

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบตาหุ่นยนต์สำหรับตรวจสอบความผิดปกติของเจลลี่
THE ROBOTIC EYE SYSTEM FOR JELLY DEFECT
DETECTION



T119537



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **119537**
วัน,เดือน,ปี..... - 8 S.A. 2554

b. 119537x
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE ROBOTIC EYE SYSTEM FOR JELLY DEFECT DETECTION



**THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์

ระบบตาหุ่นยนต์สำหรับตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ด

รายชื่อนักศึกษา

นางสาววิธิตา เกตุวงศา

รหัสนักศึกษา 50011470

นางสาวสุจิวรรณ โจนรัตน์

รหัสนักศึกษา 50011700

นางสาวสุดารัตน์ สวัสดิ์ผล

รหัสนักศึกษา 50011708

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมสารสนเทศ

พ.ศ.

2553

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

รศ.ดร.ปิติเขต สุรักษา

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง



(รศ.ดร.ปิติเขต สุรักษา)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบตาหุ่นยนต์สำหรับตรวจสอบความผิดปกติของเซลล์	
รายชื่อนักศึกษา	นางสาววิธิตา เกตุวงศา	รหัสนักศึกษา 50011470
	นางสาวสุจิวรรณ โรจนรัตน์	รหัสนักศึกษา 50011700
	นางสาวสุศารัตน์ สวัสดิ์ผล	รหัสนักศึกษา 50011708
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
พ.ศ.	2553	
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	รศ.ดร.ปีติเขต สุรักษา	

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอเรื่องระบบตาหุ่นยนต์สำหรับตรวจสอบความผิดปกติของเซลล์ที่ได้จากการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้หลักการของการประมวลผลภาพมาทำการตรวจสอบ ซึ่งจะเป็นการรับภาพของเซลล์ที่ได้มาจากกล้อง เข้าสู่กระบวนการตรวจสอบแต่ละขั้นตอน ขั้นแรกเป็นการตรวจสอบรูปร่างของเซลล์ให้เป็นไปตามรูปร่างต้นแบบที่ได้กำหนดไว้ ต่อมาเป็นการตรวจสอบสีของเซลล์ และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการตรวจสอบปริมาตรของเซลล์ในบรจจุบันทำให้ได้มาตรฐานตามปริมาตรของเซลล์แต่ละชั้น จากผลการทดลองพบว่า การประมวลผลภาพของเซลล์ มีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานของเซลล์จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	The robotic eye system for jelly defect detection	
Student	Ms. Witida Ketwongsa	Student ID. 50011470
	Ms. Sujiwan Rotjanarat	Student ID. 50011700
	Ms. Sudarut Sawatpon	Student ID. 50011708
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Information Engineering	
Year	2010	
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr.Pitikheth Sooraksa	

ABSTRACT

This thesis presents a robotic eye system for jelly defect detection manufactured from jelly industrial. The robotic eye working jelly principle is based on image processing. The procedure is as follows. First the test image is captured by a camera to check jelly shape by comparing to the image referent. Second color of the jelly is then checked. Finally, the volume is measured in order to compare with a referent standard object. According to experimental results, the proposed system reveals the effectiveness of the design in sense that the estimated results are closed to those obtained from the actual system.

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สำเร็จล่วงไปได้ ถ้าหากไม่ได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำจากผู้มีพระคุณทั้งหลาย ขอขอบคุณ รศ.ดร.ปิติเขต สุรักษา อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้การสนับสนุน ให้คำแนะนำให้ความรู้ในการทำงาน ขอขอบคุณ ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลืออย่างดีตลอดมา ขอขอบคุณ คุณสุวิไล อารีจิตต์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือช่วยแก้ปัญหาให้คำแนะนำด้านซอร์ฟแวร์ตลอดมา ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ทุกคนคอยเป็นกำลัง ที่คอยช่วยเหลือจนเจือซึ่งกันและกันมาโดยตลอด และขอขอบพระคุณบิดา มารดาที่สนับสนุนและเป็นกำลังใจให้มีความตั้งใจในการทำงานจนสำเร็จล่วง



นางสาววิธิดา เกตุวงศา
นางสาวสุจิวรรณ โรจนรัตน์
นางสาวสุดารัตน์ สวัสดิ์ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 ที่มาของปัญหาและแนวคิด.....	1
1.1 ที่มาของปัญหาและแนวคิด.....	1
1.2 จุดประสงค์.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง.....	2
2.1 การประมวลผลภาพ (Image Processing).....	2
2.1.1 การประมวลผลภาพสี (Color Image Processing).....	2
2.1.2 โหมดสี (Color Models).....	3
2.1.2.1 โหมดสี RGB (RGB Color Models).....	3
2.1.2.2 โหมดสี HSV (HSV Color Models).....	4
2.1.2.3 โหมดสี YUV (YUV Color Models).....	4
2.1.2.4 โหมดสี YIQ (YIQ Color Models).....	4
2.1.2.5 โหมดสี CMY และ CMYK (CMY and CMYK Color Models).....	5
2.1.3 การประมวลผลภาพในระดับสีเทา (Gray Scale).....	5
2.1.4 รูปแบบของไฟล์ภาพ (Image File Format).....	5
2.1.5 การหาขอบภาพ (Edge Detection).....	7
2.1.5.1 การหาอนุพันธ์ของภาพอันดับที่ 1.....	9
2.1.5.2 มาร์ค (Marks) ที่ใช้สำหรับการหาอนุพันธ์ของภาพอันดับที่ 1.....	10
2.1.6 การจับคู่ (Matching).....	11
2.1.7 การกำหนดเทรชโฮลด์ (Threaholding).....	12
2.1.7.1 กำหนดค่าโดยพิจารณาจากฮิสโตแกรมของภาพ.....	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา IV และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

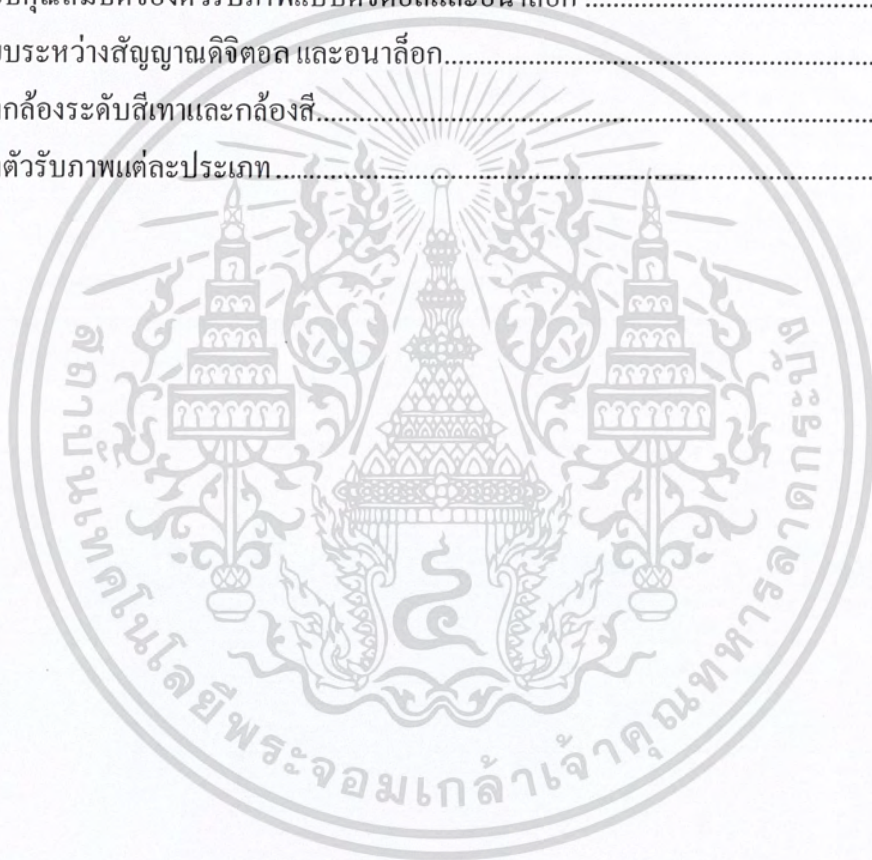
สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบและขั้นตอนการทำงาน	13
3.1 หลักการทำงานของระบบ	13
3.2 การออกแบบงานส่วนฮาร์ดแวร์	17
3.3 การประมวลผลภาพ	20
3.3.1 การตรวจสอบรูปร่าง	20
3.3.2 การตรวจสอบสี	25
3.3.3 การตรวจสอบปริมาตร	26
3.3.3.1 กำหนดหาปริมาตร เกล็ดรูปทรงกรวยตัดครึ่ง	28
3.3.3.2 กำหนดหาปริมาตร เกล็ดรูปครึ่งวงกลมเล็ก	30
3.3.3.3 กำหนดหาปริมาตร เกล็ดรูปครึ่งวงกลมใหญ่	32
3.3.3.4 กำหนดหาปริมาตร เกล็ดรูปทรงแปดเหลี่ยม	34
3.3.3.5 ปริมาตรของเกล็ดในรูปแบบต่างๆ	38
บทที่ 4 ผลการทดลอง	39
4.1 การตรวจสอบรูปร่างของเกล็ด	39
4.2 การตรวจสอบสีของเกล็ด	42
4.3 การตรวจสอบปริมาตรของเกล็ด	45
บทที่ 5 การสรุปผลการจัดสร้าง โครงงาน	48
5.1 บทสรุปผลการจัดสร้าง โครงงาน	48
5.2 ปัญหาการสร้างโครงงาน	48
5.3 ข้อเสนอแนะ	48
บรรณานุกรม	49
ภาคผนวก	51
ภาคผนวก ก.	52
ภาคผนวก ข.	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ปริมาตรของเขตสีในการวัดแบบต่างๆ	38
4.1 ผลการทดสอบชิ้นงาน	47
ก.1 ข้อดีข้อเสียของแหล่งกำเนิดแสงแบบต่างๆ	53
ข.1 คุณสมบัติของกล้องดิจิทัล และอนาล็อก	61
ข.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของตัวรับภาพแบบดิจิทัลและอนาล็อก	61
ข.3 การเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณดิจิทัล และอนาล็อก	62
ข.4 คุณสมบัติของกล้องระดับสีเทาและกล้องสี	63
ข.5 คุณสมบัติของตัวรับภาพแต่ละประเภท	64



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา VI และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

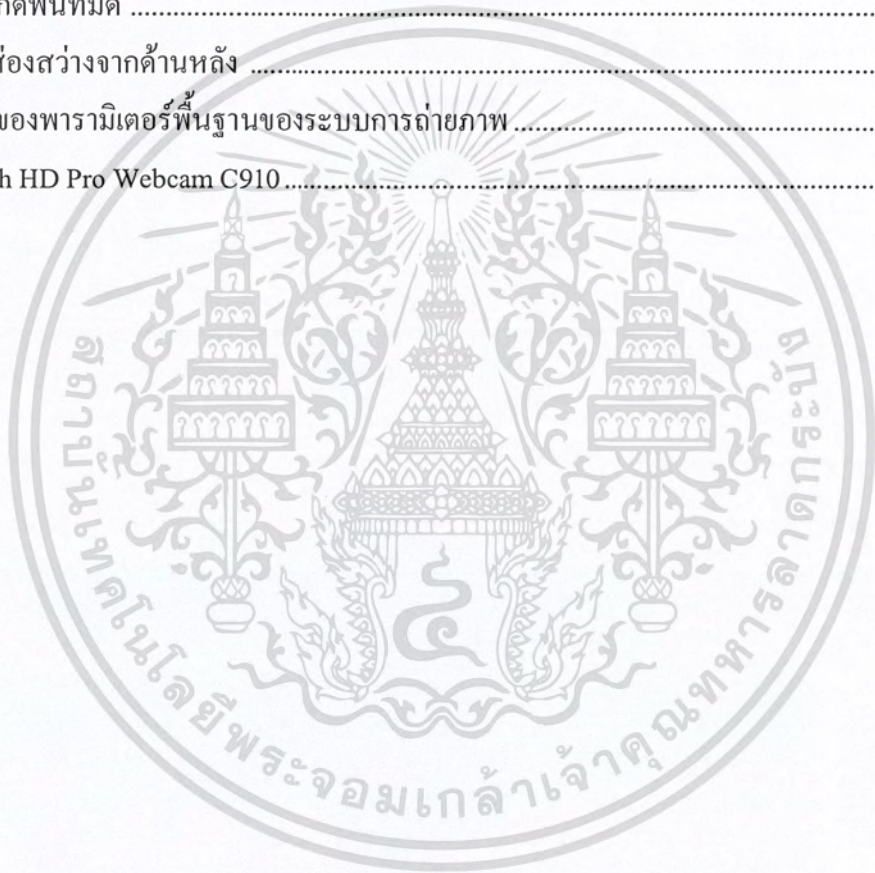
รูปที่	หน้า
2.1ความยาวคลื่นของแสงที่ตามนุษย์มองเห็นจะอยู่ในช่วง 400-700 nm	3
2.2 Primary Colors และ Secondary Colors	3
2.3ระบบสี HSV	4
2.4ค่าระดับความเข้มเทาของภาพแต่ละพิกเซล	8
2.5ลักษณะของขอบภาพ	8
2.6อนุพันธ์ของขอบภาพ	9
2.7การหาขอบภาพจากภาพโดยใช้มาสก์แบบSobel operator	11
2.8การจับคู่(Matching)	11
2.9การกำหนดค่าเทรสโฮลด์ตามฮิสโตแกรม	12
3.1ขั้นตอนการประมวลผลภาพ	13
3.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมการตรวจสอบรูปร่าง	14
3.3ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมการตรวจสอบสี	15
3.4ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมการตรวจสอบปริมาตร	16
3.5กล่องที่ใช้งาน	17
3.6ตู้ Acrylic	17
3.7อุปกรณ์ภายในกล่อง	18
3.8การวางกล่องที่ตำแหน่งต่างๆ	19
3.9ตำแหน่งการวางเซลล์และหลอด LED	19
3.10ชิ้นงานตัวฮาร์ดแวร์	20
3.11ภาพต้นแบบและภาพระดับสีเทาของ Object 1	21
3.12ภาพต้นแบบและภาพระดับสีเทาของ Object 2	22
3.13ภาพต้นแบบและภาพระดับสีเทาของ Object 3	23
3.14ภาพต้นแบบและภาพระดับสีเทาของ Object 4	24
3.15ภาพต้นแบบและสีของภาพของ Object 1	25
3.16ภาพต้นแบบและสีของภาพของ Object 2	25
3.17ภาพต้นแบบและสีของภาพของ Object 3	26
3.18ภาพต้นแบบและสีของภาพของ Object 4	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นต้นการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา^{VII} และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.7การกระจายแสงของวัตถุ	56
ก.8การส่องสว่างสำหรับวัตถุเงาวาว	57
ก.9เปรียบเทียบลักษณะการตกกระทบ	57
ก.10รูปแบบการเกิดพื้นที่มืด	58
ก.11รูปแบบการส่องสว่างจากด้านหลัง	59
ข.1ภาพประกอบของพารามิเตอร์พื้นฐานของระบบการถ่ายภาพ	65
ข.2กล้อง Logitech HD Pro Webcam C910	66



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา^{IX}และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

ที่มาของปัญหาและแนวคิด

1.1 ที่มาของปัญหาและแนวคิด

ในปัจจุบันเทคโนโลยีและความก้าวหน้าต่างๆได้เข้ามาสู่อุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว ทำให้ อุตสาหกรรมต่างๆ ต้องเร่งติดตามและพัฒนาการตามเทคโนโลยีเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพมากที่สุดและรวดเร็วในการทำงาน และเทคโนโลยีอย่างหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจคือในเรื่องของการประมวลผลภาพ (Image Processing) ในอุตสาหกรรมบางประเภทได้ใช้ทฤษฎีเรื่องการประมวลผลภาพมาใช้ แต่บางอุตสาหกรรมก็ยังไม่ได้รับการนำไปใช้

การผลิตเยลลี่เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ยังไม่ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควร ดังนั้นการศึกษา เรื่องของการตรวจสอบคุณภาพเยลลี่โดยใช้ทฤษฎีการประมวลผลภาพจึงเกิดประโยชน์แก่ อุตสาหกรรมการผลิตเยลลี่ เนื่องจากส่วนใหญ่การตรวจสอบเยลลี่ยังใช้แรงงานจำนวนมาก อาจเป็นไปได้ที่การตรวจสอบอาจเกิดความผิดพลาดของชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐานในเรื่องของ รูปร่าง ขนาด สี หรือ ปริมาตรในการบรรจุลงผลิตภัณฑ์ หรือ ความล่าช้าเรื่องการตรวจสอบ ชิ้นงาน ของการผลิตได้ จากกรณีต่าง ๆ ที่กล่าวมา จึงนำมาเป็นแนวความคิดและแนวทางการ แก้ไขปัญหาโดยการถ่ายภาพและวิเคราะห์ความผิดปกติของเยลลี่

1.2 จุดประสงค์

- 1.2.1 เพื่อทำการศึกษา การนำหลักการวิชา Image processing มาทดสอบการใช้งานจริง
- 1.2.2 เพื่อทำการศึกษา การนำหลักการ Machine Vision มาใช้งาน
- 1.2.3 เพื่อทำการพัฒนาออกแบบการทำงานของตาหุ่นยนต์
- 1.2.4 เพื่อทำการศึกษาเขียนโปรแกรมเพื่อนำมา Interface link ระหว่างอุปกรณ์
- 1.2.5 เพื่อทำการศึกษาการทำงานของกลไกของหุ่นยนต์

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้

2.1 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

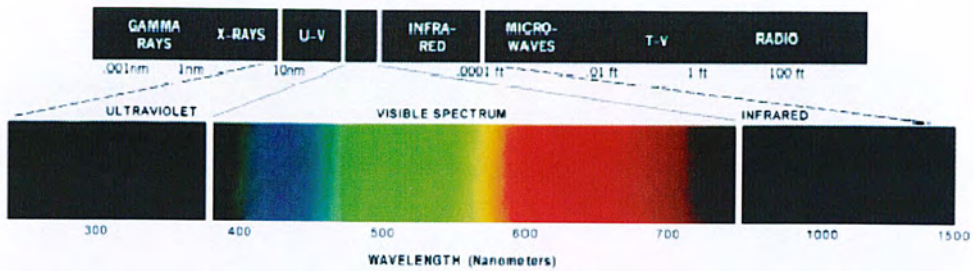
การประมวลผลภาพเป็นเทคนิคในการประมวลผลที่มีข้อมูลเป็นภาพคอมพิวเตอร์จะอ่านภาพที่ถูกส่งเข้าไป แล้วแปลงเป็นตัวเลขเราสามารถดัดแปลง แก้ไข เพื่อการวิเคราะห์บางอย่างได้ ปัจจุบันถือเป็นสาขาหนึ่งของคอมพิวเตอร์ที่มีการพัฒนาไปไกลมากจนเป็นที่ยอมรับและมีผู้สนใจมาก การมีภาพประกอบในเอกสารต่าง ๆ หรือในการแสดงผลงาน จะช่วยทำให้งานนั้นน่าสนใจขึ้น

2.1.1 การประมวลผลภาพสี (Color Image Processing)

สี เกิดจากคุณสมบัติทางกายภาพของแสงซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดสีขึ้นและสีเป็นปรากฏการณ์ของการรับรู้เกี่ยวกับการมองเห็นอย่างหนึ่งของมนุษย์ โดยธรรมชาติแล้วตาของมนุษย์ร่วมกับระยะทางที่ทำให้สามารถมองเห็นสีได้ และจุดศูนย์กลางของการมองเห็นในสมองของมนุษย์ รวมถึงวิธีการในการสื่อสารจากตาก็ยังเป็นส่วนที่ทำให้เรารับรู้และจำแนกสีต่างๆ ได้

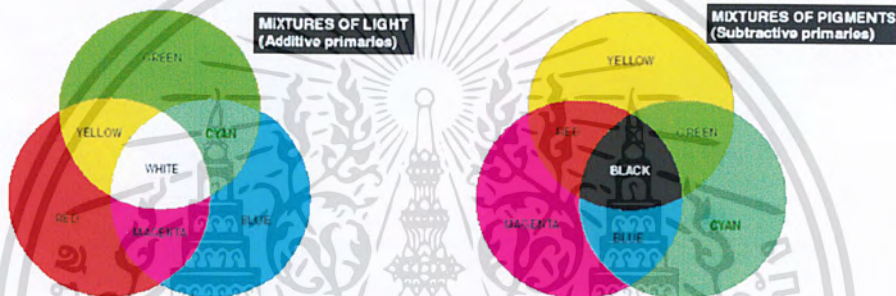
การมองเห็นสี

เป็นปรากฏการณ์ของการรับรู้เกี่ยวกับการมองเห็นอย่างหนึ่งของมนุษย์ เช่น การรับรู้ว่าดอกกุหลาบสีแดง ซึ่งโดยปกติแล้วมนุษย์จะมองเห็นสิ่งต่างๆที่เกิดจากการผสมสีของ สีแดง สีเขียว และ สีน้ำเงินเป็นหลักนั่นคือ การมองเห็นของมนุษย์จะไวต่อแม่สีหลักทั้งสามสี การรับรู้สีเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อแสงเดินทางเข้าสู่ตา โดยตาจะเป็นส่วนของการรับแสงและส่งสัญญาณไปยังสมองเพื่อแปลงสัญญาณเป็นการรับรู้สีต่าง ๆ จะแบ่งสีออกเป็น 3 สีใหญ่ ๆ เรียกว่า “primary color” (แม่สี) Red (R = สีแดง) มีความยาวคลื่น 435.8 nm, Green (G = สีเขียว) มีความยาวคลื่น 546.1 nm และ Blue (B = สีน้ำเงิน) มีความยาวคลื่น 700 nm



รูปที่ 2.1 ความยาวคลื่นของแสงที่ตามนุษย์มองเห็นจะอยู่ในช่วง 400-700 nm

การผสมสี Primary color ทำให้เกิด Secondary color คือ Magenta (R + B), Cyan (G + B), Yellow (R + G)



รูปที่ 2.2 แสดง Primary Colors และ Secondary Colors

คุณลักษณะเฉพาะของแต่ละสี พิจารณาจาก

- **Brightness** ความเข้มแสง , gray level, intensity
- **Hue** สีตามค่า wavelength เช่น แดง ส้ม เหลือง
- **Saturation** ความบริสุทธิ์ของสี (hue) เมื่อผสมกับสีขาว เช่น pink = red + white

และ lavender = violet + white

2.1.2 โหมดสี (Color Models)

2.1.2.1 โหมดสี RGB (RGB Color Models)

โหมดสีที่ถอดคุณสมบัติของภาพแบบ RGB มาสร้างเป็นโหมดภาพ โดยมีสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยแต่ละสีจะไล่ได้ 256 ระดับ โดยใช้หลักการการรวมแสงสี ซึ่งสามารถสร้างสีได้สูงสุด 16.7 ล้านสี ซึ่งใกล้เคียงกับสีที่ตาเรามองเห็นปกติ สีที่ได้จากการผสมสีขึ้นอยู่กับความเข้มสี โดยถ้าสีมีความเข้มมากเมื่อนำมาผสมกันจะทำให้เกิดเป็นสีขาว หลักการแสดงสีของจอคอมพิวเตอร์นั้นจะแสดงเป็น RGB อยู่แล้ว ฉะนั้น ไม่ว่าจะเลือกโหมดการทำงานใดก็ตาม การแสดงผลบนจอภาพก็จะใช้เป็น RGB อยู่เช่นเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

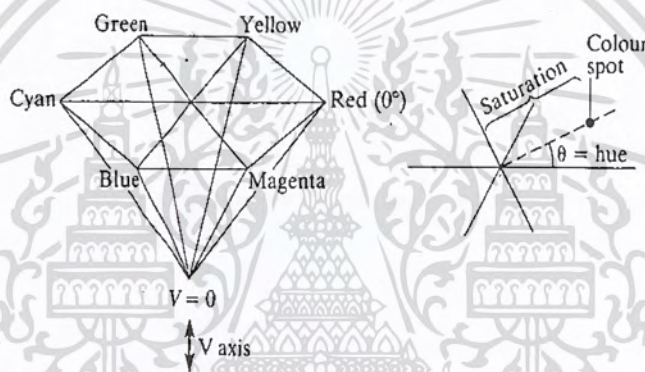
2.1.2.2 โหมดสี HSV (HSV Color Models)

ระบบสี HSV (Hue Saturation Value) เป็นการพิจารณาสีโดยใช้ Hue Saturation และ Value ซึ่ง Hue คือค่าสีของสีหลัก (แดง เขียวและน้ำเงิน) ในทางปฏิบัติจะอยู่ระหว่าง 0 และ 255 ซึ่งถ้า Hue มีค่าเท่ากับ 0 จะแทนสีแดงและเมื่อ Hue มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ สีก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามสเปกตรัมของสีจนถึง 256 จึงจะกลับมาเป็นสีแดงอีกครั้ง ซึ่งสามารถแทนให้อยู่ในรูปขององศาได้ ดังนี้คือ สีแดง = 0 องศา สีเขียวเท่ากับ 120 องศา สีน้ำเงินเท่ากับ 240 องศา Hue สามารถคำนวณได้จากระบบสี RGB ได้ดังนี้

$$\text{red}_h = \text{red} - \min(\text{red}, \text{green}, \text{blue}) \quad (2.1)$$

$$\text{green}_h = \text{green} - \min(\text{red}, \text{green}, \text{blue}) \quad (2.2)$$

$$\text{blue}_h = \text{blue} - \min(\text{red}, \text{green}, \text{blue}) \quad (2.3)$$



รูปที่ 2.3 แสดงระบบสี HSV

2.1.2.3 โหมดสี YUV (YUV Color Models)

ระบบสีแบบ YUV ใช้สำหรับโทรทัศน์แบบ PAL และ SECAM ซึ่งยังมีใช้อยู่ในหลาย ๆ ประเทศโดย Y คือค่าความสว่างของภาพ ส่วนสัญญาณ U และ V เป็นสัญญาณที่เก็บค่าสีของภาพ ต่อมาได้มีระบบ YIQ มาใช้แทนเนื่องจากพบว่าสัญญาณ I และ Q สามารถลด Bandwidth ได้มากกว่าสัญญาณ U และ V ในขณะที่ได้ภาพที่มีคุณภาพเท่ากัน

2.1.2.4 โหมดสี YIQ (YIQ Color Models)

เป็นระบบที่ใช้ใน TV Broadcasting สำหรับ NTSC ประโยชน์หลักก็เพื่อให้ใช้งานได้ด้วยโทรทัศน์แบบขาว-ดำ โดยที่ y คือความสว่างของภาพ ส่วน I และ Q จะเป็นสัญญาณที่เข้ารหัสสีของภาพไว้ดังนั้นสำหรับโทรทัศน์ขาว-ดำ นั้นสามารถใช้ค่า Y ค่าเดียวก็สามารถได้ภาพที่สมบูรณ์

2.1.2.5 โหมดสี CMY และ CMYK (CMY and CMYK Color Models)

อุปกรณ์บางอย่าง เช่น color printer, copiers ใช้สีที่เป็นแบบ CMY (cyan, magenta, yellow) ในการแปลง RGB เป็น CMY ใช้สมการ

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

จากสมการ RGB ถูก normalized ให้อยู่ในช่วง [0, 1] สำหรับการ print สีดำ ถ้าใช้สี CMY ผสมกันก็อาจจะได้สีดำที่มีค้อยเข้มเท่าไร จึงนำสีดำจริง ๆ มาใช้จึงเป็นที่มาของ CMYK โดย K แทนสีดำ

2.1.3 การประมวลผลภาพในระดับสีเทา (Gray Scale)

เป็นภาพขาว-ดำ-เทา โดยจะมีระดับความเข้มของสีเทาคือ 0-255 (8 บิต) ภาพเกรย์สเกล เกิดจากการแปลงภาพสี RGB มาเป็นภาพ Grayscale โดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$\text{Gray} = (0.299 \times R) + (0.587 \times G) + (0.114 \times B) \quad (2.5)$$

Gray = ค่าความเข้มของสีเทาโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255

R = ค่าความเข้มของสีแดงโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255

G = ค่าความเข้มของสีเขียวโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255

B = ค่าความเข้มของสีน้ำเงินโดยจะมีค่าระหว่าง 0-255

ในแต่ละแม่สีนั้นมีค่าความสว่างไม่เท่ากัน จะเอาค่าของแม่สีเพียงแค่ว่าสีแดง (30%) สีเขียว (59%) และ สีน้ำเงิน (11%) มารวมกัน การคำนวณจะทำให้ละพิกเซลไปเรื่อยๆ จนครบทุกพิกเซล

2.1.4 รูปแบบของไฟล์ภาพ (Image File Format)

รูปแบบของไฟล์ภาพที่ใช้ในการจัดเก็บภาพ โดยปกติไฟล์ภาพจะมีขนาดโตมาก การเลือกรูปแบบที่เหมาะสมต่อการนำเสนอจะช่วยให้ภาพมีขนาด (File Size) เล็กกลง โดยคงความคมชัดไว้ในระดับดี อันเป็นการประหยัดพื้นที่ของสื่อบันทึกข้อมูลได้เป็นอย่างดี

JPEG

รูปแบบของการจัดเก็บภาพแบบ Joint Photographer's Experts Group ที่เหมาะสมกับการนำเสนอทั้งระบบสื่อมัลติมีเดีย และเว็บไซต์ เนื่องจากเป็นรูปแบบที่สามารถกำหนดขนาดของไฟล์ได้ตามความเหมาะสม (File Compression) เช่น ภาพที่ต้องการนำเสนอบนเว็บไซต์ แต่ไม่

เน้นความละเอียด อาจกำหนดให้คุณภาพของภาพลดลงเหลือ 50% ของภาพต้นฉบับ หรือภาพที่ต้องการนำเสนอด้วยความชัด ก็อาจจะลดลงเหลือ 80% ก็ได้ การบีบอัดในรูปแบบนี้ข้อมูลบางส่วนจะสูญหายไปและไม่สามารถกู้คืนกลับมาได้ อย่างไรก็ตามเราสามารถกำหนดคุณภาพของรูปภาพที่ผ่านการบีบอัดข้อมูลชนิดนี้ได้ซึ่งคุณภาพที่ได้จะแปรผกผันกับอัตราส่วนการบีบอัดข้อมูล (Compression Ratio) นั่นคือ ยิ่งอัตราการบีบอัดข้อมูลสูงเท่าไรคุณภาพของรูปก็จะลดต่ำลงเท่านั้น ส่วนขยายของไฟล์รูปแบบนี้คือ .jpg หรือ .jpeg

BMP

เป็นพื้นฐานของรูปบิตแมปของซอฟต์แวร์บนวินโดวส์ ดังนั้น มันจึง สนับสนุนการทำงานของโปรแกรมทุก ๆ โปรแกรมที่ทำงานภายใต้วินโดวส์ แต่ไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้กับแพลตฟอร์มอื่น ดังนั้น จึงไม่สามารถใช้กับแพลตฟอร์มอื่น เช่นแมคอินทอช แต่ไม่เหมือนกันทีเดียวนัก

TIFF

รูปแบบของการจัดเก็บภาพแบบ Tagged-Image File Format ซึ่งเป็นรูปแบบที่ใช้เก็บภาพพร้อมรายละเอียดต่างๆ เช่น เลเยอร์ (Layer), Annotation, โหมดภาพทั้งระบบ CMYK, RGB, Lab Color ตลอดจนข้อมูลประกอบอื่นๆ ตามต้นฉบับเดิมของภาพ จึงเป็นรูปแบบที่เหมาะสมต่อการเก็บบันทึกภาพต้นฉบับแต่ไฟล์ภาพขนาดใหญ่ เพราะต้องเก็บรายละเอียดความคมชัดไว้สูง และภาพสำหรับใช้ประกอบการสร้างสื่อสิ่งพิมพ์ Desktop publishing, 3D application, Faxing, Medical Imaging Application ส่วนขยายของไฟล์รูปแบบนี้คือ.tif

PNG

รูปแบบการจัดเก็บภาพแบบ Portable Network Graphics ซึ่งเป็นรูปแบบล่าสุดในการนำเสนอภาพผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เนื่องจากสามารถแสดงผลได้ในระบบสีเต็มพิกัด (True Color), มีขนาดไฟล์เล็ก และควบคุมคุณภาพได้ตามที่ต้องการมีระบบการบีบอัดแบบ Deflate ที่ไม่ทำให้เกิดการสูญเสีย (lossless) เาคุณสมบัติของ (JPEG+GIF) มาใช้คือ สีมากกว่า 256สี มีการกำหนดให้พื้นภาพเป็นพื้นโปร่งใสได้ (Transparent) รวมทั้ง การแสดงผลแบบหยาบสู่ละเอียด (Interlaced) แต่ไม่สนับสนุนภาพเคลื่อนไหว เพราะไม่สามารถเก็บภาพหลาย ๆ ภาพไว้ด้วยกันได้ ส่วนขยายของไฟล์รูปแบบนี้คือ.png

GIF

รูปแบบการจัดเก็บภาพแบบ Graphic Interchange Format ได้รับความนิยมในยุคแรก มีระบบเสียงแบบ Index ซึ่งมีข้อมูลสีขนาด 8 บิต ทำให้มีสีมากที่สุด 256 สี แต่จะไม่เหมาะสำหรับ

การนำเสนอภาพถ่าย หรืองานที่มีความคมชัดสูงการบีบอัดข้อมูลตามแนวของพิกเซล เหมาะ สำหรับกราฟิกที่ประกอบด้วยสีพื้น สามารถทำพื้นให้เป็นแบบ โปร่งใส (Transparent/Opacity) เป็นที่นิยมมากที่สุดสำหรับภาพที่จะแสดงบน Web/Internet สามารถทำเป็นภาพเคลื่อนไหวบน WebPages ได้ โดยใช้เครื่องมือช่วยสร้างเช่น JAVA, Flash มีโปรแกรมสนับสนุนในการสร้าง จำนวนมาก สามารถเรียกดูภาพได้ใน Graphic Browser ทุกตัว

RAW

เป็นชื่อของรูปแบบการจัดเก็บไฟล์ภาพที่ได้จากการบันทึกข้อมูลของภาพผ่านทาง ตัว เซ็นเซอร์ของกล้อง โดยที่ไม่ผ่านการประมวลผลใดๆ สาเหตุที่ไฟล์ภาพนี้มีชื่อว่า "RAW" เป็น เพราะไฟล์ภาพดังกล่าวนี้เป็นไฟล์ข้อมูลดิบ โดยไฟล์ภาพแบบ RAW จะมีขนาดไฟล์ใหญ่กว่า แบบ JPEG ซึ่งการจัดการไฟล์ RAW บนคอมพิวเตอร์นั้นต้องอาศัยซอฟต์แวร์การทำงานแบบ พิเศษสำหรับไฟล์ภาพ RAW โดยเฉพาะ ไฟล์ภาพ RAW จะถูกประมวลผลจากซอฟต์แวร์เฉพาะ ก่อนที่จะนำไฟล์ภาพไปใช้กับซอฟต์แวร์แก้ไขภาพ ในกรณีนี้จะช่วยให้สามารถจัดเก็บ ภาพถ่ายที่มีคุณภาพสูงได้ โดยสามารถทำการแก้ไขหรือจัดเก็บได้หลายครั้งตามต้องการ ไฟล์ภาพ RAW จะแสดงในรูปแบบของนามสกุล [.CR2] บนคอมพิวเตอร์

PCX

เป็นรูปแบบไฟล์บิตแมปดั้งเดิมของโปรแกรมแก้ไขภาพบิตแมปชื่อ PC Paintbrush จาก Z-Soft ซึ่งมีให้ใช้บนพีซีมานานแล้วรูปแบบ PCX เป็นรูปแบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับภาพ บิตแมป โดยโปรแกรมกราฟิกส่วนใหญ่จะสนับสนุนรูปแบบ PCX

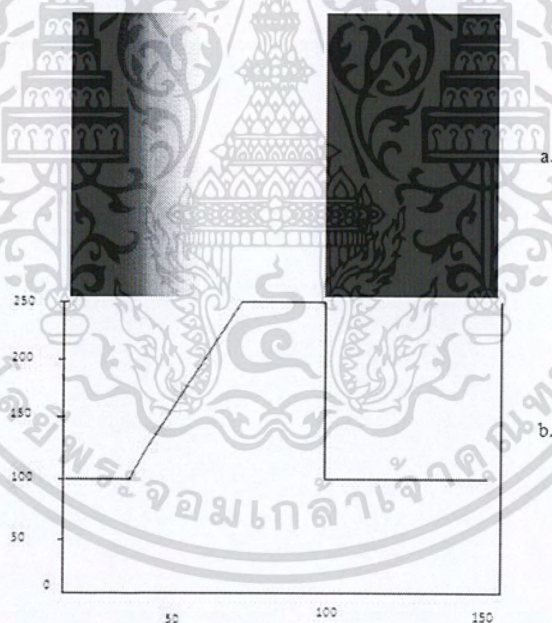
2.1.5 การหาขอบภาพ (Edge Detection)

เนื่องจากขอบภาพ (Edge) ประกอบด้วยข้อมูลของภาพที่มีความสำคัญและมีประโยชน์ใน การนำไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ ตัวอย่างเช่น ขอบของภาพสามารถนำไปใช้ในการระบุถึง ขนาดของวัตถุที่อยู่ในภาพ การนำไปใช้ในการแยกแยะระหว่างวัตถุหรือข้อมูลในภาพกับส่วน ของพื้นหลังของภาพ หรือการนำไปใช้ในการระบุหรือแยกแยะวัตถุที่อยู่ในภาพ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า ขอบของภาพ คือ ส่วนที่เกิดจากความไม่ต่อเนื่องของค่าระดับความเข้มเทาของพิกเซล ที่อยู่ติดกัน กล่าวคือ ค่าระดับความเข้มเทาของพิกเซลที่อยู่ติดกัน มีค่าแตกต่างกันมากดังในรูปที่ 2.3 จะเห็น ได้ว่าค่าระดับความเข้มเทาของข้อมูลภาพในหลักที่ 2 และ 3 มีความแตกต่างกันเกิน 100 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าบริเวณระหว่างค่าระดับความเข้มเทาของข้อมูลในหลัก ที่ 2 และ 3 เป็นขอบ ของภาพ

50	53	155	160
51	53	160	170
52	53	167	190
51	53	162	155

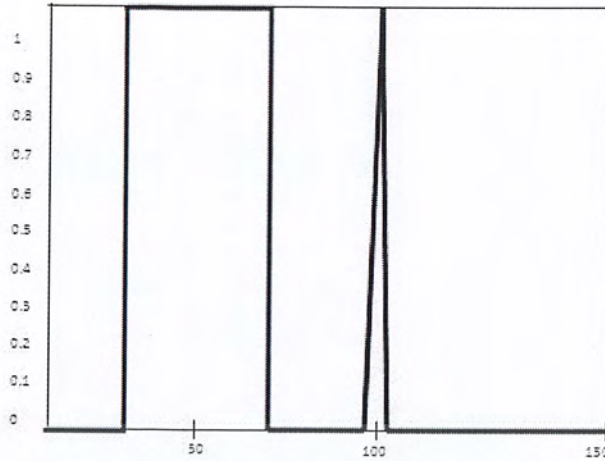
รูปที่ 2.4 ค่าระดับความเข้มเทาของภาพแต่ละพิกเซล

รูปที่ 2.5 b เป็นรูปที่แสดงขอบของภาพหรือกราฟเส้นที่แสดงค่าของระดับความเข้มเทาของภาพต้นฉบับในรูปที่ 2.5 a จะสังเกตได้ว่าภาพต้นฉบับนั้นประกอบไปด้วยขอบภาพสองชนิดคือ ขอบภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าระดับความเข้มเทาที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องที่ละน้อย (Ramp Edge) และขอบภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าระดับความเข้มเทาที่เพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใด (Step Edge)



รูปที่ 2.5 ลักษณะของขอบภาพแบบต่อเนื่องที่ละน้อย (Ramp Edge)

และแบบทันทีทันใด (Step Edge) a. ภาพต้นแบบ b. ขอบภาพของภาพต้นแบบ



รูปที่ 2.6 อนุพันธ์ของขอบภาพ

วิธีการที่สามารถนำมาวิเคราะห์หาค่าความไม่ต่อเนื่องหรือบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าระดับความเข้มเทาที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกัน คือ การหาอนุพันธ์ของภาพ รูปที่ 2.6 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการหาค่าอนุพันธ์ของภาพต้นแบบ ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ของค่าอนุพันธ์จะมีค่าเท่ากับศูนย์ก็ต่อเมื่อค่าระดับความเข้มเทาของพิกเซลหรือตำแหน่งของภาพต้นแบบ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าระดับความเข้มเทาและได้ค่าไม่เท่ากับศูนย์เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นของค่าระดับความเข้มเทาในบริเวณใดๆของภาพต้นแบบ

2.1.5.1 การหาอนุพันธ์ของภาพอันดับที่ 1

ตัวปฏิบัติการที่ใช้ในการหาขอบภาพส่วนใหญ่จะมีวิธีการ มาจากทฤษฎีพื้นฐานของการหาค่าอนุพันธ์ของฟังก์ชัน $f(x)$ ใดๆ ดังแสดงในสมการที่ 2.6

$$\frac{df}{dx} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h} \quad (2.6)$$

จากสมการที่ 2.6 จะเห็นได้ว่าค่าที่น้อยที่สุดที่เป็นไปได้ของ h ก็คือ 1 ซึ่งหมายถึงค่าความแตกต่างน้อยที่สุดที่เป็นไปได้ ระหว่างพิกเซลที่อยู่บริเวณติดกัน (Adjacent pixels) ดังนั้นรูปแบบของการหาค่าอนุพันธ์ ของฟังก์ชันที่เป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete) ของภาพดิจิทัล

ดังสมการที่ 2.7 คือ

$$\frac{df}{dx} = f(x+1) - f(x) \quad (2.7)$$

ในที่นี้สามารถที่จะพิจารณาสมการอนุพันธ์ของภาพดิจิทัลได้ในอีกรูปแบบหนึ่ง คือ

$$\frac{df}{dx} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x) - f(x-h)}{h} \quad (2.8)$$

จากสมการที่ 2.8 ทำให้ได้รูปแบบของการหาค่าอนุพันธ์ของฟังก์ชันที่เป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete) ของภาพดิจิทัลอีกรูปแบบหนึ่งดังสมการที่ 2.9 จะได้ว่า

$$\frac{df}{dx} = f(x) - f(x-1) \quad (2.9)$$

เมื่อพิจารณาภาพระดับความเข้มเทาทั่วๆ ไปที่เป็นแบบสองมิติ ในการหาค่าอนุพันธ์ของภาพก็จะนำวิธีการหาอนุพันธ์แบบแยกส่วน (Partial derivative) มาใช้ กล่าวคือ จะพิจารณาการหาค่าอนุพันธ์ทางด้านแนวแถว (Rows) และ แนวหลัก (Columns) ของข้อมูลภาพแยกส่วนออกจากกันผลลัพธ์ของค่าอนุพันธ์ที่ได้ก็คือ ค่า เกรเดียนต์ (Gradient) ทางด้านแนวแถว (G_x) และค่า เกรเดียนต์ (Gradient) ทางด้านแนวหลัก (G_y) ดังสมการที่ 2.10 และ 2.11

$$G_x = \frac{\partial f}{\partial x} \quad (2.10)$$

$$G_y = \frac{\partial f}{\partial y} \quad (2.11)$$

และค่าขนาดของเกรเดียนต์ (Magnitude Gradient) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.12

$$\nabla f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2} \quad (2.12)$$

เพื่อเป็นการคำนวณค่าเกรเดียนต์ที่ไม่ยุ่งยากมากนักเราสามารถหาค่าประมาณของค่าขนาดของเกรเดียนต์ ได้จากสมการที่ 2.13 ซึ่งเป็นการคำนวณผลรวมของค่าสัมบูรณ์ของเกรเดียนต์ทางแนวแถวและแนวหลัก

$$\nabla f \approx |G_x| + |G_y| \quad (2.13)$$

ในขณะที่ค่าเกรเดียนต์เวกเตอร์ (Gradient vector) ที่แสดงถึงทิศทางของขอบภาพที่พิกัดจุด (x,y) ใดๆ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.14

$$\alpha(x,y) = \tan^{-1} \left(\frac{G_y}{G_x} \right) \quad (2.14)$$

2.1.5.2. มาส์ค (Masks) ที่ใช้สำหรับการหาอนุพันธ์ของภาพอันดับที่ 1

มาส์ค 1 มิติ ที่สามารถนำไปใช้หาขอบของภาพในแนวแถวและหลักของภาพคือ

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

ส่วนมาส์ค 2 มิติ ที่นิยมนำไปใช้หาขอบของภาพในแนวแถว และหลักของภาพคือ

Prewitt operator และ Sobel operator ตัวอย่างของมาส์คทั้งสองประเภทนี้

$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad G_x = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Prewitt operator} \quad (2.15)$$

$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad G_x = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Sobel operator} \quad (2.16)$$

โดยที่ G_x จะเป็นมาสก์ที่ใช้หาขอบภาพในแนวหลักของภาพต้นแบบ และ G_y จะเป็นมาสก์ที่ใช้ในการหาขอบภาพในแนวแกวของภาพต้นแบบ



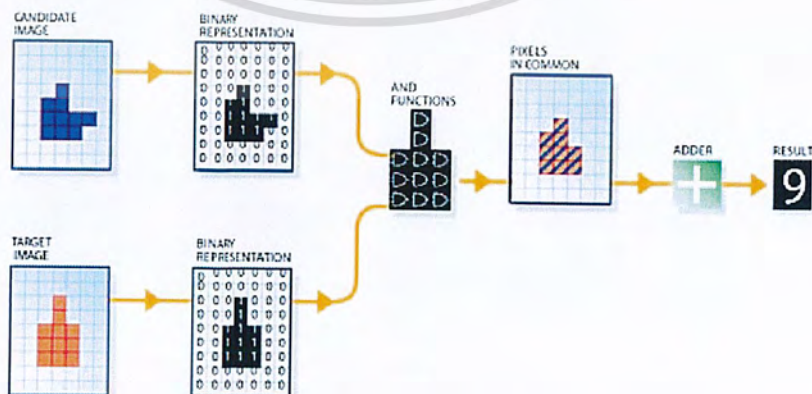
a. ภาพต้นแบบ

b. ขนาดของเกรเดียนของภาพ

รูปที่ 2.7 การหาขอบภาพจากภาพโดยใช้มาสก์แบบ Sobel operator

2.1.6 การจับคู่ (Matching)

การจับคู่ (Matching) ทางด้านการประมวลผลภาพในระบบ สำหรับการเปรียบเทียบข้อมูลภาพที่เข้ามา กับ ภาพที่เป็นข้อมูลอ้างอิง โดยการเปรียบเทียบกันบิตต่อบิต หรือพิกเซลต่อพิกเซล พร้อม ๆ กัน โดยการใช้ตัวเปรียบเทียบ และตัววงกลมกรรมดา การทำงานเริ่มต้นจากการรับข้อมูลภาพขาวดำที่เข้ามา ถูกแปลงเป็น Binary template ('0' แทนจุดที่เป็นฉากหลัง และ '1' แทนจุดที่เป็นวัตถุ) จะทำการเปรียบเทียบบิตกับข้อมูลภาพที่เป็นข้อมูลอ้างอิง โดยใช้การ AND กัน จากนั้นจะนับจำนวนจุดของพิกเซลที่มีลอจิกเป็น '1' ของผลลัพธ์จากการ AND กันของทั้งสองภาพ ดังนั้นถ้ามีจำนวน บิต '1' มากเท่าไร นั่นหมายถึงว่า ภาพทั้งสองมีความเหมือนกันเท่านั้น แสดงได้ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การจับคู่ (Matching)

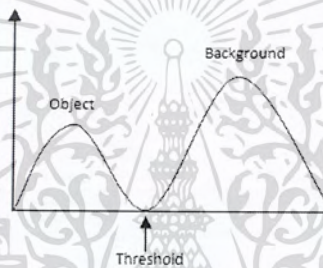
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับศึกษาเชิงวิชาการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 การกำหนดค่าเทรชโฮลด์ (Thresholding)

การกำหนดค่าเทรชโฮลด์ (Thresholding) คือ การกำหนดค่าระดับความเข้มเทาของภาพที่กำหนด เพื่อแยกสิ่งที่ต้องการ (Object) ออกจากพื้นหลังของภาพ (Background) และยังเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งเพื่อใช้ในการสร้างภาพแบบไบนารี

2.1.7.1 การกำหนดค่าเทรชโฮลด์โดยพิจารณาจากฮิสโตแกรมของภาพ

การกำหนดค่าเทรชโฮลด์หนึ่งระดับ (Single Thresholding) เป็นการแยกข้อมูลระหว่างสิ่งที่ต้องการออกจากพื้นหลังของภาพ โดยพิจารณาจากฮิสโตแกรม (Histogram) ของภาพซึ่งกลุ่มของข้อมูลทั้งสองจะแยกออกเป็นสองกลุ่มตามการกระจายของข้อมูลดังนั้นการเลือกค่าเทรชโฮลด์จะต้องเลือกค่าที่ต่ำที่สุดที่อยู่ระหว่างกลุ่มข้อมูลทั้งสอง ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงการกำหนดค่าเทรชโฮลด์ตามฮิสโตแกรม

ในการทดสอบแยกกลุ่มข้อมูลเมื่อสร้างฮิสโตแกรมระดับเทาของภาพแล้ว กลุ่มของข้อมูลสองกลุ่ม ก็คือกลุ่มหนึ่งเป็นกลุ่มของวัตถุและกลุ่มของพื้นหลังของภาพ จากนั้นเลือกค่าต่ำสุดระหว่างสองกลุ่มเป็นค่าเทรชโฮลด์ โดยจะกำหนดให้เทรชโฮลด์มีค่าต่างๆ โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

- กำหนดค่าระดับความเข้มเทาในการเทรชโฮลด์ (T)
- กำหนดให้ $I(x,y)$ คือภาพต้นแบบ และ $Q(x,y)$ เป็นภาพผลลัพธ์

ถ้า $I(x,y) > T$ แล้ว

ให้ $Q(x,y) = 255$

แต่ถ้า $I(x,y) \leq T$

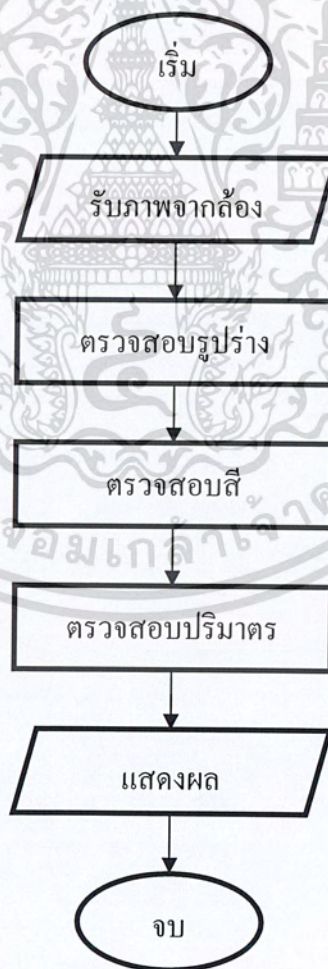
ให้ $Q(x,y) = 0$

บทที่ 3

การออกแบบและขั้นตอนการทำงาน

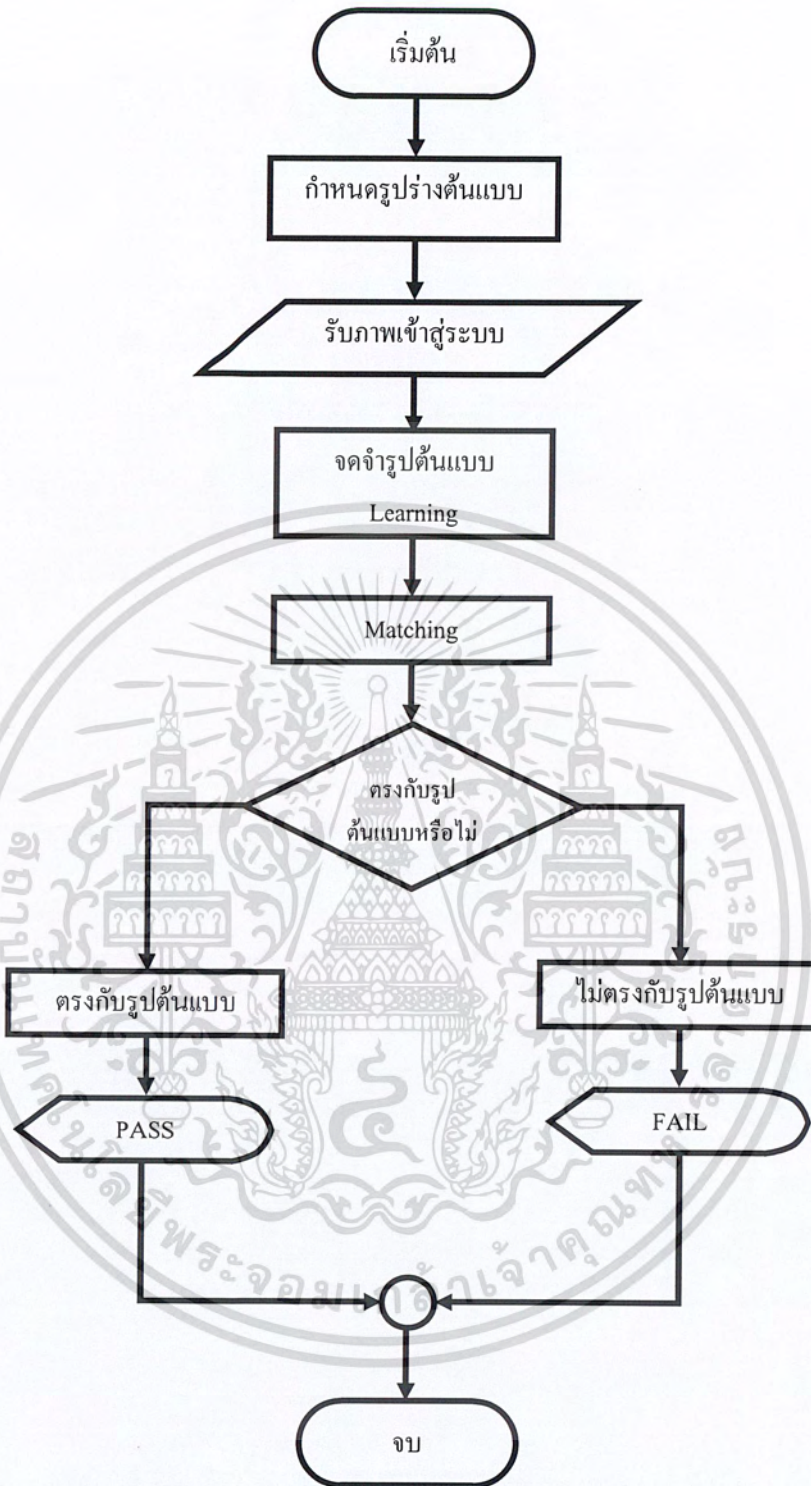
3.1 หลักการทำงานของระบบ

การทำงานของระบบจะเริ่มขึ้นด้วยการลำเลียงชิ้นงานไปตามสายพาน โดยสายพานจะทำการเลื่อนชิ้นงานเข้าสู่ Station การจับภาพ จะมีหุ่นยนต์ทำการจัดตำแหน่งตามที่ต้องการ จากนั้นกล้องจะทำการจับภาพ และตรวจสอบชิ้นงาน และส่งข้อมูลไปยังซอฟต์แวร์ควบคุมเพื่อทำการประมวลผล และบันทึกข้อมูลแล้วระบบจะส่งชิ้นงานออกไปตามสายพาน จากนั้นจะมีหุ่นยนต์คอยอ่านค่าการบันทึกข้อมูลและจัดการเลือกทางที่ชิ้นงานที่ผ่านการตรวจสอบออกทางออกตามสายพานเดิม ส่วนงานที่มีปัญหาจะต้องออกอีกช่องทางหนึ่ง

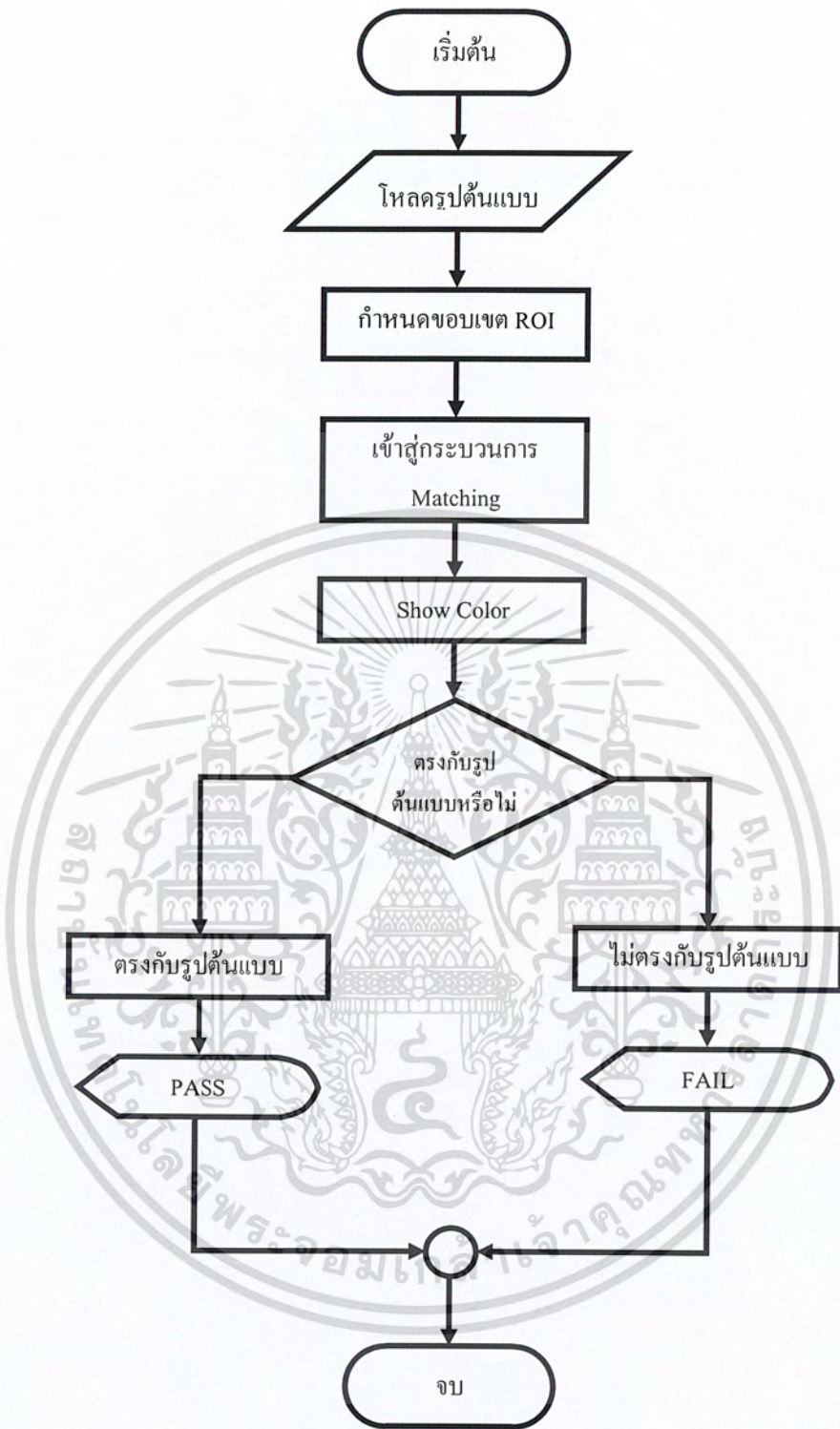


รูปที่ 3.1 กระบวนการทำงานของระบบ

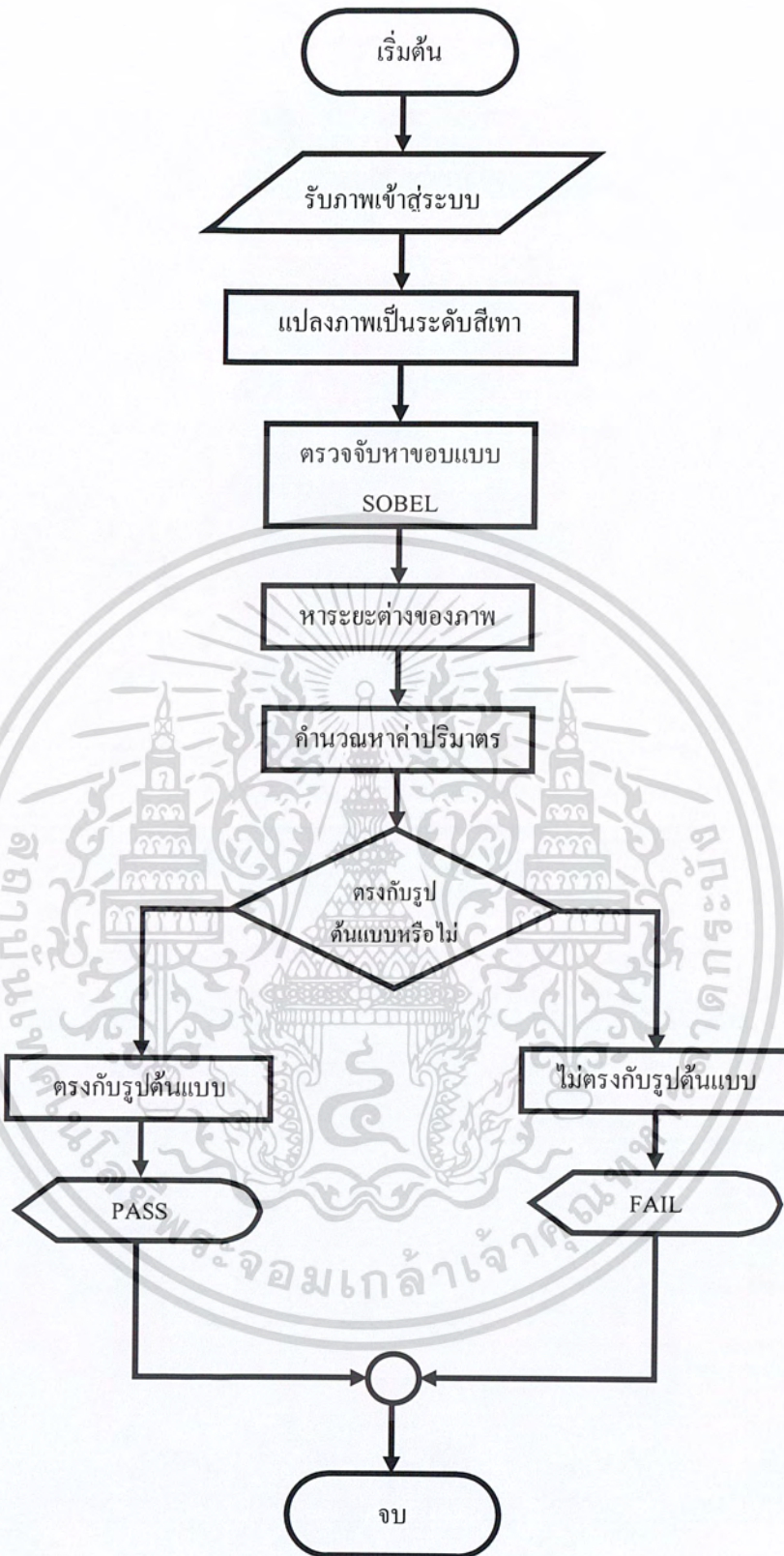
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 กระบวนการทำงานของโปรแกรมการตรวจสอบรูปร่าง



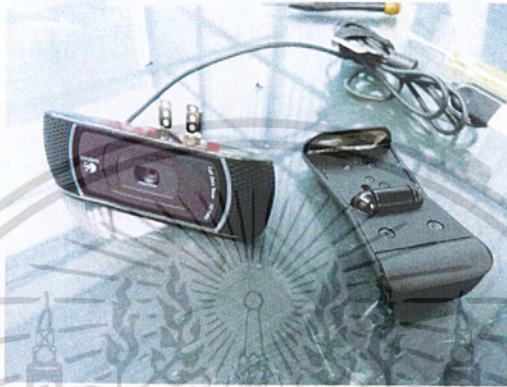
รูปที่ 3.3 กระบวนการทำงานของโปรแกรมการตรวจสอบสี



รูปที่ 3.4 กระบวนการทำงานของโปรแกรมการตรวจสอบปริมาตร

3.2 การออกแบบงานส่วนฮาร์ดแวร์

ในส่วนของฮาร์ดแวร์นั้น จะออกแบบเป็นตู้ Acrylic สีขาวนวล ขนาด กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร สูง 25 เซนติเมตร โดยประมาณ ด้านบนเป็นฝาเปิด ด้านข้างมี สวิตช์เปิด ปิด หลอดไฟ LED ช่องเสียบ Adapter 12V. และช่องสาย USB จากกล่อง มี Adapter ให้พร้อมใช้งานได้ที่



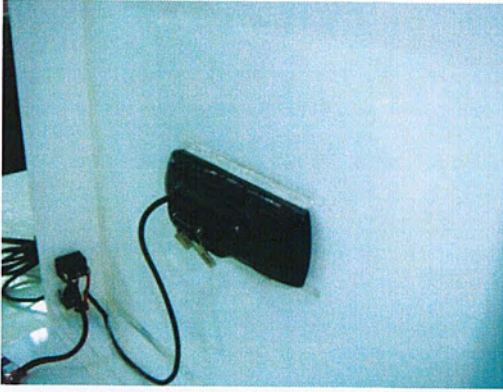
รูปที่ 3.5 กล่อง



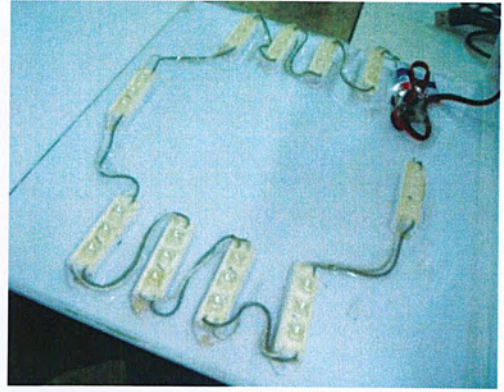
รูปที่ 3.6 ตู้ Acrylic สีขาวนวล

119537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 17 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(1) ด้านหลังของกล่อง



(2) หลอดไฟ LED ด้านหลังของกล่อง



(3) ช่องด้านหลังใส่กล่อง กับ LED



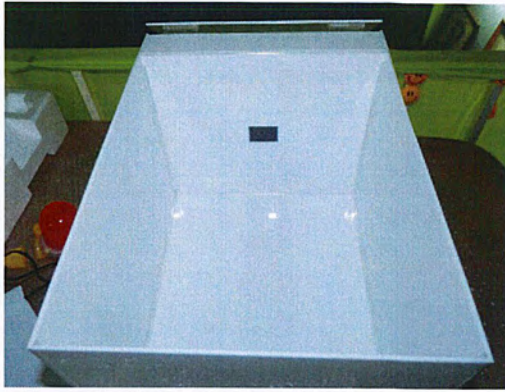
(4) สวิตช์เปิด ปิด หลอดไฟ LED ช่องเสียบ Adapter 12V. และช่องสาย USB จากกล่อง



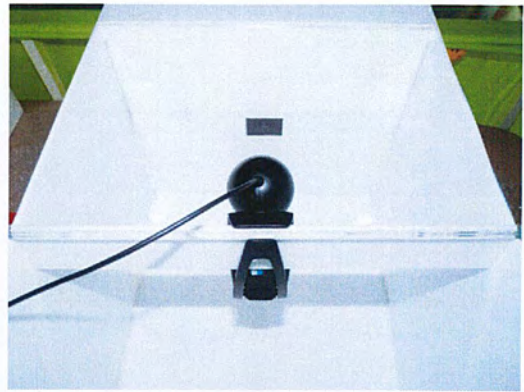
(5) ฝาเปิดด้านบน

รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ภายในกล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 18 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(1) ตำแหน่งกล้องด้านหน้า



(2) ตำแหน่งของกล้องด้านบน

รูปที่ 3.8 การวางกล้องที่ตำแหน่งต่างๆ



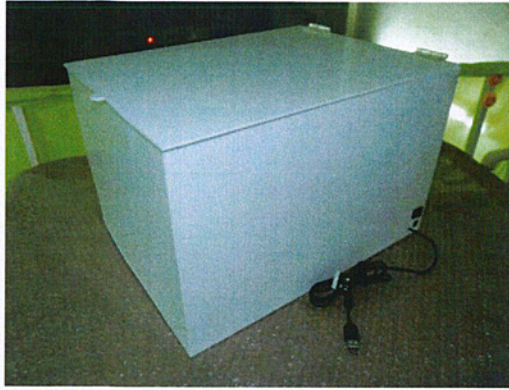
(1) หลอดฟลูออเรสเซนต์ด้านบน



(2) ตำแหน่งการวางเซลล์

รูปที่ 3.9 ตำแหน่งการวางเซลล์และหลอด LED

การใช้งานกล้องทั้งสองตำแหน่งนี้ จะใช้ได้เพียงกล้องด้านหน้าเซลล์เท่านั้น เนื่องจากกล้องด้านบนไม่สามารถใช้งานได้ เพราะ ความคมชัดและความละเอียดในการถ่ายภาพของกล้องไม่เพียงพอ สำหรับการตรวจสอบเซลล์ ไม่สามารถเห็นสีของเซลล์ ผิวของเซลล์ และขอบของเซลล์ ได้ชัดเจน จึงทำให้ไม่สามารถนำภาพเหล่านั้นมาใช้ในกรประมวลผลได้ ฉะนั้น ในการทดลองนี้ จึงใช้งานแค่กล้องด้านหน้าเซลล์เพียงกล้องเดียว



รูปที่ 3.10 ชิ้นงานฮาร์ดแวร์ที่สมบูรณ์

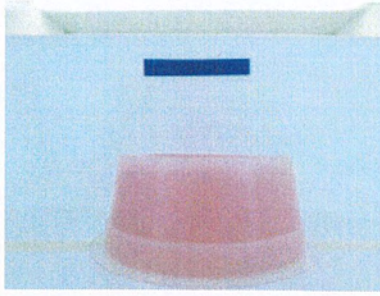
3.3 การประมวลผลภาพ

3.3.1 การตรวจสอบรูปร่าง

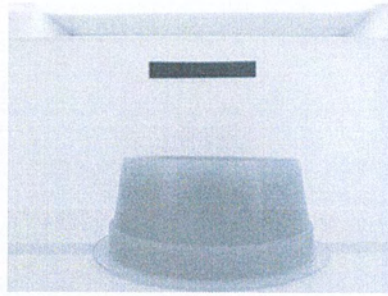
การตรวจสอบรูปร่าง เริ่มจาก เมื่อรับภาพจากกล้อง นำภาพที่ได้มาแปลงเป็นภาพระดับสีเทา (Gray Scale) จากสมการที่ 2.5

$$\text{Gray} = (0.299 \times R) + (0.587 \times G) + (0.114 \times B)$$

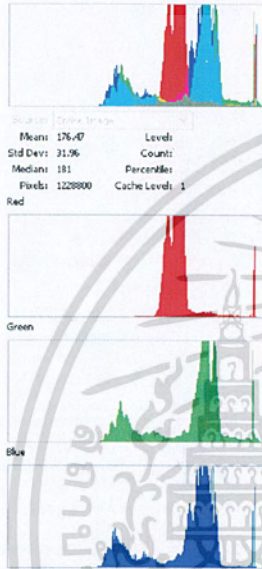
หลังจากนั้น นำภาพที่ได้มาเข้าสู่กระบวนการ matching กับภาพต้นแบบที่ได้ทำการตั้งไว้จากการเลือกภาพที่ดีที่สุด และกำหนดค่า score ถ้าหากใกล้เคียงกับค่าของรูปภาพต้นแบบ ค่าก็จะเข้าใกล้ 1



(1) ภาพต้นแบบ



(2) ภาพระดับขาวเทา(Gray Scale)

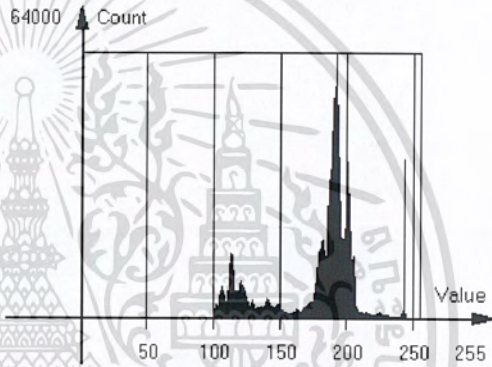


(3) ฮิสโตแกรมของภาพต้นแบบ

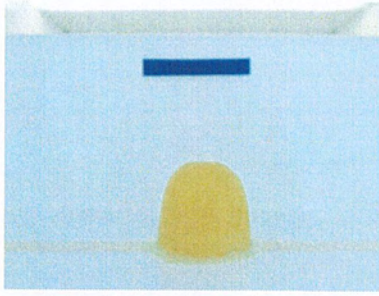
RGB:169.02,181.91,176.11

(4) ฮิสโตแกรมของภาพระดับขาวเทา(Gray Scale)

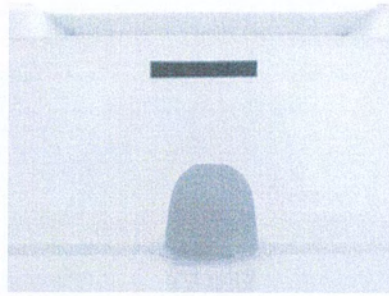
Gray:178.64



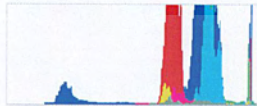
รูปที่ 3.11 ภาพต้นแบบและภาพที่แปลงเป็นภาพระดับสีเทา (Gray Scale) ของ Object 1



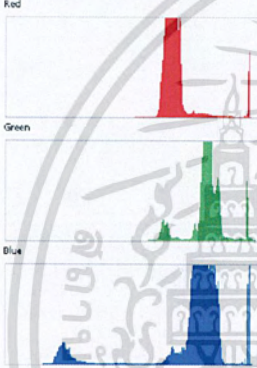
(1) ภาพต้นแบบ



(2) ภาพระดับขาวเทา(Gray Scale)

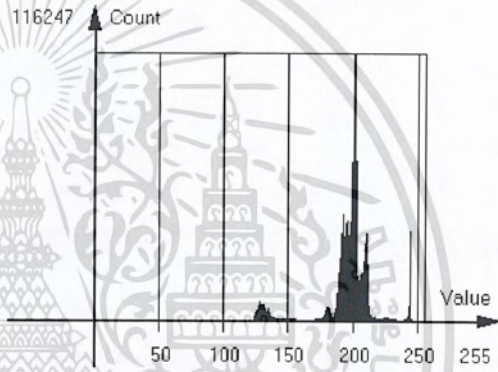


Source: Image 20.jpg
 Mean: 189.02 Levels
 Std Dev: 29.55 Count:
 Median: 198 Percentile:
 Pixels: 1228800 Cache Levels: 1



(3) ฮิสโตแกรมของภาพต้นแบบ

RGB:171.45,204.28,189.07



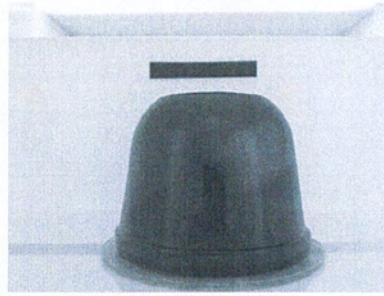
(4) ฮิสโตแกรมของภาพระดับขาวเทา(Gray Scale)

Gray:195.95

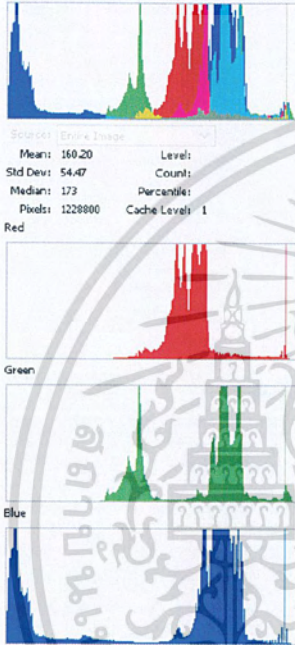
รูปที่ 3.12 ภาพต้นแบบและภาพที่แปลงเป็นภาพระดับสีเทา (Gray Scale) ของ Object 2



(1) ภาพต้นแบบ

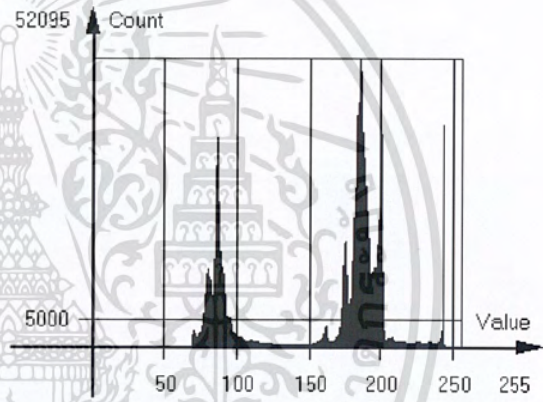


(2) ภาพระดับขาวเทา(Gray Scale)



(3) ฮิสโตแกรมของภาพต้นแบบ

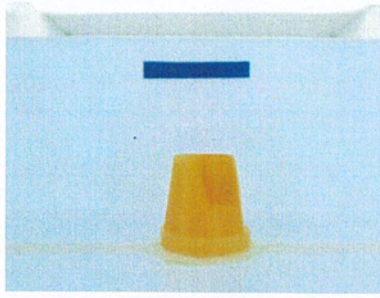
RGB:163.39,173.52,141.37



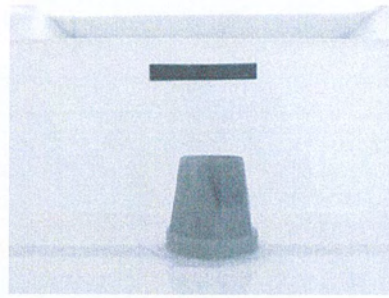
(4) ฮิสโตแกรมของภาพระดับขาวเทา(Gray Scale)

Gray:166.77

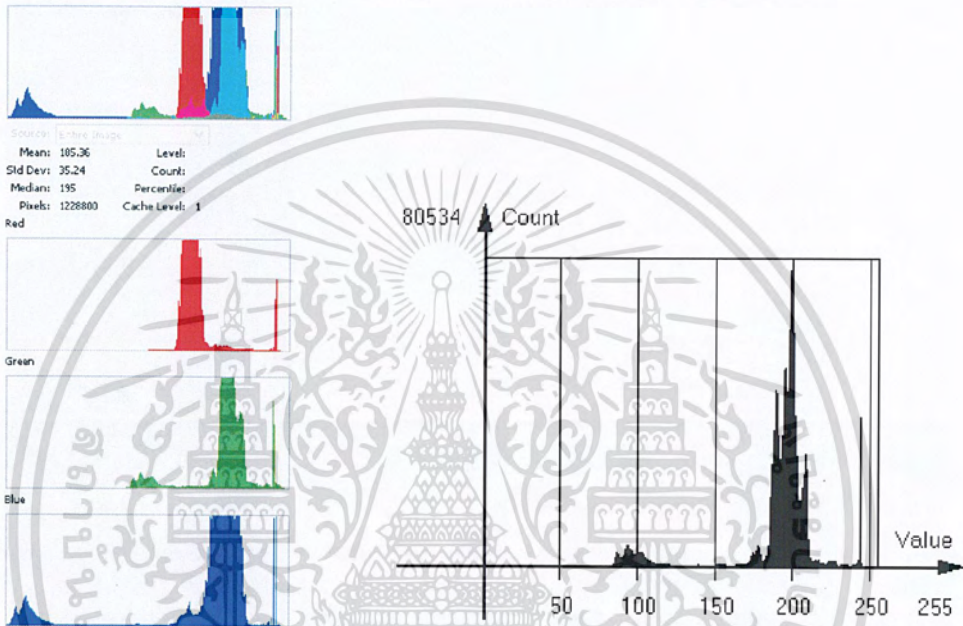
รูปที่ 3.13 ภาพต้นแบบและภาพที่แปลงเป็นภาพระดับสีเทา (Gray Scale) ของ Object 3



(1) ภาพต้นแบบ



(2) ภาพระดับขาวเทา(Gray Scale)



(3) ฮิสโตแกรมของภาพต้นแบบ

(4) ฮิสโตแกรมของภาพระดับขาวเทา(Gray Scale)

RGB:170.92,199.42,183.41

Gray:191.34

รูปที่ 3.14 ภาพต้นแบบและภาพที่แปลงเป็นภาพระดับสีเทา (Gray Scale) ของ Object 4

3.3.2 การตรวจสอบสี

การตรวจสอบสีใช้หลักการการเทียบค่าสี RGB โดยที่ทำการตั้งค่าบริเวณต้นแบบไว้แล้ว ทำการหาค่าเฉลี่ยค่า RGB ของบริเวณนั้นแล้วเก็บค่าไว้ เมื่อนำภาพที่รับได้จากกล้องเข้ามาก็จะทำการกำหนดบริเวณของรูปภาพตำแหน่งเดียวกับภาพต้นแบบแล้วทำการหาค่าเฉลี่ย RGB กำหนดค่าความคลาดเคลื่อน ถ้าหากใกล้เคียงค่าสี RGB ของภาพต้นแบบ จะมีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุด



รูปที่ 3.15 ภาพต้นแบบและสีของภาพของ Object 1

ค่า RGB ของ Object 1 มีค่าเท่ากับ R=170-150;G=120-100;B=120-100

โค้ดของการกำหนดช่วงสีของสีชมพู คือ

```
((Math.Round(average0) >= 150 And Math.Round(average0) <= 170) And
(Math.Round(average1) >= 100 And Math.Round(average1) <= 120) And
(Math.Round(average2) >= 100 And Math.Round(average2) <= 120)) Then
Text2.Text = "PINK"
```



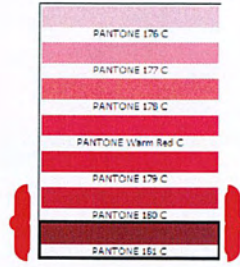
รูปที่ 3.16 ภาพต้นแบบและสีของภาพของ Object 2

ค่า RGB ของ Object 2 มีค่าเท่ากับ R=165-132;G=129-104; B=35-19

โค้ดของการกำหนดช่วงสีของสีเหลือง คือ

```
((Math.Round(average0) >= 132 And Math.Round(average0) <= 165) And
(Math.Round(average1) >= 104 And Math.Round(average1) <= 129) And
(Math.Round(average2) >= 19 And Math.Round(average2) <= 35)) Then
Text2.Text = "Yellow Mango"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

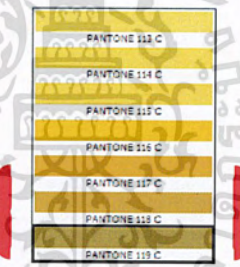
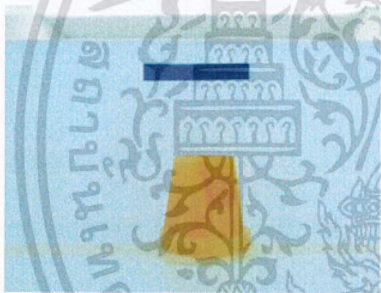


รูปที่ 3.17 ภาพต้นแบบและสีของภาพของ Object 3

ค่า RGB ของ Object 3 มีค่าเท่ากับ R=152-145;G=54-47;B=49-39

โค้ดของการกำหนดช่วงสีของสีแดง คือ

```
((Math.Round(average0) >= 145 And Math.Round(average0) <= 152) And
(Math.Round(average1) >= 47 And Math.Round(average1) <= 54) And
(Math.Round(average2) >= 39 And Math.Round(average2) <= 49)) Then
Text2.Text = "RED"
```



รูปที่ 3.18 ภาพต้นแบบและสีของภาพของ Object 4

ค่า RGB ของ Object 4 มีค่าเท่ากับ R=165-132;G=129-104;B=35-19

โค้ดของการกำหนดช่วงสีของสีเหลือง คือ

```
((Math.Round(average0) >= 132 And Math.Round(average0) <= 165) And
(Math.Round(average1) >= 104 And Math.Round(average1) <= 129) And
(Math.Round(average2) >= 19 And Math.Round(average2) <= 35)) Then
Text2.Text = "Yellow Mango"
```

จากค่า RGB จะมีการกำหนดขอบเขตของ ค่า R ค่า G และ ค่า B เอาไว้ เพื่อการตรวจสอบ
สีให้มีความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ในช่วงของสีที่กำหนดไว้จากภาพต้นแบบ

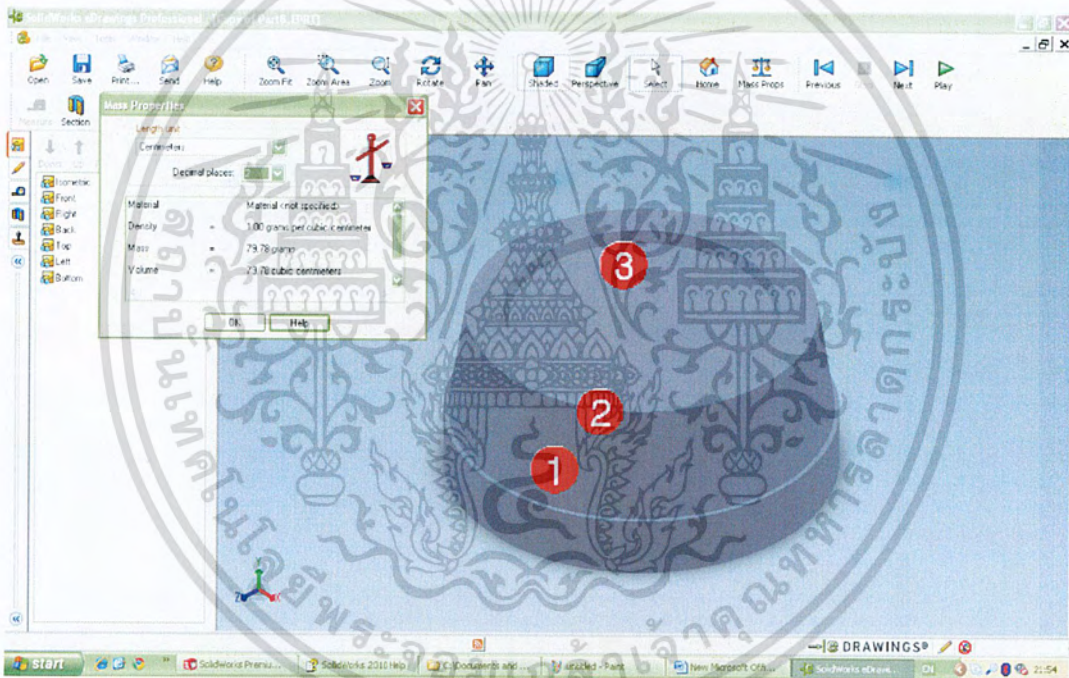
3.3.3 การตรวจสอบปริมาตร

การตรวจสอบปริมาตร เริ่มจาก เมื่อรับภาพเข้ามา ทำการแปลงภาพเป็นระดับสีเทา (Gray Scale) หลังจากนั้นทำการตรวจจับขอบภาพโดยใช้หลักการ Sobel เพื่อหาระยะต่างเพื่อนำมาแทนค่า ในสูตรการหาปริมาตรของแต่ละรูปร่าง

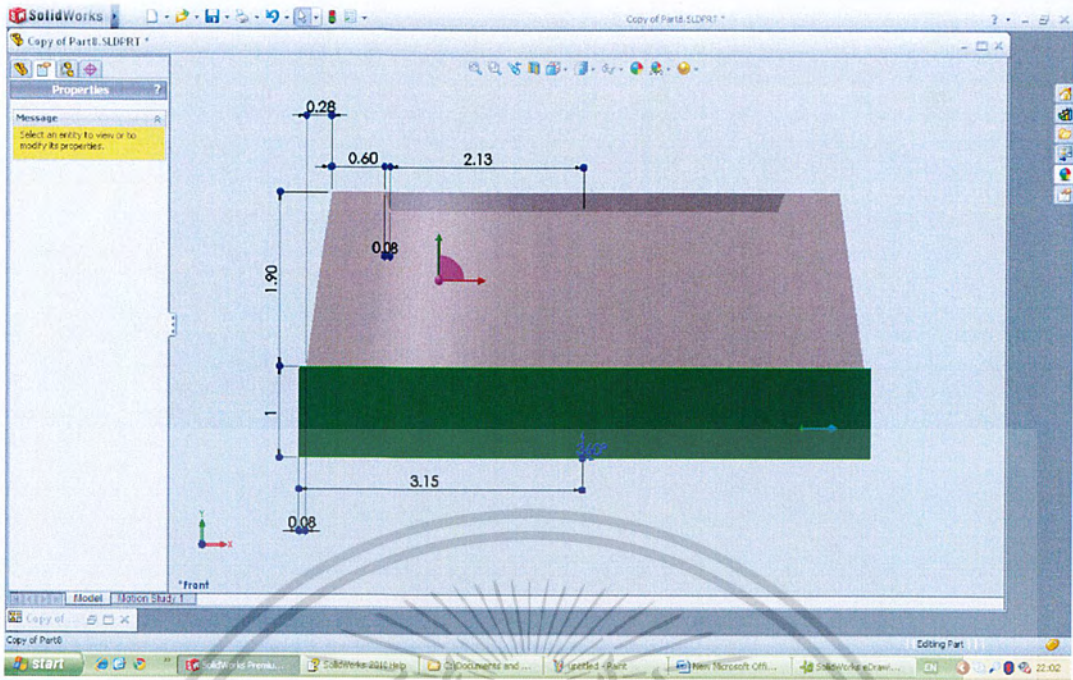
สูตรการคำนวณหารูปทรงปริมาตร

$$\iiint_V F(x, y, z) dV = \int_{r_1}^{r_2} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{z_1}^{z_2} F(x, y, z) dz dx dy \quad (3.1)$$

$$\iiint_V F(r, \theta, z) dV = \int_{r_1}^{r_2} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{z_1}^{z_2} F(r, \theta, z) r dz dr d\theta \quad (3.2)$$



(1) ปริมาตรของเฮลล์รูปทรงกรวยตัดครึ่ง



(2) ขนาดของเขตรูปทรงกรวยตัดครึ่ง

รูปที่ 3.19 เขตรูปทรงกรวยตัดครึ่ง

3.3.3.1 กำหนดหาปริมาตรเขตรูปทรงกรวยตัดครึ่ง

แบ่งออกเป็นสามส่วน

1. ส่วนที่เป็นทรงกระบอก

$$\text{ปริมาตร 1} = V_1$$

$$V_1 = \pi r^2 h \quad (3.3)$$

$$V_1 = \pi (3.18)^2 (0.8)$$

$$V_1 = 25.40 \text{ cm}^3$$

2. ส่วนที่เป็นทรงกรวย

$$\text{ปริมาตรรูปทรงกรวย} = \frac{1}{3} \pi r^2 h \quad (3.4)$$

$$\text{ปริมาตร 2} = V_2$$

$$V_2 = \left[\frac{1}{3} \pi R^2 h \right] - \left[\frac{1}{3} \pi r^2 h \right]$$

$$V_2 = \left[\frac{1}{3} \pi (3.105)^2 (18.6) \right] - \left[\frac{1}{3} \pi (2.75)^2 (16.5) \right]$$

$$V_2 = 187.69 - 130.60$$

$$V_2 = 57.09 \text{ cm}^3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ส่วนที่เว้าเข้ามา

$$\text{ปริมาตร 3} = V_3$$

$$V_3 = \left[\frac{1}{3}\pi R^2 h \right] - \left[\frac{1}{3}\pi r^2 h \right]$$

$$V_3 = \left[\frac{1}{3}\pi (2.25)^2 (3.15) \right] - \left[\frac{1}{3}\pi (2.)^2 (3.15-0.35) \right]$$

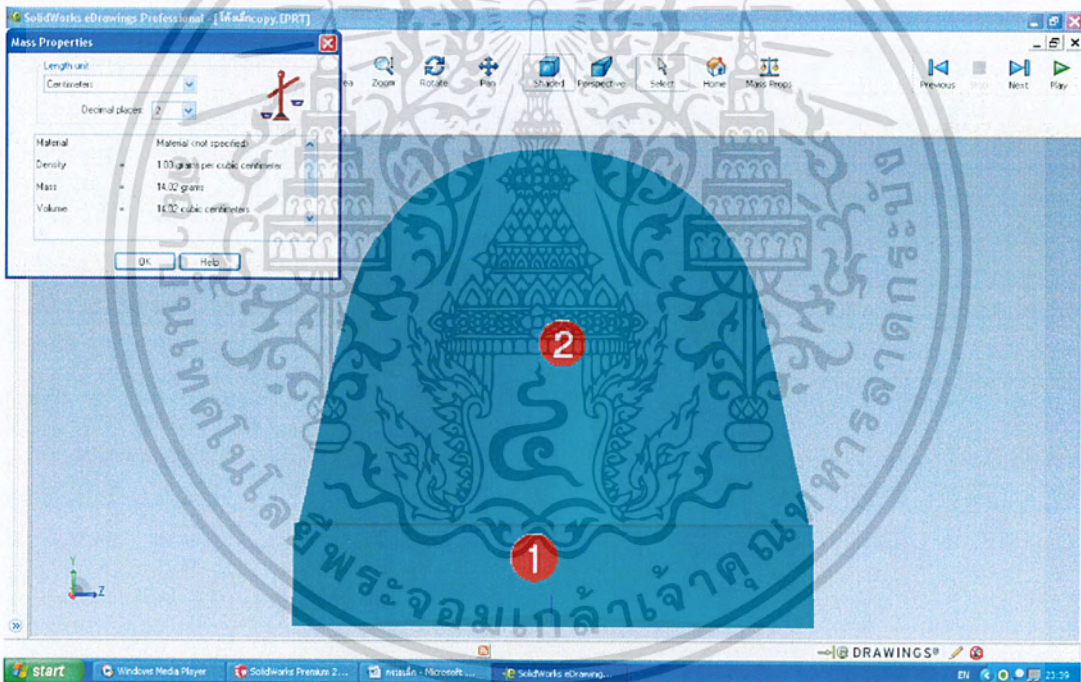
$$V_3 = \pi (5.3156 - 3.7333)$$

$$V_3 = 4.9684 \text{ cm}^3$$

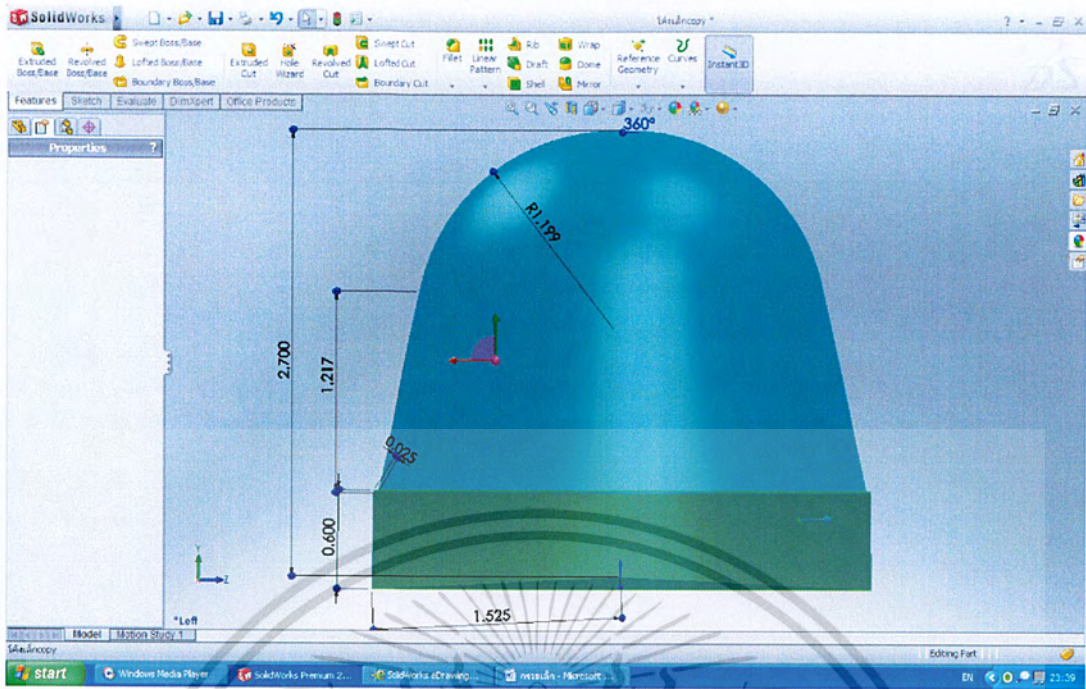
$$\text{ดังนั้น } V_{\text{รวม}} = V_1 + V_2 - V_3$$

$$V_{\text{รวม}} = 25.40 + 57.09 - 4.9684 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{รวม}} = 77.59 \text{ cm}^3$$



(1) ปริมาตรของเขลสี่รูปครึ่งวงกลมเล็ก



(2) ขนาดของเขลตึรูปครึ่งวงกลมเล็ก

รูปที่ 3.20 เขลตึรูปครึ่งวงกลมเล็ก

3.3.3.2 คำนวณหาปริมาตร เขลตึรูปครึ่งวงกลมเล็ก

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

1. ส่วนที่เป็นทรงกระบอก

$$\text{ปริมาตร 1} = V_1$$

$$V_1 = \pi r^2 h$$

$$V_1 = \pi (1.525)^2 (0.6)$$

$$V_1 = 4.3837 \text{ cm}^3$$

2. ส่วนที่เป็นทรงพลาโบล

$$\text{ปริมาตรพลาโบล} = \int_a^b A(x) dx \quad (3.5)$$

$$\text{ปริมาตร 2} = V_2$$

$$V_2 = \pi \int_0^{2.1} y^2 dx$$

$$V_2 = \pi \left[\frac{y^3}{3} \right]_1^{2.1}$$

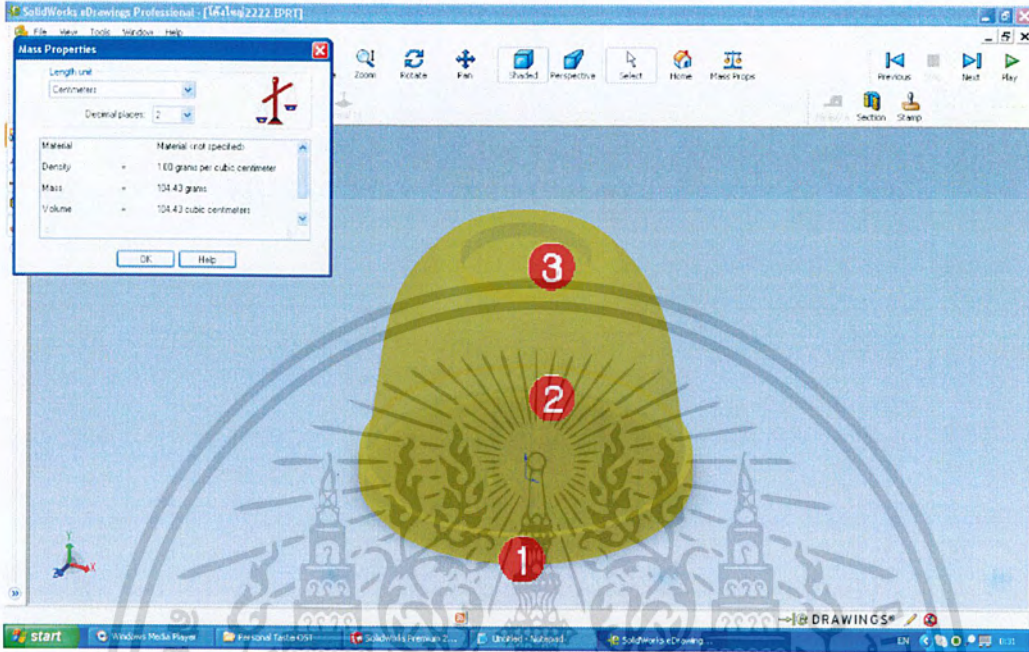
$$V_2 = 9.6980 \text{ cm}^3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

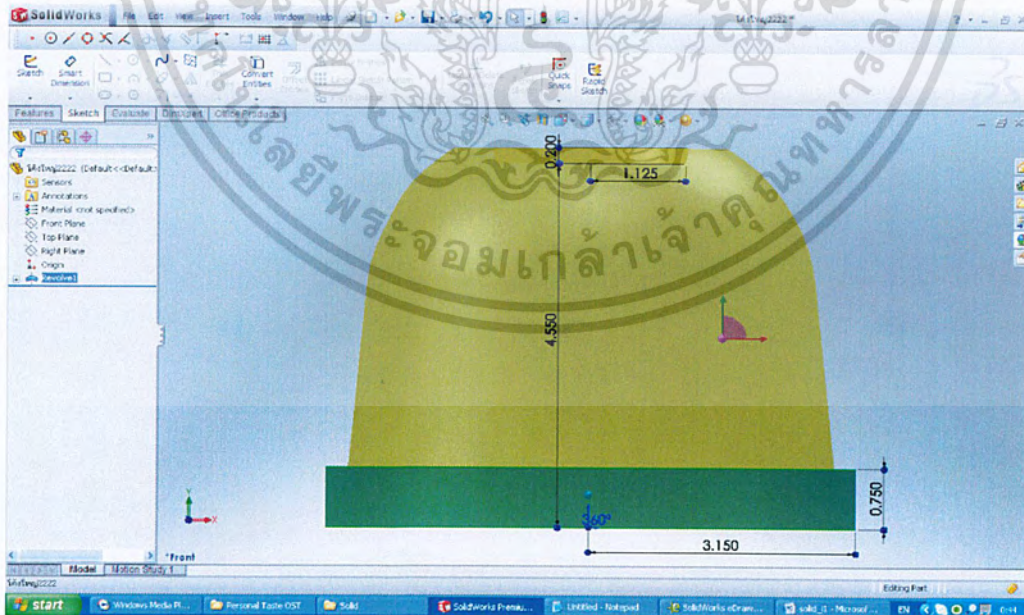
ดังนั้น $V_{รวม} = V_1 + V_2$

$V_{รวม} = 4.3837 + 9.6980 \text{ cm}^3$

$V_{รวม} = 14.0817 \text{ cm}^3$



(1) ปริมาตรของรูปครึ่งวงกลมใหญ่



(2) ขนาดของรูปครึ่งวงกลมใหญ่

รูปที่ 3.21 เสลล์รูปครึ่งวงกลมใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.3 คำนวณหาปริมาตร เยลลี่รูปครึ่งวงกลมใหญ่

แบ่งออกเป็นสามส่วน

1. ส่วนที่เป็นทรงกระบอก

$$\begin{aligned}\text{ปริมาตร 1} &= V_1 \\ V_1 &= \pi r^2 h \\ V_1 &= \pi (3.15)^2 (0.75) \\ V_1 &= 23.3793 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

2. ส่วนที่เป็นทรงกรวย

$$\text{ปริมาตรรูปทรงกรวย} = \frac{1}{3} \pi r^2 h$$

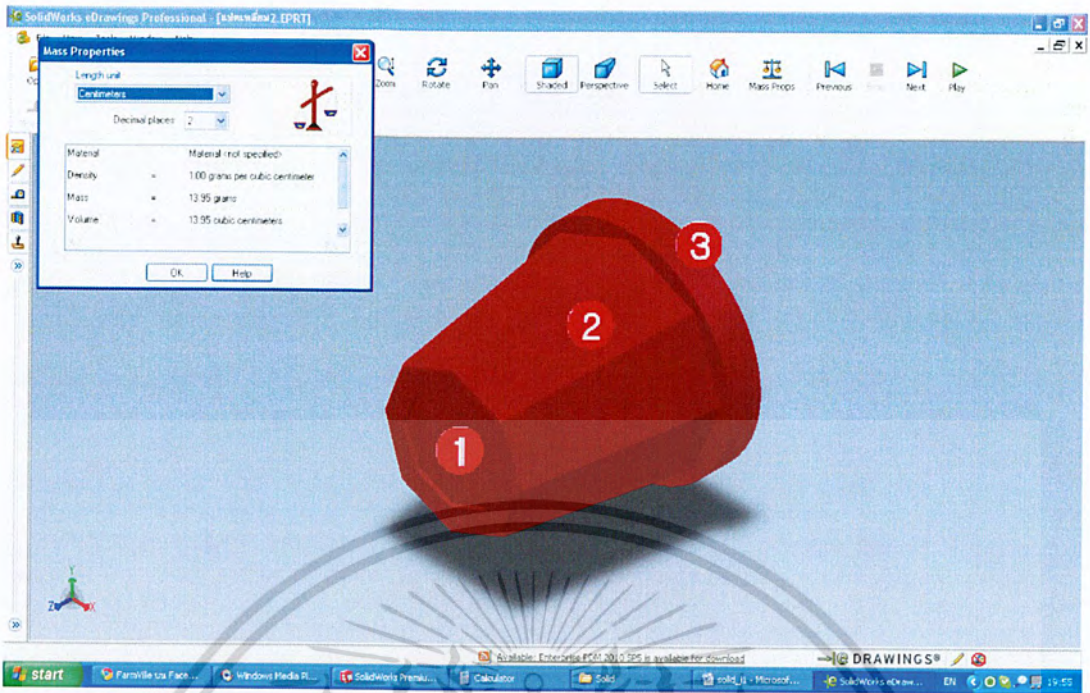
$$\text{ปริมาตรส่วนที่เป็นพลาโบลา} = \int_a^b A(x) dx$$

$$\begin{aligned}\text{ปริมาตร 2} &= V_2 \\ V_2 &= \left\{ \left[\frac{1}{3} \pi R^2 h \right] - \left[\frac{1}{3} \pi r^2 h \right] \right\} + \left\{ \pi \left[\int_{2.5}^{5.7} x dx \right] - \int_4^{5.7} x dx \right\} \\ V_2 &= \left\{ \left[\frac{1}{3} \pi (3.15)^2 (15.75) \right] - \left[\frac{1}{3} \pi (2.65)^2 (15.75 - 2.5) \right] \right\} \\ &\quad + \left\{ \pi \left[\frac{x^2}{2} \Big|_{2.5}^{5.7} \right] - \pi \left[\frac{x^2}{2} \Big|_4^{5.7} \right] \right\} \\ V_2 &= (163.6553 - 97.4397) + (15.3152) \\ V_2 &= 66.2156 + 15.3152 \text{ cm}^3 \\ V_2 &= 81.5308 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

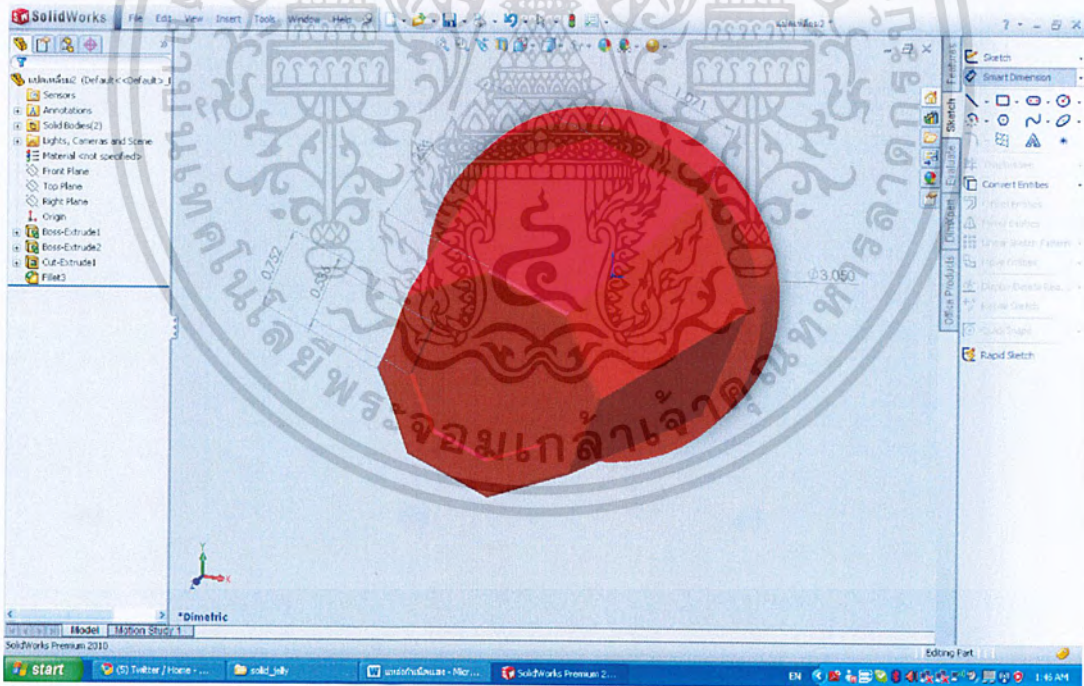
3. ส่วนที่เว้าเข้ามา

$$\begin{aligned}\text{ปริมาตร 3} &= V_3 \\ V_3 &= \left[\frac{1}{3} \pi R^2 h \right] - \left[\frac{1}{3} \pi r^2 h \right] \\ V_3 &= \left[\frac{1}{3} \pi (1.35)^2 (1.2) \right] - \left[\frac{1}{3} \pi (1.125)^2 (1) \right] \\ V_3 &= 0.9648 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้น } V_{\text{รวม}} &= V_1 + V_2 - V_3 \\ V_{\text{รวม}} &= 23.3793 + 81.5308 - 0.9648 \text{ cm}^3 \\ V_{\text{รวม}} &= 103.9453 \text{ cm}^3\end{aligned}$$



(1) ปริมาตรของเขลตี่รูปทรงแปดเหลี่ยม



(2) ขนาดของเขลตี่รูปทรงแปดเหลี่ยม

รูปที่ 3.22 เขลตี่รูปทรงแปดเหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 33 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.4 คำนวณหาปริมาตร เยลลี่รูปทรงแปดเหลี่ยม

แบ่งออกเป็นสามส่วน

1. ส่วนที่เป็นทรงกระบอก

$$\begin{aligned}\text{ปริมาตร 1} &= V1 \\ V1 &= \pi r^2 h \\ V1 &= \pi (1.55)^2 (0.5) \\ V1 &= 3.77 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

2. ส่วนที่เป็นทรงกรวย

$$\text{ปริมาตรพีระมิดแปดเหลี่ยม} = \frac{1}{3}(\text{พื้นที่แปดเหลี่ยม})h \quad (3.6)$$

$$\text{พื้นที่แปดเหลี่ยม (ใหญ่)} = (8)(1/2)(จ)(ส) = (8)(1/2)(1)(1.3) = 5.2 \text{ cm}^2$$

$$\text{พื้นที่แปดเหลี่ยม (เล็ก)} = (8)(1/2)(จ)(ส) = (8)(1/2)(0.8)(1) = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{ปริมาตร 2} &= V2 \\ V2 &= \frac{1}{3}(\text{พื้นที่แปดเหลี่ยมใหญ่})h - \frac{1}{3}(\text{พื้นที่แปดเหลี่ยมเล็ก})h \\ V2 &= \left[\frac{1}{3}(5.2)(9.88) \right] - \left[\frac{1}{3}(3.2)(9.88-2.88) \right] \\ V2 &= 17.125 - 8.106 \\ V2 &= 9.019 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

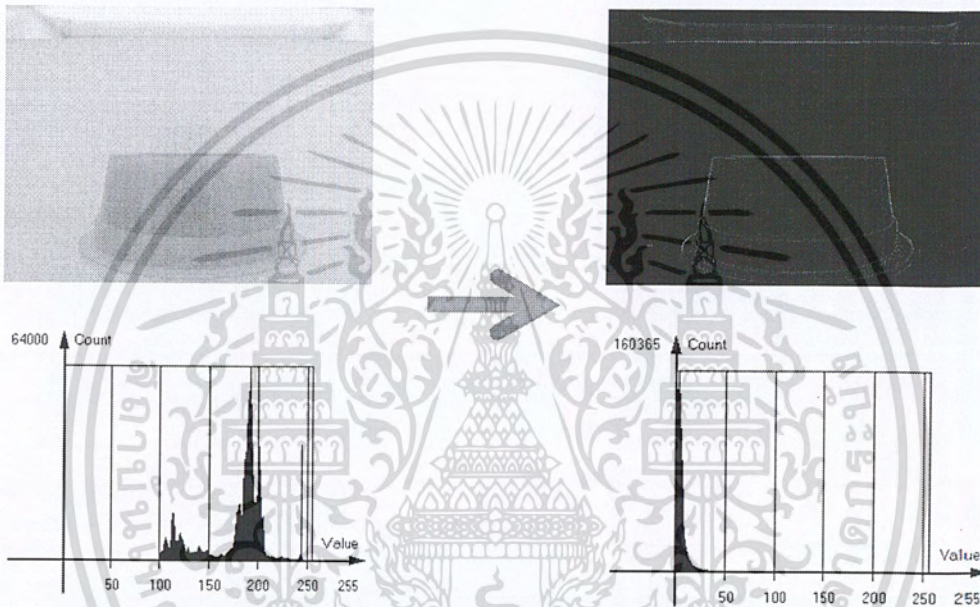
3. ส่วนที่เว้าเข้ามา

$$\begin{aligned}\text{ปริมาตร 3} &= V3 \\ V3 &= (\text{พื้นที่แปดเหลี่ยมใหญ่})h \\ V3 &= [(8)(1/2)(จ)(ส)]h \\ V3 &= [(8)(1/2)(0.5)(0.6)](0.1) \\ V3 &= 0.12 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

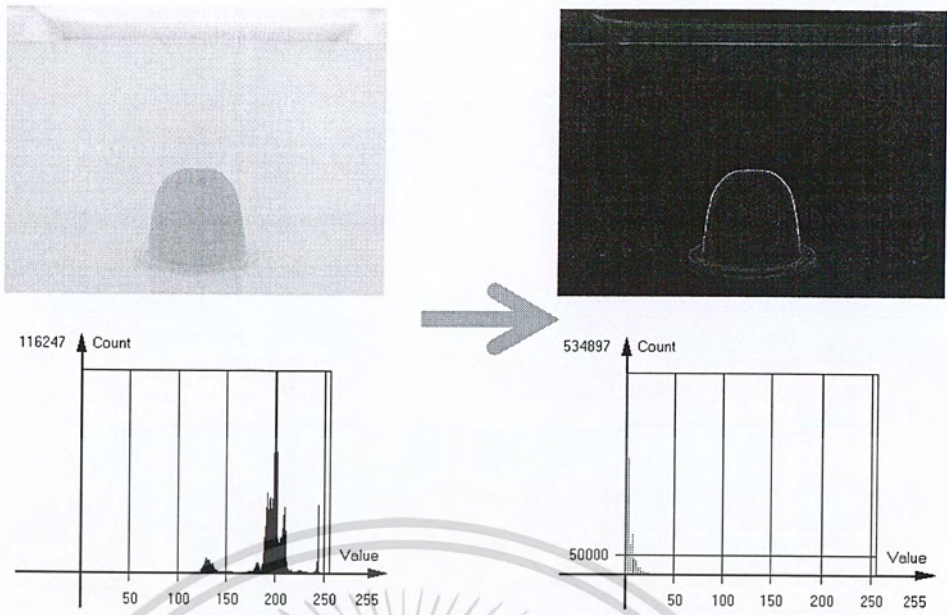
$$\begin{aligned}\text{ดังนั้น} \quad V_{\text{รวม}} &= V1+V2-V3 \\ V_{\text{รวม}} &= 3.77 + 9.019 - 0.12 \text{ cm}^3 \\ V_{\text{รวม}} &= 12.669 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

ในการทำงานจริงไม่สามารถใช้ไม้บรรทัดวัดได้เนื่องจากว่าใช้หลักการประมวลผลภาพ
 ใช้การรับภาพเข้ามาแล้วสามารถวัดระยะได้ ในโครงการนี้ใช้หลักการของการตรวจจับขอบแบบ
 Sobel ซึ่ง แสดงให้เห็นดังภาพข้างล่าง

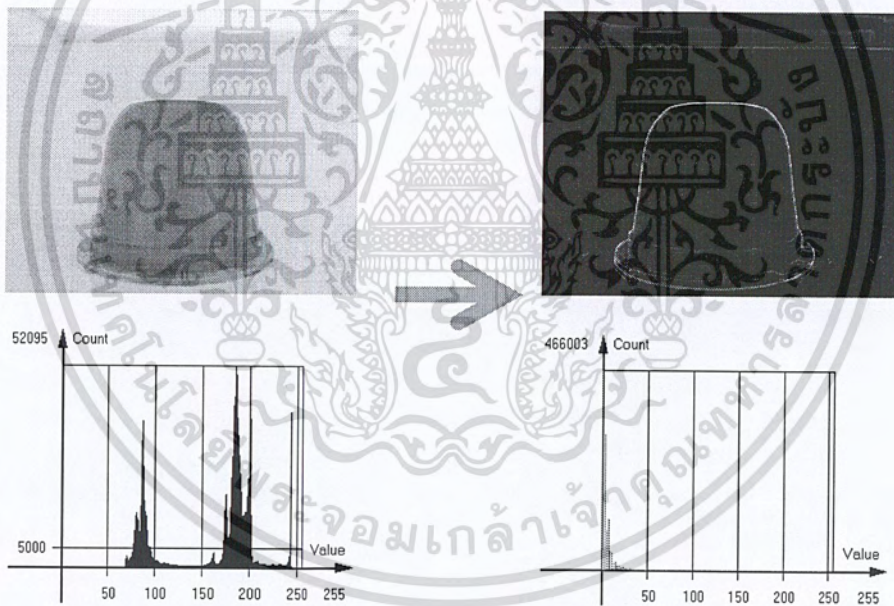
$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad G_x = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Sobel operator}$$



รูปที่ 3.23 การปรับ Sobel ของ Object 1

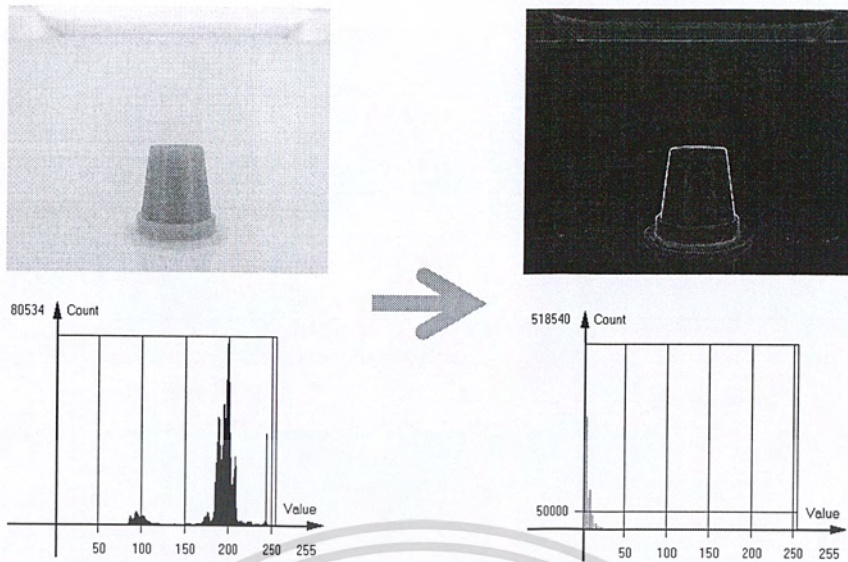


รูปที่ 3.24 การปรับ Sobel ของ Object 2



รูปที่ 3.25 การปรับ Sobel ของ Object 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 การปรับ Sobel ของ Object 4







เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.5 ปริมาตรของเมล็ดในรูปแบบต่างๆ

เพื่อเป็นการพิสูจน์ว่าค่าของปริมาตรจากการคำนวณด้วยการวัดด้วยไม้บรรทัด การวัดด้วยโปรแกรม Solid Work มีความใกล้เคียงกัน และจากการชั่งจากเครื่องชั่ง ก็มีปริมาตรที่ตรงตามต้องการมีความถูกต้อง จึงได้ทำการสรุปดังตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 ปริมาตรของเมล็ดในการวัดแบบต่างๆ

เมล็ด	น้ำหนัก (กรัม)					
	ชั่งได้	เทียบกับ มวลน้ำ	คำนวณ	Solid work	Diameter	$D=m/V$
 Object 1	86.76	80.00	79.59	79.78	63.60	1.09
 Object 2	15.91	14.84	14.08	13.32	30.50	1.13
 Object 3	116.38	104.94	103.94	104.43	63.00	1.12
 Object 4	16.52	16.00	12.66	13.95	31.00	1.30

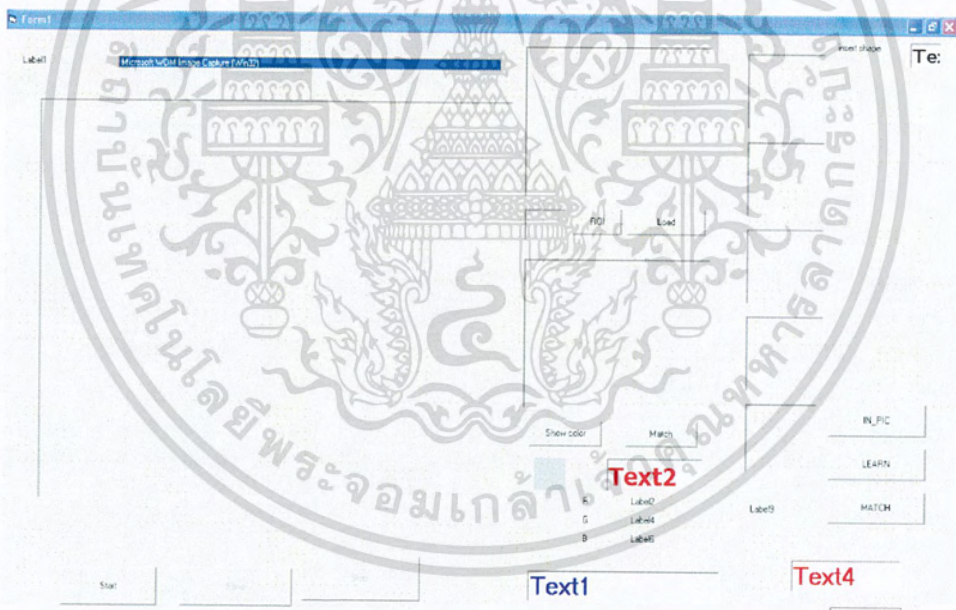
บทที่ 4

ผลการทดลอง

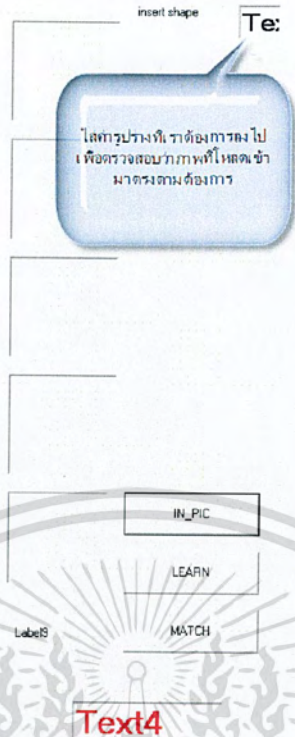
จากการทดลองนี้ ได้เขียนโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลภาพขึ้น

4.1 การตรวจสอบรูปร่างของเยลลี่

ในขั้นตอนแรกนำมาตรวจสอบรูปร่างของเยลลี่ โดยการนำภาพที่ถ่ายมาจากกล้องมาแปลงเป็นภาพระดับสีเทา (Gray Scale) หลังจากนั้น นำภาพที่ได้มาเข้าสู่กระบวนการ Matching กับภาพต้นแบบที่ได้ทำการกำหนดไว้จากการเลือกภาพที่ดีที่สุด และกำหนดค่า score ของการ Matching ถ้าหากใกล้เคียงกับค่าของภาพต้นแบบ ค่าก็จะเข้าใกล้ 1 งานชิ้นนี้จะเป็นงาน Pass และเข้าสู่การตรวจสอบขั้นต่อไป แต่ถ้า งานชิ้นนี้เป็นงาน Fail ไม่ต้องตรวจสอบขั้นต่อไป จะเป็น การจบการทำงานทันที

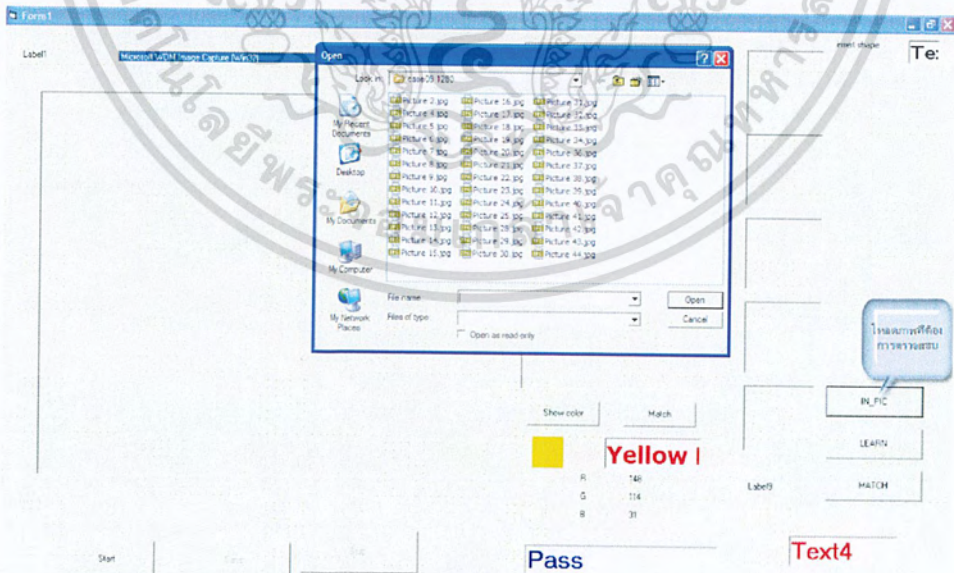


รูปที่ 4.1 รูปแบบโปรแกรมที่ใช้ตรวจรูปร่างและสี



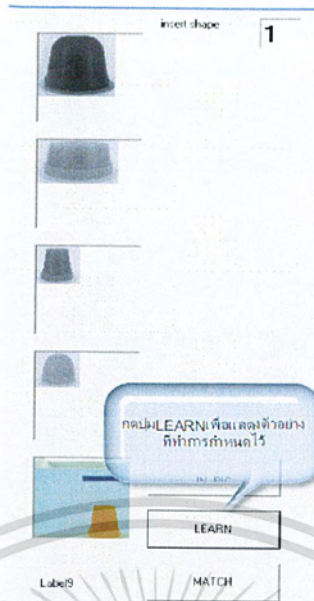
รูปที่ 4.2 หน้าต่างโปรแกรมตรวจสอบรูปร่าง

จากหน้าต่างโปรแกรมจะเห็น Insert shape เป็นการใส่ชนิดของเซลล์ที่เราต้องการ ตรวจสอบลงไป ใน Text box ว่าเราต้องการตรวจสอบรูปร่างแบบไหนของเซลล์



รูปที่ 4.3 ภาพที่ต้องการตรวจสอบ

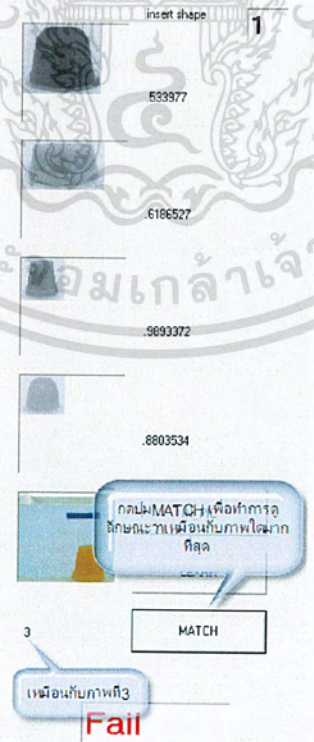
ปุ่ม IN_PIC จะทำการ โหลดภาพที่ถ่ายเก็บเอาไว้เข้ามาเพื่อทำการตรวจสอบ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Text4

รูปที่ 4.4 ภาพต้นแบบกับภาพที่จะตรวจสอบ

จะเห็นว่าใน Insert shape ต้องการตรวจสอบเซลล์ในรูปร่างที่ 1 และจากนั้นทำการกดปุ่ม LEARN เพื่อที่จะแสดงภาพต้นแบบที่กำหนดไว้ มี 4 แบบ



รูปที่ 4.5 การ Matching กับภาพต้นแบบ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าเมื่อนำภาพที่ได้มาเข้าสู่กระบวนการ Matching เพื่อที่จะตรวจสอบว่าภาพที่นำเข้ามาตรวจสอบเหมือนภาพต้นแบบรูปแบบไหนมากที่สุดและเหมือนกับภาพที่เราได้กำหนดไว้ที่จะตรวจสอบหรือไม่ ผลแสดงออกมาเป็นภาพที่ 3 แต่ใน Insert shape ต้องการรูปร่างที่ 1 ที่ได้กำหนดไว้



รูปที่ 4.6 หน้าต่างผลการทำงาน

จะเห็นได้ว่ารูปร่างที่ 1 ที่เราต้องการตรวจสอบกับผลที่ได้แสดงออกมา เป็นรูปร่างที่ 3 ไม่ตรงกัน ฉะนั้นการตรวจสอบนี้ถือว่าไม่ผ่านทำให้มีการแสดงผลออกมาเป็น Fail แต่ถ้าใน Insert shape เป็นรูปร่างที่ 3 ที่เราต้องการตรวจสอบ ดังนั้นผลที่แสดงออกมาว่าเป็นรูปร่างที่ 3 นั้นจะตรงกัน การตรวจสอบนี้ก็จะถือว่าผ่าน ทำให้การแสดงผลออกมาเป็น Pass

4.2 การตรวจสอบสีของเยลลี่

ในขั้นตอนต่อไปนี้ เป็นการตรวจสอบสีของเยลลี่ โดยจะใช้หลักการการเทียบค่าของสี RGB โดยทำการตั้งค่าบริเวณภาพต้นแบบไว้ จากนั้นทำการหาค่าเฉลี่ยค่าสี RGB ของบริเวณนั้นแล้วเก็บค่าไว้ เมื่อนำภาพที่รับได้จากกล้องเข้ามาตรวจสอบ ก็จะทำการกำหนดบริเวณของรูปภาพให้เป็นตำแหน่งเดียวกับภาพต้นแบบ แล้วทำการหาค่าเฉลี่ย RGB กำหนดค่าความคลาดเคลื่อน

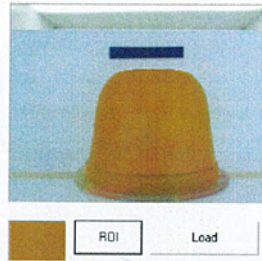
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

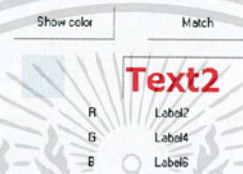
ไว้เป็นช่วง ถ้าหากใกล้เคียงค่าสี RGB ของภาพต้นแบบค่าก็จะเข้าใกล้ 1 มากที่สุด งานชิ้นนี้จะ
เป็นงาน Pass และเข้าสู่การตรวจสอบขั้นต่อไป แต่ถ้า งานชิ้นนี้เป็นงาน Fail ไม่ต้องตรวจสอบ
ขั้นต่อไป จะเป็นการจบการทำงานทันที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กดเพื่อกำหนดสีต้นแบบในขอบเขต

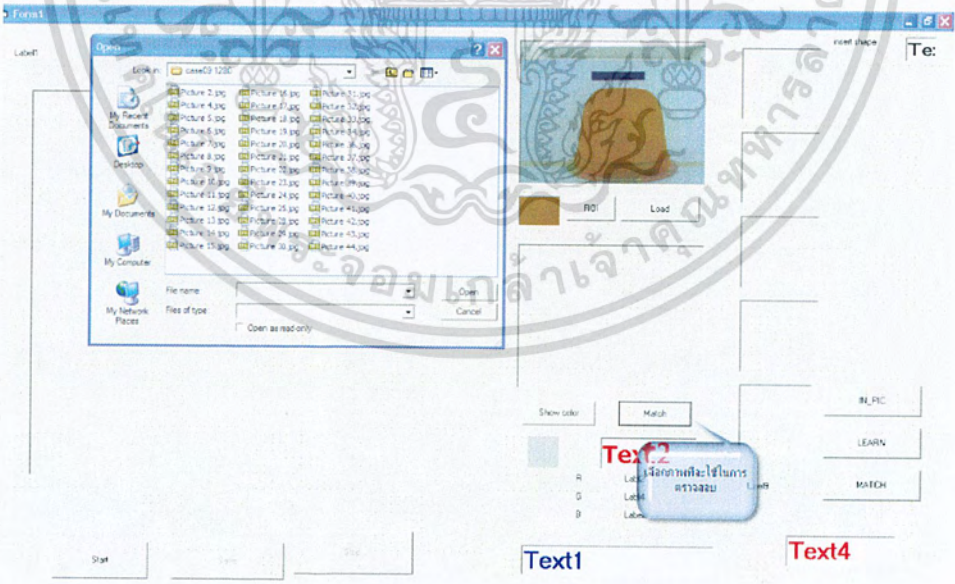


Text1

Text2

รูปที่ 4.8 ขอบเขตของสี

ทำการกำหนดขอบเขตของสีในภาพต้นแบบที่จะนำมาตรวจสอบ



Text1

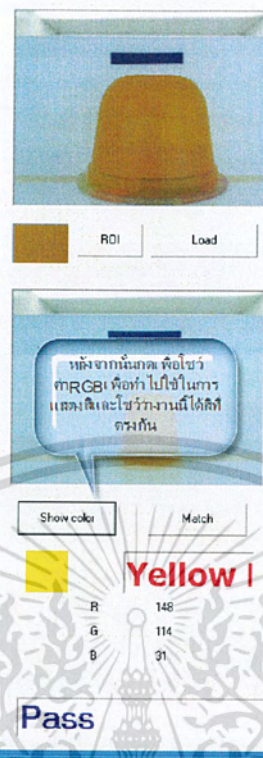
Text4

รูปที่ 4.9 การ Matching กับภาพต้นแบบ

จากนั้นเข้าสู่กระบวนการทำ Matching ทำการเลือกภาพที่จะใช้ตรวจสอบจากภาพที่ถ่าย

เก็บไว้เข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

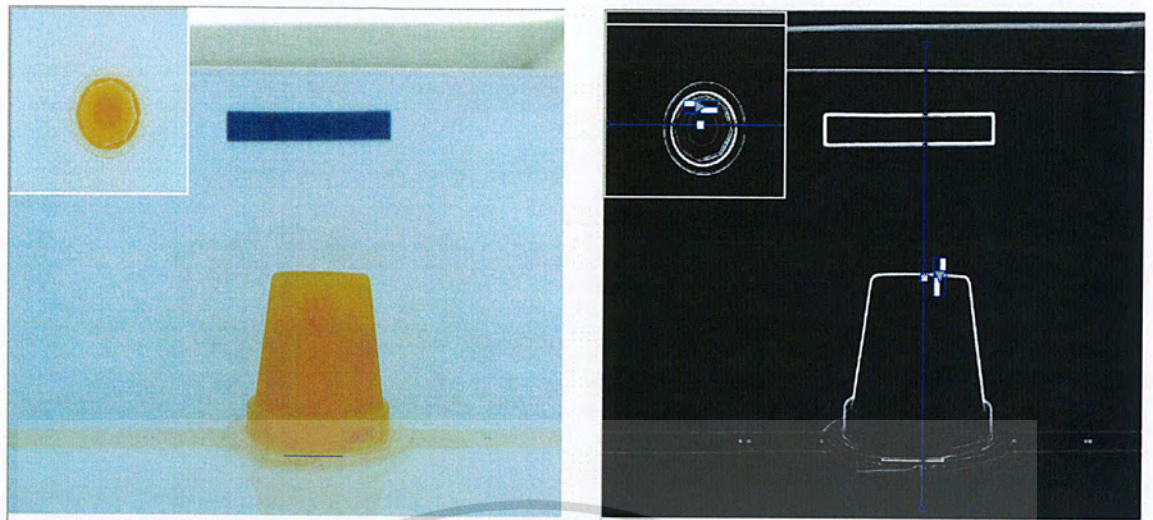


รูปที่ 4.10 หน้าต่างโปรแกรมการตรวจสอบสี

การ Show color เป็นการแสดงสีที่ได้ว่าเป็นสีเหลืองตรงกับภาพต้นแบบที่ได้กำหนดไว้และใช้ค่า RGB ของเยลลี่สีเหลือง ฉะนั้น การตรวจสอบสีในขั้นตอนนี้ผ่าน ทำให้แสดงผลออกมา Pass

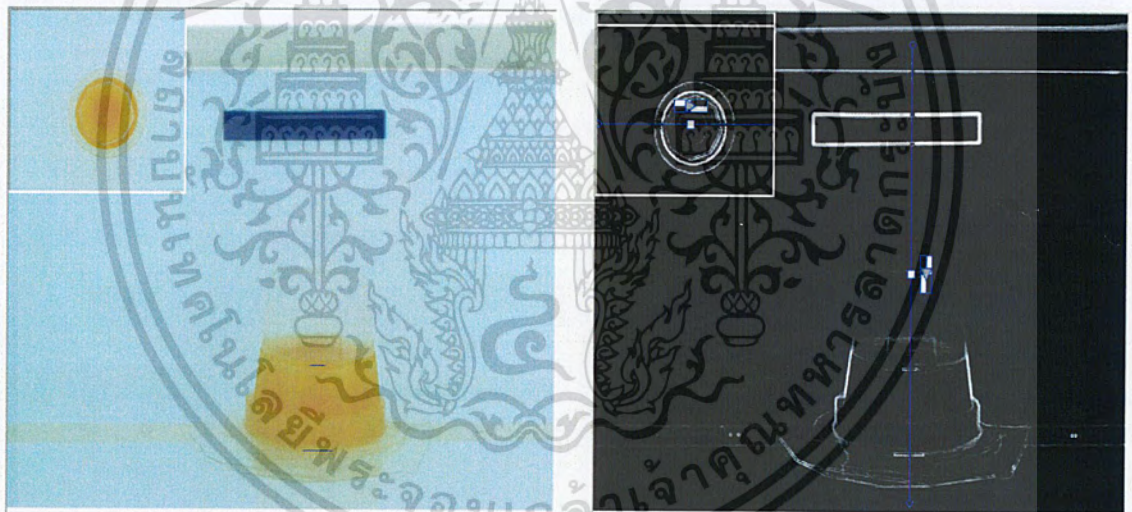
4.3 การตรวจสอบปริมาณของเยลลี่

ในขั้นตอนสุดท้าย เป็นการตรวจสอบปริมาณ ใช้หลักการของการหาขอบภาพ (Edge Detection) เริ่มจาก เมื่อรับภาพเข้ามา ทำการแปลงภาพเป็นระดับสีเทา (Gray Scale) หลังจากนั้นทำการตรวจจับขอบภาพโดยใช้หลักการ Sobel เพื่อหาระยะต่างเพื่อนำมาแทนค่า ในสูตรการหาปริมาณของแต่ละรูปร่าง



Input_Pic Result Value 12.670591666666666 cm³ Status PASS

รูปที่ 4.11 ปริมาตรของชิ้นงานที่ถูกต้อง ผลออกมาเป็น Pass



Input_Pic Result Value 8.430591666666666 cm³ Status FAIL

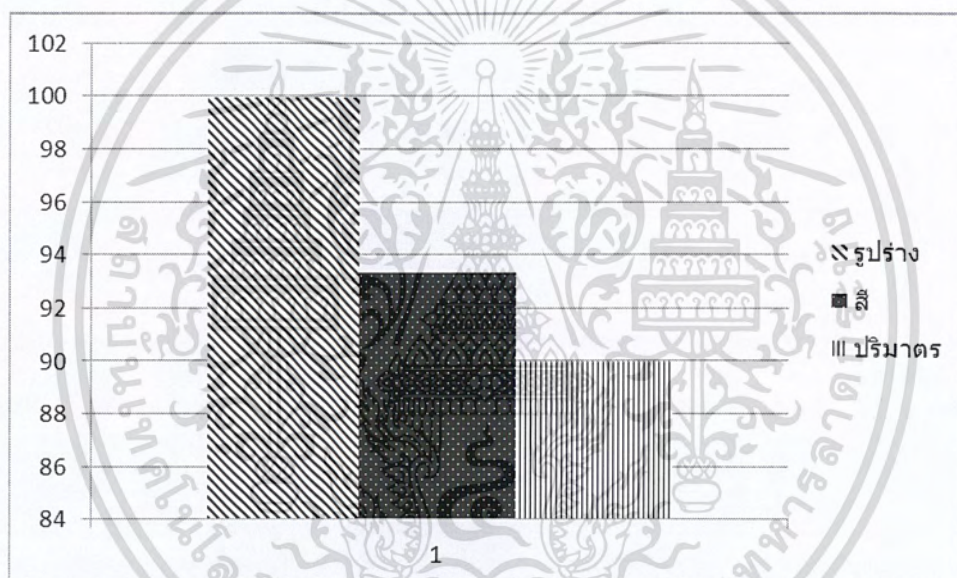
รูปที่ 4.12 ปริมาตรของชิ้นงานที่ไม่ถูกต้อง ผลออกมาเป็น Fail

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบชิ้นงาน

วิธีการตรวจสอบ	จำนวนชิ้นงาน	งาน Pass	งาน Fail	% ความถูกต้อง
รูปร่าง	30	30	0	100
สี	30	28	2	93.33
ปริมาตร	30	27	3	90

จากตารางแสดงให้เห็นว่า การตรวจสอบชิ้นงานด้วยวิธีการแต่ละขั้นตอน ผลออกมาคือ การตรวจสอบรูปร่างของชิ้นงาน 30 ชิ้น มีความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ การตรวจสอบสีของชิ้นงาน 30 ชิ้น มีความถูกต้อง 93.33 เปอร์เซ็นต์ การตรวจสอบปริมาตรของชิ้นงาน 30 ชิ้น มีความถูกต้อง 90 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงผลการทดสอบการตรวจสอบชิ้นงาน

บทที่ 5

การสรุปผลการจัดสร้างโครงการ

5.1 บทสรุปผลการจัดสร้างโครงการ

จากผลการทดลองและเรียนรู้วิชาโครงการพิเศษ 2 ต้องศึกษาเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้งานกล้องในการใช้ตรวจสอบเหล็กที่มีความโปร่งใส และยังสามารถนำประโยชน์เรื่องแสงมาใช้ในการทำโครงการเพื่อให้เราสามารถตรวจสอบความผิดปกติชิ้นงานได้อย่างละเอียดถูกต้อง รวมทั้งการศึกษาวิธีการต่างๆ ที่จะสามารถนำมาหาข้อแตกต่างชิ้นงาน วิธีการที่ช่วยให้การประมวลผลเกิดในระยะเวลารวดเร็ว สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ คือสามารถนำหลักการ Image Processing มาใช้งานได้จริง และสามารถเขียน โปรแกรมเพื่อนำมา Interface link ระหว่างอุปกรณ์ได้จริง

5.2 ปัญหาการจัดสร้างโครงการ

ปัญหาที่พบปรากฏว่าเป็นส่วนของฮาร์ดแวร์ เนื่องจากในการประมวลผลภาพต้องใช้ Machine Vision (กล้อง) ที่มีความสามารถในการจับภาพที่ชัดเจนเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของภาพที่มีความสมบูรณ์ ปัญหาของโครงการนี้คือ

- ในการตรวจสอบปริมาตรต้องใช้กล้องมากกว่าหนึ่งตัวเพื่อให้ได้ภาพหลายมุมในการวัดระยะเพื่อนำมาคำนวณในสูตรปริมาตรของแต่ละรูปร่าง
- โปรแกรมในการตรวจสอบปริมาตรยังไม่มีประสิทธิภาพ 100 เปอร์เซ็นต์ เพราะผลเนื่องมาจากฮาร์ดแวร์ที่ยังไม่สามารถจับภาพที่มีความละเอียดพอ

5.3 ข้อเสนอแนะ

โครงการนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อได้ทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์และโปรแกรม ในส่วนของฮาร์ดแวร์สามารถเพิ่มกล้อง และหาวิธีที่จะจับภาพที่ได้ให้สามารถตรวจสอบขอบเพื่อให้ได้ระยะต่างๆ ของแต่ละรูปร่างเพื่อนำไปคำนวณเพื่อนำไปแก้ไขกระบวนการตรวจสอบปริมาตรให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น และในส่วนของโปรแกรมยังสามารถพัฒนาได้โดยการทำรูปแบบให้ดูดี เป็นมืออาชีพ และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มากขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] Edmund Optics Inc., Technical Documents Support [Online]. Available from :
<http://www.edmundoptics.com/techSupport/DisplayArticle.cfm?articleid=311>,
Retrieved date : Jun. 2010
- [2] Edmund Optics Inc., Technical Documents Support [Online]. Available from :
<http://www.edmundoptics.com/techSupport/DisplayArticle.cfm?articleid=239>,
Retrieved date : Jun. 2010.
- [3] Edmund Optics Inc., Technical Documents Support [Online]. Available from :
<http://www.edmundoptics.com/techSupport/DisplayArticle.cfm?articleid=263>,
Retrieved date : Jun. 2010.
- [4] CCS Inc., PDF Catalogue [Online]. Available from :
<http://www.ccs-inc.co.jp/cgi-bin/pamphlet.cgi?lang=e>, Retrieved date : Jun. 2010.
- [5] Melles Griot, Machine Vision Guide [Online]. Available from :
http://www.mellesgriot.com/pdf/CatalogX/X_14_16-19.pdf,
Retrieved date : Jun. 2010.
- [6] Firstsight Vision Ltd., Machine Vision Illumination Techniques [Online]. Available from :
<http://server.firstsightvision.co.uk/download/Firstsight%20Vision/techpdf/Illuminationtech.pdf>, Retrieved date : Jun. 2010.
- [7] Edmund Optics Inc., Technical Documents Support [Online]. Available from :
<http://www.edmundoptics.com/technical-support/imaging/understanding-video-and-imaging-equipment/> Retrieved date : Jun. 2010.
- [8] Head Stack Assembly
cpe.rsu.ac.th/ut/courses/T1-51/cpe489/.../FieldTrip1.pdf
Retrieved date : Jun. 2010.
- [9] รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์, การประมวลผลภาพดิจิทัลด้วย C++, แผนกตำราและสื่อการสอน คณะวิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2552
- [10] รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์, การประมวลผลภาพดิจิทัลด้วย Matlab, แผนกตำราและสื่อการสอน คณะวิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2550
- [11] ผศ.ดร.สมเกียรติ อุดมมหารชากุล, การประมวลผลภาพเบื้องต้น, แผนกตำราและสื่อการสอน คณะวิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2550

- [12] ผศ.ดร.สมเกียรติ อุดมมหารชากุล, การประมวลผลภาพเบื้องต้น, บริษัท สำนักพิมพ์ท็อป
จำกัด, 2554
- [13] ทรายศ เวียงทอ., Configurable Computing . มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร. Available from :
[http://www.ee.mut.ac.th/home/theerayod/home_files/Reconfigurable%
20Computing.pdf](http://www.ee.mut.ac.th/home/theerayod/home_files/Reconfigurable%20Computing.pdf) Retrieved date : Jan 2011.



ภาคผนวก

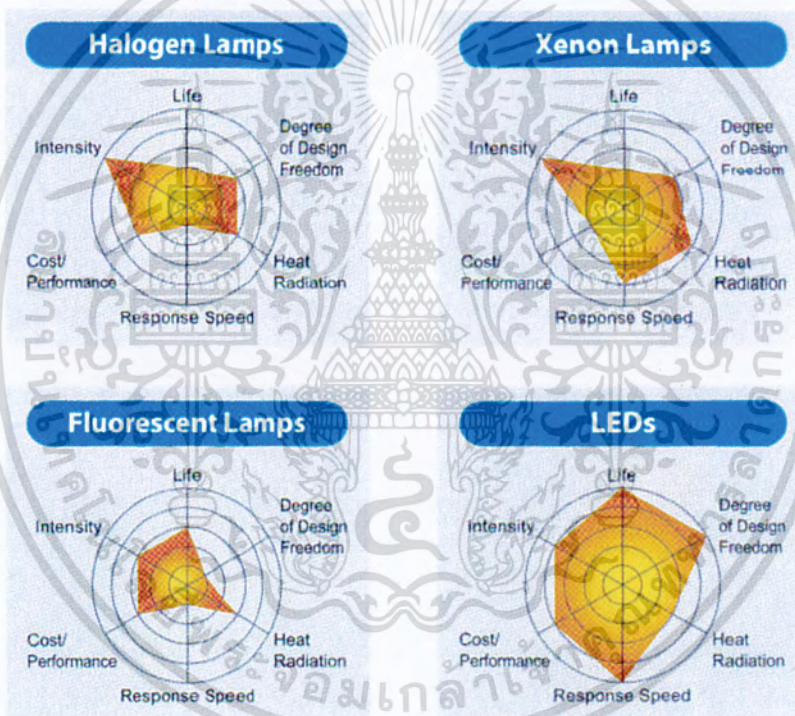


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

แหล่งกำเนิดแสง (Light source)

สิ่งสำคัญที่สามารถมองเห็นวัตถุได้ทั่วทั้งชิ้นงานคงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะกล่าวถึงเรื่อง แหล่งกำเนิดแสง บางครั้งสาเหตุอาจเกิดจากจุดอับแสง และการสะท้อนของแสงเมื่อ โคนชิ้นงาน เนื่องจากอาจจะเกิดจุดอับแสง หรือเกิดการสะท้อนกลับของแสงจากส่วนของชิ้นงาน โดยลักษณะ การกำเนิดแสงก็ จะแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ การกำเนิดแสงโดยหลอดฮาโลเจน (Halogen lamp), การกำเนิดแสงโดยหลอดซีนอน (Xenon lamp) , การกำเนิดแสงโดยหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent lamp) และ การกำเนิดแสงโดยไดโอดเปล่งแสง(LED)



รูปที่ ก.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของแหล่งกำเนิดแสง

ตารางที่ ก.1 ข้อดีข้อเสียของแหล่งกำเนิดแสงแบบต่างๆ

ชนิดของแหล่งกำเนิดแสง	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
ไดโอดเปล่งแสง (LED) Array of light-emitting diodes	สามารถปรับแต่งรูปแบบ ได้โดยการจัดวาง แสงเชิงเดี่ยวสามารถใช้ใน งานประยุกต์บางประเภท ได้อย่างดี สามารถปรับปรุงกำลัง และความเร็วในการ กะพริบได้	งานบางรูปแบบจะมองเห็น ได้ยากด้วยแหล่งกำเนิดแสง แบบสีเดียว จำนวนLEDที่ใช้ขึ้นอยู่กับ ชิ้นงานหากชิ้นงานมีขนาด ใหญ่จะต้องใช้LEDจำนวน มาก
การส่องสว่างโดยสายไฟเบอร์ (Fiber of light Illuminators') Incandescent lamp in housing; light carried by optical fiber bundle to applications	สายไฟเบอร์สามารถ ปรับแต่งรูปร่างได้มาก อุณหภูมิและกำลังไฟที่ใช้ ขึ้นอยู่กับรูปร่างของงาน ง่ายในการเปลี่ยนหลอด กำเนิดแสง	หลอดทั้งสแตนด์มี ประสิทธิภาพต่ำโดยเฉพาะ อย่างยิ่งสีฟ้า
ฟลูออเรสเซนต์(Fluorescent) High-frequency tube or ring lamp	การกระจายของแสงสูง มีช่วงสเปกตรัมของแสงที่ กว้างมาก อายุการใช้งานมาก	การปรับแต่งมีช่วงที่จำกัด การควบคุมความเข้มแสงไม่ สามารถทำได้บางชนิดของ แหล่งกำเนิดแสงนี้
หลอดไฟแบบปรับความถี่ได้ (Strobe) Xenon arc strobe lamp, with either direct or fiber bundle light delivery	เหมาะสำหรับการจับภาพ วัตถุที่เคลื่อนที่เร็ว ความเข้มแสง	ต้องการความแม่นยำ ระหว่างช่วงเวลาส่องสว่าง กับช่วงเวลาถ่ายภาพ ต้องการอุปกรณ์ป้องกัน สำหรับผู้ใช้งานซึ่งทำงานอยู่ ใกล้

ก.1 แหล่งการกำเนิดแสงที่สร้างจากไดโอดเปล่งแสง

ก.1.1 แหล่งกำเนิดแสงแบบส่องสว่างโดยตรง (Direct light)

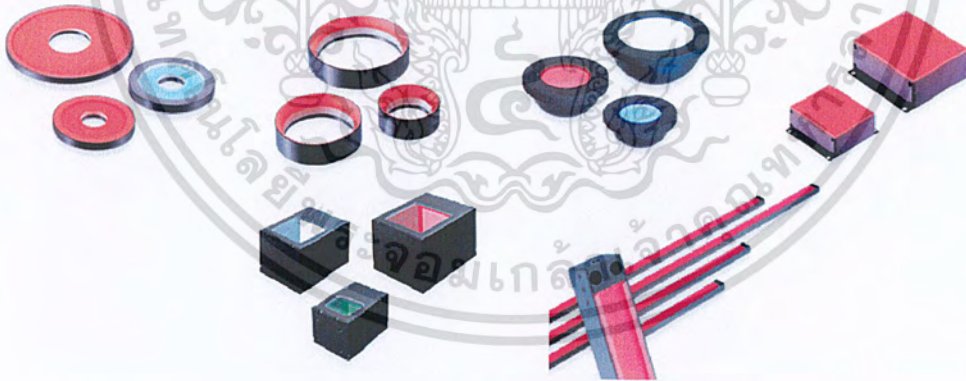
แหล่งกำเนิดแสงแบบนี้จะเหมาะสมกับงาน ลักษณะการจัดเรียงในรูปแบบต่างๆ ดังได้แสดงในรูปที่ ก.2 เป็นรูปแบบวงแหวนที่มุมต่างๆกัน (ring light) เป็นรูปแบบวงที่มุมต่ำ (low angle ring light) และเป็นรูปแบบการจัดเรียงแบบแท่งตรง (bar light)



รูปที่ ก.2 ตัวอย่างแหล่งกำเนิดแสงแบบ direct light

ก.1.2 แหล่งกำเนิดแสงแบบส่องสว่างโดยผ่านแผ่นกระจายแสง (Indirect light)

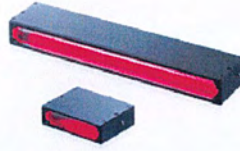
ลักษณะการจัดเรียงตัวในรูปแบบต่างๆดังได้แสดงในรูปที่ ก.3 รูปแบบวงแหวนแบบแผ่นราบหรือในรูปแบบของเสาต่างๆ (Flat-ring light), รูปแบบวงแหวนลักษณะของसान้อย (low-Angle ring light), รูปแบบโดม(dome light), รูปวงแหวนแนวราบ(flat light), รูปแบบสะท้อนผ่านกระจกสะท้อน(coaxial light), และรูปแบบที่วางตัวแบบเป็นแถว (line light)



รูปที่ ก.3 ตัวอย่างแหล่งกำเนิดแสงแบบ Indirect light

ก.1.3 แหล่งกำเนิดแสงแบบแผ่ลำแสงเข้าบรรจบกัน (Convergent-beam light)

ลักษณะของแสงจะแผ่ลำแสงเข้ามาบรรจบกันเป็นแนวเส้นตรง แสดงตัวอย่างของแหล่งกำเนิดแสงนี้ดังรูปที่ ก.4



รูปที่ ก.4 ตัวอย่างแหล่งกำเนิดแสงแบบ Convergent-beam light

ก.1.4 แหล่งกำเนิดแสงแบบขนาน (Collimated light)

แหล่งกำเนิดแสงแบบนี้จะเห็นลักษณะแสงที่เป็นแสงขนาน

ก.1.5 แหล่งกำเนิดแสงแบบพิเศษ (Special light)

แบ่งเป็น รูปที่ ก.5(1) แบบสปอตไลท์ความเข้มแสงสูง (high-luminosity spotlight) รูปที่ ก.5(2) แบบไมโครไฟเบอร์ (micro fiber-head) และรูปที่ ก.5(3) แบบสปอตไลท์ (spot light)

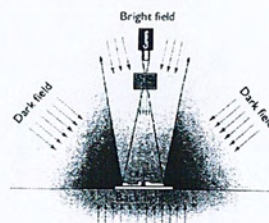


รูปที่ ก.5 ตัวอย่างแหล่งกำเนิดแสงแบบพิเศษ

(1)High-luminosity spotlight, (2) micro fiber-light, (3) spot light [4]

ก.2 เทคนิคในการใช้งานแหล่งกำเนิดแสง (Lighting Techniques)

การใช้งานแหล่งกำเนิดแสงมีรูปแบบวิธีการในการเลือกใช้งานให้เกิดความเหมาะสมและถูกต้องกับรูปแบบงานที่ใช้ ในส่วนนี้จะเป็นรูปแบบการใช้งานและเทคนิคต่าง ๆ ในการใช้งานแหล่งกำเนิดแสง ในรูปที่ ก.6 จะเป็นการแสดงเกี่ยวกับเทคนิคทั้ง 3 รูปแบบ



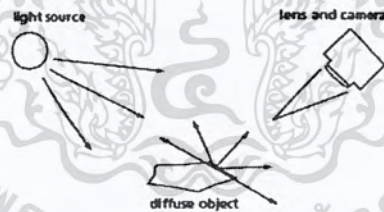
รูปที่ ก.6 เทคนิคการส่องสว่าง [6]

ก่อนที่จะได้กล่าวถึงเทคนิคการใช้งานทั้ง 3 รูปแบบในรูปแบบที่ ก.6 นั้นจะขออธิบายถึงรูปแบบของแหล่งกำเนิดแสงชนิดหลัก ๆ 2 รูปแบบก่อน ซึ่งก็คือ แหล่งกำเนิดแสงแบบเสมือนจุด (Point-like lighting) และแหล่งกำเนิดแสงแบบแผ่กระจายแสง (Diffuse light)

ก.2.1 แหล่งกำเนิดแสงแบบเสมือนจุด (Point-like lighting)

การส่องสว่างแบบนี้มีลักษณะแบบโดยตรง คือส่องสว่างไปยังวัตถุที่ต้องการโดยตรง แหล่งกำเนิดแสงเสมือนจุดสร้างได้โดยง่าย เพราะแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้มีขนาดเล็ก และสามารถกำหนดระยะความห่างระหว่างวัตถุที่ต้องการส่องสว่างได้ง่าย โดยที่หลอดไฟแบบไฟเบอร์ออปติก แหล่งกำเนิดแสงแบบวงแหวน และไดโอดเปล่งแสง สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงแบบเสมือนจุดได้ โดยเฉพาะแหล่งกำเนิดแสงที่ส่งผ่านสายไฟเบอร์ออปติกสามารถกำหนดทิศทางได้

แหล่งกำเนิดแสงเสมือนจุดจะให้ความเข้มแสงและประสิทธิภาพสูง โดยแหล่งกำเนิดแสงนี้จะทำให้ขอบภาพคมชัดมากยิ่งขึ้น ทำให้เกิดเงาและเน้นคุณสมบัติเด่นต่าง ๆ ของพื้นผิว เพราะขนาดเล็กทำให้แหล่งกำเนิดแสงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ง่ายกว่าแหล่งกำเนิดแสงแบบกระจายแสง เงาและคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกันนั้นจะเป็นประโยชน์ในงานประยุกต์บางอย่างที่ไม่สนใจส่วนอื่น ๆ เมื่อให้แหล่งกำเนิดแสงนี้กับวัตถุที่สะท้อนแสงจะทำให้เกิดการสะท้อนมาก เป็นเหตุทำให้ภาพที่ได้ในกล้องวิดีโอเข้มแสงมากจนเกินไป ในขณะที่เดียวกันที่ส่วนของวัตถุที่อยู่ห่างจากแสงมากกว่าจะมีด รูปที่ ก.7 แสดงการกระจายของแสงจากวัตถุเมื่อตกกระทบ



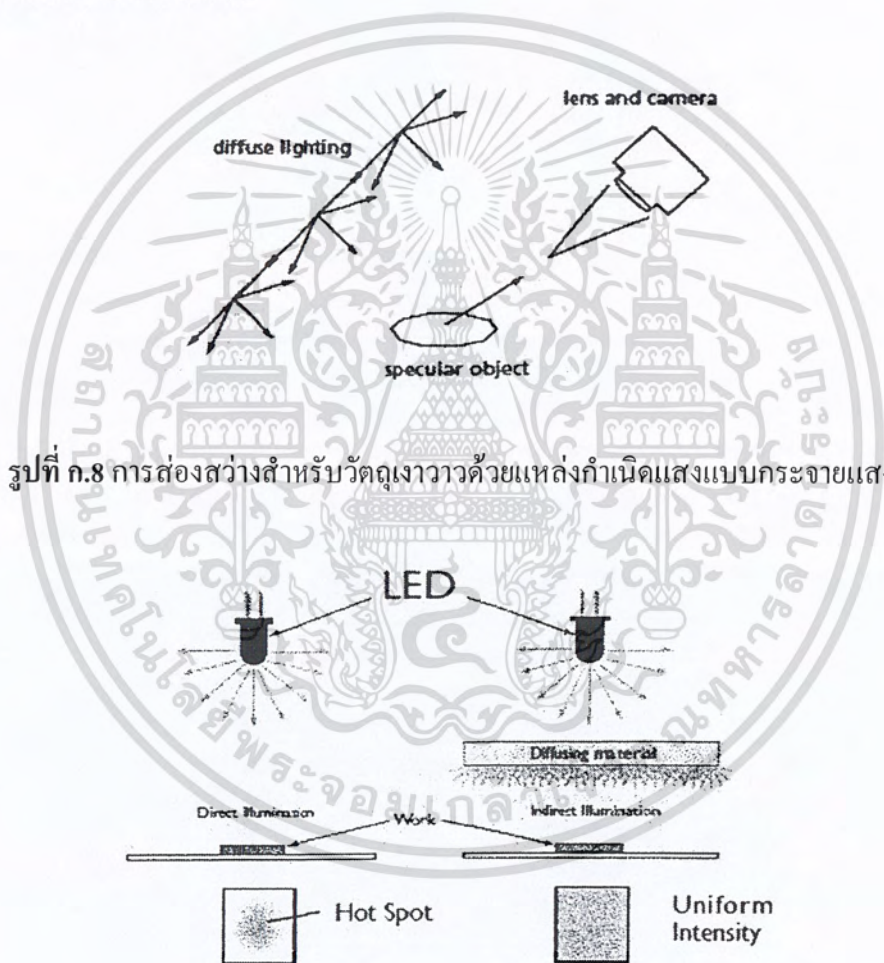
รูปที่ ก.7 การกระจายแสงของวัตถุจากแหล่งกำเนิดแสงเสมือนจุด [5]

ก.2.2 แหล่งกำเนิดแสงแบบแผ่กระจายแสง (Diffuse Lighting)

การที่จะให้เกิดแสงในรูปแบบนี้กับวัตถุ จะต้องใช้แผ่นกระจายแสงครอบวัตถุไว้โดยรอบ หลอดฟลูออเรสเซนต์ จะเป็นการส่องสว่างในลักษณะแบบกระจายแสงเช่นกัน อุปกรณ์ช่วยกระจายแสง (ส่วนมากเป็นแผ่นพลาสติกเรียบ) ที่นำมาวางอยู่ด้านหน้าแหล่งกำเนิดแสงแบบจุด จะช่วยให้การกระจายตัวของแสงดีมากขึ้น แหล่งกำเนิดแสงแบบนี้จะช่วยภาพที่ได้ไม่มีแสงสะท้อน พื้นผิววัตถุจะถูกลดความสำคัญลง จะไม่ไวต่อมุมของผิวบนองค์ประกอบต่าง ๆ แหล่งกำเนิดแสงแบบกระจายแสงนี้จะสร้างขึ้นใช้งานได้ง่ายเพราะแสงที่ส่องสว่างจะต้องกระจาย

ครอบคลุมวัตถุทั้งหมด เช่น ถ้าหากต้องการตรวจสอบลายพิมพ์อักษรบนแผ่นฟอยล์จะต้องใช้งาน แหล่งกำเนิดแสงแบบมุมคงที่ขนาด 2π เรเดียน แสงแบบนี้จะสร้างให้ใช้งานที่ได้ผลดีได้ยาก เนื่องจากผลของเลนส์ กล้อง และอุปกรณ์อื่นๆที่อยู่รอบแหล่งกำเนิดแสง บางครั้งแหล่งกำเนิด แสงนี้อาจก่อให้เกิดขอบที่ไม่คมชัดในภาพ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วแหล่งกำเนิดแสงแบบนี้มี ความซับซ้อนมากกว่าแหล่งกำเนิดแสงเสมือนจุด

รูปที่ ก.9 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะแสงตกกระทบของการส่องสว่าง ทั้งสองชนิด ข้างต้นจากรูปจะเห็นได้ว่าการตกกระทบของแสง โดยเทคนิคส่องสว่างแบบโดยตรง แสงที่ตก กระทบที่วัตถุจะมีลักษณะเป็นจุดเข้มแตกต่างกับเทคนิคการส่องสว่างแบบกระจายที่จะให้แสงที่ ความเข้มเท่ากันเป็นพื้นที่กว้าง



รูปที่ ก.8 การส่องสว่างสำหรับวัตถุเงาวาวด้วยแหล่งกำเนิดแสงแบบกระจายแสง

รูปที่ ก.9 การเปรียบเทียบลักษณะการตกกระทบของแสงของเทคนิคทั้งสอง (ซ้ายการส่องสว่างแบบโดยตรง ขวาการส่องสว่างแบบกระจายแสง)

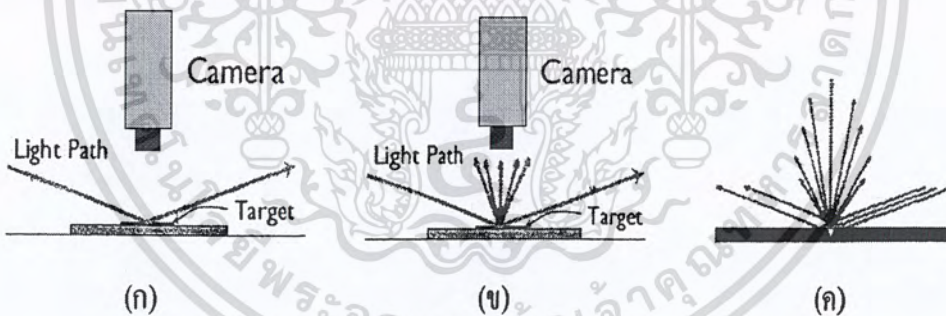
ก.3 รูปแบบแสงและผลกระทบ

ก.3.1 พื้นที่สว่าง (Bright Field)

การส่องสว่างแบบนี้คือการที่แสงตกกระทบในลักษณะตั้งฉากกับผิวของวัตถุ วัตถุทั้งชิ้นที่ได้รับแสงสว่างสูงด้วยรูปแบบการแสดงผลในระดับสีเทา (gray level) แสงสว่างในห้องปกตินั้นจะเรียกได้ว่าเป็นรูปแบบการส่องสว่างแบบ bright-field การส่องสว่างแบบนี้จะเป็นรูปแบบพื้นฐานของการส่องสว่างในระบบการมองเห็นเครื่องจักรทั้งไปกรณีตัวอย่างที่สำคัญของการส่องสว่างแบบนี้คือรูปแบบการส่องสว่างแบบโคแอกเซียล (Coaxial) โดยที่รูปแบบการส่องสว่างแบบ Coaxial นี้จะถูกใช้ในการตรวจสอบวัตถุที่เรียบ พื้นผิวเฉพาะอย่าง เพื่อตรวจสอบมิติความลึกและเพื่อกำจัดเงาที่อาจจะเกิดขึ้นจากความลึกนั่นเอง

ก.3.2 พื้นที่มีด (Dark Field)

หากวัตถุที่ได้รับแสงจากจุดที่ขนานกันกับผิวของวัตถุ พื้นผิว และส่วนอื่นๆ ที่มุมสูงจะสว่าง ในขณะที่วัตถุเกือบทั้งหมดจะมีด ตัวอย่างของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้คือ แหล่งกำเนิดแสงแบบมุมต่ำ (low-angle) ซึ่งเทคนิคนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการตรวจสอบพื้นผิวที่มีรอยขีดข่วน (scratch), การเปื้อน (contamination) และรูปแบบอื่น ๆ ที่ก่อให้เกิดขอบขนาดเล็ก ดังแสดงลักษณะของพื้นที่มีดในรูปที่ ก.10



รูปที่ ก.10 รูปแบบการเกิดพื้นที่มีด

(ก. การสะท้อนแสงจากพื้นผิวเรียบ ข. การสะท้อนแสงจากพื้นผิวที่มีรอยบุบวมหรือยุบ
ค. เส้นทางการสะท้อนของแสงที่เป็นไปได้ทั้งหมด)

ก.3.3 การส่องสว่างจากด้านหลัง (Backlight)

การส่องสว่างจากด้านหลังสามารถให้แหล่งกำเนิดแสงได้ทั้งแบบเสมือนจุดหรือแบบกระจายแสง โดยแหล่งกำเนิดแสงแบบเสมือนจุดจะฉายทะลุไปอย่างขนานกับเส้นผ่านศูนย์กลางของเลนส์ การส่องสว่างแบบนี้จะใช้กับรูปแบบที่แตกต่างกันสองรูปแบบ คือ การตรวจสอบวัตถุที่โปร่งแสงและวัตถุที่เกิดเงามืด (silhouette opaque) ตัวอย่างเช่น กระจกแผ่น ขดลวดเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งกำเนิดแสงเสมือนจุดที่ไม่มีแกนร่วมกับเลนส์จะเน้นข้อบกพร่องของผิวงาน (รอยขีดข่วน, ร่องลึก) เช่นเดียวกับข้อบกพร่องที่เกิดภายในเนื้องาน ตัวอย่างการใช้งานแสดงดังรูปที่ ก.11



รูปที่ ก.11 รูปแบบการส่องสว่างจากด้านหลัง

(ก. ลักษณะการจัดวางอุปกรณ์ ข. ตัวอย่างชิ้นงาน ค. ผลที่ได้จากการส่องสว่างจากด้านหลัง



ภาคผนวก ข.

กล้อง

ข.1 กล้อง

กล้อง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เป็นตัวตรวจจับหรือเป็นเซ็นเซอร์ของระบบตรวจสอบแบบอัตโนมัติที่ใช้ระบบการมองเห็นในการตรวจสอบ โดยเราจะทำการวิเคราะห์ภาพที่ได้จากกล้องซึ่งในส่วนของกล้องที่ใช้ในระบบตรวจสอบแบบอัตโนมัตินั้น สามารถแบ่งตามคุณสมบัติได้หลายรูปแบบ โดยหากแยกแยะตามคุณสมบัติของสัญญาณ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ กล้องที่ส่งสัญญาณภาพเป็นสัญญาณแบบต่อเนื่องหรือกล้องอนาล็อก (Analog Camera) กล้องที่ส่งสัญญาณภาพเป็นสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่องหรือกล้องดิจิทัล (Digital Camera) กล้องอนาล็อกนั้นจะส่งสัญญาณแบบต่อเนื่องในรูปแบบฐานเวลาจริง ความถี่และกำลังของสัญญาณนั้นจะขึ้นกับระดับสัญญาณที่ได้จากกล้อง ซึ่งเป็นรูปแบบของสัญญาณที่ใช้งานได้ง่ายกับการเข้ารหัสทั่วไปเช่นระบบสัญญาณแบบ PAL หรือ NTSC อย่างไรก็ตามสัญญาณแบบอนาล็อกนั้นมีข้อจำกัดในเรื่องของความละเอียดของภาพ ความเร็วเฟรม อีกทั้งยังไวต่อการรบกวนของสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงข้อจำกัดในเรื่องของความยาวของสายส่งข้อมูล ซึ่งขึ้นกับรูปแบบของคอนเน็คเตอร์ที่เลือกใช้งาน ในทางกลับกันกล้องดิจิทัลนั้นจะทำการส่งข้อมูลในรูปแบบฐานสอง (“0” และ “1” เท่านั้น) เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติกับกล้องอนาล็อกแล้วกล้องดิจิทัลจะมีข้อได้เปรียบคือมีความละเอียดของภาพที่สูงกว่า มีความเร็วเฟรมที่มากกว่า และมีการรบกวนของสัญญาณน้อยกว่า อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบในด้านของราคาแล้วกล้องดิจิทัลนั้นมีราคาที่สูงกว่าอนาล็อกมาก ข้อเสียที่สำคัญของกล้องก็คือ เรื่องของสายส่งสัญญาณที่สั้นมากเมื่อเทียบกับกล้องอนาล็อก

ตารางที่ ข.1 คุณสมบัติของกล้องดิจิทัล และอนาล็อก [1]

Digital	Analog
<ul style="list-style-type: none"> - ตัวรับภาพมีให้เลือกหลายรูปแบบทั้งความเร็วสูง หรือความละเอียดสูง - ต้องการคอมพิวเตอร์ในการแสดงผล - ต้องใช้การ์ดรับภาพหากใช้สายสัญญาณเป็นแบบ Camera Link - ผลที่ได้เป็นแบบ Progressive Scan - มีการสูญหายของสัญญาณน้อยมากระหว่างการประมวลผล 	<ul style="list-style-type: none"> - ขนาดเล็ก โดยปกติความละเอียดต่ำ - ความเร็วโดยปกติ 30 ภาพต่อวินาที - ต้องการการ์ดรับภาพและคอมพิวเตอร์สำหรับการประมวลผลเชิงดิจิทัล - ไวต่อสัญญาณรบกวน และการเชื่อมต่อซึ่งก่อให้เกิดการสูญหายของสัญญาณ - สัญญาณที่ได้โดยทั่วไปเป็นแบบอินเทอร์เลข - รูปแบบสัญญาณเป็นแบบ NTSC/EIA

ตัวรับภาพของกล้องทั้งสองแบบดิจิทัลและอนาล็อกชนิดนั้น โดยทั่วไปมี 2 รูปแบบคือ CCD (Charge Coupled Device) และ CMOS (Complimentary Metal Oxide Semiconductor) โดยได้เปรียบเทียบ คุณสมบัติของตัวรับภาพของกล้องทั้งสองชนิดได้แสดงดังตารางที่ ข.2

ตารางที่ ข.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของตัวรับภาพแบบดิจิทัลและอนาล็อก

	CCD	CMOS
รูปแบบจุดสัญญาณ	กลุ่มอิเล็กตรอน (Electron Packet)	ระดับแรงดันดิจิทัล
สัญญาณจากตัวรับภาพ	อนาล็อก	
อัตราส่วนของพื้นที่ทั้งหมดต่อพื้นที่ที่มองเห็น (Fill Factor)	สูง	ปานกลาง
การตอบสนอง	ปานกลาง	ปานกลาง – สูง
ระดับสัญญาณรบกวน	ต่ำ	ปานกลาง – สูง
ช่วงพลวัต (Dynamic Range)	สูง	ปานกลาง
ความมีรูปแบบ	สูง	ต่ำ
ความละเอียด	ต่ำ – สูง	ต่ำ – สูง
ความเร็ว	ปานกลาง – สูง	สูง
อัตราการกินพลังงาน	ต่ำ	ปานกลาง – สูง
ความซับซ้อน	ต่ำ	ปานกลาง
ราคา	ปานกลาง	ปานกลาง

ตารางที่ ข.3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณดิจิทัล และอนาล็อก

ดิจิทัล	อนาล็อก
<ul style="list-style-type: none"> • โดยทั่วไปจะเป็นกล่องขนาดใหญ่ • ความละเอียดในแนวตั้งไม่ ถูกจำกัด , กล่องดิจิทัลสามารถให้ความละเอียดสูง • ไม่จำกัดแบนด์วิดท์สามารถใช้ตัวเลขสูง ของพิกเซลและเซนเซอร์ CCD ขนาดใหญ่ ส่งผลให้ความละเอียดมากขึ้น • คอมพิวเตอร์และบอร์ดจับภาพต้องแสดง สัญญาณ • จะสามารถบีบอัดสัญญาณเพื่อให้ผู้ใช้ สามารถส่งในแบนด์วิดท์ที่ต่ำกว่ากับการไม่ เกิดการสูญเสีย • เหล่านี้มักจะมีพิกเซลเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส สำหรับการแก้ปัญหาในแนวนอนและ แนวตั้งที่เหมือนกัน • สัญญาณออกเป็นดิจิทัล, การสูญเสีย สัญญาณน้อยจึงเกิดขึ้นระหว่างการ ประมวลผลสัญญาณ 	<ul style="list-style-type: none"> • ขนาดโดยปกติจะมีขนาดเล็ก • ความละเอียดในแนวตั้งจะถูก จำกัด ด้วย แบนด์วิดท์ของสัญญาณอนาล็อก • เซนเซอร์มักจะมีรูปแบบขนาดมาตรฐาน • คอมพิวเตอร์ / บอร์ดจับสามารถใช้สำหรับ การแปลงสัญญาณแต่ไม่จำเป็นต้องใช้ สำหรับการแสดงผล • การพิมพ์ Analog และบันทึกสามารถเข้า กันได้ง่ายในระบบ • มักจะมีพิกเซลสี่เหลี่ยม (ความแตกต่างกัน ของรายละเอียดในแนวนอน. และแนวตั้ง) • สัญญาณอนาล็อกมีความไวต่อสัญญาณ รบกวนและการรบกวนที่ก่อให้เกิดการ สูญเสียสัญญาณ

และหากแบ่งแยกชนิดของกล้องตามรูปแบบของงานที่ได้จากกล้อง สามารถแบ่งออกได้
เป็น 2 ประเภท คือ กล้องที่ให้ภาพเป็นภาพสี (Color camera) และ กล้องที่ให้ภาพเป็นภาพเป็น
ระดับสีเทา (Monochrome camera) โดยคุณสมบัติของกล้องทั้งสองประเภทแสดงในตารางที่ ข.4

ตารางที่ ข.4 คุณสมบัติของกล้องระดับสีเทาและกล้องสี

Monochrome camera	Color Camera	
	Color with single chip	Color with 3 chip
-ตัวรับภาพเชิงเดี่ยวให้ภาพระดับสีเทา -ให้ความละเอียดที่สูงกว่ากล้องแบบสีที่ใช้ตัวรับภาพเชิงเดี่ยว -อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงทำให้มีความคมชัด -ความไวแสงสูง -เหมาะสำหรับงานประยุกต์ที่เกี่ยวกับการวัดขนาด	-ใช้ตัวกรองแสงสีระดับ RGB -ราคาถูก -ความละเอียดต่ำ (ต้องการจำนวนจุดมากสำหรับการแยกแยะสี) -ใช้สายสัญญาณที่เป็นมาตรฐานทำให้ง่ายในการรวมเข้ากับระบบใดๆ	-ใช้ปริซึมในการแยกแสงขาวออกเป็น 3 สีเพื่อส่งให้ตัวรับภาพแต่ละสี -ราคาสูง -ความละเอียดของสีสูง -ความไวต่ำ -มีเลนส์ให้เลือกใช้งานน้อย

และหากแบ่งแยกตามลักษณะการทำงานของตัวรับภาพจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. แบบสแกนเชิงเส้น (Line scan camera)
2. แบบสแกนตามลำดับ (Progressive scan camera)
3. แบบสแกนพื้นที่ (Area scan camera)
4. แบบสแกนสลับ (Interlaced scan camera)

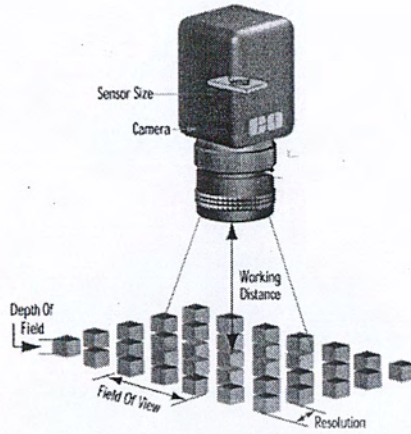
ตารางที่ ข.5 คุณสมบัติของตัวรับภาพแต่ละประเภท [1]

Line scan	Progressive scan
-ตัวรับภาพเป็นแบบเชิงเส้น -ตัวรับภาพมีขนาดใหญ่ -ใช้ได้กับงานที่ต้องการความเร็วสูง -ความเร็วซัดเตอร์สูง -ราคาถูกกว่าแบบ line scan -ประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ -ง่ายต่อการติดตั้ง	-ตัวรับภาพเป็นลำดับ (1,2,3,4...) -การบันทึกภาพจะเปิดหน้ากล้องเพียงครั้งเดียวเท่านั้น -เหมาะกับงานที่ต้องการความเร็วสูงมาก -ราคาแพง
Area scan	Interlaced scan
-ตัวรับภาพมีขนาดมาตรฐานที่ 4:3 (H:V) -ตัวรับภาพมีขนาดใหญ่ -ใช้ได้กับงานที่ต้องการความเร็วสูง -ความเร็วซัดเตอร์สูง -ราคาถูกกว่าแบบ line scan -ประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ -ง่ายต่อการติดตั้ง	-ตัวรับภาพแบ่งออกเป็นสองส่วน (คู่และคี่) -ประมวลผลภาพแถวคี่ก่อนแถวคู่ -ภาพที่สมบูรณ์เกิดจากการรวมกันของภาพแถวคู่และแถวคี่ -เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการความเร็วสูงจะเกิดการเบลอของภาพ

ตัวรับภาพของกล้องโดยทั่ว ๆ ไป (ซึ่งหมายถึงกล้องแบบ Progressive scan) ตัวรับภาพของกล้องจะมีอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างเป็น 4:3 และมีขนาดต่าง ๆ กัน

ข.2 ปัจจัยในการเลือกใช้กล้อง

1. Field Of View (FOV): ดูจากพื้นที่ของวัตถุที่จะแสดงบนจอภาพเป็นพื้นที่ที่สามารถดูการแสดงผลของวัตถุภายใต้การตรวจสอบ
2. Resolution: ลักษณะของความละเอียดในการแสดงผลของภาพ ยิ่งมีค่ามากก็จะยิ่งมีความละเอียดสูง
3. Minimum and Maximum Working Distances: การวัดระยะของวัตถุที่ใช้ในงาน เป็นระยะห่างจากหน้าเลนส์ไปยังวัตถุที่อยู่ภายใต้การตรวจสอบ
4. Depth Of Field Requirement: ความลึกของวัตถุที่ต้องการสูงสุดในการโฟกัสภาพ
5. Sensor Size: ขนาดของพื้นที่ที่ใช้งานเช่น เซอร์คิลกล้อง



รูปที่ ข.1 ภาพประกอบของพารามิเตอร์พื้นฐานของระบบการถ่ายภาพ

การคำนวณองค์ประกอบต่างๆ ในการเลือกใช้กล้องใช้กล้องและเลนส์นั้นสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ ข.1 – ข.11 [3]

ความเร็วชัตเตอร์ (Frame Rate)

$$\text{Frame Rate} \geq \text{Inspection part frequency} \quad (\text{ข.1})$$

ความละเอียดของกล้องที่ต้องการ

$$\text{Camera res. (m)} = \frac{1000}{\text{camera res. (lp/mm)}} \quad (\text{ข.2})$$

กล้องอนาล็อก

$$\text{Horiz Camera res. (lp/mm)} = \frac{\text{Horiz TVline} \times 1.333}{2 \times \text{Sensor Size (Horiz)}} \quad (\text{ข.3})$$

$$\text{Vertical Camera res. (lp/mm)} = \frac{\text{Vertical TVline} \times 1.333}{2 \times \text{Sensor Size (Vertical)}} \quad (\text{ข.4})$$

กล้องดิจิทัล

$$\text{Camera res. (lp/mm)} = \frac{\# \text{Pixel}}{2 \times \text{Sensor Size}} \quad (\text{ข.5})$$

$$\text{Camera res. (m)} = 2 \times \text{Pixel Size (m)} \quad (\text{ข.6})$$

กำลังขยาย

$$\text{PMAG} = \frac{\text{Sensor Size (Horiz)}}{\text{Field of View (Horiz)}} \quad (\text{ข.7})$$

$$\text{System Mag.} = \text{PMAG} \times \frac{\text{Monitor Size (diag.)}}{\text{Sensor Size (diag.)}} \quad (\text{ข.8})$$

ความละเอียดของระบบที่ได้

$$\text{System res. (m)} = \frac{\text{Camera res. (m)}}{\text{PMAG}} \quad (\text{ข.9})$$

$$\text{System res. (lp/mm)} = \text{PMAG} \times \text{Camera res. (lp/mm)} \quad (\text{ข.10})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 65 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้