

การตรวจสอบการปนเปื้อนบริเวณรอยปิดผนึกของถ้วยน้ำพริกด้วย
การประมวลผลภาพ
Contaminated Seal Inspection of Chili Paste Cup Using
Image Processing



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

Contaminated Seal Inspection of Chili Paste Cup Using Image Processing



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE
DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING

KINGMONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านนี้ มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ACADEMIC YEAR 2020

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

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

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การตรวจสอบการปนเปื้อนบริเวณรอยปิดผนึกของถ้วยน้ำพริกด้วยการประมวลผลภาพ

Contaminated seal inspection of chili paste cup using image processing

ผู้จัดทำ

- | | |
|------------------|-------------|
| 1. นายกฤตยชญ์ | สิงหาคุณ |
| 2. นายกิตติพัฒน์ | ลำทอง |
| 3. นางสาวปานชนก | ศรีสมุทรนาค |



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.สมัคร รักแม่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

หัวข้อโครงการ	การตรวจสอบการปนเปื้อนบริเวณรอยปิดผนึกของถ้วยน้ำพริกด้วยการประมวลผลภาพ
จัดทำโดย	นายกฤตยชญ์ สิงหาคุณ นายกิตติพัฒน์ ลำทอง นางสาวปานชนก ศรีสมุทรนาค
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.สมัคร รักแม่ สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปริญญาานิพนธ์	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการเขียนโปรแกรมประมวลผลภาพเพื่อใช้ในการตรวจสอบการปนเปื้อนบริเวณรอยปิดผนึกของถ้วยน้ำพริกพลาสติกที่ถูกปิดผนึกด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ การปนเปื้อนบริเวณรอยปิดผนึกจะขวางกั้นการปิดผนึก หากมีรอยเปื้อนตั้งแต่ขอบในถึงขอบนอกรอยปิดผนึกแสดงว่าเกิดการรั่วซึม ดำเนินการวิจัยโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายรอยปิดผนึกถ้วยน้ำพริกในสภาพแวดล้อมที่เตรียมไว้ ทำการแยกเฉพาะส่วนที่เป็นพื้นที่รอยปิดผนึกออกมาด้วยการ pre-trained model จากนั้นทำการปรับปรุงภาพเพื่อลดการประมวลผล และเก็บชุดข้อมูลโดยจำแนกเป็น 2 กลุ่ม คือ ถ้วยน้ำพริกที่มีการรั่วซึม และถ้วยน้ำพริกที่ไม่มีการรั่วซึม เพื่อนำไปใช้ในการฝึกสอนโปรแกรมโดยใช้วิธีการเรียนรู้เชิงลึกด้วยโครงข่ายประสาทเทียมให้โปรแกรมสามารถจำแนกประเภทรอยปิดผนึกได้ และทำการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนของถ้วยน้ำพริกที่ไม่มีการรั่วซึมด้วยวิธีการปรับค่า HSV ผลการวิจัยเปรียบเทียบพื้นที่รอยปิดผนึกที่โปรแกรมตรวจจับกับพื้นที่รอยปิดผนึกที่ ImageJ วัดได้ มีร้อยละความแตกต่างเฉลี่ย 8.54 โปรแกรมแยกประเภทรอยปิดผนึกมีค่าความถูกต้องสูงสุด 0.8712 ในการนำโปรแกรมไปทดสอบใช้งานจริงมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

Project title	Contaminated seal inspection of chili paste cup using image processing	
By	Mr. KITTAYOCH	SINGHAKUN
	Mr. KITTIPAT	LAMTHONG
	Miss PANCHANOK	SRISAMUTNAK
Advisor	Asst.Prof. Samak Rakmae	
	Department of Food Engineering	
	Faculty of Food Engineering	
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Academic year	2020	

Abstract

This research used image processing techniques for investigating contaminated seal of aluminum foil-sealed chili cups. Contaminated of chili paste at the seal area caused seal leakage. The research was conducted by collecting photographic data of chili cup seal marks in prepared environments. The sealing area was located using a pre-trained model, then the located area was cropped and processed to reduce the image processing time. Data sets were collected and classified into 2 groups of samples, leak and no-leak. The neural network deep learning method was used to classify the sealing area. The stain percentage on the seal area was examined with the HSV adjustment method. The difference between the seal area detected by the developed software compared to the seal area measured by ImageJ was average of 8.54 percent. The seal classification program had the highest accuracy of 0.8712 and 77 percent of the accuracy in the classifying samples test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลือจากหลาย ๆ ท่าน ขอขอบพระคุณ ผศ.สมักร รักแม่ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษที่คอยดูแลให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิดและให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ เรื่อง ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำโครงการพิเศษครั้งนี้จนประสบความสำเร็จ

ขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้เงินทุนสนับสนุนในการทำโครงการพิเศษครั้งนี้จนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณบิดา-มารดาที่มอบอนาคตทางการศึกษาในระดับปริญญาตรี ตลอดจนคอยเลี้ยงดูและอบรมสั่งสอน อีกทั้งคอยเป็นกำลังใจ เป็นแรงผลักดันในการทำโครงการพิเศษครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ตามความคาดหมาย

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อน ๆ สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร ภาควิชาเคมี รุ่นที่ 22 ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือต่าง ๆ ตลอดจนให้คำปรึกษาในหลาย ๆ เรื่องและบุคคลอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวมา ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

นายกฤตยชญ์ สิงหาคุณ
นายกิตติพัฒน์ ลำทอง
นางสาวปานชนก ศรีสมุทรนาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	X
สารบัญรูป	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร	3
2.1 การปิดผนึกด้วยความร้อน	3
2.1.1 การปิดผนึกถ้วยพลาสติกด้วยความร้อน	3
2.1.2 การรื้อ	4
2.1.3 การปนเปื้อนบริเวณรอยปิดผนึก	5
2.2 ทฤษฎีที่ใช้ในการประมวลผลภาพ	5
2.2.1 การแบ่งส่วนภาพ	6
2.2.1.1 ทฤษฎีการแบ่งส่วนภาพ	6
2.2.1.2 VGG Image Annotator	7
2.2.1.3 พื้นที่บริเวณจุดที่สนใจ	7
2.2.2 การจำแนกรูปภาพ	8
2.2.2.1 หลักการและทฤษฎีของโครงข่ายประสาทเทียม	8
2.2.2.2 ความแตกต่างของชนิดของแอคติเวชันฟังก์ชัน	10
2.2.2.3 โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.2.4	โครงสร้างในชั้นซ่อนของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน	11
2.3	โมเดลและสถาปัตยกรรมที่เกี่ยวข้อง	13
2.3.1	U-Net	13
2.3.2	Efficient Net b0-b7	13
2.3.3	การเรียนรู้เชิงลึกด้วย Keras	15
2.3.4	ตัวเข้ารหัสและตัวถอดรหัส	15
2.3.5	prepare image	15
2.3.6	Evaluation	16
2.3.6.1	Evaluation Confusion Matrix	16
2.3.6.2	Intersection over Union	16
2.3.6.3	Dice Similarity Coefficient	17
2.3.7	threshold otsu	17
2.3.8	image Range opencv	17
2.3.8.1	ระบบสี HSV	17
2.4	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3	ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	20
3.1	ขั้นตอนก่อนการประมวลผลข้อมูล	20
3.1.1	ศึกษาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ถ้วยน้ำพริก	20
3.1.1.1	ศึกษาลักษณะทางกายภาพของถ้วยน้ำพริก	20
3.1.1.2	การวิเคราะห์ลักษณะของรอยปิดผนึกของถ้วยน้ำพริก ที่นำมาใช้ในการทดลอง	21
3.1.2	การจัดสภาพแวดล้อมในการถ่ายภาพผลิตภัณฑ์น้ำพริกแบบถ้วย	22
3.1.2.1	ลักษณะแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้	22
3.1.2.2	ความสูงในการติดตั้งกล้อง	22
3.1.2.3	กล้องถ่ายภาพ	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.3 การเตรียมข้อมูลภาพ	24
3.2 ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล	24
3.2.1 โปรแกรมโดยรวม	24
3.2.2 การหาขอบถ่วงน้ำหนักด้วยการ pre-trained model	26
3.2.3 การเตรียมชุดข้อมูลภาพถ่ายถ่วงน้ำหนัก	27
3.2.4 การใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเพื่อการจำแนก ประเภทของรูปภาพ	28
3.2.4.1 การออกแบบระบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน	28
3.2.4.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของแต่ละเลเยอร์	29
3.2.4.3 การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน	29
3.2.5 การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อน	29
3.3 การวัดประสิทธิภาพของการประมวลผลข้อมูล	30
3.3.1 ทดสอบความแม่นยำของโปรแกรมในการตรวจจับ พื้นที่รอยปิดผนึกถ่วงน้ำหนัก	30
3.3.2 การวัดประสิทธิภาพของโปรแกรมในการตรวจสอบการรั่วซึม ของรอยปิดผนึกถ่วงน้ำหนัก	30
3.3.3 การทดสอบความแม่นยำของโปรแกรมในการใช้งานจริง	31
3.3.3.1 ทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับการรั่วซึม	31
3.3.3.2 ทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับรอยเปื้อน	31
บทที่ 4 ผลการทดลอง	33
4.1 ผลทดสอบความแม่นยำของโปรแกรมในการตรวจจับพื้นที่รอยปิดผนึกถ่วงน้ำหนัก	33
4.2 ผลทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมในการตรวจสอบการรั่วซึม ของการปิดผนึกถ่วงน้ำหนัก	35
4.3 ผลทดสอบความแม่นยำของโปรแกรมในการใช้งานจริง	36
4.3.1 ผลทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับการรั่วซึม	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.2 ผลทดสอบความแม่นยำในการตรวจจ็บรอยเปื้อน	36
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	38
5.1 สรุปผล	38
5.2 ข้อเสนอแนะ	39
บรรณานุกรม	40
ภาคผนวก	43
ภาคผนวก ก โปรแกรมที่เกี่ยวข้องในปัญหาพิเศษ และ Source Code	44
ภาคผนวก ข ตัวอย่างถ้วยน้ำพริกที่ใช้ในการทดสอบ	68



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 3.1	21
แสดงรายละเอียดขนาดถ้วยน้ำพริก	
ตารางที่ 4.1	33
แสดงจำนวนชุดข้อมูลภาพถ้วยน้ำพริก	
ตารางที่ 4.2	34
แสดงการเปรียบเทียบร้อยละความแตกต่างของพื้นที่รอยปิดผนึกจากภาพเริ่มต้น กับพื้นที่รอยปิดผนึกที่โปรแกรมตรวจจับได้	
ตารางที่ 4.3	36
ความแม่นยำในการตรวจสอบการรั่ว	
ตารางที่ 4.4	37
แสดงการเปรียบเทียบร้อยละความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่ImageJ ตรวจจับกับเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่โปรแกรมตรวจจับ	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1	3
รูปที่ 2.2	4
รูปที่ 2.3	5
รูปที่ 2.4	7
รูปที่ 2.5	8
รูปที่ 2.6	8
รูปที่ 2.7	9
รูปที่ 2.8	9
รูปที่ 2.9	11
รูปที่ 2.10	12
รูปที่ 2.11	13
รูปที่ 2.12	14
รูปที่ 2.13	14
รูปที่ 2.14	18
รูปที่ 3.1	20
รูปที่ 3.2	21
รูปที่ 3.3	22
รูปที่ 3.4	23

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.6	24
รูปที่ 3.7	25
รูปที่ 3.8	26
รูปที่ 3.9	27
รูปที่ 3.10	27
รูปที่ 3.11	28
รูปที่ 3.12	28
รูปที่ 3.13	30
รูปที่ 3.14	32
รูปที่ 4.1	34
รูปที่ 4.2	35
รูปที่ 4.3	35
รูปที่ 4.4	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การปิดผนึกภาชนะที่ใช้ในการบรรจุอาหารด้วยความร้อนเป็นวิธีการปิดผนึกที่ใช้กันโดยทั่วไปในกระบวนการผลิตอาหาร โดยข้อบกพร่องที่มักพบจะเกิดจากการที่รอยปิดผนึกไม่เชื่อมติดกันตลอดการปิดผนึก สาเหตุมาจากบริเวณรอยปิดผนึกของบรรจุภัณฑ์เกิดการปนเปื้อน โดยเฉพาะการปนเปื้อนของอนุภาคของแข็ง เช่น อนุภาคของอาหารที่บรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งการปนเปื้อนของอนุภาคของแข็งจะส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของรอยปิดผนึกและช่วงกั้นการเชื่อมระหว่างชั้นของวัสดุปิดผนึก นอกจากนี้ ปัญหาดังกล่าวอาจเกิดขึ้นจากการกำหนดพารามิเตอร์ในการปิดผนึกของเครื่องปิดผนึกด้วย (Government of Canada, 2012) ในกรณีของการปนเปื้อนด้วยอนุภาคของแข็งอาจทำให้ช่องที่มีขนาดเล็กก่อตัวเป็นช่องที่มีขนาดใหญ่พอที่จะทำให้ลายการปิดผนึกที่อยู่โดยรอบ ซึ่งจะทำให้แบคทีเรียสามารถเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ภายหลังได้ (John, F., Bhaskar, R., and Luo Ch., 2017)

การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ช่วยให้สินค้ามีคุณภาพเป็นไปตามที่ลูกค้าต้องการ และช่วยลดต้นทุนค่าเสียโอกาส (Laofor, C., and Peansupa, V., 2012) การประมวลผลภาพเป็นเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการตรวจสอบวัตถุและผลิตภัณฑ์อย่างแพร่หลาย (Pattansarn, N., and Sriwiboon, N., 2020) การประมวลผลภาพจะดำเนินการโดยการนำภาพที่ป้อนให้มาทำการปรับปรุงและดึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ออกมาจากภาพ เป็นการประมวลผลสัญญาณประเภทหนึ่งซึ่งมีอินพุตเป็นรูปภาพและเอาต์พุตอาจเป็นรูปภาพหรือคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับรูปภาพนั้นเพื่อจำแนกประเภทวัตถุที่ปรากฏในภาพ (Russ, J. C., 1990)

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการเขียนโปรแกรมประมวลผลภาพเพื่อนำมาใช้ในแก้ปัญหาความไม่สม่ำเสมอในการตรวจสอบที่เกิดจากการใช้สายตามนุษย์ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ คือ น้ำพริกบรรจุด้วยพลาสติกที่ถูกปิดผนึกด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ ข้อบกพร่องในการปิดผนึกที่จะทำการศึกษาในโครงการงานวิจัยนี้เป็นการปนเปื้อนของน้ำพริกบริเวณรอยปิดผนึก ซึ่งหากมีการปนเปื้อนของน้ำพริกตั้งแต่ขอบในถึงขอบนอกจะแสดงว่าน้ำพริกมีการรั่วซึม โดยจะแบ่งกลุ่มรอยปิดผนึกออกเป็น รอยปิดผนึกที่มีการรั่วซึม และรอยปิดผนึกที่ไม่มีการรั่วซึม โดยโปรแกรมยังสามารถวิเคราะห์เพิ่มเติมได้ว่ารอยปิดผนึกที่ไม่มีการรั่วซึมมีรอย

เอกสารนี้เป็นเปื้อนของน้ำพริกก็เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำข้อมูลเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนไปใช้เป็นเกณฑ์ในการวิเคราะห์ในอนาคต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

โปรแกรมประมวลผลภาพจะช่วยเพิ่มความเสถียรในการตรวจสอบรอยปิดผนึก และสามารถรายงานผลการตรวจสอบให้แก่ผู้ผลิตได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อเขียนโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบการรั่วซึมและรอยเปื้อนของการปิดผนึกด้วยน้ำพริก

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อเขียนโปรแกรมประมวลผลภาพที่ใช้ในการตรวจสอบการปนเปื้อนบริเวณรอยปิดผนึกของถ้วยน้ำพริก เพื่อนำไปพัฒนาต่อยอดในกาสร้างระบบตรวจสอบด้วยภาพที่ครอบคลุมและสะดวกในการใช้งานต่อไป
2. การรั่วซึมของถ้วยน้ำพริกในงานวิจัยนี้เป็นการปนเปื้อนของน้ำพริกตั้งแต่ขอบในถึงขอบนอกของรอยปิดผนึก
3. แบ่งประเภทรอยปิดผนึกถ้วยน้ำพริกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ รอยปิดผนึกที่ไม่มีการรั่วซึม และรอยปิดผนึกที่มีการรั่วซึม
4. นำรอยปิดผนึกที่ไม่มีการรั่วมาทำการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อน เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการกำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำของรอยเปื้อนได้ในอนาคต
5. ทำการเขียนโปรแกรมด้วย Python 3 และประมวลผลผ่าน Google Colab

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้โปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบการรั่วซึมและรอยเปื้อนของการปิดผนึกถ้วยน้ำพริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การปิดผนึกด้วยความร้อน (Heat sealing)

การปิดผนึกด้วยความร้อนเป็นการเชื่อมพื้นผิวของพอลิเมอร์ซึ่งมีทั้งประเภทที่สามารถดึงออกได้และไม่สามารถดึงออกได้ การปิดผนึกมีความสำคัญต่อการเสื่อมสภาพและอายุการเก็บรักษาอาหารสถานะที่แข็งในการปิดผนึก ได้แก่ อุณหภูมิ ความดันหรือแรงที่ใช้ในการปิดผนึก และเวลา รวมถึงชนิดและความหนาของวัสดุเปปนปัจจัยที่มีผลต่อการปิดผนึกด้วยความร้อน การปิดผนึกด้วยความร้อน

2.1.1 การปิดผนึกถ้วยพลาสติกด้วยความร้อน

ถ้วยที่ทำจากพลาสติกที่ทนความร้อนและความดันภายใต้สภาวะการฆ่าเชื้อ (Retortable Packaging) จะปิดผนึกด้วยฟิล์มพลาสติกหรืออลูมิเนียมพอยด์โดยใช้ความร้อนเพื่อทำให้ฟิล์มซึ่งเป็นฝาหลอมติดกับตัวถ้วย



รูปที่ 2.1 บรรจุภัณฑ์ถ้วยพลาสติก

(PACKAGING INDUSTRIAL INTELLIGENCE UNIT, 2556)

ถ้วย (Retortable Cup) มีโครงสร้างประกอบด้วยหลายชั้น โครงสร้างที่นิยมใช้เช่น PP/EVOH/PP โดย EVOH หรือ Ethylene Vinyl Alcohol เป็น โคพอลิเมอร์ของเอทิลีนกับไวนิลแอลกอฮอล์ ที่นิยมใช้สำหรับทำบรรจุภัณฑ์คือ EVOH ที่มีเอทิลีน 32 เปอร์เซ็นต์ และ EVOH ที่มีเอทิลีน 44 เปอร์เซ็นต์สัดส่วนของมโนเมอร์ทั้งสองชนิดเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านเข้า-ออกของก๊าซได้ดีมากในสภาพแห้ง แต่มีความไวต่อความชื้นเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นทำให้การเอกสารนี้เป็นป้องกันการซึมผ่านก๊าซลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้น หากต้องการใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ต้องสัมผัสความชื้น เช่น ร้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ถ้วยบรรจุอาหารที่เข้ารีทอร์ทได้ต้องลามิเนตทั้ง 2 ด้านของ EVOH ด้วยพลาสติกที่กันน้ำได้ดีเช่น พิล์ม PP การปิดผนึกโดยให้ความร้อนเพื่อให้ฟิล์มซึ่งเป็นฝาห่อมติดกับตัวถ้วย ข้อควรระวังในการเลือกใช้ Retortable cup ได้แก่ ความแข็งแรงของถุและการซีลที่แน่นสนิท เพื่อป้องกันอากาศภายนอกเข้าไปใน ถุ ปัจจัยทั้งสองอย่างนั้นขึ้นอยู่กับตัวแปรทั้ง 2 สิ่ง คือ

1. ฟิล์มที่ใช้ทำปิดซีลถ้วย เช่น พิล์ม High-barrier เป็นฟิล์ม Laminated 3 ชั้น ประกอบด้วย SiOx-PET/OPA/PP โดยมีชั้นนอกสุดเป็นพลาสติก PET เคลือบผิวด้วยเซรามิก ทำหน้าที่ป้องกันการซึมผ่านของ ก๊าซช่วยยืดอายุอาหาร, เก็บรักษากลิ่นหอมและความสด และสามารถใช้กับงานรีทอร์ท และพาสเจอร์ไรส์ ได้ให้คุณสมบัติยืดหยุ่นได้ดี ทนความร้อนได้ สามารถใช้กับกระบวนการปิดผนึกด้วยความร้อน (Heat Sealing) ได้

2. เครื่องจักรในการบรรจุ (Fill and seal) และ เครื่องฆ่าเชื้อด้วยความร้อนภายใต้แรงดัน (Retort)

2.1.2 การรั่ว (Leaker)

การรั่วอาจเกิดขึ้นในบริเวณใดๆ ซึ่งส่งผลกระทบต่อความสมบูรณ์ของภาชนะบรรจุ ทำให้อาหารที่บรรจุอยู่ในไหลซึมออกนอกถุ จัดเป็นข้อบกพร่องวิกฤต (critical defect) ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารต่อผู้บริโภค ภาชนะบรรจุสูญเสียความสามารถในการปกป้องอาหาร สาเหตุของการรั่วอาจเกิดจากการถูกเจาะทะลุหรือถูกตัดด้วยของมีคมในระหว่างกระบวนการแปรรูป การจัดการ เรื่องการขนส่ง หากการรั่วเกิดบริเวณรอยปิดผนึกอาจสันนิษฐานได้ว่าเกิดจากสภาวะที่ใช้ในการปิดผนึกด้วยความร้อนไม่เหมาะสม ได้แก่ อุณหภูมิ แรงดัน และเวลาถุ ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ต้องควบคุมในการปิดผนึกด้วยความร้อน หรืออาจเกิดการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ สารหล่อลื่น หรือวัตถุปนเปื้อนอื่นๆบริเวณรอยปิดผนึก ทำให้เกิดการปิดผนึกที่ไม่สมบูรณ์



รูปที่ 2.2 การรั่วของบรรจุภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเชิงการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
(PACKAGING INDUSTRIAL INTELLIGENCE UNIT, 2556)

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

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

2.1.3 การปนเปื้อนบริเวณรอยปิดผนึก (Contaminated seal)

การปิดผนึกด้วยความร้อนพาสเจอร์ไรส์การหลอมวัสดุ 2 ชั้นเพื่อให้เกิดการเชื่อมติดกัน การปนเปื้อนของอนุภาคหรือสิ่งปนเปื้อนอื่นๆบริเวณรอยปิดผนึกขณะทำการปิดผนึกด้วยความร้อนจะส่งผลกระทบต่อ การปิดสนิทของภาชนะบรรจุ การปนเปื้อนมักพบในช่วงของการบรรจุอาหารลงบรรจุภัณฑ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปนเปื้อนจากเศษอาหารหรือชิ้นอาหาร ในกรณีที่สามารถตรวจพบสิ่งปนเปื้อนบริเวณรอยปิดผนึกได้ด้วยตาเปล่า ผู้ตรวจสอบจะมองเห็นรอยปิดผนึกที่โป่งขึ้นอย่างชัดเจนหรืออาจพบอนุภาคหรือชิ้นส่วนของสิ่งปนเปื้อนบริเวณรอยปิดผนึก ทั้งนี้ การปนเปื้อนบริเวณรอยปิดผนึกดังกล่าวอาจไม่ทำให้เกิดการรั่วของภาชนะบรรจุหากชิ้นส่วนของอาหารที่ปนเปื้อนมีขนาดเล็กมากกว่าความกว้างของรอยปิดผนึก (PACKAGING INDUSTRIAL INTELLIGENCE UNIT, 2556)



รูปที่ 2.3 การปนเปื้อนบริเวณรอยปิดผนึก
(PACKAGING INDUSTRIAL INTELLIGENCE UNIT, 2556)

2.2 ทฤษฎีที่ใช้ในการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพ (Image Processing) หมายถึง การนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ที่สำคัญคือ การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ การแบ่งส่วนของวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพ เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาด รูปร่าง และทิศทาง การเคลื่อนของวัตถุในภาพ จากนั้นเราสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์ และสร้างเป็นระบบ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ หากให้มนุษย์วิเคราะห์เอง มักต้องใช้เวลาและใช้แรงงานสูง อีกทั้งหากจำเป็นต้องวิเคราะห์ภาพเป็นจำนวนมาก ผู้วิเคราะห์ภาพเองอาจเกิดอาการล้า ส่งผลให้เกิด

ความผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นคอมพิวเตอร์จึงมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เหล่านี้แทนมนุษย์ อีกทั้ง เป็นที่
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ทราบโดยทั่วกันว่า คอมพิวเตอร์มีความสามารถในการคำนวณและประมวลผลข้อมูลจำนวนมากมหาศาลได้ใน
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

เวลาอันสั้น จึงมีประโยชน์อย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลภาพและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากภาพในระบบต่าง ๆ (Jarat, 2552)

สำหรับการประมวลผลภาพนั้น ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนการแบ่งส่วนภาพ และ ส่วนของการจำแนกรูปภาพ โดยส่วนของการแบ่งส่วนภาพจะประกอบด้วย โปรแกรม VGG Image Annotator (VIA) และ พื้นที่บริเวณจุดที่สนใจ ส่วนของการจำแนกรูปภาพจะประกอบด้วยทฤษฎีของโครงข่ายประสาทเทียม ความแตกต่างของแอกติเวชันฟังก์ชัน โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน และโครงสร้างในชั้นซ่อนของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

2.2.1 การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation)

การแบ่งส่วนภาพเป็นขั้นตอนสำคัญในการประมวลผลทางภาพ โดยขั้นตอนนี้จะช่วยในการแบ่งแยกส่วนของรูปภาพเฉพาะส่วนที่เราสนใจออกมาจากภาพส่วนที่เป็นฉากหลัง เพื่อให้สามารถทำการวิเคราะห์ในส่วนที่แบ่งแยกออกมาได้ ส่งผลให้การประมวลผลมีความแม่นยำและถูกต้อง

2.2.1.1 ทฤษฎีการแบ่งส่วนภาพ

การทำเทรชโฮล (threshold image) เป็นวิธีการหนึ่งที่ถูกใช้เพื่อแยกส่วนของพื้นหลังกับวัตถุ หรือ การแยกส่วนของพื้นที่ที่สนใจ ซึ่งการ threshold image คือการกำหนดค่าเทรชโฮลและทำการเปรียบเทียบกับค่าสีของแต่ละพิกเซล หากมีค่ามากกว่าค่าเทรชโฮล จะถูกเปลี่ยนเป็น 1 หรือสีขาว และค่าน้อยกว่า เทรชโฮล จะถูกเปลี่ยนเป็น 0 หรือสีดำ [15] ฟังก์ชันในการคำนวณแสดงดังสมการที่ 2.1

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x,y) > T \\ 0 & \text{if } f(x,y) \leq T \end{cases} \quad (2.1)$$

โดย $g(x, y)$ คือ ค่าของฟังก์ชันเมื่อผ่านการทำ threshold image ที่ตำแหน่ง x, y

$f(x, y)$ คือ ค่าของฟังก์ชันของภาพเริ่มต้นที่ตำแหน่ง x, y

T คือ ค่า threshold

x คือ ตำแหน่งของแถว

y คือ ตำแหน่งของคอลัมน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.2.1.2 VGG Image Annotator (VIA)

VGG Image Annotator เป็นซอฟต์แวร์คำอธิบายประกอบแบบแมนนวลที่ใช้งานง่ายสำหรับภาพ เสียงและวิดีโอ VIA ทำงานในเว็บเบราว์เซอร์และไม่ต้องติดตั้งหรือตั้งค่าใด ๆ ซอฟต์แวร์ VIA ที่สมบูรณ์สามารถใช้งานได้กับหน้า HTML ที่มีอยู่ในตัวเดียวซึ่งมีขนาดน้อยกว่า 400 กิโลไบต์ซึ่งทำงานเป็นแอปพลิเคชันออฟไลน์ในเว็บเบราว์เซอร์ที่ทันสมัยที่สุด (Dutta, A., & Zisserman, A., 2019)

VIA เป็นโครงการโอเพ่นซอร์สที่ใช้ HTML, Javascript และ CSS เท่านั้น (ไม่ต้องพึ่งพาไลบรารีภายนอก) และVIA ยังสามารถแยกรูปภาพระดับpixel ทำให้สามารถระบุจุดต่าง ๆ ในภาพได้ งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ VIA ในการช่วยระบุพื้นที่บริเวณจุดที่สนใจในการช่วยลดการทำงานในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม



รูปที่ 2.4 ภาพการใช้งานโปรแกรม VIA

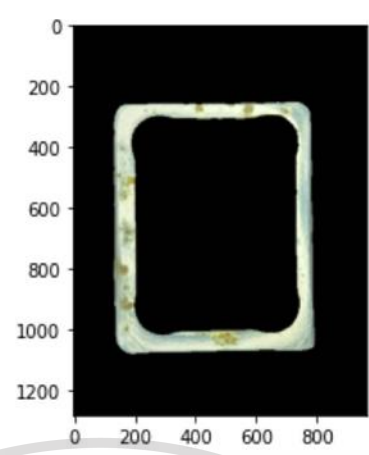
2.2.1.3 พื้นที่บริเวณจุดที่สนใจ (Region of Image: ROI)

พื้นที่บริเวณจุดที่สนใจ คือ บริเวณเฉพาะส่วนของภาพที่สนใจสำหรับการประมวลผลเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล การจำกัดจุดสนใจมีประโยชน์ในการช่วยจำกัดขอบเขตของการประมวลผลที่มีรายละเอียดบนภาพจำนวนมาก โดยการจำกัดการประมวลผลเฉพาะบริเวณที่กำหนดขึ้นและช่วยลดความผิดพลาดเนื่องจากไม่ต้องการยุ่งเกี่ยวกับข้อมูลในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้อง งานวิจัยนี้ได้ระบุพื้นที่บริเวณที่สนใจตรงบริเวณบ่าของถ้วยน้ำพริกดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

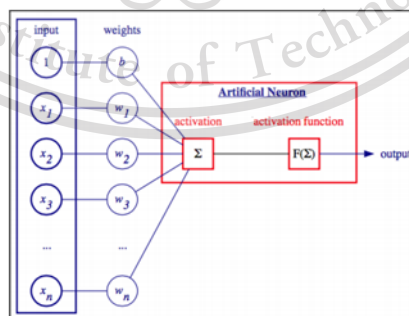


รูปที่ 2.5 ภาพแสดงพื้นที่บริเวณจุดที่สนใจ (Mash Image)

2.2.2 การจำแนกรูปภาพ

2.2.2.1 หลักการและทฤษฎีของโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network)

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) คือ โมเดลทางคณิตศาสตร์ที่นำการคำนวณสมการเชิงเส้นของแต่ละเซลล์ประสาท (Neurons) มารวมเข้าด้วยกัน เพื่อให้ขอบเขตของการประมาณค่ามีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นดังรูปที่ 1 ส่งผลให้สามารถตัดสินใจหรือทำนายเอาต์พุตที่ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ โดยงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อใช้ในการแยกประเภทของรูปภาพ (Classification) สำหรับการจำแนกประเภทของรอยเปื้อน โดยให้ระบบโครงข่ายประสาทเทียมได้รับการเรียนรู้ (Learning) ผ่านสถาปัตยกรรมของเครือข่าย (Neural Architecture) ซึ่งมีทั้งข้อมูล (Parameter) จำนวนชั้น (Layers) และจำนวนเซลล์ประสาทในแต่ละชั้น



รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบของเซลล์ประสาทและ เส้นทางเดินประสาท (Vasilev et al., 2019)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

โดยส่วนของเซลล์ประสาทจะมีความสามารถในการรวบรวมอินพุตทั้งหมดที่เข้ามา และส่งสัญญาณออกไปโดยผ่านแอกติเวชันฟังก์ชัน (Activation Function) เพื่อไปยังเซลล์ประสาทชั้นต่อไป ซึ่งชั้นตอนทั้งหมดสามารถเขียนแทนด้วยสมการที่ (2.1)

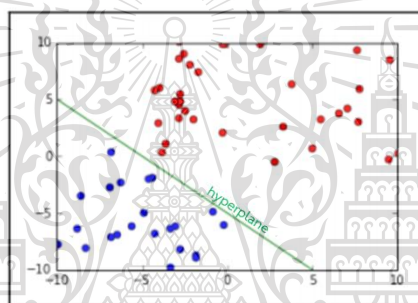
$$y=f(\sum_i x_i w_i + b) \quad (2.1)$$

เมื่อ f คือ แอกติเวชันฟังก์ชัน

x_i คือ อินพุต

w_i คือ น้ำหนักหรือค่าตัวเลขที่แสดงความแข็งแรงของอินพุต,

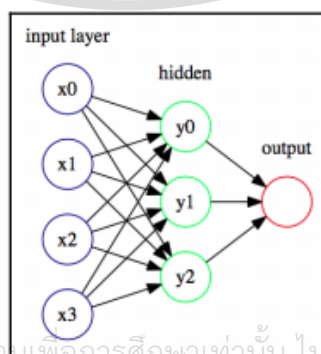
b คือ ค่าไบแอสที่กำหนดขึ้นซึ่งโดยทั่วไปไบแอสที่กำหนดขึ้นนั้นจะเป็น 1 เสมอ



รูปที่ 2.7 hyperplane แบ่งขอบเขตข้อมูลออกจากกัน (Vasilev et al., 2019)

ค่าไบแอส (b) มีบทบาทในการอนุญาตให้โมเดล hyperplane ทำหน้าที่เป็นตัวแบ่ง class ของข้อมูลแต่ละตัวออกจากกัน ดังรูปที่ 2.7

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.8 จะเห็นได้ว่าการแบ่งส่วนและขั้นตอนการทำงาน โดยเรียกแต่ละชั้นการทำงานตามรูปที่ 5 คือ ชั้นอินพุต (Input Layer) ชั้นของข้อมูลหรือเรียกว่า ชั้นซ่อน (Hidden Layer) และชั้นเอาต์พุต (Output Layer)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.8 ชั้นแต่ละชั้นในโครงข่ายประสาทเทียม (Vasilev et al., 2019)
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.2.2.2 ความแตกต่างของชนิดของแอกติเวชันฟังก์ชัน

แอกติเวชันฟังก์ชัน ที่อยู่ในรูปร่างง่ายจะมีฟังก์ชันการทำงานเป็นเชิงเส้น (Linear Function) และหากต้องการเพิ่มเงื่อนไข และจำนวนชั้นของชั้นซ่อนที่เพิ่มขึ้นทำให้ฟังก์ชันเชิงเส้นไม่สามารถคำนวณได้ จึงจะใช้ฟังก์ชันที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear Function) เข้ามาคำนวณแทน

โดยเงื่อนไขการทำงานต่าง ๆ ของแอกติเวชันฟังก์ชัน มีดังนี้

ฟังก์ชันเอกลักษณ์ (identity function)

$$f(a) = a \quad (2.2)$$

threshold activity function

$$f(a) = \begin{cases} 1 & \text{if } a \geq 0 \\ 0 & \text{if } a < 0 \end{cases} \quad (2.3)$$

logistic function, or the logistic sigmoid

$$f(a) = \frac{1}{1 + \exp(-a)} \quad (2.4)$$

bipolar sigmoid

$$f(a) = \frac{2}{1 + \exp(-a)} - 1 = \frac{1 - \exp(-a)}{1 + \exp(-a)} \quad (2.5)$$

hyperbolic tangent (tanh)

$$f(a) = \frac{\exp(a) - \exp(-a)}{\exp(a) + \exp(-a)} = \frac{1 - \exp(-2a)}{1 + \exp(-2a)} \quad (2.6)$$

rectifier, or ReLU, as in Rectified Linear Unit

$$f(a) = \begin{cases} a & \text{if } a \geq 0 \\ 0 & \text{if } a < 0 \end{cases} \quad (2.7)$$

เมื่อพิจารณา ถ้า f คือฟังก์ชันรีรู (ReLU) อนุพันธ์ของรีรูจะเป็น $f'(a) = \begin{cases} 1 & \text{if } a \geq 0 \\ 0 & \text{if } a < 0 \end{cases}$ ทำให้ไม่เกิดปัญหา Vanishing Gradient ซึ่งเป็นการทำให้มีการปรับค่าน้ำหนักลดลงแบบถดถอย (Gradient Descent) จนค่าเหลือ 0 ทำให้ค่าน้ำหนักไม่มีการอัปเดตอีกต่อไป และข้อดีของ ReLU คืออนุพันธ์ของมันคงที่และไม่มีแนวโน้มเป็นศูนย์เมื่อ a กลายเป็นขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

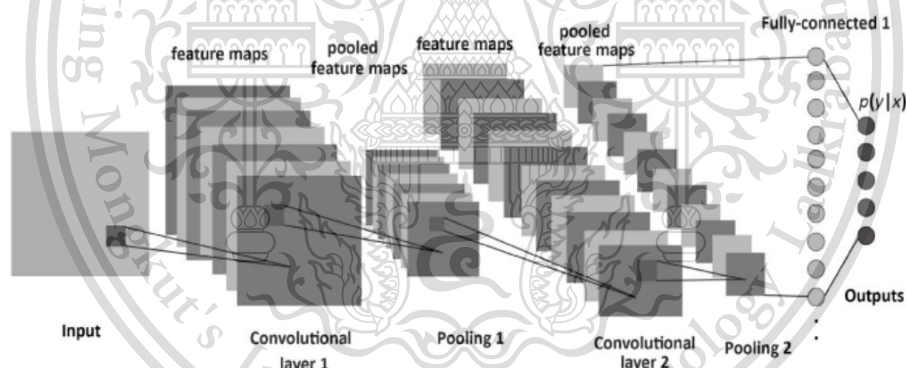
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.2.3 โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network)

โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNNs) เป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ไปข้างหน้า (Feedforward Neural Network) หรือโครงข่ายประสาทเทียมที่มีการเดินทางเส้นประสาทเริ่มจากอินพุตไปถึงเอาต์พุตโดยไม่มีการย้อนกลับ ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันมีชั้นพิเศษหลายประเภท ตัวอย่างเช่น ชั้น Convolutional ใช้ฟิลเตอร์กับภาพอินพุต (หรือเสียง) โดยเลื่อนฟิลเตอร์นั้นข้ามส่วนสัญญาณอินพุตเพื่อสร้างแผนที่การเปิดใช้งาน n มิติ เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน ในการจำแนกรูปภาพที่มีคุณลักษณะบางประการที่ไม่สามารถอธิบายเป็นสมการหรือเขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์คัดแยกออกมาได้ (Vasilev et al., 2019)

2.2.2.4 โครงสร้างในชั้นซ่อนของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Hidden layer)

โดยทั่วไปแล้วชั้นซ่อนที่อยู่ของ CNN จะประกอบด้วยชั้นคอนโวลูชัน (Convolutional Layer) ชั้นพูลลิ่ง (Pooling Layer) และชั้นเชื่อมโยงสมบูรณ์ (Fully-Connected Layer) ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 โครงสร้างภายในชั้นซ่อน (Vibhor nigam, 2018)

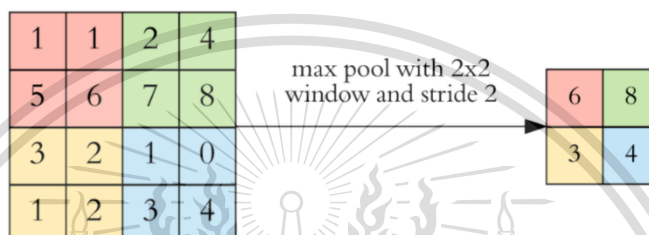
- ชั้นคอนโวลูชัน คือ ส่วนหนึ่งของฟังก์ชันคุณลักษณะ (Feature maps) มีลักษณะในการจดจำลักษณะเด่นของข้อมูลผ่านตัวกรอง (Filter) หรือเคอร์เนล (Kernel) โดยปกติตัวกรอง/เคอร์เนลอันหนึ่งจะดึงคุณลักษณะที่สนใจออกมาได้หนึ่งอย่าง จึงจำเป็นต้องตัวกรองหลายตัวกรองด้วย เพื่อหาคุณลักษณะทางพื้นที่หลายอย่างประกอบกัน

การเคลื่อนที่ของตัวกรองนั้น สามารถกำหนดโดยค่าของ stride ยิ่งกำหนดค่า stride มากคุณลักษณะพื้นที่ที่ทับซ้อนกันจะน้อยขึ้น แต่จะทำให้ฟังก์ชันคุณลักษณะมีขนาดเล็กลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชั้นพูลิ่ง คือ ความสามารถในการย่อรูปแบบหนึ่ง โดยในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้รูปแบบที่นิยมที่เรียกว่า Max Pooling

Max Pooling เป็นตัวกรองแบบหนึ่งที่ทำค่าสูงสุดในบริเวณที่ตัวกรองทาอยู่มาเป็นผลลัพธ์ โดยจะเตรียมตัวกรองในลักษณะเดียวกับการทำ Feature Extraction ของ CNN มาทาบบนข้อมูลแล้วเลือกค่าที่สูงที่สุดบนตัวกรองนั้นมาเป็นผลลัพธ์ใหม่ และจะเลื่อนตัวกรองไปตาม Stride ที่กำหนดไว้ โดยขนาดตัวกรองของการทำ max pooling จะนิยมเรียกกันว่า pool size (Natthawat Phongchit, 2018) ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การทำ Max Pooling (Natthawat Phongchit, 2018)

- ชั้นเรลยู (Relu Layer) เป็นชั้นแอคทีเวชันฟังก์ชัน (h) ที่เหมาะสมในการใช้ในโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน เนื่องจากสมการมีความง่ายในการคำนวณสำหรับชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์ และยังมีประโยชน์ในการทำเทรซโอสถิตอีกด้วย

- ชั้นเชื่อมโยงสมบูรณ์ คือ ชั้นที่อยู่ในชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุต ทำหน้าที่ในการเรียนรู้ (Training) และการจำแนกประเภทของวัตถุ โดยผลลัพธ์ ที่ได้ก็คือจำนวนของ Class ที่ต้องการจำแนก

ชั้นพูลี่คอนเนค ยังช่วยรวมผลการคำนวณของชั้นชั้นต้นเพื่อนำไปจัดรูปแบบให้เหมือนกับโครงข่ายประสาทแบบพูลี่คอนเนค และในขั้นตอนการจำแนกประเภทของรูปจะใช้สมการซอฟต์แวร์ซอฟแมกซ์-ครอสเอนโทรปี (Softmax-Cross entropy) ซึ่งจะถูกใช้แทนในส่วนของการคำนวณค่าความผิดพลาด (หาญสีสรรค, 2561) ดังสมการ

$$L = -\log\left(\frac{e^{s_k}}{\sum_j e^{s_j}}\right) \quad (2.8)$$

โดยที่ L คือ ค่าความผิดพลาดของเอาต์พุต

s_k คือ เอาต์พุตของประเภทนั้น

s_j คือ ค่าเอาต์พุตของคำตอบประเภทอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

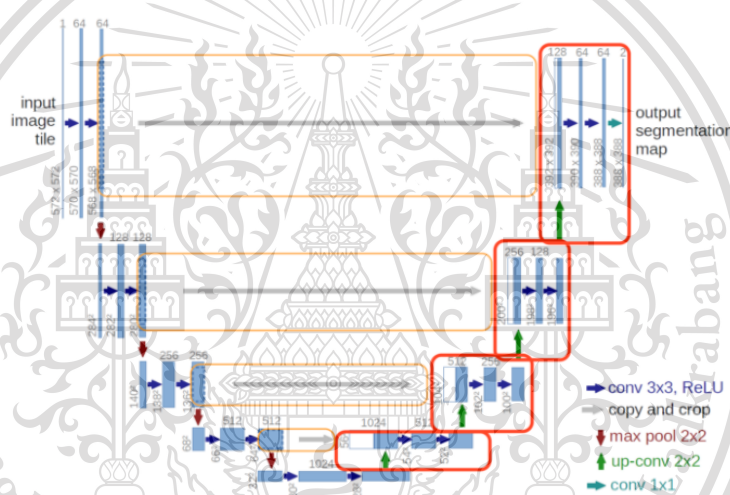
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

2.3 โมเดลและสถาปัตยกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 U-Net

U-Net เป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันประเภทหนึ่ง มีความสำเร็จอย่างมากในการแบ่งส่วนภาพตามพิกเซลที่เกิดขึ้นจากชั้นคอนโวลูชัน มีประสิทธิภาพด้วยภาพชุดข้อมูลที่จำกัด ตัวอย่างสถาปัตยกรรม autoencoder เหมาะอย่างยิ่งในการรักษาขนาดเอาต์พุต แต่ปัญหาหนึ่งคือการบีบอัดอินพุตเชิงเส้นซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาคอขวดซึ่งไม่สามารถส่งคุณสมบัติทั้งหมดได้ นี่คือนิวที่ U-Net แตกต่างกับสถาปัตยกรรมอื่น U-Net ทำการถอดรหัสทางฝั่งตัวถอดรหัส เช่นในช่วงครึ่งหลังของรูปที่ 8 และนอกจากนี้ยังสามารถเอาชนะปัญหาคอขวดนี้ได้ซึ่งส่งผลให้สูญเสียคุณสมบัติผ่านการเชื่อมต่อจากด้านตัวเข้ารหัสของสถาปัตยกรรม (Ayyüce Kızrak, 2019)



รูปที่ 2.11 โมเดลของ U-net (Ayyüce Kızrak, 2019)

2.3.2 Efficient Net b0-b7

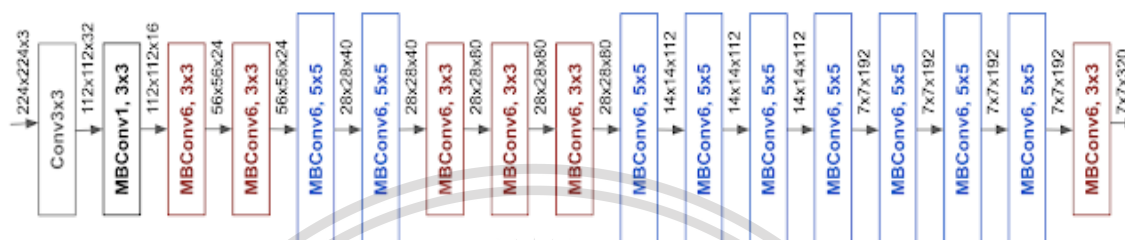
หลักการพื้นฐานของ EfficientNet คือการใช้วิธีการ compound scaling ที่สามารถขยายขนาดของสถาปัตยกรรมตั้งต้น ทั้งความลึก (depth) ความกว้าง (width) และความละเอียด (resolution) ไปพร้อม ๆ กันทั้งสามค่า ซึ่งโดยทั่วไป สถาปัตยกรรมการเรียนรู้เชิงลึกที่มีก่อนหน้านี้ จะใช้การขยายขนาดของค่าใดค่าหนึ่ง หรือไม่ก็ขยายแต่ละค่าแยกจากกันไป วิธีการ compound scaling นี้ เป็นหลักการกว้าง ๆ ที่ไม่จำกัด สถาปัตยกรรมตั้งต้น ยกตัวอย่างเช่น อาจใช้ ResNet เป็นตัวตั้งต้นก็ได้ ทั้งนี้ สำหรับสถาปัตยกรรม EfficientNet นั้น ทางผู้พัฒนาได้สร้างโมเดลตั้งต้นขึ้นมา โดยตั้งชื่อว่า EfficientNet-B0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

excitation optimization ร่วมด้วย ทั้งนี้ องค์ประกอบเหล่านี้ไม่ได้ถูกกำหนดไว้อย่างตายตัวแต่แรกโดยผู้คิดค้น หากแต่ใช้วิธีการ multi-objective neural architecture search ในการคำนวณหาโมเดลตั้งต้นที่ดีที่สุด ทั้งในด้าน accuracy และจำนวน FLOPS เมื่อได้ EfficientNet-B0 แล้ว จึงใช้เทคนิค compound scaling ในการขยายให้ได้ EfficientNet-B1 ไปจนถึง EfficientNet-B7



รูปที่ 2.12 แสดงสถาปัตยกรรมของ EfficientNet (Tan, M., & Le, Q., 2019)



รูปที่ 2.13 เปรียบเทียบ Accuracy ของแต่ละโมเดล (Tan, M., & Le, Q., 2019)

Efficient Net b0-b7 เป็นโมเดลที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความแม่นยำกว่าโมเดลรุ่นก่อน มีวิธีการปรับขนาดส่วนแบบใหม่ที่ปรับขนาดความลึก / ความกว้าง / ความละเอียดอย่างสม่ำเสมอ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สารประกอบที่เรียบง่าย แต่มีประสิทธิภาพสูง โดนที่ b7 มีความแม่นยำสูงสุดที่ 84.3% และการอนุมานเร็วขึ้น 6.1เท่า (Tan, M., & Le, Q., 2019)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.3.3 การเรียนรู้เชิงลึกด้วย Keras

Keras เป็น Deep Learning API ของ TensorFlow 2.0 ที่ใช้สำหรับการทดลองที่ง่ายและรวดเร็ว เป็นเรื่องง่ายที่จะเข้าใจยึดยุ่นในการขยายและปรับใช้และมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะสร้างเครือข่ายประสาทเทียมใด ๆ ด้วยการเพิ่มขึ้นของการใช้การเรียนรู้เชิงลึกเพื่อแก้ปัญหาแบบเรียลไทม์จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องลดเวลาที่ใช้ในการสร้างอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องที่มีประสิทธิภาพนั่นคือเวลาที่ใช้ในการออกแบบอัลกอริทึมไปจนถึงการนำไปปฏิบัติจริงเพื่อสร้าง รุ่นที่ต้องการจะต้องน้อยที่สุด

Keras ได้รับการออกแบบมาเพื่อจุดประสงค์นี้ เป็น API การเรียนรู้เชิงลึกระดับสูงที่ทำงานบน TensorFlow ซึ่งเป็นกรอบการเรียนรู้ของเครื่อง / การเรียนรู้เชิงลึก มีอินเทอร์เฟซที่ใช้งานง่าย โมดูลาร์และจัดระเบียบเพื่อแก้ปัญหาการเรียนรู้เชิงลึก เป็นเรื่องง่ายที่จะเข้าใจและแสดงออก เป็น API ที่ยืดหยุ่นซึ่งส่งเสริมการวิจัยเชิงนวัตกรรมในด้านการเรียนรู้เชิงลึก (ICHI PRO, 2020)

2.3.4 ตัวเข้ารหัสและตัวถอดรหัส (Encoder decoder semantic segmentation)

ในงานวิจัยนี้ได้มีการแบ่งส่วนโมเดลเป็น Encoder และ decoder เพื่อจัดระเบียบเครือข่ายประสาทที่เกิดซ้ำสำหรับปัญหาการทำนายแบบลำดับต่อลำดับ (Sequence-to-Sequence Problem) วิธีการนี้เกี่ยวข้องกับโครงข่ายประสาทเทียมที่เกิดซ้ำสองเครือข่าย เครือข่ายแรกเข้ารหัสลำดับต้นทาง เรียกว่าตัวเข้ารหัส (Encoder) และอีกส่วนเพื่อถอดรหัสลำดับต้นทางที่เข้ารหัสเป็นลำดับเป้าหมาย เรียกว่าตัวถอดรหัส (Decoder) (Brownlee J., 2017)

2.3.5 prepare image

ค่าพิกเซลในภาพต้องได้รับการปรับขนาดก่อนที่จะให้ภาพเป็นข้อมูลเข้าในโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Deep Learning ในระหว่างการฝึกอบรมหรือการประเมินโมเดล โดยรูปภาพจะต้องได้รับการปรับขนาดก่อนการพัฒนาโมเดลและเก็บไว้ในหน่วยความจำหรือบนดิสก์ในรูปแบบที่ปรับขนาด

อีกทางเลือกหนึ่งคือการปรับขนาดภาพโดยใช้เทคนิคการปรับขนาดที่ต้องการในเวลาระหว่างขั้นตอนการฝึกอบรมหรือการประเมินแบบจำลอง Keras รองรับการเตรียมข้อมูลประเภทนี้สำหรับข้อมูลรูปภาพผ่านคลาส ImageDataGenerator และ API (Jason Brownlee. 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.3.6 Evaluation

ในส่วนนี้จะ เป็นเทคนิคทั่วไปในการประเมินประสิทธิภาพของการแบ่งแยกพื้นที่ป่าของด้วยน้ำพริกซึ่งแบ่งเป็น เทคนิคการประเมินออกเป็น 3 ส่วน คือ Confusion Matrix, Intersection over Union (IoU), Dice Similarity Index (Lever et al., 2016)

2.3.6.1 Evaluation Confusion Matrix

Confusion Matrix คือ การประเมินผลของการทำนายเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จริงๆที่ระบุโดยผู้ทดลองซึ่งมี attributes ดังนี้

True Positive (TP) คือ พิกเซลสิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าจริงและผู้ทำการทดลองระบุว่ามันจริง

True Negative (TN) คือ พิกเซลสิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าไม่จริงและผู้ทดลองระบุว่ามันไม่จริง

FalsePositive(FP) คือ พิกเซลสิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าจริงแต่ผู้เชี่ยวชาญระบุว่าไม่จริง

FalseNegative(FN) คือ พิกเซลสิ่งที่โปรแกรมทำนายว่าไม่จริงแต่ผู้ทดลองระบุว่าจริง

จากนั้นจะนำค่าเหล่านี้ไปหาค่า Precision (ค่าที่บอกว่าโปรแกรมทำนายว่าจริงถูกต้องเท่าไร) และ Recall (ค่าที่บอกว่าโปรแกรมทำนายได้ว่าจริงเป็นอัตราส่วนเท่าไรของจริงทั้งหมด)

$$\text{Precision} (TP , FP) = TP / TP + FP \quad (2.9)$$

$$\text{Recall} (TP , FN) = TP / TP + FN$$

2.3.6.2 Intersection over Union (IoU)

Intersection over Union (IoU) คือ เป็นสถิติที่ใช้เปรียบเทียบค่าความคล้ายคลึงกันของพิกเซลที่ทำนายและพิกเซลจริงที่ผู้ทดลองระบุ

$$\text{IoU}(A,B) = \frac{A \cap B}{A \cup B} \quad (2.10)$$

โดยที่ A หมายถึงพิกเซลด้วยน้ำพริกที่ถูกทำนายด้วยคอมพิวเตอร์

โดยที่ B หมายถึงพิกเซลด้วยน้ำพริกจริงที่ผู้ทดลองระบุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.3.6.3 Dice Similarity Coefficient

เป็นสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันของสองตัวอย่างซึ่งสองตัวอย่างในที่นี้คือพิกเซลที่ทำนายและพิกเซลจริงที่ผู้ทดลองระบุ

$$DCS(A, B) = \frac{2 | A \text{ intersect } B |}{| A | + | B |} \quad (2.11)$$

โดยที่ A หมายถึงพิกเซลถั่วน้ำพริกที่ถูกทำนายด้วยคอมพิวเตอร์

โดยที่ B หมายถึงพิกเซลพริกที่ผู้ทดลองระบุ

2.3.7 threshold otsu

ในการกำหนดเกณฑ์ทั่วโลกส่วนมากจะใช้ค่าที่เลือกโดยพลการเป็นเกณฑ์ ในทางตรงกันข้ามวิธีการของ Otsu หลีกเลี่ยงการเลือกค่าและกำหนดโดยอัตโนมัติ

พิจารณารูปภาพที่มีค่ารูปภาพที่แตกต่างกันเพียงสองค่าเท่านั้น (รูปภาพแบบ bimodal) โดยที่ฮิสโตแกรมจะประกอบด้วยยอดเพียงสองค่าเท่านั้น เกณฑ์ที่ดีจะอยู่ตรงกลางของทั้งสองค่า ในทำนองเดียวกันวิธีการของ Otsu จะกำหนดค่าเกณฑ์สากลที่เหมาะสมที่สุดจากฮิสโตแกรมของภาพ

ในการดำเนินการดังกล่าวฟังก์ชัน `cv.threshold()` ถูกใช้โดยที่ `cv.THRESH_OTSU` ถูกส่งผ่านเป็นแฟล็กพิเศษ ค่าเกณฑ์สามารถเลือกได้ตามอำเภอใจ จากนั้นอัลกอริทึมจะค้นหาค่า threshold ที่เหมาะสมซึ่งจะส่งคืนเป็นเอาต์พุตแรก (Xu et al., 2011)

2.3.8 image Range opencv

ในหัวข้อนี้เป็นการหาช่วงสี HSV color ในภาพ หลักการเหมือนการหาค่า threshold แต่สามารถเพิ่มช่วงของค่าพิกเซลที่ต้องการได้

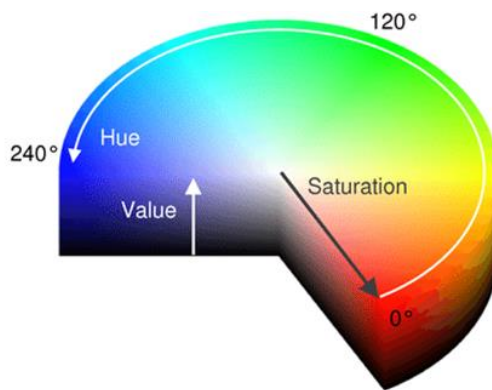
2.3.8.1 ระบบสี HSV

ระบบสี HSV (Hue, Saturation, Value) หรือ HSB (Hue, Saturation, Brightness) เป็นระบบสีที่นิยมใช้กันในหมู่นักวิจัยเนื่องจากเป็นระบบสีที่ใกล้เคียงกับความคิดของมนุษย์ได้ดีกว่าระบบสี RGB โดย Hue คือสีของภาพ, Saturation คือ ปริมาณความอิ่มตัวของสี ยิ่งมีค่านี้มาก ภาพจะมีสีสดยิ่งมีน้อย ภาพจะยิ่งมีสีน้อยลง จนในที่สุดจะกลายเป็นรูปที่ลักษณะแบบ Grayscale และ Value หรือ Brightness เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณความสว่างของภาพหากมีค่ามากภาพจะยิ่งมีความสว่างมาก ในการตัดพื้นหลังออกจากภาพใช้วิธีการแปลงค่าสีจาก RGB เป็น HSV (Doungmala P. and Kumwilaisak W., 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 2.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระบบ HSV

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Duong et al. ได้ทำการศึกษาการจดจำผลไม้โดยใช้ตัวแยกประเภทที่พัฒนาเมื่อเร็ว ๆ นี้สองตัว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตัวเองมีทั้งประสิทธิภาพและประสิทธิผล เรานำ EfficientNet และ MixNet ซึ่งเป็นเครือข่ายประสาทเทียมสองตระกูลมาใช้ในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญที่สามารถระบุผลไม้ได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว ระบบดังกล่าวสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ที่มีทรัพยากรในการคำนวณที่จำกัด เพื่อแสดงคำแนะนำที่ถูกต้องและทันท่วงที ประสิทธิภาพของแนวทางนี้ได้รับการตรวจสอบความถูกต้องบนชุดข้อมูลจริงซึ่งประกอบด้วยภาพ 48,905 ภาพสำหรับการฝึกอบรมและ 16,421 ภาพสำหรับการทดสอบ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ EfficientNet และ MixNet บนชุดข้อมูลที่ได้รับการพิจารณาช่วยเพิ่มความแม่นยำในการทำงานโดยรวมอย่างมากเมื่อเทียบกับพื้นฐานที่กำหนดไว้อย่างดี

Harn, S. ได้ทำการศึกษาการตรวจและจำแนกประเภทรอยตำหนิบนแผ่นทองแดงลามิเนตโดยวิธีการประมวลผลภาพและโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเพื่อตัดแยกประเภทของรูปภาพรอยตำหนิและแผ่นทองแดงสำหรับนำไปใช้ในเครื่องต้นแบบการตรวจคัดผิวทองแดงแบบลามิเนตบนระบบการผลิตในโรงงาน วิธีการเรียนรู้และฝึกสอนของระบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันจะปรับปรุงค่าน้ำหนักในตัวกรองให้เหมาะสมกับประเภทของรูปภาพที่ต้องการคัดแยกแต่ละชนิด ในขั้นตอนการออกแบบและทดสอบมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันที่สร้างขึ้นด้วยการนำเทคนิควิธีหาค่าสูงสุดด้วยฝูงอนุภาคมาใช้ในการหารูปแบบการเรียงตัวและค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด โดยผลที่ได้หลังจากทดสอบด้วยชุดทดสอบเมื่อคัดแยกด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันมีความแม่นยำถึง 91.33% ส่งผลให้วิธีการนี้สามารถนำไปออกแบบหรือประยุกต์ใช้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

การคัดแยกประเภทของรูปภาพประเภทอื่น เช่น รวงกลมและรูปประเภทอื่นของชิ้นงานโลหะขึ้นรูปโดยมีความแม่นยำถึง 90.00%

Kraisee, T. ได้ทำการศึกษาผลที่เกิดจากวิธีการประมวลผลภาพด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อตรวจจับเปลวเพลิงที่เกิดขึ้นภายในภาพ ซึ่งจะใช้เปลวเพลิงเป็นอินพุตในการพิจารณา โดยภาพต่างๆที่ใช้จะเป็นภาพการเกิดเปลวเพลิง แล้วนำมาทำการแก้ไขปรับปรุงภาพ และทำการหาลักษณะสำคัญของภาพ โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการตรวจหาเปลวเพลิง

Medus et al. ได้ทำการศึกษาการยอนปนเปื้อนบนบรรจุภัณฑ์อาหาร โดยใช้กล้อง hyperspectral ในการตรวจจับและจำแนกบรรจุภัณฑ์ที่มีการปนเปื้อนด้วย CNN ซึ่งสามารถจำแนกรูปที่มีการปนเปื้อนและกรณีที่บรรจุภัณฑ์ผิดปกติ บรรจุภัณฑ์นั้นจะถูกทิ้งจากสายการผลิตอัตโนมัติ

Nutthamon, Ch. & Kanattaphong, P. ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันและปรับค่าพารามิเตอร์ สำหรับการจำแนกประเภทภาพเอ็กซ์เรย์ทรวงอกจำนวน 10,728 ภาพ โดยจะแบ่งเป็น 6 ประเภท อาการผิดปกติ 5 ประเภท และไม่แสดงอาการใด ๆ (ปกติ) 1 ประเภท ซึ่งจะนำรูปภาพเหล่านี้ไปสอนจำนวน 100 epoch ซึ่งผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าสถาปัตยกรรมของ CNN ที่ให้ค่าความถูกต้องมากที่สุดคือ Res Net 50 ใช้optimizer Adagrad อัตราการเรียนรู้ 0.01 และเมื่อเปรียบเทียบกันพบว่าค่าความถูกต้องของแต่ละโมเดลที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน

Zhao et al. ได้ทำการศึกษาการประเมินที่ฟักของข้าวโดยใช้สถาปัตยกรรม UNet (เครือข่ายรูปตัวยู) แบบ deep learning UAV (ยานพาหนะไร้คนขับ) ที่ติดตั้งกล้องดิจิทัลความละเอียดสูงและกล้องหลายสเปกตรัมแบบสามแบนด์ถูกใช้เพื่อรวบรวมภาพข้าวที่ติดค้างและไม่ติดค้างที่ระดับความสูง 100 ม. หลังจากเชื่อมต่อและครอบตัดรูปภาพต้นฉบับแล้วชุดข้อมูลที่มีตัวอย่างรูปภาพข้าวที่ติดค้างและไม่ติดค้างถูกสร้างขึ้นโดยการเพิ่มสำหรับการสร้างแบบจำลอง UNet ผลการวิจัยพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของลูกเต๋าในภาพ RGB (สีแดงสีเขียวและสีน้ำเงิน) และชุดทดสอบภาพหลายสเปกตรัมเท่ากับ 0.9442 และ 0.9284 ตามลำดับ เอฟเฟกต์การเรียนรู้ที่ฟักข้าวโดยใช้ภาพ RGB ที่ไม่มีการแยกคุณสมบัติดีกว่าภาพหลายมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

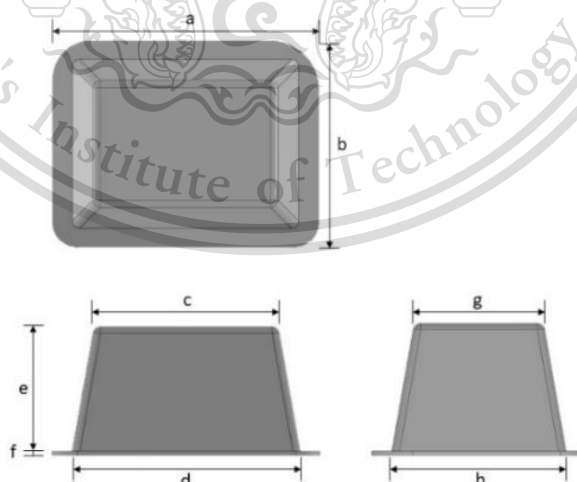
ในการศึกษาการเขียนโปรแกรมเพื่อตรวจสอบการปิดผนึกของถ้วยน้ำพริก แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วน คือ ขั้นตอนก่อนการประมวลผล ขั้นตอนการประมวลผล และขั้นตอนวัดประสิทธิภาพ

3.1 ขั้นตอนก่อนการประมวลผลข้อมูล

3.1.1 ศึกษาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ถ้วยน้ำพริก

3.1.1.1. ศึกษาลักษณะทางกายภาพของถ้วยน้ำพริก

ลักษณะทางกายภาพของถ้วยน้ำพริกที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นถ้วยน้ำพริกที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู ทำการปิดผนึกด้านบนของถ้วยน้ำพริกด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ มีปริมาณสุทธิ 12 กรัม ผู้ปฏิบัติการได้ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของถ้วยน้ำพริกดังแสดงในรูปที่ 1 และแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1 ในการปฏิบัติการต้องทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของวัสดุที่สนใจเพื่อดูความเหมาะสมของวิธีการที่ใช้ในการประมวลผล และอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดสภาพแวดล้อมในการถ่ายภาพ



รูปที่ 3.1 ลักษณะทางกายภาพของถ้วยน้ำพริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดขนาดถ้วยน้ำพริก

Position		Size(mm)
Top	a	54.01 ± 0.07
	b	42.01 ± 0.08
Front	c	40.39 ± 0.19
	d	45.93 ± 0.05
	e	25.01 ± 0.03
Side	f	0.85 ± 0.04
	G	28.26 ± 0.20
	h	34.19 ± 0.23

3.1.1.2 การวิเคราะห์ลักษณะของรอยปิดผนึกของถ้วยน้ำพริกที่นำมาใช้ในการ

ทดลอง

การปิดผนึกถ้วยน้ำพริกต้องอาศัยความร้อนในการหลอมวัสดุ 2 ชั้นให้เกิดการเชื่อมติดกัน การปนเปื้อนของอนุภาคหรือสิ่งปนเปื้อนอื่นๆบริเวณรอยปิดผนึกขณะทำการปิดผนึกด้วยความร้อนจะส่งผลกระทบต่อความปลอดภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปนเปื้อนจากเศษอาหารหรือชิ้นอาหาร ในโครงการวิจัยนี้แบ่งรอยปิดผนึกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือ รอยปิดผนึกที่ไม่มีการรั่วซึม และกลุ่มที่ 2 คือ รอยปิดผนึกที่มีการรั่วซึม



(ก)

(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสาร **รูปที่ 3.2** ตัวอย่างประเภทถ้วยน้ำพริก (ก) ถ้วยน้ำพริกกลุ่มที่ 1, (ข) ถ้วยน้ำพริกกลุ่มที่ 2 ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

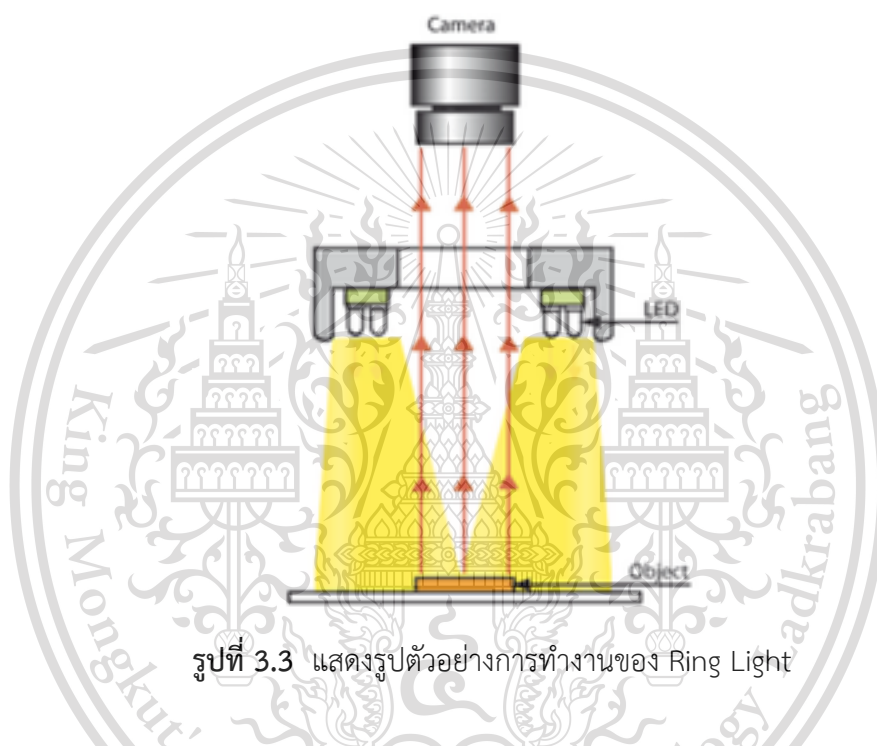
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

3.1.2 การจัดสภาพแวดล้อมในการถ่ายภาพผลิตภัณฑ์น้ำพริกแบบถ้วย

3.1.2.1 ลักษณะแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้

แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้จะเลือกจากคุณสมบัติของวัตถุที่ทำการทดลอง ถ้วยน้ำพริกปิดฝนิ๊ก อะลูมิเนียมพอยล์ที่ทำให้เกิดการสะท้อนแสง ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้หลอดไฟ LED แบบ Ring Light ให้แสงสว่างไปที่วัตถุที่ต้องการตรวจจับโดยตรง โดยมีรัศมีของหลอดไฟใหญ่กว่าขนาดของถ้วยน้ำพริกที่ตรวจจับ เพื่อให้แสงกระจายได้สม่ำเสมอและลดการเกิดเงาที่พื้นที่การปิดฝนิ๊กด้านใดด้านหนึ่ง



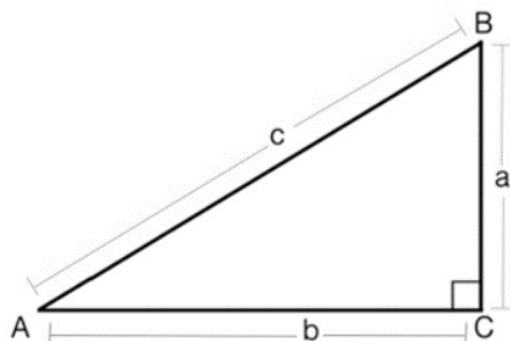
3.1.2.2 ความสูงในการติดตั้งกล้อง

ในการถ่ายภาพถ้วยน้ำพริกจะทำการคว่ำถ้วยน้ำพริกลงเพื่อถ่ายภาพให้เห็นบริเวณพื้นที่รอยปิดฝนิ๊ก จากลักษณะทางกายภาพของถ้วยน้ำพริกทำให้บริเวณตัวถ้วยน้ำพริกมีระยะใกล้กับกล้องถ่ายภาพมากกว่าบริเวณพื้นที่รอยปิดฝนิ๊ก หากทำการติดตั้งกล้องถ่ายภาพที่ระยะใกล้เกินไป จะทำให้ตัวถ้วยน้ำพริกบังมุมมองการเห็นของบริเวณพื้นที่รอยปิดฝนิ๊กได้ จากลักษณะทางกายภาพของถ้วยน้ำพริก บริเวณตัวถ้วยน้ำพริกจะมีลักษณะหน้าตัดเอียงเข้า 80° ทั้งมุมด้านหน้าและมุมด้านข้าง ผู้ปฏิบัติการจึงทำการคำนวณโดยใช้สูตรพีทาโกรัสเพื่อหาความสูงของกล้องถ่ายภาพอย่างต่ำที่มีมุมมองการเห็นรอยปิดฝนิ๊กครบถ้วนโดยไม่ถูกตัวถ้วยน้ำพริกบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 3.4 แสดงตัวแปรแต่ละด้านของสามเหลี่ยมพีทาโกรัส

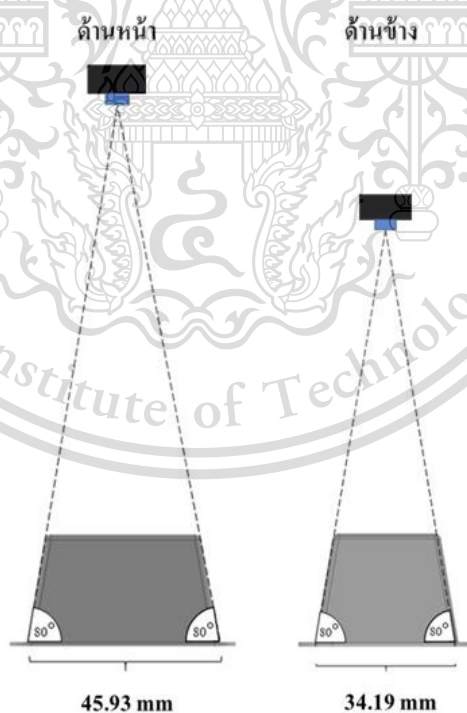
ทฤษฎีพีทาโกรัส

สูตร

$$c^2 = a^2 + b^2$$

(1)

โดยความสูงที่คำนวณจากด้านหน้า คือ 131.05 มิลลิเมตรและคำนวณจากด้านข้าง คือ 97.80 มิลลิเมตร จะได้ว่าควรถ่ายด้วยความสูงอย่างต่ำ 131.05 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นความสูงที่สามารถถ่ายได้ทุกด้าน หากถ่ายภาพที่ความสูงต่ำกว่าตัวถ้วยน้ำพริกจะบังมุมมองการเห็นของรอยปิดผนึกได้



รูปที่ 3.5 ความสูงในการถ่ายภาพด้วยน้ำพริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

3.1.2.3 กล้องถ่ายภาพ

กล้องถ่ายภาพขนาด 30x30x30 เซนติเมตร ประกอบด้วย แท่งอลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาดหน้าตัด 20x20 มิลลิเมตร ใช้สำหรับทำโครงของตัวกล้องถ่ายภาพ ผนังกล่องแต่ละด้านปิดด้วยแผ่นไม้อัด และนำแผ่นโฟมยาง eva สีดำมาปิดทับด้านในเพื่อใช้เป็นฉากหลังในการถ่ายภาพด้วยน้ำพริก เนื่องจากโฟมยางมีผิวด้าน ไม้ฉนวนว และสีดำจะช่วยในการดูดกลืนแสง ทำให้ช่วยลดการสะท้อนจากแสงของจากแหล่งกำเนิดแสงได้



รูปที่ 3.6 กล้องถ่ายภาพ

3.1.3 การเตรียมข้อมูลภาพ

ทำการถ่ายภาพด้วยน้ำพริกด้วยลักษณะคว่ำถ้วยในสภาพแวดล้อมที่เตรียมไว้ข้างต้นเป็นจำนวน 600 ภาพ โดยในการถ่ายภาพจะทำการหมุนถ้วยน้ำพริกเพื่อเปลี่ยนองศาการวางถ้วยน้ำพริกเพื่อให้มีภาพถ้วยน้ำพริกในหลายหลายองศาในการนำไปประมวลผล

3.2 ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล

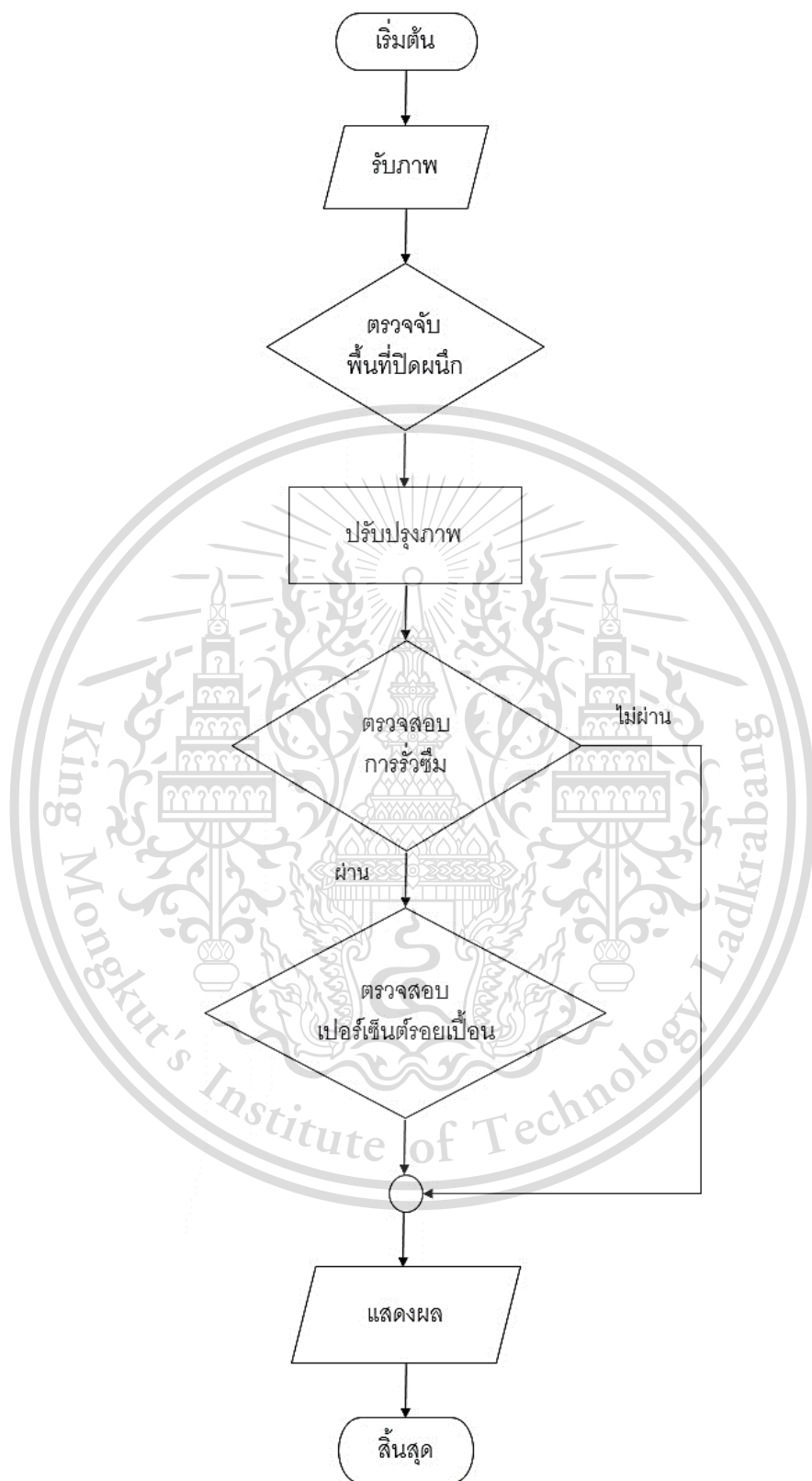
นำข้อมูลภาพที่เตรียมไว้แล้วมาเข้าสู่ขั้นตอนในการประมวลผลภาพ

3.2.1 โปรแกรมโดยรวม

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ออกแบบสามารถเขียนโครงสร้างการทำงาน ดังรูปที่ 6 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นใบใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ 3.7 การทำงานของโปรแกรม อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

3.2.2 การหาขอบด้วยน้ำพริกด้วยการ pre-trained model

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาการฝึกสอนระบบประมวลผล โดยการ pre-trained model เพื่อให้โปรแกรมตรวจหาพื้นที่รอยปิดผนึกของถ้วยน้ำพริกได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากในการถ่ายภาพถ้วยน้ำพริกแต่ละรูปมีการจัดวางองศาที่แตกต่างกัน รวมถึงในการผลิตถ้วยน้ำพริกแต่ละถ้วยอาจมีพื้นที่ปิดผนึกไม่เท่ากัน วิธีการฝึกสอนคือผู้ปฏิบัติการจะทำการเขียนเส้นรอบบ่าถ้วยน้ำพริกทั้งขอบในและขอบนอกด้วยโปรแกรม vgg image annotator เพื่อหาค่าพิกัดของพื้นที่รอยปิดผนึกของถ้วยน้ำพริกแต่ละถ้วย โดยในงานวิจัยนี้ผู้ปฏิบัติการได้ทำการวาดขอบพื้นที่รอยปิดผนึกทั้งหมด 110 ภาพ



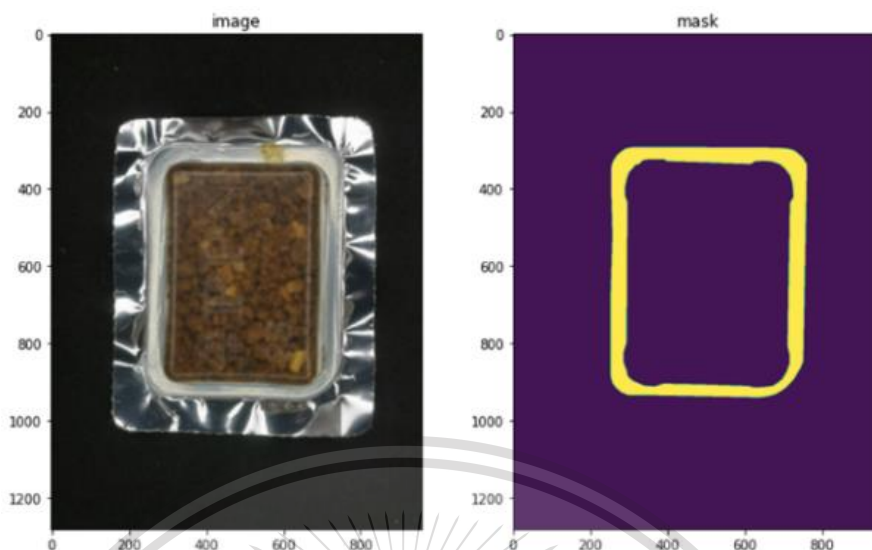
รูปที่ 3.8 การสร้างขอบเขตพื้นที่ด้วย vgg image annotator

ทำการ Pre-trained model เพื่อให้โปรแกรมสามารถจำบริเวณที่ต้องการ โดยการป้อนตัวอย่างจำนวน 110 รูป พร้อมทั้งค่าพิกัดรอยปิดผนึกของถ้วยน้ำพริกแต่ละรูป ทำให้โปรแกรมทราบว่าเมื่อเจอภาพถ้วยน้ำพริกแบบนี้จะต้องตรวจจับและแยกเฉพาะส่วนพื้นที่รอยปิดผนึกออกมา เมื่อทำฝึกสอนโปรแกรมจนได้พรีเทรนโมเดลแบบสำเร็จออกมา จะนำโปรแกรมสำเร็จส่วนนี้ไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 3.9 การเทรนโปรแกรมให้เรียนรู้พิกัดของพื้นที่ปิดผนึก



รูปที่ 3.10 พื้นที่รอยปิดผนึกที่โปรแกรมตรวจจับออกมา

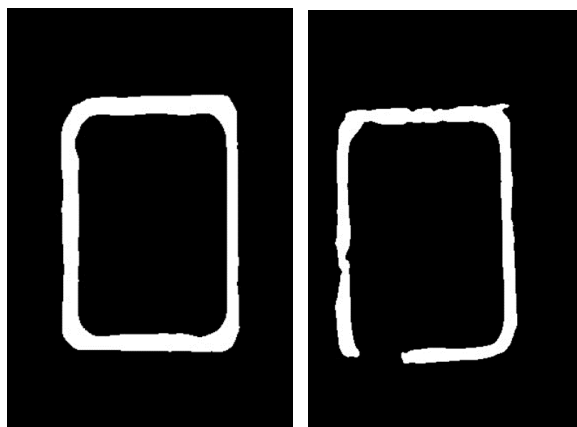
3.2.3 การเตรียมชุดข้อมูลภาพถ่ายด้วยน้ำพริก

เป็นการเตรียมชุดข้อมูลภาพเพื่อที่จะนำไปใช้ในการเทรนโปรแกรมตรวจสอบการรั่วซึมของถ้วยน้ำพริกในขั้นตอนต่อไป โดยทำการเตรียมชุดข้อมูลภาพเป็น 2 กลุ่ม คือ รั่วซึม และ ไม่รั่วซึม โปรแกรมจะนำชุดข้อมูลภาพไปเข้าโปรแกรมฟรีเทรนโมเดลสำเร็จที่ผ่านการเทรนไว้แล้วเพื่อให้ได้เฉพาะพื้นที่ที่สนใจ และทำการปรับ Thredshold เพื่อให้การประมวลผลรวดเร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

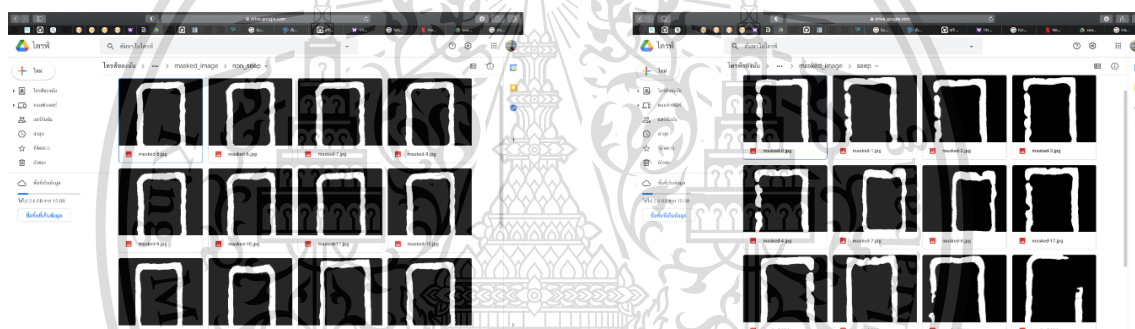


(ก)

(ข)

รูปที่ 3.11 ข้อมูลภาพหลังผ่านการตรวจจับพื้นที่รอยปิดผนึกและทำการปรับปรุงภาพ

(ก) รูปตัวอย่างด้วยน้ำพริกที่ไม่รั่ว, (ข) รูปตัวอย่างด้วยน้ำพริกที่รั่ว



(ก)

(ข)

รูปที่ 3.12 ชุดข้อมูลภาพที่ใช้ในการฝึกสอนโปรแกรมในการตรวจจับการรั่วซึม

(ก) ชุดข้อมูลภาพด้วยน้ำพริกที่ไม่รั่วซึม, (ข) ชุดข้อมูลภาพด้วยน้ำพริกที่รั่วซึม

3.2.4 การใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเพื่อการจำแนกประเภทของรูปภาพ

นำชุดข้อมูลที่จำแนกไว้ 2 กลุ่ม มาทำการฝึกสอนโปรแกรมด้วยระบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน ให้โปรแกรมสามารถแยกประเภทรอยปิดผนึกว่าเป็นรอยปิดผนึกที่มีการรั่วซึม หรือรอยปิดผนึกที่ไม่มีการรั่วซึมได้ โดยมีหลักการทำงานดังนี้

3.2.4.1 การออกแบบระบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

การออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมจะต้องมีการทำการทดลองและเปรียบเทียบผลในการ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ออกแบบแต่ละครั้ง การจัดเรียงเลขของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน จัดเรียงจากส่วนแรก
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

คือ อินพุตเลเยอร์ ส่วนที่สอง คือคอนโวลูชันเลเยอร์ เรลูลเยเยอร์ พูลลิ่งเลเยอร์ ซึ่งในส่วนนี้สามารถทำซ้ำกันได้ขึ้นอยู่กับารออกแบบของผู้ใช้งานและส่วนสุดท้ายคือ เลเยอร์สำหรับการตัดแยกรูปภาพจะประกอบด้วย พูลลิ่งคอนเนคเลเยอร์ เรลูลเยเยอร์ และ ซอฟแมกซ์-ครอสเอนโทรปีเลเยอร์

3.2.4.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของแต่ละเลเยอร์

ในคอนโวลูชันเลเยอร์ (Convolution layer) มีพารามิเตอร์ที่สามารถกำหนดค่าด้วยกันทั้งหมด 6 ค่า คือ ขนาดตัวกรอง จำนวนชั้นตัวกรอง จำนวนตัวกรอง ค่าการขยับ และการเพิ่มขอบภาพ สำหรับแมกซ์พูลลิ่งเลเยอร์ (Max pooling layer) มีพารามิเตอร์ที่สามารถกำหนดค่าได้ 2 ค่า คือ ขนาดของตัวกรอง และ ค่าการขยับ ในส่วนของแอกติเวชันฟังก์ชัน (Activation function) ในการใช้ร่วมกับระบบโครงข่ายประสาทเทียมที่มีจำนวนชั้นและการคำนวณเยอะนิยมใช้เป็นเรลูลฟังก์ชันเนื่องจากมีความซับซ้อนน้อยกว่าการใช้ฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid's function) หรือฟังก์ชันอื่นๆ แต่ยังสามารถคำนวณหา ความลาดชันเกรเดียนต์เพื่อปรับน้ำหนักได้โดยที่ไม่เกิดข้อผิดพลาดขึ้น เมื่อได้เอาต์พุตจากเซลล์ประสาทแล้ว ในขั้นสุดท้ายจะนำมาคำนวณค่าความผิดพลาดในสมการของซอฟแมกซ์-ครอสเอนโทรปี เพื่อหาความลาดชันเกรเดียนต์สำหรับปรับน้ำหนักที่อยู่ในชั้นของคอนโวลูชันเลเยอร์ให้ได้ค่าความผิดพลาดที่ต่ำที่สุดนั่นเอง

3.2.4.3 การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมจะทำการแยกชุดข้อมูลที่ได้ออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดฝึกสอน และ ชุดทดสอบ โดยในแต่ละชุดจะมีกลุ่มของข้อมูลทั้งหมดด้วยกัน 2 กลุ่ม คือ รั้วซิมและไม่รั้วซิม จากนั้นนำข้อมูลชุดฝึกสอนที่ได้ไปทำการฝึกสอนระบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ออกแบบเพื่อให้สามารถปรับปรุงตัวกรองที่ใช้ในการแยกคุณลักษณะ และวัดค่าความแม่นยำจากชุดทดสอบที่ทำการจำแนกรูปภาพตามประเภทของข้อมูลที่กำหนดไว้จนได้ค่าความแม่นยำที่ผู้ต้องการ

3.2.5 การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อน

หลังจากโปรแกรมแยกประเภทถ้วยน้ำพริกออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ รั้วซิม และไม่รั้วซิม ภาพที่ถูกแยกว่าไม่รั้วซิมจะนำไปวิเคราะห์ต่อว่ามีเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนของน้ำพริกอยู่ตรงพื้นที่ปิดผนึกเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ โดยจะทำการตรวจจับสีน้ำตาลที่อยู่ตรงรอยปิดผนึกมีค่าช่วง HSV ของสีน้ำตาลอยู่ที่ต่ำสุด (0 , 0 , 80) และสูงสุด (180 , 65 , 255) จากนั้นนำค่าสีน้ำตาลที่ได้มาคำนวณในสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน ($\frac{\text{พื้นที่รอยเปื้อน}}{\text{พื้นที่ปิดผนึกทั้งหมด}} \times 100$) อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ได้(1) ารค่า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

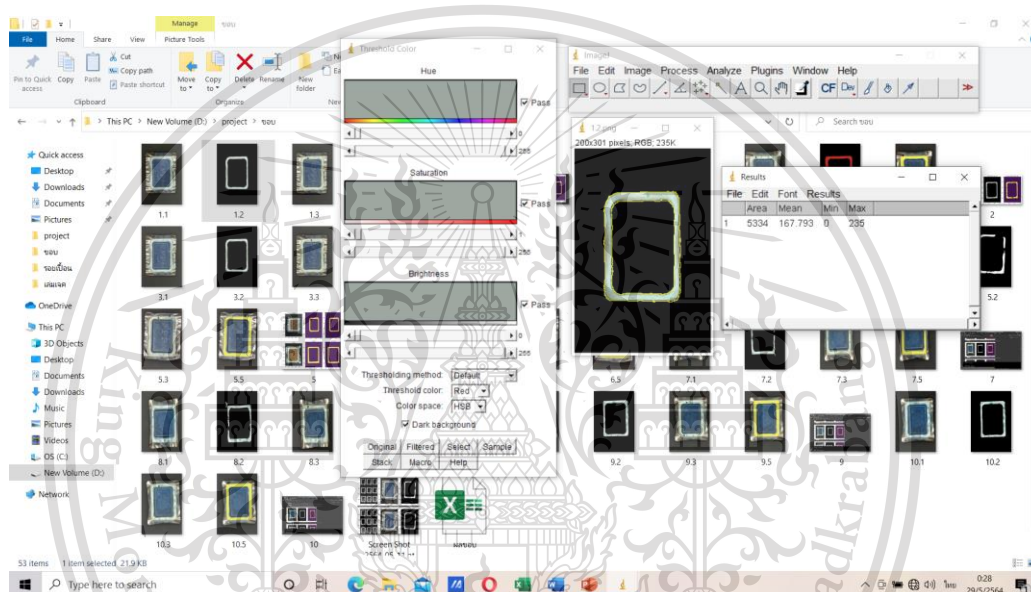
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

3.3 การวัดประสิทธิภาพของการประมวลผลข้อมูล

3.3.1 ทดสอบความแม่นยำของโปรแกรมในการตรวจจับพื้นที่รอยปิดผนึกด้วยน้ำพริก

ทำการทดสอบความแม่นยำของโปรแกรมในการตรวจจับพื้นที่รอยปิดผนึกด้วยน้ำพริก โดยนำกลุ่มตัวอย่างด้วยน้ำพริกจำนวน 10 ตัวอย่างมาทำการทดสอบ นำภาพของด้วยน้ำพริกก่อนโปรแกรมจะทำการตรวจจับและแยกส่วนพื้นที่รอยปิดผนึกมาทำการการวัดพื้นที่รอยปิดผนึกด้วยโปรแกรม ImageJ และนำภาพพื้นที่รอยปิดผนึกที่โปรแกรมตรวจจับและแยกส่วนออกมาตรวจวัดพื้นที่ด้วย ImageJ ทำการเปรียบเทียบพื้นที่ที่ได้ทั้งสองว่ามีความใกล้เคียงกันหรือไม่



รูปที่ 3.13 การวัดพื้นที่รอยปิดผนึกด้วย ImageJ

3.3.2 การวัดประสิทธิภาพของโปรแกรมในการตรวจสอบการรั่วซึมของรอยปิดผนึกด้วยน้ำพริก

ในส่วนของการเขียนโปรแกรมเพื่อตรวจสอบการรั่วซึมของการปิดผนึกด้วยน้ำพริก โปรแกรมจะนำภาพที่ได้จากการตรวจจับพื้นที่รอยปิดผนึกมาทำการตรวจสอบว่าด้วยน้ำพริกมีการรั่วซึมหรือไม่ โดยในการใช้วิธีการเรียนรู้เชิงลึกของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน โปรแกรมจะทำการแสดงผลการฝึกสอนโมเดล (Train) และผลการตรวจสอบโมเดล (Validation) ระหว่างที่ทำการฝึกสอนโมเดล จากนั้นจะทำการแสดงผลเป็นกราฟ 2 กราฟ กราฟที่ 1 แสดงค่าความถูกต้อง (Accuracy) ของการฝึกสอนและตรวจสอบโมเดล กราฟที่ 2 แสดงค่าความผิดพลาด (Log loss function) ของการฝึกสอนและตรวจสอบ

โมเดล เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

3.3.3 การทดสอบความแม่นยำของโปรแกรมในการใช้งานจริง

เมื่อได้โปรแกรมที่สมบูรณ์สำหรับใช้ในการตรวจสอบการปิดผนึกของถ้วยน้ำพริกแล้ว จะทำการทดสอบการใช้งานจริง ดังนี้

3.3.3.1 ทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับการรั่วซึม

ทำการทดสอบความแม่นยำของโปรแกรมในการตรวจจับการรั่วซึมด้วยกลุ่มตัวอย่างที่เตรียมไว้ โดยกลุ่มตัวอย่างจะเป็นข้อมูลภาพจำนวน 40 ภาพ แยกออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 20 ภาพ กลุ่มที่ 1 คือ ภาพรอยปิดผนึกที่มีการรั่วซึม และกลุ่มที่ 2 คือ ภาพรอยปิดผนึกที่ไม่มีการรั่วซึม ความถูกต้องในการทดสอบ คือ โปรแกรมแสดงผลว่ารั่วซึมโดยเป็นความจริง และโปรแกรมแสดงผลว่าไม่รั่วซึมโดยเป็นความจริง ความผิดพลาดในการทดสอบ คือ โปรแกรมแสดงผลว่ารั่วซึมโดยไม่เป็นความจริง และโปรแกรมแสดงผลว่าไม่รั่วซึมโดยไม่เป็นความจริง ใช้การวัดค่าความแม่นยำ (Accuracy) เป็นตัวทดสอบความแม่นยำในการตัดคุณภาพการปิดผนึกของถ้วยน้ำพริก (เอกสิทธิ์ พัทธวงค์ศักดิ์ดา, 2557) มีวิธีการคำนวณ ดังนี้

$$\% \text{ Accuracy} = \frac{T}{(T+F)} \times 100 \quad (2)$$

โดย T (True) คือ จำนวนครั้งที่ให้ผลถูกต้อง

F (False) คือ จำนวนครั้งที่ให้ผลไม่ถูกต้อง

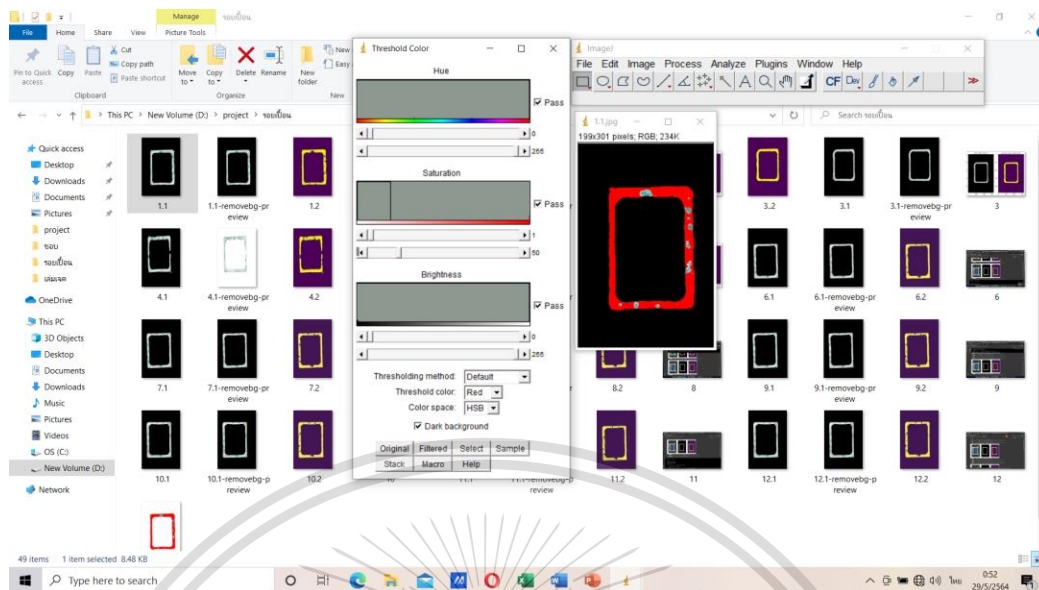
3.3.3.2 ทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับรอยเปื้อน

หลังจากโปรแกรมทำการแยกประเภทของถ้วยน้ำพริกที่มีการรั่วซึมและไม่รั่วซึมแล้วจะทำการแสดงผลถ้วยน้ำพริกที่มีการรั่วซึมออกมา ส่วนถ้วยน้ำพริกที่ไม่มีการรั่วซึมโปรแกรมจะนำมาทำการตรวจสอบรอยเปื้อนบริเวณรอยปิดผนึกต่อไป เพื่อที่จะสามารถนำเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนไปพัฒนาในการกำหนดมาตรฐานตามที่โรงงานต้องการได้ในอนาคต ทำการวิเคราะห์ความแม่นยำในการตรวจจับรอยเปื้อนโดยนำภาพที่โปรแกรมตรวจจับว่าไม่รั่วซึมมาทำการวัดเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนด้วย ImageJ เทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่โปรแกรมวิเคราะห์ออกมา เพื่อดูว่าโปรแกรมตรวจจับรอยเปื้อนแม่นยำหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 3.14 การวัดรอยเปื้อนบนพื้นที่รอยปิดผนึกด้วย ImageJ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะนำเสนอผลการทดสอบจากการฝึกสอนโปรแกรมสำหรับตรวจจับพื้นที่ปิดผนึกด้วยน้ำพริก ผลการทดสอบจากการฝึกสอนโปรแกรมในการตรวจสอบการรั่วของรอยปิดผนึก และผลทดสอบความแม่นยำในการนำโปรแกรมไปใช้งานจริงจากการทดสอบด้วยกลุ่มตัวอย่างที่เตรียมไว้ โดยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลภาพรอยปิดผนึกของถ้วยน้ำพริกเป็นจำนวน 600 ภาพ แบ่งเป็นข้อมูลภาพที่ใช้ในการฝึกสอนโปรแกรมในการตรวจจับพื้นที่ปิดผนึก 110 ภาพ ข้อมูลภาพในการฝึกสอนโปรแกรมในการตรวจสอบการรั่ว 450 ภาพ และข้อมูลภาพสำหรับใช้ในการทดสอบความแม่นยำของโปรแกรม 40 ภาพ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนชุดข้อมูลภาพถ้วยน้ำพริก

ประเภทชุดข้อมูล	จำนวนภาพ
ชุดข้อมูลภาพในการฝึกสอนโปรแกรมในการตรวจจับพื้นที่ปิดผนึก	110
ชุดข้อมูลภาพในการฝึกสอนโปรแกรมในการตรวจสอบการรั่วของรอยปิดผนึก	450
ชุดข้อมูลภาพสำหรับใช้ในการทดสอบความแม่นยำของโปรแกรมในการใช้งานจริง	40
รวม	600

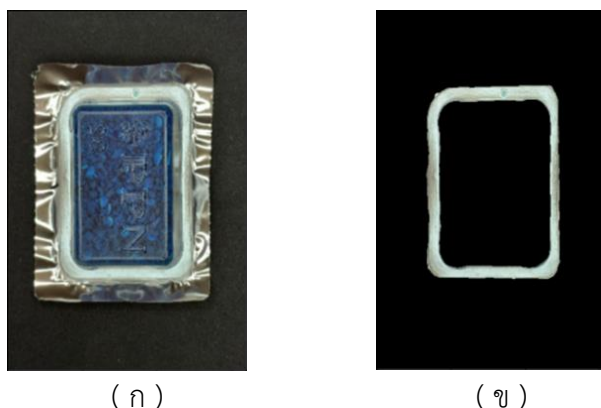
4.1 ผลทดสอบความแม่นยำของโปรแกรมในการตรวจจับพื้นที่รอยปิดผนึกถ้วยน้ำพริก

การเขียนโปรแกรมเพื่อตรวจจับพื้นที่ของการปิดผนึกถ้วยน้ำพริก จะทำการตรวจจับและแยกส่วนพื้นที่ปิดผนึกออกมาเพื่อจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป การทดสอบความแม่นยำของโปรแกรมตรวจจับพื้นที่รอยปิดผนึกถ้วยน้ำพริก จะนำกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ภาพมาทำการเปรียบเทียบพื้นที่รอยปิดผนึกจากภาพเริ่มต้นกับพื้นที่รอยปิดผนึกที่โปรแกรมตรวจจับได้ โดยทำการวัดพื้นที่ของพื้นที่รอยปิดผนึกด้วยโปรแกรม ImageJ ดังรูปที่... และหาร้อยละความแตกต่างของพื้นที่ที่วัดได้ แสดงดังตารางที่... เพื่อดูว่าโปรแกรมสามารถตรวจจับรอยปิดผนึกได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 4.1 การตรวจจับพื้นที่รอยปิดผนึก (ก) ถ้วยน้ำพริกก่อนการตรวจจับพื้นที่ปิดผนึก, (ข) พื้นที่ปิดผนึกที่โปรแกรมตรวจจับได้

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละความแตกต่างของพื้นที่รอยปิดผนึกจากภาพเริ่มต้นกับพื้นที่รอยปิดผนึกที่โปรแกรมตรวจจับได้

ที่	พื้นที่รอยปิดผนึกจากภาพเริ่มต้น	พื้นที่รอยปิดผนึกที่โปรแกรมตรวจจับได้	ร้อยละความแตกต่าง
1.	8.83	8.97	1.61
2.	13.85	13.70	1.04
3.	8.09	9.08	12.25
4.	11.34	12.10	6.73
5.	11.85	12.17	2.71
6.	12.86	13.18	3.43
7.	11.36	10.97	3.43
8.	12.31	10.87	11.66
9.	11.69	11.42	2.29
10.	11.37	11.17	1.71
เฉลี่ย			4.22 ± 3.56

จากตารางการเปรียบเทียบพื้นที่รอยปิดผนึกจากภาพจริงกับพื้นที่รอยปิดผนึกที่โปรแกรมเอกซารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ตรวจจับได้ มีร้อยละความแตกต่างเฉลี่ย 4.22 มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.56 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

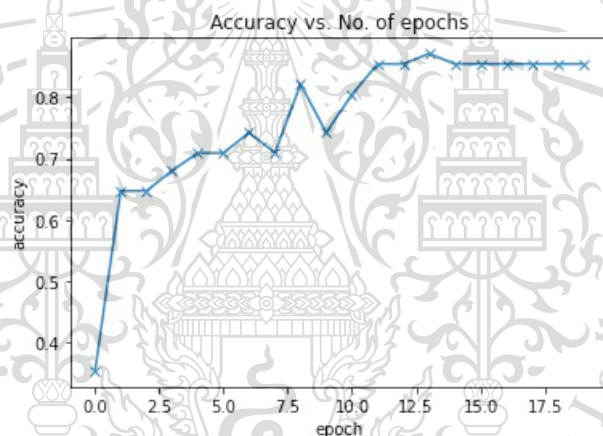
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

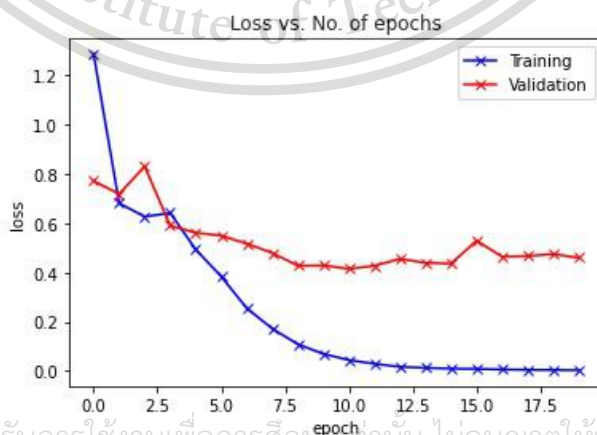
4.2 ผลทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมในการตรวจสอบการรั่วซึมของการปิดผนึก

ถ้วยน้ำพริก

ในส่วนของการเขียนโปรแกรมเพื่อตรวจสอบการรั่วซึมของการปิดผนึกถ้วยน้ำพริก จะนำภาพที่ได้จากการตรวจจับพื้นที่รอยปิดผนึกมาทำการตรวจสอบว่าถ้วยน้ำพริกมีการรั่วซึมหรือไม่ โดยการใช้วิธีการเรียนรู้เชิงลึกของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน จะแสดงผลการฝึกสอน (Train) และตรวจสอบโมเดล (Validation) ระหว่างที่ทำการฝึกสอนโมเดล ซึ่งแสดงเป็นกราฟทั้งหมด 2 กราฟ ดังรูปที่... กราฟที่ 1 แสดงค่าความถูกต้อง (Accuracy) ของการฝึกสอนและตรวจสอบโมเดล กราฟที่ 2 แสดงค่าความผิดพลาด (Log loss function) ของการฝึกสอนและตรวจสอบโมเดล จากกราฟมีค่าความถูกต้องสูงสุด 0.8712 ต่ำสุด 0.3530 และค่าความผิดพลาดสูงสุด 1.2844 ต่ำสุด 0.0035



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่า Accuracy จากการฝึกสอนโปรแกรมตรวจสอบการรั่วซึม



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่า Loss จากการฝึกสอนโปรแกรมตรวจสอบการรั่วซึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

4.3 ผลทดสอบความแม่นยำของโปรแกรมในการใช้งานจริง

4.3.1 ผลทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับการรั่วซึม

เมื่อได้โปรแกรมที่สมบูรณ์สำหรับใช้ในการตรวจสอบการปิดผนึกถั่วฝักแล้ว จะทำการทดสอบความแม่นยำของโปรแกรมด้วยกลุ่มตัวอย่างที่เตรียมไว้ โดยกลุ่มตัวอย่างจะเป็นข้อมูลภาพที่แยกออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 20 ภาพ กลุ่มที่ 1 ภาพรอยปิดผนึกที่มีการรั่ว และกลุ่มที่ 2 ภาพรอยปิดผนึกที่ไม่มีการรั่ว ความถูกต้องในการทดสอบ คือ โปรแกรมแสดงผลว่ารั่วโดยเป็นความจริง และโปรแกรมแสดงผลว่าไม่รั่วโดยเป็นความจริง ความผิดพลาดในการทดสอบ คือ โปรแกรมแสดงผลว่ารั่วโดยไม่เป็นความจริง และโปรแกรมแสดงผลว่าไม่รั่วโดยไม่เป็นความจริง

ตารางที่ 4.3 ความแม่นยำในการตรวจสอบการรั่ว

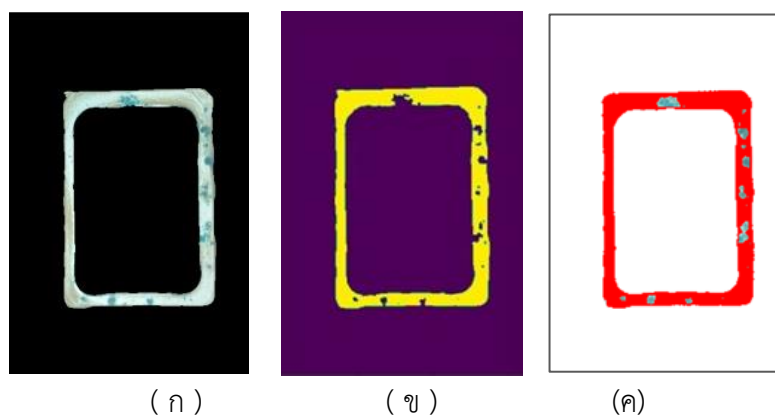
กลุ่มตัวอย่าง	จำนวนภาพทั้งหมด	จำนวนภาพที่ตรวจถูก	จำนวนภาพที่ตรวจผิด	ร้อยละความถูกต้อง
มีการรั่วซึม	20	13	7	65
ไม่มีการรั่วซึม	20	18	2	85
รวม	40	31	9	77

จากการทดสอบความแม่นยำของโปรแกรมในการตรวจจับการรั่วซึมด้วยกลุ่มตัวอย่างที่เตรียมไว้พบว่า กลุ่มที่ 1 ภาพรอยปิดผนึกที่มีการรั่วซึม ตรวจสอบได้ถูกต้อง 13 ภาพ คิดเป็นร้อยละ 65 และกลุ่มที่ 2 ภาพรอยปิดผนึกที่ไม่มีการรั่วซึม ตรวจสอบได้ถูกต้อง 18 ภาพ คิดเป็นร้อยละ 85 เมื่อนำมาคิดเป็นร้อยละความถูกต้องรวมของโปรแกรมในการตรวจจับการรั่วซึม มีค่าร้อยละ 77 ดังตารางที่ 3

4.3.2 ผลทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับรอยเปื้อน

หลังจากโปรแกรมทำการแยกประเภทของถั่วฝักที่มีการรั่วและไม่รั่วแล้วจะทำการแสดงผลถั่วฝักที่มีการรั่วออกมา ส่วนถั่วฝักที่ไม่มีการรั่วโปรแกรมจะนำมาทำการตรวจสอบรอยเปื้อนบริเวณรอยปิดผนึกต่อไป เพื่อที่จะสามารถนำเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนไปพัฒนาในการกำหนดมาตรฐานตามที่โรงงานต้องการได้ในอนาคต ทำการวิเคราะห์ความแม่นยำในการตรวจจับรอยเปื้อน โดยนำภาพที่โปรแกรมตรวจจับว่าไม่รั่วจากตารางที่...มาทำการวัดเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนด้วย ImageJ เทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่โปรแกรมวิเคราะห์ออกมา จะแสดงดังตารางที่....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การตรวจจับรอยเปื้อน (ก) ภาพพื้นที่ปิดผนึกที่ไม่มีการรื้อซึม, (ข) รอยเปื้อนที่โปรแกรมตรวจจับได้, (ค) รอยเปื้อนที่ทำการตรวจจับด้วย Image

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่ ImageJ ตรวจจับกับ เปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่โปรแกรมตรวจจับ

ที่	% รอยเปื้อนที่ ImageJ ตรวจจับ	% รอยเปื้อนที่ โปรแกรมตรวจจับ	ร้อยละความแตกต่าง
1.	4.34	4.51	3.83
2.	5.12	4.83	5.67
3.	0.40	0.35	13.67
4.	6.78	5.1	24.89
5.	5.23	5.05	3.53
6.	5.38	4.94	8.15
7.	5.90	5.87	0.54
8.	6.96	6.09	12.45
9.	5.65	6.02	6.55
10.	4.92	5.57	13.18
รวม			9.25±7.06

จากตารางเปรียบเทียบร้อยละความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่ ImageJ ตรวจจับกับ เปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่โปรแกรมตรวจจับ มีร้อยละความแตกต่างเฉลี่ย 9.25 มีค่าความแปรปรวน 7.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผล

การเขียนโปรแกรมประมวลผลภาพเพื่อตรวจสอบการปิดผนึกถ้วยน้ำพริกในโครงการวิจัยนี้ โปรแกรมทำการตรวจจับพื้นที่รอยปิดผนึกได้แม่นยำมีความใกล้เคียงกับพื้นที่รอยปิดผนึกที่วัดด้วย ImageJ โดยมีค่าร้อยละความแตกต่างเฉลี่ย คือ 4.22 ± 3.56 ในการตรวจสอบการรั่วซึมของรอยปิดผนึก โปรแกรมทำการฝึกสอนข้อมูล ได้ค่าความถูกต้องสูงสุด 0.8712 ต่ำสุด 0.3530 และค่าความผิดพลาดสูงสุด 1.2844 ต่ำสุด 0.0035

นำโปรแกรมตรวจสอบการปิดผนึกถ้วยน้ำพริกที่สมบูรณ์แล้วมาทำการทดสอบความแม่นยำในการใช้งานจริง ผลการทดสอบพบว่า การทดสอบข้อมูลรูปภาพกลุ่มที่ 1 รอยปิดผนึกของถ้วยน้ำพริกที่มีการรั่วซึม มีร้อยละความถูกต้อง คือ 65 และกลุ่มที่ 2 รอยปิดผนึกของถ้วยน้ำพริกที่ไม่มีการรั่วซึม มีร้อยละความถูกต้อง คือ 85 มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการตรวจจับการรั่วซึมร้อยละ 77 และทดสอบการตรวจหาเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนบนพื้นที่รอยปิดผนึกที่ไม่มีการรั่วซึมได้ค่าใกล้เคียงกับการตรวจสอบด้วย ImageJ โดยมีค่าร้อยละความแตกต่าง คือ 9.25 ± 7.06

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าในการตรวจจับพื้นที่รอยปิดผนึกมีความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดจากจำนวนข้อมูลมีน้อยเกินไป ทำให้โปรแกรมตรวจจับพื้นที่ปิดผนึกบางภาพต่างไปจากพื้นที่ที่ตรวจจับด้วย ImageJ ควรปรับปรุงโดยการเพิ่มจำนวนข้อมูลค่าพิกัดรอยปิดผนึกที่ใช้ในการฝึกสอน ในส่วนของการตรวจแยกประเภทรอยปิดผนึกต้องทำการเพิ่มจำนวนภาพในแต่ละชุดข้อมูล คือ รอยปิดผนึกที่มีการรั่วซึม และรอยปิดผนึกที่ไม่มีการรั่วซึม ในการฝึกสอนโปรแกรม เพื่อเพิ่มความถูกต้องและแม่นยำขึ้นในการแยกประเภทรอยปิดผนึก และในการตรวจจับรอยเปื้อนบริเวณรอยปิดผนึกอาจเกิดความคลาดเคลื่อนจากการตั้งค่าช่วง HSV ของสีน้ำตาลที่อาจไม่ครอบคลุมสีของรอยเปื้อนทั้งหมด ควรทำการแยกค่า HSV ของน้ำพริกแต่ละชนิด ทั้งนี้ในการนำข้อมูลภาพมาใช้ทั้งในการฝึกสอนโปรแกรมและในการทดสอบ ถ้าทำการจัดสภาพแวดล้อมในการถ่ายให้ดีขึ้น จะช่วยให้ภาพมีความคมชัด ช่วยลดการสะท้อนของอะลูมิเนียมฟอยด์ ทำให้เห็นรอยเปื้อนของน้ำพริกได้ง่ายมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ผู้ปฏิบัติการควรมีความแม่นยำในการวาดเส้นรอบพื้นที่รอยปิดผนึก เพื่อให้ได้ค่าพิกต์ของพื้นที่รอยปิดผนึกที่ถูกต้องในการนำไปเทรนโปรแกรมในการตรวจจับพื้นที่รอยปิดผนึก
2. การตั้งค่าช่วง HSV ในการตรวจจับเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนบนรอยปิดผนึกด้วยน้ำพริก ผู้ปฏิบัติการควรทำการแยกชนิดของน้ำพริกแต่ละรสชาติในการตั้งค่าช่วง HSV แต่ละครั้ง เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

บรรณานุกรม

- ไกรสิทธิ์ ทองนพคุณ. 2550. “การตรวจจับเปลวเพลิงในภาพโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม”.
 ปริญญาานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมการควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
 ลาดกระบัง, กรุงเทพฯ
- คณัชพงษ์ พรหมศิลป์ และณัฐมน จำนงค์. 2562. “การศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างสถาปัตยกรรม
 โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน สำหรับการจำแนกประเภทภาพเอ็กซ์เรย์ทรวงอก”.
 ปริญญาานิพนธ์ สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
 ลาดกระบัง, กรุงเทพฯ
- หาญ สีสรรค์. 2561. “การตรวจและจำแนกประเภทรอยตำหนิบนแผ่นทองแดงลามิเนตโดยวิธีการ
 ประมวลผลภาพและโครงข่ายประสาทเทียม”. ปริญญาานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบัน
 เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ
- เอกสิทธิ์ พัทธวงศ์ศักดา. 2557. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคดาต้า ไมน์นิง เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1.
 กรุงเทพฯ : บริษัทเอเชีย ดิจิตอลการพิมพ์ จำกัด
- Doungmala, P. & Kumwilaisak. W. 2007. “การตรวจจับวัตถุโดยการใช้ HSV”. [ออนไลน์]. เข้าถึง
 ได้จาก : http://iobookengineering.blogspot.com/2015/07/hsv_13.html
- Duong, L. T., Nguyen, P. T., Di Sipio, C., & Di Ruscio, D. 2020. “Automated fruit recognition
 using EfficientNet and MixNet”. Computers and Electronics in Agriculture, 171,
 105326.
- Dutta, A., & Zisserman, A. 2019. “The VIA annotation software for images, audio and
 video”. In Proceedings of the 27th ACM International Conference on Multimedia
 (pp. 2276-2279).
- Government of Canada. 2012. “Flexible Retort Pouch Defects Manual”. [Online]. Available :
<https://www.inspection.gc.ca/food-safety-for-industry/>
- ICHI PRO. 2020. “Introduction to Keras”. [Online] Available : [https://ichi.pro/th/bthna-
 su-keras-txn-thi-hnung-kar-hold-khxm-l-74465070670460](https://ichi.pro/th/bthna-su-keras-txn-thi-hnung-kar-hold-khxm-l-74465070670460)
- Jarat. 2552. “Image processing เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://jaratcyberu.blogspot.com/2009/10/image-processing.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรศึกษาในเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

- Jason Brownlee. 2017. “How to Develop an Encoder-Decoder Model for Sequence-to-Sequence Prediction in Keras”. [Online] Available : <https://machinelearningmastery.com/develop-encoder-decoder-model>
- John, F., Bhaskar, R., and Luo Ch. 2017. **Vision system inspects seal quality on flexible packaging**. [Online]. Available : <https://www.vision-system.com>
- Laofor, C., and Peansupap, V. 2012. “Defect detection and quantification system to support subjective visual quality inspection via a digital image processing: A tiling work case study”. *Automation in Construction*. 24 : 160-174.
- Lever, J., Martin, K., and Altman, N. 2016. "Classification evaluation." 603-604.
- Medus, L. D., Saban, M., Francés-Villora, J. V., Bataller-Mompeán, M., & Rosado-Muñoz, A. 2021. “Hyperspectral image classification using CNN: Application to industrial food packaging”. *Food Control*, 125, 107962.
- Natthawat Phongchit. 2018. “Convolutional Neural Network (CNN)”. [Online] Available : <https://medium.com/@natthawatphongchit/>
- Pattansam, N., and Sriwiboon, N. 2020. “Image Processing for Classifying the Quality of the Chok-Anan Mango by Simulating the Human Vision using Deep Learning”. *JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY*. 10(1) : 24-29.
- PACKAGING INDUSTRIAL INTELLIGENCE UNIT. 2556. “การบดพริกด้วยความร้อน”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://packaging.oie.go.th/new/admin_control_new/html
- Russ, J. C. 1990. “Image processing”. pp. 33-69. In *Computer-assisted microscopy*. Boston: Springer.
- Tan, M., & Le, Q. 2019. “Efficientnet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks”. In *International Conference on Machine Learning*. PLMR : 6105-6114.
- Vasilev, I., Slater, D., Spacagna, G., Roelants, P., & Zocca, V. 2019. “Python Deep Learning: Exploring deep learning techniques and neural network architectures with PyTorch, Keras, and TensorFlow”. Packt Publishing Ltd.

Vibhor nigam. 2018. “Understanding Neural Networks. From neuron to RNN, CNN, and Deep Learning”. [Online]. Available : <https://medium.com/analytics-vidhya>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

- Xu, X., Xu, S., Jin, L., & Song, E. 2011. “Characteristic analysis of Otsu threshold and its applications”. Pattern recognition letters, 32(7), 956-961.
- Zhao, X., Yuan, Y., Song, M., Ding, Y., Lin, F., Liang, D., & Zhang, D. 2019. “Use of unmanned aerial vehicle imagery and deep learning unet to extract rice lodging”. Sensors, 19(18), 3859.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ภาคผนวกโปรแกรมที่เกี่ยวข้องในปัญหาพิเศษ และ Source Code

1. Code Editor ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ในส่วนของ Code Editor ที่ใช้ในปัญหาพิเศษนี้คือ Google Colab ชื่อเต็มคือ Google Colaboratory เป็นบริการ Software as a Service โสสต์โปรแกรม Jupyter Notebook บน Cloud จาก Google ซึ่งสามารถใช้ Google Colab สร้าง Notebook เขียนโปรแกรมภาษา Python ได้ฟรีๆและยังมี GPU, TPU ให้ใช้ฟรีอีก 12 ชั่วโมง

2. ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมในปัญหาพิเศษนี้เลือกใช้เป็น Python 3 เริ่มถูกปล่อยออกมาในปี 2008 เวอร์ชัน 3 มีการปรับปรุงให้ดีขึ้นเปลี่ยนจาก 2 ไปพอสมควร

3. โครงสร้างไลบรารีที่ใช้

ไลบรารีที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้คือ Keras และ Open cv ซึ่ง Keras เป็นไลบรารีโอเพนซอร์สเครือข่ายประสาทที่เขียน ด้วย Python มันสามารถรันบน TensorFlow, Microsoft Cognitive Toolkit, R, Theano หรือ PlaidML ออกแบบมาเพื่อเปิดใช้งานการทดลองอย่างรวดเร็วด้วย deep neural networks มักมุ่งเน้นไปที่การใช้งานง่าย โมดูลาร์และส่วนขยายส่วน Open cv opencv เป็นซอร์ฟแวร์โอเพนซอร์สที่เอาไว้ใช้จัดการรูปภาพ เริ่มพัฒนาขึ้นโดยบริษัทอินเทล(Intel) ในปี 1999 คำว่า opencv ย่อมาจาก open source computer vision

ขอบเขตการใช้งานของ opencv ค่อนข้างกว้าง มีความสามารถหลากหลายหลากหลาย นอกจากรูปภาพธรรมดาแล้วยังใช้จัดการกับวิดีโอภาพเคลื่อนไหว อัลกอริธึมที่ใช้มีตั้งแต่แบบง่ายๆไปจนถึงระดับสูง

Source Code

ในสถาปัตยกรรมแบบ Unet และ EfficientNet นั้นเราจะใช้โมเดลตาม Keras Applications เพราะมีจำนวนชั้นฮิดเดนเลเยอร์มาก ส่วนแยกถ้วยน้ำพริกจะใช้โครงสร้างแบบเขียนขึ้นเองซึ่งมีจำนวนฮิดเดนเลเยอร์ไม่มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

เนื่องจากใน Google Colab หลังจากวันที่ 27 มีนาคม 2563 ตัว Google Colab มีการ อัปเดตให้ทำงานบน Tensorflow2.0 แทน Tensorflow1.0 ซึ่งในปัญหาพิเศษนี้เริ่มแรกใช้ Tensorflow1.0 และใช้ ไลบรารี ของ Keras จึงจำเป็นต้อง ติดตั้งตัว Tensorflow1.0 เพื่อยังคง สภาพตัว Source Code เดิมไว้

Source Code จะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1. ส่วนที่ใช้ในการกำหนดพื้นที่ของถ้วยน้ำพริก 2. ส่วนที่ใช้ในการเตรียมรูปภาพเพื่อสอนโมเดล 3. ส่วนที่ใช้ในการสอนโมเดล 4. ส่วนใช้งานจริง

1). ส่วนที่ใช้ในการกำหนดพื้นที่ของถ้วยน้ำพริก (Pre-trained model)

1. ติดตั้งไลบรารีบางส่วนที่ไม่มีอยู่ใน Google Colab

```
!pip install segmentation-models-pytorch &> /dev/null
```

```
!pip install -U git+https://github.com/albu/albumentations --no-cache-dir &> /dev/null
```

2. นำเข้าไลบรารี(Importlibraries)

```
from torchvision import models
```

```
from PIL import Image, ImageDraw
```

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
import torchvision.transforms as T
```

```
from torch.utils.data import Dataset, DataLoader
```

```
import segmentation_models_pytorch as smp
```

```
import torch
```

```
import numpy as np
```

```
import os
```

```
import cv2
```

```
import gc
```

```
from ImageSegDataset.grid_remove_intersect import GridDatasetRemoveIntersectArea
```

```
from ImageSegDataset.utils import get_preprocessing, get_training_augmentation,
```

```
get_validation_augmentation, visualize
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ทำการกำหนด rootpath ต่างๆที่สำคัญ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```

notebook_path = os.getcwd()
root = os.path.dirname(notebook_path)
save_model_path = os.path.join(root, 'model')

dataset_path = os.path.join(root, 'dataset')
folder_model = 'seal_model' # change here for model
model_path = os.path.join(dataset_path, folder_model)

```

```

x_train_path = os.path.join(model_path, 'x_train')
x_validation_path = os.path.join(model_path, 'x_validation')
x_test_path = os.path.join(model_path, 'x_test')

y_train_path = os.path.join(model_path, 'labels', 'y_train.csv')
y_validation_path = os.path.join(model_path, 'labels', 'y_validation.csv')
y_test_path = os.path.join(model_path, 'labels', 'y_test.csv')

```

3. ทำการเลือก spec model ที่เราต้องการ

```

ENCODER = 'efficientnet-b7'
ENCODER_WEIGHTS = 'imagenet'
CLASSES = ['grid']
ACTIVATION = 'sigmoid'
DEVICE = torch.device('cuda:0')

```

4. สร้าง Segmentation model (Unet) ร่วมกับ Pre-trained Encoder (EfficientNet)

```

model = smp.Unet(
    encoder_name=ENCODER,
    encoder_weights=ENCODER_WEIGHTS,
    classes=len(CLASSES),
    activation=ACTIVATION,

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

5. ทำการกำหนด loss function และ metric ที่ใช้ในการวัดผล

```

loss = smp.utils.losses.DiceLoss()
metrics = [
    smp.utils.metrics.loU(threshold=0.5),
]
optimizer = torch.optim.Adam([
    dict(params=model.parameters(), lr=0.0005),
])
preprocessing_fn = smp.encoders.get_preprocessing_fn(ENCODER, ENCODER_WEIGHTS)

```

6. เริ่มทำการสร้าง dataset จากที่เรามีอยู่

```

train_dataset = GridDatasetRemoveIntersectArea(y_train_path, x_train_path, True,
    get_preprocessing(preprocessing_fn),
    get_training_augmentation(), copies=5)

valid_dataset = GridDatasetRemoveIntersectArea(y_validation_path, x_validation_path,
    True,
    get_preprocessing(preprocessing_fn),
    get_validation_augmentation(), copies=2)

```

7. ทำ batch เนื่องจากลดการประมวลผลได้แต่ไม่เตลอาจจะมีคามแม่นยำลดลง

```

train_loader = DataLoader(train_dataset, batch_size=1, shuffle=True, num_workers=0)
valid_loader = DataLoader(valid_dataset, batch_size=2, shuffle=False, num_workers=0)

```

8. สร้างการ object ที่ใช้ในการ train

```

train_epoch = smp.utils.train.TrainEpoch(
    model,
    loss=loss,
    metrics=metrics,

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```

optimizer=optimizer,
device=DEVICE,
verbose=True,
)
valid_epoch = smp.utils.train.ValidEpoch(
    model,
    loss=loss,
    metrics=metrics,
    device=DEVICE,
    verbose=True,
)
)
9. เริ่มทำการฝึกสอนโมเดล
for i in range(5):
    gc.collect()

    max_score = 0

    for i in range(0, 40):
        print("\nEpoch: {}".format(i))
        train_logs = train_epoch.run(train_loader)
        valid_logs = valid_epoch.run(valid_loader)

        if max_score < valid_logs['iou_score']:
            max_score = valid_logs['iou_score']
            torch.save(model, os.path.join(save_model_path, 'seal_model.pth'))
            print('Model saved!')

    if i == 15:
        new_lr = 5e-5

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```
optimizer.param_groups[0]['lr'] = new_lr
print(f'Decrease decoder learning rate to {new_lr}')
```

```
if float(valid_logs['iou_score']) > 0.95 and i > 10:
    break
```

10. เตรียมทำการทดสอบโมเดล

```
test_dataset = GridDatasetRemoveIntersectArea(
    y_test_path, x_test_path, resize=True,
    augmentation=get_validation_augmentation(),
    transform=get_preprocessing(preprocessing_fn),
    copies=1
)
```

```
test_dataloader = DataLoader(test_dataset)
```

```
test_epoch = smp.utils.train.ValidEpoch(
    model=model,
    loss=loss,
    metrics=metrics,
    device=DEVICE,
)
```

```
logs = test_epoch.run(test_dataloader)
```

```
test_dataset_vis = GridDatasetRemoveIntersectArea(
    y_test_path, x_test_path,
)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

11. จัดเตรียมข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ

```

for i in range(len(test_dataset)):
    torch.no_grad()
    image_vis = test_dataset_vis[i][0].astype('uint8')
    image, gt_mask = test_dataset[i]

    gt_mask = gt_mask.squeeze()

    x_tensor = torch.from_numpy(image).unsqueeze(0)
    pr_mask = model_cpu.predict(x_tensor)
    pr_mask = pr_mask.squeeze().numpy().round()

    visualize(
        image=image_vis,
        actual=gt_mask,
        predicted=pr_mask
    )

```

12. ส่วนนี้เป็นส่วนที่ resize และ mask กลับ

```

pr_mask_full = cv2.resize(pr_mask, (image_vis.shape[1], image_vis.shape[0]))
plt.imshow(pr_mask_full)

```

13. นำรูปออกมาเพื่อทำ image processing

```

imgray = cv2.cvtColor(masked_img,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
ret,thresh = cv2.threshold(imgray,0,255,cv2.THRESH_BINARY | cv2.THRESH_OTSU)

contours, hierarchy = cv2.findContours(thresh,
cv2.RETR_TREE,cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2). ส่วนเตรียมรูปภาพที่ใช้ในการฝึกสอนโมเดล

1. ติดตั้งไลบรารีที่ Google Colab ไม่มี

```
!pip install segmentation_models_pytorch &> /dev/null
```

```
!pip install imutils &> /dev/null
```

2. นำเข้าไลบรารีที่ใช้งานในส่วนนี้

```
import os
import torch
import cv2
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import scipy.misc
import imutils
```

3. กำหนด rootpath ที่เราจะใช้ทั้งหมด

```
root_path = '/content/drive/MyDrive/dataset_online/box_image'
augment_image_path = os.path.join(root_path, 'augment_image')
seep_path = os.path.join(augment_image_path, 'seep')
non_seep_path = os.path.join(augment_image_path, 'non_seep')

masked_path = os.path.join(root_path, 'masked_image')
masked_seep_path = os.path.join(masked_path, 'seep')
masked_non_seep_path = os.path.join(masked_path, 'non_seep')

seal_model = os.path.join(root_path, 'seal_model.pth')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

4. เริ่มทำการสร้าง folder เพื่อรองรับรูปที่จะเอาไปทำนาย

```
paths = [masked_path, masked_non_seep_path, masked_seep_path]
```

```
for path in paths:
```

```
    try:
```

```
        os.mkdir(path)
```

```
    except:
```

```
        pass
```

ทำการ load model Pre-trained มาเตรียมใช้งานเลย

```
model = torch.load(seal_model, map_location={'cuda:0': 'cpu'})
```

5. เริ่มทำการกำหนด function ที่เราจะใช้งานส่วนนี้ทำให้ numpy array ของเรา (h,w,c) กลายเป็นรูปแบบ tensor object (c, h, w)

```
def to_tensor(x, **kwargs):
```

```
    return x.transpose(2, 0, 1).astype('float32')
```

6. เป็นส่วนที่เตรียมรูปเพื่อเอาเข้า model ตอนนำไปใช้งานก็คือจะได้ x_tensor ไปทำนายต่อ

```
def prepared_image(image_path):
```

```
    image = cv2.imread(image_path)
```

```
    if image is None:
```

```
        raise Exception('Empty image not allowed')
```

```
    image_vis = cv2.resize(image, (320, 480))
```

```
    image_pred = image_vis / 255
```

```
    mu = np.array([0.485, 0.456, 0.406])
```

```
    sigma = np.array([0.229, 0.224, 0.225])
```

```
    image_pred = (image_pred - mu) / sigma
```

```
    image_pred = to_tensor(image_pred)
```

```
    x_tensor = torch.from_numpy(image_pred).unsqueeze(0)
```

```
    return image, image_vis, x_tensor
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

7. ส่วนนี้เป็นส่วนดูรูปภาพหลังจากที่เราใส่ข้อมูลไปแล้ว

```
def visualize(is_show_size=False, **images):
    """PLot images in one row."""
    n = len(images)
    plt.figure(figsize=(10, 6))
    for i, (name, image) in enumerate(images.items()):
        plt.subplot(1, n, i + 1)
        # plt.xticks([])
        # plt.yticks([])
        title = '{}'.format(name) if not is_show_size else '{}: {}'.format(name, image.shape)
        plt.title(title, color='black')
        plt.imshow(image)
    plt.tight_layout()
    plt.show()
```

8. เอา tensor ที่ได้มากลับไปเป็น numpy array

```
def tensor_mask_to_np(predicted_mask):
    return predicted_mask.squeeze().numpy().round()
```

9. ทำการเติมรูปเล็กๆที่เหมือนจะเป็นพื้นที่รอบข้าง

```
def fill_small_area(img: np.ndarray, min_area=500, is_draw=False):
```

```
    img: image's shape (h, w, ch)
```

```
    return: img (np.ndarray) which fill all small area
```

```
    gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
```

```
    thresh = cv2.threshold(gray, 55, 255, cv2.THRESH_BINARY)[1]
```

```
    cnts = cv2.findContours(thresh, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
```

```
    cnts = imutils.grab_contours(cnts)
```

```
    for c in cnts:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```

if cv2.contourArea(c) > min_area :
    if is_draw:
        cv2.drawContours(img, [c], -1, (0, 255, 255), 2)
    else:
        cv2.fillPoly(img, pts=[c], color=0)
return img

```

10. ฟังก์ชันที่จะทำการเอารูปในไดเรกทอรีนั้นๆเข้ามาทำนาย แล้วบันทึกกับไปยัง rootpath ใหม่ เพราะจะเอารูป mask นั้นๆไปใช้ในการฝึกสอนแยกประเภทด้วยน้ำพริก

```

def predict_image(image_root, filenames, save_path, is_visualize=False, is_save=False):
    for i in range(len(filenames)):
        image, image_vis, x_tensor = prepared_image(os.path.join(image_root, filenames[i]))
        predicted_mask = model.predict(x_tensor)
        predicted_mask = tensor_mask_to_np(predicted_mask)

        cv2.imwrite(os.path.join(root_path, 'temp.jpg'), predicted_mask*255)
        predicted_mask = cv2.imread(os.path.join(root_path, 'temp.jpg'))
        predicted_mask = fill_small_area(predicted_mask)

        if is_visualize:
            visualize(
                x_ = x_tensor.squeeze().numpy().reshape(480, 320, 3),
                img = image_vis,
                pred = predicted_mask,
            )

        if is_save:
            cv2.imwrite(os.path.join(save_path, 'masked-{}.jpg'.format(i)), predicted_mask)
            os.remove(os.path.join(root_path, 'temp.jpg'))

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

11. ทำการแสดงผลตามฟังก์ชันด้านบน

```
walk_result = list(os.walk(seep_path))[0]
predict_image(walk_result[0], walk_result[2], masked_seep_path, is_visualize=False,
is_save=True)
walk_result = list(os.walk(non_seep_path))[0]
predict_image(walk_result[0], walk_result[2], masked_non_seep_path, is_visualize=False,
is_save=True)
```

3). เริ่มการ train classification model และทดสอบ

1. ติดตั้งไลบรารีที่ Google Colab ไม่มี

```
!pip install segmentation_models_pytorch &> /dev/null
```

2. นำเข้าไลบรารีที่ใช้งานในส่วนนี้

```
lib_path = os.path.join(root_path, 'ImageSegDataset')
sys.path.insert(0, lib_path)
```

```
from utils import *
import os
import torch
import cv2
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import scipy.misc
import imutils
```

3. ทำการกำหนด rootpath ทั้งหมด

```
root_path = '/content/drive/MyDrive/dataset_online/box_image'
```

```
root_path = os.path.normpath(root_path)
```

```
root_path = '/content/drive/MyDrive/dataset_online/box_image'
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ที่บริษัทได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่บนสื่อใดๆ และสงวนลิขสิทธิ์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```
augment_image_path = os.path.join(root_path, 'augment_image')
```

```
seep_path = os.path.join(augment_image_path, 'seep')
```

```
non_seep_path = os.path.join(augment_image_path, 'non_seep')
```

```
masked_path = os.path.join(root_path, 'masked_image')
```

```
masked_seep_path = os.path.join(masked_path, 'seep')
```

```
masked_non_seep_path = os.path.join(masked_path, 'non_seep')
```

```
seal_model = os.path.join(root_path, 'seal_model.pth')
```

```
paths = [masked_path, masked_non_seep_path, masked_seep_path]
```

```
for path in paths:
```

```
    try:
```

```
        os.mkdir(path)
```

```
    except:
```

```
        pass
```

4. ทำการกำหนด function ที่ต้องการใช้งาน

```
def fill_small_area(img: np.ndarray, min_area=500, is_draw=False):
```

```
    img: image's shape (h, w, ch)
```

```
    return: img (np.ndarray) which fill all small area
```

```
    gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
```

```
    thresh = cv2.threshold(gray, 55, 255, cv2.THRESH_BINARY)[1]
```

```
    cnts = cv2.findContours(thresh, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
```

```
    cnts = imutils.grab_contours(cnts)
```

```
    for c in cnts:
```

```
        if cv2.contourArea(c) > min_area:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รวบรวมไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```

if is_draw:
    cv2.drawContours(img, [c], -1, (0, 255, 255), 2)
else:
    cv2.fillPoly(img, pts=[c], color=0)
return img

```

5. ทำการดาวน์โหลดด้านบนที่เรากำหนด rootpath ไว้แล้ว

```
model = torch.load(seal_model, map_location={'cuda:0': 'cpu'})
```

6. สร้างฟังก์ชันที่ใช้ในการสร้าง mask image

```

def predict_image(image_root, filenames, save_path, is_visualize=False, is_save=False):
    for i in range(len(filenames)):
        image, image_vis, x_tensor = prepared_image(os.path.join(image_root, filenames[i]))
        predicted_mask = model.predict(x_tensor)
        predicted_mask = tensor_mask_to_np(predicted_mask)

        cv2.imwrite(os.path.join(root_path, 'temp.jpg'), predicted_mask*255)
        predicted_mask = cv2.imread(os.path.join(root_path, 'temp.jpg'))
        predicted_mask = fill_small_area(predicted_mask)

        if is_visualize:
            visualize(
                x_ = x_tensor.squeeze().numpy().reshape(480, 320, 3),
                img = image_vis,
                pred = predicted_mask,
            )

        if is_save:
            cv2.imwrite(os.path.join(save_path, 'masked-{}.jpg'.format(i)), predicted_mask)
            os.remove(os.path.join(root_path, 'temp.jpg'))

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

7. ทำการสร้าง mask image จากฟังก์ชันที่เพิ่งสร้าง

```
walk_result = list(os.walk(seep_path))[0]
predict_image(walk_result[0], walk_result[2], masked_seep_path, is_visualize=False,
is_save=True)
walk_result = list(os.walk(non_seep_path))[0]
predict_image(walk_result[0], walk_result[2], masked_non_seep, is_visualize=False,
is_save=True)
```

8. ทำการสร้างโมเดลสำหรับการแยกถ้วยน้ำพริกCNN

8.1 นำเข้าไลบรารีที่ใช้งานในส่วนนี้

```
import os
import torch
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

import torch
import torch.nn as nn
import torch.nn.functional as F
import torch.optim as optim
from torch.optim import lr_scheduler
from torch.utils.data.dataloader import DataLoader
from torch.utils.data import random_split

import torchvision
from torchvision import datasets, models, transforms
from torchvision.datasets import ImageFolder
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

8.2 กำหนด image path ที่เราจะทำการ train

```

root_path = '/content/drive/MyDrive/dataset_online/box_image'

masked_path = os.path.join(root_path, 'masked_image')
masked_seep_path = os.path.join(masked_path, 'seep')
masked_non_seep_path = os.path.join(masked_path, 'non_seep')
batch_size=30

```

8.3 สร้างชุดข้อมูลเพื่อเก็บรูปที่เราจะนำไปเทรน

```

dataset_transform = transforms.Compose([transforms.ToTensor(),
                                       transforms.Normalize((0.5, 0.5, 0.5), (0.5, 0.5, 0.5)),
                                       transforms.Grayscale(1),])
dataset = ImageFolder(root=masked_path, transform=dataset_transform)

```

8.4 ทำการแบ่งชุดข้อมูลออกเป็นหลายๆส่วน

```

random_seed = 42
torch.manual_seed(random_seed);
print(f'len dataset {len(dataset)}')

train_size = int(0.9*len(dataset))
test_size = len(dataset)-train_size
train_ds, test_ds = random_split(dataset, [train_size, test_size])

train_size = int(0.9*len(train_ds))
val_size = len(train_ds)-train_size
train_ds, val_ds = random_split(train_ds, [train_size, val_size])
print(f'len train_ds={len(train_ds)}, test_ds={len(test_ds)}, val_ds={len(val_ds)},
      sum={len(train_ds)+len(test_ds)+len(val_ds)}')

```

```

train_dl = DataLoader(train_ds, batch_size, shuffle=True, num_workers=0)

```

```

val_dl = DataLoader(val_ds, batch_size, num_workers=0)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นแต่มีมติเป็นเอกฉันท์จากคณะกรรมการเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```
test_dl = DataLoader(test_ds, 5, num_workers=0)
```

8.5 กำหนดโมเดลของว่าอยากให้มีสถาปัตยกรรมแบบไหน

```
class ImageClassificationBase(CNNModel):
    def training_step(self, batch):
        images, labels = batch
        out = self(images)          # Generate predictions
        loss = F.cross_entropy(out, labels) # Calculate loss
        return loss

    def validation_step(self, batch):
        images, labels = batch
        out = self(images)          # Generate predictions
        loss = F.cross_entropy(out, labels) # Calculate loss
        acc = accuracy(out, labels)    # Calculate accuracy
        return {'val_loss': loss.detach(), 'val_acc': acc}

    def validation_epoch_end(self, outputs):
        batch_losses = [x['val_loss'] for x in outputs]
        epoch_loss = torch.stack(batch_losses).mean() # Combine losses
        batch_accs = [x['val_acc'] for x in outputs]
        epoch_acc = torch.stack(batch_accs).mean()    # Combine accuracies
        return {'val_loss': epoch_loss.item(), 'val_acc': epoch_acc.item()}

    def epoch_end(self, epoch, result):
        print("Epoch [{}], train_loss: {:.4f}, val_loss: {:.4f}, val_acc: {:.4f}".format(
            epoch, result['train_loss'], result['val_loss'], result['val_acc']))

    def accuracy(outputs, labels):
        _, preds = torch.max(outputs, dim=1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

8.6 สร้างฟังก์ชันที่ใช้ในการประเมินโมเดลและการฝึกสอน

```
def evaluate(model, val_loader):
    model.eval()
    outputs = [model.validation_step(batch) for batch in val_loader]
    return model.validation_epoch_end(outputs)

def fit(epochs, lr, model, train_loader, val_loader, opt_func=torch.optim.SGD):
    history = []
    optimizer = opt_func(model.parameters(), lr)
    for epoch in range(epochs):
        # Training Phase
        model.train()
        train_losses = []
        for batch in train_loader:
            loss = model.training_step(batch)
            train_losses.append(loss)
            loss.backward()
            optimizer.step()
            optimizer.zero_grad()
        # Validation phase
        result = evaluate(model, val_loader)
        result['train_loss'] = torch.stack(train_losses).mean().item()
        model.validation_epoch_end(epoch, result)
        history.append(result)
    return history
```

8.7 เริ่มสร้างโมเดล

```
model = ImageClassificationBase()
```

```
model;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

8.8 เริ่มการเทรน

```
num_epochs = 20
```

```
opt_func = torch.optim.Adam
```

```
lr = 0.0001
```

```
history = fit(num_epochs, lr, model, train_dl, val_dl, opt_func)
```

8.9 สร้างฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการดูการทำงานที่ผ่านมาของโมเดล

```
def plot_accuracies(history):
```

```
    accuracies = [x['val_acc'] for x in history]
```

```
    plt.plot(accuracies, '-x')
```

```
    plt.xlabel('epoch')
```

```
    plt.ylabel('accuracy')
```

```
    plt.title('Accuracy vs. No. of epochs');
```

```
def plot_losses(history):
```

```
    train_losses = [x.get('train_loss') for x in history]
```

```
    val_losses = [x['val_loss'] for x in history]
```

```
    plt.plot(train_losses, '-bx')
```

```
    plt.plot(val_losses, '-rx')
```

```
    plt.xlabel('epoch')
```

```
    plt.ylabel('loss')
```

```
    plt.legend(['Training', 'Validation'])
```

```
    plt.title('Loss vs. No. of epochs');
```

```
plot_accuracies(history)
```

```
plot_losses(history)
```

8.10 ทำการบันทึกโมเดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นที่ มีมติเห็นชอบเปลี่ยนแปลง และต้องขออนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

4). ส่วนใช้งานจริงร่วมกับส่วนPre-trainedและCNN

ทำงานบน google colab เพราะฉะนั้นการดาวน์โหลดโมเดลที่เตรียมไว้มาใช้ต้องมีโครงสร้างของประเภทที่ใช้สร้าง โมเดลนั้น

1. ติดตั้งไลบรารีที่ Google Colab ไม่มี

```
!pip install segmentation-models-pytorch &> /dev/null
```

2. นำเข้าไลบรารีที่ใช้งานในส่วนนี้

```
import os
import sys
from google.colab import drive
from utils import *
from image_classification_model import *
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import imutils
from PIL import Image
from tqdm import tqdm
import torch
from torchvision import transforms
```

3. กำหนด rootpath ที่เราจะใช้ทั้งหมด

```
root_path = '/content/drive/MyDrive/dataset_online/box_image'
root_path = os.path.normpath(root_path)
```

```
lib_path = os.path.join(root_path, 'ImageSegDataset')
sys.path.insert(0, lib_path)
```

```
lib_path = os.path.join(root_path, 'ImageClassification')
sys.path.insert(0, lib_path)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

4. ทำการกำหนด rootpath ที่เราต้องการใช้งาน

```
images_path = os.path.join(root_path, 'augment_image')
seep_img_path = os.path.join(images_path, 'seep')
n_seep_img_path = os.path.join(images_path, 'non_seep')
seal_model_path = os.path.join(root_path, 'seal_model.pth')
seep_model_path = os.path.join(root_path, 'model.pth')
```

5. ทำการดาวน์โหลดมาเพื่อให้ทำงานแบบ cpu

```
seal_model = torch.load(seal_model_path, map_location=torch.device('cpu'))
seep_model = torch.load(seep_model_path, map_location=torch.device('cpu'))
```

6. สร้าง function ที่เราใช้ในการใช้งาน

```
classes = {0:'non_seep',
           1:'seep'}
def predicted(image_path, classes= {0:'non_seep', 1:'seep'}, is_visualize=False):
    image_path(string) : path that image located
    ----
    explain how program flow:
    ----
    return :
    global seal_model
    global seep_model

    _, image_vis, x_tensor = prepared_image(image_path)
    mask_tensor = seal_model.predict(x_tensor)
    mask_np = tensor_mask_to_np(mask_tensor)
    mask_np = (mask_np*255).astype('uint8')
    mask_np = fill_small_area(mask_np)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

```

data_transformer = transforms.Compose([transforms.ToTensor(),
transforms.Normalize((0.5), (0.5)),])
x_tensor = data_transformer(mask_np)
outputs = seep_model(x_tensor.unsqueeze(0))
prob, pred = torch.max(outputs, dim=1)
if classes[pred.item()] == 'seep':
    return None
masked_image = mask_image(image_vis, mask_np, max_value=255, min_value=0)
hsv_image = cv2.cvtColor(masked_image[:,:,:-1], cv2.COLOR_BGR2HSV)

lower_bound = np.array([0, 0, 80])
upper_bound = np.array([180, 65, 255])
uncont_mask = cv2.inRange(hsv_image, lower_bound, upper_bound)

uncont_mask = cv2.erode(uncont_mask, None, iterations=1) # remove white edge,
reducing noise
uncont_mask = cv2.dilate(uncont_mask, None, iterations=1)

sigma_area = np.count_nonzero(mask_np)
unconta_area = np.count_nonzero(uncont_mask)

if is_visualize:
    visualize(is_show_size=True,
            image_vis=image_vis,
            seal=masked_image,
            uncont_mask=uncont_mask)

return round(100-(unconta_area*100/sigma_area),2)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

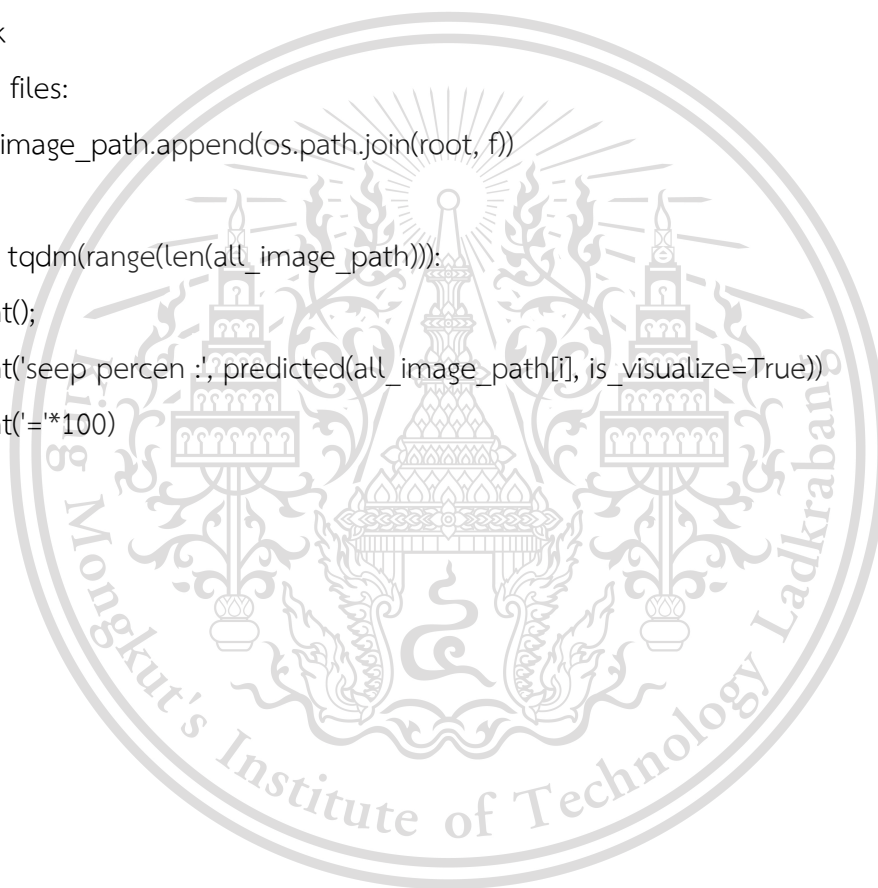
การดูผลลัพธ์

```

all_image_path = []
for root, dirs, files in os.walk(seep_img_path):
    break
for f in files:
    all_image_path.append(os.path.join(root, f))
for root, dirs, files in os.walk(n_seep_img_path):
    break
for f in files:
    all_image_path.append(os.path.join(root, f))

for i in tqdm(range(len(all_image_path))):
    print();
    print('seep percen :, predicted(all_image_path[i], is_visualize=True))
    print('='*100)

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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









เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ ข.1 ภาพตัวอย่างถ้วยน้ำพริกที่ใช้ในการเปรียบเทียบร้อยละความแตกต่างของพื้นที่รอยปิด
ผนึกจากภาพเริ่มต้นกับพื้นที่รอยปิดผนึกที่โปรแกรมตรวจจับได้







ที่	ภาพถ้วยน้ำพริก ก่อนโปรแกรมทำ การตรวจจับรอย ปิดผนึก	ภาพรอยปิดผนึกที่ โปรแกรมตรวจจับ ได้	พื้นที่รอยปิด ผนึกถ้วยน้ำพริก ก่อนโปรแกรม ทำการตรวจจับ	พื้นที่รอยปิด ผนึกที่โปรแกรม ตรวจจับได้	เปอร์เซ็นต์ ความแตกต่าง
1.			8.83	8.97	1.61
2.			13.85	13.70	1.04
3.			8.09	9.08	12.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ ข.1 ภาพตัวอย่างถ้วยน้ำพริกที่ใช้ในการเปรียบเทียบร้อยละความแตกต่างของพื้นที่รอยปิด
ผนึกจากภาพเริ่มต้นกับพื้นที่รอยปิดผนึกที่โปรแกรมตรวจจับได้ (ต่อ)

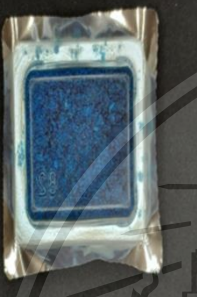





ที่	ภาพถ้วยน้ำพริก ก่อนโปรแกรมทำ การตรวจจับรอย ปิดผนึก	ภาพรอยปิดผนึกที่ โปรแกรมตรวจจับ ได้	พื้นที่รอยปิด ผนึกถ้วยน้ำพริก ก่อนโปรแกรม ทำการตรวจจับ	พื้นที่รอยปิด ผนึกที่โปรแกรม ตรวจจับได้	ร้อยละความ แตกต่าง
4.			11.34	12.10	6.73
5.			11.85	12.17	2.71
6.			12.86	13.18	3.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ ข.1 ภาพตัวอย่างถ้วยน้ำพริกที่ใช้ในการเปรียบเทียบร้อยละความแตกต่างของพื้นที่รอยปิด
ผนึกจากภาพเริ่มต้นกับพื้นที่รอยปิดผนึกที่โปรแกรมตรวจจับได้ (ต่อ)

ที่	ภาพถ้วยน้ำพริก ก่อนโปรแกรมทำ การตรวจจับรอย ปิดผนึก	ภาพรอยปิดผนึกที่ โปรแกรมตรวจจับ ได้	พื้นที่รอยปิด ผนึกถ้วยน้ำพริก ก่อนโปรแกรม ทำการตรวจจับ	พื้นที่รอยปิด ผนึกที่โปรแกรม ตรวจจับได้	ร้อยละความ แตกต่าง
7.			11.36	10.97	3.43
8.			12.31	10.87	11.66
9.			11.69	11.42	2.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ ข.1 ภาพตัวอย่างถ้วยน้ำพริกที่ใช้ในการเปรียบเทียบร้อยละความแตกต่างของพื้นที่รอยปิดผนึก จากภาพเริ่มต้นกับพื้นที่รอยปิดผนึกที่โปรแกรมตรวจจับได้ (ต่อ)





ที่	ภาพถ้วยน้ำพริก ก่อนโปรแกรมทำการตรวจจับรอยปิดผนึก	ภาพรอยปิดผนึกที่ โปรแกรมตรวจจับ ได้	พื้นที่รอยปิด ผนึกถ้วยน้ำพริก ก่อนโปรแกรม ทำการตรวจจับ	พื้นที่รอยปิด ผนึกที่โปรแกรม ตรวจจับได้	ร้อยละความ แตกต่าง
10.			11.37	11.17	1.71
เฉลี่ย					4.22 ± 3.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ ข.2 ภาพตัวอย่างถ้วยน้ำพริกที่ใช้ในการเปรียบเทียบร้อยละความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่ImageJตรวจจับกับเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่โปรแกรมตรวจจับ





ที่	ภาพรอยเปื้อนของน้ำพริกบนพื้นที่ปิดผนึก	เปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่ตรวจวัดด้วย ImageJ	เปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่โปรแกรมแสดงออกมา	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
1.		4.34	4.51	3.83
2.		5.12	4.83	5.67
3.		0.40	0.35	13.67
4.		6.78	5.10	24.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีที่ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ ข.2 ภาพตัวอย่างถ้วยน้ำพริกที่ใช้ในการเปรียบเทียบร้อยละความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่ImageJตรวจจับกับเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่โปรแกรมตรวจจับ (ต่อ)



ที่	ภาพรอยเปื้อนของน้ำพริกบนพื้นที่ปิดผนึก	เปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่ตรวจวัดด้วย ImageJ	เปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่โปรแกรมแสดงออกมา	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
5.		5.23	5.05	3.53
6.		5.38	4.94	8.15
7.		5.90	5.87	0.54
8.		6.96	6.09	12.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาไปใช้

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

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

ตารางที่ ข.2 ภาพตัวอย่างถ้วยน้ำพริกที่ใช้ในการเปรียบเทียบร้อยละความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่ImageJตรวจจับกับเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่โปรแกรมตรวจจับ (ต่อ)

ที่	ภาพรอยเปื้อนของน้ำพริกบนพื้นที่ปิดผนึก	เปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่ตรวจวัดด้วย ImageJ	เปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่โปรแกรมแสดงออกมา	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
9.		5.65	6.02	6.55
10.		4.92	5.57	13.18
เฉลี่ย				9.25±7.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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