การรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์จากภาพดิจิทัลแบบทันกาล

นางสาวสุกัญญา จังเจริญจิตต์กุล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-3844-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

REAL-TIME VEHICLE LICENSE PLATE RECOGNITION FROM DIGITAL IMAGE

Miss Sukanya Jangcharoenjitkul

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Computer Science

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-17-3844-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์จากภาพดิจิทัลแบบทันกาล
โดย	นางสาวสุกัญญา จังเจริญจิตต์กุล
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.สืบสกุล พิภพมงคล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.สืบสกุล พิภพมงคล)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เศรษฐา ปานงาม)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุกัญญา จังเจริญจิตต์กุล : การรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์จากภาพดิจิทัลแบบทันกาล (REAL-TIME VEHICLE LICENSE PLATE RECOGNITION FROM DIGITAL IMAGE) อ. ที่ปรึกษา : อ.ดร. สืบสกุล พิภพมงคล, 87 หน้า. ISBN 974-17-3844-7.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการพัฒนาอัลกอริธึมเพื่อการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ ซึ่งประกอบด้วยตัวอักษร ตัวเลข และจังหวัด เพื่อใช้ชี้เฉพาะรถยนต์คันนั้นๆ ในที่นี้ได้เสนอแนวคิดในการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ จากภาพดิจิทัล จากการถ่ายภาพในทั้งมุมตรงและมุมเอียง โดยอาศัยรูปแบบของแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ตามมาตรฐานที่ถูกกำหนดโดยกฎกระทรวง ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2539) การรู้จำตัวอักษร ตัวเลขและจังหวัดในวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้วิธีแบ่งส่วนตัวอักษรและตัวเลขเป็น 3 ส่วนในแนวนอนเพื่อแบ่งกลุ่มตัวอักษรและตัวเลขเพื่อจำกัดปริมาณข้อมูลภาพที่ต้องประมวลผล ในการรู้จำใช้ต้นไม้การตัดสินใจโดยแบ่งตามประเภทของช่องว่างในส่วนบนและส่วนล่างของตัวอักษรและตัวเลขโดยแบ่งประกอบด้วย 6 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 ส่วนบนไม่มีช่องว่างและส่วนล่างไม่มีช่องว่าง ประเภทที่ 2 ส่วนบนไม่มีช่องว่างและส่วนล่างมีช่องว่าง 1 กลุ่ม ประเภทที่ 3 ส่วนบนมีช่องว่าง 1 กลุ่มและส่วนล่างไม่มีช่องว่าง ประเภทที่ 4 ส่วนบนมีช่องว่าง 1 กลุ่มและส่วนล่างมีช่องว่าง 1 กลุ่ม ประเภทที่ 5 ส่วนบนมีช่องว่าง 2 กลุ่มและส่วนล่างไม่มีช่องว่าง ประเภทที่ 6 ส่วนบนมีช่องว่าง 2 กลุ่มและส่วนล่างมีช่องว่าง 1 กลุ่ม จากนั้นเปรียบเทียบลักษณะเด่นในประเภทนั้นๆ หากข้อมูลภาพที่ได้มีความคล้ายคลึงกับลักษณะเด่นใดมากที่สุด จะตัดสินให้เป็นตัวอักษรหรือตัวเลขนั้น

จากการทดสอบได้ผลค่อนข้างดีเมื่อส่วนของป้ายทะเบียนในภาพไม่ไกลหรือใกล้จนเกินไป กล่าวคือขนาดความยาวของป้ายทะเบียนในภาพถ่ายมีขนาดประมาณ 20 – 50% ของความยาวของภาพถ่ายดิจิทัลแบบ VGA ขนาด 640 x 480 พิกเซล จากภาพถ่ายดิจิทัลจำนวน 150 ภาพ โปรแกรมต้นแบบ สามารถตรวจหาตำแหน่งของป้ายทะเบียนได้ถูกต้อง เฉลี่ยประมาณ 95% จากนั้น นำผลลัพธ์ที่ถูกต้องจากการหาตำแหน่งป้ายทะเบียนผ่านการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่การบ่งชี้ตัวอักษรและตัวเลขถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 92% และการบ่งชี้เฉพาะส่วนจังหวัด ถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 90% ความถูกต้องโดยรวม ของการหาตำแหน่งป้ายทะเบียนและสามารถหาตำแหน่งบ่งชี้ตัวอักษร ตัวเลข จังหวัดได้ถูกต้องเฉลี่ยโดยประมาณ 89%

ภาควิชา.....วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา....2547.....

4570598021 : MAJOR COMPUTER SCIENCE
KEYWORD: LICENSE PLATE RECOGNITION / RECOGNITION REAL - TIME
SUKANYA JANGCHAROENJITKUL : REAL-TIME VEHICLE LICENSE PLATE RECOGNITION FROM DIGITAL IMAGE. THESIS ADVISOR : SUEBSKUL PHIPHOBMONGKOL PH.D. , 87 pp. ISBN 974-17-3844-7.

In this master thesis, The prototype of vehicle license plate recognition program is proposed in the document by using various views of digital images. For the method of recognition, firstly, the digital image of license plate is horizontally divided into three sections to categorize information on the license plate and to define the boundary of image. Decision tree is then introduced into the process of identify the information on the license plate by categorizing space pattern of the information into six types – type 1: no space on both upper and lower section, type 2: no space on upper section and one space on lower section, type 3: one space on upper section and no space on lower section, type 4: one space on both upper and lower section, type 5: two spaces on upper section and no space on lower section and type 6: two spaces on upper section and one space on lower section – and then comparing candidate information to the pattern in that type to identify the information.

For the effective results of experiment, I normalized 640 x 480 pixels VGA digital image into between 20 to 50 percents of image width. The experimental results of 150 images show that the program can effectively detect location of license plate by 95 percents. The results of plate location detection is then processed in plate recognition step which divided into two cases.First case is identifying character and number which produce approximately 92 percents in result. Second case is identifying part of provicial infomation which produce approximately 90 percents in result. Thus performance of overall effective recognition results is approximately 89 percents.

Department…....Computer Engineering.....… Student's signature…..…….
Field of study.....Computer Science..... Advisor's signature……..….
Academic year...2004.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อ.ดร.สืบสกุล พิภพมงคล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำเกี่ยวกับแนวทางการวิจัย และคำปรึกษาที่มีประโยชน์อย่างมากกับวิทยานิพนธ์นี้ ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ท่านได้กรุณาให้คำแนะนำ และชี้แนะในการทำงานวิจัย รวมถึงตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้เพื่อนำมาใช้ในการทำงานวิจัยและทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณเพื่อนๆ สำหรับคำแนะนำ และเป็นกำลังใจในการทำงานวิจัย และขอบคุณเพื่อนๆ และพี่ๆ ทุกท่านที่เสียสละแบ่งปันเครื่องคอมพิวเตอร์ให้ใช้งาน

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และพี่น้องทุกคนในครอบครัว ที่สนับสนุนด้านการเงิน ให้ความห่วงใย และให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Enhancement)..... 4

2.1.1 การทำให้ราบเรียบ (Smoothing)..... 4

2.1.2 การปรับความชัดภาพ (Contrast)..... 5

2.1.3 การปรับความสว่าง (Brightening)..... 5

2.1.4 การปรับความมืด (Darkening)..... 6

2.2 การแปลงภาพสีให้เป็นภาพแบบเกรย์สเกล(Grayscale)..... 7

2.3 การแปลงภาพเกรย์สเกลเป็นภาพขาว-ดำ..... 8

2.3.1 ขีดแบ่งความถี่ภาพ (Histogram Thresholding)..... 8

2.4 การโปรเจ็คชั่น (Projection)..... 9

2.5 การทำกระบวนการรูปร่างลักษณะ (Morphology Processing..... 10

2.5.1 การขยายขนาดข้อมูลภาพ (Dilation)..... 10

2.5.2 การกร่อนข้อมูลภาพ (Erosion)..... 10

บทที่ หน้า

2.6 การรู้จำ..... 12
2.6.1 ต้นไม้การตัดสินใจ (Decision Trees)..... 12
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13
2.7.1 งานวิจัย “An Approach to Korean License plate recognition base on vertical edge matching.”..... 13
2.7.2 งานวิจัย ”Multi-National Integrated Car-License Plate Recognition System Using Geometrical Feature and Hybrid Pattern Vector.”..... 14
2.7.3 งานวิจัย “Vehicle License Plate Recognition By Fuzzy and Neural Network.”..... 14
2.7.4 งานวิจัย “License plate recognition system.”..... 14
2.7.5 งานวิจัย “A System for the Automatic and Real Time Recognition of V.L.P.'s (Vehicle License Plate).”..... 15
2.7.6 งานวิจัย “A Real Time Vehicle ’s License Plate Recognition System.” 15
2.7.7 งานวิจัยการหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถในภาพ..... 15
2.7.8 งานวิจัยวิธีการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์..... 16

3. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 17
3.1 การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Enhancement)..... 17
3.2 การแบ่งแยกวัตถุในรูปภาพด้วยสี (Color segmentation)..... 17
3.3 กรรมวิธีเส้นตรงสีแปรปรวน (Variant - color line section) 19
3.3.1 หลักการในการหาขอบ..... 19
3.4 การรู้จำลักษณะพิเศษของป้ายทะเบียน (License plate’s features recognition) 20
3.4.1 เปอร์เซ็นต์ความดำของป้ายทะเบียนรถ..... 22
3.4.2 เปอร์เซ็นต์ของความดำของบริเวณที่คาดว่าเป็นตัวอักษร..... 22
3.4.3 อัตราส่วนของความกว้างต่อความสูง..... 22
3.4.4 ขอบซ้าย-กรอบขวาของป้ายทะเบียน..... 23
3.4.5 ความสม่ำเสมอของการเว้นช่วงตัวอักษร..... 23
3.4.1 ตรวจสอบความเอียงของป้ายทะเบียน..... 23

บทที่ หน้า
3.5 การตัดแบ่งตัวอักษร (Segmentation)..... 24
3.5.1 การกำจัดน็อตระหว่างตัวอักษร..... 25
3.6 การเพิ่ม/ลดขนาดตัวอักษรและตัวเลข (Resampling)..... 26
3.7 การแบ่งส่วนตัวอักษรและตัวเลข..... 26
3.8 การใช้ทรีในการตัดสินใจ (Decision Tree)..... 26
3.9 การรู้จำตัวอักษรโดยเทียบลักษณะเด่น..... 27
3.9.1 การหาค่าความกว้างของกลุ่มสีดำ..... 27
3.9.2 การหาค่าความกว้างของช่องว่าง..... 28
3.9.3 การหาสีดำตำแหน่งแรกในแนวนอน..... 28
3.9.4 การหาจำนวนกลุ่มของสีดำในแต่ละส่วน..... 28
3.9.5 การตัดภาพบางส่วน..... 29
3.9.6 วิธีหาหัวตัวอักษร..... 29
3.10 ลักษณะเด่นแต่ละตัวอักษร..... 30
3.10.1 ลักษณะเด่นกลุ่มที่ 1 ส่วนบนไม่มีช่องว่าง ส่วนล่างไม่มีช่องว่าง..... 30
3.10.2 ลักษณะเด่นกลุ่มที่ 2 ส่วนบนไม่มีช่องว่าง ส่วนล่างมีช่องว่าง..... 35
3.10.3 ลักษณะเด่นกลุ่มที่ 3 ส่วนบนมีช่องว่าง ส่วนล่างไม่มีช่องว่าง..... 37
3.10.4 ลักษณะเด่นกลุ่มที่ 4 ส่วนบนมีช่องว่าง ส่วนล่างมีช่องว่าง..... 38
3.10.5 ลักษณะเด่นกลุ่มที่ 5 ส่วนบนมีช่องว่าง 2 กลุ่ม ส่วนล่างไม่มีช่องว่าง..... 39
3.10.6 ลักษณะเด่นกลุ่มที่ 6 ส่วนบนมีช่องว่าง 2 กลุ่ม ส่วนล่างมีช่องว่าง 1 กลุ่ม 39
3.11 การแบ่งกลุ่มจังหวัด..... 40
3.12 การรู้จำจังหวัด..... 40
4. การทดลองและผลการทดลอง..... 44
4.1 รายละเอียดข้อมูลภาพในการทดลอง..... 44
4.2 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดลอง..... 44
4.3 การตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์..... 45
4.3.1 ผลการทดลองการตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์..... 45
4.4 การรู้จำตัวอักษร ตัวเลขและจังหวัด..... 57

บทที่ หน้า
4.4.1 ผลการทดลองการรู้จำตัวอักษร ตัวเลขและจังหวัด..... 57
4.5 สรุปผลการทดลอง..... 64

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 65
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 65
5.2 ข้อจำกัดและแนวทางการวิจัยต่อ..... 66

รายการอ้างอิง..... 67
ภาคผนวก..... 68
ภาคผนวก ก..... 69
ภาคผนวก ข..... 72
ภาคผนวก ค..... 76
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 87

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างข้อมูลที่แสดงลักษณะเด่นของวัตถุทรงกลมประเภทต่างๆ..... 12

ตารางที่ 1.3 แสดงค่าเฉลี่ยแบ่งกลุ่มจังหวัดกลุ่มที่1 40

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าเฉลี่ยแบ่งกลุ่มจังหวัดกลุ่มที่ 2..... 41

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าเฉลี่ยแบ่งกลุ่มจังหวัดกลุ่มที่ 3..... 42

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์..... 45

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการรู้จำตัวอักษร ตัวเลขและจังหวัด..... 57

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิผลของโปรแกรมต้นแบบ..... 64

ตารางที่ 4.5 สมรรถนะของโปรแกรมต้นแบบ..... 64

ตารางที่ ข-1 แสดงรูปแบบตัวอักษรและตัวเลข..... 73

ตารางที่ ค-1 แสดงภาพที่ใช้ในการทดลอง..... 77

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 2.1 ตัวอย่าง มาร์กขนาดต่างๆ ที่ใช้ในการทำตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย..... 4

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการคำนวณค่าเฉลี่ย โดยใช้มาร์ก ขนาด 3 x 3..... 5

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างภาพเมื่อผ่านการคำนวณค่าเฉลี่ย โดยใช้มาร์ก ขนาด 3 x 3..... 5

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างภาพเมื่อผ่านการปรับความสว่าง..... 6

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างภาพเมื่อผ่านการปรับความมืด..... 6

รูปที่ 2.6 ตัวอย่างภาพเมื่อผ่านการทำเกรย์สเกล..... 7

รูปที่ 2.7 ภาพตัวอย่างแสดงการขีดแบ่งความถี่ภาพ..... 9

รูปที่ 2.8 ภาพตัวอย่างแสดงการโปรเจ็คชั่นในแนวนอนและแนวตั้ง..... 9

รูปที่ 2.9 แสดงตัวอย่างการขยายขนาดข้อมูล และการกร่อนข้อมูลภาพ..... 11

รูปที่ 2.10 ต้นไม้การตัดสินใจเพื่อจำแนกประเภทของวัตถุทรงกลม..... 13

รูปที่ 3.1 แสดงผลหลังจากการใช้กรรมวิธีการแบ่งแยกวัตถุ..... 18

รูปที่ 3.2 กราฟแสดงค่าความเข้มแต่ละพิกเซลตามแนวแกน X เมื่อลากเส้นผ่านจุดต่างๆ.... 19

รูปที่ 3.3 แสดงการหาขอบซ้าย – ขวาจากกรรมวิธีเส้นตรงแปรปรวน..... 20

รูปที่ 3.4 แสดงการแบ่งส่วนของป้ายทะเบียนตามตัวอักษร..... 22

รูปที่ 3.5 แสดงขอบเขตของตัวอักษรสองตัวท้ายในป้ายทะเบียน..... 22

รูปที่ 3.6 แสดงเส้นขอบซ้าย-ขวาที่ตรงกับลักษณะที่กำหนด..... 23

รูปที่ 3.7 การปรับภาพให้อยู่ในแนวตรง..... 24

รูปที่ 3.8 การแบ่งตัวอักษร..... 24

รูปที่ 3.9 ผลลัพธ์การแบ่งตัวอักษร..... 25

รูปที่ 3.10 หาค่ากลางเฉลี่ยเพื่อกำจัดน็อตระหว่างตัวอักษร..... 25

รูปที่ 3.11 ลดค่าขีดแบ่งความถี่เพื่อกำจัดน็อตระหว่างตัวอักษร..... 26

รูปที่ 3.12 การแบ่งส่วนตัวอักษรเป็น 3 ส่วน..... 26

รูปที่ 3.13 ทรีแสดงการตัดสินใจ..... 27

รูปที่ 3.14 การหาความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้ง..... 27

รูปที่ 3.15 การหาความกว้างของช่องว่างในแนวตั้ง..... 28

รูปที่ 3.16 การหาจุดสีดำตำแหน่งแรกในแนวตั้ง..... 28

รูปที่ 3.17 การหาจำนวนกลุ่มสีดำในแนวตั้งโดยใช้เกณฑ์..... 28

รูปที่ 3.18 หาเกณฑ์ที่ใช้ในการบอกกลุ่มของส่วนบน..... 29

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 3.19 การกลุ่มสีดำในแนวนอนโดยใช้เกณฑ์..... 29
รูปที่ 3.20 การตัดภาพบางส่วน..... 29
รูปที่ 3.21 วิธีหาหัวตัวอักษร..... 30
รูปที่ 3.22 การแบ่งกลุ่มจังหวัด..... 40

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันมีความต้องการในการใช้งานการรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์แบบอัตโนมัติในงานต่างๆ ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าในปัจจุบันนี้ ปัญหาต่างๆ ที่เกิดกับรถยนต์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นระบบควบคุมรถยนต์ที่ไม่ได้รับการอนุญาตไม่ให้เข้าสู่เขตพื้นที่อาคาร รวมทั้งปัญหาในระบบการเก็บค่าจอดรถยนต์ ระบบควบคุมการจราจร ระบบการติดตามรถยนต์ที่สูญหาย ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนรถยนต์มีมากจึงทำให้การตรวจสอบและการจำแนกรถยนต์นั้นทำได้ยาก

ซึ่งในการทำงานเหล่านี้นั้นจะกระทำโดยคน มักจะพบว่าเกิดความล่าช้าและความผิดพลาดขึ้นบ่อยครั้ง เช่น ระบบควบคุมการเข้า – ออกรถยนต์ ในบางสถานที่จำเป็นต้องมีสัญลักษณ์ที่แสดงว่ารถคันนั้นสามารถผ่านเข้า - ออกได้จริง แต่หากสัญลักษณ์ดังกล่าวถูกปลอมแปลงหรือถูกขโมยมาจากผู้อื่น บ่อยครั้งที่ผู้ทำหน้าที่ตรวจสอบมักจะประมาทเลิ่นเล่อไม่เคร่งครัดในการตรวจสอบ หรือการรู้เห็นเป็นใจของเจ้าหน้าที่ ส่วนปัญหาในระบบการเก็บค่าจอดรถยนต์ เช่น การเข้าจอดรถยนต์ตามศูนย์การค้าที่มีการเก็บค่าจอดรถ เจ้าหน้าที่จะทำการออกบัตรอนุญาตเข้าจอดโดยการจดบันทึกเวลาที่เข้าจอด และในบางสถานที่อาจมีการจดบันทึกข้อมูลป้ายทะเบียนรถเข้าไปด้วย เมื่อถึงเวลานำรถยนต์ออกจากที่จอดรถจะต้องใช้การคำนวณจากเจ้าหน้าที่ รวมถึงการตรวจสอบข้อมูลในบัตรว่าเป็นข้อมูลเดียวกันกับป้ายทะเบียนรถยนต์คันนั้นจริงหรือไม่ ซึ่งข้อจำกัดของคนที่อาจเกิดการคืออ่อนล้าเนื่องจากการทำงานเป็นเวลานาน จึงอาจทำให้เจ้าหน้าที่คำนวณผิดพลาด หรือไม่มีการตรวจสอบอย่างแท้จริง เป็นต้น ถึงแม้ในขณะนี้ จะมีแก้ปัญหาโดยการปรับปรุงรักษาความปลอดภัยที่เพิ่มขึ้นโดยการติดตั้งกล้องวงจรปิดเพื่อช่วยในการทำงาน แต่ยังคงไม่สามารถแก้ปัญหาในเรื่องที่ต้องทำงานโดยคน อีกทั้งการเก็บข้อมูลภาพด้วยกล้องวงจรปิดนั้น ไม่สามารถเก็บได้เป็นระยะเวลานานเนื่องจากค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บมีราคาสูง จึงมีการนำเทป หรือ สื่อที่ใช้ในการเก็บข้อมูลนำกลับมาใช้อีกครั้ง ทำให้ข้อมูลภาพบางครั้งสูญหายไป

จากสาเหตุดังกล่าวจึงมีแนวคิดที่จะใช้คอมพิวเตอร์มาทำงานแทนเนื่องจากสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำ รวดเร็ว รวมถึงมีประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือมากกว่า และยังสามารถทำงานร่วมกับระบบงานคอมพิวเตอร์อื่นๆ ได้สะดวกอีกด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จะเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาในดังกล่าวด้วยการพัฒนาอัลกอริธึมช่วยในการตรวจจับป้ายทะเบียนรถยนต์แบบทันกาล

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมในการค้นหาส่วนของแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์และสามารถบ่งบอกตัวอักษรและตัวเลขบนแผ่นป้ายทะเบียน โดยใช้เทคนิควิธีในการประมวลผลภาพดิจิทัลแบบทันกาล ทันกาลคือนับตั้งแต่การรับภาพมาประมวลผลจนแสดงผลลัพธ์ ซึ่งเป็นไปตามเวลาที่กำหนดหรือพอกับเวลาที่กำหนด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ภาพที่นำมาวิเคราะห์เป็นสัญญาณวีดิทัศน์ระบบ PAL หรือจากกล้องดิจิทัล

1.3.2 ภาพที่ได้ต้องเป็นภาพที่สามารถอ่านได้ด้วยสายตาปกติ ซึ่งอย่างน้อยสามารถมองเห็นตัวเลขและตัวอักษรในภาพได้อย่างชัดเจนและครบถ้วน โดยในภาพมี 1 ป้ายทะเบียนในภาพเท่านั้น

1.3.3 ภาพแผ่นป้ายทะเบียนต้องมีรูปแบบตรงตามมาตรฐานที่ถูกกำหนดโดยกฎกระทรวง ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ.2522 ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำงานกับป้ายทะเบียนรถยนต์ประเภท 1, รถยนต์ประเภท 2 และรถยนต์ประเภท 3 (ภาคผนวก ก.)

1.3.4 ภาพที่ถ่ายต้องถ่ายจากรถยนต์ที่ไม่มีการเคลื่อนไหวเท่านั้น

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งเกี่ยวข้องกับการรู้จำป้ายทะเบียน

1.4.2 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์

1.4.3 วิเคราะห์และเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่จะใช้ในโปรแกรมต้นแบบ

1.4.4 ออกแบบอัลกอริทึมเบื้องต้นและพัฒนาโปรแกรม

1.4.5 ทดสอบด้วยการรับข้อมูลภาพ สังเกตผลลัพธ์ที่ได้และวิเคราะห์ระบบเบื้องต้นเพื่อปรับปรุงแก้ไข

1.4.6 ทดลองใช้งานจริงเพื่อสรุปผลและจัดทำเอกสารวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้วิธีการรู้จำโดยใช้ลักษณะเด่นของแต่ละตัวอักษร ซึ่งจะสามารถนำไปพัฒนาระบบที่ทำงานได้อย่างอัตโนมัติ

1.5.2 ได้โปรแกรมต้นแบบที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

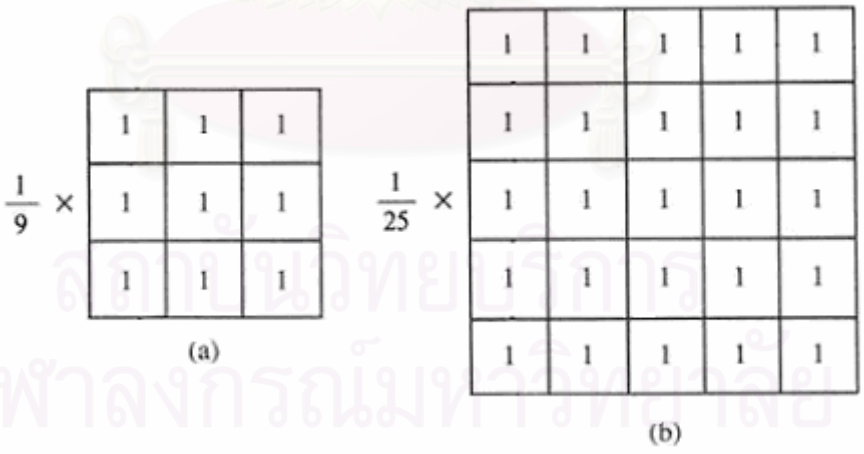
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Enhancement)

2.1.1 การทำให้ราบเรียบ (Smoothing) [1] คือหลักในการทำภาพให้ดูนุ่มนวลขึ้น โดยการใช้เทคนิคในการทำภาพให้มัวลง (blur) และเป็นเทคนิคในการทำให้สิ่งรบกวนภาพ (noise) หรือภาพหยาบ ๆ ดูนุ่มนวลขึ้น การทำให้ราบเรียบเป็นเทคนิคในการลดรายละเอียดของภาพลง เพื่อกำจัดสิ่งรบกวนภาพออกจากภาพ ส่วนใหญ่ผลลัพธ์ที่ได้จะทำให้ภาพมัวลง ซึ่งบางกรณีจะทำให้ได้ภาพที่ดูนุ่มนวลขึ้น เทคนิคในการทำให้ราบเรียบ มีหลายวิธีดังจะกล่าวต่อไปนี้

1) ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย (Mean Filter)[1] เป็นการทำให้ราบเรียบ โดยหาค่าเฉลี่ยจากค่าระดับสีจากพิกเซลรอบข้าง (neighborhood) พิกเซลที่กำลังพิจารณาอยู่ ดังเช่นในรูปที่ 2.1 แสดงมาร์ก (mask) ขนาดต่าง ๆ ที่ใช้หาค่าเฉลี่ย (mean) ตัวอย่างการหาค่าเฉลี่ย โดยใช้มาร์กขนาด 3 x 3 แสดงในรูปที่ 2.2 และตัวอย่างภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ยแสดงในรูป 2.3



รูปที่ 2.1 ตัวอย่าง มาร์กขนาดต่างๆ ที่ใช้ในการทำตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย [1]

2	5	6
1	9	7
1	3	2

การคำนวณ = 2 + 5 + 6 + 1 + 9 + 7 + 1 + 3 + 2 = 36/9 = 4
ฉะนั้นค่า 4 จะเป็นค่าของพิกเซลกลาง (ค่า 9 ค่ากลางจะถูกแทนด้วย 4)

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการคำนวณค่าเฉลี่ย โดยใช้มาร์ก ขนาด 3 x 3

ก) ภาพต้นฉบับ *ข) ภาพเมื่อผ่านการกรองแบบค่าเฉลี่ย*

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างภาพเมื่อผ่านการคำนวณค่าเฉลี่ย โดยใช้มาร์ก ขนาด 3 x 3 [1]

2.1.2 **การปรับความชัดภาพ** (Contrast)[1] คือ การปรับค่าความเข้มของสี เพื่อให้ภาพนั้นมีความชัดเจนของแต่ละแม่สีมากขึ้น โดยค่าของแม่สีที่ปรับขึ้นหรือลงนี้ เมื่อปรับแล้วจะต้องมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 255

สูตรการคำนวณ
ค่าใหม่ของแม่สี = ((ค่าเดิมของแม่สี - ค่ากลาง) x ค่าความเข้มของสี) + ค่ากลาง

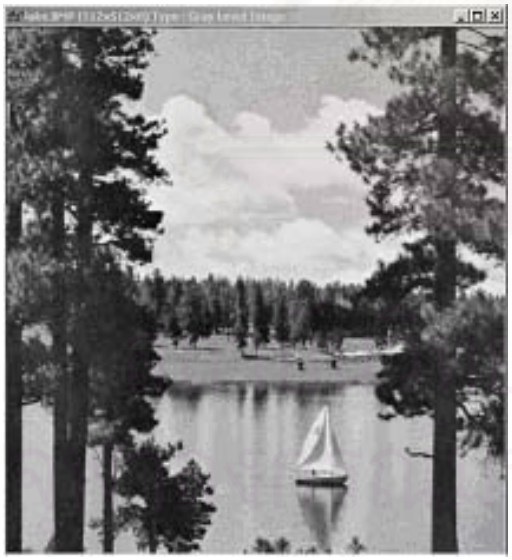
2.1.3 **การปรับความสว่าง** (Brightening) [1] คือ การเพิ่มความสว่างให้กับภาพ โดยใช้วิธีการบวกค่าคงที่ให้กับแต่ละพิกเซล เมื่อบวกค่าคงที่แล้วค่าที่ได้ต้องมีค่าอยู่ในช่วง 0 - 255 ตัวอย่างเช่นในรูป 3 (ด้านขวา) เป็นการเพิ่มความสว่างของภาพ โดยค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 80

ก) ภาพต้นฉบับ

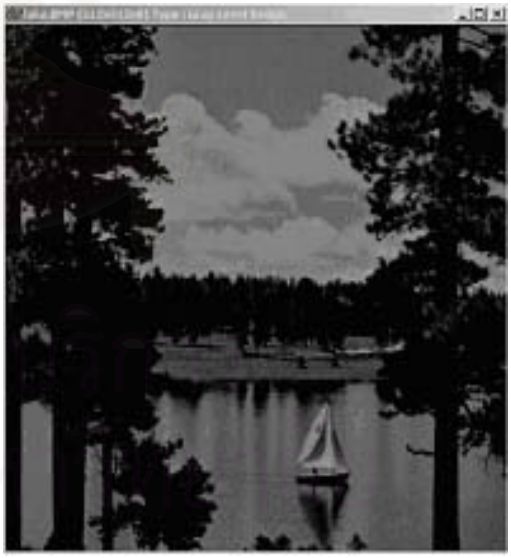
ข) ภาพเมื่อผ่านการปรับความสว่าง

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างภาพเมื่อผ่านการปรับความสว่าง[1]

2.1.4 การปรับความมืด (Darkening) [1] เป็นวิธีการเพิ่มความมืดให้กับภาพโดยวิธีการลบ ค่าคงที่ให้กับแต่ละพิกเซล เมื่อลบค่าคงที่แล้วค่าที่ได้ต้องมีค่าอยู่ในช่วง 0 - 255 ตัวอย่างเช่น ในรูป 4 (ด้านขวา) เป็นการเพิ่มความมืดให้กับภาพ โดยลบด้วยค่าคงที่ 90



ก) ภาพต้นฉบับ



ข) ภาพเมื่อผ่านการปรับความมืด

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างภาพเมื่อผ่านการปรับความมืด[1]

2.2 การแปลงภาพสีให้เป็นภาพแบบเกรย์สเกล(Grayscale) [1]

เพื่อทำให้การประมวลผลมีความรวดเร็วและง่ายขึ้น จึงมีการเปลี่ยนภาพสีให้อยู่ในรูปของภาพที่มีระดับความเทามีค่าอยู่ระหว่าง 0-255 โดยมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์การดึงค่าสีตามความสว่างของแม่สี จะดึงค่าของสีแดง 29.9% สีเขียว 58.7% และสีน้ำเงิน 11.4% รวมเป็น 100% (29.9 + 58.7 + 11.4) ตัวอย่างเช่น ถ้าสีของจุดสีเป็นสีม่วง 0xc68bf3 สามารถแยกเป็นแม่สี ได้เป็น 0xc6, 0x8b และ 0xf3 หรือ 198, 139 และ 243 ตามลำดับ วิธีแปลงให้เป็นสีเทาจะนำสีแดงมา 29.9% ซึ่งสามารถเทียบบัญญัติไตรยางค์ได้ว่า "ถ้าค่าสีแดงเป็น 100 ให้ดึงมา 29.9 แต่ถ้าค่าสีแดงเป็น 198 จะดึงมาเท่าไร" นั่นคือ

- ค่าของสีแดง จะเป็น (198 x 29.9) / 100 หรือ 198 x 0.299 ซึ่งเท่ากับ 59.202
- ค่าของสีเขียว จะเป็น (139 x 58.7) / 100 หรือ 139 x 0.587 ซึ่งเท่ากับ 81.593
- ค่าของสีน้ำเงิน จะเป็น (243 x 11.4) / 100 หรือ 243 x 0.114 ซึ่งเท่ากับ 27.702

เมื่อนำค่าที่ได้มาบวกกัน 59.202 + 81.593 + 27.702 ก็จะได้ค่าของสีเทาเป็น 168.497 แต่ค่าของแม่สีจะต้องเป็นเลขจำนวนเต็ม ที่อยู่ในช่วง 0 ถึง 255 หรือ 0x00 ถึง 0xff ดังนั้นเราต้องแปลงค่าที่ได้ให้เป็นเลขจำนวนเต็ม นั่นคือ 168 หรือ 0xa8 ดังนั้น จุดสีม่วง 0xc68bf3 เมื่อแปลงให้เป็นสีเทาจะได้ 0xa8a8a8 ให้สังเกตว่า ค่าของสีเทาที่คำนวณได้นั้น จะไม่น้อยกว่า 0 และเกิน 255 เช่น จุดสีดำ 0x000000 จะมีค่าของแม่สีทั้งหมดต่ำที่สุดเป็น 0x00 เมื่อคำนวณตามสูตรจะได้ค่าสีเทาเป็น 0x00 อีกตัวอย่างหนึ่งก็คือสีขาว 0xffffff ซึ่งมีค่าของแม่สีทั้งหมดสูงที่สุดเป็น 0xff หรือ 255 เมื่อคำนวณตามสูตรจะได้ค่าสีเทาเป็น (255x 0.299) + (255x 0.587) + (255x 0.114) หรือ 76.245 + 149.685 + 29.07 ซึ่งเท่ากับ 255

ก) ภาพต้นฉบับ *ข) ภาพเกรย์สเกล*

รูปที่ 2.6 ตัวอย่างภาพเมื่อผ่านการทำเกรย์สเกล [1]

2.3 การแปลงภาพเกรย์สเกลเป็นภาพขาว-ดำ [1]

2.3.1 ขีดแบ่งความถี่ภาพ (Histogram Thresholding) วิธีการนี้จะช่วยให้สามารถแบ่งแยกวัตถุที่สนใจออกจากพื้นหลัง ซึ่งจะสามารถแยกวัตถุได้โดยนำค่าของแต่ละพิกเซลเปรียบเทียบกับค่าเทรชโฮล (Threshold) หากค่าของพิกเซลนั้นมีค่าน้อยกว่าเทรชโฮล จะกำหนดค่าใหม่ให้กับพิกเซลนั้นมีค่าเท่ากับ 0 คือสีดำ หากค่าของพิกเซลมีค่ามากกว่าเทรชโฮล ค่าใหม่ของพิกเซลนั้นจะมีค่าเท่ากับ 255 คือสีขาว ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปฟังก์ชั่น [1] ได้ ดังนี้

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) > T \\ 0 & \text{if } f(x, y) \le T \end{cases}$$

โดย g(x,y) คือค่าที่ได้จากการแปลงภาพให้มีค่าเพียง 1 หรือ 0

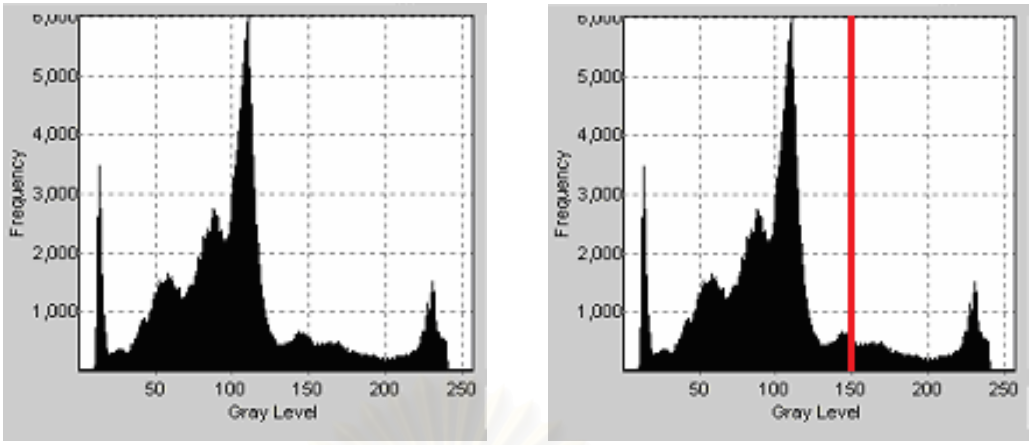
$f(x, y)$ คือค่าระดับความเทาของพิกเซลนั้นๆ

T คือ ค่าเทลโฮลที่ใช้ในการกำหนดค่าใหม่

(ก) ภาพเกรย์สเกล

(ข) ภาพขาว – ดำ เมื่อผ่านขีดแบ่งความถี่ภาพ

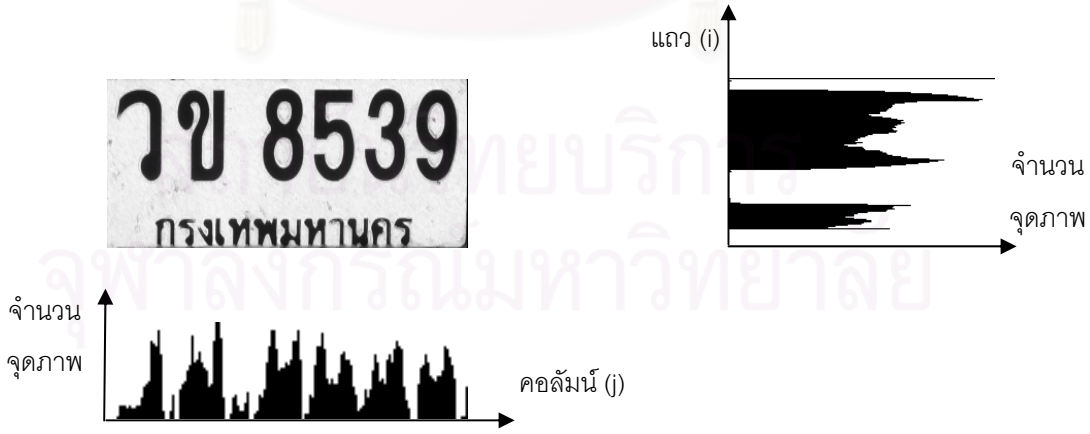
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.7 ภาพตัวอย่างแสดงการขีดแบ่งความถี่ภาพ (เส้นสีแดงคือค่าเทลโฮล) [1]

2.4 โปรเจ็คชั่น (Projection) [1][6][7][9]

โปรเจ็คชั่นบนเส้นตรง สามารถทำได้โดยแบ่งเส้นตรงออกเป็นช่องๆ และหาจำนวนของจุดภาพที่มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งอยู่ในแนวตั้งฉากกับเส้นตรงในแต่ละช่องนั้น การโปรเจ็คชั่นเป็นการแสดงข้อมูลของภาพที่มีประโยชน์อย่างยิ่ง อย่างไรก็ตามโปรเจ็คชั่นมีข้อเสียอันเนื่องมากจากเป็นข้อมูลที่ไม่เป็นเอกลักษณ์ของภาพ ภาพมากกว่าหนึ่งภาพอาจได้ผลลัพธ์ในการโปรเจ็คชั่นเหมือนกัน การทำโปรเจ็คชั่นในแนวนอนและแนวตั้งหาได้อย่างง่ายๆ จากการนับจำนวนจุดภาพที่มีค่าเท่ากับ 1 ในทิศทางตามแนวนอนและแนวตั้งของช่องแต่ละช่องในเส้นตรงที่แบ่งไว้ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในรูป 2.8 จุดภาพสีดำมีค่าเท่ากับ 1 และจุดภาพสีขาวมีค่าเท่ากับ 0



รูปที่ 2.8 ภาพตัวอย่างแสดงการโปรเจ็คชั่นในแนวนอนและแนวตั้ง[1][6][7][9]

โดยสามารถเขียนให้อยู่ในรูปฟังก์ชั่น [1] ได้ ดังนี้

$$H(i) = \sum_{j=1}^{m} f_0 (i,j)$$

$$H(j) = \sum_{i=1}^{n} f_0 (i,j)$$

โดย H(i) คือผลรวมของจำนวนพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 (พิกเซลที่มีสีดำ) ในแนวนอน ณ ตำแหน่ง (i,j)

H(j) คือผลรวมของจำนวนพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 (พิกเซลที่มีสีดำ) ในแนวตั้ง ณ ตำแหน่ง (i,j)

2.5 กระบวนการรูปร่างลักษณะ (Morphology Processing) [1]

ในที่นี้อธิบายเฉพาะการทำกระบวนการรูปร่างลักษณะสำหรับข้อมูลภาพแบบขาว – ดำ

2.5.1 การขยายขนาดข้อมูลภาพ (Dilation)

การขยายขนาดเป็นการขยายขนาดของวัตถุในภาพเพื่อจุดประสงค์บางประการ เช่น เพื่อปิดรูเล็กๆ ในวัตถุ หรือใช้เพื่อช่วยให้วัตถุ 2 วัตถุที่ไม่มีสมาชิกร่วมกันแต่อยู่ใกล้กันสามารถเชื่อมต่อกันได้ เป็นต้น การขยายขนาดทำได้โดยวางสมาชิกโครงสร้าง (Structure element) ลงบนภาพแล้วเลื่อนสมาชิกโครงสร้าง มีขั้นตอนดังนี้

1. ถ้าจุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างตรงกับค่า '0' ในภาพ ไม่ต้องดำเนินการใดๆ และให้เลื่อนสมาชิกโครงสร้างไปยังจุดภาพถัดไป
2. ถ้าจุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างตรงกับค่า '1' ในภาพให้ดำเนินการด้วยตัวดำเนินการทางตรรกะออร์ (Or) ระหว่างภาพกับสมาชิกโครงสร้าง

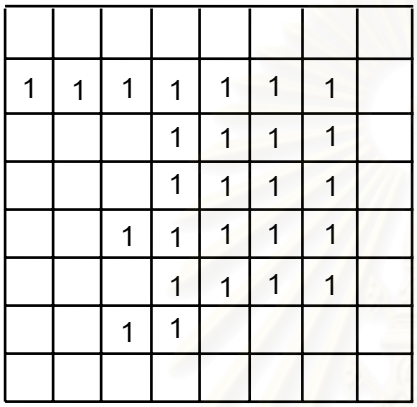
2.5.2 การกร่อนข้อมูลภาพ (Erosion)

การกร่อนเป็นการดำเนินการเช่นเดียวกับการขยายขนาด แต่ให้ลักษณะตรงกันข้าม นั่นคือการกร่อนจะลดขนาดของวัตถุให้เล็กลง แสดงดังรูปที่ 2.9(ง) ขั้นตอนการประมวลผลทำเช่นเดียวกับการขยายขนาด แต่ดำเนินการต่างกันดังนี้

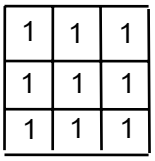
1. ถ้าจุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างตรงกับค่า '0' ในภาพ ไม่ต้องดำเนินการใดๆ และให้เลื่อนสมาชิกโครงสร้างไปยังจุดภาพถัดไป

2. ถ้าจุดศูนย์กลางของสมาชิกโครงสร้างตรงกับค่า ‘1’ ในภาพ ให้พิจารณาว่าถ้ามีจุดภาพค่า ‘1’ ในสมาชิกโครงสร้างเลยออกมาจากวัตถุซึ่งมีค่า ‘1’ ในภาพให้เปลี่ยนค่า ‘1’ ณ ตำแหน่งที่เป็นจุดศูนย์กลางในภาพเป็นค่า ‘0’

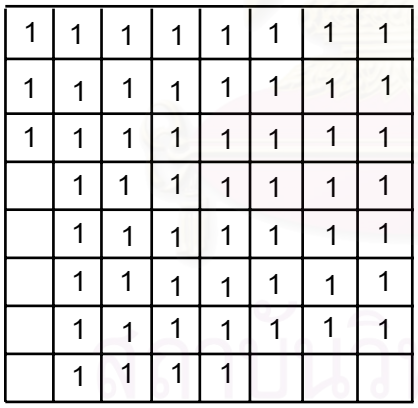
รูปที่ 2.9 (ค) แสดงภาพหลังจากการขยายขนาดรูปที่ 2.9(ก) ด้วยสมาชิกโครงสร้างดังรูปที่ 2.9(ข) จะเห็นได้ว่าวัตถุในภาพซึ่งมีค่า ‘1’ มีการขยายขนาดเพิ่มขึ้น



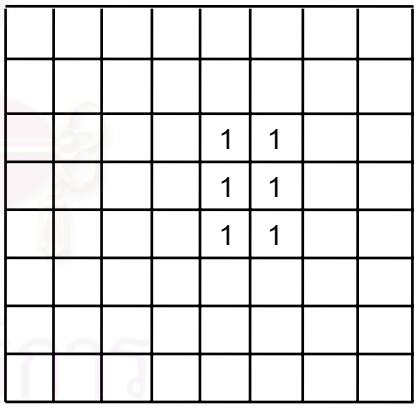
(ก) ข้อมูลภาพวัตถุต้นแบบ



(ข) สมาชิกโครงสร้าง



(ค) การขยายขนาดข้อมูลภาพ



(ง) การกร่อนข้อมูลภาพ

รูปที่ 2.9 แสดงตัวอย่างการขยายขนาดข้อมูล และการกร่อนข้อมูลภาพ

2.6 การรู้จำ

ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์โครงสร้าง (Structural ananlysis method) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์โครงสร้างของลักษณะเด่นของแบบรูป เพื่อให้ลดปริมาณข้อมูลในการวิเคราะห์จึงนำทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกรูปแบบเฉพาะมาใช้ในงานวิจัยนี้ดังนี้

2.6.1 **ต้นไม้การตัดสินใจ** (Decision Trees)

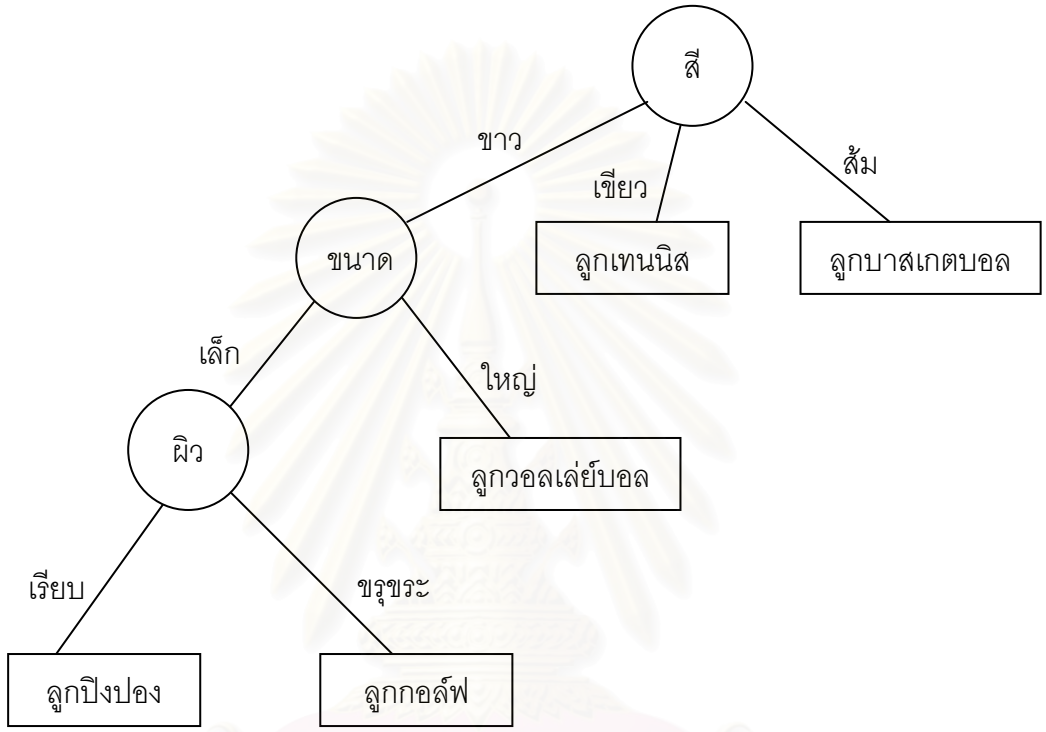
สำหรับงานทางด้านการรู้จำแบบรูปที่เกี่ยวข้องกับลักษณะเด่นที่แตกต่างกันเป็นจำนวนมากการเปรียบเทียบแบบรูปที่ไม่รู้จักกับแบบรูปอื่นๆ ที่แตกต่างกันเป็นจำนวนมากด้วยเวกเตอร์ของลักษณะเด่นเป็นการเสียเวลาอย่างมาก การใช้ต้นไม้ตัดสินใจ [1] ทำให้ขั้นตอนการหาลักษณะเด่นและการจำแนกประเภทสามารถทำควบคู่กันไป กล่าวคือเป็นการเลือกลักษณะเด่นที่มีความสำคัญที่ทำให้สามารถจำแนกประเภทแต่ละประเภทออกจากกันได้ ต้นไม้การตัดสินใจเป็นโครงสร้างที่กระชับซึ่งใช้ลักษณะเด่น 1 อย่างต่อการแยกการค้นหาในแบบรูปที่เป็นไปได้ทั้งหมด ต้นไม้จะมีโหนด(Node) ซึ่งแสดงลักษณะเด่นที่แตกต่างกัน และแต่ละโหนดจะมีกิ่ง (Branch) มากกว่า 1 กิ่งซึ่งแต่ละกิ่งจะแทนค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดของลักษณะในโหนดนั้น ขั้นตอนการตัดสินใจว่าวัตถุที่ไม่รู้จักถูกจำแนกอยู่ประเภทใดจะเริ่มจากการพิจารณาตั้งแต่โหนดราก (Root node) แล้วตัดสินว่าค่าของลักษณะเด่นของวัตถุที่ไม่รู้จักนั้นสอดคล้องกับเงื่อนไขในกิ่งใดแล้วจึงไล่ไปตามกิ่งนั้น จนกระทั่งพบโหนดใบ (Leaf node) ซึ่งแสดงประเภทของวัตถุ สมมติว่าข้อมูลดัง ตารางที่ 2.1 ซึ่งแสดงลักษณะต่างๆ ของลูกปิงปอง ลูกกอลฟ์ ลูกวอลเล่ย์บอล ลูกเทนนิส และลูกบาสเกตบอล จะสามารถสร้างต้นไม้การตัดสินใจได้โดยใช้ลักษณะเด่นทั้ง 3 อย่างได้แก่ สี ขนาด และผิวของวัตถุ

สี	ขนาด	ผิว	ประเภท
ขาว	เล็ก	เรียบ	ลูกปิงปอง
ขาว	เล็ก	ขรุขระ	ลูกกอล์ฟ
ขาว	ใหญ่	เรียบ	ลูกวอลเล่ย์บอล
เขียว	เล็ก	เรียบ	ลูกเทนนิส
ส้ม	ใหญ่	ขรุขระ	ลูกบาสเกตบอล

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างข้อมูลที่แสดงลักษณะเด่นของวัตถุทรงกลมประเภทต่างๆ

หลักการในการเลือกลักษณะเด่นเพื่อสร้างต้นไม้การตัดสินใจวิธีหนึ่งคือพยายามเลือกลักษณะเด่นที่แยกข้อมูลออกเป็นเซตย่อย โดยทำให้สมาชิกส่วนใหญ่ในแต่ละเซตย่อยเป็นประเภท

เดียวกันมากที่สุด รูปที่ 2.10 แสดงต้นไม้การตัดสินใจทำให้สามารถจำแนกลูกเทนนิสและลูกบาสเกตบอลซึ่งมีสีเขียวและสีส้มตามลำดับออกมาได้ ส่วนลูกปิงปอง ลูกกอล์ฟ และลูกวอลเล่ย์บอลซึ่งมีสีขาวยังอยู่กลุ่มเดียวกัน จากนั้นใช้ขนาดเป็นตัวจำแนกทำให้แยกลูกวอลเล่ย์บอลออกมาได้ ส่วนลูกปิงปองและลูกกอล์ฟจะจำแนกด้วยลักษณะผิว



รูปที่ 2.10 ต้นไม้การตัดสินใจเพื่อจำแนกประเภทของวัตถุทรงกลม

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การรู้จำและการจำแนกรถยนต์มีบทบาทมากขึ้น เนื่องจากทะเบียนรถจำนวนรถยนต์มีมากจึงทำให้ยากในการจำแนกโดยใช้คนดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องใช้ระบบอัตโนมัติเข้ามาช่วยในการจำแนก ทะเบียนรถยนต์นั้นสามารถใช้จำแนกรถยนต์เนื่องจากรถแต่ละคันสามารถมีหมายเลขทะเบียนรถยนต์ได้เพียงหมายเลขเดียวเท่านั้น ซึ่งที่ผ่านมาได้มีงานวิจัยในการศึกษาวิจัยวิธีการหาตำแหน่งและการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ ดังต่อไปนี้

2.7.1 **ในปี** 2543 Mei Yu **และ** Yong Deck Kim **เสนอผลงานวิจัยเรื่อง** “An Approach to Korean License plate recognition base on vertical edge matching.” [2] โดยเทคนิคบนสมมติฐานว่าภาพด้านหน้าของรถยนต์มีขอบภาพแนวตั้งเฉพาะแผ่นป้าย

ทะเบียนเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงส่วนอื่นของรถยนต์อาจมีผลทำให้การหาแผ่นป้ายทะเบียนผิดพลาดได้ ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ คือ ภาพที่นำมาประมวลผลต้องเป็นภาพแบบเกรย์สเกลและภาพถ่ายในเวลากลางวันเท่านั้น โดยภาพแผ่นป้ายทะเบียนต้องอยู่ในลักษณะตรงและอยู่ในระยะใกล้ ซึ่งผลจากการทดลองงานวิจัยนี้มีความถูกต้องในการรู้จำถึง 94.37% คิดจากภาพที่นำมาทดลอง 710 และภาพที่สามารถรู้จำได้ 670 ภาพ

2.7.2 **ในปี** 2545 Su-Hyun Lee, Young-Soo Seok **และ** Eung-Joo Lee **เสนอผลงานวิจัยเรื่อง**"Multi-National Integrated Car-License Plate Recognition System Using Geometrical Feature and Hybrid Pattern Vector." [3] ซึ่งเป็นการพัฒนาการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนของรถยนต์ในเกาหลีและญี่ปุ่น โดยใช้เทคนิคในการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนด้วยวิธีการหาเส้นขอบ Sobel Algorithm และใช้ Hybrid Pattern Vector ในการรู้จำตัวอักษร ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้คือไม่สามารถทำงานได้ในกรณีที่ภาพถ่ายป้ายทะเบียนรถมีลักษณะเอียง ภาพถ่ายต้องถ่ายในระยะใกล้และภาพที่นำมาประมวลผลต้องถ่ายในเวลากลางวัน ซึ่งผลจากการทดลองนั้นงานวิจัยนี้มีความถูกต้องในการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนของประเทศเกาหลี 95% และความถูกต้องในการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนของประเทศญี่ปุ่น 93%

2.7.3 **ในปี** 2545 Yap Keem Siah, Tay Yong Haur, Marzuki Khalid **และ** Tahir Ahmad **เสนอผลงานวิจัยเรื่อง** "Vehicle License Plate Recognition By Fuzzy and Neural Network." [4] งานวิจัยนี้เป็นการใช้เทคนิควิธีกำหนดขนาดความสูงและความกว้างของตัวอักษรที่แน่นอน ใช้ฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy Logic) และโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ในการดึงลักษณะเด่นของตัวอักษร ซึ่งข้อจำกัดของงานวิจัยนี้คือ ภาพที่นำมาประมวลผลต้องเป็นภาพแบบเกรย์สเกลและภาพถ่ายในเวลากลางวันเท่านั้น รวมถึงการกำหนดระยะถ่ายภาพต้องแน่นอน เนื่องจากงานวิจัยนี้จะสมมติขนาดของตัวอักษรว่ามีขนาดเท่ากัน ทั้งนี้เพราะการถ่ายภาพมีระยะที่แน่นอน

2.7.4 **ในปี** 2546 David Chanson **และ** Timothy Roberts **ได้เสนอผลงานวิจัยเรื่อง** "License plate recognition system." [5] โดยใช้เทคนิคในการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนด้วยวิธีหาความแปรปรวนของเส้นตรงที่ลากผ่านภาพโดยอาศัยคุณสมบัติความแตกต่างระหว่างสีพื้นป้ายทะเบียนกับสีของรถยนต์ ในการรู้จำตัวอักษรบนแผ่นป้ายทะเบียนใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้จำเป็นต้องถ่ายภาพในลักษณะตรงระยะไม่เกิน 1 เมตร ความสูงไม่เกิน 0.5 เมตร งานวิจัยนี้สามารถทำงานได้ทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกล้องที่ใช้ในการถ่ายภาพ ผลจากการทดลองงานวิจัยนี้

มีความถูกต้องในการรู้จำถึง 95% และใช้เวลาในการประมวลผลเฉลี่ย 4 วินาที ซึ่งเวลาในการประมวลผลขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผล

2.7.5 **ในปี** 2545 Xulio Fernández Hermida, Fernando Martín Rodríguez, José Luis Fernández Lijó, Fidel Pita Sande **และ** Miguel Pérez Iglesias. **เสนองานวิจัยเรื่อง** "A System for the Automatic and Real Time Recognition of V.L.P.'s (Vehicle License Plate)." [6] งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคในการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนด้วยวิธีการหาเส้นขอบ Sobel และใช้เทคนิคโปรเจ็คชั่น (คือหาการผลรวมของพิกเซลสีดำในแนวระนาบใดระนาบหนึ่ง) ในแนวนอนและแนวตั้งร่วมกับการเปรียบเทียบข้อมูลในฐานข้อมูลที่ได้เรียนรู้ไว้ก่อนหน้า งานวิจัยนี้สามารถทำงานได้ทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกล้องที่ใช้ในการถ่ายภาพ ข้อจำกัดจำเป็นต้องโปรเจ็คชั่นทั้งตัวอักษรทั้งแนวนอนและแนวตั้ง ทำให้ใช้เวลามากขึ้น จากการทดลองงานวิจัยนี้มีความถูกต้องในการรู้จำถึง 91% โดยคิดจากภาพที่นำมาทดลอง 50 ภาพ ส่วนที่ผิดพลาดมักเกิดจากตัวอักษร 8, B, D, 0 เป็นต้น

2.7.6 **ในปี** 2546 Choudhury A.Rahman **และ** Wael Badawy **ได้เสนองานวิจัยเรื่อง** "A Real Time Vehicle 's License Plate Recognition System." [7] โดยใช้เทคนิคในการรู้จำตัวอักษรโดยการ Normalization คือโปรเจ็คชั่นในแนวตั้งเท่านั้นจากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลและหาค่าที่มีความใกล้เคียงกับค่าในฐานข้อมูลที่มากที่สุด ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยเรื่อง "A System for the Automatic and Real Time Recognition of V.L.P.'s (Vehicle License Plate)." [6] แต่ต่างกันที่การโปรเจ็คชั่นทำเพียงด้านเดียว

2.7.7 **ในปี** 2543 **นางสาวเบญจมาศ โชติเมธีภิรมย์ และนายปฐมพงศ์ เกียรติภูมิฐาน เสนอวิธีการหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถในภาพ** [8] โดยใช้เทคนิคในการค้นหาตำแหน่งป้ายทะเบียนโดยสังเกตเส้นตรงที่ลากผ่านบริเวณป้ายทะเบียนจะมีความแปรปรวนของสีระหว่างพื้นป้ายทะเบียนและตัวอักษรเทคนิคนี้มีชื่อว่า "ส่วนของเส้นตรงสีแปรปรวน" (variant-color line section) ซึ่งเป็นการค้นหาโดยอาศัยคุณสมบัติแตกต่างระหว่างสีของตัวอักษรและสีของพื้นป้ายทะเบียน งานวิจัยนี้ยังสามารถค้นหาแผ่นป้ายทะเบียนจากภาพถ่ายในมุมเฉียง รวมถึงนำวิธีโปรเจ็คชั่นในการรู้จำลักษณะพิเศษของป้ายทะเบียน ส่วนข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ใช้ได้กับภาพถ่ายในระยะไกลและภาพถ่ายจำเป็นต้องถ่ายในเวลากลางวัน จากการทดลองงานวิจัยนี้มีความถูกต้องในการพบแผ่นป้ายทะเบียนถึง 85% โดยคิดจากภาพที่ใช้ในการทดลอง 155 ภาพ

2.7.8 **ในปี** 2541 **นายทนงศักดิ์ ศิริทิณพงษ์ เสนอวิธีการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์** [9] โดยใช้เทคนิคในการรู้จำด้วยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับสี่ชั้นในการรู้จำตัวอักษรและตัวเลข ข้อจำกัดงานวิจัยนี้สามารถรู้จำตัวอักษรได้เพียง 20

ตัวอักษร และไม่มีการรู้จำตัวอักษรจังหวัดในแผ่นป้ายทะเบียน ซึ่งในส่วนของภาพถ่ายที่นำมาประมวลผลต้องถ่ายในระยะใกล้และลักษณะของแผ่นป้ายทะเบียนในภาพต้องอยู่ในลักษณะตรง จากการทดลองงานวิจัยนี้มีความถูกต้องในการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียน 92% โดยคิดจากภาพที่ใช้ในการทดลอง 70 ภาพ

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น จะพบว่ามีงานวิจัยที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้ ดังนั้นจึงนำวิธีการในงานวิจัยของ นางสาวเบญจมาศ โชติเมธีภิรมย์ และนายปฐมพงศ์ เกียรติภูมิฐาน[8] เพื่อหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนแต่งานวิจัยนี้จะเปลี่ยนแปลงอัลกอริธึมบางส่วนเพื่อให้สามารถค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนในระยะใกล้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

แนวคิดในการพัฒนา

บทนี้กล่าวถึงการงานวิจัยการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์จากภาพดิจิทัลแบบทันกาล โดยกล่าวถึงสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือ และแนวคิดการพัฒนาซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Enhancement) [1]

ภาพถ่ายนั้นบางครั้งอาจไม่เอื้ออำนวยต่อกรรมวิธีการค้นหาป้ายทะเบียนและการรู้จำตัวอักษรเนื่องมาจากความไม่ชัดเจนของภาพที่ได้มาซึ่งในที่นี้แบ่งเป็น 2 กรณีคือ

- ข้อมูลรบกวนในภาพ (dust-noise)
- สภาพแสงมีมากหรือน้อยเกินไป

เพื่อให้การทำงานในขั้นตอนต่อไปทำงานได้ดีจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

- การปรับความชัดของภาพ (contrast)
- การปรับความสว่าง – มืด ของภาพ (Brightening / Darkening)
- ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย (mean filter)

3.2 การแบ่งแยกวัตถุในรูปภาพด้วยสี (color segmentation) [1]

การแบ่งแยกวัตถุในภาพโดยการพิจารณาทีละพิกเซลโดยในหนึ่งพิกเซลประกอบด้วยสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน เนื่องจากเมื่อภาพผ่านขั้นตอนการแบ่งแยกวัตถุพบว่าตัวอักษรบนป้ายทะเบียนที่มีสีเขียวและสีฟ้า ลักษณะของภาพที่ได้เลือนลางจนไม่สามารถค้นหาตำแหน่งป้ายทะเบียนได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีพิจารณาเฉพาะพิกเซลสีแดงเพื่อแก้ปัญหาในส่วนตัวอักษรบนภาพป้ายทะเบียนที่มีสีนอกเหนือจากสีดำ โดยเริ่มจากการกำหนดให้พิกเซลสีเขียวและพิกเซลสีน้ำเงินมีค่าเท่ากับค่าของพิกเซลสีแดง จากนั้นจะเปลี่ยนพิกเซลให้เป็นสีดำและขาวเท่านั้น เนื่องจากสิ่งที่งานวิจัยนี้ให้ความสนใจคือส่วนที่คาดว่าเป็นป้ายทะเบียนจึงมีการกำหนดค่าขีดแบ่งความถี่ (Threshold) เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการแบ่งตัวอักษรและการรู้จำ ซึ่งจะมีการตั้งค่าขีดแบ่งความถี่ 4 ระดับโดยอัตโนมัติในขั้นตอนปรับปรุงคุณภาพของภาพ การทำงานใช้ค่าความสว่างของสีใน 1 คู่ (2 ใน 3)ของค่าเฉลี่ย R, G, B ซึ่งได้จาก

ค่าเฉลี่ย R = ผลรวมค่าพิกเซลสีแดงทั้งหมด / จำนวนพิกเซลทั้งหมด

ค่าเฉลี่ย G = ผลรวมค่าพิกเซลสีเขียวทั้งหมด / จำนวนพิกเซลทั้งหมด

ค่าเฉลี่ย B = ผลรวมค่าพิกเซลสีน้ำเงินทั้งหมด / จำนวนพิกเซลทั้งหมด

จากนั้นจะกำหนดค่าขีดแบ่งความถี่โดย

ถ้า 2 ใน 3 ของ (ค่าเฉลี่ย R, G, B <= 30) กำหนดให้ค่าขีดแบ่งความถี่เท่ากับ 30

ถ้า 2 ใน 3 ของ (30 < ค่าเฉลี่ย R, G, B <= 80) กำหนดให้ค่าขีดแบ่งความถี่เท่ากับ 50

ถ้า 2 ใน 3 ของ (80 < ค่าเฉลี่ย R, G, B <= 110) กำหนดให้ค่าขีดแบ่งความถี่เท่ากับ 70

ถ้า 2 ใน 3 ของ (ค่าเฉลี่ย R, G, B > 110) กำหนดให้ค่าขีดแบ่งความถี่เท่ากับ 90

ก) ภาพต้นฉบับ *ข) ภาพหลังผ่านกรรมวิธีแบ่งแยกวัตถุ*

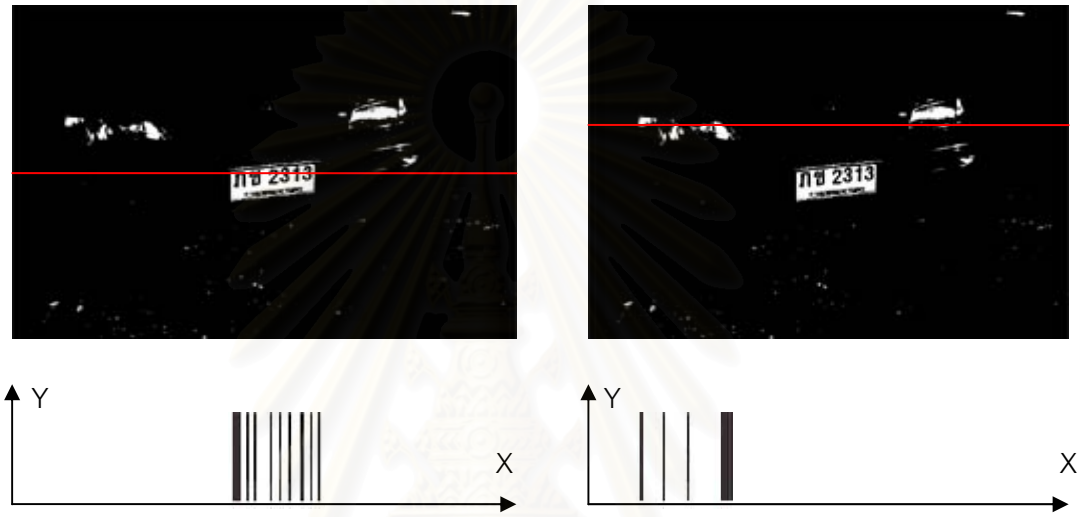
รูปที่ 3.1 แสดงผลหลังจากการใช้กรรมวิธีการแบ่งแยกวัตถุ

ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพของภาพการแบ่งแยกวัตถุในรูปภาพด้วยสี ในงานวิจัยนี้เมื่อรับภาพดิจิทัล จะทำงานโดยอัตโนมัติ

วิธีการหาป้ายทะเบียนที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ได้นำเทคนิควิธีค้นหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ในงานวิจัยของนางสาวเบญจมาศ โชติเมธีภิรมย์และนายปฐมพงศ์ เกียรติภูมิฐาน[8] ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวได้พัฒนาอัลกอริธึมสำหรับการหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ในระยะไกล จึงมีการปรับปรุงในบางส่วนของงานวิจัย [8] กล่าวคือในการค้นหาตำแหน่งป้ายทะเบียนนั้นป้ายทะเบียนในงานวิจัยนี้จะมีขนาดใหญ่กว่างานวิจัย[8] ดังนั้นการตรวจสอบระยะห่างของตัวอักษรในส่วนที่คาดว่าเป็นขอบป้ายทะเบียนจึงมีการปรับค่าจากเดิม 4 เปอร์เซ็นต์ของความกว้างของภาพมาเป็น 12 เปอร์เซ็นต์ของความกว้างของภาพ และค่าตรวจสอบในระยะห่างระหว่างตัวอักษรและจังหวัดมีการปรับค่าจากเดิม 3.5 เปอร์เซ็นต์ของความสูงของภาพเปลี่ยนเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ของความสูงของภาพ

3.3 <u>กรรมวิธีเส้นตรงสีแปรปรวน</u> (variant - color line section) [8]

ผลจากการปรับภาพให้มีเพียง 2 ระดับพบว่าส่วนที่เป็นป้ายทะเบียนจะมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากส่วนอื่นนั่นคือ เมื่อลากเส้นตรงตามแนวราบหรือตามแนวแกน X ผ่านส่วนต่างๆ ของภาพแล้วนำค่าความเข้มของแต่ละพิกเซลที่ลากผ่านมาแสดงความสัมพันธ์ในรูปของกราฟโดยที่แกน Y เป็นค่าความเข้ม และแกน X เป็นค่าตำแหน่งพิกเซล จะพบว่าหากแนวเส้นที่พิจารณาผ่านส่วนที่เป็นป้ายทะเบียนลักษณะของกราฟที่ได้จะเกิดความแปรปรวนของความเข้มอย่างมาก



ก) กราฟเมื่อเส้นพิจารณาลากผ่านตัวอักษรของป้ายทะเบียน

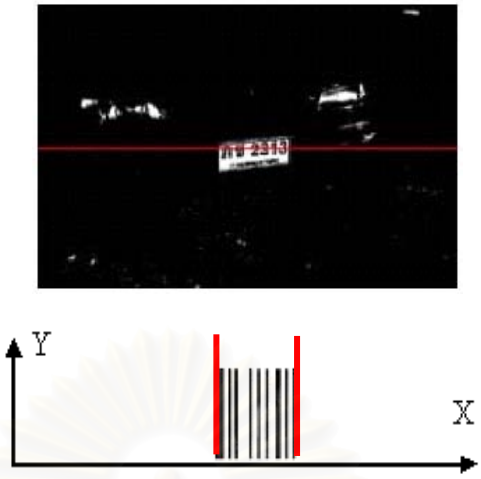
ข) กราฟเมื่อเส้นพิจารณาลากผ่านส่วนอื่นของภาพ

รูปที่ 3.2 กราฟแสดงค่าความเข้มแต่ละพิกเซลตามแนวแกน X เมื่อลากเส้น

ตามหลักการนี้จะช่วยให้หาตำแหน่งของขอบซ้ายและขอบขวาของแผ่นป้ายทะเบียนได้อย่างคร่าวๆ

3.3.1 **หลักการในการหาขอบ[8]**

เมื่อได้ตำแหน่งคร่าวๆ ของป้ายทะเบียน การหาขอบทางซ้ายเริ่มจากหาจุดเริ่มต้นของช่วงความแปรปรวนของค่าความเข้มในแกน x ตามแนวเส้นที่อยู่ในบริเวณตำแหน่งของป้ายทะเบียนที่หาได้ จากนั้นหาตำแหน่งจุดสิ้นสุดของช่วงความแปรปรวน ซึ่งตำแหน่งที่ได้นั้นจะถูกกำหนดให้เป็นค่าขอบทางด้านขวาของป้ายทะเบียน



รูปที่ 3.3 แสดงการหาขอบซ้าย – ขวาจากกรรมวิธีเส้นตรงแปรปรวน

การหาขอบด้านบนและด้านล่างจะทำในลักษณะเดียวกัน แต่สำหรับขอบด้านล่างอาจจะไม่ใช่จุดสิ้นสุดของช่วงความแปรปรวนของค่าความเข้มที่พบครั้งแรกทันที เนื่องจากว่าตัวอักษรบนป้ายทะเบียนเมื่อพิจารณาในแกน Y จะมีเพียง 2 ช่วง กล่าวคือ ช่วงตัวอักษร ตัวเลข และช่วงจังหวัดที่ทำให้เกิดระยะห่างที่มีความเข้มของความแปรปรวนน้อยตามพื้นของป้ายทะเบียนที่เกิดขึ้น ซึ่งการหาขอบด้านล่างเมื่อผ่านกรรมวิธีเส้นตรงแปรปรวนจึงต้องนำค่าที่ได้มาตรวจสอบอีกครั้งเพื่อให้ทราบว่าค่าที่ได้มีระยะห่างจากขอบด้านบนตามที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งในงานวิจัย[8] ได้ประมาณค่าความกว้างต่อความสูงของภาพโดยกำหนดจากความยาวของป้ายทะเบียนนำมาหารสอง เนื่องจากอัตราส่วนความกว้างต่อความสูงของป้ายทะเบียนจะมีค่าประมาณ 2 เท่า ซึ่งกรรมวิธีดังกล่าวทำให้สามารถหาบริเวณที่คาดว่าเป็นป้ายทะเบียนได้ แต่หากในภาพมีรายละเอียดที่นอกเหนือจากป้ายทะเบียนอาจทำให้พบตำแหน่งที่คาดว่าเป็นป้ายทะเบียนได้มากกว่าหนึ่ง ดังนั้นงานวิจัย [8] จึงเสนอวิธีการรู้จำลักษณะพิเศษของป้ายทะเบียนเพื่อให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3.4 การรู้จำลักษณะพิเศษของป้ายทะเบียน (License plate's features recognition) [8]

เนื่องจากขั้นตอนที่กล่าวไว้ในข้างต้นใช้ลักษณะช่วงความแตกต่างของสีระหว่างสีตัวอักษรกับสีพื้นป้ายทะเบียน ซึ่งทำให้พบบริเวณของภาพที่มีลักษณะคล้ายป้ายทะเบียนหลายบริเวณ ทั้งนี้ความผิดพลาดส่วนใหญ่เป็นกรณีของสติ๊กเกอร์หน้ารถ ไฟหน้ารถและเงาถนน

การหาตำแหน่งป้ายทะเบียนจึงจำเป็นต้องเพิ่มความซับซ้อน เพื่อแยกแยะบริเวณต่างๆ ที่หาได้จากขั้นตอนแรกว่าบริเวณใดเป็นบริเวณที่เป็นป้ายทะเบียนจริงๆ ทั้งนี้จึงได้สังเกตลักษณะ

พิเศษของป้ายทะเบียนและนำมาใช้เป็นข้อมูลในการรู้จำลักษณะป้ายทะเบียน 5 ลักษณะด้วยกัน ดังนี้

- เปอร์เซ็นต์ความดำของป้ายทะเบียนรถ
- เปอร์เซ็นต์ความดำของบริเวณที่คาดว่าเป็นตัวอักษร
- อัตราความกว้างต่อความสูงของป้ายทะเบียน
- ขอบซ้าย – ขวาของป้ายทะเบียน
- ความสม่ำเสมอของการเว้นช่วงตัวอักษร

แต่ละคุณลักษณะจะให้ค่าความน่าจะเป็นไปได้(probability) ในบริเวณที่คาดว่าเป็นป้ายทะเบียน แต่หากบริเวณดังกล่าวมีความใกล้เคียงกับลักษณะพิเศษที่กำหนดไว้ค่าความน่าจะเป็นไปได้จะมีค่าสูง และยิ่งแตกต่างมากขึ้นค่าความน่าจะเป็นไปได้ก็จะน้อยลง ทั้งนี้การนำลักษณะพิเศษทั้ง 5 มาใช้นั้นจะมีการถ่วงน้ำหนักความสำคัญ(weight) ต่างกันไป โดยน้ำหนักความสำคัญที่ใช้ในงานวิจัย[8] เป็นค่าที่ได้จากการทดลองปรับค่าน้ำหนักแล้วทดสอบเพื่อดูเปอร์เซ็นต์การค้นหาแล้วทำซ้ำหลายๆครั้ง จนคาดได้ว่าตัวเลขน้ำหนักดังกล่าวเป็นตัวเลขที่ทำให้เปอร์เซ็นต์การค้นหาพบป้ายทะเบียนสูงสุด โดยความน่าจะเป็นโดยรวมคำนวณจากฟังก์ชั่น

P(areaA) = 0.165 x P_BlackAll(AreaA) + 0.155 x P_BlackCha(AreaA) +
0.17 x P_WH(AreaA)+ 0.145 x P_LeftRight(AreaA) + 0.365 x P_Space(AreaA)

<u>โดยที่</u>

P(AreaA) คือ ฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นป้ายทะเบียนรถของบริเวณที่พิจารณาในภาพ (โดยรวม)

P_BlackAll(AreaA) คือ ฟังก์ชันความน่าจะเป็นป้ายทะเบียนรถของบริเวณที่พิจารณาในภาพ เมื่อตรวจสอบลักษณะพิเศษเปอร์เซ็นต์ความดำทั้งภาพ

P_BlackCha(AreaA) คือ ฟังก์ชันความน่าจะเป็นป้ายทะเบียนรถของบริเวณที่พิจารณาในภาพ เมื่อตรวจสอบลักษณะพิเศษเปอร์เซ็นต์ความดำของบริเวณตัวอักษร (สองตัวหลังสุด)

P_WH(AreaA) คือ ฟังก์ชันความน่าจะเป็นป้ายทะเบียนรถของบริเวณที่พิจารณาในภาพ เมื่อตรวจสอบลักษณะพิเศษอัตราส่วนความกว้างต่อความยาว

P_LeftRight(AreaA) คือ ฟังก์ชันความน่าจะเป็นป้ายทะเบียนรถของบริเวณที่พิจารณาในภาพ เมื่อตรวจสอบลักษณะพิเศษขอบซ้าย-ขอบขวา

P_Space(AreaA) คือ ฟังก์ชันความน่าจะเป็นป้ายทะเบียนรถของบริเวณที่พิจารณาในภาพ เมื่อตรวจสอบลักษณะพิเศษความสม่ำเสมอในการเว้นช่วงตัวอักษร

3.4.1 เปอร์เซ็นต์ความดำของป้ายทะเบียนรถ [8]

จากการสังเกตพบว่า ป้ายทะเบียนมักจะมีสีพื้นเป็นสีอ่อน เช่น สีขาว สีเหลือง เป็นต้น เมื่อผ่านขั้นตอนแบ่งแยกวัตถุด้วยสี ผลที่ได้สีของพื้นป้ายทะเบียนจะเป็นสีขาว ตัวอักษรเป็นสีดำอัตราส่วนของพื้นที่ที่เป็นตัวอักษร(พิกเซลสีดำ) ต่อพื้นที่ทั้งหมด คือ ประมาณ 20% - 30% แต่ทั้งนี้การวาดขอบจากขั้นตอนการหาขอบซึ่งอาจทำให้ได้ขอบที่ใหญกว่าบริเวณป้ายทะเบียนจริงทำให้มีปัจจัยอื่นปะปนด้วย จึงต้องเพิ่มขอบเขตพื้นที่ที่คาดว่าเป็นตัวอักษรเป็น 20% - 40%

3.4.2 เปอร์เซ็นต์ของความดำของบริเวณที่คาดว่าเป็นตัวอักษร [8]

จากการสังเกตพบว่า ป้ายทะเบียนจะมีตัวเลขที่มีสีดำชัดเจน ซึ่งตัวอักษรบนป้ายทะเบียนแบ่งได้ 7 ส่วน ดังรูปที่ 3.4 หากกำหนดบริเวณที่คาดว่าเป็นตัวเลข 2 ตัวหลังจะพบว่าบริเวณดังกล่าวมีอัตราส่วนความดำมากที่สุด บริเวณดังกล่าวประมาณได้ว่าอยู่ในบริเวณครึ่งบนของป้ายทะเบียนประมาณ 2/7 ของความกว้างของป้ายทะเบียน

รูปที่ 3.4 แสดงการแบ่งส่วนของป้ายทะเบียนตามตัวอักษร

รูปที่ 3.5 แสดงขอบเขตของตัวอักษรสองตัวท้ายในป้ายทะเบียน

3.4.3 อัตราส่วนของความกว้างต่อความสูง [8]

จากการสังเกตพบว่า ป้ายทะเบียนจะมีอัตราส่วนความกว้างต่อความสูงประมาณ 1.8 – 2.2 เท่า และ เมื่อจับภาพป้ายทะเบียนในมุมเอียงทำให้อัตราส่วนดังกล่าวลดลงจนมีค่าประมาณ 1 เท่าที่มุมเอียง 25 องศาวัดจากแกนแนวราบของภาพ ดังนั้นจึงกำหนดให้อัตราส่วนของความกว้างต่อความสูงของภาพโดยประมาณ 1 -2.2 เท่า

3.4.4 **ขอบซ้าย-ขอบขวาของป้ายทะเบียน** [8]

เนื่องจากสีพื้นป้ายทะเบียนรถจะเป็นสีขาว และมีความต่อเนื่องกันตลอด เมื่อค้นหาเส้นตรงแนวดิ่งสีขาวที่ยาวที่สุดจากทางด้านซ้ายและขวาเมื่อยอมให้มีพิกเซลสีดำปะปนอยู่ในเส้นตรงได้ไม่เกิน 25% จะได้เส้นตรงสองเส้นที่มีลักษณะดังนี้

- ความยาวของเส้นตรงทั้งสองมีความยาวใกล้เคียงกัน ต่างกันไม่เกิน 90% ของเส้นตรงเส้นที่ยาวกว่า
- ความยาวของเส้นตรงต้องไม่น้อยกว่าความยาวครึ่งหนึ่งของขอบที่ได้จากขั้นตอนกรรมวิธีเส้นตรงแปรปรวน

รูปที่ 3.6 แสดงเส้นขอบซ้าย-ขวาที่ตรงกับลักษณะที่กำหนด

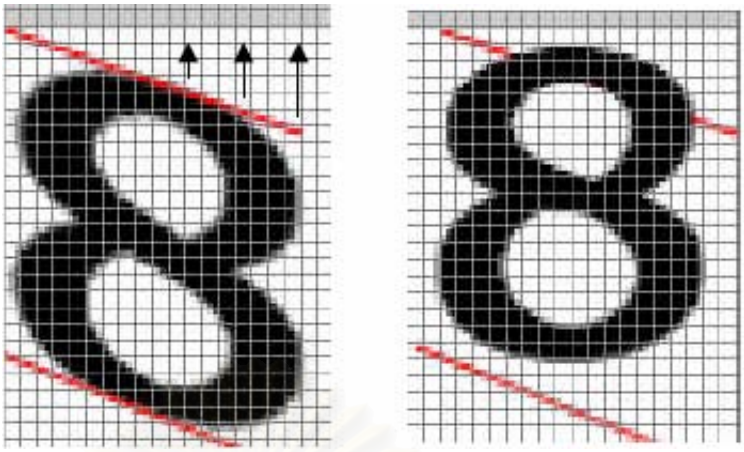
จะเห็นในรูปที่ 3.6 หากลักษณะที่ได้ไม่ตรงตามที่กำหนด แสดงว่ามีความเป็นไปได้ว่าไม่ใช่ป้ายทะเบียน นอกจากนี้การหาขอบซ้าย-ขวาสามารถนำไปหาความเอียงของป้ายทะเบียนได้อีกด้วยซึ่งจะอธิบายให้หัวข้อต่อไป

3.4.5 **ความสม่ำเสมอของการเว้นช่วงตัวอักษร** [8]

จากการสังเกตพบว่าตัวอักษรบนป้ายทะเบียนมีระยะห่างที่เท่าๆ กันและเป็นระยะห่างที่มีขนาดประมาณกับความหนาของตัวอักษร ดังนั้นหากตรวจสอบค่าของสีดำและสีขาวตามแนวเส้นตรงที่ลากผ่านส่วนที่เป็นตัวอักษรโดยหาค่าช่วงสีขาวที่ติดๆ กันและค่าช่วงสีดำที่ติดๆ กันสลับกันไป จะได้ช่วงค่าที่มีขนาดเท่าๆ กันอย่างน้อย 10 ค่า เช่น 3, 4, 3, 5, 3, 3, 4, 3, 4, 3 โดยจะยอมให้มีช่วงที่ขนาดใหญ่กว่ารอบค่าได้หนึ่งช่วง ซึ่งเป็นช่วงที่คาดว่าน่าจะเป็นช่องว่างระหว่างตัวอักษรและตัวเลข

3.4.6 **ตรวจสอบความเอียงของป้ายทะเบียน** [8]

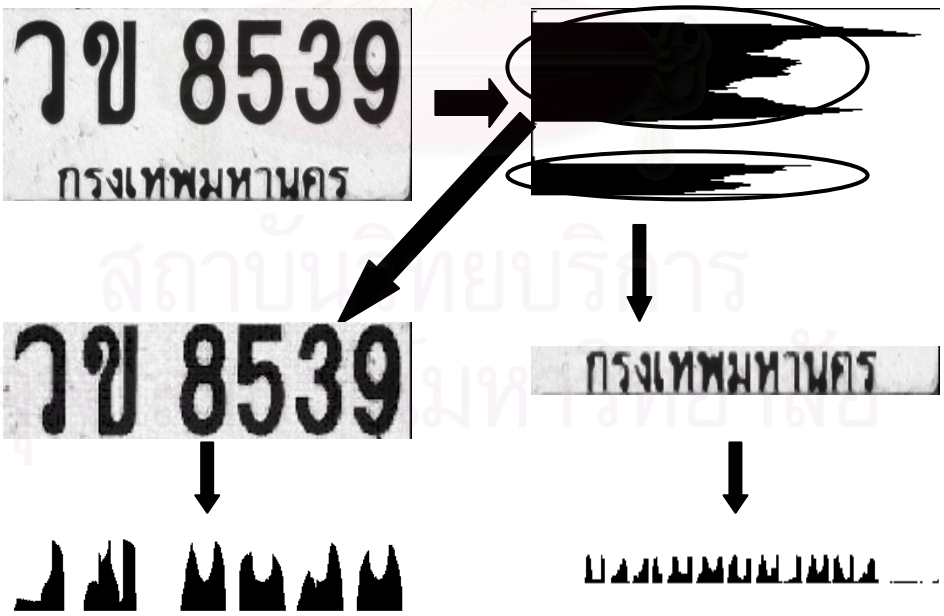
ขั้นตอนนี้จะทำเมื่อได้ค่าขอบซ้าย ขอบขวา ขอบด้านบน และขอบด้านล่างของป้ายทะเบียนโดยประมาณ จากนั้นนำจุดที่หาได้ ผ่านสมการเส้นตรงของขอบบนล่างโดยใช้สูตร สมการเส้นตรง ในกรณีที่พบความเอียงในภาพโปรแกรมจะปรับรูปเพื่อให้รูปกลับมาอยู่ในแนวตรง



รูปที่ 3.7 การปรับภาพให้อยู่ในแนวตรง

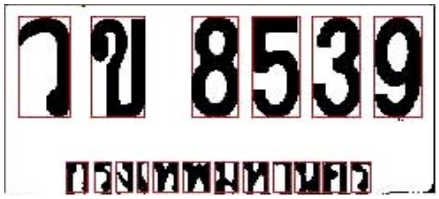
3.5 การตัดแบ่งตัวอักษร (Segmentation)

เมื่อได้บริเวณส่วนที่เป็นป้ายทะเบียน การตัดแบ่งตัวอักษรจะใช้วิธีการโปรเจ็คชั่น [1] ที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.4 ในแนวระนาบใดระนาบหนึ่ง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเริ่มจากแนวนอนโดยจะบวกเฉพาะพิกเซลที่มีค่า 0 (สีดำ) เมื่อได้ค่าทั้งหมดจะนำมาพิจารณาจะพบว่ามีค่าที่ติดกันแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มของตัวอักษร และกลุ่มของจังหวัด จากนั้นจะรวมค่าในแนวตั้งในแต่ละกลุ่มซึ่งจะสามารถแบ่งตัวอักษรได้แต่ละตัว โดยดูจากช่องว่างระหว่างตัวอักษร



รูปที่ 3.8 การแบ่งตัวอักษร

จากรูปที่ 3.8 ที่แสดงการตัดแบ่งโดยใช้วิธีโปรเจ็คชั่น สามารถแสดงผลลัพธ์ในการแบ่งตัวอักษร ดังนี้

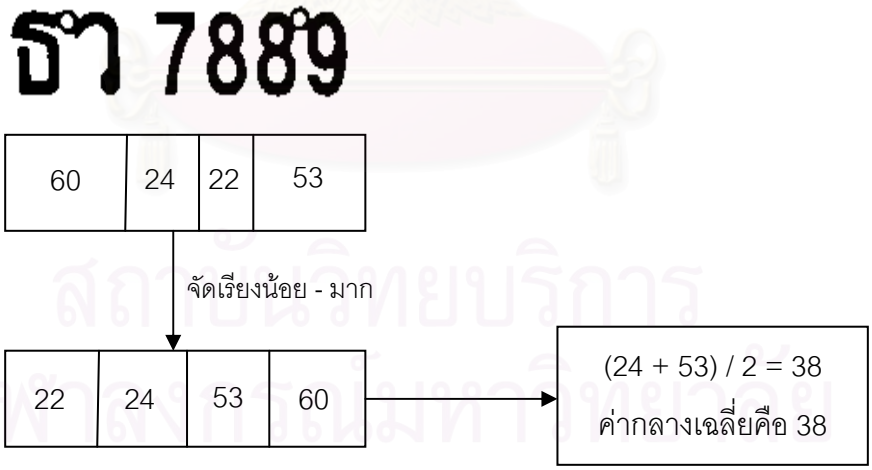


รูปที่ 3.9 ผลลัพธ์การแบ่งตัวอักษร

3.5.1 การกำจัดน็อตระหว่างตัวอักษร

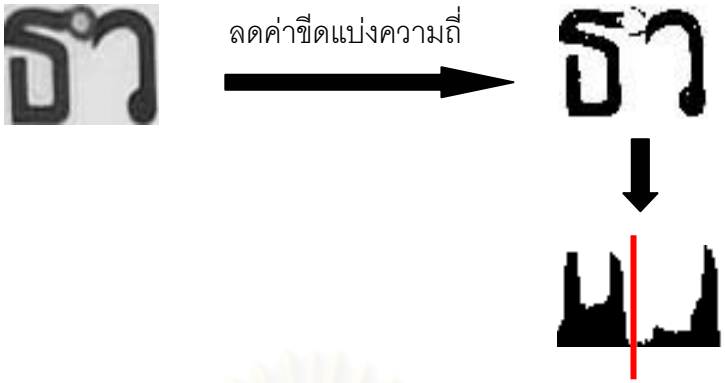
เพื่อให้โปรแกรมทำงานได้ดียิ่งขึ้นงานวิจัยนี้จึงได้คิดวิธีในการกำจัดสิ่งรบกวนที่เป็นปัญหาในการแบ่งตัวอักษรออกจากกันโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. เก็บค่าความกว้างแต่ละตัวอักษร
2. จัดเรียงลำดับความกว้างทั้งหมดจากน้อย – มาก
3. หาค่ากลางเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาแต่ละตัวอักษร
4. หากความกว้างแต่ละตัวอักษรมีค่ามากกว่าค่ากลางโปรแกรมจะลดค่าขีดแบ่งความถี่ภาพ



รูปที่ 3.10 หาค่ากลางเฉลี่ยเพื่อกำจัดน็อตระหว่างตัวอักษร

จากรูปที่ 3.10 แสดงให้เห็นว่าค่ากลางเฉลี่ยที่ใช้พิจารณามีค่าเท่ากับ 38 ซึ่งค่าความกว้างของตัวอักษรตัวแรกมีค่ามากกว่าค่ากลางเฉลี่ยดังนั้นจึงต้องลดค่าขีดแบ่งความถี่ภาพกับภาพเกรย์สเกล



รูปที่ 3.11 ลดค่าขีดแบ่งความถี่เพื่อกำจัดน็อตระหว่างตัวอักษร

3.6 การเพิ่ม/ลดขนาดตัวอักษรและตัวเลข (Resampling)

ตัวอักษรและตัวเลขที่ได้จากขั้นตอนการแบ่งตัวอักษรอาจมีขนาดที่ไม่เท่ากันเนื่องจากระยะในการถ่ายภาพ ทำให้ขนาดของตัวอักษรและตัวเลขมีขนาดไม่เท่ากัน เพื่อให้การทำงานในขั้นตอนการรู้จำตัวอักษร มีประสิทธิภาพและผลลัพธ์ที่ถูกต้อง จึงจำเป็นที่ต้องทำให้ขนาดของตัวอักษรและตัวเลขมีขนาดเท่ากัน ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้ข้อมูลภาพที่ได้มีขนาด 60x90 พิกเซล

3.7 การแบ่งส่วนตัวอักษรและตัวเลข

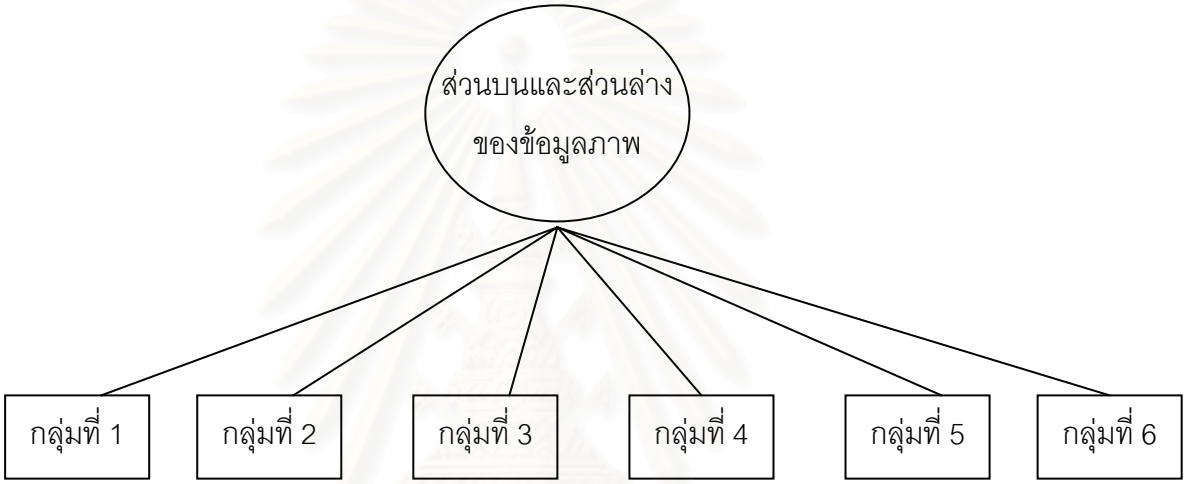
การรู้จำตัวอักษรจะแบ่งตัวอักษรในแนวนอนออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่าง โดยแต่ละส่วนมีขนาด 60 x 30 พิกเซล

รูปที่ 3.12 การแบ่งส่วนตัวอักษรเป็น 3 ส่วน

3.8 การใช้ทรีในการตัดสินใจ (Decision Tree)

ในการตัดสินใจจะพิจารณาจากส่วนบนและส่วนล่างของข้อมูลภาพเท่านั้น ซึ่งจากการแบ่งลักษณะดังกล่าวสามารถแบ่งกลุ่มของตัวอักษรได้ทั้งหมด 6 กลุ่ม ได้แก่

1. ส่วนบนไม่มีช่องว่าง ส่วนล่างไม่มีช่องว่าง (00) ว ร จ ฉ ธ ฐ อ ฮ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
2. ส่วนบนไม่มีช่องว่าง ส่วนล่างมีช่องว่าง (01) ก ค ต ภ ศ ล ฟ
3. ส่วนบนมีช่องว่าง ส่วนล่างไม่มีช่องว่าง (10) ข ง น บ ป ม ย ษ
4. ส่วนบนมีช่องว่าง ส่วนล่างมีช่องว่าง (11) ท ณ ห พ
5. ส่วนบนมีช่องว่าง 2 กลุ่ม ส่วนล่างไม่มีช่องว่าง (20) ษ
6. ส่วนบนมีช่องว่าง 2 กลุ่ม ส่วนล่างมีช่องว่าง (21) พ

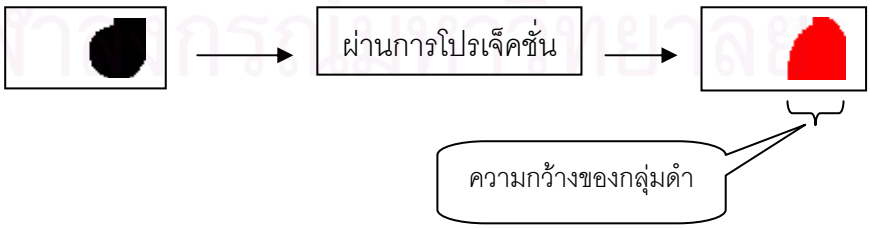


รูปที่ 3.13 ทรีแสดงการตัดสินใจ

3.9 การรู้จำตัวอักษรโดยเทียบลักษณะเด่น

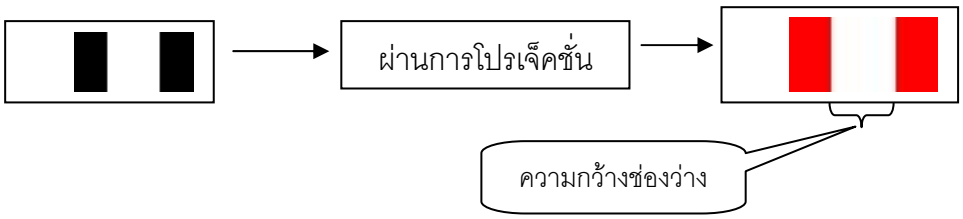
ในการรู้จำแต่ละตัวอักษรจะใช้การตรวจสอบลักษณะเด่นที่มีการกำหนดไว้ โดยจะมีหลักการในการตรวจสอบหลักๆ ดังนั้นจะยกตัวอย่างวิธีการทำงานต่างๆ ต่อไปนี้

3.9.1 การหาค่าความกว้างของกลุ่มสีดำ



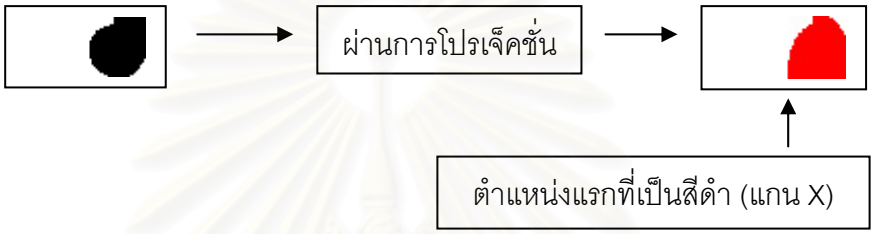
รูปที่ 3.14 การหาความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้ง

3.9.2 การหาค่าความกว้างของช่องว่าง



รูปที่ 3.15 การหาความกว้างของช่องว่างในแนวตั้ง

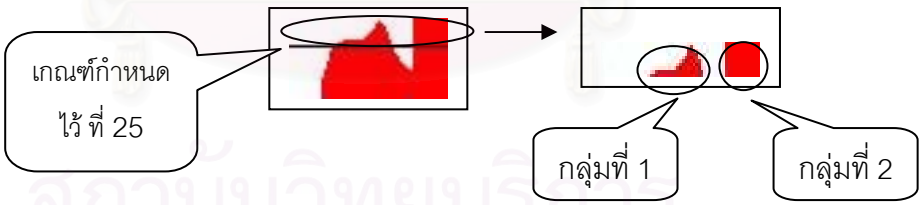
3.9.3 การหาสีดำตำแหน่งแรกในแนวนอน



รูปที่ 3.16 การหาจุดสีดำตำแหน่งแรกในแนวตั้ง

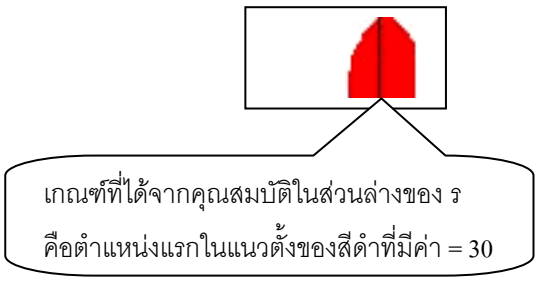
3.9.4 การหาจำนวนกลุ่มของสีดำในแต่ละส่วน

1) ในกรณีหาในแนวตั้ง มีเกณฑ์กำหนดไว้ เช่น ส่วนกลางของตัวอักษร จ ต้องมีกลุ่มของสีดำที่มากกว่า 25 จำนวน 2 กลุ่ม



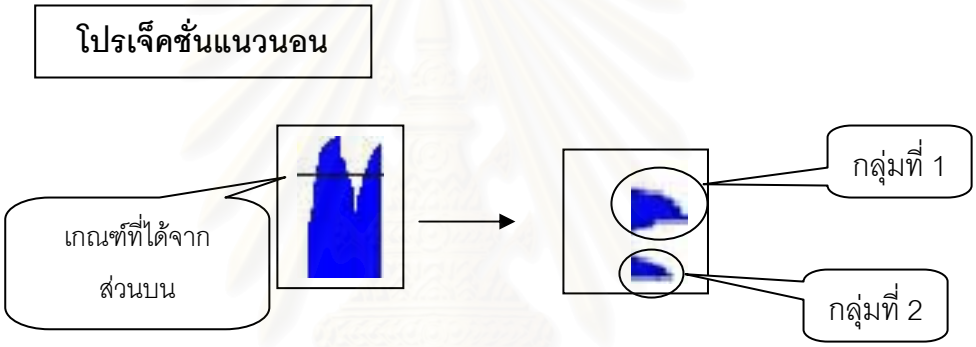
รูปที่ 3.17 การหาจำนวนกลุ่มสีดำในแนวตั้งโดยใช้เกณฑ์

2) ในกรณีหาในแนวนอน ไม่มีเกณฑ์กำหนดไว้ เช่น ส่วนบนของตัวอักษร ร ต้องมีกลุ่มของสีดำมากกว่าเกณฑ์ที่ได้จากส่วนล่าง 2 กลุ่มดังนั้นจำเป็นต้องหาเกณฑ์จากส่วนอื่น ส่วนล่างของ ร ผ่านการโปรเจ็คชั่นในแนวตั้ง



รูปที่ 3.18 หาเกณฑ์ที่ใช้ในการบอกกลุ่มของส่วนบน

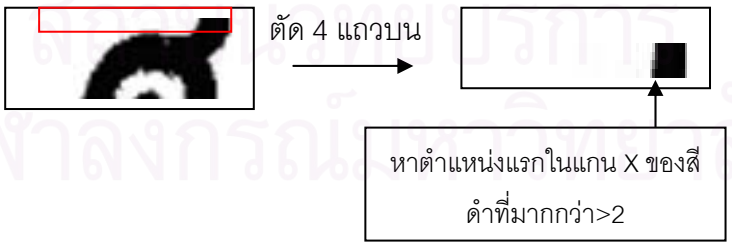
จากนั้น จะนำค่าที่ได้มาเป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบส่วนบนตัวอักษร ร



รูปที่ 3.19 การกลุ่มสีดำในแนวนอนโดยใช้เกณฑ์

3.9.5 ตัดภาพบางส่วน

เช่น ในกรณีของ ศ จะตัดเพียง 4 แถว ในส่วนบนของตัวอักษร ศ

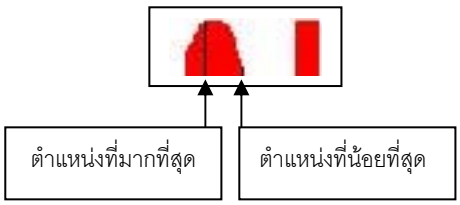


รูปที่ 3.20 การตัดภาพบางส่วน

3.9.6 วิธีหาหัวตัวอักษร

เช่น ตัวอักษร ย โดยดูจากส่วนบน ซึ่งพิจารณาเฉพาะกลุ่มของสีดำทาง ด้านซ้าย จากนั้นจะเก็บตำแหน่งของค่าสีดำที่น้อยที่สุดและค่าสีดำที่มากที่สุดเส้น

แรกที่พบ ถ้าตำแหน่งที่น้อยที่สุดมีค่ามากกว่าตำแหน่งของเส้นที่มากที่สุด หมายถึง หัวของตัวอักษรหันเข้าทางด้านใน เป็นต้น



รูปที่ 3.21 วิธีหาหัวตัวอักษร

3.10 ลักษณะเด่นแต่ละตัวอักษร

3.10.1 ลักษณะเด่นกลุ่มที่ 1 ส่วนบนไม่มีช่องว่าง ส่วนล่างไม่มีช่องว่าง

<u>ตัวอักษร ว</u>

- **ส่วนล่าง** ความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้งต้องมีค่าระหว่าง 11 – 40
- **ส่วนกลาง** ความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้ง ต้องมีค่าระหว่าง 11 -25
- **ส่วนกลาง** หาตำแหน่งแรกที่ค่าสีดำในแนวตั้งมีค่ามากกว่า 10 โดยตำแหน่งที่พบสีดำตำแหน่งแรกต้องมากกว่า 35
- **ส่วนบน** กลุ่มของสีดำต้องมีกลุ่มเดียวในแนวนอน โดยหาเกณฑ์ค่าจากส่วนล่างตำแหน่งแรกที่ค่าสีดำในแนวตั้งมีค่า เท่ากับ 30

<u>ตัวอักษร ร</u>

- **ส่วนล่าง** ความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้งต้องมีค่าระหว่าง 11 – 40
- **ส่วนกลาง** หาตำแหน่งแรกที่มีค่าสีดำในแนวตั้งมากกว่า 10 และตำแหน่งที่พบต้องมากกว่า 35
- **ส่วนบน** กลุ่มของสีดำต้องมี 2 กลุ่มในแนวนอน โดยหาเกณฑ์ค่าจากส่วนล่างตำแหน่งแรกที่ค่าสีดำในแนวตั้งมีค่า เท่ากับ 30
- แต่ถ้าส่วนบนมี 1 กลุ่ม จะตรวจสอบคุณสมบัติต่อไป คือ ส่วนกลาง ความกว้างของกลุ่มสีดำต้องมีค่ามากกว่า 30 และ สีดำในตำแหน่งแรกที่มีค่ามากกว่า 10 จะต้องอยู่ในตำแหน่งตั้งแต่ 35 ขึ้นไป

ตัวอักษร จ

- **ส่วนล่าง** ความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้งต้องมีค่าระหว่าง 11 – 40
- **ส่วนกลาง** หาตำแหน่งแรกที่มีค่าสีดำในแนวตั้งมากกว่า 10 และตำแหน่งที่พบต้องน้อยกว่าตำแหน่งที่ 35
- **ส่วนบน** กลุ่มของสีดำในแนวนอนต้องมีเพียงกลุ่มเดียว โดยหาเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบจากส่วนล่าง ในตำแหน่งแรกที่ค่าสีดำในแนวตั้งมีค่า เท่ากับ 30 (เหมือนตัวอักษร ว)
- **ส่วนกลาง** กลุ่มของสีดำในแนวตั้งต้องมี 2 กลุ่ม กำหนดเกณฑ์มีค่าเท่ากับ 25 (คือค่าในแนวตั้งต้องมากกว่า 25)

ตัวอักษร ฉ

- **ส่วนล่าง** ความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้งต้องมากกว่า 40
- **ส่วนบน** กลุ่มของสีดำในแนวนอนมีเพียงกลุ่มเดียว โดยหาเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบจากส่วนกลาง ซึ่งจะเก็บตำแหน่งกลางของช่องว่างระหว่างกลุ่มดำ 2 กลุ่มในส่วนกลาง หากกลุ่มกลางไม่มีช่องว่างจะกำหนดให้เกณฑ์มีค่าเท่ากับ 25
- **ส่วนล่าง** หาตำแหน่งแรกที่มีสีดำในแนวตั้งจากทางด้านซ้ายสุดและด้านขวาสุดในแนวตั้ง จากนั้น นำค่าตำแหน่งด้านขวาลบด้วยตำแหน่งด้านซ้ายและลบด้วย 5 (กันในกรณีมีnoise) เช่น ตำแหน่งแรกทางด้านซ้ายมีค่าเท่ากับ 5 ตำแหน่งทางด้านขวามีค่าเท่ากับ 55 จะได้ 55 – 5 – 5 = 40 ค่าที่ได้จะเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ โดยจะโปรเจ็คชั่นในแนวนอนส่วนล่าง ซึ่งถ้าเป็น ฉ ค่าที่มากกว่าเกณฑ์ จะอยู่ในตำแหน่งที่น้อยกว่า 15

ตัวอักษร ถ

- **ส่วนล่าง** ความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้งต้องมากกว่า 40
- **ส่วนบน** กลุ่มของสีดำมี 2 กลุ่มในแนวนอน (เหมือนตัวอักษร ร)โดยหาเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบจากส่วนกลาง(เหมือนตัวอักษร ฉ) ซึ่งจะเก็บตำแหน่งกลางของช่องว่างระหว่างกลุ่มดำ 2 กลุ่มในส่วนกลาง หากกลุ่มกลางไม่มีช่องว่างจะกำหนดให้เกณฑ์มีค่าเท่ากับ 25 **ในกรณี** ที่ส่วนกลางไม่มีช่องว่างจะทำให้กลุ่มของสีดำในแนวนอนส่วนบนมีเพียง 1 กลุ่ม ดังนั้น จะแก้ไขโดยการนับช่องว่างในส่วนกลาง ซึ่งส่วนกลางจะต้องไม่มีช่องว่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- **ส่วนกลาง** จะต้องมีกลุ่มสีดำ 2 กลุ่ม จากนั้น หาความกว้างของทั้ง 2 กลุ่ม นำกลุ่มขวาลบด้วยกลุ่มซ้าย ต้องมีค่ามากกว่า 0

<u>ตัวอักษร ฐ</u>

- **ส่วนล่าง** ความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้งต้องน้อยกว่า 45
- **ส่วนบน** กลุ่มของสีดำต้องมี 2 กลุ่มในแนวนอน โดยหาเกณฑ์ค่าจากส่วนล่างตำแหน่งแรกที่ค่าสีดำในแนวตั้งมีค่า เท่ากับ 30 (เหมือนตัวอักษร ร)
- **ส่วนกลาง** ในแนวตั้งจะต้องไม่มีช่องว่าง
- **ส่วนกลาง** หาตำแหน่งแรกที่มีค่าสีดำในแนวตั้งมากกว่า 10 และตำแหน่งที่พบต้องน้อยกว่า 35
- **ส่วนกลาง** กลุ่มของสีดำในแนวตั้งต้องมี 2 กลุ่ม กำหนดเกณฑ์มีค่าเท่ากับ 25 (คือค่าในแนวตั้งต้องมากกว่า 25) เหมือนตัวอักษร จ

<u>ตัวอักษร อ</u>

- **ส่วนล่าง** ความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้งต้องมากกว่า 45
- **ส่วนบน** กลุ่มของสีดำต้องมี 2 กลุ่มในแนวนอน โดยหาเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบจากส่วนล่างตำแหน่งแรกที่ค่าสีดำในแนวตั้งมีค่า เท่ากับ 30 (เหมือนตัวอักษร ร)
- **ส่วนกลาง** ต้องมีช่องว่าง 1 กลุ่มในแนวตั้ง
- **ส่วนบน** กลุ่มของสีดำมีเพียงกลุ่มเดียวในแนวนอน โดยหาเกณฑ์จากส่วนกลาง ซึ่งจะเก็บตำแหน่งกลางของช่องว่างระหว่างกลุ่มดำ 2 กลุ่มในส่วนกลาง หากกลุ่มกลางไม่มีช่องว่างจะกำหนดให้เกณฑ์มีค่าเท่ากับ 25 (เหมือนตัวอักษร ฉ)
- **ส่วนล่าง** หาตำแหน่งแรกที่มีสีดำจากทางด้านซ้ายและด้านขวาในแนวตั้ง จากนั้น ค่าตำแหน่งด้านขวาลบด้วยตำแหน่งด้านซ้ายและลบด้วย 5 (กันในกรณีมีnoise) เช่น ตำแหน่งแรกทางด้านซ้ายมีค่าเท่ากับ 5 ตำแหน่งทางด้านขวามีค่าเท่ากับ 55 จะได้ 55 – 5 – 5 = 40 ค่าที่ได้จะเป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบ โดยจะโปรเจ็คชั่น ในแนวนอนส่วนล่าง ซึ่งถ้าเป็น ฉ ค่าที่มากกว่าเกณฑ์ จะอยู่ในตำแหน่งที่มากกว่า 15

<u>ตัวอักษร ฮ</u>

- **ส่วนล่าง** ความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้งต้องมากกว่า 40
- **ส่วนบน** กลุ่มของสีดำต้องมี 2 กลุ่มในแนวนอน โดยหาเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบจากส่วนล่างตำแหน่งแรกที่ค่าสีดำในแนวตั้งมีค่า เท่ากับ 30 (เหมือนตัวอักษร ร)

- **ส่วนกลาง** ต้องมีช่องว่าง 1 กลุ่ม
- **ส่วนบน** กลุ่มของสีดำมีเพียงกลุ่มเดียวในแนวนอน โดยหาเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบจากส่วนกลาง ซึ่งจะเก็บตำแหน่งกลางของช่องว่างระหว่างกลุ่มดำ 2 กลุ่มในส่วนกลาง หากกลุ่มกลางไม่มีช่องว่างจะกำหนดให้เกณฑ์มีค่าเท่ากับ 25 (เหมือนตัวอักษร ฉ)
- **ส่วนกลาง** ค่าความกว้างของกลุ่มสีดำทางด้านซ้าย ต้องมีค่ามากกว่าค่าความกว้างของกลุ่มสีดำทางด้านขวา

<u>ตัวเลขหนึ่ง</u>

- **ส่วนบน** ส่วนกลาง และส่วนล่าง ต้องไม่มีช่องว่าง
- **ส่วนล่าง** กลุ่มสีดำในแนวตั้งความกว้างมีค่าระหว่าง 20 -40
- **ส่วนบน** ในแนวนอนสีดำที่มีค่ามากที่สุดจะอยู่ที่ตำแหน่งระหว่าง 20 – 30
- **ส่วนล่าง** ค่าสีดำในแนวตั้งที่มีค่ามากกว่าเกณฑ์คือ 15 ซึ่งตำแหน่งแรกที่พบต้องอยู่ที่ตำแหน่ง 1 – 20

<u>ตัวเลขสอง</u>

- **ส่วนบน** และส่วนล่าง ต้องไม่มีช่องว่าง
- **ส่วนล่าง** กลุ่มสีดำในแนวตั้งความกว้างมีค่าระหว่าง 50 - 60
- **ส่วนล่าง** ในแนวนอนสีดำที่มีค่ามากที่สุดจะอยู่ที่ตำแหน่งระหว่าง 25 – 30
- **ส่วนล่าง** ตัดภาพเฉพาะ 10 แถวบนสุด ต้องไม่มีช่องว่างในแนวตั้ง

<u>ตัวเลขสาม</u>

- **ส่วนบน** และส่วนล่าง ต้องไม่มีช่องว่าง
- **ส่วนล่าง** ความกว้างกลุ่มของสีดำในแนวตั้งจะมีค่ามากกว่า 40
- **ส่วนบน** ตัดภาพเฉพาะ 10 แถวล่างสุด ต้องมีช่องว่าง 1 กลุ่มในแนวตั้ง

<u>ตัวเลขสี่</u>

- **ส่วนบน** ส่วนกลาง และส่วนล่าง ต้องไม่มีช่องว่าง
- **ส่วนล่าง** ความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้ง จะมีค่าระหว่าง 55 -60
- **ส่วนล่าง** หาตำแหน่งของสีดำในแนวนอนที่มีค่ามากที่สุด โดยตำแหน่งแรกจะอยู่ที่ตำแหน่ง 1 -10

ตัวเลขห้า

- **ส่วนบน** ส่วนกลาง และส่วนล่าง ต้องไม่มีช่องว่าง
- **ส่วนบน** หาตำแหน่งแรกของสีดำในแนวนอน ตำแหน่งแรกที่มีค่ามากที่สุดอยู่ที่ตำแหน่งที่ 1 -5
- **ส่วนกลาง** ตัดภาพเฉพาะ 10 บรรทัดล่าง ในแนวตั้งจะต้องไม่มีช่องว่าง
- **ส่วนบน** ตัดภาพเฉพาะ 10 บรรทัดล่าง ในแนวตั้งจะต้องไม่มีช่องว่าง

ตัวเลขหก

- **ส่วนบน** ส่วนกลาง และส่วนล่าง ต้องไม่มีช่องว่าง
- **ส่วนกลาง** ตัดภาพเฉพาะ 10 บรรทัดบน ในแนวตั้งจะต้องไม่มีช่องว่าง
- **ส่วนกลาง** ในแนวตั้งสีดำตำแหน่งแรกที่มีค่ามากที่สุดของภาพที่ตัดมาใน 10 บรรทัดบนจะอยู่ตำแหน่งระหว่าง 1 - 5

ตัวเลขเจ็ด

- **ส่วนบน** ส่วนกลาง และส่วนล่าง ต้องไม่มีช่องว่าง
- **ส่วนล่าง** ความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้งจะต้องไม่เกิน 30
- **ส่วนล่าง** ค่าสีดำในแนวตั้งที่มากกว่าเกณฑ์คือ 15 ตำแหน่งแรก ที่พบจะอยู่ตำแหน่ง 1 -20

ตัวเลขแปด

- **ส่วนบน** ส่วนกลาง และส่วนล่าง ต้องไม่มีช่องว่าง
- **ส่วนล่าง** ตัดภาพเฉพาะ 10 บรรทัดบน ในแนวตั้งจะต้องมีช่องว่าง 1 กลุ่ม
- **ส่วนกลาง** ตัดภาพเฉพาะ 10 บรรทัดบนในส่วนกลาง ในแนวตั้งจะต้องไม่มีช่องว่าง

ตัวเลขเก้า

- **ส่วนบน** ส่วนกลาง และส่วนล่าง ต้องไม่มีช่องว่าง
- **ส่วนกลาง** ตัดภาพเฉพาะ 10 บรรทัดล่าง ในแนวตั้งจะต้องไม่มีช่องว่าง
- **ส่วนกลาง** ตัดภาพเฉพาะ ตัด 10 บรรทัดบน ในแนวตั้งจะต้องมีช่องว่าง 1 กลุ่ม

ตัวเลขศูนย์

- **ส่วนบน** และส่วนล่าง ต้องไม่มีช่องว่าง
- **ส่วนกลาง** ในแนวตั้งต้องมีช่องว่าง 1 กลุ่ม
- **ส่วนกลาง** ความกว้างกลุ่มสีดำในแนวตั้ง ทางด้านซ้ายและด้านขวา จะแตกต่างกันไม่เกิน 10

3.10.2 ลักษณะเด่นกลุ่มที่ 2 ส่วนบนไม่มีช่องว่าง ส่วนล่างมีช่องว่าง

ตัวอักษร ก

- **ส่วนบน** ความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้งต้องมากกว่า 50
- **ส่วนล่าง** ช่องว่างต้องมากกว่า 15 ในแนวตั้ง
- **ส่วนกลาง** ในแนวตั้งต้องมีช่องว่าง 1 กลุ่ม และกลุ่มของช่องว่างต้องมีค่าความกว้างมากกว่า 13
- **ส่วนล่าง** หาความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้งทั้งทางด้านซ้ายและด้านขวา ค่าความกว้างกลุ่มสีดำทางด้านซ้ายต้องมากกว่าทางด้านขวาไม่เกิน 5

ตัวอักษร ภ

- **ส่วนบน** ความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้งต้องมากกว่า 50
- **ส่วนล่าง** ช่องว่างในแนวตั้งต้องมากกว่า 15
- **ส่วนกลาง** ต้องมีช่องว่าง 1 กลุ่ม และกลุ่มของช่องว่างต้องมีค่าความกว้างมากกว่า 13 ในแนวตั้ง
- **ส่วนล่าง** หาความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้งทั้งทางด้านซ้ายและด้านขวา ค่าความกว้างกลุ่มสีดำทางด้านซ้ายต้องมากกว่าทางด้านขวาตั้งแต่ 5 ขึ้นไป

ตัวอักษร ค

- **ส่วนล่าง** ช่องว่างในแนวตั้งมีเพียง 1 กลุ่มและความกว้างช่องว่างต้องมากกว่า 15
- **ส่วนกลาง** ต้องมีช่องว่าง 1 กลุ่ม ในแนวตั้ง
- **ส่วนกลาง** กลุ่มของสีดำในแนวตั้งต้องมี 2 กลุ่ม กำหนดเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบมีค่าเท่ากับ 25 (คือค่าในแนวตั้งต้องมากกว่า 25) เหมือนตัวอักษร จ
- **ส่วนบน** ตัดภาพเฉพาะ 4 แถวบนสุด จากนั้นหาตำแหนงสีดำในแนวตั้งที่มีค่ามากที่สุด และตำแหน่งที่พบต้องน้อยกว่า 45

ตัวอักษร ต

- **ส่วนล่าง** ช่องว่างในแนวตั้งมีเพียง 1 กลุ่มและความกว้างช่องว่างต้องมากกว่า 15
- **ส่วนกลาง** ช่องว่างในแนวตั้งมีเพียง 1 กลุ่ม
- **ส่วนกลาง** กลุ่มของสีดำในแนวตั้งต้องมี 3 กลุ่ม กำหนดเกณฑ์มีค่าเท่ากับ 25 (คือค่าในแนวตั้งต้องมากกว่า 25) เหมือนตัวอักษร จ
- **ส่วนบน** ตัดภาพเฉพาะ 4 แถวบนสุด จากนั้นหาตำแหนงสีดำในแนวตั้งที่มีค่ามากที่สุด และตำแหน่งที่พบต้องน้อยกว่า 45

ตัวอักษร ศ

- **ส่วนล่าง** ช่องว่างในแนวตั้งมีเพียง 1 กลุ่มและความกว้างช่องว่างต้องมากกว่า 15
- **ส่วนกลาง** มีช่องว่างในแนวตั้งเพียง 1 กลุ่ม
- **ส่วนบน** ตัดภาพเฉพาะ 4 แถวบนสุด จากนั้นหาตำแหนงสีดำในแนวตั้งที่มีค่ามากที่สุด และตำแหน่งที่พบต้องมากกว่า 45

ตัวอักษร ล

- **ส่วนล่าง** ช่องว่างมีเพียง 1 กลุ่มและความกว้างช่องว่างต้องมีค่าระหว่าง 3 - 15
- **ส่วนกลาง** ตัดภาพ 7 บรรทัดล่าง จากนั้นบวกค่าที่มีสีดำในแนวนอนซึ่งค่าที่ได้จะต้องน้อยกว่า 45 ทุกบรรทัด
- **ส่วนกลาง** ตัดภาพ 10 บรรทัดล่าง กลุ่มสีดำในแนวตั้งจะต้องมี 2 กลุ่ม

ตัวอักษร ฟ

- **ส่วนล่าง** ช่องว่างมีเพียง 1 กลุ่มและความกว้างช่องว่างต้องมีค่าระหว่าง 3 - 15
- **ส่วนกลาง** ตัดภาพ 7 บรรทัดล่าง จากนั้นบวกค่าที่มีสีดำในแนวนอนซึ่งค่าที่ได้จะต้องมากกว่า 45 ทุกบรรทัด
- **ส่วนบน** ตัดภาพ 10 บรรทัดบน กลุ่มสีดำในแนวตั้งมีเพียง 1 กลุ่ม และตำแหน่งสีดำที่มีค่ามากที่สุดจะต้องมากกว่า 20
- **ส่วนกลาง** ตัดภาพ 10 บรรทัดบน เพื่อหากลุ่มช่องว่างในแนวตั้งต้องมี 2 กลุ่ม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.10.3 **ลักษณะเด่นกลุ่มที่ 3 ส่วนบนมีช่องว่าง ส่วนล่างไม่มีช่องว่าง**

<u>ตัวอักษร ข</u>

- **ส่วนบน** ในแนวตั้งความกว้างของช่องว่างน้อยกว่า 10
- **ส่วนบน** ความกว้างของกลุ่มสีดำทางด้านซ้ายต้องมากกว่าความกว้างของกลุ่มสีดำทางด้านขวาในแนวตั้ง

<u>ตัวอักษร ง</u>

- **ส่วนบน** ความกว้างของช่องว่างในแนวตั้งน้อยกว่า 10
- **ส่วนบน** ในแนวตั้งความกว้างของกลุ่มสีดำทางด้านซ้ายต้องน้อยกว่าความกว้างของกลุ่มสีดำทางด้านขวา
- **ส่วนบน** ค่าสูงสุดในกลุ่มสีดำในแนวตั้งทางด้านซ้ายต้องน้อยกว่า 16

<u>ตัวอักษร น</u>

- **ส่วนกลาง** ต้องมีช่องว่างเพียง 1 กลุ่มในแนวตั้ง
- **ส่วนกลาง** ในแนวตั้งความกว้างของกลุ่มสีดำทางด้านซ้ายต้องน้อยกว่าความกว้างของกลุ่มสีดำทางด้านขวา
- **ส่วนกลาง** ค่าสีดำสูงสุดในแนวนอนจะอยู่ในตำแหน่งมากกว่า 25

<u>ตัวอักษร บ</u>

- **ส่วนกลาง** ต้องมีช่องว่างเพียง 1 กลุ่มในแนวตั้ง
- **ส่วนบนและส่วนกลาง** ความกว้างของช่องว่างในแนวตั้งต้องมากกว่า 25 และความกว้างของช่องว่างส่วนบนและส่วนกลางต่างกันไม่เกิน 5
- **ส่วนบน** หาค่าของสีดำที่มากที่สุดในกลุ่มสีดำด้านซ้ายและด้านขวา ถ้าค่าทางด้านขวาน้อยกว่า ทางด้านซ้าย ค่าความแตกต่างต้องไม่เกิน 2

<u>ตัวอักษร ป</u>

- **ส่วนกลาง** ต้องมีช่องว่างเพียง 1 กลุ่ม
- **ส่วนบนและส่วนกลาง** ความกว้างของช่องว่างต้องมากกว่า 25 และความกว้างของช่องว่างส่วนบนและส่วนกลางต่างกันไม่เกิน 5

- **ส่วนบน** หาค่าของสีดำที่มากที่สุดในกลุ่มสีดำด้านซ้ายและด้านขวา ถ้าค่าทางด้านขวาน้อยกว่า ทางด้านซ้าย ค่าความแตกต่างต้องมากกว่า 2

ตัวอักษร ม

- **ส่วนกลาง** ต้องมีช่องว่างเพียง 1 กลุ่ม และความกว้างของช่องว่างน้อยกว่า 15
- **ส่วนกลาง** ความกว้างของกลุ่มสีดำทางด้านซ้ายต้องมากกว่ากลุ่มสีดำทางด้านขวา
- **ส่วนบน** ทำวิธีการหาหัวตัวอักษรโดยหาตำแหน่งค่าสีดำในแนวตั้งที่น้อยที่สุดและมากที่สุด ซึ่งค่าที่น้อยจะต้องมีค่ามากกว่า 5 ขึ้นไป ตำแหน่งสีดำที่น้อยที่สุดต้องน้อยกว่าตำแหน่งสีดำที่มากที่สุด

ตัวอักษร ย

- **ส่วนกลาง** ต้องมีช่องว่างเพียง 1 กลุ่ม และความกว้างของช่องว่างน้อยกว่า 20
- **ส่วนกลาง** ความกว้างของกลุ่มสีดำทางด้านซ้ายต้องมากกว่ากลุ่มสีดำทางด้านขวา
- **ส่วนบน** ทำวิธีการหาหัวตัวอักษรโดยหาตำแหน่งค่าสีดำในแนวตั้งที่น้อยที่สุดและมากที่สุด ซึ่งค่าที่น้อยจะต้องมีค่ามากกว่า 5 ขึ้นไป ตำแหน่งสีดำที่น้อยที่สุดต้องมากกว่าตำแหน่งสีดำที่มากที่สุด

ตัวอักษร ษ

- **ส่วนกลาง** ต้องมีช่องว่างเพียง 1 กลุ่ม
- **ส่วนกลาง** ความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้งทางด้านซ้ายต้องมีค่าน้อยกว่าความกว้างของกลุ่มสีดำทางด้านขวา
- **ส่วนกลาง** ค่าสีดำที่มากที่สุดในแนวนอนจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่น้อยกว่า 25

3.10.4 ลักษณะเด่นกลุ่มที่ 4 ส่วนบนมีช่องว่าง ส่วนล่างมีช่องว่าง

ตัวอักษร ท

- **ส่วนบน** ในแนวตั้งกลุ่มของช่องว่างมีค่าน้อยกว่า 20
- **ส่วนกลาง** ต้องมีช่องว่างเพียง 1 กลุ่ม และค่าความกว้างของกลุ่มช่องว่างต้องมากกว่า 5
- **ส่วนกลาง** ความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้งทางด้านซ้ายต้องมีค่าน้อยกว่าความกว้างของกลุ่มสีดำทางด้านขวา

ตัวอักษร ณ

- **ส่วนบน** ในแนวตั้งกลุ่มของช่องว่างมีค่าน้อยกว่า 20
- **ส่วนกลาง** ต้องมีช่องว่างเพียง 1 กลุ่ม และค่าความกว้างของกลุ่มช่องว่างต้องมากกว่า 5
- หรือส่วนกลางอาจมีกลุ่มช่องว่าง 2 กลุ่ม
- **ส่วนกลาง** ความกว้างของกลุ่มสีดำในแนวตั้งทางด้านซ้ายต้องมีค่าน้อยกว่าความกว้างของกลุ่มสีดำทางด้านขวา

ตัวอักษร ห

- **ส่วนบน** ในแนวตั้งกลุ่มของช่องว่างมีค่าน้อยกว่า 20
- **ส่วนบน** ตัดภาพ 10 บรรทัดล่าง กลุ่มช่องว่างในแนวตั้งมีเพียง 1 กลุ่ม
- **ส่วนกลาง** ต้องไม่มีช่องว่าง
- **ส่วนล่าง** ความกว้างของช่องว่างในแนวตั้ง ต้องมีค่ามากกว่า 15

ตัวอักษร พ

- **ส่วนบน** ในแนวตั้งกลุ่มของช่องว่างมีค่าน้อยกว่า 20
- **ส่วนกลาง** ไม่มีช่องว่างในแนวตั้ง
- **ส่วนล่าง** มีกลุ่มช่องว่างในแนวตั้ง เพียง 1 กลุ่ม และความกว้างของกลุ่มช่องว่างต้องมีค่าน้อยกว่า 10

3.10.5 **ลักษณะเด่นกลุ่มที่** 5 **ส่วนบนมีช่องว่าง** 2 **กลุ่ม ส่วนล่างไม่มีช่องว่าง**

ตัวอักษร ษ

- **ส่วนบน** มีช่องว่าง 2 กลุ่มในแนวตั้ง

3.10.6 **ลักษณะเด่นกลุ่มที่** 6 **ส่วนบนมีช่องว่าง** 2 **กลุ่ม ส่วนล่างมีช่องว่าง** 1 **กลุ่ม**

ตัวอักษร พ

- **ส่วนบน** มีช่องว่าง 2 กลุ่มในแนวตั้ง
- **ส่วนล่าง** มีช่องว่างในแนวตั้ง เพียง 1 กลุ่ม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.11 การแบ่งกลุ่มจังหวัด

จังหวัดในประเทศไทยมีจำนวน 76 จังหวัด ซึ่งเป็นจำนวนมากทำให้ปริมาณข้อมูลภาพในการประมวลผลมากยิ่งขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้คิดวิธีในการแบ่งกลุ่มของจังหวัดเพื่อลดปริมาณข้อมูลภาพในการประมวลผล โดยคำนวณได้จากสูตรดังนี้

ค่าแบ่งกลุ่ม = ความกว้างของจังหวัด / ค่าความสูงของตัวเลขตัวแรก

รูปที่ 3.22 ตัวอย่างการแบ่งกลุ่มจังหวัด

ดังนั้นจากสูตรจะได้ค่าแบ่งกลุ่ม 103 / 29 = 3.55 จากวิธีดังกล่าวสามารถแบ่งกลุ่มได้ 3 กลุ่ม คือ

- จังหวัดที่มีความกว้างมาก ค่าแบ่งกลุ่มจะมีค่าระหว่าง 2.1 – 3.9
- จังหวัดที่มีความกว้างกลาง ค่าแบ่งกลุ่มจะมีค่าระหว่าง 1.4 – 2.0
- จังหวัดที่มีความกว้างน้อย ค่าแบ่งกลุ่มจะมีค่าระหว่าง 0 – 1.39

3.12 การรู้จำจังหวัด

การรู้จำจังหวัดจะทำโดยการบ่งชี้ตัวอักษรตัวแรกและตัวสุดท้าย ในกรณีที่ตัวแรกและตัวสุดท้ายของจังหวัดในกลุ่มซ้ำกัน จะพิจารณาตัวอักษรถัดไป จากการทดสอบสามารถหาค่าเฉลี่ยค่าแบ่งกลุ่มแต่ละจังหวัด ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ค่าระหว่าง 2.01 – 3.9

ตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยแบ่งกลุ่มจังหวัดกลุ่มที่ 1

จังหวัด	ค่าเฉลี่ยค่าแบ่งกลุ่มจังหวัด	ตัวแรก	ตัวสุดท้าย
หนองคาย	2.05	ห	ย
พิษณุโลก	2.06	พ	ก

ตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ยแบ่งกลุ่มจังหวัดกลุ่มที่ 1(ต่อ)

จังหวัด	ค่าเฉลี่ยค่าแบ่งกลุ่มจังหวัด	ตัวแรก	ตัวสุดท้าย
ขอนแก่น	2.07	ข	น
นราธิวาส	2.14	น	ส
ปราจีนบุรี	2.15	ป	ร
กาญจนบุรี	2.18	ก	ร
ฉะเชิงเทรา	2.29	ฉ	สระอา
นครนายก	2.29	น	ก
เพชรบูรณ์	2.3	สระเอ	ณ
สมุทรสาคร	2.41	ส	ร
สุพรรณบุรี	2.51	ส	ร
นครสวรรค์	2.57	น	ค
นครราชสีมา	2.78	น	สระอา
อุบลราชธานี	2.78	อ	น
สุราษฎร์ธานี	2.87	ส	น
มหาสารคาม	2.88	ม	ม
สมุทรปราการ	3.54	ส	ร
นครศรีธรรมราช	3.56	น	ช
ประจวบคีรีขันธ์	3.6	ป	ธ
พระนครศรีอยุธยา	3.64	พ	สระอา

กลุ่มที่ 2 ค่าระหว่าง 1.4 – 2.0

ตารางที่ 3.2 ค่าเฉลี่ยแบ่งกลุ่มจังหวัดกลุ่มที่ 2

จังหวัด	ค่าเฉลี่ยค่าแบ่งกลุ่มจังหวัด	ตัวแรก	ตัวสุดท้าย
ยโสธร	1.41	ย	ร
สระบุรี	1.44	ส	ร
ชัยนาท	1.5	ช	ท
ปัตตานี	1.52	ป	น
สิงห์บุรี	1.52	ส	ร
สงขลา	1.54	ส	สระอา

ตารางที่ 3.2 ค่าเฉลี่ยแบ่งกลุ่มจังหวัดกลุ่มที่ 2 (ต่อ)

จังหวัด	ค่าเฉลี่ยค่าแบ่งกลุ่มจังหวัด	ตัวแรก	ตัวสุดท้าย
ร้อยเอ็ด	1.56	ร	ด
บุรีรัมย์	1.57	บ	ย
ราชบุรี	1.57	ร	ร
พะเยา	1.6	พ	สระอา
จันทบุรี	1.61	จ	ร
ระยอง	1.61	ร	ง
สุรินทร์	1.73	ส	ร
นนทบุรี	1.74	น	ร
สกลนคร	1.75	ส	ร
สระแก้ว	1.81	ส	ว
อ่างทอง	1.83	อ	ง
ขอนแก่น	1.84	ข	น
อุตรดิตถ์	1.85	อ	ถ
ปทุมธานี	1.9	ป	น
เชียงใหม่	1.91	สระเอ	ม
เชียงราย	1.93	สระเอ	ย
กาฬสินธุ์	1.94	ก	ธ
นครปฐม	1.96	น	ม
เพชรบุรี	1.96	สระเอ	ร
อุทัยธานี	1.96	อ	น
นครพนม	2	น	ม
พิษณุโลก	2	พ	ก

กลุ่มที่ 3 ค่าระหว่าง 0 – 1.39

ตารางที่ 3.3 ค่าเฉลี่ยแบ่งกลุ่มจังหวัดกลุ่มที่ 3

จังหวัด	ค่าเฉลี่ยค่าแบ่งกลุ่มจังหวัด	ตัวแรก	ตัวสุดท้าย
ตาก	0.83	ต	ก
แพร่	0.87	สระเอ	ร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 ค่าเฉลี่ยแบ่งกลุ่มจังหวัดกลุ่มที่ 3 (ต่อ)

จังหวัด	ค่าเฉลี่ยค่าแบ่งกลุ่มจังหวัด	ตัวแรก	ตัวสุดท้าย
ตรัง	0.88	ต	ง
เลย	0.96	สระเอ	ย
สตูล	0.96	ส	ล
น่าน	1	น	น
ภูเก็ต	1.08	ภ	ต
กระบี่	1.1	ก	บ
ยะลา	1.12	ย	สระอา
พังงา	1.18	พ	สระอา
ตราด	1.2	ต	ด
พัทลุง	1.21	พ	ง
สุโขทัย	1.22	ส	ย
ลำพูน	1.31	ล	น
ชัยภูมิ	1.32	ช	ม
ลพบุรี	1.32	ล	ร
ชลบุรี	1.33	ช	ร
จันทบุรี	1.35	จ	ร
ชุมพร	1.36	ช	ร
พิจิตร	1.37	พ	ร
ระยอง	1.37	ร	ง
ลำปาง	1.38	ล	ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

บทนี้กล่าวถึงการทดลองงานวิจัยการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์จากภาพดิจิทัลแบบทันกาลที่พัฒนาขึ้นด้วยแนวทางที่ได้เสนอไว้ในบทที่ 3 ซึ่งแบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วนคือส่วนตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์และส่วนรู้จำตัวอักษร ตัวเลขและจังหวัด โดยทั้ง 2 ส่วนมีรายละเอียดข้อมูลภาพในการทดลอง สภาวะแวดล้อมที่ใช้ในการทดลอง ผลที่ได้จากการทดลอง และสรุปผลการทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 รายละเอียดข้อมูลภาพในการทดลอง

งานวิจัยเรื่องการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์จากภาพดิจิทัลแบบทันกาลนี้ ใช้ข้อมูลภาพในลักษณะภาพนิ่ง โดยรายละเอียดของภาพ มีดังนี้

- ภาพอยู่ในรูปแบบของไฟล์เจเป็ก (JEPG) แบบ 32 บิตต่อพิกเซล
- ขนาดของภาพที่ใช้ 640 x 480 พิกเซล
- ขนาดป้ายทะเบียนต่อขนาดภาพถ่ายต้องมีขนาดระหว่าง 20 – 50 % ของความยาวภาพถ่ายดิจิทัล
- มุมเอียงมากที่สุด 25% (เทียบกับแนวนอนของภาพถ่าย)

4.2 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดลอง

1) ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือประกอบด้วย

- เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หน่วยประมวลผลเพนเทียมเซลเลรอน 2.4 กิกะเฮิรตซ์ (Celeron 2.4 GHz.)
- หน่วยความจำหลัก (RAM) 256 เมกะไบต์ (256 MB)
- ฮาร์ดดิสก์ (Harddisk) 40 กิกะไบต์ (40 GB)
- การ์ดแสดงผลจอภาพ (VGA Card) 32 บิต (32 bits)

2) ซอฟต์แวร์ (Software)

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือประกอบด้วย

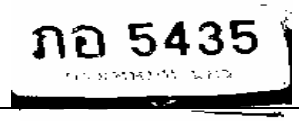
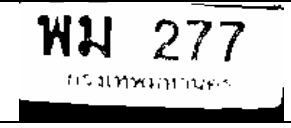
- ระบบปฏิบัติการ (Operating system) ไมโครซอฟท์วินโดวส์เอ็กซ์พี โพรเฟซชันแนล (Microsoft Windows XP Professional)
- พัฒนาเครื่องมือด้วยภาษาวิชัวล์เบสิกโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์วิชัวล์สตูดิโอ 6 (Microsoft Visual Basic 6.0)

4.3 การตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์

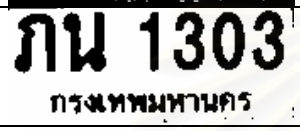
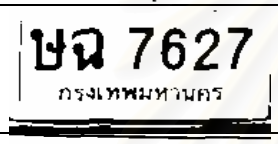
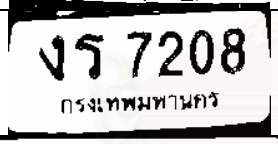
การทดลองนำภาพถ่ายดิจิทัลจำนวน 150 ภาพ(ภาคผนวก ค.) เพื่อใช้ในการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ โดยเป็นภาพป้ายทะเบียนที่มีพื้นขาวเท่านั้น

4.4.1 ผลการทดลองการตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์

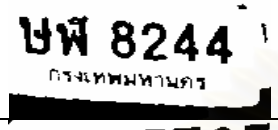
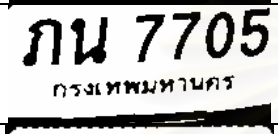
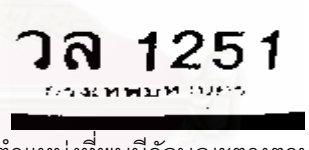
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์

No.	Result License Plate	Remark	correct
1		-	☑
2		-	☑
3		-	☑
4		-	☑
5		-	☑
6		-	☑
7		-	☑
8		-	☑
9		-	☑

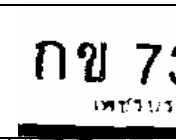
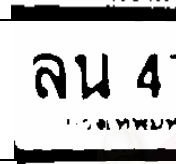
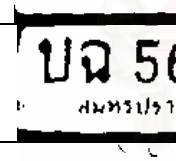
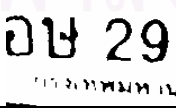
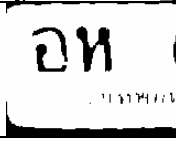
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ (ต่อ)

No.	Result License Plate	Remark	correct
10		-	☑
11		-	☑
12		-	☑
13		-	☑
14		-	☑
15		-	☑
16		-	☑
17		-	☑
18		-	☑
19		-	☑
20		-	☑
21		-	☑
22		-	☑
23		-	☑

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ (ต่อ)

No.	Result License Plate	Remark	correct
24		-	☑
25		-	☑
26		-	☑
27		-	☑
28		-	☑
29		-	☑
30		-	☑
31		 เนื่องจากตำแหน่งที่พบมีลักษณะตรงตามลักษณะการรู้จำป้ายทะเบียนทั้ง 5 ทำให้ได้ค่าความน่าจะเป็นมากที่สุด โดยเฉพาะลักษณะความสม่ำเสมอของการเว้นช่วงตัวอักษรซึ่งในงานวิจัย[8] ใช้วิธีการสุ่มแถวในส่วนที่คาดว่าเป็นป้ายทะเบียน	☒
32		-	☑
33		-	☑
34		-	☑

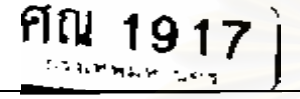
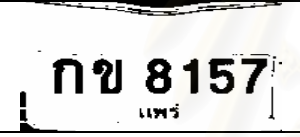
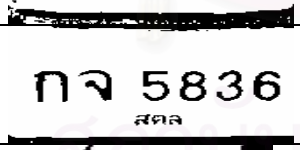
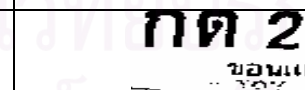
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ (ต่อ)

No.	Result License Plate	Remark	correct
35		-	☑
36		-	☑
37		-	☑
38		-	☑
39		-	☑
40		-	☑
41		-	☑
42		-	☑
43		-	☑
44		-	☑
45		-	☑
46		-	☑
47		-	☑
48		-	☑

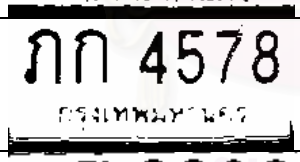
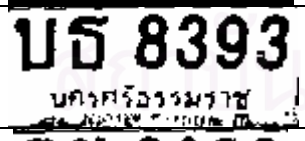
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ (ต่อ)

No.	Result License Plate	Remark	correct
49		-	☑
50		-	☑
51		-	☑
52		-	☑
53		-	☑
54		-	☑
55		-	☑
56		-	☑
57		-	☑
58		-	☑
59		-	☑
60		-	☑
61		-	☑

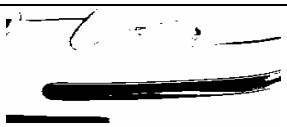
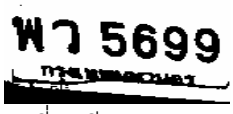
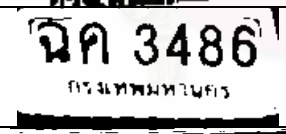
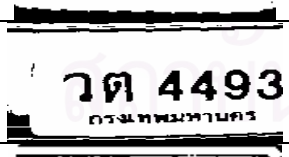
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ (ต่อ)

No.	Result License Plate	Remark	correct
62		-	☑
63		-	☑
64		-	☑
65		-	☑
66		-	☑
67		-	☑
68		-	☑
69		-	☑
70		-	☑
71		-	☑
72		 เนื่องจากตำแหน่งที่พบมีลักษณะตรงตามลักษณะการรู้จำป้ายทะเบียนถึง 4 ลักษณะในขณะเดียวกันตำแหน่งป้ายทะเบียนจริงพบว่ามีค่าความน่าจะเป็นน้อยกว่าตำแหน่งนี้โดยเฉพาะลักษณะความสม่ำเสมอของการเว้นช่วงตัวอักษรซึ่งในงานวิจัย[8] ใช้วิธีการสุ่มแถวในส่วนที่คาดว่าเป็นป้ายทะเบียนเพียงหนึ่งแถวเพื่อหาค่าความสม่ำเสมอของการเว้นช่วงตัวอักษร	☒

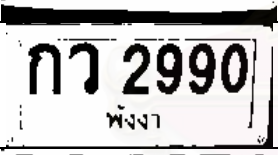
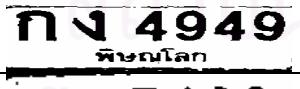
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ (ต่อ)

No.	Result License Plate	Remark	correct
73		-	☑
74		-	☑
75		-	☑
76		-	☑
77		-	☑
78		-	☑
79		-	☑
80		-	☑
81		-	☑
82		-	☑
83		-	☑
84		-	☑
85		-	☑
86		-	☑

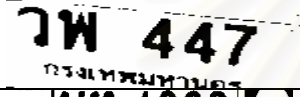
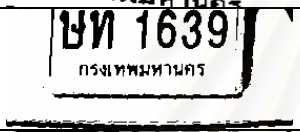
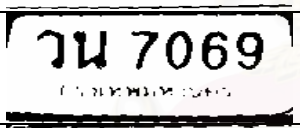
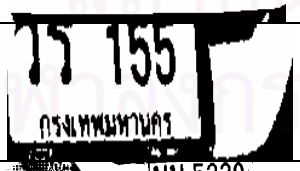
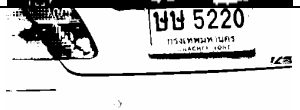
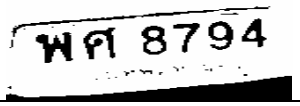
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ (ต่อ)

No.	Result License Plate	Remark	correct
87		 เนื่องจากตำแหน่งที่พบมีลักษณะตรงตามลักษณะการรู้จำป้ายทะเบียน และส่วนที่เป็นป้ายทะเบียนจริงตัวอักษรมีความหนาแน่นของพิกเซลสีดำเป็นจำนวนมากทำให้ลักษณะเปอร์เซ็นต์ความดำของบริเวณที่คาดว่าเป็นตัวอักษรและค่าเปอร์เซ็นต์ความดำของป้ายทะเบียนรถค่าที่ได้มากกว่าที่ได้กำหนดในงานวิจัย [8]	☒
88		เนื่องจากตำแหน่งที่พบมีลักษณะตรงตามลักษณะการรู้จำป้ายทะเบียน และส่วนที่เป็นป้ายทะเบียนจริงตัวอักษรมีความหนาแน่นของพิกเซลสีดำเป็นจำนวนมากทำให้ลักษณะค่าเปอร์เซ็นต์ความดำของป้ายทะเบียนรถค่าที่ได้มากกว่าที่ได้กำหนด	☒
89		-	☑
90		-	☑
91		-	☑
92		-	☑
93		-	☑
94		-	☑

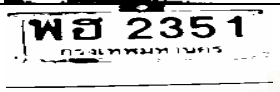
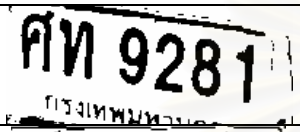
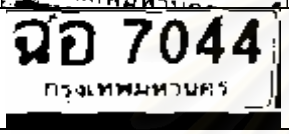
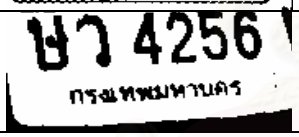
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ (ต่อ)

No.	Result License Plate	Remark	correct
95		-	☑
96		-	☑
97		-	☑
98		-	☑
99		-	☑
100		-	☑
101		-	☑
102		-	☑
103		-	☑
104		-	☑
105		-	☑
106		-	☑

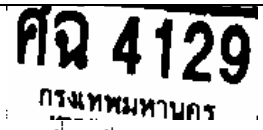
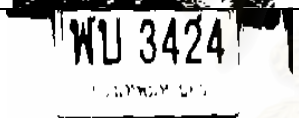
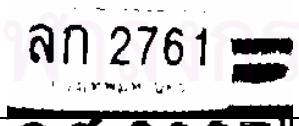
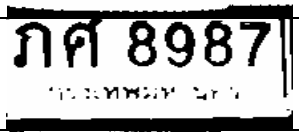
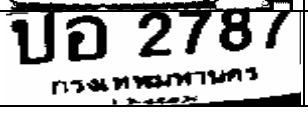
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ (ต่อ)

No.	Result License Plate	Remark	correct
107		เนื่องจากตำแหน่งที่พบมีลักษณะตรงตามลักษณะการรู้จำป้ายทะเบียน และส่วนที่เป็นป้ายทะเบียนจริงไม่สามารถแบ่งตัวอักษรได้ดังนั้นในลักษณะความสม่ำเสมอของการเว้นช่วงตัวอักษรค่าที่ได้จึงน้อยกว่าที่กำหนด	☒
108		-	☑
109		-	☑
110		-	☑
111		-	☑
112		-	☑
113		-	☑
114		-	☑
115		-	☑
116		-	☑
117		-	☑

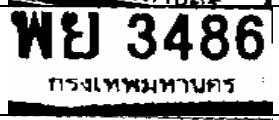
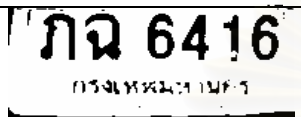
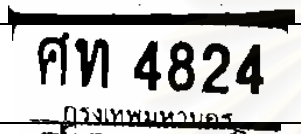
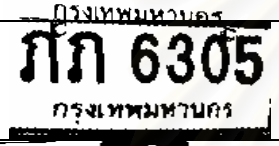
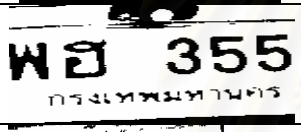
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ (ต่อ)

No.	Result License Plate	Remark	correct
118		-	☑
119		-	☑
120		-	☑
121		-	☑
122		-	☑
123		-	☑
124		-	☑
125		-	☑
126		เนื่องจากตำแหน่งที่พบมีลักษณะตรงตามลักษณะการรู้จำป้ายทะเบียน และส่วนที่เป็นป้ายทะเบียนจริงไม่สามารถแบ่งตัวอักษรได้ดังนั้นในลักษณะความสม่ำเสมอของการเว้นช่วงตัวอักษรค่าที่ได้จึงน้อยกว่าที่กำหนด	☒
127		-	☑
128		-	☑
129		-	☑

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ (ต่อ)

No.	Result License Plate	Remark	correct
130		-	☑
131		 เนื่องจากตำแหน่งที่พบมีลักษณะตรงตามลักษณะการรู้จำป้ายทะเบียน และส่วนที่เป็นป้ายทะเบียนจริงไม่สามารถแบ่งตัวอักษรได้ดังนั้นในลักษณะความสม่ำเสมอของการเว้นช่วงตัวอักษรและเปอร์เซ็นต์ความดำของบริเวณที่คาดว่าเป็นตัวอักษรค่าที่ได้จึงน้อยกว่าที่กำหนด	☒
132		-	☑
133		-	☑
134		-	☑
135		-	☑
136		-	☑
137		-	☑
138		-	☑
139		-	☑
140		-	☑
141		-	☑

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ (ต่อ)

No.	Result License Plate	Remark	correct
142		-	☑
143		-	☑
144		-	☑
145		-	☑
146		-	☑
147		-	☑
148		-	☑
149		-	☑
150		-	☑

4.4 การรู้จำตัวอักษร ตัวเลขและจังหวัด

การทดลองกำหนดให้ภาพถ่ายดิจิทัลที่ใช้ทดลองต้องตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งผลจากการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนจำนวนภาพที่สามารถค้นหาตำแหน่งป้ายทะเบียนได้มีจำนวน 143 ภาพ

4.4.1 ผลการทดลองการรู้จำตัวอักษร ตัวเลขและจังหวัด

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการรู้จำตัวอักษร ตัวเลขและจังหวัด

No.	Result Alpha	Result Province	Correct	Remark
1	ภศ 9261	กรุงเทพมหานคร	☑	-
2	กข 699	จันทบุรี	☑	-

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการรู้จำตัวอักษร ตัวเลขและจังหวัด(ต่อ)

No.	Result Alpha	Result Province	Correct	Remark
3	วฐ 6926	กรุงเทพมหานคร	☑	-
4	วณ 5557	กรุงเทพมหานคร	☑	-
5	กจ 9432	นครราชสีมา	☑	-
6	กฉ 9437	นครราชสีมา	☑	-
7	ษน 542	กรุงเทพมหานคร	☑	-
8	ภอ 5435	กรุงเทพมหานคร	☑	-
9	พม 277	กรุงเทพมหานคร	☑	-
10	ปบ 7629	กรุงเทพมหานคร	☑	-
11	กข 5450	แพร่	☑	-
12	ฉท 2002	กรุงเทพมหานคร	☑	-
13	ภน 1303	กรุงเทพมหานคร	☑	-
14	ษฉ 7627	กรุงเทพมหานคร	☑	-
15	ธว 7889	กรุงเทพมหานคร	☑	-
16	กร 2964	ระยอง	☒	เนื่องจากไม่สามารถความแตกต่างระหว่าง ‘ย’ กับ ‘น’
17	งร 7208	กรุงเทพมหานคร	☑	-
18	กง 7990	ลำปาง	☑	-
19	กฉ 543	ลำพูน	☑	-
20	กง 2545	เชียงราย	☑	-
21	วห 817	กรุงเทพมหานคร	☑	-
22	กข 2837	อุบลราชธานี	☑	-
23	ษห 867	กรุงเทพมหานคร	☑	-
24	กต 6609	เลย	☑	-
25	กธ 4929	เชียงใหม่	☑	-
26	ษฬ 8244	กรุงเทพมหานคร	☑	-
27	ภน 7705	กรุงเทพมหานคร	☑	-
28	กข 1955	ตาก	☑	-
29	พฮ 3461	กรุงเทพมหานคร	☑	-

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการรู้จำตัวอักษร ตัวเลขและจังหวัด(ต่อ)

No.	Result Alpha	Result Province	Correct	Remark
30	กพ 5504	เชียงใหม่	☑	-
31	-	-	☒	ค้นหาตำแหน่งป้ายทะเบียนไม่ถูกต้อง
32	กง 3485	กาญจนบุรี	☑	-
33	กข 7733	ฉะเชิงเทรา	☑	-
34	บน 2443	เชียงราย	☑	-
35	กฉ 9343	เพชรบุรี	☑	-
36	กข 7347	เพชรบูรณ์	☑	-
37	กข 205	เลย	☑	-
38	กฉ 8422	ชัยภูมิ	☑	-
39	กข 3459	ชุมพร	☑	-
40	กข 588	ตรัง	☑	-
41	กง 1817	ตราด	☑	-
42	ลน 4780	กรุงเทพมหานคร	☑	-
43	บฉ 5676	สมุทรปราการ	☑	-
44	กค 8647	เชียงราย	☑	-
45	กค 7466	ระยอง	☑	-
46	อษ 2943	กรุงเทพมหานคร	☑	-
47	กก 1639	นครพนม	☑	-
48	อห 60	กรุงเทพมหานคร	☑	-
49	วล 26	กรุงเทพมหานคร	☑	-
45	ศท 9407	กรุงเทพมหานคร	☑	-
46	อษ 2943	กรุงเทพมหานคร	☑	-
47	กก 1639	นครพนม	☑	-
48	อห 60	กรุงเทพมหานคร	☑	-
49	วล 26	กรุงเทพมหานคร	☑	-
50	ออ 461	กรุงเทพมหานคร	☑	-
51	กข 5595	สกลนคร	☑	-
52	ณท 1220	กรุงเทพมหานคร	☑	-

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการรู้จำตัวอักษร ตัวเลขและจังหวัด(ต่อ)

No.	Result Alpha	Result Province	Correct	Remark
53	อว 8449	กรุงเทพมหานคร	☑	-
54	ณต 4078	กรุงเทพมหานคร	☑	-
55	กจ 7762	นครปฐม	☑	-
56	กง 2914	กาญจนบุรี	☑	-
57	กก 8941	จันทบุรี	☒	เนื่องจากส่วนบนของเลข ‘6’ มีจำนวนจุดสีดำมากเมื่อตัด 10 บรรทัดบนในส่วนกลางทำให้เกิดช่องว่างซึ่งไม่ตรงกับลักษณะเด่นของเลขหก
58	ษฮ 8867	กรุงเทพมหานคร	☑	-
59	กค 7656	นครพนม	☑	-
60	กย 3689	เชียงใหม่	☑	-
61	วฬ 6359	กรุงเทพมหานคร	☑	-
62	กจ 2900	ระยอง	☑	-
63	ศฐ 1334	กรุงเทพมหานคร	☑	-
64	กข 1409	นครนายก	☑	-
65	ศณ 1917	กรุงเทพมหานคร	☑	-
66	กง 4989	พระนครศรีอยุธยา	☑	-
67	กฉ 5843	ขอนแก่น	☑	-
68	กข 8157	แพร่	☑	-
69	กค 1049	จันทบุรี	☑	-
70	กฉ 2732	สงขลา	☑	-
71	กจ 5836	สตูล	☑	-
72	-	-	☒	ค้นหาตำแหน่งป้ายทะเบียนไม่ถูกต้อง
73	ภศ 70	กรุงเทพมหานคร	☑	-
74	กข 7415	ปราจีนบุรี	☑	-
75	กง 9060	ขอนแก่น	☑	-
76	บจ 3031	พะเยา	☑	-
77	กง 2774	ขอนแก่น	☑	-

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการรู้จำตัวอักษร ตัวเลขและจังหวัด(ต่อ)

No.	Result Alpha	Result Province	Correct	Remark
78	กต 9826	กระบี่	☑	-
79	กข 1585	กาฬสินธุ์	☑	-
80	ภก 9715	กรุงเทพมหานคร	☑	-
81	ภก 4578	กรุงเทพมหานคร	☑	-
82	บธ 8393	นครศรีธรรมราช	☑	-
83	กข 3099	มหาสารคาม	☑	-
84	ณธ 3893	กรุงเทพมหานคร	☑	-
85	กข 4578	ชัยนาท	☑	-
86	ภษ 7593	กรุงเทพมหานคร	☑	-
87	-	-	☒	ค้นหาตำแหน่งป้ายทะเบียนไม่ถูกต้อง
88	-	-	☒	ค้นหาตำแหน่งป้ายทะเบียนไม่ถูกต้อง
89	ภข 4643	กรุงเทพมหานคร	☑	-
90	*Aค 3486	-	☒	เนื่องจากไม่สามารถแบ่งขอบซ้ายของป้ายทะเบียนออกจากตัวอักษรได้
91	วต 4493	กรุงเทพมหานคร	☑	-
92	วต 545	กรุงเทพมหานคร	☑	-
93	ณย 5855	กรุงเทพมหานคร	☑	-
94	กข 122	ฉะเชิงเทรา	☑	-
95	ภฮ 440	กรุงเทพมหานคร	☑	-
96	กย 1755	ชลบุรี	☑	-
97	กธ 5227	ชลบุรี	☑	-
98	บธ 6128	-	☒	เนื่องจากไม่สามารถแบ่งตัวอักษรในส่วนที่คาดว่าเป็นจังหวัด
99	ภจ 806	กรุงเทพมหานคร	☑	-
100	กข 2590	ชัยนาท	☑	-
101	กง 9999	ปทุมธานี	☑	-
102	กว 2990	พังงา	☑	-
103	กค 3271	พิจิตร	☑	-

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการรู้จำตัวอักษร ตัวเลขและจังหวัด(ต่อ)

No.	Result Alpha	Result Province	Correct	Remark
104	กง 4949	พิษณุโลก	☑	-
105	ภว 5190	กรุงเทพมหานคร	☑	-
106	ภจ 8433	กรุงเทพมหานคร	☑	-
107	-	-	☒	ค้นหาตำแหน่งป้ายทะเบียนไม่ถูกต้อง
108	กก 5825	สุพรรณบุรี	☑	-
109	วพ 447	กรุงเทพมหานคร	☑	-
110	ษท 1639	กรุงเทพมหานคร	☑	-
111	ภฉ 238	กรุงเทพมหานคร	☑	-
112	วน 7069	กรุงเทพมหานคร	☑	-
113	ภจ 4741	กรุงเทพมหานคร	☑	-
114	กข 4988	สิงห์บุรี	☑	
115	*วA 665	-	☒	เนื่องจากไม่สามารถแบ่งตัวอักษรออกจากกันได้ เพราะมีเงาเป็นสิ่งรบกวนในส่วนบนของภาพป้ายทะเบียน
116	ษษ 5220	กรุงเทพมหานคร	☑	-
117	พศ 8794	กรุงเทพมหานคร	☑	-
118	วค 2672	กรุงเทพมหานคร	☑	-
119	วง 9386	กรุงเทพมหานคร	☑	-
120	พฮ 2351	กรุงเทพมหานคร	☑	-
121	ศท 9281	กรุงเทพมหานคร	☑	-
122	ฉอ 7044	กรุงเทพมหานคร	☑	-
123	พบ 3395	กรุงเทพมหานคร	☑	-
124	กข 8748	นครปฐม	☑	-
125	ษว 4256	กรุงเทพมหานคร	☑	-
126	-	-	☒	ค้นหาตำแหน่งป้ายทะเบียนไม่ถูกต้อง
127	ปข 9328	กรุงเทพมหานคร	☑	-
128	กข 5306	อุตรดิตถ์	☑	-
129	กท 4824	นครราชสีมา	☑	-

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการรู้จำตัวอักษร ตัวเลขและจังหวัด(ต่อ)

No.	Result Alpha	Result Province	Correct	Remark
130	พน 9988	กรุงเทพมหานคร	☑	-
131	-	-	☒	ค้นหาตำแหน่งป้ายทะเบียนไม่ถูกต้อง
132	กต 1965	ชลบุรี	☑	-
133	วพ 371	กรุงเทพมหานคร	☑	-
134	พบ 34241	กรุงเทพมหานคร	☒	เนื่องจากได้ขอบขวาของป้ายทะเบียน
135	วภ 2072	กรุงเทพมหานคร	☑	-
136	ศฐ 1533	-	☒	เนื่องจากไม่สามารถแบ่งตัวอักษรในส่วนที่คาดว่าเป็นจังหวัด
137	ศก 754	กรุงเทพมหานคร	☑	-
138	ลก 2761	กรุงเทพมหานคร	☑	-
139	ภศ 8987	กรุงเทพมหานคร	☑	-
140	ศข 9039	-	☒	เนื่องจากไม่สามารถแบ่งตัวอักษรในส่วนที่คาดว่าเป็นจังหวัด
141	ปอ 2787	กรุงเทพมหานคร	☑	-
142	ษจ 9889	-	☒	เนื่องจากป้ายทะเบียนไม่สามารถปรับให้อยู่ในแนวตรงจึงทำให้ค่าส่วนบนของตัวอักษร ‘ฐ’ ไม่ถูกต้องตามลักษณะเด่นและไม่สามารถแบ่งตัวอักษรในส่วนที่คาดว่าเป็นจังหวัด
143	พย 3486	กรุงเทพมหานคร	☑	-
144	กง 8154	นครสวรรค์	☑	-
145	ภฉ 6416	กรุงเทพมหานคร	☑	-
146	ศท 4824	กรุงเทพมหานคร	☑	-
147	ภภ 6305	กรุงเทพมหานคร	☑	-
148	พฮ 355	กรุงเทพมหานคร	☑	-
149	ษห 8531	กรุงเทพมหานคร	☑	-
150	กง 5582	สมุทรปราการ	☑	-

* รหัสบอกความผิดพลาดในการรู้จำ

ตัวอักษร A หมายถึงไม่สามารถรู้จำตัวอักษรได้แต่คาดว่าเป็นตัวอักษรในกลุ่มที่ 1

ตัวอักษร B หมายถึงไม่สามารถรู้จำตัวอักษรได้แต่คาดว่าเป็นตัวอักษรในกลุ่มที่ 2

ตัวอักษร C หมายถึงไม่สามารถรู้จำตัวอักษรได้แต่คาดว่าเป็นตัวอักษรในกลุ่มที่ 3

ตัวอักษร D หมายถึงไม่สามารถรู้จำตัวอักษรได้แต่คาดว่าเป็นตัวอักษรในกลุ่มที่ 4

ตัวอักษร E หมายถึงไม่สามารถรู้จำตัวอักษรได้แต่คาดว่าเป็นตัวอักษรในกลุ่มที่ 5

ตัวอักษร F หมายถึงไม่สามารถรู้จำตัวอักษรได้แต่คาดว่าเป็นตัวอักษรในกลุ่มที่ 6

ตัวอักษร N หมายถึงไม่สามารถรู้จำตัวอักษรได้แต่คาดว่าเป็นกลุ่มของตัวเลข

4.5 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองที่ผ่านมา สามารถสรุปประสิทธิผลและประสิทธิภาพของงานวิจัยได้ ดังนี้

ประสิทธิผลของโปรแกรมต้นแบบ

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิผลของโปรแกรมต้นแบบ

การทดลอง	ผลลัพธ์ถูกต้อง
การหาตำแหน่งป้ายทะเบียน	95.3%
การหาตำแหน่งป้ายทะเบียนและสามารถบ่งชี้ตัวอักษร ตัวเลขได้ถูกต้อง	92%
การหาตำแหน่งป้ายทะเบียนและสามารถบ่งชี้จังหวัดได้ถูกต้อง	90.6%
การหาตำแหน่งป้ายทะเบียนและสามารถหาตำแหน่งบ่งชี้ตัวอักษร ตัวเลข จังหวัดได้ถูกต้อง	89.3%

สมรรถนะการทำงานของโปรแกรมต้นแบบ

เวลาที่ใช้ในการทำงานจะขึ้นอยู่กับลักษณะของภาพ ซึ่งจากการทดลองข้างต้นโดยจำนวนภาพในการทดลอง 150 ภาพสามารถประมาณเวลาที่ใช้สูงสุดได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.4 สมรรถนะการทำงานของโปรแกรมต้นแบบ

เงื่อนไข	เวลาสูงสุด
เวลาในการหาตำแหน่งป้ายทะเบียน	3 นาที 20 วินาที
เวลาในการรู้จำตัวอักษร ตัวเลขและจังหวัด	40 วินาที
เวลาในการหาตำแหน่งป้ายทะเบียนและรู้จำตัวอักษร ตัวเลขและจังหวัด	4 นาที
เฉลี่ยเวลาในการหาตำแหน่งป้ายทะเบียนและรู้จำตัวอักษรตัวเลขและจังหวัดต่อ 1 ป้ายทะเบียน	2 วินาที

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการวิจัยจากการทดสอบตรวจหาตำแหน่งและรู้จำป้ายทะเบียนรถจากภาพดิจิทัล รวมถึงข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัยต่อไปในอนาคต

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้เสนอการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์จากภาพดิจิทัลแบบทันกาล โดยอาศัยรูปแบบของแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ตามมาตรฐานที่ถูกกำหนดโดยกฎกระทรวง ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ.2522 ประเภทของข้อมูลภาพที่ใช้เป็นแบบ VGA ขนาด 640 x 480 พิกเซล การตรวจหาตำแหน่งที่คาดว่าเป็นป้ายทะเบียนนั้นใช้กรรมวิธีเส้นตรงแปรปรวน[9] แล้วจึงใช้โปรเจ็คชั่นในแนวนอนและแนวตั้งในส่วนที่คาดว่าเป็นตำแหน่งป้ายทะเบียน เพื่อใช้วิเคราะห์การแยกตัวอักษรแต่ละตัวออกจากกัน จากนั้นปรับขนาดข้อมูลภาพเฉพาะส่วนของตัวอักษรที่หาได้แต่ละตัวอักษรให้มีขนาดเดียวกัน คือ 60 x 90 พิกเซล แล้วนำมาแบ่งส่วนตัวอักษรออกเป็น 3 ส่วนในแนวนอน การรู้จำตัวอักษรและตัวเลขใช้ต้นไม้การตัดสินใจเพื่อแบ่งตัวอักษรและตัวเลขออกเป็นกลุ่มๆ ตามประเภทของช่องว่างในส่วนบนและส่วนล่าง ซึ่งประกอบด้วย 6 ประเภท ได้แก่ ส่วนบนไม่มีช่องว่างและส่วนล่างไม่มีช่องว่าง ส่วนบนไม่มีช่องว่างและส่วนล่างมีช่องว่าง 1 กลุ่ม ส่วนบนมีช่องว่าง 1 กลุ่มและส่วนล่างไม่มีช่องว่าง ส่วนบนมีช่องว่าง 1 กลุ่มและส่วนล่างมีช่องว่าง 1 กลุ่มส่วนบนมีช่องว่าง 2 กลุ่ม ส่วนล่างไม่มีช่องว่าง และประเภทสุดท้ายส่วนบนมีช่องว่าง 2 กลุ่ม ส่วนล่างมีช่องว่าง จากนั้นเปรียบเทียบกับคุณสมบัติในกลุ่มนั้นๆ หากข้อมูลภาพที่ได้มีความคล้ายคลึงกับคุณสมบัติใดมากที่สุด จะกำหนดให้เป็นตัวอักษรหรือตัวเลขนั้น

ผลทดสอบจากภาพถ่ายดิจิทัลจำนวน 150 ภาพ การตรวจหาตำแหน่งของป้ายทะเบียนจากการทดสอบจะได้ผลค่อนข้างดีเมื่อส่วนของป้ายทะเบียนในภาพไม่ไกลหรือใกล้จนเกินไป กล่าวคือ ขนาดความยาวของป้ายทะเบียนในภาพถ่ายควรมีขนาด 20 – 50 % ของความยาวภาพถ่ายดิจิทัล หากใช้ข้อมูลภาพดังที่กล่าวข้างต้น โปรแกรมต้นแบบสามารถตรวจหาตำแหน่งของป้ายทะเบียนได้ถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 95% จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ถูกต้องจากการหาตำแหน่งป้ายทะเบียนมาผ่านกระบวนการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนซึ่งสามารถการบ่งชี้ตัวอักษรและตัวเลขถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 92% และการบ่งชี้เฉพาะส่วนจังหวัดถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 90% ดังนั้นการ

หาตำแหน่งป้ายทะเบียนและสามารถหาตำแหน่งบ่งชี้ตัวอักษร ตัวเลข จังหวัดได้ถูกต้องเฉลี่ยโดยประมาณ 89%

5.2 ข้อจำกัดและแนวทางการวิจัยต่อ

จากการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบและทดลองวิธีการที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้พบว่ายังมีส่วนที่ควรปรับปรุงเพื่อให้การตรวจหาตำแหน่งและการรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น ดังต่อไปนี้

1. การตรวจหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนในงานวิจัยนี้ใช้ได้กับข้อมูลภาพของแผ่นป้ายทะเบียนประเภท 1 ,ประเภทที่ 2 และประเภทที่ 3 เท่านั้น (ภาคผนวก ก.) ดังนั้นหากต้องการให้ครอบคลุมแผ่นป้ายทะเบียนประเภทอื่นควรพัฒนาในส่วนวิธีแบ่งแยกวัตถุด้วยสี
2. การตรวจหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนยังพบข้อผิดพลาดจึงทำให้การหาตำแหน่งไม่ถูกต้องในบางภาพ ซึ่งความผิดพลาดส่วนมากเกิดจากลักษณะป้ายทะเบียนในส่วนการหาความสม่ำเสมอของการเว้นช่วงตัวอักษรในงานวิจัย[8]หากมีการพัฒนาโดยการโปรเจ็คชั่นก่อนการหาความสม่ำเสมอของการเว้นช่วงตัวอักษร ทั้งนี้เพื่อช่วยการหาตำแหน่งป้ายทะเบียนมีประสิทธิภาพมากขึ้น
3. เนื่องจากการค้นหาตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียน มีข้อจำกัดคือความยาวแผ่นป้ายทะเบียนควรมีขนาด 20 – 50 % ของความยาวภาพดิจิทัล จึงควรมีการปรับปรุงให้มีการค้นหาตำแหน่งในหลายระยะ กล่าวคือควรมีการปรับปรุงเรื่องระยะห่างระหว่างตัวอักษร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. Rafael C. Gonzalez ,Richard E. Woods., Digital Image Processing, United States of America: Addison-Wesley Publishing, 1993.
2. Mei Yu ,Yong Deck Kim., An Approach to Korean License plate recognition base on vertical edge matching. Systems, Man, and Cybernetics, 2000 IEEE International Conference on 4 , (October 2000): 2975 -2980.
3. Su-Hyun Lee, Young-Soo Seok ,Eung-Joo Lee., Multi-National Integrated Car-License Plate Recognition System Using Geometrical Feature and Hybrid Pattern Vector, November 2003, Available from: http://www.kmutt.ac.th/itc2002/CD/pdf/18_07_45/TP1_PI/9.pdf
4. Yap Keem Siah, Tay Yong Haur, Marzuki Khalid ,Tahir Ahmad. Vehicle License Plate Recognition By Fuzzy and Neural Network, November 2003, Available from: http://www.cairo.utm.my/publications/ksyap_wec99.pdf
5. David Chanson ,Timothy Roberts., License plate recognition system. Master's Thesis, Department of Electronics and Computer Engineering, Manukau Institute of Technology, 2002.
6. Xulio Fernández Hermida, Fernando Martín Rodríguez, José Luis Fernández Lijó, Fidel Pita Sande ,Miguel Pérez Iglesias., A System for the Automatic and Real Time Recognition of V.L.P.'s (Vehicle License Plate), November 2003, Available from: http://www.gpi.tsc.uvigo.es/pub/papers/iciap97.pdf
7. Choudhury A.Rahman ,Wael Badawy., A Real Time Vehicle 's License Plate Recognition System, November 2003, Available from: http://www. csdl.computer.org/comp/proceedings/ avss/2003/1971/00/19710163abs.htm
8. นางสาวเบญจมาศ โชติเมธีภิรมย์ ,นายปฐมพงศ์ เกียรติภูมิฐาน. โครงงานหาตำแหน่งป้ายทะเบียนรถในภาพ. โครงงานปริญญาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
9. นายทนงศักดิ์ ศิริทิณพงษ์. การรู้จำแผ่นป้ายทะเบียน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2541.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
ประเภทป้ายทะเบียนรถยนต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประกาศนายทะเบียนทั่วราชอาณาจักร
ฉบับที่ 1 (2540)
เรื่อง กำหนดตัวอักษรบอกหมวดนำหน้าหมายเลขทะเบียน

ด้วยกฎกระทรวง ฉบับที่ 25 (2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ. 2522 ว่าด้วยเรื่อง แผ่นป้ายทะเบียนรถและเครื่องหมายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง จะมีผลใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2540 เป็นต้นไป ดังนั้น เพื่อให้การกำหนดตัวอักษรบอกหมวดนำหน้าหมายเลขทะเบียนเป็นไปด้วยความเรียบร้อยในแนวทางเดียวกัน นายทะเบียนทั่วราชอาณาจักร จึงเห็นสมควรกำหนดตัวอักษรบอกหมวดนำหน้าหมายเลขทะเบียนสำหรับรถประเภทต่าง ๆ ตามรายละเอียดแนบท้ายประกาศนี้

สำหรับตัวอักษรบอกหมวดนำหน้าหมายเลขทะเบียน ซึ่งได้มีการใช้อยู่ก่อนวันที่ประกาศฉบับนี้ใช้บังคับให้ทยอยเปลี่ยนแผ่นป้ายทะเบียนรถแบบเก่าเป็นแบบใหม่ โดยนายทะเบียนทั่วราชอาณาจักรจะได้ออกประกาศกำหนดระยะเวลาให้เจ้าของรถในแต่ละหมวดอักษรนำแผ่นป้ายไปเปลี่ยนเป็นหมวดอักษรใหม่ ตามหมวดอักษรที่จะประกาศให้ทราบต่อไป

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2540 เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2540

(ลงชื่อ) *พงศกร เลาหวิเชียร*
(นายพงศกร เลาหวิเชียร)
นายทะเบียนทั่วราชอาณาจักร

หมายเหตุ การเทียบตัวอักษรบอกหมวดของป้ายทะเบียนแบบเก่าเป็นแบบใหม่ตามประกาศนี้ มีรายละเอียดแนบท้ายประกาศมาก ผู้เขียนจึงสรุปเป็นตาราง ทั้งนี้ เพื่อความสะดวกและง่ายต่อการตรวจสอบเท่านั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.) รถอื่น ๆ นอกจากรถจักรยานยนต์

- มีขนาด กว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร
- ตัวอักษรและตัวเลข มี 2 บรรทัด

  บรรทัดที่ 1 ประกอบด้วยตัวอักษรประจำหมวด มี 2 ตัว และเลขทะเบียนรถ ตั้งแต่ 1 ถึง 9999

  บรรทัดที่ 2 เป็นตัวอักษร ชื่อ จังหวัด

  มุมล่างขวา มีตัวอักษร ขส. อยู่ในวงกลมอัดเป็นรอยนูน
- สี มีความแตกต่างกันดังนี้

ประเภทรถ	สีพื้นแผ่นป้าย	สีตัวอักษรประจำหมวด เลขทะเบียน ชื่อจังหวัด เส้นขอบแผ่นป้าย
1) รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	สีขาว	สีดำ
2) รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน	สีขาว	สีน้ำเงิน
3) รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล	สีขาว	สีเขียว
4) รถยนต์สามล้อส่วนบุคคล	สีขาว	สีแดง
5) รถยนต์รับจ้างระหว่างจังหวัด	สีเหลือง	สีแดง
6) รถยนต์รับจ้างบรรทุกคนโดยสาร ไม่เกิน 7 คน (รถแท็กซี่)	สีเหลือง	สีดำ
7) รถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง	สีเหลือง	สีเขียว
8) รถยนต์รับจ้างสามล้อ	สีเหลือง	สีน้ำเงิน
9) รถยนต์บริการธุรกิจ รถยนต์บริการทัศนาจร รถยนต์บริการให้เช่า	สีเขียว	สีขาว
10) รถแทรกเตอร์ รถบดถนน รถใช้งานเกษตรกรรม รถพ่วง	สีส้ม	สีดำ

หมายเหตุ ตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติรถยนตร์ พ.ศ. 2522

ภาพตัวอย่าง

ภาคผนวก ข
ภาพตัวอย่างตัวอักษรภายในป้ายทะเบียน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพตัวอย่างตัวอักษรภายในป้ายทะเบียนที่ประกาศโดยกรมการขนส่งทางบก ณ วันที่ 1 เมษายน พ.ศ.2540

ตารางที่ ข - 1 แสดงรูปแบบตัวอักษรและตัวเลข

ภาพตัวเลขและตัวอักษร	หมายเหตุ
	หมายเลข 0
	หมายเลข 1
	หมายเลข 2
	หมายเลข 3
	หมายเลข 4
	หมายเลข 5
	หมายเลข 6
	หมายเลข 7
	หมายเลข 8
	หมายเลข 9
	ตัวอักษร ก

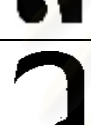
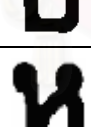
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข - 1 แสดงรูปแบบตัวอักษรและตัวเลข(ต่อ)

ภาพตัวเลขและตัวอักษร	หมายเหตุ
	ตัวอักษร ข
	ตัวอักษร ค
	ตัวอักษร ง
	ตัวอักษร จ
	ตัวอักษร ฉ
	ตัวอักษร ฐ
	ตัวอักษร ต
	ตัวอักษร ท
	ตัวอักษร ธ
	ตัวอักษร น
	ตัวอักษร บ
	ตัวอักษร ป
	ตัวอักษร พ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข - 1 แสดงรูปแบบตัวอักษรและตัวเลข(ต่อ)

ภาพตัวเลขและตัวอักษร	หมายเหตุ
	ตัวอักษร ภ
	ตัวอักษร ม
	ตัวอักษร ย
	ตัวอักษร ร
	ตัวอักษร ล
	ตัวอักษร ว
	ตัวอักษร ศ
	ตัวอักษร ษ
	ตัวอักษร ห
	ตัวอักษร ฟ
	ตัวอักษร อ
	ตัวอักษร ฮ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.
ภาพทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

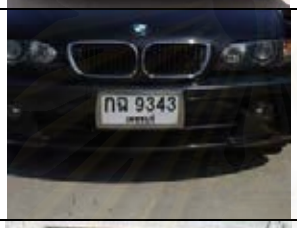
ตารางที่ ค – 1 แสดงภาพที่ใช้ในการทดลอง

No.	Source picture	No.	Source picture
1		9	
2		10	
3		11	
4		12	
5		13	
6		14	
7		15	
8		16	

ตารางที่ ค – 1 แสดงภาพที่ใช้ในการทดลอง(ต่อ)

No.	Source picture	No.	Source picture
17		25	
18		26	
19		27	
20		28	
21		29	
22		30	
23		31	
24		32	

ตารางที่ ค – 1 แสดงภาพที่ใช้ในการทดลอง(ต่อ)

No.	Source picture	No.	Source picture
33		41	
34		42	
35		43	
36		44	
37		45	
38		46	
39		47	
40		48	

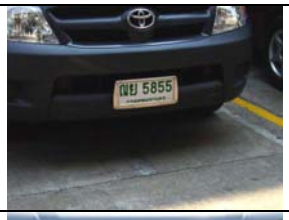
ตารางที่ ค – 1 แสดงภาพที่ใช้ในการทดลอง(ต่อ)

No.	Source picture	No.	Source picture
49		57	
50		58	
51		59	
52		60	
53		61	
54		62	
55		63	
56		64	

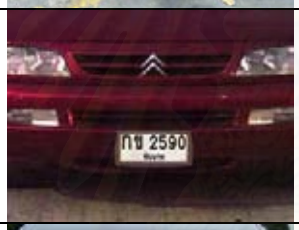
ตารางที่ ค – 1 แสดงภาพที่ใช้ในการทดลอง(ต่อ)

No.	Source picture	No.	Source picture
65		73	
66		74	
67		75	
68		76	
69		77	
70		78	
71		79	
72		80	

ตารางที่ ค – 1 แสดงภาพที่ใช้ในการทดลอง(ต่อ)

No.	Source picture	No.	Source picture
81		89	
82		90	
83		91	
84		92	
85		93	
86		94	
87		95	
88		96	

ตารางที่ ค – 1 แสดงภาพที่ใช้ในการทดลอง(ต่อ)

No.	Source picture	No.	Source picture
97		105	
98		106	
99		107	
100		108	
101		109	
102		110	
103		111	
104		112	

ตารางที่ ค – 1 แสดงภาพที่ใช้ในการทดลอง(ต่อ)

No.	Source picture	No.	Source picture
113		121	
114		122	
115		123	
116		124	
117		125	
118		126	
119		127	
120		128	

ตารางที่ ค – 1 แสดงภาพที่ใช้ในการทดลอง(ต่อ)

No.	Source picture	No.	Source picture
129		137	
130		138	
131		139	
132		140	
133		141	
134		142	
135		143	
136		144	

ตารางที่ ค – 1 แสดงภาพที่ใช้ในการทดลอง(ต่อ)

No.	Source picture	No.	Source picture
145		148	
146		149	
147		150	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุกัญญา จังเจริญจิตต์กุล เกิดวันที่ 27 กันยายน พ.ศ. 2522 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับอนุปริญญาจากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพณิชยการพระนคร เมื่อปีการศึกษา 2542 สำเร็จการศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เมื่อปีการศึกษา 2544 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2545 ที่อยู่ปัจจุบันที่สามารถติดต่อได้คือ บ้านเลขที่ 29/151 ถ.พุทธมณฑลสาย 2 แขวงบางแคเหนือ เขตบางแค กรุงเทพฯ หมายเลขโทรศัพท์ +66 24558378 อีเมล์ nu_gate@yahoo.com

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย