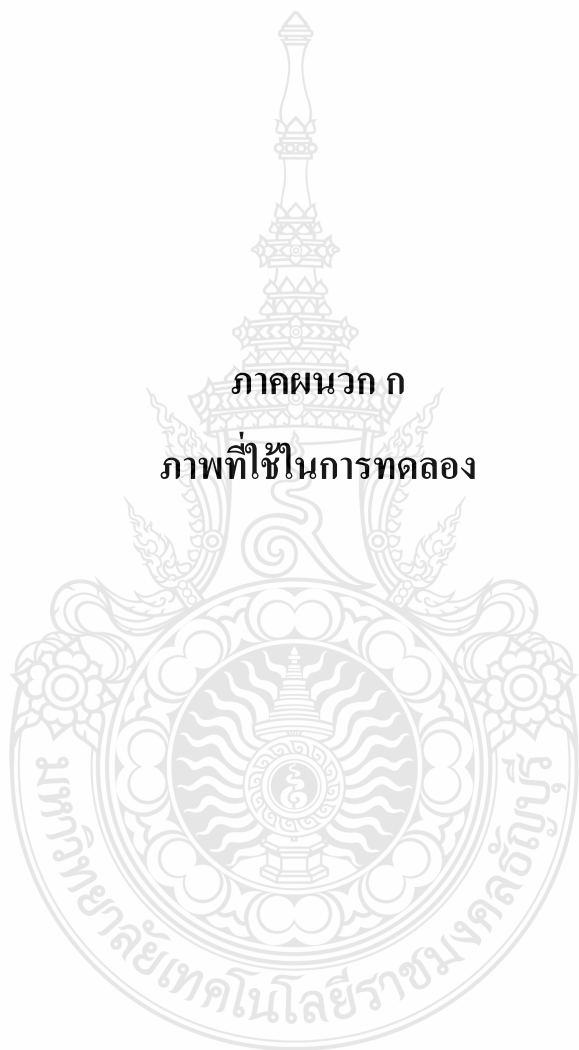
- [43] Yuan Jing, Bahar Youssefi, Mitra Mirhassani, Roberto Muscedere, “An Efficient FPGA Implementation of Optical Character Recognition for License Plate Recognition”, IEEE 30th Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE), pp. 1-4, 2017.
- [44] อนุรักษ์ พรหมโคตร, จักรี ศรีนนท์จักร, “การพัฒนาระบบการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์สำหรับการจัดการจราจรในเมืองอัจฉริยะ” การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 14, pp. 1128-1131, 2561.

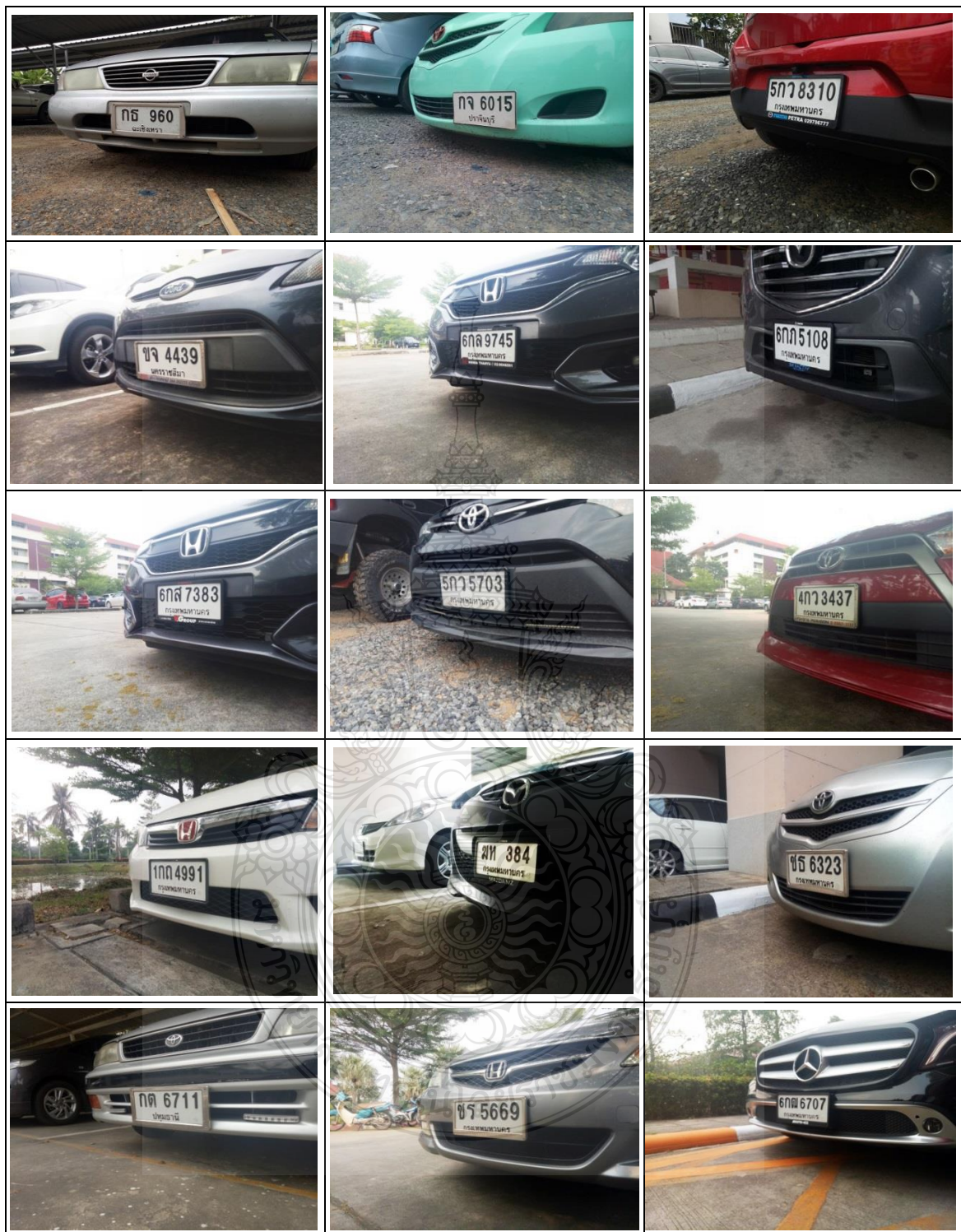


ภาคผนวก

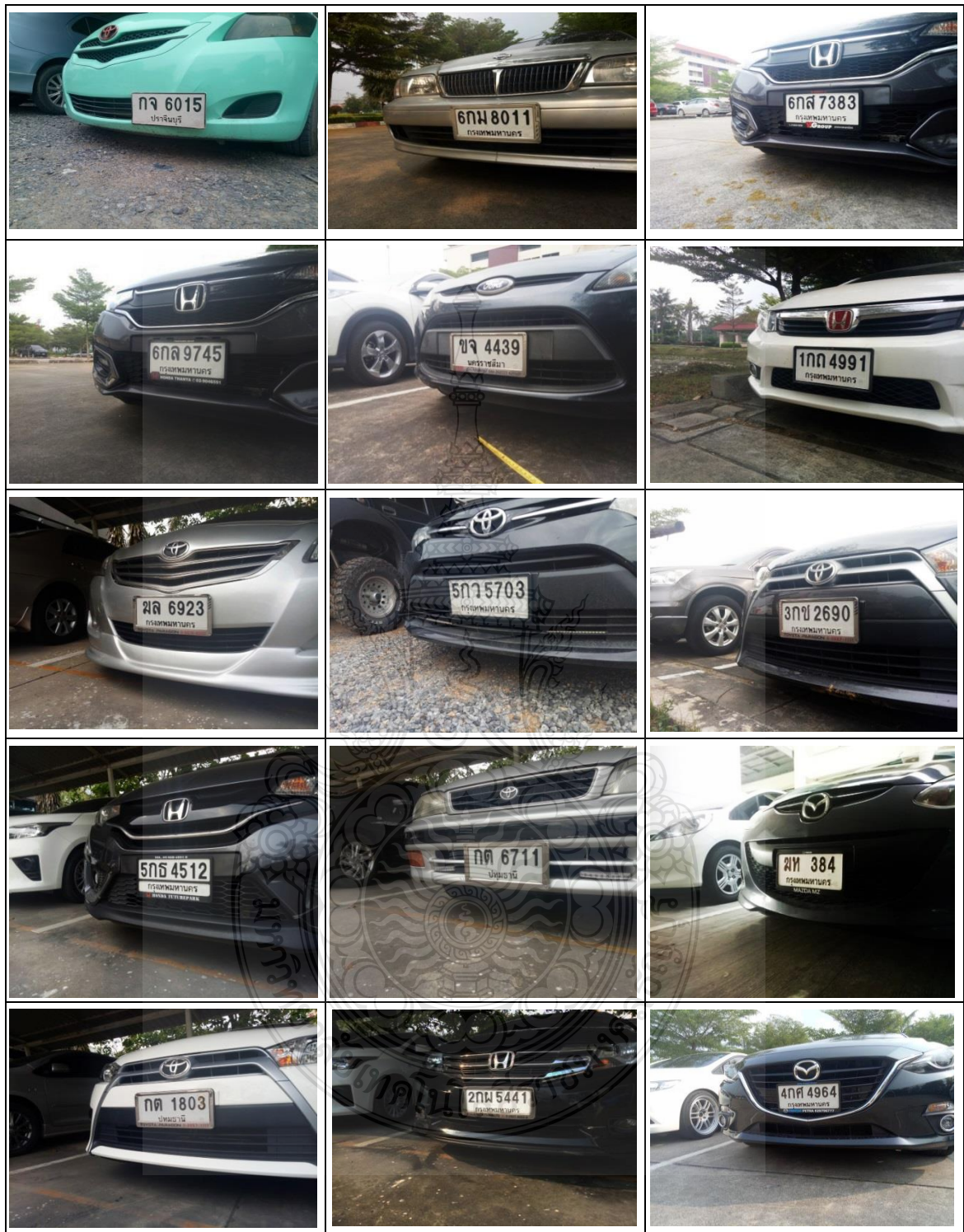


ภาคผนวก ก
ภาพที่ใช้ในการทดลอง

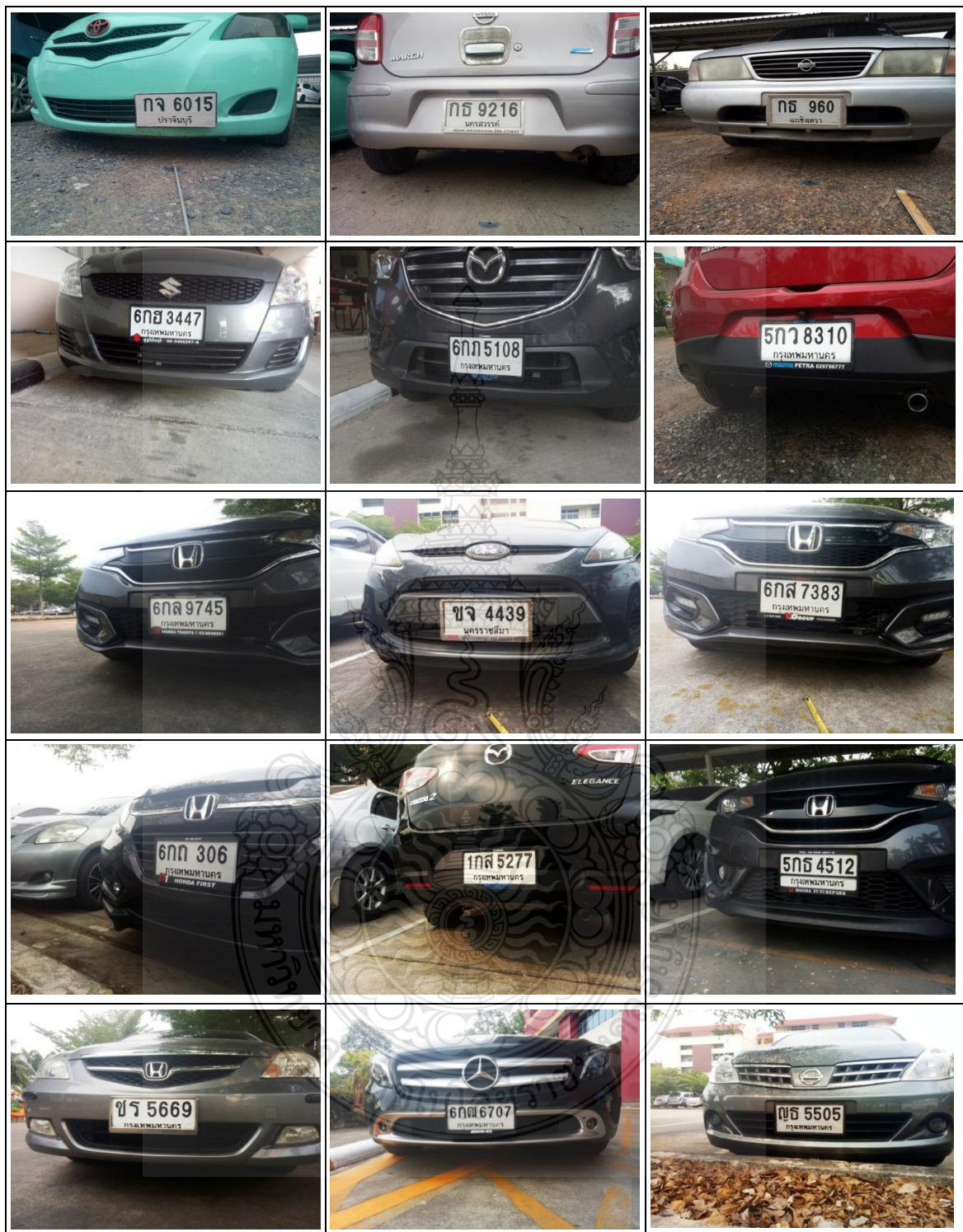




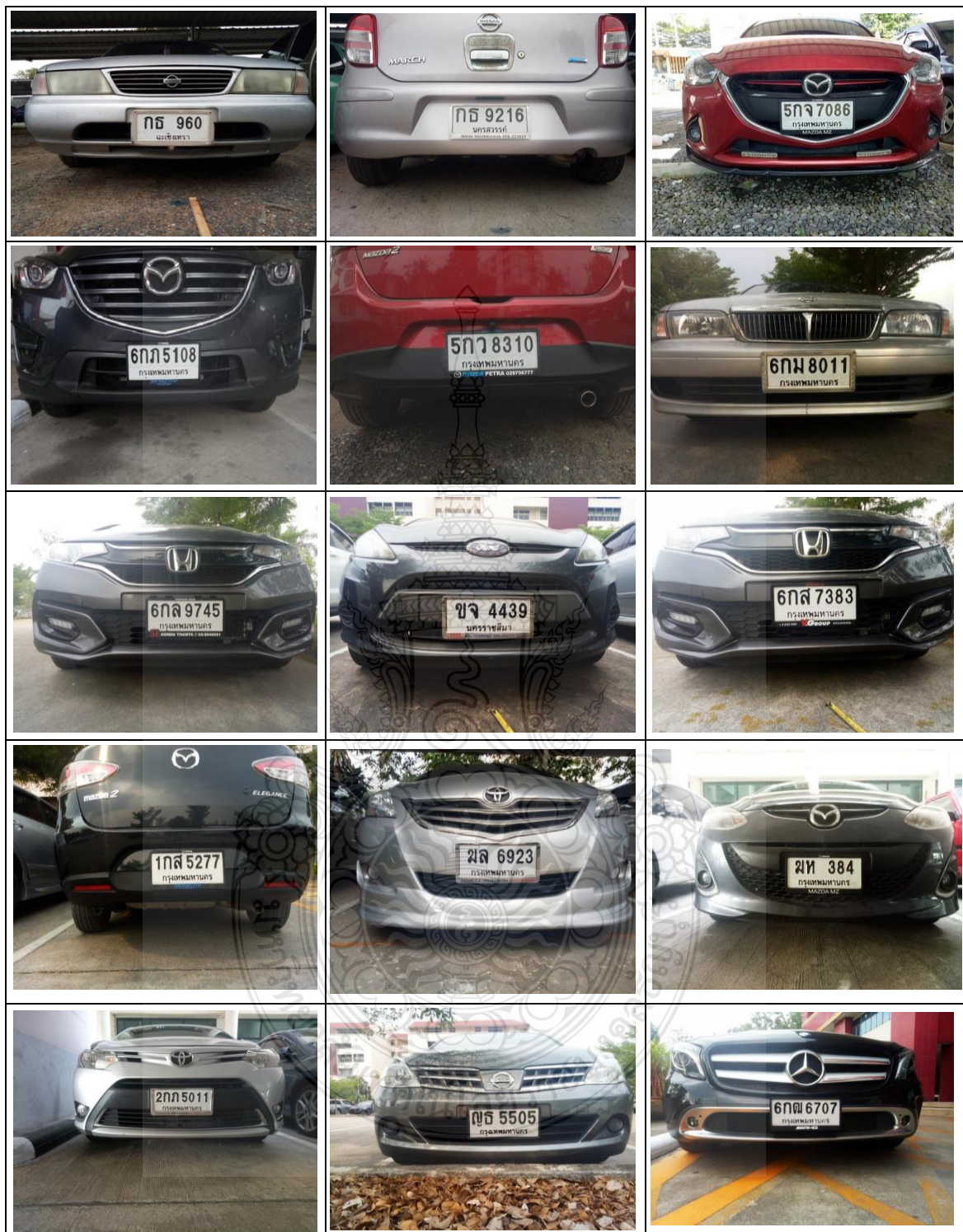
รูปที่ ก.1 ภาพถ่ายเชิงซ้าย 45 องศา



รูปที่ ก.2 ภาพถ่ายเชิงซ้าย 30 องศา



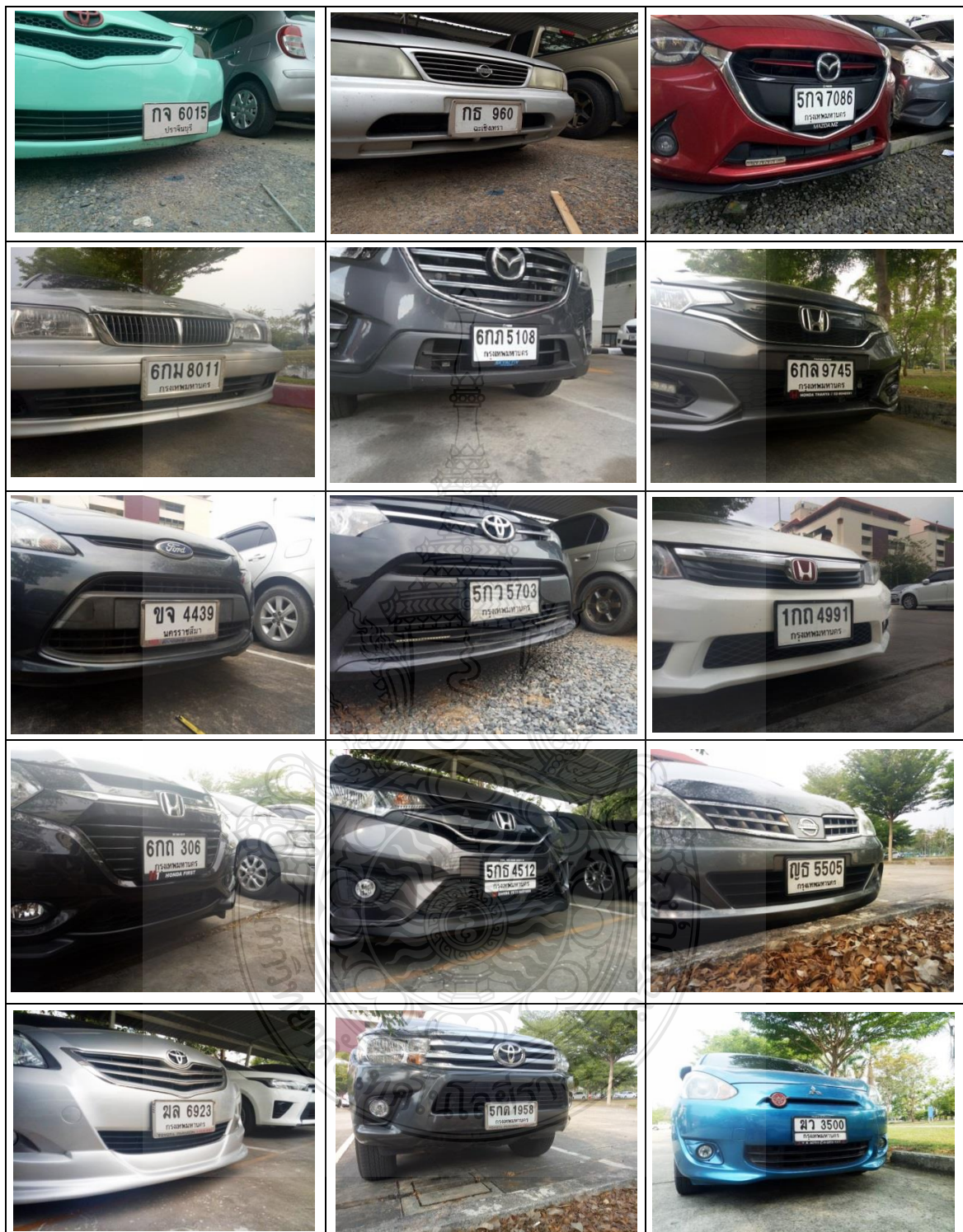
รูปที่ ก.3 ภาพถ่ายเฉียงซ้าย 15 องศา



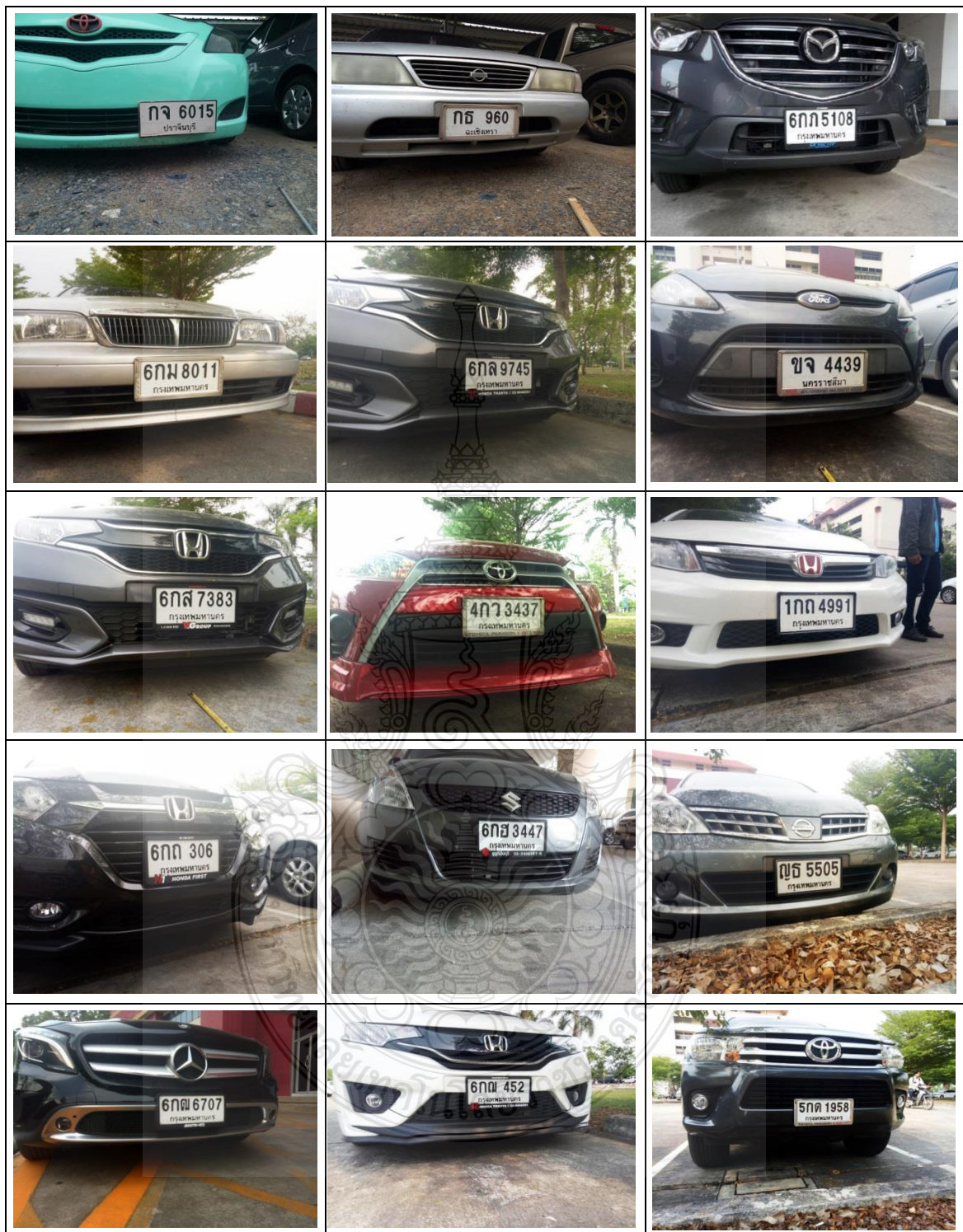
รูปที่ ก.4 ภาพถ่ายหน้าตรง



รูปที่ ก.5 ภาพถ่ายเชิงขวา 45 องศา



รูปที่ ก.6 ภาพถ่ายเชิงขวา 30 องศา



รูปที่ ก.7 ภาพถ่ายเชิงขวา 15 องศา



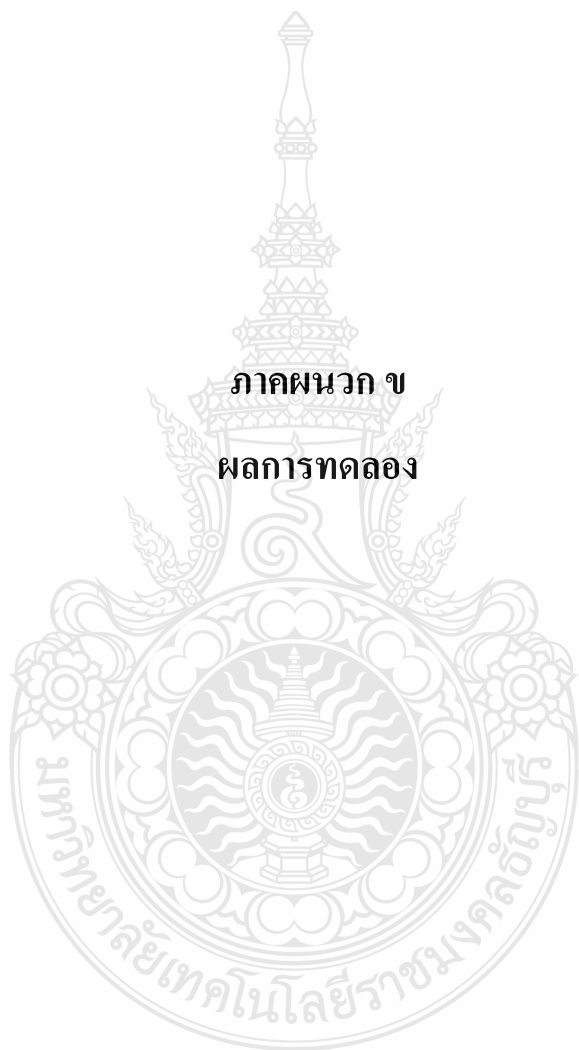
รูปที่ ก.8 ภาพถ่ายเชิงถ่ายภาพที่ 5 องศา

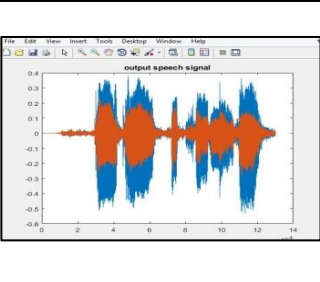
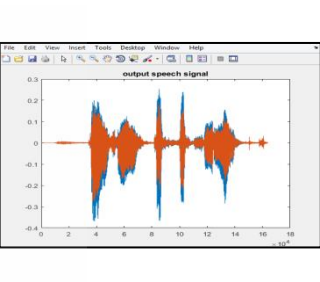
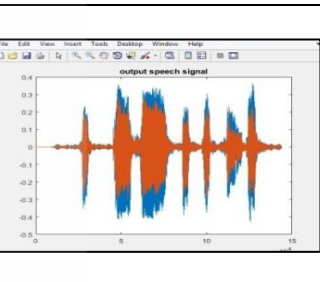
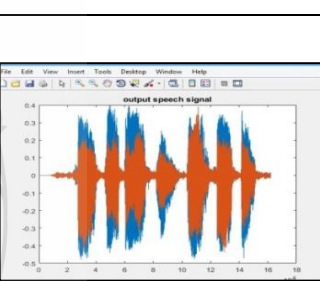
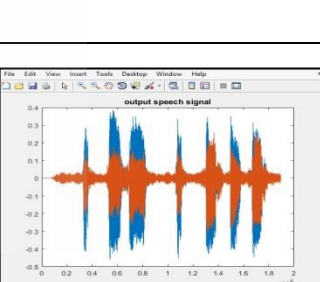


รูปที่ ก.8 ภาพถ่ายเชิงถ่ายภาพที่ 5 องศา (ต่อ)

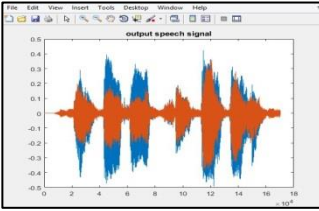
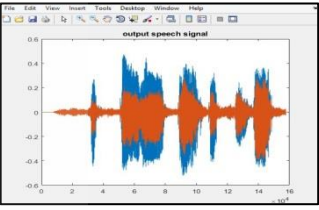
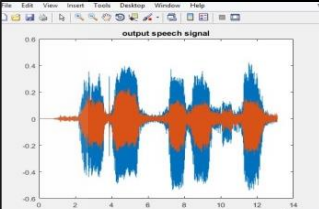
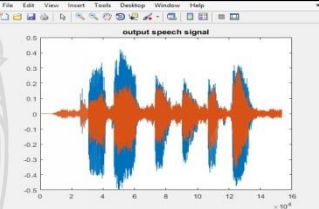
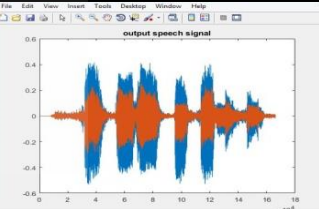
ภาคผนวก ข

ผลการทดลอง



	<pre>word = กจ6015 Elapsed time is 0.000183 seconds. >></pre>	
	<pre>word = กจ7601 Elapsed time is 0.000116 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 6กฉ6707 Elapsed time is 0.000128 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 5กต1958 Elapsed time is 0.000098 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 6กส7383 Elapsed time is 0.000095 seconds. >></pre>	

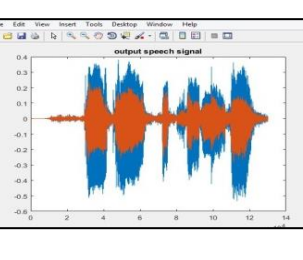
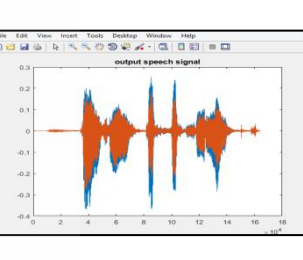
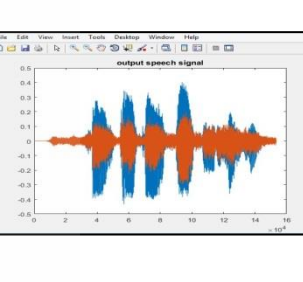
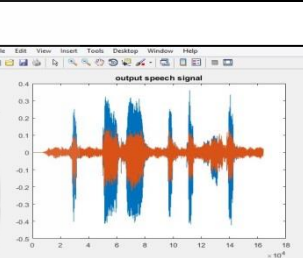
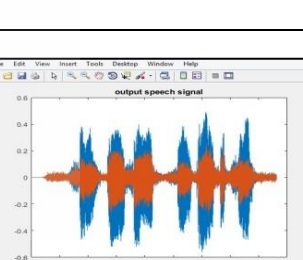
รูปที่ ข.1 ผลการทดลองภาพถ่ายเชิงซ้าย 45 องศา

	word = 1กค4991 Elapsed time is 0.000122 seconds. >>	
	word = 6กค9745 Elapsed time is 0.000161 seconds. >>	
	word = ญ55505 Elapsed time is 0.000099 seconds. >>	
	word = ขจ 4439 Elapsed time is 0.000109 seconds. >>	
	word = 5กค8310 Elapsed time is 0.000107 seconds. >>	

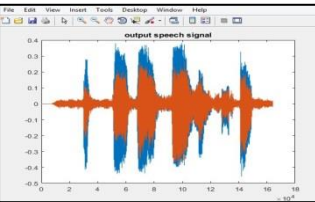
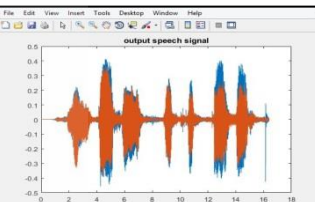
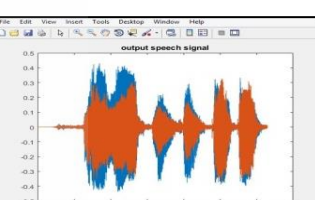
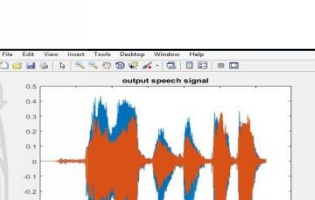
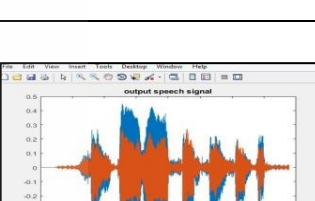
รูปที่ ข.1 ผลการทดลองภาพถ่ายเชิงซ้าย 45 องศา (ต่อ)

	word = 6กย3447 Elapsed time is 0.000094 seconds. >>	
	word = 6กน6011 Elapsed time is 0.000138 seconds. >>	
	word = 6กก5108 Elapsed time is 0.000102 seconds. >>	
	word = 5ก 78310 Elapsed time is 0.000170 seconds. >>	
	word = 5ก 4512 Elapsed time is 0.000097 seconds. >>	

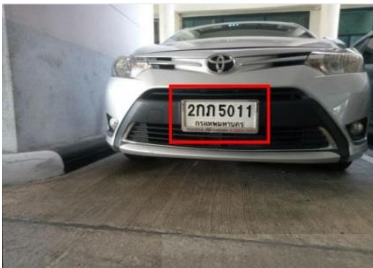
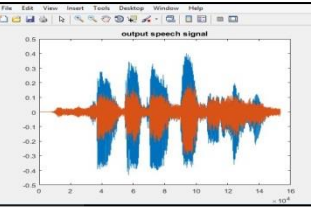
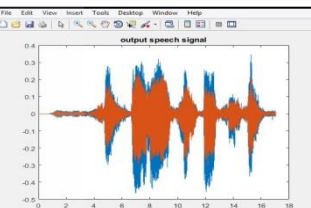
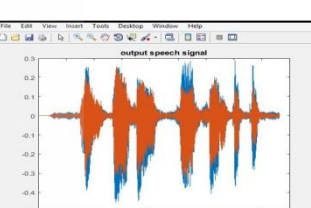
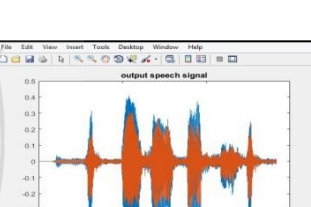
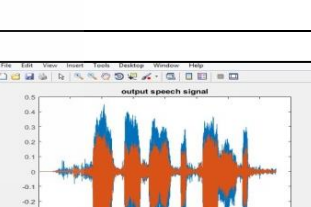
รูปที่ ข.2 ผลการทดลองภาพถ่ายเชิงซ้าย 30 องศา

	word = กจ6015 Elapsed time is 0.000099 seconds. >>	
	word = กฉ7601 Elapsed time is 0.000101 seconds. >>	
	word = 2กท5011 Elapsed time is 0.000104 seconds. >>	
	word = 6กฉ6707 Elapsed time is 0.000128 seconds. >>	
	word = 4กศ4964 Elapsed time is 0.000103 seconds. >>	

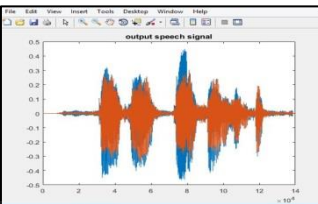
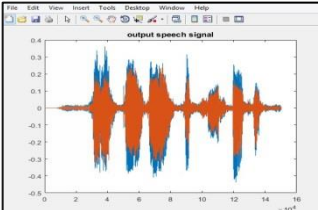
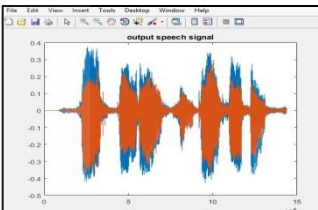
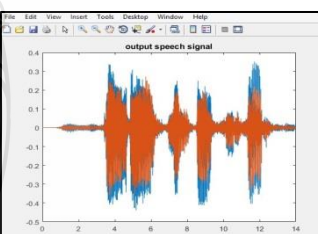
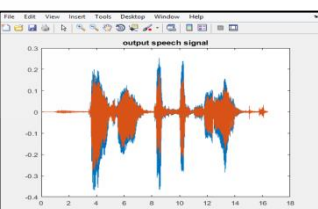
รูปที่ ข.2 ผลการทดลองภาพถ่ายเชิงซ้าย 30 องศา (ต่อ)

	<pre>word = 6กภ5108 Elapsed time is 0.000099 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 1กฐ7693 Elapsed time is 0.000102 seconds. >></pre>	
	<pre>word = ขจ4439 Elapsed time is 0.000200 seconds. >></pre>	
	<pre>word = กง1499 Elapsed time is 0.000109 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 4กฐ3437 Elapsed time is 0.000109 seconds. >></pre>	

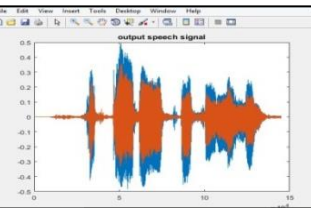
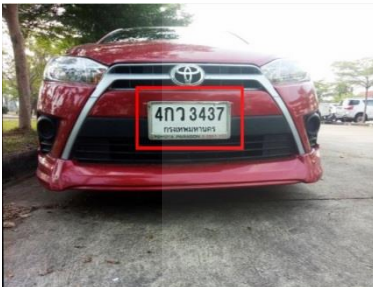
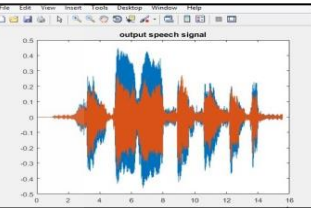
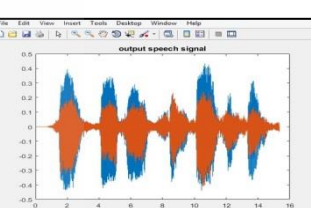
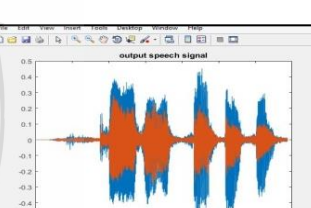
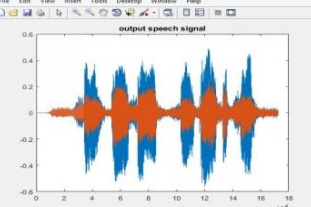
รูปที่ ข.3 ผลการทดลองภาพถ่ายเชิงซ้าย 15 องศา

	<pre>word = 2กท5011 Elapsed time is 0.000105 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 4กพ1804 Elapsed time is 0.000123 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 1กส5277 Elapsed time is 0.000123 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 6กท306 Elapsed time is 0.000124 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 5กส6516 Elapsed time is 0.000144 seconds. >></pre>	

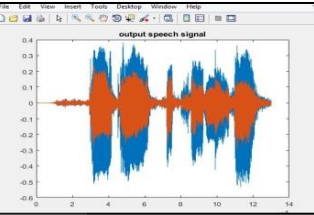
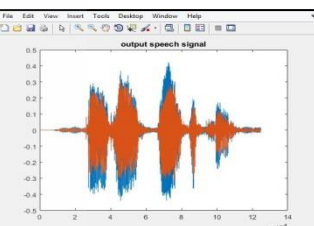
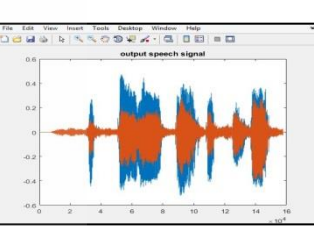
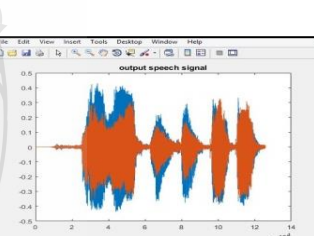
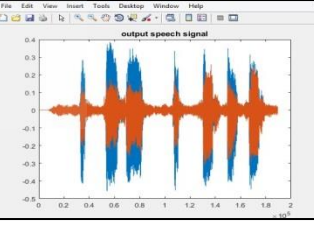
รูปที่ ข.3 ผลการทดลองภาพถ่ายเชิงซ้าย 15 องศา (ต่อ)

	<pre>word = กธ9216 Elapsed time is 0.000114 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 5กจ7086 Elapsed time is 0.000110 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 5กค1958 Elapsed time is 0.000137 seconds. >></pre>	
	<pre>word = กค1803 Elapsed time is 0.000150 seconds. >></pre>	
	<pre>word = กฉ7601 Elapsed time is 0.000123 seconds. >></pre>	

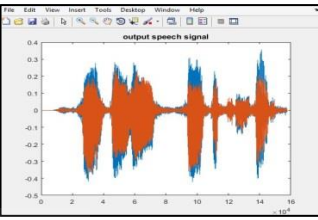
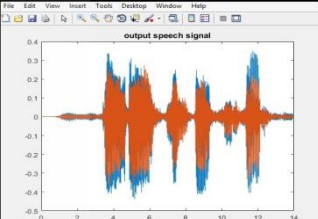
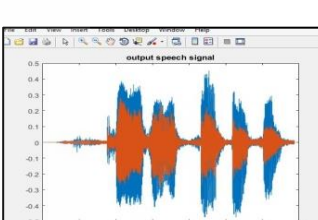
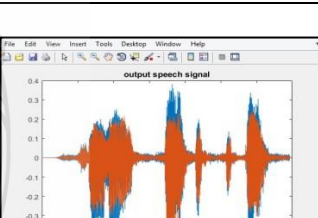
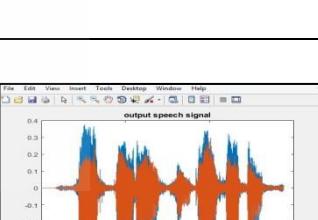
รูปที่ ข.4 ผลการทดลองภาพถ่ายหน้าตรง

	<pre>word = 6กม8011 Elapsed time is 0.000146 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 4กข3437 Elapsed time is 0.000100 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 5กธ4512 Elapsed time is 0.000142 seconds. >></pre>	
	<pre>word = ขพ384 Elapsed time is 0.000133 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 4กค4964 Elapsed time is 0.000120 seconds. >></pre>	

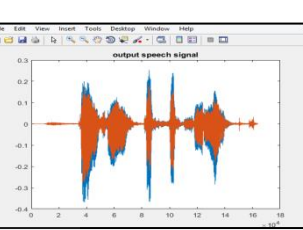
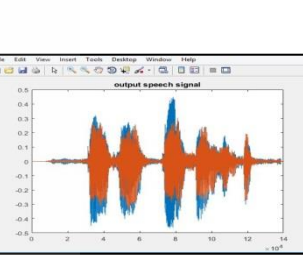
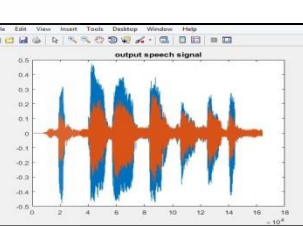
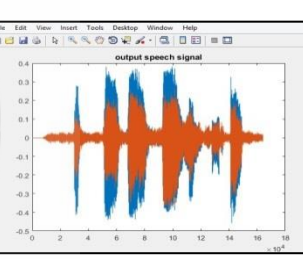
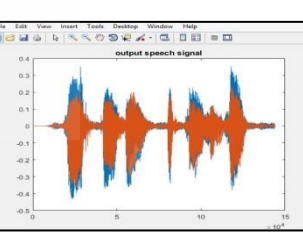
รูปที่ ข.4 ผลการทดลองภาพถ่ายหน้าตรง (ต่อ)

	<pre>word = กจ6015 Elapsed time is 0.000108 seconds. >></pre>	
	<pre>word = กธ960 Elapsed time is 0.000136 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 6กส9745 Elapsed time is 0.000122 seconds. >></pre>	
	<pre>word = ขจ4439 Elapsed time is 0.000117 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 6กส7383 Elapsed time is 0.000108 seconds. >></pre>	

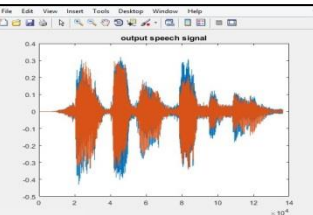
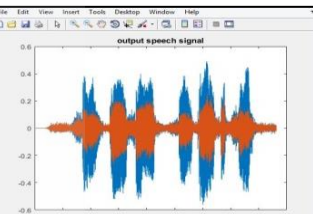
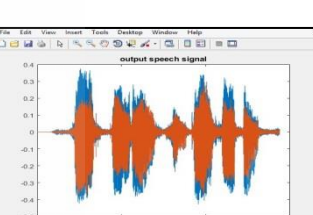
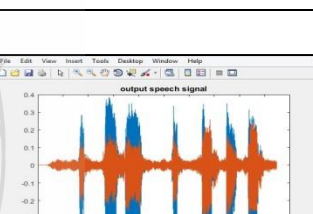
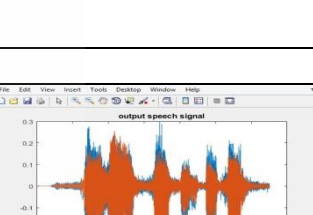
รูปที่ ข.5 ผลการทดลองภาพถ่ายเชิงขาว 45 องศา

	<pre>word = 5กท5703 Elapsed time is 0.000126 seconds. >></pre>	
	<pre>word = กต1803 Elapsed time is 0.000123 seconds. >></pre>	
	<pre>word = พท384 Elapsed time is 0.000177 seconds. >></pre>	
	<pre>word = ขร5669 Elapsed time is 0.000123 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 5กต1958 Elapsed time is 0.000109 seconds. >></pre>	

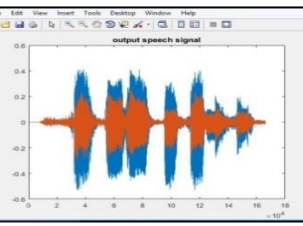
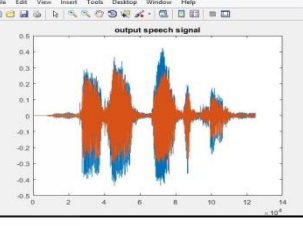
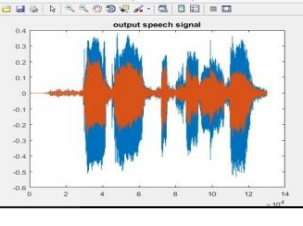
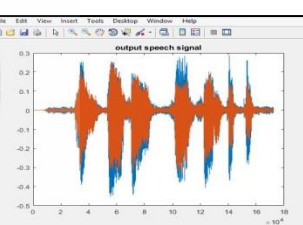
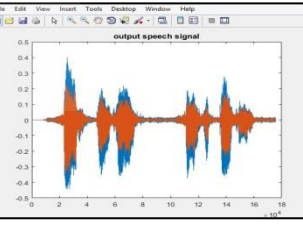
รูปที่ ข.5 ผลการทดลองภาพถ่ายเชิงขาว 45 องศา (ต่อ)

	<pre>word = กฉ7601 Elapsed time is 0.000111 seconds. >></pre>	
	<pre>word = กร9216 Elapsed time is 0.000143 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 6กข3447 Elapsed time is 0.000141 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 6กก5108 Elapsed time is 0.000126 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 5กส6515 Elapsed time is 0.000220 seconds. >></pre>	

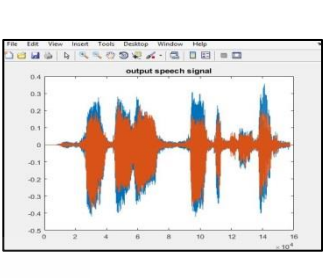
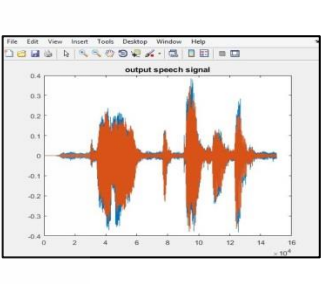
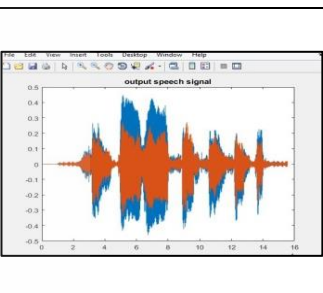
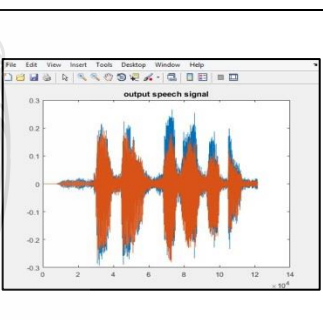
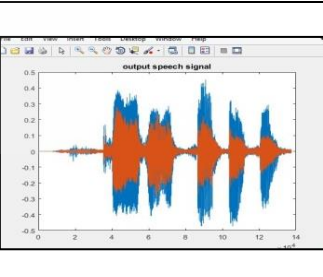
รูปที่ ข.6 ผลการทดลองภาพถ่ายเชิงขาว 30 องศา

	<pre>word = 2กข5441 Elapsed time is 0.000127 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 4กค4964 Elapsed time is 0.000140 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 5กค1958 Elapsed time is 0.000129 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 6กค7383 Elapsed time is 0.000121 seconds. >></pre>	
	<pre>word = กข5485 Elapsed time is 0.000111 seconds. >></pre>	

รูปที่ ข.6 ผลการทดลองภาพถ่ายเชิงขาว 30 องศา (ต่อ)

	<pre>word = 5กท8310 Elapsed time is 0.000116 seconds. >></pre>	
	<pre>word = กธ960 Elapsed time is 0.000101 seconds. >></pre>	
	<pre>word = กจ6015 Elapsed time is 0.000118 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 1กส5277 Elapsed time is 0.000113 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 3กข2690 Elapsed time is 0.000113 seconds. >></pre>	

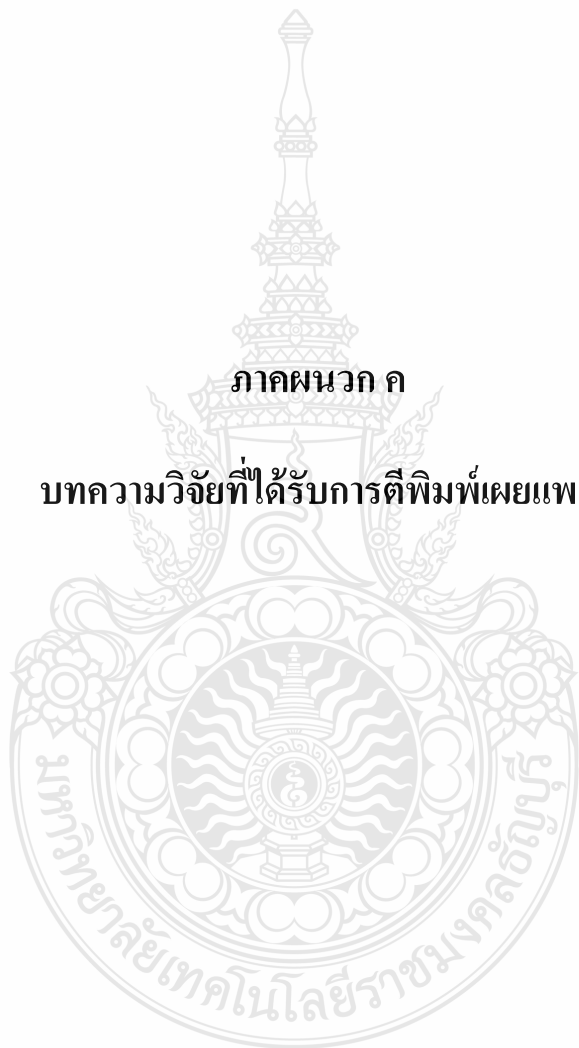
รูปที่ ข.7 ผลการทดลองภาพถ่ายเชิงขาว 15 องศา

	<pre>word = 5กท5703 Elapsed time is 0.000115 seconds. >></pre>	
	<pre>word = พล6923 Elapsed time is 0.000134 seconds. >></pre>	
	<pre>word = 4กท3437 Elapsed time is 0.000123 seconds. >></pre>	
	<pre>word = กค5558 Elapsed time is 0.000152 seconds. >></pre>	
	<pre>word = มท384 Elapsed time is 0.000158 seconds. >></pre>	

รูปที่ ข.7 ผลการทดลองภาพถ่ายเชิงขาว 15 องศา (ต่อ)

ภาคผนวก ค

บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่



ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

- [1] อนุรักษ์ พรหมโคตร, จักรี ศรีนนท์ฉัตร. “Development Obstruction Object Counting Using BLOB Analysis And Top-hat Filter Techniques”. การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อตอบสนองท้องถิ่นและภาพอุตสาหกรรม (ECTI-CRAD). 25-28 กรกฎาคม 2560: หน้า 823-826.
- [2] อนุรักษ์ พรหมโคตร, จักรี ศรีนนท์ฉัตร. “การพัฒนาระบบการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์สำหรับการจัดการจราจรในเมืองอัจฉริยะ”. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 14 (ENETT14). 13-15 มิถุนายน 2561: หน้า 1128-1131.
- [3] อนุรักษ์ พรหมโคตร, จักรี ศรีนนท์ฉัตร. “Developing of License Plate Recognition System for Image Night Vision”. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 41 (EECON-41). 21-23 พฤศจิกายน 2561: หน้า 316-319.





ECTI CARD 2017

25-28 กรกฎาคม 2560

ณ โรงแรม เชียงคาน ริเวอร์ เม้าท์เทน จ.เลย

Conference Committee

Advisory

อธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
อธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
อธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ศ.ดร.ประภาส จงสฤษดิ์วัฒนา (จุฬาลงกรณ์)
ศ.ดร.ประยุทธ อัครเอกผาอิน (มจร.)
General Co-Chair

รศ.ดร.สมศักดิ์ ชุมช่วย (ECTI, สจล.)
คุณ อัจฉรา เจริญสุข (มว.)
ศ.ดร.โกสินทร์ จันทน์ไทย (มจร.)
ดร.สุพิชฌ์ เป็รื่องคำ (มรภ. อุดรธานี)
รศ.ดร.อรอนงค์ พรหมดี (มรภ. อุดรธานี)
ผศ.ปวีณา ศาสตร์ มีเกาะ (มรภ. สกลนคร)
ดร.ชัยยศ คำมี (มรภ. เลย)
Technical Program Chairs

Secretaries

อ.ชัยพันธุ์ ประการพันธ์ (มรภ. อุดรธานี)
ผศ.ปองพล แสงสอน (มรภ. อุดรธานี)
ดร.ยุพศักดิ์ ทอดทอง (มรภ. อุดรธานี)
คุณณัฐพร บุตรอนุ (มรภ. อุดรธานี)
ผศ.ดร.กฤษ สมกันธา (มรภ. อุดรธานี)
ผศ.วิไลพร กุลตั้งวัฒนา (มรภ. อุดรธานี)
ผศ.ดร.ณิศกร จีระโท (มรภ. อุดรธานี)
ผศ.กิตติศักดิ์ แสงประสิทธิ์ (มรภ. เลย)
ดร.คมยุทธ ไชยวงษ์ (มรภ. เลย)
อ.เมื่องมล แสนเพ็ญ (มรภ. เลย)
อ.ภควดี ศิริหาล (มรภ. เลย)
อ.เบญญา รจนา (มรภ. สกลนคร)
อ.รณยุทธ นนท์พล (มรภ. สกลนคร)

Call for Papers

งานประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2017 ครั้งที่ 9 “การประชุมวิชาการใช้เทคโนโลยีเพื่อตอบสนองท้องถิ่นและภาคอุตสาหกรรม” จัดโดย คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย สถาบันมหาวิทยาลัยแห่งชาติ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย และสมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคมและสารสนเทศประเทศไทย จัดขึ้นระหว่างวันที่ 25-28 กรกฎาคม พ.ศ.2560 ณ เชียงคาน จ.เลย มีจุดมุ่งหมายหลักของการจัดงานเพื่อรวบรวมผลงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ งานนวัตกรรม และสิ่งประดิษฐ์ร่วมถึงเปิดโอกาสให้นักวิจัย ผู้พัฒนาและผู้ใช้งานหรือหน่วยงานต่างๆ ได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางวิชาการร่วมกันและสามารถนำผลงานที่ตีพิมพ์ไปพัฒนาต่อยอดในระดับท้องถิ่นและสากลหรือพัฒนาสู่ผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ได้ ซึ่งบทความที่ส่งมานั้นจะได้รับการพิจารณาโดยผู้ทรงคุณวุฒิจากคุณภาพและความสมบูรณ์ของงาน บทความที่ได้รับการคัดเลือกและได้ถูกนำเสนอในที่ประชุม ECTI-CARD 2017 จะถูกตีพิมพ์ใน ECTI-CARD Proceedings ซึ่งสามารถสืบค้นได้ที่ฐานข้อมูลของสมาคม ECTI

หัวข้อบทความที่เกี่ยวข้อง

- กลุ่มที่ 1 : การเกษตรอัจฉริยะ อุตสาหกรรมการเกษตร
- กลุ่มที่ 2 : เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์การกีฬา
- กลุ่มที่ 3 : การประยุกต์พลังงาน การจัดการพลังงานอัตโนมัติ
- กลุ่มที่ 4 : การเรียนการสอนทางไกล การศึกษาขั้นสูง คอมพิวเตอร์แอพลิเคชัน
- กลุ่มที่ 5 : การกู้ภัย ระบบเตือนภัย และพยากรณ์
- กลุ่มที่ 6 : การสื่อสาร การสนับสนุนผู้พิการบ้าน เครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย
- กลุ่มที่ 7 : การขนส่ง การควบคุมจราจร การจัดการอุตสาหกรรม
- กลุ่มที่ 8 : ธุรกิจการธนาคาร การท่องเที่ยว และการโรงแรม
- กลุ่มที่ 9 : ระบบความปลอดภัย การควบคุมการเข้าถึงการยืนยันตัวตน ระบบตรวจจับ
- กลุ่มที่ 10 : นาควิทยา การวัดและควบคุม
- กลุ่มที่ 11 : วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
- กลุ่มที่ 12 : STEM เทคโนโลยีการศึกษา
- กลุ่มที่ 13 : หัวข้ออื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

การส่งบทความแบ่งเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

1. รูปแบบบทความวิจัย เป็นบทความเต็มรูปแบบภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษไม่เกิน 24 หน้ากระดาษ A4 ในรูปแบบมาตรฐาน 2 คอลัมน์ของ IEEE โดยต้องกล่าวถึงที่มาและผลที่ได้รับ รายละเอียดและ/หรือการนำไปใช้งาน ซึ่งเกี่ยวข้องกับหัวข้อใดหัวข้อหนึ่งหรือมากกว่า จากกลุ่มต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้
2. รูปแบบสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเป็นบทความเต็มรูปแบบภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษไม่เกิน 2 หน้ากระดาษ A4 ในรูปแบบมาตรฐาน 2 คอลัมน์ของ IEEE โดยผู้เขียนบทความอาจนำผลงานหรือสิ่งประดิษฐ์มาจัดแสดงในงานประชุมได้

กำหนดการสำคัญ

วันสุดท้ายของการส่งบทความฉบับสมบูรณ์
วันที่ 6 มีนาคม 2560
ประกาศผลการพิจารณาบทความ
วันที่ 11 พฤษภาคม 2560
ส่งบทความฉบับเพื่อตีพิมพ์และลงทะเบียน
วันที่ 1 มิถุนายน 2560
วันจัดประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2017
วันที่ 25 - 28 กรกฎาคม 2560

<http://www.ecti-card.org/card-2017/>

ประสานงานได้ที่ :

EMAIL : ecticard2017@gmail.com

อ.ชัยพันธุ์ ประการพันธ์ 089-458-0103

อ.เบญญา รจนา 081-262-8388

ผศ.กิตติศักดิ์ แสงประสิทธิ์ 087-988-2503

คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ร่วมจัดประชุมโดย :





ECTI-CARD 2017

ขอมอบเกียรติบัตรนี้เพื่อแสดงว่า

Mr. Anuruk Prommakhot

ได้นำเสนอบทความวิชาการภาควิชาการ

เรื่อง "Development Obstruction Object Counting Using BLOB Analysis And Top-hat Filter Techniques"

ในการประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

ระหว่างวันที่ 25 - 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2560

ณ โรงแรม เชียงตาน ริเวอร์ เม้าท์เทน อ.เชียงตาน จ.เลย

รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ชุมช่วย

นายกสมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ

ID: 1193



พ.ร.อ. จุฬาลงกรณ์



ม.ร.อ. สกสค.



ม.ร.อ. สกสค.



NIMT



EXAT



การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

ECTI-CARD 2017

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อตอบสนองท้องถิ่นและภาคอุตสาหกรรม

VOL.2

SESSION 301-318

วันที่ 25-28 กรกฎาคม พ.ศ.2560

ณ โรงแรม เชียงคาน ริเวอร์ เมทเท่น

อ.เชียงคาน จ.เลย

จัดโดย

สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย

ECTI-CARD 2017 Proceeding

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ ๑ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อตอบสนองท้องถิ่นและภาคอุตสาหกรรม
ECTI-CARD 2017, Chiang khan Thailand

Conference Organizer



วันที่ 25-28 กรกฎาคม พ.ศ.2560 ณ โรงแรม เชียงคาน ริเวอร์ เม้าท์ทอน อ.เชียงคาน จ.เลย

คณะกรรมการอำนวยการประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2017

ศ.ดร. โกสินทร์	จ่านงไทย	(มจร.)
ผศ.ดร. อภิรักษ์	จันทร์สร้าง	(มก.)
รศ.ดร. อนันต์	ผลเพิ่ม	(มก.)
ศ.ดร. ประภาส	จงสถิตย์วัฒนา	(จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
ศ.ดร. ประยุทธ์	อัครเอกมาลิน	(มจร.)
ผศ.ดร. กฤษดา	ยิ่งยง	(มทร.ล้านนา)
รศ.ดร. สมศักดิ์	ชุมช่วย	(สจล.)
ผศ.ดร. ชัยวัฒน์	สากุล	(มทร.ศรีวิชัย)
ผศ.ดร. ณัฐพงศ์	พันธุ์นะ	(มทร.พระนคร)
ดร. ชัยวัฒน์	เจษฎาจินต์	(NIMT)
ดร. ศักดิ์ดา	พรรณไว	(กทพ.)

ที่ปรึกษาการประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2017

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี	เป็รื่องคำ	(มรภ.อุดรธานี)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร	พรหมที	(มรภ.อุดรธานี)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย	ดินาง	(มรภ.อุดรธานี)
ดร. สุทธิพงษ์	มีเกาะ	(มรภ.สกลนคร)
รศ.ดร. อลงกรณ์	คำมี	(มรภ.เลย)
ดร. เอกราช	ศรีพิมาชนวัฒน์	(ECTI)
ผศ. ปรีชาศาสตร์		
ผศ.ดร. ชัยยศ		
ดร. เกียรติศักดิ์		

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

ดร.ดร. นวรัตน์ วัฒนมงคล	มหาวิทยาลัยบูรพา
ดร. อภิรัฐ อิ่มมณี	มหาวิทยาลัยบูรพา
ดร. เสริมศักดิ์ พงษ์สมุทร	มหาวิทยาลัยบูรพา
ดร. เสาวนีย์ วัฒน ธีรเพ็ญ	มหาวิทยาลัยบูรพา
ดร. ศิริบุญเรือง	มหาวิทยาลัยบูรพา
ดร. สมกฤษ รัตนวณิชช์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
ดร.ดร. ศันสนีย์ เอื้อพันธ์วิริยะกุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ดร.ดร. จิตติพงษ์ ไทยอุบลมุก	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ดร.ดร. กฤษณะ ไวยมัย	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร. ปิยะมณฑล นิละอุปถ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร. สุศักดิ์ สว่างพงษ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ดร. จันทนา จันทราพรชัย	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ดร. พีรวัฒน์ วัฒนพงศ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ดร. ธนาวัฒน์ รักธรรมานนท์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ดร. พันธุ์ปิติ เปี่ยมสง่า	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ดร. ชัยพร ใจแก้ว	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ดร. สมชาย น้าประเสริฐชัย	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ดร. กฤษณ์ อุทโยภาส	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ดร. อภิรักษ์ จันทร์สร้าง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร. พิศิษฐ์ นิธิรัตนานนท์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร. พิศิษฐ์ ราชูเลขา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร. สุภาพร เสือจงmani	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร. สุทัศน์ ไชยอน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ดร. สมศักดิ์ ชุมช่วย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ดร.ดร. วณิช ดิษฐ์รัตนชัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ดร.ดร. วัชรวิทย์ โพธิ์โสโนทัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ดร. ดร.สุเมธ วัชรวิทย์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ดร.ดร. พินิจ กำพอม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร.ดร. โกสินทร์ จันทน์ไทย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร.ดร. ประเสริฐศักดิ์ เดียงค์สมบัติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

วันที่ 25-28 กรกฎาคม พ.ศ.2560 ณ โรงแรมเชียงคาน ริเวอร์ เมาท์เทน อ.เชียงคาน จ.เลย

ผศ.ดร. พิธิธิ วิสุทธิเมธีกร

ผศ.ดร. วิวัฒน์ ติภูมกุล

ดร. ณัฐพล ประยงค์พันธุ์

รศ.ดร. อภินันท์ อูไรโสมณ

Withawat Tangtrongpairaj

ผศ.ดร.สุรเชษฐ์ กานต์ประชา

ดร. สุชาติณี ฉิมเล็ก

ดร. ศักดิ์คำ พรหมไวย

ดร. มณฑล หอมกลิ่นเทียน

ดร. อ้อยใจ อ่องห่วย

ดร. ธัญญา คชวัฒน์

Natenapit Khumthukthit

เทพบดินทร์ บริรักษ์อรวินท์

รศ.ดร. สิ้นชัย กมลกิจวงศ์

ผศ.ดร. ธัชชัย เอ็งฉ้วน

ดร. จิรวัดน์ แท่นทอง

ดร. วุทธิ วิชกุล

ดร. เอกสิทธิ์ นูญเจริญลักษณ์

ผศ.ดร. อนนท์ นำอิน

ผศ.ดร. ชาญ ชัยเดชธรรมรงค์

ผศ.ดร. ชีระศักดิ์ สมศักดิ์

ผศ.ดร.สุภกิต แก้วดวงดา

ผศ.ดร. นพพร พชรประทีติ

ผศ.ดร. วิโรจน์ ปงลังกา

ดร. พลฤกษ์ ทุนคำ

ผศ. วิษณุพงษ์ วิบูลเจริญ

ชนาวัฒน์ ตุกนวล

ไมตรี ธรรมมา

ผศ.ดร. ณัฐพงศ์ พันธุณะ

ดร. พลัมย์ สุวรรณังการ

อัญชลี มโนสิน

ผศ.ดร. นำคุณ ศรีสนิท

ผศ.ดร. จันทพันธ์ เจริญพงษ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

NAIST

มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ศาส. อัญชลี สุวรรณมณี

ดร. พิชิต เตือนาค

ดร. สมกฤษ ประเสริฐวงศ์

ดร. สุชาดา คันทิถะพงษ์

ดร. สวีธ อวยพรภักข

ดร. มิ่งขวัญ

ศาส. ชามวีย์ บุญช่วย

ดร. วิภา พงษ์วิทยา

ดร. อรรถพร ทรัพย์

ศาส. กฤษ สมกันธา

ดร. สมเกียรติ จันแดง

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

SYNAPES (Thailand) Co., Ltd. (AI Tech)

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์



วันที่ 25-28 กรกฎาคม พ.ศ.2560 ณ โรงแรม เชียงคาน ริเวอร์เมาท์เทน อ.เชียงคาน จ.เลย

วันพุธที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ.2560 เวลา 10:15 – 12:15 น.								
ห้อง นครเวียงจันทน์								SESSION
มาตรวิทยา การวัดและควบคุม ประธาน : ศศ.ดร. กฤษดา ชิงขันธ์ (มทร.ล้านนา) รองประธาน : ศศ. กิตติศักดิ์ แสนประสิทธิ์(มรภ.เลย)								
ID	1144	1327	1180	1398	1406	1411	1403	
ห้อง แก่นท้าว								SESSION
STEM เทคโนโลยีการศึกษา ประธาน : ศศ.ดร. ชัยยศ คำมี (มรภ.เลย) รองประธาน : อ. ชัยยศ ศรีบุญเรือง (ม.บูรพา สระแก้ว)								
ID	1099	1110	1175	1182	1237	1375	1159	1142
ห้อง วังเวียง								SESSION
วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ประธาน : ศศ.ดร. ชัยวัฒน์ สากุล(มทร.ศรีวิชัย ตรัง) รองประธาน : ศศ.ดร. วรณเรย์ วงศ์ไครรัตน์(มทร.อีสาน โคราช)								
ID	1012	1035	1068	1103	1160	1169	1190	
ห้อง หลวงน้ำทา								SESSION
วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ประธาน : ศศ. ดร. ชูเชษฐ์ กานต์ประชา(มน.) รองประธาน : ดร. วิรพล คงนุ่น(มรภ.อุดรดิตถ์)								
ID	1027	1045	1075	1106	1154	1163	1177	1193
พักรับประทานอาหารกลางวัน ห้องหลวงน้ำทา เวลา 12:15 – 13:00 น.								

๑๒๙	การประเมินประสิทธิภาพเทอร์โมนิวเคลียร์สามเฟสในสถานะแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าสมดุล ต่ำกว่าปกติ สมดุลสูงกว่าปกติ และไม่สมดุลโดยใช้วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ของวงจรสมมูล จริงในรูปแบบต่าง ๆ	787-790
๑๓๐	เครื่องอบข้าวเปลือกขนาดเล็กด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ Small grain dryers by solar energy	791-794
รับประทานอาหารกลางวัน ห้องควงจำปา เวลา 12:15 – 13:00 น.		

วันพุธที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2560		SESSION 308
วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม		
ห้อง หลวงน้ำท่า		
ประธาน : ผศ. ดร. สุรเชษฐ์ กานต์ประชา(มน.)		
รองประธาน : ดร. วิพล คงนุ่น(มรภ.อุดรดิตถ์)		
10:15 – 12:15 น.		
๑๓๑	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
๑๓๒	Measurement Instrument Data Health Tracking for Exercise by Bicycling	795-798
๑๓๓	Oil Filling Machine Control by Arduino Board	799-802
๑๓๔	ระบบควบคุมป้ายทางโค้งแบบหลอด LED ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	803-806
๑๓๕	Brick from Micro fiber waste	807-810
๑๓๖	Detection of Foreign Bodies in Food using Thermal Imaging Technique	811-814
๑๓๗	Controlled PCB Etching Process with FPGA	815-818
๑๓๘	การตรวจจับควันบุหรี่ด้วยการประมวลผลภาพและ โครงข่ายประสาทเทียม	819-822
๑๓๙	Development Obstruction Object Counting Using BLOB Analysis And Top- hat Filter Techniques	823-826
รับประทานอาหารกลางวัน ห้องควงจำปา เวลา 12:15 – 13:00 น.		

วันพุธที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2560		SESSION 311
มหาวิทยาลัย การวัดและควบคุม		
ห้อง นครเวียงจันทร์		
ประธาน : รศ.ดร. อลงกรณ์ พรหมที(มรภ.อุดรธานี)		
รองประธาน : อ. เมืองมด แสนเพ็ง(มรภ.เดช)		
13:00 – 15:00 น.		
๑๔๐	เรื่อง / ผู้แต่ง	หน้า
๑๔๑	Design and Development of Laser Energy Calibration System for Medical and Cosmetic Applications in Thailand	827-830
๑๔๒	ระบบตรวจวัดคุณภาพแหล่งน้ำธรรมชาติแบบเวลาจริงผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต	831-834

การพัฒนาการนับจำนวนของวัตถุโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ BLOB และ Top-hat Filter Development Obstruction Object Counting Using BLOB Analysis And Top-hat Filter Techniques

อนุรักษ์ พรหมโคตร¹ และ จักรี ศรีนันทน์ศรี^{2*}

Anurak Prommakhot and Jakkree Srinonchat

^{1,2} ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางด้านการประมวลผลสัญญาณ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 ม.1 ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี Email : jakkree.s@en.mtu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาเทคนิคประมวลผลภาพในการนับวัตถุ ส่วนใหญ่เป็นการนับวัตถุในลักษณะของรูปทรงกลม(5,6,7)ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้กับการนับวัตถุรูปทรงอื่นๆได้ บทความนี้เป็นการพัฒนาการนับจำนวนของวัตถุโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ BLOB และ Top-hat Filter ในการวิเคราะห์และนับวัตถุทรงกระบอกที่มีลักษณะที่ติดกัน ในการทดลองได้ทำการทดสอบวัตถุที่วางในลักษณะที่แตกต่างกัน 4 แบบ จากการทดลองพบว่าเทคนิคที่นำเสนอสามารถนับวัตถุได้ถูกต้องร้อยละ 95 และ 75 เมื่อวัตถุที่วางในทิศทางเดียวกันและวัตถุที่มีขนาดไม่เท่ากัน ตามลำดับ

คำสำคัญ: การนับวัตถุ, BLOB Analysis, Top-hat

Abstract

Image processing is now applied to count the objects which most of the objects are the sphere [5][6][7]. Those techniques cannot use to count another object shapes. This article presents the development obstruction object counting using BLOB analysis and Top-hat filter techniques to analysis and count cylinder objects that stick together. In the experiment, the objects are set in 4 different position. The results shown that this technique provides the accuracy performance as 95% and 75%, when the objects are located in the same direction and the objects are not the same size, respectively.

Keywords: objects counting, BLOB Analysis, Top-hat

1. บทนำ

ปัจจุบันมีการวิจัยการประมวลผลภาพในการหาตำแหน่งของวัตถุ (การนับวัตถุ) โดยเป็นที่น่าสนใจและนำมาประยุกต์ใช้กับวิสัยทัศน์ของคอมพิวเตอร์ในการตรวจหาอุปสรรคในงานอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มความถูกต้องแม่นยำและความหลากหลายในการใช้งาน โดยการตรวจหาวัตถุที่วางเรียงติดกัน มักจะเกิดปัญหา ทำให้ยากต่อการนับและหาจำนวน

ของวัตถุ จากที่ผ่านมาได้มีงานวิจัยหลากหลายแบบที่ศึกษาก่อนเกี่ยวกับการประมวลผลภาพในการตรวจหาวัตถุ เช่น ในการวิจัยของ [1] ได้นำเสนอการนับจำนวนของเหรียญที่ทับซ้อนกันโดยใช้การกรองภาพแบบ Motion จากนั้นใช้เทคนิคการหาขอบแบบ Canny เพื่อเพิ่มความคมชัดของขอบ แล้วใช้การหาพื้นที่ของภาพจากแนวแกนของภาพในการนับจำนวนของวัตถุ ในงานวิจัยของ [2] ได้นำเสนอ การแบ่งกลุ่มของเส้นหลอดเลือดหัวใจ เป็นการสกัดหาหลอดเลือดโดยใช้ Top-hat filter เพิ่มแสงสีขาวให้กับหลอดเลือดทำให้หลอดเลือดชัดเจนมากขึ้น จากนั้นใช้เทคนิค Multi-Threshold ในการปรับปรุงภาพแล้วแยกหลอดเลือดออกจากเนื้อเยื่อ ในงานวิจัยของ [3] ได้นำเสนอการ จำแนกเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวโดยใช้ Double Thresholding และ Blob Analysis ในการจำแนกเม็ดเลือดขาวและเม็ดเลือดแดง โดยใช้ Grass Fire Algorithm ในการวิเคราะห์ Blob Analysis เพื่อหาขนาดของเซลล์ และใช้ Annular Ring Ratio (ARR) ผลการทดลอง สามารถแบ่งเม็ดเลือดขาวและเม็ดเลือดแดงได้ความแม่นยำ 84.43 % และ 85.5 % ตามลำดับ ในงานวิจัยของ [4] ได้นำเสนอการตรวจหาวัตถุในทะเล โดยใช้เทคนิค Gaussian Mixture Models ในการจำลองการกระจายของสีของภาพกับพื้นหลัง จากนั้นใช้คุณสมบัติของ Blob ในการหาขนาดของวัตถุเพื่อแยกประเภทของวัตถุ ในงานวิจัยของ [5] ได้นำเสนอการตรวจจับและนับวัตถุทรงกลมที่ทับซ้อนกันบางส่วนอาศัยหลักการของ มอร์ฟอลอจิคอล ในการสร้างภาพแยกโครงสร้างของทรงกลมกับพื้นหลัง จากนั้นใช้การคำนวณหาจุดตัดของวงกลมที่ทับซ้อนกัน แล้วสกัดขอบเขตของพื้นที่ทรงกลมที่ติดกันเพื่อหาจุดเซนทรอยด์ของทรงกลม จากนั้นใช้วิธีคำนวณหารัศมีของวงกลมเพื่อสร้างเส้นของรัศมี ในงานวิจัยของ [6] ได้นำเสนอการตรวจจับและนับวัตถุทรงกลมโดยใช้การแปลงแบบ Candy หาเส้นขอบของภาพแบ่งรูปทรงที่ไม่ต้องการออกจากนั้นใช้ Hough เพื่อวิเคราะห์วัตถุทรงกลมและแยกวัตถุออกจากกันจะได้วัตถุที่ตัดขาดจากกันโดยชัดเจนแล้วนับวัตถุในภาพ ในงานวิจัยของ [7] ได้นำเสนอการนับวัตถุสำหรับการประยุกต์ใช้การตรวจ สอบภาพโดยแปลงภาพ RGB เป็นภาพจำลอง HSV แล้วใช้ Laplace กรอง noise ออกจากภาพ จากนั้นแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง โดยแบ่ง ภาพ H-plane, S-plane และ V-plane แล้วใช้ หาค่า เทรนด์ S-

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9

9th ECTI-CARD 2017, Chiang khon Thailand

plane และ V-plane จะได้ภาพในวิธีที่แยกออกจากกันโดยไม่มี noise แล้วทำการนับจำนวนวัตถุ ในงานวิจัยของ[8] ได้นำเสนอการตรวจหาพฤติกรรมกรณีเคลื่อนที่อื่นคราย หรือ ตุ่มเสี่ยงต่อความไม่ปลอดภัย โดยเป็นการตรวจสอบเส้นทางเดินของมนุษย์โดยใช้รูปแบบของ Conditional Random Field (CRF) ในการตรวจหาการเคลื่อนไหว จะได้อัตราการเคลื่อนที่ของวัตถุ (เวกเตอร์) รวมเข้ากับการวิเคราะห์พื้นที่ข้อมูลของ Blob เป็นข้อมูลใช้ในการตรวจสอบหาพฤติกรรมกรณีเคลื่อนที่ที่เสี่ยง

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการนับวัตถุที่เรียงติดกันในลักษณะที่แตกต่างกัน ใช้เทคนิค top - hat และ blob Analysis ในการวิเคราะห์และนับวัตถุ ซึ่งมีขั้นตอนในหัวข้อที่ 3 ของงานวิจัย ผลการทดลองในส่วนที่ 4 และ สรุปผลในลำดับที่ 5

โดยงานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้การกรองภาพแบบ top-hat โดยนำภาพที่ผ่านการกรองมาทำการ opening เมื่อได้ค่าที่ต้องการนำมา closing แล้วนำมาวิเคราะห์ดังสมการที่ 5

$$f_{th} = f - f \circ s \quad (4)$$

$$f_{cth} = ((f_{th}) - (f \circ s)) \quad (5)$$

เมื่อ $f \circ s, f \circ s$ = ภาพที่ผ่านการแปลง closing และ opening

f = ภาพต้นฉบับระดับสีเทา

s = องค์ประกอบโครงสร้างภาพ

f_{cth} = ภาพที่ผ่านการแปลงทาง มอร์โฟโลยี

2.3 การแปลง Multi-Threshold [9]

เป็นการพิจารณาพิกเซลของภาพตั้งแต่ 0 - 255 โดย

เปรียบเทียบค่าของแต่ละพิกเซล หากค่า $f(x, y)$ ที่น้อยกว่า เทรคโธลด์ จุดพิกเซลนั้นจะถูกปรับให้เป็นสีดำ และหากค่า $f(x, y)$ มากกว่าหรือเท่ากับ เทรคโธลด์ จุดพิกเซลนั้นจะถูกปรับให้เป็นสีขาวดังสมการ

$$w0(i) = \sum_{i=0}^{t-1} p(i) \quad (6)$$

$$w1(i) = \sum_{i=t}^{255} p(i) \quad (7)$$

เมื่อ $w0(i), w1(i)$ = ความแปรปรวนของกลุ่มที่ 1, กลุ่มที่ 2

$P(i)$ = Normalization ค่าให้อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

2. การประมวลผลภาพ (Image processing)

2.1 การแปลงภาพระดับสีเทา (Grayscale image) [9]

ภาพสีเทาเป็นภาพที่มีค่าในแต่ละจุดของพิกเซล คือ ความเข้มของสี ตั้งแต่สีขาวจนถึงสีดำ ภาพในระดับสีเทาจะมีความละเอียดอยู่ที่ 8 บิต ภาพจะมีความเข้มของสีค่าอยู่ในระดับเท่ากับ 0 ความเข้มของสีขาวอยู่ในระดับ 255

$$G(x, y) = 0.2989 \cdot R(x, y) + 0.5870 \cdot G(x, y) + 0.1140 \cdot B(x, y) \quad (1)$$

เมื่อ $G(x, y)$ คือระดับที่ได้จากการสมการ

$R(x, y), G(x, y), B(x, y)$ คือระดับของสีแดง, เขียว, น้ำเงิน

2.2 การกรองภาพด้วย Top-hat [9]

คือการกรองภาพรูปแบบหนึ่ง เป็นการหาส่วนหนึ่งของจุดพิกเซลที่ใกล้เคียงกันและให้พื้นที่ที่แตกต่างกันโดยการเปรียบเทียบความสว่างของพิกเซล กับพื้นที่โดยรอบหากแตกต่างกันจะเก็บระดับความสว่างไว้แล้วตัดภาพพื้นหลัง ซึ่งเป็นการพัฒนาร่วมกับเทคนิค มอร์โฟโลยี 2 รูปแบบ รูปแบบที่หนึ่ง คือรูปแบบ opening โดยให้ภาพระดับสีเทาไปแปลงภาพ แล้วกัดกร่อนภาพ (erosion) จากนั้นขยายภาพ (dilation) เพื่อหาโครงสร้างของภาพดังสมการ

$$f \circ s = (f \ominus s) \oplus s \quad (2)$$

รูปแบบที่สอง คือรูปแบบ closing จะเป็นการเชื่อมต่อกันของภาพด้วยวิธีการทำ closing คือการทำ dilation ก่อน จากนั้นจึงทำ erosion ดังสมการ

$$f \circ s = (f \oplus s) \ominus s \quad (3)$$

2.4 การวิเคราะห์ด้วย BLOB [9]

เป็นการวิเคราะห์ของก้อนพิกเซลของภาพหรือกลุ่มภาพในภาพที่แตกต่างกันเป็นการแยกวัตถุออกจากพื้นหลังแล้วนับเฉพาะบริเวณที่สนใจ ในการหา blob ใช้สมการดังนี้ [9]

$$\text{Compactness} = \frac{\text{Area}}{\text{width} \cdot \text{height}} \quad (8)$$

หาเซนทรอยด์ของ blob เป็นการหาค่าเฉลี่ย x และ y ของภาพในวิธี โดยกำหนดพิกัดแกน x, y ของพื้นที่ blob แล้วหารด้วยจำนวนพิกเซลทั้งหมด โดยมีสมการ ดังนี้

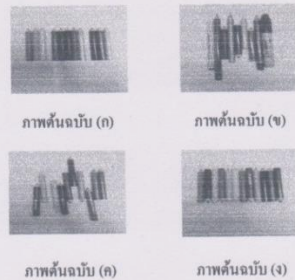
$$X_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, Y_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad (9)$$

เมื่อ N = จำนวนของพิกเซลใน blob

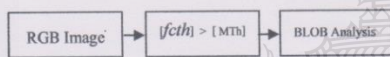
X_i, Y_i = พิกัดของ N

3. ขั้นตอนการทดลอง

จากการทดลองนี้ใช้ตัวอย่างจากภาพถ่าย ดังรูปที่ 1 (ก-ง) มีพื้นหลังเป็นสีขาว โดยวางวัตถุในลักษณะที่แตกต่างกัน ภาพถ่ายในระหว่าง 10-15 เซนติเมตร โดยมีขั้นตอนการทดลองในบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 ภาพถ่ายวัตถุในลักษณะต่างๆ



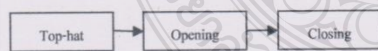
รูปที่ 2 บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการทดลอง

3.1 การแปลงระดับภาพสีเทา

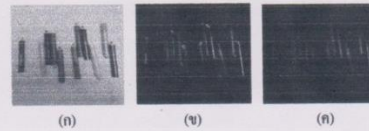
นำภาพสีต้นฉบับดังรูปที่ 1 (ก-ง) ทำการแปลงระดับของสีของภาพ RGB ออก โดยกำหนดค่าในสมการที่ 1 เพื่อหาระดับภาพสีเทา ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นภาพระดับสีเทาในรูปแบบ 2 มิติ ดังรูปที่ 4(ก)

3.2 การแปลงภาพทางมอร์โฟโลยี

เป็นเครื่องมือที่ใช้งานด้านการประมวลผลภาพ ใช้สำหรับการแก้ไขหรือแต่งเติมโครงสร้างเรขาคณิตในภาพ โดยขั้นตอนของการดำเนินการทางมอร์โฟโลยีขั้นตอนแรกคือรูปที่ 3 โดยทำการแปลงภาพเป็นระดับสีเทาเพื่อให้ได้รูปที่ 4(ก) แล้วกรองภาพด้วย top-hat ที่ไม่มีความเข้มของแสงที่ตกกระทบบนวัตถุและพื้นหลังสมดุลขึ้นวัตถุเด่นชัดขึ้นจะได้ภาพดังรูปที่ 4 (ข) ทำการ opening และ closing ทำให้เห็น โครงสร้างของวัตถุชัดเจนจากกัน จะได้ภาพดังรูปที่ 4 (ค)



รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนทางมอร์โฟโลยี



รูปที่ 4 ผลจากการแปลงภาพทางมอร์โฟโลยี

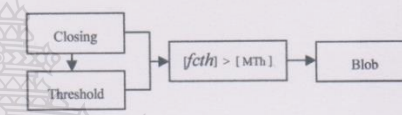
3.3 การแปลงเป็นภาพไบนารี (Binary Image)

เป็นการเปรียบเทียบค่าของการแปลงมอร์ฟอลอจีของ closing กับ threshold เพื่อหาตำแหน่งของภาพ เพื่อให้ได้ค่าไบนารี (0,1) แล้วนำมาวิเคราะห์ blob เพื่อบันทึกจำนวนของวัตถุดังสมการที่ 10

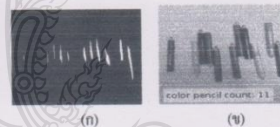
$$Bri = [fcth] > [Mth] \quad (10)$$

Bri = ภาพไบนารี

Mth = เมทริกซ์ของภาพที่ผ่านการแปลงมอร์ฟอลอจี



รูปที่ 5 บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการเปรียบเทียบ เมทริกซ์



รูปที่ 6 ผลจากการวิเคราะห์ด้วย blob และนับวัตถุ

จากรูปที่ 5 เป็นการนำรูปที่ผ่านการแปลง closing และ threshold แล้ว นำมาวิเคราะห์ของภาพเปรียบเทียบและหักล้างกันผลการทดลองจะได้ดังรูปที่ 6 (ก) แล้วใช้เทคนิค blob analysis ในการวิเคราะห์และนับจำนวนของวัตถุแสดงในภาพระดับสีเทา ดังรูปที่ 6 (ข)

4. ผลการทดลอง

จากการทดลองนำเสนอมารวบรวมวิเคราะห์และนับวัตถุทรงกระบอก ผิวเรียบมัน โดยวางเรียงติดกันในลักษณะที่แตกต่างกัน 4 แบบ จำนวน 80 ภาพ ขนาดของภาพ 300x300 พิกเซล โดยมีผลการทดลองดังตารางที่ 1

ผลการทดลองและการเปรียบเทียบเทคนิค Blob

จำนวน (ภาพ)	นับ (ภาพ)	Blob & Top - hat ผิดพลาด %	Blob ผิดพลาด %
20	18	10%	100%
20	17	15%	100%
20	17	15%	100%
20	15	25%	100%

การนับวัตถุที่ติดกันในลักษณะที่แตกต่าง
blob analysis ในการวิเคราะห์เพียงอย่างเดียว ไม่
ได้ออกผลมาใช้นี้ใช้เทคนิค top - hat filter และ
การวิเคราะห์และพัฒนารับวัตถุ ทำให้สามารถนับ
ลักษณะของภาพที่มีขนาดเท่ากัน ที่ทางเดียวกัน
ผิดพลาดในการนับวัตถุ เนื่องจากแสงของภาพ ,
ความซับซ้อนของวัตถุและขนาดของวัตถุที่ไม่
เหมือนกัน

การพัฒนาเทคนิค top - hat และ blob analysis
และนับวัตถุที่ติดกัน ทดลองกับวัตถุทรงเรขาคณิต
ในลักษณะที่แตกต่างกัน โดยแปลงภาพ RGB
เป็นภาพขาวดำด้วยเทคนิค มอร์โฟโลยี ทำการแปลง
opening และ closing จะทำให้ได้ค่าของเมทริกซ์
ในการแปลงภาพ แล้วมาทำการหาค่าต่างกับ
ในการแปลง closing จะได้ภาพในรูป ลบขนาด
จากนั้นใช้การวิเคราะห์ blob แล้วนับจำนวนของ
วัตถุของพบว่ามีวัตถุได้สูงถึง 90 % ใน
ขนาดเท่ากัน ที่ทางเดียวกันและวัตถุที่มี
วัตถุที่มีขนาดไม่เท่ากัน นับได้ 75 % โดย
นับวัตถุ เนื่องจากแสงของภาพ , ระยะห่างในการ
ของวัตถุและขนาดของวัตถุที่ไม่เท่ากัน งานวิจัยนี้
นำไปประยุกต์ใช้กับการนับจำนวนวัตถุได้ แต่ต้อง
ใช้งาน

และ จักร สันนทจักร. "การนับจำนวนของ วัตถุโดย
การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข" ฟ้าฟ้าวิทยาสัย
ครั้งที่ 6 , กระบี่, 26-28 มีนาคม 2557.

Ehling, A. K. Kalema, I. Eyoh, J. Robert, L. Bai ,
of the Whole Heart Vasculature Using Improved

Multi-threshold Otsu and White Top- Hat Scale Space Hessian Based
Vessel Filter", IEEE Symposium Series on Computational
Intelligence (SSCI), pp 1-7, 2016.

- [3] J.Gate, F.Maspiyanti, "Red Blood Cell and White Blood Cell
Classification using Double Thresholding and BLOB Analysis ",
International Conference on Information and Communication
Technology (ICICT), pp 1-5, 2016.
- [4] H. Zhou, L. Llewellyn, L. Wei, D. Creighton, S. Nahavandi, "
Marine object detection using background modeling and Systems ,
Man, and Cybernetics ", IEEE International Conference on Systems ,
and Cybernetics, pp 430-435, 2015.
- [5] S. Bera, " Partially Occluded Object Detection and Counting ", Third
International Conference on Computer ,Communication, Control and
Information Technology (C3IT), pp 1 - 6, 2015.
- [6] J. Ni, Z. Khan, S. Wang, K. Wang, S. K. Haider, " Automatic
Detection and Counting of Circular Shaped Overlapped Objects
Using Circular Hough Transform and Contour Detection, " World
Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA), June 12-
15, 2016.
- [7] A. A. Khute, R. D. Komaji, M. S. Nagmode, " Automated Object
Counting for Visual Inspection Applications ", International
Conference on Information Processing (ICIP) Vishwakarma Institute of
Technology, pp 16-19, 2015.
- [8] Z. Long1, L. Wufeng2, L. Yaqiao1, P. Xiaotao3, G. Zhihua3,
"International Substation Risk Behavior Detection Based on Blob adn
Trajectory ", 2016 IEEE 8th International Power Electronics and Motion
Control Conference (IPEMC-ECCE Asia), pp 430 - 435, 2016.
- [9] R.C. Gonzalez, R. E. Woods, S. L. Essins, (2004), Digital Image
Processing Using Matlab, America : Pearson Prentice Hall .
- [10] what-when-how. BLOB Analysis [Online] .
Available at <http://www.what-when-how.com> .

ENERGY NETWORK OF THAILAND 14th



ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

RSECRMUTT Research and Service Energy Center RMUTT

14th Conference on Energy Network of Thailand
การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14

13 - 15 มิถุนายน 2561 ณ โรงแรม ระยอง

Abstract

Modern Energy for Smart City

พลังงานยุคใหม่สู่การพัฒนาเมืองอัจฉริยะ

ผู้สนับสนุน



หน่วยงานในเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย



สารจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีปณิธานที่มุ่งมั่นจัดการศึกษา วิชาชีพด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีคุณภาพด้วยการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยมุ่งหมายที่จะเป็นมหาวิทยาลัยนักปฏิบัติมีอาชีพ ชัยนำ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี นวัตกรรมทั้งในระดับประเทศ และระดับสากล ซึ่งต้องเกิดจากการมีส่วนร่วมของสถาบันอุดมศึกษา หน่วยงานทั้งภาครัฐบาล และเอกชนในการบูรณาการองค์ความรู้เพื่อนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิต และสังคมต่อไป

ปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานเพื่อตอบสนองคุณภาพชีวิตทั้งในส่วนชุมชน และอุตสาหกรรมมีเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง อันเกิดจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมต่างๆ รวมถึงภาครัฐที่มีนโยบายการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ สังคม ให้ไปสู่ความทันสมัย ซึ่งความต้องการใช้พลังงานที่เพิ่มมากขึ้นเหล่านี้ก่อให้เกิดผลกระทบหลายๆ ด้าน ทั้งปัญหาด้านมลพิษ ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม อีกทั้งภาวะราคาการจัดจำหน่ายพลังงานเชื้อเพลิงในรูปแบบต่างๆ อาทิเช่น น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ และพลังงานไฟฟ้า มีราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ในนามมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ขอเป็นหนึ่งในองค์กรที่มีส่วนร่วมและสนับสนุนในการแก้ไขปัญหาการใช้พลังงานในประเทศไทย โดยให้การสนับสนุนงานวิจัยด้านพลังงานทดแทน พลังงานสะอาด รวมถึงได้จัดตั้งหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงานและวัสดุ ด้วยเหตุนี้การจัดประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14 นี้ จึงถูกจัดขึ้นเพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการตอบสนองต่อเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อันนำไปสู่การแก้ปัญหาด้านพลังงานของชาติอย่างยั่งยืน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ ปิ่นปฐมรัฐ)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารจากคณบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถูกจัดตั้งขึ้นเพื่อเป็นศูนย์กลางการศึกษาและวิจัยด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี โดยมีวัตถุประสงค์ในการจัดการศึกษา ฝึกอบรม และพัฒนาผลงานด้านวิศวกรรมศาสตร์เพื่อเป็นพลังขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศให้เจริญก้าวหน้า โดยเน้นผลิตวิศวกรนักปฏิบัติที่มีคุณภาพระดับมืออาชีพ มีทักษะในการปฏิบัติงาน มีคุณธรรมจริยธรรม ตามจรรยาบรรณวิชาชีพ อีกทั้งผลิตผลงานวิชาการ งานวิจัย สิ่งประดิษฐ์ และนวัตกรรม ให้สอดคล้องกับความต้องการของภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมของประเทศและภูมิภาคอาเซียน

การมีส่วนร่วมในโครงการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 14 นี้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีความยินดีที่ได้รับเกียรติเป็นเจ้าภาพในการดำเนินการจัดโครงการประชุมวิชาการร่วมกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยมีศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนตั้งแต่เริ่มต้นดำเนินโครงการจนกระทั่งเสร็จสิ้นสมบูรณ์

ท้ายนี้หวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความวิจัยด้านพลังงานที่ได้ทำนำเสนอในการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานในครั้งนี้ จะเป็นส่วนหนึ่งในการลดปัญหาด้านพลังงานในประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุกร อ่างทอง)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารจากนายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย



โครงการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งนี้เป็นครั้งที่ 14 โดยใช้ชื่อว่า ENETT'14 โดยมีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีเป็นเจ้าภาพ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเป็นเจ้าภาพร่วมดำเนินการจัดประชุมใน วันที่ 13-15 มิถุนายน พ.ศ.2561 ณ โรงแรมโนโวเทล ริมเพอ อำเภอกเลาง จังหวัดระยอง

เนื่องจากศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมทางด้านพลังงานมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วไม่สิ้นสุด โดยเฉพาะองค์ความรู้ทางพลังงานที่มากมาย และมีการคิดค้น ให้มีความทันสมัย เหมาะสมกับทรัพยากรในพื้นที่ใช้งาน ดังนั้นการจัดประชุมวิชาการ ENETT'14 ที่ได้จัดขึ้นเป็นประจำจึงนับเป็นสิ่งสำคัญในการที่จะฟื้นฟูวิชาการทางพลังงานให้ทันสมัย

ในการนี้ทางคณะกรรมการดำเนินงานหวังว่าจะได้รับเกียรติจากผู้ทรงคุณวุฒิในการนำเสนอแนวคิดทิศทางการวิจัยทางด้านพลังงานของประเทศไทยและของโลก อีกทั้งคณะกรรมการยังหวังว่าจะมีบทความวิจัยและบทความวิชาการจากนักวิจัยในสถาบันการศึกษาและภาคอุตสาหกรรมส่งเข้าร่วมประชุมเป็นจำนวนมากดังเช่นครั้งที่ผ่านๆ มา

นอกจากนี้ทางคณะกรรมการเครือข่ายฯ ได้มีการคัดเลือกบทความที่มีผลงานวิจัยดีเด่นเพื่อทำการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยมีบทความที่ได้รับการคัดเลือกให้ตีพิมพ์ในวารสารเป็นจำนวน 10 บทความ ทั้งนี้เพื่อให้การเผยแพร่งานวิชาการเป็นที่ยอมรับมากยิ่งขึ้น

คณะกรรมการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ขอขอบคุณ คณะดำเนินงานฯ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในฐานะเจ้าภาพ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เจ้าภาพร่วม เป็นอย่างยิ่งที่เสียสละเวลาเตรียมการดำเนินการจัดประชุมวิชาการ ได้เป็นอย่างดี อีกทั้งขอขอบคุณหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่จะมาให้การสนับสนุนการจัดงานในครั้งนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัช ไรยนรินทร์)

ประธานกรรมการฝ่ายวิชาการ โครงการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย

ครั้งที่ 14/ นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

หัวหน้าศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารจากนายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย

สารบัญ

กลุ่ม	หน้า
EI-04 นวัตกรรมด้านพลังงาน	
007 การศึกษาประสิทธิภาพโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกสำหรับอบแห้งผักคนชวา.....	2
012 การพัฒนาฐานข้อมูลสารสนเทศด้านพลังงานของประเทศไทย.....	2
014 การทดสอบกักตุนน้ำขนาดเล็กพลังงานแสงอาทิตย์.....	3
018 การศึกษาทดสอบสมรรถนะทางความร้อนของปล่องรังสีอาทิตย์ไม่เชื่อมร่วมกับการระบายอากาศ ภายใต้สภาวะอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย.....	3
019 การลดความร้อนสะสมภายในห้องใต้หลังคาด้วยฉนวนกันความร้อนจากปะเก็นและน้ำยางธรรมชาติ.....	4
020 อิทธิพลของอุณหภูมิอากาศอบแห้งที่มีต่อการลดลงของความชื้นจากมะพร้าวภายในเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ.....	4
029 การประยุกต์ใช้คลื่นอัลตราซาวด์สำหรับการอบแห้งเมล็ดข้าวเปลือก.....	5
030 การลดความชื้นของข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบกระแสน้ำวนโดยใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิง.....	5
034 ออกแบบและสร้างระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่โดยใช้ความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน.....	6
035 การออกแบบ และศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์.....	6
037 การพัฒนาเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้าเฟสเดียวด้วย FPGAs ภายใต้เงื่อนไขสัญญาณมาตรฐาน IEEE 1459-2010.....	7
051 การสร้างเครื่องอบแห้งด้วยไมโครใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับหลอดฮาโลเจน.....	7
054 การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งเปลือกเห็ดโดยใช้ไมโครเวฟ.....	8
057 การพัฒนาระบบต้นแบบตู้ผลิต RDF โดยใช้เทคโนโลยี IoT ร่วมกับการเก็บข้อมูลอากาศโดยใช้เซนเซอร์เพื่อจัดการขยะชุมชน.....	8
084 การจัดการปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และการเติมอากาศด้วยระบบระบายอากาศแบบผสมผสานภายใต้เงื่อนไขที่พิกัดของเครื่องขึ้น.....	9
092 การเพิ่มการถ่ายเทความร้อนภายในห้องที่ติดตั้งตัวสร้างการไหลแบบต้น.....	9
098 อิทธิพลของกำลังไฟฟ้าต่อสมบัติเชิงโครงสร้างและสมบัติเชิงกลของฟิล์มบางโพลิเมอร์ที่เคลือบด้วยวิธีสเปรย์เมกานิคบนสปีดเคอร์ริง.....	10
099 การศึกษาและออกแบบสร้างเครื่องผลิตก๊าซไฮโดรเจนเพื่อการบำบัดและปรับสภาพน้ำเสีย.....	10
134 การศึกษาหัวหัวสตูพรูปแบบวงแหวนที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของหัวเผา.....	11
156 ระบบวัดและประมวลผลระยะไกลค่าความเป็นกรดค่าและค่าออกซิเจนในน้ำ.....	11
179 การออกแบบซอฟต์แวร์เครื่องทดสอบการสึกหรอโดยแลปวิว.....	11
187 ศึกษาผลกระทบของความยาวและลักษณะท่อลมระบายอากาศในระบบระบายอากาศของการเก็บรักษาข้าวเปลือก.....	12
205 การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการประเมินศักยภาพพลังงานชีวมวลในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ตอนบน กรณีศึกษา จังหวัดน่านและจังหวัดแพร่.....	12
209 การใช้พลังงานของรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าในรูปแบบพฤติกรรมการใช้จริงของคนในกรุงเทพมหานคร.....	13
210 ศึกษาอัตราการปนเปื้อนอากาศที่มีผลต่อประสิทธิภาพเตาชีวมวลชนิดป้อนเชื้อเพลิงแบบต่อเนื่อง.....	13
222 การพัฒนาแท่งสตูพชนิด K8-8 โดยใช้วัสดุพูนชนิดเม็ดกลมอัดแน่น.....	14
231 การศึกษาสมรรถนะเปรียบเทียบของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยใช้แฉกมะพร้าวที่มีความหนาต่างกัน.....	14
232 อิทธิพลของเวลาผสม ความเข้มข้นและสารลดแรงตึงผิวต่อความเสถียรของของไหลนาโนกราฟีน.....	15
244 การเพิ่มประสิทธิภาพการเป็นฉนวนกันความร้อนของแผ่นซีเมนต์กันน้ำจากเศษหินโร โอไลต์โดยใช้ยางธรรมชาติเป็นวัสดุผสมเพิ่ม.....	15
245 การศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกกักตุนในพื้นที่เมืองของภาคใต้ 2 สายพันธุ์ ด้วยรังสีอินฟราเรด.....	16

194	คุณลักษณะผลิตภัณฑ์ของเครื่องชนิดเชื้อเพลิงร่วมด้วยการฉีดแก๊สไฮโดรเจนที่พอร์ท.....	87
199	การผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมของมูลโคร่วมกับน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาและจากกระบวนการขับถ่ายเนื้อปลา.....	87
202	แนวทางการใช้ประโยชน์พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเพื่อผลิตไฟฟ้าสำหรับการอนุรักษ์พลังงานและสร้างอัตลักษณ์ บริเวณแนวชายฝั่งทะเลตำบลปากน้ำ อำเภอละกู จังหวัดสตูล.....	88
206	การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในระบบก๊าซชีวภาพด้วยกระบวนการดูดซับ.....	88
207	การผลิตทานอลจากกากคั้นปาล์มสาธิตขั้นสุดท้ายคือเตาเผาด้วยตะกอนหัวเชื้อจากระบบบำบัดน้ำเสีย.....	89
215	การปรับปรุงประสิทธิภาพของน้ำมันที่ได้จากระบบการไพโรไลซิสโดยใช้วิธีการกลั่นลำดับส่วน.....	89
221	การวิเคราะห์สมรรถนะการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบลอยน้ำพิกัด 50 kWp.....	89
237	การพัฒนาแผนที่ลมสากลปานกลางนอกชายฝั่งทะเลอ่าวไทยและอันดามันของประเทศไทยด้วยการจำลองแบบบรรยากาศ.....	90
238	ไฮโดรเจนที่ได้จากระบบการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าในฐานะเชื้อเพลิงเสริมสำหรับเครื่องชนิดเชื้อเพลิง.....	90
239	การผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดจากเศษไม้ไผ่ร่วมกับใบอ้อย.....	91
243	การใช้โครงข่ายการประสาทร่วมเพื่อการคาดการณ์พลังงานระบบไฟฟ้าเพื่อประเมินออกแบบระบบไมโครกริดที่ใช้ แหล่งกำเนิดพลังงานหมุนเวียนเป็นแหล่งพลังงานหลัก.....	91
252	ปัจจัยการศึกษาระบบอาคารอัตโนมัติบนพื้นฐานการใช้พลังงานทดแทนสำหรับสถานีชาร์จรถไฟฟ้า.....	92
SEC-01 ระบบพลังงานอัจฉริยะเพื่อชุมชน		
066	การออกแบบและพัฒนาระบบให้ป้อนน้ำอัตโนมัติด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์.....	94
079	การศึกษการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนที่สูญเสียจากเตาเผาถ่านด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก.....	94
105	การศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานของโซลาร์เซลล์และกังหันลมรวม 20 kW สำหรับชุมชนคลองเตย วงศกร พลาซ่า.....	95
191	การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าระบบเรียลไทม์เพื่อการจัดการทรัพยากรในชุมชนอัจฉริยะ.....	95
SEC-02 ระบบพลังงานอัจฉริยะเพื่อสถานศึกษาไฟฟ้า		
241	การศึกษาศานักไฟฟ้าไฟฟ้าสำหรับสถานศึกษาไฟฟ้าทำงานร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าแบบกระจาย.....	98
242	ผลกระทบจากการอัปเดตประสิทธิภาพของรถจักรยานไฟฟ้าต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้า.....	98
SEC-03 ระบบพลังงานอัจฉริยะเพื่อเมืองใหญ่		
121	การกำหนดทิศของกังหันลมด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อเพิ่มเวลาในการผลิตไฟฟ้า.....	100
122	สถานะภูมิประเทศส่งผลต่อทิศลมที่ผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานลมขนาดกำลังการผลิต 80 MW.....	100
123	เปรียบเทียบการจัดการเชื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 8 MW.....	101
180	ตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับสถานีพลาสมาที่ใช้ประมวลสัญญาณเพื่อควบคุมการผลิตไฟฟ้าของกังหันลม.....	101
181	การเปรียบเทียบโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 8 เมกะวัตต์ที่ติดตั้งแบบระบบคงที่ และระบบติดตามดวงอาทิตย์ใน ประเทศไทย.....	102
235	การศึกษากาการวัดแรงกระทำด้านข้างต่อชุดเพลาสเตอร์ไฟ.....	103
250	การพัฒนากระบวนการจำแนกป้ายทะเบียนรถยนต์สำหรับการจัดการจราจรในเมืองอัจฉริยะ.....	103
253	การพัฒนาแบบควบคุมแบบไร้สายด้วยสัญญาณไฟฟ้าก้านเนื้อสำหรับผู้พิการและสูงอายุในเมืองอัจฉริยะ.....	104



กำหนดการนำเสนอบทความ

การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 14

14th Conference on Energy Network of Thailand

ระหว่างวันที่ 13 – 15 มิถุนายน 2561 ณ โรงแรมโนโวเทล จังหวัดระยอง

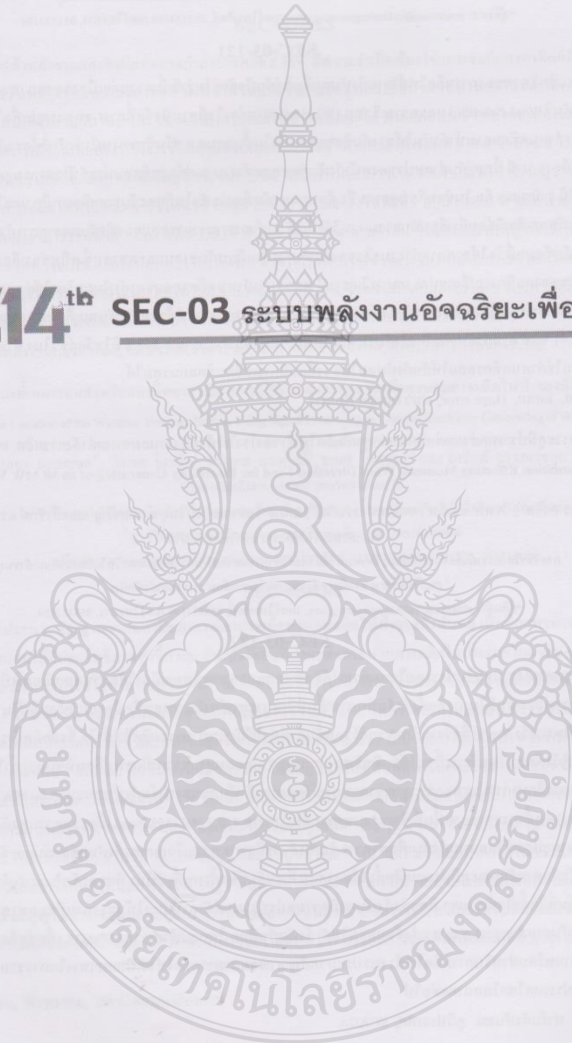
วันที่ 13 มิถุนายน 2561			ห้อง Ballroom 1
ประธานการนำเสนอบทความ ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรศักดิ์			
รองประธานการนำเสนอบทความ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรพงษ์ ภาวสุปรีดิ์			
13.00 น.	RE-01-193	การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากต้นปาล์มหมดยุคผสมกะลาปาล์มและกากตะกอนน้ำมันปาล์ม	นางสาวปราณี หนูทองแก้ว
13.15 น.	RE-01-174	การเพิ่มผลผลิตและความสัมพันธ์ทางด้านพลังงานจากข้าวกับยีสต์เพื่อลดและการวิเคราะห์เศรษฐกิจของโรงเรือนทำความเย็นแบบระเหยและพ่นหมอก	ดร.ชนะ จันทน์จำ
13.30 น.	RE-01-2	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ในรูปแบบอุณหภูมิต่ำโดยใช้วัฏจักรแรงดัน	ดร.สรวิศ สอนสำรี
13.45 น.	RE-01-11	การประเมินอุณหภูมิไมโคร พีวี/ที ชนิดไม่มีกระจกปิด จากคุณลักษณะทางความร้อน	ดร.ธณิศวรรี ตีหายาท
14.00 น.	RE-01-139	การศึกษาเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาขนาด 3 kWp เพื่อรองรับระบบโซลาร์เสรีสำหรับเมืองไทย	นายพงษ์ศักดิ์ มะขามป้อม

ENERGY 14th THAILAND การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14
14th Conference On Energy Network of Thailand (E-NETT)

15.15 น.	SEC-03-235	การศึกษาการวัดแรงกระทำด้านข้างต่อชุดเฟลลอรัดไฟ	นายมนตรี กุลประดิษฐ์
15.30 น.	SEC-02-241	การศึกษาสถานีประจุไฟฟ้าเร็วสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าทำงานร่วมกับระบบผลิตไฟฟ้าแบบกระจาย	ธีระพงษ์ บุญรักษา
15.45 น.	SEC-03-253	การพัฒนาระบบควบคุมแบบไร้สายด้วยสัญญาณไฟฟ้ากล่อมเนื้อสำหรับผู้พิการและผู้สูงอายุในเมืองอัจฉริยะ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์มิตร
16.00 น.	SEC-02-242	ผลกระทบจากการอัดประจุไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้าต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้า	ธีระพงษ์ บุญรักษา
16.15 น.	SEC-03-250	การพัฒนาระบบการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์สำหรับการจัดการจราจรในเมืองอัจฉริยะ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์มิตร
16.30 น.	RE-01-28	การผลิตชิ้นแก๊สด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันสำหรับเครื่องยนต์ขนาดเล็กเพื่อผลิตไฟฟ้า	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์กร เกิดช้าง
16.45 น.	RE-01-42	การทำนายผลขึ้นต้นการผลิตพลังงานจากกังหันลมขนาดเล็กในพื้นที่อาคารขวางการไหลของลมด้วยเทคนิคการใช้เครื่องมือวัดลม	พลโท ดร.กฤตภาส คงคาพิสุทธิ์
17.00 น.	RE-01-72	การทดสอบประสิทธิภาพพลังงานในเชื้อเพลิงชีวมวลที่ผลิตจากอ้อยและฟางข้าว	นายบรรณรักษ์ บรรณสาร

ENERGY
NETWORK OF
THAILAND 14th

SEC-03 ระบบพลังงานอัจฉริยะเพื่อเมืองใหญ่



การศึกษาการวัดแรงกระทำด้านข้างต่อชุดเพลาล้อรถไฟ

Study of Lateral Force Acting on Train Wheelset

มนศรี กุลประติษฐ^{1*} และ เทอดเกียรติ ลิ้มปิติปราการ²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลอง 6 อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

¹ E-mail: tongada147@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 0 2549 4419

² E-mail: terdkiat.l@en.rmutt.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 0 2549 3430-9, เบอร์โทรสาร 0 2549 3432

บทคัดย่อ

ปัจจุบันภายในเมืองใหญ่ มีความนิยมใช้รถไฟฟ้าในการเดินทางเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากมีความสะดวกและความรวดเร็วในการเดินทาง ในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งพฤติกรรมของการเคลื่อนที่ถือเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่ออัตราการใช้พลังงาน การศึกษาเรื่องการวัดแรงกระทำต่อเพลาล้อรถไฟจึงมีผลทั้งต่อการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานและที่สำคัญคือความปลอดภัยจากการคราง

แรงกระทำที่เกิดขึ้นที่ชุดเพลาล้อรถไฟที่มากเกินไปสามารถเป็นเหตุให้รถไฟเกิดการครางได้ ซึ่งแรงกระทำดังกล่าวแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) แรงกระทำในแนวตั้งที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักของรถไฟและน้ำหนักบรรทุก และ 2) แรงกระทำด้านข้างที่เกิดขึ้นทั้งในการวิ่งของรถไฟบนทางตรงและทางโค้ง การทราบค่าแรงกระทำดังกล่าวสามารถใช้ประเมินความเสี่ยงต่อการครางของรถไฟได้แต่ก็ค่อนข้างยุ่งยากและมีวิธีการวัดที่ซับซ้อน ไม่ว่าจะเป็นการวัดโดยใช้ strain gauge หรือการวัดโดยใช้ optical sensors นอกจากนี้ ตามมาตรฐาน UIC 518 ค่าความปลอดภัยในการวิ่งของรถไฟในทางตรง Y/Q ต้องไม่เกิน 0.8 และในทางโค้งต้องไม่เกิน 1.2 โดยวิธีการในการวัดแรงกระทำด้านข้างที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือวิธีการวัดแรงกระทำแบบ Conventional method แต่ต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องมือที่ค่อนข้างซับซ้อนมากผู้วิจัยจึงนำเสนอวิธีการ วัดแรงกระทำด้านข้างแบบใช้ความเร่ง Acceleration measurement method โดยเมื่อทำการสอบเทียบเบื้องต้นในขณะที่รถไฟหยุดนิ่ง ค่าของแรงกระทำที่ได้จากวิธีการแบบใช้ความเร่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าของแรงกระทำที่ได้จากการคำนวณและการวัดแบบ Conventional method

คำหลัก: แรงกระทำในแนวตั้งและแรงกระทำด้านข้าง, ความสัมพันธ์ระหว่างล้อและราง, ชุดเพลาล้อรถไฟ, การครางของรถไฟ, ความปลอดภัยในการวิ่งของรถไฟ

การพัฒนาการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์สำหรับการจัดการจราจรในเมืองอัจฉริยะ

Developing of License Plates Recognition System for Smart Traffic in Smart Cities

อนุรัตน์ พรหมโคตร¹ และ จักรี ศรีนนท์ฉัตร²

^{1,2} ห้องปฏิบัติการและวิจัยด้านการประมวลผลสัญญาณ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

*ผู้ติดต่อ: E-mail: Jakkree.s@en.rmutt.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 089-7775038

บทคัดย่อ

การจัดการปัญหาด้านการจราจรและผู้กระทำผิดกฎจราจรเป็นเรื่องที่สำคัญสำหรับการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ ซึ่งจะส่งผลต่อการลดค่าการใช้พลังงานน้ำมันและพลังงานไฟฟ้าได้ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและพัฒนากระบวนการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์สำหรับการจัดการจราจรในเมืองอัจฉริยะ โดยมุ่งเน้นที่การแยกแยะและจดจำตัว

อักษรบนแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ในกรณีที่ป้ายรถยนต์ทำมุมกล้องถ่ายภาพไม่เป็นตรง ในการทดลองครั้งนี้ใช้ภาพแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์จำนวน 150 ภาพเป็นภาพสัญญาณอินพุต จากนั้นเทคนิคการประมวลผลสัญญาณภาพจะถูกนำมาใช้เพื่อค้นหาตำแหน่งของภาพและลักษณะของตัวอักษร ผลการทดลองพบว่าเทคนิคข้างต้นสามารถค้นหาตำแหน่งของป้ายทะเบียนได้ความถูกต้องร้อยละ 94.66 และสามารถจดจำตัวอักษรได้ความถูกต้องร้อยละ 92.66 ในกรณีที่แผ่นป้ายทะเบียนทำมุมเอียงไม่เกิน 25%

คำหลัก: การค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย, รู้จำตัวอักษร.

การพัฒนากระบวนการควบคุมแบบไร้สายด้วยสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อสำหรับผู้พิการและ
ผู้สูงอายุในเมืองอัจฉริยะ

Development Wireless Controller System Using EMG for Disable
and Order People in Smart Cities

วิเชียร อุปแก้ว¹, จักรกฤษ อ่อนชื่นจิตร² และ จักรี ศรีนนท์ฉัตร^{1*}

^{1,2} ห้องปฏิบัติการทางด้านการประมวลผลสัญญาณ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 ม.1 ค.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12120

*jakkree.s@en.rmutt.ac.th, 089-777-5038

บทคัดย่อ

ประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุในไม่ช้าซึ่งจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงบทบาทในการพัฒนาประเทศ รวมถึงการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ (Smart Cities) ทั้งนี้มีความจำเป็นเป็นอย่างยิ่งที่ต้องพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆ ให้สอดคล้องกับการพัฒนาเมือง โดยนำระบบ Smart Device มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ บทความนี้นำเสนอการพัฒนากระบวนการควบคุมแบบไร้สายด้วยสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อในร่างกายสำหรับผู้พิการและผู้สูงอายุในเมืองอัจฉริยะ ในการทดลองได้ออกแบบและสร้างวงจรขยายอินสตรูเมนต์ชั้น และวงจร Notch filter ทั้งนี้ระบบต่างๆ ได้ออกออกแบบมาเพื่อใช้กับผู้สูงอายุ หรือผู้พิการ โดยได้ออกแบบแผ่นรับสัญญาณติดกับผิวหนังเพื่อใช้งานได้สะดวกและความสะดวก

คำหลัก: วงจรขยายอินสตรูเมนต์ชั้น วงจร Notch filter เมืองอัจฉริยะ

การพัฒนากระบวนการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์สำหรับการจัดการจราจรในเมืองอัจฉริยะ
Developing of License Plates Recognition System for Smart Traffic in Smart Cities

อนุวัช พรหมโคตร¹ และ จักรี ศรีนนท์มิตร^{1*}

¹ ห้องปฏิบัติการและวิจัยด้านการประมวลผลสัญญาณ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

*ผู้ติดต่อ: E-mail: Jakkree.sgen@mutt.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 089-7775038

บทคัดย่อ

SEC-03-250

การจัดการปัญหาด้านการจราจรและผู้กระทำผิดกฎจราจรเป็นเรื่องที่สำคัญสำหรับการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ ซึ่งจะส่งผลต่อการลดค่าการใช้พลังงานน้ำมันและพลังงานไฟฟ้าได้ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและพัฒนาระบบการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์สำหรับการจัดการจราจรในเมืองอัจฉริยะ โดยมุ่งเน้นที่การแยกแยะและจดจำตัวอักษรบนแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ในกรณีที่มีป้ายทะเบียนค้ำบังกล้องถ่ายภาพไม่เป็นตรง ในการทดลองครั้งนี้ใช้ภาพแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์จำนวน 150 ภาพเป็นภาพสัญญาณอินพุต จากนั้นเทคนิคการประมวลผลสัญญาณภาพจะถูกนำมาใช้เพื่อค้นหาตำแหน่งของภาพและลักษณะของตัวอักษร ผลการทดลองพบว่าเทคนิคข้างต้นสามารถค้นหาตำแหน่งของป้ายทะเบียนได้ความถูกต้องร้อยละ 94.66 และสามารถจดจำตัวอักษรได้ความถูกต้องร้อยละ 92.66 ในกรณีที่แผ่นป้ายทะเบียนทำมุมเอียงไม่เกิน 25%

คำหลัก: การค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย, รู้จำตัวอักษร

Abstract

Solving the traffic problems and traffic violations are the important issue for smart cities, which it is directly effect to the gasoline and electric consumer ratio. This research presents a developing of license plates recognition system for smart traffic in smart cities. This focuses to classify and recognize the license plates in the term of different angle. There are 150 images of license plates, which used as the input signal. Image processing techniques are employed to identified the license position and recognize the characteristic. The results shown that these techniques provided the accuracy of the license position as 94.66 and the accuracy of characteristic recognition as 92.66 in the condition of the 0 - 25 degree incline of license position.

Keywords: License Plate Localization, Character Recognition.

1. บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยได้ผลักดันระบบ Thailand 4.0 คือการนำนวัตกรรมทางเทคโนโลยีมาพัฒนาประเทศ เพื่อตอบสนองรัฐบาล มีการพัฒนานวัตกรรมโดยมีประยุกต์ใช้กับเมืองเรียกว่า Smart City [1-2] เป็นการจัดการบ้านเมืองในด้านต่างๆ เช่น การปกครอง การจัดการด้านพลังงาน การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม การจัดการด้านจราจร เป็นต้นซึ่งทำให้ผู้อยู่อาศัยหรือประชาชนสะดวกสบายในการดำรงชีวิตประจำวันมากขึ้น ในประเทศไทยได้นำระบบนี้มาพัฒนาโดยมีเมืองต้นแบบ 2 เมืองคือ จังหวัดภูเก็ตและจังหวัดขอนแก่น ซึ่งทำให้เมืองนั้นๆมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น แต่ระบบ Smart City ในด้านการจัดการจราจร (Smart Traffic) ยังเป็นปัญหาใหญ่ในการพัฒนา การจัดการจราจรสามารถแบ่งการประมวลผลหรือระบบการทำงานได้หลายส่วนจากที่ผ่านมามีงานวิจัยที่พัฒนาโดยใช้ระบบประมวลผลภาพมาประยุกต์และพัฒนาเช่น ระบบตรวจจับรถ [3] ระบบรู้จำแผ่นป้ายทะเบียน [4] เป็นต้น จากที่กล่าวมามีความซับซ้อนในการประมวลผลที่แตกต่างกัน ซึ่งในการตรวจจับแผ่นป้ายทะเบียนและรู้จำตัวอักษรยังเป็นที่น่าสนใจในการพัฒนาทั้งยังสามารถประยุกต์เข้ากับระบบ Smart Home นำมาพัฒนาติดตั้งภายในบ้าน

จากการศึกษางานวิจัยการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนทั้งในประเทศไทย [5-6] และต่างประเทศ [7-8] สามารถแบ่งการประมวลผลออกเป็น 3 แบบคือ การประมวลผลแบบ Real-Time, การประมวลผลแบบ Video และการประมวลผลด้วยภาพถ่าย ซึ่งมีความซับซ้อนที่แตกต่างกัน อีกทั้งยังสามารถแบ่งขั้นตอนการ

ประมวลผลออกเป็นหลายขั้นตอน จากการศึกษาระบบยังมีความผิดพลาดในการประมวลผลที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากความสมดุลของแสง ลักษณะของภาพ รวมถึงโครงสร้างของตัวอักษรที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นบทความนี้นำเสนอการพัฒนากระบวนการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ด้วยเทคนิคการรู้จำตัวอักษรด้วยแสงแบ่งการประมวลผลออกเป็น 2 ขั้นตอนคือการค้นหาแผ่นป้ายและการรู้จำตัวอักษร เพื่อศึกษาและเพิ่มประสิทธิภาพในการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียน

2. ขั้นตอนการประมวลผลและทฤษฎีการแปลงภาพ

บทความนี้พัฒนาโดยใช้รูปถ่ายแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ส่วนบุคคล มีพื้นหลังแผ่นป้ายสีขาวตัวอักษรสีดำ ถ่ายภาพแผ่นป้ายทะเบียนในลักษณะภาพเอียงไม่เกิน ± 25 องศา มีระยะห่างในการถ่ายภาพ 1 เมตร มีตัวอย่างภาพถ่าย 150 ภาพ ขนาดรูปถ่าย 700 x 500 พิกเซล

2.1 การค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียน (License Plate Localization)

การค้นหาแผ่นป้ายมีความสำคัญเป็นอย่างมากจากที่ผ่านมามีงานวิจัยที่พัฒนาการค้นหาแผ่นป้าย [5] ในบทความนี้พัฒนาการทดลองโดยใช้เทคนิคการค้นหาขอบภาพโซเบล (Sobel Edge) [9] ร่วมกับมอร์โฟโลยี (Opening, Closing, Dilation,

Erosion) [10] และการเปรียบเทียบเทรชโฮล (Threshold) สามารถอธิบายการแปลงภาพดังต่อไปนี้

การแปลงภาพมอร์โฟโลยี (Opening) [10]

$$A \circ B = (A - B) \oplus B \quad (1)$$

อันดับแรกแปลงภาพด้วยเทคนิคการแปลงขอบภาพ (Sobel edge) เป็นการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของระนาบ x และ y มีผลการแปลงภาพดังรูปที่ 1(b) จากนั้นลดระดับของพิกเซลด้วยเทคนิคการเปิด (opening) ดังสมการที่ 1

ขั้นตอนต่อมาวิเคราะห์โครงสร้างของภาพไบนารีที่พัฒนาด้วยเทคนิคมอร์โฟโลยี (Dilation, Erosion) เป็นเทคนิคการกัดกร่อนและเทคนิคการขยาย ใช้การเปรียบเทียบ Template สแกนพิกเซลจากตำแหน่งแรกไปตำแหน่งสุดท้ายของภาพมีการแปลงภาพดังรูปที่ 1(d) และรูปที่ 2(a)

การแปลงภาพมอร์โฟโลยี (Dilation) [10]

$$A \oplus B = \bigcap_{b \in B} A - b \quad (2)$$

การแปลงภาพมอร์โฟโลยี (Erosion) [10]

$$A \ominus B = \bigcup_{b \in B} A_b \quad (3)$$

จากภาพที่ 2(a) ยังไม่สามารถแสดงตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนได้ขั้นตอนต่อมาเป็นการวิเคราะห์ไบนารี (blob area) เป็นการคำนวณหาพื้นที่ไบนารีดังสมการที่ 4 มีผลการแปลงภาพและการคำนวณดังรูปที่ 2(b) จากนั้นเปรียบเทียบตำแหน่งของไบนารีกับตำแหน่งของภาพระดับสี RGB มีผลการแปลงภาพดังรูปที่ 2(c) และการแปลงภาพดังรูปที่ 2(d)

การแปลงภาพไบนารี (Blob Area) [11]

$$blob_{area} = \begin{cases} blob, & \text{if } area \geq T \\ noise, & \text{if } area < T \end{cases} \quad (4)$$

เมื่อ $A \ominus B$ คือ เทคนิคการขยาย
 $A \circ B$ คือ เทคนิคการเปิด
 $A \oplus B$ คือ เทคนิคการกัดกร่อน
 A คือ พิกเซลภาพ
 B คือ Structure Element
 b คือ จุดผ่านของพิกเซล
 $blob_{area}$ คือ พื้นที่ไบนารีทั้งหมด
 T คือ ระดับของพิกเซล
 $area$ คือ พื้นที่ไบนารี
 $noise$ คือ พิกเซลสัญญาณรบกวน



(a) Image Car



(b) Sobel Edge



(c) Morphology Opening



(d) Morphology Dilation

รูปที่ 1 การค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย, (a) ตัวอย่างภาพถ่ายแผ่นป้าย, (b) ตัวอย่างการแปลงภาพโซเบล, (c) ตัวอย่างการแปลงภาพเปิด, (d) ตัวอย่างภาพการขยายไบนารี



(a) Morphology Erosion



(b) Area blob



(c) Detection LP



(d) Segmentation LP

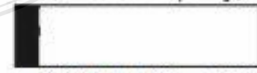
รูปที่ 2 การค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย, (a) ตัวอย่างการกัดกร่อน, (b) การค้นหาพื้นที่ไบนารี, (c) การเปรียบเทียบแผ่นป้าย, (d) ตัวอย่างการตัดภาพแผ่นป้าย

2.2 การรู้จำตัวอักษร (Character Recognition)

ขั้นตอนการรู้จำมีความสำคัญมาก บทความนี้พัฒนาโดยใช้เทคนิคการรู้จำด้วยแสง (Optical Character Recognition: OCR) [11-14] เทคนิคนี้มีขั้นตอนการประมวลผลดังนี้ การฟื้นฟูภาพ (Normalization) ขั้นตอนนี้อาศัยการประมวลผลภาพหลายเทคนิคคือ แปลงภาพด้วยเทคนิคการเปรียบเทียบเทรชโฮลด์ (Threshold) เป็นการเปรียบเทียบระดับของพิกเซลและเทคนิคการเปิด (opening) ดังสมการที่ 1 มีผลการแปลงภาพดังรูปที่ 3(a) ขั้นตอนต่อมาลบสัญญาณรบกวนด้วยเทคนิคการกรอง (Fill Hold) และการแปลงภาพปิด (Closing) เป็นการลบสัญญาณรบกวนดังรูปที่ 3(b) ขั้นตอนต่อมาเปรียบเทียบตำแหน่งระหว่างภาพ 3(a) และ 3(b) หาความแตกต่างของระดับภาพแล้วปรับขนาดและกำจัดสัญญาณรบกวนดังรูปที่ 3(c) รวมถึงรูปที่ 3(e) แบ่งตัวอักษรภาพ



(a) Threshold & Opening [10]



(b) Fill Hold & Closing [10]



(c) Area (blob) & Resize (Image)



(d) Segment Character

รูปที่ 3 การฟื้นฟูภาพ, (a) ตัวอย่างการแปลงภาพใบนารี, (b) ตัวอย่างการกรองสัญญาณรบกวน, (c) การสกัดตัวอักษร, ปรับขนาดภาพและการฟื้นฟูภาพ, (d) การแบ่งตัวอักษร

ขั้นตอนต่อมาเป็นการรู้จำมีความสำคัญมากบทความนี้ประยุกต์ใช้การเปรียบเทียบแมตช์ โดยนำตัวอักษรที่แบ่งได้จากรูปที่ 3(d) ปรับขนาด 24x42 พิกเซล แมตช์เป็นแมตช์แบบตัวอักษรภาษาไทยที่สร้างขึ้นใหม่ นำแมตช์กับภาพตัวอักษรเปรียบเทียบดังสมการที่ 5 และนำมาเปรียบเทียบระดับของตัวอักษรดังสมการที่ 6 ผลของการรู้จำเป็นตัวอักษรที่สามารถแก้ไขได้ดังรูปที่ 4

$$Pixel_{mat}(x, y) = \frac{Pixel_{cr}(x, y)}{Pixel_r(x, y)}$$

(5)

$$Pixel_{cr}(x, y) \geq Lev_{cr}(x, y)$$

(6)

เมื่อ $Pixel_{cr}$ คือ พิกเซลตัวอักษร
 $Pixel_r$ คือ พิกเซลแมตช์
 Lev_{cr} คือ ระดับตัวอักษร
 $Pixel_{mat}$ คือ ค่าความแตกต่างของพิกเซล



(a) Localization LP

(b) Recognition LP

รูปที่ 4 ผลการค้นหาค้นหาป้ายและการรู้จำตัวอักษร

3. ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

3.1 การค้นหาค้นหาป้าย

การประมวลผลภาพสำหรับการค้นหาค้นหาป้ายโดยใช้เทคนิคการค้นหาค้นหาภาพโซเบล, เทคนิคมอร์ฟอโลยีและการเปรียบเทียบเทรตไฮส มีผลการทดลองการค้นหาค้นหาป้ายทะเบียนโดยสรุปผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการค้นหาค้นหาป้าย

Image Input (degree)	License Plate	Localization LP	LLP (%)
-6 to -25	50	47	94%
-5 to 5	50	50	100%
6 to 25	50	49	98%
Total	150	142	94.66%

จากตารางและการทดลองจะเห็นว่าเทคนิคที่นำเสนอสามารถประมวลผลการค้นหาค้นหาป้ายโดยเฉลี่ยร้อยละ 94.66 แต่ยังมีข้อเสียและความผิดพลาดในการประมวลผลลักษณะการถ่ายภาพเอียง -6 ถึง -25 องศา ซึ่งมีผลการค้นหาค้นหาป้ายร้อยละ 94 มีสาเหตุจากความไม่สมดุลแสงของภาพต้นฉบับ

3.2 การรู้จำตัวอักษร

ขั้นตอนการประมวลผลภาพสำหรับการรู้จำตัวอักษรพัฒนาโดยใช้เทคนิคการรู้จำตัวอักษร (OCR) ดังสมการที่ 5 และการเปรียบเทียบระดับของตัวอักษรดังสมการที่ 6 มีผลการทดลองการรู้จำตัวอักษรโดยสรุปผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการรู้จำตัวอักษร

Image Input (degree)	License Plate	Recognition LP	CR (%)
-6 to -25	50	45	90%
-5 to 5	50	48	96%
6 to 25	50	46	92%
Total	150	139	92.66%

การรู้จำตัวอักษรพัฒนาโดยเทคนิคการรู้จำ OCR จากผลการทดลองและสรุปผลการทดลองดังตารางที่ 2 เห็นได้ว่าเทคนิคที่นำเสนอสามารถรู้จำตัวอักษรโดยเฉลี่ยร้อยละ 92.66 แต่ยังมีข้อเสียและความผิดพลาดในการประมวลผลในลักษณะการถ่ายภาพเอียง -6 ถึง -25 องศา เนื่องจากความคล้ายคลึงกันของตัวอักษรเช่น "ก, ก, ก" และเมื่อมีการถ่ายภาพเอียงมากขึ้นจะทำให้เกิดความผิดพลาดมากขึ้น ทั้งนี้ผลของการค้นหาค้นหาป้ายยังส่งผลต่อประสิทธิภาพของการรู้จำตัวอักษร

4. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ภายใต้รหัสโครงการ : 4740 ซึ่งได้สนับสนุนทุนวิจัยสำหรับโครงการนี้ ขอขอบคุณนักวิจัย และห้องปฏิบัติการวิจัยทางด้านการประมวลผลสัญญาณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ให้ความช่วยเหลือและร่วมมือในด้านอุปกรณ์ เครื่องมือวัดและทดสอบ

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Virgilio, A. F. A, Danilo, D. and Eduardo, M. d. C. (2018) Humane Smart Cities: The Need for Governance. *IEEE Internet Computing*. Vol. 22(2), pp. 91-95.
- [2] Hyunbum, K. Lynda, M. and Jalel, B. O. (2018) Designing UAV Surveillance Frameworks for Smart City and Extensive Ocean with Differential Perspectives. *IEEE Communications Magazine*. Vol. 56(4), pp. 98-104.
- [3] Muhammet, B. Kim, H. Y. and Lap, P. C. (2018) Idling Car Detection with ConvNets in Infrared Image Sequences. *IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*. pp. 1-5.
- [4] Qinghong, W. (2017) License Plate Recognition via Convolutional Neural Networks. *IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS)*. pp. 926-929.
- [5] Damitha, S.B. Tilakaratna, Ukrit, W. Supakorn, S. and Nattachai, N. (2017) Image Analysis Algorithms for Vehicle Color Recognition. *International Electrical Engineering Congress (IEECON)*. pp. 1-4.
- [6] Kitipong, P. Winai, S. Voraniti, C. and Pakorn, W. (2017) A framework for origin-destination estimation using license plate recognition for Thai rural traffic. *International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*. pp. 1-5.
- [7] Yun, Y. Donghai, L. and Zongtao, D. (2018) Chinese vehicle license plate recognition using kernel-based extreme learning machine with deep convolutional features. *IET Intelligent Transport Systems*. Vol. 12(3), pp. 213-219.
- [8] Muhammad, A. K. Muhammad, S. Muhammad, Y. J. Talha, A. Mussarat, Y. and Tanzila, S. (2018) License number plate recognition system using entropy-based features selection approach with SVM. *IET Image Processing*. Vol. 12(2), pp. 200-209.
- [9] Jaewoong, and K. Sukhan, L. (2015) Extracting Major Lines by Recruiting Zero-Threshold Canny Edge Links along Sobel Highlights. *IEEE Signal Processing Letters*. Vol. 22(10), pp. 1689 – 1692.
- [10] Nidhal, B. and Dan, S. (2008) Theoretical Foundations of Spatially-Variant Mathematical Morphology Part II: Gray-Level Images. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. Vol. 30(5), pp. 837-850.
- [11] Qiusheng, Z. Zhong, C. Xianmin, Z. and Guanghua, H. (2014) Feature-Based Object Location of IC Pins by Using Fast Run Length Encoding BLOB Analysis. *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*. Vol. 4(11), pp. 1887 - 1898.
- [12] Faiz, A. Muhamad, T. Abdullah, Rusli, B. H. A. Rahmita, W. Binti, O. K. R. Ibrahim, A. T. H. and Arun, K. S. (2018) Optical Character Recognition for Quranic Image Similarity Matching. *IEEE Access*. Vol. 6, pp. 554-562.
- [13] Ibrar, A. Xiaojie, W. Ruifan, L. and Shahid, R. (2017) Offline Urdu Nastaleeq Optical Character Recognition Based on Stacked Denoising Autoencoder. *China Communications*. Vol. 14(1), pp. 146-157.
- [14] Xiaojun, Z. Faycal, B. and Reza, S. (2013) Real-time optical character recognition on field programmable gate array for automatic number plate recognition system. *IET Circuits, Devices & Systems*. Vol. 7(6), pp. 337-344.

CALL FOR PAPERS

การประจําวิชาการหาวิศวกรไฟฟ้า (Electrical Engineering Conference หรือ EECON) เป็นการประจําทางวิชาการระดับชาติที่มีมาตรฐานทางวิชาการเป็นที่ยอมรับในระดับสากล มีวัตถุประสงค์เพื่อ ให้บุคลากร วิศวกร นักศึกษา นักวิจัย วิศวกรและผู้บริหารในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและพลังงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องจากสถานประกอบการ วิทยาลัยและหน่วยงานต่าง ๆ ได้มาพบปะและแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้เกี่ยวกับความก้าวหน้าของวิชาชีพและพลังงาน การประจําวิชาการหาวิศวกรไฟฟ้าได้ดำเนินการโดยคณะกรรมการจัดการประจําวิชาการหาวิศวกรไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย คณะกรรมการหาวิศวกรหาวิศวกรไฟฟ้า ผู้แทนจากสถานประกอบการภาครัฐ ผู้แทนจากสถานประกอบการเอกชน และคณะกรรมการดำเนินการจัดการประจําวิชาการหาวิศวกรไฟฟ้า ได้รับเกียรติเป็นเจ้าภาพในครั้งที่ ๑ การประจําวิชาการหาวิศวกรไฟฟ้าได้จัดขึ้นในวันที่ ๒๓-๒๕ พ.ค. ๒๕๖๓ เป็นที่ประชุม และในวันที่ ๒๓-๒๕ พ.ค. ๒๕๖๓ ได้เป็นวันรับที่ ๑ โดยทางวิศวกรหาวิศวกรไฟฟ้าและบริษัททรานซิส เทคโนโลยีการขนส่งทางราง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ร่วมกัน ทางวิศวกรหาวิศวกรไฟฟ้าและบริษัททรานซิส เทคโนโลยีการขนส่งทางราง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้รับเกียรติเป็นเจ้าภาพ

คณะกรรมการจัดการประชุม

- [illegible]

สาขาของบทความ

- [illegible]

การส่งบทความ

จัดทำแบบความเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ หน้ากระดาษขนาด A4 (21 cm x 29.7 cm) ตามแบบที่กำหนด
ส่งผ่านระบบออนไลน์ โดยยื่นคะแนนและรวบรวมเอกสารในการส่งบทความสำหรับการเข้าสู่เวทีปฐมนิเทศ ของการประชุมที่
<http://eecon11.buu.ac.th>

การพิจารณาและกรรมวิธีเสนอบทความ

การพิจารณาความคืบหน้าการพิสูจน์ทราบแผนความรับผิดชอบต่อสังคมจากตัวชี้วัดการปฏิบัติตามหลัก Professional Reviewer) ที่ได้รับการคัดเลือกจากสภาวิชาชีพจากสาขาวิชาการบริหารทั่วไป (ประเภทอื่น) หรือ EAAT และอาจยังมีการประชุมร่วมของภาคีที่เกี่ยวข้องกับงานพิจารณาการดำเนินการให้เป็นไปตามหลักการการบัญชี (Proceedings) หรือ BECON-41 และถือเป็นการดำเนินงานเป็นประโยชน์ เพราะเป็นต้นแบบในการดำเนินการที่ดีขึ้นกับขั้นตอนการปฏิบัติงานตามบทบาท และจะได้รับการพิจารณาให้เป็นต้นแบบขององค์กรที่ดีขึ้นและจะนำไปใช้ในการแก้ไขจากผลการดำเนินการ "ตัวชี้วัดทั่วไป" (ประเภทอื่น) และจากผลการดำเนินการตามตัวชี้วัดประเภทอื่น

กัมพูชาปกครองด้วยสันติ

- | | |
|---|-------------------|
| ๑. หนังสือพิมพ์บทความ | ๔ กรกฎาคม ๒๕๖๑ |
| ๒. หนังสือสารคดีวิชาการบทความ | ๓ กันยายน ๒๕๖๑ |
| ๓. หนังสือเกี่ยวกับบทความฉบับพิเศษมูลนิธิ | ๓ ตุลาคม ๒๕๖๑ |
| ๔. หนังสือทำนองของการประชุมเชิงปฏิบัติการด้านระบบบทความ | ๓ ตุลาคม ๒๕๖๑ |
| ๕. หนังสือทำนองของการประชุมเชิงปฏิบัติการด้าน | ๓ ตุลาคม ๒๕๖๑ |
| ๖. บทความในนิตยสารวิชาการ | ๒๑-๒๓ มกราคม ๒๕๖๑ |

ต้องการข้อมูลเพิ่มเติมการดำเนินงาน

ภาพข่าววิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ภาคใต้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรธานี
๒๕๖๑ ตามโครงการนี้ ตำบลเมืองเกตุนี้ อำเภอทวายบ้าน
จังหวัดสมุทรธานี ๑๖๒๑๑
โทรศัพท์ ๐๙๔-๒๓๐๖-๒๓๐๖ โทร ๐๙๔-๒๓๒๑-๒๓๒๑ ไปที่ ๑๐๐๙141@un.ac.th
ภาพข่าววิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ภาคใต้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
๒๕๖๑๑๑ ตามโครงการนี้ ตำบลเมืองเกตุนี้ อำเภอทวายบ้าน
โทรศัพท์ ๐๙-๒๓๐๖-๒๓๐๖ โทร ๒๓๒๑๑๑ โทรสาร ๐๙-๒๓๐๖-๒๓๐๖ โทร ๒๓๒๑๑๑





SPU
SRIPATUM
UNIVERSITY



การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๔๑ (EECON-41)

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ระหว่างวันที่ ๒๑ - ๒๓ พฤศจิกายน ๒๕๖๑

ขอขอบเกียรติบัตรฉบับนี้ไว้เพื่อแสดงว่า

อนุรักษ์ พรหมโคตร

ได้นำเสนอบทความวิจัยเรื่อง

การพัฒนากระบวนการจัดจำหน่ายทะเบียนรถยนต์สำหรับการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายกลางคืน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรการ วงศ์สายเชื้อ)
ประธานคณะกรรมการจัดการประชุม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรชัย จูธนวัฒน์กุล)
ประธานคณะกรรมการจัดการประชุม

(รองศาสตราจารย์ ดร.อดิคม อักษรบุตร)
นายกสมาคมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า (ประเทศไทย)



SPU
SRIPATUM
UNIVERSITY



การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๔๑ The 41st Electrical Engineering Conference (EECON-41)

วันที่ ๒๑ - ๒๓ พฤศจิกายน ๒๕๖๑

โรงแรมสุโขทัย แกรนด์ โฮเทล แอนด์ คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ จังหวัดอุบลราชธานี
เจ้าภาพจัดงาน มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

รวมบทความ

Volume 1

ไฟฟ้ากำลัง
อิเล็กทรอนิกส์กำลัง
ระบบควบคุมและการวัดคุม
การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล
ไฟโตนิคส์

Volume 2

ไฟฟ้าสื่อสาร
อิเล็กทรอนิกส์
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
วิศวกรรมชีวการแพทย์
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า



Reviewer	Organization
Akekachai Deesiri	Sripatum University
Amarin Ratanavis	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Amnoly Ruengwaree	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Amorn Jirasereeamornkun	Mahanakorn University of Technology
Anon Namin	Rajamangala University of Technology Lanna
Anuree Lorsawatsiri	Mahanakorn University of Technology
Aphibal Pruksanubal	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Aphirak Jansang	Kasetsart University
Apichai Bhatranand	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Apinan Aurasopon	Maharakham University
Apiwat Lekuthai	Chulalongkorn University
Araya Florence	Ubon Ratchathani University
Arpom Teeramongkonrasmee	Chulalongkorn University
Arthit Sodeyome	Siam University
Arthit Srikaew	Suranaree University of Technology
Atipong Suriya	Ubonratchathani University
Atipong Suriya	Ubon Ratchathani University
Bhichate Chiewthanakul	Khonkhan University
Bongkoj Sookananta	Ubon Ratchathani University
Boonchai Boonchu	Mahanakorn University of Technology
Boonchai Techaumnat	Chulalongkorn University
Boonchuay Supmonchai	Chulalongkorn University
Boonlert Suechoey	Southeast Asia University
Boonruang Marungsri	Suranaree University of Technology
Boonsong Sutapun	Suranaree University of Technology
Boonsri Kaewkhamai	Chiang Mai University
Boonyang Plangklang	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Budhapon Sawetsakulanond	Mahanakorn University of Technology
Cattareeya Suwanasri	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Chai Chompoonwai	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Chainarin Ekkaravarodome	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Chainarong Wisassakwichai	Rajamangala University of Technology Krungthep
Chaiwut Chatuthai	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Chaiyachet Saivichit	Chulalongkorn University
Chaiyan Jettanasen	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Chaiyaporn Lothongkam	Mahanakorn University of Technology

Reviewer	Organization
Chaiyo Thammarat	South East Asia University
Chaiyut Sumpavakup	Suranaree University of Technology
Chalee Vorakulpipat	National Electronics and Computer Technology Center
Chanchai Dechthummarong	Rajamangala University of Technology Lanna Chiangmai
Chanchai Thongsopa	Suranaree University of Technology
Chanchana Tangwongsan	Chulalongkorn university
Chanin Wissawinthonon	Chulalongkorn university
Channarong Banmongkol	Chulalongkorn University
Chantana Chantapornchai	Kasetsart University
Charwit Kaewkasi	Suranaree University of Technology
Chaowanan Jamroen	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Chamyut Kamjanapiboon	Rajamangala University of Technology Lanna
Chatchai Suppittasakul	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Chawasak Rakpenthai	University of Phayao
Chirawat Kotchasarn	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Chirdpong Deelertpaiboon	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Chokchai Sangdao	Mahanakorn University of Technology
Chonlatee Photong	Maharakham University
Chowarit Mitsantisuk	Kasetsart University
Chutham Sawigun	Mahanakorn University of Technology
Chutham Sawigun	Mahanakorn University of Technology
Chuttchaval Jeraputra	Mahidol University
Chuwong Phongcharoenpanich	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Danucha Prasertsom	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Daraneer Homdee	Khonkhan University
David Banjerdpongchai	Chulalongkorn University
Decha Wilairat	Mahidol University
Denchai Worasawate	Kasetsart University
Doldet Tantraviwat	Chiang Mai University
Don Isarakorn	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Duangarhit Srimoon	Rangsit University
Dulpichet Rerkpreedapong	Kasetsart University
Dusit Thanapatay	Kasetsart University
Jakkree Srinonchat	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Jantana Panyavaraporn	Burapha University
Jasada Kudtongngam	National Electronics and Computer Technology Center.

Reviewer

Organization

Jedsada Arunruerk	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Jirapat Sangthong	Mahanakorn University of Technology
Jirasak Chanwutitum	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Jirawadee Polprasert	Narasauen University
Jukkrit Klubwang	Rajamangala University of Technology Lanna Tak
Jukkrit Tagapanij	Mahanakorn University of Technology
Kampol Woradit	Srinakharinwirot University
Kanokphan Lertniphonphan	KDDI Research
Karn Patanukhorn	Chiang Mai University
Khanit Matra	Srinakharinwirot University
Khanittha Kaewdang	Ubon Ratchathani University
Kittisin Kanjanawanishkul	Maharakham University
Kittaya Somsai	Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon
Kittisak Kerdprasop	Suranaree University of Technology
Kittisak Tripipatpornchai	Rangsit University
Kittiwann Nimkerdphol	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Komsan Hongesombut	Kasetsart University
Komson Daroj	Ubonratchathani University
Kornchawal Chaipah	Khon Kaen University
Kraisorn Chaisaowong	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Krerk Piromsopa	Chulalongkorn University
Krischonme Bhumkittipich	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Mana Sriyudthsak	Chulalongkorn University
Mongkol Konghirun	King Mongkut University's Technology Thonburi
Monthon Nawong	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nachirat Rachburee	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nalin Sidahao	Mahanakorn University of Technology
Nararat Ruangchaijatupon	Khon Kaen University
Narong Yoothanorn	Sripatum University
Narongrit Sanajit	Mahanakorn University of Technology
Natee Thongun	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Nathabhat Phankong	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nattachai Watcharapinchai	National Electronics and Computer Technology Center
Nattachote Rugthaicharoencheep	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Nattapong Phanthuna	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Nattha Jindapetch	Prince of Songkla University

Reviewer	Organization
Natthawuth Somakettarin	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nimit Boonpirom	Sripatum University
Niruch Jirasuwankul	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Nisachon Tangsanglunvisai	Chulalongkorn University
Nisai Fuengwarodsakul	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Nit Petcharaks	Dhurakij Pundit University
Nithiphat Teerakawanich	Kasetsart University
Nittkam Nimsuk	Thammasat University
Nitpong Panklang	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Nopporn Patcharaprakiti	Rajamangala University of Technology Lanna
Norasage Pattanadech	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Noraset Wichaipanich	Rajamangala university of Technology Thanyaburi
Nuttaporn Ritnorn	University of the Thai Chamber of Commerce
Nutthaphong Tanthanuch	Thammasat University
Ongart Sadmai	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Pakit Suwat	Siam University
Pakpum Somborn	Chulalongkorn University
Panich Intra	Rajamangala University of Technology Lanna
Panjai Tantatsanawong	Silpakorn University
Paniwat Jarpugdee	Chulalongkorn University
Parachai Juanuwattanakul	Sripatum University
Parnjit Damrongkulkarnjorn	Kasetsart University
Pasawee Srirode	Sripatum University
Pasist Suwanapinkrit	Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Patamaporn Sripadungtham	Kasetsart University
Pattarawit Polpinit	Khon Kaen University
Pauline Kongsuwan	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Peerapol Yuvapossitanon	Maharakorn University of Technology
Petch Nantivatana	Sripatum University
Phakkawat Jantree	Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi
Phayung Desyoo	King Mongkuts University of Technology North Bangkok
Phichai Youplao	Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon
Phisan Kaewprapha	Thammasat University
Pichai Aree	Thammasat University
Pichaya Chaipanya	Srinakharinwirot University
Pinit Jitjing	Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Reviewer	Organization
Pinit Nuangpirom	Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Mai
Pinit Thepsatorn	Srinakharinwirot University
Pipat Prommee	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Pisut Raphisak	Kasetsart University
Pittikate Sooraksa	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Pokkrong Vongkoon	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Poompat Saengudomlert	Bangkok University
Poonlap Lamsrichan	Kasetsart University
Poonsri Wannakam	Rajamangala University of Technology Phra Nakorn
Pornrapeepat Bhasaputra	Thammasat University
Pracha Khamphakdi	Ubon Ratchathani University
Prajuab Pawarangkoon	Maharakorn University of Technology
Prasit Nakornrat	Ubon Ratchathani University
Prasopchok Hothongkham	Rajamangala University of Technology Rattanakosin
Prattana Kaewpet	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Prayoth Kumsawat	Suranaree university of technology
Promsak Apiratikul	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Pruet Boonma	Chiang Mai University
Punyaphat Phumiphak	Maharakorn University of Technology
Rachu Puchalard	Maharakorn University of Technology
Rangsan Wongsan	Suranaree University of Technology
Rathdharshagorn Suriyakulnaayudhya	Kasetsart University
Rawid Banchuin	Siam University
Rungsimant Sirchikorn	Maharakorn University of Technology
Sakhon Wootipatanapan	Rajamangala University of Technology Phra Nakorn
Salitip Sinthusonthisat	Maharakorn University of Technology
Samroeng Hintamai	Sripatum University
Sanchai Dechanupaprittha	Kasetsart University
Sangsuee Vasupongayya	Prince of Songkla University
Sansanee Auephanwityakul	Chiangmai University
Sernsak Uatrongit	Chiang Mai University
Settawit Poochaya	Suranaree University of Technology
Sipat Triukose	Chulalongkorn University
Sirichai Dangeam	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Sirichai Triamlumlerd	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Siroj Sirsukprasert	Kasetsart University

Reviewer	Organization
Sirivat Poonvasin	Kasetsart University
Sitthidet Vachirasricirikul	University of Phayao
Somboon Sooksatra	Rangsit University
Somchat Jirivibhakorn	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Sompoph Rodamporn	Srinakharinwirot University
Sompob Polmai	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Somying Thainimit	Kasetsart University
Songphol Kanjanachuchai	Chulalongkorn University
Suchin Trirongjitmoah	Ubon Ratchani University
Sudarat Khwanon	Suranaree University of Technology
Sunisa Kunarak	Srinakharinwirot University
Supachai Vorapojisut	Thammasat University
Supachate Innet	University of the Thai Chamber Commerce
Supakit Kawdungta	Rajamangala university of Technology Lanna Chiang Mai
Suparek Janjarasjitt	Ubon Ratchathani University
Suparek Manitpomsut	University of the Thai Chamber Commerce
Supat Kittiratsatcha	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Supattana Nirukkanaporn	Rangsit University
Supattra Phetnit	Mahanakorn University of Technology
Surachai Chaitusaney	Chulalongkorn University
Surachoke Thanapitak	Mahidol University
Suradej Tretriluxana	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Surapong Suwankawin	Chulalongkorn University
Suree Purnin	Chulalongkorn University
Surin Kittitornkun	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Surin Ngaemngam	Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Suwannee Adsavakulchai	University of the Thai Chamber Commerce
Suwat Pattaramalai	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Suwit Kiravittaya	Naresuan University
Tatpong Katanyukul	Khonkhan University
Teeraphon Phopongviwat	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Teerasak Somsak	Rajamangala University of Technology Lanna
Teratam Bunyagul	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Thanakorn Khongdeach	Kasetsart University
Thanakorn Namhormchan	Eastern Asia University
Thanapat Promwatthanapakdee	Sripatum University

Reviewer	Organization
Thanaset Thosdeekoraphat	Suranaree University of Technology
Thanatchai Kulworawanichpong	Suranaree University of Technology
Theerawut Chaiyatham	Ubon Ratchathani University
Theerayod Wiangtong	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Thummaros Rugthum	Ubon Ratchathani University
Thumrongrat Amornraksa	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Toempong Phetchakul	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Tosaporn Narongrit	Suranaree University of Technology
Touchai Angchuan	Prince of Songkla University
Ukrit Mankong	Chiang Mai University
Upady Hatthasin	Rajamangala University of Technology Lanna Chiangmai
Usana Tuntoolavest	Kasetsart University
Uthen Kamnam	Rajamangala University of Technology Lanna
Uthen Leeton	Suranaree University of Technology
Vara Varavithya	King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Varakorn Kasemsuwan	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Vichakorn Hengsitawat	Sripatum University
Vijit Kinnares	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Vinai Silaruam	Mahanakorn University of Technology
Virote Prajananchai	Rajamangala University Technology Thanyaburi
Vorapoj Patanavijit	Assumption University
Vuttipon Tarateeraseth	Srinakharinwirot University
Wachira Chongburee	Kasetsart University
Wanayuth Sarningoen	Sripatum University
Wanchai Chankaipol	Sripatum University
Wanchai Chimchavee	University of the Thai Chamber Commerce
Wanchai Khamisen	Rajamangala University of Technology Lanna Lampang
Wanchai Subsingha	Rangsit University
Wanchak Lenwari	King Mongkut's University of Technology Thonburi
Wanchalem Pora	Chulalongkorn University
Wannarat Suntiamorntut	Prince of Songkla University
Wannaree Wongtrairat	Rajamangala University of Technology Isan
Warin Sootkaneeung	Rajamangala University of Technology Phra Nakorn
Watanyu Meesrisuk	Nakhon Pathom Rajabhat University
Watcharee Veerakachen	Kasetsart University
Wattana Pankumjeak	Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Reviewer

Wekin Piyarat
Werachet Khanngern
Wichian Doppakaew
Wijitra Petchakit
Wipavan Narksarp
Wiroonsak Santipach
Wirot Ponglangka
Wirote Sangtungtong
Worakarn Wongsachua
Worapong Tangsirat
Worawat Nakawiro
Worawat Sangiamvibool
Wuthiporn Loedwassana
Wuttipong Kumwilaisak
Wuttiwat Kongrattanaprasert
Yongyuth Naras
Yutana Chongjarearn
Yuthapong Somchit
Yuttana Kumsuwan
Yuttapong Jiraksopakun
Yutthana Kanthaphayao
ทัศนัย ทอชัยสุวรรณ
นิพนธ์ ทางทอง
ประเมศวร์ ท่อนแก้ว
ปราโมทย์ อนันต์วรพงษ์
ไวทยพงษ์ ศุภบรรณเสถียร
สายชล ชุตเชื้อจัน
สุภาณ พลสิงห์

Organization

Srinakharinwirot University
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Rajamangala University of Technology Thanyaburi
Walailak University
Siam University
Kasetsart University
Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai
Suranaree University of Technology
Ubon Ratchathani University
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Mahasarakham University
Mahanakorn university of technology
King Mongkut's University of Technology Thonburi
Rajamangala University of Technology Krungthep
Siam University
Dhurakij Pundit University
Chiang Mai University
Chiang Mai university
King Mongkut's University of Technology Thonburi
Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi
Siam University
Rajamangala University of Technology Krungthep
Suranaree University of Technology
Rajamangala University of Technology Krungthep
Siam University
Rajamangala University of Technology Krungthep
Rajamangala University of Technology Krungthep

บทความนี้นำเสนอการหลอมรวมภาพหลายระดับความคมชัดด้วยการเรียนรู้แบบอนุกรมและการแทนรูปแบบมากเลขศูนย์ ทั้งเปรียบเทียบวิธีการหลอมรวมภาพแบบหลายระดับความคมชัดเป็นชนิดสามชั้นตอน ซึ่งจะแบ่งออกเป็นสองแบบแผน แบบแผนแรกจะทำการหลอมรวมภาพด้วยระเบียบวิธีผลการแปลงในระดับแผ่นปะ จากนั้นจะทำการหลอมรวมภาพด้วยระเบียบวิธีการกรองวิภาคในระดับพิกเซล สุดท้ายจะทำการหลอมรวมภาพด้วยระเบียบวิธีผลการแปลงอีกครั้งหนึ่ง ส่วนแบบแผนที่สองจะดำเนินการด้วยระเบียบวิธีการกรองวิภาคก่อน จากนั้นจะใช้ระเบียบวิธีผลการแปลง สุดท้ายจะใช้ระเบียบวิธีการกรองวิภาคอีกครั้งหนึ่ง โดยที่ผลการแปลงที่ใช้จะประกอบด้วยผลการแปลงโคไซน์เวกซ์ และการแทนรูปแบบมากเลขศูนย์ ผลการทดลองพบว่าระเบียบวิธีที่นำเสนอมีประสิทธิภาพเหนือกว่าระเบียบวิธีของงานวิจัยที่มีมาก่อนหน้า

DS04 เวลา 9:50 – 10:10

ปัจจัยการศึกษาความเสี่ยงและความปลอดภัย

ขององค์ทางโค้งสำหรับรถไฟ

งานวิจัยด้านการเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของขบวนรถไฟกำลังเป็นที่น่าสนใจในการเพิ่มประสิทธิภาพการเดินรถรวมถึงด้านความปลอดภัย สำหรับการคมนาคมขนส่งระบบราง ทั้งนี้ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเร็วของขบวนรถไฟเนื่องจากแรงกระทำด้านข้างที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของขบวนรถไฟในทางตรงและทางโค้ง โดยทำให้เกิดการสั่นสะเทือนรวมทั้งแรงเหวี่ยง จากสาเหตุดังกล่าวบทความนี้เสนอปัจจัยการศึกษาความเสี่ยงและความปลอดภัยสำหรับการเข้าโค้งของขบวนรถไฟ โดยมุ่งเน้นที่

จะเปรียบเทียบการเข้าโค้ง 3 รูปแบบและวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเดินรถ ได้จากระบบ Programmable Logic Controller (PLC) มาควบคุมการจ่ายไฟและตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าจาก Analog input module เพื่อทำการเก็บข้อมูลแบบเวลาจริงมาวิเคราะห์ จากนั้นจากระบบ Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) ทำหน้าที่ในการแสดงเลขข้อมูลบนคอมพิวเตอร์ ซึ่งองค์โค้งที่น้อยเกินไปหรือมากเกินไปนั้นจะมีผลต่อแรงเสียดทานในระหว่างเข้าโค้งทำให้ความเร็วของขบวนรถไฟลดลง จากการทดลองพบว่าโค้ง 45 องศาสามารถรักษาสถียรภาพของขบวนรถไฟได้เหมาะสมในการเข้าโค้ง

DS05 เวลา 10:10 – 10:30

การพัฒนากระบวนการจัดจ่ายปุ๋ยเพื่อบริการรถยนต์

สำหรับการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายกลางคืน

ในปัจจุบันการพัฒนาเทคนิคเพื่อลดปัญหาความผิดพลาดในการจัดจ่ายของระบบการประมวลผลภาพในเวลากลางคืนยังคงเป็นที่น่าสนใจ บทความนี้นำเสนอการพัฒนากระบวนการจัดจ่ายปุ๋ยเพื่อบริการรถยนต์ในเวลากลางคืน (Night Vision) โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม ทั้งนี้ภาพถ่ายที่นำมาทดลองทั้งหมด 150 ภาพ มีตำแหน่งของแผ่นป้ายแตกต่างกันออกไป โครงข่ายประสาทเทียมถูกนำมาพัฒนาจัดจ่ายตัวอักษร ผลของการทดลองพบว่าสามารถค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายและจัดจ่ายตัวอักษรมีความถูกต้องจากจำนวนของรูปถ่ายโดยเฉลี่ยร้อยละ 94.67 และร้อยละ 85.33 ตามลำดับ

Session BE1

วันศุกร์ที่ 23 พฤศจิกายน 2561 เวลา 8:30 – 10:30 ห้อง A2

Session Chair ผศ.ดร.ไกรสร โยธาวงศ์

IBE01 เวลา 8:30 – 8:50

การประยุกต์ใช้สนามไฟฟ้าในเทคโนโลยีลิบลิบซิท

บทความแนะนำตัวอย่างของการประยุกต์ใช้งานสนามไฟฟ้าในด้านต่างๆ สำหรับเทคโนโลยีของระบบลิบลิบซิท ระบบลิบลิบซิทเป็นการย่อขนาดของการทดลอง การวิเคราะห์ หรือการจัดการตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ ให้มีขนาดทดลองในระดับจุลภาค ซึ่งทำให้เราสามารถลดปริมาณของตัวอย่างที่ต้องใช้ เร่งเวลาการดำเนินการ เพิ่มความไวในการวิเคราะห์ และเพิ่มความแม่นยำในการจัดการได้ สนามไฟฟ้าเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการดำเนินการทางวิศวกรรมชีวเวช ตัวอย่างที่นำเสนอในบทความนี้ได้แก่ การใช้สนามไฟฟ้าควบคุมการเคลื่อนที่ของเซลล์สิ่งมีชีวิต และการสร้างช่องเปิดบนเยื่อหุ้มเซลล์เพื่อส่งผ่านสารเข้าสู่เซลล์ ซึ่งเรียกว่ากระบวนการอิเล็กโทรพอเรชัน

BE01 เวลา 8:50 – 9:10

การหาพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของเซลล์เลือด

โดยใช้ไดโอดอินทรีย์และอินทรีย์ไดโอด

บทความนี้นำเสนอการหาพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของเซลล์เลือดโดยใช้ไดโอดอินทรีย์และอินทรีย์ไดโอด โดยดูจากการตอบสนองของ

เซลล์เม็ดเลือดแดงภายใต้สนามไฟฟ้าไมโครโวลต์ การทดลองแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือการทดลองไดโอดอินทรีย์เพื่อหาความถี่ตัดข้าม และการทดลองอินทรีย์ไดโอดอินทรีย์ เพื่อหาความถี่วิกฤต ผลการทดลองที่ได้คือ ความถี่ตัดข้ามเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 339 kHz และความถี่วิกฤตเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 440 kHz ซึ่งสามารถนำไปหาสภาพนำไฟฟ้าภายในเซลล์ และความจุไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเซลล์ได้

BE02 เวลา 9:10 – 9:30

การพัฒนากระบวนการตรวจคัดกรองเชื้อราออกซาลาเตในปัสสาวะเพื่อการคัดกรองโรคไต

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบตรวจคัดกรอง (Screening tests) ผู้ที่มีโอกาสเสี่ยงต่อโรคไต (Kidney stone disease) ด้วยวิธี Indole Calcium Oxalate Crystallization Index: ICOCI ซึ่งเป็นการตรวจวัดความเข้มข้นที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างออกซาลาเตในปัสสาวะกับสาร Indole reagent จากนั้นได้นำระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ไปทำการวัดทดสอบกับตัวอย่างปัสสาวะจริงของอาสาสมัครที่เป็นโรคไตและผู้ที่มีสุขภาพดี เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการตรวจคัดกรองของระบบ จากผลการทดสอบพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจวัดตัวอย่างปัสสาวะและ



SPU
SRIPATUM
UNIVERSITY



การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๔๑

The 41st Electrical Engineering Conference (EECON-41)

วันที่ ๒๑ - ๒๓ พฤศจิกายน ๒๕๖๑

โรงแรมสุโขทัย แกรนด์ ไฮเกิ้ล แอนด์ คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ จังหวัดอุบลราชธานี
เจ้าภาพจัดงาน มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

Volume 1

ไฟฟ้ากำลัง
อิเล็กทรอนิกส์กำลัง
ระบบควบคุมและการวัดคุม
การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล
ไฟโตนิคส์



การพัฒนาการจดจำป้ายทะเบียนรถยนต์สำหรับการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายกลางคืน

Developing of License Plates Recognition System for Night Vision Images

อนุรักษ์ ทรหมโตตร^๑ และ จักรี ศรีนนท์สัตว์^๒

^๑ห้องปฏิบัติการและวิจัยด้านการประมวลผลสัญญาณ ภาพวีดิทัศน์ กราฟิกและโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

anuruk_p@mail.rmutt.ac.th, jakkree.s@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการพัฒนาเทคนิคเพื่อลดปัญหาความผิดพลาดในการจดจำของระบบการประมวลผลภาพในเวลากลางคืนยังคงเป็นที่น่าสนใจ บทความนี้นำเสนอการพัฒนาการจดจำป้ายทะเบียนรถยนต์ในเวลากลางคืน (Night Vision) โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม ทั้งนี้ภาพถ่ายที่นำมาทดลองทั้งหมด 150 ภาพ มีตำแหน่งของแผ่นป้ายแตกต่างกันออกไป โครงข่ายประสาทเทียมถูกนำมาพัฒนาจดจำตัวอักษร ผลของการทดลองพบว่าสามารถค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายและจดจำตัวอักษรมีความถูกต้องจากจำนวนของรูปถ่ายโดยเฉลี่ยร้อยละ 94.67 และร้อยละ 85.33 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ภาพถ่ายกลางคืน, การรู้จำแผ่นป้ายทะเบียน, โครงข่ายประสาทเทียม

Abstract

Recently, the night vision image processing is interested to reduce the error of recognition. This article presents the development of license plate recognition technique for night vision image using artificial neural networks (ANNs). There were 150 images, which used as the input for ANNs. The license plate position of each image is located in different position. The ANNs is applied to train and recognize the characteristic of license plate characteristics. The results show that this system provides the accuracy of identify license plate position and characteristic recognition as 94.67 % and 85.33 % respectively.

Keywords: Night Vision Image, License Plate Recognition, Artificial Neural Networks.

1. บทนำ

การตรวจจับวัตถุ (Object Detection) [1] และการจดจำตัวอักษร (Character Recognition) [2] สำหรับการพัฒนาการจดจำป้ายทะเบียนกำลังเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย สามารถพัฒนาเป็นระบบการจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transportation system: ITS) เช่นระบบตรวจจับด้วยกล้อง CCTV [3] เป็นต้น จากการศึกษาการจดจำป้ายทะเบียนมีการพัฒนาที่หลากหลายทั้งภายในประเทศไทย [4] และ

ต่างประเทศ [5] นอกจากนี้จากการศึกษาและรวบรวมงานวิจัยระบบการจดจำป้ายทะเบียนแบ่งออกเป็น 3 แบบคือ การประมวลผลด้วย video [6] การประมวลผลแบบ Real-time [7] ประมวลผลด้วยภาพถ่าย [8] ทั้งยังสามารถแบ่งขั้นตอนการประมวลผลออกเป็น 2 ขั้นตอนคือการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้าย [9] และการจดจำตัวอักษร [10] ซึ่งมีกระบวนการใช้งาน, เทคนิคและขั้นตอนในการประมวลผลที่แตกต่างกัน จากงานวิจัยดังที่กล่าวมาพบว่าระบบการจดจำป้ายทะเบียนยังมีความผิดพลาดเนื่องจากความสมดุลของแสง ระยะห่างในการถ่ายภาพรวมถึงการประมวลผลภาพถ่ายในคอนทราสต์ ในการศึกษาและพัฒนาเพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงเป็นที่น่าสนใจเพื่อให้มีความหลากหลายและประสิทธิภาพมากขึ้น

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาการจดจำป้ายทะเบียนรถยนต์โดยมุ่งเน้นในการแยกแยะและจดจำแผ่นป้ายสำหรับภาพถ่ายกลางคืน (Night Vision) แบ่งการประมวลผลออกเป็น 2 ขั้นตอน 1). การค้นหาตำแหน่งป้าย (Location License Plate: LLP) พัฒนาโดยเทคนิคการเพิ่มความคมชัด, การปรับเทียบเพอร์สิด และเทคนิคการวิเคราะห์ไบเนรี 2). การจดจำตัวอักษร (Character Recognition: CR) พัฒนาด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม มีผลของการทดลองเป็นตำแหน่งของป้ายทะเบียนและตัวอักษรแผ่นป้าย

2. ทฤษฎีและขั้นตอนการประมวลผลภาพ

งานวิจัยด้านการจดจำแผ่นป้ายทะเบียนที่ประยุกต์ใช้คอนทราสต์กลางคืนยังเป็นที่น่าสนใจเนื่องจากความผิดพลาดในการประมวลผลซึ่งเกิดจากการมองเห็นของกล้องที่มีสัญญาณรบกวนมากเกินไปหรือความคมชัดของกล้องถ่ายภาพ จากการศึกษาเทคนิคในโดเมนที่ใช้ในการมองเห็นภาพคอนทราสต์กลางคืนอยู่ 2 แบบ คือกล้องอินฟราเรด (Infrared camera) และกล้องเทอร์มอล (Thermal camera) ซึ่งมีความแตกต่างกันที่กล้องอินฟราเรดใช้การสะท้อนของแสงที่ตกกระทบวัตถุเป็นคลื่นแสงที่ใกล้เคียงกับการมองเห็นของมนุษย์ (Near Infrared) โดยเซนเซอร์แปลงแสงอินฟราเรดเป็นสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ของสัญญาณการมองเห็นเป็นภาพระดับสีเขียวน (Night Vision) เนื่องจากแสงสีเขียวนเป็นแสงที่เหมาะสมกับการมองเห็นมากที่สุดกล้องเทอร์มอลใช้เซ็นเซอร์รับคลื่นความร้อนที่แผ่ออกจากวัตถุ กล้องเทอร์มอลมีข้อดีที่ไม่จำเป็นต้องมีแสงตกกระทบวัตถุก็สามารถ

มองเห็นวัตถุในลักษณะของภาพขาวดำโดยผ่านแกว้ดูได้ตามคุณสมบัติ ซึ่งในการนำภาพไปประมวลผลสำหรับระบุป้ายทะเบียนภาพถ่ายในคอน กลางคืน ภาพถ่ายในหัวขึ้นเหมาะสมควรที่จะสามารถแบ่งประเภทของ วัตถุและแสดงโครงสร้างของวัตถุมากกว่าภาพถ่ายแบบเทอร์มอลที่ เหมาะสมกับการพัฒนาระบบตรวจจับในสภาพที่วัตถุมีความร้อน [11]

2.1 การค้นหาตำแหน่งป้าย (Location License Plate: LLP)

การค้นหาตำแหน่งป้ายคือการระบุขอบหรือการแยกแยะข้อมูล ของภาพที่คาดว่าเป็นตำแหน่งป้ายออกจากภาพต้นฉบับ บทความนี้ พัฒนาโดยใช้เทคนิคการเพิ่มความคมชัด (Image Contrast) [12] ดัง สมการที่ 1 เป็นการเพิ่มระดับความสว่างให้กับภาพเมื่อ x_1, y_1 คือค่า ความสว่างเริ่มต้น, x_{max}, y_{max} คือค่าของระดับความเข้มสูงสุดและ x_{min}, y_{min} ค่าความสว่างต่ำสุดเมื่อการแปลงภาพดังรูปที่ 1(b) จากนั้น แปลงภาพระดับสีเทาตามสมการที่ 2 เป็นการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลภาพ สูงสุดและต่ำสุดเมื่อ $gray_{image}$ คือระดับภาพสีเทา, ค่า Max คือค่า ระดับสูงสุดของพิกเซล, Min คือค่าระดับต่ำสุดของพิกเซล จากนั้น ใช้การเปรียบเทียบเทรชโอด (Otsu's Threshold) เปรียบเทียบพิกเซลแปลง เป็นภาพไบนารีดังสมการที่ 3 และเปรียบเทียบบริเวณ ไบนารีดังสมการที่ 4 เมื่อ T คือบริเวณ ไบนารีที่ต้องการ, $area$ คือบริเวณ ไบนารีของวัตถุ, $noise$ คือบริเวณ ไบนารีที่ไม่ต้องการ มีผลของการเปรียบเทียบ ไบนารี ดังรูปที่ 1(c)

การแปลงภาพคอนทราสต์และภาพระดับสีเทา [12]

$$y_1 = y_{min} + \frac{y_{max} - y_{min}}{x_{max} - x_{min}} \cdot (x_1 - x_{min}) \quad (1)$$

และ

$$gray_{image} = (Min(red, green, blue) + Min(red, green, blue)) / 2 \quad (2)$$

แปลงภาพไบนารีด้วยเทคนิค Otsu's Threshold

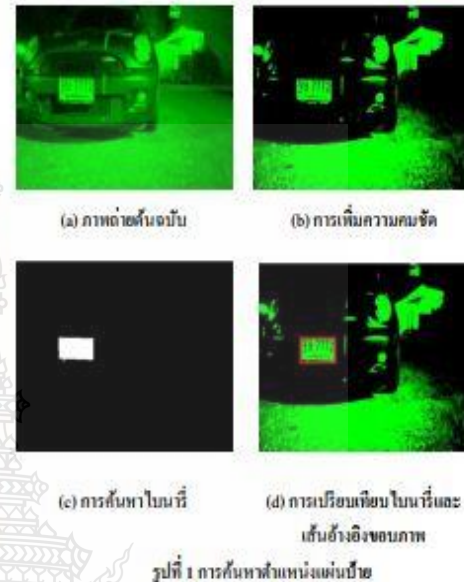
$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } f(x, y) \geq T_{total} \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

เทคนิคการวิเคราะห์ไบนารี (blob area)

$$Area_{blob} = \begin{cases} area, & area_{t1} \geq T \leq area_{t2} \\ noise \end{cases} \quad (4)$$

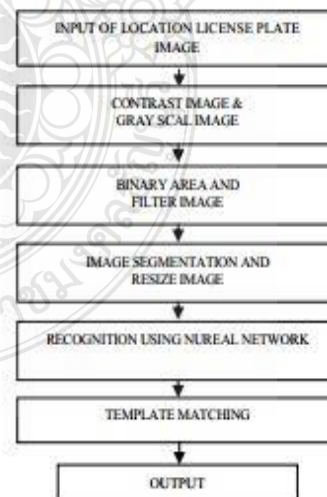
จากรูปที่ 1(c) เป็นบริเวณ ไบนารีหรือตำแหน่งของวัตถุที่คาดว่าเป็น ตำแหน่งของแผ่นป้าย ขั้นตอนต่อไปเป็นการเปรียบเทียบตำแหน่งของ วัตถุไบนารีกับภาพที่ผ่านการเพิ่มความคมชัด โดยกำหนดขอบบน-ล่าง ขอบซ้าย-ขวาแล้วตัดตำแหน่งของภาพ ใช้เส้นอ้างอิงขอบภาพแนวนอน

ข้อมูลภาพเพื่อนำมาบอกตำแหน่งของแผ่นป้ายมีผลการเปรียบเทียบ ตำแหน่งภาพดังรูปที่ 1(d)



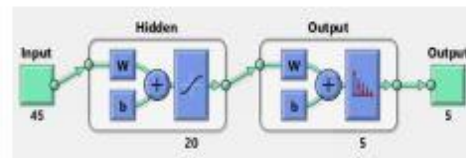
2.2 การจดจำตัวอักษร (Character Recognition: CR)

การจดจำตัวอักษรเป็นการนำข้อมูลเชิงข้อมูลของตัวอักษรโดยการ วิเคราะห์ โครงสร้างของภาพตัวอักษรหรือข้อมูลของภาพตัวอักษรนั้นๆ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญเนื่องจากประสิทธิภาพของการจดจำ สามารถนำข้อมูลเชิงข้อมูลของผู้ใช้จัด บทความนี้ขึ้นขั้นตอนในการ ประมวลผลดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการจดจำตัวอักษร

จำเป็นตัวอักษรผ่านป้ายตัวรูปที่ 7 (Recognition) สรุปผลการทดลองดัง
ตารางที่ 1 และความถูกต้องของการจดจำตัวอักษรดังตารางที่ 2



รูปที่ 5 ขั้นตอนการฝึกประสาทเทียม

	1	2	3	4	5	
1	7 25.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	100%
2	0 0.0%	7 25.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	100%
3	0 0.0%	0 0.0%	6 21.4%	0 0.0%	0 0.0%	100%
4	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	5 17.9%	0 0.0%	100%
5	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1 3.6%	100%
	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	16.7%	0 0.0%	3.6%
	1	2	3	4	5	

รูปที่ 6 ประสิทธิภาพของการฝึกฝนประสาทสัมผัส

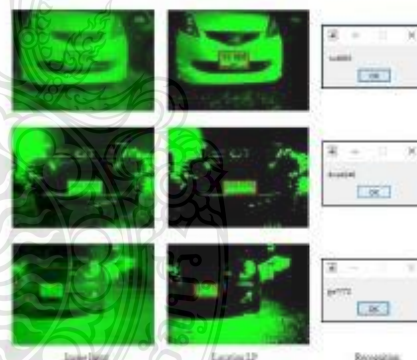


รูปที่ 3 ขั้นตอนการฟื้นฟูสภาพและการครองภาพ



รูปที่ 4 ผลของการแบ่งภาพตัวอักษรขนาด 40×45 พิกเซล

จากรูปที่ 3(d) ลำดับก่อนหน้าภาพตัวอักษรและปรับขนาดของภาพ 40x45 พิกเซลดังรูปที่ 4 ขึ้นก่อนก่อนเป็นการจดจำด้วยโครงข่ายประสาทเทียม (ANNs) [13] ใช้ภาพตัวอักษรดังรูปที่ 4 เป็นอินพุตโดยการลดระดับพิกเซลให้อยู่ในระดับ 0-255 (ระดับเทา) ลดระดับพิกเซลให้อยู่ในช่วง 0-1 ตั้งสมการ $nor = gray_image/256$ (8 บิต) การฝึกสอนประสาทเทียมใช้ภาพตัวอักษร ก-ฮ, 0-9 ทดลองด้วยประสาทเทียมแพร่กลับ 2 ชั้น ดังรูปที่ 5 ประสาทเทียมมีประสิทธิภาพในการฝึกฝนดังรูปที่ 6 ประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ Intel(R) Core(TM) i7-8700k CPU Memory: (RAM 32.0 GB) System 64 bit พัฒนาโดยใช้ Toolbox ของโปรแกรม MATLAB จากการทดลองแสดงตัวอักษรที่ได้จากการจดจำ



รูปที่ 7 ตัวอย่างผลจากการค้นหาผ่านป้ายและการจดจำตัวอักษร

3. ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

การพัฒนาระบบจดจำป้ายทะเบียนรถสองล้อภาพดำขาวกลาย มี
ตัวอย่างภาพถ่ายจำนวน 150 ภาพ เป็นภาพถ่ายที่มีระยะห่างของการ
ถ่ายภาพ 1.5-2 เมตร ภาพถ่ายมีขนาด 400x500 พิกเซล แผ่นป้ายทะเบียน
ไม่มีสิ่งบดบังตัวอักษร แผ่นป้ายสีขาว ตัวอักษรสีดำ การทดลองแบ่ง
ออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) การค้นหาตำแหน่งป้ายทะเบียน 2) การจดจำ
ตัวอักษร จากขั้นตอนดังกล่าวมีผลการทดลองการค้นหาตำแหน่งป้ายดัง
ตารางที่ 1 และแสดงภาพถูกต้องของการการจดจำตัวอักษรตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการค้นหาม้าและรถจักรยานยนต์

The number of Image	Result LLP (Number)	Result CR (Number)
150	142	128

ตารางที่ 2 ความถูกต้องของการจดจำตัวอักษร

Character Plate	The Number Plate	Recognition Number Plate	Result (CR)
5ก15703	7	7	True Positive
ก44685	6	6	True Positive
4กข4246	7	7	True Positive
ก97723	6	6	True Positive
กข7772	6	6	True Positive

บทความนี้เป็นการศึกษาและพัฒนากระบวนการจดจำป้ายทะเบียนรถยนต์สำหรับภาพถ่ายตอนกลางคืน (Night Vision) จากผลการทดลองดังตารางที่ 1 ระบบสามารถค้นหาค้นหาตำแหน่งป้ายและจดจำตัวอักษรมีความถูกต้องจากจำนวนภาพถ่ายทั้งหมด 150 ภาพโดยเฉลี่ยร้อยละ 94.67 และร้อยละ 85.33 รวมถึงดังตารางที่ 2 เป็นผลจากการทดลองความถูกต้องของจำนวนตัวอักษรเลขป้าย ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเทคนิคและขั้นตอนที่นำเสนอสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดกับระบบการจดจำแผ่นป้ายทะเบียนในตอนกลางคืนได้

4. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ภายใต้รหัสโครงการ : 4740 ซึ่งได้สนับสนุนทุนวิจัยสำหรับโครงการนี้ ขอขอบคุณนักวิจัย และห้องปฏิบัติการวิจัยทางด้านการประมวลผลสัญญาณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความช่วยเหลือและร่วมมือในด้านอุปกรณ์ เครื่องมือวัดและทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

- [1] H. Sanbaşı, H. Çevikalp, S. Kahvecioğlu, "Car Detection in Images Taken from Unmanned Aerial Vehicles," *Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, pp.1-4, 2018.
- [2] Q. Hu, H. Wang, T. Li, C. Shen, "Deep CNNs With Spatially Weighted Pooling for Fine-Grained Car Recognition," *IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS*, Vol. 18, No. 11, 2017.
- [3] J. Kim, J. Jin, K. Kim, "Multiple studies usings license plate recognition system HD CCTV," *IEEE International Conference on Internet of Things (iThings)*, pp.594-597, 2016.

- [4] T. Hong, A. K. Gopalakrishnam, "License Plate Extraction and Recognition of a Thai Vehicle Based on MSER and BPNN," *International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST)*, pp.48-53, 2015.
- [5] Z. Youting, Y. Zhi, L. Xiying, "Evaluation methodology for license plate recognition systems and experimental results," *IET Intelligent Transport Systems*, Vol. 12, Is. 5, 2018.
- [6] Y. Xu, S. Wang, X. Li, "Vehicle Video Detection Based on Pulsed Coupled Neural Network," *7th International Congress on Image and Signal Processing*, pp.731-735, 2014.
- [7] O. Bulan, V. Kozitsky, P. Ramesh, M. Shreve, "Segmentation- and Annotation-Free License Plate Recognition With Deep Localization and Failure Identification," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 18, Is. 9, pp. 2351 – 2363, 2017.
- [8] Y. Yong, W. Chixi, Y. Bencheng and Yin Zhi-hao, "Research on the method of image preprocessing in license plate location," *International Conference on Computational and Information Sciences*, pp.1084-1087, 2013.
- [9] J. Yepezl, S. B. Ko, "Improved license plate localisation algorithm based on morphological operations," *IET Intelligent Transport Systems*, Vol.12, Is. 6, 2018.
- [10] H. Seibel; S. Goldenstein; A. Rocha, "Eyes on the Target: Super-Resolution and License-Plate Recognition in Low-Quality Surveillance Videos," *IEEE Access*, Vol.5, pp. 20020 – 20035, 2017.
- [11] Malavizhi.D, Lavanya .V, Nivetha priya.M, "Night Vision Technology," *International Journal for Science and Advance Research in Technology (IJSART)*, Vol.3, Is.8, pp.411-414, 2017.
- [12] S. Yelmanov, Y. Romanyshyn, "Image Contrast Enhancement in Automatic Mode by Nonlinear Stretching," *XIV-th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)*, pp. 104-108, 2018.
- [13] A. Y. Felix, A. Jesudoss, J. A. Mayan, "Entry and Exit Monitoring using License Plate Recognition," *IEEE International Conference on Smart Technologies and Management for Computing, Communication, Controls, Energy and Materials (ICSTM)*, pp. 227-231, 2017.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	นายอนุรักษ์ พรหมโคตร
วัน เดือน ปีเกิด	12 มิถุนายน 2534
ที่อยู่	159 หมู่ 2 ต. ดงมะไฟ อ. เมือง จ. สกลนคร 47000
การศึกษา	
2558	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรญาณ วิทยาเขตสกลนคร
2555	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสกลนคร
2553	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสกลนคร
เบอร์โทรศัพท์	0958450540
อีเมล	anuruk_p@mail.rmutt.ac.th

