

การตรวจสอบไข่ไก่ที่ไม่มีเชื้อโดยใช้การมองเห็นของเครื่องและเทคนิคการประมวลผลภาพ

THE INSPECTION OF UNFERTILIZED CHICKEN EGGS BY USING COMPUTER
VISION AND IMAGE PROCESSING TECHNIQUES



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2566

KMITL-2023-EN-M-027-076

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE INSPECTION OF UNFERTILIZED CHICKEN EGGS BY USING COMPUTER
VISION AND IMAGE PROCESSING TECHNIQUES



WORANIDTHA KRUNGSEANMUANG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2023

KMITL-2023-EN-M-027-076

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2023

SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตรวจสอบไขไก่ที่ไม่มีเชื้อโดยใช้การมองเห็นของเครื่องและเทคนิคการประมวลผลภาพ
นักศึกษา	นางสาววรนิษฐา กรุงเทพมหานคร
รหัสประจำตัว	64601122
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
พ.ศ.	2566
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. อรรถสิทธิ์ หล้าสกุล

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนออัลกอริทึมในการตรวจสอบไขไก่ที่ไม่มีเชื้อจากนั้นสามารถระบุตำแหน่งของไขไก่ที่ไม่มีเชื้อได้ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพและการมองเห็นของเครื่อง การทำงานนั้นเริ่มจากการนำเข้าภาพไขไก่ที่ได้รับการฟอกมาแล้ว 18 วัน โดยการนำไข่ทีละ 24 ฟอง เข้าไปในกล่องดำเพื่อกำหนดสภาพแวดล้อมให้มืดแสงที่เหมาะสมสำหรับการเก็บภาพ และไข่ทั้งหมดจะถูกส่องไฟที่ด้านล่าง จากนั้นได้ใช้กล้องเว็บแคม Logitech brio 4K เก็บภาพของไข่ทั้งหมดด้วยการถ่ายแบบมุมมองของนก (Bird eyes view) หรือมุมมองแบบ 90 องศา แล้วรูปภาพจะถูกนำไปประมวลผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ อัลกอริทึมนี้สามารถใช้งานได้จริงหากได้นำเข้าไปรวมกับการสร้างเครื่องตรวจสอบ และจะช่วยให้สามารถไปทำเป็นระบบอัตโนมัติได้ในอนาคตโดยไม่ต้องใช้มนุษย์เป็นคนหยิบออก เนื่องจากสามารถระบุตำแหน่งได้อย่างแม่นยำ โดยผลลัพธ์ของการทดลองมีค่าความแม่นยำ (Accuracy, ACC) 100% ค่าความผิดพลาด (Error) 0% และค่าความเร็วของการประมวลผล (Computation time) 0.0485 วินาที

Thesis Title	The Inspection Of Unfertilized Chicken Eggs By Using Computer Vision And Image Processing Techniques
Student	Ms.Woranidtha Krungseanmuang
Student ID.	64601122
Degree	Master of Engineering
Program	Electrical and Computer Engineering
Year	2023
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Attasit Lasakul

ABSTRACT

This thesis introduces an algorithm designed to identify unfertilized eggs and subsequently locate them using computer vision and image processing techniques. The research commenced by importing images of chicken eggs that had undergone an 18-day incubation period. To ensure optimal lighting conditions for image capture, each of the 24 eggs was placed inside a black box with illumination provided from the bottom. Utilizing a Logitech Brio 4K webcam, all the eggs were captured from a bird's-eye view or a 90-degree perspective, and the resulting images were processed using a computer. The integration of this algorithm into the construction of the validator holds the potential for its effective functionality. Moreover, it paves the way for future automation without requiring human intervention due to its precise positioning capabilities. The results of the experiment were accurate 100%, error rate 0% and computation time 0.0485 seconds.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วย การมอบความช่วยเหลือ มอบความรู้ และมอบคำปรึกษาที่ดีจาก อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. อรรถสิทธิ์ หล้าสกุล ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ รศ.ดร. บุญยชนะ ภูระหงษ์ ผู้ที่คอยอยู่เบื้องหลัง คอยให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือต่าง ๆ เสมอมา

ขอขอบคุณ ดร.ไอศูรย์ กาญจนสุรัตน์ ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา ความรู้เกี่ยวกับการเขียนวิทยานิพนธ์ และวิธีการประมวลผลภาพต่าง ๆ เสมอมา

ขอบคุณ รศ.ดร. ขวลิต เบญจางคประเสริฐ ที่คอยให้คำแนะนำ ในเรื่องต่าง ๆ ที่สมควร และขอขอบคุณครอบครัวที่คอยสนับสนุนตลอดการศึกษานี้ ทั้ง พ่อ แม่ พี่สาว ป้า ๆ และ ยาย ที่ให้ กำลังสนับสนุนมาตลอด ทั้งด้านการเงินและกำลังใจ

วรนิษฐา กรุงเทพมหานคร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
Abstract.....	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์.....	1
1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย	1
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ไข่ไก่.....	3
2.2 การฟักไข่ไก่.....	4
2.2.1 การส่องไข่ฟัก.....	4
2.3 ภาพดิจิทัล (Digital Image).....	6
2.3.1 ภาพระดับสีเทา (Grayscale Image).....	6
2.3.2 ภาพสองระดับ (Binary Image).....	7
2.3.3 ฮิสโตแกรม (Histogram)	9
2.3.4 ระบบสี RGB.....	10
2.3.5 ระบบสี HSV.....	11
2.4 มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ (Morphology).....	12
2.4.1 ไดเลชัน (Dilation).....	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.2 อีรอน (Erosion)	14
2.4.3 โคลสซิง (Closing)	15
2.4.4 โอเพนนิ่ง (Opening)	16
2.5 โปรแกรมและภาษาคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้อง	17
2.5.1 โปรแกรม Visual Studio Code	17
2.5.2 ภาษา Python	18
2.5.3 OpenCV	19
2.5.4 Numpy	19
2.6 ทบทวนวรรณกรรม	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง	22
3.1 บทนำ	22
3.2 การนำเข้าภาพไซโก	23
3.3 การแบ่งภาพไซแต่ละฟอง	25
3.4 การเปลี่ยนชนิดสีของภาพจาก BGR เป็น HSV	25
3.5 การตัดเฉพาะส่วนกลางของภาพ	26
3.6 การกำหนดช่วงสี	26
3.7 การตรวจจับไซที่ไม่มีเชื้อ	27
3.8 การระบุตำแหน่ง	27
3.9 การประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการตรวจจับไซโกที่ไม่มีเชื้อและการระบุตำแหน่ง	28
บทที่ 4 ผลการทดลอง	29
4.1 บทนำ	29
4.2 ข้อมูลภาพไซโกฟัก	29
4.3 ผลของการปรับปรุงภาพ	29
4.4 ช่วงของสีที่ใช้ในการตรวจจับ	42

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5 ผลของการทดลองใช้อัลกอริทึมการตรวจจับไปไก่ที่ไม่มีเชื้อและการระบุตำแหน่ง	43
บทที่ 5 บทนำ	58
5.1 สรุปผลและวิจารณ์การทดลอง	58
5.2 ข้อเสนอแนะ	58
เอกสารอ้างอิง	59
ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์	62
ประวัติผู้เขียน	63



สารบัญตาราง

	หน้า
2.1 ลักษณะภายในของไซท์ที่ผ่านการส่องไฟ	5
4.1 ผลการปรับปรุงภาพ	30
4.2 ผลการทดลองอัลกอริทึมการตรวจจับไซท์ไม่เชื่อด้วยการประมวลผลภาพรายฟอง	44
4.3 Confusion matrix การตรวจจับไซท์ไม่เชื่อ	54
4.4 ผลการทดลองอัลกอริทึมการตรวจจับไซท์ไม่เชื่อด้วยการประมวลผลภาพและระบุตำแหน่ง	55
4.5 Confusion Matrix การระบุตำแหน่ง	57



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของไข่ไก่.....	3
2.2 ภาพที่แสดงความเข้มสี(ซ้าย) และ อาร์เรย์แสดงภาพสองมิติ (ขวา)	7
2.3 การแทนค่าจุดภาพในภาพระดับสีเทา	7
2.4 ภาพขาวดำ และค่าความสว่างของแต่ละจุดภาพ.....	8
2.5 ฮิสโตแกรมที่วัดดูและพื้นหลังมีค่าความเข้มแสงแยกออกจากกัน	9
2.6 ตัวอย่างภาพการพล็อตฮิสโตแกรม	10
2.7 ตัวอย่างมาตรฐานสีในระบบ RGB	11
2.8 ตัวอย่างมาตรฐานสีในระบบ HSV	12
2.9 ตัวอย่างจุดภาพในเมทริกซ์ 2 มิติ	13
2.10 จุดภาพเริ่มต้นของเซต B จุดภาพเริ่มต้นของเซต A และการโตเลชันของเซต A+B.....	14
2.11 จุดภาพเริ่มต้นของเซต B จุดภาพเริ่มต้นของเซต A และการอีโรชันของเซต A-B.....	15
2.12 จุดภาพเริ่มต้นของเซต B จุดภาพเริ่มต้นของเซต A และการทำโคลสซิง (A+B)-B	16
2.13 จุดภาพเริ่มต้นของเซต B จุดภาพเริ่มต้นของเซต A และการทำโอเพนนิ่ง (A-B)+B.....	16
2.14 หน้าต่างโปรแกรม Visual Studio Code.....	17
2.15 สัญลักษณ์ภาษา Python.....	18
2.16 สัญลักษณ์ OpenCV	19
2.17 สัญลักษณ์ Numpy.....	20
3.1 อัลกอริทึมการตรวจสอบไข่ไก่ที่ไม่มีเชื้อและการระบุตำแหน่ง	22
3.2 แบบของตำแหน่งการวางไข่ไก่และตำแหน่งของไฟ	23
3.3 แบบการวางไข่และตำแหน่งของกล้อง.....	24
3.4 แบบการเชื่อมต่อทั้งระบบ	24
3.5 แผนภาพวิธีการตัดภาพ	25
3.6 แผนภาพวิธีการตัดกึ่งกลางของภาพ.....	26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.7 แผนภาพวิธีการตรวจหาไขที่ไม่มีเชื้อ.....	27
4.1 (ก) ข้อมูลขาเข้าตั้งแต่แรกเริ่มของระบบ (ข) การตัดแบ่งช่วงของไขแต่ละฟอง.....	30
4.2 (ก) กึ่งกลางของไขมีเชื้อ (ข) กึ่งกลางของไขไม่มีเชื้อ.....	30
4.3 ช่วงของสีที่ใช้ในการตรวจจับ.....	43



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยส่งออกไก่เนื้อประมาณปีละ 933,000 ตัน [1] หรือตกปีละ 466,500,000 ตัว ยังไม่รวมที่บริโภคในประเทศ ซึ่งหมายความว่าในหนึ่งปีมีไข่ไก่มากกว่า 400 ล้านฟองที่จะถูกฟัก และมีไข่ไก่อีกจำนวนมากที่ไม่ถูกฟักออกมาเนื่องจากหลาย ๆ ปัจจัย จากข้อมูลของกรมปศุสัตว์ประเทศไทย ไข่ไก่สามารถผลิตได้ 42 ล้านฟองต่อวัน [2] และในสวนฟาร์มไข่ขนาดใหญ่ ระบบสายพานลำเลียงจะขนส่งไข่ที่ผลิตได้ในอัตราประมาณ 400,000 ฟองต่อวัน หรือประมาณ 18 ฟองต่อวินาที จากเล้าไก่การนับไข่ที่ขนส่งด้วยอัตราไข่ต่อวินาทีที่สูงบนสายพานนั้นยากมาก และมีก่อบริการที่ซับซ้อนกันอยู่เสมอ ในระหว่างขั้นตอนการขนส่งในส่วนของการตรวจสอบไข่ที่ไม่ผ่านคุณภาพ หรือไข่ที่ไม่มีเชื้อนั้นย่อมใช้เวลาที่นานในการตรวจสอบ อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบไข่ได้เพียงทีละฟองอีกด้วยหากต้องส่องไฟตรวจสอบไข่ที่มีเชื้อ

จากที่ได้กล่าวมานี้จึงนำเสนออัลกอริทึมการตรวจสอบไข่ไม่มีเชื้อด้วยการมองเห็นของเครื่องและระบบการประมวลผลภาพขึ้นมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจสอบไข่ที่ไม่มีเชื้อให้มากกว่าการตรวจสอบโดยการส่องไฟทีละฟอง

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. เพื่อตรวจจับไข่ที่ไม่มีเชื้อที่ปะปนอยู่กับไข่ที่มีเชื้อหลังจากการฟักไปแล้ว 18 วัน ด้วยคอมพิวเตอร์วิทัศน์
2. เพื่อระบุตำแหน่งของฟองไข่ที่ไม่มีเชื้อได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย

หลักการที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ การใช้การมองเห็นของเครื่องร่วมกับการใช้เทคนิคการประมวลผลของภาพ มาสร้างอัลกอริทึมในการตรวจหาไข่ไม่มีเชื้อและการระบุตำแหน่งของไข่ที่ไม่มีเชื้อที่ปะปนอยู่กับไข่ที่มีเชื้อ โดยในงานวิจัยนี้มีการบันทึกตำแหน่งของภาพไข่แต่ละฟองและทำการนำภาพของไข่ที่มีเชื้อและไม่มีเชื้อ

มาตรวจหาช่วงของสีและความสว่างของช่วงสีนั้น ๆ เพื่อตรวจสอบหาไข่มิมีเชื้อและจากนั้นก็ทำการระบุตำแหน่งของไข่มิมีเชื้อลงไปในภาพที่แสดงตำแหน่งโดยรวมของทั้งแผง

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมด้วยข้อมูลภาพที่ประกอบไปด้วยภาพไข่มิมีเชื้อที่ผ่านการฟอกมา 18 วัน
2. ทดสอบประสิทธิภาพของการระบุตำแหน่งของไข่มิมีเชื้อ
3. ประเมินประสิทธิภาพด้วย ค่าความแม่นยำ (Accuracy) ค่าความผิดพลาด (Error) และระยะเวลาในการประมวลผล (Computation time)

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

1. ค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการตรวจไข่มิมีเชื้อ และหาความแตกต่างทางกายภาพที่สามารถมองเห็นได้ระหว่างไข่มิมีเชื้อและไข่มิมีเชื้อ
2. การตั้งสมมติฐานที่พบจากการศึกษาไข่มิมีเชื้อและไข่มิมีเชื้อ
3. ทดลองสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการรับเข้าข้อมูลภาพไข่มิมีเชื้อและมิมีเชื้อให้สามารถมองเห็นข้อแตกต่างได้มากที่สุด
4. นำเทคนิคการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้กับภาพที่รับเข้ามา
5. ทดลองอัลกอริทึมที่ใช้ในการการตรวจสอบหาไข่มิมีเชื้อและการระบุตำแหน่ง
6. ประเมินผลการทดลองของอัลกอริทึมการตรวจสอบหาไข่มิมีเชื้อและการระบุตำแหน่ง
7. สรุปผลการทดลองของอัลกอริทึมการตรวจสอบหาไข่มิมีเชื้อและการระบุตำแหน่ง

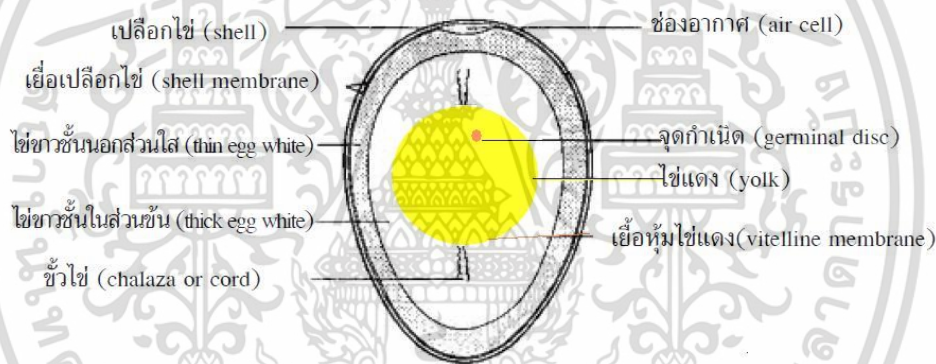
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไข่ไก่ (Egg) [3]

ไข่ไก่เป็นอาหารที่มีโภชนาการสูง สามารถรับประทานได้ทุกเพศทุกวัย และมีราคาถูก แต่ นอกเหนือจากไข่ไก่จะเป็นอาหารได้แล้วนั้น ยังสามารถพัฒนาไปเป็นตัวอ่อนและฟักออกมาเป็นลูกไก่ได้หากไข่ ฟองนั้นได้มีการปฏิสนธิ หรือเรียกว่าไข่มีเชื้อ ไข่ไก่นั้นมีองค์ประกอบหลัก ๆ ทั้งหมด 8 ส่วน ดังที่แสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของไข่ไก่

หมายเหตุ. จาก <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1146/egg-ไข่> [20]

- 1) เปลือกไข่ เป็นส่วนที่อยู่ด้านนอกสุดของไข่ มีลักษณะแข็ง มีคอลลาเจนและมีแคลเซียมคาร์บอเนต มีรูขนาดเล็กมากมายเพื่อเป็นส่วนที่ให้อากาศและความชื้นผ่านเข้าไปได้ เพื่อใช้เป็นกระบวนการฟักตัว เปลือก ไข่มีหลากหลายสี ไม่ว่าจะเป็น สีน้ำตาล สีขาว ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของแม่ไก่
- 2) เยื่อหุ้มไข่ มีหน้าที่ป้องกันจุลินทรีย์ ประกอบไปด้วย 2 ชั้น คือ เยื่อชั้นนอก (Shell membrane) และเยื่อชั้นใน (Egg membrane)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) โพรงอากาศ เป็นช่องว่างที่อยู่ด้านบนของไข่ อยู่ระหว่างเยื่อหุ้มไข่ชั้นนอกและเยื่อหุ้มชั้นใน หากจะฟักไข่จำเป็นต้องวางให้โพรงอากาศอยู่ทางด้านบนของไข่ หรือวางด้านบนไว้ข้างบนนั่นเอง 4) ไข่ขาว (มีชั้นนอก และชั้นใน) มีลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อนหรือใส เป็นน้ำหนักเป็น 70% ของไข่ทั้งฟอง ชั้นนอกสุดจะใสและมีลักษณะเหลว ชั้นต่อมาเป็นไข่ขาวชั้นล้อมรอบไข่แดง

5) เยื่อหุ้มไข่แดง มีความสำคัญคือช่วยห่อหุ้มไข่แดงให้คงรูป

6) ไข่แดง เป็นแหล่งอาหารสำหรับตัวอ่อน มีสีส้มหรือแดงตรงกลาง มีน้ำ โปรตีน และ ไขมัน มากกว่าไข่ขาว

7) ขั้วไข่ หรือขั้วยึดไข่แดง เป็นลักษณะเส้นเกลียวยื่นออกมาเกี่ยวกับไข่แดงไว้เพื่อป้องกันไม่ให้ไข่แดงขยับ

8) จุดกำเนิด จุดที่สามารถเจริญเป็นตัวอ่อนเมื่อได้รับการผสม

2.2 การฟักไข่ [4]

การฟักไข่ในปัจจุบันเป็นการฟักในรูปแบบของอุตสาหกรรมมีการฟักไข่เป็นหลักแสนฟองด้วยโรงฟักไข่ที่ทันสมัย ใช้ระบบการฟักเป็นแบบเข้าออกทางเดียว (One way) นอกจากนี้ระบบการฟักในโรงฟักที่มีขนาดใหญ่จะใช้แบบระบบต่อเนื่อง คือ นำไข่ฟักที่มีอายุต่างกัน เข้าฟักในตู้ฟักเดียวกัน มีการหมุนไข่ฟักที่เพิ่งนำเข้าฟักเช่นเดียวกัน โดยไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อไข่ฟักที่กำลังฟักอยู่เดิม ในการฟักไข่ด้วยตู้ฟักเป็นการพัฒนาวิธีการฟักมาจากการฟักไข่ตามวิถีธรรมชาติ ซึ่งวิธีการ สภาพต่าง ๆ ภายในตู้ฟัก และระยะเวลาในการฟักจะแตกต่างกันไปตามชนิดของไข่ที่นำเข้าฟัก เช่น ไข่ไก่ใช้เวลาในการฟักนาน 21 วัน (เข้าห้องฟัก 18 วัน เข้าห้องเกิด 3 วัน)

ปัจจัยสำคัญในการฟักไข่มี 5 ปัจจัยหลัก ๆ ด้วยกัน คือ อุณหภูมิ (Temperature) ความชื้น (Humidity) อากาศและการถ่ายเทอากาศในตู้ฟัก (Ventilation) การวางไข่ในตู้ฟัก (Egg positioning) และการกลับไข่ฟัก (Egg turning)

2.2.1 การส่องไข่ฟัก

การส่องไข่ฟักนั้นทำเพื่อการตรวจสอบหาไข่ที่มีเชื้อ ไข่เชื้อตายหรือสิ่งผิดปกติในฟองไข่ โดยใช้วิธีการใช้ไฟฉายส่องไปที่ไข่โดยไม่ให้มีแสงรอดออกมาและต้องทำภายในในที่มืดสว่างมากเกินไป เพื่อการมองเห็นที่ชัดเจน

ไข่เปลือกสีขาวนั้นจะส่องง่ายกว่าไข่เปลือกสีน้ำตาล เพราะความเข้มของเปลือกไข่นั้นมีผลเป็นอย่างมากกับการส่องไฟ ยิ่งเปลือกไข่มีสีอ่อนแสงไฟที่ส่องไปย่อมเดินทางผ่านเปลือกได้ง่ายกว่าไข่ที่มีเปลือกสีเข้ม ในโรงงานอุตสาหกรรมปัจจุบันมักจะทำการส่องตรวจสอบไข่ประมาณวันที่ 7 ของการฟักไข่ และจะตรวจสอบที่เดียวคือวันสุดท้ายของการฟักไข่ หรือวันที่ 18 ของการฟักไข่นั้นเอง

การส่องไฟมักจะเห็นส่วน ๆ ข้างในของไข่ได้ไม่เหมือนกันแต่ละช่วงของเวลาการฟัก ดังที่แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ลักษณะภายในของไข่ที่ผ่านการส่องไฟ

อายุการฟัก (วัน)	ไข่ไม่มีเชื้อ	ไข่เชื้อตาย	ไข่เชื้อเป็น
3-7	<ul style="list-style-type: none"> - ใส เห็นภาพไข่แดงวาง ๆ - หากเป็นไข่เก็บไว้นาน ๆ อาจจะมีไข่แดงค่อนข้างนอนกัน 	<ul style="list-style-type: none"> - ขุ่น นอนกัน เส้นเลือดไม่ประสานกันเป็นร่างแห - อาจจะเป็นวงแหวนหรือจุดดำ 	<ul style="list-style-type: none"> - มีเส้นเลือดแดงสีสดประสานกันเป็นร่างแห - เชื้อเคลื่อนไหวได้ขณะส่อง
14	<ul style="list-style-type: none"> - เห็นภายในไข่มีช่องอากาศโต - เงาไข่แดงอยู่ด้านข้างและสีซีดมาก 	<ul style="list-style-type: none"> - ขนาดตัวอ่อนลูกไก่เจริญน้อย ไม่แจ่มชัด - ถ้าเชื้อตายใหม่ ๆ อาจเห็นเส้นเลือดเป็นร่างแหบ้างแต่เชื้อไม่เคลื่อนไหว 	<ul style="list-style-type: none"> - ลูกไก่โตขึ้น ดูค่อนข้างมืดทึบ - ช่องอากาศใหญ่ขึ้น - ลูกไก่เคลื่อนไหวได้และเห็นหัวใจเด่น
18		<ul style="list-style-type: none"> - เช่นเดียวกับ 14 วัน แต่เห็นลูกไก่โตกว่า - สีเลือดซีด หรือจางมาก - เห็นเงาทึบบางส่วน 	<ul style="list-style-type: none"> - เนื้อที่ครึ่งฟองไข่หรือมากกว่านั้น มีลักษณะทึบแสง - เห็นเส้นเลือดตอนล่างชัด - อาจเห็นลูกไก่กำลังเคลื่อนไหว

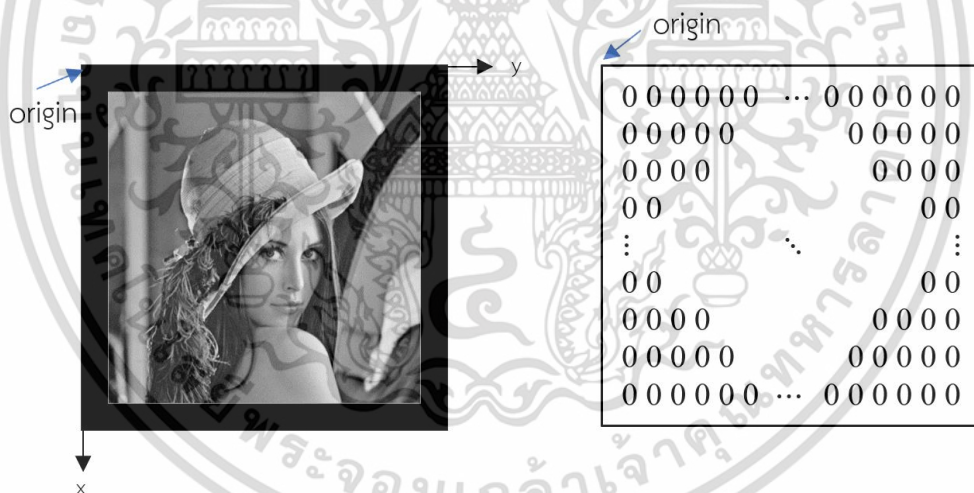
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ภาพดิจิทัล (Digital Image) [5, 6]

ภาพดิจิทัลนั้นแท้จริงแล้วเป็นเพียงการอาร์เรย์แบบสองมิติเท่านั้น สามารถแทนภาพดิจิทัลจากฟังก์ชัน $f(x, y)$ โดยที่ (x, y) เป็นพิกัดของจุดภาพ จากนั้นจะนำเลขจำนวนเต็มมาใช้ในแต่ละพิกัด จะได้เป็น $x = 0, 1, 2, 3, \dots, M-1$ และ $y = 0, 1, 2, 3, \dots, N-1$ ซึ่ง M แทนจำนวนแถว และ N แทนจำนวนหลัก ในส่วนของ $f(x, y)$ แทนค่าความสว่างของจุดภาพนั้น ๆ หากภาพนั้นมีจุดเริ่มต้นที่ตำแหน่ง $(0, 0)$ จะได้สมการในรูปแบบเมทริกซ์ดังที่แสดงในสมการที่ 2.1

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

จากสมการเบื้องต้น ตำแหน่งต่าง ๆ ในเมทริกซ์นี้มีหน่วยเรียกว่า หน่วยภาพ จุดภาพ หรือ พิกเซล (pixel)



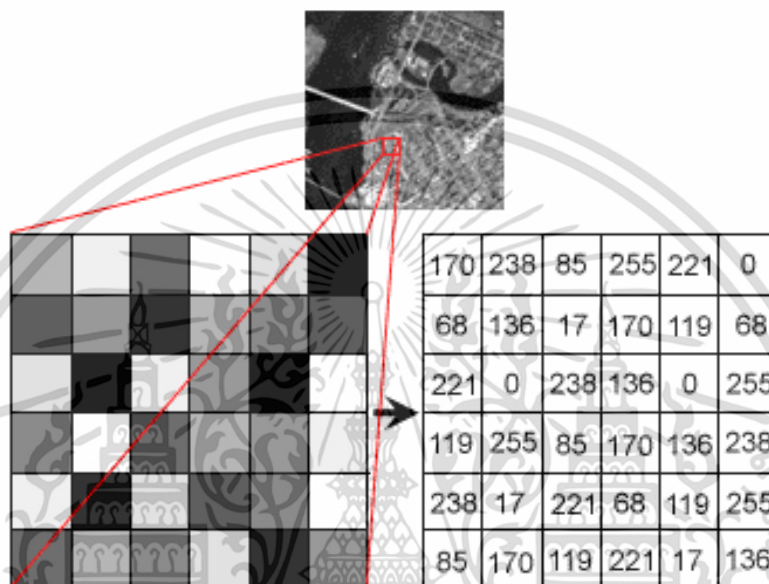
รูปที่ 2.2 ภาพที่แสดงความเข้มสี(ซ้าย) และ อาร์เรย์แสดงภาพสองมิติ (ขวา)

2.3.1 ภาพระดับสีเทา (Grayscale Image)

ระดับสีเทาเป็นค่าซึ่งระบุความสว่างหรือความเข้มที่ค่าตั้งแต่ 0-255 (0 คือระดับเข้มสูงสุด หรือ สีดำ และ 255 คือระดับสว่างสูงสุด หรือ สีขาว ส่วนค่าระหว่างนั้นคือสีเทาที่ระดับความสว่างต่าง ๆ) การเปลี่ยน

ภาพจากระบบสีอาร์จีบี (RGB) เป็นระดับสีเทา (Grayscale) ใช้วิธีการคิดตามความสว่างของแต่ละแม่สี โดยมีรูปแบบดังสมการที่ 2.2

$$\text{Grayscale Image} = (0.299 \times R) + (0.587 \times G) + (0.114 \times B) \quad (2.2)$$



รูปที่ 2.3 การแทนค่าจุดภาพในภาพระดับสีเทา

2.3.2 ภาพสองระดับ (Binary Image)

ภาพสองระดับ หรือ ภาพขาวดำ คือ ภาพที่ทำให้มีการแสดงผลความสว่างออกมาแค่เพียง 2 ระดับ ซึ่งค่าที่ใช้แสดงผลขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้จัดเก็บภาพนั้น ๆ ดังที่แสดงไว้ในสมการที่ 2.3 ทั้งนี้ส่วนใหญ่แล้วมักใช้การแทนค่าด้วย 0 และ 1 หรือเรียกว่า ภาพ 1 บิต (Bit) โดย 1 แทนด้วยจุดภาพที่มีสีขาว และ 0 แทนด้วยจุดภาพที่มีสีดำ ซึ่งถูกเรียกว่า ภาพสองระดับ (Binary Image)

$$D = \begin{cases} 0, & \text{ถ้า } I < T \\ 2^B - 1, & \text{กรณีอื่น ๆ} \end{cases} \quad (2.3)$$

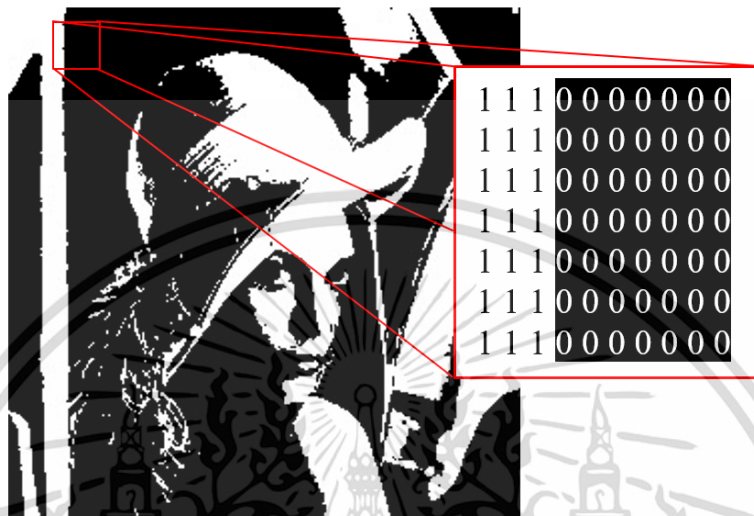
เมื่อ B คือ จำนวนบิตของระบบภาพ

I คือ ค่าความเข้มแสงของจุดภาพ ณ ตำแหน่งที่กำลังพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

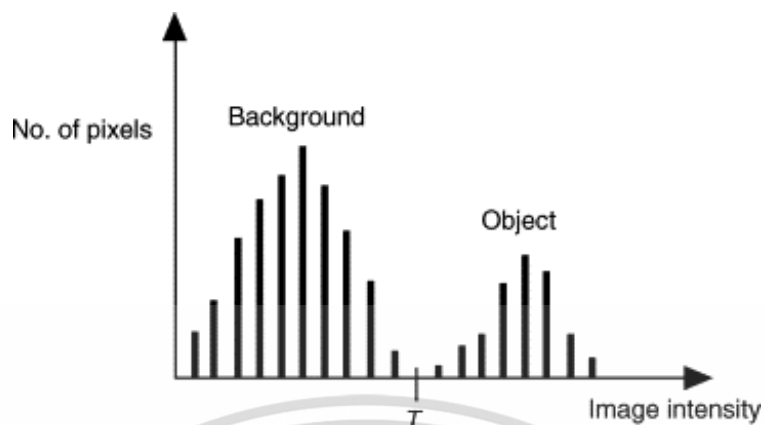
D คือ ค่าความเข้มแสงของจุดภาพในตำแหน่งเดียวกันหลังพิจารณา

T คือ ค่าขีดแบ่ง (Threshold)



รูปที่ 2.4 ภาพขาวดำ และค่าความสว่างของแต่ละจุดภาพ

วิธีการกำหนดขีดแบ่ง (Thresholding Technique) ตามสมการที่ 2.3 เป็นวิธีการกำหนดค่าขีดแบ่งแบบค่าเชิงเดี่ยว (Single Threshold) คือการพิจารณาจุดภาพแต่ละจุดในภาพ ว่าจุดใดควรเป็นจุดขาว หรือจุดใดควรเป็นจุดดำ โดยทำการเปรียบเทียบค่าของแต่ละจุดภาพ ($f(x, y)$) กับค่าคงที่ซึ่งเรียกว่า “ค่าขีดแบ่ง” หากค่าจุดภาพจุดใด ๆ ที่มีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่งที่กำหนดไว้ถูกกำหนดเป็น 1 (จุดขาว) และถ้าค่าของจุดภาพใด ๆ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่งถูกกำหนดให้เป็น 0 (จุดดำ) สำหรับเทคนิคนี้นิยมใช้กันมากในกรณีที่ความเข้มแสงของบริเวณที่เป็นวัตถุ (Object) ที่สนใจ และบริเวณที่เป็นฉากหลัง (Background) มีความแตกต่างกันพอสมควร ซึ่งค่าขีดแบ่งที่เลือกใช้นั้น ต้องสามารถแบ่งฉากหลังและวัตถุออกจากกันได้เป็นอย่างดี ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.5



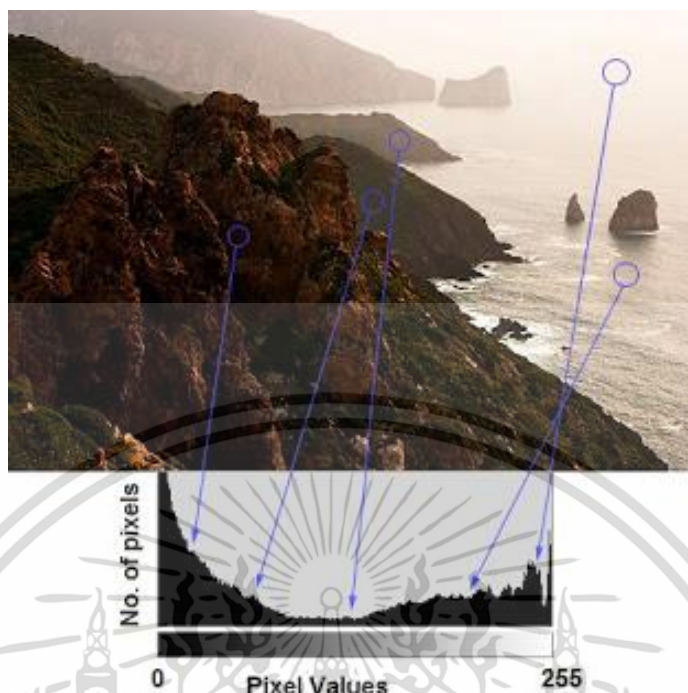
รูปที่ 2.5 ฮิสโตแกรมที่วัตถุและพื้นหลังมีความเข้มแสงแยกออกจากกัน

สำหรับวิธีการกำหนดค่าขีดแบ่งแบบค่าเชิงเดี่ยวที่ใช้ในการแปลงภาพสีให้เป็นภาพสองระดับนั้น สามารถทำได้โดยการกำหนดค่าขีดแบ่งของผู้ใช้งานเองหรือใช้วิธีการของออตสุ (Otsu) ก็ได้ โดยส่วนใหญ่ที่กำหนดค่าเองกำหนดอยู่ที่ 127 ซึ่งเป็นค่ากลางระหว่าง 0 และ 255

2.3.3 ฮิสโตแกรม (Histogram) [7]

ฮิสโตแกรม คือ มาตรการที่ใช้ในการบอกการกระจายของค่าระดับเทาในภาพทั้งหมด โดยการนำภาพสีระบบ RGB ที่มีอยู่มาทำการแปลงค่าของสีภาพเป็นระดับเทาเพื่อนำมาวิเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์จากฮิสโตแกรมนี้ได้ผลออกมาเป็นกราฟแท่งที่บอกความสว่างในแต่ละช่วงของภาพ ตัวอย่างเช่น ภาพที่ 2.6

จากภาพที่ 2.6 เห็นได้ว่าเมื่อทำการพล็อตกราฟออกมาแล้ว ในบริเวณช่วงแท่งกราฟช่วงแรกมีปริมาณความเข้มสูงและหนาแน่น เนื่องจากเป็นบริเวณสีของภูเขาที่มีความทึบของสีน้ำตาลเข้ม ถัดมาเป็นภูเขาที่ถูกหมอกบังความเข้มของระดับสีเทาจึงน้อยกว่าช่วงแรก และสุดท้ายเป็นบริเวณของท้องฟ้าและทะเลที่หมอกหนาซึ่งมีระดับความเข้มของสีเทาน้อยที่สุด



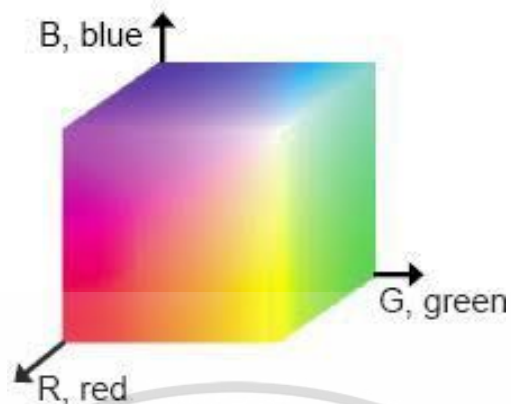
รูปที่ 2.6 ตัวอย่างภาพการพล็อตฮิสโตแกรม

2.3.4 ระบบสี RGB

ระบบสี RGB เป็นระบบสีที่เกิดจากการรวมกันของแสงสีแดง เขียว และน้ำเงิน และเนื่องจากระบบสี RGB เป็นระบบสีของแสงจึงทำให้ภาพที่ได้ออกมานั้นมีความสมจริงและยังดูสวยงาม ในการใช้งานระบบสี RGB ยังมีการสร้างมาตรฐานที่แตกต่างกันออกไปที่นิยมใช้งานได้แก่ RGB_{CIE} และ RGB_{NTSC}

ระบบสีแบบ RGB_{CIE} เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นโดย Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) ซึ่งอ้างอิงสีด้วยสีแดงที่ 700 nm สีเขียวเท่ากับ 546.1 nm และสีน้ำเงิน 435.8 nm

ระบบสีแบบ RGB_{NTSC} เป็นระบบสีที่พัฒนาโดย NTSC (National Television System Committee) เพื่อใช้สำหรับการแสดงภาพของจอภาพแบบ CRT เป็นมาตรฐานสำหรับผู้ผลิตแบบ CRT ให้มีลักษณะเดียวกัน ลูกบาศก์แสดงสี RGB นั้นแสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างมาตรฐานสีในระบบ RGB

2.3.5 ระบบสี HSV

HSV ย่อมาจาก Hue คือค่าสี Saturation คือค่าแสง และ Value คือค่าความสว่าง โดย HSV นั้นแตกต่างจากระบบสีอื่น ๆ เพราะว่ามีลักษณะเป็นพีระมิดที่แปลงมาจากลูกบาศก์ระบบสี RGB อีกทีหนึ่งดังที่แสดงในรูปที่ 2.8 สีแบบ HSV จะใช้ค่าจากพิกัดเชิงมุม ค่า H ในโปรแกรมมีค่าตั้งแต่ 0-180 ค่า S มีค่าตั้งแต่ 0-255 และ ค่า V มีค่าตั้งแต่ 0-255 การแปลงค่าโดยจะมีกระบวนการเพื่อหาค่า H S และ V แปลงจาก RGB ที่อยู่ในช่วง [0,255] ดังสมการที่ 2.4 2.5 และ 2.6

$$H_{HSV} = \frac{1}{6} \cdot \begin{cases} (H' + 6), & \text{ถ้า } H' < 0 \\ H', & \text{กรณีอื่น ๆ} \end{cases} \quad (2.4)$$

$$S_{HSV} = \begin{cases} \frac{C_{rng}}{C_{high}}, & \text{ถ้า } C_{high} > 0 \\ 0, & \text{กรณีอื่น ๆ} \end{cases} \quad (2.5)$$

$$V_{HSV} = \frac{C_{high}}{C_{Max}} \quad (2.6)$$

โดย $C_{high} = \max(R,G,B)$

$C_{low} = \min(R,G,B)$

$C_{rng} = C_{high} - C_{low}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนค่า H' หาจากการ Normalize ค่าสี RGB โดยดูได้จากสมการที่ 2.7 และ 2.8

$$R' = \frac{C_{high}-R}{C_{rng}}, G' = \frac{C_{high}-G}{C_{rng}}, B' = \frac{C_{high}-B}{C_{rng}} \quad (2.7)$$

$$H' = \begin{cases} (B' - G') & , R = C_{high} \\ (H' - H' + 2) & , G = C_{high} \\ (H' - H' + 4) & , B = C_{high} \end{cases} \quad (2.8)$$

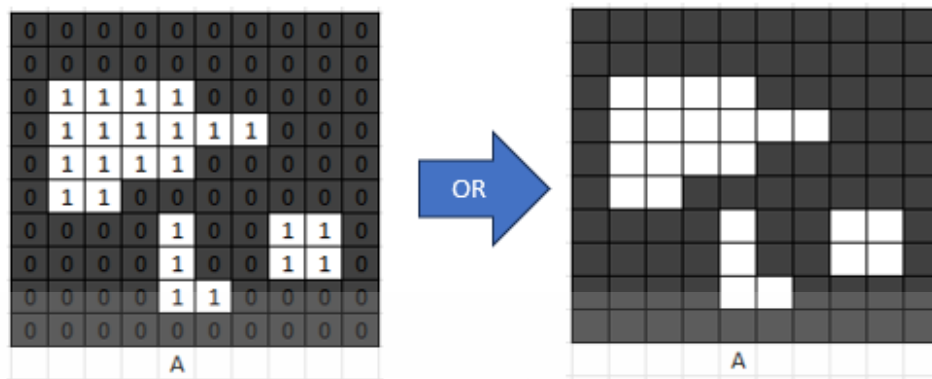


รูปที่ 2.8 ตัวอย่างมาตรฐานสีในระบบ HSV

2.4 มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ (Morphology) [5, 6]

มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ คือทฤษฎีและเทคนิคสำหรับการวิเคราะห์และการประมวลผลโครงสร้างทางเลขาคณิตของภาพ นิยมใช้งานเพื่อประยุกต์กับภาพดิจิทัล โดยเป็นพื้นฐานของการประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้างของภาพ ซึ่งคณิตศาสตร์ที่ใช้ในกระบวนการมอร์โฟโลยี คือ ทฤษฎีเซต (Set Theory) โดยมีรูปแบบในการทำงานที่สำคัญคือ ไดเลชัน (Dilation) อีรอสัน (Erosion) โคลส์ซิง (Closing) และโอเพนนิ่ง (Opening)

โดยทั่วไปหลักการพื้นฐานของมอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์เป็นการพิจารณาเฉพาะจุดภาพที่ต้องการเท่านั้น โดยจะสนใจเฉพาะจุดที่เป็นสีขาวเท่านั้น ไม่สนใจพื้นหลังที่เป็นสีดำ ดังตัวอย่างภาพที่แสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างจุดภาพในเมทริกซ์ 2 มิติ

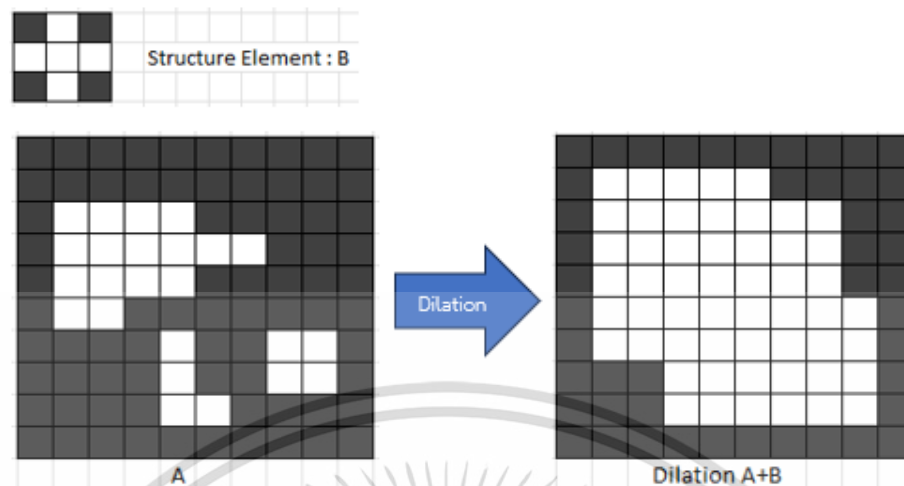
2.4.1 ไตเลชัน (Dilation)

ไตเลชันมีเครื่องหมายบวก (+) เป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ มีจุดประสงค์เพื่อทำการเพิ่มจำนวนจุดภาพขาวบนภาพ โดยการพิจารณาร่วมกันระหว่างเซตของจุดภาพ A และ โครงสร้างส่วนย่อย (Structure Element : B) ซึ่งเซตทั้งสองเมื่อนำมาทำการไตเลชันกันเป็นไปตามความสัมพันธ์ของนิยามที่ 2.9 หรือ 2.10

$$A \oplus B = \{x \mid (\widehat{B})_x \cap A \neq \emptyset\} \quad (2.9)$$

$$A \oplus B = \{x \mid [(\widehat{B})_x \cap A] \subseteq A\} \quad (2.10)$$

การทำไตเลชันระหว่างเซต A กับ B เป็นการขยายขนาดของกลุ่มจุดภาพขาวในเซต A ให้มีขนาดกว้างขึ้น ส่งผลให้ช่องไฟระหว่างกลุ่มจุดขาวมีขนาดแคบลง หรือบางครั้งก็อาจทำให้กลุ่มของจุดภาพขาวสองกลุ่มที่อยู่ใกล้ชิดกันเชื่อมถึงกันได้ ตัวอย่างของการทำไตเลชันดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 จุดภาพเริ่มต้นของเซต B จุดภาพเริ่มต้นของเซต A และการโตเลชันของเซต A+B

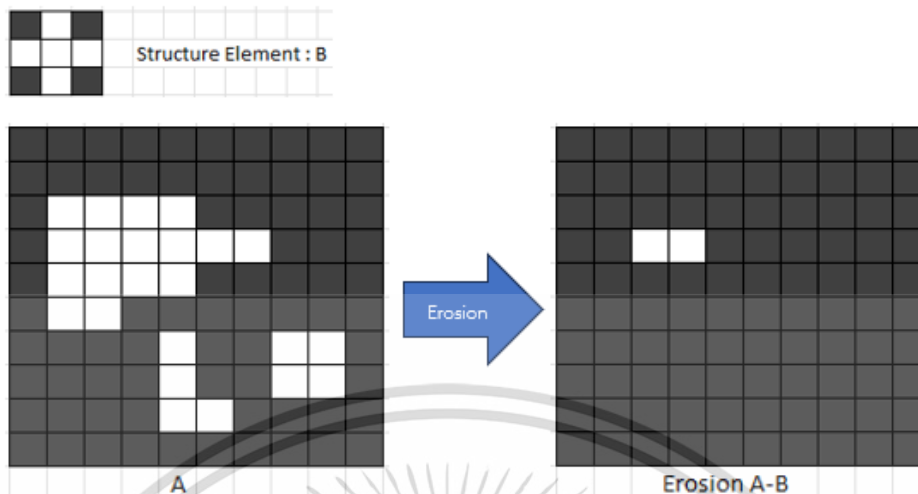
2.4.2 อีรอสัน (Erosion)

อีรอสัน มีเครื่องหมายลบ (-) เป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ อีรอสันเป็นการลดจำนวนจุดภาพขาวบนภาพ การลดจุดภาพขาวต้องพิจารณาประกอบกันระหว่างเซตจุดภาพกับสตรักเจอร์อีลิเมนต์ โดยเป็นไปตามความสัมพันธ์ของนิยามที่ 2.11 หรือ 2.12

$$A \ominus B = \{x \mid (B)_x \subseteq A\} \quad (2.11)$$

$$A \ominus B = \{x \mid (B)_x \cap A = \emptyset\} \quad (2.12)$$

นอกจากการอีรอสันเป็นการลดจำนวนของจุดขาวบนข้อมูลภาพแล้ว การทำอีรอสันยังทำให้ขนาดของช่องไฟระหว่างกลุ่มของจุดภาพขาวแต่ละกลุ่มมีขนาดใหญ่มากขึ้น หมายถึงกลุ่มของจุดภาพขาวแต่ละกลุ่มแยกจากกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้ถ้ากลุ่มของจุดภาพขาวมีขนาดเล็กมาก กลุ่มจุดภาพขาวนั้นก็ถูกขจัดออกจากภาพเอกสารนั้นไปโดยอัตโนมัติเมื่อผ่านกระบวนการทำอีรอสัน ตัวอย่างของการทำอีรอสันแสดงดังรูปที่ 2.11



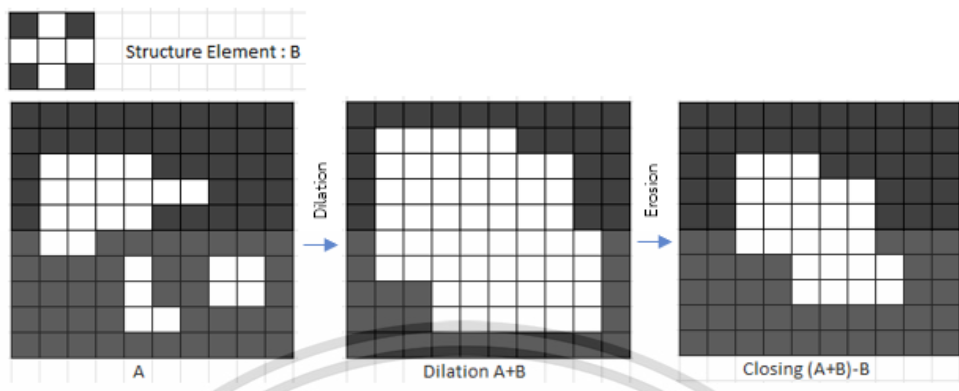
รูปที่ 2.11 จุดภาพเริ่มต้นของเซต B จุดภาพเริ่มต้นของเซต A และการอีรอสชันของเซต A-B

2.4.3 โคลสซิง (Closing)

โคลสซิง คือ การแปลงมอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ที่เริ่มจากการไดเลชันก่อน และจากนั้นต่อด้วยการอีรอสชัน ดังที่แสดงในสมการที่ 2.13 โดยต้องทำไดเลชันให้เสร็จก่อน แล้วอีรอสชันก็ทำเท่ากับจำนวนครั้งของไดเลชัน กล่าวคือ การทำโคลสซิงเป็นการเพิ่มจำนวนจุดภาพขาวลงไปในภาพก่อน จากนั้นค่อยทำการเลาะขอบของจุดภาพขาวเหล่านี้ออกไปโดยใช้สติกเจอร์อีลิเมนต์ (เคอร์เนล-kernel)

การทำโคลสซิงมอร์โฟโลยีก็เป็นการปรับปรุงคุณภาพอย่างหนึ่งที่ทำให้ขนาดของกลุ่มจุดภาพขาวขยายใหญ่ขึ้นจากการทำไดเลชันหลาย ๆ ครั้ง และเมื่อทำอีรอสชันเป็นการไปเลาะแนวขอบของกลุ่มจุดภาพขาวนั้น ๆ ทำให้คุณภาพของกลุ่มจุดภาพขาวความราบเรียบมากขึ้น ในการทำโคลสซิงมอร์โฟโลยีถ้ากำหนดจำนวนรอบในการทำซ้ำไว้มาก ๆ อาจทำให้กลุ่มของจุดภาพขาว 2 กลุ่ม ที่อยู่ใกล้กันรวมกันเป็นกลุ่มของจุดภาพเดียวกันได้ นอกจากนี้การทำโคลสซิงทำให้จุดภาพขาวเป็นสัญญาณรบกวนขยายขนาดขึ้นเองโดยอัตโนมัติ จนไม่สามารถขจัดออกไปได้ ตัวอย่างของการโคลสซิงแสดงดังรูปที่ 2.12

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad (2.13)$$

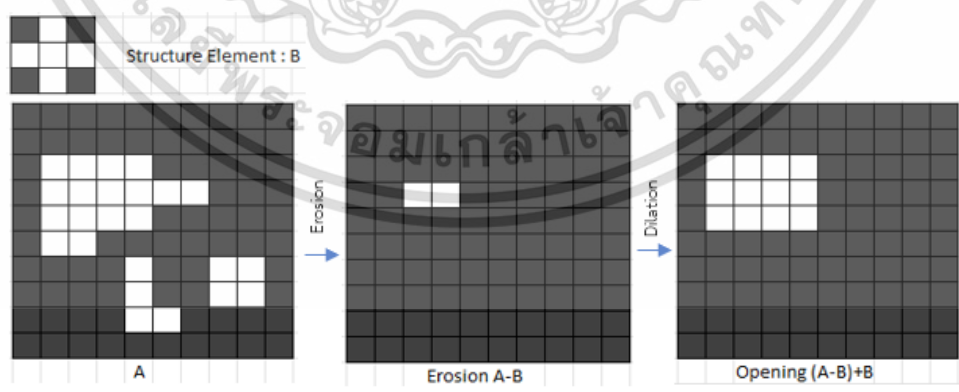


รูปที่ 2.12 จุดภาพเริ่มต้นของเซต B จุดภาพเริ่มต้นของเซต A และการทำโคลสซิง (A+B)-B

2.4.4 โอเพนนิ่ง (Opening)

โอเพนนิ่ง เป็นการแปลงมอร์โฟโลยีคณิตศาสตร์ชนิดที่ทำงานตรงข้ามกับการทำโคลสซิง ดังที่แสดงในสมการที่ 2.14 กล่าวคือ ขั้นตอนการทำงานเริ่มจากการลดจำนวนจุดภาพขาวด้วยกระบวนการอีรอสชันก่อน จากนั้นตามด้วยการเติมจุดภาพขาวกลับด้วยกระบวนการไดเลชัน โดยจำเป็นต้องทำการอีรอสชันให้เสร็จก่อน จากนั้นตามด้วยไดเลชันเท่ากับจำนวนครั้งของอีรอสชัน ตัวอย่างของการโอเพนนิ่งแสดงดังรูปที่ 2.13

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (2.14)$$



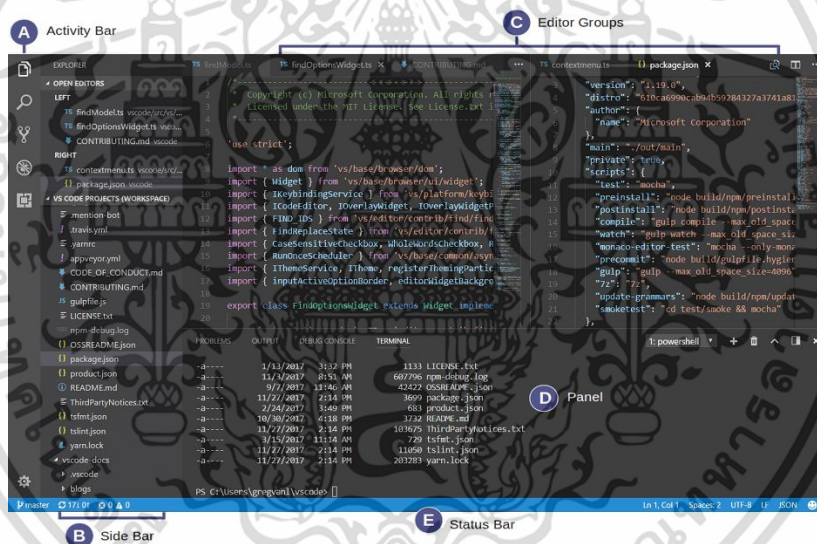
รูปที่ 2.13 จุดภาพเริ่มต้นของเซต B จุดภาพเริ่มต้นของเซต A และการทำโอเพนนิ่ง (A-B)+B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 โปรแกรมและภาษาคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 โปรแกรม Visual Studio Code

Visual Studio Code หรือ VS Code จากบริษัทไมโครซอฟต์ เป็นโปรแกรมประเภท Editor ใช้ในการแก้ไขโค้ดที่มีขนาดเล็ก แต่มีประสิทธิภาพสูง เป็นโอเพ่นซอร์สทำให้เป็นโปรแกรมที่สามารถนำมาใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย เหมาะสำหรับนักพัฒนาโปรแกรมที่ต้องการใช้งานหลายแพลตฟอร์ม รองรับการใช้งานทั้งบน Windows, Mac OS และ Linux รองรับหลายภาษาทั้ง JavaScript, TypeScript และ Node.js ในตัว และสามารถเชื่อมต่อกับ Git ได้ง่าย สามารถนำมาใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน มีเครื่องมือและส่วนขยายต่าง ๆ ให้เลือกใช้มากมาย รองรับการเปิดใช้งานภาษาอื่น ๆ ทั้ง ภาษา C++, C#, Java, Python, PHP หรือ Go สามารถปรับเปลี่ยน Themes ได้ มีส่วน Debugger และ Commands เป็นต้น



รูปที่ 2.14 หน้าต่างโปรแกรม Visual Studio Code

จากรูปที่ 2.14 หน้าต่างของโปรแกรมถูกแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่

1. Activity Bar - ตั้งอยู่ทางด้านซ้ายมือสุด ช่วยให้สามารถสลับไปมาระหว่างมุมมองและบอกข้อมูลเพิ่มเติม เช่น จำนวนการเปลี่ยนแปลงที่ส่งออกเมื่อเปิดใช้งาน Git
2. Side Bar - แสดงไฟล์ต่าง ๆ ที่กำลังใช้งาน หรืออยู่ภายในโฟลเดอร์เดียวกันกับที่เลือกกำหนดไว้
3. Editor Group - พื้นที่ที่ใช้ในการแก้ไขไฟล์ โดยสามารถเปิดกี่ไฟล์ก็ได้ตามที่ต้องการ ทั้งแนวตั้งและแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Panel – เป็นส่วนที่ใช้แสดงเกี่ยวกับข้อมูล output หรือ ดีบั๊ก ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น และคำเตือนต่างๆ หรือเทอร์มินัลในตัวโปรแกรม
5. Status – แสดงข้อมูลเกี่ยวกับโปรเจกต์ที่เปิดอยู่ และไฟล์ที่กำลังแก้ไข

2.5.2 ภาษา Python [8][9]

ภาษา Python ถูกคิดค้นขึ้นโดย Guido van Rossum โปรแกรมเมอร์ชาวดัตช์ผู้มองว่าภาษาโปรแกรมอื่นๆ ที่ตัวเองใช้งานอยู่ในสถาบันวิจัยมีความยากและซับซ้อนมากเกินไป จึงทำการประดิษฐ์ภาษาของตัวเอง ที่มีความเข้าใจง่าย และทำงานไม่ยุ่งยากขึ้นมา โดยมีสัญลักษณ์ที่แสดงดังรูปที่ 2.15 ตัวภาษา Python จะมีความใกล้เคียงกับภาษาอังกฤษมากกว่าภาษาโปรแกรมมิ่งอื่นๆ ลดการเรียกใช้ข้อมูลและการใช้ตัวแปรที่ยุ่งยากลง ทำให้ลดบรรทัดในการเขียนได้มาก

Python เป็นภาษาการเขียนโปรแกรมระดับสูงเชิงวัตถุและเป็นโอเพ่นซอร์สให้ใช้งานได้ฟรีที่มีโครงสร้างข้อมูลระดับสูงในตัวรวมกับการพิมพ์แบบไดนามิก โดยการพิมพ์แบบไดนามิกนั้นทำให้น่าสนใจมากสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันอย่างรวดเร็ว เช่นเดียวกับการใช้เป็นภาษาสคริปต์หรือกาวเพื่อเชื่อมต่อส่วนประกอบที่มีอยู่เข้าด้วยกัน Python เป็นภาษาที่มีไวยากรณ์ที่เรียบง่ายและสามารถเรียนรู้ได้ง่าย ทั้งยังเน้นความสามารถในการอ่าน รองรับโมดูลและแพ็คเกจซึ่งส่งเสริมความเป็นโมดูลาร์ของโปรแกรมและยังมีการนำโค้ดกลับมาใช้ใหม่ได้ด้วย



รูปที่ 2.15 สัญลักษณ์ภาษา Python

2.5.3 OpenCV [10]

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) คือไลบรารีซอฟต์แวร์โอเพ่นซอร์สคอมพิวเตอร์วิทัศน์และการเรียนรู้ของเครื่องดังที่แสดงในรูปที่ 2.16 ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อจัดเตรียมโครงสร้างพื้นฐานทั่วไปสำหรับการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ และเพื่อเร่งการใช้การรับรู้ของเครื่องในผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์

ตัวไลบรารีของ OpenCV นั้นมีมีอัลกอริทึมที่ปรับให้เหมาะสมที่สุดมากกว่า 2,500 รายการ ซึ่งรวมถึง ชุดที่ครอบคลุมของคอมพิวเตอร์วิทัศน์ทั้งแบบคลาสสิกและล้ำสมัยและอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง อัลกอริทึมเหล่านี้สามารถใช้ตรวจจับและจดจำใบหน้า ระบุวัตถุ จำแนกการกระทำของมนุษย์ในวิดีโอ ติดตาม การเคลื่อนไหวของกล้อง ติดตามวัตถุที่เคลื่อนไหว แยกวัตถุโมเดล 3 มิติ สร้างพอยต์คลาวด์ 3 มิติจากกล้องสเตอริโอ ต่อภาพเข้าด้วยกันเพื่อสร้างความละเอียดสูง ภาพของฉากทั้งหมด, ค้นหาภาพที่คล้ายคลึงกันจากฐานข้อมูลภาพ, ลบตาแดงออกจากภาพที่ถ่ายโดยใช้แฟลช, ติดตามการเคลื่อนไหวของดวงตา, จดจำทิวทัศน์และสร้างเครื่องหมายเพื่อซ่อนทับด้วยความเป็นจริงเสริม ฯลฯ OpenCV มีผู้ใช้งานมากกว่า 47,000 คน มีจำนวนการดาวน์โหลดโดยประมาณเกิน 18 ล้านครั้ง ไลบรารีนี้ถูกใช้อย่างแพร่หลายในบริษัท กลุ่มวิจัย และหน่วยงานของรัฐ

OpenCV มีอินเตอร์เฟซภาษา C++, Python, Java และ MATLAB ทั้งยังรองรับระบบปฏิบัติการ Windows, Linux, Android และ Mac OS อีกด้วย



รูปที่ 2.16 สัญลักษณ์ OpenCV

2.5.4 Numpy [21]

NumPy เป็นแพ็คเกจพื้นฐานสำหรับการคำนวณทางวิทยาศาสตร์ใน Python มีสัญลักษณ์ดังที่แสดงในรูปที่ 2.17 เป็นไลบรารีของ Python ที่มีวัตถุอาร์เรย์หลายมิติ ออบเจกต์ที่ได้รับมาต่างๆ (เช่น อาร์เรย์ที่สวมหน้ากากและเมทริกซ์) และชุดของรูทีนสำหรับการดำเนินการที่รวดเร็วบนอาร์เรย์ รวมถึงทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรรกะ การจัดการรูปร่าง การเรียงลำดับ การเลือก I/O การแปลงฟูรีเยร์แบบไม่ต่อเนื่อง, พีชคณิตเชิงเส้น พื้นฐาน, การดำเนินการทางสถิติพื้นฐาน, การจำลองแบบสุ่ม และอื่นๆ อีกมากมาย



รูปที่ 2.17 สัญลักษณ์ Numpy

2.5 การทบทวนวรรณกรรม

วรรณกรรมเกี่ยวกับการตรวจสอบไข่นั้นแบ่งเป็นสองแขนงหลักด้วยกัน คือ การตรวจสอบภายนอก และการตรวจสอบภายใน โดยทั้งการตรวจสอบภายนอกและภายในนั้นล้วนเป็นการตรวจสอบเพื่อเป้าหมายอะไรบางอย่าง เช่น ตรวจสอบเปลือกของไข่ว่าร้าวหรือไม่ ตรวจสอบภายในของไข่ว่ามีเชื้อพร้อมจะฟักเป็นตัวหรือยัง และ ตรวจสอบเพศของเชื้อภายในไข่เพื่อหาเพศของไก่ที่ต้องการ ทั้งนี้ทั้งนั้นยังมีวรรณกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับไข่อีกนั้นก็คือวรรณกรรมเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การฟัก เป็นต้น

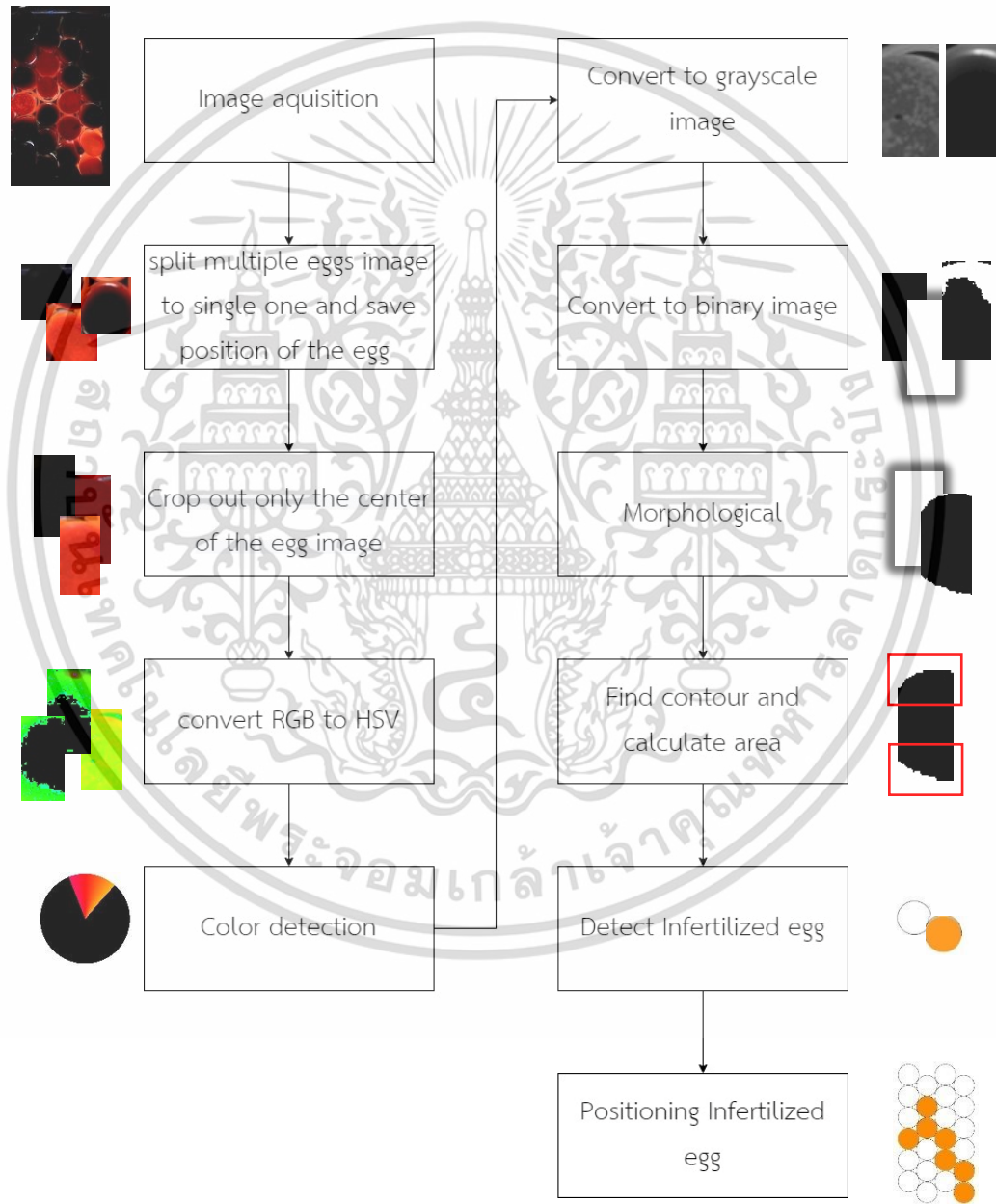
กลุ่มการตรวจไข่ไก่ของ B Purahong และคณะ [11] ได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบรอยร้าวของไข่ไก่ด้วยการใช้วิธีการประมวลผลภาพและการมองเห็นของเครื่องซึ่งเป็นการตรวจสอบไข่ที่ละฟองโดยการใช้ไฟฉายส่องไปที่ไข่ภายในที่มีด ผลลัพธ์ความแม่นยำที่ได้คือ 98% ในงานวิจัยของ Eray Önlü และคณะ [12] เสนอการติดตามการเจริญเติบโตของไข่ไก่และตัดสินใจว่าไข่นั้นมีเชื้อหรือไม่ด้วยการใช้การรับภาพอุลตราซาวด์ จากนั้นใช้ Logistic regression ในการคัดแยกไข่ วิธีการนี้มี True positive จำนวน 350 มี True negative จำนวน 344 มี False positive จำนวน 56 และมี False negative จำนวน 50 สรุปแล้วมีความแม่นยำ 0.8675 ต่อมา Jennalyn N. Mindoro และคณะ [13] ได้นำเสนอการตรวจจับภาพแบบอัตโนมัติและทำการตรวจสอบคุณภาพของไข่ทั้งภายในและภายนอกด้วยการใช้การประมวลผลภาพ โดยการใช้ Raspberry-pi เป็นตัวประมวลผล ผลการทดสอบคือค่าความแปรปรวนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลบ่งชี้ว่าค่าต่างๆ อยู่ใกล้ ๆ กับค่าเฉลี่ย และจากการทดสอบตัวอย่างสิบ (10) ตัวอย่าง พบว่าการตรวจสอบคุณภาพไข่ไก่สดมีความแม่นยำมากถึง 95% Suryo Budi Santoso และคณะ [14] ได้พัฒนาตู้ฟักไข่ไก่อัจฉริยะโดยการใช้การวิเคราะห์และออกแบบวิธีการเชิงวัตถุ (Object-Oriented Analysis and Design, OOAD) ร่วมกับการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 บทนำ



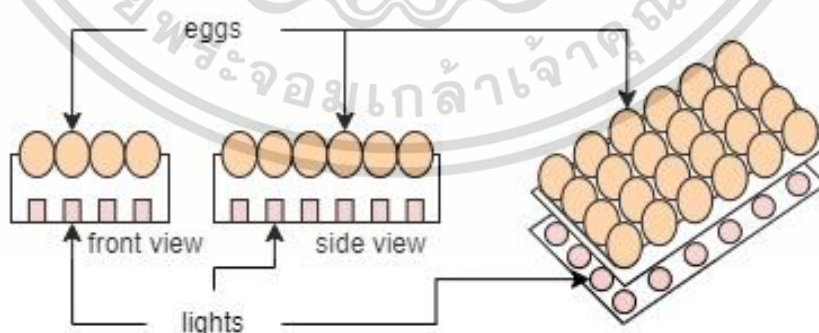
รูปที่ 3.1 อัลกอริทึมการตรวจสอบไข่ไก่ที่ไม่มีเชื้อและการระบุตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 แสดงแผนผังการทำงานของอัลกอริทึมทั้งหมด 9 ส่วน ได้แก่ การรับภาพ การแบ่งภาพ ให้ได้สัดส่วนที่ต้องการและทำการบันทึกตำแหน่งของภาพนั้น ๆ การเปลี่ยนรูปแบบสีของภาพ การกำหนด ส่วนที่ต้องการของภาพ การตรวจจับช่วงสีที่จำเป็น การแปลงเป็นภาพสองระดับ การหาพื้นที่ การตรวจจับไข่ที่ไม่มีเชื้อ และการระบุตำแหน่งของไข่ที่ไม่มีเชื้อนั้น

การรับภาพอินพุตเข้ามานั้นรับมาจากกล้องเว็บแคมแบบ 4K และตำแหน่งการวางไข่จะต้องวางในลึอกที่กำหนดเท่านั้น ไข่ทุกฟองจะถูกส่องไฟเพื่อให้สามารถมองเห็นความแตกต่างทางกายภาพของไข่ที่มีเชื้อและไม่เชื้อได้อย่างชัดเจนที่สุด เพื่อให้เข้ากับอัลกอริทึมการประมวลผลภาพและการจดจำตำแหน่ง หลังจากทำการรับภาพเข้ามาหนึ่งภาพจะมีไข่ที่ถูกส่องไฟ 24 ฟอง พร้อม ๆ กัน จากนั้นทำการแบ่งภาพไข่ให้เหลือเพียง 1:1 หมายความว่า ภาพหนึ่งภาพมีไข่เพียง 1 ฟองเท่านั้น หลังจากนั้นทำการแปลงสีภาพจากภาพสีที่เป็นชนิด BGR (Blue, Green, Red) ให้กลายเป็นชนิดภาพสีแบบ HSV (Hue, Saturation, Value) เพื่อเป็นการเตรียมพร้อมสำหรับการประมวลผลภาพ ต่อจากนั้นต้องทำการตัดเฉพาะส่วนกลางของภาพไข่ไก่มา เนื่องจากเป็นการรับภาพเข้ามาพร้อมกันทั้ง 24 ฟอง จึงเกิดการสะท้อนแสงของฟองข้าง ๆ ได้ การตัดเฉพาะส่วนกลางเป็นการป้องกันการสะท้อนและการกำหนดขอบเขตที่ดีที่สุด ต่อมาเป็นการกำหนดช่วงสีและความสว่างให้เข้ากับอัลกอริทึมการตรวจจับไข่ที่ไม่มีเชื้อที่สุด ในตอนสุดท้ายจะเป็นการประมวลผลภาพและทำการตรวจจับไข่ที่ไม่มีเชื้อ จากนั้นทำการระบุตำแหน่งของไข่ที่ไม่มีเชื้อนั้นลงไปทีแปลงแปล่าเพื่อที่จะสามารถมองเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับได้อย่างง่ายและทำการหาค่าประสิทธิภาพของอัลกอริทึมได้อีกด้วย

3.2 การนำเข้าภาพไข่ไก่

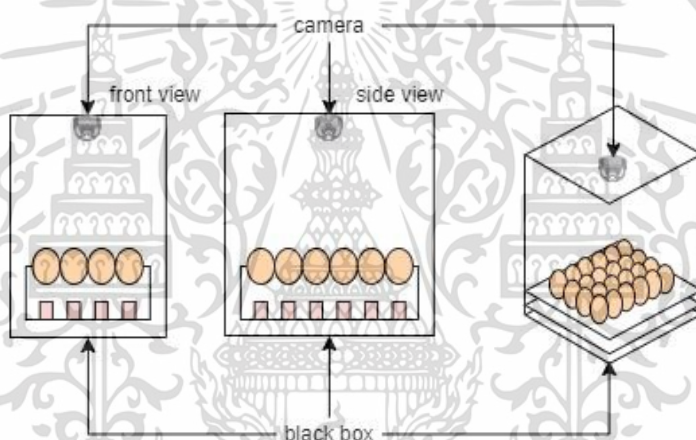


รูปที่ 3.2 แบบของตำแหน่งการวางไข่ไก่และตำแหน่งของไฟ

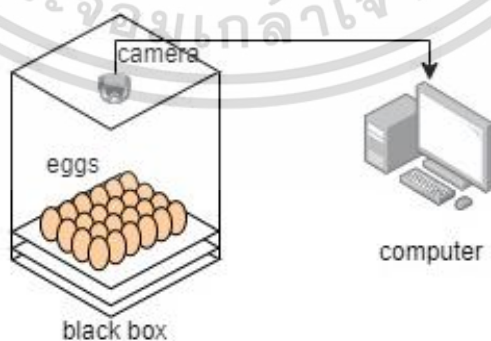
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 แสดงการออกแบบการวางไข่ไก่และตำแหน่งของไฟ โดยไข่ไก่จะถูกวางบนแผงทั้งหมด 24 ฟอง ประกอบไปด้วย 6 แถว และ 4 หลัก และไข่ทุกฟองจะมีไฟของตัวเองในแต่ละตำแหน่ง ซึ่งไฟนี้เป็นไฟ LED ธรรมดา และตัวไข่จะอยู่ใกล้กับไฟมาก ๆ เพื่อการมองเห็นที่ชัดเจนที่สุด

ในส่วนของการนำเข้าภาพใข้ นั้นจะใช้กล้องเว็บแคมแบบ 4K ติดตั้งอยู่บริเวณด้านบนของกล่องสีดำ และแผงไข่จะถูกนำมาวางไว้ภายในกล่องดำ เพื่อให้เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนของไข่ไก่ที่มีเชื้อและไข่ไก่ที่ไม่มีเชื้อมากที่สุดดังที่แสดงในรูปที่ 3.3 และหลังจากที่ถ่ายภาพผ่านทางกล้องเว็บแคมแล้วจะทำการส่งข้อมูลภาพไปที่คอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการ Windows 11 มีหน่วยประมวลผลเป็น 11th Gen Intel(R) core(TM) i5-11300H และมี RAM 8 GB เพื่อทำการประมวลผลดังที่แสดงในรูปที่ 3.4 จากนั้นทำการกำหนดขนาดของรูปภาพให้มีขนาด 1920 x 1080 พิกเซล เพื่อให้เหมาะสมกับอัลกอริทึมที่สุด



รูปที่ 3.3 แบบการวางไข่และตำแหน่งของกล้อง

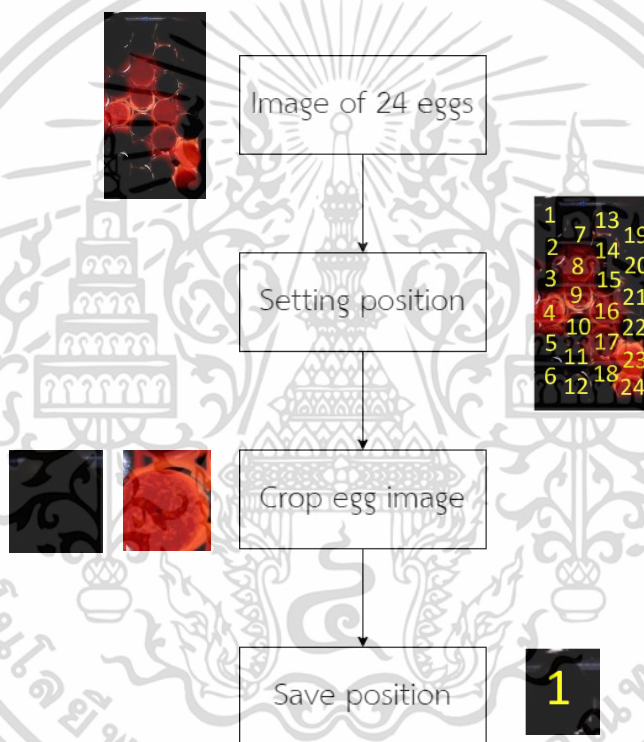


รูปที่ 3.4 แบบการเชื่อมต่อทั้งระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การแบ่งภาพไข่แต่ละฟอง

หลังจากรับรูปภาพไข่ที่ถูกส่องไฟเข้ามาแล้วนั้น รูปที่ได้มาจะเป็นรูปมุมมองด้านบนแบบ 24 ฟอง ในการแบ่งส่วนของภาพไข่แต่ละฟองนั้นจะมีการกำหนดตำแหน่งของไข่ที่ชัดเจนในอัลกอริทึม อย่างเช่น ไข่ฟองที่ 1 มีจุดเริ่มต้นอยู่ที่ตำแหน่งพิกเซลที่ (10,15) และจุดสิ้นสุดที่ตำแหน่งพิกเซลที่ (105, 120) หรือที่เรียกว่าชุดซ้ายบนและจุดขวาล่างนั่นเอง เป็นการกำหนดตำแหน่งและการตัดภาพเป็นสี่เหลี่ยมตามที่แสดงในรูปที่ 3.5 โดยการกำหนดตำแหน่งนี้จะเป็นการกำหนดแบบเปลี่ยนแปลงไม่ได้เลย เพราะฉะนั้นภาพที่รับเข้ามา จำเป็นต้องวางไว้ตำแหน่งเดิมให้เหมือนกันทุกครั้งนั่นเอง



รูปที่ 3.5 แผนภาพวิธีการตัดภาพ

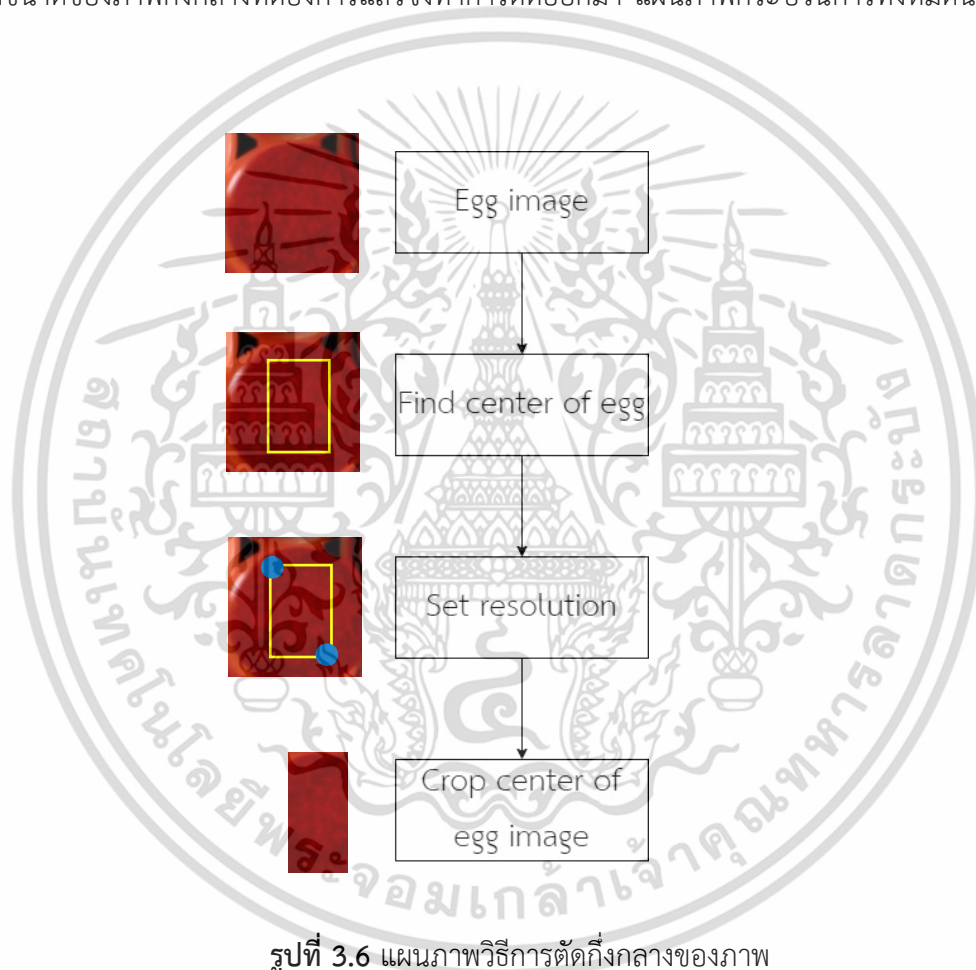
3.4 การเปลี่ยนชนิดสีของภาพจาก BGR เป็น HSV

รูปที่รับเข้ามานั้นเป็นรูปแบบสีประเภท RGB เพราะว่าเป็นการรับรูปเข้ามาจากการใช้ Library OpenCV โดยจุดประสงค์การเปลี่ยนรูปประเภทสีจาก BGR เป็น HSV เป็นเพราะว่าในกระบวนการตรวจจับสี

ของอัลกอริทึมที่นั้นเหมาะสมกับภาพสีในรูปแบบของ HSV มากกว่าเพราะเป็นการกำหนดค่าของ Hue (ค่าสี) Saturation (ค่าความอิ่มตัวของสี) และ Value (ค่าความสว่างของแสง) ซึ่งง่ายต่อการกำหนดช่วงสี

3.5 การตัดเฉพาะส่วนกลางของภาพ

การตัดกึ่งกลางของภาพไขให้พอดีนั้นจำเป็นต้องหาจุดกึ่งกลางของภาพให้ได้ก่อน จากนั้นทำการกำหนดขนาดของภาพกึ่งกลางที่ต้องการแล้วจึงทำการตัดออกมา แผนภาพกระบวนการทั้งหมดนั้นแสดงดังรูปที่ 3.6

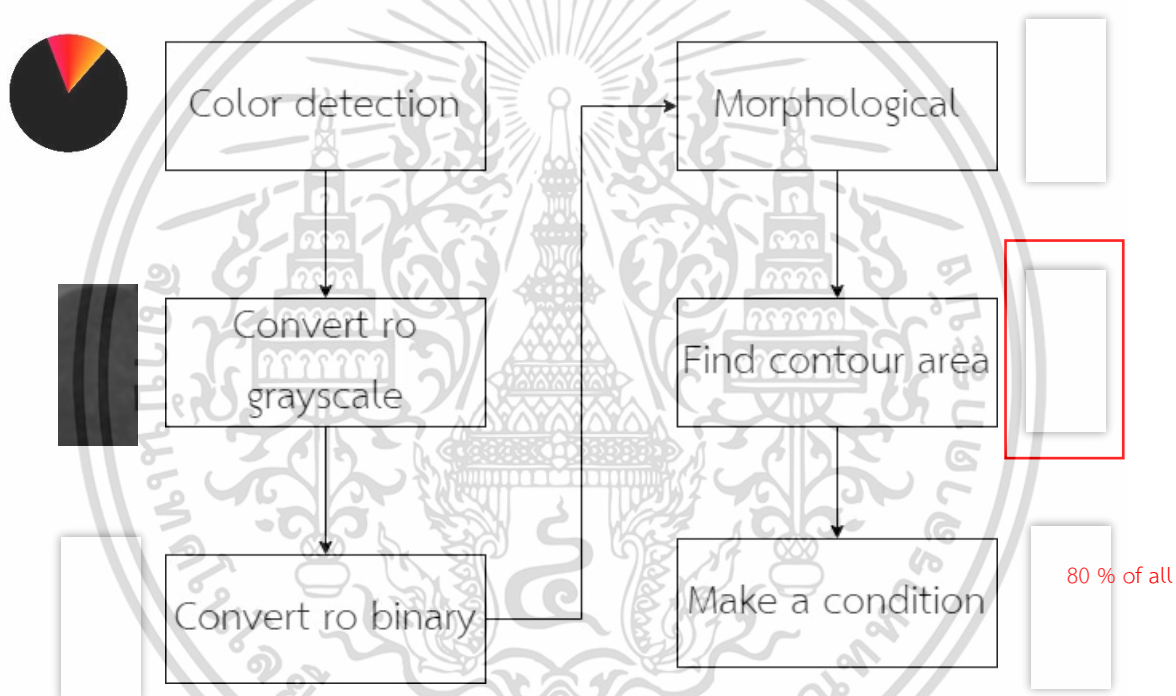


3.6 การกำหนดช่วงสี

การกำหนดช่วงสีนั้นต้องกำหนดแบบขอบช่วงบนของสีและขอบช่วงล่างของสี โดยในอัลกอริทึมนี้ได้ใช้ช่วงสีตั้งแต่สีชมพูไปจนถึงสีเหลือง เพื่อให้การครอบคลุมช่วงสีของไข่ไก่ที่ไม่มีเชื้อทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นสีเข้มหรือสีอ่อน

3.7 การตรวจจับไข่มิมีเชื้อ

จากการวิจัยไข่มิมีเชื้อทั้งหมดพบว่าลักษณะทางกายภาพของไข่มิมีเชื้อและไข่มิมีเชื้อหลังจากผ่าน การฟักไปแล้วทั้งหมด 18 วันนั้น มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนหากนำไปส่องไฟ โดยไข่มิมีเชื้อจะมีลักษณะ ทึบแสง และจะมองเห็นเป็นสีดำ แต่ไข่มิมีเชื้อนั้นจะมีลักษณะโปร่งแสง หมายถึงแสงสามารถส่องผ่านได้ อย่างสบาย ๆ ทำให้การตรวจจับไข่มิมีเชื้อนั้นใช้แสงมูมินี่ในการตรวจสอบนั่นเอง และเพื่อเป็นการหลีกเลี่ยง การสะท้อนของไฟจากฟองข้าง ๆ จำเป็นต้องมีการตรวจหาพื้นที่ของแสงสว่างนั้น ๆ ด้วยเพื่อเพิ่มความแม่นยำ ดังที่แสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แผนภาพวิธีการตรวจหาไข่มิมีเชื้อ

3.8 การระบุตำแหน่ง

หลังจากทำการตรวจสอบไข่มิมีเชื้อแล้วจะเป็นการระบุตำแหน่งของไข่มิมีเชื้อ ซึ่งได้ทำการเก็บค่า ตำแหน่งไว้เรียบร้อยแล้ว และจะทำการทำสัญลักษณ์สีส้มไว้บนแปลนของแผงไข่มิมีเชื้อ เพื่อเป็นการบอกตำแหน่งที่ ชัดเจนและแม่นยำในการตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 การประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการตรวจจับไข้ไก่อที่ไม่มีเชื้อและการระบุตำแหน่ง

การประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการตรวจจับไข้ไก่อที่ไม่มีเชื้อและการระบุตำแหน่ง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ อัลกอริทึมการตรวจจับไข้ไก่อที่ไม่มีเชื้อ และการระบุตำแหน่งของไข้ไก่อที่ไม่มีเชื้อบนแผ่นเพลล่า ซึ่งทั้งสองส่วนนั้นใช้ตัวบ่งชี้ที่เหมือนกันคือ ค่าความแม่นยำ (Accuracy) ค่าความผิดพลาด (Error) โดยใช้ Confusion matrix และ ค่าความเร็วของการประมวลผล (Computation time)

TP คือจำนวนของไข้ไก่อที่ไม่มีเชื้อและทำนายถูกว่าไม่มีเชื้อ TN คือจำนวนของไข้ไก่อที่มีเชื้อและทำนายถูกว่ามีเชื้อ FP คือจำนวนของไข้ไก่อที่มีเชื้อและทำนายผิดว่าไม่มีเชื้อ และ FN คือจำนวนของไข้ไก่อที่ไม่มีเชื้อและทำนายผิดว่ามีเชื้อ



บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 บทนำ

ในบทนี้เป็นการนำเสนอผลลัพธ์ในแต่ละขั้นตอนของอัลกอริทึมการตรวจสอบไขไก่ที่ไม่มีเชื้อโดยใช้การมองเห็นของเครื่องและเทคนิคการประมวลผลภาพ ขั้นตอนแรกคือการได้มาของข้อมูลภาพไขไก่ฟักตามมาด้วยผลของการปรับปรุงภาพก่อนที่จำทำการประมวลผล ต่อมาเป็นผลของการเลือกช่วงสีและช่วงของความสว่าง ในขั้นตอนสุดท้ายเป็นผลลัพธ์และการประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมด้วย Confusion Matrix

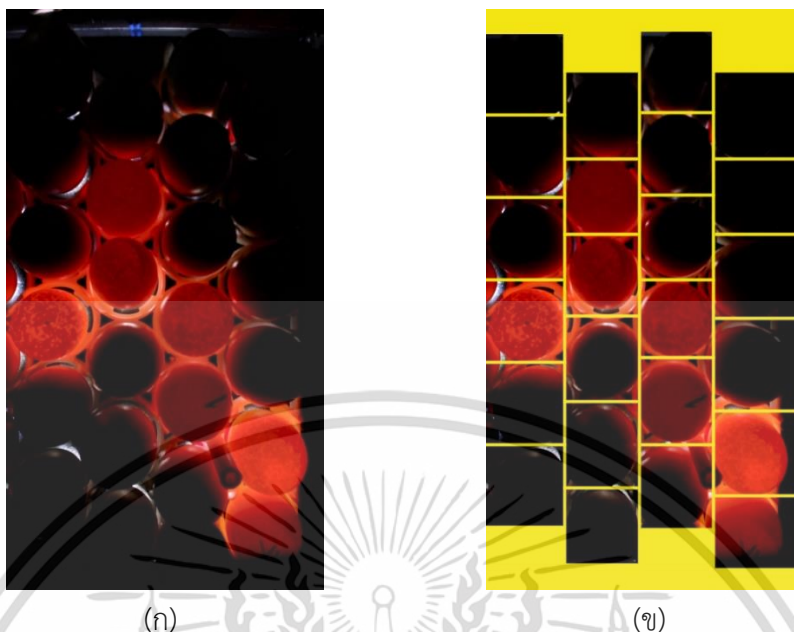
4.2 ข้อมูลภาพไขไก่ฟัก

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ภาพไขไก่ที่ทำการฟักไปแล้ว 18 วัน เป็นจำนวนทั้งหมด 3 ภาพ ภาพละ 24 ฟอง รวมเป็นจำนวนทั้งหมด 72 ฟอง แต่ละฟองจะถูกส่องด้วยไฟแล้ว ภาพมีขนาด 1920 x 1080 พิกเซล ได้มาจากการถ่ายด้วยกล้อง Logitech webcam brio 4K และถ่ายแบบมุมมองการมองเห็นของนก (Bird's eye view) หรือมุมมองแบบ 90 องศา ภายในกล่องดำ เพื่อการมองเห็นไขที่ส่องไฟได้ชัดเจนขึ้น

4.3 ผลของการปรับปรุงภาพ

ผลของการปรับปรุงภาพไขไก่เพื่อให้เข้ากับอัลกอริทึมการตรวจจับนั้นเริ่มจากรูปที่ 4.1(ก) ซึ่งเป็นภาพข้อมูลขาเข้าตั้งแต่แรกเริ่มของระบบ รูปที่ 4.1 (ข) แสดงการตัดแบ่งช่วงของไขแต่ละฟอง จากนั้นทำการตัดภาพมาเฉพาะส่วนกลางที่ต้องการการประมวลผล เพื่อหลีกเลี่ยงแสงสะท้อนจากรอบข้าง ดังที่แสดงในรูปที่ 4.2

จากตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบกันระหว่างภาพไขแต่ละฟองและภาพกึ่งกลางของไขแต่ละฟองพร้อมทั้งค่าความจริงของไขฟองนั้น ๆ



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.1 (ก) ข้อมูลขาเข้าตั้งแต่แรกเริ่มของระบบ (ข) การตัดแบ่งช่วงของไข่แต่ละฟอง



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.2 (ก) กึ่งกลางของไข่ไม่มีเชื้อ (ข) กึ่งกลางของไข่มีเชื้อ











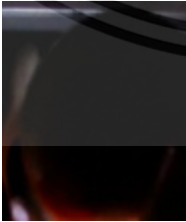

ตารางที่ 4.1 ผลการปรับปรุงภาพ

ลำดับที่	รูปภาพไข่ไก่	รูปภาพพื้นที่ตรงกลาง ของไข่ไก่	ความจริง
1			มีเชื้อ







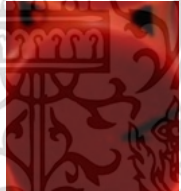



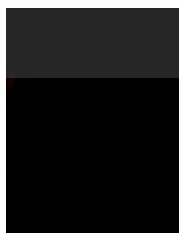
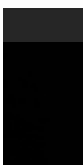
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2			มีเชื้อ
3			มีเชื้อ
4			ไม่มีเชื้อ
5			มีเชื้อ
6			มีเชื้อ
7			มีเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8			ไม่มีเชื้อ
9			ไม่มีเชื้อ
10			มีเชื้อ
11			มีเชื้อ
12			มีเชื้อ
13			มีเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14			มีเชื้อ
15			มีเชื้อ
16			ไม่มีเชื้อ
17			ไม่มีเชื้อ
18			มีเชื้อ
19			มีเชื้อ

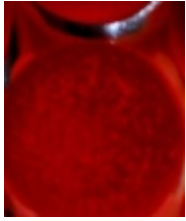

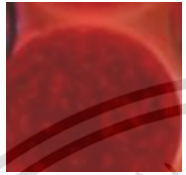

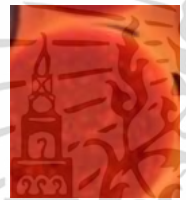





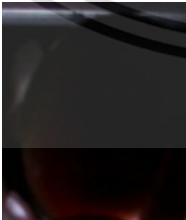
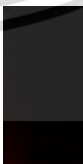
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20			มีเชื้อ
21			มีเชื้อ
22			มีเชื้อ
23			ไม่มีเชื้อ
24			ไม่มีเชื้อ
25			มีเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

26			มีเชื้อ
27			ไม่มีเชื้อ
28			ไม่มีเชื้อ
29			มีเชื้อ
30			มีเชื้อ
31			มีเชื้อ

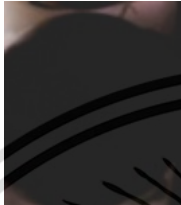



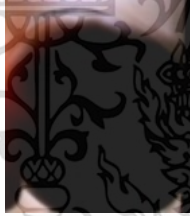

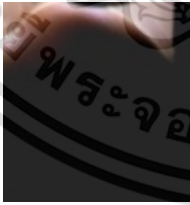
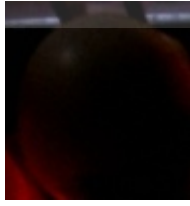

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32			ไม่มีเชื้อ
33			ไม่มีเชื้อ
34			ไม่มีเชื้อ
35			ไม่มีเชื้อ
36			มีเชื้อ
37			มีเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

38			มีเชื้อ
39			มีเชื้อ
40			มีเชื้อ
41			มีเชื้อ
42			มีเชื้อ
43			มีเชื้อ

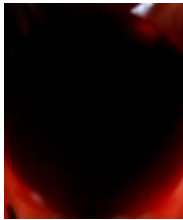



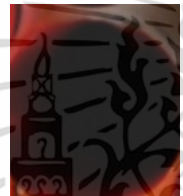







เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

44			มีเชื้อ
45			มีเชื้อ
46			มีเชื้อ
47			มีเชื้อ
48			มีเชื้อ
49			มีเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50			มีเชื้อ
51			ไม่มีเชื้อ
52			ไม่มีเชื้อ
53			มีเชื้อ
54			ไม่มีเชื้อ
55			มีเชื้อ





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

56			มีเชื้อ
57			มีเชื้อ
58			มีเชื้อ
59			ไม่มีเชื้อ
60			มีเชื้อ
61			ไม่มีเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

62			มีเชื้อ
63			ไม่มีเชื้อ
64			มีเชื้อ
65			มีเชื้อ
66			มีเชื้อ
67			ไม่มีเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

68			มีเชื้อ
69			มีเชื้อ
70			มีเชื้อ
71			มีเชื้อ
72			มีเชื้อ

4.4 ช่วงของสีที่ใช้ในการตรวจจับ

ช่วงของสีที่ใช้ในการตรวจจับนั้นได้ใช้เป็นระบบสีประเภทของ HSV โดยมีการใช้สองช่วง ได้แก่ ช่วงของ $[170, 0, 20] - [180, 255, 255]$ หมายถึงช่วงสีตั้งแต่ค่า Hue 170 ถึง 180 ค่า Saturation 0 ถึง 255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ ค่า Value 20 ถึง 255 ซึ่งเป็นช่วงสีตั้งแต่สีชมพูไปจนถึงสีแดง และช่วงของ $[0, 0, 20] - [20, 255, 255]$ หมายถึงช่วงสีตั้งแต่ค่า Hue 0 ถึง 20 ค่า Saturation 0 ถึง 255 และ ค่า Value 20 ถึง 255 ซึ่งเป็นช่วงสีตั้งแต่สีแดงไปจนถึงสีเหลืองดังที่แสดงในรูปที่ 4.3















รูปที่ 4.3 ช่วงของสีที่ใช้ในการตรวจจับ

4.5 ผลของการทดลองใช้อัลกอริทึมการตรวจจับไข่ไก่ที่ไม่มีเชื้อและการระบุตำแหน่ง















ผลของการทดลองใช้อัลกอริทึมการตรวจจับไข่ไก่ที่ไม่มีเชื่อนั้นแสดงในตารางที่ 4.2 โดยแสดงภาพของกึ่งกลางไข่ที่ละฟอง ภาพสองระดับ ค่าความจริง ค่าของที่อัลกอริทึมวัดได้ และค่าของความแม่นยำ ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าหากภาพกึ่งกลางของไข่ถูกเปลี่ยนเป็นภาพสองระดับแล้วมีพื้นที่สีขาวมากกว่า 80% จะเป็นไข่ไก่ที่ไม่มีเชื้อ และ หากเป็นสีดำล้วนจะเป็นไข่ไก่ที่มีเชื้อและสามารถนำไปเข้าห้องเกิดต่อได้ แต่มีบางภาพที่มีพื้นที่สีขาวกะปริบกะปรอยนั้นหมายความว่านั่นเป็นแสงสะท้อนจากไข่ฟองข้าง ๆ เพียงเท่านั้น และอัลกอริทึมจะไม่ทำการนับว่าไข่ฟองนั้นเป็นไข่ที่ไม่มีเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้















ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองอัลกอริทึมการตรวจจับไม่มีเชื้อด้วยการประมวลผลภาพรายฟอง

ลำดับที่	รูปภาพพื้นที่ตรงกลางของไข่ไก่	ภาพสองระดับ	ความจริง	อัลกอริทึม	ความแม่นยำ
1			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
2			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
3			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
4			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง
5			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
6			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง















เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
8			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง
9			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง
10			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
11			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
12			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
13			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง















เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
15			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
16			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง
17			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง
18			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง
19			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
20			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง







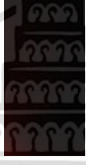







เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
22			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
23			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง
24			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง
25			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
26			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
27			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง















เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง
29			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
30			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
31			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
32			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง
33			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง
34			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง

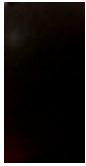













เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

35			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง
36			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
37			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
38			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
39			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
40			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
41			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง




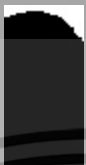










เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
43			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
44			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
45			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
46			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
47			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
48			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง















เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

49			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
50			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
51			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง
52			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง
53			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
54			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง
55			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง







เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

56			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
57			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
58			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
59			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง
60			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
61			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง
62			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

63			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง
64			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
65			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
66			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
67			ไม่มีเชื้อ	ไม่มีเชื้อ	จริง
68			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
69			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

70			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
71			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง
72			มีเชื้อ	มีเชื้อ	จริง

ตารางที่ 4.3 Confusion matrix การตรวจจับไข้ไม่มีเชื้อ


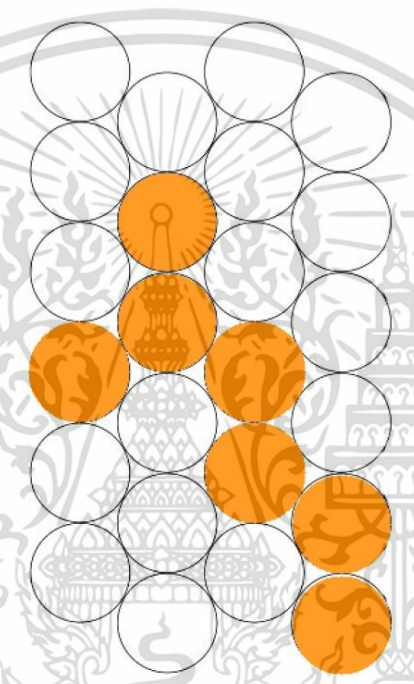
	True Positive	True Negative
Predicted Positive	20	0
Predicted Negative	0	52

จากตารางที่ 4.3 ซึ่ง Confusion matrix นั้นแสดงค่าได้ว่า มีไข้ไม่มีเชื้อทั้งหมด 20 ฟอง (True Positive) มีไข้มีเชื้อทั้งหมด 52 ฟอง (True Negative) จากนั้นอัลกอริทึมตรวจสอบได้ว่ามีไข้ไม่มีเชื้อทั้งหมด 20 ฟอง โดยมีค่าความถูกต้องเป็น จริง ทั้งหมด และอัลกอริทึมตรวจสอบได้ว่ามีไข้มีเชื้อทั้งหมด 52 ฟอง โดยมีค่าความถูกต้องเป็น จริง ทั้งหมด เลยสรุปได้ว่า อัลกอริทึมการตรวจจับไข้ไม่มีเชื้อมีค่าความแม่นยำ (Accuracy) 100% และค่าความผิด (Error) 0%

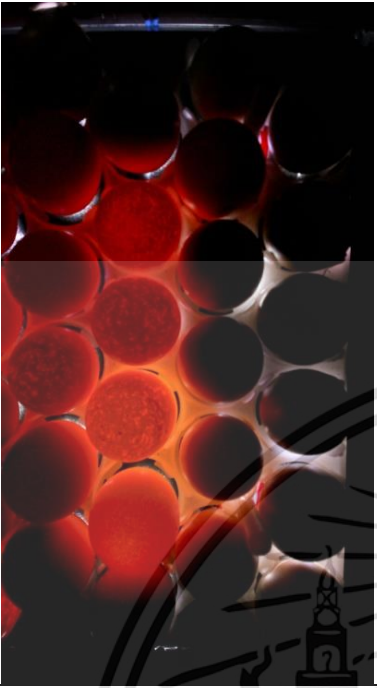
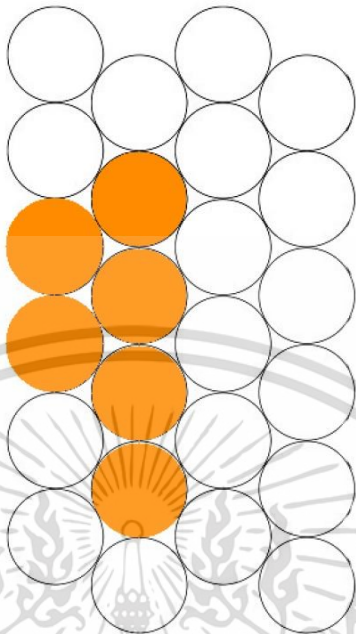
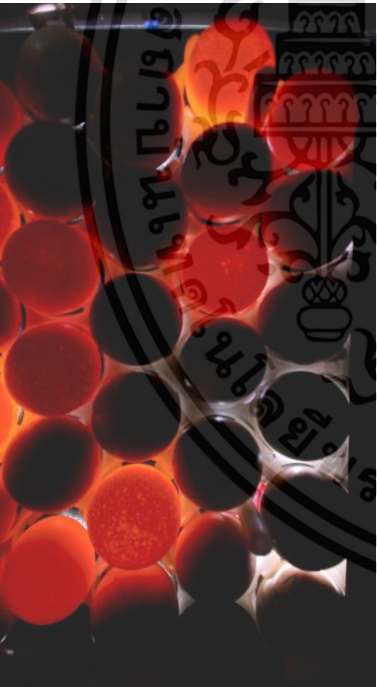

ผลของการทดลองใช้อัลกอริทึมการตรวจจับไข้ที่ไม่มีเชื้อและทำการระบุตำแหน่งบนแปลนแปล่าได้แสดงในตารางที่ 4.4 โดยแสดงภาพต้นฉบับ ภาพการระบุตำแหน่ง ค่าความแม่นยำ และ เวลาที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองอัลกอริทึมการตรวจจับไข่มีเชื้อด้วยการประมวลผลภาพและระบุตำแหน่ง

ภาพต้นฉบับ	ภาพการตรวจจับระบุตำแหน่ง	ความแม่นยำ	เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบไข่และการระบุตำแหน่ง (วินาที)
		100%	0.046875

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		100%	0.046875
		100%	0.046875

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 Confusion Matrix การระบุตำแหน่ง

	True Positive	True Negative
Predicted Positive	20	0
Predicted Negative	0	52

จากตารางที่ 4.5 ซึ่ง Confusion matrix นั้นแสดงค่าได้ว่า มีตำแหน่งของไข่มี่ไม่มีเชื้อทั้งหมด 20 ฟอง (True Positive) มีตำแหน่งของไข่มี่เชื้อทั้งหมด 52 ฟอง (True Negative) จากนั้นอัลกอริทึมระบุตำแหน่งของมีไข่มี่ไม่มีเชื้อทั้งหมด 20 ฟอง โดยมีค่าความถูกต้องเป็น จริง ทั้งหมด และอัลกอริทึมระบุตำแหน่งของมีไข่มี่เชื้อทั้งหมด 52 ฟอง โดยมีค่าความถูกต้องเป็น จริง ทั้งหมด เลยสรุปได้ว่า อัลกอริทึมการระบุตำแหน่งนี้ค่าความแม่นยำ (Accuracy) 100% และค่าความผิดพลาด (Error) 0% และจากตารางที่ 3 นั้นสรุปได้ว่า อัลกอริทึมการตรวจสอบไข่มี่ไม่มีเชื้อและการระบุตำแหน่งนี้มีค่าความเร็วของการประมวลผล (Computation time) 0.046875 วินาทีต่อแผง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลและวิจารณ์การทดลอง

วิทยานิพนธ์เป็นการนำเสนอการวิจัยอัลกอริทึมในการตรวจสอบไซท์ที่ไม่มีเชื้อหลังการฟักไข่ไปแล้วจำนวน 18 วัน โดยอัลกอริทึมนี้เป็นการใช้การมองเห็นของเครื่องและระบบการประมวลผลภาพร่วมกัน ซึ่งการตรวจสอบไซท์ที่ไม่มีเชื่อนั้นนอกจากจะตรวจสอบแล้วยังสามารถระบุตำแหน่งของไซท์ที่ไม่มีเชื้อได้อีกด้วย ทั้งนี้ความแม่นยำจากการทดลองนำไซท์ที่ฟักไว้ทั้งหมด 72 ฟองมาทำการทดสอบด้วยอัลกอริทึมนี้พบว่า สามารถตรวจสอบเจอไซท์ที่ไม่มีเชื้อได้ครบทั้งหมดโดยมีค่าความแม่นยำ (Accuracy) 100% มีค่าความผิดพลาด (Error) 0% และสามารถบอกตำแหน่งของไซท์ที่ไม่มีเชื่อนั้นได้โดยมีความแม่นยำ (Accuracy) 100% มีค่าความผิดพลาด (Error) 0% ทั้งอัลกอริทึมการตรวจสอบไซท์ที่ไม่มีเชื้อพร้อมกับการระบุตำแหน่งนั้นมีความเร็วของการประมวลผล (Computation time) ที่ 0.046875 วินาที

วิทยานิพนธ์นี้สามารถนำเอาอัลกอริทึมนี้ไปพัฒนาต่อเป็นระบบที่ภาพรวมใหญ่กว่านี้หรือจะเป็นระบบอัตโนมัติในอนาคตร่วมกับการสร้างและออกแบบตัวเครื่องตรวจสอบที่มีรางเลื่อนแล้วสามารถนำแขนกลมาจับออกแทนมนุษย์ก็ย่อมได้ สุดท้ายนี้อัลกอริทึมนี้สามารถพัฒนาร่วมกันกับปัญญาประดิษฐ์เพื่อเพิ่มความเร็วในการตรวจจับหรือเพิ่มแนวทางในการทำงานอื่น ๆ ได้อีกในอนาคตที่นอกเหนือจากการตรวจสอบไซท์

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการตรวจสอบไซท์ที่ไม่มีเชื่อนั้นจำเป็นต้องใช้ไซท์ที่ทำการฟักมาแล้ว 18 วัน ซึ่งไม่สามารถหาได้จากท้องตลาดทั่วไป จึงมีจำนวนจำกัดในการทดลอง และหลังจากการตรวจสอบไซท์ที่ไม่มีเชื้อแล้วนั้นจะมีการระบุตำแหน่งซึ่งต้องมีการกำหนดจุดวางของไข่ให้มีความเสถียรที่สุดเท่าที่จะทำได้ จึงต้องมีการกำหนดจุดวางและล็อคไข่ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในอนาคตหากทำเป็นเครื่องตรวจสอบ อาจจะสามารถทำให้การวางตำแหน่งนั้นง่ายกว่านี้

บรรณานุกรม

- [1] สำนักการค้ำสินค้ากรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. “สินค้าเนื้อไก่และผลิตภัณฑ์.” [online],
Available <https://api.dtn.go.th/files/v3/62413882ef414076345c4a4a/download>
(accessed May 30, 2023).
- [2] Boonchana Purahong, Woranidtha Krungseanmuang, Vasutorn Chaowalittawin, Thanapoom Pumee, Isoon Kanjanasurat and Attasit Lasakul. “Classification of Overlapping Eggs Based on Image Processing.” **Journal of Physics: Conference Series 2261 012023**, ICIEEE 2022.
- [3] ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษา. “เกร็ดความรู้ไข่ไก่.” [online],
Available : <https://sciplanet.org/content/10610> (accessed May 30, 2023).
- [4] ประภากร ธาราฉาย. “การผลิตสัตว์ปีก.” [online],
Available : <https://fliphtml5.com/zrvrt/zccw/basic> (accessed May 30, 2023).
- [5] Rafael C Gonzalez, Richard E Woods. **Digital Image Processing Third Edition**. Pearson. 2008.
- [6] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle. **Image Processing, Analysis and Machine Vision**. Champman & Hall Computing. 1994.
- [7] Tina Tryforos. “ปรับภาพถ่ายให้คมชัดและปรับค่าการเปิดรับแสงอย่างเหมาะสมโดยใช้เครื่องมือ Histogram.” [online],
Available : <https://rb.gy/cin51> (accessed May 31, 2023).
- [8] “What is Python? Executive Summary.” [online],
Available : <https://rb.gy/d8ou4> (accessed May 31, 2023).
- [9] “Python คืออะไร สามารถประยุกต์ใช้งานจริงได้อย่างไรบ้าง.” [online],
Available : <https://rb.gy/cidke> (accessed May 31, 2023).
- [10] “About OpenCV.” [online],
Available : <https://opencv.org/about/> (accessed May 30, 2023).

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [11] Boonchana Purahong, Woranidtha Krungseanmuang, Vasutorn Chaowalittawin, Thanapoom Pumeer, Isoon Kanjanasurat and Attasit Lasakul. "Crack Detection of Eggshell using Image Processing and Computer Vision." **Journal of Physics: Conference Series 2261 012021**, ICIEEE 2022.
- [12] Eray Öntler, İlker H Çelen, Timur Gulhan and Banur Boynukara. "A study regarding the fertility discrimination of eggs by using ultrasound." **Indian journal of animal research 51**, 2017. pp. 322-326.
- [13] Jennalyn N. Mindoro, Mon Arjay F. Malbog, Jennifer B. Enriquez, Rufo Marasigan Jr. and Marte DS Nipas. "Automatic Visual Detection of Fresh Poultry Egg Quality Inspection using Image Processing." **13th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)**, IEEE 2022. pp. 192-197.
- [14] Suryo Budi Santoso, Satriyo Adhy, Nurdin, Bahtiar and Indra Waspada. "Development of The Smart Chicken Eggs Incubator Based on Internet of Things Using The Object Oriented Analysis and Design Method." **4th International Conference on Informatics and Computational Sciences (ICICoS)**, 2020.
- [15] Jeerapa Thipakorn, Rattapoom Waranusast and Panomkhawn Riyamongkol. "Egg Weight Prediction and Egg Size Classification using Image Processing and Machine Learning." **14th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)**, 2017. pp. 477-480
- [16] Eko Hari Rachmawanto, Christy Atika Sari, Rivalda Villadelfiya, De Rosal Ignatius Moses Setiadi, Nova Rijati, Etika Kartikadarma, Mohamed Doheir and Setia Astuti. "Eggs Classification based on Egg Shell Image using K-Nearest Neighbors Classifier." **International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic)**, 2020. pp. 50-54.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [17] Tanveer A Bhuiyan, Cristian Sevcencu, Johannes J Struijk, Jørgen K Kanters and Claus Graff1. “Electrocardiographic Measurements of the QT Interval during Embryonic Development in Fertilized Chicken Eggs.” **Computing in Cardiology**, 2016. vol. 43, pp. 1053-1055.
- [18] Nemilyn A. Fadchar and Jennifer C. Dela Cruz. “Prediction Model for Chicken Egg Fertility Using Artificial Neural Network.” **7th International Conference on Industrial Engineering and Applications**, IEEE 2020. pp. 916-920.
- [19] Isoon Kanjanasurat, Woranidtha Krungseanmuang, Vasutorn Chaowalittawin and Boonchana Purahong. “Egg-Counting System Using Image Processing and a Website for Monitoring.” **7th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICIEAST)**. 2021. pp. 101-104.
- [20] Components of chicken egg. (2023).
<https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1146/egg-ไข่>
- [21] “NumPy documentation.” [online],
 Available : <https://numpy.org/doc/stable/> (accessed July 19, 2023).

ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์

- [1] Isoon Kanjanasurat, Woranidtha Krungseanmuang, Vasutorn Chaowalittawin, and Boonchana Purahong. 2021. Egg-Counting System Using Image Processing and a Website for Monitoring. International Conference on Engineering Applied Sciences and Technology (ICEAST).
- [2] Boonchana Purahong, Vasutorn Chaowalittawin, Worinidtha Krungseanmuang, Posathip Sathporn, Thanavit Anuwongphinit and Attasit Lasakul. 2022. Crack Detection of Eggshell using Image Processing and Computer Vision. Journal of Physics: Conference Series.
- [3] Boonchana Purahong, Worinidtha Krungseanmuang, Vasutorn Chaowalittawin, Thanapoom Pume, Isoon Kanjanasurat and Attasit Lasakul. 2022. Classification of Overlapping Eggs Based on Image Processing. Journal of Physics: Conference Series.
- [4] Vasutorn Chaowalittawin, Woranidtha Krungseanmuang, Posathip Sathaporn, Tuanjai Archevapanich and Boonchana Purahong. 2022. Global Technology and Business Management Conference (GTBMC 2022).
- [5] Posathip Sathaporn, Woranidtha Krungseanmuang, Vasutorn Chaowalittawin and Chawalit Benjangkprasert. 2022. Voice Over IP Intregation Platform Performance By Using EC2 AWS Cloud Service. 8th International Conference on Engineering and Emerging Technologies.
- [6] Paisan Sithiyopasakul, Chavinkorn Piyatananugoon, Vasutorn Chaowalittawin, Woranidtha Krungseanmuang, Posathip Sathaporn, Isoon Kanjanasurat, Boonchana Purahong, Tuanjai Archevapanich and Attasit Lasakul. 2023. Inventory Management System based on IoT and Microservices Architecture Design. International Electrical Engineering Congress (iEECON)

ประวัติผู้เขียน



วุฒิการศึกษา

- ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (เกียรตินิยมอันดับ 2)
- มัธยมศึกษา โรงเรียนธัญบุรี

ประสบการณ์

1. รองประธานกรรมการบริษัท คอนโซลูเทค จำกัด
2. ผู้ร่วมก่อตั้งทีม Startup Egg E Egg
3. ที่ปรึกษา โครงการพัฒนาแพลตฟอร์มสำหรับให้บริการประมวลผลผลิตภาพสำหรับสถานประกอบการด้านแร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้