

การคัดกรองรอยชำรุดบริเวณรูชั้นนอตบนแผ่นวงจรพิมพ์โดยใช้การ
ประมวลผลภาพ

SCREW-HOLE DEFECT DETECTION FOR PCB INSPECTION BY IMAGE
PROCESSING



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559
KMUTL-2016-EN-M-040-044

การคัดกรองรอยชำรุดบริเวณรูขั้วน็อตบนแผ่นวงจรพิมพ์โดยใช้การ
ประมวลผลภาพ

SCREW-HOLE DEFECT DETECTION FOR PCB INSPECTION BY IMAGE
PROCESSING



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

KMITL-2016-EN-M-040-044

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCREW-HOLE DEFECT DETECTION FOR PCB INSPECTION BY IMAGE
PROCESSING



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRONICS ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016

KMITL-2016-EN-M-040-044

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2016

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

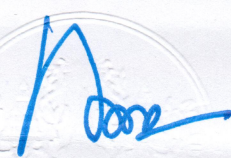
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การคัดกรองรอยชำรุดบริเวณรูชั้นน๊อตบนแผ่นวงจรพิมพ์โดยใช้การประมวลผลภาพ
Thesis Title Screw-Hole Defect Detection for PCB Inspection by Image Processing
นักศึกษา นางสาวสุนันทา สมใจ
รหัสประจำตัว 54611002
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2016-EN-M-040-044

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.กิตติพล	ชิตสกุล	
ผศ.ดร.ภัทรพงษ์	ผาสุขกิจ	
ผศ.ดร.สุพจน์	สุขไพฑารมณ	
รศ.ดร.สมศักดิ์	ชุมช่วย	
รศ.ดร.สุรพันธุ์	เอื้อไพบูลย์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันจันทร์ที่ 16 พฤษภาคม พ.ศ. 2559 เวลา 13.00-15.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 4

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา วันที่ 16 พฤษภาคม พ.ศ. 2559
ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การคัดกรองรอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อตบนแผ่นวงจรพิมพ์โดยใช้ การประมวลผลภาพ
นักศึกษา	นางสาวสุนันทา สมใจ
รหัสประจำตัว	54611002
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์

บทคัดย่อ

ในอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิส การนำแผ่นวงจรพิมพ์กลับมาใช้ใหม่ เป็นกระบวนการลดต้นทุนการผลิตได้อย่างหนึ่ง การนำแผ่นวงจรพิมพ์กลับมาใช้ใหม่นั้นต้องมีการตรวจสอบอย่างละเอียด ตัวอย่างเช่น รอยชำรุด เลือกจำนวนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ลายวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น งานวิจัยจึงนำเสนอการตรวจสอบหารอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อต โดยใช้เกณฑ์การตรวจสอบ คือ ไม่พบรอยชำรุดบริเวณพื้นที่รูชั้นน็อตและบริเวณขอบด้านนอก โดยประยุกต์ใช้หลักการ Iris image Normalization และ Flood-fill Algorithm (การระบายสีรูปบริเวณพื้นที่ปิด) ในการหารอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อตและบริเวณขอบด้านนอก สำหรับแผ่นวงจรพิมพ์ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่นั้น แบ่งการตรวจสอบออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก คือการตรวจสอบความครบถ้วนของวงกลมบนรูชั้นน็อตมีเท่ากับ 8 วงกลม ขั้นตอนสอง คือค้นหารอยชำรุดบริเวณแถบทองแดงบนรูชั้นน็อต ซึ่งบริเวณนี้เป็นพื้นที่ขอบด้านนอกของรูชั้นน็อต

Title	Screw-hole Defect Detection for PCB Inspection by Image Processing
Student	Miss Sunantha Somjai
Student ID.	54611002
Degree	Master of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Surapan Airphaiboon

ABSTRACT

In the hard disk industry, Printed Circuit Board (PCB) reuse is a solution for cost saving in production. Before recycling the PCBs have to be fully inspected such as a deflection, at the board, number of the electronic parts, etc. This research propose a technics to identify the complete screw-hole areas. Based on the theory of the Iris image normalization and the Flood-fill algorithm, all of 8 the screw-hole areas were inspected with the criteria of without any detections. Two step of inspection were carried on, Firstly the number of 8 screw-hole areas than the damages on the edge of all screw-hole were secondly inspected.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูงที่ให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ ช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับจนสำเร็จได้ด้วยดี

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ HGST (Thailand) a Western Digital Company ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ด้านอุปกรณ์และแผ่นวงจรมพิมพ์ ในการทดลอง

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.กิตติพล ชิตสกุล, ผศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ, ผศ.ดร.สุพจน์ สุขโพธารมณ และ รศ.ดร.สมศักดิ์ ชุมช่วย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ เสนอแนะข้อแก้ไขในเรื่องเอกสารในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงเป็นกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณสถานศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนในสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นกำลังใจให้ สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้ให้กำเนิดที่คอยให้การเลี้ยงดูและให้การศึกษาอย่างดี จนข้าพเจ้าสามารถทำงานออกมาได้อย่างที่ตั้งใจไว้

สุนันทา สมใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	I
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.2 การจับคู่แม่แบบ (Template Matching).....	7
2.3 Binarization.....	9
2.3.1 วิธีการแปลงภาพสีแบบ RGB เป็นภาพระดับสีเทา (Gray image).....	9
2.3.2 การแปลงภาพสีเทาให้เป็นภาพสองระดับ (Binarization).....	10
2.4 การเพิ่มเติมพื้นที่บริเวณที่สนใจ (Fill in specified region of interest)	13
2.5 การระบายสีรูปบริเวณพื้นที่ปิด (Flood-Fill Algorithm).....	14
2.6 การกำจัดสัญญาณรบกวนในภาพ.....	16
2.6.1 ขั้นตอนการกรองภาพด้วยวิธีค่ามัธยฐาน (Median filtering).....	16
2.7 Circle Hough Transform.....	18
2.7.1 Hough Transform แบบเดิม.....	18
2.7.2 การ Improve Hough Transform.....	19
2.8 Iris Image Normalization.....	20
2.8.1 Daugman's Rubber Sheet model.....	21
2.9 การจำแนกตัวอักษรออกจากบรรทัดข้อความ (projection profile).....	23
2.9.1 วิธีการโปรเจคชันตามแนวนอน (Horizontal projection profile).....	23
2.9.2 วิธีการโปรเจคชันตามแนวตั้ง (Vertical projection profile).....	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และฟ้องร้องถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 กระบวนการคัดกรองแผ่นวงจรมพิมพ์.....	26
3.1 ระบบการคัดกรองแผ่นวงจรมพิมพ์ด้วยสายตามนุษย์.....	26
3.2 ระบบการคัดกรองแผ่นวงจรมพิมพ์ด้วยกล้อง.....	29
3.3 โครงสร้างการทำงานระบบการคัดกรองแผ่นวงจรมพิมพ์ด้วยกล้อง.....	31
3.3.1 การแปลงภาพสีแบบ RGB ให้เป็นภาพสองระดับ.....	33
3.3.1.1 วิธีการแปลงภาพสีแบบ RGB เป็นภาพระดับสีเทา.....	33
3.3.1.2 การแปลงภาพสีเทาให้เป็นภาพสองระดับ.....	34
3.3.2 การตรวจสอบบริเวณรูชั้นนื้อตด้วยการประมวลผลภาพ.....	34
3.3.2.1 ขั้นตอนการเพิ่มเติมพื้นที่บริเวณที่สนใจ (ROI).....	37
3.3.2.2 ขั้นตอนการระบายสีรูปบริเวณพื้นที่ปิด (Flood-Fill Algorithm).....	37
3.3.2.3 ขั้นตอนการกรองภาพด้วยวิธีด้วยค่ามัธยฐาน (Median filtering).....	38
3.3.2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์พิกเซลของภาพ (Analysis pixel of image).....	38
3.3.3 การตรวจสอบบริเวณรูชั้นนื้อตด้วย Iris-normalization.....	39
3.3.3.1 Iris-normalization by Daugman's Rubber Sheet model.....	40
3.3.3.2 วิธีการโปรเจกชันตามแนวอน.....	41
3.3.3.3 วิธีการโปรเจกชันตามแนวตั้ง.....	42
3.3.4 การตัดสินใจของระบบ.....	44
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	45
4.1 รายละเอียดของระบบที่ใช้ทดสอบ.....	47
4.1.1 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นวงจรมพิมพ์.....	47
4.2 ขั้นตอนการทำงาน.....	49
4.3 สรุปผลการทดลอง.....	56
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและแนวทางในการพัฒนา.....	59
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	59
5.2 แนวทางการพัฒนาต่อ.....	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และพ้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง.....	61
ภาคผนวก.....	63
ภาคผนวก ก ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....	64
ภาคผนวก ข ผลลัพธ์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง.....	66
ประวัติผู้เขียน.....	80



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 รายละเอียดของระบบที่ใช้ทดสอบ.....	47
4.2 ผลการทดลองการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยการประมวลผลภาพ วิธีที่ 1 การประมวลผลภาพ.....	56
4.3 ผลการทดลองการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยการประมวลผลภาพ วิธีที่ 2 Iris-normalization.....	56



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 การตรวจสอบรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยสายตามนุษย์.....	1
1.2 ตัวอย่างรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์.....	2
2.1 CLASSIFIED GROUP OF DEFECTS.....	5
2.2 Positive image from X-OR Operation.....	5
2.3 Negative Image from X-OR Operation.....	5
2.4 PCB without error (a) PCB with error (b).....	6
2.5 ตัวอย่างรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์.....	7
2.6 การจับคู่แม่แบบ (Template Matching).....	6
2.7 การค้นหากราฟและแม่แบบ.....	8
2.8 ภาพแม่แบบและผลของภาพที่ได้จากการจับคู่กับภาพแม่แบบ.....	8
2.9 การแทนค่าจุดภาพในภาพระดับสีเทา.....	9
2.10 ผลลัพธ์การแปลงภาพสีเป็นภาพสีเทา.....	10
2.11 Image histogram.....	11
2.12 การแปลงภาพสีเทาเป็นภาพขาว-ดำ.....	11
2.13 การใช้ค่าขีดแบ่งค่าเดียวกันทั้งภาพ (Global Threshold).....	10
2.14 การใช้ค่าขีดแบ่งแบบ Local Threshold.....	10
2.15 ผลลัพธ์การแปลงภาพสีเทาเป็นภาพขาว-ดำ.....	13
2.16 ระบุตำแหน่งของภาพที่ต้องการกำจัดหรือแก้ไข.....	13
2.17 เปรียบเทียบระหว่างภาพต้นแบบและภาพการกำจัดพื้นที่ไม่ต้องการออก.....	14
2.18 ภาพผลลัพธ์การกำจัดพื้นที่รูลายทองแดงที่ไม่ต้องการออก.....	14
2.19 การพิจารณาจุดรอบข้าง (ก) แบบ 4 ทิศทาง (ข) แบบ 8 ทิศทาง.....	16
2.20 ผลลัพธ์การระบายสีรูปบริเวณพื้นที่ปิด (Flood-Fill Algorithm).....	11
2.21 ตัวอย่างขั้นตอนสำหรับการกรองภาพด้วยวิธีค่ามัธยฐาน.....	17
2.22 ตัวอย่างการกรองภาพด้วยวิธีค่าเฉลี่ย (Averaging filter) และวิธีค่ามัธยฐาน (Median filter)	17
2.23 การกำจัดสัญญาณรบกวนในภาพระบายสีรูปบริเวณพื้นที่ปิด.....	18
2.24 วิธีหาศูนย์กลางวงกลม.....	19
2.25 แสดงจุดศูนย์กลางรูชั้นน้อต.....	20
2.26 Normal eye Anatomy and Human Eye.....	21
2.27 Daugman's Rubber Sheet model.....	22
2.28 ม่านตาก่อน Normalization และม่านตาหลังฟื้นฟู Normalization.....	22
2.29 ภาพรูชั้นน้อตก่อน Normalization.....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.30 ภาพรูขั้วนื้อดหลัง Normalization.....	23
2.31 แยกบรรทัดของเอกสาร และ Histogram ตามแนวนอน.....	24
2.32 กลุ่มของพิกเซลสีดำ กลุ่มที่ 1.....	24
2.33 การนับบรรทัดของตัวอักษร (จำนวนบรรทัดเท่ากับ 5 บรรทัด).....	24
2.34 แสดงเส้นเสมือนที่ใช้สำหรับแบ่งบรรทัด.....	25
2.35 วิธีการโปรเจกชันตามแนวนอน (Horizontal projection profile).....	23
2.36 แยกตัวอักษร และ Histogram ตามแนวตั้ง.....	25
2.37 วิธีการโปรเจกชันตามแนวตั้ง (Vertical projection profile).....	23
3.1 การตรวจสอบรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยสายตามนุษย์.....	27
3.2 ระบบการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยสายตามนุษย์.....	28
3.3 อุปกรณ์ระบบการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยกล้อง.....	29
3.4 ระบบการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยกล้อง.....	24
3.5 โครงสร้างสร้างการทำงานระบบคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยกล้อง.....	31
3.6 โครงสร้างการทำงานระบบการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยกล้อง.....	32
3.7 ภาพของรูขั้วนื้อดที่ได้จากกล้อง.....	33
3.8 ภาพระดับที่เทาบริเวณรูขั้วนื้อด (Gray image).....	33
3.9 บริเวณรูขั้วนื้อดแบบสองระดับ (Binarization image).....	34
3.10 รูปพื้นที่บริเวณด้านนอกรูขั้วนื้อด และตัวอย่างรอยชำรุดบริเวณด้านนอกรูขั้วนื้อด.....	35
3.11 ผลการทดลองหาค่าเกณฑ์ สำหรับการตรวจสอบบริเวณรูขั้วนื้อดด้วยการประมวลผลภาพ.....	35
3.12 โครงสร้างการตรวจสอบรอยชำรุดบริเวณรูขั้วนื้อดวิธีที่ 1 (Image analysis by Image processing).....	36
3.13 การกำจัดตำแหน่งของลายทองแดงที่ไม่ต้องการออก.....	37
3.14 ภาพการระบายสีรูปบริเวณพื้นที่ปิดแบบ 8 ทิศทาง.....	38
3.15 ผลลัพธ์ของภาพที่ได้จากการกรอง บริเวณรูขั้วนื้อดที่มีลักษณะดี.....	38
3.16 ผลลัพธ์ของภาพที่ได้จากการกรอง บริเวณรูขั้วนื้อดที่มีลักษณะเสีย.....	39
3.17 รูปพื้นที่บริเวณด้านในรูขั้วนื้อด และตัวอย่างรอยชำรุดบริเวณด้านในรูขั้วนื้อด.....	39
3.18 เปรียบเทียบลักษณะความใกล้เคียงระหว่างมันตามนุษย์ และรูขั้วนื้อด.....	39
3.19 โครงสร้างการตรวจสอบรอยชำรุดบริเวณรูขั้วนื้อดวิธีที่ 2 ด้วย Iris-normalization.....	40
3.20 ภาพรูขั้วนื้อดก่อน Normalization.....	41
3.21 ภาพรูขั้วนื้อดหลัง Normalization.....	41
3.22 Histogram ตามแนวนอนของจุดลายบนพื้นทีรูขั้วนื้อด (รูขั้วนื้อดชนิดดี).....	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และห้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.23 Histogram ตามแนวนอนของจุดลายบนพื้นที่รูขั้วน็อต (รูขั้วน็อตชนิดเสีย).....	42
3.24 Histogram ตามแนวตั้งของจุดลายบนพื้นที่รูขั้วน็อต (รูขั้วน็อตชนิดดี).....	43
3.25 Histogram ตามแนวตั้งของจุดลายบนพื้นที่รูขั้วน็อต (รูขั้วน็อตชนิดเสีย).....	43
3.26 โครงสร้างการตัดสินใจของระบบ.....	44
4.1 กระบวนการตรวจสอบรอยชำรุดบริเวณรูขั้วน็อตบนแผ่นวงจรพิมพ์.....	46
4.2 รูปตัวอย่างรูขั้วน็อตบนแผ่นวงจรพิมพ์.....	47
4.3 กระบวนการตรวจสอบด้วยสายตามนุษย์.....	49
4.4 ภาพแผ่นวงจรพิมพ์จากกล้อง.....	49
4.5 ภาพสองระดับของแผ่นวงจรพิมพ์.....	50
4.6 ตัวอย่างการตัดจุดลายวงจรที่ไม่ต้องการออก.....	50
4.7 ตัวอย่างภาพการระบายสีรูปบริเวณพื้นที่ปิดบนรูขั้วน็อต.....	51
4.8 ภาพแผ่นวงจรพิมพ์ที่พบจำนวนพิกเซลสีดำบนวัตถุ มีค่าน้อยกว่าค่าขีดเริ่ม.....	51
4.9 จุดศูนย์กลางวงกลมบริเวณรูขั้วน็อต.....	52
4.10 Iris image normalization.....	52
4.11 การโปรเจกชันภาพสองระดับตามแนวตั้ง.....	53
4.12 การโปรเจกชันภาพสองระดับตามแนวราบ.....	53
4.13 นับจำนวนวงกลม เท่ากับ 8 จากการโปรเจกชันภาพสองระดับตามแนวตั้ง.....	53
4.14 นับจำนวนวงกลม เท่ากับ 1 จากการโปรเจกชันภาพสองระดับตามแนวราบ.....	53
4.15 ตัวอย่างรูขั้วน็อตที่ดี.....	54
4.16 ตัวอย่างรูขั้วน็อตที่ชำรุด.....	54
4.17 ลายวงจรพิมพ์ที่มีรอยขีดเสียหาย.....	55
4.18 คอนเนคเตอร์เฮาส์ซึ่งแตกร้า (Connector Housing Crack).....	55
4.19 คอนเนคเตอร์พินโค้งงอ (Connector pin bent).....	55
4.20 ผลลัพธ์รูขั้วน็อตชนิดดีที่ได้จากการทดลอง.....	57
4.21 ผลลัพธ์รูขั้วน็อตชนิดเสียที่ได้จากการทดลอง.....	58
4.22 ผลลัพธ์รูขั้วน็อตชนิดดีซึ่งระบบวิเคราะห์ผิดพลาด.....	58
5.1 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบที่นำเสนอ (Machine) เปรียบเทียบกับ สายตามนุษย์ (Operator) และความถูกต้องของชิ้นงาน (Standard).....	59
5.2 ตัวอย่างแผ่นวงจรงานอื่น.....	60
5.3 ตัวอย่างกล้องที่ราคาประหยัดและคุณภาพใกล้เคียงกับกล้องที่ใช้ในการทดลอง.....	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และห้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและอธิบายถึงความสำคัญของการจัดทำวิทยานิพนธ์รวมถึงวัตถุประสงค์ ขอบเขต ขั้นตอนการดำเนินงานและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

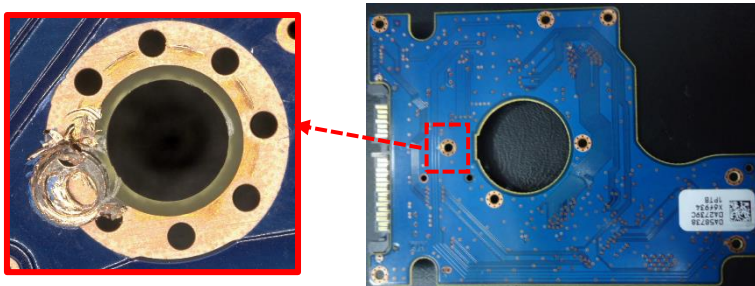
ปัจจุบันการดำรงชีวิตมนุษย์นั้นมีความสะดวกสบายมากขึ้นเมื่อเทียบกับในอดีต ด้วยการพัฒนานวัตกรรมทางด้านเทคโนโลยี ในแขนงต่างๆ รวมถึงสาขาวิชาด้านอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในปัจจุบันนี้ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อรองรับการทำงานที่รวดเร็วและใช้อำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน

ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงงานผลิตฮาร์ดดิส ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลสำคัญของคอมพิวเตอร์และระบบฐานข้อมูลในหน่วยงานภาครัฐและเอกชนต่างๆ ในการผลิตฮาร์ดดิสนั้นมีการผลิตหลายขั้นตอน และหนึ่งในขั้นตอนการผลิตนั้น คือการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB card) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน และ การรับ-ส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งในการผลิตนั้นอาจเกิดข้อผิดพลาดในการผลิต อันเนื่องจากหลายสาเหตุ อาทิเช่น การขึ้นน็อตไม่ครบตามจำนวน การขึ้นน็อตไม่ตรงตำแหน่ง หัวของน็อตมีการชำรุด เป็นต้น ดังนั้นการนำแผ่นวงจรพิมพ์กลับมาใช้ใหม่ จึงเป็นแนวทางการลดต้นทุนการผลิตอีกประเภทหนึ่ง การนำแผ่นวงจรพิมพ์กลับมาใช้ใหม่นั้นต้องมีการตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์อย่างละเอียด ซึ่งในปัจจุบันใช้การตรวจสอบด้วยสายตาของมนุษย์ แสดงดังรูปที่ 1.1 และรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์ เช่น การครบถ้วนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การชำรุดของสายวงจรพิมพ์ การชำรุดบริเวณรูขึ้นน็อต การชำรุดบริเวณอุปกรณ์เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก (PCB Pin connector) แสดงดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.1 การตรวจสอบรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยสายตาของมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อต

รูปที่ 1.2 ตัวอย่างรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการตรวจสอบหารอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อต ซึ่งมีเกณฑ์คือ ต้องไม่พบการชำรุดบริเวณด้านในและด้านนอกบริเวณรูชั้นน็อต (บริเวณใกล้ชิดกับลายวงจร)

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 ศึกษาทฤษฎีและการทำงานของระบบ คอมพิวเตอร์วิชั่น (Computer Vision)
- 1.2.2 ประยุกต์ใช้งานระบบคอมพิวเตอร์วิชั่น กับการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ (Print Circuit Board : PCB) โดยการพิจารณารอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อต
- 1.2.3 ศึกษากระบวนการคัดกรองรอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อตโดยใช้การประมวลผลภาพ เพื่อลดต้นทุนการผลิตด้านทรัพยากรมนุษย์

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

ศึกษาระบบการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยระบบสามารถคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ชนิด 2.5 นิ้ว ด้วยการพิจารณารอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อตของแผ่นวงจรพิมพ์ซึ่งเป็นส่วนประกอบของฮาร์ดไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.4.1 รวบรวมข้อมูลและศึกษาลักษณะการชำรุดบริเวณรูชั้นน็อตบนแผ่นวงจรพิมพ์
- 1.4.2 เก็บข้อมูลภาพ
- 1.4.3 วิเคราะห์ข้อมูลภาพ
- 1.4.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.5 ทดสอบและวิเคราะห์ระบบ
- 1.4.6 สรุปผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ด้านการตรวจสอบรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.2 สามารถช่วยลดขั้นตอนการตรวจสอบ และเวลาในการตรวจสอบรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์

1.5.3 สามารถนำองค์ความรู้ในระบบไปต่อยอดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และใช้งานตามจุดประสงค์ที่ต้องการได้

1.5.4 สามารถช่วยองค์กรในการลดจำนวนคนในการตรวจสอบรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์

1.6 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์นี้ได้แยกออกเป็น 5 บท ได้แสดงวิธีการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ ซึ่งวิธีการและทฤษฎีต่างๆ ที่นำมาใช้ในวิทยานิพนธ์ รวมถึงผลการทดลองการสรุปผลและข้อเสนอแนะมีรายละเอียดในบทต่างๆ ดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ

บทนี้กล่าวถึงความเป็นมาและอธิบายถึงความสำคัญของการจัดทำวิทยานิพนธ์รวมถึงวัตถุประสงค์ ขอบเขต ขั้นตอนการดำเนินงานและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้กล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้อง, ทฤษฎีการจับคู่แม่แบบ (Template Matching), หลักการ Binarization, ขั้นตอนวิธีการกรอง (Filter algorithm), หลักการ Iris Normalization และ ขั้นตอนการระบายสีรูปบริเวณพื้นที่ปิด (Flood-Fill Algorithm)

บทที่ 3 กระบวนการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์

บทนี้กล่าวถึงกระบวนการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยวิธีการต่างๆที่ใช้ในงานวิจัยนี้ อันประกอบไปด้วย ทฤษฎีและวิธีการจับคู่แม่แบบ (Template Matching), Binarization, ขั้นตอนการกรอง (Filter algorithm), Iris Normalization และ ขั้นตอนระบายสีรูปบริเวณพื้นที่ปิด (Flood-Fill Algorithm)

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

บทนี้กล่าวถึงแนวทางวิธีการทำการทดลองเพื่อทดสอบแนวคิดที่นำเสนอ

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและแนวทางในการพัฒนา

บทนี้กล่าวถึงการสรุปผลการวิจัยรวมถึงข้อเสนอแนะในการวิจัยและพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์ โดยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องนี้เป็นการประยุกต์ สำหรับใช้ในการตรวจสอบชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์ ได้แก่ การจับคู่แม่แบบ (Template Matching) ซึ่งใช้สำหรับการหาตำแหน่งของรูชั้นน็อด, Binarization, การกำจัดสัญญาณรบกวนในภาพ, Circle Hough Transform ใช้สำหรับการหาจุดศูนย์กลางรูชั้นน็อด, Iris Image Normalization ใช้สำหรับแปลงภาพที่มีลักษณะเป็น Polar Coordinates เป็นลักษณะ Cartesian Coordinates, การระบายสีรูปบริเวณพื้นที่ปิด (Flood-Fill Algorithm) ใช้สำหรับการระบายสีภาพเพื่อช่วยในการวิเคราะห์และตรวจสอบหารอยชำรุดบริเวณภายนอกรูชั้นน็อด, จำแนกตัวอักษรออกจากบรรทัดข้อความ (Projection Profile) ใช้สำหรับการหารอยชำรุดบริเวณภายในรูชั้นน็อด

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในยุคแรกสำหรับอุตสาหกรรมผลิตและประกอบชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งกระบวนการนำแผ่นวงจรพิมพ์กลับมาใช้ใหม่นั้น เป็นกระบวนการลดต้นทุนการผลิตอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งกระบวนการตรวจสอบรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์ ถูกตรวจสอบด้วยพนักงาน (สายตามนุษย์) สำหรับรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์ ลักษณะแตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น มีคราบน้ำ, มีรอยสนิม, มีรอยไหม้, แผ่นวงจรพิมพ์มีรอยปริ้นขาด, อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่ครบ, มีรอยขีดบนแผ่นวงจรพิมพ์, ทองแดงมีการประสานกันบนแผ่นวงจรพิมพ์ เป็นต้น

ด้วยความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีในปัจจุบัน จึงคิดค้นงานวิจัยสำหรับตรวจสอบรอยชำรุดบริเวณแผ่นวงจรพิมพ์ โดยรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์ที่สามารถตรวจสอบได้โดยใช้กล้อง ยกตัวอย่างเช่น Breakout, Pin hold, Open circuit, Under etch, Mouse bite, Missing conductor, Spur, Short, Wrong size hole, Conductor too close และ Spurious cooper เป็นต้น แสดงดังภาพที่ 2.5 ซึ่งหลักการที่นิยมนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย คือ วิธีการเปรียบเทียบค่าความสว่างของพิกเซล ระหว่างภาพอ้างอิงกับภาพในการทดลอง และตัวอย่างของงานวิจัยเหล่านี้ เช่น

- 1) Using Image Processing for Detecting Defect in Printed Circuit Board [8]

งานวิจัยนี้สำหรับตรวจสอบลายวงจรชำรุด (Open circuit) โดยใช้ทฤษฎีการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างภาพต้นแบบและภาพอ้างอิง โดยประยุกต์ใช้หลักการ XOR Operation สำหรับแยกความต่างระหว่างภาพต้นแบบและภาพอ้างอิง เมื่อผลลัพธ์แสดงภาพความแตกต่างระหว่างภาพต้นแบบและภาพอ้างอิง ระบบระบุ พบลายวงจรชำรุด (Open circuit) บนแผ่นวงจรพิมพ์

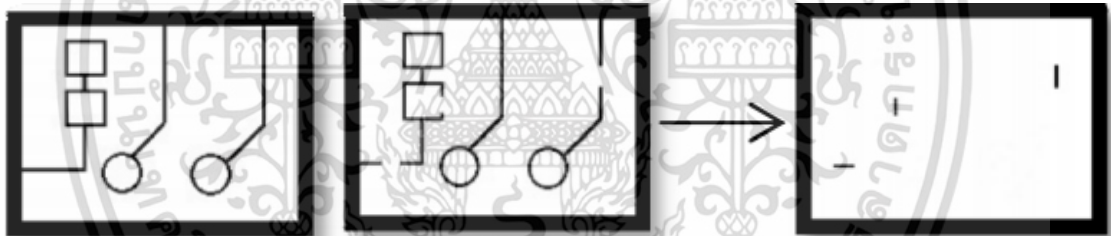
- 2) MATLAB Based Defect Detection and Classification of Printed Circuit Board [9]

งานวิจัยนี้ แบ่งการตรวจสอบรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์ออกเป็น 7 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มใช้ทฤษฎีการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างภาพต้นแบบและภาพอ้างอิง ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีภาพเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

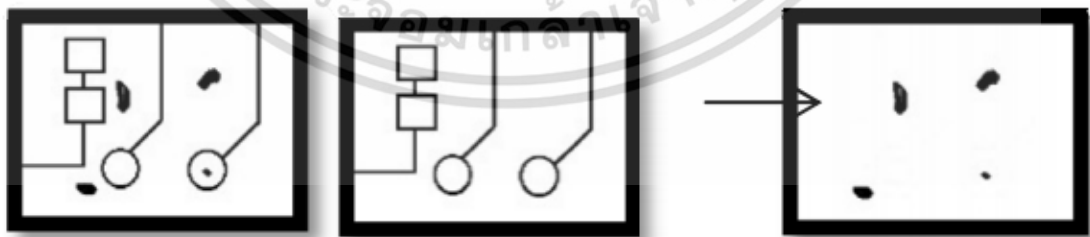
ต้นแบบไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับรอยชำรุดแต่ละกลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มประยุกต์ใช้หลักการ XOR Operation สำหรับแยกความต่างระหว่างภาพต้นแบบและภาพอ้างอิง ผลลัพธ์ที่ได้แสดงความแตกต่างของภาพ แสดงดังรูปที่ 2.1, 2.2 และ 2.3

No.	Image	Classified Defects
1	G13	Under etch
2	G21	Wrong size hole Missing hole
3	G22	Over etch, mouse bite
4	G25	Breakout, pinhole
5	G33	Short, Excessive short, Spurious copper, Spur
6	G42	Missing conductor, Open circuit
7	G43	Conductor too close

รูปที่ 2.1 CLASSIFIED GROUP OF DEFECTS.



รูปที่ 2.2 Positive image from X-OR Operation



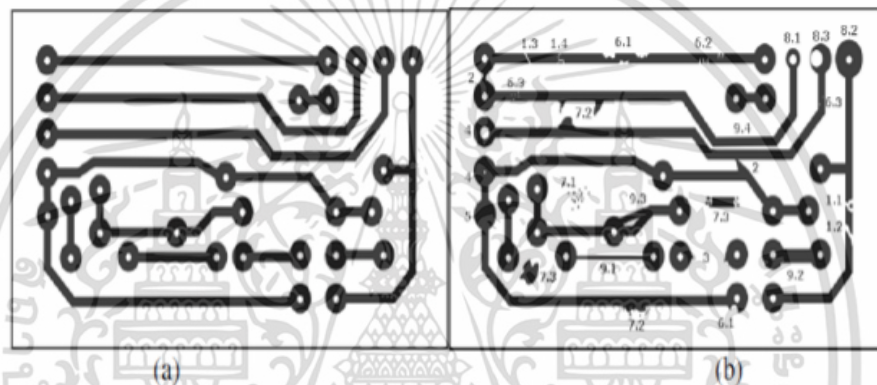
รูปที่ 2.3 Negative Image from X-OR Operation

จากตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าว การตรวจสอบรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์ ยังไม่สามารถนำมาทดแทนการใช้สายตามนุษย์ ในการตรวจสอบได้ จากปัญหาดังกล่าว จึงมีการพัฒนาเครื่องจักรอัตโนมัติขึ้น และใช้กล้องในการตรวจสอบรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์ แทนสายตามนุษย์ โดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเห็นไปเว็บไซต์ท่านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการงานนั้น พนักงานหน้าที่วางแผ่นวงจรพิมพ์เข้าไปภายในเครื่อง และ นำแผ่นวงจรพิมพ์ออก จากเครื่องจักรเท่านั้น ในส่วนของระบบการตรวจสอบรอยชำรุดนั้นเครื่องจักรจะทำการตรวจสอบโดย อัตโนมัติ ซึ่งตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น

1) Detection of Bare PCB Defects by Image Subtraction Method using Machine Vision [12]

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้ เครื่องจักรในการตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์ (Machine Vision PCB inspection System) ซึ่งหลักการของระบบคือ การเปรียบเทียบระหว่างภาพต้นแบบกับภาพ อ้างอิง โดยใช้ทฤษฎี XOR Operation (Subtraction Algorithm) ระบบตรวจรอยชำรุดบน แผ่นวงจรพิมพ์ ได้แก่ over etchings (opens), under-etchings (shorts) และ holes เป็นต้น แสดง ดังรูปที่ 2.4

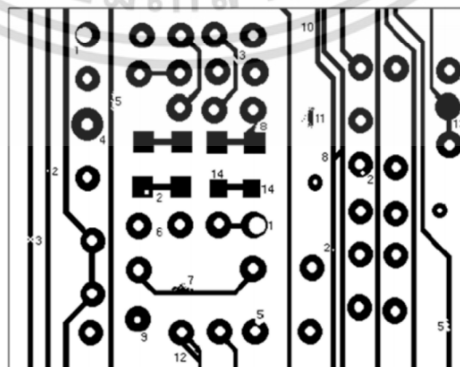


รูปที่ 2.4 PCB without error (a) PCB with error (b)

2) Online Inspection of Printed Circuit Board Using Machine Vision [13]

3) Automated PCB inspection in small series production based on SIFT algorithm

[14]



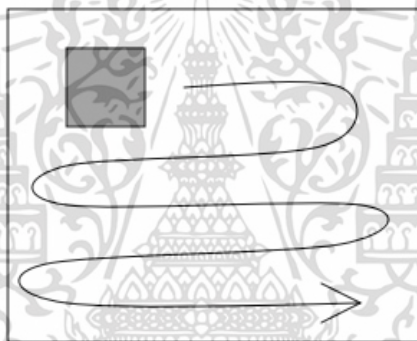
1.Breakout 2.Pinn hole 3.Open circuit 4.Underetch 5.Mouse bite 6.Missing conductor 7.Spur 8.Short 9.Wrong size hole 10.Conductor too close 11.Spurious scooper 12.Excessive short 13.Missing hole 14. Over etch

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การจับคู่แม่แบบ (Template Matching)

การใช้แม่แบบเป็นส่วนประกอบสำคัญของหลายๆ เทคนิคในการประมวลผลภาพ แม่แบบก็คือภาพซึ่งโดยทั่วไปจะนำไปวางทับกับภาพที่พิจารณาและทำการประมวลผลโดยใช้ค่าของพิกเซลของภาพและของแม่แบบที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน การจับคู่แม่แบบคือการตรวจสอบส่วนของภาพที่ตำแหน่งใดที่เหมือนกับแม่แบบ โดยหลักการการจับคู่แม่แบบเหมือนกับการค้นหาแบบอนุกรม คือเราจะไล่เปรียบเทียบไปเรื่อยๆ ตามลำดับจนหมด (แสดงดังรูปที่ 2.6) แต่เนื่องจากภาพของเราเป็นสองมิติการไล่เปรียบเทียบนั้นทำโดยเลื่อนแม่แบบจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่างทีละพิกเซลจนครบทั้งภาพ ส่วนการตรวจสอบว่าส่วนของภาพนั้นมีความเหมือนกับแม่แบบเท่าไรนั้น ในกรณีภาพไบนารีเราอาศัยวิธีนับพิกเซลที่มีค่าตรงกับแม่แบบก็พิกเซล ตำแหน่งของการเลื่อนแม่แบบที่ได้จำนวนพิกเซลที่ตรงกับแม่แบบมากที่สุดก็คือตำแหน่งที่มีภาพเหมือนแม่แบบปรากฏอยู่ แสดงดังสมการที่ 2.1 กำหนดขนาดของแบบ กราฟ T ขนาด $M \times N$ และ ค้นหาขนาด กราฟ S $N_x \times N_y$ แสดงดังรูปที่ 2.7 ตำแหน่งที่สนใจให้กำหนด เป็นกราฟ $S_{i,j}$ โดยอ้างอิงตำแหน่ง แกน X คือ i ($0 \leq i$) และ แกน Y คือ j ($j \leq N-M$) สามารถเปรียบเทียบรายละเอียดของ กราฟ T และ $S_{i,j}$ มีค่าเท่ากับ กราฟ T



รูปที่ 2.6 การจับคู่แม่แบบ (Template Matching)

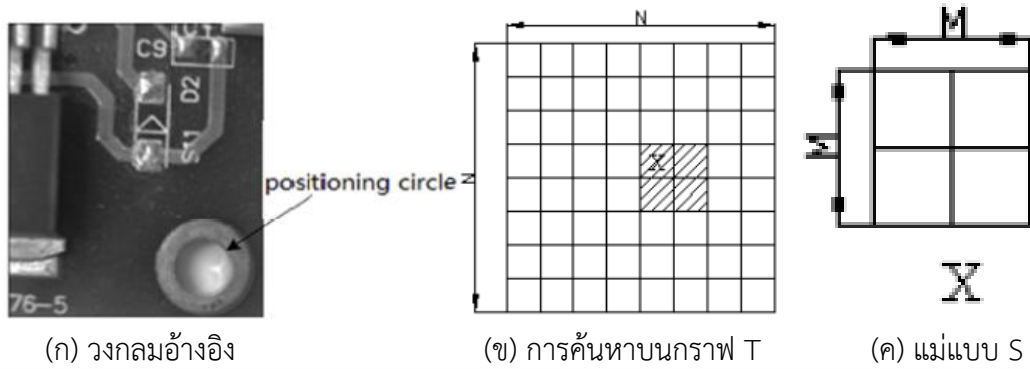
$$NC(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N T(m, n) S^{i,j}(m, n)}{\sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N T^2(m, n) \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S^{i,j}(m, n)]^2}} \quad (2.1)$$

$$NC(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (T(m, n) - \bar{T}(m, n)) (S^{i,j}(m, n) - \bar{S}^{i,j}(m, n))}{\sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (T(m, n) - \bar{T}(m, n))^2 \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (S^{i,j}(m, n) - \bar{S}^{i,j}(m, n))^2}} \quad (2.2)$$

$$\bar{T}(m, n) = \frac{1}{M \times N} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N T(m, n) \quad (2.3)$$

$$\bar{S}^{i,j}(m, n) = \frac{1}{M \times N} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N S^{i,j}(m, n) \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

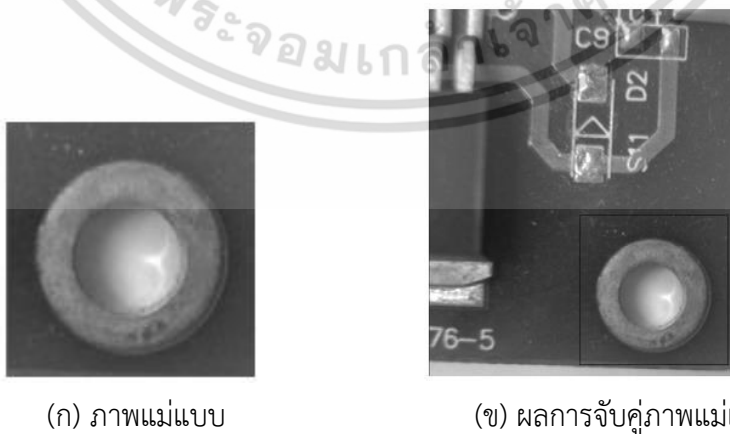


รูปที่ 2.7 การค้นหากราฟและแม่แบบ

- เมื่อ $NC(i,j)$ คือ ตำแหน่งของกราฟที่ค้นหา
 $T(i,j)$ คือ กราฟแม่แบบ
 $S(i,j)$ คือ กราฟที่ค้นหา
 i คือ ตำแหน่งแนวแกน X
 j คือ ตำแหน่งแนวแกน Y

การประยุกต์ใช้งานความเหมือนของภาพและภาพต้นแบบมีข้อแตกต่างในส่วนช่วงเวลาและกล้อง ค่าของภาพสีเทา (Gray scale) ที่ตรงกันมักจะไม่นั่นอน ดังนั้นพื้นที่ของ NC ค่าของ 1 ไม่นั่นอน ดังนั้น จึงต้องการหาบริเวณที่มีค่ามากที่สุดของ NC ในการค้นหากราฟ และ พิจารณาบริเวณที่มีตำแหน่งเหมือนกันที่สุด

จากสมการที่ 2.1 เป็นการใช้อาศัยของความเหมือนของภาพกับภาพต้นแบบ ในขั้นตอนการจับคู่แม่แบบ (Template Matching) ซึ่งเป็นการคำนวณซึ่งมีข้อมูลที่เก็บมาก มีความรวดเร็วในการประมวลผล มีขั้นตอนในการค้นหาภาพ



รูปที่ 2.8 ภาพแม่แบบและผลของภาพที่ได้จากการจับคู่กับภาพแม่แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับงานวิจัยนี้ ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการจับคู่แม่แบบ (Template Matching) เพื่อระบุตำแหน่งรูขี้นน็อตบนแผ่นวงจรพิมพ์

2.3 Binarization

2.3.1 วิธีการแปลงภาพสีแบบ RGB เป็นภาพระดับสีเทา (Gray image)

โดยระดับสีเทาเป็นค่าซึ่งระบุความสว่างหรือความเข้มที่มีค่าตั้งแต่ 0-255 (0 คือระดับเข้มสูงสุด 255 คือระดับสว่างสูงสุด) รวมทั้งพิกัดแนวนอนและแนวตั้ง ซึ่งใช้ระบุตำแหน่งในแถวลำดับภาพ (Image Array) จากตัวอย่างรูปที่ 2.9 (ก) และ (ข) จุดภาพแถวแนวนอนที่ 3 และแนวตั้งที่ 2 ในรูปที่ 2.9 (ข) ซึ่งมีค่าระดับเทาเท่ากับ 40

วิธีการหาค่าระดับเทาที่มีวิธีคิดตามความสว่างของแต่ละแม่สี โดยมีรูปแบบดังสมการที่ 2.5

$$\text{Grayscale image} = (R + G + B) / 3 \quad (2.5)$$

$$\text{หรือ} \quad \text{Grayscale image} = (w_1 * R) + (w_2 * G) + (w_3 * B) \quad (2.6)$$

เมื่อ $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ และ $w_1, w_2, w_3 > 0$

R คือ สีแดง และ w_1 คือค่าน้ำหนักของสีแดง

G คือ สีเขียว และ w_2 คือค่าน้ำหนักของสีเขียว

B คือ สีน้ำเงิน และ w_3 คือค่าน้ำหนักของสีน้ำเงิน

แต่จากการศึกษาพบว่าการเฉลี่ยค่าของแม่สีทั้งสามตามสมการที่ 2.5 ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุด อาจจะมี ความเพี้ยนของสีได้ ดังนั้นวิธีที่จะทำให้ได้สีที่ใกล้เคียงมากที่สุดคือการให้ค่าน้ำหนักตามสมการที่ 2.6 โดยค่าน้ำหนักแต่ละสีจะมีค่าแตกต่างกันและได้สมการดังนี้

$$\text{Grayscale image} = (0.299 * R) + (0.587 * G) + (0.114 * B) \quad (2.7)$$



(ก)

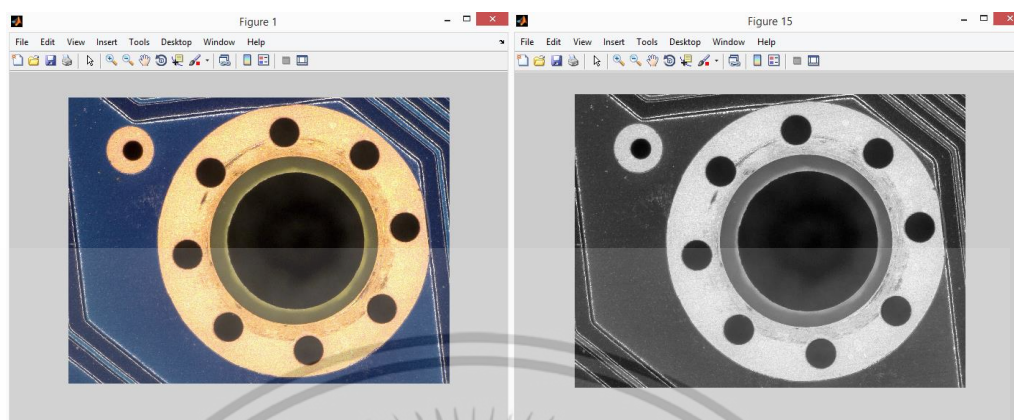
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
40	40	40	40	200	200	40	40	40	40
40	40	40	40	200	200	40	40	40	40
40	40	200	200	200	200	200	200	40	40
40	40	40	40	200	200	40	40	40	40
40	40	40	40	200	200	40	40	40	40
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

(ข)

รูปที่ 2.9 การแทนค่าจุดภาพในภาพระดับสีเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับงานวิจัยนี้ ใช้ทฤษฎีการแปลงจากภาพสี (RGB image) เป็นภาพสีเทา (Gray image) ซึ่งเป็นขั้นตอนการจัดเตรียมภาพเข้าสู่ขั้นตอนการแปลงภาพเป็นภาพขาว-ดำ (Binarization)



(ก) ภาพสี (RGB image)

(ข) ภาพสีเทา (Gray image)

รูปที่ 2.10 ผลลัพธ์การแปลงภาพสีเป็นภาพสีเทา

2.3.2 การแปลงภาพสีเทาให้เป็นภาพสองระดับ (Binarization)

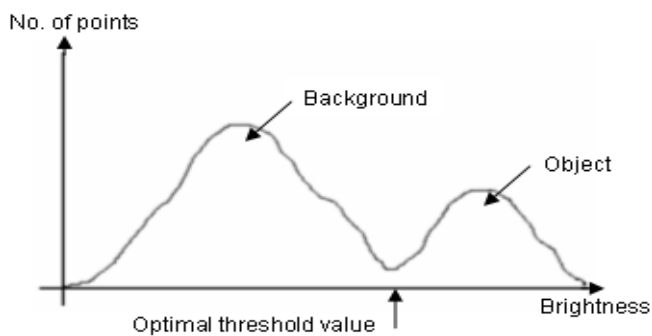
เป็นกระบวนการแปลงภาพที่มีความเข้มหลายระดับ (Multilevel Image) ให้มีการแสดงผลแค่ 2 ระดับ หรือ 1 บิต (bit) ซึ่งก็คือ 0 และ 1 โดย 1 แทนด้วยจุดที่มีภาพสีขาว และ 0 แทนด้วยจุดที่มีภาพสีดำ ซึ่งจะถูกเรียกว่า ภาพสองระดับ (Binary Image) แสดงดังรูปที่ 2.12 [16]

วิธีการกำหนดขีดแบ่ง (Threshold Technique) คือการพิจารณาจุดภาพ ในภาพว่าจุดใดควรจะเป็นจุดขาว หรือจุดใดควรจะเป็นจุดดำ โดยจะทำการเปรียบเทียบค่าของแต่ละจุดภาพ ($g(x,y)$) กับค่าคงที่ที่เรียกว่า ค่าขีดแบ่ง (Threshold) เทคนิคนี้นิยมใช้กันมากในกรณีที่มีความแตกต่างระหว่างวัตถุ (Object) และพื้นหลัง (Background) ค่าจุดภาพในภาพที่มีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่งที่กำหนดไว้ จะถูกกำหนดเป็น 1 (จุดดำ) และถ้าค่าของจุดภาพใด ๆ ในภาพมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่งจะถูกกำหนดให้เป็น 0 (จุดขาว) แสดงดังสมการที่ 2.8 และ แสดงดังรูปที่ 2.11 [15]

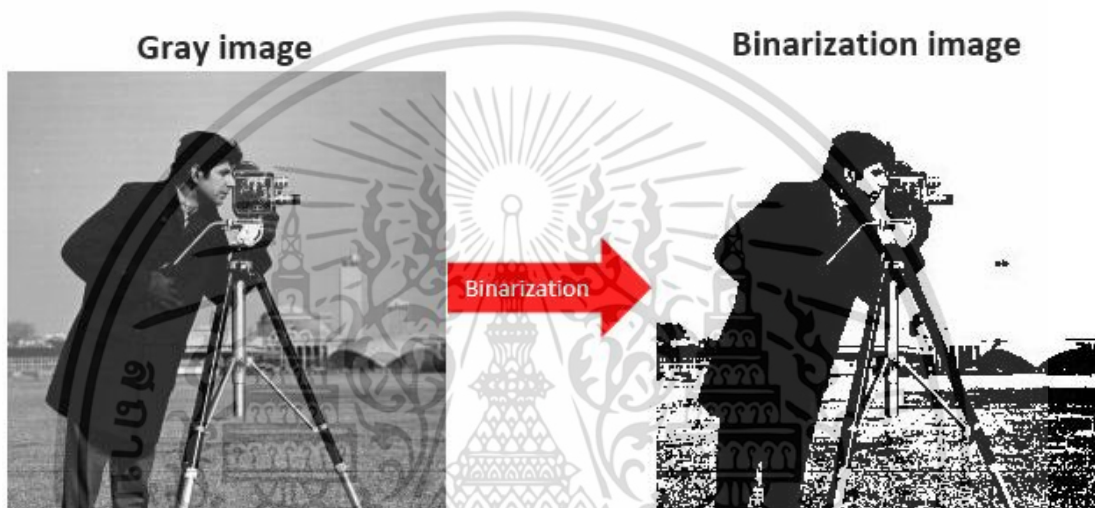
$$g(x,y) = \begin{cases} 1; & \text{if } g(x,y) > T \\ 0; & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (2.8)$$

เมื่อ $g(x,y)$ เป็นข้อมูล ณ ตำแหน่งที่ x,y

T เป็นค่าขีดแบ่ง



รูปที่ 2.11 Image histogram



รูปที่ 2.12 การแปลงภาพสีเทาเป็นภาพขาว-ดำ

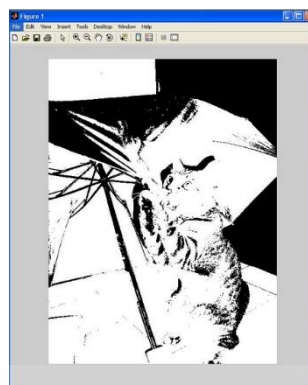
หลังจากที่หาค่าขีดแบ่งได้แล้ว จึงทำการกำหนดให้จุดภาพที่มีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่งเป็นจุดภาพพื้นหน้าที่มีค่าเท่ากับ 1 ส่วนจุดภาพที่เหลือเป็นพื้นหลังที่มีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งการเลือกใช้ค่าขีดแบ่ง มี 2 แบบ ได้แก่

Global Threshold คือ การใช้ค่าขีดแบ่ง ค่าเดียวกับทั้งภาพ แสดงดังรูปที่ 2.13 [17]

Local Threshold คือ การแบ่งภาพหลักออกเป็นภาพย่อยๆ ที่แต่ละภาพย่อยเหล่านั้นจะมีค่าขีดแบ่งเป็นของตัวเอง แสดงดังรูปที่ 2.14 [18]

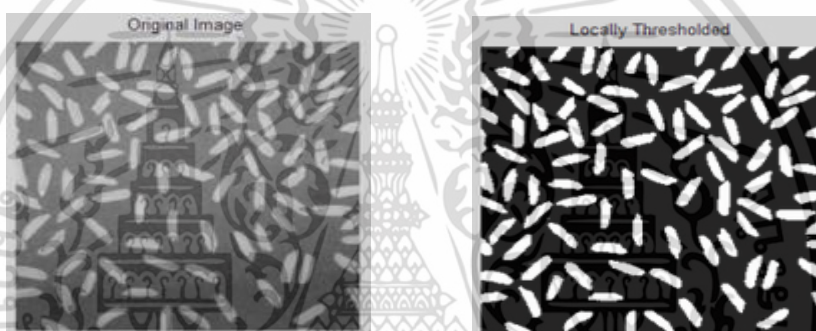


(ก) Grayscale image



(ข) Global Threshold image

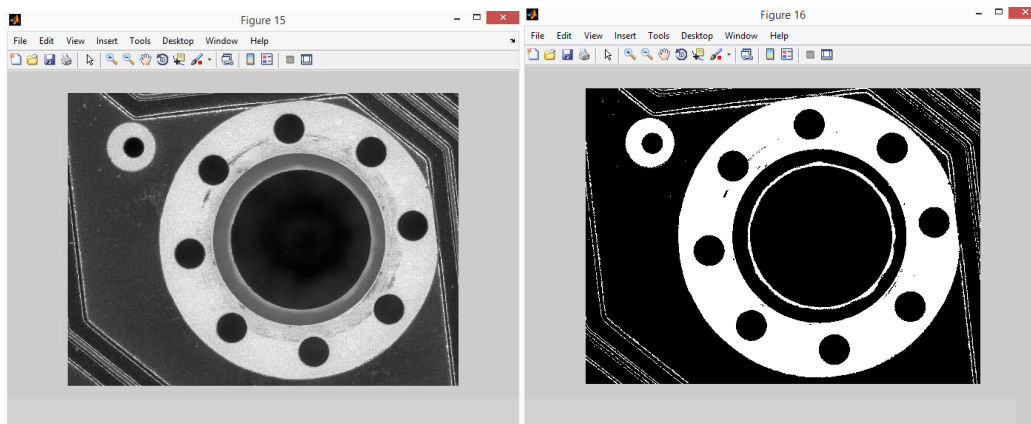
รูปที่ 2.13 การใช้ค่าขีดแบ่งค่าเดียวกันทั้งภาพ (Global Threshold)



รูปที่ 2.14 การใช้ค่าขีดแบ่งแบบ Local Threshold

ในการทำภาพสีสองระดับด้วยวิธีการสร้างค่าขีดแบ่งนั้น หากต้องการให้ได้ภาพดีและคมชัด ต้องเกิดจากการเลือกค่าขีดแบ่งที่ถูกต้องและเหมาะสม ถ้าเลือกค่าขีดแบ่งไม่เหมาะสม เช่น ค่าขีดแบ่งที่มากหรือน้อยจนเกินไป ภาพที่ได้จะขาดความคมชัดหรืออาจทำให้รายละเอียดของภาพขาดหายไป หรือภาพที่ได้ อาจจะมีมืดเกินไป หรือสว่างเกินไป หรืออาจจะเป็นภาพที่มีสิ่งรบกวน (Noise) เกิดขึ้น ทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้ไม่ชัดเจน

สำหรับงานวิจัยนี้ ใช้ทฤษฎี Binarization สำหรับแปลงจากภาพสีเทา (Gray image) เป็นภาพขาว-ดำ ซึ่งเป็นขั้นตอนจัดเตรียมภาพเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการตรวจสอบรอยชำรุดบริเวณรูขี้ผึ้งบนแผ่นวงจรพิมพ์



(ก) ภาพสีเทา (Gray image)

(ข) ภาพขาว-ดำ (Binarization image)

รูปที่ 2.15 ผลลัพธ์การแปลงภาพสีเทาเป็นภาพขาว-ดำ

2.4 การเพิ่มเติมพื้นที่บริเวณที่สนใจ (Fill in specified region of interest : ROI)

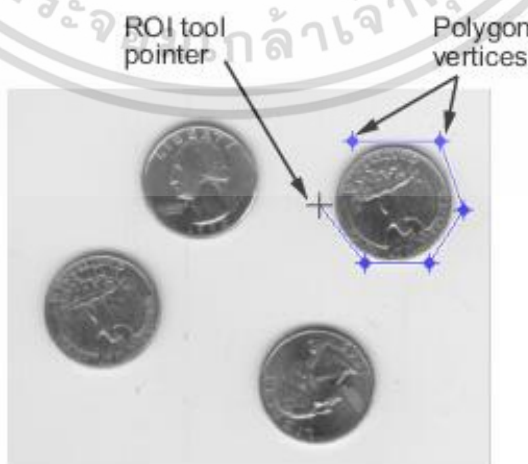
เป็นกระบวนการเพิ่มเติมพื้นที่บริเวณที่สนใจ โดยการเพิ่มเติมพื้นที่ ค่าพิกเซลจากขอบเขตของพื้นที่ที่กำหนด กระบวนการนี้ สามารถนำมาใช้เพื่อทำให้วัตถุในภาพดูเหมือนจะหายไปขณะที่ภาพจะถูกแทนที่ด้วยค่าที่กลมกลืนกับพื้นที่พื้นหลัง การเพิ่มเติมภาพสามารถใช้ฟังก์ชัน `roifill` ของ Matlab ซึ่งฟังก์ชันนี้เหมาะสำหรับการแก้ไขภาพหรือการกำจัดส่วนของรายละเอียดภายนอก แสดงดังรูปที่ 2.16 และ 2.17 [19]

Matlab syntax :

$$J = \text{roifill}(I,c,r)$$

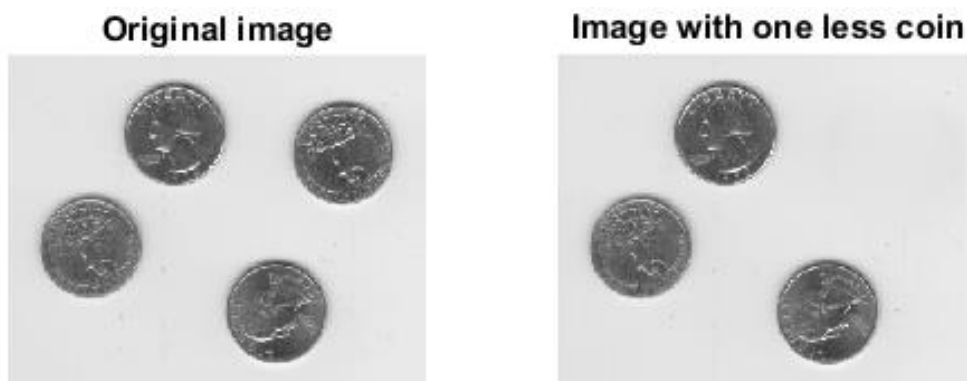
เมื่อ I คือ ภาพที่ปรับปรุง

c, r คือ ค่า Row-Column coordinates ของพิกเซลบน Vertices ของรูปหลายเหลี่ยม



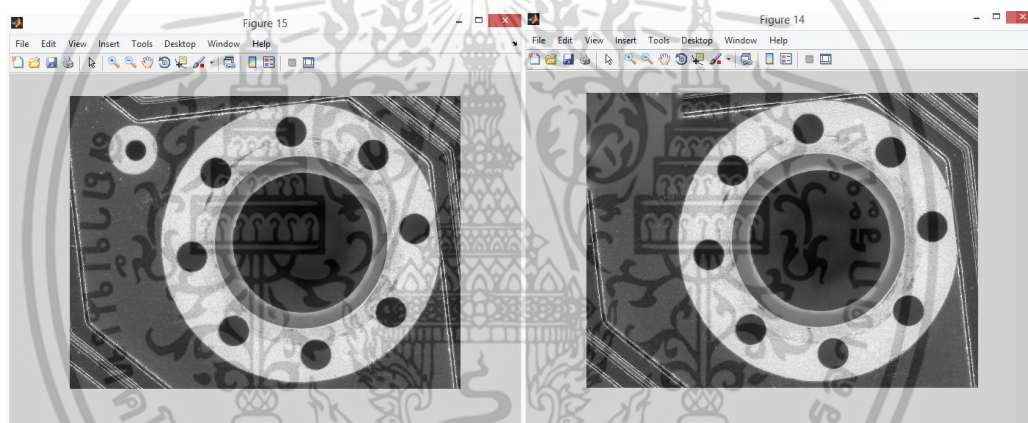
รูปที่ 2.16 ระบุตำแหน่งของภาพที่ต้องการกำจัดหรือแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 เปรียบเทียบระหว่างภาพต้นแบบและภาพการกำจัดพื้นที่ไม่ต้องการออก

สำหรับงานวิจัยนี้ การเพิ่มเติมพื้นที่บริเวณที่สนใจ เป็นการประยุกต์ใช้งานฟังก์ชัน roifill ของ Matlab สำหรับกำจัดพื้นที่รูทองแดงบนแผ่นวงจรพิมพ์



(ก) ภาพสีเทา (Gray image)

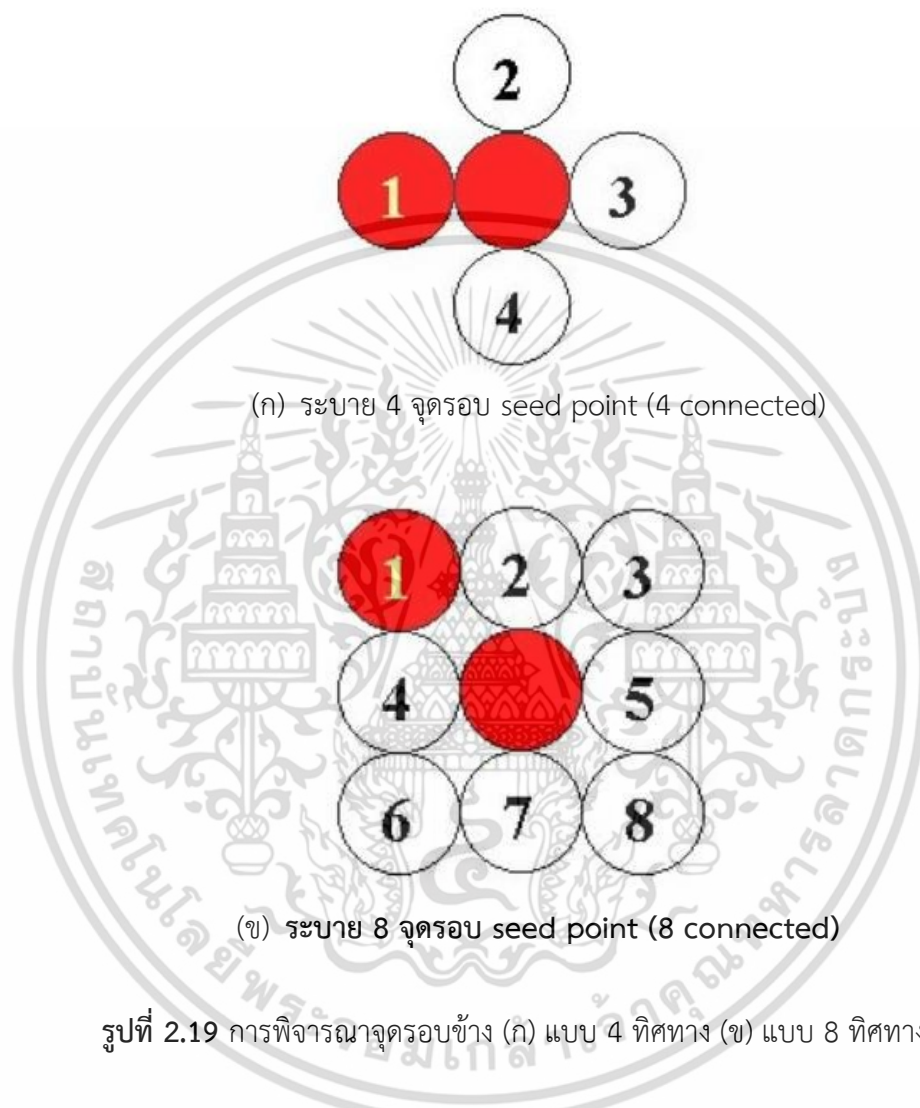
(ข) ผลลัพธ์การกำจัดพื้นที่รูทองแดง

รูปที่ 2.18 ภาพผลลัพธ์การกำจัดพื้นที่รูทองแดงที่ไม่ต้องการออก

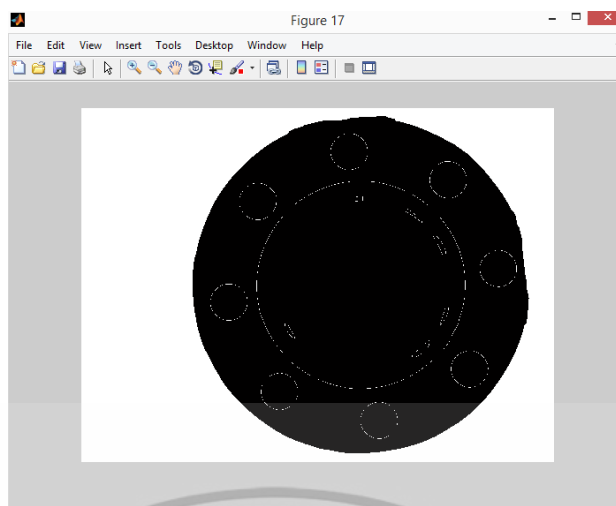
2.5 การระบายสีรูปบริเวณพื้นที่ปิด (Flood-Fill Algorithm)

เป็นการทดสอบหนึ่งที่อยู่ภายในขอบเขตของรูปที่มีการ กำหนดจุดเริ่มต้น (x, y) โดยจะทำการเปลี่ยนสีของจุดเริ่มต้น นี้ให้เป็นสี ภายในบริเวณใหม่ตามขอบเขตรูปที่ต้องการ จากนั้นค่อยๆ เปลี่ยนสีจุดรอบข้างแผ่กระจายออกไป โดยจะทำการทดสอบสลับซ้ายขวา จนกระทั่งไป สิ้นสุดถึงขอบของบริเวณ ซึ่งมีข้อจำกัดคือต้องใช้กับพื้นที่ปิดเท่านั้น และ จะต้องกำหนดจุดเริ่มต้น ในการระบายสีก่อนทำการทดสอบ ขั้นตอนการทดสอบเริ่มต้นจากกำหนดพิกัดจุด (x, y) ที่จะเป็น ตำแหน่งเริ่มต้น จุดแรกที่จะทำการทดสอบ (Flood-fill) เรียกว่าตำแหน่ง Seed Point (เป็นจุดใดจุดหนึ่งในกรอบวัตถุ) หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบ จุดรอบข้างเพื่อพิจารณาว่าจุดนั้น เป็นจุดที่อยู่บนขอบ หรือว่าเป็นจุดที่อยู่ภายในบริเวณ ในกรณีที่จุดอยู่บนขอบ สีของจุดปัจจุบัน เป็นสีเดียวกับสี ของขอบ จะหยุดการค้นหา แต่ถ้าในกรณีที่จุดอยู่ภายในบริเวณ จะทำการทดสอบจุดนั้นด้วยสีที่ต้องการ แล้วพิจารณาจุดรอบข้าง ซึ่งไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะแบ่งออกเป็น แบบ 4 ทิศทาง (4-connected) และแบบ 8 ทิศทาง (8-connected) แสดงดังรูปที่ 2.19 (ก) และ (ข) ตามลำดับ สำหรับในรูปถัดไป จะกลายเป็นตำแหน่ง Seed Point ของ รอบใหม่ ทำการเชื่อมต่อไปเรื่อยๆ จนถึงขอบของบริเวณ และวนกลับมาเชื่อมต่อที่เหลือ ซึ่งจะเป็นตำแหน่ง Seed Point ต่อไป โดยทำจนกว่าจะครบทั้งภาพ แสดงดังรูปที่ 2.19 [20]



สำหรับงานวิจัยนี้ ประยุกต์ใช้การระบายสีรูปบริเวณพื้นที่ปิด (Flood-Fill Algorithm) แบบ 8 ทิศทาง ซึ่งทฤษฎีนี้ใช้สำหรับปรับปรุงภาพสำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์หารอยชำรุดบริเวณขอบด้านนอกของชั้นน็อตบนแผ่นวงจรมพิมพ์ ผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 ผลลัพธ์การระบายสีรูปบริเวณพื้นที่ปิด (Flood-Fill Algorithm)

2.6 การกำจัดสัญญาณรบกวนในภาพ

เป็นการปรับปรุงภาพแบบวิธีสไปเชียลโดเมน ที่มีจุดประสงค์เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน โดยกระบวนการที่ทำกับสไปเชียลโดเมนสามารถแทนด้วยสมการคณิตศาสตร์ดังในสมการที่ 2.9

$$g(x, y) = T(f(x, y)) \quad (2.9)$$

โดยที่ $f(x, y)$ เป็นรูปภาพที่รับเข้ามา $g(x, y)$ เป็นภาพที่ได้ประมวลผลแล้ว และ T คือ กระบวนการที่ทำกับ f โดยทำกับจุดข้างเคียงของ (x, y) โดยการที่จะนำจุดข้างเคียงมาประมวลผลด้วย สามารถทำได้โดยใช้ภาพสี่เหลี่ยม หรืออาจจะเรียกว่า หน้ากาก(mask) หรือหน้าต่าง(window) มาครอบกับภาพที่รับเข้ามา และให้จุดกึ่งกลางของหน้าต่างอยู่ที่จุด (x, y) ดังรูปที่ 2.21

2.6.1 ขั้นตอนการกรองภาพด้วยวิธีด้วยค่ามัธยฐาน (Median filtering)

สำหรับการกรองภาพด้วยวิธีด้วยค่ามัธยฐานเป็นการแทนค่าจุดภาพที่พิจารณาด้วยการนำจุดข้างเคียงมาประมวลผล โดยใช้การเรียงลำดับค่าทั้งหมดที่อยู่ในหน้ากาก แล้วนำค่าที่อยู่ตรงกลางของข้อมูลมาแทนค่า ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.21 (ก) ซึ่งเป็นภาพต้นฉบับที่มีขนาด 5×5 เมื่อนำหน้ากากขนาด 3×3 มาครอบโดยให้จุดภาพที่พิจารณาอยู่ที่จุดกึ่งกลางของหน้าต่าง โดยจุดภาพที่อยู่บริเวณขอบจะไม่ทำการพิจารณา ดังรูปที่ 2.21 (ข) จากนั้นนำค่าตัวเลขทั้งหมดที่อยู่ภายในหน้ากากมาเรียงลำดับ ซึ่งจากรูปจะได้ตัวเลขทั้งหมด 9 ตัว ได้แก่ 8, 9, 10, 10, 10, 10, 15, 15, 45 และค่าที่อยู่ตรงกลาง (ตำแหน่งที่ 5) คือ 10 ดังนั้นจึงนำค่าดังกล่าวไปแทนค่าในตำแหน่งของจุดภาพที่พิจารณา จากนั้นให้ทำการเลื่อนหน้ากากไปยังตำแหน่งใหม่ดังรูปที่ 2.21 (ค) และดำเนินการซ้ำแบบเดิมจนครบทุกจุดภาพจึงถือเป็นการจบขั้นตอนการกรองภาพ

45	10	15	8	9
10	10	15	9	8
20	9	8	10	12
20	25	10	28	30
25	25	30	27	25

(ก)

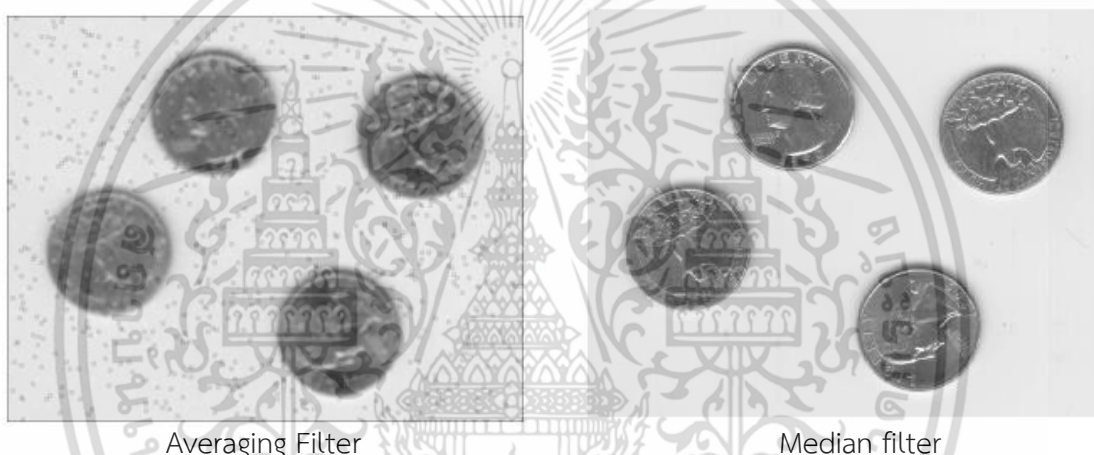
45	10	15	8	9
10	10	15	9	8
20	9	8	10	12
20	25	10	28	30
25	25	30	27	25

(ข)

45	10	15	8	9
10	10	15	9	8
20	9	8	10	12
20	25	10	28	30
25	25	30	27	25

(ค)

รูปที่ 2.21 ตัวอย่างขั้นตอนสำหรับการกรองภาพด้วยวิธีค่ามัธยฐาน

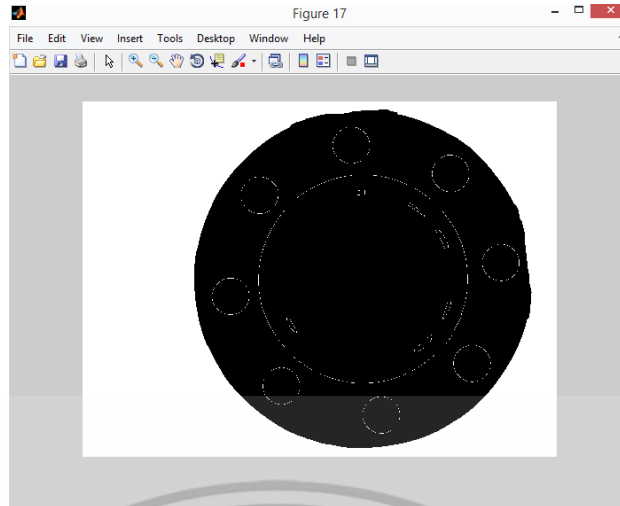


Averaging Filter

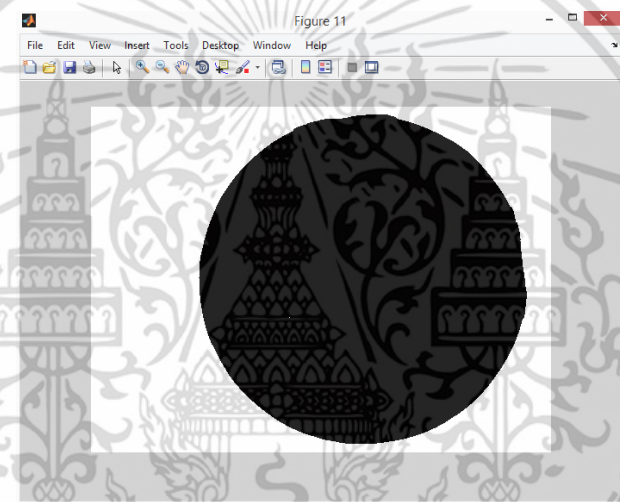
Median filter

รูปที่ 2.22 ตัวอย่างการกรองภาพด้วยวิธีค่าเฉลี่ย (Averaging filter) และ วิธีค่ามัธยฐาน (Median filter)

สำหรับงานวิจัยนี้ ขั้นตอนการกำจัดสัญญาณรบกวนในภาพ โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการกรองภาพด้วยวิธีด้วยค่ามัธยฐาน (Median filtering) สำหรับกำจัดสัญญาณรบกวนบนภาพ ซึ่งผลลัพธ์จากขั้นตอนนี้ถูกนำไปสู่ขั้นตอนการประมวลผลภาพ (Image processing) ผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 2.23



(ก) ภาพการระบายสีรูปบริเวณพื้นที่ปิด (Flood-Fill Algorithm)



(ข) การกำจัดสัญญาณรบกวนในภาพ

รูปที่ 2.23 การกำจัดสัญญาณรบกวนในภาพระบายสีรูปบริเวณพื้นที่ปิด

2.7 Circle Hough Transform

2.7.1 Hough Transform แบบเดิม

การเก็บตำแหน่งของภาพวงกลม คือ $\{ x_i, y_i \mid i = 1, 2, 3, \dots, n \}$, (x, y) ใดๆ การเก็บตำแหน่งสามารถแสดงได้ดังสมการนี้

$$(a-x)^2 + (b-y)^2 = r^2 \quad (2.10)$$

สมการนี้เป็นกรวยสามมิติในพื้นที่ ดังนั้นถ้าวางจุดใดของภาพลงใน สมการที่ 2.10, ที่สอดคล้องกัน ผลเป็นรูปกรวยสามมิติเพื่อความรู้เรขาคณิตวิเคราะห์ การนำชุดของจุดบนเส้นรอบวงเป็นสมการที่ 2.11 ผลประกอบการของกลุ่มผิวรูปทรงกรวย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

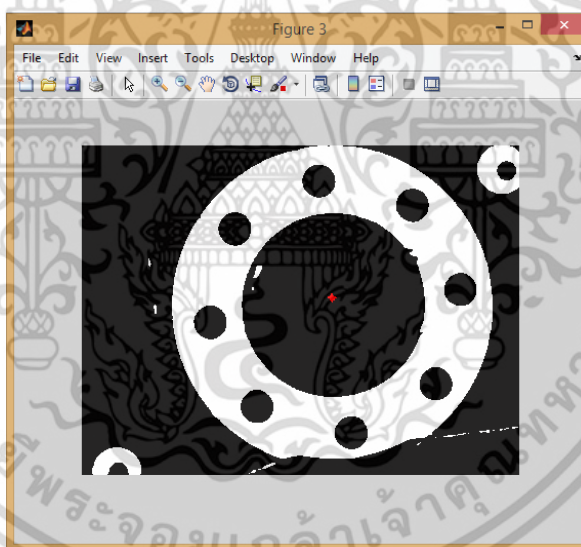
การเริ่มต้นจุดสำหรับการค้นหาต่อไป ทำซ้ำขั้นตอนข้างต้นจนกลับไปยังจุดที่อยู่ใกล้ A จุดเริ่มต้นในการค้นหากระบวนการสองมิติสะสมเป็นสิ่งจำเป็นเพียงเพื่อสะสมศูนย์กลางของวงกลม เมื่อเทียบกับแบบดั้งเดิม Hough แปลงวิธีการใหม่ต้องการพื้นที่จัดเก็บน้อยลงและซับซ้อนน้อย ในที่สุดสูงสุดของสะสมเป็นพิกัดศูนย์กลาง ตั้งค่าพิกัดของจุด A, B และ C ตามลำดับ (x_1, y_1) , (x_2, y_2) และ (x_3, y_3) แล้วสมการของเส้นตรง CJ และ EI คือ:

$$CJ : y = \frac{y_1 + y_2}{2} - \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} \left(x - \frac{x_1 - x_2}{2} \right) \quad (2.13)$$

$$EI : y = \frac{y_2 + y_3}{2} - \frac{x_3 - x_2}{y_3 - y_2} \left(x - \frac{x_2 - x_3}{2} \right) \quad (2.14)$$

ตามสมการที่ 2.13 และ 2.14 จุดตัดของสองเส้นคือพิกัดศูนย์กลาง

สำหรับงานวิจัยนี้ ประยุกต์ใช้ Circle Hough Transform สำหรับหาจุดศูนย์กลางรูขั้วนิ้วตเพื่อใช้ในขั้นตอน Iris Image Normalization ซึ่งเป็นขั้นตอนการหารอยชำรุดบริเวณด้านในรูขั้วนิ้วตบนแผ่นวงจรพิมพ์ ผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 2.25



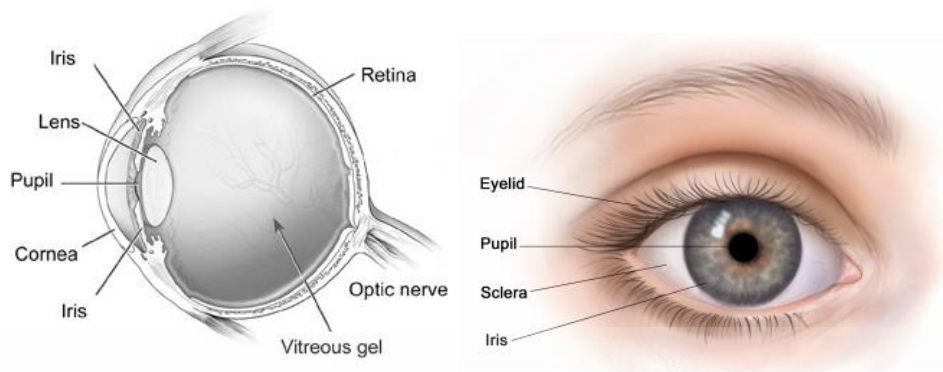
รูปที่ 2.25 แสดงจุดศูนย์กลางรูขั้วนิ้วต

2.8 Iris Image Normalization

ม่านตาเป็นส่วนที่เป็นสีของนัยน์ตา ซึ่งอาจมีสีดำ สีน้ำตาลหรือสีฟ้าตามเชื้อชาติม่านตาทำหน้าที่เปรียบเสมือนรูรับแสงของกล้องถ่ายภาพ คือ ช่วยในการควบคุมขนาดของรูม่านตา โดยการหดตัวหรือขยายตัวของกล้ามเนื้อม่านตา เพื่อให้ปริมาณแสงที่ผ่านเข้าไปสู่เลนส์ตาอยู่ในระดับพอเหมาะ โดยปกติ รูม่านตาจะขยายเมื่ออยู่ในที่มืด และหดตัวเมื่ออยู่ในที่สว่าง เพื่อปรับแสงที่เข้าสู่ดวงตาให้เหมาะสมกับการมองเห็น และไม่เป็นอันตรายต่อจอประสาทตา แสดงดังรูปที่ 2.26 ซึ่งการวิเคราะห์

ม่านตาสามารถวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎี Daugman's Rubber sheet model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 Normal eye Anatomy and Human Eye

2.8.1 Normalization - Daugman's Rubber Sheet Model

Daugman's Rubber Sheet Model ใช้สำหรับ Iris normalization แสดงดังรูปที่ 2.27 Rubber sheet model คือการแปลงพื้นที่บนม่านตาซึ่งมีลักษณะเป็น Polar coordinates (r, θ) เมื่อ r คือ ระยะห่าง $[0, 1]$ บนภาพม่านตา และ θ คือ มุมบนม่านตา $[0, 2\pi]$ เป็น Cartesian coordinates (x, y) สามารถหาได้จากสมการที่ 2.15

$$I(x(r, \theta), y(r, \theta)) \rightarrow I(r, \theta) \quad (2.15)$$

$$\text{ดังนั้น } x(r, \theta) \rightarrow (1 - r)xp(\theta) + rx(\theta) \quad (2.16)$$

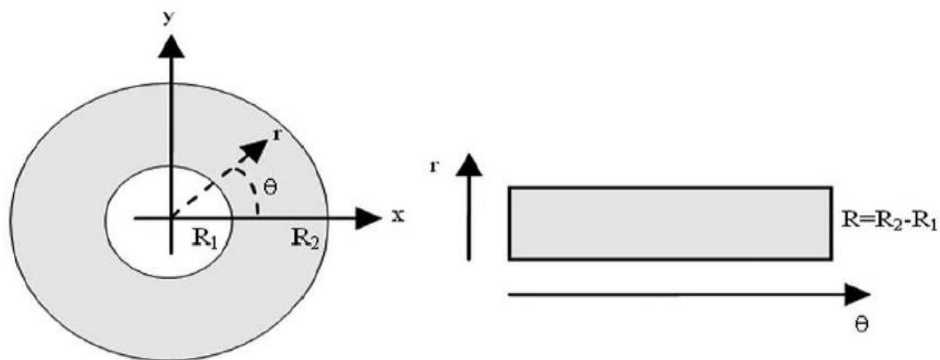
$$y(r, \theta) \rightarrow (1 - r)yp(\theta) + ry(\theta) \quad (2.17)$$

เมื่อ $I(x, Y)$ คือ ภาพบริเวณม่านตา

(x, y) คือ ตำแหน่ง Cartesian Coordinates ดั้งเดิม

(R, θ) คือ ตำแหน่งที่สอดคล้องกันของ Polar Coordinates

θ คือ ขอบเขตตามทิศทางของ Polar Coordinates บนพิกัดของรูม่านตาและม่านตา



รูปที่ 2.27 Daugman's Rubber Sheet model

จากภาพที่ 2.27 เป็นการ Normalization ภาพโดยใช้ลักษณะการแปลงภาพ Polar Coordinates (r, θ) เป็นลักษณะ Cartesian coordinates (x, y) โดยกำหนดให้ r คือ ค่าพิกเซล (0 หรือ 1) ในแนวรัศมีของวงกลม โดยที่ $r \in [R1, R2]$ และ $\theta \in [0, 2\pi]$ เมื่อ $R1$ คือ ขอบเขตของรูม่านตา และ $R2$ คือ ขอบเขตของม่านตา แสดงผลของการ Normalization ภาพของม่านตาและรูม่านตาของมนุษย์แสดงดังรูปที่ 2.28



(ก) ภาพม่านตาก่อน Normalization

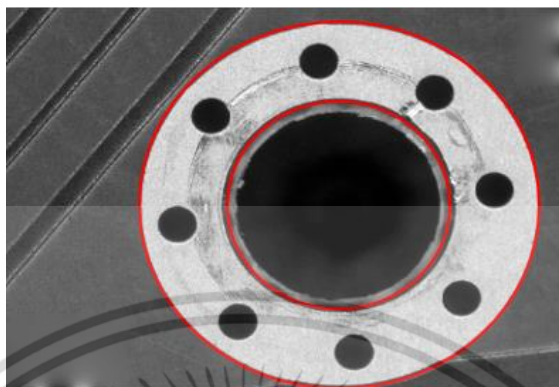


(ข) ภาพม่านตาหลังจาก Normalization

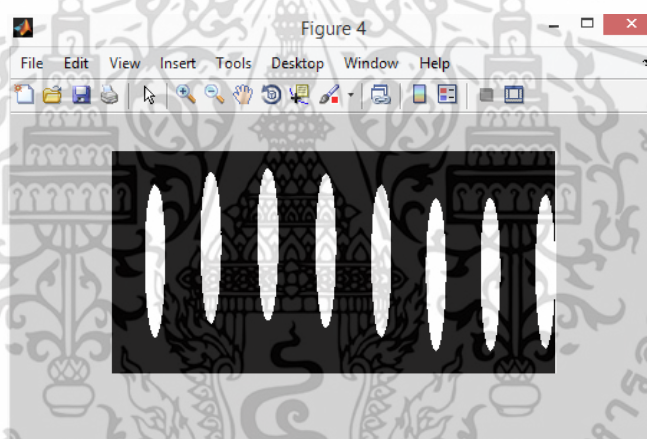
รูปที่ 2.28 ม่านตาก่อน Normalization และม่านตาหลัง Normalization

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับงานวิจัยนี้ ประยุกต์ใช้ Iris image Normalization แปลงภาพรูขุมขนนิ้วจากแบบ Polar Coordinates (r, θ) เป็นลักษณะ Cartesian coordinates (x, y) สำหรับตรวจสอบรอยชำรุด บริเวณรูขุมขนนิ้วตบบริเวณด้านในบนแผ่นวงจรมพิมพ์ ผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.29 ภาพรูขุมขนนิ้วก่อน Normalization



รูปที่ 2.30 ภาพรูขุมขนนิ้วหลัง Normalization

2.9 การจำแนกตัวอักษรออกจากบรรทัดข้อความ (Projection profile)

ขั้นตอนการจำแนกบรรทัดข้อความและจำแนกตัวอักษรออกจากบรรทัดข้อความ โดยสามารถใช้ วิธีการโปรเจกชัน (Projection Profile) เป็นวิธีการหาค่าสมมูลของจุดดำที่ประกอบกันเป็นตัวอักษร ซึ่งวิธีการโปรเจกชันนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

2.9.1 วิธีการโปรเจกชันตามแนวนอน (Horizontal projection profile)

เป็นวิธีการที่สามารถแยกตัวอักษรออกเป็นบรรทัดได้ โดยคำนวณจากจุดสีดำหรือจุดพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 ตามแนวแกน X ซึ่งก็หมายถึงส่วนที่เป็นตัวอักษรตามแนวนอนนั่นเอง ผลจะได้ออกมาในรูปของกราฟฮิสโตแกรม (Histogram) ช่วงของพิกเซลที่ไม่มีตัวอักษรนั้นจะเกิดช่องว่างขึ้น จากความแตกต่างนี้จึงสามารถนำมาใช้วิเคราะห์หาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของตัวอักษรแต่ละบรรทัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น โดยผู้จัดทำเอกสารนี้ขอสงวนสิทธิ์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

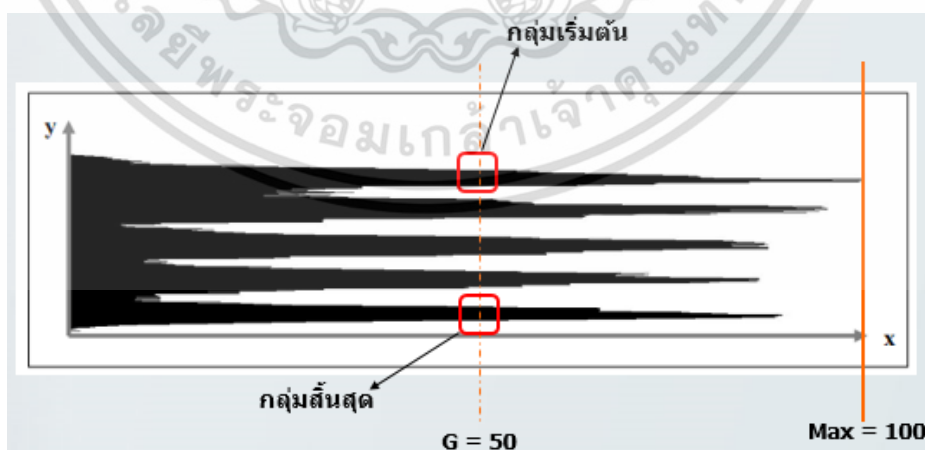
เท็จ" วิทยาศาสตร์ธรรมชาติเป็นเรื่องของการคาดคะเน
 โดยทั้งเป็นสมมุติฐานหรือทฤษฎีต่าง ๆ ขึ้นมาแล้ว
 วิทยาศาสตร์จะทดสอบทฤษฎีเหล่านั้นให้เห็นว่าอาจผิดหรือเท็จ
 ได้ ในวิทยาศาสตร์สังคม เขาวิเคราะห์ว่าทฤษฎีการเมือง

รูปที่ 2.31 แยกบรรทัดของเอกสาร และ Histogram ตามแนวนอน



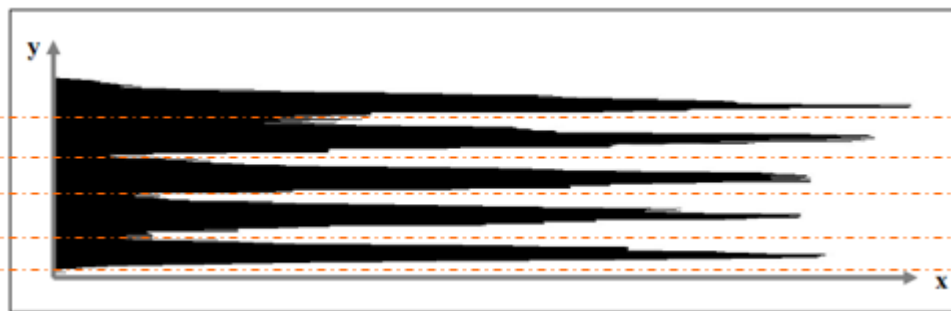
โดยที่ x หมายถึง ความหนาแน่นของพิกเซลในตำแหน่ง y
 y หมายถึง ความสูงของเอกสารเชิงดิจิทัล

รูปที่ 2.32 กลุ่มของพิกเซลสีดำ กลุ่มที่ 1



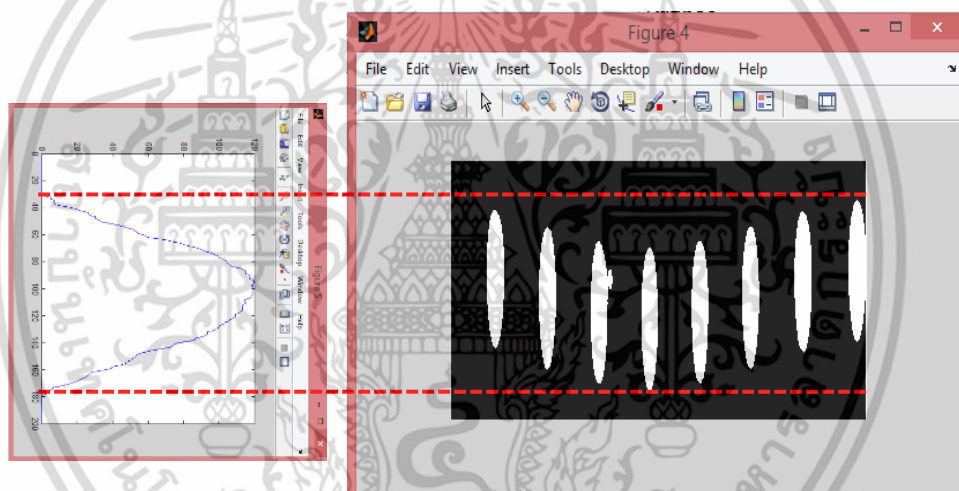
รูปที่ 2.33 การนับบรรทัดของตัวอักษร (จำนวนบรรทัดเท่ากับ 5 บรรทัด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.34 แสดงเส้นเสมือนที่ใช้สำหรับแบ่งบรรทัด

สำหรับงานวิจัยนี้ ประยุกต์ใช้วิธีการโปรเจกชันตามแนวนอน (Horizontal projection profile) สำหรับจำแนกวงกลมบนรูขั้วน้อออกจากกันในแนวแกน X เพื่อตรวจสอบรอยชำรุดบริเวณรูขั้วน้อตบบริเวณด้านในบนแผ่นวงจรมพิมพ์ ผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.35 วิธีการโปรเจกชันตามแนวนอน (Horizontal projection profile)

2.9.2 วิธีการโปรเจกชันตามแนวตั้ง (Vertical projection profile)

เป็นวิธีการที่สามารถแยกตัวอักษรแต่ละบรรทัดออกจากกันได้ โดยวิธีการคำนวณก็เหมือนกันกับการโปรเจกชันตามแนวนอน เพียงแค่เปลี่ยนจากการคำนวณหาค่าจุดสีดำตามแนวแกน X ไปเป็นการคำนวณหาค่าจุดสีดำตามแนวแกน Y ผลที่ได้ออกมาจะอยู่ในรูปแบบของฮิสโตแกรม เช่นกัน และจะใช้ความแตกต่างของช่องว่างที่เกิดขึ้นจากช่วงที่ไม่มีตัวอักษรในการวิเคราะห์หาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของตัวอักษรแต่ละตัวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

กระบวนการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์

บทนี้กล่าวถึงกระบวนการคัดกรองด้วยวิธีการต่างๆที่ใช้ในงานวิจัยนี้ อันประกอบไปด้วยระบบการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยสายตาของมนุษย์ และ แบบใช้กล้อง, โครงสร้างการทำงานของระบบการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์โดยใช้กล้อง และการวิเคราะห์ภาพที่ได้จากกล้องเพื่อใช้ในการตัดสินใจของระบบ

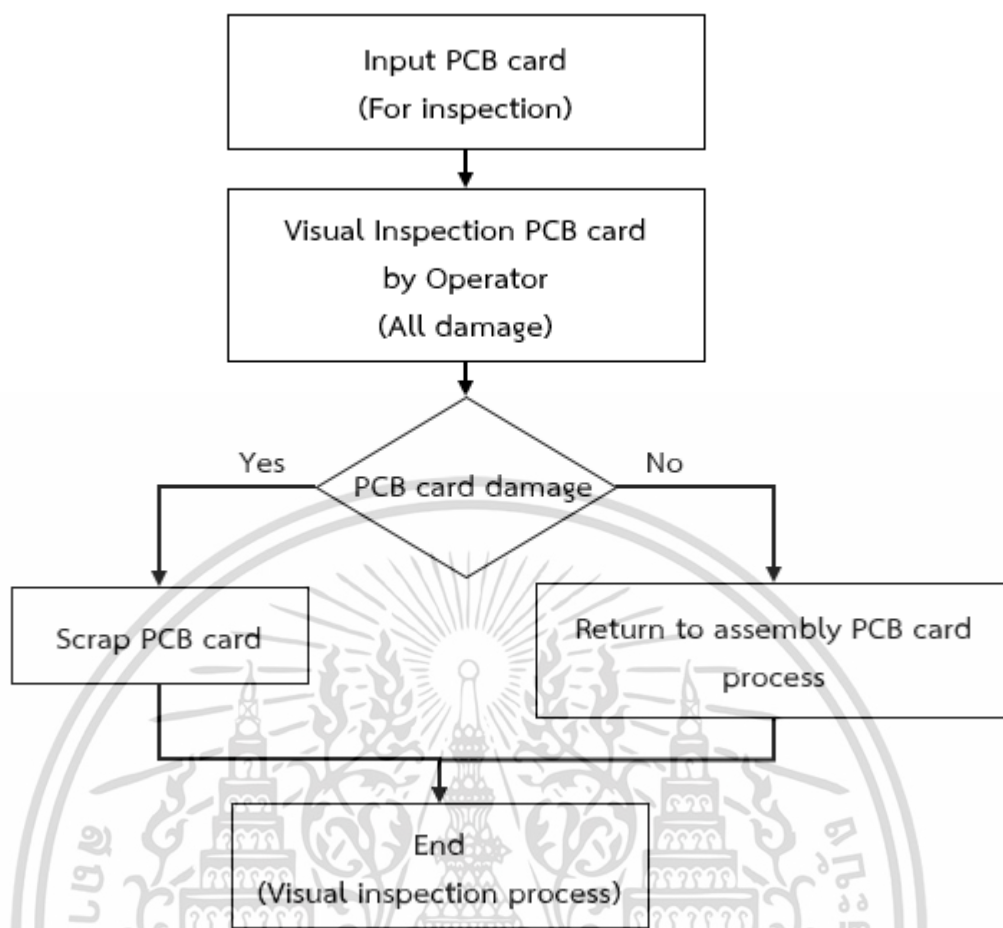
3.1 ระบบการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยสายตามนุษย์

ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ปัจจุบันใช้สายตาของมนุษย์ในการตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์ทั้งหมด ซึ่งการตรวจสอบการนำแผ่นวงจรพิมพ์กลับมาใช้ใหม่นั้นต้องมีการตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์อย่างละเอียด เช่น การครบถ้วนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การชำรุดของลายวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การชำรุดบริเวณรูชั้นน๊อต การชำรุดบริเวณอุปกรณ์เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก (PCB Pin connector) และการชำรุดบริเวณแผ่นวงจรพิมพ์ เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 3.1 ซึ่งข้อดีของการตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยสายตามนุษย์นั้น ได้แก่ สามารถตัดสินใจได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง ใช้พื้นที่ในการทำงานน้อย ความรวดเร็วในการตรวจสอบ เป็นต้น แต่ในทางกลับกันนั้น ก็มีข้อเสีย อาทิ ความเมื่อยล้าจากการทำงาน ความเสถียรในการตรวจสอบ ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น และ อารมณ์ในการทำงาน เป็นต้น ซึ่งมนุษย์นั้นมีปัจจัยหลายอย่างซึ่งไม่สามารถที่จะควบคุมได้และมีผลต่อการทำงานอย่างยิ่ง



รูปที่ 3.1 การตรวจสอบรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยสายตามนุษย์

ระบบการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยสายตามนุษย์ มีการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.2 ซึ่งแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB card) ทั้งหมดที่จะถูกนำกลับไปใช้งานใหม่นั้นจะต้องผ่านขั้นตอนการตรวจสอบก่อนทุกครั้งเพื่อเป็นการรับรองว่าแผ่นวงจรพิมพ์ที่ถูกนำกลับไปใช้ใหม่นั้นไม่ได้มีการชำรุด และเอกสารนี้สามารถนำกลับไปประกอบและใช้งานใหม่ได้ในขั้นตอนของการผลิตชิ้นงานต่อไป ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 ระบบการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยสายตามนุษย์

ระบบการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยสายตามนุษย์มีขั้นตอนการทำงานดังนี้ (แสดงดังภาพที่ 3.2)

1. Input PCB card : ขั้นตอนนี้คือ การรับแผ่นวงจรพิมพ์จากส่วนงานที่ทำหน้าที่นำน้ำออก จากฮาร์ดดิส (Remove screw : Rework area)
2. Visual inspection by Operator : ขั้นตอนนี้คือการตรวจสอบการชำรุดของแผ่นวงจรพิมพ์ โดยใช้สายตามนุษย์ รายการการตรวจสอบการชำรุดของแผ่นวงจรพิมพ์ เช่น แผ่นวงจรพิมพ์มีรอยชำรุด รูชั้นน็อตชำรุด รอยชำรุดของฉลาก และลายวงจรชำรุด เป็นต้น
3. PCB card damage : คือผลของการตรวจสอบด้วยสายตามนุษย์ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ
 - PCB card damage (Yes) : ผลการตรวจสอบคือแผ่นวงจรพิมพ์มีรอยชำรุด
 - PCB card no damage (No) : ผลการตรวจสอบคือไม่พบแผ่นวงจรพิมพ์มีรอยชำรุด
4. Scrap PCB card : คือการทิ้งแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีรอยชำรุดไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้
5. Return to assembly PCB card process : คือขั้นตอนการนำ แผ่นวงจรพิมพ์ที่ผ่านการตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ระบบการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยกล้อง

การตรวจสอบรอยชำรุดบริเวณแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยสายตามนุษย์นั้น ในการปฏิบัติงานจริงนั้นพบว่า พนักงานมีความเมื่อยล้าจากการทำงาน, ความไม่เสถียรในการตรวจสอบ, ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณชิ้นงานในการตรวจสอบเพิ่มขึ้น และอารมณ์ในการทำงาน เป็นต้น ซึ่งมนุษย์นั้นมีปัจจัยหลายอย่างซึ่งไม่สามารถที่จะควบคุมได้ และมีผลต่อการทำงานอย่างยิ่ง

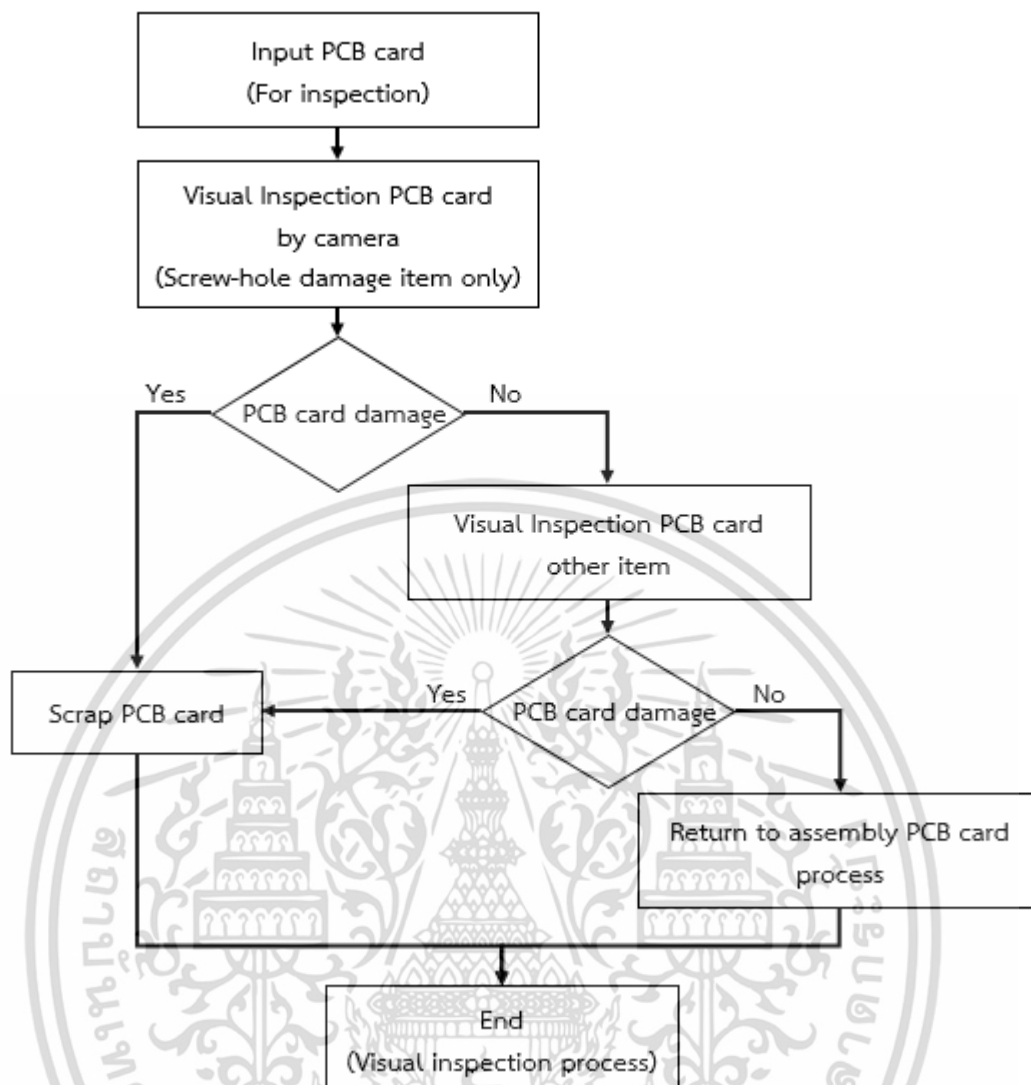
งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการตรวจสอบหารอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อตด้วยกล้อง ซึ่งมีหลักเกณฑ์คือ ต้องไม่พบการชำรุดบริเวณด้านในและด้านนอกบริเวณรูชั้นน็อต(บริเวณใกล้ชิดกับลายวงจร) โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ ประกอบด้วย (แสดงดังรูปที่ 3.3)

- คอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
- Robot รุ่น TT series ยี่ห้อ IAI quality and Innovation จำนวน 1 เครื่อง
- กล้อง รุ่น VHX-700F ยี่ห้อ KEYENCE จำนวน 1 เครื่อง



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์ระบบการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ระบบการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยกล้อง

ระบบการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยกล้อง มีขั้นตอนการทำงานดังนี้ (แสดงดังรูปที่ 3.4)

1. Input PCB card : ขั้นตอนนี้คือการรับแผ่นวงจรพิมพ์จากส่วนงานที่ทำหน้าที่นำบอร์ดออกจากฮาร์ดดิส (Remove screw : Rework area)
2. Visual inspection by Camera : ขั้นตอนนี้ คือ การตรวจสอบการชำรุดของแผ่นวงจรพิมพ์โดยใช้กล้อง แสดงโครงสร้างการทำงานของระบบดังรูปที่ 3.4
3. PCB card damage : คือผลของการตรวจสอบการชำรุดบริเวณรูชั้นน็อตด้วยกล้อง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ
 - PCB card damage (Yes) : ผลการตรวจสอบคือแผ่นวงจรพิมพ์มีรอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อต
 - PCB card no damage (No) : ผลการตรวจสอบคือไม่พบแผ่นวงจรพิมพ์มีรอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Visual inspection other item : ขั้นตอนนี้ คือ การตรวจสอบการชำรุดของแผ่นวงจรพิมพ์รายการอื่น

5. PCB card damage : คือผลของการตรวจสอบรายการอื่นๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

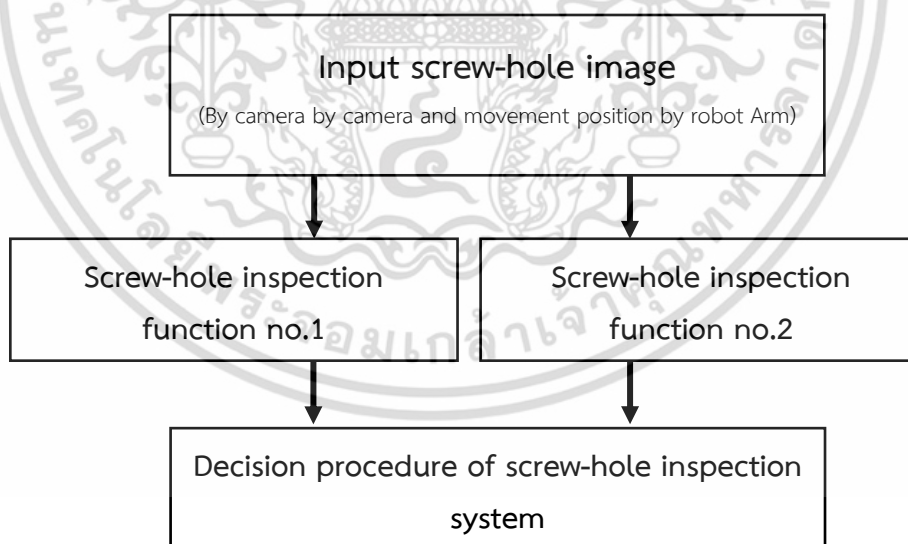
- PCB card damage (Yes) : ผลการตรวจสอบคือแผ่นวงจรพิมพ์มีรอยชำรุด
- PCB card no damage (No) : ผลการตรวจสอบคือไม่พบแผ่นวงจรพิมพ์มีรอยชำรุด

6. Scrap PCB card : คือการทิ้งแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีรอยชำรุดไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

7. Return to assembly PCB card process : คือขั้นตอนการนำ แผ่นวงจรพิมพ์ที่ผ่านการตรวจสอบเรียบร้อยแล้วสามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้

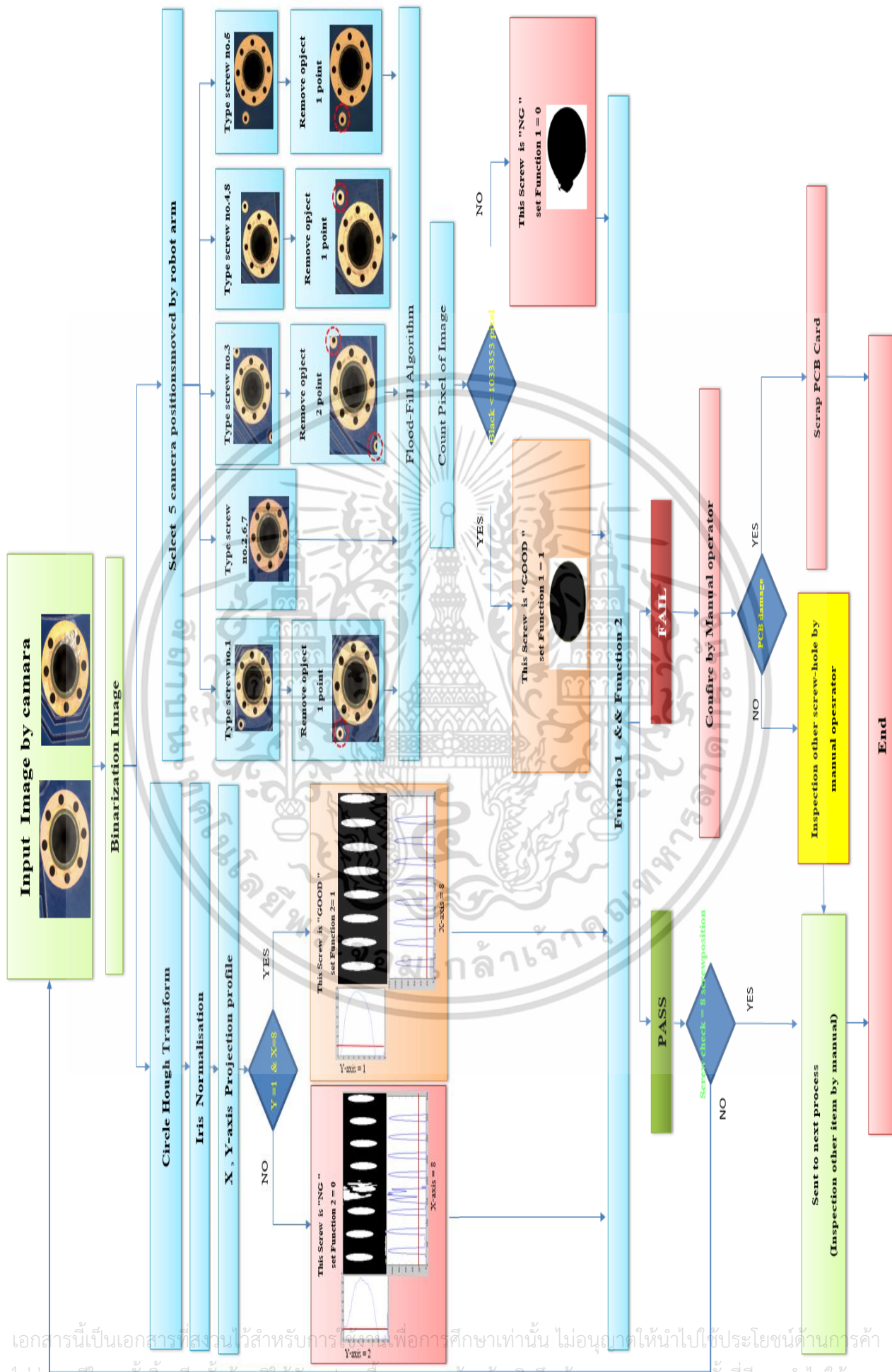
3.3 โครงสร้างการทำงานระบบการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยกล้อง (Structure visual inspection by camera)

โครงสร้างการทำงานระบบการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยกล้อง สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ขั้นตอนนำเข้าข้อมูลภาพจากกล้อง(Input image from camera) ขั้นตอนตรวจสอบรูชั้นนื้อตวิธีที่ 1 (Image analysis by Image processing) ขั้นตอนตรวจสอบรูชั้นนื้อตวิธีที่ 2 (Image analysis by Iris normalization) และ ขั้นตอนการตัดสินใจของระบบการตรวจสอบรูชั้นนื้อต (Decision procedure of screw-hole inspection system) แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 โครงสร้างการทำงานระบบคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยกล้อง

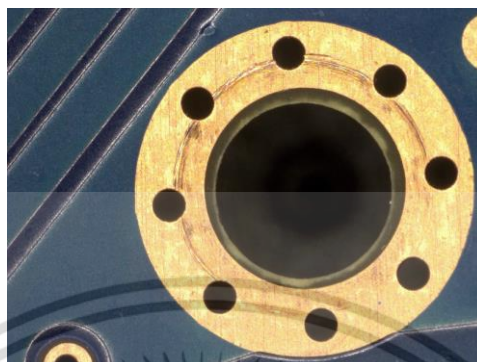
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 โครงสร้างการทำงานระบบการคัดกรองแผงวงจรพิมพ์ด้วยกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าการมีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือขั้นตอนการนำเข้าภาพจากกล้อง เข้าสู่ระบบการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ ตัวอย่างของข้อมูลภาพแสดงดังรูปที่ 3.7 ซึ่งมีขนาด กว้าง 1200 pixel และ ยาว 1600 pixel ชนิดของภาพเป็นลักษณะสี (RGB color)

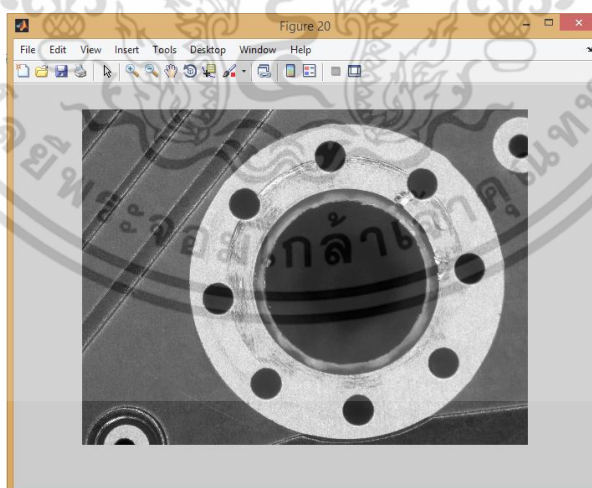


รูปที่ 3.7 ภาพของรูชั้นน็อตที่ได้จากกล้อง

3.3.1 การแปลงภาพสีแบบ RGB ให้เป็นภาพสองระดับ (Binarization)

3.3.1.1 วิธีการแปลงภาพสีแบบ RGB เป็นภาพระดับสีเทา (Gray image)

ระดับสีเทาเป็นค่าซึ่งระบุความสว่างหรือความเข้มที่มีค่าตั้งแต่ 0-255 (0 คือระดับเข้มสูงสุด 255 คือระดับสว่างสูงสุด) รวมทั้งพิกัดแนวนอนและแนวตั้ง ซึ่งใช้ระบุตำแหน่งในแถวลำดับภาพ (Image Array) สำหรับระบบการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์นั้น ภาพระดับสีเทาบริเวณรูชั้นน็อต แสดงดังรูปที่ 3.8



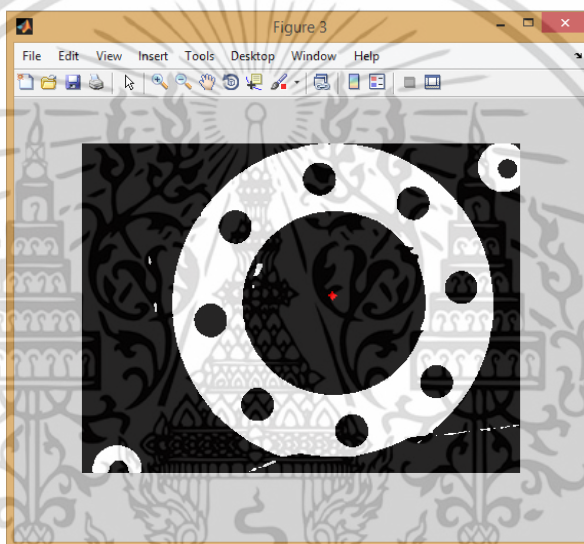
รูปที่ 3.8 ภาพระดับที่เทาบริเวณรูชั้นน็อต (Gray image)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2 การแปลงภาพสีเทาให้เป็นภาพสองระดับ (Binarization image)

เป็นกระบวนการแปลงภาพที่มีความเข้มหลายระดับ (Multilevel Image) ให้มีการแสดงผลแค่ 2 ระดับ หรือ 1 บิต (bit) ซึ่งก็คือ 0 และ 1 โดย 1 แทนด้วยจุดที่มีภาพสีขาว และ 0 แทนด้วยจุดที่มีภาพสีดำ ซึ่งจะถูกเรียกว่า ภาพสองระดับ (Binary Image)

วิธีการกำหนดขีดแบ่ง (Threshold Technique) คือการพิจารณาจุดภาพ ในภาพว่าจุดใดควรจะเป็นจุดขาว หรือจุดใดควรจะเป็นจุดดำ โดยจะทำการเปรียบเทียบค่าของแต่ละจุดภาพ ($g(x,y)$) กับค่าคงที่เรียกว่า ค่าขีดแบ่ง (Threshold) เทคนิคนี้นิยมใช้กันมากในกรณีที่ความแตกต่างระหว่างวัตถุ (Object) และพื้นหลัง (Background) ค่าจุดภาพในภาพที่มีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่งที่กำหนดไว้ จะถูกกำหนดเป็น 1 (จุดดำ) และถ้าค่าของจุดภาพใด ๆ ในภาพมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่งจะถูกกำหนดให้เป็น 0 (จุดขาว) แสดงดังสมการที่ 2.8



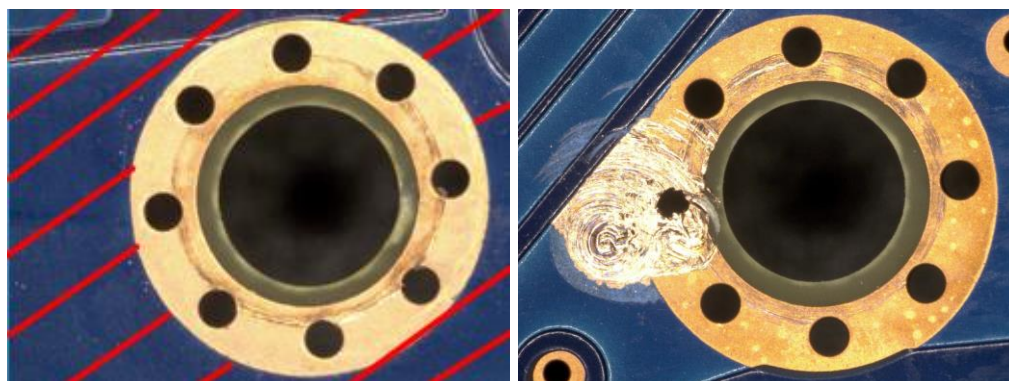
รูปที่ 3.9 บริเวณรูชั้นน็อตแบบสองระดับ (Binarization image)

3.3.2 การตรวจสอบบริเวณรูชั้นน็อตด้วยการประมวลผลภาพ

การตรวจสอบบริเวณรูชั้นน็อตด้วยการประมวลผลภาพ เป็นขั้นตอนการตรวจสอบรอยชำรุดบริเวณด้านนอกของรูชั้นน็อตบนแผ่นวงจรพิมพ์ แสดงดังรูปที่ 3.10 ซึ่งประยุกต์ใช้ หลักการเพิ่มเติมพื้นที่บริเวณที่สนใจ (ROI), Flood-Fill algorithm และ การกำจัดสัญญาณรบกวน ในการปรับปรุงภาพ ซึ่ง Flood-Fill algorithm คือ เป็นการเทสีจุดๆ หนึ่งที่อยู่ภายในขอบเขตของภาพที่มีการ โดยกำหนดจุดเริ่มต้น (x, y) จากนั้นค่อยๆ เปลี่ยนสีจุดรอบข้างแพร่กระจายออกไป โดยจะทำการเทสีสลับซ้ายขวา จนกระทั่งไป สิ้นสุดถึงขอบของบริเวณ จากนั้นนำภาพที่ได้ เข้าสู่ขบวนการการวิเคราะห์ รูปภาพด้วยการ นับจำนวนพิกเซล สีดำ โดยกำหนดเงื่อนไขคือ พิกเซลสีดำ < 1033353 พิกเซล กำหนดตัวแปรเท่ากับ 1 และ พิกเซลสีดำ > 1033353 พิกเซล กำหนดตัวแปรเท่ากับ 0 ซึ่งค่าของ 1033353 พิกเซล นั้นได้มาจากการทดลอง ค่าต่ำสุดของรอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อต (รูชั้นน็อตเสีย) แสดงดังรูปที่

3.11 และแสดงโครงสร้างการทำงานดังรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

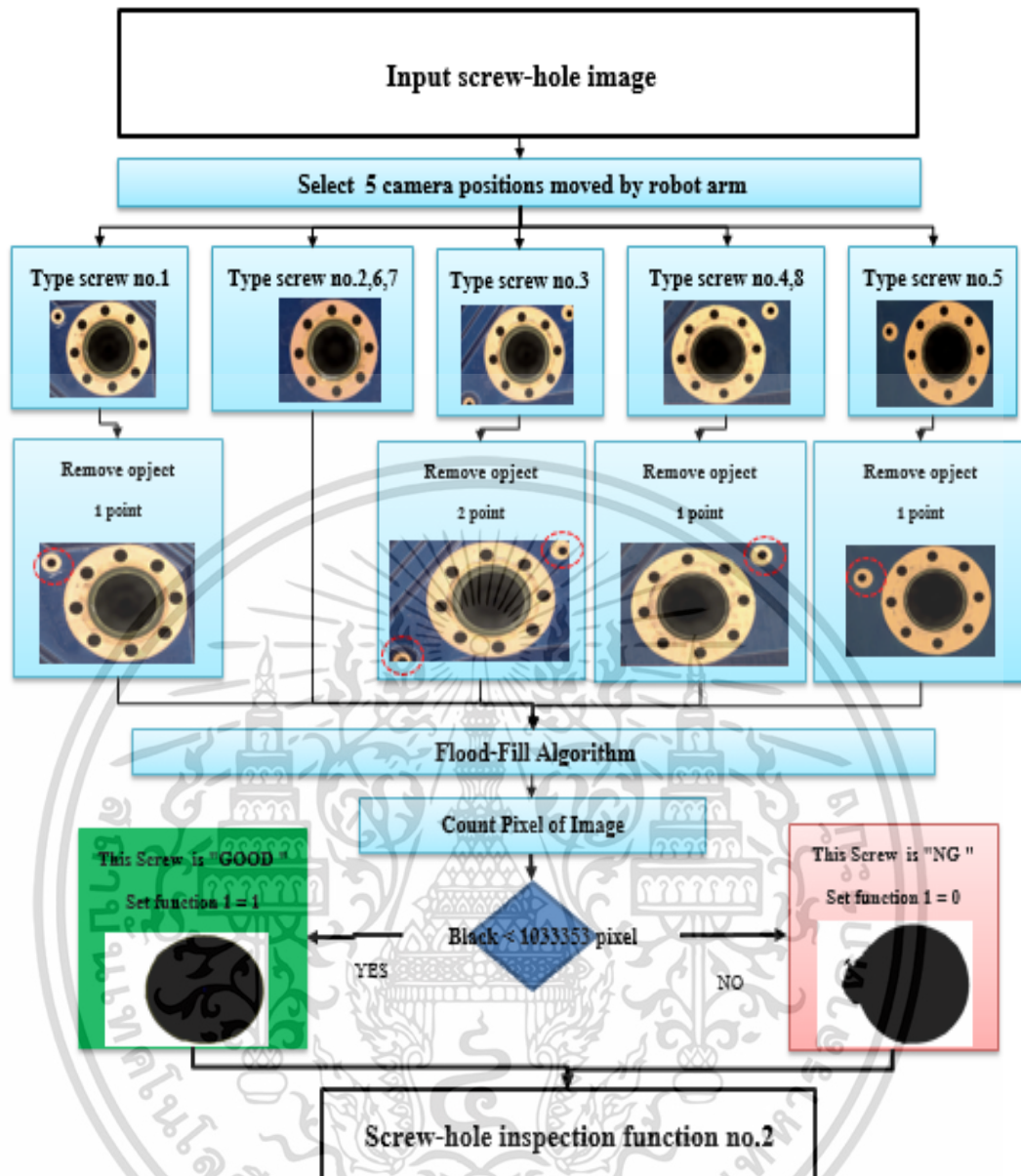


ภาพที่ 3.10 รูปพื้นที่บริเวณด้านนอกรูชั้นน็อด และตัวอย่างรอยชำรุดบริเวณด้านนอกรูชั้นน็อด

No.	PCB diposition		Counter Black Color By Matlab	No.	PCB diposition		Counter Black Color By Matlab
	Good	Damage			Good	Damage	
1	✓	-	1031717	31	-	✓	1033525
2	✓	-	1025407	32	-	✓	1044753
3	✓	-	1006691	33	-	✓	1034406
4	✓	-	1004971	34	-	✓	1053225
5	✓	-	1004000	35	-	✓	1091689
6	✓	-	1001769	36	-	✓	1035678
7	✓	-	1025833	37	-	✓	1045321
8	✓	-	1027109	38	-	✓	1109911
9	✓	-	1007396	39	-	✓	1038197
10	✓	-	1019161	40	-	✓	1035860
11	✓	-	1021785	41	-	✓	1037718
12	✓	-	999438	42	-	✓	1037452
13	✓	-	1002934	43	-	✓	1057512
14	✓	-	988428	44	-	✓	1036809
15	✓	-	1017873	45	-	✓	1033353
16	✓	-	1016153	46	-	✓	1040580
17	✓	-	1020298	47	-	✓	1033399
18	✓	-	1008972	48	-	✓	1039447
19	✓	-	1010276	49	-	✓	1048424
20	✓	-	1007726	50	-	✓	1036703
21	✓	-	1011755	51	-	✓	1301921
22	✓	-	1010784	52	-	✓	1040784
23	✓	-	1007205	53	-	✓	1106725
24	✓	-	1009649	54	-	✓	1045199
25	✓	-	1026147	55	-	✓	1057834
26	✓	-	1013869	56	-	✓	1075458
27	✓	-	1008640	57	-	✓	1038248
28	✓	-	1011657	58	-	✓	1082549
29	✓	-	1011254	59	-	✓	1103842
30	✓	-	1001023	60	-	✓	1092858
Max			1031717	Min			1033353

รูปที่ 3.11 ผลการทดลองหาค่าเกณฑ์ สำหรับการตรวจสอบบริเวณรูชั้นน็อดด้วยการประมวลผลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 โครงสร้างการตรวจสอบรูชั้นน็อตตัวที่ 1 (Image analysis by Image processing)

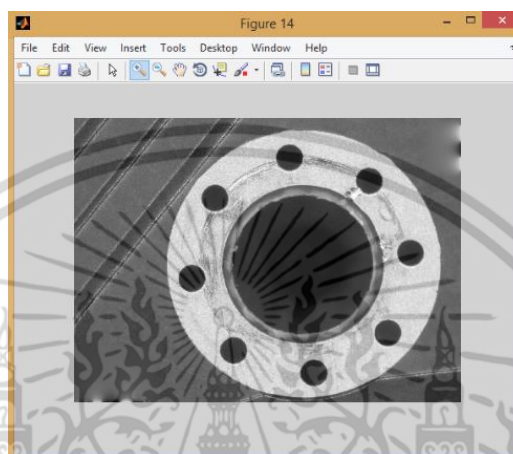
รายละเอียดโครงสร้างการตรวจสอบรูชั้นน็อตตัวที่ 1 ดังนี้

จากโครงสร้างการทำงานดังรูปที่ 3.12 เป็นขั้นตอนการตรวจสอบรอยชำรุดบริเวณด้านนอก รูชั้นน็อตบนแผ่นวงจรมอเตอร์ ซึ่งประยุกต์ใช้ทฤษฎีในการปรับปรุงภาพดังนี้ ขั้นตอนการเพิ่มเติมพื้นที่บริเวณที่สนใจ (ROI), ขั้นตอนการระบายสีรูปบริเวณพื้นที่ปิด (Flood-Fill Algorithm), ขั้นตอนการกรองภาพด้วยวิธีด้วยค่ามัธยฐาน (Median filtering) และขั้นตอนการวิเคราะห์พิกเซลของภาพ (Analysis pixel of image) ตามลำดับ ซึ่งการระบุตำแหน่ง รูชั้นน็อต สามารถทำได้ด้วยการเคลื่อนที่ของแขนกล (IA robot) และบันทึกภาพด้วยกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.1 ขั้นตอนการเพิ่มเติมพื้นที่บริเวณที่สนใจ (ROI)

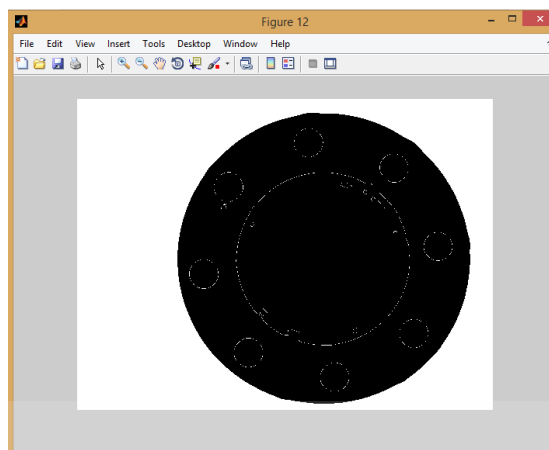
ขั้นตอนนี้เป็นการประยุกต์ใช้กระบวนการเพิ่มเติมพื้นที่บริเวณที่ที่น่าสนใจ (ROI) โดยการเพิ่มเติมพื้นที่ ค่าพิกเซลจากขอบเขตของพื้นที่ที่กำหนด กระบวนการนี้ สามารถนำมาใช้เพื่อทำให้วัตถุในภาพดูเหมือนจะหายไปขณะที่ภาพจะถูกแทนที่ด้วยค่าที่กลมกลืนกับพื้นที่พื้นหลัง สำหรับงานวิจัยนี้ ประยุกต์การเพิ่มเติมพื้นที่บริเวณที่ที่น่าสนใจ (ROI) สำหรับกำจัดตำแหน่งรูสายทองแดงที่ไม่ต้องการออกจาก ภาพแผ่นวงจรพิมพ์ แสดงดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การกำจัดตำแหน่งของสายทองแดงที่ไม่ต้องการออก

3.3.2.2 ขั้นตอนการระบายสีรูปบริเวณพื้นที่ปิด (Flood-Fill Algorithm)

เป็นการทดสอบหนึ่งที่อยู่ภายในขอบเขตของรูปที่มีการ กำหนดจุดเริ่มต้น (x, y) โดยจะทำการเปลี่ยนสีของจุดเริ่มต้น นี้ให้เป็นสี ภายในบริเวณใหม่ตามขอบเขตรูปที่ต้องการ จากนั้นค่อยๆ เปลี่ยนสีจุดรอบข้างแผ่กระจายออกไป โดยจะทำการทดสอบสีสลับซ้ายขวา จนกระทั่งไป สิ้นสุดถึงขอบของบริเวณ ซึ่งมีข้อจำกัดคือต้องใช้กับพื้นที่ปิดเท่านั้น และ จะต้องกำหนดจุดเริ่มต้น ในการระบายสีก่อนทำการเทสีด้วย ขั้นตอนการเทสีเริ่มต้นจากกำหนดพิกัดจุด (x, y) ที่จะเป็น ตำแหน่งเริ่มต้น จุดแรกที่จะทำการเทสี (Flood-fill) เรียกว่าตำแหน่ง Seed Point (เป็นจุดใดจุดหนึ่งในกรอบวัตถุ) หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบ จุดรอบข้างเพื่อพิจารณาว่าจุดนั้น เป็นจุดที่อยู่บนขอบ หรือว่าเป็นจุดที่อยู่ภายในบริเวณ ในกรณีที่จุดอยู่บนขอบ สีของจุดปัจจุบัน เป็นสีเดียวกับสี ของขอบ จะหยุดการค้นหา แต่ถ้าในกรณีที่จุดอยู่ภายในบริเวณ จะทำการเทสีจุดนั้นด้วยสีที่ต้องการ แล้วพิจารณาจุดรอบข้าง ซึ่ง จะแบ่งออกเป็น แบบ 4 ทิศทาง (4-connected) และแบบ 8 ทิศทาง (8-connected) สำหรับในงานวิจัยนี้ใช้การเทสี ด้วยการพิจารณาจุดรอบข้างแบบ 8 ทิศทาง และ สำหรับในรอบถัดไป จะกลายเป็นตำแหน่ง Seed Point ของ รอบใหม่ ทำการเทสีจุดต่อไปเรื่อยๆ จนถึงขอบของบริเวณ และวนกลับมาเทสีจุดที่เหลือ ซึ่งจะเป็นตำแหน่ง Seed Point ต่อไป โดยทำจนกว่าจะครบทั้งภาพ แสดงดังรูปที่ 3.14



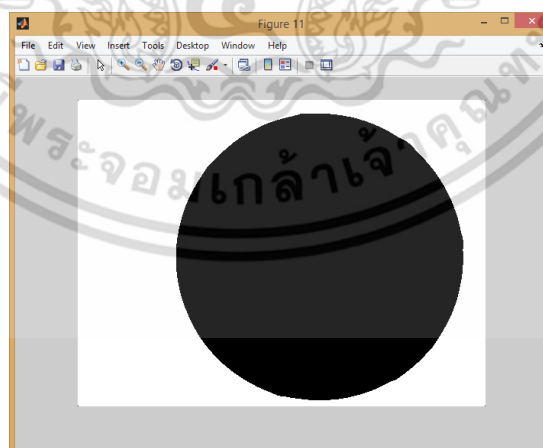
รูปที่ 3.14 ภาพการระบายสีรูปบริเวณพื้นที่ปิดแบบ 8 ทิศทาง

3.3.2.3 ขั้นตอนการกรองภาพด้วยวิธีด้วยค่ามัธยฐาน (Median filtering)

สำหรับขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการลบสัญญาณรบกวนบนภาพ ด้วยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการกรองภาพด้วยวิธีด้วยค่ามัธยฐานซึ่งเป็นการแทนค่าจุดภาพที่พิจารณาด้วยการนำจุดข้างเคียงมาประมวลผล โดยการใช้การเรียงลำดับค่าทั้งหมดที่อยู่ในหน้ากาก แล้วนำค่าที่อยู่ตรงกลางของข้อมูลมาแทนค่า ผลลัพธ์ของขั้นตอนนี้แสดงดังรูปที่ 3.15 และ 3.16

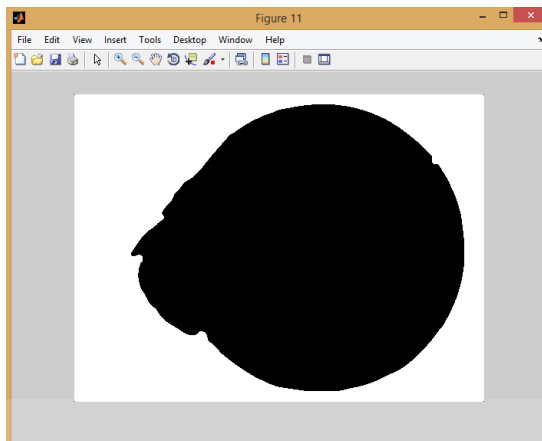
3.3.2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์พิกเซลของภาพ (Analysis pixel of image)

คือการนับจำนวนของพิกเซลสีดำ โดยกำหนดเงื่อนไขคือ พิกเซลสีดำ < 1033353 พิกเซล กำหนดตัวแปรเท่ากับ 1 และ พิกเซลสีดำ > 1033353 พิกเซล กำหนดตัวแปรเท่ากับ 0 ซึ่งค่าของ 1033353 พิกเซล ได้มาจากการทดลอง ค่าต่ำสุดของรอยขั้วรูปบริเวณรูขนน็อต (รูขนน็อตเสีย)



รูปที่ 3.15 ผลลัพธ์ของภาพที่ได้จากการกรอง บริเวณรูขนน็อตที่มีลักษณะดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



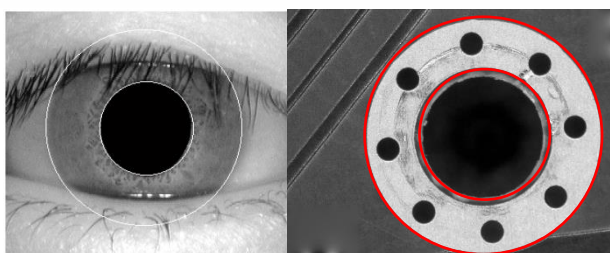
รูปที่ 3.16 ผลลัพธ์ของภาพที่ได้จากการกรอง บริเวณรูขี้ผึ้งที่มีลักษณะเสีย

3.3.3 การตรวจสอบบริเวณรูขี้ผึ้งด้วย Iris-normalization

การตรวจสอบบริเวณรูขี้ผึ้งด้วย Iris-normalization เป็นการตรวจสอบพื้นที่บริเวณด้านในรูขี้ผึ้งบนแผ่นวงจรพิมพ์ แสดงดังรูปที่ 3.17 ซึ่งประยุกต์ใช้ทฤษฎี Iris-normalization ในการตรวจสอบ เนื่องจากมีลักษณะความคล้ายคลึงทางกายภาพระหว่าง ม่านตาของมนุษย์กับ พื้นที่บริเวณรูขี้ผึ้ง แสดงดังรูปที่ 3.18 ซึ่งทฤษฎีที่ประยุกต์ใช้คือ Iris-normalization และ Projection profile และโครงสร้างการตรวจสอบบริเวณรูขี้ผึ้งด้วย Iris-normalization แสดงดังรูปที่ 3.19

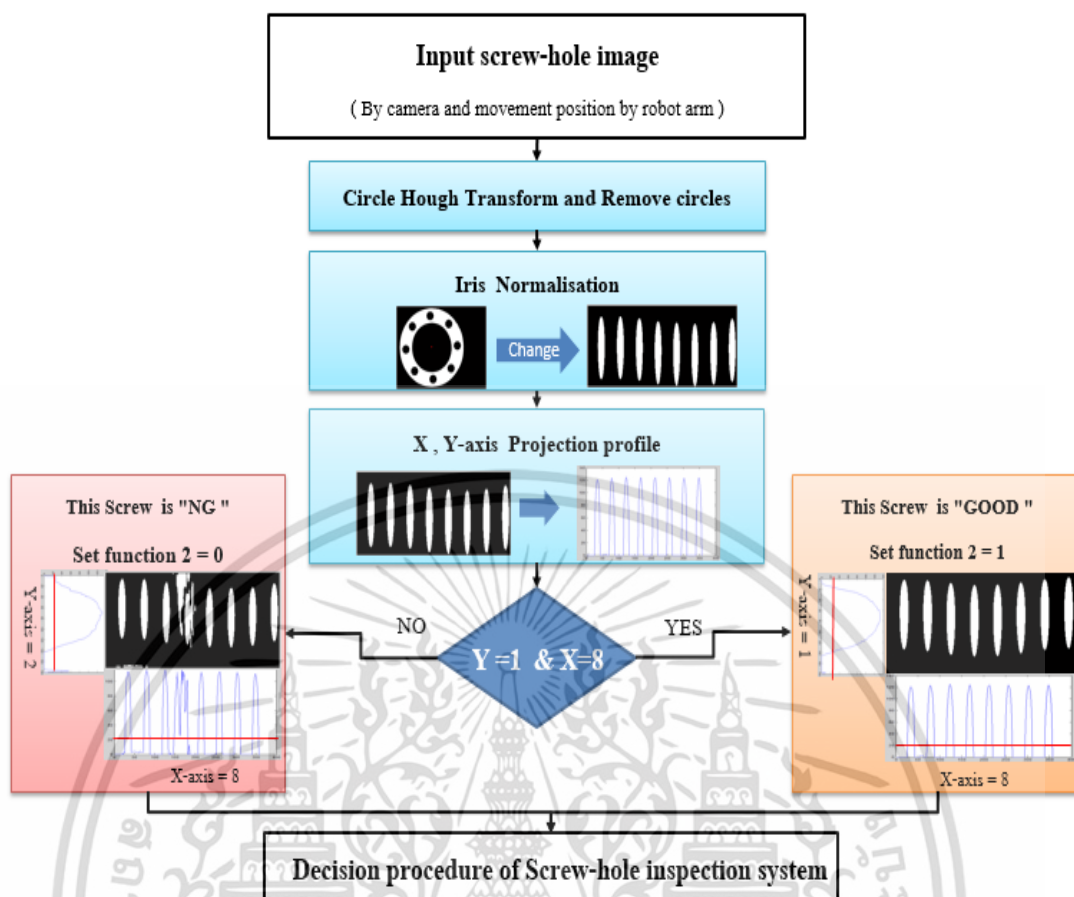


รูปที่ 3.17 รูปพื้นที่บริเวณด้านในรูขี้ผึ้ง และตัวอย่างรอยชำรุดบริเวณด้านในรูขี้ผึ้ง



รูปที่ 3.18 เปรียบเทียบลักษณะความใกล้เคียงระหว่างม่านตามนุษย์ และรูขี้ผึ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นใบเซปจะขอขึ้นด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 โครงสร้างการตรวจสอบรอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อตวิธีที่ 2 ด้วย Iris-normalization

3.3.3.1 Iris-normalization by Daugman's Rubber Sheet model

ขั้นตอน normalization ประยุกต์ใช้ทฤษฎี Daugman's Rubber sheet model สำหรับแปลงพื้นที่บนรูชั้นน็อตซึ่งมีลักษณะเป็น Polar coordinates (r, θ) เมื่อ r คือ ระยะห่าง $[0, 1]$ บนภาพรูชั้นน็อต และ θ คือ มุมบนรูชั้นน็อต $[0, 2\pi]$ เป็น Cartesian coordinates (x, y) สามารถหาได้จากสมการที่ 3.1 ผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 3.21

$$I(x(r, \theta), y(r, \theta)) \rightarrow I(r, \theta) \quad (3.1)$$

$$\text{ดังนั้น } x(r, \theta) \rightarrow (1-r)x_p(\theta) + rx(\theta) \quad (3.2)$$

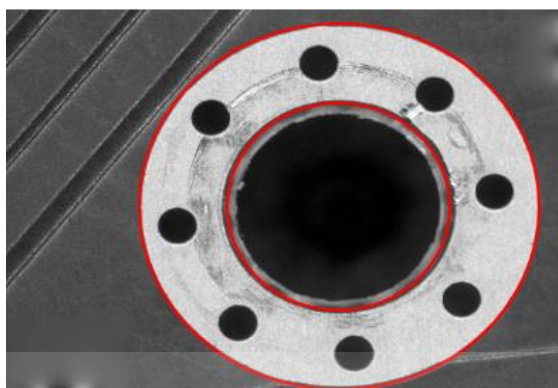
$$y(r, \theta) \rightarrow (1-r)y_p(\theta) + ry(\theta) \quad (3.3)$$

เมื่อ $I(x, Y)$ คือ ภาพบริเวณม่านตาหรือรูชั้นน็อต

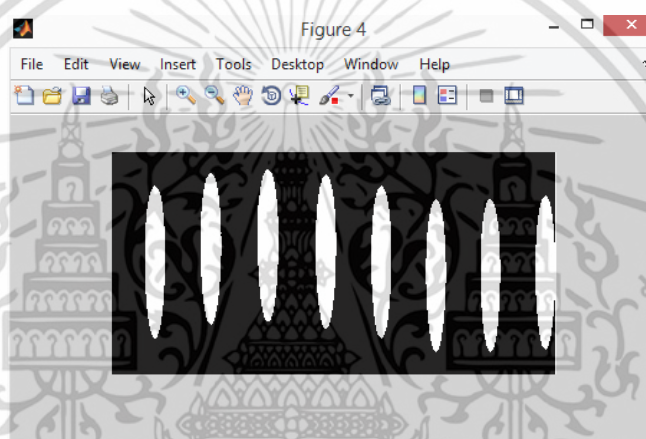
(x, y) คือ ตำแหน่ง Cartesian Coordinates ดั้งเดิม

(R, θ) คือ ตำแหน่งที่สอดคล้องกันของ Polar Coordinates

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



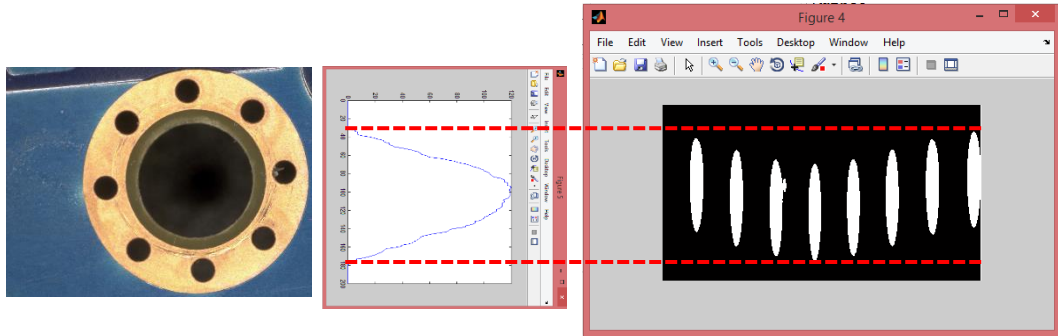
รูปที่ 3.20 ภาพรูขั้วน็อตก่อน Normalization



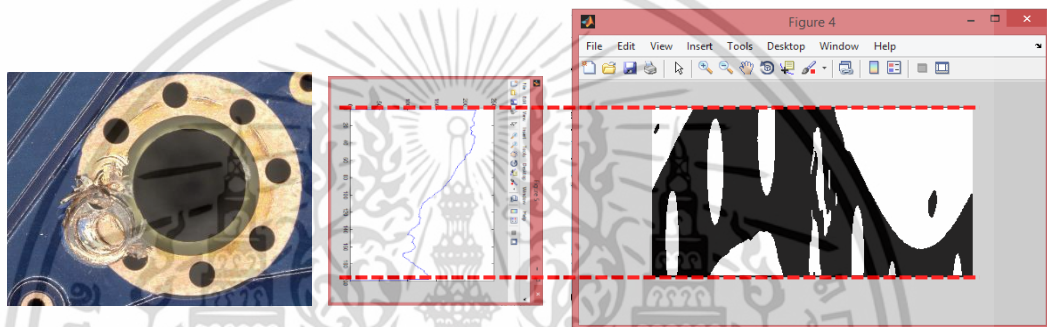
รูปที่ 3.21 ภาพรูขั้วน็อตหลัง Normalization

3.3.3.2 วิธีการโปรเจกชันตามแนวนอน (Horizontal projection profile)

เป็นวิธีการที่สามารถแยกจุดลายบนพื้นที่รูขั้วน็อตออกเป็นบรรทัดได้ โดยคำนวณจากจุดสีดำหรือจุดพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 ตามแนวแกน X ซึ่งก็หมายถึงส่วนที่เป็นตัวอักษรตามแนวนอนนั่นเอง ผลจะได้ออกมาในรูปของกราฟฮิสโตแกรม (Histogram) ช่วงของพิกเซลที่ไม่มีตัวอักษรนั้นจะเกิดช่องว่างขึ้น จากความแตกต่างนี้จึงสามารถนำมาใช้วิเคราะห์หาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดแต่ละบรรทัดได้



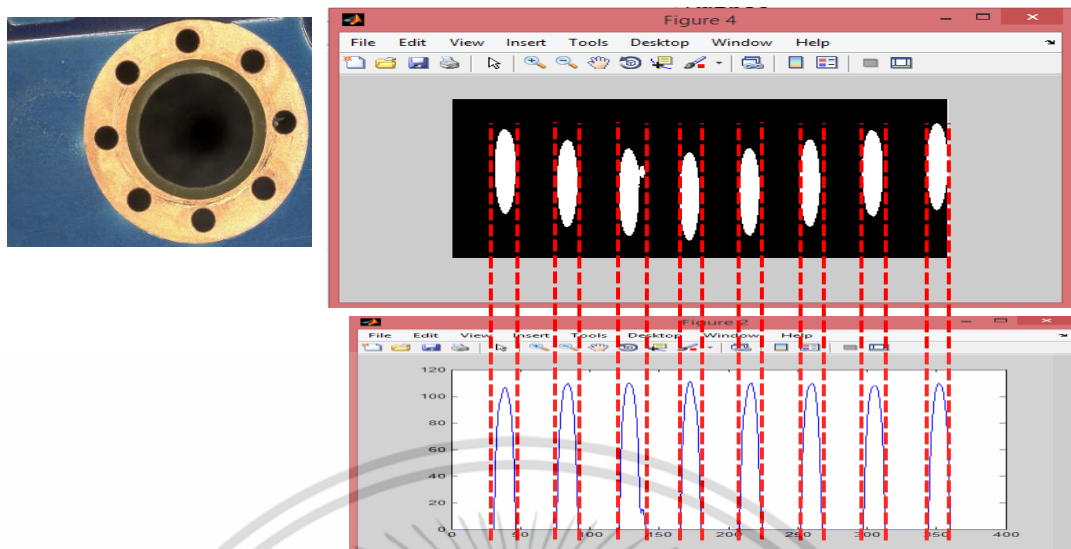
รูปที่ 3.22 Histogram ตามแนวนอนของจุดลายบนพื้นที่รูชั้นน็อต (รูชั้นน็อตชนิดดี)



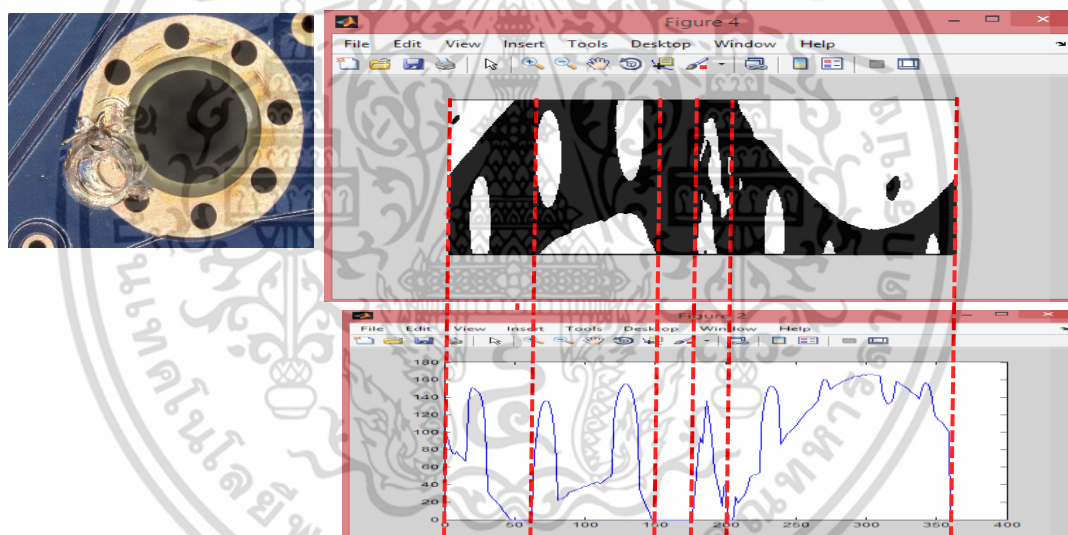
รูปที่ 3.23 Histogram ตามแนวนอนของจุดลายบนพื้นที่รูชั้นน็อต (รูชั้นน็อตชนิดเสีย)

3.3.3.3 วิธีการโปรเจกชันตามแนวตั้ง (Vertical projection profile)

เป็นวิธีการที่สามารถแยกจุดลายบนพื้นที่รูชั้นน็อต แต่ละจุดออกจากกันได้ โดยวิธีการคำนวณก็เหมือนกันกับการโปรเจกชันตามแนวนอน เพียงแค่เปลี่ยนจากการคำนวณหาค่าจุดสีดำตามแนวแกน X ไปเป็นการคำนวณหาค่าจุดสีดำตามแนวแกน Y ผลที่ได้ก็ออกมาจะอยู่ในรูปแบบของฮิสโตแกรม เช่นกัน และจะใช้ความแตกต่างของช่องว่างที่เกิดขึ้นจากช่วงที่ไม่มีจุดลายบนพื้นที่รูชั้นน็อตในการวิเคราะห์หาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของจุดลายบริเวณรูชั้นน็อตได้



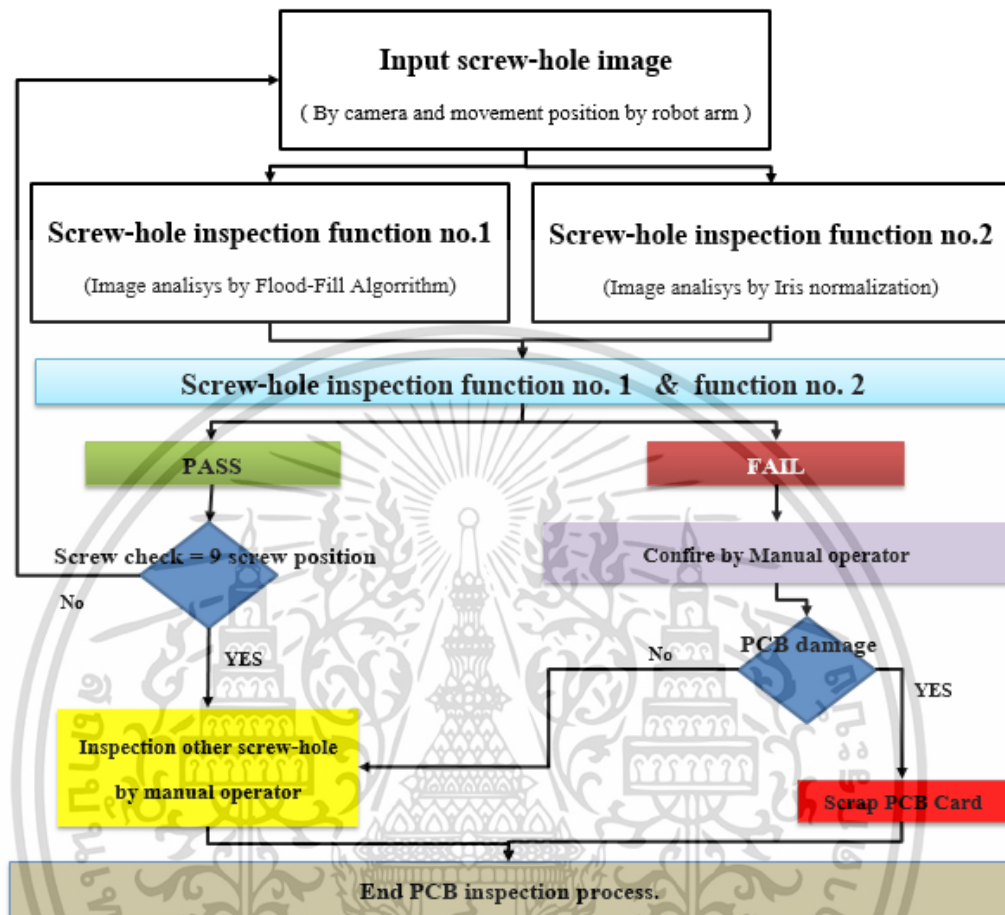
รูปที่ 3.24 Histogram ตามแนวตั้งของจุดลายบนพื้นที่รูชั้นน็อต (รูชั้นน็อตชนิดดี)



รูปที่ 3.25 Histogram ตามแนวตั้งของจุดลายบนพื้นที่รูชั้นน็อต (รูชั้นน็อตชนิดเสีย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การตัดสินใจของระบบ (Decision procedure of Screw-hole inspection system)



รูปที่ 3.26 โครงสร้างการตัดสินใจของระบบ

การตัดสินใจของระบบ คือการนำผลลัพธ์ของการตรวจสอบรอยชำรุดด้วยวิธี Flood-Fill Algorithm และ Iris-normalization ผ่านกระบวนการ AND Logic gate ผลลัพธ์แบ่งออกเป็น PASS คือพื้นที่บริเวณรูชั้นน็อตไม่พบรอยชำรุดสามารถนำแผ่นวงจรพิมพ์กลับไปใช้ใหม่ได้ และ FAIL คือพื้นที่บริเวณรูชั้นน็อตพบรอยชำรุดส่งผลให้แผ่นวงจรพิมพ์ชั้นนี้ไม่สามารถนำกลับไปใช้ได้

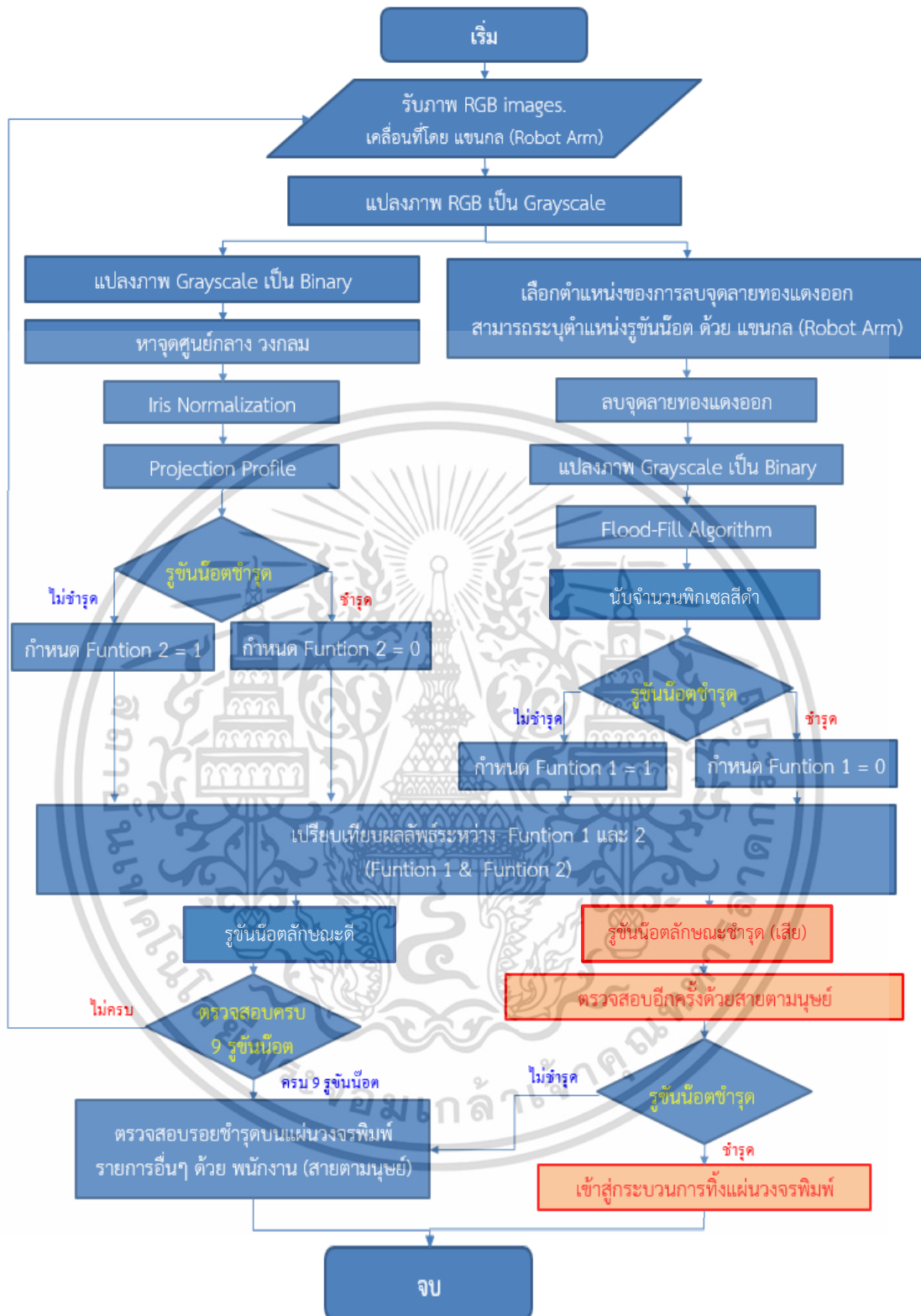
ในกรณีที่ผ่านกระบวนการ AND Logic gate ผลลัพธ์แบ่งออกเป็น PASS และ ขั้นตอนการตรวจสอบรูชั้นน็อตครบจำนวน 8 รู และขั้นตอนถัดไปจะเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์รายการในรายอื่นด้วยสายตามนุษย์

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

จากการอธิบายในส่วนของทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมถึงการดึงลักษณะเด่นของรูขั้วนิ้วที่กล่าวมาในบทที่ผ่านมา ประกอบเป็นงานวิจัยฉบับนี้โดยจะใช้รูขั้วนิ้วที่มีลักษณะดีและลักษณะชำรุด(เสีย) นำมาใช้เป็นลักษณะต้นแบบ โดยทำการบันทึกภาพรูขั้วนิ้วของแผ่นวงจรพิมพ์ ซึ่งมีลักษณะดีและลักษณะชำรุด(เสีย) ต่อจากนั้นนำเข้าสู่กระบวนการแปลงภาพ ลบสัญญาณรบกวน ตำแหน่งหรือจุดที่ไม่เกี่ยวข้องกับรูขั้วนิ้ว และ การวิเคราะห์ระบบ โดยใช้หลักการของ Flood-Fill Algorithm และ Iris normalization หลังจากได้ผลลัพธ์ที่ผ่านการวิเคราะห์ทั้ง 2 ขั้นตอน สุดท้ายนำผลลัพธ์นั้นไปเปรียบเทียบกัน เพื่อเป็นการระบุว่ารูขั้วนิ้วนี้เป็นรูขั้วนิ้วที่มีลักษณะเสียหรือไม่

โดยขั้นตอนของกระบวนการจำแนกรูขั้วนิ้วที่มีลักษณะชำรุด จะเริ่มตั้งแต่การรับภาพรูขั้วนิ้วเป็นภาพสี (RGB color) ภาพมีขนาดประมาณ 1600 * 1200 Pixel ต่อจากนั้นใช้วิธีการแปลงภาพจากภาพสี (RGB color) เป็นภาพสีขาวดำ (Binarization) พร้อมทั้งลบสัญญาณรบกวนและจุดลายทองแดงที่ไม่เกี่ยวข้องกับรูขั้วนิ้วออก เพื่อดึงลักษณะเด่นของรูขั้วนิ้วที่มีรอยชำรุด(เสีย) ให้ชัดเจนและสามารถวิเคราะห์ได้ง่ายขึ้น หลังจากได้ภาพสีขาวดำที่พร้อมจะเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์แล้ว ในขั้นตอนการวิเคราะห์นั้นแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือ นับจำนวนพิกเซลโดยใช้หลักการทฤษฎีภาพ(Flood-Fill Algorithm) บริเวณหรือตำแหน่งที่ต้องการให้เป็นสีดำ และ ขั้นตอนที่ 2 คือ การใช้หลักการของการวิเคราะห์ผ่านตามนุษย์ (Iris normalization) ประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์รูขั้วนิ้วที่มีลักษณะใกล้เคียงกับผ่านตามนุษย์ (แสดงดังรูปที่ 3.18) สุดท้ายนำผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ขั้นตอนที่ 1 และ 2 มาทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ เพื่อเป็นการระบุว่ารูขั้วนิ้วนี้เป็นรูขั้วนิ้วที่มีลักษณะเสียหรือไม่ เนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อแผ่นวงจรพิมพ์นี้ไม่สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้ โดยมีกระบวนการทั้งหมดในการจำแนกรูขั้วนิ้วที่มีลักษณะชำรุดออกจากลักษณะดีได้ แสดงดังผังงานรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กระบวนการตรวจสอบรอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อดบนแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 รายละเอียดของระบบที่ใช้ทดสอบ

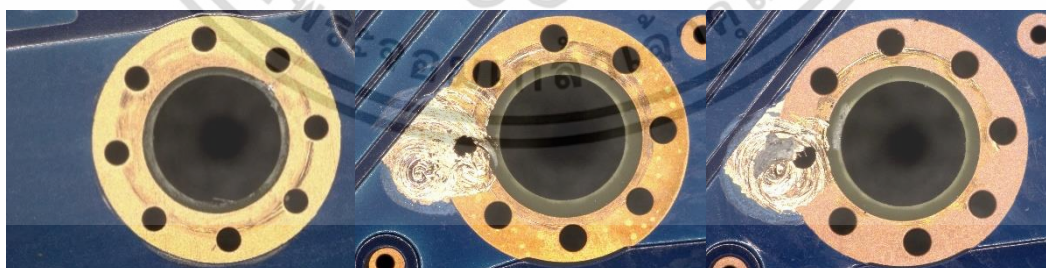
ในการทดลองได้แบ่งรายละเอียดของการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ รายละเอียดทางฮาร์ดแวร์และรายละเอียดทางซอฟต์แวร์ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของระบบที่ใช้ทดสอบ

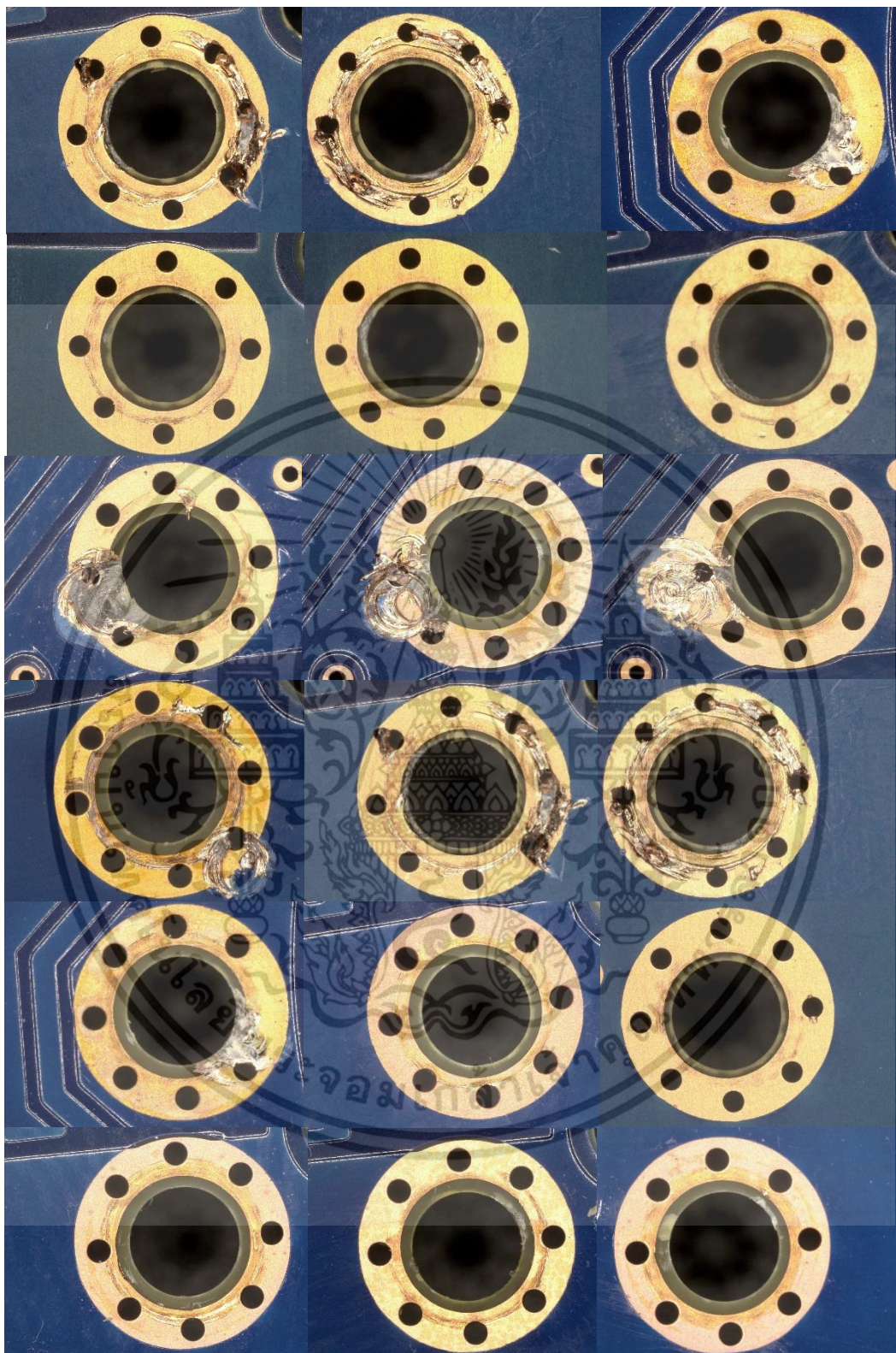
Hardware	Micro-computer	Processor	Intel Centrino Duo 1.6 GHz
		Memory	1.5 GB of RAM
	Camera	VHX-700F	Keyence
	Product	2.5" model	100 pcs.
	Fixture	-	1 set
Software	Operating System	Windows	Version 2007
	Program Simulation	Matlab	Version 11b

4.1.1 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นวงจรพิมพ์

ตัวอย่างภาพที่ใช้ในงานวิจัยทั้งหมดเป็นภาพชิ้นงานจริงในสายการผลิตฮาร์ดดิส โดยเป็นภาพสี RGB Image รูปแบบของไฟล์ภาพเป็นแบบนามสกุล JPEG ขนาดไฟล์ภาพในแต่ละรูปบริเวณรูชั้นน็อตมีขนาดประมาณ 378 KB เป็นภาพที่มีขนาดระหว่าง 1600 * 1200 Pixel ก่อนเข้าทำการประมวลผลในโปรแกรม และการจัดเตรียมแผ่นวงจรพิมพ์นี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแผ่นวงจรพิมพ์ที่ไม่มีรอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อต จำนวน 60 แผ่น และ กลุ่มแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีรอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อต จำนวน 40 แผ่น โดยแผ่นวงจรพิมพ์ทั้ง 2 กลุ่ม ผ่านการตรวจสอบคัดแยกโดยพนักงานที่มีทักษะในการตรวจสอบรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์ชั้นสูง ตัวอย่างรูชั้นน็อตบนแผ่นวงจรพิมพ์ แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 รูปตัวอย่างรูชั้นน็อตบนแผ่นวงจรพิมพ์



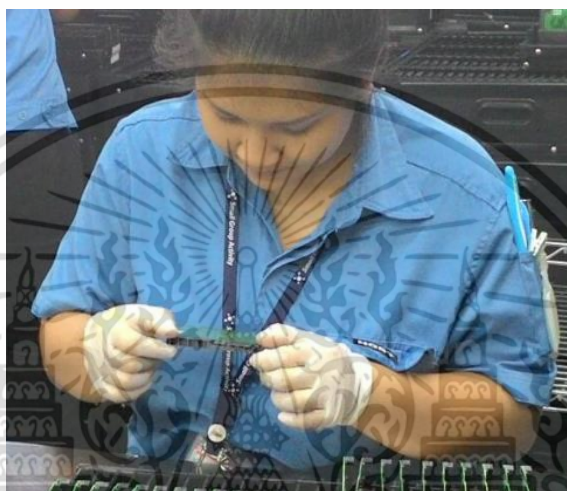
รูปที่ 4.2 รูปตัวอย่างรูชั้นน็อตบนแผ่นวงจรมพิมพ์ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนนี้คือกระบวนการจำแนกภาพรอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อต โดยกระบวนการเริ่มตั้งแต่การรับภาพรูชั้นน็อตเป็นภาพ RGB Image และนำเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบรอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อตบนแผ่นวงจรพิมพ์ โดยนำเอาเทคนิคการทำ Iris image normalization และ Flood-Fill Algorithm มาประยุกต์ใช้งาน ซึ่งมีกระบวนการดังที่กล่าวไปดังนี้

1. จัดเตรียมแผ่นวงจรพิมพ์ 100 แผ่น โดยแผ่นวงจรพิมพ์ทั้งหมดผ่านกระบวนการตรวจสอบด้วยสายตามนุษย์



รูปที่ 4.3 กระบวนการตรวจสอบด้วยสายตามนุษย์

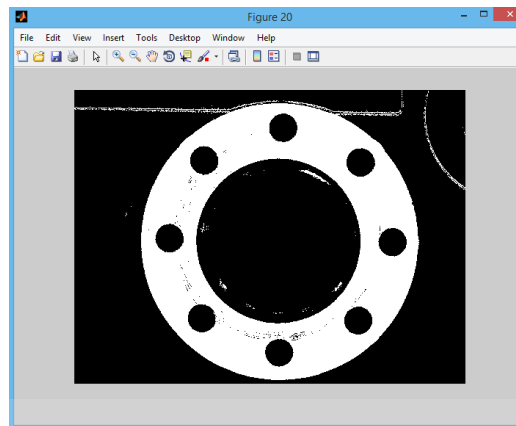
2. กระบวนการรับภาพ RGB Images จากกล้อง โดยภาพมีขนาดประมาณ 1200 x 1600 Pixel.



รูปที่ 4.4 ภาพแผ่นวงจรพิมพ์

3. แปลงภาพ RGB Images เป็นภาพสองระดับ สำหรับกระบวนการนี้เป็นการจัดเตรียมภาพเพื่อเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ และประมวลผลของระบบการตรวจสอบรอยชำรุดบริเวณแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยกล้อง

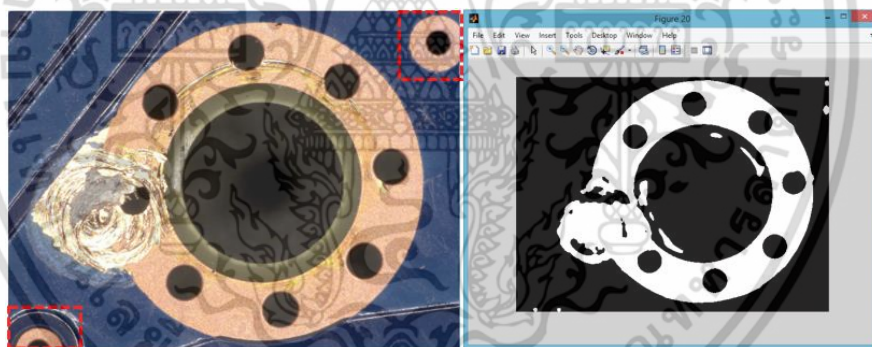
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ภาพสองระดับของแผ่นวงจรมิพม์

4. นำภาพสองระดับเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ วิธีที่ 1 การนับจำนวนพิกเซลของภาพ โดยมีการทำงานดังนี้

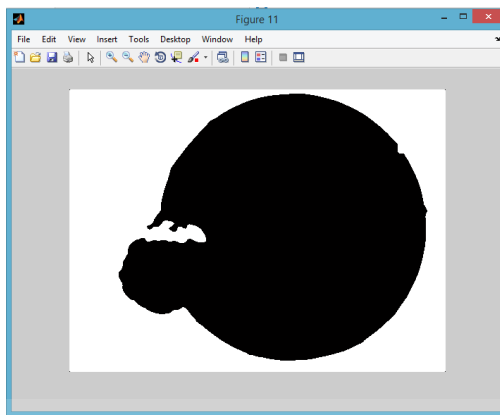
- เลือกตำแหน่งรูน็อตบนแผ่นวงจรมิพม์ โดยใช้ตำแหน่งของแกนกลาง เพื่อระบุ function การทำงานของระบบ ซึ่งแต่ละ function การทำงานนั้นจะมีการตัดจุดลายวงจร์ที่ไม่ต้องการออก ในแต่ละตำแหน่งไม่เหมือนกัน



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างการตัดจุดลายวงจร์ที่ไม่ต้องการออก

- นำภาพเข้าสู่กระบวนการ Fool-Fill Algorithm โดยมีหลักการ คือการประมวลผลภาพสองระดับเกี่ยวกับการเติมเต็มพิกเซลที่หายไปบนวัตถุ ซึ่งเป็นขั้นตอนในการปรับปรุงภาพ รูปทรงที่ต้องการระบายหรือเติมเต็มพิกเซลสีดำ จะต้องมีขอบที่หนาพอที่จะทำให้กระบวนการเติมเต็มนี้สำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างภาพการระบายสีรูปบริเวณพื้นที่ปิดบนรูขี้ผึ้ง

- นับจำนวนพิกเซลสีดำ (ค่าระดับสี 1)
- วิเคราะห์จำนวนพิกเซลสีดำบนวัตถุ มีค่าน้อยกว่าค่าขีดเริ่มที่ตั้งไว้ ผลลัพธ์ คือ Pass และในการทดลองนี้ใช้ค่าขีดเริ่มประมาณ 1 ล้านพิกเซล



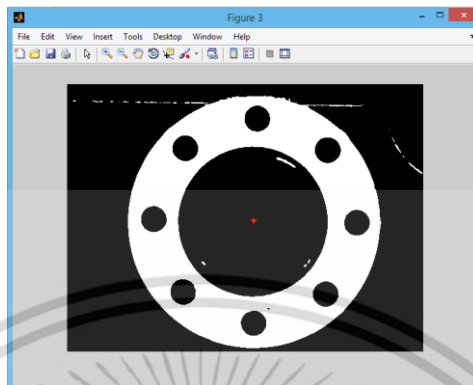
ภาพที่ 4.8 ภาพแผ่นวงจรพิมพ์ที่พบจำนวนพิกเซลสีดำบนวัตถุ มีค่าน้อยกว่าค่าขีดเริ่ม

5. นำภาพสองระดับเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ วิธีที่ 2 Iris image normalization โดยมีการทำงานดังนี้

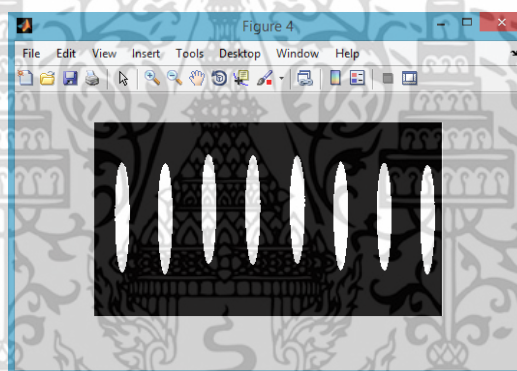
- หาจุดศูนย์กลางวงกลมโดยใช้วิธี Circle Hough Transform แสดงดังภาพที่ 4.9
- นำภาพเข้าสู่กระบวนการแปลงภาพโดยใช้หลักการ Iris image normalization ด้วยวิธี Daugman's Rubber Sheet model แสดงดังภาพที่ 4.10
- นำภาพซึ่งผ่านกระบวนการ Iris image normalization เข้าสู่กระบวนการโปรเจกชันภาพสองระดับตามแนวราบ และ ตามแนวตั้ง แสดงดังภาพที่ 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

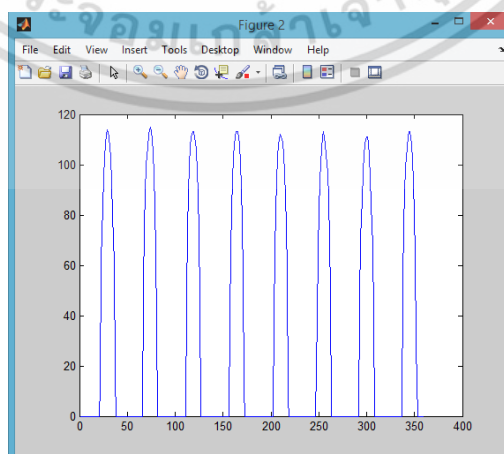
- วิเคราะห์รูขี้ผึ้งที่ดีและไม่พบรอยชำรุด จะต้องนับจำนวนวงกลมเล็กๆ ได้เท่ากับ 8 รูสำหรับการโปรเจคชันภาพสองระดับตามแนวตั้ง และเท่ากับ 1รูสำหรับการโปรเจคชันภาพสองระดับตามแนวนอน แสดงดังรูปที่ 4.13 และ 4.14 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.9 จุดศูนย์กลางวงกลมบริเวณรูขี้ผึ้ง

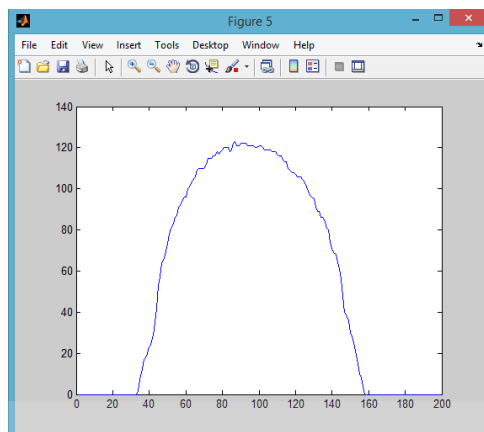


ภาพที่ 4.10 Iris image normalization

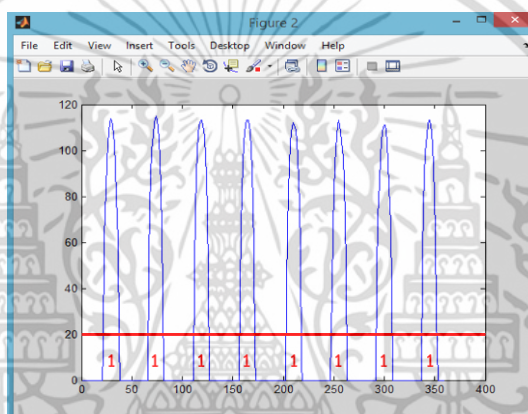


ภาพที่ 4.11 การโปรเจคชันภาพสองระดับตามแนวตั้ง

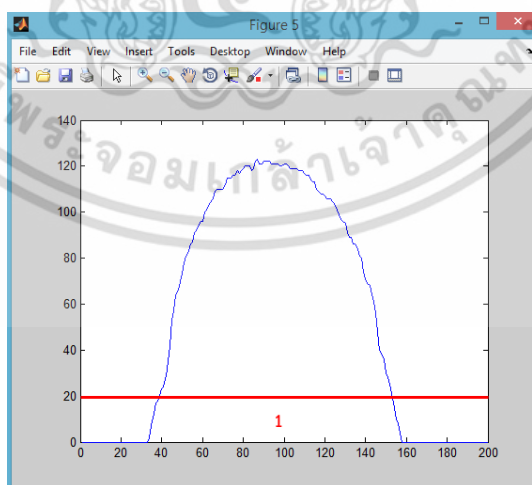
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 การโปรเจกชันภาพสองระดับตามแนวราบ



ภาพที่ 4.13 นับจำนวนวงกลม เท่ากับ 8 จากการโปรเจกชันภาพสองระดับตามแนวตั้ง

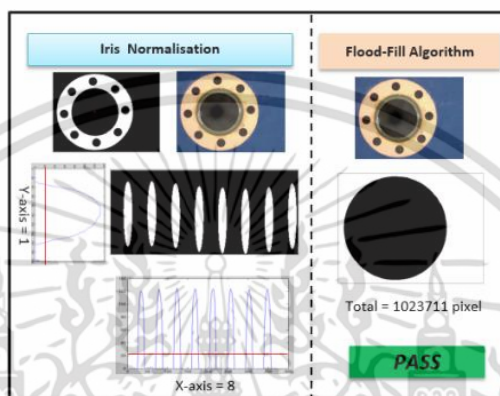


ภาพที่ 4.14 นับจำนวนวงกลม เท่ากับ 1 จากการโปรเจกชันภาพสองระดับตามแนวราบ

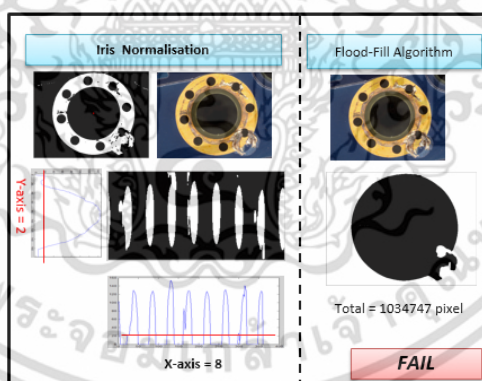
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. กระบวนการประมวลผลทางตรรกศาสตร์ เป็นขั้นตอนระบุคุณภาพของแผ่นวงจรมีลักษณะดีหรือเสีย ซึ่งสามารถหาได้จาก การนำผลตรวจสอบรอยชำรุดด้วยวิธีที่ 1 และ 2 ผ่านกระบวนการ AND Logic gate ผลลัพธ์แบ่งออกเป็น PASS และ FAIL

- PASS : ทำการตรวจสอบจนครบ 9 รูชั้นน็อต และส่งไปยังขั้นตอนการแผ่นวงจรมีผลกลับมาใช้ใหม่
- FAIL : ทำการตรวจด้วย พนักงานอีกครั้ง และ ส่งไปยังขั้นตอนการนำ แผ่นวงจรมีผลไปทิ้ง



ภาพที่ 4.15 ตัวอย่างรูชั้นน็อตที่ดี



ภาพที่ 4.16 ตัวอย่างรูชั้นน็อตที่ชำรุด

7. กรณีพบรอยชำรุดบนแผ่นวงจรมีผลจะมีกระบวนการตรวจสอบซ้ำอีกครั้งด้วยสายตามนุษย์ กรณีพบรอยชำรุดจะเข้าสู่กระบวนการทิ้งแผ่นวงจรมีผล และ กรณีไม่พบรอยชำรุดจะเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบรอยชำรุดในรายการอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. กระบวนการตรวจสอบรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์รายการอื่นด้วยสายตามนุษย์ เช่น ลายวงจรพิมพ์มีรอยขีดข่วนเสียหาย, คอนเนคเตอร์เฮาส์ซึ่งแตกร้าว (Connector Housing Crack), แผ่นวงจรพิมพ์โค้งงอ , คอนเนคเตอร์พินโค้งงอ (Connector pin bent) เป็นต้น



ภาพที่ 4.17 ลายวงจรพิมพ์มีรอยขีดข่วนเสียหาย



ภาพที่ 4.18 คอนเนคเตอร์เฮาส์ซึ่งแตกร้าว (Connector Housing Crack)



ภาพที่ 4.19 คอนเนคเตอร์พินโค้งงอ (Connector pin bent)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการตรวจสอบรอยชำรุดบนแผ่นวงจรพิมพ์ ซึ่งพื้นที่รอยชำรุดบนรูชั้นน็อตแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ รอยชำรุดพื้นที่ด้านในรูชั้นน็อตและรอยชำรุดพื้นที่ด้านนอกรูชั้นน็อต สำหรับงานวิจัยนี้จัดเตรียมแผ่นวงจรพิมพ์สำหรับการทดลองจำนวน 100 แผ่น แบ่งเป็น แผ่นวงจรพิมพ์คุณภาพดีที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ จำนวน 60 แผ่น และแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีรอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อต ซึ่งไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ จำนวน 40 แผ่น ระบบการตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยการประมวลผลภาพ มีหลักเกณฑ์การตรวจสอบ คือ ระบบพบความผิดปกติตรวจสอบชิ้นงานชนิดดีเป็นชนิดเสีย ไม่เกินร้อยละ 3 และระบบตรวจสอบไม่พบชิ้นงานชนิดเสียเป็นชนิดดี (ร้อยละ 0) ซึ่งหลักเกณฑ์การตรวจสอบดังกล่าวอ้างอิงตามเกณฑ์การตรวจสอบอุปกรณ์ด้วยกล้องในอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิส

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยการประมวลผลภาพ วิธีที่ 1 การประมวลผลภาพ

Inspection By	PCB card	Input	Result	
			Pass	Fail
Camera	Good	60	58	2
	Damage	40	0	40
Operator	Good	60	60	0
	Damage	40	0	40

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยการประมวลผลภาพ วิธีที่ 2 Iris-normalization

Inspection By	PCB card	Input	Result	
			Pass	Fail
Camera	Good	60	60	0
	Damage	40	0	40
Operator	Good	60	60	0
	Damage	40	0	40

การทดลองมีการบันทึกภาพด้วยกล้อง และเพื่อให้ตำแหน่งการบันทึกภาพแผ่นวงจรพิมพ์มีความแม่นยำมากขึ้น จึงมีการสร้างอุปกรณ์สำหรับจับแผ่นวงจรพิมพ์ (Fixture) สำหรับล็อกตำแหน่งแผ่นวงจรพิมพ์ให้คงที่ และใช้แขนกลอัตโนมัติเคลื่อนที่พร้อมกล้อง เพื่อทำหน้าที่บันทึกภาพในแต่ละรูชั้นน็อต จนครบทั้งหมด 9 ภาพ ซึ่งแผ่นวงจรพิมพ์มีรูชั้นน็อตทั้งหมด 9 รู

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.2 คือ การตรวจสอบบริเวณรูชั้นน็อตด้วยการประมวลผลภาพ พบว่าระบบสามารถคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดดี แล้วได้ผลเป็นชำรุด คิดเป็นร้อยละ 2 และ

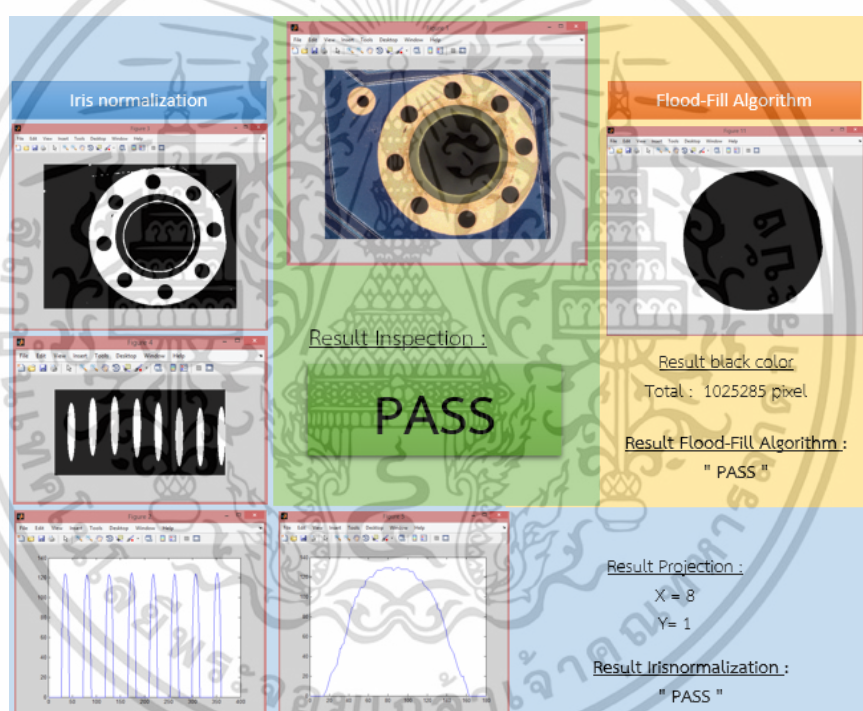
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดชำรุด แล้วได้ผลเป็นคุณภาพดี คิดเป็นร้อยละ 0 ดังแสดงรูปที่ 4.20 และรูปที่ 4.21 ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองพบข้อผิดพลาด มีสาเหตุอันเนื่องมาจากสีของแผ่นวงจรพิมพ์ และการจัดวางแผ่นวงจรพิมพ์ ซึ่งส่งผลโดยตรงในการตรวจสอบรอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อตด้วยวิธีที่ 1 ดังแสดงรูปที่ 4.22

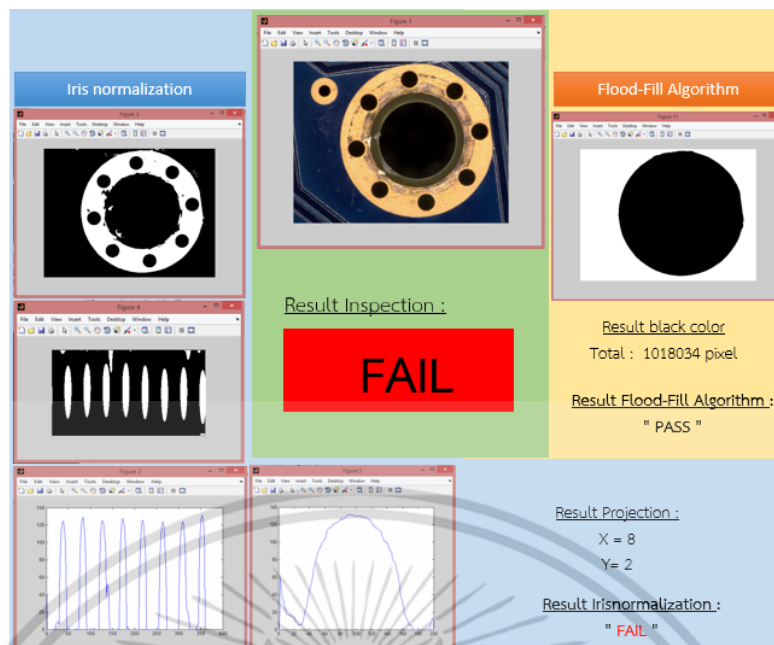
จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 คือ ด้วยการตรวจสอบบริเวณรูชั้นน็อตด้วย Iris-normalization พบว่าระบบสามารถคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดดี แล้วได้ผลเป็นชำรุด คิดเป็นร้อยละ 0 และสามารถคัดกรองแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดชำรุด แล้วได้ผลเป็นคุณภาพดี คิดเป็นร้อยละ 0 ดังแสดงรูปที่ 4.20 และรูปที่ 4.21 ตามลำดับ

จากผลการทดลอง แผ่นวงจรพิมพ์ทั้งหมด จำนวน 100 แผ่น จะถูกตรวจสอบอีกครั้งโดยสายตามนุษย์(พนักงาน) เพื่อเปรียบเทียบกับความถูกต้องของผลลัพธ์กับผลที่ได้จากระบบที่นำเสนอ

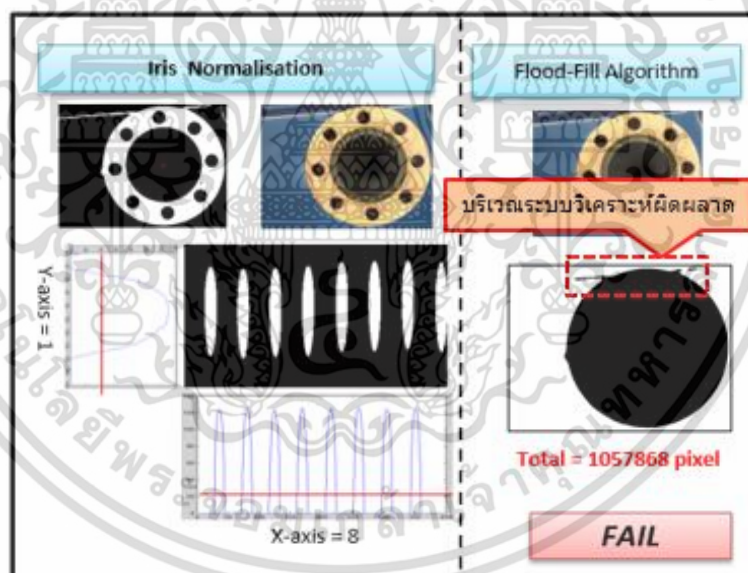


รูปที่ 4.20 ผลลัพธ์รูชั้นน็อตชนิดดีที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 ผลลัพธ์รูขุมน็อตชนิดเสียที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ 4.22 ผลลัพธ์รูขุมน็อตชนิดดีซึ่งระบบวิเคราะห์ผิดพลาด

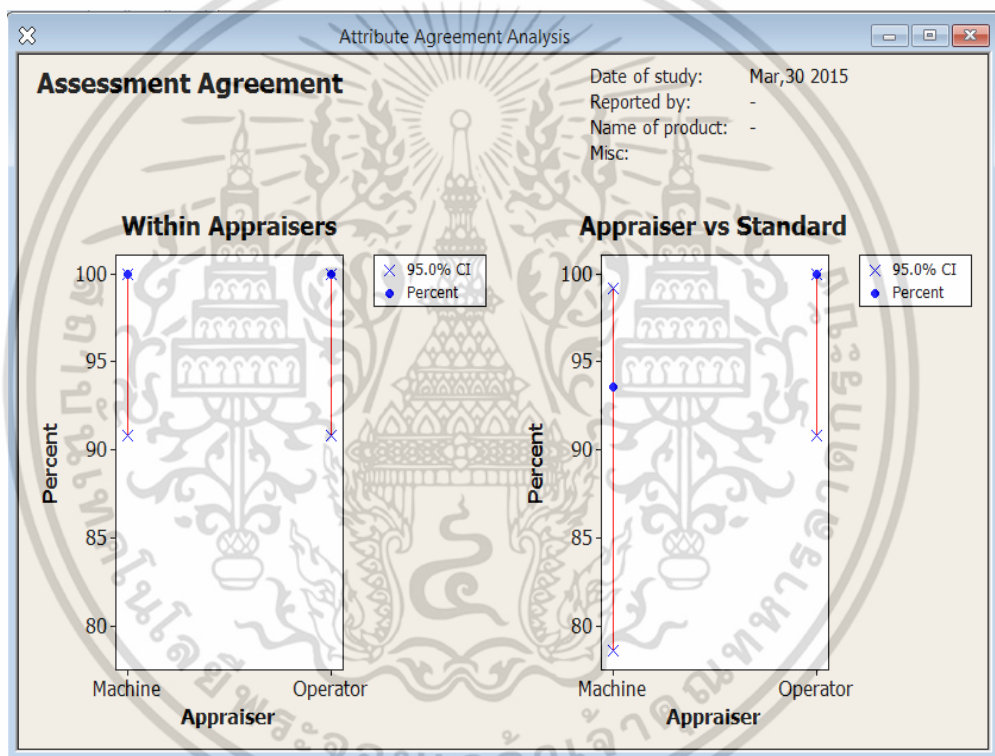
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและแนวทางในการพัฒนาต่อ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองดังกล่าว มาตรฐานการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบ (GR&R : Gage Repeatability and Reproducibility) คิดเป็นร้อยละ 90 โดยอ้างอิงตามเกณฑ์ในอุตสาหกรรม ประกอบขึ้นส่วนฮาร์ดดิส ซึ่งผลลัพธ์ พบว่าการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบที่นำเสนอ (Machine) เปรียบเทียบกับความถูกต้องของชิ้นงาน (Standard) คิดเป็นร้อยละ 93.55 และ เมื่อเปรียบเทียบกับสายตามนุษย์ (Operator) คิดเป็น ร้อยละ 93.55 ดังแสดงภาพที่ 5.1



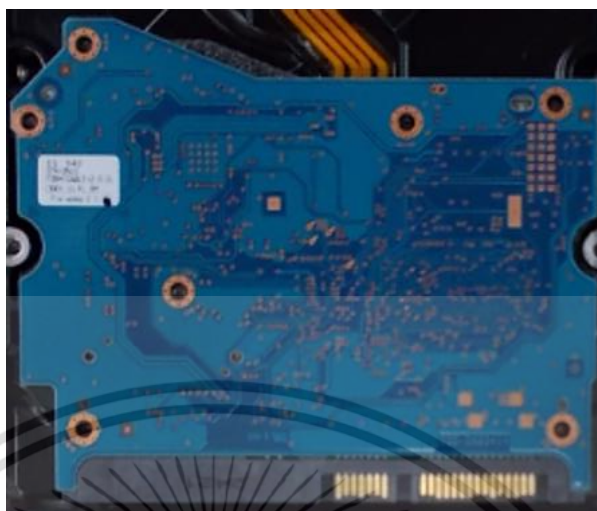
ภาพที่ 5.1 ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบที่นำเสนอ (Machine) เปรียบเทียบกับสายตามนุษย์ (Operator) และความถูกต้องของชิ้นงาน (Standard)

5.2 แนวทางการพัฒนาต่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์การใช้งานการตรวจรอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อตด้วยกล้องเท่านั้น ซึ่งในการปฏิบัติงานจริงนั้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึง เช่น จำนวนงานในการตรวจสอบ, จำนวนพนักงาน, รายการในการตรวจสอบ, รุ่งงานในการตรวจสอบ เป็นต้น ดังนั้น งานวิจัยนี้ยังไม่สามารถรองรับการปฏิบัติงานจริงได้จึง มีแนวทางในการพัฒนาต่อดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1) ประยุกต์ระบบให้สามารถไปใช้งานกับผลิตภัณฑ์รุ่นอื่นๆได้



ภาพที่ 5.2 ตัวอย่างแผ่นวงจรรุ่นงานอื่น

- 2) ประยุกต์หลักการให้สามารถใช้งานกับกล้องราคาถูกลงได้



ภาพที่ 5.3 ตัวอย่างกล้องที่ราคาประหยัดและคุณภาพใกล้เคียงกับกล้องที่ใช้ในการทดลอง

- 3) สามารถเพิ่มปริมาณการตรวจสอบได้
- 4) ประยุกต์หลักการให้สามารถนำไปตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์ก่อนประกอบเป็นฮาร์ดิสได้
- 5) แผนกการตรวจสอบแผ่นวงจรพิมพ์ชำระรายการอื่นๆ เข้าไปในระบบ
- 6) ใช้พนักงานในการตรวจ 4 คนต่อวัน จากเดิม 8 คนต่อวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Gonzalez, Rafael C and Richard E. Woods, “**Digital Image Processing**”, Prentice-Hall, 2002.
- [2] Zhou Lv, Deng Sheng, Yan Huaiyu and Wang Liang, “**Study on Image Position Algorithm of the PCB Detection**”, Modern Applied Science; Vol. 6, No. 8, 2012.
- [3] R. Khudeev, “**A New Flood-Fill Algorithm for Closed Contour**”, Conference on Control and Communications SIBCON : pp. 170-174, 2005.
- [4] U. Pratap Singh, K. Saxena and S. Jain, “**Semi-supervised Method of Multiple Object Segmentation with a Region Labeling and Flood Fill**”, An International Journal (SIPIJ), vol. 12, No. 3 : pp. 175-193, September. 2011.
- [5] A. Patel, A. Pahade, K. R. Bhatele and A.Arjaria, “**A Object Retrieval Based on Fuzzy Flood Fill Method**”, International Journal of Modern Engineering & Management Research, vol. 1, issue. 3 : pp. 80-87, October. 2013.
- [6] M. Z. Rashad, M. Y. Shams, O. Nomir, and R. M. El-Awady, “**IRIS RECOGNITION BASED ON LBP AND COMBINED LVQ CLASSIFIER**”, International Journal of Computer Science & Information Technology, vol. 3, No. 5 : pp. 67-78, October. 2011.
- [7] L. Sharma, G. Thakur and R. Thakur, “**An overview and examination of iris recognition Algorithms**”, International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies, vol. 2, issue. 8 : pp. 152-160, August. 2014.
- [8] Sonal D Kalro, Meghashree B S, Prathiksha B G, Suhasini A and Dr.H D Phaneendra, “**Using Image Processing for Detecting Defects in Printed Circuit Board**”, International Journal Computer Techniques, vol. 2, issue. 2 : pp. 166-169, Mar-Apr. 2015.
- [9] Siti Hazurah Indera Putera, Syahrul Fahmi Dzafaruddin and Maziah Mohamad, “**MATLAB Based Defect Detection and Classification of Printed Circuit Board**”, Digital Information and Communication Technology and it’s Application (DICTAP) : pp. 115-119, Mar. 2012.
- [10] Hornng-Hai Loh and Ming-Sing Lu, “**Printed Circuit Board Inspection Using Image Analysis**”, IEEE Transactions on Industry Applctions, vol. 35, issue. 2 : pp. 426-432, Mar-Apr. 1999.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [11] Muresan Marius Valentin, Pitica Dan and Chindris Gabriel, “Automated Optical Inspection Tool Using the LPKF PCB Mechanical Prototyping Machine”, Electronics System-Integration Technology Conference : pp. 1359-1362, Sept. 2008.
- [12] Ajay Pal Singh Chauhan, Sharat Chandra Bhardwaj, “Detection of Bare PCB Defects by Image Subtraction Method using Machine Vision”, proceedings of the World Congress on Engineering, vol. 2, July. 2011.
- [13] Kaur Kamalpreet and Kaur Beant, “PCB Defect Detection and Classification Using Image Processing”, International Journal of Emerging Research in Management & Technology, vol. 3, issue. 8 : pp. 42-46, August. 2014.
- [14] Todor Kazakov, “Iris Detection and Normalization”, University of Birmingham, May. 2011.
- [15] JUMAT, “Aplikasi Black White dengan metode Otsu” [Online]. Available : <http://www.softscients.web.id/2014/09/aplikasi-black-white-dengan-metode-otsu.html>. 2014.
- [16] STEVE, “Image binarization – im2bw and graythresh” [Online]. Available : <http://blogs.mathworks.com/steve/2016/05/09/image-binarization-im2bw-and-graythresh/>. 2016.
- [17] BLOGGANG, “Image Segmentation” [Online]. Available : <http://www.bloggang.com/mainblog.php?id=hin-kmitnb>. 2012.
- [18] BRETT SHOELSON, “Thresholdlocally” [Online]. Available : <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/29764-thresholdlocally>. 2011.
- [19] Mathworks, “ROIFILL” [Online]. Available : <http://jp.mathworks.com/help/images/ref/roifill.html>. 2015.
- [20] “การระบายสี (Filling)” [Online]. Available : <http://www.cs.science.cmu.ac.th/person/ekkarat/graphics/chapter/chapter5.htm>. 2015.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

สุรพันธุ์ เอื้อไพบุลย์, สุนันทา สมใจ. “การคัดกรองแบบสองชั้นของรอยชำรุดบริเวณรูชั้นน็อตบนแผ่นวงจรพิมพ์.” National Conference on Information Technology (NCIT), Chiang Mai 30 October 2015.

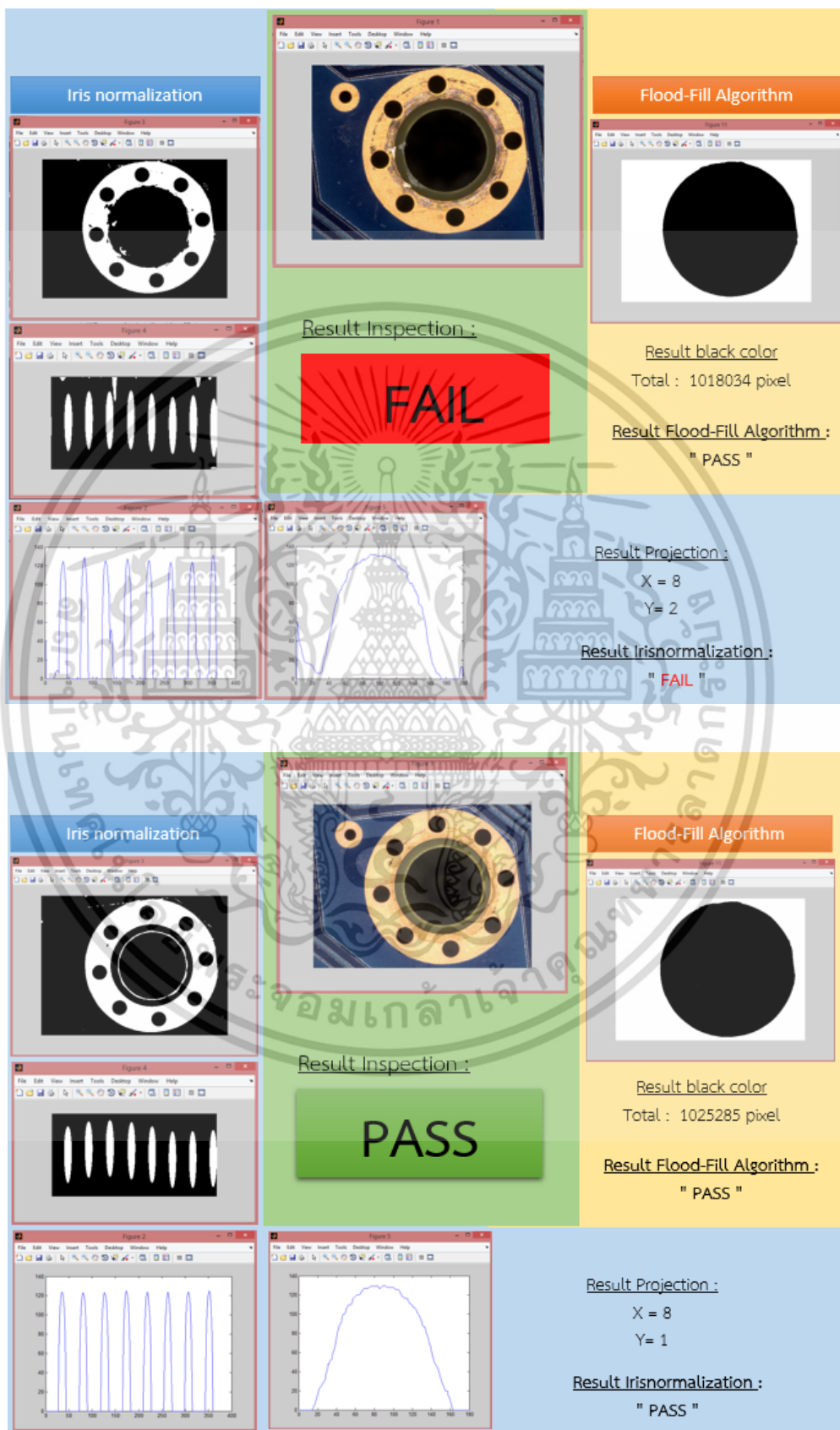


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



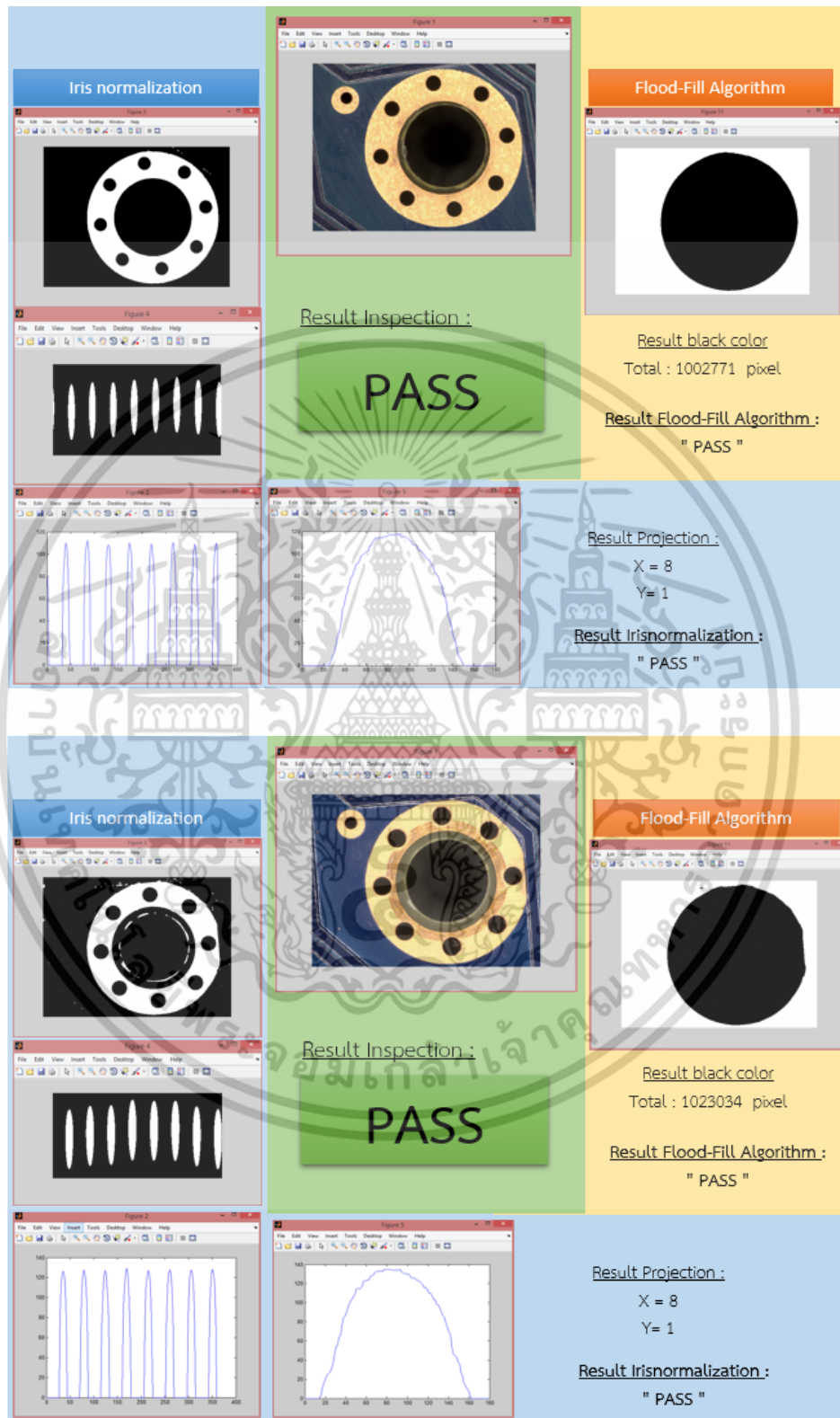
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง



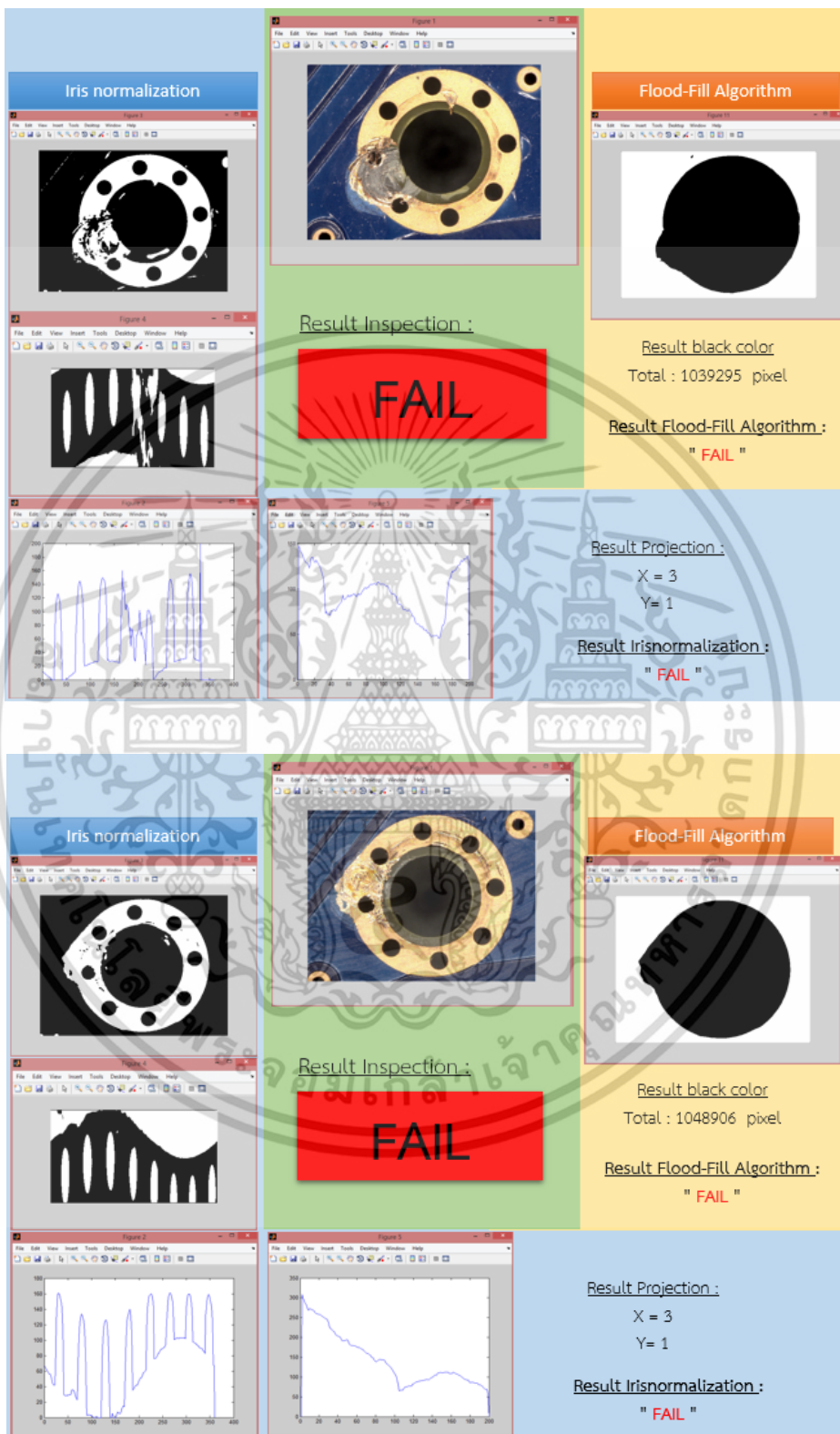
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (ต่อ)



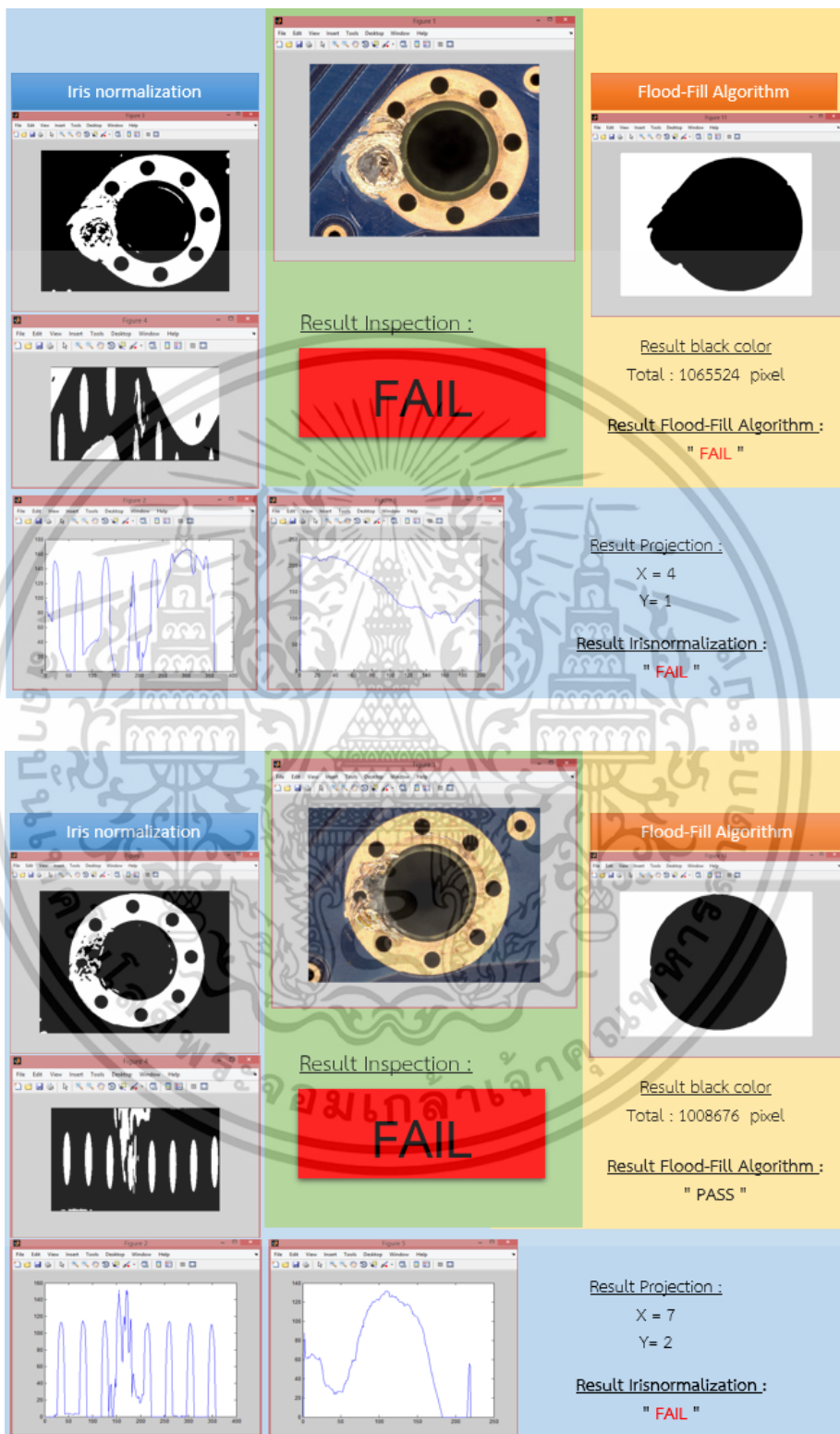
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (ต่อ)



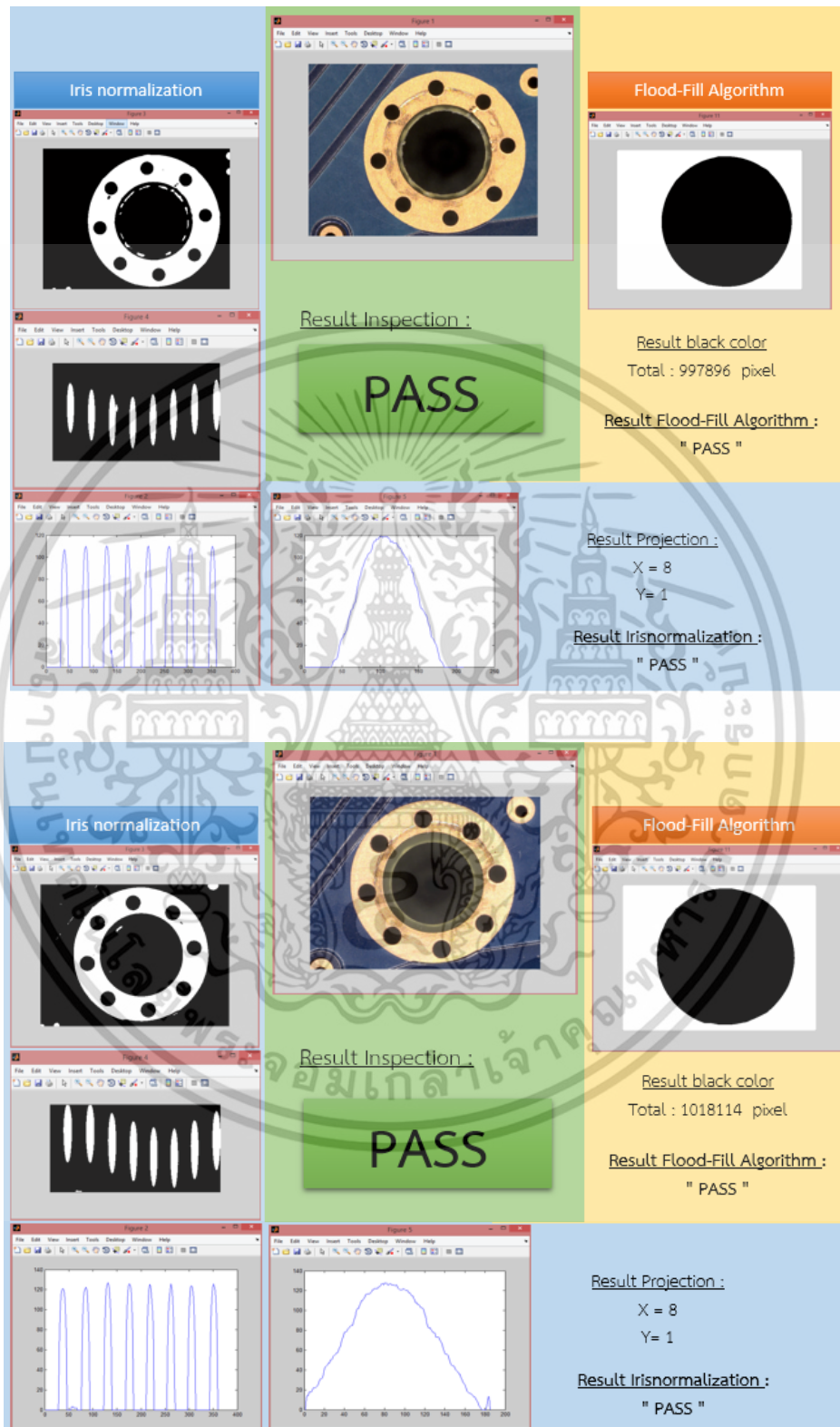
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (ต่อ)



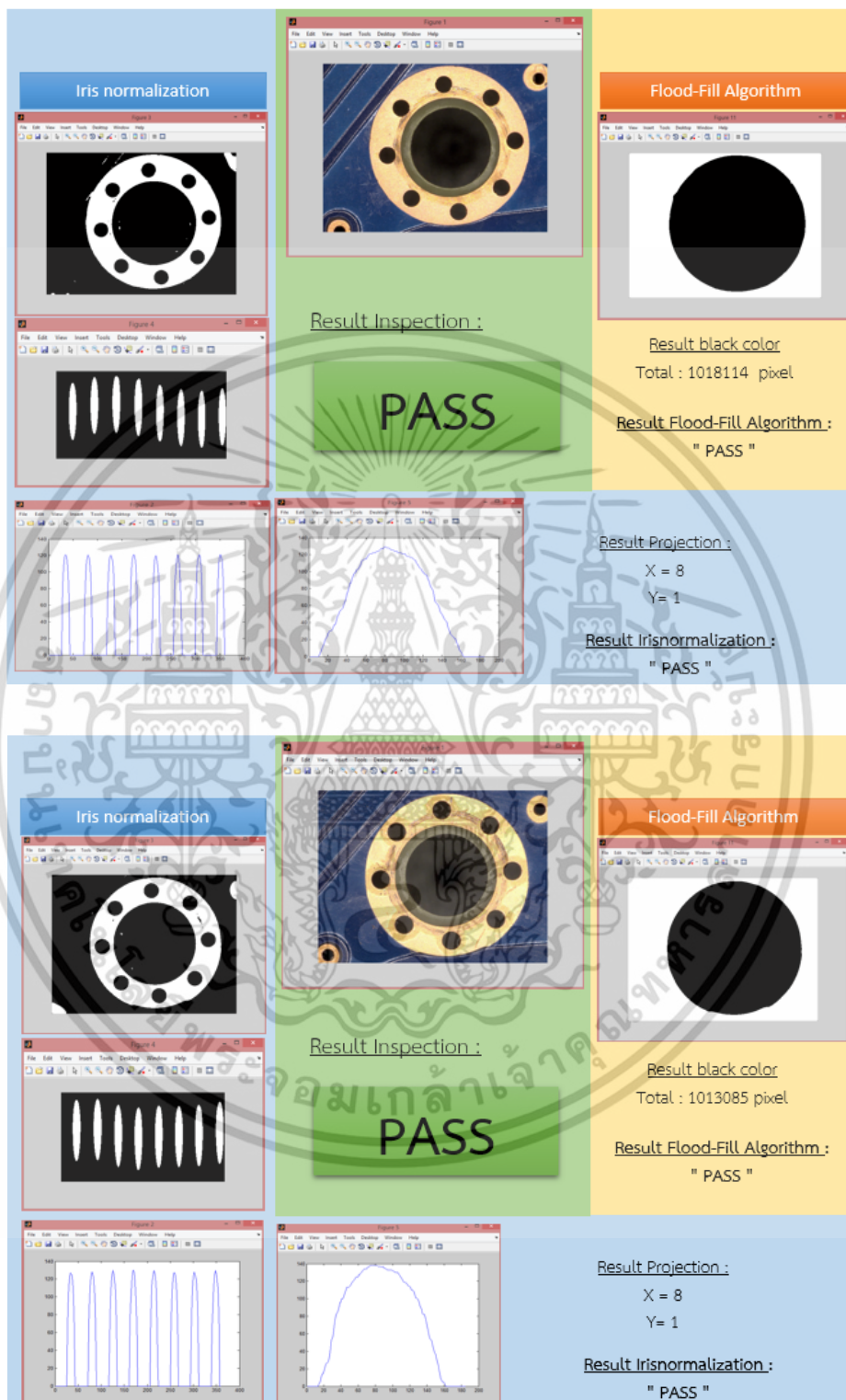
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (ต่อ)



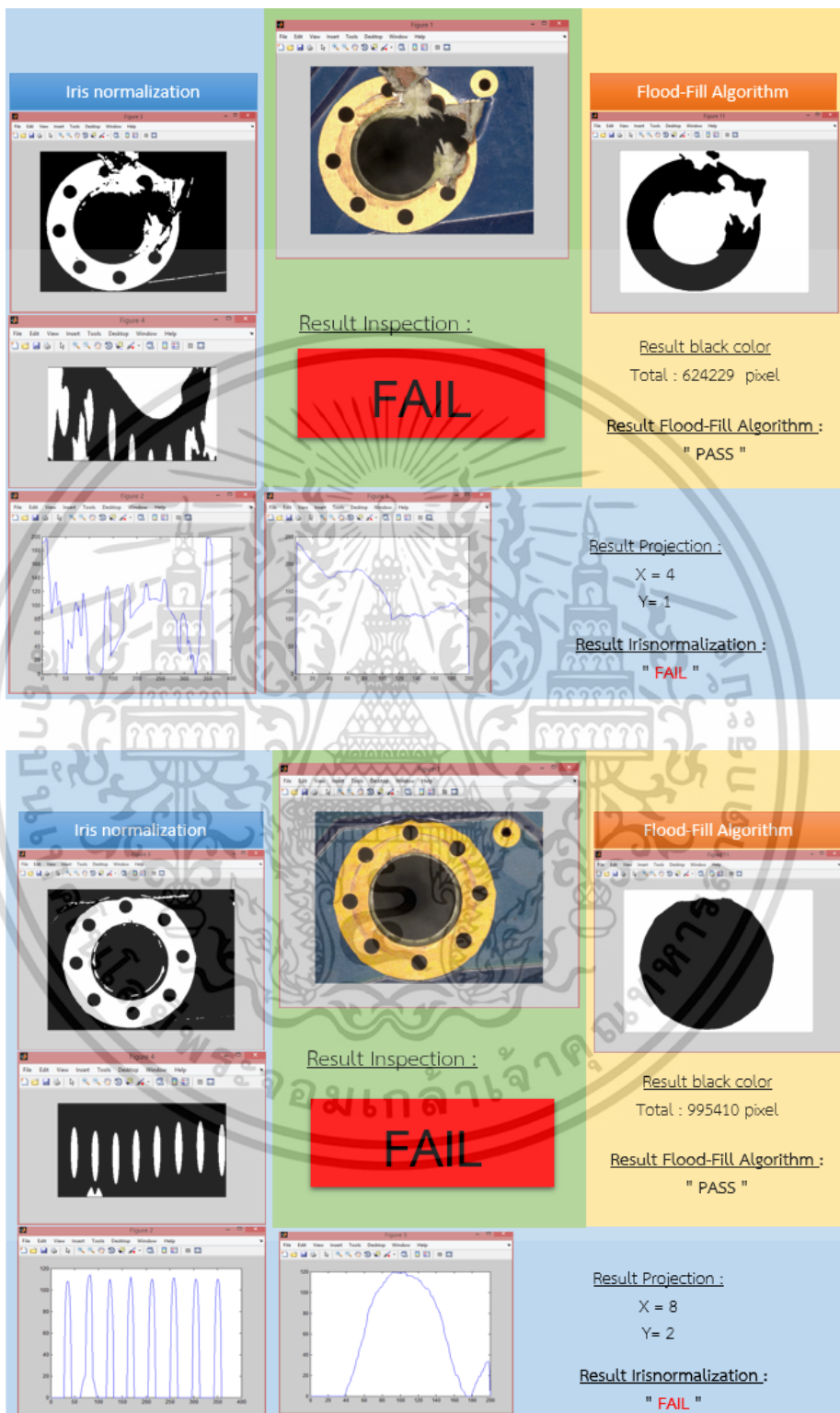
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (ต่อ)



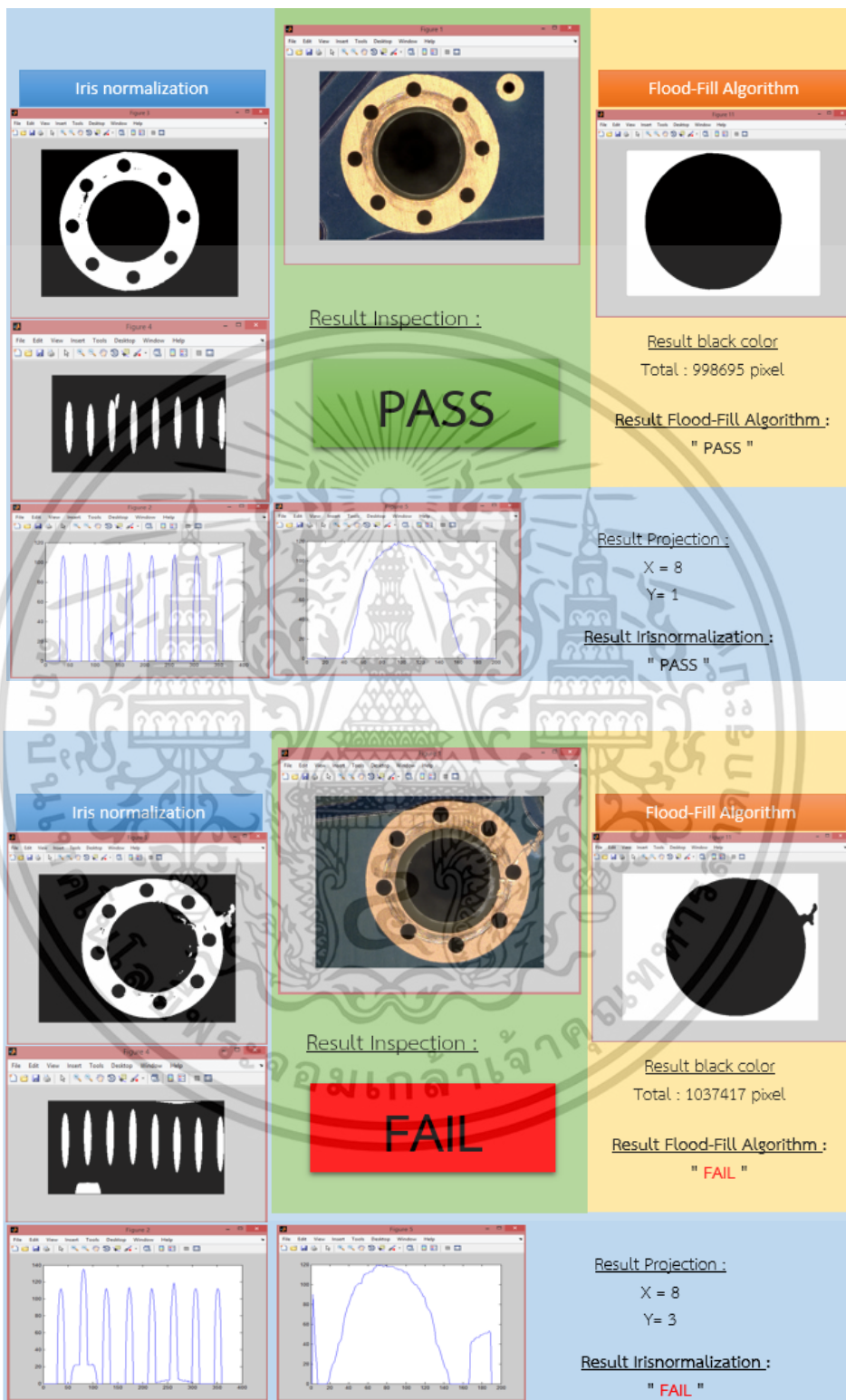
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (ต่อ)



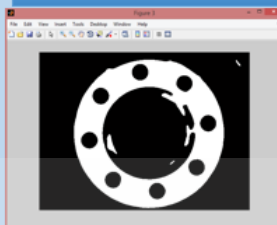
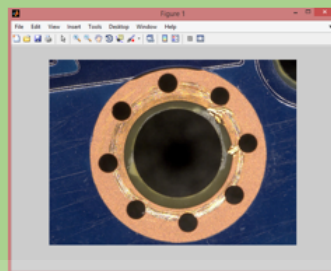
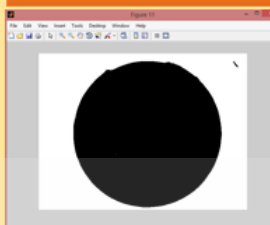
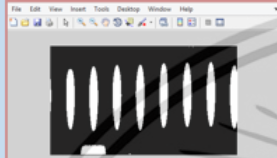

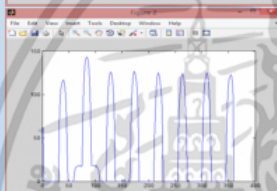
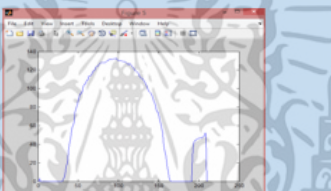
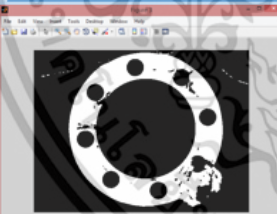
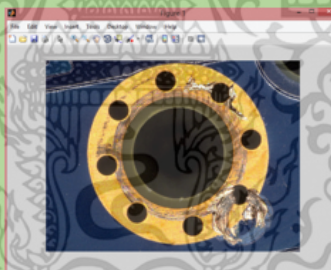
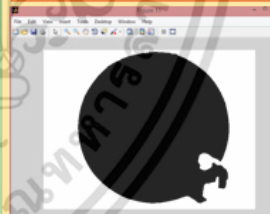
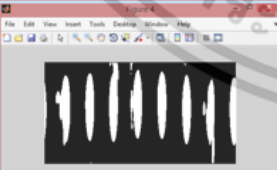

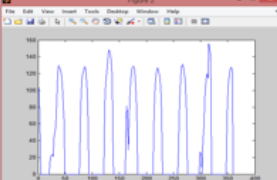
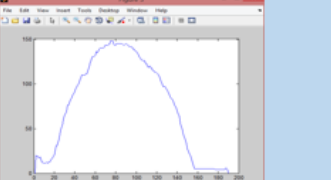
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (ต่อ)



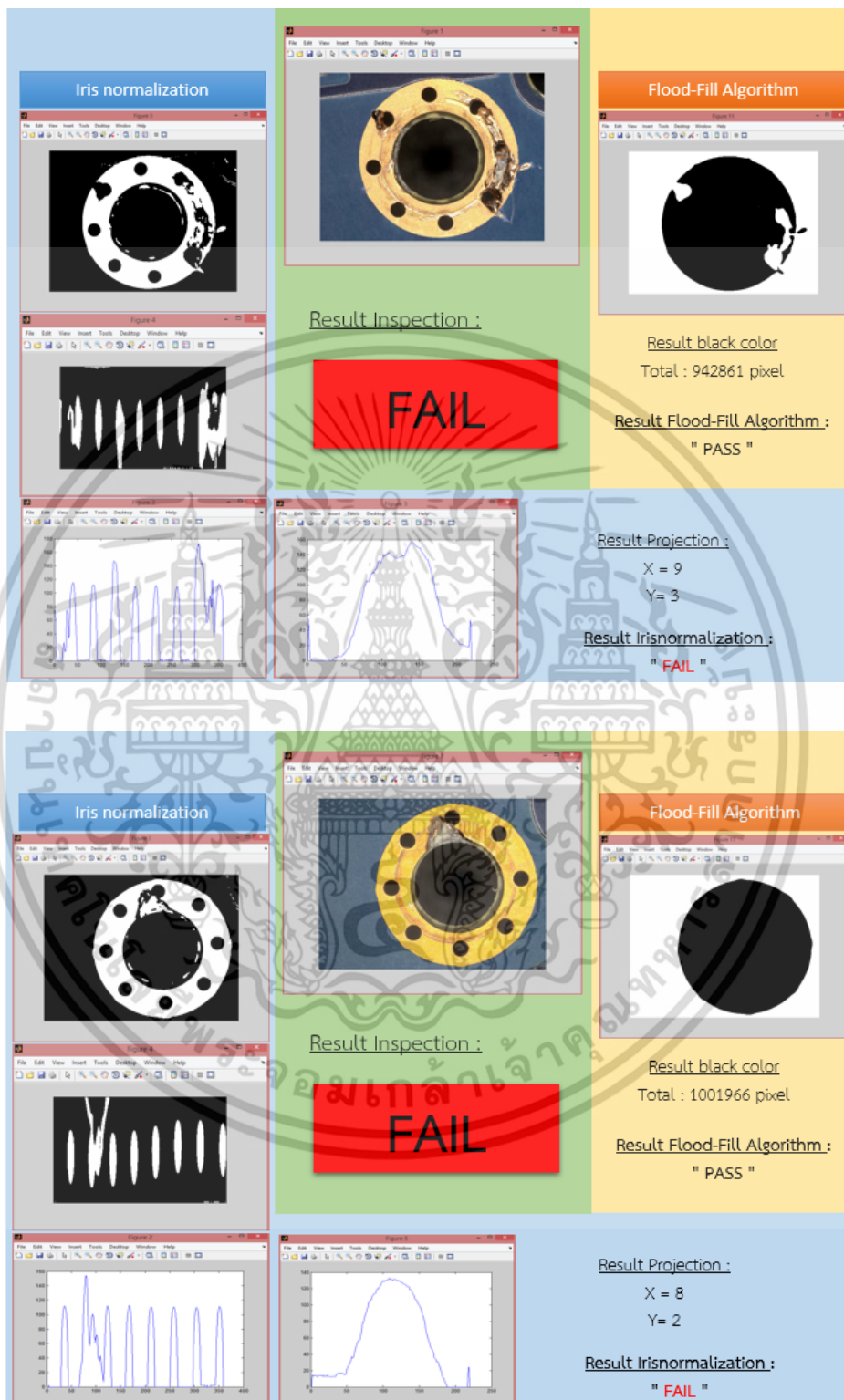
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (ต่อ)

<p>Iris normalization</p> 		<p>Flood-Fill Algorithm</p> 
	<p>Result Inspection :</p> 	<p>Result black color Total : 1015602 pixel</p> <p>Result Flood-Fill Algorithm : " PASS "</p>
		<p>Result Projection : X = 9 Y = 2</p> <p>Result Irisnormalization : " FAIL "</p>
<p>Iris normalization</p> 		<p>Flood-Fill Algorithm</p> 
	<p>Result Inspection :</p> 	<p>Result black color Total : 1034747 pixel</p> <p>Result Flood-Fill Algorithm : " FAIL "</p>
		<p>Result Projection : X = 9 Y = 2</p> <p>Result Irisnormalization : " FAIL "</p>

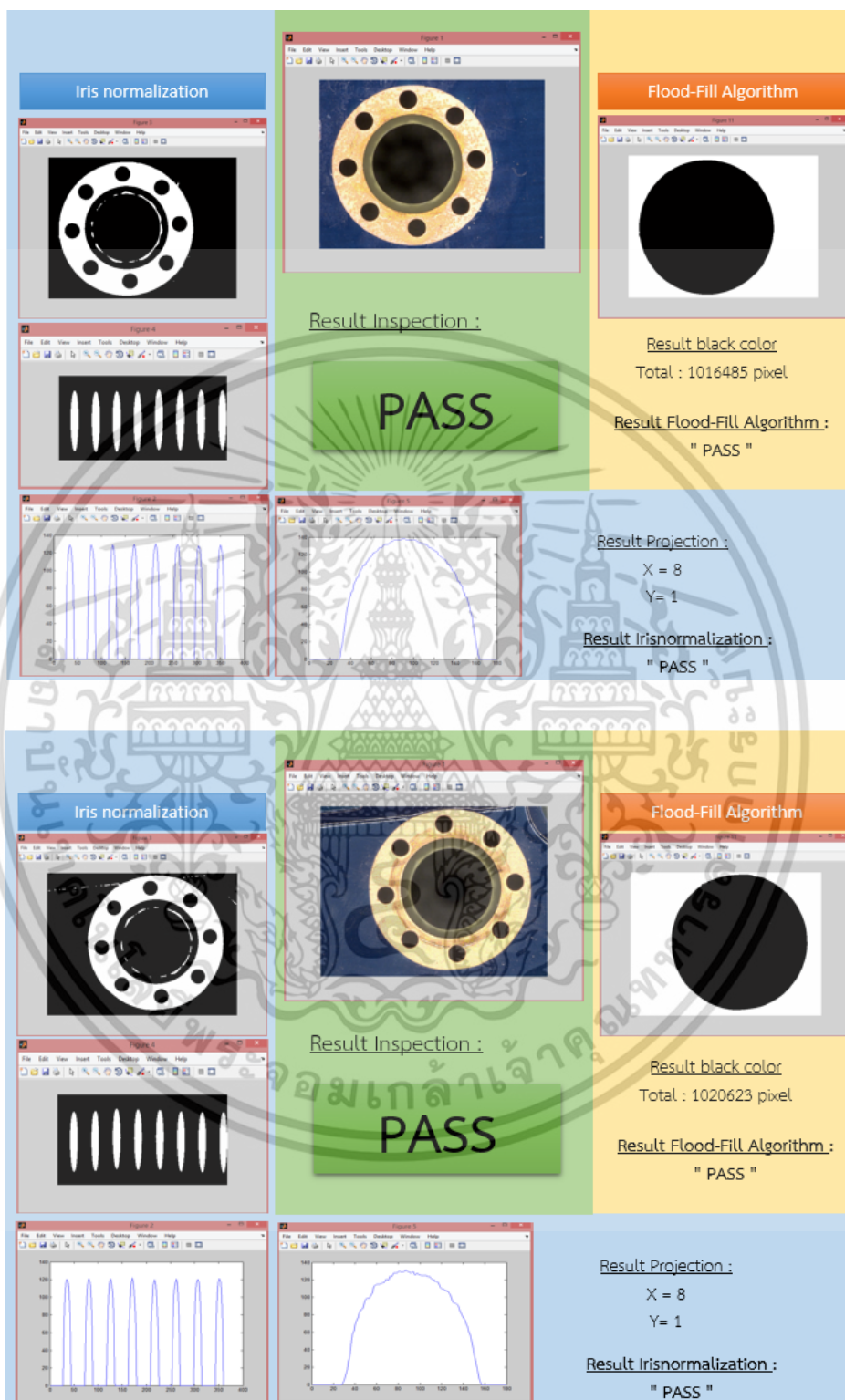
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (ต่อ)



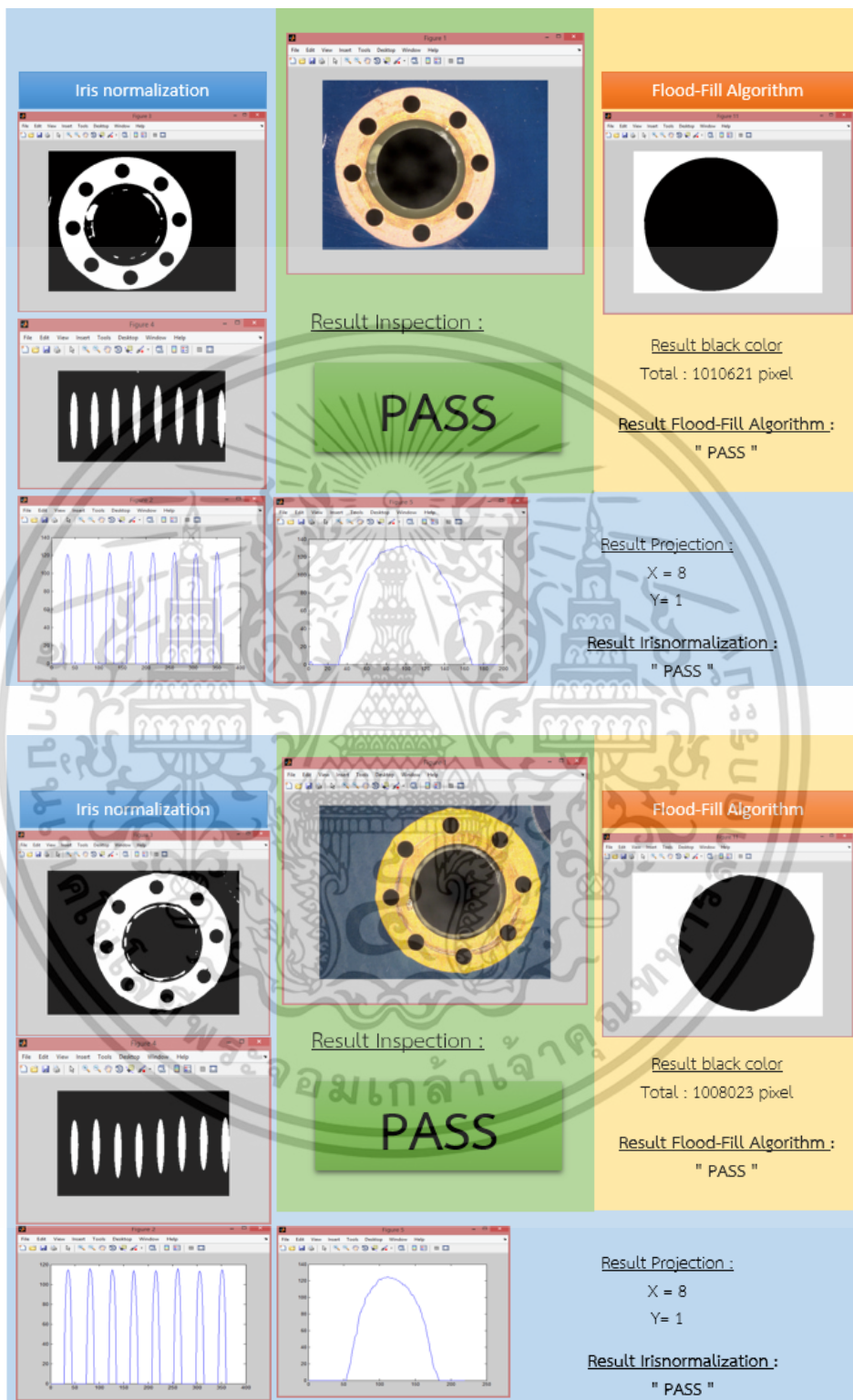
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (ต่อ)



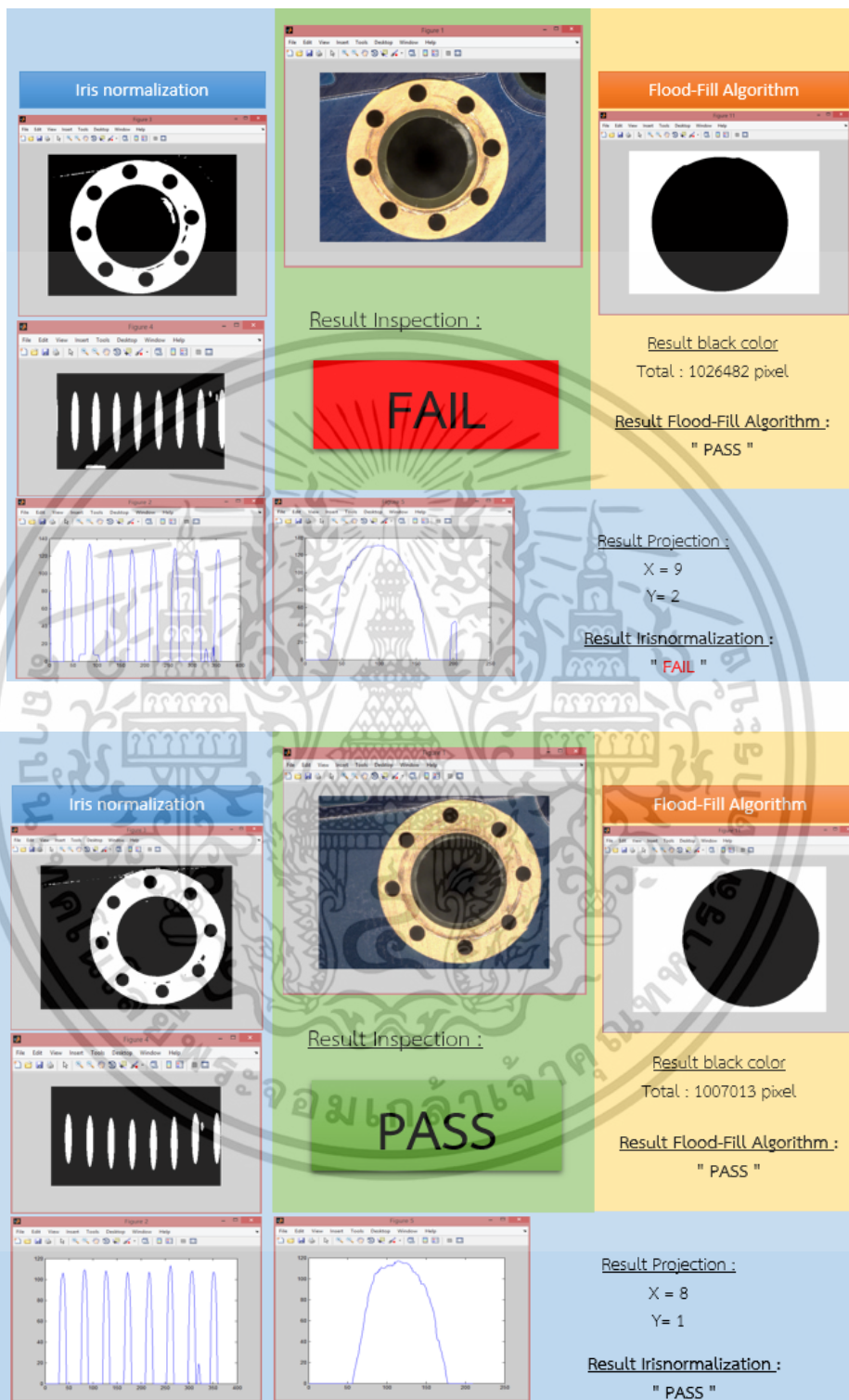
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (ต่อ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (ต่อ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

