การอ่านป้ายทะเบียนรถยนต์ด้วยการประมวลผลภาพ

Vehicle License Plate Recognition by Digital Image

ณัฐนันท์ แสงสนั่น

Nattanun Sangsanun

ประพันธ์ อ่ำปลิก

Praphan Uamplik

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

การจดจำป้ายทะเบียนรถยนต์ด้วยการประมวลผลภาพ

Vehicle License Plate Recognition by Digital Image

โดย

ณัฐนันท์ แสงอนันต์

ประพันธ์ อ่วมปลิก

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การจดจำป้ายทะเบียนรถยนต์ด้วยการประมวลผลภาพ
Vehicle License Plate Recognition by Digital Image

ผู้จัดทำ นาย ณัฐนันท์ แสงอนันต์ รหัสนักศึกษา 53010466

นาย ประพันธ์ อ่วมปลิก รหัสนักศึกษา 53010926

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(รศ.ดร. สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การจดจำป้ายทะเบียนรถยนต์ด้วยการประมวลผลภาพ
นักศึกษา	นาย ณัฐนันท์ แสงอนันต์ รหัสนักศึกษา 53010466
	นาย ประพันธ์ อ่วมปลิก รหัสนักศึกษา 53010926
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	รศ.ดร. สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้กล่าวถึงหลักการและทฤษฎี เกี่ยวกับการประมวลผลภาพโดยโปรแกรม OpenCV ซึ่งเป็นการจดจำตัวอักษรจากแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์โดยจะทำงานร่วมกับอุปกรณ์เพื่อที่จะสามารถระบุได้ว่ารถยนต์หมายเลขทะเบียนนี้เป็นของผู้ใด หากสามารถระบุแผ่นป้ายทะเบียนได้ถูกต้อง โปรแกรมจะส่งผลของการทำงานนี้ไปสั่งงานให้ส่วนของอุปกรณ์นั้นทำงานต่อไปได้ ในการทำงานประกอบไปด้วยขั้นตอนดังนี้ส่วนของการรับภาพ ส่วนของกำจัดสิ่งรบกวนของภาพ ส่วนของการแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำ ส่วนของการเตรียมภาพส่วนการประมวลวิเคราะห์ผลของภาพ ส่วนของการจดจำรูปแบบของตัวอักษรส่วนของการเปรียบเทียบภาพ และส่วนการทำงานของอุปกรณ์ รวมทั้งการทดลองและสรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Vehicle License Plate Recognition by Digital Image	
Student	Mr.Nattanun Sanganun	Student 53010466
	Mr.Praphan Uamplik	Student 53010926
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Electronics Engineering	
Year	2013	
Thesis Advisor	Assist. Prof. Dr. Surapan Airphaiboon	

Abstract

This report mentions that principle and theory of digital image processing using by OpenCV and vehicle license plate recognition by digital image processing which works with hardware together for identify license car. If the program identify correctly, it will respond to order part of the hardware. The function of application is composed of Receiving image, Noise reduction, Changing bit to binary, Thresholding, Data processing of image, Character recognition, Matchingtemplate and action of hardware. Moreover the report has the test and conclusion too.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานการจดจำป้ายทะเบียนรถยนต์ด้วยการประมวลผลภาพประกอบด้วย ชิ้นงาน รายงาน และการนำเสนอ ซึ่งโครงงานนี้สามารถประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ โดยได้รับคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา จาก รศ.ดร.สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์รวมถึงอาจารย์ประจำภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ ท่านอื่นๆ จึงทำให้สามารถแก้ปัญหาและทำให้เกิดชิ้นงานนี้ได้ ซึ่งผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมาที่นี้

รวมถึงขอบคุณรุ่นพี่ภาคอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้ให้คำแนะนำ และสละเวลามาคอยช่วยเหลือทำให้โครงงานนี้ผ่านไปได้ด้วยดี

นาย ณัฐนันท์ แสงอนันต์

นาย ประพันธ์ อ่วมปลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 ลักษณะของโครงงาน	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.4 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.5 วิธีดำเนินการ	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.7 โครงสร้างของโครงงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในโครงงาน	3
2.1 Digital Image	3
2.1.1 Binary Images	3
2.2 ความหมายของ OCR (Optical Character Recognition)	3
2.2.1 ตัวอักษรโดด (Single Character)	4
2.2.2 การรู้จาลายมือแบบเขียนต่อเนื่อง (Script recognition)	4
2.3 ขั้นตอนการทำงานของ OCR (Optical Character Recognition)	4
2.3.1. ขบวนการประมวลผลขั้นต้น (Pre-Processing)	4
2.3.1.1. การกรองข้อมูลแทรกซ้อน (Noise Filtering)	4
2.3.1.2 การปรับแต่งข้อมูล (Normalization)	5
2.3.1.3. การตัดแบ่งพื้นที่ใช้งาน (Cropping)	5
2.3.1.4. เทรชโฮล (Thresholding)	6
2.3.2. การรู้จำ (Recognition)	7
2.3.2.1. วิธีทางการเข้าคู่รูปแบบ (Template Matching)	8
บทที่ 3 การออกแบบโปรแกรม	11
3.1 หลักการออกแบบ	11
3.2 ขั้นตอนการพัฒนา	11
3.3 อุปกรณ์ เครื่องมือในการออกแบบและพัฒนา	12
3.3.1 โปรแกรม Visual C++	12
3.3.2 โปรแกรม Arduino	12
3.3.3 กล้องถ่ายภาพ	13
3.3.4 Open CV Library	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ 14
3.3.6 เซอร์โวมอเตอร์ 15
3.4 โครงสร้างของโครงงาน 17
3.5 Flowchart Program 18
3.5.1 Flowchart ส่วนโปรแกรมArduino 18
3.5.2 Flowchart ส่วนโปรแกรม Visaul C++ 19
บทที่ 4 ผลการทดลอง 21
4.1 ขั้นตอนทดลอง 21
4.2 ตารางผลการทดลอง 22
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 24
บรรณานุกรม 25
ภาคผนวก 26
ภาคผนวก ก 27
ภาคผนวก ข 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 แสดงจำนวนตัวเลขทะเบียนที่สามารถอ่าน หากโปรแกรมทำงานได้สมบูรณ์จะสามารถอ่านตัวเลขได้ทั้งหมด 4 ตัว โดยในการทดลองได้ทำการ*ปิดไฟของกล้องเว็บแคมและเปิดไฟในห้องเพื่อจำลองสถานการณ์เวลากลางวัน* พร้อมทั้งเปลี่ยนตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ในระยะที่แตกต่างกัน 22

4.2 แสดงจำนวนตัวเลขทะเบียนที่สามารถอ่าน หากโปรแกรมทำงานได้สมบูรณ์จะสามารถอ่านตัวเลขได้ทั้งหมด 4 ตัว โดยในการทดลองได้ทำการ*เปิดไฟของกล้องเว็บแคมและปิดไฟในห้องเพื่อจำลองสถานการณ์เวลากลาง*คืน พร้อมทั้งเปลี่ยนตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ในระยะที่แตกต่างกัน 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 ภาพแสดง pixel ที่ถูกกำหนดให้มีค่าเป็น 0 กับ 1	3
2.2 แผนผังประเภทของ OCR	4
2.3 (a) ภาพตัวอย่างจากการทำ Mask ภาพต้นฉบับ (b) ภาพที่ถูกแก้ไขแล้ว	5
2.4 ภาพที่ผ่านการ Thresholding	7
2.5 ภาพ Template Image และ Source Image	8
2.6 การประมวลผลของโปรแกรมในการระบุตัวเลข	9
3.1 Visual C++ และ Arduino	11
3.2 หน้าต่างของโปรแกรม Visual C++	12
3.3 ET- easy168 stamp	13
3.4 กล้อง Webcam	13
3.5 ไลบารี OpenCV	14
3.6 โมดูลตรวจจับความเคลื่อนไหว ZX-PIRV2.0	15
3.7 ตัวอย่างองศาของการหมุนใน servo motor	15
3.8 เซอร์โวมอเตอร์	16
3.9 การทำงานของระบบการจดจำป้ายทะเบียนรถยนต์ด้วยการประมวลผลภาพ	17
1ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : กึ่งกลาง(กลางวัน)	27
2ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 1 ซม.(กลางวัน)	27
3ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 2 ซม.(กลางวัน)	28
4ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 3 ซม.(กลางวัน)	28
5ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 4 ซม.(กลางวัน)	29
6ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 5 ซม.(กลางวัน)	29
7ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 1 ซม.(กลางวัน)	30
8ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 2 ซม.(กลางวัน)	30
9ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 3 ซม.(กลางวัน)	31
10ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 4 ซม.(กลางวัน)	31
11ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 5 ซม.(กลางวัน)	32
12ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 1 ซม.(กลางวัน)	32
13ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 2 ซม.(กลางวัน)	33
14ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 3 ซม.(กลางวัน)	33
15ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 4 ซม.(กลางวัน)	34
16ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 5 ซม.(กลางวัน)	34
17ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 1 ซม.(กลางวัน)	35
18ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 2 ซม.(กลางวัน)	35
19ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 3 ซม.(กลางวัน)	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 4 ซม.(กลางวัน) 36
21ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 5 ซม.(กลางวัน) 37
22ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : กึ่งกลาง(กลางคืน) 38
23ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 1 ซม.(กลางคืน) 38
24ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 2 ซม.(กลางคืน) 39
25ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 3 ซม.(กลางคืน) 39
26ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 4 ซม(กลางคืน) 40
27ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 5 ซม.(กลางคืน) 40
28ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 1 ซม.(กลางคืน) 41
29ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 2 ซม.(กลางคืน) 41
30ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 3 ซม.(กลางคืน) 42
31ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 4 ซม.(กลางคืน) 42
32ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 5 ซม.(กลางคืน) 43
33ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 1 ซม.(กลางคืน) 43
34ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 2 ซม.(กลางคืน) 44
35ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 3 ซม.(กลางคืน) 44
36ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 4 ซม.(กลางคืน) 45
37ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 5 ซม.(กลางคืน) 45
38ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 1 ซม.(กลางคืน) 46
39ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 2 ซม.(กลางคืน) 46
40ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 3 ซม.(กลางคืน) 47
41ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 4 ซม.(กลางคืน) 47
42ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 5 ซม.(กลางคืน) 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

ในปัจจุบันรถยนต์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณรถยนต์ที่มีอยู่บนท้องถนนมีปริมาณมากมายตามไปด้วย ซึ่งส่งผลให้ปริมาณรถยนต์ในสถานที่จอดรถก็เพิ่มขึ้นด้วย แต่ในสถานที่จอดรถมักมีจำนวนที่จอดรถไม่เพียงพอต่อจำนวนรถยนต์ที่มีอยู่ โดยที่จอดรถในบางสถานที่ได้มีการจำกัดสิทธิให้แก่เจ้าของรถยนต์ที่มีความเกี่ยวข้องกับสถานที่เท่านั้น เช่น เจ้าหน้าที่ บุคลากร พนักงาน เป็นต้น แต่กลับมีผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตเข้ามาจอดในบริเวณนั้น ทำให้ผู้ที่มีสิทธิจอดไม่ได้เข้าจอดในที่ที่ตนเองมีสิทธิ ฉะนั้นจึงได้มีการคิดวิธีระบุเจ้าของรถยนต์โดยดูจากป้ายทะเบียนว่าใครคือเจ้าของรถยนต์ หากทราบเจ้าของรถยนต์แล้วก็จะทำให้ระบบสามารถตัดสินได้ว่ารถยนต์คันนี้สามารถเข้าจอดในสถานที่แห่งนี้ได้หรือไม่

1.2 ลักษณะของโครงงาน

อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมานั้นจะประกอบไปในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ซึ่งในส่วนของฮาร์ดแวร์จะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเปิด-ปิดประตู ซึ่งถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์(Arduino) ที่ทำงานร่วมกับโปรแกรมที่ทำการเขียนโดยใช้โปรแกรม Visual C++ และ OpenCVโดยในส่วนของซอฟแวร์จะเป็นการเขียนโปรแกรมประมวลผลภาพป้ายทะเบียนรถยนต์ที่รับมาจากกล้อง จากนั้นจะนำภาพป้ายทะเบียนที่ได้มาผ่านกระบวนการประมวลผลภาพ ซึ่งจะได้ภาพป้ายทะเบียนที่สามารถระบุได้ว่าเป็นป้ายทะเบียนของผู้ใด หากป้ายทะเบียนนี้อยู่ให้ฐานข้อมูลโปรแกรมก็จะส่งคำสั่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งการควบคุมไปยังส่วนของฮาร์ดแวร์นั้นก็คือการเปิด-ปิดประตู

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

โครงงานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการระบุหมายเลขป้ายทะเบียนรถยนต์ให้มีความถูกต้องโดยวิธีการประมวลผลภาพ ซึ่งหากสามารถระบุหมายเลขได้ถูกต้อง ระบบก็จะสามารถตัดสินได้ว่ารถยนต์คันนี้สามารถเข้าจอดในสถานที่แห่งนี้ได้หรือไม่ ซึ่งจะช่วยให้คนที่มีสิทธิจอดรถในสถานที่ที่จำกัดสิทธิการจอด มีที่จอดรถยนต์ตลอดเวลา โดยไม่ถูกผู้อื่นมาสวมสิทธิในการจอดรถยนต์ของตนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานฉบับนี้ได้เสนอวิธีการประมวลผลภาพถ่ายป้ายทะเบียนรถยนต์ขณะจอดนิ่ง ซึ่งจะแปลงข้อมูลภาพโดยผ่านกระบวนการประมวลผลภาพเป็นข้อมูลตัวอักษรจนได้หมายเลขทะเบียนที่ถูกต้อง ซึ่งป้ายทะเบียนที่ทำการศึกษานี้ จะเป็นป้ายทะเบียนของรถยนต์ทั่วไป ที่มีลักษณะคือ ตัวอักษรสีดำและมีพื้นหลังสีขาว พร้อมทำจำลองสถานการณ์คือ การประมวลผลภาพในเวลากลางวันและกลางคืน หากนอกเหนือจากนี้จะไม่อยู่ในขอบเขตของโครงงานที่ทำการศึกษาและทดลอง

1.5 วิธีดำเนินการ

1. ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการประมวลผลภาพในรูปแบบต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาตำแหน่งส่วนที่เป็นป้ายทะเบียนของรถยนต์
2. ศึกษากระบวนการทำงานทาง Image Processing ที่ใช้สำหรับการหาตำแหน่งและการแปลงภาพ
3. วิเคราะห์และออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบ
4. พัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการแปลงภาพปรับปรุงภาพ และหาตำแหน่งภาพ พร้อมทั้งเขียนโปรแกรมวิเคราะห์ความถูกต้อง
5. วิเคราะห์ผลการทดลองและแก้ไขส่วนที่ผิดพลาด จากนั้นทำการสรุปผลการทดลอง

1.6ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีทาง Image Processing
2. ได้รับความรู้ความเข้าใจถึงความสำคัญของการนำเอาวิธีการต่างๆทางการประมวลผลภาพมาใช้ในการทำงาน
3. ได้รับความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนการหาตำแหน่งของป้ายทะเบียนรถยนต์
4. ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ

1.7โครงสร้างของรายงาน

โครงงานฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บท ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในโครงงาน
บทที่ 3 การออกแบบโปรแกรม
บทที่ 4 ผลการทดลอง
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

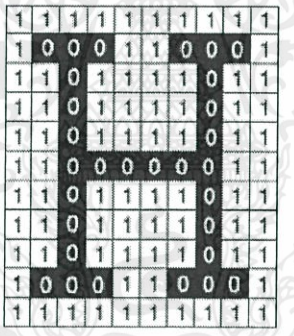
บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในโครงงาน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์และพื้นฐานของระบบ Vehicle License Plate โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 Digital Images

2.1.1 Binary Images

เป็นการจับภาพจากสิ่งแวดล้อม หรือ ทำสำเนาภาพจากเอกสารให้อยู่ในรูปแบบของอิเล็กทรอนิกส์ เช่น รูปถ่าย เอกสารที่เขียนด้วยมือ เอกสารพิมพ์ และพิมพ์เขียว เป็นต้น โดย Digital Images จะอยู่ในรูปของแผ่นตารางโดยแต่ละช่องจะเป็นส่วนหนึ่งของภาพหรืออักษร เรียกแต่ละจุดหรือช่องนั้นว่า “pixel” แต่ละ pixel จะถูกกำหนดให้มีระดับของความเข้ม (สีดำ สีขาว สีเทาหรือสีอื่นๆ) ซึ่งแสดงให้อยู่ในรูปของรหัส Binary (0และ1) แต่ละpixel ก็จะแทนด้วย Binary digital (“bits”) จะถูกเก็บเป็นลำดับใน computer และโดยทั่วไปจะถูกลดขนาดลงด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ (บีบอัดให้เล็กลง) แต่ละ bit จะถูกแปลและอ่านโดย computer ให้เป็นแบบ Analog ซึ่งเป็นรูปภาพ หรือ แผ่นพิมพ์



รูปที่ 2.1 ภาพแสดง pixel ที่ถูกกำหนดให้มีค่าเป็น 0 กับ 1

2.2 ความหมายของ OCR (Optical Character Recognition)

OCR (Optical Character Recognition) คือ การแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของเอกสารรูปภาพ (Image File) ให้อยู่ในรูปแบบของเอกสารข้อความ (Text File) ซึ่งประโยชน์ของ OCR คือสะดวกในการปรับแต่ง แก้ไขเอกสาร และประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูล เป็นต้น
OCR (Optical Character Recognition) สามารถแบ่งตามคุณลักษณะตามแหล่งที่มาของตัวอักษรดังแสดงในรูปที่ 2.1 ได้ ดังนี้

1. การรู้จำตัวอักษรแบบออนไลน์ (On-line Character Recognition)
2. การรู้จำตัวอักษรแบบออฟไลน์ (Off-line Character Recognition)

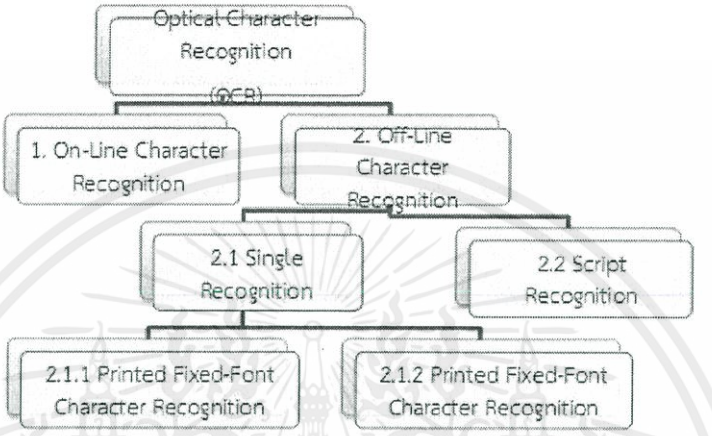
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ตัวอักษรโดด (Single Character)

2.2.1.1 การรู้จำตัวพิมพ์แบบฟอนต์เฉพาะ (Printed Fixed-Font Character Recognition)

2.2.1.2 การรู้จำลายมือเขียนแบบตัวโดด (Isolated Handprint Character Recognition)

2.2.2 การรู้จำลายมือแบบเขียนต่อเนื่อง (Script recognition)



รูปที่ 2.2 แผนผังประเภทของ OCR

2.3 ขั้นตอนการทำงานของ OCR (Optical Character Recognition)

ขั้นตอนการทำงานของ OCR แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. Pre-Processing
2. Recognition

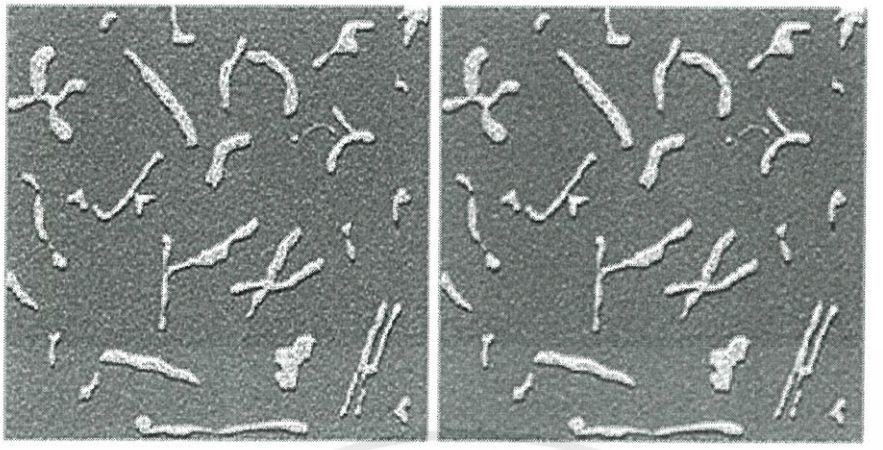
2.3.1. ขบวนการประมวลผลขั้นต้น (Pre-Processing)

ขบวนการประมวลผลขั้นต้น (Pre-Processing) เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการที่เรียกว่า OCR เพราะก่อนที่โปรแกรมจะสามารถวิเคราะห์ลักษณะของตัวอักษรว่าเป็นตัวอักษรใดได้ นั้นจะต้องวิเคราะห์จากภาพที่มีความเหมาะสมในการตรวจสอบและวิเคราะห์ ซึ่งในบางครั้งภาพตัวอย่างที่ได้มาอาจมีการรบกวนจากสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น แสงสะท้อน เปื้อนโคลน ตัวอักษรเอียง เป็นต้น จึงต้องอาศัยกระบวนการนี้มาช่วย ซึ่งแบ่งออกเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.3.1.1. การกรองข้อมูลแทรกซ้อน (Noise Filtering)

การกรองข้อมูลแทรกซ้อน (Noise Filtering) เป็นวิธีการที่ทำหน้าที่กำจัดสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ที่ปรากฏอยู่บนภาพที่ต้องการจะนำมาประมวลผล ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทาให้ ผลลัพธ์ที่ได้ มีความผิดพลาด จึงจำเป็นอย่างมากที่ต้องจัดการกับปัจจัยรบกวนเหล่านี้ วิธีในการกำจัดสิ่งรบกวนของภาพนั้นมีหลายวิธี แต่วิธีหนึ่งที่น่าสนใจ คือ วิธีการที่นำ Mask มาช่วยในการประมวลผล ซึ่งความสามารถของวิธี Mark คือ สามารถเปลี่ยนขนาดได้ ซึ่งทำให้ มีประสิทธิภาพในการกำจัดสิ่งรบกวนมากยิ่งขึ้น แต่การทำ Mark จะทำให้ ภาพเสียความคมชัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) (b)

รูปที่ 2.3 (a) ภาพตัวอย่างจากการทำ Mask ภาพต้นฉบับ (b) ภาพที่ถูกแก้ไขแล้ว

จากรูปที่ 2.2 จะพบว่าภาพที่ผ่านการกำจัดสิ่งรบกวนแล้ว อาจมีความคมชัดของภาพลดลง ซึ่งถ้ามองผ่านๆแล้วอาจคิดว่าทำให้คุณภาพของภาพแย่ลง แต่ในความเป็นจริงแล้วไม่เป็นเช่นนั้น เพราะการลดความคมชัดของภาพสามารถที่จะทดแทนส่วนที่หายไปของภาพได้ นอกจากวิธีข้างต้นแล้วยังมีฟิลเตอร์ (Filter) ตัวอื่นๆ ที่ใช้ ในการกำจัดสิ่งรบกวนของภาพ

2.3.1.2 การปรับแต่งข้อมูล (Normalization)

การปรับแต่งข้อมูลเป็นวิธีการปรับแต่งข้อมูลเพื่อให้ภาพที่จะนำไปประมวลผลนั้น มีความเหมาะสมที่ระบบการทำงานต่อไปต้องการ เช่น การปรับขนาดตัวอักษร (Resize) การทำเกรย์สเกล (Grey Scale) การทำภาพขาวดำ (Binarization) เป็นต้น

2.3.1.3. การตัดแบ่งพื้นที่ใช้งาน (Cropping)

การตัดแบ่งพื้นที่ใช้งานเป็นการแยกเอาเฉพาะส่วนตัวอักษรที่ต้องการนำไปวิเคราะห์ เพื่อความถูกต้องของข้อมูล แต่ในการตัดแบ่งพื้นที่ใช้งานนั้นอาจมีอุปสรรคของตัวอักษร เช่น ตัวอักษรที่เขียนติดกัน ซึ่งจำเป็นจะต้องอาศัยอัลกอริทึมในการแยกตัวอักษรออกจากกัน ซึ่งข้อดีของการตัดแบ่งพื้นที่ใช้งานคือ การลดจำนวนข้อมูลรูปภาพที่ไม่จำเป็นในการวิเคราะห์ลง จัดระเบียบข้อมูลในรูปภาพให้เป็นกลุ่มได้ดีขึ้น เป็นต้น ซึ่งหลักการในการแยกองค์ประกอบของภาพ แบ่งได้ ดังนี้

1. การแยกองค์ประกอบตามความเหมือนกัน(Similarity) ของคุณสมบัติจุดภาพของรูปภาพที่อยู่ภายในพื้นที่เดียวกัน

2. การแยกองค์ประกอบโดยดูจากความไม่ต่อเนื่อง(Discontinuity) ของคุณสมบัติจุดภาพของรูปภาพบริเวณรอยต่อระหว่างวัตถุในภาพกับฉากหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตัดแบ่งพื้นที่ใช้งาน ซึ่งกระบวนการหลักๆ ของการตัดแบ่งพื้นที่คือ การนำภาพเข้าไปประมวลผลเพื่อทำให้ ภาพที่ได้นั้นสมบูรณ์ที่สุดเพื่อให้ง่ายแก่การวิเคราะห์ จากนั้นเป็นการตรวจสอบ

ลักษณะของจุดภาพและทิศทางของสี และทำการแปลงภาพให้ เป็นภาพขาวดำเพื่อง่ายต่อการตรวจสอบขอบของภาพและสุดท้าย คือ การกำหนดลักษณะของกรอบภาพที่ได้

2.3.1.4. เทรชโฮล (Thresholding)

การทำเทรชโฮล(Thresholding Technique) โดยจะพิจารณาว่าจุดภาพนั้นควรจะเป็นจุดสีขาวหรือจุดสีดำ ซึ่งจะกระทำโดยการเปรียบเทียบระหว่างจุดภาพเริ่มต้นกับค่าคงที่ค่าหนึ่งที่เรียกว่าค่าเทรชโฮล (Threshold Value) เทคนิคนี้ใช้กันมากในกรณีที่ข้อมูลภาพมีลักษณะแตกต่างกันระหว่างวัตถุ(Object) และพื้นหลัง(Background) โดยค่าของจุดภาพใดๆที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าเทรชโฮลจะถูกเปลี่ยนให้เป็น 0 (จุดขาว) ซึ่งการทำงานสามารถแสดงได้ดังสมการที่2.1

$$t(x,y) = \begin{cases} 1; & f(x,y) < thr \\ 0; & f(x,y) \geq thr \end{cases} \qquad (2.1)$$

เมื่อ f(x,y) คือ ข้อมูลภาพที่เป็นพิ กเซล
t(x,y) คือ ข้อมูลภาพที่เป็นพิ กเซล ที่ถูกแปลงเป็นสีขาวและดำ
thr คือ ค่าเทรชโฮล เป็นค่าคงที่ ที่ใช้กำหนดเป็นสีขาวและสีดำ
0 คือ จุดสีขาว
1 คือ จุดสีดำ

ในการสร้างภาพไปนารีโดยใช้เทคนิคเทรชโฮลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมและคมชัดสิ่งที่สำคัญที่สุดคือ ค่าเทรชโฮล เนื่องจากถ้าเลือกค่าเทรชโฮลที่ไม่เหมาะสม(ค่าเทรชโฮลที่มีค่าน้อยเกินไปหรือมากเกินไป) ภาพที่ได้อาจจะไม่เหมาะสมขาดความคมชัดและรายละเอียดบางส่วนขาดหายไป กล่าวคือ ภาพที่ได้อาจจะมืดเกินไป(จุดดำมากเกินไป) หรือสว่างเกินไป(จุดขาวมากเกินไป) หรือภาพที่ได้มีสิ่งรบวน(Noise) เกิดขึ้นอันเป็นผลทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้ไม่สวยงามเท่าที่ควร ดังนั้นปัญหาของการสร้างภาพไบนารีโดยวิธีเทรชโฮลนี้ คือ ทำอย่างไรจึงจะสามารถคำนวณหาค่าเทรชโฮลที่เหมาะสมสำหรับแต่ละภาพที่จะนำมาทำการสร้างภาพไบนารี ซึ่งมีวิธีการคำนวณหาค่าเทรชโฮลหลายวิธี โดยแต่ละวิธีเหมาะสมกับลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันไป เช่น การหาค่าเทรชโฮลโดยการกำหนดค่าล่วงหน้า (Preassigned Threshold Value) การหาค่าเทรชโฮลจากค่ากลาง (Mid – Range Threshold Value) แต่ละวิธีอธิบายได้ ดังนี้

1. การหาค่าเทรชโฮลโดยการกำหนดค่าล่วงหน้า (Preassigned Threshold Value)

การหาค่าเทรชโฮลโดยวิธีการกำหนดล่วงหน้านี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด ซึ่งจะเป็นการคำนวณหาค่าเทรชโฮลโดยการกำหนดเองจากผู้ใช้ซึ่งการกำหนดนี้จะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้นั้นๆโดยการเลือกค่าคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งเรียกค่านั้นว่า ค่าเทรชโฮล โดยค่าที่เลือกมานี้จะเป็นค่าที่อยู่ระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของระดับความเข้มของข้อมูลภาพอินพุต เช่น ภาพข้อมูลอินพุตมีเกรย์สเกล 256 ระดับจะมีเกรย์สเกลได้ตั้งแต่ 0-255 เมื่อเลือกค่าเทรชโฮลได้แล้ว สามารถสร้างภาพไบนารีได้โดย สมการที่2.2 ซึ่งเป็นสมการที่ใช้หาค่าเทรชโฮลโดยการคำนวณจากค่าเฉลี่ยเลขคณิต

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$thr = \sum_{i=0}^{m \times n} \frac{f(x_i, y_i)}{m \times n} \qquad (2.2)$$

เมื่อ thr คือ ค่าเทรชโฮล

$\sum_{i=0}^{m\times n} \frac{f(x_i,y_i)}{m\times n}$ คือ ผลรวมของค่าเกรย์สเกล ทุกพิกเซล

m x n คือ ขนาดของมิติ หรือขนาดของรูป

2. การหาค่าเทรชโฮลจากค่ากลาง (Mid – Range Threshold Value)

การหาค่าเทรชโฮลโดยพิจารณาจากค่ากลาง เป็นการหาค่าเทรชโฮลที่แตกต่างจากการหาค่าเทรชโฮลวิธีแรกสำหรับวิธีนี้จะเป็นการคำนวณหาค่าเทรชโฮลโดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องให้ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด โดยการหาค่าเทรชโฮลวิธีนี้ได้อาศัยการคำนวณพื้นฐานทางสถิติในเรื่องของการหาค่ากลางหรือค่าเฉลี่ย (Mean) มาประยุกต์ใช้ค่าเทรชโฮลที่คำนวณได้จะเป็นค่าที่ได้จากค่ากึ่งกลางที่อยู่ระหว่างค่าระดับความเข้มสูงสุด (Maximum Level) และค่าระดับความเข้มต่ำสุด (Minimum Level) ของข้อมูลภาพอินพุต สำหรับการคำนวณหาค่ากึ่งกลางนี้สามารถคำนวณได้ จากสมการที่2.3

$$thr = \frac{Max(f(x,y))+Min(f(x,y))}{2} \qquad (2.3)$$

เมื่อ thr คือ ค่าเทรชโฮล

Max(f(x,y)) คือ ค่าสูงสุดของค่าเกรย์สเกล

Min(f(x,y)) คือ ค่าต่ำสุดของค่าเกรย์สเกล

(a) ภาพต้นฉบับ grey-scale (b) ภาพที่ผ่านการ Thresholding

รูปที่ 2.4 ภาพที่ผ่านการ Thresholding

2.3.2. การรู้จำ (Recognition)

การรู้จำเป็นขั้นตอนที่สำคัญของ OCR เพราะเป็นขั้นตอนที่ทำหน้าที่ตัดสินใจว่าภาพที่ส่งเข้าไปวิเคราะห์นั้นเป็นตัวอักษรอะไร ซึ่งมีวิธีการหลากหลายวิธีในการทำงาน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นหลายวิธี โดยเน้นกฎทางทฤษฎีเป็นหลักในการแบ่งวิธีต่างๆ ซึ่งวิธีการต่างๆเหล่านี้มีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน ซึ่งถ้าเราต้องการข้อมูลที่มีความแม่นยำโปรแกรมจำเป็นที่จะต้องอาศัยวิธีการต่างๆเหล่านี้มาช่วยในการตัดสินใจ ซึ่งมีวิธีการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

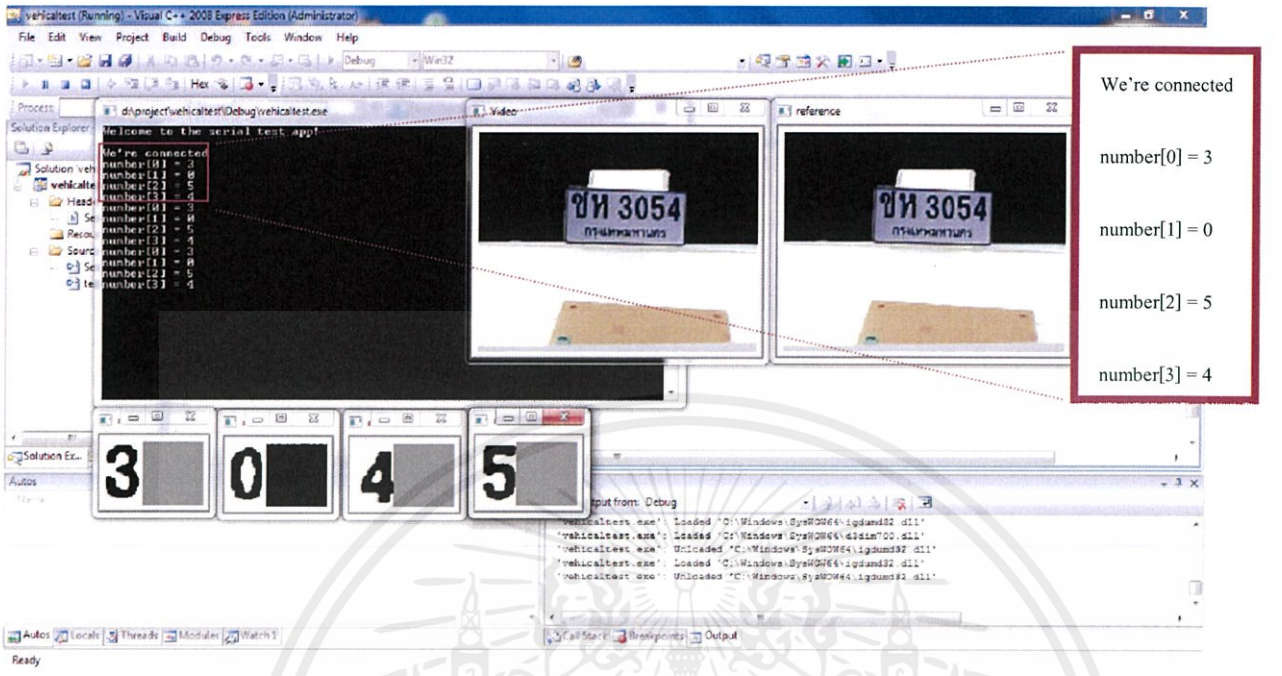
2.3.2.1. วิธีทางการเข้าคู่รูปแบบ (Template Matching)

เป็นวิธีที่ทางผู้ทำโครงการนี้ใช้ในการรู้จำซึ่งการทำงานของวิธีการเข้าคู่รูปแบบ คือ การนำรูปภาพที่ต้องการหาค่าไปเปรียบเทียบกับรูปแบบตัวอย่าง (Template) ซึ่งรูปแบบตัวอย่างนี้จะเก็บค่าและกำหนดลักษณะสำคัญต่างๆ ที่สามารถแยกความแตกต่างของตัวอักษรต่างๆ ได้และเมื่อนำภาพตั้งต้นที่มีมาเปรียบเทียบกับรูปแบบที่มีเพื่อตรวจสอบความคล้ายคลึงกันของภาพทั้งสองซึ่งอาศัยค่าระดับที่ตั้งขึ้นมาเพื่อตรวจสอบหรือตัดสินใจ แต่ข้อเสียของวิธีการนี้มีค่อนข้างมาก ซึ่งข้อเสียของวิธีการนี้ คือ มีความอ่อนไหวต่อข้อมูลที่มีการแทรกซ้อน ขนาด และความเอียง ซึ่งปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ ได้ แต่นั้นต้องอาศัยการทำงานในขั้นตอนประมวลผลขั้นต้นที่ดี นอกจากนี้ Template Matching เป็นเทคนิคที่เหมาะสำหรับการหาลักษณะเฉพาะที่มีขนาดไม่ใหญ่บนภาพ เทคนิค Template Matching จะมีความคล้ายคลึงกับเทคนิคที่เรียกว่า Convolution สำหรับเทคนิค Template Matching เราจะทำการเคลื่อน Template ไปยังจุดต่างๆ จากซ้ายไปขวาบนลงล่าง เพื่อคำนวณหาค่าความเหมือนของ Template กับบริเวณต่างๆ บนภาพ

(a) Template Image (b) Source Image

รูปที่ 2.5 ภาพ Template Image และ Source Image

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การประมวลผลของโปรแกรมในการระบุตัวเลข

จากรูป 2.5 แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการรับภาพจากกล้องและโปรแกรมทำการประมวลผลแล้ว จะสังเกตได้ว่าโปรแกรมสามารถระบุตัวเลขทะเบียนได้อย่างชัดเจน

ในการทำงานของ Matching by Correlation นั้นจำเป็นที่จะต้องมีภาพสองส่วนหลักๆ คือ Template Image และ Source Image โดยส่วนที่ เรียกว่า Template Image นั้นเป็นส่วนของรูปแบบ(Pattern)ของภาพ ซึ่งจะเก็บรูปแบบภาพทั้ง 10 ตัว คือเลข 0 ถึง 9 ซึ่งอาจมีชุดของรูปแบบตัวเลขที่เพิ่มเข้ามาอีกส่วนที่สองคือ Source Image คือส่วนของชุดรูปภาพตัวเลขบนป้ายทะเบียน ที่ นำเข้าโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ ผล (Recognition) โดยหลักการทำงานของการ Matching ตัวเลข ทางผู้จัดทำโครงการได้นำภาพ Template Image ไปเปรียบเทียบกับชุดตัวเลข 4 หลักของ Source Image ดังรูปที่ 1 กล่าวคือเริ่มต้นที่นำภาพ Template Image ตัวแรก คือ เลข 0 ไปเปรียบเทียบกับชุดตัวเลขของ Source Image เมื่อเปรียบเทียบเสร็จก็นำภาพตัวต่อ ไปมาเปรียบเทียบเรื่อยๆจนถึงตัวเลขสุดท้ายนั่นก็คือ เลข 9

โดยเราได้ใช้ฟังก์ชันของ cvMatchTemplate ซึ่งมีรูปแบบของฟังก์ชั่น ดังนี้

```
void cvMatchTemplate (const CvArr* image,const CvArr* templ,CvArr* result,int method );
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแบบโครงสร้างของฟังก์ชั่นอธิบายได้โดย

Image คือ ภาพที่ต้องการนำมาทำการรันในโปรแกรมหรือภาพที่จะถูกทำการค้นหาและเปรียบเทียบ

Templ คือ ภาพที่จะถูกนำไปเปรียบเทียบและค้นหาใน image ซึ่งต้องมีชนิดของข้อมูลตรงกันกับ image

result คือ ภาพผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบและค้นหา

method คือ หลักการที่ใช้ ของ templ ที่จะไปทำการเปรียบเทียบและค้นหา

การทำงานของฟังก์ชั่นคือทำการเปรียบเทียบภาพ templ กับภาพ image โดยการเปรียบเทียบโดยใช้ขนาด w x h โดยเลือกใช้ method ในการเลือกใช้วิธีการค้นหาและเปรียบเทียบและทำการเก็บผลลัพธ์ ไปที่ result

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบโปรแกรม

3.1 หลักการออกแบบ

ผู้จัดทำได้ออกแบบโปรแกรมบนภาษา C++ โดยใช้ Visual C++ เนื่องจากเป็นโปรแกรมกลุ่ม IDE(integrated development environment) เพื่อพัฒนาโปรแกรมบนภาษา C++ โดยเฉพาะซึ่งตัวโปรแกรมนี้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งานและทางผู้จัดทำได้เลือกใช้ Library ที่มีชื่อว่า OpenCV (Open Source Computer Vision) ซึ่งเป็น library ที่ใช้เขียนโปรแกรมเกี่ยวกับ Computer Vision เป็นหลักโดยจะใช้เป็นคำสั่งการเรียกใช้งานในโปรแกรมซึ่งเป็น library ที่ใช้งานได้ง่ายมีตัวอย่างให้ศึกษาได้มากและอีกเหตุผลที่ทางผู้จัดทำเลือกใช้ OpenCV เนื่องจากเป็น library ที่นำไปประยุกต์ใช้งานในรูปแบบที่ต้องการได้ซึ่งเหมาะสมกับโครงงานที่ได้วางไว้

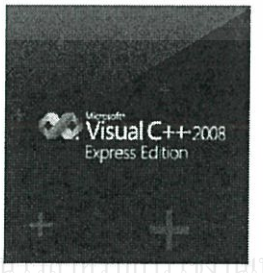
อีกหนึ่งโปรแกรมที่ใช้จะเป็นโปรแกรมที่เขียนเกี่ยวกับ Arduino เพื่อเป็นตัวสั่งการถ่ายภาพของกล้องโดยจะมีการเชื่อมต่อโดยใช้ Serial Port ที่จะเป็นสิ่งที่เชื่อมต่อกับโปรแกรม Visual C++ ในส่วนของการสั่งงานทั้งในส่วนแรก และส่วนหลังจากการประมวลผลของโปรแกรม Visual C++ ที่จะนำไปสั่งงานในส่วนอื่นต่อไป

จากที่วางแผนไว้มีขั้นตอนการทำงานหลักๆของโปรแกรมที่จะแยกเป็น 2 โปรแกรม Visual C++และArduinoในส่วนของโปรแกรม Visual C++ นั้นจะมีขั้นในการทำงานอยู่ 3 ส่วน คือ ส่วนแรกคือส่วนของการรับภาพ ส่วนที่สองคือส่วนของการประมวลผล และในส่วนสุดท้ายคือส่วนตรวจสอบข้อมูล ต่อมาในส่วนของโปรแกรม Arduino นั้นจะเป็นตัวที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่ตรวจจับวัตถุเพื่อส่งสัญญาณไปในการจับภาพและรับค่ามาเพื่อนำไปสั่งงานในด้านอื่นๆต่อไป

3.2 ขั้นตอนการพัฒนา

แบ่งออกเป็นการพัฒนา 2 โปรแกรม

1. โปรแกรม Visual C++
2. โปรแกรม Arduino



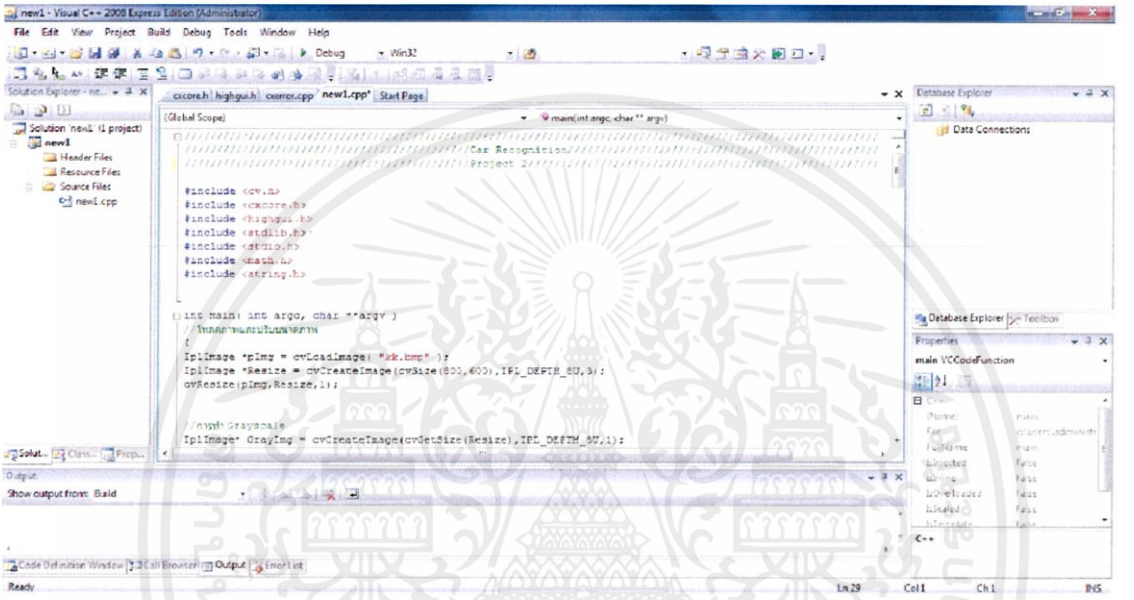
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 Visual C++ และ Arduino

3.3 อุปกรณ์เครื่องมือในการออกแบบและพัฒนา

3.3.1 โปรแกรม Visual C++

Visual C++ คือ โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างโปรแกรมหรือเขียนโปรแกรมต่างๆ โดยโปรแกรมที่ถูกสร้างขึ้นมานั้นจะขึ้นอยู่กับความต้องการของนักเขียนโปรแกรม ซึ่งในโครงงานชิ้นนี้ เราได้ใช้โปรแกรม Visual C++ ร่วมกับไลบารี่ของ Open CV เพื่อใช้ในการสั่งงานและประมวลผลต่างๆ



รูปที่ 3.2 หน้าต่างของโปรแกรม Visual C++

3.3.2 โปรแกรม Arduino

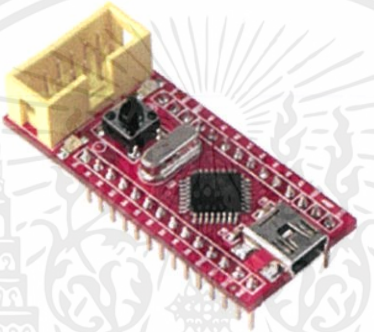
ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีจำนวนของหน่วยความจำ และ I/O ค่อนข้างมากทำให้เป็นอุปสรรคสำหรับผู้เริ่มต้นในการสร้างบอร์ดและต่อวงจรขึ้นมาใช้งานกันเอง และบอร์ดจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ซึ่งอาจดูว่าเกินความจำเป็นสำหรับผู้เริ่มต้น จึงไม่ค่อยได้รับความนิยมเท่าที่ควร กระทั่งมีการสร้างบอร์ด Arduino ขึ้น ซึ่งที่มาจากโครงการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR แบบ Open Source จุดเด่นคือในเรื่องของ ความง่ายในการเรียนรู้และใช้งาน เนื่องจากมีการออกแบบคำสั่งต่างๆ ขึ้นมาสนับสนุนการใช้งาน ด้วยรูปแบบที่ง่ายไม่ซับซ้อน เป็นต้นว่า

- ราคาไม่แพงเนื่องจากมี Source Code และแจกให้ฟรีสามารถต่อวงจรขึ้นมาใช้งานได้เอง
- โปรแกรมของ Arduino รองรับการทำงานทั้ง Windows, Linux และ Macintosh OSX
- มีรูปแบบคำสั่งที่ง่ายต่อการใช้งานสามารถนำไปใช้งานจริงที่มีความซับซ้อนมากๆได้
- มีการเปิดเผยวงจรและ Source Code ทั้งหมดทำให้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพิ่มเติมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงเหมาะสำหรับนำไปใช้ในการศึกษาเรียนรู้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ และ นำไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการควบคุมอุปกรณ์ Input / Output ต่างๆ ได้มากมาย ทั้งในแบบที่เป็นการทำงานตัวเดียวอิสระ หรือ เชื่อมต่อสั่งงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น คอมพิวเตอร์ PC ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากว่า Arduino สนับสนุนการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ Input / Output ต่างๆได้มากมาย ทั้งแบบ Digital และ Analog เช่น การรับค่าจากสวิตช์ หรืออุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) แบบต่างๆ รวมไปถึง การควบคุมอุปกรณ์ Output ต่างๆตั้งแต่ LED, หลอดไฟ,มอเตอร์, รีเลย์ฯลฯ

ซึ่งในโครงงานชิ้นนี้ เราได้ใช้บอร์ด Arduino Pro Micro (ET- easy168 stamp) ในการสั่งงานเพื่อควบคุมเซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ 3.3 ET- easy168 stamp

3.3.3 กล้องถ่ายภาพ

กล้องถ่ายภาพ ในโครงงานชิ้นนี้เราได้ใช้ กล้อง Webcam ชนิดที่มีเฟลชLED ทั้งนี้เราจะสามารถจำลองสถานการณ์ในช่วงเวลาต่างๆได้ ทั้งในกลางวันและกลางคืน อีกทั้งกล้องชนิดนี้เป็นกล้องที่สามารถใช้ได้ง่ายและมีการติดตั้งที่ไม่ซับซ้อน โดยกล้องจะเป็นอุปกรณ์ในการรับภาพป้ายและส่งข้อมูลภาพไปประมวลผลภาพในโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 กล้อง Webcam

3.3.4 Open CV Library

Open CV Library เป็นไลบารีที่ได้รวบรวมฟังก์ชันการทำงานต่างๆเอาไว้เพื่อง่ายต่อการเรียกใช้งาน ซึ่งในการใช้เราสามารถเรียกใช้ฟังก์ชันต่างๆได้โดยพิมพ์คำสั่งได้โดยตรง ซึ่งแต่เดิมจะต้องเขียนโปรแกรมในการทำงานตั้งแต่ 10-100 บรรทัด แต่ถ้าใช้ฟังก์ชันในไลบารีจะเหลือคำสังที่ต้องพิมเพียง 1-2 บรรทัด

รูปที่ 3.5 ไลบารี OpenCV

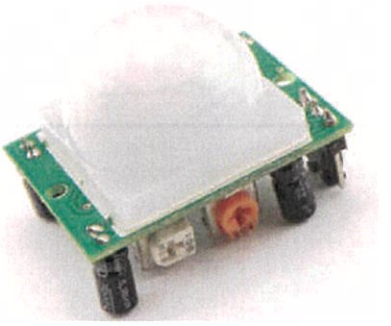
3.3.5 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ

เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ (โมดูลตรวจจับความเคลื่อนไหว) ซึ่งจะมีการทำงานเมื่อตรวจพบความเคลื่อนไหวจะให้ผลการทำงานเป็นสัญญาณลอจิก 1

<u>คุณสมบัติ</u>

- ระยะการตรวจจับสูง สุด 20 ฟุต
- เมื่อตรวจพบความเคลื่อนไหวจะให้ผลการทำงานเป็นสัญญาณลอจิก “1”
- ใช้เวลาในการปรับตัวเพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงช่วง 10 ถึง 60 วินาที
- ไฟเลี้ยง +5V
- ติดต่อผ่านคอนเน็กเตอร์ IDC 3 ขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



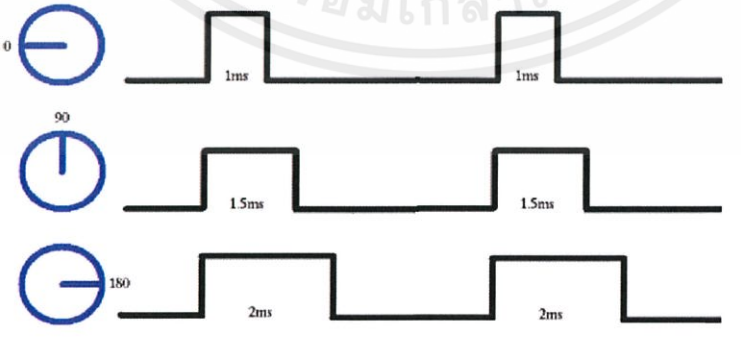
รูปที่ 3.6 โมดูลตรวจจับความเคลื่อนไหว ZX-PIRV2.0

3.3.6 เซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่ทำงานโดยใช้สัญญาณพัลส์ โดยภายในเซอร์โวมอเตอร์จะประกอบไปด้วย มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ชุดเกียร์และส่วนควบคุม โดยจะประกอบกันอยู่ภายในชุดเดียวกัน ตัวเซอร์โวมอเตอร์จะมีสายสัญญาณ 3 เส้น คือ สานใช้งาน 1 เส้น อีก 2 เส้นจะเป็นสายสำหรับจ่ายไฟให้เซอร์โวมอเตอร์และสายสำหรับต่อลงกราวด์ ในการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์นั้นจะทำให้หมุนไปทางซ้ายได้ 90 องศา ไปทางขวาได้ 90 องศา (180 องศา) และสามารถสั่งให้หมุนไปตามองศาที่กำหนดได้ (ในการที่จะทำให้หมุน 360 องศาจะต้องดัดแปลงแก้ไขส่วนประกอบภายใน ซึ่งจะไม่ขอกล่าวถึงในที่นี้) การใช้งานเซอร์โวมอเตอร์นั้นจะนำ ไปใช้ในที่ที่ต้องการความแม่ยำในเรื่ององศา หรือ การหมุนไปตามองศาที่ต้องการ เช่น ใช้เป็นมอเตอร์บังคับการเลี้ยวของหางเสือ เรือ หรือ การเลี้ยวของเครื่องบินบังคับวิทยุ แม้แต่สร้างเป็นหุ่นยนต์เดินขนาดเล็ก เพราะตัวเซอร์โวมอเตอร์เองจะมีแรงบิดค่อนข้างสูง (เพราะภายในจะมีชุดเกียร์อยู่แล้ว)

การควบคุมทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

การต่อใช้งานเซอร์โวมอเตอร์ในการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์นั้น ทำได้โดยอาศัยความกว้างของพัลส์ที่ทำการป้อนให้เซอร์โวมอเตอร์ โดยสัญญาณพัลส์นี้จะเป็นสัญญาณ TTL จะมีแรงดัน 5VDC และ แรงดัน 0 VDC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

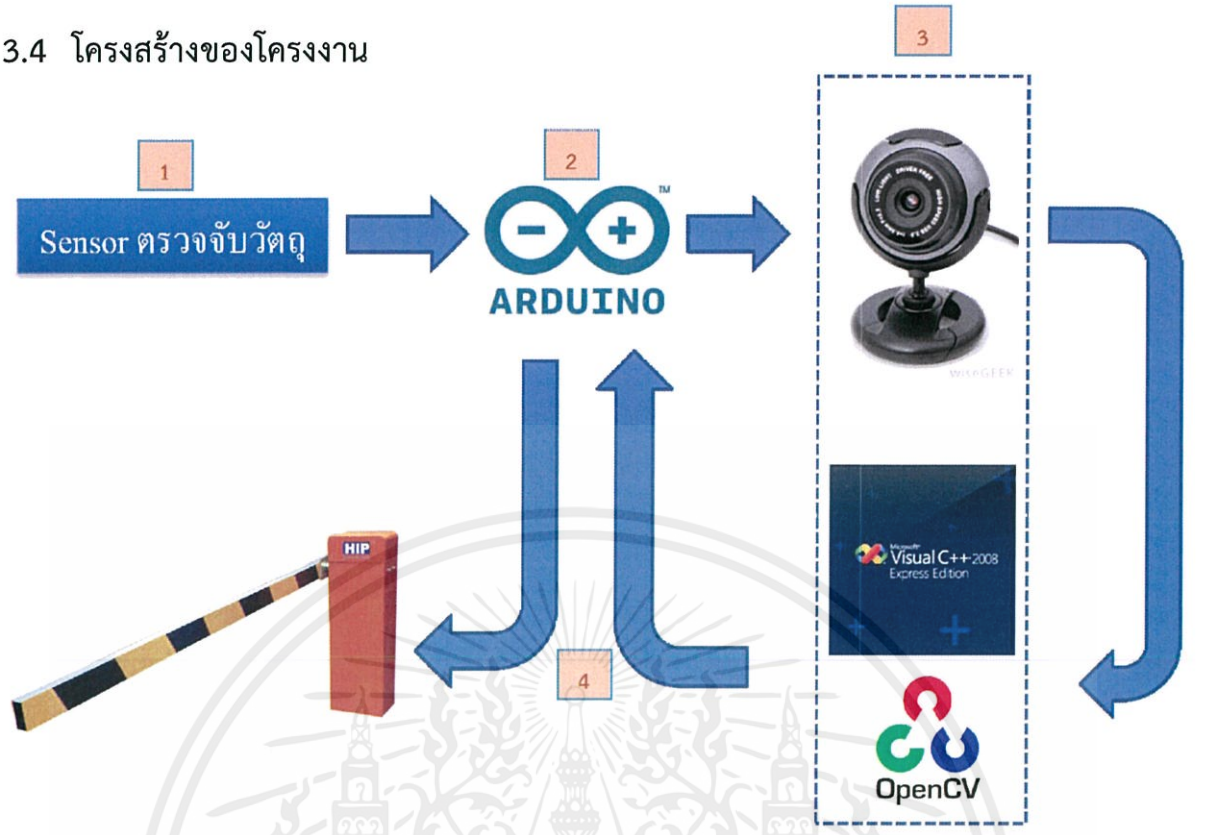
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างองศาของการหมุนใน servo motor

- เซอร์โวมอเตอร์หนุนไปทางขวา หรือ ตามเข็มนาฬิกา จะต้องสร้างสัญญาณพัลส์ ความกว้างขนาด 1 ms และมีช่วงระห่างระหว่างพัลส์ 20 ms
- เซอร์โวมอเตอร์หนุนไปทางซ้าย หรือ ทวนเข็มนาฬิกา จะต้องสร้างสัญญาณพัลส์ ขนาด 2ms และมีช่วงระห่างระหว่างพัลส์ 20
- เซอร์โวมอเตอร์อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลาง จะต้องสร้างสัญญาณพัลส์ ขนาด 1.5 ms และมีช่วงระห่างระหว่างพัลส์ 20

รูปที่ 3.8 เซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 โครงสร้างของโครงงาน



รูปที่ 3.7 การทำงานของระบบการจดจำป้ายทะเบียนรถยนต์ด้วยการประมวลผลภาพ

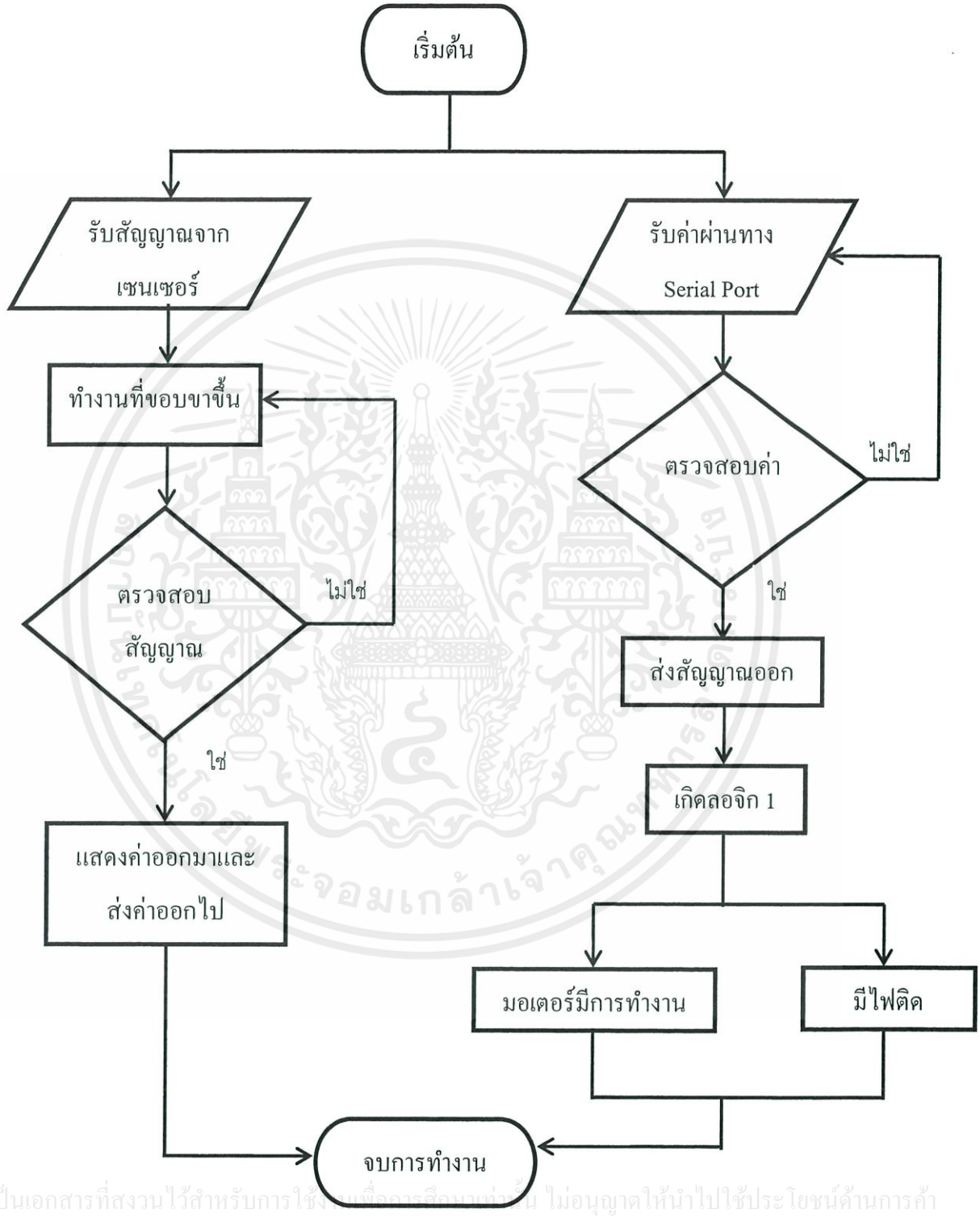
การทำงานของระบบการจดจำป้ายทะเบียนรถยนต์ด้วยการประมวลผลภาพมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

1. Sensor ตรวจจับวัตถุ จะเริ่มมีการทำงานเมื่อมีวัตถุเมื่อที่ผ่านบริเวณด้านหน้าของSensor จากนั้นSensorจะส่งข้อมูลในรูปแบบของสัญญาณลอจิก 1 ไปให้กลับ Arduino
2. เมื่อ Arduino ได้รับสัญญาณลอจิกจาก Sensor จากนั้น Arduino จะสั่งให้กล้องเริ่มทำการจับภาพ(ป้ายทะเบียนรถยนต์)
3. เมื่อกล้องเริ่มทำการถ่ายภาพเสร็จ กล้องจะส่งข้อมูลในรูปแบบของภาพไปยังโปรแกรม โดยเป็นโปรแกรมการประมวลผลด้วยภาพ ซึ่งโปรแกรมถูกเขียนขึ้นด้วยคอมไพรเลอร์ที่มีชื่อว่า Visual C++ พร้อมทั้งใช้งานร่วมกับไลบารีที่มีชื่อว่า OpenCV จากนั้นโปรแกรมจะทำการประมวลผลภาพและวิเคราะห์ว่า ภาพที่ถ่ายไปนั้นมีความถูกต้องหรือตรงตามภาพต้นแบบหรือไม่
4. ในส่วนของโปรแกรมได้ตั้งเงื่อนไขไว้ว่า
   หากภาพที่รับเข้ามามีความเหมือนกันภาพต้นแบบ โปรแกรมจะส่งคำสั่งไปยัง Arduino ให้ Arduino ส่งคำสั่งไปยัง เซอร์โวมอเตอร์ให้มีการทำงาน (มีการหมุนขึ้น 90 องศา)
   หากภาพที่รับเข้ามามีความแตกต่างกันกับภาพต้นแบบ โปรแกรมจะส่งคำสั่งไปยัง Arduino ให้ Arduino ส่งคำสั่งไปยัง เซอร์โวมอเตอร์ให้หยุดการทำงาน (ไม่มีการหมุน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

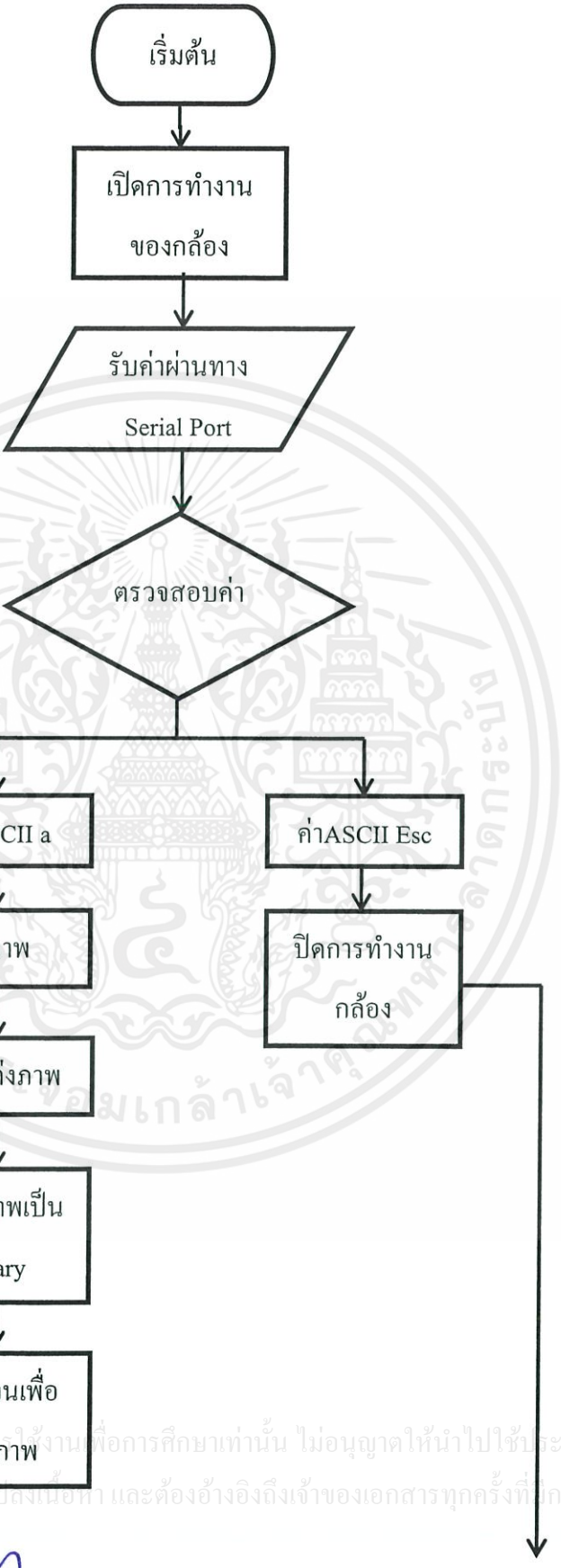
3.5 Flowchart Program

3.5.1 Flowchart ส่วนโปรแกรมArduino



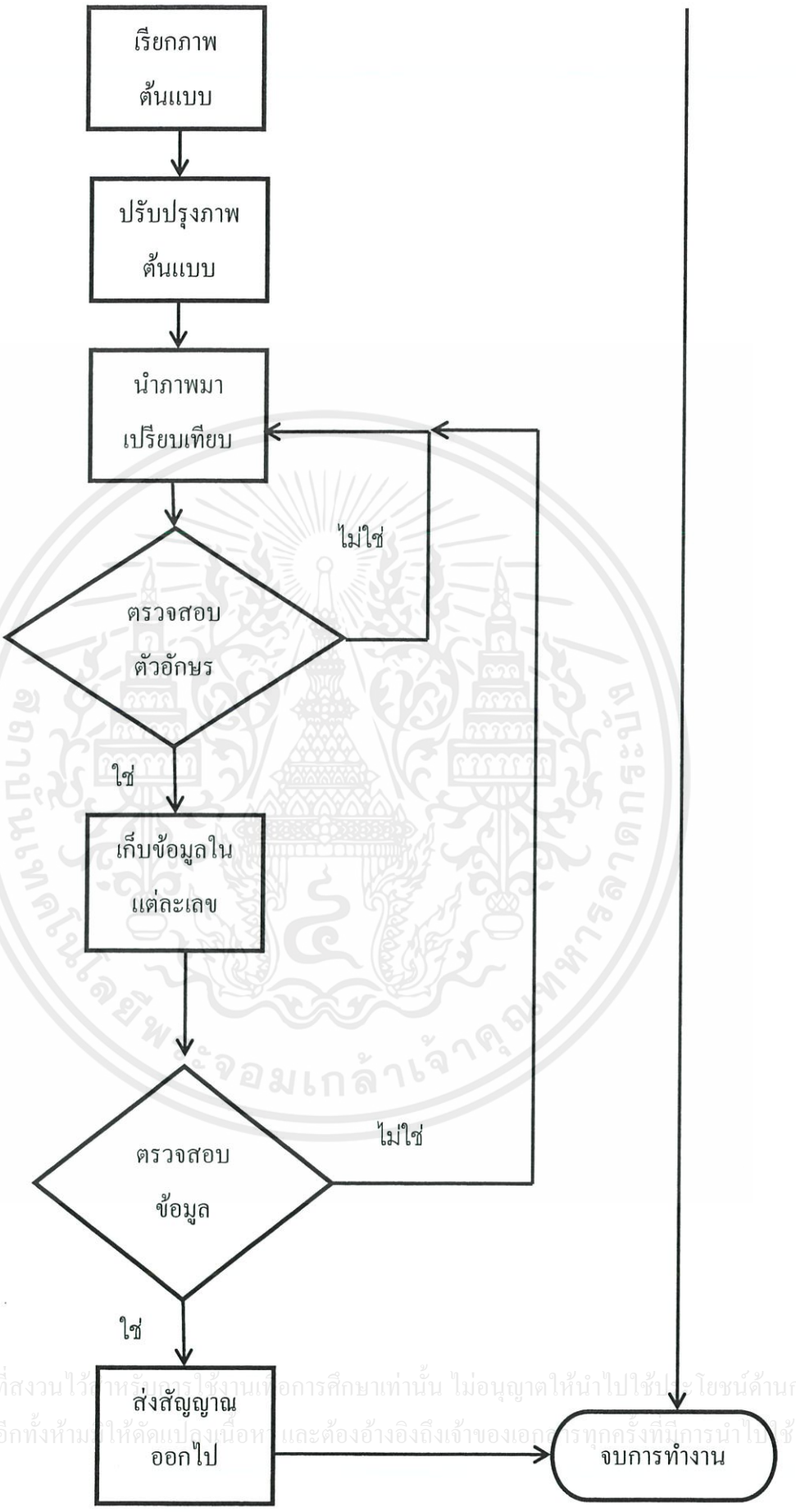
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 Flowchart ส่วนโปรแกรม Visaul C++



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลอง เราได้ทำการสร้างแบบจำลองของระบบการระบุตัวอักษร โดยมีอุปกรณ์ดังนี้

- กล้องเว็บแคม : ใช้ในการรับภาพ
- เซอร์โวมอเตอร์ : ใช้ในการจำลองอุปกรณ์ไม้กั้นเปิดปิด
- เซนเซอร์ : ตรวจจับวัตถุเมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่ผ่านหน้าเซนเซอร์
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) : ควบคุมการทำงานเซอร์โวมอเตอร์และทำงานร่วมกับโปรแกรมประมวลผลภาพ
- ซอร์ฟแวร์ : โปรแกรมประมวลผลภาพซึ่งทำงานร่วมกับไลบารี่และโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

ในการทดลองเราได้จำลองรถต้นแบบและป้ายทะเบียน พร้อมทั้งแบบจำลองที่จอดรถจากนั้นได้กำหนดตำแหน่งที่แน่นอนของรถต้นแบบและป้ายทะเบียน เพื่อที่จะให้ระบบประมวลผลภาพอ่านเลขของป้ายทะเบียนได้อย่างถูกต้องแม่นยำ จากนั้นได้ทำการทดลองในสองกรณีคือ

- ทำการ*ปิดไฟของกล้องเว็บแคมและเปิดไฟในห้องเพื่อจำลองสถานการณ์เวลากลางวัน* พร้อมทั้งเปลี่ยนตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ในระยะที่แตกต่างกัน
- ทำการ*เปิดไฟของกล้องเว็บแคมและปิดไฟในห้องเพื่อจำลองสถานการณ์เวลากลางคืน* พร้อมทั้งเปลี่ยนตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ในระยะที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนตัวเลขทะเบียนที่สามารถอ่าน หากโปรแกรมทำงานได้สมบูรณ์จะสามารถอ่านตัวเลขได้ทั้งหมด 4 ตัว โดยในการทดลองได้ทำการ*ปิดไฟของกล้องเว็บแคมและเปิดไฟในห้องเพื่อจำลองสถานการณ์เวลากลางวัน* พร้อมทั้งเปลี่ยนตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ในระยะที่แตกต่างกัน

ตำแหน่งของป้ายทะเบียน (ซม.)		จำนวนตัวเลขที่สามารถอ่านได้ (ตัว)	ความคลาดเคลื่อน (%)
กึ่งกลาง	0	4	0
ขยับทางซ้าย	1	4	0
	2	3	25
	3	2	50
	4	3	25
	5	2	50
ขยับทางขวา	1	2	50
	2	3	25
	3	3	25
	4	3	25
	5	3	25
ขยับขึ้นบน	1	3	25
	2	3	25
	3	4	0
	4	4	0
	5	4	0
ขยับลงล่าง	1	3	25
	2	3	25
	3	3	25
	4	3	25
	5	3	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนตัวเลขทะเบียนที่สามารถอ่าน หากโปรแกรมทำงานได้สมบูรณ์จะสามารถอ่านตัวเลขได้ทั้งหมด 4 ตัว โดยในการทดลองได้ทำการ*เปิดไฟของกล้องเว็บแคม*และ*ปิดไฟในห้องเพื่อจำลองสถานการณ์เวลากลางคืน* พร้อมทั้งเปลี่ยนตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ในระยะที่แตกต่างกัน

ตำแหน่งของป้ายทะเบียน (ซม.)		จำนวนตัวเลขที่สามารถอ่านได้	ความคลาดเคลื่อน (%)
กึ่งกลาง	0	4	0
ขยับทางซ้าย	1	4	0
	2	4	0
	3	3	25
	4	3	25
	5	2	50
ขยับทางขวา	1	2	50
	2	2	50
	3	2	50
	4	2	50
	5	2	50
ขยับขึ้นบน	1	2	50
	2	3	25
	3	4	0
	4	3	25
	5	2	50
ขยับลงล่าง	1	2	50
	2	2	50
	3	2	50
	4	2	50
	5	4	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

การตรวจจับป้ายทะเบียนที่ได้จัดทำขึ้นนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าจอดรถยนต์รวมถึงเป็นการสงวนสิทธิในที่จอดรถ โดยมีกระบวนการรับภาพจากกล้อง จากนั้นปรับปรุงรูปภาพให้มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด และมีการประมวลผลรูปภาพเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเทียบกับชุดข้อมูลต้นแบบ หลังจากนั้นก็จะนำไปสั่งงานในส่วนควบคุมอุปกรณ์ในขั้นต่อไป ซึ่งในการรับภาพนั้นจะมีการเชื่อมต่อกับส่วนของฮาร์ดแวร์ที่ใช้ไมโครคอนโทลเลอร์ชนิด Arduino ในส่วนนี้จะมีการเชื่อมต่อกับตัวเซนเซอร์และส่งค่าในรูปแบบของสัญญาณโลจิกไปยังโปรแกรมที่ได้ทำการเขียนไว้เพื่อให้มีการถ่ายภาพ ซึ่งเมื่อมีการประมวลข้อมูลเสร็จแล้วจะมีการส่งค่าคืนกลับมาที่ตัวไมโครคอนโทลเลอร์ จะเห็นได้จากผลการทดลองว่ามีการถ่ายภาพปรับแต่ง แบ่งพื้นที่ในรูปภาพ และประมวลรูปภาพออกมาในรูปของข้อมูลเพื่อนำไปสั่งงานในขั้นตอนต่อไป ส่วนของฮาร์ดแวร์ได้มีการเขียนรับสัญญาณจากเซนเซอร์เพื่อแสดงค่าส่งไปยังโปรแกรมประมวลผลภาพในคอมพิวเตอร์ และรับค่าจากโปรแกรมประมวลผลภาพเพื่อนำไปสั่งงานต่อไปได้อย่างสมบูรณ์

จากการทดลองผลว่า ในการจำลองสถานการณ์ทั้งกลางวันและกลางคืน พร้อมทั้งเปลี่ยนตำแหน่งของป้ายทะเบียนในระยะต่างๆ จะสังเกตจากผลการทดลองได้ว่า

- ที่เวลากลางวันและกลางคืน ในตำแหน่งกึ่งกลาง มีความคลาดเคลื่อนคิดเป็น 0%
- ที่เวลากลางวัน ในตำแหน่งที่ต่างกัน 4 ตำแหน่งและระยะต่างกัน 5 ระยะ มีความคลาดเคลื่อนโดยส่วนใหญ่คิดเป็น 25% ซึ่งมีเพียง 3 กรณีที่มีความคลาดเคลื่อนคิดเป็น 50%
- ที่เวลากลางคืน ในตำแหน่งที่ต่างกัน 4 ตำแหน่งและระยะต่างกัน 5 ระยะ มีความคลาดเคลื่อนโดยส่วนใหญ่คิดเป็น 50% ซึ่งมีเพียง 4 กรณีที่มีความคลาดเคลื่อนคิดเป็น 25%

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าตำแหน่งที่มีการประมวลผลภาพที่ดีที่สุด คือ ตำแหน่งกึ่งกลาง โดยจะเป็นในเวลากลางวันและกลางคืน แต่การประมวลผลที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ การประมวลผลในเวลากลางวัน นั่นแสดงให้เห็นถึงปัจจัยต่างๆทางสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการประมวลผลภาพ

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองนี้มีความผิดพลาดเนื่องจากตัวโปรแกรมประมวลผลภาพยังไม่สามารถใช้งานได้ในทุกกรณีและไม่สามารถประมวลผลได้อย่างเต็มที่ ซึ่งทำให้มีการประมวลผลผิดพลาดในบางกรณีตามที่ได้แสดงในผลการทดลอง รวมถึงการทดลองยังขึ้นกับอุปกรณ์ที่นำมาใช้งาน เช่น กล้อง เป็นต้น รวมถึงเรื่องการควบคุมปัจจัยต่างๆทางสิ่งแวดล้อม เช่น แสงในขณะที่มีการถ่ายภาพนั้นเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นมากซึ่งจะทำให้มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นในการทดลอง ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการควบคุมปัจจัยต่างๆเหล่านี้ให้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Gary Bradski and Adrian Kaehler. 2008. **Learning OpenCV.** the United States of America : O'Reilly Media, Inc.

[2] Robert Laganiere. 2011. **OpenCV 2 Computer Vision ApplicationProgramming Cookbook.** Birmingham : Packt Publishing Ltd.

[3] รองศาสตราจารย์ ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์. ๒๕๕๕. **การประมวลผลภาพดิจิตอลด้วย MATLAB.** พิมพ์ครั้งที่ ๒. กรุงเทพมหานคร : มีน เซอร์วิส ซัพพลาย.

[4] ปฏิญญา น้อยยะ,ปนัดดา จันทร์ตรีม,ปัทมา ประสงค์ดี. พ.ศ.๒๕๕๓. "การตรวจสอบผลิตภัณฑ์โดยอิมเมจโปรเซสซิ่ง." วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (อิเล็กทรอนิกส์).

[5] ดร.ดัชกรณ์ ตันเจริญ. ๒๐๑๓. *งานวิจัยอ่านป้ายทะเบียน.* (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://license-plate-recognition.blogspot.com/. ๑๔ สิงหาคม ๒๕๕๖

[6] Thai OCR. ๒๐๑๓. *โครงสร้างระบบโอซีอาร์.* (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://thaiocr.phaisarn.com. ๑๐ กรกฎาคม ๒๕๕๖

[7] humanoid KMUTT. ๒๐๑๓. *การใช้งาน OpenCV Library เบื้องต้นเพื่อการประมวลผลภาพจากกล้อง.* (ออนไลน์). แหล่งที่มา : ttp://fibo.kmutt.ac.th/blog/humanoid/2009/09/23/opencv_tutorial_mswindow/. ๑ ตุลาคม ๒๕๕๖

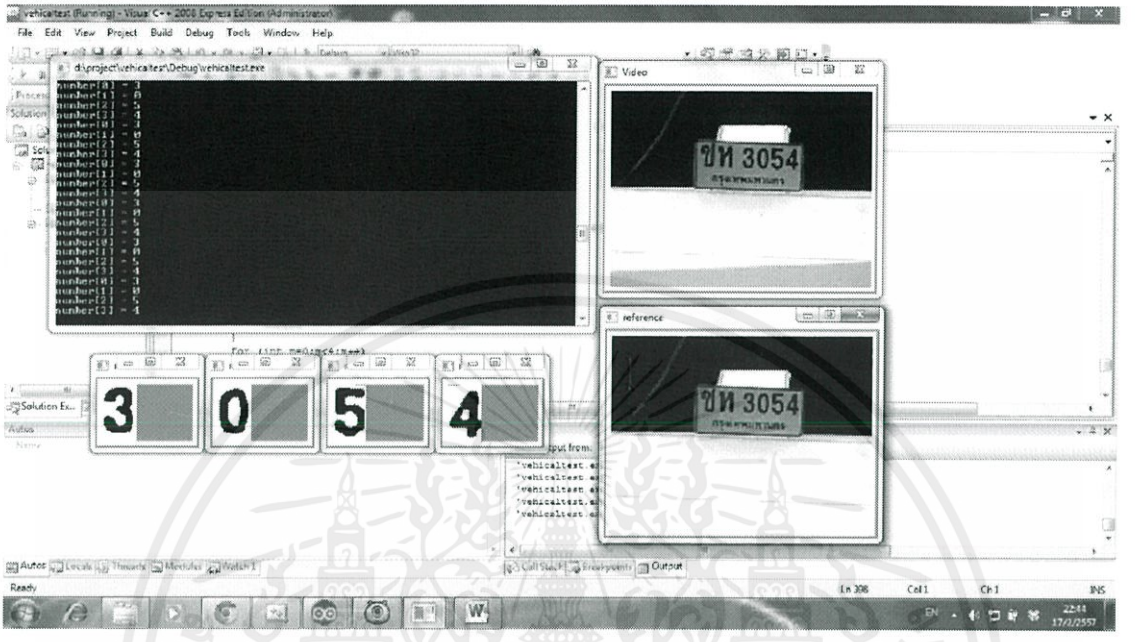
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

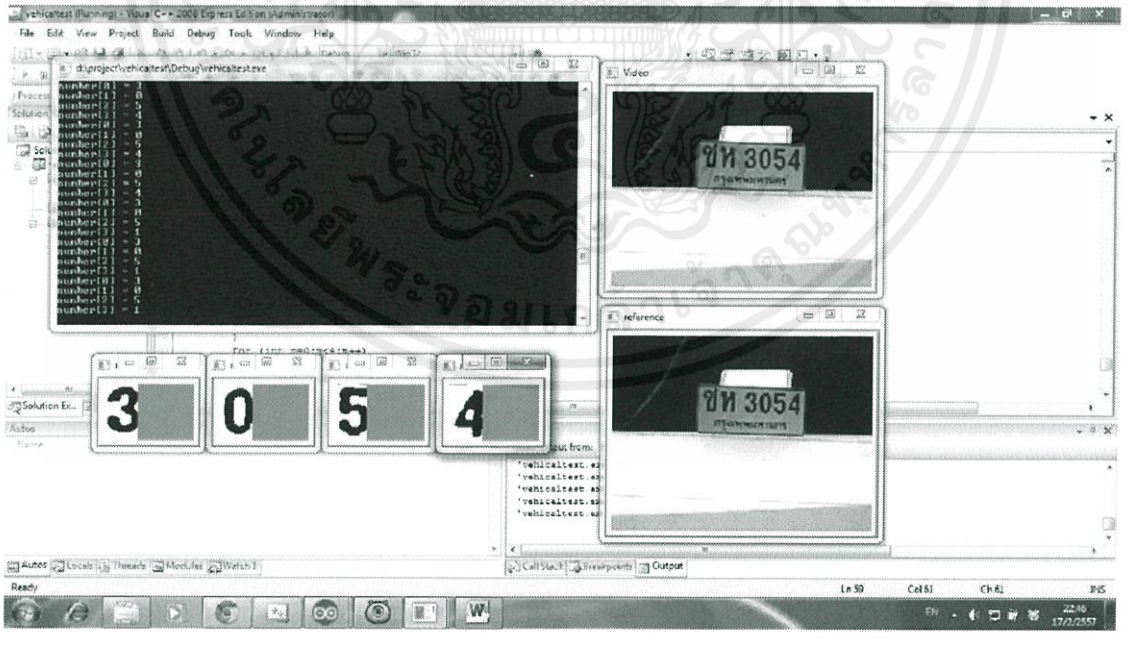
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

จากตารางที่ 4.1 ผลการทดลองซึ่งได้ทำการ*ปิดไฟของกล้องเว็บแคมและเปิดไฟในห้องเพื่อจำลองสถานการณ์เวลากลางวัน* พร้อมทั้งเปลี่ยนตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ในระยะที่แตกต่างกัน

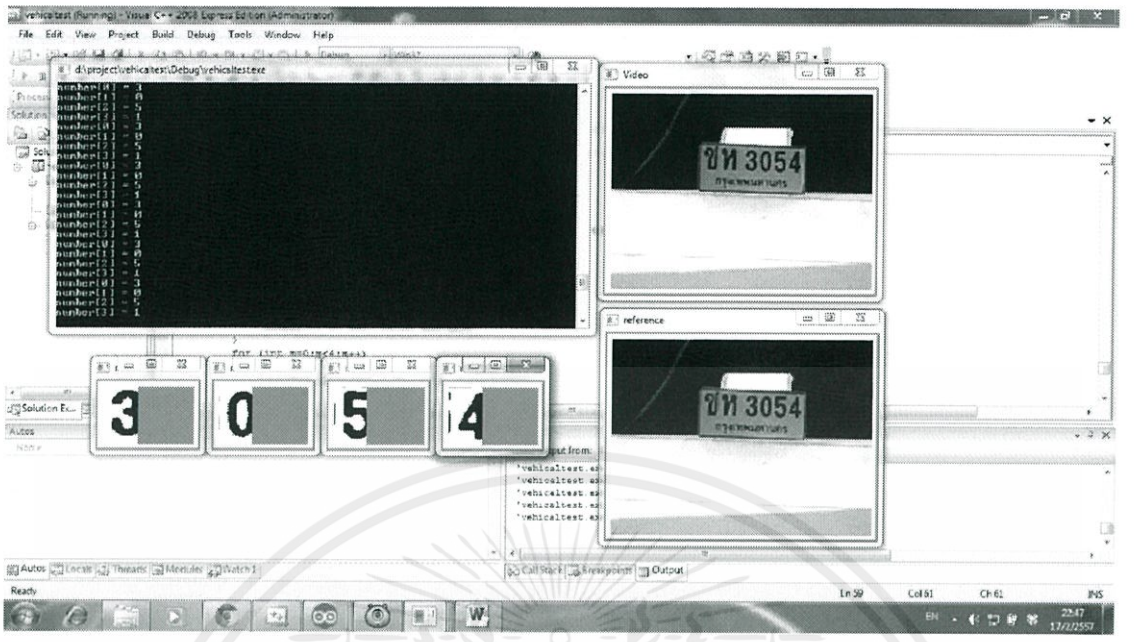


รูปที่ 1ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : กึ่งกลาง(กลางวัน)

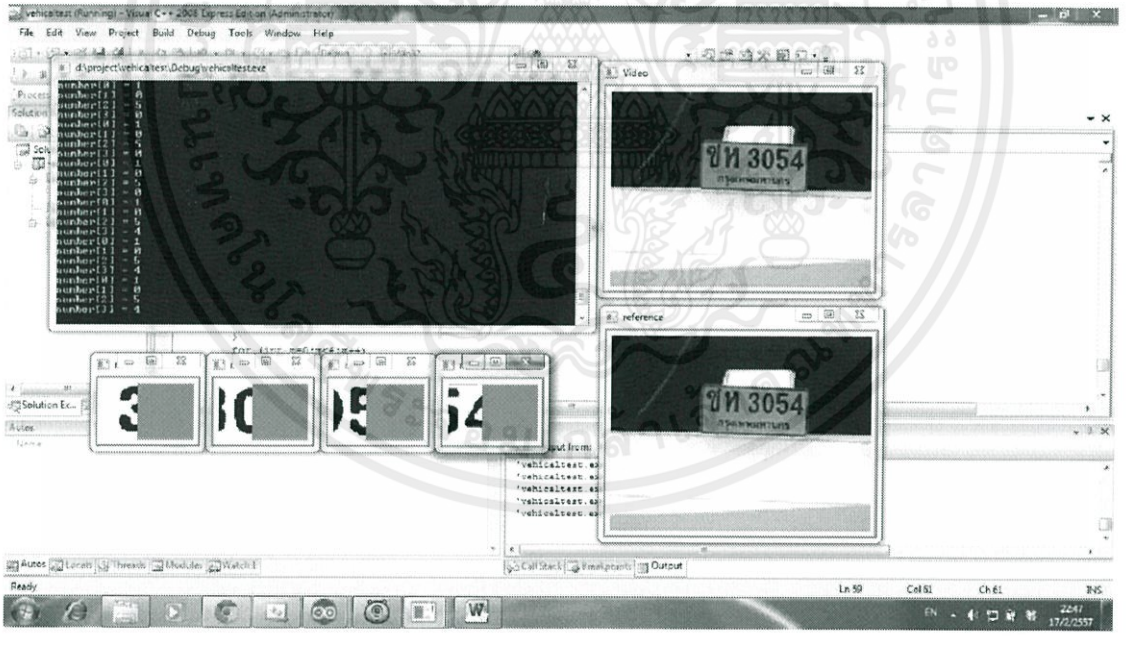


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 1 ซม.(กลางวัน)

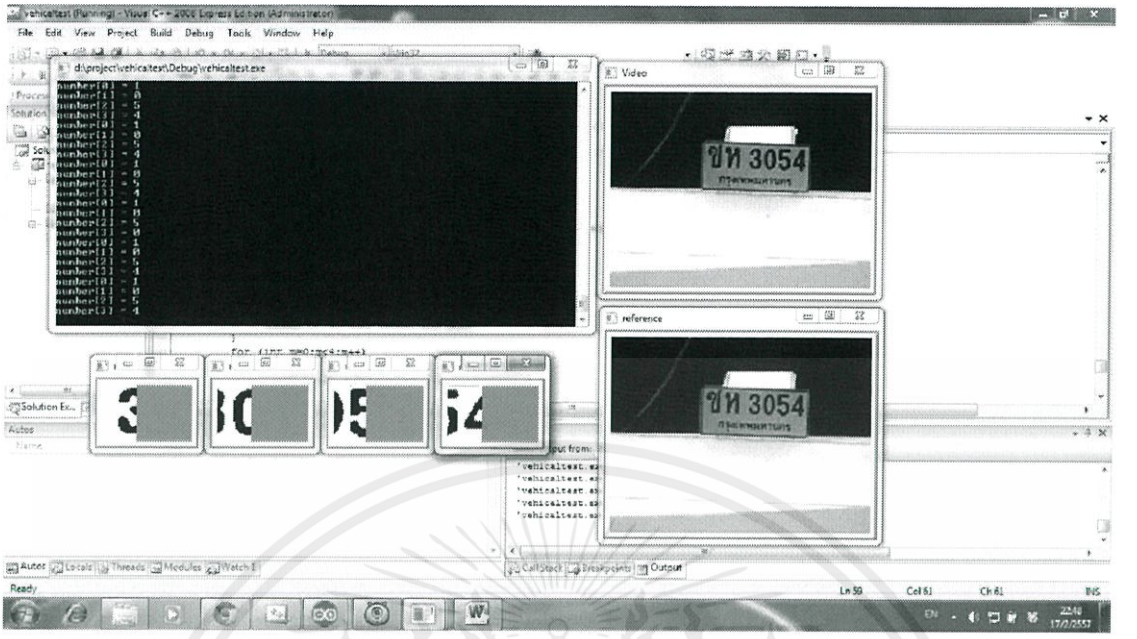


รูปที่ 3ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 2 ซม.(กลางวัน)

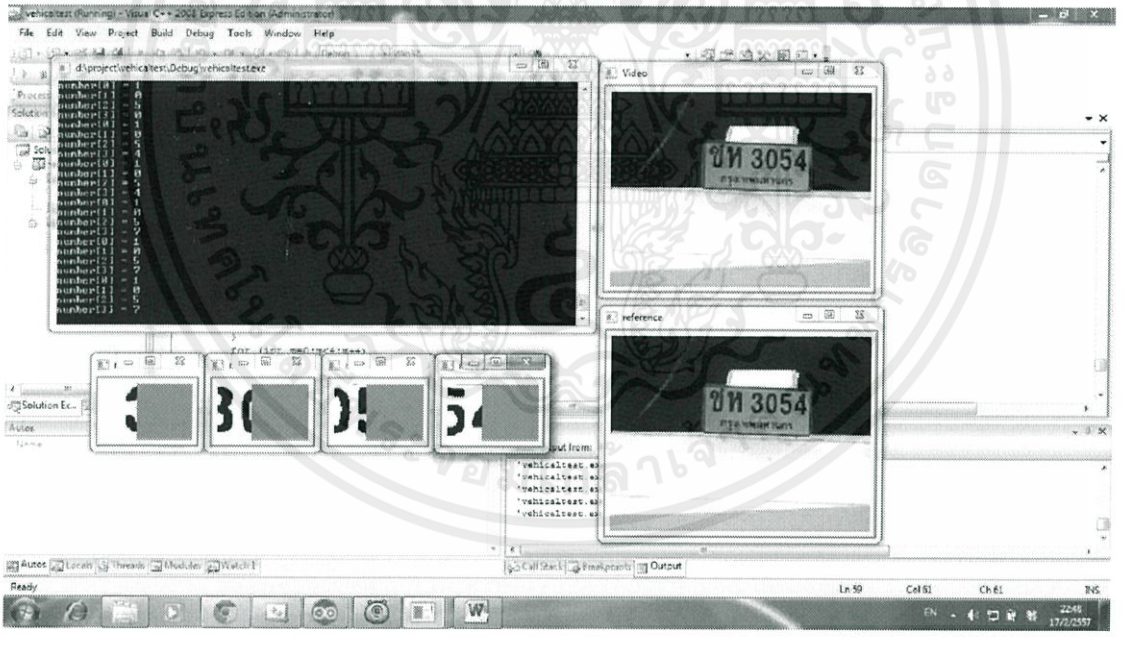


รูปที่ 4ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 3 ซม.(กลางวัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

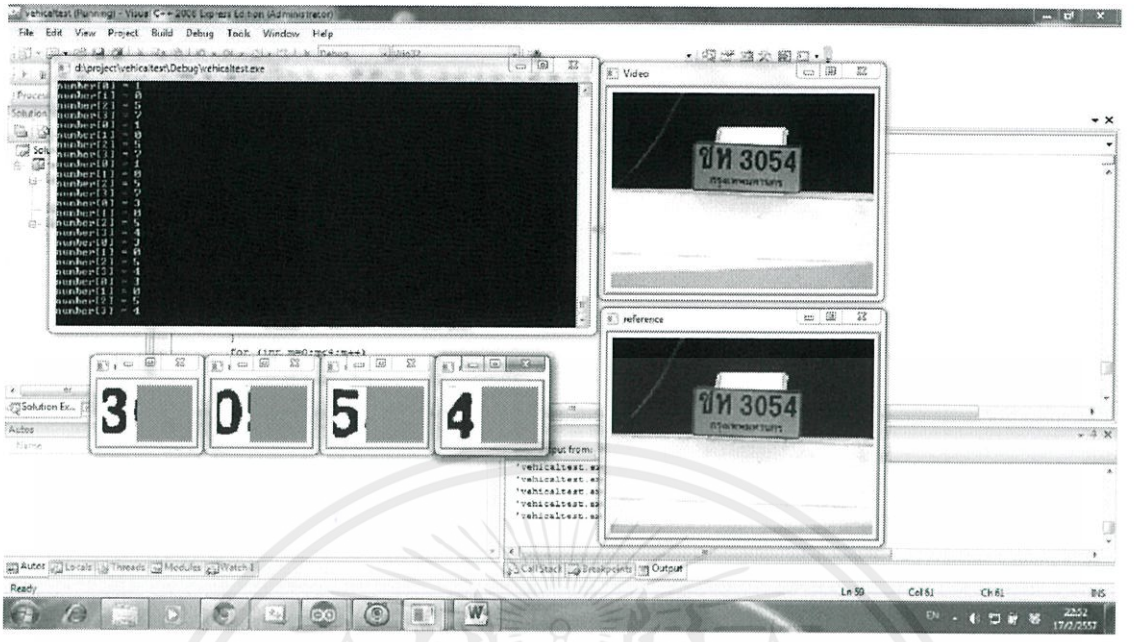


รูปที่ 5ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 4 ซม.(กลางวัน)

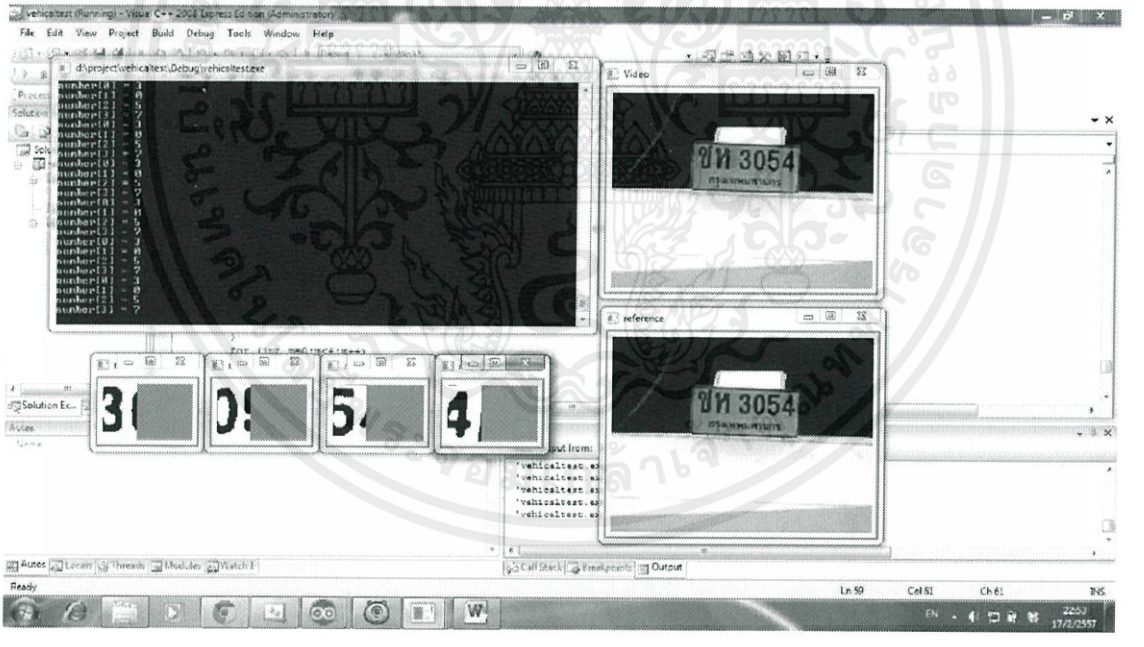


รูปที่ 6ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 5 ซม.(กลางวัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

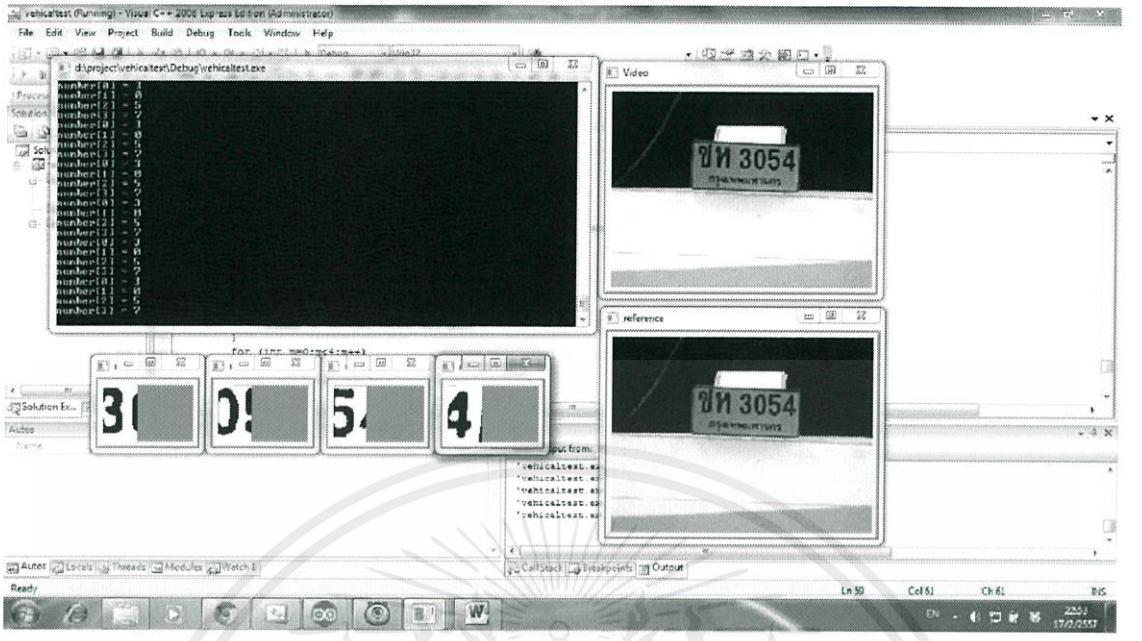


รูปที่ 7ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 1 ซม.(กลางวัน)

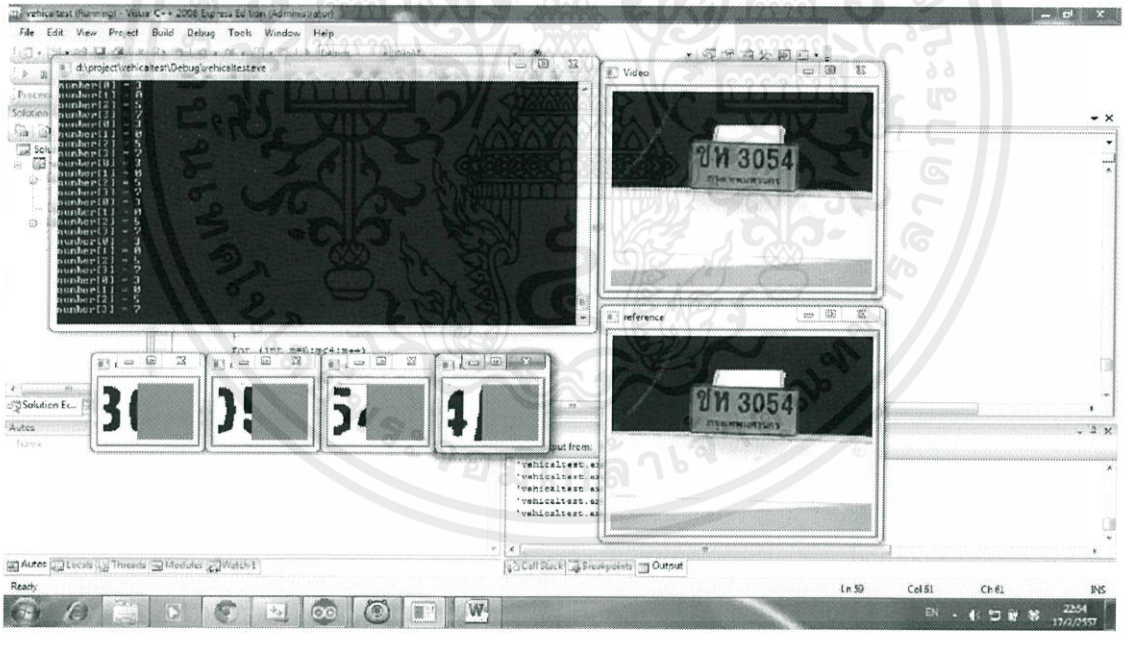


รูปที่ 8ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 2 ซม.(กลางวัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

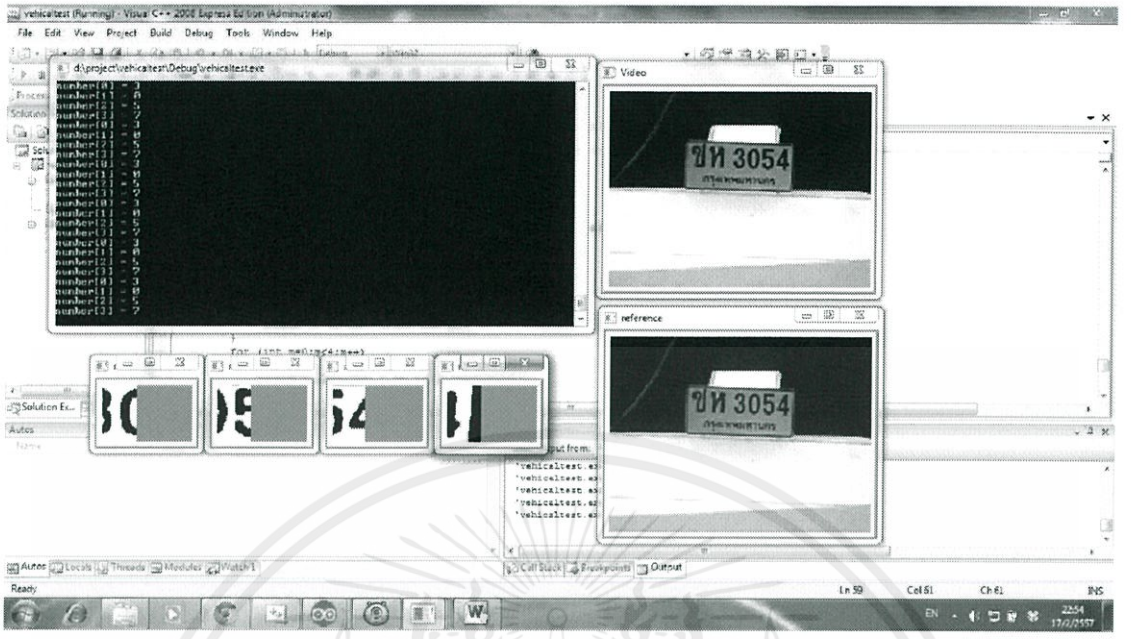


รูปที่ 9ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 3 ซม.(กลางวัน)

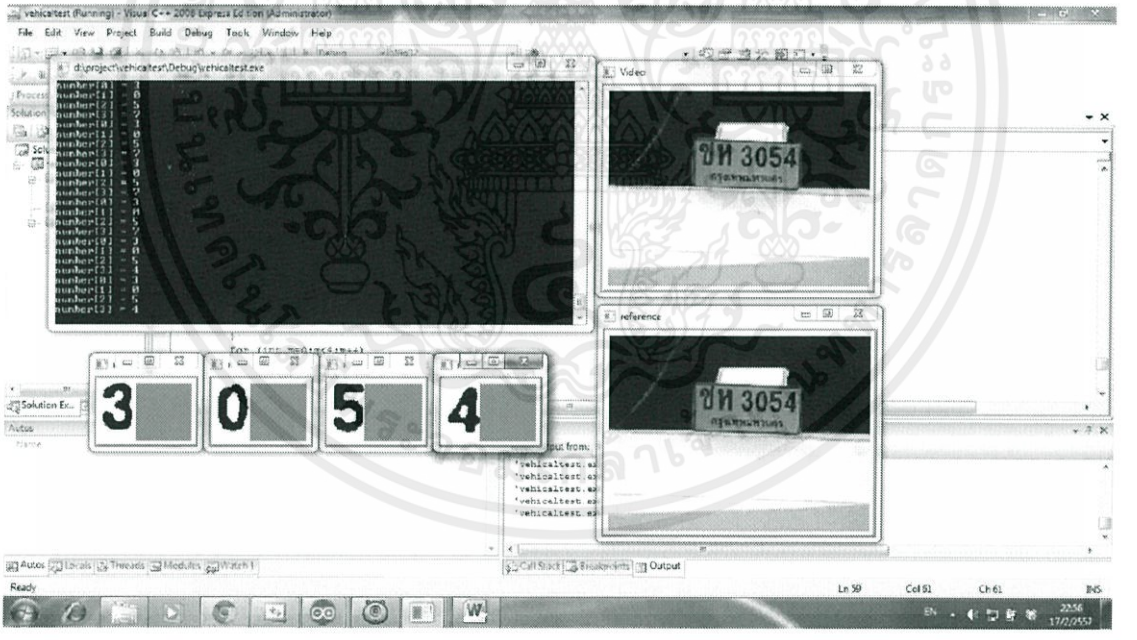


รูปที่ 10ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 4 ซม.(กลางวัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

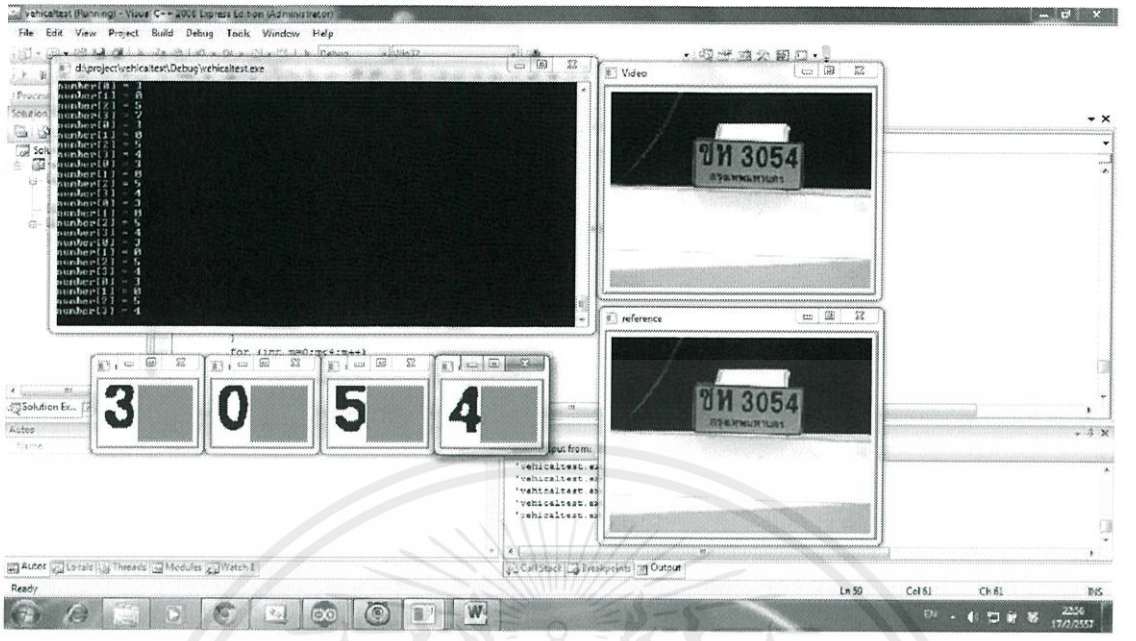


รูปที่ 11ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 5 ซม.(กลางวัน)

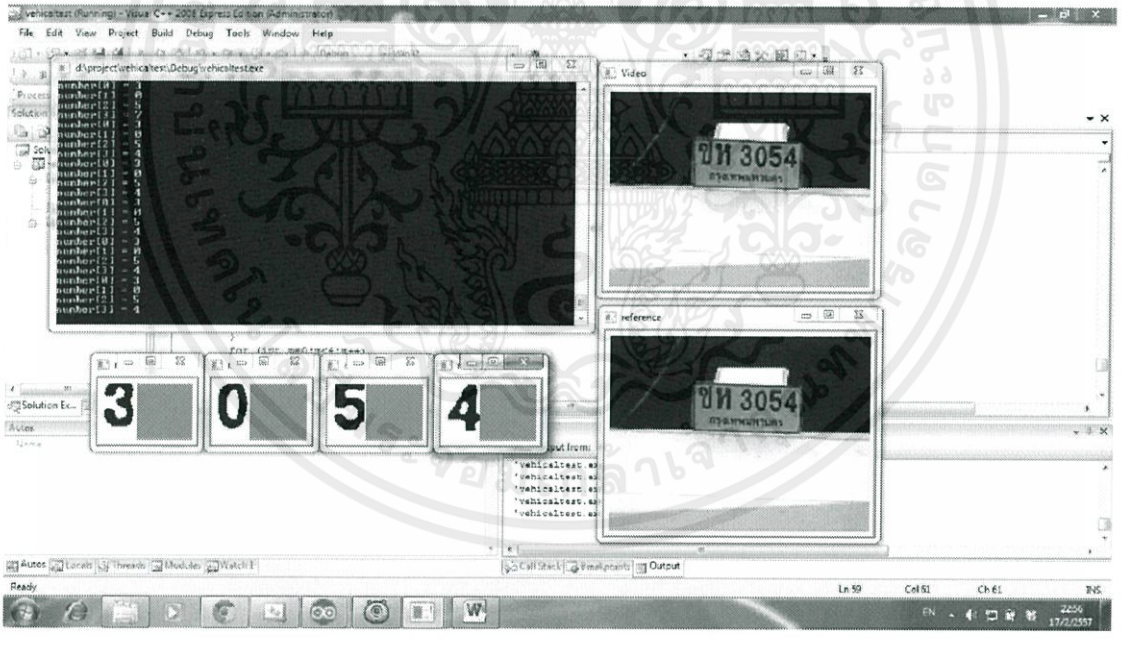


รูปที่ 12ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 1 ซม.(กลางวัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

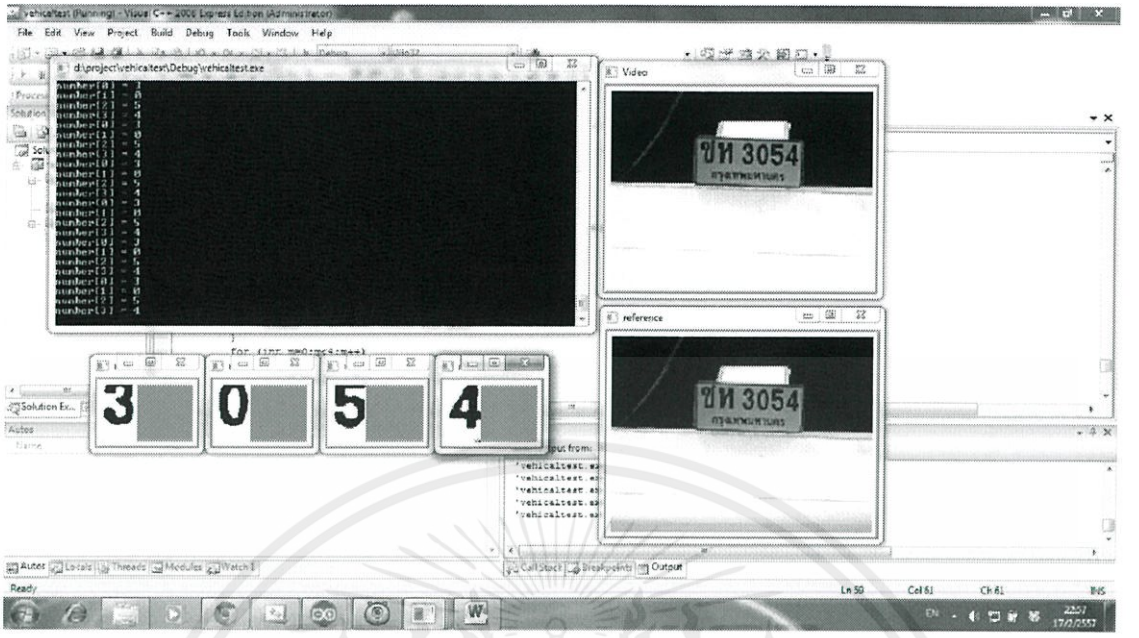


รูปที่ 13ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 2 ซม.(กลางวัน)

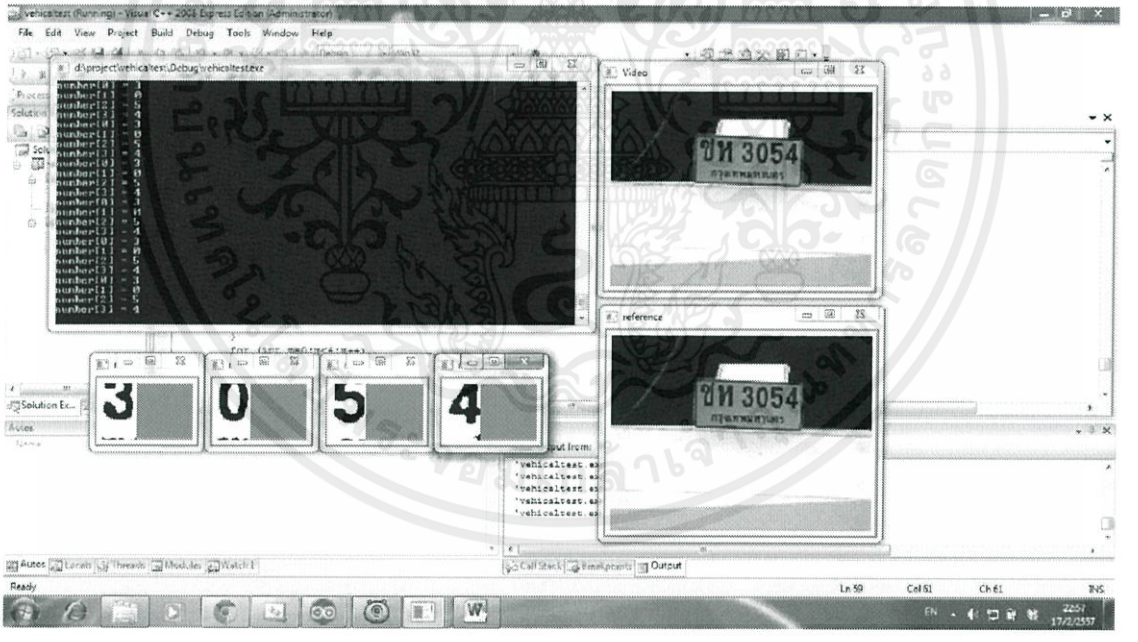


รูปที่ 14ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 3 ซม.(กลางวัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

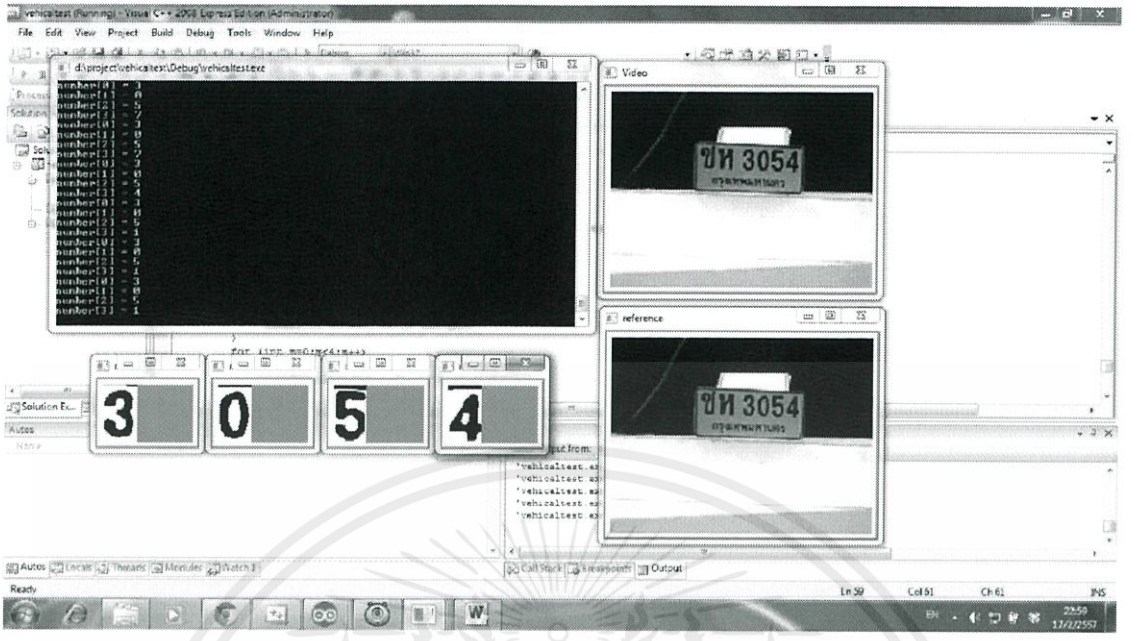


รูปที่ 15ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 4 ซม.(กลางวัน)

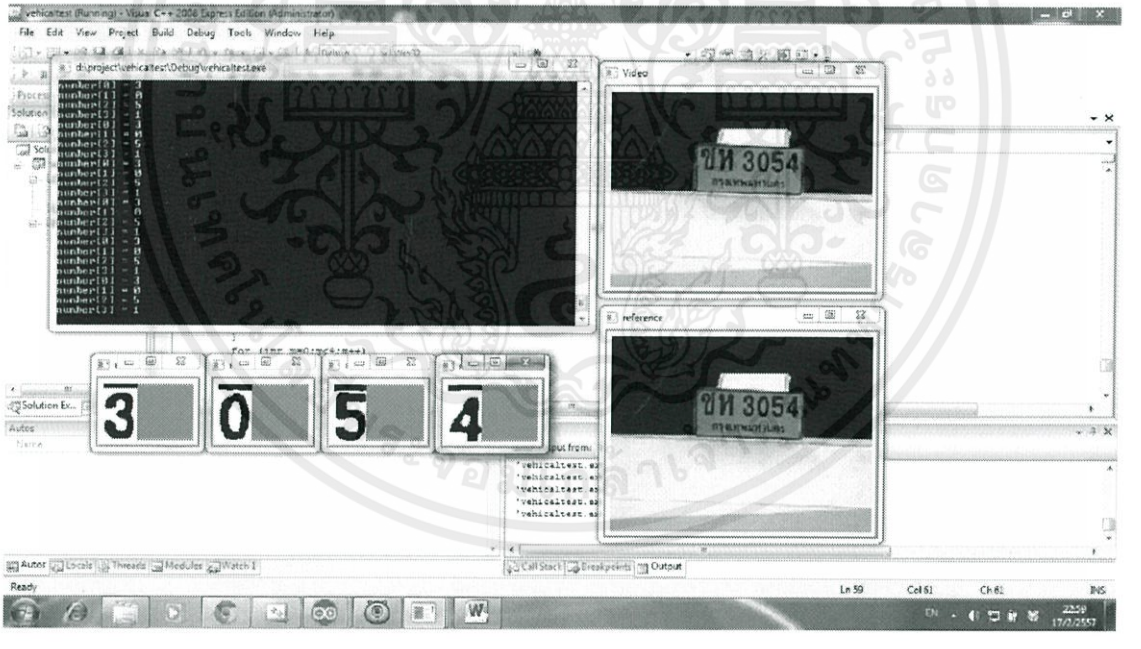


รูปที่ 16ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 5 ซม.(กลางวัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

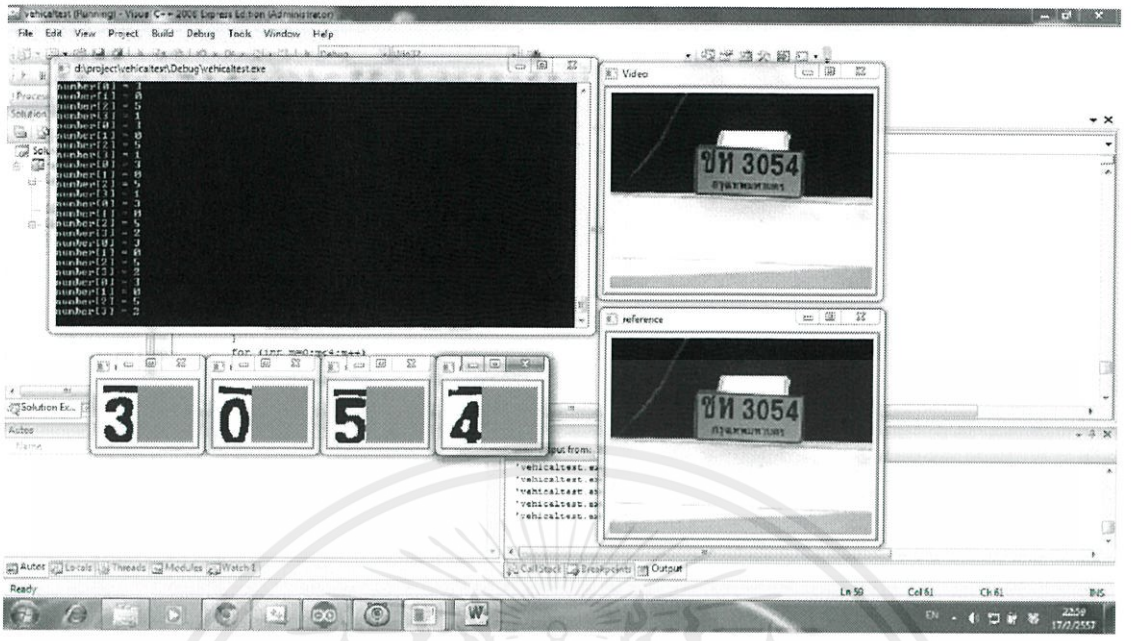


รูปที่ 17ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 1 ซม.(กลางวัน)

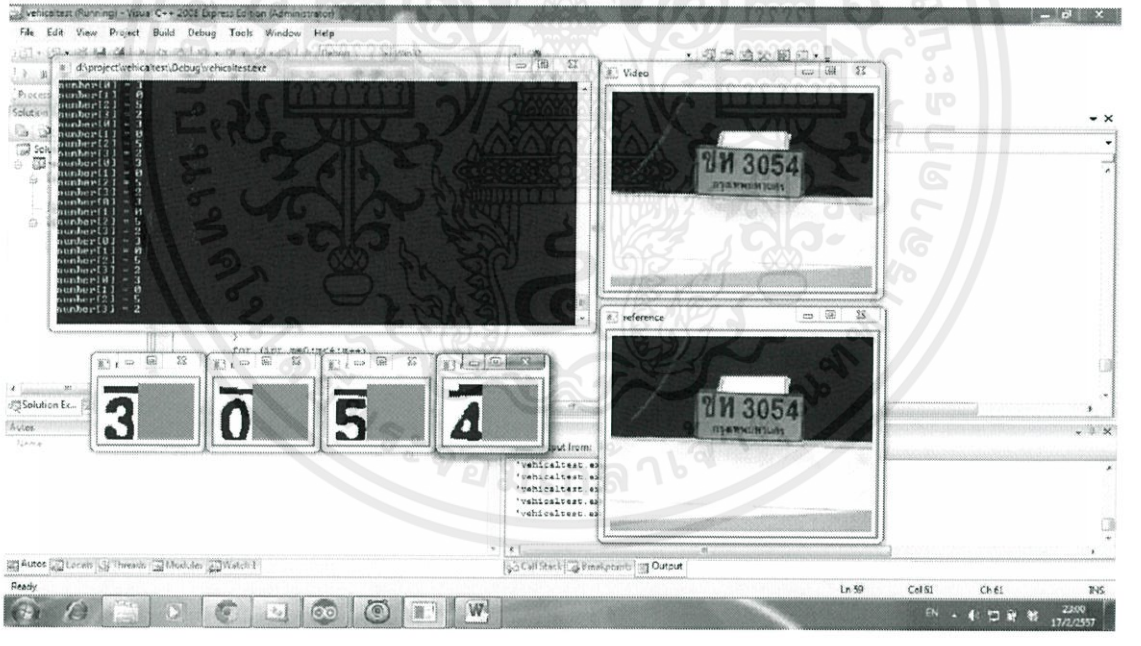


รูปที่ 18ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 2 ซม.(กลางวัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

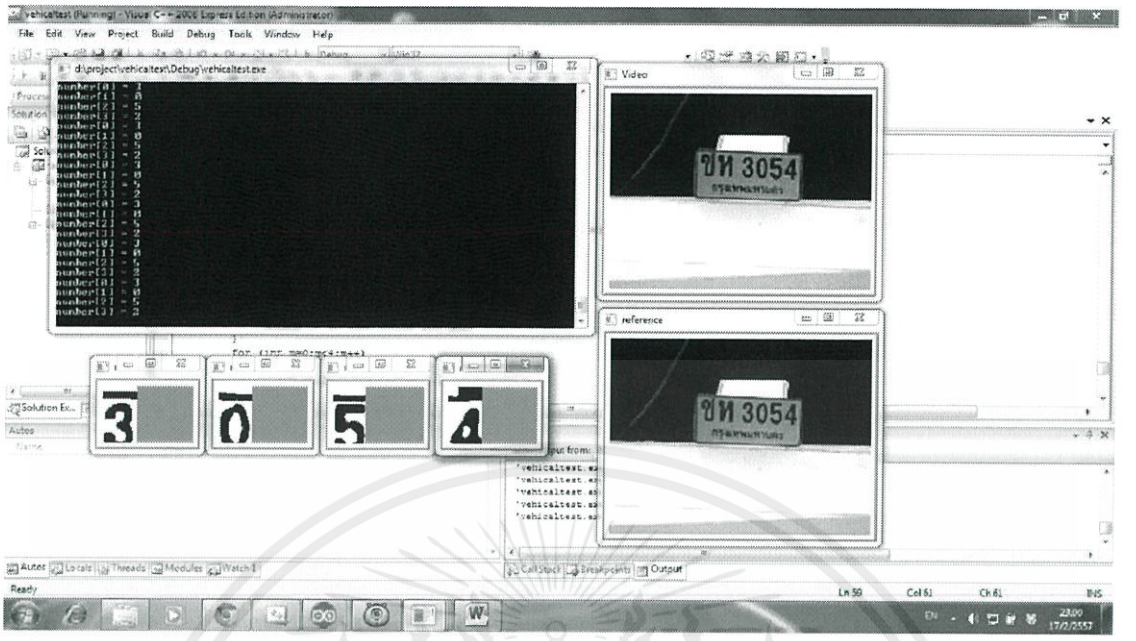


รูปที่ 19ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 3 ซม.(กลางวัน)



รูปที่ 20ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 4 ซม.(กลางวัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

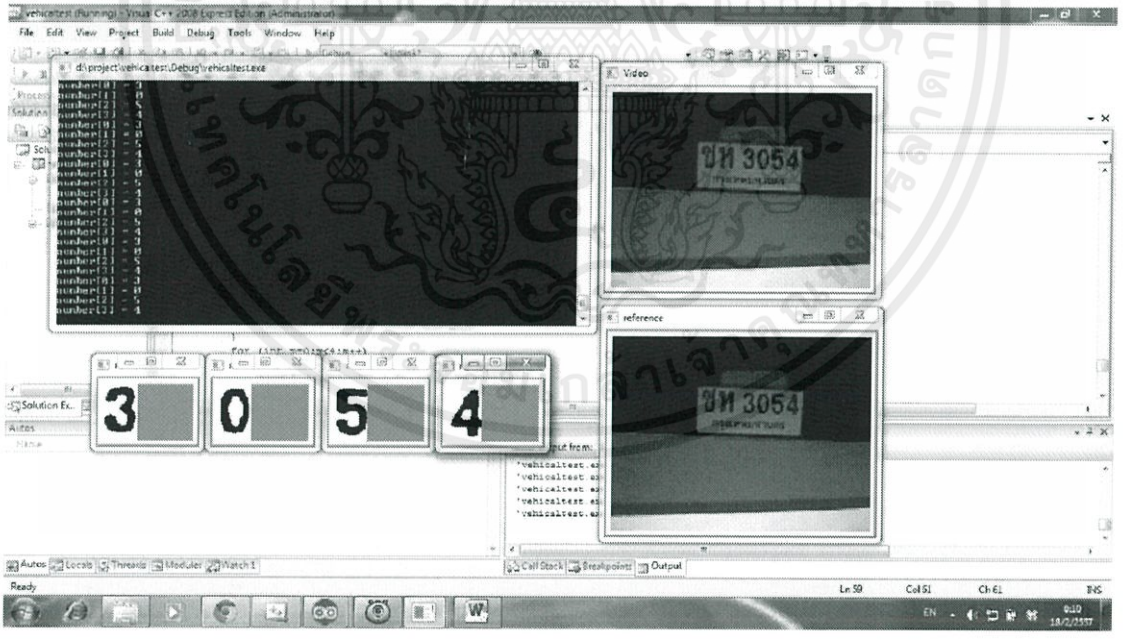


รูปที่ 21ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 5 ซม.(กลางวัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

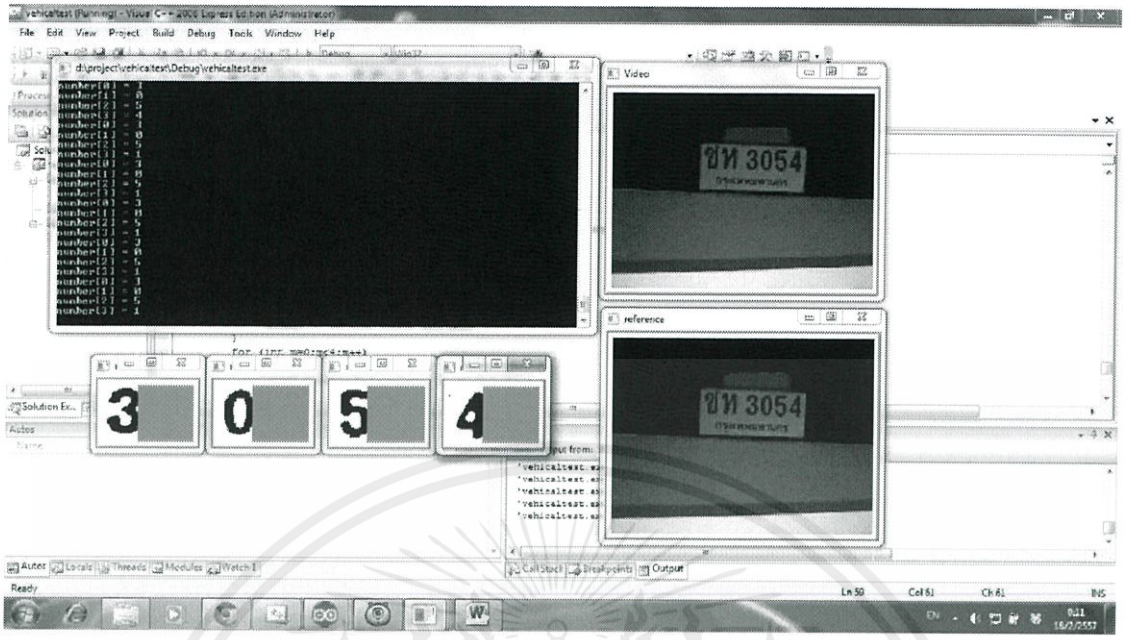
จากตารางที่ 4.2 ผลการทดลองซึ่งได้ทำการ*เปิดไฟของกล้องเว็บแคม*และ*ปิดไฟในห้องเพื่อจำลองสถานการณ์เวลากลางคืน* พร้อมทั้งเปลี่ยนตำแหน่งป้ายทะเบียนรถยนต์ในระยะที่แตกต่างกัน

รูปที่ 22ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : กึ่งกลาง(กลางคืน)

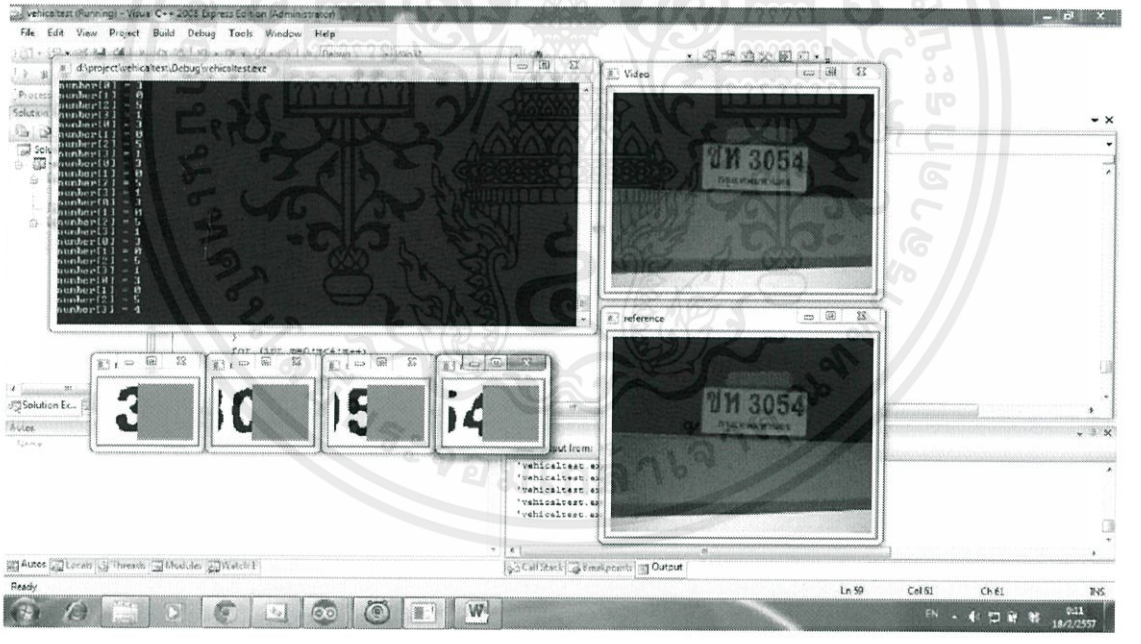


รูปที่ 23ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 1 ซม.(กลางคืน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



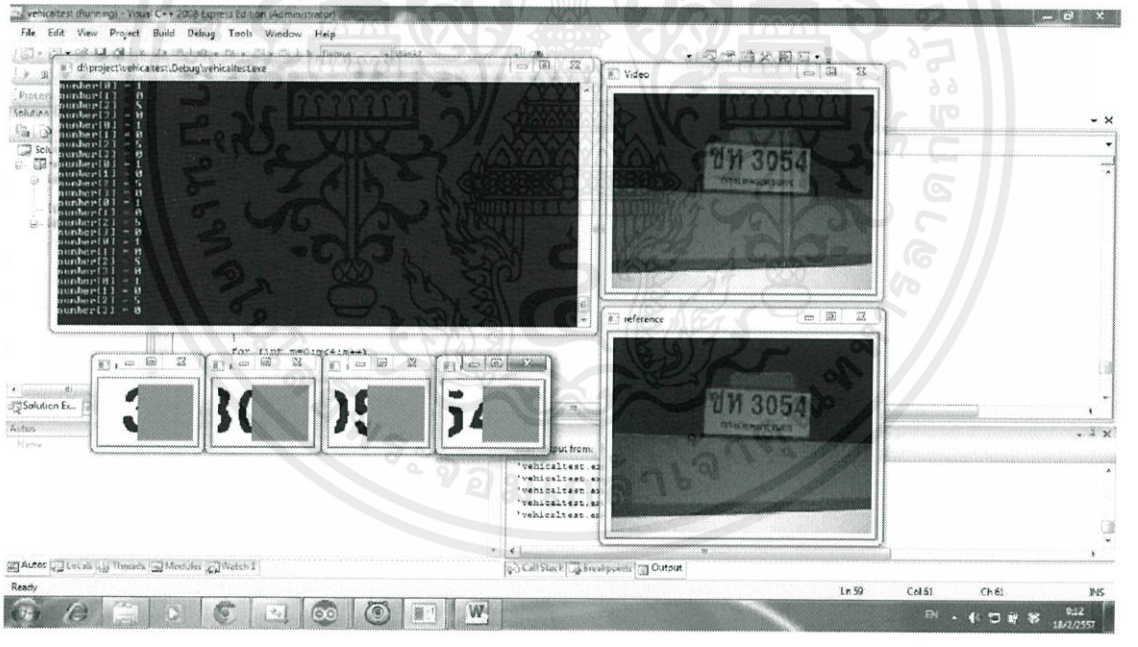
รูปที่ 24ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 2 ซม.(กลางคืน)



รูปที่ 25ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 3 ซม.(กลางคืน)

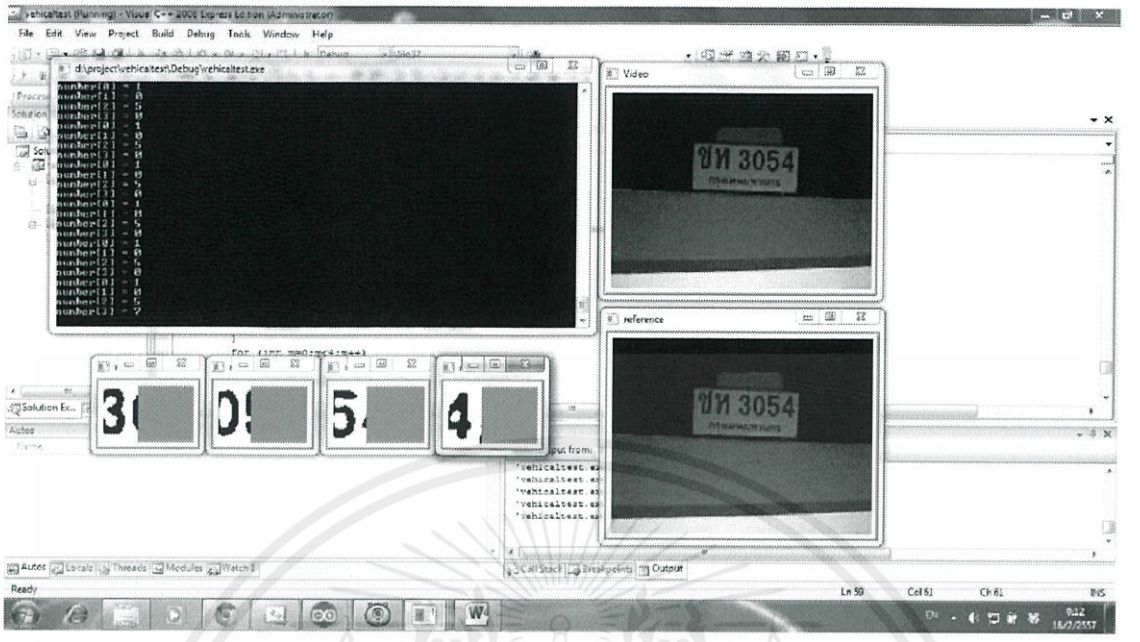
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 26ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 4 ซม.(กลางคืน)



รูปที่ 27ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางซ้าย 5 ซม.(กลางคืน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 28ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 1 ซม.(กลางคืน)

รูปที่ 29ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 2 ซม.(กลางคืน)

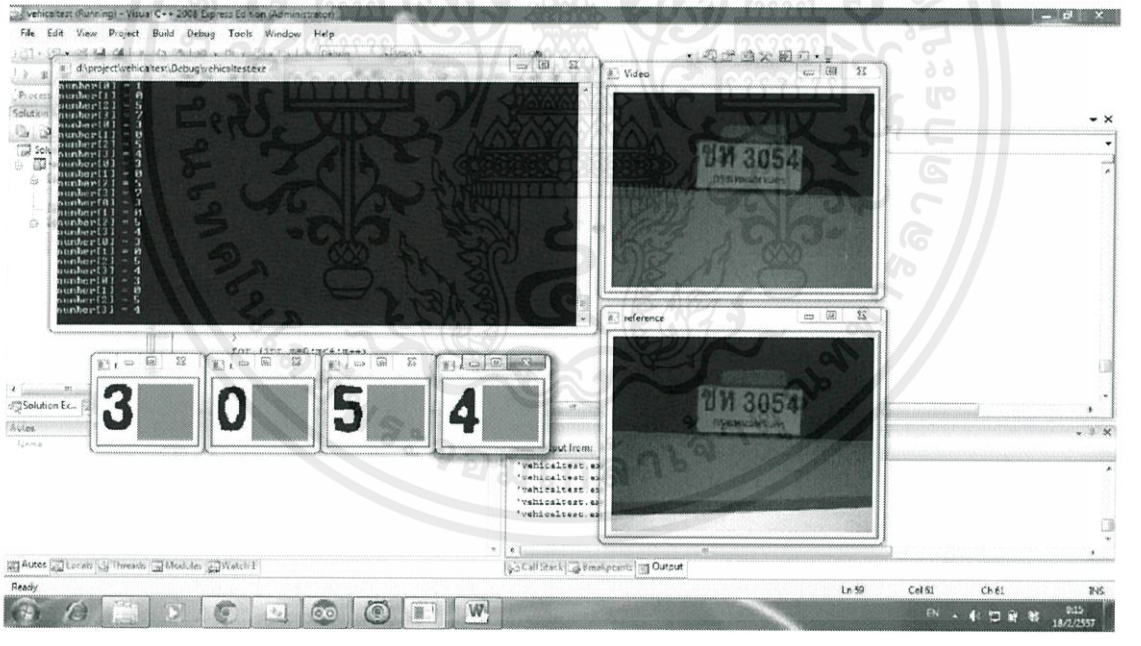
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 30ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 3 ซม.(กลางคืน)

รูปที่ 31ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 4 ซม.(กลางคืน)

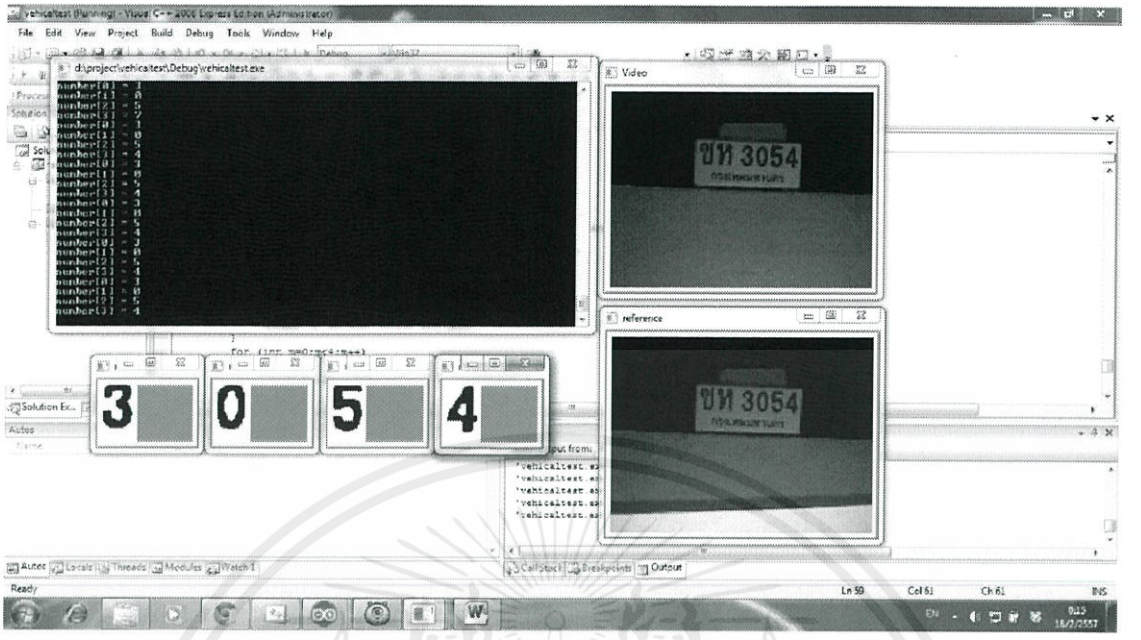
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 32ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับทางขวา 5 ซม.(กลางคืน)



รูปที่ 33ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 1 ซม.(กลางคืน)

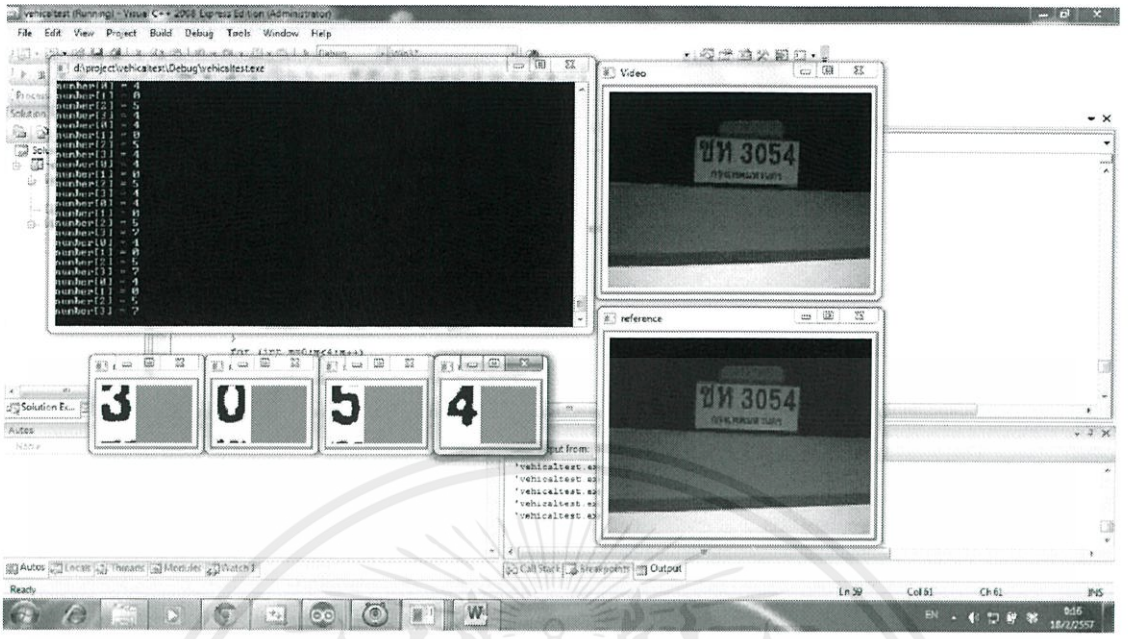
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



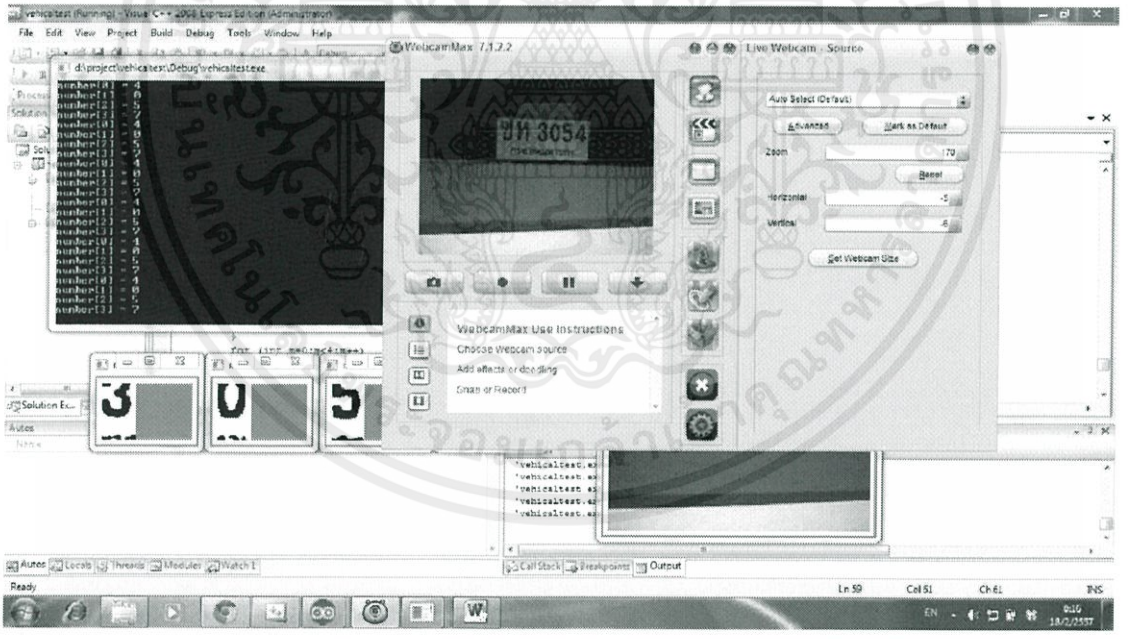
รูปที่ 34ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 2 ซม.(กลางคืน)

รูปที่ 35ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 3 ซม.(กลางคืน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

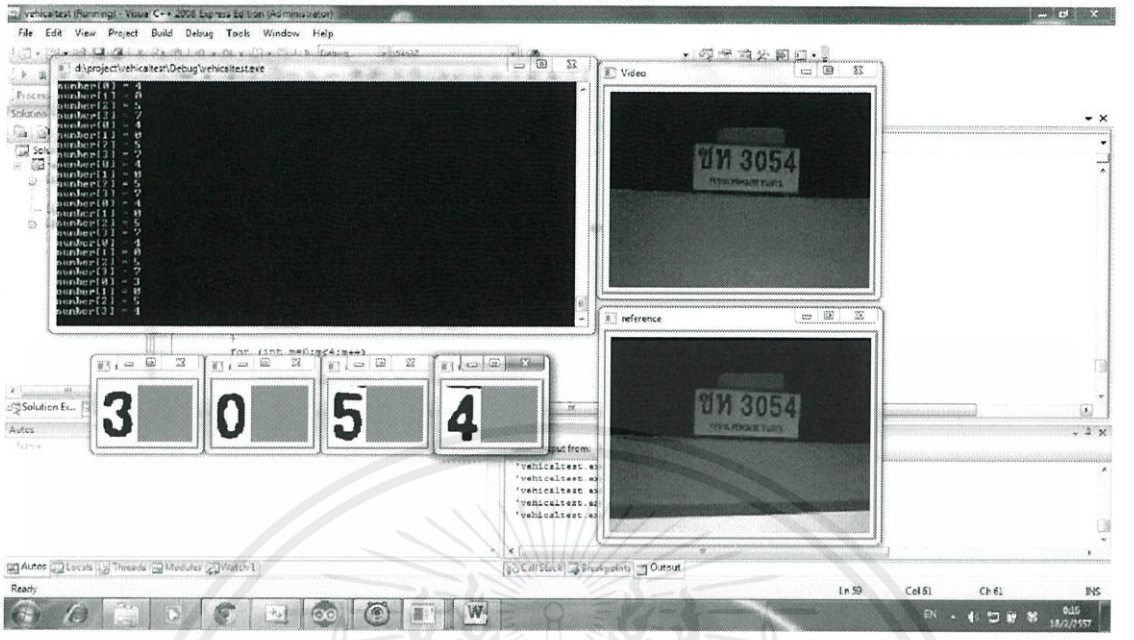


รูปที่ 36ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 4 ซม.(กลางคืน)

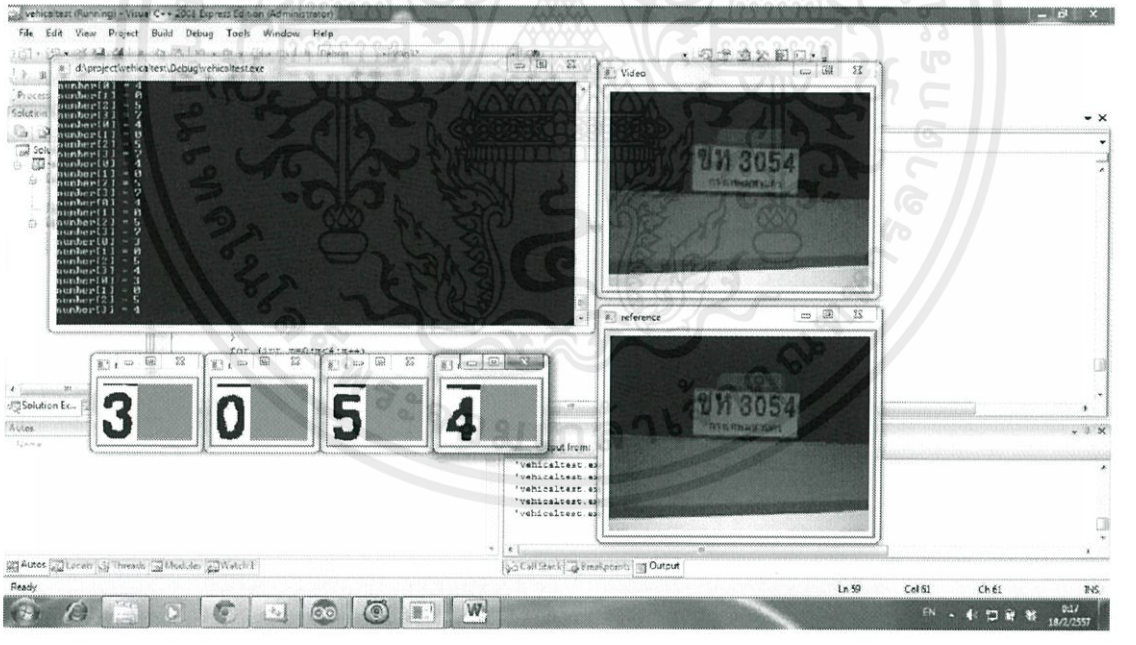


รูปที่ 37ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับขึ้นบน 5 ซม.(กลางคืน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

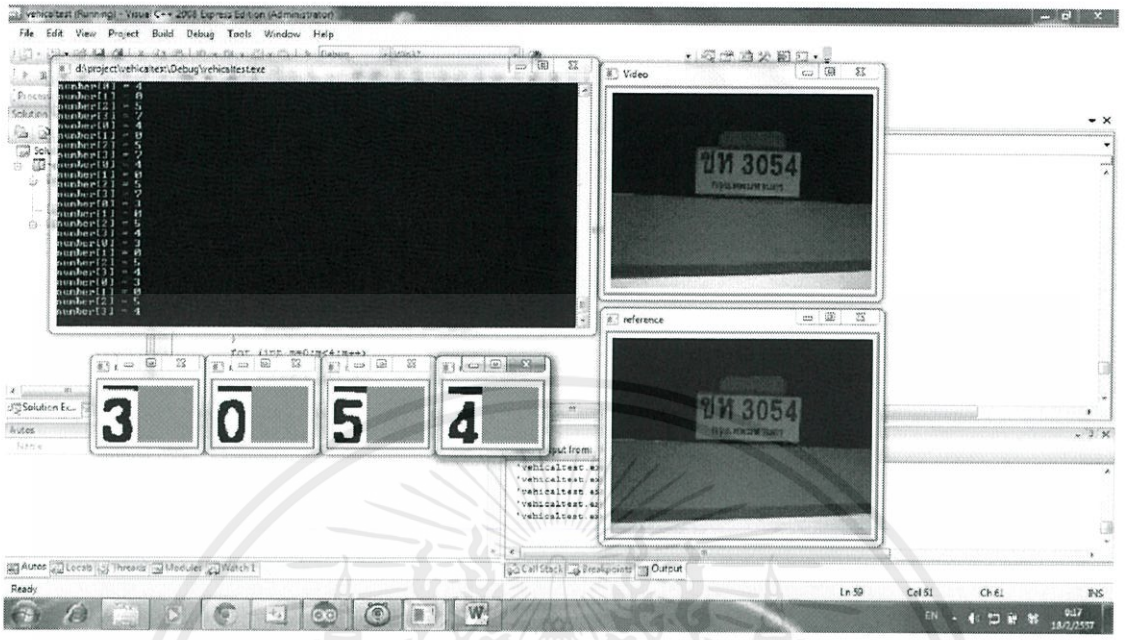


รูปที่ 38ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 1 ซม.(กลางคืน)

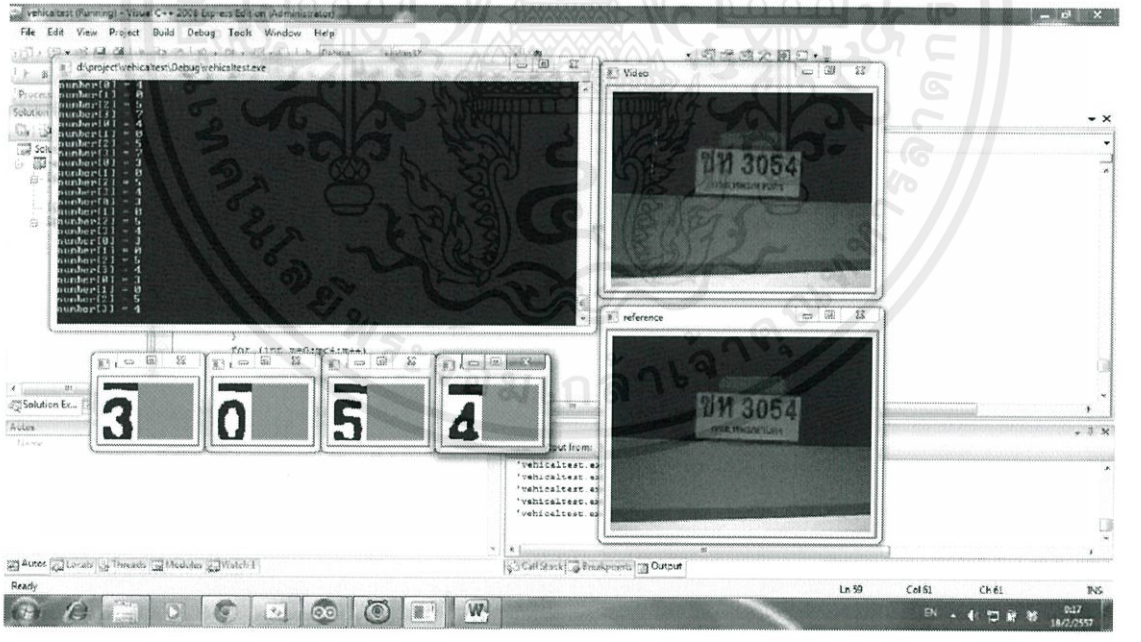


รูปที่ 39ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 2 ซม.(กลางคืน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

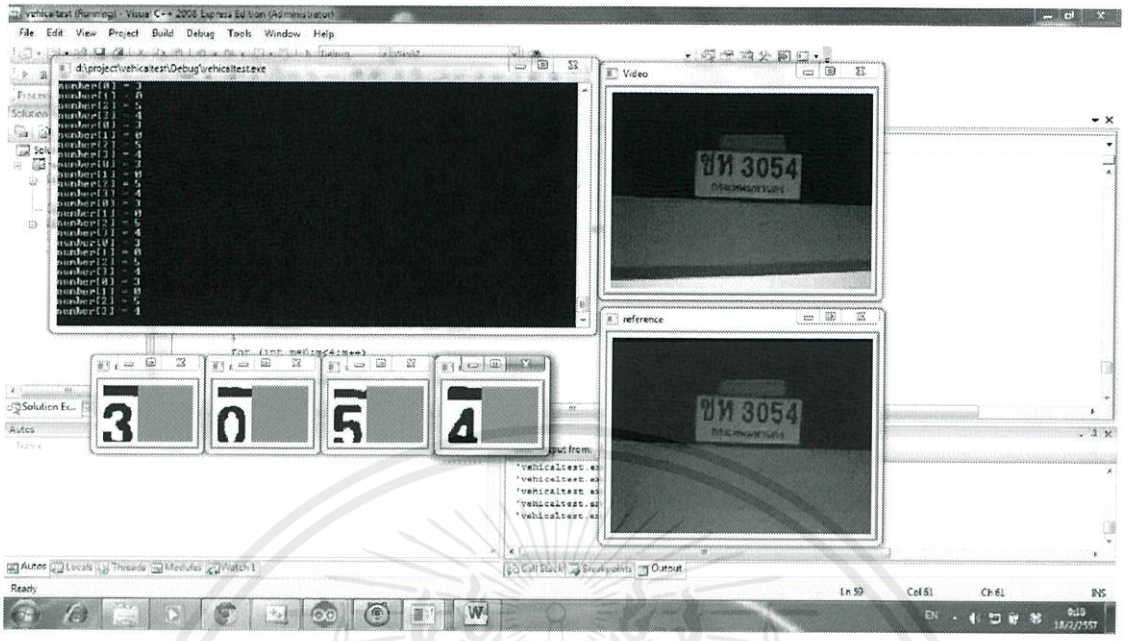


รูปที่ 40ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 3 ซม.(กลางคืน)



รูปที่ 41ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 4 ซม.(กลางคืน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 42ก ตำแหน่งป้ายทะเบียน : ขยับลงล่าง 5 ซม.(กลางคืน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

Code Program

1. Program Arduino

```
#include <Servo.h>
intsw;
intReadByte ;
intledPin = 2;
Servo myservo;
intpos = 0;
void setup()
{
Serial.begin(9600);
pinMode(9,INPUT);
pinMode(ledPin, OUTPUT);
myservo.attach(8);
}
void loop()
{
sw = digitalRead(9);
if(sw==HIGH)
 {
Serial.println("a");
delay(5000);
 }
while (Serial.available() > 0)
 {
intinByte = Serial.read();
switch (inByte)
   { .
case 'b':
digitalWrite(ledPin, HIGH);
for(pos = 90; pos>=1; pos-=1)

 {
myservo.write(pos);
delay(1);
    }
delay(4000);
for(pos = 0; pos< 90; pos += 1)
    {
myservo.write(pos);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
delay(1);
      }
break;
case 'c':
digitalWrite(ledPin, LOW);
break;
default:
// turn all the LEDs off:
digitalWrite(ledPin, LOW);
    }
  }
}
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.Program Visual C++

```
#include "SerialClass.h"
#include <stdio.h>
#include <cv.h>
#include <highgui.h>
#include <stdio.h>
#include <tchar.h>
#include <string>

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
        int datanum[4];

        IplImage *img1;
        IplImage *img2;
        IplImage *img3;
        IplImage *img4;

        IplImage *tpl1;
        IplImage *res1;
        CvPoint minloc, maxloc;
        double minval, maxval;
        int img1_width, img1_height;
        int tpl1_width, tpl1_height;
        int res1_width, res1_height;

        IplImage *tpl2;
        IplImage *res2;
        int img2_width, img2_height;
        int tpl2_width, tpl2_height;
        int res2_width, res2_height;

        IplImage *tpl3;
        IplImage *res3;
        int img3_width, img3_height;
        int tpl3_width, tpl3_height;
        int res3_width, res3_height;

        IplImage *tpl4;
        IplImage *res4;
        int img4_width, img4_height;
        int tpl4_width, tpl4_height;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int res4_width, res4_height;

printf("Welcome to the serial test app!\n\n");

Serial* SP = new Serial("COM3:");    // adjust as needed

if (SP->IsConnected())
        printf("We're connected");

char incomingData[256] = "";                    // don't forget to pre-allocate
memory
printf("%s\n",incomingData);
int dataLength = 256;
int dataLength1 = 256;
int readResult = 0;
int write = 0;

while(SP->Serial::IsConnected())
{
        int c;
                IplImage* color_img;
                CvCapture* cv_cap = cvCaptureFromCAM(2);

                if(!cv_cap)
{
   printf( "ERROR: Capture is null!\n");
}

        cvNamedWindow("Video",1);// create window
                for(;;)
   {
color_img = cvQueryFrame(cv_cap);// get frame

if(color_img != 0)
   cvShowImage("Video", color_img); // show frame

c = cvWaitKey(10);// wait 10 ms or for key stroke


        readResult = SP->Serial::ReadData(incomingData,dataLength);
        std::string test(incomingData);
        test = "";
        if(readResult == 3)
        {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
IplImage * Resize = cvCreateImage(cvSize(600,450),IPL_DEPTH_8U,3);
cvResize(color_img,Resize,1);
cvSetImageROI(Resize, cvRect(180,110,255,130));
IplImage* GrayImg = cvCreateImage(cvGetSize(Resize),IPL_DEPTH_8U,1);
cvCvtColor(Resize, GrayImg, CV_BGR2GRAY );
IplImage* ImgBinaryy = cvCloneImage(GrayImg);

cvAdaptiveThreshold(GrayImg,ImgBinaryy,255,CV_ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C,CV_THRESH
_BINARY,29,5);
IplImage* ImgBinary =
cvCreateImage(cvGetSize(ImgBinaryy),IPL_DEPTH_8U,1);
cvThreshold(ImgBinaryy,ImgBinary,128,255,CV_THRESH_BINARY);

cvSetImageROI( ImgBinary, cvRect(110,12,210,70));
IplImage* tp2 = cvCreateImage(cvGetSize(ImgBinary),8, 1);
cvCopy(ImgBinary,tp2, 0);
IplImage * tpl = cvCreateImage(cvSize(200,81),IPL_DEPTH_8U,1);
cvResize(tp2,tpl,1);

int width1 = tpl->width;
int height1 = tpl->height;
int nchannels1 = tpl->nChannels;
int step1 = tpl->widthStep;
uchar *data1 = ( uchar* )tpl->imageData;
int crop[81][200];
for( int j = 0 ; j < 81 ; j++ )
        {
                for( int i = 0 ; i < 200 ; i++ )
                        {
                                crop[j][i] = data1[j*step1 +
                                i*nchannels1 + 0 ];
                        }
        }
int yj[81];

for(int j=0;j < 81;j++)
{
        int a = 1;
        for( int i=0;i < 200;i++)
        {
                if ( crop[j][i] == 0)
                {
                        yj[j] = a;
                        a++;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                }
            }
        }

        int x[200];

        for(int k=0;k < 200;k++)
        {
            int w = 1;
            for( int p=0;p<81;p++)
            {
                if ( crop[p][k] == 0)
                {
                    x[k] = w;
                    w++;

                }
            }
        }

        cvSetImageROI( tpl, cvRect(16,4,42,70));
        IplImage* num1 = cvCreateImage(cvGetSize(tpl),8, 1);
        cvCopy(tpl,num1, 0);

        cvSetImageROI( tpl, cvRect(63,4,41,70));
        IplImage* num2 = cvCreateImage(cvGetSize(tpl),8, 1);
        cvCopy(tpl,num2, 0);

        cvSetImageROI( tpl, cvRect(108,4,40,70));
        IplImage* num3 = cvCreateImage(cvGetSize(tpl),8, 1);
        cvCopy(tpl,num3, 0);

        cvSetImageROI( tpl, cvRect(152,4,42,70));
        IplImage* num4 = cvCreateImage(cvGetSize(tpl),8, 1);
        cvCopy(tpl,num4, 0);

        ///Load Template/////
        IplImage* img00 = cvLoadImage("num0.bmp",1);
        IplImage* img11 = cvLoadImage("num1.bmp",1);
        IplImage* img22 = cvLoadImage("num2.bmp",1);
        IplImage* img33 = cvLoadImage("num3.bmp",1);
        IplImage* img44 = cvLoadImage("num4.bmp",1);
        IplImage* img55 = cvLoadImage("num5.bmp",1);
        IplImage* img66 = cvLoadImage("num6.bmp",1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
IplImage* img77 = cvLoadImage("num7.bmp",1);
IplImage* img88 = cvLoadImage("num8.bmp",1);
IplImage* img99 = cvLoadImage("num9.bmp",1);

/////convert template
IplImage* GrayImg0 = cvCreateImage(cvGetSize(img00),IPL_DEPTH_8U,1);
cvCvtColor(img00, GrayImg0, CV_BGR2GRAY );
IplImage* ImgBinary0 = cvCloneImage(GrayImg0);

cvAdaptiveThreshold(GrayImg0,ImgBinary0,255,CV_ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C,CV_THRES
H_BINARY,29,5);
IplImage* n0 = cvCreateImage(cvGetSize(ImgBinary0),IPL_DEPTH_8U,1);
cvThreshold(ImgBinary0,n0,128,255,CV_THRESH_BINARY);

IplImage* GrayImg1 = cvCreateImage(cvGetSize(img11),IPL_DEPTH_8U,1);
cvCvtColor(img11, GrayImg1, CV_BGR2GRAY );
IplImage* ImgBinary1 = cvCloneImage(GrayImg1);

cvAdaptiveThreshold(GrayImg1,ImgBinary1,255,CV_ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C,CV_THRES
H_BINARY,29,5);
IplImage* n1 = cvCreateImage(cvGetSize(ImgBinary1),IPL_DEPTH_8U,1);
cvThreshold(ImgBinary1,n1,128,255,CV_THRESH_BINARY);

IplImage* GrayImg2 = cvCreateImage(cvGetSize(img22),IPL_DEPTH_8U,1);
cvCvtColor(img22, GrayImg2, CV_BGR2GRAY );
IplImage* ImgBinary2 = cvCloneImage(GrayImg2);

cvAdaptiveThreshold(GrayImg2,ImgBinary2,255,CV_ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C,CV_THRES
H_BINARY,29,5);
IplImage* n2 = cvCreateImage(cvGetSize(ImgBinary2),IPL_DEPTH_8U,1);
cvThreshold(ImgBinary2,n2,128,255,CV_THRESH_BINARY);

IplImage* GrayImg3 = cvCreateImage(cvGetSize(img33),IPL_DEPTH_8U,1);
cvCvtColor(img33, GrayImg3, CV_BGR2GRAY );
IplImage* ImgBinary3 = cvCloneImage(GrayImg3);

cvAdaptiveThreshold(GrayImg3,ImgBinary3,255,CV_ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C,CV_THRES
H_BINARY,29,5);
IplImage* n3 = cvCreateImage(cvGetSize(ImgBinary3),IPL_DEPTH_8U,1);
cvThreshold(ImgBinary3,n3,128,255,CV_THRESH_BINARY);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
IplImage* GrayImg4 = cvCreateImage(cvGetSize(img44),IPL_DEPTH_8U,1);
cvCvtColor(img44, GrayImg4, CV_BGR2GRAY );
IplImage* ImgBinary4 = cvCloneImage(GrayImg4);
```

```
cvAdaptiveThreshold(GrayImg4,ImgBinary4,255,CV_ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C,CV_THRES
H_BINARY,29,5);
                    IplImage* n4 = cvCreateImage(cvGetSize(ImgBinary4),IPL_DEPTH_8U,1);
                    cvThreshold(ImgBinary4,n4,128,255,CV_THRESH_BINARY);

                    IplImage* GrayImg5 = cvCreateImage(cvGetSize(img55),IPL_DEPTH_8U,1);
                    cvCvtColor(img55, GrayImg5, CV_BGR2GRAY );
                    IplImage* ImgBinary5 = cvCloneImage(GrayImg5);

cvAdaptiveThreshold(GrayImg5,ImgBinary5,255,CV_ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C,CV_THRES
H_BINARY,29,5);
                    IplImage* n5 = cvCreateImage(cvGetSize(ImgBinary5),IPL_DEPTH_8U,1);
                    cvThreshold(ImgBinary5,n5,128,255,CV_THRESH_BINARY);

                    IplImage* GrayImg6 = cvCreateImage(cvGetSize(img66),IPL_DEPTH_8U,1);
                    cvCvtColor(img66, GrayImg6, CV_BGR2GRAY );
                    IplImage* ImgBinary6 = cvCloneImage(GrayImg6);

cvAdaptiveThreshold(GrayImg6,ImgBinary6,255,CV_ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C,CV_THRES
H_BINARY,29,5);
                    IplImage* n6 = cvCreateImage(cvGetSize(ImgBinary6),IPL_DEPTH_8U,1);
                    cvThreshold(ImgBinary6,n6,128,255,CV_THRESH_BINARY);

                    IplImage* GrayImg7 = cvCreateImage(cvGetSize(img77),IPL_DEPTH_8U,1);
                    cvCvtColor(img77, GrayImg7, CV_BGR2GRAY );
                    IplImage* ImgBinary7 = cvCloneImage(GrayImg7);

cvAdaptiveThreshold(GrayImg7,ImgBinary7,255,CV_ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C,CV_THRES
H_BINARY,29,5);
                    IplImage* n7 = cvCreateImage(cvGetSize(ImgBinary7),IPL_DEPTH_8U,1);
                    cvThreshold(ImgBinary7,n7,128,255,CV_THRESH_BINARY);

                    IplImage* GrayImg8 = cvCreateImage(cvGetSize(img88),IPL_DEPTH_8U,1);
                    cvCvtColor(img88, GrayImg8, CV_BGR2GRAY );
                    IplImage* ImgBinary8 = cvCloneImage(GrayImg8);

cvAdaptiveThreshold(GrayImg8,ImgBinary8,255,CV_ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C,CV_THRES
H_BINARY,29,5);
                    IplImage* n8 = cvCreateImage(cvGetSize(ImgBinary8),IPL_DEPTH_8U,1);
                    cvThreshold(ImgBinary8,n8,128,255,CV_THRESH_BINARY);

                    IplImage* GrayImg9 = cvCreateImage(cvGetSize(img99),IPL_DEPTH_8U,1);
                    cvCvtColor(img99, GrayImg9, CV_BGR2GRAY );
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    IplImage* ImgBinary9 = cvCloneImage(GrayImg9);

    cvAdaptiveThreshold(GrayImg9,ImgBinary9,255,CV_ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C,CV_THRES
H_BINARY,29,5);
                    IplImage* n9 = cvCreateImage(cvGetSize(ImgBinary9),IPL_DEPTH_8U,1);
                    cvThreshold(ImgBinary9,n9,128,255,CV_THRESH_BINARY);

                    img1 = cvCreateImage(cvSize(55,81),IPL_DEPTH_8U,1);
                    cvResize(num1,img1,1);
    for(int j=0;j<=9;j++)
    {
        if(j==0){tpl1 = n0;}
        if(j==1){tpl1 = n1;}
        if(j==2){tpl1 = n2;}
        if(j==3){tpl1 = n3;}
        if(j==4){tpl1 = n4;}
        if(j==5){tpl1 = n5;}
        if(j==6){tpl1 = n6;}
        if(j==7){tpl1 = n7;}
        if(j==8){tpl1 = n8;}
        if(j==9){tpl1 = n9;}
            img1_width = img1->width;
            img1_height = img1->height;
            tpl1_width = tpl1->width;
            tpl1_height = tpl1->height;
            res1_width = img1_width - tpl1_width + 1;
            res1_height = img1_height - tpl1_height + 1;
            res1 = cvCreateImage( cvSize( res1_width, res1_height ), IPL_DEPTH_32F,
1 );
            cvZero(res1);
            cvMatchTemplate(img1, tpl1, res1,CV_TM_SQDIFF_NORMED);
            cvMinMaxLoc( res1, &minval, &maxval, &minloc, &maxloc, 0 );
            //printf("j = %d , minval = %f \n",j , minval);
            //printf("j = %d , maxval = %f \n",j , maxval);
            if ( minval < 0.36)
            {
            cvRectangle(img1, cvPoint(minloc.x,minloc.y), cvPoint(minloc.x
+tpl1_width, minloc.y +tpl1_height),cvScalar(0,0,255,0), 1, 0,0);
            datanum[0]= j;
            }
    }

                    img2 = cvCreateImage(cvSize(55,81),IPL_DEPTH_8U,1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    cvResize(num2,img2,1);
        for(int j=0;j<=9;j++)
        {
                if(j==0){tpl2 = n0;}
                if(j==1){tpl2 = n1;}
                if(j==2){tpl2 = n2;}
                if(j==3){tpl2 = n3;}
                if(j==4){tpl2 = n4;}
                if(j==5){tpl2 = n5;}
                if(j==6){tpl2 = n6;}
                if(j==7){tpl2 = n7;}
                if(j==8){tpl2 = n8;}
                if(j==9){tpl2 = n9;}
                        img2_width = img2->width;
                        img2_height = img2->height;
                        tpl2_width = tpl2->width;
                        tpl2_height = tpl2->height;
                        res2_width = img2_width - tpl2_width + 1;
                        res2_height = img2_height - tpl2_height + 1;
                        res2 = cvCreateImage( cvSize( res2_width, res2_height ), IPL_DEPTH_32F,
1 );
                        cvZero(res2);
                        cvMatchTemplate(img2, tpl2, res2,CV_TM_SQDIFF_NORMED);
                        cvMinMaxLoc( res2, &minval, &maxval, &minloc, &maxloc, 0 );
                        //printf("j = %d , minval = %f \n",j , minval);
                        //printf("j = %d , maxval = %f \n",j , maxval);
                        if ( minval < 0.29)
                        {
                        cvRectangle(img2, cvPoint(minloc.x,minloc.y), cvPoint(minloc.x
+tpl2_width, minloc.y +tpl2_height),cvScalar(0,0,255,0), 1, 0,0);
                        datanum[1]= j;
                        }

        }

                        img3 = cvCreateImage(cvSize(55,81),IPL_DEPTH_8U,1);
                        cvResize(num3,img3,1);
        for(int j=0;j<=9;j++)
        {
                if(j==0){tpl3 = n0;}
                if(j==1){tpl3 = n1;}
                if(j==2){tpl3 = n2;}
                if(j==3){tpl3 = n3;}
                if(j==4){tpl3 = n4;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                if(j==5){tpl3 = n5;}
                if(j==6){tpl3 = n6;}
                if(j==7){tpl3 = n7;}
                if(j==8){tpl3 = n8;}
                if(j==9){tpl3 = n9;}
                        img3_width = img3->width;
                        img3_height = img3->height;
                        tpl3_width = tpl3->width;
                        tpl3_height = tpl3->height;
                        res3_width = img3_width - tpl3_width + 1;
                        res3_height = img3_height - tpl3_height + 1;
                        res3 = cvCreateImage( cvSize( res3_width, res3_height ), IPL_DEPTH_32F,
1 );
                        cvZero(res3);
                        cvMatchTemplate(img3, tpl3, res3,CV_TM_SQDIFF_NORMED);
                        cvMinMaxLoc( res3, &minval, &maxval, &minloc, &maxloc, 0 );
                        //printf("j = %d , minval = %f \n",j , minval);
                        //printf("j = %d , maxval = %f \n",j , maxval);
                        if ( minval < 0.42)
                        {
                        cvRectangle(img3, cvPoint(minloc.x,minloc.y), cvPoint(minloc.x
+tpl3_width, minloc.y +tpl3_height),cvScalar(0,0,255,0), 1, 0,0);
                        datanum[2]= j;
                        }
        }

                        img4 = cvCreateImage(cvSize(55,81),IPL_DEPTH_8U,1);
                        cvResize(num4,img4,1);
        for(int j=0;j<=9;j++)
        {
                if(j==0){tpl4 = n0;}
                if(j==1){tpl4 = n1;}
                if(j==2){tpl4 = n2;}
                if(j==3){tpl4 = n3;}
                if(j==4){tpl4 = n4;}
                if(j==5){tpl4 = n5;}
                if(j==6){tpl4 = n6;}
                if(j==7){tpl4 = n7;}
                if(j==8){tpl4 = n8;}
                if(j==9){tpl4 = n9;}
                        img4_width = img4->width;
                        img4_height = img4->height;
                        tpl4_width = tpl4->width;
                        tpl4_height = tpl4->height;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    res4_width = img4_width - tpl4_width + 1;
                    res4_height = img4_height - tpl4_height + 1;
                    res4 = cvCreateImage( cvSize( res4_width, res4_height ), IPL_DEPTH_32F,
1 );
                    cvZero(res4);
                    cvMatchTemplate(img4, tpl4, res4,CV_TM_SQDIFF_NORMED);
                    cvMinMaxLoc( res4, &minval, &maxval, &minloc, &maxloc, 0 );
                    //printf("j = %d , minval = %f \n",j , minval);
                    //printf("j = %d , maxval = %f \n",j , maxval);
                    if ( minval < 0.6)
                    {
                    cvRectangle(img4, cvPoint(minloc.x,minloc.y), cvPoint(minloc.x
+tpl4_width, minloc.y +tpl4_height),cvScalar(0,0,255,0), 1, 0,0);
                    datanum[3]= j;
                    }
        }
            /* display images */
            cvNamedWindow( "reference", CV_WINDOW_AUTOSIZE );
            cvNamedWindow( "template", CV_WINDOW_AUTOSIZE );
            cvNamedWindow( "num1", CV_WINDOW_AUTOSIZE );
            cvNamedWindow( "num2", CV_WINDOW_AUTOSIZE );
            cvNamedWindow( "num3", CV_WINDOW_AUTOSIZE );
            cvNamedWindow( "num4", CV_WINDOW_AUTOSIZE );

            cvShowImage( "reference", color_img );
            cvShowImage( "template", tpl );
            cvShowImage( "num1", num1 );
            cvShowImage( "num2", num2 );
            cvShowImage( "num3", num3 );
            cvShowImage( "num4", num4 );


            if(datanum[0]==3 && datanum[1]==0 && datanum[2]==5 && datanum[3]==4)
            {
                    write = SP->Serial::WriteData("b",dataLength1);
            }

            if(c == 27)
            {
                    break; // if ESC, break and quit
            }
            for (int m=0;m<4;m++)
            {
                    printf("number[%d] = %d \n",m,datanum[m]);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                }

                }
                }

                /* wait until user press a key to exit */
                cvWaitKey( 0 );
                /* free memory */
                cvDestroyWindow( "reference" );
                cvDestroyWindow( "template" );
                cvReleaseCapture( &cv_cap );
                cvDestroyWindow("Video");
                Sleep(1000);
        }

        return 0;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้