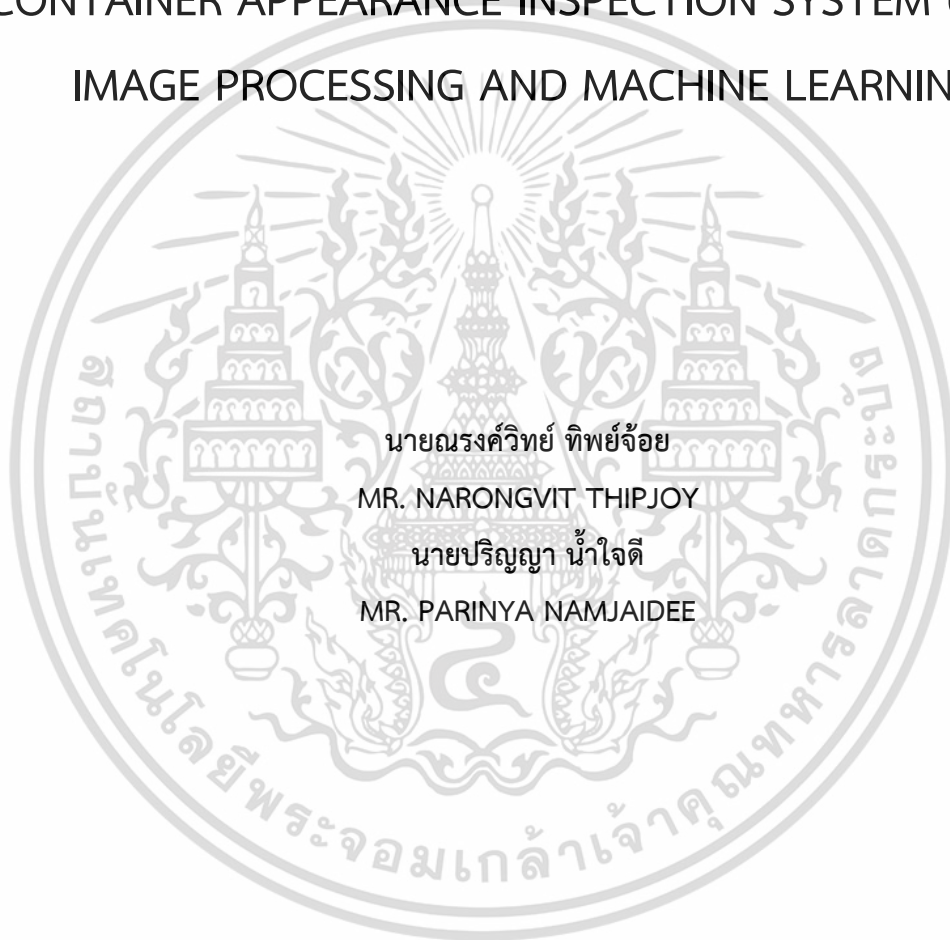


การพัฒนาระบบต้นแบบการตรวจสอบภาพปรากฏบน  
บรรจุภัณฑ์เครื่องสำอางโดยใช้การประมวลผลภาพและ  
การเรียนรู้ของเครื่อง

A PROTOTYPE DEVELOPMENT FOR COSMETIC  
CONTAINER APPEARANCE INSPECTION SYSTEM USING  
IMAGE PROCESSING AND MACHINE LEARNING



นายณรงค์วิทย์ ทิพย์จ้อย  
MR. NARONGVIT THIPJOY  
นายปริญญาน้ำใจดี  
MR. PARINYA NAMJAIDEE

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A PROTOTYPE DEVELOPMENT FOR COSMETIC  
CONTAINER APPEARANCE INSPECTION SYSTEM USING  
IMAGE PROCESSING AND MACHINE LEARNING



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์

การพัฒนาระบบต้นแบบการตรวจสอบภาพปรากฏบนบรรจุภัณฑ์  
เครื่องสำอางโดยใช้การประมวลผลภาพและการเรียนรู้ของเครื่อง  
A PROTOTYPE DEVELOPMENT FOR COSMETIC  
CONTAINER APPEARANCE INSPECTION SYSTEM USING  
IMAGE PROCESSING AND MACHINE LEARNING

นักศึกษา

นายณรงค์วิทย์ ทิพย์จ้อย รหัสประจำตัว 59010389  
นายปริญญา น้ำใจดี รหัสประจำตัว 59010813

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์

ชุมพล ยวงใย

(รศ.ดร.ชุมพล ยวงใย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์

การพัฒนาระบบต้นแบบการตรวจสอบภาพปรากฏบน  
บรรจุภัณฑ์เครื่องสำอางโดยใช้การประมวลผลภาพและ  
การเรียนรู้ของเครื่อง

นักศึกษา

นายณรงควิทย์ ทิพย์จ้อย

นายปริญญา น้ำใจดี

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา

2562

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

รศ.ดร.ชুমพล ยวงใย

### บทคัดย่อ

การตรวจสอบภาพปรากฏบนบรรจุภัณฑ์เครื่องสำอางเป็นกระบวนการอย่างหนึ่งที่สำคัญของ  
บริษัท คอมเม็ท เอ็นเตอร์เทรต จำกัด แต่ปัจจุบันได้ใช้วิธีการตรวจสอบด้วยสายตามนุษย์ พบว่าโดย  
การสุ่มตรวจจาก ลอตของบรรจุภัณฑ์ที่ได้รับการตรวจสอบแล้วพบว่า มีความผิดพลาดถึง 11.6  
เปอร์เซ็นต์ (จากการเก็บข้อมูล ระหว่าง มกราคม ถึง กรกฎาคม ปี 2562) ทางผู้วิจัยจึงเสนอแนวทาง  
ในการสร้างต้นแบบเพื่อปรับปรุงวิธีการตรวจสอบภาพโดยใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพและการ  
เรียนรู้ของเครื่องมาประยุกต์ร่วมกัน โดยมีการสร้างแบบจำลองชนิดการเรียนรู้แบบมีผู้สอน 2  
อัลกอริทึม ได้แก่ วิธีต้นไม้ตัดสินใจ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม จากผลการทดสอบแบบจำลองโดย  
ใช้วิธี การตรวจสอบแบบไขว้ 10 กลุ่ม พบว่าแบบจำลองที่สร้างจากอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียม  
ให้ค่าความผิดพลาด 3.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลดลง 70 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Thesis Title</b>	A Prototype Development for Cosmetic Container Appearance Inspection Using Image Processing and Machine Learning
<b>Student</b>	Mr. Narongvit Thipjoy Mr. Parinya Namjaidee
<b>Degree</b>	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
<b>Academic Year</b>	2019
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc.Prof.Dr. Chumpol Yuangyai

### ABSTRACT

Appearance inspection for cosmetic containers is one of the most important process of Comets Intertrade Co., Ltd. The inspection is performed by human leading to inability to correctly distinguish nonconforming container. At present, the misclassification is about 11.6 % (data collection from January to July 2019). Therefore, we develop a prototype for appearance inspection employing image processing and machine learning approaches. Two supervised algorithms for classification model were studied: Decision Tree and Neural Network. After using 10-fold cross validation, Neural Network yielded the lowest misclassification at 3.5 % (70% reduction).

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ชุมพล ยวงใย ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะ ให้คำปรึกษา และแก้ไขข้อบกพร่องตลอดจนให้ความรู้แก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่านที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะในการทำปริญญานิพนธ์ และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ทุกท่านที่ให้แนะนำและข้อเสนอแนะในการทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.รณน เจียรตระกูลที่ให้ความช่วยเหลือ แก้ปัญหา ให้คำชี้แนะ ในการเขียนโปรแกรมเกี่ยวกับการประมวลผลภาพ

ขอขอบคุณบุคลากรประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องอุปกรณ์เครื่องมือ และเรื่องต่างๆ

ขอขอบคุณนักศึกษาปริญญาโทสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ เพื่อน พี่และน้องๆ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำในเรื่องต่างๆ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็น ให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกๆเรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า และผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายณรงค์วิทย์ ทิพย์จ้อย

นายปริญญา น้ำใจดี

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา .....	5
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	5
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.5 ขั้นตอนการศึกษา.....	5
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.1 การตรวจสอบบรรจุกัมภ์ .....	7
2.1.1 บรรจุกัมภ์ .....	7
2.1.2 คุณลักษณะและลักษณะมาตรฐานของบรรจุกัมภ์ SRICHAN LIP CASE.....	9
2.2 วิธีการประมวลผลภาพ .....	11
2.2.1 โปรแกรม MATLAB .....	12
2.2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการประมวลผลภาพดิจิทัล .....	12
2.2.3 ขั้นตอนพื้นฐานของการประมวลผลภาพ .....	14
2.2.4 การแสดงค่าความคลาดเคลื่อนและความไม่แน่นอนของการทดลอง .....	15
2.2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพ .....	16
2.2.6 คำศัพท์พื้นฐานที่ใช้โดยทั่วไปในการประมวลผลภาพ .....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
2.3 การเรียนรู้ของเครื่อง .....	18
2.3.1 การเข้าใจธุรกิจ.....	18
2.3.2 การเข้าใจข้อมูล.....	18
2.3.3 การเตรียมข้อมูล.....	18
2.3.4 การสร้างแบบจำลอง .....	21
2.3.5 การประเมินผลแบบจำลอง.....	24
2.3.6 การนำแบบจำลองไปใช้.....	28
2.3.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของเครื่อง.....	28
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน</b>	
3.1 สร้างเครื่องมือประมวลผลภาพ .....	30
3.1.1 หลักการในการสร้างเครื่องมือประมวลผลภาพ .....	30
3.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะโดยการประมวลผลภาพ.....	33
3.2.1 คุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่ไม่มีตำหนิและมีตำหนิ .....	33
3.2.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะโดยการประมวลผลภาพ .....	33
3.3 การสร้างแบบจำลองโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง .....	35
3.3.1 การสร้างแบบจำลองในการจำแนกประเภท .....	35
3.4 การสร้าง User Interface โดยใช้ App Designer.....	39
<b>บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน</b>	
4.1 ผลการทดลองการประเมินความถูกต้องของการประมวลผลภาพ .....	41
4.2 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะโดยการประมวลผลภาพ .....	42
4.3 ผลของการสร้างแบบจำลอง .....	44
4.3.1 ผลการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิ และไม่มี ตำหนิ .....	44
4.3.2 ผลการทดลองสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิประเภท รอยขีดและจุดดำ.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
<b>บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล</b>	
5.1 การสรุปผลการวิจัย.....	52
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ .....	53
5.2.1 การลดความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือประมวลผลภาพ .....	53
5.2.2 การเพิ่มความแม่นยำให้กับแบบจำลอง.....	53
<b>เอกสารอ้างอิง .....</b>	<b>54</b>
<b>ภาคผนวก.....</b>	<b>58</b>
ภาคผนวก ก. ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	ผก.1
ภาคผนวก ข. ผลการทดลอง.....	ผข.1
ภาคผนวก ค. ส่วนของโปรแกรม MATLAB .....	ผค.1
ภาคผนวก ง. แบบของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	ผง.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ลำดับบรรจุภัณฑ์ที่มีเปอร์เซ็นต์บรรจุภัณฑ์มีตำหนิต่อจำนวนบรรจุภัณฑ์ที่ตรวจสอบสูงที่สุด 8 อันดับแรก .....	4
ตารางที่ 1.2 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการ .....	6
ตารางที่ 2.1 ลักษณะ SIRCHAN LIP CASE ที่ไม่มีตำหนิ ตำหนิประเภทจุดดำและรอยขีด .....	11
ตารางที่ 2.2 คำศัพท์พื้นฐานที่ใช้โดยทั่วไปในการประมวลผลภาพ .....	17
ตารางที่ 2.3 คอนฟิวชันเมทริกซ์การจำแนกบรรจุภัณฑ์ .....	26
ตารางที่ 3.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของภาพถ่าย .....	31
ตารางที่ 3.2 ค่าคุณลักษณะของตัวอย่างที่กำหนด .....	35
ตารางที่ 3.3 การทดลองหาเปอร์เซ็นต์ในการแบ่งข้อมูล .....	39
ตารางที่ 4.1 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณลักษณะโดยการประมวลผลภาพของตำหนิมาตรฐาน .....	42
ตารางที่ 4.2 ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของแต่ละคุณลักษณะ .....	42
ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างชุดข้อมูลที่ 1 ได้จากการสกัดคุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CASE ประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิ และไม่มีตำหนิจำนวน 147 ตัวอย่าง .....	43
ตารางที่ 4.4 ตัวอย่างชุดข้อมูลที่ 2 ได้จากการสกัดคุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CASE ประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำจำนวน 247 ตัวอย่าง .....	43
ตารางที่ 4.5 ตัวอย่างข้อมูลชุดที่ 1 หลังจากทำ Standardization เพื่อใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิ และไม่มีตำหนิ .....	44
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองหาเปอร์เซ็นต์การแบ่งข้อมูลที่เหมาะสมของอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียมในช่วงการทดลองที่ 1 .....	45
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการหาจำนวนปมซ่อนที่ให้ค่าความแม่นยำสูงสุด 10 อันดับแรกของอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียมในช่วงการทดลองที่ 1 .....	46
ตารางที่ 4.8 คอนฟิวชันเมทริกซ์ของแบบจำลองที่สร้างโดยอัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ .....	46
ตารางที่ 4.9 คอนฟิวชันเมทริกซ์ของแบบจำลองที่สร้างโดยอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียม .....	47
ตารางที่ 4.10 ผลการวัดประสิทธิภาพของทั้ง 2 แบบจำลอง .....	47
ตารางที่ 4.11 ตัวอย่างข้อมูลชุดที่ 2 หลังจากทำ Standardization เพื่อใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำ .....	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองการหาเปอร์เซ็นต์การแบ่งข้อมูลที่เหมาะสมของอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียมในช่วงการทดลองที่ 2 .....	49
ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองการหาจำนวนปมซ่อนที่ให้ค่าความแม่นยำสมมูลเฉลี่ยสูงสุด 10 อันดับแรกของอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียมในช่วงการทดลองที่ 2 .....	49
ตารางที่ 4.14 คอนฟิวชันเมทริกซ์ของแบบจำลองที่สร้างโดยอัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ .....	50
ตารางที่ 4.15 คอนฟิวชันเมทริกซ์ของแบบจำลองที่สร้างโดยอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียม.....	50
ตารางที่ 4.16 ผลการวัดประสิทธิภาพของทั้ง 2 แบบจำลอง .....	50
ตารางที่ 4.17 ผลการวัดประสิทธิภาพรวมของทั้ง 2 ช่วง.....	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนภูมิขั้นตอนกระบวนการทำงานของบริษัท .....	2
รูปที่ 1.2 เพอร์เซ็นต์การตรวจผิดของแผนกตรวจสอบ ปี 2562 .....	3
รูปที่ 1.3 สาเหตุการปฏิเสธจากแผนกควบคุมคุณภาพ .....	3
รูปที่ 2.1 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วย .....	8
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ชั้นใน .....	8
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ชั้นนอกสุด .....	9
รูปที่ 2.4 บรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP ซ้าย: SRICHAN LIP CASE ขวา: SRICHAN LIP CAP .....	10
รูปที่ 2.5 แแถบสเปกตรัมของแสงในความถี่ที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ .....	13
รูปที่ 2.6 แแถบสเปกตรัมของแสงที่มนุษย์สามารถสัมผัสของเซลล์รูปกรวย .....	13
รูปที่ 2.7 ขั้นตอนการประมวลผลภาพ .....	14
รูปที่ 2.8 ขั้นตอนในกระบวนการ CRISP-DM .....	20
รูปที่ 2.9 โครงสร้างต้นไม้ .....	22
รูปที่ 2.10 ภาพรวมโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม .....	23
รูปที่ 2.11 เส้นโค้ง Sigmoid Function .....	24
รูปที่ 2.12 การแบ่งข้อมูลชนิดการตรวจสอบไขว้เมื่อกำหนด $K=10$ .....	25
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย .....	30
รูปที่ 3.2 เครื่องมือการประมวลผลภาพ .....	32
รูปที่ 3.3 การปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่าย ก) ภาพถ่ายบรรจุภัณฑ์ SIRCHAN LIP CASE ข) รูปภาพบรรจุภัณฑ์ SIRCHAN LIP CASE ที่ผ่านการตัดพื้นหลัง .....	33
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการแยกส่วนภาพถ่าย ก) รูปภาพจากการเตรียมภาพถ่าย ข) ภาพระดับสีเทา ค) ภาพขาวดำ .....	34
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภท .....	36
รูปที่ 3.6 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการวิจัย .....	37
รูปที่ 3.7 รูปแบบของ User Interface ที่สร้างขึ้นโดยใช้ฟังก์ชัน App Designer .....	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และดัดแปลงอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียด ขอบเขต และขั้นตอนการศึกษาของงานวิจัยการพัฒนาระบบต้นแบบการตรวจสอบภาพปรากฏบนบรรจุภัณฑ์เครื่องสำอางโดยใช้การประมวลผลภาพและการเรียนรู้ของเครื่อง ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา
2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา
3. ขอบเขตของการศึกษา
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
5. ขั้นตอนการศึกษา

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันตลาดเครื่องสำอางของประเทศไทยมีการเติบโตและขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ในปี 2560 มีมูลค่ารวมของอุตสาหกรรมเครื่องสำอางของประเทศไทยอยู่ที่ประมาณ 2.51 แสนล้านบาท โดยแยกเป็นตลาดเครื่องสำอางในประเทศมูลค่า 1.68 แสนล้านบาทคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 66.90 มีการเติบโตเฉลี่ยต่อปีร้อยละประมาณ 7.60 (ปี 2556-2560) และตลาดส่งออกมูลค่า 0.83 แสนล้านบาทคิดเป็นร้อยละ 33.10 มีการเติบโตร้อยละ 15.10 (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2561) เป็นผลจากพฤติกรรมคนยุคใหม่ที่ต่างหันมาสนใจความสวยงาม โดยตลาดขยายตัวจากกลุ่มเพศหญิงวัยทำงานไปสู่กลุ่มวัยรุ่นและคนสูงวัยรวมถึงกลุ่มเพศชายที่หันมาใส่ใจดูแลร่างกายมากขึ้นกว่าเดิม จะเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมเครื่องสำอางมีการแข่งขันที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นการปรับปรุงเทคโนโลยีเพื่อให้มีความทันสมัย คุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์จึงมีความสำคัญที่ต้องพัฒนาเพื่อให้ได้มาตรฐาน

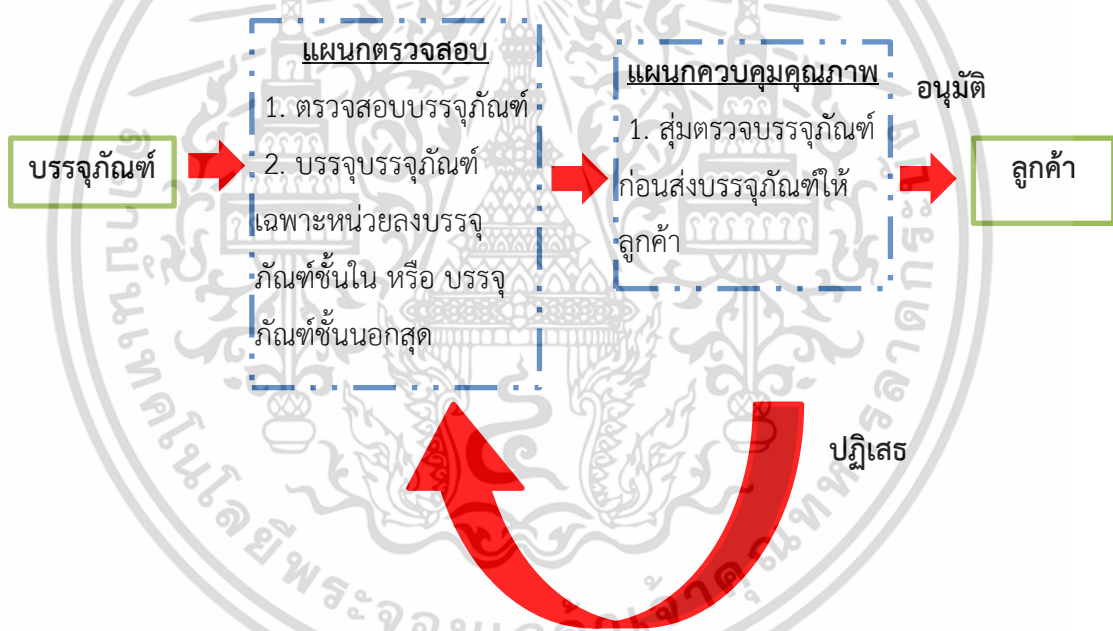
ประกอบกับการก้าวเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรม 4.0 ทำให้เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงอุตสาหกรรม เช่น เครื่องจักรกลที่คิดและสื่อสารได้ หุ่นยนต์ที่จะเข้ามาทำงานร่วมกับมนุษย์ นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology : IT) ที่จะมาเป็นสื่อกลางทำให้การสื่อสารระหว่างคนกับเครื่องจักร และระหว่างเครื่องจักรด้วยกันเองเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพเทคโนโลยีดังกล่าวนี้เองที่จะทำให้รูปแบบการผลิตเปลี่ยนแปลงไปอย่างสิ้นเชิง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและเพื่อตอบสนองความต้องการที่หลากหลายของผู้บริโภค การเปลี่ยนระบบอุตสาหกรรมเป็นระบบอุตสาหกรรมแบบอัตโนมัติ ทำให้ความสามารถในการแข่งขันของบริษัทเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากต้นทุนทางด้านแรงงานที่ลดลง อีกทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต่อ1อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริษัท คอมเม็ท เอ็นเตอร์เทรค จำกัด ตั้งอยู่ที่เขตประเวศ จังหวัดกรุงเทพมหานคร เป็นบริษัทที่เกี่ยวกับการตรวจสอบและบรรจุ บรรจุภัณฑ์เครื่องสำอางภายในโรงงานประกอบด้วย 2 ส่วนคือ แผนกตรวจสอบ (Inspection Department) และแผนกควบคุมคุณภาพ (QC Department)

แผนกตรวจสอบสามารถแบ่งงานได้เป็น 2 แบบ คือการตรวจสอบคุณลักษณะบรรจุภัณฑ์ทั้งบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วย บรรจุภัณฑ์ชั้นในและบรรจุภัณฑ์ชั้นนอกสุดให้ตรงตามคุณลักษณะมาตรฐานที่ลูกค้าต้องการ โดยจะอธิบายรายละเอียดของบรรจุภัณฑ์ในหัวข้อที่ 2.1 และการบรรจุบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วยลงบรรจุภัณฑ์ชั้นใน หรือบรรจุภัณฑ์ชั้นนอกสุดหลังแต่ละบรรจุภัณฑ์ผ่านการตรวจสอบ

แผนกควบคุมคุณภาพ จะทำการสุ่มตรวจบรรจุภัณฑ์ที่ผ่านการตรวจจากแผนกตรวจสอบ เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่เกิดจากการตรวจ ก่อนทำการอนุมัติให้สามารถส่งสินค้าให้กับลูกค้าหากแผนกควบคุมคุณภาพตรวจพบข้อผิดพลาดในงานที่ตรวจ แผนกควบคุมคุณภาพจะทำการปฏิเสธงานนั้นทั้งหมด และแผนกตรวจสอบต้องทำการตรวจสอบงานนั้นใหม่ทั้งหมด แสดงแผนภูมิขั้นตอนกระบวนการทำงานของบริษัท ดังรูปที่ 1.1

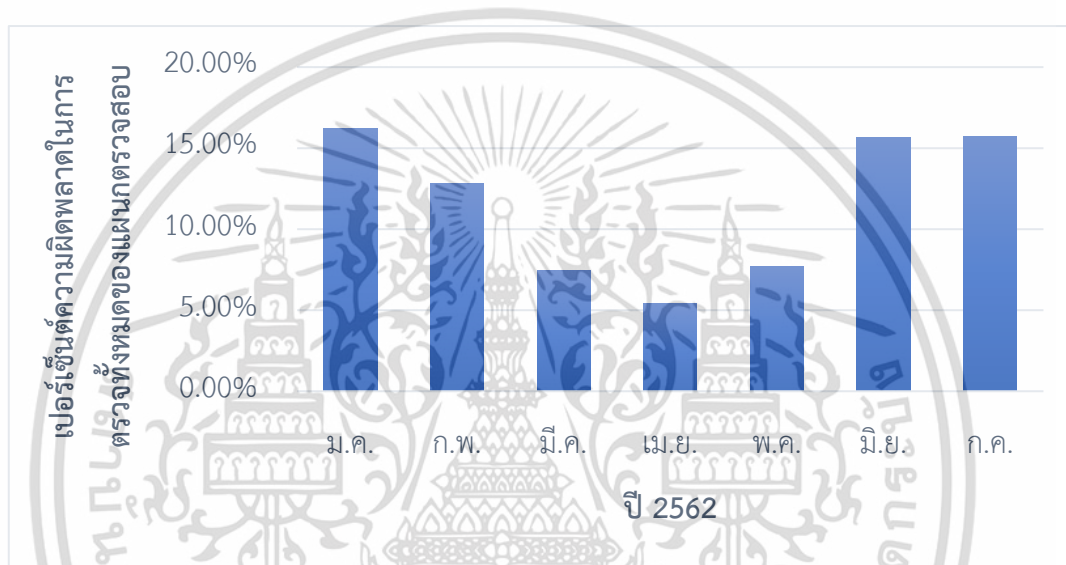


รูปที่ 1.1 แผนภูมิขั้นตอนกระบวนการทำงานของบริษัท

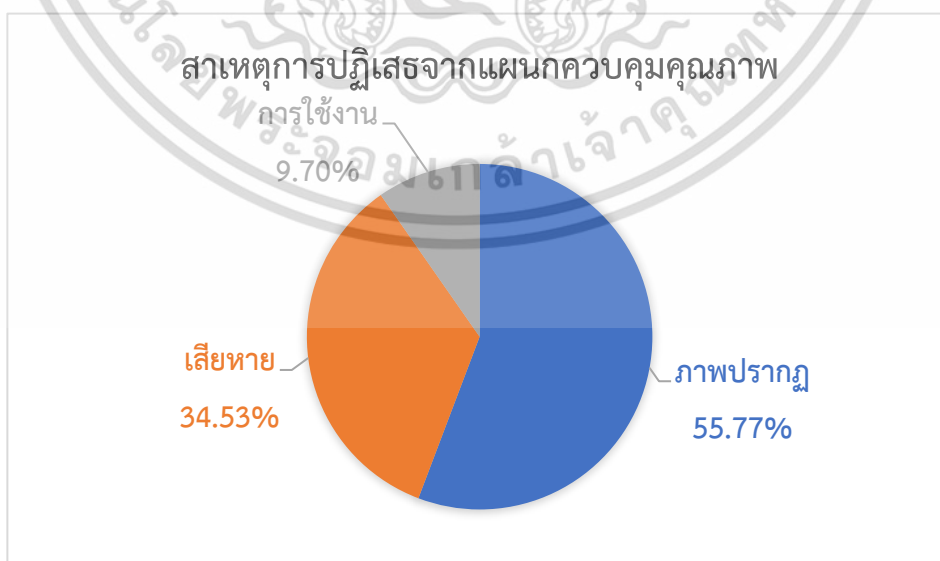
กระบวนการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากการจะส่งสินค้าออกไปให้ลูกค้าได้อย่างรวดเร็วและมีคุณภาพ ขึ้นอยู่กับกระบวนการตรวจสอบบรรจุภัณฑ์ ในกระบวนการตรวจสอบในแผนกตรวจสอบ หากทางแผนกสามารถตรวจสอบได้ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์จะทำให้ไม่มีงานที่ต้องทำการตรวจสอบซ้ำซึ่งเป็นการลดเวลาการทำงานลง อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ปัจจุบันการตรวจสอบคุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์ยังคงใช้การตรวจสอบด้วยสายตามนุษย์ ซึ่งมีปัจจัยหลายอย่างที่สามารถส่งผลให้การประเมินเกิดความผิดพลาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการมองของมนุษย์ในแต่ละคนมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความชำนาญ ลักษณะของแสง หรือ ความสามารถในการมองเห็นซึ่งเป็นการยากในการควบคุมคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ที่ผ่านการตรวจสอบ ข้อมูลจากแผนกควบคุมคุณภาพแสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการตรวจทั้งหมดของแผนกตรวจสอบในเดือนมกราคม - กรกฎาคม ปี 2562 ดังแสดงในรูปที่ 1.2 มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการตรวจทั้งหมดของแผนกตรวจสอบเฉลี่ยเป็น 11.57 เปอร์เซ็นต์ของทั้ง 7 เดือน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการตรวจเฉลี่ยร้อยละ 88.43 และมีสาเหตุของการปฏิเสธจากแผนกควบคุมคุณภาพดังรูปที่ 1.3 จะเห็นได้ว่าสาเหตุของการปฏิเสธสินค้ามากที่สุดเกิดจากภาพปรากฏ (Appearance) คิดเป็น 55.77 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 1.2 เปอร์เซ็นต์การตรวจผิดของแผนกตรวจสอบ ปี 2562



รูปที่ 1.3 สาเหตุการปฏิเสธจากแผนกควบคุมคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพปรากฏ (Appearance) คือลักษณะทั่วไปของบรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ต้องมีรูปทรงและขนาดที่ใกล้เคียงกัน มีองค์ประกอบครบถ้วน มีตราสินค้าที่ชัดเจนไม่ขาดหาย มีผิวเรียบไม่ถลอก ไม่มีรอยขีดข่วน ไม่มีจุดดำ บนพื้นผิวของบรรจุภัณฑ์ มีสีที่ตรงตามมาตรฐานของลูกค้า เช่น มีความสม่ำเสมอของสีตลอดทั้งชิ้น ไม่มีสีเพี้ยน ในการวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาในส่วนการตรวจสอบคุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์ประเภทภาพปรากฏที่มีตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำ เนื่องจากเป็นตำหนิที่มีขนาดเล็ก และสังเกตเห็นด้วยสายตามนุษย์ได้ยาก

โดยในการวิจัยนี้ได้เสนอแนวทาง ความเป็นไปได้ในการพัฒนาต้นแบบระบบตรวจสอบภาพปรากฏบนบรรจุภัณฑ์เครื่องสำอาง โดยนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image Processing) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) อีกทั้งยังนำกระบวนการมาตรฐานในการทำเหมืองข้อมูล (Cross-Industry Standard Process for Data Mining) มาประยุกต์ใช้กับแผนกตรวจสอบในบริษัท คอมเม็ท เอ็นเตอร์เทรต จำกัด โดยเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ และการเรียนรู้ของเครื่องเป็นการสกัดคุณลักษณะที่ต้องการออกจากรูปภาพ และใช้คุณลักษณะที่สกัดออกมาเป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อใช้สร้างแบบจำลองจำแนกประเภท (Classification Model) ในการใช้จำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์ และได้ทำการสร้าง User Interface เพื่อเป็นตัวกลางระหว่างผู้ใช้และชุดคำสั่งในการวิเคราะห์ทำให้สามารถใช้งานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 1.1 ลำดับบรรจุภัณฑ์ที่มีเปอร์เซ็นต์บรรจุภัณฑ์มีตำหนิต่อจำนวนบรรจุภัณฑ์ที่ตรวจสอบสูงสุด 8 อันดับแรก

ลำดับ	ชื่อบรรจุภัณฑ์	ผลรวมจำนวนตรวจสอบทั้งหมด (ชิ้น)	จำนวนบรรจุภัณฑ์มีตำหนิ (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์บรรจุภัณฑ์มีตำหนิต่อจำนวนบรรจุภัณฑ์ที่ตรวจสอบ (%)
1	SRICHAND LIP CASE	641,689	153,624	23.94
2	AMY ROSE SUPER OIL CONTROL	196,093	46,559	23.74
3	OH MY BLUSH OMB	138,338	19,982	14.44
4	OH MY TINT OMT	317,962	41,658	13.10
5	EMPTY PLASTIC FOOT+SPOUT	2,751,123	259,411	9.43
6	BSC LOCK IT FIT CASE	145,388	9,638	6.63
7	TRYLAGINA WIPING PUMP	108,854	7,024	6.45
8	SASI XOXO LIQUID LIP BOTTLE	548,578	33,667	6.14

งานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้มุ่งเน้นพัฒนาระบบต้นแบบการตรวจสอบภาพปรากฏบนบรรจุภัณฑ์ เครื่องสำอางที่ส่งผลกระทบต่อทางบริษัทมากที่สุด จากการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์บรรจุภัณฑ์ที่มีตำหนิต่อ จำนวนบรรจุภัณฑ์ที่ตรวจสอบบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CASE มีเปอร์เซ็นต์บรรจุภัณฑ์ที่มีตำหนิต่อ จำนวนบรรจุภัณฑ์ที่ตรวจสอบมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 23.94 และมีจำนวนบรรจุภัณฑ์ที่ตรวจสอบ มากเป็นอันดับสอง แสดงดังตารางที่ 1.1 ซึ่งหากสามารถตรวจสอบบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CASE ได้อย่างถูกต้อง สะดวก และรวดเร็วมากยิ่งขึ้นจะเป็นการช่วยลดต้นทุนของบริษัท

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. พัฒนาระบบตรวจสอบโดยใช้การประมวลผลภาพร่วมกับการเรียนรู้ของเครื่อง
2. สร้างเครื่องมือต้นแบบในการตรวจสอบภาพปรากฏบนบรรจุภัณฑ์

## 1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การทำปริญญานิพนธ์จะศึกษาเฉพาะคุณลักษณะภาพปรากฏตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำบนบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CASE เท่านั้น

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถได้เครื่องตรวจสอบภาพปรากฏของบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการ
2. ลดต้นทุนด้านค่าใช้จ่ายในด้านแรงงาน

## 1.5 ขั้นตอนการศึกษา

ทางผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. เก็บข้อมูลการผลิตของโรงงานและระบุปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อโรงงานมากที่สุด
2. เตรียมอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องตรวจสอบ
3. ใช้การประมวลผลภาพร่วมกับการเรียนรู้ของเครื่องในการสร้างแบบจำลองในการตรวจสอบ
4. ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบกับบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CASE
5. เปรียบเทียบผลการใช้งานเครื่องต้นแบบกับข้อมูลของแผนกควบคุมคุณภาพ

จากขั้นตอนการดำเนินงานทั้ง 5 ขั้นตอนที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น สามารถกำหนดระยะเวลา ในการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนดังตารางที่ 1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต่อ 5 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	พ.ศ. 2562					พ.ศ. 2563				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.เก็บข้อมูลการผลิตของโรงงาน และระบุปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อโรงงานมากที่สุด	↔									
2.เตรียมอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องตรวจสอบ		↔								
3.ใช้การประมวลผลภาพร่วมกับการเรียนรู้ของเครื่องในการสร้างแบบจำลองในการตรวจสอบ			↔	↔						
4.ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบกับบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CASE										↔
5.เปรียบเทียบผลการใช้งานเครื่องต้นแบบกับข้อมูลของแผนกควบคุมคุณภาพ										↔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต่อ<sup>6</sup>อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดในการศึกษาการพัฒนากระบวนการตรวจสอบภาพปรากฏบนบรรจุภัณฑ์ เครื่องสำอางโดยใช้การประมวลผลภาพและการเรียนรู้ของเครื่อง มีดังนี้

1. การตรวจสอบบรรจุภัณฑ์
2. วิธีการประมวลผลภาพ
3. การเรียนรู้ของเครื่อง

#### 2.1 การตรวจสอบบรรจุภัณฑ์

##### 2.1.1 บรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ คือสิ่งที่ห่อหุ้ม หรือ ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ มีบทบาทสำคัญในการช่วยป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นระหว่างเคลื่อนย้าย นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ยังถือเป็นกลยุทธ์ทางการตลาดที่ทำให้สินค้าโดดเด่นและแตกต่างจากคู่แข่ง สามารถแบ่งประเภทของบรรจุภัณฑ์ได้หลายวิธีตามหลักเกณฑ์ต่างๆ เช่น แบ่งตามวิธีการบรรจุและวิธีการขนถ่าย แบ่งตามวัตถุประสงค์ของการใช้ แบ่งตามความคงรูป แบ่งตามวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ใช้

ในการวิจัยนี้ได้แบ่งประเภทของบรรจุภัณฑ์ตามหลักเกณฑ์ แบ่งตามวิธีการบรรจุและวิธีการขนถ่าย เนื่องจากทางบริษัท คอมเม็ท เอ็นเตอร์เทรต จำกัด ได้แบ่งประเภทของบรรจุภัณฑ์ตามหลักเกณฑ์ดังกล่าวโดยมีรายละเอียด ดังนี้

##### 2.1.1.1 บรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วย

บรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วย (Individual Package) คือบรรจุภัณฑ์ที่สัมผัสอยู่กับผลิตภัณฑ์ชิ้นแรก เป็นสิ่งที่บรรจุภัณฑ์เอาไว้เฉพาะหน่วยโดยมีวัตถุประสงค์ขั้นแรกคือ เพิ่มคุณค่าในเชิงพาณิชย์ (To Increase Commercial Value) เช่น การกำหนดให้มีลักษณะพิเศษเฉพาะหรือทำให้มีรูปร่างที่เหมาะสมแก่การจับถือ และอำนวยความสะดวกต่อการใช้ผลิตภัณฑ์ภายใน พร้อมทั้งทำหน้าที่ให้ความปกป้องแก่ผลิตภัณฑ์โดยตรง (BIZKEENPACKAGING, 2014) แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วย

### 2.1.1.2 บรรจุภัณฑ์ชั้นใน

บรรจุภัณฑ์ชั้นใน (Inner Package) คือบรรจุภัณฑ์ที่อยู่ถัดมาเป็นชั้นที่สอง มีหน้าที่รวบรวมบรรจุภัณฑ์ชั้นแรกเข้าไว้ด้วยกันเป็นชุด ในการจำหน่ายรวมตั้งแต่ 2-24 ชิ้นขึ้นไป โดยมีวัตถุประสงค์ชั้นแรก คือ การป้องกันรักษาผลิตภัณฑ์จากน้ำ ความชื้น ความร้อน แสง แรงกระทบกระเทือน และอำนวยความสะดวกแก่การขายปลีกย่อย เป็นต้น (BIZKEENPACKAGING, 2014) เช่น กล่องกระดาษแข็งที่บรรจุเครื่องดื่มจำนวน 1 โหล เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ชั้นใน

### 2.1.1.3 บรรจุภัณฑ์ชั้นนอกสุด

บรรจุภัณฑ์ชั้นนอกสุด (Out Package) คือบรรจุภัณฑ์ที่เป็นหน่วยรวมขนาดใหญ่ที่ใช้ในการขนส่ง โดยปกติแล้วผู้บริโภคจะไม่ได้เห็นบรรจุภัณฑ์ประเภทนี้มากนัก เนื่องจากทำหน้าที่ป้องกันผลิตภัณฑ์ในระหว่างการขนส่งเท่านั้น เช่น กล่องไม้ขนาดใหญ่บรรจุสินค้าไว้ภายใน ภายนอกจะบอกเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียงข้อมูลที่จำเป็นต่อการขนส่งเท่านั้น เช่น รหัสสินค้า (Code) เลขที่ (Number) ตราสินค้า (Logo) สถานที่ส่ง เป็นต้น (BIZKEENPACKAGING, 2014) แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ชั้นนอกสุด

ในงานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้ศึกษาบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CASE ซึ่งจัดเป็นบรรจุภัณฑ์ที่อยู่ในประเภทบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วย โดยจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

### 2.1.2 คุณลักษณะและลักษณะมาตรฐานของบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CASE

คุณลักษณะและลักษณะมาตรฐานของบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CASE แสดงดังนี้

#### 2.1.2.1 คุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP

บรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP เป็นบรรจุภัณฑ์ใช้สำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจัดอยู่ในประเภทบรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วย ทำหน้าที่เพิ่มคุณค่าในเชิงพาณิชย์ให้แก่ผลิตภัณฑ์ มีรูปร่างที่เหมาะสมแก่การจับถือ อำนวยความสะดวกในการใช้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ภายใน พร้อมทั้งทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับผลิตภัณฑ์ภายใน โดยบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP มีส่วนประกอบ 2 ส่วน แสดงดังรูปที่ 2.4 ทางด้านซ้ายของรูป คือบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CASE ทางด้านขวาของรูป คือบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CAP

โดยในงานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้ศึกษาในส่วนของบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CASE เพียงส่วนเดียวดังเหตุผลที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 1



รูปที่ 2.4 บรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP ซ้าย: SRICHAN LIP CASE ขวา: SRICHAN LIP CAP

#### 2.1.2.2 คุณลักษณะมาตรฐานของบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CASE

คุณลักษณะมาตรฐานของบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CASE ได้มีการกำหนดไว้ในมาตรฐานบรรจุภัณฑ์ของทางบริษัท คอมเม็ท อินเตอร์เทรด จำกัด ดังนี้




- **ภาพปรากฏ (Appearance)** คือลักษณะทั่วไปของบรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ต้องมีรูปทรงและขนาดที่ใกล้เคียงกัน มีองค์ประกอบครบถ้วน มีตราสินค้าที่ชัดเจนไม่ขาดหาย มีผิวเรียบไม่ถลอก ไม่มีรอยขีดข่วน ไม่มีจุดดำ บนพื้นผิวของบรรจุภัณฑ์ มีสีที่ตรงตามมาตรฐานของลูกค้า เช่น มีความสม่ำเสมอของสีตลอดทั้งชิ้น ไม่มีสีเพี้ยน

- **ความเสียหาย (Damaged)** คือลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับความเสียหาย บรรจุภัณฑ์ต้องไม่มีความเสียหายเกิดขึ้นบนผิวหรือภายในบรรจุภัณฑ์ เช่น ไม่มีรอยแตก ไม่มีรอยบุบ ไม่มีการเสียรูป

- **การใช้งาน (Function)** คือลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานบรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ต้องมีฟังก์ชันการใช้งานครบตรงตามมาตรฐานของลูกค้า เช่น เขย่าไม่มีเสียง เกลียวหมุนได้สุด

ในการวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการวิจัยบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CASE ที่มีคุณลักษณะไม่ตรงมาตรฐานบรรจุภัณฑ์ประเภทภาพปรากฏ ในส่วนของตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำ เนื่องจากเป็นตำหนิที่มีขนาดเล็ก และสังเกตเห็นด้วยสายตามนุษย์ได้ยาก อธิบายลักษณะของแต่ละตำหนิดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ลักษณะ SIRCHAN LIP CASE ที่ไม่มีตำหนิ ตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำ

ประเภท	ลักษณะ	รูป
บรรจุภัณฑ์ที่ไม่มีตำหนิ	มีขนาดและสีที่ตรงตามเกณฑ์ ผิวเรียบสม่ำเสมอ ไม่มีรอยตำหนิใดๆ บนผิวบรรจุภัณฑ์	
บรรจุภัณฑ์มีตำหนิประเภทรอยขีด	มีตำหนิลักษณะเป็นขีดสีดำบนผิวบรรจุภัณฑ์	
บรรจุภัณฑ์มีตำหนิประเภทจุดดำ	มีตำหนิลักษณะเป็นจุดสีดำบนผิวบรรจุภัณฑ์	

## 2.2 วิธีการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพ (Image Processing) คือการเรียกใช้ขั้นตอนหรือกรรมวิธีใด ๆ มากระทำกับภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการปรับปรุงคุณภาพของภาพ ให้ได้ภาพใหม่ที่มีคุณสมบัติตามต้องการ เช่น ความคมชัด หรือการประหยัดพื้นที่ในการเก็บข้อมูล หรือใช้สำหรับการประมวลผลระดับสูง เช่น การจดจำรูปร่างลักษณะให้ได้อย่างแม่นยำ โดยทั่วไปแล้วระดับของการประมวลผลภาพแบ่งได้เป็น 3 ระดับ (ชัยนันท์ สมพงษ์, 2561)

1. ระดับต่ำ (Low-Level) เป็นการจัดการเกี่ยวกับค่าสี และจุดภาพ เช่น การแปลงปริภูมิสี (Color Space) ภาพ Binary การวิเคราะห์ดัชนีสี การแยกสี เป็นต้น
2. ระดับกลาง (Mid-Level) เป็นนำเสนอความรู้ (Knowledge) จากภาพ เช่น การสกัดลักษณะเด่น (Feature Extraction) การสกัดและวิเคราะห์รูปร่าง รูปทรง (Geometry Extraction) เป็นต้น
3. ระดับสูง (High-Level) เป็นการวิเคราะห์และนำเสนอความรู้และการรู้จำลักษณะ หรือ ลวดลายของภาพ (Recognition)

โดยงานวิจัยนี้จะเป็นการใช้การประมวลผลภาพในระดับกลาง คือ การใช้การสกัดลักษณะเด่นของตำหนิบนบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CASE เพื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบของตำหนิ เช่น ขนาดพื้นที่ของตำหนิ ความยาวรอบรูป รูปร่าง และการกระจายตัว เป็นต้น

### 2.2.1 โปรแกรม MATLAB

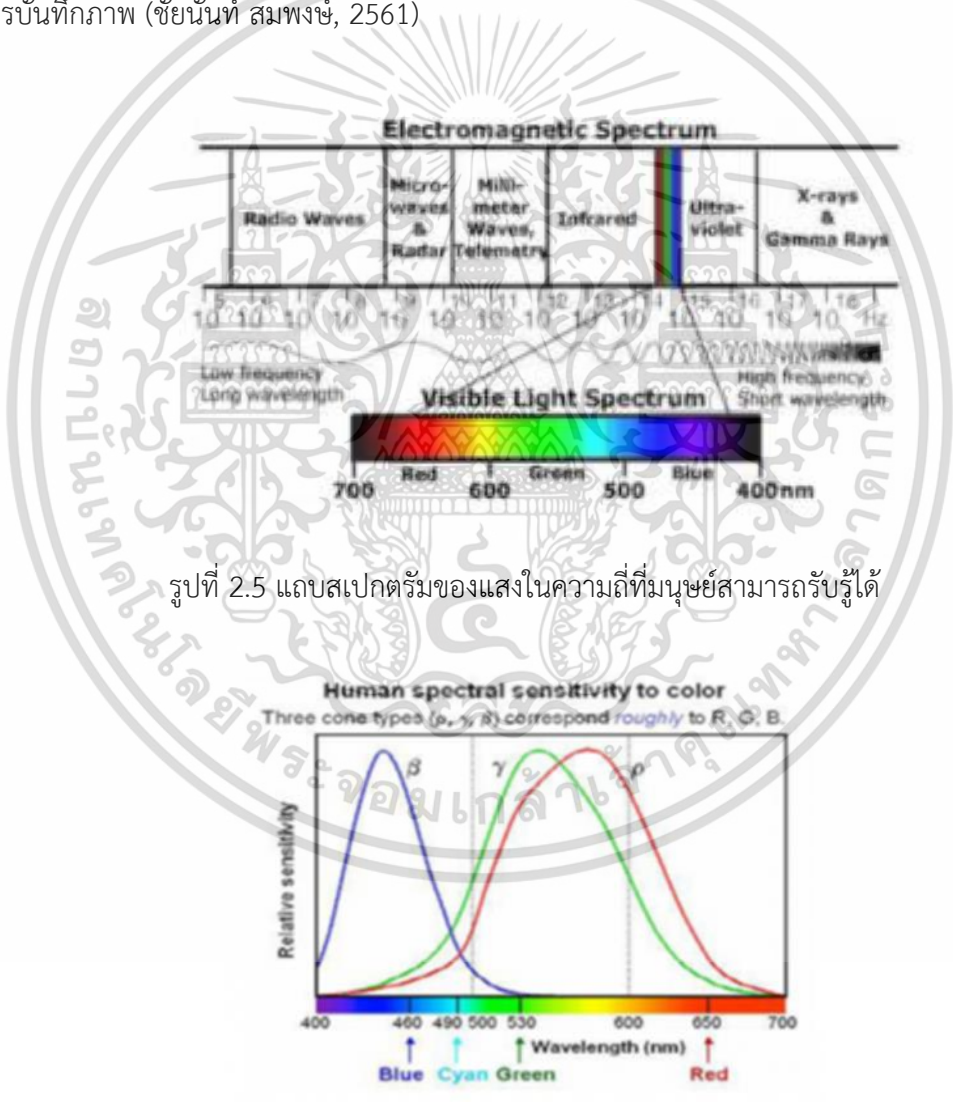
คือภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูงที่มาพร้อมด้วยสภาพแวดล้อมการทำงานเชิงโต้ตอบ ซึ่งสามารถคำนวณคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็วมากกว่าภาษาคอมพิวเตอร์สมัยก่อน เช่น ภาษา C ภาษา C++ หรือ ภาษา Fortran

MATLAB เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูงที่ใช้สำหรับคำนวณเชิงตัวเลข Numerical Computing แสดงผลกราฟฟิก และเขียนแอปพลิเคชัน ทำให้เราสามารถคำนวณผลลัพธ์ พัฒนา อัลกอริทึม สร้างแบบจำลอง และแอปพลิเคชันได้ง่ายและรวดเร็วมก ภายในตัว MATLAB ประกอบด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ Toolbox กลุ่มฟังก์ชันสำเร็จรูปในแต่ละสาขาวิชา และฟังก์ชัน พื้นฐานจำนวนมาก ทำให้การวิเคราะห์ทำได้หลากหลายวิธี พร้อมกับคำตอบที่รวดเร็ว (The Mathworks, Inc.)

### 2.2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการประมวลผลภาพดิจิทัล

ภาพดิจิทัลมีการใช้ครั้งแรกในงานอุตสาหกรรมหนังสือพิมพ์ซึ่งมีการส่งรูปภาพครั้งแรกผ่านสายเคเบิลใต้มหาสมุทรแอตแลนติกระหว่างกรุงลอนดอนกับนิวยอร์กในช่วงปี ค.ศ. 1920-1930 ทำให้ลดเวลาในการขนส่งรูปภาพผ่านมหาสมุทรแอตแลนติกที่ใช้เวลามากกว่าหนึ่งสัปดาห์ลงเหลือไม่ถึงสามชั่วโมงซึ่งจะมีอุปกรณ์พิเศษในการเข้ารหัสภาพสำหรับการส่งผ่านสายเคเบิล และด้านตัวรับจะทำการปะติดปะต่อภาพใหม่เมื่อได้รับภาพ ในปี ค.ศ. 1964 ณ ห้องทดลอง Jet Propulsion (Pasadena California) ได้นำกระบวนการการประมวลผลภาพมาใช้ในการพิจารณาภาพถ่ายดาวเทียมของดวงจันทร์ ต่อมาได้มีการตั้งสาขาทางวิทยาศาสตร์สาขาใหม่ที่มีชื่อว่า การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) หลังจากนั้นงานทางด้าน การประมวลผลภาพก็มีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง และใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับงานในหลายด้าน เช่น ทาง การสื่อสารโทรคมนาคม การสื่อสารทาง โทรศัพท์ ทางด้านการพิมพ์ ทางด้านกราฟิก การแพทย์และการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ การได้มาของภาพเป็นการบันทึกภาพโดยอุปกรณ์ที่เลียนแบบการรับภาพของมนุษย์ให้เป็นภาพสองมิติซึ่งโดย

ปกติมนุษย์สามารถรับภาพในรูปแบบสามมิติ และจะเรียกภาพที่บันทึกได้ว่า ภาพเชิงกายภาพ (Physical Image) ซึ่งเป็นภาพที่เกิดจากกระบวนการแสงที่ตกกระทบกับวัตถุโดยที่แสงสะท้อนจากวัตถุออกมาเข้าสู่จากรับแสงมีความยาวคลื่นแบบต่อเนื่องที่แตกต่างกันตามสีของวัตถุ ในรูปที่ 2.5 แสดงแถบสเปกตรัมของแสงในควมถี่ที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ซึ่งมีสีที่แตกต่างกันตามความยาวคลื่น เนื่องจากเซลล์รูปกรวยภายในเรตินา (Cones) สามารถซึมซับแสงสีแดง เขียวและน้ำเงิน (Red Green Blue : RGB) ได้แบบหยาบๆ ซึ่งสีที่รับรู้ได้มีลักษณะของการรวมกันแบบไม่คงที่ของสีเริ่มต้น (Primary Colors) แดง เขียว และน้ำเงิน ในรูปที่ 2.6 แสดงเส้นโค้งที่อธิบายการตอบสนองการซึมซับแสงของเซลล์รูปกรวยภายในเรตินา ดังนั้นภาพเชิงกายภาพเป็นการเลียนแบบการทำงานของเซลล์รับรู้สี (Cones Cell) และเซลล์รับรู้มิติของแสง (Rods Cell) ของเรตินาโดยแทนที่เรตินาด้วยจากรับแสงในการบันทึกภาพ (ชัยนันท์ สมพงษ์, 2561)

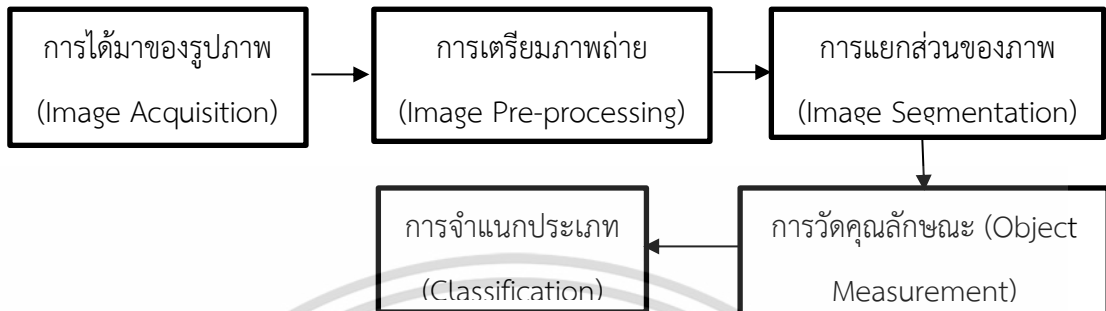


รูปที่ 2.5 แถบสเปกตรัมของแสงในควมถี่ที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้

รูปที่ 2.6 แถบสเปกตรัมของแสงที่มนุษย์สามารถซึมซับสีของเซลล์รูปกรวย

## 2.2.3 ขั้นตอนพื้นฐานของการประมวลผลภาพ

ขั้นตอนการประมวลผลภาพโดยทั่วไปประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังรูปที่ 2.7 (Du and Sun, 2004)



รูปที่ 2.7 ขั้นตอนการประมวลผลภาพ

### 2.2.3.1 การได้มาของรูปภาพ

การได้มาของรูปภาพ (Image Acquisition) คือการรับสัญญาณจากอุปกรณ์ถ่ายภาพต่าง ๆ ซึ่งอยู่ในรูปสัญญาณอนาล็อก แล้วแปลงสัญญาณที่ได้ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล เช่น กล้องถ่ายภาพดิจิทัล กล้องวีดิทัศน์ กล้อง Webcam เครื่องสแกน หรืออุปกรณ์รับสัญญาณภาพอื่นๆ เป็นต้น

แสงสว่าง เป็นสิ่งจำเป็นในการได้มาของรูปภาพสำหรับการประเมินคุณภาพและสถานะของแสงจะส่งผลกระทบต่อรูปภาพ ซึ่งภาพถ่ายที่มีคุณภาพสูงจะช่วยลดเวลาและความซับซ้อนของขั้นตอนการประมวลผลภาพ

### 2.2.3.2 การเตรียมภาพถ่าย

การเตรียมภาพถ่าย (Image Pre-processing) เป็นขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพของภาพ เนื่องจากภาพจะมีสัญญาณรบกวน ซึ่งทำให้คุณภาพของภาพลดลง ซึ่งวัตถุประสงค์ของการเตรียมภาพถ่ายคือการปรับปรุงข้อมูลภาพ โดยลดการบิดเบือนและเพิ่มคุณภาพของภาพที่มีความสำคัญต่อการประมวลผลภาพในอนาคตต่อไป ซึ่งวิธีการประมวลผลภาพเบื้องต้นมี 2 ประเภทคือ การประมวลผลพิกเซลเบื้องต้น (Pixel Pre-processing) และการประมวลผลไปเบื้องต้น (Local Pre-processing) เช่น การปรับความชัด การรับความสว่าง การกำจัดสัญญาณรบกวน เป็นต้น

### 2.2.3.3 การแยกส่วนของภาพ

การแยกส่วนของภาพ (Image Segmentation) คือ การแยกวัตถุที่เราสนใจในภาพออกจากพื้นหลังของภาพ วิธีที่ใช้ คือการสกัดลักษณะเด่น (Feature Extraction) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะสนใจภาพที่เป็นของเสียแบบภาพปรากฏ คือ เกิดตำหนิบนบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CASE ที่สามารถมองเห็นได้ เช่น รอยขีด จุดดำ เป็นต้น

#### 2.2.3.4 การวัดคุณลักษณะ

การวัดคุณลักษณะ (Object Measurement) หลังจากการแยกส่วนของภาพเพื่อให้ได้ส่วนของวัตถุที่เราสนใจจากนั้นจะทำการวัดคุณลักษณะของวัตถุที่เป็นรูปภาพออกมาเป็นพารามิเตอร์แสดงค่าออกมา โดยจะงานวิจัยนี้จะใช้ 3 พารามิเตอร์ คือ

1. พื้นที่ของตำหนิ คือจำนวนพิกเซลของภาพในส่วนที่เป็นตำหนิ
2. ความยาวรอบรูปของตำหนิ คือความยาวรอบรูปของแต่ละรอบตำหนิบนบรรจุกัณฑ์
3. ความยาวของตำหนิ คือความยาวสูงสุดในแนวแกน X หรือ แกน Y บนบรรจุกัณฑ์

#### 2.2.3.5 การจำแนกประเภท

การจำแนกประเภท (Classification) คือการจำแนกบรรจุกัณฑ์โดยการสร้างแบบจำลองในการทำนายขึ้นมาเพื่อใช้ในการจำแนกประเภท โดยการนำหลักการการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) มาประยุกต์ใช้ซึ่งในงานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้อัลกอริทึมในการเรียนรู้ของเครื่องแบบการจำแนกประเภท (Classification) ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) และได้ นำเทคนิคการสร้างแบบจำลองโดยใช้อัลกอริทึมด้วยกันทั้งหมด 2 อัลกอริทึม ได้แก่ วิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในหัวข้อที่ 2.3.4 การสร้างแบบจำลอง

#### 2.2.4 การแสดงค่าความคลาดเคลื่อนและความไม่แน่นอนของการทดลอง

ความคลาดเคลื่อน หรือ Static Error คือผลต่างระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าที่แท้จริง โดยทั่วไปแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ ถ้าค่าที่วัดได้ใกล้เคียงกับค่าจริงมากแสดงว่าการวัดนั้นมีความแม่นยำหรือความถูกต้อง (Accuracy) สูง โดยการวัดทุกครั้งมักมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ การเข้าใจถึงสาเหตุจะช่วยลดความคลาดเคลื่อนให้น้อยลงได้ โดยความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดความไม่แน่นอน (Uncertainty) การวัดความคลาดเคลื่อนแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากผู้วัด ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ และ ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (กรกนก อุบลชลเขต, 2553)

##### 2.3.4.1 ร้อยละความคลาดเคลื่อน

ความคลาดเคลื่อนที่แท้จริงคือผลต่างของค่าที่วัดได้ (Experimental Value) กับค่าที่เป็นจริงหรือค่าที่ยอมรับ (Accepted Value) แต่ค่าความคลาดเคลื่อนที่แท้จริงนี้ไม่ใช่ค่าที่ระบุถึงความแม่นยำของการวัดเสมอไปจนกว่าจะคำนวณร้อยละความผิดพลาด (นวกัทราน หนูนาถ และ ทวีพล ชื่อสัตย์, 2555; Helfrick and Albert D., 2005)

$$\delta = \left| \frac{v_A - v_E}{v_E} \right| \times 100 \quad (2.1)$$

เมื่อ

$\delta$  คือ เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อน

$v_A$  คือ ค่าที่ได้จากการทดลอง

$v_E$  คือ ค่าจริงหรือค่าที่ยอมรับได้

## 2.2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพ

จากการศึกษาของปิยาภรณ์ มาตย์วิเศษ (2556) การวิเคราะห์คุณลักษณะของนักเก็ตไก่แช่แข็งโดยใช้การถ่ายภาพร่วมกับวิธีการทางสถิติ โดยใช้ภาพที่อยู่ในระบบ  $L^*a^*b^*$  มาทำการประมวลผลภาพวิเคราะห์คุณลักษณะ เพื่อใช้ในการหองค์ประกอบที่สำคัญของคุณลักษณะของนักเก็ตไก่ เมื่อได้ค่าข้อมูลขององค์ประกอบที่สำคัญจะสามารถนำไปเป็นตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

จากการศึกษาของ Foram Sanghadiya และ Darshana Mistry (2015) การตรวจจ็บรอยตำหนิของพื้นผิวกระเบื้องโดยใช้การประมวลผลภาพดิจิทัล พบว่าข้อบกพร่องบางอย่างของพื้นผิวกระเบื้องจะเปลี่ยนแปลงสีของพื้นผิวกระเบื้อง ซึ่งหากบนพื้นผิวของกระเบื้องมีสีที่แตกต่าง จะมีความเป็นไปได้ว่าจะมีรอยตำหนิเกิดขึ้น

จากการศึกษาของ Zoran Peric (2018) การประมวลผลภาพของข้อบกพร่องบนผนังโดยใช้ Machine Learning และ Steerable Filters รวบรวมภาพ PCB ผ่านกล้อง หลังจากกระบวนการวิเคราะห์ภาพแบบพิเศษเพื่อนำให้ได้รายละเอียดของข้อบกพร่องบนผนัง ภาพถูกนำมาเปรียบเทียบกับเทมเพลตตั้งนั้นจึงพบข้อบกพร่องที่ที่เกิดขึ้น เช่น ลัดวงจร วงจรเปิด และข้อบกพร่องอื่น ๆ ที่สามารถพบได้อย่างแม่นยำ

การตรวจหาแมลงในตัวอย่างข้าวสาลี โดยให้แสงจากทางด้านล่าง (Black lighting) และเก็บตัวอย่างจากกล้องด้านบน ภาพที่ได้ถูกแปลงให้เป็นข้อมูลดิจิทัลสู่คอมพิวเตอร์ ข้อมูลสีของภาพถูกนำมาหาค่าพารามิเตอร์ทางสถิติ และประมวลผลด้วยเทคนิค Pattern Recognition ผลการวิจัยพบว่าเทคนิคนี้สามารถตรวจหาแมลงได้แม่นยำ สูงกว่า 90 เปอร์เซนต์ (Zayas et al., 1998)

จากงานวิจัยข้างต้นจะเห็นได้ว่าวิธีการประมวลผลภาพสามารถตรวจสอบข้อบกพร่องต่าง ๆ บนชิ้นงานได้ วิเคราะห์ความแตกต่างขององค์ประกอบหรือใช้จำแนกของดีและของเสียได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำวิธีการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์คุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์ และเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

## 2.2.6 คำศัพท์พื้นฐานที่ใช้โดยทั่วไปในการประมวลผลภาพ

ในการประมวลผลภาพด้วยระบบคอมพิวเตอร์มีคำศัพท์เฉพาะที่ใช้ในขั้นตอนการประมวลผลภาพ ซึ่งได้ระบุคำศัพท์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ในตารางที่ 2.2 (ยุทธพงศ์ อุณหวิทย์ และ ญัฐกานต์ ลิขิตผลจรรยา, 2553)

ตารางที่ 2.2 คำศัพท์พื้นฐานที่ใช้โดยทั่วไปในการประมวลผลภาพ

คำศัพท์	คำอธิบาย
การประมวลผลภาพ (Image Processing)	คือการนำรูปภาพเข้าจากนั้นทำการส่งรูปออก เป็นการเรียกใช้ขั้นตอนหรือกรรมวิธีใด ๆ มากกระทำกับรูปภาพ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพให้ได้ภาพใหม่ที่มีคุณสมบัติตามต้องการ เช่น ความคมชัด หรือใช้สำหรับประมวลผลในระดับสูง
การวิเคราะห์รูปภาพ (Image Analysis)	คือการนำรูปภาพเข้าจากนั้นทำการส่งค่าที่วัดได้ออก วิธีนี้จะได้การประมวลผลภาพเพื่อให้ได้ค่าการวัดออกมาเช่น การวัดขนาดผิวกและผลไม้ในงานอุตสาหกรรม เป็นต้น
การแปลงภาพสีให้เป็นภาพขาวดำ (Thresholding)	เป็นกระบวนการแปลงภาพสีให้มีการแสดงผลแค่ 2 ระดับคือขาวและดำ โดยจะแปลงข้อมูลภาพให้เป็นภาพไบนารี (Binary Image) มีกระบวนการแปลงภาพที่มีความเข้มหลายระดับ เป็นภาพที่มีความเข้มเพียง 2 ระดับหรือ 1 บิต คือ 0 และ 1 โดย 0 แทนจุดภาพที่มีสีขาวและ 1 แทนจุดภาพที่มีสีดำ เทคนิคเทรชโฮลด์คือการเปรียบเทียบค่าพิกเซลกับค่าคงที่ที่เรียกว่าค่าเทรชโฮลด์ (Threshold Value)
รูปภาพระดับสีเทา (Gray-Scale Image)	รูปที่แต่ละพิกเซลจะเก็บข้อมูลความเข้มของแสงเป็นข้อมูล 8 บิต ทำให้แต่ละพิกเซลสามารถมีความเข้มแสงได้ถึง 256 ระดับ โดยจะแทนสีดำด้วยเลข 0 และแทนสีขาวด้วยเลข 255 ซึ่งระหว่าง 0-255 จะเป็นความเข้มแสงโทนสีเทา
พิกเซล (Pixel)	เป็นส่วนประกอบภาพหรือเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่าจุดภาพ จำนวนของพิกเซลยิ่งมากยิ่งจะทำให้ภาพมีความละเอียดคมชัดมากยิ่งขึ้น ค่าที่กำกับแต่ละพิกเซลจะแสดงถึงค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงในภาพที่พิกเซลนั้นแทนอยู่ โดยค่าของพิกเซลนี้มีค่าตั้งแต่ 0-1

## 2.3 การเรียนรู้ของเครื่อง

การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) คือการให้ชุดคำสั่งในคอมพิวเตอร์ทำงานเพื่อเรียนรู้บางสิ่งด้วยตัวเอง (ณัฐธัญ วิโรจน์บุญเกียรติ, 2560) ในการทำวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้นำกระบวนการมาตรฐานในการทำเหมืองข้อมูล ที่เรียกว่า “Cross-Industry Standard Process for Data Mining” หรือเรียกย่อว่า “CRISP-DM” (Pete et al., 2000) ซึ่งกระบวนการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ของเครื่องมาปรับใช้กับงานวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กระบวนการ CRISP-DM นี้จะประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังในรูปที่ 2.8 แต่ละขั้นตอนจะเป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องกันนั่นคือขั้นตอนถัดไปจะรอผลลัพธ์จากขั้นตอนก่อนหน้าซึ่งแสดงด้วยลูกศรที่เชื่อมระหว่างกล่องสี่เหลี่ยมแต่ละกล่อง ในการทำเหมืองข้อมูลนั้นจะเกี่ยวข้องกับการออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อใช้จำแนกชุดข้อมูลที่สนใจออกจากกัน โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบต่างๆ มาประยุกต์ใช้งาน ตัวอย่างในชุดข้อมูลสอน (Training Set) ที่ใช้จะมีคุณลักษณะสำคัญเพื่อบอกค่าประเภทของตัวอย่างนั้น ซึ่งเรียกคุณลักษณะนี้ว่า ฉลากบอกประเภท (Class Label) ซึ่งจะถูกนำไปสอนให้ตัวจำแนกประเภท หรือ Classifier เรียนรู้ และผลลัพธ์ที่ได้คือแบบจำลอง (Model) ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้จำแนกประเภทข้อมูล หรือ ตัวอย่างใหม่ที่ไม่เคยเห็นมาก่อน (Rechard and Duda, 1997) ซึ่งมีขั้นตอนในกระบวนการดังนี้

### 2.3.1 การเข้าใจธุรกิจ

การเข้าใจ (Business Understanding) เป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการ CRISP-DM ซึ่งจะเน้นไปที่การทำความเข้าใจปัญหาและแปลงปัญหาที่ได้ให้อยู่ในรูปแบบโจทย์ของการทำเหมืองข้อมูล พร้อมทั้งวางแผนในการดำเนินการคร่าวๆ เช่น การนำเทคนิคการทำเหมืองข้อมูลมาใช้เพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นต้น

### 2.3.2 การเข้าใจข้อมูล

การเข้าใจข้อมูล (Data Understanding) ขั้นตอนนี้เริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูล หลังจากนั้นจะเป็นการตรวจสอบข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมมาเพื่อดูความแม่นยำของข้อมูล และพิจารณาว่าจะใช้คุณลักษณะของข้อมูลทั้งหมดหรือจำเป็นต้องเลือกบางคุณลักษณะมาใช้ในการวิเคราะห์

### 2.3.3 การเตรียมข้อมูล

การเตรียมข้อมูล (Data Preparation) เป็นขั้นตอนสำคัญก่อนการจำแนกประเภทซึ่งมีผลโดยตรงต่อความสำเร็จในการจำแนก เนื่องจากข้อมูลจริงที่ได้มานั้นจะมีความสกปรก กล่าวคือ

- ข้อมูลไม่สมบูรณ์ (Incomplete) คือค่าคุณลักษณะขาดหายหรือขาดคุณลักษณะที่ต้องการมีแต่ข้อมูลโดยรวม
- ข้อมูลรบกวน (Noisy) คือค่าของข้อมูลผิดพลาดไปจากความจริง (Error) เนื่องจากการเก็บข้อมูลที่ผิดพลาด ตลอดจนโดนผลกระทบจากปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องหรือเกิดค่าแปลกแยกขึ้น (Outlier) ซึ่งมักเป็นค่าที่ถูกต้องแต่มีค่าสูงหรือต่ำเกินขอบเขตความสนใจไปมาก

- ข้อมูลไม่มีความสอดคล้องกัน คือข้อมูลชนิดเดียวกัน แต่เก็บมาคนละมาตรฐาน เช่น การตั้งชื่อต่างกัน ใช้ค่าแทนข้อมูลที่แตกต่างกัน

เทคนิคการเตรียมข้อมูลประเภทต่างๆ จะช่วยเพิ่มคุณภาพของข้อมูล ซึ่งจะทำให้การประมวลผลข้อมูลมีความแม่นยำ ประสิทธิภาพ และความเร็วในการจำแนกประเภทข้อมูลเพิ่มขึ้น เทคนิคที่ใช้เตรียมข้อมูลให้พร้อมก่อนที่จะทำการจำแนกประเภทข้อมูล (กิตติพงษ์ หิริโอตป์ปะ, 2553) ได้แก่

### 2.3.3.1 การทำความสะอาดข้อมูล

การทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) คือการตัดทิ้งตัวอย่างข้อมูลที่ซ้ำซ้อน (Duplicated Records) การจัดการข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ การลดความไม่สอดคล้อง และที่สำคัญคือ การจัดการกับข้อมูลที่สูญหาย และลดข้อมูลรบกวน (Noise) หรือข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ (Outlier)

**1. การจัดการข้อมูลขาดหายหรือข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์** มักพบเสมอว่าชุดข้อมูลที่ต้องการจะวิเคราะห์ เกิดการขาดหายหรือสูญหาย ซึ่งมีสาเหตุปัจจัยค่อนข้างหลากหลาย เช่น ความผิดพลาดของผู้เก็บข้อมูล อุปกรณ์เก็บข้อมูลชำรุด และการส่งข้อมูลผิดพลาด เป็นต้น การจัดการข้อมูลขาดหายจึงเลือกทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับเทคนิคและความสมบูรณ์ของชุดข้อมูลส่วนที่เหลือ ดังนี้

- การตัดทิ้งตัวอย่างที่มีข้อมูลสูญหาย มักใช้กับงานจำแนกประเภท (Classification) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ฉลากบอกประเภท (Class Label) ของตัวอย่างขาดหาย หรือคุณลักษณะขาดหายเป็นจำนวนมาก

- ใช้ค่าเฉลี่ยของคุณลักษณะเพื่อเติมค่าข้อมูลที่ขาดหาย มักใช้ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่จัดอยู่ในประเภทเดียวกัน เพื่อเติมค่าข้อมูลที่ขาดหายไป

- คำนวณหาค่าความเป็นไปได้มากที่สุด ซึ่งมีอยู่หลายเทคนิคให้เลือกใช้ เช่น จากค่าความถดถอย (Regression) การอนุมานโดยใช้สูตรของเบย์ และการใช้ต้นไม้ตัดสินใจช่วยทำนาย

**2. การจัดการข้อมูลรบกวน** ซึ่งชุดข้อมูลที่ศึกษามีลักษณะความผิดพลาดแบบสุ่ม หรือความคลาดเคลื่อนจากการวัด สาเหตุความผิดพลาดอาจเนื่องมาจาก อุปกรณ์เก็บรวบรวมข้อมูลผิดพลาด ปัญหาจากการบรรจุหรือป้อนค่าข้อมูล อันเนื่องมาจากมนุษย์หรือคอมพิวเตอร์ ปัญหาการส่งข้อมูล และข้อจำกัดทางเทคโนโลยีการวัด การจัดการข้อมูลรบกวนสามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีบินนิง (Binning Method) วิธีการจัดกลุ่ม (Clustering) และวิธีความถดถอย (Regression) เป็นต้น

### 2.3.3.2 การปรับคุณสมบัติ

การปรับคุณสมบัติ (Feature Scaling) คือการทำข้อมูลให้เป็นรูปแบบเดียวกัน การแก้ปัญหาเรื่องหน่วยของข้อมูลที่แตกต่างกัน หรือความกว้างของข้อมูลที่ไม่เหมือนกัน โดยมีวิธีการที่นิยมใช้กัน 2 วิธีได้แก่

- Rescaling (Min-max normalization) คือ การปรับขนาดมาตรฐานต่ำสุด-สูงสุด เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด ประกอบด้วยการลดขนาดช่วงของคุณสมบัติเพื่อขยายช่วงใน [0, 1] หรือ [-1, 1] การเลือกช่วงเป้าหมายขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล แสดงสูตรดังสมการที่ 2.2

$$x_{norm} = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (2.2)$$

เมื่อ

$x$  คือ ค่าดั้งเดิม

$x_{norm}$  คือ ค่าที่ได้จากการปรับขนาด

- Standardization คือ การจัดเรียงข้อมูลให้อยู่ในรูป Normalization หรือระขังคว่ำ โดยค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงมาตรฐาน จะมีค่าเท่ากับ 0 และ 1 ตามลำดับ แสดงสูตรดังสมการที่ 2.3

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (2.3)$$

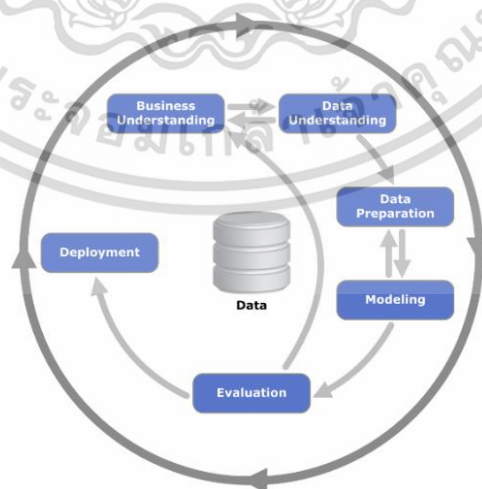
เมื่อ

$x$  คือ ตัวแปร หรือข้อมูลที่ต้องการทำ Standardized

$\mu$  คือ ค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูล

$\sigma$  คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดข้อมูล

$z$  คือ ค่าที่ได้จากการจัดเรียง



รูปที่ 2.8 ขั้นตอนในกระบวนการ CRISP-DM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.4 การสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลอง (Modeling) เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning Algorithm) เนื่องจากการจำแนกประเภทตัวอย่าง นั้นจะนำอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องมาประยุกต์ใช้ ซึ่งแต่ละชนิดของอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง จะมีเทคนิคที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นการเลือกเทคนิคจึงควรเลือกให้เหมาะกับข้อมูลและงานในแต่ละประเภท เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นในบางครั้งอาจจะต้องมีการย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 2.3.3 การเตรียมข้อมูล เพื่อแปลงข้อมูลบางส่วนให้เหมาะสมกับแต่ละเทคนิคด้วยอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง จัดแบ่งได้ตามลักษณะผลลัพธ์ โดยทั่วไปแล้วจะแบ่งได้เป็น 3 ประเภท (Rechard and Duda, 1997) ได้แก่ การเรียนรู้แบบมีผู้สอน การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน และการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง

- **การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning)** เป็นอัลกอริทึมที่จำเป็นต้องจัดเตรียมฉลากบอกประเภท (Class Label) ของข้อมูลสอนแต่ละชุด หรือ กล่าวได้ว่าผู้สอนทราบค่าประเภทของตัวอย่างในชุดข้อมูลสอนล่วงหน้า โดยในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคที่อยู่ในกลุ่ม การจำแนกประเภท (Classification) ซึ่งจัดอยู่ในอัลกอริทึมประเภทนี้

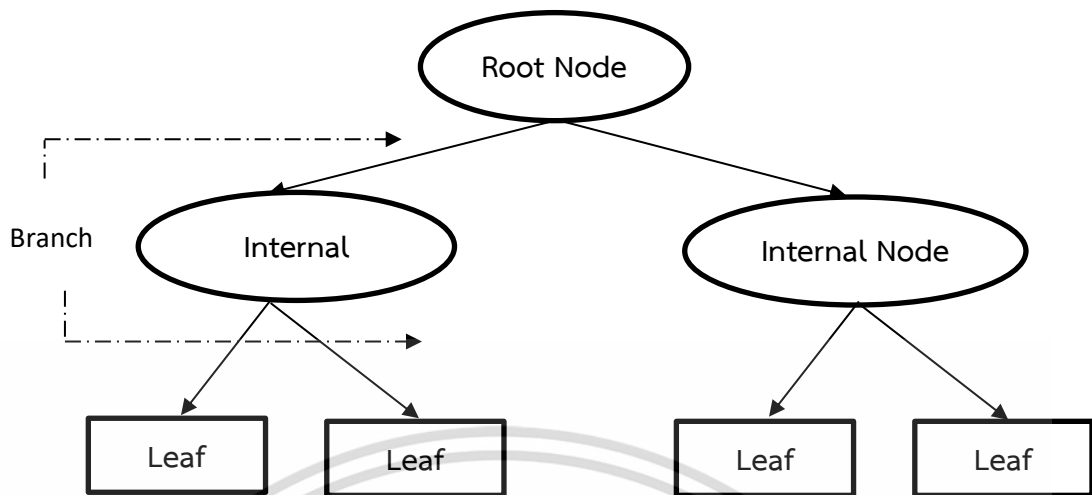
- **การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning)** หรือ อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าการจัดกลุ่ม (Clustering) การเรียนรู้ประเภทนี้จะตรงข้ามกับการเรียนรู้แบบมีผู้สอน คือไม่มีผู้สอนที่แท้จริง ข้อมูลชุดสอนจะไม่มีการระบุผลลัพธ์หรือฉลากบอกประเภทไว้ล่วงหน้าอัลกอริทึมจะพยายามเรียนรู้เพื่อระบุประเภทหรือกลุ่มที่ซ่อนอยู่ในข้อมูล

- **การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement Learning)** การเรียนรู้ของตัวจำแนกประเภทชนิดนี้จะไม่ต้องการฉลากบอกประเภทไว้ล่วงหน้า แต่จะใช้ผลป้อนกลับ (Feedback) ที่ได้จากผู้สอนเพื่อบอกสิ่งที่อัลกอริทึมได้ตัดสินใจทำไปว่าเป็นการตัดสินใจที่ถูกหรือผิดเท่านั้น

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน เนื่องจากผู้วิจัยต้องการสร้างแบบจำลองที่สามารถจำแนกประเภทของบรรจุภัณฑ์ เพื่อใช้ในการทำนายผลลัพธ์ของบรรจุภัณฑ์ใหม่ที่ได้รับค่าเข้ามานั้นว่าจัดอยู่ในบรรจุภัณฑ์ประเภทที่มีตำหนิหรือไม่ และหากเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีตำหนิเป็นตำหนิประเภทใด ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้อัลกอริทึมทั้งหมด 3 อัลกอริทึม ได้แก่ การถดถอยโลจิสติกส์ (Logistic Regression) ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) มีรายละเอียดดังนี้

#### 2.3.4.1 ต้นไม้ตัดสินใจ

ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เป็นเทคนิคการจำแนกตามโครงสร้างของต้นไม้ เทคนิคนี้เป็นเทคนิคการจำแนกที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย (Sarawut Meesri, 2011) แสดงโครงสร้างต้นไม้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 โครงสร้างต้นไม้

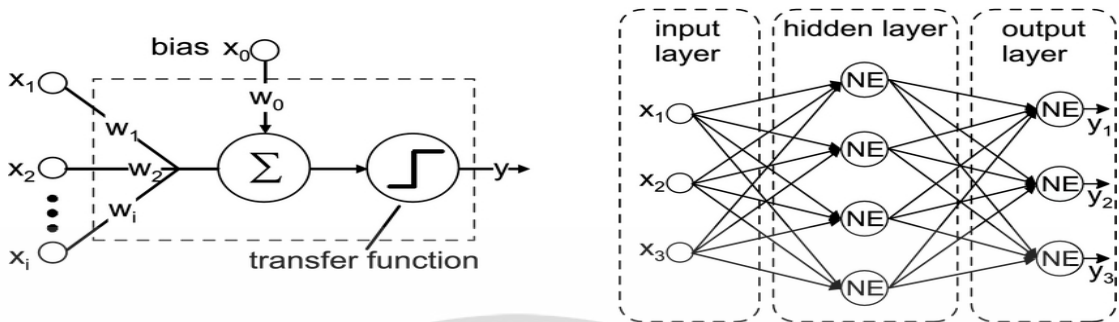
โครงสร้างต้นไม้ประกอบด้วย ปมราก (Root Node) ปมภายใน (Internal Nodes) ปมใบ (Leaf Nodes) และกิ่ง (Branch) ซึ่งมีความหมายดังนี้

- ปมราก เป็นคุณลักษณะ (Attribute) หรือคุณสมบัติ (Feature) ของชุดข้อมูลที่สามารถแยกได้ชัดเจน มีกิ่งขาออกมาอย่างน้อยหนึ่งขา และไม่มีกิ่งขาที่เข้าปมราก
- ปมภายใน เป็นคุณลักษณะ หรือคุณสมบัติเหมือนปมราก แต่มีหนึ่งกิ่งขาเข้า และมีกิ่งขาออกอย่างน้อยหนึ่งกิ่ง
- ปมใบ เป็นฉลากบอกประเภท (Class Label) ของข้อมูล หรือเรียกอีกอย่างว่า ผลลัพธ์จากการจำแนก จะมีกิ่งขาเข้าหนึ่ง และไม่มีกิ่งขาออก
- กิ่ง เป็นค่าคุณลักษณะ (Attribute Value) ที่แยกมาจากปมภายใน (Attribute) ดังนั้น หากมีสองค่าคุณลักษณะจะมีสองกิ่งที่แยกออกมากจากปมภายใน

#### 2.3.4.2 โครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) เป็นสาขาหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) เป็นการจำลองรูปแบบการทำงานของสมองมนุษย์ ซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์ประสาท (Nodes) จำนวนมากโดยปม (Node) คือหน่วยประมวลผลในสมองของมนุษย์ (Sarawut, 2011) โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม สามารถสร้างโดยการเชื่อมต่อปมหลายๆ ปมเข้าด้วยกัน โครงสร้างโดยทั่วไปจะประกอบด้วย ชั้นข้อมูลเข้า (Input Layer) ชั้นซ่อน (Hidden Layer) และชั้นข้อมูลออก (Output Layer) โดยในแต่ละชั้นจะมีปมที่เชื่อมต่อกับทุกปมที่อยู่ในชั้นก่อนหน้าและเชื่อมต่อกับทุกปมที่อยู่ชั้นถัดไป แสดงภาพรวมโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมดังรูปที่ 2.10 ซึ่ง

ภายในชั้นซ่อนจะเป็นที่ที่การเรียนรู้ส่วนใหญ่เกิดขึ้น การมีชั้นซ่อนมากขึ้นจะทำให้โมเดลสามารถเรียนรู้ได้ซับซ้อนมากขึ้น



รูปที่ 2.10 ภาพรวมโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม

ในโครงข่ายประสาทเทียมจะใช้เซลล์ประสาทเทียม (Artificial Neuron) หรือเพอร์เซปตรอน (Perceptron) หรือปม (Node) ที่เชื่อมต่อกัน แต่ละการเชื่อมต้อมีค่าน้ำหนัก (Weight) คือค่าที่แสดงถึงความสำคัญของแต่ละปม นำไปหาผลรวมแล้วจึงส่งเข้าฟังก์ชันกระตุ้น (Activation Function) และได้ค่าข้อมูลออกมา ดังสมการที่ 2.4 ซึ่งปมสามารถเรียนรู้ที่จะปรับค่าน้ำหนักและไบแอสเพื่อให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมออกมาได้

$$f(x) = f(\sum_{i=1}^n w_i x_i + b) \quad (2.4)$$

เมื่อ

$w_i$  คือ ค่าน้ำหนัก

$x_i$  คือ ค่าน้ำหนักของแต่ละค่ารับเข้า (Corresponding Weight)

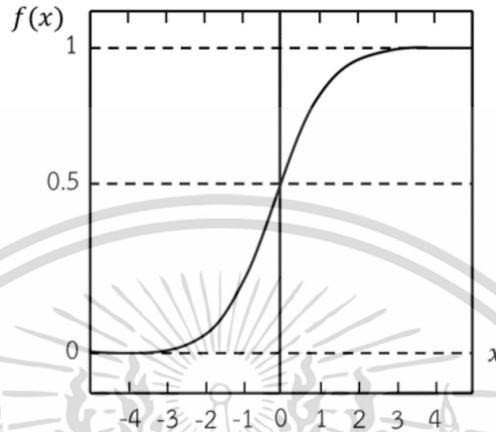
$b$  คือ ไบแอส (Bias)

$n$  คือ จำนวนค่ารับเข้าทั้งหมด

โดยทั่วไปมีฟังก์ชันกระตุ้น (Activation Function) ที่นิยมใช้กันได้แก่ Linear Function, Hyperbolic Tangent Function, ReLU Function, Rectified Linear Unit แต่ในการวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้ Sigmoid Function และ Softmax Function เป็นฟังก์ชันกระตุ้น โดยที่ Sigmoid Function จะมีรูปร่างคล้ายเส้นโค้ง S แสดงดังรูปที่ 2.11 แสดงการคำนวณ Sigmoid Function โดยสมการที่ 2.5 และแสดงสมการคำนวณ Softmax Function ดังสมการที่ 2.6

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (2.5)$$

$$\sigma(z)_i = \frac{e^{z_i}}{\sum_{j=1}^k e^{z_j}} \text{ for } i = 1, \dots, K \text{ and } z = (z_1, \dots, z_k) \in R^K \quad (2.6)$$



รูปที่ 2.11 เส้นโค้ง Sigmoid Function

### 2.3.5 การประเมินผลแบบจำลอง

การประเมินผล (Evaluation) แบบจำลองเพื่อการจำแนกประเภทตัวอย่างที่ถูกต้องและแม่นยำก่อนการใช้งานจำเป็นต้องมีการวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้ว่ามีความถูกต้อง หรือมีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด ซึ่งอาจจะย้อนกลับไปยังขั้นตอนก่อนหน้าเพื่อเปลี่ยนแปลงแก้ไขเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการได้ ซึ่งสำหรับการสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิค Classification มีการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองอยู่ 3 แบบใหญ่ (Data Mining Trend, 2014) คือ

- วิธี Self - Consistency Test หรือเรียกว่า Use Training Set เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด คือข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง และข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองเป็นข้อมูลชุดเดียวกัน การวัดประสิทธิภาพด้วยวิธีนี้จะให้ผลการวัดประสิทธิภาพที่มีค่าสูงมาก เนื่องจากเป็นข้อมูล ชุดเดิมที่ระบบได้ทำการเรียนรู้แล้ว ซึ่งวิธีการนี้จะเหมาะสำหรับใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพเพื่อดูแนวโน้มของแบบจำลองที่สร้างขึ้น

- วิธี Split Test เป็นการแบ่งข้อมูลด้วยการสุ่มข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน เช่น 70 เปอร์เซ็นต์ ต่อ 30 เปอร์เซ็นต์ หรือ 80 เปอร์เซ็นต์ ต่อ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยข้อมูลส่วนแรก จะใช้สำหรับสร้างแบบจำลองและข้อมูลส่วนที่สองจะใช้สำหรับ การทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ซึ่งข้อดีของวิธีการนี้คือใช้เวลาในการสร้างแบบจำลองน้อย

- วิธี Cross-Validation Test เป็นวิธีที่นิยมในการทำงานวิจัย เพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองเนื่องจากผลที่ได้มีความน่าเชื่อถือ การวัดประสิทธิภาพด้วยวิธี Cross-Validation นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

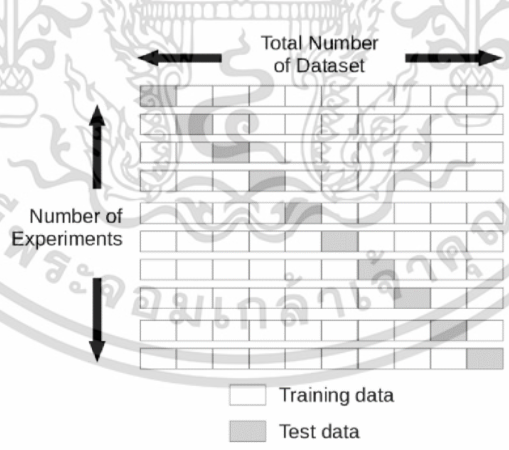
Validation นี้จะทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นหลายส่วน โดยแต่ละส่วนมีจำนวนข้อมูลเท่ากัน หลังจากนั้นข้อมูลหนึ่งส่วนจะถูกใช้เป็นตัวทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ทำวนไปจนครบจำนวนที่แบ่งไว้ และทำการเฉลี่ยค่าความถูกต้องออกมา

ในการวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้ใช้การประเมินผล 2 วิธี นั่นคือ การตรวจสอบแบบไขว้เคกลุ่ม (K-Folds Cross Validation) และคอนฟิวชันเมทริกซ์ (Confusion Matrix) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### 2.3.5.1 การตรวจสอบแบบไขว้เคกลุ่ม

การตรวจสอบแบบไขว้เคกลุ่ม (K-Fold Cross Validation) คือ การแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดข้อมูลฝึกสอนและชุดข้อมูลทดสอบโดยวิธีนี้ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความน่าเชื่อถือวิธีการ คือแบ่งข้อมูลออกเป็น K ส่วน โดยแต่ละส่วนจะมีจำนวนข้อมูลเท่ากันหลังจากนั้นจะนำข้อมูล 1 ส่วนจาก K ส่วนที่แบ่งได้มาใช้เป็นชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Data) และข้อมูลอีก K-1 ส่วน จะถูกใช้เป็นการฝึกสอน (Training Data) แสดงรายละเอียดกระบวนการ K ครั้ง และนำค่าวัดประสิทธิภาพแบบจำลองที่ได้จากการทดลอง K ครั้ง มาหาค่าเฉลี่ย ประโยชน์ของการตรวจสอบแบบไขว้เคกลุ่ม คือ ทุกข้อมูลโดยการใช้เป็นข้อมูลทดสอบและกระบวนการสร้างแบบจำลองและการทดสอบ มีการทำซ้ำมากกว่า 1 ครั้ง ซึ่งทำให้สามารถลดปัญหาอคติที่เกิดจากการเลือกชุดข้อมูลฝึกสอนและทดสอบได้ (วิภากร แซ่หว่อง, 2561)

ค่า K ที่นิยมใช้และได้รับการยอมรับ คือ K=10 เพราะจะเหลือข้อมูลไว้สำหรับการฝึกสอน (Training) ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละรอบ และอีก 10 เปอร์เซ็นต์ ไว้สำหรับการทดสอบ (Testing) ซึ่งในการวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้ใช้ค่า K=10 โดยแสดงกระบวนการได้ดังภาพที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การแบ่งข้อมูลชนิดการตรวจสอบไขว้เมื่อกำหนด K=10

#### 2.4.5.2 คอนฟิวชันเมทริกซ์

คอนฟิวชันเมทริกซ์ (Confusion Matrix) เป็นวิธีการวัดประสิทธิภาพแบบจำลองที่เป็นที่รู้จักกันดีและใช้กันโดยทั่วไป ในการวัดประสิทธิภาพแบบจำลองของแบบจำลองการจำแนกประเภท (Classification Model) โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการทำนายกับผลลัพธ์จริง เช่น ค่าความไว (Sensitivity) ความจำเพาะ (Specificity) และค่าความถูกต้องสมดุล (Balanced Accuracy) จะถูกคำนวณจากตัวเลขในคอนฟิวชันเมทริกซ์ (วิภากร แซ่หว่าง, 2561) โดยตาราง 2.3 แสดงคอนฟิวชันเมทริกซ์การจำแนกบรรจุกัญท์ ที่มีจำนวนการจำแนกประเภทจากผลลัพธ์ซึ่งในการวิจัยนี้ได้กำหนดให้ตำหนิเป็นผลบวก (Positive) และไม่มีตำหนิเป็นผลลบ (Negative)

ตารางที่ 2.3 คอนฟิวชันเมทริกซ์การจำแนกบรรจุกัญท์

		คลาสทำนาย	
		บรรจุกัญท์ไม่มีตำหนิ	บรรจุกัญท์มีตำหนิ
คลาสจริง	บรรจุกัญท์ไม่มีตำหนิ	True Negative (TN)	False Positive (FP)
	บรรจุกัญท์มีตำหนิ	False Negative (FN)	True Positive (TP)

รายละเอียดของคอนฟิวชันเมทริกซ์อธิบายดังนี้

- **ผลบวกจริง (TP : True Positive)** คือจำนวนการจำแนกประเภทที่แบบจำลองทำนายว่าบรรจุกัญท์มีตำหนิ และในความจริงบรรจุกัญท์มีตำหนิ
- **ผลลบจริง (TN : True Negative)** คือจำนวนของการจำแนกประเภทที่แบบจำลองทำนายว่าบรรจุกัญท์ไม่มีตำหนิ และในความจริงบรรจุกัญท์ก็ไม่มีตำหนิ
- **ผลบวกปลอม (FP : False Positive)** คือจำนวนของการจำแนกประเภทที่แบบจำลองทำนายว่าบรรจุกัญท์มีตำหนิ แต่ในความจริงบรรจุกัญท์ไม่มีตำหนิ
- **ผลลบปลอม (FN : False Negative)** คือจำนวนของการจำแนกประเภทที่แบบจำลองทำนายว่าบรรจุกัญท์ไม่มีตำหนิ แต่ในความจริงบรรจุกัญท์มีตำหนิ

ค่าวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง สามารถคำนวณได้ดังนี้

1. **ค่าความไว (Sensitivity)** หรือ True Positive Rate คือความน่าจะเป็นที่ผลการทำนายจะเป็นบวกเมื่อเหตุการณ์ที่สนใจนั้นเกิดขึ้นจริง (กาญจน์เขจร ชูชีพ, 2561) คำนวณดังสมการที่ 2.7

$$Sensitivity = \frac{TP}{(TP+FN)} \quad (2.7)$$

2. **ค่าความจำเพาะ (Specificity)** หรือ True Negative Rate คือความน่าจะเป็นที่ผลการทำนายจะเป็นลบเมื่อเหตุการณ์ที่สนใจนั้นไม่เกิดขึ้น (กาญจน์เขจร ชูชีพ, 2561) คำนวณดังสมการที่ 2.8

$$Specificity = \frac{TN}{(FP+TN)} \quad (2.8)$$

3. **ค่าความแม่นยำสมดุล (Balanced Accuracy)** ในแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นโดยมีจำนวนข้อมูลในแต่ละคลาสไม่เท่ากัน นิยมใช้ค่าความแม่นยำสมดุลมาเป็นหนึ่งในค่าวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง เนื่องจากค่าความแม่นยำสมดุลเป็นค่าที่แสดงถึงความแม่นยำในการทำนายเฉลี่ยของทั้งสองคลาส เกิดจากการนำค่าความไวและความจำเพาะมาหาค่าเฉลี่ย ทำให้ค่าที่ได้ไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูล (วิภากร แซ่ห้วง, 2561) แสดงสมการคำนวณค่าความถูกต้องสมดุลดังสมการที่ 2.9

$$Balanced Accuracy = \frac{(Sensitivity+Specificity)}{2} \quad (2.9)$$

ในการสร้างแบบจำลองจะเลือกจากแบบจำลองที่ให้ค่าความแม่นยำสมดุลสูงที่สุดประกอบการพิจารณาค่าความไว และค่าความจำเพาะ โดยทั่วไปมักจะเลือกใช้แบบจำลองที่ให้ค่าความไวสูงๆ ในการทำนายเหตุการณ์สนใจที่ร้ายแรง เช่น การทำนายโรคที่มีความรุนแรงมากแต่สามารถรักษาได้ ซึ่งหากผู้ป่วยไม่ได้รับการทำนาย (วินิจฉัย) ทั้งที่เป็นโรคจะทำให้ผู้ป่วยเสียประโยชน์อย่างมากอาจถึงขั้นเสียชีวิต ในทางกลับกัน การเลือกแบบจำลองที่มีค่าความจำเพาะสูง หมายความว่าหากเหตุการณ์ที่สนใจคือการทำนาย (วินิจฉัย) ว่าผู้ป่วยเป็นโรคหรือไม่ โดยผลบวกหมายถึงผู้ป่วยเป็นโรค ผู้ป่วยที่ได้ผลการทำนายเป็นบวกมีโอกาสที่จะเป็นโรคจริงสูง ดังนั้นค่าความจำเพาะสูงจึงมีประโยชน์ในการยืนยันการทำนาย (วินิจฉัย) ในกรณีที่มีข้อมูลจากการทำนายอื่นชี้แนะมาบ้างแล้วว่าผู้ป่วยน่าจะป่วยด้วยโรคนั้น

โดยทั่วไปมักจะคาดหวังให้วิธีการทำนายที่สร้างขึ้นมีทั้งค่าความไว และค่าความจำเพาะสูงสุด แต่มักเป็นไปได้ยาก เนื่องจากเมื่อเพิ่มค่าความไวให้สูงขึ้น การทำนายนั้นมักจะมีค่าความจำเพาะลดลง ในทางตรงกันข้ามการทำนายที่มีค่าความจำเพาะสูงขึ้นมักมีค่าความไวต่ำ ดังนั้นการสร้างแบบจำลอง

จึงต้องค่าตำแหน่งจุดตัด (Cut-Off Point) ที่เหมาะสม (อดิพร อิงค์สาธิต, 2561)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และดัดแปลงอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.6 การนำแบบจำลองไปใช้

การนำแบบจำลองไปใช้ (Deployment) คือการนำข้อมูลที่ต้องการจะศึกษาเข้าแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้น และสรุปผลเพื่อการนำไปใช้งานต่อไป

### 2.3.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของเครื่อง

จากการศึกษาของโยชิคา คัมบุญมี และ คณะ (2561) การจำแนกภาพถ่ายระบบอาร์จีบีด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกของโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อใช้ในการจำแนกสีของผลมะเขือเทศพันธุ์โทมัสด้วยการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์สีระบบ อาร์ จี บี พบว่าการประมวลผลด้วยการเรียนรู้เชิงลึกสามารถให้ค่าความถูกต้องในการแยกสีมะเขือเทศได้สูง สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาเป็นเครื่องมือสำหรับการคัดแยกสีของมะเขือเทศแบบอัตโนมัติสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้ในอนาคต

จากการศึกษาของ William Long และคณะ (1993) การเปรียบเทียบการถดถอยโลจิสติกส์กับต้นไม้ตัดสินใจ ในด้านการแพทย์ ในการวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการถดถอยโลจิสติกส์ กับต้นไม้ตัดสินใจในการจำแนกผู้ป่วยว่าเป็นโรคหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน จากการวิจัยพบว่าทั้ง 2 วิธีมีจุดแข็งและจุดอ่อนที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาของ Sarawut Meesri (2011) การวินิจฉัยโรคหัวใจโดยใช้ตัวจำแนกผสม ได้ใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล ช่วยในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสารสนเทศที่ซ่อนอยู่ โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้ตัวจำแนกเดี่ยวสามตัว ได้แก่ วิธีเบย์อย่างง่าย ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนและวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดเคตัว ถูกนำมารวมกันโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งวิธีนี้เรียกว่าตัวจำแนกผสม จากผลการทดลองตัวจำแนกผสมให้ความถูกต้องมากกว่าและอัตราบวกเท็จดีกว่าตัวจำแนกอื่น

จากการศึกษาของณัฐธัญ วิโรจน์บุญเกียรติ (2560) การระบุตัวคนขับรถโดยใช้ฮิสโทแกรมและโครงข่ายประสาทเทียมจากข้อมูลความเร็ว ได้ใช้ฮิสโทแกรมของความเร็วเป็นข้อมูลนำเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียม ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบนี้สามารถระบุตัวคนขับรถได้แม่นยำสูงสุดถึง 99 เปอร์เซ็นต์

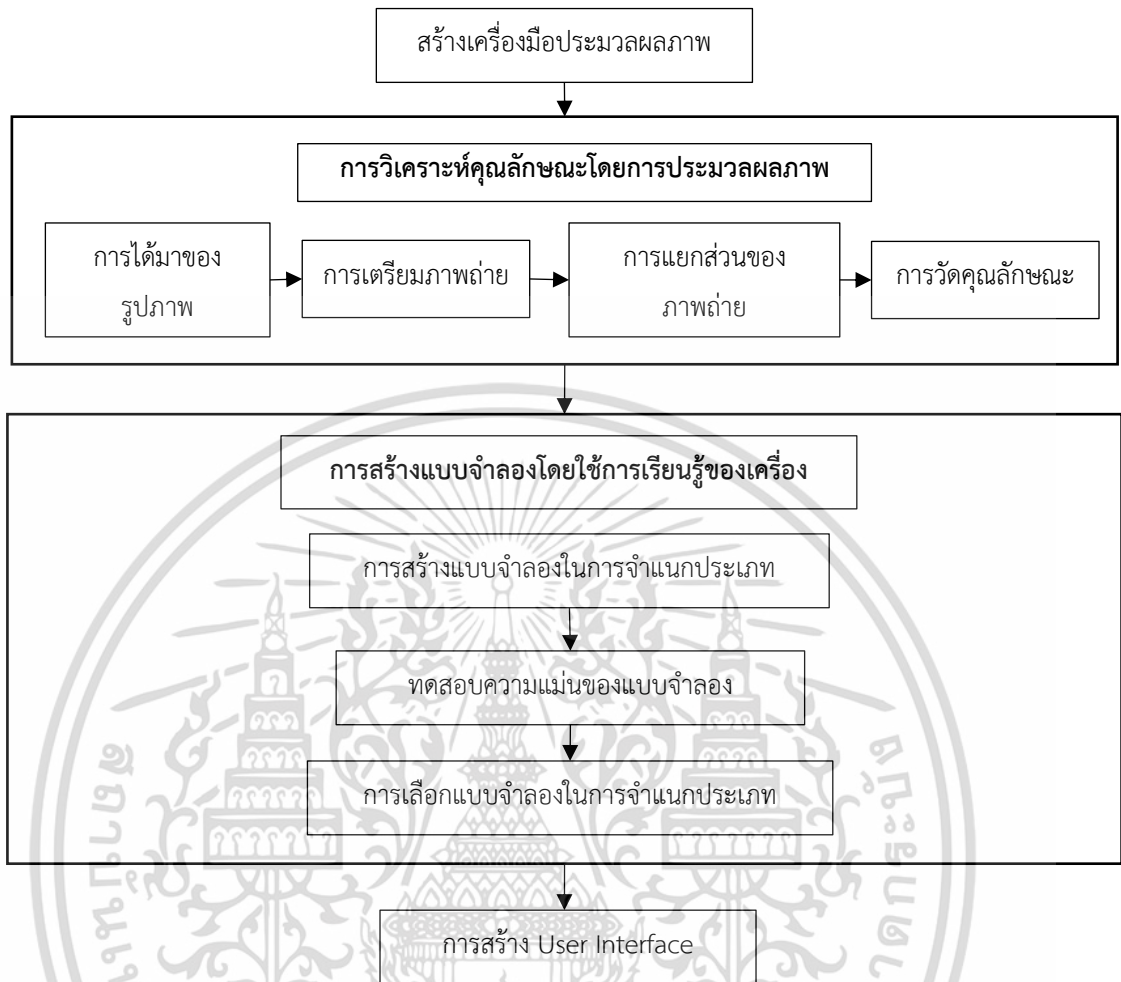
จากงานวิจัยข้างต้นจะเห็นได้ว่าวิธีการเรียนรู้ของเครื่องสามารถใช้ในการจำแนกประเภทของข้อมูลได้ ผ่านการเรียนรู้จากชุดข้อมูลฝึกสอนและประเมิน ประสิทธิภาพผ่านชุดข้อมูลทดสอบ ซึ่งในปัจจุบันการนำวิธีการเรียนรู้ของเครื่องมาใช้กับอุตสาหกรรมเครื่องสำอางยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้เสนอนำวิธีการเรียนรู้ของเครื่องมาประยุกต์ใช้ในการจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์เครื่องสำอาง และเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

การพัฒนาระบบต้นแบบการตรวจสอบภาพปรากฏบนบรรจุภัณฑ์เครื่องสำอางโดยใช้การประมวลผลภาพและการเรียนรู้ของเครื่อง ทำการศึกษาทฤษฎีในการประมวลผลภาพ และทฤษฎีการเรียนรู้ของเครื่อง รวมถึงศึกษาแนวทางในการสร้าง User Interface เพื่อเพิ่มความสะดวกในการวิเคราะห์ โดยในงานวิจัยนี้จะศึกษาบรรจุภัณฑ์กรณีศึกษา SIRCHAN LIP CASE สามารถแบ่งหัวข้อหลักในการทำได้ ดังนี้

1. สร้างเครื่องมือประมวลผลภาพ
2. การวิเคราะห์คุณลักษณะโดยการประมวลผลภาพ
3. การเรียนรู้ของเครื่องจักร
4. การสร้าง User Interface โดยใช้ App Designer



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

### 3.1 สร้างเครื่องมือประมวลผลภาพ

#### 3.1.1 หลักการในการสร้างเครื่องมือประมวลผลภาพ

การสร้างเครื่องมือประมวลผลภาพทางผู้วิจัยได้แบ่งหลักการในการออกแบบเครื่องออกเป็น 2 ข้อ ดังนี้

##### 3.1.1.1 วัสดุที่ใช้มีความแข็งแรงคงทน สะดวกต่อการใช้งาน

วัสดุที่นำมาประกอบเป็นโครงสร้างของเครื่องมือประมวลผลภาพนั้น จะต้องใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา แข็งแรงทนทานต่อการสึกกร่อน และไม่ทำให้เกิดละอองฝุ่นไปสัมผัสกับบรรจุภัณฑ์ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพของภาพถ่าย

### 3.1.1.2 สามารถควบคุมคุณภาพของภาพถ่ายได้ดี และมีความเสถียร

ในการถ่ายภาพบรรจุภัณฑ์จำเป็นที่จะต้องควบคุมปัจจัยของเครื่องมือประมวลผลภาพที่ส่งผลกระทบต่อภาพถ่ายในแต่ละภาพไม่ให้เกิดต่างกัน จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของภาพถ่ายแสดง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของภาพถ่าย

ปัจจัย	การวิเคราะห์เบื้องต้น		
	มีผล	ไม่มีผล	ไม่ทราบแน่ชัด
ค่ารูรับแสงของกล้องถ่ายรูป	✓		
ความไวชัตเตอร์กล้องถ่ายรูป	✓		
ค่าความไวแสง ISO	✓		
แสงสว่างภายในเครื่อง	✓		
สีของพื้นหลังของภาพชิ้นงาน			✓
การกดชัตเตอร์		✓	

จากตารางที่ 3.1 พบว่าปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับคุณภาพของภาพถ่ายมีจำนวน 5 ปัจจัย ซึ่งจากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของภาพถ่ายอย่างมากมี 3 ปัจจัย ได้แก่

- ค่ารูรับแสงของกล้องถ่ายรูป เมื่อกำหนดให้ค่ารูรับแสงมีค่ามาก แสงจะสามารถผ่านเข้ากล้องได้มากทำให้ภาพถ่ายบรรจุภัณฑ์ที่ได้มีความสว่างมากซึ่งตรงข้ามกับเมื่อกำหนดให้ค่ารูรับแสงน้อยความสว่างของภาพถ่ายก็จะน้อยตามไปด้วย

- ความไวชัตเตอร์กล้องถ่ายรูป เมื่อกำหนดให้ความไวชัตเตอร์มีค่ามากแสงจะสามารถผ่านเข้ากล้องได้น้อย ส่งผลให้ภาพถ่ายมีความสว่างน้อย

- ค่าความไวแสง ISO ทำหน้าที่ควบคุมระดับความไวต่อแสงที่มากกระทบเซนเซอร์ของกล้อง การตั้งค่า ISO สูง ทำให้เซนเซอร์ของกล้องไวต่อแสงมากขึ้นส่งผลให้ภาพถ่ายมีความสว่างมากขึ้น

จากหลักการทั้ง 2 ข้อทำให้ทางผู้วิจัยได้นำงานวิจัยของ ปิยภรณ์ มาตย์วิเศษ (2556) ที่ได้สร้างเครื่องมือการประมวลผลภาพเพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะของนักเก็ตไก่แช่แข็ง มาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้ เนื่องจากเครื่องมือประมวลผลภาพของ ปิยภรณ์ มาตย์วิเศษ (2556) ประกอบด้วย

- Aluminium Frame เป็นโลหะที่แข็งแรงและมีน้ำหนักเบา ประกอบเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างได้ง่าย โดยได้ประกอบเป็นโครงและขาตั้งสูงจากพื้น 100 เซนติเมตรเพื่อความมั่นคงและแข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แผ่นอะคริลิกสีดำด้านประกอบเป็นกล่องเพื่อใช้ในการถ่ายภาพ แผ่นอะคริลิกสีดำด้านสามารถป้องกันแสงจากภายนอกและลดการสะท้อนแสงจากภายในได้ โดยประกอบเป็นกล่องสี่เหลี่ยม ขนาดกล่องกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร มีฝาเปิด-ปิด
- แท่นยึดจับกล่องด้านบนกล่องอะคริลิกที่เจาะรูให้เฉพาะเลนส์กล้องที่สามารถลอดผ่านได้ กล้องอยู่เหนือชิ้นงานเป็นมุม 90 องศา
- แสงสว่าง จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ 4 หลอดความยาว 30 เซนติเมตร ซึ่งจัดวางเป็นสี่เหลี่ยมเหนือชิ้นงาน 35 เซนติเมตร เป็นมุม 45 องศา
- กล้องดิจิทัล Canon EOD 700D ตั้งค่ากล้อง ISO 1600 ความเร็วชัตเตอร์ 1/25 วินาที ค่ารับแสง 10 ระยะซูม 55 มิลลิเมตร ความละเอียด 1920x1280 เพื่อใช้เป็นตัวคงที่ลดความผันแปรของการถ่ายภาพ โดยการถ่ายภาพจะเชื่อมต่อด้วย USB กับคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม EOS Utility

จากการศึกษาพบว่าเครื่องประมวลผลภาพของ ปิยภรณ์ มาตรฐานวิเศษ (2556) สามารถใช้ในการวิเคราะห์คุณลักษณะของภาพได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังตรงกับหลักการในการออกแบบเครื่องประมวลผลภาพทั้ง 2 ข้อที่ทางผู้วิจัยกล่าวไปข้างต้น แสดงเครื่องประมวลผลภาพดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 เครื่องมือการประมวลผลภาพ

## 3.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะโดยการประมวลผลภาพ

### 3.2.1 คุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่ไม่มีตำหนิและมีตำหนิ

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้บรรจุภัณฑ์กรณีศึกษา SIRCHAN LIP CASE ซึ่งได้รับมาจากทางบริษัท การกำหนดคุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์จะเป็นไปตามข้อกำหนดคุณลักษณะมาตรฐานดังที่ได้กล่าวในบทที่ 2 ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการเลือกตรวจสอบตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำเนื่องจากเป็นตำหนิที่มีขนาดเล็ก และสังเกตเห็นด้วยสายตามนุษย์ได้ยาก

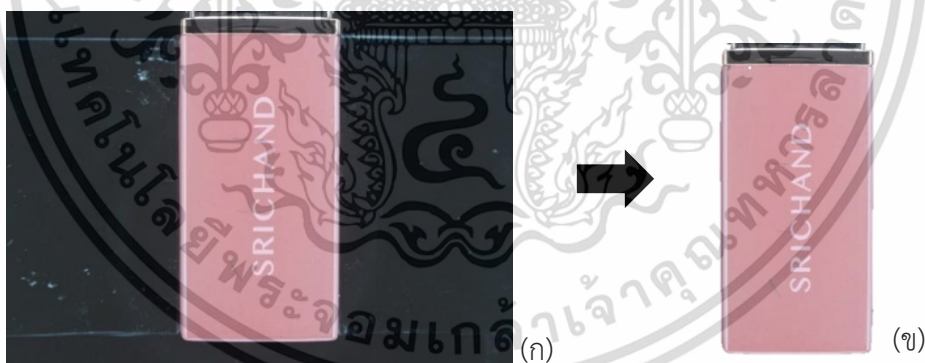
### 3.2.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะโดยการประมวลผลภาพ

#### 3.2.2.1 การได้มาของรูปภาพ

การได้มาของรูปภาพ (Image Acquisition) ในงานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้ภาพถ่ายบรรจุภัณฑ์ SIRCHAN LIP CASE จำนวน 247 ตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือประมวลผลภาพโดยการถ่ายภาพจะเชื่อมต่อด้วย USB ผ่านคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม EOS Unility และทำการวิเคราะห์สกัดคุณลักษณะของภาพถ่ายด้วยโปรแกรม MATLAB

#### 3.2.2.2 การเตรียมภาพถ่าย

การเตรียมภาพถ่าย (Image Pre-processing) คือการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายก่อนนำไปวิเคราะห์ โดยตัดพื้นหลังของภาพถ่ายให้เหลือเฉพาะส่วนที่เป็นบรรจุภัณฑ์ ดังรูปที่ 3.3 เพื่อเตรียมภาพถ่ายบรรจุภัณฑ์ให้พร้อมสำหรับการวิเคราะห์พื้นที่บรรจุภัณฑ์ ค่าสีบรรจุภัณฑ์และตำหนิ โดยพิจารณาสีที่แตกต่างของพื้นผิวบรรจุภัณฑ์และตำหนิ

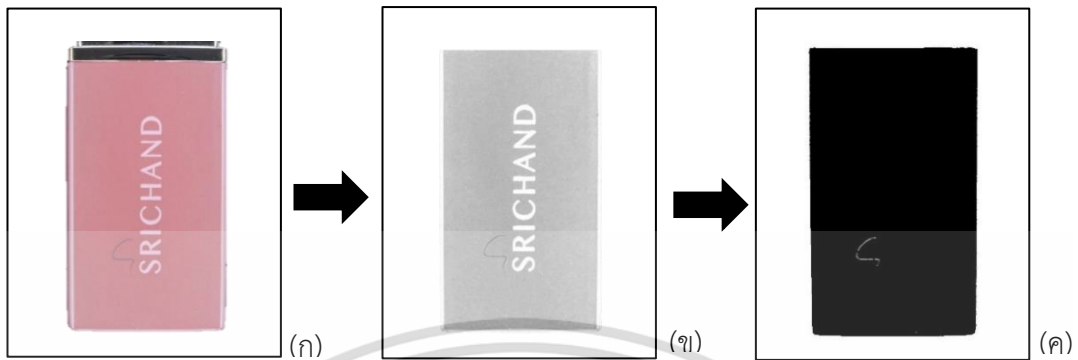


รูปที่ 3.3 การปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่าย ก) ภาพถ่ายบรรจุภัณฑ์ SIRCHAN LIP CASE ข) รูปภาพบรรจุภัณฑ์ SIRCHAN LIP CASE ที่ผ่านการตัดพื้นหลัง

#### 3.2.2.3 การแยกส่วนของภาพถ่าย

การแยกส่วนของภาพถ่าย (Image Segmentation) ในการวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม MATLAB ในการวัดคุณลักษณะของสี และพื้นที่ของผิวชิ้นงาน โดยนำภาพถ่ายที่ผ่านการปรับปรุงโดยสีของภาพจะอยู่ในระบบ RGB ทำการเปลี่ยนรูปภาพเป็นระบบสีเทา (Gray Scale Image) จากนั้น

เปลี่ยนเป็นรูปภาพขาวดำ (Binary Image) โดยทำการเทรซโฮลด์เพื่อให้การแยกส่วนของภาพชัดเจนยิ่งขึ้น แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการแยกส่วนภาพถ่าย ก) รูปภาพจากการเตรียมภาพถ่าย ข) ภาพระดับสีเทา  
ค) ภาพขาวดำ

#### 3.2.2.4 การวัดคุณลักษณะ

การวัดคุณลักษณะ (Object Measurement) เมื่อแยกส่วนภาพถ่ายแล้ว ทางผู้วิจัยจะนำภาพที่ได้มาวิเคราะห์ คุณลักษณะของตำหนิที่เกิดขึ้นโดยพิจารณาจากสีที่แตกต่างกันบนพื้นผิวชิ้นงาน ดังรูป 3.6 (ค) ซึ่งบริเวณพื้นที่สีดำจะเป็นพื้นผิวของบรรจุภัณฑ์ที่ดีและบริเวณที่เป็นตำหนิจะเป็นพื้นที่สีขาว จากนั้นนับจำนวนพิกเซลภาพในส่วนที่เป็นพื้นที่สีขาว ความยาวรอบรูป และความยาว โดยใช้โปรแกรม MATLAB

ในการวิเคราะห์คุณลักษณะโดยการประมวลผลภาพ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการทดลองโดยการสร้างภาพตำหนิที่มีคุณลักษณะตามที่กำหนดจำนวน 10 ตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 3.2 เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินความถูกต้องจากนั้นจะนำภาพทั้ง 10 เข้ากระบวนการวิเคราะห์คุณลักษณะโดยการประมวลผลภาพ ซึ่งผลที่ได้มาจะถูกนำไปหาร้อยละความคลาดเคลื่อน เพื่อประเมินความถูกต้องของการวิเคราะห์คุณลักษณะโดยการประมวลผลภาพ และสร้างความเชื่อมั่นให้กับค่าที่วัดได้ออกมา ว่ามีความถูกต้องสามารถนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองโดยการใช้การเรียนรู้ของเครื่องต่อไป

ตารางที่ 3.2 ค่าคุณลักษณะของตัวอย่างที่กำหนด

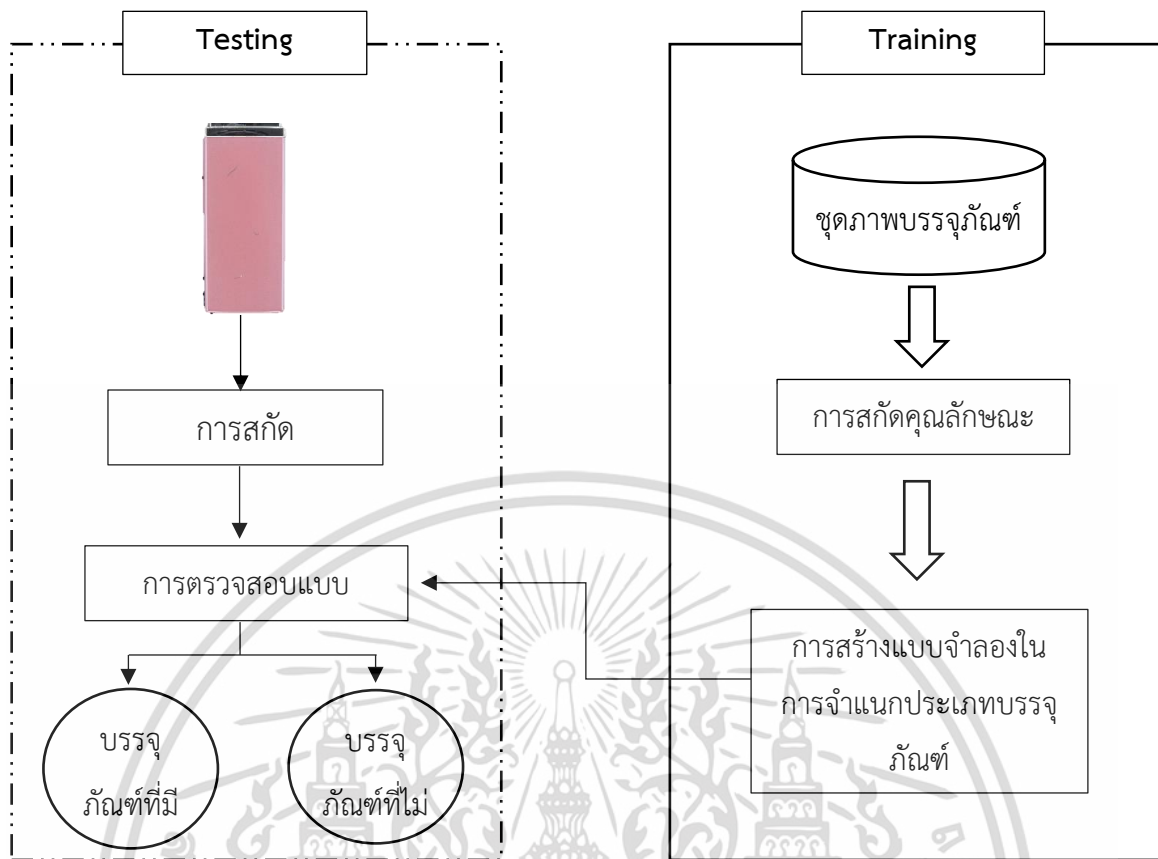
รูปที่	SumArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter
1	300	50	6	108
2	300	100	3	204
3	600	25	24	94
4	600	100	6	208
5	900	75	12	170
6	900	150	6	308
7	1200	100	12	220
8	1200	200	6	408
9	1500	50	30	156
10	1500	100	15	226

### 3.3 การสร้างแบบจำลองโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

ก่อนที่จะนำข้อมูลที่ได้จากการสกัดคุณลักษณะมาใช้ในการฝึกสอนแบบจำลองในการจำแนกประเภทนั้น จำเป็นที่จะต้องทำการปรับคุณสมบัติ (Feature Scaling) ของข้อมูลโดยในการวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้ใช้วิธี Standardization ข้อมูลเพื่อให้ข้อมูลนั้นมีค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงมาตรฐาน เป็น 0 และ 1 ตามลำดับ

#### 3.3.1 การสร้างแบบจำลองในการจำแนกประเภท

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองในการจำแนกประเภทนั้นถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักคือ 1. การฝึกอบรม (Training) และ 2. การทดสอบแบบจำลอง (Testing) แสดงดังรูปที่ 3.5 ซึ่งในการสร้างแบบจำลองการจำแนกประเภทของงานวิจัยนี้นั้นทางผู้วิจัยได้แบ่งการสร้างแบบจำลองออกเป็น 2 ช่วง คือ 1. การสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุกฎที่มีตำหนิ และไม่มีตำหนิ 2. การสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุกฎที่มีตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำ โดยจะอธิบายรายละเอียดดังนี้

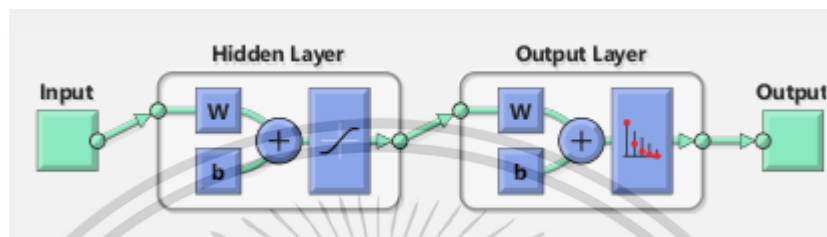


รูปที่ 3.5 ขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภท

1. การสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์ที่มีตำหนิ และไม่มีตำหนิ ในช่วงนี้จะเป็นช่วงเริ่มต้นการทดลองทางผู้วิจัยได้เริ่มทดลองโดยการวิเคราะห์ตำหนิบนบรรจุภัณฑ์ประเภทรอยขีดเพียงประเภทเดียวก่อน ซึ่งในการสร้างแบบจำลองในการจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์ที่มีตำหนิ และไม่มีตำหนินั้นทางผู้วิจัยได้ใช้อัลกอริทึม 2 อัลกอริทึมในการทำและนำมาเปรียบเทียบ ได้แก่ วิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) โดยทางผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลบรรจุภัณฑ์ที่ไม่มีตำหนิจำนวน 60 รูป และบรรจุภัณฑ์ที่มีตำหนิประเภทรอยขีดอีก 87 รูป รวมเป็น 147 รูปนำมาใช้สำหรับสร้างแบบจำลองที่ใช้ในการจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์

ในการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์นั้นทางผู้วิจัยได้ใช้อัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ ที่อยู่ใน Classification Learner ของ MATLAB และใช้การตรวจสอบแบบไขว้เคกลุ่ม (K-Fold Cross Validation) โดยกำหนดให้ K = 10 สำหรับอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียม นั้นทางผู้วิจัยได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียม ที่อยู่ใน Pattern Recognition app ของ MATLAB ในการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์ซึ่งเป็นการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการจำแนกประเภทข้อมูลนำเข้า (Input Data) ให้เป็นชุดหมวดหมู่เป้าหมาย (A Set of Target Categories)

ใน Pattern Recognition App นั้นเป็นโครงข่ายแบบ Two-Layer Feed-Forward Network โดยใช้ฟังก์ชันกระตุ้น Sigmoid Function ในชั้นซ่อน (Hidden Layers) และใช้ฟังก์ชันกระตุ้น Softmax Function ในชั้นข้อมูลขาออก (Output Layer) ซึ่งในการฝึกสอนข้อมูลจะใช้การเรียนรู้แบบ Scaled Conjugate Gradient Backpropagation แสดงรูปโครงข่ายประสาทเทียม ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม นั้นจำเป็นต้องแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ชุดข้อมูล คือ

- ชุดข้อมูลฝึกสอน (Training Set) คือข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนแบบจำลอง และแบบจำลองจะถูกปรับให้เหมาะสมตามค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น
- Validation Set คือข้อมูลที่ถูกใช้เพื่อวัดแบบจำลองที่ถูกสร้าง และจะหยุดฝึกสอนแบบจำลองเมื่อแบบจำลองหยุดปรับปรุง
- ชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Set) คือข้อมูลที่ถูกใช้เป็นตัววัดอิสระ เพื่อวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองหลังการฝึกสอน

ในการแบ่งชุดข้อมูลนั้นจะถูกแบ่งแบบสุ่ม เพื่อเป็นการกระจายข้อมูลและไม่ทำให้แบบจำลองที่สร้างนั้นเกิด Overfitting กับข้อมูลที่ใช้ฝึกสอน ในการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) นั้นเราจำเป็นต้องกำหนดเปอร์เซ็นต์ในการแบ่งชุดข้อมูลทั้ง 3 ชุด จำนวนชั้นซ่อน (Hidden Layer) และจำนวนปมซ่อน (Hidden Node) ซึ่งในการวิจัยนี้ได้กำหนดจำนวนชั้นซ่อนเท่ากับ 1 ชั้น และจะดำเนินการทดลองหาเปอร์เซ็นต์ในการแบ่งข้อมูล ดังตารางที่ 3.3 โดยจะทำการกำหนดจำนวนปมซ่อนให้คงที่ก่อน ซึ่งผู้ทดลองได้กำหนดให้เท่ากับ 10 จากนั้นจะทำการคำนวณหาค่าความแม่นยำสมดุล (Balanced Accuracy) โดยจะทำการฝึกสอนรวมทั้งหมด 5 ครั้งในแต่ละเปอร์เซ็นต์การแบ่งข้อมูล และทำการคำนวณหาค่าความแม่นยำสมดุลเฉลี่ย

ในการหาจำนวนปมซ่อนนั้นผู้วิจัยจะดำเนินการทดลองหลังจากได้เปอร์เซ็นต์การแบ่งข้อมูลที่ให้ ค่าความแม่นยำสมดุลเฉลี่ยสูงที่สุดและนำเปอร์เซ็นต์ในการแบ่งข้อมูลนั้นมาใช้ทดลองต่อ โดยจะทำการกำหนดจำนวนปมซ่อนตั้งแต่ 1 ปมจนถึง 100 ปม และทำการคำนวณหาค่าความแม่นยำสมดุลโดย

จะทำการฝึกสอนรวมทั้งหมด 5 ครั้งในแต่ละจำนวนปมที่กำหนด และทำการคำนวณหาค่าความแม่นยำ

หลังจากได้เปอร์เซ็นต์ในการแบ่งข้อมูล และจำนวนปมซ่อนที่ได้ค่าความแม่นยำสูงสุด ทางผู้วิจัยจะใช้ค่าเหล่านั้นเป็นเกณฑ์ในการสร้างแบบจำลองในการจำแนกประเภทของโครงข่ายประสาทเทียมและทำการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองของต้นไม้ตัดสินใจ และโครงข่ายประสาทเทียมที่ถูกสร้างขึ้นมาด้วยคอมพิวเตอร์

## 2. การสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุกัญหามีตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำ

ในช่วงนี้จะเป็นช่วงที่ 2 ในการพัฒนาแบบจำลองให้สามารถตรวจสอบตำหนิบนบรรจุกัญหที่ได้หลากหลายประเภทมากยิ่งขึ้น ในช่วงนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ตำหนิของบรรจุกัญหประเภทรอยขีด และจุดดำ การสร้างแบบจำลองทางผู้วิจัยได้ใช้อัลกอริทึม 2 อัลกอริทึมในการทำและนำมาเปรียบเทียบ ได้แก่ วิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) โดยทางผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลบรรจุกัญหที่ไม่มีตำหนิจำนวน 60 รูป บรรจุกัญหที่มีตำหนิประเภทรอยขีด 87 รูป และบรรจุกัญหที่มีตำหนิประเภทจุดดำอีก 100 รูป รวมเป็น 247 รูป

ในการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุกัญหานั้นทางผู้วิจัยได้ใช้อัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ ที่อยู่ใน Classification Learner ของ MATLAB และใช้การตรวจสอบแบบไขว้เคกลุ่ม (K-Fold Cross Validation) โดยกำหนดให้  $K = 10$  สำหรับโครงข่ายประสาทเทียม นั้นทางผู้วิจัยได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียม ที่อยู่ใน Pattern Recognition app ของ MATLAB ในการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุกัญหซึ่งเป็นการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการจำแนกประเภทข้อมูลนำเข้า (Input Data) ให้เป็นชุดหมวดหมู่เป้าหมาย (A Set of Target Categories)

ใน Pattern Recognition App นั้นเป็นโครงข่ายแบบ Two-Layer Feed-Forward Network โดยใช้ฟังก์ชันกระตุ้น Sigmoid Function ในชั้นซ่อน (Hidden Layers) และใช้ฟังก์ชันกระตุ้น Softmax Function ในชั้นข้อมูลขาออก (Output Layer) ซึ่งในการฝึกสอนข้อมูลจะใช้การเรียนรู้แบบ Scaled Conjugate Gradient Backpropagation

การสร้างแบบจำลองประเภทโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมในช่วงที่ 2 นั้นทางผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองเหมือนกับช่วงที่ 1 เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ในการแบ่งข้อมูล และจำนวนปมซ่อนที่ได้ค่าความแม่นยำสูงสุด ทางผู้วิจัยจะใช้ค่าเหล่านั้นเป็นเกณฑ์ในการสร้างแบบจำลองในการจำแนกประเภทของโครงข่ายประสาทเทียมและทำการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองของต้นไม้ตัดสินใจ และโครงข่ายประสาทเทียมที่ถูกสร้างขึ้นมาด้วยคอมพิวเตอร์

ตารางที่ 3.3 การทดลองหาเปอร์เซ็นต์ในการแบ่งข้อมูล

ลำดับ	Training Set (%)	Validation Set (%)	Testing Set (%)	ชื่อย่อ
1.	70	15	15	70-15-15
2.	70	10	20	70-10-20
3.	70	5	25	70-5-25
4.	70	20	10	70-20-10
5.	70	25	5	70-25-5
6.	80	10	10	80-10-10
7.	80	5	15	80-5-15
8.	80	15	5	80-15-5

### 3.4 การสร้าง User Interface โดยใช้ App Designer

App Designer เป็นฟังก์ชันหนึ่งในโปรแกรม MATLAB ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่มีสภาพแวดล้อมที่ใช้สำหรับสร้างและออกแบบรูปแบบของโปรแกรม รวมทั้งยังสามารถกำหนดพฤติกรรมการตอบสนองของโปรแกรมได้อย่างง่ายในงานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยจึงได้ใช้ App Designer มาสร้าง User Interface ขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้งานระบบสามารถตรวจสอบค่าพิกัดของบรรจุภัณฑ์ได้อย่างสะดวก ดังนั้นการออกแบบ User Interface เพื่ออำนวยความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้งาน User Interface จึงมีส่วนประกอบแสดงดังรูปที่ 3.7 และมีส่วนประกอบดังนี้

1. ปุ่มกด Start จะเป็นปุ่มกดเลือกรูปภาพที่จะนำมาวิเคราะห์ข้อมูลและทำนายผล
2. กล่องข้อความ Model แสดงชื่อของบรรจุภัณฑ์ที่กำลังวิเคราะห์ข้อมูล
3. กล่องข้อความ Picture แสดงชื่อของรูปภาพที่กำลังวิเคราะห์ข้อมูล
4. รูปภาพ Product แสดงรูปภาพของบรรจุภัณฑ์จากกระบวนการเตรียมภาพถ่าย
5. รูปภาพ Extracted Defects แสดงรูปภาพของบรรจุภัณฑ์หลังจากกระบวนการแยกส่วนภาพถ่าย
6. แถบสี Status แสดงผลของการทำนาย ถ้าผลทำนายเป็นออกมาว่าบรรจุภัณฑ์ไม่มีตำหนิ แถบสีจะเป็นสีเขียว และข้อความจะขึ้นว่า Good ถ้าผลการทำนายว่าเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีตำหนิ แถบสีจะเป็นสีแดงและข้อความจะขึ้นว่า Scratch ถ้าเป็นตำหนิประเภทรอยขีด และ Black Spot ถ้าเป็นตำหนิประเภทจุดดำ



รูปที่ 3.7 รูปแบบของ User Interface ที่สร้างขึ้นโดยใช้ฟังก์ชัน App Designer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลของการพัฒนาระบบต้นแบบการตรวจสอบภาพปรากฏบนบรรจุภัณฑ์เครื่องสำอางโดยใช้การประมวลผลภาพและการเรียนรู้ของเครื่อง ผลที่ได้จากการทดลองสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนดังนี้

1. ผลการทดลองการประเมินความถูกต้องของการประมวลผลภาพ
2. ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะโดยการประมวลผลภาพ
3. ผลของการสร้างแบบจำลอง

#### 4.1 ผลการทดลองการประเมินความถูกต้องของการประมวลผลภาพ

จากการทดลองนำภาพตัวอย่างขนาดมาตรฐานทั้ง 10 ภาพ เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์คุณลักษณะโดยการประมวลผลภาพ ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.1 นำมาหาค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนดังสมการที่ 4.1 เพื่อหาความถูกต้องของแต่ละคุณลักษณะในการวิเคราะห์คุณลักษณะโดยการประมวลผลภาพ และค่าความผิดพลาดของการวิเคราะห์คุณลักษณะโดยการประมวลผลภาพ แสดงในตารางที่ 4.2

$$\delta = \left| \frac{v_A - v_E}{v_E} \right| \times 100 \quad (4.1)$$

ตารางที่ 4.1 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณลักษณะโดยการประมวลผลภาพของตำหนิมาตรฐาน

ครั้ง รูป	SumArea			MaxLength			MinLength			MaxPerimeter		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	300	300	300	51.96	51.96	51.96	6.24	6.24	6.24	105.48	105.48	105.48
2	300	300	300	103.92	103.92	103.92	3.12	3.12	3.12	197.60	197.60	197.60
3	600	600	600	25.98	25.98	25.98	24.94	24.94	24.94	91.76	91.76	91.76
4	600	600	600	103.92	103.92	103.92	6.24	6.24	6.24	203.48	203.48	203.48
5	900	900	900	77.94	77.94	77.94	12.47	12.47	12.47	166.24	166.24	166.24
6	900	900	900	155.88	155.88	155.88	6.24	6.24	6.24	301.48	301.48	301.48
7	1200	1200	1200	103.92	103.92	103.92	12.47	12.47	12.47	215.24	215.24	215.24
8	1200	1200	1200	207.85	207.85	207.85	6.24	6.24	6.24	399.48	399.48	399.48
9	1500	1500	1500	51.96	51.96	51.96	31.18	31.18	31.18	152.52	152.52	152.52
10	1500	1500	1500	103.92	103.92	103.92	15.59	15.59	15.59	221.12	221.12	221.12

ตารางที่ 4.2 ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของแต่ละคุณลักษณะ

	SumArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter
Percentage Error	0	3.92	3.92	2.30

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.2 ค่าร้อยละความผิดพลาดของแต่ละคุณลักษณะของการวิเคราะห์คุณลักษณะโดยการประมวลผลภาพมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 5 ในทุกคุณลักษณะซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

#### 4.2 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะโดยการประมวลผลภาพ

หลักจากสร้างเครื่องมือประมวลผลภาพ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์คุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์เครื่องสำอาง SRICHAN LIP CASE ซึ่งผลจากการประมวลผลภาพทำให้ได้คุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์เครื่องสำอางทั้งหมด 2 ชุดข้อมูล แบ่งเป็น 1. ข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิ และไม่มีตำหนิจำนวน 147 ตัวอย่าง 2. ข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำ โดยทั้ง 2 ชุดข้อมูลนั้นประกอบด้วยทั้งหมด 4 คุณลักษณะ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างชุดข้อมูลที่ 1 ได้จากการสกัดคุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CASE ประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิ และไม่มีตำหนิจำนวน 147 ตัวอย่าง

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter
1	0	0	0	0
2	8	3.651484	3.05505	7.22
3	74	14.48981	1.891901	30.145
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
146	4799	228.4681	1.154701	1059.525
147	2456	648.8922	1.154701	1284.168

ตารางที่ 4.4 ตัวอย่างชุดข้อมูลที่ 2 ได้จากการสกัดคุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์ SRICHAN LIP CASE ประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำจำนวน 247 ตัวอย่าง

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter
1	10	4.346853	2.351922	7.683
2	1653	131.7705	1.671596	259.413
3	111	36.48254	3.589085	69.618
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
246	253	13.06333	1.64281	34.379
247	371	21.99516	3.286455	52.243

จากตารางที่ 4.3 และ 4.4 จะเห็นได้ว่าการประมวลผลภาพสามารถวิเคราะห์คุณลักษณะ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ได้ทั้งหมด 4 คุณลักษณะ ได้แก่ พื้นที่ตำหนิ ความยาวสูงสุดของตำหนิ ความยาวต่ำสุดของตำหนิ และความยาวรอบรูปตำหนิ

#### 4.3 ผลของการสร้างแบบจำลอง

จากการทดลองตามขั้นตอนในบทที่ 3 ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิ และไม่มีตำหนิ และการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำ ซึ่งก่อนที่จะนำข้อมูลที่ได้จากการสกัดคุณลักษณะมาใช้ในการสร้างแบบจำลองนั้น ทางผู้วิจัยได้ใช้วิธี Standardization ในการปรับคุณสมบัติ (Feature Scaling) ข้อมูล และทำการเพิ่มฉลากบอกประเภท (Class Label) ในแต่ละตัวอย่าง โดยหลังจากข้อมูลผ่านการทำ Standardization แล้วจึงนำข้อมูลนั้นมาสร้างแบบจำลองตามที่ได้กล่าวไว้ โดยมีผลการทดลอง ดังนี้

##### 4.3.1 ผลการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิ และไม่มีตำหนิ

ในการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิ และไม่มีตำหนินั้นจะนำข้อมูลชุดที่ 1 ที่ได้จากการวิเคราะห์คุณลักษณะมาปรับคุณสมบัติ และทำการเพิ่มฉลากบอกประเภทในแต่ละตัวอย่างทั้งหมด 147 ตัวอย่าง โดย 0 คือบรรจุภัณฑ์ไม่มีตำหนิ และ 1 คือบรรจุภัณฑ์มีตำหนิ แสดงดังตารางที่ 4.5 และนำข้อมูลนั้นมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการสร้างแบบจำลอง

ตารางที่ 4.5 ตัวอย่างข้อมูลชุดที่ 1 หลังจากทำ Standardization เพื่อใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิ และไม่มีตำหนิ

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
1	-0.54141	-0.72324	-0.34832	-0.54132	0
2	-0.53429	-0.68648	-0.02438	-0.51891	0
3	-0.47552	-0.57736	-0.14772	-0.44774	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
146	3.731784	1.577033	-0.22588	2.747667	1
147	1.645494	5.809974	-0.22588	3.445005	1

ในการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุกัญจน์มีตำหนิ และไม่มีตำหนินั้นใช้อัลกอริทึม 2 อัลกอริทึมในการสร้าง ได้แก่ วิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ซึ่งในกรณีของโครงข่ายประสาทเทียม นั้นจำเป็นต้องทำการทดลองเพื่อให้ได้ โครงสร้างที่เหมาะสมทางผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 แสดงดังนี้

ผลการทดลองหาเปอร์เซ็นต์การแบ่งข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.6 โดยในการทดลองได้กำหนด จำนวนปมซ่อน (Hidden Nodes) เท่ากับ 10 ซึ่งจากการทดลองได้เปอร์เซ็นต์การแบ่งข้อมูลเท่ากับ 80-5-15 มีค่าความแม่นยำสมดุลเฉลี่ย (Balanced Accuracy) สูงที่สุด และได้ใช้เปอร์เซ็นต์ในการแบ่ง ข้อมูลนั้นเพื่อหาจำนวนปมซ่อนที่เหมาะสม โดยได้แสดงจำนวนปมซ่อนที่ให้ค่าความแม่นยำสมดุลเฉลี่ย สูงที่สุด 10 อันดับแรก ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการหาเปอร์เซ็นต์การแบ่งข้อมูลที่เหมาะสมของอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียมในช่วงการทดลองที่ 1

Fix Hidden Nodes = 10	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	Average Balanced Accuracy (%)
70-15-15	98.85	97.18	97.18	93.99	98.85	97.21
70-10-20	97.13	97.13	98.28	98.28	98.02	97.768
70-5-25	97.76	97.7	97.13	97.13	98.28	97.6
70-20-10	97.76	93.1	98.85	98.85	97.22	97.156
70-25-5	98.59	92.84	99.43	97.18	96.61	96.93
80-10-10	96.35	97.18	96.29	98.59	97.7	97.222
80-5-15	98.85	96.29	97.13	98.59	98.85	97.942
80-15-5	95.78	94.57	97.13	94.89	99.43	96.36

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการหาจำนวนปมซ่อนที่ให้ค่าความแม่นยำสูงสุด 10 อันดับแรก  
ของอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียมในช่วงการทดลองที่ 1

Network	Number of Hidden Nodes	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	Average Balanced Accuracy (%)
5	5	99.43	98.28	98.85	97.7	99.43	98.738
1	1	98.85	97.76	98.85	98.85	98.85	98.632
47	47	98.85	99.43	99.43	97.7	97.7	98.622
60	60	97.13	98.85	97.13	98.85	99.43	98.278
61	61	97.13	99.43	98.85	98.59	97.13	98.226
35	35	98.85	96.55	98.02	98.85	98.85	98.224
59	59	98.85	98.85	98.59	95.72	98.85	98.172
29	29	97.13	98.85	96.55	98.85	99.43	98.162
25	25	98.59	96.87	98.28	98.85	98.02	98.122
33	33	98.59	98.02	97.7	98.28	98.02	98.122

หลังจากได้ทำการทดลองเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ในการแบ่งข้อมูล และจำนวนปมซ่อนที่เหมาะสมแล้วจึงนำค่าที่ได้มาเป็นเกณฑ์ในการสร้างแบบจำลองของโครงข่ายประสาทเทียม ในการวิจัยนี้ผลการทดลองหลังการสร้างแบบจำลองของต้นไม้ตัดสินใจ และโครงข่ายประสาทเทียม ผู้วิจัยได้ทำการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์วิชันเมทริกซ์ แสดงคอนฟิวชันเมทริกซ์ของแต่ละแบบจำลอง ดังตารางที่ 4.8 และ 4.9 และแสดงผลการวัดประสิทธิภาพของทั้ง 2 แบบจำลองดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.8 คอนฟิวชันเมทริกซ์ของแบบจำลองที่สร้างโดยอัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ

ต้นไม้ตัดสินใจ		คลาสทำนาย	
		บรรจุกัณฑ์ไม่มี ตำหนิ (0)	บรรจุกัณฑ์มี ตำหนิ (1)
คลาสจริง	บรรจุกัณฑ์ไม่มีตำหนิ (0)	56	4
	บรรจุกัณฑ์มีตำหนิ (1)	2	85

ตารางที่ 4.9 คอนฟิวชันเมตริกซ์ของแบบจำลองที่สร้างโดยอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียม		คลาสทำนาย	
		บรรจุกัญหามี ตำหนิ (0)	บรรจุกัญหามี ตำหนิ (1)
คลาสจริง	บรรจุกัญหามีไม่มีตำหนิ (0)	60	0
	บรรจุกัญหามีตำหนิ (1)	1	86

ตารางที่ 4.10 ผลการวัดประสิทธิภาพของทั้ง 2 แบบจำลอง

ค่าวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง	ต้นไม้ตัดสินใจ	โครงข่ายประสาทเทียม
ความไว (Sensitivity)	97.70%	98.85%
ความจำเพาะ (Specificity)	93.33%	100.00%

จากตารางที่ 4.10 นำมาคำนวณหาค่าความแม่นยำสมดุล (Balanced Accuracy) ดังสมการที่ 4.2 เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองแต่ละคลาสของงานวิจัยนี้ มีจำนวนแตกต่างกันจึงจำเป็นต้องใช้ค่าความแม่นยำสมดุลในการคำนวณความแม่นยำของแบบจำลองที่ถูกสร้าง

$$Balanced Accuracy = \frac{(Sensitivity + Specificity)}{2} \quad (4.2)$$

จากการคำนวณจะได้ค่าความแม่นยำสมดุลของต้นไม้ตัดสินใจ และโครงข่ายประสาทเทียม เท่ากับ 95.52 เปอร์เซ็นต์ และ 99.43 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

#### 4.3.2 ผลการทดลองสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุกัญหามีตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำ

ในการทดลองสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุกัญหามีตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำ นั้นจะนำข้อมูลชุดที่ 2 ที่ได้จากการวิเคราะห์คุณลักษณะมาปรับคุณสมบัติ และทำการเพิ่มผลลากบอกประเภทในแต่ละตัวอย่างทั้งหมด 247 ตัวอย่าง โดย 1 คือบรรจุกัญหามีไม่มีตำหนิ 2 คือบรรจุกัญหามีตำหนิประเภทรอยขีด และ 3 คือบรรจุกัญหามีตำหนิประเภทจุดดำ แสดงดังตารางที่ 4.11 และนำข้อมูลนั้นมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการสร้างแบบจำลอง

ตารางที่ 4.11 ตัวอย่างข้อมูลชุดที่ 2 หลังจากทำ Standardization เพื่อใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุก้อนที่มีตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำ

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
1	-0.62434	-0.60532	-0.18659	-0.48667	0
2	1.168905	0.98548	-0.27232	0.502606	1
3	-0.51411	-0.20412	-0.03071	-0.24327	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
246	-0.35912	-0.4965	-0.27594	-0.38176	2
247	-0.23033	-0.38499	-0.06884	-0.31155	2

ในการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุก้อนที่มีตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำนั้นใช้อัลกอริทึม 2 อัลกอริทึมในการสร้าง ได้แก่ วิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ซึ่งในกรณีของโครงข่ายประสาทเทียม นั้นจำเป็นต้องทำการทดลองเพื่อให้ได้โครงสร้างที่เหมาะสมทางผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 แสดงดังนี้

ผลการทดลองหาเปอร์เซ็นต์การแบ่งข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.12 โดยในการทดลองได้กำหนดจำนวนปมซ่อน (Hidden Nodes) เท่ากับ 10 ซึ่งจากการทดลองได้เปอร์เซ็นต์การแบ่งข้อมูลเท่ากับ 70-10-20 มีค่าความแม่นยำสมดุลเฉลี่ย (Balanced Accuracy) สูงที่สุด และได้ใช้เปอร์เซ็นต์ในการแบ่งข้อมูลนั้นเพื่อหาจำนวนปมซ่อนที่เหมาะสม โดยได้แสดงจำนวนปมซ่อนที่ให้ค่าความแม่นยำสมดุลเฉลี่ยสูงสุด 10 อันดับแรก ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองการหาเปอร์เซ็นต์การแบ่งข้อมูลที่เหมาะสมของอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียมในช่วงการทดลองที่ 2

Fix Hidden Nodes = 10	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	Average Balanced Accuracy (%)
70-15-15	95.39	95.09	95.66	89.54	95.39	94.214
70-10-20	95.36	94.59	95.12	94.81	95.93	95.162
70-5-25	95.66	85.5	93.99	93.46	93.46	92.414
70-20-10	93.49	95.39	91.62	94.83	95.12	94.09
70-25-5	94.59	94.86	94.32	93.99	94.86	94.524
80-10-10	93.19	95.05	92.92	93.76	93.82	93.748
80-5-15	94.06	93.73	93.76	93.73	95.66	94.188
80-15-5	94.83	95.12	94.86	95.36	88.02	93.638

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองการหาจำนวนปมซ่อนที่ให้ค่าความแม่นยำเฉลี่ยสูงสุด 10 อันดับแรกของอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียมในช่วงการทดลองที่ 2

Network	Number of Hidden Nodes	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	Average Balanced Accuracy (%)
39	39	96.76	95.66	96.19	94.86	95.39	95.772
73	73	95.36	95.93	96.23	94.83	96.46	95.762
59	59	96.73	95.93	95.12	95.39	95.41	95.716
56	56	95.93	95.39	95.39	95.09	96.49	95.658
96	96	95.93	94.56	95.66	95.93	95.93	95.602
58	58	95.93	95.39	95.39	94.83	95.63	95.434
47	47	95.93	93.99	95.12	95.93	95.93	95.38
92	92	95.09	95.93	96.23	93.29	96.19	95.346
76	76	95.93	95.39	95.66	93.79	95.93	95.34
40	40	95.36	95.36	95.9	95.66	94.06	95.268

หลังจากได้ทำการทดลองเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ในการแบ่งข้อมูล และจำนวนปมซ้อนที่เหมาะสม แล้วจึงนำค่าที่ได้มาเป็นเกณฑ์ในการสร้างแบบจำลองของโครงข่ายประสาทเทียม ในการวิจัยนี้ผลการทดลองหลังการสร้างแบบจำลองของต้นไม้ตัดสินใจ และโครงข่ายประสาทเทียม ผู้วิจัยได้ทำการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์วิชันเมตริกซ์ แสดงคอนพิวเตอร์วิชันเมตริกซ์ของแต่ละแบบจำลอง ดังตารางที่ 4.14 และ 4.15 และแสดงผลการวัดประสิทธิภาพของทั้ง 2 แบบจำลองดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.14 คอนพิวเตอร์วิชันเมตริกซ์ของแบบจำลองที่สร้างโดยอัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ

ต้นไม้ตัดสินใจ		คลาสทำนาย		
		บรรจุกฎที่ไม่มี มีตำหนิ (1)	บรรจุกฎที่มี ตำหนิรอยขีด (2)	บรรจุกฎที่มีตำหนิ จุดดำ (3)
คลาสจริง	บรรจุกฎที่ไม่มีตำหนิ (1)	55	3	2
	บรรจุกฎที่มีตำหนิรอยขีด (2)	3	77	7
	บรรจุกฎที่มีตำหนิจุดดำ (3)	2	8	90

ตารางที่ 4.15 คอนพิวเตอร์วิชันเมตริกซ์ของแบบจำลองที่สร้างโดยอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียม		คลาสทำนาย		
		บรรจุกฎที่ไม่มี มีตำหนิ (1)	บรรจุกฎที่มี ตำหนิรอยขีด (2)	บรรจุกฎที่มีตำหนิ จุดดำ (3)
คลาสจริง	บรรจุกฎที่ไม่มีตำหนิ (1)	58	0	2
	บรรจุกฎที่มีตำหนิรอยขีด (2)	8	74	5
	บรรจุกฎที่มีตำหนิจุดดำ (3)	4	2	94

ตารางที่ 4.16 ผลการวัดประสิทธิภาพของทั้ง 2 แบบจำลอง

ค่าวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง	ต้นไม้ตัดสินใจ	โครงข่ายประสาทเทียม
ความไว (Sensitivity)	89.30%	96.26%
ความจำเพาะ (Specificity)	91.67%	96.67%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และดัดแปลงอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.16 นำมาคำนวณหาค่าความแม่นยำสมดุล ดังสมการที่ 4.1 เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองแต่ละคลาสของงานวิจัยนี้มีจำนวนแตกต่างกันจึงจำเป็นต้องใช้ค่าความแม่นยำสมดุลในการคำนวณความแม่นยำของแบบจำลองที่ถูกสร้าง จากการคำนวณจะได้ค่าความแม่นยำสมดุลของ ต้นไม้ตัดสินใจ และโครงข่ายประสาทเทียมเท่ากับ 90.49 เปอร์เซ็นต์ และ 96.46 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

จากผลการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สร้างเพื่อใช้จำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิ ทั้ง 2 ช่วงได้แสดงผลการวัดประสิทธิภาพรวมดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ผลการวัดประสิทธิภาพรวมของทั้ง 2 ช่วง

ค่าวัดประสิทธิภาพ แบบจำลอง	แบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์มี ตำหนิ และไม่มีตำหนิ		แบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์ มีตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำ	
	ต้นไม้ตัดสินใจ	โครงข่ายประสาท เทียม	ต้นไม้ตัดสินใจ	โครงข่ายประสาท เทียม
ความแม่นยำสมดุล (Balanced Accuracy)	95.52%	99.43%	90.49%	96.46%
ความไว (Sensitivity)	97.70%	98.85%	89.30%	96.26%
ความจำเพาะ (Specificity)	93.33%	100.00%	91.67%	96.67%

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการวิจัย ปัญหาและข้อเสนอแนะจากการดำเนินงานที่ผ่านมาของการพัฒนาระบบต้นแบบการตรวจสอบภาพปรากฏบนบรรจุภัณฑ์เครื่องสำอางโดยใช้การประมวลผลภาพและการเรียนรู้ของเครื่อง ดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบโดยใช้การประมวลผลภาพ ร่วมกับการเรียนรู้ของเครื่อง และสร้างเครื่องมือต้นแบบในการตรวจสอบภาพปรากฏบนบรรจุภัณฑ์

1. ผลการทดลองสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิ และไม่มีตำหนิ โดยใช้ อัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ในการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิประเภทรอยขีด แบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ และโครงข่ายประสาทเทียม นั้นมีค่าความไว (Sensitivity) เท่ากับ 97.70 เปอร์เซ็นต์ และ 98.85 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีค่าความจำเพาะ (Specificity) เท่ากับ 93.33 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีค่าความถูกต้องสมดุล (Balanced Accuracy) เท่ากับ 95.52 เปอร์เซ็นต์ และ 99.43 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

จากค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้ทำการคำนวณออกมาแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่สร้างจาก อัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าความแม่นยำสูงกว่าแบบจำลองที่ถูกสร้างจากอัลกอริทึม ต้นไม้ตัดสินใจ ทำให้สรุปได้ว่าอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียมมีความเหมาะสมในการใช้จำแนก ประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิ และไม่มีตำหนิมากกว่าแบบจำลองที่สร้างจากอัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ

2. ผลการทดลองสร้างแบบจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำโดย ใช้อัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ในการสร้างแบบจำลองจำแนกประเภทบรรจุภัณฑ์มีตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำ แบบจำลองของ ต้นไม้ตัดสินใจ และโครงข่ายประสาทเทียม นั้นมีค่าความไว (Sensitivity) เท่ากับ 89.30 เปอร์เซ็นต์ และ 96.26 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ค่าความจำเพาะ (Specificity) เท่ากับ 91.67 เปอร์เซ็นต์ และ 96.67 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีค่าความแม่นยำสมดุล (Balanced Accuracy) เท่ากับ 90.49 เปอร์เซ็นต์ และ 96.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้ทำการคำนวณออกมาแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่สร้างจาก

อัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าความแม่นยำสูงกว่าแบบจำลองที่ถูกสร้างจากอัลกอริทึม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นไม่ตัดสินใจ ทำให้สรุปได้ว่าอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียมมีความเหมาะสมในการใช้จำแนกประเภทบรรจุกฎที่มีตำหนิประเภทรอยขีด และจุดดำมากกว่าแบบจำลองที่สร้างจากอัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจ

จากผลทดลองข้างต้นทำให้ทางผู้วิจัยได้เลือกแบบจำลองในการจำแนกประเภทบรรจุกฎ โดยใช้แบบจำลองที่สร้างจากอัลกอริทึมโครงข่ายประสาทเทียมในการใช้สำหรับวิเคราะห์บรรจุกฎ ในหน้าต่าง User Interface เนื่องจากมีค่าความแม่นยำของแบบจำลองสูงที่สุดเท่ากับ 96.46 เปอร์เซ็นต์คิดเป็นค่าความผิดพลาดเท่ากับ 3.54 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าความผิดพลาดลดลง 69.67 เปอร์เซ็นต์

## 5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาพบปัญหาและมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

### 5.2.1 การลดความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือประมวลผลภาพ

ในขั้นตอนการประเมินความถูกต้องของเครื่องมือประมวลผลภาพจะพบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือประมวลผลภาพมีค่าอยู่ที่ 3.92 เปอร์เซ็นต์ และในบางกรณีที่เครื่องมือประมวลผลภาพไม่สามารถตรวจจับตำหนิในภาพถ่ายได้ ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอาจส่งผลไปถึงขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง ซึ่งอาจเกิดได้จากการที่ยังควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของภาพถ่ายได้ไม่ดีพอ หรืออาจเป็นสาเหตุมาจากกระบวนการแยกส่วนภาพถ่ายยังแยกคุณลักษณะของตำหนิได้ไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นควรมีการศึกษาเรื่องการควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อคุณภาพภาพถ่ายและปรับปรุงขั้นตอนการแยกส่วนภาพถ่ายให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

### 5.2.2 การเพิ่มความแม่นยำให้กับแบบจำลอง

ในปัจจุบันแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการจำแนกประเภทมีเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำอยู่ที่ 96.46 เปอร์เซ็นต์ หากต้องการเพิ่มความแม่นยำของแบบจำลองอาจทำได้โดยการเปลี่ยนอัลกอริทึมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองให้เหมาะสมกับข้อมูลกว่านี้ หรือ ใช้วิธีแบบจำลองที่ทำงานร่วมกัน (Classifier Fusion) หรือ มีอีกหลายชื่อเช่น Committee และ Combination ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้แบบจำลองมากกว่า 1 ชนิด ในการจำแนกประเภทโดยในแต่ละแบบจำลองจะมีกระบวนการทำงานของตัวเอง และทุกแบบจำลองจะกระทำกับข้อมูลเดียวกัน เมื่อได้ผลลัพธ์ในการทำนายของแต่ละตัวแล้ว จะนำผลลัพธ์นั้นมาผ่านวิธีการ Vote และตัดสินใจสุดท้าย (Final Decision) เพื่อให้ได้เพียงผลการทำนายเดียว เป็นต้น

## เอกสารอ้างอิง

กิตติพงษ์ หิริโอตป์ปะ. 2553. **การพัฒนาวิธีการทำนายสภาพการจราจรติดขัดแบบทันกาล.**

ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชา  
วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรกนก อุบลชลเขต. 2553. **Measurement and Error.** Physics Department, Faculty of  
Science, TSU

กาญจน์เขจร ชูชีพ. 2561. **Remote Sensing Technical Note No. 5.** คณะวนศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชัยนันท์ สมพงษ์ และ สุพจน์ นิตยส์วัฒน์. (2550). **การค้นหาใบหน้าคนในภาพสียโดยใช้แบบจำลอง  
ของสีผิวและคณิตศาสตร์มอร์โฟโลจิค,** วารสารวิชาการเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบัน  
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 3 ฉบับที่ 5 (มกราคม-มิถุนายน), หน้า 17-23.

ชัยนันท์ สมพงษ์. 2561. **การประมวลผลภาพดิจิทัล.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :  
<https://knowledge.snru.ac.th/> การประมวลผลภาพดิจิทัล. (เมษายน, 2563)

ชินวัฒน์ แก้วทอง และ สุเจตน์จันทร์. **ค้นหาเมฆในรูปถ่ายจากดาวเทียม.** วิศวกรรม  
ลาดกระบัง.21(4) : 1-8.

ณัฐธัญ วิโรจน์บุญเกียรติ. 2560. **การระบุตัวคนขับรถโดยใช้ฮิสโทแกรมและโครงข่ายประสาทเทียม  
จากข้อมูลความเร็ว.** ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม  
คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย

น.ส.วิภากร แซ่ห้วง. 2561. **การจำแนกเสียงโกรธในบทสนทนาของศูนย์ให้บริการ  
ข้อมูล.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก [http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/  
61238/1/5981539526.pdf](http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/61238/1/5981539526.pdf) (เมษายน, 2563)

นวกัทราน หนูนาและทวีพล ชื่อสัตย์. 2555. **การวัดและเครื่องมือวัด การประยุกต์ใช้ใน  
อุตสาหกรรมอาหาร (Measurement and Instrumentation).** คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปิยาภรณ์ มาตย์วิเศษ 2556. **การวิเคราะห์คุณลักษณะของนักเน็ตไก่อ่งแอ่งโดยใช้การถ่ายภาพ  
ร่วมกับวิธีการทางสถิติ.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ  
บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

- พิชชากร วงศ์ดี. 2560. **การอ่านเลขสายรถประจำทางจากภาพ**. ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- พิทักษ์พงศ์ กิ่งภาร. 2556. **การเปรียบเทียบระบบสี่สำหรับการตรวจสอบคุณภาพสีไล่กรอก**. ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- พญ. อติพร อิงค์สาธิต. 2561. **หลักการพิจารณานำงานวิจัยเกี่ยวกับการตรวจวินิจฉัยมาประยุกต์ในเวช ปฏิบัติ**. เอกสารประกอบการสอน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [https://med.mahidol.ac.th/fammed/sites/default/files/public/pdf/EBM\\_Diagnostic\\_study.pdf](https://med.mahidol.ac.th/fammed/sites/default/files/public/pdf/EBM_Diagnostic_study.pdf) (เมษายน, 2563)
- พิรญาณ์ แก้วสุวรรณ. 2555. **การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติโดยใช้ภาพสีสำหรับไล่กรอก**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ยุทธพงศ์ อุณหวิทย์ และ ญัฐกานต์ ลิขิตผลจรรยา. 2553. **ระบบวิเคราะห์ฝ้าเท้าเพื่อการวินิจฉัยโรค**. ชลบุรี : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
- โยษิตา คำบุญมี, สุขสวัสดิ์ ญัฐวุฒิสิริ และปราณี มณีรัตน์. 2561. **การจำแนกภาพถ่ายระบบอาร์จีบีด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกของโครงข่ายประสาทเทียม**. วารสาร Mahidol R2R e-Journal ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม 2561
- ศูนย์วิจัยกสิกร. 2561. **ตลาดบิวตี้ยังแจ๋ว เกาะเทรนด์ธุรกิจทำเงิน**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: [https://www.kasikornbank.com/th/business/sme/KSMEknowledge/article/KSMEAnalysis/Documents/Beauty-Business\\_Trend.pdf](https://www.kasikornbank.com/th/business/sme/KSMEknowledge/article/KSMEAnalysis/Documents/Beauty-Business_Trend.pdf) (เมษายน, 2563)
- A. K. Jain, **Fundamentals of Digital Image Processing**, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1989.
- A. Low, **Introductory Computer Vision and Image Processing**, McGraw-Hill, London, 1991
- Abellan, J. and A.R. Masegosa. 2007. **Split Criteria for Variable Selection Using Decision Trees**. In Proceedings of the 9<sup>th</sup> European Conference on Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning with Uncertainty.
- Ahmad, I.S. Reid, J.F. Pualsen, M.R. and Sinclair, J.B. 1999. **Color classifier for symptomatic soybean seeds using confocal laser scanning microscopy**. Journal of Food Engineering. 102 : 49-57.

- BIZKEENPACKAGING. 2014. **How many types of packaging**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://bizkeenpackaging.wordpress.com> (เมษายน, 2563)
- D Teichmann1, A Kuhn2,3, S Leonhardt1 and M Walter. 2013. **Human motion classification based on a textile integrated and wearable sensor array**. *Physiological Measurement* 34(9):963-975
- Data Mining Trend. 2014. **การแบ่งข้อมูลเพื่อนำทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://dataminingtrend.com/2014/data-mining-techniques/cross-validation>. (เมษายน, 2563)
- Du, C. and Sun, D.W. 2004. **Recent Developments in applications of image processing techniques for food quality evaluation**. *Trends in Food Science & Technology*. 15(5) : 230-249
- Forum Sanghadiya, 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
- Ford, A. and Roberts, A. 1998. **Color Space Conversions**. [online]. Available: <http://www.poynton.com/PDFs/coloure.pdf> (เมษายน, 2563)
- Helfrick, Albert D. (2005) **Modern Electronic Instrumentation and Measurement Techniques**. p. 16. ISBN 81-297-0731-4
- Hosmer Jr, D.W., S. Lemeshow, and R.X. Sturdivant. 2013. **Applied logistic regression**. Vol. 398. John Wiley & Sons.
- K. R. Castleman, **Digital Image Processing**, Prentice Hall International, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1996 MatLab. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <https://vicomscience.blogspot.com> (เมษายน, 2563)
- Mendoza, F., Dejmekb, P. and Aguilera, J.M. 2006. **Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis**. *Postharvest Biology and Technology*. 41(3) : 285-295
- Pete Chapman (NCR), Julian Clinton (SPSS), Randy Kerber (NCR), Thomas Khabaza (SPSS), Thomas Reinartz (DaimlerChrysler), Colin Shearer (SPSS) and Rüdiger Wirth (DaimlerChrysler). 2000. **Step-by-step data mining guide**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.the-modeling-agency.com/crisp-dm.pdf>
- P. K. William, **Digital Image Processing**, Sun Microsystems, Inc., California, 1991.

- R. Gonzalez, R. Woods, **Digital Image Processing 3rd Edition**, Prentice Hall, New Jersey, 2009.
- R. J. Schalkoff, **Digital Image Processing and Computer Vision**, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1989.
- Richard O., Duda. 1997. **Pattern Classification**. Second Edition. USA : McGraw-Hill, Bayesian decision theory
- Sarawut Meesri. 2011. **Dianosis Of Heart Disease Using Mixer Classifier**. Computer Science and Information Technology. 2(4) : 30-31.
- Sompong, C., Muangchan, S., Mingmuang, C., Oopkeaw, A. (2017). **Application development for multiple-choice test check by image processing**. SNRU Journal of Science and Technology, 9(3), 661-671, 2017.
- The Mathworks, Inc. **what is matlab**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <https://www.mathworks.com/discovery/what-is-matlab.html> (เมษายน, 2563)
- The Mathworks, Inc. **การใช้ MATLAB เบื้องต้น** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://pongsak.ee.engr.tu.ac.th/le230/matlab3.pdf> (เมษายน, 2563)
- William J. Long, John L. Griffith and Harry P. Selker. 1993. **A Comparison of Logistic Regression to Decision-Tree Induction a Medical Domain**. Reprinted from Computers in Biomedical Research,26: 74-97
- Zayas, I.Y, J.L. Steele, and A.Katceovich. 1996. **Wheat classification using image analysis and crush-force parameter**. Transaction of the ASAE 39(6):2199-2204
- Zoran Peric. (2018). **Image Processing-Based Recognition of Wall Defects Using Machine Learning Approaches and Steerable Filters**. Faculty of Civil Engineering, Institute of Research and Development, Duy Tan University



## ภาคผนวก

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ผลของการวิจัย โค้ดที่ใช้ในการวิเคราะห์ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง  
ของการพัฒนาระบบต้นแบบการตรวจสอบภาพปรากฏบนบรรจุภัณฑ์เครื่องสำอางโดยใช้การ  
ประมวลผลภาพและการเรียนรู้ของเครื่อง

**ภาคผนวก ก.**  
**ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์**

ตารางที่ ผก.1 ข้อมูลดิบที่ได้จากการสกัดคุณลักษณะ

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
1	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	1
3	5	4.36313554	2.02724318	7.402	1
4	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	1
8	0	0	0	0	1
9	0	0	0	0	1
10	0	0	0	0	1
11	0	0	0	0	1
12	10	4.34685283	2.35192202	7.683	1
13	18	4.39992519	2.12916259	8.626	1
14	0	0	0	0	1
15	217	12.6321774	1.76616386	26.506	1
16	6	6.99846118	1.60533381	10.47	1
17	0	0	0	0	1
18	12	5.30391723	3.15904624	10.288	1
19	6	6.12138099	1.72427934	8.973	1
20	49	5.73358461	1.72134074	9.734	1
21	0	0	0	0	1
22	126	12.0548041	2.02072594	33.908	1
23	0	0	0	0	1

ตารางที่ ผก.1 (ต่อ) ข้อมูลดิบที่ได้จากการสกัดคุณลักษณะ

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
24	0	0	0	0	1
25	0	0	0	0	1
26	0	0	0	0	1
27	0	0	0	0	1
28	0	0	0	0	1
29	0	0	0	0	1
30	0	0	0	0	1
31	5	3.30655914	2.12916259	4.962	1
32	0	0	0	0	1
33	6	3.26598632	2.90593263	6.277	1
34	0	0	0	0	1
35	12	5.41878682	3.08636327	10.015	1
36	0	0	0	0	1
37	0	0	0	0	1
38	0	0	0	0	1
39	8	4.13414298	3.01256177	8.146	1
40	0	0	0	0	1
41	26	8.86551365	2.4962557	19.675	1
42	12	6.18920421	2.87216066	12.273	1
43	15	5.77350269	1.15470054	9.18	1
44	0	0	0	0	1
45	0	0	0	0	1
46	5	3.30655914	2.12916259	4.962	1
47	0	0	0	0	1
48	26	6.16144984	1.94368614	10.288	1
49	0	0	0	0	1
50	0	0	0	0	1
51	8	3.65148372	3.05505046	7.22	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ ผก. 2 อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก.1 (ต่อ) ข้อมูลดิบที่ได้จากการสกัดคุณลักษณะ

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
52	12	6.18920421	2.87216066	12.273	1
53	5	3.30655914	2.12916259	4.962	1
54	47	7.70692049	1.15470054	15.548	1
55	13	6.96684553	2.03217372	11.603	1
56	2876	16.8198819	1.15470054	54.418	1
57	131	10.2850701	1.72134074	22.842	1
58	0	0	0	0	1
59	0	0	0	0	1
60	0	0	0	0	1
61	145	41.1547012	3.02821202	85.878	2
62	132	31.1239045	2.68532856	60.183	2
63	400	70.7473944	12.7593866	148.311	2
64	381	68.0046271	2.285676	129.784	2
65	51	14.362309	2.22803805	26.142	2
66	318	40.6641366	3.80549214	108.117	2
67	126	36.3853392	1.47480203	60.603	2
68	115	47.2530098	3.00485526	91.518	2
69	199	59.9937076	5.35179304	113.61	2
70	189	54.9399022	17.7425299	129.916	2
71	235	79.4658252	2.12916259	152.621	2
72	242	50.2175953	1.15470054	88.978	2
73	74	14.4898117	1.89190084	30.145	2
74	51	24.9692752	1.78921334	43.832	2
75	650	111.391279	2.34786586	221.965	2
76	307	56.6194888	1.69394025	104.693	2
77	487	174.487321	1.64515189	318.912	2
78	813	236.464008	64.2350356	478.621	2
79	749	193.924089	5.02422435	374.391	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ ผก.3 อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก.1 (ต่อ) ข้อมูลดิบที่ได้จากการสกัดคุณลักษณะ

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
80	813	143.693457	23.1768942	287.186	2
81	453	79.8010537	1.15470054	153.348	2
82	611	95.2710402	5.3154563	207.327	2
83	359	79.5466767	2.18870428	150.173	2
84	452	118.6543	3.22626769	261.945	2
85	680	86.9738356	1.8036999	162.038	2
86	1165	87.9321677	1.15470054	160.954	2
87	1541	222.754828	2.11362137	422.764	2
88	1006	125.507661	2.18251628	232.103	2
89	1762	150.200013	2.60187394	276.372	2
90	2710	207.425189	1.8036999	428.555	2
91	1313	238.876375	1.40475383	448.269	2
92	2041	161.163951	1.65820662	352.645	2
93	2680	205.603344	1.61808956	404.386	2
94	1653	131.770466	1.67159564	259.413	2
95	111	36.4825362	3.58908548	69.618	2
96	177	41.2603335	2.1539866	74.489	2
97	249	71.0038627	2.94914358	148.93	2
98	84	24.6568328	2.84775721	44.428	2
99	518	102.148285	1.74302393	204.117	2
100	223	37.7929031	4.92429432	77.972	2
101	181	68.2050504	1.72134074	137.095	2
102	79	15.8208026	2.86058526	30.889	2
103	274	39.5283247	1.8036999	102.402	2
104	216	30.9552672	1.48728573	56.568	2
105	417	52.0536848	1.92980709	100.218	2
106	245	49.1289971	2.34762276	105.354	2
107	394	66.0249274	2.14892154	149.477	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ ผก. 4

ตารางที่ ผก.1 (ต่อ) ข้อมูลดิบที่ได้จากการสกัดคุณลักษณะ

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
108	69	10.658513	1.7635573	19.749	2
109	546	60.6741414	1.69822913	119.563	2
110	448	76.62648	2.36509796	148.425	2
111	943	169.154606	2.28826581	326.384	2
112	388	76.2505395	1.15470054	142.958	2
113	600	159.780093	1.55268366	298.534	2
114	820	98.5837512	2	207.382	2
115	1637	359.078963	2.13611884	684.376	2
116	2016	336.790892	1.8036999	695.794	2
117	1279	316.577675	1.15470054	707.647	2
118	1519	289.553854	1.15470054	524.371	2
119	1980	125.929999	2.12916259	238.387	2
120	2570	251.579123	1.71235088	487.519	2
121	2407	185.298057	1.72134074	381.928	2
122	7369	109.837219	90.9091419	379.032	2
123	4324	340.690195	3.50611383	1372.809	2
124	5856	306.652031	1.15470054	2364.219	2
125	218	50.587321	2.75905951	93.171	2
126	476	55.6713469	2.99100267	106.529	2
127	249	67.3391125	2.12916259	130.695	2
128	45	10.8209937	2.16890204	20.419	2
129	279	69.4899169	12.2350408	133.275	2
130	172	48.5366773	1.8036999	93.734	2
131	265	33.5194828	5.52418205	68.924	2
132	295	60.2197008	17.1856621	141.016	2
133	375	64.4151731	5.00940951	122.2	2
134	1016	124.933121	2.12916259	256.767	2
135	854	57.5633827	2.33489897	132.009	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ ผก. 5 อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก.1 (ต่อ) ข้อมูลดิบที่ได้จากการสกัดคุณลักษณะ

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
136	630	59.8260793	1.8036999	115.337	2
137	1014	125.108307	2.75957885	252.433	2
138	356	94.291061	9.97274865	184.905	2
139	124	26.5581124	1.15470054	43.12	2
140	547	169.2268	2.0777012	316.091	2
141	601	135.867669	1.7758989	264.658	2
142	4173	355.669074	1.85601442	1840.759	2
143	1267	106.356291	1.72134074	220.053	2
144	1014	125.108307	2.75957885	252.433	2
145	1658	227.217423	2.01801654	787.387	2
146	4799	228.468112	1.15470054	1059.525	2
147	2456	648.892233	1.15470054	1284.168	2
148	1005	13.5916254	1.48728573	34.975	3
149	397	19.4770226	2.47655675	45.519	3
150	271	29.6779906	2.12916259	62.887	3
151	143	14.9642085	4.11413423	47.959	3
152	171	13.5908062	2.4928082	38.117	3
153	122	12.9917932	4.32964738	29.417	3
154	139	13.8846779	3.72655586	46.09	3
155	293	16.7117778	3.14155251	41.202	3
156	546	23.908385	1.72134074	46.346	3
157	383	21.1285236	3.73630636	55.526	3
158	643	20.4244093	1.71812415	52.342	3
159	328	24.1659552	2.12916259	47.206	3
160	142	14.2073425	2.12916259	31.84	3
161	157	16.9878379	3.85766442	41.384	3
162	211	11.0997702	1.7758989	28.764	3
163	286	23.966835	1.15470054	48.745	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ ผก. 6

ตารางที่ ผก.1 (ต่อ) ข้อมูลดิบที่ได้จากการสกัดคุณลักษณะ

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
164	271	15.9808964	2.12916259	44.891	3
165	262	19.0460509	1.84850462	36.654	3
166	169	12.0869134	2.5819889	27.614	3
167	62	7.7516332	2.08058871	15.937	3
168	98	16.8260877	2.63987538	30.17	3
169	512	20.3610554	1.61107705	60.786	3
170	315	22.2668803	1.15470054	59.661	3
171	302	17.5509459	2.12916259	51.623	3
172	93	14.7781756	2.30940108	29.062	3
173	370	18.2452438	2.12916259	37.902	3
174	247	25.0681376	6.20612051	61.357	3
175	379	20.6156391	4.58273774	47.868	3
176	485	18.7827921	4.71263704	54.989	3
177	446	27.0648466	2.02114961	69.338	3
178	505	23.4949291	3.68050298	60.505	3
179	438	23.9409708	5.49418184	65.715	3
180	384	19.5357055	10.2470084	48.331	3
181	235	14.4787418	6.7100207	41.566	3
182	320	22.4730505	6.52545415	52.714	3
183	537	36.7767001	1.15470054	92.907	3
184	816	36.7813456	1.71812415	90.468	3
185	625	22.6539965	1.72134074	65.748	3
186	350	20.5734824	2.63810872	49.042	3
187	669	48.7115572	1.15470054	121.663	3
188	270	35.4803845	10.3985264	94.611	3
189	1066	33.862544	1.72134074	96.15	3
190	324	20.3208783	1.15470054	47.934	3

ตารางที่ ผก.1 (ต่อ) ข้อมูลดิบที่ได้จากการสกัดคุณลักษณะ

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
191	916	26.6269731	2.12916259	82.256	3
192	220	23.8362691	3.0007219	63.317	3
193	576	38.0915323	2.12916259	129.288	3
194	3427	28.3022946	1.15470054	72.182	3
195	350	17.9016237	1.60069204	40.375	3
196	400	32.1856802	3.20978276	93.421	3
197	439	28.7230944	2.41108551	81.924	3
198	215	14.6643397	7.99281238	40.574	3
199	331	29.2318931	2.5819889	95.538	3
200	848	32.881661	1.67159564	91.998	3
201	441	22.6426331	1.15470054	68.552	3
202	504	22.8686392	3.27750029	65.467	3
203	805	34.3985605	2.30940108	108.762	3
204	178	14.5744466	8.54262619	37.001	3
205	567	27.3537405	1.15470054	77.649	3
206	1064	37.1864813	1.67159564	108.638	3
207	304	16.5519408	6.11687639	44.824	3
208	394	34.8959021	12.6578565	115.238	3
209	459	21.9207419	2.02724318	49.001	3
210	868	27.2222299	1.52078074	77.111	3
211	689	23.6535036	2.03606674	80.188	3
212	236	16.6411837	2.91839113	42.327	3
213	343	19.3187573	8.52180091	51.052	3
214	349	26.4528452	2.22803805	67.096	3
215	224	17.9762998	16.7779955	54.947	3
216	311	30.1818915	2.12916259	83.727	3
217	618	22.5004564	3.13881871	60.72	3
218	1683	34.4421173	1.61107705	109.605	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และ ผก. 8 อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก.1 (ต่อ) ข้อมูลดิบที่ได้จากการสกัดคุณลักษณะ

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
219	969	34.5661085	2.05827544	88.698	3
220	371	33.8157034	1.94368614	110.606	3
221	216	22.8994303	13.9543461	62.862	3
222	309	20.9409125	11.2552002	50.655	3
223	138	19.3403864	9.80795813	47.38	3
224	302	25.3596524	4.19939926	65.756	3
225	851	44.4058815	3.91578004	160.996	3
226	569	33.7803682	2.12916259	91.874	3
227	343	26.3587116	2.21108319	75.573	3
228	756	27.1149442	19.4690706	85.894	3
229	1096	35.0167271	1.6808648	105.908	3
230	408	32.3918038	25.5409167	81.652	3
231	2155	48.4536107	1.44830709	268.925	3
232	975	37.698038	2.22803805	107.48	3
233	669	27.6790311	2.40370085	71.537	3
234	723	30.3545251	16.1027774	89.715	3
235	1409	39.326804	17.811132	98.705	3
236	1745	40.6956123	1.15470054	103.568	3
237	693	31.2680266	13.9494005	82.553	3
238	956	30.3412458	2.12916259	89.045	3
239	459	21.510533	2.21108319	57.114	3
240	730	26.0946889	16.2248152	73.431	3
241	1481	30.3360376	19.0646441	87.234	3
242	641	32.2206209	3.97721858	79.534	3
243	483	23.6177033	12.2170706	57.205	3
244	329	23.1967482	4.09316749	47.132	3
245	435	26.7919754	3.44419907	77.418	3
246	253	13.0633342	1.64280955	34.379	3
247	371	21.9951556	3.28645538	52.243	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ ผก. 9 หรืออ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก.2 ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากทำ Standardization

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
1	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
2	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
3	-0.6298007	-0.60511265	-0.22750517	-0.487774344	1
4	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
5	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
6	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
7	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
8	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
9	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
10	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
11	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
12	-0.62434347	-0.60531593	-0.1865948	-0.486670039	1
13	-0.61561188	-0.60465336	-0.21466306	-0.482964134	1
14	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
15	-0.39841378	-0.50187937	-0.26040183	-0.412697337	1
16	-0.62870926	-0.57221243	-0.28066683	-0.475717379	1
17	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
18	-0.62216057	-0.59336764	-0.08489509	-0.476432623	1
19	-0.62870926	-0.58316217	-0.26567939	-0.481600455	1
20	-0.581777	-0.58800354	-0.26604966	-0.478609793	1
21	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
22	-0.49773553	-0.50908748	-0.22832636	-0.383608141	1
23	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
24	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
25	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
26	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
27	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
28	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ ผก. 10 อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก.2 (ต่อ) ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากทำ Standardization

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
29	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
30	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
31	-0.6298007	-0.61830328	-0.21466306	-0.497363325	1
32	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
33	-0.62870926	-0.6188098	-0.11678805	-0.492195493	1
34	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
35	-0.62216057	-0.59193357	-0.09405333	-0.477505488	1
36	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
37	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
38	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
39	-0.62652636	-0.60797147	-0.1033525	-0.484850491	1
40	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
41	-0.6068803	-0.54890357	-0.16840839	-0.439542555	1
42	-0.62216057	-0.58231545	-0.1210434	-0.468631751	1
43	-0.61888623	-0.58750519	-0.33744777	-0.480786963	1
44	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
45	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
46	-0.6298007	-0.61830328	-0.21466306	-0.497363325	1
47	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
48	-0.6068803	-0.58266194	-0.23803357	-0.476432623	1
49	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
50	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
51	-0.62652636	-0.61399713	-0.09799882	-0.488489588	1
52	-0.62216057	-0.58231545	-0.1210434	-0.468631751	1
53	-0.6298007	-0.61830328	-0.21466306	-0.497363325	1
54	-0.5839599	-0.56336781	-0.33744777	-0.455761295	1
55	-0.62106912	-0.57260713	-0.22688391	-0.471264791	1
56	2.5037458	-0.44959877	-0.33744777	-0.30300568	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และพึงระวังถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก.2 (ต่อ) ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากทำ Standardization

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
57	-0.49227829	-0.53118139	-0.26604966	-0.427096529	1
58	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
59	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
60	-0.63525794	-0.65958339	-0.48294299	-0.51686354	1
61	-0.47699802	-0.14579536	-0.10138053	-0.179370701	2
62	-0.49118684	-0.27102293	-0.14458473	-0.280349747	2
63	-0.19867884	0.22364899	1.12477233	0.06598539	2
64	-0.21941635	0.18940743	-0.19494197	-0.006824059	2
65	-0.57959411	-0.48027988	-0.2022045	-0.414127825	2
66	-0.28817756	-0.15191972	-0.00344125	-0.091973426	2
67	-0.49773553	-0.20533755	-0.29711416	-0.278699185	2
68	-0.50974145	-0.06966218	-0.10432355	-0.157206007	2
69	-0.41805984	0.08939663	0.19139661	-0.070386428	2
70	-0.42897432	0.02630336	1.75266113	-0.00630531	2
71	-0.37876772	0.33249257	-0.21466306	0.082923304	2
72	-0.37112759	-0.03265138	-0.33744777	-0.167187979	2
73	-0.55449081	-0.47868809	-0.24455865	-0.398396394	2
74	-0.57959411	-0.34785923	-0.25749753	-0.344607711	2
75	0.0741831	0.73105983	-0.18710589	0.355439005	2
76	-0.30018348	0.04727184	-0.26950219	-0.105429439	2
77	-0.10372289	1.51877035	-0.27564965	0.736432021	2
78	0.25208908	2.29250649	7.61083569	1.36407407	2
79	0.18223642	1.76142497	0.15012212	0.954459516	2
80	0.25208908	1.13433021	2.43740493	0.611751686	2
81	-0.14083211	0.33667767	-0.33744777	0.085780348	2
82	0.03161663	0.52980977	0.18681809	0.297912978	2
83	-0.2434282	0.33350195	-0.20716066	0.073302883	2
84	-0.14192356	0.82173362	-0.07642501	0.51255682	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และพึงระวังถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก.2 (ต่อ) ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากทำ Standardization

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
85	0.10692653	0.4262249	-0.25567219	0.119931269	2
86	0.63627869	0.43818901	-0.33744777	0.115671246	2
87	1.04666305	2.12135684	-0.21662129	1.144561069	2
88	0.4627385	0.90729311	-0.20794036	0.395280436	2
89	1.287873	1.21556008	-0.15510022	0.569253636	2
90	2.32256547	1.92997688	-0.25567219	1.167319179	2
91	0.79781296	2.32262322	-0.30594042	1.244793431	2
92	1.59238692	1.35243726	-0.27400472	0.868999687	2
93	2.28982204	1.90723241	-0.27905957	1.072337177	2
94	1.16890519	0.98547991	-0.27231767	0.502606287	2
95	-0.51410724	-0.20412411	-0.03070904	-0.243271043	2
96	-0.44207169	-0.14447661	-0.21153517	-0.22412845	2
97	-0.36348745	0.22685081	-0.11134336	0.068418005	2
98	-0.54357633	-0.35175985	-0.1241183	-0.342265484	2
99	-0.06988801	0.61566743	-0.26331752	0.285297966	2
100	-0.39186509	-0.18776509	0.13753068	-0.210440572	2
101	-0.4377059	0.19190958	-0.26604966	0.021907516	2
102	-0.54903357	-0.46207159	-0.12250193	-0.39547254	2
103	-0.33620126	-0.16609954	-0.25567219	-0.114432863	2
104	-0.39950523	-0.27312825	-0.29554119	-0.294556373	2
105	-0.18012423	-0.00972907	-0.23978236	-0.123015787	2
106	-0.36785324	-0.04624178	-0.18713652	-0.102831768	2
107	-0.20522753	0.16469225	-0.21217338	0.070567665	2
108	-0.55994805	-0.52651921	-0.26073026	-0.439251741	2
109	-0.03932747	0.09789138	-0.26896178	-0.046991672	2
110	-0.14628935	0.29704531	-0.1849346	0.0664334	2
111	0.39397729	1.45219507	-0.19461565	0.765796311	2
112	-0.21177621	0.29235195	-0.33744777	0.04494858	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และพึงระวังถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก.2 (ต่อ) ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากทำ Standardization

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
113	0.01961071	1.33516076	-0.28730088	0.656348309	2
114	0.25972921	0.57116668	-0.23093788	0.298129123	2
115	1.15144203	3.82326954	-0.21378655	2.172672769	2
116	1.56510073	3.54501836	-0.25567219	2.217544485	2
117	0.76070373	3.29267031	-0.33744777	2.264125712	2
118	1.0226512	2.95529656	-0.33744777	1.543867467	2
119	1.52580861	0.9125657	-0.21466306	0.419975993	2
120	2.16976278	2.48120826	-0.2671824	1.399042412	2
121	1.9918568	1.65373491	-0.26604966	0.984079251	2
122	7.40762056	0.71165845	10.9718413	0.97269823	2
123	4.08416215	3.59369848	-0.04116368	4.878152724	2
124	5.75626011	3.1687555	-0.33744777	8.77430512	2
125	-0.39732233	-0.02803561	-0.13529444	-0.150709865	2
126	-0.11572881	0.03543494	-0.10606901	-0.098214123	2
127	-0.36348745	0.18109894	-0.21466306	-0.00324391	2
128	-0.58614279	-0.52449075	-0.20965579	-0.436618701	2
129	-0.33074402	0.20795025	1.05870343	0.006895258	2
130	-0.44752893	-0.05363648	-0.25567219	-0.148497326	2
131	-0.34602429	-0.24111579	0.21311807	-0.245998401	2
132	-0.31328086	0.092218	1.68249437	0.037316694	2
133	-0.22596504	0.14459557	0.14825541	-0.036628498	2
134	0.47365297	0.90012037	-0.21466306	0.492207744	2
135	0.29683844	0.0590557	-0.18873975	0.001919992	2
136	0.05235414	0.08730391	-0.25567219	-0.063599473	2
137	0.47147008	0.90230745	-0.135229	0.475175513	2
138	-0.24670254	0.51757541	0.77364883	0.209796528	2
139	-0.49991842	-0.32802369	-0.33744777	-0.347405807	2
140	-0.03823602	1.45309637	-0.22114733	0.725345744	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก.2 (ต่อ) ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากทำ Standardization

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
141	0.02070216	1.03663065	-0.25917519	0.523218667	2
142	3.91935353	3.78069943	-0.24908043	6.717154261	2
143	0.74760636	0.66820147	-0.26604966	0.347925017	2
144	0.47147008	0.90230745	-0.135229	0.475175513	2
145	1.17436243	2.17706926	-0.22866775	2.577496761	2
146	4.60259983	2.19268325	-0.33744777	3.646974697	2
147	2.04533774	7.44138813	-0.33744777	4.529801543	2
148	0.46164705	-0.48990133	-0.29554119	-0.379414927	3
149	-0.20195319	-0.41642621	-0.17089051	-0.337977952	3
150	-0.3394756	-0.28907416	-0.21466306	-0.26972327	3
151	-0.47918091	-0.47276558	0.03544844	-0.328388971	3
152	-0.44862038	-0.48991156	-0.16884278	-0.367067148	3
153	-0.50210132	-0.49738982	0.06260365	-0.401257368	3
154	-0.48354671	-0.48624277	-0.01338742	-0.335733973	3
155	-0.31546375	-0.45094838	-0.08709934	-0.354943375	3
156	-0.03932747	-0.36110371	-0.26604966	-0.334727916	3
157	-0.21723345	-0.39580836	-0.01215884	-0.29865134	3
158	0.06654296	-0.40459874	-0.26645496	-0.311164174	3
159	-0.27726308	-0.35788812	-0.21466306	-0.331348193	3
160	-0.48027236	-0.48221452	-0.21466306	-0.391735196	3
161	-0.46390065	-0.44750196	0.00313259	-0.354228131	3
162	-0.40496247	-0.52101042	-0.25917519	-0.4038236	3
163	-0.32310389	-0.360374	-0.33744777	-0.325300061	3
164	-0.3394756	-0.46007293	-0.21466306	-0.340445936	3
165	-0.34929863	-0.42180659	-0.25002668	-0.372816607	3
166	-0.45080327	-0.50868662	-0.15760579	-0.408342997	3
167	-0.56758818	-0.5628096	-0.22078349	-0.454232559	3
168	-0.52829606	-0.4495213	-0.15031194	-0.398298146	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และพึงระวังถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก.2 (ต่อ) ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากทำ Standardization

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
169	-0.07643669	-0.40538967	-0.27994316	-0.277980011	3
170	-0.2914519	-0.38159676	-0.33744777	-0.28240116	3
171	-0.30564072	-0.44047194	-0.21466306	-0.31398978	3
172	-0.5337533	-0.47508807	-0.19195255	-0.402652486	3
173	-0.23142227	-0.43180412	-0.21466306	-0.367912079	3
174	-0.36567035	-0.346625	0.29904406	-0.275736032	3
175	-0.22159924	-0.40221137	0.09449368	-0.328746593	3
176	-0.10590578	-0.4250932	0.11086132	-0.300761701	3
177	-0.14847225	-0.32169746	-0.22827297	-0.244371418	3
178	-0.08407683	-0.36626542	-0.01919021	-0.279084316	3
179	-0.15720383	-0.3606969	0.20933797	-0.258609483	3
180	-0.21614201	-0.41569359	0.80820626	-0.326927044	3
181	-0.37876772	-0.47882629	0.36253677	-0.353512888	3
182	-0.28599466	-0.37902287	0.33928091	-0.309702247	3
183	-0.0491505	-0.20045168	-0.33744777	-0.151747362	3
184	0.25536342	-0.20039368	-0.26645496	-0.161332413	3
185	0.0468969	-0.37676388	-0.26604966	-0.258479796	3
186	-0.25325123	-0.40273766	-0.15053455	-0.324132878	3
187	0.0949206	-0.05145323	-0.33744777	-0.03873886	3
188	-0.34056705	-0.21663528	0.82729792	-0.145050794	3
189	0.52822536	-0.2368329	-0.26604966	-0.139002662	3
190	-0.28162887	-0.40589125	-0.33744777	-0.328487219	3
191	0.3645082	-0.32716401	-0.21466306	-0.193604837	3
192	-0.39513944	-0.36200402	-0.10484436	-0.268033408	3
193	-0.00658404	-0.18403691	-0.21466306	-0.008773294	3
194	3.10513351	-0.30624878	-0.33744777	-0.233194753	3
195	-0.25325123	-0.43609398	-0.2812517	-0.358193411	3
196	-0.19867884	-0.25776739	-0.07850216	-0.149727388	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และพึงระวังถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก.2 (ต่อ) ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากทำ Standardization

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
197	-0.15611238	-0.30099539	-0.17914005	-0.194909567	3
198	-0.40059668	-0.47650923	0.5241718	-0.357411359	3
199	-0.27398874	-0.29464338	-0.15760579	-0.141407768	3
200	0.29028975	-0.24907855	-0.27231767	-0.15531965	3
201	-0.15392948	-0.37690575	-0.33744777	-0.247460328	3
202	-0.08516828	-0.37408422	-0.06996957	-0.259584101	3
203	0.2433575	-0.23014111	-0.19195255	-0.089438633	3
204	-0.44098024	-0.47763148	0.59344975	-0.371452928	3
205	-0.01640707	-0.31809082	-0.33744777	-0.211709933	3
206	0.52604247	-0.19533584	-0.27231767	-0.089925942	3
207	-0.30345783	-0.45294383	0.28779907	-0.34070924	3
208	-0.20522753	-0.22393214	1.11197929	-0.063988534	3
209	-0.13428342	-0.38591806	-0.22750517	-0.324294004	3
210	0.31211871	-0.31973264	-0.29132073	-0.213824225	3
211	0.11674956	-0.36428573	-0.22639338	-0.201731891	3
212	-0.37767627	-0.4518297	-0.11521825	-0.350522226	3
213	-0.26089136	-0.41840204	0.59082571	-0.316233758	3
214	-0.25434268	-0.32933788	-0.2022045	-0.253182277	3
215	-0.39077365	-0.43516169	1.63112734	-0.300926758	3
216	-0.29581769	-0.28278331	-0.21466306	-0.187823938	3
217	0.03925677	-0.37868072	-0.08744381	-0.278239385	3
218	1.20164863	-0.22959733	-0.27994316	-0.086125719	3
219	0.42235493	-0.22804939	-0.22359502	-0.168288354	3
220	-0.23033083	-0.23741768	-0.23803357	-0.082191879	3
221	-0.39950523	-0.37369981	1.27534028	-0.269821517	3
222	-0.29800059	-0.39815055	0.935241	-0.317793933	3
223	-0.48463815	-0.41813202	0.7528848	-0.330664389	3
224	-0.30564072	-0.34298564	0.04619205	-0.258448357	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และพึงระวังถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก.2 (ต่อ) ข้อมูลคุณลักษณะหลังจากทำ Standardization

No.	DefectArea	MaxLength	MinLength	MaxPerimeter	Label
225	0.2935641	-0.10520662	0.01045531	0.115836303	3
226	-0.01422417	-0.23785881	-0.21466306	-0.155806959	3
227	-0.26089136	-0.33051307	-0.20434085	-0.219868427	3
228	0.18987656	-0.32107203	1.97020967	-0.179307823	3
229	0.5609688	-0.22242373	-0.27114973	-0.100654598	3
230	-0.18994726	-0.25519408	2.7352778	-0.195978502	3
231	1.71681197	-0.05467351	-0.30045259	0.539987594	3
232	0.42890362	-0.18894941	-0.2022045	-0.094476778	3
233	0.0949206	-0.31402979	-0.18007054	-0.235729545	3
234	0.15385878	-0.2806281	1.54604813	-0.164291635	3
235	0.90259194	-0.16861539	1.76130517	-0.128961742	3
236	1.26931839	-0.15152677	-0.33744777	-0.109850588	3
237	0.12111535	-0.26922366	1.27471713	-0.192437653	3
238	0.40816611	-0.28079388	-0.21466306	-0.166924675	3
239	-0.13428342	-0.39103923	-0.20434085	-0.292410642	3
240	0.16149892	-0.33380921	1.5614252	-0.228286295	3
241	0.98117618	-0.2808589	1.9192509	-0.174041743	3
242	0.06436007	-0.25733118	0.01819672	-0.204302052	3
243	-0.10808868	-0.36473267	1.05643914	-0.29205302	3
244	-0.27617163	-0.369988	0.03280658	-0.331639007	3
245	-0.16047817	-0.32510407	-0.0489651	-0.212617743	3
246	-0.35912166	-0.49649668	-0.27594479	-0.381757153	3
247	-0.23033083	-0.38498906	-0.06884121	-0.311553235	3

## ภาคผนวก ข.

### ผลการทดลอง

ตารางที่ ผข.1 ผลการทดลองหาจำนวนปมซ่อนของช่วงการทดลองที่ 1

Network	Number of Hidden Nodes	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	Average Balanced Accuracy (%)
1	1	98.85	97.76	98.85	98.85	98.85	98.632
2	2	98.02	98.85	95.72	96.29	96.55	97.086
3	3	98.85	96.29	95.98	96.55	89.4	95.414
4	4	97.7	96.29	95.72	97.13	97.13	96.794
5	5	99.43	98.28	98.85	97.7	99.43	98.738
6	6	98.85	98.85	97.18	98.85	90.55	96.856
7	7	97.13	98.28	96.29	98.85	98.02	97.714
8	8	98.02	98.02	96.29	99.43	97.13	97.778
9	9	94.57	97.13	97.13	95.14	99.17	96.628
10	10	98.85	98.02	96.29	96.55	86.52	95.246
11	11	95.72	97.44	97.13	95.46	92.28	95.606
12	12	97.44	99.43	97.18	98.02	97.13	97.84
13	13	90.86	98.85	98.85	58.28	97.13	88.794
14	14	97.76	95.46	96.29	95.52	99.43	96.892
15	15	97.18	93.68	98.02	97.13	97.13	96.628
16	16	96.61	79.17	98.02	95.72	98.85	93.674
17	17	96.35	97.7	96.55	93.42	95.72	95.948
18	18	98.85	98.59	97.7	96.29	97.13	97.712
19	19	96.55	96.29	94.57	97.18	98.02	96.522
20	20	95.4	98.85	97.7	98.85	97.22	97.604

ตารางที่ ผข.1 (ต่อ) ผลการทดลองหาจำนวนปมซ่อนของช่วงการทดลองที่ 1

Network	Number of Hidden Nodes	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	Average Balanced Accuracy (%)
21	21	97.13	96.29	98.02	97.7	97.7	97.368
22	22	98.28	97.13	98.59	97.13	94.57	97.14
23	23	97.13	96.29	97.7	93.79	97.7	96.522
24	24	97.13	95.14	84.48	98.02	98.28	94.61
25	25	98.59	96.87	98.28	98.85	98.02	98.122
26	26	98.85	95.98	97.13	98.85	98.85	97.932
27	27	98.28	91.38	97.13	98.02	97.76	96.514
28	28	97.13	98.85	97.13	98.28	98.85	98.048
29	29	97.13	98.85	96.55	98.85	99.43	98.162
30	30	97.44	98.02	97.7	98.28	97.13	97.714
31	31	97.13	98.85	97.13	96.87	97.7	97.536
32	32	98.02	97.7	97.13	98.02	98.85	97.944
33	33	98.59	98.02	97.7	98.28	98.02	98.122
34	34	98.02	97.13	98.85	97.13	97.7	97.766
35	35	98.85	96.55	98.02	98.85	98.85	98.224
36	36	96.29	98.59	99.17	97.13	97.7	97.776
37	37	97.7	98.85	97.13	93.1	96.55	96.666
38	38	96.35	96.55	97.18	97.7	97.13	96.982
39	39	97.13	97.13	98.85	95.14	97.13	97.076
40	40	96.55	79.63	98.28	98.85	97.13	94.088
41	41	97.13	88.82	47.7	47.13	90	74.156
42	42	97.13	98.59	98.85	97.18	98.28	98.006
43	43	97.7	98.85	98.02	98.85	97.13	98.11
44	44	97.7	95.72	90	98.02	83.65	93.018
45	45	99.43	97.13	88.82	96.55	98.85	96.156

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่ไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผข.1 (ต่อ) ผลการทดลองหาจำนวนปมซ่อนของช่วงการทดลองที่ 1

Network	Number of Hidden Nodes	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	Average Balanced Accuracy (%)
46	46	97.13	96.29	97.18	96.29	97.7	96.918
47	47	98.85	99.43	99.43	97.7	93.99	97.88
48	48	98.59	97.13	97.7	98.85	97.13	97.88
49	49	96.35	92.84	97.13	97.7	96.29	96.062
50	50	97.13	97.18	97.13	97.13	98.85	97.484
51	51	96.55	97.7	98.02	98.02	96.29	97.316
52	52	89.97	96.55	98.85	98.85	97.13	96.27
53	53	98.85	94.57	98.85	97.7	97.13	97.42
54	54	98.85	91.7	84.8	96.29	79.17	90.162
55	55	98.85	96.35	98.02	98.85	97.13	97.84
56	56	97.13	98.59	97.7	94.57	93.99	96.396
57	57	98.85	96.29	98.02	96.29	98.85	97.66
58	58	98.59	97.7	97.13	98.02	98.59	98.006
59	59	98.85	98.85	98.59	95.72	98.85	98.172
60	60	97.13	98.85	97.13	98.85	99.43	98.278
61	61	97.13	99.43	98.85	98.59	97.13	98.226
62	62	93.1	95.98	97.7	98.85	97.13	96.552
63	63	97.13	97.13	97.13	96.29	95.4	96.616
64	64	98.85	94.57	97.13	96.29	97.13	96.794
65	65	95.46	97.13	82.5	97.13	95.52	93.548
66	66	97.13	96.55	98.85	97.7	98.85	97.816
67	67	98.85	97.13	98.28	97.13	97.13	97.704
68	68	96.29	98.85	96.55	96.29	97.13	97.022
69	69	98.85	96.29	97.13	97.13	95.72	97.024
70	70	97.13	98.28	98.28	97.13	98.85	97.934

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผข.1 (ต่อ) ผลการทดลองหาจำนวนปมซ่อนของช่วงการทดลองที่ 1

Network	Number of Hidden Nodes	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	Average Balanced Accuracy (%)
71	71	98.85	98.85	96.55	83.97	98.02	95.248
72	72	98.85	98.59	98.85	97.13	88.25	96.334
73	73	97.13	96.29	98.02	84.22	97.7	94.672
74	74	97.13	94.57	99.43	93.1	97.13	96.272
75	75	98.85	98.85	96.29	98.85	97.13	97.994
76	76	97.13	97.13	78.16	95.14	97.13	92.938
77	77	96.29	98.85	94.57	98.28	97.13	97.024
78	78	98.85	98.85	96.55	98.85	97.13	98.046
79	79	97.13	98.85	97.13	97.13	98.85	97.818
80	80	97.13	95.98	98.33	98.85	97.76	97.61
81	81	97.76	97.13	83.65	98.85	96.87	94.852
82	82	98.85	97.7	97.13	96.55	98.85	97.816
83	83	98.85	95.98	97.7	98.85	96.29	97.534
84	84	96.29	98.02	91.12	98.85	96.87	96.23
85	85	97.7	98.28	97.7	95.72	97.13	97.306
86	86	97.13	98.85	98.85	98.02	97.13	97.996
87	87	98.85	95.72	97.13	96.55	98.85	97.42
88	88	96.29	96.29	97.13	96.29	98.85	96.97
89	89	97.13	96.29	97.13	96.29	98.85	97.138
90	90	96.35	93.42	97.13	96.87	98.85	96.524
91	91	97.13	93.68	97.13	96.29	97.13	96.272
92	92	96.29	97.13	97.13	97.13	99.43	97.422
93	93	97.13	97.7	93.1	97.13	95.4	96.092
94	94	97.13	98.85	98.85	97.13	97.13	97.818
95	95	98.85	96.29	99.43	98.28	96.55	97.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผข.1 (ต่อ) ผลการทดลองหาจำนวนปมซ่อนของช่วงการทดลองที่ 1

Network	Number of Hidden Nodes	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	Average Balanced Accuracy (%)
96	96	96.55	97.13	98.85	97.18	97.7	97.482
97	97	91.12	96.55	97.13	98.02	97.13	95.99
98	98	96.55	96.29	98.85	95.14	97.7	96.906
99	99	97.18	97.13	97.13	97.13	96.55	97.024
100	100	97.7	93.99	97.13	94.25	97.13	96.04



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และส่งต่อหรือแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผข.2 ผลการทดลองหาจำนวนปมซ่อนของช่วงการทดลองที่ 2

Network	Number of Hidden Nodes	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	Average Balanced Accuracy (%)
1	1	92.99	88.98	45.76	23.26	45.19	59.236
2	2	93.25	88.25	92.15	90.85	83.09	89.518
3	3	79.37	95.12	92.74	94.26	46.44	81.586
4	4	94.86	94.77	94.29	90.52	78.82	90.652
5	5	94.56	94.26	92.12	95.12	94.02	94.016
6	6	95.36	93.52	91.59	93.79	93.73	93.598
7	7	96.26	94.86	94.02	95.12	94.32	94.916
8	8	95.36	94.83	94.83	94.29	92.69	94.4
9	9	93.46	93.73	86.68	86.33	94.59	90.958
10	10	94.86	93.79	93.76	91.65	93.73	93.558
11	11	96.23	94.29	94.02	94.02	95.66	94.844
12	12	95.36	95.36	94.59	94.59	95.09	94.998
13	13	95.12	93.79	95.42	93.22	95.36	94.582
14	14	95.39	94.59	93.19	73.55	94.29	90.202
15	15	93.99	93.52	93.76	95.39	95.09	94.35
16	16	94.26	95.66	93.52	92.48	93.19	93.822
17	17	95.63	92.92	94.02	77.62	95.12	91.062
18	18	95.63	94.83	93.49	95.12	95.66	94.946
19	19	94.02	94.86	95.39	95.36	95.36	94.998
20	20	93.73	94.83	93.46	94.8	95.09	94.382
21	21	93.76	93.52	89.59	84.46	93.46	90.958
22	22	94.8	94.86	95.66	93.22	93.76	94.46
23	23	92.99	95.93	90.45	92.45	93.76	93.116
24	24	94.06	94.59	85.91	89.51	95.66	91.946
25	25	94.59	92.18	82.79	90.96	95.36	91.176

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผข.2 (ต่อ) ผลการทดลองหาจำนวนปมซ่อนของช่วงการทดลองที่ 2

Network	Number of Hidden Nodes	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	Average Balanced Accuracy (%)
26	26	94.83	94.59	78.22	92.95	94.06	90.93
27	27	95.66	95.39	95.36	93.73	95.39	95.106
28	28	90.08	95.39	94.29	95.09	90.52	93.074
29	29	93.76	94.06	94.29	93.52	91.56	93.438
30	30	92.69	94.86	95.93	94.26	94.29	94.406
31	31	94.29	94.32	92.92	95.39	96.19	94.622
32	32	95.66	95.39	96.19	92.92	94.56	94.944
33	33	95.36	91.32	94.32	95.66	93.99	94.13
34	34	83.69	93.82	95.06	93.53	95.66	92.352
35	35	94.06	88.44	86.44	93.49	93.79	91.244
36	36	94.59	94.26	94.59	93.99	94.02	94.29
37	37	93.79	93.19	95.39	95.89	95.42	94.736
38	38	94.56	96.19	95.66	94.56	94.86	95.166
39	39	96.76	95.66	96.19	94.86	95.39	95.772
40	40	95.36	95.36	95.9	95.66	94.06	95.268
41	41	94.86	95.12	89.98	92.12	94.02	93.22
42	42	90.08	93.99	95.39	85.94	93.73	91.826
43	43	94.32	95.39	94.26	87.06	93.46	92.898
44	44	94.62	96.11	95.39	93.99	94.86	94.994
45	45	94.56	86.23	94.56	95.9	95.39	93.328
46	46	94.29	94.29	94.86	95.66	95.66	94.952
47	47	95.93	93.99	95.12	95.93	95.93	95.38
48	48	95.09	93.73	94.56	96.76	95.39	95.106
49	49	94.59	95.12	96.46	94.83	95.12	95.224
50	50	94.83	95.39	94.26	93.99	95.93	94.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่ไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผข.2 (ต่อ) ผลการทดลองหาจำนวนปมซ่อนของช่วงการทดลองที่ 2

Network	Number of Hidden Nodes	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	Average Balanced Accuracy (%)
51	51	93.25	93.25	95.93	94.53	94.56	94.304
52	52	96.19	94.59	92.21	94.59	93.52	94.22
53	53	94.59	94.59	90.78	95.09	94.86	93.982
54	54	94.06	94.06	94.83	95.12	95.93	94.8
55	55	95.66	95.12	92.72	94.26	92.99	94.15
56	56	95.93	95.39	95.39	95.09	96.49	95.658
57	57	95.12	95.09	93.79	93.46	95.66	94.624
58	58	95.93	95.39	95.39	94.83	95.63	95.434
59	59	96.73	95.93	95.12	95.39	95.41	95.716
60	60	95.12	90.82	94.59	95.39	96.49	94.482
61	61	94.8	95.93	91.32	94.53	95.93	94.502
62	62	85.23	95.12	92.92	95.66	86.26	91.038
63	63	95.12	89.24	93.79	95.12	95.39	93.732
64	64	95.42	96.46	95.63	94.26	91.59	94.672
65	65	91.32	95.09	94.53	95.09	95.93	94.392
66	66	95.93	95.12	94.26	94.59	94.06	94.792
67	67	93.79	92.92	94.26	93.19	94.83	93.798
68	68	94.83	95.39	95.96	95.39	93.46	95.006
69	69	93.73	95.69	93.99	93.99	94.32	94.344
70	70	95.93	95.09	95.66	92.66	92.45	94.358
71	71	95.12	93.79	94.26	94.59	91.92	93.936
72	72	95.09	96.19	94.29	87.59	94.29	93.49
73	73	95.36	95.93	96.23	94.83	96.46	95.762
74	74	90.52	94.83	94.59	96.49	94.32	94.15
75	75	95.12	95.12	95.12	94.89	95.09	95.068

ตารางที่ ผข.2 (ต่อ) ผลการทดลองหาจำนวนปมซ่อนของช่วงการทดลองที่ 2

Network	Number of Hidden Nodes	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	Average Balanced Accuracy (%)
76	76	95.93	95.39	95.66	93.79	95.93	95.34
77	77	95.93	95.66	91.38	88.71	94.86	93.308
78	78	96.19	94.32	94.26	88.79	95.09	93.73
79	79	95.36	94.26	95.12	95.36	95.93	95.206
80	80	95.12	93.46	94.26	83.58	93.99	92.082
81	81	95.66	88.14	95.36	94.26	94.59	93.602
82	82	77.95	95.36	95.93	92.45	94.29	91.196
83	83	93.99	94.86	92.75	93.99	95.09	94.136
84	84	94.86	94.86	92.66	96.23	95.12	94.746
85	85	87.89	93.28	95.66	95.12	94.59	93.308
86	86	90.08	95.36	94.32	94.53	90.31	92.92
87	87	96.46	94.29	95.36	93.99	95.96	95.212
88	88	94.59	95.66	95.09	94.26	95.66	95.052
89	89	94.83	95.12	94.59	94.65	95.12	94.862
90	90	94.83	95.66	95.66	92.69	95.66	94.9
91	91	93.73	94.26	95.66	81.82	95.66	92.226
92	92	95.09	95.93	96.23	93.29	96.19	95.346
93	93	93.52	94.83	92.72	94.83	96.19	94.418
94	94	95.09	94.26	94.59	93.99	94.83	94.552
95	95	95.66	93.73	91.65	95.96	94.32	94.264
96	96	95.93	94.56	95.66	95.93	95.93	95.602
97	97	91.85	95.93	91.11	94.56	95.12	93.714
98	98	95.36	94.59	94.62	95.39	94.26	94.844
99	99	95.09	94.26	94.86	94.53	93.52	94.452
100	100	95.69	96.19	92.39	94.32	95.39	94.796

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่ข้อมูลถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค.

### ส่วนของโปรแกรม MATLAB

#### 1. คำสั่งสร้าง User Interface (ส่วนแรก)

```
classdef appSemiFinal < matlab.apps.AppBase
    % Properties that correspond to app components
    properties (Access = public)
        UIFigure          matlab.ui.Figure
        UIAxes             matlab.ui.control.UIAxes
        UIAxes2            matlab.ui.control.UIAxes
        startButton        matlab.ui.control.Button
        PictureLabel        matlab.ui.control.Label
        PictureEditField    matlab.ui.control.EditField
        ModelDropDownLabel matlab.ui.control.Label
        ModelDropDown       matlab.ui.control.DropDown
        StatusLampLabel     matlab.ui.control.Label
        StatusLamp          matlab.ui.control.Lamp
    end

    properties (Access = private)
        Image;
        mylamp;
        LampLabel;% Description
        Chart;% Description
        UITable
    end
end
```

## 2. คำสั่งที่ใช้ในการประมวลผลภาพ

methods (Access = private)

```
function [ImageBW,properties] = imageprocess(app,x)
    ImageInput = imread(x);
    Istrech = imadjust(ImageInput,[0.3 0.7],[]);
    Imagegray = rgb2gray(Istrech);
    [BW,maskedImage] = app.segmentImage(Imagegray);
    ImageThreshold=maskedImage<160;
    ImageBW=bwareaopen(ImageThreshold,5);
end
```

```
function [BW,maskedImage] = segmentImage(app,X)
    BW = false(size(X,1),size(X,2));
    % Draw Polygon
    xPos = [664.0214 1261.3547 1254.7906 681.5256];
    yPos = [93.4915 91.3034 1191.8846 1185.3205];
    m = size(BW, 1);
    n = size(BW, 2);
    addedRegion = poly2mask(xPos, yPos, m, n);
    BW = BW | addedRegion;
    % Active contour
    iterations = 10;
    BW = activecontour(X, BW, iterations, 'Chan-Vese');
    % Create masked image.
    maskedImage = X;
    maskedImage(~BW) = 0;
end
```

```
function [BW_out,properties] = filterRegions(app,BW_in)
    BW_out = BW_in;
    % Remove portions of the image that touch an outside edge.
    BW_out = imclearborder(BW_out);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และขอสงวนสิทธิ์ในเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

% Filter image based on image properties.
BW_out = bwpropfilt(BW_out, 'Area', [0, 30000]);
% Get properties.
properties = regionprops(BW_out, {'Area','MajorAxisLength', 'MinorAxisLength',
'Perimeter'});
properties = struct2table(properties);
end
end

```

### 3. คำสั่งที่ใช้ในการทำงานของ User Interface

```

methods (Access = private)
% Callback function: PictureEditField, startButton
function startButtonPushed(app, event)
[filename,filepath] = uigetfile({'*.*';*.jpg;*.png;*.bmp;*.oct'}, 'Select File to
Open');
fullname = [filepath, filename];
app.Image.ImageSource = fullname;
imshow(fullname,'Parent',app.UIAxes);
ImageBW = app.imageprocess(fullname);
imshow(ImageBW,'Parent',app.UIAxes2);
BW_out = app.filterRegions(ImageBW);
properties = regionprops(BW_out, {'Area','MajorAxisLength', 'MinorAxisLength',
'Perimeter'});
properties = struct2table(properties);
Dummyproperties = table2array(properties);
if isempty(properties)
Observation = zeros(4,1);
DummyInputData = table(Observation);
Input = table2array(DummyInputData);
else
DefectArea = sum(Dummyproperties(:,1));
MaxLength = max(Dummyproperties(:,2));

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ ห้ามนำไปแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MinLength = min(Dummyproperties(:,3));
MaxPerimeter = max(Dummyproperties(:,4));
DummyInputData = [DefectArea; MaxLength; MinLength; MaxPerimeter];
Input = DummyInputData;
End

```

#### 4. คำสั่งที่ใช้ในการทำนายผล

```

load('PSTrained.mat');
Input = mapstd('apply',Input,PSTrained);
load('net39BA9646.mat')
yPred = net39BA9646(Input);
if yPred(1,1) > yPred(2,1) & yPred(1,1) > yPred(3,1)
outputvalue = [1;0;0];
ShowResult = array2table(outputvalue);
ShowResult.Properties.VariableNames = {'Output'};
ShowResult.Properties.RowNames = {'Class 0','Class 1','Class 2'};
elseif yPred(2,1) > yPred(1,1) & yPred(2,1) > yPred(3,1)
outputvalue = [0;1;0];
ShowResult = array2table(outputvalue);
ShowResult.Properties.VariableNames = {'Output'};
ShowResult.Properties.RowNames = {'Class 0','Class 1','Class 2'};

elseif yPred(3,1) > yPred(1,1) & yPred(3,1) > yPred(2,1)
outputvalue = [0;0;1];
ShowResult = array2table(outputvalue);
ShowResult.Properties.VariableNames = {'Output'};
ShowResult.Properties.RowNames = {'Class 0','Class 1','Class 2'};
end

```

## 5. คำสั่งสร้าง User Interface (ส่วนหลัง)

```
ShowResult = table2array>ShowResult);
if ShowResult(1,1) == 1 ;
app.StatusLamp.Color = [0 1 0];
app.StatusLampLabel.Text = 'Good';
elseif ShowResult(2,1) == 1 ;
app.StatusLamp.Color = [1 0 0];
app.StatusLampLabel.Text = 'Scratch';
elseif ShowResult(3,1) == 1 ;
app.StatusLamp.Color = [1 0 0];
app.StatusLampLabel.Text = 'Black Spot';
end
app.PictureEditField.Value = fi
end
end
methods (Access = private)
% Create UIFigure and components
function createComponents(app)
% Create UIFigure
app.UIFigure = uifigure;
app.UIFigure.Position = [100 100 664 489];
app.UIFigure.Name = 'UI Figure';
% Create UIAxes
app.UIAxes = uiaxes(app.UIFigure);
title(app.UIAxes, 'Product')
xlabel(app.UIAxes, 'X')
ylabel(app.UIAxes, 'Y')
app.UIAxes.Position = [1 82 300 336];
% Create UIAxes2
app.UIAxes2 = uiaxes(app.UIFigure);
title(app.UIAxes2, 'Extracted Defects')
xlabel(app.UIAxes2, 'X')
```

```

ylabel(app.UIAxes2, 'Y')
app.UIAxes2.Position = [319 82 300 336];
% Create startButton
app.startButton = uibutton(app.UIFigure, 'push');
app.startButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@startButtonPushed, true);
app.startButton.Position = [114 41 100 22];
app.startButton.Text = 'start';
% Create PictureLabel
app.PictureLabel = uilabel(app.UIFigure);
app.PictureLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.PictureLabel.Position = [254 439 43 22];
app.PictureLabel.Text = 'Picture';
% Create PictureEditField
app.PictureEditField = uieditfield(app.UIFigure, 'text');
app.PictureEditField.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@startButtonPushed, true);
app.PictureEditField.Position = [312 439 100 22];
% Create ModelDropDownLabel
app.ModelDropDownLabel = uilabel(app.UIFigure);
app.ModelDropDownLabel.HorizontalAlignment = 'right';
app.ModelDropDownLabel.Position = [61 439 38 22];
app.ModelDropDownLabel.Text = 'Model';
% Create ModelDropDown
app.ModelDropDown = uidropdown(app.UIFigure);
app.ModelDropDown.Items = {'Srichan Matlip', 'Oh My Tint', 'beWild',
'MISTINE'};
app.ModelDropDown.Position = [114 439 100 22];
app.ModelDropDown.Value = 'Srichan Matlip';
% Create StatusLampLabel
app.StatusLampLabel = uilabel(app.UIFigure);
app.StatusLampLabel.HorizontalAlignment = 'center';

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ ห้ามนำไปแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

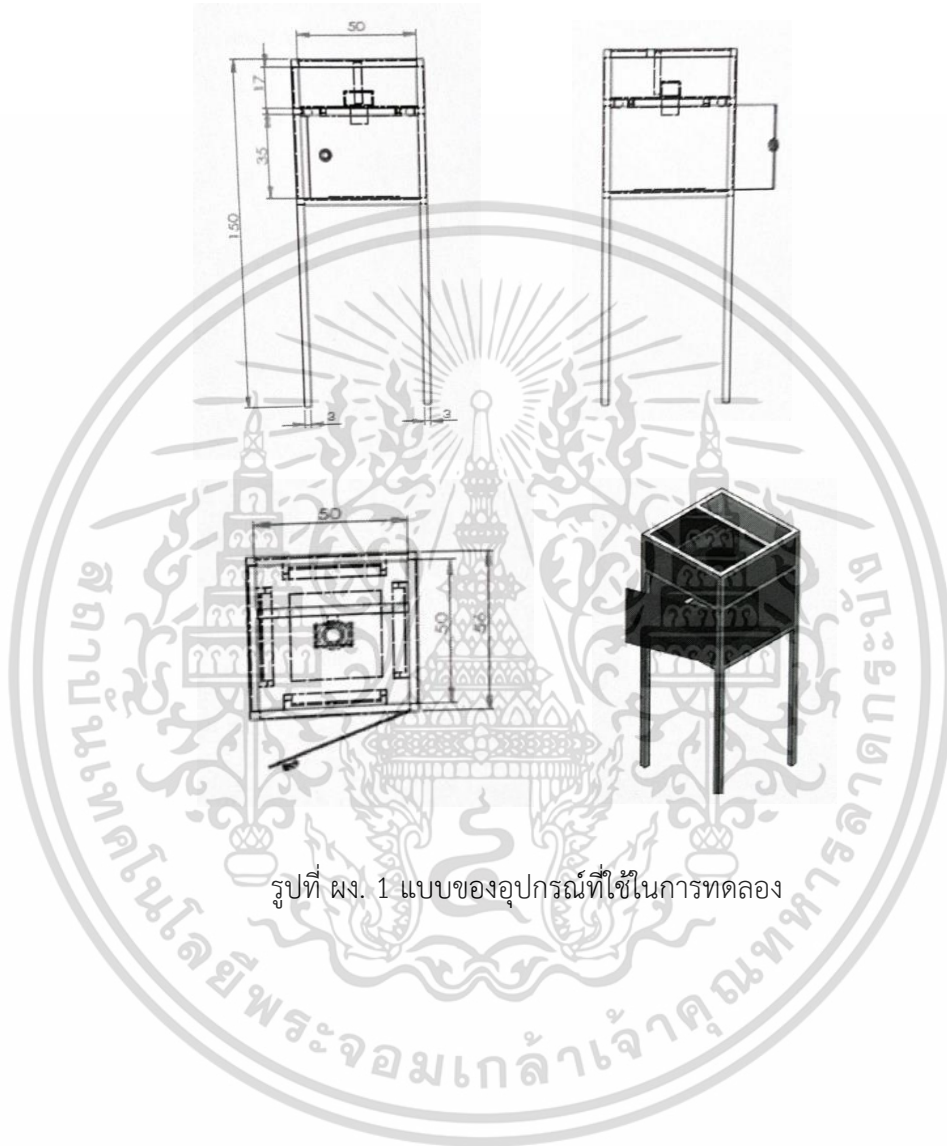
```

app.StatusLampLabel.Position = [354 41 216 22];
app.StatusLampLabel.Text = 'Status';
% Create StatusLamp
app.StatusLamp = uilamp(app.UIFigure);
app.StatusLamp.Position = [583 23 60 60];
app.StatusLamp.Color = [1 1 1];
end
end
methods (Access = public)
% Construct app
function app = appSemiFinal
% Create and configure components
createComponents(app)
% Register the app with App Designer
registerApp(app, app.UIFigure)
if nargin == 0
clear app
end
end
end

% Code that executes before app deletion
function delete(app)
% Delete UIFigure when app is deleted
delete(app.UIFigure)
end
end
end
end
end

```

ภาคผนวก ง.  
แบบของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ ผง. 1 แบบของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และส่งไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้