สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบการคัดแยกวัตถุด้วยการอ่านภาพบาร์โค้ด

OBJECT SELECTION SYSTEM BY BARCODE READING

นายวีรวุฒิ นันทสิทธิดำรง

Mr.Weerawut Nunthasittidamrong

นายศุภรัชต์ นาคะวิโรจน์

Mr.Suparat Nakawirot

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 49852
วัน,เดือน,ปี 2 เม.ย. 2547

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบการคัดแยกวัตถุด้วยการอ่านภาพบาร์โค้ด
	Object Selection System By Barcode Reading
นักศึกษา	นายนายวีรวุฒิ นันทสิทธิคำรง
	รหัสประจำตัว 42010631
	นายศุภรัชต์ นาคะวิโรจน์
	รหัสประจำตัว 42010646
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2545
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	

(ผศ.ดร. สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์)

(อ. พลชัย โชติปรายนกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบการคัดแยกวัตถุด้วยการอ่านภาพบาร์โค้ด
นักศึกษา	นายวีรวุฒิ นันทสิทธิคำรง
	รหัสประจำตัว 42010631
	นายศุภรัชต์ นาคะวิโรจน์
	รหัสประจำตัว 42010646
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2545
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร. สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์
	อ. พลชัย โชติปรายนกุล

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบการคัดแยกวัตถุโดยการอ่านรหัสแถบ (BARCODE) โดยระบบนี้จะใช้หลักการ การประมวลผลสัญญาณรูปภาพ (IMAGE PROCESSING) ในการประมวลภาพระหัสแถบนี้ ได้จากกล้องแบบเวบแคม (WEB CAM CAMERA) เพื่อหาตำแหน่งและสามารถจำแนกรหัสแถบได้โดยอัตโนมัติพร้อมทั้งสามารถแสดงรายละเอียดของวัตถุนี้ได้โดยการแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการรับงานร่วมกับระบบฮาร์ดแวร์ เพื่อควบคุมการคัดแยกวัตถุให้เป็นไปตามต้องการได้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Object Selection System By Barcode Reading
Student	Mr.Werawut Nunthasittidamrong
	Mr.Suparat Nakawirot
Degree	Bachelor of Engineering
Major	Industrial Engineering
Years	2545
Advisor	Asst.Prof.Dr.Sunpasit Limnararat
	Mr.Pholachai Chotipraynakul

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to design and develop an object selection system by using barcode reading concept. The procedures of this system, operated by the concept of image processing, starts from retrieving barcode image from web cam camera then identifying the position and value of barcode from the selected object. Finally, the details of this object will be displayed on monitor screen and can be applied for interfacing to the hardware in order to select the required object in the future.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีด้วยคำแนะนำพร้อมคำปรึกษาเกี่ยวกับการดำเนินการและจัดการโครงการจาก ผศ.ดร. สรรพสิทธ์ ลิ่มนรรัตน์ และ อ. พลชัย โชติปรายนกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ฉบับนี้และกรุณาให้ความรู้ในเรื่องที่เป็นประโยชน์และคอยดูแลในส่วนการปฏิบัติงานจนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณ ผศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช ที่เคารพและนับถือของทางคณะผู้จัดทำ นอกจากนี้ยังคอยเอาใจใส่พร้อมให้คำปรึกษาสิ่งต่างๆเสมอมา

ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่านที่ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณน้องๆและเพื่อนทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆจนทำให้สามารถปฏิบัติงานทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

นายนายวีรวุฒิ นันทสิทธิดำรง

นายศุภรัชต์ นาคะวิโรจน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข	2
2.2 หลักการและ โครงสร้างของบาร์โค้ด	10
2.3 หลักการประมวลผลภาพ	21
บทที่ 3 การออกแบบและวิธีการดำเนินงาน	
3.1 โครงสร้างของระบบการอ่านบาร์โค้ด	24
3.2 การเตรียมข้อมูลภาพ	24
3.3 การแยกชนิดบาร์โค้ด	26
3.4 โครงสร้างของโปรแกรม	28
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 ขั้นตอนการทดลอง	36
4.2 การทดลองส่วนการเตรียมข้อมูลภาพ	36
4.3 การทดลองส่วนโปรแกรมที่ประมวลผลแถบบาร์โค้ด	39
4.4 การทดลองส่วนของโปรแกรมเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล	39
4.5 ปัญหาและวิธีแก้ไข	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 วิเคราะห์ผลส่วนของการเตรียมข้อมูลภาพ 51

5.2 วิเคราะห์ผลส่วนของโปรแกรมที่ประมวลผลแถบบาร์โค้ด 51

บรรณานุกรม 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงการแทนรหัสแถบยูพีซี	13
ตารางที่ 2.2	แสดงการแทนตัวเลขบอกลักษณะงาน	13
ตารางที่ 2.3	แสดงการจัดเรียงรหัสของรหัสยูพีซีแบบต่างๆ	14
ตารางที่ 2.4	แสดงการแทนรหัสเอียน	17
ตารางที่ 2.5	แสดงการจัดเรียงของข้อมูลเพื่อหาค่ารหัสเติมหน้า	17
ตารางที่ 2.6	แสดงรหัสตามมาตรฐานรหัสเอียน	18
ตารางที่ 2.7	แสดงการแทนรหัสและค่าตัวเลขประจำตัวของรหัส 39	19
ตารางที่ 4.1	ทดสอบการอ่านบาร์โค้ดที่ตำแหน่งต่างๆที่กล้องจับภาพได้	41
ตารางที่ 4.2	ทดสอบการอ่านบาร์โค้ดที่ตำแหน่งที่มีแสงสว่างพอดี	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 2.1	แผนภาพตัวอย่างการส่งสัญญาณวีดีโออัตรา 24 เฟรมต่อวินาที	4
รูปที่ 2.2	ภาพไบนารีและข้อมูลแต่ละพิกเซล	6
รูปที่ 2.3	แสดงข้อมูลภาพไบนารี	8
รูปที่ 2.4	แสดงตัวแปรที่ใช้ในการแยกตัวอักษรออกทีละตัว	8
รูปที่ 2.5	แสดงผลของการแยกตัวอักษร	9
รูปที่ 2.6	การพิจารณาพิกเซลที่ติดกัน (ก)ติดกันแบบ 4 จุด (ข)ติดกันแบบ 8 จุด	9
รูปที่2.7	การทำRegion Labeling	10
รูปที่2.8	แสดงตัวอย่างของรหัสแถบ (รหัส39)	11
รูปที่2.9	แสดงตัวอย่างของรหัสยูพีซี-เอ	13
รูปที่2.10	แสดงตัวอย่างของรหัสยูพีซี-อี	14
รูปที่2.11	แสดงตัวอย่างของรหัสเอียน-13	16
รูปที่2.12	แสดงตัวอย่างของรหัสเอียน-8	17
รูปที่2.13	แสดงตัวอย่างของรหัส 39	20
รูปที่3.1	ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	24
รูปที่3.2	ภาพตัวอย่างของบาร์โค้ดซึ่งเป็นภาพสี 256 ระดับ	25
รูปที่3.3	ภาพตัวอย่างของบาร์โค้ดซึ่งเป็นภาพสี 256 ระดับ	25
รูปที่3.4	ภาพตัวอย่างของบาร์โค้ดที่ได้ทำการเทรชโฮลค่า 120 ที่ตำแหน่ง 71 ในแนวแกน Y	26
รูปที่3.5	ภาพตัวอย่างของบาร์โค้ดที่ได้ทำการเทรชโฮลค่า 120 ที่ตำแหน่ง 110 ในแนวแกน Y	26
รูปที่3.6	ภาพตัวอย่างของบาร์โค้ดที่ได้ทำการเทรชโฮลค่า 120 ที่ตำแหน่ง 67 ในแนวแกน Y	27
รูปที่3.7	ภาพตัวอย่างของบาร์โค้ดที่ได้ทำการเทรชโฮลค่า 120 ที่ตำแหน่ง 70 ในแนวแกน Y	27
รูปที่3.8	ภาพตัวอย่างบาร์โค้ดที่มีรหัส KMITLที่เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล	28
รูปที่3.9	แผนภาพการทำงานของโปรแกรมหลัก	29
รูปที่3.10	แผนภาพการทำงานการแปลงภาพไบนารี	30
รูปที่3.11ก	แผนภาพการหาอัตราส่วนความกว้างของแถบดำและขาว	31
รูปที่3.11ข	แผนภาพการหาอัตราส่วนความกว้างของแถบดำและขาว	32
รูปที่3.12	แผนภาพการแปลงค่าอัตราส่วนเป็นค่า 0 และ 1	33
รูปที่3.13	แผนภาพแปลงค่ารหัสเป็นข้อมูล	34
รูปที่3.14	แผนภาพการเปรียบเทียบค่ากับฐานข้อมูล	35
รูปที่4.1	ภาพแถบบาร์โค้ดที่มืดเกินไป	36
รูปที่4.2	แถบบาร์โค้ดที่เกิดจากภาพที่มืดเกินไป	36
รูปที่4.3	ภาพของแถบบาร์โค้ดที่สว่างเกินไป	37
รูปที่4.4	แถบบาร์โค้ดที่เกิดจากภาพที่สว่างเกินไป	37
รูปที่4.5	แถบบาร์โค้ดจากค่าเทรชโฮลต่ำเกินไป	37
รูปที่4.6	แถบบาร์โค้ดจากค่าเทรชโฮลสูงเกินไป	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่4.7	แถบบาร์โค้ดจากค่าเทรชโฮลที่ใช้ค่าเฉลี่ย	37
รูปที่4.8	ภาพแถบบาร์โค้ดที่เหมาะสม	38
รูปที่4.9	แถบบาร์โค้ดจากค่าเทรชโฮลที่เหมาะสม	38
รูปที่4.10	ภาพแถบบาร์โค้ดที่เอียงเกินไป	38
รูปที่4.11	แถบบาร์โค้ดที่เกิดจากเอียงเกินไป	38
รูปที่4.12	ภาพของแถบบาร์โค้ดที่เอียงเล็กน้อย	39
รูปที่4.13	แถบบาร์โค้ดที่เกิดจากเอียงเล็กน้อย	39
รูปที่4.14	รูปแสดงหน้าตาโปรแกรมประมวลผลแถบบาร์โค้ดและเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล	40
รูปที่4.15	รูปแสดงขนาดของขอบภาพ	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ในปัจจุบันรหัสแถบ (barcode) ได้มีบทบาทและสำคัญอย่างมากในการจัดเก็บข้อมูลสินค้า ราคา และรายละเอียดของสินค้า สามารถนำไปจัดเก็บข้อมูลเอกสารทางราชการ รวมทั้งการเก็บประวัติเกี่ยวกับบุคคลในองค์กรนั้นๆได้ รหัสแถบ (barcode) ช่วยให้ง่ายและสะดวกในการสืบค้นข้อมูล อีกทั้งยังสามารถรักษาข้อมูลไม่ให้เกิดการสูญหายเพราะมีการ SAVE ข้อมูลอยู่ในรูป MEMORY ในเครื่องคอมพิวเตอร์

เนื่องจากเดิมในการอ่านแถบรหัส (barcode) จะต้องใช้เครื่องอ่านแบบอินฟราเรด (infrared) เพียงอย่างเดียว โดยต้องทำการอ่านในระยะใกล้ๆและต้องอ่านในแนวระดับเพียงเท่านั้น จะไม่สามารถอ่านได้ถ้าเกิดการเอียงตัวของแถบรหัส(barcode) ถึงแม้ว่าปัจจุบันจะมีการพัฒนาให้สามารถอ่านบาร์โค้ดได้ทั้งแนวระดับและแนวเอียงได้แล้ว แต่เนื่องจากเครื่องอ่านบาร์โค้ดค่อนข้างมีราคาสูง ทำให้ผู้ที่จะซื้อนำไปใช้ต้องพิจารณาถึงความจำเป็น ความคุ้มค่า จึงได้มีแนวคิดที่จะหาอุปกรณ์อื่นๆที่สามารถนำมาอ่านบาร์โค้ดแทน ซึ่งในที่นี้คือ กล้อง Web Cam ซึ่งมีขายทั่วไปและมีราคาถูกกว่ามากเมื่อเทียบกับเครื่องอ่านบาร์โค้ด จะใช้หลักการเปลี่ยนข้อมูลที่มีอยู่ให้อยู่ในรูปของการจัดเก็บข้อมูลแบบตัวหนังสือ(Text File) เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้กับระบบฐานข้อมูล(Database) หรือประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆได้โดยอาศัยหลักการประมวลผลภาพเป็นหลักสำคัญในการออกแบบ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

วัตถุประสงค์ของโครงงานนี้ ได้แก่

1 เพื่อศึกษาหลักการประมวลผลภาพ

2 เพื่อศึกษาและสามารถนำโปรแกรม Visual Basic

3 ออกแบบและพัฒนาเครื่องอ่านรหัสแถบโดยใช้กล้อง Web Cam เพื่อให้สามารถใช้งานได้โดยความสามารถในการใช้งานใกล้เคียงกับเครื่องอ่านบาร์โค้ด

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1 ใช้กล้อง Web Cam มาเป็นตัวรับสัญญาณและเขียนโปรแกรม Visual Basic เพื่อทำการประมวลผล

2 ระยะโฟกัสจากตำแหน่งบาร์โค้ด 5 เซนติเมตร

3 รูปแบบของไฟล์ข้อมูลภาพเป็น BMP , JPG

4 บาร์โค้ดเป็นแบบรหัส 39

1.4 ประโยชน์ที่รับจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

1 สามารถใช้งานโปรแกรม Visual Basic ได้

2 สามารถนำโปรแกรมที่เขียนขึ้นนี้ไปใช้ได้จริงในอนาคต

3 เข้าใจหลักการและกระบวนการการอ่านบาร์โค้ดชนิดต่างๆ

4 สามารถนำมาใช้งานและพัฒนาเป็นต้นแบบได้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข (Digital Image Processing)

การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข หมายถึง การนำภาพที่พบทั่วไปมาประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยภาพที่นำมาประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์นี้จะถูกแทนที่ด้วยตัวเลขให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ แต่ภาพที่ได้โดยส่วนมากแล้วจะเป็นภาพที่ได้จากตัวรับสัญญาณ ซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชัน f(x,y) ที่ต่อเนื่องในระนาบสองมิติ (คือแกน x และแกน Y) โดยจะเป็นสัดส่วนกับความสว่างหรือความเข้มของภาพที่ตำแหน่ง (x,y)ซึ่งเรียกว่า ระดับสีเทา (Gray Level)

2.1.1 การแทนภาพด้วยข้อมูลแบบดิจิตอล

ภาพข้อมูลแบบดิจิตอล(Digital Image) เป็นภาพที่ถูกแปลงมาจากอนาลอก อยู่ในรูปของตัวเลขโดย ภาพอนาลอกถูกแบ่งเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็กๆที่เรียกว่า พิกเซล(Pixel)ในแต่ละพิกเซล จะถูกระบุตำแหน่งโดย(x,y) และค่าระดับสีเทาของพิกเซล โดยเราสามารถแปลงภาพเป็นข้อมูลแบบดิจิตอลได้ โดยมีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

เมื่อเรานำสัญญาณอนาลอกที่ต้องการประมวลผลมาผ่านส่วนที่เรียกว่า ดิจิไตเซอร์ (Digitizor) ซึ่งจะมีหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล อุปกรณ์ส่วนนี้ได้แก่ กล้องโทรทัศน์ดิจิไตเซอร์ จากนั้นทำการควอนไตซ์ (Quantizing) เพื่อที่จะประมวลสัญญาณด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ฟังก์ชันของภาพ f(x,y) จะถูกทำให้เป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่องทั้งระนาบของภาพ ซึ่งเราเรียกว่า การสุ่มภาพ (Image Sampling) ของฟังก์ชั่นที่ได้เรียกว่า การควอนไตเซชั่นระดับสีเทา (Gray Level Quantization) ก็จะได้ข้อมูลที่เป็นดิจิตอล

สมมติว่าสัญญาณภาพต่อเนื่อง f(x,y) ถูกดิจิไตเซอร์ในระนาบ X และ Y เป็นช่วงเท่าๆกัน เราสามารถจัด f(x,y) ให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ ขนาด N x N ได้ดังสมการที่ 2.1

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

ซึ่งทางขวาของสมการ จะเรียกว่า ภาพดิจิตอลและทุกๆสมาชิกของเมตริกซ์ จะเรียกว่าพิกเซล จากขบวนการสร้างภาพดิจิตอลข้างต้น จะเห็นได้ว่าเราสามารถทราบขนาดของความละเอียดของภาพ N x N พิกเซล และจำนวนระดับของเกรย์สเกล ในทางปฏิบัติการทำควอนไตเซชั่นในระบบภาพดิจิตอล จะมีค่าดังสมการที่ 2.2

$$B = N \times N \times M \quad \text{บิต}$$

เมื่อ B = ขนาดของข้อมูลที่เป็นดิจิตอล ..(2.2)

G = จำนวนของเกรย์สเกล ที่ต้องการใช้ในการเก็บข้อมูลภาพ

M = จำนวนบิตที่ใช้ในการแทนข้อมูลภาพ 1 พิกเซล

โดย M สามารถหาได้จาก $G = 2^M$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ลักษณะการจัดเก็บข้อมูลภาพแบบดิจิตอล

โดยทั่วไปแล้ว ข้อมูลภาพจะมีค่าความเข้มตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไป แต่ที่ใช้กันมากจะใช้กันที่ค่าระดับความเข้มของจุดภาพเท่ากับ 256 ระดับ ซึ่งจะทำให้ค่าของจุดภาพอยู่ในช่วง (0-255) โดยใช้เนื้อที่เก็บข้อมูลภาพขนาด 1 ไบต์หรือ 8บิต สำหรับ 1จุดภาพ (2^8 =256) ในกรณีที่ต้องการภาพที่มีความละเอียดของระดับความเข้มสูงๆ อาจจะต้องการจำนวนบิต

สำหรับการเก็บข้อมูลมากกว่า 8 บิตคืออาจจะเป็น 16 หรือ 24 บิต โดยค่าความเข้มของจุดภาพจะเท่ากับ 2^{16}และ 2^{24}โดยจะแยกให้เห็นชัดเจนดังนี้

1. ภาพ 2 ระดับคือมีเพียงแค่จุดขาวและจุดดำเท่านั้น โดยแต่ละจุดภาพมีข้อมูลขนาด 1 บิต
2. ภาพ 16 ระดับคือในแต่ละจุดภาพจะมีขนาดข้อมูล 4 บิต ซึ่งสามารถแสดงได้ทั้งหมด 16 ระดับสี หรือ 16 เกรย์สเกล ขึ้นอยู่กับภาพนั้นเป็นภาพสีหรือภาพขาวดำ
3. ภาพ 256 ระดับคือในแต่ละจุดภาพจะมีขนาดข้อมูล 8 บิต ซึ่งสามารถแสดงได้ทั้งหมด 256 ระดับสี หรือ 256 เกรย์สเกล ขึ้นอยู่กับภาพนั้นเป็นภาพสีหรือภาพขาวดำ
4. ภาพทรูคัลเลอร์(True color) คือในแต่ละจุดภาพจะมีขนาดของข้อมูล 24 บิต ทำให้สามารถแสดงผลภาพได้เหมือนภาพจริงที่สุด เพราะสามารถแสดงสีได้ถึง 16,777,216 สี ภาพทรูคัลเลอร์สามารถแสดงได้เฉพาะภาพสีเท่านั้น ไม่สามารถแสดงผลภาพขาวดำได้

การแสดงภาพนี้ใช้วิธีตั้งค่าของแม่สีในตารางสี โดยอาจเลือกสีเป็นแบบ 16 สี จาก 64 สี หรือ 16 สี จาก 262,144 สี หรือ 256สี จาก 262,144 สี ขึ้นอยู่กับโหมดการแสดงผล สำหรับทรูคัลเลอร์ จะไม่มีการเลือกสี แสดงผลโดยการส่งค่าสี RGB ผ่าน D/A สีละ 8 บิต ออกไป ความแตกต่างของการแสดงภาพสีและขาวดำ คือ ภาพขาวดำจะต้องตั้งให้แม่สีทั้งสามสีมีค่าเท่ากัน เนื่องจาก VGA กำหนดให้แม่สีแต่ละสีใช้ได้เพียง 64 ระดับเท่านั้น หากต้องการให้เห็นจริงทั้ง 256 ระดับ ต้องแสดงในโหมดทรูคัลเลอร์ แล้วให้ RGB มีค่าเท่ากันซึ่งในโหมดนี้จะสามารถใช้รีจีสเตอร์ได้ 8 บิต สำหรับแต่ละแม่สี

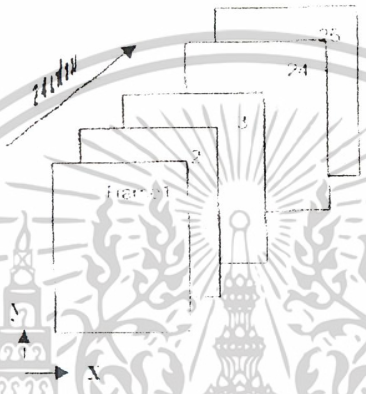
โดยทั่วไปวิธีการประมวลผลภาพเชิงตัวเลขที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จักวัตถุภายในภาพได้นั้น พอจะแบ่งได้สองระดับด้วยกันคือ การประมวลผลภาพในระดับต่ำ (Low – Level Image Processing) และการประมวลผลภาพในระดับสูง (High – Level Image Processing) การประมวลผลในระดับต่ำจะเป็นการประมวลผลเชิงตัวเลขเกือบทั้งหมดเพื่อนำตัวแปรเหล่านั้นไปใช้ในการประมวลผลระดับสูงต่อไป โดยทั่วไปแล้วการประมวลผลภาพระดับต่ำจะประกอบไปด้วย การประมวลผลภาพก่อน (Preprocessing) การกำจัดสัญญาณรบกวนหรือการทำให้ภาพคมชัด การหาขอบภาพ เป็นต้น

การประมวลผลในระดับสูง เป็นการนำผลลัพธ์หรือสัญลักษณ์ที่ได้จากการประมวลผลระดับต่ำมาตีความหรือประมวลผลเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จักและเข้าใจภาพได้สำหรับความแตกต่างของการประมวลผลภาพระดับต่ำและการประมวลผลภาพระดับสูงนั้นคือ ข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมวลผลภาพ โดยที่การประมวลผลภาพระดับต่ำจะใช้ค่าความสว่างของจุดโดยตรง ส่วนการประมวลผลภาพระดับสูงนั้นข้อมูลภาพที่นำมาประมวลผลจะถูกแสดงในรูปของสัญลักษณ์ ซึ่งสัญลักษณ์เหล่านี้จะแสดงถึงสิ่งต่างๆ ที่มีอยู่ในภาพ เช่น ขนาด วัตถุ รูปร่าง และความสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุภายในภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 สัญญาณข้อมูลภาพจากดิจิตอลวีดีโอ

การส่งสัญญาณข้อมูลภาพจากวีดีโอ จะมีลักลักษณะการส่งที่เป็นลำดับภาพเดี่ยวหรือเฟรม (Frame)ที่ฉายต่อเนื่องกันดังรูปที่ 2.1เช่น ภาพยนตร์ใช้อัตรา 24 เฟรมต่อวินาที หรือ วีดีโอระบบ NTSC จะส่งด้วยความเร็ว 30 เฟรมต่อวินาที โดยดิจิตอลวีดีโอแต่ละเฟรมจะเป็นข้อมูลภาพดิจิตอลในลักษณะของเมตริกซ์ (Matrix) ซึ่งแต่ละจุดเรียกว่า พิกเซล (pixel) มีค่าของระดับความเข้มสี โดยทั่วไปจะใช้เกรย์สเกลสากลที่มีค่าตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 255 โดย 0 แทนความมืดมากที่สุด ส่วนตัวเลข 255 จะแทนความสว่างมากที่สุดซึ่งกล่าวในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 2.1 แผนภาพตัวอย่างการส่งสัญญาณวีดีโออัตรา 24 เฟรมต่อวินาที

2.1.4 ไฟล์ข้อมูลภาพชนิดบิตแมป

2.1.4.1 รูปแบบของไฟล์ข้อมูลภาพชนิดบิตแมป

รูปแบบของไฟล์ข้อมูลภาพชนิดบิตแมป เป็นฟอร์แมตของวินโดว์บิตแมป (Bitmap) ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับไฟล์กราฟิกบนวินโดว์ ซึ่งจะใช้ในการตัดต่อ หรือสำเนาภาพต่างๆลงบนคลิปบอร์ด (Clipboard) เมื่อเวลาการจัดเก็บไฟล์ที่มีสกุล BMP ซึ่งเป็นฟอร์แมตนี้ยังสามารถใช้เป็นวอลเปเปอร์ (Wallpaper) ของวินโดว์อีกด้วย

2.1.4.2 โครงสร้างของไฟล์ข้อมูลภาพชนิดบิตแมป

โครงสร้างของไฟล์ข้อมูลภาพชนิดบิตแมป จะประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

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

1. ข้อ มูลเฮดเดอร์ คือข้อมูลที่อยู่บริเวณส่วนหัวของไฟล์ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลที่บอกรายละเอียดต่างๆของภาพ เช่น ความกว้าง ความยาวของภาพ จำนวนสี จำนวนบิต ความละเอียด เป็นต้นซึ่งโครงสร้างของเฮดเดอร์จะแสดงในภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ข้อมูลจานสี คือข้อมูลที่บอกถึงชุดของจานสี ที่เกิดจากการผสมแม่สีทั้งสาม คือ แดงเขียวและน้ำเงิน มาผสมกันได้เป็นสีต่างๆตามจำนวนสีของภาพ เช่น รูปขนาด 4 บิตจะมี 16 ระดับสี รูปขนาด 8 บิตจะมีขนาด 256 ระดับสี เป็นต้น ซึ่งถ้ามีจำนวนสีน้อยๆก็จะมีการเก็บค่าจานสีนี้ลงไฟล์ไปด้วย แต่ถ้าเป็นรูปประเภท 24 บิตจะไม่มีค่าจานสี แต่จะใช้วิธีการเก็บค่าแม่สีทั้งสามลงไปเป็นข้อมูลแทนเพราะถ้าเก็บค่าจานสี ที่มีถึง 16.7 ล้านสีลงไปด้วยจะเปลืองพื้นที่มาก ข้อแตกต่างที่สำคัญของบิตแมปขนาดนี้คือ ไฟล์บิตแมป จะเก็บค่าของจานสี ชุดละ 4 ไบต์แต่ก็ใช้แค่ 3 ไบต์ เช่นกัน คือ แดง เขียว และน้ำเงิน อย่างละ 1 ไบต์

3. ข้อมูลภาพ คือข้อมูลสีของภาพแต่ละจุดที่มาประกอบกันเป็นรูปภาพ ซึ่งค่าที่เก็บนี้จะเป็นค่าใช้ในการชี้ตาราง Palette หมายเลขอะไร เช่นจุดแรกมีค่าเป็น 10 ก็ให้ไปเปิดตาราง Palette หมายเลข 10 สมมติว่าของแม่สีเป็น R = 0 G = 0 และ B = 100 ก็จะได้จุดนี้เป็นสีน้ำเงิน ซึ่งถ้าเป็นในกรณีของรูป 24 บิต จะเป็นการอ่านข้อมูลขึ้นมา 3 ค่า เป็นค่าของแม่สี RGB แล้วนำไปผสมบนจอภาพแทน

2.1.4.3 การจัดเก็บไฟล์ข้อมูลชนิดบิตแมป

การเก็บไฟล์ข้อมูลภาพชนิดบิตแมป 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. แบบไม่ได้บีบอัดข้อมูล

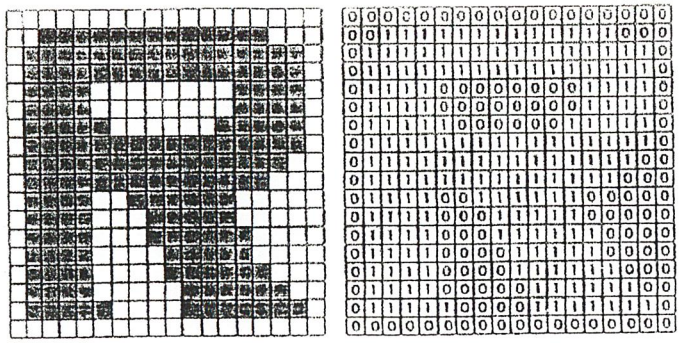
เป็นการเก็บข้อมูลจริงของสีของพิกเซล ซึ่งทำให้ขนาดของไฟล์ค่อนข้างใหญ่ แต่จะทำการแสดงภาพได้เร็วกว่าเพราะ ไม่ต้องเสียเวลาในการคลายข้อมูล

2.1.5 การสร้างภาพไบนารี

อุปกรณ์ที่มีความสามารถในการแสดงผลได้แค่ 2 ระดับ หรือ 2 สี คือสีขาวกับสีดำยังมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น เครื่องพิมพ์ เครื่องโทรสาร จอภาพแสดงผลแบบโมโนโครมเป็นต้น เนื่องจากอุปกรณ์ ที่มีราคาถูก ดังนั้นการที่จะแสดงผลหรือพิมพ์รูปภาพที่มีระดับความเข้มของภาพหลายระดับซึ่งมีมากกว่าความสามารถในการแสดงผลของอุปกรณ์เหล่านั้นที่มีเพียงแค่ 2 ระดับเท่านั้น

จะเห็นได้ว่าการที่จะแก้ปัญหาการแสดงผลภาพที่มีความเข้มหลายระดับบนอุปกรณ์ที่สามารถแสดงผลได้ 2 ระดับนั้น จะต้องทำการแปลงข้อมูลภาพไบนารี (Binary Image) ก่อนซึ่งการสร้างภาพไบนารี นั่นก็หมายถึงการแปลงข้อมูลภาพที่มีระดับความเข้มหลายระดับ (Multi Level Image) ให้เป็นภาพที่มีระดับความเข้มเพียง 2 ระดับ นั่นคือ 1 จุดภาพมีได้ 2 ค่าเท่านั้น คือ 0 กับ 1 โดยจุดภาพที่แทนด้วย 1 จะหมายถึงจุดภาพที่มีสีดำ ส่วนจุดที่แทนด้วย 0 จะหมายถึงจุดภาพที่มีสีขาว เมื่อทำการแปลงภาพเป็นภาพไบนารีแล้วจึงนำภาพนั้นไปแสดงผลบนอุปกรณ์เหล่านั้น จะเห็นได้ว่าการแปลงข้อมูลภาพหลายระดับเป็นภาพไบนารีจึงมีความจำเป็นและมีประโยชน์มากในการแสดงผล ภาพที่มีระดับความเข้มของภาพหลายระดับบนอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการแสดงผล 2 ระดับ สำหรับประโยชน์อีกประการหนึ่งในการแปลงข้อมูลภาพนั้นเป็นภาพไบนารีคือการลดเนื้อที่การเก็บข้อมูลภาพจะใช้เนื้อที่ในการเก็บ 8 บิต เมื่อสร้างเป็นภาพไบนารีแล้วสามารถลดลงได้ถึง 8 เท่า นั่นคือ 1 จุดภาพจะใช้เนื้อที่ในการเก็บ 1 บิต อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างแพร่หลายเช่นนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์เอกสารในขั้นตอนที่เรียกว่าการประมวลผลขั้นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.2 ภาพไบนารีและข้อมูลของแต่ละพิกเซล

ในการสร้างภาพไบนารีสามารถทำได้โดยใช้เทคนิคการทำเทรชโฮล (Thresholding Technique) โดยพิจารณาว่าจุดภาพใดควรจะเป็นจุดขาวหรือจุดดำ จะกระทำโดยการเปรียบเทียบระหว่างจุดภาพเริ่มต้นกับค่าคงที่ค่าหนึ่งที่เรียกว่า "ค่าเทรชโฮล" (Threshold Value) เทคนิคนี้ใช้กันมากในกรณีที่ข้อมูลภาพมีลักษณะแตกต่างกันระหว่างวัตถุ(Object) และพื้นหลัง (Background) โดยค่าของจุดภาพใดๆที่มีค่าน้อยกว่าค่า เทรชโฮลจะถูกกำหนดให้เป็น 1 (จุดดำ) และถ้าค่าของจุดภาพใดๆที่มีค่ามากว่า หรือเท่ากับค่าเทรชโฮลจะถูกเปลี่ยนให้เป็น 0 (จุดขาว) ซึ่งการทำงานสามารถแสดงได้ดังสมการ ที่ 2.3

$$\begin{aligned} b(x,y) &= 1 \; ; \; g(x,y) < Thr \\ &= 0 \; ; \; g(x,y) \geq Thr \end{aligned}$$

$b(x,y)$	ข้อมูลภาพผลลัพธ์เป็นภาพไบนารี	.....	(2.3)
$g(x,y)$	ข้อมูลภาพอินพุท ที่มีระดับความเข้ม 0 ถึง L ระดับ		
Thr	ค่าเทรชโฮลเป็นค่าคงที่ที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง L ระดับ		
1	จุดดำ		
0	จุดขาว		
โดยที่ L	คือระดับความเข้มของจุดภาพ		

ในการสร้างภาพไบนารีโดยใช้เทคนิคเทรชโฮลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ได้เหมาะสมและคมชัด สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ ค่าเทรชโฮล เนื่องจากถ้าเลือกค่าเทรชโฮลที่ไม่เหมาะสม (ค่าเทรชโฮลที่มีค่าน้อยเกินไปหรือมากเกินไป) ภาพที่ได้อาจจะไม่เหมาะสม ขาดความคมชัดและรายละเอียดบางส่วนขาดหายไป กล่าวคือภาพที่ได้อาจจะมืดเกินไป (จุดดำมากเกินไป) หรือสว่างเกินไป (จุดขาวมากเกินไป) หรือภาพที่ได้มีสิ่งรบกวน (Noise) เกิดขึ้น อันเป็นผลทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้ไม่สวยงามเท่าที่ควร ดังนั้นปัญหาของการสร้างภาพไบนารีโดยวิธีเทรชโฮลนี้คือ ทำอย่างไรจึงจะสามารถคำนวณหาค่าเทรชโฮลที่เหมาะสมสำหรับแต่ละภาพที่จะนำมาทำการสร้างภาพไบนารี ซึ่งมีวิธีการคำนวณหาค่าเทรชโฮลหลายวิธี โดยแต่ละวิธีเหมาะสมกับลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันไป เช่นการหาค่าเทรชโฮลโดยการกำหนดค่าล่วงหน้า (Preassigned Threshold Value) การหาค่าเทรชโฮล จากค่ากลาง (Midrange Threshold Value) แต่ละวิธีอธิบายได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.1 การหาค่าเทรชโฮลโดยการกำหนดค่าล่วงหน้า (Preassigned Threshold Value)

การหาค่าเทรชโฮลโดยวิธีการกำหนดล่วงหน้า นี้เป็นวิธีง่ายที่สุด เป็นการคำนวณค่าเทรชโฮลโดยการกำหนดเองจากผู้ใช้ ซึ่งการกำหนดนี้จะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้นั้นๆ โดยการเลือกค่าคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งเรียกค่านั้นว่า ค่าเทรชโฮล โดยค่าที่เลือกมานี้จะเป็นค่าที่อยู่ระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด ของระดับความเข้มของข้อมูลภาพอินพุต เช่นภาพข้อมูลอินพุตมีเกรย์สเกล 256 ระดับ จะมีค่าเกรย์สเกลได้ตั้งแต่ 0-255 เมื่อเลือกค่าเทรชโฮลได้แล้วสามารถสร้างภาพไบนารีได้โดยสมการ 2.5

2.1.5.2 การหาค่าเทรชโฮลจากค่ากลาง (Mid – Range Threshold Value)

การหาค่าเทรชโฮลโดยพิจารณาจากค่ากลาง เป็นการหาค่าเทรชโฮลที่แตกต่างจากการหาค่าเทรชโฮลวิธีแรก สำหรับวิธีนี้จะเป็นการคำนวณหาค่าเทรชโฮลโดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องให้ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด โดยการหาค่าเทรชโฮลวิธีนี้ได้อาศัยการคำนวณพื้นฐานทางสถิติในเรื่องของการหาค่ากลางหรือค่าเฉลี่ย (Mean) มาประยุกต์ใช้ค่าเทรชโฮล ที่คำนวณได้จะเป็นค่าที่ได้จากค่ากึ่งกลางที่อยู่ระหว่างค่าระดับความเข้มสูงสุด (Maximum Level) และค่าระดับความเข้มต่ำสุด (Maximum Level) ของข้อมูลภาพอินพุต สำหรับการคำนวณหาค่ากึ่งกลางนี้สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.4

$$Thr = \frac{Maximum(g(x,y)) + Minimum(g(x,y))}{2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2.4)$$

โดยที่

Thr	ค่าเทรชโฮล
g(x,y)	ข้อมูลภาพอินพุต ที่มีระดับความเข้ม 0 ถึง L ระดับ
Maximum (g(x,y))	ค่าสูงสุดเกรย์สเกลของข้อมูลอินพุต
Minimum (g(x,y))	ค่าต่ำสุดเกรย์สเกลของข้อมูลอินพุต

เมื่อทำการคำนวณค่าเทรชโฮลได้แล้ว ก็สามารถสร้างภาพไบนารีได้โดยนำค่าเทรชโฮลที่ได้มาแทนค่าในสมการ 2.5

การหาค่าเทรชโฮลจากค่าเฉลี่ยเลขคณิต หาได้จากสมการที่2.5

$$Thr = \frac{\sum_{i=1}^{N \times N} gi(x,y)}{N \times N} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2.5)$$

2.1.6 การแยกวัตถุจากภาพ (Segmentation)

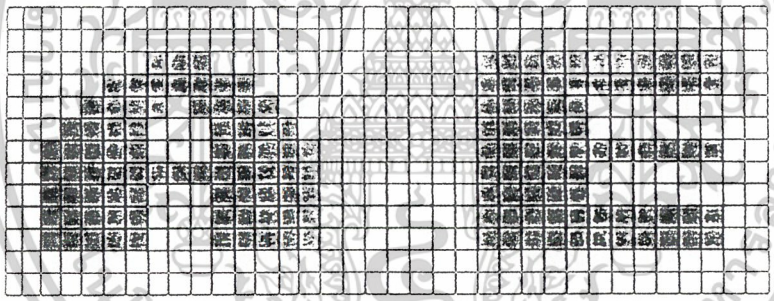
กระบวนการสำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งในการประมวลผลภาพเบื้องต้น ก่อนที่จะไปสู่ขั้นตอนการจดจำรูปแบบ ก็คือกระบวนการแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง ซึ่งในที่นี้จะเป็นการแยกข้อมูลภาพที่เป็นตัวอักษรออกจากข้อมูลภาพทั้งหมด โดยแยกออกมาที่ละตัวอักษรเพื่อนำไปเข้าสู่กระบวนการจดจำรูปแบบซึ่งสามารถประมวลผลได้ที่ละหนึ่งตัวอักษรเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

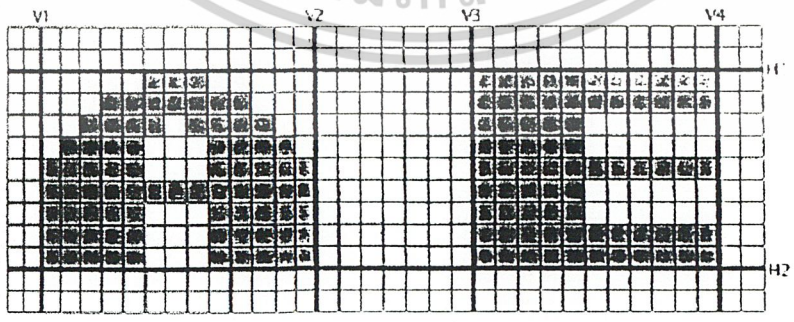
2.1.6.1 การแยกภาพด้วยการพิจารณาการต่อเนื่องของข้อมูล

เมื่อรับข้อมูลภาพที่ได้จากการเปลี่ยนข้อมูลเป็นรูปแบบไบนารี ที่มีค่า 0 กับ 1 เรียบร้อยแล้ว ซึ่งข้อมูล 0 จะแทน ส่วนที่เป็นพื้นหลัง และ 1 แทนส่วนที่เป็นตัวอักษร หลักการเบื้องต้นคือการหาค่าพิกเซลที่เป็น 0 ที่ต่อเนื่องกันตลอดแนวตั้ง และแนวนอนทำให้ได้ขนาดของกรอบ (Block) ข้อมูลภาพวัตถุที่มีขนาดต่างๆ กันจากนั้นจะพิจารณาเลือกขนาดของกรอบที่ต้องการจากความแตกต่างของจำนวนพิกเซล ความสูง ความกว้าง และตำแหน่งเป็นต้น ซึ่งจะได้กรอบของตัวอักษรที่ต้องการ

ตัวอย่างการแยกข้อมูลภาพที่มีตัวอักษร 2 ตัว เพื่อให้เห็นแนวทางในกระบวนการแยกเป็นขั้นๆตอนง่ายๆ ดังนี้ จากข้อมูลภาพ ดังรูปที่2.3 จะพิจารณาค่าพิกเซลที่เป็น 0 ที่ต่อเนื่อง ตลอดระยะทางระหว่างระยะขอบเขตระยะด้านบนและระยะด้านล่างของแต่ละบรรทัด (สแกนตามแนวตั้ง) แล้วหาขอบเขตระยะด้านหน้าและด้านหลังของแต่ละตัวอักษร (สแกนตามแนวนอน) เป็นขอบเขตของแต่ละตัวอักษรเพื่อใช้ในการประมวลผลต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2.4 จะได้ระยะ V1 , V2 , V3 , V4 เป็นขอบเขตของระยะด้านหน้าและด้านหลังของตัวอักษร และจะได้ระยะ H1 , H2 เป็นขอบเขตของระยะด้านบนและระยะด้านล่างของตัวอักษรตามลำดับ นั่นคือ เมื่อพิจารณาขนาด ความกว้าง ความสูง ในช่วงที่ยอมรับ และความสัมพันธ์ของความกว้าง (V2 – V1) ที่มีค่ามากกว่าความสูง (H2 – H1) ซึ่งเป็นคุณสมบัติของตัวอักษรที่ต้องการ ก็จะสามารถแยกตัวอักษรที่ต้องการจากข้อมูลภาพทั้งหมดได้ดังรูปที่ 2.3

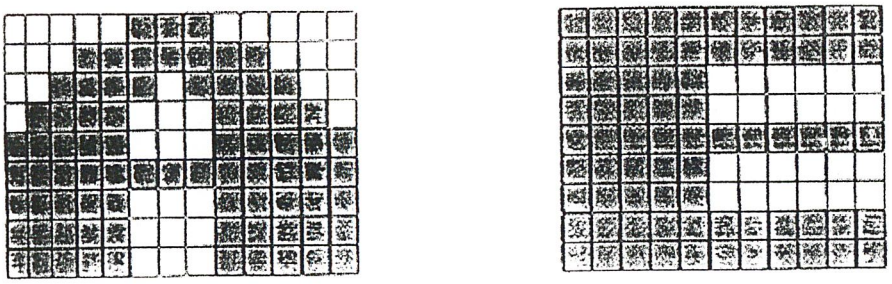


รูปที่ 2.3 แสดงข้อมูลภาพแบบไบนารี



รูปที่2.4 แสดงตัวแปรที่ใช้ในการแยกตัวอักษรออกทีละตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

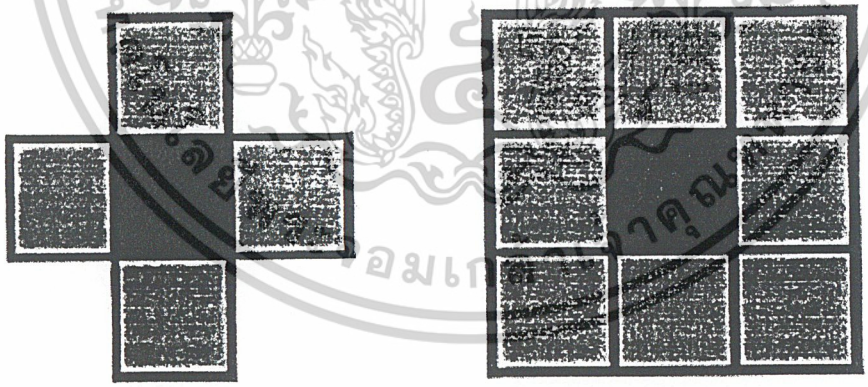


รูปที่ 2.5 แสดงผลของการแยกตัวอักษร

2.1.6.2 การแยกภาพด้วยวิธี Region Labeling

ในการจำแนกภาพโดยวิธีนี้ได้ถือว่าบริเวณที่อยู่ข้างเคียงเป็นบริเวณที่สำคัญมาก จุดภาพที่อยู่ข้างเคียงกันมักจะมีคุณสมบัติทางสถิติที่คล้ายกันหรือใกล้เคียงกันสำหรับจุดรอบข้างที่มาเชื่อมต่อกันในวิธีนี้จะทำการพิจารณาภาพบริเวณย่อยๆจำนวนมาก จากนั้นพื้นที่ที่ติดกันจะถูกนำมาพิจารณาถึงความเป็นเนื้อเดียวกันร่วมกัน การรวมตัวตัวกันจะสิ้นสุดลงเมื่อพื้นที่ข้างเคียงไม่สามารถพิจารณาถึงความเป็นเนื้อเดียวกันได้ แต่ถ้าจุดภาพที่อยู่ใกล้เคียงกันนั้นตรวจสอบแล้วไม่อยู่ในเกณฑ์การรวม จุดภาพนั้นจะไม่ถูกรวมเข้าไปในส่วนนั้นของภาพแต่จะถูกเลือกให้เป็นจุดเริ่มต้นส่วนอื่นๆต่อไป และหลังจากที่จุดภาพทุกจุดได้รวมตัวกันเป็นกลุ่มเรียบร้อยแล้ว

ในกรณีนี้จะกล่าวถึงภาพที่มีวัตถุในภาพมาก วิธีการที่จะแยกแต่ละวัตถุออกจากกันจะทำได้โดยพิจารณาจากการติดกันของพิกเซลที่เป็น 1 โดยสามารถพิจารณาได้ดังนี้

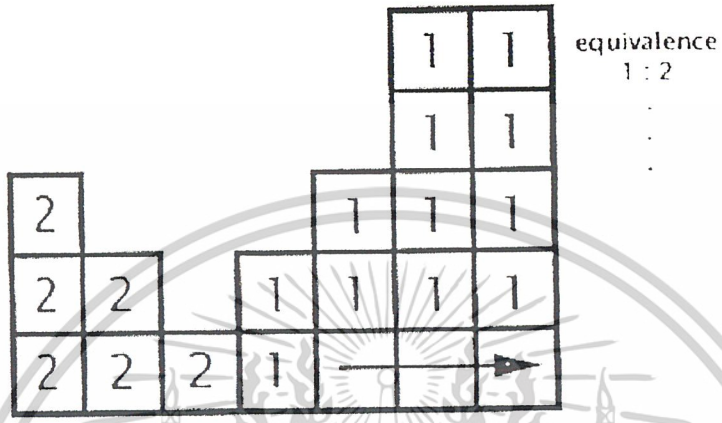


รูปที่2.6 การพิจารณาพิกเซลที่ติดกัน (ก) ติดกันแบบ 4 จุด (ข) ติดกันแบบ 8 จุด

- การติดกันแบบ 4 จุด จะพิจารณา 4 พิกเซล รอบแนวนอนและแนวตั้งแสดงดังรูปที่ 2.6 (ก)
- การติดกันแบบ 8 จุด จะพิจารณา 8 พิกเซล รอบแนวนอนและแนวตั้งแสดงดังรูปที่ 2.6 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการแยกวัตถุแบบ Region Labeling นี้ จะพิจารณาแบบไบนารีเฉพาะพิกเซลที่มีค่า 1 ทีละแถวจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง ซึ่งเมื่อพิจารณาที่พิกเซลใดพิกเซลหนึ่ง ถ้าพิกเซลแถวบนและทางซ้ายซึ่งผ่านการกำหนด Label เหมือนกับพิกเซลข้างเคียงที่เป็น 1 แต่ถ้าในกรณีที่มีพิกเซลข้างเคียงมีค่า 1 มากกว่า 1 พิกเซล และแต่ละพิกเซลมี Label ต่างกัน ก็จะกำหนด Label ให้กับพิกเซลที่พิจารณาอยู่เหมือนกับ Label ที่สมมูลกันให้เหมือนกัน ซึ่งสามารถทราบถึงความแตกต่างของแต่ละวัตถุในภาพ โดยดูจาก Label ที่ต่างกัน



รูปที่ 2.7 การทำ Region Labeling

2.2 หลักการและโครงสร้างของ barcode

2.2.1 หลักการและโครงสร้างของ barcode

รหัสแถบ(barcode)เป็นรหัสที่ได้มีการสร้างและพัฒนาขึ้นมาเป็นเวลานานพอสมควรแล้วโดยการพัฒนาของรหัสแถบจะเป็นในรูปที่มีชนิดของรหัสมากขึ้น ประสงค์ของรหัสแถบที่แถบพัฒนาขึ้นใหม่นั้นมีอยู่หลายประการด้วยกันเช่น

1.เพื่อให้สามารถแทนรหัสได้มากขึ้น เช่น รหัสยูพีซีเอียน จะแทนรหัสข้อมูลได้ 10 ตัว แต่รหัส 39 จะแทนรหัสข้อมูลได้ 44 ตัว

2.เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในงานเฉพาะด้าน เช่น รหัสโคดาบาร์ สร้างขึ้นเพื่อใช้ในธนาคารเลือดของประเทศสหรัฐอเมริกา หรือรหัส 2 of 5สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในงานด้านการทหารของประเทศสหรัฐอเมริกา

3.เพื่อให้มีความหนาแน่นของรหัสต่อพื้นที่มากขึ้น เช่น รหัส 25 แบบสอดแทรก พัฒนามาจากรหัส 25 โดยทำให้ความหนาแน่นสูงกว่าเดิม 50 %

แม้ว่าการสร้างและพัฒนารหัสแถบได้มีการทำมาเป็นเวลานานแล้วก็ตาม แต่สิ่งหนึ่งยังเป็นเอกลักษณ์หรือโครงสร้างของรหัสแถบที่ยังไม่เคยเปลี่ยน คือ รหัสแถบจะประกอบด้วยแถบดำสลับกับแถบขาว ซึ่งในการอ่านและประมวลผลรหัสแถบจะใช้หลักการอ่านความกว้างของรหัสแถบทั้งแถบดำและแถบขาวเพื่อไปเปรียบเทียบกับค่าความกว้างของรหัสแถบในตารางการแทนรหัสแถบโดยความกว้างองรหัสแถบแต่ละแบบจะมีค่าไม่เหมือนกัน เช่น รหัสยูพีซี/เอียนจะมีค่าความกว้างทั้งหมด 4 ขนาด แต่รหัส 39 มี 2 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างรหัสแถบ(รหัส 39)

ในการอ่านและประมวลผลรหัสแถบนั้นจะมีค่าที่ใช้ในการแสดงถึงประสิทธิภาพของรหัสแถบและประสิทธิภาพของเครื่องอ่านรหัสแถบ อยู่หลายค่าด้วยกัน แต่ที่ได้รับความนิยมนำมาใช้อ้างอิงมี 2 ค่า คือ ค่าอัตราการอ่านสำเร็จในครั้งแรก(First-pass Read Rate , FRR)และค่าอัตราความผิดพลาดในการอ่าน (Substitution Error Rate , SER) ซึ่งค่า FRR เป็นค่าที่แสดงถึงอัตราในการอ่านค่าครั้งแรกแล้วประสบผลสำเร็จ ดังสมการ

FRR = จำนวนครั้งที่การอ่านค่าครั้งแรกแล้วสำเร็จ / จำนวนครั้งที่อ่านทั้งหมด

ส่วนค่า SER เป็นค่าที่ได้แสดงถึงอัตราความผิดพลาดของข้อมูลภายหลังจากการถอดรหัสและประมวลผลจนได้ค่าข้อมูลที่แท้จริงแล้ว ดังสมการ

SER = จำนวนครั้งที่อ่านค่าผิดพลาด / จำนวนครั้งที่อ่านทั้งหมด

ในอุดมคติแล้วจะพยายามทำให้ FRR มีค่าเป็น 1 หรือ 100 % ส่วนSER มีค่า 0 หรือ 0 % แต่ในความเป็นจริงแล้วค่าทั้ง 2 ตัวจะมีค่าที่แปรผันตามกันจึงไม่สามารถเป็นตามอุดมคติได้ดังนั้นในการเลือกรหัสแถบและเครื่องอ่านรหัสแถบมาใช้จึงต้องเลือกให้ได้ช่วงใช้งานที่ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีที่สุด หรือ ยอมให้มีความผิดพลาดเกิดขึ้นในระดับที่ยอมรับได้ โดยทั่วไปค่า FRR ของรหัสแถบควรจะมีค่ามากกว่า 85% ส่วนค่า SER ควรจะมีค่าน้อยกว่า 1/300 (ซึ่งเป็นค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจากการป้อนข้อมูลด้วยคน) และองค์ประกอบอีกตัวหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการอ่านและประมวลผลรหัสแถบ คือ ตัวรหัสแถบเอง ซึ่งรหัสแถบที่พิมพ์ออกมาได้ดีคือ มีความคมชัด , ความเข้ม , สัดส่วนความกว้าง และอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างถูกต้อง รวมทั้งยังต้องไม่มีจุดผิดปกติในรหัสแถบ(จุดดำในแถบขาวหรือจุดขาวในแถบดำ) ก็จะทำให้ค่าความผิดพลาดลดลงด้วย โดยทั่วไปรหัสแถบที่ดีควรมีอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของรหัสแถบทั้งหมดเป็น 1 : 4 โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับตัวอ่านรหัสแถบแบบสัมผัสโดยตรง (contact scanner) หรือ แวน (Wand) แล้ว ในการอ่านรหัสแถบจะใช้คนเป็นผู้รูดผ่ารหัสแถบ ซึ่งการอ่านรหัสแถบเป็นเส้นตรงและสม่ำเสมอตลอดรหัสแถบนั้นทำได้ยากและถ้ายิ่งมีความกว้างมากขึ้นก็จะยิ่งทำให้มีโอกาสผิดพลาดมากขึ้นด้วย

2.2.2 หลักการอ่านและประมวลผลรหัสยูพีซี

รหัสแถบยูพีซี (Universal Product Code , UPC) เป็นรหัสที่ได้มีการพัฒนาและนำมาใช้งานครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1949 โดย M.r. Norm Woodland และ M.r. Benard Silvers และได้มีการทดสอบและปรับปรุงให้ใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ในปี ค.ศ. 1973 โดย Uniform Code Council (UCC) เพื่อใช้ในสินค้าอุปโภคและบริโภคในประเทศสหรัฐอเมริกาและเป็นรหัสที่ได้รับความนิยมใช้งานอย่างมากใน 2 ประเทศ เท่านั้น คือ ประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดาซึ่งจนกระทั่งปัจจุบันได้มีการพัฒนาไปในอีกหลายรูปแบบตามความต้องการของผู้ใช้งาน เช่น รหัสยูพีซี-เอ เป็นรหัสพื้นฐานของรหัสยูพีซี)รหัสยูพีซี-บี ,รหัสยูพีซี-ซี , รหัสยูพีซี-ดี และรหัสยูพีซี-อี เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.1 รหัสยูพีซี-เอ (UPC – A)

รหัสยูพีซี-เอ เป็น รหัสพื้นฐานของรหัสยูพีซีที่ได้ถูกสร้างขึ้นเป็นแบบแรก จึงมีโครงสร้างที่เป็นพื้นฐานของรหัสยูพีซีแบบอื่นๆ โดยโครงสร้างพื้นฐานของรหัสยูพีซีจะมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

1. ส่วนของแถบข้อมูล (character bar) ประกอบด้วย แถบข้อมูลซ้าย และแถบข้อมูลขวา
2. ส่วนของแถบคุม (guard bar) ประกอบด้วย แถบกั้นซ้าย แถบกั้นขวา และแถบกั้นกลาง
3. บริเวณขอบเผื่อ (quiet zone) เป็นบริเวณที่มีไว้เพื่อเป็นพื้นที่ให้หัวอ่านวางเพื่อเริ่มต้น หรือ สิ้นสุดการอ่าน ซึ่งบางกรณีรหัสแถบจะละส่วนนี้ไว้ไม่แสดงให้เห็น

นอกจากส่วนประกอบของรหัสยูพีซีนี้แล้ว ในการแทนรหัสยูพีซียังมีข้อกำหนดสำคัญที่ใช้เป็นมาตรฐานของรหัสยูพีซีดังนี้

1. สามารถแทนข้อมูลตัวเลข 0 – 9 เท่านั้น โดยที่ข้อมูลด้านซ้ายและด้านขวาจะต้องมีจำนวนเท่ากัน และข้อมูลแต่ละตัวจะแทนด้วยแถบ 4 แถบ คือ แถบดำและแถบขาวอย่างละ 2 แถบ
2. ความกว้างของแถบแต่ละแถบจะมีทั้งหมด 4 ขนาดที่เป็นสัดส่วนกัน คือขนาดเล็กสุดจะมีขนาดเป็น 1 และที่เหลือจะมีขนาดเป็น 2,3และ 4 เท่าของขนาดเล็กสุด ซึ่งค่าขนาดเล็กที่สุดนี้จะเป็นค่ามาตรฐานที่กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 ส่วนย่อย (module)
3. ความกว้างของแถบที่ใช้แทนรหัสข้อมูล(ตัวเลข)แต่ละตัวจะมีความกว้างเท่ากันทุกตัว คือ 7 ส่วนย่อย ซึ่งแต่ละส่วนย่อยจะแทนด้วยเลขฐานสอง 1 บิท โดยเลขฐานสอง “0” แทนแถบขาว ส่วนเลขฐานสอง “1” แทนแถบดำ
4. แถบข้อมูลด้านซ้ายและด้านขวา จะมีลักษณะการแทนด้วยเลขฐานสองที่เป็นตรงข้าม หรือคอมพลีเมนต์ (complement) สำหรับข้อมูลตัวเดียวกัน แต่ขนาดความกว้างยังคงเหมือนกัน
5. แถบคุมซ้ายและแถบคุมขวา จะมีความกว้าง 3 ส่วนย่อย คือ แถบดำ 2 แถบและแถบขวา 1 แถบ โดยแต่ละแถบกว้าง 1 ส่วนย่อย และจัดเรียงเป็น ดำ-ขาว-ดำ สำหรับแถบคุมกลางจะมีความกว้าง 5 ส่วนย่อย คือ แถบดำ 3 แถบ แถบขาว 2 แถบ ซึ่งจัดเรียงเป็นดำ-ขาว-ดำ-ขาว-ดำ

รหัสยูพีซี-เอ มีจำนวนของรหัสที่แน่นอนคือ 12 ตัว คือ รหัสข้อมูลด้านซ้าย 6 ตัว รหัสข้อมูลขวา 5 ตัว และรหัสตรวจสอบอีก 1 ตัว โดยการแทนรหัสของยูพีซีจะใช้ค่าดังแสดงในตารางที่2.1 และตัวอย่างรหัสยูพีซี-เอในรูปที่ 2.9 ซึ่งนอกจากส่วนประกอบและข้อกำหนดที่กล่าวมาแล้วยังมีข้อกำหนดพิเศษที่ไม่ได้กำหนดเป็นมาตรฐานแต่มีการกำหนดขึ้นมาใช้งานดังนี้คือ

1. ข้อมูลด้านซ้ายตัวแรกจะเป็นตัวเลขที่บอกถึงลักษณะงานที่นำรหัสแถบยูพีซีนี้ไปใช้จะเรียกข้อมูลหรือตัวเลขนี้ว่า ตัวเลขบอกชนิดของสินค้า (Product code) โดยจะแสดงการแทนค่าในตารางที่ 2.2
2. ข้อมูลด้านขวาตัวสุดท้ายจะเป็นตัวเลขรหัสตรวจสอบ (Check digit) ซึ่งไม่ได้มีการกำหนดวิธีการหาค่ารหัสตรวจสอบนี้ว่าเป็นอย่างไร แต่มีใช้งานอยู่คือ นำค่าผลรวมของตัวเลขรหัสข้อมูลทุกตัวมาบวกกับรหัสตรวจสอบแล้วจะต้องได้ผลลัพธ์ของตัวเลขหลักหน่วยเป็นศูนย์ เช่น ถ้าค่าผลรวมของตัวเลขรหัสข้อมูลเป็น 35 รหัสตรวจสอบจะต้องเป็นตัวเลข 5 เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็น 40 ซึ่งเลขหลักหน่วยเป็น 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 ตัวอย่างรหัสยูพีซี-เอ

ตารางที่2.1แสดงการแทนรหัสแถบยูพีซี

รหัส	ขนาดความกว้างแถบ	ข้อมูลด้านซ้าย	ข้อมูลด้านขวา
0	3-2-1-1	0001101	1110010
1	2-2-2-1	0011001	1100110
2	2-1-1-2-2	0010011	1101100
3	1-4-1-1	0111101	1000010
4	1-1-3-2	0100011	1011100
5	1-2-3-1	0110001	1001110
6	1-1-1-4	0101111	1010000
7	1-3-1-2	0111011	1000100
8	1-2-1-3	0110111	1001000
9	3-1-1-2	0001011	1110100
การ์ดซ้าย	1-1-1	101	----
การ์ดขวา	1-1-1	----	101
การ์ดกลาง	1-1-1-1-1	----	----

ตารางที่ 2.2 แสดงการแทนตัวเลขบอกลักษณะงาน

รหัสตัวเลข	ลักษณะการใช้งาน
0	**รหัสยูพีซีทั่วไป**
2	**อาหารหรือสิ่งของที่มีน้ำหนักไม่แน่นอน**
3	**ยาและสิ่งที่เกี่ยวข้องกับสาธารณสุข**
4	**รายการที่ไม่เกี่ยวข้องกับอาหาร**
5	**สำหรับคูปอง**
อื่นๆ	**เตรียมไว้สำหรับอนาคต**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 รหัสยูพีซี-อี (UPC-E)

รหัสยูพีซี-อี เป็นรหัสที่ใช้การแทนค่ารหัสเหมือนกับรหัสยูพีซี-เอ แต่โครงสร้างจะต่างกันเล็กน้อย คือ รหัสยูพีซี-อี จะมีจำนวนข้อมูลเพียง 6 ตัว ซึ่งเสมือนการตัดเอาเฉพาะข้อมูลด้านซ้ายของรหัสยูพีซี-เอมาใช้ คือมีเฉพาะแถบคุมซ้าย แถบข้อมูล และแถบคุมกลาง ดังแสดงตัวอย่างรหัสยูพีซี-อี ในรูปที่2.10

ในการใช้งานแล้วรหัสยูพีวี-อีเป็นรหัสที่ได้รับความนิยมไม่น้อยไปกว่ารหัสยูพีซี-เอเลยเพราะความจริงข้อมูลก็ยังคงมีเท่าเดิมแต่รหัสยูพีซี-อี นี้เป็นแบบที่ตัดตัวเลข 0 ออกเพื่อให้สามารถใช้ในสินค้าที่มีพื้นที่ในการติดรหัสแถบน้อย เช่น ซองบุหรี่ ซึ่งโดยโครงสร้างของข้อมูลประกอบด้วยรหัสตัวเลขบอกชนิดของสินค้า 1 ตัวและรหัสข้อมูลอีก 5 ตัว ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มาจากข้อมูลจริง 10 ตัวที่ตัดเลขเลข 0 ออก ดังตัวอย่าง เช่นข้อมูล 56800-00021 ก็ได้เป็น 56821 เป็นต้น

รูปที่ 2.10 แสดงตัวอย่างรหัสยูพีซี-อี (56821)

2.2.2.3 รหัสยูพีซีอื่นๆ

รหัสยูพีซีนั้นนอกจากที่ได้กล่าวมาแล้ว คือ รหัสยูพีซี-เอ และรหัสยูพีซี-อี ยังมีรหัสยูพีซีแบบอื่นๆที่ได้กำหนดขึ้นมาโดยเหมาะที่จะใช้งานเฉพาะอย่างจึงไม่ค่อยได้รับความนิยมและไม่ค่อยจะมีให้เห็นบ่อยนัก ดังมีรายละเอียดของรหัสยูพีซีแบบต่างๆดังนี้

2.2.2.3.1 รหัสยูพีซี-บี (UPC-B)

รหัสยูพีซี-บี เป็นรหัสยูพีซีแบบที่พัฒนามาจากรหัสยูพีซี-เอ เพื่อใช้งานด้านยาและสาธารณสุขแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยโครงสร้างของรหัสที่แตกต่างก็เพียงแต่รหัสยูพีซี-บี จะไม่มีรหัสตรวจสอบคือรหัสตัวสุดท้ายของข้อมูลด้านขวามือจะ ไม่ใช่รหัสตรวจสอบแต่จะเป็นรหัสข้อมูล

2.2.2.3.2 รหัสยูพีซี-ซี (UPC-C)

รหัสยูพีซี-ซี เป็นรหัสยูพีซีแบบที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากเดิมโรงงานอุตสาหกรรมยังมิได้มีการนำรหัสแถบไปใช้งาน(ใช้รหัสตัวเลขธรรมดา) จึงได้มีการพัฒนารหัสยูพีซี-ซีขึ้นมารองรับความต้องการ โดยโครงสร้างของรหัสที่แตกต่างจากรหัสยูพีซีแบบมาตรฐานคือ จะมีรหัสข้อมูล 12 ตัว กับรหัสตรวจสอบและรหัสบอกชนิดสินค้า รวมทั้งหมดเป็น 14 ตัว โดยการลำเรียงลำดับของรหัสจะแสดงในตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.3.3 รหัสยูพีซี-ดี (UPC-D)

รหัสยูพีซี-ดี เป็นรหัสยูพีซีแบบที่จำนวนข้อมูลไม่แน่นอน โดยโครงสร้างแล้วจะมีการจัดเรียงรหัสและจำนวนข้อมูลในส่วนแรกเหมือนหรือเท่ากับรหัสยูพีซี-เอแต่จะมีรหัสข้อมูลที่ตามหลังเพิ่มขึ้นมา ซึ่งจำนวนของรหัสข้อมูลที่ตามหลังนี้ไม่ได้มีการกำหนดจำนวนที่แน่นอนไว้จึงทำให้มีจำนวนเท่าใดก็ได้ตามความต้องการของงานที่จะนำรหัสนี้ไปใช้

ตารางที่2 .3 แสดงการจัดเรียงรหัสของรหัสยูพีซีแบบต่างๆ

รหัสยูพีซีแบบ	รูปแบบการจัดเรียงข้อมูล
A	PXXXXXXXXXXC
B	PXXXXXXXXXXX
C	XPXXXXXXXXXXCX
D	PXXXXXXXXXXCXX...
E	XXXXX

หมายเหตุ X หมายถึง รหัสข้อมูล P หมายถึง รหัสบอกชนิดสินค้า C หมายถึง หัสตรวจสอบ

2.2.3 หลักการอ่านและประมวลผลรหัสเอียน

รหัสเอียน (European Article Numbering , EAN)เป็นรหัสที่พัฒนามาจากพื้นฐานของรหัสยูพีซี โดยพัฒนาขึ้นมาเมื่อปี ค.ศ. 1976 เพื่อให้เป็นมาตรฐานของรหัสแถบสำหรับสินค้าที่ใช้ในประเทศแถบยุโรป แต่ต่อมามีการนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางและได้มีการกำหนดมาตรฐานที่ทำให้สามารถใช้รหัสแถบได้ทั่วโลกยอเว้นประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดาที่ใช้รหัสยูพีซี โดยรหัสเอียนจะมีการกำหนดรหัสประจำประเทศต่างๆ ที่ไม่ซ้ำกัน ทำให้สามารถระบุได้ว่าสินค้าที่ติดรหัสแถบนั้นเป็นสินค้าของประเทศใด ซึ่งรหัสเอียนได้มีการกำหนดจำนวนข้อมูลที่แน่นอนไว้เป็น 2 แบบ โดยมีรายละเอียดและโครงสร้างเป็น ดังนี้

2.2.3.1 รหัสเอียน - 13

รหัสเอียนเป็นรหัสที่มีพื้นฐานการแทนรหัสคล้ายกับรหัสยูพีซีแต่มีข้อพิเศษที่เพิ่มขึ้นมา โดยโครงสร้างการแทนรหัสนั้นจะแทนเช่นเดียวกับรหัสยูพีซี แต่ที่พิเศษคือข้อมูลด้านซ้ายจะสามารถแทนได้ 2 ลักษณะคือ แบบคู่ (even) และแบบคี่ (odd) ดังแสดงตารางการแทนรหัสของรหัสเอียนในตารางที่ 2.4 ซึ่งรหัสข้อมูลแทนในรหัสเอียนแบบนี้จะมีเพียง 12 ตัวและรหัสตรวจสอบอีก 1 ตัว โดยในรหัสข้อมูลจะแทนเป็นรหัสแถบเพียง 11 ตัว ส่วนรหัสตัวที่เหลือจะเป็นรหัสเติมหน้า (flag digit) ที่กำหนดขึ้นมาจากการจัดเรียงลักษณะการแทนข้อมูลในส่วนข้อมูลด้านซ้าย ซึ่งเดิมเป็นรหัสยูพีซีแล้วข้อมูลด้านซ้ายจะแทนในลักษณะเป็นมีพาริตี้เป็นแบบคู่เท่านั้นแต่สำหรับรหัสเอียนข้อมูลด้านซ้ายจะมีการแทนในลักษณะพิเศษที่จัดเรียงตามตารางที่2.5 เพื่อใช้กำหนดค่ารหัสเติมหน้า

รหัสเอียน-13 เป็นรหัสที่แทนตัวเลข 13 ตัว ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่2.11ได้แบ่งรหัสข้อมูลออกเป็น 4 ส่วน ดังมีรายละเอียดแต่ละส่วนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. รหัส 3 ตัวแรก คือ รหัสประเทศของผู้จดทะเบียน หรือผู้ผลิตสินค้า (country code) ดังแสดงการแทนรหัสของประเทศต่าง ๆ ในตารางที่ 2.4 จากตัวอย่างรหัสเอียนในรูปที่ 2.11 เป็นรหัส 885 หมายถึงประเทศไทย

2. รหัส 4 ตัวต่อมา คือรหัสทะเบียนของโรงงานผู้ผลิตสินค้า (manufacture identify code) ซึ่งเป็นรหัสที่ใช้บอกว่าสินค้าที่ติดรหัสแถบนั้นเป็นสินค้าที่ผลิตมาจากโรงงานใด ซึ่งหมายถึงทะเบียนนี้ในแต่ละประเทศจะต้องมีการไปขอจดทะเบียนหรือขอเป็นสมาชิกขององค์การที่จัดการรหัสแถบภายในประเทศนั้นๆ สำหรับรหัสแถบของประเทศไทย สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยเป็นนายทะเบียนที่ทำหน้าที่ผู้ควบคุมดูแล จากรูปที่ 2.11 คือรหัส 2047

3. รหัส 5 ตัวถัดมา คือ รหัสของสินค้า (product code) เป็น รหัสที่ใช้บอกรายละเอียดของสินค้า เช่น วัน เดือน ปีที่ผลิต สี ชนิด รุ่น ฯลฯ โดยรหัสนี้ทางโรงงานผู้ผลิตจะเป็นผู้กำหนดเอง แต่จะต้องแจ้งให้นายทะเบียนของแต่ละประเทศทราบ จากรูปที่ 2.11 คือ รหัส 3133467

4. รหัสตัวสุดท้าย คือ รหัสตรวจสอบ (check code) เป็นรหัสที่ใช้ในการตรวจสอบเพื่อให้เกิดความถูกต้องในการอ่านรหัสแถบ ซึ่งค่านี้ตัวเลขตรวจสอบรหัส 12 ตัวก่อนหน้านี้ เพราะถ้ารหัสตรวจสอบที่อ่านได้ผิดพลาดก็แสดงว่ารหัสที่อ่านได้ทั้งหมดผิดไม่สามารถนำมาใช้สื่อความหมายได้ จากรูปที่ 2.11 คือ รหัส 7 โดยรหัสตรวจสอบนั้นมีวิธีในการหาค่าที่ ดังนี้ คือ

1. หาผลรวมของรหัสข้อมูลหลักคี่
2. หาผลรวมของรหัสข้อมูลหลักคู่คูนด้วย 3
3. หาผลรวมจาก 1 และ 2
4. ค่ารหัสตรวจสอบได้จากการนำค่าตัวเลขที่น้อยที่สุดไปบวกกับผลลัพธ์ในข้อ 3. แล้วได้ค่าหลักหน่วยเป็น 0

รูปที่2.11 แสดงตัวอย่างรหัสเอียน-13

2.2.3.2 รหัสเอียน-8

สำหรับรหัสเอียน-8 จะมีลักษณะการแทนรหัสเหมือนกับรหัสเอียน-13 แต่ที่ต่างจากรหัสเอียน-13 คือ รหัสเอียน-8 เป็นรหัสที่มีจำนวนข้อมูล 8 ตัว เป็นข้อมูลด้านซ้ายและขวาอย่างละ 4 ตัว ซึ่งรหัสเอียน-8 เป็นรหัสที่เหมาะสมในธุรกิจขนาดเล็กหรือใช้ในสินค้าที่มีพื้นที่ในการติดรหัสแถบน้อย ซึ่งในรหัสเอียน-8 จะยังคงมีการกำหนดรหัสประเทศไว้ในรหัสแถบ ดังแสดงตัวอย่างรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รูปที่ 2.12 แสดงตัวอย่างรหัสเอียน-8

2.2.4 หลักการอ่านและประมวลผลรหัส 39

รหัสแถบที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น คือ รหัสยูพีซีและรหัสเอียน ยังมีข้อเสียที่สำคัญอยู่ประการหนึ่ง คือ สามารถแทนรหัสได้เฉพาะตัวเลขเท่านั้น จึงได้มีการพัฒนารหัสแถบชนิดใหม่ที่สามารถแทนได้ทั้งตัวเลขและตัวอักษร ซึ่งรหัสแถบชนิดแรกที่สามารถทำได้ คือ รหัส 39 ซึ่งพัฒนาขึ้นมาในปี ค.ศ. 1974 โดย Dr. David C . Allas และ Mr. Ray Stevens ชาวสหรัฐอเมริกาโดยรหัส 39 นี้เป็นรหัสที่ได้รับความนิยมอย่างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรม

ตารางที่ 2.4 แสดงการแทนรหัสเอียน

รหัสข้อมูล	ข้อมูลด้านซ้ายพาริตี้คี่	ข้อมูลด้านซ้ายพาริตี้คู่	ข้อมูลด้านขวา
0	0001101	0100111	1110010
1	0011001	0110011	1100110
2	0010011	0011011	1101100
3	0111101	0100001	1000010
4	0100011	0011101	1011100
5	0110001	0111001	1001110
6	0101111	0000101	1010000
7	0111011	0010001	1000100
8	0110111	0001001	1001000
9	0001011	0010111	1110100
การ์ดซ้าย	111	----	----
การ์ดขวา	----	----	111
การ์ดกลาง	----	----	----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
49852

ตารางที่ 2.5 แสดงการจัดเรียงของข้อมูลเพื่อหาค่ารหัสเติมหน้า

รหัสเติมหน้า	การจัดเรียงรหัสข้อมูล
0	OOOOOO
1	OOEOEE
2	OOEEOE
3	OOEEEO
4	OEOOEE
5	OEEOOE
6	OEEEOO
7	OEOEOE
8	OEOEEO
9	OEEOEO

หมายเหตุ O หมายถึง รหัสข้อมูลที่มีพาริตี้เป็นคี่

E หมายถึง รหัสข้อมูลที่มีพาริตี้เป็นคู่

ตารางที่ 2.6 แสดงรหัสตามมาตรฐานรหัสเอียน

รหัส	ประเทศ	รหัส	ประเทศ
00-09	สหรัฐอเมริกาและแคนาดา	76	สวิทเซอร์แลนด์
20-29	เก็บไว้ใช้ในอนาคต	770	โคลัมเบีย
30-37	ฝรั่งเศส	773	อุรุกวัย
40-43	เยอรมันตะวันตก	775	เปรู
440	เยอรมันตะวันออก	779	อาเจนตินา
460-469	โซเวียต	780	ชิลี
471	ไต้หวัน	789	บราซิล
489	ฮ่องกง	80-83	อิตาลี
49	ญี่ปุ่น	84	สเปน
50	อังกฤษและไอร์แลนด์	859	เชคโกสโลวาเกีย
520	กรีซ	860	ยูโกสลาเกีย
529	ไซปรัส	869	ตุรกี
54	เบลเยี่ยมและลักเซมเบิร์ก	87	เนเธอแลนด์
560	โปรตุเกส	880	เกาหลีใต้
569	ไอซแลนด์	885	ไทย
57	เดนมาร์ก	888	สิงคโปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

599	ฮังการี	90-91	ออสเตรีย
600-601	แอฟริกาใต้	93	ออสเตรเลีย
64	ฟินแลนด์	94	นิวซีแลนด์
70	นอรเวย์	955	มาเลเซีย
729	อิสราเอล	959	ปาปัว นิวกีนี
73	สวีเดน	977	รหัสสำหรับวารสาร
750	เม็กซิโก	978-979	รหัสสำหรับหนังสือ
759	เวนุซุเอลา	98-99	คูปอง

หมายเหตุ ข้อมูลนี้เป็นข้อมูลที่สิ้นสุดเมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม 2532

รหัส 39 เป็นรหัสที่มีโครงสร้างและการแทนที่แตกต่างจากรหัสยูพีซีและรหัสเอียนโดยสิ้นเชิงคือจะมีส่วนประกอบที่สำคัญเพียง 3 ส่วนคือ รหัสเริ่มต้นและสิ้นสุด,รหัสข้อมูล และรหัสตรวจสอบโดยมีข้อกำหนดต่างๆ ในการแทนรหัส ดังนี้

1. สามารถแทนรหัสได้ทั้งหมด 44 ตัว ตัวเลข 0-9, พยัญชนะ A-Z, และอักขระพิเศษอีก 8 ตัวคือ *,-...$,/,+,% และช่องว่าง (space) โดย * นั้นจะใช้เป็นรหัสเริ่มต้นและสิ้นสุดเท่านั้น

2. ขนาดความกว้างของรหัสจะมีเพียง 2 ขนาด คือ แถบกว้าง(wide bar)และแถบแคบ(narrow bar) และการแทนแถบจะใช้เลขฐานสอง 1 บิท โดยให้เลขฐานสอง '1' แทนแถบกว้างและเลขฐานสอง '0' แทนแถบแคบ

3. ในการแทนรหัสหนึ่งตัวจะใช้แถบดำ 5 แถบ สลับกับแถบขาว 4 แถบ รวมเป็น 9 แถบซึ่งประกอบด้วยแถบกว้าง 3 แถบ และแถบแคบ 6 แถบ โดยไม่สนใจว่าจะเป็นแถบดำหรือแถบขาว

4. การจัดเรียงรหัสแถบ 39 จะเริ่มต้นด้วยรหัสเริ่มต้น แล้วตามด้วยรหัสข้อมูลและปิดท้ายด้วยรหัสสิ้นสุดโดยรหัสข้อมูลแต่ละตัวจะถูกแยกด้วยแถบขาวแคบ 1 แถบ และรหัส 39 นี้ไม่ได้มีการกำหนดจำนวนข้อมูลไว้เป็นมาตรฐาน จึงสามารถมีข้อมูลได้มากน้อยตามต้องการ

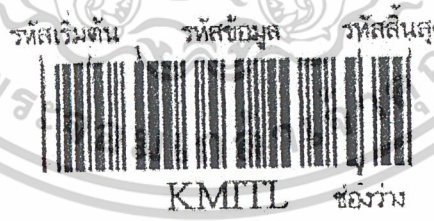
จากข้อกำหนดที่กล่าวมานั้นยังมีข้อกำหนดพิเศษที่รหัส 39 สามารถจะเลือกได้ว่าจะใช้หรือไม่ก็ได้คือการกำหนดค่ารหัสตรวจสอบ (check character) ซึ่งจะวางไว้ที่ตำแหน่งก่อนที่จะถึงรหัสสิ้นสุด โดยวิธีการหารหัสตรวจสอบทำได้ดังนี้

1. นำค่าตัวเลขประจำตัวของรหัสแต่ละตัวมาบวกกัน
2. นำผลบวกที่ได้ไปหารด้วย 43
3. นำค่าตัวเลขเศษของผลหารที่ได้ไปเทียบหารหัสตรวจสอบจากตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 แสดงการแทนรหัสและค่าตัวเลขประจำตัวของรหัส 39

รหัส	การแทนรหัส	ค่าประจำตัว	รหัส	การแทนรหัส	ค่าประจำตัว
0	000110100	0	M	101000010	22
1	100100001	1	N	000010011	23
2	001100001	2	O	100010010	24
3	101100000	3	P	001010010	25
4	000110001	4	Q	000000111	26
5	100110000	5	R	100000110	27
6	001110000	6	S	001000110	28
7	000100101	7	T	000010110	29
8	100100100	8	U	110000001	30
9	001100100	9	V	011000001	31
A	100001001	10	W	111000000	32
B	001001001	11	X	010010001	33
C	101001000	12	Y	110010000	34
D	000011001	13	Z	011010000	35
E	100011000	14	-	010000101	36
F	001011000	15	.	110000100	37
G	000001101	16	[SPACE]	011000100	38
H	100001100	17	*	010010100	--
I	001001100	18	$	010101000	39
J	000011100	19	/	010100010	40
K	100000011	20	+	010001010	41
L	001000011	20	%	000101010	42



รูปที่ 2.13 แสดงตัวอย่างรหัส39

จากส่วนประกอบและข้อกำหนดที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนั้นจะเห็นได้ว่าชื่อ รหัส 39 ได้มาจากการที่มีแถบกว้าง 3 แถบจากแถบข้อมูลทั้งหมด 9 แถบนั่นเอง และรหัสนี้ยังมีส่วนที่เหมือนกับรหัสยูพีซีและรหัสเอียน คือ ในการแทนรหัสจะแยกความแตกต่างจากความกว้างของแถบ ถึงแม้ว่าในการแทนแถบด้วยเลขฐานสองนั้นจะใช้การแทนที่ต่างกันก็ตามดังแสดงตัวอย่างรหัส และการแทนรหัส 39 ในรูป 2.13 และตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ชนิดของส่วนหัวอ่านรหัสแถบ

ในการใช้งานเพื่อที่จะอ่านรหัสแถบนั้นส่วนประกอบที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งที่ขาดไม่ได้ คือ ส่วนหัวอ่านรหัสแถบซึ่งส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการอ่านรหัสแถบแล้วแปลงสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อที่จะนำไปแปลงหรือถอดรหัสให้เป็นข้อมูลที่แท้จริง โดยพื้นฐานโครงสร้างของส่วนหัวอ่านรหัสแถบนี้ สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ หัวอ่านชนิดสัมผัสกับรหัสแถบ โดยตรงกับ หัวอ่านชนิดไม่สัมผัสกับรหัสแถบ

2.2.5.1 หัวอ่านชนิดสัมผัสโดยตรง (contact scanner)

หัวอ่านชนิดสัมผัสโดยตรงนั้นโดยทั่วไป หมายถึง หัวอ่านแบบแวน (wand scanner) ซึ่งเป็นหัวอ่านแบบมือถือที่มีรูปร่างคล้ายกับปากกา มีขนาดเล็ก พกพาสะดวก และสามารถนำไปใช้ในที่ต่าง ๆ ได้ ในการอ่านรหัสแถบนั้นหัวอ่านนี้จะต้องสัมผัสกับรหัสแถบโดยตรง โดยรูดหัวอ่านด้วยมือ

โครงสร้างหัวอ่านแบบนี้จากลักษณะภายนอกจะมีรูปร่างคล้ายปากกา ส่วนภายในจะประกอบด้วยตัวกำเนิดแสงและตัวรับแสง ซึ่งหลักการทำงานคือตัวกำเนิดแสงจะให้แสงผ่านรูขนาดเล็กที่เปิดไว้ที่ปลายหัวอ่าน เมื่อแสงนี้ตกกระทบบนรหัสแถบก็จะเกิดสะท้อนและดูดกลืนตามคุณสมบัติของแสงที่มีต่อแถบขาวและแถบดำ ตามลำดับแสงที่สะท้อยกลับก็จะผ่านรูเปิดเดียวกันกลับมายังตัวรับแสงซึ่งทำหน้าที่ในการแปลงความเข้มของแสงที่สะท้อนกลับให้สัญญาณทางไฟฟ้าที่จะเป็นค่าที่บ่งชี้ให้ทราบว่าขณะนั้นกำลังอ่านรหัสแถบส่วนที่เป็นแถบดำหรือแถบขาว ซึ่งโดยทั่วไปมักจะถูกแปลงให้อยู่ในลักษณะสัญญาณทางลอจิก คือ '0' หรือ '1' จากสัญญาณนี้ก็จะถูกส่งไปยังส่วนถอดรหัสให้ได้เป็นข้อมูลที่แท้จริง ซึ่งวงจรในส่วนของการถอดรหัสนั้นอาจจะมีอยู่ในตัวอ่านหรือไม่ก็ได้ขึ้นกับความต้องการของผู้ใช้งานและผู้สร้างหัวอ่าน โครงสร้างของส่วนหัวอ่านแบบ bifurcated optical fiber wand แม้ว่าความจริงหัวอ่านที่นำมาใช้งานจะมีการเพิ่มเม็ดพลาสติกหรือแก้วที่ส่วนของหัวอ่านของหัวอ่านเพื่อใช้ในการโฟกัสให้ลำแสงมีขนาดเล็กและแม่นยำในการอ่านรหัสแถบที่มีขนาดเล็ก ๆ แต่หลักการพื้นฐานต่าง ๆ ก็จะคล้ายกัน

2.3 หลักการประมวลผลภาพ

2.3.1 หลักการพื้นฐานของอิมเมจโปรเซสซิ่ง

อิมเมจโปรเซสซิ่ง (image processing) เป็นกระบวนการที่ใช้ในการจัดการข้อมูลที่เป็นรูปภาพต่าง ๆ ให้อยู่ในลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าเพื่อที่จะได้นำข้อมูลที่เป็นสัญญาณไฟฟ้านั้นไปใช้ประโยชน์ทางอื่น เป็นต้นว่า การตกแต่ง, การส่งรูปภาพไปตามสายนำสัญญาณจากแห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่ง(ซึ่งก็คือหลักการของโทรสาร) การเก็บข้อมูลรูปภาพไว้ในหน่วยความจำเพื่อทำอัลบัมภาพทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ประโยชน์เป็นแฟ้มข้อมูลพนักงาน,แฟ้มอาชญากรรม เป็นต้น นอกเหนือไปจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในงานด้านรักษาความปลอดภัย,ตรวจสอบลายนิ้วมือ ได้อีกด้วย

พิกเซล(pixel)ภาพที่จะถูกแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า จะได้รับการแบ่งรายละเอียดของภาพเป็นตารางเล็ก ๆ และตารางเล็ก ๆ นั้นคือ พิกเซล(pixel) นั้นเอง และเมื่อมีการจัดเรียงพิกเซลก็จะเกิดพิกเซลที่เป็นแถว(row)และคอลัมน์(column) โดยมีจำนวนแถวทางแนวนอนเป็น N แถว และมีจำนวนคอลัมน์ทางแนวตั้งเป็น M คอลัมน์ ซึ่งในแต่ละพิกเซลจะแทนด้วยP(i,j) โดยที่i และ j จะเป็นเลขจำนวนเต็มและที่เรียกการจัดเรียงของพิกเซลว่าพิกเซลเมตริกซ์(pixel matrix)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทราบตำแหน่งของพิกเซลแล้วจำเป็นต้องทราบว่าที่ตำแหน่งนั้นๆพิกเซลมีค่าเท่าไหร่ซึ่งค่าที่ว่านี้คือค่าเท่าไรซึ่งค่าที่ว่านี้คือค่าเฉลี่ยความเข้มของแสงที่ตกกระทบบนตำแหน่งของแต่ละพิกเซลซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 เมื่อทำเป็นภาพที่ความเข้มสองระดับ

ลักษณะข้อมูลภาพ

1. ภาพ 2 ระดับ คือ มีแค่จุดขาวกับดำเท่านั้น โดยแต่ละจุดเป็นข้อมูล 1 บิต
2. ภาพ 16 ระดับ ซึ่งในแต่ละจุดภาพจะเป็นข้อมูล 4 บิต ซึ่งทำให้แสดงภาพได้ 16 ระดับสี หรือ 16 ระดับสีเทา ขึ้นอยู่กับว่าภาพนั้นเป็นภาพสีหรือขาว-ดำ
3. ภาพ 256 ระดับ ซึ่งในแต่ละจุดภาพจะเป็นข้อมูล 8 บิต ซึ่งทำให้แสดงภาพได้256สี หรือ ระดับสีเทา ขึ้นอยู่กับว่าภาพนั้นเป็นภาพสีหรือขาว-ดำ
4. ภาพ True Color ซึ่งในแต่ละจุดจะเป็นข้อมูลขนาด 24 บิต ทำให้สามารถแสดงภาพได้เหมือนจริงมากที่สุด เพราะสามารถแปลงสีได้ถึง 16,777,216 สี ภาพ true color สามารถแสดงได้เฉพาะภาพสีเท่านั้น ไม่สามารถแสดงภาพขาว-ดำได้

การแสดงภาพสีนี้ใช้วิธีตั้งค่าสีในตารางสี โดยอาจเลือกสีเป็นแบบ 16 สี จาก 64 สี หรือ 16 สี จาก 262,144 สี หรือ 16 สี จาก 262,144 สี หรือ 256 สี จาก 262,144 สี ขึ้นอยู่กับโหมดการแสดงผล สำหรับ true color ไม่มีการเลือกสี แสดงผลได้โดยการส่งค่าสี RGB ผ่าน D/A (Digital to Analog) สีละ 8 บิตออกไปเลย ความแตกต่างของการแสดงภาพสีและขาว-ดำ คือภาพขาว-ดำ จะต้องตั้งให้แม่สีทั้ง 3 สี มีค่าเท่ากัน เนื่องจาก VGA กำหนดให้แม่สีแต่ละสีใช้รีจิสเตอร์ (Register) 6 บิต ทำให้แม่สีแต่ละสีแสดงผลได้เพียง 34 ระดับเท่านั้น ยังผลให้เราแสดงภาพ 256 ระดับให้เห็นเพียง 64 ระดับเท่านั้น หากต้องการให้เห็นจริงทั้ง 256 ระดับต้องแสดงใน true color mode แล้วให้ RGB มีค่าเท่ากัน ซึ่งโหมดนี้ใช้รีจิสเตอร์ 8 บิต สำหรับแม่สีแต่ละสี

2.3.1.2 เกรย์สเกล (gray scale)

เกรย์สเกล หมายถึง ความแตกต่างของระดับความเข้มแสง โดยเกรย์สเกลหนึ่งๆอาจแบ่งเป็น 13, 20,หรือ 9 ระดับ โดยระดับที่ว่านี้ก็คือ ระดับสีเทา ในภาพหนึ่งๆ ถ้าต้องการแบ่งระดับความเข้มแสงหรือระดับสีเทาให้มีหลายๆค่านั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเพิ่มจำนวนบิตที่แสดงค่าพิกเซล ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการภาพระดับสีเทา 4 ระดับต้องแทนด้วยเลขฐานสองจำนวน 2 บิต ถ้าต้องการภาพที่มีระดับสีเทา 16 ระดับ ต้องแทนด้วยเลขฐานสองจำนวน 4 บิต และถ้าต้องการภาพที่มีระดับสีเทา 256 ระดับต้องแทนด้วยเลขฐาน สองจำนวน 8 บิตเป็นต้น

จำนวนระดับสีเทาที่ต้องการนี้คือค่าเลขยกกำลัง 2 นั้นเอง ซึ่งค่าต่ำสุดหรือ 0 จะแทนสีดำหรือไม่มีความสว่างเลย และค่าที่มากก็คือค่าที่น้อยกว่าจำนวนระดับสีเทาอยู่ 1 เช่น ค่า 15 ในระบบที่มีระดับสีเทา 16ระดับจะเป็นสีขาวหรือสว่างมากที่สุด เป็นต้น

ในยุคแรกๆระบบการมองเห็น(vision system) จ ะใช้ระบบเลขฐานสองเพราะสะดวกต่อการนำเซ็นเซอร์มาใช้ นอกจากนี้การรวบรวมข้อมูล การเก็บรักษาข้อมูลยังสามารถทำได้ง่ายอีกด้วย

ในยุคปัจจุบัน ไมโครโปรเซสเซอร์ที่ใช้กันทั่วไป ขนาดเล็กที่สุดคือ 8 บิต ดังนั้นเกรย์สเกลขนาด 8,16 และ 256ค่า จึงไม่เป็นปัญหาในการประมวลผล

ความสามารถในการแบ่งแยกระดับความแตกต่างของสายตามนุษย์ โดยทั่วไปๆจะอยู่ระหว่าง 10 ถึง 15 ระดับ ดังนั้นเกรย์สเกลขนาด 16 ระดับ จึงถือได้ว่าใกล้เคียงกับสายตามนุษย์หรืออาจละเอียดน้อยกว่าสายตามนุษย์บ้างเล็กน้อย(ในบางคน) ในขณะที่เกรย์สเกลขนาด 64 หรือ 256 นั้นละเอียดเกินไปสำหรับมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.3ฮีสโตรแกรม (histrogram)

ฮีสโตรแกรม คือ กราฟที่บอกให้ทราบถึงจำนวนของระดับสีเทาในภาพหนึ่งๆ โดยที่แกน X จะเป็นค่าของระดับสีเทา และแกน Y เป็นจำนวนพิกเซล ในฮีสโตรแกรมหนึ่งๆจะประกอบไปด้วย

1. จำนวนพิกเซลทั้งหมดของภาพ
2. จำนวนพิกเซลในแต่ละค่าของระดับสีเทา
3. กราฟที่แสดงจำนวนในแต่ละค่าของระดับสีเทา

กราฟที่ใช้ในฮีสโตรแกรมจะเป็นกราฟแท่ง ซึ่งไม่สามารถแสดงจำนวนพิกเซลในแต่ละค่าระดับสีเทาได้เป็นอย่างดี

รูปร่างหรือขนาดของฮีสโตรแกรมจะเป็นข้อมูลที่แสดงคุณสมบัติของภาพว่า มีความคมชัด (contrast) มากหรือน้อยเพียงใด ซึ่งข้อมูลนี้ก็คือประโยชน์ของฮีสโตรแกรมที่จะใช้ในการกำหนดค่าเทรชโฮล(threshold) ค่าเทรชโฮลนี้จะใช้ในการแปลงรูปภาพให้กลายเป็นภาพที่มีระดับความเข้ม 2 ระดับ คือขาวหรือดำ หรือ “0” กับ “1” ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในเรื่องพิกเซลนั้นเอง

การสร้างฮีสโตรแกรม

1. ต้องกำหนดก่อนว่าภาพที่จะนำมาสร้างฮีสโตรแกรมนั้นจะแบ่งเป็นกี่พิกเซล
2. สร้างพิกเซลเมตริกซ์จากพิกเซลเล็กๆ
3. นำค่าพิกเซลในพิกเซลเมตริกซ์ที่ได้จากข้อ2มาสร้างตารางความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับสีเทากับจำนวนของพิกเซลในแต่ละค่าระดับสีเทาว่ามีกี่พิกเซล
4. นำค่าที่ได้จากตารางในข้อ 3 มาพล็อตเป็นกราฟแท่ง โดยแกนทางแนวนอนเป็นค่าระดับสีเทา และแกนแนวตั้งเป็นแกนของจำนวนพิกเซล และกราฟที่ได้คือ ฮีสโตแกรมนั้นเอง

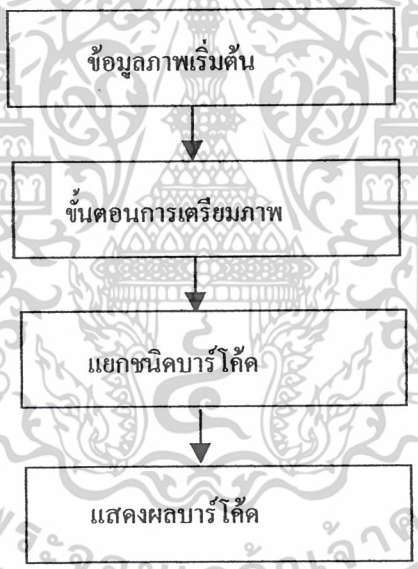
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
การออกแบบและวิธีการดำเนินงาน

3.1 โครงสร้างของระบบการอ่านบาร์โค้ด

ระบบการอ่านบาร์โค้ดจะประกอบด้วยส่วนสำหรับรับภาพ และส่วนของโปรแกรมเพื่อประมวลผลในส่วนของการรับภาพ จะประกอบด้วยกล้อง CCD สำหรับจำภาพบาร์โค้ดของวัตถุ โดยภาพที่ได้จะส่งให้คอมพิวเตอร์ประมวลผล เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านกล้อง CCD คอมพิวเตอร์จะจับภาพขณะนั้นมา 1 เฟรม และเก็บข้อมูลภาพแบบ บิตแมป ซึ่งเป็นภาพสีระดับ 256 ระดับ และนำภาพที่ได้ไปประมวลในส่วนของโปรแกรมต่อไป

ในส่วนของโปรแกรมประมวลผลภาพนั้นมีขั้นตอนในการอ่านบาร์โค้ด ดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยมีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมดังนี้คือ ในขั้นแรกจะเป็นการเตรียมข้อมูลภาพ โดยภาพสีระดับ 256 ระดับ จะถูกแปลงเป็นภาพเกร์สเกล 256 ระดับ หลังจากนั้นภาพเกร์สเกล 256 ระดับ จะถูกแปลงให้เป็นภาพไบนารีด้วยวิธีการเลือกค่าเทรสโฮล ซึ่งจะเหลือข้อมูลภาพเพียง 2 ระดับ คือ 0 และ 1 โดย 1 เป็น สีดำ ส่วน 0 จะเป็นสีขาว



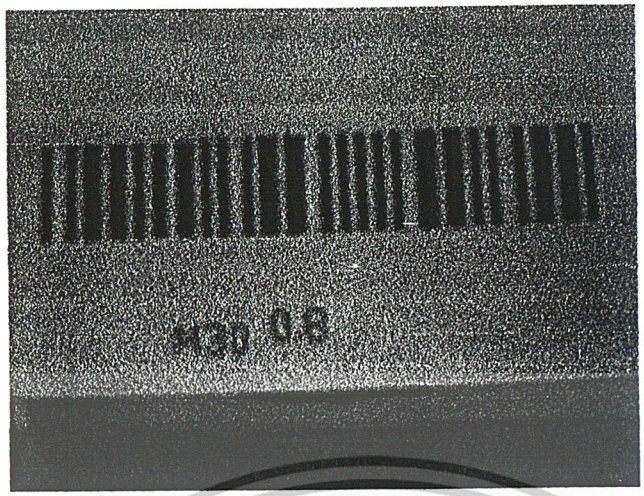
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

3.2 การเตรียมข้อมูลภาพ

3.2.1 การแปลงข้อมูลภาพเป็นไบนารี

ในขั้นตอนแรก จะเป็นการเตรียมข้อมูลภาพเพื่อใช้ในการประมวลผล โดยภาพที่ถ่ายจากกล้อง CCD จะรับสัญญาณข้อมูลภาพเข้ามาเป็น Real time โดยข้อมูลภาพที่ได้จะเป็นข้อมูลภาพสี ระดับ 256 ระดับสี ดังตัวอย่างของภาพที่ได้แสดงดังรูป 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

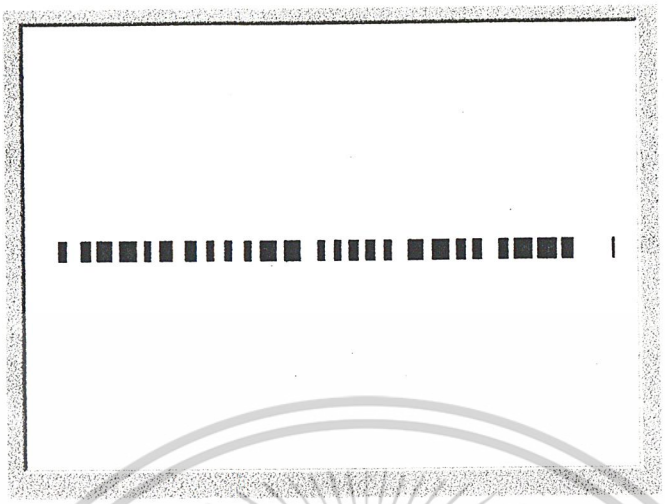


รูปที่ 3.2 ภาพตัวอย่างของบาร์โค้ดซึ่งเป็นภาพสีระดับ 256 ระดับ

รูปที่ 3.3 ภาพตัวอย่างของบาร์โค้ดซึ่งเป็นภาพสีระดับ 256 ระดับ

เพื่อทำให้ข้อมูลภาพที่มีรูปแบบที่เหมาะสมในการประมวลผล จึงต้องทำการแปลงข้อมูลของภาพให้เป็นภาพเป็นภาพไบนารี คือ มีระดับสีเพียง 2 ระดับ ได้ แก่ สีดำเป็น 1 และ สีขาวเป็น 0 วิธีการแปลงข้อมูลภาพให้เป็นไบนารีนั้นทำได้โดยการเลือกค่าเทรสโฮลที่เหมาะสม โดยข้อมูลภาพที่มีค่าระดับความสว่างสูงกว่าค่าเทรสโฮลจะถูกปรับเป็น 0 หรือ สีขาว ส่วนค่าระดับความสว่างที่มีค่าต่ำกว่าค่าเทรสโฮลจะถูกปรับให้เป็น 1 หรือ สีดำ โดยจะทำการเทรชโฮลจะไม่ทำการเทรสโฮลทั้งรูปแต่จะเทรสโฮลเฉพาะแถวที่เราสนใจเช่นถ้าเลือกค่าเทรสโฮลเท่ากับ 120 ของรูปที่ 3.2ในแนวแกน Y ที่ค่า 71 จะได้ภาพที่ผ่านการแปลงเป็นภาพไบนารีดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ภาพตัวอย่างของบาร์โค้ดซึ่งได้ทำการเทรสโฮลที่ค่า120 ที่ตำแหน่ง 71 ในแนวแกน Y

จากรูปที่ 3.4 ภาพที่เป็นภาพไบนารีแล้วจะได้ส่วนของเส้นบาร์โค้ดเป็นเส้นๆ แต่อาจมีบางกรณีที่เลือกค่าเทรสโฮลในแถวที่ไม่มีแถบบาร์โค้ดหรือบาร์โค้ดไม่ครบทำให้เมื่อเทรชโฮล จะทำให้เส้นบาร์โค้ดขาดหายไป เช่นในรูปที่ 3.5 ทำการเทรสโฮล ของรูปที่3.2 ที่ตำแหน่ง y = 110

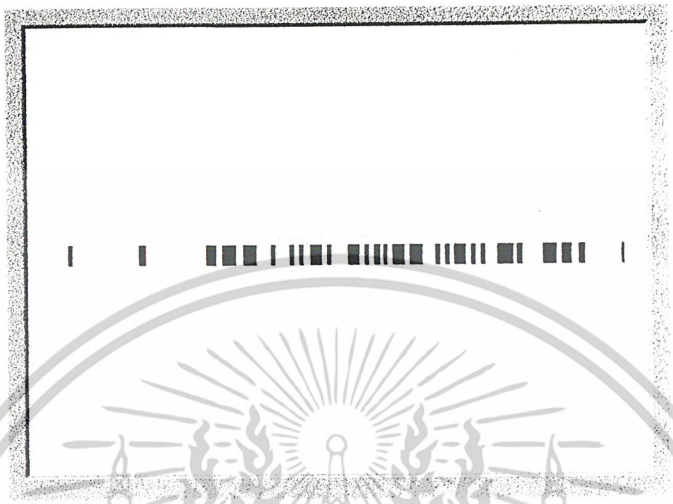
รูปที่ 3.5 ภาพตัวอย่างของบาร์โค้ดซึ่งได้ทำการเทรสโฮลที่ค่า120 ที่ตำแหน่ง 110 ในแนวแกน Y

3.3 การแยกชนิดบาร์โค้ด

ในขั้นตอนแรกที่ทำจับภาพวัตถุแล้วแสดงภาพขึ้นมาภาพที่ได้จะเป็นภาพสี 256 ระดับสีซึ่งที่ตำแหน่งต่างๆบนรูปจะประกอบด้วยสี 3 สี คือ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน ซึ่งจะต้องทำการแยกสีทั้ง 3 สีออกมาก่อน หลังจากทำการหาค่าเฉลี่ยของสี 3 สี ณ จุดๆนั้น เช่น ที่ตำแหน่ง (10 , 20) มีค่าสีของสีแดงเท่ากับ 120 สีเขียว เท่ากับ 126

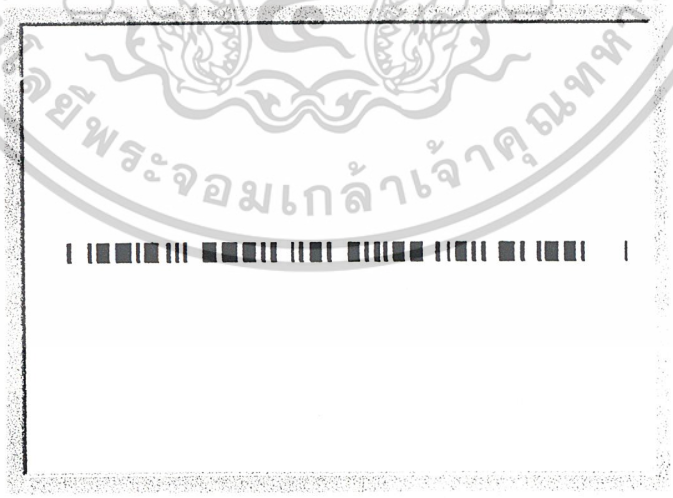
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสีน้ำเงิน 142 ค่าเฉลี่ยที่ได้ที่ตำแหน่ง (10 , 20) คือ 129.333 และเมื่อกำหนด ค่าเทรสโฮล เท่ากับ 120 ดังนั้น ที่ตำแหน่งนี้จะได้ค่า 0 ซึ่งเป็นสีขาว ซึ่งในการเทรสโฮลจะไม่เทรสโฮลทั้งรูปภาพ แต่จะเลือกเทรสโฮลเป็นแถว แล้วทำการตรวจสอบอัตราส่วนของสีขาวและดำว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ ถ้าไม่เป็นก็จะทำการเทรสโฮล แถวอื่นต่อไป เช่น เมื่อทำการเทรสโฮลรูปที่ 3.3 ที่ตำแหน่ง y = 67 จะได้ภาพไบนารีดังรูป 3.6



รูปที่ 3.6 ภาพตัวอย่างของบาร์โค้ดซึ่งได้ทำการเทรสโฮลที่ค่า120 ที่ตำแหน่ง 67 ในแนวแกน Y

ดังนั้นจะต้องทำการเลือกเทรสโฮลแถวอื่นต่อไปจึงเมื่อทำการเทรสโฮลที่ ตำแหน่ง y = 70 จะได้ไบนารีดังรูป 3.7



รูปที่ 3.7 ภาพตัวอย่างของบาร์โค้ดซึ่งได้ทำการเทรสโฮลที่ค่า120 ที่ตำแหน่ง 70 ในแนวแกน Y

ซึ่งจะเห็นได้ว่าจะมีแถบบาร์โค้ดครบทุกแถวหลังจากนั้นจะเข้าสู่ระบบประมวณผลโดยการหาอัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่านของแถบสีดำแถบแรก กับแถบสีดำและแถบสีขาวที่อยู่ถัดไปโดยจะทำการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลดังรูปที่ 3.8 ซึ่งเป็นส่วนสุดท้าย

รูปที่ 3.8 ภาพตัวอย่างของบาร์โค้ดที่มีรหัส KMITL ที่เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล

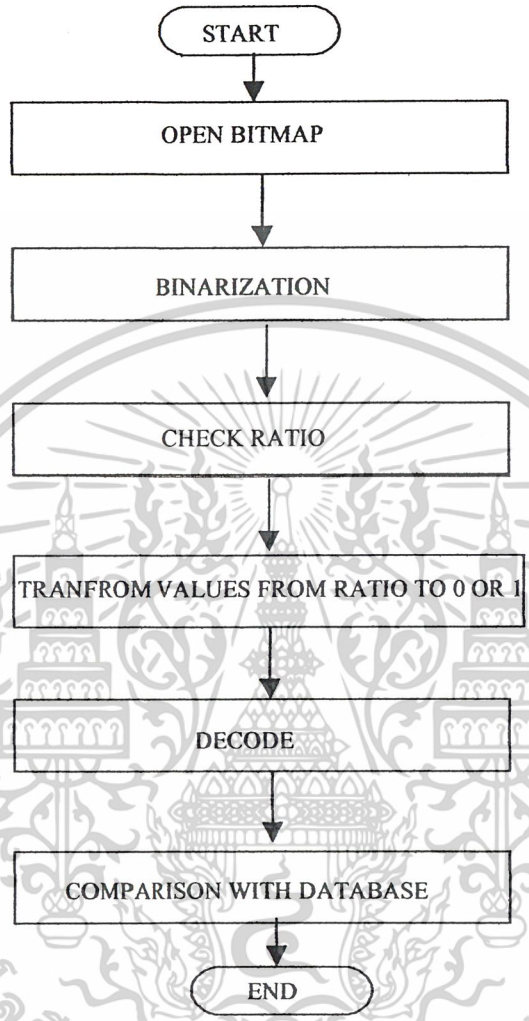
3.4 โครงสร้างของโปรแกรม

ในส่วนของโปรแกรมที่ใช้ประมวลผลในการอ่านบาร์โค้ดนี้ เขียนขึ้นด้วย Visual Basic 6 ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของภาษาปาสคาล โดยในการเขียนโปรแกรมเพื่อทำการประมวลผลภาพนี้ได้แบ่งออกเป็น ส่วนของโปรแกรมหลัก และส่วนของโปรแกรมย่อยเพื่อแยกการประมวลผลออกเป็นส่วนๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 โปรแกรมหลัก

ในส่วนของโปรแกรมหลัก จะมีขั้นตอนในการเรียกใช้โปรแกรมย่อยดังแสดงดังรูปที่ 3.9

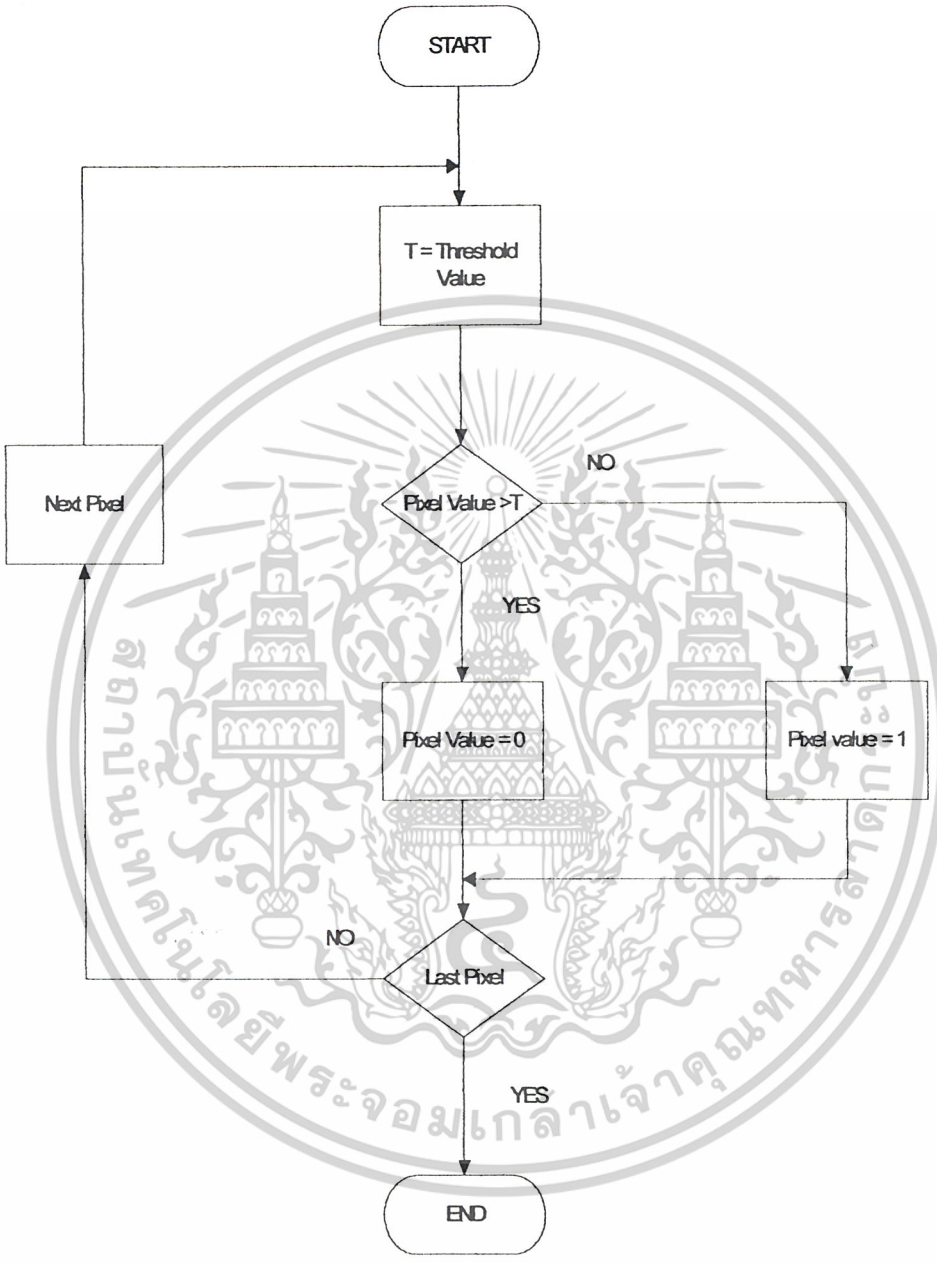


รูปที่ 3.9 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 โปรแกรมแปลงเป็นภาพไบนารี

ก่อนที่จะนำภาพไปประมวลผล ต้องแปลงภาพสี 256 ระดับเป็นภาพแบบไบนารีก่อน โดยจะใช้วิธี Threshold โดยมีขั้นตอนดังรูปที่ 3.10

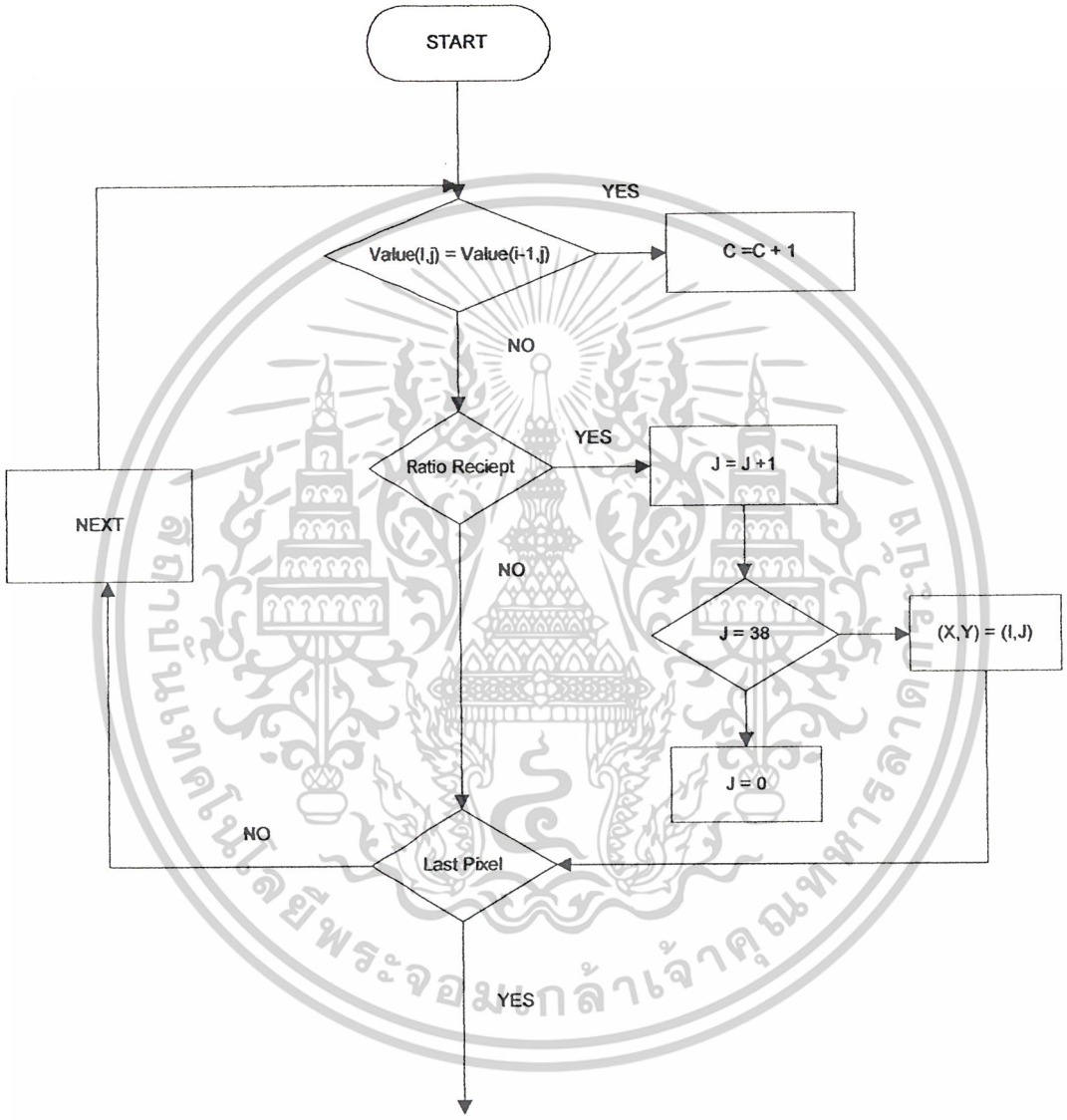


รูปที่ 3.10 แผนภาพการทำงานของการแปลงเป็นภาพไบนารี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

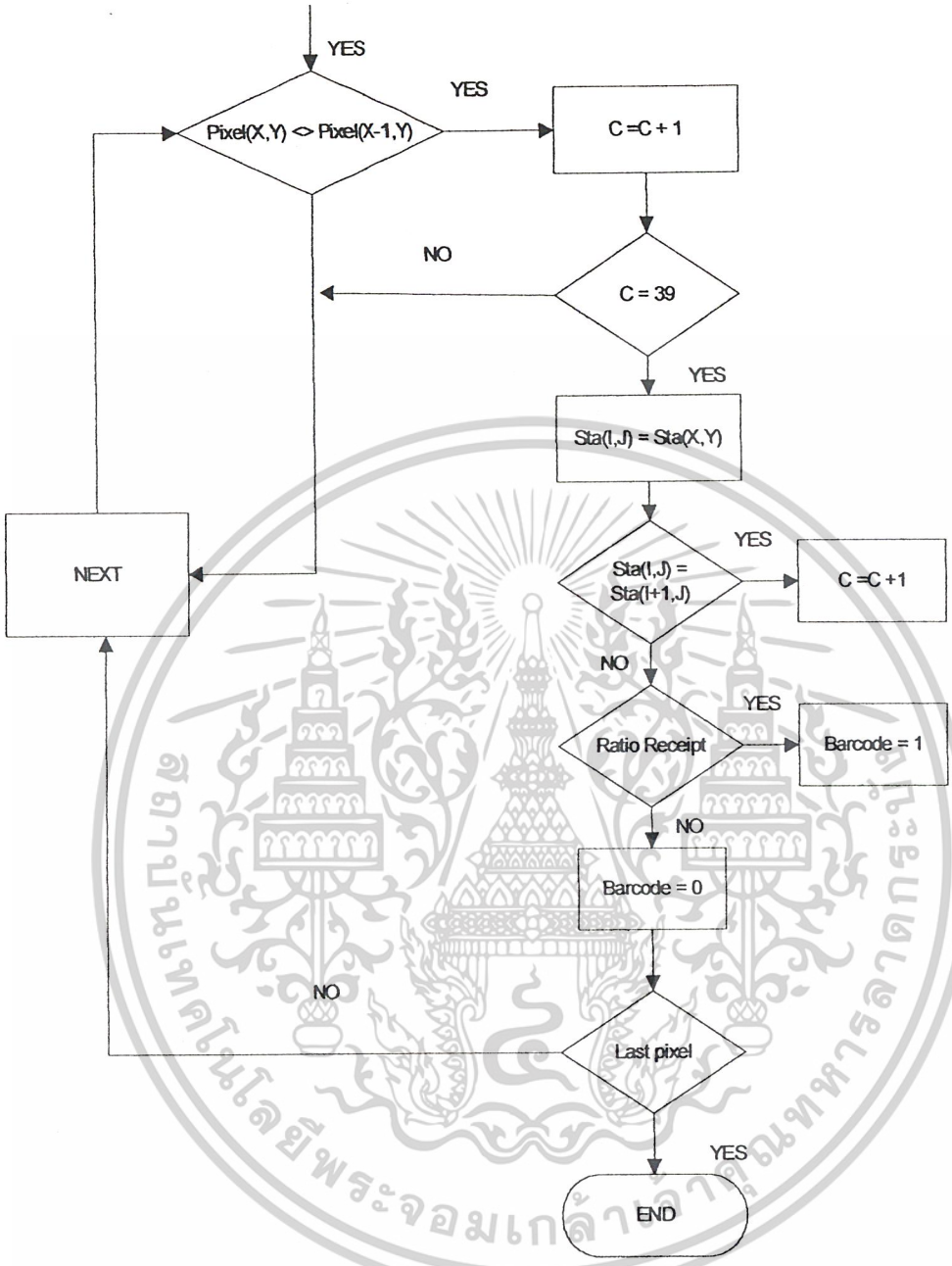
3.4.3 โปรแกรมหาอัตราส่วนความกว้างของแถบดำและขาว

ในการหาอัตราส่วนของความกว้างของแถบดำและขาวจะใช้เพื่อหาแถวที่มีแถบบาร์โค้ดอยู่ เพื่อนำแถวนั้นมาแปลงค่าเป็น ค่า 0 และ 1 เพื่อนำไปค่า 0 และ 1 ที่ได้ไปแปลงเป็นข้อมูลต่อไป



รูปที่ 3.11ก แผนภาพการหาอัตราส่วนความกว้างของแถบดำและขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

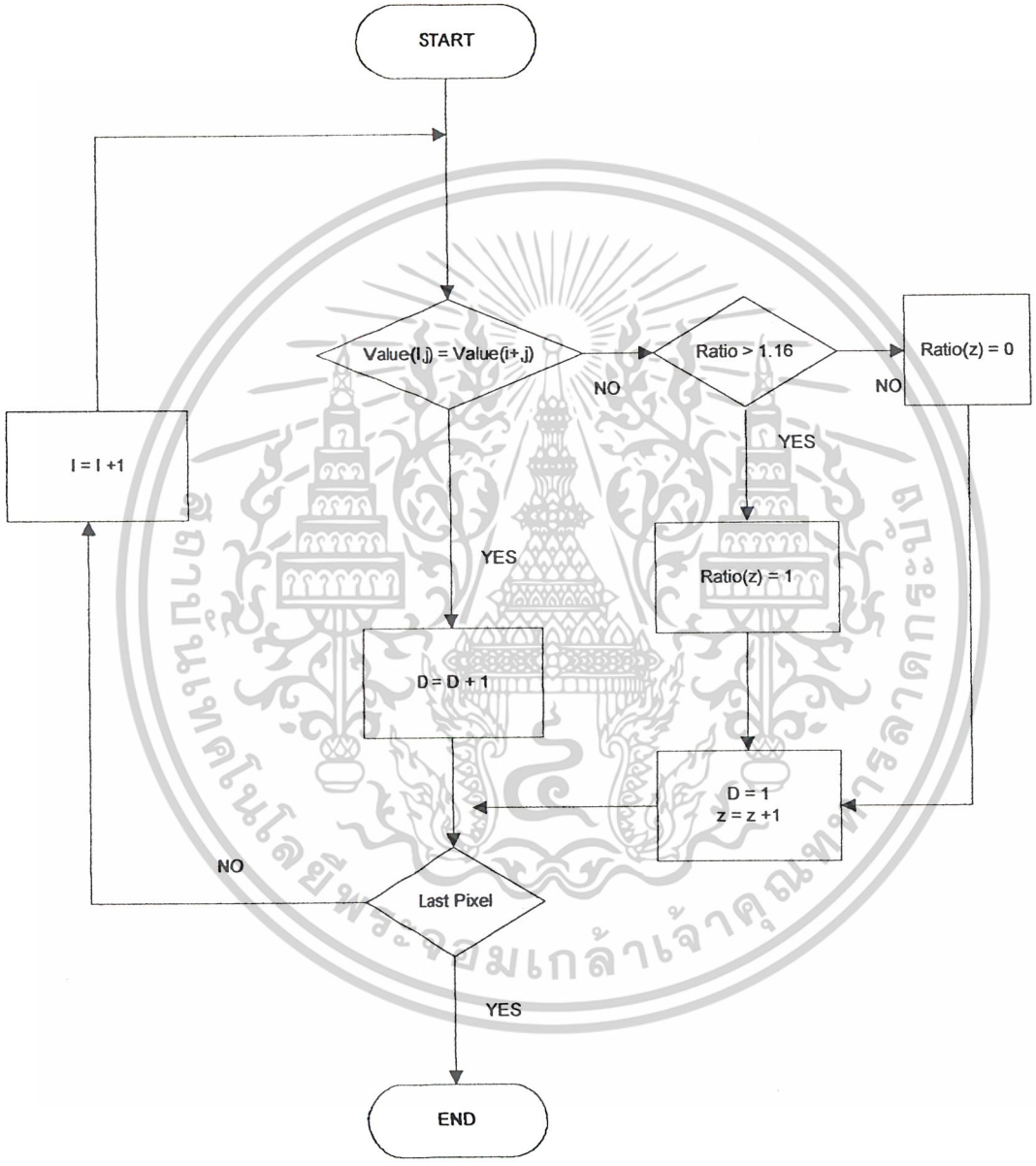


รูปที่ 3.11ข แผนภาพการหาอัตราส่วนความกว้างของแถบดำและขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 โปรแกรมแปลงค่าอัตราส่วนเป็น ค่า 0 และ 1

ในการแปลงค่าอัตราส่วนเป็นค่า 0 และ 1 นั้น จะเลือกใช้ความกว้างของแถบคำแถบแรกเป็นตัวส่วน และหาค่าของความกว้างของแถบขาวและดำที่อยู่ถัดไปเป็นเศษ ได้จะกำหนดช่วงของอัตราส่วน โดยถ้าอยู่ในช่วงที่เรากำหนดไว้ในที่นี้คือ 1.16 จะให้ค่าเป็น 0 คือ เป็นแถบแคบ ถ้ามีค่ามากกว่า 1.16 จะให้มีค่าเป็น 1 คือ เป็น แถบกว้าง

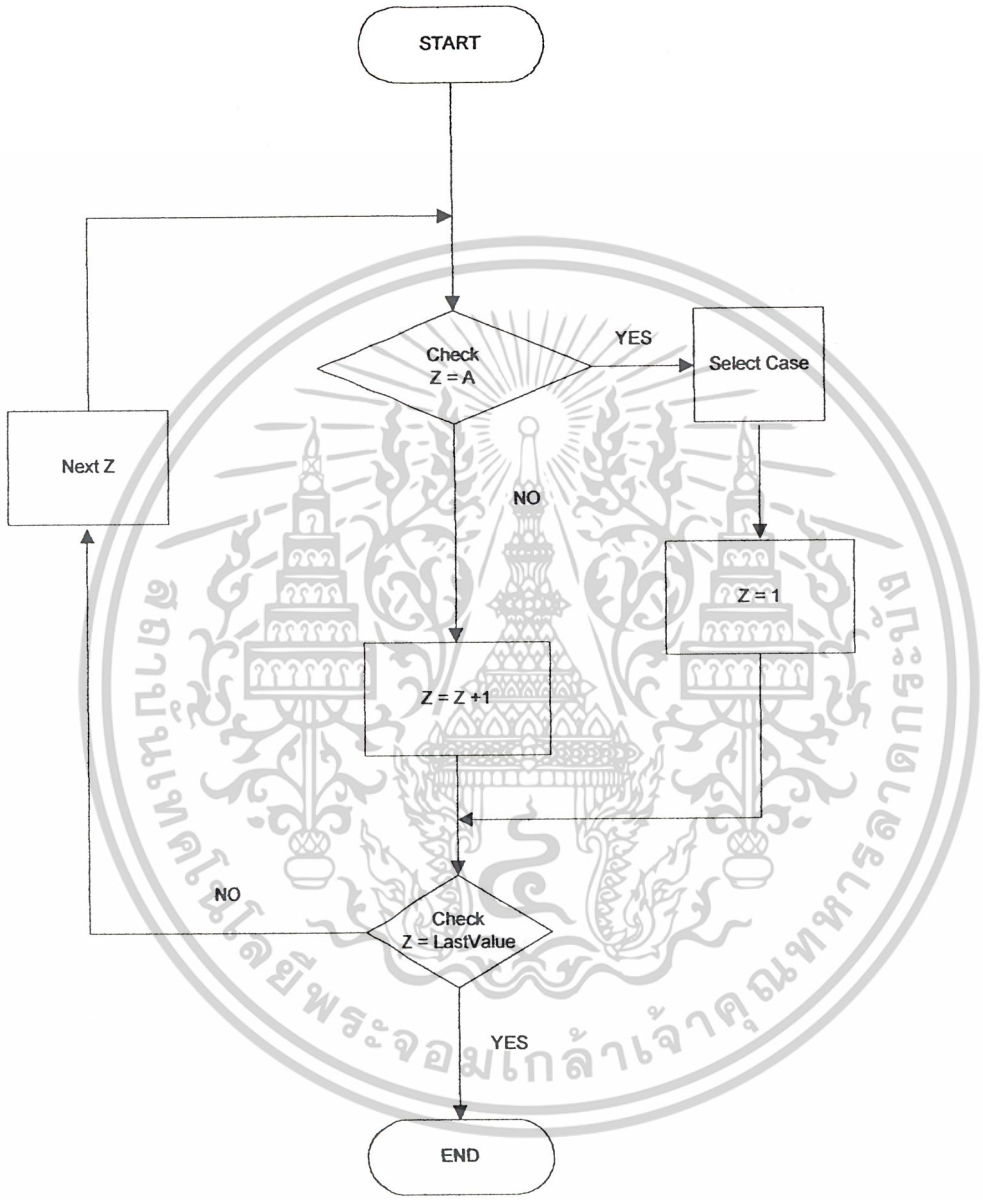


รูปที่ 3.12 แผนภาพการแปลงค่าอัตราส่วนเป็น ค่า 0 และ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 โปรแกรมแปลงค่ารหัส เป็นข้อมูล

เมื่อได้ค่าอัตราส่วนที่เป็นค่า 0 และ 1 มาแล้ว จะนำมาแปลงค่าเป็นค่าต่างๆ โดยบาร์โค้ดแบบ 39 นี้จะมีเลข 0 และ 1 จำนวน 9 ตัว เพื่อแปลงเป็น ค่า 1 ค่า เช่น 100000011 จะเป็น ค่า K , 101000010 จะเป็นค่า M ซึ่งในบาร์โค้ดนั้นจะมีแถบขาวแคบ 1 แถบ คั้นกลางระหว่างค่ารหัสทั้ง 9 ตัว ดั้นนั้นเวลาเก็บค่า จะเก็บ แบบ 9 ค่า เว้น 1 ค่า

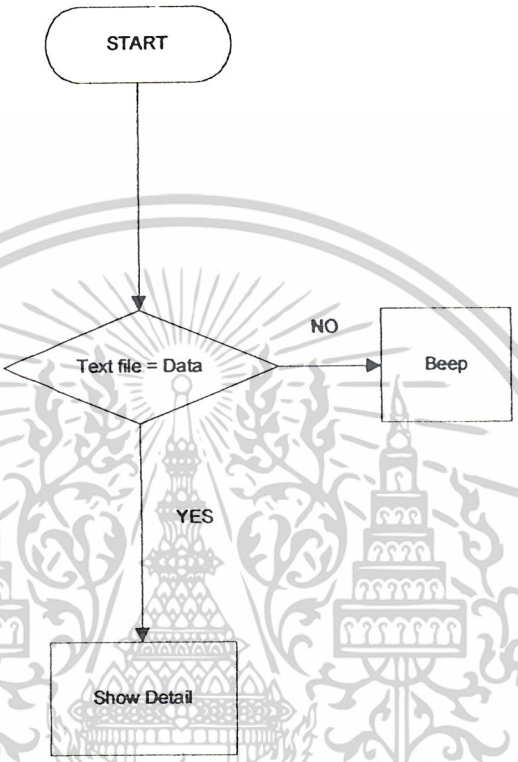


รูปที่ 3.13 แผนภาพแปลงค่ารหัส เป็นข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.6 โปรแกรมเปรียบเทียบค่ากับฐานข้อมูล

เมื่อแปลงค่ารหัสข้อมูลออกมาแล้วจะนำค่านั้น ไปตรวจดูกับฐานข้อมูลว่ามีค่าตรงกันหรือไม่ ถ้ามีก็จะแสดงข้อมูลนั้นออกมา



รูปที่ 3.14 แผนภาพเปรียบเทียบค่ากับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

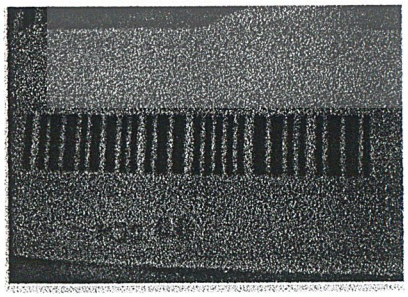
4.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งกล้อง เวปแคมเข้ากับชุดโครงสร้างควบคุมแสงสว่างและชุดระบบลำเลียง
2. นำวัตถุที่มีแถบบาร์โค้ด รหัส 39 ไหลเข้าสู่สายพานลำเลียงโดยหันแถบบาร์โค้ดเข้าหากล้อง
3. ทำการรันโปรแกรมถอดรหัสแถบบาร์โค้ด
4. สังเกตขนาดความกว้างของแถบบาร์โค้ดในหน้ากรอบภาพ ถ้ามีขนาดใหญ่เกินกรอบภาพต้องเพิ่มระดับกล้องให้สูงขึ้นเพื่อที่จะให้แถบบาร์โค้ดไม่หลุดกรอบ (ขนาดของกรอบภาพคือ 320 x 240 พิกเซล)
5. ทำการทดลองและสังเกตข้อมูลที่อ่านได้จากแถบบาร์โค้ดต่างๆ

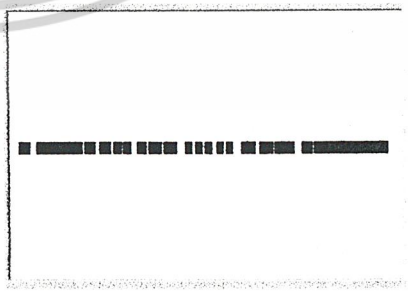
4.2 การทดลองส่วนของการเตรียมข้อมูลภาพ

สำหรับการทดลองจะทำการศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการทำงานของโปรแกรมเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและปรับปรุงแก้ไขระบบต่อไป โดยในการทดลองจะใช้ภาพเรียวไทม์ ความละเอียดของภาพแบบทรูคัลเลอร์ 32 บิตบนโปรแกรม Visual Basic จะทำการถ่ายภาพบนแถบบาร์โค้ดที่เป็นรหัส39 ที่ไหลมาตามสายพานและจะหยุดในตำแหน่งที่ต้องการจะตรงกับตำแหน่งกล้องที่ได้เซ็ทโฟกัสไว้แล้ว และจะมีการเซ็ทค่าแสงสว่างให้เพียงพอไม่มากหรือไม่น้อยจนเกินไปเพราะอาจจะเกิดกรณีที่แถบบาร์โค้ดมองไม่เห็นหรือแสดงแถบบาร์โค้ดไม่ออกจากตัววัตถุเนื่องจากกลืนเป็นสีเดียวกันหมด

ในการทดลองเบื้องต้น ภาพที่ได้จากการถ่ายจากกล้องเวปแคม มีลักษณะมืดเกินไป ดังรูปที่4.1 ทำให้แถบบาร์โค้ดที่แสดงผลออกมาผิดพลาด ดังรูปที่ 4.2 และมีลักษณะสว่างเกินไป ดังรูปที่ 4.3ทำให้แถบบาร์โค้ดที่แสดงผลออกมาผิดพลาด ดังรูปที่ 4.4 ทดลองใช้โปรแกรมอ่านบาร์โค้ดในแนวมุมมองปกติโดยในขั้นตอนนี้จะใช้ค่าเทรชโฮลเท่ากับ 120 ซึ่งผลการทำงานของโปรแกรมพบว่าไม่สามารถแสดงบาร์โค้ดได้ครบทุกแถบตามที่มีอยู่จริงและบางภาพแสดงแถบบาร์โค้ดโดยที่เป็นแถบบาร์โค้ดรวมกันเป็นแถบเดียว ซึ่งไม่ถูกต้อง

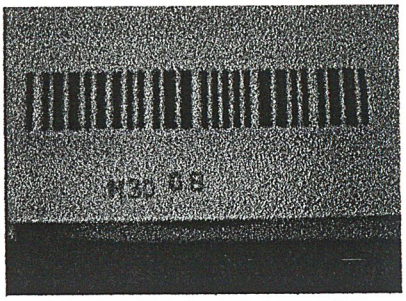


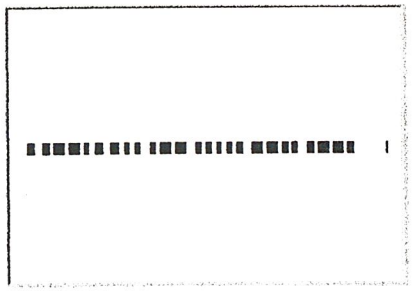
รูปที่4.1 ภาพแถบบาร์โค้ดที่มืดเกินไป



รูปที่ 4.2 แถบบาร์โค้ดที่เกิดจากภาพที่มืดเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

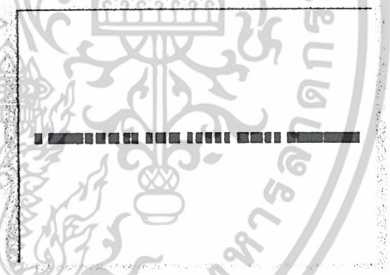




รูปที่4.3 ภาพของแถบบาร์โค้ดที่สว่างเกินไป

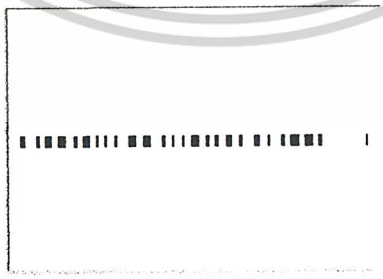
รูปที่ 4.4 แถบบาร์โค้ดที่เกิดจากภาพที่สว่างเกินไป

เมื่อพิจารณาภาพเรียวไทม์ที่ไม่สามารถแสดงแถบบาร์โค้ดได้ครบทุกตัว เช่น ภาพตัวอย่างในรูปที่ 4.5พบว่าไม่สามรถแสดงบาร์โค้ดครบทุกแถบเนื่องจากใช้ค่าเทรชโฮลที่สูงเกินไป และ เมื่อพิจารณาภาพหลังจากผ่านการแปลงเป็นภาพไบนารีแล้วจะพบว่าแถบบาร์โค้ดติดกันเกินไปแสดงในรูปที่ 4.6 ซึ่งเป็นผลมาจากการเลือกค่าเทรชโฮลสูงต่ำเกินไป เมื่อลองเปลี่ยนค่าเทรชโฮลจากเดิมเป็นการใช้ค่าเฉลี่ยดังรูปที่ 4.7 จะสังเกตเห็นว่าแถบบาร์โค้ดบางแถบที่หายไปสามารถแสดงออกมาได้ แต่ก็ไม่สามารถแสดงได้ครบทุกแถบ เพราะฉะนั้นในการเลือกค่าเทรชโฮลก็จะทำการสุ่มค่าไปเรื่อยจนกว่าโปรแกรมสามารถแสดงแถบบาร์โค้ดได้ครบทุกแถบ



รูปที่ 4.5 แถบบาร์โค้ดจากค่าเทรชโฮลต่ำเกินไป

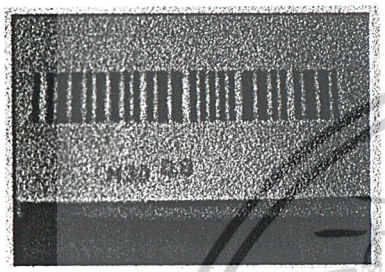
รูปที่ 4.6 แถบบาร์โค้ดจากค่าเทรชโฮลสูงเกินไป



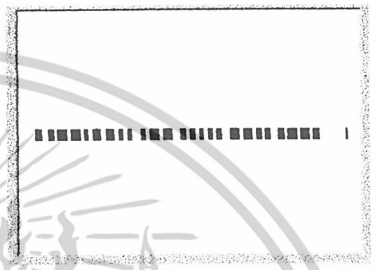
รูปที่ 4.7 แถบบาร์โค้ดจากค่าเทรชโฮลที่ใช้ค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากการสุ่มค่าเทรชโฮลได้ค่าเทรชโฮลที่เหมาะสมที่สุดคือค่า 120 ดังรูปที่ 4.8 ซึ่งผลการทดลองที่ได้คือภาพที่ใช้ค่าเทรชโฮล 115 สามารถแสดงแถบบาร์โค้ดได้ดีกว่า ค่า ที่150 ในการทดลองแรก ดังรูปที่ 4.9 และการใช้ค่าเฉลี่ยในการทดลองครั้งที่สอง แต่ยังพบปัญหาอีกคือมีหลายภาพที่ไม่สามารถแสดงแถบบาร์โค้ดได้ครบหรือมีการผิดเพี้ยนของแถบบาร์โค้ด เช่นแถบบาร์โค้ดเกิดการรวมแถบเข้าด้วยกันหรือบางแถบหายไป เมื่อพิจารณาภาพในกลุ่มนี้ พบว่าส่วนใหญ่เป็นการถ่ายภาพในระยะไกล ซึ่งทำให้พื้นที่ของช่องว่างระหว่างแถบบาร์โค้ดน้อยมากจนรวมเข้าด้วยกันเป็นแถบเดียวกันจึงทำให้ไม่สามารถแสดงผลได้ตรงตามข้อมูลจริง เมื่อพิจารณาแล้วทำการปรับโฟกัสและระยะระหว่างกล้องกับแถบบาร์โค้ดจะใช้ระยะห่าง 5 เซนติเมตร และข้อมูลของบาร์โค้ดไม่เกิน4 ตัว ซึ่งเป็นระยะโฟกัสที่สามารถเห็นได้ชัดเจนที่สุด

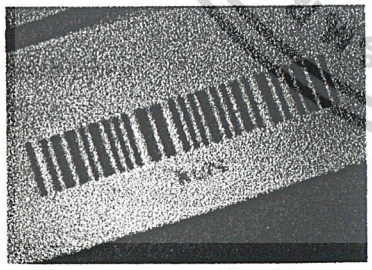


รูปที่ 4.8 ภาพของแถบบาร์โค้ดที่เหมาะสม



รูปที่ 4.9 แถบบาร์โค้ดจากค่าเทรชโฮลที่เหมาะสม

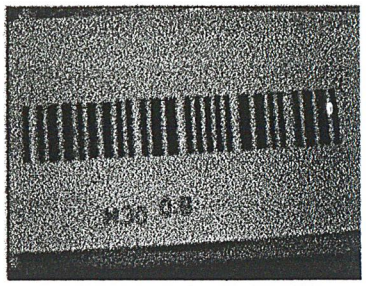
เมื่อทำการทดลองอีกครั้ง โดยใช้โฟกัสที่เจาะจงที่ 5 เซนติเมตร สามารถแสดงผลของแถบบาร์โค้ดได้ครบทุกแถบของแต่ละภาพบาร์โค้ด จะมีบางภาพที่มีการเอียงของแถบบาร์โค้ดที่มากเกินไป ดังรูปที่ 4.10 ซึ่งจะทำให้ในส่วนของโปรแกรมที่พิจารณาการเรียงตัวกันทางแนวนอนทำงานผิดพลาด ดังรูปที่ 4.11 ซึ่งอยู่ในส่วนของโปรแกรมการประมวลผล แต่โปรแกรมยังสามารถแสดงแถบบาร์โค้ดได้หากเกินเอียงเพียงเล็กน้อย ดังรูปที่ 4.12 และ
รูปที่ 4.13

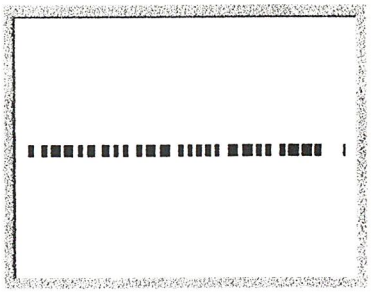


รูปที่ 4.10ภาพของแถบบาร์โค้ดที่เอียงเกินไป

รูปที่ 4.11 แถบบาร์โค้ดที่เกิดจากเอียงเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 4.12 ภาพของแถบบาร์โค้ดที่เอียงเล็กน้อย

รูปที่4.13 แถบบาร์โค้ดที่เกิดจากเอียงเล็กน้อย

4.3 การทดลองส่วนของโปรแกรมที่ประมวลผลแถบบาร์โค้ด

หลังจากการทดลองแสดงแถบบาร์โค้ดจากการใช้ค่าเทรชโฮลที่เหมาะสมที่ 120 การทดลองต่อไปเป็นหัวใจสำคัญที่จะถอดรหัสแถบบาร์โค้ดเป็นเลขฐานสอง คือ 0 และ 1 ในส่วนของโปรแกรมการประมวลผลเริ่มแรกจะอ่านบาร์โค้ดในแนวมุมมองปกติ จะสังเกตว่าลักษณะของแถบบาร์โค้ดจะมีขนาดอยู่ 2 ขนาด คือแถบกว้างและแถบแคบโดยที่แถบสีขาวสลับกับแถบสีดำเสมอ เหตุนี้จึงใช้ลักษณะในตัวมันเองในการประมวลผล เริ่มแรกจะทำการเก็บค่าของความกว้างของแถบสีขาวและแถบสีดำ หลังจากนั้นหาค่าอัตราส่วนของความกว้างของแถบสีดำและแถบสีขาวในแถบก่อนหน้า ต่อจากนั้นใช้ค่าอัตราส่วนมาแปลงเป็น เลขฐานสอง คือ 0 และ 1 แล้วนำข้อมูลเลขฐานสองที่ได้มาไปแปลงเป็นข้อมูลเชิงตัวเลขและตัวอักษรอีกครั้ง จากการประมวลผลโปรแกรมสามารถถอดรหัสของแถบบาร์โค้ดออกมาได้ครบตรงตามข้อมูลจริง หลังจากถอดรหัสแถบข้อมูลในแนวมุมมองปกติแล้ว จะทำการทดลองถอดรหัสแถบบาร์โค้ดในแนวกลับหัวและในแนวตั้ง โดยโปรแกรมจะสามารถเช็คและถอดรหัสแถบบาร์โค้ดได้ในทุกแนวคือจะแสดงผลทันทีที่เมื่อพบบาร์โค้ด สำหรับการทดลองในแนวอื่นๆพบว่าสามรถถอดรหัสแถบบาร์โค้ดได้ตรงตามข้อมูลจริงเช่นกัน

4.4 การทดลองส่วนของโปรแกรมเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล

หลังจากที่สามารถถอดรหัสข้อมูลของแถบบาร์โค้ดได้แล้ว ข้อมูลที่เป็นข้อมูลตัวอักษรและข้อมูลตัวเลขจะทำการเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลที่มีข้อมูลของแถบบาร์โค้ดนั้นๆ และจะแสดงรายละเอียดตามที่ได้บันทึกไว้ เช่น KMITL รายละเอียดคือ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พร้อมแสดงรูป แต่ถ้าไม่พบฐานข้อมูลของข้อมูลนั้นๆแล้ว จะมีสัญญาณเตือน 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.14 รูปแสดงหน้าตาโปรแกรมประมวลผลแถบบาร์โค้ดและเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.1 ทดสอบการอ่านบาร์โค้ดที่ตำแหน่งต่างๆที่กล้องสามารถจับภาพได้

ครั้งที่	ค่าที่ต้องการอ่าน	ค่าที่อ่านได้	ครั้งที่	ค่าที่ต้องการอ่าน	ค่าที่อ่านได้
1	KUN		31	KUN	9
2	KUN	KUN	32	KUN	
3	KUN		33	KUN	
4	KUN		34	KUN	
5	KUN	KUN	35	KUN	
6	KUN	KUN	36	KUN	
7	KUN	KUN	37	KUN	KUP
8	KUN	KUN	38	KUN	
9	KUN	KUN	39	KUN	
10	KUN	KUN	40	KUN	KU
11	KUN		41	KUN	KUN
12	KUN		42	KUN	
13	KUN		43	KUN	KUN
14	KUN	KUN	44	KUN	KUN
15	KUN		45	KUN	KUN
16	KUN	KUN	46	KUN	KUN
17	KUN		47	KUN	KUN
18	KUN		48	KUN	
19	KUN		49	KUN	
20	KUN		50	KUN	KUN
21	KUN		51	KUN	KUN
22	KUN	KUN	52	KUN	KUN
23	KUN		53	KUN	KUN
24	KUN		54	KUN	
25	KUN	KUN	55	KUN	
26	KUN		56	KUN	
27	KUN	C	57	KUN	KUN
28	KUN	KUN	58	KUN	KUN
29	KUN	KUN	59	KUN	
30	KUN	KUN	60	KUN	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	ค่าที่ต้องการอ่าน	ค่าที่อ่านได้	ครั้งที่	ค่าที่ต้องการอ่าน	ค่าที่อ่านได้
61	KUN		91	KUN	KUN
62	KUN	KUN	92	KUN	KUN
63	KUN	KUN	93	KUN	
64	KUN	KUN	94	KUN	9
65	KUN		95	KUN	
66	KUN		96	KUN	9
67	KUN	KUN	97	KUN	KU
68	KUN	KUN	98	KUN	KUN
69	KUN	KUN	99	KUN	KUN
70	KUN	KUN	100	KUN	KUN
71	KUN	9	101	U01	U01
72	KUN	KU	102	U01	U01
73	KUN		103	U01	U01
74	KUN		104	U01	U01
75	KUN		105	U01	U01
76	KUN		106	U01	
77	KUN		107	U01	
78	KUN		108	U01	U01
79	KUN	KU	109	U01	U01
80	KUN		110	S01	S01
81	KUN		111	S01	S01
82	KUN		112	S01	
83	KUN		113	S01	
84	KUN	9	114	S01	
85	KUN		115	S01	
86	KUN		116	S01	
87	KUN		117	S01	
88	KUN	KUN	118	S01	NC
89	KUN	KUN	119	S01	NC
90	KUN	KU	120	I01	I01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	ค่าที่ต้องการอ่าน	ค่าที่อ่านได้	ครั้งที่	ค่าที่ต้องการอ่าน	ค่าที่อ่านได้
121	I01	I01	151	M01	M01
122	I01	I01	152	M01	1
123	I01	I01	153	M01	1
124	I01	I01	154	M01	M01
125	I01	I01	155	M01	M01
126	I01	I01	156	M01	M01
127	I01	I01	157	M01	M01
128	I01	01	158	M01	M01
129	I01	01	159	M01	1
130	J01	J01	160	M01	1
131	J01	J01	161	D01	D01
132	J01	J01	162	A01	A01
133	J01	J01	163	A01	A01
134	J01	J0	164	A01	A01
135	J01	J0	165	A01	A01
136	J01	J01	166	A01	
137	J01		167	A01	A01
138	J01	C	168	A01	A01
139	J01	C	169	A01	A01
140	R01	R01	170	A01	A01
141	R01	R01	171	C01	C01
142	R01	R01	172	C01	C01
143	R01	R1	173	C01	C01
144	R01	R01	174	C01	C01
145	R01	R01	175	C01	C01
146	R01	R01	176	C01	C01
147	R01	R01	177	C01	C01
148	R01	01	178	C01	C01
149	R01	01	179	C01	C01
150	M01	M01	180	C01	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	ค่าที่ต้องการอ่าน	ค่าที่อ่านได้
181	G01	G01
182	G01	G01
183	G01	G01
184	G01	G01
185	G01	G01
186	G01	G01
187	G01	
188	G01	
189	G01	G01
190	G01	G01
191	E01	E01
192	E01	E01
193	E01	E01
194	E01	E01
195	E01	E01
196	E01	E01
197	E01	E01
198	E01	E01
199	E01	
200	E01	

หมายเหตุ ช่องที่ว่างคือ ไม่มีค่าแสดง

จากการทดสอบค่าจากการอ่านบาร์โค้ดที่ตำแหน่งต่างๆ ซึ่งพบความผิดพลาดจากการอ่านบาร์โค้ด 89 จาก จำนวน 200 ครั้งที่ทดสอบ คิดเป็นความถูกต้องในการอ่านครั้งแรก(FRR) คือ 55.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.2 ทดสอบการอ่านบาร์โค้ดที่ตำแหน่งที่แสงสว่างพอดี

ครั้งที่	ค่าที่ต้องการอ่าน	ค่าที่อ่านได้	ครั้งที่	ค่าที่ต้องการอ่าน	ค่าที่อ่านได้
1	KUN	KUN	31	KUN	
2	KUN	KUN	32	KUN	KUN
3	KUN	KUN	33	KUN	KUN
4	KUN	KUN	34	KUN	
5	KUN		35	KUN	KUN
6	KUN	KUN	36	KUN	KUN
7	KUN	KUN	37	KUN	KUN
8	KUN	KUN	38	KUN	KUN
9	KUN		39	KUN	KUN
10	KUN		40	KUN	KUN
11	KUN	KUN	41	KUN	KUN
12	KUN	KUN	42	KUN	
13	KUN	KUN	43	KUN	
14	KUN	KUN	44	KUN	KUN
15	KUN	KUN	45	KUN	
16	KUN	KUN	46	KUN	KUN
17	KUN	KUN	47	KUN	KUN
18	KUN	KUN	48	KUN	KUN
19	KUN	KUN	49	KUN	KUN
20	KUN	KUN	50	KUN	KUN
21	KUN	KUN	51	KUN	KUN
22	KUN	KUN	52	KUN	KUN
23	KUN	KUN	53	KUN	KUN
24	KUN	KUN	54	KUN	KUN
25	KUN	KUN	55	KUN	KUN
26	KUN	KUN	56	KUN	KUN
27	KUN	KUN	57	KUN	KUN
28	KUN	KUN	58	KUN	KUN
29	KUN	KUN	59	KUN	KUN
30	KUN	KUN	60	KUN	KUN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	ค่าที่ต้องการอ่าน	ค่าที่อ่านได้	ครั้งที่	ค่าที่ต้องการอ่าน	ค่าที่อ่านได้
61	KUN	KUN	91	KUN	KUN
62	KUN		92	KUN	KUN
63	KUN	KUN	93	KUN	
64	KUN	KUN	94	KUN	KUN
65	KUN		95	KUN	KUN
66	KUN	KUN	96	KUN	KUN
67	KUN	KUN	97	KUN	KUN
68	KUN	KUN	98	KUN	KUN
69	KUN	KUN	99	KUN	KUN
70	KUN	KUN	100	KUN	KUN
71	KUN	KUN	101	N01	N01
72	KUN	KUN	102	N01	N01
73	KUN	KUN	103	N01	N01
74	KUN		104	N01	N01
75	KUN	KUN	105	N01	N01
76	KUN	KUN	106	N01	N01
77	KUN	KUN	107	N01	N01
78	KUN	KUN	108	N01	N01
79	KUN	KUN	109	N01	N01
80	KUN	KUN	110	N01	N01
81	KUN	KUN	111	N01	N01
82	KUN	KUN	112	N01	N01
83	KUN	KUN	113	N01	N01
84	KUN	KUN	114	N01	N01
85	KUN	KUN	115	N01	N01
86	KUN	KUN	116	A01	A01
87	KUN	KUN	117	A01	A01
88	KUN	KUN	118	A01	A01
89	KUN	KUN	119	A01	A01
90	KUN	KUN	120	A01	A01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	ค่าที่ต้องการอ่าน	ค่าที่อ่านได้	ครั้งที่	ค่าที่ต้องการอ่าน	ค่าที่อ่านได้
61	KUN	KUN	91	KUN	KUN
62	KUN		92	KUN	KUN
63	KUN	KUN	93	KUN	
64	KUN	KUN	94	KUN	KUN
65	KUN		95	KUN	KUN
66	KUN	KUN	96	KUN	KUN
67	KUN	KUN	97	KUN	KUN
68	KUN	KUN	98	KUN	KUN
69	KUN	KUN	99	KUN	KUN
70	KUN	KUN	100	KUN	KUN
71	KUN	KUN	101	N01	N01
72	KUN	KUN	102	N01	N01
73	KUN	KUN	103	N01	N01
74	KUN		104	N01	N01
75	KUN	KUN	105	N01	N01
76	KUN	KUN	106	N01	N01
77	KUN	KUN	107	N01	N01
78	KUN	KUN	108	N01	N01
79	KUN	KUN	109	N01	N01
80	KUN	KUN	110	N01	N01
81	KUN	KUN	111	N01	N01
82	KUN	KUN	112	N01	N01
83	KUN	KUN	113	N01	N01
84	KUN	KUN	114	N01	N01
85	KUN	KUN	115	N01	N01
86	KUN	KUN	116	A01	A01
87	KUN	KUN	117	A01	A01
88	KUN	KUN	118	A01	A01
89	KUN	KUN	119	A01	A01
90	KUN	KUN	120	A01	A01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	ค่าที่ต้องการอ่าน	ค่าที่อ่านได้	ครั้งที่	ค่าที่ต้องการอ่าน	ค่าที่อ่านได้
181	H01	H01	211	G01	G01
182	H01	H01	212	J01	J01
183	H01	H01	213	J01	J01
184	H01	H01	214	J01	J01
185	E01	E01	215	J01	J01
186	E01	E01	216	J01	J01
187	E01	E01	217	K01	K01
188	E01		218	K01	K01
189	E01	E01	219	K01	K01
190	E01	E01	220	K01	K01
191	F01	F01	221	K01	K01
192	F01	F01	222	L01	N
193	F01	F01	223	L01	L01
194	F01	F01	224	L01	L01
195	F01	F01	225	L01	L01
196	I01	I01	226	M01	01
197	I01	I01	227	M01	M01
198	I01	I01	228	M01	M01
199	I01	I01	229	M01	M01
200	I01	I01	230	M01	M01
201	A01	A01	231	Q01	Q01
202	A01	A01	232	Q01	Q01
203	A01	A01	233	Q01	Q01
204	A01	A01	234	Q01	Q01
205	A01	A01	235	Q01	Q01
206	A01	A01	236	R01	R01
207	G01	G01	237	R01	R01
208	G01	G01	238	R01	R01
209	G01	G01	239	R01	R01
210	G01	G01	240	R01	R01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	ค่าที่ต้องการอ่าน	ค่าที่อ่านได้	ครั้งที่	ค่าที่ต้องการอ่าน	ค่าที่อ่านได้
241	S01	S01	271	I9	I9
242	S01	S01	272	I9	I9
243	S01	S01	273	I9	I9
244	S01	S01	274	I9	I9
245	S01	S01	275	I9	I9
246	U01	U01	276	F6	F6
247	U01	U01	277	F6	F6
248	U01	U01	278	F6	F6
249	U01	U01	279	F6	F6
250	U01	U01	280	F6	F6
251	W01	W01	281	X0	X0
252	W01	W01	282	X0	X0
253	W01	W01	283	X0	X
254	W01	W01	284	X0	
255	W01	W01	285	X0	0
256	W01	W01	286	D4	D4
257	W01	W01	287	D4	D4
258	W01	W01	288	D4	D4
259	W01	W01	289	D4	D4
260	C3	C3	290	D4	D4
261	C3	C3	291	E5	E5
262	C3	C3	292	E5	E5
263	C3		293	E5	E5
264	C3		294	E5	E5
265	C3		295	E5	E5
266	W0	W0	296	V0	V0
267	W0	W0	297	V0	V0
268	W0	W0	298	V0	V0
269	W0	W0	299	V0	V0
270	W0	W0	300	V0	V0

หมายเหตุ ช่องที่ว่างคือ ไม่มีค่าแสดง

จากการทดลองที่ตำแหน่งที่มีแสงสว่างเพียงพอพบความผิดพลาด 23 ครั้ง จากการทดลอง 300 ครั้ง

คิดเป็นความถูกต้องในการอ่านครั้งแรก(FRR) คือ 92.33 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

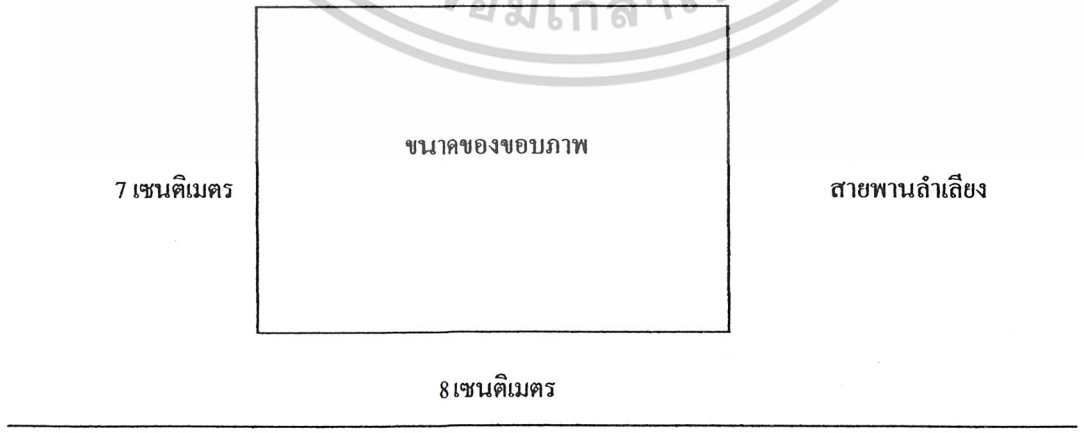
4.5 ปัญหาและวิธีแก้ไข

ปัญหาหลักที่พบ คือปัญหาเกี่ยวกับการรบกวนจากแสงภายนอก ซึ่งมีผลต่อการกำหนดค่าเทรชโฮลและโปรแกรมส่วนการประมวลผลถอดรหัสแถบบาร์โค้ด

การแก้ไข การรบกวนจากแสงภายนอก ต้องสามารถควบคุมแสงให้มีความสว่างที่คงที่ ถึงแม้ว่าแสงรบกวนภายนอกจะเปลี่ยนแปลงเป็นเช่นใด จากการพิจารณาและจากผลการทดลองได้ผลสรุปว่า ต้องทำกล่องที่สามารถควบคุมแสงและติดตั้งหลอดไฟเพื่อให้แสงสว่างเพียงพอและคงที่ ลักษณะกล่องที่ใช้จะทำวัสดุจากไม้อัด เนื่องจากไม้เป็นวัสดุที่ก่อให้เกิดแสงสะท้อนน้อยที่สุด (แสงสะท้อนมีผลต่อการแสดงแถบบาร์โค้ดเช่นกัน) กล่องควบคุมแสงจะมีขนาดความกว้าง 17 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร สูง 21 เซนติเมตร และหลอดไฟที่ใช้คือ หลอดตะเกียบฟลูออเรสเซนต์ สาเหตุที่ใช้หลอดตะเกียบฟลูออเรสเซนต์ เนื่องมาจากพื้นหลังของแถบบาร์โค้ดเป็นพื้นสีขาว แสงที่ให้ต้องเป็นสีขาวเช่นเดียวกัน หลอดไฟชนิดอื่นให้แสงสว่างที่มีสีอื่น จากการทดลองมีผลทำให้การแสดงภาพของแถบบาร์โค้ดเกิดข้อผิดพลาดไม่สามารถแยกแถบบาร์โค้ดออกจากพื้นหลังได้ครบถ้วน การติดตั้งจะติดตั้งอยู่ภายนอกกล่องควบคุมแสง โดยจะมีการเจาะรูที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร สูงจากฐานกล่องควบคุมแสง 18 เซนติเมตร เพื่อให้แสงลอดเข้าไปเพียงบางส่วนให้มีแสงสว่างเหมาะสมไม่สว่างหรือมืดจนเกินไป

ปัญหารองลงมาได้แก่ การที่ขนาดของขอบภาพจากการถ่ายภาพของกล้องเวปแคมมีความจำกัดของพื้นที่น้อย คือมีขนาดความกว้างและความยาวที่สามารถถ่ายภาพวัตถุเพียง 7 เซนติเมตร และ 8 เซนติเมตรตามลำดับ และปัญหาอื่นๆที่พบได้แก่ บาร์โค้ดรหัส 39 ที่นำมาทดสอบมีขนาดของรหัสข้อมูลที่มีจำนวนมากเกินกว่าขนาดของขอบภาพ

การแก้ไข หลังการพิจารณาจึงต้องทำการสร้างรหัสแถบบาร์โค้ดขึ้นมาเองจากโปรแกรม Auto Cad เพื่อสามารถควบคุมจำนวนรหัสข้อมูลให้อยู่ในขนาดของขอบภาพที่โปรแกรมสามารถประมวลผลได้ โดยขนาดความกว้างของแถบบาร์โค้ดต่อ 1 แถบแคบจะใช้ขนาด 0.8 มิลลิเมตร และขนาดความกว้างของแถบบาร์โค้ดต่อ 1 แถบกว้าง จะใช้ขนาด 1.6 มิลลิเมตร ระยะห่างจากกล้องกับวัตถุให้สามารถอยู่ในขนาดขอบภาพและมีความชัดเจนที่สุด รหัสข้อมูลที่ใช้จำนวนสูงสุดไม่เกิน 4 ข้อมูล โดยที่แถบบาร์โค้ดที่ติดบนวัตถุอยู่ห่างจากกล้องเวบแคมที่ 5 เซนติเมตร



รูปที่ 4.15 แสดงขนาดของขอบภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การทดลองส่วนของการเตรียมข้อมูลภาพ

จากการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบในขั้นตอนแสดงแถบบาร์โค้ด ทำให้ทราบถึงสาเหตุต่างๆ ที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการทำงาน โดยทำให้ไม่สามารถแสดงแถบบาร์โค้ดได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ และได้ข้อจำกัดในการใช้งานระบบโดยระบบจะทำงานได้ไม่สมบูรณ์ถ้ามีข้อมูลภาพมีลักษณะต่างๆ ดังนี้

1. บาร์โค้ดเป็นรหัสแบบอื่น (ต้องใช้รหัส 39 เท่านั้น)
2. สภาพแสงภายนอกรบกวน
3. ความเอียงของภาพมากเกินจนไม่สามารถประมวลแถบบาร์โค้ดได้ครบทุกแถบ
4. ขนาดของข้อมูลบาร์โค้ดจำกัดที่ 4 ตัวอักษร
5. กล้องเวบแคมมีความละเอียดภาพน้อย (76800 พิกเซล)

ดังนั้นในทางปฏิบัติสามารถนำข้อจำกัดดังกล่าวเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบระบบที่ใช้งานจริง โดยเฉพาะในส่วนการรับข้อมูลภาพและการประมวลผลขั้นต้น ซึ่งต้องออกแบบให้ครอบคลุมถึงข้อจำกัดทุกๆข้อ เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

นอกจากนี้ในขั้นตอนการแสดงภาพของแถบบาร์โค้ดด้วยการเลือกค่าเทรชโฮลี่เหมาะสมนั้น จะพบว่าค่าเทรชโฮลที่ได้จากการสังเกตด้วยสายตามีความถูกต้องของผลลัพธ์มากกว่าการใช้ค่าเฉลี่ยทางเลขคณิต ในบางกรณีค่าเทรชโฮลที่ใช้นี้อาจจะไม่เหมาะสม ทำให้เกิดข้อผิดพลาดในขั้นตอนต่อไป ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงวิธีการต่อไป โดยอาศัยข้อมูลย้อนกลับจากขั้นตอนการแสดงแถบบาร์โค้ดแล้วปรับค่าเทรชโฮลจนกระทั่งได้ค่าที่เหมาะสม นอกจากนั้นสาเหตุที่ทำให้ภาพยังไม่ชัดเจนหรือไม่สามารถถ่ายให้ครอบคลุมได้ คือประสิทธิภาพของตัวกล้องเวปแคมเนื่องจากกล้องเวปแคมที่ใช้มีความละเอียดของภาพสูงสุดเพียง 76800 พิกเซล เท่านั้นคือมีขอบเขตของภาพเพียง 320 x 240 พิกเซล เพราะฉะนั้นในแก้ปัญหาในส่วนนี้ควรใช้กล้องโดยใช้กล้องที่มีความละเอียดมากกว่า 100000 พิกเซล และกล้องสามารถปรับโฟกัสได้อย่างอัตโนมัติ นอกจากนี้แล้วการใช้กล้องที่มีความละเอียดสูงยังช่วยให้สามารถเตรียมข้อมูลรหัสแถบบาร์โค้ดได้มากกว่า 4 ตัวอักษร อีกส่วนคือการขจัดปัญหาแสงรบกวนภายนอก จึงต้องสร้างสิ่งควบคุมแสงเพื่อให้มีความสว่างที่เหมาะสมและคงที่ทุกสภาวะการเปลี่ยนแปลง เท่านี้ก็สามารถช่วยประสิทธิภาพของภาพได้มากและง่ายในส่วนของโปรแกรมการประมวลผล

5.2 การทดลองส่วนของโปรแกรมที่ประมวลผลแถบบาร์โค้ด

จากผลการทดลองของโปรแกรมในส่วนการประมวลผลแถบบาโค้ด จะเห็นว่าประสิทธิภาพของการถอดรหัสของแถบบาร์โค้ด จะขึ้นอยู่กับส่วนของการเตรียมข้อมูลภาพ ถ้าแถบรหัสแถบของบาร์โค้ดเกิดความผิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลาดในตัวของบาร์โค้ดเอง เช่น เกิดมีขนาดของแถบบาร์โค้ดเล็กหรือใหญ่เกินไป ไม่มีความสม่ำเสมอ ทำให้โปรแกรมในส่วนการประมวลผลไม่สามารถถอดรหัสจากแถบบาร์โค้ดได้หรือถ้าได้ ก็ไม่มีความถูกต้อง เนื่องจากในส่วนของโปรแกรมการประมวลผลจะใช้ค่าอัตราส่วนของความกว้างแถบบาร์โค้ดเป็นหัวใจในการถอดรหัส

นอกจากนี้ความไม่สม่ำเสมอของความกว้างของแถบบาร์โค้ด ต้องทำให้ส่วนของโปรแกรมเพิ่มสโคปกว้างขึ้นมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการประมวลผลลดต่ำลง

ดังนั้นเพื่อให้โปรแกรมประมวลผลมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จึงควรพัฒนาให้สามารถอ่านบาร์โค้ดได้ครบทุกชนิดและมีค่าความผิดพลาดจากการประมวลผลน้อยลง นอกจากนั้นโปรแกรมสามารถจัดทำบาร์โค้ดขึ้นเองได้อย่างอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. รศ.ดร. ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์ , การประมวลผลภาพ , 2543
2. นันทนี แขวงโสภา , วศิน เพิ่มทรัพย์ " คู่มือระบบจัดฐานข้อมูลแบบ Relational ฉบับสมบูรณ์ " , บริษัท โปรวิชั่น จำกัด , 2544
3. ฉัททวุฒิ พืชผล , พิชิต สันติกุลานนท์ " คู่มือเรียน Visual Basic 6 " , บริษัท โปรวิชั่น จำกัด , 2543
4. ธาริน สิทธิธรรมชารี , คู่มือการเขียนโปรแกรม Microsoft Visual Basic Version 6.0 ฉบับใช้งานจริง , บริษัท ซีเอ็ด ยูเคชั่นจำกัด(มหาชน) , พิมพ์ครั้งที่ 7
5. สมศักดิ์ ศรีขจรเกียรติ , Advanced Visual Basic 6 Teach Yourself , บิบลิโอไฟล์ , 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้