

การพัฒนาการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายบนแผงวงจรพิมพ์  
ด้วยการประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคการนับพิกเซล

THE DEVELOPMENT OF MISSING COMPONENT INSPECTION  
ON PRINTED CIRCUIT BOARDS USING PIXEL COUNTING  
TECHNIQUE

ชัชฎาพร บุญคง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การพัฒนาการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายบนแผงวงจรพิมพ์  
ด้วยการประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคการนับพิกเซล



รัชฎาพร บุญคง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายบนแผงวงจรพิมพ์ด้วยการประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคการนับพิกเซล

The Development of Missing Component Inspection on Printed Circuit Boards Using Pixel Counting Technique

ชื่อ - นามสกุล

นางสาวชัชฎาพร บุญคง

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า

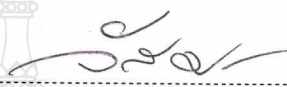
อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์วิเชียร อุบแก้ว, Ph.D.

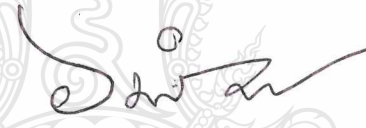
ปีการศึกษา


2565

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จกวี ศรีนนท์ฉัตร, Ph.D.)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์สมชาติ โชคชัยธรรม, D.Eng.)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อำนาจ เรืองวารี, Dr.-Ing.)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์วิเชียร อุบแก้ว, Ph.D.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

  
..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์สรพงษ์ ภาสุปรีดิ์, Ph.D.)

วันที่ 27 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2565

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายบนแผงวงจรพิมพ์ด้วยการประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคการนับพิกเซล
ชื่อ – นามสกุล	นางสาวชัชฎาพร บุญคง
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์วิเชียร อุปก้าว, Ph.D
ปีการศึกษา	2565

## บทคัดย่อ

การประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ลงบนแผ่นพีซีบีแผงวงจรโทรศัพท์มือถือนั้นจำเป็นต้องมีการตรวจเช็คเพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์ทุกตัวไม่เกิดการสูญหายในขณะที่ประกอบแผงวงจร ซึ่งในปัจจุบันบางโรงงานการผลิตยังมีการตรวจสอบโดยใช้มนุษย์เป็นผู้ตรวจสอบ ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจสอบได้ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนองานวิจัยการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายบนแผ่นพีซีบีของแผงวงจรโทรศัพท์มือถือด้วยวิธีการประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคการนับพิกเซลเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

ในการทดลองใช้ภาพถ่ายแผงวงจรพิมพ์จากกล้องดิจิทัลขนาด 1478 x 1108 พิกเซล และจากกล้องอุตสาหกรรม ขนาด 783 X 724 พิกเซล จำนวนอย่างละ 100 ภาพ โดยขั้นตอนวิธีการทำเริ่มจากการทำภาพจากภาพสีให้เป็นภาพไบนารี เพื่อแปลงค่าภาพก่อนนำเข้าสู่กระบวนการประมวลผลภาพ ซึ่งจะมีค่าระดับความเข้มสองระดับคือสีขาวและสีดำ เพื่อความรวดเร็วในการแปลงภาพจึงใช้ภาพไบนารีและปรับค่าความเหมาะสมในการทดลองโดยใช้การปรับค่าเทรชโฮลด์ จากนั้นนำภาพไปคอมพลีเมนต์เพื่อให้ภาพแผ่นพีซีบีแปลงค่าจากดำเป็นขาว และจากขาวเป็นสีดำ และนำไปหาขอบของแผงวงจรพิมพ์ โดยการใช้วิธี Bounding Box เพื่อคำนวณหาจุดพิกัดที่ครอบคลุมวัตถุ 4 จุด เพื่อที่จะได้กรอบสี่เหลี่ยมที่ครอบคลุมวัตถุที่อยู่ขอบบนสุดของภาพ จึงจะได้พื้นที่ในการนับพิกเซลของภาพ จากนั้นจะใช้ภาพคอมพลีเมนต์ไบนารีที่จะนำมาประมวลผลและจะใช้ฟังก์ชัน SUM ในการรวมพิกเซล และหาค่าเปอร์เซ็นต์ของภาพแผงวงจรพิมพ์

จากการทดลองพบว่าเทคนิคการนับพิกเซลมีประสิทธิภาพในการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผ่นพีซีบีที่ขาดหายไปของแผงวงจรพิมพ์จากกล้องดิจิทัลได้ร้อยละ 92 และจากกล้องอุตสาหกรรมได้ร้อยละ 87

**คำสำคัญ** การตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผ่นพีซีบี, เทคนิคการนับพิกเซล, การตรวจสอบแผ่นพีซีบีด้วยกล้องอุตสาหกรรม

**Thesis Title** The Development of Missing Component Inspection  
on Printed Circuit Boards Using Pixel Counting Technique

**Name – Surname** Miss Chatchadaporn Boonkong

**Program** Electrical Engineering

**Thesis Advisor** Mr. Wichian Ooppakaew, Ph.D.

**Academic Year** 2022

## ABSTRACT

When assembling various electronic devices on a mobile phone circuit board (PCB), it is necessary to make sure that there are no missing parts. At present, some manufacturing plants are still being inspected by human beings, which may cause errors in the inspection. Therefore, this thesis focused on the inspection of missing components on the PCB of mobile phone circuit boards using the digital image processing with pixel counting technique to solve the problem.

Digital images were taken to begin the experiment of missing component inspection on the printed circuit board using the pixel counting technique. 100 PCB images with a resolution of 1478x1108 pixels were taken using a mobile phone camera, whereas 100 PCB images with a resolution of 783x724 pixels were input from an industrial camera. The process of measuring white pixels is known as pixel counting. To count the number of white pixels, the RGB image must be converted to a binary image, which has two contrast levels: white and black. Using binary images and adjusting the right threshold setting was required for quick picture conversion. The images were then complemented so that the PCB images were converted from black to white and from white to black and were brought to the edge of the printed circuit board. Bounding Box method was employed to calculate the coordinates that covered 4 objects to obtain a rectangular frame that covered the object at the top edge of the image to get the area to count the pixels of the images. The binary complement images were then processed, and the SUM function was applied to combine the pixels and determine the percentage of the printed circuit board images.

The pixel count technique was found effective in inspecting missing components on PCB images taken by digital cameras at 92 percent and by industrial cameras at 87 percent.

**Keywords:** missing Component Inspection on PCB, counting Pixel Technique, PCB inspection by industrial camera

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือของ อาจารย์ ดร.วิเชียร อุปแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และให้ความช่วยเหลือปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างทำงานวิทยานิพนธ์อย่างดียิ่งเสมอมา ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี ศรีนนท์ฉัตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ เรืองวารี และรองศาสตราจารย์ ดร.สมชาติ โชคชัยธรรม ที่กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งยังเสนอแนะแนวทางต่างๆ ความรู้ และประสบการณ์ ในการทำวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจอย่างยิ่งให้กับผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ชัชฎาพร บุญคง



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
สารบัญตาราง.....	(8)
สารบัญรูป.....	(9)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	(11)
บทที่ 1 บทนำ.....	12
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	12
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	13
1.3 สมมติฐานของงานวิจัย.....	13
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	13
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	14
1.6 ข้อจำกัดของวิทยานิพนธ์.....	14
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	14
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
2.1 ส่วนประกอบของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์.....	15
2.2 กระบวนการประกอบแผงวงจรพิมพ์.....	17
2.3 กระบวนการวัดระยะขึ้นงานด้วยกล้องอุตสาหกรรม.....	20
2.4 การประมวลผลภาพดิจิทัล.....	23
2.5 การคอมพิลเมนต์ภาพ.....	28
2.6 การทำ Bounding Box.....	29
2.7 เทคนิคการนับพิกเซล.....	29
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	30
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....	36

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1 การเก็บภาพต้นฉบับ.....	37
3.2 กระบวนการวัดระยะขึ้นงานด้วยกล้องอุตสาหกรรม.....	39
3.3 กระบวนการประมวลผลภาพ.....	41
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	46
4.1 ลักษณะภาพถ่ายชิ้นส่วนอุปกรณ์ต้นแบบและชิ้นส่วนอุปกรณ์ขาดหายจากกล้องถ่ายภาพ ดิจิทัลและกล้องอุตสาหกรรม.....	46
4.2 ผลการตรวจหาการขาดหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์.....	48
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	59
5.1 สรุปผลการตรวจหาการขาดหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์.....	59
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	60
บรรณานุกรม.....	61
ภาคผนวก.....	64
ก. โปรแกรมที่ใช้รับการประมวลผลภาพดิจิทัล.....	65
ข. ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่.....	69
ประวัติผู้เขียน.....	99



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 ลักษณะภาพถ่ายชิ้นส่วนอุปกรณ์ต้นแบบและชิ้นส่วนอุปกรณ์ขาดหายจากกล้องถ่ายภาพ ดิจิตอล.....	46
ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจหาการขาดหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์โดยภาพจากกล้อง อุตสาหกรรม.....	47
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบเพื่อหาความถี่ของแผงวงจรพิมพ์ที่มีชิ้นส่วนวงจรพิมพ์ครบถ้วน จากกล้องดิจิตอล .....	48
ตารางที่ 4.4 ผลการตรวจหาการขาดหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์โดยภาพ จากกล้องดิจิตอล .....	49
ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบเพื่อหาความถี่ของแผงวงจรพิมพ์ที่มีชิ้นส่วนวงจรพิมพ์ครบถ้วน จากกล้องอุตสาหกรรม.....	53
ตารางที่ 4.6 ผลการตรวจหาการขาดหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์โดยภาพ จากกล้องอุตสาหกรรม.....	53
ตารางที่ 4.7 ผลการตรวจสอบการขาดหายไปของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์.....	57



## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะของแผ่นพีซีบี หรือ แผ่นปรินต์.....	15
รูปที่ 2.2 โลหะบัดกรีชนิดครีม.....	16
รูปที่ 2.3 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์.....	17
รูปที่ 2.4 การเคลื่อนที่ของการวางชิ้นส่วนละอุปกรณ์หัวจับชิ้นส่วน.....	20
รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง Field of View , Working Distance, Focal distance, Sensor Size.....	22
รูปที่ 2.6 เลนส์สำหรับกล้องอุตสาหกรรม.....	23
รูปที่ 2.7 ตำแหน่งของพิกเซล.....	24
รูปที่ 2.8 องค์ประกอบของภาพ RGB.....	24
รูปที่ 2.9 ภาพเชิงดิจิทัลประเภท RGB Image.....	25
รูปที่ 2.10 ภาพเชิงดิจิทัลประเภทระดับสีเทา.....	26
รูปที่ 2.11 ลักษณะภาพไบนารีที่แสดงกลุ่มของพิกเซล.....	27
รูปที่ 2.12 ลักษณะภาพดัดขึ้นและอัตราส่วนของแม่สีแสง 3 สี.....	28
รูปที่ 2.13 (ก) ภาพสี (ข) ภาพสีคอมโพสิเมนต์.....	28
รูปที่ 2.14 ลักษณะการแสดงค่าร้อยละการนับพิกเซล.....	29
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทดลอง.....	36
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างภาพแผ่นพีซีบี (ก) ภาพชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผ่นพีซีบีครบถ้วน (ข) ภาพชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผ่นพีซีบีขาดหายกล้องดิจิทัล.....	37
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างภาพแผ่นวงจรพิมพ์ (ก) ภาพชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วน (ข) ภาพชิ้นส่วน อุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ขาดหาย จากกล้องอุตสาหกรรม.....	38
รูปที่ 3.4 การนำเข้ารูปภาพสี โดยใช้ระบบอัตโนมัติและกล้องอุตสาหกรรม.....	39
รูปที่ 3.5 การแปลงภาพสี เป็นภาพระดับสีขาว-ดำ (ไบนารี).....	42
รูปที่ 3.6 (ก) ภาพสีคอมโพสิเมนต์ (ข) ภาพไบนารีคอมโพสิเมนต์ ที่ได้จากกล้องดิจิทัล.....	43
รูปที่ 3.7 (ก) ภาพสีคอมโพสิเมนต์ (ข) ภาพไบนารีคอมโพสิเมนต์ ที่ได้จากกล้องอุตสาหกรรม.....	43

## สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.8 ภาพลักษณะการนับพิกเซลที่ได้จากกล้องดิจิทัล.....	44
รูปที่ 3.9 ภาพลักษณะการนับพิกเซลที่ได้จากกล้องอุตสาหกรรม.....	45
รูปที่ 4.1 (ก) ชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วน (ข) ชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ขาด หายโดยภาพจากกล้องดิจิทัล.....	50
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างภาพการประมวลผลของชิ้นส่วนอุปกรณ์จากกล้องดิจิทัล ที่ 1 .....	51
รูปที่ 4.3 ตัวอย่างภาพการประมวลผลของชิ้นส่วนอุปกรณ์จากกล้องดิจิทัล ที่ 2.....	51
รูปที่ 4.4 ตัวอย่างภาพการประมวลผลของชิ้นส่วนอุปกรณ์จากกล้องดิจิทัล ที่ 3.....	52
รูปที่ 4.5 ตัวอย่างภาพการประมวลผลของชิ้นส่วนอุปกรณ์จากกล้องดิจิทัล ที่ 4.....	52
รูปที่ 4.6 (ก) ชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วน (ข) ชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ ขาดหายโดยภาพจากกล้องอุตสาหกรรม.....	54
รูปที่ 4.7 ตัวอย่างภาพการประมวลผลของชิ้นส่วนอุปกรณ์จากกล้องอุตสาหกรรม ที่ 1.....	55
รูปที่ 4.8 ตัวอย่างภาพการประมวลผลของชิ้นส่วนอุปกรณ์จากกล้องอุตสาหกรรม ที่ 2.....	55
รูปที่ 4.9 ตัวอย่างภาพการประมวลผลของชิ้นส่วนอุปกรณ์จากกล้องอุตสาหกรรม ที่ 3.....	56
รูปที่ 4.10 ตัวอย่างภาพการประมวลผลของชิ้นส่วนอุปกรณ์จากกล้องอุตสาหกรรม ที่ 4.....	56



## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย
$W$	ความกว้างของช่องแบบพิมพ์ที่เปิดให้โลหะบัดกรีผ่าน
$T$	ความหนาของแผ่นโลหะบัดกรีที่จะนำมาทำแผ่นพิมพ์
$L$	ความหนาของแผ่นโลหะบัดกรีที่จะนำมาทำแผ่นแบบพิมพ์
FOV	ขอบเขตของภาพ
$R$	ความละเอียด
$f$	ความยาวโฟกัส
$S$	ระยะวัตถุ
$S'$	ระยะภาพ
$m$	กำลังขยายของเลนส์
$i$	ขนาดหรือความสูงของภาพ
$O$	ขนาดหรือความสูงของวัตถุ
$N$	จำนวนพิกเซลที่มากที่สุดในแกน Y
$M$	จำนวนพิกเซลที่มากที่สุดในแกน X
$R$	ค่าระดับสีแดงของภาพสีที่พิกเซล (x,y)
$G$	ค่าระดับสีเขียวของภาพสีที่พิกเซล (x,y)
$B$	ค่าระดับสีน้ำเงินของภาพสีที่พิกเซล (x,y)
$G'$	ค่าระดับสีเทาที่ได้จากการแปลงที่พิกเซล (x,y)
$W$	ความกว้าง
$H$	ความสูง
$R$	ค่าที่เก็บไว้สร้างกรอบสีเหลี่ยมที่อยู่บนสุด

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ของแผงวงจรโทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็ก ทำให้ขนาดของแผงวงจรเล็กลง ด้วยเหตุนี้จึงต้องใช้ในการตรวจสอบที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายไปบนแผงวงจรพิมพ์มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากหากอุปกรณ์ต่างๆ บนแผงวงจรพิมพ์ขาดหายไปจะส่งผลให้แผงวงจรพิมพ์ไม่สามารถให้สัญญาณไฟฟ้าและส่งการให้แก่อุปกรณ์อื่นๆ ในโทรศัพท์ได้ การตรวจสอบชิ้นส่วนจะต้องตรวจสอบการขาดหายไปของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น คอมโพเนนต์, คอนเนคเตอร์, โฮล, สปริง, ไอซี เป็นต้น ซึ่งล้วนเป็นชิ้นส่วนสำคัญในการเชื่อมต่อเพื่อส่งสัญญาณไฟฟ้าและเป็นตัวส่งการอุปกรณ์อื่นๆ ในโทรศัพท์ จึงต้องตรวจสอบอย่างละเอียดเพื่อให้ได้สินค้าที่มีคุณภาพและตรงตามมาตรฐาน ซึ่งปัจจุบันมีวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลเป็นจำนวนมากในงานอุตสาหกรรม อาทิเช่น [1] การใช้เครื่อง AOI ในการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ ซึ่งได้คุณภาพที่ดีแต่ราคาค่อนข้างสูง [2] หรือใช้วิธีการประมวลผลภาพเพื่อหาขอบภาพของอุปกรณ์ต่างๆ โดยการหาขอบภาพด้วยวิธีโซเบล(Sobel) แต่ไม่สามารถหาตรวจหาวัตถุขนาดเล็กหรือวัตถุที่ทับซ้อนกันได้ [3] การใช้วิธีการตรวจสอบแผงวงจรพิมพ์ด้วยการประมวลผลภาพแบบดิจิทัล ด้วยการแบ่งส่วนภาพ ซึ่งใช้วิธีการทั้งหมด 4 วิธีการ ซึ่งการใช้วิธีการจัดกลุ่มแบบ Fuzzy C-means Clustering มีความถูกต้องมากที่สุดแต่ใช้เวลาประมวลผลมาก จึงปรับปรุงการใช้เป็นวิธีการ K-means Clustering เนื่องจากใช้เวลาการประมวลผลน้อยกว่า [4] การใช้วิธีการนำอัลกอริทึมสำหรับจำแนกชนิด ของข้อบกพร่อง PCB โดยใช้ 7 ตัวดำเนินการทั่วไปที่เป็นที่รู้จักกันดีซึ่งประกอบด้วย image difference, image subtraction, image addition, counted image comparator, flood-fill และ labeling เพื่อจำแนกข้อบกพร่อง PCB ซึ่งใช้เทคนิค image registration และ thresholding เข้าไปด้วย เพื่อแก้ปัญหาการจัดตำแหน่งและความสว่างที่ไม่สม่ำเสมอ [5] การประมวลผลภาพสำหรับแผงวงจรของหลอดไฟแอลอีดี ซึ่งภาพถ่ายที่ได้มีพื้นหลังสีดำโดยพบว่าระดับความไวแสง จะต้องถูกปรับเพื่อให้ภาพถ่ายตั้งต้นสามารถถูกนำไปวิเคราะห์ได้ในลำดับถัดมาได้ทำการปรับภาพสีเป็นภาพสีเทา จนสุดท้ายทำการปรับเป็นชนิด ขาว-ดำอาศัยการคำนวณจำนวนเม็ดแอลอีดีที่สว่างเปรียบเทียบกับจำนวนตามสูตรการจัดวางของแผงวงจรของหลอดไฟแอลอีดี

งานวิจัยนี้จึงเสนอการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายบนแผงวงจรพิมพ์ด้วยการประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคการนับพิกเซล จะใช้ภาพถ่ายแผงวงจรพิมพ์ จำนวน 100 ภาพทำงานร่วมกับระบบสายพานอัตโนมัติและชุดตรวจสอบด้วยกล้องอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความรวดเร็วในการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงาน และยังสามารถคัดแยกชิ้นงานที่ไม่มีคุณภาพออกจากงานที่มีคุณภาพได้ เป็นการลดกำลังคนในการตรวจสอบชิ้นงานและยังลดการตรวจสอบชิ้นงานที่ผิดพลาดของมนุษย์ ทั้งยังนำไปประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อื่นๆได้อย่างมากมาย

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในด้านการออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึมในการตรวจสอบคุณภาพแผงวงจรพิมพ์โดยการใช้การมองเห็นของคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม MatLab ซึ่งวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยดังต่อไปนี้

1.2.1 เพื่อศึกษาเทคนิคการประมวลผลภาพเพื่อค้นหาตำแหน่งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยจากภาพถ่ายแผงวงจรพิมพ์ของกล้องอุตสาหกรรม

1.2.2 เพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพของระบบการประมวลผลภาพ

1.2.3 เพื่อศึกษาการออกแบบระบบการประมวลผลภาพที่เหมาะสมกับการตรวจจับชิ้นส่วนอุปกรณ์ขาดหายของแผงวงจรพิมพ์

## 1.3 สมมุติฐานของงานวิจัย

ศึกษาเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ Computer vision และหลักการทำงานของ การการประมวลผลภาพ Computer vision ออกแบบระบบการประมวลผลภาพ Computer vision

## 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ออกแบบและพัฒนาระบบสำหรับการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในแผงวงจรพิมพ์ที่ขาดหาย โดยใช้เทคนิคการนับพิกเซล

1.4.2 ระบบสามารถตรวจสอบการขาดหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผงวงจรพิมพ์ของโทรศัพท์จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ตัวต้านทานแบบ SMD ,คอนเนคเตอร์, โฮล, ลิฟสปริงและไอซี โดยมีค่าความถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 92 สำหรับกล้องดิจิทัล และไม่น้อยกว่าร้อยละ 87 จากกล้องอุตสาหกรรม

## 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาขั้นตอนกระบวนการประกอบของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในสายการผลิตโทรศัพท์มือถือ

1.5.2 เก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาคุณภาพของกระบวนการประกอบของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งผลต่อการผลิตโทรศัพท์มือถือ

1.5.3 ศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการโดยใช้เทคนิคการออกและการทดลองในงานอุตสาหกรรมการผลิต

1.5.4 วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพในกระบวนการผลิตในปัจจุบันด้วยเครื่องมือคุณภาพและวิธีทางสถิติ

1.5.5 ออกแบบการทดลองหาปัจจัยควบคุมที่เหมาะสมกับกระบวนการที่มีผลต่อคุณภาพแผงวงจรพิมพ์เพื่อปรับปรุง

1.5.6 ทดลองและเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงและเปรียบเทียบการปรับปรุง

1.5.7 สรุปผลการวิจัย

1.5.8 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

## 1.6 ข้อจำกัดของวิทยานิพนธ์

1.6.1 รูปแบบของผลิตภัณฑ์ในโรงงาน เป็นแผนการผลิตแบบผสมซึ่งมีหลากหลายรุ่นการผลิต ดังนั้นการทดสอบจึงขึ้นอยู่กับแผนการผลิตที่ถูกกำหนดไว้

1.6.2 ข้อมูลของบริษัทบางอย่างเป็นความลับ จึงไม่สามารถเปิดเผยข้อมูลได้อย่างเต็มที่ การเผยแพร่จึงต้องได้รับการยืนยันการตรวจสอบจากทางบริษัทว่าเหมาะสมแก่การเผยแพร่หรือไม่ประการใด

## 1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ลดสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการตามที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้

1.7.2 ลดความผิดพลาดจากการตรวจสอบคุณภาพโดยใช้การตรวจสอบจากสายตามนุษย์

1.7.3 เพิ่มความปลอดภัยในการปฏิบัติงานรวมทั้งลดค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานคน

1.7.4 ได้ต้นแบบโปรแกรมการตรวจสอบด้วยการมองเห็นของคอมพิวเตอร์

1.7.5 เป็นแนวทางในการพัฒนาเพื่อตรวจสอบการขาดหายของอุปกรณ์ชนิดอื่นๆในสายการผลิตโทรศัพท์มือถือ

## บทที่ 2

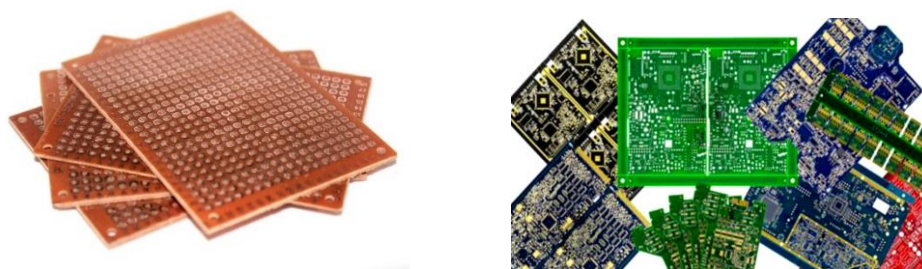
### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการเสนอบทความและหลักการของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายบนแผงวงจรพิมพ์ด้วยการประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคการนับพิกเซล รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

#### 2.1 ส่วนประกอบของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์

ส่วนประกอบที่สำคัญของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เป็นทางเดินสัญญาณไฟฟ้าให้แก่อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เข้าด้วยกัน โดยใช้ตัวนำทางไฟฟ้า อาทิเช่น สายไฟ แผงวงจรพิมพ์ หรือแผ่นปริ้นซ์ ที่เป็นลายทองแดง โดยวิธีประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ของโทรศัพท์มือถือ นิยมใช้แผ่นวงจรพิมพ์ในการประกอบกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากการนำแผ่นวงจรพิมพ์มาใช้งานจะมีความเสถียรภาพและการนำไปใช้งาน หรือความสะดวกในการซ่อมบำรุงรักษาที่ดี โดยองค์ประกอบของการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้

2.1.1 แผ่นวงจรพิมพ์ (Print circuit Boards: PCB ) หรือแผ่นปริ้นซ์ เป็นแผ่นที่มีลายทองแดงเป็นวงจรอยู่บนแผ่นฉนวนหรือเรียกอีกชื่อว่าแผ่น ลามิเนต โดยประเภทของแผ่นวงจรพิมพ์ มีทั้งหมด 4 ประเภท ซึ่งจะมีแบบหน้าเดียว (Single Sided PCB) เป็นแผ่นเคลือบด้วยทองแดงเพียงด้านเดียว ชิ้นส่วนจะอยู่ด้านที่เป็นฉนวนแล้วเจาะรู แบบสองหน้า ธรรมดา (Double Side PCB) เป็นแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีวงจรไฟฟ้าสองด้าน แบบมัลติเลเยอร์ (Multi layers PCB) เป็นแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีหลายหน้า มีวงจรไฟฟ้าอยู่ประมาณ 4-16ชั้น และแบบเพกซิเบิล (Flexible PCB) เป็นแผ่นวงจรพิมพ์ที่ใช้ฉนวนชนิดอ่อน เพื่อวัตถุประสงค์จำเพาะ ผิวหน้าของสารเคลือบผิวที่เคลือบลายทองแดงก็มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้งานของผลิตภัณฑ์ และต้นทุนแต่ละชนิดก็แตกต่างกันด้วยซึ่งในอุตสาหกรรมการผลิตจะนิยมใช้ชื่อเรียกแต่ละประเภท ได้แก่ OSP (Organic Solder ability Preservative), HASL (Hot Air Solder Leveling), Immersion Tin (ImSn), Immersion Silver (ImAg), ENIG (Electro less Nickel Immersion Gold) [2]



รูปที่ 2.1 ลักษณะของแผ่นวงจรพิมพ์ หรือ แผ่นปริ้นซ์



2.1.2 โลหะบัดกรีชนิดครีม (Solder paste) Solder paste เป็นวัสดุที่มีลักษณะคล้ายยาสีฟัน โดยมีส่วนประกอบที่เป็นผงโลหะผสมกับฟลักซ์ (Flux) ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้วัสดุผสมนี้มีลักษณะคล้ายครีม ตัวแปรที่มีผลต่อสมบัติของ Solder paste ได้แก่ส่วนประกอบของโลหะผสม ขนาดและการกระจายตัวอนุภาคของโลหะผสม สัดส่วนของผงโลหะ ชนิดของฟลักซ์(Flux)



รูปที่ 2.2 โลหะบัดกรีชนิดครีม

2.1.3 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีอยู่ 2 ประเภท คือ ประเภท Passive Device ได้แก่อุปกรณ์ประเภท ความต้านทาน ตัวเก็บประจุ ขดลวด เป็นต้น และอีกประเภทคือ ประเภท Active Device ได้แก่อุปกรณ์ประเภท ไอซีหรือวงจรรวม ทรานซิสเตอร์ ไดโอด ต่างๆ เป็นต้น ปัจจุบันการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นจะนิยมบรรจุลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยวิธีการ SMD (Surface Mount Device) เป็นการนำชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาวางบนผิวของแผ่นวงจรพิมพ์ โดยอุปกรณ์ไม่จำเป็นต้องใช้กระบวนการเสียบขาเข้าไปในรูของแผ่นวงจรพิมพ์ แต่จะใช้เครื่องจักรในการวางชิ้นงานตามตำแหน่งที่กำหนดบนผิวของลายวงจรบนแผ่นวงจรพิมพ์ เมื่อประกอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ครบถ้วนจะนำไปผ่านความร้อนให้โลหะบัดกรีหลอมละลายเชื่อมชิ้นส่วนกับแผ่นวงจรพิมพ์เข้าด้วยกัน [2]



รูปที่ 2.3 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ [2]

## 2.2 กระบวนการประกอบแผงวงจรพิมพ์

### 2.2.1 เทคโนโลยีการผลิตแผงวงจรพิมพ์ แบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ

1) Conventional Technology หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า plated through hole techniques เป็นเทคนิคที่ใช้วิธีการเสียบชิ้นส่วนต่างๆด้วยการเสียบทะลุลงไปตำแหน่งต่างๆบนแผ่นลายวงจร พร้อมทั้งการเชื่อมโลหะตลอดทั้งรูเพื่อเป็นการหุ้มขาของชิ้นส่วนต่างๆ ให้ติดสนิทกับรูที่เจาะไว้ เมื่อเสียบชิ้นส่วนต่างๆเข้าไปในรูจะนำเข้าสู่เครื่อง Wave Solder Machine เพื่อการบัดกรีขาชิ้นส่วนต่างๆให้ติดกับแผ่นลายวงจร

2) Surface Mount Technology (SMT) เป็นเทคนิคที่ใช้วิธีการติดหรือแปะลงบนแผ่นลายวงจร ซึ่งมีวิธีติดในลักษณะแปะลงไปบนผิวหน้าแผ่นลายวงจรแล้วเชื่อมให้เป็นเนื้อเดียวกัน การซาววิธีนี้แผงวงจรพิมพ์จะมีขนาดเล็กกว่า จึงต้องใช้วิธีแปะติด

วิธีการแปะติดนั้นมีหลายวิธี แต่ส่วนใหญ่จะใช้เครื่อง เนื่องจากมีขนาดเล็กการใช้วิธี Manual จึงมีโอกาสผิดพลาดได้มาก ในกระบวนการแปะติดนี้ เริ่มจาก Screen print ซึ่งจะเป็นการ print เอา solder paste ลงไปบนตำแหน่งที่ต้องการที่จะติดส่วนต่างๆลงไปบนแผ่นลายวงจร หลังจากนั้นจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Pick and Place เพื่อการหยิบชิ้นส่วนต่างๆวางลงบนตำแหน่งที่ต้องการ หลังจากนั้นเข้าสู่กระบวนการทำให้ solder paste ละลายและเชื่อมชิ้นส่วนต่างๆให้ติดบนแผ่นทั้งหมด จากนั้นทำไปทำความสะอาด และตรวจสอบ

3) Mixed Technology เป็นเทคนิคการรวมกันของเทคนิค SMT กับ Plated through hole ซึ่งมี 3 รูปแบบดังนี้

3.1) Type I มีลักษณะเป็น Pure SMD (Surface Mount Device) ซึ่งก็คือการผลิตแบบ SMT เพียงอย่างเดียว

3.2) Type II มีลักษณะผสมผสาน โดยด้านบนของแผ่นวงจรพิมพ์ จะใช้ทั้ง Conventional และ SMT ส่วนด้านล่างจะใช้วิธี SMT ในการติดตั้งส่วนต่างๆ

3.3) Type III มีลักษณะผสมผสาน โดยด้านบนใช้เทคนิค Conventional ส่วนด้านล่างของแผ่นจะใช้เฉพาะ SMT

### 2.2.2 กระบวนการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB Assembly)

กระบวนการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีกระบวนการหลัก 3 ส่วน ซึ่งได้แก่



#### 1.) กระบวนการพิมพ์โลหะบัดกรีลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ (Screen Printing Process)

เป็นการนำโลหะบัดกรีใส่ลงไปตามตำแหน่งที่ต้องการให้ขาของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เชื่อมต่อกับตัวนำบนแผ่นวงจรพิมพ์ โดยการที่จะทำให้โลหะบัดกรีตรงจุดและได้ปริมาณที่ต้องการจะต้องใช้แบบพิมพ์ที่ตรงกับแผ่นวงจรพิมพ์โดยเฉพาะ และมีความหนา พื้นที่ เหมาะสมกับอุปกรณ์ โดยจะต้องออกแบบแบบพิมพ์ที่เหมาะสม เพราะจะช่วยให้ปริมาณของโลหะบัดกรีที่ถูกส่งผ่านแบบลงบนแผ่นวงจรพิมพ์สามารถส่งผ่านปริมาณของโลหะบัดกรีได้เพียงพอ และเหมาะสมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่จะถูกนำมาประกอบ โดยมีทฤษฎีดังนี้

ก.) Aspect Ratio เป็นอัตราส่วนของการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของขนาดความกว้างของช่องที่เปิดที่จะออกบนแผ่นวงจรพิมพ์ ให้โลหะบัดกรีผ่านตามช่องของแผ่นพิมพ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ โดยสัดส่วนที่จำเป็นต้องทราบขนาดความกว้างของช่องเปิดที่แคบที่สุดบนแผ่นวงจรพิมพ์ที่ต้องการให้โลหะบัดกรีผ่าน ใช้สำหรับการเลือกความหนาของแผ่นวงจรพิมพ์ที่นำมาใช้ โดยค่า

มาตรฐานของอัตราส่วนนี้จะต้องมีค่ามากกว่า 1.5 เท่า หรือ 150 เปอร์เซ็นต์ตามมาตรฐานโดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{Aspect Ratio} = \frac{W}{T} \quad (2.1)$$

โดยที่  $W$  = ความกว้างของช่องแบบพิมพ์ที่เปิดให้โลหะบัดกรีผ่าน

$T$  = ความหนาของแผ่นโลหะบัดกรีที่จะนำมาทำแผ่นพิมพ์

ข.) Area Ratio เป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ของช่องที่ถูกเปิดให้โลหะบัดกรีส่งผ่านแบบพิมพ์กับพื้นที่ของผนังของช่องที่ถูกเปิดให้โลหะบัดกรีไหลผ่าน โดยค่ามาตรฐานของอัตราส่วนนี้จะต้องมีค่ามากกว่าหรืออย่างน้อย 0.60 หรือ 60 เปอร์เซ็นต์ เพื่อที่จะสามารถส่งผ่านครีมีโลหะบัดกรีลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ได้ซึ่งหากช่องที่ถูกเปิดนี้ไม่อยู่ในสัดส่วนนี้จะส่งผลทำให้โลหะบัดกรีไม่สามารถส่งผ่านโลหะบัดกรีได้เพียงพอ โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{Area Ratio} = \frac{L \times W}{2 \times (L+W) \times T} \quad (2.2)$$

โดยที่  $W$  = ความกว้างของช่องแบบพิมพ์ที่เปิดให้โลหะบัดกรีผ่าน

$T$  = ความหนาของแผ่นโลหะบัดกรีที่จะนำมาทำแผ่นพิมพ์

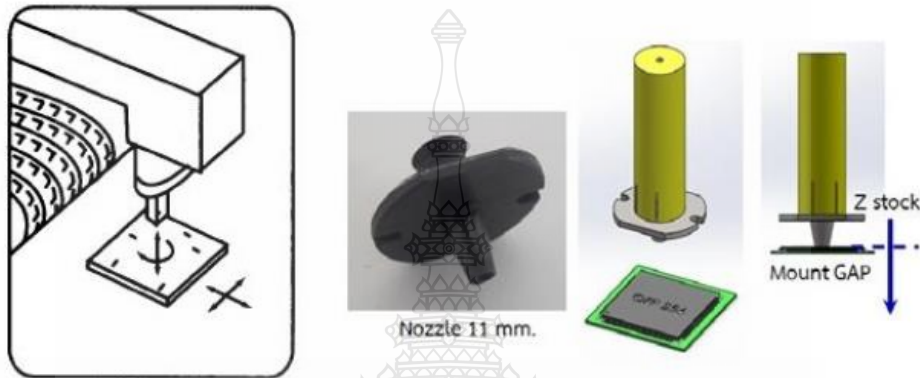
$L$  = ความหนาของแผ่นโลหะบัดกรีที่จะนำมาทำแผ่นแบบพิมพ์

ค.) การปรับตั้งเครื่องพิมพ์โลหะบัดกรีเนื่องจากกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการพิมพ์โลหะบัดกรีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการพิมพ์โลหะบัดกรีจะทำให้ปริมาณโลหะบัดกรีส่งผ่านลงไปตามช่องเปิดบนแบบพิมพ์ที่ออกแบบตรงตามกำหนดโดยกำหนดปัจจัยต่อไปนี้ให้กับเครื่องพิมพ์โลหะบัดกรีในการปรับตั้งเครื่องให้มีคุณภาพได้แก่

- แรงกดในการปาดในการพิมพ์
- ความเร็วในการปาดในการพิมพ์
- ความเร็วในการถอดแบบพิมพ์
- ระยะการถอดแบบพิมพ์
- ระยะห่างระหว่างแผ่นวงจรพิมพ์กับแบบพิมพ์

### 2.2.3 กระบวนการวางชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผงวงจรพิมพ์

กระบวนการวางชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จะใช้โปรแกรมในการวางชิ้นส่วนตามพิกัด พิกัด X,Y กำหนดตามตำแหน่งและทิศทางของอุปกรณ์ตามตำแหน่งการลงอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ และใช้หัวจับชิ้นส่วนวางลงที่ละอุปกรณ์ตามลำดับโดยการเคลื่อนที่ตามแนวแกน Z จะเป็นการเคลื่อนที่สำหรับการหยิบและการวางอุปกรณ์แต่ละชิ้น โดยขนาดและระยะจะขึ้นอยู่กับขนาดของอุปกรณ์ชิ้นนั้นๆ



รูปที่ 2.4 การเคลื่อนที่ของการวางชิ้นส่วนอุปกรณ์หัวจับชิ้นส่วน

### 2.2.4 กระบวนการเชื่อมโลหะบัดกรี

กระบวนการในการเชื่อมโลหะบัดกรีระหว่างขาของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กับจุดเชื่อมต่อบนแผ่นวงจรพิมพ์ เป็นกระบวนการให้ความร้อนเพื่อให้โลหะบัดกรีระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองโดยโลหะบัดกรีจะหลอมเหลวพร้อมๆกัน โดยรูปแบบของค่าความร้อนที่ใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะบัดกรีที่เลือกใช้เป็นหลัก โดยข้อกำหนดของรูปแบบการให้ความร้อนกับโลหะบัดกรีจะประกอบด้วย ช่วงเวลา ความร้อน ความแรงของการเปลี่ยนความร้อนจากช่วงหนึ่งไปอีกช่วงหนึ่งเพื่อให้โลหะบัดกรีมีความสมบูรณ์ [1]

## 2.3 กระบวนการวัดระยะชิ้นงานด้วยกล้องอุตสาหกรรม

### 2.3.1 กล้องอุตสาหกรรม

กล้องอุตสาหกรรมใช้ในการถ่ายภาพของวัตถุและตำแหน่งของวัตถุในงานประยุกต์ต่างๆ เช่น สายการผลิตแบบอัตโนมัติ การตรวจสอบคุณภาพ และกระบวนการผลิตต่าง ๆ เป็นต้น กล้องอุตสาหกรรมเป็นอุปกรณ์ที่ต้องใช้ร่วมกับเลนส์และอุปกรณ์เกี่ยวกับระบบแสง กล้องอุตสาหกรรมที่ใช้ในปัจจุบันมีทั้งเซนเซอร์ทั้งชนิด CCD (Charged Coupling Devices) และ CMOS (Complementary

Metal Oxide Semiconductor) ซึ่งทั้งสองชนิดจะสามารถใช้ได้ในงานประยุกต์ต่าง ๆ ได้ไม่แตกต่างกัน การต่อเชื่อมของกล้องมีอยู่หลายแบบขึ้นอยู่กับงานประยุกต์ ความเร็วของการถ่ายภาพและประมวลผล เช่น USB 2.0, USB 3.0, FireWire.a, FireWire.b, Gigabit Ethernet, or Camera Link® นอกจากนี้ อุปกรณ์เพิ่มเติมต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานเช่น สายเชื่อมต่อ อุปกรณ์จับยึด อุปกรณ์ต่อเชื่อม เป็นต้น

การเลือกใช้กล้องอุตสาหกรรมขึ้นอยู่กับขอบเขตของภาพ (Field of View, FOV) และความละเอียด (Resolution) ขอบเขตของภาพเป็นขอบเขตที่กล้องอุตสาหกรรมสามารถถ่ายภาพได้ครอบคลุมในทิศทาง X และ Y ส่วนความละเอียดใช้การการคำนวณว่า 1 pixel เท่ากับความยาวกี่มิลลิเมตร ความละเอียดของแต่ละ ทิศทางคำนวณได้ดังนี้

$$Resolution = \frac{FOV(mm)}{no.of\ pixels} \quad (2.3)$$

ตัวอย่าง ถ้า FOV เท่ากับ 30 mm ในทิศทาง Y เมื่อใช้กล้องขนาด 310,000 pixel ( $Y = 480^\circ$ )

$$Resolution - Y = \frac{30}{480} = 0.0625\ mm$$

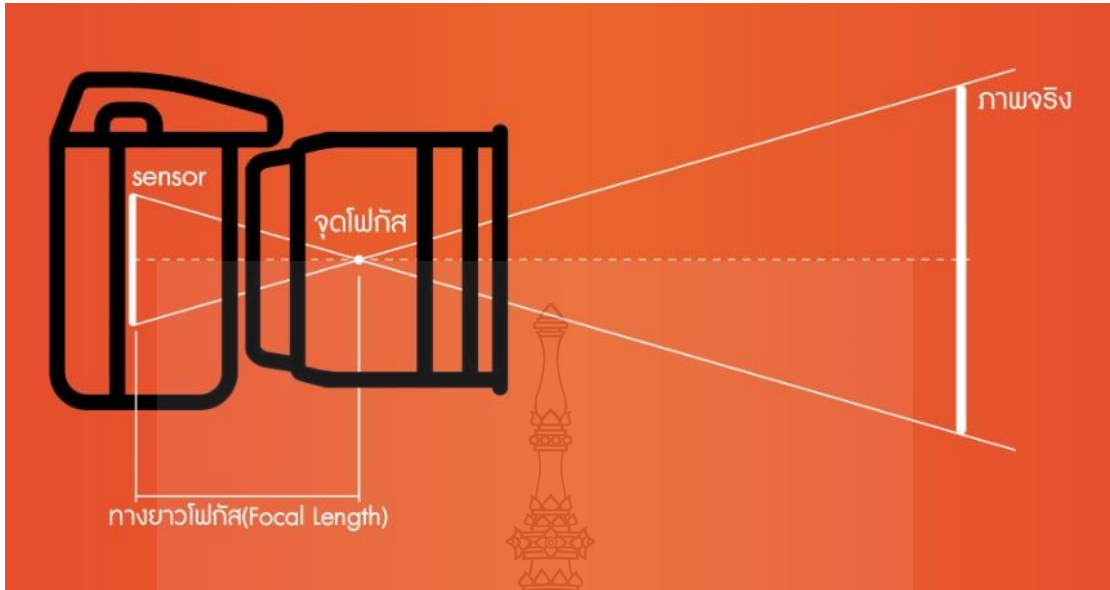
การใช้งานประยุกต์เพื่อตรวจจับวัตถุที่ผิดปกติและการวัดขนาดของชิ้นงาน ขนาดที่เล็กที่สุดของชิ้นงานที่ตรวจวัดได้เท่ากับ 4-pixel ที่ต่อเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (4-pixel square) และพิถีความเผื่อทางมิติ (Dimensional tolerance) มีค่าเท่ากับ  $\pm 5$  pixels ถ้าใช้กล้องดิจิทัล 310,000 pixels จะได้ว่า [22]

$$\text{ขนาดที่เล็กที่ตรวจวัดได้เท่ากับ} = 0.063 \times 4 = 0.25\ mm\ square$$

### 2.3.2 การเลือกใช้เลนส์

การเลือกใช้เลนส์ มีผลต่อความละเอียดของภาพที่ถ่าย เนื่องจากเลนส์เป็นอุปกรณ์เกี่ยวกับแสงที่ใช้ในการรวมหรือกระจายแสง เลนส์ประกอบด้วยชิ้นส่วนเดียวหรือหลายชิ้นขึ้นอยู่กับงานประยุกต์ที่ใช้เลนส์มีส่วนช่วยเรื่องการผิดพลาดจากการเลื่อมของภาพ การผิดพลาดของสัดส่วนของภาพ การขยายภาพ ขอบเขตของภาพ ความยาวโฟกัส (Focal distance, FD) เป็นต้น เลนส์ที่นิยมใช้ในงานตรวจวัดด้วยภาพจะมีความยาวโฟกัสดังนี้ 8, 16, 25 mm. ขอบเขตของภาพ สามารถคำนวณ [22]

$$\frac{\text{Working distance (WD)}}{\text{Field of View (FOV)}} = \frac{\text{Focal distance (FD)}}{\text{Sensor size}} \quad (2.4)$$



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง Field of View , Working Distance, Focal distance, Sensor Size.

การหาดำแหน่งภาพที่ผ่านมาใช้วิธีการเขียนแผนภาพของรังสี ยังมีอีกวิธีที่ใช้หาดำแหน่งของภาพ คือ วิธีคำนวณ ซึ่งสูตรที่ใช้ในการคำนวณมีดังต่อไปนี้ [23]

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \quad (2.5)$$

เมื่อ  $f$  คือความยาวโฟกัส

$S$  คือระยะวัตถุ

$S'$  คือระยะภาพ

จากสูตร

$$m = \frac{i}{o} + \frac{s'}{s} \quad (2.6)$$

เมื่อ  $m$  คือ กำลังขยายของเลนส์

$i$  คือ ขนาดหรือความสูงของภาพ

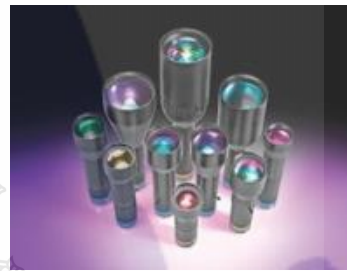
$O$  คือ ขนาดหรือความสูงของวัตถุ

ในการคำนวณหาดำแหน่งและชนิดของภาพจะต้องมีการกำหนดเครื่องหมาย 1 และ 2 สำหรับปริมาณต่างๆ ในสมการดังนี้ 1.  $s$  มีเครื่องหมาย + ถ้าวัตถุอยู่หน้าเลนส์ และ  $s$  มีเครื่องหมาย - ถ้าวัตถุอยู่



หลังเลนส์ 2.  $s'$  มีเครื่องหมาย + ถ้าวัตถุอยู่หลังเลนส์ และ  $s'$  มีเครื่องหมาย - ถ้าวัตถุอยู่หน้าเลนส์ 3.  $f$  ของเลนส์นูนมีเครื่องหมาย + และ  $f$  ของเลนส์เว้ามีเครื่องหมาย - [23]

เลนส์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมแสดงดังรูปที่ 2.6 (ก) เลนส์ที่มีความยาวโฟกัสคงที่ และ รูปที่ 2.6 (ข) เลนส์ขยายที่ใช้ขยายจุดใด ๆ ให้เห็นรายละเอียดได้ชัดเจนขึ้น ทั้งนี้การเลือกใช้เลนส์ขึ้นอยู่กับขนาดชิ้นงานและงานประยุกต์ที่เกี่ยวข้อง[22]



(ก) เลนส์ทั่วไป

(ข) เลนส์ขยาย

รูปที่ 2.6 เลนส์สำหรับกล้องอุตสาหกรรม [22]

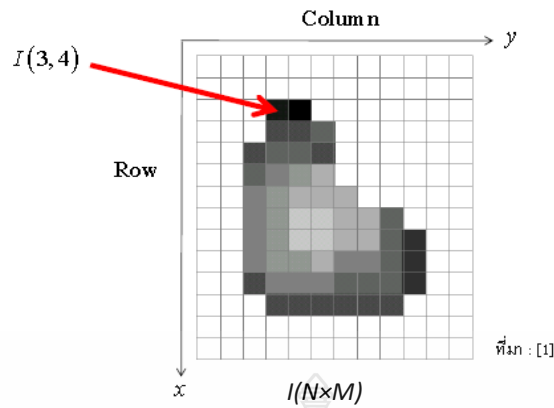
## 2.4 การประมวลผลภาพดิจิทัล

การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image processing) เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการแปลงข้อมูลให้อยู่ในภาพแบบข้อมูลดิจิทัล (Digital format) สามารถนำเอาข้อมูลนี้จัดการผ่านกระบวนการต่างๆด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ ภาพดิจิทัลประกอบด้วยจุดภาพเล็กๆจำนวนมาก เรียกว่าพิกเซล โดยใช้ค่าตัวเลขแทนค่าของระดับสี หรือระดับความสว่างของแต่ละพิกเซล ซึ่งสามารถปรับแต่งเพื่อแสดงผลภาพตามความต้องการได้ ภาพดิจิทัลมีข้อดีที่สามารถนำมาประมวลผลปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลด้วยกระบวนการต่างๆด้วยคอมพิวเตอร์ได้

### 2.4.1 ความหมายของพิกเซล

พิกเซล (Pixel) คือ ความเข้มแสงที่รวมกันทำให้เกิดเป็นภาพ ภาพหนึ่งๆจะประกอบด้วยพิกเซลมากมาย ซึ่งภาพแต่ละภาพที่สร้างขึ้นจะมีความหนาแน่นของพิกเซลเหล่านี้แตกต่างกันไป ความหนาแน่นนี้เป็นตัวบอกถึงความละเอียด (Resolution) ของภาพซึ่งมีหน่วยเป็น ppi (Pixel Per Inch) คือจำนวนพิกเซลต่อนิ้ว ซึ่งโดยทั่วไปถือว่าภาพที่มีความละเอียดสูงหรือคุณภาพดีจะมีความละเอียด 300 x 300 ppi ขึ้นไป ค่า ppi ยิ่งสูงขึ้น ภาพก็จะมีรายละเอียดและคมชัดมากขึ้น [20]





รูปที่ 2.7 ตำแหน่งของพิกเซล[20]

จากรูป  $N$  = จำนวนพิกเซลที่มากที่สุดใแกน Y

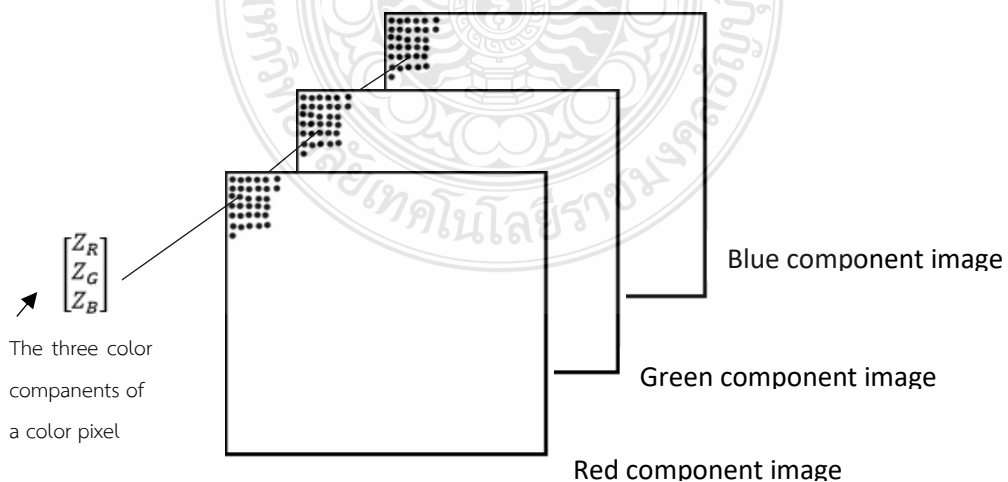
$M$  = จำนวนพิกเซลที่มากที่สุดใแกน X

#### 2.4.2 ชนิดของภาพ

ภาพจะประกอบด้วยข้อมูลแบบเมทริกซ์ ชนิดของภาพพื้นฐานจะมีอยู่ 4 ประเภทและข้อมูลในแต่ละองค์ประกอบของเมทริกซ์ที่แตกต่างกันจะบ่งบอกว่าเป็นภาพประเภทใด ได้แก่

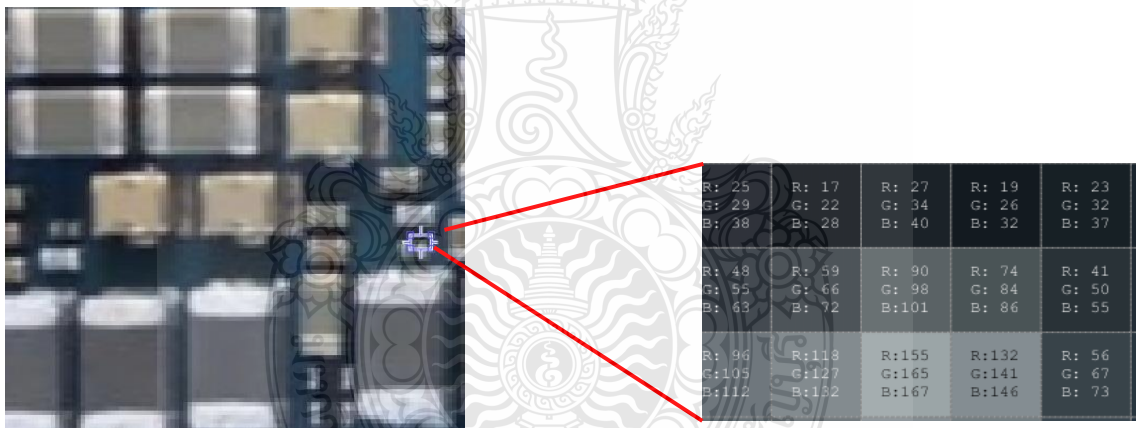
1. ภาพสีจริง (Truecolor Image) หรือเรียกว่า ภาพ RGB

ภาพสีจริง หรือ ระบบสี RGB เป็นระบบสีที่เกิดจากการรวมกันของพิกเซลสีเขียว สีแดง และสีน้ำเงิน ซึ่งชุดการเรียงลำดับของสีคือ  $M \times N \times 3$  ที่กำหนดไว้ตั้งภาพ โดยที่  $M$  คือความยาว และ  $N$  คือความกว้างของภาพในหน่วยพิกเซล[20]



รูปที่ 2.8 องค์ประกอบของภาพ RGB [20]

ภาพสี RGB สามารถแสดงในแผ่นภาพซ้อนทับกันของภาพสี 3 ภาพ เมื่อสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน ถูกส่งไปยังจอภาพสีเพื่อสร้างภาพสีบนจอภาพโดยระบบแล้ว จะเกิดการเกิดภาพสีนั้นจะอ้างอิงถึงองค์ประกอบของภาพสีแดง ภาพสีเขียว และภาพสีน้ำเงินของภาพนั้นๆ การแบ่งกลุ่มข้อมูลองค์ประกอบสีนั้นขึ้นอยู่กับช่วงระยะที่กำหนดของข้อมูล กลุ่มข้อมูลภาพ RGB จะเป็นแบบสองเท่า ช่วงค่าข้อมูลจะเป็นแบบ Double จะเท่ากับ  $[0,1]$  และเช่นเดียวกันถ้าช่วงข้อมูลที่  $[0,255]$  หรือ  $[0,635535]$  กลุ่มของภาพจะเป็น Unit 8 หรือ Unit 16 ตามลำดับ จะใช้จำนวนบิตเป็นค่าพิกเซลขององค์ประกอบสี เพื่อตัดสินค่า Bit Depth ของภาพ เช่น ในแต่ละองค์ประกอบสีมีค่าเท่ากับ 8 บิต ค่าความสัมพันธ์ RGB จะมีค่า 24 Bit Depth โดยทั่วไปแล้วจำนวนของบิต ในทุกองค์ประกอบภาพจะมีค่าเท่ากัน ในกรณีนี้จำนวนสีที่เป็นไปได้ในภาพ RGB จะมีค่า  $(2^b)^3$  โดย  $b$  จำนวนบิตในแต่ละองค์ประกอบภาพ ในกรณีของ 8 บิต จะมีค่าเท่ากับ 16,777,216 สี โดยลักษณะของการเก็บข้อมูลภาพ RGB จะเป็นลักษณะของเมตริกซ์ ของค่าสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยภาพ RGB แสดงตัวอย่างของค่าพิกเซล ได้ดังรูปที่ 2.9 [20]



รูปที่ 2.9 ภาพเชิงดิจิทัลประเภท RGB Image

## 2. ภาพสีเทา (Grayscale or Intensity Image)

ภาพสีเทา หรือ ระบบสี Grayscale เป็นช่วงของเฉดสีเทา ซึ่งแตกต่างกับภาพขาว-ดำ ที่มีเพียง 2 สี คือขาว กับดำ สีใน grayscale นี้ แสดงถึงความเข้มของสี (Intensity) ในระดับต่างๆ โดยสีดำเป็นส่วนที่มีความเข้มของสีน้อย และสีขาวจะมีความเข้มของสีมาก จำนวนระดับของสีขึ้นอยู่กับขนาดของบิตที่ใช้เก็บค่าสี โดยทั่วไปแล้วจะเก็บข้อมูลสีประเภทนี้ด้วยข้อมูลขนาด 8 บิต หรือ 1 ไบต์ ซึ่ง

จะให้ความละเอียดของสีที่ 265 เกรดสี ขั้นตอนการแปลงภาพสีให้เป็นภาพขาว-ดำ ระดับสีเทา ทำได้โดยแยกระดับสีแต่ละพิกเซลออกจากกันในภาพสี RGB จากนั้นนำค่าสี RGB มาเข้าสู่สมการ เพื่อคำนวณหาค่าสีเทาและนำค่าที่ได้ไปแทนที่จุดพิกเซลเดิม โดยคำนวณได้จากสมการที่ 2.8

$$G'(x,y)=0.3R(x,y)+0.59G(x,y)+0.11B(x,y) \quad (2.7)$$

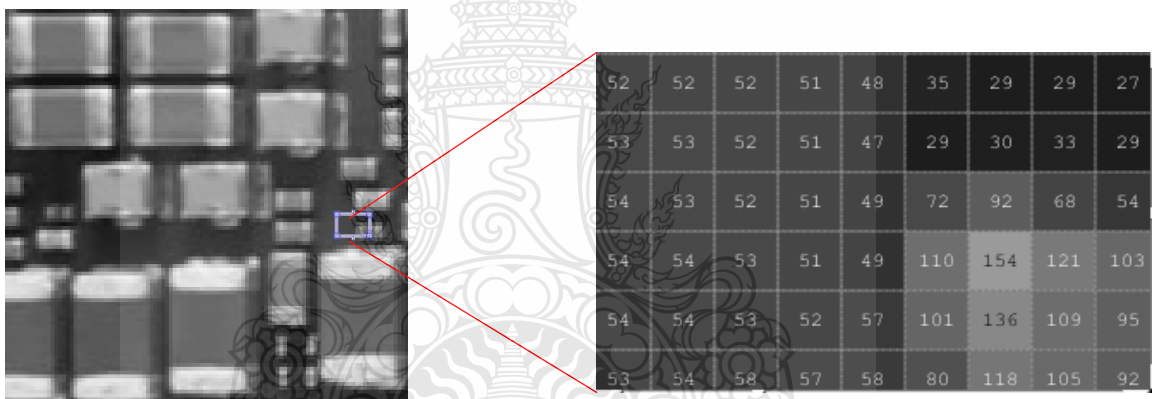
หรือ 
$$G'=(R+G+B)/3 \quad (2.8)$$

โดยกำหนดให้  $G'$  คือ ค่าระดับสีเทาที่ได้จากการแปลงที่พิกเซล  $(x,y)$

$R$  คือ ค่าระดับสีแดงของภาพสีที่พิกเซล  $(x,y)$

$G$  คือ ค่าระดับสีเขียวของภาพสีที่พิกเซล  $(x,y)$

$B$  คือ ค่าระดับสีน้ำเงินของภาพสีที่พิกเซล  $(x,y)$

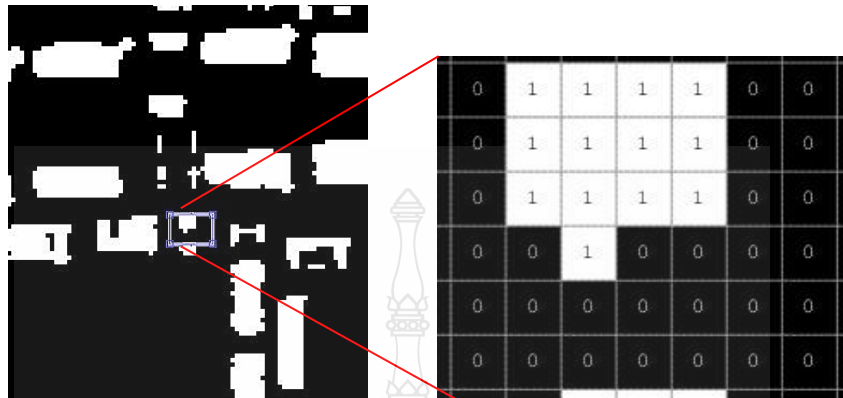


รูปที่ 2.10 ภาพเชิงดิจิทัลประเภทระดับสีเทา

### 3. ภาพสีขาว-ดำ (Binary Image)

ภาพสีขาว-ดำ หรือ ภาพไบนารี คือ การแปลงข้อมูลภาพที่มีความเข้มหลายระดับให้เป็นภาพที่มีระดับความเข้มเพียง 2 ระดับต่อจุดภาพ กล่าวคือ ใน 1 จุดภาพจะมีค่าพิกเซลเพียงสองค่าคือ 1 ซึ่งหมายถึงจุดภาพสีขาว และ 0 ซึ่งหมายถึงจุดภาพสีดำ เนื่องจากภาพไบนารีแสดงผลได้เพียง 2 ระดับจึงทำให้สามารถลดพื้นที่เก็บข้อมูลเพียง 2 บิต ทำให้การประมวลผลทำได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ นิยมนำไปใช้มากในการประมวลผลที่ต้องการความเร็วสูง เช่น การนับจำนวนชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่อยู่บนสายพานที่กำลังเคลื่อนที่ เป็นต้น การที่มีค่าความเข้มเพียงสองระดับทำให้สามารถเลือกพิจารณาให้ความเข้มระดับหนึ่งแทนภาพของสิ่งที่เราสนใจ ส่วนอีกระดับหนึ่งแทนพื้นหลังของภาพ ใน

การพิจารณาภาพไบนารี จะไม่สนใจแต่พิกเซลที่แยกกัน แต่จะสนใจกลุ่มของพิกเซลที่อยู่ติดกัน เช่นกลุ่มของพิกเซล ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ลักษณะภาพไบนารีที่แสดงกลุ่มของพิกเซล

ในการสร้างภาพไบนารี ทำได้โดยการใช้เทคนิค การทำเทรชโฮลด์ (Threshold Techniques) โดยพิจารณาว่าพิกเซลใดเป็นสีขาวหรือสีดำโดยทำการเปรียบเทียบกัน ระหว่างพิกเซลจุดภาพเริ่มต้นกับค่าคงที่หนึ่งซึ่งเรียกว่าค่า เทรชโฮลด์ (Threshold Value) ข้อมูลภาพจะมีลักษณะที่ต่างกันระหว่างวัตถุ(Object) และพื้นหลัง (Background) โดยค่าของพิกเซลของภาพใดๆที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าเทรชโฮลด์จะถูกเปลี่ยนเป็น 0 (สีดำ) ในการสร้างภาพไบนารีโดยใช้เทคนิคเทรชโฮลด์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมและคมชัด สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ ค่าเทรชโฮลด์ เนื่องจากถ้าเลือกค่าเทรชโฮลด์ที่ไม่เหมาะสม(ค่าเทรชโฮลด์ที่น้อยไปหรือมากเกินไป) ภาพที่ได้จะไม่สวยงามเท่าที่ควร ดังนั้นปัญหาของการสร้างภาพไบนารี คือ การกำหนดค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสม ภาพที่นำมาทำการสร้างภาพไบนารีมีวิธีการคำนวณค่าเทรชโฮลด์ได้หลายวิธี โดยแต่ละวิธีเหมาะสมกับลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันไปแต่ละวิธีอธิบายได้ดังนี้

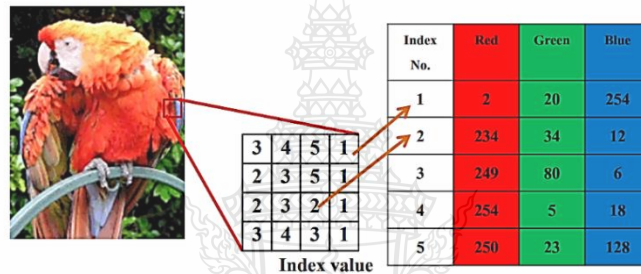
ก) การหาค่าเทรชโฮลด์โดยการกำหนดค่าล่วงหน้า(Pre-Assigned Threshold Value) เป็นการกำหนดค่าเทรชโฮลด์โดยการกำหนดค่าเองจากผู้ใช้ ซึ่งการกำหนดนี้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้ โดยการเลือกค่าคงที่หนึ่งซึ่งเรียกว่า ค่าเทรชโฮลด์ ค่าที่เลือกมานี้จะเป็นค่าที่อยู่ระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของระดับความเข้มแสงของภาพ เช่น ภาพอินพุตมีระดับความเข้มแสง 256 ระดับ ก็จะมีค่าได้ตั้งแต่ 0-255 เมื่อเลือกค่าเทรชโฮลด์ได้แล้วก็สามารถสร้างไบนารีได้

ข) การหาค่าเทรชโฮลด์จากค่ากลาง (Mid-Range Threshold Value) คือการหาค่าเทรชโฮลด์โดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องให้ผู้ใช้เป็นผู้เป็นกำหนด การหาค่าเทรชโฮลด์นี้ใช้วิธีทางสถิติ คือการหาค่ากลาง

หรือค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเทรซโฮลที่คำนวณได้จากค่ากึ่งกลางที่อยู่ระหว่างค่าระดับความเข้มสูงสุด (Maximum Level) และระดับความเข้มต่ำสุด (Minimum Level) ของภาพเพื่อนำมาทำการคำนวณค่าเทรซโฮลได้แล้วสามารถสร้างภาพไบนารีได้โดยนำค่าเทรซโฮลที่ได้มาใช้ [3]

#### 4. ภาพดัชนี (Index Image)

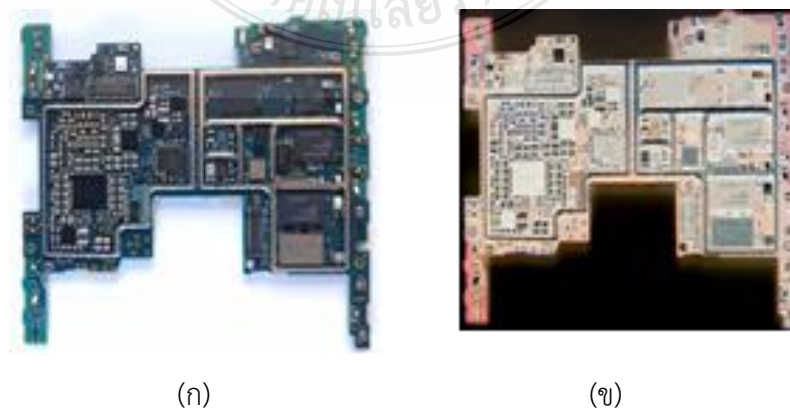
ภาพดัชนี (Index Image) คือ ภาพที่ในแต่ละพิกเซลจะเก็บค่าดัชนี ซึ่งเป็นตัวเลขจำนวนเต็มซึ่งจะถูกนำค่าดัชนีดังกล่าวไปเทียบกับตารางสี (Color Table) ซึ่งเป็นตารางแสดงค่าแสงสีแดง เขียว และน้ำเงิน ซึ่งค่าดัชนีเป็นตัวชี้ให้เห็นว่าภาพในตำแหน่งพิกเซลนั้นๆ มีค่าอัตราส่วนของแม่สีแสง 3 สี ในอัตราส่วนละเท่าไร ดังรูปที่ 2.12 [20]



รูปที่ 2.12 ลักษณะภาพดัชนีและอัตราส่วนของแม่สีแสง 3 สี

### 2.5 การทำคอมพลิเมนต์ภาพ (Image Complement)

การทำคอมพลิเมนต์ส่วนประกอบของภาพไบนารี ค่าศูนย์จะกลับเป็นหนึ่ง และค่าหนึ่งจะกลับเป็นศูนย์ ทำให้ภาพสีดำและสีขาวสลับกัน ในการทำคอมพลิเมนต์ภาพสีเทาหรือภาพสี ค่าของแต่ละพิกเซลจะถูกลบออกจากค่าพิกเซลสูงสุด และความต่างนี้จะถูกนำมาใช้เป็นค่าพิกเซลในภาพเอาต์พุต โดยภาพเอาต์พุตจะมีค่าตรงข้ามกับภาพต้นฉบับ กล่าวคือภาพเอาต์พุตบริเวณที่มีตจะกลับเป็นสว่าง บริเวณที่สว่างจะกลับเป็นมืด[20]



รูปที่ 2.13 (ก) ภาพสี (ข) ภาพสีคอมพลิเมนต์



## 2.6 การทำ Bounding Box

เป็นฟังก์ชันสำหรับการประมาณจุดกึ่งกลางของวัตถุบริเวณที่ต้องการตรวจสอบเมื่อกำหนดจุดกึ่งกลางให้วัตถุแล้ว ฟังก์ชันจะสร้างกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบวัตถุทั้ง 4 ด้าน โดยจะสร้างภาพวัตถุสีขาว-ดำ คำนวณหาจุดพิกัดที่ครอบวัตถุ 4 จุด แล้วนำค่าต่ำสุดและสูงสุดในแต่ละแกนมาหาความกว้างและความสูง เพื่อที่จะได้กรอบสี่เหลี่ยมที่ครอบวัตถุที่อยู่ขอบบนสุดของภาพ สุดท้ายจะได้จุดพิกัดในการสร้างกล่องสี่เหลี่ยมในการปิดล้อมวัตถุ ตามสมการที่ 2.9

$$W = (\max X - \min Y)$$

$$H = (\max Y - \min Y)$$

$$R = [\min X \min Y \text{ wight height}] \quad (2.9)$$

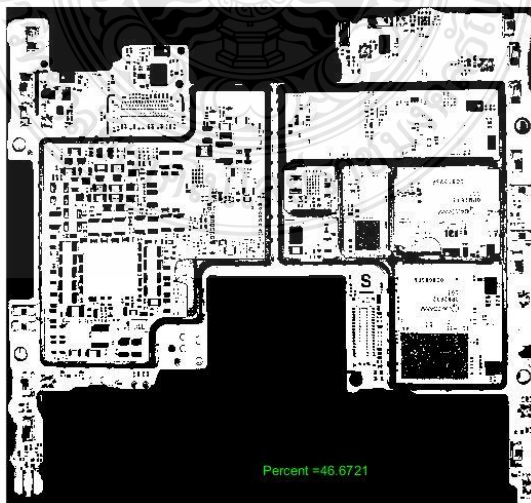
เมื่อ  $W$  คือความกว้าง,  $H$  คือความสูง และ  $R$  คือค่าที่เก็บไว้สร้างกรอบสี่เหลี่ยมที่อยู่บนสุด

## 2.7 เทคนิคการนับพิกเซล

การนับจำนวนกลุ่มของพิกเซลที่อยู่ติดกัน ทุกๆ คู่ของพิกเซลในกลุ่มเดียวกันจะต้องมีเส้นทางเชื่อมที่ประกอบไปด้วยพิกเซลอื่นๆในกลุ่มที่เรียงต่อกัน โดยต้องไม่มีเส้นทางระหว่างคู่พิกเซลต่างกลุ่มทำงาน โดยแจกหมายเลขกลุ่มให้กับแต่ละพิกเซล พิกเซลที่อยู่คนละกลุ่มจะได้หมายเลขต่างกัน ในอัลกอริทึมนี้ ภาพคอมพลิเมนต์ไบนารีที่จะนำมาประมวลผล ถูกเก็บในแถวลำดับสองมิติ ที่มีขนาด  $n \times m$  โดยพิกเซลภาพจะมีค่าเป็น 1 และพิกเซลพื้นหลังมีค่าเป็น 0 และใช้ฟังก์ชัน SUM ในการรวมพิกเซล และหาค่าเปอร์เซ็นต์ของภาพแผงวงจรพิมพ์ ดังสมการที่ 2.10

$$\text{พิกเซล} = \text{พิกเซลภาพ} + \text{พิกเซลพื้นหลัง}$$

$$\text{ร้อยละของพิกเซล} = \text{พิกเซลภาพ} / \text{พิกเซลของทั้งสองรวมกัน} \times 100 \quad (2.10)$$



รูปที่ 2.14 ลักษณะการแสดงค่าร้อยละการนับพิกเซล

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันการประยุกต์วิธีการตรวจสอบข้อบกพร่องหรือชิ้นส่วนที่ขาดหายไปของแผงวงจรพิมพ์ มีจำนวนมาก โดยส่วนใหญ่เป็นวิธีการพัฒนาที่มุ่งเน้น การพัฒนากระบวนการตรวจสอบข้อบกพร่องของแผงวงจรพิมพ์ โดยใช้หลักการประมวลผลภาพ ควบคู่กับระบบอัตโนมัติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางการดำเนินการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

[1] นำเสนอในหัวข้อ การพัฒนาต้นแบบซอฟต์แวร์สำหรับการตรวจสอบข้อบกพร่องการประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้หลักการประมวลผลภาพดิจิทัล ได้นำเสนอการพัฒนาต้นแบบซอฟต์แวร์ โดยใช้โปรแกรมต้นแบบ Color Trainer ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ค่าสีที่เหมาะสมสำหรับการทำเรสโซลต์และโมเดลสี HSV และโมเดลสี CIE Lab เพื่อหาพื้นที่บอร์ดย่อยแล้วทำการตัดภาพบอร์ดย่อยออกมา ใช้งานกับโปรแกรม Xnview 2.33 for windows ที่ใช้สำหรับจัดการรูปภาพรวมถึงการพิจารณาคุณสมบัติต่างๆ ของภาพต้นแบบ ทั้งยังใช้โปรแกรม MATLAB 2012 และ OpenCV Library สำหรับเขียนโปรแกรมในการประมวลผลภาพทั้งหมด โดยการตรวจการขาดหายของคอมพานเนนท์ ทำโดยการกำหนดพื้นที่เป้าหมายที่ควรมีตำแหน่งของคอมโพเนนท์ต้นฉบับ จากนั้นนับจำนวนพิกเซลสีดำที่ได้จากการทำเรสโซลต์ โดยพิจารณาจากค่า  $L^*, a^*, b^*$  ในโมเดลสี CIE Lab ถ้าจำนวนพิกเซลสีดำน้อยกว่า 50% แสดงว่าคอมพานเนนท์ขาดหาย ส่วนการตรวจการเอียงทำการหากรอบสี่เหลี่ยมมุมฉากปิดล้อมกรอบจะถูกจำกัดโดยขนาด จุดศูนย์กลางและมุมเอียง ผลลัพธ์ที่ได้คือ ใช้ภาพทดสอบจำนวน 20 ภาพ โดยมีบอร์ดย่อย 120 บอร์ด คอมโพเนนท์ที่ขาดหายไปมีจำนวน 177 ตัว จากทั้งหมด 1,800 ตัว และคอมโพเนนท์เอียง 35 ตัว จากทั้งหมด 1,623 ตัว ผลการทดลองพบว่าโปรแกรมสามารถการแบ่งส่วนภาพบอร์ดย่อยได้อย่างถูกต้อง และมีร้อยละความแม่นยำในการตรวจพบการขาดหายและการเอียงกว่าขอบเขตที่ยอมรับได้ของคอมโพเนนท์เท่ากับ 99.89% และ 100% ตามลำดับ ทั้งนี้ยังมีข้อจำกัดคือวิธีการตัดบอร์ดย่อยให้มีความถูกต้องในด้านตำแหน่งมากที่สุด คลาดเคลื่อนจากตำแหน่งให้น้อยที่สุด เพื่อลดความผิดพลาดในการตรวจสอบ

[2] นำเสนอในหัวข้อ การประมวลผลภาพซีพรีซิสเตอร์ในแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยเทคนิคอร์โพลอยด์โดยวิธีการใช้ภาพที่ได้จากเครื่อง Auto Optical Inspection เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการเก็บข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำและนำไปประมวลผลภาพ โดยการแปลงภาพจาก RGB เป็น Gray Scale และ Binary ลดสัญญาณรบกวนด้วยวิธี COF ด้วยการคำนวณแบบ Closing และ Opening ทำการค้นหาพื้นที่ซีพรีซิสเตอร์ในภาพ นำภาพมาคำนวณเชิงเรขาคณิตแบบ Extrama มาใช้วัดระยะความห่างของด้านบนซ้ายและล่างซ้ายของภาพของภาพกลุ่มพิกเซลที่มากที่สุดเพื่อคำนวณระยะความห่างทางแนวแกน X ลักษณะทางกายภาพของซีพรีซิสเตอร์จะมีภาพทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ถ้าซีพรีซิสเตอร์มีลักษณะไม่อยู่ในแนวราบ และมีค่าระยะห่างจากแกน X ระหว่างตำแหน่งบน-ซ้ายและล่าง-ซ้ายสูง แสดงว่าซีพรี

ซิสเตอร์มีความเอียง ผลลัพธ์ที่ได้คือ ใช้ภาพถ่ายชิพรีซิสเตอร์ขนาด 140 x 88 พิกเซล จำนวน 100 ภาพ ได้ถูกนำมาทดสอบ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเทคนิคดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการหาพื้นที่ชิพรีซิสเตอร์ 96 เปอร์เซ็นต์

[3] นำเสนอในหัวข้อ การตรวจจับวัตถุต้องสงสัยด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล โดยวิธีการ โหลดภาพที่ทำการถ่ายเก็บออกมาแล้วทำการตัดภาพตรงส่วนที่ต้องการให้เป็นเป้าหมายที่จะหาภาพ มีขนาดไม่เกิน 640 x 480 pixels ทำการเปลี่ยนภาพต้นฉบับกับภาพเป้าหมายจากภาพสี RGB เป็น Gray Scale หาขอบภาพของภาพต้นฉบับกับภาพเป้าหมายโดยวิธีโซเบล (Sobel) นำภาพต้นฉบับกับภาพเป้าหมายที่ได้จากการหาขอบภาพมาทำการ Correlation กัน ทำการหาดำแหน่ง max และ min เพื่อหาพิกัดของพื้นที่สี่เหลี่ยมของภาพเป้าหมาย นำมาทำเป็นตัวกรองให้ตรงส่วนที่เป็นเป้าหมายยังคงเป็นภาพสีแบบ RGB เหมือนเดิม แต่ตรงส่วนที่ไม่ใช่เป้าหมายจะทำให้เป็นสีแบบ Gray scale ทำการพล็อตกรอบให้กับวัตถุที่เป็นเป้าหมาย ผลการทดลองพบว่าการทดลองในการตรวจจับวัตถุรูปทรงเรขาคณิตแบบต่างๆ ในการทดลองจะสามารถตรวจจับพบวัตถุได้ประมาณ 8-9 ครั้งมีเพียงแค่ 1-2 ครั้งที่ไม่สามารถตรวจจับวัตถุได้ จากการทดลอง 10 ครั้ง แล้วเมื่อนำมาสรุปรวมผลการทดลองจะสามารถตรวจจับพบวัตถุทุกชนิดได้ จากการทดลองเห็นได้ว่าโปรแกรมในการทำงานเกิดความผิดพลาดได้บ้างเกิดจากโปรแกรมมีประสิทธิภาพในการทำงานได้ไม่สูงนัก

[4] นำเสนอในหัวข้อ การศึกษาการตรวจหาวัตถุที่อยู่บนสุดของภาพที่ทับซ้อนโดยใช้เทคนิคอัจฉริยะของสเปซและมอร์โฟโลยี โดยเทคนิคที่นำมาใช้คือ เทคนิคลาปลาซของเกาซเซียน กรองภาพโดยใช้ตัวกรองโมชัน (Motion Filter) และทำการปรับปรุงภาพโดยใช้เทคนิคมอร์โฟโลยี ผลการทดลองพบว่าเทคนิคดังกล่าว สามารถตรวจหาวัตถุที่ต้องการได้ และทำการระบุวัตถุที่อยู่ด้านบนโดยใช้เทคนิคทรานฟอร์ม เทคนิคแบ่งส่วน ภาพสันปันน้ำ และเทคนิคหาจุดศูนย์กลาง ข้อผิดพลาดของวิจัยนี้ เกิดจากการหาขอบภาพที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากแสงที่ตกกระทบวัตถุในขั้นตอนการถ่ายภาพ

[5] นำเสนอในหัวข้อ MATLAB based defect detection and classification of printed circuit board. ได้ทำการพัฒนาการจับกลุ่มข้อบกพร่องโดยใช้ระบบตรวจสอบอัตโนมัติ แยกข้อบกพร่องในกลุ่มใหญ่ออกเป็นกลุ่มย่อย โดยวิธีการวัดคุณสมบัติของภาพในการวัดขอบเขตภาพ และใช้ระบบประมวลผลด้วย MATLAB

[6] นำเสนอในหัวข้อ การเปรียบเทียบเทคนิคการแบ่งส่วนภาพ สำหรับตรวจสอบคุณภาพแผ่นวงจรพิมพ์ ใช้เทคนิคการแบ่งส่วนภาพ นำเสนอการแบ่งส่วนภาพ 4 วิธี ดังนี้ 1.) Global Thresholding 2.) Adaptive Thresholding 3.) K-means Clustering และ 4.) Fuzzy C-means Clustering โดยใช้ ภาพแผ่นวงจรพิมพ์ จำนวน 500 ภาพ และใช้พารามิเตอร์ MSE, PSNR, Accuracy, Border Error และ Elapse Time ผลการทดลองพบว่า วิธีการ Fuzzy C-



means Clustering มีค่าความถูกต้องมากที่สุด คือ 98.54% รองลงมาคือวิธีการ K-means Clustering คือ 97.43% ถึงแม้ว่าวิธีการ Fuzzy C-means Clustering มีค่าถูกต้องมากที่สุดแต่ใช้เวลาในการประมวลผลมาก จึงทำการใช้วิธี K-means Clustering ที่มีความถูกต้องรองลงมา แต่ใช้เวลาเร็วกว่า โดยการแบ่ง Cluster ด้วยวิธีการ K-means Clustering จำนวน 2 รอบผลที่ได้จะได้ค่าความถูกต้องมากขึ้น เล็กน้อย จึงเลือกใช้วิธี K-means Clustering ในการตรวจสอบคุณภาพของแผ่นวงจรพิมพ์

[7] นำเสนอในหัวข้อ Development of SBC based Machine-Vision System for PCB Board Assembly Automatic Optical Inspection ได้นำเสนอ การประมวลผลภาพแบบ SBC (Single Board Computer) ใช้ Raspberry-Pi เพื่อทำให้ SBC มีความสามารถ เชื่อมต่อกับกล้อง และปฏิบัติการบน Linux โดยวิธีการคือ แปลงภาพสีเป็นภาพระดับสีเทา ลบสัญญาณรบกวนลง แต่ยังคงเห็นรายละเอียดไม่ชัดเจน จึงแปลงกลับ เป็นภาพไบนารี ทำการเปรียบเทียบวิธีการสร้างขอบภาพด้วยวิธี Sobel Edge Detection , Canny Edge Detection และการใช้การปรับโดยใช้ Gaussian Threshold ทำการทดสอบสองครั้ง คือการทดสอบหาขอบภาพของส่วนประกอบในแผงวงจรพิมพ์ และทำการทดสอบลายเส้นทองแดงของแผงวงจรพิมพ์ ผลลัพธ์คือ การตรวจสอบบอร์ดที่ซับซ้อน จะใช้การสร้างขอบภาพแบบ Sobel Edge Detection , Canny Edge จะเห็นขอบภาพของส่วนประกอบต่างๆของแผงวงจรพิมพ์ไม่ชัดเจน แต่การปรับโดยใช้ Gaussian Threshold สามารถตรวจจับขอบภาพของส่วนประกอบต่างๆของแผงวงจรพิมพ์ได้ ส่วนการตรวจลายทองแดงบนแผงวงจรนั้นทำได้ทั้ง 3 วิธี ยังคงมีข้อจำกัดบางอย่างเช่นการจัดตำแหน่งของการทดสอบภาพอ้างอิงไม่คงที่

[8] นำเสนอในหัวข้อ Automatic Extraction of Component Inspection Regions from Printed Circuit Board โดยใช้วิธีการจัดกลุ่ม (สร้างขอบภาพ) เริ่มจากการปรับภาพสีเป็นภาพระดับสีเทา ทำการเปรียบเทียบภาพสี HIS สี (H), ความเข้มตัว (S), และความเข้ม (I) และ  $s^*$  การปรับความเข้มตัวขั้นที่ 2 ซึ่งเป็นอิสระต่อกัน เปรียบเทียบการใช้อัลกอริทึม K-means และ Proposed K-means อัลกอริทึม K-means ถูกนำมาใช้เนื่องจากใช้ในการจัดระเบียบภาพที่ไม่ซับซ้อนเกินไป มีเวลาประมวลผลอย่างรวดเร็วสำหรับหลายพันภาพ ส่วนการใช้ Proposed K-means คือจำนวนการจัดกลุ่มให้ได้รับการปรับปรุงให้การแบ่งส่วนที่แม่นยำยิ่งขึ้นและทำให้จำนวนของกลุ่มก็ลดลง และเห็นขอบภาพชัดเจนยิ่งขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้ คือ สามารถตรวจสอบส่วนประกอบ โดยการแยกส่วนประกอบได้ และใช้เวลาลดลงเป็นอย่างมาก แต่ยังมีข้อจำกัดเรื่องแสงสว่างไม่คงที่ในการถ่ายภาพ

[9] นำเสนอในหัวข้อ Digital image processing applied in determination of misplaced components on a PCB, marked with colour code โดยการสร้างเครื่องหมายรหัสสี RGB ในพื้นที่ HIS เริ่มจากการสร้างโมดูลที่ทดสอบพร้อมตัวด้านทานการใส่ผิดสี (สีทำเครื่องหมายรหัส) เปรียบเทียบภาพระดับสีเทาของภาพดั้งเดิม และภาพระดับสีเทาของภาพที่ตัวด้านทานใส่ผิดตำแหน่ง สร้างภาพการ

ปลอมสีระนาบสี RGB เพื่อตรวจสอบ ตัวต้านทานที่วางผิดตำแหน่งบน PCB ผลลัพธ์คือ สามารถตรวจสอบ ส่วนประกอบที่วางผิดตำแหน่ง มีข้อจำกัด คือการตรวจจับการเคลื่อนไหว ในลำดับภาพลดลง สัญญาณรบกวนจากแสงที่ไม่สม่ำเสมอ

[10] นำเสนอในหัวข้อ A PCB Dataset for Defects Detection and Classification. ได้ทำการเผยแพร่ชุดข้อมูล ของPCb เพื่อใช้ในการตรวจจับภาพ การจำแนกภาพ ซึ่งประกอบด้วยภาพจำนวน 1386 ภาพ ที่มีข้อบกพร่อง ทั้งหมด 6 ชนิด คือ Missing hole, Mouse bite, Open circuit, Short, Spur และ Spurious และยังใช้วิธีการตรวจสอบข้อบกพร่องด้วยการใช้ end-to-end CNN ในการจำแนกชนิดของข้อบกพร่อง โดยวิธีการนี้จะทำการค้นหาข้อบกพร่องก่อนแล้วจึงจำแนกชนิดด้วย neural networks เพื่อแสดงประสิทธิภาพของชุดข้อมูล

[11] นำเสนอในหัวข้อ Printed circuit board defect detection using mathematical morphology and MATLAB image processing tools โดยเสนอวิธีการการตรวจจับและจำแนกข้อบกพร่องบน PCB โดยใช้อัลกอริทึมทางสัณฐานวิทยา และใช้ทฤษฎีการประมวลผลอย่างง่าย ผลการทดลองที่ได้สามารถจำแนกข้อบกพร่องทั้งหมด 13 จาก 14 ชนิดได้

[12] นำเสนอในหัวข้อ Template Matching Method for SMD Inspection using Discrete Wavelet Transform โดยนำเสนอวิธีการจัดรูปแบบ โดยใช้การแปลงเวฟเล็ทแบบดิสกรีต ในระบบการตรวจสอบการประกอบชิ้นส่วนประเภท SMD เพื่อแยกชิ้นส่วนที่มีข้อบกพร่องออก โดยการใช้ 3 รูปแบบ 1. การแปลงเวฟเล็ทแบบดิสกรีต โดยการนำรูปทดสอบไปเข้าสู่ Wavelet Area โดยการแปลงเวฟเล็ทแบบดิสกรีตจะแบ่งภาพออกเป็น 4 ส่วน คือ ภาพบนซ้ายเป็นภาพต้นฉบับ ภาพบนขวาเป็นภาพแตกต่างในแนวนอน ภาพล่างซ้ายเป็นภาพแตกต่างในแนวตั้ง ภาพล่างขวาเป็นภาพแตกต่างนอกเหนือจากความต่างทั้งแนวตั้งและแนวนอน 2. ทำเป็นภาพไบนารี ทำภาพเกลสเกล ที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ทแบบดิสกรีต ให้เป็นภาพไบนารีโดยการทำเทรซโฮลด์ 3. ทำการตัดแบ่งภาพ โดยภาพไบนารีที่ได้จากการตัดแบ่งออกมา โดยพิกเซลที่อยู่นอกขอบเขตจะถูกตัดออกไป เพื่อลดเวลาในการจับคู่และลดพื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูล 4.ทำการจับคู่รูปแบบเป็นขั้นตอนสุดท้าย ในการตรวจสอบ โดยจะพิจารณาพื้นที่ที่ตรวจสอบตามเส้นทแยงมุมของคอมโพเนนต์ที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ทแบบดิสกรีต จึงทำให้วิธีนี้สามารถจับคู่รูปแบบได้เร็วกว่าการจับคู่ด้วยวิธีอื่นๆ และการตรวจสอบข้อบกพร่องมีด้วยกัน 6 รายการ คือการตั้งขึ้นของคอมโพเนนต์ คอมโพเนนต์กลับด้าน คอมโพเนนต์ผิด คอมโพเนนต์แตก การวางคอมโพเนนต์ผิดแนว โดยใช้ 30 ภาพ แบ่งเป็นประเภทละ 5 ภาพ พบว่าสามารถลดพื้นที่การจัดเก็บข้อมูลได้ดี และให้ความถูกต้องในการตรวจสอบใกล้เคียงกัน

[13] นำเสนอในหัวข้อ Detection of Bare PCB Defects by Image Subtraction Method using Machine Vision ทำการตรวจสอบข้อบกพร่องของ PCB เปล่า โดยใช้การเปรียบเทียบภาพ ใช้

ภาพมาตรฐาน PCB ด้วยการใช้อัลกอริทึม Subtraction พื้นฐาน หรือการลบอย่างง่าย เพื่อให้ได้พบ บริเวณข้อบกพร่องของ PCB จากนั้นใช้ฟังก์ชัน Particle Analysis ของ NI Vision Assistant วิเคราะห์ ข้อบกพร่องในรูปแบบของพารามิเตอร์ เช่น พื้นที่, การวางแนว, พิกัด X และ Y เป็นต้น โดยมี ข้อบกพร่องหลายชนิดที่สามารถตรวจจับได้ เช่น Etchings (Opens), Under-etchings (Shorts), Holes เป็นต้น

[14] นำเสนอในหัวข้อ Computational System To Detect Defects in Mounted and Bare PCB Based on Connectivity and Image Correlation โดยจะทำการตรวจสอบทั้งแผ่นวงจรเปล่า และแผ่นวงจรที่ประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ โดยจะตรวจสอบการขาดหายไป สลับ กลับด้าน วางแนวผิด และเอียง เป็นต้น โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบแผ่นวงจรที่ต้องการตรวจสอบและแผ่นวงจร มาตรฐานที่ใช้ในการอ้างอิง ใช้วิธีแยกภาพออกเป็นภาพเล็กๆ เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการประมวลผลภาพ หลักการห้กลับภาพ และวิธีการ Connection Analysis ถูกนำมาใช้ในการค้นหาข้อบกพร่องของ แผ่นวงจรเปล่า ส่วนแผ่นวงจรที่ประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะใช้วิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของรูป ดิจิตอล เพื่อหารูปแบบของลักษณะที่เหมือนกันของแต่ละภาพกับภาพพื้นที่ย่อยที่ใช้อ้างอิง กับภาพที่ ต้องการที่จะตรวจสอบ โดยเริ่มจากกระบวนการใช้แผ่นวงจรมาตรฐานเป็นแผ่นวงจรอ้างอิง จากนั้นใช้ การห้กลับภาพ เพื่อทำการระบุบริเวณที่อาจเกิดข้อบกพร่อง เมื่อรู้ตำแหน่งแล้ว จะตรวจสอบเฉพาะ บริเวณนั้น จากนั้นคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์ของภาพที่ใช้ทดสอบและภาพอ้างอิง โดยกรรมมีค่าอยู่ระหว่าง -1-1 ถ้ามีค่าเข้าใกล้ -1 หรือ 1 คือมีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรงระหว่างทั้งสองตัวแปรมากขึ้น ถ้า เท่ากับค่า 0 คือไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงเลย ค่าสหสัมพันธ์ระบุได้ว่า 1.คอมโพเนนต์อยู่บนแผ่น PCB ในตำแหน่งที่ถูกต้อง 2. คอมโพเนนต์อยู่บนแผ่น PCB แต่กลับด้าน 3.ไม่มีคอมโพเนนต์ 4.คอมโพเนนต์สลับตำแหน่งกัน โดยค่าสหสัมพันธ์มากกว่า 0.8 ถือว่าผ่านการตรวจสอบ พบว่าการใช้การ วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ยังไม่สามารถระบุประเภทของข้อบกพร่องได้ จึงใช้การวิเคราะห์ต่างๆร่วมด้วย เช่น ฮิสโตแกรม ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าความเบ้ และค่าความโด่ง ร่วมด้วย โดยได้เสนออีกว่าควร จะพัฒนาไปใช้ในระบบเรียลไทม์ เพราะจะส่งผลให้ประมวลผลภาพได้รวดเร็ว

[15] นำเสนอในหัวข้อ Automatic PCB Defects Detection and Classification using Matlab โดยใช้วิธีการตรวจสอบข้อบกพร่องด้วย โปรแกรม Matlab ตรวจจับข้อบกพร่องและจำแนกชนิด ข้อบกพร่องโดยเครื่องมือของ Matlab ขั้นตอนแรกทำการตรวจจับข้อบกพร่องโดยการเปรียบเทียบ ภาพ PCB มาตรฐาน กับ ภาพ PCB ที่ต้องการตรวจสอบ ด้วยการดำเนินการ Image Subtraction จากนั้นทำการจำแนกชนิดของข้อบกพร่องมาตรฐานทั้ง 14 ชนิด ด้วยอัลกอริทึม K-NN ให้ความแม่นยำ 70-80 เปอร์เซ็นต์

[16] นำเสนอในหัวข้อ Study of the Image Processing algorithms for defect detection of PCBs ได้เสนอแนะวิธีการระบุข้อบกพร่องบนแผ่นวงจรพิมพ์เปล่า จำนวน 3 วิธีการได้แก่ 1) วิธีการ template matching จะทำการเปรียบเทียบ ภาพต้นฉบับกับภาพเทมเพลตโดยตรง 2) วิธีการ image subtraction จะสนใจในการตรวจสอบเฉพาะภาพแผ่นวงจรพิมพ์ที่น่าจะบกพร่องเมื่อเทียบกับภาพอ้างอิงและ 3) วิธีการ image morphology ซึ่งจะเป็นการเปรียบเทียบคุณลักษณะระหว่าง ภาพที่ทำการตรวจสอบกับภาพเทมเพลต

[17] นำเสนอในหัวข้อ PCB Fault Detection using Embedded Image Processing ได้เสนอการจัดการเทคนิคการตรวจจับข้อบกพร่องที่มีราคาถูกลงและครอบคลุมทุกเงื่อนไข ด้วยวิธีการเปรียบเทียบ ภาพ PCB มาตรฐานกับภาพ PCB ที่ต้องการตรวจสอบ โดยใช้อัลกอริทึมความแตกต่างอย่างง่ายที่สามารถตรวจจับพื้นที่ที่เป็นข้อบกพร่องได้

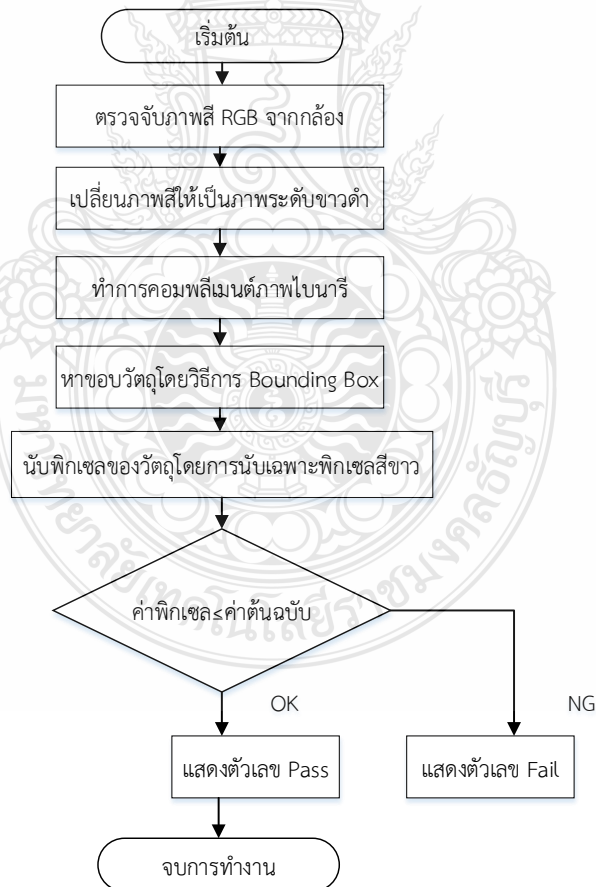
[18] นำเสนอในหัวข้อ An Improved Defect Classification Algorithm for Six Printing Defects and Its Implementation on Real Printed Circuit Board Images การใช้วิธีการนำอัลกอริทึมสำหรับจำแนกชนิด ของข้อบกพร่อง PCB โดยใช้ 7 ตัวดำเนินการทั่วไปที่เป็นที่รู้จักกันดีซึ่งประกอบด้วย image difference, image subtraction, image addition, counted image comparator, flood-fill และ labeling เพื่อจำแนกข้อบกพร่อง PCB ซึ่งใช้เทคนิค image registration และ thresholding เข้าไปด้วย เพื่อแก้ปัญหาการจัดตำแหน่งและความสว่างที่ไม่สม่ำเสมอ

[19] นำเสนอในหัวข้อ การประมวลผลภาพสำหรับแผงวงจรของหลอดไฟแอลอีดี ซึ่งภาพถ่ายที่ได้มีพื้นหลังสีดำโดยพบว่าระดับความไวแสง จะต้องถูกปรับเพื่อให้ภาพถ่ายตั้งต้นสามารถถูกนำไปวิเคราะห์ได้ในลำดับถัดมาได้ทำการปรับภาพสีเป็นภาพสีเทา จนสุดท้ายทำการปรับเป็นชนิด ขาว-ดำอาศัยการคำนวณจำนวนเม็ดแอลอีดีที่สว่างเปรียบเทียบกับจำนวนตามสูตรการจัดวางของแผงวงจรของหลอดไฟแอลอีดี

### บทที่ 3

#### วิธีการดำเนินงาน

ในการดำเนินวิทยานิพนธ์นี้ เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด จำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลต่างๆที่ยังไม่ทราบข้อมูล และต้องทำการวางแผนการทำงานที่ดี จึงจะทำให้วิจัยนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ซึ่งงานวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษาการประมวลผลภาพเพื่อการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ของแผงวงจรพิมพ์ว่ามีชิ้นส่วนอุปกรณ์ขาดหายไปหรือไม่ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ ขั้นตอนแรกทำภาพจากภาพสีให้เป็นภาพไบนารี เพื่อความรวดเร็วในการแปลงภาพจึงใช้ภาพไบนารีและปรับค่าความเหมาะสมในการทดลองโดยใช้การปรับค่าเทรชโฮลด์ จากนั้นนำภาพไปคอมพลิเมนต์เพื่อให้ภาพแผงวงจรพิมพ์แปลงค่าจากดำเป็นขาว และจากขาวเป็นสีดำ และนำไปหาขอบของแผงวงจรพิมพ์ โดยการใช้วิธี Bounding Box จากนั้นจะใช้ภาพคอมพลิเมนต์ไบนารีที่จะนำมาประมวลผล และหาค่าเปอร์เซ็นต์ของภาพแผงวงจรพิมพ์ ซึ่งมีขั้นตอนมณการดำเนินงานวิจัยดังรูปที่ 3.1

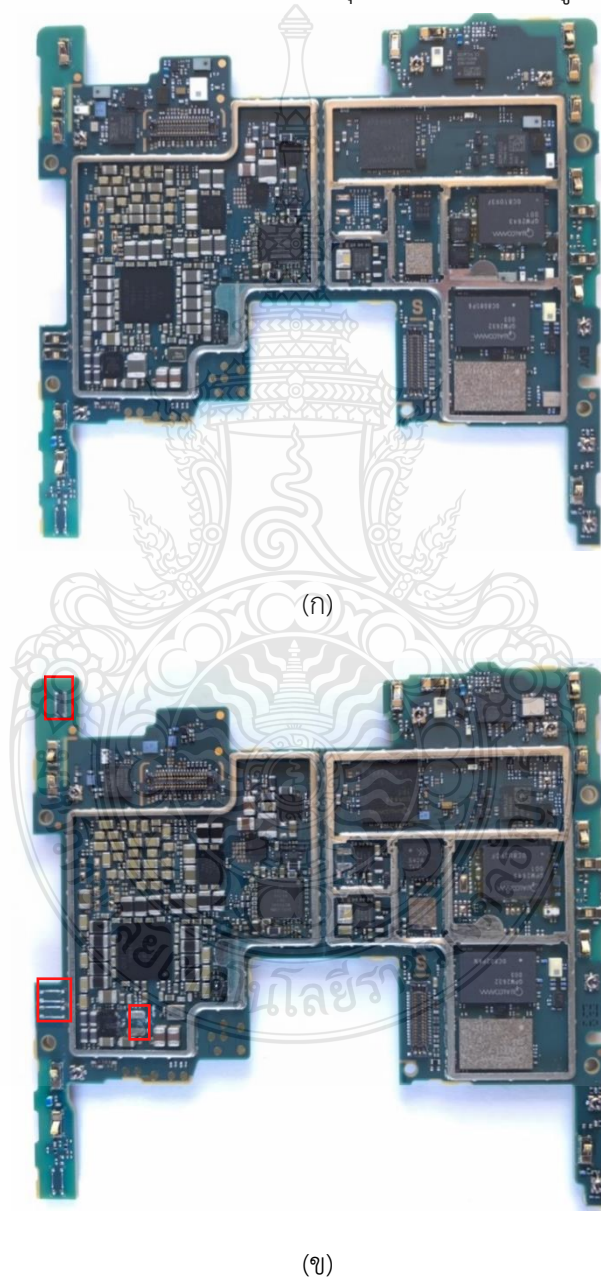


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทดลอง

### 3.1 การเก็บภาพต้นฉบับ

#### 3.1.1 การเก็บภาพต้นฉบับจากกล้องดิจิทัล

การเก็บภาพต้นฉบับใช้ภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัล ที่มีระยะห่างจากกล้องกับแผ่นวงจรพิมพ์ไม่เกิน 10 เซนติเมตร โดยมีการใช้ไฟ LED ในการฉายไปยังแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยตำแหน่งที่ต่าง ๆ กัน ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้ภาพถ่ายแผ่นวงจรพิมพ์จำนวน 100 ภาพ ขนาด 1478 × 1108 พิกเซล โดยจะมีการตัดแยกภาพชิ้นส่วนอุปกรณ์ครบถ้วน กับ ภาพชิ้นส่วนอุปกรณ์ขาดหาย ดังรูปที่ 3.2

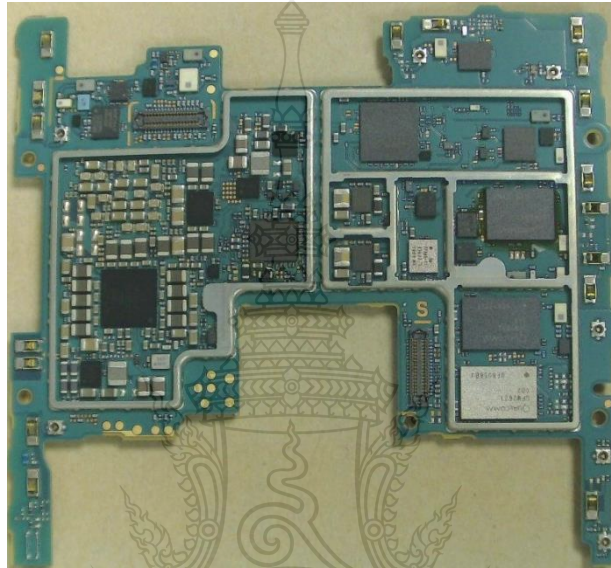


รูปที่ 3.2 ตัวอย่างภาพแผ่นวงจรพิมพ์ (ก) ภาพชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วน (ข) ภาพชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ขาดหาย จากกล้องดิจิทัล

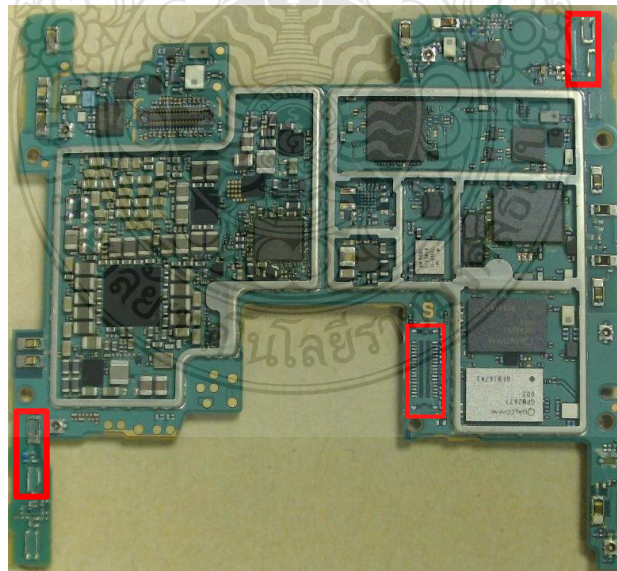


### 3.1.2 การเก็บภาพต้นฉบับจากกล้องอุตสาหกรรม

การเก็บภาพต้นฉบับใช้ภาพถ่ายจากกล้องอุตสาหกรรมที่มีระยะห่างจากกล้องกับแผ่นวงจรพิมพ์ไม่เกิน 15 เซนติเมตร กล้องอุตสาหกรรม Industrial Vision Camera 4K Lens 5.0-50 IMX415 Varie-Focal ปรับแสง ปรับโฟกัส ชูมได้ ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้ภาพถ่ายแผ่นวงจรพิมพ์จำนวน 100 ภาพ ขนาด 783 x 724 พิกเซล โดยจะมีการตัดแยกภาพชิ้นส่วนอุปกรณ์ครบถ้วน กับ ภาพชิ้นส่วนอุปกรณ์ขาดหาย ดังรูปที่ 3.3



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างภาพแผ่นวงจรพิมพ์ (ก) ภาพชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วน (ข) ภาพชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ขาดหาย จากกล้องอุตสาหกรรม

### 3.2 กระบวนการวัดระยะชิ้นงานด้วยกล้องอุตสาหกรรม

การใช้ระบบสายพานยึดติดกับกล้องอุตสาหกรรม Industrial Vision Camera 4K Lens 5.0-50 IMX415 Varie-Focal ปรับแสง ปรับโฟกัส ชูมได้ และควบคุมการเดินของสายพานผ่านการใช้โปรแกรมควบคุมอัตโนมัติ เมื่อถึงจุดจับภาพ ระบบสายพานจะหยุดการทำงาน เพื่อให้กล้องจับภาพและนำภาพเข้าสู่โปรแกรมการตรวจสอบภาพ และตรวจสอบตามขั้นตอนต่อไป โดยระยะการตรวจสอบภาพที่ได้ภาพคมชัด ในระยะ 15 เซนติเมตร จากกล้องจนถึงแผ่นวงจรพิมพ์ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การนำเข้ารูปภาพสี โดยใช้ระบบอัตโนมัติและกล้องอุตสาหกรรม

การวัดระยะห่างจากกล้องสู่ชิ้นงาน ทดสอบโดยใช้กล้องจับภาพ แล้วดูว่าระยะเท่าไร ที่ภาพยังชัดเจน คำนวณได้จากสมการที่ 3.1

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \quad (3.1)$$

จากสูตร จะได้ว่า

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{64} + \frac{1}{0.5}$$

$$= 0.016 + 2$$

ความยาวโฟกัส  $f = 2.02 \text{ cm.}$

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{s}$$

$$= 2.02 - \frac{1}{15}$$

$$\frac{1}{s'} = 1.95$$



ดังนั้น Focal Distance (FD) =  $S' = 0.51$  หรือ 51 cm.

จากระยะที่วัดจากกล้องอุตสาหกรรมและแผงวงจรพิมพ์ 3 ระยะ ประกฏค่า ความละเอียดดังนี้  
คำนวณได้จากสมการที่ 3.2

$$\frac{\text{Working distance (WD)}}{\text{Field of View (FOV)}} = \frac{\text{Focal distance (FD)}}{\text{Sensor size}} \quad (3.2)$$

$$\text{Working distance (WD)} = \frac{\text{Field of View (FOV)} \times \text{Focal distance (FD)}}{\text{Sensor size}}$$

$$\text{Working distance (WD)} = \frac{7 \times 0.51}{15}$$

$$\text{Working distance (WD)} = 0.91 \text{ cm.}$$

จากระยะวัดจากกล้องอุตสาหกรรมและแผงวงจรพิมพ์ ระยะที่ 10 เซนติเมตร  
คำนวณได้จากสมการที่ 3.3

$$\text{Resolution} = \frac{\text{Field of View (FOV)}}{\text{no. of pixels}} \quad (3.3)$$

$$\text{Resolution} = \frac{0.238}{960 \text{ pixel}} = 0.00025 \text{ cm}$$

ซึ่งจากการวัดระยะจากกล้องอุตสาหกรรมและแผงวงจรพิมพ์ ในระยะ 10 เซนติเมตร ภาพมี  
ขนาดใหญ่และไม่คมชัด ไม่สามารถตรวจจับชิ้นส่วนที่ขาดหายได้

จากระยะวัดจากกล้องอุตสาหกรรมและแผงวงจรพิมพ์ ระยะที่ 15 เซนติเมตร  
คำนวณได้จากสมการที่ 3.3

$$\text{Resolution} = \frac{\text{Field of View (FOV)}}{\text{no. of pixels}}$$

$$\text{Resolution} = \frac{0.238}{724 \text{ pixel}} = 0.00032 \text{ cm}$$

ซึ่งจากการวัดระยะจากกล้องอุตสาหกรรมและแผงวงจรพิมพ์ ในระยะ 15 เซนติเมตร ภาพมี  
ความคมชัด สามารถตรวจจับชิ้นส่วนที่ขาดหายได้

จากระยะวัดจากกล้องอุตสาหกรรมและแผงวงจรพิมพ์ ระยะที่ 17 เซนติเมตร  
คำนวณได้จากสมการที่ 3.3

$$Resolution = \frac{\text{Field of View (FOV)}}{\text{no. of pixels}}$$

$$Resolution = \frac{0.238}{652 \text{ pixel}} = 0.00036 \text{ cm}$$

ซึ่งจากการวัดระยะจากกล้องอุตสาหกรรมและแผงวงจรพิมพ์ ในระยะ 17 เซนติเมตร ภาพมีความคมชัดพอสมควร แต่ไม่สามารถตรวจจับชิ้นส่วนที่ขาดหายไปทุกอุปกรณ์

### 3.3 กระบวนการประมวลผลภาพ

#### 3.3.1 การแปลงภาพจากภาพสี RGB เป็นภาพ Binary

การแปลงภาพสีเป็นภาพระดับขาว-ดำ เป็นการแปลงภาพต้นฉบับไม่ให้มีค่าสีมาเกี่ยวข้อง โดยจากภาพต้นฉบับจะเป็นภาพสีในทุกๆพิกเซลจะมีค่าระดับ RGB ที่ต่างกัน โดยลักษณะ เมตริกซ์ของภาพจะเป็นค่าของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน การสร้างภาพไบนารีทำได้โดยวิธีการใช้เทคนิค เทรชโฮล คือการทำการเปรียบเทียบระหว่างพิกเซลของภาพต้นฉบับ กับค่าคงที่ ค่าหนึ่งของเทรชโฮล ข้อมูลภาพจะมีลักษณะแตกต่างกันระหว่าง วัตถุ และพื้นหลัง โดยค่าของพิกเซล ที่มีค่ามากกว่า หรือเท่ากับ ค่าเทรชโฮลจะถูกละเปลี่ยนเป็นสีดำ ค่าพิกเซลเป็น 0 ในการสร้างภาพไบนารี เพื่อให้ภาพเหมาะสมและคมชัด ต้องตั้งค่าเทรชโฮลให้เหมาะสม หากตั้งไม่เหมาะสม ภาพที่ได้จะไม่สวยงามเท่าที่ควร โดยการหาเทรชโฮลมีสมการดังสมการที่ 3.4

$$g(i,j) = \begin{cases} 1, & \text{for } f(i,j) \geq T \\ 0, & \text{for } f(i,j) < T \end{cases} \quad (3.4)$$

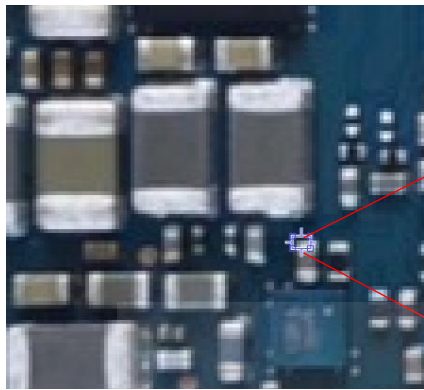
โดยที่  $f$  คือรูปภาพป้อนข้อมูลเข้า,

$g$  คือรูปภาพไบนารี

$T$  คือค่าคงที่ Threshold

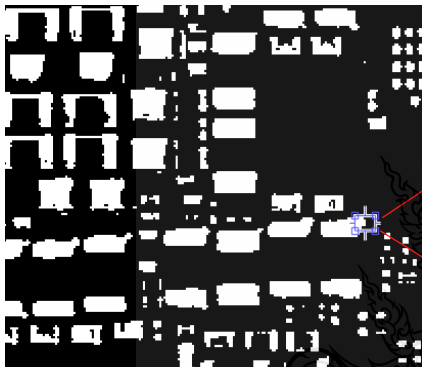
$g(i,j) = 1$  คือองค์ประกอบภาพของวัตถุ

$g(i,j) = 0$  คือองค์ประกอบภาพของพื้นหลัง



R: 18 G: 37 B: 52	R: 27 G: 46 B: 60	R: 32 G: 50 B: 64	R: 43 G: 59 B: 74	R: 49 G: 66 B: 82
R: 46 G: 65 B: 80	R:103 G:119 B:132	R:140 G:154 B:165	R:158 G:171 B:180	R:163 G:177 B:186
R: 57 G: 75 B: 89	R:141 G:155 B:166	R:198 G:211 B:219	R:209 G:218 B:223	R:214 G:229 B:229

(ก) ค่าของภาพสี



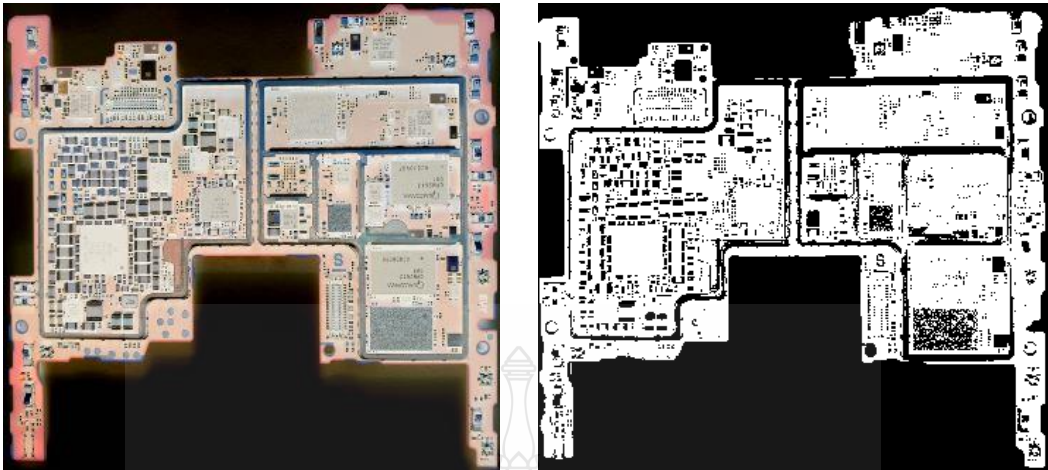
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

(ข) ค่าของภาพขาวดำ

### รูปที่ 3.5 การแปลงภาพสี เป็นภาพระดับสีขา-ดำ (ไบนารี)

#### 3.3.2 การแปลงคอมพลิเมนต์ภาพไบนารี

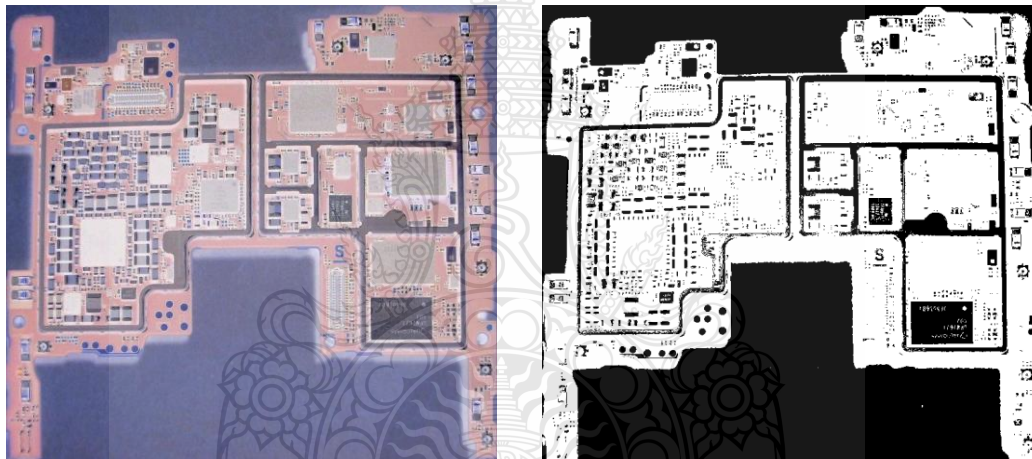
การทำคอมพลิเมนต์ส่วนประกอบของภาพไบนารีค่าศูนย์จะกลับเป็นหนึ่ง และค่าหนึ่งจะกลับเป็นศูนย์ ทำให้ภาพสีดำและสีขาวสลับกัน ในการทำคอมพลิเมนต์ภาพสีเทาหรือภาพสี ค่าของแต่ละพิกเซลจะถูกลบออกจากค่าพิกเซลสูงสุด และความต่างนี้จะถูกนำมาใช้เป็นค่าพิกเซลในภาพเอาต์พุต โดยภาพเอาต์พุตจะมีค่าตรงข้ามกับภาพต้นฉบับ การทำเช่นนี้เพื่อนำไปใช้ในการสร้างกรอบและการนับค่าพิกเซล เพื่อนับเฉพาะค่าพิกเซลสีขาว



ก

ข

รูปที่ 3.6 (ก) ภาพสีคอมพลีเมนต์ (ข) ภาพไบนารีคอมพลีเมนต์ ที่ได้จากกล้องดิจิทัล



ก

ข

รูปที่ 3.7 (ก) ภาพสีคอมพลีเมนต์ (ข) ภาพไบนารีคอมพลีเมนต์ ที่ได้จากกล้องอุตสาหกรรม

### 3.3.3 การทำ Bounding Box

เป็นฟังก์ชันสำหรับ[20] ประมาณจุดกึ่งกลางของวัตถุบริเวณที่ต้องการตรวจสอบเมื่อกำหนดจุดกึ่งกลางให้วัตถุแล้ว ฟังก์ชันจะสร้างกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบวัตถุทั้ง 4 ด้าน โดยจะสร้างภาพวัตถุสีขาว-ดำ คำนวณหาจุดพิกัดที่ครอบวัตถุ 4 จุด แล้วนำค่าต่ำสุดและสูงสุดในแต่ละแกนมาหาความกว้างและความสูง เพื่อที่จะได้กรอบสี่เหลี่ยมที่ครอบวัตถุที่อยู่ขอบบนสุดของภาพ สุดท้ายจะได้จุดพิกัดในการสร้างกล่องสี่เหลี่ยมในการปิดล้อมวัตถุ ตามสมการที่ 3.5

$$W = (\max X - \min Y)$$

$$H = (\max Y - \min X)$$

$$R = [\min X \min Y \text{ wight height}] \quad (3.5)$$

เมื่อ  $W$  คือความกว้าง

$H$  คือความสูง

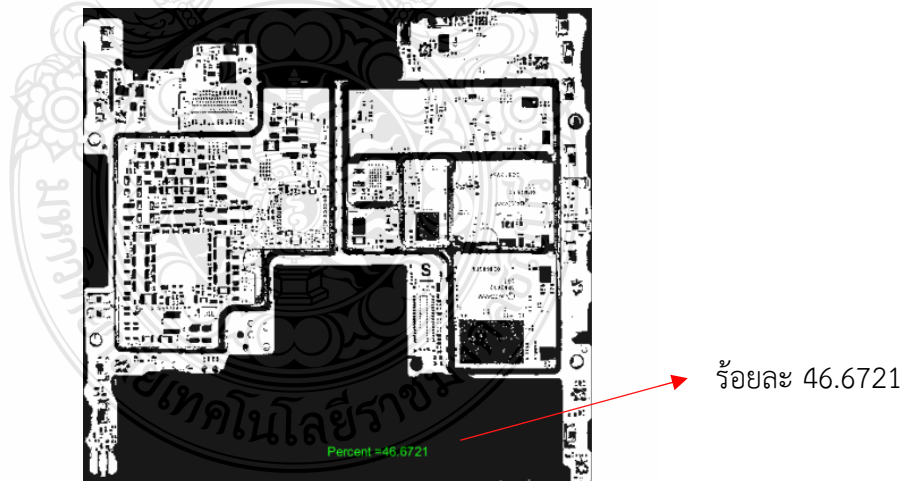
$R$  คือค่าที่เก็บไว้สร้างกรอบสี่เหลี่ยมที่อยู่บนสุด

### 3.3.4 การนับพิกเซล

การนับจำนวนกลุ่มของพิกเซลที่อยู่ติดกัน ทุกๆ คู่ของพิกเซลในกลุ่มเดียวกันจะต้องมีเส้นทางเชื่อมที่ประกอบไปด้วยพิกเซลอื่นๆในกลุ่มที่เรียงต่อกัน โดยต้องไม่มีเส้นทางระหว่างคู่พิกเซลต่างกลุ่มทำงาน โดยแจกหมายเลขกลุ่มให้กับแต่ละพิกเซล พิกเซลที่อยู่คนละกลุ่มจะได้หมายเลขต่างกัน ในอัลกอริทึมนี้ ภาพคอมโพสิเมนต์ไบนารีที่จะนำมาประมวลผล ถูกเก็บในแถวลำดับสองมิติ ที่มีขนาด  $n \times m$  โดยพิกเซลภาพจะมีค่าเป็น 1 และพิกเซลพื้นหลังมีค่าเป็น 0 และใช้ฟังก์ชัน SUM ในการรวมพิกเซล และหาค่าเปอร์เซ็นต์ของภาพแฉงวงจรมิตดังสมการที่ 3.6

$$\text{พิกเซล} = \text{พิกเซลภาพ} + \text{พิกเซลพื้นหลัง}$$

$$\text{ร้อยละของพิกเซล} = \text{พิกเซลภาพ} / \text{พิกเซลของทั้งสองรวมกัน} \times 100 \quad (3.6)$$



รูปที่ 3.8 ภาพลักษณะการนับพิกเซลที่ได้จากกล้องดิจิทัล



ร้อยละ 59.681

รูปที่ 3.9 ภาพลักษณะการนับพิกเซลที่ได้จากกล้องอุตสาหกรรม





## บทที่ 4






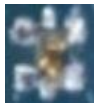
### ผลการทดลอง

จากการดำเนินงานโดยการวิเคราะห์การประมวลผลภาพการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายบนแผงวงจรพิมพ์ ด้วยขั้นตอนการประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคการนับพิกเซล เพื่อให้งานวิจัยฉบับนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ซึ่งจะมีการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

#### 4.1 ลักษณะภาพถ่ายชิ้นส่วนอุปกรณ์ต้นแบบและชิ้นส่วนอุปกรณ์ขาดหายจากกล้องถ่ายภาพดิจิทัล และกล้องอุตสาหกรรม

การตรวจหาการขาดหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ โดยใช้ภาพจากกล้องดิจิทัล และภาพจากกล้องอุตสาหกรรม ซึ่งใช้ภาพแผงวงจรพิมพ์ที่มีชิ้นส่วนอุปกรณ์ขาดหายเพื่อตรวจสอบการตรวจสอบของโปรแกรม ทั้งหมดอย่างละ 120 ภาพ โดยภาพที่ได้จากกล้องดิจิทัลจะมีขนาด 1478 x 1108 พิกเซล และภาพที่ได้จากกล้องอุตสาหกรรมจะมีขนาด 780 x 721 พิกเซล ผลการตรวจสอบการขาดหายไปด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลพบว่าลักษณะภาพถ่ายชิ้นส่วนอุปกรณ์ต้นแบบและชิ้นส่วนอุปกรณ์ขาดหายจากกล้องถ่ายภาพดิจิทัล และภาพจากกล้องอุตสาหกรรม ปรากฏลักษณะ แสดงในตารางที่ 4.1

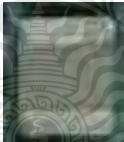



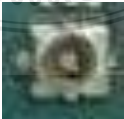
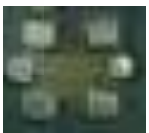


ตารางที่ 4.1 ลักษณะภาพถ่ายชิ้นส่วนอุปกรณ์ต้นแบบและชิ้นส่วนอุปกรณ์ขาดหายจากกล้องถ่ายภาพดิจิทัล

ชื่อตำแหน่งชิ้นส่วนอุปกรณ์	ชิ้นส่วนอุปกรณ์ ต้นแบบ	ชิ้นส่วนอุปกรณ์ ขาดหาย
SMD Resistor		
Connector		
Hold		

ชื่อตำแหน่งชิ้นส่วนอุปกรณ์	ชิ้นส่วนอุปกรณ์ ต้นแบบ	ชิ้นส่วนอุปกรณ์ ขาดหาย
Lift Spring		
IC		

จากตารางที่ 4.1 ลักษณะภาพถ่ายชิ้นส่วนอุปกรณ์ต้นแบบและชิ้นส่วนอุปกรณ์ขาดหายจากกล้องถ่ายภาพดิจิทัล จากแผ่นวงจรพิมพ์ต้นฉบับที่มีชิ้นส่วนครบถ้วน และจากแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีชิ้นส่วนที่ขาดหายไปโดยแสดงเป็นลักษณะภาพสี่

ตารางที่ 4.2 ลักษณะภาพถ่ายชิ้นส่วนอุปกรณ์ต้นแบบและชิ้นส่วนอุปกรณ์ขาดหายจากกล้องถ่ายภาพอุตสาหกรรม

ชื่อตำแหน่งชิ้นส่วนอุปกรณ์	ชิ้นส่วนอุปกรณ์ ต้นแบบ	ชิ้นส่วนอุปกรณ์ ขาดหาย
SMD Resistor		
Connector		
Hold		
Lift Spring		



ชื่อตำแหน่งชิ้นส่วนอุปกรณ์	ชิ้นส่วนอุปกรณ์ ต้นแบบ	ชิ้นส่วนอุปกรณ์ ขาดหาย
IC		

จากตารางที่ 4.2 ลักษณะภาพถ่ายชิ้นส่วนอุปกรณ์ต้นแบบและชิ้นส่วนอุปกรณ์ขาดหายจากกล้องถ่ายภาพอุตสาหกรรม จากแผ่นวงจรพิมพ์ต้นฉบับที่มีชิ้นส่วนครบถ้วน และจากแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีชิ้นส่วนที่ขาดหายไปโดยแสดงเป็นลักษณะภาพสี่

จากตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 พบว่า จากการตรวจหาการขาดหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ โดยใช้ภาพจากกล้องดิจิทัล และภาพจากกล้องอุตสาหกรรม ซึ่งใช้ภาพทั้งหมดอย่างละ 120 ภาพ โดยภาพที่ได้จากกล้องดิจิทัลจะมีขนาด 1478 × 1108 พิกเซล และภาพที่ได้จากกล้องอุตสาหกรรมจะมีขนาด 780 × 721 พิกเซล ภาพจากกล้องดิจิทัลมีความคมชัดมากกว่าทำให้สามารถตรวจหาการขาดหายไปของชิ้นส่วนอุปกรณ์ได้ดีกว่ากล้องอุตสาหกรรม

#### 4.2 ผลการตรวจหาการขาดหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์

จากการใช้โปรแกรมประมวลผลภาพ การตรวจหาค่าต้นฉบับของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ โดยใช้ภาพจากกล้องดิจิทัล ซึ่งใช้ภาพทั้งหมดอย่างละ 20 ภาพ โดยภาพที่ได้จากกล้องดิจิทัลจะมีขนาด 1478 × 1108 พิกเซล ผลการประมวลผลภาพดิจิทัล แสดงในตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** ผลการทดสอบเพื่อหาความต้นฉบับของแผงวงจรพิมพ์ที่มีชิ้นส่วนวงจรพิมพ์ครบถ้วนจากกล้องดิจิทัล

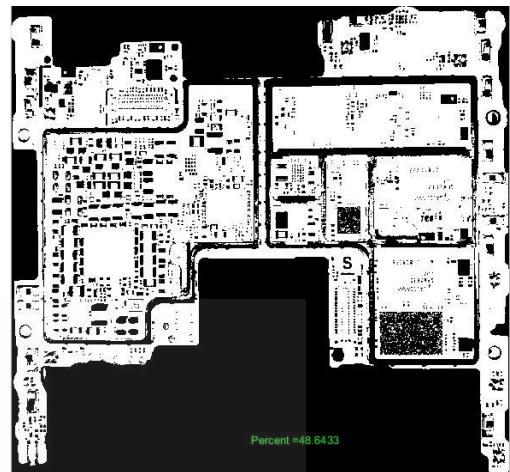
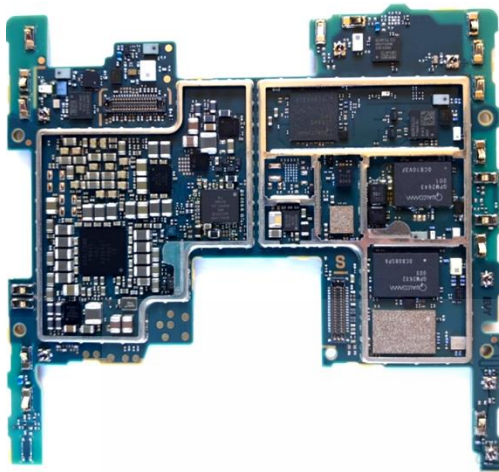
แผงวงจรพิมพ์ (จาก 20 ภาพ)	ค่าพิกเซลของแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วน
1	46.156
2	47.227
3	49.686
4	47.668
5	48.545

จากตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบเพื่อหาความดันฉบับของแผงวงจรพิมพ์ที่มีชิ้นส่วนวงจรพิมพ์ครบถ้วนจากกล้องดิจิทัล จากการนำภาพจากกล้องดิจิทัลไปประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคการนับเฉพาะพิกเซลสีขาว (ยกตัวอย่างจากการทดสอบแผงวงจรพิมพ์ของโทรศัพท์มือถือจำนวน 20 ภาพ) พบว่า ค่าพิกเซลของแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วนที่ 1 มีค่าเท่ากับร้อยละ 46.156 ค่าพิกเซลของแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วนที่ 2 มีค่าเท่ากับร้อยละ 47.227 ค่าพิกเซลของแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วนที่ 3 มีค่าเท่ากับร้อยละ 49.686 ค่าพิกเซลของแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วนที่ 4 มีค่าเท่ากับร้อยละ 47.668 ค่าพิกเซลของแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วนที่ 5 มีค่าเท่ากับร้อยละ 48.545 จึงสรุปได้ว่าจากตัวอย่างของการทดสอบเพื่อหา ค่าดันฉบับของแผงวงจรพิมพ์ที่มีชิ้นส่วนวงจรพิมพ์ครบถ้วนจากกล้องดิจิทัล มีค่าอยู่ระหว่าง ร้อยละ ถึงค่าร้อยละ 46.1 ถึง 49.8 จากการนับเฉพาะพิกเซลสีขาว

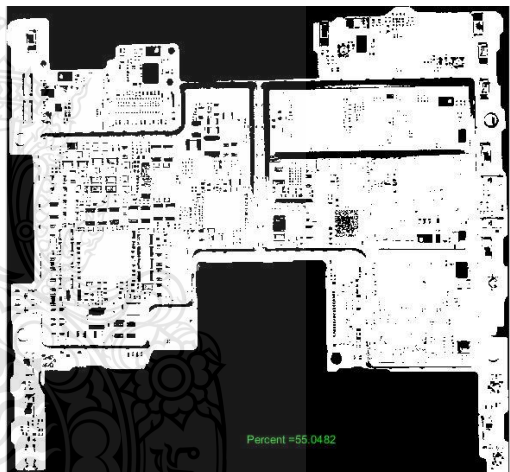
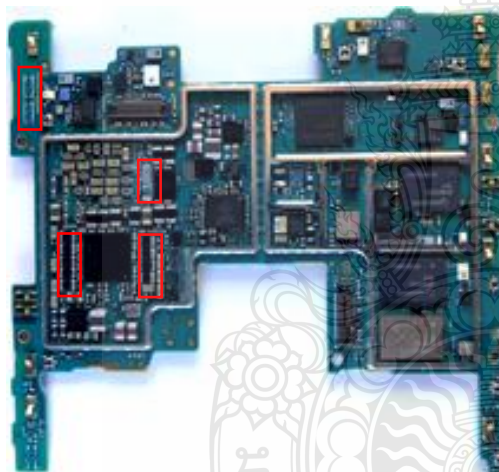
**ตารางที่ 4.4** ผลการตรวจหาการขาดหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์โดยภาพจากกล้องดิจิทัล

แผงวงจรพิมพ์	ค่าพิกเซลต่ำสุด	ค่าพิกเซลสูงสุด
ชิ้นส่วนแผงวงจรพิมพ์ขาดหายไป	49.972	61.1445
ชิ้นส่วนแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วน	46.1557	49.8647

จากตารางที่ 4.4 จากการนำภาพจากกล้องดิจิทัลไปประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคการนับเฉพาะพิกเซลสีขาวนั้น พบว่า ค่าดันฉบับหรือชิ้นส่วนของวงจรพิมพ์ครบถ้วน มีค่าอยู่ระหว่าง ร้อยละ 46.1 ถึงร้อยละ 49.8 หากมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 46.1 ตรวจสอบได้ว่า ภาพถูกรบกวนจากแสงโดยรอบขณะเก็บภาพ เนื่องจากมีแสงตกกระทบมากเกินไป และหากมีค่ามากกว่าร้อยละ 49.5 ตรวจสอบได้ว่า ชิ้นส่วนแผงวงจรพิมพ์ขาดหายไป และ พบว่าชิ้นส่วนแผงวงจรพิมพ์ขาดหายไป มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 49.9 ถึงร้อยละ 61.14 หากมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 49.9 ตรวจสอบได้ว่าชิ้นส่วนแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วน และหากตรวจสอบได้ว่ามีค่ามากกว่าร้อยละ 61.1 ตรวจสอบได้ว่า ภาพถูกรบกวนจากแสงโดยรอบขณะเก็บภาพ เนื่องจากมีแสงตกกระทบน้อยเกินไป



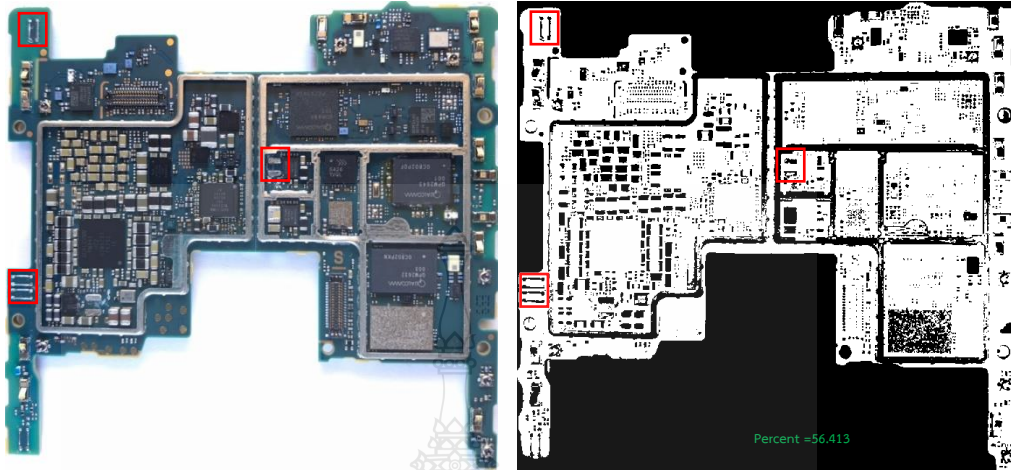
(ก)



(ข)

รูปที่ 4.1 (ก) ชั้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วน (ข) ชั้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ขาดหาย โดยภาพจากกล้องดิจิทัล

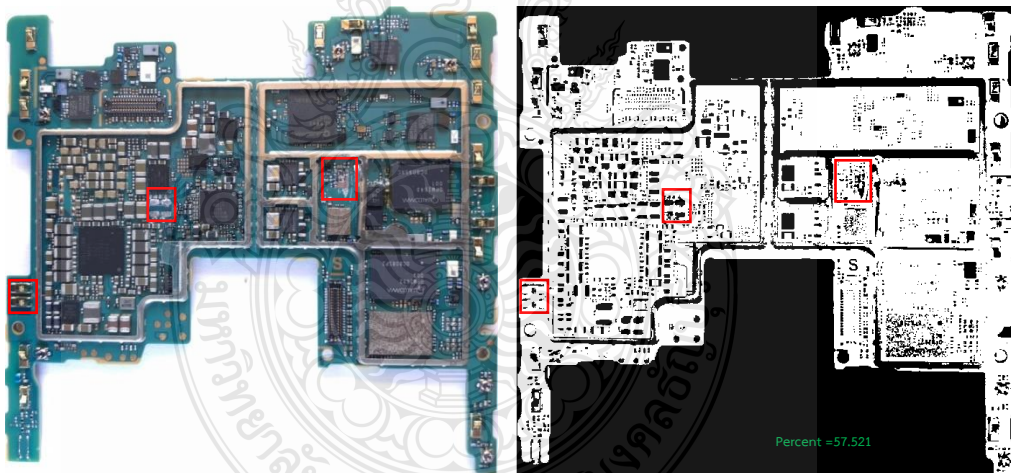
4.2.1 ตัวอย่างภาพการประมวลผลของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ขาดหายโดยภาพจากกล้องดิจิทัลและค่าร้อยละของการประมวลผลภาพโดยการนับพิกเซลสีขาว



(ก) ภาพสี

(ข) ภาพประมวลผล

รูปที่ 4.2 ตัวอย่างภาพการประมวลผลของชิ้นส่วนอุปกรณ์จากกล้องดิจิทัล ที่ 1

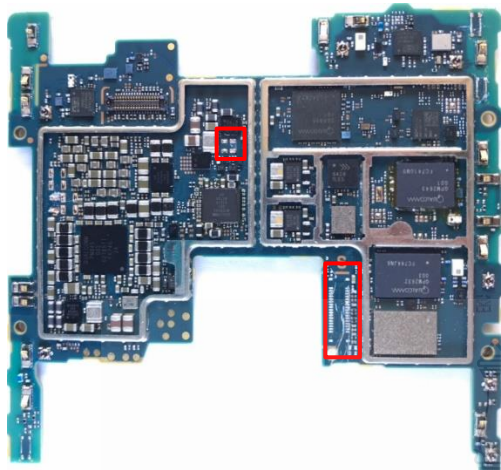


(ก) ภาพสี

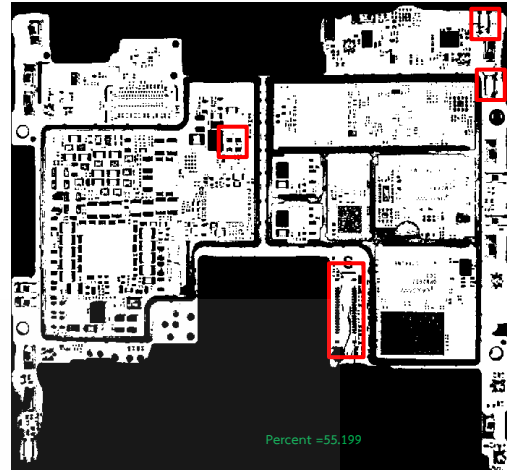
(ข) ภาพประมวลผล

รูปที่ 4.3 ตัวอย่างภาพการประมวลผลของชิ้นส่วนอุปกรณ์จากกล้องดิจิทัล ที่ 2



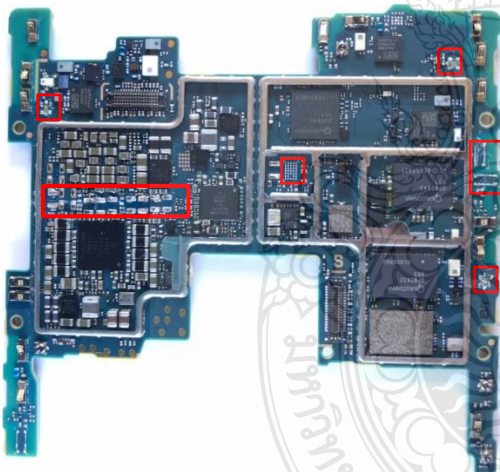


(ก) ภาพสี

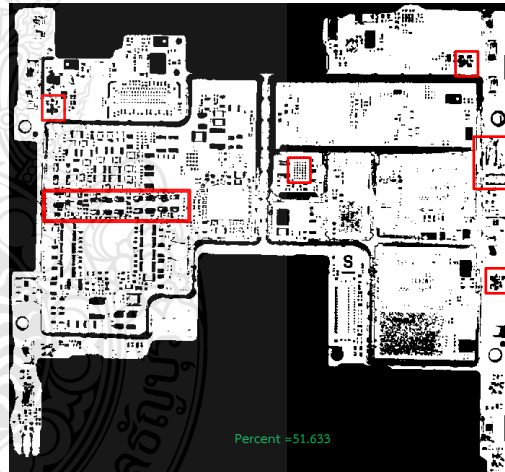


(ข) ภาพประมวลผล

รูปที่ 4.4 ตัวอย่างภาพการประมวลผลของชิ้นส่วนอุปกรณ์จากกล้องดิจิทัล ที่ 3



(ก) ภาพสี



(ข) ภาพประมวลผล

รูปที่ 4.5 ตัวอย่างภาพการประมวลผลของชิ้นส่วนอุปกรณ์จากกล้องดิจิทัล ที่ 4

จากรูปที่ 4.2, 4.3, 4.4 และ 4.5 พบว่า แผ่นวงจรพิมพ์แต่ละแผ่น มีชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายไปในแต่ละแผ่นหลายชนิด ไม่ซ้ำกัน จึงมีค่าการประมวลผลภาพคิดเป็นร้อยละต่างกัน แต่จากภาพของกล้องดิจิทัล สามารถตรวจสอบการขาดหายไปของแผ่นวงจรพิมพ์ได้

**ตารางที่ 4.5** ผลการทดสอบเพื่อหาความดันฉบับของแผงวงจรพิมพ์ที่มีชิ้นส่วนวงจรพิมพ์ครบถ้วนจากกล้องอุตสาหกรรม

แผงวงจรพิมพ์(จาก 20 ภาพ)	ค่าพิกเซลของแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วน
1	59.081
2	49.686
3	34.944
4	18.797
5	47.668

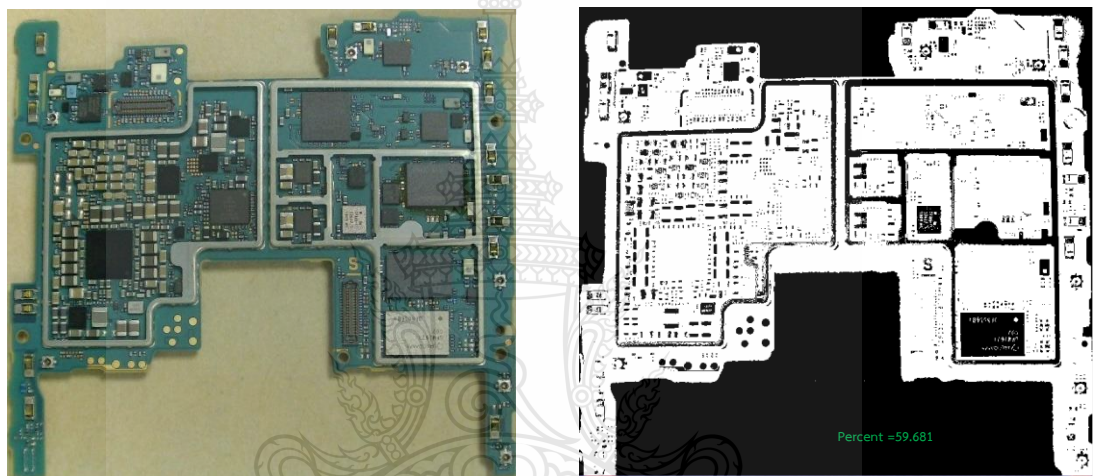
จากตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบเพื่อหาความดันฉบับของแผงวงจรพิมพ์ที่มีชิ้นส่วนวงจรพิมพ์ครบถ้วนจากกล้องอุตสาหกรรม จากการนำภาพจากกล้องอุตสาหกรรมไปประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคการนับเฉพาะพิกเซลสีขาว (ยกตัวอย่างจากการทดสอบแผงวงจรพิมพ์ของโทรศัพท์มือถือจำนวน 20 ภาพ ) พบว่า ค่าพิกเซลของแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วนที่ 1 มีค่าเท่ากับร้อยละ 47.227 ค่าพิกเซลของแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วนที่ 2 มีค่าเท่ากับร้อยละ 49.686 ค่าพิกเซลของแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วนที่ 3 มีค่าเท่ากับร้อยละ 34.944 ค่าพิกเซลของแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วนที่ 4 มีค่าเท่ากับร้อยละ 40.646 ค่าพิกเซลของแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วนที่ 5 มีค่าเท่ากับร้อยละ 47.668 จึงสรุปได้ว่าจากตัวอย่างของการทดสอบเพื่อหาความดันฉบับของแผงวงจรพิมพ์ที่มีชิ้นส่วนวงจรพิมพ์ครบถ้วนจากกล้องอุตสาหกรรม มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 18.797 ถึงร้อยละ 59.681 จากการนับเฉพาะพิกเซลสีขาว

จากการใช้โปรแกรมประมวลผลภาพ การตรวจหาค่าดันฉบับของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ โดยใช้ภาพจากกล้องอุตสาหกรรม ซึ่งใช้ภาพทั้งหมดอย่างละ 20 ภาพ โดยภาพที่ได้จากกล้องอุตสาหกรรม จะมีขนาด 780 x 721 พิกเซล ผลการประมวลผลภาพดิจิทัล แสดงในตารางที่ 4.5

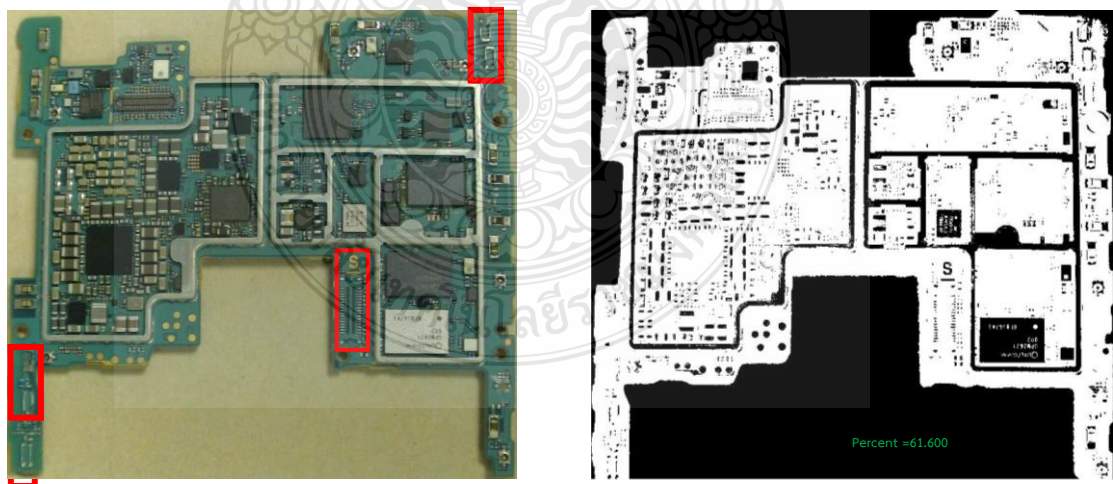
**ตารางที่ 4.6** ผลการตรวจหาการขาดหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์โดยภาพจากกล้องอุตสาหกรรม

แผงวงจรพิมพ์	ค่าพิกเซลต่ำสุด	ค่าพิกเซลสูงสุด
ชิ้นส่วนแผงวงจรพิมพ์ขาดหายไป	60.153	94.122
ชิ้นส่วนแผงวงจรพิมพ์ครบถ้วน	18.797	59.681

จากตารางที่ 4.5 จากการนำภาพจากกล้องอุตสาหกรรมไปประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคการนับเพาะฟักเซลล์สีขาวนั้น พบว่า ค่าดัชนีบัพหรือชิ้นส่วนของวงจรมิมพ์ครบถ้วน มีค่าอยู่ระหว่าง ร้อยละ 18.8 ถึงร้อยละ 59.7 หากมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 18.8 ตรวจสอบได้ว่า ภาพถูกรบกวนจากแสงโดยรอบขณะเก็บภาพ เนื่องจากมีแสงตกกระทบมากเกินไป และหากมีค่ามากกว่าร้อยละ 60.1 ตรวจสอบได้ว่า ชิ้นส่วนแผงวงจรมิมพ์ขาดหายไป และ พบว่าชิ้นส่วนแผงวงจรมิมพ์ขาดหายไป มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 60.1 ถึงร้อยละ 94.1 หากมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 60.1 ตรวจสอบได้ว่าชิ้นส่วนแผงวงจรมิมพ์ครบถ้วน และหากตรวจสอบได้ว่ามีค่ามากกว่าร้อยละ 94.1 ตรวจสอบได้ว่า ภาพถูกรบกวนจากแสงโดยรอบขณะเก็บภาพ เนื่องจากมีแสงตกกระทบน้อยเกินไป



(ก)

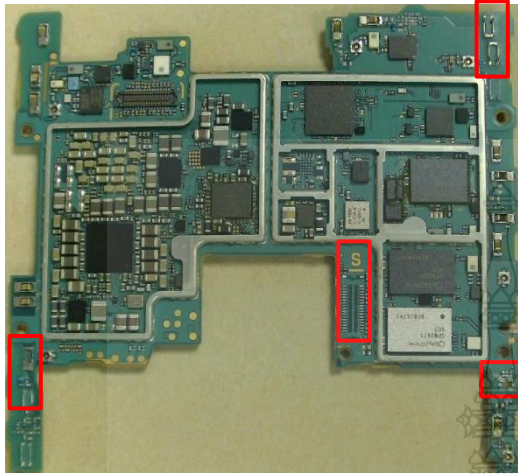


(ข)

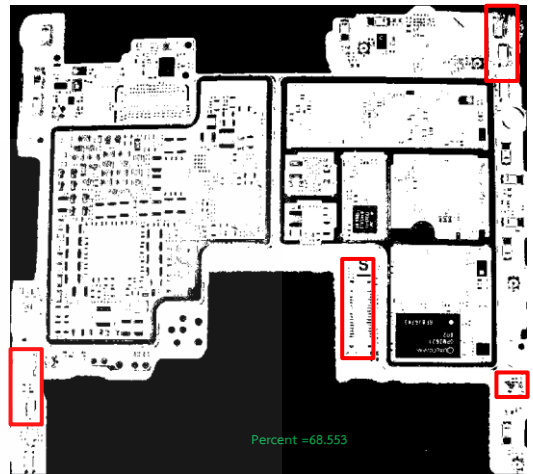
รูปที่ 4.6 (ก) ชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรมิมพ์ครบถ้วน (ข) ชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรมิมพ์ขาดหายไป โดยภาพจากกล้องอุตสาหกรรม



4.2.2 ตัวอย่างภาพการประมวลผลของชิ้นส่วนชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ขาดหายโดยภาพจากกล้องอุตสาหกรรมและค่าร้อยละของการประมวลผลภาพโดยการนับพิกเซลสีขาว

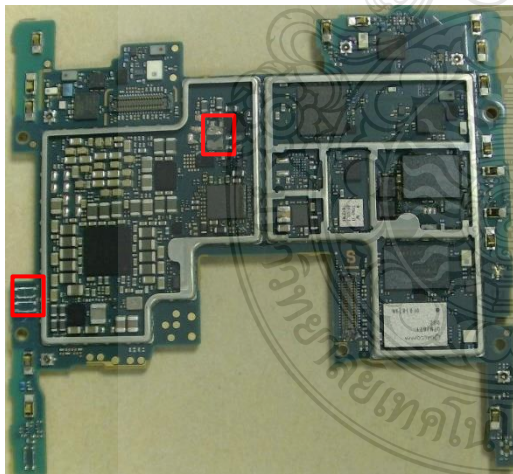


(ก) ภาพสี

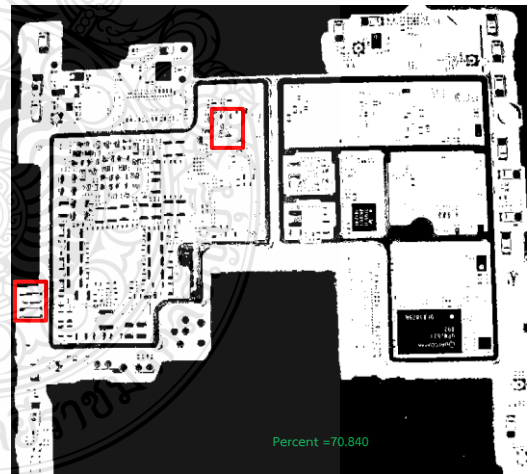


(ข) ภาพประมวลผล

รูปที่ 4.7 ตัวอย่างภาพการประมวลผลของชิ้นส่วนอุปกรณ์จากกล้องอุตสาหกรรม ที่ 1

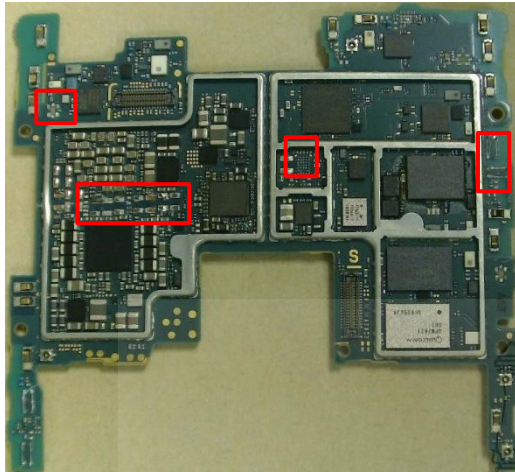


(ก) ภาพสี

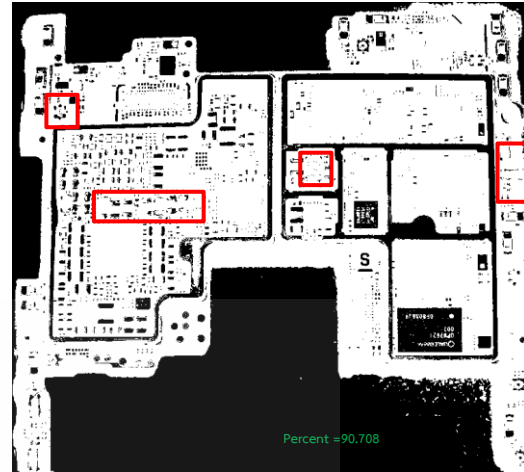


(ข) ภาพประมวลผล

รูปที่ 4.8 ตัวอย่างภาพการประมวลผลของชิ้นส่วนอุปกรณ์จากกล้องอุตสาหกรรม ที่ 2

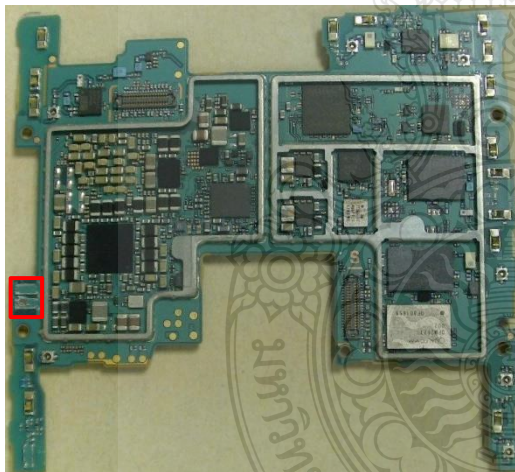


(ก) ภาพสี

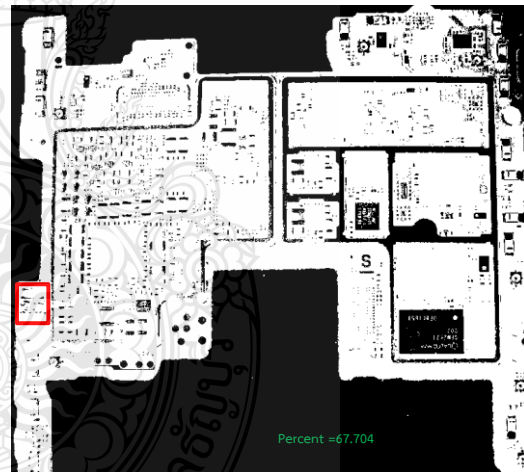


(ข) ภาพประมวลผล

รูปที่ 4.9 ตัวอย่างภาพการประมวลผลของชิ้นส่วนอุปกรณ์จากกล้องอุตสาหกรรม ที่ 3



(ก) ภาพสี



(ข) ภาพประมวลผล

รูปที่ 4.10 ตัวอย่างภาพการประมวลผลของชิ้นส่วนอุปกรณ์จากกล้องอุตสาหกรรม ที่ 4

จากรูปที่ 4.7, 4.8, 4.9 และ 4.10 พบว่า แผ่นวงจรพิมพ์แต่ละแผ่น มีชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายไปในแต่ละแผ่นหลายชนิด ไม่ซ้ำกัน จึงมีค่าการประมวลผลภาพคิดเป็นร้อยละต่างกัน แต่จากภาพของกล้องอุตสาหกรรม สามารถตรวจสอบการขาดหายไปของแผ่นวงจรพิมพ์ได้

จากการใช้โปรแกรมประมวลผลภาพ การตรวจหาการขาดหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ โดยใช้ภาพจากกล้องดิจิทัล และภาพจากกล้องอุตสาหกรรม ซึ่งใช้ภาพที่นำไปทดสอบค่าต้นฉบับหรือแผงวงจรพิมพ์ที่มีชิ้นส่วนครบถ้วน ทั้งหมด 20 ภาพ และใช้ภาพที่นำไปทดสอบชิ้นส่วนแผงวงจรพิมพ์ที่ขาดหายจำนวน 100 ภาพ โดยภาพที่ได้จากกล้องดิจิทัลจะมีขนาด 1478 x 1108 พิกเซล และภาพที่ได้จากกล้องอุตสาหกรรมจะมีขนาด 780 x 721 พิกเซล ผลการตรวจสอบการขาดหายไปด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลโดยแสดงเป็นค่าร้อยละ แสดงในตารางที่ 4.6

**ตารางที่ 4.7** ผลการตรวจสอบการขาดหายไปของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์

กรณีการตรวจสอบ	โปรแกรมพบว่าขาดหายไป	โปรแกรมพบว่าส่วนประกอบครบถ้วน
ชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ขาดหายไปจากกล้องดิจิทัล	92	8
ชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ขาดหายไปจากกล้องอุตสาหกรรม	87	13

จากตารางที่ 4.6 พบว่า จากการใช้โปรแกรมประมวลผลภาพ การตรวจหาการขาดหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ โดยใช้ภาพจากกล้องดิจิทัล และภาพจากกล้องอุตสาหกรรม

กรณีการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ขาดหายไปจากกล้องดิจิทัลซึ่งใช้ภาพที่นำไปทดสอบคือภาพที่มีชิ้นส่วนแผงวงจรพิมพ์ที่ขาดหายจำนวน 100 ภาพ โปรแกรมสามารถตรวจสอบได้ว่าแผงวงจรพิมพ์มีชิ้นส่วนที่ขาดหายไป ร้อยละ 92 และเกิดการผิดพลาดของการตรวจสอบจากโปรแกรม ร้อยละ 8 ซึ่งการผิดพลาดคือโปรแกรมตรวจสอบพบว่าจากแผงวงจรพิมพ์ที่มีชิ้นส่วนที่ขาดหาย โปรแกรมตรวจพบว่าแผงวงจรพิมพ์มีชิ้นส่วนครบถ้วน ซึ่งการผิดพลาดเกิดจากการรบกวนของแสงรอบข้างขณะเก็บภาพ

กรณีการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ขาดหายไปจากกล้องอุตสาหกรรมซึ่งใช้ภาพที่นำไปทดสอบคือภาพที่มีชิ้นส่วนแผงวงจรพิมพ์ที่ขาดหายจำนวน 100 ภาพ โปรแกรมสามารถตรวจสอบได้ว่าแผงวงจรพิมพ์มีชิ้นส่วนที่ขาดหายไป ร้อยละ 87 และเกิดการผิดพลาดของการตรวจสอบจากโปรแกรม ร้อยละ 13 ซึ่งการผิดพลาดคือโปรแกรมตรวจสอบพบว่าจากแผงวงจรพิมพ์ที่มีชิ้นส่วนที่ขาดหาย โปรแกรมตรวจพบว่าแผงวงจรพิมพ์มีชิ้นส่วนครบถ้วน ซึ่งการผิดพลาดเกิดจากการรบกวนของแสงรอบข้างขณะเก็บภาพ

การใช้กล้องดิจิทัล มีความละเอียดของเลนส์สูงกว่ากล้องอุตสาหกรรม ส่งผลให้การตรวจสอบ การขาดหายมีความคงที่มากกว่า และจากการตรวจสอบค่ามีความผิดพลาดเนื่องจากการกระทบของ แสงและพื้นหลังของแผงวงจรพิมพ์



## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการทดลองตรวจหาการขาดหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ โดยการวิเคราะห์การประมวลผลภาพการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายบนแผงวงจรพิมพ์ ด้วยขั้นตอนการประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคการนับพิกเซล จึงได้สรุปผลการวิเคราะห์ที่ทำมาทั้งหมด รวมไปถึงข้อเสนอแนะในการพัฒนาหรือประยุกต์ใช้ในอนาคตต่อไป

#### 5.1 สรุปผลการตรวจหาการขาดหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบการทดลองการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายบนแผงวงจรพิมพ์ ด้วยการประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคการนับพิกเซล โดยในการทดลองใช้ภาพถ่ายแผงวงจรพิมพ์จากกล้องดิจิตอลขนาด 1478 x 1108 พิกเซล และจากกล้องอุตสาหกรรม ขนาด 783 X 724 พิกเซล อย่างละ จำนวน 120 ภาพ ประกอบด้วย ภาพที่ทดสอบเพื่อหาค่าต้นฉบับ(แผงวงจรพิมพ์ที่มีชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ครบถ้วน) จำนวน 20 ภาพ และภาพแผงวงจรพิมพ์ที่มีชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขาดหายจำนวน 100 ภาพ

โดยขั้นตอนวิธีการทำเริ่มจากการทำภาพจากภาพสีให้เป็นภาพไบนารี เพื่อแปลงค่าภาพก่อนนำเข้าสู่กระบวนการประมวลผลภาพ ซึ่งจะมีค่าระดับความเข้มสองระดับคือสีขาวและสีดำ เพื่อความรวดเร็วในการแปลงภาพจึงใช้ภาพไบนารีและปรับค่าความเหมาะสมในการทดลองโดยใช้การปรับค่าเทรชโฮลด์ จากนั้นนำภาพไปคอมพลิเมนต์เพื่อให้ภาพแผ่นพีซีบีแปลงค่าจากดำเป็นขาว และจากขาวเป็นสีดำ และนำไปหาขอบของแผงวงจรพิมพ์ โดยการใช้วิธี Bounding Box เพื่อคำนวณหาจุดพิกัดที่ครอบคลุม 4 จุด เพื่อที่จะได้กรอบสี่เหลี่ยมที่ครอบคลุมที่อยู่ขอบบนสุดของภาพ จึงจะได้พื้นที่ในการนับพิกเซลของภาพ จากนั้นจะใช้ภาพคอมพลิเมนต์ไบนารีที่จะนำมาประมวลผลและจะใช้ฟังก์ชัน SUM ในการรวมพิกเซล และหาค่าเปอร์เซ็นต์ของภาพแผงวงจรพิมพ์

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบที่นำเสนอสามารถบรรลุประสิทธิภาพการทดลอง 2 กรณี โดยกรณีที่ 1 การใช้ภาพแผงวงจรพิมพ์จากกล้องดิจิตอลความละเอียดสูง สามารถบรรลุประสิทธิภาพการทดลอง ได้ถึงร้อยละ 92 กรณีที่ 2 การใช้ภาพแผงวงจรพิมพ์จากกล้องอุตสาหกรรมที่มีความละเอียดน้อยกว่า ต้นทุนต่ำกว่า แต่ประสิทธิภาพการทดลองสามารถบรรลุได้ร้อยละ 87 เนื่องจากความละเอียดของเลนส์น้อยกว่า และแสงรบกวนโดยรอบ ทำให้สรุปได้ว่าการใช้กล้องดิจิตอลความละเอียดสูงสามารถตรวจจับและจำแนกอุปกรณ์ที่ขาดหายบนแผงวงจรพิมพ์ได้ดีกว่ากล้องอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม 2

กรณี สามารถพัฒนาเพื่อการลดเวลาและป้องกันการบกพร่องของการทำงานของมนุษย์ได้ในงาน  
อุตสาหกรรม

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 สามารถนำประยุกต์ใช้กับงานวิจัยกับระบบอื่นได้ อาจจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยน  
ขั้นตอนเพื่อความเหมาะสมกับระบบต่างๆ โดยต้องคำนึงถึงสมมุติฐานเบื้องต้นที่ใช้ และข้อจำกัดต่างๆ

5.2.2 สามารถเพิ่มความละเอียดของกล้องอุตสาหกรรมเพื่อการวัดประสิทธิภาพของแผงวงจรพิมพ์  
ที่เพิ่มมากขึ้น

5.2.3 สามารถเพิ่มการใช้แสงสว่าง เพื่อป้องกันแสงรบกวนโดยรอบ และเพิ่มประสิทธิภาพของ  
กล้องอุตสาหกรรม เพื่อให้ได้ภาพที่นำไปประมวลผลภาพดิจิทัลที่ดี



## บรรณานุกรม

- [1] วัชรพงษ์ พรหมวิริยกุล. “การพัฒนาต้นแบบซอฟต์แวร์สำหรับการตรวจสอบข้อบกพร่อง การประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้หลักการประมวลผลภาพดิจิทัล”. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร 2557.
- [2] สุพรรณณี ศิริมาก, สุธาธิณี กรสิงห์, และจักรี ศรีนนท์ฉัตร. “การหาพื้นที่ชิพรีซิสเตอร์ด้วย การกรองแบบมอร์โฟโลยี”. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6. (น. 869-872). ระเบียบ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2557.
- [3] สุนิสา เรืองศรีและสุวารี ศรีอำพรธรรม. “การตรวจจับวัตถุต้องสงสัยด้วยการประมวลผลดิจิทัล”. โครงการวิศวกรรมคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2552.
- [4] ขวัญจิต ออกเวหา และจักรี ศรีนนท์ฉัตร. “การศึกษาการตรวจหาวัตถุที่อยู่บนสุดของภาพที่ทับซ้อนโดยใช้เทคนิคมาร์จิ้นอลสเปซและมอร์โฟโลยี”. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี , 2555.
- [5] S. H. I. Putera, S. F. Dzafaruddin, & M. Mohamad. “MATLAB based defect detection and classification of printed circuit board” 2012 Second International Conference on Digital Information and Communication Technology and it's Applications (DICTAP), Bangkok, 2012, pp. 115-119. doi:10.1109/DICTAP.2012.6215366, 2012
- [6] จักรกฤษ อ่อนชื่นจิตร และจักรี ศรีนนท์ฉัตร. “การเปรียบเทียบการแบ่งส่วนภาพสำหรับการตรวจสอบคุณภาพแผ่นวงจรพิมพ์”. วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2561.
- [7] Faisal Ardhy, Farkhad Ihsan Hariadi. “Development of SBC based Machine-Vision System for PCB Board Assembly Automatic Optical Inspection”. ISESD. Pp386-393, 2016.
- [8] Jun-Oh Kim, Youn-Ae Lee, and Tae-Hyoung Park. “Automatic Extraction of Component Inspection Regions from Printed Circuit Board”. IEEE. PP871-876, 2012.



## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [9] Stefan Oprea, Joan Lita, Daniel Alexandru ViJan, Ion Bogdan Cioc. (2007) **“Digital image processing applied in determination of misplaced components on a PCB, marked with colour code”**.IEEE. PP.410-413, 2007.
- [10] W. Huang, & P. Wei. **“A PCB Dataset for Defects Detection and Classification”** Journal of LATEX Class Files, 14(8), pp. 1-9. <https://arxiv.org/pdf/1901.08204>, 2018.
- [11] S. H. I. Putera & Z. Ibrahim.**“Printed circuit board defect detection using mathematical morphology and MATLAB image processing tools”**. 2010 Second International Conference on Education Technology and Computer (ICETC), Shanghai, China, vol. 5, pp. 359-363. doi:10.1109/ICETC.2010.5530052, 2010.
- [12] Han– in, C. and P. Tae–Hyung . **“Template matching method for SMD inspection using discrete wavelet transform.”** SICE Annual Conference, 2008.
- [13] A. P. S. Chauhan & S. C. Bhardwaj. **“Detection of Bare PCB Defects by Image Subtraction Method using Machine Vision”**. Proceedings of the World Congress on Engineering, 2, pp. 1597-1601,2011.
- [14] Leta, F. R. and F. F. Feliciano. **“Computational system to detect defects in mounted and bare PCB Based on connectivity and image correlation.”** Systems, Signal and Image Processing, 2008. IWSSIP 2008. 15th International Conference on,2008.
- [15] P. P. Londe & S. A. Chavan. **“Automatic PCB Defects Detection and Classification using Matlab.”** International Journal of Current Engineering and Technology, 4(3), pp. 2119-2123,2015.
- [16] Masalkar, P.R. and Kasliwal, P.S. **“Study of the Image Processing algorithms for defect detection of PCBs.”** Internationnal Journal of Engineering Technology Science and Research, ; 4(6): 606-612 ,2017

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [17] Rane, S., Rai, V. and Awate, S. “PCB Fault Detection using Embedded Image Processing.” International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering. ; 5(3): 559-563, 2016.
- [18] I. Ibrahim, Z. Ibrahim, K. Khalil, M. M. Mokji, S. A. R. S. A. Bakar, N. Mokhtar, & W. K. W.Ahmad. “An Improved Defect Classification Algorithm for Six Printing Defects and Its Implementation on Real Printed Circuit Board Images.” International Journal of Innovative Computing, Information and Control, 8(5A), pp. 3239-3250, 2012.
- [19] ณัฐนันท์ ภัทรเวชวงศ์. “การประยุกต์ใช้เทคนิคประมวลผลภาพสำหรับกระบวนการทดสอบการทำงาน ของ แผง วงจร ใน หลอดไฟ แอลอี ดี ” . บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2561.
- [20] บุญธรรม ภัทรจารุกุล. “การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น”. ซีเอ็ดยูเคชั่น . กรุงเทพฯ. หน้า 98-99, 2556.
- [21] สมหญิง ไทยนิมิต. “การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้นด้วย MATLAB”. โครงการหนังสืออิเล็กทรอนิกส์เฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, 2553. [ออนไลน์ ] สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2562. จาก <http://ebook.lib.ku.ac.th/ebook27/ebook/2014RG0087/#p=4>.
- [23] พรชัย นิเวศน์รังสรรค์ และ คณะ. (2562). “เครื่องตรวจสอบชิ้นงานด้วยภาพ” คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 2562.



ภาคผนวก



- การสร้างภาพเปรียบเทียบ

```
x=imread('2ng.jpg');  
y=im2bw(x,0.5);  
y=imcomplement(y);  
y = y(1:end-10,:);  
imshow(y);  
hold on;
```

- การคิดค่าร้อยละของภาพแฉงวงจรมิมพ์

```
% //Read in the image from StackOverflow  
x1=imread('2ng.jpg');  
x2=imread('1.jpg');  
% //Threshold and remove last 10 rows  
y1=im2bw(x1,0.3);  
y2=im2bw(x2,0.3);  
y1=imcomplement(y1);  
y2=imcomplement(y2);  
% //Calculate all bounding boxes  
s1=regionprops(y1, 'BoundingBox');  
s2=regionprops(y2, 'BoundingBox');  
%// Obtain all of the bounding box co-ordinates  
bboxCoords1 = reshape([s1.BoundingBox], 4, []).';  
bboxCoords2 = reshape([s2.BoundingBox], 4, []).';  
% // Calculate top left corner  
topLeftCoords1 = bboxCoords1(:,1:2);  
topLeftCoords2 = bboxCoords2(:,1:2);  
% // Calculate top right corner
```

```

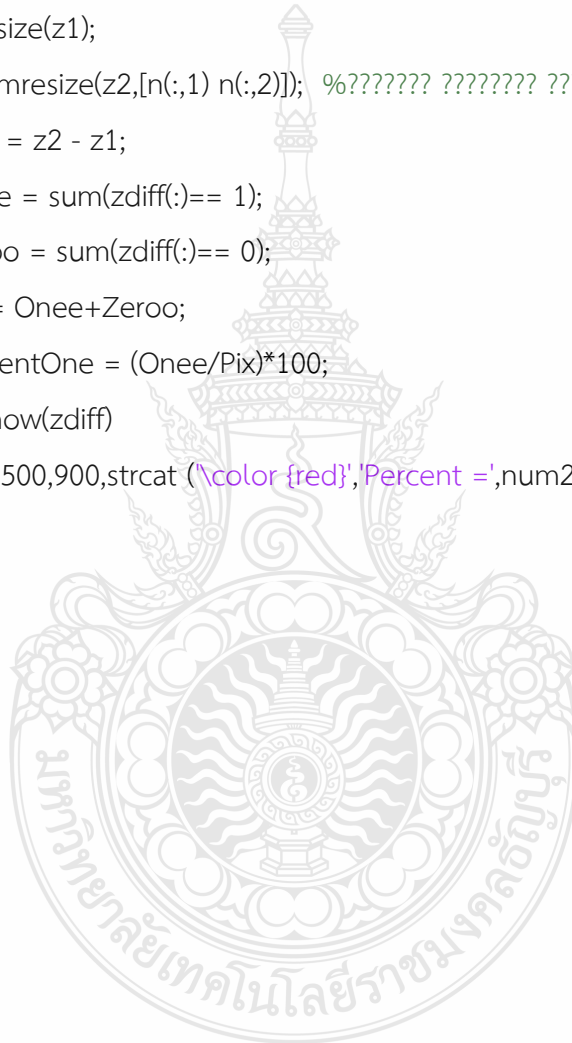
topRightCoords1 = [topLeftCoords1(:,1) + bboxCoords1(:,3)
topLeftCoords1(:,2)];
topRightCoords2 = [topLeftCoords2(:,1) + bboxCoords2(:,3)
topLeftCoords2(:,2)];
% // Calculate bottom left corner
bottomLeftCoords1 = [topLeftCoords1(:,1) topLeftCoords1(:,2) +
bboxCoords1(:,4)];
bottomLeftCoords2 = [topLeftCoords2(:,1) topLeftCoords2(:,2)
bboxCoords2(:,4)];
% // Calculate bottom right corner
bottomRightCoords1 = [topLeftCoords1(:,1) + bboxCoords1(:,3)
topLeftCoords1(:,2) + bboxCoords1(:,4)];
bottomRightCoords2 = [topLeftCoords2(:,1) + bboxCoords2(:,3) ...
topLeftCoords2(:,2) + bboxCoords2(:,4)];
% // Calculating the minimum and maximum X and Y values
finalCoords1 = [topLeftCoords1; topRightCoords1; bottomLeftCoords1;
bottomRightCoords1];
minX1 = min(finalCoords1(:,1));
maxX1 = max(finalCoords1(:,1));
minY1 = min(finalCoords1(:,2));
maxY1 = max(finalCoords1(:,2));
finalCoords2 = [topLeftCoords2; topRightCoords2; bottomLeftCoords2;
bottomRightCoords2];
minX2 = min(finalCoords2(:,1));
maxX2 = max(finalCoords2(:,1));
minY2 = min(finalCoords2(:,2));
maxY2 = max(finalCoords2(:,2));
% Draw the rectangle on the screen
width1 = (maxX1 - minX1);
height1 = (maxY1 - minY1);

```

```

rect1 = [minX1 minY1 width1 height1];
width2 = (maxX2 - minX2);
height2 = (maxY2 - minY2);
rect2 = [minX2 minY2 width2 height2];
z1=imcrop(x1,rect1); %imcrop ?????????
z2=imcrop(x2,rect2);
n = size(z1);
z2=imresize(z2,[n(:,1) n(:,2)]); %????????? ?????????? ?????????????????????
zdiff = z2 - z1;
Onee = sum(zdiff(:)== 1);
Zeroo = sum(zdiff(:)== 0);
Pix = Onee+Zeroo;
PercentOne = (Onee/Pix)*100;
imshow(zdiff)
text(500,900,strcat ('\color {red}','Percent =',num2str (PercentOne)))

```







ภาคผนวก ข.

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

## ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

ผู้วิจัยได้ดำเนินงานวิจัยและได้นำเสนอเผยแพร่ดังนี้

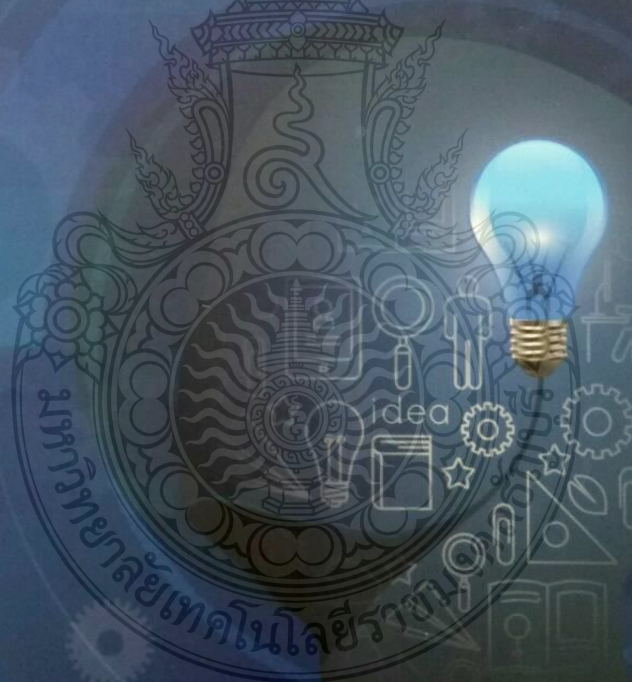
- [1] C.Boonkong and W.Ooppakaew. (2019). **Detection of Component Missing on Printed Circuit Boards by Image Processing using Pixel Counting Technique.** The 2nd International Conference on Applied Science, Engineering and Interdisciplinary Studies 2019 (ASEIS 2019). (pp.14-17). Rajamangala University of Technology Thanyaburi. 4-5 July 2019.
- [2] ชัชฎาพร บุญคง และวิเชียร อุบแก้ว. (2565). **การพัฒนาการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหาย บนแผงวงจรพิมพ์ด้วยการประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคการนับพิกเซล.** การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14 (EENET 2022). (น. 289 - 292). จังหวัดภูเก็ต. 25-27 พฤษภาคม 2565.





# 2<sup>ND</sup> ASEIS 2019 AND 4<sup>TH</sup> PRN-CON

The 2<sup>nd</sup> International Conference on Applied Science, Engineering and Interdisciplinary Studies and The 4<sup>th</sup> Prachachuen Research Network National and International Conference



4 - 5 July 2019

at Rajamangala University of Technology Thanyaburi,  
Pathum thani, Thailand





## Message from President

Rajamangala University of Technology Thanyaburi is the technology university which focuses on human resource development in science and technologies. We emphases on producing professional hands-on graduates, who are ready to work, research, invent, innovate and provide innovation research to the community and society which support industrial needs, and benefit the countries economic advancement.

On behalf of the university, board and staffs, we cordially invite all the participants from all over the world to attend "The 2<sup>nd</sup> International Conference on Applied Science, Engineering, and Interdisciplinary Studies 2019 (2<sup>nd</sup> ASEIS 2019). The aims of this conference are to exchange and to discuss information about the latest developments, trends, research, and future outlook in science and technology field. It also provides a stimulating and informative forum for discussion and a platform for collaborations among professional societies, also to enhance technical exchanges among participants through plenary lectures and technical sessions.

On this occasion, I sincerely hope that the outcome of this meeting will be another step to provide the opportunity for researchers and students of the Rajamangala University of Technology Thanyaburi, together with 18 Universities from Prachachuen Research Network University. We sincerely hope that ASEIS-2019 serves as an international platform for meeting researchers from around the world, widen professional contact and create new opportunities, including establishing new collaborations, which is useful for the development of research to improve quality both nationally and internationally

We sincerely invite you to participate in ASEIS 2019 in Bangkok, THAILAND!

*Virach Hotravaisaya*

(Mr. Virach Hotravaisaya)  
Acting President

Rajamangala University of Technology Thanyaburi

## Message from Vice President



Rajamangala University of Technology Thanyaburi (RMUTT) has an intense commitment and in resolution to educate, develop learning processes and support academic research, which produces qualified graduates to society and global markets requirements. RMUTT offers courses and programs leading to officially recognized higher education from bachelor to doctorate degrees in several areas of study. Our 29,000 alumni members are among the scientists, engineers, researchers, and innovators in industry, universities, and government sections on professional levels.

The theme of “The 2<sup>nd</sup> International Conference on Applied Science, Engineering and Interdisciplinary Studies 2019 (2<sup>nd</sup> ASEIS 2019) and The 4<sup>th</sup> Prachachuen Research Network National and International Conference (4<sup>th</sup> PRN-CON)” is to provide open discussion and valuable feedback among prestigious researchers, with their most current and innovative achievements in applied science, engineering, and interdisciplinary studies. The conference will include plenary speech, keynote speeches, invited speeches, oral presentations and poster presentations. As an annual gathering, it provides an extensive platform for scientists, researchers and scholars to present their research results and discuss the practical challenges encountered and the solutions adopted. The previous conference ASEIS 2018 successfully held in last year, has attracted over 150 participants from 6 countries.

(Assistant Professor Dr. Sommai Pivsa-Art)

Vice President

Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand





## Message from Director of Institute of Research and Development

Institute of Research and Development (IRD), Rajamangala University of Technology Thanyaburi is committed in developing a research and enhancing a research quality to be internationally recognized. We realized the importance of disseminating research results to society and encourage researchers to extend their research, invention and innovation into commercialization.

The 2<sup>nd</sup> ASEIS 2019 together with 4<sup>th</sup> PRN-CON conference offers a wonderful opportunity for all the scientists, academicians, industry people and young researchers to meet at one place to share and gain knowledge through oral and poster presentations in the fields of technologies. Participants from the top international academic, government and private industry of different disciplines participate in ASEIS 2019 to identify new technology trends, development tools, product opportunities, R&D collaborations, and commercialization partners. It is an excellent event for students to meet and discuss with lead researchers. The conference covers all frontier topics such as information and technology, visual information processing and color vision, innovation and technology for engineering, technology for medical science and herb, nanotechnology and applied materials, applied science, business management and administration, and humanity and social sciences.

We appreciate all the generous from our guests, many universities and research organizations in Thailand and worldwide. We hope that this conference will give you valuable contacts and knowledge which be helpful for everyone.



Warunee Ariyawiriyanan

(Assistant Professor Dr. Warunee Ariyawiriyanan)  
Director of Institute of Research and Development  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand



## Conference Program of 2<sup>nd</sup> ASEIS 2019 and 4<sup>th</sup> PRN-CON: July 4-5, 2019

July 4, 2019		Registration at Songphanpiak Meeting Room and Welcome Drink at Victoria Room, 1st Fl.					
9:00-10:00		Opening Remarks by Assoc. Prof. Dr. Prasert Pinprathomrat, Senator, THAILAND					
10:00-10:10		PL: Prof. Dr. Sumito Iijima, JAPAN Topic: Nanoscience and electron microscopy					
10:10-10:50		KE01: Prof. Dr. Li Chun, CHINA Topic: Biological activities based quality control of Medicinal plants using in Chinese Medicine					
10:50-11:15		KE02: Prof. Dr. Khasanov Oleg Leonidovich, RUSSIA Topic: Properties of transparent luminescent nanoceramics doped with rare earth ions					
11:15-11:40		KE03: Prof. Dr. Sanjay A. DeoKar, INDIA Topic: Application of Artificial Intelligence in Roof Top Solar PV net metering Grid Systems.					
11:40-12:05							
12:05-12:30		Announcement Prachachuen Research Network-Young Researcher Award 2019					
12:30-13:30		Lunch at Victoria Room, 1 <sup>st</sup> Fl.					
July 5, 2019		Parallel Sessions at RMITTT Central Building, 6-11 <sup>th</sup> Fl.					
Session 1: Information and Technology		Session 2: Visual Information Processing and Color Vision	Session 3: Technology and Innovation for Engineering	Session 4: Medical Science and Herb	Session 5: Nanotechnology and Applied Materials	Session 6: Business Management and Administration (PRN National & International Conference)	Session 7: Humanity and Social Sciences (PRN National & International Conference)
Room	1001	1002	1003	1004	1005	1101	1006
Chairs	Asst. Prof. Dr. Jakkree Srirongchiat	Prof. Dr. Ikeda Mitsuo	Asst. Prof. Dr. Sivakorn Anghthong	Dr. Chanai Noisang	Prof. Dr. Khasanov Oleg Leonidovich	Asst. Prof. Dr. Salitta Saribud	Asst. Prof. Dr. Pakornkiat Sawetmethikul
Co-Chairs	Amnuay Ruengwaree	Dr. Chanprapha Phuangsuwan	Asst. Prof. Dr. Wirachai Roymarn	Asst. Prof. Wairachet Khobjai	Dr. Prakorb Chartpuk Asst. Prof. Dr. Sorapong Pavasupree	Asst. Prof. Dr. Piyachat Burawat	Asst. Prof. Dr. Chaipoth Hualmanop
14:00-14:25	S1N1	14:00-14:25 S2N1	14:00-14:15 S3O1	14:00-14:15 S4O1	14:00-14:25 S5N1	14:00-14:15 S6O1TH	14:00-14:25 S7N1
14:25-14:40	S2O1	14:25-14:40 S2O1	14:15-14:30 S3O2	14:15-14:30 S4O2	14:25-14:40 S5O1	14:15-14:30 S6O2TH	14:25-14:40 S7O1
14:40-14:55	S2O2	14:40-14:55 S2O2	14:30-14:45 S3O3	14:30-14:45 S4O3	14:40-14:55 S5O2	14:30-14:45 S6O3TH	14:40-14:55 S7O2
14:55-15:10	S2O3	14:55-15:10 S2O3	14:45-15:00 S3O4	14:45-14:55 Break	14:55-15:10 S5O3	14:45-15:00 S6O4TH	14:55-15:10 S7O3
15:10-15:25	S2O4	15:10-15:25 S2O4	15:00-15:15 S3O5		15:10-15:25 S5O4	15:00-15:15 S6O5TH	15:10-15:25 S7O4
15:25-15:40	S2O5	15:25-15:40 S2O5	15:15-15:25 Break		15:25-15:40 S5O5	15:15-15:30 S6O6TH	15:25-15:35 Break
15:40-15:50	Break	15:40-15:55 S2O6	15:25-15:40 S3O6		15:40-15:55 S5O6	15:30-15:40 Break	15:35-15:50 S7O5
15:50-16:05	S2O6	15:55-16:05 Break	15:40-15:55 S3O7		15:55-16:05 Break	15:40-15:55 S6O7TH	15:50-16:05 S7O6
16:05-16:20	S2O7	16:05-16:30 S2N2	15:55-16:10 S3O8			15:55-16:10 S6O8TH	16:05-16:20 S7O7
16:20-16:35	S2O8	16:30-16:45 S2O7				16:10-16:25 S6O9TH	16:20-16:35 S7O8
16:35-16:50	S2O9	16:45-17:00 S2O8				16:25-16:40 S6O10TH	16:35-16:50 S7O9TH
16:50-17:05	S2O10	17:00-17:15 S2O9					16:50-17:05 S7O10TH
17:05-17:20	S2O11	17:15-17:30 S2O10					
17:20-17:35	S2O12	17:30-17:45 S2O11					
14:00-18:00		17:45-18:00 S2O12					
<b>Poster Session Room 1007</b>							

## Detection of Component Missing on Printed Circuit Boards by Image Processing using Pixel Counting Technique

C. Boonkong<sup>1</sup>, W. Ooppakaew<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup> Department of Electronics and Telecommunication Engineering  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi,

Email: Chatchadaporn\_b@mail.rmutt.ac.th \*Wichian.o@en.rmutt.ac.th

### *Abstract*

In the process of assembling the electronic components on printed circuit board (PCB) is the part that necessary to inspect because of it is the main part for connecting the other part together. If this part was missing, it may cause unavailable phone and getting error in the next assembling process. Currently, the manufacturer assigns the operator to inspect the damaged component on printed circuit board using visual inspection. When the operator has inspected the part for a long time, it may cause eye fatigue that affects error in inspecting. Therefore, this paper proposed the method to inspect the damaged component on the printed circuit board using pixel counting method with one hundred example pictures of printed circuit board (size:1478x1108). From the experimental results were found that the pixel counting method providing more efficiency than the traditional method by 92 percent approximately.

**Keyword:** Detection of component missing, pixel counting technique, image processing



## Detection of Component Missing on Printed Circuit Boards by Image Processing using Pixel Counting Technique

C. Boonkong<sup>1</sup>, W. Ooppakaew<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup> Department of Electronics and Telecommunication Engineering

Rajamangala University of Technology Thanyaburi,

Email: [Chatchadaporn\\_b@mail.rmutt.ac.th](mailto:Chatchadaporn_b@mail.rmutt.ac.th) [Wichian.o@en.rmutt.ac.th](mailto:Wichian.o@en.rmutt.ac.th)

### Abstract

In the process of assembling the electronic components on printed circuit board (PCB) is the part that necessary to inspect because of it is the main part for connecting the other part together. If this part was missing, it may cause unavailable phone and getting error in the next assembling process. Currently, the manufacturer assigns the operator to inspect the damaged component on printed circuit board using visual inspection. When the operator has inspected the part for a long time, it may cause eye fatigue that affects error in inspecting. Therefore, this paper proposed the method to inspect the damaged component on the printed circuit board using pixel counting method with one hundred example pictures of printed circuit board (size:1478x1108). From the experimental results were found that the pixel counting method providing more efficiency than the traditional method by 92 percent approximately

**Keyword:** Detection of component missing, pixel counting technique, image processing

### I. INTRODUCTION

The main board of mobile phone consist of many electronic components inside. After the assembly of components on the printed circuit board, the inspection is needed to check that the components are correctly on the position as design. The missing components on printed circuit board is very important to check due to various components on printed circuit board are connecting the other parts together. If the component on printed circuit board was damaged, it will make the printed circuit board not carrying the electrical current to the phone parts regularly. In present, most industry need to inspect the missing component and circuit using digital image processing such as [1]. Using AOI machine to inspect the quality of printed circuit board is high efficient but the price is very expensive. Other researcher used Sobel boundary extraction [2] to find coordinate of missing component in sample image compared with original image but this technique cannot detect the small parts or overlapping parts.

The process of missing component inspection on the printed circuit board using pixel counting technique is counting the numbers of white pixel. The procedure for counting the numbers of white pixel consist of converting RGB image to binary image [3] which has 2 contrast levels: white and black level. For fast image conversion, using binary image and adjust the suitable value of threshold is needed. Then the complement function is used to invert binary image. Calculating 4 coordinates of the object with bounding box method and sum function to summarize the pixel are utilized for analysis.

Finally, the experimental result found that pixel counting method has capability to inspect the missing component on printed circuit board around 92 percent and can detect overlapping parts

efficiently. However, this technique will be implemented on the real hardware to prove that it can be inspected the missing components on the mobile phone main circuit boards.

### II. MORPHOLOGY

#### Binary image

Binary image is the image that displayed in black and white level, the image data in each points were defined by 1-bit binary value which 1 value is white point and 0 value is black point on image as figure 1.

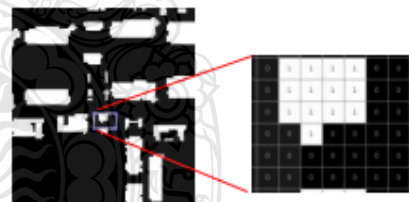


Fig. 1 Binary image

The creating of binary image finished with threshold technique by comparing between the first image point and constant value which called "threshold" that has value between 0-255 as equation 1.

$$g(i,j) = \begin{cases} 1, & \text{for } f(i,j) \geq T \\ 0, & \text{for } f(i,j) < T \end{cases} \quad (1)$$

Where  $f$  is the input images,  $g$  is binary images,  $T$  is constant (Threshold Techniques),  $g(i,j)=1$  is visual element of the object,  $g(i,j)=0$  is background image elements[4]

**Complement image**

The complement of binary image which makes the opposite binary value from black to white and white to black as figure 2.

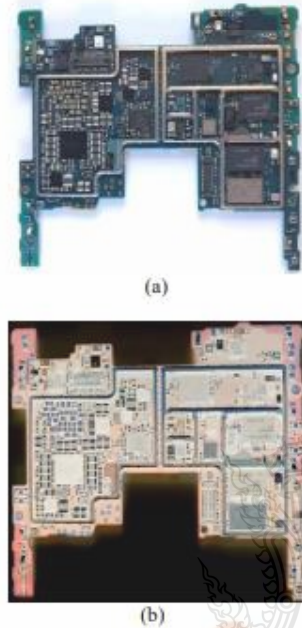


Fig. 2 (a) Color image (b) Complement image

**Bounding box**

Bounding box is the function that estimates [5] the center of object in detected area when defining the center point for object. The function will create rectangular box surrounds the object by creating black and white object to calculate the coordinates of rectangle and then let the minimum value and maximum value at each axis as equation 2

$$\begin{aligned} W &= (maxX-minX) \\ H &= (maxY-minY) \\ R &= [minx minY wight height] \end{aligned} \quad (2)$$

Where *W* is the width, *H* is the height and *R* is the stored value creates a rectangle that is at the top.

**Pixel counting**

The counting of the numbers of adjacent pixel, all of couple of pixels in the same group must has connection line that consists of other pixel in arranged group which not has way between the different group of couple pixel. The process of pixel counting is releasing a number's group for each pixel; the pixel in the different groups obtained a

different number in this algorithm. The complement binary image stores in 2-dimensional matrix at *n*×*m* size, with image pixel is 1 and background pixel is 0. Then sum function is used to summarize the pixel of the image. Finally, finding the percentage of image is calculate showing the expected results as figure 3.



Fig. 3 Pixel counting

**III. METHODS AND EXPERIMENT**

The one hundred printed circuit board photos with the size 1478 × 1108 pixel from digital cameras are used to this experiment. There is an analysis process as follows.

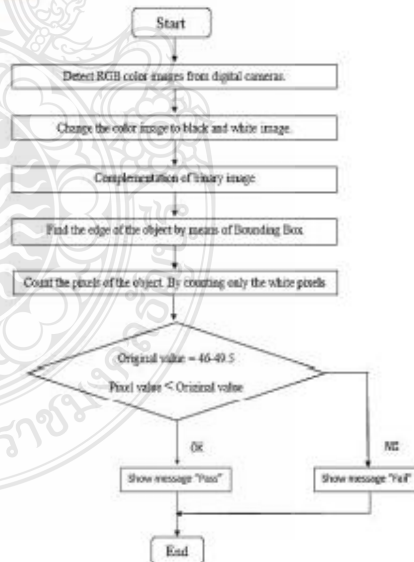


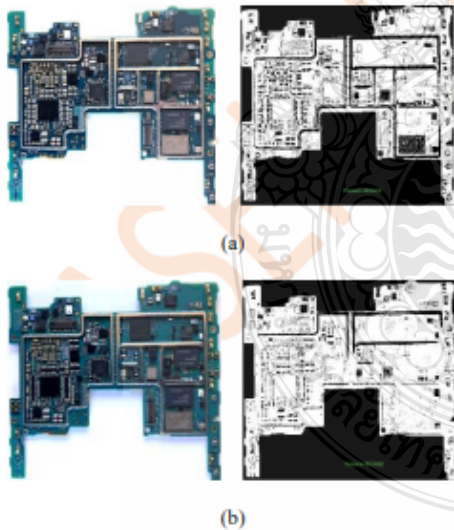
Fig. 4 Experimental procedure

The experimental procedure is getting an original color image which obtained from camera.

Then converting the color image to complement binary image for finding a top white pixel, bottom white pixel, left white pixel and right white pixel is processed. The program will create rectangular box to enclose the desired object after counting the numbers of white pixel. If the percentage of white pixel is between 46-49.5 percent, the result shows that the components on printed circuit board were not missing. However, if the percentage of white pixel is higher than 50 percent. It means that the components on printed circuit board were missing.

**Table 1** The result of missing component on printed circuit board inspection from 100 images using white pixel counting with the maximum pixel value and minimum pixel value as follow:

printed circuit board	Minimum pixel value	Maximum pixel value
Component Missing on Printed Circuit Boards	49.9720	61.1445
Component completely on Printed Circuit Boards	46.1557	49.5647



**Fig. 5** (a) Component missing on printed circuit boards (b) Component completely on printed circuit boards

**Table 2** Component prototype on printed circuit boards and component missing on printed circuit boards from digital cameras

Position name	Component Prototype	Component Missing
Component		
Connector		
Hold		
Spring		
IC		

#### IV. RESULTS

The inspection of the missing component on printed circuit board with pixel counting method using 100 sample images, it found that the method can inspect the missing component on printed circuit board around 92 images and getting error from method around 8 images as shows in table 3

**Table 3** The result of missing components on printed circuit board inspection from 100 images

Examination	The program detect that missing	The program detect that completely
Component Missing on Printed Circuit Boards	92	8

From the result in table 3 found that the pixel counting method can inspect the missing component on printed circuit board at accuracy around 92 percent and error percentage is 8 percent that caused by brightness while taking the image.



Therefore, the research will consider this factor for developing the inspecting system in the future.

## V. CONCLUSION

In this paper proposed the technique of missing component on printed circuit board using pixel counting providing more efficiency than the traditional method by 92 percent and error percentage is 8 percent that caused by brightness while taking the image.

## REFERENCES

- [1] J.Srinonchata and S.Sirimark, "Enhancement Machine Vision System Using Morphology Technique" ICISIP2014, pp. 194-198, Sep. 2014.
- [2] S.Reuxngsri and S.Sriaumphon., "Detection suspicious object with digital image processing", Project of Telecommunications Engineering Suranaree University of Technology, (2009).
- [3] B.Phatarajarawan., "Fundamentals of Digital image Processing", SE-ED's textbook Bangkok, pp. 98-99, (2013).
- [4] S.Tantigiti., "Image Processing for Detecting Dengue Virus from WBC", Thesis of Science Information Technology Siam University (2016).
- [5] M.B abu K and M V Raghunadh., " Vehicle Number Plate Detection and Recognition using Bounding Box Method ", ICACCCT, pp. 106-110, (2016).



The 2<sup>nd</sup> International Conference on Applied Science,  
Engineering and Interdisciplinary Studies 2019 and  
The 4<sup>th</sup> Prachachuen Research Network National and International Conference  
(2<sup>nd</sup> ASEIS & 4<sup>th</sup> PRN-CON 2019)

Present to

Chatchadaporn Boonkong, Wichian Ooppakaew

For the paper entitled,

Detection Of Component Missing On Printed Circuit Boards By Image Processing Using Pixel Counting Technique

  
(Mr. Virach Hotravsaya)

Acting President of Rajamangala University of Technology Thanyaburi





การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14  
The 14th Electrical Engineering Network 2022

# EENET 2022

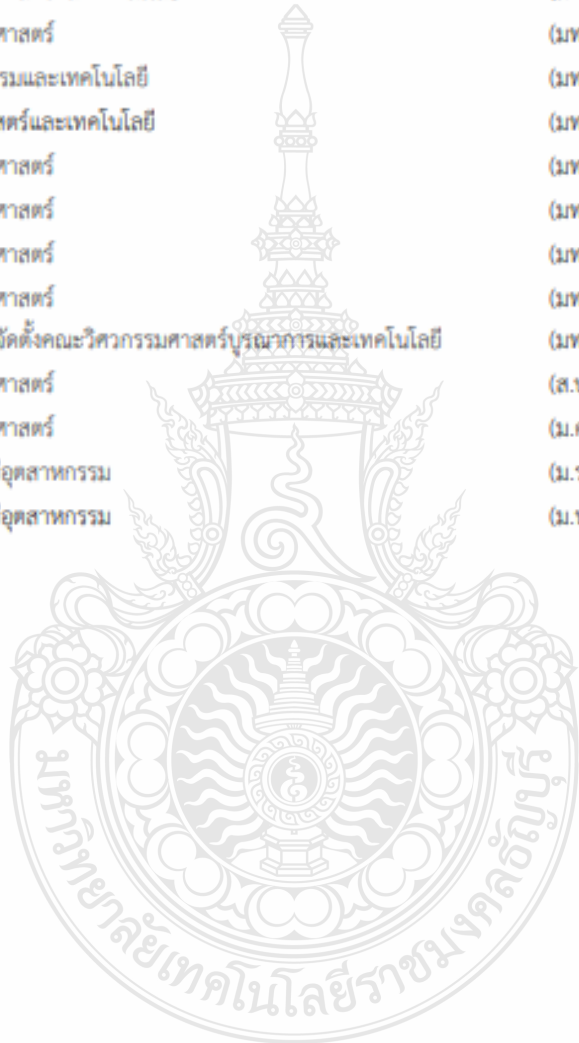
25-27 MAY 2022 Hilton Phuket Arcadia Resort & Spa, Phuket

## CONFERENCE TOPICS

1. Electrical Power (PW)
2. Electronics, Circuit and Communication (EC)
3. Power Electronics (PE)
4. Computer and Information Technology (CP)
5. Control Systems and Instrumentation (CT)
6. Digital Signal Processing (DS)
7. Energy and Energy Saving (ES)
8. Innovation and Invention (IN)
9. General Electrical Engineering (GN)
10. Special Session on Electrical Engineering (SS)

คณะกรรมการที่ปรึกษาเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	(มทร.ธัญบุรี)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	(มทร.ล้านนา)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์	(มทร.สุวรรณภูมิ)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี	(มทร.อีสาน)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	(มทร.อีสาน)
คณบดีคณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี	(มทร.อีสาน)
คณบดีคณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี	(มทร.อีสาน)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	(มทร.พระนคร)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	(มทร.ศรีวิชัย)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	(มทร.กรุงเทพ)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	(มทร.รัตนโกสินทร์)
ผู้อำนวยการโครงการจัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์บูรณาการและเทคโนโลยี	(มทร.ตะวันออก)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	(ส.ปทุมวัน)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	(ม.ศรีนครินทรวิโรฒ)
คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	(ม.ราชภัฏเชียงราย)
คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	(ม.นครพนม)



คณะกรรมการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า

รองศาสตราจารย์ ดร.โกศล โอนารโพโรจน์	ที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์ ดร.ภาณพ์ เกิดชื่น	ที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์ ดร.ประมุข อุณหเลขกะ	ที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์	ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.อุเทน คำนำน	รองประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หวังนิพนานโต	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยั้ง ปลั่งกลาง	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ระวี ระวีกุล	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.เวศิน ปิยรัตน์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประหยัด กองสุข	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิทักษ์ บุญนุ่น	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายชล ชุตเชื้อชื่น	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วารุณี ศรีสงคราม	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วุฒิชัย สว่างาม	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกวิทย์ หายักวงษ์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิชัย บุญปิยทัศน์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิเชษฐ ทัพย์ประเสริฐ	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรัญ คนแรง	กรรมการ
อาจารย์ ดร.เจษฎา สารสุข	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.บัญชาดี รักไทยเจริญชีพ	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการสมาคมไฟฟ้าและพลังงานไอทริปเปิลอี (ประเทศไทย)

นายวิลาศ เฉลยสัตย์ ผู้ว่าการ การไฟฟ้านครหลวง	ประธานกรรมการ
นายสมชาย หอมกสันแก้ว รองผู้ว่าการ การไฟฟ้านครหลวง	รองประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.นพพร สีปรีชานนท์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	รองประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คุณย์พิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	รองประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.ธนพงษ์ สุวรรณศรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.สมพร สิริสำราญกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.นรเศรษฐ์ พัฒนเดช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญณรงค์ บาลมงคล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	กรรมการ
ดร.ประดิษฐพงษ์ สุขสิริถาวรกุล บริษัท อีทาสี เอบีบี เพาเวอร์ กริดส์ ประเทศไทย จำกัด	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า

รองศาสตราจารย์ ดร.ประมุข อุณหเลขกะ	(มทร.สุวรรณภูมิ)	ที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิภักดีพิชญ์	(มทร.ธัญบุรี)	ที่ปรึกษา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชระ กัญจนกาญจน์	(มทร.สุวรรณภูมิ)	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุพธนา กันทะพะเยา	(มทร.สุวรรณภูมิ)	รองประธานกรรมการ
อาจารย์สุวัฒน์ กิจเจริญวัฒน์	(มทร.กรุงเทพ)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วุฒิไกร จันทร์ขามเรียน	(มทร.ตะวันออก)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภัทร พันธุ์คง	(มทร.ธัญบุรี)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ	(มทร.พระนคร)	กรรมการ
อาจารย์ ดร.ทศพล ทิพย์โพธิ์	(มทร.รัตนโกสินทร์)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปภัศรีขจรณ์ อารีย์กุล	(มทร.ศรีวิชัย)	กรรมการ
อาจารย์ ดร.กัญจนา ชัยอมฤต	(มทร.อีสาน)	กรรมการ
อาจารย์ ดร.ไพวรรณ เม็ดตรวจ	(มทร.อีสาน)	กรรมการ
อาจารย์ ดร.วีระ อัญญาภิรักษ์	(มทร.อีสาน)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญยงค์ สิงห์เจริญ	(มทร.อีสาน)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมวล ชูรัตน์	(ม.ศรีนครินทรวิโรฒ)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ นางหิน	(ส.ปทุมวัน)	กรรมการ
อาจารย์ ดร.วีระกุล ประทุมกุล	(ส.ปทุมวัน)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ	(มทร.ล้านนา)	กรรมการ
อาจารย์ณรงค์ นันทกุล	(มทร.ล้านนา)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภา ใจแข็ง	(ม.ราชภัฏเชียงราย)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธราธิป ภูระหงษ์	(ม.นครพนม)	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วารุณี ศรีสงคราม	(มทร.สุวรรณภูมิ)	กรรมการและเลขานุการ
อาจารย์ปฎิวัติ บุญมา	(มทร.สุวรรณภูมิ)	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
อาจารย์วราภรณ์ สือใจ	(มทร.สุวรรณภูมิ)	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
อาจารย์กรรณีย์ ศิริจันทร์ชื่น	(มทร.สุวรรณภูมิ)	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ



รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

ศาสตราจารย์ ดร.ยุพธนา ชำสุวรรณ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศาสตราจารย์ ดร.ประยูทธ อัครเอกพัฒนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ศิริปรัชญานันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ทิพย์สุวรรณพร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ อุดมธรรมชาติกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
รองศาสตราจารย์ ดร.คณพล คำปัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา สาคระรังค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
รองศาสตราจารย์ ดร.อรพิน ชาญนำสิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ภฤชณะพงศ์ พันธุ์ศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.วันไชย คำแสน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง
รองศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ ร่มพุดตาล	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
รองศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย ทองโสภา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
รองศาสตราจารย์ ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐพร ไชยญาติ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.นันทิยา ชัยบุตร	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
รองศาสตราจารย์ ดร.เสถียร ธีัญญศิริรัตน์	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หวังนิพนพานโต	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
รองศาสตราจารย์ ดร.อลงกรณ์ พรหมที	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
รองศาสตราจารย์นภัทร วัฒนเทพินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุพธนา กันทะพะเยา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วารุณี ศรีสงคราม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรายุธ พงศ์กุลภัทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีสุดา ไชยทองสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยยันต์ บุญมี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพร ศรีวัฒนพล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เดือนใจ อาชีวะพนิช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีรพล จันทร์หอม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพบุลย์ เกียรติสุขคนาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

25-27 พฤษภาคม พ.ศ. 2565 โรงแรมฮิลตัน อารีเกทีว รัชชวิถี แอพท์ ฮาป่า จังหวัดภูเก็ต

A-XIII

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (ต่อ)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควัฒน์ จันทร์ตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลียว เกตุแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คุณย์พิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุมารินทร์ แสงพานิช	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศรีราชา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นาตยา คล้ายเรือง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศรีราชา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพล จิรจรีต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสิทธิ์ วิสุทธิเมธีกร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรภพ ตูประกาย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภัทร พันธุ์คง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ์เกียรติ์ เสวตเมธิกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย แดงแอม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ แหมงงาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร วุฒิพัฒน์พันธุ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนา ศุภิตการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูนศรี วรรณการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์ สุดคนึง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์พงษ์ ศรีสนิท	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจษฎาพร สदानทรัพย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ บุญเจริญลาภ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไกรฤกษ์ เขยชื่น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิยมขวัญ เหลือแดง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสพโชค โพธิ์ทองคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลกฤษณ์ ทุนคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรจักร เมืองใจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย เดชธรรมรงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุพดี หนีตลิ่ง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกิต แก้วดวงตา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา ยิ่งขยัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่



รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (ต่อ)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ยาอุทมิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณพร ทีแก่ง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพพร พัชรประภิติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิฑูรย์ พรหมมี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ เมตไตรพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีโรจน์ ปงลังกา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนนท์ นำอิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประกาศิต ศรีทะแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ ทิพजर	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคลกร ศรีวิชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กึ่งกาญจน์ ปวนสุรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ว่าที่ร้อยตรี ดร.สิทธิบูรณ์ ศิริพรอัครชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ เคลือบวัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ฤทธิ์ ทัพพ์คำวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ สากุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตรัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เป็กร์ชกรณ์ อารีย์กุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตรัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประหยัด กองสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จันทบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิวัฒน์ คงรัตน์ประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สงชัย คล้ายคลัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทีนิจ ศรีธ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภฤติเดช บัวใหญ่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรวัฒน์ บุครบุญชู	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรินทร์ศักดิ์ แซ่เตี่ยว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกษม เนื้อแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภฤตยา สมสัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย ครอบกิจศิริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุริยา แก้วอาษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ ปัญญาแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชัย อยู่เปล้า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โษทศร์รัต ธรรมบุษดี	มหาวิทยาลัยมหิดล

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (ต่อ)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรพรรณ แซ่เล่า	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุลักษณ์ มงคล	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกานต์ จันทร์เสวีวิทยา	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพล อุ๋นศรี	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ นางหิน	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนัญญ์ชัย วุฒินันท์	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี ชัยวิวัฒน์ตระกูล	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมวล ชูรัตน์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ นาราชฎี	มหาวิทยาลัยสยาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาติ โสณะแสง	มหาวิทยาลัยนครพนม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐ ธีงสุข	มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรัญ คนแรง	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาพ ใจแข็ง	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อานนท์ อิศรมงคลรักษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์เทพ รักถาวรศักดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรุง สิววัฒนา	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยโทจิตรกรณ์ เพชรภักดี	มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาสพิชญ์ ชูใจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรนันท์ ศรีธนาอุทัยกร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เฉลิมพล เรืองพัฒน์วิวัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิฑูรย์ โคตรมณี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิติพงษ์ สมไชยวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกชัย ชัยดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วุฒิชัย ส่งงาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พันธพงษ์ อภิชาติกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริชัย ลาภาสระน้อย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกวิทย์ หายักวงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จงเจริญ คุ้มบุญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนฉัตร ราชบุรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์องอาจ แสคใหม่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

25-27 พฤษภาคม พ.ศ. 2565 โรงแรมฮิลตัน ฮาร์เกดีย์ รีสอร์ท แอนด์ สปา จังหวัดภูเก็ต

A-XVI

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (ต่อ)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วุฒิไกร จันทร์ขามเรียน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จันทบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชาคริต วินิจธรรม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จันทบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปฎิมากร จันทร์พริ้ม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อดิศักดิ์ แซ่สารกิจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิกิจ สุวัฒน์	มหาวิทยาลัยสยาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิภาวัลย์ นาคทรัพย์	มหาวิทยาลัยสยาม
อาจารย์ ดร.สัตถาภูมิ ไทยพานิช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
อาจารย์ ดร.มาลีสา ตั้งจิตเจษฎา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
อาจารย์ ดร.สุรพล โรจนประดิษฐ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
อาจารย์ ว่าที่ร้อยตรีหญิง ดร.นิยวดี ศรีสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
อาจารย์ ดร.วิเชียร อุปแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อาจารย์ ดร.สีลวัต รมโพธิ์ชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อาจารย์ ดร.กวีวีร์ ทิววงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
อาจารย์ ดร.ทองเพียร พรหมบุตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
อาจารย์ ดร.ธนารัตน์ ต้นมณีประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อาจารย์ ดร.ปรัชญา มงคลไวย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
อาจารย์ ดร.ทศพล พิทยโพธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
อาจารย์ ดร.แหวดดาว พรหมแสน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
อาจารย์ ดร.วิยะดา มีศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
อาจารย์ ดร.อนุสรณ์ ยอดใจเพชร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
อาจารย์ ดร.ทักษ์ หงษ์ทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
อาจารย์ ดร.ธีระศักดิ์ สมศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
อาจารย์ ดร.สมนึก สุระธง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
อาจารย์ ดร.นพพล มณีเชิยร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
อาจารย์ ดร.สามารถ ยะเชียงคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
อาจารย์ ดร.จักรภพ ไหมแสน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
อาจารย์ ดร.สุวรรณ จันทร์อินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง
อาจารย์ ดร.เดือนแรม พ่างเกี่ยว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก
อาจารย์ ดร.เอกรัฐ ชะอุมเอี้ยด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก
อาจารย์ ดร.ก่อเกียรติ ยี่อดทรัพย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (ต่อ)

อาจารย์ ดร.เสกสรร พลสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สกลนคร
อาจารย์ ดร.วีระ ชันยาภิรักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สกลนคร
อาจารย์ ดร.มงคล ต้านบำรุงตระกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อาจารย์ ดร.ประจวบ อินระวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อาจารย์ ดร.ยุทธนา คงจีน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อาจารย์ ดร.กัญญา ชัยอมฤต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ขอนแก่น
อาจารย์ ดร.ชาญวิทย์ ชัยอมฤต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ขอนแก่น
อาจารย์ ดร.อมรเทพ สอนศิลป์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ขอนแก่น
อาจารย์ ดร.ไพวรรณ เกิดตรง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ขอนแก่น
อาจารย์ ดร.ศรีฐา แจ่มสามสี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
อาจารย์ ดร.สรร รัตนสัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ ดร.พัชรวดี ทูลสำราญ	มหาวิทยาลัยบูรพา
อาจารย์ ดร.ณรงค์กรณ์ อุทาพิพย์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อาจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.กุชงค์ จันทร์จิระ	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ ดร.ธวัช ชูเชิด	มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
อาจารย์ ดร.สุธาสิณี คุปตะบุตร	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
อาจารย์ ดร.ชูเกียรติ ศิริ	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 1
อาจารย์ ดร.กนกวรรณ นนทพจน์	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ



สรุปจำนวนบทความที่ผ่านการพิจารณา

สาขาบทความวิจัย	บทความ
ไฟฟ้ากำลัง (PW)	30
อิเล็กทรอนิกส์ วงจรและสื่อสาร (EC)	12
อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (PE)	10
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CP)	13
ระบบควบคุมและการวัด (CT)	17
ระบบประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (DS)	3
พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน (ES)	35
นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ (IN)	46
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)	31
หัวข้อพิเศษทางวิศวกรรมไฟฟ้า (SS)	7
<b>รวมทั้งสิ้น</b>	<b>204</b>





## การพัฒนาการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายบนแผงวงจรพิมพ์ด้วยการประมวลผลภาพ โดยใช้เทคนิคการนับพิกเซล

### The Development of Missing Component Inspection on Print Circuit Boards Using Pixel Counting Technique

ชัชฎา บุญง และ วิเชียร อุบลแก้ว

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สำนักวิทยุบุรี จังหวัดปทุมธานี โทรศัพท์ 0-2549-3420 E-mail: Chatchadaporn\_b@mail.rmutt.ac.th

<sup>2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สำนักวิทยุบุรี จังหวัดปทุมธานี โทรศัพท์ 0-2549-3420 E-mail: wichian.o@en.rmutt.ac.th

#### บทคัดย่อ

ในขั้นตอนการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ลงบนแผงวงจรพิมพ์ของแผงวงจรโทรศัพท์มือถือ ชิ้นส่วนที่ขาดหายไปมีความสำคัญต่อการทำงานในฟังก์ชันต่างๆ ดังนั้นการตรวจสอบชิ้นส่วนบนแผงวงจรพิมพ์ที่ขาดหายไป สาเหตุจากแผงวงจรที่ประกอบบนแผงวงจรจึงมีความสำคัญ ซึ่งในปัจจุบันในบางโรงงานมีการตรวจสอบโดยใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งเครื่องจักรสำหรับตรวจสอบและนับจำนวนเป็นระยะเวลาสั้นๆ อาจจะทำให้เกิดความเมื่อยล้าและก่อให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นบทความวิจัยนี้จึงนำเสนอการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายบนแผงวงจรพิมพ์ของโทรศัพท์มือถือซึ่งการประกอบอุปกรณ์ต่างๆ ลงบนที่จับนี้ด้วยวิธีการประมวลผลภาพทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้เทคนิคการนับพิกเซลร่วมกับการอ่านค่าพิกเซลจากกล้องอุตสาหกรรม โดยระบบการตรวจสอบชิ้นส่วนของอุปกรณ์บนแผงที่จับนี้ให้โดยผู้ปฏิบัติงานเป็นแบบจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมต่อไป จากผลการทดลองของระบบตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์โดยใช้การถ่ายภาพแผงวงจรพิมพ์ของโทรศัพท์ขนาด 783 x 724 พิกเซล จำนวน 100 ภาพ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เทคนิคการนับพิกเซลมีประสิทธิภาพในการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายบนแผงวงจรพิมพ์ร้อยละ 87

คำสำคัญ: การตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงที่จับนี้, เทคนิคการนับพิกเซล, การตรวจสอบแบบที่จับนี้ด้วยกล้องอุตสาหกรรม

#### Abstract

In the process of mobile phone PCB assembly, all electronic components are important to make working properly. Then, the inspection of parts on PCB, to know which ones were missing after assembly processing, is most important. Nowadays, some manufacturers have been using humans to inspect instead of machine

reason. This reason is leading cause of worker fatigue and error of inspection. This research presents the inspection of missing components, on mobile phone PCB after assembly, using digital image processing technology instead of human eye. The pixel counting technique was used for analysis with industrial digital camera image capturing. The sets of machine vision were running on conveyor as a model in our laboratory, then it will be applied in manufacturing process. The mobile phone PCB input images were captured 100 pictures by industrial digital camera with size 783 x 724 pixel. The experiment showed the counting pixel technique there had been 87 percent accuracy detection.

Keywords: Missing component inspection on PCB, Counting pixel technique, PCB inspection by industrial camera

#### 1. บทนำ

ปัจจุบัน การประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ลงบนแผงวงจรพิมพ์ของแผงวงจรโทรศัพท์มือถือ ชิ้นส่วนที่ขาดหายไปมีความสำคัญต่อการทำงานในฟังก์ชันต่างๆ ดังนั้นการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายบนแผงวงจรพิมพ์ที่ขาดหายไป สาเหตุจากแผงวงจรที่ประกอบบนแผงวงจรจึงมีความสำคัญ ซึ่งในปัจจุบันในบางโรงงานมีการตรวจสอบโดยใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งเครื่องจักรสำหรับตรวจสอบและนับจำนวนเป็นระยะเวลาสั้นๆ อาจจะทำให้เกิดความเมื่อยล้าและก่อให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นบทความวิจัยนี้จึงนำเสนอการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายบนแผงวงจรพิมพ์ของโทรศัพท์มือถือซึ่งการประกอบอุปกรณ์ต่างๆ ลงบนที่จับนี้ด้วยวิธีการประมวลผลภาพทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้เทคนิคการนับพิกเซลร่วมกับการอ่านค่าพิกเซลจากกล้องอุตสาหกรรม โดยระบบการตรวจสอบชิ้นส่วนของอุปกรณ์บนแผงที่จับนี้ให้โดยผู้ปฏิบัติงานเป็นแบบจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมต่อไป จากผลการทดลองของระบบตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์โดยใช้การถ่ายภาพแผงวงจรพิมพ์ของโทรศัพท์ขนาด 783 x 724 พิกเซล จำนวน 100 ภาพ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เทคนิคการนับพิกเซลมีประสิทธิภาพในการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายบนแผงวงจรพิมพ์ร้อยละ 87

**บทความวิจัย**

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14

14<sup>th</sup> Conference of Electrical Engineering Network 2022 (EENET 2022)



บนแผงวงจรพิมพ์ ซึ่งได้คุณภาพที่ดี แล้ววากก่อนข้างสูง [2] หรือใช้วิธีการประมวลผลภาพเพื่อหาขอบภาพของอุปกรณ์ต่างๆ โดยการหาขอบภาพด้วยวิธี โซเบล (Sobel) แต่ไม่สามารถหาตรวจหาวัตถุขนาดเล็กหรือวัตถุที่ทับซ้อนกันได้ [3] การใช้วิธีการตรวจสอบก่อนวงจรพิมพ์ด้วยการประมวลผลภาพแบบดิจิทัลสอง ขั้นตอนแบ่งส่วนภาพ ซึ่งใช้วิธีการทั้งหมด 4 วิธีการ ซึ่งการใช้วิธีการจัดกลุ่มแบบ Fuzzy C-means Clustering มีความถูกต้องมากที่สุดแต่ใช้เวลานานพอสมควร จึงปรับปรุงการใช้เป็นวิธีการ K-means Clustering เมื่อใช้ภาพวงจรประมวลผลน้อยกว่า [4] การใช้วิธีการนำอัลกอริทึมสำหรับจำแนกชนิดของชิ้นประกอบ PCB โดยใช้ 7 ตัวดำเนินการทั่วไปที่เป็นที่รู้จักกันดีซึ่งประกอบด้วย 70 image difference, image subtraction, image addition, coarsened image comparison, flood-fill และ labeling เพื่อจำแนกชิ้นประกอบ PCB ซึ่งใช้เทคนิค image registration และ thresholding เข้าไปด้วย เพื่อแก้ปัญหาการจัดตำแหน่งและความสว่างที่ไม่สม่ำเสมอ [5] การประมวลผลภาพกำหนดแนวของรอยต่อโทเนอซีดี ซึ่งภาพทาบที่ได้มีพื้นหลังสีดำ โดยแนวร่องความไวแสง จะต้องถูกปรับเพื่อทำให้ภาพทั้งสองฝั่งสามารถถูกนำไปวิเคราะห์ได้ในส่วนถัดมา ได้ด้วยการปรับภาพสีเป็นภาพสีเทา จนสุดท้ายทำการปรับเป็นชนิด ขาว-ดำ โดยใช้การคำนวณจำนวนเม็ดพิกเซลที่สว่างเปรียบเทียบกับจำนวนความสูงของการจัดวางของแผงวงจรของบอร์ดโทเนอซีดี

ในงานวิจัยนี้ได้นำขั้นตอนการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหรือบนแผงวงจรพิมพ์ด้วยการประมวลผลภาพโดยใช้เทคนิคการบันทึกผล จะใช้ภาพถ่ายแผงวงจรพิมพ์ จำนวน 200 ภาพ ที่วางบนโต๊ะ ระบบสายพานอัตโนมัติและจุดตรวจของแผงวงจรพิมพ์ความถี่ ซึ่งออกแบบและเขียนโปรแกรมวิจัยดังนี้

**2. การประมวลผลภาพ**

**2.1 การใช้ระบบอัตโนมัติ ร่วมกับการใช้กล้องอุตสาหกรรม**

การใช้ระบบสายพานอัตโนมัติกับกล้องอุตสาหกรรม Industrial

Vision Camera Lens 5-50 mm. Vario-Focal ปรับแนวแสง ปรับโฟกัส ขยายได้ และระบบควบคุมการเดินของสายพานควบคุมการใช้โปรแกรมควบคุมอัตโนมัติ เมื่อถึงจุดจับภาพ ระบบสายพานจะหยุดชั่วคราว เพื่อให้กล้องจับภาพและนำภาพเข้าสู่โปรแกรมการตรวจสอบภาพ และตรวจเช็คความผิดปกติออกไป โดยระยะเวลาการตรวจสอบภาพ ที่กำหนดให้คือ ในระยะเวลา 15 วินาทีแล้ว หากถึงจุดจับตำแหน่งวงจรพิมพ์ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การนำเข้าสู่รูปถ่ายสี โดยใช้ระบบอัตโนมัติและกล้องอุตสาหกรรม

**2.2 ภาพไบนารี**

ภาพไบนารี คือ ภาพที่แสดงอยู่ในรูปแบบขาวดำโดยข้อมูลภาพในแต่ละจุดของภาพจะถูกกำหนดค่าไบนารี ที่มีขนาด 1 บิตซึ่งในแต่ละบิตจะกำหนดด้วยค่า 1 หรือ 0 โดยที่ 1 หมายถึงจุดสีขาว และ 0 หมายถึงจุดสีดำ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ภาพไบนารี

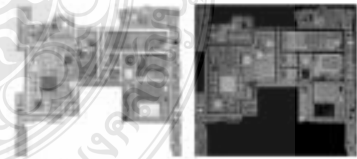
ในการสร้างภาพไบนารี ทำได้โดยการใช้เทคนิค การตั้งลวดลายขีด (Threshold Techniques) โดยพิจารณาเปรียบเทียบกับ ระหว่างจุดภาพเริ่มต้นกับค่าคงที่หนึ่งซึ่งเรียกว่าค่า แธรชโฮลด์ (Threshold) ที่นิยามด้วย 0-255 ตามสมการที่ (1)

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

โดยที่  $f(x,y)$  คือรูปภาพเป็นข้อมูลเชิง  $g$  คือรูปภาพไบนารี  $T$  คือค่าคงที่ Threshold,  $g(x,y) = 1$  คือองค์ประกอบภาพของวัตถุ,  $g(x,y) = 0$  คือองค์ประกอบภาพของพื้นหลัง

**2.3 การคำนวณพิกเซล**

ภาพที่คำนวณพิกเซลบนแผงวงจรของภาพไบนารี ดังรูปจะแสดงเป็นภาพขาวดำ และค่าหนึ่งจะกลายเป็นศูนย์ ทำให้ภาพสีด้านและสีขาวสลับกัน ในการคำนวณพิกเซลของภาพสี ค่าของแต่ละพิกเซลจะถูกประมวลผลจากค่าสีของจุด และความถี่จะถูกรับมาใช้เป็นค่าพิกเซลในภาพแต่ละจุด โดยภาพแต่ละจุดจะมีค่าตรงข้ามกับภาพที่จับมา ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 (ก) ภาพสี (ข) ภาพสีคอมพลิวเมนต์

**2.4 การหาค่า Bounding Box**

เป็นที่รู้กันสำหรับ [6] ประมาณจุดกึ่งกลางของวัตถุในภาพที่ต้องการตรวจสอบเมื่อกำหนดจุดกึ่งกลางให้วัตถุแล้ว สิ่งที่จะสร้างกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบวัตถุทั้ง 4 ด้าน โดยจะสร้างภาพวัตถุสีขาว-ดำ ด้วยขนาดจุดพิกเซลที่กรอบวัตถุ 4 จุด แล้วนำค่าที่จุดและจุดสูงจุดในตำแหน่งแนวทแยงมุมทั้งสี่และค่าสูง เพื่อที่จะได้กรอบสี่เหลี่ยมที่ครอบวัตถุที่อยู่บนขอบสุดของภาพ สุดท้ายจะได้จุดพิกเซลในการสร้างกล่องสี่เหลี่ยม



**บทความวิจัย**

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14

14<sup>th</sup> Conference of Electrical Engineering Network 2022 (EENET 2022)



ในการปัดเศษโลก ตามสมการที่ (2)

$$\begin{aligned}
 W &= (\max X - \min X) \\
 H &= (\max Y - \min Y) \\
 R &= \min(\max X, \max Y) \text{ (right height)}
 \end{aligned} \tag{2}$$

เมื่อ W คือความกว้าง, H คือความสูง และ R คือค่าที่เก็บไว้สำหรับกรณีที่เกินที่จุดบนสุด

**2.5 การนับพิกเซล**

การนับจำนวนกลุ่มของพิกเซลที่อยู่ติดกัน ทุกๆ คู่ของพิกเซลในกลุ่มเดียวกันจะต้องมีเส้นทางเชื่อมที่ประกอบไปด้วยพิกเซลอื่นๆ ในกลุ่มที่เรียงติดกัน โดยสิ่งนี้ไม่มีเส้นทางระหว่างคู่พิกเซลต่างกลุ่มกันเลย โดยยกเว้นการเชื่อมที่ทับกันแค่พิกเซล พิกเซลที่อยู่บนสุดของกลุ่มจะได้นามสกุลค่ากัน ในอีกกรณีที่มีบัพทลคมพิกเซลในแนวที่ต่อเนื่องกันจะนำมารวมยอด ผลลัพธ์ในกรณีส่วนต่อมิตี ที่มีขนาด  $n \times m$  โดยพิกเซลภาพจะมีค่าเป็น 1 และพิกเซลที่ต่อเนื่องกันจะมี 0 และใช้ฟังก์ชัน SUM ในการรวมพิกเซล และหาตำแหน่งพิกเซลของภาพแฉวงจรมิติรูปที่ 4



รูปที่ 4 การนับพิกเซล

**3. การออกแบบและขั้นตอนการทดลอง**

การทดลองใช้ตัวข่ายกริดของแฉวงจรมิติขนาด  $782 \times 724$  พิกเซล จำนวน 100 ภาพ จากกล้องอุตสาหกรรม มีกระบวนการวิเคราะห์ดังรูปที่ 5

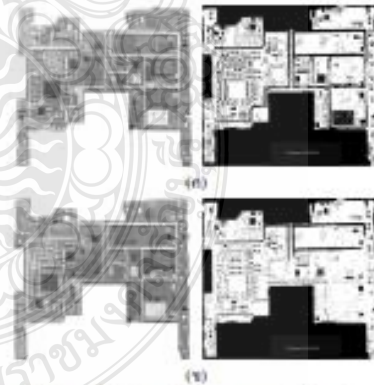


รูปที่ 5 ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองคือการนำภาพสีต้นฉบับที่ได้จากกล้องอุตสาหกรรมไว้ระบบสารสนเทศที่คิดกับกล้องอุตสาหกรรมและความคมชัดของสายพาดับการนำไปประมวลผลรวมกันแล้ว เมื่อถึงจุดจบภาพ ระบบสารสนเทศจะหาค่าจำนวน เพื่อใช้เก็บข้อมูลภาพและนำภาพเข้าไปประมวลผลตรวจสอบภาพ และตรวจสอบความชัดเจนต่อไป โดยระบบการตรวจสอบภาพ ที่ใช้การผสมสี ในระยะ 15 เซนติเมตรจากนับนำเข้าสู่กระบวนการแปลงเป็นภาพในแนวที่ต่างกันตามพิกเซลภาพในแนวที่เฉพาะพิกเซลสีขาวบนสุด ด้านสุด ขวาสุด และซ้ายสุดของภาพ เพื่อทำการสร้างกล่องสี่เหลี่ยมที่ปิดล้อมรอบวัตถุที่สังเกต ทำการนับพิกเซลพื้นที่สีขาวของแฉวงจรมิติ บัพทลคมพิกเซลอยู่ระหว่างร้อยละ 18-29.6 ตรวจสอบได้ว่าแฉวงจรมิติที่มีชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแฉวงจรมิติที่ขาดหายไป แต่ค่าพิกเซลมีค่าร้อยละ 61 ขึ้นไปตรวจสอบได้ว่าแฉวงจรมิติที่มีชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแฉวงจรมิติที่ขาดหายไปด้วยวิธีการใช้เทคนิคนับพิกเซลพื้นที่สีขาวของวัตถุ พบว่ามีค่าพิกเซลสูงสุดและค่าพิกเซลต่ำสุดที่

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบการขาดหายของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแฉวงจรมิติขนาด  $782 \times 724$  พิกเซล

แฉวงจรมิติ	ค่าพิกเซลต่ำสุด	ค่าพิกเซลสูงสุด
ชิ้นส่วนแฉวงจรมิติ		
พิกเซลขาดหายไป	61.600	94.122
ชิ้นส่วนแฉวงจรมิติ		
พิกเซลครบถ้วน	18.797	59.681



รูปที่ 6 (ก) ชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแฉวงจรมิติที่ครบถ้วน (ข) ชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแฉวงจรมิติที่ขาดหาย

**3.1 ชิ้นส่วนอุปกรณ์ต้นแบบและชิ้นส่วนอุปกรณ์ขาดหาย**

ตารางที่ 2 ลักษณะภาพถ่าย ชิ้นส่วนอุปกรณ์ต้นแบบและชิ้นส่วนอุปกรณ์ขาดหายจากกล้องอุตสาหกรรม

**บทความวิจัย**

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14

14<sup>th</sup> Conference of Electrical Engineering Network 2022 (EENET 2022)



ชื่อส่วนประกอบ	ชิ้นส่วนอุปกรณ์ ต้นแบบ	ชิ้นส่วนอุปกรณ์ ขาดหาย
Companance		
Connector		
Hold		
Spring		
IC		

**4. ผลการทดลอง**

การตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายบนแผงวงจรพิมพ์ด้วยการประมวลผลภาพ โดยใช้เทคนิคการนับพิกเซลใช้ภาพทดสอบจำนวน 100 ตัว พบว่าโปรแกรมสามารถตรวจสอบหาชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ขาดหายไปดังกล่าวได้ทั้งหมด 87 ตัว และเกิดข้อผิดพลาดในการตรวจสอบหาชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ขาดหายไปจากการประมวลผลของโปรแกรมจำนวน 13 ตัว การใช้เทคนิคการนับพิกเซลสามารถตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ที่ขาดหายไป ซึ่งมีค่าความถูกต้องร้อยละ 87 และมีค่าความผิดพลาดร้อยละ 13 ซึ่งเกิดจากการควบคุมแสงขณะถ่ายภาพ ซึ่งผู้วิจัยจะพิจารณาปรับปรุงขั้นตอนพัฒนาขั้นตอนต่อไป

**5. สรุป**

ใบการวิจัยนี้ได้มีข้อเสนอการใช้เทคนิคการนับพิกเซลจะนับเฉพาะพิกเซลสีขาว โดยวิธีการแปลงภาพสี เป็นภาพไบนารี ทำการควบคุมเส้นแนวดิ่งภาพไบนารี และปรับค่าของสีออกดำที่เหมาะสมเพื่อปรับความสมบูรณ์ของภาพ โดยการหาพื้นที่สีขาวของวัตถุ ได้อย่างถูกต้อง โดยเทคนิคนี้มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ที่ขาดหายไปของแผงวงจรพิมพ์ ที่ร้อยละ 87 ซึ่งข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นเกิดจากการควบคุมแสงขณะถ่ายภาพ จึงเป็นกระบวนการอย่างหนึ่งที่ต้องพิจารณาไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาการตรวจสอบภาพขาดหายไปของชิ้นส่วนอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์ต่อไป

**เอกสารอ้างอิง**

[1] สุพรรณิ ศรีงาม, สุราณี ภิรมย์, และจักรี ศรีนันทน์. (2557). "การหาพื้นที่สีที่พิกเซลด้วยการกรองแบบมอร์ฟโฟโลยี". การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6. (น. 869-872). กระบี่: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[2] สุนิสา เจริญและสุวิณี ศรีอำพร. (2552). "การตรวจนับวัตถุสองมิติด้วยการประมวลผลดิจิทัล". โครงการวิศวกรรมคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[3] จักรกฤษณ์ ช่อนชื่นจิตรและจักรี ศรีนันทน์. (2562). "การเปรียบเทียบเทคนิคการแบ่งส่วนภาพสำหรับการตรวจสอบคุณภาพแผ่นวงจรพิมพ์". วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (น.224-235). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[4] I. Ibrahim, Z. Ibrahim, K. Khalil, M. M. Mokji, S. A. R. S. A. Bakar, N. Mokhtar, & W. K. W.Ahmad. (2012). An Improved Defect Classification Algorithm for Six Printing Defects and Its Implementation on Real Printed Circuit Board Images. International Journal of Innovative Computing, Information and Control, 8(5A), pp. 3239-3250.

[5] ณัฐพันธ์ ภิรมย์. (2561). "การประยุกต์ใช้เทคนิคประมวลผลภาพสำหรับการตรวจสอบการทำงานของแผงวงจรในหลอดไฟแอลอีดี". นวัตกรรมวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[6] Maboh Babu K and M V Raghuradh. (2016) "Vehicle Number Plate Detection and Recognition using Bounding Box Method". ICACCCCT.



นัฐพร บุญคง อาจารย์ภาควิชา วิศวกรรมศาสตร์- วิศวกรรม สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปี 2559, มีคุณวุฒิ ศึกมา คำนวณปริญญาโท วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมไฟฟ้าและระบบควบคุมอัตโนมัติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี งานวิจัยที่สนใจ คือ การประมวลผลภาพ



วิเชียร บุญแก้ว อาจารย์ภาควิชาาระดับปริญญาโทจาก Northumbria University , UK, ใบสาขาวิศวกรรม- ไฟฟ้า มีคุณวุฒิทางตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และ โทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี งานวิจัยที่สนใจ การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล ระบบสมองกลฝังตัว และหุ่นยนต์อัจฉริยะ



# การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14 The 14<sup>th</sup> Electrical Engineering Network 2022 (EENET2022)



ขออวยพรต้อนรับทุกท่านที่เข้าร่วมแสดงว่า

ชีวิตพร บุญคง และ ชัยชัย อู่แก้ว

ได้เข้าร่วมนำเสนอบทความเรื่อง

การพัฒนาการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ทำงานหลายขั้วแรงดันสูงรูปวงรีด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

โดยใช้เทคนิคการนับพิกเซล

ระหว่างวันที่ 25 - 27 พฤษภาคม 2565

ณ โรงแรมริสตัน ภูเก็ต อารีเคเดย์ รีสอร์ท แอนด์ สปา ภูเก็ต

ดร.ไพจิตร ปิชาิยพงษ์  
คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผู้อำนวยการศูนย์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - สกุล	นางสาวชัชฎาพร บุญคง
วัน เดือน ปีเกิด	28 ธันวาคม 2536
ที่อยู่	67/1 หมู่ 3 ตำบลคลองเขื่อน อำเภอกองเขื่อน จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000
การศึกษา	ปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประสบการณ์ทำงาน	ครูฝึกในสถานประกอบการบริษัท สมาร์ท (2015) เซอร์วิสเซส จำกัด จังหวัด กรุงเทพมหานคร ครูพิเศษสอน วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จังหวัด ฉะเชิงเทรา
เบอร์โทรศัพท์	061-4539590
อีเมล	Chatchadaporn_b@mail.rmutt.ac.th

