สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบตรวจเทียบรูปภาพผ่านกล้องวีดีโอ

IMAGE COMPARISON VIA VIDEO CAMERA

โดย

นางสาววรนล ลีลาศวัฒนกิจ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72148
วัน,เดือน,ปี 11 มิ.ย. 2550

.b 11761021
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจเทียบรูปภาพผ่านกล้องวีดีโอ

IMAGE COMPARISON VIA VIDEO CAMERA

โดย

นางสาววรนล ลีลาศวัฒนกิจ 46012027

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์

รศ.ดร.สุวิพล สิทธิชีวภาค

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **ระบบตรวจเทียบรูปภาพผ่านกล้องวีดีโอ**

IMAGE COMPARISON VIA VIDEO CAMERA

ผู้จัดทำ

นางสาววรนล ลีลาศวัฒนกิจ 46012027

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. สุวิพล สิทธิชีวภาค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจเทียบรูปภาพผ่านกล้องวีดีโอ

IMAGE COMPARISION VIA VIDEO CAMERA

โดย นางสาว วรนล ลีลาศวัฒนกิจ 46012027

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์

รศ.ดร. สุวิพล สิทธิชีวภาค

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการสร้างระบบตรวจเทียบรูปภาพจากกล้องวีดีโอ โดยอาศัยการจับบันทึกภาพของกล้องวีดีโอ และนำมาประมวลผลในแง่ของความถูกต้องเทียบกับรูปแม่แบบ โดยใช้หลักการประมวลผลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของภาพ ถ้าภาพมีความแตกต่างกันจะส่งสัญญาณเตือนในลักษณะภาพออกทางจอคอมพิวเตอร์

ABSTRACT

This project concerns about system for checking the content of image by using a video camera to record the image and compared with the reference image. If the object in image is different, the computer software will send the warning signal and notify the difference.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีโดยได้รับความช่วยเหลือและคำชี้แนะจากหลายท่าน ผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์ และรศ.ดร.สุวิพล สิทธิชีวภาค ที่ให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูล, อุปกรณ์ในการทำปริญญานิพนธ์เป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณ ผศ.อัครพล ตรีรัตน์ ที่ได้แนะแนวทางและให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการประมวลผลข้อมูลภาพ (DIGITAL IMAGE PROCESSING) ขอขอบพระคุณ คุณกมล เอื้อชินกุล และขอขอบคุณ คุณเกริกพงษ์ เกียรติพานิชกิจ ที่ให้ความรู้ในระบบ MACHINE VISION ของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ขอขอบคุณนายสุภชัย จินต์จันทรวงศ์, นายปราโมทย์ สุขประเสริฐศิลป์, นายจินตวีร์ อุเทนพิทักษ์ ที่ช่วยแก้ไขโค้ดในส่วนที่มีปัญหา

ผู้เขียนระลึกอยู่เสมอว่าหากไม่ได้รับความช่วงเหลือจากบุคคลที่กล่าวมานั้น รายงานฉบับนี้ก็ไม่สามารถที่จะสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นางสาววรนล ลีลาศวัฒนกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	1
1.3 การประยุกต์ใช้งาน	2
1.3.1 ระบบควบคุมการผลิตวัสดุ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 การสื่อสารข้อมูลอนุกรม	3
2.1.1 ความเร็วของการสื่อสารข้อมูลอนุกรม	3
2.1.2 รูปแบบการส่งข้อมูลอนุกรม	3
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	4
2.2.1 ลักษณะการจัดขาและการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051	4
2.2.2 การใช้งานพอร์ทสื่อสารอนุกรม	5
2.2.3 กระบวนการรับและส่งข้อมูลอนุกรมของ MCS-51	5
2.2.3.1 พอร์ทอนุกรม (โหมด0)	6
2.2.3.2 พอร์ทอนุกรม (โหมด1)	6
2.2.3.3 พอร์ทอนุกรม (โหมด2)	6
2.2.3.4 พอร์ทอนุกรม (โหมด3)	6
2.2.4 รีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการรับส่งข้อมูลอนุกรม SCON	7
2.2.5 พอร์ทอินพุทและพอร์ทเอาท์พุท	7
2.3 IC MAX232	8
2.3.1 การเชื่อมต่อกับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์	8
2.3.2 การสื่อสารพอร์ทอนุกรม RS-232	10
2.3.3 มาตรฐาน RS – 232	11
2.4 เซนเซอร์	12
2.4.1 อินฟราเรดเซนเซอร์ (Infrared Sensor)	13
2.4.2 LDR (Light Dependent Resistor)	13
2.5 ทฤษฎีของภาพดิจิตอล	14
2.5.1 องค์ประกอบภาพ	14
2.5.2 รูปร่างของภาพ (Image Shape) และ แพทเทิร์น (Patterns and Patterns Classes)	16
2.5.3 การรับภาพและแปลงภาพ (Image Sensing and acquisition)	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

2.5.4 การแซมปลิ้งและ ควอนไตเซชั่น (Image Sampling and Quantization) 17

2.5.5 ลักษณะการจัดเก็บข้อมูลภาพแบบดิจิตอล 19

2.5.6 ไฟล์ข้อมูลภาพชนิดบิตแมป (Bitmap) 20

2.5.6.1 รูปแบบของไฟล์ข้อมูลชนิดบิตแมป 20

2.5.6.2 โครงสร้างของไฟล์ของข้อมูลภาพชนิดบิตแมป 20

2.5.6.3 การจัดเก็บไฟล์ข้อมูลชนิดบิตแมป 21

2.5.7 มาตรฐานของสี 21

2.5.7.1 แบบจำลองสี RGB 21

2.5.7.2 แบบจำลองสี HIS 22

2.6 การประมวลภาพเบื้องต้น (Preprocessing) 23

2.7 การลดทอนสัญญาณรบกวนในภาพ (Image Filtering) 24

2.7.1 รูปแบบและคุณลักษณะของสิ่งรบกวน 24

2.7.1.1 Gaussian Noise 25

2.7.1.2 Impulse (salt-and-pepper) Noise 25

2.7.2 Spatial Filtering 26

2.8 เทคนิคการทำฮิสโตแกรม (Histogram-based Technique) 26

2.8.1 Histogram ของภาพสี 27

2.9 การคอนโวลูชั่น (Convolution technique) 31

2.10 การสร้างภาพแบบไบนารี (Binary representation) 33

2.11 เทคนิคการทำเทรชโฮล (Threshold Technique) 33

2.12 การแยกบริเวณข้อมูลภาพออกเป็นส่วนย่อย (Segmentation) 35

2.12.1 การแยกบริเวณโดยการใช้ค่าเทรชโฮล 35

2.12.2 การแยกบริเวณโดยการใช้ขอบของวัตถุ (Edge Based Segmentation) 37

2.12.2.1 Point Detection 38

2.12.2.2 Line Detection 38

2.12.2.3 Edge Detection 39

2.12.2.3.1 Sobel Edge Detector 39

2.12.2.3.2 Prewitt Edge Detector 40

2.12.2.3.3 Robert Edge Detector 40

บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง 42

3.1 โครงสร้างของระบบ 42

3.1.1 วงจรส่งเซนเซอร์ LED SUPER BRIGHT 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

3.1.2 วงจรรับ LDR 43

3.1.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) 44

3.2 ส่วนของตัวอินเตอร์เฟส (Hardware Interface) 44

3.2.1 วงจรส่งระดับสัญญาณแรงดันจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังคอมพิวเตอร์ 44

3.3 ส่วนของโปรแกรม (Software) 46

3.3.1 ระบบการตรวจเทียบข้อมูลภาพ 46

3.3.2 ผังการทำงานด้านของภาครับเซนเซอร์ (การตรวจสอบสัญญาณเซนเซอร์) 47

3.3.3 ผังการทำงานในส่วนการประมวลผลตรวจเทียบคุณภาพข้อมูล 48

3.3.4 การสแกนหมุนข้อมูลภาพ (Rotate) 49

3.3.5 การทำไบนาไรเซชั่น (Binarization) 50

3.3.6 การตรวจหารอยขอบ (Edge Detection) 51

3.3.7 การแยกบริเวณข้อมูลภาพ (Segmentation) 52

3.3.8 การคำนวณค่าผลรวมบริเวณวัตถุของข้อมูลภาพ 53

3.4 การจดจำลักษณะจุดเด่น (Recognition) 54

3.4.1 การเทียบค่าจุดภาพ (Matching) 54

3.4.2 การตัดและการจำแนก (Cut and Classification) 54

3.4.3 Recognition Based on Decision-Theoretic Methods 54

3.4.4 Matching by correlation 55

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 56

4.1 การทดลองควบคุมการตรวจจับวัตถุ 56

4.2 วงจรเซนเซอร์ด้านรับตรวจจับทางแสง 57

4.3 ทำการอินเตอร์เฟสวงจรเข้ากับ คอมพิวเตอร์ 59

4.4 ผลการทดลองส่วนโปรแกรม MATLAB 60

4.4.1 ทำการการดึงข้อมูลภาพเข้าสู่โปรแกรมหลัก 60

บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป 67

5.1 ปัญหาที่พบจากการทดลอง 67

5.2 แนวทางแก้ไขปัญหา 67

5.3 แนวทางการพัฒนา 67

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม 2
รูปที่ 2.1 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 5
รูปที่ 2.2 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอินพุทและเอาท์พุทพอร์ต 7
รูปที่ 2.3 การจัดขาของ MAX232 หรือ ICL232 9
รูปที่ 2.4 โครงสร้างภายในของ MAX232 หรือ ICL232 9
รูปที่ 2.5 แสดงวงจรเชื่อมต่อ MAX232 หรือ ICL232 เข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์DB-9 10
รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะรูปร่างของ LDR 13
รูปที่ 2.7 แสดงระดับขั้นของเกรย์สเกล 18
รูปที่ 2.8 แบบจำลองสีของระบบ RGB 22
รูปที่ 2.9 แบบจำลองสีของระบบ HSI 23
รูปที่ 2.10 การเลือกค่าเทรชโฮลจากฮิสโตแกรม 36
รูปที่ 2.11 หน้ากากที่ใช้ในการหาแนวจุด 38
รูปที่ 2.12 หน้ากากที่ใช้ในการหาแนวเส้น 39
รูปที่ 2.13 รูปแบบหน้ากาก (mask) แบบ Sobel Edge Detectorในแนวแกน x และ y ตามลำดับ 39
รูปที่ 2.14 รูปแบบหน้ากาก (mask) แบบ Prewitt Edge Detectorในแนวแกน x และ y ตามลำดับ 40
รูปที่ 2.15 รูปแบบหน้ากาก (mask) แบบ Robert Edge Detectorในแนวแกน x และ y ตามลำดับ 40
รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบการส่งข้อมูลไปตรวจเทียบคุณภาพ 42
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรส่งของเซนเซอร์ 42
รูปที่ 3.3 แสดงการต่อวงจรรับเซนเซอร์แบบLDR 43
รูปที่ 3.4 วงจรแหล่งจ่ายไฟ 9 โวลต์ 44
รูปที่ 3.5 วงจรแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ 44
รูปที่ 3.6 วงจรส่งระดับสัญญาณแรงดันจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังคอมพิวเตอร์ 45
รูปที่ 3.7 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงาน LDR 47
รูปที่ 3.8 แสดงโฟลว์ชาร์ตรวมของโปรแกรม 48
รูปที่ 3.9 โฟลว์ชาร์ตการหมุนปรับข้อมูลในแนวระนาบ 49
รูปที่ 3.10 โฟลว์ชาร์ตการทำไบนาไรเซชั่น 50
รูปที่ 3.11 โฟลว์ชาร์ตการตรวจหารอยขอบของโซเบล 51
รูปที่ 3.12 โฟลว์ชาร์ตการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ 52
รูปที่ 3.13 โฟลว์ชาร์ตการคำนวณค่าผลรวมของตำแหน่งพิกเซลวัตถุ 53
รูปที่ 4.1 วงจรด้านส่ง- ด้านรับของเซนเซอร์ 56
รูปที่ 4.2 วงจรส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 4.3 แสดงการตรวจจับวัตถุ (Detect) ขณะที่มีวัตถุเคลื่อนผ่าน 57

รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาท์พุทขณะที่มีวัตถุเคลื่อนผ่าน 57

รูปที่ 4.5 แสดงการตรวจจับวัตถุ (Detect) ขณะที่ไม่มีวัตถุเคลื่อนผ่าน 58

รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาท์พุทขณะที่ไม่มีวัตถุเคลื่อนผ่าน 58

รูปที่ 4.7 แสดงการรับค่าในโปรแกรม HYPER TERMINAL 59

รูปที่ 4.8 แสดงผลหลังจาก RUN คำสั่งการจับภาพ 60

รูปที่ 4.9 แสดงผลการจับภาพวัตถุที่นำมาประมวลผล 61

รูปที่ 4.10 แสดงข้อมูลภาพในรูปแบบเกรย์สเกล 61

รูปที่ 4.11 แสดงข้อมูลภาพหลังการปรับค่าแกมมา 62

รูปที่ 4.12 ข้อมูลภาพที่ค่ามุมเอียงไปเท่ากับ -20.0324 องศา 62

รูปที่ 4.13 แสดงผลการหมุนข้อมูลภาพกลับมายังระนาบ 63

รูปที่ 4.14 แสดงผลหลังจากตัดบริเวณพื้นหลังให้เป็นสีขาวทั้งหมด 63

รูปที่ 4.15 เลือกค่าเทรชโฮลจากฮิสโตแกรม (ได้เท่ากับ 128) 64

รูปที่ 4.16 แสดงข้อมูลภาพหลังการตรวจหารอยขอบ 64

รูปที่ 4.17 แสดงข้อมูลภาพหลังการเปลี่ยนเป็นภาพไบนารี (ขาว-ดำ) 65

รูปที่ 4.18 แสดงข้อมูลภาพส่วนย่อยๆ (sub image) ที่นำมาตรวจเทียบคุณภาพกับต้นฉบับ 66

รูปที่ 4.19 โปรแกรมแสดงตำแหน่งผิดพลาด 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 โหมดการทำงานของพอร์ทสื่อสารอนุกรม	5
ตารางที่ 2.2 แสดงการแทนค่าลอจิกด้วยระดับแรงดันของระบบ RS-232	10
ตารางที่ 2.3 รายละเอียดการต่อคอนเน็กเตอร์แบบ DB9 มาตรฐาน RS-232	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

การรับรู้ทางสายตาของมนุษย์ถือเป็นสิ่งสำคัญ และเป็นกลไกการรับภาพที่ซับซ้อนอย่างหนึ่งที่จะให้ความสำคัญกับข้อมูลในการจัดการงานต่างๆ จึงได้มีแนวความคิดที่จะพัฒนาสร้างระบบตรวจเทียบคุณภาพอัตโนมัติขึ้นโดยอาศัยหลักการประมวลผลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing) ด้วยการควบคุมจากดิจิตอลคอมพิวเตอร์ในระบบของดิจิตอลอินพุท (input) และดิจิตอลเอาท์พุท (output) เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบคุณภาพกับฐานข้อมูล หรือนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่ต้องการอื่นๆ

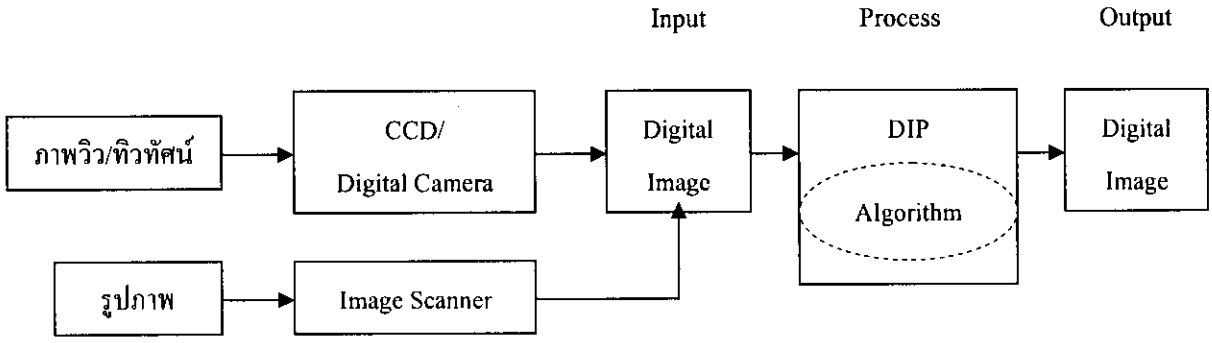
1.1 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาระบบภาพดิจิตอลและหลักกระบวนการอิมเมจดิจิตอล(Digital Image Processing : DIP)
2. เพื่อศึกษาหลักการ Interface ระหว่างกล้อง (Webcam Camera) และวัตถุ (Object)
3. เพื่อศึกษาการสร้างตัวตรวจจับวัตถุ (Sensor Detector)
4. เพื่อศึกษาและนำมาใช้งานประยุกต์กับระบบการตรวจเทียบคุณภาพ

1.2 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ระบบตรวจเทียบคุณภาพที่จะนำเสนอนี้ ได้ทำการแสดงผลในลักษณะของข้อมูลที่ได้จากการจับภาพวัตถุ และนำมาเก็บไว้เพื่อเทียบกับส่วนของฐานข้อมูลของภาพแม่แบบ (Original Image) ในส่วนของการประมวลผล เมื่อผู้ใช้ต้องการจะตรวจเทียบคุณภาพความถูกต้องของภาพที่ได้รับเข้ามาใหม่ระบบจะเริ่มทำการตรวจเทียบโดยการจับภาพ และทำการกำหนดตำแหน่งของภาพแต่ละภาพไว้ที่จุดเดียวกัน จากนั้นจะอาศัยขั้นตอนของการประมวลผลภาพดิจิตอล โดยใช้เทคนิคการกำจัดสัญญาณรบกวน การตรวจหาขอบ (Edge Detection) การทำฮิสโตแกรมของภาพ (Histogram) การแยกบริเวณขอบเขตวัตถุ (Segmentation) เพื่อจำแนกว่าขอบเขตวัตถุอยู่บริเวณพิกเซลใด กระบวนการนี้จัดเป็นกระบวนการที่สำคัญที่ใช้ระบุตำแหน่งการตรวจเทียบ ซึ่งถ้าหากข้อมูลภาพตรงกับแม่แบบก็จะสามารถแสดงผลได้ว่าข้อมูลนั้นถูกต้อง แต่ถ้าหากข้อมูลภาพต่างไปจากแม่แบบที่กำหนดค่ามาตรฐานไว้ก็จะแสดงผลได้ว่าข้อมูลนั้นไม่ถูกต้อง และชี้จุดตำแหน่งที่ผิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

1.3 การประยุกต์ใช้งาน

1.3.1 ระบบควบคุมการผลิตวัสดุ

ในสถานประกอบการโรงงานระบบภายในนี้จะสามารถตรวจสอบบรรจุภัณฑ์ที่อยู่ในขั้นตอนกระบวนการผลิตว่ามีความถูกต้องตรงกับรูปแบบที่ต้องการหรือไม่ โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยมนุษย์เป็นผู้สังเกตตรวจสอบ เนื่องจากระบบสามารถนำหลักการจากการทำกระบวนการอิมเมจดิจิตอลดังกล่าวมาใช้สร้างการตรวจเทียบคุณภาพให้สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ ดังนั้นระบบนี้จะช่วยอำนวยความสะดวกรวดเร็วต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 การสื่อสารข้อมูลอนุกรม

การสื่อสารข้อมูลอนุกรมเป็นการรับหรือส่งข้อมูลในลักษณะกลุ่มของบิต คราวละหนึ่งบิต เรียงลำดับเรื่อยไปจนสิ้นสุด การสื่อสารแบบนี้จะมีข้อแตกต่างจากการสื่อสารแบบขนานเป็นอย่างมาก เนื่องจากการสื่อสารข้อมูลขนานมีการโอนย้ายมาพร้อมกัน จึงมีความจำเป็นต้องใช้จำนวนเส้นสัญญาณมากขึ้นตามจำนวนบิตของข้อมูลด้วย ในขณะที่การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นต้องการเส้นทางสัญญาณเพียงสองหรือสามเส้นเท่านั้น ดังนั้นการสื่อสารแบบขนานจึงไม่เหมาะในการสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกเป็นระยะทางไกลๆ เพราะจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก

2.1.1 ความเร็วของการสื่อสารข้อมูลอนุกรม

เนื่องจากการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมเป็นการรับ-ส่งข้อมูลในลักษณะกลุ่มของบิตข้อมูล (Bit Stream) ดังนั้นจึงต้องให้ความสนใจในการพิจารณาเรื่องอัตราเร็วในการรับ-ส่งบิตเหล่านี้เป็นอันดับแรก โดยทั่วไปมักจะระบุกันในหน่วยของจำนวนบิตข้อมูลภายในเวลาหนึ่งวินาที เรียกว่า อัตราบอด ตามค่ามาตรฐานเหล่านี้ ได้แก่ 110,150,300,1200,2400,4800,9600,19200 บอด ข้อมูลทั้งแปดบิตนี้หากว่าถูกส่งออกมาด้วยอัตรา 9600 บอด จะใช้เวลาในการส่งข้อมูลหนึ่งบิตมีค่าเท่ากับ 1/9600 หรือ 104 us และเวลาในการส่งข้อมูลทั้งแปดบิตมีค่าเท่ากับ 8*104 หรือ 832 us

2.1.2 รูปแบบการส่งข้อมูลอนุกรม

การสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส(Asynchronous) จะใช้การแปลงข้อมูลขนานให้เป็นอนุกรมแล้วเพิ่มเติมบิตบางอย่างร่วมไปกับการส่งข้อมูลจริง ซึ่งได้แก่

1. บิตเริ่มต้น (Start Bit)

บิตเริ่มต้นมีหน้าที่สำหรับการบ่งบอกให้ทราบถึงตำแหน่งเริ่มต้นก่อนบิตข้อมูล ตามปกติแล้วค่าของบิตเริ่มต้นจะเป็นระดับลอจิกต่ำ

2. บิตแสดงภาวะความเป็นเลขคู่หรือคี่ (Parity Bit)

บิตนี้มีหน้าที่เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลโดยทั่วไปมักเรียกว่าพาริตี้ และจะนำไปต่อท้ายบิตของข้อมูล ค่าของบิตนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนค่าของบิตที่เป็น 1 ซึ่งจะเป็นได้สองลักณะ คือพาริตี้คู่ (Even Parity) หรือ พาริตี้คี่ (Odd Parity) ตัวอย่างเช่นระบบที่ติดต่อกันโดยระบุว่าจะใช้พาริตี้คู่ ทางด้านส่งจะนำค่าข้อมูลที่จะส่งมาพิจารณาหาจำนวนของบิตที่มีค่า 1 หากเป็นเลขจำนวนคู่อยู่แล้ว ค่าของพาริตี้จะมีค่าเป็น 0 แต่หากว่าจำนวนของบิตที่มีค่าเป็น 1 เป็นเลขจำนวนคี่ ค่าของพาริตี้ก็จะมีค่า 1 การพิจารณาทางด้านรับเป็นการตรวจสอบจำนวนบิตที่มีค่าเป็น 1 ของข้อมูลที่ได้รับมาทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตี้ ถ้ามีค่าเป็นเลขจำนวนคู่ แสดงว่าข้อมูลที่ได้รับเข้ามานี้ถูกต้องแต่หากไม่เป็นเลขจำนวนคู่แสดงว่าเกิดการผิดพลาดของข้อมูลขึ้น เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บิตสิ้นสุด (Stop Bit)

บิตสิ้นสุดเป็นบิตที่เพิ่มขึ้นเพื่อระบุถึงขอบเขตการสิ้นสุดของกลุ่มบิตข้อมูล บิตสิ้นสุดสามารถโปรแกรมได้คือ 1 บิต, 1 ½ บิต, 2 บิต ดังนั้นกรณีของการส่งข้อมูล 8 บิต หากข้อมูลถูกส่งออกไปด้วยอัตราเร็ว 9600 บอด เวลาโดยรวมในการส่งข้อมูลหนึ่งไบต์ จะมีค่าเป็น 12*104 หรือ 1.25 ms

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.2.1 ลักษณะการจัดขาและการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีขาใช้งานพื้นฐานและสถาปัตยกรรมเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยมีรายละเอียดขั้นต้น ดังนี้

ขา VCC (ขา 40) ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง 5 โวลต์

ขา GND (ขา 20) เป็นขากราวด์สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

1. พอร์ท 0.0-0.7 (ขา 32-39) มีขนาด 8 บิต พอร์ท 0 ทำหน้าที่เป็นสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้ 2 ทิศทาง สามารถรับข้อมูลอินพุทและส่งข้อมูลเอาท์พุทได้ การตั้งค่าให้พอร์ท 0 ขาใดขาหนึ่งรับข้อมูลอินพุททำได้โดยการส่งค่าสัญญาณ 1 ไปยังบิตที่ต้องการให้รับข้อมูลอินพุท วงจรภายในจะทำให้บิตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) ซึ่งมีสถานะ high impedance สามารถรับข้อมูลอินพุทได้ และยังใช้เป็นขาสัญญาณกำหนดตำแหน่งหน่วยหน่วยความจำ (A0-A7) และขาสัญญาณข้อมูล (D0-D7)โดยการใช้ตัวแยกสัญญาณ (D-latch 74LS373) ทำหน้าที่เป็นตัวมัลติเพล็กซ์ (Multiplex) โดยเลือกช่วงเวลาของสัญญาณกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำและสัญญาณข้อมูลออกจากกัน ในขณะที่ใช้เป็นอินพุทและเอาท์พุท วงจรภายในจะไม่มีวงจรเพิ่มกระแสไฟฟ้า (pull-up) จึงจำเป็นต้องต่อวงจรเพิ่มกระแสไฟฟ้าจากภายนอกเข้าไป

2.พอร์ท 1.0-1.7 (ขา 1-8) มีขนาด 8 บิต พอร์ท 1 ทำหน้าที่เป็นสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้ 2 ทิศทาง สามารถปรับให้เป็นทั้งอินพุทและเอาท์พุท ซึ่งสามารถอ้างอิงถึงการทำงานได้ทีละบิตและวงจรภายในมีตัวต้านทานเพิ่มกระแสไฟฟ้า ในกรณีที่ต้องการให้รับข้อมูลอินพุทก็สามารถทำได้เหมือนพอร์ท 0

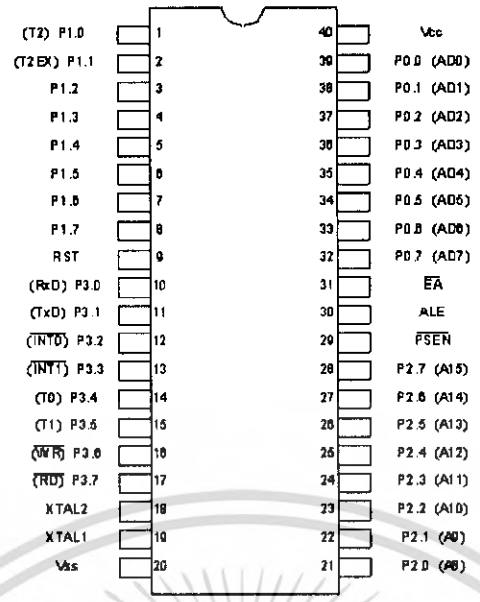
3. พอร์ท 2.0-2.7 (ขา 21-28) มีขนาด 8 บิต พอร์ท 2 ทำหน้าที่เป็นสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้ 2 ทิศทาง สามารถปรับให้เป็นทั้งอินพุทและเอาท์พุท สามารถใช้เป็นขาสัญญาณที่กำหนดตำแหน่งหน่วยความจำติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15) และมีวงจรเพิ่มกระแสไฟภายใน การกำหนดให้เป็นขาอินพุททำได้โดยการส่งข้อมูลสถานะ 1 ไปยังบิตที่ต้องการให้เป็นอินพุท ก็จะสามารถทำการรับค่าข้อมูลอินพุทได้

4. พอร์ท 3.0-3.7 (ขา 10-17) มีขนาด 8 บิต พอร์ท 3 ทำหน้าที่เป็นสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้ 2 ทิศทาง คุณสมบัติทั่วๆ ไปจะเหมือนกับพอร์ทอื่น แต่จะมีคุณสมบัติที่ต่างออกไป คือใช้ทำหน้าที่พิเศษเป็นสัญญาณควบคุมการทำงานต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์

ขา RxD (ขา 10) ใช้เป็นขาอินพุทสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม

ขา TxD (ขา 11) ใช้เป็นขาอินพุทสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.2.2 การใช้งานพอร์ทสื่อสารอนุกรม

พอร์ทสื่อสารอนุกรมมีโครงสร้างการทำงานในแบบที่เรียกว่าฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) สามารถรับและส่งข้อมูลอนุกรมได้ในเวลาเดียวกัน

Serial Port Buffer (SBUF) ใช้เป็นบัฟเฟอร์สำหรับรับละส่งข้อมูลอนุกรม โดยมีอยู่ 2 ตัว

พอร์ทสื่อสารอนุกรมสามารถโปรแกรมการทำงานได้หลายโหมดด้วยกัน โดยเลือกทีละบิต SM1 และ SM0 ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ควบคุม SCON การทำงานของทั้ง 4 โหมด ของพอร์ทสื่อสารอนุกรม มีดังนี้

SM0	SM1	โหมด	การทำงาน
0	0	0	Shift Register ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลเท่ากับ (1/12) ของ CPU Osc
0	1	1	8 Bit UART ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลกำหนดได้จาก Timer1,2
1	0	2	9 Bit UART ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลเท่ากับ (1/32) หรือ (1/64) เท่าของ CPU Osc โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON
1	1	3	9 Bit UART ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลกำหนดที่ Timer1,2

ตารางที่ 2.1 โหมดการทำงานของพอร์ทสื่อสารอนุกรม

2.2.3 กระบวนการรับและส่งข้อมูลอนุกรมของ MCS-51

การส่งข้อมูลออกทางพอร์ทอนุกรมของ 8051 จะเริ่มต้นขึ้นภายหลังเมื่อมีการเขียนข้อมูลลงไปใน SBUF ข้อมูลนี้จะถูกเลื่อนทีละบิต และส่งสัญญาณออกไปภายนอกโดยอัตโนมัติ เมื่อข้อมูลเหล่านี้ได้ส่งออกไปครบถ้วนแล้วจะทำให้ค่าของแฟลกซ์ T1 เป็น 1 เพื่อแจ้งให้ทราบว่าขณะนี้ SBUF ว่างและพร้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่จะส่งข้อมูลไบต์ต่อไปแล้ว ในกรณีที่ใช้เขียนข้อมูลใหม่ลงในรีจิสเตอร์ SBUF โดยไม่รอให้แฟลกซ์ T1 มีค่าเป็น 1 ก่อน จะมีผลทำให้ข้อมูลที่ส่งไปผิดพลาดได้

สำหรับการรับมูลจากพอร์ทอนุกรมจะต้องเริ่มต้น โดยกำหนดค่า REN (Receive Enable) ให้มีค่าเป็น 1 ก่อน หลังจากนั้นเมื่อมีข้อมูลภายนอกส่งมายัง 8051 ทีละบิตจนครบ และเมื่อบิตสุดท้ายถูกเลื่อนเข้ามาเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลนั้นจะถูกย้ายมาเก็บไว้ยังรีจิสเตอร์ SBUF และแฟลกซ์ RI ก็จะมีค่าเป็น 1 (ถูกเซต)

2.2.3.1 พอร์ทอนุกรม (โหมด0)

การทำงานของพอร์ทอนุกรม (โหมด0) เป็นการรับและส่งข้อมูลอนุกรมจำนวน 8 บิต โดยใช้เพียงขาสัญญาณ RxD เท่านั้น (ขานี้ใช้งาน 2 หน้าที่ใช้ส่งและรับข้อมูล) ส่วนขาสัญญาณ TxD จะนำไปใช้เพื่อเป็นขาสัญญาณนาฬิกาในการให้จังหวะการเลื่อนข้อมูลกับวงจรเลื่อนบิตภายนอก สำหรับอัตราเร็วจะถูกกำหนดไว้คงที่ที่ค่า 1/12 เท่าของ CPU Osc เมื่อมีการรับหรือส่งข้อมูล 1 ไบต์ โดยสัญญาณนาฬิกาในการเลื่อนบิตนี้จะเกิดภายในตัว 8051 เอง เนื่องจากโหมดนี้ไม่มีการส่งบิตเริ่มต้นและบิตสิ้นสุด ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะส่งสัญญาณ shift clock ออกไปเพื่อใช้ซิงโครไนซ์ (synchronize) ระหว่างฝ่ายรับและฝ่ายส่ง โดยจะใช้ขา TxD ส่วนการรับข้อมูลจะรับข้อมูลเข้าทางขา RxD และรับ shift clock เข้าทางขา TxD ถ้า CPU Osc มีค่าเท่ากับ 12 MHz ก็จะส่งได้ถึง 1 ล้านบอด ซึ่งโหมด 0 เป็นโหมดที่ส่งข้อมูลได้เร็วที่สุด

2.2.3.2 พอร์ทอนุกรม (โหมด1)

การทำงานในโหมด 1 เป็นการสื่อสารข้อมูลอนุกรมจำนวน 10 บิต ประกอบด้วยบิตเริ่มต้น 1 บิต ข้อมูลจำนวน 8 บิต และบิตสิ้นสุดอีก 1 บิต โดยข้อมูลจะถูกส่งออกทาง TxD และรับเข้ามาทางขาสัญญาณ RxD ในส่วนของข้อมูล 8 บิต ที่ได้รับ หรือทำการส่งออกจะเป็นบิตนัยสำคัญต่ำเป็นลำดับแรกจะส่งเข้ามาจัดเก็บไว้ในบิต RB8 ภายในรีจิสเตอร์ SCON สำหรับอัตราเร็วในการส่งข้อมูลของโหมด 1 นั้น สามารถกำหนดเลือกได้จากไทเมอร์ 1

2.2.3.3 พอร์ทอนุกรม (โหมด2)

โหมดนี้ใช้ทั้งหมด 11 บิต โดยแบ่งเป็น บิตเริ่มต้น 9 บิตข้อมูล และบิตสิ้นสุด โดยบิตที่ 9 ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าเองได้ว่าจะส่งค่าอะไรออกไป โดยจะต้องนำไปใส่ไว้ในบิต TB8 ในรีจิสเตอร์ SCON ส่วนมากผู้ใช้มักจะนำบิตนี้มาใช้เป็นพาริตี้บิต ส่วนทางด้านรับบิตที่ 9 จะถูกนำมาเก็บไว้ใน RB8 อัตราเร็วในการส่ง-รับข้อมูลขึ้นกับ CPU Osc และค่า SMOD ซึ่งอยู่ในบิต 7 ใน SCON

2.2.3.4 พอร์ทอนุกรม (โหมด3)

เหมือนกับโหมด 2 ทุกอย่าง ยกเว้นความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะขึ้นกับอัตราโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 หรือไทเมอร์ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 รีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการรับส่งข้อมูลอนุกรม SCON

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

SM0,SM1 : บิตเลือกโหมดการทำงาน

SM2 : บิตเลือกการทำงานแบบ Single Processor Environment หรือ Multiprocessor Environment

1 : เลือก Multiprocessor Environment ใช้ได้กับโหมด 2,3

2 : เลือก Single Processor Environment ใช้ได้กับทุกโหมด

REN (Receive Enable) : บิตควบคุมให้รับหรือไม่รับข้อมูล

1 : ให้รับข้อมูลได้

0 : ห้ามรับข้อมูล

TB8 (Transmit bit D8) : ข้อมูลบิตที่ 9 ที่จะส่งออกไปในโหมด 2,3 ให้ใส่ในบิตนี้

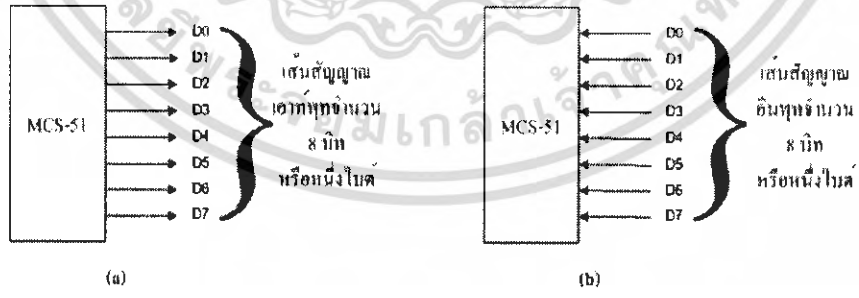
RB8 (Receive bit D8) : ข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาจะเก็บในบิตนี้

TI : แฟลกซ์ TI จะเป็น 1 เมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล 1 ไบต์

RI : แฟลกซ์ RI จะเป็น 1 เมื่อรับข้อมูลเสร็จ 1 ไบต์

2.2.5 พอร์ทอินพุทและพอร์ทเอาท์พุท

พอร์ท คือแอดเดรสหนึ่งที่ได้รับการกำหนดไว้เพื่อการโอนย้ายข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรล-เลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก การกำหนดประเภทของการติดต่อขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของข้อมูล เมื่อพิจารณาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลักจากรูปที่2.2(a) เป็นการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นเอาท์พุทพอร์ท และจากรูปที่ 2.2 (b) เป็นการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอินพุทพอร์ท



รูปที่ 2.2 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอินพุทและเอาท์พุทพอร์ท

การใช้งานพอร์ทเป็นอินพุท

การใช้งานพอร์ทเป็นการอินพุทข้อมูลจะต้องเริ่มต้นด้วยการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ออกมาทางบิตของพอร์ทสั้นก่อนเป็นอันดับแรก เพื่อหยุดการทำงานของทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาท์พุทของบิตนั้น ทำให้ขาสัญญาณของบิตถูกต่อเข้ากับตัวต้านทานซึ่งทำหน้าที่พูลอัพ (pull-up) ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งมีผลทำให้บิตนั้นของพอร์ท 1, 2 และ 3 เป็นสภาวะลอจิกสูง ตัวต้านทานนี้มีค่าประมาณ 50 kΩ ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก และทำให้อุปกรณ์ภายนอกสามารถขับสัญญาณของพอร์ทเหล่านี้เป็นลอจิกต่ำได้ง่าย สำหรับบิตของพอร์ท 0 นั้นแม้ว่าจะมีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกันกับบิตของพอร์ทอื่นๆ แต่เนื่องจากไม่มีตัวต้านทานซึ่งทำหน้าที่พูลอัพภายในไว้ ทำให้เมื่อทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาท์พุทนั้นหยุดการทำงาน ก็จะเป็นผลให้สัญญาณนี้อยู่ในสภาวะอิมพีแดนซ์สูงแทน

การใช้งานพอร์ทเป็นเอาท์พุท

เมื่อมีการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 0 ให้กับแต่ละบิตของพอร์ททุกพอร์ท ข้อมูลนี้จะถูกส่งให้กับฟลิปฟลอป (Flip-Flop) ซึ่งจะค้างค่านี้ไว้และมีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาท์พุทนั้นทำงาน ดังนั้นขาสัญญาณก็จะมีสภาวะลอจิกเป็นลอจิกต่ำด้วย

ส่วนการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ออกมานั้น ในกรณีที่เป็นการทำงานในแต่ละบิตของพอร์ท 1, 2 หรือ 3 จะทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาท์พุทนั้นหยุดทำงาน มีผลทำให้ขาของสัญญาณเป็นลอจิกสูงด้วยตัวต้านทานที่พูลอัพอยู่ภายในนั้น แต่สำหรับการใช้งานในแต่ละบิตทางพอร์ท 0 จะมีผลแตกต่างออกไป โดยขาสัญญาณจะมีสภาวะอิมพีแดนซ์สูงแทน เนื่องจากไม่มีตัวต้านทานภายในเชื่อมต่ออยู่นั้นเองดังนั้นการใช้งานพอร์ท 0 เป็นการนำข้อมูลออกทางเอาท์พุท จึงจำเป็นต้องใช้ตัวต้านทานภายนอกพูลอัพสัญญาณไว้กับลอจิกสูงแทน

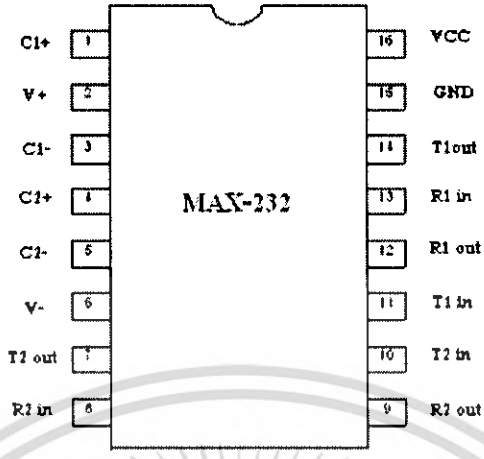
2.3 IC MAX232

เป็นไอซีที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันที่เข้ามาจากพอร์ทอนุกรม (Serial Port) ไปเป็นแรงดันตามมาตรฐานของ RS-232 โดยเปลี่ยนระดับแรงดันทีทีแอล (TTL) เพื่อทำให้ใช้ได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

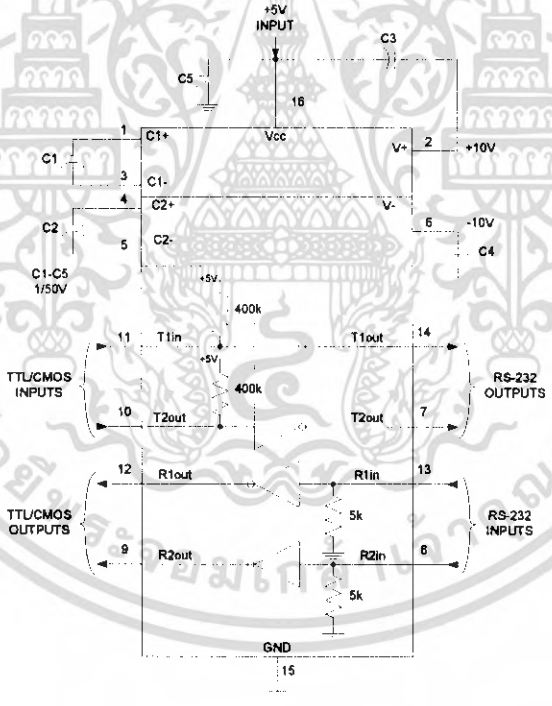
2.3.1 การเชื่อมต่อกับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์

การใช้งานวงจรพอร์ทอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มักนิยมใช้ในการติดต่อเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ทอนุกรมในมาตรฐาน RS-232 เป็นส่วนใหญ่ แต่เนื่องจากระดับสัญญาณของพอร์ทอนุกรม RS-232 มีระดับตั้งแต่ ± 3 ถึง ± 12 โวลต์ ในขณะที่ระดับสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ในระดับทีทีแอล ดังนั้นจึงไม่สามารถเชื่อมต่อพอร์ทอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง จึงต้องอาศัยการเชื่อมต่อผ่านไอซีพิเศษที่ทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญาณ ไอซีที่ทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญาณนี้ต้องทำการแปลงข้อมูลส่งของไมโครคอนโทรลเลอร์จากระดับทีทีแอลไปเป็นระดับของ RS-232 และทำการแปลงข้อมูลที่รับจากคอมพิวเตอร์จากระดับของ RS-232 เป็นระดับทีทีแอลเพื่อให้สามารถถ่ายทอดไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างสมบูรณ์ ไอซีดังกล่าวมีด้วยกันหลายเบอร์จากหลายผู้ผลิต อาทิ MAX232 จาก MAXIM หรือ ICL232 จาก HARRIS เป็นต้น ในรูปที่ 2.3 แสดงการจัดขาของไอซี ICL232 ซึ่งใช้ในการแปลงสัญญาณ RS-232 และรูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างภายในของไอซี ส่วนวงจรของการต่อกับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์แสดงในรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

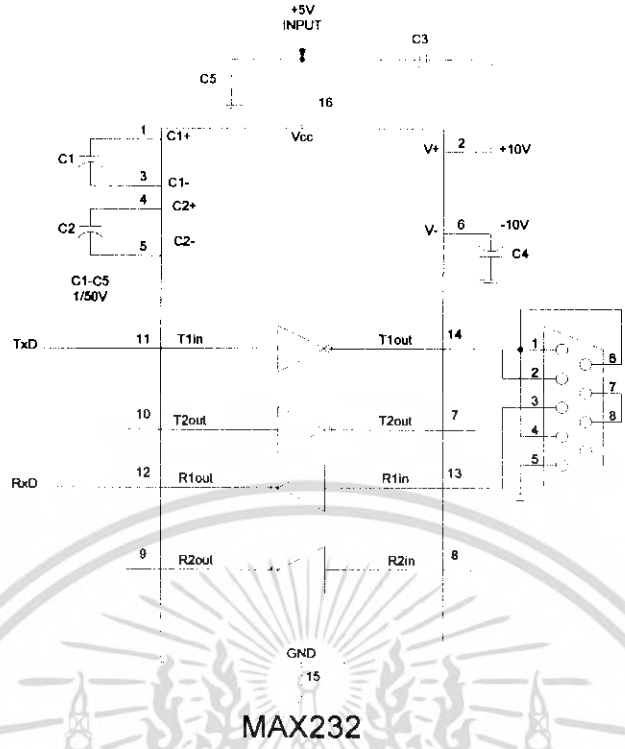


รูปที่ 2.3 การจัดขาของ MAX232 หรือ ICL232



รูปที่ 2.4 โครงสร้างภายในของ MAX232 หรือ ICL232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงวงจรเชื่อมต่อ MAX232 หรือ ICL232 เข้ากับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์DB-9

2.3.2 การสื่อสารพอร์ทอนุกรม RS-232

ลักษณะของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้น ข้อมูลจะส่งออกมาทีละบิต จากตัวส่งไปตัวรับข้อมูล ในการส่งข้อมูลอาจใช้ช่องสัญญาณเพียง 1 หรือ 2 ช่องสัญญาณเท่านั้น ทำให้ค่าใช้จ่ายในการสื่อสารจะถูกกว่าแบบขนาน แต่อัตราการรับส่งข้อมูลจะช้ากว่าแบบขนาน ในการส่งข้อมูลแบบอนุกรมข้อมูลที่ต้องการส่งจะอยู่ในลักษณะเป็นไบต์จะทยอยส่งทีละบิต และทางตัวรับจะต้องรับข้อมูลเข้ามาทีละบิตแล้วมารวมกันเป็นไบต์ซึ่งทางตัวรับต้องคอยตรวจสอบว่าบิตใดเป็นบิตเริ่มต้นหรือบิตสุดท้ายของข้อมูล การตรวจสอบนั้นจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของรหัสของบิตข้อมูลที่ใช้ ซึ่งในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกนั้น จำเป็นจะต้องมีมาตรฐานในการรับส่งข้อมูล ซึ่งมาตรฐานในการรับส่งข้อมูล มาตรฐานที่นิยมมากที่สุดก็คือ มาตรฐาน RS-232

มาตรฐาน RS-232 กำหนดย่านแรงดันไฟฟ้าที่รับ-ส่ง ในสายสัญญาณเป็นดังนี้

TTL Logic	ระดับแรงดัน
“0”	+3V ถึง +15 V
“1”	-3V ถึง -15 V

ตารางที่ 2.2 แสดงการแทนค่าลอจิกด้วยระดับแรงดันของระบบ RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ (PC) ส่วนมากมักมีแหล่งจ่ายไฟขนาด ± 5 โวลต์ และ ± 12 โวลต์ สำหรับเลี้ยงวงจรและอุปกรณ์อื่นๆในระบบ ดังนั้นวงจรไลน์ไดรเวอร์ (Line Driver) ของระบบ RS-232 ที่ใช้อยู่ในคอมพิวเตอร์จึงมักกำหนดเป็น ± 12 โวลต์ เสมอ โดยสัญญาณที่เป็นลอจิก "0" นั้นวงจรภาคไลน์ไดรเวอร์ จะเปลี่ยนเป็น +12 โวลต์ ส่วนลอจิก "1" นั้น ไลน์ไดรเวอร์จะเปลี่ยนเป็น -12 โวลต์ ดังนั้นอุปกรณ์ไลน์ไดรเวอร์ในด้านของภาคส่งต้องเปลี่ยนสัญญาณลอจิก (logic) ให้เป็นระดับแรงดันตามที่กำหนดในตาราง ส่วนวงจรด้านภาครับก็สามารถตรวจจับระดับแรงดันแล้วแปลงกลับเป็นสัญญาณลอจิกได้ถูกต้องด้วย

สำหรับวงจรที่ใช้ในการทดลองนั้นเราเลือกใช้ไอซีไลน์ไดรเวอร์ RS-232 สำเร็จรูป MAX232 ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณทีทีแอลให้เป็นสัญญาณในระดับข้อกำหนดของ RS-232 และยังทำหน้าที่แปลงสัญญาณของ RS-232 ให้กลับมาเป็นสัญญาณทีทีแอลได้ในตัวเดียวกันด้วย

2.3.3 มาตรฐาน RS – 232

เพื่อจะทำให้อุปกรณ์จากผู้ผลิตต่างกันทำงานร่วมกันได้ ภายใต้มาตรฐานหลายชนิดจึงได้รับการออกแบบขึ้น (มาตรฐานที่ใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุดคือ RS-232C) ซึ่งโดยปกติไมโครคอมพิวเตอร์จะมีพอร์ทที่เป็นแบบอนุกรมอยู่ในตัวอยู่แล้วและจะทำหน้าที่รับส่งข้อมูลในแบบอนุกรม โดยการใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้นเท่านั้นคือ ใช้ขาส่ง (TX) ขา (RX) และขากราวด์ เท่านั้น ในการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์นั้นจะใช้คอนเนคเตอร์แบบ DB-9 ตามมาตรฐาน RS-232

หมายเลขขาสัญญาณ	ชื่อของสายสัญญาณ
1	Data Carrier Detect
2	Receive Data
3	Transmitted Data
4	Data Terminal Ready
5	Signal Common
6	Data Set Ready
7	Request To Send
8	Clear To Send
9	Ring Indicator

ตารางที่ 2.3 รายละเอียดการต่อคอนเน็กเตอร์แบบ DB9 มาตรฐาน RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขา 1 (Data Carrier Detect Circuit CF, DCD) ขานี้รู้จักกันในนามของ Receive Line Signal Detect (RLSD) หรือขา Carrier Detect (CD) สัญญาณนี้จะเกิดแอกทีฟเมื่อเกิดสัญญาณพาหะที่เหมาะสมระหว่างอุปกรณ์ DCE ที่สถานีกับที่อยู่ในระยะไกล เมื่อสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะ "OFF" สัญญาณที่ขา RD ควรจะถูกทำให้ค้างอยู่ในสภาวะ "Mark" (สถานะ "1" ในเลขฐานสอง)

- ขา 2 (Receive Data Circuit BB, RD) สัญญาณที่ขานี้จะถูกสร้างจากอุปกรณ์ DCE กระแสบิตอนุกรมนี้จะกำเนิดขึ้นที่อุปกรณ์ DTE ปลายทาง และเป็นผลผลิตของวงจรรับข้อมูลของอุปกรณ์ DCE สัญญาณนี้มักเป็นข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นโดยอุปกรณ์ DCE

- ขา 3 (Transmitted Data Circuit BA, TD) เป็นขาสัญญาณข้อมูลที่ออกจากอุปกรณ์ DTE กระแสบิตอนุกรมจากขานี้ คือข้อมูลที่ถูกถ่ายทอดไปโดยโมเด็ม หรือถูกถอดรหัสโดยอุปกรณ์ DCE

- ขา 4 (Data Terminal Ready Circuit CD, DTR) สัญญาณ DTR ถูกใช้ในการควบคุมการสวิตช์อุปกรณ์ DCE เข้ากับตัวกลางในการสื่อสารสัญญาณ DTR ON บ่งชี้ว่าอุปกรณ์ DCE ที่กำลังต่อเชื่อมกันอยู่ก็ยังต่อร่วมกัน และถ้ายังไม่มีการเชื่อมต่อกันก็สามารถทำให้มีการเชื่อมต่อกันครั้งใหม่ได้ ปกติแล้วสัญญาณ DTR จะอยู่ในสภาวะ "OFF" เพื่อกระตุ้นให้เกิดภาวะ "ON HOOK" (วางสาย) อุปกรณ์ DCEโดยปกติแล้วจะตอบสนองต่อการกระตุ้นจากสัญญาณ DTR โดยการทำให้สัญญาณ DSR แอกทีฟ

- ขา 5 (Signal Common Circuit AB) ขานี้จะให้สัญญาณอ้างอิงของกราวด์ร่วมกันสำหรับวงจรการแลกเปลี่ยนข้อมูลทั้งหมด

- ขา 6 (Data Set Ready Circuit CC, DSR) ถ้าสัญญาณนี้ถูกทำให้อยู่ในสภาวะ "OFF" ก่อน ก็จะสรุปว่าการสื่อสารนั้นสิ้นสุดลง

- ขา 7 (Request to Send Circuit CA, RTS) สัญญาณนี้จะเตรียมพร้อมอุปกรณ์ DCE สำหรับการทำการส่งข้อมูลเมื่อสัญญาณ RTS อยู่ในสภาวะ "ON" จะทำให้อุปกรณ์ DCE อยู่ในโหมดส่งข้อมูล (Transmit mode) ในขณะที่สัญญาณนี้อยู่ในสภาวะ "OFF" ทำให้อุปกรณ์ DCE อยู่ในโหมดรับข้อมูล (Receive mode) สัญญาณนี้จะถูกใช้ร่วมกับสัญญาณ DTR, DSR และ DCD ขาสัญญาณ RTS จะถูกใช้อย่างมากในการควบคุมการไหลของข้อมูล

- ขา 8 (Clear to Send Circuit CB, CTS) สัญญาณนี้จะตอบรับกลับไปยังอุปกรณ์ DTE เมื่อได้รับสัญญาณ RTS และข้อมูลสามารถถูกส่งออกไปได้ ข้อมูลจะถูกส่งออกไปตามตัวกลางที่ใช้สื่อสารได้ ก็ต่อเมื่อสัญญาณ CTS นี้ อยู่ในสภาวะ "ON" เท่านั้น

- ขา 9 (Ring Indicator Circuit CE, RI) สภาวะ "ON" ของขานี้จะบ่งชี้ว่า ได้รับสัญญาณเรียกจากตัวกลางในการสื่อสาร โดยปกติแล้วจะขึ้นอยู่กับโปรแกรมควบคุมในการที่จะทำให้เกิดสัญญาณนี้ขึ้นหรือไม่

2.4 เซนเซอร์

เซนเซอร์ คือตัวอุปกรณ์วัดสภาพสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความเข้มแสง ความดัง หรือความถี่ของเสียง แบบสัมผัสความชื้นหรือความเอียง เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันนี้มีให้เลือกมากมายขึ้นอยู่กับความต้องการว่าต้องการความแม่นยำ ความถูกต้อง ราคา หรือความพอใจเป็นสำคัญ ในปัจจุบันมีเซนเซอร์หลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดด้วยกันที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้เรียนรู้และค้นหาวัตถุต่างๆ ที่อยู่รอบๆ ตัวไม่ว่าจะเป็นแบบหน้าสัมผัส (Contact Switch) หรืออาจจะใช้คลื่นแสงและเสียงในการค้นหาสิ่งกีดขวางโดยเลือกใช้เซนเซอร์ประเภทแสงชนิดอินฟราเรด (Infrared) ซึ่งเป็นแสงที่มนุษย์มองไม่เห็นเนื่องจากการมองเห็นวัตถุสิ่งของต่างๆของมนุษย์ส่วนใหญ่ก็เกิดจากการที่แสงตกกระทบวัตถุแล้วสะท้อนเข้าตา ดังนั้นเราสามารถนำคุณสมบัติการสะท้อนของแสงมาพัฒนาเพื่อใช้ในค้นหาวัตถุได้

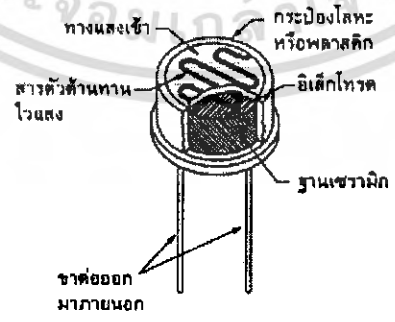
2.4.1 อินฟราเรดเซนเซอร์ (Infrared Sensor)

อินฟราเรดเป็นแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 780-3000 นาโนเมตร ซึ่งเป็นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงเป็นที่นิยมที่จะนำมาใช้ในการสื่อสารหรือตรวจจับสิ่งของต่างๆ เพราะปัญหาการรบกวนของสัญญาณของแสงอื่นๆ มีน้อย อีกทั้งการสร้างวงจรที่ใช้ในระบบอินฟราเรดสามารถสร้างได้ง่ายไม่มีความซับซ้อนมากนักและสัญญาณส่งมีความน่าเชื่อถือที่สูงเหมาะต่อการนำไปใช้งาน

โดยในระบบอินฟราเรดจะต้องมีเครื่องส่งและเครื่องรับ ซึ่งการสร้างเครื่องส่งนั้นก็เพียงแค่ให้มีการส่งแสงออกมาในช่วงความถี่ที่สูงกว่าความถี่ทั่วๆ ไปของแสงธรรมดา คือต้องมากกว่า 20 kHz โดยจะใช้อินฟราเรดไลต์อีมิตติ้งไดโอด (IR LED) เป็นตัวขับแสงอินฟราเรด ส่วนการสร้างเครื่องรับนั้นเราก็จะใช้โฟโต้ไดโอด หรือโฟโต้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวรับแสง โดยที่ทั้งเครื่องรับและเครื่องส่งจะต้องมีความถี่เท่ากัน เพราะถ้าไม่เท่ากันจะทำให้การตรวจจับสัญญาณได้ไม่ตรง แต่สำหรับโครงงานนี้จะใช้คุณสมบัติของตัวโฟโต้ไดโอด ที่เมื่อมีแสงมาตกกระทบมันแล้วจะทำให้ปริมาณของกระแสที่วิ่งผ่านโฟโต้ไดโอดมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มของแสงทำให้แรงดันที่ตกคร่อมโฟโต้ไดโอดมีค่ามากตามไปด้วย

2.4.2 LDR (Light Dependent Resistor)

ตัว LDR เรียกได้อีกหลายชื่อ เช่น โฟโต้คอนดักติฟเซล (photoconductive cell) หรือตัวต้านทานไวแสง (LSR - light sensitive resistor) ส่วนใหญ่จะทำด้วยสารแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) หรือไม่ก็แคดเมียมซีนิไนด์ (CdSe) ซึ่งทั้งสองตัวนี้ก็เป็นสารประเภทกึ่งตัวนำเอามาฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบไว้ออกมา



รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะรูปร่างของ LDR

จากรูปที่ 2.6 ส่วนที่ขดเป็นแนวเล็กๆ สีดำทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไวแสง และแนวสีดำจะแบ่งพื้นที่ของตัวมันออกเป็น 2 ข้าง ซึ่งถ้าดูของจริงจะเห็นสีออกสีทองนั้นจะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ทำหน้าที่สัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับตัวต้านทานไวแสงเป็นที่สำหรับต่อขาออกมาภายนอกหรือเรียกว่าอิเล็กโทรด ที่เหลือก็จะเป็นฐานเซรามิก และอุปกรณ์สำหรับห่อหุ้มมันซึ่งมีได้หลายรูปแบบ ส่วนการทำงานของ LDR ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำ เวลามีแสงตกกระทบลงไปก็จะถ่ายทอดพลังงานให้กับสารที่ฉาบอยู่ทำให้เกิดโพล (pole) กับอิเล็กตรอน (electron) วิ่งไปมา การที่มีโพลกับอิเล็กตรอนอิสระนี้มากขึ้นก็ทำให้ความต้านทานลดลงยิ่งความเข้มของแสงที่ตกกระทบมากเท่าไรความต้านทานก็ยิ่งลดลงมากเท่านั้น ส่วนแสงที่จะมาตกกระทบนั้นจะเป็นได้เฉพาะแสงในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 4,000 อังสตรอม (1 อังสตรอม เท่ากับ 10^{-10} เมตร) ถึงประมาณ 10,000 อังสตรอม เท่านั้น (สายตาคนจะเห็นได้ ในช่วงประมาณ 4,000 อังสตรอม ถึง 7,000 อังสตรอม) ซึ่งก็เป็นเพียงช่วงคลื่นแคบๆ เมื่อเทียบกับการทำงานของอุปกรณ์ไวแสงประเภทอื่นๆ อย่างไรก็ตามช่วงคลื่นในช่วงนี้ก็มีอยู่ในแสงอาทิตย์ แสงจากหลอดไฟแบบไส้ และแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ และความยาวคลื่นที่ LDR จะตอบสนองไวที่สุดก็มีอยู่หลายช่วงความยาวคลื่น ซึ่งโดยทั่วไป LDR ที่ทำจากแคดเมียมซัลไฟด์จะไวต่อแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 5,000 อังสตรอม แต่สำหรับ LDR บางตัวความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของมันใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของตาคนมาก (ตาคนไวต่อความยาวคลื่น ประมาณ 5,550 อังสตรอม) ตัว LDR ที่ทำจากแคดเมียมซีลิไนด์ก็จะไวต่อความยาวคลื่นในช่วง 7,000 อังสตรอมซึ่งอยู่ในช่วงของแสงอินฟราเรด

2.5 ทฤษฎีของภาพดิจิตอล

2.5.1 องค์ประกอบภาพ

ภาพเป็นกระบวนการทางแสง (Optical Proccss) ซึ่งเกิดจากพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic spectrum) หลายๆ ช่วงความถี่ เช่น แสงธรรมดา รังสีเอ็กซ์เรย์ (X-ray) รังสีอินฟราเรด (Infrared) เป็นต้น และพลังงานเสียง เช่น อัลตราซาวน์ (Ultrasound) ตกกระทบวัตถุแล้วสะท้อนกลับมาสู่ประสาทตาของมนุษย์ หรือ อุปกรณ์ตรวจรับ เช่น เซนเซอร์ (sensor) ในทางเทคนิคข้อมูลภาพดิจิตอล ก็คือ ฟังก์ชั่น 2 มิติ คือ $f(x, y)$ ของค่าความเข้มแสง โดยที่ x และ y คือค่าที่บอกถึงตำแหน่งในระบบพิกัดฉาก และค่าของฟังก์ชั่น ณ ตำแหน่งใดๆ จะเป็นสัดส่วนกับความสว่างของแสง ณ ตำแหน่งนั้น ซึ่งถ้าหากทำการตัดภาพมาสักภาพหนึ่งแล้วขยายให้ใหญ่ขึ้นด้วยกล้องหรือแว่นขยาย จะพบว่าภาพมีองค์ประกอบมาจากจุดสีขาวและสีดำจำนวนมากมาเรียงประกอบขึ้นเป็นภาพ ซึ่งจุดเหล่านี้เองเรียกว่า องค์ประกอบของภาพ หรือ พิกเจอร์อิลีเมนท์ (Picture Element) หรือ จุดพิกเซล (Pixel) ในทำนองเดียวกัน ภาพที่ปรากฏบนจอโทรทัศน์ประกอบด้วยเส้นขวางเล็กๆ ในแนวนอนรวมอยู่ เส้นเหล่านี้เองได้มาจากการกวาดลำแสง (Scan) ซึ่งเส้นสแกนเหล่านี้ก็คือ องค์ประกอบภาพเช่นเดียวกัน ตัวอย่างของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่นิยมใช้ได้แก่

1. ช่วงแสงที่ตามองเห็น (Visible Light) ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่มีความยาวอยู่ในช่วงประมาณ 400-700 นาโนเมตร โดย จะแบ่งเป็นช่วงสี เช่น ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร เป็นช่วงของสีเขียวและความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร เป็นช่วงสีแดงซึ่งเป็นช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีการใช้งานมากที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงของแสงที่เราใช้ในการถ่ายภาพทั่วๆ ไปในชีวิตประจำวัน ตัวอย่างการใช้งาน เช่น การตรวจสอบความสมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์ในโรงงาน เช่น การตรวจหาเม็ดยาที่หายไปจากแพ็คยา ตรวจเช็ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำในขวดว่าเต็มหรือไม่ ตรวจสอบหาฟองอากาศในชิ้นงาน ตรวจหาชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่หายไปบนบอร์ด นอกจากใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมแล้วยังนำมาใช้ในการตรวจวิเคราะห์ เช่น การตรวจสอบภาพถ่ายลายนิ้วมือหรือการทำการรู้จำทะเบียนรถ ซึ่งข้อมูลพวกนี้จะถูกเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้งานต่อไป

2. ช่วงแสงอินฟราเรด (Infrared Band) มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 10^{-6}- 10^{-4} เมตร จะเป็นช่วงคลื่นที่แผ่ออกมาจากวัตถุที่มีความอุ่นอยู่ในตัวดังนั้นเราสามารถใช้คลื่นในช่วงความยาวนี้เพื่อตรวจจับมนุษย์หรือวัตถุที่มีอุณหภูมิในตัวได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้สำหรับสร้างภาพถ่ายจากดาวเทียมได้ เช่น ภาพถ่ายสภาพเมฆ สำหรับวิเคราะห์สภาพอากาศโดยกรมอุตุนิยมวิทยา หรือภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อใช้ตรวจสอบแหล่งทรัพยากร เช่น แร่ธาตุ แหล่งน้ำ พืชผล ป่าไม้

3. ช่วงแสงไมโครเวฟ (Microwave Band) มีความยาวคลื่นในช่วงประมาณ 10^{-4}- 10^{-2} เมตร การใช้งานของคลื่นไมโครเวฟ ในการสร้างภาพเรดาร์ (radar) ตัวอย่างงาน เช่น เทคนิคในการถ่ายภาพที่เรียกว่า Synthetic aperture radar (SAR) ซึ่งทำการสร้างแหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟเสมือนขึ้นในช่วงความยาวคลื่นเพื่อตรวจสอบสถานที่ในการใช้เรดาร์แบบนี้จะไม่ถูกรบกวนโดยก้อนเมฆที่ปกคลุมพื้นที่อยู่ เช่น ในการตรวจสอบพื้นผิวของดาวีนัส หรือใช้ในการถ่ายภาพเพื่อวิเคราะห์สภาวะอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา

4. ช่วงแสงอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet Band) มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 10^{-8}-10^{-7} เมตร (10-100 นาโนเมตร) ใช้กับงานพวกการตรวจสอบความผิดพลาดของการผลิตในโรงงาน ถ่ายภาพจากกล้องไมโครสโคป (microscope) ถ่ายภาพสำหรับงานทางชีวภาพ และการถ่ายภาพสังเกตการณ์ทางอวกาศ งานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุดในขณะในขณะนี้ คือการใช้รังสีอัลตราไวโอเลตสำหรับถ่ายภาพจากกล้องจุลทรรศน์เมื่อมีรังสีอัลตราไวโอเลตมาตกกระทบ ถึงแม้ว่ารังสีอัลตราไวโอเลตจะไม่อยู่ในช่วงที่สามารถมองเห็นได้ แต่เมื่อโฟตอน (photon) จากรังสีอัลตราไวโอเลตนั้นวิ่งไปชนกับอิเล็กตรอนในอะตอมของสารฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent) ตัวอิเล็กตรอนจะมีพลังงานสูงขึ้น หลังจากนั้นอิเล็กตรอนจะค่อยๆ ปล่อยพลังงานออกมาเป็นแสงในช่วงความยาวคลื่นของแสงที่ตาสามารถมองเห็นได้ ซึ่งตัวกล้องจุลทรรศน์จะมีตัวกรองแสงที่ปล่อยออกมานี้ เพื่อให้ตามองเห็นหรืออุปกรณ์ตรวจจับสามารถตรวจจับได้

5. ช่วงแสงรังสีเอ็กซ์เรย์ (X-ray) มีความยาวคลื่นประมาณ 10^{-10} เมตร (0.1 นาโนเมตร) จะเห็นว่ายิ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความยาวคลื่นสั้นเท่าไหร่ จะมีการแพร่กระจายรังสีหรือมีพลังงานมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งคลื่นในช่วงรังสีเอ็กซ์เรย์นี้จะมีพลังงานมากพอที่จะแทรกซึมผ่านสสาร โดยปกติการใช้ภาพจากรังสีเอ็กซ์เรย์จะใช้กันในวงการแพทย์เพื่อใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติในร่างกายของคนไข้และใช้สำหรับถ่ายภาพทางอวกาศ

6. ช่วงแสงรังสีแกมมา (Gamma-Ray) ซึ่งมีความยาวคลื่นประมาณ 10^{-12} นาโนเมตร โดยทั่วไปจะใช้สำหรับทางการแพทย์และการสังเกตการณ์ทางอวกาศ ในกรณีการใช้ตรวจผู้ป่วยแพทย์จะฉีดสารที่ปล่อยรังสีแกมมาออกมาได้เข้าไปในตัวผู้ป่วยซึ่งสารที่ฉีดเข้าไปนี้จะถูกดูดซึมได้ในปริมาณที่ต่างกันขึ้นกับชนิดของเนื้อเยื่อในร่างกาย หลังจากฉีดสารนี้เข้าไปในร่างกายของผู้ป่วยแล้วจะใช้กล้องซึ่งทำหน้าที่รับโฟตอนจากรังสีแกมมา ซึ่งปล่อยออกมาจากเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกายแล้วนำมาสร้างเป็นภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ช่วงแสงความถี่คลื่นวิทยุ (Radio Band) เป็นความถี่คลื่นวิทยุ ซึ่งมีการใช้งานทางการแพทย์และการใช้งานสำหรับมนุษย์อวกาศ สำหรับการใช้งานในทางการแพทย์เป็นที่รู้จักกันดี คือการถ่ายภาพลักษณะรายละเอียดกระดูกของคนใช้ โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า MRI (Magnetic Resonance Imaging) ซึ่งทำได้โดยการให้ส่วนของร่างกายของผู้ป่วยที่ต้องการถ่ายภาพกระดูกอยู่ในสนามแม่เหล็ก แล้วยิงคลื่นวิทยุเป็นช่วงสั้นๆ หลายๆ ช่วงให้ผ่านร่างกายส่วนนั้นแต่ละช่วงจะทำให้เนื้อเยื่อต่างๆ ของผู้ป่วยปล่อยสัญญาณวิทยุออกมา โดยตำแหน่งของสัญญาณตอบสนอง และความเข้มของสัญญาณจะถูกตรวจสอบโดยคอมพิวเตอร์แล้วนำสัญญาณตอบสนองที่รับมานี้สร้างเป็นภาพสองมิติ

2.5.2 รูปร่างของภาพ (Image Shape) และ แพทเทิร์น (Patterns and Patterns Classes)

วัตถุที่มีอยู่ตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้นมีรูปร่างที่แตกต่างกันไป ทั้งที่เป็นรูปทรงเรขาคณิตและไม่เป็นรูปเรขาคณิต ในการประมวลผลภาพนั้นการกำหนดขอบเขตของภาพทุกภาพให้อยู่ในรูปสี่เหลี่ยม (Rectangular image model) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากทำให้การอ่านภาพ การจัดเก็บข้อมูลภาพในหน่วยความจำ และการแสดงภาพออกทางอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แพทเทิร์น (pattern) เป็นการจัดเรียงรูปแบบลักษณะจุดเด่นของข้อมูลภาพ ซึ่งนำมาใช้ในการจดจำรูปร่าง แพทเทิร์นคลาส (pattern class) เป็นรูปร่างของแพทเทิร์นต่างๆ ที่มีคุณลักษณะเหมือนกันในบางส่วน แพทเทิร์นคลาสถูกกำหนดโดยค่า $W_1, W_2, ..., W_w$ เมื่อ W เป็นตัวเลขอันดับของคลาส เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการจดจำลักษณะรูปร่างแพทเทิร์นโดยเครื่องจักร จะเกี่ยวข้องกับเทคนิคการจัดแพทเทิร์นต่างๆ ให้เข้ากับคลาสของตัวมันเอง ซึ่งเป็นระบบการจัดการอัตโนมัติที่ใช้มนุษย์เข้าไปควบคุมเพียงเล็กน้อย โดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ในการจัดแพทเทิร์นที่ใช้ในทางปฏิบัติ คือแพทเทิร์นเวกเตอร์ (pattern vector) สำหรับการบ่งบอกเชิงปริมาณและแพทเทิร์นสตริงทรี (pattern strings trees) สำหรับการบ่งบอกโครงสร้าง

2.5.3 การรับภาพและแปลงภาพ (Image Sensing and acquisition)

การรับภาพจากตัวเซนเซอร์ของกล้องและแปลงสัญญาณภาพให้เป็นภาพถ่ายดิจิตอล โดยขั้นตอนการแปลงสัญญาณภาพนี้จะมีการทำแซมปลิ้ง (sampling) สัญญาณภาพที่ได้รับ จากนั้นนำค่าที่ได้ในแต่ละพิกเซลมาทำการควอนไตซ์ (quantize) เพื่อแปลงค่าจำนวนจริงที่เป็นดิสครีท (discrete) ที่ได้จากการแซมปลิ้งให้เป็นค่าจำนวนเต็มดิสครีท จากนั้นจะนำจำนวนเต็มนี้มาแปลงเป็นเลขฐานสองด้วยขั้นตอนการสร้างภาพไบนารี (Binary representation) ขั้นตอนการแซมปลิ้งและควอนไตเซชั่นนี้จะต้องมีการดำเนินการในลักษณะที่ลดความผิดเพี้ยนที่เกิดจากตัวเซนเซอร์เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณภาพ

จากที่กล่าวมาแล้วว่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นต่างๆ นั้นเราสามารถนำใช้เพื่อสร้างภาพได้ แต่การที่จะรับภาพเหล่านั้นจำเป็นจะต้องมีตัวเซนเซอร์ที่เหมาะสมเพื่อที่จะตรวจรับสัญญาณตอบสนองที่ได้รับมา (Image sensing) เพื่อแปลงให้เป็นภาพสองมิติได้ หรือเรียกว่าเทคนิคการสร้างภาพ (Image acquisition) รูปแบบของภาพที่เราสนใจนั้นเป็นส่วนผสมระหว่างแหล่งกำเนิดความเข้มแสงและการสะท้อนหรือการดูดซับพลังงานจากแหล่งกำเนิดพลังงานของสสารที่อยู่ในสถานที่ๆ ต้องการถ่ายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 การแซมปลิ้งและควอนไตเซชั่น (Image Sampling and Quantization)

สัญญาณภาพที่ได้รับมาจากตัวเซนเซอร์เป็นสัญญาณต่อเนื่อง เพื่อสร้างภาพดิจิตอลเราจำเป็นจะต้องมีการแปลงสัญญาณต่อเนื่องนี้ให้อยู่ในรูปของดิจิตอลเป็นรูปแบบของตัวเลข โดยภาพอนาลอกถูกแบ่งเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็กๆ เรียกว่า พิกเซล (Pixel) ซึ่งในแต่ละพิกเซลจะถูกระบุด้วยค่าระดับสีเทาของพิกเซลนั้นๆ และเราสามารถแปลงภาพเป็นข้อมูลภาพแบบดิจิตอล โดยใช้ขั้นตอนในการแปลงสองขั้นตอนคือแซมปลิ้งและควอนไตเซชั่น เพื่อที่จะประมวลผลสัญญาณด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ฟังก์ชันของภาพ $f(x,y)$ จะถูกทำให้สัญญาณไม่ต่อเนื่องทั้งระนาบของภาพ ซึ่งเราเรียกว่าการสุ่มภาพหรือการแซมปลิ้ง ผลของฟังก์ชันที่ได้เรียกว่า การควอนไตซ์ระดับสีเทา (Gray Level Quantization) ก็จะได้ข้อมูลที่เป็นดิจิตอล

Sampling Process

การแซมปลิ้ง เป็นขั้นตอนในการวัดค่าของฟังก์ชั่นสัญญาณภาพในดิสครีทโดยแต่ละค่าที่วัดได้เรียกว่า แซมเปิล (Sample) จะสัมพันธ์กับพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสของภาพ ที่เรียกว่าพิกเซลโดยที่ภาพดิจิตอลนั้นจะเป็นอะเรย์ 2 มิติของพิกเซลเหล่านี้ โดยตำแหน่งของพิกเซลนี้ถูกระบุด้วยพิกัด (x,y) ซึ่งมีค่าเป็นเลขจำนวนเต็ม ค่าในแนวแกน Y จะแทนพิกัดหรือตำแหน่งแถวของพิกเซล และค่าในแนวแกน X จะแทนตำแหน่งของพิกเซลในคอลัมน์ โดยปกติสำหรับกล้องถ่ายภาพดิจิตอลจะมีขนาด 1024 x 768 หรือ 1280 x 1024 พิกเซล เป็นต้น ขนาดนี้ถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้เหมาะสมในการแสดงภาพบนจอมาตรฐานที่ใช้ในอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งความละเอียดของภาพดิจิตอลนี้จะมากกว่าความละเอียดของภาพวีดีโอซึ่งขนาดทั่วไปคือ 640 x 480 พิกเซล ซึ่งถูกกำหนดไว้ด้วยอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างเท่ากับ 4:3 ด้วย

คำว่า *"spatial resolution"* ในที่นี้หมายถึงความละเอียดในแนวพิกัด (x,y) ซึ่งเป็นขนาดจริงของข้อมูลภาพ (จำนวนของจุดในแนวราบต่อจุดในแนวตั้ง) ของรูปในขณะที่ความละเอียดของรูปไม่จำเป็นต้องเท่ากับขนาดความละเอียดที่แสดงได้ และหน่วยความจำรูปจะมีความละเอียดสูงกว่าความละเอียดที่แสดงได้ (Display Resolution) รูปบางครั้งมีขนาดใหญ่ทั้งที่อยู่ในระบบหน่วยความจำ ภาพที่มีความละเอียดสูงจะเป็นภาพที่มีจำนวนแซมปลิ้งหนาแน่นมาก ส่วนภาพที่มีความละเอียดต่ำจะมีจำนวนแซมปลิ้งหยาบหรือกระจายห่างกันมาก ซึ่งแต่ละพิกเซลจะแทนพื้นที่กว้างมากขึ้นในภาพ

ในการกำหนดอัตราการแซมปลิ้ง (sampling rate) นั้นตามทฤษฎีของไนควิส (Niquist) แล้วจะกำหนดความถี่ในการแซมปลิ้ง (sampling frequency) ต้องมากกว่า 2 เท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณ ความถี่ของสัญญาณในที่นี้คือ การเปลี่ยนแปลงของค่าสัญญาณที่ได้รับจากตัวเซนเซอร์ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มของแสงในแต่ละตำแหน่งของภาพนั่นเอง ดังนั้นถ้าภาพมีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณน้อยๆ หรือภาพที่มีรายละเอียดน้อย (มีพื้นที่ที่เรียบค่อนข้างมาก) ก็สามารถทำการแซมปลิ้งหยาบได้ แต่ถ้าภาพมีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอย่างรวดเร็วในระยะเวลาอันสั้นหรือมีรายละเอียดของภาพมากจะต้องทำการแซมปลิ้งอย่างละเอียดและมีการแซมปลิ้งอย่างหนาแน่น แต่ถ้าไม่เป็นไปตามทฤษฎีของไนควิสแล้วจะทำให้เกิดผลกระทบหรือปรากฏการณ์ที่เรียกว่า เอเลียสซิ่ง (aliasing) ซึ่งหมายถึงการที่สัญญาณที่สร้างจากสัญญาณที่ถูกแซมปลิ้ง หรือค่าของสัญญาณที่วัดได้จะผิดเพี้ยนไปจากที่ควรจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
72148

ในความเป็นจริงแล้วเราไม่สามารถที่จะรู้ล่วงหน้าได้ว่าภาพฯ นั้นมีความถี่ของสัญญาณสูงสุดเท่าไหร่ ทำให้เราไม่สามารถกำหนดขนาดจริงของข้อมูลภาพหรือความถี่ในการแซมปลิ้งได้ล่วงหน้า ส่วนใหญ่แล้วค่าของขนาดจริงของข้อมูลภาพหรือความถี่ในการแซมปลิ้งจะถูกกำหนดไว้แล้ว แต่จะมีการกำจัดปรากฏการณ์เอเลียสซิ่ง โดยใช้ขั้นตอนการทำการกรองสัญญาณอีกขั้นหนึ่งเพิ่มเข้ามาในตัวอุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อทำให้สัญญาณภาพที่ได้เป็นไปตามทฤษฎีของไนควิส

Quantization

หลังจากการแซมปลิ้งเราจะได้ค่าของขนาดของสัญญาณ ณ ตำแหน่งที่ต้องการซึ่งขนาดของสัญญาณนี้จะเป็นค่าที่เป็นจำนวนจริงซึ่งเป็นค่าใดๆ ก็ได้ ดังนั้นเพื่อทำค่าตัวเลขจำนวนจริงที่ได้นี้ให้เป็นจำนวนจริงเต็ม เทคนิคนี้เราเรียกว่า การควอนไตเซชั่น ซึ่งค่าจำนวนเต็มนี้จะเป็นค่าลำดับขั้นของการควอนไตซ์ ถ้าจำนวนขั้นมากขึ้นเท่าไหร่เราจะแทนค่าของสัญญาณได้ถูกต้องมากขึ้นเท่านั้น

โดยทั่วไปการแบ่งค่าของสัญญาณให้เป็น n ช่วง ซึ่งแต่ละช่วงจะแทนด้วยค่าจำนวนเต็มตั้งแต่ 0 ถึง n-1 ซึ่งแทนค่าในการแสดงผลบนจอภาพไล่จากสีขาวไปจนถึงสีดำโดยระหว่างจะเป็นสีเฉดสีเทาที่แตกต่างกันไปตั้งแต่เทาอ่อนใกล้สีขาวจนถึงสีเทาเข้มใกล้สีดำ ซึ่งจำนวนขั้นในการควอนไตซ์เรียกว่าจำนวนขั้นของสีเทา (gray level) โดยค่าของจำนวนขั้นของสีเทาทุกขั้นซึ่งค่อยๆ เปลี่ยนค่าจากสีดำเป็นขาวนี้เราเรียกว่า เกรย์สเกล (grayscale)

รูปที่ 2.7 แสดงระดับขั้นของเกรย์สเกล

เพื่อให้สะดวกและมีประสิทธิภาพในการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ จำนวนขั้นของสีเทา (quantization level) นี้จะมีค่าเป็นจำนวนเต็มที่แทนค่าด้วยเลขยกกำลังสองได้ ค่าของจำนวนขั้นนี้สามารถเขียนได้ดังนี้

$$n = 2^b \tag{2.1}$$

โดยที่ b เป็นจำนวนบิตที่ใช้ในการทำควอนไตซ์ โดยทั่วไปค่าของ b จะเท่ากับ 8 ซึ่งจะให้ภาพมีจำนวนขั้นของเฉดสีเทา 256 ขั้น ในช่วงค่า 0 (แทนสีดำ) และ 255 (แทนสีขาว) แต่สำหรับภาพถ่ายในทางการแพทย์หรือภาพถ่ายอวกาศจำเป็นจะต้องแสดงรายละเอียดค่อนข้างมาก จำนวนขั้นหรือจำนวนบิตสำหรับทำควอนไตซ์ ที่ใช้ก็ต้องการมากขึ้นด้วยโดยปกติจะใช้ 10-12 บิต

ผลจากการควอนไตซ์ด้วยจำนวนบิตที่แตกต่างกันจะให้คุณภาพของภาพที่แตกต่างกัน ภาพที่มีการควอนไตซ์หยาบหรือมีจำนวนขั้นน้อยจะได้ภาพที่มีคุณภาพต่ำ ซึ่งจะมีผลทำให้ภาพที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงของสีไม่ต่อเนื่อง ซึ่งจะทำให้เกิดการกระโดดของสีในพื้นที่ติดกันในภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดข้อมูลของภาพ หรือจำนวนบิตที่ใช้สำหรับแต่ภาพนั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดจริงของข้อมูลภาพหรือจำนวนตำแหน่งในการแซมปลิ้งสัญญาณภาพและจำนวนขั้นในการทำควอนไตซ์นั่นเอง สมมติว่าสัญญาณภาพต่อเนื่อง $f(x,y)$ ถูกดิจิตอลในระนาบ X และ Y เป็นช่วงเท่าๆกันเราสามารถจัด $f(x,y)$ ให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ขนาด M x N ได้ดังสมการที่ 2.2

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

ซึ่งข้อมูลทางขวาของสมการจะเรียกได้ว่าเป็นข้อมูลภาพดิจิตอล จากขบวนการสร้างภาพดิจิตอลดังข้างต้นจะเห็นได้ว่าเราสามารถหาขนาดของความละเอียดของภาพ พิกเซล และจำนวนระดับเกรย์สเกล ในทางปฏิบัติการทำควอนไดเซชันในระบบภาพดิจิตอลจะมีค่าดังสมการที่ 2. 3 ซึ่งขนาดของข้อมูล ภาพ Pb จะเป็นดังนี้

$$Pb = M \times N \times b \tag{2.3}$$

โดยที่ค่า M เป็นจำนวนแถวของภาพ(ตามแกน x)

N เป็นจำนวนคอลัมน์ (ตามแนวแกน y)

และค่า b เป็นจำนวนบิตที่ใช้เพื่อทำควอนไตซ์

ค่าของสัญญาณ ตัวอย่างเช่น ถ้าภาพมีขนาด หรือความละเอียด 1024 x 1024 และต้องการแทนค่าด้วยเลขฐานสอง 8 บิต ซึ่งจะมีค่าได้ในช่วง 256 ค่าในแต่ละจุดที่ทำการแซมปลิ้ง ดังนั้นภาพนี้จะมีขนาดของข้อมูลภาพถึง 1024 x1024 x 8 = 8,388,608 บิต จะเห็นว่าภาพยิ่งมีความละเอียดของภาพสูงเท่าไหร่ขนาดของข้อมูลภาพก็จะใหญ่ขึ้นเท่านั้น ดังนั้นการประมวลผล การจัดส่ง หรือแม้กระทั่งการจัดเก็บข้อมูลในหน่วยความจำ สำหรับข้อมูลที่มีขนาดใหญ่มากนั้นจะต้องใช้เวลานานมาก ดังนั้นเพื่อลดเวลาในการดำเนินการและจัดการกับข้อมูลภาพจึงได้มีการคิดค้นอัลกอริทึมในการบีบอัดข้อมูล เพื่อลดขนาดของข้อมูลภาพลง ซึ่งทำให้เวลาที่ใช้ในการจัดการข้อมูลภาพลดลงไปด้วย

2.5.5 ลักษณะการจัดเก็บข้อมูลภาพแบบดิจิตอล

โดยทั่วไปแล้วข้อมูลภาพจะมีความเข้มตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไป ซึ่งนิยมใช้ค่าระดับความเข้มของจุดภาพเท่ากับ 256 ระดับ ทำให้ค่าของจุดภาพอยู่ในช่วง (0-255) โดยใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลขนาด 1 ไบต์ หรือ 8 บิต สำหรับข้อมูล 1 จุดภาพ ในกรณีที่ต้องการภาพที่มีความละเอียดของระดับความเข้มสูงๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจจะต้องการจำนวนบิตสำหรับการเก็บข้อมูลมากกว่า 8 บิต คืออาจจะเป็น 16 หรือ 24 บิต โดยจะแยกความแตกต่างของแต่ละระดับให้เห็นอย่างชัดเจนได้ดังนี้

1. ภาพ 2 ระดับ (binay image) คือ มีเพียงจุดขาวกับจุดดำเท่านั้น โดยแต่ละจุดภาพเป็นข้อมูลขนาด 1 บิต

2. ภาพ 16 ระดับ คือ ในแต่ละจุดภาพจะมีขนาดของข้อมูล 4 บิต ซึ่งทำให้สามารถแสดงได้ถึง 16 บิตสีจะเรียกว่าโหมด Hi-Color

3. ภาพ 256 ระดับ คือ ในแต่ละจุดภาพจะมีขนาดข้อมูล 8 บิต ซึ่งทำให้สามารถแสดงภาพได้ความเข้มถึง 256 ระดับสี

4. ภาพทรูคัลเลอร์ (True Color) คือในแต่ละจุดภาพจะมีขนาดข้อมูล 24 บิตสีต่อจุดทำให้สามารถแสดงภาพออกมาได้เหมือนจริงมากที่สุด เพราะสามารถแสดงสีได้ถึง 16,777,216 สี ภาพทรูคัลเลอร์สามารถแสดงได้เฉพาะภาพสีเท่านั้น ไม่สามารถแสดงภาพเป็นขาวดำได้

โดยทั่วไปวิธีการประมวลผลภาพเชิงตัวเลขที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จักวัตถุในภาพได้นั้นพอจะแบ่งได้สองระดับด้วยกันคือ การประมวลผลภาพในระดับต่ำ (Low Level Image Processing) การประมวลผลภาพในระดับต่ำจะเป็นการประมวลผลในเชิงตัวเลขเกือบทั้งหมด เพื่อหาตัวแปรต่างๆ มาอธิบายข้อมูลภาพ โดยมีจุดประสงค์เพื่อนำตัวแปรเหล่านั้นไปประมวลผลในระดับสูงต่อไป โดยทั่วไปแล้วการประมวลผลภาพระดับต่ำจะประกอบด้วย การประมวลผลภาพก่อน (Preprocessing) การกำจัดสัญญาณรบกวน หรือการทำให้ภาพคมชัด การหาขอบภาพ เป็นต้น

การประมวลผลในระดับสูงเป็นการนำผลลัพธ์ หรือสัญลักษณ์ที่ได้จากการประมวลผลระดับต่ำมาตีความ หรือประมวลผลเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จักและเข้าใจภาพได้ สำหรับความแตกต่างของการประมวลผลระดับต่ำและระดับสูงนั้นคือ ข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมวลผลภาพโดยที่การประมวลผลภาพระดับต่ำจะใช้ความสว่างของจุดโดยตรง ส่วนการประมวลผลภาพในระดับสูงนั้นข้อมูลของภาพที่นำมาประมวลผลภาพจะถูกแสดงในรูปของสัญลักษณ์ ซึ่งสัญลักษณ์เหล่านี้จะแสดงถึงสิ่งต่างๆที่มีอยู่ในภาพ เช่น ขนาดของวัตถุ รูปร่าง และความสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุภายในภาพ

2.5.6 ไฟล์ข้อมูลภาพชนิดบิตแมป (Bitmap)

2.5.6.1 รูปแบบของไฟล์ข้อมูลชนิดบิตแมป

รูปแบบของไฟล์ข้อมูลชนิดบิตแมป เป็นฟอร์แมตของวินโดว์บิตแมป ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับไฟล์กราฟฟิกบนวินโดว์ ซึ่งจะใช้ในการตัดต่อ หรือสำเนาภาพต่างๆ ลงบนคลิปบอร์ด (Clipboard)

2.5.6.2 โครงสร้างของไฟล์ของข้อมูลภาพชนิดบิตแมป

โครงสร้างของไฟล์ของข้อมูลภาพชนิดบิตแมป จะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. ข้อมูลเฮดเดอร์ (Header)
2. ข้อมูลจานสี (Palette)
3. ข้อมูลภาพ (Data)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ข้อมูลเฮดเดอร์ คือ ข้อมูลที่อยู่บริเวณส่วนหัวของไฟล์ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลที่บอกรายละเอียดต่างๆของภาพ เช่น ความกว้าง ความยาวของภาพ จำนวนสี จำนวนบิต ความละเอียด เป็นต้น

2. ข้อมูลจานสี คือ ข้อมูลที่บอกถึงชุดของจานสีที่เกิดการผสมแม่สีทั้ง 3 คือแดง เขียว และน้ำเงิน มาผสมกันได้เป็นสีต่างๆตามจำนวนสีของภาพ เช่น รูปขนาด 4 บิต จะมี 16 ระดับสี รูป 8 บิต จะมีขนาด 256 ระดับสี เป็นต้น ซึ่งถ้ามีจำนวนสีน้อยๆ ก็จะมีการเก็บค่าจานสีนี้ลงไฟล์ด้วย แต่ถ้ารูปประเภท 24 บิต จะไม่มีค่าจานสี แต่จะใช้วิธีการเก็บค่าแม่สีทั้ง 3 ลงไปในข้อมูลแทน เพราะถ้าเก็บค่าจานสีที่มีถึง 16.7 ล้านสีลงไปด้วยจะเปลืองพื้นที่มาก ข้อแตกต่างที่สำคัญของบิตแมปขนาดนี้ คือไฟล์บิตแมปจะเก็บค่าจานสีชุดละ 4 ไบต์ แต่ก็ใช้แค่ 2 ไบต์ เช่นกัน คือแดง เขียว และน้ำเงิน

3. ข้อมูลภาพ คือ ข้อมูลสีของภาพแต่ละจุดที่มาประกอบกันเป็นรูปภาพ ซึ่งค่าที่เก็บนี้จะเป็นค่าที่ใช้ในการชี้ตารางข้อมูลจานสีหมายเลขอะไร เช่น จุดแรกมีค่าเป็น 10 ก็ให้ไปเปิดตารางข้อมูลจานสีหมายเลข 10 สมมติว่าแม่สีเป็น R=0, G=0 และ B=100 ก็จะได้จุดนี้เป็นสีน้ำเงิน ซึ่งถ้าเป็นกรณีของรูป 24 บิต จะเป็นการอ่านข้อมูลขึ้นมา 3 ค่า เป็นค่าของแม่สี RGB

2.5.6.3 การจัดเก็บไฟล์ข้อมูลชนิดบิตแมป

การจัดเก็บไฟล์ข้อมูลชนิดบิตแมป มีการเก็บอยู่ 2 แบบ คือ

1) แบบบีบอัดข้อมูล

- RLE 4 เป็นการบีบอัดข้อมูลแบบ Run – Length Encoder แบบ 4 บิต
- RLE 8 เป็นการบีบอัดข้อมูลแบบ Run – Length Encoder แบบ 8 บิต

2) แบบไม่มีการบีบอัดข้อมูล

เป็นการเก็บข้อมูลจริงของสีของพิกเซล ซึ่งทำให้ขนาดไฟล์ค่อนข้างใหญ่ แต่จะทำการแสดงภาพได้เร็วกว่า เพราะไม่ต้องเสียเวลาในการคลายข้อมูล

2.5.7 มาตรฐานของสี

มาตรฐานของสีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายระบบด้วยกัน ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการนำไปใช้แต่โดยทั่วไปแล้วทุกมาตรฐานจะมีแนวคิดเดียวกัน คือการแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ภายในสเปส 3 มิติ โดยจะมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในสเปสซึ่ง แต่ละแกนจะมีความเป็นอิสระต่อกัน แสงที่ตามองเห็นทำให้รู้สึกที่สำคัญอยู่ 3 ประการ คือเกิดความรู้สึกในเรื่องสีของแสง (Hue) จะทำให้สายตาสามารถแยกแยะออกได้ว่าแสงที่เห็นเป็นสีแดง, สีเขียว, สีน้ำเงิน, สีเหลือง เป็นต้น เกิดความรู้สึกในเรื่องความสว่าง (Brightness) ให้รู้สึกว่าแสงนี้สว่างหรือมืด เกิดความรู้สึกในเรื่องแสงสีอิ่มตัว (Saturation or Chrome) จะทำให้รู้สึกถึงความบริสุทธิ์ของแสงสีได้ว่าเข้มหรือจาง ตัวอย่างแบบจำลองสีที่นิยมใช้กันได้แก่

2.5.7.1 แบบจำลองสี RGB

แบบจำลองสี RGB นี้ประกอบไปด้วยส่วนหลักของแกนสีแดง เขียว และน้ำเงิน โดยจะแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของสีในระบบพิกัดแบบคาร์ทีเซียน (Cartesian) แบบจำลองแสดงค่านอร์มอไลซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(normalized) เป็นเวกเตอร์ หรืออะเรย์ของค่าสีทั้งสาม ซึ่งแสดงสีแดง เขียว และน้ำเงิน จะอยู่ที่มุมทั้งสามบนแกนแต่ละแกนซึ่งสัมพันธ์กับตัวมัน ส่วนสีรองจะอยู่ที่มุมที่ห่างจากจุดตัดแกนทั้งสามมากที่สุด ส่วนสีดำจะอยู่ตรงจุดตัดแกน (จุดกำเนิด) และสีขาวจะอยู่ที่มุมห่างจากจุดตัดแกนมากที่สุด

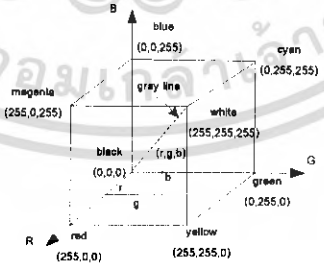
ในการนำแบบจำลองนี้มาแสดงสีของช่วงเกรย์สเกล (ซึ่งเป็นการผสมสีแดง เขียว และน้ำเงินในปริมาณที่เท่าๆ กัน) แสดงอยู่บนเส้นทแยงมุมจากจุดตัดแกนไปจนถึงจุดแทนสีขาว ซึ่งสีจะเปลี่ยนจากจุดตัดแกนเป็นสีดำ แล้วค่อยๆ เปลี่ยนทีละน้อยจนเป็นสีขาว และในการนำแบบจำลองสี RGB มาใช้สำหรับภาพสี ภาพจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบภาพ 3 ส่วน คือภาพสีแดง ภาพสีเขียว และภาพสีน้ำเงิน ซึ่งแต่ละพิกเซลของภาพจะประกอบด้วยพิกเซลสีสามสี โดยปกติค่าของสีแต่ละสีจะถูกควอนไตซ์เป็นเลขฐานสอง 8 บิต ดังนั้นภาพที่ประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วนนี้ จะเรียกว่าภาพสี 24 บิตซึ่งสามารถแสดงสีได้ถึง $(2^8)^3 = 16,777,216$ สี แต่ในระบบแสดงภาพหลายๆ ระบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ยังมีข้อจำกัดอยู่ที่ 256 สี และยังมีการใช้งานอีกมากมายที่ใช้ไม่กี่ร้อยสีก็เพียงพอ การใช้เพียงส่วนหนึ่งของช่วงสีที่สามารถแสดงได้นี้ เราเรียกว่า pseudo color ตัวอย่างเช่น สีปลอดภัยสำหรับการใช้งานอินเตอร์เน็ตที่เรียกว่า safe Web colors หรือ save browser color ซึ่งใช้เพียง 216 สีเท่านั้นโดยค่าของ 216 สีได้มาจากโดยแต่ละสีจะใช้ค่าการผสมสีแดง เขียว และน้ำเงิน เพียง 6 ค่ามาผสม คือ [0 51 102 153 204 255] จะทำให้เราได้สีที่เป็นไปได้ $(6^3) = 216$ ในการใช้งานระบบสี RGB ยังมีการสร้างมาตรฐานที่แตกต่างกันออกไปที่นิยมใช้งานได้แก่ แบบจำลองสี RGB ของ CIE และ แบบจำลองสี RGB ของ NTSC

- แบบจำลองสีแบบ RGB ของ CIE

เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นโดย (Commission International l 'Eclairage) ซึ่งอ้างอิงสีด้วยสีแดงที่ 700 นาโนเมตร สีเขียวเท่ากับ 546 นาโนเมตร และสีน้ำเงิน 435 นาโนเมตร

- แบบจำลองสีแบบ RGB ของ NTSC

เป็นระบบที่พัฒนาโดย (National Television System Committee) เพื่อใช้สำหรับการแสดงภาพของจอภาพแบบ CRT เป็นมาตรฐานสำหรับผู้ผลิตให้มีลักษณะเดียวกัน



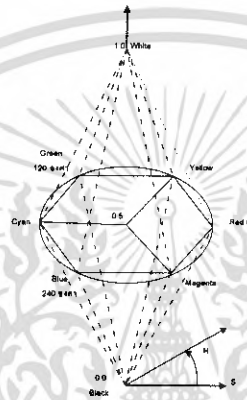
รูปที่ 2.8 แบบจำลองสีของระบบ RGB

2.5.7.2 แบบจำลองสี HSI

เป็นแบบจำลองสีที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินการและจัดการกับรูปภาพ มากกว่าแบบจำลองสี RGB เพราะเป็นรูปแบบของการจัดการกับสีที่คล้ายคลึงกับวิธีการที่มนุษย์รับรู้ และจัดการกับข้อมูลภาพสีที่แยกความเข้มของแสงออกจากข้อมูลสี แบบจำลองสีนี้ประกอบด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ Hue(H)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Saturation(S) Intensity(I) โดยส่วนประกอบ H จะกำหนดสีบริสุทธิ์ คือสีของวัตถุในธรรมชาติ ส่วน S จะวัดระดับที่สีบริสุทธิ์ถูกทำให้เจือจางด้วยแสงสีขาวมีความสดหรือซีดมากน้อยเพียงใด และ I จะเป็นค่าของความเข้มแสง เราสามารถแสดงค่าของแบบจำลองสี HSI บนพิกัดรูปทรงกรวยคว่ำชนกัน 2 กรวย โดยความสูงของกรวยจะแทนค่าความเข้มแสง ค่าของ S จะเป็นรัศมีจากแกนความเข้มแสง และ H จะเป็นค่าของมุมจากจุดอ้างอิงโดยทั่วไป (แต่ไม่จำเป็นเสมอไป) จะกำหนดมุม 0 องศาจากแกนสีแดงให้มีค่า Hue เป็น 0 และค่าของ Hue จะเพิ่มขึ้นในทิศทวนเข็มนาฬิกาจากแกนสีแดงนั้น ส่วนค่าของ S เป็นความยาวจากจุดกำเนิดถึงจุดสีนั้น โดยจุดกำเนิดในที่นี้จะเป็นจุดตัดระหว่างระนาบสีและแกนตั้งซึ่งเป็นความเข้มแสง



รูปที่ 2.9 แบบจำลองสีของระบบ HSI

2.6 การประมวลภาพเบื้องต้น (Preprocessing)

การประมวลผลภาพมีด้วยกันหลากหลายกระบวนการด้วยกัน เป็นความรู้ที่สามารถพบได้ทั่วไปในสาขาเรื่องการประมวลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing) ซึ่งจะพบว่าในสาขาวิชานี้มีความรู้เกี่ยวกับการประมวลผลภาพอยู่มากมายที่นำประยุกต์ใช้กับงานตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วนแบบอัตโนมัติ เช่น การลดทอนสัญญาณรบกวนที่ปรากฏขึ้นในภาพ การตรวจจับขอบของวัตถุที่อยู่ในภาพ การแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของภาพ เช่น การหมุน การเลื่อน การย่อและขยายภาพ การแปลงสี (Color Space Conversion) การบีบอัดข้อมูลภาพ

ระเบียบวิธีอัลกอริทึม (Algorithm) ต่างๆ ของวิธีประมวลผลภาพบางอย่างก็ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับงานตรวจสอบชิ้นส่วนแบบอัตโนมัติ ดังนั้นควรที่จะจัดสภาพแวดล้อมในการจับภาพที่ดี นอกจากนั้นความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์นั้นก็ควรนำมาใช้ เพื่อช่วยให้ระบบสามารถทำงานให้ได้ผลที่แม่นยำ ยกตัวอย่างเช่น การระบุบริเวณที่ต้องการตรวจสอบ (Region Of Interest, ROI) รวมทั้งประเภทการตรวจสอบที่ใช้กับบริเวณนั้นๆ จะพบว่าการระบุเฉพาะบริเวณที่สนใจรวมทั้งรูปแบบการวัดหรือการตรวจสอบที่ใช้เฉพาะกับบริเวณนั้นๆ จะทำให้โปรแกรมสามารถตัดการคำนวณของบริเวณที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป ทำให้สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพเร็วขึ้น อย่างเช่น การวิเคราะห์สีที่ผิดเพี้ยน ซึ่งจะต้องมีการแปลงระบบสี ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เวลาในการคำนวณค่อนข้างมาก หากทำการแปลงระบบสีของภาพทั้งภาพนั้นจะต้องใช้เวลาค่อนข้างมาก หากผู้ปฏิบัติงานระบุว่าเฉพาะบริเวณใดบ้างที่ต้องการตรวจจับสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิดเพี้ยน โปรแกรมก็จะสามารถทำการแปลงหรือคำนวณเฉพาะบริเวณที่ระบุไว้โดยละบริเวณที่ไม่ได้ระบุไว้ ซึ่งการทำงานของระบบมีความรวดเร็วขึ้น

การนำความรู้เรื่องรูปร่างของผลิตภัณฑ์มาใช้ เช่น การตรวจสอบบริเวณขอบของผลิตภัณฑ์ที่เป็นส่วนของเส้นตรง หรือการหารัศมีของชิ้นส่วนหรือบริเวณที่เป็นวงกลม จะพบว่าการตรวจสอบประเภทนี้จะต้องทำการตรวจจับส่วนของเส้นตรงหรือการตรวจจับวงกลมทั้งวงให้ได้เสียก่อนๆ ที่จะทำการพิจารณาคุณสมบัติอื่นๆ เช่น มุมของเส้นตรงหรือจุดศูนย์กลางของวงกลม เป็นต้น กระบวนการตรวจจับดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน ซึ่งวิธีที่เป็นที่นิยมกันเป็นอย่างมากในการตรวจจับเส้นตรง หรือวงกลม เรียกว่า "Hough Transformation" ซึ่งเป็นการหาสมการของเส้นตรงหรือสมการของวงกลมโดยไม่ต้องมีข้อมูลใดๆมาช่วยเป็นวิธีการที่เป็นที่นิยมกันมากในการทำงานภายใต้สภาวะแวดล้อมแบบเปิดที่มีสิ่งของที่ไม่ทราบรูปร่างมาก่อนเข้ามาในระบบ สำหรับระบบตรวจสอบชิ้นส่วนด้วยภาพแบบอัตโนมัติที่เป็นการนำไปใช้ในสภาพแวดล้อมที่ถูกควบคุมไว้ อีกทั้งการที่รูปร่างของผลิตภัณฑ์และการวางตัวของผลิตภัณฑ์ก็ถูกกำหนดไว้ตายตัวอยู่แล้ว ทำให้สามารถใช้วิธีการธรรมดาเช่น การหาสมการเส้นตรง (linear regression) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยมาก

2.7 การลดทอนสัญญาณรบกวนในภาพ (Image Filtering)

การกรองข้อมูลภาพมีความจำเป็นมากสำหรับการประมวลผล เนื่องจากในการใช้งานจริงภาพที่ได้มามักมีสัญญาณรบกวน หรือสัญญาณไม่พึงประสงค์อื่นๆ ปะปนอยู่ด้วย วัตถุประสงค์หลักของการกรองข้อมูลภาพคือ การปรับยกระดับให้ดีขึ้น (enhance) หรือลดทอน (attenuate) คุณสมบัติบางประการของภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามต้องการเหมาะแก่การประมวลผลในขั้นต่อไป การปรับปรุงคุณภาพของภาพอีกรูปแบบหนึ่งคือ การกำจัดสิ่งรบกวนในภาพ สิ่งรบกวนนี้อาจเกิดจากความผิดปกติของตัวเซนเซอร์รับภาพซึ่งเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมขณะรับภาพ หรือคุณภาพผิดเพี้ยนไปของตัวเซนเซอร์

2.7.1 รูปแบบและคุณลักษณะของสิ่งรบกวน

สำหรับภาพที่ถูกรบกวนด้วยสิ่งรบกวน (noise) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$g(x,y) = f(x,y) + \eta(x,y) \tag{2.4}$$

โดยที่ $\eta(x,y)$ เป็นสิ่งรบกวนที่เกิดขึ้นกับค่าความเข้มแสงของภาพ ณ ตำแหน่งพิกเซล (x,y) ใดๆ ในภาพ

เราสมมติให้สิ่งรบกวนนี้เป็นอิสระจากตำแหน่งของพิกเซล (spatial coordinate) แบบไม่มีความสัมพันธ์หรืออิสระต่อค่าความเข้มแสงของภาพในแต่ละพิกเซลด้วย ถึงแม้สมมติฐานนี้อาจไม่เป็นจริงสำหรับการใช้งานภาพบางประเภท เช่น ภาพ X-ray แต่ภาพส่วนใหญ่แล้วสมมติฐานนี้สามารถใช้งานได้จริงและมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของสิ่งรบกวนนี้สามารถแบ่งได้ตามลักษณะการกระจายของความถี่ของความเข้มแสงของ สิ่งรบกวน หรือค่าฟังก์ชั่นการกระจายความน่าจะเป็น (PDF) ของสิ่งรบกวน รูปแบบของสิ่งรบกวนที่นิยมนำมาใช้เป็นแบบจำลองในการวิเคราะห์ผลของสิ่งรบกวน ในการประมวลผลภาพมีดังนี้

2.7.1.1 Gaussian Noise

เนื่องจากคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ที่ง่ายต่อการคำนวณทั้งในทางพิกัดตำแหน่งภาพ หรือในแกนความถี่ทำให้สัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน (Gaussian Noise) เป็นแบบจำลองของสัญญาณรบกวนที่นิยมใช้ในทางปฏิบัติมากที่สุด รูปแบบของฟังก์ชั่นการกระจายความน่าจะเป็นของสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน สามารถแสดงได้ดังนี้

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(z-\mu)^2/2\sigma^2} \tag{2.5}$$

โดยที่ z เป็นค่าความเข้มแสงของสัญญาณรบกวน

μ เป็นค่าเฉลี่ยของค่า z

σ เป็นค่าเบี่ยงเบน (standard derivation) ค่าไปจากค่ากลางของค่า z

σ^2 เป็นค่าแปรปรวน (variance) หรือค่าเบี่ยงเบนยกกำลังสอง

2.7.1.2 Impulse(salt-and-pepper) Noise

ลักษณะของฟังก์ชั่นการกระจายความน่าจะเป็นของสัญญาณรบกวนแบบอิมพัลส์ สามารถแสดงได้ดังนี้

$$p(z) = \begin{cases} P_a & for \quad z = a \\ P_b & for \quad z = b \\ 0 & otherwise \end{cases} \tag{2.6}$$

โดยที่ค่า $b > a$ ถ้า P_a หรือ P_b ค่าใดค่าหนึ่งเท่ากับ 0 สัญญาณรบกวนแบบอิมพัลส์แบบนี้เราเรียกว่า สัญญาณรบกวนแบบยูนิโพลาร์ ถ้า P_a หรือ P_b ไม่มีค่าใดเป็น 0 เลย เราอาจเรียกว่าสัญญาณรบกวนแบบอิมพัลส์นี้ว่า ตัวรบกวนแบบ salt-and-pepper ซึ่งเป็นสัญญาณรบกวนที่ทำให้ค่าความเข้มแสง ณ ตำแหน่งที่ถูกรบกวนเป็นจุดสว่าง (salt :คล้ายเกลือ) และเป็นจุดมืด (pepper :คล้ายพริกไทย)

การเรียนรู้ถึงลักษณะรูปแบบการกระจายของสัญญาณรบกวน หรือรูปร่างลักษณะของฟังก์ชั่นการกระจายความน่าจะเป็นของสัญญาณรบกวน เป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์และแก้ไขผลกระทบของสัญญาณรบกวนชนิดต่างๆ ได้ สัญญาณรบกวนแต่ละชนิดมักจะเกิดในภาพถ่ายต่างๆ ชนิดกันไป เช่นกรณีของสัญญาณรบกวนเกาส์เซียนที่เกิดกับภาพถ่ายทั่วไป เกิดจากสัญญาณรบกวนจากวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรืออุณภูมิสูงมารบกวนกับเซนเซอร์ของกล้อง ส่วนสัญญาณรบกวนเรย์ลีย์นั้นมักเกิดกับภาพถ่ายทางอากาศ สัญญาณรบกวนอิมพัลส์อาจเกิดได้จากการรบกวนฉับพลันเกิดได้กับภาพทั่วๆ ไป

2.7.2 Spatial Filtering

เมื่อมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นที่ภาพจะทำให้ภาพนั้นสูญเสียรายละเอียดไป การที่จะกำจัดสัญญาณรบกวนให้หมดไปจากภาพเลยนั้นทำได้ยาก เนื่องจากตำแหน่งและขนาดของสัญญาณรบกวนที่เกิดการรบกวนนั้นไม่แน่นอน ที่ทำได้ก็เพียงแต่เป็นการลดผลกระทบของสัญญาณรบกวนเพื่อช่วยให้ได้ภาพที่มีรายละเอียดดีขึ้นและมีคุณภาพดีพอที่จะนำไปใช้งานได้ เทคนิคในการลดผลกระทบของสัญญาณรบกวนที่เราเรียกว่า การกรองสัญญาณรบกวน มีหลายเทคนิคด้วยกัน โดยเทคนิคการทำการกรองสัญญาณรบกวนนั้นเราจะไม่ได้ทำกับค่าความเข้มแสงของภาพในทุกตำแหน่งพิกเซล แต่เราจะแบ่งดำเนินการเป็นส่วนย่อยๆ การประมวลผลในรูปแบบของพื้นที่ย่อยนี้ช่วยให้เราสามารถดำเนินการกับภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เนื่องจากเราสามารถนำเอาค่าความเข้มแสงของพิกเซลข้างเคียง (Neighborhood) มาใช้ได้จะใช้เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มแสงซึ่งเปลี่ยนไป ณ ตำแหน่งต่างๆ ได้

2.8 เทคนิคการทำฮิสโตแกรม (Histogram-based Technique)

ฮิสโตแกรม (Histogram) ของภาพเป็นการเก็บค่าการกระจายของความถี่ของค่าระดับความเข้มแสง โดยจะทำการวัดจำนวนพิกเซลที่มีค่าระดับความเข้มแสงค่าต่างๆ ตัวอย่างเช่น สำหรับฮิสโตแกรมของภาพเกรย์สเกล 8 บิต ซึ่งจะมีค่าอยู่ในช่วง [0 ถึง 255] การคำนวณค่าฮิสโตแกรมทำโดยการสร้างอะเรย์ (array) เพื่อเก็บค่าจำนวนพิกเซลที่มีค่าสัมพันธ์กันกับค่า array index หรือค่าความเข้มแสงระดับต่างๆ นั่นเอง โดยใน histogram bin 0 หรือค่า array index 0 นั้นเราจะนับจำนวนพิกเซล หรือจำนวนครั้งที่มีค่าระดับความเข้มแสงเท่ากับ 0 ในภาพ ใน histogram bin 1 ก็จะนับจำนวนพิกเซลหรือจำนวนครั้งที่มีค่าระดับความเข้มแสงเท่ากับ 1 และทำเช่นนี้ไปจนถึง bin 255

นอกจากนี้ยังมีการคำนวณค่าที่สัมพันธ์กับฮิสโตแกรมของภาพในที่นี้เราเรียกว่า ค่าความถี่สะสมของฮิสโตแกรม (Cumulative Histogram) ซึ่งจะเก็บค่าการกระจายของความถี่สะสมของระดับความเข้มแสงในภาพ โดยค่าความถี่สะสมของระดับความเข้มแสง i นี้จะเป็นจำนวนพิกเซลหรือจำนวนครั้งที่ค่าระดับความเข้มแสงน้อยกว่าหรือเท่ากับค่า i เกิดขึ้นในภาพนั้นค่าความถี่สะสม c_j สามารถคำนวณได้จากการนับค่าจากฮิสโตแกรม $h[i]$ ได้ดังนี้

$$C_j = \sum_{i=0}^{j} h[i] \qquad (2.7)$$

เราสามารถนอร์มอไลซ์ฮิสโตแกรม (Normalize Histogram) ได้โดยการหารจำนวนนับในแต่ละ bin ด้วยจำนวนพิกเซลทั้งหมดที่สัมพันธ์กับค่าฮิสโตแกรมนั้น ซึ่งทำให้เราได้เป็นค่าอะเรย์ของความน่าจะเป็น โดยที่แต่ละค่าในอะเรย์บอกถึงโอกาสในการพบจุดพิกเซลที่มีค่าระดับความเข้มแสงนั้นๆ กระจายอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในภาพ เช่นเดียวกันค่าฮิสโตแกรมที่ถูกนอร์มอไลซ์ (Normalized Cumulative Histogram) นั้นก็บอกถึงค่าความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Probability) คือสำหรับ bin i จะเก็บค่าความน่าจะเป็นที่พิกเซลในภาพมีค่าระดับความเข้มแสงน้อยกว่า หรือเท่ากับ i โดยปกติแล้วค่าฮิสโตแกรมนั้นเพียงพอในการใช้งานแล้ว แต่ถ้าต้องการเปรียบเทียบฮิสโตแกรมของภาพที่มีขนาดต่างกันเราควรจะใช้ความน่าจะเป็น หรือฮิสโตแกรมที่ถูกนอร์มอไลซ์แล้วมากกว่า เพื่อให้การเปรียบเทียบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ฮิสโตแกรมของภาพแสดงการบ่งชี้ถึงระดับความเข้มแสงต่างๆ ที่มีอยู่ในภาพซึ่งบางครั้งสามารถนำมาใช้บอกได้ว่าความเข้มแสงหรือความคมชัดในภาพต้องมีการปรับปรุงหรือไม่ อย่างไรก็ดีถึงแม้ว่าฮิสโตแกรมค่าการกระจายความถี่ของระดับความเข้มแสงในภาพ แต่ไม่สามารถบอกถึงความสัมพันธ์ของการกระจายของค่าความเข้มแสงในตำแหน่งพิกเซลต่างๆ ของภาพ การแปลงค่าความเข้มแสงของภาพดังที่กล่าวมานั้นมีผลกระทบต่อฮิสโตแกรมของภาพโดยการบวกค่าคงที่ให้กับระดับความเข้มแสง จะทำให้ฮิสโตแกรมเลื่อนตำแหน่งไปโดยจะไม่มีผลกระทบต่อรูปร่างของฮิสโตแกรมแต่สำหรับการคูณกำลังขยาย a ซึ่งเป็นค่าคงที่เข้าไปกับค่าความเข้มแสงจะเป็นการทำให้ฮิสโตแกรมกระจายออกเท่าๆ กัน โดยถ้า $a>1$ จะทำให้ช่องว่างระหว่าง histogram bin นั้นกว้างมากขึ้น หรือจะเกิดการบีบอัดฮิสโตแกรม ถ้า $a<1$ ซึ่งทำให้ระยะห่างระหว่าง histogram bin นั้นแคบลง ซึ่งเป็นผลให้มีการรวม histogram bin หลาย bin เข้าด้วยกัน นอกจากนี้การใช้ฟังก์ชั่นล็อก หรือฟังก์ชั่นยกกำลัง ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นไม่เป็นเชิงเส้นทำให้มีการยืดบางส่วนของฮิสโตแกรมและบีบอัดบางส่วน

2.8.1 Histogram ของภาพสี

เทคนิคการปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยใช้ประโยชน์จากฮิสโตแกรมนี้ที่นิยมได้แก่ ฮิสโตแกรมอิควอไลเซชั่น (Histogram equalization) และ ฮิสโตแกรมแมทชิ่ง (Histogram matching)

1. Histogram equalization

เราสามารถใช้ฮิสโตแกรมของภาพเพื่อกำหนดฟังก์ชั่นการแปลงระดับความเข้มแสงแบบไม่เป็นเชิงเส้น (non-linear) โดยหลักการคือ การทำให้ฟังก์ชั่นการกระจายความน่าจะเป็น (probability density function: PDF) ของค่าความเข้มแสงของภาพมีการกระจายออก คือทำให้ฟังก์ชั่นการกระจายความน่าจะเป็นสำหรับค่าความเข้มแสงหลังจากการแปลง (s) นั้นมีการกระจายให้เข้าใกล้รูปแบบยูนิฟอร์ม (uniform) ที่สุด คือไม่ว่า s จะมีค่าเท่าใด ก็มีฟังก์ชั่นการกระจายความน่าจะเป็นของ s (PDF of s: $p_s(s)$) เท่ากับ 1 เพื่อให้เป็นดังนี้ เราพบว่าฟังก์ชั่นการแปลงที่ใช้ควรจะเป็นดังนี้

$$g(x,y) = T(f(x,y)) \tag{2.8}$$

$$s = T(r) = \int_0^r p_r(W)dw \tag{2.9}$$

โดยค่า

$f(x,y) = r$ เป็นค่าความเข้มแสงก่อนแปลงค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$g(x,y)=s$	เป็นค่าความเข้มแสงหลังแปลงค่า
$p_r(r)$	เป็นค่า PDF ของตัวแปร r
$p_s(S)$	เป็นค่า PDF ของตัวแปร s
$T(r)$	เป็นฟังก์ชั่นแปลงที่เป็นฟังก์ชั่นการกระจายความถี่สะสม (Cumulative Distribution Function: CDF)

ถ้าเรามองว่าค่าความเข้มแสงในภาพเป็นตัวแปรสุ่มซึ่งมีค่าในช่วง [0,1] ค่าที่สำคัญที่ใช้ในการอธิบายพฤติกรรมของตัวแปรสุ่มนี้ได้แก่ ฟังก์ชั่นการกระจายความน่าจะเป็น (PDF) ถ้ากำหนดให้ $p_r(r)$ และ $p_s(S)$ เป็นฟังก์ชั่นการกระจายความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่ม r และ s ตามลำดับ ซึ่งอาจมองเป็นค่าฮิสโตแกรมของค่าตัวแปร r และ s ก็ได้ความสัมพันธ์ของฟังก์ชั่นการกระจายความน่าจะเป็นของค่า r และ s เป็นดังนี้

$$p_s(S) = p_r(r)\left|\frac{dr}{ds}\right| \tag{2.10}$$

จากฟังก์ชั่นการแปลงที่เลือกในสมการ2.9 จะได้

$$\frac{ds}{dr} = \frac{d(T(r))}{dr} \tag{2.11}$$

$$= \frac{d}{dr}\left[\int_0^r p_r(w)dw\right]$$

$$= p_r(r)$$

จากแคลคูลัสพื้นฐาน กฎของ Leibniz บอกว่าการหาค่า derivative ของการ integrate ที่กำหนดขอบเขตจะมีค่าเท่ากับ upper limit ดังนั้นเมื่อแทนค่าลงในสมการ 2.10

$$p_s(S) = P_r(r)\left|\frac{dr}{ds}\right| \tag{2.12}$$

$$= p_r(r)\left|\frac{1}{p_r(r)}\right|$$

$$= 1 \qquad 0 \le s \le 1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าฟังก์ชั่นการแปลงทำให้เงื่อนไขที่ต้องการเป็นจริง คือฟังก์ชั่นการกระจายความน่าจะเป็น (PDF) ของ s เป็นยูนิฟอร์ม หรือกระจายเท่าๆ กัน สำหรับฟังก์ชั่นที่เลือกมาในสมการ 2.11 นั้นเป็นฟังก์ชั่นต่อเนื่องเมื่อนำมาใช้กับค่าไม่ต่อเนื่อง เราสามารถแทนเครื่องหมายอินทิกรัล (integral) ด้วยเครื่องหมายผลรวม (summation) ได้ดังนี้

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^{k} p_r(r_j) \tag{2.13}$$

โดยค่าของ $p_r(r_k)$ คำนวณได้ดังนี้

$$p_r(r_k) = histogram[k] = \frac{nk}{n} \qquad ; k = 0,1,2,...,L-1 \tag{2.14}$$

โดยค่า n เป็นค่าจำนวนพิกเซลทั้งหมดในภาพ

n_k เป็นจำนวนพิกเซลซึ่งมีค่าความเข้มแสงเท่ากับ r_k

L เป็นจำนวนระดับความเข้มแสงทั้งหมดในภาพ

การทำฮิสโตแกรมอิควอไลเซชั่นนี้ เป็นการเพิ่มความคมชัดให้กับภาพโดยเฉพาะในบริเวณที่มีความหนาแน่นสูงจะทำการเกลี่ยฮิสโตแกรมซึ่งทำให้รายละเอียดความเข้มแสงของข้อมูลแตกต่างกัน ได้อย่างชัดเจนขึ้น

วิธีการทำฮิสโตแกรมอิควอไลเซชั่นแทนที่จะเรียกว่า เป็นการทำให้ฮิสโตแกรมอยู่ในรูปแบบยูนิฟอร์ม (Uniform) เป็นการทำให้ความหนาแน่นของจำนวนพิกเซลต่อค่าความเข้มแสงคงที่ตลอดย่านความเข้มแสง

เทคนิคฮิสโตแกรมอิควอไลเซชั่น นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับการประมวลผลภาพ เพราะเป็นเทคนิคที่สามารถทำได้โดยอัตโนมัติ และไม่ต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ใดๆ ฟังก์ชั่นที่ใช้ในการแปลงค่าความเข้มแสงสามารถคำนวณได้จากค่าความเข้มแสงของภาพโดยตรง ทำให้เราสามารถดำเนินการได้ค่อนข้างง่าย แต่การใช้เทคนิคฮิสโตแกรมอิควอไลเซชั่น นี้เป็นการปรับปรุงความคมชัดของภาพในแง่หลักสถิติ ไม่ใช่การปรับปรุงคุณภาพในแง่ของการมองเห็นและการรับรู้ การทำฮิสโตแกรมอิควอไลเซชั่น ภาพที่ฮิสโตแกรมมีการกระจายในช่วงแคบมากๆ การกระจายฮิสโตแกรมที่เพิ่มมากอาจมีผลกระทบทำให้ภาพนั้นมีความคมชัด แย่ลงในการมองเห็นก็ได้

2. Histogram Matching หรือ Histogram Specification

การทำให้ฮิสโตแกรมของภาพที่ต้องการมีการกระจายเป็นแบบยูนิฟอร์มตามแบบของเทคนิคฮิสโตแกรมอิควอไลเซชั่น อาจไม่เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการปรับปรุงคุณภาพของภาพ บางครั้งการที่เราสามารถกำหนดการกระจายของฮิสโตแกรมให้เป็นไปตามต้องการจะเป็นประโยชน์มาก เราเรียกเทคนิควิธีการทำให้ฮิสโตแกรมของภาพเป็นไปตามที่ต้องการว่า ฮิสโตแกรมแมทชิ่ง หรือ ฮิสโตแกรมสเปซิฟิเคชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสมมติให้ r และ z เป็นตัวแปรสุ่มแทนค่าความเข้มแสงของภาพอินพุท และภาพเอาท์พุท ตามลำดับ เราสามารถคำนวณหาค่า $p_r(r)$ ของภาพอินพุท ส่วน $p_z(z)$ เป็นค่าฟังก์ชั่นการกระจายความน่าจะเป็น หรือรูปแบบที่กำหนดให้สำหรับฮิสโตแกรมของภาพเอาท์พุท

กำหนดให้ s เป็นตัวแปรสุ่ม ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

$$s = T(r) = \int_0^r p_r(w)dw \tag{2.15}$$

โดย w เป็นตัวแปรที่ใช้ในการอินทิเกรต เท่านั้น จากสมการจะเห็นว่าสมการนี้เป็นการทำฮิสโตแกรมอิควอไลเซชั่น สมมติว่าเรามีตัวแปรสุ่ม z อีกตัว ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

$$s = G(z) = \int_0^z p_z(t)dt \tag{2.16}$$

ซึ่งทำให้ $T(r) = G(z)$ ทำให้ z ต้องเป็นไปตามเงื่อนไขต่อไปนี้

$$z = G^{-1}(s) = G^{-1}[T(r)] \tag{2.17}$$

ฟังก์ชั่นการแปลง $T(r)$ เป็นไปตามสมการ 2.15 และสามารถหาค่าได้เมื่อทำการคำนวณค่าของ $p_r(r)$ แล้ว ส่วนฟังก์ชั่นการแปลง $G(z)$ นั้นสามารถหาค่าได้จากสมการ 2.16 ซึ่งค่าของ $p_z(z)$ หรือรูปร่างของฮิสโตแกรมนี้ได้ถูกกำหนดไว้แล้ว

แต่ในทางปฏิบัตินั้นค่อนข้างเป็นไปได้ยากในการหาค่า $T(r)$ และ G^{-1} ปัญหานี้จะแก้ไขให้ดีขึ้นในกรณีของค่าไม่ต่อเนื่อง (discrete values) แต่ก็ต้องยอมแลกกับการที่ฮิสโตแกรมที่ได้เป็นเพียงค่าการประมาณเท่านั้น และอาจให้ผลไม่เหมือนกับค่าต่อเนื่อง

วิธีฮิสโตแกรมสเปซิฟิเคชั่นนี้ถึงแม้จะให้ผลดีกว่าฮิสโตแกรมอิควอไลเซชั่น เนื่องจากเราสามารถเลือกให้ลักษณะการกระจายของความเข้มแสงของภาพเป็นไปตามต้องการได้ แต่การทำฮิสโตแกรมสเปซิฟิเคชั่นจะต้องมีการกำหนดรูปร่างของฮิสโตแกรมที่ต้องการใช้ก่อน ซึ่งรูปแบบลักษณะของฮิสโตแกรมที่เหมาะสมกับภาพแต่ละชนิด หรือการใช้งานกับภาพในแต่ละแบบนั้นจะมีรูปร่างของฮิสโตแกรมที่ต้องการแตกต่างกันไป ทำให้ไม่มีกฎใดๆ ที่สามารถนำมาใช้กำหนดรูปแบบของฮิสโตแกรมให้เหมาะสมกับภาพได้ล่วงหน้าจึงทำให้ต้องทำการทดสอบดูว่าฮิสโตแกรมแบบใดเหมาะสมกับภาพที่ต้องการทำการปรับปรุงคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การคอนโวลูชั่น (Convolution technique)

เทคนิคคอนโวลูชั่น (Convolution) นี้เป็นเทคนิคพื้นฐานในการประมวลผลภาพ ใช้เป็นพื้นฐานในการทำการกรองสัญญาณภาพทั้งการกรองความถี่สูงและการกรองความถี่ต่ำ เป็นการคำนวณผลรวมของผลคูณ (sum-of-product) ระหว่างค่าพิกเซลที่อยู่ในทั้งสองภาพ โดยทั่วไปการทำคอนโวลูชั่นจะกระทำระหว่าง 2 ภาพ โดยมีภาพหลักซึ่งเราต้องการปรับปรุงคุณภาพของภาพดังกล่าว และภาพย่อยที่มีขนาดเล็กกว่าภาพหลักมากเรียกกันเฉพาะว่า มาสก์หรือหน้ากาก (mask) (ซึ่งเรียกได้หลายอย่าง subimage, filter, mask, kernel, template หรือ window) เคลื่อนที่ไปตามพิกเซลต่างๆ ในภาพ โดยค่าในภาพย่อย หรือตัวกรอง นี้เราเรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกรอง หรือค่าถ่วงน้ำหนัก (filter coefficients) แทนที่จะเป็นค่าความเข้มแสงของพิกเซล ณ แต่ละตำแหน่งของแต่ละพิกเซลตำแหน่ง (x, y) หลังจากผ่านการคอนโวลูชั่นผลที่ได้คือภาพที่มีขนาดใกล้เคียงกับภาพหลัก และค่าที่อยู่ในแต่ละช่องในมาสก์นี้เองที่จะเป็นตัวกำหนดว่า เป็นตัวกรองสัญญาณภาพลักษณะใด ดังเช่น ถ้ามี หน้ากากตัวกรอง (W) ซึ่งมีขนาด 3x3 พิกเซล

$$W = \begin{bmatrix} w(-1,-1) & w(-1,0) & w(-1,1) \\ w(0,-1) & w(0,0) & w(0,1) \\ w(1,1) & w(1,0) & w(1,1) \end{bmatrix} \tag{2.18}$$

ผลลัพธ์ (R) ค่าพิกเซลใหม่หลังจากการคอนโวลูชั่น ตามตำแหน่ง (x, y) จะมีค่าเท่ากับ

$$R = \begin{Bmatrix} w(-1,-1)f(x-1,y-1) + w(-1,0)f(x-1,y) + \\ w(-1,1)f(x-1,y+1) + w(0,-1)f(x,y-1) + \\ w(0,0)f(x,y) + w(0,1)f(x,y+1) + \\ w(1,-1)f(x+1,y-1) + w(1,0)f(x+1,y) + \\ w(1,1)f(x+1,y+1) \end{Bmatrix} \tag{2.19}$$

จะพบว่าการคอนโวลูชั่น คือการวางหน้ากาก "ทาบ" ลงไปในภาพหลักไล่ไปทีละพิกเซล แล้วคำนวณผลคูณระหว่างค่าพิกเซลที่อยู่ในภาพหลักด้วยค่าที่อยู่ในช่องตรงกันของหน้ากาก ค่าถ่วงน้ำหนักที่ตำแหน่ง $w(0,0)$ เป็นค่าที่ตรงกับตำแหน่ง (x, y) ของข้อมูลภาพที่ต้องการทำการกรอง (filtering) ซึ่งเป็นตำแหน่งจุดกึ่งกลางของหน้ากากปกติหน้ากากจะมีขนาด mxn โดยที่ค่า $m = 2a+1$ และ $n = 2b+1$ ซึ่ง a และ b เป็นค่าจำนวนเต็มบวกเราสามารถเขียนการทำ filtering ของภาพ f ขนาด MXN ด้วยหน้ากากตัวกรอง ได้ดังนี้

$$g(x,y) = \sum_{s=-a}^{a} \sum_{t=-b}^{b} w(s,t) f(x+s, y+t) \tag{2.20}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อหลีกเลี่ยงการเขียนสมการยาวๆ เหล่านี้สำหรับการทำคอนโวลูชั่น สามารถเขียนสมการคอนโวลูชั่น สำหรับภาพทั้งภาพโดยย่อได้ดังนี้

$$g = h * f \tag{2.21}$$

ตัวอย่าง

ข้อมูลภาพ		mask coefficient	ภาพผลลัพธ์
0 5 6 7		0 -1 0	* * * *
1 5 5 3	⊗	-1 4 -1	* 6 2 *
5 3 4 2		0 -1 0	* 0 0 *
7 4 6 3			* * * *

เมื่อเราทำการเลื่อนกรอบหน้ากากตัวกรองไปคอนโวลูชั่นกับข้อมูลภาพ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพื่อให้ได้ค่าพิกเซลใหม่เท่ากับ (0-5+0-1+20+5+0-3+0) = 6 ที่จุดตำแหน่งอื่นทุกจุดในภาพก็เช่นเดียวกัน

ประเด็นที่ต้องพิจารณาเกี่ยวกับการคอนโวลูชั่นระหว่างภาพหลักและหน้ากาก มีหลายประการด้วยกัน ดังต่อไปนี้

1. การทาบหน้ากากลงไปที่ภาพหลักนั้น หากส่วนหน้ากากที่ทาบลงไป "ไม่พอดี" กับภาพหลัก เช่น ถ้าเราทาบศูนย์กลางของหน้ากากไปที่ตำแหน่ง 1,1 ของภาพหลักเลย จะพบว่าบางส่วนของหน้ากากไม่ได้ทาบลงไปที่ภาพหลักและการคำนวณตามหลักการเดียวกับสมการที่ 2.20 สำหรับการประมวลผลภาพทั่วไปมีวิธีการจัดการหลายๆวิธี แต่วิธีที่เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือการไม่คำนวณที่ตำแหน่งดังกล่าวแล้วเติมค่าที่ตำแหน่งดังกล่าวด้วยค่าศูนย์ ซึ่งก็หมายถึงภาพที่ได้จากการคอนโวลูชั่นจะมีขนาดเล็กกว่าภาพเดิมและมีขอบสีดำนั่นเองซึ่งขนาดของภาพที่ได้จากการคอนโวลูชั่นขึ้นอยู่กับขนาดของหน้ากากนั่นเอง
2. ขนาดของหน้ากากที่นำมาทำการคอนโวลูชั่นนั้น *"จำนวนแถวและหลักจะต้องเป็นจำนวนคี่เท่านั้น"* ทั้งนี้ก็เพื่อให้สามารถหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของหน้ากากได้ลงตัว ซึ่งขนาดของหน้ากากไม่ได้จำกัดอยู่ที่ขนาด 3x3 เท่านั้น แต่สามารถเป็นได้ตั้งแต่ 5x5, 7x7, ...หากหน้ากากมีขนาดใหญ่ขึ้นก็จะส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการประมวลเร็วขึ้นแต่ข้อมูลภาพที่ได้จะเบลอ
3. การคอนโวลูชั่นนั้นค่าที่อยู่ในแต่ช่องของหน้ากากจะเป็นตัวกำหนดรูปแบบการกระทำ ที่ทำกับภาพหลัก ซึ่งตัวอย่างที่ยกมานั้นเป็นหน้ากากที่ใช้ในการเฉลี่ยค่า (Average mask) ที่มีความคล้ายคลึงกับตัวกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่าน (Low-Pass) ในทางสัญญาณไฟฟ้านอกจากนั้นจะพบว่าค่าของภาพที่ได้จากการคอนโวลูชั่นจะต้องแปลงให้เป็นจำนวนเต็มที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 เท่านั้น ซึ่งในแต่ละช่องของหน้ากากเป็นบวกหมดและผลรวมของทุกช่องจะเท่ากับหนึ่ง ทำให้ผลการคำนวณที่ได้เป็นจำนวนจริงที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 ซึ่งสามารถแปลงเป็นจำนวนเต็มที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 การสร้างภาพแบบไบนารี (Binary representation)

อุปกรณ์ที่มีความสามารถในการแสดงผลได้แค่ 2 ระดับ หรือ 2 สี คือสีขาวกับสีดำยังมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น เครื่องพิมพ์ (Printer) เครื่องโทรสาร (Fax) จอภาพแสดงผลแบบโมโนโครม (Monochrome) เป็นต้น เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาถูก ดังนั้นการที่จะแสดงผลหรือพิมพ์รูปภาพที่มีระดับความเข้มของภาพหลายระดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าความสามารถในการแสดงผลของอุปกรณ์เหล่านั้นที่มีเพียงแค่ 2 ระดับเท่านั้น

จะเห็นได้ว่าการที่จะแก้ปัญหาการแสดงผลภาพที่มีความเข้มหลายระดับบนอุปกรณ์ที่สามารถแสดงผลได้ 2 ระดับนั้นจะต้องทำการแปลงข้อมูลที่มีความเข้มหลายระดับ (Multi Level Image) ให้เป็นภาพที่มีระดับความเข้มเพียง 2 ระดับ นั่นคือ 1 จุดภาพมีได้ 2 ค่าเท่านั้น คือ 0 กับ 1 โดยจุดภาพที่แทนด้วย 0 จะหมายถึงจุดภาพที่มีสีดำ ส่วนจุดที่แทนด้วย 1 จะหมายถึงจุดภาพที่มีสีขาว เมื่อทำการแปลงเป็นภาพไบนารีแล้ว จึงนำภาพนั้นไปแสดงผลบนอุปกรณ์เหล่านั้นจะเห็นได้ว่าการแปลงข้อมูลภาพหลายระดับเป็นภาพไบนารีจึงมีความจำเป็น และมีประโยชน์มากในการแสดงผลภาพที่มีระดับความเข้มของภาพหลายระดับบนอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการแสดงผลได้ 2 ระดับ สำหรับประโยชน์อีกประการหนึ่งในการแปลงข้อมูลภาพนั้นเป็นภาพไบนารี คือการลดเนื้อที่การเก็บข้อมูลภาพจะใช้ในการเก็บ 8 บิต เมื่อสร้างเป็นภาพไบนารีแล้วสามารถลดลงได้ถึง 8 เท่า นั่นคือ 1 จุดภาพจะใช้เนื้อที่ในการเก็บ 1 บิต อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างแพร่หลาย เช่น นำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์เอกสารในขั้นตอนที่เรียกว่า การประมวลผลขั้นต้น (Preprocessing) เป็นต้น

ในการสร้างภาพไบนารี สามารถทำได้โดยใช้เทคนิคการทำเทรชโฮล (Threshold Technique) โดยพิจารณาว่าจุดภาพใดควรจะเป็นจุดขาวหรือจุดดำจะกระทำการโดยเปรียบเทียบระหว่างจุดภาพเริ่มต้นกับค่าคงที่ค่าหนึ่งที่เรียกว่า "ค่าเทรชโฮล" (Threshold Value)

2.11 เทคนิคการทำเทรชโฮล (Threshold Technique)

เทคนิคนี้ใช้กันมากในกรณีที่ข้อมูลภาพมีลักษณะแตกต่างกันระหว่างวัตถุ (Object) และพื้นหลัง (Background) กระบวนการเทรชโฮลโดยปกติจะทำการพิจารณาการกระจายตัวค่าความเข้มฮิสโตแกรมข้อมูล เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกค่าเทรชโฮลที่เหมาะสมสอดคล้องกับคุณสมบัติข้อมูลภาพค่าหนึ่งขึ้นมาเป็นตัวแบ่งระหว่างพื้นหน้าที่ต้องการและพื้นหลังได้อย่างชัดเจน นั่นแสดงว่าเราจะสามารถแยกวัตถุออกจากพื้นหลังด้วยค่าเทรสโฮล T ที่เป็นตัวแบ่งระดับบริเวณจุดพิกเซล (x, y) ใดๆ โดยมีเงื่อนไขดังนี้ สำหรับค่าฟังก์ชั่นภาพ $f(x, y) \geq T$ เราจะกำหนดข้อมูลบริเวณนั้นเป็นวัตถุ (Object) และพิจารณาในทางกลับกันจุดที่มีค่าน้อยกว่าเทรสโฮลจะถูกกำหนดเป็นจุดพื้นหลัง (Background) ซึ่งข้อมูลภาพใหม่ $g(x, y)$ หลังผ่านกระบวนการเทรชโฮลสามารถหาได้จาก

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & f(x,y) \geq T \\ 0 & f(x,y) < T \end{cases} \tag{2.22}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$g(x,y)$: ข้อมูลภาพผลลัพธ์ที่ผ่านการทำเทรชโฮล

$f(x,y)$: ข้อมูลภาพอินพุทที่มีระดับความเข้ม 0 ถึง 1 ระดับ

T : ค่าเทรชโฮลเป็นค่าคงที่ที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง L ระดับ

0 : จุดดำ

1 : จุดขาว

การเลือกค่าเทรชโฮลเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ที่เหมาะสมและคมชัดเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด เนื่องจากถ้าเลือกค่าเทรชโฮลไม่เหมาะสม (ค่าเทรชโฮลที่มีค่าน้อยเกินไปหรือมีค่ามากเกินไป) ภาพที่ได้อาจไม่เหมาะสม ขาดความคมชัดและรายละเอียดบางส่วนขาดหายไป กล่าวคือ ภาพที่ได้อาจจะมืดเกินไป (จุดดำมากเกินไป) หรือสว่างมากเกินไป (จุดขาวมากเกินไป) หรือภาพที่ได้มีสิ่งรบกวนเกิดขึ้น (Noise) เกิดขึ้น อันเป็นผลให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้ไม่สวยงามเท่าที่ควร ซึ่งการคำนวณหาค่าเทรชโฮลที่เหมาะสมสำหรับแต่ละภาพมีหลายวิธี โดยแต่ละวิธีเหมาะสมสำหรับการทำงานที่ต่างไป เช่นการหาค่าเทรชโฮลโดยกำหนดล่วงหน้า (Preassigned Threshold Value) การหาค่าเทรชโฮลจากค่ากลาง (Mid-Range Threshold Value) แต่ละวิธีอธิบายได้ดังนี้

การหาค่าเทรชโฮลโดยกำหนดค่าล่วงหน้า (Preassigned Threshold Value) การหาค่าเทรชโฮลโดยวิธีการกำหนดล่วงหน้าเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด เป็นการคำนวณค่าเทรชโฮลโดยการกำหนดเองจากผู้ใช้ซึ่งการกำหนดนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้นั้นๆ โดยการเลือกค่าคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งเรียกค่านั้นว่า ค่าเทรชโฮล โดยค่าที่เลือกมานี้จะเป็นค่าที่อยู่ระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด ของระดับความเข้มของข้อมูลภาพอินพุท เช่น ภาพข้อมูลอินพุทมีเกรย์สเกล 256 ระดับ จะมีค่าเกรย์สเกลได้ตั้งแต่ 0-255 เมื่อเลือกค่าเทรชโฮลได้แล้วสามารถสร้างภาพไบนารีได้ดังสมการ 2.22

การหาค่าเทรชโฮลจากค่ากลาง (Mid-Range Threshold Vaule) การหาค่าเทรชโฮลโดยพิจารณาจากค่ากลาง เป็นการหาค่าเทรชโฮลที่แตกต่างจากการหาค่าเทรชโฮลวิธีแรก สำหรับวิธีนี้จะเป็นการคำนวณหาค่าโดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องให้ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด การหาค่าเทรชโฮลวิธีนี้ได้อาศัยการคำนวณพื้นฐานทางสถิติในเรื่องของการหาค่ากลาง หรือค่าเฉลี่ย (Mean) มาประยุกต์ใช้ ค่าเทรชโฮลที่คำนวณได้จะเป็นค่าที่ได้จากค่ากึ่งกลางที่อยู่ระหว่างค่าระดับความเข้มสูงสุดและค่าความเข้มต่ำสุดของข้อมูลภาพอินพุท สำหรับการคำนวณหาค่ากึ่งกลางนี้สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.23

$$Thr = \frac{Maximum(g(x,y)) + Minimum(g(x,y))}{2} \qquad (2.23)$$

โดยที่ Thr : ค่าเทรชโฮล

$g(x,y)$: ข้อมูลภาพอินพุทที่มีระดับความเข้มถึง L ระดับ

$Maximum(g(x,y))$: ค่าสูงสุดเกรย์สเกลของข้อมูลอินพุท

$Minimum(g(x,y))$: ค่าต่ำสุดเกรย์สเกลของข้อมูลอินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการคำนวณค่าเทรชโฮลได้แล้ว ก็สามารถสร้างภาพไบนารีได้โดยนำค่าเทรชโฮลที่ได้มาแทนในสมการที่ 2.22

การหาค่าเทรชโฮลจากค่าเฉลี่ยเลขคณิต หาได้จากสมการที่ 2.24

$$Thr = \frac{\sum_{i=0}^{NxN} g_i(x,y)}{NxN} \tag{2.24}$$

2.12 การแยกบริเวณข้อมูลภาพออกเป็นส่วนย่อย (Segmentation)

กระบวนการนี้เป็นการแยกบริเวณของภาพที่มีลักษณะร่วมกันออกเป็นส่วนๆ ซึ่งมุ่งเน้นว่าจะใช้เงื่อนไขใดในการพิจารณาว่า พิกเซลที่กำลังพิจารณาอยู่นั้น จัดเป็นของบริเวณหรือของวัตถุใดที่อยู่ในภาพ วิธีการแยกบริเวณนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ ด้วยกัน คือการแยกบริเวณด้วยการใช้ค่าเทรชโฮล หรือที่เรียกว่า "Area Based Segmentation" หรือ "Region Based Segmentation" และอีกวิธีหนึ่ง คือการแยกบริเวณด้วยขอบวัตถุที่ตรวจจับได้ด้วยตัวตรวจจับขอบซึ่งเรียกกันว่า "Edge Based Segmentation"

2.12.1 การแยกบริเวณโดยการใช้ค่าเทรชโฮล

การเลือกค่าเทรชโฮลสำหรับข้อมูลภาพเกรย์สเกลจะมีค่าเป็นจำนวนเต็มอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 เช่นเดียวกับค่าความเข้มแสงของพิกเซลที่อยู่ในภาพเกรย์สเกล สำหรับการแยกบริเวณโดยการใช้ค่าเทรชโฮลนั้น จะเป็นการแปลงภาพเกรย์สเกลให้เปลี่ยนเป็นภาพไบนารีที่มีความเข้มเพียงสองระดับโดยการใช้เงื่อนไขว่า ถ้าค่าความเข้มแสงที่พิกเซลตำแหน่งใดมีค่าต่ำกว่า หรือเท่ากับค่าคงที่ค่าหนึ่งที่เรียกกันว่าค่าเทรชโฮล ให้ค่าพิกเซลในตำแหน่งนั้นมีค่าเป็น 0 หรือเปลี่ยนเป็นด้านมืดไป และถ้าพิกเซลใดมีค่าสูงกว่าค่าเทรชโฮลแล้วให้พิกเซลนั้นมีค่าเป็นค่า 255 หรือเปลี่ยนเป็นด้านสว่างไปสามารถเขียนได้ดังนี้

$$O = \begin{cases} 0, & if \quad I < T \\ 2^B - 1, & otherwise \end{cases} \tag{2.25}$$

B : จำนวนบิตของระบบภาพ

I : ค่าความเข้มแสงของพิกเซล ณ ตำแหน่งที่กำลังพิจารณา

O: ค่าความเข้มแสงของภาพขาออกที่ตำแหน่งเดียวกัน

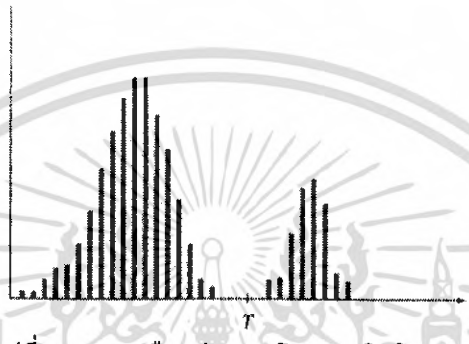
T : ค่าเทรชโฮล

จากสมการที่ 2.25 จะพบว่ากระบวนการดังกล่าวทำการเปรียบเทียบความเข้มแสงของภาพดั้งต้นกับค่าเทรชโฮลเท่านั้น พิจารณาวิธีการใช้ค่าเทรชโฮลที่มีการให้คำจำกัดความไว้ในงานทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบด้วยกัน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 Global Threshold คือ การใช้ค่าเทรชโฮลค่าเดียวกับทั้งภาพ

1.2 Local Threshold คือ การแบ่งภาพหลักออกเป็นภาพย่อยๆ ที่แต่ละภาพย่อยเหล่านั้นจะมีค่าเทรชโฮลเป็นของตัวเอง การเลือกค่าเทรชโฮลที่เหมาะสมสำหรับแต่ละบริเวณย่อยๆ แบบอัตโนมัตินั้นโดยทั่วไปแล้ว ตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่ว่า ความเข้มแสงของของบริเวณที่เป็นวัตถุที่สนใจ และบริเวณที่เป็นฉากหลังมีความแตกต่างกันพอประมาณ สมมติค่าความเข้มฮิสโตแกรม (Intensity Histogram) แสดงได้ดังรูปที่ 2.10 สอดคล้องกับภาพ $f(x,y)$ ที่ประกอบด้วยค่าวัตถุที่สว่างบนพื้นหลังสีดำ ลักษณะเช่นนี้ค่าพิกเซลบนวัตถุ และพื้นหลังมีความเข้มแบ่งออกเป็นระดับกลุ่มๆได้ 2 รูปแบบ



รูปที่ 2.10 การเลือกค่าเทรชโฮลจากฮิสโตแกรม

จากรูปที่ 2.10 ฮิสโตแกรมที่มี 2 ยอด (Bimodal Histogram) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะงานแต่ละประเภทว่าส่วนที่เป็นวัตถุนั้นจะเป็นด้านมืดหรือด้านสว่าง ซึ่งค่าเทรชโฮลที่เหมาะสมนั้นจะต้องสามารถแบ่งแยกบริเวณที่เป็นวัตถุและบริเวณที่เป็นพื้นหลังได้อย่างถูกต้อง ในปัจจุบันมีวิธีการเลือกค่าเทรชโฮลที่มีสมมติฐานว่าฮิสโตแกรมมี 2 ยอดอยู่หลากหลายวิธี แต่วิธีที่เป็นที่นิยมมากที่สุด คือวิธีการของ "Otsu"

Otsu's Thresholding method

หลักการเลือกค่าเทรชโฮลของ Otsu นั้นคือ จะต้องเป็นค่าที่สามารถทำให้ฮิสโตแกรมทั้งสองกลุ่มมีการ "กระจายตัว" น้อยที่สุด ซึ่งในทางปฏิบัติไม่สามารถทำการเปลี่ยนรูปร่างของฮิสโตแกรมทั้งสองยอดได้ แต่เราสามารถเปลี่ยนลักษณะการกระจายตัวของทั้งสองยอดได้ด้วยการใช้ค่าเทรชโฮลเป็นตัวแบ่งนั่นคือ ถ้าเพิ่มค่าดังกล่าวเพื่อทำให้การกระจายตัวของยอดหนึ่งลดลงและการกระจายตัวของอีกยอดหนึ่งเพิ่มขึ้น ซึ่งเป้าหมายของวิธีนี้คือการเลือกค่าเทรชโฮลที่ทำให้ "การกระจายตัวรวม" ของทั้งสองยอดมีค่าต่ำที่สุด

"การกระจายตัวรวม" ของทั้งสองยอดนั้น สามารถวัดได้โดยความแปรปรวน (Variance) ภายในกลุ่มรวมกัน (Within-class variance, σ^2_{Within}) ซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมของความแปรปรวนคูณกับจำนวนพิกเซลของแต่ละกลุ่มและสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้วัดการกระจายตัวรวมของทั้งสองกลุ่มนั้น แสดงไว้ในสมการดังนี้

$$\sigma^2_{Within}(T) = n_D(T)\sigma^2_D(T) + n_B(T)\sigma^2_B(T) \tag{2.26}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T : ค่าเทรชโฮล

$n_D(T)$: จำนวนพิกเซลทั้งหมดของด้านมืด (Dark Area) ที่มีความเข้มแสงตั้งแต่ 0 จนถึงค่า T-1คำนวณได้จาก

$$n_D(T) = \sum_{i=0}^{T-1} p(i) \tag{2.27}$$

$n_B(T)$: จำนวนพิกเซลทั้งหมดของด้านสว่าง (Bright Area) ที่มีความเข้มแสงตั้งแต่ T จนถึงค่า 2^B-1 คำนวณได้จาก

$$n_B(T) = \sum_{i=T}^{2^B-1} p(i) \tag{2.28}$$

$\sigma_D^2(T)$: ความแปรปรวนบริเวณด้านมืด

$\sigma_B^2(T)$: ความแปรปรวนบริเวณด้านสว่าง

เนื่องจากในการตรวจสอบชิ้นงานภาพแบบอัตโนมัตินั้น เป็นการทำงานที่มีแสงกระจายตัวอยู่อย่างสม่ำเสมอ ถ้าเราเลือกใช้ค่าเทรชโฮลค่าเดียวกับทั้งภาพ เพื่อแบ่งวัตถุภายในภาพออกเป็นส่วนๆ ถือว่ามีความเหมาะสม เพราะทำให้ภาพที่ได้จะมีบริเวณที่เป็นวัตถุ และพื้นหลังที่มีความเข้มแสงแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน

2.12.2 การแยกบริเวณโดยการใช้ขอบของวัตถุ (Edge Based Segmentation)

สำหรับการแบ่งข้อมูลวิธีนี้ จะต้องคำนวณหาขอบของวัตถุเสียก่อน ซึ่งขอบในความหมายของการประมวลผลภาพแบบดิจิตอลนั้น คือพิกเซลที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงเกินค่าที่กำหนด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสามารถตรวจจับได้โดยการใช้ตัวตรวจจับขอบ (Edge Detector) ที่มีอยู่หลากหลายชนิด ทำให้ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการข้างต้น คือบริเวณของภาพที่ถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ ซึ่งทำให้เกิดการแยกบริเวณที่เป็นวัตถุ (Object) ออกจากบริเวณที่เป็นฉากหลัง (Background) ด้วย ซึ่งผลที่ได้จริงๆ ทางกายภาพ คือภาพที่มีความเข้มแสงเพียง 2 ระดับ ข้อมูลภาพไบนารี ซึ่งวัตถุเหล่านั้นจะถูกแยกแยะออกจากพื้นหลังได้ด้วยวิธีที่หลากหลายตั้งแต่วิธีพื้นฐานง่ายๆ เช่น การหาส่วนที่เป็นแนวของวัตถุ การพิจารณาความสว่างของภาพสำหรับภาพแบบเกรย์สเกล และความแตกต่างของสีสำหรับภาพสี (Image amplitude) นอกจากนี้ขอบของภาพและลักษณะของพื้นผิว (Texture) ก็เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะทำให้สามารถทำการจัดการได้สะดวกขึ้น ไปจนกระทั่งวิธีการที่สลับซับซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Point, Line และ Edge Detection

เป็นเทคนิคสำหรับการตรวจสอบสำหรับรูปแบบทั่วๆ ไป 3 รูปแบบ ซึ่งภาพมีความเข้มแบบไม่ต่อเนื่อง คือ Point, lines, และ Edge สำหรับหน้าต่าง (mask) ขนาด 3*3 ขบวนการนี้จะทำการคำนวณผลรวมค่าสัมประสิทธิ์ตามค่าความหนาแน่นที่อยู่ในบริเวณล้อมรอบขอบเขตทั้งหมดด้วยหน้าต่างทำให้ได้ผลลัพธ์ R ซึ่งเกิดจากหน้าต่างที่เคลื่อนไปรอบจุดใดๆของภาพกำหนดได้จากสมการ

$$R = w_1 z_1 + w_2 z_2 + w_3 z_3 + w_4 z_4 + w_5 z_5 + w_6 z_6 + w_7 z_7 + w_8 z_8 + w_9 z_9 \qquad (2.29)$$
$$= \sum_{i=1}^{9} W_i Z_i$$

ค่า Z_i คือความเข้มของจุดพิกเซลที่เกี่ยวพันกับค่าสัมประสิทธิ์ของหน้าต่าง W_i

2.12.2.1 Point Detection

การตรวจหาขอบของจุดเดี่ยวๆ ลงในพื้นที่ที่มีค่าความเข้มภาพคงที่ หรือใกล้ค่าคงที่ เป็นรูปแบบหลักการโดยตรงในการใช้หน้ากากแสดงได้ดังรูป 2.11 กระบวนการตรวจหาจุดเดี่ยวๆ จะทำบนพื้นจุดศูนย์กลางของหน้ากากโดย

$$|R| \geq T \qquad (2.30)$$

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.11 หน้ากากที่ใช้ในการหาแนวจุด

เมื่อ T คือค่าเทรชโฮลที่ไม่เป็นลบ การตรวจรอยขอบของจุดพิกเซล ถูกนำมาใช้ร่วมกับหน้ากากดังกล่าวหรือตัวที่มีค่าใกล้เคียง ข้อสำคัญที่ต้องการคือ ผลตอบสนองของหน้ากากที่มีค่ามากๆ เมื่อหน้ากากอยู่ที่จุดศูนย์กลางจุดเดียว และผลตอบสนองจะมีค่าเป็น '0' ในบริเวณที่มีค่าความเข้มคงที่

2.12.2.2 Line Detection

รูปแบบต่อมาที่มีความซับซ้อนมากขึ้นคือ กระบวนการตรวจตามแนวเส้น (Line Detection) พิจารณาจากหน้ากาก ในรูปพบว่าเมื่อหน้ากากอันแรกเคลื่อนที่ไปรอบๆ ภาพ ค่าผลลัพธ์ที่ได้ตรงรอยขอบพิกเซลจะมีขนาดหนามากเพียงเส้นเดียว (one pixel thick) บนระนาบแนวนอน ในสภาวะแวดล้อมคงที่ผลลัพธ์มากที่สุดหาได้จากแนวเส้นที่ผ่านมาในกลางแถวของหน้ากาก ในทำนองเดียวกันหน้ากากอันที่สองจะได้ผลตอบสนองมากสุดเมื่อแนวเส้นอยู่ในระนาบ $+45^{\circ}$ หน้ากากอันที่สามแนวเส้นอยู่บนระนาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวตั้ง และ หน้ากากอันที่สี่แนวเส้นอยู่ในระนาบ - 45° ซึ่งทิศทางของแต่ละหน้ากากจะถูกถ่วงน้ำหนักด้วยค่าสัมประสิทธิ์มากๆ (ตัวอย่างเช่น มีค่าเป็น 2) ผลรวมของค่าสัมประสิทธิ์แต่ละหน้ากากจะได้ค่าเป็น 0 แสดงค่าผลลัพธ์ที่เป็น 0 บริเวณที่มีค่าความเข้มคงที่

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 2 & 2 & 2 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} -1 & -1 & 2 \\ -1 & 2 & -1 \\ 2 & -1 & -1 \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix}$$

หน้ากากแนวนอน (Horizontal) หน้ากาก $+45^{\circ}$ หน้ากากแนวตั้ง (Vertical) หน้ากากแนว-45°

รูปที่ 2.12 หน้ากากที่ใช้ในการหาแนวเส้น

2.12.2.3 Edge Detection

การตรวจหาขอบขององค์ประกอบ ค่าความเข้มแสงหรือค่าระดับสีเทาที่ปรากฏบนภาพ จะต้องมีขอบเขตองค์ประกอบนั้นๆ แสดงให้เห็นชัดเจน วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากสุดโดยเฉพาะในภาพที่มีค่าความเข้มไม่ต่อเนื่องจะสามารถหาได้จากอนุพันธ์อันดับหนึ่ง (first-order derivative) และอนุพันธ์อันดับสอง (second-order derivative)

การหาอนุพันธ์สำหรับฟังก์ชั่นภาพ นั้นทำได้โดยเนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีค่าระดับสีเทาที่มี 2 แนวทาง คือการพิจารณาอัตราการหาค่าความชันในการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทา ซึ่งเรียกว่าวิธีเกรเดียนต์ (Gradient Method) และการพิจารณาอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความชันในการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทา ซึ่งเราเรียกว่าวิธีปลาเซียน (Laplacian Method)

2.12.2.3.1 Sobel Edge Detector

วิธีการตรวจหาขอบด้วยตัวดำเนินการโซเบล นี้จะใช้หน้ากาก (mask) รูปแบบในรูปที่ 2.13 เพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของหน้ากากที่ใช้เป็นฟิลเตอร์ (Filter Coefficient) ของขอบภาพแนวนอน แนวตั้งในทิศทาง X และ Y ตามลำดับ

$$\begin{bmatrix} Z_1 & Z_2 & Z_3 \\ Z_4 & Z_5 & Z_6 \\ Z_7 & Z_8 & Z_9 \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.13 รูปแบบหน้ากาก (mask) แบบ Sobel Edge Dctectorในแนวแกน x และ y ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะสามารถหาสมการอนุพันธ์อันดับหนึ่งได้ดังนี้

$$g(x,y) = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2}$$
$$= \{[(Z_7 + 2Z_8 + Z_9) - (Z_1 + 2Z_2 + Z_3)]^2 + [(Z_3 + 2Z_6 + Z_9) - (Z_1 + 2Z_4 + Z_7)]^2\}^{1/2} \quad (2.31)$$

2.12.2.3.2 Prewitt Edge Detector

วิธีการตรวจหาขอบด้วยตัวดำเนินการพรีวิทท์นี้จะใช้รูปแบบหน้ากากในรูปที่ 2.14 เพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของหน้ากากที่ใช้เป็นฟิลเตอร์ของขอบภาพแนวนอนและแนวตั้งในทิศทาง X และ Y ตามลำดับ

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.14 รูปแบบหน้ากาก (mask) แบบ Prewitt Edge Detectorในแนวแกน x และ y ตามลำดับ

จะสามารถหาสมการอนุพันธ์อันดับหนึ่งได้ดังนี้

$$g(x,y) = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2}$$
$$= \{[(Z_7 + Z_8 + Z_9) - (Z_1 + Z_2 + Z_3)]^2 + [(Z_3 + Z_6 + Z_9) - (Z_1 + Z_4 + Z_7)]^2\}^{1/2} \quad (2.32)$$

กระบวนการตรวจหาขอบด้วยตัวดำเนินการพรีวิทท์จะดำเนินการคำนวณได้ง่ายกว่ากระบวนการตรวจหาขอบด้วยตัวดำเนินการโซเบล แต่มีแนวโน้มว่าผลลัพธ์ที่ได้จะมีสัญญาณรบกวนออกมาด้วย ซึ่งการตรวจหาขอบด้วยตัวดำเนินการโซเบล จะให้ผลลัพธ์ที่มั่นคงดีกว่า

2.12.2.3.3 Robert Edge Detector

วิธีการตรวจหาขอบด้วยตัวดำเนินการโรเบิร์ตนี้จะใช้รูปแบบหน้ากากในรูปที่2.15 เพื่อประมาณค่า สัมประสิทธิ์ของหน้ากากที่ใช้เป็นฟิลเตอร์ของขอบภาพแนวนอน แนวตั้งในทิศทาง X และ Y ตามลำดับ นิยมใช้ในการตรวจการเปลี่ยนแปลงในแนวเส้นทแยงมุมวิธีการนี้เป็นวิธีที่สามารถทำได้ง่ายที่สุดซึ่งจะพิจารณาได้น้อยกว่าวิธีอื่นๆ เนื่องจากมีข้อจำกัด

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.15 รูปแบบหน้ากาก (mask) แบบ Robert Edge Detectorในแนวแกน x และ y ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะสามารถหาสมการอนุพันธ์อันดับหนึ่งได้ดังนี้

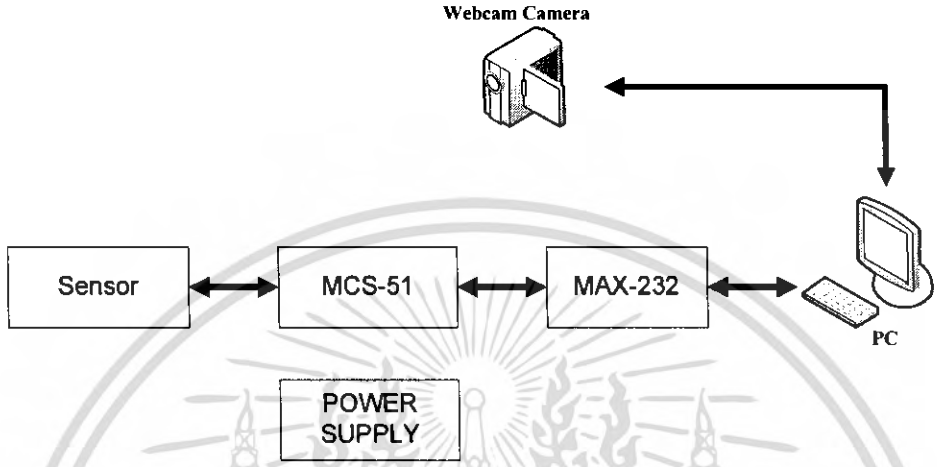
$$g(x,y) = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2} \\ = \{[(Z_9 - Z_5)]^2 + [(Z_8 - Z_6)]^2\}^{1/2} \quad (2.33)$$

การหาค่าเกรเดียนต์นี้ใช้บ่อยครั้งในการตรวจสอบในอุตสาหกรรม ทั้งช่วยมนุษย์ตรวจสอบหรือการตรวจสอบข้อผิดพลาดในสายการผลิต โดยใช้เทคนิคนี้เพื่อทำให้จุดเสียของผลิตภัณฑ์เด่นชัด เช่น ชิ้นงานที่มีขอบบิ่น ความไม่ต่อเนื่องของขอบชิ้นงานเพียงจุดเล็กๆ ก็สามารถตรวจสอบได้โดยใช้เทคนิคเกรเดียนต์นี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

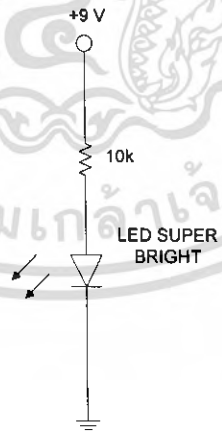
3.1 โครงสร้างของระบบ



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบการส่งข้อมูลไปตรวจเทียบคุณภาพ

3.1.1 วงจรส่งเซนเซอร์ LED SUPER BRIGHT

การออกแบบวงจรส่งอินฟราเรดได้ทำการป้อนไฟตรง 9 โวลต์ ต่อเข้ากับหลอดไฟแอลอีดี ซุปเปอร์ไบร์ท (LED Super Bright) ซึ่งแสงมีความสว่างมากกว่า LED ทั่วๆ ไป

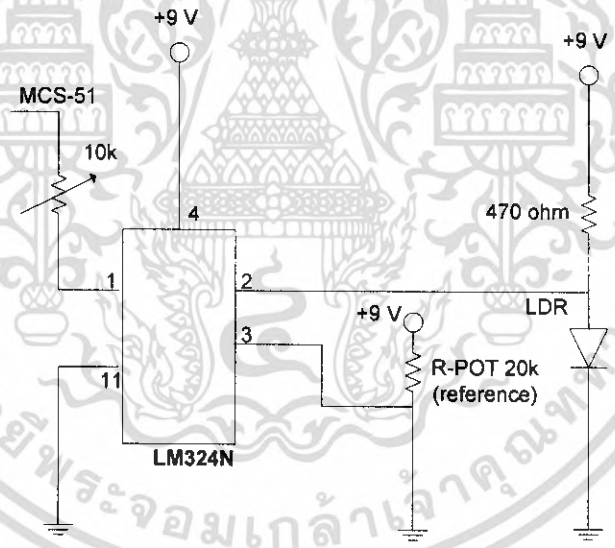


รูปที่ 3.2 แสดงวงจรส่งของเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 วงจรรับ LDR

การสร้างส่วนที่เป็นเซนเซอร์ (Sensor) เพื่อใช้ตรวจจับวัตถุนั้นเราได้เลือกใช้ตัวแอลดีอาร์ (LDR : Light Dependent Resistor) ซึ่งเป็นตัวต้านทานที่มีค่าขึ้นอยู่แสงที่มาตกกระทบใส่ผิวหน้าสัมผัสของมัน นั่นคือเมื่อแสงมาตกกระทบที่หน้าผิวสัมผัสมากๆ จะทำให้ค่าความต้านทานลดน้อยลง และจะมากขึ้นเมื่อมีแสงมากระทบหน้าสัมผัสน้อยๆ LDRที่เราเลือกใช้มีขนาด 7 มิลลิเมตร โดยจากการทดลองเมื่อเราใช้แสงสว่างที่มีความเข้มสูงๆ ไปส่องที่หน้าสัมผัส การทำงานของวงจรเริ่มต้นที่การทำงานของไอซีเบอร์ LM324N เป็นตัวออปแอมป์ (op-amp) ใช้สำหรับเปรียบเทียบค่าความต่างศักย์ที่ได้จากวงจรตรวจจับแสง แล้วสร้างสัญญาณที่มีค่าความต่างศักย์เป็น 0 กับ 5 โวลต์ ออกมา (สร้างเป็น Logic “0” หรือ “1”) ในการทดลองพบว่าเราจะได้ค่าความต่างศักย์ของประมาณ 6.28 โวลต์ กับ 1.2 โวลต์ ออกมาทางเอาท์พุทของเซนเซอร์ ซึ่งยังไม่สามารถนำไปต่อเข้ากับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ เราจึงทำการแบ่งศักย์ไฟฟ้า (Voltage divider) จากการนำตัวต้านทานปรับค่าได้ 10 กิโลโอห์ม มาต่อเข้าที่ขา1 ของ LM324N เพื่อใช้ลดระดับค่าแรงดันเอาท์พุทในตอนแรก ทำให้ค่าแรงดันลดลงประมาณเหลือ 5.02 โวลต์ กับ 1.03 โวลต์ จึงนำไปต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่อินพุทพอร์ท 0 (P0.0 ขา 39) ทำให้สามารถแยกระดับแรงดันทั้งสองเป็นลอจิก 1 (High) และ 0 (Low) ได้ตามลำดับ



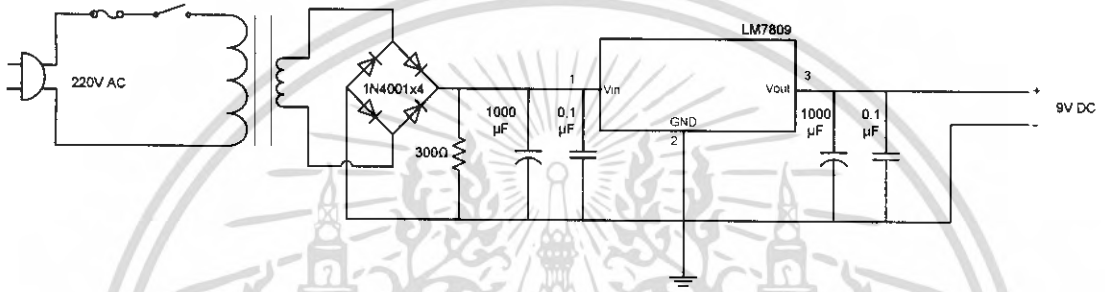
รูปที่ 3.3 แสดงการต่อวงจรรับเซนเซอร์แบบLDR

โดยในวงจรจะต่อขา 3 เข้ากับ R-POT 1รอบ ขนาด 20 กิโลโอห์ม (ตัวต้านทานปรับค่าได้) ใช้สำหรับปรับค่าระยะห่างระหว่างตัวส่งและตัวรับ (reference สำหรับเป็นสัญญาณ Base) ในการตรวจสอบสัญญาณจากวงจรเซนเซอร์ LDR โดยจะปรับค่าเปลี่ยนไปตามค่าสภาวะความเข้มแสงในขณะนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

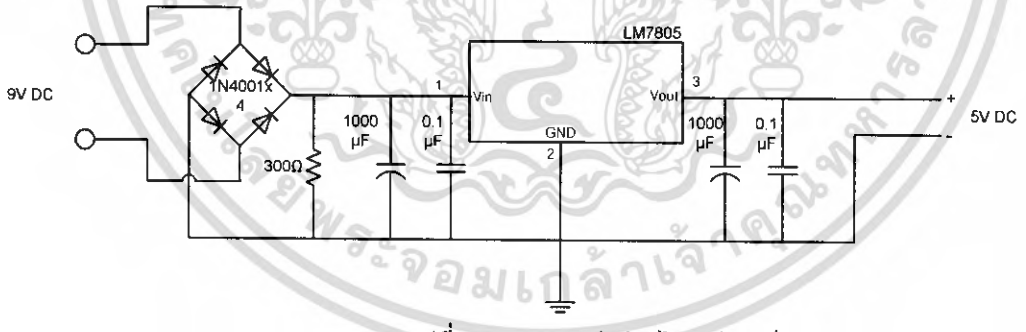
3.1.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

ทุกส่วนของวงจรที่เป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์ต้องการไฟเลี้ยงวงจรเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างปกติ ดังนั้นจะต้องสร้างวงจรที่มีหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรต่างๆ ซึ่งทุกวงจรที่ใช้ในโครงงานนี้ต้องการไฟเลี้ยงที่เป็นกระแสตรงโดยใช้ Bridge Diode และใช้ Capacitor เป็นตัวกรองเพื่อลดค่า Ripple จากนั้นทำการรักษาระดับแรงดันให้คงที่ การสร้างวงจรในภาคนี้ต้องมีวงจรเรียงกระแส (Rectifier) ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง และวงจรรักษาระดับแรงดันให้คงที่ โดยในชุดวงจรแหล่งจ่ายนี้จะจ่ายแรงดันไฟที่ระดับ 9 โวลต์ไปเลี้ยงให้กับวงจรด้วย LM7809 และต่อเข้ากับ LED เพื่อแสดงสถานะการทำงาน



รูปที่ 3.4 วงจรแหล่งจ่ายไฟ 9 โวลต์

จากนั้นทำการแปลงระดับแรงดันไฟตรง 9 โวลต์ ให้เหลือระดับ 5 โวลต์ ด้วย LM7805 เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.5 วงจรแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์

3.2 ส่วนของตัวอินเตอร์เฟส (Hardware Interface)

3.2.1 วงจรส่งระดับสัญญาณแรงดันจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังคอมพิวเตอร์

<u>การทำงานของวงจร</u>

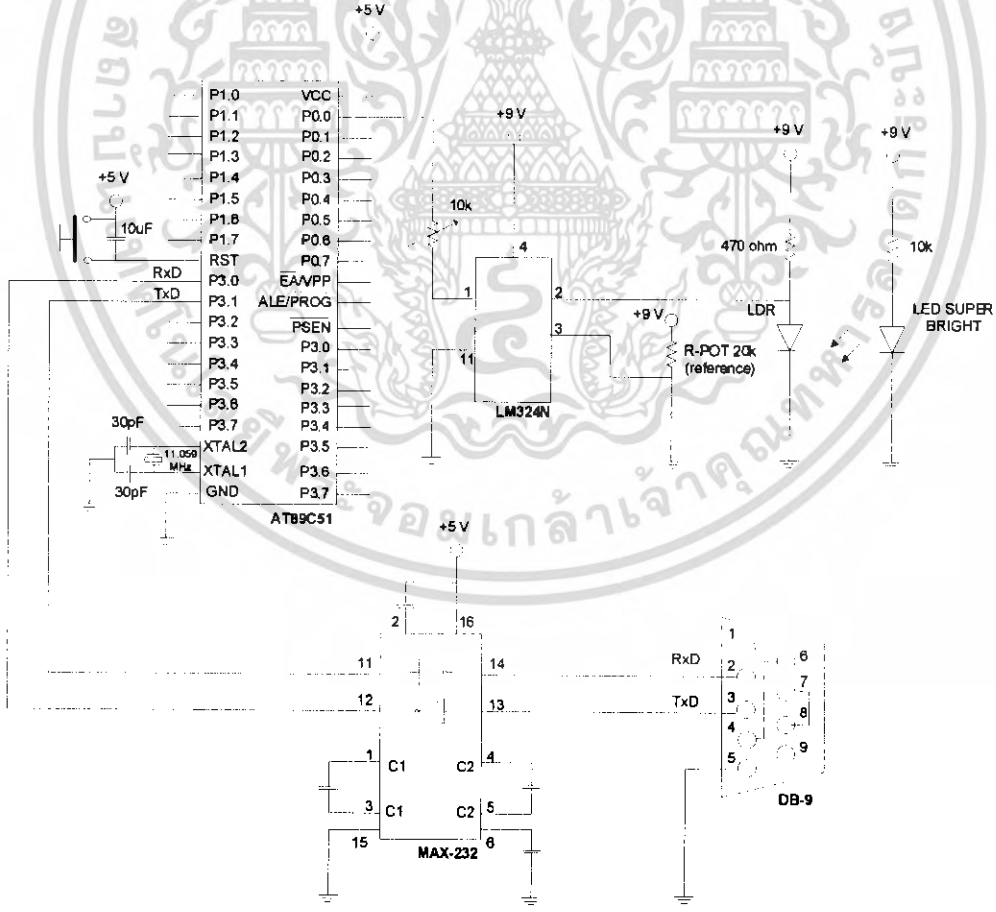
ในโครงงานนี้เป็นการตรวจสอบวัตถุโดยใช้เซนเซอร์ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ตรวจจับ และส่งค่าไปยังคอมพิวเตอร์ตัวประมวลผลให้ควบคุมการแสดงผลภาพเป็นช่วงๆ ซึ่งลักษณะของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้นข้อมูลจะถูกทยอยส่งออกมาทีละบิตจากภาคส่ง ภาครับเซนเซอร์ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MCS-51(AT89C51) จะทำหน้าที่รับระดับสัญญาณแรงดัน และแปลงเป็นระดับสัญญาณดิจิตอล (ลอจิก '0' และ '1') โดยรับเข้ามาที่พอร์ท 0 (P0.0 ขา 39) และส่งสัญญาณออกเอาท์พุทที่พอร์ท 3 (P3.1 ขา 11) จากรูป และส่งค่าออกไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านทาง MAX-232 เพื่อแสดงผลการตรวจจับวัตถุ ซึ่งจะเป็นการแสดงการควบคุมการแสดงผลภาพเพียงช่องสัญญาณเดียวเท่านั้น คือทำการส่งค่าออกไปอย่างเดียวไม่ต้องรอรับกลับ มีการทำงานดังนี้

กรณีที่มีวัตถุ คือเมื่อจ่ายไฟ 9 โวลต์ เข้าที่เซนเซอร์ภาคส่งซึ่งต่อกับตัวแอลอีดีซุปเปอร์ไบร์ท (LED Super Bright) ก็จะปล่อยลำแสงลักษณะสีน้ำเงินออกมาเพื่อส่งไปยังภาครับ ถ้าหากมีวัตถุเคลื่อนตัดผ่านเข้ามาที่ชุดรับ-ส่งเซนเซอร์ ลำแสงจากภาคส่งจะไม่สามารถส่งไปได้ เนื่องจากวัตถุเป็นตัวกั้นลำแสง ระดับค่าแรงดันนั้นจะส่งมาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงได้เป็นลอจิก '0' เทียบเท่ากับระดับแรงดันศูนย์โวลต์ (ทดสอบด้วยการเช็คสถานะ ด้วยการต่อหลอด LED ไฟจะติด) แล้วส่งต่อมาที่ขา MAX232 จะทำการเปลี่ยนแรงดันที่เข้ามาไปเป็นแรงดันตามมาตรฐานของ RS-232 ให้กับคอมพิวเตอร์รับผล คือโปรแกรมจะควบคุมการแสดงผลจากการตรวจจับวัตถุ เมื่อมีวัตถุเข้ามาเป็นช่วงๆ

กรณีที่ไม่มีวัตถุ เมื่อภาคส่งตัวแอลอีดีซุปเปอร์ไบร์ท ปล่อยลำแสงทะลุผ่านไปยังเซนเซอร์ภาครับ ระดับค่าแรงดันที่สัญญาณแสงตรวจจับได้ที่ภาครับจะส่งค่าผ่านไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงได้เป็นลอจิก '1' โปรแกรมก็จะควบคุมหยุดการแสดงผลการตรวจจับวัตถุ



รูปที่ 3.6 วงจรส่งระดับสัญญาณแรงดันจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนของโปรแกรม (Software)

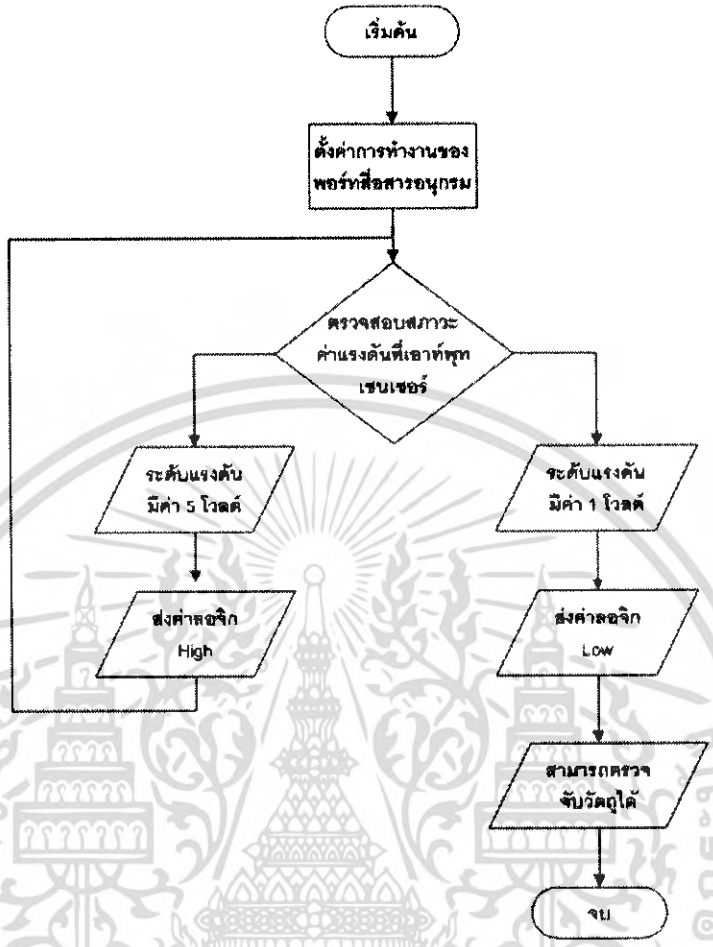
3.3.1 ระบบการตรวจเทียบข้อมูลภาพ

การออกแบบโครงงานนี้ ในขั้นแรกจะเป็นการรับภาพนิ่งมาจากกล้องวีดีโอ แล้วพิจารณาการวางตัวของข้อมูลภาพว่าอยู่ในระนาบเดียวกับต้นฉบับหรือไม่ หากไม่อยู่ในระนาบต้องจัดตำแหน่งข้อมูลภาพให้หมุนกลับมาอยู่ตรงตำแหน่งระนาบเดิมเสียก่อน เพื่อให้พิกัดพิกเซลตรงกับภาพต้นฉบับ และเข้าสู่กระบวนการแปลงไฟล์ภาพที่รับเข้ามาแบบ บิตแมปทรูคัลเลอร์ (Bitmap True Color) เป็นภาพเกรย์สเกล (Gray Scale) 256 ระดับคือ 0-255 จากนั้นทำการเลือกค่าเทรชโฮลที่เหมาะสม เพื่อทำให้เป็นภาพไบนารี (Binary) 2 ระดับคือ 0 และ 1 และทำการแบ่งแยกรอยขอบของข้อมูลภาพ เริ่มจากการตรวจหารอยขอบด้วยวิธีเกรเดียนต์ (Gradient) ทั้ง 2 ทิศทางคือ ระนาบแกน X (Horizontal) และระนาบแกน Y (Vertical) จะพบว่าข้อมูลภาพมีเส้นขอบแบ่งระดับความเข้มของพื้นหลัง (Background) และพื้นหน้าที่เป็นวัตถุ (Foreground) ลักษณะภาพที่ได้เส้นขอบอาจไม่ต่อเนื่อง สาเหตุอาจจะมาจากความคมชัด ค่าแสงสีของภาพที่รับมาจากกล้อง ทำให้ยังไม่อาจสรุปได้ว่าเส้นขอบนั้นเป็นส่วนของวัตถุ และไม่ทราบค่าสีของวัตถุว่าได้มาตรฐานตามต้องการ จึงเข้าสู่กระบวนการต่อมาคือ การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ ออกเป็นส่วนย่อยๆ (Segmentation) เพื่อที่จะรู้ขนาดขอบเขตบริเวณที่เป็นวัตถุว่าพิกเซลในแต่ละตำแหน่งจัดเป็นของวัตถุชิ้นใด แล้วทำกระบวนการเก็บค่าช่วงพิกัดของพิกเซลที่จัดอยู่ในบริเวณของวัตถุเดียวกัน จากนั้นแยกดึงบริเวณขอบเขตที่เป็นวัตถุ (Object) ทุกๆ บริเวณออกจากพื้นหลัง (Background) เพื่อนำมาคำนวณค่าผลรวมในตำแหน่งพิกเซลทุกจุดที่เป็นวัตถุในภาพว่ามีค่าประมาณเท่าใด ในที่นี้เรากำหนดให้วัตถุที่พิจารณามีค่าสีดำ (R=G=B=0) วางอยู่บนพื้นหลังที่มีค่าสีเขียว (R=0, G=127, B=1) และมีจำนวนทั้งหมด 6 บริเวณ เมื่อนำมาตรวจเช็ค " ค่าผลรวม " (Summation) ของทุกพิกเซลบริเวณวัตถุ ค่าที่ได้นั้นไม่ควรมีค่าสีขาว (แปลงภาพเป็นเกรย์สเกลก่อน) เกินกว่ามาตรฐานที่เรากำหนดเมื่อนำมาตรวจเทียบคุณภาพจะสามารถหาตำแหน่งพิกเซลที่ผิดไปได้ สรุปว่า กระบวนการจะสามารถเทียบความแตกต่างโดยระบุวัตถุที่มีค่าสีดำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้หรือไม่ และจำนวนของวัตถุมีครบถ้วนตามต้นฉบับหรือไม่ ความถูกต้องของกระบวนการมีประสิทธิภาพเหมาะสมเมื่อนำมาใช้ตรวจเทียบคุณภาพ เนื่องจากในการประมวลผลไม่จำเป็นต้องทราบค่าของพิกเซลทุกตำแหน่งในข้อมูลภาพ จึงเป็นการลดค่าความผิดพลาด (error) และใช้เวลาประมวลผลน้อยลงด้วย

โดยการศึกษากระบวนการประมวลผลภาพ (Digital Image Processing) ในส่วนการตรวจเทียบคุณภาพของข้อมูลภาพ เพื่อหาวิธีการหลายๆ วิธีที่จะบรรลุเป้าหมาย คือสามารถแยกแยะข้อมูลที่ถูกต้องและข้อมูลที่ผิดพลาดไปจากตัวข้อมูลต้นฉบับได้ดีที่สุด ซึ่งจากการทดสอบวิธีเทียบค่าจุดพิกเซลพบว่าเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด แต่ก็เกิดปัญหาที่การประมวลผลทำได้ช้ามาก และเกิดความผิดพลาดมาก เนื่องมาจากข้อจำกัด ค่ากลุ่มจุดสี, ตำแหน่งพิกเซล จึงไม่ควรนำมาใช้ ต่อมาได้ทดสอบด้วยวิธีการแยกส่วนลักษณะจุดเด่นในข้อมูลภาพ ออกเป็นส่วนย่อยๆ แล้วนำค่าผลรวมในตำแหน่งขอบเขตวัตถุมาเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ เพื่อหาค่าความแตกต่าง ทำให้ทราบได้ว่าข้อมูลมีจำนวนวัตถุครบ ค่าสีของวัตถุ ถูกต้องหรือไม่ แต่ผลที่ได้ก็อาจผิดเพี้ยนไปบ้างแต่ก็ยังถือว่ามีคุณภาพดีพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ผังการทำงานด้านของภาครับเซนเซอร์ (การตรวจสอบสัญญาณเซนเซอร์)

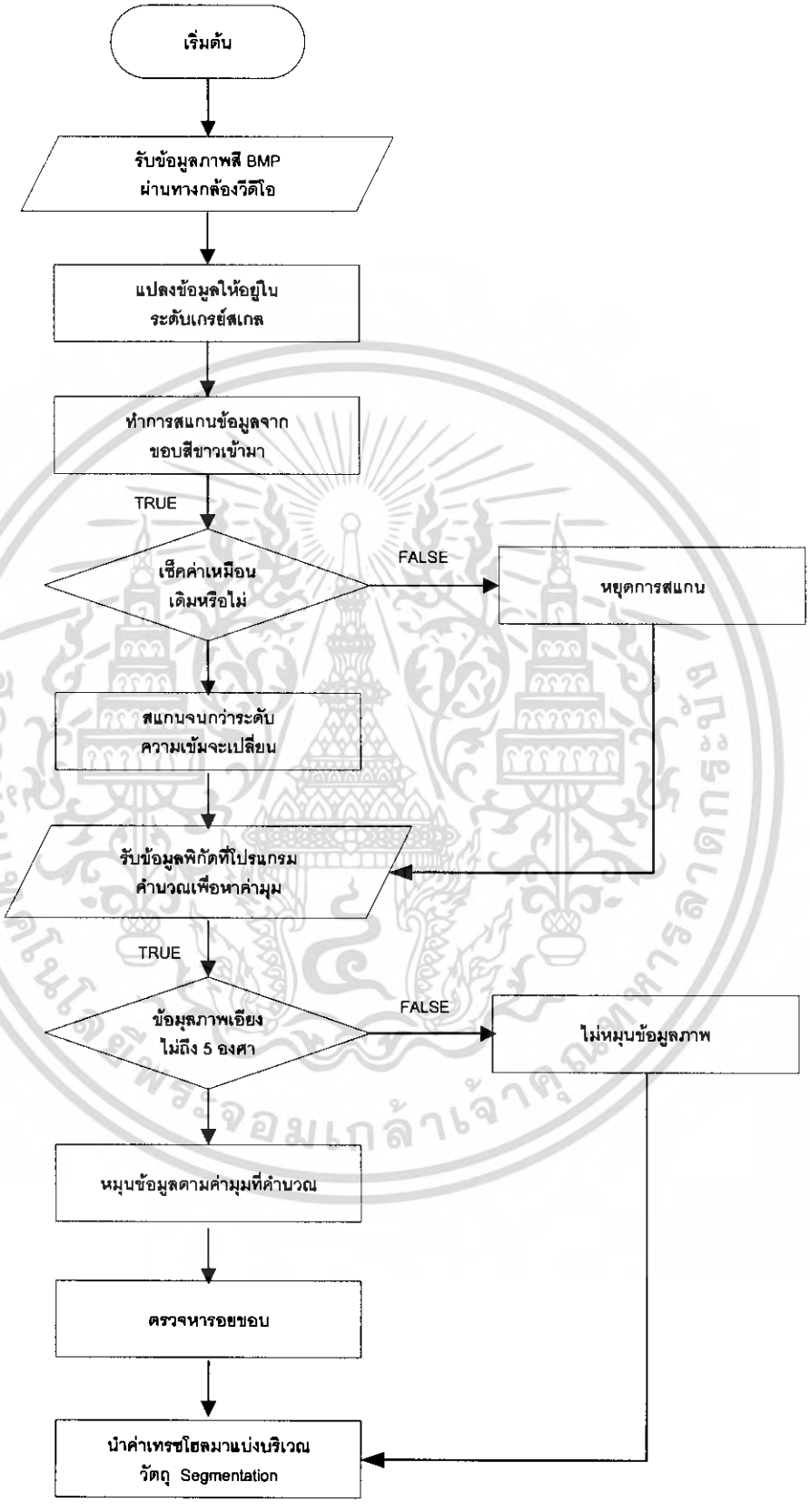


รูปที่ 3.7 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงาน LDR

1. เริ่มต้นทำการตั้งค่าของพอร์ทสื่อสารอนุกรม ให้อยู่ในโหมดพร้อมส่งสัญญาณข้อมูล
2. ทำการตรวจสอบระดับสัญญาณเซนเซอร์ด้านรับ ว่าสามารถรับแสงที่ปล่อยออกมาจากด้านส่งถ้าเซนเซอร์ด้านรับมีค่าเป็น “0” แสดงว่าช่วงเวลานี้มีการตรวจจับวัตถุ ในทางกลับกันถ้าเป็นค่า “1” แสดงว่าไม่มีการตรวจจับวัตถุก็ให้ตรวจสอบสภาวะของเซนเซอร์จนกว่าจะได้รับค่าเป็น “0” อีกครั้งแสดงว่าทำการตรวจจับวัตถุได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

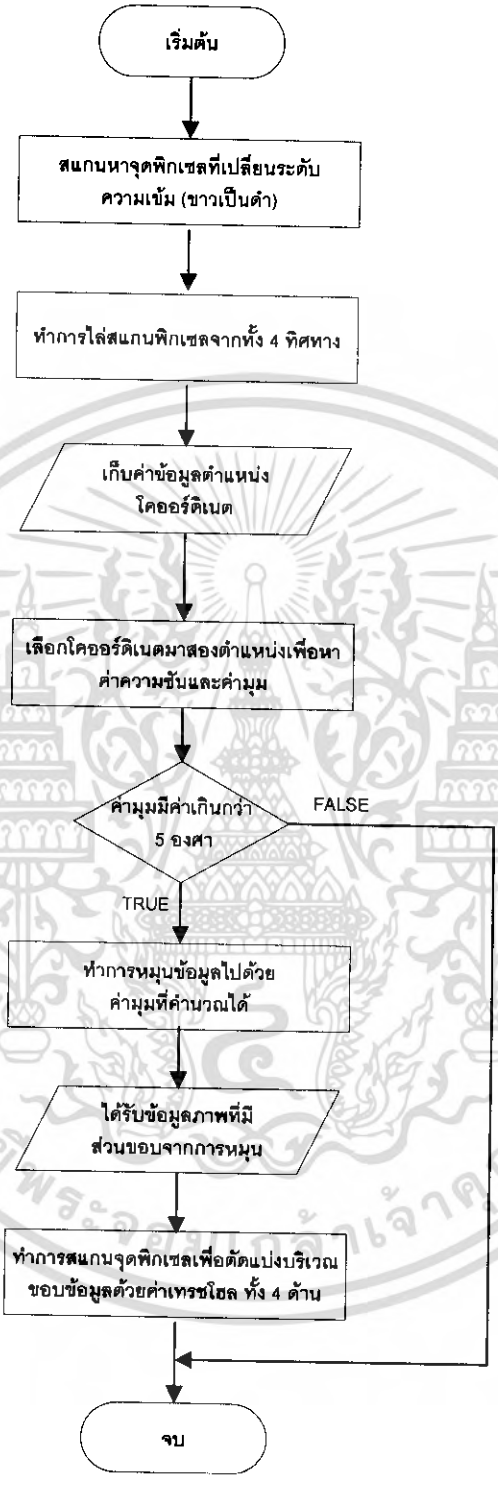
3.3.3 ผังการทำงานในส่วนการประมวลผลตรวจเทียบคุณภาพข้อมูล



รูปที่ 3.8 แสดงโฟลว์ชาร์ตรวมของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การสแกนหมุนข้อมูลภาพ (Rotate)

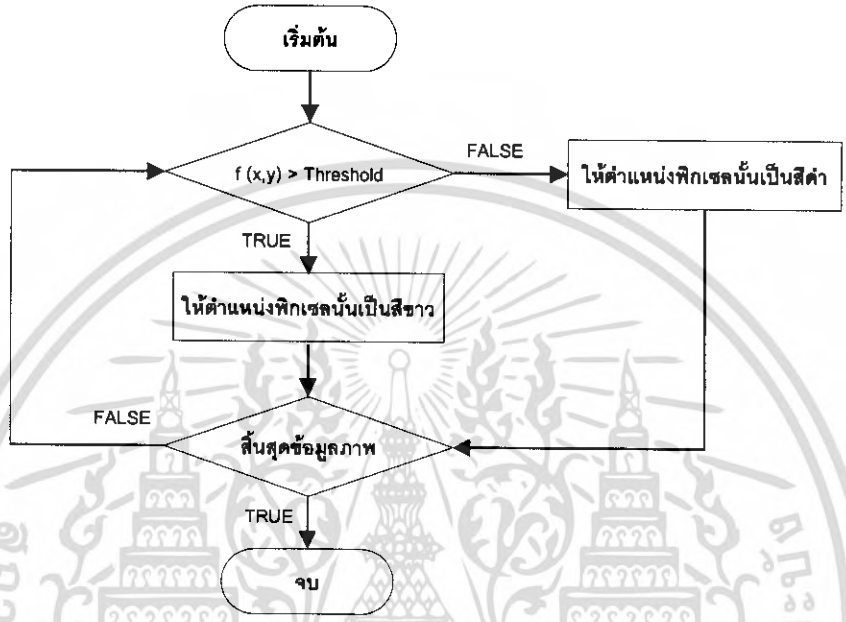


รูปที่ 3.9 โฟลว์ชาร์ตการหมุนปรับข้อมูลในแนวระนาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การทำไบนาไรเซชั่น (Binarization)

คือ การแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปแบบภาพขาวดำ มีความเข้ม 2 ระดับ ขาว-ดำ (0 และ1) เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบรอยขอบที่แบ่งแยกระหว่างวัตถุและพื้นหลัง ซึ่งทำให้เห็นถึงเส้นขอบเขตของวัตถุในภาพ กระบวนการนี้ได้กำหนดค่าเทรชโฮล ที่เหมาะสมกับข้อมูลภาพขึ้น พิจารณาจากกราฟฮิสโตแกรม ในส่วนโปรแกรมแสดงได้ดังรูปที่ 3.10



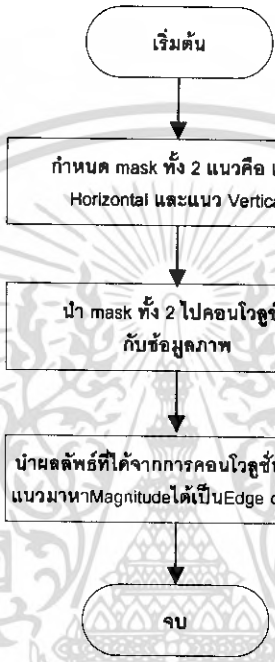
รูปที่ 3.10 โฟลว์ชาร์ตการทำไบนาไรเซชั่น

เริ่มต้นจากการแปลงค่าข้อมูลภาพที่รับเข้ามาให้อยู่ในลักษณะของข้อมูลภาพดิจิตอลเกรย์สเกล ความเข้ม 8 ระดับ จากนั้นกำหนดค่าเทรชโฮล ถ้าจุดพิกเซลของภาพมีค่าน้อยกว่าค่าเทรชโฮลจะถูกเปลี่ยนตำแหน่งพิกเซลนันให้มีค่าเป็นศูนย์ คือสีดำ ถ้าจุดพิกเซลของภาพมีค่ามากกว่าค่าเทรชโฮลจะถูกเปลี่ยนตำแหน่งพิกเซลนันให้มีค่าเป็นหนึ่ง คือสีขาวโดยจะทำกระบวนการนี้ไปรอบๆ พิกเซลทั้งหมดของข้อมูลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 การตรวจหารอยขอบ (Edge Detection)

การตรวจหารอยขอบแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ แบบเกรเดียนต์ (Gradient) และแบบลาปลาเซียน (Laplacian) โดยจะนำหน้ากาก (mask) ขนาด3*3 คอนโวลูชั่นกับพิกเซลทุกๆ จุดในข้อมูลภาพทั้ง 2 ทิศทาง ซึ่งเป็นการถ่วงน้ำหนักของพิกเซลรอบข้างจำนวน 8 พิกเซล ให้ได้ค่าจุดพิกเซลตรงกลาง ผลที่ได้จะเห็นเส้นขอบต่อๆ กันบริเวณที่ค่าระดับความเข้มสีใกล้เคียงกัน และจะเปลี่ยนแปลงเมื่อถึงบริเวณที่ค่าระดับความเข้มแตกต่างกันมากๆในส่วนโปรแกรมแสดงได้ดังรูปที่ 3.11

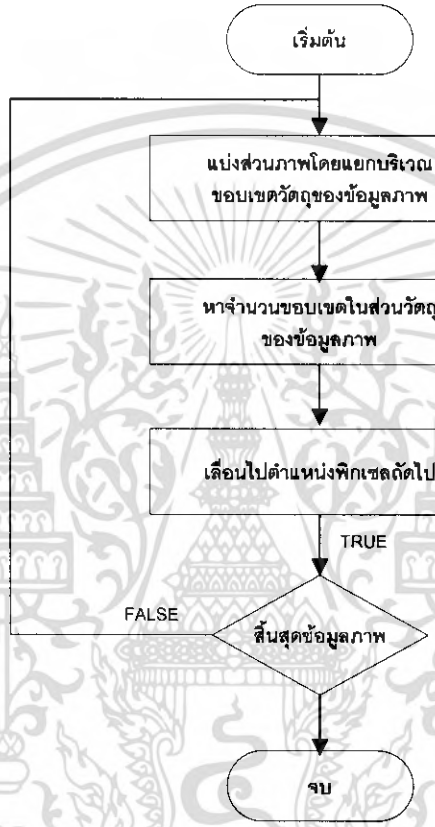


รูปที่ 3.11 โฟลว์ชาร์ตการตรวจหารอยขอบของโซเบล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 การแยกบริเวณข้อมูลภาพ (Segmentation)

ในการแยกข้อมูลภาพออกเป็นส่วนย่อยๆ เพื่อหาขอบเขตบริเวณจุดเด่นในภาพ คือบริเวณพิกเซลที่เป็นจุดวัตถุ จะทำการกำหนดขนาดช่วงของวัตถุที่ตรวจสอบ โดยเริ่มหาจำนวนวัตถุจากนั้นหาตำแหน่งสีดำที่มีลักษณะต่อเนื่องกันอยู่ในช่วงที่น่าจะเป็นขอบเขตของบริเวณวัตถุของภาพ ก็จะทำให้สามารถแยกเฉพาะบริเวณที่ต้องการตรวจเทียบคุณภาพของข้อมูลภาพมาตรวจเทียบได้ การทำงานของโปรแกรมแสดงได้ในรูปที่ 3.12

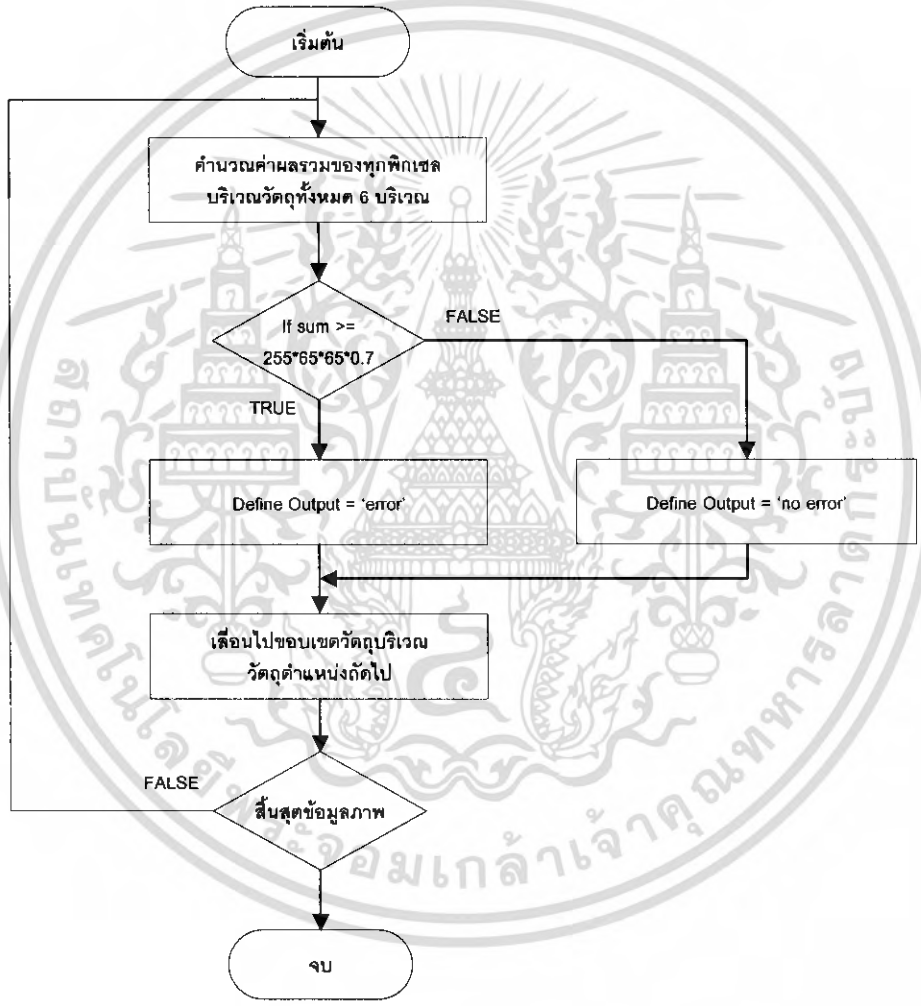


รูปที่ 3.12 โฟลว์ชาร์ตการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.8 การคำนวณค่าผลรวมบริเวณวัตถุของข้อมูลภาพ

การคำนวณค่าในพิกเซลตำแหน่งวัตถุหลังจากการแปลงข้อมูลภาพเป็นภาพไบนารี และแยกส่วนบริเวณที่สนใจ คือข้อมูลวัตถุ จะทำให้ได้ขนาดจำนวนบริเวณวัตถุสีดำทั้งหมดซึ่งมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นเมื่อนำพิกเซลบริเวณนั้นมาคิดจะต้องมีค่าต่ำๆ ที่เป็นส่วนสีดำแสดงว่าตำแหน่งนั้นมีวัตถุ แต่ก็อาจจะมีส่วนค่าสีขาวซึ่งมีค่าเท่ากับ 255 รวมอยู่ เนื่องมาจากตำแหน่งอาจเหลื่อมล้ำไปเล็กน้อยก็พอยอมรับได้ โปรแกรมจะแจ้งให้ทราบว่า 'Position no error' แต่ค่าบริเวณวัตถุที่ได้คำนวณนั้นจะต้องไม่มีส่วนสีขาวรวมอยู่เกิน 70 เปอร์เซ็นต์ มิฉะนั้นจะสรุปว่าบริเวณนั้นไม่มีวัตถุ เกิดความผิดพลาดขึ้นแจ้งให้ทราบว่า 'Position error' การทำงานของโปรแกรมแสดงได้ในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 โฟลว์ชาร์ตการคำนวณค่าผลรวมของตำแหน่งพิกเซลวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การจดจำลักษณะจุดเด่น (Recognition)

ในการจดจำข้อมูลภาพนั้นมีวิธีที่ใช้ได้มากมายหลายวิธี เช่น การใช้เทคโนโลยีโครงข่ายนิวรอล (Neural network), การเทียบค่าจุดภาพ (Matching), การเทียบค่าจุดภาพตามความสัมพันธ์ของข้อมูล (Matching Correlation), การตัดและจำแนก (Cut and Classification), การเทียบค่าจากการตัดสินใจตามทฤษฎี (Decision-Theoretical), การตรวจหาส่วนที่มีความคล้ายคลึงกัน (Similarity measures and Optimization procedures) เป็นต้น

3.4.1 การเทียบค่าจุดภาพ (Matching)

เป็นการนำข้อมูลภาพที่ต้องการเปรียบเทียบกับภาพต้นแบบทีละจุดจนครบทั้งภาพ แล้วนับจุดภาพที่เหมือนกับต้นแบบ โดยภาพต้นแบบจะต้องมีลักษณะข้อมูลครบถ้วน ชัดเจน เมื่อข้อมูลภาพนั้นมีความเหมือนภาพต้นแบบในทุกๆ จุด หรือมีจำนวนจุดภาพที่เหมือนกันมากสุดก็แสดงว่า ข้อมูลภาพนั้นคือภาพต้นแบบเช่นเดียวกัน โดยภาพต้นแบบและข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบจะต้องมีขนาดเท่ากัน จึงจะทำการเปรียบเทียบจุดภาพได้อย่างถูกต้อง

ข้อจำกัดของกระบวนการนี้ คือภาพต้นแบบจะต้องมีความชัดเจนมากและมีความผิดพลาดของข้อมูลภาพน้อย จึงจะทำให้ผลการเปรียบเทียบข้อมูลภาพออกมาได้อย่างถูกต้อง

3.4.2 การตัดและการจำแนก (Cut and Classification)

หลักการของการตัด คือการตรวจสอบค่าสีไปตามแนวแถวและหลัก เพื่อหาจุดขอบหรือจุดบ่งชี้ที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มจากขาวเป็นดำ หรือดำเป็นขาว จากนั้นก็จะทำการนับจำนวนของตำแหน่งที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าจุดสีตามแนวต่างๆ ที่กำหนด

3.4.3 Recognition Based on Decision-Theoretic Methods

การเข้าถึงกระบวนการตัดสินใจทางทฤษฎี (Decision-theoretic) เพื่อจดจำลักษณะรูปร่าง มีพื้นฐานมาจากการใช้การตัดสินใจ (ตัวจำแนก Discriminant) ฟังก์ชั่นให้ $X = (X_1, X_2,..., X_n)^T$ เป็นตัวนำเสนอในรูปแบบเวกเตอร์ที่มี n มิติ สำหรับ W รูปแบบคลาส มี $W_1, W_2, ... W_W$ ปัญหาพื้นฐานในกระบวนการนี้ คือ การหาค่า W ฟังก์ชั่นการตัดสินใจ $d_1(x), d_2(x), ...,d_w(x)$ ด้วยคุณสมบัติของรูปแบบ X ในคลาส W_i

ในทางปฏิบัติทั่วๆไป เป็นการแสดง ขอบเขตการตัดสินใจระหว่าง 2 คลาส โดยฟังก์ชั่น $d_i(x) - d_j(x) = 0$ ดังนั้น $d_{ij}(x) > 0$ สำหรับรูปแบบแผนของคลาส W_i และ $d_{ij}(x) < 0$ สำหรับรูปแบบ คลาส W_j แบบแผนที่ถูกใช้สำหรับ การประเมินค่าพารามิเตอร์จะเรียกว่า "training pattern" หรือ "training set" กลุ่มเซทของแบบแผนในคลาสจะไม่นำมาใช้ training แต่จะถูกใช้แทนที่ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของการเข้าถึงการจดจำลักษณะรูปร่างเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 Matching by correlation

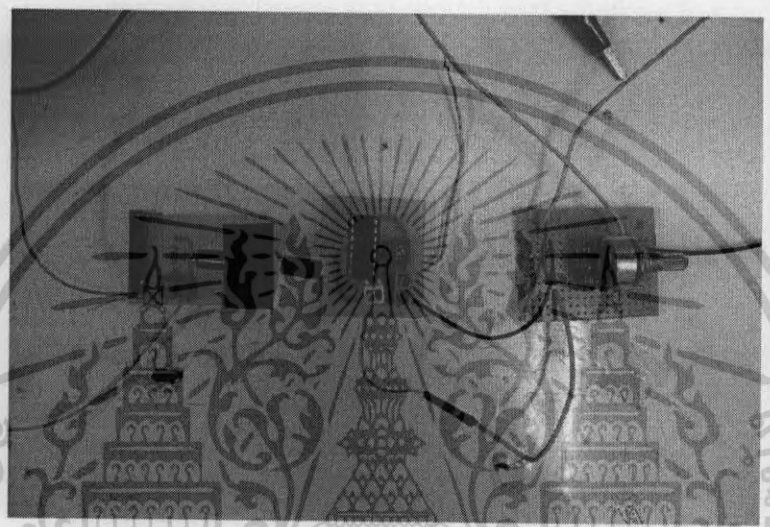
การคำนวณหาความสัมพันธ์ในข้อมูลภาพเป็นวิธีที่ง่ายและสมบูรณ์ที่สุด กำหนดให้ข้อมูลภาพ f(x, y) เป็นภาพที่นำมาหาความสัมพันธ์ คือจะหาทุกๆ ตำแหน่ง ในข้อมูลภาพที่มีความเหมือนกัน กำหนดได้จากข้อมูลภาพย่อย (หรือเรียกว่า mask หรือ template) W(x, y) โดยแท้จริงแล้ว W(x, y) จะมีขนาดเล็กกว่าข้อมูลภาพ f(x, y) การเข้าถึงเพื่อหาส่วนเหมือนกัน คือจัดการ W(x, y) เป็นเหมือน spatial filter และคำนวณผลรวมของผลลัพธ์ที่ได้ (หรือทำการนอร์มอไลซ์) สำหรับในการเคลื่อนกรอบ W ในฟังก์ชั่นภาพ f อย่างถูกต้อง เมื่อข้อมูลมีองค์ประกอบเหมือนกันมากที่สุด (การเทียบค่าตรงกัน) ของ W(x, y) ใน f(x, y) ผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่ามากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

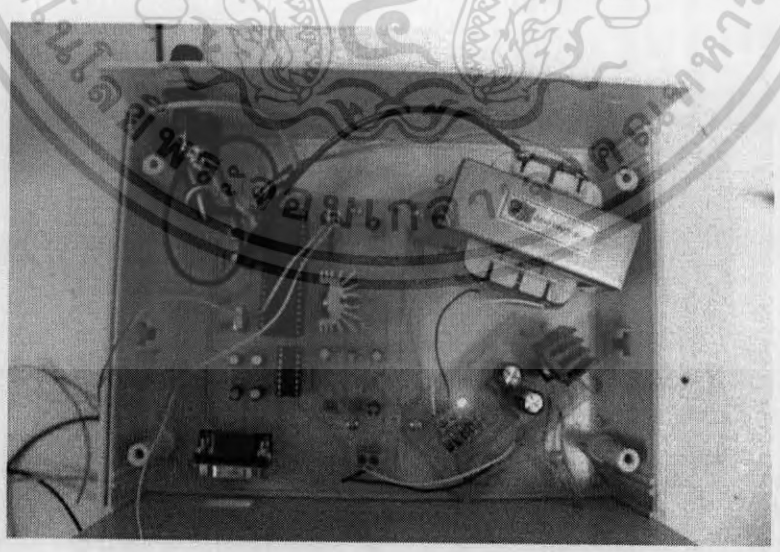
บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองควบคุมการตรวจจับวัตถุ

จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 แสดงการต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบไปด้วย วงจรเซนเซอร์ LED Super Bright ด้านส่ง วงจร LDR ด้านรับ วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้ากับหม้อแปลงไฟ เพื่อที่จะทำการทดลองการตรวจจับวัตถุและ แสดงผลผ่านทางโปรแกรม HYPER TERMINAL



รูปที่ 4.1 วงจรด้านส่ง- ด้านรับของเซนเซอร์



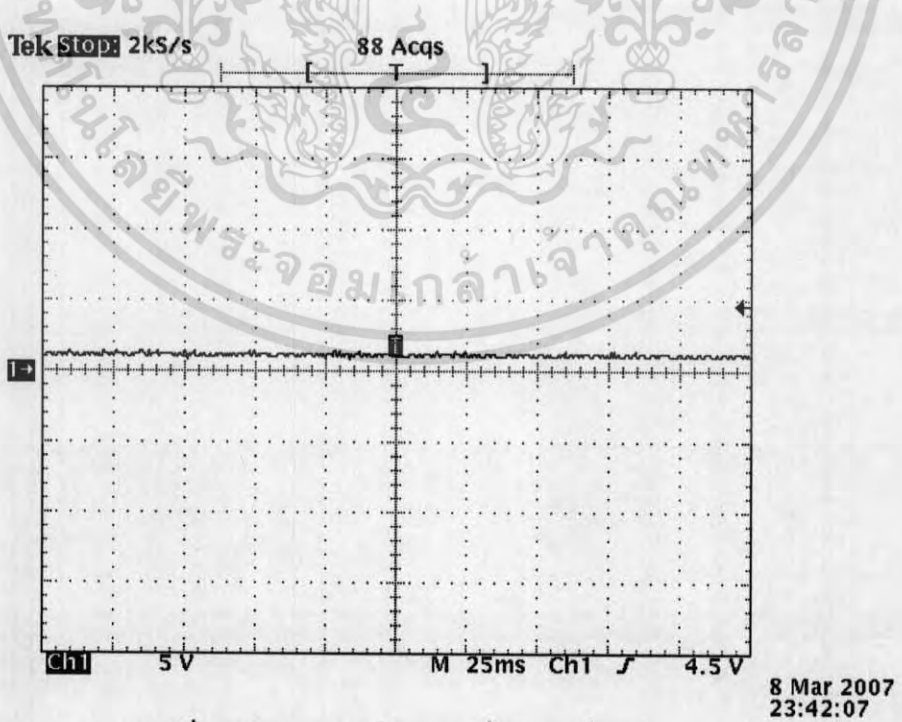
รูปที่ 4.2 วงจรส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วงจรเซนเซอร์ด้านรับตรวจจับทางแสง

ทำการเปิดสวิชต์ หลังจากเชื่อมต่อวงจรรวมแล้ว หม้อแปลงจะจ่ายไฟเลี้ยง 9 โวลต์ เข้ามาที่วงจรเซนเซอร์ ซึ่งจะต้องหันด้านส่งและด้านรับให้ตรงกันก่อน โดยด้านส่งจะส่งสัญญาณลำแสงออกไปตลอดเวลา เมื่อมีวัตถุเคลื่อนตัดผ่านจะบังแสงไม่ให้โดนส่วนที่เป็น LDR เซนเซอร์ด้านรับจะไม่สามารถรับสัญญาณได้ ดังนั้นเมื่อส่งสัญญาณออกจาก LM324N ขา 1 ไปเข้าที่ขา 39 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ และวัดผลเอาท์พุทที่ได้จะเท่ากับ 1.2 โวลต์ ซึ่งสามารถแยกเป็นระดับสัญญาณลอจิก “LOW” ได้

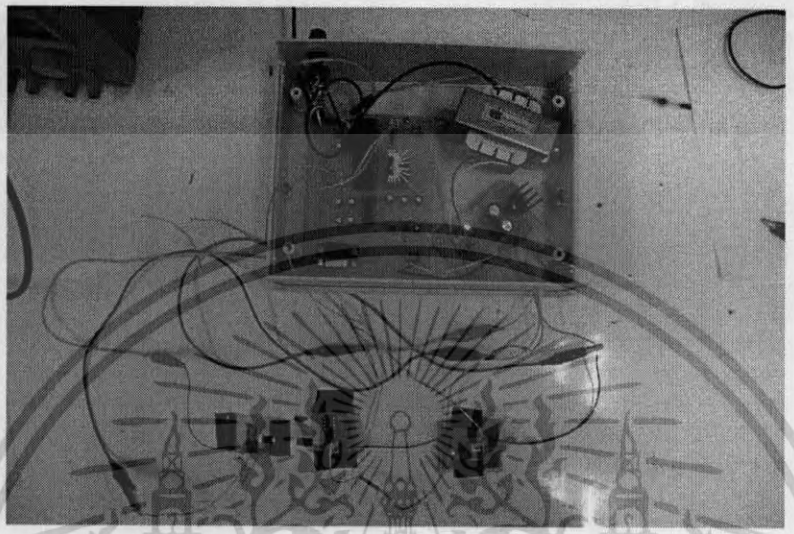
รูปที่ 4.3 แสดงการตรวจจับวัตถุ (Detect) ขณะที่มีวัตถุเคลื่อนผ่าน



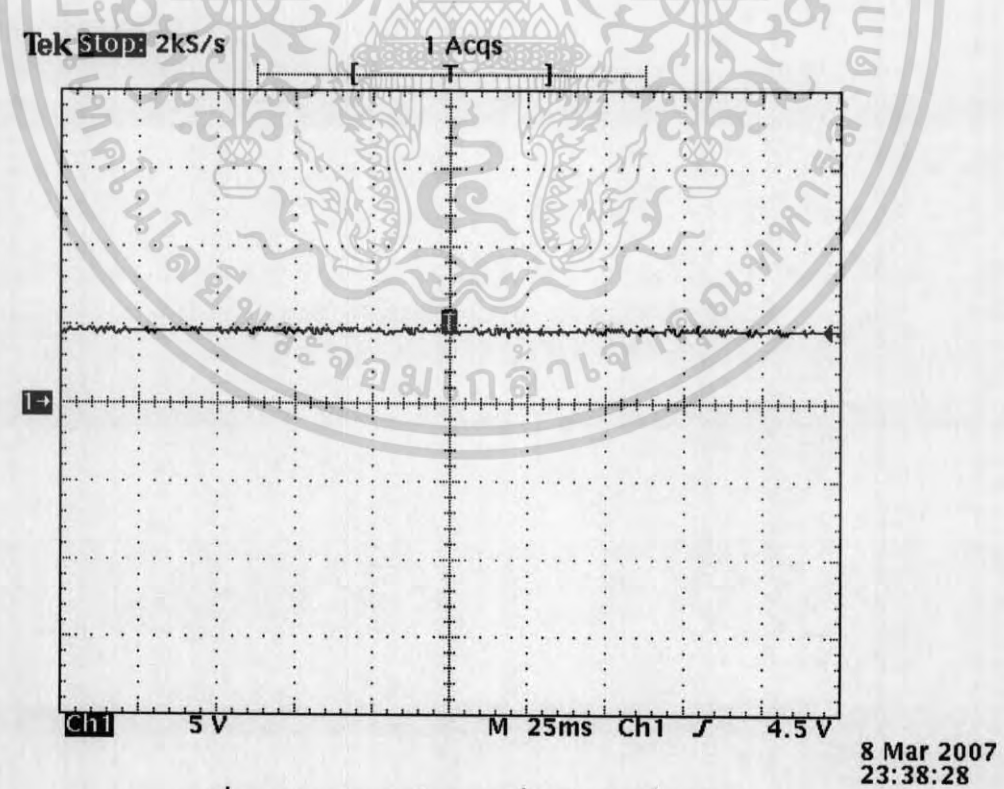
รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาท์พุทขณะที่มีวัตถุเคลื่อนผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการต่อวงจรเหมือนเดิม และทดลองขณะที่ไม่มีวัตถุเคลื่อนตัดผ่าน ทำให้ด้านรับเซนเซอร์สามารถรับสัญญาณจากด้านส่ง ดังนั้นเมื่อส่งสัญญาณออกจาก LM324N ขา 1 ไปเข้าที่ขา 39 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ และวัดผลเอาท์พุทจะได้ค่าเท่ากับ 5.02 โวลต์ ซึ่งสามารถแยกเป็นระดับสัญญาณลอจิก "HIGH" ได้



รูปที่ 4.5 แสดงการตรวจจับวัตถุ (Detect) ขณะที่ไม่มีวัตถุเคลื่อนผ่าน

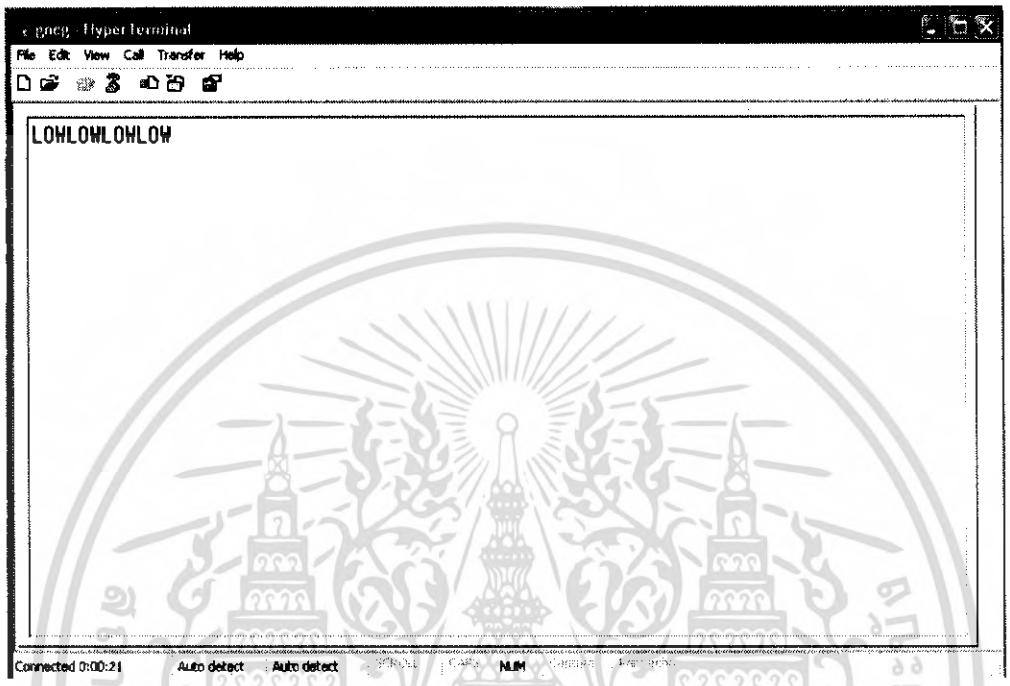


รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาท์พุทขณะที่ไม่มีวัตถุเคลื่อนผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ทำการอินเตอร์เฟสวงจรเข้ากับ คอมพิวเตอร์

ทำการตั้งค่าพอร์ทการสื่อสารอนุกรม เพื่อทดสอบการส่งค่าข้อมูลออกทางคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม HYPER TERMINAL พบว่าขณะที่โปรแกรมทำการตรวจจับวัตถุได้ (เหมือนในรูปที่ 4.3) จะส่งค่าเอาท์พุทมาในลักษณะ character เป็น "LOW" ออกมาบ่งบอกถึงสภาวะการตรวจจับวัตถุ



รูปที่ 4.7 แสดงการรับค่าในโปรแกรม HYPER TERMINAL

สรุปได้ว่า วงจรรวมที่สร้างขึ้นนี้สามารถนำมาใช้ตรวจจับวัตถุได้ในระยะใกล้ๆ (ประมาณ 10 เซนติเมตร) เนื่องจากในการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานนั้น วัตถุที่เข้ามาตรวจสอบจะอยู่ในระยะใกล้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดลองส่วนโปรแกรม MATLAB

ขั้นตอนการสร้างใช้งานระบบตรวจเทียบข้อมูลภาพ

เมื่อตรวจจับได้ว่ามีวัตถุ โปรแกรมจะทำกระบวนการกับข้อมูลภาพ (Digital Image Processing) นำข้อมูลภาพที่ได้รับเข้ามา แล้วทำการประมวลผลด้วยฟังก์ชั่นงานประมวลผลภาพแบบพื้นฐานต่างๆ ดังนี้

การดึงข้อมูลภาพภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์

สำหรับวิธีการดึงข้อมูลจากกล้องเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ หรืออีกนัยหนึ่งคือ การดึงค่าข้อมูลเข้ามาสู่โปรแกรมนั้น โดยทั่วไปมีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี

- การดึงข้อมูลโดยการใช้เครื่องมือในการโปรแกรม (Programming tool) ที่ผู้ผลิตกล้องให้มาเพื่อดึงข้อมูลภาพออกจากตัวกล้องมาสู่ตัวโปรแกรมหลักเสมอ โดยทั่วไปเครื่องมือดังกล่าวจะมีอยู่สองรูปแบบคือ dll และ activeX

- การดึงข้อมูลโดยใช้เครื่องมือในการโปรแกรมของระบบปฏิบัติการวินโดวส์ เช่น Video For Window (VFW) หรือ DirectShow

- การดึงข้อมูลภาพโดยการใช้เครื่องมือในการโปรแกรมที่อยู่ในรูปของ activeX หรือ dll ซึ่งมีจำหน่ายในเชิงการค้า หรือที่เรียกกันว่า Third party activeX

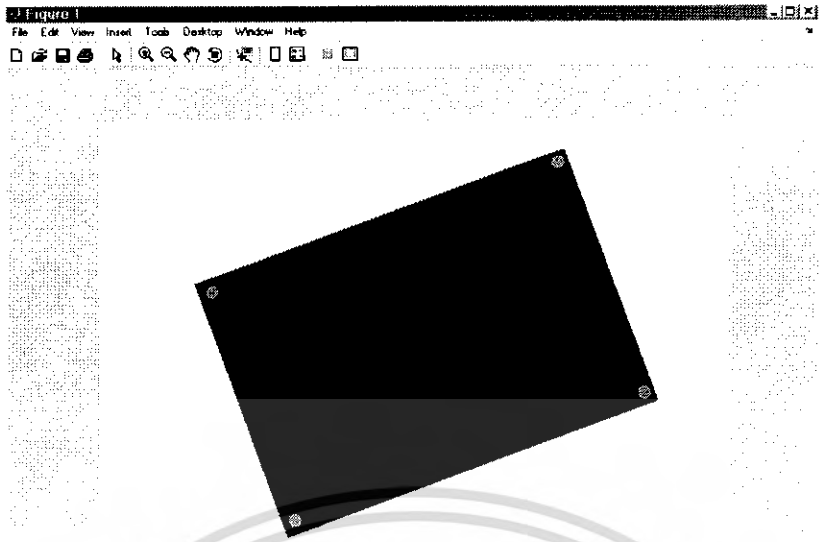
4.4.1 ทำการการดึงข้อมูลภาพเข้าสู่โปรแกรมหลัก

ด้วยการสั่งกล้องวีดีโอจับภาพเป็นภาพนิ่งครั้งละหนึ่งภาพ แสดงผลดังรูปที่ 4.8 และ 4.9

```
Command Window

imaqInfo =

    InstalledAdaptors: {'winvideo'}
        MATLABVersion: '7.0 (R14)'
          ToolboxName: 'Image Acquisition Toolbox'
       ToolboxVersion: '1.5 (R14)'


VFW =

       AdaptorDllName: [1x61 char]
    AdaptorDllVersion: '1.5 (R14)'
          AdaptorName: 'winvideo'
           DeviceIDs: {[1]}
          DeviceInfo: [1x1 struct]


Cam1Info =

          DefaultFormat: 'RGB24_640x480'
    DeviceFileSupported: 0
             DeviceName: 'USB2.0 PC Camera (SN9C201)'
               DeviceID: 1
      ObjectConstructor: 'videoinput('winvideo', 1)'
       SupportedFormats: {1x11 cell}

Press any keys to capture image1
Press any keys to end
```

รูปที่ 4.8 แสดงผลหลังจาก RUN คำสั่งการจับภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงผลการจับภาพวัตถุที่นำมาประมวลผล

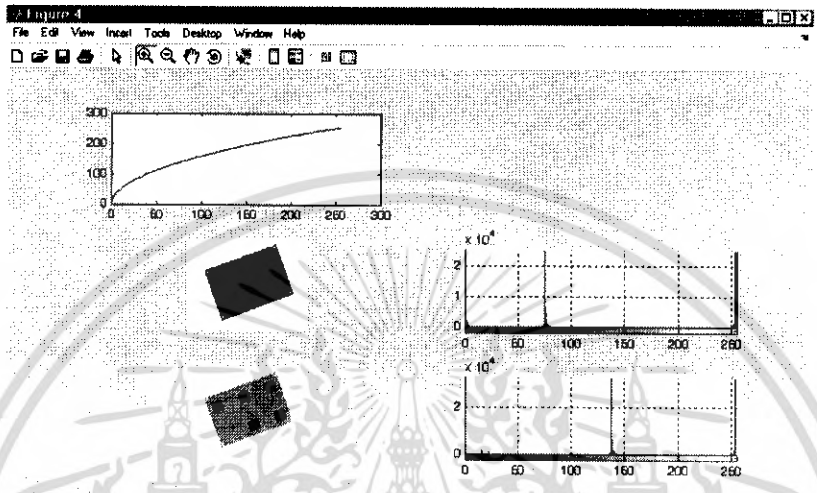
รูปแบบการประมวลผลเพื่อตรวจเทียบคุณภาพที่ได้สร้างขึ้นนั้น ประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. ทำการแปลงไฟล์ข้อมูลภาพสีบิตแมป ที่รับมาจากกล้องวีดีโอให้อยู่ในระดับความเข้มสีเทา แสดงได้ในรูปที่ 4.10

รูปที่ 4.10 แสดงข้อมูลภาพในรูปแบบเกรย์สเกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. พิจารณาข้อมูลภาพเกรย์สเกลที่มีระดับความเข้ม 256 ระดับ (0-255) พบว่าข้อมูลทั้งภาพมีความมืดมากเกินไป ไม่สามารถแบ่งพื้นหลัง (background) และพื้นหน้าวัตถุ (foreground) ได้ชัดเจน จึงนำข้อมูลภาพไปผ่านการปรับค่าแกมมา (gamma) เพื่อให้ข้อมูลภาพมีระดับความเข้มแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด และพลอตค่าฮิสโตแกรมพิจารณาดูการกระจายตัวของระดับความเข้มสีต่างๆ



รูปที่ 4.11 แสดงข้อมูลภาพหลังการปรับค่าแกมมา

3. ในการรับไฟล์ภาพเข้ามาจากกล้อง หากภาพเกิดเอียง เบี้ยวไปจากระนาบเดิมมากๆ ให้ทำการปรับข้อมูลภาพกลับไปยังระนาบเดิมก่อน เริ่มต้นจากการสแกน (scan) ภาพบนลงล่าง และจากทางซ้ายไปทางขวา เพื่อหาจุดพิกัดโคออร์ดิเนตทั้ง 4 ด้านได้เป็น (x1, y1), (x2, y2), (x3, y3), (x4, y4) จากนั้นเลือกจุดพิกัดออกมา 2 จุด คือ (x1, y1), (x2, y2) ก็จะสามารถคำนวณหาค่าความชัน (m) ของเส้นตรงที่มีจุดเริ่มที่ (x1, y1) และจุดปลายที่ (x2, y2) แล้วนำมาคำนวณหาค่ามุม (θ) เพื่อควบคุมให้ภาพหมุนกลับด้วย (θ) ที่คำนวณได้จากสมการคณิตศาสตร์ที่ 4.1 ได้ค่ามุมเท่ากับ

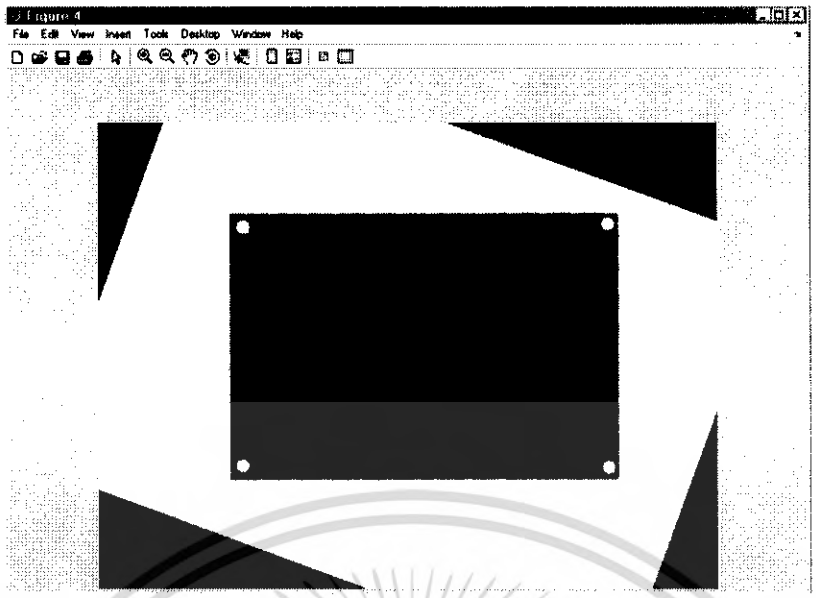
$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \qquad (4.1)$$

$$\theta = \tan^{-1}(m)$$

```
Command Window
angle =
  -20.0324
```

รูปที่ 4.12 ข้อมูลภาพที่ค่ามุมเอียงไปเท่ากับ -20.0324 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แสดงผลการหมุนข้อมูลภาพกลับมายังระนาบ

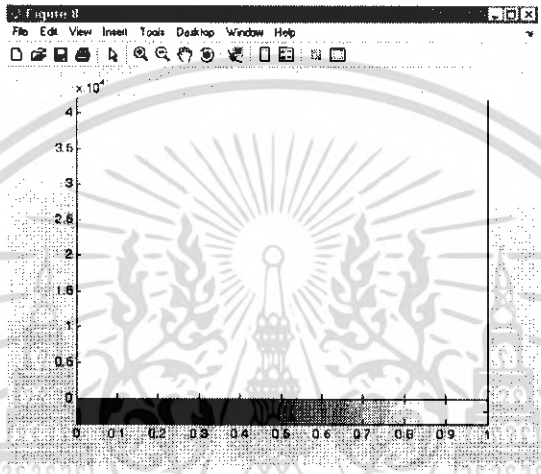
4. ทำการกำจัดส่วนข้อมูลภาพที่อยู่นอกเหนือวัตถุ จะเห็นว่าสามารถแยกส่วนภาพพื้นหลัง (Background) ทั้งหมดให้มีสีขาวและส่วนวัตถุออกจากกัน แสดงได้ในรูปที่ 4.14

รูปที่ 4.14 แสดงผลหลังจากตัดบริเวณพื้นหลังให้เป็นสีขาวทั้งหมด

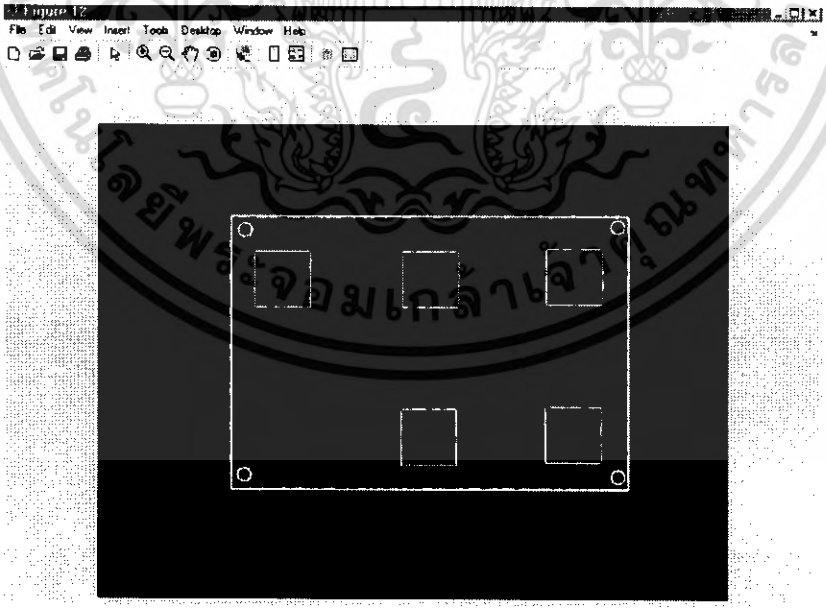
5. ตรวจหารอยขอบด้วยวิธีเกรเดียนต์ (Gradient) โดยใช้มาสก์รูปแบบโซเบล (Sobel) ขนาด 3*3 ซึ่งกระบวนการนี้ คือ การคอนโวลูชั่นของมาสก์เข้ากับข้อมูลภาพ โดยจะเลื่อนมาสก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการคอนโวลูชั่น เพื่อหาค่าจุดพิกเซลใหม่ตรงกลางจากการถ่วงน้ำหนักของพิกเซลรอบข้าง ไปเรื่อยๆ วิธีนี้ใช้มาสก์ 2 ตัวคือ มาสก์ในแนว Vertical จะตรวจรอยขอบของข้อมูลภาพได้ในแนว Horizontal และมาสก์ในแนว Horizontal จะตรวจหารอยขอบในแนว Vertical เนื่องจากจะตรวจรอยขอบในแนวที่ตั้งฉากกับเฟสข้อมูลภาพ ดังนั้นเมื่อนำมารวมกันจะทำให้สามารถตรวจรอยขอบได้ทั้งสองทิศทาง ในขณะเดียวกันก็จะทำการแปลงข้อมูลภาพเป็นไบนารีโดยเลือกค่าเทรชโฮลจากฮิสโตแกรมที่อยู่ระหว่างค่ามากสุด (maximum) ทั้งสองทิศทาง



รูปที่ 4.15 เลือกค่าเทรชโฮล จากฮิสโตแกรม (ได้เท่ากับ 128)



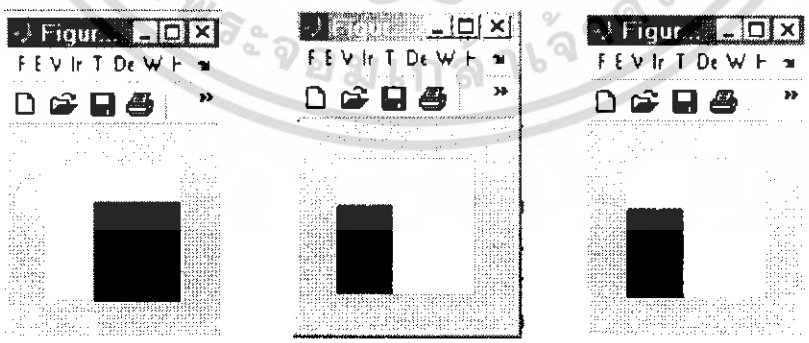
รูปที่ 4.16 แสดงข้อมูลภาพหลังการตรวจหารอยขอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. กำหนดค่าแทรชโฮลขึ้นมา เพื่อนำมาใช้เป็นตัวแบ่งข้อมูลภาพ ทำให้ได้ข้อมูลภาพไบนารี (binary image) ที่มีเพียง 2 ระดับ คือ ขาวและดำ

รูปที่ 4.17 แสดงข้อมูลภาพหลังการเปลี่ยนเป็นภาพไบนารี (ขาว-ดำ)

7. ทำการแยกข้อมูลออกเป็นส่วนย่อย (Segmentation) เพื่อพิจารณาค่าตำแหน่งในพิกเซลที่เป็นวัตถุ โดยทำการหาขนาดบริเวณวัตถุจะได้ประมาณ 55*55 พิกเซล และถ้าหากบริเวณนั้นเป็นวัตถุแล้วค่าผลรวมที่ได้ไม่ควรมีค่าถึง 255*65*65 หมายความว่าบริเวณนี้ส่วนใหญ่มีค่าเป็นสีขาวรวมอยู่ (แต่ก็อาจให้มีสีขาวปนอยู่ได้เล็กน้อย เนื่องจากตำแหน่งพิกเซลเลื่อนไปหรือค่าสีวัตถุไม่ได้มาตรฐาน) เนื่องจากข้อมูลภาพที่นำมาประมวลผลมีจำนวนวัตถุอยู่ 6 บริเวณ จึงคิดหาค่าพิกเซลทั้ง 6 ตำแหน่งได้ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.18 แสดงข้อมูลภาพส่วนย่อยๆ (sub image) ที่นำมาตรวจเทียบคุณภาพกับต้นฉบับ

8. ทำการตรวจเทียบคุณภาพของข้อมูลภาพต้นฉบับกับภาพที่เข้ามาใหม่ โดยกำหนดมาตรฐานให้ค่าผลรวมตำแหน่งที่เป็นวัตถุไว้ที่ 70% ทำให้มั่นใจได้ว่าบริเวณนั้นมีวัตถุ ซึ่งถ้าข้อมูลภาพมีวัตถุครบทั้งหมดทุกตำแหน่งโปรแกรมจะแจ้งให้ทราบว่า ไม่มีข้อผิดพลาดและถ้าหากบริเวณนั้นมีสีเทาอ่อนจนเกือบจะขาว ส่วนพื้นหลังปะปนอยู่มากจนผลรวมมีค่ามากกว่าที่กำหนดโปรแกรมจะแจ้งให้ทราบว่ามีตำแหน่งใดบ้างที่ข้อมูลภาพไม่มีวัตถุผิดไปจากต้นฉบับ

รูปที่ 4.19 โปรแกรมแสดงตำแหน่งผิดพลาด

เมื่อทำการตรวจเทียบคุณภาพของฐานข้อมูลชุดหนึ่ง พบว่าระบบจะสามารถวิเคราะห์ตรวจหาจุดผิดพลาดได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ แต่พบว่าบางกรณีระบบอาจตรวจเทียบข้อมูลผิด จึงแจ้งมายังผู้ใช้ผิดด้วย ทำให้ไม่สามารถตรวจเทียบคุณภาพได้ ซึ่งมีสาเหตุมาจากระยะโฟกัส ตำแหน่งพิกเซลคลาดเคลื่อนไปจากต้นฉบับมาก เมื่อทำการหมุนภาพกลับมาจึงไม่ได้ตำแหน่งเดิมที่ต้องการพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

[1] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L. Eddins, "Digital Image Processing Using MATLAB", Pearson Education,Inc., New Jersey, 2547

[2] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L. Eddins, "Digital Image Processing", Addison-Wiley, New Jersey, 2546

[3] รศ.สมยศ จุณณะปิยะ, "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51" คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546

[4] ซีเอ็ดบุ๊คยูเคชั่น, "เซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์", สำนักพิมพ์เอเชียเพรส, กรุงเทพ, 2549

[5] G.J. Awcock and R. Thomas, "Applied Image Processing", McGraw-hil, Inc., 1996

[6] I.Pitas, "Digital Image Processing Algorithm And Application", John Wiley & Sons, Inc., 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ก. โปรแกรมในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include<REG51.h>
sbit sensor = P0^2;
code unsigned char text_0[]="LOW";
//------------------------------delay-------------------------------
----
void delay(int time)
{     do{time--;}
      while(time>0);
}
//-------------------------------main--------------------------------
----
void main(void)
{ unsigned char n,z;
  unsigned char m = 0;
  unsigned char check;
      TMOD=0x21;
      SCON=0x50;
      TH1=0xFD;
      TL1=0xFD;
      TR1=1;
      RI=1;
      TI=0;
      sensor=1;
   z=0;

      while(1)
      {     if(sensor == 0)
            {     for(n=0;n<3;n++)
                  {     SBUF = text_0[n];
                        while(~TI);
                        TI=0;
                  }
                  for(z=0;z<10;z++)
                  {     delay(30000);     }

            }
      }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ข. โปรแกรมในส่วนของคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
close all; clear all; clc;
imaqInfo=imaqhwinfo
VFW=imaqhwinfo('winvideo')
Cam1Info=VFW.DeviceInfo(1)
Cam1=videoinput('winvideo',1);
preview(Cam1)
disp('Press any keys to capture image1');
pause
image1=getsnapshot(Cam1);
disp('Press any keys to end');
pause
closepreview(Cam1)
close all
%display the captured frame in separated window
figure; imshow(image1)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
clear all; close all; clc;
RGB = imread('C:\Documents and Settings\Administrator\My Documents\My
Pictures\img1.bmp');
figure(1)
imshow(RGB)

%--------- convert to gray scale by use equation ------------------%

G2 = 0.2989*RGB(:,:,1)...
          +.5870*RGB(:,:,2)...
         +.1140*RGB(:,:,3);
figure(2)
imshow(G2)

%---------- remove edge from capture input -------------------------%

G=G2;
for i=1:480
    for j=1:640
        if G2(i,j)>=150 & G2(i,j)<= 220 G(i,j)=255;
        end
    end
end
figure(3)
imshow(G)


%---------- adjust image by using gamma value ---------------------%

y=0.5;
Scale=255^y;
AD=255/Scale;
for I=1:256,
    Table(I)=uint8(((I-1)^y)*AD);
end
figure(4)
subplot(4,2,1)
plot(Table)
sizeG=size(G);
for I=1:sizeG(1),
   for J=1:sizeG(2),
       G1(I,J)=Table(G(I,J)+1);
   end
end
subplot(4,2,3); imshow(uint8(G))
subplot(4,2,4); imhist(G)
subplot(4,2,5); imshow(uint8(G1))
subplot(4,2,6); imhist(G1)
zoom on; grid on;

%------- adjust image by rotate angle to orthogonal direction ----%

check = 255;
i=1;
j=1;
while (i <= 480) & (check > 240);
    j=1;
    while (j <= 640) & (check >240);
        check = G1(i,j);
        j=j+1;
    end
    i=i+1;
end
x1=j-1;
y1=i-1;

check = 255;
i=1;
j=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
while (j <= 640) & (check >240);
    i=1;
    while (i <= 480) & (check > 240);
        check = G1(i,j);
        i=i+1;
    end
    j=j+1;
end
x2=j-1;
y2=i-1;

check = 255;
i=480;
j=640;
while (i >= 1) & (check > 240);
    j=640;
    while (j >= 1) & (check >240);
        check = G1(i,j);
        j=j-1;
    end
    i=i-1;
end
x3=j+1;
y3=i+1;

check = 255;
i=480;
j=640;
while (j >= 1) & (check >240);
    i=480;
    while (i >= 1) & (check > 240);
        check = G1(i,j);
        i=i-1;
    end
    j=j-1;
end
x4=j+1;
y4=i+1;

m = (y3-y4)/(x3-x4);
angle = (180/pi)*atan(m)

if angle > -85
    if y2<y4
        B = imrotate(G1,angle,'nearest','crop');
    else
        B = imrotate(G1,angle+90,'nearest','crop');
    end
else
    B=G1;
end
figure(5)
imshow(B)

%----------- remove edge from rotate image ----------------------%

check = 255;
i=1;
j=1;
while (i <= 480) & (check > 240);
    j=1;
    while (j <= 640) & (check >240);
        check = B(i,j);
        if B(i,j)==0;
            B(i,j)= 255;
            check = 255;
        end
        j=j+1;
    end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    i=i+1;
end
y1=i-1;

check = 255;
i=1;
j=1;
while (j <= 640) & (check >240);
    i=1;
    while (i <= 480) & (check > 240);
        check = B(i,j);
        if B(i,j)==0;
            B(i,j)= 255;
            check = 255;
        end
        i=i+1;
    end
    j=j+1;
end
x1=j-1;

check = 255;
i=480;
j=640;
while (i >= 1) & (check > 240);
    j=640;
    while (j >= 1) & (check >240);
        check = B(i,j);
        if B(i,j)==0;
            B(i,j)= 255;
            check = 255;
        end
        j=j-1;
    end
    i=i-1;
end
y4=i+1;

check = 255;
i=480;
j=640;
while (j >= 1) & (check >240);
    i=480;
    while (i >= 1) & (check > 240);
        check = B(i,j);
        if B(i,j)==0;
            B(i,j)= 255;
            check = 255;
        end
        i=i-1;
    end
    j=j-1;
end
x4=j+1;

%use (x1,y1) and (x4,y4) @ final
figure(6)
imshow(B)
figure(7)
imhist(B)

%-------- Sobel Edge Detection ----------------------------------%

sv = [-1 0 1;-2 0 2;-1 0 1]
sh = [-1 -2 -1;0 0 0;1 2 1]
B1 = convn(G1,sv,'valid');
B2 = convn(G1,sh,'valid');
D = sqrt(B1.^2+B2.^2);
max(D(:))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
min(D(:))
d = size(D);
for i=1:d(1)
    for j=1:d(2)
        if D(i,j)>=128 C(i,j)=255;
        else C(i,j)=0;
        end
    end
end
figure(8)
imshow(C)
figure(9)
imhist(C)

%---------- Separate object and background ----------------------%

C=B;
for i=1:478
    for j=1:638
        if B(i,j)<=40
            C(i,j)=0;
        else
            C(i,j)=255;
        end
   end
end
figure(10)
imshow(C)

%--------- Segmentation only object region to six parts ----------%

sum = int32(0);
%correlation
for i=130:185
    for j=160:215
        D1(i-130+1,j-160+1)=C(i,j);
        sum=sum+int32(C(i,j));
   end
end
if sum >= 65*65*255*0.7
     sum1= 'Position 1 Error'
else
    sum1= 'Position 1 No Error'
end
figure(11)
imshow(D1)


sum=0;
for i=130:185
    for j=310:365
        E(i-130+1,j-310+1)=C(i,j);
        sum=sum+int32(C(i,j));
   end
end
if sum >= 65*65*255*0.7
    sum1= 'Position 2 Error'
else
    sum1= 'Position 2 No Error'
end
figure(12)
imshow(E)

sum=0;
for i=130:185
    for j=455:510
        F(i-130+1,j-455+1)=C(i,j);
        sum=sum+int32(C(i,j));
   end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end
if sum >= 65*65*255*0.7
    sum1= 'Position 3 Error'
else
    sum1= 'Position 3 No Error'
end
figure(13)
imshow(F)

sum=0;
for i=285:340
    for j=160:215
        H(i-285+1,j-160+1)=C(i,j);
        sum=sum+int32(C(i,j));
   end
end
if sum  >= 65*65*255*0.7
    sum1= 'Position 4 Error'
else
    sum1= 'Position 4 No Error'
end
figure(14)
imshow(H)

sum=0;
for i=285:340
    for j=310:365
        L(i-285+1,j-310+1)=C(i,j);
        sum=sum+int32(C(i,j));
   end
end
if sum >= 65*65*255*0.7
    sum1= 'Position 5 Error'
else
    sum1= 'Position 5 No Error'
end
figure(15)
imshow(L)

sum=0;
for i=285:340
    for j=455:510
        M(i-285+1,j-455+1)=C(i,j);
        sum =sum+int32(C(i,j));
   end
end
if sum >= 65*65*255*0.7
    sum1= 'Position 6 Error'
else
    sum1= 'Position 6 No Error'
end
figure(16)
imshow(M)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued)

(V_{CC} = 5.0V, V_{EE} = GND, unless otherwise specified)
The following specification apply over the range of -25°C ≤ T_A ≤ + 85°C for the LM224; and the 0°C ≤ T_A ≤ +70°C for the LM324 ; and the -40°C ≤ T_A ≤ +85°C for the LM2902

Parameter	Symbol	Conditions	LM224			LM324			LM2902			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
Input Offset Voltage	V_{IO}	V_{ICM} = 0V to V_{CC} -1.5V $V_{O(P)}$ = 1.4V, R_S = 0Ω (Note1)	-	-	7.0	-	-	9.0	-	-	10.0	mV
Input Offset Voltage Drift	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	R_S = 0Ω (Note2)	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	μV/°C
Input Offset Current	I_{IO}	V_{CM} = 0V	-	-	100	-	-	150	-	-	200	nA
Input Offset Current Drift	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	R_S = 0Ω (Note2)	-	10	-	-	10	-	-	10	-	pA/°C
Input Bias Current	I_{BIAS}	V_{CM} = 0V	-	-	300	-	-	500	-	-	500	nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V_{I(R)}$	Note1	0	-	V_{CC} -2.0	0	-	V_{CC} -2.0	0	-	V_{CC} -2.0	V
Large Signal Voltage Gain	G_V	V_{CC} = 15V, R_L = 2.0kΩ $V_{O(P)}$ = 1V to 11V	25	-	-	15	-	-	15	-	-	V/mV
Output Voltage Swing	$V_{O(H)}$	Note1 R_L=2kΩ	26	-	-	26	-	-	22	-	-	V
		R_L=10kΩ	27	28	-	27	28	-	23	24	-	V
	$V_{O(L)}$	V_{CC} = 5V, R_L=10kΩ	-	5	20	-	5	20	-	5	100	mV
Output Current	I_{SOURCE}	$V_{I(+)}$ = 1V, $V_{I(-)}$ = 0V V_{CC} = 15V, $V_{O(P)}$ = 2V	10	20	-	10	20	-	10	20	-	mA
	I_{SINK}	$V_{I(+)}$ = 0V, $V_{I(-)}$ = 1V V_{CC} = 15V, $V_{O(P)}$ = 2V	10	13	-	5	8	-	5	8	-	mA
Differential Input Voltage	$V_{I(DIFF)}$	-	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	V

Note:

1. V_{CC}=30V for LM224 and LM324 , V_{CC} = 26V for LM2902
2. These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

www.fairchildsemi.com

LM2902,LM324/LM324A,LM224/LM224A

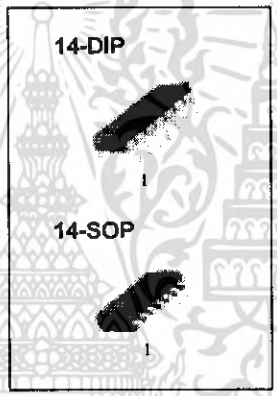
Quad Operational Amplifier

Features

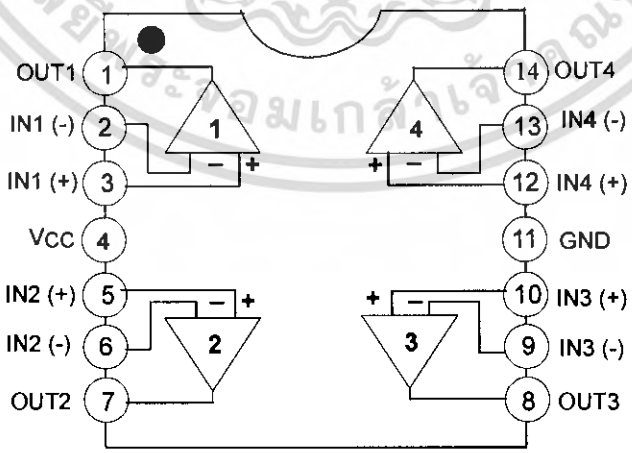
- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100dB
- Wide Power Supply Range:
  LM224/LM224A, LM324/LM324A : 3V~32V (or ±1.5 ~ 16V)
  LM2902: 3V~26V (or ±1.5V ~ 13V)
- Input Common Mode Voltage Range Includes Ground
- Large Output Voltage Swing: 0V to V_{CC} -1.5V
- Power Drain Suitable for Battery Operation

Description

The LM324/LM324A,LM2902,LM224/LM224A consist of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide voltage range. operation from split power supplies is also possible so long as the difference between the two supplies is 3 volts to 32 volts. Application areas include transducer amplifier, DC gain blocks and all the conventional OP Amp circuits which now can be easily implemented in single power supply systems.



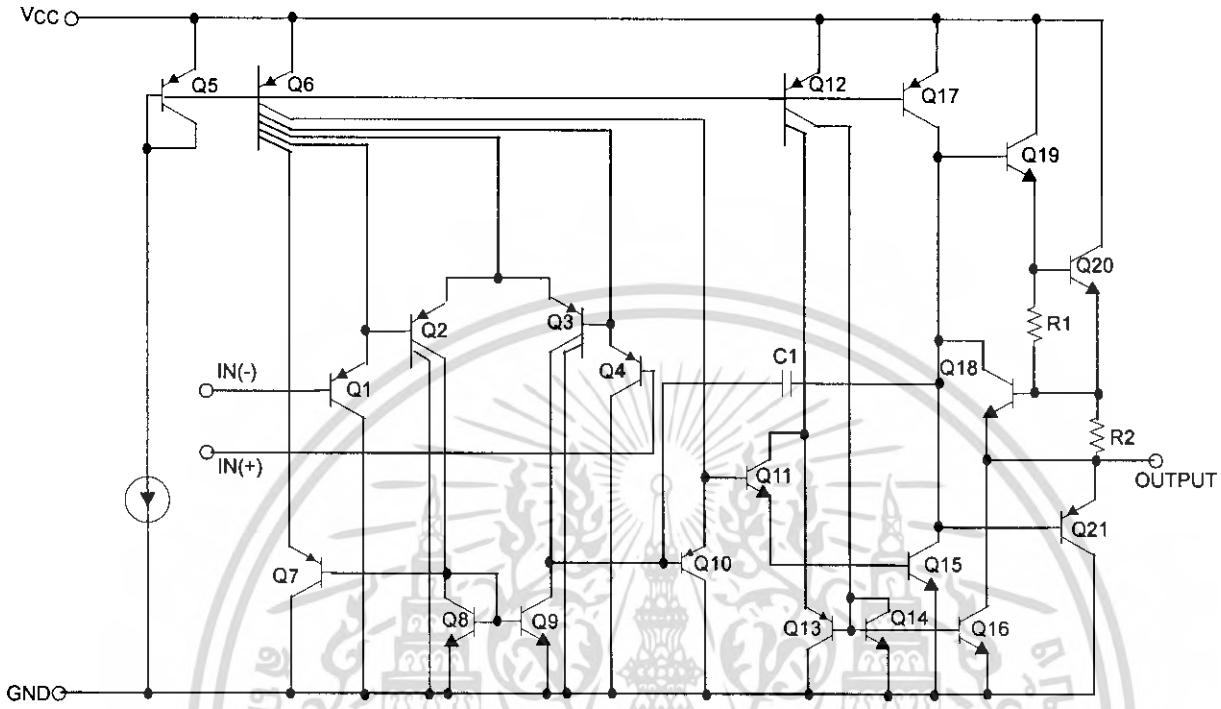
Internal Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
©2002 Fairchild Semiconductor Corporation
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic Diagram

(One Section Only)



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	LM224/LM224A	LM324/LM324A	LM2902	Unit
Power Supply Voltage	V_{CC}	±16 or 32	±16 or 32	±13 or 26	V
Differential Input Voltage	$V_{I(DIFF)}$	32	32	26	V
Input Voltage	V_I	-0.3 to +32	-0.3 to +32	-0.3 to +26	V
Output Short Circuit to GND Vcc≤15V, T_A=25°C(one Amp)	-	Continuous	Continuous	Continuous	-
Power Dissipation, T_A=25°C 14-DIP 14-SOP	P_D	 1310 640	 1310 640	 1310 640	mW
Operating Temperature Range	T_{OPR}	-25 ~ +85	0 ~ +70	-40 ~ +85	°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 ~ +150	-65 ~ +150	-65 ~ +150	°C

Thermal Data

Parameter	Symbol	Value	Unit
Thermal Resistance Junction-Ambient Max. 14-DIP 14-SOP	Rθja	 95 195	°C/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics

(V_{CC} = 5.0V, V_{EE} = GND, T_A = 25°C, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	LM224			LM324			LM2902			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
Input Offset Voltage	V_{IO}	V_{CM} = 0V to V_{CC} -1.5V $V_{O(P)}$ = 1.4V, R_S = 0Ω (Note1)	-	1.5	5.0	-	1.5	7.0	-	1.5	7.0	mV
Input Offset Current	I_{IO}	V_{CM} = 0V	-	2.0	30	-	3.0	50	-	3.0	50	nA
Input Bias Current	I_{BIAS}	V_{CM} = 0V	-	40	150	-	40	250	-	40	250	nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V_{I(R)}$	Note1	0	-	V_{CC} -1.5	0	V_{CC} -1.5	-	0	-	V_{CC} -1.5	V
Supply Current	I_{CC}	R_L = ∞,V_{CC} = 30V (LM2902,V_{CC}=26V)	-	1.0	3	-	1.0	3	-	1.0	3	mA
		R_L = ∞,V_{CC} = 5V	-	0.7	1.2	-	0.7	1.2	-	0.7	1.2	mA
Large Signal Voltage Gain	G_V	V_{CC} = 15V,R_L=2kΩ $V_{O(P)}$ = 1V to 11V	50	100	-	25	100	-	25	100	-	V/ mV
Output Voltage Swing	$V_{O(H)}$	Note1 R_L = 2kΩ	26	-	-	26	-	-	22	-	-	V
		Note1 R_L=10kΩ	27	28	-	27	28	-	23	24	-	V
	$V_{O(L)}$	V_{CC} = 5V,R_L=10kΩ	-	5	20	-	5	20	-	5	100	mV
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	-	70	85	-	65	75	-	50	75	-	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	-	65	100	-	65	100	-	50	100	-	dB
Channel Separation	CS	f = 1kHz to 20kHz (Note2)	-	120	-	-	120	-	-	120	-	dB
Short Circuit to GND	I_{SC}	V_{CC} = 15V	-	40	60	-	40	60	-	40	60	mA
Output Current	I_{SOURCE}	$V_{I(+)}$ = 1V, $V_{I(-)}$ = 0V V_{CC} = 15V $V_{O(P)}$ = 2V	20	40	-	20	40	-	20	40	-	mA
	I_{SINK}	$V_{I(+)}$ = 0V, $V_{I(-)}$ = 1V V_{CC} = 15V $V_{O(P)}$ = 2V	10	13	-	10	13	-	10	13	-	mA
		$V_{I(+)}$ = 0V, $V_{I(-)}$ = 1V V_{CC} = 5V,$V_{O(R)}$ = 200mV	12	45	-	12	45	-	-	-	-	µA
Differential Input Voltage	$V_{I(DIFF)}$	-	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}V	

Note :

1. V_{CC}=30V for LM224 and LM324 , V_{CC} = 26V for LM2902
2. This parameter, although guaranteed, is not 100% tested in production.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้