การตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในเงื่อนไขที่ถูกสภาพแวดล้อมบดบัง ด้วยการประมวลผลภาพ

DETECTION SPEED LIMIT SIGN IN THE CONDITION OF ENVIRONMENT MASK USING IMAGE PROCESSING

เกศินี ตะละ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในเงื่อนไขที่ถูกสภาพแวดล้อมบดบัง ด้วยการประมวลผลภาพ

เกศินี ตะละ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในเงื่อนไขที่ถูกสภาพแวดล้อมบดบังด้วยการประมวลผลภาพ Image Processing Technique to Detect Speed Limit Sign in The Condition of Environment Mask
ชื่อ – นามสกุล	นางสาวเกศินี ตะละ
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. จักรี ศรีนนท์ฉัตร
ปีการศึกษา	2554

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ณรงค์ บวบทอง)

.....กรรมการ
(ดร. สุรินทร์ แหงมงาม)

.....กรรมการ
(ดร. อำนวย เรืองวารี)

.....กรรมการ
(ดร. จักรี ศรีนนท์ฉัตร)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมหมาย ผิวสอาด)
วันที่ 9 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2554

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในเงื่อนไขที่ถูกสภาพแวดล้อมบดบังด้วยการประมวลผลภาพ
ชื่อ – นามสกุล	นางสาวเกศินี ตะละ
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. จักรี ศรีนนท์ฉัตร
ปีการศึกษา	2554

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเทคนิคในการแก้ปัญหาความผิดพลาดของการค้นหาป้ายที่ถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม ทั้งนี้งานวิจัยทางด้านการตรวจหาป้ายจราจรเป็นงานวิจัยที่มีจุดประสงค์ในการเพิ่มประสิทธิภาพระบบการจราจรอัจฉริยะในปัจจุบันงานวิจัยทางด้านการตรวจหาป้ายจราจรมีผู้ที่ทำการวิจัยจำนวนมากอย่างไรก็ตามงานวิจัยเหล่านั้นยังมีปัญหาในเรื่องของความถูกต้องในการค้นหา

เทคนิคการประมวลผลสัญญาณภาพถูกมาใช้ร่วมกับ Template Matching เพื่อพัฒนาระบบตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่ป้ายถูกบดบังจากสภาพแวดล้อมให้มีความสามารถมากขึ้น ทั้งนี้เทคนิคโมเดลสี HSV และ Gray Scale ได้ถูกนำมาใช้ร่วมกับเทคนิคการอินเตอร์เซ็กชันภายในเฟรมเพื่อลดความผิดพลาดในการตรวจหาในป้ายในกรณีที่มีความหลากลายของป้ายจราจร

ผลการทดสอบได้แสดงให้เห็นว่าเทคนิคนี้สามารถนำไปใช้ในการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วได้ทั้งในกรณีป้ายเพียงป้ายเดียวและมากกว่าหนึ่งป้ายในหนึ่งเฟรม เทคนิคนี้มีประสิทธิภาพในตรวจพบป้ายจราจรในกรณีที่ถูกบดบังที่ขอบป้ายได้สูงสุด 25 เปอร์เซ็นต์ และในกรณีที่ถูกบดบังตัวเลขได้สูงสุด 10 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองข้างต้นเทคนิคนี้สามารถนำไปใช้ตรวจหาและบอกความเร็วบนป้ายจราจรได้อย่างถูกต้องโดยในกรณีที่มีป้ายเดียวไม่ถูกบดบังให้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ ในการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มีป้ายเดียวที่ถูกบดบังให้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ ในการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มีหลายป้ายที่ไม่ถูกบดบังให้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 92.82 เปอร์เซ็นต์และการตรวจหาป้ายในกรณีที่มีหลายป้ายที่ถูกบดบังให้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 89.2 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: การประมวลสัญญาณภาพ HSV Gray scale การอินเตอร์เซ็กชันภายในเฟรม

Thesis Title	Detection Speed Limit Sign in The Condition of Environment Mask Using Image Processing
Name-Surname	Miss Kaysinee Tala
Program	Electrical Engineering
Thesis Advisor	Dr. Jakkree Srinonchat
Academic Year	2011

ABSTRACT

This thesis presents the technique to solve the problems of error detecting the speed limit sign in the condition of environment mask. According to the research area of the speed limit sign detection is developed to support the intelligent traffic system. Recently there are many works which had been done on speed limit sign detection research. However those still have a problem of the detection accuracy.

This image processing technique is used with Template matching to develop the most efficiency and minimize error rate of detection the speed limit sign in the condition of environment mask. The HSV and Gray scale techniques are also used with intra-frame intersection technique solve a problem of speed limit sign detection in condition of multi traffic sign.

The results show that this technique can be apply to the detection system for searching the speed limit sign in single sign and multi sign per frame. This technique provides the efficiency to detect the speed limit sign in the condition of hidden edge at maximum 25% and in the condition of hidden speed limit number at maximum 10%. At those results, this technique can detect and give the accuracy information of speed limit in the condition often single sign with environment mask at 90%. While in the condition often single sign without environment mask, this technique provides 95% of accuracy. Also in the condition often multi sign with environment mask, this technique provides 89.2% of accuracy and in the condition often multi sign without environment mask, this technique provides 92.85% of accuracy.

Keywords: Image processing, HSV, gray scale, Frame intersection

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความเมตตากรุณาอย่างสูง ดร. จักรี ศรีนนท์ฉัตรที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ณรงค์ บวบทอง ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร. สุรินทร์ แหงมงาม กรรมการวิชาเอก และดร. อำนวย เรืองวารี กรรมการวิชาเอก ที่กรุณาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 4 ท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ประเมินรับรองต้นแบบชิ้นงานวิจัยและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ในการทำวิจัย ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทั้ง 4 ท่าน ที่สละเวลาอันมีค่าตอบข้อสัมภาษณ์อันเป็นผลให้งานวิจัยมีความชัดเจนครบถ้วนและสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้จริง ขอขอบคุณบุคลากรบัณฑิตวิทยาลัยทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลืออย่างดีตลอดช่วงเวลาของการศึกษาและทำการวิจัย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชา บ่มเพาะจนผู้วิจัยสามารถนำเอาหลักการมาประยุกต์ใช้และอ้างอิงในงานวิจัยครั้งนี้ นอกเหนือจากนี้ขอขอบคุณผู้บริหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่มอบทุนสนับสนุนพัฒนาบุคลากรตลอดระยะเวลาในการศึกษาของผู้วิจัย คุณค่าอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเพื่อบูชาพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

เกศินี ตะละ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการศึกษา..... 2

1.4 ข้อจำกัดของการศึกษา..... 2

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย 2

1.6 ประโยชน์ของงานวิจัย 3

2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 คำนำ..... 4

2.2 ภาพ..... 4

2.3 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข..... 5

2.4 ภาพไบนารี 8

2.5 แบบจำลองสี..... 9

2.6 การแยกภาพออกเป็นส่วนๆ 11

2.7 เทคนิคการขยายภาพและการย่อภาพ 12

2.8 การหาขอบภาพ 15

2.9 ป้ายจราจร..... 18

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 21

3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 41

3.1 ผลจากการแปลงค่าสีจาก RGB เป็น HSV 42

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

3.2 การแบ่งแยกภาพโดยใช้สี 43

3.3 การหาตำแหน่งป้ายในภาพ 45

3.4 การแบ่งแยกสีของตัวเลขบนป้าย 48

3.5 การวิเคราะห์คุณลักษณะของป้ายจำกัดความเร็ว 51

3.6 การตรวจหาตำแหน่งตัวเลขแต่ละตัว 53

3.7 กระบวนการรู้จำตัวเลขบนป้าย 55

4 ผลการวิจัย 62

4.1 ผลการทดลองการตรวจหากลุ่มป้าย 62

4.2 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายแต่ละป้าย 63

4.3 ผลการทดลองการหาค่าเปอร์เซ็นต์สูงสุดในการบดบังป้าย 64

4.4 ผลการทดลองการแบ่งแยกสีดำของตัวเลขบนป้าย 67

4.5 การทดลองการรู้จำตัวเลข 71

4.6 การทดลองตรวจหาป้ายจำกัดความเร็ว 73

4.7 ผลการทดลองการระยะเวลาในการประมวลผลที่ขนาดป้ายต่างๆ 81

5 สรุปผลการทดลอง 83

5.1 การตรวจหาตำแหน่งป้าย 83

5.2 การตรวจหาตัวเลขบนป้าย 83

5.3 การหาค่าเปอร์เซ็นต์สูงสุดในการบดบังป้ายและตัวเลข 84

5.4 สรุปผลการทดลองการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในสภาวะต่างๆ 85

5.5 ข้อเสนอแนะและแนวคิดเพื่อการพัฒนาเพิ่มเติมในอนาคต 85

รายการอ้างอิง 87

ภาคผนวก 89

ภาคผนวก ก ภาพที่ใช้ในการทดลอง 90

ภาคผนวก ข ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ 98

ประวัติผู้เขียน 132

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ตัวอย่างขั้นตอนการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์เวฟเล็ตด้วยสเกลลิ่งฟังก์ชั่นที่สเกล $j_0 = 0$.. 21

2.1 ผลการตรวจหาป้ายกำหนดความเร็วโดยใช้โมดิฟายน์เฮาซดรอฟดิสแทนซ์..... 26

2.2 ช่วงของเหลืองในโมเดลสี RGB..... 29

2.3 ผลการตรวจหาป้ายทะเบียนรถ..... 33

2.4 ตัวอย่างเอาท์พุทของการตัวอย่างตัวเลขแต่ละตัว..... 34

2.5 ตัวอย่างข้อมูลของการแปลงข้อมูลป้ายจราจรโดยใช้เทคนิคการเข้ารหัส..... 38

2.6 ผลการทดสอบการตรวจหาป้ายจราจร..... 38

2.7 ผลการทดสอบกรณีป้ายตรงและป้ายหยุด..... 39

2.8 ผลการทดสอบกรณีป้ายตรงและป้ายหยุด..... 39

2.9 ผลการทดสอบการตรวจหาป้ายจราจรกรณีป้ายตรงและป้ายเลี้ยวซ้าย..... 39

4.1 ผลการตรวจหากลุ่มป้ายที่ได้จากการแบ่งแยกสีในโมเดลสี HSV..... 63

4.2 ผลการตรวจหาป้ายแต่ละป้ายในภาพตัวอย่าง..... 64

4.3 ผลการทดสอบหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่ป้ายถูกบดบัง 10 เปอร์เซ็นต์... 65

4.4 การทดสอบหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่ป้ายถูกบดบัง 20 เปอร์เซ็นต์..... 65

4.5 ผลการทดสอบหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่ป้ายถูกบดบัง 25 เปอร์เซ็นต์... 66

4.6 ผลการทดสอบหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่ป้ายถูกบดบัง 30 เปอร์เซ็นต์... 67

4.7 ผลการทดลองการทดสอบหาตำแหน่งของกลุ่มตัวเลขบนป้ายโดยใช้ T1 เป็นค่าเทรชโฮล..... 68

4.8 ผลการทดลองการทดสอบหาตำแหน่งของกลุ่มตัวเลขบนป้ายโดยใช้ T2 เป็นค่า เทรชโฮล..... 69

4.9 ผลการทดสอบการแบ่งแยกสีของตัวเลขบนป้ายโดยใช้ Gray scale..... 70

4.10 ผลการทดสอบการรู้จำตัวเลขในกรณีที่ไม่มีการบดบัง..... 72

4.11 ผลการทดสอบการรู้จำตัวเลขในกรณีที่มีการบดบัง..... 73

4.12 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มีป้ายเดียวโดยไม่ถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม..... 74

4.13 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มีป้ายเดียวโดยถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม..... 76

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.14 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มี 2 ป้ายโดยไม่ถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม..... 77

4.15 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มี 2 ป้ายโดยถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม..... 79

4.16 แสดงผลการทดสอบการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วที่ขนาดป้ายต่างๆ..... 82

5.1 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการตรวจหาตำแหน่งของป้ายจำกัดความเร็วในเงื่อนไขต่างๆ..... 85

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1.1 ผลการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วโดยใช้โมดิฟายน์เฮาซดรอฟดิสแทนซ์..... 3

2.1 ตำแหน่งของพิกเซล..... 4

2.2 เมตริกซ์ของพิกเซลในภาพ..... 5

2.3 เมตริกซ์ของพิกเซลในภาพ..... 6

2.4 ลักษณะของภาพภาพทรูคัลเลอร์..... 7

2.5 ลักษณะภาพไบนารีที่แสดงกลุ่มของพิกเซลภาพที่ประกอบเป็นตัวอักษร..... 8

2.6 แบบจำลองสี RGB..... 10

2.7 แบบจำลองสี HSV..... 11

2.8 ค่าของ SE (Structuring Element)..... 13

2.9 การทำงานของ Dilation..... 13

2.10 การทำ Dilation..... 13

2.11 การทำงานของ Erosion..... 14

2.12 ผลของการทำ Erosion..... 15

2.13 ตัวอย่างการทำ Erosion..... 17

2.14 ต้นฉบับก่อนนำไปหาขอบภาพ..... 18

2.15 ผลลัพธ์ที่ได้จากการหาขอบภาพ..... 18

2.16 ป้ายจราจรประเภทป้ายบังคับ..... 19

2.17 ป้ายจราจรประเภทป้ายเตือน..... 20

2.18 ป้ายจราจรประเภทป้ายแนะนำ..... 21

2.19 ป้ายจำกัดความเร็วในประเทศนอร์เวย์..... 21

2.20 ตัวอย่างภาพที่นำมาทดสอบ..... 22

2.21 การแบ่งแยกสีแบบ RWB (Red, White, Black)..... 22

2.22 แม่แบบที่ใช้ในการตรวจหาตำแหน่งป้าย..... 23

2.23 ตัวอย่างของตัวเลขที่ได้จากภาพป้ายจำกัดความเร็ว..... 23

2.24 ผลการทดสอบการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็ว..... 23

2.25 การแบ่งแยกภาพโดยใช้สี..... 24

2.26 ภาพที่ได้จากการปรับภาพให้สมบูรณ์..... 24

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

2.27 การหาขอบภาพ..... 25
2.28 การตรวจหาป้ายโดย MHD..... 25
2.29 การแสดงผลการทดสอบ..... 25
2.30 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการตรวจหาป้าย..... 26
2.31 โครงสร้างการทำงาน..... 27
2.32 ขั้นตอนตรวจหาป้ายจำกัดความเร็ว..... 27
2.33 ผลลัพธ์ในการกำจัดสีแดงออกจากป้าย..... 28
2.34 อินพุตที่นำเข้านิวรอลเน็ตเวิร์ค..... 28
2.35 ตัวอย่างการทดสอบ..... 28
2.36 แสดงภาพตัวอย่างที่ประมวลผลผิดพลาด..... 29
2.37 ภาพไบนารีที่ได้จากการตรวจหาสีเหลืองของป้าย..... 30
2.38 ผลจากการตรวจหาขอบภาพของป้ายทะเบียนรถ..... 30
2.39 ผลจากการประมวลผลภาพ Morphological operation..... 30
2.40 การปรับปรุงภาพให้สมบูรณ์..... 31
2.41 ผลการตรวจหาแผ่นป้ายทะเบียนรถ..... 31
2.42 การหาพื้นที่ของตัวเลขโดยการหาผลรวมของแถว..... 31
2.43 ภาพไบนารีของข้อมูลที่อยู่บนป้าย..... 32
2.44 ขอบเขตของตัวเลขบนป้ายทะเบียนรถ..... 32
2.45 การหาพื้นที่ของตัวเลขโดยการหาผลรวมของคอลัมน์..... 32
2.46 ตัวเลขที่ได้ซึ่งมีขนาด 25x15..... 33
2.47 ผลที่ได้จากการตรวจหาตัวเลขของป้ายทะเบียนรถ..... 34
2.48 ผลที่ได้จากการตรวจหาตัวเลขของป้ายจำกัดความเร็ว..... 34
2.49 โครงสร้างของ BP neural network..... 35
2.50 บล็อกไดอะแกรมกระบวนการและการปรับปรุงคุณภาพ..... 35
2.51 กระบวนการลดสัญญาณรบกวน..... 36
2.52 ผลจากการกำหนดค่าเทรชโฮลของสี..... 36
2.53 กระบวนการการสร้างรูปแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์รูปร่าง..... 37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

2.54 กระบวนการซินแทกติก..... 37
3.1 ขั้นตอนการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในเงื่อนไขที่ถูกสภาพแวดล้อมบดบัง..... 41
3.2 องค์ประกอบของภาพ RGB..... 42
3.3 ผลจากการแปลงโมเดลสี RGB เป็น HSV..... 43
3.4 ขั้นตอนการแบ่งแยกสีแดงของขอบป้าย โดยใช้โมเดลสี HSV…….. 44
3.5 ผลลัพธ์จากการแบ่งแยกสีแดงของขอบป้าย..... 44
3.6 ผลจากการ Opening แบบ disk…….. 45
3.7 หลักการการอินเตอร์เซ็กชันภายในเฟรม..... 46
3.8 ผลจากการตรวจหาตำแหน่งป้าย..... 47
3.9 ผลจากการตรวจหาตำแหน่งของกลุ่มป้าย..... 47
3.10 การหาตำแหน่งป้ายแต่ละป้าย..... 48
3.11 กระบวนการในการแบ่งแยกภาพด้วยสีของตัวเลขบนป้าย..... 48
3.12 การแบ่งแยกสีดำของตัวเลข..... 49
3.13 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการแบ่งแยกสีดำของตัวเลข..... 49
3.14 ผลจากการ Closing แบบ disk…….. 50
3.15 การตรวจหาตำแน่งของกลุ่มตัวเลข..... 50
3.16 ผลจากการตรวจหาตำแน่งของกลุ่มตัวเลข..... 50
3.17 คุณลักษณะของป้ายจำกัดความเร็ว..... 51
3.18 ป้ายที่มีลักษณะคล้ายป้ายจำกัดความเร็ว..... 51
3.19 การวิเคราะห์คุณลักษณะของป้าย..... 52
3.20 ป้ายที่มีตัวเลขบนป้ายเช่นเดียวกับป้ายจำกัดความเร็ว..... 53
3.21 ตัวอย่างภาพระดับสีเทาของตัวเลขบนป้ายจำกัดความเร็ว..... 54
3.22 ผลของค่าเทรชโฮลที่มีผลกับความสมบูรณ์ของตัวเลข..... 54
3.23 ผลจากการตรวจหาตำแหน่งตัวเลขแต่ละตัว..... 55
3.24 ผลลัพธ์การปรับขนาดภาพขนาดต่างๆ..... 55
3.25 ตัวเลขต้นแบบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับภาพตัวอย่าง..... 56
3.26 ขั้นตอนการกระบวนการรู้จำตัวเลข..... 56

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3.27 แบบจำลองมุมการถ่ายที่เหมาะสม..... 59
3.28 ตัวอย่างภาพที่ถ่ายที่มีมุมในการถ่ายที่ไม่เหมาะสม..... 59
3.29 ตัวอย่างการตรวจหาตำแหน่งตัวเลขในกรณีที่ถ่ายด้วยมุมที่ไม่เหมาะสม..... 60
3.30 ผลการตรวจหาตำแหน่งตัวเลขในกรณีที่ถ่ายด้วยมุมที่ไม่เหมาะสม..... 60
3.31 ป้ายจำกัดความเร็วที่ถ่ายหลังฝนตก..... 60
3.32 ผลการตรวจหาตัวเลขบนป้ายที่ถ่ายหลังฝนตก..... 61
4.1 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ..... 62
4.2 ผลลัพธ์จากการแบ่งแยกภาพโดยใช้สี..... 63
4.3 ผลจากการตรวจหาตำแหน่งกลุ่มป้ายจำกัดความเร็ว..... 63
4.4 หลักการแบ่งภาพออกเป็นส่วน..... 64
4.5 ลักษณะการจำลองการบดบังขอบป้าย10 เปอร์เซ็นต์..... 64
4.6 ลักษณะการจำลองการบดบังขอบป้าย 20 เปอร์เซ็นต์..... 65
4.7 ลักษณะการจำลองการบดบังขอบป้าย 25 เปอร์เซ็นต์..... 66
4.8 ลักษณะการจำลองการบดบังขอบป้าย 30%..... 66
4.9 ลักษณะภาพที่ทดสอบผิดพลาดในกรณีที่ป้ายถูกบดบัง 30 เปอร์เซ็นต์..... 67
4.10 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบการแบ่งแยกสีดำ..... 68
4.11 ผลจากการแบ่งแยกสีดำโดยใช้โมเดลสี HSV..... 68
4.12 ตัวอย่างภาพที่เกิดความผิดพลาดจากการแบ่งแยกสีโดยใช้โมเดลสี HSV..... 69
4.13 ผลการเปรียบเทียบการแบ่งแยกสีโดยใช้ T1 และ T2..... 70
4.14 ผลการเปรียบเทียบการแบ่งแยกสีโดยใช้โมเดลสี HSV และ Gray scale..... 71
4.15 ลักษณะตัวเลขที่ไม่มีการบดบัง..... 71
4.16 ตัวเลขที่นำเข้าสู่กระบวนการรู้จำตัวเลขที่มีการบดบังตัวเลข..... 72
4.17 ตัวอย่างป้ายที่ใช้ในการทดสอบตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วที่มีป้ายเดียวโดยไม่ถูกบดบัง..... 74
4.18 ภาพที่ทดสอบผิดพลาดในกรณีที่มีป้ายเดียว โดยไม่ถูกบดบัง..... 75
4.19 ตัวอย่างป้ายที่ใช้ในการทดสอบตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วที่มีป้ายเดียว โดยถูกบดบัง 75
4.20 ภาพที่ทดสอบผิดพลาดในกรณีที่มีป้ายเดียว โดยถูกบดบัง..... 76

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.21 ตัวอย่างป้ายที่ใช้ในการทดสอบตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วที่มี 2 ป้าย โดยไม่ถูกบดบัง..... 77
4.22 ภาพที่ทดสอบผิดพลาดในกรณีที่มีป้ายเดียว โดยถูกบดบัง..... 78
4.23 ภาพที่ทดสอบผิดพลาดในกรณีที่มี 2 ป้าย โดยไม่ถูกบดบัง..... 78
4.24 ตัวอย่างป้ายที่ใช้ในการทดสอบตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วที่มี 2 ป้าย โดยถูกบดบัง.... 79
4.25 ภาพที่ทดสอบผิดพลาดในกรณีที่มี 2 ป้าย โดยถูกบดบัง..... 80
4.26 ตัวอย่างภาพที่นำไปใช้ในการทดสอบ..... 81

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบตรวจหา (Detection) ถูกนำมาใช้ประโยชน์กับระบบหลายชนิดเช่นการตรวจหาวัตถุ การตรวจหาใบหน้ามนุษย์ตรวจสอบลายนิ้วมือ และระบบตรวจหาป้ายจราจรโดยระบบตรวจหาป้ายจราจรประเภทป้ายจำกัดความเร็ว (Speed-Limit Sign Detection System) เป็นระบบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในระบบรถอัจฉริยะเพื่อให้รถอัจฉริยะทราบว่าขณะนี้อยู่ในบริเวณที่มีการจำกัดความเร็วในการขับขี่ ซึ่งระบบตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วมีประโยชน์ในเรื่องของการเพิ่มความปลอดภัยบนท้องถนน ในปัจจุบันงานวิจัยเกี่ยวกับการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วมีผู้ทำการวิจัยจำนวนมาก แต่ปัญหาที่พบส่วนใหญ่ที่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการประมวลผลได้แก่ ปัญหาความไม่สมบูรณ์ของป้ายจำกัดความเร็วเช่นสีไม่ชัดเจนความชำรุดของป้ายและทัศนะวิสัยไม่ดีปัญหาต่างๆเหล่านี้เป็นปัญหาของระบบการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วทำให้การตรวจหาเกิดความผิดพลาดขึ้นได้จากปัญหาเหล่านี้จึงเป็นแนวทางในการทำงานวิจัยเรื่องการพัฒนาเทคนิคการประมวลผลภาพในการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในเงื่อนไขที่ถูกสภาพแวดล้อมบดบังโดยในงานวิจัยนี้ใช้ MATLAB เพื่อพัฒนาระบบตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วให้มีความสามารถมากขึ้นและมีความผิดพลาดน้อยลง Sekanian และ Torresen [1] ได้ทำการวิจัยระบบตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วแบบอัตโนมัติในประเทศนอร์เวย์โดยสร้างอัลกอริทึม (Algorithm) แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน 1. โดยการทำการแบ่งแยกภาพด้วยสีโดยใช้โมเดลสี HSV 2. ตรวจหาตำแหน่งของป้ายจำกัดความเร็วโดยใช้ Template Matching 3. นำป้ายจำกัดความเร็วที่ได้จากการตรวจหาไปรู้จำตัวเลขซึ่งผลของการตรวจหาให้ความถูกต้อง 97 เปอร์เซ็นต์ Liu และ Ran [2] ได้ทำการวิจัยระบบตรวจหาและรู้จำป้ายหยุด (Stop Sign) โดยการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน 1. โดยการทำการแบ่งแยกภาพด้วยสีโดยใช้โมเดลสี HSV 2. ตรวจหาป้ายหยุดโดยการวิเคราะห์ขนาดและอัตราส่วน 3. นำส่วนของป้ายหยุดไปรู้จำโดยนิวรอลเน็ตเวิร์ค (Neural Network) ซึ่งผลของการตรวจหาให้ผลความถูกต้อง 95 เปอร์เซ็นต์ Shneier [3] ได้ทำการวิจัยระบบตรวจหาและรู้จำป้ายจราจร (Road Sign) โดยอาศัยการวิเคราะห์สีและลักษณะรูปร่างหรือขอบเขตของป้ายจราจรก่อนนำไปรู้จำโดยวิธีการ Template Matching และ Track ตามลำดับของภาพผลลัพธ์จากการตรวจหาให้ผลความถูกต้อง 96 เปอร์เซ็นต์ ในงานวิจัยเรื่องระบบตรวจหาป้ายกำหนดความเร็วในภาพวิดีโอ [4] ตรวจหาป้ายวงกลมโดยใช้โมเดลสี HSV และเทคนิคโมดิฟายน์เฮาซ์ดรอฟดิสแทนซ์สามารถให้ความถูกต้องได้ 98 เปอร์เซ็นต์ Marcin L. Eichner, Toby P. Breckon [5] ได้นาเสนอเทคนิคการตรวจหาป้าย

จำกัดความเร็วในกรณีที่ป้ายถูกบดบังจากสภาพแวดล้อมต่างๆ โดยใช้โมเดลสี YCrCb และในการตรวจหาตำแหน่งของป้ายจะใช้เทคนิค RANSAC (Random Sampling and Consensus) ระบบสามารถทดสอบได้สมบูรณ์ในสภาวะช่วงเวลากลางวัน

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาวิธีการและเทคนิคการประมวลผลภาพ

1.2.2 ศึกษาการพัฒนาเทคนิคการประมวลผลภาพโดยใช้ MATLAB

1.2.3 เพื่อพัฒนาระบบตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วจากปัญหาป้ายไม่ชัดเจน เนื่องจากถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม

1.2.4 เพื่อพัฒนาระบบตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในการจำแนกป้ายจำกัดความเร็วออกจากป้ายจราจรอื่นๆ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ภาพนิ่งประกอบด้วยป้ายจำกัดความเร็ว 20 กม./.ชม. 30 กม./.ชม. 40 กม./ชม. 50 กม./ชม. 60 กม./ชม. 70 กม./ชม., 80 กม./.ชม และ 90 กม./ชม.

1.3.2 ป้ายในภาพที่นำมาใช้สามารถถูกบดบังจากสภาพแวดล้อมได้สูงสุด 25%

1.3.3 ตัวเลขที่อยู่บนป้ายสามารถถูกบดบังจากสภาพแวดล้อมสูงสุด 10% ของพื้นที่ตัวเลขทั้งหมด

1.3.4 วิเคราะห์สัญญาณภาพโดยใช้ MATLAB เป็นเครื่องมือในการพัฒนา

1.4 ข้อจำกัดของการศึกษา

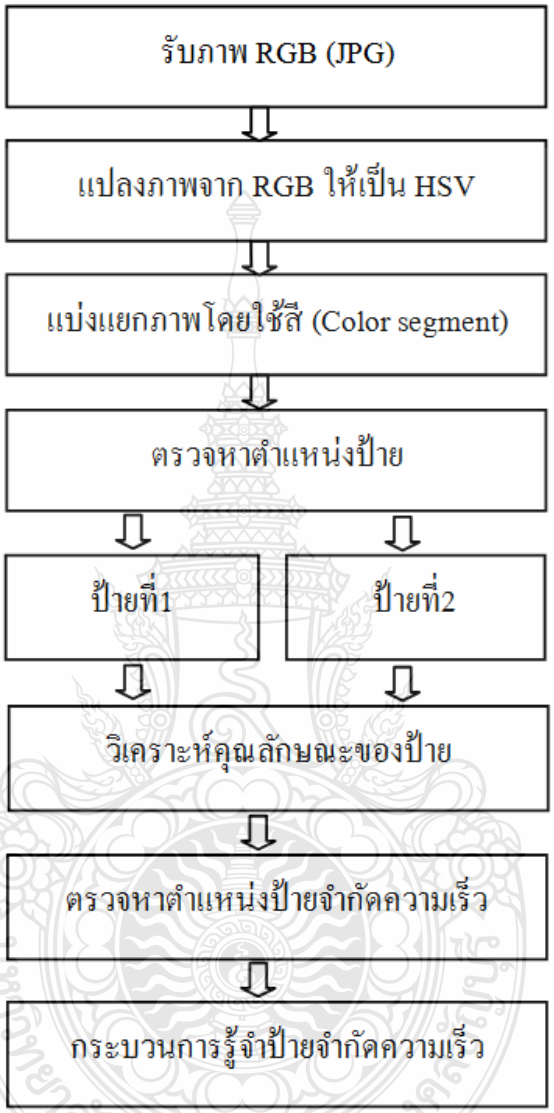
1.4.1 ภาพถ่ายที่ใช้ในการทดสอบเป็นภาพที่ถ่ายช่วงเวลากลางวัน

1.4.2 อัลกอลิทึมที่สร้างขึ้นสามารถจำแนกภาพที่ประกอบด้วยป้ายที่มีลักษณะคล้ายป้ายจำกัดความเร็วเพียง 2 ป้าย

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการทำวิจัยเรื่องนี้ทำขึ้นเพื่อพัฒนาการตรวจหาตำแหน่งของป้ายจำกัดความเร็วให้มีความสามารถในการจำแนกป้ายจำกัดความเร็วออกจากป้ายจราจรอื่นๆ โดยเฉพาะป้ายที่มีลักษณะ

คล้ายป้ายจำกัดความเร็วซึ่งมีลักษณะเป็นป้ายที่มีขอบสีแดงและมีสัญลักษณ์ภายในป้ายเป็นสีดำ โดยงานวิจัยนี้สามารถแบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็นขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.6 ประโยชน์ของงานวิจัย

1.6.1 เข้าใจหลักการประมวลผลสัญญาณภาพ

1.6.2 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ Image Processing Toolbox ในโปรแกรม MATLAB

1.6.3 เพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจหาและการจดจำป้ายจราจร

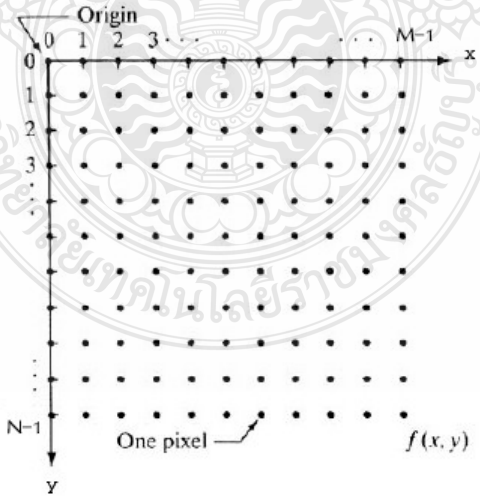
บทที่ 2
งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 คำนำ

ในงานวิจัยนี้ใช้การประมวลผลสัญญาณภาพในการตรวจหาและรู้จำป้ายกำจัดความเร็ว โดยใช้โปรแกรม MATLAB ในการพัฒนา จึงมีความจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวกับสัญญาณภาพ รูปแบบของโมเดลสีและเทคนิคในการประมวลผลสัญญาณภาพ เพื่อสามารถทำงานวิจัยนี้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

2.2 ภาพ

พิกเซล (Pixel) คือความเข้มแสงที่รวมกันทำให้เกิดเป็นภาพภาพหนึ่งๆจะประกอบด้วยพิกเซลมากมายซึ่งภาพแต่ละภาพที่สร้างขึ้นจะมีความหนาแน่นของพิกเซลเหล่านี้แตกต่างกันออกไป ความหนาแน่นนี้เป็นตัวบอกถึงความละเอียด (Resolution) ของภาพซึ่งมีหน่วยเป็น ppi (Pixel Per Inch) คือ จำนวนพิกเซลต่อนิ้วซึ่งโดยทั่วไปถือว่าภาพที่มีความละเอียดสูงหรือคุณภาพดีจะมีความละเอียด 300 x 300 ppi ขึ้นไปค่า ppi ยิ่งสูงขึ้นภาพก็จะมีความละเอียดและคมชัดมากขึ้นภาพที่ 2.1 แสดงถึงความเข้มแสงของภาพแต่ละพิกเซล [1]

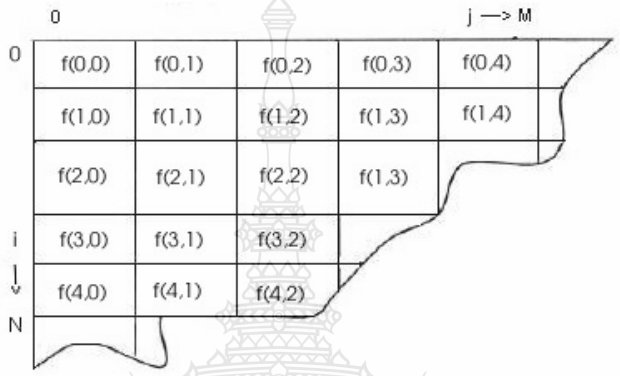


ภาพที่ 2.1 ตำแหน่งของพิกเซล

N = จำนวนพิกเซลที่มากที่สุดในแกน Y

M = จำนวนพิกเซลที่มากที่สุดในแกน X

ในภาพหนึ่งๆ เราสามารถอธิบายได้ในรูปแบบเมตริกซ์ของพิกเซลขนาด N x M ดังภาพที่ 2.2 โดยใช้คู่ลำดับ f (i, j) แทนค่าของแต่ละพิกเซลและบ่งชี้ความเข้มแสงที่พิกเซลนั้นๆ ของภาพ



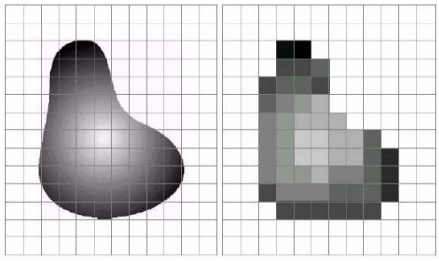
ภาพที่ 2.2 เมตริกซ์ของพิกเซลในภาพ

จากภาพที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าค่าที่กำกับแต่ละพิกเซลนั้นจะแสดงถึงค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงในภาพที่พิกเซลนั้น โดยค่าของพิกเซลดังกล่าวจะเขียนแทนด้วย f (i, j)

2.3 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข (Digital Image Processing)

2.3.1 การแทนภาพด้วยภาพแบบดิจิตอล

ภาพแบบดิจิตอล (Digital Image) เป็นภาพที่ถูกแปลงมาจากอนาล็อกให้อยู่ในรูปของตัวเลข โดยภาพอนาล็อกถูกแบ่งเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็กๆที่เรียกว่าพิกเซลในแต่ละพิกเซลจะถูกระบุตำแหน่งด้วยคู่โคออดิเนต (x, y) และค่าระดับความเข้มแสงของพิกเซลนั้นๆ โดยเราสามารถแปลงภาพเป็นภาพแบบดิจิตอลได้โดยมีขั้นตอนและวิธีการดังนี้เมื่อเรานำสัญญาณอนาล็อกที่ต้องการประมวลผลผ่านส่วนที่เรียกว่าดิจิไตเซอร์ (Digitizor) ซึ่งจะมีหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลจากนั้นทำการควอนไตซ์ (Quantizing) เพื่อแปลงค่าความเข้มแสงให้เป็นตัวเลข ฟังก์ชั่นของภาพ f(x, y) จะถูกทำให้เป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่องทั้งระนาบของภาพซึ่งเรียกว่าการสุ่มภาพ (Image Sampling) ของฟังก์ชั่นที่ได้เรียกว่าการควอนไตซ์ระดับความเข้มแสง (Grey Level Quantization) ก็จะได้ข้อมูลที่เป็นดิจิตอล ดังภาพที่2.3



ภาพที่ 2.3 การทำ Sampling และ Quantization

สมมุติว่าสัญญาณภาพต่อเนื่อง f(x, y) ถูกดิจิไตซ์ในระนาบ x และ y เป็นช่วงเท่าๆ กันเรา สามารถจัด f(x, y) ให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ขนาด N x N ได้ดังสมการที่ 2.1

$$f(x,y) = \begin{matrix} f(0,0) & f(0,1) & f(0,2) & \dots f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & f(1,2) & \dots f(1,N-1) \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & f(N-1,2) & \dots f(N-1, N-1) \end{matrix} \quad (2.1)$$

ซึ่งทางขวาของสมการจะเรียกว่าข้อมูลภาพดิจิตอลและทุกๆสมาชิกของเมตริกซ์จะเรียกว่า พิกเซลจากขบวนการสร้างภาพดิจิตอลดังข้างต้นจะเห็นได้ว่าเราสามารถทราบขนาดของความละเอียด ของภาพ N x N พิกเซลและจำนวนระดับของความเข้มแสงในทางปฏิบัติการทำควอนไตเซชั่นใน ระบบภาพดิจิตอลจะมีค่าดังสมการที่ 2.2

$$B = N \times N \times M \quad (2.2)$$

เมื่อ B = ขนาดของข้อมูลภาพที่เป็นดิจิตอล

$$G = 2M \quad (2.3)$$

โดย M = จำนวนบิตที่ใช้ในการแทนข้อมูลภาพ 1 พิกเซล

G = จำนวนความเข้มแสงที่ต้องการใช้ในการเก็บข้อมูลภาพ

2.3.2 ลักษณะการจัดเก็บข้อมูลภาพแบบดิจิตอล

โดยทั่วไปแล้วภาพจะมีความเข้มตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไปแต่ที่นิยมใช้กันมากคือค่าระดับความเข้มของพิกเซลที่เท่ากับ 256 ระดับซึ่งจะทำให้ค่าของพิกเซลอยู่ในช่วง (0-255) โดยใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลขนาด 1 ไบต์หรือ 8 บิตสำหรับข้อมูล 1 พิกเซล (256) ในกรณีที่ต้องการภาพที่มีความเข้มสูงอาจจะต้องการจำนวนบิตสำหรับการเก็บข้อมูลมากกว่า 8 บิตคืออาจจะเป็น 16 หรือ 24 บิตโดยจะแยกความแตกต่างของภาพแต่ละประเภทให้เห็นอย่างชัดเจนได้ดังนี้

1) ภาพ 2 ระดับคือมีพิกเซลสีขาวกับสีดำเท่านั้นโดยแต่ละพิกเซลจะมีขนาดของข้อมูลเท่ากับ 1 บิต

2) ภาพ 16 ระดับคือในแต่ละพิกเซลจะมีขนาดของข้อมูล 4 บิตซึ่งทำให้สามารถแสดงได้ 16 ระดับสี

3) ภาพ 256 ระดับคือในแต่ละพิกเซลจะมีขนาดของข้อมูล 8 บิตซึ่งทำให้สามารถแสดงภาพได้ความเข้มถึง 256 ระดับ

4) ภาพทรูคัลเลอร์ (True Color) คือในแต่ละพิกเซลจะมีขนาดของข้อมูล 24 บิตทำให้สามารถแสดงภาพออกมาได้เหมือนจริงมากที่สุดเพราะสามารถแสดงสีได้ถึง 16,777,216 สีภาพทรูคัลเลอร์สามารถแสดงได้เฉพาะภาพสีเท่านั้น ไม่สามารถแสดงเป็นภาพขาวดำได้ดังภาพที่ 2.4

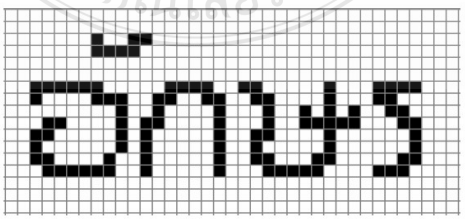
ภาพที่ 2.4 ลักษณะของภาพภาพทรูคัลเลอร์

โดยทั่วไปวิธีการประมวลผลภาพเชิงตัวเลขที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จักวัตถุในภาพได้นั้นแบ่งออกได้เป็นสองระดับด้วยกันคือการประมวลผลภาพในระดับต่ำ (Low-Level Image Processing) และการประมวลผลภาพในระดับสูง (High-Level Image Processing) การประมวลผลภาพในระดับต่ำจะเป็นการประมวลผลเชิงตัวเลขเกือบทั้งหมดเพื่อหาตัวแปรต่างๆ มาอธิบาย

ข้อมูลภาพโดยมีจุดประสงค์ที่จะนำตัวแปรเหล่านั้นไปใช้ในการประมวลผลภาพระดับสูงต่อไป โดยทั่วไปแล้วการประมวลผลภาพระดับต่ำจะประกอบด้วยการประมวลผลภาพก่อน (Pre Processing) เช่นการกำจัดสัญญาณรบกวนหรือการทำให้ภาพคมชัดการหาขอบภาพเป็นต้นการประมวลผลระดับสูงเป็นการนำผลลัพธ์หรือสัญลักษณ์ที่ได้จากการประมวลผลภาพ ระดับต่ำมาตีความหรือประมวลเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จักและเข้าใจภาพได้สำหรับความแตกต่างของการประมวลผลภาพทั้ง 2 ประเภทนั้นคือการประมวลผลภาพระดับต่ำจะใช้ค่าความสว่างของจุดภาพ (พิกเซล) ส่วนการประมวลภาพระดับสูงนั้นข้อมูลภาพที่นำมาประมวลผลจะถูกแสดงในรูปสัญลักษณ์ซึ่งสัญลักษณ์เหล่านี้จะแสดงถึงสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในภาพเช่นขนาดของวัตถุรูปร่างและความสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุภาพ

2.4 ภาพไบนารี (Binary Image)

ภาพไบนารีก็คือภาพซึ่งในแต่ละพิกเซลจะมีความเข้มของแสงได้สองแบบเท่านั้นคือ สว่างกับมืด โดยอาจเขียนแทนได้ด้วยเลข 0 และ 1 ด้วยความเข้มของแสงเพียงสองระดับภาพไบนารีจึงมีข้อจำกัดที่จะนำมาใช้แสดงภาพทั่วๆ ไป แต่อย่างไรก็ตามการมีความเข้มของแสงเพียงสองระดับก็ทำให้การประมวลผลทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประมวลผลภาพไบนารีนำไปใช้มากในการประมวลผลเอกสาร การประมวลผลภาพในอุตสาหกรรมที่ต้องการความเร็วสูง เช่น การนับจำนวนชิ้นส่วนที่อยู่บนสายพานที่กำลังเคลื่อนที่เป็นตอน การมีความเข้มเพียงสองระดับในภาพไบนารีทำให้สามารถที่จะเลือกพิจารณาให้ความเข้มระดับหนึ่งแทนภาพของสิ่งที่เราสนใจ โดยเราจะขอเรียกพิกเซลที่มีความเข้มระดับนี้ว่าพิกเซลภาพและความเข้มอีกระดับแทนพื้นหลัง โดยพิกเซลที่มีความเข้มระดับนี้จะถูกเรียกว่าพิกเซลพื้นหลังในทางปฏิบัติ ในการพิจารณาภาพไบนารีเราจะไม่สนใจแต่ละพิกเซลแยกกันไปแต่เราจะสนใจกลุ่มของพิกเซลที่อยู่ติดกันหรือที่เรียกว่าพิกเซลเพื่อนบ้าน เช่น กลุ่มของพิกเซลที่เรียงกันเป็นตัวอักษรดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ลักษณะภาพไบนารีที่แสดงกลุ่มของพิกเซลภาพที่ประกอบเป็นตัวอักษร

ภาพการสร้างภาพไบนารี่สามารถทำได้โดยใช้เทคนิคการทำเทรชโฮล (Thresholding Technique)โดยพิจารณาว่าพิกเซลใดเป็นสีขาวหรือสีดำจะกระทำโดยการเปรียบเทียบระหว่างพิกเซลของภาพเริ่มต้นกับค่าคงที่ค่าหนึ่งที่เรียกว่า “ค่าเทรชโฮล” (Threshold Value) ข้อมูลภาพมีลักษณะที่ต่างกันระหว่างวัตถุ (Object) และพื้นหลัง (Background) โดยค่าของพิกเซลของภาพใดๆ ที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าเทรชโฮลจะถูกเปลี่ยนเป็น 0 (จุดดำ) ในการสร้างภาพไบนารี่โดยใช้เทคนิคเทรชโฮลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมและคมชัด สิ่งที่สำคัญที่สุดคือค่าเทรชโฮลเนื่องจากถ้าเลือกค่าเทรชโฮลที่ไม่เหมาะสม (ค่าเทรชโฮลที่มีค่าน้อยเกินไปหรือมากเกินไป) ภาพที่ได้อาจจะมืดเกินไปหรือสว่างมากเกินไปหรือภาพที่ได้มีสิ่งรบกวน (Noise) เกิดขึ้นอันเป็นผลทำให้ภาพที่ได้ไม่สวยงามเท่าที่ควรดังนั้นปัญหาของการสร้างภาพไบนารี่คือวิธีการกำหนดค่าเทรชโฮลที่เหมาะสมสำหรับแต่ละภาพที่จะนำมาทำการสร้างภาพไบนารี่ซึ่งมีวิธีการคำนวณหาค่าเทรชโฮลหลายวิธีโดยแต่ละวิธีเหมาะสมกับลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันไปเช่นการหาค่าเทรชโฮลโดยกำหนดค่าล่วงหน้า (Pre-Assigned Threshold Value) การหาค่าเทรชโฮลจากค่ากลาง (Mid-Range Threshold Value) ซึ่งแต่ละวิธีอธิบายได้ดังนี้

1) การหาค่าเทรชโฮลโดยการกำหนดค่าล่วงหน้าเป็นการกำหนดค่าเทรชโฮลโดยการกำหนดเองจากผู้ใช้ซึ่งการกำหนดนี้จะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้คนนั้นๆ โดยการเลือกค่าคงที่ค่าหนึ่งซึ่งเรียกว่าค่าเทรชโฮล โดยค่าที่เลือกมานี้จะเป็นค่าที่อยู่ระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของระดับความเข้มแสงของภาพ เช่น ภาพอินพุทมีระดับความเข้มแสง 256 ระดับจะมีค่าได้ตั้งแต่ 0-255 เมื่อเลือกค่าเทรชโฮลได้แล้วสามารถสร้างภาพไบนารี่ได้

2) การหาค่าเทรชโฮลจากค่ากลางเป็นการหาเทรชโฮลที่แตกต่างจากการหาค่าเทรชโฮลวิธีแรก สำหรับวิธีนี้จะเป็นการคำนวณหาค่าเทรชโฮลโดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องให้ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดโดยการหาค่าเทรชโฮลนี้ใช้วิธีทางสถิติในเรื่องการหาค่ากลางหรือค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเทรชโฮลที่คำนวณได้จากค่ากึ่งกลางที่อยู่ระหว่างค่าระดับความเข้มสูงสุด (Maximum Level) และระดับความเข้มต่ำสุด (Minimum Level) ของภาพเมื่อทำการคำนวณค่าเทรชโฮลได้แล้วก็สามารถสร้างภาพไบนารี่ได้โดยนำค่าเทรชโฮลที่ได้มาใช้

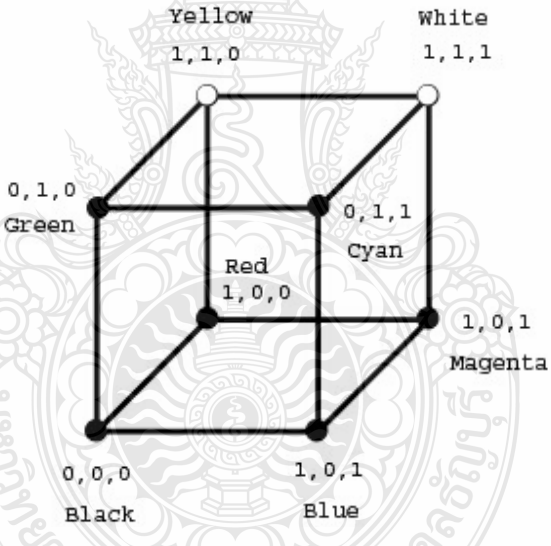
2.5 แบบจำลองสี (Color Model)

แบบจำลองสี (Color Model) เป็นสิ่งที่ใช้อ้างอิงถึงสีต่างๆ สำหรับคอมพิวเตอร์แล้วเราจะไม่ใช้แบบจำลองที่เป็น Analytical Model เหมือนกับที่ใช้ในทางวิทยาศาสตร์ซึ่งใช้วิธีการวัดที่อยู่ในรูปของพลังงานตลอดช่วงของสเปคตรัม (Spectrum) แต่จะเป็น Empirical Model ที่ได้รับ

ความสัมพันธ์ของค่าที่ใช้อ้างอิงกับสีใดๆ จากการทดลองการศึกษาแบบ Psychophysical ที่มีการรับรู้ของมนุษย์เข้ามาเกี่ยวข้องแบบจำลองสีมีหลายแบบด้วยกันเช่นแบบจำลองสี RGB แบบจำลองสี CMY แบบจำลองสีCMYK แบบจำลองสี HSV แบบจำลองสี HIS แบบจำลองสี HLS แบบจำลองสี YIQ และแบบจำลองสี YUV (แบบจำลอง YcbCr) เป็นต้น

2.5.1 แบบจำลองสี RGB (RGB Color Model)

เป็นแบบจำลองที่เฉพาะเจาะจงกับจอภาพคอมพิวเตอร์เนื่องจาก RGB Model ได้ทำการสร้างสีต่างๆ ขึ้นโดยการใช้แหล่งกำเนิดแสงจำนวนสามสีได้แก่ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) ที่เกิดจากสารเรืองแสงที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันตามลำดับ ซึ่งแสงทั้งสามสีจะไม่เท่ากันในแต่ละอุปกรณ์นอกเสียจากว่าจะมีคุณสมบัติของสารเรืองแสง การตั้งค่าจอภาพและสภาพแวดล้อมที่จอภาพคอมพิวเตอร์เหมือนกันทุกประการ ซึ่งโดยปกติแล้วจะมีค่าที่แตกต่างกันออกไปดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 แบบจำลองสี RGB

แบบจำลองสี RGB ประกอบด้วยข้อมูลจำนวนสามส่วนคือค่า Intensity ของสีทั้งสามซึ่งได้แก่ สีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน

2.5.2 แบบจำลองสี HSV (HSV Color Model)

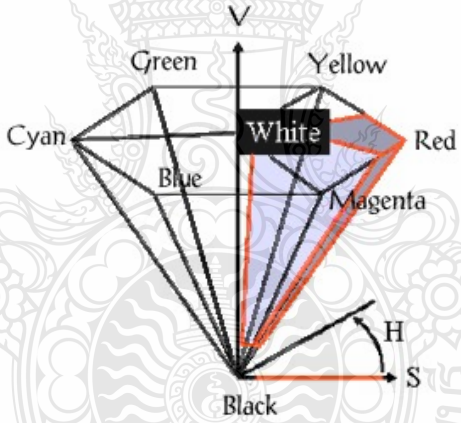
เป็นแบบจำลองสีที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นทางเลือกดังภาพที่ 2.7 ซึ่งจะให้ความหมายที่ดีกว่าเมื่อกล่าวถึงสีต่างๆ ในเชิงศิลปะ เช่น เมื่อพูดถึงสีเหลืองในทางศิลปะจะมีความแตกต่างกัน เมื่อ

พิจารณาสีเหลืองอ่อนสีเหลืองแก่หรือสีน้ำตาลว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร จะพบว่าทุกสีคือสีเหลืองนั้นเองที่มีระดับความเข้มหรือมีความอิ่มตัวที่แตกต่างกันดังนั้นสีในแบบจำลองสี HSV จึงให้ความรู้สึกที่เข้าใจได้มากกว่าสำหรับมนุษย์ซึ่งจำลองสี HSV ประกอบด้วยสามส่วนคือ

H หมายถึง Hue หรือสีที่มีค่าที่แตกต่างออกไปตามความถี่ของแสง เช่น แดง เหลือง เขียว น้ำเงิน หรือม่วง เป็นต้น

S หมายถึง Saturation หรือความอิ่มตัวของ Hue นั้นๆ เช่น สีแดงและสีชมพูก็คือสีแดงเพียงแต่สีชมพูมีความอิ่มตัวน้อยกว่า

V หมายถึง Value หรือค่าความสว่างของสีโดยที่ค่า Value ต่ำสุดหมายถึงสีดำไม่ว่าจะมี Hue หรือ Saturation เท่าใดและค่า Value สูงสุดหมายถึงสีขาวซึ่งเป็นสีที่สว่างที่สุดของ Hue และ Saturation นั้นๆ เช่น Hue ใดๆ มีค่า Saturation มีค่าเท่ากับ 0 เมื่อ Value สูงสุดก็คือสีขาวและValue ต่ำสุดคือสีดำหรือ Hue สีเหลืองที่ Saturation มีค่าเท่ากับ 100 เมื่อ Value สูงสุดคือสีเหลืองและ Value ต่ำสุดคือสีดำ [2]



ภาพที่ 2.7 แบบจำลองสี HSV

2.6 การแยกภาพออกเป็นส่วนๆ (Image Segmentation)

การแยกภาพออกเป็นส่วนๆ จะทำให้สามารถแยกภาพส่วนที่ต้องการออกจากส่วนอื่นๆ วิธีการพื้นฐานสำหรับการแยกภาพออกเป็นส่วนๆ คือ การพิจารณา Image Amplitude (ได้แก่การพิจารณาความสว่างของภาพสำหรับภาพแบบ Gray Scale และความแตกต่างของสีสำหรับภาพสี) นอกจากนี้ขอบของภาพและลักษณะของ Texture ก็เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะทำให้สามารถทำการแบ่งแยกภาพได้สะดวกยิ่งขึ้น โดยทั่วไปการแยกภาพออกเป็นส่วนๆ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ

2.6.1 Amplitude Segmentation Method

เป็นวิธีการแยกองค์ประกอบของภาพโดยดูจากความเหมือนกันของคุณสมบัติของพิกเซลภายในพื้นที่เพียงอย่างเดียวเช่นวิธีการ Intensity Thresholding เป็นการแยกแยะวัตถุจากฉากหลังโดยดูจาก Intensity ของพิกเซลเป็นหลัก ข้อดีของของวิธีการนี้คือมีขั้นตอนในการทำงานที่ง่ายไม่ซับซ้อนทำงานได้รวดเร็ว แต่ข้อเสียคือไม่สามารถใช้กับภาพที่มีสัญญาณรบกวนมากหรือภาพที่มีความสว่างไม่สม่ำเสมอกัน

2.6.2 Region Segmentation Method

เป็นวิธีการแยกองค์ประกอบของภาพโดยดูจากตำแหน่งของพิกเซลและความเหมือนกันของคุณสมบัติของพิกเซลภายในพื้นที่เป็นหลัก โดยถ้าพิกเซลที่อยู่ติดกันและมีคุณสมบัติเหมือนกันจะถูกจัดให้เข้ากลุ่มเดียวกัน ข้อดีของการทำเช่นนี้จะได้พื้นที่ต่อเนื่องกัน ปัญหาอุปสรรคของวิธีการนี้คือการกำหนดกฎเกณฑ์ที่เหมาะสมที่ใช้ตรวจสอบว่าพิกเซลนั้นที่มีคุณสมบัติเหมือนกันเพื่อใช้ในการรวมกลุ่มเข้าด้วยกันทำได้ยาก วิธีการเหล่านี้อาศัยอัลกอริทึมและโครงสร้างข้อมูลที่ซับซ้อนการประมวลผลใช้เวลานาน

2.6.3 Edge Segmentation Method

เป็นวิธีการแยกองค์ประกอบของภาพโดยอาศัยความไม่ต่อเนื่องของคุณสมบัติของพิกเซลที่บริเวณขอบของวัตถุดังนั้น วิธีการนี้จึงมุ่งที่จะตรวจหาขอบของวัตถุเป็นข้อดีของวิธีการนี้คือ มีความรวดเร็วในการประมวลผลเพราะวิธีการนี้ใช้เฉพาะข้อมูลบริเวณขอบของวัตถุเท่านั้น ส่วนข้อเสียของวิธีการนี้คือผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของ “ขอบ” ของวัตถุซึ่งอาจจะต้องผ่านกระบวนการอื่นอีกต่อหนึ่งจึงสามารถใช้งานได้นอกจากนี้ขอบของวัตถุที่ได้อาจไม่ต่อเนื่องถ้าวัตถุมีสีที่ไม่สม่ำเสมอ

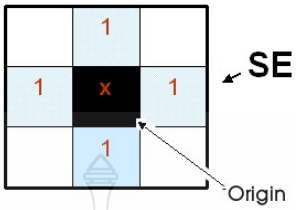
2.7 เทคนิคการขยายภาพและการย่อภาพ (Dilation and Erosion)

2.7.1 เทคนิคการขยายภาพ (Dilation)

เทคนิคการขยายภาพ (Dilation) คือการขยายพิกเซลของภาพโดยการสแกนค่าของ SE (Structuring Element) ดังภาพที่ 2.8 บนแต่ละค่าของพิกเซลภาพโดยทำการสแกนจากตำแหน่งบนซ้ายไปยังตำแหน่งล่างขวา ซึ่งจะเปลี่ยนค่าของพิกเซลที่มีค่าเป็น 0 ให้มีค่าเป็น 1 เมื่อค่าของพิกเซลใดๆ พิกเซลหนึ่งบน SE มีค่าตรงกับค่าของพิกเซลภาพและจะมีค่าคงเดิมเมื่อทุกค่าของ SE มีค่าตรงกับทุกค่าของพิกเซลภาพแสดงดังภาพที่ 2.8 โดยมีสมการดังนี้

$$A \oplus B = \bigcup_{x \in B} (A_x) \tag{2.3}$$

เรียก B ว่าเป็น Structuring element in dilation ความหมายคือ ทุกๆ พิกเซล $x \in B$ ทำการเคลื่อนย้ายไปยัง A โดยการยูเนียนไปตามพิกัดของ x



ภาพที่ 2.8 ค่าของ SE (Structuring Element)

ภาพที่ 2.9 การทำงานของ Dilation

จากภาพที่ 2.9 เมื่อค่าของพิกเซลใน SE ตรงกับค่าของพิกเซลใดๆ พิกเซลหนึ่งของภาพพิกเซลที่ตำแหน่ง Origin จะเปลี่ยนเป็น 1 ผลลัพธ์ของ Dilation แสดงดังภาพที่ 2.10 (ข)

(ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ผลลัพธ์จากการทำ Dilation

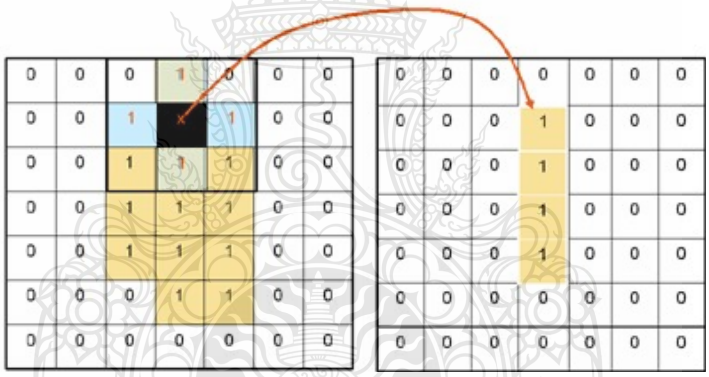
ภาพที่ 2.10 การทำ Dilation

2.7.2 เทคนิคการย่อภาพ (Erosion)

เทคนิคการย่อภาพ (Erosion) เป็นวิธีการที่ตรงข้ามกับ Dilation คือ จะลดขนาดของพิกเซล โดยการสแกนค่าของ SE บนแต่ละค่าของพิกเซลภาพโดยทำการสแกนจากตำแหน่งบนซ้ายไปยังตำแหน่งล่างขวาซึ่งจะเปลี่ยนค่าของพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 ให้มีค่าเป็น 0 เมื่อพิกเซลใดพิกเซลหนึ่งบน SE มีค่าตรงกับค่าของพิกเซลภาพและจะมีค่าคงเดิม เมื่อทุกพิกเซลของ SE มีค่าตรงกับค่าของพิกเซลภาพแสดงดังภาพที่ 2.11 โดยมีสมการดังนี้

$$A\Theta B = \{w : B_x \subset A\} \tag{2.4}$$

เรียก B ว่าเป็น Structuring Element in Erosion ความหมายคือ Bw เป็นสับเซตของ A โดยที่ค่าของ B จะต้องประกอบด้วยทุกๆ พิกเซลของ w มีพิกัดเป็น (x, y) ซึ่งค่า Bw จะต้องอยู่ใน A



ภาพที่ 2.11 การทำงานของ Erosion

จากภาพที่ 2.11 เมื่อค่าของพิกเซลใน SE ทุกๆ พิกเซลมีค่าตรงกับค่าของพิกเซลในภาพทุกตำแหน่งพิกเซลที่ตำแหน่ง Origin จะมีค่าคงเดิมและจะมีค่าเป็น 0 เมื่อค่าของ SE ตรงกับค่าของพิกเซลใดพิกเซลหนึ่งของภาพผลลัพธ์ของ Erosion แสดงดังภาพที่ 2.12 (ข)

(ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ผลลัพธ์จากการทำ Erosion

ภาพที่ 2.12 ผลของการทำ Erosion

2.8 การหาขอบภาพ (Edge Detection)

การหาขอบภาพเป็นการหาขอบเขตของวัตถุภายในภาพโดยขอบภาพเกิดจากความแตกต่างของความเข้มแสงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ดังนั้นถ้าหากความเข้มแสงมีค่าความแตกต่างมากจะทำให้ขอบภาพมีความชัดเจน ในทางตรงข้ามถ้าหากมีค่าความแตกต่างน้อยขอบภาพจะไม่ชัดเจน ซึ่งการหาขอบภาพแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

2.8.1 การหาขอบภาพโดยใช้อนุพันธ์อันดับที่หนึ่ง

การหาขอบภาพโดยใช้อนุพันธ์อันดับที่หนึ่งเป็นการแปลงเกรเดียนต์แบบไม่ต่อเนื่องบนภาพเชิงตัวเลข เนื่องจากการหาขอบภาพเป็นการประมวลผลแบบไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นจึงต้องใช้อนุพันธ์ย่อยแบบไม่ต่อเนื่องตามทิศทางที่ตั้งฉากกับแกน x และแกน y ซึ่งสามารถกำหนดได้ดังนี้

$$\nabla_x g(x,y) = g(x,y) - g(x-1,y) \tag{2.5}$$

$$\nabla_y g(x,y) = g(x,y) - g(x,y-1) \tag{2.6}$$

โดยขนาดของเกรเดียนต์ตามทิศทางที่ตั้งฉากกับแกน x และแกน y รวมกันได้เป็นสมการที่ 2.7

$$|\nabla g(x,y)| = |\nabla_x g(x,y)| + |\nabla_y g(x,y)| \tag{2.7}$$

การหาขอบภาพโดยใช้เกรเดียนต์ในทางปฏิบัติจะมีลักษณะที่แตกต่างกันไป ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ตามวิธีดังนี้

Roberts

$$\left|\nabla g(x,y)\right| = \left|\nabla_x g(x,y)\right| + \left|\nabla_y g(x,y)\right| \tag{2.8}$$

Prewitt

$$\left|\nabla g(x,y)\right| = \left(\left|\Sigma_y^{y+2} g(x,y) - \Sigma_y^{y+2} g(x+2,y)\right| + \left|\Sigma_x^{x+2} g(x,y) - \Sigma_x^{y+2} g(x,y+2)\right|\right) \tag{2.9}$$

Sobel

$$\left|\nabla g(x,y)\right| = \left(\begin{array}{l} \left|\begin{array}{l} g(x,y)+2g(x,y+1)+g(x,y+2)- \\ \left(g(x+2,y)+2g(x+2,y+1)+g(x+2,y+2)\right) \end{array}\right| + \\ \left|\begin{array}{l} g(x,y)+2g(x+1,y)+g(x+2,y)- \\ \left(g(x,y+2)+2g(x+1,y+2)+g(x+2,y+2)\right) \end{array}\right| \end{array}\right) \tag{2.10}$$

จากสมการที่ 2.8 ถึง 2.10 สามารถเขียนในรูปของ Mask Coefficient ได้ดังนี้

Robert

$$w_2 = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \tag{2.11}$$

Prewitt

$$w_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \qquad w_2 = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \tag{2.12}$$

Sobel

$$w_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \qquad w_2 = \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & -1 \end{pmatrix} \tag{2.12}$$

นำ Mask Coefficient W ของแต่ละวิธีมาหาขอบภาพจะต้องนำ Mask Coefficient ของวิธีนั้นๆมาทำการคอนโวลูชั่นกับภาพสามารถแสดงในสมการที่ 2.13

$$h_k(x,y) = \sum\sum w_k(i,j)\, g(x+i-1, y+j-1) \tag{2.13}$$

โดย $hk(x, y)$ คือพิกเซลของภาพ ณ ตำแหน่ง x, y ที่ผ่านการคอนโวลูชั่นแล้วด้วย Mask Coefficient ที่ k$Wk(i, j)$ คือสมาชิกตัวที่ i, j ของ Mask Coefficient ตัวที่ k เมื่อดำเนินการคอนโวลูชั่นระหว่างภาพกับ Mask Coefficient แล้วนำ $hk(x, y)$ สำหรับ k ทุกตัวมาทำการเปรียบเทียบกับค่า

เทรชโฮล ถ้ามากกว่าเทรชโฮลแสดงว่าเป็นขอบภาพ ตัวอย่างการหาขอบภาพด้วยวิธีของ Sobel และใช้ค่าเทรชโฮลด้วยค่า 12 ดังภาพที่ 2.13

ภาพพิกเซลของภาพ

0	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**2**	**0**	**3**	**3**
0	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**2**	**4**	**2**
0	**0**	**2**	**0**	**2**	**4**	**3**	**3**	**2**	**3**
0	**0**	**1**	**3**	**3**	**4**	**3**	**3**	**3**	**3**
0	**1**	**0**	**4**	**3**	**3**	**2**	**4**	**3**	**2**
0	**0**	**1**	**2**	**3**	**3**	**4**	**4**	**4**	**3**

(ก) ภาพต้นฉบับ

ค่าที่ได้จากการทำคอนโวลูชั่น

4	**6**	**4**	**10**	**14**	**12**	**14**	**14**
6	**8**	**10**	**20**	**16**	**12**	**6**	**0**
4	**10**	**14**	**10**	**2**	**4**	**2**	**4**
2	**12**	**12**	**2**	**2**	**4**	**6**	**8**

เทรชโฮลด้วยค่า 12

0	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**	**0**
0	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**	**0**	**0**
0	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
0	**1**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

(ข) ผลลัพธ์จากการทำ Erosion

ภาพที่ 2.13 ตัวอย่างการทำ Erosion

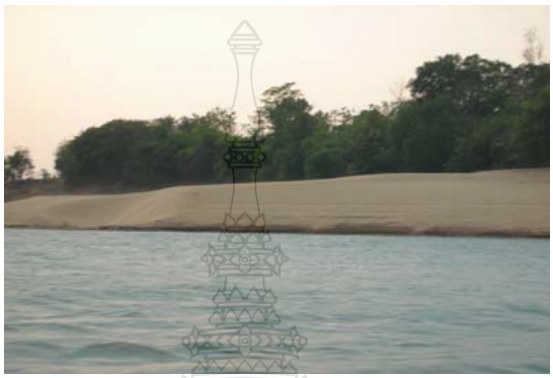
2.8.2 การหาขอบภาพโดยใช้อนุพันธ์อันดับที่สอง

การหาขอบภาพโดยวิธีนี้จะไม่มีการพิจารณาทิศทางของขอบภาพแต่จะสนใจเฉพาะขนาดของความเป็นขอบภาพ (เกรเดียนต์) เท่านั้น โดยวิธีนี้ได้แก่ตัวดำเนินการลาปลาเซียน (Laplacian) เกรเดียนต์ของ $\nabla^2 g(x, y)$ ได้จากการประมาณอนุพันธ์เชิงเส้นของฟังก์ชั่นต่อเนื่อง

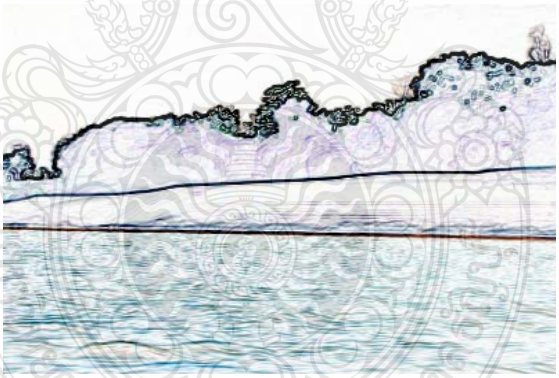
$$\nabla^2 g(x,y) = 4g(x,y) - \left(g(x+1,y) + g(x-1,y) + g(x,y+1) + g(x,y-1)\right) \qquad (2.14)$$

จากสมการที่ 2.14 สามารถเขียนในรูปของ Mask Coefficient ได้ดังสมการที่ 2.15

$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \quad (2.15)$$



ภาพที่ 2.14 ต้นฉบับก่อนนำไปหาขอบภาพ



ภาพที่ 2.15 ผลลัพธ์ที่ได้จากการหาขอบภาพ

2.9 ป้ายจราจร

ป้ายจราจรเป็นป้ายทางการควบคุมการจราจร ซึ่งป้ายจราจรสามารถแบ่งออกเป็นสามประเภทคือ ป้ายจราจรประเภทป้ายบังคับ ป้ายจราจรประเภทป้ายเตือน และป้ายจราจรประเภทป้ายแนะนำ ซึ่งมีลักษณะดังนี้

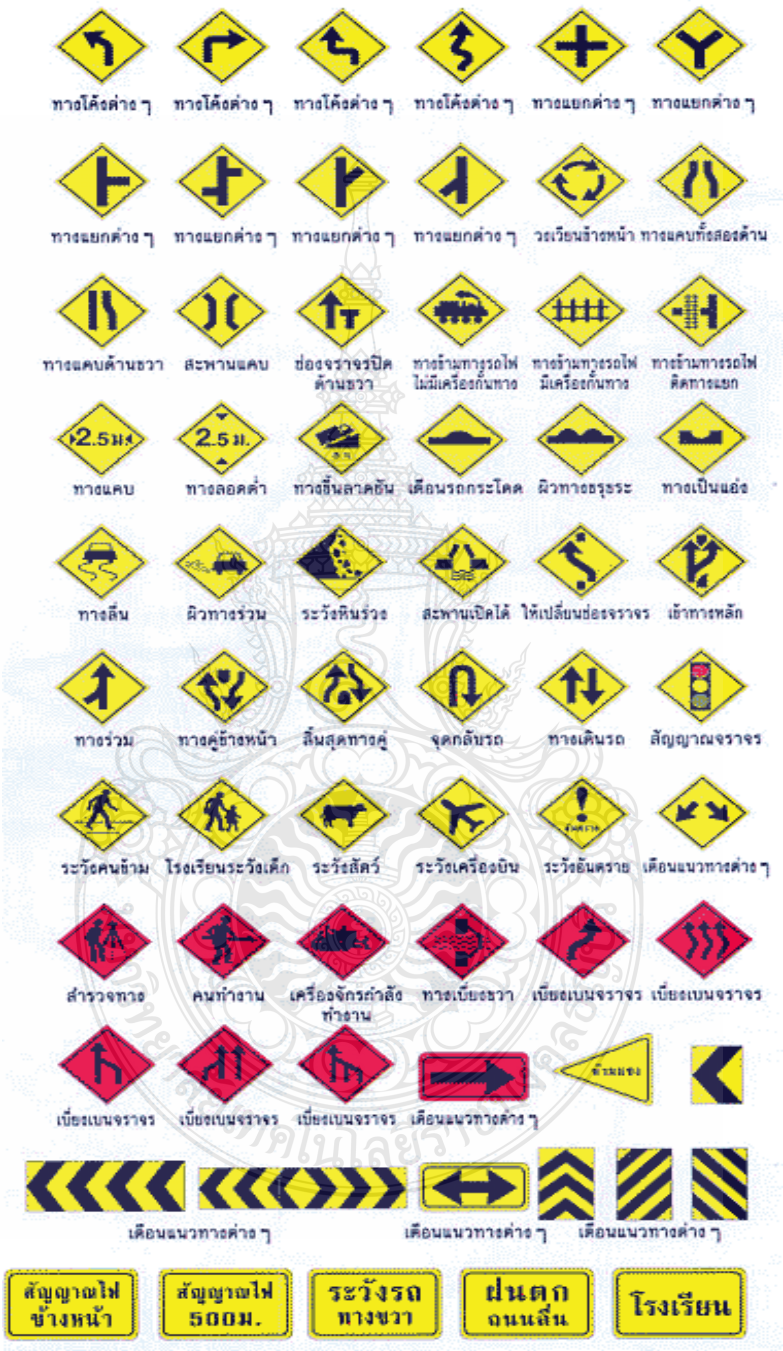
2.9.1 ป้ายจราจรประเภทป้ายบังคับ

ป้ายจราจรประเภทนี้มักจะมีพื้นสีขาวขอบสีแดงเป็นป้ายกำหนดต้องทำตาม เช่น ห้ามเลี้ยวขวา

ภาพที่ 2.16 ป้ายจราจรประเภทป้ายบังคับ

2.9.2 ป้ายจราจรประเภทป้ายเตือน

ป้ายประเภทนี้มักจะมีพื้นสีเหลืองขอบสีดำจะเป็นป้ายแจ้งเตือนว่ามีอะไรอยู่ข้างหน้า



ภาพที่ 2.17 ป้ายจราจรประเภทป้ายเตือน

2.9.3 ป้ายจราจรประเภทป้ายแนะนำ

ป้ายประเภทนี้เป็นป้ายที่แนะนำการเดินทางต่างๆ เช่น ทางลัด ป้ายบอกระยะทางเป็นต้น

ภาพที่ 2.18 ป้ายจราจรประเภทป้ายแนะนำ

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.10.1 Efficient Recognition of Speed Limit Signs

จากงานวิจัยของ Jim Torrensen และคณะ [3] งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคในการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็ว เพื่อช่วยเหลือผู้ขับขี่ ซึ่งพัฒนามาจากงานวิจัยเรื่อง Detection of Norwegian Speed Limit Signs[4] โดยมีขั้นตอนในการทำงาน 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ ดังนี้ 1. การแบ่งแยกภาพด้วยสี 2. ตรวจหาตำแหน่งป้าย และ 3. ตรวจหาตำแหน่งตัวเลข จากผลการทดสอบการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในประเทศนอร์เวย์ ให้ค่าความถูกต้อง 91 เปอร์เซ็นต์ จากภาพตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด 198 ภาพ

ภาพที่ 2.19 ป้ายจำกัดความเร็วในประเทศนอร์เวย์

ในการตรวจหาตัวเลขในงานวิจัยนี้จะตรวจหาตัวเลขบนป้ายจำกัดความเร็วที่มีตัวเลข 2 หลัก ดังภาพที่ 2.19 และตรวจหาตัวเลขเฉพาะตัวเลขในหลักแรกเท่านั้น โดยจะกำหนดให้ตัวเลขในหลักที่สองเป็น 0 ซึ่งภาพที่นำมาใช้ในการทดสอบจะเป็นภาพที่มีลักษณะดังภาพที่ 2.20

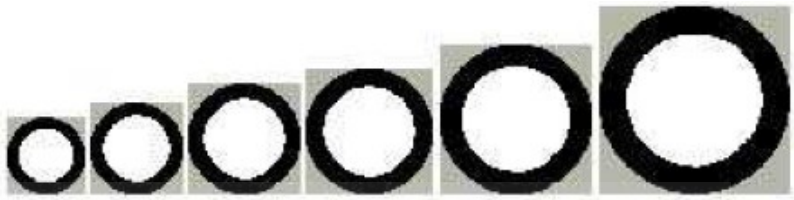
ภาพที่ 2.20 ตัวอย่างภาพที่นำมาทดสอบ

ในการแบ่งแยกสีจะให้เทคนิคในการแบ่งแยกสีแบบ RWB (Red, White, Black) โดยจะมีการแบ่งแยกสีด้วยสีแดงของขอบป้ายสีแดง ผลการแบ่งแยกสีแดงแสดงดังภาพที่ 2.21(ก) และการแบ่งแยกสีด้วยสีขาวของพื้นป้าย ผลการแบ่งแยกสีขาวแสดงดังภาพที่ 2.21(ข) และการแบ่งแยกสีด้วยสีดำของตัวเลขบนป้าย ผลการแบ่งแยกสีดำแสดงดังภาพที่ 2.21(ค)

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 2.21 การแบ่งแยกสีแบบ RWB (Red, White, Black)

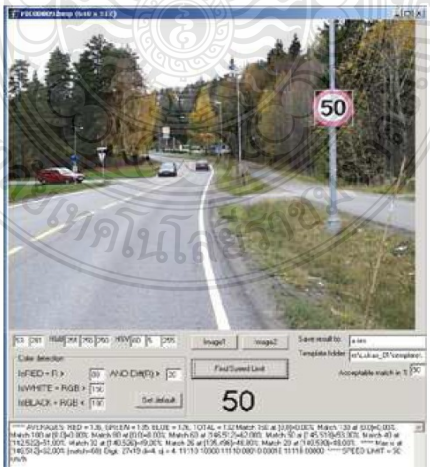
ในการตรวจหาวงกลมจะใช้ Template Matching ในการตรวจสอบรูปร่างวงกลมโดยใช้รูปร่างแม่แบบขนาดต่างๆ ดังภาพที่ 2.22



ภาพที่ 2.22 แม่แบบที่ใช้ในการตรวจหาตำแหน่งป้าย

นำตัวเลขที่ได้จากการตรวจหาจากป้ายไปเข้าโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) โดยจากภาพที่ 2.23 ซึ่งเป็นตัวอย่างตัวเลขที่ได้จากภาพตัวอย่างของป้ายจำกัดความเร็ว ซึ่งมีการปรับขนาด (Resize) ให้เท่ากับ 5x7 พิกเซล จากนั้นนำตัวเลขที่ได้จากภาพตัวอย่างไปเข้าสู่กระบวนการตรวจหาป้ายโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งให้ผลการทดสอบดังภาพที่ 2.24

ภาพที่ 2.23 ตัวอย่างของตัวเลขที่ได้จากภาพป้ายจำกัดความเร็ว



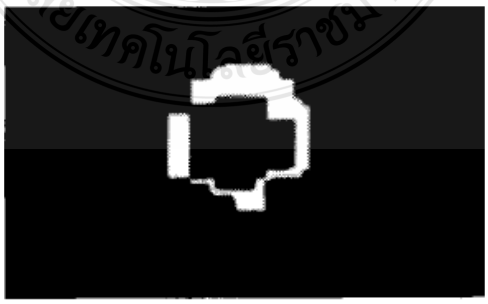
ภาพที่ 2.24 ผลการทดสอบการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็ว

2.10.2 ระบบตรวจหาป้ายกำหนดความเร็วในภาพวิดีโอ

จากงานวิจัยของ อำนาท สารทสิทธิ์และคณะ [5] งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคการตรวจหาป้ายกำหนดความเร็วจากวิดีโอโดยใช้โมดิฟายน์เฮาซดรอฟดิสแทนซ์ (Modified Hausdorff Distance) ซึ่งได้ปรับปรุงมาจากเฮาซดรอฟดิสเทนซ์ (Hausdorff Distance) แบบดั้งเดิมซึ่งมีการทำงานทั้งหมด 4 ขั้นตอนคือ 1. แบ่งแยกภาพโดยใช้สี 2. ปรับปรุงภาพให้สมบูรณ์ 3. การหาขอบภาพ และ 4. ตรวจหาป้ายกำหนดความเร็ว ผลการทดสอบพบว่าวิธีที่นำเสนอในกรณีที่มีการเคลื่อนที่ของรถด้วยอัตราความเร็วที่แตกต่างกันให้ผลที่มีความถูกต้องในการตรวจหาป้ายกำหนดความเร็วจากวิดีโอได้ 98 เปอร์เซ็นต์ การแบ่งแยกภาพโดยใช้สีใช้ HSV ในการแบ่งแยกสี โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งแยกสีแดงของขอบป้ายแสดงดังภาพที่ 2.25

ภาพที่ 2.25 การแบ่งแยกภาพโดยใช้สี

จากผลลัพธ์ในภาพที่ 2.25 พบว่าภาพที่ได้ไม่สมบูรณ์จึงต้องทำการปรับปรุงภาพให้สมบูรณ์ ภาพที่ได้จากการปรับปรุงภาพให้สมบูรณ์จะได้ภาพที่ไม่มีสัญญาณรบกวน ดังภาพที่ 2.26 และทำการหาขอบภาพดังภาพที่ 2.27



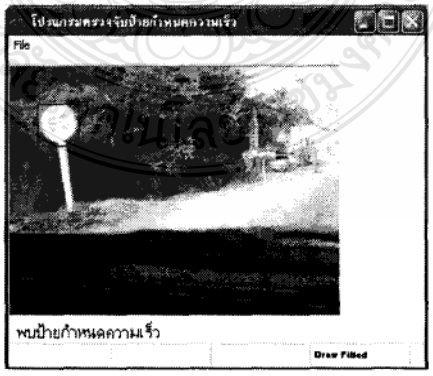
ภาพที่ 2.26 ภาพที่ได้จากการปรับภาพให้สมบูรณ์

ภาพที่ 2.27 การหาขอบภาพ

การตรวจหาภาพป้ายกำหนดความเร็วด้วยเฮาซดรอฟดิสแทนซ์เป็นการนำภาพเทมเพลตป้ายวงกลมมาวัดระยะทางกับภาพต้นฉบับ ซึ่งผลลัพธ์ของการตรวจหาป้ายโดยใช้เทคนิคโมดิฟายเฮาซ์ดรอฟดิสแทนซ์มีลักษณะดังภาพที่ 2.28

ภาพที่ 2.28 การตรวจหาป้ายโดย MHD

โดยโปรแกรมสามารถแสดงผลการทดสอบดังภาพที่ 2.29 โดยแสดงภาพที่ใช้ในการทดสอบและผลการตรวจหาป้ายกำหนดความเร็ว



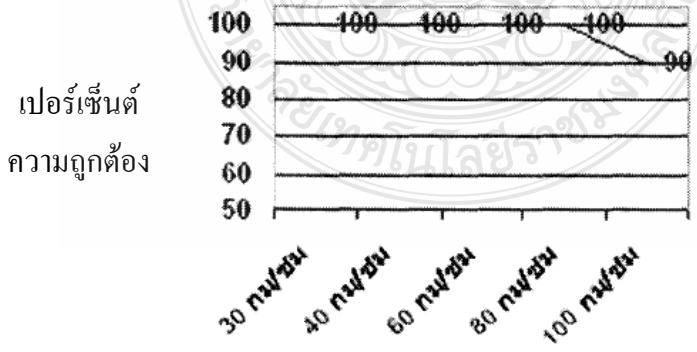
ภาพที่ 2.29 การแสดงผลการทดสอบ

ในการทดสอบในงานวิจัยนี้เป็นการตรวจหาป้ายกำหนดความเร็ว ในกรณีที่มีการเคลื่อนที่ของรถด้วยอัตราความเร็วที่แตกต่างกัน โดยทดสอบที่ความเร็ว 30 กม./ชม. , 40 กม./ชม., 60 กม./ชม., 80 กม./ชม., 100 กม./ชม. โดยตรวจสอบป้ายกำหนดความเร็วทั้งหมดจำนวน 50 ป้าย โดยให้ผลการทดสอบดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ผลการตรวจหาป้ายกำหนดความเร็วโดยใช้โมดิฟายน์เฮาซดรอฟดิสแทนซ์

ความเร็ว	จำนวน	พบ	ไม่พบ	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
30 กม./ชม.	10	10	0	100
40 กม./ชม.	10	10	0	100
60 กม./ชม.	10	10	0	100
80 กม./ชม.	10	10	0	100
100 กม./ชม.	10	9	1	90
รวม	50	49	1	98

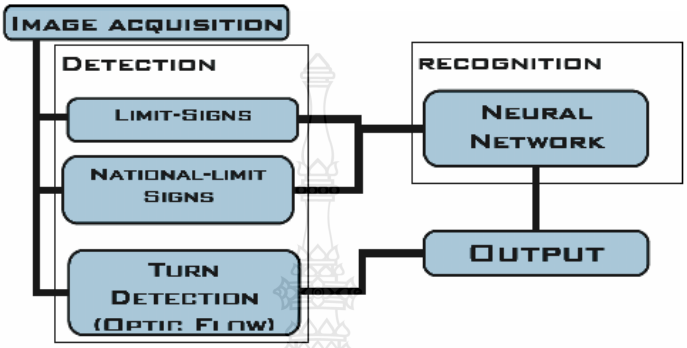
จากผลการทดสอบในตารางที่ 2.1 พบว่าที่ความเร็ว 30 กม./ชม. 40 กม./ชม. 60 กม./ชม. และ 80 กม./ชม. สามารถตรวจหาป้ายกำหนดความเร็วได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ที่ความเร็วที่ 100 กม./ชม. ไม่พบป้ายจำนวน 1 ป้าย ซึ่งให้ความถูกต้องเพียง 90 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดสอบทั้งหมด 50 ภาพ ตรวจพบป้ายจำนวน 49 ป้าย ให้ความถูกต้องโดยรวม 98 เปอร์เซ็นต์สามารถนำมาเขียนกราฟได้ดังภาพที่ 2.30



ภาพที่ 2.30 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการตรวจหาป้าย

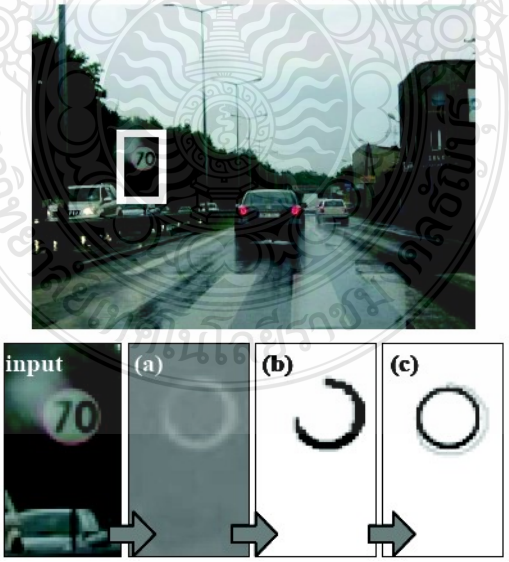
2.10.3 Integrated Speed Limit Detection and Recognition from Real-Time Video

จากงานวิจัยของ Marcin L. Eichner และคณะ [6] งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วแบบต่างๆ โดยใช้โมเดลสี YCrCb ในการตรวจสอบสีของป้ายและใช้นิวรอลเน็ตเวิร์คในการรู้จำป้ายจำกัดความเร็ว โดยในงานวิจัยนี้มีโครงสร้างการทำงานดังภาพที่ 2.31



ภาพที่ 2.31 โครงสร้างการทำงาน

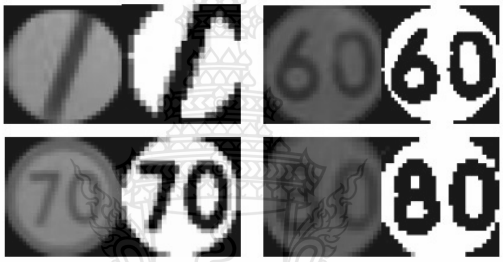
จากภาพที่ 2.31 เป็นโครงสร้างการทำงานของงานวิจัยนี้โดยทำการตรวจหาตำแหน่งของป้ายจำกัดความเร็วและเข้าสู่กระบวนการรู้จำโดยใช้นิวรอลเน็ตเวิร์ค



ภาพที่ 2.32 ขั้นตอนตรวจหาป้ายจำกัดความเร็ว

จากภาพที่ 2.32 เป็นผลลัพธ์จากการแปลง RGB เป็น YCrCb จากนั้นทำการแบ่งแยกสีโดยจากภาพ RGB ที่รับเข้ามาพบปัญหาจากสภาพแวดล้อมทำให้ขอบป้ายสีแดงถูกบดบัง ส่งผลให้ผลลัพธ์จากการแบ่งแยกสีมีลักษณะวงกลมที่ไม่สมบูรณ์จึงใช้เทคนิค RANSAC

ภาพที่ 2.33 ผลลัพธ์ในการกำจัดสีแดงออกจากป้าย

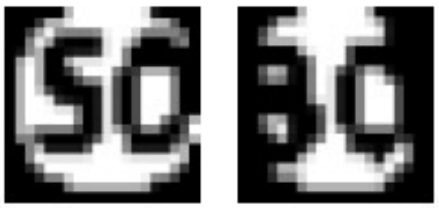


ภาพที่ 2.34 อินพุตที่นำเข้านิวรอลเน็ตเวิร์ค

ลักษณะการแสดงผลการทดสอบการตรวจหาและรู้จำป้ายจำกัดความเร็ว ในงานวิจัยนี้สามารถตรวจหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วได้ดังภาพที่ 2.35

ภาพที่ 2.35 ตัวอย่างการทดสอบ

ในการทดสอบการตรวจหาและจดจำป้ายในบทความนี้ พบว่าเกิดความผิดพลาดในการประมวลผล ซึ่งลักษณะของป้ายที่ผิดพลาดในการการจดจำป้ายมีลักษณะดังนี้



ภาพที่ 2.36 แสดงภาพตัวอย่างที่ประมวลผลผิดพลาด

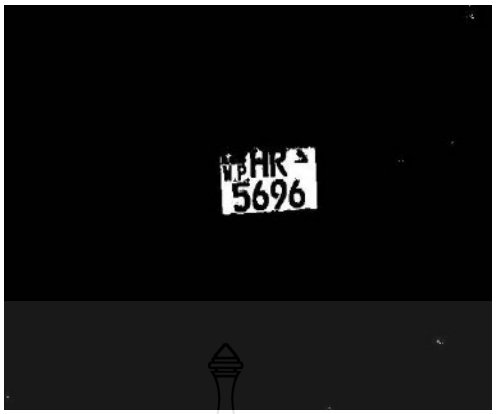
2.10.4 License Plate Identification Based on Image Processing Techniques

จากงานวิจัยของ W. K. I. L. Wanniarachch และคณะ [7] งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคในการตรวจหาป้ายทะเบียนรถ ได้ถูกต้อง 97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ 1. นำเข้าภาพที่ใช้ในการทดสอบ (ภาพ RGB) 2. หาขอบเขตของสีเหลือง 3. ตรวจหาขอบภาพ (Edge Detection) 4. ทำการประมวลผลภาพ Morphological Operation 5. หาพื้นที่แผ่นป้ายทะเบียนรถ และ 6. ทำการหาตัวเลขเพื่อเข้าสู่กระบวนการรู้จำตัวเลข ในงานวิจัยนี้ได้ทำการนำภาพ RGB เข้าสู่กระบวนการในการตรวจหาพื้นที่สีเหลืองของป้ายทะเบียนรถ โดยกำหนดค่าเทรชโฮลของสีเหลืองในโมเดลสี RGB ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ช่วงของเหลืองในโมเดลสี RGB

สีแดง	สีเขียว	สีน้ำเงิน
130-255	80-255	0-85

จากนั้นจะได้ภาพไบนารี่ที่ได้จากการตรวจหาสีเลืองของป้ายทะเบียนรถดังภาพที่ 2.37 จากนั้นตรวจหาขอบภาพซึ่งได้ผลดังภาพที่ 2.38 จากนั้นทำการประมวลผลภาพ Morphological Operation เพื่อหาขอบเขตของป้ายของป้ายทะเบียนรถซึ่งได้ขอบเขตของป้ายดังภาพที่ 2.41

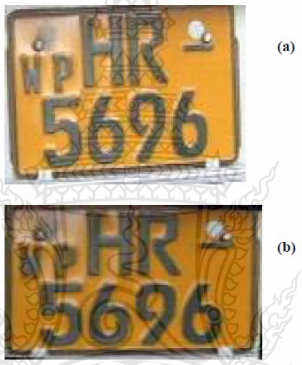


ภาพที่ 2.37 ภาพไบนารีที่ได้จากการตรวจหาสีเหลืองของป้าย

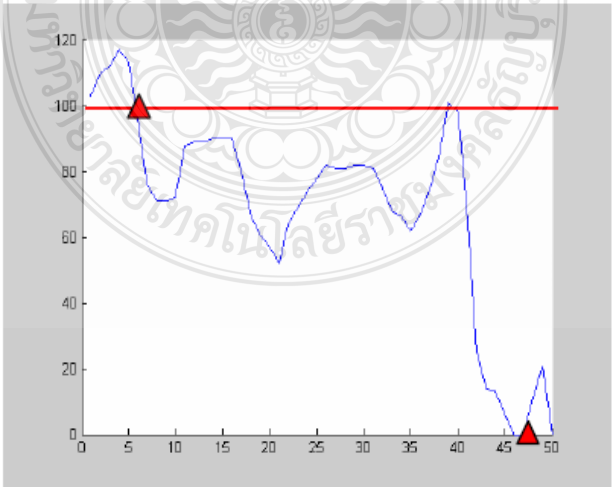
ภาพที่ 2.38 ผลจากการตรวจหาขอบภาพของป้ายทะเบียนรถ

ภาพที่ 2.39 ผลจากการประมวลผลภาพ Morphological Operation

ภาพที่ 2.40 การปรับปรุงภาพให้สมบูรณ์



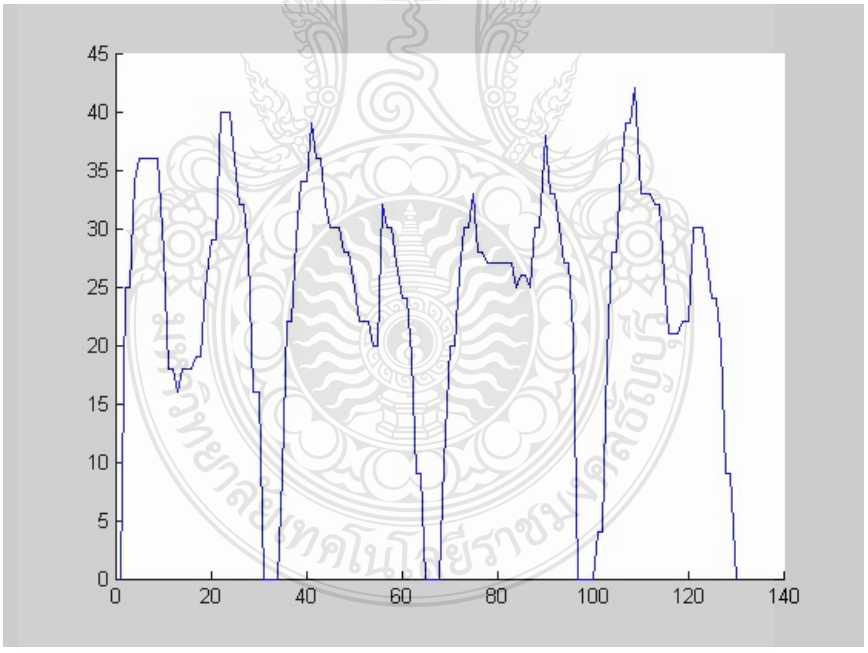
ภาพที่ 2.41 ผลการตรวจหาแผ่นป้ายทะเบียนรถ



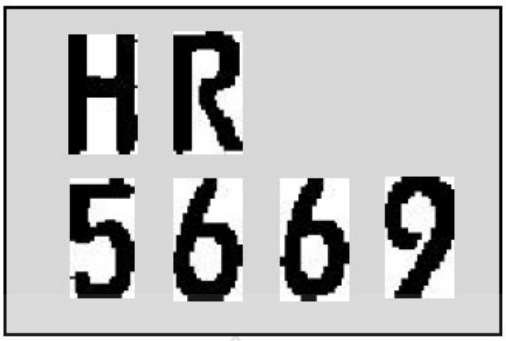
ภาพที่ 2.42 การหาพื้นที่ของตัวเลขโดยการหาผลรวมของแถว

ภาพที่ 2.43 ภาพไบนารีของข้อมูลที่อยู่บนป้าย

ภาพที่ 2.44 ขอบเขตของตัวเลขบนป้ายทะเบียนรถ



ภาพที่ 2.45 การหาพื้นที่ของตัวเลขโดยการหาผลรวมของคอลัมน์



ภาพที่ 2.46 ตัวเลขที่ได้ซึ่งมีขนาด 25x15

จากการทดลองนำภาพตัวอย่างทั้งหมด 30 ภาพ มาทำการทดสอบ จากผลการสดลอบพบว่าสามารถตรวจหาพื้นที่สีเหลืองของป้ายได้ถูกต้องทั้ง 30 ภาพ ให้ความถูกต้องคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ และสามารถตรวจป้ายทะเบียนรถได้ถูกต้อง 29 ภาพ ให้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 97 เปอร์เซ็นต์ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ผลการตรวจหาป้ายทะเบียนรถ

การตรวจหา	ตรวจสอบถูกต้อง	ความถูกต้อง
ตรวจหาพื้นที่สีเหลือง	30/30	100%
ตรวจหาพื้นที่ป้ายทะเบียนรถ	29/30	97%

2.10.5 Research on traffic number recognition based on Neural Network and Invariant moment

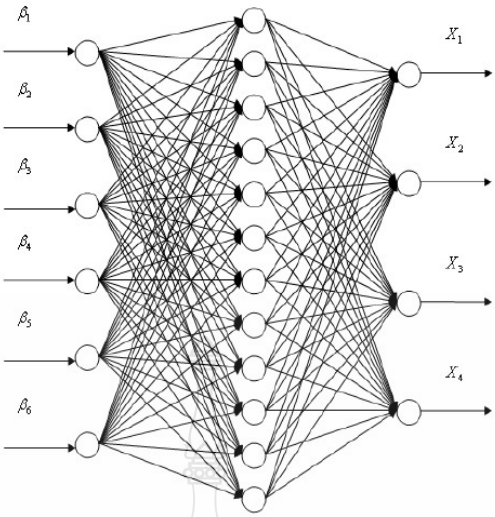
จากงานวิจัยของ Zheng-He Song และคณะ [8] งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคในการตรวจหาแผ่นป้ายทะเบียนรถและป้ายจำกัดความเร็วโดยใช้นิวรอลเน็ตเวิร์คและเวลาคงที่ (Invariant Moment) โดยมีขั้นตอนคือ แยกตัวเลขออกจากฉากหลังของแผ่นป้ายทะเบียนและป้ายจำกัดความเร็วก่อน จากนั้นนำตัวเลขแต่ละตัวไปทำการแบ่งแยกภาพ (Image Segmentation) จากนั้นหาค่าคุณสมบัติของตัวเลขแต่ละตัว โดยใช้ค่าเวลาคงที่แบบ Hu (Hu Invariant Moments) ซึ่งมีความคงที่ในการแปลงและอัตราของการหมุนและมีความซับซ้อนในการคำนวณต่ำ ในกระบวนการรู้จำตัวเลขในงานวิจัยนี้ใช้นิวรอลเน็ตเวิร์คแบบ BP (BP Neural Network) โดยผลที่ได้จะให้ค่าความถูกต้องที่สูง

ภาพที่ 2.47 ผลที่ได้จากการตรวจหาตัวเลขของป้ายทะเบียนรถ

ภาพที่ 2.48 ผลที่ได้จากการตรวจหาตัวเลขของป้ายจำกัดความเร็ว

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างเอาท์พุทของการตัวอย่างตัวเลขแต่ละตัว

ตัวเลข	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
รหัสเอาท์พุท	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001

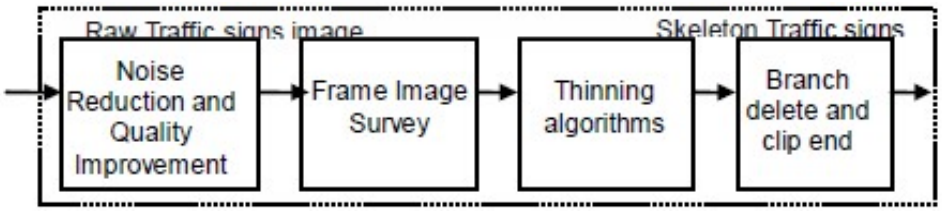


ภาพที่ 2.49 โครงสร้างของ BP Neural Network

การรู้จำตัวเลขจะใช้ 2 วิธี คือ วิธีการ BP-HU และ BP-G ซึ่งวิธีการ BP-HU มีโครงสร้าง 6-12-4 และมีความผิดพลาด 0.001 จากการเรียนรู้ 17, 560 ครั้งและวิธีการ BP-G มีโครงสร้าง 512-52-6 มีความผิดพลาด 0.001 จาการเรียนรู้ 26, 350 ครั้ง ผลจาการทดลองพบว่าจากการนำภาพตัวอย่างของป้ายทะเบียนรถจำนวน 20 ภาพ และภาพตัวอย่างป้ายจราจรจำนวน 20 ภาพ มาทดสอบพบว่าสามารถตรวจสอบถูกต้อง 95 เปอร์เซ็นต์ ในวิธีการที่ BP – HU และทดสอบถูกต้อง 91 เปอร์เซ็นต์ ในวิธีการที่ BP - G

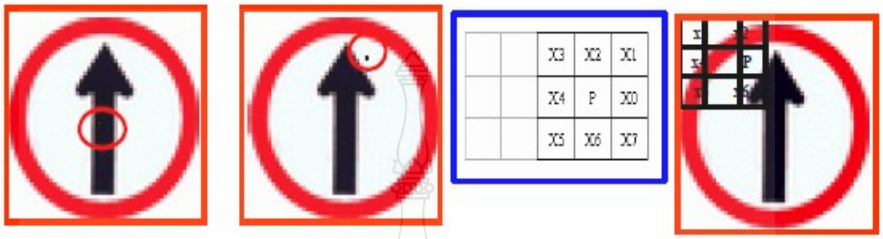
2.10.6 Road Traffic Signs Detection and Classification for Blind Man Navigation System

จากงานวิจัยของ Songkran Kantawong [9] งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคในการตรวจหาป้ายจราจรซึ่งใช้คุณลักษณะของป้ายได้แก่สีและรูปร่างที่แตกต่างกันในการแยกความแตกต่างและใช้ Back Propagation Neural Network (BNN) ในการรู้จำป้ายจราจร



ภาพที่ 2.50 บล็อกไดอะแกรมกระบวนการและการปรับปรุงคุณภาพ

การลดสัญญาณรบกวนและปรับปรุงคุณภาพทำโดยการสร้าง Mask ขนาด 3x3 พิกเซล สแกนจากซ้ายสุดของภาพไปยังพิกเซลสุดท้ายของภาพ ดังภาพที่ 2.51 เกณฑ์ในการตัดสินใจของพิกเซลเป็นข้อมูลในกรณีของสัญญาณรบกวนเดี่ยว เมื่อพิกเซลอยู่ตำแหน่งตรงกลางของตารางเมทริกซ์ที่มีการพิจารณาและพื้นที่ใกล้เคียงแปดพิกเซล เรียกวิธีการนี้ว่าการ Closing



(ก) (ข) (ค) (ง)

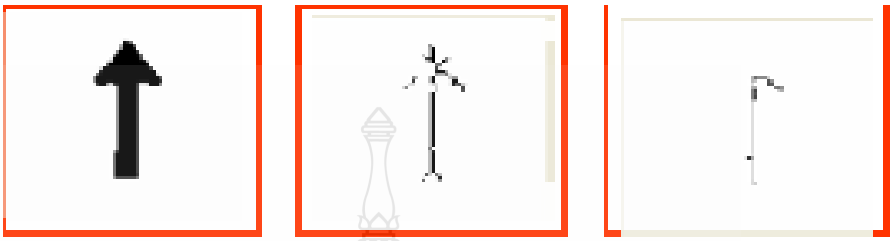
ภาพที่ 2.51 กระบวนการลดสัญญาณรบกวน

จากภาพที่ 2.51 เป็นกระบวนการในการลดสัญญาณรบกวนโดยเรียกวิธีการนี้ว่าเทคนิคการ Closing โดยภาพที่ 2.51(ข) เป็นภาพการเกิดสัญญาณรบกวนขึ้น ซึ่งจะใช้เมตริกซ์ขนาด 3x3 ดังภาพที่ 2.51(ค) เพื่อสแกนในการทำการ Closing ดังภาพที่ 2.51(ง) เมื่อทำการลดสัญญาณรบกวนได้แล้วก็ทำการกำหนดค่าเทรชโฮลในการตรวจหาตำแหน่งของสัญลักษณ์บนป้ายจราจร โดยใช้โมเดลสี HIS ก็คือ กำหนดค่าของสี ความอิ่มตัวของสีและความเข้มของสี ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 2.52

(ก) ก่อน (ข) หลัง

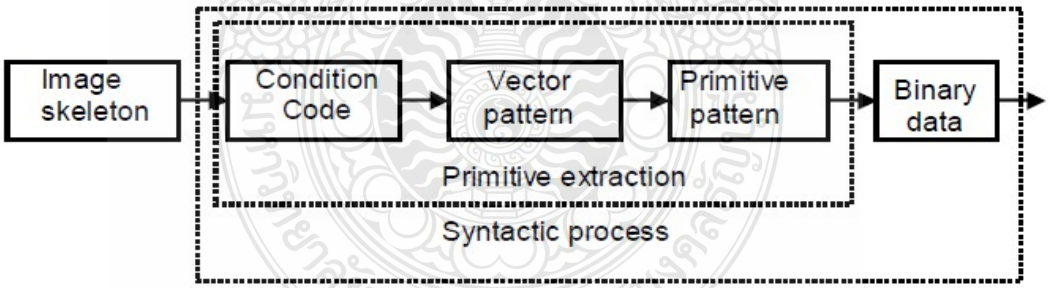
ภาพที่ 2.52 ผลจากการกำหนดค่าเทรชโฮลของสี

ภาพป้ายจราจรจะถูกลดขนาดลงจนกระทั่งมีเพียง 1 พิกเซลที่มีลักษณะเหมือนโครงกระดูก (Skeleton) โดยใช้ SPTA (Safe Point Classical Thinning Algorithm) ในเทคนิคการเข้ารหัสรูปร่างดังภาพที่ 2.52 ซึ่งจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์รูปร่างต่อไป



ภาพที่ 2.53 กระบวนการการสร้างรูปแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์รูปร่าง

หลังจากนั้นจะนำไปเข้าสู่กระบวนการซินแท็กติก โดยภาพ skeletonจะใช้ในการค้นหาลักษณะดั้งเดิมของป้ายจราจร โดย 3 กระบวนการย่อยๆ ได้แก่ การแปลงรหัสเงื่อนไข (Condition Code Converter) การแปลงรูปแบบเวกเตอร์ (Vector Pattern Converter) และการแปลงรูปแบบดั้งเดิม (Primitive Pattern Converter) และสุดท้ายการแปลงข้อมูลไบนารี่ เพื่อป้องกันกระบวนการซินแทกติก ดังภาพที่ 2.54



ภาพที่ 2.54 กระบวนการซินแทกติก

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างข้อมูลของการแปลงข้อมูลป้ายจราจรโดยใช้เทคนิคการเข้ารหัส

หมายเลขป้าย	ประเภทป้าย	ข้อมูลไบนารี
1		01 00 00 10 1111 00 11 01 00 0010 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111
2		01 10 00 10 1111 00 11 11 00 0010 0000 0111 0101 1111 1111 1111 1111
3		01 11 00 10 1111 00 00 11 11 0010 0000 0111 0110 1111 1111 1111 1111
4		01 11 00 10 1111 00 10 11 00 0000 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111

ตารางที่ 2.6 ผลการทดสอบการตรวจหาป้ายจราจร

ป้ายจราจร (ป้ายละ 50 ภาพ)	ตรวจสอบถูกต้อง	ตรวจสอบผิดพลาด	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง (%)
ป้ายที่ 1	48	2	96
ป้ายที่ 2	47	3	94
ป้ายที่ 3	50	0	100
ป้ายที่ 4	46	4	92
ป้ายที่ 5	47	3	94
ป้ายที่ 6	47	3	94
ป้ายที่ 7	45	5	90
ป้ายที่ 8	45	5	90
ป้ายที่ 9	45	5	90
ป้ายที่ 10	43	7	86
ป้ายที่ 11	49	1	98
ป้ายที่ 12	45	5	90
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง			92.83

จากตารางที่ 2.6 เป็นผลการทดสอบโดยการนำภาพตัวอย่างของป้ายจราจรทั้งหมด 12 ป้าย มาทดสอบ โดยแต่ละป้ายใช้ภาพตัวอย่างในการทดสอบป้ายละ 50 ภาพ ซึ่งให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง 92.83 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นได้ทำการทดสอบการตรวจหาป้ายจราจรในกรณีต่างๆ ได้แก่ การทดสอบกรณีป้ายตรงและป้ายหยุด การทดสอบกรณีป้ายตรงและป้ายหยุดและการทดสอบการตรวจหาป้ายจราจรกรณีป้ายตรงและป้ายเลี้ยวซ้าย

ตารางที่ 2.7 ผลการทดสอบกรณีป้ายตรงและป้ายหยุด

ป้ายจราจร	ตรวจสอบถูกต้อง	ตรวจสอบผิดพลาด	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
ป้ายตรง	7	3	70 %
ป้ายหยุด	5	0	100 %
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง			85 %

จากผลการทดลองในดังตารางที่ 2.7 แสดงผลการทดสอบกรณีป้ายตรงและป้ายหยุด โดยนำภาพทั้งหมด 15 ภาพ สามารถตรวจสอบป้ายตรงได้ถูกต้อง 85 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2.8 ผลการทดสอบกรณีป้ายตรงและป้ายหยุด

ป้ายจราจร	ตรวจสอบถูกต้อง	ตรวจสอบผิดพลาด	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
ป้ายตรง	7	3	70 %
ป้ายเลี้ยวขวา	5	0	100 %
ป้ายหยุด	4	1	80 %
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง			83.33 %

จากผลการทดลองในดังตารางที่ 2.8 แสดงผลการทดสอบกรณีป้ายตรง ป้ายเลี้ยวขวาและป้ายหยุด โดยนำภาพทั้งหมด 20 ภาพ สามารถตรวจสอบป้ายตรงได้ถูกต้อง 83.33 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2.9 ผลการทดสอบการตรวจหาป้ายจราจรกรณีป้ายตรงและป้ายเลี้ยวซ้าย

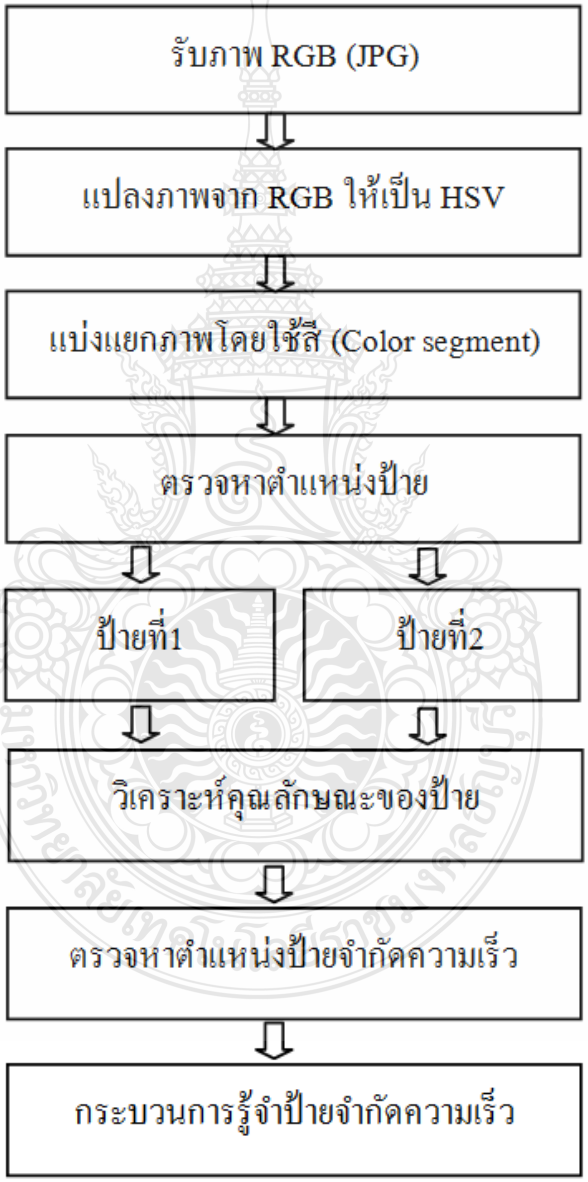
ป้ายจราจร	ตรวจสอบถูกต้อง	ตรวจสอบผิดพลาด	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
ป้ายตรง	7	3	70 %
ป้ายเลี้ยวซ้าย	4	1	80 %
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง			75 %

จากผลการทดลองในดังตารางที่ 2.9 แสดงผลการทดสอบกรณีป้ายตรงและป้ายเลี้ยวซ้าย โดยนำภาพทั้งหมด 15 ภาพ สามารถตรวจสอบป้ายตรงได้ถูกต้อง 75 เปอร์เซ็นต์

นอกจากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้วก็ยังมีผู้ทำงานวิจัยในการตรวจหาป้ายจราจรอื่นๆ เช่น Speed Limit Traffic Sign Detection and Recognition [10] ซึ่งงานวิจัยนี้ก็ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็ว โดยใช้ Hierarchical Hough Transform และงานวิจัยที่ทำวิจัยป้ายจราจรต่างๆ ได้แก่ Road Sign Detection and Recognition [11] และ Identification of Degraded Traffic Sign Symbols by A Generative Learning Method [12]

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยในเรื่องการตรวจหาและรู้จำป้ายจำกัดความเร็วโดยอาศัยหลักการอินเตอร์เซ็กชันภายในเฟรมในการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็ว มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในเงื่อนไขที่ถูกสภาพแวดล้อมบดบัง

3.1 ผลจากการแปลงค่าสีจาก RGB เป็น HSV

ภาพที่รับเข้ามาเป็นภาพ RGB ซึ่งโมเดลสี RGB เป็นโมเดลของแสงสี จะเกิดจากการผสมกันระหว่างแสงสีแดง (R) แสงสีเขียว (G) และแสงสีน้ำเงิน (B) ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นดังภาพที่ 3.1 โดยจากรูปจะพบว่าใน 1 พิกเซล จะมีองค์ประกอบของสีแดง (R) สีเขียว (G) และสีน้ำเงิน (B) โดยจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-255

ภาพที่ 3.2 องค์ประกอบของภาพ RGB

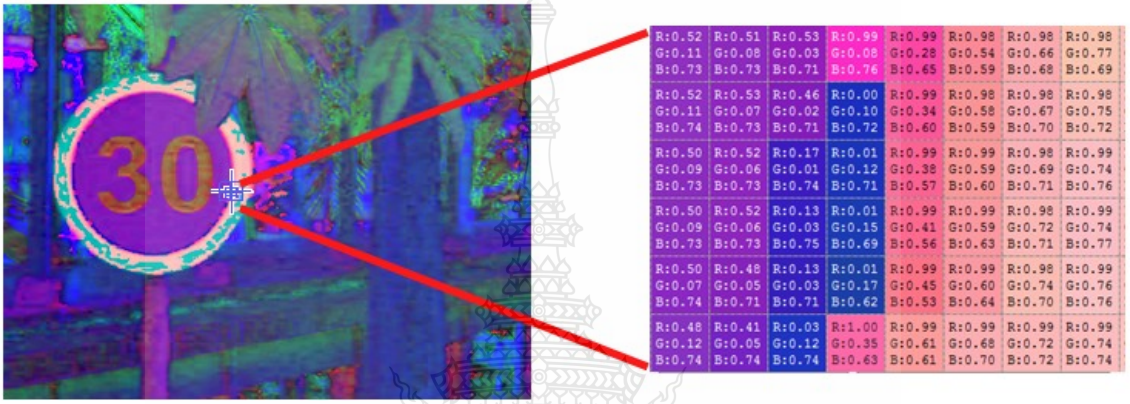
โมเดลสี RGB เป็นโมเดลของแสงสี ค่าทั้งสามสีจะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณแสงจึงทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการแปลงโมเดลสี RGB เป็น HSV เพื่อนำมาใช้ในการแบ่งแยกสี โดยแปลงโมเดลสี RGB เป็น HSV โดยการคำนวณได้จากสมการที่ 3.1, 3.2 และ 3.3 ซึ่งผลหลังจากการแปลงมีลักษณะดังภาพที่ 3.3

$$H = \begin{cases} \left(\dfrac{G-B}{\max-\min}\right)\times 60 & ; R = \max \\ 2+\left(\dfrac{B-R}{\max-\min}\right)\times 60 & ; G = \max \\ \left(4+\dfrac{R-G}{\max-\min}\right)\times 60 & ; B = \max \end{cases} \tag{3.1}$$

$$S = \left(\frac{\max-\min}{\max}\right) \tag{3.2}$$

$$V = \max \tag{3.3}$$

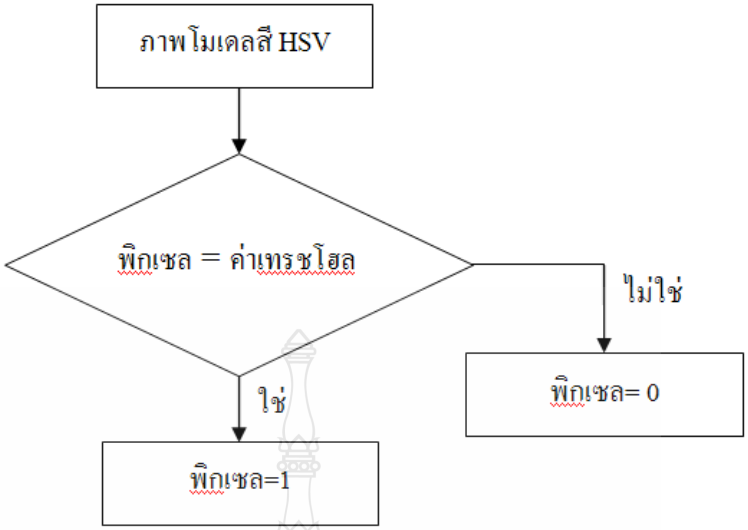
โมเดลสี RGB เป็นโมเดลของแสงสี ค่าทั้งสามสีมีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณแสง แต่โมเดลสี HSV ค่า H และ S จะไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณแสง ทำให้มีความคงทนต่อแสงมากกว่า [13]



ภาพที่ 3.3 ผลจากการแปลงโมเดลสี RGB เป็น HSV

3.2 การแบ่งแยกภาพโดยใช้สี (Color Segmentation)

การแบ่งแยกสีใช้กรณีที่เราต้องการจำกัดสิ่งที่ไม่ต้องการออกไปจากภาพโดยการกำหนดค่าขอบเขตสีที่เราต้องการไว้โดยให้มีค่าเท่ากับ 1 ส่วนสีที่เราไม่ต้องการกำหนดค่าให้เท่ากับ 0 ในการตรวจหาตำแหน่งของป้ายจำกัดความเร็วอาศัยการตรวจสอบสีแดงของขอบป้ายเพื่อทำการหาขอบเขตหรือตำแหน่งของป้าย โดยใช้การแบ่งแยกสีของขอบป้ายซึ่งเป็นสีแดง โดยกำหนดค่าเทรชโฮลของสีแดงเพื่อใช้ในการแบ่งแยกสี



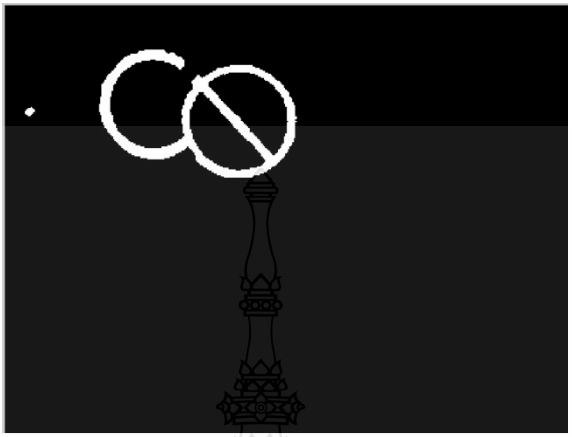
ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการแบ่งแยกสีแดงของขอบป้ายโดยใช้โมเดลสี HSV

ในการแบ่งแยกสีแดงขอบขอบป้ายจะต้องใช้ค่าเทรชโฮลที่เหมาะสม หากเลือกค่าเทรชโฮลไม่เหมาะสมจะทำให้ผลการทดลองที่ได้ผิดพลาด ตัวอย่างภาพหลังจากการแบ่งแยกสีดังภาพที่ 3.5

ภาพที่ 3.5 ผลลัพธ์จากการแบ่งแยกสีแดงของขอบป้าย

หลังจากการแบ่งแยกสีเราพบว่ามีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้น ซึ่งสัญญาณรบกวนเหล่านี้เกิดจากตรวจพบองค์ประกอบของสีแดงในภาพ ซึ่งนอกเหนือจากขอบป้าย ดังนั้นก่อนนำภาพไปเข้าสู่กระบวนการตรวจหาตำแหน่งป้ายจำเป็นต้องมีการปรับปรุงภาพให้สมบูรณ์ก่อนเพื่อลดความ

ผิดพลาดในการประมวลผลที่อาจจะเกิดขึ้น ในการลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจะใช้เทคนิคการ Opening ทำให้ภาพที่ได้จากการปรับปรุงภาพด้วยวิธีดังกล่าวมีสัญญาณรบกวนลดลงดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 ผลจากการ Opening แบบ Disk

3.3 หาตำแหน่งป้ายในภาพ

ขั้นตอนการตรวจหาขอบเขตของป้ายอาศัยหลักการ อินเตอร์เซ็กชันภายในเฟรมของคอลัมน์และแถว (Intra-Frame Intersection Column and Row) โดยการตรวจหาตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้ายของป้ายและสามารถหาขอบเขตของป้ายโดยหาพื้นที่จากการอินเตอร์เซ็กชันระหว่าง Pm และ Pn ดังสมการที่ 3.6 โดยที่ Pm คือ เซตของเวกเตอร์ที่แทนในคอลัมน์ของป้าย หาได้จากความสัมพันธ์ในสมการที่ 3.4 และ Pn คือ เซตของเวกเตอร์ที่แทนในแถวของป้าย ดังในภาพที่ 3.7

$$Pm = m2 \geq Pm \geq m1 \tag{3.4}$$

$$Pn = n2 \geq Pn \geq n1 \tag{3.5}$$

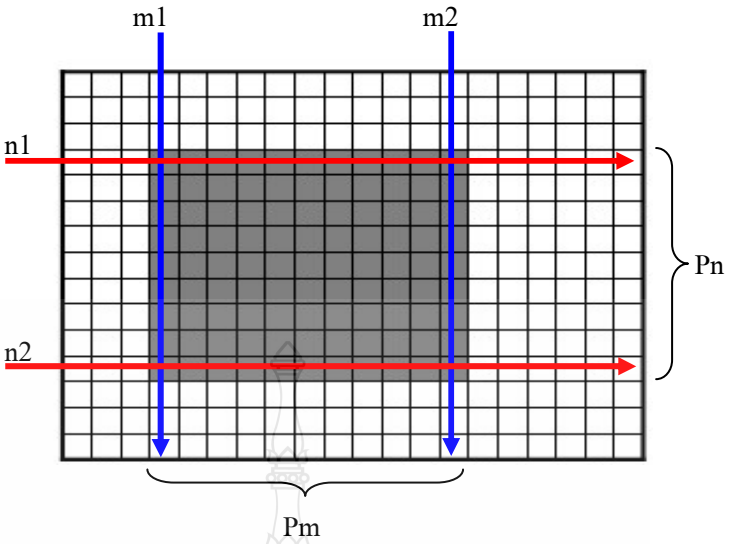
$$P = Pm \cap Pn \tag{3.6}$$

โดย m1 คือ ตำแหน่งคอลัมน์เริ่มต้นของป้าย

m2 คือ ตำแหน่งคอลัมน์สุดท้ายของป้าย

n1 คือ ตำแหน่งแถวเริ่มต้นของป้าย

n2 คือ ตำแหน่งแถวสุดท้ายของป้าย

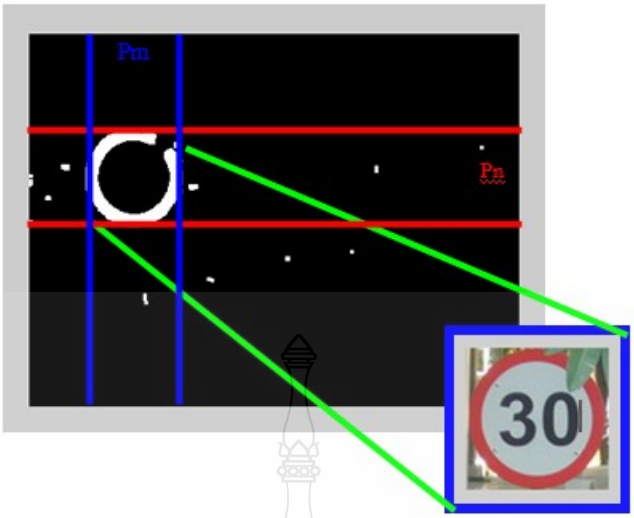


ภาพที่ 3.7 หลักการการอินเตอร์เซ็กชันภายในเฟรม

จากภาพที่ 3.7 เป็นการตรวจหาตำแหน่งของป้ายจำกัดความเร็วในภาพตัวอย่าง โดยจะทำการตรวจหาเซตของเวกเตอร์ที่แทนคอลัมน์ของป้าย และเซตของเวกเตอร์ที่แทนแถวของป้าย ซึ่งทำได้โดยการตรวจหาตำแหน่งเริ่มต้นที่เกิดข้อมูลสีแดง นั่นคือ คอลัมน์แรกที่ตรวจพบข้อมูลสีแดงและแถวแรกที่ตรวจพบข้อมูลสีแดง และตรวจหาตำแหน่งสุดท้ายที่เกิดสีแดง ซึ่งก็คือตรวจหาตำแหน่งคอลัมน์สุดท้ายที่พบข้อมูลสีแดงและตำแหน่งแถวสุดท้ายที่พบข้อมูลสีแดงนั่นเอง จากนั้นนำเซตของเวกเตอร์ที่แทนคอลัมน์ของป้ายทำการอินเตอร์เซ็กชันภายในเฟรมกับเซตของเวกเตอร์ที่แทนแถวของป้าย เพื่อหาตำแหน่งของการเกิดกลุ่มข้อมูลสีแดง หรือสิ่งที่สันนิษฐานว่าเป็นป้ายจำกัดความเร็ว

3.3.1 การหาตำแหน่งป้ายในภาพที่มีป้ายจำกัดความเร็วเพียงป้ายเดียว

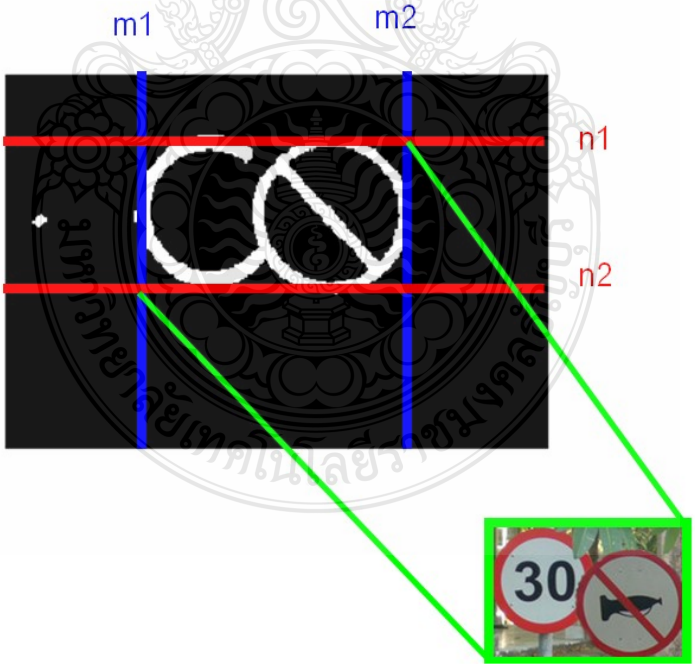
หากในภาพนั้นมีป้ายจำกัดความเร็วเพียงป้ายเดียว โดยไม่มีป้ายที่มีลักษณะคล้ายป้ายจำกัดความเร็วอยู่ในภาพ จะใช้การอินเตอร์เซ็กชันภายในเฟรมเพื่อหาตำแหน่งป้ายได้ดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 ผลจากการตรวจหาตำแหน่งป้าย

3.3.2 การหาตำแหน่งป้ายในภาพที่มีป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มีป้าย 2 ป้าย

ในกรณีที่ในภาพมีป้ายจำกัดความเร็วในภาพ 2 ป้าย ต้องทำการหาตำแหน่งของกลุ่มป้ายก่อนแล้ว จึงทำการหาตำแหน่งของป้ายแต่ละป้าย



ภาพที่ 3.9 ผลจากการตรวจหาตำแหน่งของกลุ่มป้าย

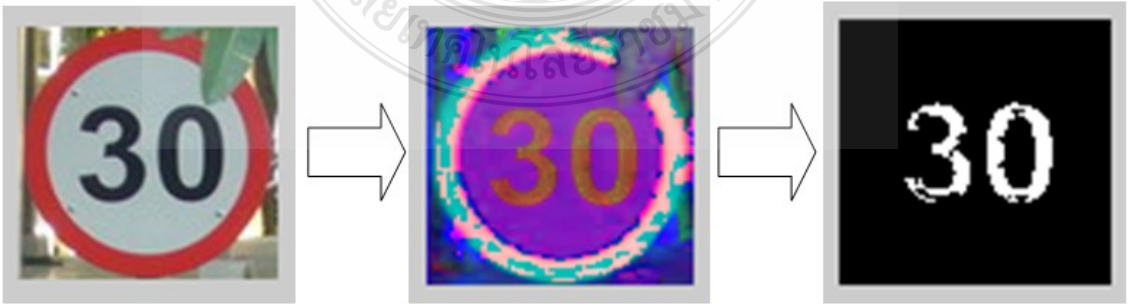
เมื่อตรวจหาตำแหน่งของกลุ่มป้ายเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการตรวจหาตำแหน่งของป้ายแต่ละป้าย โดยการทำการคำนวณหาจำนวนพิกเซลของแถวและคอลัมน์ เพื่อเปรียบเทียบหาพิกเซลที่มากกว่าแล้วทำการแบ่งส่วนของภาพที่ตำแหน่งกึ่งกลางของพิกเซลของแถวหรือคอลัมน์ที่มากกว่าเพื่อแบ่งแยกภาพออกเป็น 2 ส่วน ดังภาพที่ 3.10(ก) ผลจากการแบ่งภาพออกเป็น 2 ส่วนก็จะได้ตำแหน่งของป้ายทั้งสองดังภาพที่ 3.10(ข)

(ก) ตำแหน่งของกลุ่มป้าย (ข) ตำแหน่งของป้ายแต่ละป้าย

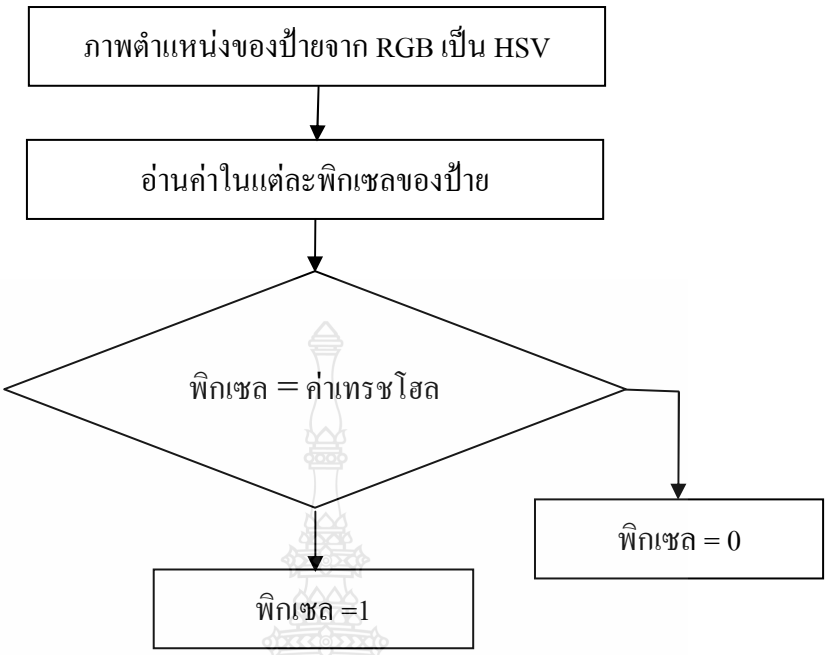
ภาพที่ 3.10 การหาตำแหน่งป้ายแต่ละป้าย

3.4 การแบ่งแยกของตัวเลขบนป้าย

ในการแบ่งแยกสีจะทำการแบ่งแยกสีดำออกจากส่วนอื่นๆ ของภาพจะทำการแปลงภาพ RGB ให้เป็น HSV แล้วทำการแบ่งแยกสี โดยกำหนดค่าเทรชโฮลของตัวเลขสีดำขึ้นเพื่อใช้ในการแบ่งแยกสี หากพิกเซลใดมีค่าเท่ากับค่าเทรชโฮลจะกำหนดให้พิกเซลนั้นมีค่าเท่ากับ 1 (สีขาว) และหากพิกเซลใดมีค่าไม่เท่ากับค่าเทรชโฮลจะกำหนดให้พิกเซลนั้นมีค่าเท่ากับ 0 (สีดำ) ดังภาพที่ 3.11 ซึ่งขั้นตอนการแบ่งแยกสีที่ขั้นตอนต่างๆ ดังรูปที่ 3.12



ภาพที่ 3.11 กระบวนการในการแบ่งแยกภาพด้วยสีของตัวเลขบนป้าย



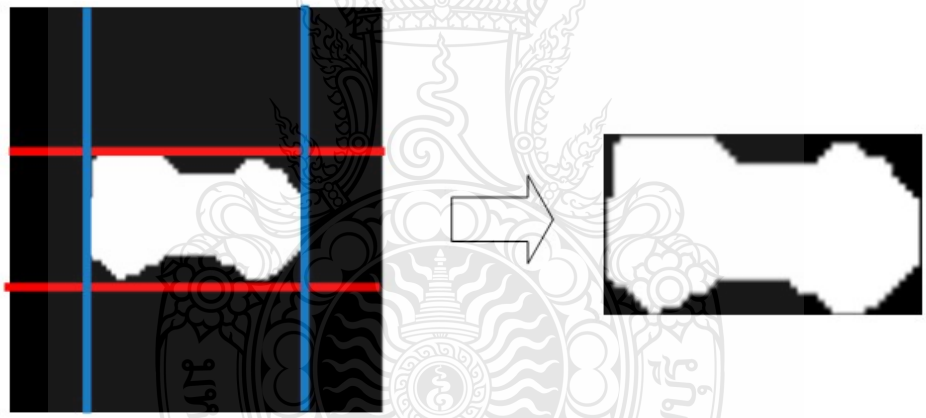
ภาพที่ 3.12 การแบ่งแยกสีดำของตัวเลข

ผลจากการแบ่งแยกสีดำโดยใช้โมเดลสี HSV พบว่าตัวเลขที่ได้ไม่สมบูรณ์มากดังภาพที่ 3.13 เนื่องจากส่วนอื่นของภาพมีองค์ประกอบของสีดำอยู่จำนวนมาก ดังนั้นจึงต้องใช้เทคนิคการ Closing เพื่อเชื่อมตัวเลขดังภาพที่ 3.14 จากนั้นจึงนำเข้าสู่กระบวนการตรวจหาตำแหน่งของกลุ่มตัวเลขบนป้าย

ภาพที่ 3.13 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการแบ่งแยกสีดำของตัวเลข

ภาพที่ 3.14 ผลจากการ Closing แบบ Disk

หลังจากที่ใช้เทคนิคการ Closing เพื่อเชื่อมตัวเลขทั้งสองตัวเรียบร้อยแล้วก็ทำการตรวจหาตำแหน่งของตัวเลขโดยใช้เทคนิคอินเตอร์เซ็กชันภายในเฟรม



ภาพที่ 3.15 การตรวจหาตำแน่งของกลุ่มตัวเลข

ภาพที่ 3.16 ผลจากการตรวจหาตำแน่งของกลุ่มตัวเลข

3.5 การวิเคราะห์คุณลักษณะของป้ายจำกัดความเร็ว

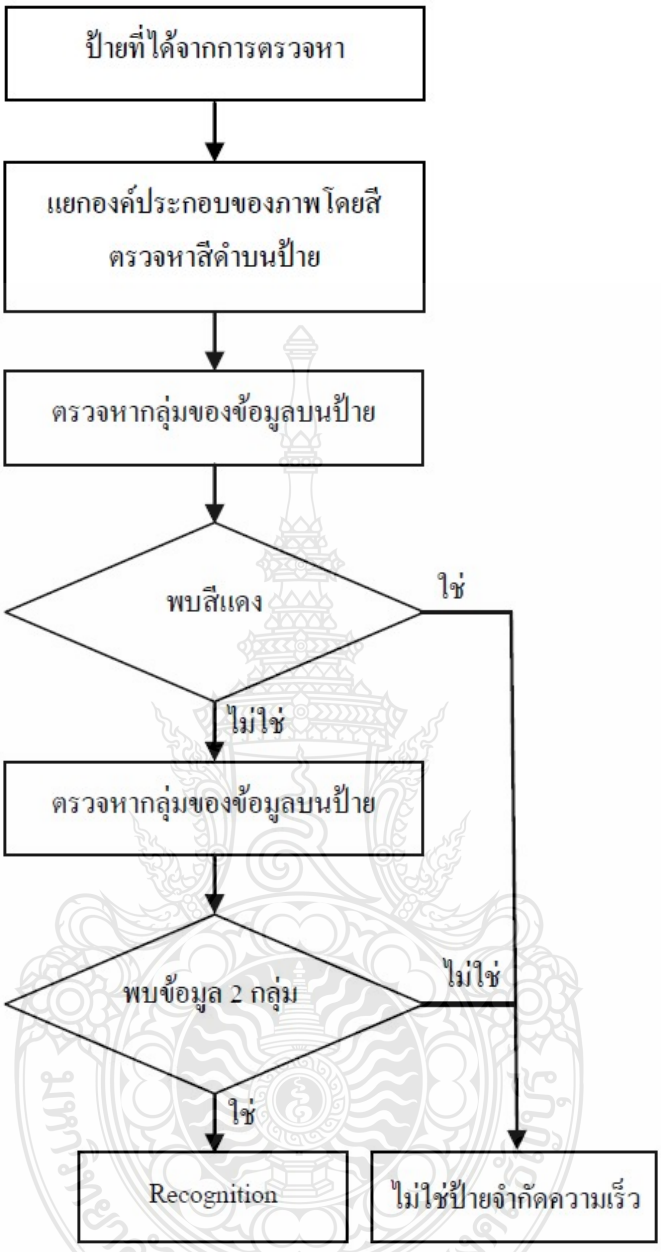
คุณลักษณะของป้ายจำกัดความเร็วที่ใช้ในบทความนี้ดังนี้คือ มีตัวเลข 2 ตัวอยู่บนป้าย ตัวเลขตัวที่ 1 จะมีตัวเลขตั้งแต่ 1-9 และในหลักที่ 2 จะเป็นเลข 0

ภาพที่ 3.17 คุณลักษณะของป้ายจำกัดความเร็ว

ในการทดสอบหากมีป้ายที่มีลักษณะคล้ายกับป้ายจำกัดความเร็วคือ มีลักษณะเป็นป้ายวงกลมขอบสีแดง พื้นสีขาว และมีสัญลักษณ์บนป้ายเป็นสีดำ ป้ายลักษณะเหล่านี้จะเป็นป้ายที่มักทำให้เกิดความผิดพลาดในการประมวลผล

ภาพที่ 3.18 ป้ายที่มีลักษณะคล้ายป้ายจำกัดความเร็ว

ในการวิเคราะห์คุณลักษณะของป้ายที่มีลักษณะบ่งชี้ว่าเป็นป้ายจำกัดความเร็ว คือ ต้องไม่มีกลุ่มของข้อมูลสีแดงปะปนกับกลุ่มข้อมูลสีดำบนป้าย และกลุ่มของข้อมูลบนป้ายจะมี 2 ช่วง นั่นคือ ตัวเลขหลักแรก และตัวเลขหลักที่สอง โดยขั้นตอนในการวิเคราะห์คุณลักษณะของป้าย แสดงดังภาพที่ 3.20



ภาพที่ 3.20 การวิเคราะห์คุณลักษณะของป้าย

ป้ายจำกัดความสูงและป้ายจำกัดน้ำหนักจะมีลักษณะคล้ายกับป้ายจำกัดความเร็วคือ มีตัวเลขอยู่บนป้ายแต่จะมีสัญลักษณ์กำกับไว้บนป้ายที่แตกต่างกันป้ายจำกัดน้ำหนักพบข้อมูล 1 กลุ่มให้ป้ายจำกัดความสูงพบข้อมูลมากกว่า 2 กลุ่ม

ภาพที่ 3.19 ป้ายที่มีตัวเลขบนป้ายเช่นเดียวกับป้ายจำกัดความเร็ว

3.6 การตรวจหาตำแหน่งตัวเลขแต่ละตัว

หลังจากได้ขอบเขตของตัวเลขแล้ว เราพบว่าในภาพที่เป็นโมเดลสี RGB จะมีเพียงแค่ 2 สี คือ สีขาวและดำเท่านั้น ในขั้นตอนการตรวจหาขอบเขตของตัวเลขแต่ละตัวจึงใช้เทคนิคการตรวจหาตัวเลขแต่ละตัวโดยใช้ทฤษฎี Gray Scale ในการแบ่งแยกสี โดยสามารถหาค่า Gray Scale จากการแปลงโมเดลสี RGB เป็น Gray Scale ได้ดังนี้

1) ความสว่างของสี (Lightness) สามารถแปลงโดยการคำนวณหาค่าความสว่างของสีที่มีความโดดเด่นที่สุดและโดดเด่นน้อยที่สุด โดยคำนวณจากสมการที่ 3.7

$$\text{Grayscale} = (\max(R, G, B) + \min(R, G, B)) / 2 \tag{3.7}$$

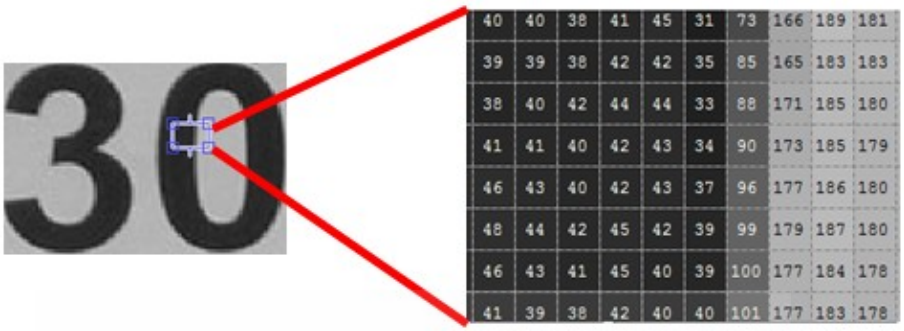
2) การหาค่าเฉลี่ยความสว่างของสี (Average Brightness) โดยการหาค่าเฉลี่ยเพียงค่าเดียว โดยการคำนวณจากสมการที่ 3.8

$$\text{Grayscale} = (R + G + B) / 3 \tag{3.8}$$

3) การส่องสว่าง (Luminosity) วิธีนี้ซับซ้อนกว่าวิธีการหาค่าเฉลี่ย โดยกำหนดน้ำหนักของสีแดง สีเขียวและน้ำเงิน โดยคำนวณหาค่าสีระดับสีเทาจากสมการที่ 3.9 [14]

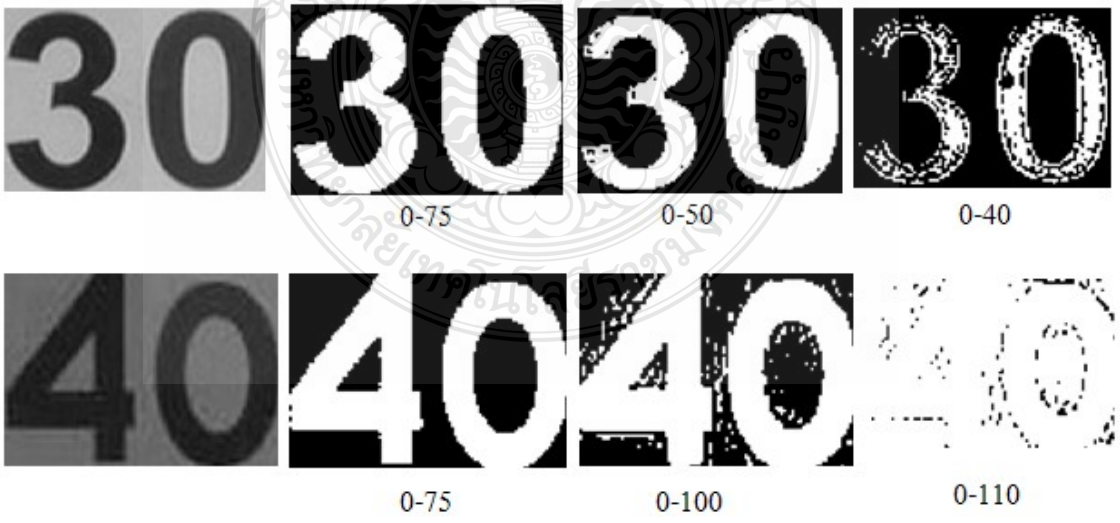
$$\text{Grayscale} = (0.2989R) + (0.5870G) + (0.1140B) \tag{3.9}$$

ผลจากการแปลงภาพ RGB เป็น Gray scale จะได้ภาพระดับสีเทาค่าตั้งแต่ 0-255 โดยที่ค่า 0 คือ สีดำ และค่า 255 คือสีขาว ดังภาพที่ 3.21



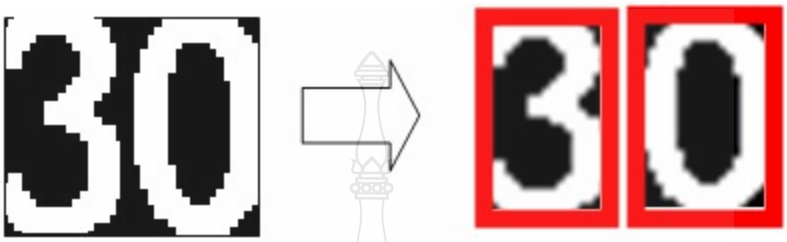
ภาพที่ 3.21 ตัวอย่างภาพระดับสีเทาของตัวเลขบนป้ายจำกัดความเร็ว

หลังจากแปลง RGB เป็น Gray Scale แล้วก็ทำการแบ่งแยกสีโดยการกำหนดค่าเทรชโฮลของตัวเลขบนป้ายจำกัดความเร็ว กำหนดค่าเทรชโฮลของสีดำให้มีค่าเท่ากับ 0 -75 เนื่องจากช่วงที่มีความเข้มของสีเทามากที่สุดคือ 0 หรือสีดำนั่นเองและเนื่องจากพื้นป้ายจำกัดความเร็วเป็นสีขาว แต่ในความเป็นจริงพื้นป้ายที่เราเห็นเป็นสีขาวนั้น มีลักษณะเป็นสีเทาที่มีความเข้มของสีเทาต่ำๆ ในการกำหนดค่าเทรชโฮลของตัวเลขบนป้าย หากกำหนดค่าเทรชโฮลไว้แคบมาก (ต่ำกว่า 0-75) มีผลทำให้ตัวเลขที่ได้ไม่สมบูรณ์โดยมีลักษณะตัวเลขขาดหายหรือมองว่าตัวเลขเป็นพื้นป้าย แต่หากกำหนดค่าเทรชโฮลไว้ กว้างมาก (มากกว่า 0-75) ก็จะมีส่วนของพื้นป้ายที่อัลกอลิทึมมองว่าเป็นตัวเลข ดังแสดงในภาพที่ 3.22



ภาพที่ 3.22 ผลของค่าเทรชโฮลที่มีผลกับความสมบูรณ์ของตัวเลข

ในการตรวจหาตัวเลขแต่ละตัวนั้นจะทำการการอินเตอร์เซ็กชันตัวเลขแต่ละตัวเพื่อหาตำแหน่งหรือขอบเขตของตัวเลขแต่ละตัวดังภาพที่ 3.23 แล้วนำตัวเลขดังกล่าวไปเข้าสู่กระบวนการการรู้จำตัวเลข เพื่อจำแนกตัวเลขว่าเป็นตัวเลขใดและป้ายนั้นเป็นป้ายจำกัดความเร็วหรือไม่ ถ้าเป็นป้ายจำกัดความเร็วแล้วป้ายนั้นจำกัดความเร็วที่กี่กิโลเมตรต่อชั่วโมง



ภาพที่ 3.23 ผลจากการตรวจหาตำแหน่งตัวเลขแต่ละตัว

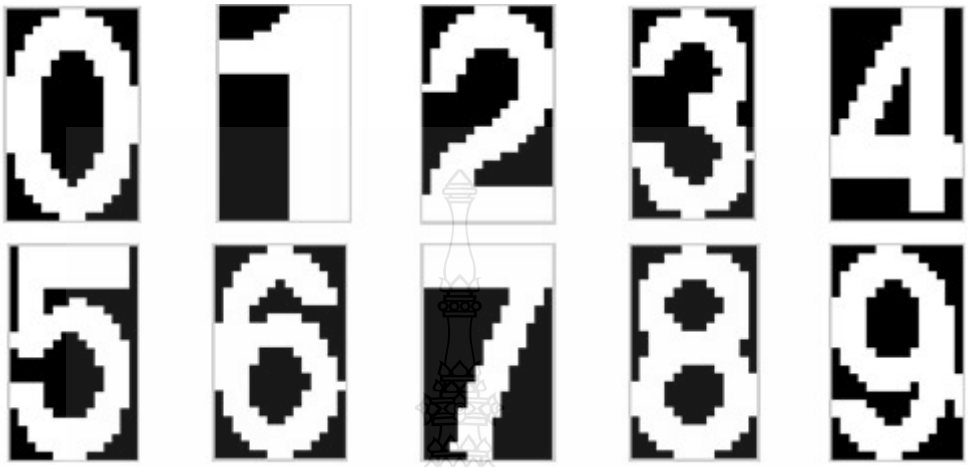
3.7 กระบวนรู้จำตัวเลขบนป้าย

กระบวนการในการรู้จำตัวเลขบนป้ายจะทำการเปรียบเทียบตัวเลขจะภาพตัวอย่างกับภาพต้นแบบ โดยสร้างเทมเพลตตัวเลขตั้งแต่ 0-9 เพื่อเปรียบเทียบกับตัวเลขที่ตรวจพบในป้าย ซึ่งการสร้างตัวเลขต้นแบบนั้นในงานวิจัยนี้ได้สร้างตัวเลขต้นแบบขนาด 25x15 ขึ้นมาเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ การปรับขนาดภาพ (Resize) มีผลต่อการตรวจหาตัวเลขบนป้าย หากปรับขนาดภาพให้มีขนาดเล็กเกินไปจะทำให้ตัวเลขที่นำไปเข้าสู่กระบวนการรู้จำตัวเลขมีความสมบูรณ์น้อย มีผลทำให้ในการตรวจหาตัวเลขบนป้ายเกิดความผิดพลาดขึ้นโดยตัดสินใจเป็นตัวเลขอื่นได้ง่าย ซึ่งผลการปรับขนาดตัวเลขด้วยขนาดต่างๆ ดังภาพที่ 3.24

(ก) ภาพขนาด 25x15 (ข) ภาพขนาด 15x9 (ค) ภาพขนาด 7x5

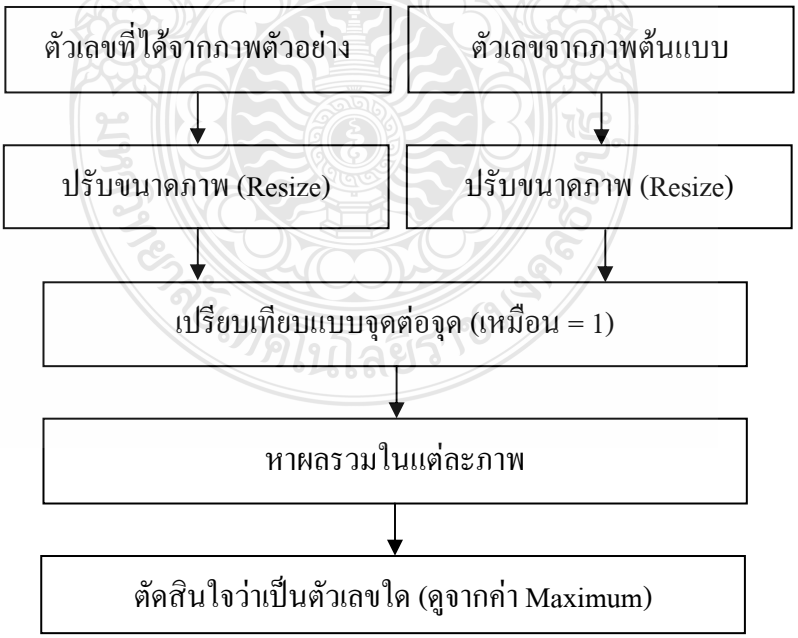
ภาพที่ 3.24 ผลลัพธ์การปรับขนาดภาพขนาดต่างๆ

ผลลัพธ์ในการปรับขนาดของภาพตัวเลขที่ใช้เปรียบเทียบกับภาพตัวอย่างที่มีขนาด 25x15 พิกเซล จะให้ตัวเลขที่มีความสมบูรณ์เพียงพอที่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการประมวลผลลดลง



ภาพที่ 3.25 ตัวเลขต้นแบบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับภาพตัวอย่าง

กระบวนการในการรู้จำตัวเลขบนป้ายจะทำการเปรียบเทียบตัวเลขจากภาพต้นแบบกับภาพตัวอย่าง โดยมีขั้นตอนดังภาพที่ 3.26



ภาพที่ 3.26 ขั้นตอนการกระบวนการรู้จำตัวเลข

ตัวเลขที่ได้จากป้ายตัวอย่างจะมีขนาดไม่กับตัวเลขต้นแบบที่สร้างขึ้นดังนั้นจึงต้องทำการปรับขนาด (Resize) ให้ตัวเลขแต่ละตัวมีขนาด 25x15 เท่ากับตัวเลขต้นแบบก่อน แล้วจึงเข้าสู่กระบวนการเปรียบเทียบเพื่อจำแนกตัวเลขกระบวนการในการเปรียบเทียบเพื่อทำการจำแนกตัวเลขจะทำการเปรียบเทียบตำแหน่งในแต่ละพิกเซลของทั้งสองภาพแบบจุดต่อจุด จากนั้นนำผลการเปรียบเทียบตัวเลขแต่ละชุดมาหาค่าสูงสุด (Maximum) เพื่อดูว่าตัวเลขจากภาพตัวอย่างเหมือนกับตัวเลขต้นแบบใดมากที่สุด โดยตัวเลขจากภาพตัวอย่างในหลักที่ 1 เปรียบเทียบกับตัวเลข 1-9 ของชุดตัวเลขต้นแบบและในหลักที่ 2 ใช้เปรียบเทียบกับตัวเลข 0 และ 5 ของชุดตัวเลขต้นแบบ ซึ่งสามารถเขียนรูปแบบการเปรียบเทียบตัวเลขโดยใช้สมการที่ 3.10

$$\text{Pattern matching} = \sum\{\text{Sample}(x.y) \oplus \text{Temp}(x,y)\} \tag{3.10}$$

3.7.1 กระบวนรู้จำตัวเลขบนป้ายซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

3.7.1.1 การหาผลรวมของจำนวนพิกเซลที่เหมือนกันของตัวเลขหลักที่ 1

$$a11 = \sum\{\text{Sample1}(x.y) \oplus \text{Temp1}(x,y)\}$$
$$a12 = \sum\{\text{Sample1}(x.y) \oplus \text{Temp2}(x,y)\}$$
$$a13 = \sum\{\text{Sample1}(x.y) \oplus \text{Temp3}(x,y)\}$$
$$a14 = \sum\{\text{Sample1}(x.y) \oplus \text{Temp4}(x,y)\}$$
$$a15 = \sum\{\text{Sample1}(x.y) \oplus \text{Temp5}(x,y)\}$$
$$a16 = \sum\{\text{Sample1}(x.y) \oplus \text{Temp6}(x,y)\}$$
$$a17 = \sum\{\text{Sample1}(x.y) \oplus \text{Temp7}(x,y)\}$$
$$a18 = \sum\{\text{Sample1}(x.y) \oplus \text{Temp8}(x,y)\}$$
$$a19 = \sum\{\text{Sample1}(x.y) \oplus \text{Temp9}(x,y)\}$$

เมื่อหาผลรวมเรียบร้อยแล้ว นำผลรวมพิกเซลมาเปรียบเทียบเพื่อหาค่าสูงสุด โดยตัวเลขที่มีค่าสูงสุด คือ ตัวเลขที่ทำการตัดสินใจ

$$a1 = [a11\ \ a12\ \ a13\ \ a14\ \ a15\ \ a16\ \ a17\ \ a18\ \ a19]$$
$$no1 = \max(a1)$$

3.7.1.2 การหาผลรวมของจำนวนพิกเซลที่เหมือนกันของตัวเลขหลักที่ 2

$$a20 = \sum\{Sample2(x,y) \oplus Temp0(x,y)\}$$
$$a25 = \sum\{Sample2(x,y) \oplus Temp5(x,y)\}$$

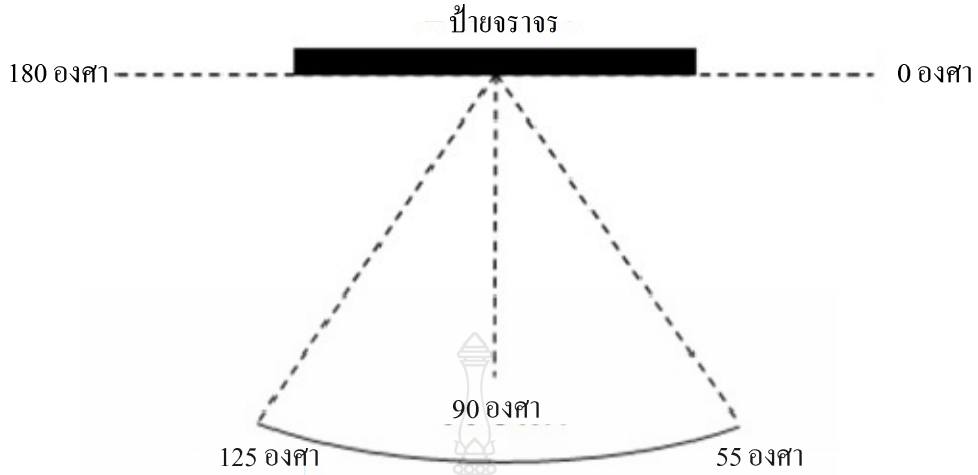
เมื่อหาผลรวมเรียบร้อยแล้ว นำผลรวมพิกเซลมาเปรียบเทียบเพื่อหาค่าสูงสุด โดยตัวเลขที่มีค่าสูงสุดคือ ตัวเลขที่ทำการตัดสินใจ

$$a1 = [a20\ \ a25]$$
$$no2 = \max(a2)$$

โดยที่

Sample1(x,y)	คือ ตัวเลขหลักที่ 1 ในภาพตัวอย่าง
Sample2(x,y)	คือ ตัวเลขหลักที่ 2 ในภาพตัวอย่าง
Temp0(x,y)	คือ เลข 0 ในภาพต้นแบบ
Temp1(x,y)	คือ เลข 1 ในภาพต้นแบบ
Temp2(x,y)	คือ เลข 2 ในภาพต้นแบบ
Temp3(x,y)	คือ เลข 3 ในภาพต้นแบบ
Temp4(x,y)	คือ เลข 4 ในภาพต้นแบบ
Temp5(x,y)	คือ เลข 5 ในภาพต้นแบบ
Temp6(x,y)	คือ เลข 6 ในภาพต้นแบบ
Temp7(x,y)	คือ เลข 7 ในภาพต้นแบบ
Temp8(x,y)	คือ เลข 8 ในภาพต้นแบบ
Temp9(x,y)	คือ เลข 9 ในภาพต้นแบบ

ในการถ่ายภาพบางครั้งไม่สามารถที่จะถ่ายโดยทำมุม 90 องศากับป้ายได้ เนื่องป้ายจราจรอยู่ริมถนน ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองตรวจหาป้ายจราจรในมุมองศาต่างๆ โดยพบว่าภาพที่นำมาใช้ในการทดสอบจะเป็นภาพที่มีมุมในการถ่ายประมาณ 55-125 องศา เนื่องจากป้ายที่ถ่ายในมุมที่นอกเหนือจากนี้จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการประมวลผลโดยมุมการถ่ายภาพสามารถจำลองดังภาพที่ 3.27



ภาพที่ 3.27 แบบจำลองมุมการถ่ายที่เหมาะสม

โดยภาพที่ใช้มุมในการถ่ายนอกเหนือจากมุมการถ่ายที่เหมาะสมกล่าวคือ มุมที่มีค่ามากกว่า 125 องศาและมุมที่น้อยกว่า 55 องศา จะมีลักษณะดังภาพที่ 3.28

ภาพที่ 3.28 ตัวอย่างภาพที่ถ่ายที่มีมุมในการถ่ายที่ไม่เหมาะสม

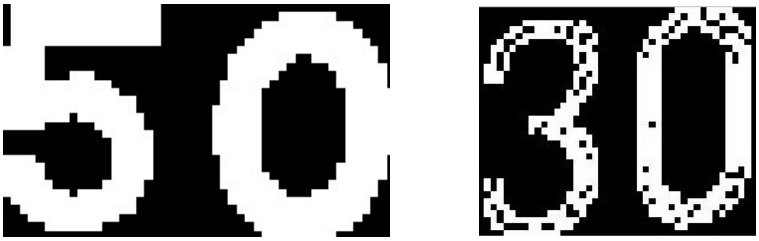
ซึ่งผลที่ได้จากการตรวจหาตำแหน่งตัวเลขจะไม่สามารถตรวจหาตัวเลขได้อย่างสมบูรณ์ ดังภาพที่ 3.29 ซึ่งเมื่อนำตัวเลขไปเข้าสู่กระบวนการรู้จำจะทำให้ผลที่ได้ผิดพลาด เนื่องจากตำแหน่งของตัวเลขคลาดเคลื่อนกับตัวเลขต้นแบบ

ภาพที่ 3.29 ตัวอย่างการตรวจหาตำแหน่งตัวเลขในกรณีที่ถ่ายด้วยมุมที่ไม่เหมาะสม

ภาพที่ 3.30 ผลการตรวจหาตำแหน่งตัวเลขในกรณีที่ถ่ายด้วยมุมที่ไม่เหมาะสม

นอกจากองศาในการถ่ายภาพจะมีผลในการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วแล้ว ในกรณีหลังฝนตกป้ายจะมีน้ำฝนเกาะอยู่ จึงทำการทดสอบว่าน้ำฝนดังกล่าวมีผลทำให้การตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วผิดพลาดหรือไม่

ภาพที่ 3.31 ป้ายจำกัดความเร็วที่ถ่ายหลังฝนตก



ภาพที่ 3.32 ผลการตรวจหาตัวเลขบนป้ายที่ถ่ายหลังฝนตก

จากการนำภาพป้ายจราจรที่ถ่ายหลังฝนตกไปทำการทดสอบพบว่าน้ำที่เกาะบนป้ายไม่มีผลต่อการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็ว ยังคงสามารถตรวจหาตัวเลขได้ดังภาพที่ 3.32

บทที่ 4
ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อทดสอบความสามารถในการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในเงื่อนไขที่ถูกสภาพแวดล้อมบดบัง โดยทดสอบในเงื่อนไขต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้โดยทำการทดสอบการทำงานในหลายเงื่อนไข รวมทั้งตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นซึ่งผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัยนี้จะถูกนำไปใช้เพื่อช่วยเพิ่มสะดวกและความปลอดภัยให้ผู้ขับขี่บนท้องถนน

4.1 ผลการทดลองตรวจหากลุ่มป้าย

ในการตรวจหากลุ่มป้ายในภาพจะใช้การอินเตอร์เซ็กชันภายในเฟรมตรวจหาตำแหน่งขอบเขตของกลุ่มข้อมูลสีแดงในภาพ โดยกลุ่มข้อมูลสีแดงในภาพตัวอย่างจะได้มาจากการแบ่งแยกภาพโดยใช้สี ซึ่งในการแบ่งแยกภาพโดยใช้สีของขอบป้ายจะสนใจเฉพาะสีแดงของขอบป้ายเท่านั้น โมเดลสีที่ใช้ในการแบ่งแยกสีแดงที่ใช้กันมีหลายโมเดล เช่น โมเดลสี RGB, HSV, HSI, Gray Scale โดยโมเดลสี RGB ค่าของสีแดง เขียว และน้ำเงิน จะแปรเปลี่ยนไปตามปริมาณแสงทำให้ยุ่งยากในการกำหนดค่าเทรชโฮลในการแบ่งแยกสี ในงานวิจัยนี้เลือกโมเดลสี HSV ในการแบ่งแยกสีของภาพ เนื่องจากค่าของสีไม่เปลี่ยนแปลงโดยใช้สีโดยสีแดงเป็นแม่สีไม่มีการผสมของสีใดๆ โดยกำหนดค่าเทรชโฮลมีค่าเท่ากับ H = 0.92-1.00 หรือ H = 0-0.06, S=0.20-1.00, V = 0.00-1.00

ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

ภาพที่ 4.2 ผลลัพธ์จากการแบ่งแยกภาพโดยใช้สี

ภาพที่ 4.3 ผลจากการตรวจหาตำแหน่งกลุ่มป้ายจำกัดความเร็ว

ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจหากลุ่มป้ายที่ได้จากการแบ่งแยกสีในโมเดลสี HSV

จำนวนภาพ	ถูกต้อง	ผิดพลาด
30	100%	0%

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.1 พบว่าในการแบ่งแยกสีโดยใช้ค่าเทรชโฮลดังกล่าว สามารถตรวจหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ ในการตรวจหาตำแหน่งป้ายจะสนใจสีแดงของขอบป้ายและสีแดงเป็นแม่สีทำให้สามารถแบ่งแยกสีได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ซึ่งในการทดสอบจะใช้ภาพตัวอย่างทั้งหมด 30 ภาพ โดยเป็นภาพที่มีทั้งการบดบังและไม่มีการบดบัง รวมถึงภาพที่มีป้ายจราจรเพียงป้ายเดียวและมีป้ายที่มีลักษณะคล้ายป้ายจำกัดความเร็ว 2 ป้ายด้วย

4.2 ผลการทดลองการตรวจหาตำแหน่งของป้ายแต่ละป้าย

ในการตรวจหาตำแหน่งของป้ายหากเป็นภาพมีป้ายจราจร 2 ป้าย ในการตรวจหากลุ่มป้ายในภาพจะใช้การแบ่งภาพออกเป็น 2 ส่วน เพื่อหาตำแหน่งของป้ายแต่ละป้ายโดยคำนวณหาค่าจำนวนพิกเซลของคอลัมน์และแถวเพื่อทำการเปรียบเทียบ หากจำนวนคอลัมน์มากกว่าหรือเท่ากับจำนวนแถว (m>=n) ก็ทำการแบ่งส่วนภาพที่ตำแหน่ง m/2 หรือถ้าหากจำนวนแถวมากกว่าจำนวนคอลัมน์ (m<n) ทำการแบ่งส่วนภาพที่ตำแหน่ง n/2 ดังภาพที่ 4.4

ภาพที่ 4.4 หลักการแบ่งภาพออกเป็นส่วน

ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจหาป้ายแต่ละป้ายในภาพตัวอย่าง

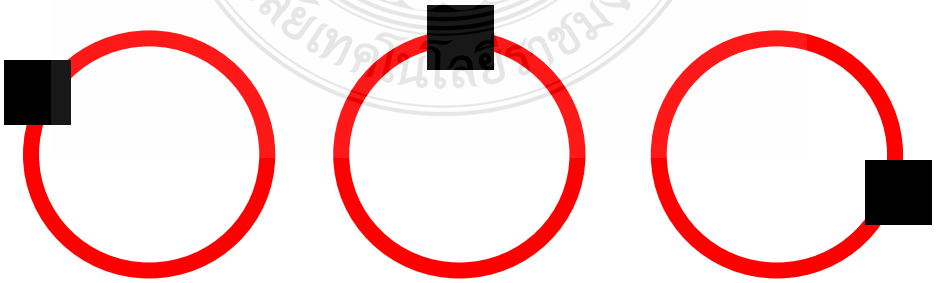
จำนวนภาพ	ถูกต้อง	ผิดพลาด
30	100%	0%

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.2 เป็นการตรวจหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วในกรณีถูกบดบังจากสภาพแวดล้อมและมีป้ายที่มีลักษณะคล้ายป้ายจำกัดความเร็วอยู่ในภาพตัวอย่างด้วย จากผลการทดสอบกับภาพตัวอย่างทั้งหมด 30 ภาพ สามารถตรวจสอบถูกต้องทั้งหมด 30 ภาพ ให้ค่าความถูกต้องในการทดสอบ 100 เปอร์เซ็นต์

4.3 ผลการทดลองการหาค่าเปอร์เซ็นต์สูงสุดในการบดบังป้าย

4.3.1 การทดสอบโดยการบดบังป้าย 10 เปอร์เซ็นต์

ทดสอบโดยการนำภาพตัวอย่างทั้งหมด 10 ภาพ ถูกบดบัง 10 เปอร์เซ็นต์ในลักษณะต่างๆ ดังภาพที่ 4.5 ซึ่งให้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.3



ภาพที่ 4.5 ลักษณะการจำลองการบดบังขอบป้าย 10 เปอร์เซ็นต์

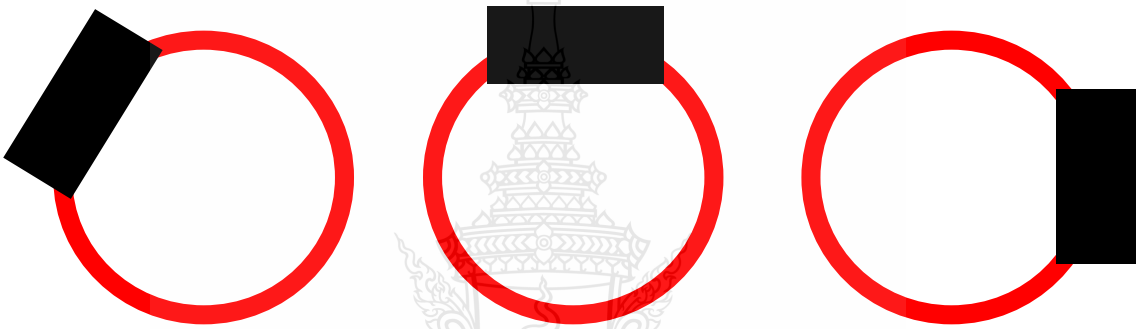
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่ป้ายถูกบดบัง 10 เปอร์เซ็นต์

จำนวนภาพ	ถูกต้อง	ผิดพลาด
30	100%	0%

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 เป็นการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม 30 เปอร์เซ็นต์ สามารถตรวจพบป้าย 30 ภาพ โดยให้ค่าความถูกต้อง 100เปอร์เซ็นต์

4.3.2 การทดสอบโดยการบดบังป้าย 20 เปอร์เซ็นต์

ทดสอบโดยการนำภาพตัวอย่างทั้งหมด 30 ภาพ ถูกบดบังในลักษณะต่างๆ ซึ่งให้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.4



ภาพที่ 4.6 ลักษณะการจำลองการบดบังขอบป้าย 20 เปอร์เซ็นต์

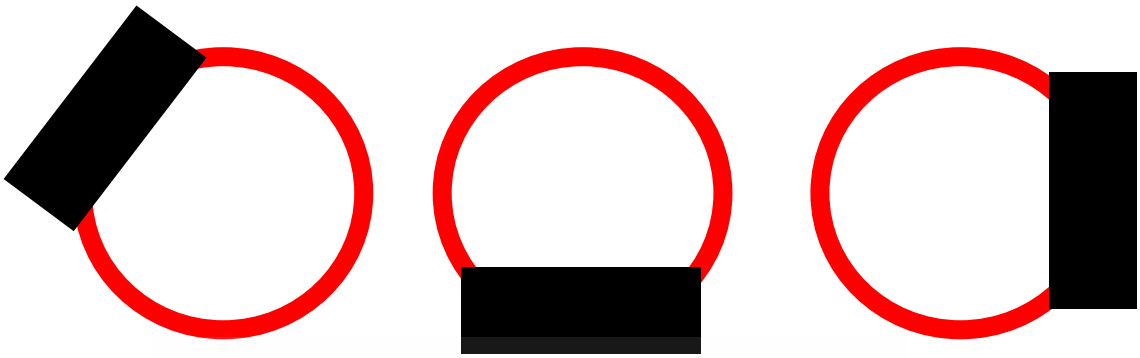
ตารางที่ 4.4 การทดสอบหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่ป้ายถูกบดบัง 20 เปอร์เซ็นต์

จำนวนภาพ	ถูกต้อง	ผิดพลาด
30	100%	0%

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.4 เป็นการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม 20 เปอร์เซ็นต์ จะพบว่าจากภาพตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ 30 ภาพ สามารถตรวจพบป้าย 30 ภาพ โดยให้ค่าความถูกต้องทั้งหมด 100 เปอร์เซ็นต์

4.3.3 การทดสอบโดยการบดบังป้าย 25 เปอร์เซ็นต์

ทดสอบโดยการนำภาพตัวอย่างทั้งหมด 30 ภาพ ถูกบดบังในลักษณะต่างๆ ซึ่งให้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.5



ภาพที่ 4.7 ลักษณะการจำลองการบดบังขอบป้าย 25 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่ป้ายถูกบดบัง 25 เปอร์เซ็นต์

จำนวนภาพ	ถูกต้อง	ผิดพลาด
30	100%	0%

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.5 เป็นการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม 25 เปอร์เซ็นต์ จะพบว่าจากภาพตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ 30 ภาพ สามารถตรวจพบป้าย 30 ภาพ โดยให้ค่าความถูกต้องทั้งหมด 100 เปอร์เซ็นต์

4.3.4 การทดสอบโดยการบดบังป้าย 30 เปอร์เซ็นต์

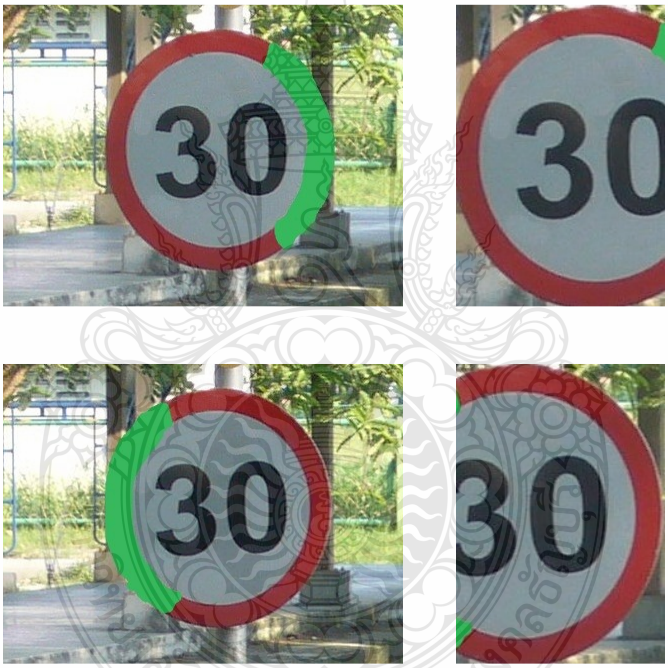
ทดสอบโดยการนำภาพตัวอย่างทั้งหมด 30 ภาพ ถูกบดบังในลักษณะต่างๆ ซึ่งให้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.6

ภาพที่ 4.8 ลักษณะการจำลองการบดบังขอบป้าย 30 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่ป้ายถูกบดบัง 30 เปอร์เซ็นต์

จำนวนภาพ	ถูกต้อง	ผิดพลาด
30	73.33%	26.67%

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.6 เป็นการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม 30 เปอร์เซ็นต์ จะพบว่าจากภาพตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ 30 ภาพ สามารถตรวจพบป้าย 22 ภาพ โดยให้ค่าความถูกต้องทั้งหมด 73.33 เปอร์เซ็นต์และค่าผิดพลาด 26.67 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างภาพที่ตรวจสอบไม่ถูกต้องในการทดสอบหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่ป้ายถูกบดบัง 30 เปอร์เซ็นต์ สามารถแสดงดังภาพที่ 4.9 ซึ่งเมื่อทำการตรวจหาตำแหน่งป้ายแล้ว ผลที่เกิดขึ้นคือ ตัวเลขบนป้ายถูกตัดออกไปบางส่วนซึ่งมีผลทำให้เกิดความผิดพลาดในขั้นตอนการรู้จำตัวเลข



ภาพที่ 4.9 ลักษณะภาพที่ทดสอบผิดพลาดในกรณีที่ป้ายถูกบดบัง 30 เปอร์เซ็นต์

4.4 ผลการทดลองการแบ่งแยกสีดำของตัวเลขบนป้าย

4.4.1 การหาตำแหน่งของกลุ่มตัวเลขบนป้าย

ในการหาตำแหน่งของกลุ่มตัวเลขบนป้าย เป็นขั้นตอนที่เกิดความผิดพลาดได้สูงเนื่องจากในการแบ่งแยกสีใช้สีดำในการแบ่งแยก ซึ่งในโมเดลสี HSV สีดำจะเกิดขึ้นได้กับทุกสีที่มีค่าความสว่างเท่ากับ 0 ดังนั้นจึงทำให้ค่าเทรชโฮลที่ใช้จำเป็นต้องหาค่าที่เหมาะสมเพื่อลดความผิดพลาดให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้การตรวจหาตำแหน่งของกลุ่มตัวเลขบนป้าย ทดสอบด้วยค่าเทรชโฮล

2 ค่าคือ เทรชโฮลค่าที่ 1 (T1) คือ H = 0.53-0.65, S = 0.22-0.57 และ V = 0-0.35 ค่าเทรชโฮลค่าที่ 2 (T1) คือ H = 0.53-0.65, S = 0.04-0.57, V = 0 - 0.7 และ H = 0-0.40, S = 0.10-0.30, V = 0 - 0.3

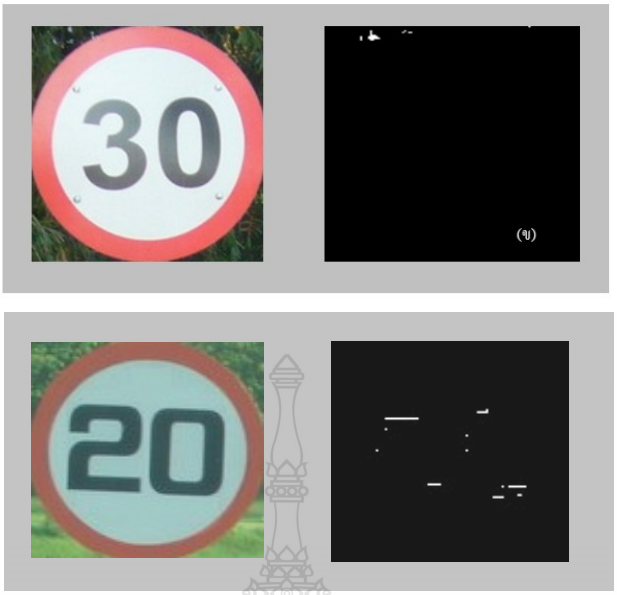
ภาพที่ 4.10 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบการแบ่งแยกสีดำ

ภาพที่ 4.11 ผลจากการแบ่งแยกสีดำโดยใช้โมเดลสี HSV

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการทดสอบหาตำแหน่งของกลุ่มตัวเลขบนป้ายโดยใช้ T1 เป็นค่าเทรชโฮล

จำนวนภาพ	ถูกต้อง	ผิดพลาด
30	93.3%	6.7%

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.7 ผลในการตรวจหาตำแหน่งของกลุ่มตัวเลขบนป้ายจำกัดความเร็ว โดยทดสอบกับภาพตัวอย่างทั้งหมด 30 ภาพ โดยนำภาพตัวอย่างมาทดสอบด้วยค่าเทรชโฮลที่ 1 (T1= H = 0.53-0.65 , S = 0.22-0.57 และ V = 0-0.35) สามารถตรวจสอบตำแหน่งถูกต้อง 28 ภาพ และตรวจสอบผิดพลาด 2 ภาพ สามารถให้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 93.3 เปอร์เซ็นต์ เกิดความผิดพลาดขึ้น 6.7 เปอร์เซ็นต์ โดยภาพที่ตรวจสอบผิดพลาดเกิดจากค่าเทรชโฮลที่กำหนดขึ้นไม่เหมาะสมจึงทำให้ไม่สามารถตรวจหาตำแหน่งกลุ่มตัวเลขในป้ายได้ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 ตัวอย่างภาพที่เกิดความผิดพลาดจากการแบ่งแยกสีโดยใช้โมเดลสี HSV

ในการทดสอบพบว่าใช้กับการทดสอบป้ายบางป้ายแล้วไม่สามารถแบ่งแยกสีดำได้ หากจะแบ่งแยกสีดำจากป้ายดังกล่าวต้องใช้ค่าเทรชโฮลอีกค่าหนึ่ง ทำให้ต้องกำหนดค่าเทรชโฮลให้กับการทดสอบใหม่ โดยแบ่งค่าเทรชโฮลออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 กำหนดให้ค่าเทรชโฮลมีค่าเท่ากับ H = 0.53-0.65,S = 0.04-0.57, V = 0 - 0.7 และช่วงที่ 2 กำหนดให้ค่าเทรชโฮลมีค่าเท่ากับH = 0-0.40, S = 0.10-0.30, V = 0-0.3 ให้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองการทดสอบหาตำแหน่งของกลุ่มตัวเลขบนป้ายโดยใช้ T2 เป็นค่าเทรชโฮล

จำนวนภาพ	ถูกต้อง	ผิดพลาด
30	96.67%	3.33%

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.8 ผลในการตรวจหาตำแหน่งของกลุ่มตัวเลขบนป้ายจำกัดความเร็วที่ทดสอบด้วยค่าเทรชโฮลที่ 2 (T2= H = 0.53-0.65 , S = 0.04-0.57, V = 0 - 0.7 และ H = 0-0.40 ,S = 0.10-0.30 , V = 0 - 0.3) โดยทดสอบกับภาพตัวอย่างทั้งหมด 30 ภาพ สามารถตรวจสอบตำแหน่งถูกต้อง 29 ภาพและตรวจสอบผิดพลาด 1 ภาพ ซึ่งผลการทดสอบให้ค่าความถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็น 96.67 เปอร์เซ็นต์ และค่าความผิดพลาดเท่ากับ 3.33 เปอร์เซ็นต์

(ก) ใช้ T1 เป็นค่าเทรชโฮล

(ข)ใช้ T2 เป็นค่าเทรชโฮล

ภาพที่ 4.13 ผลการเปรียบเทียบการแบ่งแยกสีโดยใช้ T1 และ T2

ในการปรับปรุงโดยการเลือกใช้ T2 มาใช้ในการแบ่งแยกสี โดยค่าเทรชโฮล T2 เป็นค่าเทรชโฮลที่กำหนดชาวงการแบ่งแยกสีเป็น 2 ช่วง ทำให้ครอบคลุมองค์ประกอบของสีดำมากกว่าการใช้ค่าเทรชโฮลเพียง 1 ช่วง ทำให้แบ่งแยกสีดำได้มากกว่าดังภาพที่ 4.13(ข) โดยจากทดสอบสามารถทำให้ได้ค่าความถูกต้องเพิ่มขึ้นอีก 3.37 เปอร์เซ็นต์

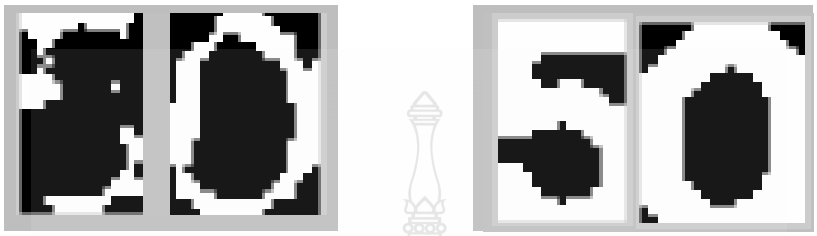
4.4.2 การหาตำแหน่งของตัวเลขแต่ละตัวบนป้าย

ในการตรวจหาตำแหน่งของตัวเลขแต่ละตัวบนป้ายจะทำการแบ่งแยกภาพด้วยสีด้วยโมเดลสีต่างๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ Gray Scale มาใช้ในการทำการทดสอบ Gray Scale หรือภาพระดับสีเทา จะแสดงค่าของสีดำในระดับต่างๆ ตั้งแต่ 0-255 ซึ่งน่าจะมีความเหมาะสมกับการตรวจหาตำแหน่งของตัวเลขซึ่งผลจากการตรวจหากลุ่มของตัวเลขแล้วภาพที่ได้จะมีเฉพาะตัวเลขสีดำและพื้นป้ายสีขาวเท่านั้นในหาตำแหน่งของตัวเลขบนป้ายจะใช้ แบ่งแยกสีดำของตัวเลขและทำการอินเตอร์เซ็กชันเพื่อหาตำแหน่งของตัวเลข ซึ่งทำการทดลองเพื่อทดสอบการแบ่งแยกสีดำของตัวเลขโดยใช้ Gray Scale โดยกำหนดค่าเทรชโฮลสำหรับ Gray Scale คือ 0-75 ทำการทดสอบให้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบการแบ่งแยกสีของตัวเลขบนป้ายโดยใช้ Gray Scale

จำนวนภาพ	ถูกต้อง	ผิดพลาด
30	100%	0%

จากผลการทดสอบการตรวจหาตำแหน่งของตัวเลขแต่ละตัวบนป้ายจำกัดความเร็วในตารางที่ 4.9 พบว่าสามารถตรวจสอบตำแหน่งได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ จากภาพตัวอย่างทั้งหมด 30 ภาพเนื่องจากในกระบวนการนี้ในภาพมีเพียง 2 สี คือ สีขาวและสีดำ ภาพระดับสีเทาหรือ Gray Scale จะสามารถแบ่งแยกสีได้ดีกว่าโมเดลสี HSV ดังภาพที่ 4.14



(ก) การแบ่งแยกสีโดยใช้โมเดลสี HSV (ข) การแบ่งแยกสีโดยใช้ Gray Scale

ภาพที่ 4.14 ผลการเปรียบเทียบการแบ่งแยกสีโดยใช้โมเดลสี HSV และ Gray Scale

4.5 การทดลองการรู้จำตัวเลข

ในกระบวนการรู้จำตัวเลขจะใช้เทคนิค Template Matching ในการเปรียบเทียบตัวเลขที่ได้จากภาพตัวอย่างกับตัวเลขต้นแบบที่สร้างขึ้นซึ่งมีขนาด 25x15 โดยใช้การทดสอบการรู้จำตัวเลขกับตัวเลขจากภาพตัวอย่างที่ไม่มีการบดบังและป้ายที่มีการบดบังตัวเลข

4.5.1 การทดลองการรู้จำตัวเลขในกรณีที่ไม่มีการบดบังตัวเลข

ในการทดสอบการรู้จำตัวเลขกับตัวเลขจากภาพตัวอย่างที่ไม่มีการบดบังตัวเลข หลังจากกระบวนการตรวจหาตัวเลขแต่ละตัวโดยการแบ่งแยกสีโดยใช้ Gray Scale จะให้ตัวเลขที่สมบูรณ์ดังภาพที่ 4.15 เพื่อนำเข้าสู่กระบวนการรู้จำตัวเลขโดยใช้ Template match ting

ภาพที่ 4.15 ลักษณะตัวเลขที่ไม่มีการบดบัง

ในกระบวนการรู้จำตัวเลขจะทำการเปรียบเทียบตัวเลขที่ได้จากภาพตัวอย่างกับตัวเลขต้นแบบโดยให้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบการรู้จำตัวเลขในกรณีที่ไม่มีการบดบัง

ประเภทป้าย กม./ชม.	จำนวนภาพ	ถูกต้อง	ผิดพลาด
20	3	100%	0%
30	3	100%	0%
40	3	100%	0%
50	3	100%	0%
60	3	100%	0%
70	3	100%	0%
80	3	100%	0%
90	3	100%	0%
รวม	24	100%	0%

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.10 เป็นผลการทดสอบการรู้จำตัวเลขในกรณีที่ไม่มีการบดบัง โดยภาพตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด 24 ภาพ ผลการทดลองสามารถรู้จำตัวเลขได้ทั้งหมด 24 ภาพ และให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำตัวเลขเท่ากับ100 เปอร์เซ็นต์ ในกระบวนการรู้จำตัวเลขนั้นจะใช้โมเดลสี Gray Scale ในการปรับปรุงตัวเลขให้มีความสมบูรณ์ทำให้การรู้จำตัวเลขให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

4.5.2 การการทดลองการรู้จำตัวเลขในกรณีที่มีการบดบังตัวเลข

การทดลองการรู้จำตัวเลขในกรณีที่มีการบดบังตัวเลขจะทดสอบตัวเลขที่มีการบดบัง 5 เปอร์เซ็นต์ บดบัง 10 เปอร์เซ็นต์และบดบัง 20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เพื่อหาเปอร์เซ็นต์สูงสุดในการบดบังตัวเลข

ภาพที่ 4.16 ตัวเลขที่นำเข้าสู่กระบวนการรู้จำตัวเลขที่มีการบดบังตัวเลข

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบการรู้จำตัวเลขในกรณีที่มีการบดบัง

ประเภทป้าย กม./ชม.	จำนวนภาพ	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการบดบัง 5%	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการบดบัง 10%	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการบดบัง 20%
20	3	100%	100%	66.67%
30	3	100%	100%	66.67%
40	3	100%	100%	66.67%
50	3	100%	100%	66.67%
60	3	100%	100%	66.67%
70	3	100%	100%	66.67%
80	3	100%	66.67%	33.33%
90	3	100%	66.67%	66.67%
รวม	24	100%	91.66%	62.50%

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.11 เป็นการทดลองการรู้จำตัวเลข ในการทดลองนี้ใช้ภาพตัวอย่างทั้งหมด 24 ภาพ ทำการทดลองโดยมีการบดบังตัวเลขในลักษณะต่างๆ จากผลการทดลองการรู้จำตัวเลขที่มีการบดบัง 5 เปอร์เซ็นต์สามารถรู้จำตัวเลขได้ 100 เปอร์เซ็นต์การรู้จำตัวเลขที่มีการบดบัง 10 เปอร์เซ็นต์สามารถรู้จำตัวเลขได้ถูกต้อง 22 ภาพและให้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 91.66 เปอร์เซ็นต์ และการรู้จำตัวเลขที่มีการบดบัง 20 เปอร์เซ็นต์สามารถรู้จำตัวเลขได้ถูกต้อง 15 ภาพและให้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 62.50 เปอร์เซ็นต์จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่าเปอร์เซ็นต์สูงสุดในการบดบังตัวเลขในการรู้จำตัวเลขคือ 10 เปอร์เซ็นต์

4.6 การทดลองตรวจหาป้ายจำกัดความเร็ว

ในการทดลองการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วจะทำการตรวจหาตำแหน่งป้ายที่เป็นป้ายจำกัดความเร็ว ในกรณีที่มีป้ายจำกัดความเร็วเพียง 1 ป้ายรวมถึงการจำแนกป้ายจำกัดความเร็วออกจากป้ายจราจรอื่นๆ โดยภาพที่นำมาทดสอบจะเป็นภาพที่มีทั้งการบดบังตัวเลขและไม่มีการบดบังตัวเลขบนป้าย โดยตัวเลขที่นำมาใช้ในการทดสอบจะถูกบดบังไม่เกิด 10 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ตัวเลขทั้งหมด ซึ่งทำการทดสอบในเงื่อนไขต่างๆ

4.6.1 การทดลองตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มีป้ายจราจรป้ายเดียวโดยไม่ถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม

ในการทดสอบการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มีป้ายจราจรป้ายเดียวโดยไม่ถูกบดบัง ภาพที่ใช้ในการทดสอบจะเป็นภาพที่มีป้ายจราจรในภาพตัวอย่าง 1 ป้าย โดยนำภาพตัวอย่างมา

ทดสอบทั้งหมด 20 ภาพ ประกอบไปด้วยป้ายจำกัดความเร็วและป้ายจราจรอื่นๆ ที่ไม่มีการบดบังจากสภาพแวดล้อม

ภาพที่ 4.17 ตัวอย่างป้ายที่ใช้ในการทดสอบตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วที่มีป้ายเดียวโดยไม่ถูกบดบัง

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มีป้ายเดียวโดยไม่ถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม

ประเภทป้าย กม./ชม.	จำนวนภาพ	เปอร์เซ็นต์ ความถูกต้อง	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
20	2	50%	50%
30	2	100%	0%
40	2	100%	0%
50	2	100%	0%
60	2	100%	0%
70	2	100%	0%
80	2	100%	0%
90	2	100%	0%
ป้ายจราจรอื่นๆ	4	100%	0%
รวม	20	95%	5%

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.12 เป็นการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่ไม่ถูกบดบังจากสภาพแวดล้อมใดๆ จากภาพตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ 20 ภาพ สามารถตรวจพบป้าย 19 ภาพ โดยให้ค่าความถูกต้องทั้งหมด 95 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 4.18 ภาพที่ทดสอบผิดพลาดในกรณีที่มีป้ายเดียว โดยไม่ถูกบดบัง

จากภาพที่ 4.18 เป็นภาพที่ตรวจสอบหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วไม่ถูกต้อง เนื่องจากสีดำของตัวเลขอยู่นอกเหนือจากค่าเทรชโฮลที่กำหนด

4.6.2 การตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มีป้ายจราจรป้ายเดียว โดยถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม

ในการทดสอบการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มีป้ายจราจรป้ายเดียวโดยถูกบดบัง ภาพที่ใช้ในการทดสอบจะเป็นภาพที่มีป้ายจราจรในภาพตัวอย่าง 1 ป้าย ที่มีการบดบังขอบป้ายไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ และบดบังสัญลักษณ์บนป้ายไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ โดยนำภาพตัวอย่างมาทดสอบทั้งหมด 20 ภาพ ประกอบไปด้วยป้ายจำกัดความเร็วและป้ายจราจรอื่นๆ ที่มีการบดบังจากสภาพแวดล้อมในลักษณะต่างๆ

ภาพที่ 4.19 ตัวอย่างป้ายที่ใช้ในการทดสอบตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วที่มีป้ายเดียว โดยถูกบดบัง

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มีป้ายเดียวโดยถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม

ประเภทป้าย กม./ชม.	จำนวนภาพ	เปอร์เซ็นต์ ความถูกต้อง	เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาด
20	2	100%	0%
30	2	100%	0%
40	2	100%	0%
50	2	100%	0%
60	2	100%	0%
70	2	100%	0%
80	2	50%	50%
90	2	50%	50%
ป้ายจราจรอื่นๆ	4	100%	0%
รวม	20	90%	10%

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.13 เป็นการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่ไม่ถูกบดบังจากสภาพแวดล้อมใดๆ จากภาพตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ 20 ภาพ สามารถตรวจพบป้าย 18 ภาพ โดยให้ค่าความถูกต้องทั้งหมด 90 เปอร์เซ็นต์

(ก) ป้าย 80 กม./ชม. (ข) ป้าย 90 กม./ชม.

ภาพที่ 4.20 ภาพที่ทดสอบผิดพลาดในกรณีที่มีป้ายเดียว โดยถูกบดบัง

จากภาพที่ 4.20 เป็นภาพที่ตรวจสอบการรู้จำตัวเลขบนป้ายจำกัดความเร็วไม่ถูกต้อง เนื่องจากตัวเลขถูกบดบังทำให้ผลที่ได้เป็นเลขอื่นๆ ในภาพที่ 4.20(ก) ผลที่ได้จากการทดสอบ คือ 30 และภาพที่ 4.20(ข) ผลการทดสอบ คือ 30

4.6.3 การทดลองการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มีป้ายจราจร 2 ป้าย โดยไม่ถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม

ในการทดลองตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มีป้ายจราจร 2 ป้าย โดยไม่ถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม โดยนำภาพตัวอย่างมาทดสอบทั้งหมด 28 ภาพ โดยเป็นป้ายที่ไม่มีการบดบังจากสภาพแวดล้อม

ภาพที่ 4.21 ตัวอย่างป้ายที่ใช้ในการทดสอบตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วที่มี 2 ป้าย โดยไม่ถูกบดบัง

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มี 2 ป้ายโดยไม่ถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม

ประเภทป้าย กม./ชม.	จำนวนภาพ	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
20	3	100%	0%
30	3	100%	0%
40	3	100%	0%
50	3	100%	0%
60	3	66.66%	33.34%
70	3	100%	0%
80	3	100%	0%
90	3	66.66%	33.34%
ป้ายจราจรอื่นๆ	4	100%	0%
รวม	28	92.85%	7.15%

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.14 เป็นการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มีป้ายที่มีลักษณะคล้ายป้ายจำกัดความเร็ว 2 ป้าย โดยไม่ถูกบดบังจากสภาพแวดล้อมใดๆ จากภาพตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ 28 ภาพ สามารถตรวจพบป้าย 26 ภาพ โดยให้ค่าความถูกต้องทั้งหมด 92.85 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 4.22 ภาพที่ทดสอบผิดพลาดในกรณีที่มีป้ายเดียว โดยถูกบดบัง

จากภาพที่ 4.22 เป็นภาพที่ตรวจสอบหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วไม่ถูกต้อง เนื่องจากเมื่อทำการตรวจหาตำแหน่งป้ายโดยการแบ่งส่วนภาพแล้ว พบว่าตำแหน่งของป้ายแต่ละป้ายมีบริเวณของสภาพแวดล้อมจำนวนมาก ดังภาพที่ 4.23(ข) ในบางสภาพแวดล้อมซึ่งมีองค์ประกอบของค่าเทรชโฮลสีดำที่กำหนดขึ้นมากก็จะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนได้จำนวนมาก มีผลทำให้การตรวจหาตัวเลขบนป้ายผิดพลาด

(ก) ตำแหน่งกลุ่มป้าย (ข) ตำแหน่งป้ายแต่ละป้าย

ภาพที่ 4.23 ภาพที่ทดสอบผิดพลาดในกรณีที่มี 2 ป้าย โดยไม่ถูกบดบัง

4.6.4 ผลการทดลองการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มีป้ายจราจร 2 ป้าย โดยถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม

ในการทดลองตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มีป้ายจราจร 2 ป้าย โดยถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม โดยนำภาพตัวอย่างมาทดสอบทั้งหมด 28 ภาพ ประกอบไปด้วยป้ายจำกัดความเร็วและป้ายจราจรอื่นๆ ที่มีการบดบังจากสภาพแวดล้อมในลักษณะต่างๆ

ภาพที่ 4.24 ตัวอย่างป้ายที่ใช้ในการทดสอบตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วที่มี 2 ป้าย โดยถูกบดบัง

ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองตรวจหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มี 2 ป้ายโดยถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม

ประเภทป้าย กม./ชม.	จำนวนภาพ	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
20	3	100%	0%
30	3	100%	0%
40	3	100%	0%
50	3	100%	0%
60	3	100%	0%
70	3	66.66%	33.34%
80	3	66.66%	33.34%
90	3	66.66%	33.34%
ป้ายจราจรอื่นๆ	3	100%	0%
รวม	28	89.2%	10.8%

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.15 เป็นการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มีป้ายที่มีลักษณะคล้ายป้ายจำกัดความเร็ว 2 ป้าย โดยถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม จากภาพตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ 28 ภาพ สามารถตรวจพบป้าย 25 ภาพ โดยให้ค่าความถูกต้องทั้งหมด 89.2 เปอร์เซ็นต์

(ก) ป้าย 70 กม./ชม.

(ข) ป้าย 80 กม./ชม.

(ค) ป้าย 90 กม./ชม.

ภาพที่ 4.25 ภาพที่ทดสอบผิดพลาดในกรณีที่มี 2 ป้าย โดยถูกบดบัง

จากภาพที่ 4.25 เป็นภาพที่รู้จำตัวเลขบนป้ายจำกัดความเร็วไม่ถูกต้อง ภาพที่ 4.25(ก) ถูกบดบังตัวเลขโดยผลที่ได้จากการทดสอบ คือ 40 ภาพที่ 4.25(ข) ถูกบดบังตัวเลขโดยผลที่ได้จากการทดสอบ คือ 60 และภาพที่ 4.25(ค) ถูกบดบังตัวเลขโดยป้ายจราจรอื่น ทำให้ตรวจพบตัวเลขที่ไม่สมบูรณ์ โดยผลที่ได้จากการทดสอบ คือ 30

4.7 ผลการทดลองเวลาในการประมวลผลที่ขนาดป้ายต่างๆ

ในการทดสอบตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วป้ายบางป้ายมีขนาดแตกต่างกัน ดังนั้นจึงทดสอบโดยการคิดขนาดป้ายออกมาเป็นรูปเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากขนาดของป้ายต่อขนาดของภาพ แล้วนำมาทดสอบตรวจหาป้ายโดยไม่สนใจระยะการถ่ายภาพ ในการทดลองทดสอบที่ขนาด 60 เปอร์เซ็นต์ 20 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งในการแบ่งพื้นที่ของภาพจะคำนวณจากจำนวนพิกเซลทั้งหมดของภาพคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือป้ายที่มีขนาดเท่ากับ 120,000 พิกเซล ภาพที่มีขนาดป้ายเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ จะมีขนาดป้ายประมาณ 72,000 พิกเซลภาพที่มีขนาดป้ายเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ จะมีขนาดป้ายประมาณ 24,000 พิกเซล ภาพที่มีขนาดป้ายเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ จะมีขนาดป้ายประมาณ 12,000 พิกเซล และภาพที่มีขนาดป้ายเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ จะมีขนาดป้ายประมาณ 6,000 พิกเซล ซึ่งภาพที่นำไปทดสอบมีลักษณะดังภาพที่ 4.20โดยให้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.16

ภาพที่ 4.24 ตัวอย่างภาพที่นำไปใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการทดสอบการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วที่ขนาดป้ายต่างๆ

ขนาดของป้าย (%)	จำนวนภาพ	ถูกต้อง (%)	ผิดพลาด(%)	เวลาในการประมวลผล (วินาที)
60%	10	100%	0%	11.86
20%	10	100%	0%	11.64
10%	10	90%	10%	11.51
5%	10	70%	40%	11.28

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.16 เป็นการทดลองการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วโดยภาพที่ใช้ในการทดสอบมีขนาดต่างๆ เทียบกับสัดส่วนของภาพ เพราะป้ายจำกัดความเร็วที่มีบนท้องถนนมีขนาดที่แตกต่างกัน หากทดลองด้วยระยะในการถ่ายอย่างเดียวอาจได้ผลการทดลองที่คลาดเคลื่อน จากผลการทดลองในการนำภาพตัวอย่างที่มีขนาดป้ายต่างๆ กันไปทำการทดลองขนาดละ 10 ภาพ ซึ่งการทดลองกับภาพขนาด 60 เปอร์เซ็นต์และ 20 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าความถูกต้องมากที่สุด คือ 100 เปอร์เซ็นต์ และภาพขนาด 10 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาในการประมวลผลใกล้เคียงกัน โดยข้อมูลจำเพาะของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผล คือ ซีพียู Intel Centrino Duo ความเร็ว 1.6 GHz แรมขนาด 1 GB ฮาร์ดดิสก์ขนาด 120 GB

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 การตรวจหาตำแหน่งป้าย

ในการตรวจหาตำแหน่งของกลุ่มป้ายที่มีลักษณะคล้ายป้ายจำกัดความเร็วจะใช้การตรวจหาสีแดงของขอบป้ายซึ่งในการตรวจหาสีแดงของขอบป้ายนั้นจะใช้ในเทคนิคการแบ่งแยกภาพโดยใช้สี (Color Segmentation)ในการแยกองค์ของสีแดงของขอบป้าย ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ใช้โมเดลสี HSV ในการแบ่งแยกสีของขอบป้ายโดยในการทดลองกำหนดค่าเทรชโฮลในการแบ่งแยกสีแดงให้มีค่าเท่ากับ S=0.20-1.00, H= 0.92-1.00 หรือ H=0-0.06, V=0.00-1.00 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมสามารถหาขอบเขตของข้อมูลสีแดงได้อย่างถูกต้อง 100 เปอรเซ็นต์ เนื่องจากสีแดงที่ใช้ในการแบ่งแยกภาพโดยใช้สีเป็นแม่สีทางแสงซึ่งมีผลให้สามารถตรวจหาได้แม่นยำ ช่วงในการกำหนดค่าเทรชโฮลจึงสามารถกำหนดได้ครอบคลุมองค์ประกอบของสีแดงทำให้ผลการทดลองที่ได้สามารถตรวจหาตำแหน่งได้อย่างแม่นยำและในการตรวจหาตำแหน่งของป้ายจำกัดความเร็ว

ในการตรวจหาตำแหน่งของป้ายแต่ละป้ายจะใช้เทคนิคการแบ่งแยกภาพอกเป็นส่วนๆ โดยจะทำการคำนวณหาจำนวนพิกเซลของแถวและคอลัมน์ของกลุ่มป้ายเพื่อทำการแบ่งภาพออกเป็น 2 ส่วน ดูพิจารณาจากจำนวนพิกเซลที่มีค่ามากจะทำการแบ่งภาพที่พิกเซลนั้น จากผลการทดลองในการแบ่งแยกภาพโดยใช้สีในการตรวจหาตำแหน่งของกลุ่มป้ายและการตรวจหาตำแหน่งของป้ายแต่ละป้ายได้ถูกต้อง แต่มีบางภาพที่ป้ายอยู่ห่างกันทำให้เมื่อทำการแบ่งส่วนของภาพแล้วจะมีส่วนของสภาพแวดล้อมติดมาจำนวนมาก หากสภาพแวดล้อมนั้นมีส่วนที่มีลักษณะเช่นเดียวกับค่าเทรชโฮลของสีดำจะทำให้การทดสอบเกิดความผิดพลาดขึ้นได้

5.2 การตรวจหาตัวเลขบนป้าย

ในการตรวจหาตำแหน่งของตัวเลขบนป้ายจำกัดความเร็ว แบ่งการทำงานเป็น 2 ขั้นตอน คือ การตรวจหาตำแหน่งของกลุ่มตัวเลข ซึ่งใช้โมเดลสี HSV ในการแบ่งแยกสี และการตรวจหาตำแหน่งของตัวเลขแต่ละตัว จะใช้ Gray Scale ในการแบ่งแยกสี

5.2.1 การตรวจหาตำแหน่งของกลุ่มตัวเลขบนป้าย

ในการตรวจหาตำแหน่งของกลุ่มตัวเลขในงานวิจัยนี้จะใช้เทคนิคการแบ่งแยกภาพโดยใช้สีโดยใช้โมเดลสี HSV โดยการแบ่งแยกภาพโดยใช้สีในงานวิจัยนี้กำหนดค่าเทรชโฮลของสีดำในด้วยค่าเทรชโฮล ซึ่งในการทดลองจะใช้ค่าเทรชโฮล 2 ช่วง ในการทดสอบ เนื่องจากเมื่อทำการทดสอบ

การแบ่งแยกสีดำโดยใช้โมเดลสี HSV โดยกำหนดค่าเทรชโฮล 2 ช่วง จะได้ค่าความถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็น 96.37 เปอร์เซ็นต์ โดยเมื่อกำหนดค่าเทรชโฮลเพียง 1 ช่วง สามารถตรวจสอบได้ความถูกต้องเพียง 93.3 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่าในการแบ่งแยกภาพด้วยสีด้วยค่าเทรชโฮล มีการกำหนดค่าที่ใช้ในการแบ่งแยกสีออกเป็น 2 ช่วง สามารถตรวจหาตำแหน่งกลุ่มป้ายได้ดีกว่าการกำหนดค่าเทรชโฮลเพียงช่วงเดียว เนื่องจากการผสมสีทางแสงให้ได้สีดำทำได้ยาก และช่วงของสีดำมีหลายช่วงทำให้ค่าเทรชโฮลที่กำหนดต้องมีหลายช่วงตามไปด้วย ซึ่งหากสภาพแวดล้อมมีความหลากหลายมากขึ้นก็จำเป็นต้องหาช่วงค่าเทรชโฮลที่มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ซึ่งหมายความว่าค่าเทรชโฮลอาจจะต้องมีมากกว่า 2 ช่วง

5.2.2 การตรวจหาตำแหน่งของตัวเลขแต่ละตัว

จากการทดสอบการตรวจหาตำแหน่งตัวเลขแต่ละตัว ในงานวิจัยนี้ใช้โมเดลสี Grayscale ในการทดสอบการแบ่งแยกตัวเลขสีดำออกจากพื้นป้ายสีขาว โดยกำหนดค่าเทรชโฮลให้มีค่าเท่ากับ 0-75 ผลการทดสอบสามารถตรวจหาตำแหน่งตัวเลขได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

5.3 ผลการทดลองการหาค่าเปอร์เซ็นต์สูงสุดในการบดบังป้ายและตัวเลข

ในการทดสอบหาค่าเปอร์เซ็นต์สูงสุดในการบดบังป้าย ในงานวิจัยนี้ทดสอบการบดบังในลักษณะต่างๆ 10 เปอร์เซ็นต์, 20 เปอร์เซ็นต์, 25 เปอร์เซ็นต์ และ 30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยผลการทดสอบระบุว่าเริ่มมีความผิดพลาดเกิดขึ้นหากป้ายนั้นถูกบดบัง 30 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป โดยให้ความถูกต้องในการบดบัง 30 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 73.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในการบดบัง 30 เปอร์เซ็นต์นั้น มีการบดบังไปยังส่วนสำคัญซึ่งทำให้เมื่อทำการตรวจหาตำแหน่งแล้วตัวเลขบนป้ายถูกตัดส่วนหนึ่งส่วนใดออกไปทำให้ตัวเลขไม่สมบูรณ์ เมื่อนำตัวเลขเหล่านั้นเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์คุณลักษณะแล้วจะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้น จากผลการทดลองให้ค่าเปอร์เซ็นต์สูงสุดในการบดบังป้ายเท่ากับ 25 เปอร์เซ็นต์

ในกระบวนการรู้จำตัวเลขบนป้ายจำกัดความเร็วในงานวิจัยนี้ใช้เทคนิค Template Matching ในการเปรียบเทียบตัวเลขที่ได้จากภาพตัวอย่างกับตัวเลขต้นแบบ เพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยของพิกเซลที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกันของภาพตัวอย่างและภาพต้นแบบ เพื่อทำการตัดสินใจในการรู้จำตัวเลข จากผลการทดสอบพบว่าการทดลองการรู้จำตัวเลขที่มีการบดบัง 10 เปอร์เซ็นต์ให้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 91.66 เปอร์เซ็นต์ และการรู้จำตัวเลขที่มีการบดบัง 20 เปอร์เซ็นต์ให้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 62.50 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองดังกล่าวสรุปได้ว่าเปอร์เซ็นต์สูงสุดในการบดบังตัวเลขในการรู้จำตัวเลขคือ 10 เปอร์เซ็นต์

5.4 สรุปผลการทดลองการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในสภาวะต่างๆ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในสภาวะต่างๆ ได้แก่ การตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วที่มีเพียงป้ายเดียวโดยไม่ถูกบดบังจากสภาพแวดล้อมและในกรณีที่ถูกบดบังจากสภาพแวดล้อม นอกจากนั้นก็ยังทำการทดสอบการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในกรณีที่มีความหลายหลายของป้ายจราจรรวมถึงมีป้ายที่มีลักษณะคล้ายป้ายจำกัดความเร็วอยู่ในภาพด้วย ซึ่งทำการทดลองในกรณีที่ไม่มีการบดบังป้ายและกรณีที่มีการบดบังจากสภาพแวดล้อมด้วย ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการตรวจหาตำแหน่งของป้ายจำกัดความเร็วในเงื่อนไขต่างๆ

การทดสอบ	จำนวนภาพ	ตรวจสอบถูกต้อง	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
มีป้ายจราจรป้ายเดียว กรณีไม่บดบังจากสภาพแวดล้อม	20	19	95%
มีป้ายจราจรป้ายเดียว กรณีบดบังจากสภาพแวดล้อม	20	18	90%
มีป้ายจราจร 2 ป้าย กรณีไม่บดบังจากสภาพแวดล้อม	28	26	92.85%
มีป้ายจราจร 2 ป้าย กรณีบดบังจากสภาพแวดล้อม	28	25	89.2%
รวม	96	88	91.76%

จากผลการทดสอบในตารางที่ 5.1 พบว่าผลการตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วในเงื่อนไขที่ถูกสภาพแวดล้อมบดบังมีค่าเท่ากับ 91.25 เปอร์เซ็นต์ โดยขอบป้ายสามารถถูกบดบังสูงสุด 25 เปอร์เซ็นต์ และตัวเลขบนป้ายสามารถถูกบดบังได้สูงสุด 10 เปอร์เซ็นต์

5.5 ข้อเสนอแนะและแนวคิดเพื่อการพัฒนาเพิ่มเติมในอนาคต

จากการทดลองที่ผ่านมาและผลการทดลองที่ได้รับจากงานวิจัยชิ้นนี้จะสังเกตได้ว่าเงื่อนไขในการทำงานที่สมบูรณ์ในส่วนของการประมวลผลภาพ สัญญาณรบกวนภาพจะมีส่วนสำคัญเป็นอย่างยิ่งหากต้องการเพิ่มค่าความถูกต้องจำเป็นต้องลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นให้ได้มากที่สุดและการกำหนดค่าเทรชโฮลของสีดำของตัวเลขบนป้ายต้องกำหนดค่าให้เหมาะสมที่สุด เนื่องจากการผสมทางแสงเพื่อให้เกิดสีดำนั้นค่อนข้างซับซ้อน สามารถเกิดสีดำได้จากหลายเงื่อนไข และในการทดสอบ

การตรวจหาตำแหน่งป้ายแต่ละป้าย ในกรณีที่ป้ายอยู่ห่างกันผลการทดสอบจะมีสภาพแวดล้อมรวมอยู่ด้วย ซึ่งสภาพแวดล้อมเหล่านี้เป็นสาเหตุของการเกิดสัญญาณรบกวน เป็นผลทำให้เกิดความผิดพลาดในการประมวลผล

ในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบการจำแนกป้ายจำกัดความเร็วออกจากป้ายจราจรที่มีลักษณะคล้ายป้ายจำกัดความเร็ว ซึ่งภาพที่นำมาทดลองจะเป็นป้ายที่มีลักษณะขอบสีแดงหรือป้ายที่มีพื้นสีแดงเพียง 2 ป้ายเท่านั้น หากมีป้ายลักษณะนี้มีจำนวนเกินกว่า 2 ป้าย จำเป็นต้องพัฒนาในส่วนของการแยกภาพเป็นส่วนๆ เพื่อแบ่งภาพตามจำนวนป้ายดังกล่าว

งานวิจัยนี้ได้ใช้ความรู้พื้นฐานต่างๆ มาใช้ในการตรวจหาตำแหน่งป้ายจำกัดความเร็วที่ถูกบดบังในลักษณะต่างๆ ซึ่งสามารถให้ค่าความถูกต้องที่ยอมรับได้เช่นเดียวกับงานวิจัยที่ใช้เทคนิคที่ซับซ้อน หากมีการใช้การตรวจสอบรูปร่างของป้ายก็จะทำให้ค่าความถูกต้องเพิ่มขึ้น รายละเอียดดังที่ได้กล่าวนั้นสมควรที่จะทำการปรับปรุงหรือแก้ไขโดยวิธีการดังที่ได้กล่าวเพื่อพัฒนางานวิจัยชิ้นนี้ต่อไปในอนาคต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รายการอ้างอิง

[1] Rafael C.Gonzalez, "Image Sampling and Quantization" in **Digital image processing.** New Jersey:Prentice Hall, 2002.

[2] www.factarchive.com/encyclopedia/HSV_color_space

[3] Jim Torresen,Jorgen W. Bakke and Lukas Sekanina**. "Efficient Recognition of Speed Limit Signs**", IEEE, 2004.

[4] Lukas Sekanina and Jim Torresen**. "Detection of Norwegian Speed Limit Signs**", 16th European Simulation Multiconference on Modelling and Simulation 2002.

[5] อำนาจ สารทสิทธิ์, รศ.สมชาติ รุ่งเรืองสรการ "ระบบตรวจหาป้ายกำหนดความเร็วในภาพวิดีโอ", 2006.

[6] Marcin L. Eichner, Toby P. Breckon, " **Integrated Speed Limit Detection and Recognition from Real-Time Video**"**,** IEEE, 2008.

[7] W. K. I. L. Wanniarachchi1, D. U. J. Sonnadara2 and M. K. Jayananda. **"License Plate Identification Based onImage Processing Techniques**",Second International Conference on Industrial and Information Systems, ICIIS, 2007.

[8] zheng-he song, bo zhao, zhong-xiang zhu, en-rong mao. " **research on traffic number recognition based on neuralnetwork and invariant moments**",the Sixth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 2007.

[9] SongkranKantawong. **"Road Traffic Signs Detection and Classification for Blind Man Navigation System**",International Conference on Control, Automation and Systems, 2007.

[10] Yasser Baleghi Damavandi, KarimMohammadi,**"Speed Limit Traffic Sign Detection** and **Recognition"**IEEE, 2004.

[11] M. Shneier. "**Road Sign Detection and Recognition."** IEEE Computer Society International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2005.

[12] Hiroyuki Ishida and TomokazuTakahashi**. "Identification of degraded traffic sign symbols by a generative learning method**",18th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'06), 2006.

[13] LidiyaGeorgieva, Tatyana Dimitrova, Nicola Angelov, "**rgb and hsv colour models in colour identification of digital traumas images**" ,International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech', 2005.

[14] **ImageProcessingToolBox** (Online), 2004-2009. Available http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox (5 December 2008).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพที่ใช้ในการทดลอง

.

ภาพที่ ก.1 ภาพที่ใช้ในการทดสอบตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วกรณี 1 ป้าย ไม่บดบัง

ภาพที่ ก.2 ภาพที่ใช้ในการทดสอบตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วกรณี 1 ป้าย โดยถูกบดบัง

ภาพที่ ก.3 ภาพที่ใช้ในการทดสอบตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วกรณี 2 ป้าย ไม่ถูกบดบัง

ภาพที่ ก.4 ภาพที่ใช้ในการทดสอบตรวจหาป้ายจำกัดความเร็วกรณี 2 ป้าย โดยถูกบดบัง

การวัดปริมาณแสง

ภาพที่นำมาใช้ในการทดสอบเป็นภาพที่มีปริมาณแสงต่างๆ กัน ในการวัดปริมาณแสงจะใช้เครื่องมือวัดปริมาณแสง (LUX Meter) ทำการวัดปริมาณแสงที่เวลาต่างๆ ตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึง 18.00 น. เนื่องช่วงเวลานี้เป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพที่นำทดสอบโดยทำการวัดปริมาณแสงจำนวน 3 วัน เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของปริมาณแสงในช่วงเวลาต่างๆ

ตารางผลการวัดปริมาณแสง

เวลา	ปริมาณแสง (LUX) วันที่ 1	ปริมาณแสง (LUX) วันที่ 2	ปริมาณแสง (LUX) วันที่ 3	ค่าเฉลี่ย ปริมาณแสง (LUX)
7.00	52x100	59x100	62x100	57.66x100
8.00	162x100	181x100	158x100	167x100
9.00	292x100	316x100	281x100	296.33x100
10.00	365x100	342x100	374x100	360.33x100
11.00	459x100	504x100	461x100	474.66x100
12.00	543x100	526x100	519x100	529.33x100
13.00	647x100	712x100	621x100	660x100
14.00	586x100	592x100	547x100	575x100
16.00	354x100	328x100	346x100	342.66x100
17.00	198x100	185x100	169x100	184x100
18.00	68x100	72x100	91x100	77x100

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	นางสาวเกศินี ตะละ
วัน เดือน ปีเกิด	13 ธันวาคม 2526
ที่อยู่	9/9 หมู่ 9 ตำบลน้ำรึม อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เมื่อ พ.ศ.2549
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2548- 2549	ตำแหน่งวิศวกร บริษัทแคนนอน-ไฮเทค จำกัด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี