

การค้นหาคะเบียนรถยนต์ด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่ 2 ของเส้นสแกนภาพ

VEHICLE LICENSE-PLATE LOCALIZATION  
USING  
SECOND ORDER DIFFERENTIATION OF VIDEO SCANNED LINES



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน... 44094  
วัน, เดือน, ปี 28 ต.ค. 2545

b.....  
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับก... ISBN 974-324-052-7 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**VEHICLE LICENSE-PLATE LOCALIZATION  
USING  
SECOND ORDER DIFFERENTIATION OF VIDEO SCANNED LINES**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRONIC ENGINEERING  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2002**

**ISBN 974-324-052-7**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2002

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG** อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์      การค้นหาทะเบียนรถยนต์ด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่ 2  
 ของเส้นสแกนภาพ  
 VEHICLE LICENSE-PLATE LOCALIZATION USING  
 SECOND ORDER DIFFERENTIATION OF VIDEO SCANNED LINES

นักศึกษา                      นาย สุรชาติ เหล็กงาม

รหัสประจำตัว                42061303

ปริญญา                        วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา                    วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

พ.ศ.                            2545

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์      รศ.ดร. สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์

**บทคัดย่อ**

การตรวจหาและอ่านทะเบียนรถยนต์มีความสำคัญสำหรับระบบจราจรที่สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลได้ เช่นการติดตามรถยนต์ที่ถูกลักขโมย การควบคุมรถยนต์ในสถานที่จอดรถ หรือในระบบที่มีการเก็บข้อมูลของการจราจร ในงานวิจัยสามารถแบ่งการทำงานได้เป็น 2 ระบบ คือ การตรวจหาบริเวณที่น่าจะเป็นป้ายทะเบียนรถยนต์ และการอ่านตัวอักษรที่อยู่บนป้ายทะเบียนนั้น โดยที่กระบวนการเหล่านี้จะทำการรับข้อมูลภาพจากกล้องวีดีโอที่รับภาพเมื่อมีรถยนต์ผ่านเข้ามา หลังจากนั้นจะทำการจับภาพซึ่งจะได้ภาพหน้ารถยนต์ที่มีป้ายทะเบียนบรรจุอยู่ แล้วนำภาพเหล่านั้นมาทำการประมวลโดยการหาอนุพันธ์อันดับที่ 2 ของเส้นสแกนภาพ เพื่อหาตำแหน่งของป้ายทะเบียน ตามด้วยการแปลงภาพเป็น 2 ระดับ และในขั้นตอนสุดท้าย ระบบจะทำการอ่านตัวอักษรที่อยู่ในป้ายทะเบียนนั้น

<b>Thesis Title</b>	Vehicle License–Plate Localization using Second Order Differentiation of Video Scanned Lines
<b>Student</b>	Mr Surachat Lekngam
<b>Student ID.</b>	42061303
<b>Degree</b>	Master of Engineering
<b>Programme</b>	Electronics Engineering
<b>Year</b>	2002
<b>Thesis Advisor</b>	Associate. Prof. Dr. Surapan AIRPHAIBOON

### ABSTRACT

Vehicle License plate recognition systems are expected to have numerous applications in traffic surveying and monitoring, e.g. finding stolen cars, controlling access to car parks and gathering traffic flow statistics. This thesis presents two vision based traffic-monitoring systems. The first is the area of License-Plate localization system, and the second is the License-Plate recognition system. This approach is capable of monitoring the output from a video camera and detecting when a vehicle passes by. At this moment an image is captured and the vehicle's License-Plate is located by using the second order differentiation of video scanned lines. Then, binarization will be applied. Finally the character will be read by OCR method.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับการตรวจหา  
ป้ายทะเบียนรถยนต์ รวมทั้งได้ตรวจสอบเนื้อหาตลอดจนการเป็นห่วงเป็นใยในการทำวิทยานิพนธ์  
นี้จาก รศ.ดร. สุรพันธุ์ เอื้อไพฑูริย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ทำวิจัยรู้สึกซาบซึ้งใน  
ความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ศ.อัมพิกา ไกรฤทธิ คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.บูรพา ที่ได้ช่วยทำให้  
ภาระงานปัจจุบันได้บรรเทาเบาบางลง ส่งผลให้สามารถดำเนินการในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
ให้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.บูรพา ที่ได้อนุญาตให้  
ลามาเพื่อทำการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบิดา-มารดา ของข้าพเจ้าที่ได้อบรมสั่งสอนข้าพเจ้าด้วยดีตลอดมา  
คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีซึ่งปราศจากผลกำไรที่ได้จากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบอบแต่  
ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุรชาติ เหล็กงาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 กล่าวนำ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
1.3 ข้อตกลงเบื้องต้นในการทำวิทยานิพนธ์.....	1
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.5 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีของการประมวลผลภาพ.....	4
2.1 กล่าวนำ.....	4
2.2 ลักษณะการได้มาของข้อมูลภาพ.....	4
2.3 ลักษณะของข้อมูลภาพดิจิทัล.....	5
2.4 หลักการเบื้องต้นของการประมวลผลภาพ.....	7
2.4.1 Spatial Filtering.....	8
2.4.2 ตัวกรองความถี่ต่ำ.....	10
2.4.3 การลบกันของภาพ.....	12
2.5 ฮิสโตแกรมของภาพดิจิทัล.....	13
2.5.1 ฮิสโตแกรมแบบ 1 มิติ.....	13
2.5.2 การปรับความสว่างของภาพ.....	14
2.5.3 การปรับความเปรียบต่างของภาพ.....	15
2.6 การแยกแยะภาพโดยการตัดเทรสโฮลด์.....	17
2.7 ฮิสโตแกรมแบบ 2 มิติ.....	18
2.7.1 การกรองแบบใช้ค่ามัธยฐาน.....	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7.2 การกรองแบบใช้ค่าเฉลี่ย.....	21
2.7.3 การสร้างฮิสโตแกรมแบบ 2 มิติ.....	21
2.8 การแบ่งภาพโดยใช้เอนโทรปี.....	22
2.8.1 การทดลองหาเอนโทรปีในฮิสโตแกรมมิติเดียว.....	26
2.8.2 ขั้นตอนการหาเอนโทรปีในแนวทแยงจากฮิสโตแกรม 2 มิติ.....	27
2.9 การสร้างภาพ 2 ระดับ.....	28
2.9.1 การหาค่าเทรชโฮลด์โดยใช้เอนโทรปีในฮิสโตแกรม 2 มิติ.....	28
<b>บทที่ 3 การหาบริเวณของทะเบียนรถยนต์.....</b>	<b>30</b>
3.1 บทนำ.....	30
3.2 การแยกแยะสัญญาณด้วยการแปลงฟูเรียร์.....	32
3.2.1 การแยกความแตกต่างโดยความถี่ฮาร์โมนิก.....	36
3.2.2 การตรวจสอบความสมมาตรของข้อมูล.....	38
3.3 การแยกแยะสัญญาณด้วยระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณกับระดับอ้างอิง.....	40
3.4 การแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของสัญญาณ.....	42
3.5 การแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่สองของสัญญาณ.....	46
<b>บทที่ 4 การแยกแยะตัวอักษร.....</b>	<b>48</b>
4.1 บทนำ.....	48
4.2 การแยกแยะตัวอักษรด้วยวิธีโปรเจกชันฮิสโตแกรม.....	49
4.3 การแยกแยะตัวอักษรด้วยวิธี Block Adjacency Graph.....	51
4.4 การอ่านตัวอักษร.....	53
4.4.1 การเตรียมข้อมูลในการฝึกสอน.....	54
4.4.2 การออปติไมซ์.....	54
4.4.3 การรู้จำตัวอักษร.....	56
<b>บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง.....</b>	<b>57</b>
5.1 บทนำ.....	57
5.2 ตอนที่ 1 การหาบริเวณของป้ายทะเบียน.....	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น หากพบผิดเพี้ยนหรือผิดพลาดประการใด ขออภัยและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2.2 อัลกอริทึมของการแยกแยะสัญญาณด้วยการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ กับระดับอ้างอิง.....	60
5.2.3 อัลกอริทึมของการแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่ง ของสัญญาณ.....	61
5.2.3 อัลกอริทึมของการแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่สอง ของสัญญาณ.....	62
5.2 ตอนที่ 2 การแปลงภาพจาก 256 ระดับเป็น 2 ระดับ.....	69
5.3 ตอนที่ 3 การแยกแยะตัวอักษรด้วยวิธี BAG และการอ่านตัวอักษร.....	72
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	75
6.1 หลักการทั่วไปของการทดลอง.....	75
6.2 ข้อดีและข้อเสียของวิธีการแยกแยะป้ายทะเบียนแบบต่างๆ.....	75
6.2.1 ข้อดีของการแยกแยะสัญญาณด้วยการแปลงฟูเรียร์.....	75
6.2.2 ข้อเสียของการแยกแยะสัญญาณด้วยการแปลงฟูเรียร์.....	76
6.2.3 ข้อดีของการแยกแยะสัญญาณด้วยระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ กับระดับอ้างอิง.....	76
6.2.4 ข้อดีของการแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่ง ของสัญญาณ.....	77
6.2.5 ข้อเสียของการแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่ง ของสัญญาณ.....	77
6.2.6 ข้อดีของการแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่สอง ของสัญญาณ.....	77
6.3 ข้อดีและข้อเสียของวิธีการหาค่าจุดแบ่งระดับอัตโนมัติแบบต่างๆ.....	79
6.4 ข้อดีและข้อเสียของวิธีการแยกแยะตัวอักษรแบบต่างๆ.....	79
6.4.1 ข้อดีและข้อเสียของวิธีการแยกแยะตัวอักษรด้วยวิธีการ โปรเจกชันฮิสโตแกรม.....	79
6.4.2 ข้อดีและข้อเสียของวิธีการแยกแยะตัวอักษรด้วยวิธี BAG.....	80
6.5 ข้อดีและข้อเสียของวิธีการอ่านตัวอักษร.....	80
6.6 ข้อเสนอแนะ.....	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง.....	81
ประวัติผู้เขียน.....	83



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
5.1 แสดงถึงการเปรียบเทียบการหาค่าแห่งต่างๆที่คาดว่าน่าจะเป็นบริเวณของป้ายทะเบียนของวิธีการทั้ง 4 วิธี.....	63
5.2 แสดงถึงการเปรียบเทียบบริเวณของป้ายทะเบียนและขอบเขตของป้ายทะเบียนของวิธีการทั้ง 4 วิธี.....	64
5.3 แสดงถึงภาพข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนจำนวนมาก ส่งผลให้วิธีการทั้ง 4 วิธีมีประสิทธิภาพลดลง.....	65
5.4 แสดงภาพตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้จำนวน 50 ภาพจากทั้งหมด 100 ภาพ.....	66
5.5 การเปรียบเทียบผลการหาค่าเทรคโพลด์ของทั้ง 5 วิธี.....	70
5.6 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลเพื่อหาค่าเทรคโพลด์ของทั้ง 5 วิธี.....	71
5.7 ผลการแยกแยะตัวอักษรด้วยวิธีการ BAG และการอ่านตัวอักษร.....	73
6.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาป้ายทะเบียนรถยนต์.....	79
6.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาค่าจุดแบ่งระดับอัตโนมัติ.....	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ตำแหน่งของการติดตั้งกล้องวีดีโอเพื่อจับภาพ.....	5
2.2 การย่อขนาดภาพจากหน่วยเมตริกมาเป็นหน่วยของจุดภาพ.....	5
2.3 ข้อมูลภาพแบบคิจิตอลแสดงถึงแนวแกน x และ y และฟังก์ชันแสดงความเข้มแสง.....	6
2.4 ความสัมพันธ์ของภาพ โดยทั่วไปกับพิกเซลเมตริกซ์.....	7
2.5 คณิตของพิกเซลในเมตริกซ์.....	8
2.6 ความละเอียดของค่าระดับสีเทาของภาพต่างๆ.....	9
2.7 กระบวนการประมวลผลภาพโดยใช้ฟิลเตอร์ขนาด 3x3 .....	10
2.8 ฟิลเตอร์ค่าเฉลี่ยขนาด 3x3 จำนวน 2 แบบ.....	11
2.9 แสดงผลการใช้ตัวกรองความถี่ต่ำผ่านแบบเชิงเส้น.....	12
2.10 การลบกันของภาพ.....	13
2.11 ภาพและฮิสโตแกรมของภาพขนาด 4 ระดับ.....	13
2.12 ลักษณะของฮิสโตแกรมแบบต่างๆ.....	14
2.13 การปรับความสว่างของภาพ.....	15
2.14 ฟังก์ชันการแปลงในแบบต่างๆที่ใช้สำหรับปรับปรุงความเปรียบต่างของภาพ.....	16
2.15 ภาพฮิสโตแกรมหลักการปรับความเปรียบต่าง.....	17
2.16 ฮิสโตแกรมของค่าระดับสีเทา.....	18
2.17 การแยกแยะภาพ โดยวิธีของ Single Threshold.....	19
2.18 ภาพป้ายทะเบียนที่ได้จากการจับภาพบนถนน.....	20
2.19 ผลการกรองความถี่ต่ำผ่าน.....	21
2.20 การกรองแบบค่ามัธยฐานและฮิสโตแกรม 2 มิติ.....	22
2.21 การกรองแบบค่าเฉลี่ยและฮิสโตแกรม 2 มิติ.....	23
2.22 ผลการลบกันของภาพและฮิสโตแกรม 2 มิติ.....	23
2.23 ฮิสโตแกรมถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วน.....	29
3.1 แสดงให้เห็นข้อมูลในแต่ละแถว.....	31
3.2 การวิเคราะห์ภาพถ่ายจากนักรถยนต์แบบ 1 มิติ.....	31
3.3 การแปลงฟูรีเยร์เพื่อแยกส่วนประกอบของฮาร์มอนิกของสัญญาณออก.....	33
3.4 ภาพนักรถที่กำลังถูกพิจารณาโดยเส้นอ้างอิงซึ่งตรงกับบริเวณของป้ายทะเบียน.....	34
3.5 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาทั้ง 3 ส่วน.....	34
3.6 ภาพป้ายทะเบียนรถขนาดความกว้าง 80 พิกเซลกำลังถูกพิจารณา.....	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะกิจและจะไม่เผยแพร่ไปยังที่อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต การคัดลอกหรือการนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.7 การนำข้อมูลของป้ายทะเบียนมาแบ่งเพื่อแปลงฟูเรียร์ขนาด 32 พิกเซล.....	36
3.8 การเลือกกำหนดแบนด์พาสของสัญญาณ โดยเริ่มตั้งแต่ $2 < f < 10$ .....	37
3.9 แสดงบริเวณที่มีผลรวมของความถี่ฮาร์มอนิกมากกว่าค่าเทรสโฮลด์.....	38
3.10 การเปรียบเทียบระหว่างบริเวณที่มีตัวหนังสือและบริเวณอื่น.....	38
3.11 การเปรียบเทียบความสมมาตรของข้อมูล.....	39
3.12 การประยุกต์ใช้การแยกแยะสัญญาณด้วยระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ.....	41
3.13 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดจำนวน 253 จุดข้อมูล .....	41
3.14 การหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ถูกแบ่งขนาด 90 จุดข้อมูล.....	42
3.15 ผลการประยุกต์อนุพันธ์อันดับที่ 1 กับข้อมูลบนเส้นตัดขวาง.....	44
3.16 ผลการประยุกต์ในขั้นตอนที่ 2, 3 และ 4 .....	46
3.17 ผลการประยุกต์อนุพันธ์อันดับที่ 2 กับข้อมูลบนเส้นตัดขวาง.....	47
4.1 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของตัวอักษรจากเดิมที่มีระดับ 256 ระดับเป็น 2 ระดับ.....	48
4.2 ภาพจากป้ายทะเบียนที่ผ่านการแปลงให้เป็นภาพ 2 ระดับและลดสัญญาณรบกวนแล้ว....	49
4.3 วิธีการแยกแยะตัวอักษรออกจากภาพโดยใช้การ โปรเจกชันฮิสโตแกรม.....	51
4.4 ผลของการประยุกต์การใช้โปรเจกชันฮิสโตแกรมกับภาพที่มีสัญญาณรบกวน.....	51
4.5 อัลกอริทึมของกระบวนการ BAG.....	52
4.6 แสดงให้เห็นถึงวิธีการของBAG .....	53
4.7 ผลการใช้วิธีBAG กับรูปที่ 4.4 .....	53
4.8 ภาพเริ่มต้นก่อนจะเข้ากระบวนการอ่านตัวอักษร .....	54
4.9 ตัวอย่างภาพต้นแบบที่ใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม.....	54
4.10 แสดงตัวอย่างการพิจารณาจุด A และ B.....	55
4.11 แสดงตัวอย่างการอุปติไม่ซ์สำหรับข้อมูลที่เป็นตัวเลขตั้งแต่เลข 0 ถึง 9 .....	55
5.1 ภาพรวมของการทดลองในงานวิจัย.....	57
5.2 อัลกอริทึมของการแยกแยะสัญญาณด้วยการแปลงฟูเรียร์.....	59
5.3 อัลกอริทึมของการแยกแยะสัญญาณด้วยการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณกับระดับอ้างอิง.....	60
5.4 อัลกอริทึมของการแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของสัญญาณ.....	61
5.5 อัลกอริทึมของการแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่สองของสัญญาณ.....	62
5.6 ผลการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการหาบริเวณของป้ายทะเบียนทั้ง 4 วิธี.....	67

เอกสาร 6.1 เปรียบเทียบภาพข้อมูลที่มีรอยนต์ 1 คั่นและ 2 คั่น.....

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 กล่าวนำ

การนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยด้านการตรวจจับและอ่านตัวอักษรบนป้ายทะเบียนรถยนต์ที่วิ่งตามที่สาธารณะต่างๆ จำเป็นที่จะต้องใช้วิธีการทางการประมวลผลภาพ ซึ่งในงานวิจัยที่ผ่านมาจะมีขั้นตอนการทำงานตามลำดับดังนี้ เริ่มจากการตรวจจับภาพของรถยนต์ที่วิ่งไปมาหรืออยู่กับที่ หาตัวอักษรและตัวเลขในภาพ อ่านตัวอักษรและแปลงให้อยู่ในรูปแบบของรหัสดิจิทัล ซึ่งการประยุกต์ใช้งานวิจัยนี้มักจะนำไปใช้กับรถยนต์ที่มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่มากนัก เช่นในสถานที่สำหรับจอดรถยนต์ หรือตามด่านต่างๆ เนื่องจากต้องใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างมาก จากการศึกษางานวิจัยต่างๆที่ผ่านมา[3-6] การประมวลผลภาพเพื่ออ่านตัวอักษรและเลขทะเบียนของรถยนต์ที่อยู่ในภาพจะใช้เวลามาก เนื่องจากในบางงานวิจัยจะนำภาพทั้งหมดมาประมวลผล เช่นการใช้ค่าเทรสโฮลด์ทั้งภาพเพื่อหาบริเวณของกรอบสี่เหลี่ยมของทะเบียน หรือการปรับค่าเทรสโฮลด์ที่แตกต่างกันเพื่อหาบริเวณของทะเบียน หรือการใช้การแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform) สัมประสิทธิ์ของสเปกตรัม(Spectrum) ของป้ายทะเบียน

### 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อออกแบบพัฒนาอัลกอริทึมที่ใช้หาบริเวณขอบเขตของตัวอักษรที่เรียงกันในแนวนอน ซึ่งเป็นตัวอักษรและตัวเลขซึ่งใช้เวลาในการประมวลผลน้อยที่สุด และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหาบริเวณขอบเขตของตัวอักษรเมื่อภาพที่ได้แต่ละภาพมีความแตกต่างของความเข้มแสงซึ่งเกิดจากสถานะที่ต่างกัน พร้อมทั้งนำอัลกอริทึมในการปรับปรุงภาพและการรู้จำตัวอักษรที่มีนักวิจัยได้พัฒนาไปแล้วมาประยุกต์ใช้กับการแปลงอักษรในภาพให้เป็นรหัสทางดิจิทัล

### 1.3 ข้อตกลงเบื้องต้นในการทำวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการใหม่ในการหาบริเวณของป้ายทะเบียนรถยนต์จากภาพถ่ายด้านหน้ารถที่ขณะที่กำลังวิ่งอยู่บนท้องถนนและนำมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์ต่างๆดังนี้

- กล้องถ่ายวีดีโอี่ห้อโซนี่รุ่น X450
- ใช้โปรแกรม Matlab 6.0 มาช่วยในการประมวลผล
- ใช้โปรแกรมอ่านตัวอักษรที่มีผู้พัฒนาไว้แล้ว

## 1.4 ขอบเขตของการศึกษา

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นการนำเสนอแนวความคิดในการประยุกต์วิธีการวิเคราะห์ความแตกต่างของสัญญาณ 1 มิติ ด้วยอนุพันธ์อันดับที่ 2 (Second Differentiation) เพื่อลดเวลาในการหาบริเวณของทะเบียนรถยนต์ จากภาพที่ได้จากการจับภาพโดยกล้องวิดีโอ พร้อมแปลงให้อยู่ในรูปของภาพทางดิจิทัล มาเปรียบเทียบกับวิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีการอื่นที่ใช้หาบริเวณขอบเขตที่เป็นตำแหน่งของตัวอักษร ได้แก่ การวิเคราะห์ด้วยการแปลงฟูเรียร์ การวิเคราะห์ด้วยการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณกับระดับอ้างอิง และการหาอนุพันธ์อันดับที่ 1 ของสัญญาณ

## 1.5 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

เนื้อหาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะจัดแบ่งเนื้อหาทั้งหมดออกเป็น 6 บท และแต่ละบทจะมีหัวข้อและเนื้อหาดังต่อไปนี้

### บทที่ 1 บทนำ

อธิบายถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาตลอดจนวัตถุประสงค์ของขอบเขตของงานวิจัย

### บทที่ 2 ทฤษฎีของการประมวลผลภาพ (Image Processing)

อธิบายถึงหลักการประมวลผลภาพเบื้องต้น โดยใช้ฮิสโตแกรมทั้งแบบ 1 มิติ และแบบ 2 มิติ เพื่อที่จะหาค่าเทรชโฮลด์ (Threshold) โดยอัตโนมัติ ด้วยทฤษฎีของเอนโทรปี (Entropy) และการลบกันของภาพ เพื่อนำไปใช้ในการแบ่งระดับภาพระหว่างตัวอักษรและพื้นของป้ายทะเบียน

### บทที่ 3 การหาบริเวณของทะเบียนรถยนต์

อธิบายถึงแนวความคิดเดิมของการหาบริเวณของป้ายทะเบียนที่มีนักวิจัยเคยพัฒนาไว้แล้ว โดยใช้ทฤษฎีของการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณกับระดับอ้างอิง (Zero Crossing Segmentation) พร้อมกับการแยกแยะสัญญาณด้วยการแปลงฟูเรียร์ ( Fourier Transform Segmentation ) และเปรียบเทียบกับแนวคิดใหม่ที่ใช้ทฤษฎีของอนุพันธ์อันดับที่ 1 และ 2 (First Order and Second Order Differential Segmentation )

### บทที่ 4 การแยกแยะตัวอักษร

อธิบายถึงการแยกแยะตัวอักษรออกจากป้ายทะเบียน เพื่อนำไปเป็นข้อมูลเข้าของกระบวนการรู้จำตัวอักษร (Character Recognition) ซึ่งจะเปลี่ยนจากข้อมูลภาพให้เป็นรหัสทางดิจิทัล ซึ่งได้มีผู้พัฒนาไว้แล้ว

### บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง

แสดงการทดลอง ผลการทดลองของการแยกแยะสัญญาณด้วยวิธีต่างๆ รวมถึงการแปลงภาพจากระดับสีเทา (Gray level) เป็นภาพขาว-ดำ

## บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัยที่ได้จากการทดลองพร้อมทั้งวิจารณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นตลอดจนข้อเสนอแนะต่างๆ ในการทำวิจัยต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีของการประมวลผลภาพ (Image Processing)

### 2.1 กล่าวนำ

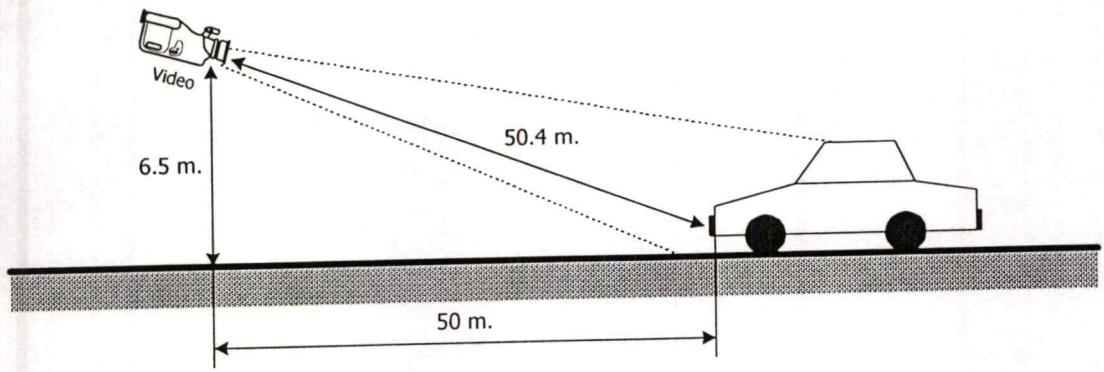
ทฤษฎีในการประมวลผลภาพนับว่ามีประโยชน์อย่างมหาศาล ต่อวงการอุตสาหกรรมต่างๆ การควบคุมการจราจร หรือแม้แต่การวิเคราะห์ทางการแพทย์ ซึ่งงานวิจัยทางด้านนี้ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และได้แบ่งการวิจัยไปในสาขาต่างๆ มากมาย ซึ่งงานวิจัยที่กล่าวมานั้น บางครั้งจำเป็นต้องมีการเตรียมภาพโดยใช้หลักการปรับปรุงภาพ (Image Enhancement) เพื่อให้ได้ข้อมูลภาพที่พร้อมจะนำไปประมวลผล ซึ่งการปรับปรุงภาพจะมีวิธีอยู่มากมาย ที่จะได้กล่าวในหัวข้ออื่นต่อไป

สำหรับในบทนี้จะเน้นงานทางด้านการปรับปรุงภาพเพื่อหาจุดแบ่งระดับ ดำ-ขาว โดยอาศัยการพิจารณาฮิสโตแกรมแบบ 1 มิติ และ แบบ 2 มิติของภาพเป็นตัวปรับปรุง ทั้งนี้ก็เนื่องจากต้องการแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของฮิสโตแกรมทั้ง 2 แบบ ที่จะนำมาใช้ในงานวิจัย

### 2.2 การได้มาของข้อมูลภาพ

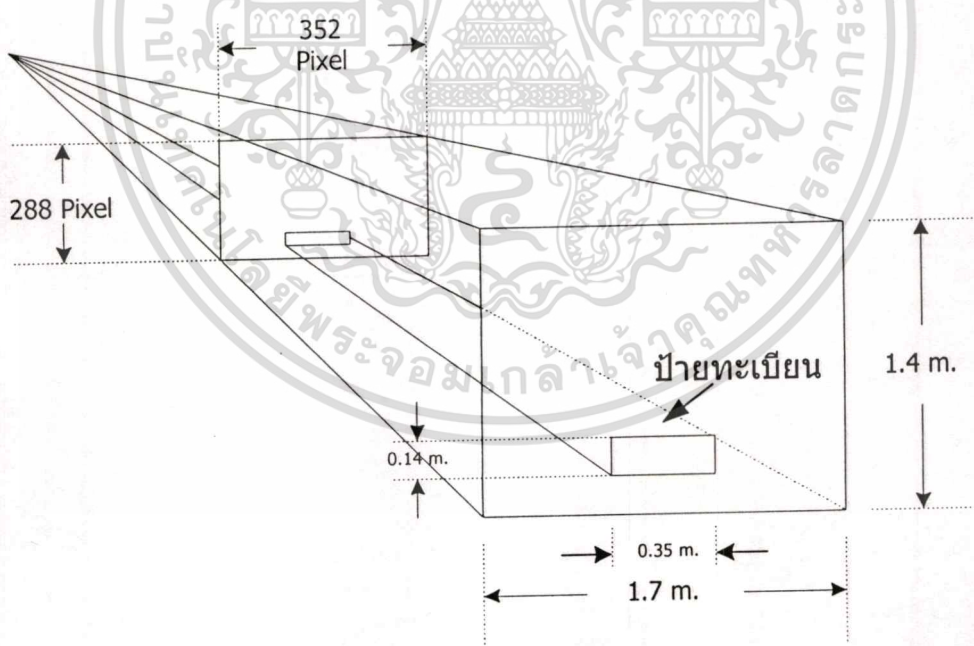
ภาพที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ได้มาจากการจับภาพรถยนต์ขณะที่วิ่งอยู่บนถนนด้วยความเร็วประมาณ 0 – 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพราะมีข้อจำกัดทางด้านอุปกรณ์ เนื่องจากในการจับภาพจะอาศัยการทำงานของกล้องถ่ายภาพวิดีโอ ซึ่งมีความไวประมาณ 1/25 วินาที หรือใน 1 วินาทีสามารถจะจับภาพได้ทั้งหมด 25 ภาพหรือเฟรม ดังนั้นความผิดพลาดของกล้องวิดีโอจะมีมากขึ้นถ้าการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลอย่างรวดเร็วจนกล้องวิดีโอ ไม่สามารถจับภาพได้ทันเวลา และใช้การจับภาพรถยนต์ที่วิ่งอยู่บนถนนเพียง 1 เลนเท่านั้น

ลักษณะการติดตั้งกล้องวิดีโอสามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 2.1 คือความสูงของกล้องจะสูงจากระดับถนนประมาณ 6.5 เมตรเนื่องจากติดตั้งอยู่บนสะพานลอยซึ่งมีความสูง 5.5 เมตร ระยะทางจากตำแหน่งของกล้องถึงตำแหน่งที่ทำการสังเกตประมาณ 50 เมตร ดังนั้นระยะทางยาวโฟกัสจริงซึ่งวัดจากตำแหน่งของกล้องถึงตำแหน่งที่สังเกตประมาณ 50.4 เมตร แต่ในทางปฏิบัติแล้วตำแหน่งดังกล่าวอาจคลาดเคลื่อนไปบ้างเล็กน้อย



รูปที่ 2.1 ตำแหน่งของการติดตั้งกล้องวิดีโอเพื่อจับภาพ

ลักษณะของภาพที่ได้จะมีลักษณะความกว้างของภาพไม่เท่ากันเนื่องมาจากขนาดของป้ายทะเบียนของกรมการขนส่งทางบกมีขนาดไม่เท่ากันเช่น 30x14 ซม. หรือ 34x14 ซม. เป็นต้น ซึ่งภาพของป้ายทะเบียนที่ปรากฏในกล้องวิดีโอจะมีขนาดความสูงประมาณ 28 พิกเซล และความกว้างประมาณ 70 พิกเซล ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 2.2

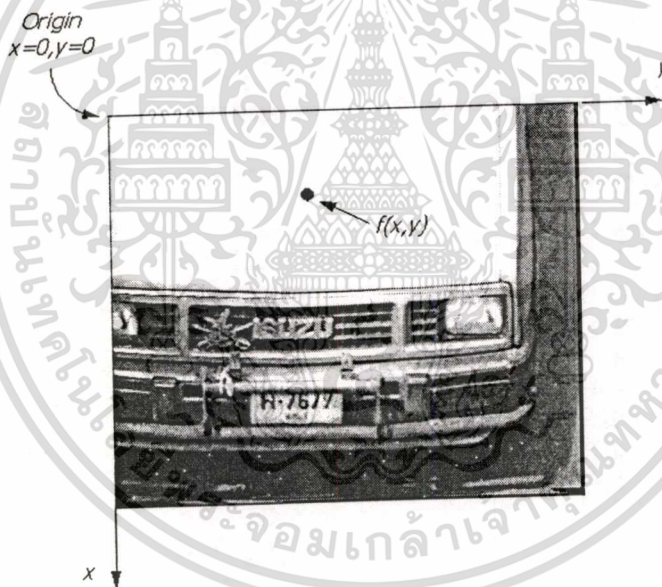


รูปที่ 2.2 การย่อขนาดภาพจากหน่วยเมตรมาเป็นหน่วยของจุดภาพ (Pixel)

## 2.3 ลักษณะของข้อมูลภาพดิจิทัล

โดยปกติภาพที่เราเห็น โดยทั่วไป เช่น ภาพที่แสดงอยู่ในระบบหรือโทรทัศน์จะเป็น สัญญาณต่อเนื่อง (Analog signal) แต่ภาพที่เรานำมาประมวลผลในคอมพิวเตอร์นั้น จำเป็นต้องเป็น ภาพเชิงเลขหรือที่เรียกว่าภาพดิจิทัล (Digital Image) ซึ่งในปัจจุบันถ้าเราต้องการที่จะนำภาพที่ไม่ใช่ภาพดิจิทัล มาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ก็อาจจะใช้ การ์ดดิิจิทัล แปลงเป็นข้อมูลภาพดิจิทัล หรือไม่ถ้าเป็นภาพทั่วไปเราก็อาจใช้กล้องดิจิทัลถ่ายภาพซึ่งก็จะได้ข้อมูลที่เป็นภาพดิจิทัลออกมาเลยก็ได้ นอกจากนี้ถ้าเรามีภาพถ่ายอยู่แล้วอาจนำภาพดังกล่าวไปผ่านเครื่อง สแกนเนอร์ ก็จะได้ข้อมูลภาพดิจิทัลเช่นกัน

คำว่า ภาพ ( Image ) หมายถึง ความเข้มแสงซึ่งแสดงได้ด้วยฟังก์ชัน ในระนาบ 2 มิติ  $f(x, y)$  โดย  $x$  และ  $y$  เป็นโคออดิเนทที่เกิดขึ้นที่ภาพจริง ณ. จุดต่างๆและค่าของฟังก์ชัน  $f(x, y)$  ณ. จุด  $(x, y)$  ใดๆ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความสว่างหรือระดับเทา (gray level) ของภาพที่จุดนั้นๆ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ข้อมูลภาพแบบดิจิทัลแสดงถึงแนวแกน  $x$  และ  $y$  และฟังก์ชันแสดงความเข้มของแสง ณ.จุด  $(x, y)$  ใดๆ

ในการพิจารณาข้อมูลภาพแบบดิจิทัลจะแทนด้วยเมตริกซ์ซึ่งมีแถวและหลักเป็น องค์ประกอบ และค่าของระดับเทา ณ. จุดต่างๆ โคออดิเนทหรือจุดต่างๆ ที่เกิดขึ้นในเมตริกซ์ เรียกว่า พิกเซล (Pixel) หรือจุดย่อยของภาพ (picture element) โดยทั่วไปขนาดของข้อมูลภาพ สามารถเปลี่ยนแปลงได้แล้วแต่การใช้งาน โดยมากจะเลือกเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส และจะแบ่งระดับ เทาด้วยตัวเลขจำนวนเต็มยกกำลังสอง เช่นพื้นที่  $512 \times 512$  และมีระดับเทา 128 ระดับ เป็นต้น

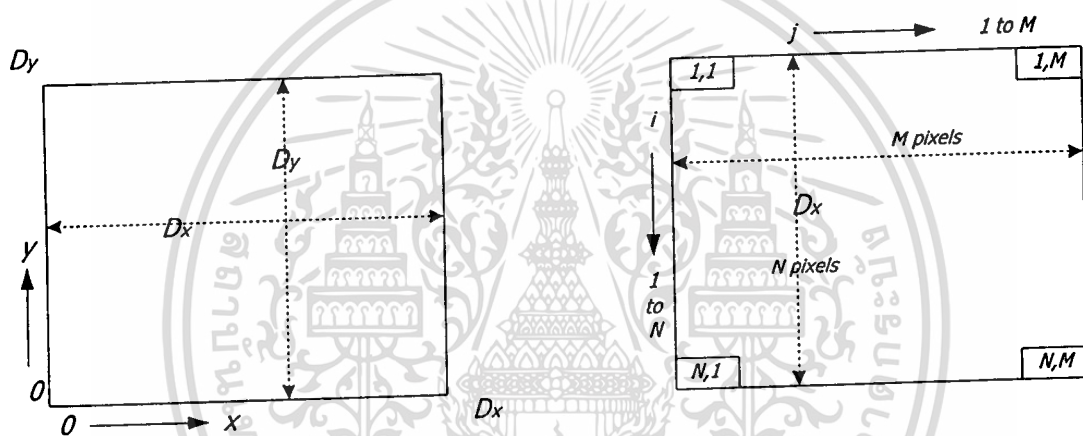
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 หลักการเบื้องต้นของการประมวลผลภาพ

การแสดงผลภาพดิจิทัลสามารถอธิบายได้ด้วยเมทริกซ์  $N \times M$  และให้จุดต่างๆที่อยู่ในเมทริกซ์เป็นจุด  $(x,y)$  ใดๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของจอภาพในแต่ละจุด  $(x,y)$  ใดๆ เรียกว่า " พิกเซลหรือจุดภาพ " และในแต่ละพิกเซลจะแสดงให้เห็นให้เราเห็นได้ด้วยฟังก์ชันของความเข้มของแสง (องค์ประกอบของ  $p(i,j)$ ) เมื่อเราเปรียบเทียบระหว่างภาพและพิกเซลเมทริกซ์ (pixel Matrix) ดังรูปที่ 2.4 จะเห็นว่าจุดกำเนิดของภาพจะอยู่ที่มุมล่างซ้าย แต่จุดกำเนิดของพิกเซลจะอยู่ที่มุมบนซ้าย ซึ่งจะเป็นลักษณะการประมวลผลภาพในกราฟฟิคของคอมพิวเตอร์

กล่าวคือ

$$\begin{aligned} i &= x && \text{เมื่อ } 1 \leq i \leq N \\ j &= (M-y) && \text{เมื่อ } 1 \leq j \leq M \end{aligned} \quad (2.1)$$



ลักษณะของภาพ

ลักษณะของพิกเซลเมทริกซ์

รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ของภาพโดยทั่วไปกับพิกเซลเมทริกซ์

เมื่อ  $x = D_x / N$

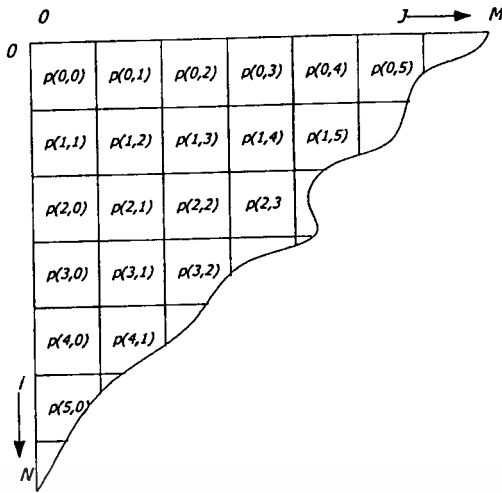
$y = D_y / M$

$N$  คือจำนวนบิตสูงสุดของพิกเซลในแนวตั้ง

$M$  คือจำนวนบิตสูงสุดของพิกเซลในแนวนอน

เมื่อเราให้จุดต่างๆ บนเมทริกซ์เป็น  $p(i, j)$  ใดๆ

ค่าของพิกเซลหรือฟังก์ชัน  $p(i, j)$  ณ. จุดใดๆ จะแสดงได้ด้วยค่าของความเข้มของแสง ซึ่งอาจแบ่งได้หลายระดับ เช่น ถ้ามี 2 ระดับก็จะเป็นแค่ 0 กับหนึ่ง หรือ 256 ระดับก็ได้ ขึ้นอยู่กับความละเอียดของภาพ



รูปที่ 2.5 คณิตศาสตร์ของพิกเซลในเมตริกซ์

สำหรับลักษณะของข้อมูลภาพดิจิทัลที่จะนำมาประมวลผลในคอมพิวเตอร์นั้นจะถูกแทนด้วยตัวเลขที่มีลักษณะเป็นเลขจำนวนเต็ม ไม่มีค่าเป็นลบที่อยู่ในรูปของเมตริกซ์ ซึ่งเราลองสมมติให้ภาพดิจิทัลที่มีขนาด  $M \times N$  ถูกแทนด้วยฟังก์ชัน  $f(x,y)$  โดยมีองค์ประกอบ (element) ของมันถูกแทนด้วยเมตริกซ์ของภาพดังในสมการที่ 2.2

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

จากสมการที่ 2.2 สมาชิกของฟังก์ชัน  $f(x, y)$  เช่น  $f(1,1)$  ในทางภาพดิจิทัลจะกำหนดให้เป็นค่าความเข้มของจุดภาพ (Pixel หรือ Picture element) ซึ่งเป็นเลขจำนวนเต็มที่ไม่มีค่าติดลบ และมักนิยมเรียกเป็นค่าระดับสีเทา (gray level) ของภาพ ซึ่งค่าดังกล่าวนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับความละเอียดของภาพดิจิทัล และโดยทั่วไปแล้ว ค่าระดับสีเทา มักจะกำหนดให้มีค่า 256 ระดับ ซึ่งจะทำให้ค่าของ  $f(x,y)$  มีค่าอยู่ในช่วง  $[0,255]$  หรือที่เรียกว่าเป็นภาพ 8 บิต ( $2^8 = 256$ ) นอกจากภาพ 8 บิตแล้ว อาจมีการใช้ภาพ 16 บิต หรือ 24 บิต ซึ่งก็จะทำให้ภาพมีค่าระดับสีเทาเป็น 512 หรือ 1024 ระดับตามลำดับ ซึ่งนั่นก็หมายความว่า ภาพดังกล่าวจะมีความละเอียดมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.6

#### 2.4.1 (Spatial Filtering)

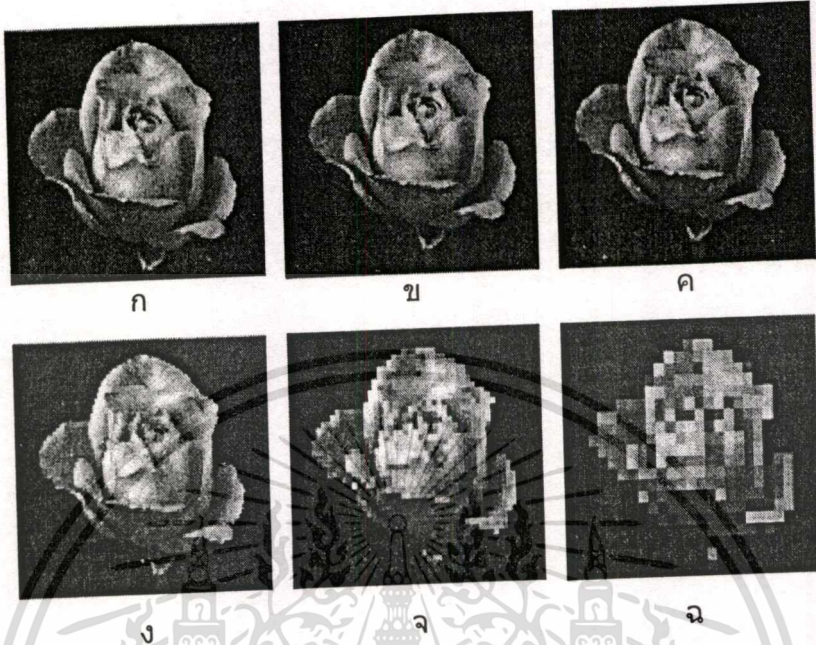
การประมวลผลภาพหรือการปรับปรุงภาพในบางกระบวนการ เราจะใช้พิกเซลที่

ติดต่อกันซึ่งมีอาณาบริเวณไม่กว้างมากมาทำการประมวลผลพร้อมๆกัน ด้วยค่าต่างๆที่อยู่บน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิกเซลนั้น อาณาบริเวณของภาพซึ่งมีขนาดเล็กเหล่านี้เราอาจเรียกว่า mark, kernel, template, หรือ window และค่าต่างๆที่อยู่บนพิกเซลเหล่านี้เราเรียกว่า สัมประสิทธิ์ (Coefficient)



รูปที่ 2.6 ความละเอียดของค่าระดับสีเทาของภาพต่างๆ (ก) 1024 ระดับ (ข) 512 ระดับ (ค) 256 ระดับ (ง) 128 ระดับ (จ) 64 ระดับ และ (ฉ) 32 ระดับ

แนวคิดในการใช้ฟิลเตอร์นี้ได้เกิดจากทฤษฎีการประมวลผลด้วยการแปลงฟูเรียร์ (Fourier transform) หรือเป็นการประมวลผลสัญญาณในโดเมนความถี่ ในทางปฏิบัติฟิลเตอร์ ที่กล่าวถึงนี้สามารถแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 2.7 กระบวนการประมวลผลภาพจะทำการเคลื่อนฟิลเตอร์ จากจุดกำเนิดของภาพไปยังทุกจุดหรือพิกเซลของภาพ แต่ละพิกเซล  $(x,y)$  จะทับกับฟิลเตอร์พอดีก็จะทำการคำนวณค่าความสว่างจากพิกเซลของภาพ และจากสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์ ผลตอบสนอง (Response) แทนด้วย  $R$  ที่แต่ละตำแหน่งของพิกเซลจะมีค่าดังสมการ

$$R = \omega(-1,-1)f(x-1,y-1) + \omega(-1,0)f(x-1,y) + \dots + \omega(0,0)f(x,y) + \dots + \omega(1,0)f(x+1,y) + \omega(x+1,y+1) \quad (2.3)$$

โดยที่  $\omega(x,y)$  คือ สัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์

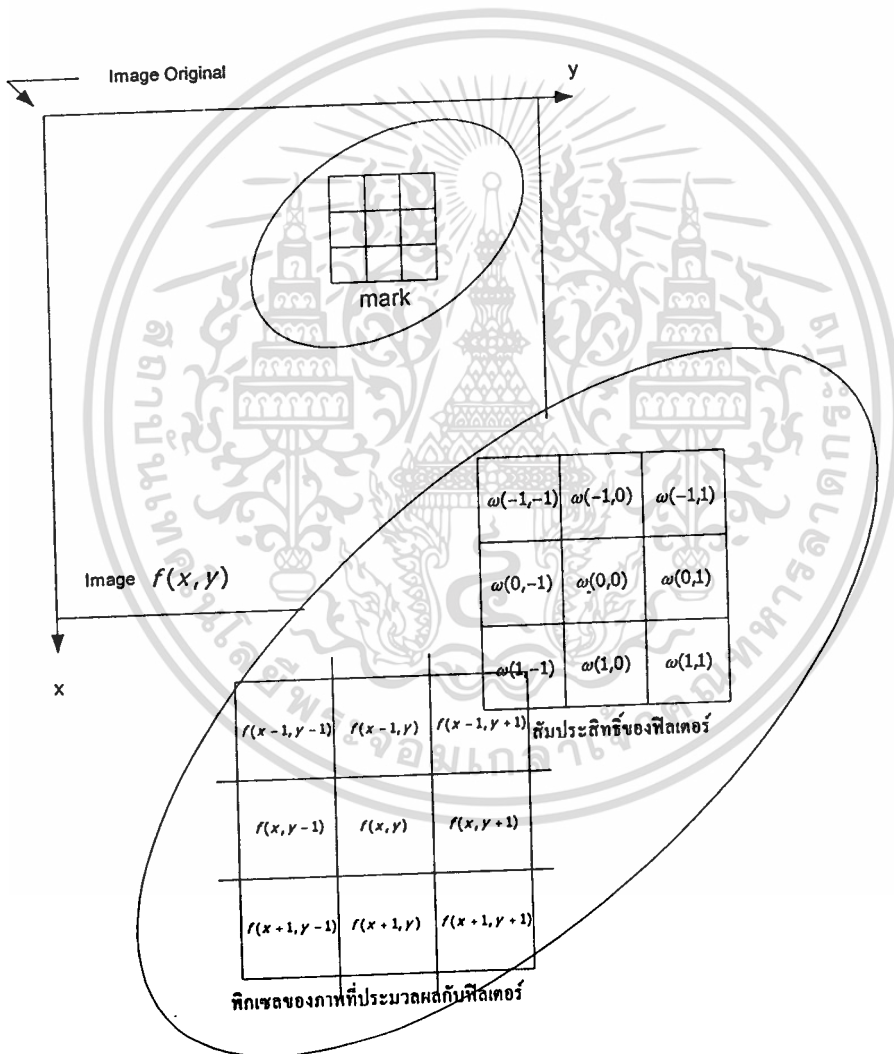
ซึ่งผลตอบสนองก็คือค่าผลรวมของผลคูณระหว่างสัมประสิทธิ์ของฟิลเตอร์และค่าความ

เอกสารที่ว่างของพิกเซลนั่นเอง ทรัพยากรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.2 ตัวกรองความถี่ต่ำ (Smoothing Filter)

ตัวกรองเป็นตัวดำเนินการทางการประมวลผลภาพเพื่อปรับภาพให้เกิดการพรมัวหรือเพื่อลดผลของสิ่งรบกวนที่อยู่ในภาพ การลดลงจะแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อมีสิ่งรบกวนเกิดขึ้นเป็นบริเวณแคบๆ เช่นบริเวณที่มีความสว่างหรือมืดอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณใกล้เคียง ดังนั้นสิ่งรบกวนจึงสามารถถูกกำจัดออกได้ด้วย ตัวกรองสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือแบบเชิงเส้น (Linear filter) และแบบไม่เชิงเส้น (Non Linear filter) แต่ในงานวิจัยนี้จะใช้ตัวกรองแบบเชิงเส้น เพื่อหาบริเวณที่มีคเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณข้างเคียง ซึ่งเป็นบริเวณของตัวอักษรในป้ายทะเบียน



รูปที่ 2.7 กระบวนการประมวลผลภาพโดยใช้ฟิลเตอร์ขนาด 3x3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ซึ่งผลของการประยุกต์ใช้ฟิลเตอร์กรองความถี่ต่ำผ่านในการประมวลผลภาพตัวอย่าง แสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.9 และจะเห็นได้ว่า ภาพที่ 2.9(ข) และ 2.9(ค) มีความแตกต่างกันเล็กน้อย หลังจากที่ให้ฟิลเตอร์ในรูปที่ 2.8 (ก) และ 2.8 (ข) ประมวลผลตามลำดับ แต่ความคมชัดของภาพที่ ผ่านการกรองด้วยฟิลเตอร์จะลดลง



ก



ข



ค

รูปที่ 2.9 แสดงผลของการใช้ตัวกรองความถี่ต่ำผ่านแบบเชิงเส้น (ก) ภาพต้นแบบ (ข)และ(ค)

เป็นภาพที่ใช้ฟิลเตอร์ในรูปที่ 2.8(ก) และ 2.8(ข) ประมวลผลตามลำดับ

#### 2.4.3 การลบกันของภาพ (Image Subtraction)

การลบกันระหว่างภาพ 2 ภาพ  $f(x, y)$  และ  $h(x, y)$  สามารถนิยามได้ดังนี้

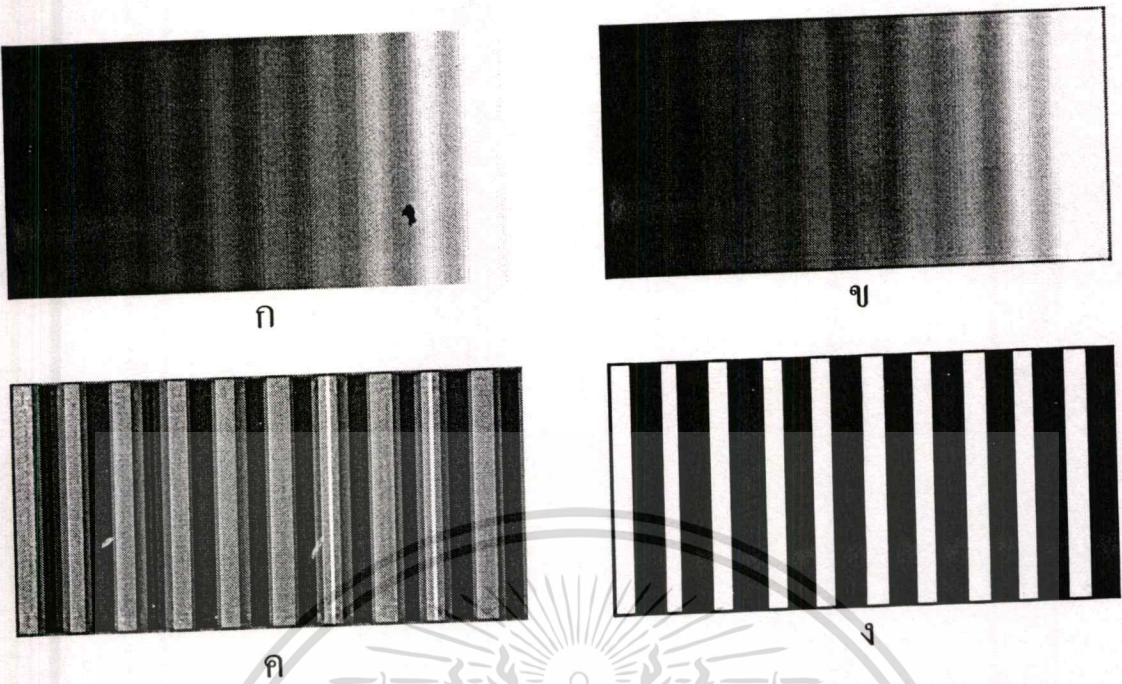
$$g(x, y) = f(x, y) - h(x, y) \quad (2.6)$$

และ  $g(x, y)$  คือผลลัพธ์ของการลบกัน ซึ่งจะบรรจุความแตกต่างกันระหว่างคู่ของสัมประสิทธิ์ ระหว่างภาพ 2 ภาพ ณ ตำแหน่งพิกเซล  $(x, y)$  เดียวกัน ของภาพ  $f$  และ  $h$

ในงานวิจัยนี้จะอาศัยหลักการของการหาความแตกต่างกันระหว่างภาพ 2 ภาพ คือภาพ ต้นแบบ และภาพต้นแบบที่ผ่านกระบวนการกรองความถี่ต่ำด้วยกระบวนการที่ผ่านมาทำการ ประมวลผล เนื่องจากภาพที่ผ่านกระบวนการกรองแล้วจะมีความคมชัดลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับ ภาพต้นแบบ ดังนั้นจะเกิดความแตกต่างระหว่างพิกเซลที่ผ่านการกรองและไม่ผ่านการกรอง ซึ่ง บริเวณที่มีลักษณะมืดหรือสว่างต่างจากบริเวณข้างเคียงมากๆ หรือขอบมุมต่างๆของภาพจะปรากฏ ความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด ซึ่งก็คือการทำให้ตัวอักษรที่มีสีเข้มกว่าสีพื้นมีลักษณะที่เด่นมากขึ้น และจะส่งผลให้การหาจุดแบ่งระดับภาพมีความง่ายยิ่งขึ้น หลังจากที่ได้ภาพที่มีความแตกต่างกัน แล้ว กระบวนการหาค่าเทรชโฮลด์ (Threshold) จะเป็นกระบวนการต่อไปในการแบ่งแยกภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



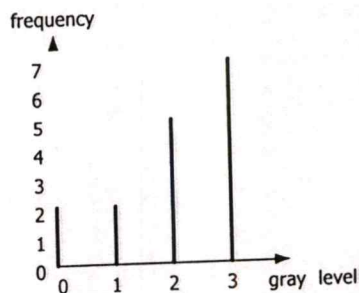
รูปที่ 2.10 ผลการลบกันของภาพ (ก) ภาพต้นแบบลูกคลื่นที่มีระดับต่างกันซึ่งไม่สามารถหาค่าเทรสโวลต์ที่เหมาะสมได้ (ข) ภาพต้นแบบที่ถูกกรองแล้ว (ค) ผลต่างของภาพ ก และ ค ซึ่งขยายช่วงเป็น 0-255 (ง) ผลที่ได้จากการแบ่งระดับภาพโดยใช้ค่าเทรสโวลต์เท่ากับ 158

2.5 ฮิสโตแกรมของภาพดิจิทัล

2.5.1 ฮิสโตแกรมแบบ 1 มิติ

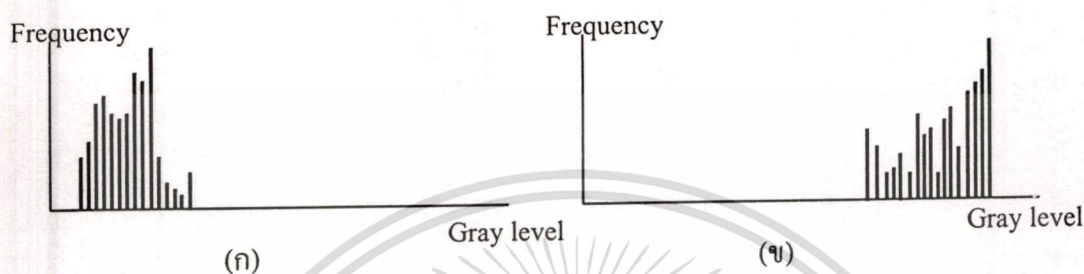
ในความหมายของคำว่าฮิสโตแกรมของภาพดิจิทัล นั่นก็คือ กราฟที่แสดงถึง ความถี่หรือความหนาแน่นของค่าระดับสีเทา (Gray level) ที่อยู่ในช่วง  $[0, L-1]$  ของภาพนั้นๆ เมื่อ  $L$  คือค่าระดับสีเทาสูงสุด โดยที่กราฟดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นกราฟแบบแท่ง ที่มีแกน  $x$  แทนค่าระดับสีเทาในช่วง  $[0, L-1]$  ส่วนแกน  $y$  แทนค่าความถี่ หรือ ความหนาแน่นของค่าระดับสีเทา ตัวอย่างเช่น ในรูปที่ 2.11 ซึ่งเป็นตัวอย่างฮิสโตแกรมของภาพซึ่งมีระดับค่าสีที่แตกต่างกัน 4 ระดับคือ 0, 1, 2 และ 3 ซึ่งมีความถี่ที่แตกต่างกันดังรูปที่ 2.11

2	2	3	3
3	2	3	3
0	1	2	3
0	1	2	3



เอกสารนี้รูปที่ 2.11 ภาพซึ่งมีความสว่างเพียง 4 ระดับ และฮิสโตแกรมของภาพ  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระจายตัวของกราฟฮิสโตแกรมจะทำให้เราทราบลักษณะของภาพนั้นๆ ได้ว่าเป็นภาพที่มีลักษณะเป็นภาพที่มีมืดหรือเป็นภาพที่มีความสว่าง โดยพิจารณาได้ดังนี้ ถ้าเป็นภาพที่มีความสว่างน้อย ฮิสโตแกรมของภาพนั้นจะมีการกระจายตัวของแท่งกราฟอยู่ทางด้านซ้ายของกราฟเป็นส่วนใหญ่ซึ่งจะมีค่าระดับสีที่ต่ำกว่าทางด้านขวาของกราฟดังแสดงในรูปที่ 2.12(ก) แต่ถ้าเป็นภาพที่มีความสว่าง ฮิสโตแกรมก็จะมีลักษณะเบนไปทางด้านซ้ายของกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.12(ข)



รูปที่ 2.12 (ก) ฮิสโตแกรมของภาพที่มีลักษณะมืด (ข) ฮิสโตแกรมของภาพที่มีลักษณะสว่าง

ฮิสโตแกรมของภาพนับว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญในขบวนการปรับปรุงภาพอย่างหนึ่ง ซึ่งในการปรับปรุงภาพที่จำเป็นต้องอาศัยการพิจารณาฮิสโตแกรมก็มีอยู่หลายวิธี เช่น การปรับความสว่างของภาพ (Brightness) การปรับความคมชัด (contrast) การทำฮิสโตแกรมอีควอไรเซชัน (Histogram Equalization) การแยกแยะภาพ (Image segmentation) และอื่นๆ ที่จะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

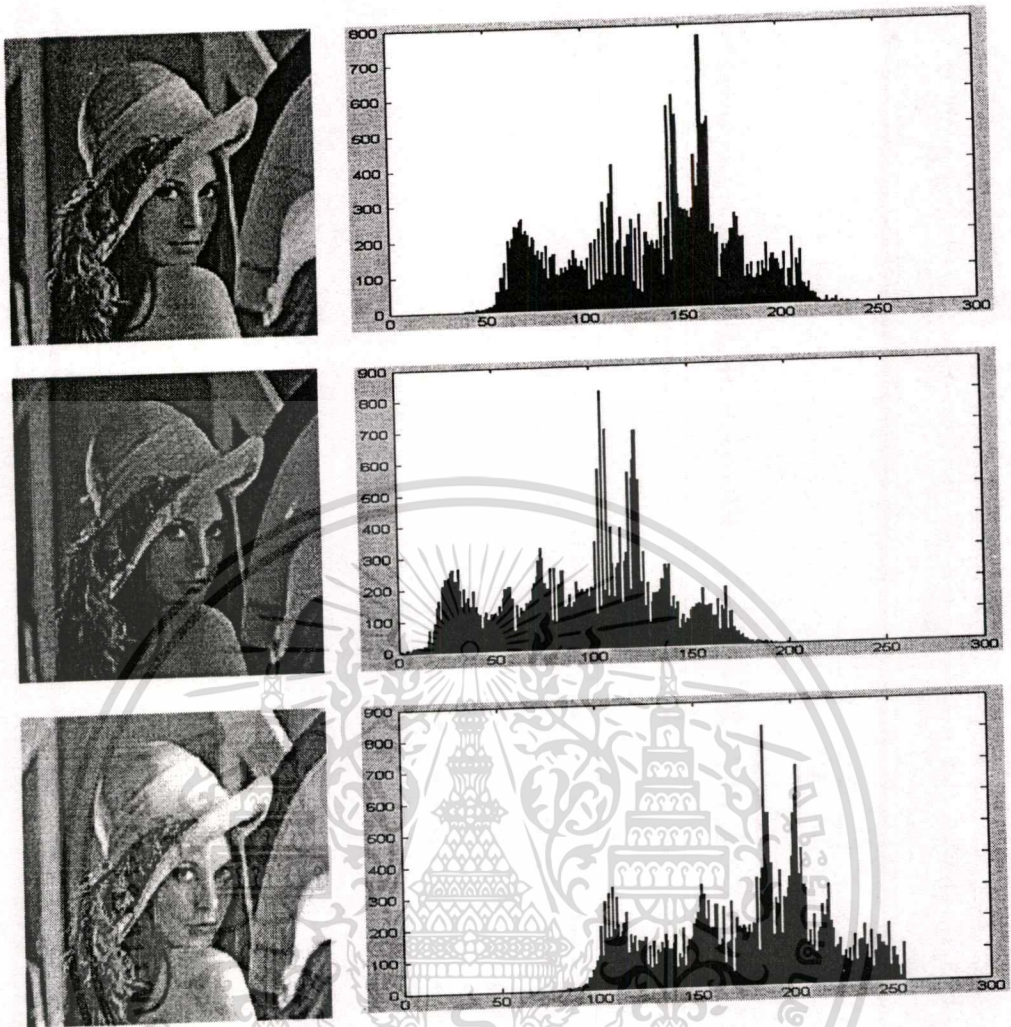
### 2.5.2 การปรับความสว่างของภาพ

วิธีการปรับความสว่างของภาพนั้น กระทำได้โดยการนำค่าคงที่หรือที่เรียกว่าค่าไบอัส (Bias) มาทำการบวกหรือลบเข้าไปที่ค่าระดับสีเทาของภาพทั้งภาพ ซึ่งก็เปรียบเสมือนการขยับฮิสโตแกรมของภาพทั้งภาพไปทางด้านซ้ายหรือด้านขวาของกราฟด้วยค่าคงที่ตามลำดับ แต่การปรับความสว่างของภาพนี้ก็มิใช่ข้อจำกัดตรงที่ การบวกหรือลบค่าคงที่เข้าไปในภาพต้องไม่ทำให้ค่าระดับสีเทาของภาพผลลัพธ์ออกนอกช่วง เช่น ถ้าภาพมีค่าระดับสีเทาอยู่ในช่วง  $[0-255]$  เมื่อทำการปรับความสว่างแล้วภาพผลลัพธ์ต้องมีค่าดังกล่าวอยู่ในช่วง  $[0-255]$  เช่นกัน เพราะถ้าออกนอกช่วง จะทำให้ภาพที่ได้เกิดความผิดพลาดขึ้น จากที่กล่าวมาสามารถแสดงได้ดังในรูปที่ 2.13

จากรูปที่ 2.13 จะเป็นภาพที่มีการปรับความสว่างลงและเพิ่มความสว่างลง ซึ่งเมื่อพิจารณาจากฮิสโตแกรมทั้งสามแบบจะเห็นได้ชัดเจนเลยว่าภาพที่มีการลดความสว่างลงจะมีฮิสโตแกรมขยับไปทางด้านซ้ายของกราฟ ส่วนภาพที่มีการเพิ่มระดับความสว่างจะมีฮิสโตแกรมขยับเฉียงไปทางด้านขวาของกราฟ แต่คุณภาพของข้อมูลยังเหมือนเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 การปรับความสว่างของภาพ (ก) ภาพต้นแบบซึ่งมีความสว่างพอเหมาะ (ข) ภาพหลังการลดความสว่างและ (ค) ภาพหลังจากการเพิ่มความสว่าง

### 2.5.3 การปรับความเปรียบต่างของภาพ

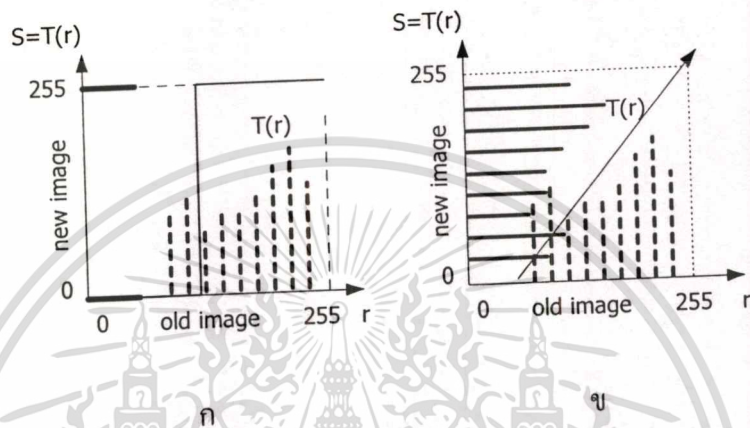
ในภาพบางภาพที่เราจะนำมาประมวลผล บางครั้งอาจมีความเปรียบต่างที่ต่ำ คือภาพที่มีระดับสีเทา ของจุดภาพอยู่ใกล้เคียงกันตลอดทั้งภาพถ้ามองจากฮิสโตแกรม จะพบว่าการกระจายของค่าระดับสีเทาของจุดภาพจะรวมกันเป็นช่วงแคบๆ ทำให้ไม่สามารถมองเห็นรายละเอียดเล็กๆของภาพได้ ดังนั้นในการปรับปรุงความเปรียบต่างของภาพ ก็คือการทำให้อิสโตแกรม มีการกระจายตัวของค่าระดับสีเทาใหม่ ซึ่งจะทำให้ มองเห็นรายละเอียดได้มากขึ้น ซึ่งการทำให้อิสโตแกรมของภาพเดิมก่อนที่จะมีการปรับปรุงมีการกระจายตัวนั้น จะมีฟังก์ชันที่ใช้สำหรับทำการแปลง (Transformation function) หรือบางครั้งเรียกว่าการแมปปิง (Mapping) ดังสมการที่ 2.7

$$S = T(r) \quad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $T(r)$  คือ Transformation function  
 $r$  คือ ค่าระดับสีเทาของภาพก่อนการแปลง  
 $S$  คือ ค่าระดับสีเทาของภาพหลังการแปลง

จากฟังก์ชันการแปลงในสมการที่ 2.7 จะมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น ฟังก์ชันแบบเชิงเส้นตรง ฟังก์ชันที่ไม่เป็นเชิงเส้น เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.14

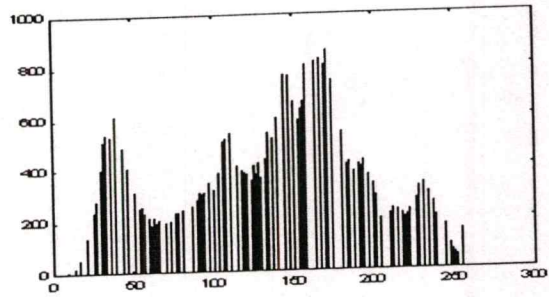


รูปที่ 2.14 ฟังก์ชันการแปลงในแบบต่างๆที่ใช้สำหรับปรับปรุงความเปรียบต่างของภาพ  
 (ก)  $T(r)$  เป็นฟังก์ชัน ไม่ต่อเนื่องหรือเป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการแบ่งสีระหว่างมืด-สว่าง  
 (ข)  $T(r)$  เป็นฟังก์ชันเส้นตรงซึ่งใช้ขยายช่วงของฮิสโตแกรมให้เต็มช่วง

จากรูป 2.14 (ก)  $T(r)$  จะทำให้ได้ค่าของ  $S$  มีค่าอยู่สองระดับ (binary) เท่านั้นคือดำกับขาว และส่วนในรูป (ข) นั้นจะเป็นกราฟของฟังก์ชันเชิงเส้นตรงแบบหนึ่ง ซึ่งเราอาจกำหนดสมการของฟังก์ชันดังกล่าวได้ดังสมการที่ 2.8

$$S_{(i,j)} = T(r_{(i,j)}) = \frac{(r_{(i,j)} - r_{\min})(S_{\max} - S_{\min})}{(r_{\max} - r_{\min})} \quad (2.8)$$

จากสมการที่ 2.8 จะเห็นว่าค่า  $r$  ที่อยู่ในช่วง  $r_{\min}$  กับ  $r_{\max}$  เท่านั้นที่จะทำให้ฮิสโตแกรมของภาพผลลัพธ์มีการกระจายตัว แต่ถ้าค่า  $r$  อยู่นอกช่วง  $r_{\min}$  กับ  $r_{\max}$  ก็จะทำให้ได้  $S_{\min}$  และ  $S_{\max}$  ตามลำดับ จากที่กล่าวถึงการปรับความเปรียบต่างมานี้สามารถแสดงภาพได้ดังในรูปที่ 2.15 โดยจะใช้ภาพต้นแบบจากรูปที่ 2.13 (ก)



รูปที่ 2.15 ภาพและฮิสโตแกรมหลังการปรับความเปรียบต่าง

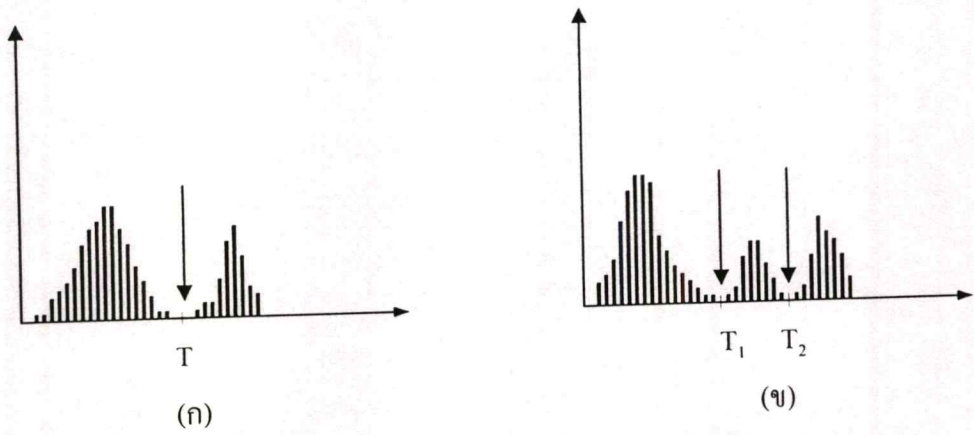
จากรูปที่ 2.11 จะเห็นภาพที่ได้รับการปรับความเปรียบต่างนั้นมีรายละเอียดที่ดีที่เพิ่มขึ้น จากภาพต้นแบบในรูปที่ 2.13(ก) และสิ่งหนึ่งที่เห็นได้ชัดก็คือฮิสโตแกรมของภาพดังกล่าวจะมี ลักษณะการกระจายตัวของค่าระดับสีเทาเต็มช่วง [0-255] ซึ่งต่างกับฮิสโตแกรมของภาพต้นแบบ

## 2.6 การแยกแยะภาพโดยการตัดเทรสโฮลด์

ในการแยกแยะ (Segmentation) ภาพโดยการตัดเทรสโฮลด์นั้นจะอาศัยฮิสโตแกรมของ ภาพมาเป็นตัวเลือกค่าเทรสโฮลด์ ซึ่งวิธีการแยกแยะภาพโดยการตัดเทรสโฮลด์นั้นจะมีอยู่หลายวิธี ที่ให้คุณภาพในการแยกแยะที่สูง แต่ก็มีคามยุ่งยากมาก ดังนั้นในหัวข้อนี้จะเป็นการกล่าวถึงการ แยกแยะภาพโดยอาศัยการพิจารณาฮิสโตแกรมแบบง่ายๆสำหรับหาค่าเทรสโฮลด์ เพื่อเป็นการ แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการนำฮิสโตแกรมมาใช้เท่านั้น

สมมติว่าเรามีฮิสโตแกรมดังในรูปที่ 2.16(ก) ซึ่งมีค่าระดับสีเทาของภาพ  $f(x,y)$  ที่ ประกอบไปด้วยส่วนที่สว่างและส่วนที่มืด การแบ่งสองส่วนนี้ออกจากกันจำเป็นต้องมีการ กำหนดค่าระดับสีเทาค่าหนึ่ง ซึ่งสมมติให้เป็นตัวแปร  $T$  (ค่าเทรสโฮลด์) สำหรับทุกๆจุด  $(x,y)$  ของ  $f(x,y) > T$  จะเรียกจุดเหล่านั้นว่าเป็นวัตถุ (object) แต่ถ้า  $f(x,y) < T$  ก็จะถูกเรียกว่าฉากหลัง (background) แต่ถ้าค่าของฮิสโตแกรมที่มีรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 2.16(ข) จะมีการแบ่งลักษณะ ของภาพได้เป็น 3 ส่วน คือ ถ้า  $T_1 < f(x,y) < T_2$  จะได้เป็นวัตถุหนึ่งและถ้า  $f(x,y) > T_2$  ก็จะเป็นอีก วัตถุหนึ่ง แต่ถ้า  $f(x,y) < T_1$  จะถูกเรียกว่าเป็นฉากหลัง ลักษณะแบบนี้เราจะเรียกว่าเทรสโฮลด์หลาย ระดับ (Multilevel Thresholding)

จากการหาค่าเทรสโฮลด์ ( $T$ ) ในลักษณะของ Multiple Thresholds จะทำได้ยากกว่าเทรส โฮลด์เดี่ยว (Single Threshold) ที่จะมาแยกแยะวัตถุที่เราสนใจ ดังนั้นในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะวิธีการ หาค่าเทรสโฮลด์เดี่ยวเท่านั้น สำหรับสมการที่ใช้ในการแยกแยะวัตถุโดยวิธีการนี้สามารถกำหนดได้ ดังสมการที่ 2.9



รูปที่ 2.16 ฮิสโตแกรมของค่าระดับสีเทา (ก) Single Threshold (ข) Multiple Thresholds

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x,y) > T \\ 0 & \text{if } f(x,y) < T \end{cases} \quad (2.9)$$

เมื่อ  $g(x,y)$  คือภาพที่ได้รับการแยกแยะหรือภาพ 2 ระดับ  
 $f(x,y)$  คือภาพที่จะถูกทำการแยกแยะ  
 $T$  คือค่าเทรชโฮลด์

จากสมการที่ 2.9 พบว่าจุด  $(x,y)$  ใดที่ถูกแปลงให้เป็น 1 จะเป็นส่วนของวัตถุ แต่ถ้าจุด  $(x,y)$  ใดที่ถูกแปลงให้เป็น 0 มันจะเป็นส่วนของฉากหลัง จากที่กล่าวมาสามารถแสดงได้ดังในรูปที่

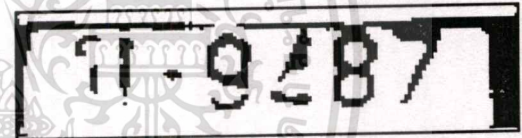
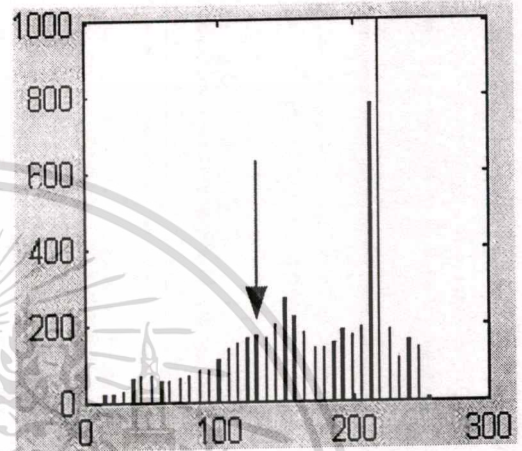
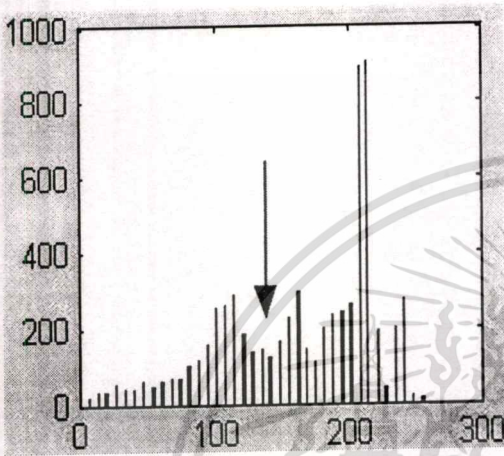
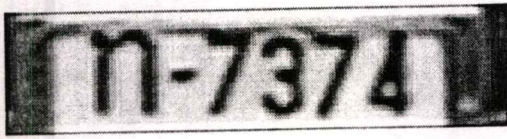
2.17

จากรูปที่ 2.17 จะเห็นว่าการแยกแยะภาพ โดยวิธีนี้จะเป็วิธีที่ง่ายและรวดเร็วแต่ความถูกต้องของภาพที่ได้รับการแยกแยะอาจไม่ดีนักเพราะการเลือกค่าเทรชโฮลด์จากฮิสโตแกรมนั้นจะใช้สายตาจากมนุษย์เป็นตัวกำหนดดังนั้นอาจเกิดความผิดพลาดได้ เนื่องจากระดับความสว่างของภาพที่ได้มาแต่ละภาพนั้นไม่เท่ากันเนื่องจากเราไม่สามารถกำหนดสภาวะที่ควบคุมความสว่างได้

## 2.7 ฮิสโตแกรมแบบ 2 มิติ

กระบวนการประยุกต์ใช้และประมวลผลภาพโดยในฮิสโตแกรมแบบ 1 มิติที่ได้กล่าวมาแล้วในขั้นต้นนั้น จะมีประสิทธิภาพสูงก็ต่อเมื่อข้อมูลในฮิสโตแกรมมีการแยกตัวกันออกมาอย่างชัดเจนดังเช่นในตัวอย่างรูปที่ 2.16 แต่ในงานวิจัยนี้ ภาพต้นแบบที่ได้มาจากการจับภาพในสภาวะที่ถูกควบคุมด้วยธรรมชาตินั้น ซึ่งมีขนาดเพียง  $20 \times 70$  พิกเซล จะมีฮิสโตแกรมที่ไม่แบ่งกลุ่มกันอย่างชัดเจนดังเช่นในรูปที่ 2.18 ถึงแม้ว่าภาพต้นแบบจะถูกขยายเป็น 2 เท่า และถูกรองด้วยตัว

กรองความถี่ต่ำผ่าน แต่ฮิสโตแกรมก็ยังคงมีค่าใกล้เคียงกับฮิสโตแกรมเดิม ซึ่งจะทำให้การแยกตัวอักษรที่เป็นสีเข้ม ออกจากฉากหรือพื้นทึบซึ่งมีสีเหลืองสามารถทำได้ยาก



ภาพต้นแบบ

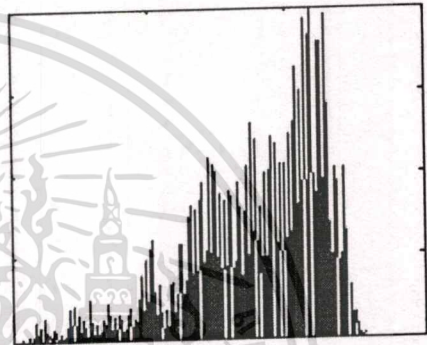
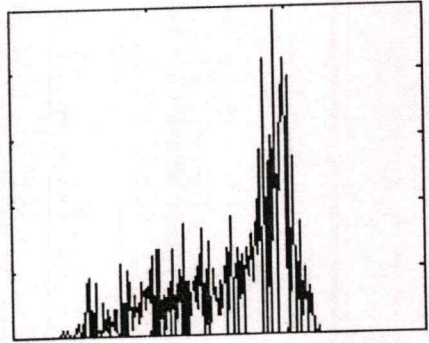
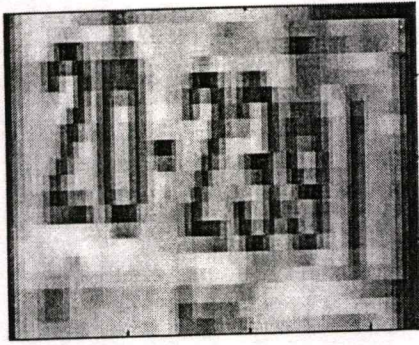
ภาพที่ได้รับการแยกแยะ

รูปที่ 2.17 การแยกแยะภาพโดยวิธีของ Single Threshold โดยใช้ค่า Threshold เท่ากับ 128

จากข้อดีของบางประการของการประมวลผลภาพโดยใช้ฮิสโตแกรมแบบ 1 มิติ นั้นสามารถถูกแก้ไขได้ โดยอาศัยหลักการของการหาฮิสโตแกรมแบบ 2 มิติของภาพ [1] [2] [14]

การทำฮิสโตแกรม 2 มิติดังรูปที่ 2.20 ซึ่งมีลักษณะเป็นเมตริกจัตุรัสที่มีขนาดเท่ากับช่วงของระดับสีเทา เช่น  $16 \times 16$ ,  $32 \times 32$ ,  $256 \times 256$  หรือ  $1024 \times 1024$  ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ภาพที่มีระดับสี 256 ระดับคือ 0 ถึง 255 ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเป็นเมตริกขนาด  $256 \times 256$  โดยที่แนวตั้งแทนระดับสีเทาของภาพเดิม แนวนอนแทนระดับสีเทาของภาพที่ผ่านการกรอง และในแต่ละ Element ของเมตริกนี้จะมีค่าเท่ากับความถี่ที่เกิดขึ้นของการปรากฏขึ้นพร้อมกัน ระหว่างข้อมูลภาพเดิมกับข้อมูลภาพที่ผ่านการกรองที่ตำแหน่งเดียวกัน ซึ่งรูปแบบของการกรองนี้มีได้หลายแบบแล้วแต่ความต้องการผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันเช่น การกรองแบบค่ามัธยฐาน และการกรองแบบค่าเฉลี่ย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก

ข

รูปที่ 2.18 ภาพป้ายทะเบียนที่ได้จากการจับภาพบนถนน ก) ภาพสีขนาด 20x70 pixel และฮิสโตแกรม ข) ภาพระดับสีเทาซึ่งขยายเป็น 40x140 pixel และฮิสโตแกรม

### 2.7.1 การกรองแบบใช้ค่ามัธยฐาน

การกรองแบบมัธยฐานซึ่งเป็นการประมวลผลภาพทางดิจิทัล โดยตัวดำเนินการไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear Operator) และเป็น Low - Pass Filter โดยอาศัยข้อมูลในตารางหน้าต่าง (Window) หรือ (Mask) ในที่นี้ใช้หน้าต่างขนาด 3x3 กำหนดลงในบริเวณข้อมูลของภาพ แล้วนำข้อมูลเหล่านั้น มาเรียงกันตามค่าของระดับความเข้มมาจากค่าต่ำสุดไปหาค่าสูงสุดตามลำดับ จากนั้นเราก็เลือกข้อมูลที่อยู่ตรงกลางของค่าทั้งหมดมา ซึ่งก็คือลำดับที่ 5 ดังรูปที่ 2.19(ก) นำค่าภายในตาราง มาเรียง 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 9 แล้วเลือกเอาค่าลำดับที่ 5 ซึ่งในที่นี้มีค่า เท่ากับ 1 ทำเช่นนี้ไปจนตลอดทั้งข้อมูลภาพรูปที่ 2.19 (ข) เป็นข้อมูลที่ได้ผ่านการกรองแล้ว ค่าที่ได้จากการกรองแบบนี้ อาจจะได้ค่าของข้อมูลเดิมหรือค่าใหม่ ก็ได้ ถ้าหากมีข้อมูลตัวใดที่มีค่าแตกต่างไปจากค่าของจุดภาพใกล้เคียงมาก ก็จะเป็นสัญญาณรบกวน (Noise) ที่ปะปนมากับข้อมูล ภาพและจะถูกกำจัดออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.7.2 การกรองแบบใช้ค่าเฉลี่ย

การกรองโดยใช้ค่าเฉลี่ยนี้ จะอาศัยตัวกรองที่เป็นเชิงเส้นขนาด  $3 \times 3$  พิกเซล ดังที่เคยได้กล่าวมาแล้วมาเป็นตัวดำเนินการ ผลที่ได้จากการใช้ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย แสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.19 (ค)

1	1	1	1	1
1	1	1	9	1
1	9	1	1	1
1	1	1	7	1
1	8	1	1	1
1	1	1	1	1

ก

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

ข

1	1	1	1	1
1	2	3	2	1
1	2	3	3	1
1	3	3	2	1
1	2	2	2	1
1	1	1	1	1

ค

**รูปที่ 2.19** ผลการกรองความถี่ค่าผ่าน (ก) ตัวอย่างภาพที่สัญญาณรบกวนปะปนเข้ามา (ข) ภาพที่ถูกกำจัดออกไปด้วยการกรองโดยใช้ค่ามัธยฐาน (ค) ภาพที่ผ่านการกรองด้วยค่าเฉลี่ย

### 2.7.3 การสร้างฮิสโตแกรมแบบ 2 มิติ

การสร้างฮิสโตแกรมแบบ 2 มิติสำหรับงานวิจัยนี้จะสร้างจากภาพสีเทาที่มี 256 ระดับ ดังนั้นฮิสโตแกรมแบบ 2 มิติที่ได้จะมีขนาด  $256 \times 256$  จุดภาพ ซึ่งเป็นขนาดใหญ่่มาก ในการอธิบายนี้จึงยกตัวอย่างบางส่วนของข้อมูลภาพมา ซึ่งมีขนาด  $8 \times 8$  จุดภาพในรูปที่ 2.20 และข้อมูลภาพที่ผ่านการกรองแบบมัธยฐานแล้วก็มีขนาด  $8 \times 8$  จุดภาพดังรูปที่ 2.21 จากผลการสะสมความถี่ของการเกิดขึ้นพร้อมกันระหว่างข้อมูลภาพทั้งสองในรูปที่ 2.22 ซึ่งเป็นรูปฮิสโตแกรม 2 มิติที่ได้เราพบว่าที่ตำแหน่งแถวที่ 1 แนวตั้งที่ 1 ในฮิสโตแกรม มีค่าสะสมเท่ากับ 32 คราวนี้เรามาดูแถวที่ 3 แนวตั้งที่ 1 เราจะพบว่ามีความถี่สะสมเท่ากับ 2 ซึ่งเกิดจากค่าระดับสีเทาของภาพเดิม มีค่าเท่ากับ 3 และค่าของระดับสีเทาของภาพ ที่ผ่านการกรอง แบบมัธยฐานมาแล้วมีค่าเท่ากับ 1 เกิดตรงกันที่ตำแหน่งแถวและแนวตั้งเดียวกัน 2 ครั้ง จึงทำให้ได้ความถี่สะสมเท่ากับ 2

1	1	1	1	1	1	1	1
1	4	2	4	1	6	2	1
1	4	2	3	7	3	1	1
1	3	6	3	4	2	1	1
1	2	1	1	3	1	3	1
1	6	4	2	1	1	2	1
1	1	1	4	3	6	4	1
1	1	1	1	1	1	1	1

ก

1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	2	2	3	2	2	1
1	2	3	3	3	3	1	1
1	2	3	3	3	3	1	1
1	2	3	3	2	2	1	1
1	1	2	2	2	3	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1

ข

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	32	2	4	0	0	0	0
2	0	1	3	3	0	0	0	0
3	0	2	2	3	0	0	0	0
4	0	3	3	1	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	2	1	1	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0

ค

รูปที่ 2.20 ฮิสโตแกรม 2 มิติ (ก) ข้อมูลภาพเดิม (ข) ข้อมูลภาพที่ผ่านการกรองแบบมัลติฐาน และ (ค) ฮิสโตแกรม 2 มิติ ที่ได้จากค่ามัลติฐาน

### 2.8 การแบ่งระดับภาพ โดยใช้เอนโทรปี

ในการประมวลผลภาพ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ นั้น การทำเซกเมนต์ (Segmentation) หรือการแบ่งแยกภาพนั้นเป็นวิธีการพื้นฐาน เพื่อที่จะแยกวัตถุ (Object) ออกจากฉาก (Background) ในการทำเซกเมนต์นั้น เราต้องการเครื่องวัดที่เป็นพื้นฐานอันหนึ่งมาช่วยในการหาจุดเทอร์สโตนัลโดยอัตโนมัติ ซึ่งก็มีเครื่องวัดอันหนึ่งคือ ทฤษฎีของเอนโทรปี (Entropy) ได้มาจากผลของการกระจายความน่าจะเป็นของฉากและของวัตถุ ภายในฮิสโตแกรม (Histogram) ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับสีเทา (Gray Level) ของข้อมูลภาพ วิธีการที่นำแนวความคิดนี้ไปใช้จะใช้ทั้งในฮิสโทแกรม มิติเดียว และฮิสโทแกรมแบบ 2 มิติ ที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น

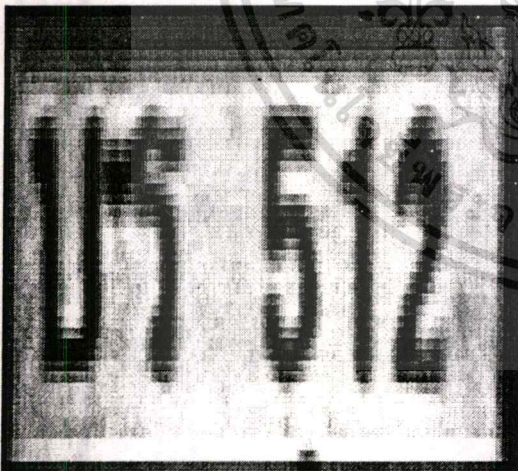
1	1	1	1	1	1	1	1
1	2	2	2	2	2	2	1
1	2	3	3	3	3	2	1
1	2	3	3	3	2	2	1
1	2	3	3	3	2	2	1
1	2	2	2	2	2	2	1
1	2	2	2	2	2	2	1
1	1	1	1	1	1	1	1

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	28	0	0	0	0	0	0
2	0	8	6	3	6	0	3	0
3	0	2	1	4	1	0	1	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0

ก

ข

รูปที่ 2.21 (ก) ข้อมูลภาพที่ผ่านการกรองแบบค่าเฉลี่ย และ (ข) ข้อมูลภาพที่ผ่านการทำฮิสโทแกรม 2 มิติ ด้วยค่าเฉลี่ย



ก

ระดับค่าสีเดิมของมัลติฐาน



ระดับค่าสีเดิม

ข

รูปที่ 2.22 ผลการลบกันของภาพและฮิสโตแกรม 2 มิติ (ก) ภาพที่ผ่านกระบวนการลบกันระหว่าง ภาพดั้งเดิมและภาพที่ผ่านการฟิลเตอร์ด้วยค่าเฉลี่ยแล้ว (ข) ฮิสโตแกรมแบบ 2 มิติของ(ก)

การประยุกต์ใช้เอนโทรปีในฮิสโทแกรม 2 มิติ จะให้รายละเอียดของภาพดีกว่า ซึ่งก็คือวิธีการหาจุดเริ่มเปลี่ยนซึ่งอาศัยหลักการพื้นฐานของฮิสโทแกรมของระดับสีเทาของภาพที่กระจาย การคำนวณค่าเอนโทรปีไม่ยากเกินไปอีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ในภาพ ซึ่งแต่ละจุดภาพ (Pixel) จะแทนด้วยตัวเลขที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 ปกติค่าจุดเริ่มเปลี่ยน หรือ จุดเทรซโฮลด์ จะใช้หลักการของเอนโทรปีของฮิสโทแกรมช่วยในการหาเอนโทรปี คือเครื่องวัดความแปรปรวน (Measure of Disorder) ของข้อมูลทางสถิติที่นำมาทำการวิเคราะห์ ในปี ค.ศ. 1948 Shannon ได้ค้นพบความสัมพันธ์ ระหว่างเอนโทรปี กับ ระบบตัวเลขลำดับ (Sequences)

สมการของเอนโทรปีรวมกำหนดดังสมการที่ 2.10

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log P_i \tag{2.10}$$

โดยที่

- $H$  = ค่าเอนโทรปี
- $P_i$  = ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ หรือความน่าจะเป็นของค่าสีแต่ละค่า
- $n$  = จำนวนครั้งในการทดลอง

มีผู้นำหลักการของทฤษฎีเอนโทรปี ของฮิสโทแกรม 1 มิติมาพิจารณาหาเทรซโฮลด์โดยอัตโนมัติหลายท่าน เช่น วิธีการของ Thierry Pun [1] วิธีของ Kapur, Sahoo และ Wong [2] ในการทดลองนี้ ได้นำเอาทฤษฎีของ Thierry Pun ซึ่งใช้กับฮิสโตแกรมมิติเดียว มาประยุกต์เป็นฮิสโตแกรม 2 มิติ ที่ได้มาจากการพิจารณา ค่าระดับ Gray Level ของภาพนั้น กับค่า Local Average ของภาพนั้นเพื่อเซกเมนต์ภาพ

จากทฤษฎีของ Thierry Pun การหาจุดเริ่มเปลี่ยนที่จุด S โดยพิจารณาเป็นภาพ 2 ระดับ

โดยให้

- $H_w$  เป็นเอนโทรปีของจุดภาพที่ถูกเปลี่ยนเป็นจุดภาพสีขาว
- $H_b$  เป็นเอนโทรปีของจุดภาพที่ถูกเปลี่ยนเป็นจุดภาพสีดำ
- เรากำหนดให้  $H_w$  และ  $H_b$  เป็นเอนโทรปีของฉากและวัตถุตามลำดับ
- $H$  = เอนโทรปีของฮิสโทแกรมแบ่งเป็น 2 ส่วน  $H_w$  และ  $H_b$
- $P_i$  =  $f_i / V$
- $f_i$  = ความถี่ของแต่ละระดับสีเทาในฮิสโทแกรม
- $V$  = จำนวนจุดภาพทั้งหมด
- $N$  = จำนวนของระดับสีเทา

เรากำหนดให้  $\alpha$  เป็นพารามิเตอร์มีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1

$$H = \text{เอนโทรปีรวมของข้อมูลภาพเดิมก่อนแปลงเป็นภาพดิจิทัล}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้นจะได้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 H_w &= -\sum_{i=1}^s P_i \log P_i \\
 H_b &= -\sum_{i=s+1}^n P_i \log P_i \\
 H &= H_w + H_b = -\sum_{i=1}^s P_i \log P_i - \sum_{i=s+1}^n P_i \log P_i \quad (2.11) \\
 H_w &= \alpha H \\
 H_b &= (1-\alpha)H
 \end{aligned}$$

เมื่อ  $0 \leq \alpha \leq 1$

$$H_w = \sum_{i=1}^s P_i \log P_i = \alpha \sum_{i=1}^n P_i \log P_i \quad (2.12)$$

$$H_b = \sum_{i=s+1}^n P_i \log P_i = (1-\alpha) \sum_{i=1}^n P_i \log P_i \quad (2.13)$$

พิจารณาจากสมการที่ (2.12)

$$\sum_{i=1}^s P_i \log P_i \geq \sum_{i=1}^s [P_i \log(\max\{P_1 \dots P_s\})] = \log(\max\{P_1 \dots P_s\}) \sum_{i=1}^s P_i$$

$$\sum_{i=1}^s P_i \geq \sum_{i=1}^s P_i \log P_i / \log(\max\{P_1 \dots P_s\}) = -\alpha H / \log(\max\{P_1 \dots P_s\}) \quad (2.14)$$

พิจารณาจากสมการที่ (2.13) ในทำนองเดียวกัน

$$\sum_{i=s+1}^n P_i \geq \sum_{i=s+1}^n P_i \log P_i / \log(\max\{P_{s+1} \dots P_n\}) = -(1-\alpha)H / \log(\max\{P_{s+1} \dots P_n\}) \quad (2.15)$$

ให้  $H' = F_c(\alpha) \cdot H$  เป็นค่าเอนโทรปีสูงสุดเมื่อแปลงเป็นภาพดิจิทัล 2 ระดับแล้วจะได้

$$H' \leq \frac{\alpha H \cdot \log\left(\sum_{i=1}^s P_i\right)}{\log[\max\{P_1 \dots P_s\}]} - \frac{(1-\alpha)H \cdot \log\left(\sum_{i=s+1}^n P_i\right)}{\log[\max\{P_{s+1} \dots P_n\}]}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F_e(\alpha) \cdot H \geq \frac{\alpha H \cdot \log\left(\sum_{i=1}^s P_i\right)}{\log[\max\{P_1 \dots P_s\}]} + \frac{(1-\alpha)H \cdot \log\left(\sum_{i=s+1}^n P_i\right)}{\log[\max\{P_{s+1} \dots P_n\}]}$$

$$F_e(\alpha) \geq \frac{\alpha \log\left(\sum_{i=1}^s P_i\right)}{\log[\max\{P_1 \dots P_s\}]} + \frac{(1-\alpha) \log\left(\sum_{i=s+1}^n P_i\right)}{\log[\max\{P_{s+1} \dots P_n\}]} \quad (2.16)$$

$F_e(\alpha)$  เป็นตัวฟังก์ชันที่กำหนดค่า H สูงสุด

### 2.8.1 การหาเอนโทรปีในฮิสโทแกรมมิติเดียว

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างฮิสโทแกรมมิติเดียวในการทดลองครั้งนี้ เราใช้ภาพดิจิทัลขนาด 256x256 จุดภาพ และมีค่าระดับสีเทา 0 ถึง 255 มาทำการทดลองโดยนำภาพนั้นมาหา ความถี่สะสมของระดับสีเทา ของจุดภาพทุกจุดในภาพนั้น เราจะได้ฮิสโทแกรมมิติเดียว ซึ่งจะได้ ความถี่สะสม 256 ความถี่

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการหาค่าเอนโทรปีจากฮิสโทแกรมมิติเดียวเราหาค่าความน่าจะเป็นจาก สมการ (2)

$$P_i = \frac{\text{ความถี่สะสมของระดับสีเทา}}{\text{จำนวนจุดภาพทั้งหมด}}$$

หาค่าเอนโทรปี รวม จากสมการ (2.10) และวิธีหาค่า จุดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสมมีดังนี้

1. เริ่มต้นคำนวณหาค่า S ในสมการ (2.12) จากการเริ่มกำหนดค่า  $\alpha$  ที่มีค่าน้อยก่อน โดยเริ่ม จากค่า 0.01 ในสมการ (2.12)
2. จากนั้นหาค่า S จากทางซ้ายมือของสมการ (2.12) โดยใช้ค่าจากทางขวามือในสมการ (2.12) เมื่อแทนค่า  $\alpha$  แล้ว จะหาค่าเอนโทรปีรวมทางซ้ายมือที่มีค่าเท่ากับ ค่าทางขวามือ ของสมการ (2.19) ซึ่งจะได้ค่า S มาค่าหนึ่ง
3. นำค่า S ที่ได้จากข้อ 2 และค่า  $\alpha$  จากข้อ 1 มาคำนวณหาค่า  $F_e(\alpha)$
4. จากนั้นก็เพิ่มค่า  $\alpha$  ในขั้นตอนที่ 1 ขึ้นอีก 0.01 แล้วทำตามขั้นตอนที่ 2-3 ทำซ้ำไปจนค่า  $\alpha$  มีค่าเท่ากับ 1
5. เลือกค่า  $\alpha$  ที่ทำให้ได้ค่า  $F_e(\alpha)$  สูงสุดมาจากนั้นนำค่า  $\alpha$  ตัวนี้ไปหาค่า S จากสมการ (2.12) ค่า S ตัวนี้จะตรงกับค่าระดับสีเทาหนึ่งซึ่งใช้เป็นจุดเริ่มเปลี่ยนในการสร้างภาพ 2

เอกสารนี้เป็น **ระดับ** ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.8.2 ขั้นตอนการหาค่าเอนโทรปีในแนวทแยงจากฮิสโทแกรม 2 มิติ

ขั้นตอนนี้ก็จะคล้ายคลึงกับขั้นตอนแรก แต่จะแตกต่างกันที่จะอาศัยค่าความถี่ในแนวทแยงมุมของฮิสโทแกรมแบบ 2 มิติ ซึ่งจะทำให้ได้แนวเส้นความถี่คล้ายกับฮิสโทแกรมแบบ 1 มิติ ดังนั้นเราสามารถใช้กระบวนการในการหาค่าเอนโทรปีจากฮิสโทแกรมแบบ 1 มิติ มาใช้กับเส้นความถี่ในแนวทแยงจากฮิสโทแกรม 2 มิติได้ โดยให้

$H_w$  เป็นเอนโทรปีของจุดภาพที่ถูกเปลี่ยนเป็นจุดภาพสีขาว

$H_b$  เป็นเอนโทรปีของจุดภาพที่ถูกเปลี่ยนเป็นจุดภาพสีดำ

เรากำหนดให้  $H_w$  และ  $H_b$  เป็นเอนโทรปีของฉากและวัตถุตามลำดับ

$H$  = เอนโทรปีของฮิสโทแกรมแบ่งเป็น 2 ส่วน  $H_w$  และ  $H_b$

$N$  = จำนวนของระดับสีเทา

เรากำหนดให้  $\alpha$  เป็นพารามิเตอร์มีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1

$H$  = เอนโทรปีรวมของข้อมูลภาพเดิมก่อนแปลงเป็นภาพดิจิทัล

$p_{ij}$  =  $f_{ij} / V$

$f_{ij}$  = ความถี่ของแต่ละระดับสีเทาในฮิสโทแกรมตามแนวเส้นทแยงมุม

$V$  = จำนวนจุดภาพทั้งหมด

$i$  = จำนวนแถว

$j$  = จำนวนแนวตั้ง

และให้  $i = j$  เสมอ

เนื่องจากผลรวมของค่าความน่าจะเป็นตามแนวเส้นทแยงมุมของฮิสโทแกรม 2 มิติ ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1 ดังรูปที่ 2.22 ดังนั้น จึงใช้ทฤษฎีของ Therry pun หาค่าจุดเริ่มเปลี่ยน ที่เหมาะสมได้

การหาค่าจุดเริ่มเปลี่ยนที่เหมาะสมในฮิสโทแกรม 2 มิติ

1. เริ่มต้นคำนวณหาค่า  $S$  จากการเริ่มกำหนดค่า  $\alpha$  ที่มีค่าน้อยมากก่อน โดยเริ่มจากค่า 0.01 ในสมการ (2.12)
2. จากนั้นหาค่า  $S$  จากทางซ้ายมือของสมการ (2.12) เมื่อ แทนค่า  $\alpha$  แล้วจะหาค่าเอนโทรปีรวมทางซ้ายมือ ที่มีค่าเท่ากับค่าทางขวามือของสมการที่ (2.12) ซึ่ง จะได้ค่า  $S$  มาค่าหนึ่ง
3. จากนั้นนำค่า  $S$  ที่ได้จากข้อ 2 และค่า  $\alpha$  จากข้อ 1 มาคำนวณหาค่า  $F_c(\alpha)$
4. จากนั้นก็เพิ่มค่า  $\alpha$  ในขั้นตอน 1 ขึ้นอีก 0.01 แล้วทำตามขั้นตอน 2-3 ทำซ้ำไปจนกว่า  $\alpha$  มีค่าเท่ากับ 1

5. เลือกค่า  $\alpha$  ที่ทำให้ได้ค่า  $F_c(\alpha)$  สูงสุดมาจากนั้นนำค่า  $\alpha$  ตัวนี้ไปหาค่า  $S$  จากสมการ (2.12) ค่า  $S$  ตัวนี้จะตรงกับค่าระดับสีเทาค่าหนึ่ง ซึ่งใช้เป็นจุดเริ่มเปลี่ยนในการสร้างภาพ 2 ระดับต่อไป

## 2.9 การสร้างภาพ 2 ระดับ

ค่า  $S$  ที่ได้คือจุดเริ่มเปลี่ยน ในการแปลงจุดภาพให้เป็นจุดภาพสีขาว หรือจุดภาพสีดำ โดยเราจะกำหนดดังนี้

1. กำหนดให้จุดภาพที่มีระดับสีเทามีค่าต่ำกว่าจุดเริ่มเปลี่ยน กำหนดให้เป็นสีขาว
2. กำหนดให้จุดภาพที่มีระดับสีเทามีค่าเท่ากับและสูงกว่าจุดเริ่มเปลี่ยนกำหนดให้เป็นสีดำ ดังนั้นเราก็จะได้ภาพที่แบ่งออกเป็นวัตถุ และฉากเห็น ได้ชัดเจน

### 2.9.1 การหาค่าเอนโทรปีโดยใช้เอนโทรปี ในฮิสโทแกรม 2 มิติ

จากกระบวนการที่ผ่านมา เราสามารถหาค่าเอนโทรปีของภาพจากทฤษฎีของเอนโทรปีรวมแบบ 1 มิติ และสำหรับการใช้ทฤษฎีเอนโทรปีรวม 2 มิติ นั้น โดยการหาค่าเอนโทรปีรวมของการกระจายความน่าจะเป็นของวัตถุและการกระจายความน่าจะเป็นของฉากในฮิสโทแกรม 2 มิติ ซึ่งเกิดขึ้นจากการปรากฏขึ้นพร้อมกันของเมตริก 2 อัน คือเมตริกของข้อมูลภาพเดิม กับเมตริกของภาพที่เกิดจากการทำฟิลเตอร์ค่าเฉลี่ยมาแล้ว ดังนั้นเอนโทรปีรวม 2 มิติสามารถกำหนดได้ดังสมการ 2.17

$$H_i = - \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} P_{ij} \log P_{ij} \quad (2.17)$$

โดยที่

$H_i$  คือค่าเอนโทรปีรวม

$N$  คือจำนวนระดับสีเทา

$$P_{ij} = f_{ij} / UV$$

$UV$  คือขนาดของฮิสโทแกรม

$f_{ij}$  คือความถี่ของแต่ละระดับสีเทาในฮิสโทแกรมตามแนวเส้นทะแยงมุม

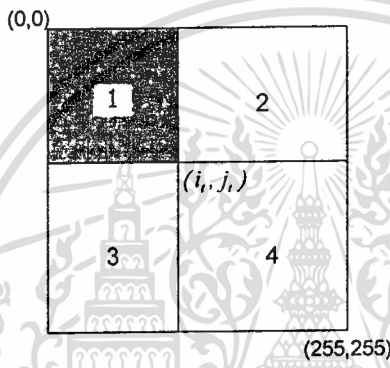
$i$  คือจำนวนแถว

$j$  คือจำนวนแนวตั้ง

การคำนวณหาค่าความถี่สะสมในฮิสโทแกรม 2 มิติที่มีค่าเท่ากับค่าเอนโทรปีรวม 2 มิติ โดยจะคำนวณหาในแนวเส้นทะแยงมุมจากตำแหน่ง (0,0) ไปยังตำแหน่ง (255,255) จนกระทั่งถึงตำแหน่ง  $(i, j)$  ที่ความถี่สะสมมีค่าเท่ากับค่าเอนโทรปีรวม แล้วลากเส้นแนวนอนและเส้นตั้ง ออกสร้างเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผ่านจุด  $(i, j,)$  ซึ่งจะทำให้ฮิสโทแกรมถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วน และในการแบ่งระดับให้เป็น 2 ระดับ จะกำหนดให้พิกเซลที่มีค่าสีเทาและค่าเฉลี่ยสีเทาอยู่ในบริเวณพื้นที่ส่วนที่ 1 ให้มีค่าเป็น 0 (สีดำ) และบริเวณที่อยู่นอกเหนือบริเวณที่ 1 ให้มีค่าเป็น 255 (สีขาว) ดังแสดงในสมการที่ 2.21 และรูปที่ 2.23

$$g(i, j) = \begin{cases} 0 & \text{if } f(i, j) \leq j \text{ and } \frac{1}{9} \sum f(i, j) \leq i \\ 1 & \text{if } f(i, j) > j \text{ or } \frac{1}{9} \sum f(i, j) > i \end{cases} \quad (2.18)$$



รูปที่ 2.23 ฮิสโทแกรมถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ที่ตำแหน่ง  $(i, j,)$  และบริเวณส่วนที่ 1 เป็นบริเวณที่พิกเซลที่เกี่ยวข้องต้องถูกแปลงเป็นสีดำ

## บทที่ 3

# การหาบริเวณของทะเลเบียนรถยนต์

### 3.1 บทนำ

วิธีการประมวลผลภาพแบบ 2 มิติโดยใช้ข้อมูลทั้งหมดในภาพเพื่อหาตัวอักษรและเลข ทะเบียนนั้นสามารถทำได้หลายวิธี [3-6] แต่เป็นวิธีที่ไม่เป็นนิยม เนื่องจากใช้เวลาค่อนข้างมาก ในการประมวลผล ซึ่งจะเป็นผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบลดลง

ดังนั้นแนวคิดที่ถูกประยุกต์กันอย่างแพร่หลายประกอบกันด้วย 3 กระบวนการใหญ่ โดยที่กระบวนการแรกคือการหาขอบเขตหรือตำแหน่งของป้ายทะเบียนจากภาพด้านหน้ารถยนต์ หลังจากนั้นภาพของป้ายทะเบียนก็จะถูกประมวลผลเพื่อที่จะสามารถแยกแยะภาพที่เป็นตัวเลขและตัวอักษรที่เป็นอักษรสี่เหลี่ยมออกจากป้ายทะเบียนซึ่งมีสีพื้นเป็นสีที่สว่างกว่า และวิธีการสุดท้ายก็จะ เป็นกระบวนการแปลงข้อมูลภาพตัวหนังสือให้เป็นรหัสแอสกี (ASCII) เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

กระบวนการหาขอบเขตหรือตำแหน่งของทะเบียนนั้นมีผู้ที่ศึกษาโดยใช้วิธีที่แตกต่างกัน เป็นจำนวนมากเช่น วิธีการของ Dai Yan[3] อาศัยการแบ่งภาพออกเป็น 2 ระดับ(Binarization) โดยใช้ค่าเทรชโฮลด์ ที่มีการเปลี่ยนแปลง และหาบริเวณที่เป็นกรอบสี่เหลี่ยมที่มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของป้ายทะเบียนที่ได้กำหนดไว้มากที่สุด หรือ Takashi Naito [4] อาศัยกรอบของทะเบียนที่มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดเดิมและอยู่ที่ตำแหน่งเดิมเมื่อเปลี่ยนค่าเทรชโฮลด์ D.M. Emiris[5]ใช้หลักการของโซเบล(Sobel)เพื่อหาขอบภาพที่เป็นมุมทั้งสี่ของป้ายทะเบียน และThanongsak[6] พิจารณาบริเวณของทะเบียนจากบริเวณสี่เหลี่ยมที่มีความสว่างของจุดภาพพื้นทะเบียนมากกว่าสี่ของตัวหนังสือในบริเวณสี่เหลี่ยมนั้น ซึ่งกระบวนการที่กล่าวมาในข้างต้นนี้สามารถวิเคราะห์ ทะเบียนได้อย่างแม่นยำพอสมควร แต่จะเป็นที่จะต้องใช้เวลาในการประมวลผลมาก ส่งผลทำให้ ประสิทธิภาพของการตรวจจับทะเบียนลดลง เนื่องจากมักจะเกิดปัญหาในสภาวะการจราจรที่คับคั่ง กระบวนการดังกล่าวไม่สามารถประมวลผลได้ทัน

ข้อมูลต่างๆภายในภาพซึ่งเป็นลักษณะ 2 มิติจะเกิดจากระดับความสว่างของแต่ละพิกเซล เมื่อลองพิจารณาข้อมูลภาพแบบ 1 มิติ โดยการทำการตัดแถวใดแถวหนึ่งของข้อมูลภาพ (Cross-section) [7] เราจะได้ข้อมูลในรูปแบบสัญญาณแบบ 1 มิติ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะมีความแตกต่างกัน ในแต่ละแถวและหลักของพิกเซลในภาพ เมื่อพิจารณาภาพทีละแถว เราจะได้ข้อมูลดังในรูปที่ 3.1 นี้

$p(0,0)$	$p(0,1)$	$p(0,2)$	$p(0,3)$	$p(0,4)$	$p(0,5)$
----------	----------	----------	----------	----------	----------

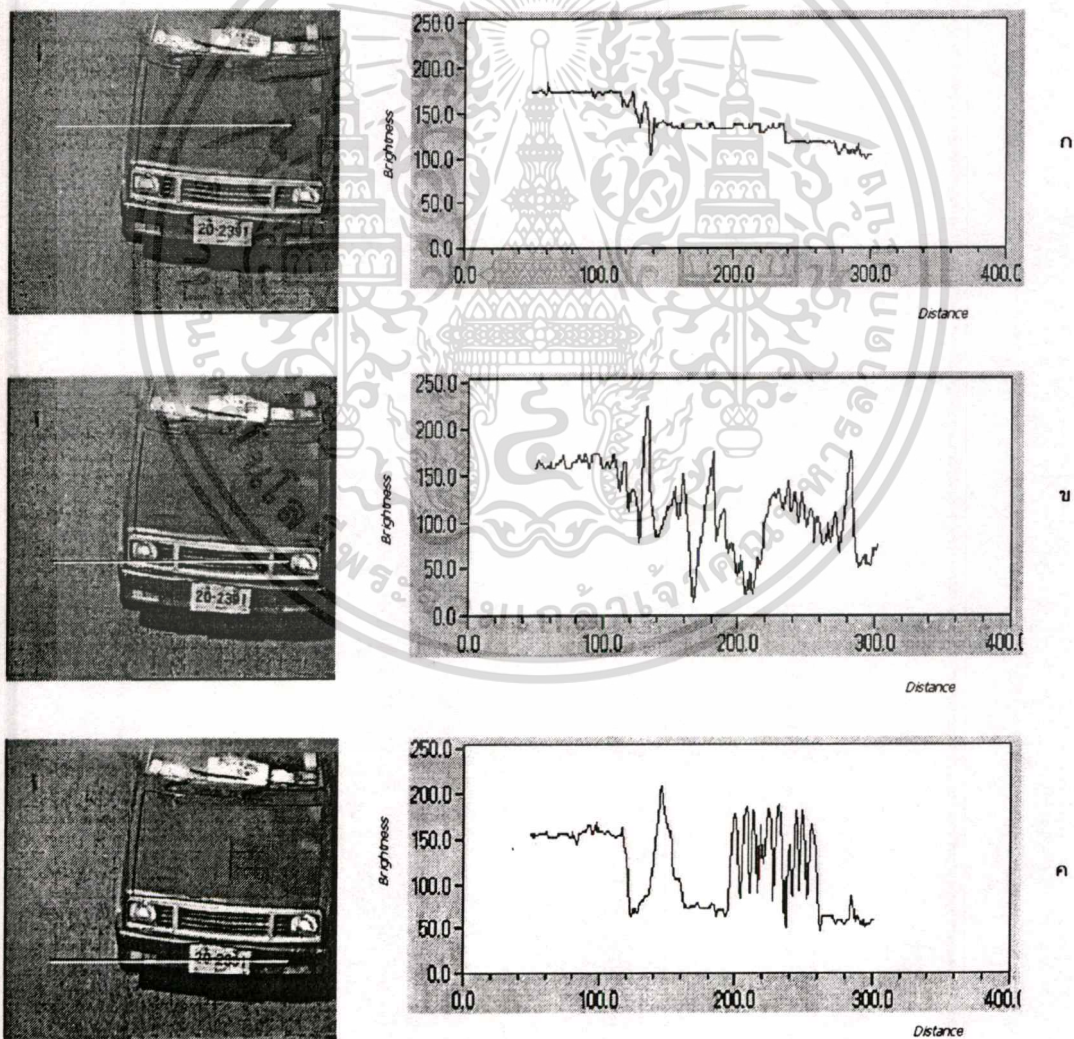
Low = 0

$p(1,0)$	$p(1,1)$	$p(1,2)$	$p(1,3)$	$p(1,4)$	$p(1,5)$
----------	----------	----------	----------	----------	----------

Low = 1

รูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นข้อมูลในแต่ละแถว ซึ่งข้อมูลของแต่ละแถวจะมีค่าที่แตกต่างกัน โดยจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของแถวของข้อมูลนั้นๆ

เมื่อนำภาพหน้ารถที่ถ่ายด้วยกล้องวิดีโอ มาทำการวิเคราะห์สัญญาณภาพในแต่ละแถว เราจะได้ลักษณะสัญญาณที่แตกต่างกันไป ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การวิเคราะห์ภาพถ่ายจากหน้ารถยนต์ (ระยะไกล) แบบ 1 มิติ โดยแยกพิจารณาทีละแถว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 จะเห็นว่า ข้อมูลของแต่ละแถวของภาพที่ได้มา จะมีลักษณะที่ค่อนข้างแตกต่างกันโดยชัดเจน

ในรูปที่ 3.2(ก) จะเป็นบริเวณของกระโปรงนักรด ซึ่งข้อมูลที่ได้บริเวณนี้จะเป็นข้อมูลของสีของรถแต่ละคัน ทำให้ระดับข้อมูลที่ได้จะเป็นสัญญาณที่ประกอบไปด้วยความถี่ต่ำ และอาจจะมีระดับที่แตกต่างกันไปตามค่าสีของรถแต่ละคัน

ในรูปที่ 3.2(ข) จะเป็นบริเวณด้านหน้ารถเหนือระดับของทะเบียนรถ ลักษณะของสัญญาณในบริเวณนี้จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบของความถี่สูงและความถี่ต่ำประสมกันอยู่ และความถี่สูงที่เกิดขึ้นนี้จะกระจายทั่วไปตลอดจนความยาวของข้อมูล

ในรูปที่ 3.2(ค) จะเป็นบริเวณของทะเบียนรถ ซึ่งลักษณะของข้อมูลจะคล้ายกันกับข้อมูลบริเวณที่อยู่เหนือทะเบียนรถ คือประกอบด้วยองค์ประกอบของความถี่สูงและความถี่ต่ำ แต่สิ่งที่แตกต่างกันรูปที่ 3.2(ข) คือ บริเวณองค์ประกอบของความถี่สูงจะมีขอบเขตที่ค่อนข้างชัดเจน ให้อยู่บริเวณแผ่นป้ายทะเบียนนั่นเอง

ดังนั้น จากคุณสมบัติข้างต้น เราสามารถทำการวิเคราะห์เพื่อแยกบริเวณของแผ่นป้ายทะเบียนออกจากภาพนักรดได้ โดยใช้หลักการวิเคราะห์ความถี่ของสัญญาณแบบ 1 มิติ

### 3.2 การแยกแยะสัญญาณด้วยการแปลงฟูรีเยร์ (Fourier Transform Segmentation)[8]

ในทางคณิตศาสตร์กระบวนการวิเคราะห์ฟูรีเยร์[15] จะถูกแสดงโดยการแปลงฟูรีเยร์สำหรับสัญญาณที่มีลักษณะต่อเนื่องหรือสัญญาณอนาล็อก (Analog) การแปลงฟูรีเยร์ จะแสดงได้ดังนี้

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt \quad (3.1)$$

เมื่อ  $f(t)$  คือสัญญาณที่ทำการวิเคราะห์ซึ่งต่อเนื่องตลอดช่วง

และเมื่อถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ ซึ่งเป็นสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$X(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \exp\left(-\frac{j2\pi kn}{N}\right) \quad (3.2)$$

เรียกว่า การแปลงฟูรีเยร์แบบไม่ต่อเนื่อง หรือ Discrete Fourier Transform (DFT)

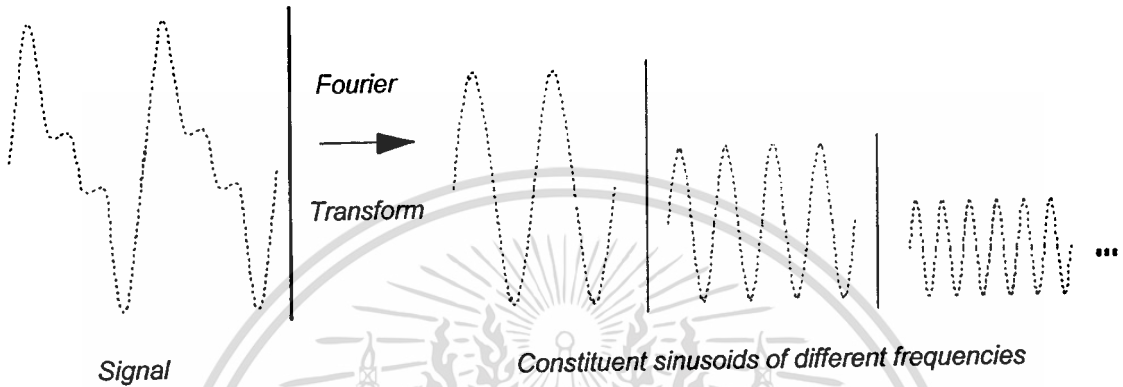
เมื่อ  $x(n)$  คือสัญญาณที่ทำการวิเคราะห์ซึ่งไม่ต่อเนื่อง

$X(k)$  คือสเปกตรัมของสัญญาณที่ความถี่เท่ากับ  $k$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งก็คือผลบวกตลอดทั้งช่วงเวลาของสัญญาณ  $f(t)$  คูณด้วยเอ็กโพเนนเชียลเชิงซ้อน (เรียกว่าเอ็กโพเนนเชียลเชิงซ้อนนั้นสามารถแยกออกมาได้เป็นส่วนของค่าจริงและเชิงซ้อน)

ผลของการแปลงคือสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์  $F(\omega)$  (Fourier coefficient) ซึ่งเกิดจากการคูณกันของ  $f(t)$  ด้วย  $e^{-j\omega t}$  ที่เหมาะสม จะได้ส่วนประกอบของสัญญาณต้นแบบ ซึ่งกระบวนการจะเห็นได้ดังรูปที่ 3.3



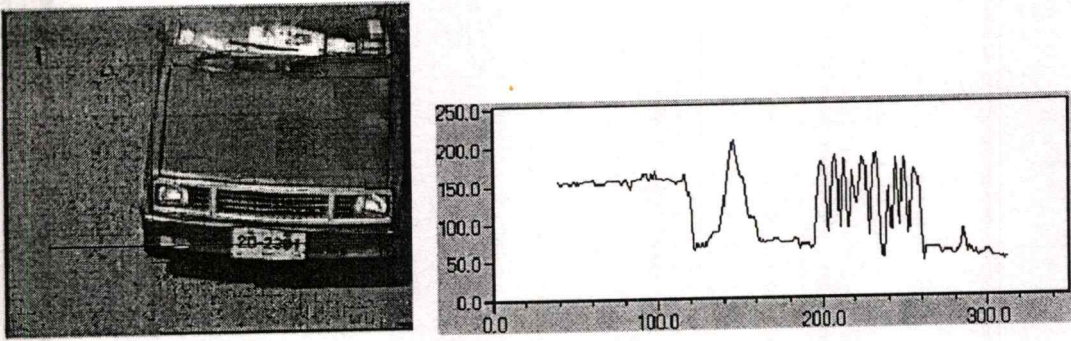
รูปที่ 3.3 การแปลงฟูรีเยร์เพื่อแยกส่วนประกอบของฮาร์มอนิกของสัญญาณออก

เมื่อนำสัญญาณที่ได้จากภาพซึ่งเป็นสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete) มาทำการวิเคราะห์ด้วยฟูรีเยร์ จะพบว่าสัญญาณที่ได้มาจากในรูปที่ 3.2 นั้น เป็นสัญญาณที่ประกอบไปด้วยสัญญาณย่อยหลายความถี่รวมกันอยู่ ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของระดับความสว่างที่ไม่เท่ากันของแต่ละพิกเซล และอาจสามารถเขียนสมการของสัญญาณต่างๆ ได้ดังนี้

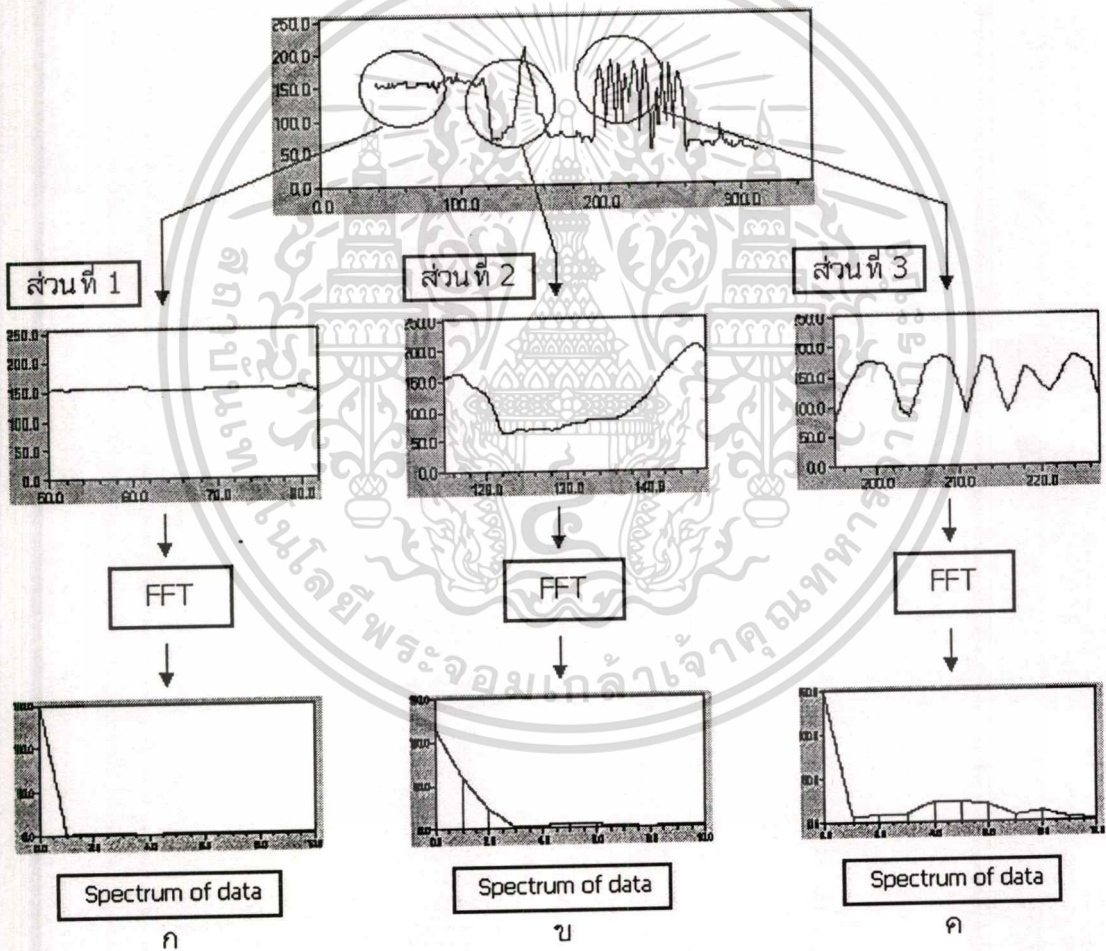
$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) \exp\left(\frac{j2\pi kn}{N}\right) \quad (3.3)$$

โดยที่  $x(n)$  คือ สัญญาณรวมที่ได้จากภาพในลักษณะ 1 มิติ  
 $X(k)$  คือ สัมประสิทธิ์ของสเปกตรัมของสัญญาณย่อย

ในการวิเคราะห์หารายละเอียดของสัญญาณข้อมูล ที่ได้จากภาพหน้ารถ ดังรูปที่ 3.4 ถ้ากำหนดให้บรรทัด(Line) ที่กำลังพิจารณาอยู่ตรงบริเวณบรรทัดของทะเบียนรถพอดี ซึ่งข้อมูลที่ได้ออกมาจะสามารถจำแนกโดยการวิเคราะห์ความถี่ได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้



รูปที่ 3.4 ภาพหน้ารถที่กำลังถูกพิจารณาโดยเส้นอ้างอิงซึ่งตรงกับบริเวณของทะเบียนรถพอดี



รูปที่ 3.5 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาทั้ง 3 ส่วน (ก) เป็นบริเวณที่มีความสว่างใกล้เคียงกัน และมีความถี่ต่ำ (ข) เป็นบริเวณที่มีความสว่างค่อนข้างแตกต่างกันพอสมควรแต่ความถี่ของข้อมูลยังไม่สูง (ค) เป็นบริเวณที่มีความแตกต่างของระดับความสว่างมากและความถี่สูง

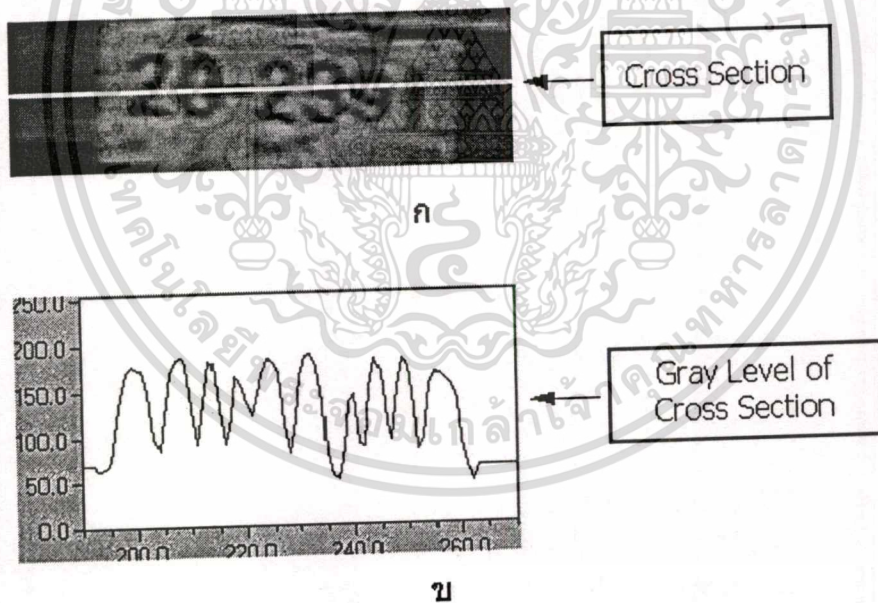
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 1 จะเป็นบริเวณที่มีค่าความสว่างของพิกเซลใกล้เคียงกันมากที่สุด แสดงว่าข้อมูลในบริเวณนี้มีความถี่ต่ำเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งน่าจะเป็นบริเวณของ ตัวรถ หรือ บริเวณของถนน ซึ่งมีค่าสีเดียวกันโดยตลอด แต่แตกต่างกันที่การสะท้อนของแสง ดังแสดงในรูปที่ 3.5 (ก)

ส่วนที่ 2 จะเป็นบริเวณที่เริ่มมีความแตกต่างกันของระดับความสว่าง ความถี่ฮาร์โมนิก(Harmonics) ของข้อมูลจะเริ่มเพิ่มขึ้น แต่ยังไม่มาก และยังเป็นช่วงของความถี่ต่ำอยู่ ซึ่งข้อมูลบริเวณน่าจะเป็น บริเวณด้านหน้าของของตัวรถ ซึ่งรวมถึงกันชน กระจกหน้าต่างๆ ไฟหน้า ฯลฯ ดังแสดงในรูปที่ 3.5 (ข)

ส่วนที่ 3 จะเป็นบริเวณที่มีความแตกต่างของระดับความสว่างมาก และค่าความสว่างจะสลับกันมากที่สุด ซึ่งทำให้ความถี่ฮาร์โมนิกเพิ่มขึ้นด้วย และมีความเป็นไปได้ที่จะเป็นบริเวณของตัวหนังสือ ซึ่งอาจจะเป็น ทะเบียนรถ ยี่ห้อของรถ หรือ ตัวหนังสือ อื่นก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.5 (ค)

เมื่อนำข้อส่วนที่ 3 ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นทะเบียนรถ มาทำการวิเคราะห์โดยละเอียด โดยการแปลงฟูเรียร์ จะพบความจริงที่ว่าระยะห่างระหว่างตัวอักษรแต่ละตัวจะมีความไม่เท่ากัน แต่จะใกล้เคียงกันดังรูปที่ 3.6



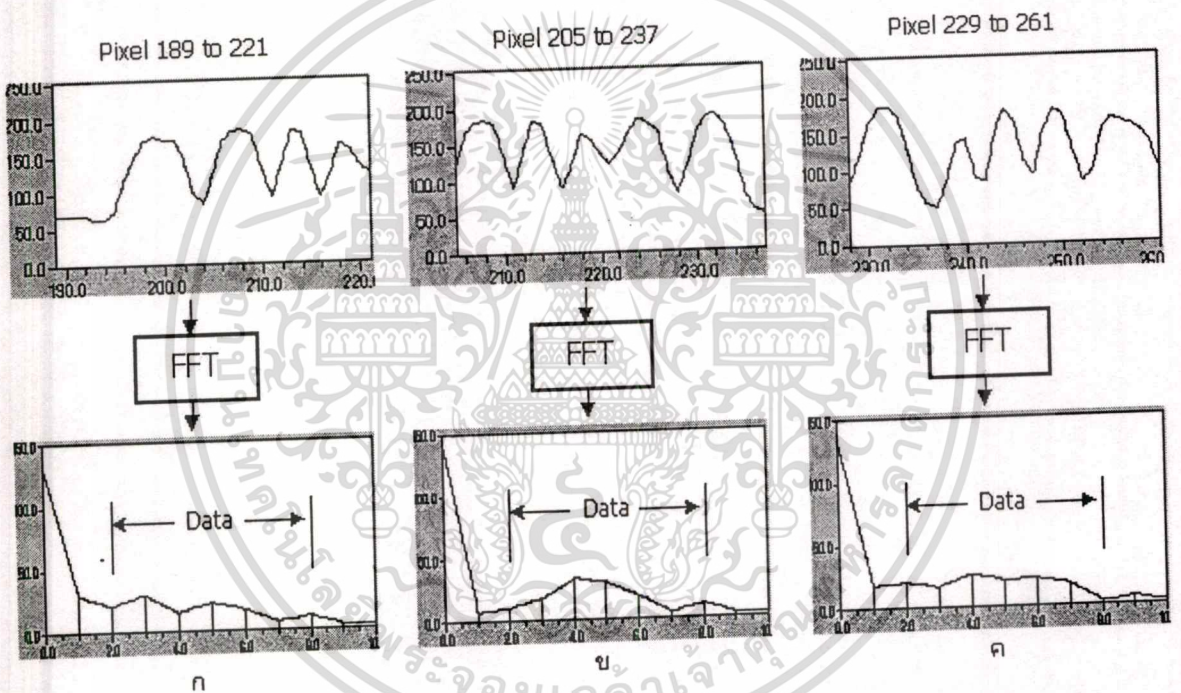
รูปที่ 3.6 ภาพป้ายทะเบียนรถขนาดความกว้าง 80 พิกเซลกำลังถูกพิจารณา (ก) เส้นอ้างอิงที่ตัดผ่านตัวทะเบียน (ข) ระดับสีเทา(Gray Level) ของข้อมูลที่ได้จากภาพ(ก)

จะเห็นว่าระดับสีเทาของบริเวณทะเบียนที่ได้จากการตัดขวางโดยเส้นอ้างอิง จะเป็นข้อมูลที่มีระดับความสว่างมาก-น้อยสลับกันไปเรื่อยๆ และข้อมูลส่วนนี้จะประกอบไปด้วยฮาร์โมนิกหลายความถี่ผสมกันอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.1 การแยกความแตกต่างโดยความถี่ฮาร์มอนิก

การแยกความแตกต่างของส่วนที่ 1, 2 และ 3 ออกจากกัน จะให้หลักการของการแปลงฟูเรียร์เพื่อใช้แยกความถี่ฮาร์มอนิกของสัญญาณ ในการวิเคราะห์โดยใช้การแปลงฟูเรียร์นั้น ข้อมูลที่จะทำการวิเคราะห์จำเป็นต้องมีขนาดความยาวเท่ากับ  $2^N$  โดยที่  $N$  เป็นจำนวนเต็มบวก นั่นคือความยาวของข้อมูล จะต้องเท่ากับ  $\text{Length}(X(n)) = 2, 4, 8, \dots$  เพราะคุณสมบัติของ DFT มีคุณสมบัติเชิงตั้งฉาก (Orthogonality) ดังนั้นในการพิจารณาเราจำเป็นต้องแบ่งข้อมูลให้มีความยาวเป็นจำนวน  $2^N$  โดยในการทดลองนี้จะใช้ขนาดความยาวเท่ากับ 32 ซึ่งจะทำให้เราสามารถแบ่งข้อมูลของทะเบียนรถได้ดังในรูปที่ 3.7



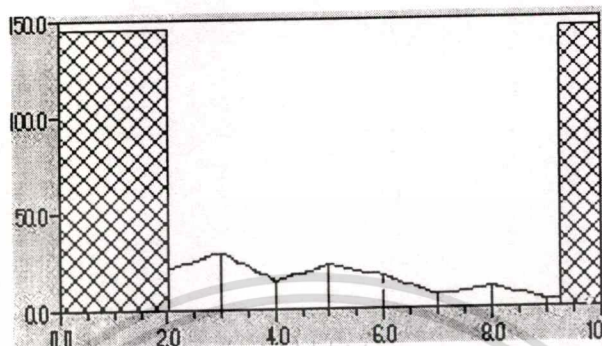
รูปที่ 3.7 การนำข้อมูลของป้ายทะเบียนที่ถูกแบ่งเป็นขนาด 32 พิกเซล ที่ตำแหน่งต่างๆมาทำการแปลงฟูเรียร์ (ก) พิกเซลที่ 189 ถึง 221 (ข) พิกเซลที่ 205 ถึง 237 (ค) พิกเซลที่ 229 ถึง 261

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของป้ายทะเบียนรถยนต์ในรูปที่ 3.7 ทั้ง 3 ช่วง ทำให้สามารถรู้ได้ว่าถ้ามีการแบ่งข้อมูลของป้ายทะเบียนเป็นช่วงๆ ขนาดช่วงละ 32 พิกเซล และทำการแปลงฟูเรียร์ขนาด 32 ซึ่งเท่ากับขนาดของข้อมูลย่อยที่แบ่งมา สเปกตรัมข้อตัวอักษรบนป้ายทะเบียนจะอยู่ระหว่าง 2 ถึง 10 แต่จะไม่สามารถระบุได้ว่า จะต้องเป็นความถี่เท่าใด เพียงแต่รู้ว่าช่วงของความถี่ที่เป็นไปได้ น่าจะอยู่ระหว่าง 2 ถึง 10 ดังนั้นสามารถใช้คุณสมบัติข้อนี้ในการวิเคราะห์หาความน่าจะเป็นของบริเวณของป้ายทะเบียนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวิเคราะห์หาบริเวณของทะเลเบียนได้อย่างถูกต้องนั้น เราสามารถใช้สัมประสิทธิ์ของความถี่ทั้งหมดในช่วง 2 ถึง 10 หรืออาจจะลดขอบเขตของความถี่ลงมา ซึ่งก็คือการกำหนดแบนด์พาส (Band Pass) ของสัญญาณนั่นเอง



รูปที่ 3.8 การเลือกกำหนดแบนด์พาสของสัญญาณ โดยเริ่มตั้งแต่  $2 < f < 10$

การกำหนดเขตของฮาร์มอนิกที่เป็นข้อมูลของแผ่นป้ายทะเบียน สามารถกำหนดได้ดังนี้

ให้  $U$  เป็นเขตของเอกภพสัมพัทธ์

$A$  เป็นเขตของความถี่แบนด์พาส (Band Pass)

จะได้

$$A = \{x(k) \in A \mid a < k < b, a = 2, b = 10\} \quad (3.4)$$

โดยที่

$a = 2$  และ  $b = 10$  เป็นขอบเขตของความถี่แบนด์พาส

และ

$$X(k) = \frac{1}{N} \sum_n^{N-1} x(n) \exp\left(\frac{-j2\pi kn}{N}\right) \quad (3.5)$$

และสามารถหาความถี่ที่มีความน่าจะเป็นตัวหนังสือของป้ายทะเบียนรถดังนี้

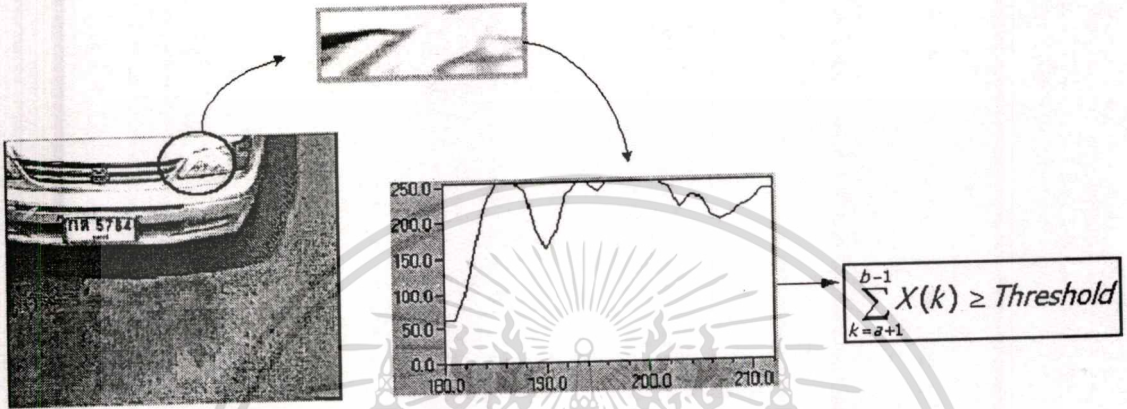
ให้  $B$  เป็นเขตของข้อมูลที่น่าจะเป็นตัวหนังสือ

จะได้

$$B = \{c \in B \mid c = \sum_{k=a+1}^{b-1} X(k) \geq \text{Threshold}, X(k) \in A\} \quad (3.6)$$

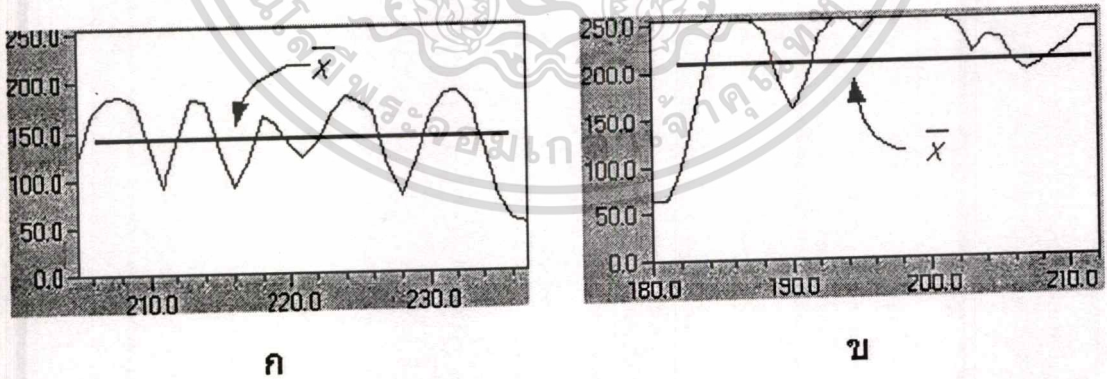
### 3.2.2 การตรวจสอบความสมมาตรของข้อมูล

หลังจากที่ใช้แยกตัวหนังสือออกจากภาพ โดยอาศัยหลักการของการแปลงฟูเรียร์แล้ว ผลที่ได้ยังมีความผิดพลาด เนื่องจากวิธีการที่ผ่านมาได้วิเคราะห์โดยอาศัยความแตกต่างของความถี่ฮาร์มอนิกเพียงอย่างเดียว ซึ่งในบางบริเวณที่ไม่ใช่บริเวณที่มีตัวหนังสือ ก็สามารถมีความถี่ฮาร์มอนิกได้เช่นกัน ดังในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงบริเวณที่มีผลรวมของความถี่ฮาร์มอนิกมากกว่าค่าThreshold

จากกรณีดังกล่าว สามารถแก้ไขข้อบกพร่องนี้ได้ โดยที่จะเห็นว่าลักษณะของข้อมูลที่ได้จะขาดคุณสมบัติของความสมมาตรทั้งซีกบนและซีกล่างของสัญญาณ เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่อยู่ในบริเวณของป้ายทะเบียน ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การเปรียบเทียบระหว่างบริเวณที่มีตัวหนังสือและบริเวณอื่นๆ (ก) บริเวณป้ายทะเบียนรถซึ่งมีตัวหนังสือเป็นองค์ประกอบ (ข) บริเวณไฟหน้ารถซึ่งไม่มีหนังสือเป็นองค์ประกอบ

จากคุณสมบัติดังกล่าว สามารถตรวจสอบคุณสมบัติการสมมาตรของข้อมูลได้ดังนี้  
กำหนดให้  $C$  เป็นเซตของข้อมูลที่มีความสมมาตร

จะได้

$$C = \{y \in C \mid (y \in B) \wedge \overline{x_{y(upper)}} - \overline{x_{y(lower)}} < \text{Threshold}\} \quad (3.7)$$

และ

$$\overline{x_{y(upper)}} = \{c \mid c = \sum_{i=a}^b (p(i, j) \times i) \wedge p(i, j) > \bar{X}\} \quad (3.8)$$

$$\overline{x_{y(lower)}} = \{c \mid c = \sum_{i=a}^b (p(i, j) \times i) \wedge p(i, j) < \bar{X}\} \quad (3.9)$$

โดยที่

$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=a}^b p(i, j)$  เป็นค่าเฉลี่ยของระดับสีเทาภายในขอบเขตที่กำลังพิจารณา

$\overline{x_{y(upper)}}$  เป็นตำแหน่งเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูลที่มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของระดับสีเทา

$\overline{x_{y(lower)}}$  เป็นตำแหน่งเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของระดับสีเทา

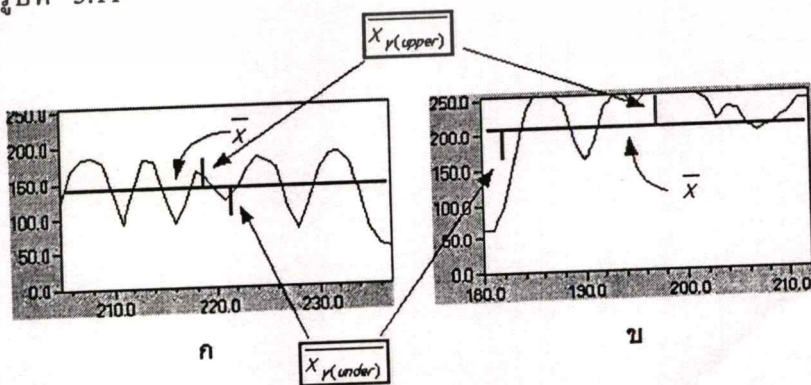
$i$  เป็นคอลัมภ์ที่กำลังพิจารณา

$j$  เป็นแถวที่กำลังพิจารณา

$a$  เป็นค่าเริ่มต้นของคอลัมภ์ของขอบเขตที่พิจารณา

$b$  เป็นค่าสิ้นสุดของคอลัมภ์ของขอบเขตที่พิจารณา

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการใช้คุณสมบัติของความสมมาตร ทำให้สามารถแยกแยะข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น และผลจากการแบ่งแยกข้อมูลด้วยคุณสมบัติของความสมมาตรนี้สามารถแสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การเปรียบเทียบความสมมาตรของข้อมูลซึ่งวัดได้จากระยะห่างระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้ฟูเรียร์ทรานฟอร์มเพื่อแยกแยะสัญญาณในหัวข้อ 3.2 ที่ผ่านมา ถึงแม้ว่าจะสามารถใช้หาบริเวณของทะเบียนรถได้อย่างค่อนข้างแม่นยำ แต่เวลาที่ใช้ในการคำนวณสำหรับการใช้ฟูเรียร์ทรานฟอร์มนั้นค่อนข้างจะมาก ดังในตัวอย่างที่ผ่านมาจะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของเวลาในการประมวลผลข้อมูลภาพขนาด 352x288 จะใช้เวลาประมาณ 5.287 วินาที ซึ่งเป็นเวลาที่มากพอสมควร

ดังนั้น เพื่อให้ลดเวลาในการประมวลผลซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบสูงขึ้น ในงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนากระบวนการในการหาบริเวณของป้ายทะเบียน เพื่อให้ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยลง ได้แก่

- การแยกแยะสัญญาณด้วยระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณกับระดับอ้างอิง (Zero Crossing Segmentation)
- การแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของสัญญาณ (First Order Differential Segmentation)
- การแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่สองของสัญญาณ (Second Order Differential Segmentation)

ดังจะได้อธิบายถึงรายละเอียดของกระบวนการต่างเพื่อใช้ในการหาป้ายทะเบียนรถยนต์ต่อไป

### 3.3 การแยกแยะสัญญาณด้วยระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณกับระดับอ้างอิง (Zero Crossing Segmentation)

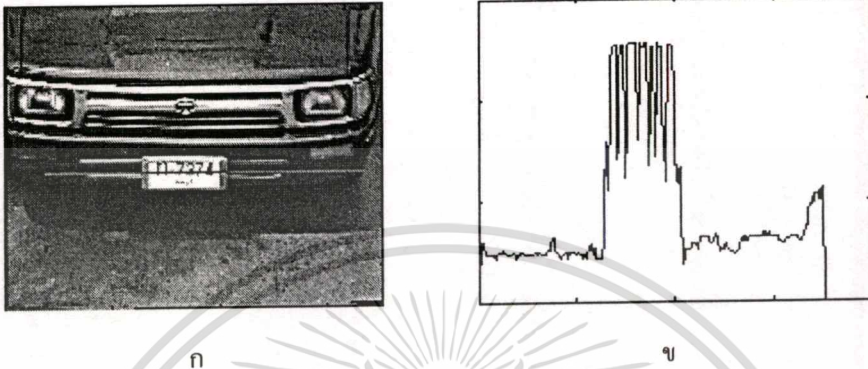
การแยกแยะสัญญาณด้วยระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณกับระดับอ้างอิง เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถประยุกต์ใช้ในการหาบริเวณของป้ายทะเบียนได้ โดยจะอาศัยการวัดค่าจากแอมพลิจูดของระดับสัญญาณดังในรูปที่ 3.12

จะเห็นได้ว่าบริเวณที่เป็นป้ายทะเบียนจะเป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับของสัญญาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณของระดับข้างเคียง ดังนั้นกระบวนการแยกแยะสัญญาณจำเป็นจะต้องหาค่าระดับอ้างอิงของระดับการเปลี่ยนแปลงนี้ ซึ่งสามารถกระทำได้โดยใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ย ของข้อมูลแบบ 1 มิติ ดังสมการที่ 3.10

ค่าเฉลี่ยของข้อมูลสามารถคำนวณหาได้จาก

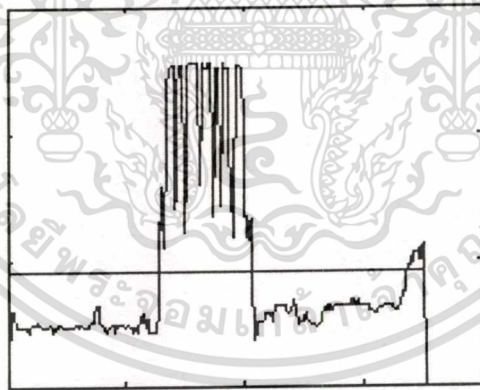
$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k f(x_i)}{\sum_{i=1}^k x_i} \quad (3.10)$$

- ซึ่ง  $x_i$  แทนตำแหน่งของสัญญาณ  
 $f(x_i)$  แทนค่าระดับสีเทาของสัญญาณที่ตำแหน่ง  $x_i$   
 $k$  แทนจำนวนข้อมูลทั้งหมดที่กำลังวิเคราะห์



รูปที่ 3.12 การประยุกต์ใช้การแยกแยะสัญญาณด้วยระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณกับระดับอ้างอิง

- ก) ภาพนำรถที่มีเส้นตัดขวางตัดผ่านตำแหน่งของป้ายทะเบียน  
 ข) ระดับของค่าสีบนเส้นตัดขวาง

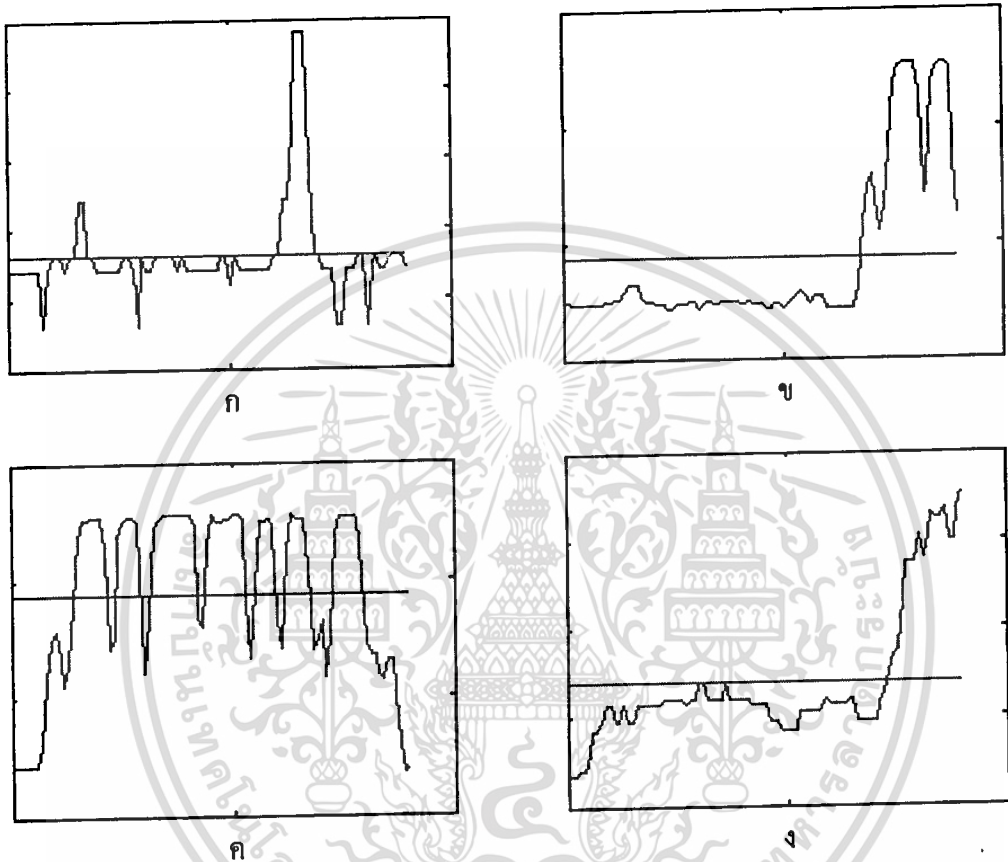


รูปที่ 3.13 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดจำนวน 353 จุดข้อมูล

จากผลจากการหาระดับอ้างอิงโดยใช้ค่าเฉลี่ยของทั้งข้อมูลสามารถแสดงให้ดูได้ดังรูปที่ 3.13 จะเห็นว่าค่าระดับอ้างอิงที่คำนวณได้ยังขาดความเหมาะสม เนื่องจากค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งรวมถึงข้อมูลอื่นที่ไม่ใช่บริเวณของป้ายทะเบียน ซึ่งมีจำนวนมากกว่าบริเวณที่เป็นป้ายทะเบียน ดังนั้นระดับอ้างอิงที่ได้จึงขาดความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการแยกแยะป้ายทะเบียนรอกจากภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้ปัญหาข้างต้นนั้นสามารถทำได้โดย แบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนๆ ซึ่งแต่ละส่วนนั้นจะมีความกว้างมากกว่าและใกล้เคียงกับขนาดของป้ายทะเบียน ซึ่งจะสามารถวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยซึ่งจะสามารถใช้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณบริเวณป้ายทะเบียนได้ดีกว่าการใช้ข้อมูลทั้งหมด ผลการทดลองของการแบ่งข้อมูลสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 การหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ถูกแบ่งขนาด 90 จุดข้อมูล ก) ข้อมูลตำแหน่ง 11-100  
ข) ข้อมูลตำแหน่ง 61-150 ค) ข้อมูลตำแหน่ง 121-210 ง) ข้อมูลตำแหน่ง 261-350

### 3.4 การแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของสัญญาณ

#### (First Order Differential Segmentation)

ถึงแม้ว่าการแยกแยะสัญญาณด้วยระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณกับระดับอ้างอิงในหัวข้อที่ผ่านมาจะสามารถแยกแยะทะเบียนรถได้ดี แต่กระบวนการดังกล่าวจะต้องเสียเวลาในการคำนวณหาระดับอ้างอิงเพื่อใช้วัดระดับการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล และระดับอ้างอิงนี้มีได้หลายค่าซึ่งจะแตกต่างกันตามบริเวณที่ใช้วิเคราะห์

ในกระบวนการแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์นี้ สามารถอธิบายอย่างเป็นขั้นตอนได้ทั้งหมด 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1) การวิเคราะห์โดยสมการผลต่างสืบเนื่องครั้งที่ 1
- 2) การวิเคราะห์โดยการหาค่าสัมบูรณ์
- 3) การวิเคราะห์โดยการหาค่าสะสมของสัญญาณ
- 4) การวิเคราะห์โดยใช้สมการผลต่างสืบเนื่องครั้งที่ 2

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์โดยสมการผลต่างสืบเนื่องครั้งที่ 1

จากการวิเคราะห์โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีอีกหลายวิธีที่จะสามารถแยกแยะบริเวณของป้ายทะเบียนออกมาได้ วิธีของการหาอนุพันธ์ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์หาค่าการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

3.11

อนุพันธ์อันดับที่ 1 หรือสมการผลต่างสืบเนื่องอันดับที่ 1 สามารถหาได้โดย

$$f'(x) = \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} \quad (3.11)$$

โดยที่

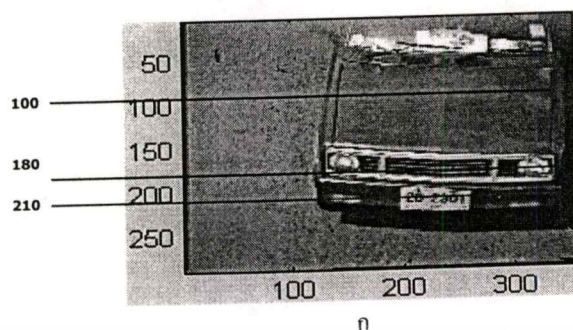
$f'(x)$	แทนผลต่างสืบเนื่องอันดับที่ 1 ของ $f(x)$
$f(x)$	แทนค่าฟังก์ชันปัจจุบันของ $x$
$f(x + \Delta x)$	แทนค่าฟังก์ชันในอนาคตของ $x$
$\Delta x$	แทนระยะห่างระหว่าง $x$

ซึ่งถ้าประยุกต์ใช้กับข้อมูลภาพซึ่งมี  $\Delta x = 1$  จุดภาพแล้ว สามารถเขียนสมการใหม่ได้เป็นดังนี้

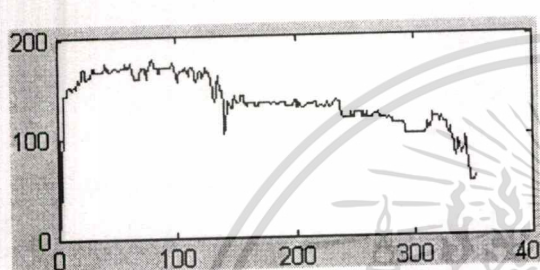
$$f'(x) = f(x+1) - f(x) \quad (3.12)$$

เมื่อทำการประยุกต์สมการที่ 3.12 เพื่อประมวลข้อมูลที่ได้จากเส้นตัดขวางของภาพจะได้ผลลัพธ์ดังแสดงในรูปที่ 3.15

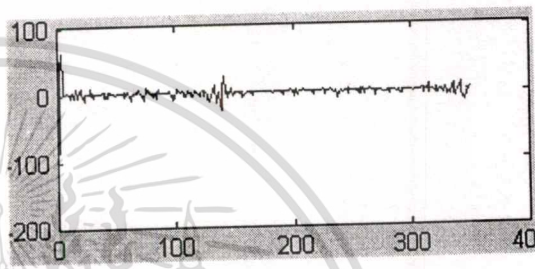
ผลของการประยุกต์สมการผลต่างสืบเนื่อง จะทำให้ข้อมูลที่เคยมีค่าเป็นบวกและมีค่าหลายระดับ จะมีค่าอยู่ระหว่างค่า บวก และลบ ซึ่งจะมีระดับศูนย์เป็นแกนอ้างอิง และบริเวณที่เป็นป้ายทะเบียนที่มีตัวเลขและตัวอักษรจะมีการแกว่งและความหนาแน่นของสัญญาณมากกว่าส่วนอื่น แม้จะผ่านสมการผลต่างสืบเนื่องมาแล้วก็ตาม



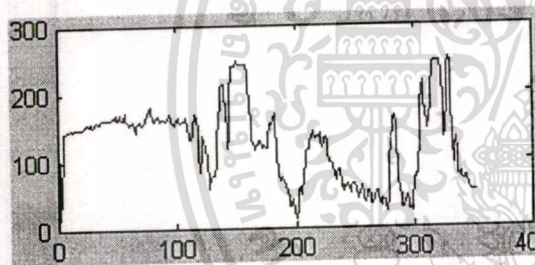
ก



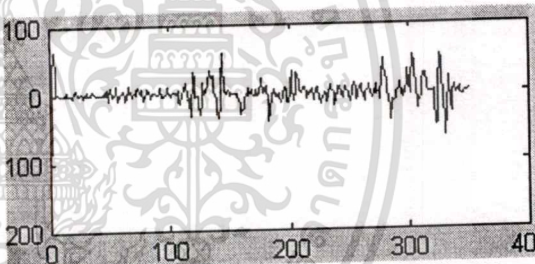
ข



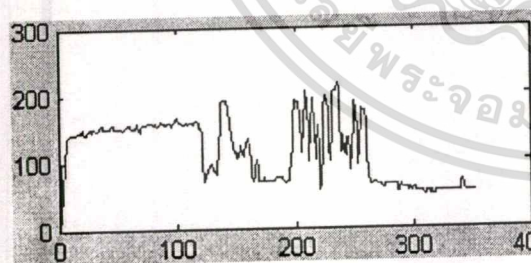
ค



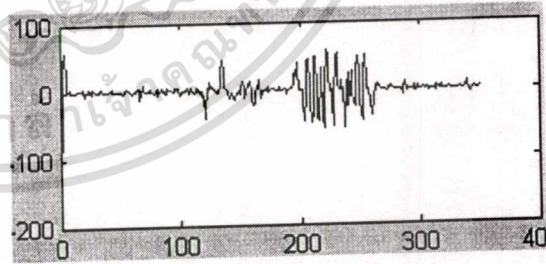
ง



จ



ฉ



ช

รูปที่ 3.15 ผลการประยุกต์สมการผลต่างสี่เนื่องอันดับที่ 1 กับข้อมูลบนเส้นตัดขวาง (ก) ภาพต้นแบบที่ใช้เส้นตัดขวางที่ระดับ 100, 180 และ 210 มาทำการวิเคราะห์ (ข) (ง) และ (ฉ) เป็นข้อมูลที่ได้จากเส้นตัดขวาง (ค) (จ) และ (ช) เป็นผลจากการใช้สมการผลต่างสี่เนื่องมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์โดยการหาค่าสัมบูรณ์

ในขั้นตอนนี้จะนำข้อมูลที่ผ่านกระบวนการหาผลต่างสืบเนื่องครั้งที่ 1 มาทำการหาค่าสัมบูรณ์ เพื่อให้ข้อมูลที่มีทั้งค่าลบ และค่าบวก ได้มีเฉพาะค่าบวกอย่างเดียว จากสมการที่ 3.13

$$y(x) = \begin{cases} f(x) & \text{when } f(x) > 0 \\ -f(x) & \text{when } f(x) < 0 \end{cases} \quad (3.13)$$

สมการที่ 3.13 เป็นสมการที่ใช้หาค่าสัมบูรณ์ของสัญญาณที่ได้ในขั้นตอนที่ 1 และผลของประยุกต์สมการ 3.13 แสดงดังรูปที่ 3.16 (ก1) (ก2) และ (ก3)

## ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์โดยการหาค่าสะสมของสัญญาณ

จากขั้นตอนที่ 1 เราทราบกันดีแล้วว่าบริเวณตำแหน่งของป้ายทะเบียนซึ่งมีตัวอักษรและตัวเลขบรรจุอยู่ นั้น จะมีการเปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณมากกว่าบริเวณอื่นๆ ดังนั้นในขั้นตอนนี้ เราจึงทำการเก็บสะสมค่าการเปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณไว้ เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อไป

$$y(x) = \sum_{x=1}^{end} f(x) \quad (3.14)$$

สมการที่ 3.14 เป็นสมการที่ใช้หาค่าสะสมของสัญญาณ และผลของประยุกต์สมการ 3.14 แสดงดังรูปที่ 3.16 (ข1) (ข2) และ (ข3)

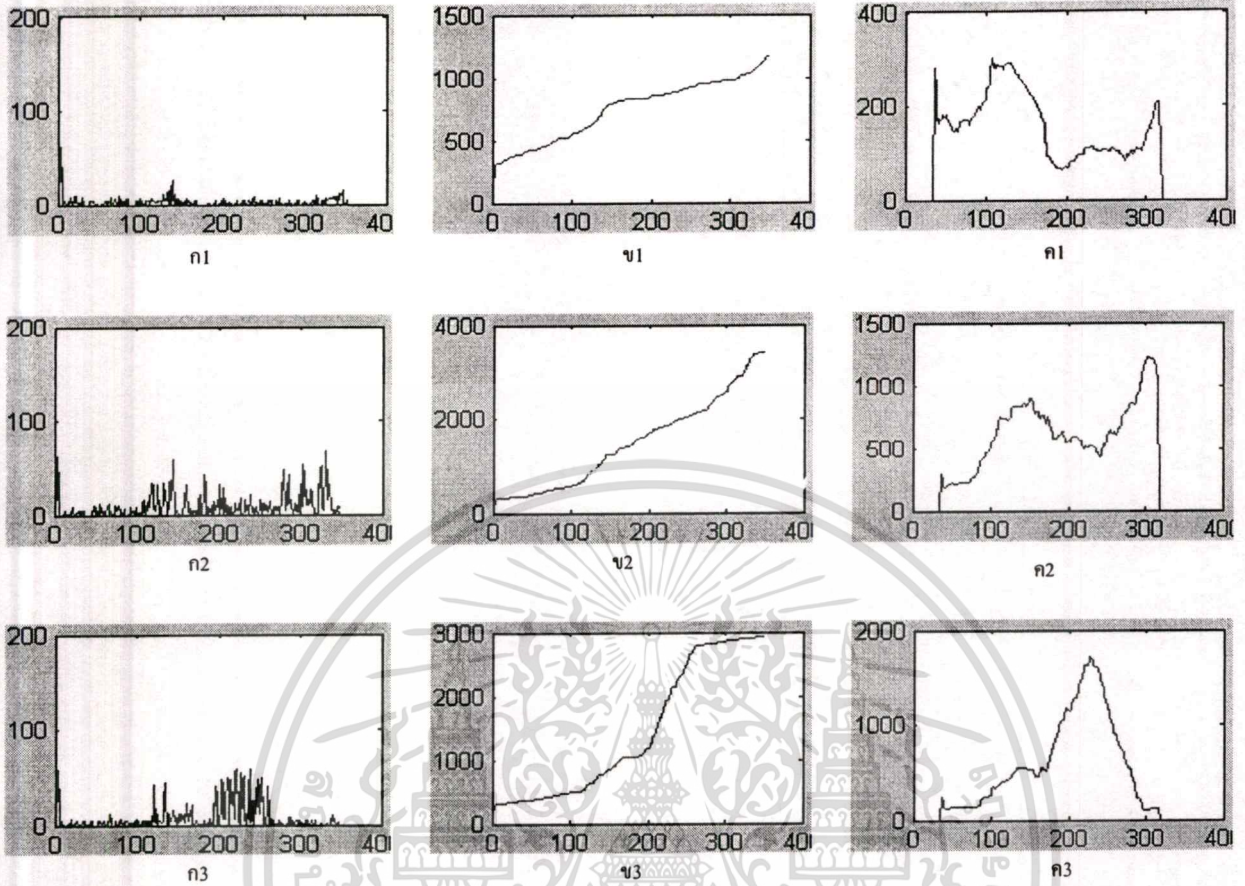
## ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์โดยใช้สมการผลต่างสืบเนื่องครั้งที่ 2

จากข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนที่ 3 จะสังเกตเห็นว่าค่าสะสมของสัญญาณ จะแปรผันตรงกับความหนาแน่นของการเปลี่ยนแปลงระดับของสัญญาณ หรือแสดงให้เห็นอีกนัยหนึ่งคือ ค่าความชันของเส้นกราฟค่าสะสมของสัญญาณจะแปรผันตรงกับความหนาแน่นและระดับของสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลง ในบริเวณที่เป็นตำแหน่งของป้ายทะเบียนจะมีค่าความชันของกราฟค่าสะสมมากที่สุด อันเนื่องมาจากระดับความเปลี่ยนแปลงของสัญญาณในบริเวณป้ายทะเบียนเอง ซึ่งจะแตกต่างกับข้อมูลในบริเวณอื่นๆ ซึ่งไม่ใช่ป้ายทะเบียนและมีระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณกับระดับอ้างอิงที่น้อยกว่า

การวิเคราะห์หาค่าความชันของเส้นสะสมของสัญญาณ เราจะประยุกต์ใช้สมการที่ 3.11 โดยให้  $\Delta x$  แทนด้วย  $\Delta P$  คือความกว้างของป้ายทะเบียน ดังสมการที่ 3.15

$$f'(x) = \frac{f(x + \Delta P) - f(x)}{\Delta P} \quad (3.15)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ผลการประยุกต์ขั้นตอนที่ 2, 3 และ 4 แสดงในรูป (ก) (ข) และ (ค) ตามลำดับ ซึ่งบริเวณที่เป็นป้ายทะเบียนจะมีค่าความชันมากที่สุด

### 3.5 การแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่สองของสัญญาณ (Second Order Differential Segmentation)

การแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่สองของสัญญาณ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้วิเคราะห์สัญญาณเพื่อใช้หาตำแหน่งของป้ายทะเบียน จากรูปที่ 3.15 จะเห็นว่าบริเวณของป้ายทะเบียนมีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณมากที่สุด และทำให้เกิดจุดสูงสุดและต่ำสุดสัมพัทธ์จำนวนมากและมีขนาดใหญ่ตามมา ดังนั้นเราสามารถประยุกต์ใช้การหาอนุพันธ์หรือผลต่างสี่เหลี่ยมอันดับที่ 2 และหาจุดสูงสุดหรือต่ำสุดเพื่อแยกแยะป้ายทะเบียนออกจากส่วนอื่นได้ อนุพันธ์อันดับที่ 2 หรือสมการผลต่างสี่เหลี่ยมอันดับที่ 2 สามารถหาได้โดย

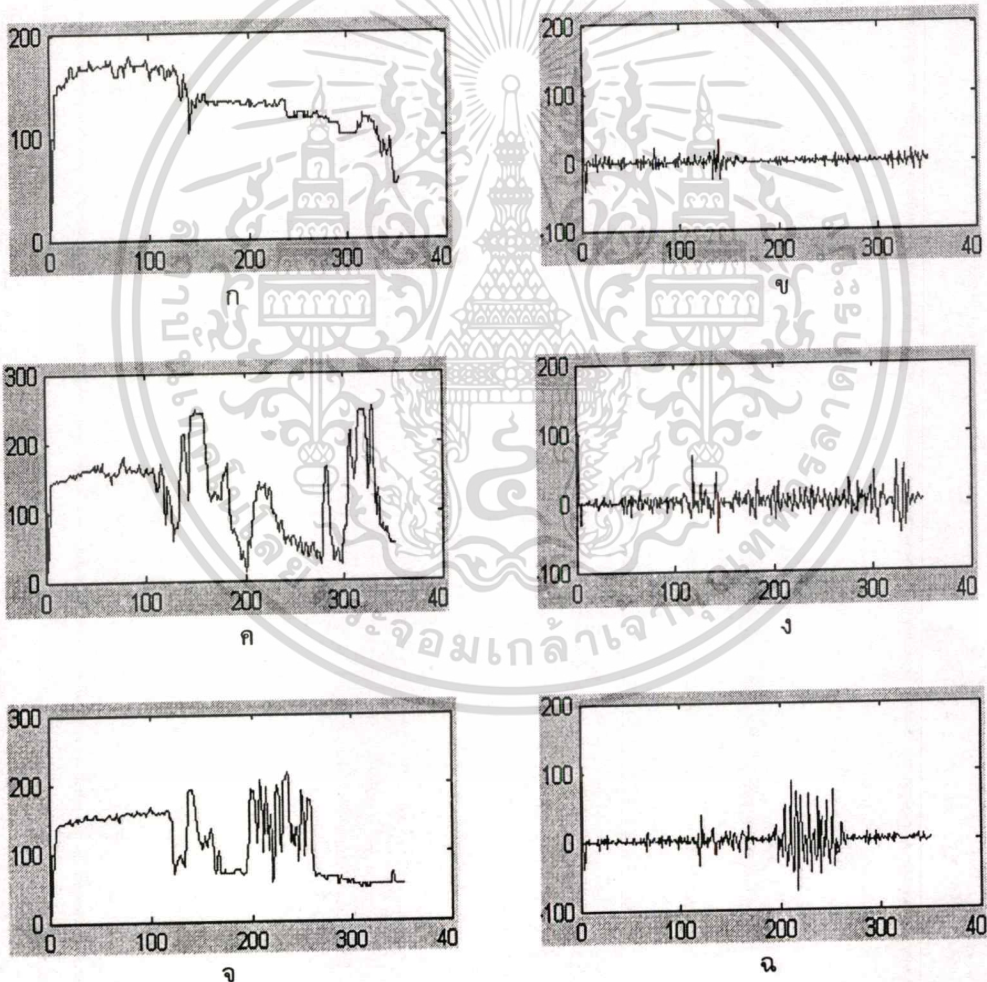
$$f'(x) = \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} \quad 3.16$$

โดยที่  $f(x)$  แทนอนุพันธ์อันดับที่ 2 ของ  $f(x)$   
 ซึ่งถ้าประยุกต์ใช้กับข้อมูลภาพซึ่งมี  $\Delta x = 1$  จุดภาพแล้ว สามารถเขียนสมการใหม่ได้เป็นดังนี้

$$f(x) = f(x+1) - f(x) \quad 3.17$$

เมื่อทำการประยุกต์สมการที่ 3.16 เพื่อประมวลข้อมูลที่ได้จากเส้นตัดขวางของภาพจะได้ผลลัพธ์ดังแสดงในรูปที่ 3.17 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากสมการผลต่างสืบเนื่องอันดับที่ 2 จะมีความใกล้เคียงกับผลลัพธ์ที่ได้จากสมการผลต่างสืบเนื่องอันดับที่ 1

ดังนั้นกระบวนการในการวิเคราะห์จะใช้วิธีการเดียวกันกับกระบวนการวิเคราะห์ด้วยสมการผลต่างสืบเนื่องอันดับที่ 1 ตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 4 ตามลำดับ



รูปที่ 3.17 ผลการประยุกต์สมการผลต่างสืบเนื่องอันดับที่ 2 กับข้อมูลบนเส้นตัดขวาง (ก) ภาพต้นแบบที่ใช้เส้นตัดขวางที่ระดับ 100, 180 และ 210 มาทำการวิเคราะห์ (ข) (ง) และ (ฉ) เป็นข้อมูลที่ได้จากเส้นตัดขวาง (ค) (จ) และ (ช) เป็นผลจากการใช้สมการผลต่างสืบ

เอกสารนี้เป็น **เนื่องมาวิเคราะห์** หารับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

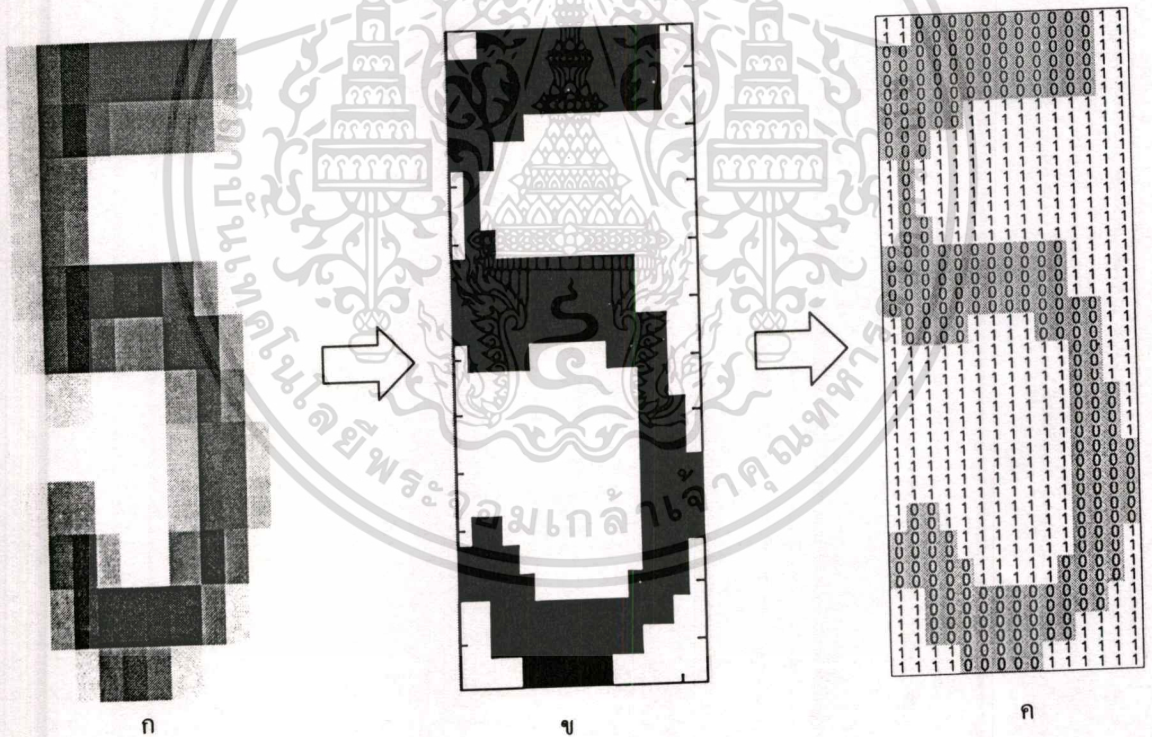
## บทที่ 4

### การแยกแยะตัวอักษร

#### 4.1 บทนำ

การหาขอบเขตของตัวอักษรและตัวเลขที่อยู่บนป้ายทะเบียน เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง สำหรับการรู้จำตัวอักษร เนื่องจากว่าประสิทธิภาพของกระบวนการรู้จำตัวอักษรจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของข้อมูลที่จะทำการวิเคราะห์ ถ้าหากว่าข้อมูลที่เข้าสู่กระบวนการนั้นมีความครบถ้วนสมบูรณ์มากเท่าใด ประสิทธิภาพของกระบวนการรู้จำก็จะมากขึ้นตามด้วย

การตรวจหาตัวอักษรและตัวเลขที่อยู่บนป้ายทะเบียน จะใช้หลักการเดียวกันกับกระบวนการตรวจหาตัวอักษรของภาพเอกสารต่างๆ เช่น จดหมาย ลายมือเขียน ซึ่งจะใช้ได้ผลดีกับข้อมูลภาพที่มีค่าระดับสี 2 ระดับ (ดำ - ขาว) ซึ่งผ่านกระบวนการเทรตโฮล์ดแล้ว และมีสัญญาณรบกวนต่ำ ดังภาพที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของตัวอักษรจากเดิมที่มีระดับสี 256 ระดับ ให้เป็น 2 ระดับ

(ก) ภาพของตัวเลขซึ่งมีค่าสี 256 ระดับ (ข) ผลการแปลงให้มีค่าสีเพียง 2 ระดับของภาพ (ก) และ (ค) ข้อมูลภายในภาพที่ทำการแปลงระดับสีแล้ว โดยที่ระดับ 0 แทนด้วยสีดำ และ ระดับ 1 แทนด้วยสีขาว

นักวิจัยเรื่องมูมเอียงของเอกสาร ได้มีการพัฒนาหลายวิธีการที่จะสามารถหามูมเอียงของเอกสารได้ อย่างเช่นหาจากขอบของเอกสาร S.U.Kumar[9] หรือขอบเขตของตัวหนังสือ Dengel[10] ใช้วิธีการของการหาขอบเขตด้านซ้ายของเอกสาร ซึ่งนั่นก็คือตำแหน่งของพิกเซลแรกของแต่ละแถว และใช้สร้างเวกเตอร์ เพื่อให้เวกเตอร์นี้หาแนวเส้นตรงของพิกเซลแรกขององค์ประกอบต่างๆ เช่น คำ , ข้อความ , เส้นตรง หรือ กรอบต่างๆ ทิศทางของเส้นตรงที่ได้ จะเป็นมูมที่เบี่ยงเบนไปจากแนวตั้ง แต่ว่ามูมที่ได้จะไม่แม่นยำเท่าที่ควร ขึ้นอยู่กับลักษณะของแต่ละเอกสารที่ทำให้เกิดพิกเซลสีดำทางด้านซ้าย Ciardiello ได้คิดวิธีการหามูมโดยอาศัยหลักการของ projection histogram [11] ซึ่งวิธีการนี้จะสุ่มตัวอย่างบริเวณของเอกสารที่มีมูมเอียง แล้วลักษณะฮิสโทแกรมที่เกิดขึ้นบนแกนอนของบริเวณนั้นจะขึ้นอยู่กับมูมที่เอียงไป ซึ่งเมื่อวิเคราะห์หาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของฮิสโทแกรมแล้ว จะพบว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มากที่สุดจะได้จากมูมเอียงที่เอียงไป แต่มีข้อเสียที่ว่ากระบวนการหมุนฮิสโทแกรมเพื่อหามูมนั้น จะใช้เวลาค่อนข้างนาน Postl[12] ได้ใช้หลักวิเคราะห์ Fourier spectrum ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าทิศทางที่ทำให้ spectrum มีการกระจายมากที่สุดจะเป็นมูมของเอกสาร อย่างไรก็ตามเวลาที่ใช้ในการคำนวณจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อขนาดของเอกสารใหญ่ขึ้น และวิธีของ block adjacency graph (BAG)[13] ซึ่งใช้หาส่วนประกอบย่อยของตัวอักษรแต่ละตัว แล้วนำส่วนประกอบย่อยที่มีความสัมพันธ์กันเหล่านั้นมารวมกันกลับเป็นตัวอักษรอีกครั้งหนึ่ง

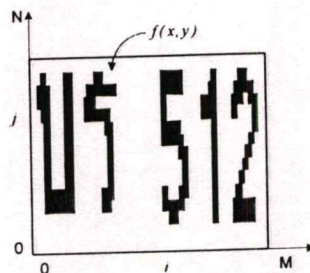
วิธีการในการหาขอบเขตของตัวอักษรในภาพที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึง 2 วิธี คือ

- 1) การแยกแยะตัวอักษรด้วยวิธีโปรเจกชันฮิสโตแกรม (Projection Histogram)
- 2) การแยกแยะตัวอักษรด้วยวิธี Block Adjacency Graph (BAG)

ซึ่งข้อแตกต่างของแต่ละวิธีการจะได้อธิบายดังต่อไปนี้

#### 4.2 การแยกแยะตัวอักษรด้วยวิธีโปรเจกชันฮิสโตแกรม (Projection Histogram)

การแยกแยะตัวอักษรด้วยวิธีของโปรเจกชันฮิสโตแกรม เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างมากในการวิเคราะห์เพื่อแยกตัวอักษรออกจากภาพ เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและกระบวนการไม่สลับซับซ้อน โดยที่มีหลักการคือ ใช้ภาพขาว-ดำ ที่ไม่มีสิ่งรบกวน ดังภาพตัวอย่างที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ภาพจากป้ายทะเบียนที่ผ่านการแปลงให้เป็นภาพ 2 ระดับ และลดสัญญาณรบกวนแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการประยุกต์ใช้การโปรเจกชันฮิสโตแกรมมีดังนี้

- 1) หาผลรวมของค่าสีของแต่ละพิกเซลในแนวแกนตั้งซึ่งกำหนดให้ สีดำมีค่าเท่ากับ 1 และสีขาวมีค่าเท่ากับ 0 โดยใช้สมการ 4.1

กำหนดให้

$Ph_x(i)$  คือ ค่าของโปรเจกชันฮิสโตแกรมในแนวแกน  $x$

$Ph_y(j)$  คือ ค่าของโปรเจกชันฮิสโตแกรมในแนวแกน  $y$

$N$  คือขนาดความสูงของภาพ

$M$  คือขนาดความกว้างของภาพ

โดยที่

$$Ph_x(i) = \sum_{j=1}^N f(x_i, y_j) \quad (4.1)$$

และ

$$Ph_y(j) = \sum_{i=1}^M f(x_i, y_j) \quad (4.2)$$

ซึ่งผลการหาค่าโปรเจกชันฮิสโตแกรมสามารถแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 4.3 นี้ ทำให้บริเวณที่มีอักษรซึ่งมีสีดำบรรจุอยู่ค่าระดับสีของพิกเซลสีดำจะถูกจับมารวมกับค่าพิกเซลอื่น ส่งผลให้ค่าของการโปรเจกชันมีค่าไม่เท่ากับศูนย์ และจะแตกต่างกับบริเวณที่ไม่มีพิกเซลสีดำเลยทำให้ค่าผลรวมของการโปรเจกชันเป็นศูนย์

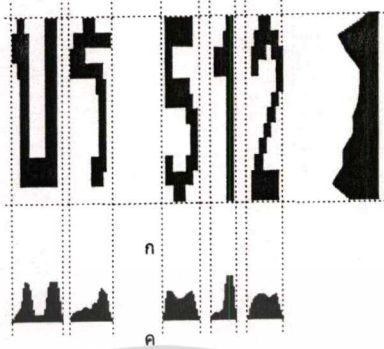
ค่าของการโปรเจกชันบนแกน  $x$  จะมีค่าสลับระหว่างศูนย์และค่าที่ไม่ใช่ศูนย์ ดังรูปที่ 4.3 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ตำแหน่งบนแกน  $x$  ที่ทำให้ค่าของการโปรเจกชันมีค่าไม่เท่ากับศูนย์จะมีพิกเซลสีดำอยู่บริเวณสูงขึ้นไป และเป็นพิกเซลของตัวอักษร ดังนั้นขอบเขตของแกน  $x$  ที่มีค่าของการโปรเจกชันก็คือขอบเขตตามแนวนอนของตัวอักษรนั่นเอง

ค่าของการโปรเจกชันบนแกน  $y$  จะแตกต่างกับแกน  $x$  เนื่องจากแถวของตัวอักษรที่อยู่บนซ้ายทะเยินมีจำนวน 1 แถวเสมอ ดังนั้นขอบเขตของแกน  $y$  คือขอบเขตความสูงของตัวอักษร

ขอบเขตของตัวอักษรแต่ละตัวสามารถหาได้จาก การทำอินเตอร์เซกชัน (Intersection) ระหว่างค่าโปรเจกชันบนแกน  $x$  และ  $y$  ซึ่งพื้นที่ของการอินเตอร์เซกชัน ก็คือบริเวณที่บรรจุตัวอักษรอยู่ทั้งหมดนั่นเอง

กระบวนการแยกแยะตัวอักษรออกจากภาพด้วยการโปรเจกชันฮิสโตแกรมที่ผ่านมาถึงแม้ว่าจะเป็นวิธีที่สามารถจะกระทำได้อย่างไม่ยากนัก แต่ก็มีข้อเสียคือภาพของตัวอักษรที่จะผ่าน

กระบวนการโปรเจกชันจะต้องมีความสมบูรณ์ค่อนข้างสูง และไม่มีสิ่งรบกวนที่จะมีผลกระทบต่อค่าของการโปรเจกชันทั้งบนแกน  $x$  และ  $y$  แต่ในทางปฏิบัติภาพที่ได้มามักจะขาดความสมบูรณ์



รูปที่ 4.3 วิธีการหาแยกแยะตัวอักษรออกจากภาพ โดยให้การโปรเจกชันฮิสโตแกรม

เนื่องจากเราไม่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อความสมบูรณ์ของภาพได้ เช่น มุมของแสงและเงา ความสกปรกของป้ายทะเบียน สิ่งแปลกปลอมบนป้ายทะเบียนเช่นนี้้อด กรอบใต้แผ่นป้ายทะเบียน และตำแหน่งของป้ายทะเบียนเอง อุปสรรคเหล่านี้ทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการแยกแยะตัวอักษรด้วยวิธีโปรเจกชันฮิสโตแกรมลดลงดังตัวอย่างในรูปที่ 4.4 นี้



รูปที่ 4.4 ผลของการประยุกต์ใช้การโปรเจกชันฮิสโตแกรมกับภาพที่มีสัญญาณรบกวน

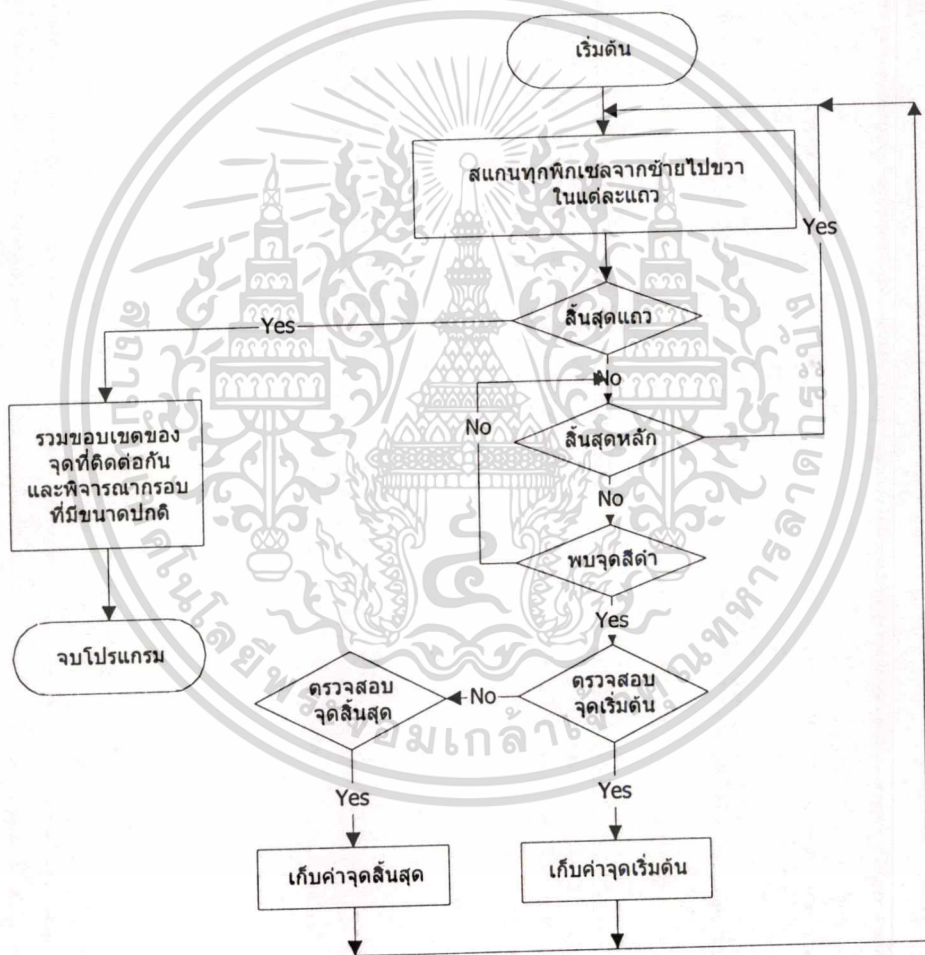
#### 4.3 การแยกแยะตัวอักษรด้วยวิธี Block Adjacency Graph (BAG)

การแยกแยะตัวอักษรด้วยวิธีของ BAG นี้ เป็นการหาขอบเขตของตัวอักษรที่มีความเกี่ยวเนื่องกันหรือติดกัน ซึ่งจะคาดเดาได้ว่าเป็นตัวอักษรเดียวกัน จากข้อมูลที่ได้มาจะถูกหาความสัมพันธ์ของตัวอักษรแต่ละตัว โดยที่ตัวอักษรจะถูกแบ่งเป็น block ขนาดเล็ก และรวมกันเป็นตัวอักษรหนึ่งตัวถ้า block เหล่านั้นมีใกล้เคียงกัน โดยการใช้วิธีการของ Surachat.[13] ที่เรียกว่า

Block Adjacency Graph (BAG) ซึ่งใช้หา contours ของส่วนประกอบของตัวอักษรที่ติดกันในภาพ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างข้อมูลของวิธีการนี้จะถูกสร้างขึ้นเมื่อทำการสแกนภาพทีละแถว ต่อไปก็หาระดับความสัมพันธ์ของ block ในโครงสร้างของข้อมูลนั้น โดยให้ข้อมูลภาพแทนด้วย  $P$  และ BAG ถูกกำหนดโดย  $B = (N, \varepsilon)$ , อาศัยโดยที่  $N = \{n_i\}$  เป็นเซตของ block nodes และ  $\varepsilon = \{e(n_i, n_j) \mid n_i, n_j \in N\}$  เป็นเซตของตัววัดการเชื่อมต่อกันของ  $n_i$  and  $n_j$  แต่ละ node  $n_i$  คือ block ซึ่งมีข้อมูลของการเชื่อมต่อระหว่าง node อื่นจากทางขวาและทางซ้าย ซึ่งอาจมีมากกว่าหนึ่ง node ก็ได้ ขนาดของแต่ละ block คือขนาดของตัวอักษรแต่ละตัวซึ่งเกิดจาก block เหล่านั้น โดยมีพิกัดเท่ากับ  $((X_u, Y_u), (X_l, Y_l))$ , โดยที่  $X_u < X_l$  และ  $Y_u < Y_l$ . ตัวอย่างของ BAG ได้แสดงให้เห็นในรูปที่ 4.6 และอัลกอริทึมอย่างคร่าวๆ ที่ใช้สร้าง BAG จาก binary image แสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 อัลกอริทึมของกระบวนการ BAG

และผลการประยุกต์ใช้กระบวนการของ BAG สามารถแสดงให้เห็นได้จากรูปที่ 4.6 ซึ่ง

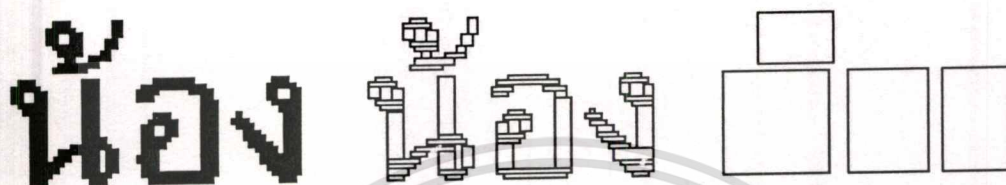
รูป 4.6(ก) เป็นภาพที่มีตัวอักษรจำนวน 4 ตัวคือ “นั” “อ” และ “ง” ตามลำดับ ส่วนรูปที่ 4.6 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นส่วนประกอบย่อยของตัวอักษรในรูปที่ 4.6(ก) ซึ่งจะมีขนาดและขอบเขตเฉพาะของตัวเอง และในที่สุดขอบเขตของส่วนประกอบย่อยเหล่านั้นก็จะถูกรวมกันกลายเป็นขอบเขตของตัวอักษร และแสดงถึงขนาดของมันในที่สุด

ขนาดกรอบของตัวอักษรนี่จะเป็นสิ่งที่ใช้วัดความถูกต้องของตัวเอง เช่น หากขนาดของกรอบเล็กกว่าขนาดปกติ หรือใหญ่กว่าปกติมากไป กรอบเหล่านั้นก็จะถูกพิจารณาเป็นสิ่งรบกวนไป และถูกตัดทิ้งในที่สุด

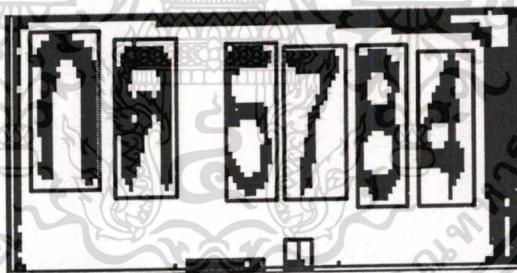


(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นถึงวิธีการของ BAG (ก) เป็นภาพของตัวอักษรที่ได้ (ข) ผลที่ได้จากวิธีการของ BAG ซึ่งแต่ละ block ย่อยจะเป็น node ของ BAG (ค) หลังจากทีรวม block ย่อยแล้วจะได้ขอบเขตของตัวอักษร



รูปที่ 4.7 ผลของการใช้วิธี BAG กับรูปที่ 4.4 ซึ่งพบว่ามีการอบทั้งหมด 6 กรอบ แต่เป็นกรอบของตัวอักษรบนป้ายทะเบียนจำนวน 6 กรอบ

#### 4.4 การอ่านตัวอักษร

กระบวนการรู้จำตัวอักษรและตัวเลข เริ่มจากการนำกรอบของตัวอักษรซึ่งได้จากกระบวนการ BAG ซึ่งกล่าวไว้ในข้างแล้ว มาทำการพิจารณา ดังในรูปที่ 4.8 โดยอาศัยหลักการและทฤษฎีต่างๆ ของโครงข่ายประสาทเทียมชนิดไร้น้ำหนัก (Weightless Neural Network) มาใช้ในกระบวนการรู้จำตัวอักษรและตัวเลข

การฝึกสอนเพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมรู้จำตัวเลขและตัวอักษรซึ่งมีลักษณะการทำงานที่เหมือนกันนี้ จะใช้หลักการเดียวกัน ข้อมูลที่จะเป็นต้นแบบให้กับนิวรอล เน็ตเวิร์ค (Neural Network) จะต้องเป็นข้อมูลที่มีความสมบูรณ์ที่สุด และเป็นภาพที่ผ่านการแปลงภาพให้เป็นแบบ 2 ระดับแล้ว (Binarization) เท่านั้น ดังในรูปที่ 4.9

# กค 5784

รูปที่ 4.8 ภาพเริ่มต้นก่อนที่จะเข้ากระบวนการอ่านตัวอักษร

# กขคง

รูปที่ 4.9 ตัวอย่างภาพต้นแบบที่ใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งมีพยัญชนะ “ก”, “ข”, “ค” และ “ง” ตามลำดับ

#### 4.4.1 การเตรียมข้อมูลในการฝึกสอน

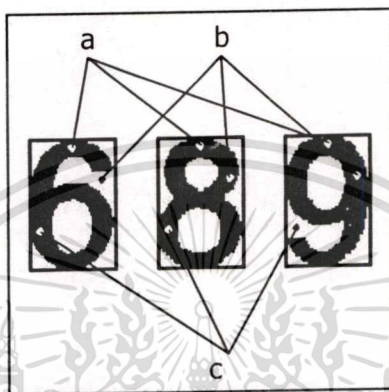
การเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการฝึกสอนเริ่มจาก การนำข้อมูลต้นแบบของนิวรอล ดังรูปที่ 4.9 ซึ่งเป็นภาพขาว-ดำ มาทำให้เป็นบรรทัดฐาน (Normalize) เพื่อให้ข้อมูลอินพุตทุกตัวมีขนาดเท่ากัน ในกรณีที่ภาพที่ถ่ายมามีขนาดไม่เท่ากัน ในงานวิจัยนี้จะกำหนดให้ตัวอักษรและตัวเลขทุกตัวมีขนาดเท่ากันที่ 64x64 พิกเซล หลังจากนั้นนำข้อมูลชุดนี้เข้าสู่กระบวนการออปติไมซ์ (Optimization)

#### 4.4.2 การออปติไมซ์ (Optimization)

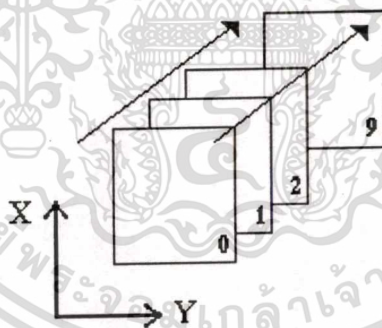
การออปติไมซ์ เป็นการตรวจสอบว่าจุดใดๆ ในรูปที่เป็นอินพุตนั้นเป็นจุดที่มีประโยชน์ในการให้คำตอบหรือไม่ ตัวอย่างเช่น เลข 6 เลข 8 และ เลข 9 ดังรูปที่ 4.10 จะเห็นว่าที่ตำแหน่งของจุด a นั้น ที่เลข 6, 8 และ 9 เป็นจุดที่มีสีขาวเหมือนกัน ดังนั้นจุด a นี้ไม่มีประโยชน์ในการหาความแตกต่างระหว่างเลข 6, 8 และ 9 เลข ส่วนตำแหน่ง b บนเลข 6 มีสีขาว แต่ตำแหน่งเดียวกันบนเลข 8 และ 9 มีสีดำ ทำให้ตำแหน่ง b นี้มีประโยชน์ในการพิจารณาความแตกต่างระหว่าง เลข 6 และเลข 8 หรือ เลข 6 และเลข 9 แต่ไม่มีประโยชน์ในการหาความแตกต่างระหว่างเลข 8 และ เลข 9 เลข และในทำนองเดียวกัน เมื่อพิจารณาที่จุด c จะมีประโยชน์ในการแบ่งแยกระหว่างเลข 6 และเลข 9 หรือ เลข 8 และเลข 9 แต่ก็ไม่

สามารถแบ่งแยกระหว่างเลข 6 และเลข 8 ที่ ซึ่งการออปติไมซ์ ทำได้โดยนำเอารูปที่ผ่านการดำเนินการคำนวณมาแล้วมาเปรียบเทียบกับข้อมูลต้นแบบ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาที่จุด  $c$  จะมีประโยชน์ในการแบ่งแยกระหว่างเลข 6 และเลข 9 หรือ เลข 8 และเลข 9 แต่ก็ไม่สามารถแบ่งแยกระหว่างเลข 6 และเลข 8 ซึ่งการอุปติไมซ์ ทำได้โดยนำเอารูปที่ผ่านการนอร์มาไลซ์มาแล้ว มาเรียงกันตามรูป 4.11 แล้วทำการตรวจสอบที่ทุกๆพิกัด  $(x,y)$  แล้วพิจารณาว่าจุดใดมีจำนวนจุดขาวและจุดดำใกล้เคียงกันก็แสดงว่าจุดนี้มีประโยชน์ในการหาคำตอบ



รูปที่ 4.10 แสดงตัวอย่างการพิจารณาจุด A และจุด B



รูปที่ 4.11 แสดงตัวอย่างการอุปติไมซ์สำหรับข้อมูลที่เป็นตัวเลขตั้งแต่เลข 0 ถึง 9

หลังจากได้พิกัดที่มีประโยชน์ในการรู้จำตัวอักษรแล้ว เราจะทำการแยกพิกัดทั้งหมดที่ได้เป็นกลุ่มๆ โดยแต่ละกลุ่มจะเรียกว่า "นิวรอล 1 หน่วย" โดยนิวรอลแต่ละหน่วยจะประกอบด้วยพิกัดจำนวนหนึ่งซึ่งเรียกว่า "ขาของนิวรอล" เมื่อได้พิกัดที่มีประโยชน์ในการให้คำตอบแล้ว เราต้องเก็บค่าสีที่พิกัดเหล่านั้นของข้อมูลต้นแบบทุกรูปไว้ด้วยเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบในส่วนของโปรแกรมหลักต่อไป

#### 4.4.3 การรู้จำตัวอักษร

ในการตัดสินใจนิรอลแต่ละหน่วยจะทำงานเป็นอิสระต่อกัน โดยนิรอล 1 หน่วยใดๆ จะทำการเปรียบเทียบค่าสีที่พิกัด(ขาของนิรอลหน่วยนั้นๆ)ของภาพที่เป็นอินพุทกับค่าสีของข้อมูลภาพต้นแบบที่ได้เคยทำการเรียนรู้ไปแล้ว ทุกๆรูปที่พิกัดเดียวกันเพื่อเปรียบเทียบว่ารูปอินพุทที่เข้ามามีความใกล้เคียงกับภาพของตัวอักษรตัวใดมากที่สุด หลังจากนั้นนิรอลหน่วยนั้นจะทำการหาว่าข้อมูลอินพุทที่เข้ามาใกล้เคียงกับข้อมูลต้นแบบรูปใดมากที่สุด แล้วทำการลงคะแนน (Vote) ให้กับข้อมูลภาพต้นแบบรูปนั้น 1 คะแนน เมื่อนิรอลทุกหน่วยทำการลงคะแนนครบแล้ว ข้อมูลภาพต้นแบบตัวใดมีคะแนนมากที่สุดก็จะเลือกข้อมูลนั้นมาเป็นคำตอบ

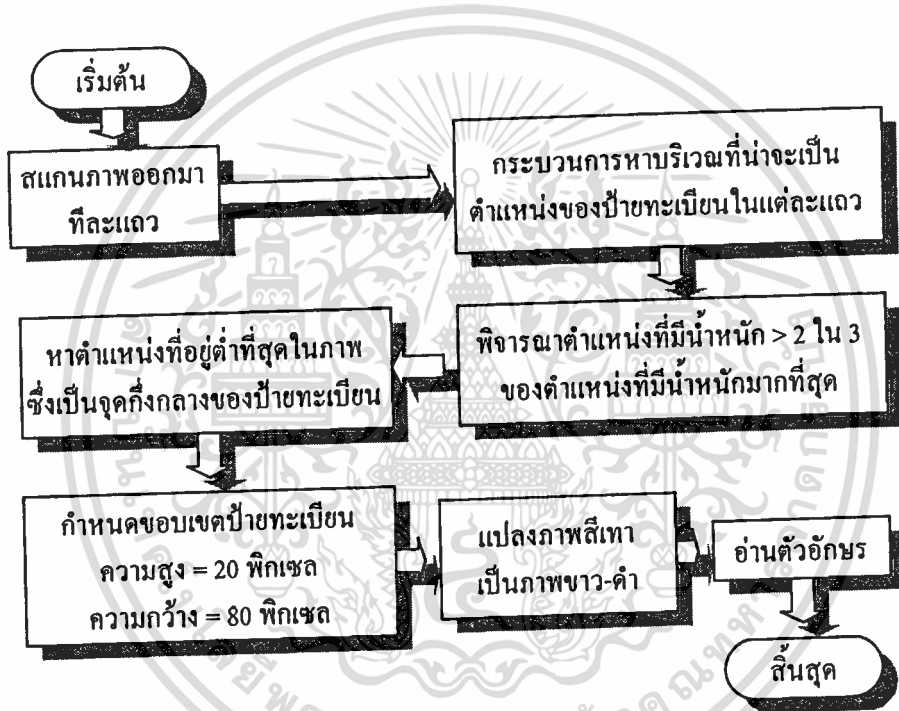


## บทที่ 5

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 5.1 บทนำ

ในงานวิจัยนี้เป็นระบบตรวจจับและอ่านตัวอักษรของป้ายทะเบียนรถยนต์ ดังนี้ภาพรวมของงานวิจัยจึงสามารถอธิบายให้เข้าใจได้ดังรูปที่ 5.1 ซึ่งการทดลองเริ่มจากการรับภาพที่ได้จากการจับภาพของกล้องวีดีโอแล้วทำการแปลงให้เป็นข้อมูลภาพ เพื่อใช้เป็นข้อมูลของกระบวนการในงานวิจัยนี้



รูปที่ 5.1 ภาพรวมของการทดลองในงานวิจัย

ภาพที่ได้จากกล้องวีดีโอจะบรรจุภาพทางด้านหน้ารถยนต์ ซึ่งภาพดังกล่าวจะบรรจุป้ายทะเบียนไว้ กระบวนการแรกของการประมวลผลคือการสแกนภาพออกมาทีละแถว เพื่อให้ได้ภาพแบบ 1 มิติ หลังจากนั้นข้อมูลแบบ 1 มิติจะถูกประมวลผลเพื่อหาบริเวณที่น่าจะเป็นตำแหน่งของป้ายทะเบียนในแต่ละแถวของเส้นสแกนภาพด้วยอัลกอริทึมต่างๆ ที่ได้พัฒนาขึ้น จากกระบวนการดังกล่าว ตำแหน่งที่ถูกประมวลผลจะมีค่าน้ำหนักของความเป็นตำแหน่งของป้ายทะเบียนที่แตกต่างกัน ซึ่งตำแหน่งที่มีค่าน้ำหนักมากกว่า 2 ใน 3 ของค่าน้ำหนักสูงสุดจะถูกพิจารณา โดยที่ตำแหน่งของป้ายทะเบียน จะเป็นตำแหน่งที่อยู่ต่ำที่สุด หลังจากที่ได้ตำแหน่งของป้ายทะเบียนมาแล้ว ภาพของป้ายทะเบียนจะถูกเปลี่ยนเป็นภาพแบบ 2 ระดับ แล้วผ่านเข้าสู่กระบวนการอ่านตัวอักษรต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น การทดลองในงานวิจัยนี้จึงแบ่งการทดลองออกเป็น การทดลองย่อยทั้งหมด 3 ขั้นตอน คือ

- 1) การหาบริเวณของป้ายทะเบียน
- 2) การแปลงภาพจาก 256 ระดับเป็น 2 ระดับ
- 3) การแยกแยะตัวอักษรด้วยวิธี BAG และการอ่านตัวอักษร

## 5.2 ตอนที่ 1 การหาบริเวณของป้ายทะเบียน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง การทดสอบ ความสามารถในการจำแนกตำแหน่งของป้ายทะเบียนออกจากภาพถ่ายทางด้านนักรถยนต์ โดยจะทำการทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ทั้งทางด้านความถูกต้อง และเวลาที่ใช้ในการประมวลผล ของอัลกอริทึมที่ใช้จำแนกป้ายทะเบียนออกจากภาพทั้ง 4 วิธี ดังนี้

1. การแยกแยะสัญญาณด้วยการแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform Segmentation)
2. การแยกแยะสัญญาณด้วยระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ (Zero Crossing Segmentation)
3. การแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของสัญญาณ (First Order Differential Segmentation)
4. การแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่สองของสัญญาณ (Second Order Differential Segmentation)

โดยการทดสอบจะกระทำกับภาพตัวอย่างที่ถ่ายได้จากรถยนต์ที่วิ่งอยู่บนท้องถนนในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งวิ่งด้วยความเร็วประมาณ 0 ถึง 40 กิโลเมตร/ชั่วโมง และตัวอย่างผลการทดสอบสามารถแสดงให้เห็นดังตารางทั้ง 4 ซึ่งในตารางที่ 1, 2 และ 3 ใช้ภาพตัวอย่างจำนวน 10 ภาพที่แตกต่างกัน และตารางที่ 4 เป็นตัวอย่างภาพที่สามารถจับภาพได้จากท้องถนนจำนวน 50 ภาพจากภาพตัวอย่างทั้งหมด 100 ภาพ

รายละเอียดของข้อมูลในแต่ละตารางเป็นดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงถึงการเปรียบเทียบการหาตำแหน่งต่างๆที่คาดว่าจะจะเป็นบริเวณของป้าย

ทะเบียนของวิธีการทั้ง 4 วิธี ซึ่งใช้จุดสีดำเพื่อแสดงบริเวณที่สามารถสนใจ

ตารางที่ 5.2 แสดงถึงการเปรียบเทียบบริเวณของป้ายทะเบียนและขอบเขตของป้ายทะเบียนของวิธีการทั้ง 4 วิธี

ตารางที่ 5.3 แสดงถึงภาพข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนจำนวนมาก ส่งผลให้วิธีการทั้ง 4 วิธีมีประสิทธิภาพ

ภาพลดลง

ตารางที่ 5.4 แสดงถึงภาพตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้จำนวน 50 ภาพจากทั้งหมด 100 ภาพ ซึ่งประโยชน์ด้านการคำนวณจะลดลงเรื่อยๆ ยิ่งถ้าจำนวนภาพตัวอย่างมากขึ้น ยิ่งต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการหาตำแหน่งของป้ายทะเบียนรถยนต์ทั้ง 100 ภาพ

### 5.2.1 อัลกอริทึมของการแยกแยะสัญญาณด้วยการแปลงฟูเรียร์ ( Fourier Transform Segmentation )

อัลกอริทึมของการแยกแยะสัญญาณด้วยการแปลงฟูเรียร์ สามารถอธิบายให้เข้าใจได้ดังรูปที่ 5.2 โดยขั้นตอนทั้งหมดมีดังนี้

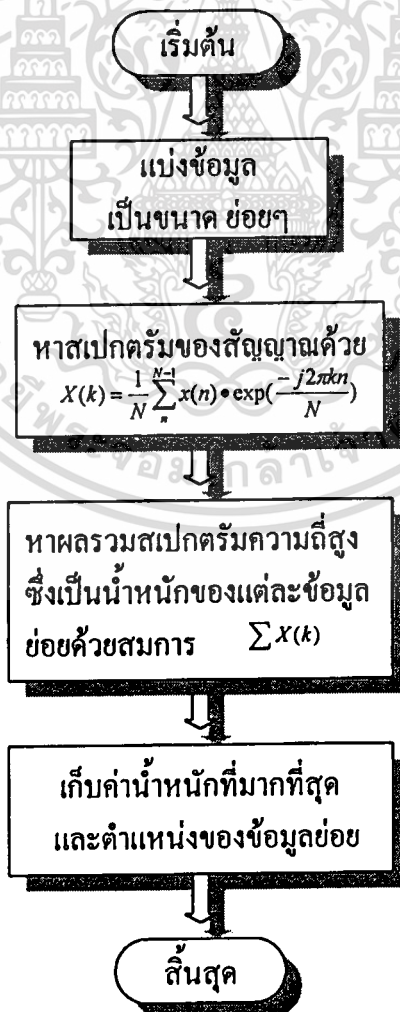
5.2.1.1 เริ่มจาก การแบ่งข้อมูลแบบ 1 มิติที่ได้จากเส้นสแกนภาพ ให้เป็นข้อมูลย่อยๆ ซึ่งมีขนาดเท่ากับขนาดของการแปลงฟูเรียร์ และข้อมูลที่ถูกแบ่งจะต้องมีการซ้อนทับกัน (Overlap) เพื่อให้ได้ข้อมูลย่อยที่สมบูรณ์

5.2.1.2 วิเคราะห์หาสเปกตรัมของสัญญาณที่ได้จากกระบวนการข้างต้นด้วยสมการที่ 3.2

5.2.1.3 หาผลรวมของสเปกตรัมความถี่สูงซึ่งเป็นความถี่ของตัวหนังสือบนป้ายทะเบียน

5.2.1.4 หาบริเวณซึ่งผลรวมของสเปกตรัมความถี่สูงมีค่ามากกว่า 2 ใน 3 ของผลรวม

สเปกตรัมสูงที่สุด ซึ่งบริเวณเหล่านั้นน่าจะเป็นบริเวณที่มีป้ายทะเบียนบรรจุอยู่



รูปที่ 5.2 อัลกอริทึมของการแยกแยะสัญญาณด้วยการแปลงฟูเรียร์

ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2.2 อัลกอริทึมของการแยกแยะสัญญาณด้วยระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณกับระดับอ้างอิง ( Zero Crossing Segmentation)

อัลกอริทึมของการแยกแยะสัญญาณด้วยระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณกับระดับอ้างอิง เป็นอัลกอริทึม ที่พัฒนาจากการแยกแยะสัญญาณด้วยการแปลงฟูรีเยร์ เพื่อแก้ไขข้อเสียของการแปลงฟูรีเยร์ โดยขนาดของข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์จะมีขนาดใกล้เคียงกับป้ายทะเบียน และการตรวจสอบระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณกับระดับอ้างอิง ซึ่งบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงมากจะเป็นบริเวณที่บรรจุป้ายทะเบียนซึ่งประกอบด้วยตัวอักษร การแยกแยะสัญญาณด้วยระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณกับระดับอ้างอิงสามารถอธิบายให้เข้าใจได้ดังรูปที่ 5.3 โดยขั้นตอนทั้งหมดมีดังนี้

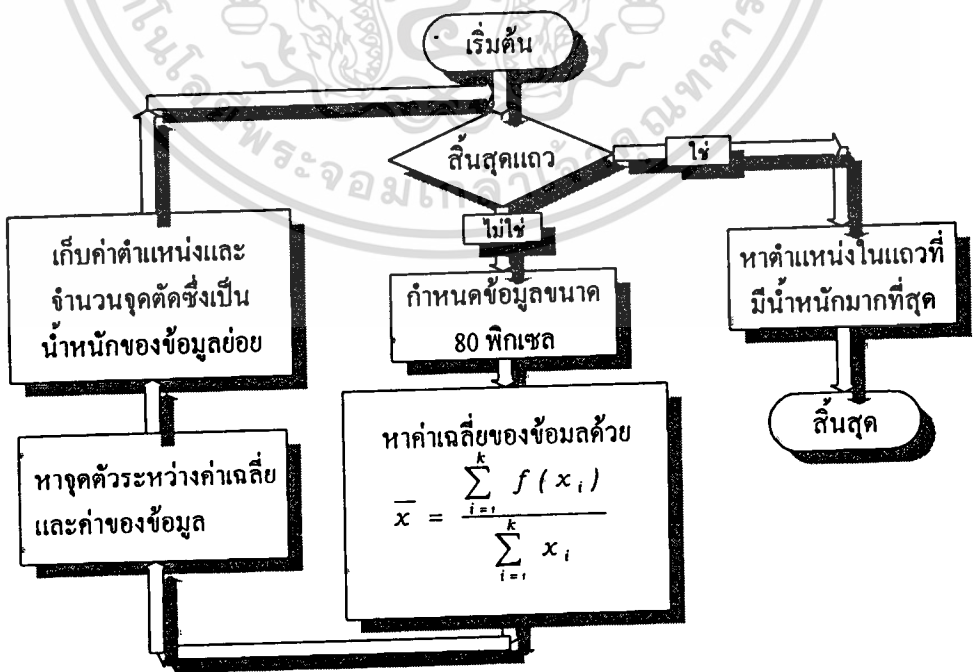
5.2.2.1 เริ่มจาก นำข้อมูลแบบ 1 มิติที่ได้จากเส้นสแกนภาพ มาวิเคราะห์ทีละ 80 พิกเซล ซึ่งเป็นขนาดที่ใกล้เคียงกับขนาดของป้ายทะเบียน

5.2.2.2 วิเคราะห์หาระดับอ้างอิงของสัญญาณที่ได้จากกระบวนการข้างต้นด้วยสมการที่ 3.10

5.2.2.3 หาจุดตัดระหว่างระดับของสัญญาณและระดับอ้างอิง

5.2.2.4 เก็บตำแหน่งและจำนวนจุดตัดจากกระบวนการที่ผ่านมาของข้อมูลที่กำลังทำการวิเคราะห์

5.2.2.5 หลังจากทำการวิเคราะห์จนถึงจุดสิ้นสุดของแถวแล้ว ตำแหน่งบนเส้นสแกนภาพที่กำลังพิจารณาที่มีจำนวนจุดตัดสูงที่สุดจะถูกนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 5.3 อัลกอริทึมของการแยกแยะสัญญาณด้วยระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณกับระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
อ้างอิง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

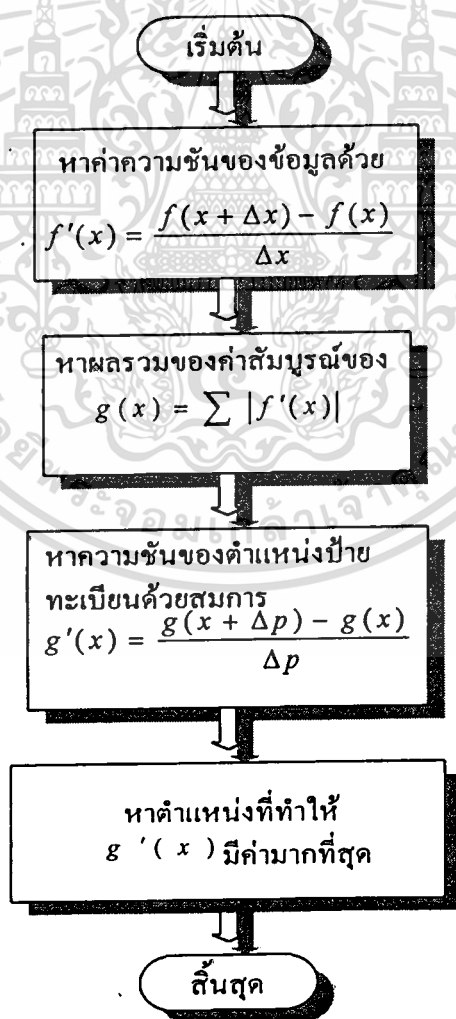
### 5.2.3 อัลกอริทึมของการแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของสัญญาณ (First Order Differential Segmentation)

อัลกอริทึมของการแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของสัญญาณ เป็นอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อลดเวลาในการประมวลผล โดยพิจารณาจากความชันของข้อมูลที่อยู่บนเส้นสแกนภาพ ซึ่งบริเวณที่มีความชันของสัญญาณหนาแน่นน่าจะเป็นบริเวณที่เป็นป้ายทะเบียน และสามารถอธิบายให้เข้าใจได้ดังรูปที่ 5.4 โดยขั้นตอนทั้งหมดมีดังนี้

5.2.3.1 เริ่มจากการหาความชันของเส้นสแกนภาพทั้งเส้น จากจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดด้วยสมการที่ 3.11

5.2.3.2 นำความชันของข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากขั้นตอนแรกมาหาค่าสัมบูรณ์ เพื่อให้ข้อมูลเป็นค่าบวก ด้วยสมการที่ 3.13 และหาค่าสะสมหรืออินทิเกรตข้อมูลค่าสัมบูรณ์ด้วยสมการที่ 3.14

5.2.3.3 หาคความชันของป้ายทะเบียนด้วยสมการที่ 3.15 ซึ่งบริเวณที่ให้ค่าความชันสูงสุดจะเป็นบริเวณที่มีป้ายทะเบียนบรรจุอยู่



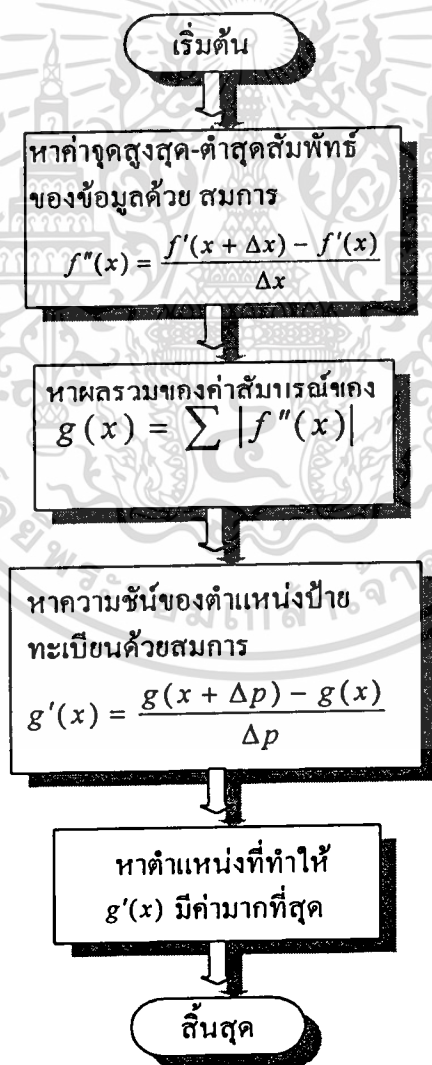
รูปที่ 5.4 อัลกอริทึมของการแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของสัญญาณ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2.4 อัลกอริทึมของการแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่สองของสัญญาณ (Second Order Differential Segmentation)

อัลกอริทึมของการแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่สองของสัญญาณ เป็นอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพิจารณาค่าแห่งของป้ายทะเบียน โดยพิจารณาจากจุดสูงสุดต่ำสุดของข้อมูลที่อยู่บนเส้นสแกนภาพ ซึ่งบริเวณที่มีจุดสูงสุด-ต่ำสุดมากที่สุดจะเป็นบริเวณของป้ายทะเบียน และสามารถอธิบายให้เข้าใจได้ดังรูปที่ 5.5 โดยขั้นตอนทั้งหมดมีดังนี้

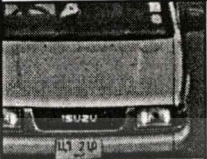
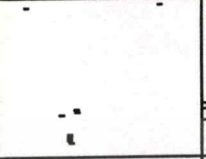
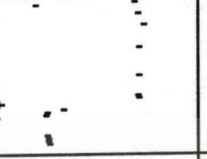
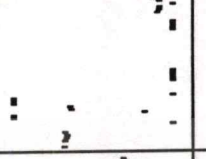
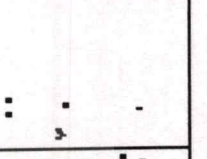


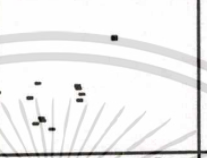
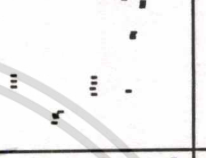
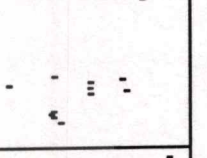




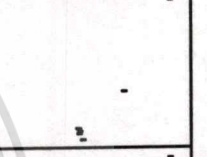

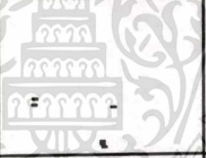


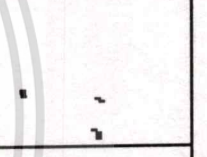




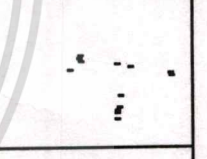



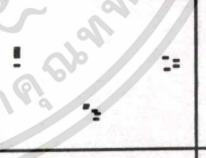
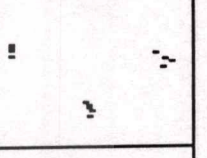

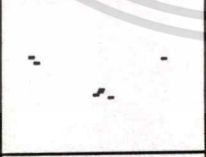
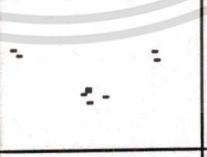
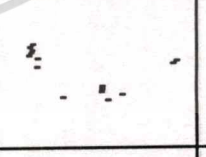
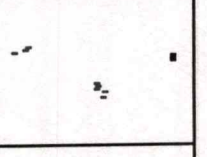

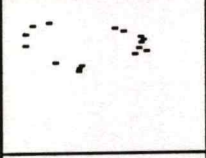
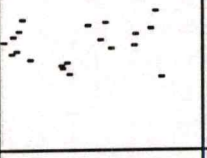
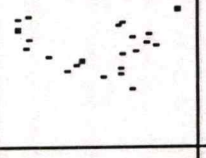
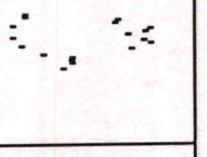

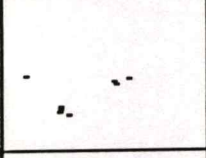
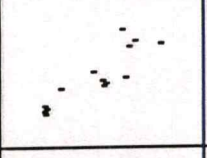
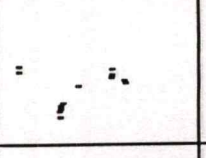
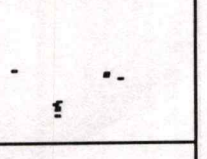

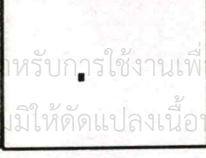
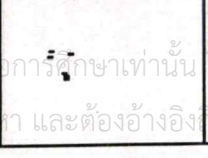
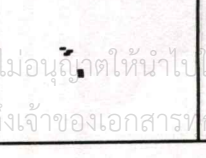
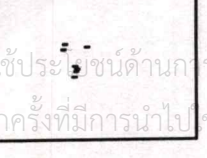
5.2.4.1 เริ่มจากการหาจุดสูงสุด-ต่ำสุดของสัญญาณบนเส้นสแกนภาพทั้งเส้น จากจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดด้วยสมการที่ 3.16

5.2.4.2 ในขั้นตอนต่อไปจะนำสัญญาณมาวิเคราะห์ดังเช่นการวิเคราะห์ของการแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของสัญญาณ



รูปที่ 5.5 อัลกอริทึมของการแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่สองของสัญญาณ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 แสดงถึงการเปรียบเทียบการหาตำแหน่งต่างๆที่คาดว่าจะจะเป็นบริเวณของป้ายทะเบียนของวิธีการทั้ง 4 วิธี (ซึ่งใช้จุดสีดำเพื่อแสดงบริเวณที่สนใจ)

ลำดับ	ภาพต้นแบบ	บริเวณที่น่าจะเป็นป้ายทะเบียนรถยนต์			
		Fourier	Zerocrossing	1st Derivative	2nd Derivative
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ควรเผยแพร่หรือใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร หากมีการนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏ และไม่รับผิดชอบต่อการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น และไม่รับผิดชอบต่อการใช้งานที่ไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร

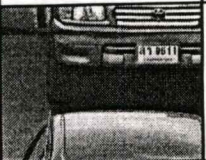
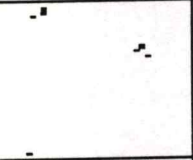
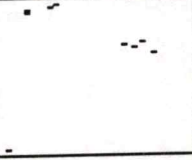
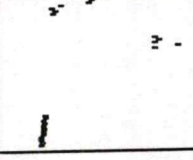
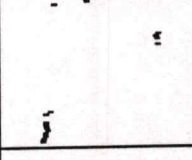


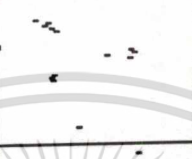

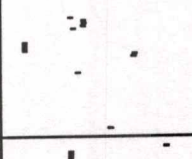
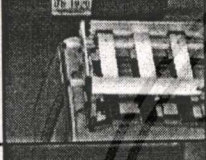

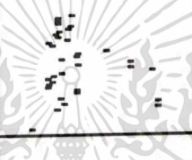






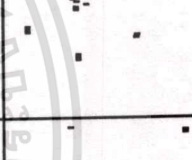




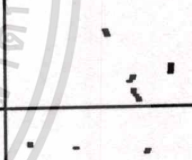




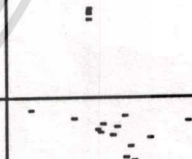




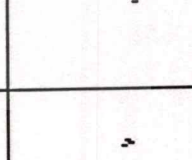

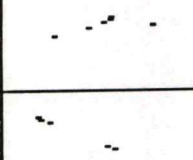
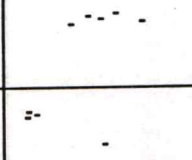
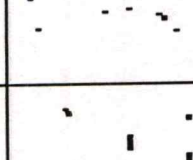
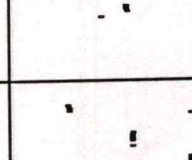

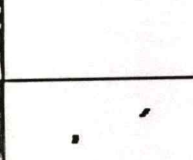
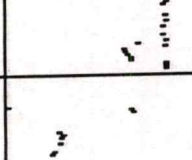
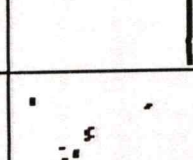
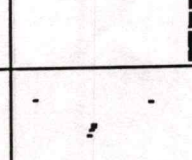

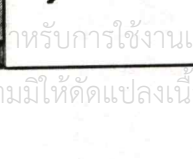
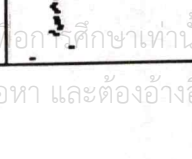
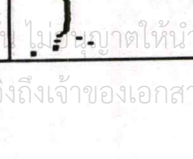
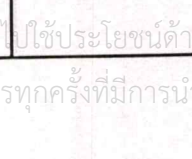
ตารางที่ 5.2 แสดงถึงการเปรียบเทียบบริเวณของป้ายทะเบียนและขอบเขตของป้ายทะเบียนของวิธีการทั้ง 4 วิธี

ลำดับ	ภาพต้นแบบ	บริเวณที่เป็นป้ายทะเบียนรถยนต์			
		Fourier	Zerocrossing	1st Derivative	2nd Derivative
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

เอกสารนี้เป็น  
ไม่มีการตี

ภาพต้นแบบเพื่อเปรียบเทียบการตรวจจับป้ายทะเบียนรถยนต์  
นั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
มิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 แสดงถึงภาพข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวนจำนวนมาก ส่งผลให้วิธีการทั้ง 4 วิธี มีประสิทธิภาพลดลง

ลำดับ	ภาพต้นแบบ	บริเวณที่น่าจะเป็นป้ายทะเบียน			
		Fourier	Zerocrossing	1st Derivative	2nd Derivative
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

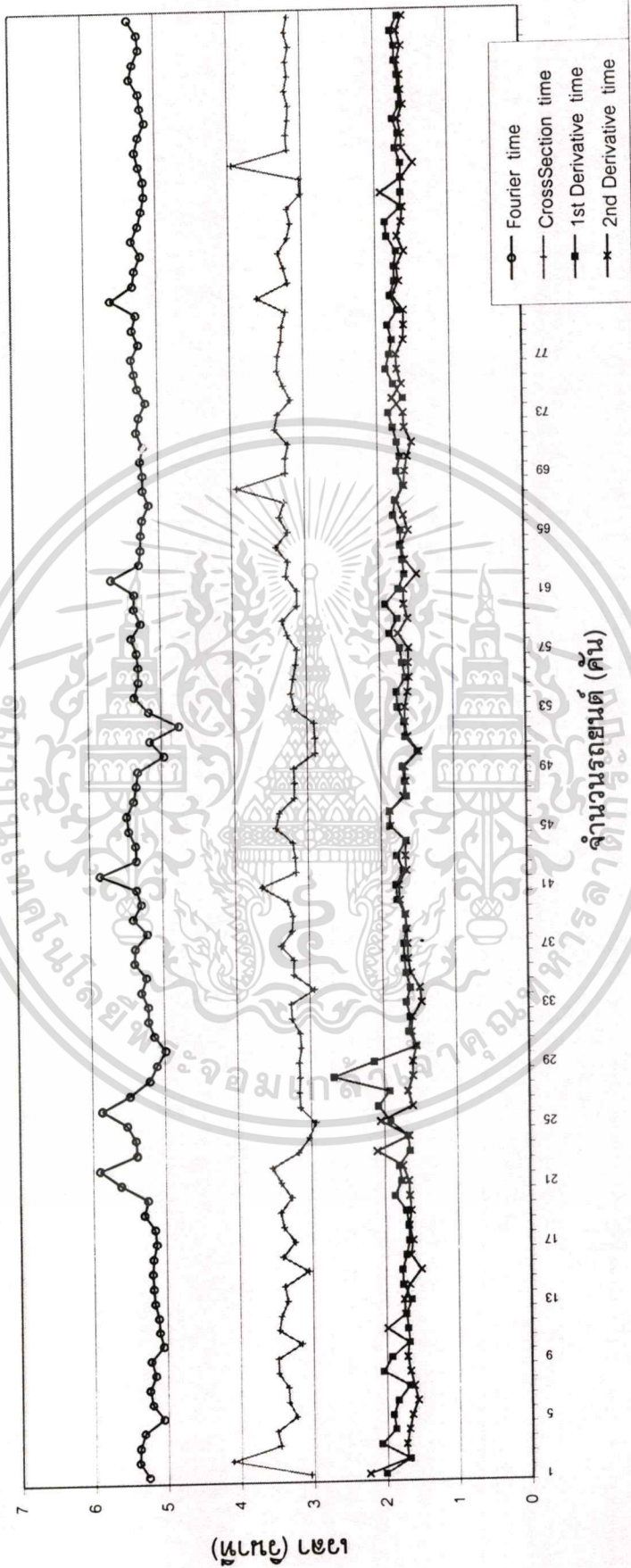
เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 แสดงภาพตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้จำนวน 50 ภาพจากทั้งหมด 100 ภาพ

ลำดับ	ภาพต้นแบบ				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ผลการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของทั้ง 4 วิธี



รูปที่ 5.6 ผลการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการหาบริเวณของป้ายทะเบียนทั้ง 4 วิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลตอนที่ 1

เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของวิธี Fourier (FFT) เป็นวิธีที่ใช้เวลาในการประมวลผลมากที่สุด รองลงมาคือ Zerocrossing , Differential Order 1 และ Differential Order 2 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผลเป็นเปอร์เซ็นต์ ของ 3 วิธีที่ได้พัฒนาในงานวิจัยนี้กับกระบวนการของ Fourier ซึ่งมีผู้ได้เคยทำการวิจัยเอาไว้จะได้ว่า วิธีการ Zerocrossing , Differential Order 1 และ Differential Order 2 จะใช้เวลาเป็น 61.69% , 33.26% และ 31.63% ตามลำดับ โดยที่ประสิทธิภาพของวิธีต่างๆซึ่งคำนวณได้จากการเก็บข้อมูลของภาพตัวอย่างจำนวน 100 ภาพ เป็นดังนี้ Fourier เป็น 89 % , Zerocrossing เป็น 88 % , 1<sup>st</sup> Derivative เป็น 81 % และ 2<sup>nd</sup> Derivative เป็น 93 %

จากการทดลองในงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า วิธีการค้นหาบริเวณของป้ายทะเบียนโดยใช้ทฤษฎีของ Differential Order 2 จะให้ผลดีที่สุดคือ ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยที่สุด และให้ความผิดพลาดน้อยที่สุดด้วย



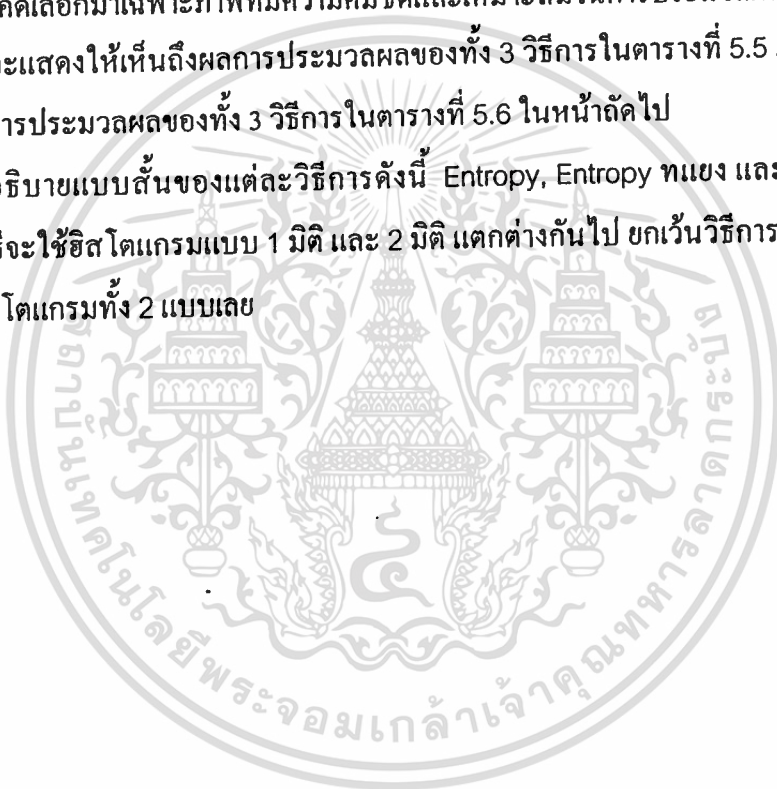
## 5.2 ตอนที่ 2 การแปลงภาพจาก 256 ระดับเป็น 2 ระดับ

ในการทดลองตอนที่ 2 นี้จะเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาค่าเทรซโฮล์แบบอัตโนมัติซึ่งได้จากวิธีการทั้ง 4 ดังนี้คือ

1. วิธีการของการหาค่าเอนโทรปีจากฮิสโตแกรมแบบ 1 มิติ
2. วิธีการของการหาค่าเอนโทรปีจากใช้เส้นทแยงมุมของฮิสโตแกรมแบบ 2 มิติ
3. วิธีการหาผลต่างของภาพต้นแบบและภาพที่ผ่านกระบวนการกรองความถี่ต่ำแล้ว

ซึ่งภาพที่ใช้ในการประมวลผลจะได้จากกระบวนการแยกแยะสัญญาณด้วยอนุพันธ์อันดับที่ 2 ที่ได้ ซึ่งเป็นวิธีที่พิสูจน์แล้วว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการหาวรรณของป้ายทะเบียนทั้ง 4 กระบวนการ และคัดเลือกมาเฉพาะภาพที่มีความคมชัดและเหมาะสมในการประมวลผลจำนวนทั้งหมด 20 ภาพ ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงผลการประมวลผลของทั้ง 3 วิธีการในตารางที่ 5.5 และเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของทั้ง 3 วิธีการในตารางที่ 5.6 ในหน้าถัดไป

ซึ่งใช้คำอธิบายแบบสั้นของแต่ละวิธีการดังนี้ Entropy, Entropy ทแยง และ Sub ตามลำดับ ซึ่งแต่ละวิธีจะใช้ฮิสโตแกรมแบบ 1 มิติ และ 2 มิติ แตกต่างกันไป ยกเว้นวิธีการลบกันของภาพจะไม่อาศัยฮิสโตแกรมทั้ง 2 แบบเลย



ตารางที่ 5.5 การเปรียบเทียบผลการหาค่าเทรคโฮลด์ของทั้ง 5 วิธี

ลำดับที่	ภาพป้าย ทะเบียน	ภาพที่ผ่านกระบวนการแปลงเป็น 2 ระดับด้วยวิธีต่างๆ		
		Entropy ฮิสโตแกรม 1 มิติ	Entropy ทแยง ฮิสโตแกรม 2 มิติ	Sub
1	ปบร 210	ปบร 210	ปบร 210	ปบร 210
2	ปฉ 2900	ปฉ 2900	ปฉ 2900	ปฉ 2900
3	กข 2796	กข 2796	กข 2796	กข 2796
4	บบ 4861	บบ 4861	บบ 4861	บบ 4861
5	3ห-5048	3ห 5048	3ห-5048	3ห-5048
6	จร 4539	จร 4539	จร 4539	จร 4539
7	ลข 5155	ลข 5155	ลข 5155	ลข 5155
8	นค 764	นค 764	นค 764	นค 764
9	4ค-4082	4ค-4082	4ค-4082	4ค-4082
10	ภย 9088	ภย 9088	ภย 9088	ภย 9088
11	พว 6058	พว 6058	พว 6058	พว 6058
12	ภม 3230	ภม 3230	ภม 3230	ภม 3230
13	ภม 3230	ภม 3230	ภม 3230	ภม 3230
14	ปร 9648	ปร 9648	ปร 9648	ปร 9648
15	ภบ 787	ภบ 787	ภบ 787	ภบ 787
16	บท 3345	บท 3345	บท 3345	บท 3345
17	8ห-2725	8ห-2725	8ห-2725	8ห-2725
18	2อ-1398	2อ-1398	2อ-1398	2อ-1398
19	ลว 1582	ลว 1582	ลว 1582	ลว 1582
20	ปน 7297	ปน 7297	ปน 7297	ปน 7297

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลเพื่อหาค่าเทรคโพลด์ของทั้ง 5 วิธี

ลำดับที่	เวลาที่ใช้ในการประมวลผล (วินาที)		
	Entropy ฮิสโตแกรม 1 มิติ	Entropy ทแยง ฮิสโตแกรม 2 มิติ	Sub
1	2.8	2.74	0.28
2	2.97	2.96	0.28
3	2.48	2.47	0.22
4	2.48	2.47	0.22
5	2.69	2.75	0.27
6	2.96	3.02	0.27
7	2.91	2.96	0.28
8	2.75	2.8	0.22
9	2.69	2.75	0.27
10	2.75	2.75	0.28
11	2.69	2.69	0.22
12	2.74	2.8	0.22
13	2.69	2.75	0.22
14	2.75	2.74	0.22
15	2.47	2.53	0.22
16	2.69	2.7	0.22
17	2.91	2.97	0.27
18	2.7	2.75	0.22
19	2.7	2.74	0.27
20	2.47	2.53	0.22
เฉลี่ย	2.71	2.74	0.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลตอนที่ 2

จากวิธีการแปลงภาพจาก 256 ระดับมาเป็น 2 ระดับ(ขาว-ดำ) วิธีการของการหาเอนโทรปี จากฮิสโตแกรมแบบ 1 มิติ และวิธีการลบกันของภาพ จะให้รายละเอียดของข้อมูลได้ดีกว่า วิธีการหาค่าเอนโทรปี ในแนวทแยง จากฮิสโตแกรม 2 มิติ และเหมาะสมในการที่จะนำไปประมวลผล เพื่ออ่านตัวอักษรต่อไป

เวลาเฉลี่ยในการประมวลผลของทั้ง 3 วิธีการเป็นดังนี้ วิธีการลบกันของภาพใช้เวลา น้อยที่สุดคือ 0.24 วินาที และวิธีการที่ใช้เวลามากที่สุดคือวิธีการหาเอนโทรปีในแนวทแยงของฮิสโตแกรม 2 มิติคือ 2.74 วินาที

แต่ในการประมวลผลแบบเวลาจริง เวลาที่ใช้ในการประมวลผลถือเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด ดังนั้นกระบวนการที่ให้คุณภาพของข้อมูลที่ใกล้เคียงกันแต่ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่าย่อมเป็นกระบวนการที่ดีที่สุด และกระบวนการลบกันของภาพก็เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการแปลงภาพจาก 256 ระดับมาเป็นภาพ 2 ระดับ

### 5.3 ตอนที่ 3 การแยกแยะตัวอักษรด้วยวิธี BAG และการอ่านตัวอักษร

การแยกแยะตัวอักษรในตอนที่ 3 นี้จะใช้เพียงวิธีการเดียวคือ Block Adjacency Graph หรือ BAG ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถลดความสำคัญของสิ่งรบกวนต่อระบบลงได้ เนื่องจากอาศัยหลักการของการหาบริเวณขอบเขตของตัวอักษรที่แท้จริง ซึ่งขอบเขตของตัวอักษรเหล่านั้นจะเรียงกันอยู่ในแนวเส้นตรง และมีขนาดความกว้างและความสูงที่ใกล้เคียงกัน ดังจะแสดงให้เห็นดังตารางที่ 8 ในหน้าถัดไป

และวิธีการสุดท้ายคือการอ่านตัวอักษรจากภาพ อาศัยหลักการของประสาทเทียมไร้น้ำหนัก (Weightless Neural Network) ซึ่งกระบวนการในการอ่านตัวอักษรนี้ผู้ทำวิจัยไม่ได้พัฒนาขึ้น เพียงแต่นำผลงานที่มีผู้วิจัยอื่นเคยพัฒนามาแล้วมาประยุกต์ใช้ ซึ่งอาจทำให้ขาดความเหมาะสมในการประมวลผล แต่ก็สามารถใช้ร่วมกันได้ซึ่งผลของการอ่านตัวอักษรสามารถแสดงให้เห็นดังตารางที่ 8 ในหน้าถัดไปเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 5.7 ผลการแยกแยะตัวอักษรด้วยวิธีการ BAG และการอ่านตัวอักษร

ลำดับ ที่	ภาพป้าย ทะเบียน	ภาพ 2 ระดับ จากตอนที่ 2	BAG	การอ่านตัวอักษร
1	ใบร 210	ใบร 210	ใบร 210	ยร 210
2	ใบจ 2900	ใบจ 2900	ใบจ 2900	ยจ 2900
3	กข 2796	กข 2796	กข 2796	กข 2796
4	บบ 4861	บบ 4861	บบ 4861	ยบ 4801
5	3ห-5048	3ห-5048	3ห 5048	7ย 5040
6	จร 4539	จร 4539	จร 4539	จร 4539
7	ลข 5155	ลข 5155	ลข 5155	ลข 5155
8	นค 764	นค 764	นค 764	มค 764
9	4ค-4082	4ค-4082	4ค 4082	4ค 4082
10	ภย 9088	ภย 9088	ภย 9088	พธ 9088
11	พจ 6058	พจ 6058	พจ 6058	มจ 0058
12	ภม 3230	ภม 3230	ภม 3230	ภม 3230
13	ภม 3230	ภม 3230	ภม 3230	ภม 3230
14	ใบร 9648	ใบร 9648	ใบร 9648	ใบร 9648
15	กบ 787	กบ 787	กบ 787	ภย 787
16	บพ 3345	บพ 3345	บพ 3345	ยพ 3349
17	8ห-2725	8ห-2725	8ห 2725	0ห 7775
18	2ย-1398	2ย-1398	2ย 1398	8ธ 1192
19	ลจ 1582	ลจ 1582	ลจ 1582	กจ 1582
20	เบน 7297	เบน 7297	เบน 7297	บบ 7297

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### สรุปผลตอนที่ 3

กระบวนการ BAG สามารถหาบริเวณของตัวอักษรได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง ทำให้กระบวนการในการอ่านตัวอักษรสามารถประมวลผลได้อย่างถูกต้องมากขึ้นด้วย แต่ก็ยังประสบปัญหาในกระบวนการอ่านตัวอักษร เนื่องจากประสิทธิภาพในการอ่านตัวอักษรของตัวอักษรที่ขาดความสมบูรณ์ยังไม่สูงมากนัก จึงทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการอ่านตัวอักษรสูง โดยเฉพาะตัวอักษรที่เป็นตัวหนังสือภาษาไทยที่มีความหลากหลาย แต่ละลดน้อยลงเมื่อประมวลผลตัวอักษรที่เป็นตัวเลขซึ่งมีทั้งหมด 10 ตัวคือ 0 ถึง 9



## บทที่ 6

# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

### 6.1 หลักการทั่วไปของการทดลอง

การทดลองในงานวิจัยนี้ เริ่มต้นจากการเก็บข้อมูลของรถยนต์ที่วิ่งอยู่ตามท้องถนน ซึ่งใช้อัตราเร็วในการวิ่งที่แตกต่างกัน ซึ่งจะมีความแตกต่างกันมากในสถานะการจราจรที่คloggedตัว และสถานะที่แออัด ซึ่งทั้งสองกรณีล้วนแล้วแต่สามารถสร้างสิ่งรบกวนให้กับระบบที่ใช้ในงานวิจัย เช่น

ในกรณีที่รถยนต์วิ่งด้วยความเร็วสูง จะส่ง ผลให้กล้องวีดีโอไม่สามารถจับภาพรถยนต์ได้ทัน หรือจับภาพได้แต่เป็นภาพที่มัว หรือซ้อนกัน ทำให้ข้อมูลภาพขาดความสมบูรณ์

และในกรณีที่รถยนต์วิ่งด้วยความเร็วต่ำหรือหยุดนิ่ง ซึ่งจะทำให้ภาพที่ได้มีรถยนต์ที่สนใจมากกว่า 1 คันซึ่งซ้อนกันอยู่ หรือเรียงต่อกันไป ทำให้บริเวณป้ายทะเบียนของรถยนต์คันด้านหลังถูกบดบังไป หรืออาจไม่ถูกบดบังแต่ระบบไม่สามารถประมวลผลได้เนื่องจากว่าระบบจะหาบริเวณของป้ายทะเบียนที่เป็นไปได้ และอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำที่สุดของภาพ ซึ่งข้อมูลของรถยนต์คันด้านหน้าก็กลายเป็นข้อมูลที่สำคัญของระบบไป ส่งผลให้ระบบไม่สามารถหาผลลัพธ์ได้

### 6.2 ข้อดีและข้อเสียของวิธีการแยกแยะป้ายทะเบียนแบบต่างๆ

วิธีการในการแยกแยะป้ายทะเบียนที่ถูกแนะนำในงานวิจัยนี้มีอยู่ 4 วิธี คือ

- 1) การแยกแยะสัญญาณด้วยการแปลงฟูรีเยร์ ( Fourier Transform Segmentation )
- 2) การแยกแยะสัญญาณด้วยระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณกับระดับอ้างอิง ( Zero Crossing Segmentation )
- 3) การแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของสัญญาณ ( First Order Differential Segmentation )
- 4) การแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่สองของสัญญาณ ( Second Order Differential Segmentation )

#### 6.2.1 ข้อดีของการแยกแยะสัญญาณด้วยการแปลงฟูรีเยร์

การแยกแยะสัญญาณด้วยการแปลงฟูรีเยร์ เป็นการทำงานวิจัยที่เคยมีผู้ทำมาแล้ว โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบของความถี่สูงที่บรรจุอยู่ในเส้นสแกนภาพ และผู้ทำวิจัยได้นำมาพัฒนาเพื่อให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ด้วยการเพิ่มกระบวนการตรวจสอบความสมมาตรของข้อมูลที่จะให้วิเคราะห์ด้วยการแปลงฟูรีเยร์ เนื่องจากข้อมูลบนเส้นสแกนภาพที่ตัดผ่านบริเวณของป้ายทะเบียน จะมีความสมมาตรและองค์ประกอบทางความถี่สูงมากกว่าบริเวณอื่น ดังนั้นข้อมูลที่จะถูกวิเคราะห์ด้วยการแปลงฟูรีเยร์ จะมีจำนวนลดลงเนื่องจากข้อมูลบางส่วนหายไปจากการวิเคราะห์ความถี่สูง

แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมาตร ทำให้ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่ใช้การวิเคราะห์ด้วยการแปลงฟูเรียร์เพิ่มขึ้น ทั้งทางด้านความถูกต้อง และทำให้เวลาในการประมวลผลลดลงด้วย

### 6.2.2 ข้อเสียของการแยกแยะสัญญาณด้วยการแปลงฟูเรียร์

แต่อย่างไรก็ตามข้อเสียของการวิเคราะห์สัญญาณด้วยฟูเรียร์ก็เป็นปัญหาสำหรับการประยุกต์ใช้งาน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ข้อดังนี้

1) การวิเคราะห์ด้วยฟูเรียร์จะต้องระบุขนาดของการแปลงฟูเรียร์ซึ่งมีขนาดเท่ากับ  $2^n$  ซึ่งเป็นจำนวนเต็มบวก แต่ขนาดของป้ายทะเบียนที่ทำการวิเคราะห์มีได้หลายขนาดซึ่งจะขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างรถยนต์ที่สนใจและกล้องวิดีโอ เช่นในการทดลองจากระยะทางต่างๆที่ได้กำหนดไว้ภาพของป้ายทะเบียนที่ได้มาจะมีขนาดประมาณ 70 – 80 พิกเซล และขนาดของข้อมูลที่ใช้แปลงฟูเรียร์ที่เหมาะสมจะมีขนาดเท่ากับ 64 พิกเซล ซึ่ง มีขนาดที่ต่างจากขนาดของป้ายทะเบียนมาก และหากมีบริเวณอื่นใดที่มีองค์ประกอบของความถี่สูงภายในข้อมูลที่กว้างใกล้เคียงกับ 64 พิกเซลมากกว่าบริเวณของป้ายทะเบียน ก็จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจหาทะเบียน ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการตรวจหาป้ายทะเบียนไม่สูงมากนัก

2) เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของการแปลงฟูเรียร์ค่อนข้างนาน ซึ่งไม่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้กับงานจริง เนื่องจากระบบตรวจจับป้ายทะเบียนจะต้องทำการประมวลแบบเวลาจริง (Real Time) ซึ่งทำให้คอมพิวเตอร์ต้องทำงานตลอดเวลา ดังนั้นอัลกอริทึมในการประมวลผลที่ดีจะต้องใช้เวลาน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึง ได้พัฒนาวิธีในการหาบริเวณของป้ายทะเบียนขึ้นอีก 3 วิธีที่แตกต่างกัน แต่มีความใกล้เคียงกันระหว่างวิธีที่ 3 และวิธีที่ 4

### 6.2.3 ข้อดีของการแยกแยะสัญญาณด้วยระดับการเปลี่ยนแปลงของของสัญญาณกับระดับอ้างอิง

การแยกแยะสัญญาณด้วยระดับการเปลี่ยนแปลงของของสัญญาณกับระดับอ้างอิง วิธีนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ลดเวลาในการประมวลผลลง โดยที่จะอาศัยวิธีการตรวจสอบความสมมาตรของข้อมูลระหว่างซีกบนและซีกล่างของเส้นอ้างอิง ส่งผลให้บริเวณที่ประกอบด้วยความถี่สูงแต่ขาดความสมมาตรจะถูกลดความสำคัญลง เหลือเพียงบริเวณที่มีความสมมาตรของข้อมูลเท่านั้น ทำให้ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ด้วยการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณกับระดับอ้างอิงจะใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ด้วยฟูเรียร์ ข้อดีที่เห็นได้ชัดเจนของการแยกแยะสัญญาณด้วยวิธีนี้เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการแยกแยะสัญญาณด้วยฟูเรียร์แบ่งออกเป็น 2 ข้อ ดังนี้

1) การระบุขนาดของบริเวณข้อมูลจะสามารถกำหนดให้มีขนาดเท่าใดก็ได้ ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็น  $2^n$  เหมือนกับการวิเคราะห์ด้วยฟูเรียร์ ทำให้สามารถกำหนดให้มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของป้ายทะเบียนได้

2) เวลาในการประมวลผลลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ การประมวลผลด้วยการแปลงฟูเรียร์ เนื่องจากสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์มีความซับซ้อนน้อยกว่าสมการของการแปลงฟูเรียร์มาก

#### 6.2.4 ข้อดีของการแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของสัญญาณ

เวลาในการประมวลผลลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับ การแยกแยะด้วยฟูเรียร์ และการแยกแยะด้วยการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ

#### 6.2.5 ข้อเสียของการแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของสัญญาณ

ข้อเสียของการแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของสัญญาณสามารถจำแนกได้ดังนี้

1) การแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของสัญญาณ ใช้หลักการตรวจสอบระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่มีลักษณะเป็นกลุ่มและเรียงต่อกันไป และไม่ได้แบ่งสัญญาณออกเป็นสัญญาณย่อยเหมือนกับ 2 วิธีที่ได้อธิบายผ่านมาแล้ว ดังนั้นวิธีนี้จึงขาดกระบวนการในการพิจารณาความสมมาตรของข้อมูล ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอีกประการหนึ่งของการวิเคราะห์ป้ายทะเบียน และลำดับความสำคัญของแต่ละบริเวณใดๆจะขึ้นอยู่กับระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่บริเวณนั้นนั่นเอง ยิ่งหากมีระดับของการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณมากและมีความต่อเนื่องกันบริเวณนั้นก็ยิ่งเพิ่มระดับความสำคัญมากขึ้น

2) ข้อมูลในภาพต้นแบบสามารถมีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณได้ทั่วไปนอกเหนือจากบริเวณที่เป็นทะเบียนแล้ว ซึ่งจะทำให้ความสำคัญกับทุกๆอาณาบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความชันจำนวนมาก จึงทำให้ประสิทธิภาพทางด้านความถูกต้องของอัลกอริทึมนี้ลดลงอย่างมาก เมื่อเทียบกับอัลกอริทึมของการวิเคราะห์ด้วยฟูเรียร์และการวิเคราะห์ด้วยการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ

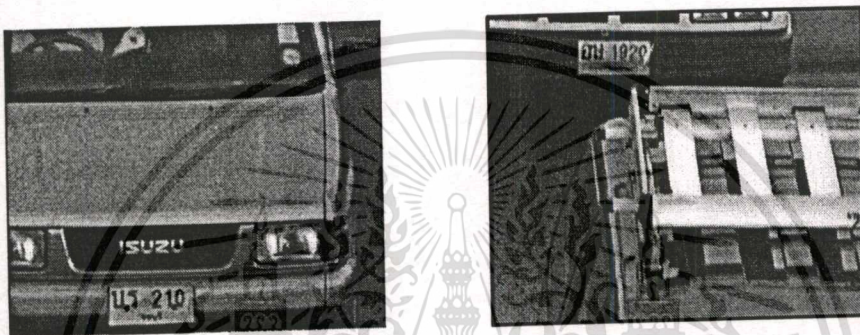
#### 6.2.6 ข้อดีของการแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่สองของสัญญาณ

การแยกแยะสัญญาณด้วยการหาอนุพันธ์อันดับที่สองของสัญญาณ จะใช้หลักการที่คล้ายคลึงกับการแยกแยะด้วยอนุพันธ์อันดับหนึ่ง แต่แตกต่างกันตรงที่การวิเคราะห์ด้วยอนุพันธ์อันดับสองนี้ จะสนใจบริเวณใดๆที่มีบรรจุดลักษณะและขนาดของจุดสูงสุดและจุดต่ำสุดสัมพัทธ์ของสัญญาณในบริเวณนั้น ดังนั้นถ้าบริเวณใดมีลักษณะข้างต้นแล้ว จะทำให้ความสำคัญของบริเวณนั้นเพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งจะแตกต่างจากบริเวณอื่น และเวลาที่ใช้ในการประมวลผลก็น้อยที่

สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 3 วิธีการที่ได้นำเสนอไปแล้ว เนื่องจากข้อมูลของจุดสูงสุดและต่ำสุดสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในภาพมีจำนวนน้อยมาก

ประสิทธิภาพของการแยกแยะสัญญาณด้วยอนุพันธ์อันดับที่สอง จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากบริเวณที่มีความหนาแน่นของจุดสูงสุดและต่ำสุดสัมพัทธ์และมีขนาดใหญ่จะอยู่เฉพาะบริเวณที่เป็นตำแหน่งของป้ายทะเบียนเท่านั้น

ประสิทธิภาพของทั้ง 4 อัลกอริทึม จะขึ้นอยู่กับข้อมูลภาพที่ทำการวิเคราะห์ดังตัวอย่างรูปที่ 6.1 เปรียบเทียบภาพที่มีรถยนต์ 1 คันและ 2 คันซ้อนกันอยู่



รูปที่ 6.1 เปรียบเทียบภาพข้อมูลที่มีรถยนต์ 1 คันและ 2 คัน

ในภาพที่ 6.1 (ก) ในภาพมีรถยนต์เพียง 1 คัน ดังนั้นอัลกอริทึมทั้ง 4 วิธีสามารถวิเคราะห์หาตำแหน่งของป้ายทะเบียนได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากระบบสามารถรู้ได้ว่าตำแหน่งของป้ายทะเบียน จะเป็นตำแหน่งที่มีความสำคัญต้องอยู่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับตำแหน่งอื่นที่มีความสำคัญเช่นเดียวกัน ซึ่งจะแตกต่างจากภาพที่ 6.1 (ข) โดยที่ในภาพมีรถยนต์จอดซ้อนกัน 2 คัน เนื่องจากการจราจรที่ติดขัด ส่งผลให้บริเวณที่เป็นตำแหน่งของป้ายทะเบียนไม่ใช่บริเวณที่ต่ำที่สุด ซึ่งจะเป็นอุปสรรคในการประมวลผลของอัลกอริทึมทั้ง 4 วิธี

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการหาบริเวณของป้ายทะเบียนรถยนต์ทั้ง 4 กระบวนการสามารถแสดงให้เห็นได้ดังตารางที่ 6.1

## ตารางที่ 6.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาป้ายทะเบียนรถยนต์

วิธีการ	เปรียบเทียบประสิทธิภาพ (%)	
	เวลา	ความถูกต้อง
Fourier	100	89
CrossSection	61.69	88
Diff 1st	33.26	81
Diff 2 nd	31.63	93

### 6.3 ข้อดีและข้อเสียของวิธีการหาค่าจุดแบ่งระดับอัตโนมัติแบบต่างๆ

จากวิธีการแปลงภาพจาก 256 ระดับมาเป็น 2 ระดับ(ขาว-ดำ) วิธีการของการหาเอนโทรปี จากฮิสโตแกรมแบบ 1 มิติ และวิธีการลบกันของภาพ จะให้รายละเอียดของข้อมูลได้ดีกว่า วิธีการหาค่า Entropy ในแนวทแยง และเวลาเฉลี่ยในการประมวลผลของทั้ง 3 วิธีการเป็นดังนี้ วิธีการลบกันของภาพใช้เวลาน้อยที่สุดคือ 0.24 วินาที และวิธีการที่ใช้เวลามากที่สุดคือวิธีการหาเอนโทรปี ในแนวทแยงของฮิสโตแกรม 2 มิติคือ 2.74 วินาที ดังแสดงในตารางที่ 6.2

### ตารางที่ 6.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาค่าจุดแบ่งระดับอัตโนมัติ

ลำดับที่	วิธีการ	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผล	
		วินาที	เทียบกับค่าสูงสุด(%)
1	Entropy ฮิสโตแกรม 1 มิติ	2.71	98.90
2	Entropy ทแยง ฮิสโตแกรม 2 มิติ	2.74	100
5	Sub	0.24	8.76

### 6.4 ข้อดีและข้อเสียของวิธีการแยกแยะตัวอักษรแบบต่างๆ

#### 6.4.1 ข้อดีและข้อเสียของวิธีการแยกแยะตัวอักษรด้วยวิธีการโปรเจกชันฮิสโตแกรม

วิธีการนี้ผู้ทำวิจัยไม่ได้แสดงผลการทดลองเนื่องจาก ภาพของป้ายทะเบียนที่ได้มามีลักษณะที่มีสัญญาณรบกวนอยู่ค่อนข้างมาก ซึ่งผู้ทำวิจัยไม่สามารถกำหนดได้ เนื่องจากป้ายทะเบียนของรถยนต์แต่ละคันมีข้อแตกต่างกันค่อนข้างมาก ซึ่งเกิดจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ตำแหน่งของการติดตั้งป้ายทะเบียน ความสกปรกของป้ายทะเบียนเองเช่นเกิดจากสนิม มุมของแสงเงาที่มาจากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระทบป้ายทะเบียน มุมเอียงของกล้องที่ใช้จับภาพเป็นต้น สิ่งรบกวนที่กล่าวมานี้ล้วนแล้วแต่ทำให้ประสิทธิภาพของการแยกแยะตัวอักษรด้วยวิธีการ โพรเจกชันฮิสโตแกรมลดลงแทบทั้งสิ้น

#### 6.4.2 ข้อดีและข้อเสียของวิธีการแยกแยะตัวอักษรด้วยวิธี Block Adjacency Graph ( BAG )

ผู้ทำวิจัยได้ใช้วิธีการของ BAG เนื่องจากเป็นวิธีการที่แก้ไขข้อบกพร่องของวิธีการ โพรเจกชันฮิสโตแกรมได้อย่างดี เนื่องจากวิธีการนี้จะอาศัยการหาขอบเขตและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของตัวอักษรแต่ละตัว แล้วจับมารวมกันกลายเป็นตัวอักษรที่ต้องการ ซึ่งขนาดและการเรียงตัวกันในแนวระดับของตัวอักษร จะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ใช้แยกแยะระหว่างตัวอักษรและสัญญาณรบกวน

#### 6.5 ข้อดีและข้อเสียของวิธีการอ่านตัวอักษร

การอ่านตัวอักษรด้วยหลักการของนิวรอล ไร้น้ำหนัก (Weightless Neural Network) นั้นผู้ทำวิจัยไม่ได้ทำการพัฒนาในส่วนนี้ เนื่องจากได้มีผู้วิจัยได้ทำการวิจัยไว้แล้ว ซึ่งข้อดีของการอ่านตัวอักษรแบบนี้จะทำให้ใช้เวลาไม่มากในการอ่านตัวอักษร แต่จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของการอ่านตัวอักษรไม่สูงมาก อาจจะเนื่องมาจากการกำหนดจุดเพื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวอักษรแต่ละตัว ซึ่งจะเห็นได้ว่าการอ่านตัวเลขของป้ายทะเบียนจะมีประสิทธิภาพสูงกว่า การอ่านตัวอักษรที่อยู่บนป้ายทะเบียน

#### 6.6 ข้อเสนอแนะ

การจับภาพรถยนต์ที่วิ่งอยู่บนท้องถนนจำเป็นจะต้องมีกล้องวีดีโอที่มีความไวสูงและมีความเร็วชัดเตอร์สูง ซึ่งจะสามารถจับภาพรถยนต์ที่วิ่งด้วยความเร็วสูงและจะทำให้ภาพที่จับได้มีความคมชัดและทำให้ง่ายในการประมวลผลขั้นตอนต่อไป

การหาป้ายทะเบียนรถยนต์จำเป็นจะต้องเพิ่มกระบวนการในการแยกส่วนประกอบอื่นที่ไม่ใช่บริเวณของป้ายทะเบียนรถยนต์จริงๆ ซึ่งได้แก่บริเวณที่ติดกับป้ายทะเบียนทั้งทางซ้ายและขวา เพื่อให้ได้เฉพาะบริเวณของป้ายทะเบียนที่สมบูรณ์

ควรเพิ่มกระบวนการในการปรับปรุงภาพที่ขาดความคมชัดอันเนื่องมาจากภาพของรถยนต์ที่วิ่งด้วยความเร็วสูงจนทำให้เกิดการซ้อนทับกันของภาพ

กระบวนการในการอ่านตัวอักษรจำเป็นจะต้องได้รับการพัฒนาเพื่อให้มีขีดความสามารถในการอ่านตัวอักษรให้สูงขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

1. T.Pun, "A New Method for Gray – level picture Thresholding Using the Entropy of the Histogram", *Signal Processing*, Vol.2, pp. 223-237, 1980.
2. J.N. Kapur, P.K. Sahoo, and A.K.C. Wong, "A New Method for Gray – level picture Thresholding Using the Entropy of the Histogram", *Comp. Vision Graph. And Image Proc.*, Vol. 29, pp. 273-285, 1992.
3. Dai Yan, Ma Hongqing, Liu Jilin and Li Langang, "A High Performance License Plate Recognition System Based On The Web Technique", 2001 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Proceedings – Oakland (CA) , USA - August 25-29,2001, pp 325-329.
4. Takashi Naito, Toshihiko Tsukada, Keiichi Yamada, Dazuhiko KoZuka, and Shin Yamamoto, "Robust License-Plate Recognition Method for Passing Vehicles Under Outside Environment", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol.49, No.6, November 2000, pp 2309-2319.
5. D.M. Emiris and D.E. Koulouriotis, "Automated Poitic Recognition of Alphanumeric Content in Car License Plates in A Semi-Structured Environment", *IEEE International Conference on Processing*, vol 3, 2001,pp 2022-2026.
6. Thanongsak Sirithinaphong and Kosin Chamnongthai, "Extracting of Car License Plate Using Motor Vehicle Regulation and Character Pattern Recognition", *Circuits and Systems*, 1998, IEEE APCCAS 1998.The 1998 IEEE Asia-Pacific Conference on ,1998 Page(s): 559 –562.
7. Christopher John Setchell, "Applications of Computer Vision to Road-traffic Monitoring", *Department of Electrical and Electronic Engineering* , September 1997 , pp.53 – 94.
8. R.Parisi, E.D.Di Claudio, G.Lucarelli and G.Orlandi, "Car Plate Recognition by Neural Networks and Image Processing", *Circuits and Systems*, 1998. *ISCAS '98. Proceedings of the 1998 IEEE International Symposium on* , Volume:3 ,1998 Page(s): 195 -198 .
9. S. U. Kumar and R. Kasturi, "Text data extraction from microfilm images of punched cards", in *Proc. 10<sup>th</sup> Int. Conf. Pattern Recognition*,1992,pp. 230-233.
10. A. Dengel, "ANASTASIL: A System for low-level and high-level gometric analysis of printed documents", in *Structured Document Image Analysis*, H. S. Baird, et al., Eds. New York: Springer-Verlag,1992,pp 70-99.
11. G. Ciadiella et al., " An experimental system for office document handling and text recognition", in *Proc. 9th Int. Conf Pattern Recognition*, 1988, pp.739-743.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. W. Postl, "Detection of linear oblique structures and skew scan in digitized documents", in Proc. 8<sup>th</sup> Int. Conf. Pattern Recognition, 1986, pp. 739-743.
13. Surachat Lekngam, Surapan Airphaiboon, Supan Tungjitkusolmun, and Moriyuki Matsuo, "Document Skew Detection Algorithm", in First International Conference on Mechatronics – ICOM'01, 2001, pp. 442-449.
14. วิทยา สิทธิเวช, รศ.ดร.กิตติ ไพฑูรย์วัฒนกิจ, "การตรวจจับโครงสร้างหลายรายละเอียดโดยวิธีเอนโทรปี 2 มิติ(Multi – Resolution Image Threshold by Two Dimensions Entropy)", สาร Nectec, ก.ย. – ต.ค. 2540, หน้า 72-77
15. ศ.ดร.วัลลภ สุระกำพลธร , "การประมวลผลสัญญาณเชิงเลข (Digital Signal Processing)", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ตุลาคม พ.ศ.2533-หน้า 72 – 143



## ประวัติผู้เขียน

นายสุรชาติ เหล็กงาม เกิดเมื่อวันที่ 26 มิถุนายน 2519 ที่จังหวัดอุบลราชธานี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปีการศึกษา 2541

ได้รับทุนพัฒนาอาจารย์จากทบวงมหาวิทยาลัย เพื่อศึกษาต่อในระดับปริญญาโท

ปัจจุบันรับราชการเป็นอาจารย์ ระดับ 4 สังกัดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
ทบวงมหาวิทยาลัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้