

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนไทยโดยอาศัยเทคนิค
การสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง

THAI LICENSE PLATE LOCALIZATION USING
HIGH DYNAMIC RANGE IMAGING



T117930

ประณต คชกุล
PRANOT KOTCHAKOON

จพ.
๒/๒๕๕๓

เลขหมู่..... ๒๖๕๔
เลขทะเบียน..... 117930
วัน,เดือน,ปี 22 ต.ค. 2554

b..... 1234๑2๘๘
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2554

KMITL-2011-EN-M-070-077

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**THAI LICENSE PLATE LOCALIZATION USING
HIGH DYNAMIC RANGE IMAGING**

PRANOT KOTCHAKOON



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN COMPUTER ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2011

KMITL-2011-EN-M-070-077

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2011

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนไทยโดยอาศัยเทคนิคการสร้างภาพไดนามิกเร็นจิ้งกว้าง
นักศึกษา	นายประณต คชกุล
รหัสประจำตัว	49060716
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
พ.ศ.	2554
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.วัชร ฉัตรวิริยะ

บทคัดย่อ

การหาตำแหน่งป้ายทะเบียนยานพาหนะในภาพเป็นปัญหาที่สำคัญสำหรับระบบรู้จำป้ายทะเบียน เนื่องจากการติดตั้งป้ายและตำแหน่งของรถยนต์ที่ไม่สามารถกำหนดตำแหน่งได้ตายตัว จึงต้องควบคุมตำแหน่งและมุมในการติดตั้งกล้องเพื่อให้ภาพป้ายทะเบียนปรากฏในตำแหน่งที่ต้องการ และควบคุมสภาพแสงบริเวณป้ายทะเบียนให้มีปริมาณแสงที่เหมาะสมเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ อย่างไรก็ตามภาพที่ถ่ายได้อาจเกิดจากสภาพแสงไม่เหมาะสม เช่น การรับแสงสูงเกินไปหรือต่ำเกินไป เพราะในสถานที่จริงจะสามารถควบคุมแสงได้ระดับหนึ่งเท่านั้น

วิทยานิพนธ์เล่มนี้นำเสนออัลกอริทึมสำหรับระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนในภาพที่มีการปรับปรุงภาพอินพุทโดยใช้เทคนิคการสร้างภาพไดนามิกเร็นจิ้งกว้าง และตรวจหาตำแหน่งป้ายทะเบียนโดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะด้านการจัดกลุ่มตัวอักษรของป้ายทะเบียน อัลกอริทึมนี้ประกอบด้วย การปรับปรุงภาพ การเตรียมภาพไบนารี และการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน ผลการทดลองพบว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอมีอัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายเท่ากับ 95.8 เปอร์เซ็นต์ จากตัวอย่างที่ใช้ทดสอบจำนวน 312 ภาพ

Thesis Title	Thai License Plate Localization using High Dynamic Range Imaging
Student	Mr. Pranot Kotchakoon
Student ID.	49060716
Degree	Master of Engineering
Program	Computer Engineering
Year	2011
Thesis Advisor	Dr. Watchara Chatwiriya

ABSTRACT

Locating the license plate is an important issue in recognition because the vehicle and its plate are in the same picture. The proper arrangement of both position and angle of camera to the vehicle results in having the license plate image within the specific area and with proper brightness. However, overexposure or underexposure image still exists because the lighting conditions of places are hard to control in the field environment.

In this thesis, the algorithm for Thai license plate localization using high dynamic range imaging from multi exposure images for image enhancement and specific properties and characteristics of pattern conformation grouping is purposed. The algorithm consists of image enhancement, binary image preparation, and license plate localization. The experimental result of the proposed algorithm to 312 test images is 95.8%.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์ ดร.วัชรฉัตรวิริยะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนให้ความรู้ ประสบการณ์ที่ดี และความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านแก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอขอบพระคุณจากใจอีกครั้งสำหรับ โอกาสและความปรารถนาดีที่มีให้เสมอมา

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า ตั้งแต่วัยเยาว์จนถึงปัจจุบัน

ขอขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว สำหรับการสนับสนุน โอกาส และสิ่งดีๆ ที่มอบให้ข้าพเจ้าตลอดมา ไม่ว่าจะยามสุขหรือยามทุกข์ ไม่ว่าจะท้อแท้ สิ้นหวัง หรือต้องเจอกับปัญหามากมายสักเพียงใด ขอขอบคุณที่ยืนหยัดเคียงข้างข้าพเจ้าเสมอมา

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ห้องปฏิบัติการสมองกลฝังตัว เพื่อนร่วมชั้นเรียน และทุกท่าน ที่เป็นเสมือนเพื่อนคู่คิด เป็นกำลังใจ และให้คำแนะนำที่ดีแก่ข้าพเจ้าตลอดมา

สุดท้ายขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่มอบทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์แก่ข้าพเจ้า

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ประณต กชกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน.....	3
1.6 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.7 องค์ประกอบของวิทยานิพนธ์.....	4
บทที่ 2 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 งานวิจัยการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน.....	5
2.2 งานวิจัยการปรับปรุงภาพสำหรับระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน.....	25
2.3 การวิเคราะห์ปัญหาการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน.....	29
2.4 งานวิจัยการสร้างภาพไดนามิกเร็นจก์กว้าง.....	31
บทที่ 3 การระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนที่นำเสนอ.....	38
3.1 แนวคิดที่นำเสนอ.....	38
3.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบที่นำเสนอ.....	39

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	55
4.1 ขั้นตอนการทดลอง	55
4.2 ข้อมูลและการประเมินประสิทธิภาพ	57
4.3 การทดลองและผลการทดลอง	60
4.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	66
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	70
5.1 สรุปผลการวิจัย	70
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนางานวิจัยต่อ	71
เอกสารอ้างอิง	72
ภาคผนวก	74
ภาคผนวก ก. ลักษณะแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไทยทั่วไป	75
ภาคผนวก ข. พื้นฐานการควบคุมปริมาณการรับแสง	82
ภาคผนวก ค. ตัวอย่างภาพถ่ายที่ใช้ในการทดลองและผลลัพธ์	87
ภาคผนวก ง. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์	101
ประวัติผู้เขียน	119

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	สรุปเทคนิคการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน..... 22
2.2	สรุปเทคนิคการปรับปรุงภาพสำหรับระบบรู้จำป้ายทะเบียน..... 28
2.3	ลำดับของขนาดความสว่างแสง [16]..... 32
4.1	ผลการทำงานของอัลกอริทึมเมื่อเลือกอินพุทแบบต่างๆ..... 61
4.2	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัลกอริทึมการปรับปรุงภาพอินพุท..... 65
4.3	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน..... 66



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	อัลกอริทึมการวิเคราะห์เส้นขอบของวัตถุในพื้นที่ที่สนใจ 6
2.2	ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม ภาพอินพุต (ก.) ภาพไบนารี (ข.) การค้นหาเขตพื้นที่ (ค.) และภาพเส้นขอบแต่ละเขตพื้นที่ (ง.)..... 7
2.3	ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม พื้นที่แนวโน้ม (ก.) และพื้นที่ป้ายทะเบียน (ข.)..... 7
2.4	อัลกอริทึมการวิเคราะห์เส้นขอบแนวตั้งของวัตถุ..... 8
2.5	ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม ภาพอินพุต (ก.) ภาพที่ปรับปรุงแล้ว (ข.) ภาพเส้นขอบแนวตั้ง (ค.) ภาพเส้นที่กำจัดสิ่งรบกวนแล้ว (ง.) หนาแน่นของเส้นขอบ (จ.) และภาพป้ายทะเบียน (ฉ.) 8
2.6	อัลกอริทึมการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ 9
2.7	ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม ภาพอินพุต (ก.) ภาพแบบ ไบนารี (ข.) ผลลัพธ์การรวมสัญลักษณ์ ให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (ค.) และพื้นที่ป้ายทะเบียน (ง.) 10
2.8	อัลกอริทึมการวิเคราะห์เส้นขอบร่วมกับลักษณะวัตถุ 11
2.9	อัลกอริทึมการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เชื่อมติดกัน 11
2.10	ผลลัพธ์ตำแหน่งป้ายทะเบียน โดยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เชื่อมติดกัน 12
2.11	อัลกอริทึมการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุร่วมกับองค์ประกอบที่เชื่อมติดกัน 13
2.12	ผลลัพธ์การทำงานของอัลกอริทึม ภาพอินพุต (ก.) พื้นที่แนวโน้มที่ตรวจพบ (ข.) การคัด- กรองตามเกณฑ์เรื่องขนาดและสัดส่วน (ค.) ภาพพื้นที่แนวโน้ม (ง.) และ (จ.) 13
2.13	การคัดเลือกพื้นที่แนวโน้มจากความถี่ของความเข้มแสง ภาพพื้นที่แนวโน้มที่เพิ่ม ความสว่างแล้ว (ก.) ภาพพื้นที่แนวโน้มแบบไบนารี(ข.) และความถี่ของความเข้มแสง (ค.)..... 14
2.14	อัลกอริทึมการวิเคราะห์เส้นขอบวัตถุประกอบการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ และองค์ประกอบที่เชื่อมติดกัน 15
2.15	ตัวอย่างภาพรถยนต์และผลลัพธ์การระบุตำแหน่งป้าย 15
2.16	อัลกอริทึมการวิเคราะห์เส้นขอบวัตถุร่วมกับลักษณะวัตถุและองค์ประกอบที่เชื่อมติดกัน .. 16
2.17	ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม ภาพอินพุต (ก.) เส้นขอบแนวตั้ง (ข.) ตัวอักษรที่ถูกรวมเป็นรูป สี่เหลี่ยม (ค.) พื้นที่แนวโน้ม (ง.) ภาพพื้นที่แนวโน้ม (จ.) และพื้นที่ป้ายทะเบียน (ฉ.) 16
2.18	อัลกอริทึมการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงของหน้าต่าง 17

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.19	ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม ภาพอินพุท (ก.) กรอบภาพ (ข.) พื้นที่แนวโน้ม (ค.) และพื้นที่ป้ายทะเบียน (ง.).....	17
2.20	อัลกอริทึมการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุตามกฎหมายป้ายทะเบียน	18
2.21	ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม ภาพอินพุท (ก.) ภาพไบนารี (ข.) ภาพตัวอักษรพื้นที่แนวโน้ม (ค.) และพื้นที่ป้ายทะเบียน (ง.).....	19
2.22	อัลกอริทึมการวิเคราะห์ความเข้มแสงสะสม	20
2.23	ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม ภาพอินพุท (ก.) เส้นขอบแนวตั้ง (ข.) และพื้นที่แนวโน้ม (ค.)	20
2.24	อัลกอริทึมการวิเคราะห์เส้นตรงสีแปรปรวน	21
2.25	ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม ภาพอินพุท (ก.) ภาพไบนารี (ข.) กราฟความแปรปรวน บริเวณป้ายทะเบียน (ค.) และกราฟความแปรปรวนบริเวณอื่น (ง.)	21
2.26	การปรับฮิสโทแกรม ภาพอินพุท (ก.) และภาพที่ปรับปรุงแล้ว (ข.)	25
2.27	การวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ ภาพอินพุท (ก.) และภาพที่ปรับปรุงแล้ว (ข.)	26
2.28	การปรับแก้แสงที่ไม่สม่ำเสมอ ภาพอินพุท (ก.) การวิเคราะห์สภาพแสง (ข.) ภาพที่ปรับปรุงแล้ว (ค.) ภาพไบนารีแบบทั่วไป (ง.) และภาพไบนารีที่ได้จากเทคนิคนี้ (จ.)	27
2.29	การวิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะพื้นที่ ภาพอินพุท (ก.) และภาพที่ปรับปรุงแล้ว (ข.)	27
2.30	การใช้ค่าปริมาณการรับแสงไม่เหมาะสมกับสภาพแสง หน้าต่างและช่องรับแสงมีปริมาณการรับแสงสูงเกินไป (ก.) และบริเวณภายในโบสถ์มีปริมาณการรับแสงต่ำเกินไป (ข.)	29
2.31	การปรับปรุงภาพอินพุทและการแปลงภาพไบนารี การปรับเทรสโพลอดี โนมตี (ก.) การปรับฮิสโทแกรม (ข.) การวิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะพื้นที่ (ค.) และการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ (ง.)	30
2.32	ภาพที่มีสัญลักษณ์หรือตัวอักษรที่มีลักษณะใกล้เคียงกับป้ายทะเบียน ภาพอินพุท (ก.) และพื้นที่แนวโน้มป้ายทะเบียนโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ (ข.)	31
2.33	ตัวอย่างภาพ ภาพถ่ายจากกล้องแบบทั่วไป (ก.) และภาพไดนามิคเรนจ์กว้าง (ข.) [17]	33
2.34	อัลกอริทึมการวิเคราะห์ลักษณะการไล่ระดับความเข้มแสง	34
2.35	ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม ภาพอินพุทแบบหลายค่าปริมาณการรับแสง (ก.) - (ค.) และภาพเอชดีอาร์ (ง.)	35
2.36	อัลกอริทึมการวิเคราะห์คุณสมบัติเฉพาะพื้นที่และการแบ่งส่วนพื้นที่ย่อยแบบทำซ้ำ	36

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.37	ชุดภาพอินพุทแบบหลายค่าปริมาณการรับแสง..... 36
2.38	ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม การแบ่งส่วนและคัดเลือกพื้นที่ย่อย (ก.) และภาพเอชดีอาร์ (ข.) 37
2.39	ปัญหาการแปลงภาพเอชดีอาร์เป็นภาพไบนารี ภาพเอชดีอาร์ (ก.) และภาพไบนารี (ข.)..... 37
3.1	การแปลงภาพไบนารี ภาพเอชดีอาร์ระดับเทา (ก.) การปรับค่าเทรสโฮลด์อัตโนมัติ (ข.) และการตัดแปลงผลลัพธ์ภาพเอชดีอาร์ด้วยเทคนิคที่นำเสนอ (ค.) 39
3.2	ภาพรวมอัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนที่นำเสนอ 40
3.3	อัลกอริทึมการสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง..... 41
3.4	การเปรียบเทียบไดนามิกเรนจ์ในภาพ (ก.) พื้นที่ที่มีไดนามิกเรนจ์กว้าง (ข.) และพื้นที่ที่มีไดนามิกเรนจ์แคบ (ค.) [19]..... 42
3.5	ตัวอย่างบริเวณที่พิกเซลมีความเข้มแสงเกินช่วงที่กำหนด [19] 44
3.6	ภาพจำลองการทำงานของขั้นตอนการแบ่งส่วนพื้นที่ย่อย..... 45
3.7	ผลลัพธ์การแบ่งส่วนและคัดเลือกพื้นที่ย่อย..... 45
3.8	ภาพประกอบแสดงพื้นที่ที่มีอิทธิพลในขนาดที่แตกต่างกัน [19]..... 47
3.9	ผลลัพธ์การสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง 47
3.10	อัลกอริทึมการเตรียมภาพไบนารี..... 48
3.11	อัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน 49
3.12	การวิเคราะห์สัญลักษณ์ ภาพไบนารี (ก.) และสัญลักษณ์ที่ผ่านการตัดกรอง (ข.)..... 50
3.13	อัลกอริทึมการจัดกลุ่มสัญลักษณ์ป้ายทะเบียน 51
3.14	ภาพจำลองการจัดกลุ่มสัญลักษณ์ ผลลัพธ์การวิเคราะห์สัญลักษณ์ (ก.) และสัญลักษณ์ที่ผ่านการจัดกลุ่มแล้ว (ข.)..... 51
3.15	โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมชนิดความน่าจะเป็น 52
3.16	ภาพจำลองการแยกแยะประเภทของสัญลักษณ์ ผลลัพธ์การจัดกลุ่มสัญลักษณ์ (ก.) และสัญลักษณ์ที่แยกแยะประเภทแล้ว (ข.) 53
3.17	การจัดลำดับและคัดเลือกกลุ่มสัญลักษณ์ การให้คะแนนแต่ละพื้นที่แนวโน้ม (ก.) และตำแหน่งพื้นที่แนวโน้มในภาพ (ข.)..... 54
3.18	ผลลัพธ์การระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน กลุ่มสัญลักษณ์ที่ถูกคัดเลือก (ก.) และตำแหน่ง ของป้ายทะเบียนในภาพ (ข.)..... 54

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 ภาพรวมขั้นตอนการทดลอง.....	56
4.2 ภาพรวมการจัดเก็บข้อมูลและการประเมินค่าประสิทธิภาพอัลกอริทึม.....	58
4.3 หน้าจอสำหรับกำหนดลักษณะเฉพาะและบันทึกภาพป้ายทะเบียน.....	59
4.4 การจำลองการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของอัลกอริทึมกับตำแหน่งป้ายทะเบียนในอุดมคติ.....	60
4.5 ผลลัพธ์ที่ปริมาณการรับแสงต่างกัน 0.3 สตอป ภาพถ่ายทั่วไป (ก.) และผลลัพธ์ที่จำนวนอินพุท 3-5 ภาพ ตามลำดับ (ข.)-(ง.).....	62
4.6 ผลลัพธ์ที่ปริมาณการรับแสงต่างกัน 1 สตอป ภาพถ่ายทั่วไป (ก.) และผลลัพธ์ที่จำนวนอินพุท 3-5 ภาพ ตามลำดับ (ข.)-(ง.).....	63
4.7 ผลลัพธ์ที่ปริมาณการรับแสงต่างกัน 2 สตอป ภาพถ่ายทั่วไป (ก.) และผลลัพธ์ที่จำนวนอินพุท 3-5 ภาพ ตามลำดับ (ข.)-(ง.).....	64
4.8 ผลลัพธ์การระบุตำแหน่งกรณีที่มีสัญลักษณ์อื่นที่ลักษณะใกล้เคียงกับป้ายทะเบียน.....	67
4.9 ตัวอย่างผลการทดลองกรณีป้ายทะเบียนหลุดลอก.....	68
4.10 ตัวอย่างผลการทดลองกรณีมีนอตคั่นระหว่างตัวอักษร.....	69
4.11 ตัวอย่างผลการทดลองกรณีป้ายทะเบียนมีสภาพสกปรก.....	69

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบรู้จำป้ายทะเบียนเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีระบบควบคุมจราจรอัตโนมัติ (Intelligent Transportation System) ที่ใช้ระบุยานพาหนะ (Vehicle Identity) ระบบนี้ถูกใช้ตามจุดตรวจต่างๆ เช่น ที่จุดเข้าออกสถานที่ ด่านเก็บค่าผ่านทาง เป็นต้น เพื่อช่วยลดภาระการทำงานของมนุษย์และทำงานร่วมกับระบบสารสนเทศอื่นได้โดยอัตโนมัติ [1-7] ประสิทธิภาพของระบบขึ้นอยู่กับความสามารถในการรับมือกับสภาพแวดล้อมที่ไม่คงที่ เช่น แสงสว่าง ตำแหน่งและมุมการถ่ายภาพป้ายทะเบียน รวมทั้งคุณภาพของป้ายทะเบียน เช่น ความสกปรก สีของฉากหลัง [2-4] ระบบรู้จำป้ายทะเบียนส่วนใหญ่เริ่มจากการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนในภาพ (License Plate Localization) จากนั้นนำมาตัดตัวอักษรในป้ายทะเบียนออกมา (Character Segmentation) แล้วจึงเข้าสู่กระบวนการรู้จำตัวอักษรทีละตัว (Character Recognition) [4-6] ในกระบวนการนี้การระบุตำแหน่งของป้ายทะเบียนให้ถูกต้องเป็นปัญหาที่สำคัญมาก เพราะถ้าทำงานผิดพลาดจะส่งผลให้การรู้จำหมายเลขทะเบียนผิดพลาดไปด้วย [2-4]

สาเหตุหนึ่งที่ทำให้ระบบรู้จำป้ายทะเบียนหาตำแหน่งหรือตัดตัวอักษรผิดพลาดคือ การใช้อุปกรณ์ถ่ายภาพที่มีช่วงการรับข้อมูลหรือการรับแสงแคบหรือเรียกว่ามีไดนามิกเรนจ์แคบ ถ่ายภาพในภาพแวดล้อมหรือฉากที่มีปริมาณแสงเป็นช่วงกว้างคือมีบริเวณที่แสงน้อยหรือเป็นที่มืดและบริเวณที่แสงมากหรือสว่างมากอยู่ในฉากเดียวกัน หรือเรียกว่ามีไดนามิกเรนจ์กว้าง จะทำให้การเกิดสูญเสียรายละเอียด (ข้อมูล) ของภาพบริเวณที่ไดนามิกเรนจ์ของอุปกรณ์ถ่ายภาพไม่ครอบคลุมและอีกสาเหตุหนึ่งที่พบคือ กรณีมีตัวอักษรอื่นที่ลักษณะใกล้เคียงกับตัวอักษรป้ายทะเบียนปนอยู่ในภาพ เช่น สติกเกอร์ ข้อความ โฆษณา เลขรุ่นหรือยี่ห้อรถ ก็มีผลทำให้ระบบรู้จำป้ายทะเบียนหาตำแหน่งป้ายทะเบียนผิดพลาดได้

จากการศึกษาพบว่าการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์มีเทคนิคการสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้างหรือเอชดีอาร์ไอ (High Dynamic Range Imaging: HDRI) สามารถแสดงหรือกู้คืนรายละเอียดของภาพในบริเวณที่ไดนามิกเรนจ์ของอุปกรณ์ถ่ายภาพไม่ครอบคลุมได้ ซึ่งภาพไดนามิกเรนจ์กว้างหรือภาพเอชดีอาร์ไอจะสามารถแสดงรายละเอียดจริงในฉากได้แม่นยำขึ้น โดยอาศัยภาพจากกล้องหลายตัวหรือภาพหลายภาพที่มีช่วงการรับข้อมูลต่างกัน

ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ใช้เทคนิคเอชดีอาร์ไอปรับปรุงคุณภาพอินพุตสำหรับกระบวนการรู้จำป้ายทะเบียน และใช้การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะด้านการจัดกลุ่มตัวอักษรป้ายทะเบียนคัดเลือกพื้นที่ป้ายทะเบียนในภาพ

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์เล่มนี้มุ่งหวังเพื่อนำเสนอวิธีการตัดแปลงหรือประยุกต์ใช้เทคนิคเอชดีอาร์ไอ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายป้ายทะเบียนที่ใช้เป็นอินพุตสำหรับระบบรู้จำป้ายทะเบียน แต่เนื่องจากเอชดีอาร์ไอมีหลายเทคนิคให้เลือกใช้ และภาพที่ผ่านการปรับปรุงโดยเทคนิคนี้ยังไม่เหมาะกับระบบรู้จำป้ายทะเบียนคือนำมาใช้แล้วประสิทธิภาพต่ำลงหรือทำงานผิดพลาด ดังนั้นวิทยานิพนธ์เล่มนี้จึงนำเสนอการเลือกใช้เทคนิคเอชดีอาร์ไอและวิธีการปรับปรุงผลลัพธ์ให้เหมาะสมกับการทำงานของระบบรู้จำป้ายทะเบียน ที่ช่วยให้ระบบทำงานได้ถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น รวมถึงการนำเสนอวิธีการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนที่สามารถทำงานได้โดยไม่ขึ้นกับตำแหน่งการปรากฏของป้ายทะเบียนในภาพ และมีประสิทธิภาพสูงในการคัดเลือกตำแหน่งป้ายทะเบียนที่ถูกต้อง ในกรณีที่มีสัญลักษณ์หรือตัวอักษรอื่นที่ลักษณะใกล้เคียงกับตัวอักษรป้ายทะเบียนปนอยู่ในภาพด้วย

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การใช้กล้องถ่ายรูปแบบทั่วไปซึ่งมีไดนามิกเรนจ์แคบ ถ่ายภาพในฉากหรือสภาพแวดล้อมจริงที่มีช่วงของแสงที่หลากหลายหรือมีไดนามิกเรนจ์กว้าง จะทำภาพที่ถ่ายได้สูญเสียรายละเอียดของข้อมูลบริเวณที่ไดนามิกเรนจ์ของกล้องไม่ครอบคลุมไป และในกรณีที่บริเวณดังกล่าวเป็นตำแหน่งของภาพป้ายทะเบียน จะส่งผลให้ระบบรู้จำป้ายทะเบียนทำงานผิดพลาดด้วย และการคัดเลือกตำแหน่งป้ายทะเบียน โดยใช้เกณฑ์เรื่องขนาด อัตราส่วน และความหนาแน่นของพื้นที่ที่สนใจ รวมถึงการวิเคราะห์ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง ไม่เพียงพอต่อการคัดเลือกตำแหน่งป้ายทะเบียนที่ถูกต้อง เนื่องจากอาจมีวัตถุอื่นที่มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์ปนอยู่ในภาพด้วย

ซึ่งปัญหาแรกที่กำลังกล่าวถึงสามารถแก้ไขได้โดยการใช้ภาพถ่ายจากกล้องหลายตัวที่ครอบคลุมแต่ละช่วงไดนามิกเรนจ์ที่ต้องการ เพื่อนำภาพเหล่านั้นมาประมวลผลเพื่อสร้างภาพใหม่ที่มีรายละเอียดของข้อมูลที่เพียงพอต่อการรู้จำป้ายทะเบียน ทำให้ประสิทธิภาพของระบบรู้จำป้ายทะเบียนดีขึ้น ในส่วนของปัญหาเรื่องการคัดเลือกพื้นที่ป้ายทะเบียน ใช้การวิเคราะห์ลักษณะการจัดเรียงตำแหน่งของวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่สนใจ ว่าสอดคล้องกับตัวอักษรป้ายทะเบียนหรือไม่ น่าจะช่วยให้ประสิทธิภาพการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับการสร้างภาพเอชดีอาร์ใช้เทคนิคการแบ่งส่วนภาพแบบทำซ้ำ (Recursive) โดยอาศัยคุณสมบัติเฉพาะพื้นที่ (Local Properties) ที่คำนวณจากค่าเฉลี่ยความเข้มแสง (Mean Intensity) ค่าเบี่ยงเบนความเข้มแสง (Intensity Deviation) และค่าเอนโทรปี (Entropy) และการรวมภาพ (Image Blending) ใช้ฟังก์ชันแบบเกาส์เซียน (Gaussian Function) แล้วใช้กระบวนการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ (Morphology) เพิ่มคอนทราสต์ (Contrast) ในภาพ ก่อนนำผลลัพธ์ที่ได้ไปแปลงเป็นภาพไบนารี แล้วนำไปวิเคราะห์หาตำแหน่งป้ายทะเบียน โดยใช้คุณลักษณะการจัดกลุ่มตัวอักษร (Pattern Conformation Grouping) ของป้ายทะเบียนรถยนต์ส่วนบุคคลไทย โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เชื่อมติดกัน (Connected Component Analysis)

1.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่นำเสนอกับงานวิจัยอื่น มีสองส่วนคือการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการปรับปรุงภาพอินพุท และการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน ผลที่ได้แสดงอัตราความแม่นยำการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน และอัตราจำนวนกลุ่มพื้นที่แนวโน้มนำเสนอที่จะเป็นป้ายทะเบียนของแต่ละอัลกอริทึม

1.6 ขอบเขตการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้นำเสนอการประยุกต์เทคนิคเอชดีอาร์ไปจากภาพถ่ายที่ได้จากกล้องที่จัดช่วงการถ่ายภาพไว้หลายแบบในช่วงของแสงที่มองเห็น มุ่งใช้กับภาพถ่ายป้ายทะเบียนรถยนต์ส่วนบุคคลของประเทศไทย ที่ประกอบด้วยตัวอักษรสองตัวแล้วตามด้วยตัวเลข 1 ถึง 4 ตัว ที่ไม่มีลายภาพพื้นหลัง (Graphical background) และมีลักษณะ ขนาด และสี ตรงตามกฎกระทรวงฉบับที่ 7 พ.ศ. 2547 ออกตามความในพระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ. 2522 [21] ไม่ครอบคลุมปัญหาป้ายทะเบียนคุณภาพต่ำ เช่น ป้ายทะเบียนชำรุดเสียหายหรือมีสภาพสกปรก

1.7 องค์ประกอบของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์เล่มนี้แบ่งเป็น 5 บท คือ บทที่ 1-5 กล่าวถึง

บทที่ 1 กล่าวถึงความจำเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ขอบเขตการวิจัย และองค์ประกอบของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงงานวิจัยด้านระบบรู้จำป้ายทะเบียน ซึ่งประกอบด้วยงานวิจัยเกี่ยวกับเทคนิคการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนในภาพและการปรับปรุงภาพอินพุตสำหรับระบบรู้จำป้ายทะเบียน การวิเคราะห์ปัญหาและปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการทำงานของระบบ รวมถึงพื้นฐานและงานวิจัยเกี่ยวกับเทคนิคเอชดีอาร์ไอ

บทที่ 3 กล่าวถึงแนวคิดการประยุกต์ใช้เอชดีอาร์ไอและอธิบายรายละเอียดของวิธีการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนที่นำเสนอ

บทที่ 4 กล่าวถึงขั้นตอนการทดลอง ข้อมูลที่ใช้และวิธีการประเมินประสิทธิภาพ ผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นว่าวิธีที่นำเสนอช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพดีขึ้น รวมถึงข้อจำกัดของวิธีการที่นำเสนอ

บทที่ 5 กล่าวถึงการสรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนางานวิจัยต่อ

บทที่ 2

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยด้านระบบรู้จำป้ายทะเบียนได้มีการรวบรวมโดย Christos-Nikolaos E. A. และคณะในงานวิจัยที่ [1] ซึ่งได้จำแนกการทำงานออกเป็น 3 กระบวนการหลักๆ คือ การระบุตำแหน่งหรือการตรวจหาป้ายทะเบียนในภาพ (License Plate Localization) การตัดตัวอักษรป้ายทะเบียน (Character Segmentation) และการรู้จำตัวอักษรป้ายทะเบียน (Character Recognition) ซึ่งการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนให้ถูกต้องมีความสำคัญมาก เพราะถ้าทำงานผิดพลาดจะส่งผลให้กระบวนการอื่นทำงานผิดพลาดไปด้วย [2-4] สาเหตุหนึ่งของความผิดพลาดเกิดจากคุณภาพของภาพอินพุต ดังนั้นการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนจำเป็นต้องมีการปรับปรุงภาพอินพุตให้มีรายละเอียดเพียงพอต่อการทำงานเสียก่อน ในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยเทคนิคสำหรับระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน และงานวิจัยด้านการปรับปรุงภาพสำหรับระบบรู้จำป้ายทะเบียน หลักการทำงาน ข้อดีและข้อจำกัดต่างๆ ของแต่ละเทคนิค และการวิเคราะห์ปัญหา รวมถึงงานวิจัยเกี่ยวกับเทคนิคการปรับปรุงภาพที่นำมาช่วยแก้ปัญหา โดยแต่ละเรื่องมีรายละเอียดดังนี้

2.1 งานวิจัยการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน

มีงานวิจัยจำนวนมาก [2-5, 7-14] นำเสนอเทคนิคสำหรับระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน เทคนิคที่มีความแม่นยำสูง ได้แก่ เทคนิคการวิเคราะห์เส้นขอบวัตถุ (Edge Analysis) เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ (Morphological Processing) เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เชื่อมติดกัน (Connected Component Analysis) เทคนิคการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงของหน้าต่าง (Sliding Concentric Windows) สำหรับงานวิจัยการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนที่ใช้ลักษณะของภาษาไทย ประกอบการวิเคราะห์ได้แก่ การเทคนิควิเคราะห์ความเข้มแสงสะสม (Accumulative Intensity Morphing) เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุตามกฎหมายป้ายทะเบียน (Motor Vehicle Regulation) และเทคนิคกรรมวิธีเส้นตรงแปรปรวน (Variant-color Line Selection) โดยแต่ละงานวิจัยสามารถอธิบายหลักการทำงานโดยสรุปได้ดังนี้

2.1.1 การวิเคราะห์เส้นขอบวัตถุ

การระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เส้นขอบวัตถุในภาพ (Edge Analysis) งานวิจัยที่ [2, 10] จากสมมติฐานที่ว่าบริเวณที่เป็นตำแหน่งป้ายทะเบียนจะมีลักษณะเฉพาะของเส้นขอบวัตถุที่สามารถใช้แยกแยะออกจากบริเวณอื่นในภาพได้ ในงานวิจัยที่ [2] งานของ Jun Kong และคณะ ได้นำเสนออัลกอริทึมที่อาศัยการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของพื้นผิว (Textural Feature Analysis) รูปที่ 2.1 แสดงภาพรวมของอัลกอริทึม การทำงานประกอบด้วย 4 ขั้นตอน เริ่มจากการประมวลผลภาพเบื้องต้น (Pre-processing) เป็นการแปลงภาพสีเป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale Image) แสดงในรูปที่ 2.2 (ก.) แล้วปรับปรุงภาพด้วยวิธีการปรับฮิสโตแกรม (Histogram Equalization) ขั้นตอนต่อมาเป็นการสร้างภาพไบนารี (Binarization) ผลลัพธ์แสดงในรูปที่ 2.2 (ข.) จากนั้นเป็นขั้นตอนการค้นหาพื้นที่แนวโน้ม โดยประมาณ (Approximate Region Searching) เป็นการกำหนดเขตพื้นที่ที่สนใจแสดงในรูปที่ 2.2 (ค.) แล้วตรวจหาเส้นขอบของวัตถุในภาพโดยใช้ตัวปฏิบัติการแคนนี่ (Canny Operator) ภาพที่ได้แสดงในรูปที่ 2.2 (ง.) จากนั้นทำการวิเคราะห์เส้นขอบวัตถุเพื่อสร้างพื้นที่แนวโน้มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับป้ายทะเบียน รูปที่ 2.3 แสดงพื้นที่แนวโน้มที่ค้นหาได้ และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการจำแนกพื้นที่แนวโน้ม (Region Classification) จากข้อมูลเรื่องขนาดและความหนาแน่นของพื้นที่นั้นๆ เพื่อคัดเลือกพื้นที่แนวโน้มที่มีลักษณะสอดคล้องกับพื้นที่ป้ายทะเบียน รูปที่ 2.3 (ข.) แสดงพื้นที่แนวโน้มที่ถูกคัดเลือกเป็นพื้นที่ป้ายทะเบียน อัลกอริทึมนี้สามารถรับมือกับสิ่งรบกวนได้สูง รองรับยานพาหนะหลายประเภท และทำงานกับภาพที่มีพื้นหลังหรือฉากหลังที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ อัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน 96.05 เปอร์เซ็นต์ จากภาพที่ใช้ทดสอบจำนวน 380 ภาพ



รูปที่ 2.1 อัลกอริทึมการวิเคราะห์เส้นขอบของวัตถุในพื้นที่ที่สนใจ



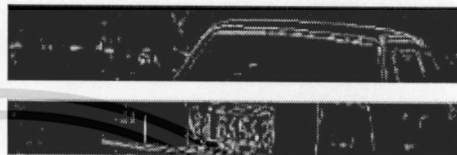
ก.



ข.



ค.



ง.

รูปที่ 2.2 ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม ภาพอินพุต (ก.) ภาพไบนารี (ข.) การค้นหาเขตพื้นที่ (ค.) และ ภาพเส้นขอบแต่ละเขตพื้นที่ (ง.)



ก.

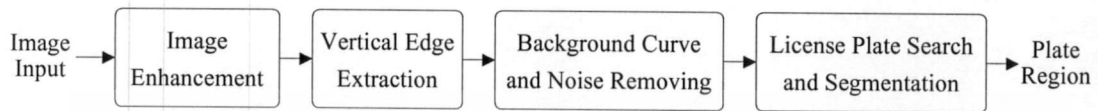


ข.

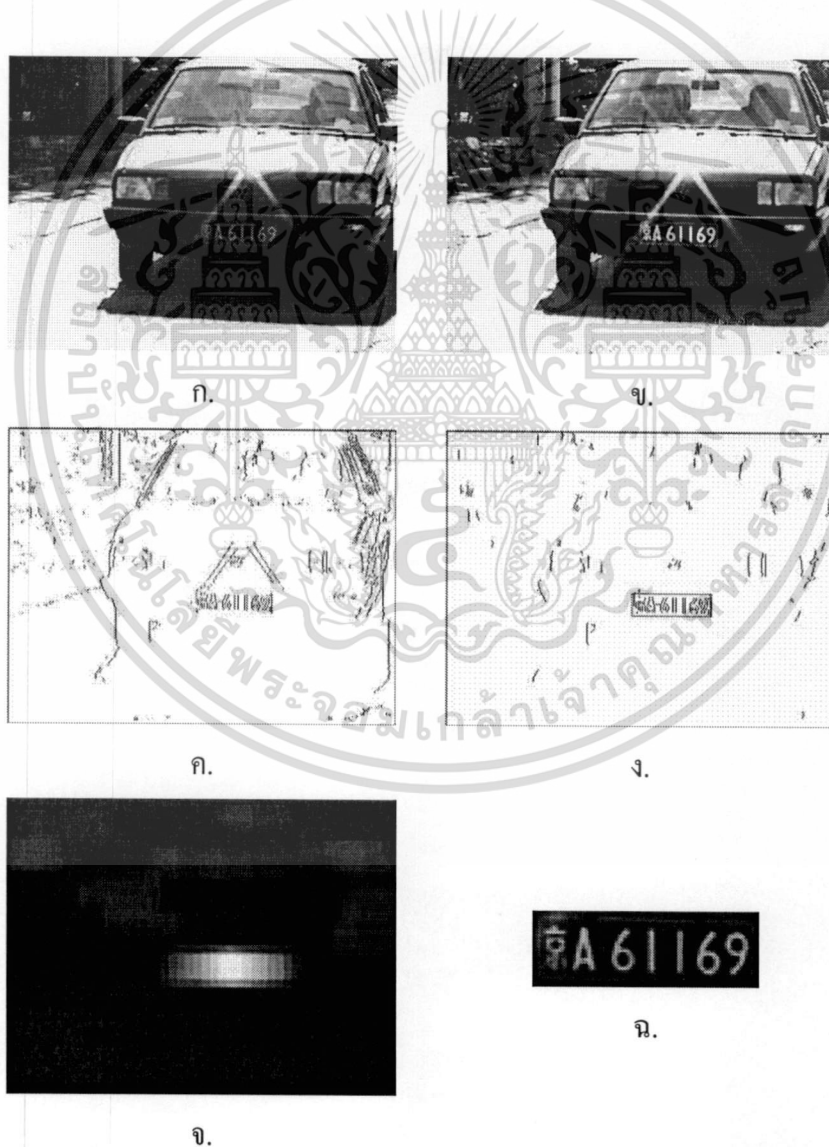
รูปที่ 2.3 ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม พื้นที่แนวโน้ม (ก.) และพื้นที่ป้ายทะเบียน (ข.)

ในงานวิจัยที่ [10] งานของ Danian Zheng และคณะ ได้นำเสนออัลกอริทึมสำหรับระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน โดยใช้การวิเคราะห์เส้นขอบแนวตั้งของวัตถุในภาพ รูปที่ 2.4 แสดงภาพรวมของอัลกอริทึม การทำงานประกอบด้วย 4 ขั้นตอน เริ่มจากการปรับปรุงภาพอินพุต (Image Enhancement) เพื่อให้เส้นขอบวัตถุสามารถตรวจหาได้ง่าย โดยอาศัยการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนความเข้มแสงของหน้าต่างที่กำหนด รูปที่ 2.5 (ก.) แสดงภาพอินพุตและรูปที่ 2.5 (ข.) ภาพที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว ขั้นตอนต่อมาเป็นการตรวจหาเส้นขอบแนวตั้งของวัตถุในภาพ (Vertical Edge Extraction) โดยใช้ตัวปฏิบัติการโซเบล (Sobel Operator) ภาพเส้นขอบที่ได้แสดงในรูปที่ 2.5 (ค.) จากนั้นเป็นขั้นตอนการกำจัดเส้นขอบที่ไม่ต้องการหรือสิ่งรบกวนออกจากภาพ (Background Curve and Noise Removing) โดยการวิเคราะห์พิกเซลที่อยู่ใกล้กันและมีความสัมพันธ์ แล้วคัดเอาเฉพาะเส้นขอบที่มีขนาดตามผ่านเกณฑ์ที่กำหนดผลลัพธ์ที่ได้แสดงในรูปที่ 2.5 (ง.) และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการค้นหาและคัดเลือกพื้นที่แนวโน้ม (License Plate Search and Segmentation) ที่มีความหนาแน่นของเส้นขอบมากที่สุดเป็นพื้นที่ป้ายทะเบียน รูปที่ 2.5 (จ.) แสดงผลลัพธ์การคำนวณการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนาแน่นของเส้นขอบ และรูปที่ 2.5 (จ.) แสดงพื้นที่ป้ายทะเบียนที่ถูกคัดเลือก อัลกอริทึมนี้สามารถทำงานกับภาพที่มีพื้นหรือฉากหลังที่ซับซ้อนได้ เช่น มีต้นไม้ หรือรถจักรยานป็นอยู่ในภาพ และทำงานกับภาพถ่ายในช่วงเวลาที่มีแสงจ้าหรือมืดครึ้มได้ รวมทั้งมีความสามารถในการรับมือกับภาพที่มีวัตถุอื่น เช่น ยี่ห้อ หมอน้ำยานพาหนะ หรือกันชนรถป็นอยู่ในภาพด้วย อัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน 99.82 เปอร์เซ็นต์ จากภาพที่ใช้ทดสอบจำนวน 1,165 ภาพ



รูปที่ 2.4 อัลกอริทึมการวิเคราะห์เส้นขอบแนวตั้งของวัตถุ



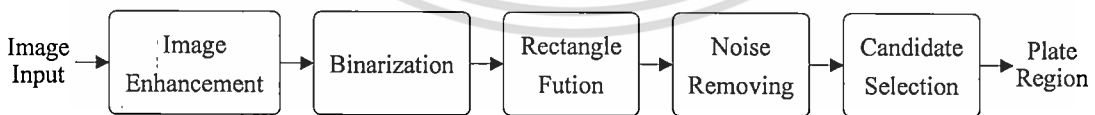
รูปที่ 2.5 ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม ภาพอินพุต (ก.) ภาพที่ปรับปรุงแล้ว (ข.) ภาพเส้นขอบแนวตั้ง (ค.)

ภาพเส้นที่กำจัดสิ่งรบกวนแล้ว (ง.) หนาแน่นของเส้นขอบ (จ.) และภาพป้ายทะเบียน (ฉ.) โยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

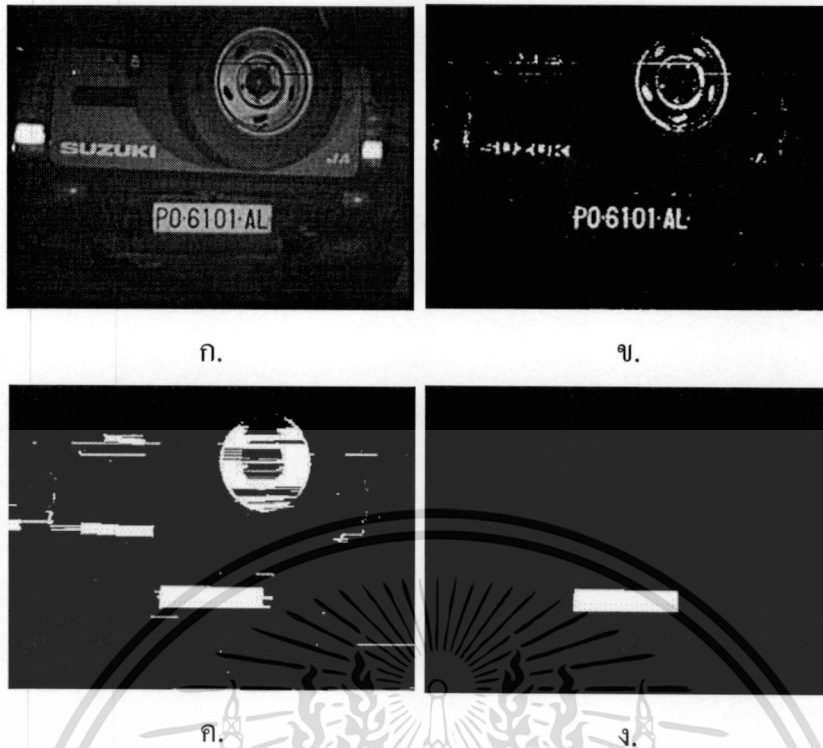
2.1.2 การวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ

การระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ (Morphological Processing) งานวิจัยที่ [11] ของ Fernando Martin และคณะ ได้นำเสนออัลกอริทึมที่อาศัยตัวปฏิบัติการต่างๆ ของกระบวนการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ เพื่อสร้างและคัดเลือกพื้นที่แนวโน้มที่มีขนาดผ่านเกณฑ์ที่กำหนดเป็นพื้นที่ป้ายทะเบียน จากแนวคิดที่ว่าตัวอักษรบนป้ายทะเบียนประกอบไปด้วยสัญลักษณ์ที่มีลักษณะบางหรือเป็นเส้น และสีของตัวอักษรจะมีความสว่างมากกว่าสีพื้นหลังป้ายทะเบียน

รูปที่ 2.6 แสดงภาพรวมของอัลกอริทึม การทำงานประกอบด้วย 5 ขั้นตอน เริ่มจากปรับปรุงภาพอินพุท (Image Enhancement) เพื่อให้ตัวอักษรป้ายทะเบียนชัดเจนขึ้นภาพอินพุทแสดงในรูปที่ 2.7 (ก.) ขั้นตอนต่อมาเป็นการแปลงภาพระดับเทาเป็นภาพไบนารี (Binarization) โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ฮิสโทแกรมแบบอัตโนมัติ ผลลัพธ์ที่ได้แสดงในรูปที่ 2.7 (ข.) จากนั้นเป็นขั้นตอนการรวมตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ในภาพเข้าด้วยกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangle Fusion) โดยใช้ตัวปฏิบัติการปิด (Closing Operator) รูปที่ 2.7 (ค.) แสดงภาพผลลัพธ์ที่ได้ ขั้นตอนต่อมาเป็นการกำจัดสิ่งรบกวน (Noise Removing) โดยคัดกรองเอาเฉพาะกลุ่มสัญลักษณ์ที่มีขนาดตามเกณฑ์ที่กำหนดเป็นพื้นที่แนวโน้ม โดยใช้ตัวปฏิบัติการเปิด (Opening Operator) ผลลัพธ์ของขั้นตอนนี้แสดงในรูปที่ 2.7 (ง.) และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการคัดเลือกพื้นที่แนวโน้ม (Candidate Selection) ใช้ในกรณีที่มีพื้นที่แนวโน้มมากกว่าหนึ่ง โดยคัดเลือกพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดเป็นพื้นที่ป้ายทะเบียน อัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน 97 เปอร์เซ็นต์ จากภาพที่ใช้ทดสอบจำนวน 105 ภาพ อย่างไรก็ตามในกรณีที่ตัวอักษรป้ายทะเบียนเป็นสีขาวหรือสีพื้นป้ายทะเบียนเป็นสีดำ ต้องมีการปรับเปลี่ยนอัลกอริทึมในขั้นตอนการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุเพื่อให้อัลกอริทึมสามารถทำงานได้ [11, 12]



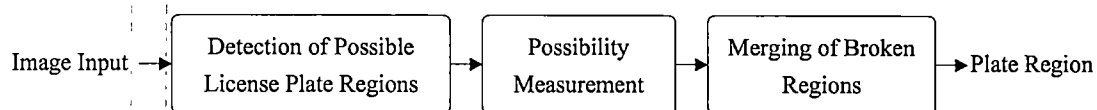
รูปที่ 2.6 อัลกอริทึมการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ



รูปที่ 2.7 ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม ภาพอินพุต (ก.) ภาพแบบไบนารี (ข.) ผลลัพธ์การรวมสัญลักษณ์ให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (ค.) และพื้นที่ป้ายทะเบียน (ง.)

งานวิจัยที่ [3] งานของ Shen-Zheng Wang และ Hsi-Jian Lee ได้นำเสนออัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เส้นขอบวัตถุร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุในภาพ โดยใช้การตรวจหาเส้นขอบเพื่อสร้างพื้นที่แนวโน้ม แล้วใช้กระบวนการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุกำจัดสิ่งรบกวน ภาพรวมของอัลกอริทึมแสดงในรูปที่ 2.8 การทำงานประกอบด้วย 3 ขั้นตอน เริ่มจากการตรวจหาบริเวณที่คาดว่าน่าจะเป็นพื้นที่ป้ายทะเบียน (Detection of Possible License Plate Regions) เป็นการตรวจหาเส้นขอบแนวตั้งของวัตถุในภาพโดยใช้ตัวปฏิบัติการโซเบล แล้วใช้ตัวปฏิบัติการเปิดของกระบวนการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุกำจัดสิ่งรบกวนในภาพ ขั้นตอนต่อมาเป็นการวัดคุณสมบัติของพื้นที่แนวโน้ม (Possibility Measurement) เพื่อคัดเลือกพื้นที่ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์เรื่องขนาด ทิศทางความเอียง (Orientation) และความหนาแน่นของจุดพิกเซลของพื้นที่ และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการรวมพื้นที่แนวโน้มที่อยู่ตำแหน่งใกล้เคียงกันเข้าด้วยกัน (Merging of Broken Regions) แล้วเลือกพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดเป็นพื้นที่ป้ายทะเบียน อัลกอริทึมนี้สามารถทำงานกับภาพถ่ายจากกล้องที่ทำมุมกับป้ายทะเบียนหลายแบบได้ เช่น มุมการหมุน (Pan) หรือทำมุมก้ม-เงย (Tilt) และไม่จำเป็นต้องกำหนดมุมการถ่ายภาพคงที่ อัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน 94.2 เปอร์เซ็นต์ [5] จากภาพที่ใช้ทดสอบ

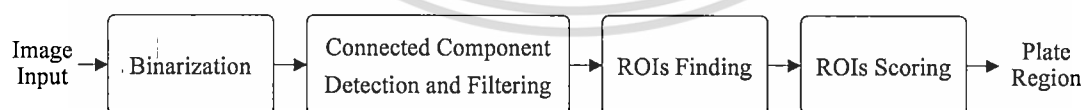
จำนวน 102 ภาพ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 อัลกอริทึมการวิเคราะห์เส้นขอบร่วมกับลักษณะวัตถุ

2.1.3 การวิเคราะห์ห้องค้ประกอบที่เชื่อมติดกัน

การระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ห้องค้ประกอบที่เชื่อมติดกัน (Connected Component Analysis) งานวิจัยที่ [8] ของ David Llorens และคณะ ได้นำเสนอ อัลกอริทึมที่อาศัยการตรวจวัดคุณสมบัติเรื่องขนาดของวัตถุในภาพ เพื่อคัดกรอง ให้คะแนน และ คัดเลือกพื้นที่แนวโน้มที่คาดว่าจะเป็นที่ป้ายทะเบียน ภาพรวมอัลกอริทึมแสดงในรูปที่ 2.9 การทำงานเริ่มจากการแปลงภาพไบนารี (Binarization) โดยใช้เทคนิคการเลือกค่าเทรชโกลเฉพาะพื้นที่ (Local Thresholding Technique) ขั้นตอนต่อมาเป็นการตรวจหาและคัดกรองพื้นที่แนวโน้ม (Connected Component Detection and Filtering) ทำหน้าที่คัดกรองสัญลักษณ์หรือกลุ่มของพิกเซลที่เชื่อมติดกันตามเกณฑ์เรื่องขนาด เพื่อสร้างพื้นที่แนวโน้ม จากนั้นเป็นขั้นตอนการค้นหาพื้นที่แนวโน้ม (ROIs Finding) ที่มีขนาดและตำแหน่งใกล้เคียงกันเพื่อจัดกลุ่มพื้นที่แนวโน้ม และ ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการให้คะแนนพื้นที่แนวโน้ม (ROIs Scoring) เพื่อคัดเลือกพื้นที่แนวโน้มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับป้ายทะเบียนที่สุดเป็นพื้นที่ป้ายทะเบียน อัลกอริทึมนี้สามารถทำงานกับภาพป้ายทะเบียนที่ไม่เป็นสี่เหลี่ยมหรือมีลักษณะเอียงได้ รูปที่ 2.10 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์การทำงานของอัลกอริทึม อัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน 88 เปอร์เซ็นต์ จากภาพที่ใช้ทดสอบจำนวน 50 ภาพ

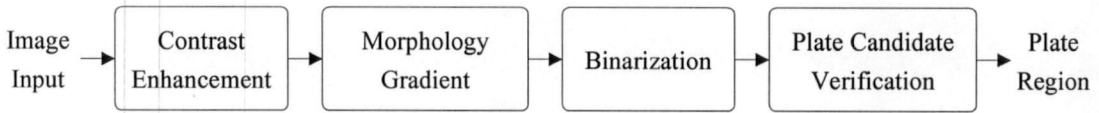


รูปที่ 2.9 อัลกอริทึมการวิเคราะห์ห้องค้ประกอบที่เชื่อมติดกัน

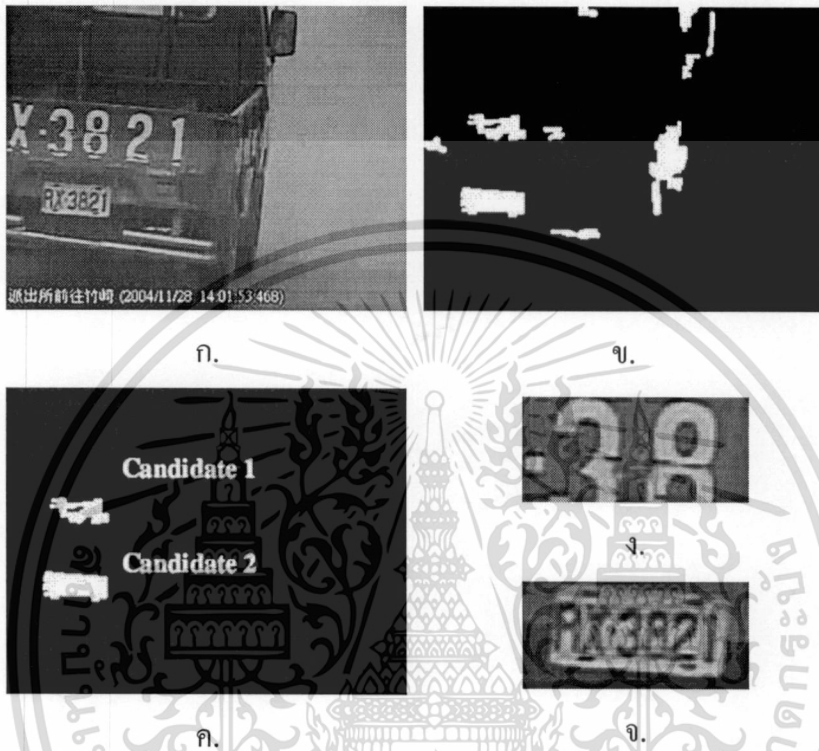


รูปที่ 2.10 ผลลัพธ์ตำแหน่งป้ายทะเบียน โดยเทคนิคการวิเคราะห์ห้องค้ประกอบที่เชื่อมติดกัน

งานวิจัยที่ [7] งานของ Hsien-Huang P. Wu และคณะ ได้นำเสนออัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์ห้องค้ประกอบที่เชื่อมติดกัน โดยใช้ตัวปฏิบัติการต่างๆ ของกระบวนการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุเพื่อตรวจหาที่แนวโน้มในภาพ จากนั้นสร้างและคัดเลือกพื้นที่แนวโน้มด้วยการวิเคราะห์ห้องค้ประกอบที่เชื่อมติดกัน ภาพรวมของอัลกอริทึมแสดงในรูปที่ 2.11 การทำงานประกอบด้วย 4 ขั้นตอน เริ่มจากการเพิ่มคอนทราสต์ (Contrast Enhancement) เพื่อเพิ่มความชัดเจนของตัวอักษรป้ายทะเบียน ขั้นตอนต่อมาเป็นการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ (Morphology Gradient) เพื่อตรวจหาบริเวณที่น่าจะเป็นพื้นที่แนวโน้มและกำจัดสิ่งรบกวนในภาพ จากนั้นเป็นขั้นตอนการแปลงภาพไบนารี (Binarization) และสร้างพื้นที่แนวโน้มโดยการระบุหมายเลขเฉพาะ (Labeling) ให้กลุ่มพิกเซลสีขาวที่เชื่อมติดกัน และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการยืนยันพื้นที่แนวโน้มป้ายทะเบียน (Plate Candidate Verification) โดยอาศัยการตรวจวัดคุณสมบัติของพื้นที่แนวโน้ม แล้วคัดกรองตามเกณฑ์เรื่องขนาดและสัดส่วน และความถี่ของความเข้มแสง (Frequency of Zero Crossing) ที่สอดคล้องกับลักษณะของป้ายทะเบียน รูปที่ 2.12 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์การทำงานของอัลกอริทึม



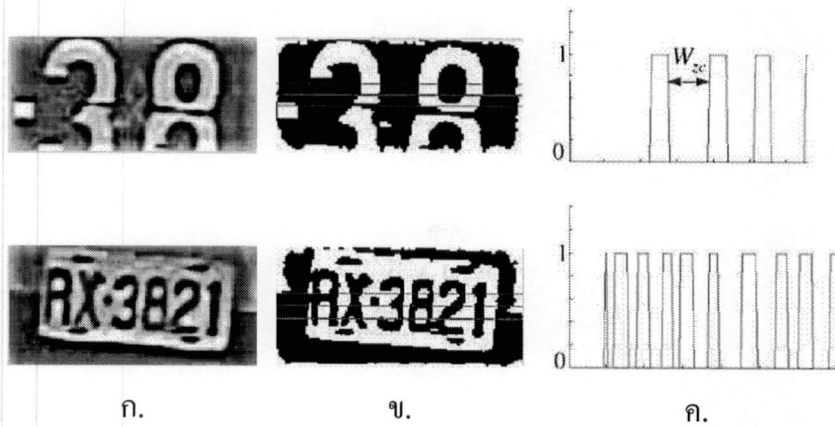
รูปที่ 2.11 อัลกอริทึมการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุร่วมกับองค์ประกอบที่เชื่อมติดกัน



รูปที่ 2.12 ผลลัพธ์การทำงานของอัลกอริทึม ภาพอินพุต (ก.) พื้นที่แนวโน้มนที่ตรวจพบ (ข.) การคัดกรองตามเกณฑ์เรื่องขนาดและสัดส่วน (ค.) ภาพพื้นที่แนวโน้มน (ง.) และ (จ.)

หลังจากผ่านการตรวจวัดคุณสมบัติพื้นที่แนวโน้มนตามเกณฑ์เรื่องขนาดและสัดส่วนแล้วยังมีพื้นที่แนวโน้มนที่ไม่ใช่ตำแหน่งของป้ายทะเบียนอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 2.12 (ง.) และ (จ.) ทำให้ต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติพื้นที่แนวโน้มนตามเกณฑ์เรื่องความถี่ของความเข้มแสง รูปที่ 2.13 แสดงการตรวจสอบความถี่ เริ่มจากการนำภาพมาเพิ่มความสว่างแล้วแปลงเป็นภาพไบนารีอีกครั้ง จากนั้นทำการสแกนหาความถี่ของพิกเซลที่มีค่าเท่ากับศูนย์ (W_{zc}) ในแนวระดับบริเวณกลางภาพ รูปที่ 2.13 (ค.) แสดงความถี่ของความเข้มแสงของพื้นที่แนวโน้มน และสุดท้ายคัดพื้นที่แนวโน้มนที่มีความถี่ต่ำกว่า 4 ช่วงออกจากกลุ่มที่คาดว่าจะป็นตำแหน่งป้ายทะเบียน อัลกอริทึมนี้สามารถทำงานกับภาพที่มีความละเอียดต่ำได้ อัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน 96.62 เปอร์เซ็นต์ จากภาพยานพาหนะที่ใช้ทดสอบจำนวน 474 ภาพ ที่ความละเอียด 320x240 พิกเซล

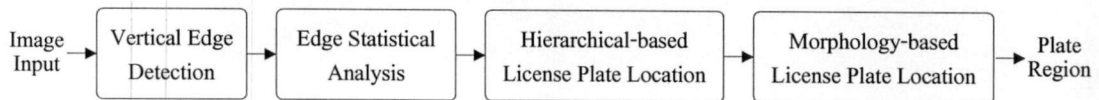
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



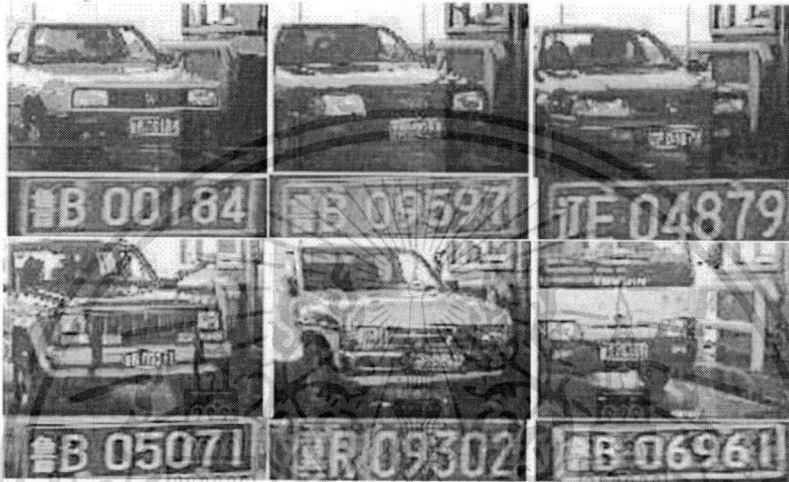
รูปที่ 2.13 การคัดเลือกพื้นที่แนวโน้มจากความถี่ของความเข้มแสง ภาพพื้นที่แนวโน้มที่เพิ่มความสว่างแล้ว (ก.) ภาพพื้นที่แนวโน้มแบบไบนารี(ข.) และความถี่ของความเข้มแสง (ค.)

สำหรับงานวิจัยที่ [4] งานของ Bai Hongliang และ Liu Changping นำเสนออัลกอริทึมสำหรับระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เส้นขอบวัตถุมาประกอบกับเทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุและการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เชื่อมติดกัน งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์เส้นขอบวัตถุเป็นอัลกอริทึมหลักในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน และเลือกใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุและการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เชื่อมติดกันเป็นอัลกอริทึมสำรอง เมื่ออัลกอริทึมหลักไม่สามารถทำงาน ภาพรวมของอัลกอริทึมแสดงในรูปที่ 2.14 การทำงานประกอบด้วย 4 ขั้นตอน เริ่มจากการตรวจหาเส้นขอบแนวตั้งวัตถุในภาพ (Vertical Edge Detection) ขั้นตอนต่อมาเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเส้นขอบ (Edge Statistical Analysis) เพื่อสร้างและคัดเลือกพื้นที่แนวโน้มป้ายทะเบียน ซึ่งขั้นตอนนี้ทำงานร่วมกับขั้นตอนการปรับสเกลของพื้นที่ที่สนใจ (Hierarchical-based License Plate Location) เพื่อช่วยลดเวลาการทำงานในกรณีที่บริเวณป้ายทะเบียนสามารถตรวจพบได้ง่าย และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ (Morphology-based License Plate Location) เพื่อสร้างและคัดเลือกพื้นที่แนวโน้มป้ายทะเบียน ใช้ในกรณีที่ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเส้นขอบไม่สามารถสร้างพื้นที่แนวโน้มได้ ขั้นตอนนี้อาศัยกระบวนการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุสร้างพื้นที่แนวโน้ม และใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เชื่อมติดกันเพื่อคัดเลือกพื้นที่แนวโน้มที่มีขนาดและความหนาแน่นผ่านเกณฑ์ที่กำหนดเป็นพื้นที่ป้ายทะเบียน อัลกอริทึมนี้สามารถทำงานกับภาพที่มีสภาพแสงที่ต่างกัน ได้ เช่น มีเมฆ แดดจัด กลางวัน และกลางคืน และรองรับยานพาหนะหลายประเภท ได้แก่ รถตู้ รถบรรทุก และรถยนต์ทั่วไป อัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน 99.6 เปอร์เซ็นต์ จากภาพที่ใช้ทดสอบจำนวน 9,825 ภาพ รูปที่ 2.15 แสดงภาพผลลัพธ์การทำงานของอัลกอริทึม แต่อย่างไรก็ตามการทำงานจำเป็นกำหนดระยะห่างและมุมการถ่ายภาพคงที่ และพื้นที่แนวโน้มที่สันนิษฐานไว้

มีจำนวนมากทำให้ยากต่อการนำไปวิเคราะห์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



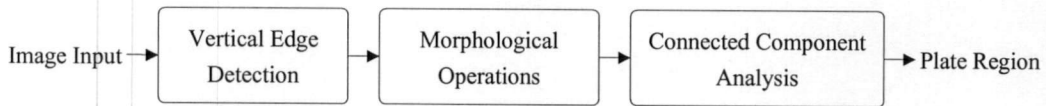
รูปที่ 2.14 อัลกอริทึมการวิเคราะห์เส้นขอบวัตถุประกอบการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุและองค์ประกอบที่เชื่อมติดกัน



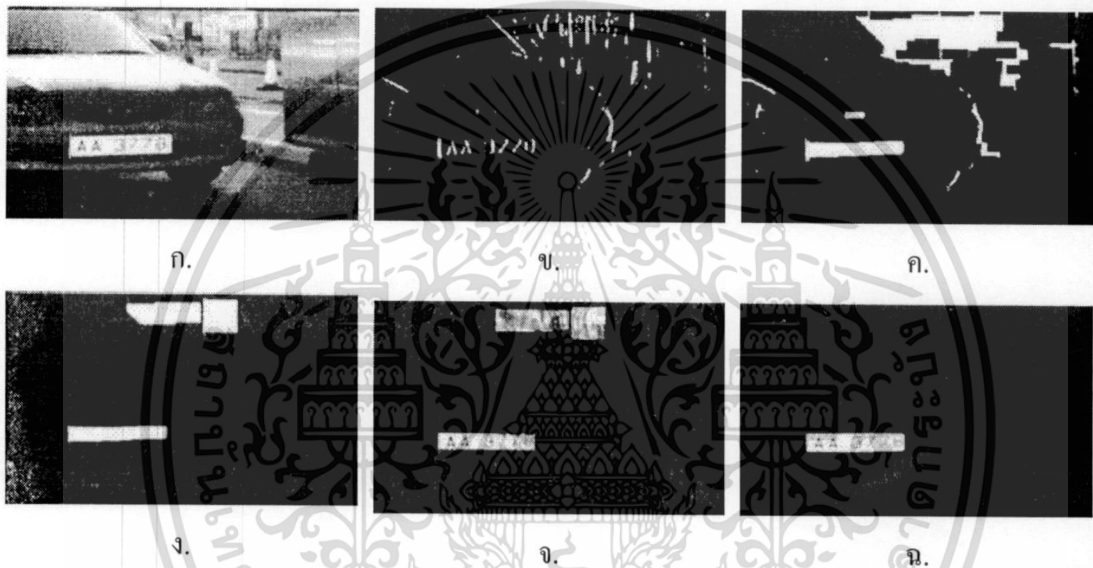
รูปที่ 2.15 ตัวอย่างภาพรถยนต์และผลลัพธ์การระบุตำแหน่งป้าย

งานวิจัยที่ [12] งานของ Suryanarayana P.V. และคณะ นำเสนออัลกอริทึมสำหรับระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เส้นขอบวัตถุร่วมกับลักษณะวัตถุและการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เชื่อมติดกัน ภาพรวมของอัลกอริทึมแสดงในรูปที่ 2.16 การทำงานประกอบด้วย 3 ขั้นตอน เริ่มจากการตรวจหาเส้นขอบแนวตั้งของวัตถุ (Vertical Edge Detection) โดยใช้ตัวปฏิบัติการโซเบลเพื่อตรวจหาพื้นที่แนวโน้ม รูปที่ 2.17 (ก.) แสดงภาพอินพุทของอัลกอริทึมและรูปที่ 2.17 (ข.) แสดงภาพเส้นขอบที่ตรวจพบ ขั้นตอนต่อมาเป็นการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ (Morphological Operations) ในลักษณะเดียวกับงานวิจัยที่ [11] เพื่อสร้างพื้นที่แนวโน้มจากเส้นขอบที่ตรวจพบ แล้วตัดกรองพื้นที่แนวโน้มที่มีขนาดผ่านเกณฑ์กำหนด รูปที่ 2.17 (ค.) แสดงพื้นที่แนวโน้มที่ถูกสร้างขึ้นและรูปที่ 2.17 (ง.) พื้นที่แนวโน้มที่ผ่านการตัดกรองแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เชื่อมติดกัน (Connected Component Analysis) เพื่อตรวจวัดคุณสมบัติของสัญลักษณ์ต่างๆ ในแต่ละพื้นที่ย่อย เพื่อคัดเลือกพื้นที่แนวโน้มที่สัญลักษณ์มีจำนวนและลักษณะเรื่องขนาดใกล้เคียงกับอักษรป้ายทะเบียน รูปที่ 2.17 (จ.) แสดงภาพพื้นที่แนวโน้มจากภาพต้นฉบับ และรูปที่ 2.17 (ฉ.) แสดงภาพพื้นที่แนวโน้มป้ายทะเบียน อัลกอริทึมนี้สามารถทำงานกับภาพที่มีฉากหลังซับซ้อนและมีสภาพแสงที่ต่างกัน ได้ รวมทั้งสามารถทำงานกับป้ายทะเบียนที่มีเอกสารเป็นเอกสารที่ส่งวนเวียนสำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนูยู เตเห็นาเปเซบระเอยชนดในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอักษรสีดำพื้นหลังสีขาวหรือตัวอักษรสีขาวพื้นหลังสีดำได้ อัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน 95 เปอร์เซ็นต์ จากภาพที่ใช้ทดสอบจำนวน 342 ภาพ โดยกำหนดขนาดของสมาชิกโครงสร้าง (Structure Element) คงที่



รูปที่ 2.16 อัลกอริทึมการวิเคราะห์เส้นขอบวัตถุร่วมกับลักษณะวัตถุและองค์ประกอบที่เชื่อมติดกัน

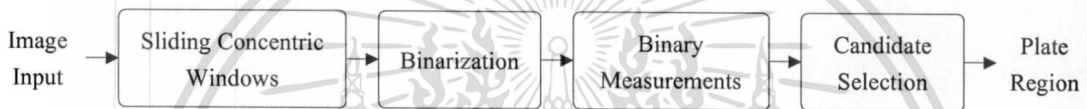


รูปที่ 2.17 ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม ภาพอินพุต (ก.) เส้นขอบแนวตั้ง (ข.) ตัวอักษรที่ถูกรวมเป็นรูปสี่เหลี่ยม (ค.) พื้นที่แนวโน้ม (ง.) ภาพพื้นที่แนวโน้ม (จ.) และพื้นที่ป้ายทะเบียน (ฉ.)

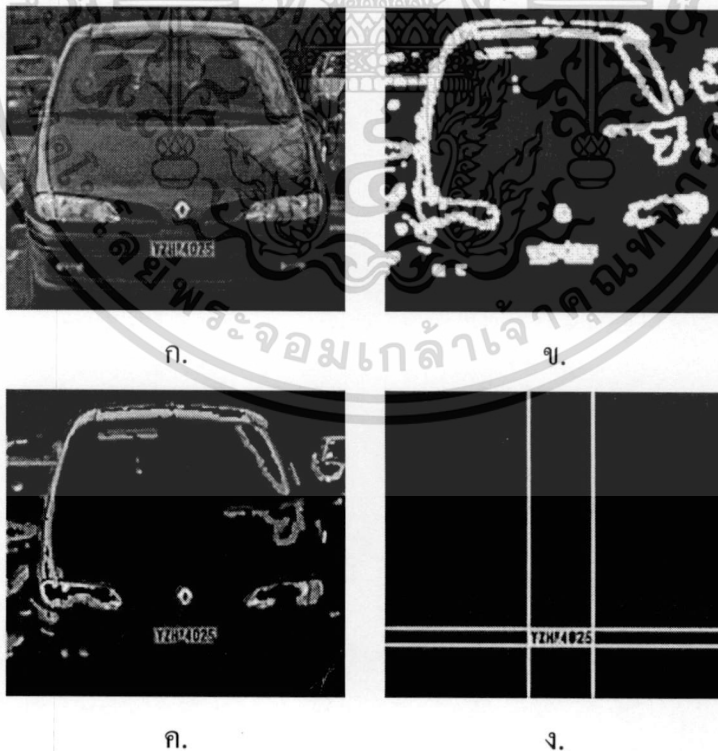
2.1.4 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงของหน้าต่าง

การระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความเข้มแสงของหน้าต่าง (Sliding Concentric Windows) งานวิจัยที่ [5] ของ Anagnostopoulos C.N.E. และคณะ ได้นำเสนออัลกอริทึมที่อาศัยการตรวจวัดคุณสมบัติเรื่องขนาดของวัตถุในภาพเพื่อคัดกรอง ให้คะแนน และคัดเลือกพื้นที่แนวโน้มที่คาดว่าจะจะเป็นพื้นที่ป้ายทะเบียน ภาพรวมอัลกอริทึมแสดงในรูปที่ 2.18 การทำงานประกอบด้วย 4 ขั้นตอน เริ่มจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงของหน้าต่าง (Sliding Concentric Windows) เป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงในพื้นที่ของภาพที่ต้องการ โดยเปรียบเทียบความต่างระหว่างค่าเทรซโซลกับค่าเฉลี่ยความเข้มแสงของหน้าต่างที่กำหนด เพื่อสร้างกรอบภาพ (Mask) บริเวณที่สนใจ สำหรับตรวจหาพื้นที่แนวโน้มในภาพต้นฉบับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.19 (ก.) แสดงภาพอินพุท รูปที่ 2.19 (ข.) แสดงกรอบภาพที่ได้ และรูปที่ 2.19 (ค.) แสดงภาพพื้นที่แนวโน้มที่ตรวจพบ ขั้นตอนต่อมาเป็นการแปลงภาพไบนารี (Binarization) จากนั้นเป็นขั้นตอนการตรวจวัดคุณสมบัติ (Binary Measurements) โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เชื่อมติดกันทำการระบุหมายเลขเฉพาะของแต่ละพื้นที่แนวโน้ม แล้ววัดคุณสมบัติเรื่องสัดส่วน (Aspect Ratio) ทิศทางความเอียง (Orientation) และจำนวนช่องว่าง (Euler Number) และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการคัดเลือกพื้นที่แนวโน้ม (Candidate Selection) ที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับลักษณะของป้ายทะเบียนที่กำหนด รูปที่ 2.19 (ง.) แสดงภาพพื้นที่ป้ายทะเบียน อัลกอริทึมนี้สามารถทำงานกับภาพมีสภาพแสงที่ต่างกันได้ อัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน 96.5 เปอร์เซ็นต์ จากภาพที่ใช้ทดสอบจำนวน 1,334 ภาพ อย่างไรก็ตามอัลกอริทึมนี้ทำงานไม่ได้ดี ถ้าสีพื้นของป้ายทะเบียนใกล้เคียงกับสีของตัวรถหรือส่วนประกอบของรถที่อยู่ใกล้กับป้ายทะเบียน



รูปที่ 2.18 อัลกอริทึมการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงของหน้าต่าง

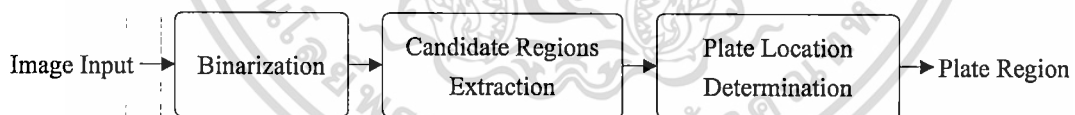


รูปที่ 2.19 ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม ภาพอินพุท (ก.) กรอบภาพ (ข.) พื้นที่แนวโน้ม (ค.) และพื้นที่ป้ายทะเบียน (ง.)

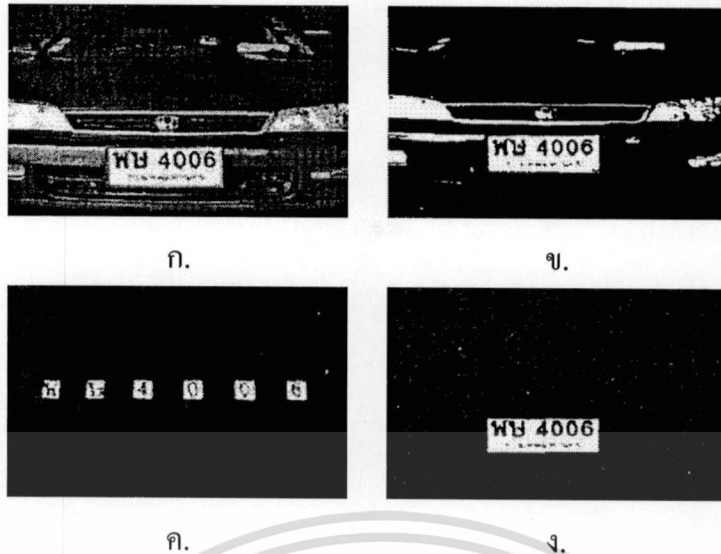
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เผยแพร่ 117930 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 การวิเคราะห์ลักษณะวัตถุตามกฎหมายป้ายทะเบียน

การระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนโดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะวัตถุตามกฎหมายป้ายทะเบียน (Motor Vehicle Regulation) งานวิจัยที่ [13] ของทงนงศักดิ์ สิริทิณพงษ์ ได้นำเสนออัลกอริทึมที่อาศัยการวิเคราะห์ภาพเพื่อหารูปร่างวัตถุที่เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าและมีสี่พื้นและตัวอักษรป้ายทะเบียนสอดคล้องกับรูปแบบของแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ตามกฎหมายของกรมขนส่งทางบก ภาพรวมอัลกอริทึมแสดงในรูปที่ 2.20 การทำงานประกอบด้วย 3 ขั้นตอน เริ่มจากการแปลงภาพไบนารี (Binarization) รูปที่ 2.21 (ก.) แสดงภาพอินพุต และรูปที่ 2.21 (ข.) แสดงภาพไบนารีที่ได้ จากนั้นเป็นขั้นตอนการสกัดพื้นที่แนวโน้ม (Candidate Regions Extraction) โดยอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพิกเซล (Pixel Connectivity) ที่มีสี่ขาว เพื่อวิเคราะห์หาบริเวณที่มีลักษณะสี่เหลี่ยม และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการกำหนดพื้นที่ป้ายทะเบียน (Plate Location Determination) โดยการพิจารณารูปแบบการจัดเรียงของสัญลักษณ์หรือตัวอักษรภายในพื้นที่แนวโน้ม ที่มีลักษณะการจัดเรียงสอดคล้องกับตัวอักษรป้ายทะเบียน ซึ่งประกอบด้วยตัวอักษร 2 ตัว และตามด้วยตัวเลขตั้งแต่ 2 ถึง 4 ตัว รูปที่ 2.21 (ค.) แสดงภาพสัญลักษณ์หรือตัวอักษรที่ได้จากพื้นที่แนวโน้ม และรูปที่ 2.21 (ง.) แสดงภาพพื้นที่ป้ายทะเบียนที่ถูกคัดเลือก อัลกอริทึมนี้สามารถทำงานกับภาพที่ถ่ายในสภาพแวดล้อมต่างๆ กันได้ และทำงานกับภาพรถยนต์ได้หลายประเภท ได้แก่ รถยนต์ทั่วไป รถตู้ รถกระบะ รถแท็กซี่ อัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน 95.71 เปอร์เซ็นต์ จากภาพที่ใช้ทดสอบจำนวน 70 ภาพ อย่างไรก็ตามถ้าภาพของป้ายทะเบียนที่ถ่ายไว้ไม่เป็นสี่เหลี่ยม หรือสีของป้ายทะเบียนเปลี่ยนแปลงไปจากที่ควรจะเป็น เทคนิคนี้จะทำงานไม่ได้



รูปที่ 2.20 อัลกอริทึมการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุตามกฎหมายป้ายทะเบียน



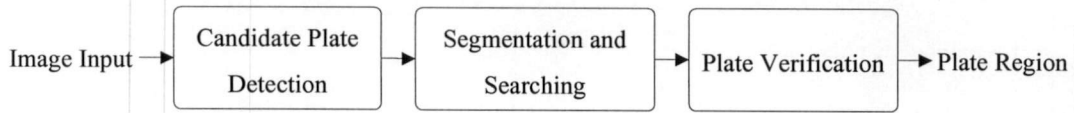
รูปที่ 2.21 ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม ภาพอินพุต (ก.) ภาพไบนารี (ข.) ภาพตัวอักษรพื้นที่แนวโน้ม (ค.) และพื้นที่ป้ายทะเบียน (ง.)

2.1.6 การวิเคราะห์ความเข้มแสงสะสม

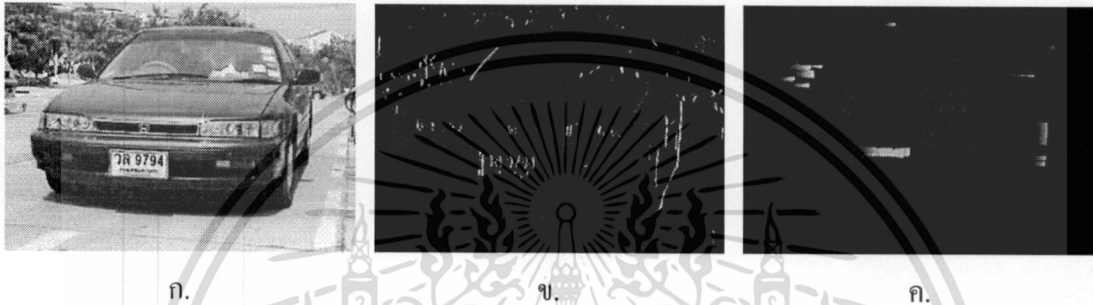
การระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนโดยใช้การวิเคราะห์ความเข้มแสงสะสม (Accumulative Intensity Morphing) งานวิจัยที่ [9] ของ Premnath Dubey ได้นำเสนออัลกอริทึมที่อาศัยการวิเคราะห์เส้นขอบวัตถุในลักษณะเดียวกันกับงานวิจัยที่ [10] แต่มีจำนวนกลุ่มพื้นที่แนวโน้มน้อยกว่า ภาพรวมของอัลกอริทึมแสดงในรูปที่ 2.22 การทำงานประกอบด้วย 3 ขั้นตอน เริ่มจากการตรวจหาพื้นที่แนวโน้ม (Candidate Plate Detection) โดยทำการตรวจหาเส้นขอบแนวตั้งของวัตถุในภาพ จากนั้นคำนวณหาความเข้มแสงสะสมของเส้นขอบที่ได้เพื่อสร้างพื้นที่แนวโน้ม รูปที่ 2.23 (ก.) แสดงภาพอินพุต รูปที่ 2.23 (ข.) แสดงภาพเส้นขอบแนวตั้งของวัตถุในภาพ และรูปที่ 2.23 (ค.) แสดงผลลัพธ์การคำนวณความเข้มแสงสะสมของเส้นขอบ ขั้นตอนต่อมาเป็นการแบ่งส่วนและค้นหาพื้นที่แนวโน้ม (Segmentation and Searching) โดยการสแกนเส้นแนวตั้งที่ประกอบกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อแบ่งส่วนป้ายทะเบียน และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการยืนยันพื้นที่ป้ายทะเบียน (Plate Verification) ใช้ในกรณีที่มีพื้นที่แนวโน้มมากกว่าหนึ่ง โดยการตรวจสอบจากเกณฑ์เรื่องขนาด สัดส่วน และการวิเคราะห์ข้อมูลการโปรเจกชันแนวตั้ง (Vertical Projection) จากภาพผลลัพธ์การคำนวณความเข้มแสงสะสม ที่มีลักษณะสอดคล้องกับป้ายทะเบียน อัลกอริทึมนี้สามารถทำงานกับภาพที่มีสัญญาณรบกวนและป้ายทะเบียนที่มีลักษณะบิดเบี้ยวได้ และทำงานได้เร็วกว่าอัลกอริทึมที่ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุที่อาศัยตัวปฏิบัติการแบบปิดถึง 2 เท่า อัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน 97 เปอร์เซ็นต์ จากภาพที่ใช้ทดสอบจำนวน 150 ภาพ

อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของอัลกอริทึมจะลดลงในกรณีที่ภาพมีคอนทราสต์ต่ำหรือพื้นหลังป้าย-เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทะเบียนเป็นสีเข้ม เช่น ทะเบียนรดป้ายแดง เป็นต้น หรือในกรณีมีวัตถุอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกับอักษรป้ายทะเบียน เช่น ยี่ห้อหรือเลขรุ่นปรากฏอยู่ในภาพ



รูปที่ 2.22 อัลกอริทึมการวิเคราะห์ความเข้มแสงสะสม



รูปที่ 2.23 ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม ภาพอินพุต (ก.) เส้นขอบแนวโค้ง (ข.) และพื้นที่แนวโน้ม (ค.)

2.1.7 การวิเคราะห์เส้นตรงสีแปรปรวน

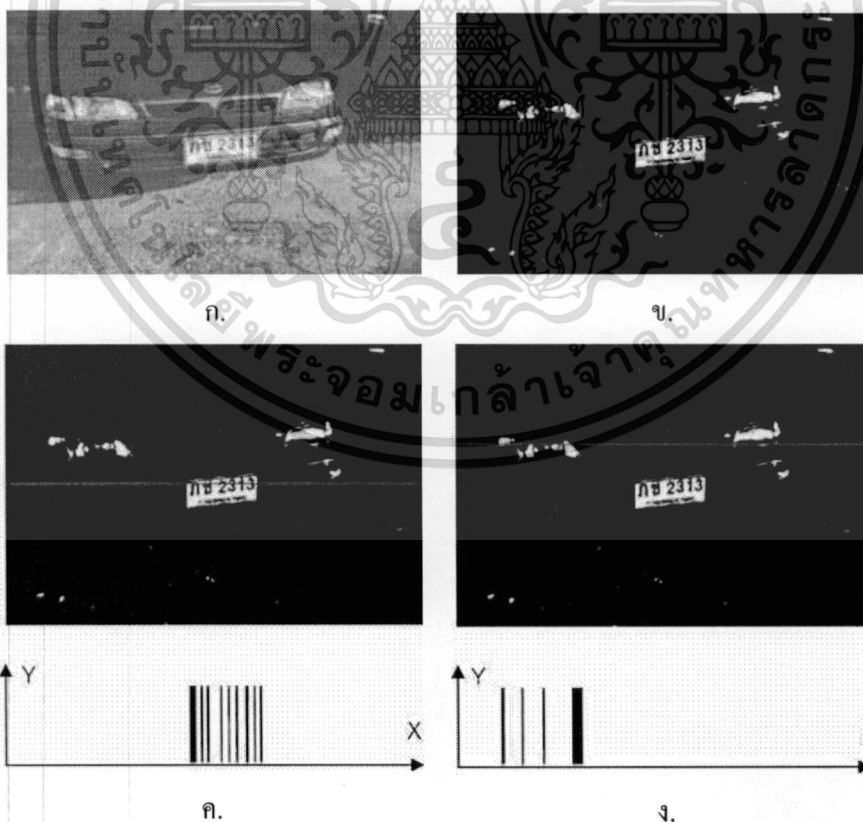
การระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนโดยใช้การวิเคราะห์เส้นตรงสีแปรปรวน (Variant-Color Line Section) งานวิจัยที่ [14] ของสุกัญญา จังเจริญจิตต์กุล ได้นำเสนออัลกอริทึมที่อาศัยกรรมวิธีเส้นตรงแปรปรวนเพื่อตรวจหาตำแหน่งที่คาดว่าจะจะเป็นป้ายทะเบียน ภาพรวมของอัลกอริทึมแสดงในรูปที่ 2.24 การทำงานประกอบด้วย 4 ขั้นตอน เริ่มจากการปรับปรุงภาพอินพุต (Enhancement) โดยใช้วิธีการปรับคอนทราสต์ การปรับความสว่าง-มืด และการใช้ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย (Mean Filter) รูปที่ 2.25 (ก.) แสดงภาพอินพุต ขั้นตอนต่อมาเป็นการแบ่งแยกวัตถุในรูปภาพด้วยสี (Color Segmentation) ใช้การพิจารณาพิกเซลสีแดงเพื่อแก้ปัญหาตัวอักษรที่ไม่ใช่สีดำ โดยกำหนดให้ช่องสีเขียวและสีน้ำเงินมีค่าเท่ากับช่องสีแดง จากนั้นจึงแปลงเป็นภาพไบนารีโดยการกำหนดค่าเทรสโฮล 4 ระดับแบบอัตโนมัติ คือ อัลกอริทึมจะประมวลผลเพื่อหาค่าเทรสโฮลที่เหมาะสมกับภาพโดยพิจารณาจากข้อมูลเรื่องค่าเฉลี่ยของช่องสีในภาพ ผลลัพธ์ภาพไบนารีที่ได้แสดงในรูปที่ 2.25 (ข.) จากนั้นเป็นขั้นตอนกรรมวิธีเส้นตรงสีแปรปรวน (Variant-Color Line Segmentation) ที่ใช้สมมติฐานที่ว่า เมื่อลากเส้นตรงแนวระดับผ่านส่วนที่เป็นป้ายทะเบียนจะมีความแปรปรวนของความเข้มแสงมากกว่าบริเวณอื่น รูปที่ 2.25 (ค.) และรูปที่ 2.25 (ง.) แสดงการเปรียบเทียบกราฟของบริเวณที่เป็นป้ายทะเบียนและบริเวณอื่น โดยแกนแนวระดับกำหนดให้เป็นค่าความเข้มแสงและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกนแนวดิ่งเป็นค่าตำแหน่งพิกเซล และสุดท้ายเป็นขั้นตอนการรู้จำลักษณะพิเศษของป้ายทะเบียน (License Plate Feature Recognition) โดยใช้ลักษณะพิเศษของป้ายทะเบียน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความดำของป้ายทะเบียน เปอร์เซ็นต์ความดำของบริเวณที่คาดว่าเป็นตัวอักษร อัตราส่วนความกว้างกับความสูงของป้ายทะเบียน ขอบซ้าย-ขวาของป้ายทะเบียน และความสม่ำเสมอของการเว้นช่วงตัวอักษร เพื่อคัดเลือกพื้นที่แนวโน้มที่มีค่าความน่าจะเป็นสูงสุดเป็นพื้นที่ป้ายทะเบียน อัลกอริทึมนี้สามารถทำงานป้ายทะเบียนรถยนต์ได้หลายประเภท ได้แก่ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน และรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล อัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน 95 เปอร์เซ็นต์ จากภาพที่ใช้ทดสอบจำนวน 150 ภาพ อย่างไรก็ตามในกรณีที่อัลกอริทึมคำนวณหาความสม่ำเสมอการเว้นช่วงตัวอักษร หรือคำนวณเปอร์เซ็นต์ความดำของตัวอักษรหรือป้ายทะเบียนผิดพลาดประสิทธิภาพของอัลกอริทึมนี้จะลดลง



รูปที่ 2.24 อัลกอริทึมการวิเคราะห์เส้นตรงสีแปรปรวน



รูปที่ 2.25 ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม ภาพอินพุต (ก.) ภาพไบนารี (ข.) กราฟความแปรปรวนบริเวณป้ายทะเบียน (ค.) และกราฟความแปรปรวนบริเวณอื่น (ง.)

เอกรังนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 สรุปเทคนิคการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน

อัลกอริทึม	ข้อดี	ข้อจำกัด
การวิเคราะห์เส้นขอบวัตถุ [2, 10]	<ul style="list-style-type: none"> - มีความสามารถในการรับมือกับสิ่งรบกวนและรองรับรถยนต์หลายประเภท [2] - ทำงานได้หลายสภาพแสงและทำงานกับภาพที่ฉากหลังมีความซับซ้อนได้ [2, 10] 	<ul style="list-style-type: none"> - ทำงานยากถ้าไม่สามารถกำจัดเส้นขอบของฉากหลังหรือสิ่งรบกวนออกไป และประสิทธิภาพการทำงานจะลดลงเมื่อฉากหลังมีความซับซ้อน [1] - มีตัวอักษรที่ลักษณะคล้ายตัวอักษรป้ายทะเบียนปนอยู่ในภาพ [2] - จำเป็นต้องตรวจหาเส้นขอบของวัตถุที่สนใจในภาพให้พบ [1, 2]
การวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ [11]	<ul style="list-style-type: none"> - มีขั้นตอนการทำงานที่ไม่ซับซ้อน ประมวลผลได้รวดเร็ว และสามารถนำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมได้ง่าย 	<ul style="list-style-type: none"> - ประสิทธิภาพขึ้นกับระยะห่างระหว่างกล้องกับรถ [1] - คัดเลือกพื้นที่ป้ายทะเบียนตามเกณฑ์เรื่องขนาด [11] - ต้องปรับอัลกอริทึมกรณีพื้นหลังป้ายทะเบียนมีความเข้มแสงมากกว่าตัวอักษรป้ายทะเบียน [11, 12]
การวิเคราะห์องค์ประกอบที่เชื่อมติดกัน [8]	<ul style="list-style-type: none"> - ทำงานได้หลายสภาพแสง [8] และรองรับภาพที่ถ่ายโดยใช้มุมกล้องแบบไม่คงที่ [8] 	<ul style="list-style-type: none"> - มีตัวอักษรที่ลักษณะคล้ายตัวอักษรป้ายทะเบียนปนอยู่ในภาพ [8] - ต้องปรับอัลกอริทึมกรณีพื้นหลังป้ายทะเบียนมีความเข้มแสงมากกว่าตัวอักษรป้ายทะเบียน - ตัวอักษรป้ายทะเบียนต้องสมบูรณ์ไม่ขาดหาย

ตารางที่ 2.1 สรุปเทคนิคการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน (ต่อ)

อัลกอริทึม	ข้อดี	ข้อจำกัด
การวิเคราะห์เส้นขอบร่วมกับลักษณะวัตถุ [3]	<ul style="list-style-type: none"> - มีความสามารถในการรับมือกับสิ่งรบกวน และรองรับภาพที่ถ่ายโดยใช้มุมกล้องแบบไม่คงที่ [3] 	<ul style="list-style-type: none"> - มีตัวอักษรอื่นที่ขนาดใกล้เคียงกับตัวอักษรป้ายทะเบียนปนอยู่ในภาพ [3]
การวิเคราะห์ลักษณะวัตถุร่วมกับองค์ประกอบที่เชื่อมติดกัน [7]	<ul style="list-style-type: none"> - รองรับภาพที่มีคอนทราสต์บริเวณป้ายทะเบียนน้อย [7] 	<ul style="list-style-type: none"> - ไม่รองรับภาพที่มีรายละเอียดน้อยเนื่องจากแสงสะท้อน [7]
การวิเคราะห์เส้นขอบร่วมกับลักษณะวัตถุและองค์ประกอบที่เชื่อมติดกัน [4, 12]	<ul style="list-style-type: none"> - รองรับรถยนต์หลายประเภท [4] - ทำงานกับภาพที่มีความซับซ้อนได้ [12] - รองรับตัวอักษรป้ายทะเบียนสีดำพื้นหลังขาวหรือตัวอักษรขาวพื้นหลังดำ [12] - รองรับภาพที่ถ่ายโดยกำหนดระยะห่างระหว่างกล้องกับรถแบบไม่คงที่ [12] - ทำงานกับสภาพแสงที่หลากหลายได้ [4, 12] 	<ul style="list-style-type: none"> - ต้องกำหนดระยะห่างระหว่างกล้องกับรถคงที่ [1, 4] - พื้นที่แนวโน้มมีจำนวนมาก [4]
การวิเคราะห์ความเข้มแสงของหน้าต่าง [5]	<ul style="list-style-type: none"> - ทำงานกับสภาพแสงที่หลากหลายได้ [5] 	<ul style="list-style-type: none"> - ไม่รองรับกรณีภาพตัวอักษรไม่สมบูรณ์ เนื่องจากความสกปรก สติ๊กเกอร์ หรือตราประทับ [5] - ไม่รองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพแสงอย่างรวดเร็ว [5] - จำเป็นต้องมีการปรับตั้งค่าอุปกรณ์ให้เหมาะสม [5] - ไม่รองรับกรณีที่สีของพื้นหลังป้ายทะเบียนใกล้เคียงกับสีของตัวถังรถ

ตารางที่ 2.1 สรุปเทคนิคการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน (ต่อ)

อัลกอริทึม	ข้อดี	ข้อจำกัด
การวิเคราะห์ความเข้มแสงสะสม [9]	<ul style="list-style-type: none"> - ทำงานกับภาพที่มีสัญญาณรบกวนและป้ายทะเบียนที่มีลักษณะบิดเบี้ยวได้ [9] - ทำงานได้เร็วกว่าอัลกอริทึมที่ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุที่อาศัยตัวปฏิบัติการแบบปิดสองเท่า [9] 	<ul style="list-style-type: none"> - ลดลงในกรณีที่ภาพมีคอนทราสต์น้อยพื้นหลังป้ายทะเบียนเป็นสีเข้ม [9] - มีวัตถุอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกับอักษรป้ายทะเบียน
การวิเคราะห์ลักษณะวัตถุตามกฎหมายป้ายทะเบียน [13]	<ul style="list-style-type: none"> - รองรับรถยนต์หลายประเภท และสามารถทำงานกับสภาพแวดล้อมที่หลากหลายได้ [13] 	<ul style="list-style-type: none"> - ไม่รองรับป้ายทะเบียนที่มีรูปทรงไม่เป็นสี่เหลี่ยม [13] - สีป้ายทะเบียนต้องไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก [13] - ป้ายทะเบียนในภาพต้องอยู่ในลักษณะตรง [14] - สามารถรู้จำตัวอักษรได้เพียง 20 ตัวอักษร [14] - ต้องถ่ายภาพป้ายทะเบียนในระยะใกล้ [14]
การวิเคราะห์เส้นตรงสีแปรปรวน [14]	<ul style="list-style-type: none"> - รองรับรถยนต์หลายประเภท [14] 	<ul style="list-style-type: none"> - มีความผิดพลาดในการคำนวณหาความสม่ำเสมอการเว้นช่วงตัวอักษร [14] - มีความผิดพลาดในการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความดำของตัวอักษร [14]

2.2 งานวิจัยการปรับปรุงภาพสำหรับระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน

กระบวนการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน เนื้อหาหรือรายละเอียดของภาพอินพุตเป็นสิ่งสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งรายละเอียดของภาพบริเวณป้ายทะเบียน เนื่องจากอัลกอริทึมสำหรับระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนต้องนำภาพในบริเวณนี้มาทำการวิเคราะห์หาคุณสมบัติเฉพาะเพื่อใช้ระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน ดังนั้นก่อนเข้าสู่กระบวนการหลักจำเป็นต้องมีการปรับปรุงภาพอินพุตก่อน เพื่อให้ภาพมีรายละเอียดเพียงพอต่อการทำงานของอัลกอริทึม ในส่วนของงานวิจัยที่นำเสนอ เทคนิคการปรับปรุงภาพอินพุตสำหรับระบบรู้จำป้ายทะเบียน ได้แก่ การปรับฮิสโทแกรม (Histogram Equalization) การเพิ่มคอนทราสต์โดยการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ (Morphology) และการวิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะพื้นที่ (Local Information Analysis) โดยแต่ละงานวิจัยสามารถอธิบายหลักการดำเนินงานโดยสรุปได้ดังนี้

2.2.1 การปรับฮิสโทแกรม

งานวิจัยที่ [2] งานของ Jun Kong และคณะ ใช้เทคนิคการปรับฮิสโทแกรม (Histogram Equalization) เพิ่มคอนทราสต์ในภาพเพื่อให้ได้อินพุตที่มีรายละเอียดของข้อมูลที่ดีขึ้น ก่อนนำไปแปลงเป็นภาพไบนารีและใช้เป็นอินพุตสำหรับกระบวนการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนต่อไป เทคนิคนี้เป็นการสร้างภาพที่มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอหรือมีฟังก์ชันที่มีค่ากับสว่างจำนวนเท่าๆ กัน รูปที่ 2.26 ตัวอย่างผลลัพธ์การปรับปรุงภาพโดยใช้เทคนิคการปรับฮิสโทแกรม



ก.

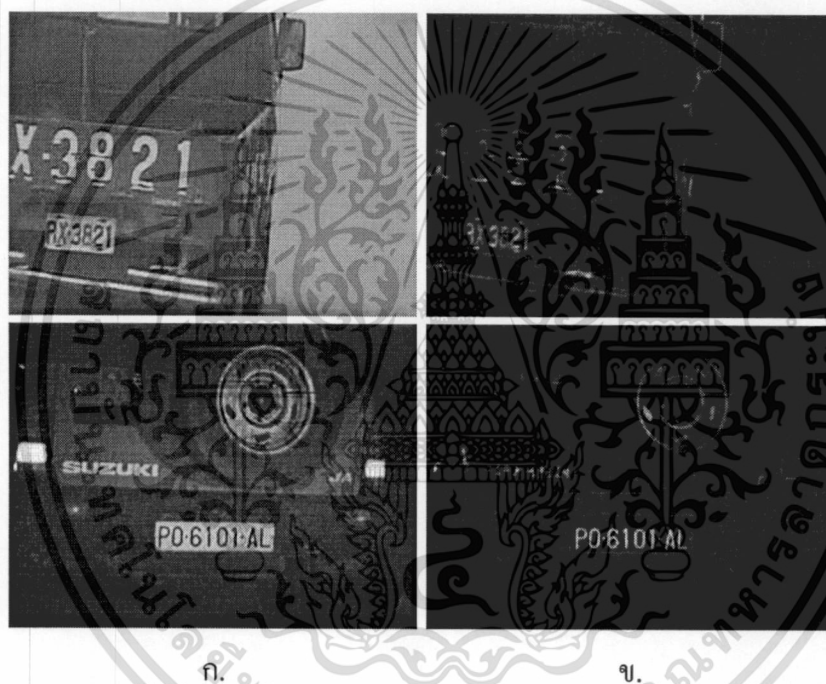
ข.

รูปที่ 2.26 การปรับฮิสโทแกรม ภาพอินพุต (ก.) และภาพที่ปรับปรุงแล้ว (ข.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การเพิ่มคอนทราสต์โดยการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ

สำหรับงานวิจัยที่นำเสนอเทคนิคการปรับปรุงภาพอินพุทโดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ เพื่อเพิ่มคอนทราสต์ระหว่างภาพตัวอักษรกับพื้นหลังป้ายทะเบียน ได้แก่ งานวิจัยที่ [7] งานของ Hsien-Huang P. Wu และคณะ และงานวิจัยที่ [11] ของ Fernando Martin และคณะ ที่ใช้หลักการเดียวกัน การทำงานเริ่มจากนำอินพุทภาพระดับสีเทามาผ่านตัวปฏิบัติการบอทแทมแฮท (Bottom-Hat) โดยกำหนดให้สมาชิกโครงสร้าง (Structure Element) เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 7×7 พิกเซล สำหรับป้ายทะเบียนที่มีตัวอักษรสีดำและพื้นหลังสีขาว และใช้ตัวปฏิบัติการ ท็อปแฮท (Top-Hat) ในกรณีที่ตัวอักษรป้ายทะเบียนเป็นสีขาวและพื้นหลังเป็นสีดำ รูปที่ 2.27 แสดงภาพผลลัพธ์

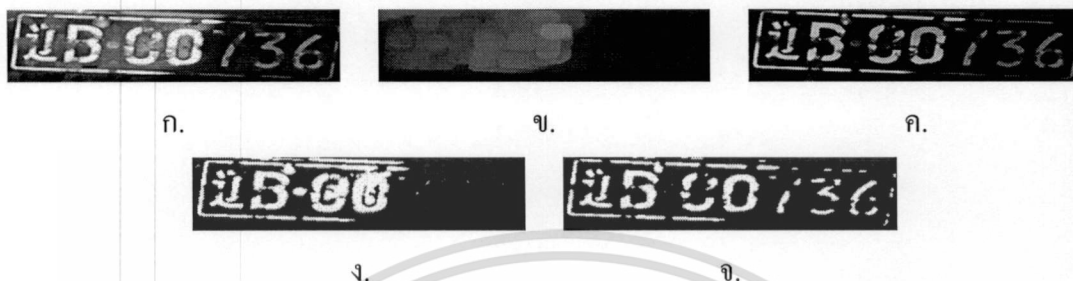


รูปที่ 2.27 การวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ ภาพอินพุท (ก.) และภาพที่ปรับปรุงแล้ว (ข.)

งานวิจัยที่ [6] งานของ Xiaodan Jia และ Wenju Li นำเสนอเทคนิคการปรับแก้แสงที่ไม่สม่ำเสมอ (Uneven Illumination Correction) สำหรับการตัดตัวอักษรป้ายทะเบียน ได้นำเทคนิคการเพิ่มคอนทราสต์โดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะวัตถุปรับปรุงภาพอินพุท การทำงานเริ่มจากใช้ตัวปฏิบัติการเปิดของเทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุเพื่อวิเคราะห์สภาพแสงของป้ายทะเบียน รูปที่ 2.28 (ก.) แสดงภาพอินพุทและรูปที่ 2.28 (ข.) แสดงผลลัพธ์การวิเคราะห์สภาพแสง ขั้นตอนต่อมาเป็นการทำให้ภาพมีแสงสว่างที่สม่ำเสมอทั้งภาพ โดยนำผลลัพธ์จากการวิเคราะห์สภาพแสงมาปรับขนาดความเข้มแสงกับอินพุท รูปที่ 2.28 (ค.) แสดงภาพที่แสงสว่างมีความสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

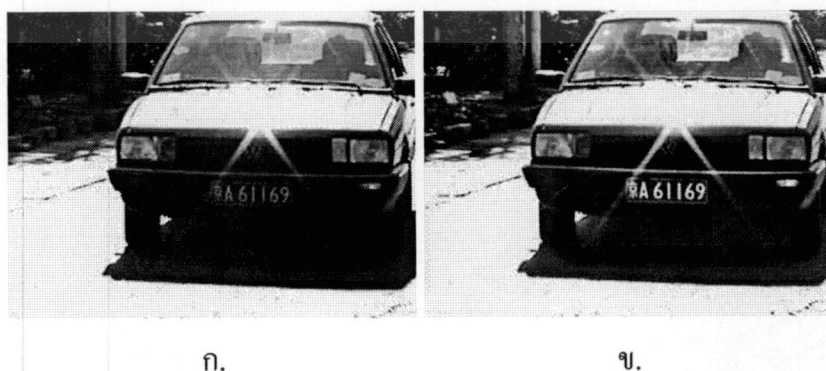
กันทั้งภาพ จากนั้นจึงนำภาพที่ได้ไปแปลงเป็นภาพไบนารี รูปที่ 2.28 (ง.) และ รูปที่ 2.28 (จ.) แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์การแปลงภาพไบนารีแบบทั่วไปโดยไม่ผ่านการปรับปรุงภาพ กับการแปลงภาพไบนารีจากภาพที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว พบว่าการปรับปรุงภาพโดยวิธีการปรับแก้แสงที่ไม่สม่ำเสมอสามารถกู้คืนรายละเอียดตัวอักษรบริเวณที่มีเงาคำกลับมาได้



รูปที่ 2.28 การปรับแก้แสงที่ไม่สม่ำเสมอ ภาพอินพุต (ก.) การวิเคราะห์สีภาพแสง (ข.) ภาพที่ปรับปรุงแล้ว (ค.) ภาพไบนารีแบบทั่วไป (ง.) และภาพไบนารีที่ได้จากเทคนิคนี้ (จ.)

2.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะพื้นที่

งานวิจัยที่ [10] งานของ Danian Zheng และคณะ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะพื้นที่ (Local Information Analysis) ซึ่งประกอบด้วยค่าเฉลี่ยความเข้มแสง (Mean Luminance) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็นหลัก การทำงานของอัลกอริทึมเริ่มจากการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อยจำนวน 64 ส่วน แต่ละส่วนมีขนาด 48x36 พิกเซล แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยความเข้มแสงและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละพื้นที่ จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณความเข้มแสงของพื้นที่ใหม่เพื่อให้คอนทราสต์ในพื้นที่เพิ่มขึ้น เทคนิคนี้ช่วยแก้ปัญหาบริเวณป้ายทะเบียนมีคอนทราสต์น้อย ที่เกิดจากเงารถและมีแสงแดดที่เป็นประกายอยู่ในภาพ หรือถ่ายภาพในวันที่มีแสงน้อย ทำให้เส้นขอบวัตถุในภาพตรวจพบได้ยาก รูปที่ 2.29 แสดงภาพผลลัพธ์



รูปที่ 2.29 การวิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะพื้นที่ ภาพอินพุต (ก.) และภาพที่ปรับปรุงแล้ว (ข.)
 เอกสารนี้เผยแพร่ในวารสารวิชาการเพื่อการศึกษาของท่านนี้ เหมือนญาติเห็นใบเขียวระยั้งขึ้นด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 สรุปเทคนิคการปรับปรุงภาพสำหรับระบบรู้จำป้ายทะเบียน

อัลกอริทึม	ข้อดี	ข้อจำกัด
การปรับฮิสโทแกรม [2]	<ul style="list-style-type: none"> - มีขั้นตอนการทำงานที่ไม่ซับซ้อน - ประมวลผลได้รวดเร็ว - สามารถนำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมได้ง่าย 	ไม่สามารถกำหนดบริเวณเฉพาะที่ต้องการปรับปรุงคุณภาพได้
การเพิ่มคอนทราสต์โดยการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ [6-7, 11]	<ul style="list-style-type: none"> - เพิ่มคอนทราสต์บริเวณป้ายทะเบียนได้ - เพิ่มรายละเอียดให้ภาพในกรณีที่สภาพแสงไม่สม่ำเสมอ [6] 	<ul style="list-style-type: none"> - กรณีที่พื้นหลังป้ายทะเบียนมีความเข้มแสงมากกว่าตัวอักษรจำเป็นต้องมีการปรับอัลกอริทึมเพื่อให้ทำงานได้ [11, 12] - ไม่สามารถปรับปรุงภาพกรณีที่มีเงาดำและแสงสะท้อนเกิดขึ้นบริเวณป้ายทะเบียน [6]
การวิเคราะห์ข้อมูลในพื้นที่ที่สนใจ [10]	เพิ่มคอนทราสต์บริเวณป้ายทะเบียนที่เกิดจากเงาและมีแสงแดดที่เป็นประกายอยู่ในภาพ หรือถ่ายภาพในวันที่มีแสงน้อย [10]	ไม่สามารถปรับปรุงภาพกรณีที่มีเงาดำบางส่วนของป้ายทะเบียน

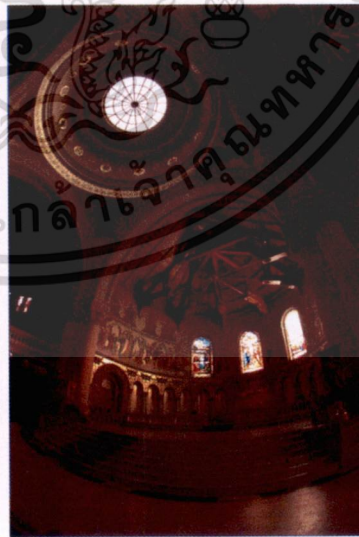
2.3 การวิเคราะห์ปัญหาการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน

การระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนเป็นการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะความเข้มแสงบริเวณป้ายทะเบียน ดังนั้นรายละเอียดหรือเนื้อหาของภาพบริเวณป้ายทะเบียนจึงมีผลต่อการทำงาน ถ้ารายละเอียดที่สำคัญ เช่น ตัวอักษรหรือตัวเลขหายไปหรือไม่สมบูรณ์ ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมจะลดลงหรือไม่สามารถทำงานได้ ปัญหาหนึ่งที่พบบ่อยคือมีเงาเข้ามาบังบริเวณป้ายทะเบียน หรือมีแสงสะท้อนหรือแสงจ้ามากที่บริเวณป้ายทะเบียน ภาพถ่ายที่ได้จากแสงในลักษณะนี้เมื่อนำมาแปลงเป็นภาพไบนารีรายละเอียดของภาพจะลดลง

สาเหตุของปัญหานี้เกิดจากกล้องถ่ายภาพมีความสามารถในการรับรู้ไดนามิกเรนจ์แคบ (Low Dynamic Range) หรือช่วงปริมาณการรับแสงแคบ (พื้นฐานเรื่องไดนามิกเรนจ์อธิบายในข้อ 2.4.1) ทำให้ไม่สามารถบันทึกรายละเอียดทั้งหมดในภาพที่มีไดนามิกเรนจ์กว้าง (High Dynamic Range) กว่าได้ด้วยการใช้ปริมาณการรับแสง (Exposure) เพียงค่าเดียว (พื้นฐานการควบคุมปริมาณการรับแสงอธิบายในภาคผนวก ข) ความสามารถในการรับรู้ค่าแสงทำได้เพียงกำหนดช่วงของแสงที่สนใจเท่านั้น ตัวอย่างเช่น รูปที่ 2.30 แสดงตัวอย่างภาพที่มีไดนามิกเรนจ์กว้าง ซึ่งการใช้ปริมาณการรับแสงมากเกินไปจะทำให้บริเวณที่มีแสงสว่างมากๆ เช่น บริเวณหน้าต่างและช่องรับแสงบนเพดานกลายเป็นสีขาวมองไม่เห็นรายละเอียด แสดงในรูปที่ 2.30 (ก.) และในทางกลับกันหากเลือกใช้ปริมาณการรับแสงที่น้อยเกินไป ก็จะทำให้สูญเสียรายละเอียดบริเวณที่มืด เช่น โครงสร้างและซิงก์คือบริเวณขอบหน้าต่างและฝ้ามัน แสดงในรูปที่ 2.30 (ข.)



ก.



ข.

รูปที่ 2.30 การใช้ค่าปริมาณการรับแสงไม่เหมาะสมกับสภาพแสง หน้าต่างและช่องรับแสงมีปริมาณการรับแสงสูงเกินไป (ก.) และบริเวณภายใน โบสถ์มีปริมาณการรับแสงต่ำเกินไป (ข.) (ภาพ

เอกสิทธิ์ของ Paul Debevec และ Jitendra Malik) อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาในลักษณะนี้การใช้เทคนิคการปรับปรุงภาพที่อาศัยข้อมูลจากภาพถ่ายเพียงภาพเดียวไม่สามารถกู้คืนรายละเอียดที่เสียไปกลับมาได้ รูปที่ 2.31 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์การปรับปรุงภาพและการแปลงภาพไบนารี จากภาพถ่ายที่บริเวณป้ายทะเบียนมีเงามบังทำให้ตัวอักษรและตัวเลขแถบบนไม่สมบูรณ์ แต่จากการศึกษาพบว่ามิตเทคนิคการปรับปรุงภาพที่สามารถประมวลผลเพื่อคัดเลือกรูปบริเวณที่มีปริมาณการรับแสงที่ดีที่สุด จากชุดภาพอินพุตที่กำหนดช่วงปริมาณการรับแสงที่ต่างกัน เพื่อสร้างเป็นภาพใหม่ที่มีไดนามิกเรนจ์กว้างขึ้น ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดที่สูญเสียบ้างกลับมาได้ดีกว่าเทคนิคอื่นที่อาศัยข้อมูลจากภาพถ่ายเพียงภาพเดียว เรียกว่าเทคนิคการสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้างหรือเอชดีอาร์ไอ (High Dynamic Range Imaging: HDRI) ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 2.31 การปรับปรุงภาพอินพุตและการแปลงภาพไบนารี การปรับเทรสโพลอกรีตโนมิตี (ก.) การปรับฮิสโทแกรม (ข.) การวิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะพื้นที่ (ค.) และการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ (ง.)

แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่าภาพอินพุตที่นำมาใช้ประมวลผลจะมีรายละเอียดที่จำเป็นครบถ้วนแล้วก็ตาม แต่ในกรณีที่มีวัตถุอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกับอักษรป้ายทะเบียน เช่น ยี่ห้อ เลขรุ่น หรือข้อความโฆษณาปรากฏอยู่ในภาพ รวมถึงส่วนประกอบของตัวรถ เช่น กันชนหรือตะแกรงหมอน้ำ ก็มีผลทำให้อัลกอริทึมสร้างพื้นที่แนวนอนที่คาดว่าจะป็นป้ายทะเบียนจำนวนมาก และทำให้การคัดเลือกพื้นที่ป้ายทะเบียนทำได้ยากหรือเกิดข้อผิดพลาด รูปที่ 2.32 (ก.) แสดงตัวอย่างภาพ และรูปที่ 2.32 (ข.) แสดงบริเวณที่ถูกคัดเลือกเป็นพื้นที่แนวนอนโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ



ก.

ข.

รูปที่ 2.32 ภาพที่มีสัญลักษณ์หรือตัวอักษรที่มีลักษณะใกล้เคียงกับป้ายทะเบียน ภาพอินพุต (ก.) และพื้นที่แนวโน้มป้ายทะเบียน โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ (ข.)

2.4 งานวิจัยการสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงพื้นฐานเกี่ยวกับภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง โดยอธิบายความหมายและความ เป็นมา รวมถึงการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้างจากภาพอินพุตหลายภาพ ที่จัดช่วงปริมาณการรับแสงที่ต่างกัน ในช่วงของแสงที่มองเห็น เพื่อคัดเลือกพื้นที่ที่มีปริมาณการรับ แสงดีที่สุด นอกจากนี้ยังกล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อนำภาพเอชดีอาร์ที่ประมวลผลได้มาใช้กับ ระบบรูจ่าป้ายทะเบียนด้วย โดยแต่ละเรื่องมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 พื้นฐานเกี่ยวกับภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง

ไดนามิกเรนจ์หรือดีอาร์ (Dynamic Range: DR) คืออัตราส่วนระหว่างค่าความสว่างที่เป็นไปได้มากที่สุดกับน้อยที่สุด ตั้งแต่แสงสว่างของดวงควายากลางคืนไปจนถึงแสงสว่างของดวงอาทิตย์ ตารางที่ 2.3 แสดงลำดับของขนาด (Order of Magnitude) ความสว่างของแสง 9 ลำดับ โดยสภาพแสงตามธรรมชาติในภาพหรืออาจจะประกอบไปด้วยพื้นที่ที่มีแสงสว่างมากและพื้นที่ที่มีแสงสว่างน้อยในภาพเดียวกัน และมีความเป็นไปได้ที่ไดนามิกเรนจ์ในภาพอาจครอบคลุมถึง 9 ลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

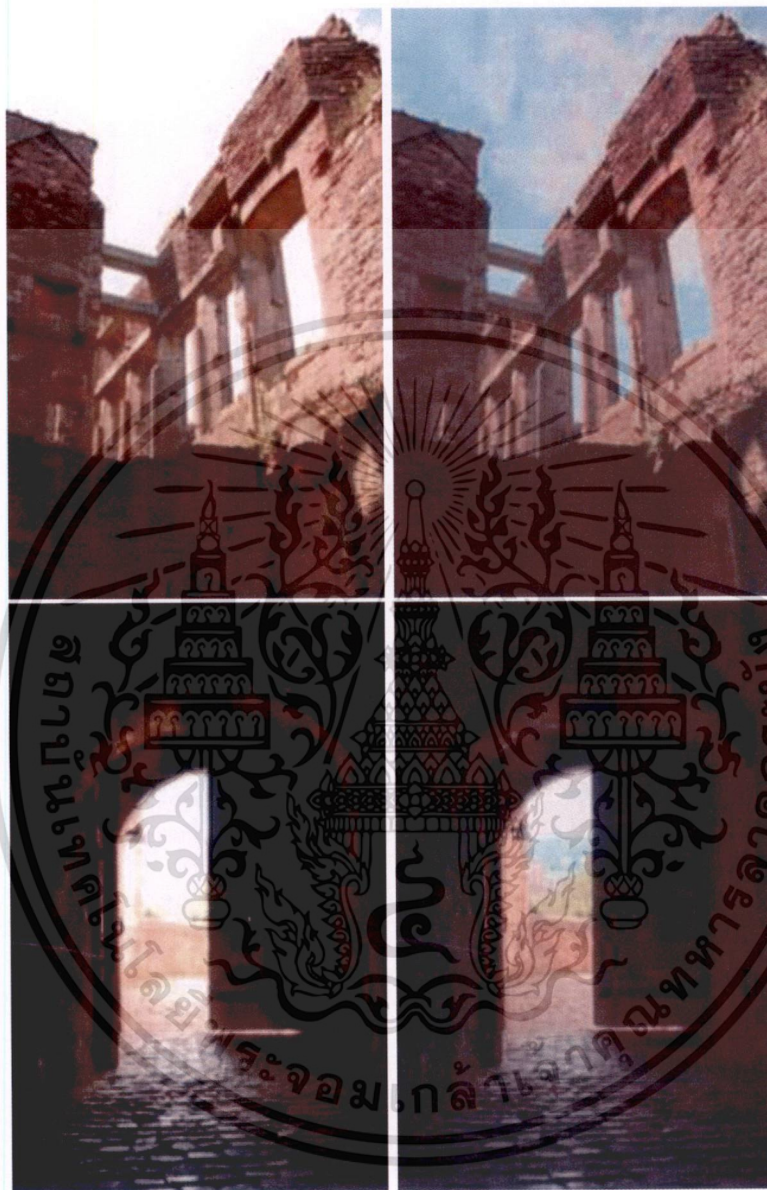
ตารางที่ 2.3 ลำดับของขนาดความสว่างแสง [16]

Condition	Illuminance (lx)
Clear night sky	0.001
Quarter moon	0.01
Full moon	0.1
Late twilight	1
Twilight	10
Heavy overcast	100
Overcast sky	1,000
Full daylight	10,000
Direct sunlight	100,000

ระบบการมองเห็นของมนุษย์มีความสามารถในการรับรู้ไดนามิกเรนจ์ได้ถึง 5 ลำดับในฉากเดียวกันและเกินกว่า 8 ลำดับ เมื่อปรับรูม่านตาให้เหมาะสมกับสภาพแสง ต่างจากอุปกรณ์รับแสงอิเล็กทรอนิกส์หรือเซ็นเซอร์รับภาพแบบซีซีดี (CCD Sensor) ในกล้องถ่ายรูปดิจิทัลแบบทั่วไปที่มีไดนามิกเรนจ์แคบสามารถบันทึกค่าได้เพียง 3 ลำดับเท่านั้น ไม่ครอบคลุมสภาพแสงในฉากจริงที่มีไดนามิกเรนจ์สูงกว่า [16, 17] ทำให้เกิดการสูญเสียรายละเอียดของข้อมูลบริเวณที่เกินช่วงที่เซ็นเซอร์รับภาพทำงานได้

จากข้อจำกัดของกล้องถ่ายรูปแบบทั่วไปที่ไม่สามารถบันทึกไดนามิกเรนจ์ทั้งหมดในฉากได้ ทำให้มีการนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพมาใช้เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว และทำให้ภาพมีรายละเอียดที่ดีขึ้น รูปที่ 2.33 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายที่ได้จากฉากที่มีไดนามิกเรนจ์หลายลำดับ คือมีพื้นที่ที่มีแสงสว่างมากและพื้นที่ที่มีแสงสว่างน้อยอยู่ในฉากเดียวกัน ได้แก่ ฉากหลัง (Background) ที่เป็นท้องฟ้าและฉากหน้า (Foreground) ที่เป็นสิ่งก่อสร้างตามลำดับ รูปที่ 2.33 (ก.) เป็นภาพถ่ายจากกล้องถ่ายรูปแบบทั่วไปที่มีค่าแสงหรือปริมาณการรับแสง (Exposure Value) ดีที่สุด (ค่าแสงหรือปริมาณการรับแสงอธิบายในภาคผนวก ข.) จากโหมดการถ่ายภาพแบบคร่อม (Auto Bracketing Mode) แต่ภาพที่ได้ยังคงมีบริเวณที่ค่าปริมาณการรับแสงที่เลือกใช้ไม่เหมาะสมกับสภาพแสงจริง ทำให้สูญเสียรายละเอียดของภาพในบริเวณดังกล่าวไป คือบริเวณฉากหลังที่มีปริมาณการรับแสงสูงเกินไป (Overexposure) และบริเวณฉากหน้ามีปริมาณการรับแสงต่ำเกินไป (Underexposure) ส่วนรูปที่ 2.33 (ข.) เป็นภาพถ่ายในฉากเดียวกัน แต่สามารถแสดงรายละเอียดในบริเวณที่เป็นท้องฟ้าและสิ่งก่อสร้างได้ดีกว่า ภาพที่สามารถแสดงรายละเอียดในบริเวณที่มีปริมาณการรับแสงสูงเกินไปหรือต่ำเกินไปได้มากกว่าภาพถ่ายจากกล้องแบบทั่วไป เรียกว่า ภาพไดนามิกเรนจ์กว้างหรือภาพเอชดีอาร์ (High Dynamic Range: HDR) [17] ในส่วนถัดไปจะกล่าวถึงงานวิจัย

ที่นำเสนอเทคนิคการประมวลผลภาพเพื่อสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง หลักการทำงาน รวมถึงข้อดี และข้อจำกัดต่างๆ ของแต่ละเทคนิค



ก.

ข.

รูปที่ 2.33 ตัวอย่างภาพ ภาพถ่ายจากกล้องแบบทั่วไป (ก.) และภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง (ข.) [17]

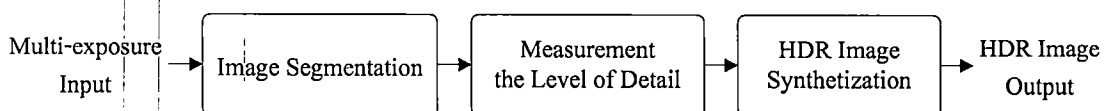
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 งานวิจัยเทคนิคการสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง

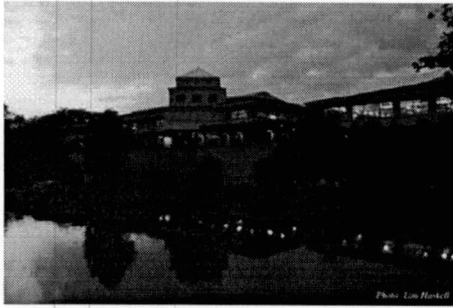
สำหรับงานวิจัยที่นำเสนอเทคนิคการสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้างจากชุดภาพแบบหลายค่าปริมาณการรับแสงที่ได้ทำการศึกษา ได้แก่ เทคนิคการวิเคราะห์การไล่ระดับความเข้มแสง ของ Annamaria และคณะ [18] เป็นการรวมพื้นที่ที่ย่อยในภาพที่ค่าปริมาณการรับแสงต่างๆ เข้าด้วยกัน จากคุณสมบัติเฉพาะของพื้นที่ย่อยนั้นๆ การทำงานต้องกำหนดจำนวนการแบ่งพื้นที่ย่อยเสมอ และเทคนิคการแบ่งส่วนภาพแบบทำซ้ำตามคุณสมบัติเฉพาะพื้นที่ ของ Andrey Vavilin และ Kang-Hyun Jo งานวิจัยที่ [19] หลักการคัดเลือกค่าปริมาณการรับแสงที่ดีที่สุดในแต่ละเดี่ยวกั้นกับงานของ Annamaria แต่การแบ่งพื้นที่ย่อยจะทำเฉพาะพื้นที่ที่มีไดนามิกเรนจ์กว้างเท่านั้น โดยแต่ละงานวิจัยสามารถอธิบายหลักการที่ใช้และขั้นตอนการทำงานได้ดังนี้

2.4.2.1 การวิเคราะห์การไล่ระดับความเข้มแสง

งานวิจัยที่ [18] งานของ Annamaria และคณะ ได้นำเสนออัลกอริทึมสำหรับการสร้างภาพเอชดีอาร์จากชุดภาพถ่ายหลายปริมาณการรับแสง โดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะการไล่ระดับความเข้มแสงของพื้นที่ย่อย รูปที่ 2.34 แสดงภาพรวมของอัลกอริทึม การทำงานประกอบด้วย 3 ขั้นตอน เริ่มจากการแบ่งส่วนภาพอินพุท (Image Segmentation) ออกเป็นพื้นที่ย่อยรูปสี่เหลี่ยมขนาดเท่าๆ กัน จากนั้นทำการวัดค่าระดับของรายละเอียดของแต่ละพื้นที่ย่อย (Measurement the Level of Detail) โดยคำนวณจากการไล่ระดับความเข้มแสงในแนวระดับและแนวตั้ง เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่ย่อยที่มีรายละเอียดดีที่สุดในขั้นตอนสุดท้ายเป็นการสังเคราะห์ภาพเอชดีอาร์ (HDR Image Synthetization) หรือการรวมภาพพื้นที่ย่อยที่ถูกคัดเลือกเข้าด้วยกัน โดยใช้ฟังก์ชันการรวมภาพแบบเกาส์เซียน (Gaussian Blending Function) รูปที่ 2.35 แสดงตัวอย่างภาพอินพุทที่ใช้และผลลัพธ์ภาพเอชดีอาร์ที่อัลกอริทึมสร้างขึ้น โดยการแบ่งส่วนพื้นที่ย่อยกำหนดให้มีขนาด $1/15$ ของขนาดความกว้างและความสูงของภาพอินพุท ถึงแม้ว่าอัลกอริทึมนี้จะสามารถสร้างภาพเอชดีอาร์ที่มีรายละเอียดมากกว่าภาพถ่ายที่ใช้ปริมาณการรับแสงไม่เหมาะสม แต่การทำงานจำเป็นต้องกำหนดจำนวนการแบ่งพื้นที่ย่อยเสมอ



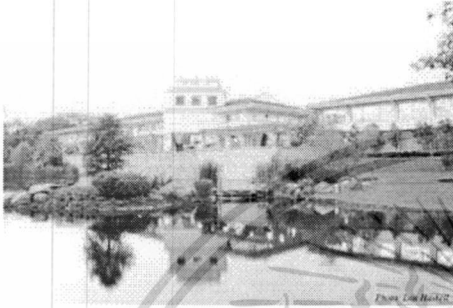
รูปที่ 2.34 อัลกอริทึมการวิเคราะห์ลักษณะการไล่ระดับความเข้มแสง



ก.



ข.



ค.



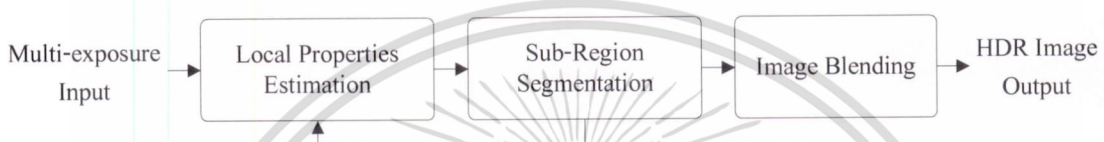
ง.

รูปที่ 2.35 ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม ภาพอินพุตแบบหลายค่าปริมาณการรับแสง (ก.) - (ค.) และภาพเอชดีอาร์ (ง.)

2.4.2.2 การแบ่งส่วนภาพแบบทำซ้ำตามคุณสมบัติเฉพาะพื้นที่

งานวิจัยที่ [19] งานของ Andrey Vavilin และ Kang-Hyun Jo ได้นำเสนออัลกอริทึมสำหรับการสร้างภาพเอชดีอาร์จากชุดภาพถ่ายหลายปริมาณการรับแสง โดยใช้การวิเคราะห์คุณสมบัติเฉพาะพื้นที่และการแบ่งส่วนพื้นที่ย่อยแบบทำซ้ำ รูปที่ 2.36 แสดงภาพรวมของอัลกอริทึม การทำงานประกอบด้วย 3 ขั้นตอน เริ่มจากประมาณค่าคุณสมบัติเฉพาะพื้นที่ (Local Properties Estimation) เป็นวิธีการคำนวณค่าที่ใช้สำหรับการจัดกลุ่มพื้นที่ว่าเป็นพื้นที่ที่มีไดนามิกเรนจ์แคบหรือไดนามิกเรนจ์กว้าง โดยค่าคุณสมบัติเฉพาะพื้นที่คำนวณได้จากค่าเฉลี่ยความเข้มแสง (Mean Intensity) ค่าเบี่ยงเบนความเข้มแสง (Intensity Deviation) และค่าเอนโทรปี (Entropy) ขั้นตอนต่อมาเป็นการแบ่งส่วนพื้นที่ย่อย (Sub-Region Segmentation) เริ่มต้นจะแบ่งภาพอินพุตออกเป็นพื้นที่ย่อย 4 ส่วนขนาดเท่ากัน และใช้ค่าคุณสมบัติเฉพาะพื้นที่ที่คำนวณได้มาจัดกลุ่มพื้นที่ย่อย ถ้าปรากฏว่าพื้นที่ย่อยนั้นมีไดนามิกเรนจ์กว้าง พื้นที่ย่อยดังกล่าวจะถูกแบ่งออกเป็นพื้นที่ย่อยใหม่อีกครั้ง ซึ่งพื้นที่ย่อยใหม่นี้ก็จะมีขนาดเล็กกว่าพื้นที่ย่อยเดิมสองเท่า กระบวนการแบ่งส่วนนี้จะทำงานแบบวนซ้ำจนกระทั่งไม่มีพื้นที่ที่มีไดนามิกเรนจ์กว้างเหลืออยู่ หรือพื้นที่นั้นมีขนาดเล็กกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการรวมภาพ (Image Blending) แต่ละพื้นที่ย่อยเข้าด้วยกัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรวมภาพโดยตรงจะทำให้มองเห็นรอยต่อบริเวณขอบภาพได้เด่นชัด ซึ่งความต่างบริเวณรอยต่อภาพขึ้นอยู่กับความต่างของปริมาณการรับแสงของพื้นที่ที่อยู่ติดกัน เพื่อลดผลกระทบดังกล่าว งานวิจัยนี้ใช้ฟังก์ชันการรวมภาพแบบเกาส์เซียนลักษณะเดียวกันกับงานวิจัยที่ [18] ซึ่งความเข้มแสงของพื้นที่ผลลัพธ์จะถูกคำนวณใหม่โดยอาศัยความเข้มแสงของพื้นที่ใกล้เคียงทำให้ภาพมีความกลมกลืนกันมากขึ้น รูปที่ 2.37 แสดงชุดภาพอินพุตที่ใช้ประมวลผล และรูปที่ 2.38 เป็นผลลัพธ์การคัดเลือกพื้นที่ที่น้อยและภาพเอชดีอาร์ที่อัลกอริทึมสร้างขึ้น (รายละเอียดการทำงานของอัลกอริทึมอธิบายในหัวข้อ 3.2.1) อัลกอริทึมนี้มีจุดเด่นคือความสามารถในการแบ่งส่วนพื้นที่ที่น้อยได้อัตโนมัติตามสภาพแสงในภาพ การทำงานไม่จำเป็นต้องกำหนดจำนวนการแบ่งพื้นที่ที่น้อย



รูปที่ 2.36 อัลกอริทึมการวิเคราะห์คุณสมบัติเฉพาะพื้นที่และการแบ่งส่วนพื้นที่ที่น้อยแบบทำซ้ำ



รูปที่ 2.37 ชุดภาพอินพุตแบบหลายค่าปริมาณการรับแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.

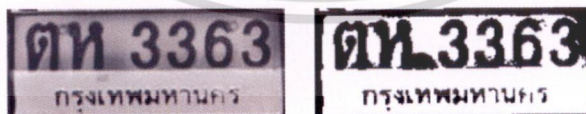
ข.

รูปที่ 2.38 ผลลัพธ์ของอัลกอริทึม การแบ่งส่วนและคัดเลือกพื้นที่ย่อย (ก.) และภาพเอชดีอาร์ (ข.)

2.4.3 ปัญหาการนำภาพเอชดีอาร์มาใช้กับระบบรู้จำป้ายทะเบียน

ถึงแม้ว่าเทคนิคเอชดีอาร์จะเป็นเทคนิคที่สามารถรับมือกับปัญหาเรื่องการถ่ายภาพในฉากที่มีไดนามิกเรนจ์กว้างได้ดีกว่าเทคนิคอื่น แต่เมื่อนำภาพเอชดีอาร์มาแปลงเป็นภาพไบนารีแล้ว บริเวณรอยต่อพื้นที่ย่อยมักเกิดเส้นเชื่อมตัวอักษรหรือสิ่งรบกวนขึ้น ซึ่งมีผลเสียต่อการทำงานของระบบรู้จำป้ายทะเบียนและอาจทำให้กระบวนการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนทำงานผิดพลาดได้ รูปที่ 2.39 แสดงตัวอย่างปัญหาการแปลงภาพเอชดีอาร์เป็นภาพไบนารี ที่ทำให้อักษรป้ายทะเบียนเชื่อมติดกัน และทำให้ตัวอักษรมีรูปร่างต่างไปจากที่ควรจะเป็น

ดังนั้นการนำเทคนิคเอชดีอาร์ไปมาใช้ปรับปรุงภาพอินพุทให้ระบบรู้จำป้ายทะเบียน จำเป็นต้องมีการดัดแปลงผลลัพธ์ที่ได้ให้เหมาะสมกับการใช้งานเสียก่อน ซึ่งในบทต่อไปจะกล่าวถึงแนวคิดและการประยุกต์ใช้เทคนิคเอชดีอาร์ไอที่ช่วยทำให้ประสิทธิภาพของระบบรู้จำป้ายทะเบียนดีขึ้น



ก.

ข.

รูปที่ 2.39 ปัญหาการแปลงภาพเอชดีอาร์เป็นภาพไบนารี ภาพเอชดีอาร์ (ก.) และภาพไบนารี (ข.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนที่น่าเสนอ

ในบทที่ 2 ได้แสดงกล่าวถึงการวิเคราะห์ปัญหาที่ทำให้ระบบรู้จำป้ายทะเบียนทำงานผิดพลาด ซึ่งปัญหาที่งานวิจัยนี้สนใจจะแก้ไขมีสองเรื่อง อย่างแรกคือกรณีที่มีเงามาบังหรือแสงสะท้อน บริเวณป้ายทะเบียน เมื่อนำภาพไปแปลงเป็นภาพไบนารี จะทำให้รายละเอียดของตัวอักษรหรือตัวเลขบนป้ายทะเบียนหายไปหรือไม่สมบูรณ์ และปัญหาเรื่องภาพที่มีตัวอักษรหรือสัญลักษณ์อื่นปนอยู่ในภาพทำให้พื้นที่แนวโน้มที่คาดว่าจะจะเป็นป้ายทะเบียนมีจำนวนมากและยากต่อการคัดเลือกตำแหน่งป้ายทะเบียนให้ถูกต้อง ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดที่ใช้แก้ปัญหา และขั้นตอนการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนที่น่าเสนอ โดยรายละเอียดมีดังนี้

3.1 แนวคิดที่น่าเสนอ

สำหรับแนวคิดในการแก้ปัญหาเรื่องสภาพแสงบริเวณป้ายทะเบียนไม่เหมาะสมทำให้ตัวเลขหรือตัวอักษรที่ปรากฏในภาพไบนารีไม่สมบูรณ์ คือการเลือกใช้เทคนิคการปรับปรุงภาพที่สามารถรับมือกับปัญหาเรื่องสภาพแสงไม่เหมาะสมได้ และให้ผลลัพธ์ที่มีรายละเอียดเพียงพอต่อการประมวลผลเพื่อหาตำแหน่งของป้ายทะเบียน ส่วนแนวคิดการแก้ปัญหาเรื่องจำนวนพื้นที่แนวโน้มที่คาดว่าจะจะเป็นป้ายทะเบียนมีมาก ทำให้การคัดเลือกตำแหน่งป้ายทะเบียนทำได้ยาก คือการวิเคราะห์ข้อมูลเรื่องลักษณะการจัดเรียงตัวอักษรและตัวเลขของป้ายทะเบียน เช่น ต้องมีตัวอักษร 2 ตัวแล้วตามด้วยตัวเลข 4 ตัว เพื่อคัดเลือกพื้นที่ป้ายทะเบียน น่าจะทำให้จำนวนพื้นที่แนวโน้มลดลงและคัดเลือกพื้นที่ป้ายทะเบียนได้ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

จากการศึกษาพบว่าเทคนิคการสร้างภาพไดนามิคเรนจ์กว้างหรือเอชดีอาร์ไอเป็นเทคนิคการปรับปรุงภาพที่มีจุดเด่นเรื่องการกู้คืนรายละเอียดของภาพในบริเวณที่มีปริมาณการรับแสงไม่เหมาะสมกลับมา ซึ่งการนำเทคนิคนี้มาใช้ปรับปรุงภาพอินพุตสำหรับกระบวนการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนได้น่าจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบดีขึ้น

แต่อย่างไรก็ตามผลลัพธ์ที่ได้จากเทคนิคเอชดีอาร์ไอจำเป็นต้องมีการปรับปรุงหรือทำการคัดแปลง เพื่อลดผลกระทบบริเวณรอยต่อของพื้นที่ย่อย เพราะกรณีที่รอยต่อภาพที่มีความเข้มแสงต่างกันมากเมื่อนำภาพไปแปลงเป็นภาพไบนารีจะทำให้เกิดเส้นหรือสิ่งรบกวน ซึ่งมีผลต่อการทำงานของอัลกอริทึมการระบุตำแหน่งที่น่าเสนอและทำให้ประสิทธิภาพการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนลดลง รูปที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ภาพไบนารี รูปที่ 3.1 (ก) ผลลัพธ์ของเทคนิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอชดีอาร์ไอ รูปที่ 3.1 (ข.) การแปลงภาพไบนารีโดยใช้เทคนิคการปรับค่าเทรสโฮลด์อัตโนมัติ
รูปที่ 3.1 (ค.) การแปลงภาพไบนารีด้วยเทคนิคที่นำเสนอ



ก.



ข.



ค.

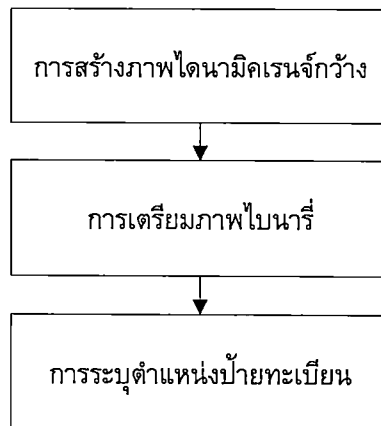
รูปที่ 3.1 การแปลงภาพไบนารี ภาพเอชดีอาร์ระดับเทา (ก.) การปรับค่าเทรสโฮลด์อัตโนมัติ (ข.) และการตัดแปลงผลลัพธ์ภาพเอชดีอาร์ด้วยเทคนิคที่นำเสนอ (ค.)

งานวิจัยนี้นำเสนออัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนในภาพโดยใช้เทคนิคเอชดีอาร์ไอ ปรับปรุงภาพอินพุท เพื่อให้รายละเอียดของภาพบริเวณที่มีเงาบังหรือแสงสะท้อนสมบูรณ์ขึ้น จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้มาปรับปรุงคุณภาพด้วยเทคนิคการเพิ่มคอนทราสต์โดยใช้การวิเคราะห์ ลักษณะวัตถุ เพื่อลดผลกระทบบริเวณรอยต่อพื้นที่ย่อย ก่อนนำไปแปลงเป็นภาพไบนารีโดยใช้ เทคนิคการปรับค่าเทรสโฮลด์อัตโนมัติ แล้วใช้การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะด้านการจัดกลุ่มตัวอักษร ของป้ายทะเบียน (Pattern Conformation Grouping) เพื่อสร้างและคัดเลือกพื้นที่ป้ายทะเบียนในภาพ

3.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบที่นำเสนอ

อัลกอริทึมที่นำเสนอนี้เป็นอัลกอริทึมสำหรับระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนในภาพ กำหนดให้ อินพุทเป็นชุดภาพถ่ายรถยนต์ที่มีภาพป้ายทะเบียนบรรจุอยู่ แต่ละภาพมีปริมาณการรับแสงต่างกัน โดยจัดช่วงการถ่ายภาพไว้หลายช่วงของแสงที่มองเห็น ป้ายทะเบียนในภาพมีตัวอักษรประจำหมวด ตัวที่หนึ่งและตัวอักษรประจำหมวดตัวที่สองเป็นพยัญชนะ ก ถึง ฮ และมีหมายเลขทะเบียนเป็นเลข อารบิกตั้งแต่ 1 ถึง 9999 การทำงานไม่วิเคราะห์ข้อมูลตัวอักษรบอกชื่อจังหวัด เพราะกรณีที่ ป้ายทะเบียนมีขนาดเล็กทำให้ตัวอักษรบอกชื่อจังหวัดมีรายละเอียดน้อยไม่สามารถนำไปแยกแยะ ชื่อจังหวัดได้ (รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะของป้ายทะเบียนสามารถศึกษาได้ในภาคผนวก ก) เอาท์พุทของอัลกอริทึมเป็นตำแหน่งของป้ายทะเบียนในภาพ รูปที่ 3.2 แสดงภาพรวมของ อัลกอริทึมที่นำเสนอ ซึ่งการทำงานประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ การสร้างภาพไดนามิคเร็นจก์กว้าง การเตรียมภาพไบนารี และการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน โดยขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมใน แต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



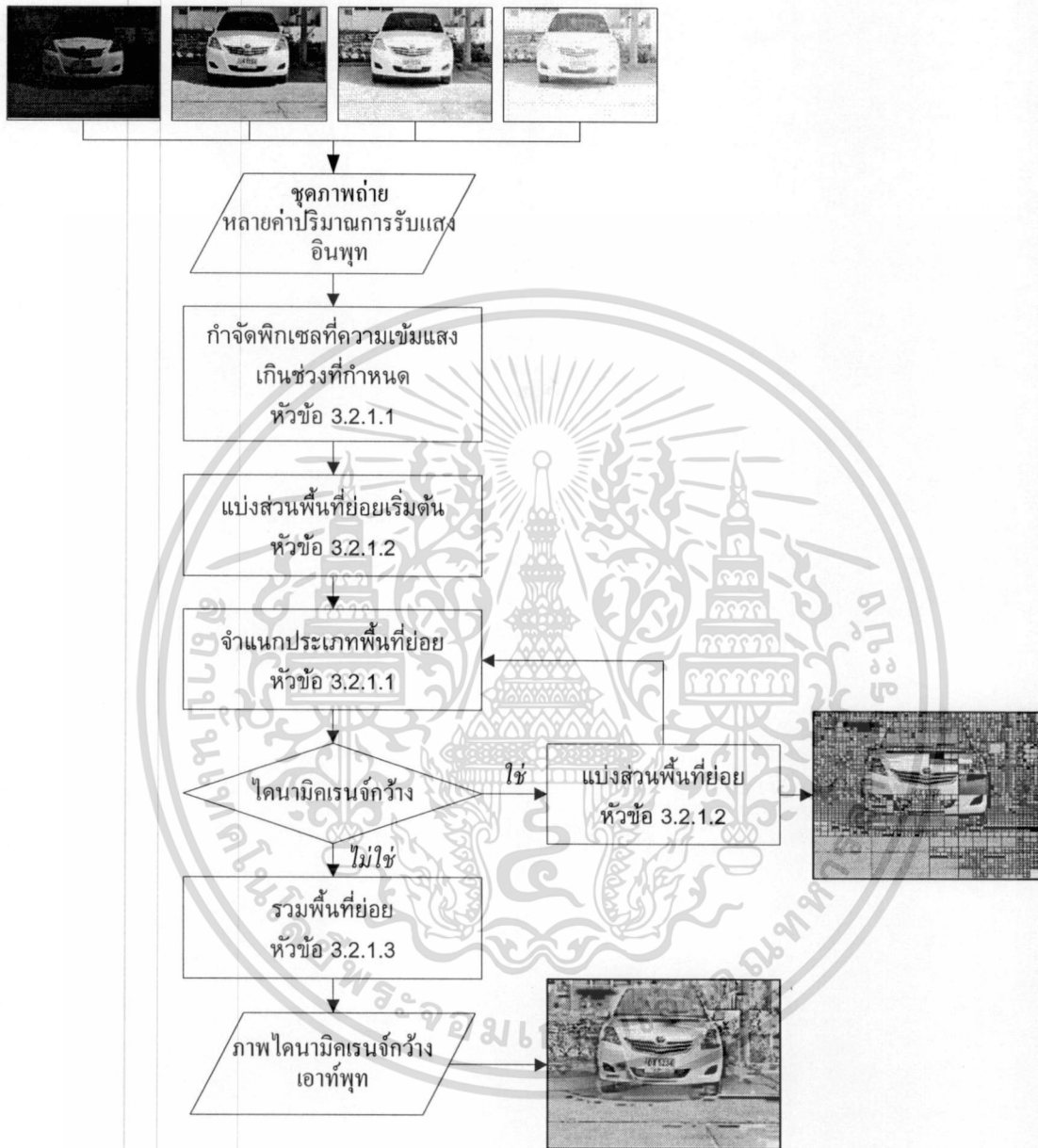
รูปที่ 3.2 ภาพรวมอัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนที่นำเสนอ

3.2.1 การสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง

การสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง เป็นการรวมภาพที่มีค่าปริมาณการรับแสงต่างกันเข้าด้วยกันโดยเลือกค่าปริมาณการรับแสงที่ดีที่สุดเพื่อแทนค่าสภาพแสงจริงในฉาก ซึ่งเลือกใช้เทคนิคในงานวิจัยที่ [19] ของ Andrey Vavilin และ Kang-Hyun Jo เนื่องจากไม่ต้องกำหนดจำนวนการแบ่งส่วนภาพหรือพื้นที่ย่อยแบบคงที่ ทำให้มีความยืดหยุ่นในการทำงานมากกว่าเมื่อนำมาใช้กับภาพถ่ายในสภาพแวดล้อมจริง และมีความแม่นยำในการสร้างภาพขึ้นใหม่โดยไม่ลดคอนทราสต์ (Contrast) ของพื้นที่สูง อัลกอริทึมกำหนดว่าอินพุตเป็นชุดภาพถ่าย I^1, \dots, I^N จากฉากที่ไม่มีวัตถุเคลื่อนที่และจัดช่วงปริมาณการรับแสงไว้ต่างกัน ค่าความเข้มแสงที่จุดพิกเซลมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255 หรือมีขนาด 8 บิตต่อพิกเซล ผลลัพธ์ที่ได้จากอัลกอริทึมเป็นภาพเดี่ยวหนึ่งภาพที่รวมข้อมูลของแต่ละภาพอินพุตเข้าด้วยกัน

โครงสร้างและลำดับขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมดังแสดงในรูปที่ 3.3 การทำงานของอัลกอริทึมเริ่มจากการนำชุดภาพอินพุตมาแบ่งส่วนออกเป็นพื้นที่ย่อยรูปสี่เหลี่ยม I_1^i, \dots, I_m^i ส่วน และให้ I_j^1, \dots, I_j^N แทนค่าข้อมูลพื้นที่ย่อยของแต่ละภาพอินพุตที่มีข้อมูลต่างกันตามปริมาณการรับแสงที่ใช้ ซึ่งพื้นที่ย่อยที่มีปริมาณการรับแสงดีที่สุดจะถูกคัดเลือกเป็นพื้นที่ผลลัพธ์ แต่ละพื้นที่ย่อยจะถูกจัดกลุ่มว่าเป็นพื้นที่ย่อยที่มีไดนามิกเรนจ์แคบ (Low Dynamic Range: LDR) หรือไดนามิกเรนจ์กว้าง (High Dynamic Range: HDR) โดยคำนวณจากคุณสมบัติของพื้นที่ (Local Properties) พื้นที่ย่อยที่มีไดนามิกเรนจ์กว้างจะถูกแบ่งออกเป็น 4 พื้นที่ย่อยแบบวนซ้ำ (Recursive) จนกระทั่งพื้นที่ย่อยทั้งหมดมีไดนามิกเรนจ์แคบหรือมีขนาดเล็กกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และขั้นตอนสุดท้ายคือการรวมภาพ (Image Blending) เป็นการนำพื้นที่ย่อยแต่ละพื้นที่ที่ถูกคัดเลือกมารวมเป็นภาพเดียวกันและทำให้บริเวณรอยต่อของแต่ละพื้นที่ย่อยมีความกลมกลืนกันมากขึ้น โดยอาศัย

ฟังก์ชันการรวมภาพแบบเกาส์เซียน (Gaussian Blending Function) โดยรายละเอียดการทำงานในแต่ละขั้นตอนอธิบายได้ดังนี้



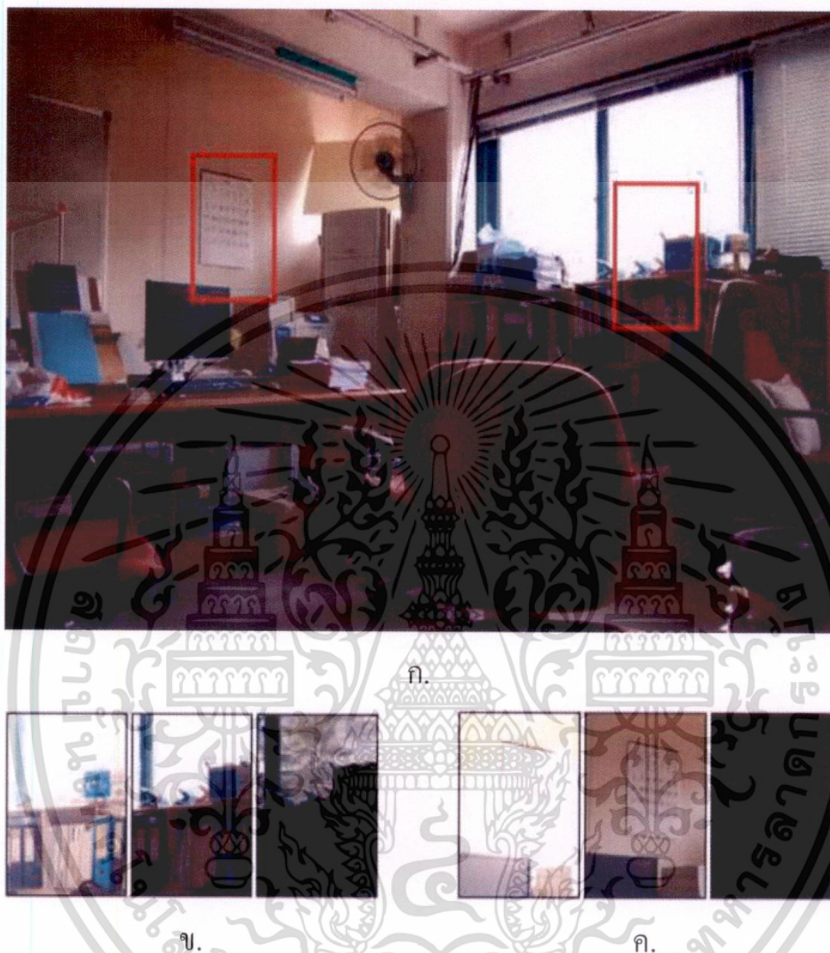
รูปที่ 3.3 อัลกอริทึมการสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง

3.2.1.1 การประเมินค่าคุณสมบัติของพื้นที่

การประเมินค่าคุณสมบัติของพื้นที่ (Local Properties Estimation) เป็นวิธีการคำนวณค่าที่ใช้สำหรับจำแนกกลุ่มพื้นที่ว่ามีไดนามิกเรนจ์แคบหรือไดนามิกเรนจ์กว้าง

รูปที่ 3.4 แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่ที่มีไดนามิกเรนจ์แคบกับพื้นที่ที่มีไดนามิกเรนจ์กว้าง โดยพื้นที่การคำนวณค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีไดนามิกเรนจ์แคบเป็นพื้นที่ที่กล้องถ่ายรูปสามารถบันทึกรายละเอียดในภาพโดยใช้ค่าปริมาณการรับแสงเพียงค่าเดียวได้ ส่วนพื้นที่ที่มีไดนามิกเรนจ์กว้างจะสูญเสียรายละเอียดในบริเวณที่ปริมาณการรับแสงไม่เหมาะสมไป



รูปที่ 3.4 การเปรียบเทียบไดนามิกเรนจ์ในภาพ (ก.) พื้นที่ที่มีไดนามิกเรนจ์กว้าง (ข.) และพื้นที่ที่มีไดนามิกเรนจ์แคบ (ค.) [19]

สำหรับคุณสมบัติของพื้นที่ที่สามารถคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยความเข้มแสง (Mean Intensity) ค่าเบี่ยงเบนความเข้มแสง (Intensity Deviation) และค่าเอ็นโทรปี (Entropy) ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าได้ตามสมการที่ 3.1 - 3.3 ตามลำดับ โดยกำหนดให้ภาพอินพุตที่ i พื้นที่ที่ k มีความกว้างเป็น k_w ความสูงเป็น k_h และตำแหน่งที่มุมบนขวา (k_x, k_y)

$$M_k^i = \frac{1}{A_k} \sum_{x=k_x}^{k_x+k_w-1} \sum_{y=k_y}^{k_y+k_h-1} I^i(x, y) \tag{3.1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sigma_k^i = \sqrt{\frac{1}{A_k} \sum_{x=kx}^{kx+kw-1} \sum_{y=ky}^{ky+kh-1} (I^i(x,y) - M_k^i)^2} \quad (3.2)$$

$$E_k^i = \sum_{j=0}^{255} \left[\frac{1}{A_k} \sum_{I_k^i=j} 1 \right] \log_2(p[j]) \quad (3.3)$$

$I^i(x,y)$ คือ ความเข้มแสงของจุดพิกเซล

A_k คือ ขนาดของพื้นที่ที่ k ซึ่งหาได้จาก $kw * kh$

เมื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยความเข้มแสง ค่าเบี่ยงเบนความเข้มแสง และค่าเอ็นโทรพี แล้ว สามารถนำค่าเหล่านี้มาคำนวณเพื่อหาค่าคุณสมบัติเฉพาะพื้นที่ที่ได้จากสมการที่ 3.4 ดังนี้

$$U_k^i = \alpha \bar{E}_k^i + \beta \bar{\sigma}_k^i \quad (3.4)$$

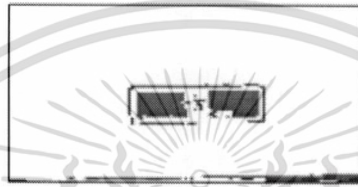
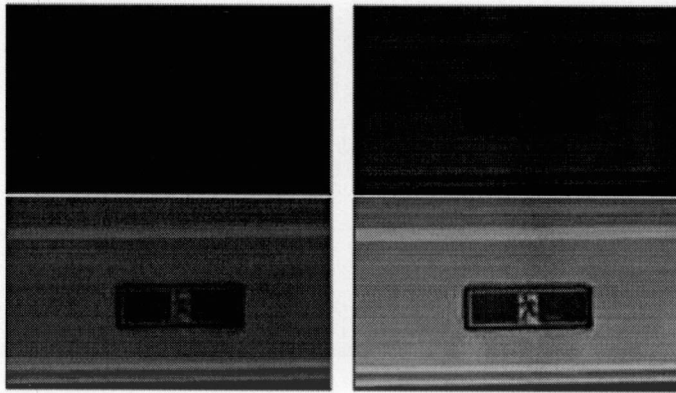
\bar{E}_k^i คือ ค่าเอ็นโทรพีมาตรฐาน หาได้จาก $\bar{E}_k^i = E_k^i / \max_{j=1 \dots N} (E_k^i)$

$\bar{\sigma}_k^i$ คือ ค่าเบี่ยงเบนความเข้มแสงมาตรฐาน หาได้จาก $\bar{\sigma}_k^i = \sigma_k^i / \max_{j=1 \dots N} (\sigma_k^i)$

เนื่องจากการคำนวณหาค่า \bar{E}_k^i และ $\bar{\sigma}_k^i$ มีความไวต่อวัตถุในฉากที่มีความเข้มแสงสูงหรือต่ำมาก เช่น เป็นวัตถุสีขาวหรือสีดำในทุกช่วงปริมาณการรับแสงหรือทุกภาพอินพุท อาจมีผลทำให้กระบวนการจัดกลุ่มพื้นที่ทำงานผิดพลาด รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างบริเวณดังกล่าว ดังนั้น เพื่อป้องกันความผิดพลาดจำเป็นต้องกำจัดพิกเซลที่มีความเข้มแสงเกินช่วงที่กำหนด (Excessive Lighted Pixels) ออก ก่อนขั้นตอนการแบ่งส่วนพื้นที่ย่อย (นำกลับมาคำนวณในขั้นตอนการรวมภาพ) โดยใช้สมการที่ 3.5

$$I^i(x,y) = \begin{cases} \text{black}, & I^i(x,y) < 30 \forall i \in [1, N] \\ \text{white}, & I^i(x,y) > 225 \forall i \in [1, N] \end{cases} \quad (3.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างบริเวณที่พิกเซลมีความเข้มแสงเกินช่วงที่กำหนด [19]

เมื่อคำนวณค่าคุณสมบัติของพื้นที่ได้แล้ว สามารถจัดกลุ่มพื้นที่ที่ k ว่ามีไดนามิกเรนจ์แคบหรือกว้าง และจากชุดภาพอินพุทในพื้นที่ที่ I_k^1, \dots, I_k^N พื้นที่ที่มีไดนามิกเรนจ์สูงจะต้องมีมากกว่าหนึ่งพื้นที่ที่มีค่าคุณสมบัติของพื้นที่มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของค่าที่มากที่สุด ดังนั้นสามารถจำแนกพื้นที่ที่มีไดนามิกเรนจ์กว้างเมื่อเป็นจริงตามสมการที่ 3.6 และคัดเลือกพื้นที่ที่มีค่าปริมาณการรับแสงดีที่สุดจากชุดภาพอินพุททั้งหมดได้จากสมการที่ 3.7

$$DR_k = \begin{cases} HDR, & (M_k^i + \sigma_k^i \geq 200 \text{ or } M_k^i - \sigma_k^i \leq 55) \text{ or } U(j, k) > 0.8 \max_p U(p, k) > 1 \\ LDR, & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (3.6)$$

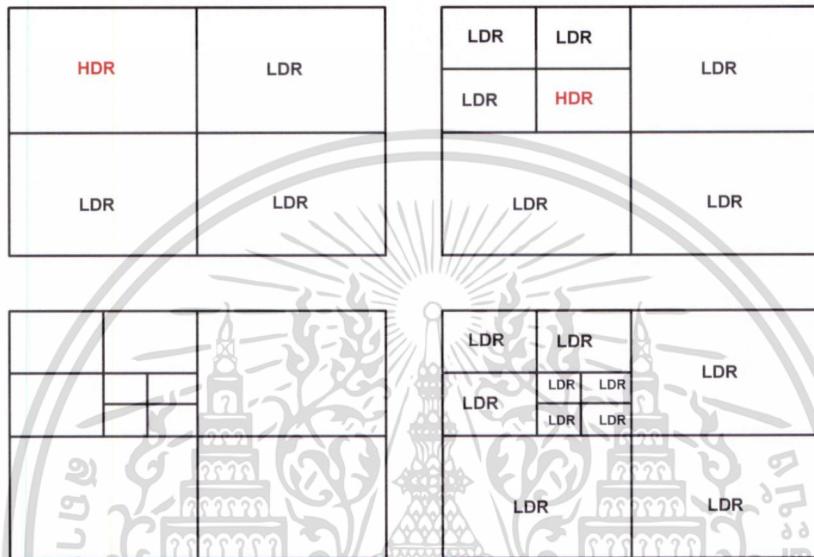
$$R_k = \max_{j=1 \dots N} U(j, k) \quad (3.7)$$

3.2.1.2 การแบ่งส่วนพื้นที่ย่อย

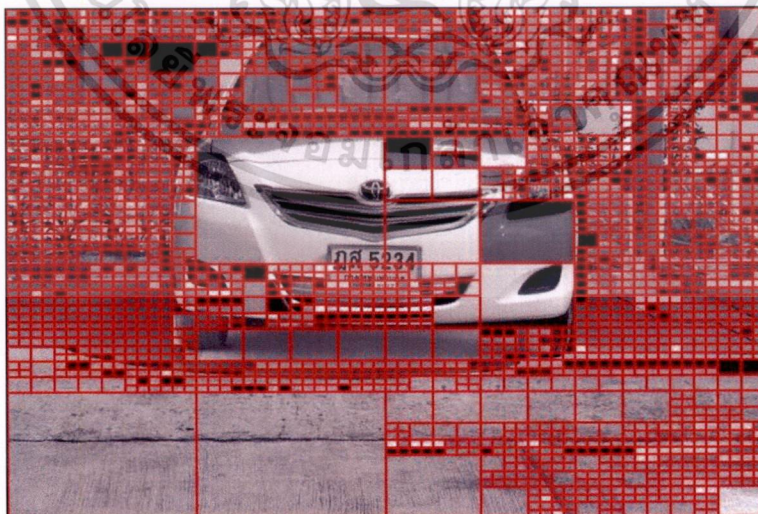
การแบ่งส่วนพื้นที่ย่อย (Sub-region Segmentation) เริ่มจากการแบ่งภาพออกเป็นพื้นที่ย่อย 4 ส่วนขนาดเท่ากัน พื้นที่ใดที่ถูกจำแนกประเภทเป็นพื้นที่ที่มีไดนามิกเรนจ์กว้าง พื้นที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังกล่าวจะถูกแบ่งออกเป็นพื้นที่ย่อยใหม่อีกครั้ง ซึ่งพื้นที่ย่อยใหม่นี้ก็จะมีขนาดเล็กกว่าพื้นที่ย่อยเดิมสองเท่า กระบวนการแบ่งส่วนนี้จะทำงานแบบวนซ้ำจนกระทั่งไม่มีพื้นที่ที่มีไดนามิกเรนจ์กว้างเหลืออยู่ หรือพื้นที่นั้นมีขนาดความกว้างน้อยกว่า 12.5 เปอร์เซ็นต์ของความกว้างป้ายทะเบียน

รูปที่ 3.6 แสดงภาพจำลองการแบ่งส่วนพื้นที่ย่อย ตัวอย่างผลลัพธ์การแบ่งส่วนพื้นที่ย่อยและคัดเลือกพื้นที่ที่มีปริมาณการรับแสงดีที่สุดแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.6 ภาพจำลองการทำงานขั้นตอนการแบ่งส่วนพื้นที่ย่อย



รูปที่ 3.7 ผลลัพธ์การแบ่งส่วนและคัดเลือกพื้นที่ย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.3 การรวมภาพ

การรวมภาพ (Image Blending) เป็นขั้นตอนการรวมแต่ละพื้นที่ที่ย่อยเข้าด้วยกัน การรวมภาพโดยตรงจะทำให้มองเห็นรอยต่อบริเวณขอบภาพได้เด่นชัด ตัวอย่างภาพแสดงในรูปที่ 3.7 ซึ่งความต่างบริเวณรอยต่อภาพขึ้นอยู่กับความต่างของปริมาณการรับแสง เพื่อลดผลกระทบดังกล่าว ความเข้มแสงของภาพผลลัพธ์จะถูกคำนวณใหม่โดยอาศัยความเข้มแสงของพื้นที่ใกล้เคียง โดยใช้ฟังก์ชันการรวมภาพแบบเกาส์เซียน (Gaussian Blending Function) โดยพื้นที่ที่ k จะถูกอ้างถึงด้วยพิกัด x, y และค่าน้ำหนักจะถูกเลือกโดยฟังก์ชันการรวมภาพดังสมการที่ 3.8

$$B^k(x, y) = \frac{G^k(x, y)}{\sum_p G^p(x, y)} \quad (3.8)$$

$G^k(x, y)$ คือ เกาส์เซียนฟังก์ชันของพื้นที่ที่ k คำนวณหาได้จากสมการที่ 3.9

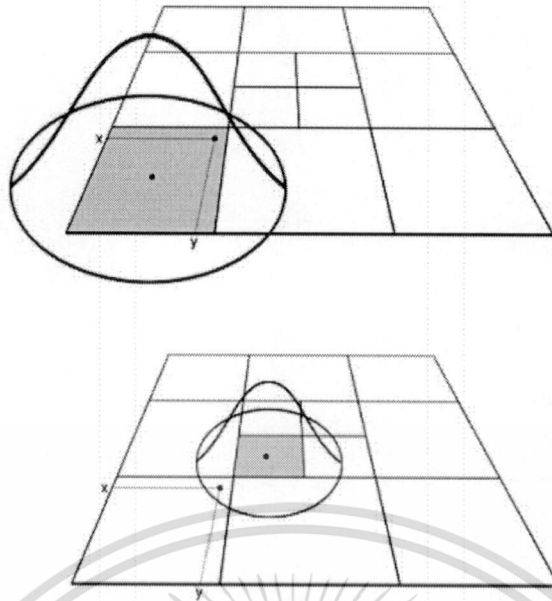
$$G^k(x, y) = e^{-\left(\frac{(x-rx_k)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(y-ry_k)^2}{2\sigma_y^2}\right)} \quad (3.9)$$

rx, ry คือ พิกัดจุดศูนย์กลางของพื้นที่

σ_x, σ_y คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละทิศทาง x และ y

ดังนั้นอิทธิพลของพื้นที่ที่ถูกเลือก ขึ้นอยู่กับระยะห่างของจุดศูนย์กลางของพื้นที่และความเข้มแสงของพิกเซลที่อยู่ใกล้เคียงรวมถึงขนาดของพื้นที่ด้วย แนวคิดการรวมรูปด้วยวิธีนี้แสดงในรูปที่ 3.8 ซึ่งผลลัพธ์ของอัลกอริทึมสามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 3.10 ดังนี้

$$I_{out}(x, y) = \sum_k B^k(x, y) I_{R(k)}(x, y) \quad (3.10)$$



รูปที่ 3.8 ภาพประกอบแสดงพื้นที่ที่มีอิทธิพลในขนาดที่แตกต่างกัน [19]

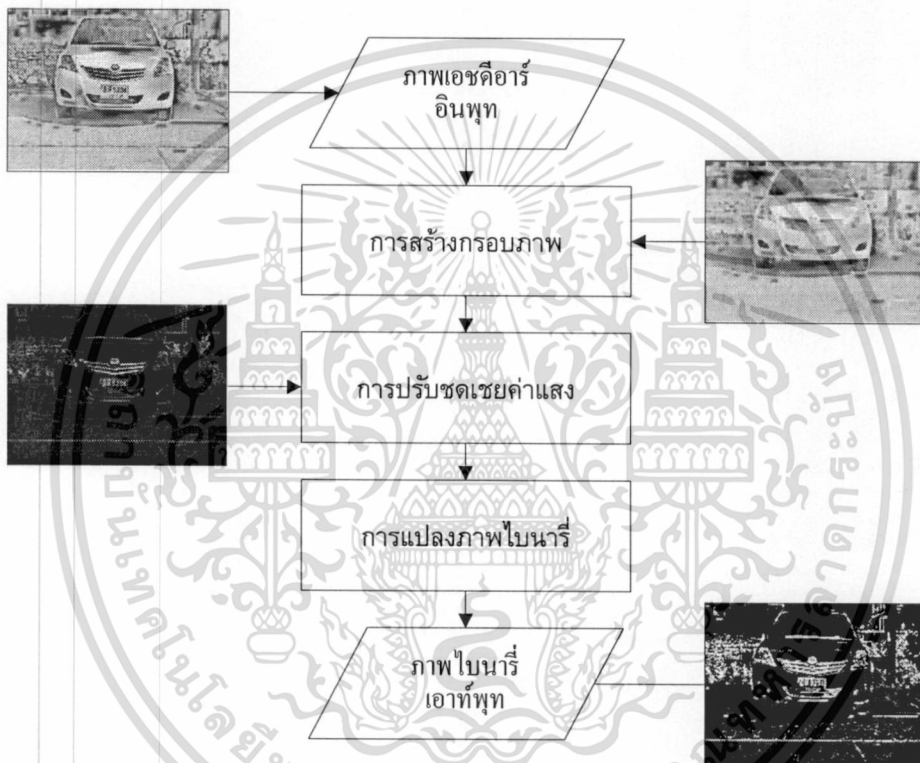


รูปที่ 3.9 ผลลัพธ์การสร้างภาพไดนามิกเร็นจิ้งกว้าง

3.2.2 การเตรียมภาพใบนารี

การเตรียมภาพใบนารีเป็นการแปลงภาพเอชดีอาร์จากขั้นตอนก่อนหน้าเป็นภาพใบนารีที่เหมาะสมกับการนำไปประมวลผลต่อเพื่อระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุเพื่อเพิ่มคอนทราสต์ระหว่างตัวอักษรกับพื้นหลังภาพ ซึ่งทำให้รายละเอียดในภาพสมบูรณ์ขึ้นและยังช่วยลดผลกระทบบริเวณรอยต่อพื้นที่ย่อยในภาพด้วย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัลกอริทึมการเตรียมภาพไบนารีแสดงในรูปที่ 3.10 โดยกำหนดให้อินพุทเป็นภาพเอชดีอาร์ระดับเทา เอาท์พุทเป็นภาพไบนารี การทำงานเริ่มจากการสร้างกรอบภาพ (Mask) โดยใช้ตัวปฏิบัติการแบบเปิด (Closing) ที่กำหนดให้สมาชิกโครงสร้าง (Structure Element) เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีขนาด 25 เพลอร์เซ็นต์ของความสูงภาพป้ายทะเบียน จากนั้นทำการปรับขนาดเซชค่าแสงโดยนำค่าความเข้มแสงของกรอบภาพและอินพุทมาหักลบกัน (Image Subtraction) และสุดท้ายนำภาพที่ได้มาแปลเป็นภาพไบนารีโดยใช้วิธีการวิเคราะห์เทอร์สโฮลด์อัตโนมัติ ภาพไบนารีที่ได้มีตัวอักษรป้ายทะเบียนเป็นสีขาวมีค่าเป็น “1” และพื้นหลังเป็นสีดำมีค่า “0”



รูปที่ 3.10 อัลกอริทึมการเตรียมภาพไบนารี

3.2.3 การระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน

การระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน เป็นกระบวนการสำหรับระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ในภาพ ใช้การวิเคราะห์คุณสมบัติเฉพาะด้านการจัดกลุ่มสัญลักษณ์ที่ใกล้เคียงกับรูปแบบของป้ายทะเบียน (การจัดเรียงตัวอักษรป้ายทะเบียนอธิบายในภาคผนวก ก) เพื่อสร้างกลุ่มสัญลักษณ์หรือพื้นที่แนวโน้มน่าจะเป็นตัวอักษรด้วยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เชื่อมติดกัน แล้วคัดกรองกลุ่มสัญลักษณ์ที่มีแนวโน้มน่าจะเป็นอักษรป้ายทะเบียนตามเกณฑ์ที่กำหนด สัญลักษณ์แต่ละเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวที่ผ่านการคัดกรองแล้วจะถูกกำหนดว่าเป็นตัวอักษรไทยหรือตัวเลขอารบิกด้วยโครงข่ายประสาทเทียม แล้วคัดกรองตามรูปแบบป้ายทะเบียนคือมีตัวอักษร 2 ตัว แล้วตามด้วยตัวเลขตั้งแต่ 1 ถึง 4 ตัว ทำให้จำนวนกลุ่มพื้นที่แนวโน้มนั้นมีไม่มากและสามารถระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนจากการเลือกกลุ่มที่มีความเชื่อมแน่นรวมที่ผ่านเกณฑ์

อัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนแสดงในรูปที่ 3.11 อินพุตเป็นภาพใบนารีที่บรรจุภาพป้ายทะเบียนอยู่ เอาท์พุทเป็นตำแหน่งของป้ายทะเบียนในภาพ การทำงานประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ การวิเคราะห์สัญลักษณ์ (Symbolic Analysis) การสร้างสมมติฐานกลุ่มสัญลักษณ์ป้ายทะเบียน (Plate Number Hypothesis) การแยกแยะประเภทสัญลักษณ์ (Symbolic Segmentation and Detection) และการจัดลำดับและคัดเลือก (Scoring and Selection) โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.11 อัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.1 การวิเคราะห์สัญลักษณ์

การวิเคราะห์สัญลักษณ์ (Symbolic Analysis) เป็นขั้นตอนการสร้างและคัดกรองสัญลักษณ์ที่น่าจะเป็นตัวอักษรหรือตัวเลขในภาพ เริ่มจากการค้นหาพิกเซลที่เกาะกลุ่มกันหรือเชื่อมติดกัน (Connected Pixels) ในภาพอินพุท โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบที่เชื่อมติดกันแบบ 4 ทิศทาง แล้วกำหนดหมายเลขเฉพาะ จากนั้นนำกลุ่มพิกเซลทั้งหมดมาคัดกรองให้ได้เฉพาะกลุ่มพิกเซลที่มีขนาดในช่วงที่กำหนด รวมถึงคุณสมบัติเรื่องอัตราส่วนของความกว้างและความสูงที่สอดคล้องกับกลุ่มต้นแบบตัวอักษรและตัวเลขของป้ายทะเบียน ผลลัพธ์ที่ได้เป็นกลุ่มพิกเซลหรือสัญลักษณ์ที่อาจเป็นตัวเลขหรือตัวอักษร รูปที่ 3.12 แสดงผลลัพธ์ของขั้นตอนการวิเคราะห์สัญลักษณ์



ก.

ข.

รูปที่ 3.12 การวิเคราะห์สัญลักษณ์ ภาพใบนารี (ก.) และสัญลักษณ์ที่ผ่านการคัดกรอง (ข.)

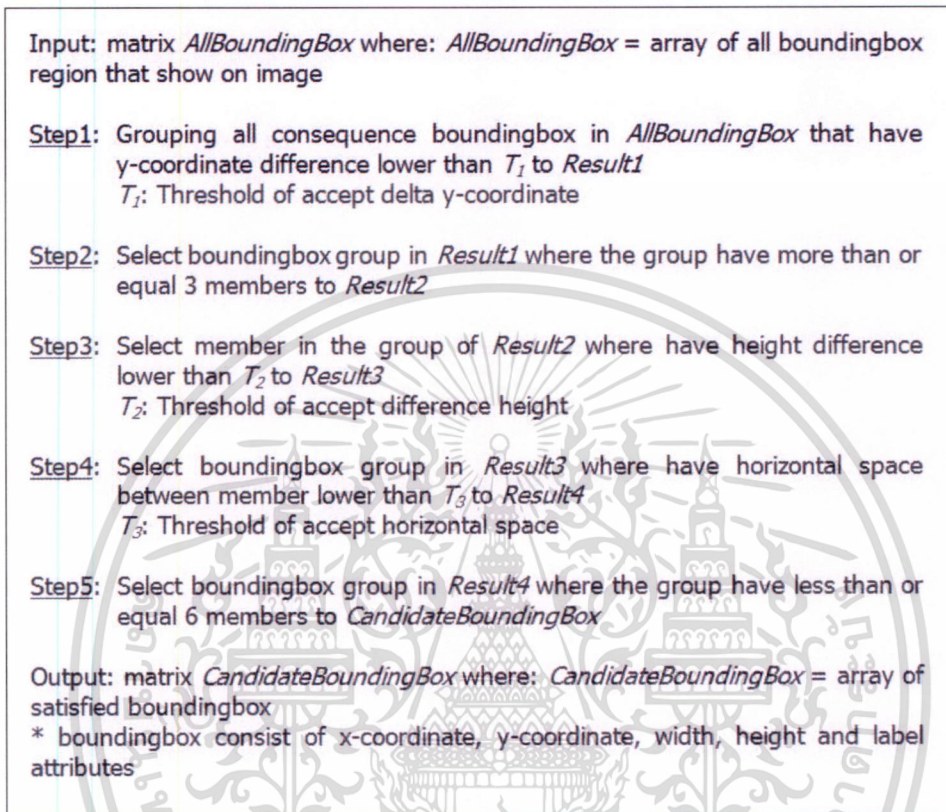
3.2.3.2 การสร้างสมมติฐานกลุ่มสัญลักษณ์ป้ายทะเบียน

การสร้างสมมติฐานกลุ่มสัญลักษณ์ป้ายทะเบียน (Plate Number Hypothesis) เป็นการค้นหาและจัดกลุ่มสัญลักษณ์ที่มีลักษณะตามรูปแบบการจัดเรียงสัญลักษณ์ของป้ายทะเบียนไทย เพื่อสร้างสมมติฐานกลุ่มพื้นที่แนวโน้มที่อาจเป็นหมายเลขทะเบียนจากคุณสมบัติด้านตำแหน่งและขนาดของสัญลักษณ์ (กรณีทั้งหมดประกอบไปด้วยตัวอักษร 2 ตัว และตัวเลขตั้งแต่ 1 ถึง 4 ตัว)

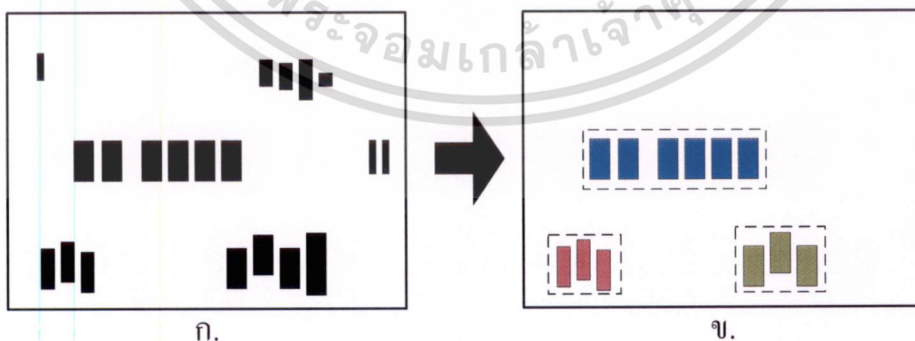
อัลกอริทึมการจัดกลุ่มสัญลักษณ์ป้ายทะเบียนแสดงในรูปที่ 3.13 การทำงานประกอบด้วย 5 ขั้นตอน เริ่มจากการจัดกลุ่มสัญลักษณ์ที่มีตำแหน่งในแนวระดับใกล้เคียงกัน จากนั้นคัดกรองกลุ่มที่มีสมาชิก 3 ตัวขึ้นไป แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาคัดกรองตามขนาดความสูงให้ได้กลุ่มสัญลักษณ์ที่สมาชิกมีความสูงใกล้เคียงกัน จากนั้นคัดกรองให้ได้กลุ่มสัญลักษณ์ที่มีระยะห่างระหว่างสมาชิกตามเกณฑ์ที่กำหนด และสุดท้ายทำการคัดกรองกลุ่มสัญลักษณ์ที่มีสมาชิกไม่เกิน 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัว ผลลัพธ์ที่ได้เป็นกลุ่มสัญลักษณ์ที่คาดว่าจะป็นอักษรป้ายทะเบียน รูปที่ 3.14 (ก.) เป็นการจำลองภาพสัญลักษณ์ที่ผ่านการวิเคราะห์สัญลักษณ์ และรูปที่ 3.14 (ข.) เป็นสัญลักษณ์ที่ถูกจัดกลุ่มแล้ว ซึ่งสัญลักษณ์ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะถูกกำหนดให้มีสีเดียวกัน



รูปที่ 3.13 อัลกอริทึมการจัดกลุ่มสัญลักษณ์ป้ายทะเบียน

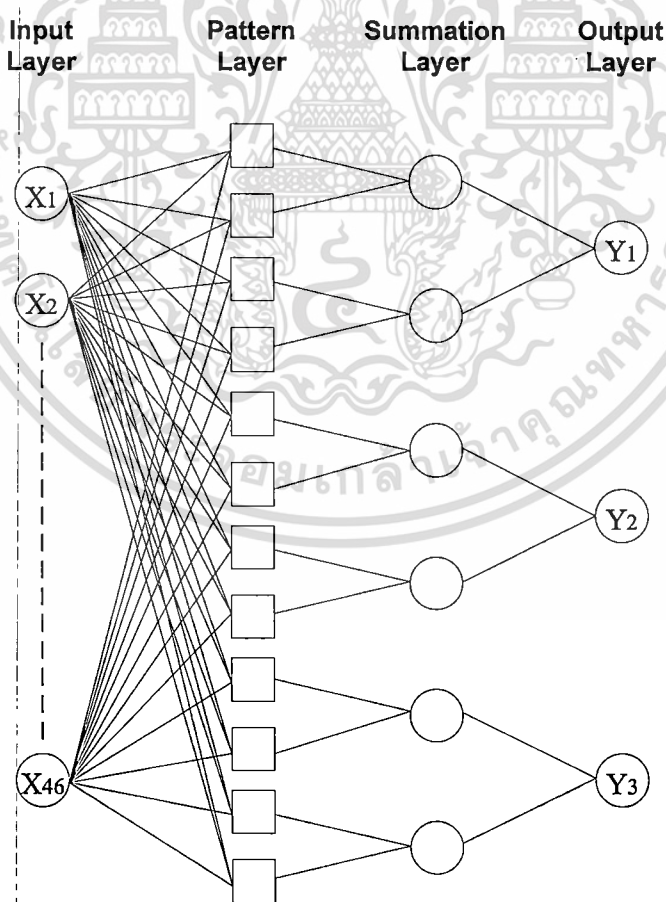


รูปที่ 3.14 ภาพจำลองการจัดกลุ่มสัญลักษณ์ ผลลัพธ์การวิเคราะห์สัญลักษณ์ (ก.) และสัญลักษณ์ที่ผ่านการจัดกลุ่มแล้ว (ข.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

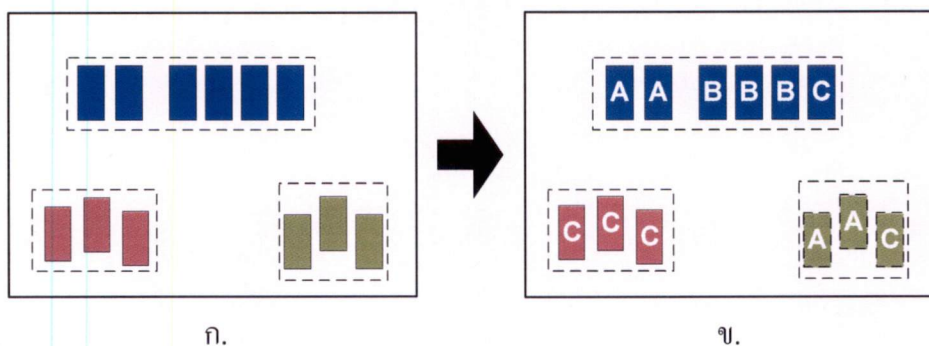
3.2.3.3 การแยกแยะประเภทสัญลักษณ์

การแยกแยะประเภทสัญลักษณ์ (Symbolic Segmentation and Detection) เป็นการตรวจจับสัญลักษณ์แต่ละตัวว่าเป็นพยัญชนะไทย ก ถึง ฮ ตัวเลขอาราบิก 0 ถึง 9 หรือสัญลักษณ์อื่น โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมชนิดความน่าจะเป็น (Probabilistic Neural Network) รูปที่ 3.15 แสดงโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ สำหรับชั้นอินพุท (Input Layer) งานวิจัยนี้ใช้ อินพุทจำนวน 46 โหนด คือ จำนวนพิกเซลของภาพสัญลักษณ์ ($X_1 - X_{46}$) ที่ทำการปรับค่ามาตรฐานให้มีขนาด 8×6 พิกเซล ในส่วนของชั้นแพทเทิร์น (Pattern Layer) และชั้นการรวม (Summation Layer) จำนวนโหนดจะเกิดจากการคำนวณให้อัตโนมติ ซึ่งผลจากการคำนวณทำให้ ชั้นแพทเทิร์นมี 3,844 โหนด และชั้นการรวมมี 66 โหนด ตามลำดับ และชั้นสุดท้ายชั้นเอาต์พุท กำหนดให้มี 3 โหนด คือ พยัญชนะ (Y_1) ตัวเลข (Y_2) และสัญลักษณ์อื่น (Y_3) รูปที่ 3.16 (ก.) เป็น ภาพจำลองสัญลักษณ์ที่ผ่านการสร้างสมมติฐานกลุ่มสัญลักษณ์ป้ายทะเบียนแล้ว และรูปที่ 3.16 (ข.) แสดงผลลัพธ์การแยกแยะประเภทของสัญลักษณ์ โดยสัญลักษณ์ประเภท A หมายถึงพยัญชนะ B หมายถึงตัวเลข และ C หมายถึงไม่เป็นพยัญชนะและไม่เป็นตัวเลข



รูปที่ 3.15 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมชนิดความน่าจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ภาพจำลองการแยกแยะประเภทของสัญลักษณ์ ผลลัพธ์การจัดกลุ่มสัญลักษณ์ (ก.) และสัญลักษณ์ที่แยกแยะประเภทแล้ว (ข.)

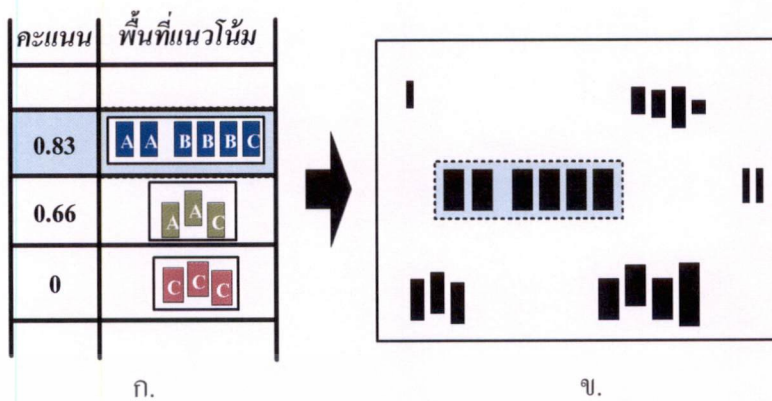
3.2.3.4 การจัดลำดับและคัดเลือก

การจัดลำดับและคัดเลือก (Scoring and Selection) เป็นการคัดกรองกลุ่มพื้นที่แนวโน้มที่มีลักษณะตามป้ายทะเบียนไทยคือ เริ่มต้นด้วยพยัญชนะไทย 2 ตัว และตามด้วยตัวเลขอารบิกตั้งแต่ 1 ถึง 4 ตัว เนื่องจากบางกรณีโครงข่ายประสาทเทียมไม่สามารถแยกแยะประเภทของสัญลักษณ์ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ เพราะสัญลักษณ์บางตัวมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมทำให้ไม่สามารถคัดเลือกกลุ่มพื้นที่แนวโน้มได้โดยทันที ดังนั้นจึงต้องมีการคิดค่าคะแนนของแต่ละกลุ่มพื้นที่แนวโน้ม โดยให้คะแนนสัญลักษณ์แต่ละตัวมีค่าน้ำหนักเท่ากันดังสมการที่ 3.11

$$C = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} S_i \quad (3.11)$$

เมื่อกำหนดให้ C คือคะแนนของกลุ่มพื้นที่แนวโน้ม n คือจำนวนของสัญลักษณ์ในกลุ่ม โดยแต่ละตัวมีค่าน้ำหนักเป็น 1 และ S คือความถูกต้องของแต่ละสัญลักษณ์ ซึ่งมีค่า 0 ถึง 1 ตามค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม ดังนั้นคะแนนสูงสุดที่ได้จากสมการให้คะแนนนี้คือ 1 และสุดท้ายทำการคัดเลือกกลุ่มพื้นที่แนวโน้มที่มีคะแนนมากกว่าค่าที่กำหนด ในงานวิจัยนี้เลือกค่าเท่ากับ 0.8 เพื่อระบุว่าเป็นกลุ่มสัญลักษณ์ของอักษรป้ายทะเบียน รูปที่ 3.17 แสดงการจัดลำดับและคัดเลือกกลุ่มสัญลักษณ์ป้ายทะเบียน และรูปที่ 3.18 (ก.) เป็นกลุ่มสัญลักษณ์ที่ถูกคัดเลือกเป็นพื้นที่ป้ายทะเบียน และรูปที่ 3.18 (ข.) เป็นตำแหน่งป้ายทะเบียนที่อัลกอริทึมประมวลผลได้โดยมีการเพิ่มความกว้างและความสูงจากขนาดของกลุ่มสัญลักษณ์ เพื่อให้ตำแหน่งป้ายทะเบียนที่ได้ครอบคลุมบริเวณที่เป็นตัวอักษรบอกชื่อจังหวัดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 การจัดลำดับและคัดเลือกกลุ่มสัญลักษณ์ การให้คะแนนแต่ละพื้นที่แนวโน้ม (ก.) และตำแหน่งพื้นที่แนวโน้มในภาพ (ข.)



รูปที่ 3.18 ผลลัพธ์การระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน กลุ่มสัญลักษณ์ที่ถูกคัดเลือก (ก.) และตำแหน่งของป้ายทะเบียนในภาพ (ข.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

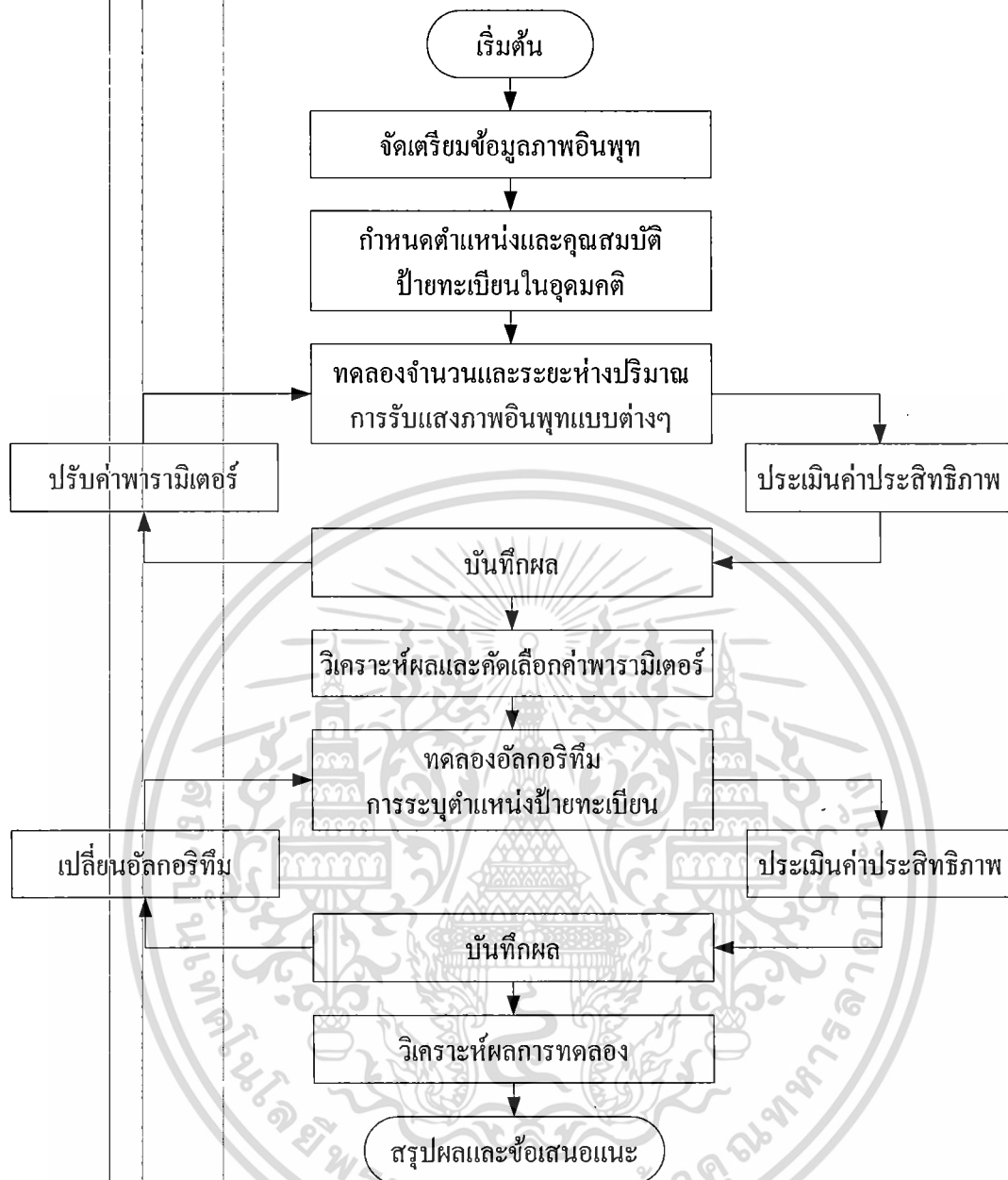
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทดลอง ผลการทดลอง การทดสอบประสิทธิภาพ และการวิเคราะห์ผลการทดลองของอัลกอริทึมสำหรับระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนที่นำเสนอ เริ่มจากการอธิบายขั้นตอนการทดลอง การประเมินค่าประสิทธิภาพของระบบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับงานวิจัยอื่น โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการปรับปรุงภาพอินพุตและการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน การทดลองนี้ได้ทำการทดสอบกับภาพถ่ายรถยนต์ภายใต้สภาพแสงที่ต่างๆ กัน ประสิทธิภาพของระบบจะถูกประเมินออกมาอยู่ในรูปของอัตราความแม่นยำการระบุตำแหน่งและจำนวนพื้นที่แนวโน้ม นอกจากนี้การวิเคราะห์ผลการทดลองและข้อจำกัดของอัลกอริทึมที่นำเสนอแล้ว ในบทนี้ยังได้มีการอธิบายถึง วิธีการได้มาซึ่งภาพอินพุตที่ใช้ในการทดลอง การทดลองเพื่อคัดเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับอัลกอริทึมที่นำเสนอ การคำนวณหาอัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองสำหรับงานวิจัยนี้ เริ่มจากจัดเตรียมข้อมูลอินพุต เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการถ่ายภาพรถยนต์โดยกำหนดช่วงปริมาณการรับแสงที่ต่างกันแบบหลายค่า จากนั้นนำอินพุตที่ได้มากำหนดตำแหน่งและคุณสมบัติป้ายทะเบียนในภาพ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในอุดมคติเมื่อต้องการประเมินค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึม แล้วบันทึกเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล ขั้นตอนต่อมาเป็นการทดลองค่าพารามิเตอร์สำหรับเทคนิคการสร้างภาพไดนามิคเรนจ์กว้างหรือเอชดีอาร์ไอ ได้แก่ จำนวนภาพอินพุต และความแตกต่างของปริมาณการรับแสง เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับอัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนที่นำเสนอ โดยพิจารณาจากค่าอัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนเป็นหลัก ขั้นตอนต่อมาเป็นการประเมินค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนของวิธีที่นำเสนอกับงานวิจัยอื่นๆ แล้ววิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้ และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการสรุปผลประสิทธิภาพการทำงาน ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะต่างๆ รวมถึงแนวทางในการพัฒนางานวิจัยต่อ ภาพรวมขั้นตอนการทดลองแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ภาพรวมขั้นตอนการทดลอง

4.2 ข้อมูลและการประเมินประสิทธิภาพ

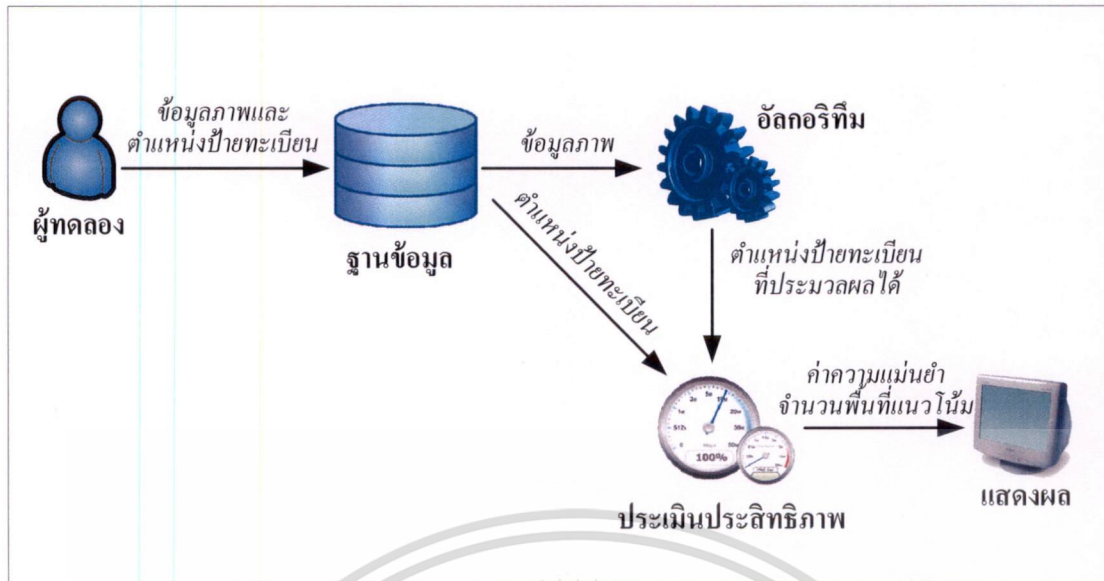
4.2.1 การเก็บข้อมูลอินพุท

การทดลองใช้ภาพถ่ายรถยนต์ที่มีป้ายทะเบียนบรรจุอยู่ รูปแบบของป้ายทะเบียนบรรทัดบนประกอบด้วยตัวอักษร 2 ตัวแล้วตามด้วยตัวเลขตั้งแต่ 1 ถึง 4 หลัก ถ่ายในสภาพแวดล้อมต่างๆ กับรถยนต์หลายประเภท เช่น รถยนต์ทั่วไป รถตู้ และรถแท็กซี่ จำนวน 312 คัน ภาพรถยนต์แต่ละคันจะใช้ค่าปริมาณการรับแสงต่างกันหลายค่า โดยใช้กล้องดิจิทัลคอนรูนต์ิ 60 ตั้งกล้องถ่ายภาพบนขาตั้งกล้องซึ่งกำหนดขนาดรูรับแสง (Aperture) คงที่ จากนั้นปรับเปลี่ยนความเร็วชัตเตอร์ (Speed Shutter) เพื่อให้ได้ค่าปริมาณการรับแสง (Exposure) ที่ต้องการ (สำหรับวิธีการตั้งค่ากล้องถ่ายรูปเพื่อให้ได้ภาพที่มีปริมาณการรับแสงตามที่ต้องการสามารถศึกษาได้ในภาคผนวก ข) ความละเอียดของภาพ 640x426 พิกเซล ป้ายทะเบียนมีขนาด 15-20 เปอร์เซ็นต์ของความกว้างของภาพ

4.2.2 การจัดเก็บและเตรียมข้อมูลสำหรับการทดลอง

การจัดเก็บข้อมูลและเตรียมข้อมูลสำหรับการทดลอง ใช้ระบบฐานข้อมูลเป็นศูนย์กลางภาพถ่ายรถยนต์ที่ใช้เป็นอินพุทของอัลกอริทึมหรือกลไกต่างๆ ที่นำมาทดสอบ รวมถึงเป็นศูนย์กลางข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของป้ายทะเบียน ได้แก่ ตำแหน่ง ลักษณะ ขนาด และสีของป้ายทะเบียนในภาพ ซึ่งข้อมูลคุณสมบัตินี้จะถูกพิจารณาและตีความ โดยมนุษย์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในอุดมคติหรือข้อมูลจริงที่ใช้สำหรับอ้างอิง เมื่อต้องการประเมินค่าประสิทธิภาพ (Performance Evaluation) หรือวิเคราะห์ผลการทำงานของอัลกอริทึม รูปที่ 4.2 แสดงภาพรวมการทำงานร่วมกันของส่วนต่างๆ

การทำงานเริ่มจากการนำภาพถ่ายรถยนต์มาพิจารณาและกำหนดคุณสมบัติเรื่องตำแหน่งของป้ายทะเบียนในภาพ แล้วบันทึกข้อมูลลงสู่ระบบฐานข้อมูล จากนั้นอัลกอริทึมที่ต้องการทดสอบจะดึงข้อมูลภาพมาประมวลผลเพื่อระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาประเมินค่าประสิทธิภาพ โดยเปรียบเทียบกับตำแหน่งป้ายทะเบียนที่กำหนดไว้เป็นข้อมูลอ้างอิงในขั้นตอนแรก ผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินค่าประสิทธิภาพคือค่าความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนและจำนวนพื้นที่แนวโน้ม ซึ่งจะถูกใช้เป็นข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ประสิทธิภาพต่อไป



รูปที่ 4.2 ภาพรวมการจัดการเก็บข้อมูลและการประเมินค่าประสิทธิภาพอัลกอริทึม

สำหรับการทดลองนี้ ได้มีการพัฒนาส่วนติดต่อกับผู้ใช้ เพื่อช่วยให้การบันทึกภาพและการกำหนดคุณสมบัติของป้ายทะเบียนทำได้ง่ายและมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น รูปที่ 4.3 เป็นหน้าจอของส่วนติดต่อกับผู้ใช้ที่ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนแสดงภาพถ่ายรถยนต์ทางด้านซ้ายของรูปและส่วนที่ใช้กำหนดคุณสมบัติของป้ายทะเบียนทางด้านขวา โดยข้อมูลคุณสมบัติของป้ายทะเบียนประกอบด้วย 4 ส่วน ในส่วนแรกเป็นข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เลขทะเบียน จังหวัด สีตัวอักษร สีพื้นหลังป้ายทะเบียน สีของขอบป้ายทะเบียน และสีตัวถังรถ ส่วนที่สองเป็นการกำหนดตำแหน่งป้ายทะเบียน ส่วนที่สามเป็นเรื่องลักษณะของป้ายทะเบียน ได้แก่ สภาพแสง ลักษณะตัวอักษร และสภาพของป้ายทะเบียน และส่วนสุดท้ายส่วนที่ 4 เป็นการกำหนดหมายเหตุหรือข้อมูลอื่นๆ เช่น สถานที่หรือภาพแสงขณะถ่ายภาพ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะใช้เป็นข้อมูลในอุดมคติสำหรับการประเมินค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึมและใช้วิเคราะห์ผลการทดลองต่อไป

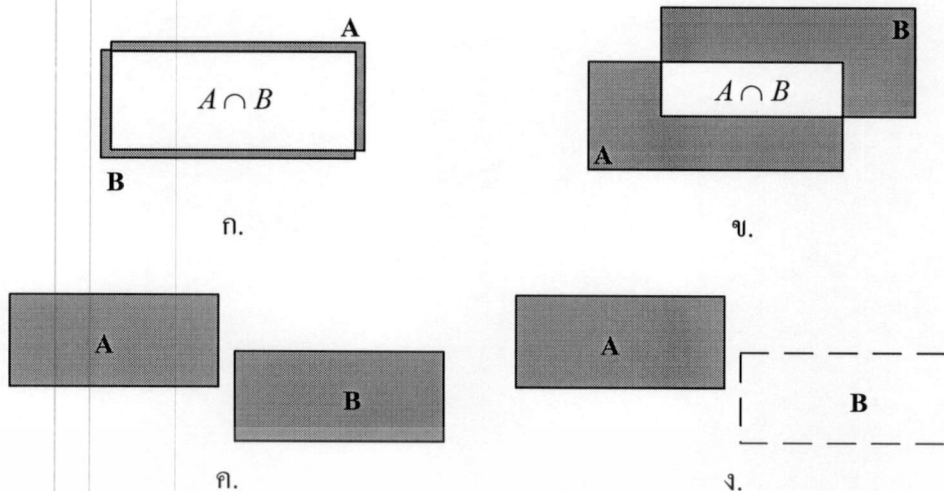


รูปที่ 4.3 หน้าจอสำหรับกำหนดลักษณะเฉพาะและบันทึกภาพป้ายทะเบียน

4.2.3 การประเมินค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึม

การวัดหรือประเมินค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน ใช้วิธีการเปรียบเทียบตำแหน่งป้ายทะเบียนที่อัลกอริทึมหาได้กับตำแหน่งป้ายทะเบียนในอุดมคติ ซึ่งจะถูกคำนวณออกมาอยู่ในรูปของอัตราส่วนระหว่างค่าผลลัพธ์ต่อจำนวนภาพทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ อัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่ง (Accuracy Rate) และอัตราจำนวนพื้นที่แนวโน้ม (Candidate Rate) ที่คาดว่าจะจะเป็นตำแหน่งป้ายทะเบียน การทดลองนี้ไม่มีการประเมินค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึมด้านความเร็วและปริมาณการใช้ทรัพยากร รูปที่ 4.4 เป็นภาพจำลองการเปรียบเทียบตำแหน่งป้ายทะเบียนในอุดมคติ (A) กับตำแหน่งป้ายทะเบียนที่อัลกอริทึมประมวลผลได้ (B) และแสดงตำแหน่งพื้นที่ที่ทับซ้อนกัน ($A \cap B$) ในกรณีต่างที่เป็นไปได้ โดยรูปที่ 4.4 (ก.) จำลองกรณีที่อัลกอริทึมสามารถระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนได้ถูกต้อง รูปที่ 4.4 (ข.) เป็นกรณีที่การระบุตำแหน่งคลาดเคลื่อน รูปที่ 4.4 (ค.) เป็นกรณีที่ระบุตำแหน่งผิดพลาด และรูปที่ 4.4 (ง.) เป็นกรณีที่ไม่สามารถระบุตำแหน่งได้หรือไม่สามารถสร้างพื้นที่แนวโน้มได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การจำลองการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของอัลกอริทึมกับตำแหน่งป้ายทะเบียนในอุดมคติ (ก.)

สำหรับการคำนวณค่าความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนใช้วิธีการวัดค่าเอฟ (F-Measure) [20] ที่เป็นการวัดค่าความแม่นยำโดยพิจารณาจากค่าความแม่นยำ (Precision: P) และค่าความครบถ้วน (Recall: R) ของผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบ คือค่าเอฟที่เป็นตัวแทนของการเฉลี่ยค่าน้ำหนักระหว่างความแม่นยำและความครบถ้วน มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุดและเป็นตัวแทนความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนด้วย การวัดค่าเอฟสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.1 ดังนี้

$$F = \frac{2 \times P \times R}{P + R} \tag{4.1}$$

P คือ ค่าความแม่นยำหาได้จาก $P = \frac{A \cap B}{A}$

R คือ ค่าความครบถ้วนหาได้จาก $R = \frac{A \cap B}{B}$

4.3 การทดลองและผลการทดลอง

4.3.1 การคัดเลือกจำนวนและความต่างของปริมาณการรับแสง

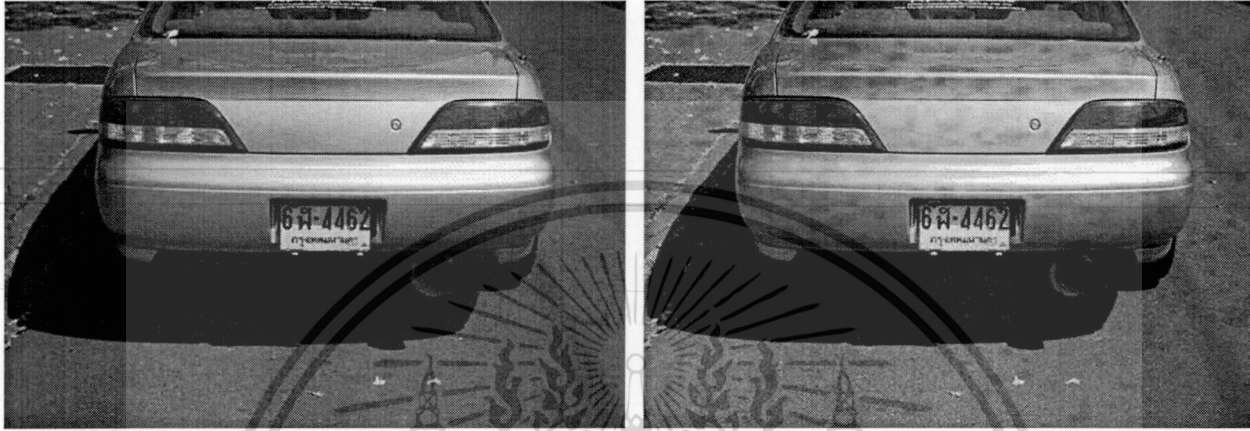
จำนวนภาพอินพุตและความต่างของปริมาณการรับแสงของแต่ละภาพอินพุต เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในขั้นตอนเอชดีอาร์ไอ เนื่องจากมีผลต่อคุณภาพและรายละเอียดของผลลัพธ์ที่ได้ ดังนั้นจำเป็นต้องมีการทดลองเพื่อคัดเลือกค่าพารามิเตอร์นี้ให้เหมาะสม เพื่อให้การระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองนี้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน เริ่มจากการคัดเลือกค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ทดลองคือ จำนวนภาพอินพุต 3 ถึง 5 ภาพ แต่ละภาพมีปริมาณการรับแสงต่างกัน 0.3, 1, และ 2 สตอป (Stop) ตามลำดับ ขั้นตอนที่สองเป็นการนำพารามิเตอร์แต่ละชุดมาทดสอบกับอัลกอริทึมการปรับปรุงภาพ การเตรียมภาพใบนารี และการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนตามลำดับ ขั้นตอนที่สามเป็นการประเมินค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึม และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการวิเคราะห์ผลการทดลองและคัดเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยตารางที่ 4.1 แสดงผลลัพธ์การประเมินค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึม พบว่าการใช้อินพุตจำนวน 4 ภาพ ที่ปริมาณการรับแสงต่างกัน 0.3 สตอป ให้ผลลัพธ์ภาพเอชดีอาร์ที่นำมาแปลงเป็นภาพใบนารีแล้ว สามารถแยกแยะตัวอักษรกับพื้นหลังได้ชัดเจน และทำให้อัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนมีประสิทธิภาพสูงสุด รูปที่ 4.5 ถึง รูปที่ 4.7 แสดงผลลัพธ์การสร้างภาพเอชดีอาร์ที่ปริมาณการรับแสงต่างกัน 0.3 ถึง 2 สตอป ที่จำนวนภาพอินพุต ตั้งแต่ 3 ถึง 5 ภาพ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ผลการทำงานของอัลกอริทึมเมื่อเลือกอินพุตแบบต่างๆ

จำนวนอินพุต	อัตราความแม่นยำ (%)		
	0.3 สตอป	1 สตอป	2 สตอป
3	91.63	89.08	90.40
4	95.80	82.02	84.34
5	84.45	82.19	87.06



ก.

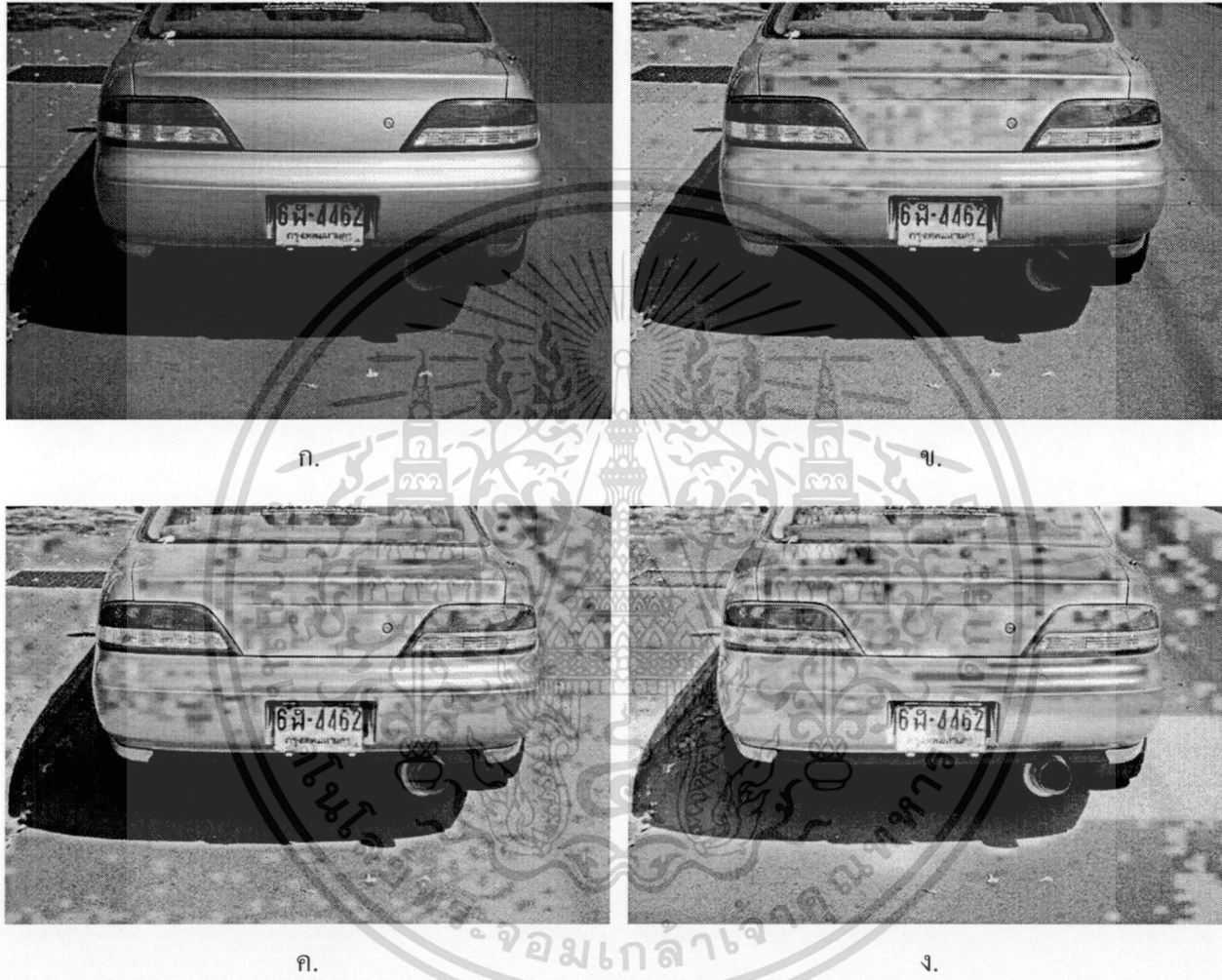
ข.



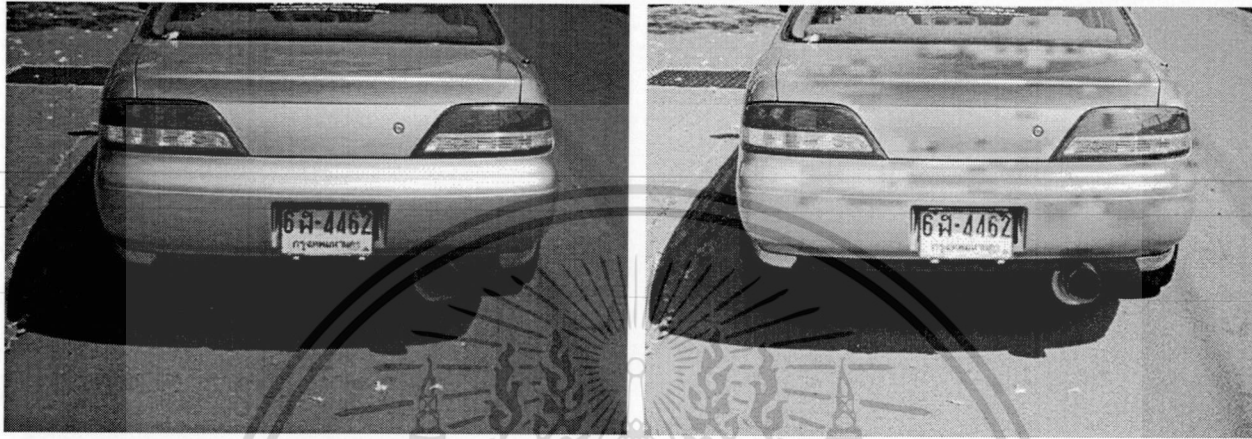
ค.

ง.

รูปที่ 4.5 ผลลัพธ์ที่ปริมาณการรับแสงต่างกัน 0.3 สตอป ภาพถ่ายทั่วไป (ก.) และผลลัพธ์ที่จำนวนอินพุต 3-5 ภาพ ตามลำดับ (ข.)-(ง.)

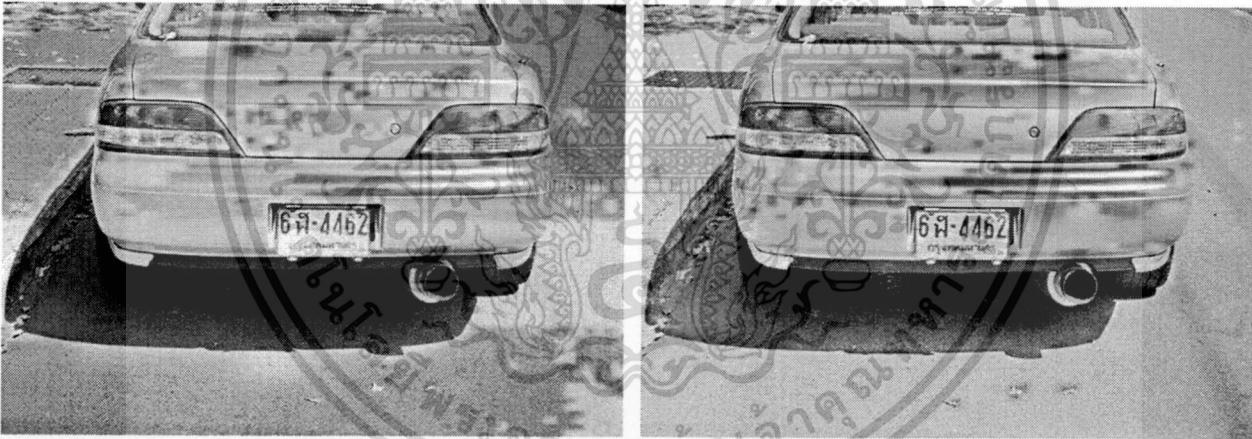


รูปที่ 4.6 ผลลัพธ์ที่ปริมาณการรับแสงต่างกัน 1 สตอป ภาพถ่ายทั่วไป (ก.) และผลลัพธ์ที่จำนวนอินพุต 3-5 ภาพ ตามลำดับ (ข.)-(ง.)



ก.

ข.



ค.

ง.

รูปที่ 4.7 ผลลัพธ์ที่ปริมาณการรับแสงต่างกัน 2 สตอป ภาพถ่ายทั่วไป (ก.) และผลลัพธ์ที่จำนวนอินพุต 3-5 ภาพ ตามลำดับ (ข.)-(ง.)

4.3.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัลกอริทึมการปรับปรุงภาพอินพุท

การทดลองนี้เป็นการนำเทคนิคการปรับปรุงภาพอินพุทแบบต่างๆ มาใช้ร่วมกับอัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนที่นำเสนอ เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปรับปรุงภาพอินพุทด้วยเทคนิคเอชดีอาร์ไอ โดยทำการวิเคราะห์จากผลลัพธ์การประเมินค่าประสิทธิภาพของการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนเป็นหลัก การทดลองกำหนดให้อินพุทสำหรับเทคนิคการปรับปรุงภาพที่นำเสนอเป็นภาพถ่ายรถยนต์ 4 ภาพ โดยแต่ละภาพมีปริมาณการรับแสงต่างกัน 0.3 สตอป และสำหรับเทคนิคอื่นให้ใช้ภาพถ่ายรถยนต์ที่ค่าปริมาณการรับแสงแบบมาตรฐาน (± 0 สตอป) เป็นอินพุท ผลลัพธ์การทดลองเป็นค่าอัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนและอัตราจำนวนพื้นที่แนวโน้ม

การทดลองนี้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน โดยเริ่มจากการพัฒนาอัลกอริทึมการปรับปรุงภาพอินพุทสำหรับการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนในลักษณะเดียวกับงานวิจัยต่างๆ ที่กล่าวถึงในบทที่ 2 ได้แก่ การปรับฮิสโทแกรม การเพิ่มคอนทราสต์โดยการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ และการวิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะพื้นที่ ขั้นตอนที่สองเป็นการนำอัลกอริทึมที่พัฒนาแล้วมาประมวลผลเพื่อปรับปรุงภาพอินพุท และนำผลลัพธ์ที่ได้ไปประมวลผลต่อเพื่อระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน ขั้นตอนต่อมาเป็นการประเมินค่าประสิทธิภาพการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการบันทึกและวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยตารางที่ 4.2 แสดงผลลัพธ์การประเมินค่าประสิทธิภาพการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนเมื่อทำงานร่วมกับเทคนิคการปรับปรุงภาพอินพุทแบบต่างๆ

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัลกอริทึมการปรับปรุงภาพอินพุท

อัลกอริทึมการปรับปรุงภาพ	อัตราความแม่นยำ (%)	อัตราจำนวนพื้นที่แนวโน้ม
การปรับฮิสโทแกรม	55.10	0.54
การเพิ่มคอนทราสต์โดยการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ	91.52	1.04
การวิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะพื้นที่	57.63	0.56
เทคนิคที่นำเสนอ	95.80	0.97

4.3.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน

การทดลองนี้เป็นการนำอัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนแบบต่างๆ มาทดสอบประสิทธิภาพ เพื่อเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน โดยอาศัยเทคนิคเอชดีอาร์ไอและหลักการวิเคราะห์คุณสมบัติเฉพาะด้านการจัดกลุ่มสัญลักษณ์ที่นำเสนอ กำหนดให้เอกซอสอาร์ไอและหลักการวิเคราะห์คุณสมบัติเฉพาะด้านการจัดกลุ่มสัญลักษณ์ที่นำเสนอ กำหนดให้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุทสำหรับอัลกอริทึมที่นำเสนอเป็นภาพถ่ายรถยนต์ 4 ภาพ แต่ละภาพมีปริมาณการรับแสงต่างกัน 0.3 สตอป สำหรับอัลกอริทึมอื่นใช้ภาพถ่ายรถยนต์ที่ค่าปริมาณการรับแสงมาตรฐาน (± 0 สตอป) และเอาต์พุทเป็นค่าประสิทธิภาพการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน

การทดลองนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกเป็นการพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนในภาพลักษณะเดียวกับงานวิจัยต่างๆ ที่ได้นำเสนอในบทที่ 2 ได้แก่ เทคนิคการวิเคราะห์เส้นขอบวัตถุในลักษณะเดียวกับงานวิจัยที่ [10] เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุในลักษณะเดียวกับงานวิจัยที่ [11] เทคนิคการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงของหน้าต่างในลักษณะเดียวกับงานวิจัยที่ [5] และเทคนิคการวิเคราะห์ความเข้มแสงสะสมในลักษณะเดียวกับงานวิจัยที่ [9] ขั้นตอนที่สองเป็นการประเมินค่าประสิทธิภาพแต่ละอัลกอริทึมและขั้นตอนสุดท้ายเป็นการบันทึกและวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยตารางที่ 4.3 แสดงผลลัพธ์การประเมินค่าประสิทธิภาพการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนของอัลกอริทึมต่างๆ

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน

อัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน	อัตราความแม่นยำ (%)	อัตราจำนวนพื้นที่แนวโน้ม
การวิเคราะห์เส้นขอบวัตถุ	90.87	15.62
การวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ	91.12	2.48
การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงของหน้าต่าง	75.64	7.45
การวิเคราะห์ความเข้มแสงสะสม	93.21	1.11

4.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.4.1 ประสิทธิภาพของอัลกอริทึม

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองในตารางที่ 4.2 พบว่าอัลกอริทึมการปรับปรุงภาพอินพุทที่ใช้เทคนิคเอชดีอาร์ไอ ร่วมกับการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุเพื่อเตรียมภาพไบนารี มีอัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่งสูงสุด สามารถทำงานได้หลายสภาพแสงและแสดงประสิทธิภาพชัดเจน ในกรณีที่บริเวณป้ายทะเบียนสูญเสียบางส่วนของข้อมูล เนื่องจากปริมาณการรับแสงที่ใช้ไม่เหมาะสม เช่น มีเงามบ่งหรือมีแสงสะท้อน เป็นต้น โดยอัลกอริทึมการปรับปรุงภาพอินพุทที่นำเสนอสามารถกู้คืนรายละเอียดของภาพกลับมาได้ และทำให้ภาพมีรายละเอียดของข้อมูลเพียงพอต่อการทำงานของอัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับประสิทธิภาพการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนโดยอาศัยการวิเคราะห์คุณสมบัติเฉพาะด้านการจัดกลุ่มสัญลักษณ์ที่นำเสนอ เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองในตารางที่ 4.3 พบว่าอัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน 95.80 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราจำนวนพื้นที่แนวโน้ม 0.97 และสามารถในการคัดเลือกพื้นที่แนวโน้มป้ายทะเบียนได้อย่างแม่นยำ กรณีที่มีตัวอักษรอื่นหรือสัญลักษณ์ที่ลักษณะใกล้เคียงกับลักษณะของป้ายทะเบียนปนอยู่ในภาพ เช่น สติกเกอร์ คำโฆษณา ตัวอักษรบอกยี่ห้อหรือรุ่นรถ และตราสินค้าต่างๆ รวมถึงกันชนหรือส่วนประกอบของรถที่เมื่อผ่านการประมวลผลแล้วอาจมีลักษณะคล้ายตัวอักษรป้ายทะเบียนด้วย รูปที่ 4.8 ตัวอย่างการทำงานของอัลกอริทึมที่สามารถคัดเลือกพื้นที่ป้ายทะเบียนจากกลุ่มพื้นที่แนวโน้มได้อย่างถูกต้อง



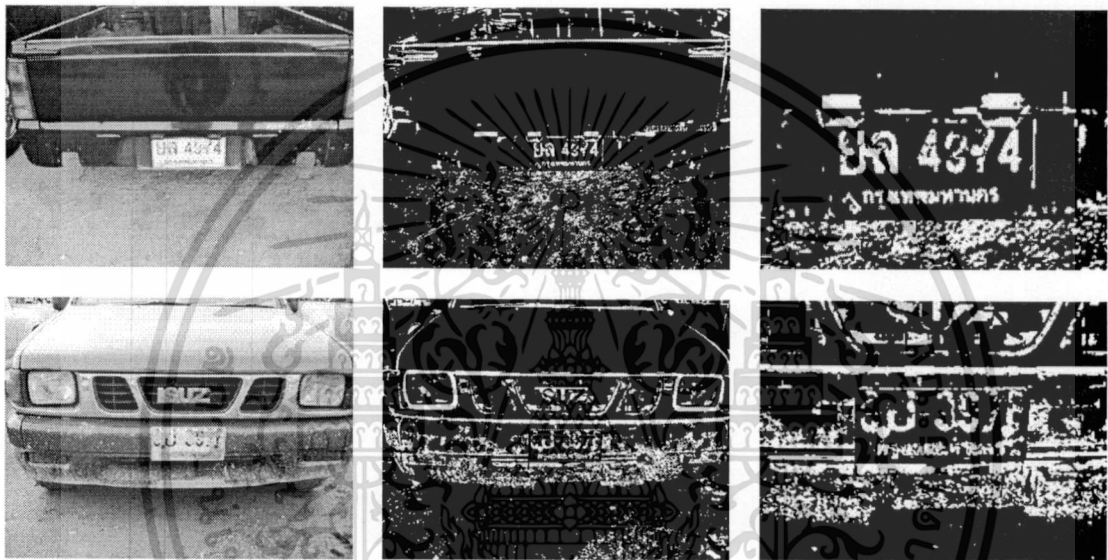
รูปที่ 4.8 ผลลัพธ์การระบุตำแหน่งกรณีที่มีสัญลักษณ์อื่นที่ลักษณะใกล้เคียงกับป้ายทะเบียน

4.4.2 ข้อจำกัดของวิธีการที่นำเสนอ

เทคนิคเอชดีอาร์ไอที่นำมาใช้ไม่รองรับกรณีที่รถมีการเคลื่อนที่ขณะถ่ายภาพ เนื่องจากไม่มีกระบวนการซ้อนทับภาพโดยการกำหนดตำแหน่ง (Image Registration) เพื่อปรับค่าตำแหน่งเป็นมาตรฐานให้ภาพอินพุตแต่ละภาพ และพบว่าในกรณีที่แผ่นป้ายทะเบียนถูกบดบัง ตัวอักษรหลุดลอก หรือมีนอตคั่นระหว่างตัวอักษรจนทำให้ตัวอักษรป้ายทะเบียนในภาพไม่สมบูรณ์ ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนจะลดลง รูปที่ 4.9 แสดงภาพที่อัลกอริทึมทำงานไม่ได้ซึ่งป้ายทะเบียนมีการหลุดลอก ดังนั้นตัวอักษรที่ปรากฏในภาพจึงไม่

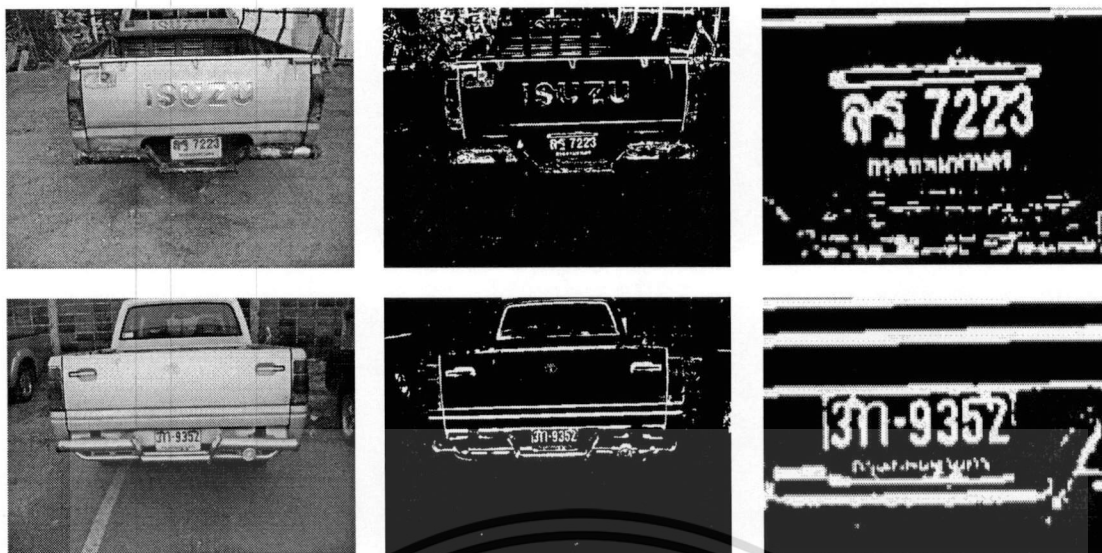
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบูรณทำให้ไมผานเกณฑ์การคัดกรองตามขนาดและสัดสวนของสัญลักษณ รูปที่ 4.10 แสดงภาพตัวอย่างในกรณีที่มีนอตคั่นอยูระหวางตัวอักษรซึ่งทำให้ตัวอักษรประจำหมวดที่หนึ่งและตัวอักษรประจำหมวดที่สองเชื่อมติดกัน รวมถึงหมายเลขทะเบียนหลักที่สองกับหลักที่สามด้วย ดังนั้นจึงไมผานเกณฑ์การจัดลำดับและคัดเลือกสัญลักษณ เนื่องจากระบบจะจำแนกประเภทสัญลักษณ ตัวอักษรที่เชื่อมติดกันว่าเป็นสัญลักษณที่ไมใช่ตัวอักษรหรือตัวเลข และรูปที่ 4.11 แสดงภาพตัวอย่างในกรณีที่ป้ายทะเบียนมีสภาพสกปรกมากจนทำให้ไมสามารถแสดงรายละเอียดของตัวอักษรในภาพใบนารีได้

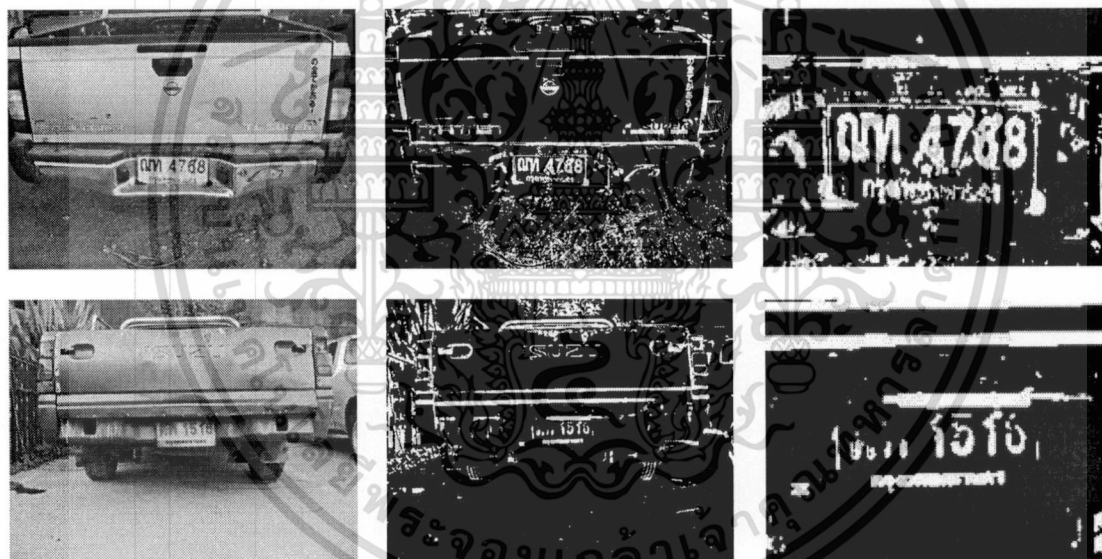


รูปที่ 4.9 ตัวอย่างผลการทดลองกรณีป้ายทะเบียนหลุดลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ตัวอย่างผลการทดลองกรณีมีนอตคั่นระหว่างตัวอักษร



รูปที่ 4.11 ตัวอย่างผลการทดลองกรณีป้ายทะเบียนมีสภาพสกปรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการวิจัยอัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ไทยที่นำเสนอ ข้อจำกัดต่างๆ รวมถึงข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางการพัฒนางานวิจัยต่อไปในอนาคต

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนออัลกอริทึมการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน ที่ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ การปรับปรุงภาพอินพุต การเตรียมภาพไบนารี และการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน โดยการปรับปรุงภาพอินพุตใช้เทคนิคการสร้างภาพไดนามิกเร็นจิ้งจากชุดภาพถ่ายหลายค่าปริมาณการรับแสงของ Andrey Vavilin และ Kang-Hyun Jo ในงานวิจัยที่ [19] ผลลัพธ์ที่ได้เป็นภาพที่มีไดนามิกเร็นจิ้งกว้างหรือภาพเอชดีอาร์ระดับเทา ต่อมาเป็นขั้นตอนการเตรียมภาพไบนารีใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุ เพื่อลดผลกระทบบริเวณรอยต่อในภาพเอชดีอาร์ผลลัพธ์ที่ได้เป็นภาพไบนารี และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนโดยใช้หลักการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะด้านการจัดกลุ่มตัวอักษรของป้ายทะเบียน ตามพระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ. 2522 กฎกระทรวง กำหนดลักษณะ ขนาด และสีของป้ายทะเบียนรถ พ.ศ. 2547 [21]

อัลกอริทึมที่นำเสนอมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาเรื่องภาพอินพุตที่มีรายละเอียดบริเวณป้ายทะเบียนน้อยไม่เพียงพอต่อการทำงาน เช่น กรณีที่มีเงาดำมาบังบริเวณที่เป็นตัวอักษรป้ายทะเบียน หรือมีแสงสะท้อน จนทำให้รายละเอียดของตัวอักษรป้ายทะเบียนบริเวณดังกล่าวหายไป ไม่สามารถนำภาพมาวิเคราะห์เพื่อระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนได้ รวมถึงการแก้ปัญหาเรื่องการหาตำแหน่งป้ายทะเบียนผิดพลาด เนื่องจากพื้นที่แนวโน้มที่คาดว่าจะจะเป็นป้ายทะเบียนมีจำนวนมากยากต่อการคัดเลือกพื้นที่ป้ายทะเบียนให้ถูกต้อง

จากการทดลองพบว่า เทคนิคการปรับปรุงภาพอินพุตที่เลือกใช้สามารถทำให้ภาพอินพุตที่มีรายละเอียดดีขึ้น ทำงานได้ดีกรณีที่มีเงาดำเกิดขึ้นบริเวณแผ่นป้ายทะเบียน และทำให้อัตราความแม่นยำในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนสูงขึ้น การระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนสามารถทำงานได้โดยไม่ขึ้นกับตำแหน่งการปรากฏของป้ายทะเบียนในภาพ พื้นที่แนวโน้มที่อัลกอริทึมสร้างขึ้นมีจำนวนน้อย แม้ในภาพจะมีวัตถุอื่นที่ลักษณะใกล้เคียงกับตัวอักษรป้ายทะเบียนปนอยู่ก็ตาม และสามารถคัดเลือกพื้นที่ป้ายทะเบียนจากกลุ่มพื้นที่แนวโน้มได้อย่างแม่นยำ

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนางานวิจัยต่อ

อย่างไรก็ตามในกรณีที่แผ่นป้ายทะเบียนถูกบดบังหรือมีนอตคั่นระหว่างตัวอักษรจนทำให้ภาพอักษรป้ายทะเบียนในภาพไม่สมบูรณ์ รวมถึงป้ายทะเบียนที่มีสภาพสกปรกหรือหลุดลอกจะทำให้ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมจะลดลง

สำหรับการพัฒนางานวิจัยต่อ ในส่วนของการปรับปรุงภาพอินพุท ได้แก่ การปรับปรุงอัลกอริทึมให้รองรับถ่ายภาพรถที่กำลังเคลื่อนที่ และเพิ่มความเร็วการประมวลผลภาพเอชดีอาร์ เช่น ในขั้นตอนการรวมภาพสามารถพัฒนาอัลกอริทึมให้ทำงานเร็วขึ้นได้ โดยใช้ตารางจับคู่ข้อมูล (Lookup Table) แทนการคำนวณค่าฟังก์ชันเกาส์เซียนใหม่ทุกครั้งตามขนาดพื้นที่ หรืออาจเลือกใช้เทคนิคการรวมภาพแบบอื่นๆ การกำจัดสิ่งรบกวน เช่น นอตที่คั่นระหว่างตัวอักษรหรือเส้นขอบป้ายทะเบียนที่ทำให้ตัวอักษรเชื่อมติดกัน รวมถึงการเชื่อมตัวอักษรที่แยกออกจากกันให้เป็นตัวเดียวกันเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปวิเคราะห์

ในส่วนอัลกอริทึมสำหรับระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนควรปรับปรุงการสร้างความสัมพันธ์กลุ่มสัญลักษณ์ป้ายทะเบียน ให้รองรับป้ายทะเบียนรถยนต์ประเภทอื่นด้วย เช่น รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล รถยนต์ของบุคคลในขณะผู้แทนทางการทูต รถจักรยานยนต์ เป็นต้น และเมื่อได้ภาพหรือตำแหน่งป้ายทะเบียนที่ต้องการมาแล้ว ควรมีกระบวนการปรับภาพให้ตรงกับอัตราส่วนจริง เพื่อเตรียมอินพุทที่พร้อมใช้งานให้แก่กระบวนการตัดตัวอักษรป้ายทะเบียนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Anagnostopoulos C.N., Anagnostopoulos I., Psoroulas I., Loumos V., and Kayafas E., "License Plate Recognition from Still Images and Video Sequences: A Survey." **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, vol. 9, Sep. 2008. pp. 377-391
- [2] Kong J., Liu X., Lu Y., and Zhou X., "A novel license plate localization method based on textural feature analysis." **IEEE Conference on Signal Processing and Information Technology**, Dec. 2005. pp. 275-279
- [3] Wang S. and Lee H. "Detection and recognition of license plate characters with different appearances." **IEEE Proceedings on Intelligent Transportation Systems**, vol. 2, Oct. 2003. pp. 979-984
- [4] Hongliang B. and Changping L., "A hybrid license plate extraction method based on edge statistics and morphology." **IEEE Conference on Pattern Recognition**, vol. 2, Aug. 2004. pp. 831-834
- [5] Anagnostopoulos C.N., Anagnostopoulos I., Loumos V., and Kayafas E., "A license plate recognition algorithm for Intelligent Transportation System applications." **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, vol. 7, Sep. 2008. pp. 377-392
- [6] Xiaodan J., Xinnian W., Wenju L., and Haijiao W., "A Novel Algorithm for Character Segmentation of Degraded License Plate Based on Prior Knowledge.", **IEEE Conference on Automation and Logistics**, Aug. 2007. pp. 249-253
- [7] Wu H.P., Chen H., Wu R., and Shen D., "License Plate Extraction in Low Resolution Video." **IEEE Conference on Pattern Recognition**, vol. 1, Sep. 2006. pp. 824-827
- [8] Llorens D., Marzal A., Palaz V., and Vilar J. M., "Car License Plates Extraction and Recognition Based on Connected Components Analysis and HMM Decoding.", **Pattern Recognition and Image Analysis LNCS**, vol. 3522, 2005. pp. 571-578
- [9] Dubey P., "Heuristic approach for license plate detection." **IEEE Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance**, Sep. 2005. pp. 336-370

- [10] Zheng D., Zhao Y., and Wang J., “An efficient method of license plate location.” **Pattern Recognition Letters**, vol. 26, no. 15, Nov. 2005. pp. 2431-2438
- [11] Martin F., Garcia M., and Alba J.L., “New methods for automatic reading of VLP is (Vehicle License Plates).” in **Proceedings of the SPPRA**, 2002.
- [12] Suryanarayana P.V., Mitra S. K., Banerjee A., and Roy A. K., “A Morphology Based Approach for Car License Plate Extraction.”, **IEEE Conference on INDICON**, Dec. 2005. pp. 24-27
- [13] ทนงศักดิ์ ศิริทิณพงษ์. “การรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์”. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2541.
- [14] สุกัญญา จังเจริญจิตต์กุล. “การรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์จากภาพดิจิทัลแบบทันกาล”. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2547.
- [15] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, **Digital Image Processing**. United State of America: Addison-Wesley Publishing, 1993.
- [16] Hoefflinger B., **High Dynamic Range (HDR) Vision**. Springer Berlin Heidelberg, Inc. 2007
- [17] Reinhard E., Ward G., Pattanaik S., and Debevec P., **High Dynamic Range Imaging**. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, Inc. 2006.
- [18] Rovid A., Varkonyi-Koczy A.R., Hashimoto T., Balogh S., and Shimodaira Y., “Gradient Based Synthesized Multiple Exposure Time HDR Image”, **IEEE Conference on Instrumentation and Measurement Technology**, May. 2007. pp. 1-6
- [19] Vavilin A. and Jo K., “Recursive HDR Image Generation from Differently Exposed Images based on Local Image Properties.”, **IEEE Conference on Control Automation and Systems**, Oct. 2008. pp. 2791-2796
- [20] C. J. Van Rijsbergen, **Information Retrieval 2nd**. Butterworth-Heinemann Publishing, 1979.
- [21] พระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ. 2522. “กฎกระทรวง กำหนดลักษณะ ขนาด และสีของแผ่นป้ายทะเบียนรถ พ.ศ. 2547”, [online] เข้าถึงได้จาก: www.krisdika.go.th. 2554.
- [22] สุรเดช วงศ์สินหล่ง. **เทคนิคการวัดแสง**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์อมรินทร์พรินต์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง. 2541.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ลักษณะแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไทยทั่วไป

ตามกฎหมายกระทรวง กระทรวงคมนาคมว่าด้วยการกำหนดลักษณะ ขนาด และสีของแผ่นป้ายทะเบียนรถ พ.ศ. 2547 ออกตามพระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ. 2522 [21] ได้มีการกำหนดขนาด และลักษณะการจัดเรียงตำแหน่งตัวอักษร ตัวเลข และสัญลักษณ์ต่างๆ บนแผ่นป้ายทะเบียน รวมถึงการกำหนดใช้สีตัวอักษรและสีพื้นหลังของแผ่นป้ายทะเบียนของรถยนต์ไว้ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนในภาพ เนื้อหาในภาคผนวกนี้ประกอบด้วย 2 เรื่อง คือ เรื่องข้อกำหนดลักษณะและขนาดของตัวอักษรและแผ่นป้ายทะเบียน และเรื่องข้อกำหนดสีตัวอักษรและพื้นหลังแผ่นป้ายทะเบียน ซึ่งมีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้

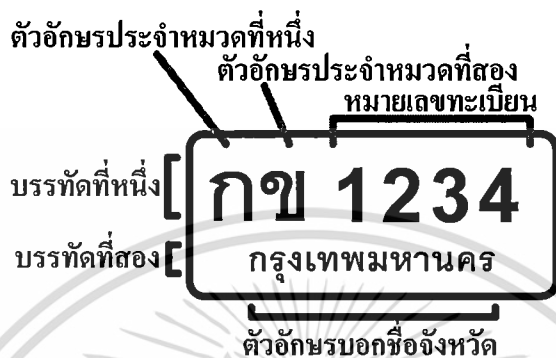
1. ข้อกำหนดลักษณะและขนาดของแผ่นป้ายทะเบียน

กำหนดให้แผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ประเภท รถยนต์รับจ้างระหว่างจังหวัด รถยนต์รับจ้างบรรทุกคนโดยสารไม่เกินเจ็ดคน รถยนต์รับจ้างสามล้อ รถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง รถยนต์บริการธุรกิจ รถยนต์บริการทัศนาจร รถยนต์บริการให้เช่า รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล รถยนต์สามล้อส่วนบุคคล รถพ่วง รถบดถนน รถแทรกเตอร์ และรถใช้งานเกษตรกรรม มีขนาดความกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 34 เซนติเมตร ตัวอักษรบนแผ่นป้ายทะเบียนแบ่งออกเป็น 2 บรรทัด บรรทัดที่หนึ่งเป็นตัวอักษรประจำหมวดตัวที่หนึ่ง ตัวอักษรประจำหมวดตัวที่สอง และหมายเลขทะเบียน บรรทัดที่สองเป็นตัวอักษรบอชื่อจังหวัด รูปที่ ก. 1 แสดงภาพจำลองลักษณะการจัดเรียงตัวอักษรบนแผ่นป้ายทะเบียน หมายเลขทะเบียนมีขนาดความสูงไม่น้อยกว่า 6.5 เซนติเมตร มีความกว้างไม่น้อยกว่า 3.5 เซนติเมตร ตัวอักษรบอชื่อจังหวัดมีขนาดความสูงไม่น้อยกว่า 2 เซนติเมตร มีความกว้างไม่น้อยกว่า 1.5 เซนติเมตร ยกเว้นตัวอักษรประจำหมวดและตัวอักษรบอชื่อจังหวัดที่ใช้ตัวอักษร ข ง ช ฅ ฉ ฎ ฏ ฐ ฑ ฒ ป ฝ ฟ ศ ช ส พ ฮ สระ วรรณยุกต์ และหมายเลข 1 อาจมีขนาดความสูงหรือมากกว่าหรือน้อยกว่าที่กำหนดไว้ได้ตามความเหมาะสม และมีตัวอักษร ขส อัดเป็นรอยควั่นที่มุมขวาล่างของแผ่นป้ายทะเบียนที่สามารถมองเห็นได้

ตัวอักษรประจำหมวดตัวที่หนึ่งอาจเป็นตัวอักษรหรือตัวเลขให้เป็นไปตามที่กรมขนส่งทางบก

กำหนด ตัวอักษรประจำหมวดตัวที่สองเป็นพยัญชนะเริ่มตั้งแต่ ก ถึง ฮ ส่วนหมายเลขทะเบียนเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ที่สิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขอารบิกตั้งแต่ 1 ถึง 9999 รูปที่ ก.1 แสดงภาพจำลองลักษณะการจัดเรียงตัวอักษรบนแผ่นป้ายทะเบียน โดยตัวอักษรประจำหมวดที่สองจะเปลี่ยนเป็นพยัญชนะตัวถัดไปตามที่กรมฯ กำหนด และให้เริ่มต้นหมายเลขทะเบียนตั้งแต่ 1 ถึง 9999 และเมื่อใช้ตัวเลขถึง 9999 แล้วให้ใช้วิธีเดิมซ้ำ รูปที่ ก.2 แสดงภาพจำลองลักษณะการจัดเรียงหมายเลขทะเบียนบนแผ่นป้ายทะเบียนตั้งแต่หนึ่งถึงสี่หลัก



รูปที่ ก.1 ภาพจำลองลักษณะการจัดเรียงตัวอักษรบนแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์



รูปที่ ก.2 ภาพจำลองลักษณะการจัดเรียงหมายเลขทะเบียนแบบ 1-4 หลัก ตามลำดับ (ก.)-(ง.)

ในกรณีแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ของบุคคลในคณะผู้แทนทางการทูตให้มีขนาดความกว้าง 11 เซนติเมตร และความยาว 38.7 เซนติเมตร ตัวอักษรตอนหน้าแถวบนใช้ตัวอักษร ท ขนาดความสูง 4 เซนติเมตร ใต้ตัวอักษร ท มีตัวเลขอารบิกเริ่มตั้งแต่ 1 มีขนาดความสูง 4 เซนติเมตร เป็นรหัสแทนชื่อประเทศ ระหว่างตัวอักษรและตัวเลขมีสัญลักษณ์ขีดตามยาวขนาดความกว้าง 1.1 เซนติเมตร ความยาว 4 เซนติเมตร หลังขีดมีหมายเลขทะเบียนเป็นเลขอารบิกขนาดความสูง 7.2 เซนติเมตร หมายเลขทะเบียนให้เริ่มตั้งแต่ 1 ถึง 9999 แผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ของบุคคลใน

พิเศษของสถานทูตต่างๆ ให้มีลักษณะและขนาดเช่นเดียวกับแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ของบุคคลใน

เอกสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะผู้แทนทางการทูตเว้นแต่ตัวอักษรให้ใช้ตัวอักษร พ แผ่น แผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ของบุคคล ในคณะผู้แทนทางการทูต ให้มีลักษณะและขนาดเช่นเดียวกับแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ของบุคคลใน คณะผู้แทนทางการทูตเว้นแต่ตัวอักษรให้ใช้ตัวอักษร ก และแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ของบุคคลใน งานพิเศษของบุคคลในองค์การระหว่างประเทศหรือทบวงการชำนัญพิเศษแห่งสหประชาชาติซึ่ง ประจำอยู่ในประเทศไทย ให้มีลักษณะและขนาดเช่นเดียวกับแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ของบุคคลใน คณะผู้แทนทางการทูตเว้นแต่ตัวอักษรให้ใช้ตัวอักษร อ ตัวเลขอารบิกใต้ตัวอักษร อ เป็นรหัสแทน ชื่อองค์การหรือทบวงการชำนัญพิเศษ รูปที่ ก.3 แสดงการวัดขนาดตัวอักษร สัญลักษณ์ และแผ่น ป้ายทะเบียนจากตัวอย่างแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล และตัวอย่างการจำลอง ลักษณะ ขนาด และสีแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ประเภทต่างๆ แสดงในตารางที่ ก.1

2. ข้อกำหนดสีตัวอักษรและพื้นหลังแผ่นป้ายทะเบียน

สำหรับการกำหนดสีตัวอักษรและพื้นหลังแผ่นป้ายทะเบียน แบ่งตามสีของพื้นหลังป้าย ทะเบียนได้ 5 สี คือ สีเหลืองสะท้อนแสง สีเขียนสะท้อนแสง สีขาวสะท้อนแสง สีส้มสะท้อนแสง และสีฟ้า โดยแต่ละสีใช้กับรถยนต์ประเภทต่างๆ ดังนี้

2.1 พื้นหลังแผ่นป้ายทะเบียนสีเหลืองสะท้อนแสง

กำหนดให้พื้นหลังแผ่นป้ายทะเบียนสีเหลืองสะท้อนแสงใช้กับรถยนต์ประเภท รถยนต์ รับจ้างระหว่างจังหวัด รถยนต์รับจ้างบรรทุกคนโดยสารไม่เกิน 7 คน รถยนต์รับจ้างสามล้อ และรถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง โดยตัวอักษรประจำหมวด หมายเลขทะเบียน ตัวอักษรบอกชื่อจังหวัด และขอบแผ่นป้ายทะเบียนของรถยนต์รับจ้างระหว่างจังหวัดเป็นสีแดง รถยนต์รับจ้างบรรทุกคนโดยสารไม่เกิน 7 คน เป็นสีดำ รถยนต์รับจ้างสามล้อเป็นสีเขียว และรถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้างเป็นสีน้ำเงิน

2.2 พื้นหลังแผ่นป้ายทะเบียนสีเขียวสะท้อนแสง

กำหนดให้พื้นหลังแผ่นป้ายทะเบียนสีเขียวสะท้อนแสงใช้กับรถยนต์ประเภท รถยนต์ บริการธุรกิจ รถยนต์บริการทัศนาจร และรถยนต์บริการให้เช่า และตัวอักษรประจำหมวด หมายเลขทะเบียน ตัวอักษรบอกชื่อจังหวัด และขอบแผ่นป้ายทะเบียนเป็นสีขาว

2.3 พื้นที่หลังแผ่นป้ายทะเบียนสีขาวสะท้อนแสง

กำหนดให้พื้นที่หลังแผ่นป้ายทะเบียนสีขาวสะท้อนแสงใช้กับรถยนต์ประเภท รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล และรถยนต์สามล้อส่วนบุคคล สีพื้นที่หลังแผ่นป้ายทะเบียนเป็นสีขาวสะท้อนแสง โดยตัวอักษรประจำหมวด หมายเลขทะเบียน ตัวอักษรบอกชื่อจังหวัด และขอบแผ่นป้ายทะเบียนของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน เป็นสีดำ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน เป็นสีน้ำเงิน รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคลเป็นสีเขียว และรถยนต์สามล้อส่วนบุคคลเป็นสีแดง ในกรณีของหมายเลขทะเบียนซึ่งเป็นที่ต้องการหรือเป็นที่นิยมจะมีสีพื้นที่หลังแผ่นป้ายทะเบียน ตัวอักษรประจำหมวด หมายเลขทะเบียน ตัวอักษรบอกชื่อจังหวัด และขอบแผ่นป้ายทะเบียนแตกต่างออกไป ตามที่กรมการขนส่งทางบกประกาศกำหนด สำหรับแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ของบุคคลในขณะผู้แทนการทูต กำหนดให้พื้นที่หลังแผ่นป้ายทะเบียนเป็นสีขาว ตัวอักษร ตัวเลข และขีดเป็นสีดำ

2.4 พื้นที่หลังแผ่นป้ายทะเบียนสีส้มสะท้อนแสง

กำหนดให้พื้นที่หลังแผ่นป้ายทะเบียนสีส้มสะท้อนแสงใช้กับรถยนต์ประเภท รถพ่วง รถบดถนน รถแทรกเตอร์ และรถใช้งานเกษตรกรรม โดยตัวอักษรประจำหมวด หมายเลขทะเบียน ตัวอักษรบอกชื่อจังหวัด และขอบแผ่นป้ายทะเบียนเป็นสีดำ




















2.5 พื้นที่หลังแผ่นป้ายทะเบียนสีฟ้า

กำหนดให้พื้นที่หลังแผ่นป้ายทะเบียนสีฟ้าใช้กับรถยนต์ประเภท รถยนต์ของบุคคลในหน่วยงานพิเศษของสถานทูตต่างๆ รถยนต์ของบุคคลในขณะผู้แทนทางกงสุล และรถยนต์ของบุคคลในองค์การระหว่างประเทศหรือทบวงการชำนัญพิเศษแห่งสหประชาชาติ ซึ่งประจำอยู่ในประเทศไทย โดยตัวอักษร ตัวเลข และขีดเป็นสีขาว สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะของแผ่นป้ายทะเบียนรถสามารถศึกษาได้ในกฎกระทรวง ว่าด้วยการกำหนดลักษณะ ขนาด และสีของแผ่นป้ายทะเบียนรถ พ.ศ. 2547 ออกตามพระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ. 2522 [21]




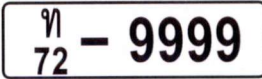
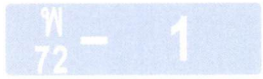





รูปที่ ก.3 แสดงตำแหน่งและขนาดของตัวอักษรและแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (หน่วยวัดเป็นมิลลิเมตร)

ตารางที่ ก.1 การจำลองลักษณะ ขนาด และสีของแผ่นป้ายทะเบียนรถประเภทต่างๆ

ประเภทรถ	ภาพจำลองแผ่นป้ายทะเบียน	
รถยนต์รับจ้างระหว่างจังหวัด		
รถยนต์รับจ้างบรรทุกคนโดยสารไม่เกิน 7 คน		
รถยนต์รับจ้างสามล้อ		
รถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง		
รถยนต์บริการธุรกิจ รถยนต์บริการทัศนอาจร และรถยนต์บริการให้เช่า		
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน		
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน		
รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล		
รถยนต์สามล้อส่วนบุคคล		
รถพ่วง รถบดถนน รถแทรกเตอร์ และรถใช้งานเกษตรกรรม		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 การจำลองลักษณะ ขนาด และสีของแผ่นป้ายทะเบียนรถประเภทต่างๆ (ต่อ)

ประเภทรถ	ภาพจำลองแผ่นป้ายทะเบียน	
รถยนต์ของบุคคลในคณะผู้แทนทางการทูต		
รถยนต์ของบุคคลในหน่วยงานพิเศษของสถานทูตต่างๆ		
รถยนต์ของบุคคลในคณะผู้แทนกงสุล		
รถยนต์ของบุคคลในองค์การระหว่างประเทศหรือทบวงการชำนัญพิเศษแห่งสหประชาชาติ		



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

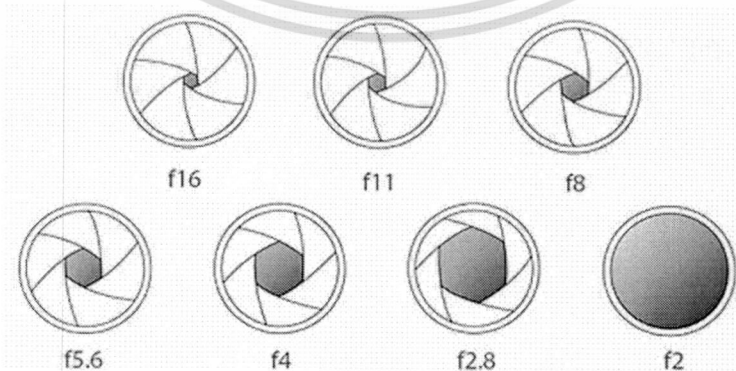
ภาคผนวก ข

พื้นฐานการควบคุมปริมาณการรับแสง

ในระบบการถ่ายภาพจะอาศัยกลไก 2 ตัวเป็นหลัก คือ ช่องรับแสง (Aperture) และความไวชัตเตอร์ (Shutter Speed) กลไกทั้ง 2 ตัวอยู่จะถูกติดตั้งอยู่ภายในเลนส์และตัวกล้องถ่ายรูป การควบคุมการเปิดรับแสง (Exposure Control) เพื่อให้ได้ภาพที่มีค่าแสงหรือปริมาณการรับแสง (Exposure Value) ที่ต้อง จำเป็นต้องการกำหนดขนาดช่องรับแสงและความไวชัตเตอร์ให้เหมาะสมกับสภาพแสงจริงในฉาก ในภาคผนวกนี้จะกล่าวถึงพื้นฐานที่จำเป็นในการควบคุมค่าปริมาณการรับแสงในภาพ เพื่อให้ได้ชุดภาพถ่ายแบบหลายค่าปริมาณการรับแสง (Multi Exposure Images) ที่ใช้เป็นอินพุทของการทดลองในงานวิจัยเล่มนี้ โดยเนื้อหาประกอบด้วย ช่องรับแสง ความไวชัตเตอร์ การควบคุมการเปิดรับแสง และค่าปริมาณการรับแสง ซึ่งมีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้

3. ช่องรับแสง

ช่องรับแสง (Aperture) เป็นช่องทางผ่านของแสง อยู่ภายในเลนส์บริเวณด้านท้ายที่ติดกับตัวกล้องถ่ายรูป ซึ่งมีลักษณะเป็นกลีบโลหะหลายกลีบเรียงซ้อนกันสามารถเปิดตัวเป็นรูวงกลมได้ ทำหน้าที่เป็นม่านควบคุมแสงเรียกว่าไดอะแฟรม (Diaphragm) รูปที่ ข.1 แสดงลักษณะของไดอะแฟรมที่ขนาดช่องรับแสงต่างๆ การควบคุมหรือการปรับขนาดม่านของช่องรับแสงทำได้โดยการหมุนวงแหวนบนกระบอกเลนส์ซึ่งจะมีตัวเลขแสดงอยู่ ตัวเลขนี้เรียกว่า f-number หรือขนาดช่องรับแสง การเขียนตัวเลขเพื่อแสดงขนาดอาจใช้ตัวอักษร f หรือ F เช่น F/11, f/11, /f11 ซึ่งมีความหมายเดียวกัน รูปที่ ข.2 แสดงวงแหวนบนกระบอกเลนส์ที่ใช้ปรับขนาดรูรับแสง [22]



รูปที่ ข.1 ภาพจำลองลักษณะของไดอะแฟรม เมื่อปรับรูรับแสงขนาดต่างๆ ที่มา: [http://www.zmos](http://www.zmos.net/howto/87/143-f-stop-number)

[.net/howto/87/143-f-stop-number](http://www.zmos.net/howto/87/143-f-stop-number)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

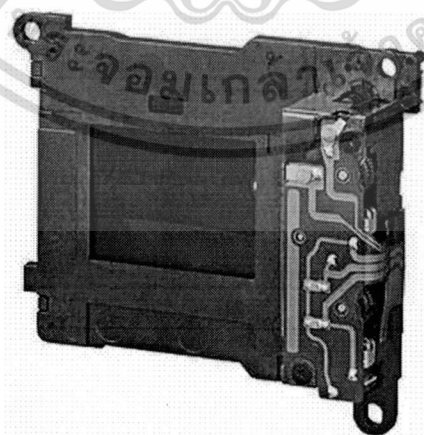
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.2 วงแหวนปรับรูรับแสงที่ใช้ควบคุมขนาดรูรับแสงภายในเลนส์ ที่มา: <http://www.zmos.net/howto/87/143-f-stop-number>

4. ความไวชัตเตอร์

ความไวชัตเตอร์ (Shutter Speed) หมายถึง ระยะเวลาการเปิดให้แสงผ่านเข้าสู่ฟิล์มหรือเซ็นเซอร์รับภาพ โดยอาศัยชัตเตอร์ (Shutter) เป็นกลไกที่ทำหน้าที่เป็นตัวเปิดและปิดรับแสงให้เข้าสู่ฟิล์ม โดยสามารถกำหนดช่วงเวลาในการเปิดและปิดม่านนี้เพื่อให้ฟิล์มรับแสงตามระยะเวลาที่กำหนดได้ ระยะเวลาการเปิดปิดชัตเตอร์จะมีหน่วยเป็นวินาที เช่น 1/500, 1/100, 1 หรือ 2 วินาที รูปที่ ข.3 แสดงภาพของม่านชัตเตอร์แบบกลไกที่ควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ [22]



รูปที่ ข.3 ม่านชัตเตอร์แบบโลหะเคลื่อนที่แนวตั้งของกล้อง SONY A700 ที่มา: <http://www.zmos.net/howto/87/142-speed-shutter>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การควบคุมการเปิดรับแสง

การควบคุมการเปิดรับแสง (Exposure Control) เป็นการควบคุมปริมาณแสงที่ผ่านเข้าสู่ฟิล์ม โดยการเลือกขนาดช่องรับแสงและความไวชัตเตอร์เพื่อให้ได้ค่าตามที่ต้องการ ค่าตัวเลขแสดงขนาดช่องรับแสงและความไวชัตเตอร์ถูกใช้เพื่อแสดงความแตกต่างของระดับแสงที่ผ่านเข้าสู่ฟิล์ม ตัวเลขแสดงขนาดช่องรับแสงจะเป็นอนุกรมของชุดตัวเลขที่เรียงเป็นลำดับขั้น เช่น 1, 1.4, 2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16 และ 22 ตัวเลขขนาดช่องรับแสงที่มากขึ้นหมายถึงขนาดช่องรับแสงที่แคบมากขึ้น ด้วย ความแตกต่างระหว่างขั้น เช่น การเปิดช่องรับแสงขนาด $f/4$ กับ $f/5.6$ หมายถึงการเปิดให้แสงผ่านช่องรับแสงต่างกัน 1 เท่า คือการปรับขนาดช่องรับแสงที่ $f/4$ จะมีปริมาณแสงที่ผ่านเข้าสู่ฟิล์มมากกว่าขนาดช่องรับแสงที่ $f/5.6$ 1 เท่า และถ้าเปลี่ยนขนาดช่องรับแสงจาก $f/5.6$ ไปเป็น $f/2.8$ ปริมาณแสงที่ผ่านเข้าสู่ฟิล์มจะเพิ่มมากขึ้นเป็น 2 เท่า สำหรับความไวชัตเตอร์ตัวเลขมาตรฐานที่ใช้กำหนดระยะเวลาเริ่มจาก 30, 15, 8, 4, 2, 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/15, 1/30, 1/60, 1/125, 1/500, 1/1000, 1/2000 และ 1/4000 วินาที เมื่อปรับความไวชัตเตอร์ให้มากขึ้น 1 ขั้น เช่น จาก 1/30 เป็น 1/15 ปริมาณแสงที่ผ่านเข้าสู่ฟิล์มจะมากขึ้น 1 เท่า ตัวเลขที่แสดงความแตกต่างระหว่างขั้นของขนาดช่องรับแสงหรือความไวชัตเตอร์ เรียกว่า สต็อป (Stop) เช่น ขนาดช่องรับแสง $f/1.4$ กับ $f/2$ มีปริมาณแสงต่างกัน 1 ขั้น หรือ 1 สต็อป [22]

6. ค่าแสงหรือปริมาณการรับแสง

ค่าแสงหรือปริมาณการรับแสง (Exposure Value: EV) เป็นหน่วยวัดใช้บอกค่าแสงแทนคู่ตัวเลขขนาดช่องรับแสงและความไวชัตเตอร์ ค่าปริมาณการรับแสงจะแสดงเป็นตัวเลขกำกับด้านท้ายตัวอักษรย่อ เช่น EV-2, EV0 หรือ EV1 เป็นต้น ตัวเลขของ EV ยิ่งน้อยหมายถึงค่าปริมาณการรับแสงน้อย หน่วยของ EV จะเรียงลำดับเป็นขั้นเหมือนกับขนาดช่องรับแสงและความไวชัตเตอร์ เช่น EV0 กับ EV1 จะต่างกันเท่ากับ 1 ขั้น หรือ 1 สต็อป ตารางที่ ข.1 แสดงค่าปริมาณการรับแสงที่สัมพันธ์กับขนาดช่องรับแสงและความไวชัตเตอร์ ตัวอย่างเช่น ที่ขนาดช่องรับแสง $f/1$ และความไวชัตเตอร์ 1 วินาที ค่าปริมาณการรับแสง คือ EV0 หรือที่ขนาดช่องรับแสง $f/5.6$ และความไวชัตเตอร์ 1/2 วินาที ค่าปริมาณการรับแสง คือ EV6 สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับการถ่ายภาพและเทคนิคการวัดแสงสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ใน หนังสือเทคนิคการถ่ายภาพของ สุรเดช วงศ์สินหลัง [22]

ตารางที่ ข.1 ค่าปริมาณการรับแสงกับความสัมพันธ์ของขนาดช่องรับแสงและความไวชัดเตอร์ [22]

EV	ความไวชัดเตอร์ (วินาที)																				
	60	30	15	8	4	2	1	1/2	1/4	1/8	1/15	1/30	1/60	1/125	1/250	1/500	1/1000	1/2000	1/4000	1/8000	
-5	f/1.4	f/1																			
-4	f/2	f/1.4	f/1																		
-3	f/2.8	f/2	f/1.4	f/1																	
-2	f/4	f/2.8	f/2	f/1.4	f/1																
-1	f/5.6	f/4	f/2.8	f/2	f/1.4	f/1															
0	f/8	f/5.6	f/4	f/2.8	f/2	f/1.4	f/1														
1	f/11	f/8	f/5.6	f/4	f/2.8	f/2	f/1.4	f/1													
2	f/16	f/11	f/8	f/5.6	f/4	f/2.8	f/2	f/1.4	f/1												
3	f/22	f/16	f/11	f/8	f/5.6	f/4	f/2.8	f/2	f/1.4	f/1											
4	f/32	f/22	f/16	f/11	f/8	f/5.6	f/4	f/2.8	f/2	f/1.4	f/1										
5	f/45	f/32	f/22	f/16	f/11	f/8	f/5.6	f/4	f/2.8	f/2	f/1.4	f/1									
6	f/64	f/45	f/32	f/22	f/16	f/11	f/8	f/5.6	f/4	f/2.8	f/2	f/1.4	f/1								
7		f/64	f/45	f/32	f/22	f/16	f/11	f/8	f/5.6	f/4	f/2.8	f/2	f/1.4	f/1							
8			f/64	f/45	f/32	f/22	f/16	f/11	f/8	f/5.6	f/4	f/2.8	f/2	f/1.4	f/1						
9				f/64	f/45	f/32	f/22	f/16	f/11	f/8	f/5.6	f/4	f/2.8	f/2	f/1.4	f/1					
10					f/64	f/45	f/32	f/22	f/16	f/11	f/8	f/5.6	f/4	f/2.8	f/2	f/1.4	f/1				
11						f/64	f/45	f/32	f/22	f/16	f/11	f/8	f/5.6	f/4	f/2.8	f/2	f/1.4	f/1			

ตารางที่ ข.1 ค่าปริมาณการรับแสงกับความสัมพันธ์ของขนาดช่องรับแสงและความไวชัตเตอร์ [22] (ต่อ)

EV	ความไวชัตเตอร์ (วินาที)																			
	60	30	15	8	4	2	1	1/2	1/4	1/8	1/15	1/30	1/60	1/125	1/250	1/500	1/1000	1/2000	1/4000	1/8000
12							f/64	f/45	f/32	f/22	f/16	f/11	f/8	f/5.6	f/4	f/2.8	f/2	f/1.4	f/1	
13								f/64	f/45	f/32	f/22	f/16	f/11	f/8	f/5.6	f/4	f/2.8	f/2	f/1.4	f/1
14									f/64	f/45	f/32	f/22	f/16	f/11	f/8	f/5.6	f/4	f/2.8	f/2	f/1.4
15										f/64	f/45	f/32	f/22	f/16	f/11	f/8	f/5.6	f/4	f/2.8	f/2
16											f/64	f/45	f/32	f/22	f/16	f/11	f/8	f/5.6	f/4	f/2.8
17												f/64	f/45	f/32	f/22	f/16	f/11	f/8	f/5.6	f/4
18													f/64	f/45	f/32	f/22	f/16	f/11	f/8	f/5.6
19														f/64	f/45	f/32	f/22	f/16	f/11	f/8
20															f/64	f/45	f/32	f/22	f/16	f/11
21																f/64	f/45	f/32	f/22	f/16

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างภาพถ่ายที่ใช้ในการทดลองและผลลัพธ์

ในภาคผนวกนี้เป็นการแสดงตัวอย่างชุดภาพถ่ายที่ใช้เป็นอินพุท และผลลัพธ์การทำงานของ อัลกอริทึม โดยแต่ละชุดภาพถ่ายประกอบด้วย ภาพอินพุทที่มีปริมาณการรับแสง -0.3 EV, 0 EV, $+0.3$ และ $+0.6$ EV (ก.) - (ง.) ตามลำดับ ภาพเอชดีอาร์ (จ.) ภาพไบনারี่ (ฉ.) สัญลักษณ์ที่ผ่านการคัดกรองเรื่องขนาดและอัตราส่วน (ช.) และตำแหน่งป้ายทะเบียน (ซ.)





ก.



ข.



ค.



ง.



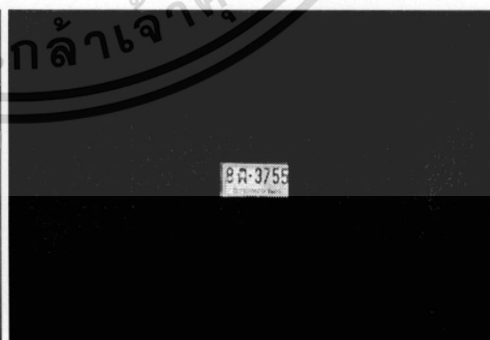
จ.



ฉ.



ช.



ซ.

รูปที่ ค.1 ตัวอย่างชุดภาพอินพุทและผลลัพธ์หมายเลข 01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.



ข.



ค.



ง.



จ.



ฉ.



ช.



ซ.

รูปที่ ก.2 ตัวอย่างชุดภาพอินพุทและผลลัพธ์หมายเลข 02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.

ข.



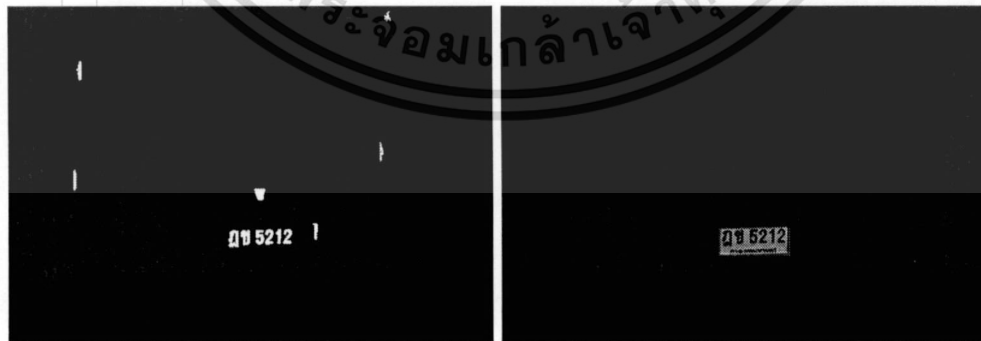
ค.

ง.



จ.

ฉ.



ซ.

ด.

รูปที่ ก.3 ตัวอย่างชุดภาพอินพุทและผลลัพธ์หมายเลข 03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.



ข.



ค.



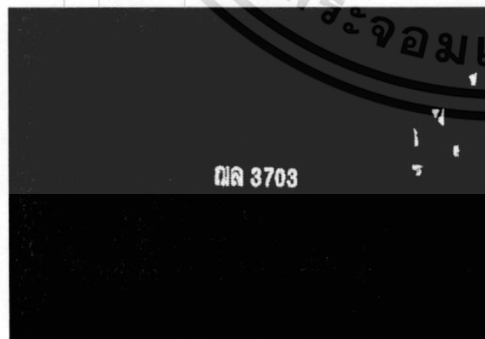
ง.



จ.



ฉ.



ซ.



ฅ.

รูปที่ ก.5 ตัวอย่างชุดภาพอินพุตและผลลัพธ์หมายเลข 05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.



ง.



ค.



ช.



จ.



ฉ.



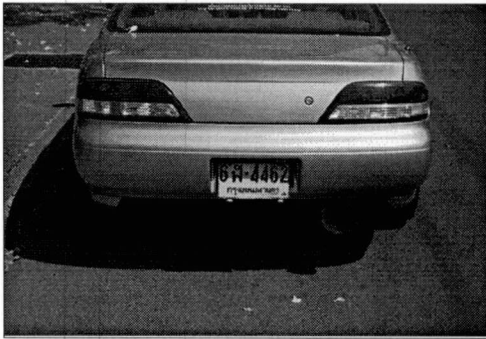
ช.



ช.

รูปที่ ๓.๖ ตัวอย่างชุดภาพอินพุตและผลลัพธ์หมายเลข 06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.



ข.



ค.



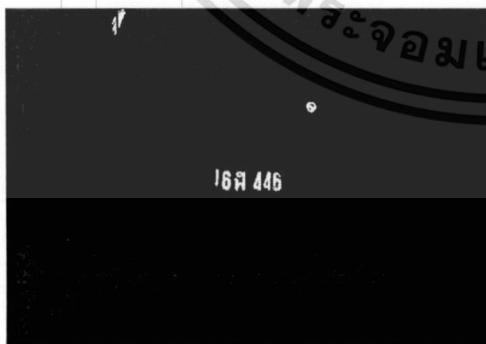
ง.



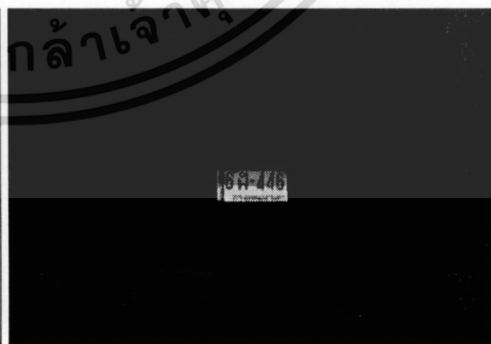
ฉ.



ช.



ซ.



ฑ.

รูปที่ ๓.7 ตัวอย่างชุดภาพอินพุตและผลลัพธ์หมายเลข 07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.



ข.



ค.



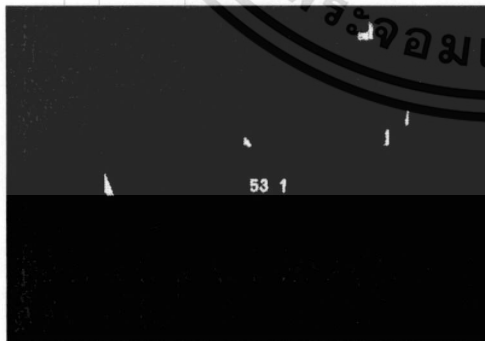
ง.



จ.



ฉ.



ช.



ซ.

รูปที่ ๘.8 ตัวอย่างชุดภาพอินพุตและผลลัพธ์หมายเลข 08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.



ข.



ค.



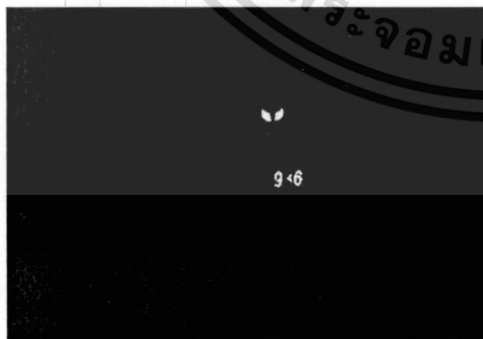
ง.



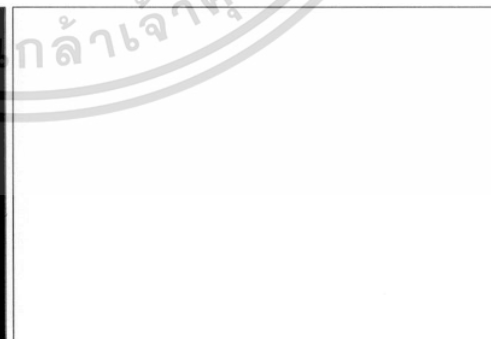
จ.



ฉ.



ช.



ซ.

รูปที่ ก.9 ตัวอย่างชุดภาพอินพุทและผลลัพธ์หมายเลข 09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.



ข.



ค.



ง.



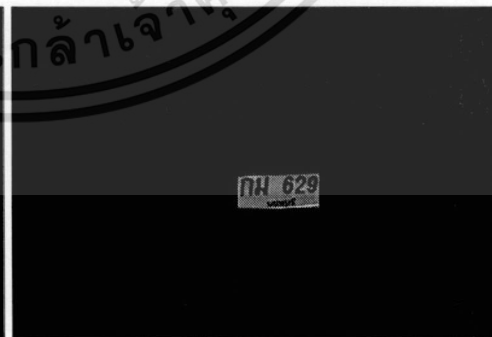
จ.



ฉ.



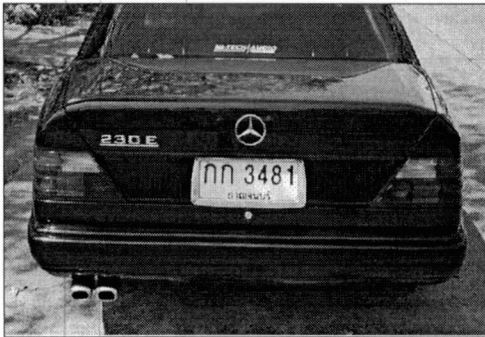
ช.



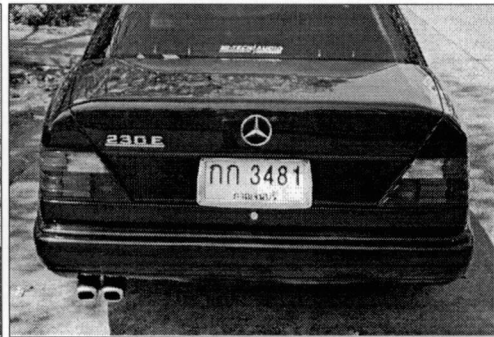
ซ.

รูปที่ ค.10 ตัวอย่างชุดภาพอินพุตและผลลัพธ์หมายเลข 10

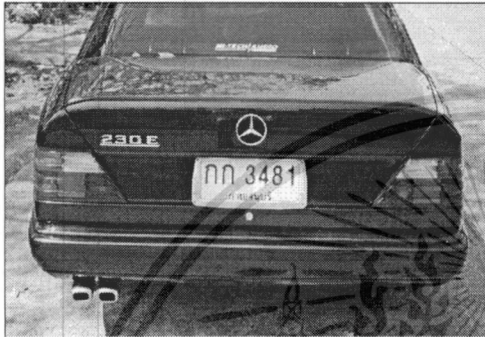
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



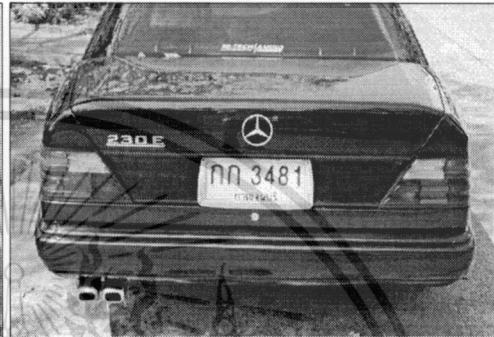
ก.



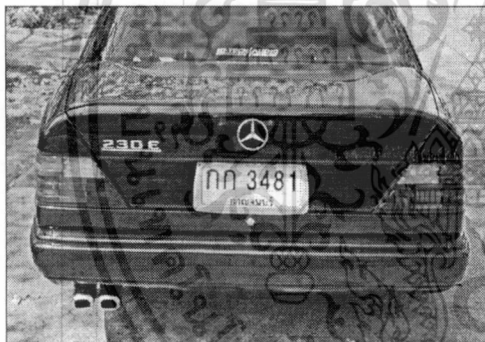
ข.



ค.



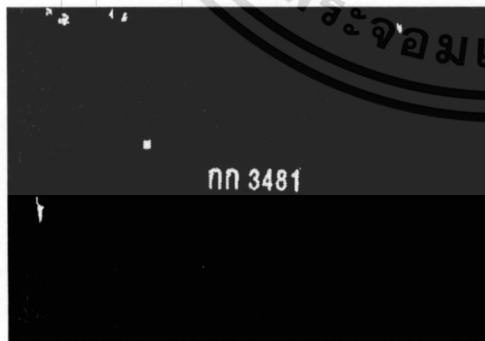
ง.



จ.



ฉ.



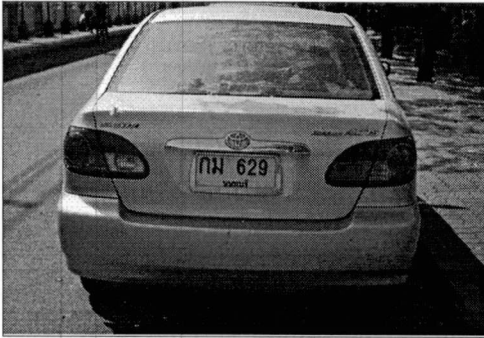
ช.



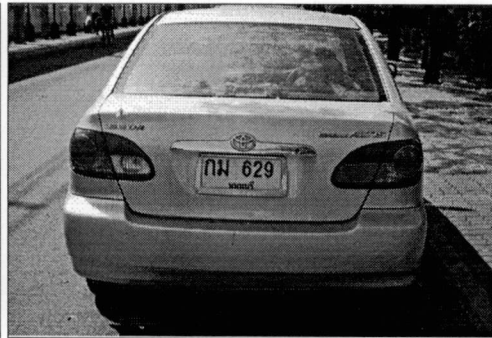
ซ.

รูปที่ ค.11 ตัวอย่างชุดภาพอินพุตและผลลัพธ์หมายเลข 11

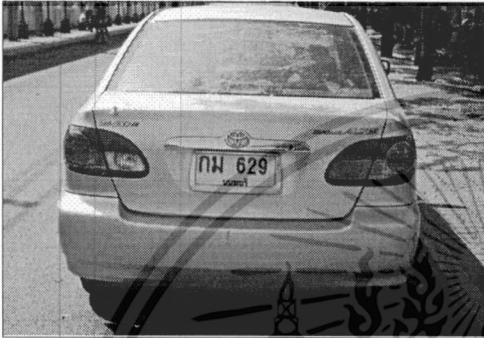
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



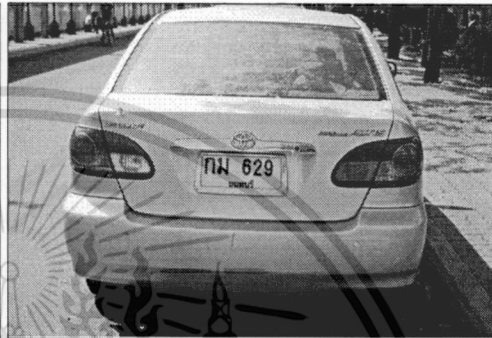
ก.



ข.



ค.



ง.



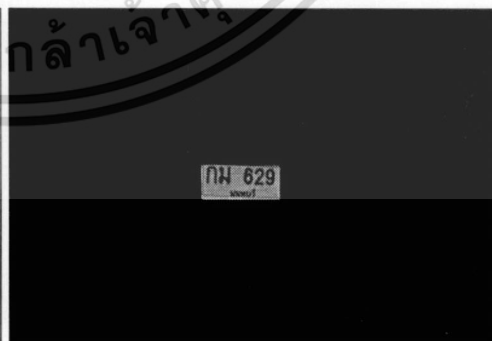
จ.



ฉ.



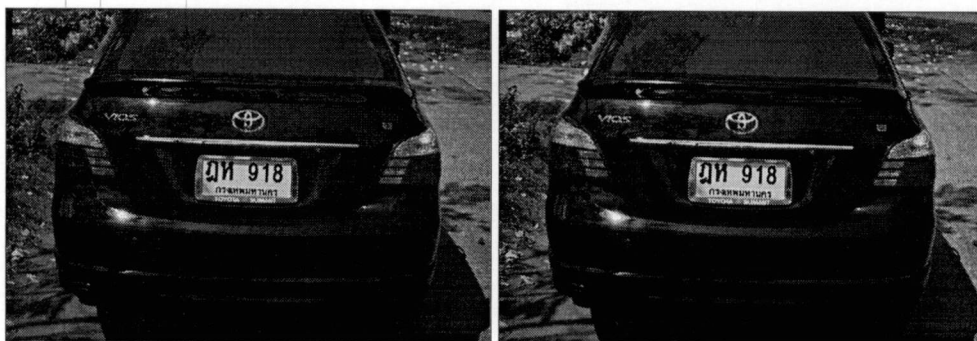
ช.



ซ.

รูปที่ ค.12 ตัวอย่างชุดภาพอินพุตและผลลัพธ์หมายเลข 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.

ข.



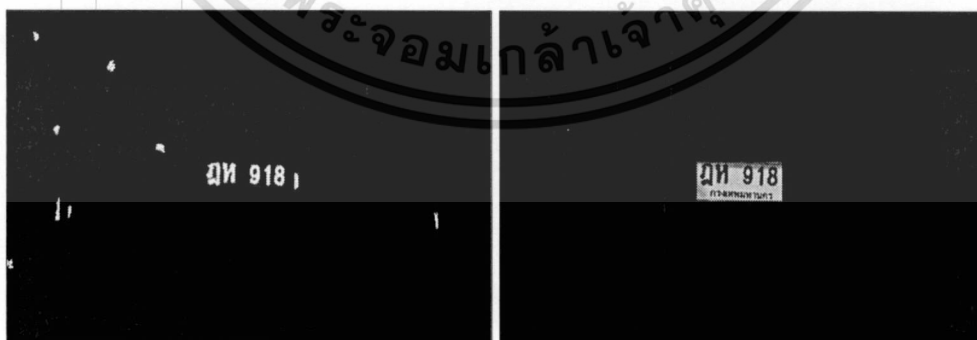
ค.

ง.



จ.

ฉ.



ช.

ซ.

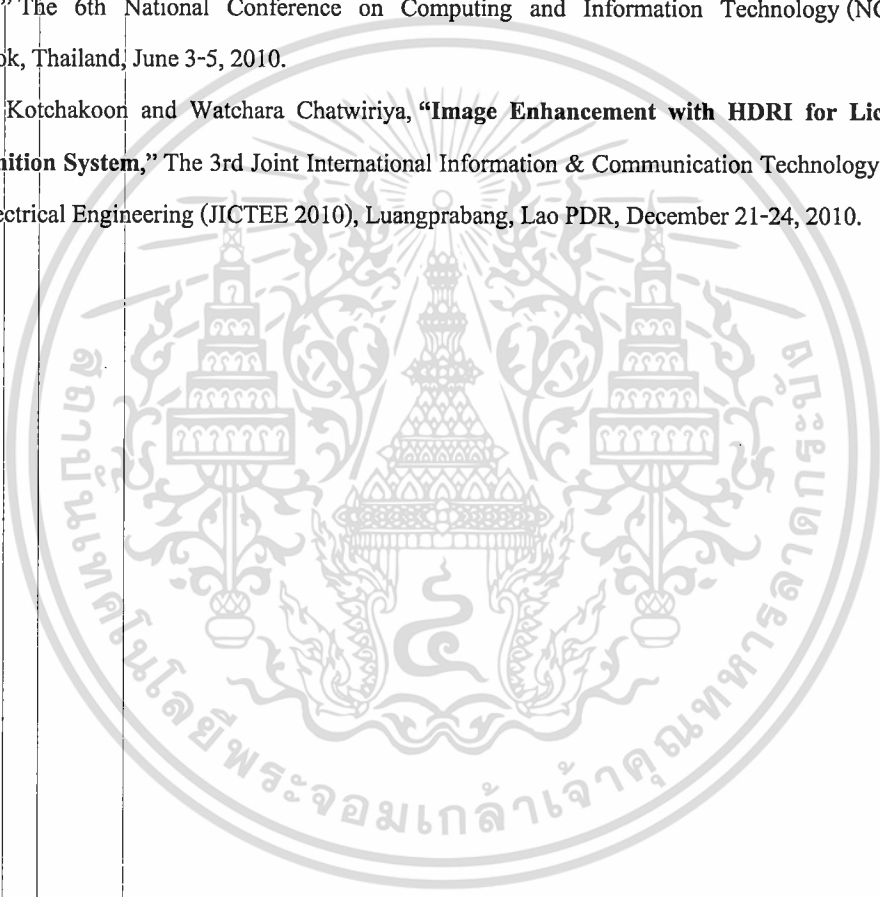
รูปที่ ก.13 ตัวอย่างชุดภาพอินพุตและผลลัพธ์หมายเลข 13

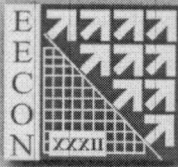
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

1. Pranot Kotchakoon and Watchara Chatwiriya, “**Thai License Plate Localization with Pattern Conformation Grouping Algorithm,**” Electrical Engineering Conference 32 (BECON 32), Prachinburi, Thailand, October 29-30, 2009.
2. Pranot Kotchakoon and Watchara Chatwiriya, “**Thai License Plate Characters Segmentation using HDRI,**” The 6th National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT2010), Bangkok, Thailand, June 3-5, 2010.
3. Pranot Kotchakoon and Watchara Chatwiriya, “**Image Enhancement with HDRI for License Plate Recognition System,**” The 3rd Joint International Information & Communication Technology, Electronic and Electrical Engineering (JICTEE 2010), Luangprabang, Lao PDR, December 21-24, 2010.





ABTRACTS

PW - Electrical Power System
 PE - Power Electronics
 CT - Control System and Instrument Technology
 CP - Computer and Information Technology
 CM - Communication
 EL - Electronics
 DS - Digital Signal Processing
 PH - Photonics
 GN - General Engineering and Science
 BE - Biomedical Engineering

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๓๒
 ๒๘-๓๐ ตุลาคม ๒๕๕๒ โรงแรมทวารวดี รีสอร์ท จ.ปราจีนบุรี

32nd Electrical Engineering Conference
 28-30 October 2009 Tawaravadee Resort Hotel, Prachinburi, Thailand



ผลิตไฟฟ้าเพื่อความสุขของคนไทย

จัดการประชุมโดย ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
 หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชา
 เทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ
 และภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การระบุตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนไทยในภาพโดยลักษณะการจัดกลุ่มตัวอักษร Thai License Plate Localization with Pattern Conformation Grouping Algorithm

ประศก ลขกุล¹ และ วีระะ จักรวิริยะ²

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนลาดพร้าว เขตคลองจั่น กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-326-4540 Email: s9060716@kmitl.ac.th¹, kwwatcha@kmitl.ac.th²

บทคัดย่อ

การหาค่าตำแหน่งป้ายทะเบียนยานพาหนะในภาพเป็นปัญหาที่สำคัญสำหรับระบบรู้จำป้ายทะเบียน เนื่องจากการติดตั้งป้ายและตำแหน่งของรถยนต์ที่ไม่สามารถกำหนดค่าแบบไดนามิก ดังนั้นการคิดวิธีระบบจึงเป็นสิ่งสำคัญตำแหน่งและรูปแบบในการจัดกลุ่มเพื่อใช้ป้ายทะเบียนปรากฏในตำแหน่งของภาพที่ระบบสามารถทำงานได้ ในบทความนี้เสนออัลกอริทึมสำหรับหาระบุตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนในภาพที่สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องเพิ่มขึ้นกับตำแหน่งปรากฏของป้ายทะเบียนในภาพ โดยใช้คุณสมบัติและลักษณะเฉพาะด้านการจัดกลุ่มตัวอักษรของป้ายทะเบียน (Pattern Conformation Grouping) และหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เชื่อมต่อกัน (Connected Component Analysis) อัลกอริทึมนี้ประกอบด้วย การวิเคราะห์สัญลักษณ์ การจัดกลุ่มสัญลักษณ์ป้ายทะเบียน การตรวจจับประเภทของสัญลักษณ์ และการจัดลำดับและคัดลอก ผลการทดลองพบว่าสามารถหาตำแหน่งป้ายทะเบียนที่เป็นมาตรฐานทะเบียนไทยได้ถึง 96.21 เปอร์เซ็นต์ จากตัวอย่างที่ใช้ทดสอบจำนวน 343 ภาพ

คำสำคัญ: การระบุตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียน, การวิเคราะห์องค์ประกอบที่เชื่อมต่อกัน

Abstract

Locating the license plate position from a captured vehicle image is a challenged problem for Vehicle license plate recognition process because the plate installation is varied and position of the vehicle is not fully controllable. The proper arrangement of position and angle of camera to the vehicle are required to get the license plate image within the specific area. In this paper, the algorithm for Thai license plate localization using specific properties and characteristics of pattern conformation grouping and connected component analysis without specific areas requirement is proposed. The algorithm consists of symbol analysis, plate number hypothesis, symbolic segmentation, finally scoring and selection. Experimental results of the proposed algorithm with 343 images demonstrate that accuracy is 96.21%.

Keyword: License plate localization, Connected Component Analysis

1. บทนำ

ระบบรู้จำป้ายทะเบียนยานพาหนะเป็นหนึ่งวิถุเทคโนโลยีระบบควบคุมจราจรอัตโนมัติ (Intelligent Transportation System: ITS) ที่ใช้ระบบยานพาหนะ (Vehicle Identity) ระบบนี้ถูกใช้ตรวจจุดตรวจต่างๆ เช่น ที่จอดรถ ค่าเก็บค่าผ่านทาง เป็นต้น เพื่อช่วยลดภาระการทำงานของมนุษย์และทำงานร่วมกับระบบสารสนเทศอื่นได้โดยอัตโนมัติ [1] ประสิทธิภาพของระบบขึ้นอยู่กับความสามารถในการรับมือกับสภาพแวดล้อมที่ไม่คงที่ เช่น แสงสว่าง ตำแหน่งของกล้อง และมุมการถ่ายภาพป้ายทะเบียน รวมถึงสภาพของป้ายทะเบียน เช่น ความสกปรก กิ่งของพื้นหลัง เป็นต้น ระบบรู้จำป้ายทะเบียนเริ่มจากการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนในภาพ จากนั้นนำรหัสตัวอักษรในป้ายทะเบียนออกมาแล้วจึงเข้าสู่กระบวนการรู้จำตัวอักษรทีละตัว [2] ในระบบนี้การระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนไทยต้องเป็นปัญหาที่สำคัญ เพราะยังไม่มีงานวิจัยที่ชัดเจนจะคัดเลือกให้การรู้จำหมายเลขทะเบียนผิดพลาดไปเสีย แนวคิดการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนโดยทั่วไปเป็นการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของป้ายทะเบียน เช่น รูปทรง สีตัวอักษร และสีพื้นหลัง โดยใช้ขั้นตอนที่กล่าวมาหรือข้อจำกัดของแต่ละประเทศ บทความวิจัยนี้ให้แนวทางสำหรับป้ายทะเบียนของประเทศไทย ซึ่งมีลักษณะพิเศษคือใช้ตัวอักษรไทยสำหรับระบุหมายเลขและจังหวัดแล้วใช้ตัวเลขหรืออักษรโรมันระบุทะเบียนเมือง มีงานวิจัยจำนวนมากที่นำเสนอเทคนิคสำหรับการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียน เทคนิคที่มีความแม่นยำสูงได้แก่ เทคนิค Edge Statistics ร่วมกับ Morphology [3] และเทคนิค SCW (Sliding Concentric Windows) [4] ในกรณีเทคนิค Edge Statistics จะสร้างกลุ่มพื้นที่ที่แนวโน้ม (Candidate Regions) ที่คาดว่าจะเป็นป้ายทะเบียนขึ้น จากการวิเคราะห์ขอบของวัตถุและการปรับสเกลของพื้นที่ที่สนใจ ประกอบกับเทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะวัตถุแบบ Morphology ทำให้กลุ่มพื้นที่ที่แนวโน้มที่สนับสนุนงานวิจัยจำนวนมากและขาดคือ วิเคราะห์ต่อไปส่วนเทคนิค SCW ใช้การเปรียบเทียบความต่างระหว่างค่าทreshold (Threshold) กับค่าเฉลี่ยความเข้มแสงของบ้ค่าที่ตั้งค่าในขั้นต้นของภาพที่ส่งการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง ซึ่งทำงานไม่ได้สำหรับตัวอักษรของป้ายทะเบียนไทยที่เชื่อมกับสีของตัวอักษรหรือส่วนประกอบของรถที่อยู่ใกล้กับป้ายทะเบียน สำหรับงานวิจัยการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนที่ใช้ลักษณะของภาษาไทยประกอบการวิเคราะห์ได้แก่ เทคนิคที่อาศัยรูปแบบของแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ตามกฎของกรมขนส่งทางบก [5] ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ภาพเพื่อนำรูปร่างวัตถุที่เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า

DS 013

และการวิเคราะห์สีพื้นและสีตัวอักษรของป้ายทะเบียน ถ้าภาพของป้ายทะเบียนที่ถ่ายไว้ไม่เป็นสี่เหลี่ยมหรือสี่ของป้ายทะเบียนเปลี่ยนไปจากที่ควรจะเป็นเทคนิคนี้จะทำงานไม่ได้ นอกจากนี้ยังมีเทคนิค AIM (Accumulative Intensity Morphing) [6] ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ขอบภาพของวัตถุในลักษณะเดียวกับเทคนิค Edge Statistics [3] แต่มีจำนวนกลุ่มพื้นที่แนวโน้มมากกว่า อย่างไรก็ตามวิธีที่ทำงานไม่ได้ผลถ้ามีวัตถุอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกับตัวอักษรป้ายทะเบียน เช่น ชื่อหรือรถจักรยานปรากฏอยู่ในภาพ

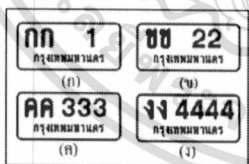
งานวิจัยนี้นำเสนอเทคนิคการวิเคราะห์ภาพสำหรับระบุตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนไทยจากคุณสมบัติเฉพาะด้านการจัดกลุ่มสัญลักษณ์ (Pattern Conformation Grouping) ที่ใกล้เคียงกับรูปแบบของป้ายทะเบียนไทย ด้วยการประมวลผลภาพเพื่อสร้างสัญลักษณ์หรือพื้นที่แนวโน้ม (Candidates) ที่น่าจะเป็นตัวอักษรด้วยเทคนิค CCA (Connected Component Analysis) [2] แล้วคัดกรองกลุ่มสัญลักษณ์ที่มีแนวโน้มว่าจะเป็นอักษรป้ายทะเบียนตามเกณฑ์ที่กำหนด สัญลักษณ์แต่ละตัวที่ผ่านการคัดกรองแล้วจะถูกระบุกลุ่มว่าเป็นตัวอักษรไทยหรือตัวเลขอารบิกด้วยโครงข่ายประสาทเทียม แล้วคัดกรองตามรูปแบบป้ายทะเบียนอีกครั้ง ทำให้จำนวนกลุ่มพื้นที่แนวโน้มมีไม่มากและสามารถระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนจากการเลือกกลุ่มที่มีปริมาณเซกเมนต์รวมที่ต่ำลง

2. ข้อมูลพื้นฐานและแนวคิดการแก้ปัญหา

2.1 ลักษณะแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไทยทั่วไป

ตามกฎกระทรวง กระทรวงคมนาคมว่าด้วยข้อกำหนดและลักษณะขนาด และสีของแผ่นป้ายทะเบียนรถ พ.ศ. 2547 [7] กำหนดให้แผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลแบ่งออกเป็น 2 บรรทัด บรรทัดที่หนึ่งเป็นตัวอักษรประจำหมวดค่าที่หนึ่ง ตัวอักษรประจำหมวดค่าที่สอง และหมายเลขทะเบียน บรรทัดที่สอง จะเป็นตัวอักษรบอกชื่อจังหวัด ตัวอักษรประจำหมวดค่าที่หนึ่งซึ่งเป็นตัวอักษรหรือตัวเลข ตัวอักษรประจำหมวดค่าที่สองที่แสดงเป็นสัญลักษณ์ ก ถึง ฮ ส่วนหมายเลขทะเบียนเป็นเลขอารบิกตั้งแต่ 1 ถึง 9999 ซึ่งมีสองระบบคือใช้ช่องว่างแทนเลขศูนย์ที่นำหน้าตัวเลข หรือเป็นตัวเลขที่สี่ของเลขประจำตัวผู้ถือใบอนุญาต

ปี พ.ศ. 2547 รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างแผ่นป้ายทะเบียน



รูปที่ 1 ภาพจำลองแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (ก) ตัวอักษร 2 ตัวตามด้วยตัวเลข 1 ตัว (ข) ตัวอักษร 2 ตัวตามด้วยตัวเลข 2 ตัว (ค) ตัวอักษร 2 ตัวตามด้วยตัวเลข 3 ตัว และ (ง) ตัวอักษร 2 ตัวตามด้วยตัวเลข 4 ตัว

2.2 แนวคิดในการระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนที่นำเสนอ

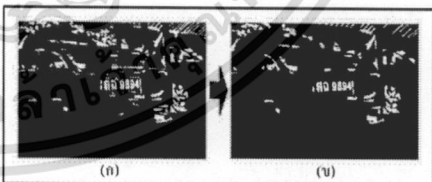
จากลักษณะการจัดกลุ่มตัวอักษรและตัวเลขในข้อ 2.1 เป็นคุณสมบัติเฉพาะที่น่าจะนำมาใช้เป็นสมมติฐานเบื้องต้น สำหรับวิเคราะห์กลุ่มสัญลักษณ์ที่อาจเป็นหมายเลขทะเบียนในภาพที่อ่านเข้ามา อัลกอริทึมวิเคราะห์ปรากฏว่าสัญลักษณ์เป็นตัวอักษรไทยสองตัวตามด้วยตัวเลขหนึ่งถึงสี่ตัว สัญลักษณ์กลุ่มนี้น่าจะเป็นหมายเลขทะเบียนและกรอบที่บรรจุสัญลักษณ์เหล่านี้จะเป็นกรอบป้ายทะเบียน

3. ภาพรวมระบบ

อัลกอริทึมนี้เป็นกระบวนการสำหรับระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไทย ทำงานกับป้ายทะเบียนที่มีตัวอักษรประจำหมวดค่าที่หนึ่งและตัวอักษรประจำหมวดค่าที่สองเป็นสัญลักษณ์ ก ถึง ฮ และมีหมายเลขทะเบียนเป็นเลขอารบิกตั้งแต่ 1 ถึง 9999 ไม่รวมตัวอักษรบอกชื่อจังหวัด เพราะกรณีที่ป้ายทะเบียนในภาพมีขนาดเล็กทำให้ตัวอักษรบอกชื่อจังหวัดมีรายละเอียดน้อยไม่สามารถนำไปชดเชยชื่อจังหวัดได้ การทำงานของอัลกอริทึมคำนวณค่าอินพุตเป็นรูปภาพแบบไบนารีที่บรรจุภาพป้ายทะเบียนแล้ว จากนั้นนำภาพวิเคราะห์จัดลำดับ และคัดเลือก จนได้ชุดที่เป็นกลุ่มแนวโน้มที่คาดว่าเป็นตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียน อัลกอริทึมประกอบด้วย 4 ส่วน คือ การวิเคราะห์สัญลักษณ์ (Symbolic Analysis) การสร้างสมมติฐานกลุ่มสัญลักษณ์ป้ายทะเบียน (Plate Number Hypothesis) การแยกแยะประเภทของสัญลักษณ์ (Symbolic Segmentation and Detection) และการจัดลำดับและคัดเลือก (Scoring and Selection) มีรายละเอียดดังนี้

3.1 การวิเคราะห์สัญลักษณ์

เป็นการสร้างและคัดกรองสัญลักษณ์ที่น่าจะเป็นตัวอักษรหรือตัวเลขในภาพ เริ่มจากการค้นหาพิกเซลที่เกาะกลุ่มกัน (Connected Pixels) จากอินพุต โดยใช้เทคนิค CCA แบบ 4-Connection และกำหนดหมายเลขเฉพาะไว้แต่ละกลุ่มพิกเซล จากนั้นนำกลุ่มพิกเซลทั้งหมดมาคัดกรองให้ได้เฉพาะกลุ่มพิกเซลที่มีขนาดในช่วงที่กำหนด แล้ววิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของพวกมัน ทั้งขนาดและความสูงที่สอดคล้องกับกลุ่มต้นแบบตัวอักษรและตัวเลข ผลลัพธ์ที่ได้เป็นกลุ่มพิกเซลหรือสัญลักษณ์ที่อาจเป็นตัวเลขหรือตัวอักษรแบบผสมผลลัพธ์ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การคัดกรองสัญลักษณ์ (ก) สัญลักษณ์ที่ปรากฏในภาพ และ (ข) สัญลักษณ์ที่ผ่านการคัดกรองตามขนาดและอัตราส่วน

3.2 การสร้างสมมติฐานกลุ่มสัญลักษณ์ปีชงะเบียง

เป็นการค้นหาและจัดกลุ่มสัญลักษณ์ที่มีลักษณะตามรูปแบบการจัดเรียงสัญลักษณ์ของปีชงะเบียงไทย เพื่อสร้างสมมติฐานกลุ่มแนวโน้มที่อาจเป็นพหุคูณเลขชงะเบียงจากคุณสมบัติด้านสีแบ่งและขนาดของสัญลักษณ์ (กรณีทั้งแบบประกอบไปด้วยตัวอักษรของตัวและตัวเลขตั้งแต่หนึ่งถึงสี่ตัว ในตัวอย่างนี้เป็นกรณีการวิเคราะห์ปีชงะเบียงที่ประกอบด้วยตัวอักษรสองตัวและตัวเลขสี่ตัว) รูปที่ 3 แสดงอัลกอริทึมของการจัดกลุ่มสัญลักษณ์ปีชงะเบียง ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน เริ่มจากการจัดกลุ่มสัญลักษณ์ที่มีจำนวนในแนวระนาบใกล้เคียงกัน จากนั้นคัดกรองกลุ่มที่มีสมาชิก 3 ตัวขึ้นไป แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาคัดกรองตามขนาดความสูงไปให้ได้สมาชิกที่มีความสูงใกล้เคียงกัน จากนั้นคัดกรองให้ได้กลุ่มสัญลักษณ์ที่ระยะห่างระหว่างสมาชิกความถ่วงที่เท่ากัน และสุดท้ายทำการคัดกรองกลุ่มสัญลักษณ์ที่มีสมาชิกไม่เกิน 6 ตัว ผลลัพธ์ที่ได้เป็นกลุ่มสัญลักษณ์ที่มีแนวโน้มว่าจะเป็นอักษรปีชงะเบียง

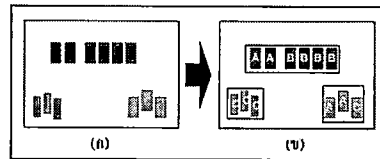
```

Input: matrix A of bounding boxes where A is an array of all bounding box region that show on image
Step 1: Generate all consecutive bounding box in A in order of their y-coordinate difference lower than T1 to Result1
T1: Threshold of accept delta y-coordinate
Step 2: Select bounding box group in Result1 where the group have more than or equal 3 members to Result2
Step 3: Select member in the group of Result2 where have height difference lower than T2 to Result3
T2: Threshold of accept difference height
Step 4: Select bounding box group in Result3 where have horizontal space between member lower than T3 to Result4
T3: Threshold of accept horizontal space
Step 5: Select bounding box group in Result4 where the group have less than or equal 6 members to Candidate bounding box
Output: matrix C of candidate bounding box where C is an array of bounding box coordinate of x-coordinate, y-coordinate, width, height and label attributes
    
```

รูปที่ 3 อัลกอริทึมการจัดกลุ่มสัญลักษณ์ปีชงะเบียง

3.3 การแยกแยะประเภทของสัญลักษณ์

เป็นการวางอันดับสัญลักษณ์แต่ละตัวว่าเป็นพยัญชนะไทย ก ถึง ฮ จำนวน 26 อักษร หรือสัญลักษณ์อื่นโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมชนิด Probabilistic Neural Network (PNN) รูปที่ 4 (ก) เป็นภาพจำลองสัญลักษณ์ที่ได้จากการจัดกลุ่มสัญลักษณ์ปีชงะเบียงโดยสัญลักษณ์ที่อยู่ใกล้กันจะแสดงเป็นสีเดียวกัน รูปที่ 4 (ข) แสดงผลลัพธ์ที่ผ่านการแยกแยะประเภทของสัญลักษณ์ โดย A หมายถึงตัวอักษร B หมายถึงตัวเลข และ C หมายถึงไม่เป็นตัวอักษรและไม่เป็นตัวเลข



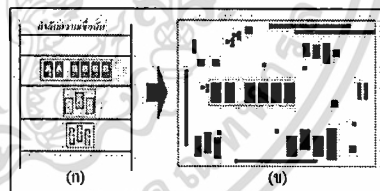
รูปที่ 4 การแยกแยะประเภทของสัญลักษณ์ (ก) กลุ่มสัญลักษณ์ที่อาจเป็นพหุคูณเลขชงะเบียง และ (ข) สัญลักษณ์ที่แยกแยะประเภทแล้ว

3.4 การจัดลำดับและคัดเลือก

เป็นการคัดกรองกลุ่มที่แนวโน้มที่มีลักษณะตามปีชงะเบียงไทยคือ เริ่มด้วยพยัญชนะไทย 2 ตัว และตามด้วยตัวเลขตั้งแต่หนึ่งถึงสี่ตัว เนื่องจากบางกรณี โครงข่ายประสาทเทียมไม่สามารถแยกแยะประเภทของสัญลักษณ์ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ เพราะสัญลักษณ์บางตัวมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมทำให้ไม่สามารถคัดเลือกกลุ่มที่แนวโน้มได้โดยทันที ดังนั้นจึงต้องมีการถือคะแนนของแต่ละกลุ่มที่แนวโน้มไว้ โดยนำคะแนนสัญลักษณ์แต่ละตัวที่มีน้ำหนักเท่ากันดังสมการที่ 1

$$C = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} S_i \quad (1)$$

เมื่อกำหนดให้ C คือคะแนนของกลุ่มที่แนวโน้ม n คือจำนวนของสัญลักษณ์ในกลุ่ม โดยแต่ละตัวมีน้ำหนักเป็น $\frac{1}{n}$ และ S คือความถูกต้องของแต่ละสัญลักษณ์ ซึ่งมีค่า 0 ถึง 1 ตามค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม ดังนั้นคะแนนสูงสุดที่ได้จากสมการไว้ที่คะแนนคือ 1 และทุกตัวของการคัดเลือกรวมกันที่แนวโน้มที่มีคะแนนค่าเท่ากับคะแนน ในงานวิจัยนี้เลือกค่าเท่ากับ 0.8 เพื่อระบุว่าเป็นกลุ่มสัญลักษณ์ของอักษรปีชงะเบียง รูปที่ 5 แสดงผลลัพธ์การจัดลำดับและคัดเลือกกลุ่มสัญลักษณ์

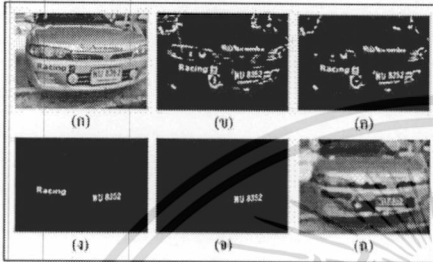


รูปที่ 5 การจัดลำดับและคัดเลือกกลุ่มสัญลักษณ์ (ก) การจัดลำดับกลุ่มสัญลักษณ์ตามคะแนนความเชื่อมั่น (ข) ลำดับที่แนวโน้มว่าจะเป็นปีชงะเบียงในภาพ

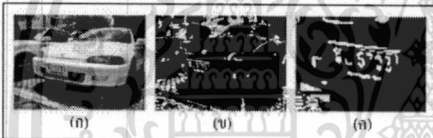
4. การทดลอง

การทดลองใช้ภาพถ่ายสีบนหน้าและส่วนหลังที่มีปีชงะเบียงรถยนต์จำนวน 343 ภาพ ขนาด 640x480 พิกเซล ถ่ายจากสภาพแวดล้อม

ต่างๆ กับรถยนต์หลายประเภท เช่น รถยนต์ทั่วไป รถตู้ และรถแท็กซี่ ผลการทดลองพบว่าสามารถระบุตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนถูกต้อง 96.21 เปอร์เซ็นต์ รูปที่ 6 แสดงผลการทดลองกรณีมีตัวอักษรอื่นที่ไม่ใช่อักษรป้ายทะเบียนปนอยู่ในภาพ รูปที่ 7 แสดงภาพที่อัลกอริทึมทำงานไม่ได้ซึ่งป้ายทะเบียนมีการหลดลอด ดังนั้นตัวอักษรที่ปรากฏในภาพจึงไม่สามารถทำให้ไม่ทันแก่ขงการตัดกรองตามขนาดและสัดส่วนของสัญลักษณ์



รูปที่ 6 ผลการทดลอง (ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ภาพขอบไบแนรี (ค) การวิเคราะห์สัญลักษณ์ (ง) การจัดกลุ่มสัญลักษณ์ป้ายทะเบียน (ฉ) การตัดค่าดับและคัดเลือกกลุ่มสัญลักษณ์ และ (ฉ) ฉายาหน้าป้ายทะเบียน



รูปที่ 7 ผลการทดลองกรณีป้ายทะเบียนหลดลอด (ก) ภาพต้นฉบับ (ข) ภาพขอบไบแนรี และ (ค) ภาพขยายแผ่นป้ายทะเบียน

5. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนออัลกอริทึมสำหรับระบุตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนไทยจากคุณสมบัติเฉพาะด้านการจัดกลุ่มสัญลักษณ์ของป้ายทะเบียนเป็นสำคัญ งานที่รทดลองพบว่าอัลกอริทึมสามารถระบุตำแหน่งป้ายทะเบียนในภาพได้ โดยไม่ขึ้นกับตำแหน่งปรากฏของแผ่นป้ายทะเบียนในภาพและตัดเลือกกลุ่มแนวโน้มได้อย่างแม่นยำกรณีมีรถอื่นที่ลักษณะใกล้เคียงกับรถป้ายทะเบียนอยู่ในภาพ อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่แผ่นป้ายทะเบียนถูกบัง หลดลอด หรือมีขนาดที่ระหว่างตัวอักษรจนทำให้ภาพอักษรป้ายทะเบียนในภาพไม่สมบูรณ์ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมจะลดลง การพัฒนางานวิจัยต่อควรปรับปรุงส่วนการรวมผลจากกลุ่มสัญลักษณ์ป้ายทะเบียนให้รองรับแผ่นป้ายทะเบียนของรถยนต์ประเภทอื่น เช่น รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล รถยนต์ของบุคคลในขณะผู้แทนทางการทูต รถจักรยานยนต์ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] G. Da-Shan and Z. Jie, "Car License Plate Detection from Complex Scene," 5th WCCC-ICSP International Conference on Signal Processing Proceedings, Beijing, China, 2000.
- [2] C. Anagnostopoulos, I. Anagnostopoulos, I. Psoroulas, V. Loumos, and E. Kayafas, "License Plate Recognition from Still Images and Video Sequences: A Survey", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.9, no.3, Tokyo, Japan, Sep, 2008.
- [3] B. Hongliang and L. Changping, "A hybrid license plate extraction method based on edge statistics and morphology", 17th ICPR, Aug 23-26, 2004.
- [4] C. Anagnostopoulos, I. Anagnostopoulos, V. Loumos, and E. Kayafas, "A license plate recognition algorithm for Intelligent Transportation System applications", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.9, no.3, Tokyo, Japan, Sep, 2006.
- [5] T. Sirthinaphong and K. Chamnongthai, "Extracting of car license plate using motor vehicle regulation and character pattern recognition", IEEE Asia-Pacific Conference on Circuits and Systems, Chiangmai, Thailand, Nov 24-27, 1998.
- [6] P. Dubey, "Heuristic approach for license plate detection", Advanced Video and Signal Based Surveillance, Sept 15-16, 2005.
- [7] กฤตกร พวงกระหวาง กษมภณ วังสัจจการกำหนดลักษณะ ขนาด และสีของแผ่นป้ายทะเบียนรถ พ.ศ. 2547, www.krisdikka.go.th, Last day of access, Jul 5th 2009.



นายประเชต คงกุล จบปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ประยุกต์จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปัจจุบันที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง งานวิจัยที่สนใจได้แก่ การประมวลผลภาพและการรู้จำรูปแบบ



นายวิชาญ จิตวียง จบปริญญาตรีและปริญญาโท สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และปริญญาเอกสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์จากมหาวิทยาลัย West Virginia ปัจจุบันเป็นอาจารย์สอนภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง งานวิจัยที่สนใจได้แก่ ระบบตรวจจับขอบภาพโดยการใช้ประมวลผลภาพ ระบบประมวลผลสัญญาณ และระบบควบคุมอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ทคต
2010**

**THE 6TH NATIONAL CONFERENCE ON
COMPUTING AND INFORMATION
TECHNOLOGY**

PROCEEDINGS OF NCCIT 2010

THE 6TH NATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING AND INFORMATION TECHNOLOGY

3 - 5 JUNE 2010, EASTIN HOTEL, BANGKOK, THAILAND
WWW.NCCIT.NET

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY NORTH BANGKOK

VOLUME 2

บทความวิจัย

**การประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
ครั้งที่ 6**

3 - 5 มิถุนายน 2553 ณ โรงแรมอีสติน กรุงเทพฯ



**คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NCCIT2010-123

การแบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียนไทยโดยใช้เทคนิคการสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง Thai License Plate Characters Segmentation using HDRI

ประพนธ์ กชกุล (P. Kotchakoon)¹ และ วิชระ ภัทรวิริยะ (W. Chatwiriyā)²

^{1,2} สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

s9060716@kmitl.ac.th, kewatchu@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การแบ่งส่วน (Segmentation) ตัวอักษรภาพป้ายทะเบียน เป็นปัญหาที่สำคัญสำหรับระบบรู้จำป้ายทะเบียนยานพาหนะ เนื่องจากปริมาณการรับแสง (Light Exposure) ที่ไม่สอดคล้องกับสภาพแสงจริงจะทำให้รายละเอียดของภาพลดลง ในอุดมคตินั้น การคิดค้นระบบจำเป็นต้องควบคุมสภาพแสงให้ภาพบริเวณแผ่นป้ายทะเบียนมีปริมาณการรับแสงที่เหมาะสมเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ อย่างไรก็ตามภาพที่ถ่ายได้อาจเกิดจากสภาพแสงที่ไม่เหมาะสม เช่น การรับแสงสูงเกินไป (Overexposure) หรือต่ำเกินไป (Underexposure) เนื่องจากความยากในการควบคุมแสงของสถานที่ต่างๆ ในบทความนี้นำเสนออัลกอริทึมสำหรับการแบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียนที่สามารถทำการกู้คืนรายละเอียดของภาพในบริเวณที่มีปริมาณการรับแสงสูงเกินไป หรือต่ำเกินไปกลับมาได้ โดยใช้เทคนิคการสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง (High Dynamic Range Imaging) จากภาพอินพุตแบบหลายค่าปริมาณการรับแสง (Multi Exposure) และทำโปรเจกชัน (Projection) แล้วนำมาแบ่งส่วนตัวอักษรในภาพด้วยคุณสมบัติเฉพาะด้านขนาดและตำแหน่งของตัวอักษรป้ายทะเบียน ผลการทดลองพบว่าสามารถแบ่งส่วนตัวอักษรได้ถูกต้องและทำงานได้กรณีที่มีเงาเกิดขึ้นบริเวณแผ่นป้ายทะเบียนด้วย

คำสำคัญ: ระบบรู้จำป้ายทะเบียน การแบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียน การสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง การทำโปรเจกชัน

Abstract

Characters segmentation from a license plate image is a challenged problem for vehicle license plate recognition system because camera's light exposure is not match with the scene results in lower details of the captured image. Ideally, the system configurations especially the lighting conditions around the image taken area are needed to have adequate brightness. However, overexposure or underexposure image still exists because the lighting conditions of places are differently hard to control. In this paper, the algorithm for Thai license plate character segmentation that can recover details in the image at overexposure or under exposure using high dynamic range imaging from multi exposure images and projection technique then segment the character images with specific properties such as size and position. Overall experiments has shown that the technique can solve the mis-exposure image problems correctly with accurate characters segmentation, and also apply with license plate images with shades problem.

Keyword: License Plate Recognition, License Plate Character Segmentation, High Dynamic Range Imaging, Projection

1. บทนำ

ระบบรู้จำป้ายทะเบียนยานพาหนะเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีระบบควบคุมจราจรอัตโนมัติ (Intelligent Transportation System: ITS) ที่ใช้ระบุยานพาหนะ (Vehicle Identity) การทำงานเริ่มจากการระบุตำแหน่งแผ่นป้ายทะเบียนในภาพ จากนั้นนำมาแบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียน แล้วจึงเข้าสู่กระบวนการรู้จำตัวอักษรทีละตัว ในระบบนี้การแบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียนให้ออกคือเป็นปัญหาที่สำคัญเนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้มีผลกับประสิทธิภาพของการรู้จำตัวอักษร [1]

มีงานวิจัยจำนวนมากที่นำเสนอเทคนิคสำหรับการแบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียน เทคนิคที่มีความแม่นยำสูง ได้แก่ งานของ Xiaodan และคณะ [2] ใช้เทคนิคการทำโปรเจกชัน (Projection) เป็นการวิเคราะห์จำนวนพิกเซลของพื้นที่ที่สนใจเพื่อสร้างขอบเขตสำหรับแบ่งส่วนภาพตัวอักษรตามแนวระดับและแนวตั้ง งานของ Wang และ Lee [3] ใช้เทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มพิกเซลที่อยู่ติดกัน (Connected Component analysis) เป็นการคัดเลือกกลุ่มพิกเซลที่อยู่ติดกันหรือสัญลักษณ์จากคุณสมบัติในเรื่องขนาดและตำแหน่งที่สอดคล้องกับคุณสมบัติของตัวอักษรป้ายทะเบียน สำหรับงานวิจัยการแบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียนที่ใช้ลักษณะของภาษาไทย ประกอบการวิเคราะห์ได้แก่ งานของราตรีและนิศาพรธ [4] และงานของพีรพลและคณะ [5] ใช้เทคนิคการทำโปรเจกชันเพื่อแบ่งขอบเขตของตัวอักษรตามแนวระดับและแนวตั้ง

ปัญหาหนึ่งของการแบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียนคือภาพแผ่นป้ายทะเบียนที่นำมาประมวลผลที่มีรายละเอียดน้อยเนื่องจากค่าปริมาณการรับแสง (Exposure) ไม่สมดุลกับสภาพแสงจริง เช่น กรณีที่ค่าปริมาณการรับแสงสูงเกินไป (Overexposure) ทำให้สูญเสียรายละเอียดบริเวณที่มีแสงสว่างมาก และกรณีที่ค่าปริมาณการรับแสงต่ำเกินไป (Underexposure) ก็จะทำให้สูญเสียรายละเอียดบริเวณที่มีคด ดังนั้นการนำพหุค่าความประมวลผลอาจทำให้อัลกอริทึมทำงานผิดพลาดได้ ภาพที่ 1 (บน) แสดงตัวอย่างการนำภาพที่ค่าปริมาณการรับแสงไม่เหมาะสมมาสร้างภาพแบบไบนารีทำให้สูญเสียรายละเอียดบริเวณที่มีเงาค่า

จากการศึกษาพบว่าปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้ด้วยการปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยใช้เทคนิคที่เรียกว่าการสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง (High Dynamic Range Image) จากภาพแบบหลายค่าปริมาณการรับแสง (Multi Exposure) ภาพที่ 1 (ล่าง) แสดงตัวอย่างผลลัพธ์การสร้างภาพแบบไบนารีจากภาพที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้ว ซึ่งงานวิจัยที่นำเสนอเทคนิคนี้ได้แก่ งานของ Annamaria และคณะ [6] เป็นการรวมพื้นที่ย่อยในภาพที่ค่าปริมาณการรับแสงต่างๆ เข้าด้วยกัน จากคุณสมบัติเฉพาะของพื้นที่นั้นๆ การทำงานต้องกำหนดจำนวนการแบ่งพื้นที่ย่อยเสมอ และงานของ Andrey และ Kang-Hyun [7] ใช้หลักการคัดเลือกค่าปริมาณการรับแสงที่ดีที่สุดในลักษณะเดียวกันกับงานของ Annamaria แต่การแบ่งพื้นที่ย่อยจะหาเฉพาะพื้นที่ที่มีไดนามิกเรนจ์กว้างเท่านั้น



ภาพที่ 1: การสร้างภาพแบบไบนารีจากภาพถ่ายทั่วไป (บน) และภาพที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพแล้ว (ล่าง)

งานวิจัยนี้นำเสนอเทคนิคการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายบริเวณแผ่นป้ายทะเบียนเพื่อเตรียมภาพที่เหมาะสมกับการแบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียน โดยใช้เทคนิคการสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้างจากชุดภาพแบบหลายค่าปริมาณการรับแสง จากนั้นจึงใช้เทคนิคการทำโปรเจกชันเพื่อแบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียนเนื่องจากเป็นเทคนิคที่มีการทำงานที่ไม่ซับซ้อน ซึ่งเทคนิคที่นำเสนอนี้ทำให้ได้ภาพตัวอักษรที่คมชัดและการแบ่งส่วนตัวอักษรทำได้แม่นยำขึ้น

2. ข้อมูลพื้นฐานและแนวคิดการออกแบบ

2.1 การสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง



การสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้างเป็นการสร้างภาพที่สามารถแสดงรายละเอียดของภาพได้มากกว่าภาพถ่ายทั่วไป ในกรณีที่มีภาพที่มีบริเวณที่มีคอนทราสต์สูงและสว่างมากอยู่ในภาพเดียวกัน หรือเรียกว่าภาพที่มีปริมาณแสงสว่าง (Luminance) เป็นช่วงกว้างหรือมีไดนามิกเรนจ์กว้าง (High Dynamic Range) เทคนิคนี้สามารถลดข้อจำกัดของกล้องถ่ายภาพทั่วไปซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีไดนามิกเรนจ์แคบไม่สามารถบันทึกไดนามิกเรนจ์ทั้งหมดในภาพได้โดยใช้ปริมาณการรับแสงเพียงค่าเดียว [8]

2.2 ลักษณะแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ไทยทั่วไป

ความกฎกระทรวง กระทรวงคมนาคมว่าด้วยการกำหนดลักษณะ ขนาด และสีของแผ่นป้ายทะเบียนรถ พ.ศ. 2547 [9] กำหนดให้แผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ทั้งส่วนบุคคลแบ่งออกเป็น 2 บรรทัด บรรทัดที่หนึ่งเป็นตัวอักษรประจำหมวดตัวที่หนึ่ง ตัวอักษรประจำหมวดตัวที่สองและหมายเลขทะเบียน บรรทัดที่สองเป็นตัวอักษรบอกรหัสจังหวัด ตัวอักษรประจำหมวดตัวที่หนึ่งอาจเป็นตัวอักษรหรือตัวเลข ตัวอักษรประจำหมวดตัวที่สองเป็นพยัญชนะ ก ถึง ฮ ส่วนหมายเลขทะเบียนเป็นเลขอารบิกตั้งแต่ 1 ถึง 9999 ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างแผ่นป้ายทะเบียน



ภาพที่ 2: ภาพจำลองแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์

2.3 แนวคิดการแบ่งย่านตัวอักษรป้ายทะเบียนที่น่าสนใจ

จากคุณสมบัติของเทคนิคการสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้างที่สามารถกู้คืนรายละเอียดของภาพที่มีค่าปริมาณการรับแสงไม่เหมาะสมได้ น่าจะนำมาใช้เป็นเทคนิคสำหรับปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายป้ายทะเบียนเพื่อเตรียมภาพที่เหมาะสมสำหรับ

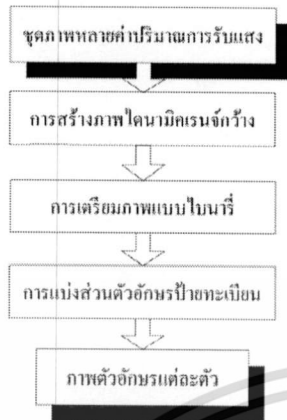
แบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียนได้ และจากลักษณะการจัดเรียงและตำแหน่งของตัวอักษรป้ายทะเบียนในข้อ 2.1 เป็นคุณสมบัติที่น่าจะสามารถใช้เทคนิคการทำโปรเจกชันแนวระดับ (Horizontal Projection) เพื่อแบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียนแต่ละบรรทัดออกจากกัน แล้วจึงแบ่งส่วนตัวอักษรแต่ละตัวออกมาโดยใช้การทำโปรเจกชันแนวตั้ง (Vertical Projection)

3. ระบบ

อัลกอริทึมนี้เป็นกระบวนการสำหรับแบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียนรถยนต์ทั้งส่วนบุคคลไทย ทำงานกับป้ายทะเบียนที่มีลักษณะตรงกับข้อ 2.2 การทำงานของอัลกอริทึมกำหนดว่าอินพุตเป็นชุดภาพถ่ายบริเวณแผ่นป้ายทะเบียนแบบหลายค่าปริมาณการรับแสง จากนั้นนำภาพมาผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพและแบ่งส่วนตัวอักษร จนได้เอาต์พุตเป็นภาพตัวอักษรประจำหมวดที่หนึ่ง ตัวอักษรประจำหมวดตัวที่สอง หมายเลขทะเบียนแต่ละตัว และตัวอักษรบอกรหัสจังหวัด อัลกอริทึมประกอบด้วย 3 ส่วน คือ การสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง การเตรียมภาพแบบไบนารี และการแบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียน ภาพที่ 3 แสดงการทำงานของอัลกอริทึม ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง

เป็นการรวมภาพที่มีค่าปริมาณการรับแสงต่างกันเข้าด้วยกัน โดยเลือกค่าปริมาณการรับแสงที่ดีที่สุดสำหรับแต่ละพื้นที่เพื่อแสดงสภาพแสงจริงของแต่ละทีกเซล ในกระบวนการนี้ข้อมูลอินพุตคือชุดภาพถ่ายบริเวณแผ่นป้ายทะเบียนที่มีค่าปริมาณการรับแสงต่างกัน เอาต์พุตเป็นภาพบริเวณแผ่นป้ายทะเบียนหนึ่งภาพซึ่งรวมข้อมูลจากแต่ละภาพอินพุตเข้าด้วยกัน ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างภาพอินพุตที่ใช้อธิบายการทำงานของอัลกอริทึม



ภาพที่ 3: ภาพรวมของอัลกอริทึม



ภาพที่ 4: ชุดภาพอินพุตที่ค่าปริมาณการรับแสงต่างกัน

กระบวนการเริ่มจากแบ่งส่วนภาพอินพุตแต่ละภาพออกเป็นพื้นที่ย่อย 4 ส่วนด้วยอัตราส่วนเดียวกัน แต่ละพื้นที่ย่อยจะถูกจัดกลุ่มเป็นพื้นที่ที่มีไดนามิกเรนจ์แคบหรือกว้างจากคุณสมบัติของพื้นที่ย่อยนั้นๆ ซึ่งคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยความเข้มแสง (Mean Intensity), ค่าเบี่ยงเบนความเข้มแสง (Intensity Deviation), และค่าเอ็นโทรปี (Entropy) พื้นที่ที่มีไดนามิกเรนจ์กว้างจะถูกแบ่งส่วนเป็นพื้นที่ย่อยจำนวนกระทันพื้นที่ย่อยทั้งหมดเป็นพื้นที่ที่มีไดนามิกเรนจ์แคบหรือมีขนาดเล็กกว่าที่กำหนด จากนั้นทำการรวมภาพโดยคัดเลือกพื้นที่ย่อยที่มีค่าปริมาณการรับแสงที่ดีที่สุด และสุดท้ายทำการเกลี่ยภาพเพื่อลดความต่างของทิกเซลบริเวณขอบของพื้นที่โดยใช้ฟังก์ชัน

การเกลี่ยภาพแบบเกาส์เซียน (Gaussian) ภาพที่ 5 แสดงการแบ่งภาพออกเป็นพื้นที่ย่อยและผลลัพธ์ที่ได้ รายละเอียดการสร้างภาพไดนามิกเรนจ์กว้างแสดงใน [7]



ภาพที่ 5: ผลลัพธ์การแบ่งส่วนพื้นที่ย่อย (ซ้าย) และภาพที่ผ่านการเกลี่ยภาพแล้ว (ขวา)

3.2 การเตรียมภาพแบบไบนารี

เป็นการแปลงภาพไดนามิกเรนจ์กว้างเป็นภาพแบบไบนารีที่เหมาะสมกับการแบ่งส่วนตัวอักษรสี่เหลี่ยมโดยอาศัยกระบวนการรูปร่างลักษณะ (Morphology Processing) เพื่อเพิ่มความเปรียบต่าง (Contrast) ของตัวอักษรกับพื้นหลังและช่วยลดผลกระทบบริเวณรอยต่อพื้นที่ย่อยของภาพไดนามิกเรนจ์กว้าง ในกระบวนการนี้ข้อมูลอินพุตเป็นภาพแผ่นป้ายทะเบียนแบบไดนามิกเรนจ์กว้าง เอาท์พุทเป็นภาพแผ่นป้ายทะเบียนแบบไบนารี ภาพที่ 6 แสดงผลลัพธ์การหาเทรชโอดแบบอัตโนมัติ (Auto Threshold) กับภาพโดยตรงซึ่งทำให้เกิดเส้นเชื่อมตัวอักษรแต่ละตัว และภาพผลลัพธ์ที่นำภาพไปผ่านกระบวนการรูปร่างลักษณะก่อนแล้วจึงใช้เทรชโอดแบบอัตโนมัติซึ่งสามารถลบปัญหาดังกล่าวได้

กระบวนการนี้เริ่มจากการนำภาพแผ่นป้ายทะเบียนแบบไดนามิกเรนจ์กว้างมาแปลงเป็นภาพระดับสีเทา แล้วนำภาพที่ได้มาผ่านกระบวนการรูปร่างลักษณะด้วยปฏิบัติการแบร์คที่ท็อปแฮท (Black Top-Hat) โดยกำหนดให้สมาชิกโครงสร้าง (Structure Element) เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 15 เพลอร์เซ็นต์ของความสูงภาพ และสุดท้ายนำผลลัพธ์ที่ได้มาทำเทรชโอดแบบอัตโนมัติเพื่อแปลงเป็นภาพแบบไบนารีที่ตัวอักษรมีสีขาวมีค่าเป็น "1" และพื้นหลังเป็นสีดำมีค่า "0"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6: ผลลัพธ์การถ่ายภาพไฮดรอนามิก (ซ้าย) และผลลัพธ์การเตรียมภาพแบบใบนารีที่นำเสนอ (ขวา)



ภาพที่ 8: การทำโปรเจกชันแนวตั้งด้วยอักษรรัดที่หนึ่ง (ซ้าย) และด้วยอักษรรัดที่สอง (ขวา)

3.3 การแบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียน

เป็นการแบ่งส่วนตัวอักษรแต่ละตัวออกจากภาพป้ายทะเบียน ในกระบวนการนี้ข้อมูลอินพุตภาพป้ายทะเบียนแบบใบนารี เอ้าท์พุทเป็นภาพตัวอักษรแต่ละตัวประกอบด้วยตัวอักษรประจำหมวดที่หนึ่ง ตัวอักษรประจำหมวดที่สอง หมายเลขทะเบียนแต่ละตัว และตัวอักษรบอกชื่อจังหวัด

กระบวนการนี้เริ่มจากการแบ่งส่วนตัวอักษรแต่ละบรรทัดออกจากกัน โดยใช้เทคนิคการทำโปรเจกชันแนวระดับ เพื่อหาพิกัดสำหรับระบุขอบเขตของตัวอักษรที่อยู่ในบรรทัดเดียวกัน จากนั้นนำพิกัดในแนวระดับที่ได้มาแบ่งภาพแผ่นป้ายทะเบียนออกเป็น ภาพตัวอักษรบรรทัดที่หนึ่งและภาพตัวอักษรบรรทัดที่สอง ภาพที่ 7 แสดงการทำโปรเจกชันแนวระดับภาพแผ่นป้ายทะเบียน จากนั้นนำตัวอักษรในบรรทัดที่หนึ่งมาหาพิกัดที่ใช้สำหรับระบุขอบเขตตัวอักษรแต่ละตัว โดยเทคนิคการทำโปรเจกชันแนวตั้ง

ในส่วนตัวอักษรในบรรทัดที่สองหรือตัวอักษรบอกชื่อจังหวัดนั้นเพื่อให้การระบุพิกัดทำได้ง่ายขึ้น จะใช้กระบวนการรูปร่างลักษณะตัวปฏิบัตินการแบบปิด (Closing Operation) เพื่อเพิ่มความหนาแน่นให้กับตัวอักษรก่อนทำโปรเจกชันแนวตั้ง ภาพที่ 8 เป็นการทำให้โปรเจกชันแนวตั้งด้วยอักษรรัดและบรรทัด และภาพที่ 9 แสดงผลลัพธ์การแบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียน



ภาพที่ 7: การทำโปรเจกชันแนวระดับภาพป้ายทะเบียน



ภาพที่ 9: ผลลัพธ์การแบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียน

4. การทดลอง

การทดลองใช้ภาพถ่ายบริเวณแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ในสภาพแวดล้อมต่างๆ จำนวน 224 ภาพ โดยแต่ละป้ายทะเบียนจะใช้ค่าปริมาณการรับแสงต่างกัน 4 ค่า แต่ละค่าห่างกัน 2 สต็อป (Stop) โดยตั้งกล้องถ่ายภาพจนขาตั้งกล้องซึ่งกำหนดค่ารูรับแสง (Aperture) คงที่จากนั้นปรับเปลี่ยนค่าความเร็วชัตเตอร์ (Speed Shutter) เพื่อให้ได้ค่าปริมาณการรับแสงที่ต้องการ ผลการทดลองพบว่าอัลกอริทึมสามบรรทัดแบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียน ได้ถูกต้อง 91.96 เปอร์เซ็นต์ ภาพที่ 10 แสดงผลลัพธ์การทำงานกรณีที่มีเงาความบังบางส่วนจากแผ่นป้ายทะเบียน ส่วนภาพที่ 11 แสดงภาพที่อัลกอริทึมทำงานไม่ได้ซึ่งป้ายทะเบียนสกปรกและตัวอักษรมีการหลอกลอกทำให้ตัวอักษรที่ปรากฏในภาพไม่สมบูรณ์



ภาพที่ 10: ภาพอินพุต (บน) และผลลัพธ์การทำงาน (ล่าง) กรณีมีเงาบังบางส่วนจากแผ่นป้ายทะเบียน



ภาพที่ 11: ภาพอินพุต (บน) และผลลัพธ์การทำงาน (ล่าง) กรณีที่ตัวอักษรมีการหลดลอก

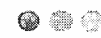
5. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนออัลกอริทึมสำหรับแบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียนไทยในภาพ โดยใช้เทคนิคการสร้างภาพไดนามิกเร็นจิ้งกว้างและการไปเรจชัน โดยอาศัยคุณสมบัติเฉพาะด้านขนาดและตำแหน่งของตัวอักษรป้ายทะเบียนเป็นสำคัญ จากการทดลองพบว่าเทคนิคการสร้างภาพไดนามิกเร็นจิ้งกว้างสามารถกู้คืนรายละเอียดของภาพบริเวณที่ทับปริมาณการรับแสงสูงหรือต่ำเกินไปกลับมาได้ ทำให้สามารถแบ่งส่วนตัวอักษรป้ายทะเบียนได้ถูกต้องและได้ภาพตัวอักษรที่คมชัด ทำงานได้ดีกรณีที่มีเงาคล้ายคลื่นบริเวณแผ่นป้ายทะเบียน

อย่างไรก็ตามในกรณีที่แผ่นป้ายทะเบียนมีสภาพสกปรกหรือหลุดลอกประสิทธิภาพของอัลกอริทึมจะลดลง การพัฒนา งานวิจัยต่อก้าวพัฒนาอัลกอริทึมให้รองรับกรณีที่ย้อนคัมมีการเคลื่อนที่ขณะถ่ายภาพ มีกระบวนการปรับภาพให้ตรงกับอัตราส่วนจริงของแผ่นป้ายทะเบียน และสามารถกำจัดสิ่งรบกวนเช่นนอตที่กั้นระหว่างตัวอักษรหรือเส้นขอบของแผ่นป้ายทะเบียนได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Anagnostopoulos, I. Anagnostopoulos, I. Psoroulas, V. Loumos, and E. Kayafas, "License Plate Recognition from Still Images and Video Sequences: A Survey", *IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems*, Vol.9, no.3, pp 377-391, 2008.
- [2] J. Xiaodan, W. Xinnian, L. Wenju, and W. Haijiao, "A Novel Algorithm for Character Segmentation of Degraded License Plate Based on Prior Knowledge", *IEEE Conf. on Automation and Logistics*, pp. 249-253, 2007.
- [3] S. Wang and H. Lee, "Detection and recognition of license plate characters with different appearances", *IEEE Conf. on Intelligent Transportation Systems*, vol. 2, pp. 979-984, 2003.
- [4] J. Ratree and S. Nidapan, "Car License Plate Recognition through Hausdorff Distance Technique", *IEEE Conf. on Tools with Artificial Intelligence*, pp. 647-651, 2005.
- [5] P. Sa-ngamuang, C. Thamnitasana, and T. Kondo, "Thai car license plate recognition using essential-elements-based method", *Asia-Pacific Conf. on Communications*, pp. 41-44, 2007.
- [6] R. Andras, R. V. Annamaria, H. Takeshi, B. Szilveszter, and S. Yoshifumi, "Gradient Based Synthesized Multiple Exposure Time HDR Image", *IEEE Conf. on Instrumentation and Measurement Technology*, pp. 1-6, 2007.
- [7] V. Andrey and J. Kang-Hyun, "Recursive HDR Image Generation from Differently Exposed Images based on Local Image Properties", *International Conf. on Control Automation and Systems*, pp. 2791-2796, 2008.
- [8] R. Erik, W. Greg, P. Sumanta, and D. Paul, "High Dynamic Range Imaging", Morgan Kaufmann Publishers, 2006.
- [9] กฎกระทรวง กระทรวงคมนาคมว่าด้วยการกำหนดลักษณะ ขนาด และสีของแผ่นป้ายทะเบียนรถ พ.ศ. 2547, www.krisdika.go.th, Last day of access, Feb 24th 2010.

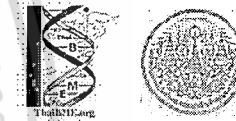
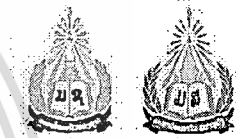


Luang Prabang, Lao PDR.



**JICTEE-2010
Programs and
Abstracts**

Co-Organized by:



Technical Sponsored by:



Copyright © JICTEE-2010

A-2

Image Enhancement with HDRI for License Plate Recognition System

Pranot Kotchakoon¹, Watchara Chatwiriya²

^{1,2}Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Ladkrabang, Bangkok, 10520 Thailand

¹s9060716@kmitl.ac.th

²kwatcha@kmitl.ac.th

Abstract— Robust image enhancement under various lighting conditioning is a challenged problem for vehicle license plate recognition system. If camera's light exposure is not matched with the scene, the captured image will result in low detail picture. Ideally, the external lighting sources or surround unit are needed to be controlled with proper brightness. However, overexposure or underexposure image still exists because the lighting conditions of places are hard to control in the outdoor environment. In this paper, the application of image enhancement techniques for license plate recognition that can recover details in the image at overexposure or underexposure using high dynamic range imaging from multi exposure images is purposed. Overall experiments have shown that the technique can solve the mis-exposure image problems correctly and also can apply on license plate images with shaded problems.

Keywords— high dynamic range imaging, license plate recognition, image enhancement, morphology

I. INTRODUCTION

License plate recognition system is one of the automation traffic control technology, Intelligent Transportation System: ITS, to identify the vehicle. These systems are used as checkpoints, such as parking or toll collection, to reduce the human workload and automated work with other information systems. Performance of the system depends on the ability to cope with the unstable environment such as light, the position of the camera and the angle of license plate captured as well as the condition of the plates, such as dirtiness or plate's background color. License plate recognition system starts from locating the plates in the picture. Then segment characters from license plates image and finally apply the process of character recognition one by one [1]. However, if input image has not enough detailed, then the license plate position will be difficult to locate. Stared with wrong plate position, segmentation and recognition is impossible. Therefore, images input are needed to make sure that they have enough detailed before working on the main processing algorithm.

There are a few techniques for improving image for license plate recognition. For example, the morphology techniques to increase the contrast of the character as the background [2], the histogram equalization to increase the contrast in the image [3] before locating the license plate position, and morphology to make the image offset plates uniformly illuminated the entire image before the image is used for character segmentation [4]. However, the image input still loss of details if the exposure is not balanced with the actual lighting conditions. Actually, imaging devices with low

dynamic range cannot store all dynamic range in the scene with single exposure value. When the exposure is too high (Overexposure), the picture will lose the details at the bright area and when the exposure is too low (Underexposure), the picture will lose details at the dark area. Figure 1 (a) shows a low dynamic range image of a license plate. The details of the character area are lost at the dark shadow. Studies have shown that this problem can be solved by using an image enhancement technique called High Dynamic Range Imaging (HDRI) using images with differently exposures, can recover lost details better than other techniques. Figure 1 (b) shows a high dynamic range image result of the same plate, which lost details are recovered. HDRI research purposes number of techniques. For example, grouping the sub-regions with the same value of exposure selected from area features which need to specify the number of sub-regions [5], selection of the best value from different exposure but grouping of sub-regions will carry on the high dynamic ranges area [6].



Fig. 1 License plate image: (a) low dynamic range and (b) high dynamic range image.

The results obtained from HDRI are expected to have more details for the license plate localization and recognition, so make the license plate recognition system more robust under different light conditions including shading.

II. BACKGROUND AND DESIGN IDEAS.

A. High Dynamic Range Imaging

HDRI is a technique to create images that can show more detail than general photographs when the image has very dark and very bright areas in the same picture. This is so called the image with the wide range of luminance or high dynamic range. The technique can extend the limitations of the general cameras which low dynamic range and could not be saved all dynamic range in the scene by using a single exposure value [7].

B. Design Ideas

The vehicle license plate image details are improved using HDRI algorithm which can automatically separate the area depends on the lighting conditions in the image [6]. Then morphology technique is applied to reduce the border effects

of the sub-regions connection. Figure 2 Comparison of the HDR image converted to binary images directly, and results presented.

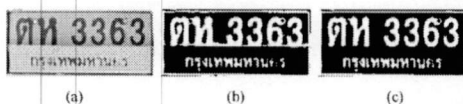


Fig. 2 shows results converted to binary images: (a) HDR image, (b) binary image using automated threshold and (c) binary image with morphology technique applied.

III. SYSTEM

This algorithm is a process for preparing the binary image for license plate recognition system under various lighting conditions. The algorithm takes a set of multiple exposure images then process to create a new image with recovered details in high dynamic range and convert into a binary image. Algorithm consists of three steps: sub-regions segmentation and selection, image combination and binary image preparing. Figure 3 shows the flowchart of the algorithm.

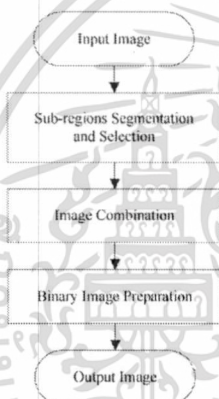


Fig. 3 The flowchart of proposes algorithm.

A. Sub-region Segmentation and Selection

Sub-region segmentation combines images with the exposure difference together and select the best exposure for each area to show the actual lighting conditions of each pixel. In this process the input data is a collection of images, with different exposure value. The output image is combine information from each input image. Figure 4 (a) shows the sample input images used to describe the algorithm. The process starts from segmentation each input image into four sub-regions with the same ratio. Each sub-region will be grouped into low dynamic range or high by using local properties of that sub-region. Local properties are calculated from the average intensity, intensity deviation, and entropy value. Region with high dynamic range will be divided to sub-regions repeated until the entire sub-region has low dynamic range or has smaller than specified area. Then combine the

selected sub-area with the best exposure value. Figure 4 (b) shows the results of the process.

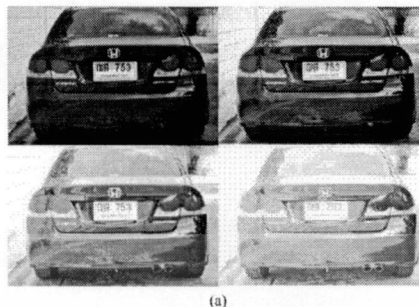


Fig. 4 Segmentation and selection example: (a) input images and (b) result of process.

B. Image blending

This process reduces the spread of different pixels on the edge of each sub-region by using blending Gaussian function. Figure 5 shows the results of the process.



Fig. 5 Results of combination process.

C. Binary Image Preparation

Preparation of a binary image is to convert HDR image into binary image using the morphology process to increase the

contrast of letters with the background and reduce the impact at the border of the sub-region images. In this process the input as a HDR image and the output is a binary image. This process starts by converting the HDR image into a gray scale image. Then use the black top-hat operation by the square structure element. Finally, use automatically threshold to convert the gray image into a binary image. Figure 7 shows the results of this process.

IV. EXPERIMENTS AND RESULTS

In our experiment, front and back of the car images in variety of lighting conditions. The 4 different exposure values and different between images is 2-stop are applied for each image. The camera was fixed on tripod and its aperture was setup for a constant value while shutter speed was changing to obtain images. The results showed that the algorithm can improve the image detail of the image plate better. Figure 8 shows the results of algorithm.



(a)



(b)

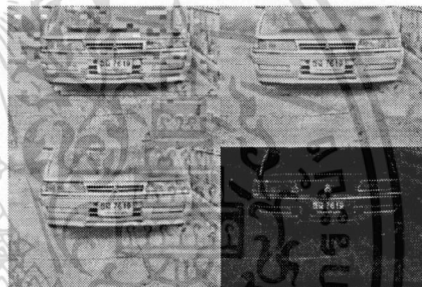


(c)

Fig. 7 Binary image preparation example: (a) gray scale (b) morphology result and (c) binary image.



(a)



(b)



(c)

Fig. 8 Sample results: (a) input images (b) results of each process and (c) result image.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V. CONCLUSIONS

This research is to apply the high dynamic range imaging technique for vehicle license plate recognition system that requires binary input. The results showed that the high dynamic range imaging technique can recover image detail areas where the exposure is under or over including the shadow occurs at the plate. However, the HDR technique consumes processing power and needed to be improved for a real time system. If the processing applies to a smaller area but cover where the license plate located, this can improve the processing time and reduce resource needed. The further research on this algorithm should be developed to support the image of moving vehicle.

VI. ACKNOWLEDGMENT

The author would like to thank you the Embedded System Laboratory, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang for its support in this research.

VII. REFERENCES

- [1] C. Anagnostopoulos, I. Anagnostopoulos, I. Psoroulas, V. Loumos, and E. Kayafas, "License Plate Recognition from Still Images and Video Sequences: A Survey", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.9, no.3, Tokyo, Japan, Sep, 2008.
- [2] F.Martin, M.Garcia, and J.L.Alba, "New methods for automatic reading of VLP is (Vehicle License Plates)", in Proc.IASTED Int. Conf. SPPRA, 2002.
- [3] J.Kong, X.Liu, Y.Lu, and X.Zhou, "A novel license plate localization method based on textual feature analysis", in Proc.IEEE Int.Symp.SignalProcess.Inf.Technol., Athens, Greece, 2005, pp.275-279
- [4] J. Xiaodan, W. Xinnian, L. Wenju, and W. Haijiao, "A Novel Algorithm for Character Segmentation of Degraded License Plate Based on Prior Knowledge", IEEE Conf. on Automation and Logistics, pp.249-253, 2007.
- [5] R. Andras, R. V. Annamaria, H. Takeshi, B. Szilveszter, and S. Yoshifumi, "Gradient Based Synthesized Multiple Exposure Time HDR Image", IEEE Conf. on Instrumentation and Measurement Technology, pp. 1-6, 2007.
- [6] V. Andrey and J. Kang-Hyun, "Recursive HDR Image Generation from Differently Exposed Images based on Local Image Properties", International Conf. on Control Automation and Systems, pp. 2791-2796, 2008.
- [7] R. Erik, W. Greg, P. Sumanta, and D. Paul, "High Dynamic Range Imaging", Morgan Kaufmann Publishers, 2006.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายประณต คชกุล
วัน เดือน ปีเกิด	6 เมษายน 2526
ที่อยู่	111 หมู่ 3 ต.บ้านคลอง อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000
ประวัติการศึกษา	2549 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ความชำนาญเฉพาะด้าน	1.) ระบบคอมพิวเตอร์ 2.) การประมวลผลภาพ 3.) ระบบควบคุมการจราจรอัจฉริยะ

