

การสร้างระบบตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับ
การตรวจสอบบรรจุภัณฑ์แก้ว กรณีศึกษาโรงงานบรรจุภัณฑ์แก้ว
DEVELOPMENT OF AUTOMATED VISUAL INSPECTION
FOR GLASS CONTAINER INSPECTION: A CASE STUDY OF
A GLASS CONTAINER FACTORY



นางสาวยลรดี ศิริรักษ์

MS. YOLRADEE SIRIRAK

นางสาวสิริวิมล มีทอง

MS. SIRIVIMOL MEETHONG

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

DEVELOPMENT OF AUTOMATED VISUAL INSPECTION
FOR GLASS CONTAINER INSPECTION: A CASE STUDY OF
A GLASS CONTAINER FACTORY



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์

การสร้างระบบตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการตรวจสอบ
บรรจุภัณฑ์แก้ว กรณีศึกษาโรงงานบรรจุภัณฑ์แก้ว
DEVELOPMENT OF AUTOMATED VISUAL INSPECTION FOR
GLASS CONTAINER INSPECTION: A CASE STUDY OF A GLASS
CONTAINER FACTORY

นักศึกษา

นางสาวลลิตา ศิริรักษ์ รหัสประจำตัว 60010840
นางสาวสิริวิมล มีทอง รหัสประจำตัว 60011075

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์


(รศ.ดร.สกันธ์ คล่องบุญจิต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การสร้างระบบตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์แก้ว กรณีศึกษาโรงงานบรรจุภัณฑ์แก้ว
นักศึกษา	นางสาวยลตรี ศิริรักษ์ นางสาวสิริวิมล มีทอง
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2563
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	รศ.ดร.สกันธ์ คล่องบุญจิต

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบต้นแบบสำหรับการตรวจสอบรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนบรรจุภัณฑ์แก้วแบบอัตโนมัติ (Automatic Visual Inspection) ที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับมนุษย์ผู้ชำนาญในการตรวจสอบในแผนกประกันคุณภาพ เนื่องจากการตรวจสอบด้วยสายตามนุษย์เป็นระยะเวลานานทำให้เกิดความเมื่อยล้า ซึ่งนำไปสู่การตรวจสอบที่ผิดพลาด จากการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนมีนาคม ถึง สิงหาคม ปี 2563 และคัดเลือกประเภทรอยตำหนิ จึงได้รอยตำหนิ 4 ประเภท ได้แก่ รอยแปรง แบลงค์ เทียร์ รอยพับและตะเข็บคู่ เพื่อนำมาใช้เป็นตัวอย่างในการสร้างฐานข้อมูล โดยมีการสร้างอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับเก็บข้อมูลรูปภาพ และการเขียนโปรแกรมเพื่อประมวลผลด้วยภาษา python จากการทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ ประเภท Two-Related-Samples Test เพื่อเปรียบเทียบค่ากลางของข้อมูล 2 ชุดโดยมีปัจจัยควบคุมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยวิธี Sign Test โดยได้ค่า $Z_\alpha = 1.64$ และ $Z = 2.12$ หมายความว่าการทำงานของระบบตรวจสอบอัตโนมัติไม่สามารถปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบได้ ระบบตรวจสอบอัตโนมัติมีประสิทธิภาพน้อยกว่าการทำงานของมนุษย์เมื่อใช้ทดสอบกับรอยตำหนิประเภทรอยแปรง แบลงค์ เทียร์และตะเข็บคู่ และการทำงานของระบบตรวจสอบอัตโนมัติมีประสิทธิภาพมากกว่าการทำงานของมนุษย์เมื่อใช้ทดสอบกับรอยตำหนิประเภทรอยพับ โดยประสิทธิภาพเฉลี่ยของการตรวจสอบรอยตำหนิของมนุษย์คือ 87.25% และประสิทธิภาพเฉลี่ยของการตรวจสอบรอยตำหนิของระบบตรวจสอบอัตโนมัติคือ 73.63% ซึ่งระบบตรวจสอบโดยมนุษย์มีประสิทธิภาพเฉลี่ยมากกว่าระบบตรวจสอบอัตโนมัติ 13.62%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Thesis Title	Development of Automated Visual Inspection for Glass Container Inspection: A Case Study of a Glass Container Factory
Student	Ms. Yolradee Sirirak Ms. Sirivimol Meethong
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2020
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Sakon Klongboonjit

ABSTRACT

The objectives of this research is development of prototype system of Automatic Visual Inspection and inspect a glass bottle defect with similar efficiency to human inspection experts in the quality assurance department. The long-term inspection of the human eye causes stagnation, which leads to an erroneous examination. The data between March and August 2020 and select the defect category such as washboard, blank seam, blank seam, and fold of glass and used to create a database. Development of prototype system for storing image data and software in python. Two-Related-Samples Test to compare the mean values of two sets of data with other relevant control factors by sign test with $Z_{\alpha} = 1.64$ and $Z = 2.12$. As a result of the testing, the Automatic Visual Inspection is less efficient than human operation when tested against wash board, blank tear, and blank seam and the function of the Automatic Visual Inspection is more efficient than human when it comes to testing with a fold of glass defect. The average efficiency of human inspection is 87.25% and the Automatic Visual Inspection average efficiency is 73.63%. The average efficiency of human inspection is better than Automatic Visual Inspection 13.62% .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องการสร้างระบบตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์ แก้ว กรณีศึกษาโรงงานบรรจุภัณฑ์แก้วสำเร็จได้ด้วยความรู้จากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับการให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะ ให้คำปรึกษา และให้คำแนะนำ ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง จนกระทั่งปริญญานิพนธ์สามารถสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความรู้จนผู้วิจัยสามารถดำเนินงานวิจัยได้เรียบร้อยสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณพนักงานแผนกประกันคุณภาพ และผู้ที่เกี่ยวข้องในโรงงานกรณีศึกษา ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล และให้ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการต่าง ๆ ภายในโรงงาน

ขอขอบคุณเพื่อนภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาในการเขียนโปรแกรม รวมทั้งการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการจัดทำปริญญานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ตลอดจนเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ที่คอยให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และให้กำลังใจ ทำให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาวยลรดี ศิริรักษ์

นางสาวสิริวิมล มีทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 บรรจุภัณฑ์.....	5
2.1.1 บรรจุภัณฑ์แก้ว.....	5
2.1.2 กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์แก้ว.....	7
2.1.3 การแบ่งระดับรอยตำหนิตามระดับความร้ายแรง (Classification of Defect)..	10
2.2 การตรวจสอบบรรจุภัณฑ์.....	10
2.3 ระบบประมวลผลภาพ.....	11
2.3.1 ภาพดิจิทัล.....	11
2.3.2 ระบบวิชั่น.....	14
2.3.3 การประมวลผลภาพ.....	15
2.3.4 ซอร์ฟแวร์ Jupyter Notebook.....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
2.4 เทคนิคทางสถิติ.....	17
2.4.1 สถิติพาราเมตริก (Parametric).....	17
2.4.2 สถิตินอนพาราเมตริกหรือการทดสอบแบบไม่ใช่พารามิเตอร์ (Non-Parametric).....	18
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 การศึกษาข้อมูลภายในแผนกประกันคุณภาพเพื่อเลือกประเภทรอยตำหนิ.....	26
3.2 การสร้างอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อม.....	26
3.3 การสร้างแบบจำลองประมวลผลภาพ.....	26
3.3.1 การเก็บข้อมูลรูปภาพ.....	26
3.3.2 โครงสร้างการกระบวนกรพื้นฐานการประมวลผลภาพดิจิทัล.....	27
3.3.3 การเขียนโปรแกรมสำหรับประมวลผลรูปภาพ.....	27
3.4 การทดสอบการทำงานของแบบจำลอง.....	27
3.4.1 การทดสอบการทำงานของแบบจำลองโดยรวม.....	27
3.4.2 การทดสอบการทำงานของแบบจำลองโดยแยกประเภทรอยตำหนิ.....	29
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	
4.1 การศึกษาข้อมูลภายในแผนกประกันคุณภาพเพื่อเลือกประเภทรอยตำหนิ.....	30
4.2 การสร้างอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อม.....	31
4.2.1 หลักการสร้างอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อม.....	31
4.3 การสร้างแบบจำลองประมวลผลภาพ.....	33
4.3.1 การเก็บข้อมูลรูปภาพ.....	33
4.3.2 โครงสร้างการกระบวนกรพื้นฐานการประมวลผลภาพดิจิทัล.....	33
4.4 การสร้างแบบจำลองโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง	34
4.4.1 การสร้างแบบจำลองในการแยกประเภทรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์แก้ว.....	34
4.4.2 การทดสอบการทำงานของแบบจำลองโดยแยกประเภทรอยตำหนิ.....	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	49
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ.....	50
5.2.1 จำนวนข้อมูลสำหรับกระบวนการสอน.....	50
5.2.2 ประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์และประสบการณ์ของผู้เขียนโปรแกรม.....	50
5.2.3 การพัฒนาชุดต้นแบบสำหรับตรวจสอบรอยตำหนิ.....	50
เอกสารอ้างอิง.....	51
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	55
ภาคผนวก ข. ส่วนของการเขียนโปรแกรม.....	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	4
ตารางที่ 2.1 วัตถุประสงค์สำหรับการผลิตแก้ว.....	6
ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างตารางเก็บข้อมูลผลการทดสอบโดยใช้มนุษย์หรือระบบตรวจสอบรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์แก้ว.....	28
ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างตารางเก็บข้อมูลการทดสอบรอยตำหนิแต่ละประเภท.....	29
ตารางที่ 4.1 รายละเอียดชิ้นส่วนอุปกรณ์สำหรับสร้างอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อม.....	32
ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างข้อมูลคุณลักษณะหลังจากการ Train ผ่าน Google Colab.....	35
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบโดยใช้มนุษย์ตรวจสอบรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์แก้ว.....	36
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบโดยใช้ระบบตรวจสอบรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์แก้ว.....	37
ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบความถูกต้องในการตรวจสอบรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์แก้ว.....	38
ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบรอยตำหนิประเภทรอยแปรงโดยใช้มนุษย์ตรวจสอบ.....	40
ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบรอยตำหนิประเภทรอยแปรงโดยใช้ระบบตรวจสอบ.....	41
ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบรอยตำหนิประเภทแบลงค์เทียร์โดยใช้มนุษย์ตรวจสอบ.....	42
ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบรอยตำหนิประเภทแบลงค์เทียร์โดยใช้ระบบตรวจสอบ.....	43
ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบรอยตำหนิประเภทรอยพับโดยใช้มนุษย์ตรวจสอบ.....	44
ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบรอยตำหนิประเภทรอยพับโดยใช้ระบบตรวจสอบ.....	45
ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบรอยตำหนิประเภทตะเข็บคู่โดยใช้มนุษย์ตรวจสอบ.....	46
ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบรอยตำหนิประเภทตะเข็บคู่โดยใช้ระบบตรวจสอบ.....	47
ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบความถูกต้องในการตรวจสอบรอยตำหนิแต่ละประเภทบนบรรจุภัณฑ์แก้ว.....	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 กระบวนการขึ้นรูปขวดแก้วแบบ Blow & Blow (B&B).....	8
รูปที่ 2.2 กระบวนการขึ้นรูปขวดแก้วแบบ Press & Blow (P&B).....	8
รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของแผนกควบคุมคุณภาพและแผนกประกันคุณภาพ.....	11
รูปที่ 2.4 ภาพขาวดำ หรือ ภาพไบนารี.....	12
รูปที่ 2.5 ภาพระดับเทา (Grey Scale).....	13
รูปที่ 2.6 แถบสีสเปกตรัม (Spectrum).....	13
รูปที่ 2.7 ระบบสี RGB.....	14
รูปที่ 2.8 ภาพสี (Color Image).....	14
รูปที่ 2.9 โครงสร้างกระบวนการประมวลผลภาพดิจิทัล.....	17
รูปที่ 4.1 รอยตำหนิที่พบมากที่สุด 10 อันดับ.....	30
รูปที่ 4.2 รอยตำหนิที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาของมนุษย์ และไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา ของมนุษย์.....	31
รูปที่ 4.3 อุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อม.....	33
รูปที่ 4.4 การปรับปรุงรูปภาพระดับสี RGB เป็นภาพระดับสีเทา (Gray Scale Image).....	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียด ขอบเขต และขั้นตอนการสร้างระบบตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติ สำหรับการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์แก้ว ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1. ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย
2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา
3. ขอบเขตของงานวิจัย
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ปัจจุบันอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์แก้วไทยเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ของประเทศและมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากผู้ประกอบการมีความชำนาญสูงในการผลิตบรรจุภัณฑ์อาหาร ยา สารเคมี และมีการผลิตที่ครบวงจรภายในประเทศ รวมถึงเทคโนโลยีที่ทันสมัย ส่งผลให้สามารถผลิตสินค้าที่มีคุณภาพระดับสากลและเป็นที่ยอมรับในระดับภูมิภาคอาเซียน โดยในปี 2562 มีปริมาณการผลิต 1,526,175 ตัน ในส่วนของมูลค่าการนำเข้าและส่งออกเมื่อเทียบกับปีก่อนมูลค่าการนำเข้าขยายตัวร้อยละ 3.35 และมูลค่าการส่งออกขยายตัวร้อยละ 13.96 โดยเฉพาะการส่งออกผ่านชายแดนไปยังประเทศเพื่อนบ้าน เช่น ลาว และพม่า [1] การแข่งขันด้านราคา การส่งมอบตรงเวลา และการผลิตสินค้าที่ตรงตามมาตรฐานเพื่อตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้า เป็นจุดแข็งที่ทำให้องค์กรได้เปรียบกว่าคู่แข่งรายอื่น ส่งผลให้ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพเป็นขั้นตอนที่สำคัญก่อนจำหน่ายสินค้าเพื่อให้ได้สินค้าที่มีคุณภาพตรงตามมาตรฐานที่กำหนด

กระบวนการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพของสินค้า คือการวิเคราะห์หาสาเหตุของข้อบกพร่องและความผิดพลาดผลิตภัณฑ์จากการตรวจสอบที่มาจาก การเฝ้าติดตาม วัด เปรียบเทียบ และทดสอบต่าง ๆ เพื่อควบคุมให้ผลิตภัณฑ์ได้คุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์มี 3 วิธี ดังนี้ 1. วิธีการตรวจสอบทุกชิ้น (Screening Inspection) คือ การตรวจสอบแบบ 100% เพื่อหาของเสีย

เอกสารนี้ (Defective) จากกระบวนการผลิตในทางปฏิบัติไม่นิยมใช้วิธีการนี้เนื่องจากใช้เวลาในการตรวจสอบนาน การค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ก็ตาม การสุ่มตัวอย่าง (Sampling) คือ การสุ่มเลือกบางชิ้นจากการผลิตสินค้าครั้งละจำนวนมาก ๆ รวมกัน

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

เป็นกลุ่มเรียกว่ารุ่น (Lot) มาตรวจสอบและมีเกณฑ์ที่กำหนดในการตัดสินใจว่าจะยอมรับ (Accept) หรือจะปฏิเสธ (Reject) สินค้าทั้งรุ่นที่ใช้ในการตรวจสอบ 3. วิธีตรวจสอบตามกระบวนการผลิต (Process Inspection) คือ การตรวจสอบระหว่างกระบวนการผลิตเพื่อตรวจสอบวิธีการ เงื่อนไขในการผลิตและมีการสุ่มชิ้นงานระหว่างการผลิตมาตรวจสอบ วิธีนี้ทำให้สามารถแก้ไขข้อผิดพลาดทันทีที่พบ [2]

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์แก้วโดยฝ่ายผลิตที่มีหน้าที่ดำเนินการผลิตสินค้าให้ได้มาตรฐานตามที่กำหนดคือแผนกตรวจสอบคุณภาพ (Quality Control: QC) ทำหน้าที่การตรวจสอบตั้งแต่การรับวัตถุดิบ กระบวนการผลิต ระหว่างการผลิตและบรรจุภัณฑ์สำเร็จรูปที่ผ่านการตรวจนั้นมีความสัมพันธ์ตรงตามมาตรฐานที่กำหนดและแผนกประกันคุณภาพ (Quality Assurance: QA) ทำหน้าที่ป้องกันความผิดพลาดของผลิตภัณฑ์ กระบวนการและระบบเพื่อไม่ให้เกิดการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานซึ่งเป็นการประกันคุณภาพในทุกขั้นตอน โดยในขั้นตอนการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์แก้วของโรงงานกรณีศึกษา แผนกตรวจสอบคุณภาพ ใช้เครื่องจักรในการตรวจสอบชิ้นงานแบบ 100% และแผนกประกันคุณภาพ ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างโดยให้พนักงานสุ่มบรรจุภัณฑ์แก้ว 315 ชิ้นทุก ๆ 1 ชั่วโมง เมื่อพบรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนบรรจุภัณฑ์จะแจ้งความผิดปกติที่เกิดขึ้นกลับไปยังแผนกรับผิดชอบในกระบวนการผลิตจากนั้นหาสาเหตุ แก้ไขและป้องกันไม่ให้เกิดการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

แผนกประกันคุณภาพใช้วิธีการสุ่มตรวจโดยให้พนักงานใช้วิธีตรวจพินิจซึ่งเป็นการทดสอบโดยไม่ทำลาย โดยใช้สายตาหรือใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ข้อเสียของวิธีตรวจพินิจ คือ เมื่อพนักงานทำงานเป็นระยะเวลานานส่งผลให้เกิดความเหนื่อยล้า และพนักงานที่ไม่มีประสบการณ์การทำงานอาจตัดสินใจผิดพลาดเป็นสาเหตุของความผิดพลาดในการตรวจสอบ ส่งผลให้สินค้าที่ไม่ได้มาตรฐานอาจผ่านกระบวนการตรวจสอบไปสู่ลูกค้า ทำให้เกิดความเสียหายกับธุรกิจและลูกค้าบางรายอาจเปลี่ยนไปซื้อสินค้าจากผู้ผลิตรายอื่น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำระบบแมชชีนวิชัน (Machine Vision) ที่มีหลักการทำงานโดยการรับข้อมูลรูปภาพและทำการประมวลผลรูปภาพ เพื่อให้เครื่องจักรหรือระบบประมวลต่าง ๆ มีความสามารถในการตัดสินใจและพัฒนามองเห็นให้เทียบเท่ากับสายตาของมนุษย์มาใช้ในการพัฒนากระบวนการตรวจสอบคุณภาพ และข้อดีของระบบนี้คือ สามารถใช้วิธีการตรวจสอบแบบ 100% ได้ และมีความละเอียดแม่นยำกว่าสายตามนุษย์ ทำให้สามารถควบคุมคุณภาพในกระบวนการตรวจสอบได้อย่างสม่ำเสมอ แตกต่างจากมนุษย์เมื่อทำงานเป็นระยะเวลานานส่งผลให้เกิดความเหนื่อยล้าและพนักงานใหม่ที่ไม่มีประสบการณ์ทำงานมีการตัดสินใจผิดพลาดซึ่งเป็นสาเหตุของความผิดพลาดในการตรวจสอบ จึงนำระบบตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติ (Automated Visual Inspection System) ที่ในปัจจุบัน มีการพัฒนาและถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์และข้อผิดพลาดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ เช่น การปนเปื้อนบนพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ (Contamination) ความผิดเพี้ยนของสีผลิตภัณฑ์ (Discoloring) การนับจำนวนชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่อยู่บนผลิตภัณฑ์ (Part Counting) เป็นต้น เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลิขสิทธิ์งานวิจัยฉบับนี้สงวนไว้ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งเมื่อมีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

คัดแยกชิ้นงานดีออกจากชิ้นงานเสียหรือใช้เพื่อคัดแยกระดับคุณภาพของชิ้นงาน จากความต้องการด้านอุตสาหกรรมที่ต้องการระบบที่สามารถทำงานได้รวดเร็วและถูกต้องส่งผลให้การทำงานของระบบอัตโนมัติถูกนำมาใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจสอบคุณภาพของสินค้ามากขึ้น [3]

งานวิจัยนี้ได้สังเกตเห็นถึงปัญหาในการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธีการตรวจสอบด้วยสายตาของโรงงานกรณีศึกษาจึงปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบคุณภาพโดยการสร้างฐานข้อมูลรูปภาพเพื่อใช้ในระบบตรวจสอบชิ้นงานด้วยภาพแบบอัตโนมัติแทนวิธีการตรวจสอบโดยมนุษย์ โดยใช้กล้องเพื่อบันทึกและรวบรวมข้อมูลตำหนิของผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำมาประมวลผลผ่านระบบคอมพิวเตอร์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบอัตโนมัติและมนุษย์

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อสร้างระบบต้นแบบสำหรับการตรวจสอบรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนบรรจุภัณฑ์แบบอัตโนมัติ (Automatic Visual Inspection) ในแผนกประกันคุณภาพ
2. เพื่อสร้างระบบตรวจสอบที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับมนุษย์ผู้ชำนาญในการตรวจสอบ
3. เพื่อเพิ่มความสะดวกในการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์แก่ผู้ปฏิบัติงาน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

เก็บข้อมูลรอยตำหนิที่พบในแผนกประกันคุณภาพย้อนหลัง 6 เดือน ใช้ภาษา python ช่วยในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเชื่อมต่อระหว่างชุดทดสอบและคอมพิวเตอร์ และสร้างชุดตรวจรอยตำหนิต้นแบบขนาด 50 x 70 x 60 เซนติเมตร ตรวจสอบได้ครั้งละ 1 ขวด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ชุดอุปกรณ์ที่ช่วยในการตรวจสอบรอยตำหนิในแผนกประกันคุณภาพ
2. ระบบต้นแบบสำหรับการตรวจสอบแบบอัตโนมัติในแผนกประกันคุณภาพ
3. ชุดต้นแบบสำหรับสร้างชุดทดสอบแทนการนำเข้าจากประเทศ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา พร้อมกำหนดปัญหา

2. ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3. เก็บข้อมูลในแผนกประกันคุณภาพและเลือกตัวอย่างรอยตำหนิที่จะเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในทางการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นแต่กรณีพิเศษที่ขออนุญาต และต้องขออนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

4. เตรียมอุปกรณ์และสร้างแบบจำลองที่ใช้ในการตรวจสอบ
5. รวบรวมบรรจุกัมภ์ขวดแก้วเพื่อสร้างฐานข้อมูลรูปภาพ
6. สร้างระบบต้นแบบสำหรับการตรวจสอบแบบอัตโนมัติ
7. ทดสอบการทำงานของระบบตรวจสอบอัตโนมัติ
8. เปรียบเทียบผลการทำงานรูปแบบเดิมกับการใช้ระบบตรวจสอบอัตโนมัติ
9. เรียบเรียงรายงานและจัดทำรูปเล่ม

จากขั้นตอนการดำเนินงานทั้ง 9 ขั้นตอนที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น สามารถกำหนดระยะเวลาในการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	พ.ศ. 2563					พ.ศ. 2564				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.ศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงาน กรณีศึกษา พร้อมกำหนดปัญหา	↔									
2.ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่ เกี่ยวข้อง	↔	↔								
3.เก็บข้อมูลในแผนกประกัน คุณภาพและเลือกตัวอย่างรอย ตำหนิที่จะเก็บข้อมูล		↔	↔							
4.เตรียมอุปกรณ์และสร้าง แบบจำลองที่ใช้ในการตรวจสอบ		↔	↔							
5.รวบรวมบรรจุกัมภ์ขวดแก้วเพื่อ สร้างฐานข้อมูลรูปภาพ		↔	↔							
6.สร้างระบบตรวจสอบอัตโนมัติ			↔	↔	↔					
7.ทดสอบการทำงานของระบบ ตรวจสอบอัตโนมัติ					↔	↔				
8.เปรียบเทียบผลการทำงาน ระหว่างระบบตรวจสอบอัตโนมัติ และมนุษย์						↔	↔			
9.เรียบเรียงเนื้อหาและจัดทำ รูปเล่ม										↔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้กันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและบทความวิชาการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสร้างระบบตรวจสอบ
ชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์แก้ว ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1. บรรจุภัณฑ์
2. การตรวจสอบบรรจุภัณฑ์
3. ระบบประมวลผลภาพ
4. เทคนิคทางสถิติ
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บรรจุภัณฑ์

2.1.1 บรรจุภัณฑ์แก้ว

วัสดุที่เกิดจากส่วนผสมของแร่ธาตุและสารประกอบต่าง ๆ ที่เย็นลงโดยไม่เกิดการตกผลึก สามารถ
จำแนกได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้และคุณสมบัติการใช้งานที่แตกต่างกัน โดยบรรจุภัณฑ์ที่ทำ
จากแก้วมีลักษณะใสสะอาด มองเห็นรูปลักษณ์และสีสันทันของผลิตภัณฑ์ภายใน มีความปลอดภัยเพราะไม่
ทำปฏิกิริยากับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ อีกทั้งสามารถปกป้องรักษาคุณภาพและรสชาติที่แท้จริงของผลิตภัณฑ์ได้
เป็นอย่างดี วัตถุดิบสำหรับการผลิตสามารถแบ่งได้ ดังนี้

1. วัตถุดิบหลัก (Main ingredient) ทรายแก้ว (Glass Sand) มีส่วนประกอบของซิลิกา 99.5%
เมื่อถูกหลอมจะกลายเป็นโครงสร้างหลักของเนื้อแก้ว โดยทรายแก้วสามารถแบ่งชนิดตามการใช้งาน
ได้ 2 ชนิด คือทรายแก้วขาวที่มี ส่วนผสมของเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ในปริมาณที่น้อยเหมาะสำหรับการ
ผลิตแก้วใส อีกชนิดหนึ่ง คือทรายดำหรือสีขามีเหล็กออกไซด์สูงมากกว่าเหมาะสำหรับผลิตแก้วสี เช่น สีชา
หรือสีเขียว เป็นต้น โดยวัตถุดิบหลักสำหรับการผลิตแบ่งได้ ดังนี้

- โซดาแอส (Soda Ash) หรือโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate: Na_2CO_3) มีคุณสมบัติ
ช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมเหลวทำให้สามารถขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงซับซ้อนได้ง่ายขึ้น โดยแก้ว
ที่ใช้โซดาแอสเป็นส่วนผสมจะถูกเรียกว่า แก้วโซดาโลม

- หินปูน (Limestone) หรือแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate: $CaCO_3$) มีคุณสมบัติ
ไม่ทำกรรไกรโดยที่หินปูนให้เนื้อแก้วที่แข็งแรงและทนทานต่อการกัดกร่อน

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

- หินฟืนม้า มีคุณสมบัติในการเพิ่มความคงทนของเนื้อแก้ว
- เศษแก้ว (Cullet) โดยส่วนใหญ่เศษแก้วจะถูกใช้ในปริมาณร้อยละ 40 ถึง 70 เพื่อเป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาในการหลอมละลายของวัตถุดิบตัวอื่น ๆ การใช้เศษแก้วเป็นส่วนผสมในวัตถุดิบจะช่วยให้สามารถประหยัดพลังงานความร้อนในการหลอมแก้ว เนื่องจากการหลอมเศษแก้วจะใช้พลังงานต่อหน่วยในการหลอมน้อยกว่าการหลอมวัตถุดิบผสม

2. วัตถุดิบรอง (Minor Ingredient) นอกจากการใช้วัตถุดิบหลักยังมีความจำเป็นในการใช้สารเคมีชนิดอื่น ดังแสดงตารางที่ 2.1 เพื่อปรับปรุงสมบัติของแก้วให้มีความเหมาะสมต่อการขึ้นรูปและการนำไปใช้งาน

ตารางที่ 2.1 วัตถุดิบรองสำหรับการผลิตแก้ว [4]

หน้าที่	สารเคมี
Melting accelerators	Lithium carbonate (Spodumene) , Sodium sulfate (Salt Cake), Fluorspar, Sodium nitrate (Saltpetre) Oxidizing agent, Coke dust
Refining agents	Antimony, Arsenic, Cerium oxide, Saltpetre, Sodium sulfate
Colouring agents	Cadmium, Chromium, Cobalt, Copper, Iron, Selenium
Opacifiers	Fluorine (Cryolite, Fluorspar) , Phosphorus (Bone Ash)
Decolourising agents	Cobalt and Selenium, Erbium Neodymium, Manganese

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

2.1.2 กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์แก้ว

กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์แก้วของโรงงานกรณีศึกษามีขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบ (Raw Material Preparation) การตรวจรับและตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ตามมาตรฐาน เมื่อวัตถุดิบผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วจะถูกจัดเก็บไว้ในคอกเก็บและถึงพักแยกตามชนิดของวัตถุดิบ

2. การชั่งตวงวัตถุดิบ (Weighing) วัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ที่ถูกเก็บไว้ในไซโลในโรงผสมวัตถุดิบจะถูกนำมาชั่งน้ำหนักให้ได้ค่าตามที่กำหนดไว้ในสูตรผสมของแต่ละสีแก้วซึ่งจะมีชนิดของวัตถุดิบและค่าน้ำหนักที่แตกต่างกัน การชั่งน้ำหนักของวัตถุดิบจะทำครั้งละจำนวน 1 โม่หรือแบช (Batch) ต่อเนื่องกันไปจนได้ปริมาณสำรองตามที่ต้องการ โดยกระบวนการชั่งวัตถุดิบจะใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุม

3. การผสมวัตถุดิบ (Mixing) วัตถุดิบที่ผ่านการชั่งน้ำหนักแล้วจะถูกส่งเข้าโม่ผสม (Mixer) เพื่อที่จะทำให้เกิดการคลุกเคล้าเข้ากัน โดยวัตถุดิบที่ผสมเข้ากันดีแล้วหรือส่วนผสมจะถูกลำเลียงพร้อมด้วยเศษแก้ว (Cullet) เพื่อส่งไปเก็บยังไซโลของเตาหลอม และรอการป้อนเข้าเตาหลอมต่อไป

4. การหลอมวัตถุดิบ (Melting) วัตถุดิบจะถูกป้อนอย่างต่อเนื่องเข้าไปในเตาหลอมโดยใช้ความร้อนจากก๊าซธรรมชาติและกระแสไฟฟ้าในการหลอมแก้วที่อุณหภูมิประมาณ 1,500 องศาเซลเซียส และเกิดฟองแก๊สจากปฏิกิริยาการหลอม คือ CO_2 และ SO_3 โดยจะค่อย ๆ ระบายออกไปจากผิวแก้วจากนั้นออกไปจากเตาหลอมผ่านทางปล่องทำให้น้ำแก้วมีความพร้อมที่จะทำการขึ้นรูป

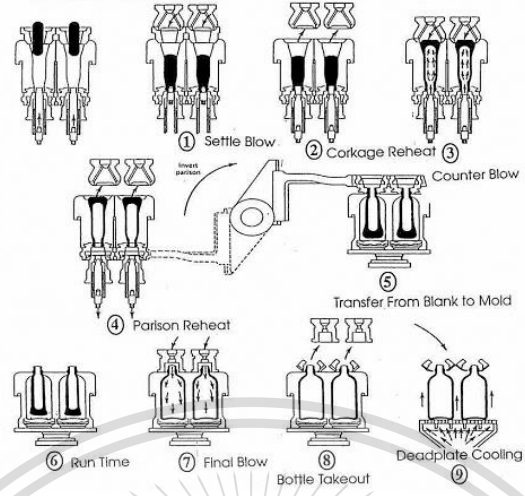
5. การขึ้นรูป (Forming) น้ำแก้วจากการหลอมเหลวจะถูกส่งจากเตาหลอมผ่านรางลำเลียงไปยังสายการผลิต น้ำแก้วจะถูกตัดเป็นก้อนแก้ว (Gob) ให้มีขนาด รูปร่าง อุณหภูมิที่เหมาะสมและน้ำหนักของแต่ละก้อนแก้วจะเท่ากับขวดแก้วที่ต้องการ จากนั้นก้อนแก้วจะถูกปล่อยให้หยดลงในแบลนค์ (Blank) หรือเบ้าชุดแรกเพื่อขึ้นรูปขั้นต้นหรือพาริสัน (Parison) ซึ่งจะมีปากที่สมบูรณ์และรูปทรงที่พอเหมาะ เพื่อเตรียมส่งไปยังอีกเบ้าหนึ่งซึ่งเรียกว่าโมลด์ (Mould) หรือเบ้าพิมพ์สำหรับขึ้นรูปลำตัวและกันให้เป็นบรรจุภัณฑ์แก้วที่เสร็จสมบูรณ์ กระบวนการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์แก้วที่ใช้กันอยู่ปัจจุบันแบ่งเป็น 3 แบบ คือ Blow & Blow, Press & Blow และ Narrow Neck Press & Blow

- Blow & Blow (B&B) เป็นการขึ้นรูปขั้นต้นด้วยการใช้ลมแรงสูงเป่าอัดน้ำแก้วให้เป็นรูปทรงตามแบบเบ้าปากและเบ้าชุดและส่งไปยังเบ้าพิมพ์เพื่อเป่าอีกครั้งให้ได้รูปร่างสุดท้ายของบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการ วิธีนี้ใช้กับบรรจุภัณฑ์ปากแคบ เช่น ขวดเปียร์ ขวดเหล้า ขวดน้ำอัดลม เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.1 [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

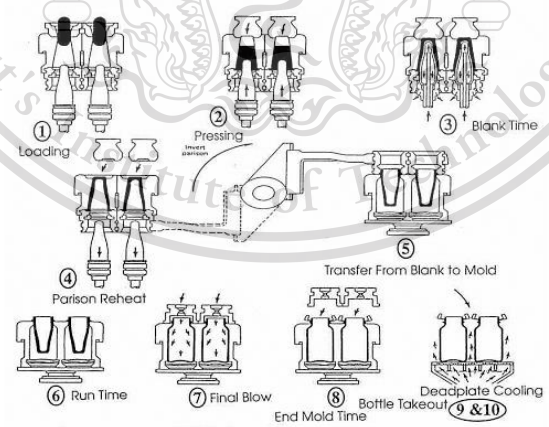
BASIC FUNCTIONAL OPERATIONAL DIAGRAM OF THE BOTTLE FORMING CYCLE FOR BLOW & BLOW



รูปที่ 2.1 กระบวนการขึ้นรูปขวดแก้วแบบ Blow & Blow (B&B)

- Press & Blow (P&B) ต่างจาก B&B ตรงที่การขึ้นรูปขั้นต้นจะใช้แต่ยัดน้ำแก้วให้ได้รูปร่างตามแบบเข้าปากและเข้าชุดแล้วส่งไปยังเข้าพิมพ์โดยใช้เทคนิคการเป่าเหมือนกัน วิธีนี้ใช้กับบรรจุภัณฑ์ขวดปากกว้าง เช่น ขวดบรรจุอาหาร ขวดเครื่องดื่มชุปไก่ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.2 [4]

BASIC FUNCTIONAL OPERATIONAL DIAGRAM OF THE BOTTLE FORMING CYCLE FOR PRESS & BLOW



รูปที่ 2.2 กระบวนการขึ้นรูปขวดแก้วแบบ Press & Blow (P&B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

- Narrow Neck Press & Blow (NNPB) คล้ายกับ P&B เพียงแต่ขนาดของปากที่จะขึ้นรูปสำหรับกระบวนการนี้จะแคบ เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการนี้จะมีน้ำหนักเบา และมีความบาง ดังนั้นจึงเหมาะกับบรรจุภัณฑ์ประเภทที่ใช้ครั้งเดียว (One Way)

ในขั้นตอนการขึ้นรูปนี้ พนักงานควบคุมเครื่องจักรขึ้นรูปจะดูแลตรวจสอบคุณภาพในการผลิตน้ำหนักขวด รูปทรงของขวด หรือรอยตำหนิต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการผลิต เพื่อให้บรรจุภัณฑ์แก้วตามมาตรฐานก่อนส่งผ่านไปยังกระบวนการถัดไป

6. การอบแก้ว (Annealing) บรรจุภัณฑ์แก้วที่ขึ้นรูปแล้วจะถูกลำเลียงมาตามสายพานลำเลียงเข้าไปยังรางอบ (Annealing Lehr) เพื่อปรับลดอุณหภูมิลงอย่างช้า ๆ จาก 550 องศาเซลเซียสจนถึงอุณหภูมิปกติ หลังจากนั้นบรรจุภัณฑ์แก้วทุกใบจะถูกเคลือบด้วยน้ำยา Cold-end Spray เพื่อให้ผิวด้านนอกมีความลื่น เรียบสวยงาม และไม่เปื้อนรอยเมื่อเสียดสีกัน

7. การตรวจสอบและการประกันคุณภาพ (Quality Control and Quality Assurance) แบ่งการตรวจสอบออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

- 100% Machine Inspection หลังจากเคลือบน้ำยาบรรจุภัณฑ์แก้วทุกใบจะผ่านเครื่องตรวจคุณภาพอัตโนมัติ เพื่อที่จะทำการตรวจสอบหาความบกพร่อง (Defects) ต่าง ๆ ที่บริเวณ ปาก ลำตัว และก้นขวด บรรจุภัณฑ์ที่ได้มาตรฐานจะถูกส่งไปบรรจุในขั้นตอนถัดไปและบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานจะถูกนำกลับไปหลอมใหม่

- Quality Assurance and Lab Tester แผนกประกันคุณภาพสุ่มตรวจสินค้าที่บรรจุพร้อมส่งไปให้ลูกค้าตามมาตรฐานการสุ่มตรวจที่ถูกกำหนดไว้ เพื่อความมั่นใจว่าสินค้าที่ออกจากโรงงานมีคุณภาพได้มาตรฐาน การตรวจสอบบรรจุภัณฑ์แก้วในห้องแล็บถือเป็นการประกันคุณภาพอีกส่วนหนึ่ง โดยจะตรวจวัดคุณลักษณะต่าง ๆ ทางด้านฟิสิกส์ เช่น ความหนา ขนาด น้ำหนัก การทนต่อแรงกระแทก อุณหภูมิที่แตกต่าง (Thermal Shock) ความสามารถในการทนต่อแรงอัด และสารเคมี หากสินค้าที่ผลิตในล็อตนั้นได้มาตรฐานก็จะถูกส่งไปจำหน่ายยังลูกค้า หากไม่ผ่านมาตรฐานจะถูกกักไว้เพื่อนำไปตรวจสอบอย่างละเอียดต่อไป

8. การบรรจุ (Packing) บรรจุภัณฑ์แก้วที่ผ่านการผลิตและตรวจสอบทุกขั้นตอนจนแน่ใจว่าได้คุณภาพตรงตามความต้องการของลูกค้าแล้วจะถูกบรรจุด้วยเครื่องบรรจุอัตโนมัติ (Palletizer) จากนั้นจะมีการพันฟิล์มหรือคลุมถุงครอบกระเบไว้ให้เรียบร้อย ก่อนที่จะนำไปเก็บไว้ในคลังสินค้ารอการจัดส่งต่อไปยังลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

2.1.3 การแบ่งระดับรอยตำหนิตามระดับความร้ายแรง (Classification of Defects)

บรรจุภัณฑ์แก้วจากโรงงานกรณีศึกษาสามารถแบ่งรอยตำหนิตามระดับความร้ายแรงได้ทั้งหมด 4 ระดับ ดังนี้

1. เสียร้ายแรง (Critical Defect) คือ ข้อบกพร่องที่จะมีผลต่อสภาพที่ทำให้เกิดอันตรายหรือสภาพไม่ปลอดภัย ต่อบุคคลหรือผู้บริโภคที่นำไปใช้งาน เช่น ไล่แก้ว หนามแก้ว ขอบปากสูง ครีบแก้วในคอขวด เศษแก้วในขวด เป็นต้น
2. เสียเข้มงวด (Certain Defect) คือ ข้อบกพร่องที่เคยเกิดปัญหาเกี่ยวกับลูกค้าในช่วงการผลิตที่ผ่านมา เช่น ปิทรั้ว ปากบิ่น ปุ่มรั่ว ตะเข็บ ข้างรั่ว เป็นต้น
3. เสียทั่วไป (Major Defect) คือ ข้อบกพร่องที่อาจทำให้เกิดปัญหาต่อการใช้งานในกระบวนการผลิตของลูกค้า เช่น คอเอียง คอโย้ ปากบวม เกลียวรั้ว ข้างบุบ ตะเข็บคอคม ฟองบนปาก เป็นต้น
4. เสียธรรมดา (Minor Defect) คือ ข้อบกพร่องที่อาจทำให้เกิดความไม่สวยงามแต่ไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้งาน เช่น รอยแปรง รอยขีด รอยย่น สนิมราง เป็นต้น

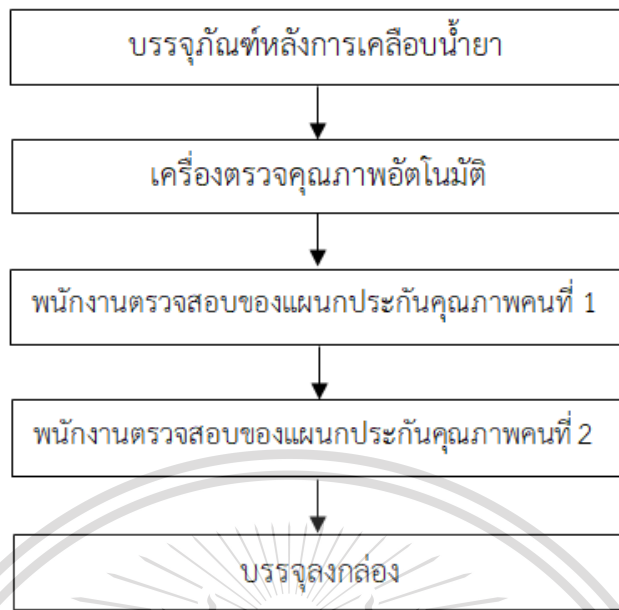
2.2 การตรวจสอบบรรจุภัณฑ์

การตรวจสอบคุณภาพคือการค้นหาส่วนประกอบหรือผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องซึ่งการตรวจสอบจะมาจาก การเฝ้าติดตาม วัด เปรียบเทียบ และทดสอบต่าง ๆ เพื่อควบคุมให้ผลิตภัณฑ์ได้คุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยขั้นตอนการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์แก้วของโรงงานกรณีศึกษามีขั้นตอน ดังนี้

1. หลังจากเคลือบน้ำยาแล้วบรรจุภัณฑ์แก้วทุกใบจะต้องผ่านเครื่องตรวจคุณภาพอัตโนมัติ เพื่อทำการตรวจหาความบกพร่อง โดยเครื่องตรวจสอบแบบอัตโนมัติเพื่อหาข้อบกพร่องบนบรรจุภัณฑ์
2. พนักงานของแผนกประกันคุณภาพคนที่ 1 ตรวจสอบรอยรั่วบนบรรจุภัณฑ์บนสายผลิตโดยผ่านแผ่นอะคริลิกขุ่นที่มีแสงไฟผ่าน
3. พนักงานของแผนกประกันคุณภาพคนที่ 2 ตรวจสอบข้อบกพร่องบนบรรจุภัณฑ์ครั้งสุดท้ายก่อนทำการบรรจุลงกล่องเพื่อส่งไปยังลูกค้า ดังแสดงในรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของแผนกควบคุมคุณภาพและแผนกประกันคุณภาพ

2.3 ระบบประมวลผลภาพ

2.3.1 ภาพดิจิทัล

ภาพดิจิทัล คือ ข้อมูลรูปภาพที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบดิจิทัลโดยใช้ระบบเลขฐานสอง (Binary Numeral System) สำหรับกำหนดรายละเอียดในแต่ละส่วนของภาพสามารถแก้ไข เปลี่ยนแปลง และประมวลผลได้โดยระบบคอมพิวเตอร์

ลักษณะการเก็บข้อมูลรูปภาพดิจิทัล

Bit Depth คือ ตัวเลขที่แสดงถึงจำนวนที่อยู่ในพิกเซลของแต่ละรูปภาพ เมื่อจำนวนบิตมากขึ้นจะแสดงสีได้มากขึ้น ปัจจุบันภาพขนาด 8 บิตหรือ 1 ไบต์เป็นขนาดที่นิยมใช้ในการเก็บข้อมูล มีค่าระดับความเข้มของพิกเซลที่ 256 ระดับ ค่าอยู่ระหว่าง (0-255) โดยแยกความแตกต่างของแต่ละประเภท ดังนี้

1. ภาพ 1 บิตต่อหนึ่งพิกเซล แสดง 2 สี คือ สีขาวและดำ (2^1)
2. ภาพ 8 บิตต่อหนึ่งพิกเซลแสดง 256 สีต่อพิกเซล (2^8)
3. ภาพทิวคัลเลอร์ (True Color) หรือ ภาพ 24 บิตต่อหนึ่งพิกเซลแสดง 16 ล้านสีต่อหนึ่งพิกเซล (2^{16}) โดยจะแสดงเป็นภาพสีเท่านั้น ไม่สามารถแสดงเป็นภาพขาวดำได้

ความละเอียดของภาพ (Image Resolution)

เอกสารนี้เป็นเอกสารความละเอียดของภาพ คือ จำนวนหน่วยของพิกเซลต่อหนึ่งหน่วยความกว้างของรูปภาพ เช่น PPI การคำนวณความละเอียด (Pixels Per Inch) คือ หน่วยระบุจำนวนพิกเซลต่อความกว้างหนึ่งนิ้ว โดยภาพที่มีความละเอียดมากหรือไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

จำนวนพิกเซลต่อนี้่มากจะสามารถมีคุณภาพของรูปภาพที่ดีกว่าภาพที่มีความละเอียดน้อยหรือจำนวนพิกเซลต่อนี้

ชนิดไฟล์ JPG/JPEG

ชนิดไฟล์ JPG/JPEG คือ รูปแบบไฟล์ภาพดิจิทัลที่นิยมใช้ในการเก็บรูปภาพ ไฟล์ภาพถูกบีบอัดให้มีขนาดเล็กโดยใช้วิธีการตัดข้อมูลที่สายตามนุษย์ไม่สามารถแยกออกได้ และสามารถกำหนดค่าการบีบไฟล์ได้หลายระดับ และสามารถแสดงสีได้มากถึง 24 บิตหรือ 16 ล้านสี

ประเภทของภาพดิจิทัล

ภาพดิจิทัล คือ ข้อมูลรูปภาพที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบดิจิทัลโดยใช้ระบบเลขฐานสอง เพื่อกำหนดแต่ละส่วนของรูปภาพ โดยประเภทของรูปภาพดิจิทัลสามารถแบ่งได้ดังนี้

1. ภาพขาวดำ หรือ ภาพแบบไบนารี (Binary Image) คือ ภาพขนาด 1 บิต ประกอบด้วย 2 ค่าคือสีดำแทนค่าด้วย 0 และสีขาวที่แทนค่าด้วย 1 ภาพขาวดำถูกสร้างจากภาพระดับเทาโดยแปลงข้อมูลเป็นภาพไบนารีเพื่อลดความซับซ้อนของการประมวลผลรูปภาพ [7] ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ภาพขาวดำ (Binary Image)

2. ภาพระดับเทา (Grey Scale Image) คือ ภาพเกรย์สเกลเกิดจากการแปลงภาพสี RGB มาเป็น Grayscale โดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ $Gray = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B$ ประกอบด้วยระดับเฉดสีทั้งหมด 256 ระดับ ตั้งแต่ 0-255 หรือภาพ 8 บิต โดยสีดำแทนค่าด้วย 0 และ สีขาวแทนค่าด้วย 255 [8] ดังแสดงในรูปที่ 2.5

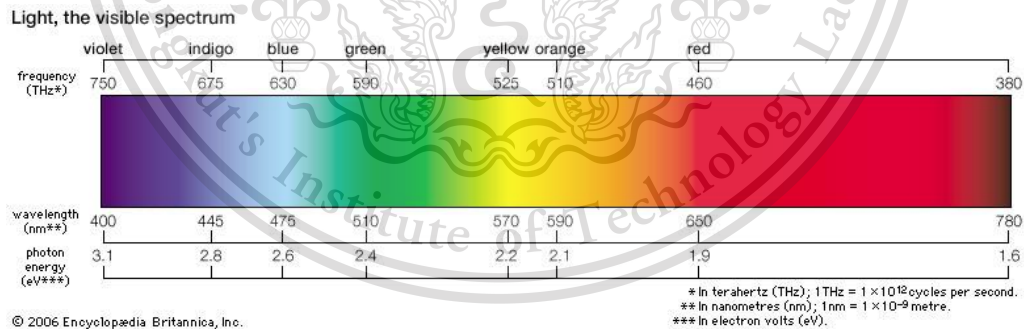
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.



รูปที่ 2.5 ภาพระดับเทา (Grey Scale Image)

3. ภาพสี (Color Image) มีหลายรูปแบบ เช่น ระบบสี CMYK สำหรับการแสดงสีเครื่องพิมพ์ ระบบ RGB สำหรับการแสดงสีของเครื่องคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน โดย RGB เป็นระบบสีของแสงที่เกิดจากการหักเหของแสงผ่านแท่งปริซึม เกิดแถบสีรุ้ง (Spectrum) ซึ่งแยกได้ทั้งหมด 7 สี คือ แดง แสด เหลือง เขียว น้ำเงิน คราม และม่วง ซึ่งอยู่ในช่วงคลื่นสายตาที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ คลื่นที่มีความถี่สูงสุด คือ สีม่วง ส่วนคลื่นที่มีความถี่สูงกว่าสีม่วง คือ อัลตราไวโอเล็ต (Ultra Violet) และคลื่นที่มีความถี่ต่ำสุดคือ สีแดง คลื่นที่มีความถี่ต่ำกว่าสีแดง คือ อินฟราเรด (Infrared) [9] ดังแสดงในรูปที่ 2.6

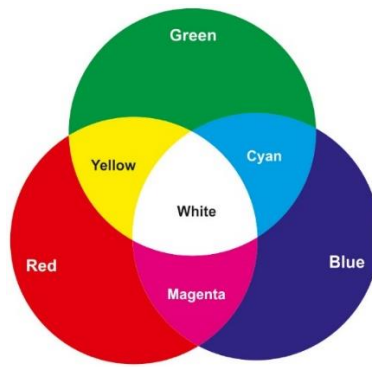


รูปที่ 2.6 แถบสีสเปกตรัม (Spectrum)

โดยสายตาของมนุษย์ไม่สามารถรับคลื่นที่มีความถี่สูงกว่าสีม่วงและต่ำกว่าสีแดงได้ การเก็บภาพ RGB ถูกเก็บเป็นอาร์เรย์ 3 มิติ ขนาด $m \times n \times 3$ โดย m คือ ความยาว และ n คือความกว้างของภาพในหน่วย

พิกเซล และมีมิติสุดท้ายเก็บค่าสีที่ประกอบด้วย สีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) ซึ่งแต่
 เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ละสีไล่เฉดได้ 256 ระดับ โดยใช้หลักรวมแสงสามารถสร้างสีได้สูงสุด 16.7 ล้านสี ดังแสดงในรูปที่ 2.7
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และ รูปที่ 2.8

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.



รูปที่ 2.7 ระบบสี RGB [10]



รูปที่ 2.8 ภาพสี (Color Image) [11]

2.3.2 ระบบวิชั่น

ระบบวิชั่น คือ การใช้ระบบคอมพิวเตอร์ทำงานร่วมกับอุปกรณ์รับภาพ หรือ การประมวลผลภาพ เพื่อแยกวัตถุต่าง ๆ โดยคอมพิวเตอร์และประมวลผลในระบบตัวเลข (Digital) ข้อมูลอยู่ในรูปแบบตัวเลข และรหัสต่าง ๆ รวมถึงข้อมูลรูปภาพโดยรูปดังกล่าวภายในคอมพิวเตอร์ คือ ภาพดิจิทัล (Digital Image) หลักการมองเห็นของคอมพิวเตอร์เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) และการมองเห็นของเครื่องจักร (Machine Vision) โดยการใช้ระบบวิชั่นในการทำงานส่งผลให้มีความถูกต้องแม่นยำ เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ลดข้อผิดพลาดเนื่องจากความเมื่อยล้าของการทำงานเป็นระยะเวลานานของพนักงาน ปัจจุบันระบบวิชั่นได้นำการพัฒนาและนำมาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมมาใช้ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์และข้อผิดพลาดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ เช่น การปนเปื้อนบนพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ (Contamination) ความผิดเพี้ยนของสีผลิตภัณฑ์ (Discoloring) การนับจำนวนชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่อยู่บนผลิตภัณฑ์ (Part Counting) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเข้าถึงโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ส่วนประกอบของระบบวิชั่น แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. คอมพิวเตอร์
2. จอแสดงผล
3. อุปกรณ์รับภาพ

2.3.3 การประมวลผลภาพ

การประมวลผลรูปภาพ (Image Processing) คือ การใช้ขั้นตอนหรือกรรมวิธีใด ๆ ที่นำมากระทำกับภาพ 2 มิติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการปรับปรุงคุณภาพของภาพและแยกแยะคุณลักษณะเฉพาะเพื่อให้ได้ภาพใหม่ที่มีคุณสมบัติตามความต้องการ โดยแหล่งที่มาของภาพอาจได้มาจาก ดาวเทียม กล้องถ่ายภาพหรือเครื่องสแกน เป็นต้น ในอดีตการประมวลผลภาพอยู่ในรูปแบบการประมวลผลสัญญาณอนาล็อกโดยใช้อุปกรณ์ปรับแต่งแสง (Optics) พบว่าเกิดความสูญเสียของสัญญาณบางส่วนระหว่างการประมวลผล และต้องใช้เครื่องประมวลผลเฉพาะจึงไม่ได้รับความนิยมนัก ปัจจุบันใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในการประมวลผลภาพดิจิทัลเนื่องจากมีความแม่นยำสูง โดยการประมวลผลภาพดิจิทัลจะนำสัญญาณอนาล็อกจากแหล่งกำเนิดสัญญาณมาแปลงเป็นตัวเลขหรือดิจิทัล (Digital) ที่สามารถใช้หลักการคำนวณทางคณิตศาสตร์ประมวลผลข้อมูลรูปภาพด้วยระบบคอมพิวเตอร์ โดยโครงสร้างการกระบวนกรพื้นฐานการประมวลผลภาพดิจิทัลแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ การประมวลผลภาพระดับต่ำ การประมวลผลภาพระดับกลาง และการประมวลผลภาพระดับสูง

การประมวลผลระดับต่ำ (Low Level Processing)

การประมวลผลระดับต่ำ คือ ขั้นตอนมาตรฐานการรับภาพและปรับปรุงภาพดิจิทัลเบื้องต้นประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

1. การรับข้อมูลภาพดิจิทัล (Image Acquisition) คือ กระบวนการตรวจจับสัญญาณภาพจากแหล่งกำเนิด โดยสัญญาณภาพที่ได้จะเป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่อง คือ สัญญาณอนาล็อก (Analog Signal) ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ในการประมวลผลภาพจึงต้องแปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปแบบสัญญาณต่อเนื่อง (Digital Signal) เพื่อประมวลผลในคอมพิวเตอร์ โดยกระบวนการนี้จะอยู่ภายในอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ตรวจจับสัญญาณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

2. การประมวลผลภาพเบื้องต้น (Preprocessing) คือ การปรับปรุงคุณภาพข้อมูล (Image Enhancement) หลังจากได้รับภาพดิจิทัลจากกระบวนการข้างต้นโดยภาพข้างต้นเรียกว่า ภาพต้นฉบับ (Original Image) หรือภาพนำเข้า (Input Image) ซึ่งภาพนำเข้าเหล่านี้ประกอบด้วยข้อมูลภาพที่ต้องการ และสัญญาณรบกวน (Noise) กระบวนการนี้คือการขจัดสัญญาณรบกวนและเพิ่มความชัดเจนให้กับข้อมูลภาพที่ต้องการ ส่งผลให้ผลลัพธ์ของการแปรความหมายรูปภาพมีความถูกต้องแม่นยำสูง เช่น การแปลงข้อมูลภาพ (Image Transformation)

การประมวลผลภาพระดับกลาง (Intermediate Level Processing)

การประมวลผลภาพระดับกลาง คือ กระบวนการนำภาพที่ผ่านการประมวลผลเบื้องต้นมาแยกองค์ประกอบภาพด้วยขั้นตอนดังนี้

1. การแบ่งส่วนภาพ (Segmentation) คือ การแยกข้อมูลรูปภาพที่ต้องการออกจากข้อมูลรูปภาพที่ไม่ต้องการ จากนั้นนำข้อมูลรูปภาพที่ต้องการมาแบ่งส่วนภาพออกตามวัตถุประสงค์หรือองค์ประกอบของข้อมูลภาพ

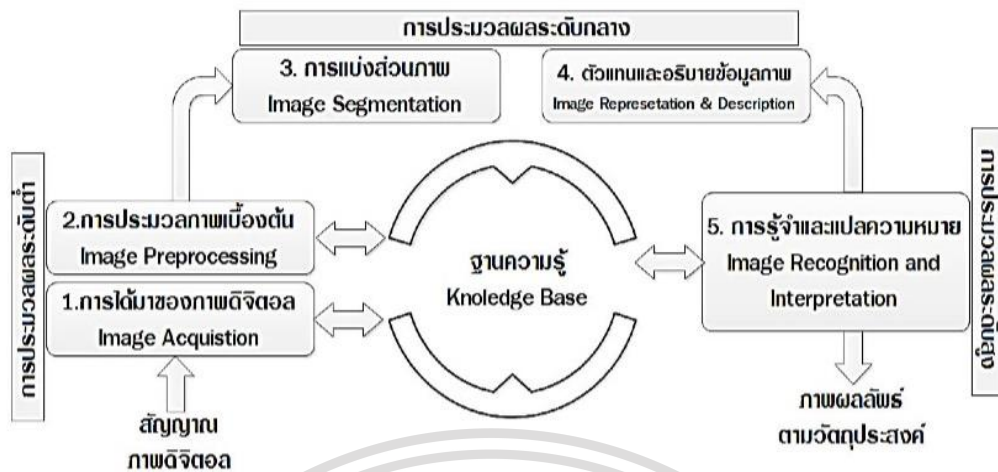
2. การแทนและการอธิบายข้อมูล (Representation and Description) คือ การแทนข้อมูลภาพตามคุณลักษณะเฉพาะที่ต้องการ และการประยุกต์ใช้งานบางอย่างอาจแทนการใช้ข้อมูลคุณลักษณะที่หลากหลายหลายข้อมูลร่วมกัน เช่น การรู้จำตัวอักษร (Optical Character Recognition: OCR) โดยใช้คุณลักษณะของเส้นขอบตัวอักษร มุมโค้ง เป็นต้นแทนตัวอักษรแต่ละตัวสำหรับการอธิบายข้อมูลภาพเป็นขั้นตอนวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้อธิบายข้อมูลภาพเพื่อให้คุณลักษณะที่สนใจเด่นชัดขึ้น การอธิบายข้อมูลภาพบางครั้งเรียกว่า การเลือกคุณลักษณะพิเศษ (Feature Selection) เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงปริมาณ ที่ส่งผลต่อการนำไปใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลภาพ

การประมวลผลภาพระดับสูง (High Level Processing)

การประมวลผลภาพระดับสูง คือ กระบวนการที่ทำให้คอมพิวเตอร์รับรู้และเข้าใจภาพนั้นโดยการดำเนินการต้องอาศัยความรู้เรื่องปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligent: AI) เช่น โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) การคำนวณเชิงวิวัฒนาการ (Evolution Computation) อัลกอริทึมทำให้เหมาะสมที่สุด (Optimization) เป็นต้น โครงสร้างกระบวนการประมวลผลภาพดิจิทัล ดังแสดงในรูปที่ 2.9 [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.



รูปที่ 2.9 โครงสร้างกระบวนการประมวลผลภาพดิจิทัล

2.3.4 ซอร์ฟแวร์ Jupyter Notebook

Jupyter Notebook คือ โครงการ Open source ที่ไม่แสวงหากำไรเกิดขึ้นในปี 2014 จากโครงการ IPython ที่มีการพัฒนาเพื่อสนับสนุนวิทยาศาสตร์เชิงโต้ตอบและการคำนวณทางวิทยาศาสตร์ในทุกภาษาสำหรับการเขียนโปรแกรม โดย Jupyter Notebook เป็นซอร์ฟแวร์ Open source ที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายสำหรับผู้ใช้งานทุกคนและเผยแพร่ภายใต้เงื่อนไขเสรีของใบอนุญาต BSD โดยซอร์ฟแวร์นี้สามารถสร้างและแชร์โค้ด สมการ การแสดงรูปภาพ หรือข้อความต่าง ๆ เช่น การจัดการข้อมูล การสร้างแบบจำลองทางสถิติ และการเรียนรู้ของเครื่อง [13]

2.4 เทคนิคทางสถิติ

2.4.1 สถิติพารามेटริก (Parametric)

เป็นการทดสอบที่สามารถอ้างอิงไปยังกลุ่มประชากรที่ต้องการศึกษาและกลุ่มประชากรมีจำนวนมาก จึงไม่สามารถรวบรวมข้อมูลของกลุ่มประชากรทั้งหมดได้ จึงมีการสุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัย โดยข้อกำหนดเบื้องต้นของสถิติประเภทนี้คือ 1.ข้อมูลมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ 2.กลุ่มตัวอย่างที่ได้มาจากการสุ่ม 3. ข้อมูลจะต้องอยู่ในมาตราอันตรภาค (Interval Scale) หรืออัตราส่วน (Ratio Scale) โดยตัวอย่างของการทดสอบแบบใช้พารามิเตอร์มีดังนี้ T-test, Z-test และการหาสหสัมพันธ์เป็นต้น [14]

ข้อดีของสถิติพารามेटริก

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 1 สถิติพารามेटริกมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติแบบไม่ใช้พารามิเตอร์เมื่อใช้กับข้อมูลที่มีการแจกแจงค่าไม่ว่าการแจกแจงปกติและข้อมูลได้มาจากการสุ่มเนื่อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

2. สถิติพารามेटริกใช้กับข้อมูลต่อเนื่องคือ ระดับอันตรายภาคชั้นหรืออัตราส่วน
3. สถิติพารามेटริกมีอำนาจการทดสอบสูงเมื่อกลุ่มตัวมีขนาดใหญ่และเป็นตัวแทนประชากร ส่งผลให้มีความน่าเชื่อถือในการสรุปอ้างอิง
4. สถิติพารามेटริกใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) เป็นค่ากลางส่งผลให้ค่าสังเกตทุกค่ามีส่วนร่วมในการคำนวณค่ากลางของกลุ่ม

ข้อจำกัดของสถิติพารามेटริก

1. ถ้าข้อมูลไม่ผ่านข้อกำหนดเบื้องต้นของสถิติพารามेटริกจะมีอำนาจการทดสอบต่ำกว่าสถิตินอนพารามेटริก
2. ถ้าตัวอย่างมีขนาดเล็กส่งผลให้การทดสอบแบบใช้พารามิเตอร์ขาดความน่าเชื่อถือในการสรุปอ้างอิง
3. สถิติพารามेटริกส่วนมากใช้กับข้อมูลแบบต่อเนื่อง

2.4.2 สถิตินอนพารามेटริก หรือการทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (Non-Parametric)

ในการทำวิจัยมีการใช้ข้อมูลตัวอย่างแทนประชากรจึงมีการทดสอบสมมติฐานเพื่ออ้างอิงประชากรโดยใช้ข้อมูลจากตัวอย่างหรือในการหาความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยใช้วิธีการทางสถิติทดสอบ เช่น Z-Test, T-Test, F-Test และอื่น ๆ ซึ่งการทดสอบทางสถิติมีเงื่อนไขเกี่ยวกับการแจกแจงปกติหรือจำนวนตัวอย่างที่มากพอ แต่ในงานวิจัยบางเรื่องเพื่อเก็บข้อมูลแล้วทำการทดสอบพบว่าข้อมูลไม่มากพอ และข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ ส่งผลให้ไม่สามารถใช้วิธีการทดสอบสถิติแบบ Z-Test, T-Test และ F-Test ทดสอบได้ ดังนั้นผู้วิจัยจำเป็นต้องใช้การทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ หรือ การทดสอบแบบไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการแจกแจงของข้อมูลที่ทดสอบและสามารถใช้กับชุดตัวอย่างข้อมูลขนาดเล็กได้ ผู้วิจัยอาจต้องใช้การทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ ดังกรณีต่อไปนี้

1. ข้อมูลเชิงปริมาณที่ไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติและข้อมูลตัวอย่างขนาดเล็ก จะไม่สามารถใช้วิธีการทางสถิติแบบ Z-Test, T-Test และ F-Test ทดสอบได้เนื่องจากเป็นสถิติพารามेटริกดังนั้นต้องตรวจสอบการแจกแจงข้อมูลและขนาดข้อมูลตัวอย่าง
2. ข้อมูลเป็นข้อมูลตัวอย่างเชิงกลุ่ม คือ การแบ่งสเกลเป็นกลุ่มและสเกลอันดับซึ่งใช้นับความถี่
3. ตัวอย่างข้อมูลมีขนาดเล็ก เนื่องจากการสถิตินอนพารามेटริกเป็นการทดสอบที่ไม่มีเงื่อนไขใด ๆ เกี่ยวกับการแจกแจงข้อมูลและขนาดตัวอย่าง จึงใช้ได้กับทุกกรณีเพราะไม่ได้ใช้ค่าข้อมูลจริงแต่จะใช้เฉพาะความถี่หรือลำดับของข้อมูล [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ข้อดีของสถิตินอนพาราเมตริก

1. ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการแจกแจงหรือลักษณะของข้อมูลทำให้สะดวกต่อการใช้งาน
2. สามารถใช้ได้กับข้อมูลทุกประเภททั้งเชิงกลุ่มและเชิงปริมาณ
 - กรณีข้อมูลเชิงกลุ่ม คือ สเกลแบ่งกลุ่มใช้ความถี่ และสเกลอันดับใช้ลำดับที่
 - กรณีข้อมูลเชิงปริมาณ คือ สเกลแบบช่วงและสเกลอัตราส่วน สามารถใช้การทดสอบที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ได้ โดยทำการแปลงข้อมูลเชิงปริมาณให้อยู่ในรูปลำดับที่
3. สามารถใช้ได้กรณีข้อมูลขนาดเล็กหรือมีจำนวนน้อย

ข้อจำกัดของสถิตินอนพาราเมตริก

1. สถิตินอนพาราเมตริกไม่ได้นำค่าจริงของข้อมูลมาวิเคราะห์แต่ใช้ลำดับที่ของข้อมูลจริงเท่านั้น ทำให้ผลการทดสอบคลาดเคลื่อนหรือสรุปผิด
2. ในการทดสอบสมมติฐานที่ผู้วิจัยกำหนดความเสี่ยงหรือความผิดพลาดประเภทที่ 1 หรือระดับนัยสำคัญ (α) คงที่ ความผิดพลาดของการทดสอบประเภทที่ 2 (β) ของการทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์จะมากกว่าการทดสอบแบบใช้พารามิเตอร์

ประเภทของสถิตินอนพาราเมตริก

1. การทดสอบเกี่ยวกับลักษณะของประชากรและการแจกแจงข้อมูลดังนี้
 - Chi-Square Test
 - Kolmogorov-Smirnov Test
2. การทดสอบเกี่ยวกับการวัดค่ากลางของข้อมูลเชิงปริมาณ 1 ชุดหรือ 1 ประชากร
 - Wilcoxon Rank Sum Test
3. การทดสอบเปรียบเทียบค่ากลางของข้อมูล 2 หรือ 2 ประชากรประกอบด้วย Two-Independent-Samples Test และ Two-Relates-Samples Test
 - 3.1 Two-Independent-Samples Test คือ การสุ่มตัวอย่างจากแต่ละประชากรอย่างเป็นอิสระ โดยเทคนิคการทดสอบดังนี้
 - Wilcoxon Rank Sum Test
 - Two-Sample Kolmogorov-Smirnov Z Test
 - Moses Test of extreme reactions
 - Mann-Whitney U Test ทดสอบกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มได้สุ่มมาจากประชากรเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

- Wald-Wolfowitz run Test ทดสอบกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มได้สุ่มมาจากประชากรเดียวกัน

3.2 Two-Relates-Samoles Test คือ การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่ากลางของข้อมูล 2 ชุดโดยมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือการทดสอบความแตกต่างของ 2 ประชากรแบบจับคู่ โดยเทคนิคการทดสอบดังนี้

- Wilcoxon Sign-Rank Test for Matched paired ทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มหรือกลุ่มเดียวกัน แต่ให้ข้อมูล 2 ชุดที่มีการจับคู่ของหน่วยตัวอย่าง

- Sign test ทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มหรือเงื่อนไขสองอย่าง

- McNemar Test เพื่อทดสอบความเปลี่ยนแปลงโดยพิจารณาความแตกต่างระหว่างก่อนและหลัง

- Marginal homogeneity

4. การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของ k ประชากร ($k \geq 3$) ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ Test for Several Independent samples และ Test for several Related Samples

4.1 Test for Several Independent samples (K Independent Samoles) คือการสุ่มตัวอย่างข้อมูลแต่ละชุดจากแต่ละประชากรเป็นอิสระต่อกัน โดยเทคนิคการทดสอบดังนี้

- Kruskal-Wall Test เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม คล้ายกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way Analysis of Variance Test) ในสถิติพารามตริก

- Median Test เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่ามัธยฐาน

- Jackheere-terpstra test

4.2 Test for several Related Samples (K related samples) คือ การสุ่มตัวอย่างข้อมูลแต่ละชุดแบบไม่เป็นอิสระต่อหรือมีการควบคุมปัจจัยอื่น ๆ โดยเทคนิคการทดสอบดังนี้

- Friedman's Test

- Kendall's Test

- W Cochran's Q Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาของ Franz Pernkopf and Paul O'Leary (2003) [16] ศึกษาการได้มาของรูปภาพของ 3 วิธีและเปรียบเทียบสำหรับการตรวจสอบอัตโนมัติบนพื้นผิวโลหะ คือ การถ่ายภาพความเข้มระดับสีเทา และการถ่ายภาพระยะ ซึ่งแบ่งเป็นเทคนิคการแบ่งส่วนแสงและการถ่ายภาพสามมิติ (Photometric stereo Methods) พบว่าการถ่ายภาพที่ใช้งานได้จริง คือ การถ่ายภาพความเข้มระดับสีเทา และการเลือกเทคนิคในการถ่ายภาพนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของตำหนิ ลักษณะของพื้นผิวและความละเอียดที่ต้องการ

จากการศึกษาของ Ce Ge et al. (2020) [17] ศึกษาการเรียนรู้อัตโนมัติสำหรับการตรวจจับวัตถุด้วยภาพในอุตสาหกรรม และแก้ไขการตรวจจับภาพที่มองไม่ชัดด้วยวิธี Two graph-based segmentation และกลยุทธ์ Dropscore regularization ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการออกแบบมีประสิทธิภาพและยืดหยุ่นสำหรับการใช้งานในภาคอุตสาหกรรม

จากการศึกษาของ Yingguang Li et al. (2020) [18] ศึกษาการตรวจสอบการสึกของเครื่องมือโดยระบบอัตโนมัติและการใช้อัลกอริทึมความน่าจะเป็นของภาพระดับสีเทาตามการอนุมานแบบเบย์ เพื่อเป็นการวางรากฐานการผลิตแบบดิจิทัลและอำนวยความสะดวกในการผลิต พบว่าจากการวิเคราะห์ภาพการสึกหรอของเครื่องมือ กฎการเปลี่ยนแปลงของสีเทาตัดขอบถูกค้นพบและใช้เป็นพื้นฐานของอัลกอริทึม GIP ด้วยขอบเขตดั้งเดิมที่สร้างขึ้นใหม่โดยการอนุมานแบบเบย์และขอบเขตที่สึกหรอทำให้สามารถคำนวณ VB เฉลี่ยและ VB สูงสุดได้อย่างแม่นยำเพื่อที่จะแยกพื้นที่วิกฤตได้อย่างถูกต้อง ผลการทดลองพิสูจน์ให้เห็นว่ามีการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของความแม่นยำเมื่อเทียบกับวิธีการประมวลผลภาพก่อนหน้าและส่วนของการประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับวิธีการก่อนหน้าโดยอาศัยผลการสึกหรอของเครื่องมือที่เกิดขึ้นเอง

จากการศึกษาของ ณัฐพล แสงจันทร์ และพระศุภร์ นุ่มเอี่ยม (2549) [19] ศึกษาความเป็นไปได้ในการแยกถั่วเหลืองโดยใช้กระบวนการประมวลผลภาพ โดยพัฒนาโปรแกรมสำหรับคัดแยกขนาด สี และรูปร่างผ่าน Matlab เวอร์ชัน 6 เริ่มจากการแยกวัตถุจากภาพพื้นหลัง คำนวณที่ภาพฉายของถั่วและเปรียบเทียบกับภาพฉายมาตรฐาน ผักที่มีขนาดเล็กกว่าจะถูกคัดออก จากนั้นใช้แบบจำลองค่าสีเพื่อคัดแยกผักที่มีสีไม่ต้องการออก และขั้นสุดท้ายคือการคัดแยกถั่วที่มีลักษณะบิดงอ พบว่า การหาพื้นที่ภาพฉายยังได้ค่าสูงกว่าที่วัดได้โดย Plainmeter 9.8% ซึ่งในส่วนนี้ไม่มีผลต่อการคัดแยกโดยใช้การประมวลผลภาพมีการคัดผิดโดยคัดผักที่ต้องการออกไป 8% และผักที่ไม่ต้องการยังอยู่ 21.4%

จากการศึกษาของ ดุษฎี วงษ์วีระจันทร์ (2562) [20] ศึกษาประสิทธิภาพของการตรวจจับการเคลื่อนไหวของวัตถุด้วยภาพความร้อนและสามารถบ่งบอกทิศทางของการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา โดยวิธีการตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ 2 วัตถุที่เป็นมนุษย์ จากภาพความร้อนใช้หลักการ HOG (Histogram

of Oriented Gradients) หลักการ Color Detection และหลักการ Support Vector Machine (SVM) พบว่าโปรแกรมสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นมนุษย์และบ่งบอกทิศทางการเคลื่อนที่ได้ถูกต้อง ไม่ว่าจะ ข้อมูลรูปภาพความร้อนที่นำมาทดลองนั้นจะมีความละเอียดต่ำหรือสูง

จากการศึกษาของ วัชรชัย คงศิริวัฒนา และสร้อยญา สว่างศรี (2563) [21] ศึกษาการตรวจสอบคุณภาพของถุงปูนด้วยวิธีการประมวลผลภาพโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน โดยใช้ CNN และ VGG 16 ในการพัฒนาแบบจำลองทั้ง 3 แบบจำลอง ซึ่งให้ผลการทดสอบค่า Accuracy ของ Algorithm ที่เลือกใช้ต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.80-1.00 ค่า PrecisionRecall และ F1-Score ในการแยกคุณภาพของรูปถุงปูนที่สมบูรณ์ และไม่สมบูรณ์ อยู่ในช่วงระหว่าง 80 – 100% พบว่าแบบจำลองเหล่านี้จึงมีคุณสมบัติที่สามารถถูกนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการพัฒนากระบวนการคัดแยกคุณภาพถุงปูนในกระบวนการผลิตถุงปูนซีเมนต์แบบอัตโนมัติผ่านกล้องวิดีโอความเร็วสูงได้

จากการศึกษาของ สราวุฒิ บุญเกิดรัมย์ และณัฐวุฒิ ศรีวิบูลย์ (2563) [22] ศึกษาการตรวจสอบคุณภาพของข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่โดยการประมวลผลภาพ และใช้อัลกอริธึม CNN โดยเลือกข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ 500 ตัวอย่าง จากนั้นจึงพัฒนาโปรแกรมและสร้างแบบจำลองโดยใช้ภาพข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่จำนวน 250 ภาพ ภาพข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ใช่ข้าวกล้องงอกจำนวน 250 ภาพ พบว่าแบบจำลอง CNN มีค่าความแม่นยำสูงถึง 95.17% ผลการทดสอบพบว่ากระบวนการวิจัยและโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีความแม่นยำในการจำแนกข้าวกล้องงอกได้มากถึง 96% และการจำแนกประเภทของข้าวที่ไม่ใช่ข้าวกล้องงอกด้วยความแม่นยำ 84% ดังนั้นแบบจำลองการจำแนกข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ที่สร้างขึ้นโดยใช้วิธี Deep Learning ด้วยอัลกอริธึม CNN มีความสามารถในการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของข้าวกล้องงอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาของ ขวัญชัย ชอบสำราญ (2562) [23] ศึกษาการประมวลผลภาพใส่กรอกเพื่อตรวจสอบสีในระหว่างการจัดเก็บ โดยศึกษาผลของแสงสว่างที่มีผลต่อการเปลี่ยนสีของใส่กรอกหมูในถุงพลาสติกใส โดยประเมินการเปลี่ยนแปลงค่าสีของใส่กรอกซึ่งได้จากวิธีการเทียบสีด้วยสายตามนุษย์ การวิเคราะห์ภาพดิจิทัล (ระบบ RGB) และการวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (ระบบ CIE L*a*b*) พบว่าโดยการตรวจประเมินด้วยสายตาของมนุษย์ไม่สามารถแยกความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงสีใส่กรอกที่บรรจุในถุงภายใต้สภาวะแสงสว่างที่ต่างกันได้ในขณะที่การวิเคราะห์ด้วยภาพสีดิจิทัลและจากเครื่องวัดสีสามารถแยกความแตกต่างนั้นได้และให้ผลที่สอดคล้องกัน และจากการทดลองโดยการนำผลิตภัณฑ์ใส่กรอกมาทำการตรวจวัดด้วยระบบแมชชีนวิชั่น ในการทำการทดลองพบว่า สามารถตรวจสอบความถูกต้องของสีใส่กรอกได้ถูกต้องที่ 93% ของการทดสอบ 100 ซ้ำจาก 10 ตัวอย่างทดลอง ซึ่งปัจจัยที่ทำให้การตรวจสอบผิดพลาดเกิดจากการวางตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้แสงจากภายนอกลอดผ่านเข้ามาส่งผลให้สีใส่กรอกผิดเพี้ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

จากการศึกษาของ เสกสรรค์ วินยางค์กุล และคณะ (2563) [24] ศึกษาการวัดระดับความเข้มของสีเมล็ดกาแฟ โดยใช้การประมวลผลภาพแบบฮิสโทแกรมสำหรับการแบ่งระดับเกรดของการคั่วเมล็ดกาแฟ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

จากการผลิตแบบเดิมนั้นต้องใช้แรงงานคนที่มีความชำนาญหรือผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบระดับสีทำให้เสียเวลาที่จะต้องมีการตรวจสอบตลอดเวลา จึงพัฒนาระบบที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าสีความเข้มของเมล็ดกาแฟโดยการระบุค่าสีมาตรฐานความเข้มของสีเมล็ดกาแฟแต่ละระดับไว้ และนำเมล็ดกาแฟที่อยู่ในขั้นตอนกระบวนการคั่วมาเปรียบเทียบเพื่อหาค่าความเข้มของสีเมล็ดกาแฟว่ามีค่าความเข้มได้ระดับสีตรงกับค่าสีมาตรฐานในระดับสีอ่อน กลาง และเข้ม โดยจะแสดงสัญญาณไฟเมื่อได้ระดับตามที่ต้องการ พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของระบบได้ค่าความคลาดเคลื่อนระดับอ่อนมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 0.502 ระดับกลางมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 0.344 และระดับเข้มมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 0.043 จากงานวิจัยสามารถนำไปใช้งานกับโรงคั่วเมล็ดกาแฟและใช้แรงงานคนน้อยลงแทนที่จะต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการดูความเข้มของสีเมล็ดกาแฟ

จากการศึกษาของ กิตติภักดิ์ เพชรประดับ และคณะ (2560) [25] ศึกษาเทคโนโลยีการประมวลผลภาพสำหรับการอ่านป้ายทะเบียนรถยนต์ โดยสร้างแบบจำลองการประมวลผลภาพ ซอฟต์แวร์โปรแกรมและนำข้อมูลมาใช้ร่วมกับกล้องวงจรปิดในการอ่านป้ายรถยนต์ที่เข้าออก เพื่อตรวจสอบหมายเลขรถยนต์ตรงกับหมายเลขที่อนุญาตหรือไม่เพื่อสั่งการไม่ให้ไม้กั้นเปิดปิด การทดลองโปรแกรมโดยใช้ป้ายทะเบียนตัวอย่าง 6 รูป แบ่งเป็นป้ายที่สมบูรณ์ 3 รูปและไม่สมบูรณ์ 3 รูป พบว่าโปรแกรมอ่านป้ายทะเบียนที่สมบูรณ์ 3 รูปได้ถูกต้องและอ่านป้ายทะเบียนที่ไม่สมบูรณ์คลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละสามสิบ และการส่งงานควบคุมไม้กั้นผ่านโปรแกรม Simulink ใช้เวลาค่อนข้างนาน

จากการศึกษาของ ณัฐนนท์ รัตนยานนท์ และศุภวิษณุ ฝอยทอง (2563) [26] ศึกษากระบวนการจับและคัดแยกถุงขยะด้วยการประมวลผลภาพ โดยใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพและทดสอบประสิทธิภาพระบบตรวจจับถุงขยะสีดำโดยระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) กับวิดีโอจำนวน 2 ชุด พบว่าระบบปัญญาประดิษฐ์สามารถตรวจจับถุงขยะแม่นยำที่ 80 เปอร์เซ็นต์ และการตรวจจับระบบมีความผิดพลาด 20 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการไปจับวัตถุที่มีสีดำที่มีลักษณะใกล้เคียงกับถุงขยะ และข้อมูลรูปภาพของ AI มีจำนวนข้อมูลน้อยเกินไป

จากการศึกษาของ Zayas et al. (1998) [27] วิธีการจดจำรูปแบบถูกนำไปใช้ในการจำแนกลักษณะของเมล็ดข้าวสาลี โดยภาพถ่ายเมล็ดข้าวสาลีจำนวน 4,721 เมล็ด ภาพที่ได้ถูกแปลงเป็นข้อมูลดิจิทัลสู่คอมพิวเตอร์ และพารามิเตอร์ได้มาจากเส้นโค้งของเมล็ดข้าวสาลี ประมวลผลด้วยเทคนิค Pattern Recognition ผลการวิจัยพบว่าเทคนิคนี้สามารถจำแนกลักษณะของข้าวสาลีได้แม่นยำถึง 94%

จากการศึกษาของ Foram Sanghadiya and Darshana Mistry (2015) [28] การตรวจจับรอยตำหนิบนพื้นผิวกระเบื้องโดยใช้วิธีการประมวลผลภาพ พบว่ากระเบื้องที่มีรอยตำหนิบนพื้นผิวจะทำให้สีของพื้นผิวกระเบื้องเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งหากสีของกระเบื้องมีความแตกต่างจะเป็นไปได้ว่ามีรอยตำหนิเกิดขึ้นในการตรวจจับจากภาพสามารถใช้เทคนิคการตรวจจับขอบเฉพาะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ห้ามมิให้เผยแพร่หรือใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

จากการศึกษาของ บุญเลิศ สือเฉย และคณะ (2563) [29] การพัฒนาแขนกลจับชิ้นงานเชิงการมองเห็นแบบอัตโนมัติสำหรับกระบวนการผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ พบว่าการนำแขนกลมาใช้ร่วมระบบวิทัศน์ในการจับชิ้นงานสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดตามมาตรฐานกำหนด สามารถลดต้นทุนการผลิตระยะยาวได้และเพิ่มจำนวนผลผลิตได้ตามต้องการในเวลาที่กำหนด

จากการศึกษาของ ศันศินีย์ หิรัญจันทร์ และคณะ (2563) [30] การตรวจสอบป้ายทะเบียนรถคันชำระภาษีโดยระบบประมวลผลภาพ ด้วยการนำเทคโนโลยี License Plate Recognition และประมวลภาพวิดีโอจากกล้องพบว่าระบบสามารถแยกเอาแผ่นป้ายทะเบียนรถออกมาจากภาพได้อย่างถูกต้อง โดยระบบสามารถตรวจจับแผ่นป้ายภาษีได้ 31 รูป คิดเป็น 89% และนำไปประมวลผลต่อเพื่อหาปีที่เสียภาษีมีความถูกต้อง 11 รูป คิดเป็น 36% อย่างไรก็ตามมุมของภาพจะส่งผลต่อการหาตัวเลข

จากการศึกษาของ ศันศินีย์ หิรัญจันทร์ และคณะ (2563) [31] ระบบตรวจจับวัตถุต้องสงสัยจากภาพ Computer X-ray Tomography Scanner โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบอัตโนมัติสำหรับสแกนวัตถุอันตรายในกระเป๋าสัมภาระที่สนามบินเมื่อพบวัตถุต้องสงสัยตรงกับฐานข้อมูล (Data Base) ในระบบจะทำการส่งสัญญาณเตือนทันที พบว่าระบบสามารถตรวจจับวัตถุต้องสงสัยได้ โดยเครื่องจะแสดงเป็นภาพสองมิติซึ่งตรงกับฐานข้อมูลได้ 99% ทำให้สามารถตรวจจับวัตถุต้องสงสัยได้แม่นยำและถูกต้องมากขึ้น โดยระบบทำงานร่วมกับเครื่องสแกนวัตถุอันตรายตลอดเวลาและแจ้งเตือนไปยังเจ้าหน้าที่ให้ทราบเพื่อดำเนินการตรวจสอบต่อไป

จากการศึกษาของ ธราธร บุญศรี (2560) [32] การพัฒนาชุดตรวจจับและพิสูจน์เอกลักษณ์ยาแบบเม็ดและแคปซูลอัตโนมัติ ชนิดพกพา พัฒนาเครื่องตรวจจับและพิสูจน์เอกลักษณ์ยาเพื่อช่วยในการจัดจำแนกชนิดยา ในส่วนของซอฟต์แวร์โปรแกรมในการจำแนกลักษณะด้วย โปรแกรม HALCON ซึ่งจะจำแนกประเภทของยาปฏิชีวนะจากรูปร่าง ขนาด และสีของเม็ดยาด้วยวิธีการประมวลผลภาพโดยใช้การกำหนดค่าเทรสโฮลด์เพื่อแยกภาพเม็ดยาออกจากพื้นหลังและทำการอ่านค่าพารามิเตอร์ของเม็ดยาผ่านโปรแกรม จากการทดลองพบว่าระบบสามารถจำแนกยาปฏิชีวนะจำนวน 32 ชนิดได้อีกทั้งยังมีความแม่นยำและความถูกต้อง 95.70-99.99 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่สูงเหมาะสมสำหรับนำมาใช้งานในด้านเภสัชกรรม

จากการศึกษาของ ศุภามณ จันทรสกุล และสุชาดา บวรกิตติวงศ์ (2560) [33] สถิติอนุพาราเมตริกและการประยุกต์ใช้ในงานวิจัยทางการแพทย์ พบว่าสถิติที่ไม่ใช่พารามิเตอร์สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ดีเพราะสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งขนาดตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่และเล็ก สามารถใช้ได้กับข้อมูลระดับนามบัญญัติขึ้นไป (Nominal) และมีเทคนิคการวิเคราะห์ครบถ้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นใบเซอร์viceอื่นที่มีการค้าไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม กรุณาแจ้งให้ทราบเพื่อจะได้ดำเนินการแก้ไขและตัดสิทธิ์การใช้งานเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

จากการศึกษาของ Jinping Liu et al. (2016) [34] การศึกษาวิธีแยกชิ้นส่วนจากรูปภาพเมล็ดข้าว เม็ดบัว ฝ้า และกระเบื้องเซรามิกโดยใช้ระบบตรวจสอบอัตโนมัติ (Automated Visual Inspection: AVI) เปรียบเทียบระหว่างวิธี WD-model parameters (WD-MPs) และ Gaussian derivative filters (OGDFs) พบว่า WD-model parameters (WD-MPs) แยกคุณลักษณะของภาพพื้นผิวที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า

จากการศึกษาของ กนกวรรณ โภษิต และคณะ (2558) [35] การศึกษาประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA) ด้วยนอนพาราเมตริก โดยใช้การทดสอบมัธยฐาน (MMT) สถิติทดสอบคะแนนปกติ (MNST) สถิติทดสอบผลรวมของลำดับที่ (MRST) และสถิติทดสอบของฟิลโล-บามเลท เทรช (MPBT) โดยอาศัยเทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique) ในการจำลองสถานการณ์พบว่า กรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงปกติแบบตัวแปรพหุและเมตริกซ์มีความแปรปรวนร่วมแตกต่างกัน สถิติทดสอบ MRST, MMT, MNST และ MPBT สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้และมีอำนาจการทดสอบสูง กรณีข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติแบบตัวแปรพหุ ไม่มีสถิติใดสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบสูง

จากการศึกษาของ มนตรี สังข์ทอง (2561) [36] การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติพาราเมตริกและสถิตินอนพาราเมตริกในการทดสอบค่ากลางระหว่างประชากรหลายกลุ่มเมื่อข้อมูลเป็นแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ โดยวิธีการทางสถิติประกอบด้วย one-way ANOVA (F-test), Kruskal-Wallis test (K-W test), van der Waerden normal scores test (V-W test) และ Median test (M-test) เงื่อนไข คือ การแจกแจงของประชากร 3 ลักษณะและขนาดตัวอย่าง 3 ระดับ กำหนดความแปรปรวนเท่ากันและเท่ากัน ทดสอบที่นัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และ 0.01 พบว่าเมื่อตัวอย่างขนาดกลางกรณีความแปรปรวนเท่ากัน ตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ K-W test กรณีความแปรปรวนไม่เท่ากันคือ V-W test และเมื่อตัวอย่างขนาดใหญ่และความแปรปรวนเท่ากัน ตัวสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ F test, K-W test และ V-W test กรณีความแปรปรวนไม่เท่ากันคือ V-W test รองลงมา คือ K-W test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินงานจัดทำปฏิญญาพันธเรื่องการสร้างระบบตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์แก้ว แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยออกเป็น

1. การศึกษาข้อมูลภายในแผนกประกันคุณภาพเพื่อเลือกประเภทรอยตำหนิ
2. การสร้างอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อม
3. การสร้างแบบจำลองประมวลผลภาพ
4. การทดสอบการทำงานของแบบจำลอง

3.1 การศึกษาข้อมูลภายในแผนกประกันคุณภาพเพื่อเลือกประเภทรอยตำหนิ

เก็บข้อมูลบรรจุภัณฑ์ที่มีรอยตำหนิในของแผนกประกันคุณภาพของโรงงานการศึกษาในเดือน มีนาคม – สิงหาคม 2563 เพื่อเลือกประเภทรอยตำหนิที่พบได้มากและสามารถมองเห็นได้ด้วยสายตา

3.2 การสร้างอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อม

การสร้างอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อม เพื่อป้องกันแสงรบกวนจากภายนอก ทำให้สามารถควบคุมแสงภายในอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ อุปกรณ์สำหรับสร้างอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อม ได้แก่ กล้องกระดาดาช้าง แผ่นอะคริลิกสีขาว หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ แทนจับยึด กล้องแบบปรับระดับ และกล้องสำหรับถ่ายภาพ

3.3 การสร้างแบบจำลองประมวลผลภาพ

3.3.1 การเก็บข้อมูลรูปภาพ

ในงานวิจัยนี้เก็บข้อมูลรูปภาพเพื่อใช้ในสอนคอมพิวเตอร์ (Train) เพื่อให้จดจำลักษณะรอยตำหนิประเภทต่าง ๆ

อุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูลและประมวลผลรูปภาพ ได้แก่

1. กล้อง The Basler acA1300-60gc GigE camera with the e2v EV76C560 CMOS

sensor delivers 60 frames per second at 1.3 MP resolution.

2. เลนส์กล้อง computer M0814-MP2 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

3. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก Intel® Core™ i5-7200U CPU @ 2.50GHz 2.70GHz ขนาดหน่วยความจำ (RAM) 4.00 GB ระบบปฏิบัติการ Window 10

3.3.2 โครงสร้างการกระบวนการพื้นฐานการประมวลผลภาพดิจิทัล

1. การรับข้อมูลภาพดิจิทัล (Image Acquisition) คือ กระบวนการตรวจจับสัญญาณภาพจากแหล่งกำเนิด โดยผู้วิจัยได้ทำการถ่ายภาพบรรจุภัณฑ์แก้วทั้งหมด 410 รูปถ่ายตัวอย่าง และถ่ายภาพโดยกล้องอุตสาหกรรมที่เชื่อมต่อกับ USB ผ่านคอมพิวเตอร์และบันทึกรูปภาพโดยโปรแกรม MVS

2. การเตรียมภาพถ่าย (Image Pre-Processing) คือ การปรับปรุงคุณภาพข้อมูล (Image Enhancement) โดยการขจัดสัญญาณรบกวนและเพิ่มความชัดเจนให้กับข้อมูลภาพที่ต้องการ

3. การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation) คือ การแยกข้อมูลรูปภาพที่ต้องการออกจากข้อมูลรูปภาพที่ไม่ต้องการ จากนั้นนำข้อมูลรูปภาพที่ต้องการมาแบ่งส่วนภาพออกตามวัตถุประสงค์หรือองค์ประกอบของข้อมูลภาพ โดยผู้วิจัยทำการปรับปรุงโดยจากเดิมสีภาพอยู่ในระบบ RGB และทำการเปลี่ยนเป็นระบบสีเทา (Grey Scale Image)

4. การแทนและการอธิบายข้อมูล (Representation and Description) คือ การแทนข้อมูลภาพตามคุณลักษณะเฉพาะที่ต้องการ เพื่อให้คุณลักษณะที่สนใจเด่นชัดขึ้นที่ส่งผลต่อการนำไปใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลภาพ โดยผู้วิจัยทำการระบุชนิดของรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์ด้วยโปรแกรม Labellmg โดยการตีกรอกรอยตำหนิบนรูปภาพ และป้อนข้อมูลเพื่อระบุว่ารอยตำหนินั้นเป็นรอยตำหนิประเภทใด งานวิจัยนี้ป้อนข้อมูลรอยตำหนิ 4 ประเภท คือ รอยแฉียง แบลงค์เทียร์ รอยพับและตะเข็บคู่ โดยการทำ Annotation จะได้ข้อมูลของรูป ได้แก่ ชื่อรูปภาพ ขนาดของรูปภาพ ประเภทรอยตำหนิของรูปภาพ ค่า X min ค่า X max ค่า Y min และค่า Y max

3.3.3 การเขียนโปรแกรมสำหรับประมวลผลรูปภาพ

เขียนโปรแกรมสำหรับการสอนคอมพิวเตอร์ โดยนำโมเดลจากการสอนคอมพิวเตอร์มาใช้งาน เปิดกล้องใช้งานแบบตลอดเวลา (Real Time) และใช้ภาษา python สำหรับการเขียนโปรแกรมระบบตรวจสอบอัตโนมัติเพื่อตรวจสอบรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์แก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

3.4 การทดสอบการทำงานของแบบจำลอง

3.4.1 การทดสอบการทำงานของแบบจำลองโดยรวม

การทดสอบ (Test) โดยการนำเข้าข้อมูลรูปภาพและทดสอบการทำงานของโปรแกรมเพื่อเปรียบเทียบกับการทำงานของมนุษย์ โดยเก็บข้อมูลผลการทดสอบจากการนำบรรจุภัณฑ์แก้วที่มีรอยตำหนิหลากหลายประเภทละกันและบันทึกผลลงในตาราง 2 ตาราง คือ ตารางเก็บข้อมูลผลการทดสอบโดยใช้มนุษย์ตรวจสอบรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์แก้ว และตารางเก็บข้อมูลผลการทดสอบโดยใช้ระบบตรวจสอบรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์แก้ว แต่ละตารางเก็บผลการทดสอบซ้ำ 8 ครั้ง ครั้งละ 20 ขวด และนำผลจากการทดสอบไปวิเคราะห์เชิงสถิติ

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างตารางเก็บข้อมูลผลการทดสอบโดยใช้มนุษย์หรือระบบตรวจสอบ
รอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์แก้ว

ครั้งที่ ขวดที่	1	2	3	4	5	6	7	8
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ลีเก็งหนิงเจี๊ยงได้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

3.4.2 การทดสอบการทำงานของแบบจำลองโดยแยกประเภทรอยตำหนิ

การทดสอบโดยการนำเข้าข้อมูลรูปภาพและทดสอบการทำงานของโปรแกรม เปรียบเทียบกับการทำงานของมนุษย์ โดยเก็บข้อมูลผลการทดสอบจากการนำบรรจุภัณฑ์แก้วที่มีรอยตำหนิโดยแยกแต่ละประเภท คือ ตารางเก็บข้อมูลผลการทดสอบรอยตำหนิประเภทรอยแปร่ง รอยแบลงค์เทียร์ รอยพับ และรอยตะเข็บคู่ จากนั้นบันทึกผลของรอยตำหนิแต่ละประเภทลงในตาราง 2 ตาราง คือ ตารางเก็บข้อมูลผลการทดสอบโดยใช้มนุษย์ตรวจสอบรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์แก้ว และตารางเก็บข้อมูลผลการทดสอบโดยใช้ระบบตรวจสอบรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์ และนำผลจากการทดสอบไปวิเคราะห์เชิงสถิติ

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างตารางเก็บข้อมูลผลการทดสอบรอยตำหนิแต่ละประเภท



หมวดที่	ผลการทดสอบ
1	
2	
3	
4	
...	
n	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

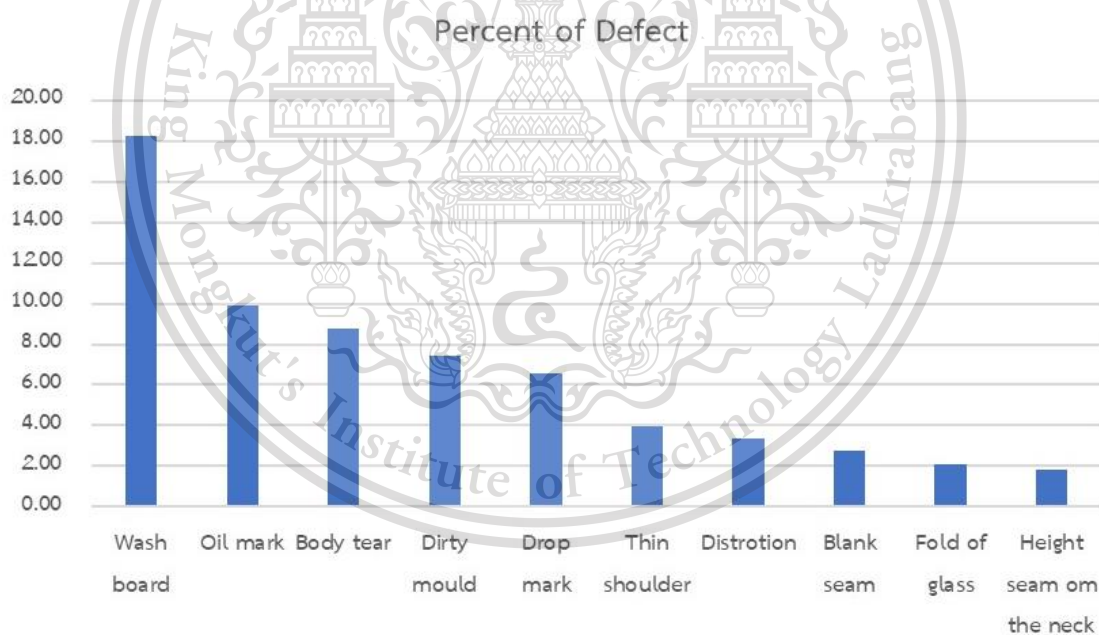
บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

จากการศึกษา ทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูลของการสร้างระบบตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์แก้ว ผลที่ได้จากการทดลองสามารถแบ่งได้ ดังนี้

4.1 การศึกษาข้อมูลภายในแผนกประกันคุณภาพเพื่อเลือกประเภทรอยตำหนิ

จากการเก็บข้อมูลบรรจุภัณฑ์ที่มีรอยตำหนิในของแผนกประกันคุณภาพของโรงงานกรณีศึกษาในเดือนมีนาคม – สิงหาคม 2563 พบว่ามีรอยตำหนิทั้งหมด 105 ประเภท จากการเก็บข้อมูลบรรจุภัณฑ์ที่มีรอยตำหนิและจัดอันดับรอยตำหนิที่พบมากที่สุด 10 อันดับแรก ดังรูปที่ 4.1



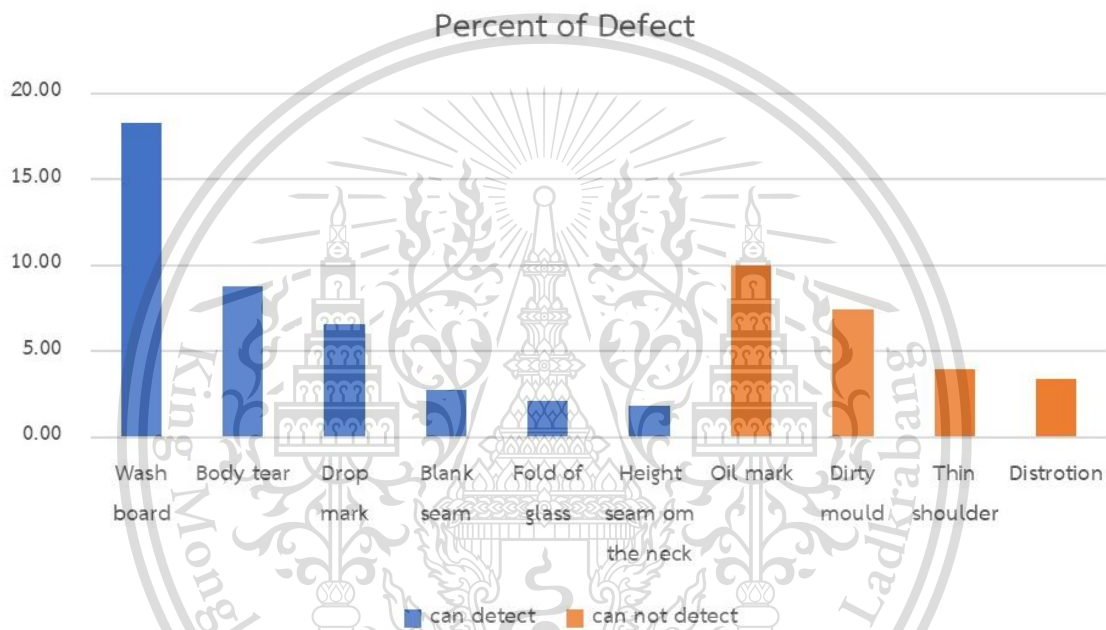
รูปที่ 4.1 รอยตำหนิที่พบมากที่สุด 10 อันดับ

จากรูปที่ 4.1 การจัดอันดับรอยตำหนิที่พบมากที่สุด 10 อันดับแรก คือ รอยแปรง 18.28% รอยน้ำมัน 9.94% รอยแปลงค์เทียร์ 8.79% รอยเข้าลอก 7.40% รอยขีดที่ตัว 3.93% รอยเงาบางที่ไหล่ 3.37% รอยเงาบาง 3.37% รอยตะเข็บคู่ 2.77% รอยพับ 2.10% และรอยตะเข็บคอสูง 1.81%
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

เมื่อแยกรอยตำหนิออกเป็น 2 กลุ่ม คือ สามารถมองเห็นได้ด้วยตาของมนุษย์ และไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาของมนุษย์ แสดงดังรูปที่ 4.2 ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกรอยตำหนิที่สามารถพบได้บ่อยและสามารถมองเห็นโดยตาของมนุษย์ 4 ประเภท ดังนี้

1. รอยแปรง
2. รอยแบลงค์เทียร์
3. รอยพับ
4. ตะเข็บคู่



รูปที่ 4.2 รอยตำหนิที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาของมนุษย์ และไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาของมนุษย์

4.2 การสร้างอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อม

4.2.1 หลักการสร้างอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อม

การสร้างอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อมผู้วิจัยแบ่งหลักการออกแบบอุปกรณ์ออกเป็น 2 ข้อ ได้แก่ วัสดุที่นำมาประกอบเพื่อเป็นอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อมมีน้ำหนักเบา สะดวกต่อการใช้งาน และมีการควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของภาพถ่าย เพื่อให้ภาพถ่ายอยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมและมีปัจจัยสำหรับการเก็บข้อมูลรูปภาพเดียวกัน โดยอุปกรณ์สำหรับสร้างอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อมมีดังนี้

1. กล้องกระดาษลัง ขนาด 50 x 70 x 60 เซนติเมตร
2. หลอดไฟแอลอีดี ยี่ห้อ อีฟ โลท์ดิง รุ่น A60 9W เคยไลท์ ความสว่าง 1,080 Lumen (Lm) 120 Lm/W อุณหภูมิสี 6,500 เคลวิน (K)
3. แผ่นอะคริลิกสีขาวสำหรับพื้นหลังในการถ่ายภาพและเพื่อลดความสว่างของแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า




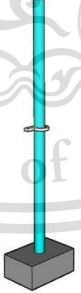
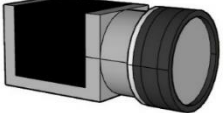
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นที่มีเหตุที่เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

4. แท่นจับยึดกล้องแบบปรับระดับ

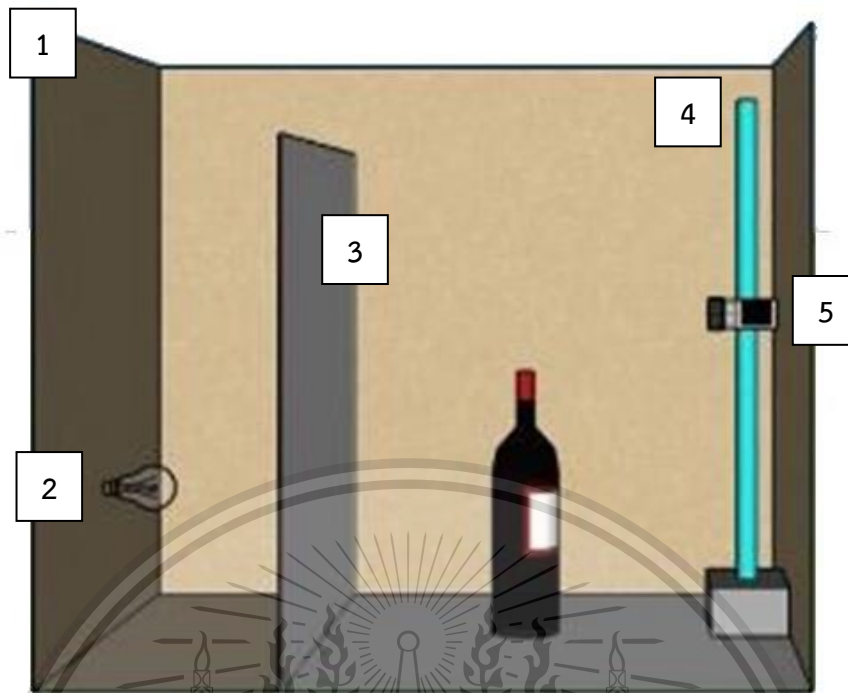
5. กล้องอุตสาหกรรม The Basler acA1300-60gc GigE camera with the e2v EV76C560 CMOS sensor delivers 60 frames per second at 1.3 MP resolution. และเลนส์กล้อง computar M0814-MP2

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดชิ้นส่วนอุปกรณ์สำหรับสร้างอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อม

หมายเลข	อุปกรณ์	รูปอุปกรณ์	ประโยชน์	ราคา
1	กล่องกระดาษลัง ขนาด 50 x 70 x 60 เซนติเมตร		ควบคุมไม่ให้แสงจาก ภายนอกเข้ามารบกวน	0
2	หลอดไฟแอลอีดี ยี่ห้อ อีฟ โลท์ตั้ง รุ่น A60		ให้ความสว่าง	170
3	แผ่นอะคริลิกสีขาว		เป็นพื้นหลังในการ ถ่ายภาพและลดการ สะท้อนของแสงไฟกับ ขวดแก้วโดยตรง	200
4	แท่นจับยึดกล้อง แบบปรับระดับ		เพื่อจับยึดกล้องและ ปรับระดับความสูงของ กล้อง	70
5	กล้อง The Basler acA1300-60gc พร้อมเลนส์ computar M0814-MP2		สำหรับถ่ายภาพ	22,000
รวม				22,440

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.



รูปที่ 4.3 อุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อม

4.3 การสร้างแบบจำลองประมวลผลภาพ

4.3.1 การเก็บข้อมูลรูปภาพ

ในงานวิจัยนี้เก็บข้อมูลรูปภาพเพื่อใช้ในสอนคอมพิวเตอร์ (Train) จำนวน 410 รูปภาพ โดยเป็นรูปภาพรอยตำหนิประเภทรอยแปรง 127 รูป แบลงค์เทียร์ 96 รูป รอยพับ 75 รูป และตะเข็บคู่ 112 รูป อุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูลและประมวลผลรูปภาพ ได้แก่

1. กล้อง The Basler acA1300-60gc GigE camera with the e2v EV76C560 CMOS sensor delivers 60 frames per second at 1.3 MP resolution.
2. เบนส์กล้อง computar M0814-MP2
3. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก Intel® Core™ i5-7200U CPU @ 2.50GHz 2.70GHz ขนาดหน่วยความจำ (RAM) 4.00 GB ระบบปฏิบัติการ Window 10
4. กล้องควบคุมสภาพแวดล้อม

4.3.2 โครงสร้างการกระบวนการพื้นฐานการประมวลผลภาพดิจิทัล

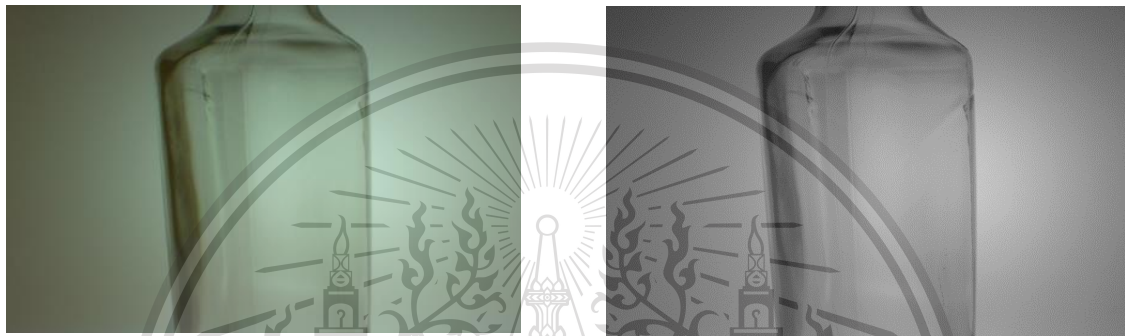
1. การรับข้อมูลภาพดิจิทัล (Image Acquisition) คือ กระบวนการตรวจจับสัญญาณภาพจากแหล่งกำเนิด โดยผู้วิจัยได้ทำการถ่ายภาพบรรจุภัณฑ์แก้วทั้งหมด 410 รูปภาพตัวอย่าง และถ่ายภาพโดยกล้องอุตสาหกรรมที่เชื่อมต่อกับ USB ผ่านคอมพิวเตอร์และบันทึกรูปภาพโดยโปรแกรม MVS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น โปรดสงวนไว้เพื่อใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

2. การเตรียมภาพถ่าย (Image Pre-processing) คือ การปรับปรุงคุณภาพข้อมูล (Image Enhancement) โดยการขจัดสัญญาณรบกวนและเพิ่มความชัดเจนให้กับข้อมูลภาพที่ต้องการ

3. การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation) คือ การแยกข้อมูลรูปภาพที่ต้องการออกจากข้อมูลรูปภาพที่ไม่ต้องการ จากนั้นนำข้อมูลรูปภาพที่ต้องการมาแบ่งส่วนภาพออกตามวัตถุประสงค์หรือองค์ประกอบของข้อมูลภาพ โดยผู้วิจัยทำการปรับปรุงโดยจากเดิมสีภาพอยู่ในระบบ RGB และทำการเปลี่ยนเป็นระบบสีเทา (Grey Scale Image)



รูปที่ 4.4 การปรับปรุงรูปภาพจากภาพสี RGB เป็นภาพระดับสีเทา (Grey Scale Image)

4. การแทนและการอธิบายข้อมูล (Representation and Description) คือ การแทนข้อมูลภาพตามคุณลักษณะเฉพาะที่ต้องการ เพื่อให้คุณลักษณะที่สนใจเด่นชัดขึ้นที่ส่งผลต่อการนำไปใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลภาพ โดยผู้วิจัยทำการระบุชนิดของรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์ด้วยโปรแกรม Labelling โดยการตีกรอบรอยตำหนิบนรูปภาพ และป้อนข้อมูลเพื่อระบุว่ารอยตำหนินั้นเป็นรอยตำหนิประเภทใด งานวิจัยนี้ป้อนข้อมูลรอยตำหนิ 4 ประเภท คือ รอยแปรง, แบลกซ์เทียร์, รอยพับและตะเข็บคู่ โดยการทำ Annotation จะได้ข้อมูลของรูป ได้แก่ ชื่อรูปภาพ ขนาดของรูปภาพ ประเภทรอยตำหนิของรูปภาพ ค่า X-min ค่า X-max ค่า Y-min และค่า Y-max

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

4.4 การสร้างแบบจำลองโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

4.4.1 การสร้างแบบจำลองในการแยกประเภทรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์แก้ว

การสร้างแบบจำลองสำหรับการแยกประเภทรอยตำหนิแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

1. การฝึกอบรม (Training) โดยเขียนโค้ดสำหรับการสอนคอมพิวเตอร์ ผ่าน Google Colab และ นำโมเดลจากการสอนคอมพิวเตอร์มาใช้งานผ่านโปรแกรม Jupyter notebook

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างข้อมูลคุณลักษณะหลังจากการ Train ผ่าน Google colab

filename	width	height	class	xmin	ymin	xmax	ymax	image_id
1.jpg	1280	1024	Wash board	604	637	707	779	0
2.jpg	1280	1024	Wash board	661	637	740	748	1
3.jpg	1280	1024	Blank seam	812	529	883	774	2
4.jpg	1280	1024	Wash board	906	460	982	549	3
5.jpg	1280	1024	Blank seam	664	767	789	1024	4
6.jpg	1280	1024	Wash board	521	449	663	616	5
7.jpg	1280	1024	Blank seam	334	125	419	791	6
8.jpg	1280	1024	Blank seam	470	748	565	1020	7
9.jpg	1280	1024	Blank seam	352	146	468	217	8
10.jpg	1280	1024	Blank seam	589	729	688	1022	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

2. การทดสอบ (Testing)

ทดสอบการทำงานของระบบผ่านโปรแกรม Jupyter Notebook โดยการจับภาพของบรรจุกณ์ที่ตลอดเวลาและเปรียบเทียบกับการทำงานของผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการรวบรวมบรรจุกณ์ที่แก้ที่มีรอยตำหนิทั้งหมด 160 ตัวอย่างและทำการทดสอบทั้งหมด 8 ครั้ง ครั้งละ 20 ตัวอย่างอย่างโดยทุกการทดสอบจะทำการสุ่มขอใหม่ทุกครั้งเพื่อการทดสอบรอบต่อไปและได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบโดยใช้มนุษย์ตรวจสอบรอยตำหนิบนบรรจุกณ์ที่แก้

ครั้งที่ หมวดที่	1	2	3	4	5	6	7	8
1	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
2	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
3	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
4	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
5	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
6	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE
7	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
8	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
9	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
10	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
11	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
12	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
13	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
14	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
15	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
16	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE
17	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
18	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
19	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
20	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุที่เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบใช้ระบบตรวจสอบรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์แก้ว

ครั้งที่ ขวดที่	1	2	3	4	5	6	7	8
1	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
2	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE
3	TRUE	FALSE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
4	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
5	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
6	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE
7	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
8	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
9	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
10	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
11	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
12	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE
13	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
14	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
15	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE
16	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE
17	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
18	FALSE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
19	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE
20	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

จากการทดสอบสถิติไม่ใช้พารามิเตอร์ (Non-Parametric Statistics) เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้สำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบอิสระ (Free Distribution) กรณีกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มมีความสัมพันธ์กัน (Two-Related-Samples Test) เพื่อเปรียบเทียบค่ากลางของข้อมูล 2 ชุดโดยมีปัจจัยควบคุมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยวิธี Sign Test ซึ่งเป็นการทดสอบที่ใช้จำนวนเครื่องหมายบวกและลบตามลักษณะการเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบความถูกต้องในการตรวจสอบรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์แก้ว

รอบ	วิธีการทดสอบ	มนุษย์	ระบบ
1		20	19
2		18	16
3		19	17
4		20	18
5		19	18
6		19	17
7		18	17
8		17	18

สมมติฐาน $H_0 : P_0 = 0.5$ มนุษย์และระบบตรวจสอบมีความสามารถในการตรวจสอบรอยตำหนิใกล้เคียงกัน

$H_1 : P_0 \neq 0.5$ มนุษย์และระบบมีความสามารถในการตรวจสอบรอยตำหนิไม่เท่ากัน

เปรียบเทียบค่า

$$+ = 7$$

$$- = 1$$

$$0 = 0$$

$$\text{โดย } Z = \frac{p-P}{\sqrt{\frac{PQ}{n}}} \quad (4.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

โดยที่	α	=	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Significant Level)
	n	=	จำนวนครั้งการทดสอบ
	Z_α	=	บริเวณวิกฤต
	p	=	โอกาสที่คนทำการตรวจสอบได้ดีกว่าระบบ
เมื่อ	α	=	0.05
	n	=	8
	Z_α	=	1.645
	p	=	7/8
	P, Q	=	0.5

เมื่อแทนค่าในสูตร (4.1) จะได้

$$Z = \frac{p-P}{\sqrt{\frac{PQ}{n}}}$$

$$Z = \frac{\frac{7}{8} - 0.5}{\sqrt{\frac{(0.5)(0.5)}{8}}}$$

$$Z = 2.12$$

ดังนั้น $Z > Z_\alpha$ ปฏิเสธ H_0 ระบบตรวจสอบไม่สามารถปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบ

4.4.2 การทดสอบการทำงานของแบบจำลองโดยแยกประเภทรอยตำหนิ

การทดสอบโดยการนำเข้าข้อมูลรูปภาพและทดสอบการทำงานของโปรแกรม เปรียบเทียบกับการทำงานของมนุษย์ โดยเก็บข้อมูลผลการทดสอบจากการนำบรรจุภัณฑ์แก้วที่มีรอยตำหนิโดยแยกแต่ละประเภท และนำผลจากการทดสอบไปวิเคราะห์เชิงสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบรอยตำหนิประเภทรอยแปรงโดยใช้มนุษย์ตรวจสอบ

ขวดที่	ผลการทดสอบ	ขวดที่	ผลการทดสอบ
1	TRUE	26	TRUE
2	TRUE	27	TRUE
3	TRUE	26	TRUE
4	TRUE	27	TRUE
5	TRUE	28	TRUE
6	TRUE	29	TRUE
7	TRUE	30	TRUE
8	TRUE	31	TRUE
9	TRUE	32	TRUE
10	TRUE	33	TRUE
11	TRUE	34	TRUE
12	TRUE	35	TRUE
13	TRUE	36	TRUE
14	TRUE	37	FALSE
15	TRUE	38	TRUE
16	TRUE	39	TRUE
17	TRUE	40	TRUE
18	TRUE	41	TRUE
19	TRUE	42	TRUE
20	TRUE	43	TRUE
21	FALSE	44	TRUE
22	TRUE	45	TRUE
23	TRUE	46	TRUE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบรอยตำหนิประเภทรอยแปรงโดยใช้ระบบตรวจสอบ

ขวดที่	ผลการทดสอบ	ขวดที่	ผลการทดสอบ
1	TRUE	26	TRUE
2	TRUE	27	TRUE
3	TRUE	26	TRUE
4	TRUE	27	TRUE
5	TRUE	28	TRUE
6	TRUE	29	TRUE
7	TRUE	30	TRUE
8	TRUE	31	TRUE
9	TRUE	32	TRUE
10	TRUE	33	TRUE
11	TRUE	34	TRUE
12	TRUE	35	TRUE
13	TRUE	36	TRUE
14	TRUE	37	TRUE
15	TRUE	38	TRUE
16	TRUE	39	TRUE
17	TRUE	40	TRUE
18	TRUE	41	FALSE
19	TRUE	42	TRUE
20	TRUE	43	TRUE
21	FALSE	44	TRUE
22	TRUE	45	TRUE
23	TRUE	46	TRUE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบรอยตำหนิประเภทแบลงค์เทียร์โดยใช้นุขย์ตรวจสอบ

ขวดที่	ผลการทดสอบ	ขวดที่	ผลการทดสอบ
1	TRUE	21	TRUE
2	TRUE	22	TRUE
3	TRUE	23	TRUE
4	TRUE	24	TRUE
5	TRUE	25	TRUE
6	TRUE	26	FALSE
7	TRUE	27	TRUE
8	TRUE	28	TRUE
9	TRUE	29	TRUE
10	TRUE	30	TRUE
11	TRUE	31	TRUE
12	TRUE	32	TRUE
13	TRUE	33	TRUE
14	TRUE	34	TRUE
15	TRUE	35	TRUE
16	TRUE	36	TRUE
17	TRUE	37	TRUE
18	TRUE	38	TRUE
19	TRUE	39	TRUE
20	TRUE	40	TRUE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบรอยดำหนีประเภทเบลงค์เทียร์โดยใช้ระบบตรวจสอบ

ขวดที่	ผลการทดสอบ	ขวดที่	ผลการทดสอบ
1	TRUE	21	TRUE
2	TRUE	22	TRUE
3	TRUE	23	TRUE
4	FALSE	24	TRUE
5	TRUE	25	TRUE
6	TRUE	26	FALSE
7	TRUE	27	TRUE
8	TRUE	28	TRUE
9	TRUE	29	TRUE
10	FALSE	30	TRUE
11	FALSE	31	TRUE
12	FALSE	32	TRUE
13	TRUE	33	FALSE
14	TRUE	34	TRUE
15	TRUE	35	TRUE
16	TRUE	36	TRUE
17	FALSE	37	TRUE
18	FALSE	38	TRUE
19	TRUE	39	FALSE
20	TRUE	40	TRUE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบรอยดำหินประเภทรอยพับโดยใช้มนุษย์ตรวจสอบ

ขวดที่	ผลการทดสอบ	ขวดที่	ผลการทดสอบ
1	TRUE	16	TRUE
2	TRUE	17	FALSE
3	TRUE	18	TRUE
4	TRUE	19	TRUE
5	TRUE	20	TRUE
6	TRUE	21	TRUE
7	TRUE	22	TRUE
8	TRUE	23	TRUE
9	FALSE	24	TRUE
10	TRUE	25	TRUE
11	TRUE	26	TRUE
12	TRUE	27	TRUE
13	TRUE	28	TRUE
14	TRUE	29	TRUE
15	TRUE	30	FALSE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบรอยตำหนิประเภทรอยพับโดยใช้ระบบตรวจสอบ

ขวดที่	ผลการทดสอบ	ขวดที่	ผลการทดสอบ
1	TRUE	16	TRUE
2	TRUE	17	FALSE
3	TRUE	18	TRUE
4	TRUE	19	TRUE
5	TRUE	20	TRUE
6	TRUE	21	TRUE
7	TRUE	22	TRUE
8	TRUE	23	TRUE
9	TRUE	24	TRUE
10	TRUE	25	TRUE
11	TRUE	26	TRUE
12	TRUE	27	TRUE
13	TRUE	28	TRUE
14	TRUE	29	TRUE
15	TRUE	30	FALSE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบรอยดำหิประเภทตะเข็บคู่โดยใช้มนุษย์ตรวจสอบ

ขวดที่	ผลการทดสอบ	ขวดที่	ผลการทดสอบ
1	TRUE	23	TRUE
2	TRUE	24	TRUE
3	TRUE	25	TRUE
4	TRUE	26	TRUE
5	TRUE	27	TRUE
6	TRUE	28	TRUE
7	TRUE	29	TRUE
8	TRUE	30	TRUE
9	TRUE	31	FALSE
10	TRUE	32	TRUE
11	TRUE	33	TRUE
12	TRUE	34	TRUE
13	TRUE	35	TRUE
14	TRUE	36	TRUE
15	FALSE	37	TRUE
16	TRUE	38	TRUE
17	TRUE	39	TRUE
18	TRUE	40	FALSE
19	TRUE	41	TRUE
20	TRUE	42	TRUE
21	TRUE	43	TRUE
22	FALSE	44	TRUE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบรอยตำหนิประเภทตะเข้บคู้โดยใช้ระบบตรวจสอบ

ขวตที่	ผลการทดสอบ	ขวตที่	ผลการทดสอบ
1	TRUE	23	TRUE
2	FALSE	24	TRUE
3	FALSE	25	TRUE
4	TRUE	26	TRUE
5	TRUE	27	TRUE
6	TRUE	28	TRUE
7	TRUE	29	TRUE
8	TRUE	30	TRUE
9	TRUE	31	FALSE
10	TRUE	32	TRUE
11	TRUE	33	TRUE
12	TRUE	34	TRUE
13	TRUE	35	TRUE
14	TRUE	36	TRUE
15	FALSE	37	TRUE
16	FALSE	38	TRUE
17	TRUE	39	TRUE
18	TRUE	40	FALSE
19	TRUE	41	TRUE
20	TRUE	42	TRUE
21	TRUE	43	TRUE
22	FALSE	44	TRUE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบความถูกต้องในการตรวจสอบรอยตำหนิแต่ละประเภทบนบรรจุภัณฑ์แก้ว

วิธีการทดสอบ ประเภทรอยตำหนิ	% ความถูกต้องจาก การตรวจสอบโดย มนุษย์	% ความถูกต้องจาก การตรวจสอบโดย ระบบ
รอยแปรง	95.65	89.13
รอยแบลงค์เทียร์	94.50	77.50
รอยพับ	90.00	93.33
รอยตะเข็บคู่	90.91	84.09

โดยผลจากตารางการทดสอบความถูกต้องในการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์ตัวอย่างที่มีรอยตำหนิทั้ง 4 ประเภทดังนี้

1. รอยตำหนิประเภทรอยแปรงและทดสอบบรรจุภัณฑ์ตัวอย่างทั้งหมด 46 ขวด พบว่ามนุษย์สามารถตรวจสอบได้ถูกต้อง 95.65% และระบบสามารถตรวจสอบได้ถูกต้อง 89.13%
2. รอยตำหนิประเภทแบลงค์เทียร์และทดสอบบรรจุภัณฑ์ตัวอย่างทั้งหมด 40 ขวด พบว่ามนุษย์สามารถตรวจสอบได้ถูกต้อง 94.50% และระบบสามารถตรวจสอบได้ถูกต้อง 77.50%
3. รอยตำหนิประเภทรอยพับและทดสอบบรรจุภัณฑ์ตัวอย่างทั้งหมด 30 ขวด พบว่ามนุษย์สามารถตรวจสอบได้ถูกต้อง 90% ขวดและระบบสามารถตรวจสอบได้ถูกต้อง 93.33%
4. รอยตำหนิประเภทตะเข็บคู่และทดสอบบรรจุภัณฑ์ตัวอย่างทั้งหมด 44 ขวด พบว่ามนุษย์สามารถตรวจสอบได้ถูกต้อง 90.91% และระบบสามารถตรวจสอบได้ถูกต้อง 84.09%

ดังนั้นจากตารางเปรียบเทียบความถูกต้องในการตรวจสอบรอยตำหนิแต่ละประเภทพบว่ามียอยตำหนิ 3 ประเภทที่มนุษย์มีความสามารถในการตรวจสอบรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์แก้วคือ รอยแปรง แบลงค์เทียร์ และตะเข็บคู่ ในขณะที่รอยตำหนิประเภทรอยพับพบว่าระบบมีความสามารถในการตรวจสอบรอยตำหนิมากกว่ามนุษย์ โดยประสิทธิภาพเฉลี่ยของการตรวจสอบรอยตำหนิของมนุษย์คือ 87.25% และประสิทธิภาพเฉลี่ยของการตรวจสอบรอยตำหนิของระบบตรวจสอบอัตโนมัติคือ 73.63% ซึ่งระบบตรวจสอบโดยมนุษย์มีประสิทธิภาพเฉลี่ยมากกว่าระบบตรวจสอบอัตโนมัติ 13.62%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้กล่าวถึงการสรุปผลการวิจัย ปัญหาและข้อเสนอจากการดำเนินงานที่ผ่านมาของการสร้างระบบตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์แก้วดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างการสร้าระบบต้นแบบสำหรับการตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์แก้วโดยใช้ระบบประมวลผลอัตโนมัติ (Automated Visual Inspection) และมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับมนุษย์ที่ชำนาญในการตรวจสอบ

1. ผลจากการสร้างระบบต้นแบบสำหรับการตรวจสอบรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนบรรจุภัณฑ์แบบอัตโนมัติ (Automatic Visual Inspection) ในแผนกประกันคุณภาพพบว่าสามารถใช้ในกระบวนการเก็บข้อมูลรูปภาพได้และมีราคาย่อมเยา โดยอุปกรณ์เดิมสำหรับการตรวจสอบคุณภาพคือเครื่องจักรตรวจจับอัตโนมัติจากต่างประเทศราคา 10 ล้านบาท/เครื่อง หลังการสร้างระบบต้นแบบการตรวจสอบรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนบรรจุภัณฑ์แบบอัตโนมัติ โดยใช้ต้นทุนในการสร้างระบบต้นแบบทั้งหมด 22,440 บาท ดังนั้นเมื่อมีการพัฒนาระบบต้นแบบต่อไปจะสามารถทดแทนการนำเข้าอุปกรณ์ตรวจจับอัตโนมัติจากต่างประเทศได้

2. ผลจากการจำแนกประเภทรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์แก้วโดยใช้ระบบประมวลผลอัตโนมัติในการแยกรอยตำหนิ 4 ประเภท คือ รอยแครง รอยแบลงค์เทีย รอยพับ และรอยตะเข็บคู่ พบว่ารอยตำหนิประเภทรอยแครง รอยแบลงค์เทีย และรอยตะเข็บคู่ มนุษย์มีความสามารถในการแยกประเภทของรอยตำหนิได้ดีกว่าระบบประมวลผลอัตโนมัติ ในขณะที่รอยตำหนิประเภทรอยพับระบบจะมีความสามารถในการแยกประเภทมากกว่ามนุษย์ จากการทดสอบพบว่าระบบไม่สามารถพัฒนากระบวนการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์แก้วได้

จากผลการทดลองผู้วิจัยสามารถสร้างระบบต้นแบบสำหรับการตรวจสอบรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนบรรจุภัณฑ์แบบอัตโนมัติในแผนกประกันคุณภาพสามารถนำมาใช้งานได้จริงและสามารถพัฒนาเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นในนามของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาเท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการวิจัยพบปัญหาและมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.2.1 จำนวนข้อมูลสำหรับกระบวนการสอน

จากขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของระบบตรวจรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์แก้วพบคือ การตรวจสอบรอยตำหนิผิดพลาด ซึ่งอาจเกิดจากจำนวนข้อมูลรูปสำหรับการขั้นตอนการสอนไม่เพียงพอ เพราะจากการเก็บตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ในเดือนสิงหาคม 2563 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ที่มีรอยตำหนิบางประเภทมีจำนวนน้อย จึงส่งผลให้มีจำนวนข้อมูลสำหรับกระบวนการสอนน้อยเกินไปและส่งผลให้ระบบมีการแยกประเภทของรอยตำหนิผิดพลาด

5.2.2 ประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์และประสบการณ์ของผู้เขียนโปรแกรม

จากขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของระบบตรวจรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์แก้วพบคือ การตรวจสอบรอยตำหนิผิดพลาด เนื่องจากผู้เขียนโปรแกรมมีประสบการณ์ในการใช้ภาษา python ค่อนข้างน้อยจึงต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษาข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากซอฟต์แวร์ในการทำงานเป็นระยะเวลานาน จึงมีระยะเวลาจำกัดสำหรับการพัฒนาซอฟต์แวร์และส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการตรวจสอบรอยตำหนิบนบรรจุภัณฑ์แก้วโดยการใช้ระบบการตรวจสอบแบบอัตโนมัติ

5.2.3 การพัฒนาชุดต้นแบบสำหรับตรวจสอบรอยตำหนิ

จากขั้นตอนการเก็บข้อมูลรูปภาพพบว่าอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับการเก็บข้อมูลรูปภาพมีขนาดใหญ่ อาจมีข้อจำกัดสำหรับการทำงานในพื้นที่ค่อนข้างเล็ก ในอนาคตหากนำไปใช้ในกระบวนการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์ควรปรับขนาดของอุปกรณ์ควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมสำหรับพื้นที่การทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2563. *บรรจุภัณฑ์แก้ว*. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2563, จาก https://packaging.oie.go.th/new/search_data_technology.php
- [2] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2559. *แนวทางตรวจสอบคุณภาพอย่างง่าย*. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2563, จาก <https://bsc.dip.go.th/th/category/quality-control/qs-QualityCheck>
- [3] Kirkpong Kiatpanichagij, 2006. *Automated visual inspection for contamination detection in electronic industry*. สืบค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2563, จาก http://www.geocities.ws/k_kirkpong/chapter01.pdf
- [4] ศูนย์ฝึกอบรมเทคนิคการผลิตขวดแก้ว, 2554. *กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์แก้ว*. สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2563, จาก http://www.thaiglass.co.th/th/technical_training_center.php
- [5] กฤษณพงศ์ เลิศบำรุงชัย, 2562. *ภาพดิจิทัลเบื้องต้น (Introduction Digital Image)*. สืบค้นเมื่อ 3 พฤศจิกายน 2563, <https://touchpoint.in.th/introduction-digital-image/>
- [6] กิตติ ภัคตีวัฒน์กุล, 2546. *มัลติมีเดียฉบับพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: บริษัท เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์ จำกัด.
- [7] Patasu Daungmala, 2550. *Image Processing*. สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2563, จาก ibookengineering.blogspot.com
- [8] MATHWORKS, 2020. *RGB image to grayscale image conversion*. สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2563, จาก MATLAB for Students - MATLAB & Simulink (mathworks.com)
- [9] Glenn Stark, 2020. *Light, the visible spectrum*. สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2563, จาก <https://cdn.britannica.com/250x600/30/27030-004-293E0372.jpg>
- [10] Gil Dekel, 2016. *RGB and CMYK Colours systems*. สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2563, จาก <http://www.poeticmind.co.uk/wp-content/uploads/2016/03/RGB-Gil-Dekel.jpg>
- [11] MATHWORKS, (2020). *image conversion*. สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2563, จาก MATLAB for Students - MATLAB & Simulink (mathworks.com)
- [12] วีรวรรณ จันทะทรัพย์, 2560. *ตำราเรียนการประมวลผลภาพดิจิทัล*. สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (พฤศจิกายน, 2563)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

[14] เกตุวดี กัมพลาสิริ, 2551. *สถิติพารามเมตริก*. นิตยสาร สสวท., 36(153), 7-10. สืบค้นจาก <http://lib.edu.chula.ac.th/IWEBTEMP/25640513/436182515434694.PDF>

[15] รศ.ดร. กัลยา วานิชย์บัญชา, 2554. *สถิติสำหรับงานวิจัย หลักการเลือกใช้เทคนิคทางสถิติในงานวิจัย พร้อมคำอธิบายผลลัพธ์ที่ได้จาก SPSS*. ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[16] Franz Pernkopf and Paul O'Leary, 2003. *Image acquisition techniques for automatic visual inspection of metallic surfaces*. Journal NDT&E International, 36(8), 609–617.

[17] Ce Ge, Jing Wang, Jingyu Wang, Qi Qi, Haifeng Sun, and Jianxin Liao, 2020. *Towards automatic visual inspection: A weakly supervised learning method for industrial applicable object detection*. Journal Computers in Industry, 121(), 103232.

[18] Yingguabg Li, Wenping Mou, Jingjing Li, Changqing Liu, and James Gao, 2020. *An automatic and accurate method for tool wear inspection using grayscale image probability algorithm based on bayesian inference*. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. Journal 68(2021), 102079.

[19] ณัฐพล แสงจันทร์ และดาวพระศุภร์ นุ่มเอี่ยม, 2549. *การศึกษาความเป็นไปได้ในการคัดแยกฝักถั่วเหลืองโดยใช้กระบวนการประมวลผลภาพ*. ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[20] ดุษฎี วงษ์วีระจันทร์, 2562. *การตรวจจับความเคลื่อนไหวของภาพความร้อน*. วิทยานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[21] วีรชัย คงศิริวัฒนา และสร้อยญา สว่างศรี, 2563. *การตรวจสอบคุณภาพของถุงปูนด้วยวิธีการประมวลผลภาพ โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน: กรณีศึกษากระบวนการผลิตถุงปูนซีเมนต์*. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[22] สราวุฒิ บุญเกิดรัมย์ และณัฐวุฒิ ศรีวิบูลย์, 2563. *การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของข้าวกล้องงอกโดยใช้การประมวลผลภาพ*. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์.

[23] ขวัญชัย ชอบสำราญ, 2562. *การประมวลผลภาพใส่กรอบเพื่อตรวจสอบสีในระหว่างการจัดเก็บ*. วิทยานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

[24] เสกสรรค์ วินยางค์กุล กมลพรรณ จันทรา และนันทชัย เต๋จาดีบ, 2563. *การวัดระดับความเข้มของสีเมล็ดกาแฟ โดยใช้การประมวลผลภาพแบบฮิสโทแกรม สำหรับการแบ่งระดับเกรดของการคั่วเมล็ดกาแฟ*. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

[25] กิตติภักดิ์ เพชรประดับ กิตติภักดิ์ แสงโชติหิรัญ และศุภวิชญ์ จันทร์ศิริ, 2560. *เทคโนโลยีการประมวลผลภาพสำหรับการอ่านป้ายทะเบียนรถยนต์*. ปริญญาทิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[26] ณัฐนนท์ รัตนยานนท์ และศุภวิชญ์ ฝอยทอง, 2563. *ระบบตรวจจับและคัดแยกถุงขยะด้วยการประมวลผลภาพ*. วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[27] Zayas, I.Y, C. R. Martin, J.L. Steele, and A.Katceovich, 1996. *Wheat classification using image analysis and crush-force parameter*. Journal Transaction of the ASAE 39(6):2199- 2204.

[28] Foram Sanghadiya and Darshana Mistry, 2015. *Surface Defect Detection in a Tile using Digital Image Processing : Analysis and Evaluation*. International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 116 – No. 10, April 2015.

[29] บุญเลิศ สือเฉย อิศราพร มีทอง และมณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์, 2563. *การพัฒนาแขนกลจับชิ้นงานเชิงการมองเห็นแบบอัตโนมัติสำหรับกระบวนการผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์*. บทความวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[30] ศันศินีย์ หิรัญจันทร์ ชนาธิป อาจสันเทียะ อรรถพล อิ่มดม เมธี เอี่ยมประไพ และ มหศักดิ์ เกตุฉ่ำ, 2563. *การตรวจสอบป้ายภาษีรถค้ำชำระโดยใช้ระบบประมวลผลภาพ*. วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[31] ศันศินีย์ หิรัญจันทร์ รชต ยัพวัฒนา พศวีร์ เดชศราเดโช และสรวงษ์สร นาคแท้, 2563. *ระบบตรวจจับวัตถุต้องสงสัยจากภาพ Computer X-ray Tomography Scanner*. วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[32] นายธรรณ บุญศรี, 2560. *การพัฒนาชุดตรวจจับและพิสูจน์เอกลักษณ์รูปแบบเม็ดและแคปซูลอัตโนมัติ ชนิดพกพา*. โครงการวิจัย มหาวิทยาลัยบูรพา.

[33] ศุภามณ จันทร์สกุล และสุษาดา บวรกิติวงศ์, 2560. *สถิตินอนพาราเมตริกและการประยุกต์ใช้ในงานวิจัยทางการแพทย์*. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิใช่ผู้เผยแพร่โดยไม่ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

[34] Jinping Liua, Zhaohui Tang, Weihua Gui, Wenzhong Liu, Pengfei Xu and, Jianyong Zhu, 2016. *Application of statistical modeling of image spatial structures to automated visual inspection of product quality*. Journal of Process Control, 44(), 23–40

[35] กนกวรรณ โจนาคม ไพรัตน์ วงษ์นาม และประเสริฐ เรือนนงการ, 2558. *การศึกษาประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรพหุ (Multivariate Analysis of Variance ; MANOVA) ด้วยนอนพาราเมตริก โดยใช้การทดสอบมัธยฐาน (MMT), สถิติทดสอบคะแนนปกติ (MNST), สถิติทดสอบผลรวมของลำดับที่ (MRST) และสถิติทดสอบของฟิลไล-บามเลทเทรช (MPBT)*. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

[36] มนตรี สังข์ทอง, 2561. *การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติพาราเมตริกและสถิตินอนพาราเมตริกในการทดสอบค่ากลางระหว่างประชากรหลายกลุ่มเมื่อข้อมูลเป็นแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ*. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์บุรีรัมย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

ตารางที่ ผก.1 ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากการทำ Annotation

filename	width	height	class	xmin	ymin	xmax	ymax	image_id
1.jpg	1280	1024	Wash board	604	637	707	779	0
2.jpg	1280	1024	Wash board	661	637	740	748	1
3.jpg	1280	1024	Blank seam	812	529	883	774	2
4.jpg	1280	1024	Wash board	906	460	982	549	3
5.jpg	1280	1024	Blank seam	664	767	789	1024	4
6.jpg	1280	1024	Wash board	521	449	663	616	5
7.jpg	1280	1024	Blank seam	334	125	419	791	6
8.jpg	1280	1024	Blank seam	470	748	565	1020	7
9.jpg	1280	1024	Blank seam	352	146	468	217	8
10.jpg	1280	1024	Blank seam	589	729	688	1022	9
11.jpg	1280	1024	Blank seam	403	291	489	603	10
12.jpg	1280	1024	Blank seam	833	155	974	532	11
13.jpg	1280	1024	Wash board	542	99	603	335	12
14.jpg	1280	1024	Wash board	768	636	926	688	13
15.jpg	1280	1024	Wash board	867	607	968	628	14
16.jpg	1280	1024	Wash board	518	629	624	678	15
17.jpg	1280	1024	Blank seam	834	391	912	579	16
18.jpg	1280	1024	Blank seam	879	417	954	743	17
19.jpg	1280	1024	Blank seam	492	305	574	955	18
20.jpg	1280	1024	Wash board	912	110	1027	331	19
21.jpg	1280	1024	Blank seam	388	396	505	605	20
22.jpg	1280	1024	Wash board	731	88	880	391	21
23.jpg	1280	1024	Wash board	706	908	881	1013	22
24.jpg	1280	1024	Wash board	765	811	914	1017	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากท่านมีข้อสงสัย กรุณาติดต่อ กองส่งเสริมและประสานงานระหว่างสถาบันการศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ โทร. 0-2562-2562 หรือ 0-2562-2563 ในวันและเวลาราชการ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ ผก.1 ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากการทำ Annotation (ต่อ)

filename	width	height	class	xmin	ymin	xmax	ymax	image_id
25.jpg	1280	1024	Wash board	456	913	563	1009	24
26.jpg	1280	1024	Wash board	504	976	589	1021	25
27.jpg	1280	1024	Wash board	567	910	837	1018	26
28.jpg	1280	1024	Wash board	624	969	686	1021	27
29.jpg	1280	1024	Wash board	653	913	759	1014	28
30.jpg	1280	1024	Wash board	607	174	674	328	29
31.jpg	1280	1024	Wash board	801	905	845	1014	30
32.jpg	1280	1024	Wash board	498	919	568	1017	31
33.jpg	1280	1024	Wash board	580	839	809	1019	32
34.jpg	1280	1024	Wash board	521	869	695	1017	33
35.jpg	1280	1024	Wash board	698	835	849	1016	34
36.jpg	1280	1024	Wash board	558	899	769	1012	35
37.jpg	1280	1024	Wash board	650	3	809	399	36
38.jpg	1280	1024	Wash board	431	3	586	176	37
39.jpg	1280	1024	Wash board	558	847	773	1013	38
40.jpg	1280	1024	Wash board	702	889	875	1023	39
41.jpg	1280	1024	Wash board	516	776	692	1020	40
42.jpg	1280	1024	Fold of glass	518	160	729	205	41
43.jpg	1280	1024	Fold of glass	563	170	777	204	42
44.jpg	1280	1024	Fold of glass	779	298	989	388	43
45.jpg	1280	1024	Fold of glass	679	306	944	387	44
46.jpg	1280	1024	Wash board	600	862	702	1012	45
47.jpg	1280	1024	Fold of glass	241	350	458	444	46
48.jpg	1280	1024	Wash board	523	948	642	1017	47
49.jpg	1280	1024	Fold of glass	800	295	974	392	48
50.jpg	1280	1024	Wash board	659	935	731	1020	49
51.jpg	1280	1024	Fold of glass	573	172	775	205	50
52.jpg	1280	1024	Blank seam	469	32	532	141	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้เพื่อการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ย้ำเตือนให้มีให้ข้อมูลอย่างถูกต้อง และต้องอ้างอิงถึงแหล่งที่มาทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ ผก.1 ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากการทำ Annotation (ต่อ)

filename	width	height	class	xmin	ymin	xmax	ymax	image_id
53.jpg	1280	1024	Blank seam	766	6	844	317	52
54.jpg	1280	1024	Blank seam	792	3	898	486	53
55.jpg	1280	1024	Blank seam	592	650	702	907	54
56.jpg	1280	1024	Blank seam	812	398	867	618	55
57.jpg	1280	1024	Blank seam	369	4	479	483	56
58.jpg	1280	1024	Blank seam	690	612	740	756	57
59.jpg	1280	1024	Blank seam	745	608	858	873	58
60.jpg	1280	1024	Blank seam	577	370	696	606	59
61.jpg	1280	1024	Blank seam	524	219	587	516	60
62.jpg	1280	1024	Fold of glass	318	34	417	244	61
63.jpg	1280	1024	Fold of glass	305	6	443	172	62
64.jpg	1280	1024	Wash board	800	799	865	1024	63
65.jpg	1280	1024	Fold of glass	321	5	396	170	64
66.jpg	1280	1024	Fold of glass	424	697	508	912	65
67.jpg	1280	1024	Fold of glass	341	809	495	1007	66
68.jpg	1280	1024	Wash board	579	797	640	1021	67
69.jpg	1280	1024	Fold of glass	941	798	1033	984	68
70.jpg	1280	1024	Fold of glass	290	51	365	258	69
71.jpg	1280	1024	Fold of glass	261	739	386	987	70
72.jpg	1280	1024	Wash board	694	803	756	1020	71
73.jpg	1280	1024	Blank seam	855	4	952	213	72
74.jpg	1280	1024	Wash board	524	919	589	1014	73
75.jpg	1280	1024	Blank seam	442	610	530	746	74
76.jpg	1280	1024	Wash board	573	904	627	1018	75
77.jpg	1280	1024	Blank seam	820	588	1009	806	76
78.jpg	1280	1024	Wash board	775	938	827	1013	77
79.jpg	1280	1024	Blank seam	592	3	801	209	78
80.jpg	1280	1024	Wash board	649	932	708	1010	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต การคัดลอกหรือการนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจะถือว่าผิดกฎหมาย

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ ผก.1 ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากการทำ Annotation (ต่อ)

filename	width	height	class	xmin	ymin	xmax	ymax	image_id
81.jpg	1280	1024	Wash board	840	894	938	1020	80
82.jpg	1280	1024	Fold of glass	316	136	388	264	81
83.jpg	1280	1024	Fold of glass	909	22	1001	234	82
84.jpg	1280	1024	Fold of glass	879	30	975	258	83
85.jpg	1280	1024	Fold of glass	224	37	338	246	84
86.jpg	1280	1024	Fold of glass	246	114	395	238	85
87.jpg	1280	1024	Fold of glass	340	862	468	982	86
88.jpg	1280	1024	Fold of glass	301	82	411	299	87
89.jpg	1280	1024	Fold of glass	224	41	357	264	88
90.jpg	1280	1024	Fold of glass	805	111	877	275	89
91.jpg	1280	1024	Fold of glass	200	16	355	209	90
92.jpg	1280	1024	Fold of glass	911	785	1033	1003	91
93.jpg	1280	1024	Wash board	879	756	1071	901	92
94.jpg	1280	1024	Fold of glass	840	820	919	993	93
95.jpg	1280	1024	Fold of glass	871	779	967	980	94
96.jpg	1280	1024	Fold of glass	830	3	990	109	95
97.jpg	1280	1024	Wash board	473	885	712	1012	96
98.jpg	1280	1024	Fold of glass	844	1	932	207	97
99.jpg	1280	1024	Wash board	1017	767	1130	904	98
100.jpg	1280	1024	Wash board	549	935	628	1012	99
101.jpg	1280	1024	Fold of glass	878	6	992	138	100
102.jpg	1280	1024	Blank seam	555	468	774	784	101
103.jpg	1280	1024	Blank seam	458	398	639	1009	102
104.jpg	1280	1024	Blank seam	578	548	678	978	103
105.jpg	1280	1024	Blank seam	652	596	762	1023	104
106.jpg	1280	1024	Blank seam	514	664	619	993	105
107.jpg	1280	1024	Blank seam	378	400	589	1020	106
108.jpg	1280	1024	Blank seam	397	4	535	254	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต การคัดลอกหรือการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ ผก.1 ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากการทำ Annotation (ต่อ)

filename	width	height	class	xmin	ymin	xmax	ymax	image_id
109.jpg	1280	1024	Blank seam	719	13	951	254	108
110.jpg	1280	1024	Blank seam	690	5	871	211	109
111.jpg	1280	1024	Blank seam	499	2	601	175	110
112.jpg	1280	1024	Blank seam	388	110	494	183	111
113.jpg	1280	1024	Blank seam	576	472	662	1001	112
114.jpg	1280	1024	Blank seam	590	602	663	1011	113
115.jpg	1280	1024	Wash board	475	204	563	326	114
116.jpg	1280	1024	Blank seam	502	133	593	371	115
117.jpg	1280	1024	Blank seam	488	918	566	1019	116
118.jpg	1280	1024	Blank seam	889	52	963	332	117
119.jpg	1280	1024	Wash board	750	160	932	431	118
120.jpg	1280	1024	Blank seam	638	1	772	189	119
121.jpg	1280	1024	Wash board	627	189	748	427	120
122.jpg	1280	1024	Wash board	476	697	593	1017	121
123.jpg	1280	1024	Wash board	632	450	778	589	122
124.jpg	1280	1024	Wash board	616	269	742	343	123
125.jpg	1280	1024	Wash board	440	444	543	607	124
126.jpg	1280	1024	Wash board	677	801	834	1008	125
127.jpg	1280	1024	Wash board	873	438	984	570	126
128.jpg	1280	1024	Wash board	454	275	553	335	127
129.jpg	1280	1024	Wash board	761	269	845	329	128
130.jpg	1280	1024	Wash board	561	762	706	1016	129
131.jpg	1280	1024	Wash board	624	898	709	1013	130
132.jpg	1280	1024	Blank seam	792	5	889	287	131
133.jpg	1280	1024	Blank seam	586	7	683	536	132
134.jpg	1280	1024	Wash board	732	823	830	1013	133
135.jpg	1280	1024	Blank seam	496	584	584	674	134
136.jpg	1280	1024	Blank seam	865	657	1031	1017	135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และเผยแพร่โดยไม่หวังผลตอบแทน การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ผ่านการอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ถือว่าผิดกฎหมาย

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ ผก.1 ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากการทำ Annotation (ต่อ)

filename	width	height	class	xmin	ymin	xmax	ymax	image_id
137.jpg	1280	1024	Blank seam	620	3	706	544	136
138.jpg	1280	1024	Wash board	808	750	891	1019	137
139.jpg	1280	1024	Blank seam	328	1	436	566	138
140.jpg	1280	1024	Blank seam	857	114	930	547	139
141.jpg	1280	1024	Fold of glass	238	98	326	307	140
142.jpg	1280	1024	Fold of glass	256	757	381	1010	141
143.jpg	1280	1024	Fold of glass	230	1	353	171	142
144.jpg	1280	1024	Fold of glass	333	826	462	954	143
145.jpg	1280	1024	Fold of glass	316	1	398	203	144
146.jpg	1280	1024	Fold of glass	244	726	401	974	145
147.jpg	1280	1024	Fold of glass	199	19	329	278	146
148.jpg	1280	1024	Fold of glass	407	716	513	926	147
149.jpg	1280	1024	Fold of glass	254	8	393	161	148
150.jpg	1280	1024	Fold of glass	358	859	448	998	149
151.jpg	1280	1024	Blank seam	599	368	664	486	150
152.jpg	1280	1024	Wash board	699	686	950	908	151
153.jpg	1280	1024	Wash board	783	298	907	484	152
154.jpg	1280	1024	Wash board	884	560	973	788	153
155.jpg	1280	1024	Wash board	918	624	997	898	154
156.jpg	1280	1024	Blank seam	573	568	839	1007	155
157.jpg	1280	1024	Wash board	999	609	1053	842	156
158.jpg	1280	1024	Wash board	856	528	909	779	157
159.jpg	1280	1024	Blank seam	504	367	660	1019	158
160.jpg	1280	1024	Blank seam	849	666	1006	938	159
161.jpg	1280	1024	Wash board	811	571	927	764	160
162.jpg	1280	1024	Blank seam	451	478	719	867	161
163.jpg	1280	1024	Blank seam	677	4	850	143	162
164.jpg	1280	1024	Blank seam	733	81	878	216	163

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การคัดลอกหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีโอกาสไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ ผก.1 ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากการทำ Annotation (ต่อ)

filename	width	height	class	xmin	ymin	xmax	ymax	image_id
165.jpg	1280	1024	Wash board	795	651	954	917	164
166.jpg	1280	1024	Blank seam	529	11	797	1023	165
167.jpg	1280	1024	Blank seam	412	144	552	312	166
168.jpg	1280	1024	Blank seam	375	478	631	1000	167
169.jpg	1280	1024	Blank seam	702	119	874	235	168
170.jpg	1280	1024	Blank seam	640	751	745	922	169
171.jpg	1280	1024	Blank seam	546	750	624	950	170
172.jpg	1280	1024	Blank seam	867	275	996	867	171
173.jpg	1280	1024	Blank seam	527	5	628	224	172
174.jpg	1280	1024	Blank seam	691	5	868	254	173
175.jpg	1280	1024	Blank seam	761	875	844	1017	174
176.jpg	1280	1024	Blank seam	612	24	747	204	175
177.jpg	1280	1024	Blank seam	541	598	617	815	176
178.jpg	1280	1024	Blank seam	618	539	702	935	177
179.jpg	1280	1024	Blank seam	421	395	536	835	178
180.jpg	1280	1024	Blank seam	809	84	921	373	179
181.jpg	1280	1024	Blank seam	540	744	596	1020	180
182.jpg	1280	1024	Blank seam	483	926	579	1020	181
183.jpg	1280	1024	Blank seam	617	711	697	993	182
184.jpg	1280	1024	Blank seam	705	675	798	1009	183
185.jpg	1280	1024	Blank seam	408	370	623	968	184
186.jpg	1280	1024	Blank seam	760	5	904	265	185
187.jpg	1280	1024	Blank seam	341	5	497	279	186
188.jpg	1280	1024	Blank seam	635	697	710	1004	187
189.jpg	1280	1024	Blank seam	482	756	583	1024	188
190.jpg	1280	1024	Blank seam	595	7	729	146	189
191.jpg	1280	1024	Blank seam	756	2	878	249	190
192.jpg	1280	1024	Body tear	413	619	867	675	191

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำออกจำหน่าย การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีให้ข้อมูลผิดพลาด กรุณาแจ้งมาที่ ฝ่ายวิชาการ โทร. 02-214-9999 หรือทางอีเมล: info@kmutt.ac.th

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ ผก.1 ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากการทำ Annotation (ต่อ)

filename	width	height	class	xmin	ymin	xmax	ymax	image_id
193.jpg	1280	1024	Body tear	486	597	873	655	192
194.jpg	1280	1024	Body tear	488	630	774	679	193
195.jpg	1280	1024	Body tear	371	642	614	714	194
196.jpg	1280	1024	Body tear	368	619	818	670	195
197.jpg	1280	1024	Body tear	480	597	645	644	196
198.jpg	1280	1024	Body tear	600	613	967	713	197
199.jpg	1280	1024	Body tear	565	606	933	656	198
200.jpg	1280	1024	Body tear	478	629	952	703	199
201.jpg	1280	1024	Body tear	667	600	900	664	200
202.jpg	1280	1024	Fold of glass	509	887	799	972	201
203.jpg	1280	1024	Fold of glass	562	873	824	960	202
204.jpg	1280	1024	Fold of glass	475	896	767	988	203
205.jpg	1280	1024	Fold of glass	506	879	762	945	204
206.jpg	1280	1024	Fold of glass	479	855	762	962	205
207.jpg	1280	1024	Fold of glass	602	788	866	874	206
208.jpg	1280	1024	Fold of glass	479	880	781	967	207
209.jpg	1280	1024	Fold of glass	478	887	807	984	208
210.jpg	1280	1024	Fold of glass	578	855	785	954	209
211.jpg	1280	1024	Fold of glass	542	801	852	902	210
212.jpg	1280	1024	Fold of glass	546	875	820	981	211
213.jpg	1280	1024	Body tear	924	12	952	90	212
214.jpg	1280	1024	Body tear	493	9	547	88	213
215.jpg	1280	1024	Fold of glass	483	927	611	993	214
216.jpg	1280	1024	Fold of glass	487	901	768	1004	215
217.jpg	1280	1024	Body tear	823	798	912	1015	216
218.jpg	1280	1024	Body tear	388	810	434	994	217
219.jpg	1280	1024	Body tear	358	4	439	305	218
220.jpg	1280	1024	Body tear	865	1	953	288	219

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การคัดลอกหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีโอกาสเป็นไปได้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ ผก.1 ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากการทำ Annotation (ต่อ)

filename	width	height	class	xmin	ymin	xmax	ymax	image_id
221.jpg	1280	1024	Body tear	384	5	425	98	220
222.jpg	1280	1024	Body tear	612	1	707	227	221
223.jpg	1280	1024	Blank seam	618	672	665	853	222
224.jpg	1280	1024	Blank seam	575	377	650	490	223
225.jpg	1280	1024	Body tear	401	893	486	1018	224
226.jpg	1280	1024	Blank seam	580	706	643	1010	225
227.jpg	1280	1024	Wash board	801	820	913	1016	226
228.jpg	1280	1024	Blank seam	632	722	719	944	227
229.jpg	1280	1024	Body tear	580	943	682	1018	228
230.jpg	1280	1024	Body tear	769	930	856	1013	229
231.jpg	1280	1024	Blank seam	864	6	929	382	230
232.jpg	1280	1024	Wash board	818	932	873	1019	231
233.jpg	1280	1024	Blank seam	576	585	655	738	232
234.jpg	1280	1024	Blank seam	578	388	630	782	233
235.jpg	1280	1024	Blank seam	613	49	709	956	234
236.jpg	1280	1024	Blank seam	765	54	902	676	235
237.jpg	1280	1024	Wash board	500	884	557	1016	236
238.jpg	1280	1024	Blank seam	527	119	633	1008	237
239.jpg	1280	1024	Blank seam	703	97	780	192	238
240.jpg	1280	1024	Wash board	798	860	840	1017	239
241.jpg	1280	1024	Blank seam	454	209	545	1014	240
242.jpg	1280	1024	Wash board	588	908	668	1009	241
243.jpg	1280	1024	Wash board	841	318	943	1024	242
244.jpg	1280	1024	Wash board	467	596	595	819	243
245.jpg	1280	1024	Wash board	646	914	709	1014	244
246.jpg	1280	1024	Wash board	718	903	802	1016	245
247.jpg	1280	1024	Wash board	500	468	599	1016	246
248.jpg	1280	1024	Wash board	554	711	670	810	247

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารฉบับนี้ทุกครั้งที่มีโอกาสไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ ผก.1 ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากการทำ Annotation (ต่อ)

filename	width	height	class	xmin	ymin	xmax	ymax	image_id
249.jpg	1280	1024	Wash board	712	325	870	880	248
250.jpg	1280	1024	Wash board	514	894	592	999	249
251.jpg	1280	1024	Wash board	669	711	821	820	250
252.jpg	1280	1024	Wash board	415	120	489	228	251
253.jpg	1280	1024	Wash board	487	32	763	220	252
254.jpg	1280	1024	Wash board	714	60	864	244	253
255.jpg	1280	1024	Wash board	624	22	826	130	254
256.jpg	1280	1024	Wash board	693	831	891	969	255
257.jpg	1280	1024	Wash board	571	847	783	989	256
258.jpg	1280	1024	Wash board	373	58	477	331	257
259.jpg	1280	1024	Wash board	636	56	766	203	258
260.jpg	1280	1024	Wash board	683	22	838	331	259
261.jpg	1280	1024	Wash board	487	30	602	166	260
262.jpg	1280	1024	Wash board	573	413	687	619	261
263.jpg	1280	1024	Wash board	659	26	952	223	262
264.jpg	1280	1024	Body tear	704	611	945	685	263
265.jpg	1280	1024	Body tear	380	632	620	694	264
266.jpg	1280	1024	Body tear	563	631	763	678	265
267.jpg	1280	1024	Wash board	667	461	826	629	266
268.jpg	1280	1024	Body tear	311	614	453	674	267
269.jpg	1280	1024	Wash board	543	436	569	542	268
270.jpg	1280	1024	Body tear	449	619	812	689	269
271.jpg	1280	1024	Wash board	706	421	832	605	270
272.jpg	1280	1024	Body tear	406	399	551	1023	271
273.jpg	1280	1024	Body tear	745	387	865	1020	272
274.jpg	1280	1024	Body tear	603	3	763	732	273
275.jpg	1280	1024	Body tear	707	385	824	1017	274
276.jpg	1280	1024	Body tear	481	5	642	779	275

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม หากมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ ผก.1 ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากการทำ Annotation (ต่อ)

filename	width	height	class	xmin	ymin	xmax	ymax	image_id
277.jpg	1280	1024	Body tear	665	1	783	581	276
278.jpg	1280	1024	Body tear	483	8	592	669	277
279.jpg	1280	1024	Body tear	437	400	544	1023	278
280.jpg	1280	1024	Body tear	584	375	689	1012	279
281.jpg	1280	1024	Body tear	576	385	674	1017	280
282.jpg	1280	1024	Wash board	775	130	850	359	281
283.jpg	1280	1024	Wash board	739	346	863	717	282
284.jpg	1280	1024	Wash board	850	391	979	730	283
285.jpg	1280	1024	Wash board	755	436	839	756	284
286.jpg	1280	1024	Wash board	577	342	662	700	285
287.jpg	1280	1024	Wash board	678	624	752	850	286
288.jpg	1280	1024	Wash board	458	456	532	681	287
289.jpg	1280	1024	Wash board	462	497	540	724	288
290.jpg	1280	1024	Wash board	440	379	533	730	289
291.jpg	1280	1024	Body tear	707	772	777	1023	290
292.jpg	1280	1024	Body tear	545	12	638	305	290
293.jpg	1280	1024	Wash board	640	173	723	373	291
294.jpg	1280	1024	Body tear	427	347	566	1012	292
295.jpg	1280	1024	Body tear	618	382	716	932	293
296.jpg	1280	1024	Body tear	663	3	730	221	294
297.jpg	1280	1024	Body tear	836	588	862	1020	294
298.jpg	1280	1024	Body tear	768	321	854	560	294
299.jpg	1280	1024	Body tear	531	10	733	1007	295
300.jpg	1280	1024	Body tear	627	9	742	241	296
301.jpg	1280	1024	Body tear	756	335	876	768	296
302.jpg	1280	1024	Body tear	567	400	636	1020	297
303.jpg	1280	1024	Wash board	493	133	575	371	298
304.jpg	1280	1024	Body tear	561	393	656	907	299

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ต้องขออนุญาตจากทางมหาวิทยาลัยก่อน และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารฉบับนี้ทุกครั้งที่มีคนนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ ผก.1 ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากการทำ Annotation (ต่อ)

filename	width	height	class	xmin	ymin	xmax	ymax	image_id
305.jpg	1280	1024	Body tear	614	969	649	1020	299
306.jpg	1280	1024	Body tear	669	393	767	969	300
307.jpg	1280	1024	Body tear	553	384	602	1024	301
308.jpg	1280	1024	Body tear	778	308	878	460	302
309.jpg	1280	1024	Body tear	752	94	811	222	302
310.jpg	1280	1024	Body tear	656	378	742	907	303
311.jpg	1280	1024	Body tear	400	108	557	495	304
312.jpg	1280	1024	Body tear	500	8	580	98	304
313.jpg	1280	1024	Body tear	486	408	563	1021	305
314.jpg	1280	1024	Body tear	566	393	671	1012	306
315.jpg	1280	1024	Body tear	653	376	740	1024	307
316.jpg	1280	1024	Body tear	691	7	784	251	308
317.jpg	1280	1024	Body tear	709	324	759	482	308
318.jpg	1280	1024	Body tear	477	93	645	486	309
319.jpg	1280	1024	Body tear	359	329	481	487	310
320.jpg	1280	1024	Wash board	701	599	771	823	311
321.jpg	1280	1024	Wash board	788	632	814	732	311
322.jpg	1280	1024	Body tear	569	10	677	456	312
323.jpg	1280	1024	Wash board	527	730	582	819	313
324.jpg	1280	1024	Wash board	523	29	598	137	314
325.jpg	1280	1024	Wash board	541	24	606	156	315
326.jpg	1280	1024	Wash board	690	597	762	841	316
327.jpg	1280	1024	Wash board	778	641	839	843	316
328.jpg	1280	1024	Wash board	542	594	589	855	317
329.jpg	1280	1024	Wash board	616	680	666	859	317
330.jpg	1280	1024	Wash board	796	725	837	820	318
331.jpg	1280	1024	Wash board	680	705	732	850	319
332.jpg	1280	1024	Wash board	507	911	561	1016	320

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า และต้องอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีมีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ ผก.1 ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากการทำ Annotation (ต่อ)

filename	width	height	class	xmin	ymin	xmax	ymax	image_id
333.jpg	1280	1024	Body tear	414	89	512	714	321
334.jpg	1280	1024	Wash board	652	879	709	1019	322
335.jpg	1280	1024	Body tear	693	675	902	732	323
336.jpg	1280	1024	Wash board	625	878	696	1005	324
337.jpg	1280	1024	Body tear	459	530	669	754	325
338.jpg	1280	1024	Body tear	499	717	788	770	326
339.jpg	1280	1024	Body tear	705	579	853	731	327
340.jpg	1280	1024	Fold of glass	368	934	444	1017	328
341.jpg	1280	1024	Fold of glass	355	939	536	1020	329
342.jpg	1280	1024	Fold of glass	313	907	374	1021	330
343.jpg	1280	1024	Fold of glass	259	906	394	1009	331
344.jpg	1280	1024	Fold of glass	323	888	383	939	332
345.jpg	1280	1024	Fold of glass	829	79	1071	203	333
346.jpg	1280	1024	Fold of glass	313	138	481	311	334
347.jpg	1280	1024	Fold of glass	915	95	1053	231	335
348.jpg	1280	1024	Fold of glass	326	121	514	228	336
349.jpg	1280	1024	Fold of glass	320	916	520	1018	337
350.jpg	1280	1024	Fold of glass	924	100	1076	254	338
351.jpg	1280	1024	Fold of glass	751	907	964	1012	339
352.jpg	1280	1024	Body tear	413	4	573	796	340
353.jpg	1280	1024	Body tear	779	3	883	653	341
354.jpg	1280	1024	Body tear	516	394	630	1012	342
355.jpg	1280	1024	Body tear	346	1	442	694	343
356.jpg	1280	1024	Body tear	492	5	594	620	344
357.jpg	1280	1024	Body tear	732	5	890	712	345
358.jpg	1280	1024	Fold of glass	866	928	974	1007	346
359.jpg	1280	1024	Body tear	749	383	824	1009	347
360.jpg	1280	1024	Body tear	452	398	567	867	348

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงถึงแหล่งที่มาทุกครั้งที่มีโอกาสไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ ผก.1 ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากการทำ Annotation (ต่อ)

filename	width	height	class	xmin	ymin	xmax	ymax	image_id
361.jpg	1280	1024	Body tear	553	1	750	571	349
362.jpg	1280	1024	Body tear	464	387	556	660	350
363.jpg	1280	1024	Body tear	405	668	493	878	350
364.jpg	1280	1024	Body tear	744	1	828	598	351
365.jpg	1280	1024	Body tear	730	385	842	985	352
366.jpg	1280	1024	Body tear	661	5	767	564	353
367.jpg	1280	1024	Body tear	500	722	646	1018	354
368.jpg	1280	1024	Body tear	588	372	653	714	354
369.jpg	1280	1024	Body tear	463	407	570	1020	355
370.jpg	1280	1024	Body tear	754	385	865	1018	356
371.jpg	1280	1024	Body tear	477	8	623	572	357
372.jpg	1280	1024	Body tear	828	4	914	568	358
373.jpg	1280	1024	Body tear	556	386	652	1018	359
374.jpg	1280	1024	Blank seam	625	585	687	704	360
375.jpg	1280	1024	Blank seam	887	667	1026	888	361
376.jpg	1280	1024	Blank seam	533	698	651	1016	362
377.jpg	1280	1024	Blank seam	579	704	658	1012	363
378.jpg	1280	1024	Blank seam	429	759	500	983	364
379.jpg	1280	1024	Blank seam	748	697	862	982	365
380.jpg	1280	1024	Blank seam	450	541	527	714	366
381.jpg	1280	1024	Wash board	730	817	845	1019	367
382.jpg	1280	1024	Wash board	498	897	561	1013	368
383.jpg	1280	1024	Blank seam	470	720	609	1006	369
384.jpg	1280	1024	Wash board	876	717	981	1010	370
385.jpg	1280	1024	Blank seam	832	718	956	996	371
386.jpg	1280	1024	Wash board	601	722	667	798	372
387.jpg	1280	1024	Fold of glass	361	383	433	485	373
388.jpg	1280	1024	Fold of glass	349	361	431	483	374

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้เพื่อการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีให้ข้อมูลผิดพลาด กรุณาแจ้งมายังห้องสมุด และต้องอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีมีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ตารางที่ ผก.1 ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากการทำ Annotation (ต่อ)

filename	width	height	class	xmin	ymin	xmax	ymax	image_id
389.jpg	1280	1024	Blank seam	678	680	727	997	375
390.jpg	1280	1024	Wash board	425	833	588	1021	376
391.jpg	1280	1024	Blank seam	495	724	563	937	377
392.jpg	1280	1024	Fold of glass	628	396	784	441	378
393.jpg	1280	1024	Fold of glass	603	407	767	455	379
394.jpg	1280	1024	Blank seam	834	793	913	933	380
395.jpg	1280	1024	Blank seam	495	46	606	343	381
396.jpg	1280	1024	Blank seam	618	28	690	380	382
397.jpg	1280	1024	Wash board	568	875	775	1020	383
398.jpg	1280	1024	Fold of glass	659	396	765	425	384
399.jpg	1280	1024	Fold of glass	576	387	726	426	385
400.jpg	1280	1024	Fold of glass	658	410	779	454	386
401.jpg	1280	1024	Body tear	636	410	708	436	387
402.jpg	1280	1024	Body tear	591	396	655	434	388
403.jpg	1280	1024	Body tear	584	413	669	446	389
404.jpg	1280	1024	Fold of glass	608	408	778	450	390
405.jpg	1280	1024	Blank seam	830	799	871	873	391
406.jpg	1280	1024	Body tear	589	72	625	548	392
407.jpg	1280	1024	Body tear	716	78	778	568	393
408.jpg	1280	1024	Blank seam	449	794	505	873	394
409.jpg	1280	1024	Blank seam	581	107	666	505	395
410.jpg	1280	1024	Body tear	457	578	579	733	396

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

ภาคผนวก ข.

ส่วนของการเขียนโปรแกรม

1. คำสั่งที่ใช้ในการสอน (Train) ผ่าน Google colab

```
from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive')
```

```
import os
WORKING_DIRECTORY = '/content/drive/My Drive/Detecto01/Demo'
os.chdir(WORKING_DIRECTORY)
```

```
!ls
```

```
!pip install detecto
```

```
import torch
import torchvision
import matplotlib.pyplot as plt
from torchvision import transforms
from detecto import core, utils, visualize
```

```
utils.xml_to_csv('train_labels', 'train.csv')
utils.xml_to_csv('val_labels', 'val.csv')
```

```
transform_img = transforms.Compose
```

```
([
```

```
    transforms.ToPILImage(),
```

```
    transforms.Resize(800),
```

```
    transforms.RandomHorizontalFlip(0.3),
```

```
    transforms.ColorJitter(saturation=0.5),
```

```
    transforms.ToTensor()),
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม กรุณาติดต่อผู้จัดทำเพื่อขออนุญาตเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

```

    utils.normalize_transform(),
])

dataset = core.Dataset('train.csv', 'images/', transform=transform_img)
image, target = dataset[0]
visualize.show_labeled_image(image, target['boxes'], target['labels'])

val_dataset = core.Dataset('val.csv', 'images/')
loader = core.DataLoader(dataset, batch_size=2, shuffle=True)

model = core.Model.load('Detect_Test_01.pth',['Body tear', 'Wash board','Blank seam',
    'Fold of glass'])
losses = model.fit(loader, val_dataset, epochs=10, verbose=True)
plt.plot(losses)
plt.show()

print(os.getcwd())
print(torch.version)

labels, boxes, scores = model.predict(image)
predictions = model.predict_top(image)

images = []
for i in range(0, 44, 1):
    image, _ = val_dataset[i]
    images.append(image)
visualize.plot_prediction_grid(model, images, dim=(11, 4), figsize=(16, 12))

model.save('detecto_01.pth')

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

2. คำสั่งที่ใช้ในการเรียกโมเดลที่ทำการสอนมาทดสอบ

```
import os
import torch
import torchvision
import matplotlib.pyplot as plt
from torchvision import transforms
from detecto import core, utils, visualize

print(os.getcwd())
os.chdir('D:\\Anaconda\\envs\\test\\Demo')
print(os.getcwd())

model = core.Model.load('detecto_01.pth',
['Body tear', 'Wash board','Blank seam','Fold of glass'])

import cv2
import numpy as np

cap = cv2.VideoCapture(0) # vale 0 is defalut for built-
in webcam ,other search in internet
ret, frame = cap.read
cap.release()

.
frame = cv2.cvtColor(frame,cv2.COLOR_BGR2RGB)
predictions = model.predict_top(frame)

cap = cv2.VideoCapture(0)
while(True):
    ret, frame = cap.read()
    frame = cv2.cvtColor(frame,cv2.COLOR_BGR2RGB)
    predictions = model.predict_top(frame)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

```

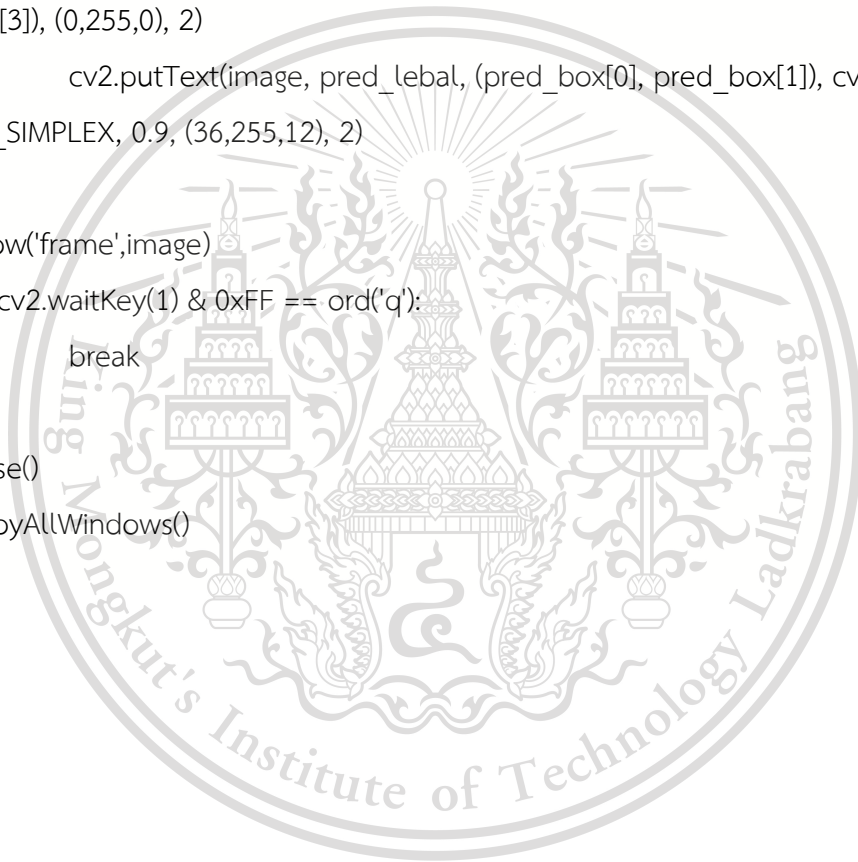
print(predictions)

if len(predictions[0]) > 0 :
    for i in range(len(predictions[0])) :
        pred_lebal = predictions[0][i]
        pred_box = [predictions[1][i][0], predictions[1][i][1],predictions[1][i][2],
predictions[1][i][3]]
        image = cv2.rectangle(frame, (pred_box[0], pred_box[1]), (pred_box[2],
pred_box[3]), (0,255,0), 2)
        cv2.putText(image, pred_lebal, (pred_box[0], pred_box[1]), cv2.FONT_
HERSHEY_SIMPLEX, 0.9, (36,255,12), 2)

cv2.imshow('frame',image)
    if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
        break

cap.release()
cv2.destroyAllWindows()

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.