

การคัดแยกของเสียอัตโนมัติในกระบวนการผลิตหัวอ่านเขียนด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลและ
การจดจำรูปแบบ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Head Gimbal Assembly Automated Visual Inspection by using Digital image processing
and Pattern recognition



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

FACULTY OF ENGINEERING

Chulalongkorn University

Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การคัดแยกของเสียอัตโนมัติในกระบวนการผลิตหัวอ่าน เขียนด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลและการจดจำ รูปแบบ
โดย	นายพลวุฒิ จตุราวิชานันท์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรัสวัฒน์ เงามะเสถียรวงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมมาภรณ์พิลาศ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)

พลวุฒิ จตุราวิชานันท์ : การคัดแยกของเสียอัตโนมัติในกระบวนการผลิตหัวอ่านเขียน ด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลและการจดจำรูปแบบ. (Head Gimbal Assembly Automated Visual Inspection by using Digital image processing and Pattern recognition) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมที่ใช้ในการตรวจสอบและคัดแยกคุณภาพหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในสายการผลิต ปัจจุบันนี้กระบวนการตรวจสอบคัดแยกชิ้นงานดำเนินงานโดยพนักงานที่มีทักษะในการตรวจสอบชิ้นงาน ซึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของพนักงานโดยตรง และทำให้เกิดความผิดพลาดจากการตัดสินใจโดยพนักงานที่ไม่มีทักษะในการตรวจสอบชิ้นงาน จึงมีการพัฒนาการตรวจสอบและคัดแยกคุณภาพชิ้นงาน โดยการประยุกต์ใช้กล้องถ่ายภาพและเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัลเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลภาพ โดยพิจารณาจำนวนแผ่นอิเล็กทรอนิกส์ ค่าพื้นที่นูนและค่าความเยื้องศูนย์กลาง จากนั้นใช้คุณสมบัติการวัดของขอบเขตภาพเพื่อปรับปรุงอัลกอริทึมตรวจสอบและคัดแยกคุณภาพของหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในกระบวนการผลิต โดยทำการทดลองกับหัวอ่านเขียนทั้งหมด 30 ชิ้น เพื่อเก็บข้อมูลและ นำข้อมูลที่เก็บมาได้ไปวิเคราะห์หาค่าเป้าหมายของ 1. จำนวนแผ่นอิเล็กทรอนิกส์ มีค่าเป้าหมายเท่ากับ 9 แผ่น 2. ค่าพื้นที่นูน มีค่าเป้าหมายอยู่ระหว่าง 3906 - 5590 และ 3. ค่าความเยื้องศูนย์กลาง มีค่าเป้าหมายอยู่ระหว่าง 7.89 - 8.40 เพื่อใช้ในการฝึกอัลกอริทึม (Training) ให้เกิดการรู้จำค่าเป้าหมาย และ ขั้นตอนสุดท้ายคือการทดลองอัลกอริทึม โดยการตรวจสอบชิ้นงาน 10 ชิ้น หลังผลการทดลองพบว่าอัลกอริทึมสามารถตรวจสอบและคัดแยกคุณภาพชิ้นงานได้ถูกต้อง 100%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา 2562

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

6070946921 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD:

Phonlawut Jaturawichanan : Head Gimbal Assembly Automated Visual Inspection by using Digital image processing and Pattern recognition.

Advisor: Assoc. Prof. Somkiat Tangitsitcharoen, Ph.D.

The primary purpose of this research is to develop the HGA automated inspection in production line. Recently the HGA inspection process is performed by skilled inspectors, which depend on inspector experience. The inspection method is proposed by using photography and digital image processing to identify the quality of HGA in production line. There are 3 parameters that use to determine the data, which are number of pad on HGA, convex area and eccentricity. The measurement properties of image region is presented to improve the HGA automated inspection process. In the experiment, 30 HGAs is used for collecting the data and setting the target value of algorithm. First parameter is the number of pad, target value is set = 9 pads. Convex area is the second parameter and target value is set between 3906 - 5590. Thrid parameter is eccentricity and target value is set between 7.89 - 8.40. All the target values are used for training an algorithm. The final step of this experiment is to verify an algorithm with 10 HGAs. The result after verification process, an algorithm can identify HGA quality 100% correct.

Field of Study: Industrial Engineering

Student's Signature

Academic Year: 2019

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำในการประยุกต์ใช้วิธีการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) และ คุณสมบัติการวัดของขอบเขตภาพ (Measurement properties of image region) รวมไปถึงยังให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาของการจัดทำวิทยานิพนธ์ และชี้แนะแนวทางในการเขียนบทความเพื่อนำเสนองานวิจัยในต่างประเทศขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและชี้แนะการแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอบคุณครอบครัวที่ให้การสนับสนุน และขอบคุณเพื่อนๆ ปริญญาโทภาคนอกเวลาราชการที่ให้คำปรึกษาและคอยช่วยเหลือให้การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

พลวุฒิ จตุราวิชานันท์



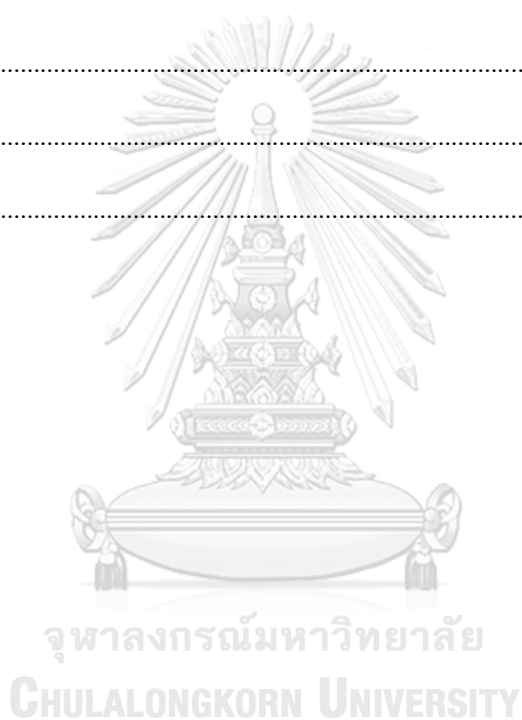
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญรูปภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	13
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	13
1.2 กระบวนการผลิตหัวอ่านเขียนในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Head Gimbal Assembly).....	17
1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและแนวทางการทำงานวิจัย	21
1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	24
1.5 ขอบเขตงานวิจัย	24
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.....	25
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.....	25
1.8 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน	26
1.9 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย	27
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	28
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	28
2.1.1 การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing).....	28
2.1.2 การนำภาพเข้าสู่กระบวนการ (Image acquisition)	30
2.1.2 การแบ่งสัดส่วนรูปภาพ (Image Segmentation)	33

2.1.2.1	เซ็นเซอร์ Charge Coupled Device (CCD)	33
2.1.2.2	เซ็นเซอร์ Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS)	34
2.1.3	การปรับปรุงภาพ (Image Enhancement).....	35
2.1.3.1	การปรับปรุงภาพเชิงรังสี (Radiometric Enhancement)	35
2.1.3.2	การปรับปรุงภาพเชิงพื้นที่ (Spatial Enhancement)	40
2.1.3.3	การปรับปรุงภาพเชิงช่วงคลื่น (Spectral Enhancement).....	47
2.1.4	การจำแนกรูปภาพ (Image Segmentation)	49
2.1.4.1	การกำหนดจุดต่ำสุด (Thresholding).....	50
2.1.4.2	การเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของรูปภาพ (Morphology processing).....	51
2.1.5	การจำแนกคุณลักษณะเฉพาะของรูปภาพ (Feature extraction).....	54
2.1.6	โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks).....	55
2.2	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	59
2.2.1	งานวิจัยเรื่อง การจำแนกชนิดยาเม็ดจากภาพถ่าย โดยใช้เทคนิคเครือข่ายประสาท	59
2.2.2	งานวิจัยเรื่อง การศึกษาวิธีการตรวจสอบราชวาทนผิวเนื้ออย่างแม่นยำ โดยใช้วิธีการประมวลผลภาพ.....	60
2.2.3	งานวิจัยเรื่อง Image Processing of Metal Parts using Quality Inspection Method in Comparison with MATLAB	61
บทที่ 3	วิธีการดำเนินงานวิจัย	62
3.1	การออกแบบการทดลอง	62
3.2	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	62
3.3	ขั้นตอนการดำเนินงานทดลอง.....	66
บทที่ 4	ผลวิเคราะห์ข้อมูล.....	71
4.1	การวิเคราะห์ด้วยการกำหนดจุดต่ำสุด (Thresholding).....	71
4.2	การลดปัญหาที่เกิดจากนอยส์หลังทำการกำหนดจุดต่ำสุด โดยวิธีการขยายภาพ (Dilation)..	75

4.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติการวัดขอบเขตของภาพ หรือ Measurement properties of image region.....	80
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัย อภิปรายผลงานวิจัย และข้อเสนอแนะ	88
5.1 สรุปผลงานวิจัย	88
5.2 อภิปรายผลงานวิจัย.....	90
5.3 อุปสรรคในการทำงานวิจัย	91
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	92
ภาคผนวก.....	93
บรรณานุกรม.....	2
ประวัติผู้เขียน.....	5



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้หลังการทดลอง	82
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงข้อมูลชิ้นงาน 30 ชิ้น เพื่อวิเคราะห์หาค่าเป้าหมาย	83
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงจำนวนแพดบนชิ้นงาน	84
ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงค่าความเยื้องศูนย์.....	86
ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่าพื้นที่ฐาน	87



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 ภาพที่ตั้งบริษัทของโรงงานกรณีศึกษาในภูมิภาคต่างๆ	14
ภาพที่ 1.2 ภาพส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (HDD).....	15
ภาพที่ 1.3 ส่วนประกอบหัวอ่านเขียน Head Gimbal Assembly (HGA)	15
ภาพที่ 1.4 หัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ (Slider fabrication)	16
ภาพที่ 1.5 ชุดแขนจับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ (Suspension).....	17
ภาพที่ 1.6 ขั้นตอนการผลิตหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Process flow of HGA)	17
ภาพที่ 1.7 กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (HGA).....	18
ภาพที่ 1.8 แผนผังกระบวนการผลิตหัวอ่านเขียน.....	19
ภาพที่ 1.9 ตัวอย่างและตำแหน่งในการตรวจสอบ	19
ภาพที่ 1.10 ปริมาณการผลิตหัวอ่านเขียนแต่ละไตรมาส.....	20
ภาพที่ 1.11 ปริมาณการผลิตหัวอ่านเขียนแต่ละไตรมาสแยกตามชนิดของสินค้า	20
ภาพที่ 1.12 ขั้นตอนการตรวจสอบชิ้นงานด้วยระบบอัตโนมัติ	22
ภาพที่ 1.13 ตัวอย่างสถานีการทำงาน แบบมุมมองด้านของ (Side view).....	23
ภาพที่ 1.14 ตัวอย่างสถานีการทำงาน แบบมุมมองด้านบน (Top view).....	23
ภาพที่ 1.15 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	27
ภาพที่ 2.1 เมทริกซ์ $M \times N$	29
ภาพที่ 2.2 พิกเซลในรูปภาพ และการแสดงค่าความเข้มแสงของภาพ	29
ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนการประมวลผลภาพดิจิทัล	30
ภาพที่ 2.4 รูปแบบการนำภาพเข้าสู่กระบวนการ (Image acquisition model).....	31
ภาพที่ 2.5 หลักการทำงานของกล้องถ่ายภาพดิจิทัล	32
ภาพที่ 2.6 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์ CCD	33

ภาพที่ 2.7 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์ CMOS.....	34
ภาพที่ 2.8 กราฟการปรับโทนสีภาพในแบบต่างๆ.....	35
ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิค Contrast Stretching ด้วย Matlab.....	36
ภาพที่ 2.10 การขยายข้อมูลภาพแบบเส้นตรง.....	37
ภาพที่ 2.11 การขยายข้อมูลภาพแบบแตกส่วน.....	38
ภาพที่ 2.12 ตารางการคำนวณจำนวนจุดภาพที่เหมาะสม.....	39
ภาพที่ 2.13 การปรับปรุงภาพแบบแบ่งส่วนให้เท่ากัน (Histogram equalization).....	40
ภาพที่ 2.14 ความถี่เชิงพื้นที่ของจุดภาพ.....	41
ภาพที่ 2.15 การกรองภาพเชิงพื้นที่ (Spatial filtering).....	41
ภาพที่ 2.16 การกรองภาพโดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ (Convolutional filtering).....	42
ภาพที่ 2.17 การกรองโดยใช้หน้าต่างเคลื่อนที่.....	43
ภาพที่ 2.18 ตารางรูปแบบการคำนวณหาจุดภาพใหม่.....	44
ภาพที่ 2.19 การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการกรองภาพ (fspecial).....	44
ภาพที่ 2.20 การกรองแบบ Sobel และรูปตัวอย่าง ก่อน-หลังการปรับปรุง.....	45
ภาพที่ 2.21 การกรองแบบ Laplacien (Log) และรูปตัวอย่าง ก่อน-หลังการปรับปรุง.....	46
ภาพที่ 2.22 ภาพตัวอย่าง ก่อน-หลัง ปรับปรุงด้วยวิธีการเน้นขอบ.....	47
ภาพที่ 2.23 ตัวอย่างการใช้เทคนิคการจำแนกรูปภาพเพื่อนับจำนวนวัตถุภายในภาพ.....	50
ภาพที่ 2.24 ภาพก่อนและหลังการจำแนกรูปภาพ ด้วยวิธีการกำหนดจุดต่ำสุด เพื่อหารอยแยกบนพื้นผิวชิ้นงาน.....	51
ภาพที่ 2.25 การขยายภาพ (Dilation).....	52
ภาพที่ 2.26 การกร่อนขนาดภาพ (Erosion).....	53
ภาพที่ 2.27 ส่วนประกอบภาพในเซลล์ประสาทของมนุษย์.....	55
ภาพที่ 2.28 ความสัมพันธ์ของเซลล์ประสาทจริงและเซลล์ประสาทเทียม.....	56
ภาพที่ 2.29 ฟังก์ชันอินพุต (Input function) และฟังก์ชันการกระตุ้น (Activation function).....	57

ภาพที่ 2.30 ชนิดของฟังก์ชันการกระตุ้น (Type of Activation function).....	57
ภาพที่ 3.1 บริเวณด้านหน้าของหัวอ่านเขียน (ชิ้นงานดี).....	62
ภาพที่ 3.2 ตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ในการทำการทดลอง.....	63
ภาพที่ 3.3 กล้องถ่ายภาพดิจิทัลที่ใช้ในการเก็บข้อมูลภาพ	63
ภาพที่ 3.4 กล้องกำลังขยายสูง.....	64
ภาพที่ 3.5 โปรแกรม Matlab R2018a	65
ภาพที่ 3.6 อุปกรณ์ยึดจับหัวอ่านเขียน.....	65
ภาพที่ 3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลภาพด้วยโปรแกรม Matlab R2018a	67
ภาพที่ 3.8 ข้อมูลภาพขาวดำ หรือ Grayscale.....	67
ภาพที่ 3.9 ตัวอย่างภาพหลังจากการทำ Thresholding.....	68
ภาพที่ 3.10 ตัวอย่างภาพหลังจากการทำ Dilation.....	68
ภาพที่ 3.10 ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยอัลกอริทึม	70
ภาพที่ 4.1 ภาพชิ้นงานที่ 1 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 1	72
ภาพที่ 4.2 ภาพชิ้นงานที่ 2 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 1	73
ภาพที่ 4.3 ภาพชิ้นงานที่ 3 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 1	74
ภาพที่ 4.4 ภาพชิ้นงานที่ 4 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 1	74
ภาพที่ 4.5 ภาพชิ้นงานที่ 5 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 1	75
ภาพที่ 4.6 ภาพชิ้นงานที่ 1 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 2	76
ภาพที่ 4.7 ภาพชิ้นงานที่ 2 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 2	77
ภาพที่ 4.8 ภาพชิ้นงานที่ 3 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 2	78
ภาพที่ 4.9 ภาพชิ้นงานที่ 4 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 2	79
ภาพที่ 4.10 ภาพชิ้นงานที่ 5 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 2	79

บทที่ 1

บทนำ

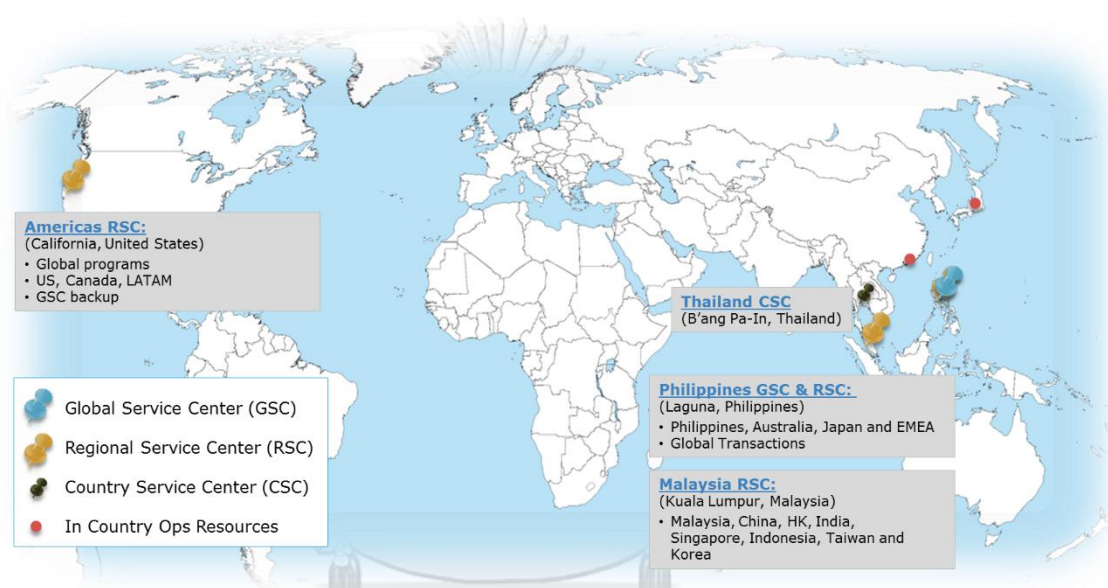
อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดใหญ่ และประเทศไทยได้เป็นฐานการผลิตหลักของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ นอกจากนี้ยังได้มีการขยายการลงทุนรวมทั้งได้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้ามายังประเทศไทยอีกด้วย เนื่องด้วยเทคโนโลยีมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว จึงทำให้ราคาต่อความจุของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ก็ได้ลดลงอย่างต่อเนื่องเช่นกัน บริษัทจึงจำเป็นต้องพัฒนาเทคโนโลยีของหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดต้นทุนในการผลิตรวมทั้งต้องลดระยะเวลาในการผลิตหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ด้วย และในส่วนของพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตนั้นทางบริษัทได้พยายามพัฒนาตามนโยบายอุตสาหกรรม 4.0 โดยการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิต ซึ่งงานวิจัยฉบับนี้ได้เสนอวิธีการตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติเข้ามาช่วยในการลดจำนวนแรงงานที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน และเพิ่มขีดความสามารถในการตรวจสอบชิ้นงานให้มีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ทำให้บริษัทใช้เวลาในการผลิตชิ้นงานลดลง

ซึ่งพบว่าสินค้าด้านเทคโนโลยีสารสนเทศมีความต้องการสูงมาก และมีความต้องการอย่างต่อเนื่องในขณะเดียวกันราคาขายของสินค้าในตลาดก็มีแนวโน้มที่ต้องการปรับตัวลง ส่งผลให้บริษัทกรณีศึกษามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการปรับตัวเพื่อให้เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงของราคาของผลิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้มตามภาวะตลาดโลกในอนาคต และเพื่อที่จะสามารถแข่งขันในเชิงธุรกิจได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนในการที่จะต้องลดต้นทุนด้านการผลิต โดยการเพิ่มประสิทธิภาพ และศักยภาพของกระบวนการผลิตให้สูงขึ้นจึงจะสามารถสร้างกำไรให้ธุรกิจได้มากที่สุด

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

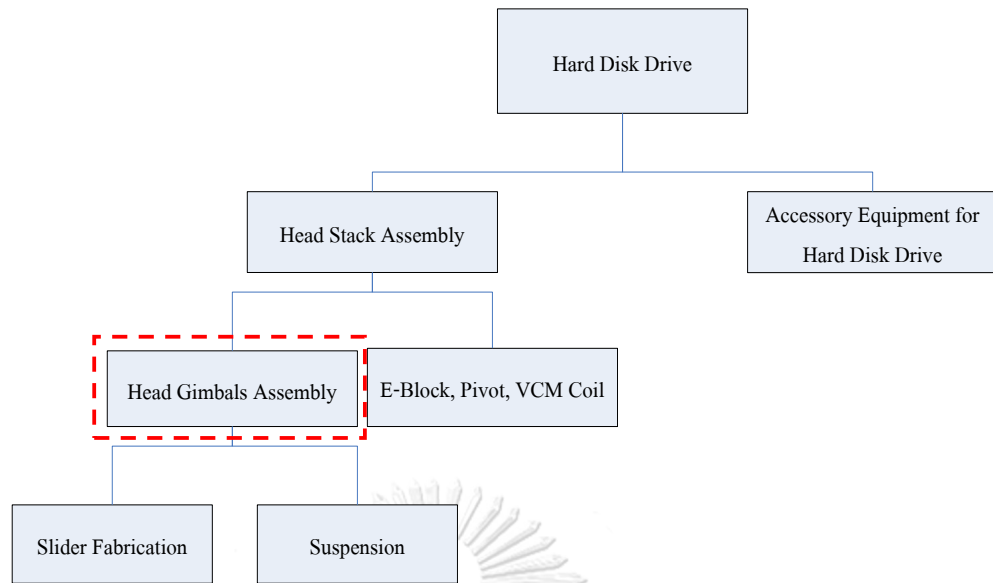
โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ในกรณีศึกษาทำการวิจัยนี้ เป็นโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ประเภทอุปกรณ์หน่วยความจำหรืออุปกรณ์การจัดเก็บข้อมูล ประเภทฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งปัจจุบันมีการดำเนินงานอยู่ในภูมิภาคต่างๆทั่วโลก ได้แก่ ทวีปอเมริกา, ทวีปยุโรป, และทวีปเอเชีย โดยมีฐาน

การผลิตหลักอยู่ทั้งหมด 3 แห่งด้วยกัน ได้แก่ ประเทศไทย, ประเทศฟิลิปปินส์ และประเทศสหรัฐอเมริกา โดยประเทศไทยและประเทศฟิลิปปินส์ ทำหน้าที่ผลิตหัวอ่านเขียนข้อมูล (Slider Fabrication), กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Head Gimbal Assembly), ชุดประกอบหัวอ่านและเขียนสำเร็จรูป (Head Stack Assembly), และกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard Disk Drive) ส่วนประเทศสหรัฐอเมริกาทำหน้าที่ผลิตแผ่นหัวอ่านและเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Wafer Fabrication) ดังแสดงในภาพที่ 1.1



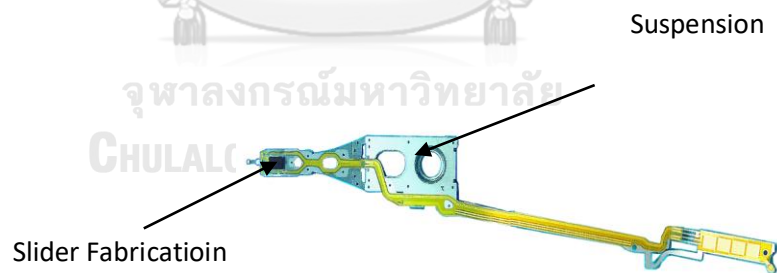
ภาพที่ 1.1 ภาพที่ตั้งบริษัทของโรงงานกรณีศึกษาในภูมิภาคต่างๆ
แหล่งที่มา : โรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษานี้ เป็นโรงงานที่อยู่ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งผลิตอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลประเภทฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โรงงานกรณีศึกษานี้มีส่วนประกอบหลักๆทั้งหมด 3 ส่วนได้แก่ หัวสำหรับอ่านและเขียนข้อมูล (Slider Fabrication), ชุดหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Head Gimbal Assembly), และฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard Disk Drive) ดังแสดงในภาพที่ 1.2 ซึ่งในปัจจุบันฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์สามารถพบเห็นได้อย่างแพร่หลายทั้งใน หน่วยความจำภายในคอมพิวเตอร์, กล้องวงจรปิด, หน่วยความจำภายในโทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรมที่ต้องการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ขั้นสูง อุปกรณ์สำนักงาน เป็นต้น



ภาพที่ 1.2 ภาพส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (HDD)

โดยส่วนประกอบสำคัญของหัวอ่านเขียน หรือ Head Gimbal Assembly (HGA) นั้นประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ หัวสำหรับอ่านเขียนบันทึกข้อมูล (Slider Fabrication) และชุดแขนจับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Suspension) ดังแสดงในภาพที่ 1.3

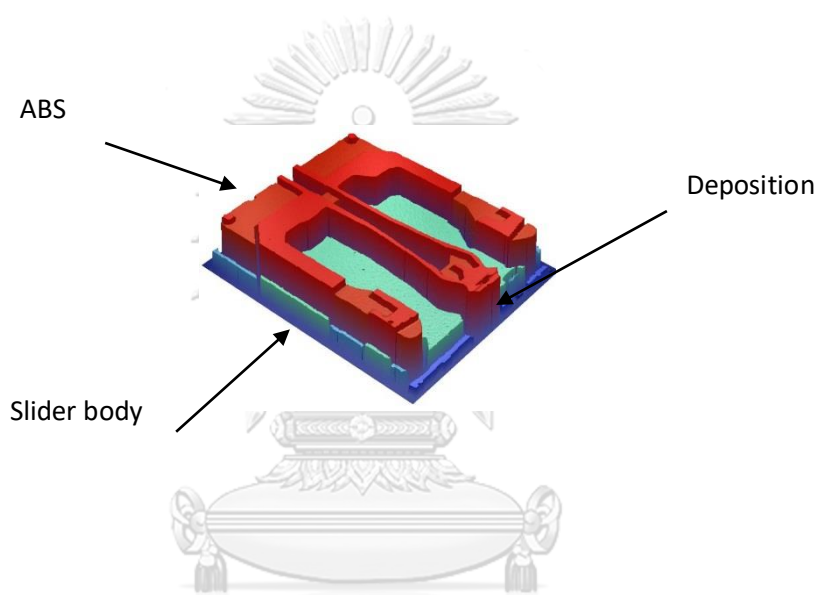


ภาพที่ 1.3 ส่วนประกอบหัวอ่านเขียน Head Gimbal Assembly (HGA)

แหล่งที่มา : โรงงานกรณีศึกษา, แผนกจัดอบรม

1.1.1 ลักษณะของหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ (Slider Fabrication) คือ สี่เหลี่ยมสีดำ ที่ทำหน้าที่ในการอ่านเขียนข้อมูลบนแผ่นดิสก์ มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 1.4

- 1) ABS (Air bearing surface) คือ ด้านที่หันหน้าเข้าหาแผ่นดิสก์
- 2) Deposition คือ ด้านที่มีวงจรไฟฟ้า
- 3) Slider body คือ ด้านที่เป็นโครงสร้างของ slider

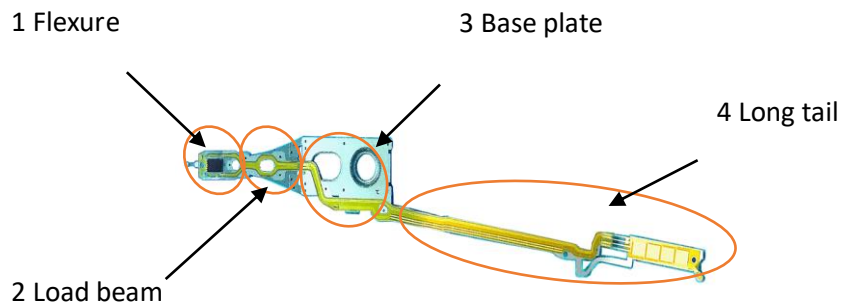


ภาพที่ 1.4 หัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ (Slider fabrication)

แหล่งที่มา : โรงงานกรณีศึกษา, แผนกจัดอบรม

1.1.2 ลักษณะชุดแขวนจับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ (Suspension) คือ แผ่นโลหะที่ติดกับSlider มีส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 1.5 คือ

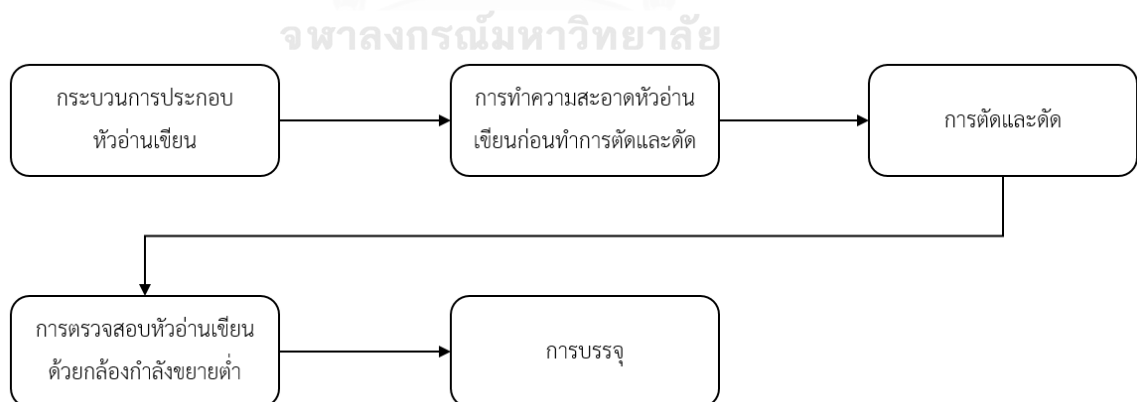
- 1) เฟลคเซอร์ (Flexure) คือ แผ่นโลหะขึ้นบนใช้ติดกับ slider
- 2) โหลดบีม (Load beam) คือ แผ่นโลหะขึ้นกลาง
- 3) เบสเพลท (Base plate) คือ แผ่นโลหะขึ้นล่าง
- 4) ลองเทล (Long tail) คือ เส้นลวดวงจรไฟฟ้า



ภาพที่ 1.5 ชุดแขนจับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ (Suspension)

1.2 กระบวนการผลิตหัวอ่านเขียนในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Head Gimbal Assembly)

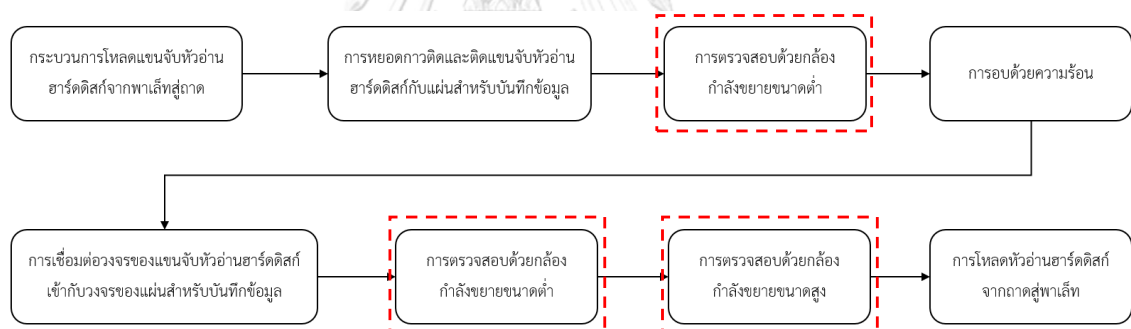
กระบวนการผลิตหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะเริ่มจากการประกอบหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์เข้ากับชุดแขนจับหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ การทำความสะอาดหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ก่อนทำการตัดและตัด การตัดและตัด การตรวจสอบด้วยกล้องกำลังขยายต่ำ และขั้นตอนการบรรจุซึ่งถือว่าเป็นการสิ้นสุดกระบวนการผลิตหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Head Gimbal Assembly) ดังแสดงในภาพที่ 1.6



ภาพที่ 1.6 ขั้นตอนการผลิตหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Process flow of HGA)

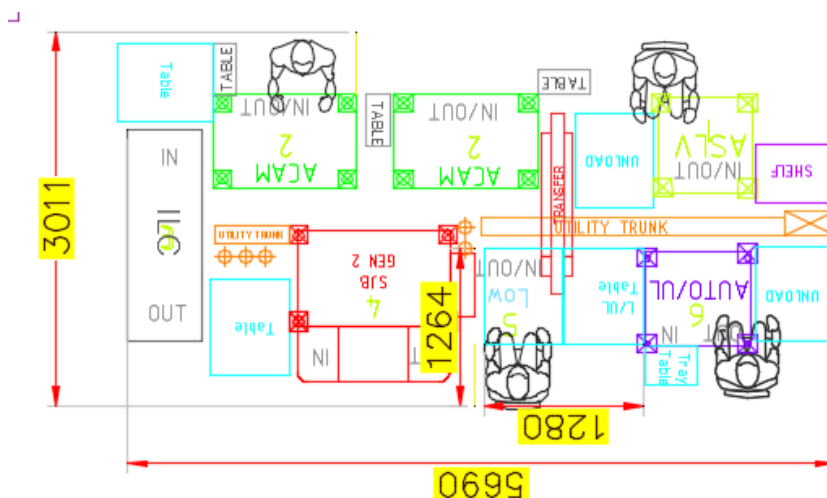
ในส่วนงานวิจัยฉบับนี้จะให้ความสนใจไปที่กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน ซึ่งถือว่าเป็นหัวใจหลักของการผลิตหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (HGA) โดยขั้นตอนในกระบวนการประกอบ

หัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไทรฟ์นั้น เริ่มตั้งแต่ กระบวนการโหลดแขนจับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์จากพาเล่ที่สู่ ภาด การหยอดกาวติดและติดแขนจับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์กับแผ่นสำหรับบันทึกข้อมูล การตรวจสอบ หัวอ่านฮาร์ดดิสก์ด้วยกล้องกำลังขยายต่ำ การอบด้วยความร้อน การเชื่อมต่อวงจรของแขนจับหัวอ่าน ฮาร์ดดิสก์ เข้ากับวงจรของแผ่นสำหรับบันทึกข้อมูล การตรวจสอบหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ด้วยกล้อง กำลังขยายต่ำ การตรวจสอบหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ด้วยกล้องกำลังขยายสูง การโหลดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ จากภาดสู่พาเล่ที่ ดังแสดงในภาพที่ 1.7 ปัจจุบันนี้สินค้าประเภทอิเล็กทรอนิกส์และสารสนเทศมีความ ต้องการเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้เทคโนโลยีทางการผลิตต้องมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วเพื่อที่จะ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางการผลิตให้ทันตามความต้องการของตลาด แต่ในขณะเดียวกันราคา สินค้าประเภทอิเล็กทรอนิกส์และสารสนเทศมีการปรับตัวลดลงอย่างต่อเนื่องจึงทำให้ผู้ผลิตจำเป็นต้อง พัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีต้นทุนที่ต่ำที่สุดด้วยเช่นกัน เพื่อที่จะเพิ่ม ความสามารถในการแข่งขันในตลาดได้ ดังนั้นบริษัทกรณีศึกษาในส่วนของผู้ผลิตหัวอ่านเขียน ฮาร์ดดิสก์ไทรฟ์(ประเภทชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์) มีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาปรับปรุงกระบวนการ ผลิตให้สามารถผลิตสินค้าด้วยราคาต้นทุนที่ต่ำที่สุดเพื่อให้สามารถสร้างผลกำไรที่มากที่สุด



ภาพที่ 1.7 กระบวนการประกอบหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไทรฟ์ (HGA)

ปัจจุบันสายการผลิตหัวอ่านเขียนมีแผนผังการผลิตดังแสดงในภาพที่ 1.8 ซึ่งใช้พื้นที่ในการผลิตหัวอ่านเขียนประมาณ 17.13 sqm. ต่อ 1 สายการผลิตหัวอ่านเขียน โดยกระบวนการตรวจสอบด้วยกล้องกำลังขยายขนาดต่ำและสูงนั้นใช้เนื้อที่ประมาณ 1.59 sqm. ต่อ 1 สถานีการทำงาน ซึ่งคิดเป็น 28.0% ของเนื้อที่ในสายการผลิตหัวอ่านเขียน ทำให้โรงงานสามารถลดเนื้อที่ในการผลิตหัวอ่านเขียนลงได้ ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนในการผลิตหัวอ่านเขียนและระยะเวลาในการผลิตหัวอ่านเขียน



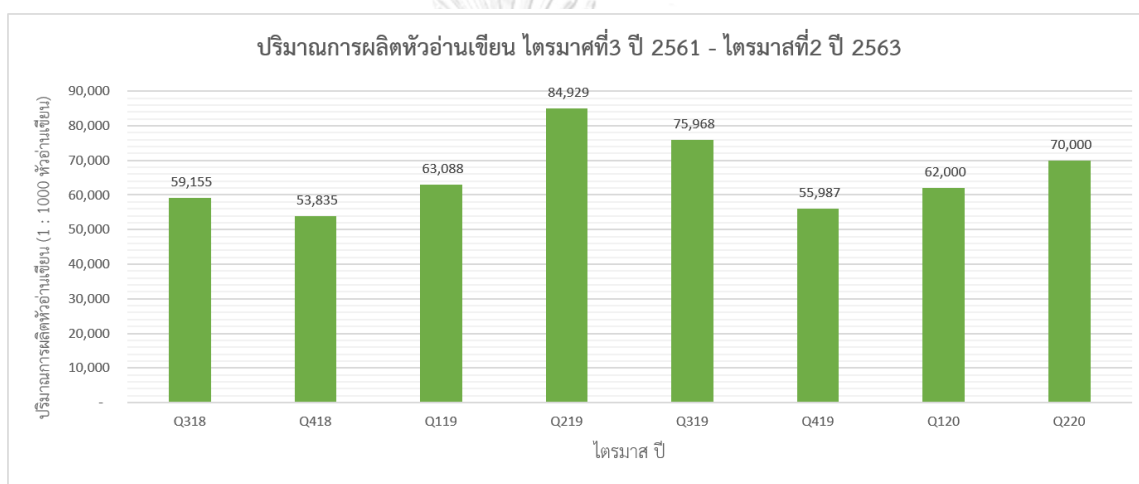
ภาพที่ 1.8 แผนผังกระบวนการผลิตหัวอ่านเขียน

ซึ่งในกระบวนการตรวจสอบด้วยกล้องกำลังขยายทั้งขนาดต่ำและสูง มีการจำแนกประเภทของของเสียที่ต่างกันไปในงานวิจัยนี้จะทำการพัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อคัดแยกของเสียที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการออกจากสายการผลิตซึ่งในการตรวจสอบด้วยกล้องกำลังขยายทั้งต่ำและสูงนั้นจะมีตำแหน่งในการตรวจสอบหัวอ่านเขียนดังแสดงในภาพที่ 1.9 โดยแต่ละตำแหน่งนั้นจะมีประเภทของของเสียที่แตกต่างกันออกไป

ตัวย่อ	ความหมาย	ตำแหน่ง
A	ABS (Air Bearing Surface)	ส่วนของหน้า slider (ด้านบน)
SB	Slider Body	ด้านข้างและด้านท้ายของ slider
D	Deposition และ Damper	Deposition คือบริเวณด้านหัวของ slider Damper คือ บริเวณด้านหลังของ suspension
S	Suspension	ใช้กับบริเวณ หัวถึง base plate
J	Solder Jet Ball	เกี่ยวกับ Solder ball
E	Epoxy(กาว)	เกี่ยวกับกาว
P	PZT(Piezoelectric transducer)	บริเวณ PZT ทั้งหมด
T	TSA หรือ Long Tail	TSA บริเวณ เส้น TSA Long tail บริเวณ ทางทั้งหมด
F	Flying Lead	บริเวณ Flying lead ทั้งหมด

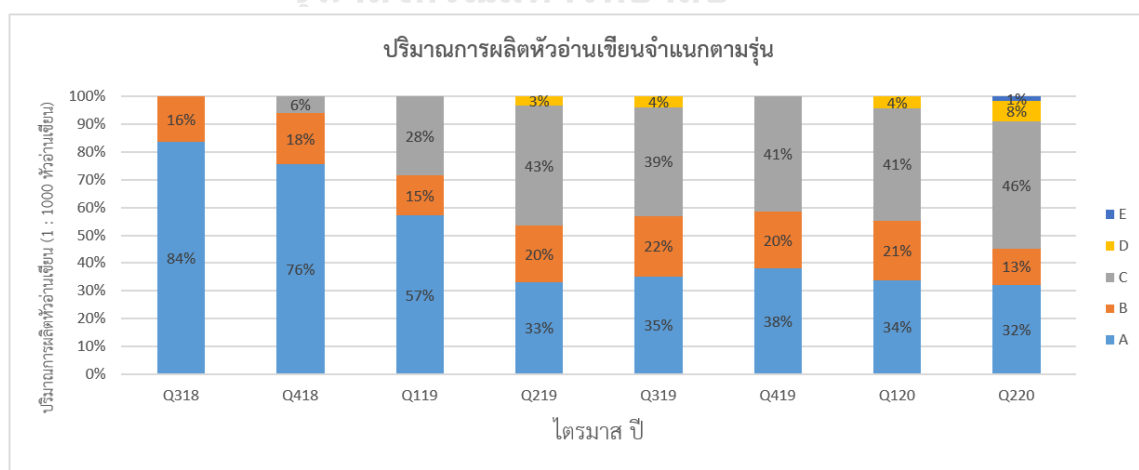
ภาพที่ 1.9 ตัวย่อและตำแหน่งในการตรวจสอบ

ปัจจุบันนี้โรงงานแห่งนี้มีปริมาณในการผลิตที่ลดลงเมื่อเทียบกับปริมาณการผลิตในปีที่ผ่านมาดังแสดงในภาพที่ 1.10 ส่งผลทำให้โรงงานแห่งนี้มีนโยบายในการลดต้นทุนทางการผลิต (Cost reduction) เพื่อเพิ่มกำไรในการขายให้มากขึ้น ซึ่งต้นทุนทางการผลิตนั้นจะประกอบไปด้วย ค่าแรงงานของพนักงานในสายการผลิต (Labor cost) ค่าสาธารณูปโภคต่างๆ (Utilities cost) ค่าวัตถุดิบ (Material cost) และ อื่นๆ โดยเมื่อพิจารณาในส่วนของปัญหาที่เกี่ยวข้องนั้นพบว่า ค่าแรงของพนักงานในสายการผลิตนั้นมีสัดส่วนในต้นทุนการผลิตถึง 30.00% และกระบวนการส่วนใหญ่ที่ใช้พนักงานในการปฏิบัติงานคือ กระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน จึงเป็นที่มาของการทำงานวิจัยฉบับนี้



ภาพที่ 1.10 ปริมาณการผลิตหัวอ่านเขียนแต่ละไตรมาส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 1.11 ปริมาณการผลิตหัวอ่านเขียนแต่ละไตรมาสแยกตามชนิดของสินค้า

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ส่งผลทำให้โรงงานแห่งนี้มีความสามารถในการแข่งขันทางการขายลดลง และมีผลต่อผลประกอบการของโรงงานแห่งนี้ ดังนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการทำงาน กระบวนการผลิตหัวอ่านเขียน และความแตกต่างของชนิดสินค้าทุกชนิดภายในโรงงาน เพื่อให้สามารถทำการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น และส่งผลต่อต้นทุนการผลิตรวมของโรงงานมากที่สุด จากภาพที่ 1.10 สามารถจำแนกรายละเอียดของชนิดสินค้าที่มีอยู่ภายในโรงงานได้ ดังแสดงในภาพที่ 1.11 ซึ่งพบว่าสินค้า A และสินค้า C ซึ่งมีปริมาณการผลิตคิดเป็น 74% - 85% ของปริมาณการผลิตหัวอ่านเขียนทั้งหมดต่อไตรมาส ซึ่งของเสียที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการผลิตหัวอ่านเขียนนั้น จะถูกคัดแยกด้วยวิธีการตรวจสอบคุณภาพด้วยกล้องกำลังขยายต่ำและสูง โดยพนักงานในสายการผลิต ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงต้องการพัฒนาขั้นตอนการคัดแยกของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตหัวอ่านเขียน ด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัล และการจัดจํารูปแบบ เพื่อทำหน้าที่แทนพนักงาน เนื่องจากปัจจุบันนี้แรงงานมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มสูงขึ้น จึงส่งผลทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นตามไปด้วย อีกทั้งมนุษย์ยังมีขีดจำกัดทางด้านต่างๆ เช่น ระยะเวลาในการทำงาน ความเที่ยงตรงในการตรวจสอบ และระยะเวลาในการเรียนรู้วิธีการตรวจสอบ ดังนั้นการนำเทคโนโลยีเข้ามาปฏิบัติหน้าที่แทนมนุษย์จึงสามารถทำให้แก้ไขขีดจำกัดต่างๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้นออกไปได้

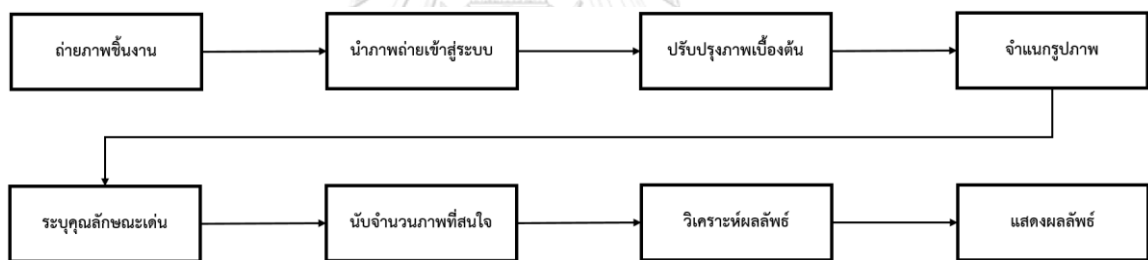
1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและแนวทางการทำงานวิจัย

จากปัญหาข้างต้นที่ได้กล่าวไป การนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการผลิตหัวอ่านเขียนและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการตรวจสอบชิ้นงานผลิตในสายการผลิตหัวอ่านเขียน ซึ่งเทคโนโลยีสารสนเทศที่นำมาประยุกต์ใช้นั้นคือ กระบวนการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing)

หลังจากที่ได้ศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการประมวลผลภาพดิจิทัลและ เครือข่ายใยประสาทแล้ว พบว่าจากขั้นตอนการผลิตหัวอ่านเขียนภายในกระบวนการผลิตหัวอ่านเขียนมีกระบวนการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานด้วยกล้องกำลังการขยายทั้งขนาดสูง และกล้องกำลังการขยายขนาดต่ำ ซึ่งปัจจุบันนี้กระบวนการนี้ใช้พนักงานหรือมนุษย์ในการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานอยู่ ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงจะพัฒนากระบวนการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัล เพื่อ

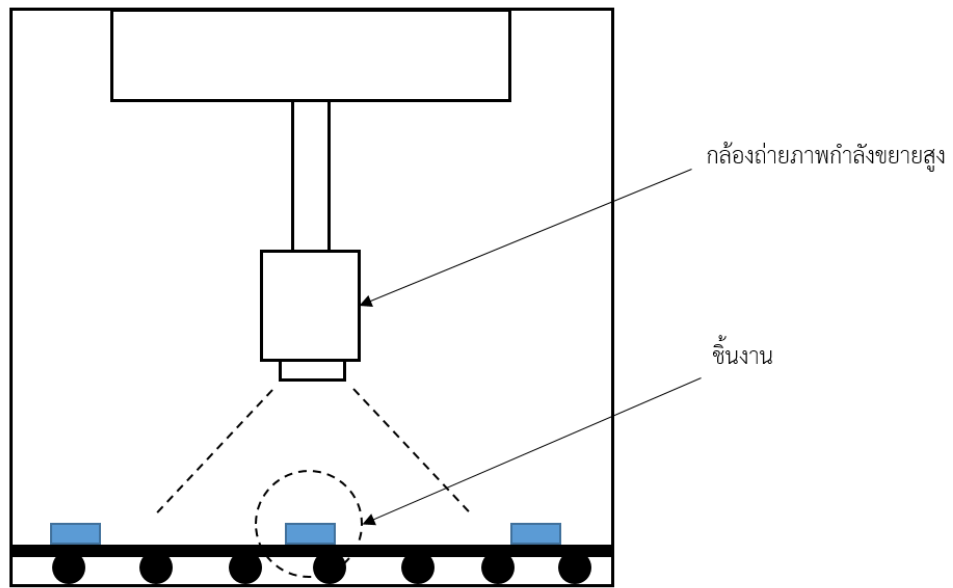
ทำการแยกชิ้นงานที่ดีและชิ้นงานที่เสียออกจากกัน โดยอาศัยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัล ในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพและ เครือข่ายใยประสาทในคัดแยกของชิ้นงานดีและเสียออกจากกัน

ซึ่งจากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น ได้มีการนำวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลภาพด้วยวิธีการกำหนดจุดขั้นต่ำ หรือ Thresholding ในการแบ่งพื้นที่ที่สนใจภาพในภาพถ่าย รวมไปถึงการใช้เครือข่ายใยประสาท ในการจดจำลักษณะเฉพาะของชิ้นงานหรือว่าข้อมูลที่สนใจ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจ ซึ่งงานวิจัยฉบับนี้ได้อ้างอิงและนำวิธีการปรับปรุงภาพดิจิทัล การวิเคราะห์ข้อมูลภาพด้วยวิธีการ กำหนดจุดขั้นต่ำและเครือข่ายใยประสาทมาใช้ในการพัฒนาขั้นตอนการตรวจสอบคัดแยกชิ้นงาน ภายในสายการผลิตหัวอ่านเขียน จากแนวคิดในการพัฒนาขั้นตอนการตรวจสอบคัดแยกชิ้นงาน ภายในสายการผลิตหัวอ่านเขียนนี้ สามารถเขียนขั้นตอนการทำงานของกระบวนการตรวจสอบคัดแยกชิ้นงานในสายการผลิตได้ดังแสดงในภาพที่ 1.12 ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่การนำภาพเข้าสู่ระบบไปจนถึง ขั้นตอนการตรวจสอบและคัดแยกชิ้นงาน(ผลลัพธ์)

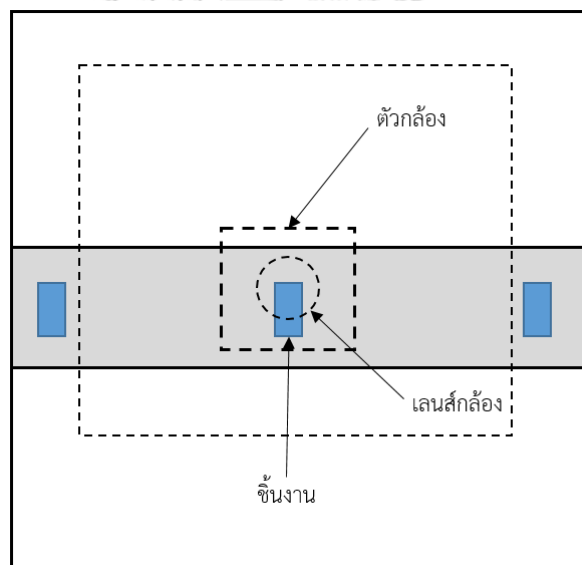


ภาพที่ 1.12 ขั้นตอนการตรวจสอบชิ้นงานด้วยระบบอัตโนมัติ

จากแนวคิดดังกล่าวจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ และออกแบบสถานีการทำงานในขั้นตอนการตรวจสอบ คัดแยกชิ้นงานในสายการผลิตหัวอ่านเขียนใหม่ โดยการติดตั้งกล้องกำลังขยายสูง เพื่อทำการถ่ายภาพ ชิ้นงานเข้าสู่ระบบตรวจสอบคัดแยกชิ้นงาน ดังแสดงในภาพที่ 1.13 และ 1.14 ซึ่งเป็นส่วนสำคัญใน การนำข้อมูลภาพเข้าไปประมวลผล



ภาพที่ 1.13 ตัวอย่างสถานีการทำงาน แบบมุมมองด้านของ (Side view)



ภาพที่ 1.14 ตัวอย่างสถานีการทำงาน แบบมุมมองด้านบน (Top view)

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.4.1 เพื่อพัฒนาระบบการตรวจสอบและคัดแยกชิ้นงาน ด้วยวิธีการประมวลผลดิจิทัลและการจดจำรูปแบบ

1.5 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดแยกของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตออกจากสายการผลิตหัวอ่านเขียน และระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตหัวอ่านเขียน โดยการนำเทคโนโลยีการตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติมาใช้แทนการทำงานของแรงงานในสายการผลิตหัวอ่านเขียน เพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิตหัวอ่านเขียน

- ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการตรวจสอบและคัดแยกชิ้นงาน หลังกระบวนการเชื่อมตะกั่วกับหัวอ่านเขียน ด้วยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลและการจดจำรูปแบบ
- ชนิดและรุ่นของชิ้นงานที่นำมาศึกษาและทำการทดลอง คือ หัวอ่านเขียนรุ่น A และ C ซึ่งมีปริมาณการผลิตต่อไตรมาสรวมกัน ถึง 74% - 85%
- ใช้กล้องตรวจสอบชิ้นงานกำลังการขยายสูงเพื่อเก็บข้อมูลภาพมาทำการวิเคราะห์ และพัฒนาระบบการตรวจสอบคัดแยกชิ้นงานอัตโนมัติ
- ใช้เทคนิคการปรับปรุงรูปภาพ (Image enhancement) และ เครือข่ายประสาท (Convolutional Neural Network : CNN) เพื่อทำการตรวจสอบและคัดแยกชิ้นงาน

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

- 1.6.1 เป็นต้นแบบในการปรับปรุงและพัฒนาระบบตรวจสอบและคัดแยกชิ้นงาน ประเภทอื่นๆในอนาคต
- 1.6.2 เพื่อกำจัดกระบวนการที่ไม่เกิดประโยชน์ภายในกระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกระบวนการผลิต
- 1.6.3 เพื่อลดการใช้พื้นที่ในสายการผลิตหัวอ่านเขียน และจำนวนพนักงานในสายการผลิตหัวอ่านเขียน

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

- 1.7.1 การลดการใช้แรงงานในการตรวจสอบชิ้นงานในสายการผลิตหัวอ่านเขียน ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนการผลิตหัวอ่านเขียนที่ลดลง และทำให้กำไรที่ได้จากการขายหัวอ่านเขียนเพิ่มขึ้น
- 1.7.2 การใช้พื้นที่ในการผลิตหัวอ่านเขียนลดลง ซึ่งส่งผลทำให้โรงงานกรณีศึกษามีพื้นที่ว่างเพิ่มมากขึ้น และทำให้สามารถขยายกำลังการผลิตหัวอ่านเขียนได้มากขึ้นในอนาคต

1.8 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน

- 1.8.1 ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการผลิตปัจจุบัน และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ในการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิต
- 1.8.2 ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
- 1.8.3 เก็บข้อมูลภาพของชิ้นงานเพื่อทำการวิเคราะห์
- 1.8.4 วิเคราะห์ข้อมูลภาพ และศึกษาข้อมูลภาพเพื่อใช้จำแนกความแตกต่างของภาพชิ้นงาน
- 1.8.5 พัฒนาระบบการรู้จำภาพ (Digital image recognition development)
- 1.8.6 พัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อใช้ในการตรวจสอบภาพชิ้นงาน (Artificial intelligence for digital image inspection)
- 1.8.8 ทดลองระบบโดยการฝึกการรู้จำ (System training)
- 1.8.9 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
- 1.8.10 สรุปผลการทดลองและ ข้อเสนอแนะจากผลการทดลอง
- 1.8.11 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.9 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

ระยะเวลาในการดำเนินงานทำการศึกษาวิจัย เดือนธันวาคม ปี 2561 ถึง เดือนตุลาคม ปี2562

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	พ.ศ. 2562					พ.ศ. 2563					
	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน
1. ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการผลิตปัจจุบัน และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ในการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิต											
2. ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัยต่างที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย											
3. เก็บข้อมูลสภาพของทีมงานเพื่อทำการวิเคราะห์											
4. วิเคราะห์ข้อมูลสภาพ และศึกษาข้อมูลภาพเพื่อจัดทำบทความแตกต่างของงานชิ้นงาน											
5. พัฒนาระบบการรู้จำภาพ (Digital image recognition development)											
6. พัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์ในการตรวจสอบภาพชิ้นงาน (Artificial intelligence for digital image inspection)											
7. ทดลองระบบโดยการศึกษาการรู้จำ (System training)											
8. ทดลองระบบกับชิ้นงานจริง และเก็บข้อมูล											
9. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง											
10. สรุปผลการทดลองและ ข้อเสนอแนะจากผลการทดลอง											
11. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์											

ภาพที่ 1.15 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินการทำงานวิจัยฉบับนี้นั้นจำเป็นต้องศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องการประมวลผลภาพดิจิทัล เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยฉบับนี้ ซึ่งทฤษฎีที่สำคัญต่องานวิจัยฉบับนี้มีดังนี้

- 2.1.1 การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing)
- 2.1.2 การนำภาพเข้าสู่ระบบ (Image Acquisition)
- 2.1.3 การปรับปรุงภาพ (Image Enhancement)
- 2.1.4 การจำแนกรูปภาพ (Image Segmentation)
- 2.1.5 การจำแนกคุณลักษณะเฉพาะของรูปภาพ (Feature Extraction)
- 2.1.6 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks)

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing)

ภาพดิจิทัล คือ เป็นการแสดงผลภาพในลักษณะ 2 มิติในหน่วยที่เรียกว่า “พิกเซล (Pixel)” โดยภาพดิจิทัลสามารถแปลงให้เป็นฟังก์ชัน 2 มิติทางคณิตศาสตร์ได้เป็น $f(x,y)$ โดยที่ x และ y เป็นพิกัดภายในรูปภาพ และ แอมพลิจูดของ f ที่พิกัด (x,y) ใดๆภายในภาพคือ ค่าความเข้มแสงของภาพ (Intensity) ที่ตำแหน่งนั้น และเมื่อ (x,y) และแอมพลิจูดของ f เป็นค่าจำกัด (Finite Value) จึงเรียกรูปภาพนี้ว่าเป็นภาพดิจิทัล (Digital Image) และถ้ากำหนดให้ภาพ $f(x,y)$ มีขนาด M แถวและ N คอลัมน์ และพิกัดของจุดกำเนิด (Origin) ของภาพ คือ ที่ตำแหน่ง $(x,y) = (0,0)$ แล้วจะสามารถเขียนสมการให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ได้ดังแสดงในภาพที่ 2.1

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

ภาพที่ 16 เมทริกซ์ $M \times N$

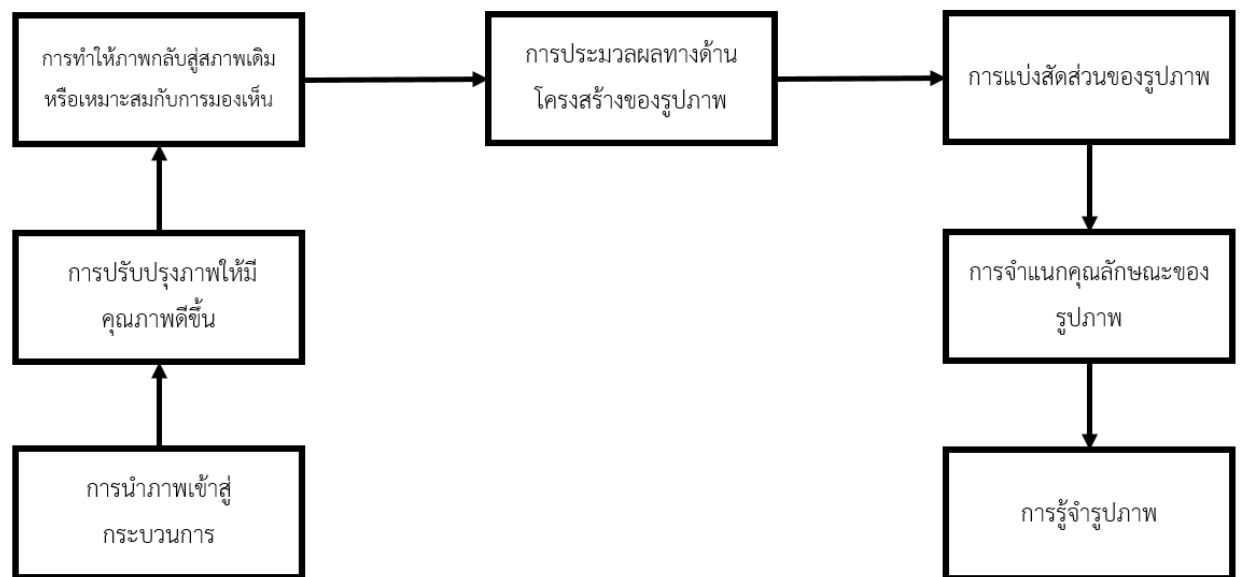
โดยค่าแต่ละค่าที่ปรากฏภายในเมทริกซ์จะเรียกว่า พิกเซล (Pixel) โดยตำแหน่ง (0,0) ดังแสดงในภาพที่ 2.2 จะอยู่ทางด้านซ้ายมือสุดด้านบนของภาพการจัดลำดับตำแหน่งของจุดภาพจะเรียงจากซ้ายไปขวาในแต่ละเส้นจุดและจัดลำดับของเส้นจุดจะเรียงจากบนลงล่างการเก็บค่าของความเข้มแสงของภาพดิจิทัลลงหน่วยความจำในลักษณะเส้นจุด(raster) นี้จะเรียกภาพบิตแมป (bit-mapped image) หรือภาพแรสเตอร์(raster image) แต่ภาพที่จัดเก็บในลักษณะนี้จะมีความใหญ่จึงมีการบีบอัดภาพ(image compression) เพื่อให้ข้อมูลภาพมีขนาดเล็กลง

48	219	168	145	244	188	120	58
49	218	87	94	133	35	17	148
174	151	74	179	224	3	252	194
77	127	87	139	44	228	149	135
138	229	136	113	250	51	108	163
38	210	185	177	69	76	131	53
178	164	79	158	64	169	85	97
96	209	214	203	223	73	110	200

ภาพที่ 17 พิกเซลในรูปภาพ และการแสดงค่าความเข้มแสงของภาพ

การประมวลผลภาพดิจิทัล คือ การประยุกต์ใช้เทคนิค หรือวิธีการต่างๆ เพื่อปรับปรุงรูปภาพให้มนุษย์สามารถทำความเข้าใจในรูปภาพนั้นๆได้ง่าย และรวมไปถึงการนำรูปภาพหลังจากการปรับปรุงไปใช้ในกระบวนการหรือกิจกรรมต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้การประมวลผลภาพดิจิทัลยังช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพและวิดีโอได้ด้วย ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้การประมวลผลภาพดิจิทัลถือว่าเป็นส่วนสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูลรูปภาพ เพื่อนำรูปภาพนั้นไปใช้ต่อไปในการจำแนกหาความแตกต่าง โดยขั้นตอนหลักในการประมวลผลภาพดิจิทัลมีทั้งหมด 7 ขั้นตอน ได้แก่ การนำภาพเข้าสู่กระบวนการ การปรับปรุงภาพให้มีคุณภาพดีขึ้น การทำให้ภาพกลับสู่สภาพเดิมหรือเหมาะสมกับการมองเห็น การประมวลผลทางด้านโครงสร้างของรูปภาพ การแบ่งสัดส่วนของ

รูปภาพ การจำแนกคุณลักษณะของรูปภาพ และการรู้จำรูปภาพ ดังแสดงในภาพที่ 2.3 ซึ่งในแต่ละขั้นตอนนั้นก็จะมีเครื่องมือ หรือว่าเทคนิคอีกมากมายที่จะนำมาใช้ในการประมวลผลภาพดิจิทัล การประมวลผลภาพดิจิทัลนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆได้ เช่น การแพทย์ อุตสาหกรรม ภูมิศาสตร์และแผนที่ และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการรูปภาพหรือวิดีโอในการวิเคราะห์ข้อมูล



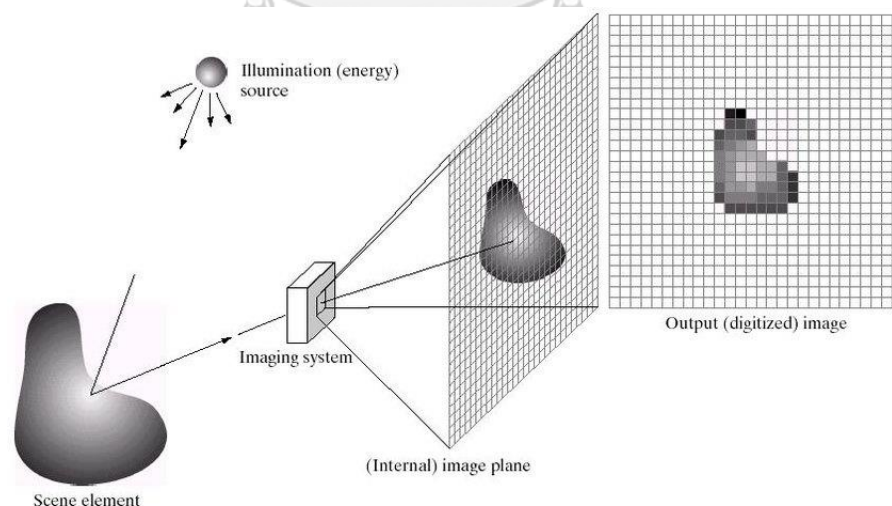
ภาพที่ 18 ขั้นตอนการประมวลผลภาพดิจิทัล

2.1.2 การนำภาพเข้าสู่กระบวนการ (Image acquisition)

การนำภาพเข้าสู่กระบวนการ คือ การแปลงภาพแสง (optical image) เป็นชุดข้อมูลตัวเลข ซึ่งข้อมูลตัวเลขชุดนี้สามารถนำไปใช้หรือจัดการด้วยคอมพิวเตอร์ได้ การนำภาพเข้าสู่ระบบซึ่งส่วนมากนั้นจะได้มาจากกล้องวิดีโอหรือกล้องถ่ายภาพ ซึ่งภาพหรือวิดีโอที่สามารถพบเห็นได้ตามสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เช่น โทรศัพท์, โทรศัพท์สมาร์ทโฟน นั้นเป็นแค่ส่วนหนึ่งของการจัดเก็บภาพดิจิทัล และนำภาพเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ซึ่งในปัจจุบันนี้ นอกจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่กล่าวมาข้างต้น ยังมีอุปกรณ์และวิธีการอื่นอีกมากมายที่สามารถนำภาพเข้าสู่กระบวนการ เพื่อปรับปรุงหรือวิเคราะห์ โดยหลักการของการนำภาพเข้าสู่กระบวนการนั้นมีดังนี้

1. ระบบการมองเห็นโดยการตรวจจับพลังงาน
2. การสะท้อนพลังงานจากวัตถุที่สนใจ
3. อุปกรณ์ตรวจวัดค่าพลังงาน

โดยการนำภาพเข้าสู่กระบวนการนั้นสามารถทำได้โดยกล้องถ่ายภาพ ซึ่งภาพที่ได้จากกล้องถ่ายภาพนั้นจะมีความแตกต่างกันออกไปตามวัตถุประสงค์หรือการใช้งาน ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการใช้ภาพถ่ายเอ็กซเรย์ (X-ray) กล้องที่นำมาใช้ถ่ายภาพควรมีความไวต่อรังสีเอ็กซเรย์ และ ถ้าหากต้องการใช้ภาพถ่ายอินฟราเรด (Infrared) กล้องที่นำมาใช้ถ่ายภาพควรมีความไวต่อรังสีอินฟราเรด โดย รูปภาพหรือว่าภาพถ่ายนั้นเกิดจาก การผสมผสานระหว่าง แหล่งกำเนิดแสง (Illumination source) กับ การดูดซับหรือสะท้อนของพลังงาน (Absorption and reflection of energy) ดังแสดงในภาพที่ 2.4 โดยแสงสว่างนั้นอาจจะเกิดได้จากแหล่งกำเนิดแสงต่างๆ เช่น เรดาร์, แหล่งพลังงานอินฟราเรด และ อื่นๆ ซึ่งในการได้มาซึ่งรูปภาพนั้น สามารถทำได้โดยใช้เซนเซอร์ (sensor) ในการตรวจจับความส่องสว่างของแสง ซึ่งกระบวนการนี้ เรียกว่า การนำภาพเข้าสู่กระบวนการ โดยทั่วไปพลังงานแสง (illuminate energy) จะถูกเปลี่ยนเป็น รูปภาพดิจิทัล (Digital image) โดยหลักการทำงานคือ พลังงานแสงที่รับเข้ามาจะถูกเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟฟ้า (Voltage) โดยเกิดจากการรวมตัวของพลังงานไฟฟ้า (electrical energy) กับ อุปกรณ์ตรวจจับค่าพลังงานไฟฟ้า ผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปแบบของคลื่นพลังงาน (waveform) ซึ่งจะทำได้ภาพดิจิทัล

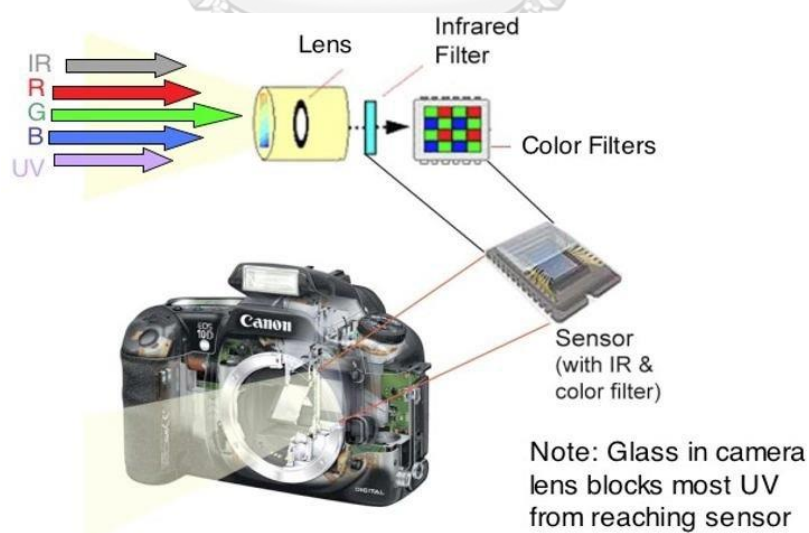


ภาพที่ 19 รูปแบบการนำภาพเข้าสู่กระบวนการ (Image acquisition model)

ที่มา :

https://www.researchgate.net/publication/318500799_Image_Acquisition_and_Techniques_to_Perform_Image_Acquisition

รูปภาพดิจิทัลนั้นจะถูกแสดงในรูปแบบ ฟังก์ชัน 2 มิติ (2 D function) ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของสมการได้ $f(x,y)$ โดยทั่วไปรูปภาพนั้นจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ภาพขาวดำ (Black & White image) และ ภาพสี (Color image) โดยภาพขาวดำนั้นจะประกอบไปด้วยการไล่ระดับของสีระหว่างสีขาวไปถึงดำ ซึ่งจะมีค่าความเข้มแสงอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 โดย 0 คือสีดำ และ 255 คือสีขาว ซึ่งค่าความเข้มแสงที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 นั้นเรียกว่า การไล่ระดับสีเทา (Gray scale) ส่วนภาพสีนั้น จะประกอบไปด้วยพิกเซลของสีต่างๆ โดยค่าความเข้มแสงของพิกเซลสีนั้นจะมีค่าที่กว้างกว่าค่าความเข้มแสงของภาพขาวดำ โดยสีต่างๆภายในรูปภาพเกิดขึ้นจากการเดินทางของแสงสว่างผ่านปริซึม (Prism) ทำให้เกิดสีต่างๆมากมาย ซึ่งสายตามนุษย์สามารถรับรู้ได้ผ่านการมองเห็น และการจับภาพและแสดงสีแบบอิเล็กทรอนิกส์นั้นมีความซับซ้อน ซึ่งความซับซ้อนนี้เกิดจากการผสมผสานระหว่างแม่สี 3 สี คือ แดง เขียว และน้ำเงิน (RGB) ซึ่งเป็นระบบสีที่ใช้กันโดยแพร่หลาย โดยกระบวนการนำภาพเข้าสู่ระบบนั้นขึ้นอยู่กับระบบของอุปกรณ์ (Hardware system) ที่มีเซ็นเซอร์ (Sensor) ซึ่งเซ็นเซอร์จะทำการเปลี่ยนแสงสว่างให้อยู่ในรูปของค่ากระแสไฟฟ้า (Electrical charges) ซึ่งเซ็นเซอร์ที่อยู่ภายในกล้องถ่ายภาพนั้น จะทำการวัดค่าพลังงานที่สะท้อนจากฉากถ่ายภาพภายในกล้อง ดังแสดงในภาพที่ 2.5 โดยเซ็นเซอร์ที่ใช้กับกล้องถ่ายภาพดิจิทัลส่วนใหญ่ๆนั้นคือ เซ็นเซอร์ Charge Coupled Device (CCD) และ เซ็นเซอร์ Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS)



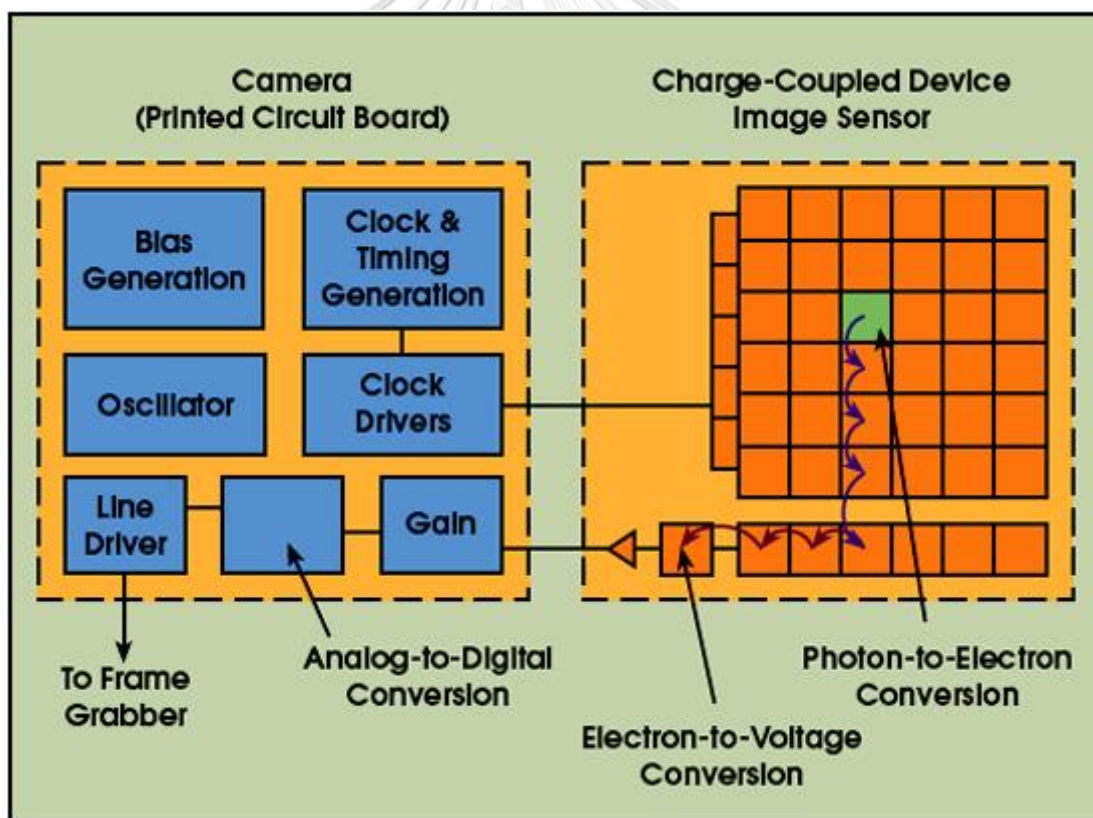
ภาพที่ 20 หลักการทำงานของกล้องถ่ายภาพดิจิทัล

ที่มา :

2.1.2 การแบ่งสัดส่วนรูปภาพ (Image Segmentation)

2.1.2.1 เซ็นเซอร์ Charge Coupled Device (CCD)

Charge Couple Device (CCD) เป็นเซ็นเซอร์ที่ทำงานโดยส่วนที่เป็นเซ็นเซอร์แต่ละพิกเซล จะทำหน้าที่รับแสงและเปลี่ยนค่าแสงเป็นสัญญาณอนาล็อก ส่งเข้าสู่วงจรเปลี่ยนค่าอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลอีกที ซึ่งการรับแสงเป็นไปได้อย่างเต็มที่ ดังแสดงในภาพที่ 2.6 ไม่ต้องเสียพื้นที่ในการแปลงสัญญาณอย่าง CMOS ซึ่ง ตัวแปลงสัญญาณก็อยู่แยกกันทำให้สัญญาณรบกวนเกิดน้อยกว่าแต่ก็มีข้อเสียในด้านความร้อนและเปลืองพลังงาน โดย เซ็นเซอร์ CCD นั้นทำมาจาก ซิลิคอน (Silicon) ที่ทำขึ้นมาเป็นพิเศษ และมีกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนจึงทำให้เซ็นเซอร์ CCD นั้นมีราคาที่สูงกว่า

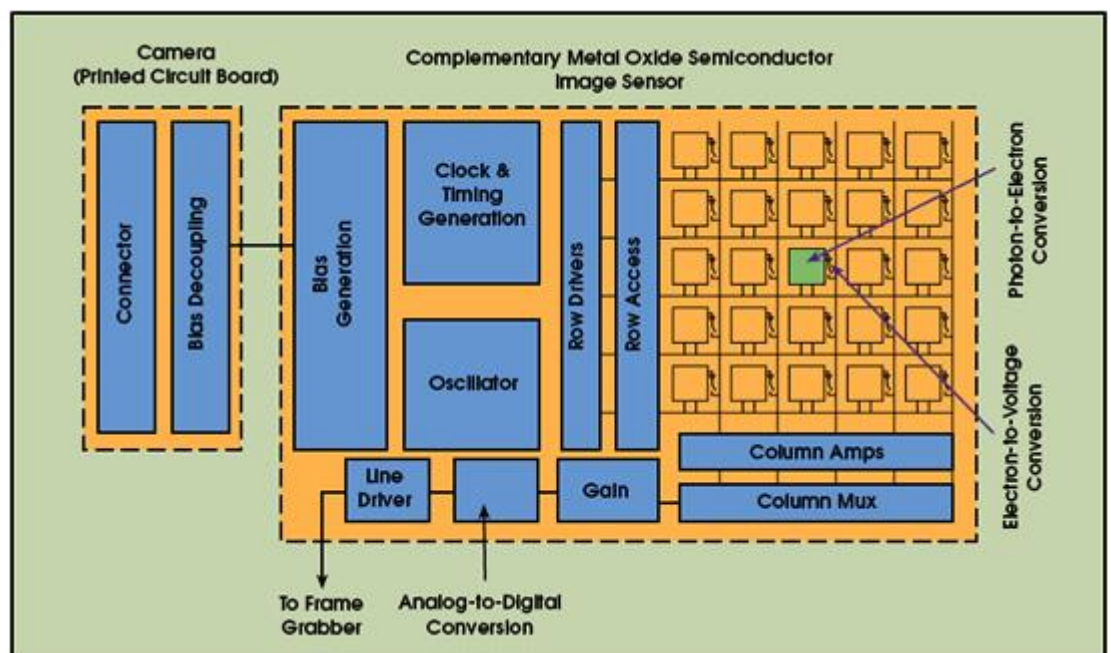


ภาพที่ 21 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์ CCD

ที่มา : <http://digital-camera-thailand.blogspot.com/2012/10/ccd.html>

2.1.2.2 เซ็นเซอร์ Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS)

Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS) เป็นเซ็นเซอร์ที่มีลักษณะการทำงาน โดยแต่ละพิกเซลคล้ายๆกับ CCD เซ็นเซอร์ แต่จะมีวงจรร้อยๆเอาไว้เปลี่ยนค่าแสงที่เข้ามาเป็น สัญญาณดิจิตอลในทันที โดยไม่ต้องส่งออกไปแปลงเหมือน CCD ดังแสดงในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 22 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์ CMOS

ที่มา : <http://digital-camera-thailand.blogspot.com/2012/10/ccd.html>

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ซึ่ง CMOS นั้นทำมาจาก ซิลิกอน (Silicon) ทั่วไป เช่นเดียวกับอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป จึงทำให้มีราคาที่ถูกลงกว่า CCD เซ็นเซอร์ ซึ่ง CMOS เซ็นเซอร์นั้นจำเป็นจะต้องมีพื้นที่ในการแปลงค่าสัญญาณในตัวทำให้พื้นที่การรับแสงนั้นลดน้อยลงไปด้วย โดยวิธีการแก้ปัญหานี้คือ การเพิ่มขนาดของเซ็นเซอร์ CMOS ให้มีขนาดที่ใหญ่เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการรับแสงให้มากขึ้น

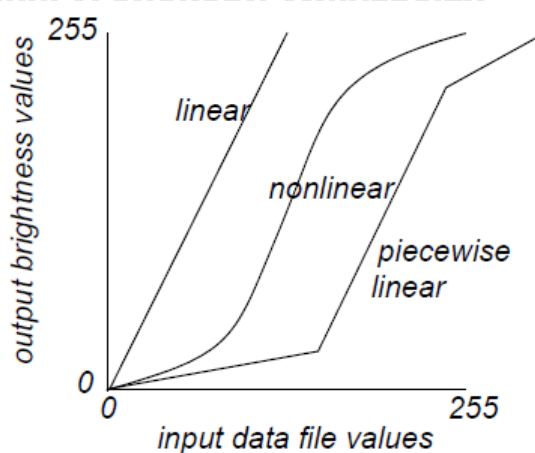
2.1.3 การปรับปรุงภาพ (Image Enhancement)

การปรับปรุงภาพ เป็นกระบวนการแปลงข้อมูลภาพตัวเลขเพื่อที่จะสร้างรายละเอียดตามที่ต้องการ หรือปรับพิสัยของโทนแสงที่ต้องการของภาพ ซึ่งการปรับปรุงภาพมีวิธีการที่หลากหลาย ซึ่งจะช่วยให้ภาพที่ได้จากการปรับปรุงมีรายละเอียดตรงตามความต้องการมากยิ่งขึ้น โดยเทคนิคทั่วไปในการปรับปรุงภาพนั้นมี 3 เทคนิคได้แก่ การปรับปรุงภาพเชิงรังสี (Radiometric Enhancement) การปรับปรุงภาพเชิงช่วงคลื่น (Spectral Enhancement) และการปรับปรุงภาพเชิงพื้นที่ (Spatial Enhancement)

2.1.3.1 การปรับปรุงภาพเชิงรังสี (Radiometric Enhancement)

การปรับปรุงภาพเชิงรังสี คือ การปรับปรุงภาพโดยใช้ค่าตัวเลขของจุดภาพเดี่ยวๆ ในแต่ละแบนด์ และปรับภาพทีละแบนด์เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งหลังจากทำการปรับปรุงภาพทีละแบนด์จนครบตามต้องการแล้ว เราสามารถนำมาทำภาพสีผสมตามที่ต้องการได้ โดยการปรับปรุงภาพเชิงรังสีนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลภาพอย่างถาวร การปรับปรุงภาพเชิงรังสีนั้นจะใช้ในกรณีที่ต้องการปรับปรุงทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้นหรือปรับปรุงให้ภาพนั้นดูเรียบขึ้น ตัวอย่างเทคนิคการปรับปรุงภาพเชิงรังสี

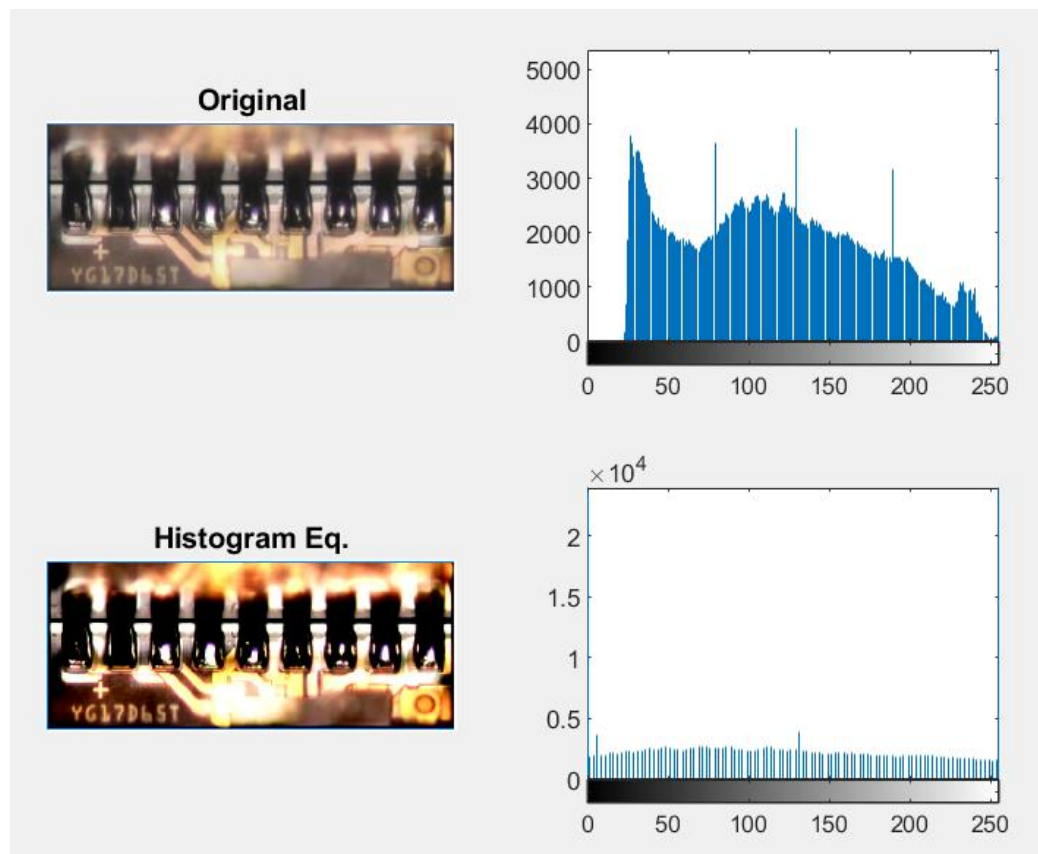
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 23 กราฟการปรับโทนสีภาพในแบบต่างๆ

ที่มา : ERDAS Field Guide, 2003

การปรับระดับสีเทาของภาพ (Contrast stretching) เป็นเทคนิคการขยายความเข้มของ โทนสีให้อยู่ที่พิสัยที่ต้องการ โดยเทคนิคที่ใช้มีแบบ สมการเส้นตรง (Linear equation) ไม่เป็นสมการ เส้นตรง (Non-linear equation) และ แบบแตกส่วน (Piecewise) ดังแสดงในภาพที่ 2.8 และ 2.9



ภาพที่ 24 ตัวอย่างการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิค Contrast Stretching ด้วย Matlab

การปรับปรุงภาพโดยการขยายความเข้มของโทนแสงแบบเส้นตรงและไม่เป็นเส้นตรง เป็นการ ใช้สมการเดียวในการปรับปรุงข้อมูลภาพทั้งภาพ แตกต่างจากการปรับปรุงภาพแบบแตกส่วนซึ่งจะใช้สมการหลายสมการในการปรับปรุงข้อมูลภาพ ในแต่ละช่วงของข้อมูลภาพจะใช้สมการที่แตกต่างกันในการปรับปรุง

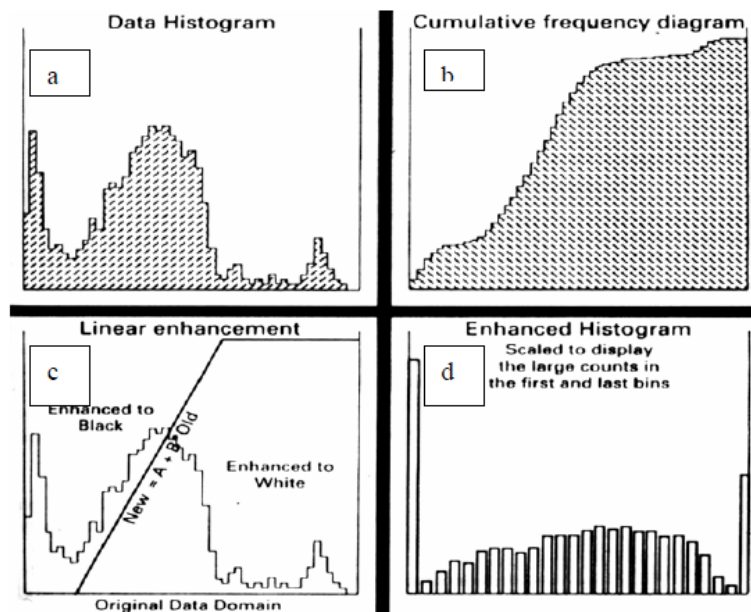
การปรับปรุงภาพแบบสมการเส้นตรง (Linear enhancement) เป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดในการปรับปรุงข้อมูลภาพในส่วนที่เลือกไว้โดยใช้สมการเส้นตรง ดังแสดงในภาพที่ 2.10 โดยจะได้ค่าใหม่ดังสมการด้านล่าง

$$\text{ค่าใหม่} = A + B \times \text{ค่าเก่า} \quad ; \text{เมื่อ } 0 \leq (A + B \times \text{ค่าเก่า}) \leq M$$

$$\text{ค่าใหม่} = 0 \quad ; \text{เมื่อ } (A + B \times \text{ค่าเก่า}) < 0$$

$$\text{ค่าใหม่} = M \quad ; \text{เมื่อ } (A + B \times \text{ค่าเก่า}) > M$$

เมื่อ A คือ ค่าจุดตัดในแนวแกน Y, B คือ ค่าจุดตัดในแนวแกน X และ M คือ ค่าสูงสุดที่ข้อมูลสามารถแปลงได้

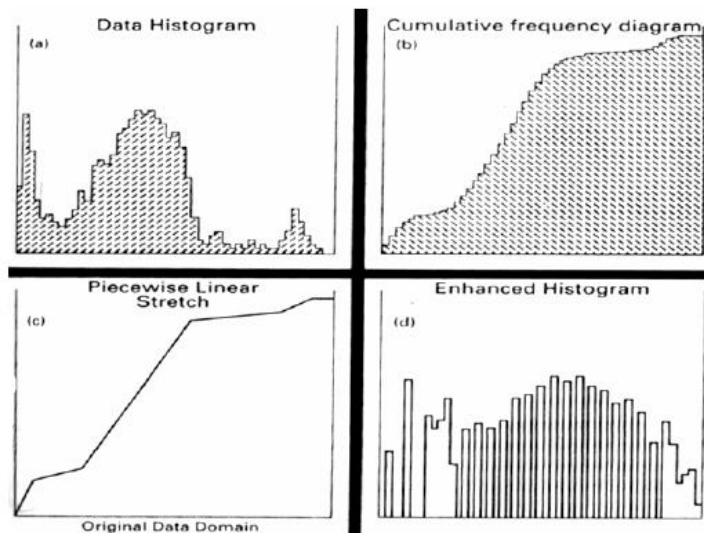


ภาพที่ 25 การขยายข้อมูลภาพแบบเส้นตรง

- (a) กราฟแท่งของเซตข้อมูล (b) ไดอะแกรมความถี่สะสม (c) การขยายแบบสมการเส้นตรง
(d) กราฟแท่งของข้อมูลที่ขยายแล้ว โดยข้อมูลส่วนมากอยู่ในแท่งแรกและแท่งสุดท้าย

ที่มา : McCloy, 1990

ซึ่งความได้เปรียบของการปรับปรุงภาพแบบสมการเส้นตรง คือ ผลที่ได้จะเห็นได้ง่าย และค่าที่แปลงเปลี่ยนไปแล้วมีความสัมพันธ์กับชุดข้อมูลเดิม



ภาพที่ 26 การขยายข้อมูลภาพแบบแตกส่วน

(a) กราฟแท่งของเซตข้อมูล (b) ไดอะแกรมความถี่สะสม (c) การขยายโทนแสงแบบแตกส่วน
(d) กราฟแท่งของข้อมูลที่ขยายแล้ว

ที่มา : McCloy, 1990

การปรับปรุงภาพแบบไม่เป็นสมการเส้นตรง (Non-linear enhancement) ในการปรับปรุงภาพแบบไม่เป็นสมการเส้นตรงนั้น จะมีข้อได้เปรียบกว่าการปรับปรุงภาพแบบสมการเส้นตรง ในกรณีที่ข้อมูลภาพนั้นมีค่าฐานนิยมหลายค่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลภาพที่มีจุดสูงสุดที่ปลายทั้งสองข้างของแท่งกราฟ ซึ่งการปรับปรุงภาพแบบสมการเส้นตรงนั้นจะให้ผลลัพธ์ได้ไม่ดี ดังนั้นวิธีการแก้ไขคือการนำวิธีการปรับปรุงภาพแบบไม่เป็นสมการเส้นตรงมาใช้ในการปรับปรุงภาพ เทคนิคที่นิยมใช้ได้แก่ การปรับปรุงภาพแบบแตกส่วน (Piecewise enhancement) และการแบ่งกราฟให้เท่ากัน (Histogram equalization)

การปรับปรุงภาพแบบแตกส่วน (Piecewise enhancement) เป็นวิธีการลดความเสียหายเปรียบจากวิธีการปรับปรุงภาพแบบสมการเส้นตรง ซึ่งการปรับปรุงภาพแบบแตกส่วนนั้นจะใช้สมการหลายๆสมการในการปรับปรุงภาพในแต่ละช่วงของข้อมูลภาพ วิธีการคำนวณแบบนี้ จะใช้ใน

การสร้างกราฟความถี่สะสม ดังแสดงในรูปที่ 2.11 (b) และกำหนดจุดหยุดที่จุดเปลี่ยนแปลงของความลาดชันในกราฟ และใส่สมการการเปลี่ยนแปลงแต่ละเส้นลงไปในแต่ละช่วงของภาพ ดังแสดงในรูปที่ 2.11 (c) ซึ่งภาพที่ได้หลังจากการปรับปรุงจะมีลักษณะกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.11 (d) ซึ่งหลังจากการปรับปรุงภาพนั้น ภาพในแต่ละส่วนจะได้รับการปรับปรุงในทุกส่วนของภาพ

Grey level i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
n_i	15	0	0	0	0	0	0	0	0	70	110	45	80	40	0	0

(with $n = 360$.) We would expect this image to be uniformly bright, with a few dark dots on it. To equalize this histogram, we form running totals of the n_i , and multiply each by $15/360 = 1/24$:

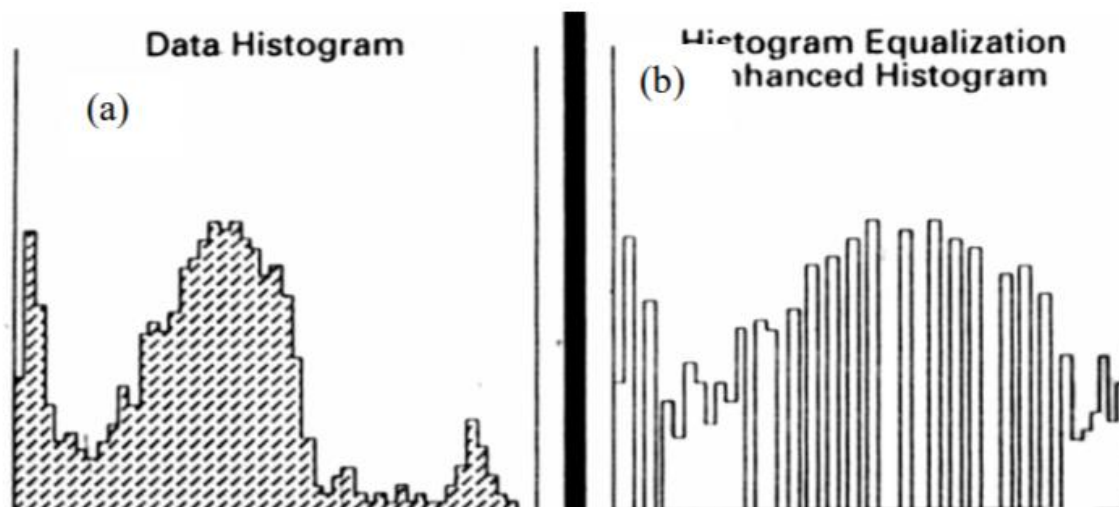
Grey level i	n_i	Σn_i	$(1/24)\Sigma n_i$	Rounded value
0	15	15	0.63	1
1	0	15	0.63	1
2	0	15	0.63	1
3	0	15	0.63	1
4	0	15	0.63	1
5	0	15	0.63	1
6	0	15	0.63	1
7	0	15	0.63	1
8	0	15	0.63	1
9	70	85	3.65	4
10	110	195	8.13	8
11	45	240	10	10
12	80	320	13.33	13
13	40	360	15	15
14	0	360	15	15
15	0	360	15	15

ภาพที่ 27 ตารางการคำนวณจำนวนจุดภาพที่เหมาะสม

การปรับปรุงภาพแบบแบ่งกราฟให้เท่ากัน (Histogram equalization) วัตถุประสงค์ของการใช้วิธีการปรับปรุงภาพแบบแบ่งกราฟให้เท่ากันนี้ เป็นการสร้างภาพที่มีจำนวนจุดภาพใกล้เคียงกัน หรือ ข้อมูลที่ปรับปรุงแล้วจะมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ โดยวิธีการนี้ใช้การกำหนดจำนวนจุดภาพที่เหมาะสมให้กับแต่ละค่า ดังแสดงในรูปที่ 2.12

$$\text{จำนวนจุดภาพที่เหมาะสม} = \text{จำนวนจุดภาพทั้งหมด} / \text{จำนวนค่าในข้อมูล}$$

การคำนวณจะเริ่มจากค่าน้อยที่สุด โดยจะเริ่มบวกจำนวนจุดภาพเข้าด้วยกัน จนกระทั่งเกินจำนวนจุดภาพที่เหมาะสมที่คำนวณได้ ก็ให้ค่าจุดภาพเหล่านั้นเป็นค่าค่าแรก และใช้ค่าถัดไปเป็นค่าใหม่ที่สองจุดภาพที่มีจำนวนเกินที่คำนวณเดิมไว้ แต่ถ้าเกินมากกว่า 1 เท่า ก็ยังคงค่าเดิมไว้ แต่จำนวนจุดภาพของค่าความเข้มของแสงค่าถัดไปจะไม่มี โดยผลลัพธ์ของกราฟที่ได้หลังจากการปรับปรุง จะคล้ายกราฟแท่งที่แบนราบกว่าเดิม ดังแสดงในรูปที่ 2.13



ภาพที่ 28 การปรับปรุงภาพแบบแบ่งส่วนให้เท่ากัน (Histogram equalization)

ที่มา : McCloy, 1990

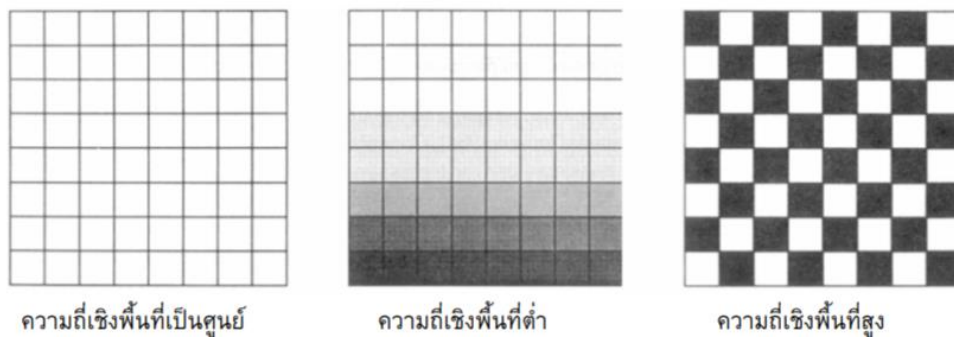
โดยจะสังเกตเห็นว่า บริเวณภาพที่มีค่า หรือมีจุดภาพที่มีค่าใกล้เคียงกัน จะถูกปรับออกให้มีความแตกต่างของค่าเพิ่มขึ้น (บริเวณกราฟที่มีความถี่สูงจะถูกขยายออก) ในขณะที่ส่วนน้อยของภาพที่มีค่าความแตกต่างกัน (ส่วนหางของกราฟ) จะมีความต่างกันของค่าลดลง หรือมีช่วงห่างของความเข้มของแสงลดลง

2.1.3.2 การปรับปรุงภาพเชิงพื้นที่ (Spatial Enhancement)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

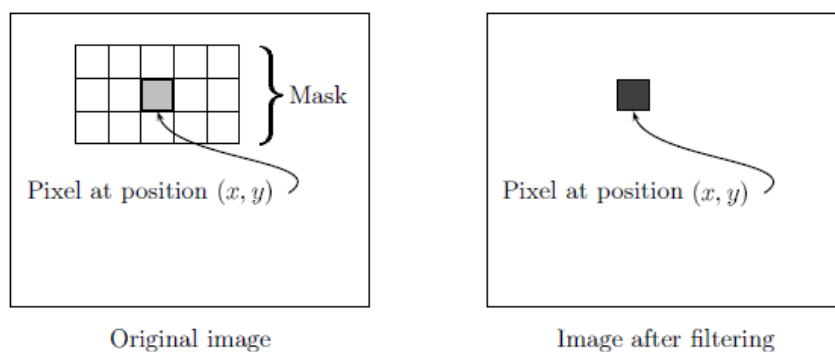
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ในขณะที่การปรับปรุงภาพเชิงรังสี เป็นการปรับค่าจุดภาพเดี่ยว แต่การปรับปรุงภาพเชิงพื้นที่นั้น เป็นการเน้นภาพที่ใช้ ค่าจากจุดภาพที่อยู่รอบๆ จุดภาพที่นำมาคำนวณเพื่อทำการปรับปรุง ซึ่งการปรับปรุงภาพเชิงพื้นที่ จะเกี่ยวข้องกับ “ความถี่เชิงพื้นที่” ซึ่งหมายถึง ความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของกลุ่มจุดภาพที่อยู่ติดกัน หรืออยู่ใกล้เคียงกัน หรือจำนวนการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างต่อหน่วยระยะทางในส่วนของภาพ ดังแสดงในรูปที่ 2.14 แสดงให้เห็นความถี่เชิงพื้นที่แบบง่าย ๆ



ภาพที่ 29 ความถี่เชิงพื้นที่ของจุดภาพ
ที่มา : ERDAS Field Guide, 2003

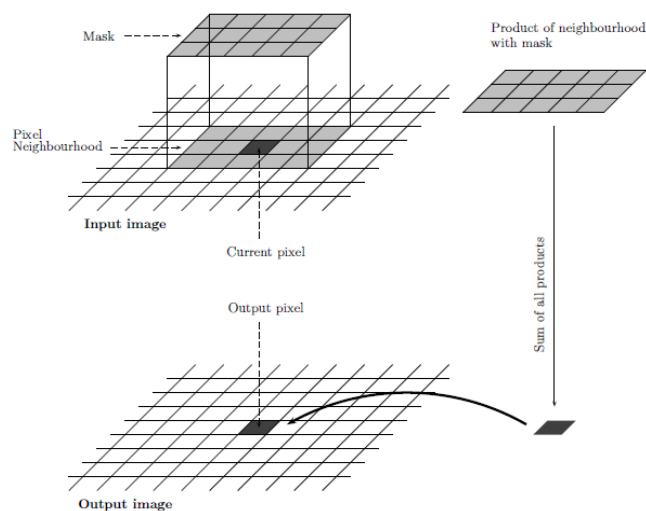
การปรับปรุงภาพเชิงพื้นที่ส่วนใหญ่จะใช้เทคนิคการกรองภาพ (Filtering) ซึ่งหมายถึงการปรับปรุงข้อมูลเพื่อลดสัญญาณรบกวน (Noise) หรือปรับลักษณะบางอย่างของภาพโดยการเน้น หรือลดความถี่ของข้อมูลเชิงพื้นที่ ดังแสดงในภาพที่ 2.15 ซึ่งในบางกรณีเป็นการปรับปรุงภาพเพื่อการดึงลักษณะเด่นของภาพ (Feature extraction) ให้สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนขึ้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคนี้ช่วยให้การแปลงภาพด้วยสายตาดูดีขึ้น และมักจะเปลี่ยนแปลงค่าของข้อมูลตั้งต้นอย่างถาวร



ภาพที่ 30 การกรองภาพเชิงพื้นที่ (Spatial filtering)

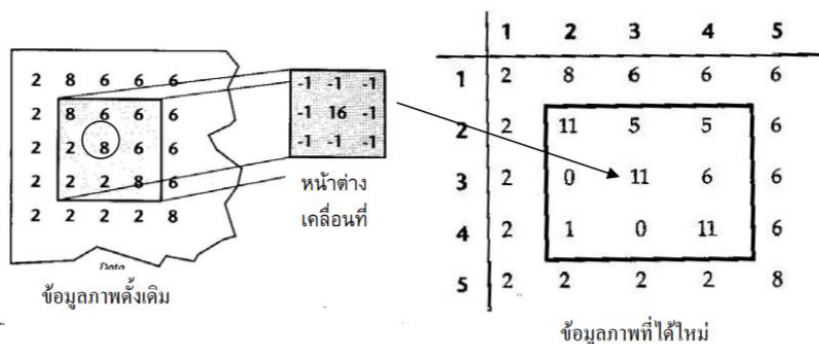
การกรองภาพโดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ หรือ Convolutional filtering ซึ่งเป็นกระบวนการ การเฉลี่ยค่าของจุดภาพภายในเขตเล็กหนึ่งๆ และกระทำตลอดทั่วทั้งภาพ ดังแสดงในรูปที่ 2.16 โดยการทำ Convolutional filtering นั้นประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ

1. หน้าต่างเคลื่อนที่ (Moving window) ที่จะทำหน้าที่คล้ายกับแมทริกซ์ (Matrix) เคลื่อนที่ ซึ่งได้จากค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficients) หรือปัจจัยน้ำหนัก (Weighting factors) ที่ใช้เป็นตัวถ่วงน้ำหนัก ซึ่งทำหน้าที่คล้ายตะแกรงที่มีช่องขนาดต่างๆ ในการกรองข้อมูล ซึ่งหน้าต่างเคลื่อนที่นี้ตามภาษาทางคณิตศาสตร์ เรียกว่า Kernel
2. หน้าต่างเคลื่อนที่ที่จะทำการเคลื่อนที่ผ่านทีละจุดภาพตลอดทั่วทั้งภาพตั้งต้น และค่าตัวเลขที่อยู่จุดภาพตรงกลางของหน้าต่างเคลื่อนที่ จะถูกคำนวณเพื่อเอาไปใส่ในภาพใหม่ให้ตรงตำแหน่งเดิม โดยวิธีการคูณสัมประสิทธิ์ในแต่ละตัวในหน้าต่างเคลื่อนที่ ด้วยค่าตัวเลขของภาพตั้งต้นที่ทับโดยหน้าต่างเคลื่อนที่ แล้วเอาผลคูณทั้งหมดมาบวกกัน การคำนวณนี้จะทำทีละจุดภาพในภาพตั้งต้น



ภาพที่ 31 การกรองภาพโดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ (Convolutional filtering)

เพื่อให้เข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าจุดภาพแต่ละจุดหลังจากการกรองภาพ ดังแสดงในรูปที่ 2.17 แสดงการกรองภาพด้วยกรอบหน้าต่างเคลื่อนที่แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 3×3 จุดภาพ ซึ่งมีน้ำหนักของตัวเลขตรงกลางมากที่สุด เพื่อใช้กับจุดภาพในแถวที่ 3 และคอลัมน์ที่ 3 หรือจุดภาพที่อยู่ตรงกลางของหน้าต่างเคลื่อนที่ค่าเลข 8 ของค่าข้อมูลตั้งต้นหรือภาพตั้งต้น จะถูกเปลี่ยนไปเป็นเลข 11 หลังจากผ่านการกรองไปแล้ว



ภาพที่ 32 การกรองโดยใช้หน้าตาที่เคลื่อนที่

ที่มา : ERDAS Field Guide, 2003

ตัวอย่างการคำนวณ เป็นดังนี้ แต่ละค่าในหน้าตาที่เคลื่อนที่จะคูณด้วยค่าของจุดภาพที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน แล้วนำผลคูณมาบวกกัน ผลลัพธ์ที่ได้เอามาหารด้วยผลบวกของค่าในหน้าตาที่เคลื่อนที่

ค่าผลลัพธ์ที่จุดภาพที่ตำแหน่ง 3,3 = เลขจำนวนเต็ม $[(-1 \times 8) + (-1 \times 6) + (-1 \times 6) + (-1 \times 2) + (16 \times 8) + (-1 \times 6) + (-1 \times 2) + (-1 \times 2) + (-1 \times 8)] / [(-1) + (-1) + (-1) + (-1) + (16) + (-1) + (-1) + (-1) + (-1)]$, ค่าผลลัพธ์ที่จุดภาพที่ตำแหน่ง 3,3 = $(88/8) = \text{int}(11) = 11$

โดยหลังจากการคำนวณเสร็จ 1 จุดภาพ และหน้าตาที่เคลื่อนที่นี้จะเคลื่อนที่ไปที่ละคอลัมน์ และเริ่มทำการคำนวณจุดภาพที่อยู่จุดกึ่งกลางหน้าตาที่เคลื่อนที่ตำแหน่งใหม่ เมื่อจบคอลัมน์ก็จะเริ่มต้นแถวใหม่ และทำอย่างเดิมจนทั่วทั้งภาพ ซึ่งนอกจากการคำนวณค่าเฉลี่ยของจุดภาพแล้วยังมีการคำนวณหาจุดภาพใหม่ในรูปแบบต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.18 ตัวอย่างรูปภาพก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงด้วยเทคนิคการกรองภาพด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ ทำให้ภาพตั้งต้นเบลอด้วยคำสั่ง “fspecial” ในโปรแกรม Matlab ดังแสดงในรูป 2.19

Value	Description
average	Averaging filter
disk	Circular averaging filter (pillbox)
gaussian	Gaussian lowpass filter
laplacian	Approximates the two-dimensional Laplacian operator
log	Laplacian of Gaussian filter
motion	Approximates the linear motion of a camera
prewitt	Prewitt horizontal edge-emphasizing filter
sobel	Sobel horizontal edge-emphasizing filter

ภาพที่ 33 ตารางรูปแบบการคำนวณหาจุดภาพใหม่

ที่มา : <https://www.mathworks.com/help/images/ref/fspecial.html>



ภาพที่ 34 การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิคการกรองภาพ (fspecial)

ที่มา : <https://www.mathworks.com/help/images/ref/fspecial.html>

การจับขอบ (Edge detection) เทคนิคนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงถึงรอยต่อเชิงพื้นที่ของวัตถุ ไม่ว่าจะเป็นจุด เส้น หรือพื้นที่ (zone) ซึ่งการจับขอบจะใช้กับข้อมูลภาพที่มีการกระจายเชิงพื้นที่ไม่ติดต่อกัน และมีวิธีการคำนวณที่เรียกว่า “Spatial gradient”

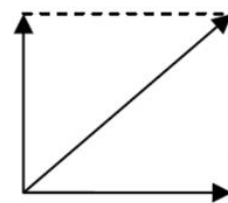
การคำนวณ Spatial gradient สำหรับแต่ละจุดภาพ ใช้วิธีการกรองผ่านเครื่องกรองความถี่สูง ลักษณะพิเศษของเครื่องกรองนี้ คือ ผลบวกของสัมประสิทธิ์ในหน้าต่างเคลื่อนที่จะมีค่าเป็นศูนย์

(Zero-sum) ดังนั้นผลรวมของค่าในหน้าต่างเคลื่อนที่ไม่ต้องเอาไปหารค่าที่คำนวณได้ เพราะการหารด้วยศูนย์หาค่าไม่ได้ โดยทั่วไปผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้หน้าต่างเคลื่อนที่แบบนี้ คือ

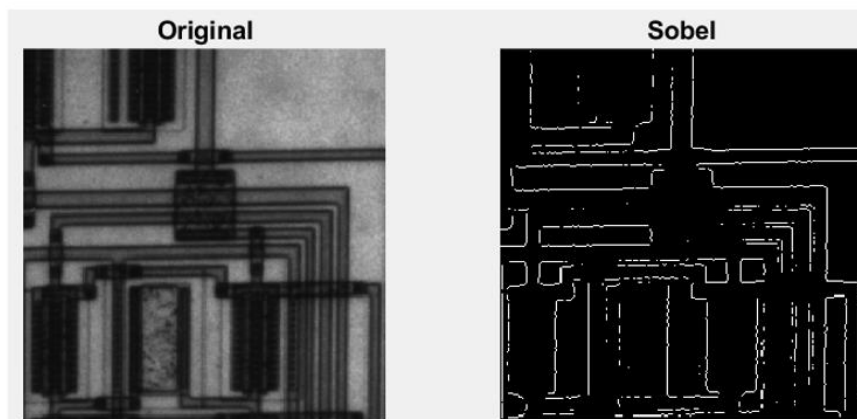
- พื้นที่ที่ข้อมูลนำเข้มีค่าเท่ากัน ผลที่ได้จะมีค่าเป็น ศูนย์
- พื้นที่ที่มีความถี่ต่ำ ผลที่ได้จะมีค่าต่ำ
- พื้นที่ที่มีความถี่สูง ผลที่ได้จะมีค่าสูงมาก

$$\begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

แนวนอน แนวตั้ง



Sobel



ภาพที่ 35 การกรองแบบ Sobel และรูปตัวอย่าง ก่อน-หลังการปรับปรุง

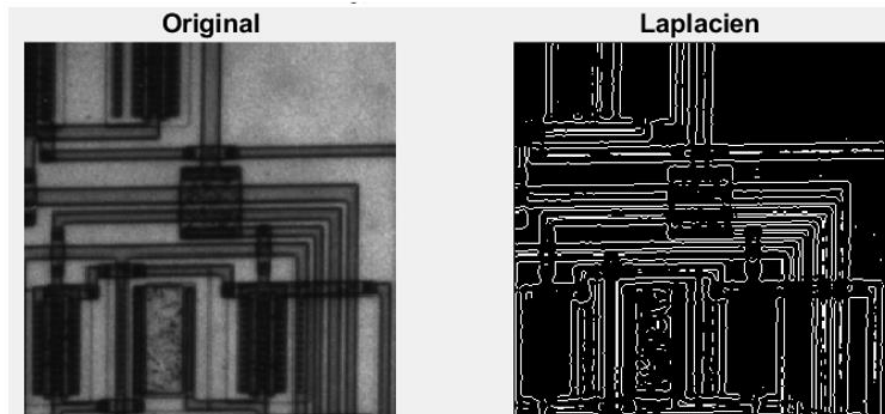
ดังนั้น หน้าต่างเคลื่อนที่ zero-sum จึงทำให้บริเวณที่มีความถี่เชิงพื้นที่ต่ำ มีค่าเป็นศูนย์หรือมีค่าต่ำ ในขณะที่บริเวณที่มีความถี่เชิงพื้นที่สูง มีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจน เช่น บริเวณที่เป็นรอยต่อของพื้นที่ ภาพผลลัพธ์ที่ได้ คือ บริเวณที่เป็นขอบจะเห็นชัดเจน ในขณะที่บริเวณกลุ่มจุดภาพที่มีความกลมกลืนกัน (homogenous) จะมีค่าเป็นศูนย์ หรือปรากฏเป็นสีดำ

การจับขอบที่เรียงตัวในทิศทางใดๆ มักใช้เครื่องกรองแบบทิศทางที่กำหนดขึ้น ซึ่งการจับขอบนั้นมีทั้งแบบทิศทางเดียว หลายทิศทาง และไม่มีทิศทางขึ้นอยู่กับการใส่เครื่องหมายลงในหน้าต่างเคลื่อนที่เพื่อทำการปรับปรุงภาพ ตัวอย่างเครื่องหมายที่ใช้ภายในหน้าต่างเคลื่อนที่เพื่อกำหนดให้หน้าต่าง

เคลื่อนที่ไปในแนวตั้งฉาก ทั้งในแนวตั้งและแนวนอน ซึ่งมีชื่อเรียกว่า “Sobel” ดังแสดงในภาพที่ 2.20

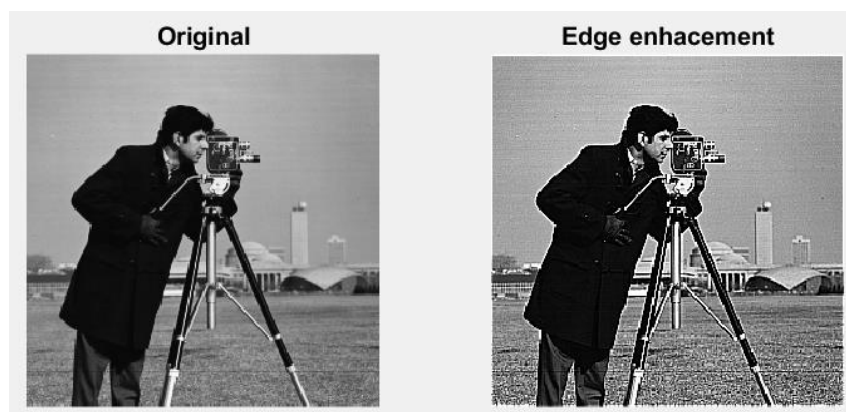
นอกจากการกรองแบบ Sobel แล้วยังมีการกรองแบบ Laplacien ซึ่งเป็นการกรองที่ใช้อนุพันธ์อันดับที่ 2 ในการจับขอบ เป็นการให้ความแตกต่างระหว่างจุดภาพตรงกลางกับจุดภาพรอบข้างมาก ใช้ได้ดีในกรณีที่ข้อมูลที่มีขอบแบบความถี่เชิงพื้นที่ที่มีความลาดชัน ดังแสดงในภาพที่ 2.21

$$\begin{pmatrix} 0 & -1 & -0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \quad \text{หรือ} \quad \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \quad \text{Laplacien}$$



ภาพที่ 36 การกรองแบบ Laplacien (Log) และรูปตัวอย่าง ก่อน-หลังการปรับปรุง

การเน้นขอบ (edge enhancement) เป็นการเน้นขอบโดยทำให้จุดภาพตรงรอยต่อระหว่างพื้นที่ที่มีกลุ่มจุดภาพที่มีเนื้อเดียวกัน มีค่าเพิ่มสูงขึ้นหรือลดลง ขึ้นอยู่กับว่ามันอยู่ด้านสว่างหรือด้านมืดของขอบ ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงในเครื่องกรองภาพก็จะคงสภาพเดิมภาพที่ได้จากการกรองลักษณะนี้จะดูคมชัดขึ้น



ภาพที่ 37 ภาพตัวอย่าง ก่อน-หลัง ปรับปรุงด้วยวิธีการเน้นขอบ

ซึ่งต่างจากการจับขอบซึ่งจะเห็นเฉพาะขอบ แต่ส่วนอื่นจะหายไป เทคนิคนี้มีประโยชน์ในการทำภาพพิมพ์ หรือต้องการให้ภาพบนหน้าจอชัดขึ้น และไม่จำเป็นต้องใช้กับข้อมูลที่เป็นแผนที่ ตัวอย่างภาพการใช้เครื่องกรองแบบนี้จะเน้นที่จุดกลางของหน้าต่างเคลื่อนที่ ดังแสดงในภาพที่ 2.22

2.1.3.3 การปรับปรุงภาพเชิงช่วงคลื่น (Spectral Enhancement)

ความละเอียดเชิงช่วงคลื่นเป็นการวัดจำนวนและขนาดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถบันทึกได้ด้วยเครื่องจับภาพหรืออุปกรณ์ถ่ายภาพ เช่นกล้องถ่ายรูป เป็นต้น วัตถุประสงค์ของการปรับปรุงภาพเชิงช่วงคลื่นนั้น เป็นการใช้อนุภาพในหลายๆช่วงคลื่น แล้วเปลี่ยนแปลงแบนด์เพื่อจะเน้นลักษณะเด่นของข้อมูลภาพนั้น เพื่อให้สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนมากขึ้น โดยที่จำนวนแบนด์ก่อนและหลังปรับปรุงภาพเชิงช่วงคลื่นนั้นจะมีจำนวนเท่ากัน แต่ถ้าเป็นการสังเคราะห์ใหม่ (Synthetic) ก็อาจจะได้แบนด์ใหม่เพียงแบนด์เดียว ตัวอย่างการสังเคราะห์ได้แก่ การใช้ตัวชี้วัดต่างๆ (Indices) ในขณะที่การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก และ Tasseled Cap เป็นการจัดข้อมูลภาพใหม่ ซึ่งแบนด์ใหม่ที่เกิดขึ้นอาจจะแสดงเป็นภาพเดี่ยว แบบขาว-ดำ หรืออาจจะใช้ร่วมกับแบนด์อื่นๆเพื่อปรับปรุงให้ภาพมีคุณภาพดีขึ้น หรือเพื่อใช้เป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการจำแนกภาพ (Image Segmentation)

ดัชนี (Indices) โดยส่วนใหญ่ฟังก์ชันนี้จะใช้เพียงแค่ 2 แบนด์จากข้อมูลภาพดั้งเดิม ฟังก์ชันที่ใช้มีแต่ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์จนถึงสมการพหุนาม ซึ่งการประมวลผลภาพดาวเทียม ดัชนีเหล่านี้จะเกี่ยวกับ

ความสว่างของพื้นดิน เช่น ดัชนีพืช (Vegetation index) ดัชนีดิน (Soil brightness index) ในตระกูลดัชนีพืชส่วนใหญ่จะแสดงถึงความหนาแน่นของมวลชีวภาพสีเขียว โดยจะใช้การสะท้อนคลื่นแสงในช่วงอินฟราเรดและในช่วงสีแดง เราจะพบเห็นดัชนีพืชตั้งแต่แบบง่าย ๆ โดยการหาความแตกต่างระหว่างแบนด์อินฟราเรดกับแบนด์สีแดง จนไปถึงแบบที่ซับซ้อน เช่น การแปลงแบบ Tasseled Cap

ดัชนีพืช (Vegetation index) ดัชนีนี้จะนิยมใช้ในการเน้นการตอบสนองของพืชสีเขียวและการคาดคะเนมวลพืชสีเขียว ทั้งการคาดคะเนมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และดัชนีพื้นที่ใบ โดยดัชนีพืชจะบอกเป็นปริมาณ โดยใช้ระยะทางจากเส้นดิน ตรงไปยังจุดที่เป็นพืชสีเขียว เนื่องจากปริมาณการปกคลุมด้วยพืชสีเขียวจากเส้นดินไปยังจุดของพืชสีเขียว ด้วยเหตุนี้ระยะทางจากเส้นดินไปยังกลุ่มของจุดพืชสีเขียวจึงมีความสัมพันธ์กับสีเขียวของทรงพุ่มด้านบนของพืช

ดัชนีดิน (Soil brightness index) มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อการสะท้อนจากดิน ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเลขของแบนด์อินฟราเรดและแบนด์สีแดง พบว่าเส้นดินจะอยู่ในแนวเฉียงระหว่างแบนด์ทั้ง 2 ดินสีจาง แห้ง และมีผิวเรียบจะมีการสะท้อนแสงสูงกว่าดินสีเข้ม ชื้น และมีวัชพุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Tasseled Cap Transformation เป็นวิธีการที่ใช้ในการนำข้อมูลหลายๆแบนด์มาจัดข้อมูลใหม่ ซึ่งใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับพืช การจัดข้อมูลใหม่ทำให้ได้แกนข้อมูลหลัก 3 แกนที่สามารถส่งผ่านไปยังระบบสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบพืช Crist และ Cicone 1984 ได้ใช้หลักการของ Kauth และ Thomas ศึกษาการสะท้อนและการดูดซับแสงจากวัตถุต่างๆ ซึ่งข้อมูล 3 มิติ ที่แสดงถึงระนาบของดินพืช และโซนที่เปลี่ยนระหว่างดินและพืชซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของดิน และทรงพุ่มของพืช

ความสว่าง (Brightness) ให้นำหน้ากรวมของทุกแบนด์ รวมถึงแสดงทิศทางการแปรปรวนหลักในการสะท้อนจากดิน

ความเขียว (Greenness) ตั้งฉากกับแกนความสว่าง เป็นความแตกต่างระหว่างคลื่นอินฟราเรดใกล้กับช่วงคลื่นที่ตาสามารถมองเห็นได้ ซึ่งแกนความเขียวนี้อาจสัมพันธ์กับปริมาณพืชสีเขียวภายในภาพ

ความชื้น (Wetness) สัมพันธ์กับทรงพุ่มของพืชและความชื้นของดิน

ซึ่งการหมุนของแกนใหม่นั้นจะถูกกำหนดตามข้อมูลภาพ หรือขึ้นอยู่กับเครื่องตรวจจับสัญญาณคลื่นแต่หลังจากกำหนดเครื่องตรวจจับสัญญาณชนิดใดได้แล้ว สัมประสิทธิ์ในการแปลงค่าจะถูกกำหนดและการหมุนของแกนก็จะคงที่

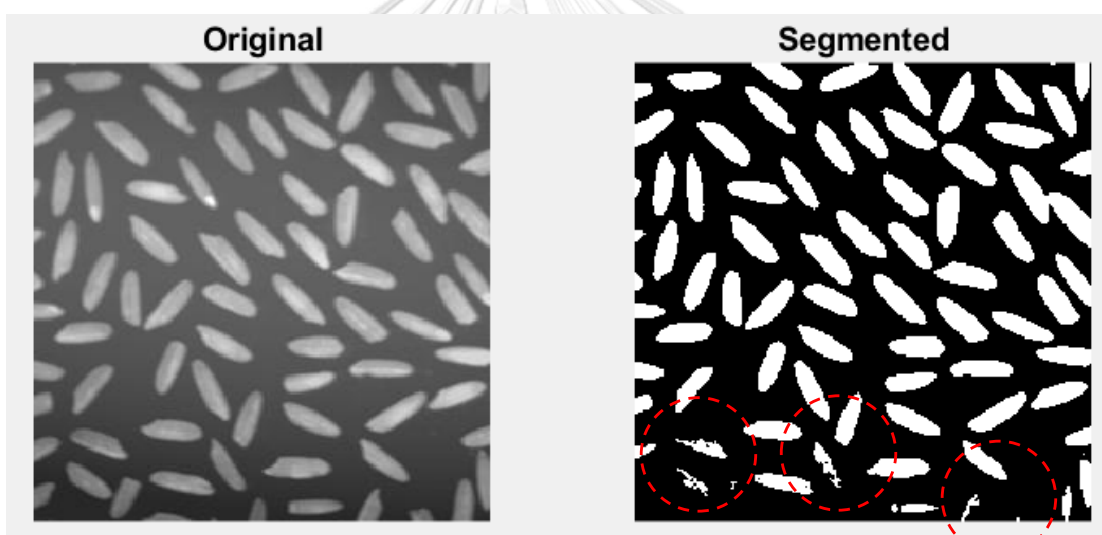
การทำภาพสีผสม (Color composition) และการแปลงสี (Color transformation) การทำภาพสีผสมนั้นมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงภาพด้วยสายตา เนื่องจากตาของมนุษย์นั้นสามารถแยกภาพสีได้มากกว่าโทนสีเทา โดยการทำภาพสีผสมเป็นพื้นฐานของการผสมแสงของแม่สีทั้ง 3 สีได้แก่ สีแดง (Red) เขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) หรือที่รู้จักกันว่า “RGB” การผสมสีภาพอาจจะใช้ภาพดั้งเดิม แล้วผสมเป็นสีต่างๆตามความต้องการใช้ หรือ จะใช้แบนด์ที่สร้างขึ้นใหม่ผสมด้วย การผสมสีภาพนั้นอาจจะใช้สัดส่วนองค์ประกอบของแม่สี ซึ่งภาพที่ได้หลังจากการผสมสีภาพแล้วจะสามารถอธิบายถึงความรู้สึกทางความสว่าง สี และความบริสุทธิ์ของสีตามลำดับ ซึ่งการแปลงสีอาจจะช่วยในการควบคุมการปรับปรุงภาพให้ดีขึ้นได้

2.1.4 การจำแนกรูปภาพ (Image Segmentation)

การจำแนกรูปภาพ (Image Segmentation) เป็นเทคนิคการแบ่งข้อมูลภาพออกเป็นส่วนๆ ซึ่งข้อมูลภาพในแต่ละส่วนนั้นมีพื้นที่ติดต่อกัน และแต่ละส่วนจะเป็นพื้นที่แทนวัตถุที่อยู่ภายในภาพ และการจำแนกรูปภาพจะเสร็จสมบูรณ์ก็ต่อเมื่อวัตถุหรือพื้นที่ที่ต้องการถูกจำแนกออกได้อย่างสมบูรณ์แบบ และผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกภาพจะเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จในขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพด้วยคอมพิวเตอร์ ลักษณะการจำแนกภาพนั้นจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำข้อมูลภาพไปใช้ต่อ ตัวอย่างเช่น เพื่อวิเคราะห์หารูปทรงหรือลักษณะของวัตถุ เพื่อคำนวณหาขนาดของวัตถุ เพื่อนำจำนวนวัตถุภายในภาพ และอื่นๆ ดังนั้นขั้นตอนนี้จึงมีความสำคัญอย่างมากในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ และการจำแนกภาพมักจะนิยมทำหลังจากการปรับปรุงรูปภาพ (Image enhancement) ให้ดีขึ้นแล้ว ตัวอย่างการใช้เทคนิคการจำแนกภาพ ดังแสดงในภาพที่ 2.23

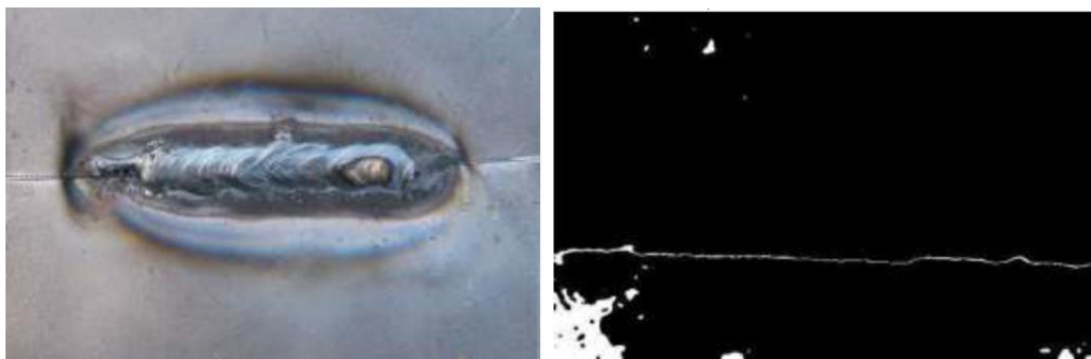
2.1.4.1 การกำหนดจุดต่ำสุด (Thresholding)

เป็นเทคนิคที่นิยมใช้เพื่อจำแนกรูปภาพ ซึ่งเทคนิคนี้เป็นการเปรียบเทียบคุณสมบัติของพิกเซลภายในพื้นที่รูปภาพเพียงอย่างเดียว เพื่อหาความแตกต่างของแต่ละพื้นที่ภายในรูปภาพ เพื่อทำการแบ่งหรือจำแนกพื้นที่ที่สนใจออกจากรูปภาพ หรือเป็นการเน้นพื้นที่ที่สนใจภายในรูปภาพให้มีความโดดเด่นและทำให้มองเห็นได้ง่ายขึ้น ซึ่งส่วนที่สำคัญที่สุดในขั้นตอนนี้คือ “การกำหนดจุดตัด หรือ ค่าที่เอาไว้ทำการแบ่งพื้นที่ภายในรูปภาพ” โดยถ้าหากกำหนดจุดตัดได้ไม่ดีจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จะมีส่วนที่ไม่ต้องการติดเข้ามาหลังจากทำการจำแนกรูปภาพ ซึ่งส่วนที่ไม่ต้องการนี้เรียกว่า "นอยส (Noise)" ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูลภายในลำดับต่อไป ซึ่งนอยสที่เกิดขึ้นสามารถดูได้จากภาพที่ 2.23 ในวงกลมสีแดง



ภาพที่ 38 ตัวอย่างการใช้เทคนิคการจำแนกรูปภาพเพื่อนับจำนวนวัตถุภายในภาพ

ซึ่งเทคนิคการกำหนดจุดต่ำสุดนั้นมีทั้งข้อดีและข้อเสียในการทำงาน ซึ่งข้อดีคือรวดเร็วและง่ายต่อการทำงาน เนื่องจากเทคนิคนี้เป็นการเปรียบเทียบคุณสมบัติของพิกเซลเพียงอย่างเดียว ส่วนข้อเสียคือจะไม่เหมาะสมกับข้อมูลภาพที่มีความสว่างแตกต่างกันมากๆ หรือมีสัญญาณรบกวนที่ส่งผลทำให้เกิดนอยสหลังจากการจำแนกรูปภาพ



ภาพที่ 39 ภาพก่อนและหลังการจำแนกรูปภาพ ด้วยวิธีการกำหนดจุดต่ำสุด เพื่อหารอยแยกบนพื้นผิวชิ้นงาน

ที่มา : Image Processing of Metal Parts using Quality Inspection Method in Comparison with MATLAB, Vol. 3, Issue 04, 2015

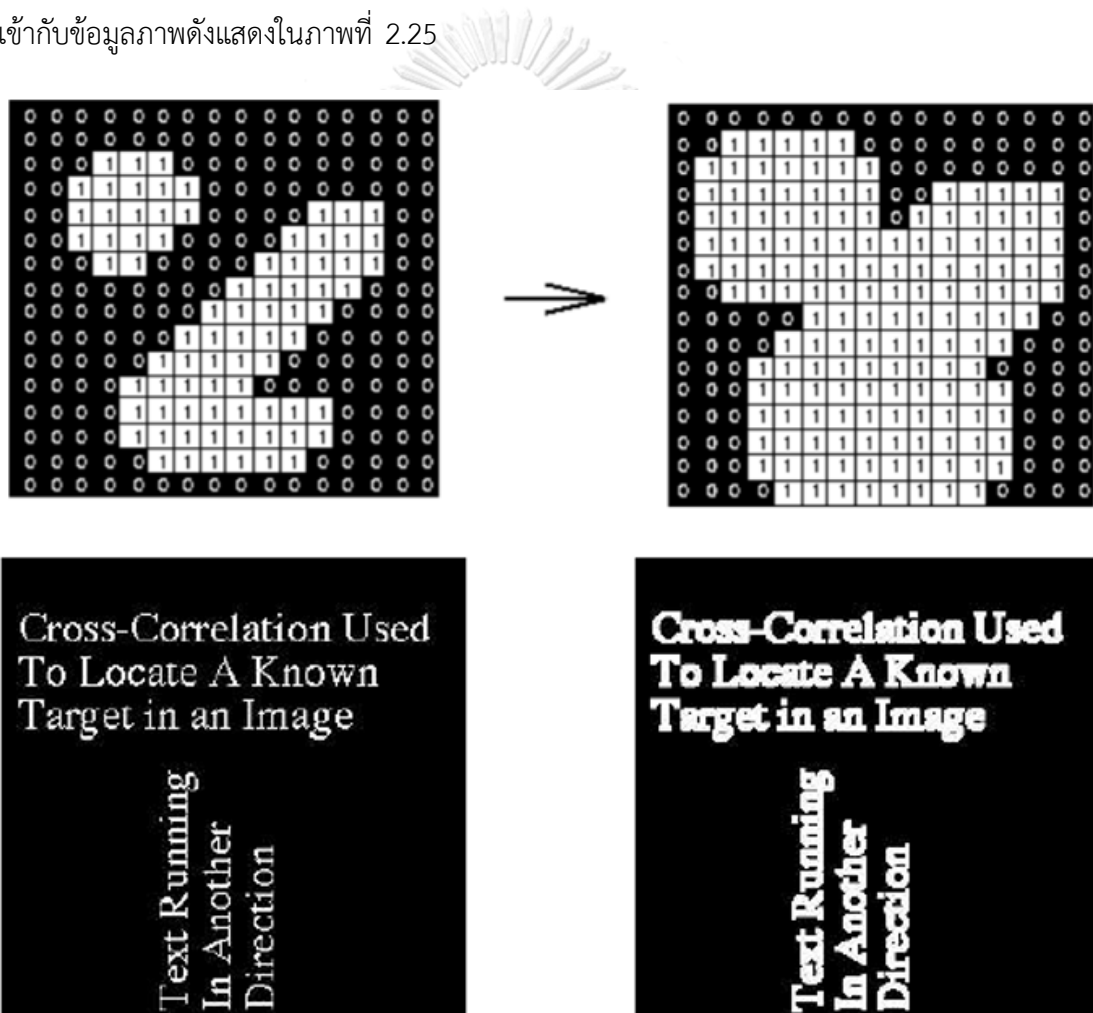
จากงานวิจัย “การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วนบนเครื่องจักรด้วยวิธีการประมวลผลภาพ” (Krishna.S 2015) ได้มีการนำเทคนิคการจำแนกรูปภาพ ด้วยวิธีการกำหนดจุดต่ำสุด (Thresholding) มาช่วยในการตรวจสอบรอยแตกบนพื้นผิวของชิ้นงาน โดยการกำหนดค่าความแตกต่างของพื้นที่ชิ้นงานเพื่อทำการตรวจสอบหารอยแตกที่เกิดขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2.24

2.1.4.2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของรูปภาพ (Morphology processing)

การเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของรูปภาพ คือ การประมวลผลของรูปภาพทางด้านรูปร่างและโครงสร้าง โดยเกี่ยวข้องกับการแย่งส่วนประกอบของภาพออกเพื่อใช้ในการแสดงรูปร่างหรือโครงสร้างในรูปแบบของเมทริกซ์ ซึ่งจะประกอบไปด้วยค่าระดับขาว-ดำ 2 ค่าคือ 0 และ 1 โดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างและโครงสร้างของรูปภาพนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ การขยายภาพ (Dilation) และ การกร่อนขนาดภาพ (Erosion)

การขยายภาพ (Dilation)

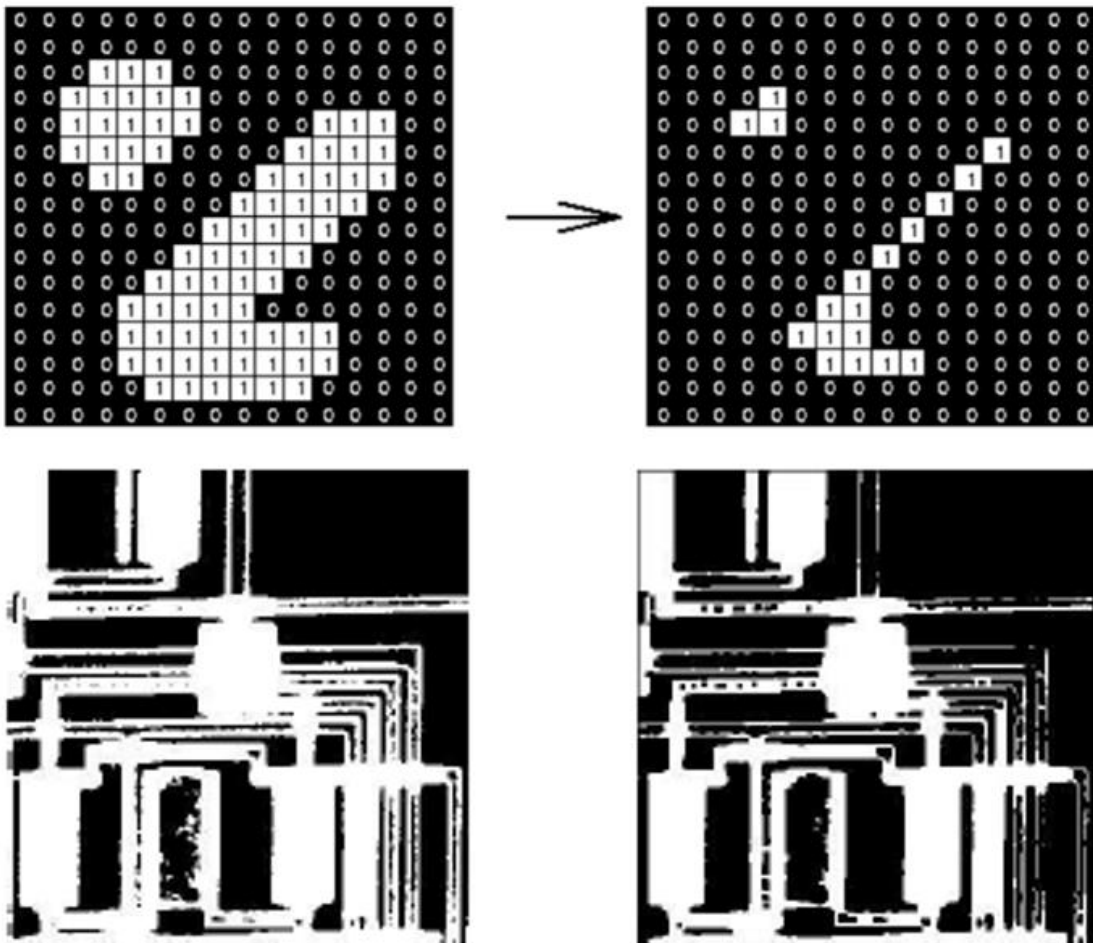
การขยายภาพ (Dilation) จะพิจารณาข้อมูลภาพซึ่งเป็นข้อมูลภาพขาว-ดำ ซึ่งเป็นเทคนิคการขยายภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อเพิ่มพื้นที่และสีให้กับวัตถุที่แสดงผลในขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งการขยายภาพจะทำได้โดยการกำหนดส่วนประกอบโครงร่าง หรือ Structuring element และนำส่วนประกอบโครงร่างไปกราดบนข้อมูลภาพตามลำดับตลอดจนทั่วทั้งภาพ โดยเมื่อจุดเริ่มต้นของส่วนประกอบโครงร่างหรือจุดกำเนิดตรงกับตำแหน่งข้อมูลภาพที่เท่ากับ 1 จะทำการยูเนียน (Union) หรือรวมส่วนโครงร่างเข้ากับข้อมูลภาพดังแสดงในภาพที่ 2.25



ภาพที่ 40 การขยายภาพ (Dilation)

การกร่อนขนาดภาพ (Erosion)

การกร่อนขนาดภาพ (Erosion) เป็นการกร่อนขนาดของบริเวณขอบของวัตถุ ซึ่งการกร่อนขนาดภาพนั้นมีวิธีการคล้ายกับการขยายภาพ คือ การสร้างส่วนประกอบของโครงร่างขึ้นมาแล้วนำไปกราดตามตามมูลภาพให้ทั่วทั้งภาพ โดยจะเลื่อนไปทุกตำแหน่งเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพทั้งหมดจนทั่วภาพ ถ้าข้อมูลมีค่าเหมือนกับส่วนประกอบโครงร่างจะทำการกำหนดค่าของข้อมูลภาพที่ตรงกับตำแหน่งที่ตรงกับจุดเริ่มต้น หรือจำกำเนิดของส่วนประกอบโครงร่างให้เท่ากับ 1 ดังแสดงในภาพที่ 2.26



ภาพที่ 41 การกร่อนขนาดภาพ (Erosion)

2.1.5 การจำแนกคุณลักษณะเฉพาะของรูปภาพ (Feature extraction)

การจำแนกคุณลักษณะเฉพาะของรูปภาพ หรือ Feature extraction เป็นการแยกหรือสกัดเอาข้อมูลที่สำคัญภายในรูปภาพออกมา ซึ่งลักษณะเฉพาะของภาพเป็นคุณสมบัติที่สามารถหาได้โดยใช้ขั้นตอนวิธีการประมวลผลภาพ (Image processing) โดยลักษณะเฉพาะพื้นฐานของภาพจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ สี (Color) รูปร่าง (Shape) และ พื้นผิว (Texture)

สี (Color) เป็นลักษณะเฉพาะของภาพที่มีบทบาทสำคัญในระบบค้นคืนภาพ (Image restoration) เช่น ฮิสโตแกรมสี (Histogram) ซึ่งลักษณะเฉพาะของสีที่ถูกนำมาใช้บ่อยๆ เนื่องจากสีเป็นสิ่งที่สามารถมองเห็นได้ง่าย อีกทั้งยังเป็นสิ่งแรกที่สังเกตเห็นได้จากการมองภาพนอกจากนี้สียังสามารถใช้ในการแยกแยะกลุ่มของภาพออกตามเนื้อหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่นสีฟ้าของน้ำทะเล สีแดงของดอกไม้ และสีเขียวของต้นไม้ เป็นต้น

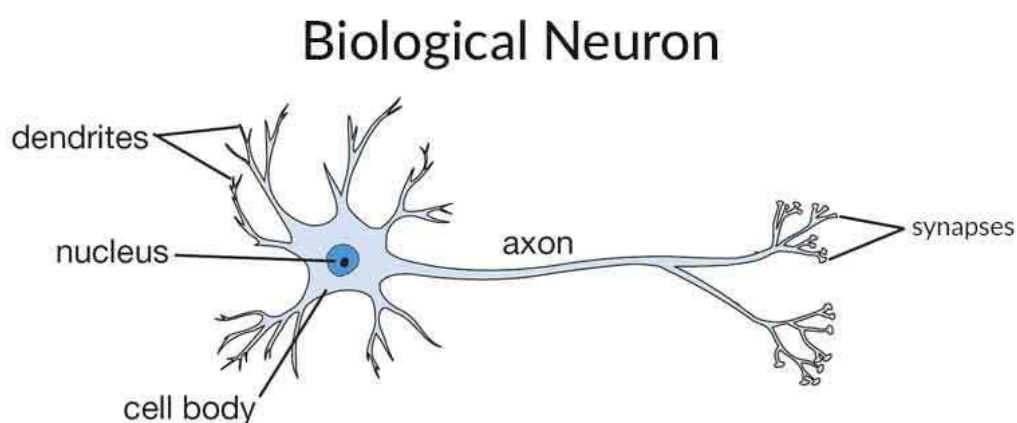
รูปร่าง (Shape) เป็นลักษณะเฉพาะของภาพที่ใช้อธิบายถึงรูปร่างและลักษณะ รวมไปถึงขนาดของวัตถุภายในภาพซึ่งทำให้สามารถแยกวัตถุออกจากพื้นหลังหรือแยกแยะระหว่างวัตถุที่มีรูปร่างแตกต่างกันออกจากกันได้

พื้นผิว (Texture) เป็นลักษณะเฉพาะที่ใช้อธิบายความหยาบความละเอียดหรือความซับซ้อนของวัตถุภายในภาพซึ่งแต่ละภาพอาจจะประกอบไปด้วยวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวที่แตกต่างกันออกไป การวิเคราะห์พื้นผิวจะช่วยให้สามารถแยกแยะความแตกต่างของวัตถุได้ดียิ่งขึ้น การค้นคืนภาพที่ใช้พื้นผิวลักษณะเฉพาะของภาพส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการค้นหาภาพจากกลุ่มภาพพื้นผิว เช่นชุดภาพพื้นผิวของหิน หรือชุดภาพพื้นผิวของใบไม้ เป็นต้น

2.1.6 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks)

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบประสาทของมนุษย์

การทำงานของระบบประสาทในสมองของมนุษย์นั้น ภายในสมองของมนุษย์จะประกอบไปด้วยหน่วยประมวลผลข้อมูลขนาดเล็กๆจำนวนมาก ที่เรียกว่า เซลล์ประสาท (Neuron) ซึ่งจะมีจำนวนประมาณ 10^{11} เซลล์ โดยภายในเซลล์ประสาทของมนุษย์นั้นจะประกอบไปด้วย ตัวเซลล์ (Cell body) เดนไดรต์ (Dendrite) เอกซอน (Axon) และไซแนปส์ (Synapse) ดังแสดงในภาพที่ 2.27 โดยมีการถ่ายทอดข้อมูลต่างๆผ่านไซแนปส์จากเซลล์ประสาทหนึ่งไปยังอีกเซลล์ประสาทหนึ่งในรูปแบบของสารเคมี ที่เรียกว่า ไซแนปส์เคมี (Chemical synapse) ซึ่งสัญญาณข้อมูลเข้า (Input) จะถูกประมวลผลและส่งสัญญาณข้อมูลออก (Output) มายังส่วนของเอกซอน ซึ่งสัญญาณที่ถูกส่งออกมา นั้นจะนำเข้าไปสู่ปลายของเดนไดรต์ของเซลล์ประสาทตัวอื่นเพื่อทำการประมวลผลต่อไป

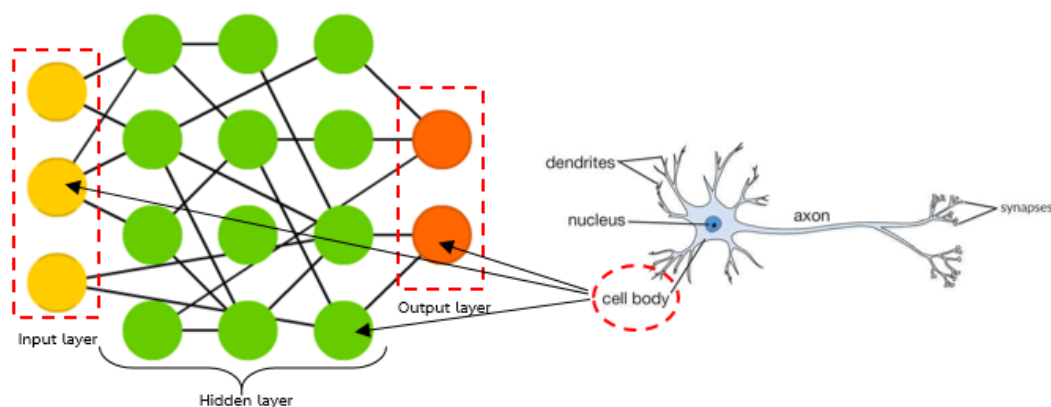


ภาพที่ 42 ส่วนประกอบภาพในเซลล์ประสาทของมนุษย์

ในส่วนของโครงข่ายประสาทเทียม หรือ Artificial Neural Networks คือ วิทยาการแขนงหนึ่ง ที่พัฒนาวิธีการทำงานให้เสมือนกับการทำงานของเซลล์ประสาทของมนุษย์ ซึ่งเซลล์ประสาทเทียมที่จำลองขึ้นมา นั้นจะมีความเร็วในการประมวลผลสูงกว่าเซลล์ประสาทจริงในสมองของมนุษย์ แต่เซลล์ประสาทของมนุษย์นั้นสามารถทำงานได้หลากหลายและซับซ้อนได้ดีกว่าเซลล์ประสาทเทียมในคอมพิวเตอร์ เนื่องจากโครงสร้างที่ขนาดกันอย่างมากระหว่างกัน (Massively Parallel Structure) ซึ่งการทำงานของเซลล์ประสาทเทียมนั้นจำเป็นต้องอาศัยโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยหน่วยประมวลผลข้อมูล (Processing Element) ที่เรียกว่า นิวรอล (Neural) จำนวนมากมาเชื่อมต่อกัน

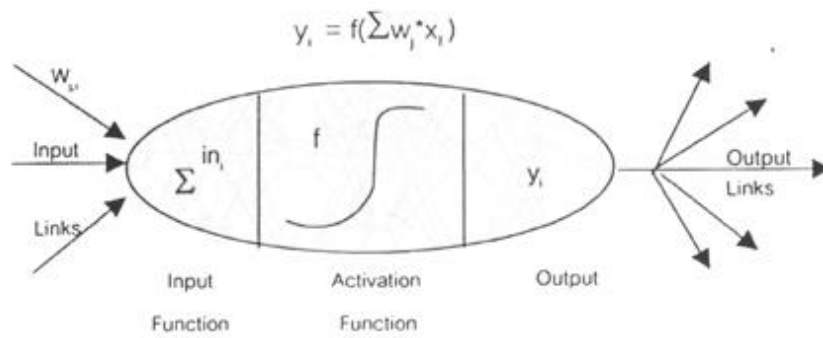
(Connection) เพื่อสร้างรูปแบบของการประมวลผลพร้อมกันในจำนวนมากๆ เหมือนเซลล์ประสาทของมนุษย์ ดังนั้นเซลล์ประสาทเทียมจึงจำเป็นต้องมีการเชื่อมต่อกันจำนวนมาก ซึ่งการเชื่อมต่อกันของหน่วยประมวลผลจะมีค่าน้ำหนัก (Weight) เพื่อให้ตัวอย่างในการเรียนรู้และส่งถ่ายข้อมูล ซึ่งนิวรอลเน็ตเวิร์กจะทำการปรับค่าน้ำหนักให้มีความเหมาะสม จนได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องหรือผลลัพธ์ที่มีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด และสามารถนำค่าน้ำหนักที่ถูกรับนี้ไปใช้ในการเรียนรู้ในครั้งต่อไปได้ด้วย ซึ่งส่วนประกอบของนิวรอลและองค์ประกอบในการคำนวณมีแสดงในภาพที่ 2.28 และ 2.29 ดังนี้

Extreme Learning Machine (ELM)



ภาพที่ 43 ความสัมพันธ์ของเซลล์ประสาทจริงและเซลล์ประสาทเทียม

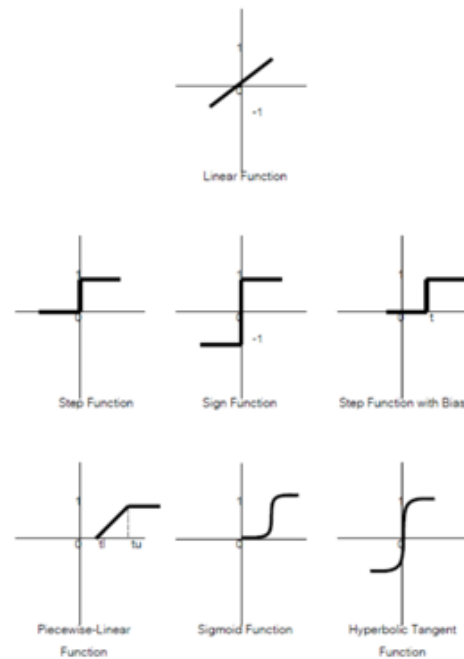
1. ชุดข้อมูลเข้า (Input vector)
2. ชุดของค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight vector)
3. ค่าระดับการกระตุ้น (Activation vector)
4. ฟังก์ชันการกระตุ้น (Activation function)
5. ชุดข้อมูลออก (Output vector)



ภาพที่ 44 ฟังก์ชันอินพุต (Input function) และฟังก์ชันการกระตุ้น (Activation function)

โดยฟังก์ชันการกระตุ้นนั้นจะสามารถแบ่งออกได้อีกหลายฟังก์ชันดังแสดงในภาพที่ 2.30

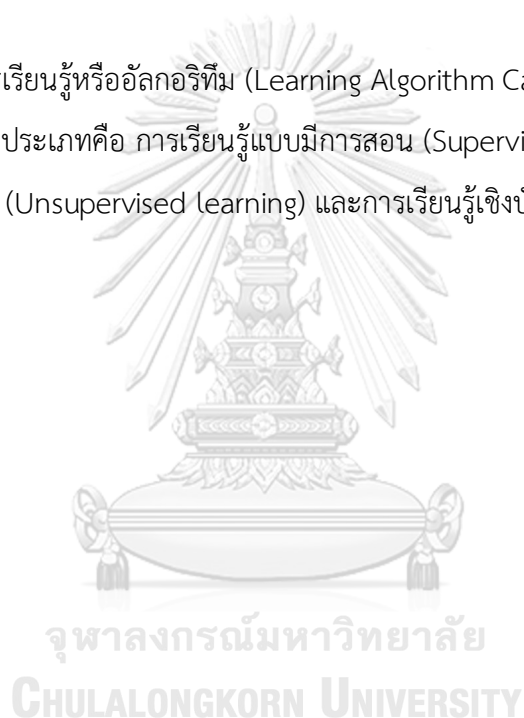
1. Linear function
2. Step function
3. Sign function
4. Step function with Bias
5. Piecewise-Linear function
6. Sigmoid function
7. Hyperbolic tangent function



ภาพที่ 45 ชนิดของฟังก์ชันการกระตุ้น (Type of Activation function)

ประเภทของนิวรอลเน็ตเวิร์กสามารถจำแนกประเภทโดยอาศัยความแตกต่างกัน 2 ประการ คือ

1. ลักษณะของโครงสร้างหรือทิศทางการเชื่อมโยงของนิวรอลเน็ตเวิร์ก (Structure Categorisation) ซึ่งสามารถแบ่งออกได้อีก 4 ประเภทคือ เครือข่ายการเชื่อมโยงแบบทิศทางเดียว (Feed forward network) เครือข่ายการเชื่อมโยงแบบทิศทางเดียวและย้อนกลับ (Recurrent network) การเชื่อมโยงถึงกันภายในโครงสร้างแบบทั่วถึง (Fully connected relation) และการเชื่อมโยงถึงกันภายในโครงสร้างแบบไม่ทั่วถึง (Unfully connected relation)
2. วิธีที่ใช้ในการเรียนรู้หรืออัลกอริทึม (Learning Algorithm Categorisation) สามารถแบ่งออกได้อีก 3 ประเภทคือ การเรียนรู้แบบมีการสอน (Supervised learning) การเรียนรู้แบบไม่มีการสอน (Unsupervised learning) และการเรียนรู้เชิงบังคับ (Reinforcement learning)



2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการปรับปรุงภาพดิจิทัล และโครงข่ายประสาทเทียม

2.2.1 งานวิจัยเรื่อง การจำแนกชนิดยาเม็ดจากภาพถ่าย โดยใช้เทคนิคเครือข่ายประสาท

ผู้จัดทำ นางสาวจรรวี ฉันทสิทธิ์พร

(Chantasitiporn 2548) งานวิจัยฉบับนี้ศึกษาเกี่ยวกับการจำแนกชนิดของยาเม็ด โดยใช้ระบบการรู้จำภาพ ซึ่งมีขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ การประมวลผลภาพเบื้องต้นและการแบ่งส่วนของภาพ การแยกคุณลักษณะจากภาพถ่าย และการจำแนกประเภทของยาเม็ด และขั้นตอนสุดท้ายคือการใช้เครือข่ายประสาทแบบ Feed Back Propagation Neural Network ในการรู้จำชนิดของยาเม็ด และใช้ในการวิเคราะห์ตรวจสอบชนิดของยาเม็ดแต่ละชนิด ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้ใช้เม็ดยาจำนวน 33 ชนิด ชนิดละ 20 เม็ด และเก็บภาพถ่าย 2 ทิศทาง คือ ด้านหน้า และด้านหลัง โดยหลังจากการทดลองจำแนกชนิดของยาเม็ด พบว่าความถูกต้องสูงสุดที่ทำได้คือ 99.39%

สิ่งที่ได้รับจากงานวิจัยและนำไปประยุกต์ใช้

1. งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการแบ่งส่วนของภาพโดยการหาขอบของเม็ดยาเพื่อจำแนกความแตกต่างระหว่างยาเม็ดแต่ละชนิด
2. นำเครือข่ายในประสาทแบบ Feed Back Propagation Neural Network เข้ามาช่วยในการตรวจสอบความถูกต้องของระบบตรวจสอบยาเม็ด

2.2.2 งานวิจัยเรื่อง การศึกษาวิธีการตรวจสอบราขาวบนผิวเนื้ออย่างแผ่น โดยใช้วิธีการประมวลผลภาพ

ผู้จัดทำ สิทธิโชค อุ่นแก้ว และคณะ

(Aunkaew 2550) จากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการตรวจสอบและจำแนกราขาวออกจากเนื้ออย่างแผ่น โดยใช้ประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัลในการตรวจสอบคุณภาพสินค้าทางการเกษตรที่มีปริมาณมากๆ ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในการนำมาใช้แทนการตรวจสอบด้วยสายตามนุษย์ เนื่องจากการตรวจสอบด้วยสายตามนุษย์นั้นมีความจำกัดทางด้านการทำงานเป็นระยะเวลานานๆ โดยงานวิจัยฉบับนี้ได้พัฒนาเครื่องมือเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเนื้ออย่างแผ่น โดยการนำกล้องดิจิทัล (Digital camera) มาใช้ในการตรวจสอบ ซึ่งเปรียบเสมือนสายตาของมนุษย์ อีกทั้งยังพัฒนาขั้นตอน (Algorithm) ในการตรวจสอบโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital image processing) อีกด้วย ซึ่งหลังจากนำเครื่องมือที่ได้พัฒนามาทำการทดลองตรวจสอบคุณภาพของเนื้ออย่าง ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง เครื่องมือมีความสามารถในการตรวจสอบถูกต้องถึง 97.50% และมีความเร็วในการตรวจสอบใกล้เคียงกับการตรวจสอบด้วยสายตามนุษย์

สิ่งที่ได้รับจากงานวิจัยและนำไปประยุกต์ใช้

1. การใช้เทคนิคการแบ่งส่วนของภาพเพื่อตรวจสอบราขาวบนเนื้ออย่างแผ่น และการปรับปรุงภาพดิจิทัล
2. การถ่ายภาพและการนำภาพเข้าสู่ระบบ โดยกล้องถ่ายภาพที่ทำหน้าที่เสมือนตาของมนุษย์ (Machine Visualization)

2.2.3 งานวิจัยเรื่อง Image Processing of Metal Parts using Quality Inspection Method in Comparison with MATLAB

- ผู้จัดทำ
1. Krishna S
 2. Vignesh S.
 3. S. Gopalakrishnan

(Krishna.S 2015) จากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความเร็วในการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นส่วนบนเครื่องจักร และเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบพื้นผิวชิ้นงาน โดยการใช้หลักการการรู้จำแบบแผน (Pattern recognition) ซึ่งกระบวนการตรวจสอบจะทำการวิเคราะห์รูปภาพชิ้นส่วน และแสดงพื้นที่ที่สนใจด้วยวิธีการกำหนดจุดขั้นต่ำ (Thresholding) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้หลังจากการตรวจสอบจะนำไปใช้ในการตัดสินใจว่าชิ้นส่วนบริเวณใดมีรอยแตกหรือไม่ผ่านคุณภาพ ซึ่งส่วนที่มีผลต่อการตรวจสอบนั้นคือ กล้องถ่ายภาพ หรือกระบวนการนำภาพเข้าสู่ระบบ ดังนั้นจึงต้องมีการทำการทดสอบความเสถียร (Calibration) ค่าความส่องสว่าง (Illumination effect) ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของภาพถ่ายที่จะนำไปตรวจสอบ ซึ่งกระบวนการตรวจสอบรอยแตกบนชิ้นงานนั้นจะกระทำผ่านโปรแกรม MATLAB

สิ่งที่ได้รับจากงานวิจัยและนำไปประยุกต์ใช้

1. เทคนิคการแบ่งส่วนของภาพโดยใช้วิธีการกำหนดจุดขั้นต่ำ (Thresholding) เพื่อค้นหารอยแตกบนพื้นผิวชิ้นงาน
2. การตรวจสอบพื้นผิวของชิ้นงานโดยใช้การรู้จำรูปแบบ เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ

บทที่ 3

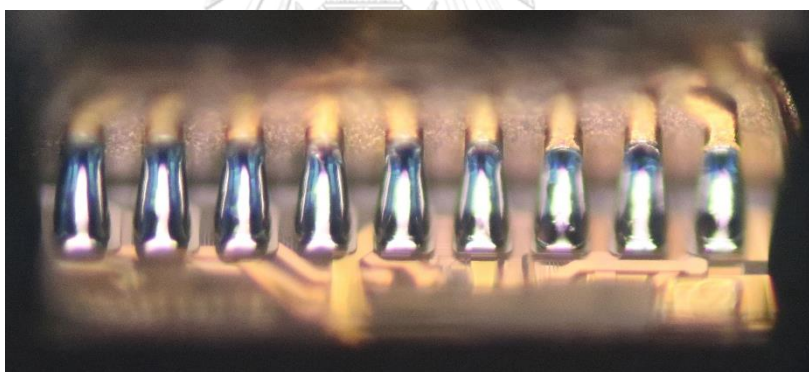
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การออกแบบการทดลอง

3.1.1 ประเภทของชิ้นงาน และจำนวนชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความสามารถของอัลกอริทึม (Algorithm) ในการคัดแยกชิ้นงานดีและชิ้นงานเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตหัวอ่านเขียน โดยการนำทฤษฎีการประมวลผลภาพดิจิทัลเข้ามาช่วยในการตรวจสอบคัดแยกชิ้นงาน โดยประเภทชิ้นงานที่นำมาใช้ในการทดลองนั้นคือ “หัวอ่านเขียนประเภท 9 แพด” เนื่องจากชิ้นงานประเภทนี้เป็นชิ้นงานที่มีปริมาณการผลิตที่มาก จึงทำให้จำเป็นต้องใช้พนักงานในการตรวจสอบคัดแยกชิ้นงานประเภทนี้มากเช่นกัน

ในงานวิจัยฉบับนี้ จะเป็นการทำการทดลองตรวจสอบคัดแยกชิ้นงานโดยพิจารณาจากความสมบูรณ์ของตะกั่วบริเวณด้านหน้าของหัวอ่านเขียนดังแสดงในภาพที่ 3.1

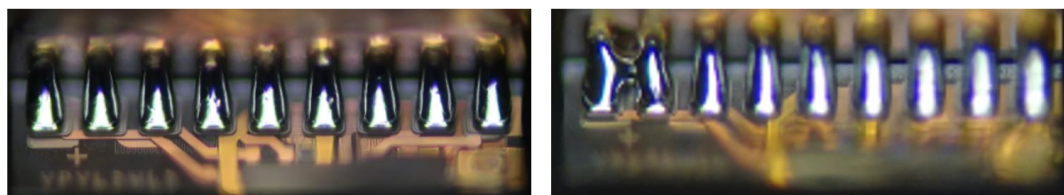


ภาพที่ 46 บริเวณด้านหน้าของหัวอ่านเขียน (ชิ้นงานดี)

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 ชิ้นงาน

ชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองเป็นหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่อยู่ในสายการผลิต ดังแสดงในภาพที่ 3.2 โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาทำการทดลอง ซึ่งมีทั้งชิ้นงานที่ดีและเสีย ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต



ชิ้นงานดี

ชิ้นงานเสีย

ภาพที่ 47 ตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ในการทำการทดลอง

3.2.2 กล้องถ่ายภาพดิจิทัล

ภาพถ่ายที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัลในการเก็บข้อมูลภาพเพื่อนำไปใช้ในการโปรแกรม และสรุปผลการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 3.3 โดยข้อมูลของกล้องถ่ายภาพดิจิทัลที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

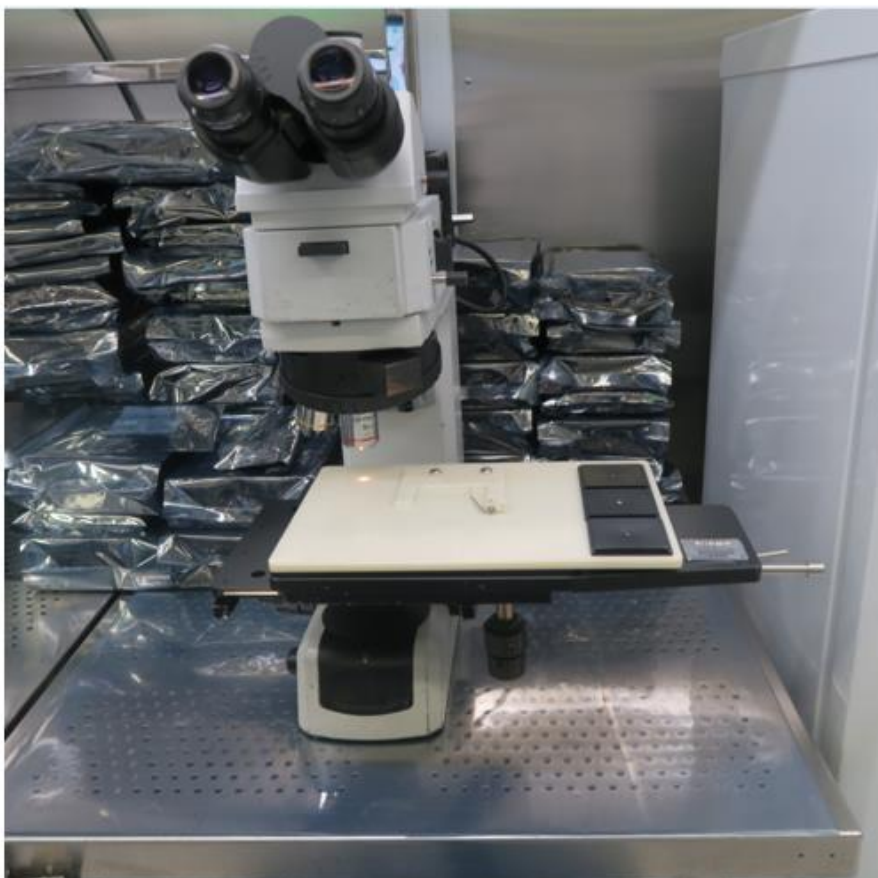
- เซนเซอร์ BSI CMOS ขนาด 1" ความละเอียด 20.2 ล้านพิกเซล
- ชิพประมวลผล Digic 6
- เลนส์ 24-100mm f/1.8-2.8
- มีจุดโฟกัส 31 จุด(Contrast Detect)
- ความเร็วถ่ายภาพต่อเนื่อง 6.5 ภาพต่อวินาที
- มีแหวน Dial ที่ด้านหน้าบริเวณเลนส์สามารถใช้หมุนปรับค่าต่างๆได้
- น้ำหนัก 304 กรัม



ภาพที่ 48 กล้องถ่ายภาพดิจิทัลที่ใช้ในการเก็บข้อมูลภาพ

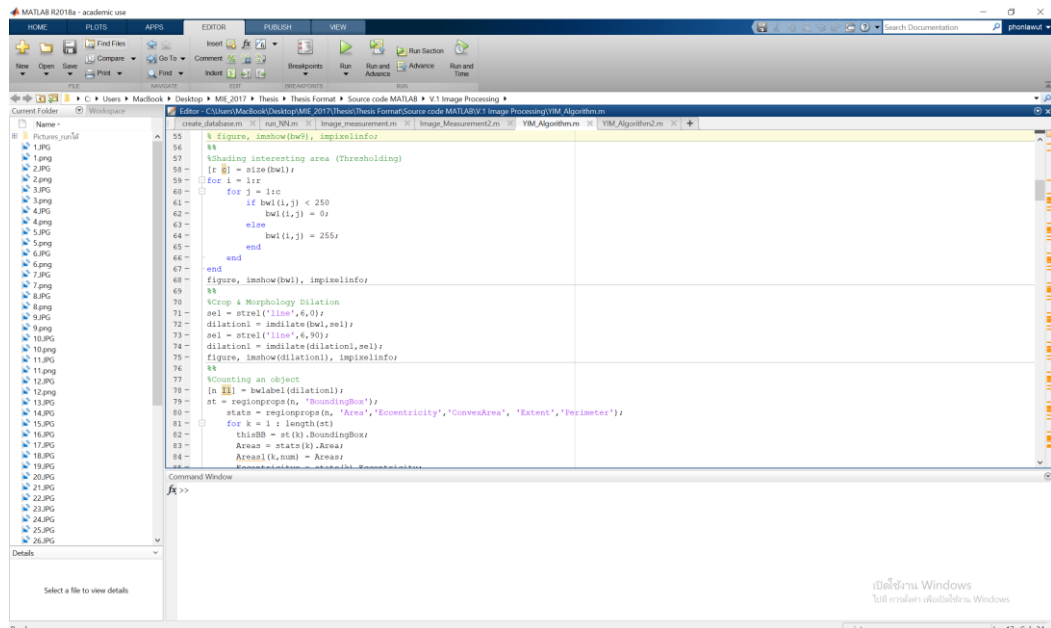
3.2.3 กล้องกำลังการขยายสูง

ภาพถ่ายที่ใช้ในการทดลอง จำเป็นจะต้องถ่ายภาพผ่านกล้องกำลังการขยายสูง ดังแสดงในภาพที่ 3.4 เพื่อให้เห็นรายละเอียดและองค์ประกอบของชิ้นงาน และนำไปตรวจสอบด้วยอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อคัดแยกชิ้นงานดีและเสีย



ภาพที่ 49 กล้องกำลังการขยายสูง

3.2.4 โปรแกรม Matlab R2018a ดังแสดงในภาพที่ 3.5



ภาพที่ 50 โปรแกรม Matlab R2018a

3.2.5 อุปกรณ์ยึดจับหัวอ่านเขียน

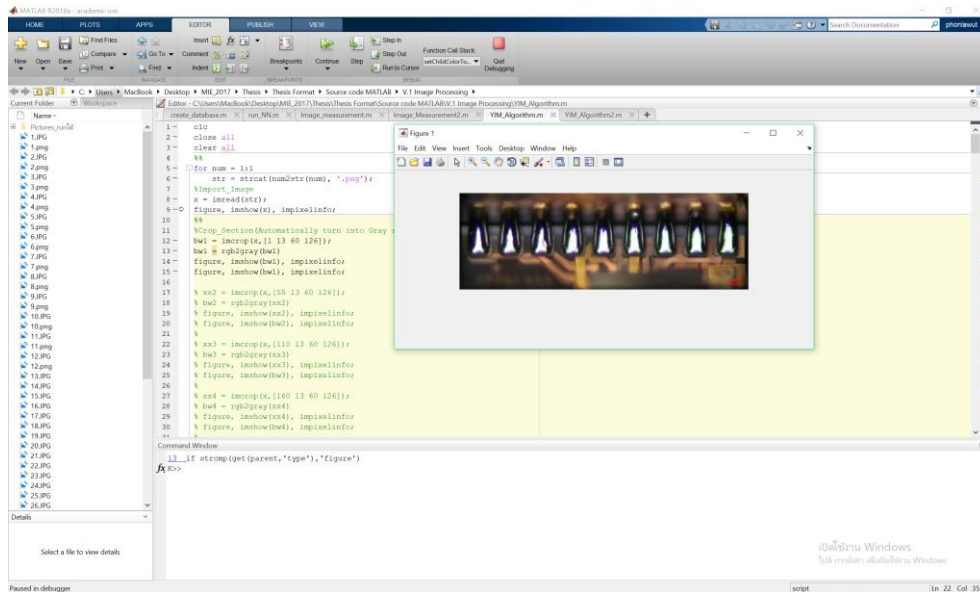
ในการทดลองจำเป็นต้องมีการถ่ายภาพชิ้นงานเพื่อทำการเก็บข้อมูลภาพ เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูล ในการถ่ายภาพชิ้นงานนั้นจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ยึดจับชิ้นงาน ดังแสดงในรูปภาพที่ 3.6 ระหว่างขั้นตอนการถ่ายภาพชิ้นงาน เนื่องจากชิ้นงานมีขนาดเล็ก



ภาพที่ 51 อุปกรณ์ยึดจับหัวอ่านเขียน

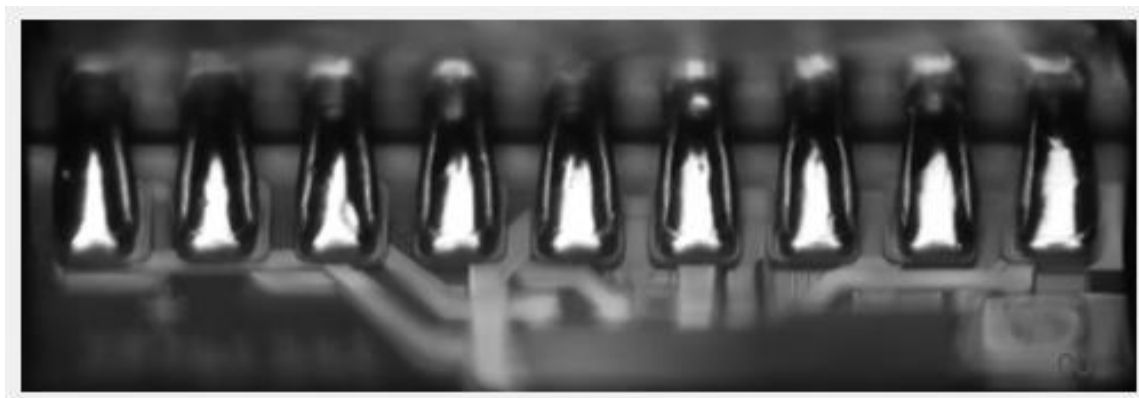
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานทดลอง

- 3.3.1 จัดเตรียมชิ้นงาน หรือ หัวอ่านเขียน ที่จะนำมาทำการทดลอง และนำชิ้นงานเรียงใส่ ถาดใส่หัวอ่านเขียน
- 3.3.2 จัดเตรียมอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทำการเก็บข้อมูลภาพถ่ายชิ้นงาน เพื่อนำไปใช้ในการ ทดลอง และวิเคราะห์ความแตกต่างของชิ้นงาน
- 3.3.3 คัดแยกชิ้นของชิ้นงาน ใส่ลงในถาดใส่ชิ้นงานก่อนทำการถ่ายภาพเพื่อทำการเก็บ ข้อมูล
- 3.3.4 เริ่มการเก็บข้อมูลภาพ โดยการใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัล, กล้องกำลังขยายสูง, และ อุปกรณ์ยึดจับหัวอ่านเขียน ในการเก็บข้อมูลภาพของชิ้นงาน ซึ่งการเก็บ ข้อมูลภาพนั้น ผู้ทำการทดลองได้ทำการถ่ายภาพส่วนหัวอ่านเขียน โดยการใช้ อุปกรณ์ยึดจับหัวอ่านเขียนจับยึดหัวอ่านเขียนทีละ 1 ชิ้น และทำการถ่ายภาพผ่าน ช่องมองภาพของกล้องกำลังขยายสูง โดยระยะห่างระหว่างเลนส์กล้องถ่ายภาพ ดิจิทัลและ ชิ้นงานมีระยะห่างประมาณ 30 ซม. เพื่อให้ได้ภาพหัวอ่านเขียนอย่าง ชัดเจน
- 3.3.5 โดยระหว่างทำการเก็บข้อมูลภาพของชิ้นงาน เพื่อจะนำไปทำการทดลองนั้น จะทำใน ห้องสะอาด หรือ Cleanroom ซึ่งเป็นห้องที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานจริงใน สายการผลิต และถ่ายที่สถานีการทำงานที่จัดเตรียมไว้ เพื่อควบคุมความสว่างที่จะ ส่งผลต่อข้อมูลภาพ



ภาพที่ 52 การวิเคราะห์ข้อมูลภาพด้วยโปรแกรม Matlab R2018a

- 3.3.6 หลังจากได้ข้อมูลภาพแล้ว จึงนำข้อมูลภาพที่ได้ไปใส่ในคอมพิวเตอร์ และทำการตัดภาพบางส่วนที่ไม่ต้องการออก ก่อนนำไปใส่ในโปรแกรม Matlab R2018a
- 3.3.7 เมื่อนำข้อมูลภาพใส่เข้าไปในโปรแกรม Matlab R2018a ดังแสดงในรูปภาพที่ 3.7 อัลกอริทึมจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเพื่อตรวจสอบชิ้นงานดี และชิ้นงานเสีย ดั้งชั้นตอนต่อไปนี้
- 3.3.8 อัลกอริทึมทำการเปลี่ยนข้อมูลภาพสีเป็นข้อมูลภาพขาวดำ หรือ Grayscale เพื่อใช้ในการทำ “การกำหนดจุดต่ำสุด” หรือ Thresholding ดังแสดงในภาพที่ 3.8



ภาพที่ 53 ข้อมูลภาพขาวดำ หรือ Grayscale

- 3.3.9 หลังจากได้ข้อมูลภาพ Grayscale อัลกอริทึมจะใช้เทคนิค Thresholding เพื่อเน้นให้สามารถสังเกตเห็นพื้นที่หรือบริเวณที่ผู้ทำการทดลองสนใจบนชิ้นงาน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้หลังจากการทำ Thresholding จะแสดงให้เห็นดังในรูปภาพที่ 3.9



ภาพที่ 54 ตัวอย่างภาพหลังจากการทำ Thresholding

- 3.3.10 เมื่อผ่านขั้นตอน Thresholding จนได้ผลลัพธ์ดังแสดงในรูปภาพที่ 54 แล้ว ก็จะใช้เทคนิค Dilation ซึ่งเป็นเทคนิคที่จะช่วยเชื่อมติดพื้นที่บริเวณที่สนใจ ด้วยการขยายพื้นที่หรือบริเวณที่สนใจ เพื่อให้ข้อมูลภาพหลังผ่านกระบวนการนี้มีความใกล้เคียงกับข้อมูลภาพต้นฉบับมากขึ้น และสามารถตรวจสอบขนาด รูปทรง จำนวนของพื้นที่หรือบริเวณที่สนใจได้ง่ายขึ้น ซึ่งหลังจากทำ Dilation แล้วผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงในรูปภาพที่ 3.10



ภาพที่ 55 ตัวอย่างภาพหลังจากการทำ Dilation

- 3.3.11 การนับจำนวนแพดบนชิ้นงาน หลังจากผ่านขั้นตอน Thresholding และ Dilation แล้ว ด้วยวิธีการจำแนกคุณลักษณะเฉพาะ หรือ Feature Extraction เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงานที่นำมาตรวจสอบ โดยค่าที่กำหนดไว้สำหรับจำนวนแพด เพื่อใช้ในการตรวจสอบ เท่ากับ 9 แพด
- 3.3.12 ขั้นตอนการตรวจวัดค่าต่างๆ ในแต่ละแพด ด้วยวิธีคุณสมบัติการวัดขอบเขตของภาพ Measurement properties of image region เพื่อตรวจสอบค่าคุณสมบัติที่มีผลต่อการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างชิ้นงานดี และเสีย โดยการทดลองนี้จะใช้ค่าคุณสมบัติทั้งหมด 2 ค่าในการวิเคราะห์ความแตกต่างของชิ้นงาน ดังนี้
1. การคำนวณหาพื้นที่นูน (Convex area) ซึ่งในโปรแกรม Matlab R2018a นั้นมีฟังก์ชัน convex area เพื่อใช้หาพื้นที่ที่สนใจ และแสดงผลออกมาเป็นจำนวนพิกเซลที่อยู่บริเวณหรือพื้นที่ที่สนใจ ทั้งนี้เพื่อวิเคราะห์ความผิดปกติของพื้นที่บริเวณแพดของชิ้นงานว่าสมบูรณ์หรือไม่
 2. การคำนวณหาค่าเยื้องศูนย์กลาง (Eccentricity) ซึ่งในโปรแกรม Matlab R2018a นั้นมีฟังก์ชัน Eccentricity เพื่อคำนวณหาค่าความเยื้องศูนย์กลางหรือเพื่อวิเคราะห์หาความผิดปกติของวัตถุที่สนใจ โดยหลังจากการคำนวณ โปรแกรมจะแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบของสเกลาร์ (Scalar) ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1
- 3.3.13 ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้าย คือ ขั้นตอนในการสรุปผลวิเคราะห์ และแสดงผลการวิเคราะห์ของชิ้นงานที่นำมาตรวจสอบ โดยโปรแกรมจะแสดงข้อความ “Accepted!” ถ้าชิ้นงานเป็นชิ้นงานดี และ “Rejected!” หากชิ้นงานนั้นเป็นชิ้นงานเสีย หรือมีสิ่งผิดปกติติดอยู่กับชิ้นงาน โดยข้อมูลที่แสดงหลังจากการวิเคราะห์นั้นจะประกอบไปด้วย 4 ข้อมูล ดังแสดงในรูปภาพที่ 3.11
1. ผลรวมของจำนวนแพดบนชิ้นงานที่ตรวจสอบได้
 2. ผลรวมของค่าเยื้องศูนย์กลาง หรือค่าความผิดปกติของชิ้นงาน
 3. ผลรวมของพื้นที่นูนที่คำนวณได้จากชิ้นงาน
 4. ผลลัพธ์สุดท้าย เพื่อบอกว่าชิ้นงานที่นำมาวิเคราะห์เป็นชิ้นงานดีหรือเสีย

```
Command Window
I =
    1    1    1    1    1    1    1    1    1

SumI =
    9

SumEcc =
    0.0954

SumConv =
    5571

Accepted!
```

เปิดใช้งาน Windows
ไปที่ การตั้งค่า เพื่อเปิดใช้งาน Windows

ภาพที่ 56 ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยอัลกอริทึม



บทที่ 4

ผลวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้กล่าวถึงการวิเคราะห์ความแตกต่างของชิ้นงาน โดยวิเคราะห์จากการทำการกำหนดจุดต่ำสุด (Thresholding & Segmentation) และการวิเคราะห์คุณสมบัติการวัดขอบเขตของภาพ (Measurement properties of image region) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะพิจารณาจากค่าพื้นที่นูนบนชิ้นงาน (Convex area) และ ค่าความเยื้องศูนย์กลาง (Eccentricity) เพื่อคัดแยกชิ้นงานดีและเสีย โดยทำการทดลองกับหัวอ่านเขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ประเภท 9 แพต เพื่อจัดทำมาตรฐานในการคัดแยกชิ้นงาน โดยการใช้โปรแกรม Matlab R2018a ช่วยในการตัดสินใจจากข้อมูลรูปภาพที่ป้อนเข้าไปในโปรแกรม หลังจากนั้นอัลกอริทึมจะทำการวิเคราะห์และแสดงผลทางหน้าจอให้ผู้ใช้งานทราบว่าชิ้นงานนั้นเป็นชิ้นงานดีหรือเสีย โดยแบ่งวิธีการวิเคราะห์ชิ้นงานในอัลกอริทึมได้ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ด้วยการกำหนดจุดต่ำสุด (Thresholding)

จากผลการทดลองการกำหนดจุดต่ำสุดเพื่อวิเคราะห์ความผิดปกติของรูปทรงการเชื่อมตะกั่วลงบนชิ้นงาน หรือรูปทรงของแพตที่มีความผิดปกติ โดยนำชิ้นงานทั้งหมด 5 ชิ้นมาทำการทดลองซึ่งมีชิ้นงานดี จำนวน 2 ชิ้น และชิ้นงานเสียจำนวน 3 ชิ้น ซึ่งชิ้นงานเสียนั้นสามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท ดังนี้

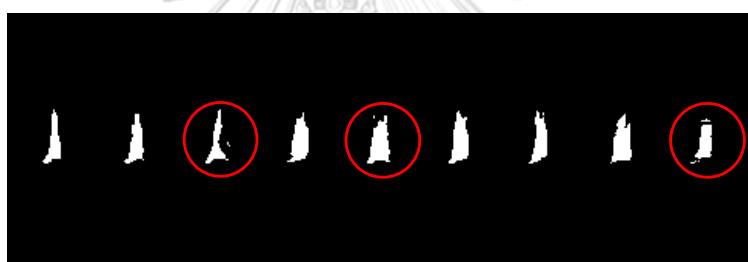
1. การเชื่อมตะกั่วไม่สมบูรณ์ (Incomplete solder)
2. การเชื่อมตะกั่วไม่ติด (Miss solder)
3. การเชื่อมตะกั่วติดกัน (Merge solder)

ซึ่งหลังจากทำการทดลองกับชิ้นงานทั้ง 5 ชิ้น จึงทำให้สามารถเห็นปัญหาของอัลกอริทึม นั่นคือการกำหนดจุดต่ำสุดทำให้เกิดนอยส์ในข้อมูลภาพ และส่งผลทำให้ขั้นตอนการจำแนกคุณลักษณะ (Feature Extraction) และการนับจำนวนแพตเกิดความผิดพลาด ทำให้การสรุปผลของอัลกอริทึมผิดพลาดไปด้วย ซึ่งผลการทดลองพบว่าปัญหานี้จะมีผลมากในชิ้นงานดี ซึ่งอัลกอริทึมจะนับจำนวนแพตของชิ้นงานเกินจากความเป็นจริง เนื่องจากนอยส์ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการวิเคราะห์คัดแยกคุณภาพของชิ้นงาน และทำให้อัลกอริทึมปฏิเสธชิ้นงานดี ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพิจารณาชิ้นงานแต่ละชิ้นอย่างละเอียด

ผลการทดลองครั้งที่ 1

ชิ้นงานที่ 1 : ชิ้นงานดี

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลภาพที่ได้จากการทำการทดลอง จะสังเกตเห็นว่าหลังจากการกำหนดจุดต่ำสุดแล้ว ข้อมูลภาพแสดงให้เห็นนอยส์ที่เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปภาพที่ 4.1 ซึ่งนอยส์ที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากความไม่สม่ำเสมอของแสงที่ตกกระทบชิ้นงานระหว่างขั้นตอนการถ่ายภาพเก็บข้อมูล จึงส่งผลทำให้อัลกอริทึมนับจำนวนแพดได้ 15 และทำให้ชิ้นงานนี้ถูกปฏิเสธ

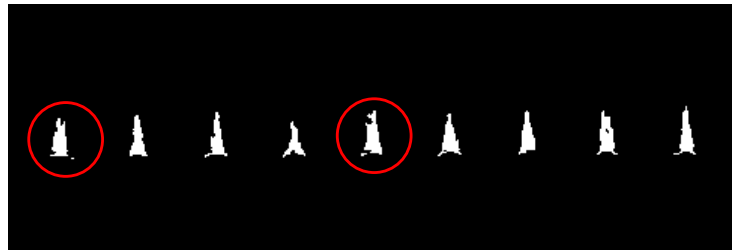
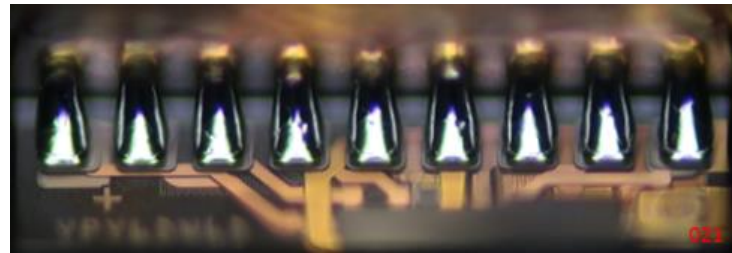


Pad detected by algorithm	Result from algorithm	Physical result	Remark
15	Reject	Accept	***Incorrect pad detected

ภาพที่ 57 ภาพชิ้นงานที่ 1 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 1

ชิ้นงานที่ 2 : ชิ้นงานดี

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลภาพที่ได้จากการทำการทดลอง จะสังเกตเห็นว่าหลังจากการกำหนดจุดต่ำสุดแล้ว ข้อมูลภาพแสดงให้เห็นนอยส์ที่เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปภาพที่ 4.2 ซึ่งนอยส์ที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากความไม่สม่ำเสมอของแสงที่ตกกระทบชิ้นงานระหว่างขั้นตอนการถ่ายภาพเก็บข้อมูล จึงส่งผลทำให้อัลกอริทึมนับจำนวนแพดได้ 11 และทำให้ชิ้นงานนี้ถูกปฏิเสธ

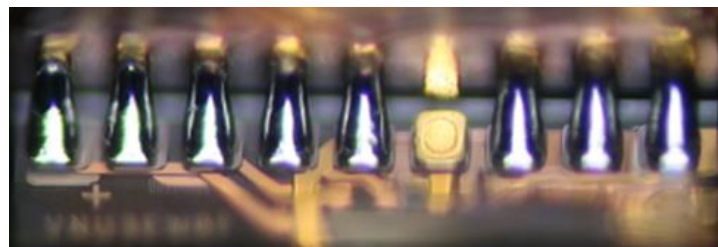


Pad detected by algorithm	Result from algorithm	Physical result	Remark
11	Reject	Accept	***Incorrect pad detected

ภาพที่ 58 ภาพชิ้นงานที่ 2 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 1

ชิ้นงานที่ 3 : ชิ้นงานเสีย

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลภาพที่ได้จากการทำการทดลอง จะสังเกตเห็นว่าหลังจากการกำหนดจุดต่ำสุดแล้ว ข้อมูลภาพแสดงให้เห็นนอยส์ที่เกิดขึ้นเหมือนกับชิ้นงานที่ 1-2 แต่อัลกอริทึมสามารถแสดงรูปร่างของชิ้นงานได้ใกล้เคียงกับข้อมูลภาพที่ต้องการวิเคราะห์ และสรุปผลได้ถูกต้อง ดังแสดงในรูปภาพที่ 4.3 แต่นอยส์ก็ยังส่งผลทำให้อัลกอริทึมนับจำนวนแพดผิดพลาดอยู่

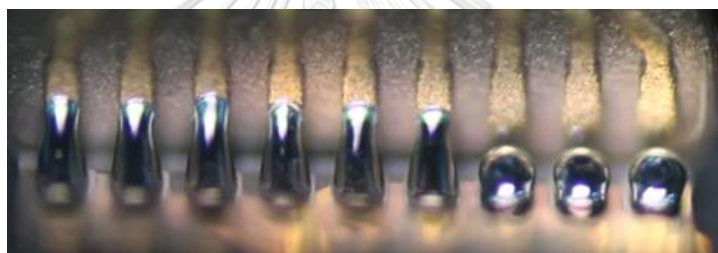


Pad detected by algorithm	Result from algorithm	Physical result	Remark
10	Reject	Reject	***Incorrect pad detected

ภาพที่ 59 ภาพชิ้นงานที่ 3 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 1

ชิ้นงานที่ 4 : ชิ้นงานเสีย

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลภาพที่ได้จากการทำการทดลอง จะสังเกตเห็นว่าหลังจากการกำหนดจุดต่ำสุดแล้ว ข้อมูลภาพแสดงให้เห็นรอยส์ที่เกิดขึ้นเหมือนกับชิ้นงานก่อนหน้า แต่อัลกอริทึมสามารถแสดงรูปร่างของชิ้นงานได้ใกล้เคียงกับข้อมูลภาพที่ต้องการวิเคราะห์ และสรุปผลได้ถูกต้อง ดังแสดงในรูปภาพที่ 4.4 แต่รอยส์ก็ยังส่งผลทำให้อัลกอริทึมนับจำนวนแพดผิดพลาดอยู่



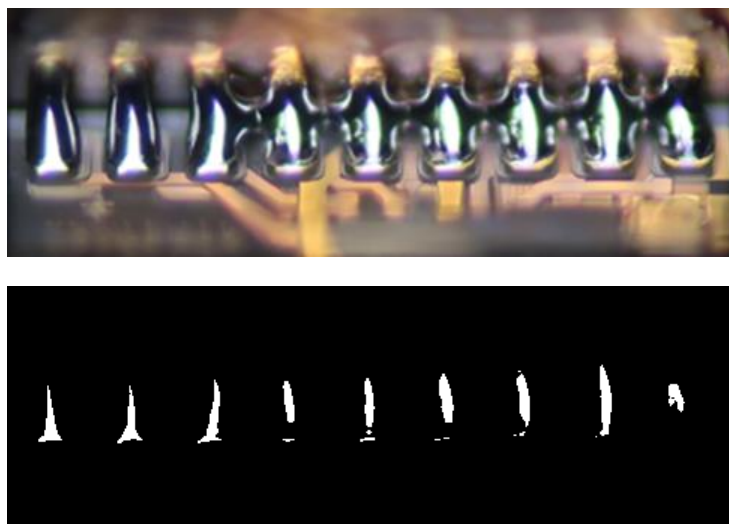
Pad detected by algorithm	Result from algorithm	Physical result	Remark
21	Reject	Reject	***Incorrect pad detected

ภาพที่ 60 ภาพชิ้นงานที่ 4 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 1

ชิ้นงานที่ 5 : ชิ้นงานเสีย

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลภาพที่ได้จากการทำการทดลอง จะสังเกตเห็นว่าหลังจากการกำหนดจุดต่ำสุดแล้ว ข้อมูลภาพแสดงให้เห็นรอยส์ที่เกิดขึ้นเหมือนกับชิ้นงานก่อนหน้า แต่อัลกอริทึมสามารถ

แสดงรูปร่างของชิ้นงานได้ใกล้เคียงกับข้อมูลภาพที่ต้องการวิเคราะห์ และสรุปผลได้ถูกต้อง ดังแสดงในรูปภาพที่ 4.5 แต่นอยส์ก็ยังส่งผลทำให้อัลกอริทึมนับจำนวนแพดผิดพลาดอยู่



Pad detected by algorithm	Result from algorithm	Physical result	Remark
18	Reject	Reject	***Incorrect pad detected

ภาพที่ 61 ภาพชิ้นงานที่ 5 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 1

โดยหลังจากทำการทดลองครั้งที่ 1 พบว่าการกำหนดจุดต่ำสุดหรือ Thresholding ช่วยให้สามารถวิเคราะห์รูปร่างของชิ้นงานได้ แต่ในเวลาเดียวกันก็ทำให้เกิดนอยส์ขึ้น จึงทำให้เกิดความผิดพลาดในการสรุปผล เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นงานวิจัยนี้จึงเสนอวิธีการขยายภาพหรือ Dilation เข้ามาช่วยลดปัญหาที่เกิดจากนอยส์

4.2 การลดปัญหาที่เกิดจากนอยส์หลังทำการกำหนดจุดต่ำสุด โดยวิธีการขยายภาพ (Dilation)

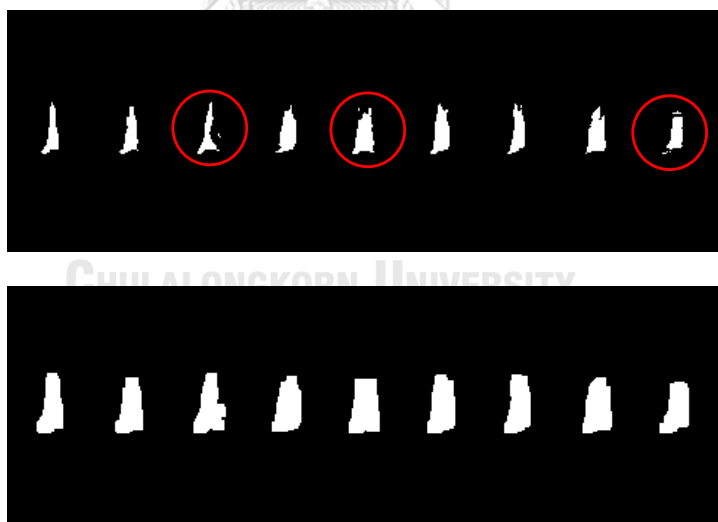
เนื่องจากระหว่างทำการทดลองครั้งที่ 1 พบว่า กระบวนการกำหนดจุดต่ำสุดเพื่อตรวจสอบรูปร่างของชิ้นงาน และวิเคราะห์คัดแยกคุณภาพของชิ้นงานนั้นส่งผลทำให้เกิดนอยส์ซึ่งมีผลต่อกระบวนการจำแนกคุณลักษณะ (Feature Extraction) และการนับจำนวนแพดบนชิ้นงาน ซึ่งมีผลทำให้การวิเคราะห์สรุปผลมีความผิดพลาด เพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงได้เสนอวิธีการขยายภาพ (Dilation) เพื่อกำจัดนอยส์ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการวิเคราะห์คัดแยกคุณภาพชิ้นงาน โดยการ

วิธีการขยายภาพนั้น จะเป็นการขยายพื้นที่ที่สนใจในข้อมูลภาพให้มีขนาดกว้างขึ้น หรือเพื่อเชื่อมพื้นที่ที่สนใจภายในภาพให้เป็นพื้นที่เดียวกัน และลดความผิดพลาดในขั้นตอนการจำแนกคุณลักษณะ และการนับจำนวนแพด ก่อนที่อัลกอริทึมจะทำการสรุปผลการวิเคราะห์ โดยหลังจากที่เพิ่มขึ้นขั้นตอนการขยายภาพเข้าไปในอัลกอริทึมแล้ว ได้ทำการทดลองซ้ำกับข้อมูลภาพหรือชิ้นงานเดิมเป็นจำนวนทั้งหมด 5 ชิ้นงาน โดยเป็นชิ้นงานดีจำนวน 2 ชิ้น และชิ้นงานเสียจำนวน 3 ชิ้น เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ ก่อน-หลังเพิ่มขึ้นขั้นตอนการขยายภาพ

ผลการทดลองครั้งที่ 2

ชิ้นงานที่ 1 : ชิ้นงานดี

ผลการทดลองครั้งที่ 2 พบว่าขั้นตอนการขยายภาพ (Dilation) สามารถช่วยกำจัดปัญหาจากนอยส์ที่เกิดขึ้นบริเวณแพดที่ 3, 5 และ 9 ของชิ้นงานที่ 1 ได้ ทำให้ขั้นตอนการจำแนกคุณลักษณะ และการนับจำนวนแพดบนชิ้นงานมีความถูกต้องมากขึ้น ทำให้อัลกอริทึมสามารถสรุปผลการวิเคราะห์และคัดแยกคุณภาพชิ้นงานได้ถูกต้องมากขึ้น รวมไปถึงแสดงรูปร่างของแพดได้ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับด้วย ดังแสดงในรูปภาพที่ 4.6

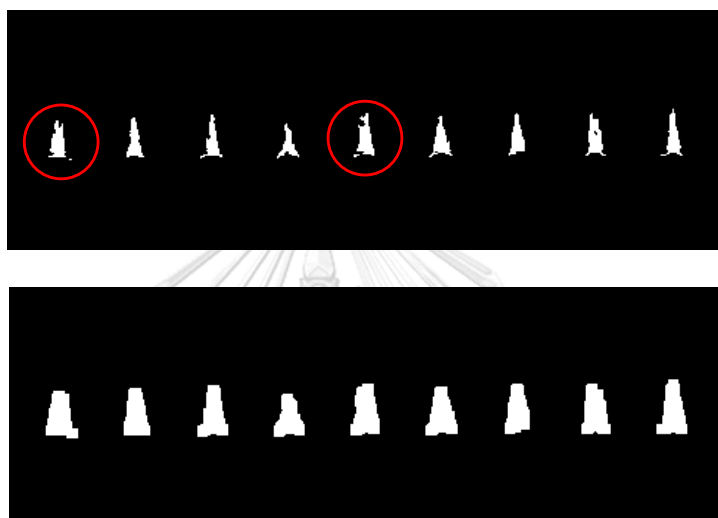


Pad detected by algorithm	Result from algorithm	Physical result	Remark
9	Accept	Accept	Correct pad detected

ภาพที่ 62 ภาพชิ้นงานที่ 1 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 2

ชิ้นงานที่ 2 : ชิ้นงานดี

ผลการทดลองครั้งที่ 2 พบว่าขั้นตอนการขยายภาพ (Dilation) สามารถช่วยกำจัดปัญหาจากนอยส์ที่เกิดขึ้นบริเวณแพดที่ 1, และ 5 ของชิ้นงานที่ 2 ได้ ทำให้ขั้นตอนการจำแนกคุณลักษณะ และการนับจำนวนแพดบนชิ้นงานมีความถูกต้องมากขึ้น ทำให้อัลกอริทึมสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ และคัดแยกคุณภาพชิ้นงานได้ถูกต้องมากขึ้น รวมไปถึงแสดงรูปร่างของแพดได้ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับด้วย ดังแสดงในรูปภาพที่ 4.7



Pad detected by algorithm	Result from algorithm	Physical result	Remark
9	Accept	Accept	Correct pad detected

ภาพที่ 63 ภาพชิ้นงานที่ 2 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 2

ชิ้นงานที่ 3 : ชิ้นงานเสีย

ผลการทดลองครั้งที่ 2 ของชิ้นงานที่ 3 พบว่าการวิเคราะห์และสรุปผลของอัลกอริทึมเกิดความผิดพลาดหลังจากทำการขยายภาพ โดยเมื่อวิเคราะห์โดยละเอียดพบว่า การทดลองครั้งที่ 1 นอยส์ทำให้ขั้นตอนการจำแนกคุณลักษณะ และการนับจำนวนแพดนั้นนับเกินจำนวน จึงทำให้อัลกอริทึมปฏิเสธชิ้นงาน การทดลองครั้งที่ 2 พบว่าจำนวนแพดที่อัลกอริทึมนับมีความใกล้เคียงกับชิ้นงานมากขึ้น แต่จำนวนแพดที่นับได้เท่ากับค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ นั่นคือ 9 แพด (ชิ้นงานดี) ซึ่งทำให้อัลกอริทึมวิเคราะห์และสรุปผลออกมาว่าเป็นชิ้นงานดี ดังแสดงในรูปภาพที่ 4.8



Pad detected by algorithm	Result from algorithm	Physical result	Remark
9	Accept	Reject	***Incorrect pad detected

ภาพที่ 64 ภาพชิ้นงานที่ 3 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 2

ชิ้นงานที่ 4 : ชิ้นงานเสีย

ผลการทดลองครั้งที่ 2 ของชิ้นงานที่ 4 พบว่าการวิเคราะห์และสรุปผลของอัลกอริทึมถูกต้องเหมือนการทดลองครั้งที่ 1 ซึ่งการขยายภาพช่วยให้การจำแนกคุณลักษณะและการนับจำนวนแพด มีค่าที่ใกล้เคียงกับชิ้นงานมากขึ้น แต่ยังไม่ถูกต้อง 100% ดังแสดงในรูปภาพที่ 4.9



Pad detected by algorithm	Result from algorithm	Physical result	Remark
13	Reject	Reject	***Incorrect pad detected

ภาพที่ 65 ภาพชิ้นงานที่ 4 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 2

ชิ้นงานที่ 5 : ชิ้นงานเสีย

ผลการทดลองครั้งที่ 2 ของชิ้นงานที่ 5 พบว่าการวิเคราะห์และสรุปผลของอัลกอริทึมถูกต้องเหมือนการทดลองครั้งที่ 1 ซึ่งการขยายภาพช่วยให้การจำแนกคุณลักษณะและการนับจำนวนแพด มีค่าที่ใกล้เคียงกับชิ้นงานมากขึ้น แต่ยังไม่ถูกต้อง 100% ดังแสดงในรูปภาพที่ 4.10



Pad detected by algorithm	Result from algorithm	Physical result	Remark
11	Reject	Reject	***Incorrect pad detected

ภาพที่ 66 ภาพชิ้นงานที่ 5 และผลสรุปจากอัลกอริทึมหลังทำการทดลองครั้งที่ 2

การทดลองครั้งที่ 2 พบว่าขั้นตอนการขยายภาพ สามารถช่วยลดปัญหาความผิดพลาดในการสรุปผลของอัลกอริทึมได้ดีขึ้น อีกทั้งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในขั้นตอนการจำแนกคุณลักษณะ และการนับจำนวนแพดให้มีความถูกต้องแม่นยำขึ้นด้วย แต่การทดลองครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าจำนวนแพดที่เป็นพารามิเตอร์ (Parameter) เพียงพารามิเตอร์เดียวไม่สามารถวิเคราะห์และคัดแยกชิ้นงานใน

สายการผลิตได้ทั้งหมด จากผลการทดลองของชิ้นงานที่ 3 ทำให้เห็นข้อผิดพลาดของอัลกอริทึมนี้ เมื่อนำผลการวิเคราะห์ของการทดลองครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 มาเปรียบเทียบกับอย่างละเอียด จะพบว่า ผลสรุปของอัลกอริทึมในการทดลองครั้งที่ 1 ให้ผลสรุปที่ ถูกต้อง แต่จำนวนแพดที่อัลกอริทึมนับได้มีจำนวนมากกว่าชิ้นงานจริง และการทดลองครั้งที่ 2 ผลสรุปที่ได้จากการทดลองผิดพลาด แต่จำนวนแพดที่อัลกอริทึมนับได้หลังจากเพิ่มขึ้นตอนการขยายภาพเข้าไปในการทดลองครั้งที่ 2 มีค่าที่ใกล้เคียงกับชิ้นงานจริงมากกว่าการทดลองครั้งที่ 1 ดังนั้นผู้วิจัยเห็นว่าควรมีการเพิ่มพารามิเตอร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในการวิเคราะห์คัดแยกคุณภาพชิ้นงานในสายการผลิต จึงเสนอวิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติการวัดขอบเขตของภาพ หรือ Measurement properties of image region เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมให้สามารถสรุปผลได้แม่นยำยิ่งขึ้น

4.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติการวัดขอบเขตของภาพ หรือ Measurement properties of image region

เนื่องจากระหว่างทำการทดลองครั้งที่ 2 พบว่า พารามิเตอร์ที่ใช้ในการตัดสินใจ และสรุปผลการวิเคราะห์มีเพียง 1 พารามิเตอร์เท่านั้น คือ จำนวนแพด ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแค่จำนวนแพด ไม่เพียงพอที่จะใช้ตัดสินใจ และสรุปผลการวิเคราะห์ของอัลกอริทึมได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงเสนอวิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติการวัดขอบเขตของภาพ หรือ Measurement properties of image region เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมให้สามารถคัดแยกคุณภาพชิ้นงาน และสรุปผลการวิเคราะห์ที่ได้ดียิ่งขึ้น โดยการเพิ่มพารามิเตอร์เข้าไปในอัลกอริทึม ซึ่งพารามิเตอร์ที่เพิ่มเข้าไป มีทั้งหมด 2 ตัวดังนี้

1. ค่าความเยื้องศูนย์กลาง หรือ Eccentricity – ค่าความเยื้องศูนย์กลางเป็นค่าที่ใช้ในการตรวจสอบรูปทรงของวัตถุที่สนใจ ว่ามีรูปทรงหรือลักษณะ เป็นวงกลมหรือวงรี โดยค่าความเยื้องศูนย์กลาง จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1 ซึ่ง 0 (ศูนย์กลาง) หมายถึงวัตถุนั้นมีรูปทรงคล้ายวงกลม และ 1 หมายถึงวัตถุนั้นมีรูปทรงคล้ายวงรี ซึ่งในงานวิจัยนี้ค่าความเยื้องศูนย์กลาง ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอัลกอริทึม เพื่อใช้ในการตรวจสอบรูปทรงของแผ่นอิเล็กทรอนิกส์ โดยโปรแกรม Matlab จะมีฟังก์ชันที่สามารถเรียกใช้เพื่อคำนวณหาค่าความเยื้องศูนย์กลางได้ ค่าความเยื้องศูนย์กลางสามารถช่วยให้อัลกอริทึมสามารถคัดแยกชิ้นงานที่มีความผิดปกติในเรื่อง “การเชื่อมตะกั่วติดกัน (Merge solder)” ได้

- ค่าพื้นที่นูน หรือ Convex area – ค่าพื้นที่นูนเป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณหาค่าของพื้นที่ของวัตถุที่สนใจ ซึ่งในงานวิจัยนี้ค่าที่แสดงจะมีหน่วยเป็น pixel ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกว่ารูปร่างหรือวัตถุที่สนใจมีขนาดเท่าใด โดยโปรแกรม Matlab จะมีฟังก์ชันที่สามารถเรียกใช้งานเพื่อคำนวณหาค่าพื้นที่นูนได้ ค่าพื้นที่นูนสามารถช่วยให้อัลกอริทึมสามารถตัดแยกชิ้นงานที่มีความผิดปกติในเรื่อง “การเชื่อมตะกั่วไม่สมบูรณ์ (Incomplete solder) และ การเชื่อมตะกั่วไม่ติด (Miss solder)” ได้

โดยทั้ง 2 พารามิเตอร์นี้ จะช่วยวิเคราะห์รูปร่างของแผ่นอิเล็กทรอนิกส์บนชิ้นงานที่นำมาวิเคราะห์ในอัลกอริทึม ดังนั้นอัลกอริทึมในงานวิจัยนี้จะมีค่าในการตัดสินใจ และสรุปผลการวิเคราะห์ทั้งหมด 3 ค่า คือ จำนวนแพดบนชิ้นงาน, ค่าความเยื้องศูนย์ และค่าพื้นที่นูน โดยทั้ง 3 พารามิเตอร์ โดยจะทำงานร่วมการเพื่อวิเคราะห์ทั้งจำนวนแพดบนชิ้นงาน และรูปร่างของแพดบนชิ้นงานแต่ละแพดอีกด้วย ว่าจำนวนแพดที่ตรวจพบนั้นมีรูปร่างถูกต้องตามความต้องการของลูกค้าหรือไม่ ซึ่งการตรวจสอบรูปร่างจะถูกนำเสนอผ่านค่าความเยื้องศูนย์ และค่าพื้นที่นูน ที่ได้จากการคำนวณของอัลกอริทึม โดยการทดลองครั้งที่ 3 นี้จะทำการทดลองกับชิ้นงานทั้ง 5 ชิ้น ซึ่งเป็นชิ้นงานเดียวกันกับที่ใช้ทำการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของอัลกอริทึมได้อย่างชัดเจน และสามารถสรุปผลการทดลองได้อย่างชัดเจนว่าการวิเคราะห์คุณสมบัติการวัดขอบเขตของภาพ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์และสรุปผลการวิเคราะห์ได้ถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

ผลการทดลองครั้งที่ 3

จากผลการทดลองครั้งที่ 3 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าความเยื้องศูนย์ และค่าพื้นที่นูนของชิ้นงาน ทั้ง 5 ชิ้นงานนั้นมีค่าที่แตกต่างกันไปในแต่ละชิ้นงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งเมื่อนำทั้ง 3 พารามิเตอร์มาใช้กับอัลกอริทึมในส่วนของการวิเคราะห์และสรุปผล จะทำให้ผลสรุปถูกต้องมากขึ้น เมื่อเป็นเช่นนี้แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการตั้งค่าเป้าหมาย หรือ target value ให้กับอัลกอริทึม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และสรุปผล ในการหาค่าเป้าหมายนั้นจะใช้ชิ้นงานทั้งหมด 30 ชิ้นงาน เพื่อเก็บข้อมูลและนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้เป็นค่าเป้าหมายในอัลกอริทึม

No.#	Pad detected by algorithm	Eccentricity value	Convex area value
1	9 pads	8.0954	5,571

2	9 pads	7.8088	4,906
3	9 pads	8.2282	6,248
4	13 pads	8.2083	2,603
5	11 pads	10.0481	5,963

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้หลังการทดลอง



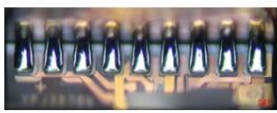

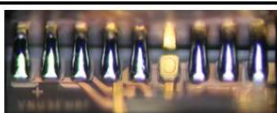
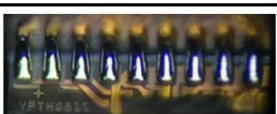

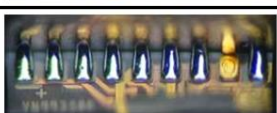


หลังจากนำรูปภาพชิ้นงานทั้งหมด 30 ชิ้น ไปคำนวณหาจำนวนแพดบนชิ้นงาน ค่าความเยื้องศูนย์ และค่าพื้นที่นูน และนำมาวิเคราะห์หาค่าเป้าหมายที่เหมาะสม เพื่อนำไปใช้ในอัลกอริทึม โดยค่าเป้าหมายที่ได้จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์และสรุปผลของชิ้นงานที่นำมาตรวจสอบด้วยอัลกอริทึม ซึ่งจำนวนแพด ค่าความเยื้องศูนย์ และค่าพื้นที่นูน ที่คำนวณได้นั้นสามารถสรุปให้อยู่ในตาราง ดังแสดงในตารางที่ 4.2

รูปที่	จำนวนแพด (#Pad)	ค่าเยื้องศูนย์ (Eccentricity)	ค่าพื้นที่นูน (Convex area)
1	9	8.27	5379
2	9	8.03	5721
3	9	8.22	5061
4	9	8.27	5303
5	9	8.20	5317
6	9	8.03	4286
7	9	7.73	4542
8	9	7.98	3958
9	9	8.02	4210
10	9	7.94	4190

รูปที่	จำนวนแพด (#Pad)	ค่าเยื้องศูนย์กลาง (Eccentricity)	ค่าพื้นที่นูน (Convex area)
11	9	8.00	6091
12	9	7.69	6335
13	9	7.94	5751
14	9	7.99	6019
15	9	7.91	5997
16	9	8.03	4297
17	9	7.72	4553
18	9	7.97	3971
19	9	8.01	4219
20	9	7.93	4201
21	9	8.52	3576
22	9	8.29	3962
23	9	8.44	3394
24	9	8.51	3516
25	9	8.42	3632
26	9	8.52	4953
27	9	8.29	5339
28	9	8.44	4771
29	9	8.51	4893
30	9	8.42	5009

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงข้อมูลชิ้นงาน 30 ชิ้น เพื่อวิเคราะห์หาค่าเป้าหมาย

4.3 – 4.5 ซึ่งชิ้นงานแต่ละชิ้นที่จะถูกวิเคราะห์แล้วสรุปผลว่าเป็นชิ้นงานดี จำเป็นจะต้องผ่านทุกเงื่อนไขของทุกพารามิเตอร์ที่ตั้งค่าเอาไว้ ดังนั้นลักษณะ หรือรูปทรงของชิ้นงานบางชิ้นอาจจะผ่านบางพารามิเตอร์ แต่สุดท้ายแล้วจะถูกอัลกอริทึมสรุปผลผ่านการเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ในอัลกอริทึม

รูปที่	รูปภาพชิ้นงาน	จำนวนแพด	ผลลัพธ์จากอัลกอริทึม	ผลลัพธ์จริง	ความถูกต้อง
1		9	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานดี	ถูกต้อง
2		9	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานดี	ถูกต้อง
3		9	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานดี	ถูกต้อง
4		9	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานดี	ถูกต้อง
5		9	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานเสีย	ผิด
6		9	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานดี	ถูกต้อง
7		9	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานเสีย	ผิด
8		8	ชิ้นงานเสีย	ชิ้นงานเสีย	ถูกต้อง
9		9	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานดี	ถูกต้อง
10		9	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานเสีย	ผิด

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงจำนวนแพดบนชิ้นงาน

เพื่อสรุปผลการวิเคราะห์ได้อีกถูกต้อง โดยค่าเป้าหมายที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากชิ้นงาน จำนวน 30 ชิ้น ได้จากการคำนวณหาค่าเฉลี่ย Average และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน Standard Deviation ซึ่งค่าเป้าหมายสูงสุดได้จากการนำค่าเฉลี่ยบวกกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเป้าหมายต่ำสุดได้จากการนำค่าเฉลี่ยลบกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน หลังจากวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บมาแล้ว สามารถสรุปค่าเป้าหมายของทั้ง 3 พารามิเตอร์ได้ดังนี้

1. จำนวนแพด มีค่าเป้าหมายเท่ากับ 9
2. ค่าพื้นที่นูน หรือ Convex area มีค่าเป้าหมายอยู่ระหว่าง 3906 – 5590
3. ค่าความเยื้องศูนย์ หรือ Eccentricity มีค่าเป้าหมายอยู่ระหว่าง 7.89 – 8.40

ขั้นตอนถัดมาคือการทดสอบความสามารถของอัลกอริทึมกับชิ้นงานจริง จำนวน 10 ชิ้น โดย การทดสอบจะเป็นการเพิ่มพารามิเตอร์เข้าไปในอัลกอริทึม จาก 1 พารามิเตอร์ ไปจนครบทั้ง 3 พารามิเตอร์ เพื่อดูความแตกต่างในการสรุปผลการตรวจสอบและคัดแยกชิ้นงานของอัลกอริทึมที่ พัฒนาขึ้นมา โดยผลของการทดสอบครั้งที่ 1 อัลกอริทึมใช้จำนวนแพดบนชิ้นงานวิเคราะห์และสรุปผล สามารถสังเกตเห็นว่าการสรุปผลมีความถูกต้องเพียง 70% เท่านั้น เนื่องจากชิ้นงานมี ลักษณะรูปร่างที่ใกล้เคียงกันมาก รวมไปถึงข้อมูลรบกวน หรือ นอยส์ที่เกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการประมวลผลภาพดิจิทัล จึงทำให้อัลกอริทึมเกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์และสรุปผล เมื่อตั้งค่า เป้าหมายของจำนวนแพดบนชิ้นงานไว้ที่ 9 แพด ซึ่งค่าจำนวนแพดบนชิ้นงานสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ตามลักษณะหรือรูปร่างของชิ้นงานที่นำมาทำการวิเคราะห์คัดแยกคุณภาพของชิ้นงานด้วยอัลกอริทึม นี้ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ในตารางที่ 4.4 เป็นผลลัพธ์เมื่อเพิ่มพารามิเตอร์เข้าไปในอัลกอริทึมอีก 1 พารามิเตอร์ คือ ค่า ความเยื้องศูนย์ เพื่อช่วยในการวิเคราะห์และสรุปผล ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องใน การสรุปผลอีก 10% เป็น 80% แต่ก็ไม่สามารถทำให้อัลกอริทึมสามารถวิเคราะห์และสรุปผลได้ ถูกต้องทั้งหมด โดยค่าเป้าหมายของค่าความเยื้องศูนย์ที่ตั้งไว้ในอัลกอริทึมจะมีค่าอยู่ระหว่าง 7.89 ถึง 8.40 โดยค่าความเยื้องศูนย์นี้อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการ วิเคราะห์และสรุปผลของอัลกอริทึมบนชิ้นงานที่มีลักษณะหรือรูปร่างที่ต่างไปจากชิ้นงานที่นำมาทำ การทดลอง

รูปที่	จำนวนแพด	ค่าความเอียงศูนย์	ผลลัพธ์จากอัลกอริทึม	ผลลัพธ์จริง	ความถูกต้อง
1	9	8.10	ขึ้นงานดี	ขึ้นงานดี	ถูกต้อง
2	9	7.81	ขึ้นงานดี	ขึ้นงานดี	ถูกต้อง
3	9	7.77	ขึ้นงานดี	ขึ้นงานดี	ถูกต้อง
4	9	7.80	ขึ้นงานดี	ขึ้นงานดี	ถูกต้อง
5	9	8.23	ขึ้นงานดี	ขึ้นงานเสีย	ผิด
6	9	8.33	ขึ้นงานดี	ขึ้นงานดี	ถูกต้อง
7	9	8.47	ขึ้นงานเสีย	ขึ้นงานเสีย	ถูกต้อง
8	8	7.39	ขึ้นงานเสีย	ขึ้นงานเสีย	ถูกต้อง
9	9	8.33	ขึ้นงานดี	ขึ้นงานดี	ถูกต้อง
10	9	7.69	ขึ้นงานดี	ขึ้นงานเสีย	ผิด

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงค่าความเอียงศูนย์

ในตารางที่ 4.5 คือผลลัพธ์ที่ได้เมื่อเพิ่มพารามิเตอร์ตัวสุดท้ายลงไปในอัลกอริทึม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์และสรุปผลของอัลกอริทึมให้มีความถูกต้องมากขึ้น ซึ่งพารามิเตอร์ตัวสุดท้าย คือ ค่าพื้นที่นูน ที่มีค่าเป้าหมายอยู่ระหว่าง 3,906 ถึง 5,590 ซึ่งช่วยให้การวิเคราะห์และสรุปผลของอัลกอริทึมมีความถูกต้องเพิ่มขึ้นอีก 20% เป็น 100% จึงทำให้อัลกอริทึมสามารถวิเคราะห์และสรุปผลได้ถูกต้องหมดทุกชิ้นงาน ซึ่งค่าพื้นที่นูนสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามลักษณะหรือ

รูปร่างของชิ้นงานที่นำมาทำการวิเคราะห์ตัดแยกคุณภาพของชิ้นงานด้วยอัลกอริทึมนี้

รูปที่	จำนวนแพค	ค่าความเอนกศูนย์	ค่าพื้นที่นูน	ผลลัพธ์จากอัลกอริทึม	ผลลัพธ์จริง	ความถูกต้อง
1	9	8.10	5571	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานดี	ถูกต้อง
2	9	7.81	4906	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานดี	ถูกต้อง
3	9	7.77	5145	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานดี	ถูกต้อง
4	9	7.80	4915	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานดี	ถูกต้อง
5	9	8.23	6248	ชิ้นงานเสีย	ชิ้นงานเสีย	ถูกต้อง
6	9	8.33	4214	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานดี	ถูกต้อง
7	9	8.47	4721	ชิ้นงานเสีย	ชิ้นงานเสีย	ถูกต้อง
8	8	7.39	4822	ชิ้นงานเสีย	ชิ้นงานเสีย	ถูกต้อง
9	9	8.33	4214	ชิ้นงานดี	ชิ้นงานดี	ถูกต้อง
10	9	7.69	2789	ชิ้นงานเสีย	ชิ้นงานเสีย	ถูกต้อง

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่าพื้นที่นูน

บทที่ 5

สรุปผลงานวิจัย อภิปรายผลงานวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

การพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อการวิเคราะห์คัดแยกคุณภาพหัวอ่านเขียนภายในสายการผลิต จากผลการวิเคราะห์ พบว่าการกำหนดจุดต่ำสุด (Thresholding) เป็นขั้นตอนที่ทำให้สามารถตรวจสอบจำนวนแพดบนหัวอ่านเขียนได้ โดยจำนวนแพดบนหัวอ่านเขียนที่ตรวจสอบได้ถือว่าเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญ 1 พารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์คัดแยกคุณภาพของหัวอ่านเขียนภายในสายการผลิต ซึ่งลักษณะของแพดที่ดี ต้องมีตะกั่วเชื่อมเต็มแพด ตามปริมาณที่กำหนดไว้และลักษณะของแพดมีความสมบูรณ์ โดยการกำหนดจุดต่ำสุด เป็นขั้นตอนการตรวจสอบค่าความเข้มแสง (Density) ในแต่ละพิกเซลและนำไปเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยค่าความเข้มแสงจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 255 ค่าเป้าหมายที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้อยู่ที่ 250 ซึ่งค่าเป้าหมายนี้ได้มาจากการสำรวจค่าความเข้มแสงรอบๆบริเวณแพดบนหัวอ่านเขียน และเปรียบเทียบกับค่าความเข้มแสงบริเวณแพดบนหัวอ่านเขียน จึงทำให้สรุปได้ว่าบริเวณรอบๆแพดบนหัวอ่านเขียนนั้นมีความเข้มแสงต่ำกว่า 250 และ บริเวณแพดบนหัวอ่านเขียนมีความเข้มแสงที่สูงกว่า 250 จึงทำให้การกำหนดจุดต่ำสุดทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และหลักจากขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการจำแนกคุณลักษณะจำเพาะ (Feature Extraction) เพื่อนับจำนวนแพดบนหัวอ่านเขียนที่อัลกอริทึมตรวจพบ และนำมาเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ ถ้ามีค่าเท่ากับ 9 แพด อัลกอริทึมจะสรุปว่าหัวอ่านเขียนชิ้นนั้นเป็นชิ้นงานดี แต่ถ้าไม่ จะถูกสรุปว่าเป็นชิ้นงานเสีย

การทดลองครั้งที่ 1

จากการทดลองครั้งที่ 1 พบว่าขั้นตอนการกำหนดจุดต่ำสุด ทำให้เกิดนอยส์ในบางชิ้นงาน ส่งผลต่อขั้นตอนการจำแนกคุณลักษณะจำเพาะ และขั้นตอนการสรุปผลการคัดแยกคุณภาพหัวอ่านเขียน จากการทดลองกับหัวอ่านเขียนจำนวน 5 ชิ้น พบว่าอัลกอริทึมได้ทำการวิเคราะห์และคัดแยกคุณภาพหัวอ่านเขียนถูกต้องเพียง 60% และจำนวนแพดที่นับได้มีความคาดเคลื่อนจากชิ้นงานจริงเฉลี่ยประมาณ 37%

การทดลองครั้งที่ 2

จากการทดลองครั้งที่ 2 ได้เพิ่มขั้นตอนการขยายภาพ (Dilation) เข้ามาเพื่อลดปัญหาอันยัสที่เกิดขึ้นในการทดลองครั้งที่ 1 เนื่องมาจากการกำหนดจุดต่ำสุด ซึ่งขั้นตอนการขยายภาพจะเป็นขั้นตอนต่อจากการทำการกำหนดจุดต่ำสุด โดยการขยายภาพนั้นมีหลายแบบ ในการทดลองนี้ผู้ทดลองเลือกการขยายภาพแบบเส้นตรง ที่มีขนาดของเส้นตรง 6 พิกเซลและเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉาก (90 องศา) เพื่อกำจัดอันยัสที่เกิดขึ้น หลังจากทดลอง พบว่าอัลกอริทึมทำการวิเคราะห์และคัดแยกคุณภาพหัวอ่านเขียนได้ดีขึ้นถึง 80% และจำนวนแพดที่นับได้มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยลดลงจาก 37% เป็น 12% เมื่อวิเคราะห์เพิ่มเติมทำให้พบว่า อัลกอริทึมมีการสรุปผลวิเคราะห์หัวอ่านเขียนจากจำนวนแพดบนหัวอ่านเขียนเพียงอย่างเดียว ซึ่งการทดลองครั้งที่ 2 ทำให้เห็นว่ามีชิ้นงานเสีย 1 ชิ้นที่อัลกอริทึมตรวจสอบและนับจำนวนแพดได้ 9 แพด จึงทำให้อัลกอริทึมสรุปผลการคัดแยกคุณภาพหัวอ่านเขียนผิดพลาด

การทดลองครั้งที่ 3

จากการทดลองครั้งที่ 3 ได้เพิ่มขั้นตอนการวิเคราะห์คุณสมบัติการวัดขอบเขต (Measurement Properties of Image Region) ซึ่งเป็นการเพิ่มพารามิเตอร์เข้ามาช่วยให้อัลกอริทึมมีการวิเคราะห์และคัดแยกคุณภาพหัวอ่านเขียนได้ละเอียดและแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยพารามิเตอร์ที่เพิ่มเข้ามาในการทดลองครั้งนี้ มีทั้งหมด 2 พารามิเตอร์ คือ ค่าความเยื้องศูนย์กลาง (Eccentricity) และ ค่าพื้นที่นูน (Convex area) ซึ่งพารามิเตอร์ทั้ง 2 พารามิเตอร์นี้จะช่วยบ่งชี้ลักษณะและรูปร่างของแพดบนหัวอ่านเขียนได้ ทำให้อัลกอริทึมสามารถตรวจสอบความผิดปกติที่เกิดขึ้นบริเวณแพดบนหัวอ่านเขียนได้ หลังจากการทดลองพบว่า อัลกอริทึมสามารถวิเคราะห์และคัดแยกคุณภาพหัวอ่านเขียนได้ถูกต้อง 100% แต่การวิเคราะห์คุณสมบัติการวัดขอบเขตไม่สามารถช่วยลดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยได้ การทดลองนี้มีค่าเป้าหมายของค่าความเยื้องศูนย์กลาง และค่าพื้นที่นูนอยู่ระหว่าง 7.89 ถึง 8.40 สำหรับค่าความเยื้องศูนย์กลาง และ 3,906 ถึง 5,590 สำหรับค่าพื้นที่นูนซึ่งค่าเป้าหมายที่ได้ มาจากการเก็บข้อมูลและหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.2 อภิปรายผลงานวิจัย

1) เทคนิคการกำหนดจุดต่ำสุด (Thresholding) สามารถช่วยในการระบุลักษณะและรูปร่างของแพตternหัวอ่านเขียนได้ อย่างมีนัยสำคัญ แต่วิธีการนี้มีข้อด้อยอยู่ที่การเก็บข้อมูลภาพ และการตั้งค่าเป้าหมายซึ่งส่งผลโดยตรงต่อผลลัพธ์ ดังนั้นการนำวิธีการนี้มาใช้วิเคราะห์คัดแยกคุณภาพหัวอ่านเขียนจำเป็นจะต้องเก็บข้อมูลภาพและตั้งค่าเป้าหมายให้อัลกอริทึมให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมาตรงตามความต้องการ และลดปัญหาบางอย่างที่เกิดขึ้นจากวิธีการทำงานของการกำหนดจุดต่ำสุดด้วย

2) เทคนิคการขยายภาพ (Dilation) เป็นวิธีการลดนอยส์ที่เกิดขึ้นบนข้อมูลภาพ ซึ่งในการทดลองนี้นอยส์เกิดขึ้นจากการกำหนดจุดต่ำสุดเพื่อวิเคราะห์ลักษณะและรูปร่างของแพตternหัวอ่านเขียน ซึ่งหลังการทดลองพบว่านอยส์ที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่ออัลกอริทึมสรุปผลการวิเคราะห์คัดแยกคุณภาพหัวอ่านเขียนผิดพลาด ดังนั้นการขยายภาพจึงเป็นขั้นตอนที่นำเข้ามาลดปัญหานอยส์ที่เกิดขึ้น ซึ่งการขยายภาพนั้นมีวิธีการทำงานที่หลากหลาย เช่นการขยายภาพแบบเส้นตรง วงกลมสี่เหลี่ยม และอื่นๆ รวมไปถึงขนาดที่ต้องการขยาย จึงจำเป็นต้องเลือกวิธีการและขนาดให้เหมาะสมกับการทดลองและข้อมูลภาพเพื่อไม่ให้เกิดการขยายภาพทำให้ข้อมูลภาพคลานเคลื่อนไปจากความต้องการหรือข้อมูลภาพต้นฉบับ

3) เทคนิคการวิเคราะห์คุณสมบัติการวัดขอบเขตของภาพ (Measurement properties of image region) เป็นการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่มีความเกี่ยวข้องกับพื้นที่ รูปทรง ลักษณะ และขอบเขต ของวัตถุที่สนใจภายในข้อมูลภาพ การนำเทคนิคนี้มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์คัดแยกคุณภาพหัวอ่านเขียนของอัลกอริทึมให้มีความซับซ้อนและละเอียดมากขึ้น ส่งผลทำให้การวิเคราะห์ผลมีความถูกต้องมากขึ้น

4) กล้องที่ใช้ในการถ่ายภาพเพื่อเก็บข้อมูลภาพ เป็นกล้องดิจิตอลที่มีความละเอียดสูง ซึ่งการเก็บข้อมูลภาพในการทดลองนี้ มีวิธีการใช้กล้องดิจิตอลความละเอียดสูงถ่ายภาพหัวอ่านเขียนผ่านกล้องกำลังขยายสูงอีกทีเพื่อให้ได้ภาพหัวอ่านเขียนที่มีความชัดเจน และทำให้อัลกอริทึมสามารถวิเคราะห์คัดแยกคุณภาพหัวอ่านเขียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.3 อุปสรรคในการทำงานวิจัย

1) กระบวนการเก็บข้อมูลภาพหัวอ่านเขียน จำเป็นต้องเก็บข้อมูลภายในห้องสะอาด (Cleanroom) ซึ่งเป็นห้องผลิตหัวอ่านเขียนจริง จึงทำให้มีหลายกระบวนการอยู่ในห้องนี้ ซึ่งไม่มีพื้นที่ปิดและมีการควบคุมสภาพแสงระหว่างการทำงานการเก็บข้อมูลภาพ ทำให้ข้อมูลภาพบางส่วนถูกแสงจากกระบวนการข้างเคียงรบกวน

2) การเตรียมสถานีการทำงานเพื่อเก็บข้อมูลภาพ เนื่องจากการเก็บข้อมูลภาพหัวอ่านเขียน จำเป็นต้องทำให้ห้องสะอาด ดังนั้นการนำอุปกรณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตหัวอ่านเขียนเข้าไปในสายการผลิตมีความยากลำบาก และบางอุปกรณ์อาจจะนำเข้าไปไม่ได้จึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์อื่นทดแทน

3) การเก็บข้อมูลจากชิ้นงานตัวอย่างจำเป็นต้องขออนุญาตหลายฝ่ายในโรงงาน อาทิเช่นฝ่ายผลิต ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ ฝ่ายความปลอดภัย วิศวกรที่เกี่ยวข้อง และอื่นๆ เพื่อขออนุญาตนำชิ้นงานมาถ่ายภาพเก็บข้อมูล เพื่อทำงานวิจัย และสามารถเก็บชิ้นงานไว้ได้ในระยะเวลาที่สั้น จึงทำให้ต้องมีการวางแผนการเก็บข้อมูลภาพอย่างละเอียด

4) การเก็บข้อมูลผ่านกล้องกำลังขยายสูงทำให้ได้ข้อมูลภาพที่ชัดเจนแต่กับติดบริเวณรอบๆหัวอ่านเขียนที่ไม่ต้องการมาด้วย ทำให้ต้องตัดภาพบางส่วนออกให้เหลือแค่บริเวณแพดบนหัวอ่านเขียนเพื่อทำการวิเคราะห์คัดแยกคุณภาพหัวอ่านเขียนเท่านั้น

5) การเก็บข้อมูลภาพจำเป็นต้องขอความช่วยเหลือจากพนักงานในสายการผลิตให้ช่วยเก็บข้อมูล ซึ่งมีการเก็บข้อมูลภาพที่ผิดพลาดบ้าง เนื่องจากมีความเข้าใจไม่ตรงกัน จึงทำให้ใช้เวลาในการเก็บข้อมูลภาพค่อนข้างนาน รวมไปถึงต้องรบกวนเวลาการทำงานของพนักงานในสายการผลิต และรวมถึงการเก็บรักษาหัวอ่านเขียนที่นำมาถ่ายภาพด้วย

6) ระยะเวลาในการทำงาน และพัฒนาอัลกอริทึม การเขียนอัลกอริทึมและเทคนิคต่างๆ รวมไปถึงวิธีการใช้งานจำเป็นต้องเข้าใจอย่างชัดเจน จึงจะสามารถเลือกและเขียนเงื่อนไขให้สอดคล้องกับความวัตถุประสงค์ของงานวิจัยด้วย

5.4 ข้อเสนอแนะ

1) หากต้องการวิเคราะห์ผลที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ควรมีการจัดเตรียมสถานีการทำงานให้มีระบบปิด และควบคุมค่าความสว่างระหว่างขั้นตอนการถ่ายภาพเพื่อวิเคราะห์คัดแยกคุณภาพหัวอ่านเขียน ในสายการผลิต

2) หากต้องการการทำงานที่ต่อเนื่องในสายการผลิต สามารถติดตั้งอุปกรณ์กล้องไมโครที่ใช้สำหรับถ่ายภาพชิ้นงานขนาดเล็ก เพื่อให้ได้ข้อมูลภาพที่ชัดเจน รวมไปถึงกำหนดวิธีการทำงานให้พนักงานหรือ ติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับชิ้นงานเพื่อให้สายพาน (Conveyer) หยุดตรงกับจุดที่กำหนด เพื่อทำการถ่ายภาพชิ้นงานและวิเคราะห์คัดแยกคุณภาพหัวอ่านเขียนในสายการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) ในอนาคตอาจจะพัฒนาอัลกอริทึมให้สามารถทำงานร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligent : AI) เพื่อให้อัลกอริทึมมีความฉลาดและวิเคราะห์ที่ละเอียดมากยิ่งขึ้นได้ รวมไปถึงการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกจากสถิติย้อนหลัง เปรียบเทียบกับคุณภาพชิ้นงานในปัจจุบัน เพื่อบอกว่าปัญหาที่พบเกิดจากชิ้นงาน วัสดุดิบ หรือว่าเกิดจากเครื่องจักรได้ และส่งสัญญาณเตือนให้หยุดการผลิต เพื่อลดค่าใช้จ่ายที่อาจจะสูงขึ้นหากทำการผลิตหัวอ่านเขียนด้วยวัสดุดิบ หรือเครื่องจักรที่ไม่ได้คุณภาพ


4) ในอนาคตสามารถพัฒนาอัลกอริทึมให้สามารถวิเคราะห์คัดแยกประเภทของของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตได้ อีกทั้งยังสามารถปรับเปลี่ยนค่าเป้าหมายต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับประเภทหัวอ่านเขียนในอนาคตได้

5) หากต้องการลดระยะเวลาในการผลิตหัวอ่านเขียน (Manufacturing Cycle Time) ก็ สามารถพัฒนาอัลกอริทึมนี้ไปยังกระบวนการอื่น เพื่อลดระยะเวลาในการตรวจสอบชิ้นงาน ซึ่งปัจจุบันกระบวนการตรวจสอบ (Inspection process) ใช้พนักงานที่ต้องมีประสบการณ์ในการตรวจสอบชิ้นงาน ซึ่งใช้พนักงานจำนวนมากในการตรวจสอบ และพนักงานใช้เวลาในการตรวจสอบชิ้นงานแต่ละชิ้นนานกว่าอัลกอริทึมค่อนข้างมาก



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาคผนวก ก

Source code algorithm โปรแกรม Matlab ในการตรวจสอบตัดแยกชิ้นงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```

clc
close all
clear all
%%
for num = 100:100
    str = strcat(num2str(num), '.png');
    %Import_Image
    x = imread(str);
    figure, imshow(x), impixelinfo;
    %%
    %Crop_Section(Automatically turn into Gray scale)
    bw1 = imcrop(x,[1 13 60 126]);
    bw1 = rgb2gray(bw1)
    % figure, imshow(bw1), impixelinfo;
    % figure, imshow(bw1), impixelinfo;

    % xx2 = imcrop(x,[55 13 60 126]);
    % bw2 = rgb2gray(xx2)
    % figure, imshow(xx2), impixelinfo;
    % figure, imshow(bw2), impixelinfo;
    %
    % xx3 = imcrop(x,[110 13 60 126]);
    % bw3 = rgb2gray(xx3)
    % figure, imshow(xx3), impixelinfo;
    % figure, imshow(bw3), impixelinfo;
    %
    % xx4 = imcrop(x,[160 13 60 126]);
    % bw4 = rgb2gray(xx4)
    % figure, imshow(xx4), impixelinfo;
    % figure, imshow(bw4), impixelinfo;
    %

```



```

% xx5 = imcrop(x,[210 13 60 126]);
% bw5 = rgb2gray(xx5)
% figure, imshow(xx5), impixelinfo;
% figure, imshow(bw5), impixelinfo;
%
% xx6 = imcrop(x,[265 13 60 126]);
% bw6 = rgb2gray(xx6)
% figure, imshow(xx6), impixelinfo;
% figure, imshow(bw6), impixelinfo;
%
% xx7 = imcrop(x,[315 13 60 126]);
% bw7 = rgb2gray(xx7)
% figure, imshow(xx7), impixelinfo;
% figure, imshow(bw7), impixelinfo;
%
% xx8 = imcrop(x,[367 13 60 126]);
% bw8 = rgb2gray(xx8)
% figure, imshow(xx8), impixelinfo;
% figure, imshow(bw8), impixelinfo;
%
% xx9 = imcrop(x,[420 13 60 126]);
% bw9 = rgb2gray(xx9)
% figure, imshow(xx9), impixelinfo;
% figure, imshow(bw9), impixelinfo;
%%
%Shading interesting area (Thresholding)
[r c] = size(bw1);
for i = 1:r
    for j = 1:c
        if bw1(i,j) < 250
            bw1(i,j) = 0;

```

```

else
    bw1(i,j) = 255;
end
end
end
end
%%figure, imshow(bw1), impixelinfo;
%%
%Crop & Morphology Dilation
se1 = strel('line',6,0);
dilation1 = imdilate(bw1,se1);
se1 = strel('line',6,90);
dilation1 = imdilate(dilation1,se1);
%%figure, imshow(dilation1), impixelinfo;
%%
%Counting an object
[n I1] = bwlabel(dilation1);
st = regionprops(n, 'BoundingBox');
stats = regionprops(n, 'Area','Eccentricity','ConvexArea', 'Extent','Perimeter');
for k = 1 : length(st)
    thisBB = st(k).BoundingBox;
    Areas = stats(k).Area;
    Areas1(k,num) = Areas;
    Eccentricitys = stats(k).Eccentricity;
    Eccentricitys1(k,num) = Eccentricitys;
    ConvexAreas = stats(k).ConvexArea;
    ConvexAreas1(k,num) = ConvexAreas;
    Extents = stats(k).Extent;
    Extents1(k,num) = Extents;
    Perimeters = stats(k).Perimeter;
    Perimeters1(k,num) = Perimeters;
end
end

```

```

%%

%%Pad#2
xx2 = imcrop(x,[55 13 60 126]);
bw2 = rgb2gray(xx2)
%%figure, imshow(xx2), impixelinfo;
%%figure, imshow(bw2), impixelinfo;
%%

%Shading interesting area (Thresholding)
[r c] = size(bw2);
for i = 1:r
    for j = 1:c
        if bw2(i,j) < 250
            bw2(i,j) = 0;
        else
            bw2(i,j) = 255;
        end
    end
end
end
%%figure, imshow(bw2), impixelinfo;
%%

%Crop & Morphology Dilation
se1 = strel('line',6,0);
dilation2 = imdilate(bw2,se1);
se1 = strel('line',6,90);
dilation2 = imdilate(dilation2,se1);
%%figure, imshow(dilation2), impixelinfo;
%%

%Counting an object
[n I2] = bwlabel(dilation2);
st = regionprops(n, 'BoundingBox');

```



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```

stats = regionprops(n, 'Area','Eccentricity','ConvexArea', 'Extent','Perimeter');
for k = 1 : length(st)
    thisBB = st(k).BoundingBox;
    Areas = stats(k).Area;
    Areas2(k,num) = Areas;
    Eccentricitys = stats(k).Eccentricity;
    Eccentricitys2(k,num) = Eccentricitys;
    ConvexAreas = stats(k).ConvexArea;
    ConvexAreas2(k,num) = ConvexAreas;
    Extents = stats(k).Extent;
    Extents2(k,num) = Extents;
    Perimeters = stats(k).Perimeter;
    Perimeters2(k,num) = Perimeters;
end
%%

%%Pad#3
xx3 = imcrop(x,[110 13 60 126]);
bw3 = rgb2gray(xx3)
%%figure, imshow(xx3), impixelinfo;
%%figure, imshow(bw3), impixelinfo;
%%

%Shading interesting area (Thresholding)
[r c] = size(bw3);
for i = 1:r
    for j = 1:c
        if bw3(i,j) < 250
            bw3(i,j) = 0;
        else
            bw3(i,j) = 255;
        end
    end
end

```

```

    end
end
%%figure, imshow(bw3), impixelinfo;
%%
%Crop & Morphology Dilation
se1 = strel('line',6,0);
dilation3 = imdilate(bw3,se1);
se1 = strel('line',6,90);
dilation3 = imdilate(dilation3,se1);
%%figure, imshow(dilation3), impixelinfo;
%%
%Counting an object
[n I3] = bwlabel(dilation3);
st = regionprops(n, 'BoundingBox');
    stats = regionprops(n, 'Area','Eccentricity','ConvexArea', 'Extent','Perimeter');
    for k = 1 : length(st)
        thisBB = st(k).BoundingBox;
        Areas = stats(k).Area;
        Areas3(k,num) = Areas;
        Eccentricitys = stats(k).Eccentricity;
        Eccentricitys3(k,num) = Eccentricitys;
        ConvexAreas = stats(k).ConvexArea;
        ConvexAreas3(k,num) = ConvexAreas;
        Extents = stats(k).Extent;
        Extents3(k,num) = Extents;
        Perimeters = stats(k).Perimeter;
        Perimeters3(k,num) = Perimeters;
    end
end
%%
%%Pad#4

```

```

xx4 = imcrop(x,[160 13 60 126]);
bw4 = rgb2gray(xx4)
%%figure, imshow(xx4), impixelinfo;
%%figure, imshow(bw4), impixelinfo;
%%
%Shading interesting area (Thresholding)
[r c] = size(bw4);
for i = 1:r
    for j = 1:c
        if bw4(i,j) < 250
            bw4(i,j) = 0;
        else
            bw4(i,j) = 255;
        end
    end
end
%%figure, imshow(bw4), impixelinfo;
%%
%Crop & Morphology Dilation
se1 = strel('line',6,0);
dilation4 = imdilate(bw4,se1);
se1 = strel('line',6,90);
dilation4 = imdilate(dilation4,se1);
%%figure, imshow(dilation4), impixelinfo;
%%
%Counting an object
[n I4] = bwlabel(dilation4);
st = regionprops(n, 'BoundingBox');
stats = regionprops(n, 'Area','Eccentricity','ConvexArea', 'Extent','Perimeter');
for k = 1 : length(st)
    thisBB = st(k).BoundingBox;

```

```

Areas = stats(k).Area;
Areas4(k,num) = Areas;
Eccentricitys = stats(k).Eccentricity;
Eccentricitys4(k,num) = Eccentricitys;
ConvexAreas = stats(k).ConvexArea;
ConvexAreas4(k,num) = ConvexAreas;
Extents = stats(k).Extent;
Extents4(k,num) = Extents;
Perimeters = stats(k).Perimeter;
Perimeters4(k,num) = Perimeters;
end
%%

%%Pad#5
xx5 = imcrop(x,[210 13 60 126]);
bw5 = rgb2gray(xx5)
%%figure, imshow(xx5), impixelinfo;
%%figure, imshow(bw5), impixelinfo;
%%
%Shading interesting area (Thresholding)
[r c] = size(bw5);
for i = 1:r
    for j = 1:c
        if bw5(i,j) < 250
            bw5(i,j) = 0;
        else
            bw5(i,j) = 255;
        end
    end
end
end
%%figure, imshow(bw5), impixelinfo;

```

```

%%
%Crop & Morphology Dilation
se1 = strel('line',6,0);
dilation5 = imdilate(bw5,se1);
se1 = strel('line',6,90);
dilation5 = imdilate(dilation5,se1);
%%figure, imshow(dilation5), impixelinfo;
%%
%Counting an object
[n I5] = bwlabel(dilation5);
st = regionprops(n, 'BoundingBox');
stats = regionprops(n, 'Area','Eccentricity','ConvexArea', 'Extent','Perimeter');
for k = 1 : length(st)
    thisBB = st(k).BoundingBox;
    Areas = stats(k).Area;
    Areas5(k,num) = Areas;
    Eccentricitys = stats(k).Eccentricity;
    Eccentricitys5(k,num) = Eccentricitys;
    ConvexAreas = stats(k).ConvexArea;
    ConvexAreas5(k,num) = ConvexAreas;
    Extents = stats(k).Extent;
    Extents5(k,num) = Extents;
    Perimeters = stats(k).Perimeter;
    Perimeters5(k,num) = Perimeters;
end
%%

%%Pad#6
xx6 = imcrop(x,[265 13 60 126]);
bw6 = rgb2gray(xx6)
%%figure, imshow(xx6), impixelinfo;

```



```

%%figure, imshow(bw6), impixelinfo;
%%
%Shading interesting area (Thresholding)
[r c] = size(bw6);
for i = 1:r
    for j = 1:c
        if bw6(i,j) < 250
            bw6(i,j) = 0;
        else
            bw6(i,j) = 255;
        end
    end
end
%%figure, imshow(bw6), impixelinfo;
%%
%Crop & Morphology Dilation
se1 = strel('line',6,0);
dilation6 = imdilate(bw6,se1);
se1 = strel('line',6,90);
dilation6 = imdilate(dilation6,se1);
%%figure, imshow(dilation6), impixelinfo;
%%
%Counting an object
[n l6] = bwlabel(dilation6);
st = regionprops(n, 'BoundingBox');
stats = regionprops(n, 'Area','Eccentricity','ConvexArea', 'Extent','Perimeter');
for k = 1 : length(st)
    thisBB = st(k).BoundingBox;
    Areas = stats(k).Area;
    Areas6(k,num) = Areas;
    Eccentricitys = stats(k).Eccentricity;

```

```

Eccentricitys6(k,num) = Eccentricitys;
ConvexAreas = stats(k).ConvexArea;
ConvexAreas6(k,num) = ConvexAreas;
Extents = stats(k).Extent;
Extents6(k,num) = Extents;
Perimeters = stats(k).Perimeter;
Perimeters6(k,num) = Perimeters;
end
%%

%%Pad#7
xx7 = imcrop(x,[315 13 60 126]);
bw7 = rgb2gray(xx7)
%%figure, imshow(xx7), impixelinfo;
%%figure, imshow(bw7), impixelinfo;
%%
%Shading interesting area (Thresholding)
[r c] = size(bw7);
for i = 1:r
    for j = 1:c
        if bw7(i,j) < 250
            bw7(i,j) = 0;
        else
            bw7(i,j) = 255;
        end
    end
end
end
%%figure, imshow(bw7), impixelinfo;
%%

%Crop & Morphology Dilation
se1 = strel('line',6,0);

```

```

dilation7 = imdilate(bw7,se1);
se1 = strel('line',6,90);
dilation7 = imdilate(dilation7,se1);
%%figure, imshow(dilation7), impixelinfo;
%%
%Counting an object
[n I7] = bwlabel(dilation7);
st = regionprops(n, 'BoundingBox');
    stats = regionprops(n, 'Area','Eccentricity','ConvexArea', 'Extent','Perimeter');
    for k = 1 : length(st)
        thisBB = st(k).BoundingBox;
        Areas = stats(k).Area;
        Areas7(k,num) = Areas;
        Eccentricitys = stats(k).Eccentricity;
        Eccentricitys7(k,num) = Eccentricitys;
        ConvexAreas = stats(k).ConvexArea;
        ConvexAreas7(k,num) = ConvexAreas;
        Extents = stats(k).Extent;
        Extents7(k,num) = Extents;
        Perimeters = stats(k).Perimeter;
        Perimeters7(k,num) = Perimeters;
    end
%%

%%Pad#8
xx8 = imcrop(x,[367 13 60 126]);
bw8 = rgb2gray(xx8)
%%figure, imshow(xx8), impixelinfo;
%%figure, imshow(bw8), impixelinfo;
%%
%Shading interesting area (Thresholding)

```

```

[r c] = size(bw8);
for i = 1:r
    for j = 1:c
        if bw8(i,j) < 250
            bw8(i,j) = 0;
        else
            bw8(i,j) = 255;
        end
    end
end
end
%%figure, imshow(bw8), impixelinfo;
%%
%Crop & Morphology Dilation
se1 = strel('line',6,0);
dilation8 = imdilate(bw8,se1);
se1 = strel('line',6,90);
dilation8 = imdilate(dilation8,se1);
%%figure, imshow(dilation8), impixelinfo;
%%
%Counting an object
[n l8] = bwlabel(dilation8);
st = regionprops(n, 'BoundingBox');
stats = regionprops(n, 'Area','Eccentricity','ConvexArea', 'Extent','Perimeter');
for k = 1 : length(st)
    thisBB = st(k).BoundingBox;
    Areas = stats(k).Area;
    Areas8(k,num) = Areas;
    Eccentricitys = stats(k).Eccentricity;
    Eccentricitys8(k,num) = Eccentricitys;
    ConvexAreas = stats(k).ConvexArea;
    ConvexAreas8(k,num) = ConvexAreas;


```

```

    Extents = stats(k).Extent;
    Extents8(k,num) = Extents;
    Perimeters = stats(k).Perimeter;
    Perimeters8(k,num) = Perimeters;
end
%%

%%Pad#9
xx9 = imcrop(x,[420 13 60 126]);
bw9 = rgb2gray(xx9)
%%figure, imshow(xx9), impixelinfo;
%%figure, imshow(bw9), impixelinfo;
%%
%Shading interesting area (Thresholding)
[r c] = size(bw9);
for i = 1:r
    for j = 1:c
        if bw9(i,j) < 250
            bw9(i,j) = 0;
        else
            bw9(i,j) = 255;
        end
    end
end
end
%%figure, imshow(bw9), impixelinfo;
%%
%Crop & Morphology Dilation
se1 = strel('line',6,0);
dilation9 = imdilate(bw9,se1);
se1 = strel('line',6,90);
dilation9 = imdilate(dilation9,se1);

```



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```

%%figure, imshow(dilation9), impixelinfo;
%%
%Counting an object
[n I9] = bwlabel(dilation9);
st = regionprops(n, 'BoundingBox');
    stats = regionprops(n, 'Area','Eccentricity','ConvexArea', 'Extent','Perimeter');
    for k = 1 : length(st)
        thisBB = st(k).BoundingBox;
        Areas = stats(k).Area;
        Areas9(k,num) = Areas;
        Eccentricitys = stats(k).Eccentricity;
        Eccentricitys9(k,num) = Eccentricitys;
        ConvexAreas = stats(k).ConvexArea;
        ConvexAreas9(k,num) = ConvexAreas;
        Extents = stats(k).Extent;
        Extents9(k,num) = Extents;
        Perimeters = stats(k).Perimeter;
        Perimeters9(k,num) = Perimeters;
    end
end
%%
%Show count pad for all

I = [I1 I2 I3 I4 I5 I6 I7 I8 I9]

SumI = I1+I2+I3+I4+I5+I6+I7+I8+I9

if SumI == 9
    disp('Accepted!')
else
    disp('Rejected!')

```

end

SumEcc =

sum(Eccentricitys1+Eccentricitys2+Eccentricitys3+Eccentricitys4+Eccentricitys5+Eccentricitys6+Eccentricitys7+Eccentricitys8+Eccentricitys9)

if SumEcc > 7.64 && SumEcc < 8.34

disp('Accepted!')

else

disp('Rejected!')

end

SumConv =

sum(ConvexAreas1+ConvexAreas2+ConvexAreas3+ConvexAreas4+ConvexAreas5+ConvexAreas6+ConvexAreas7+ConvexAreas8+ConvexAreas9)

if SumConv > 3838.50 && SumConv < 5670.50

disp('Accepted!')

else

disp('Rejected!')

end

if SumI == 9 && SumEcc < 8.34 && SumEcc > 7.64 && SumConv < 5670.50 &&

SumConv > 3838.50

disp('Accepted!')

else

disp('Rejected!')

end





จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บรรณานุกรม

Aunkaew, S. (2550). "A Study of Inspection of White Mould on Surface Rubber Sheets Using Image Processing." Thaksin. J. **10**(2).

Chantasitiporn, J. (2548). "Medicine tablet identification using feature extraction based on Neural Network." Department of computing, Silapakorn University.

Krishna.S, V. S., S.Gopalakrishanan (2015). "Image Processing of Metal Parts using Quality Inspection Method in

Comparison with MATLAB." IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development **3**(04).

<http://www.moe.go.th/moe/th/news/detail.php?NewsID=10380&Key=itnews>

<http://fivedots.coe.psu.ac.th/~montri/Teaching/image/chap2.htm>

https://www.researchgate.net/publication/318500799_Image_Acquisition_and_Techniques_to_Perform_Image_Acquisition

<http://digital-camera-thailand.blogspot.com/2012/10/ccd.html>

<http://natres.psu.ac.th/Department/EarthScience/remote1/chapter8.pdf>

http://jittranutsri.blogspot.com/2010/01/blog-post_24.html

<http://fourier.eng.hmc.edu/e161/lectures/HistogramEqualization.pdf>

<http://staff.cs.psu.ac.th/sathit/344-671/Image%20Segmentation.pdf>

<http://www.ecpe.nu.ac.th/panomkhawn/imagepro/pdf/ch10.pdf>

http://www.ce.kmitl.ac.th/download.php?DOWNLOAD_ID=1107&database=subject_download

<https://www.guru99.com/backpropogation-neural-network.html>





จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายพลวุฒิ จตุราวิชานนท์
วัน เดือน ปี เกิด	29 กันยายน 2535
สถานที่เกิด	กรุงเทพฯ
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม คณะสถาบันเทคโนโลยี นานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ที่อยู่ปัจจุบัน	55 หมู่ 2 ถนนบางกรวยไทรน้อย ตำบลไทรน้อย อำเภอไทรน้อย จังหวัด นนทบุรี 11150
ผลงานตีพิมพ์	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 784, 2019 2nd International Conference on Mechanical Manufacturing and Industrial Engineering 14-16 December 2019, Beijing, China