

การตรวจรอยร้าวของไข่หลายฟองแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพและ
คอมพิวเตอร์วิทัศน์

SEMI-AUTOMATED MULTIPLE EGG CRACK DETECTION USING IMAGE
PROCESSING AND COMPUTER VISION TECHNIQUES



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2566

KMITL-2023-EN-M-027-075

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SEMI-AUTOMATED MULTIPLE EGG CRACK DETECTION USING IMAGE
PROCESSING AND COMPUTER VISION TECHNIQUES



VASUTORN CHAOWALITTAWIN

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-027-075

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	การตรวจรอยร้าวของไขหลายฟองแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพและคอมพิวเตอร์วิทัศน์
นักศึกษา	นายวสุธร เชาวลิตถวิล
รหัสประจำตัว	65016085
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
พ.ศ.	2566
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. อรรถสิทธิ์ หล้าสกุล

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการตรวจรอยร้าวของไขหลายฟองแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพและคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิดของอุตสาหกรรม 4.0 ที่มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาคุณภาพของการทำงานแบบดั้งเดิมในขณะเดียวกันนั้น ยังสามารถลดความผิดพลาดของการทำงานด้วยมนุษย์ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมไข่ได้ โดยในขั้นตอนแรกของการนำเทคนิคประมวลผลภาพมาเพื่อตรวจสอบหารอยร้าวเริ่มจาก รับข้อมูลรูปภาพจากกล้องเว็บแคมจำนวน 12 ฟอง จากนั้นทำการปรับขนาดของภาพให้มีขนาด 210 x 768 พิกเซล เพื่อให้สามารถนำภาพไปประมวลผลได้เร็วขึ้น ในลำดับต่อมาทำการแบ่งช่องสัญญาณสีของภาพออกเป็นช่องสัญญาณสีแดงและช่องสัญญาณสีเขียว ช่องสัญญาณสีแดงจะถูกเปลี่ยนเป็นภาพ grayscale โดยใช้ Gaussian blur ฟิวเตอร์เพื่อลดสัญญาณรบกวนในภาพและทำการเปลี่ยนภาพให้อยู่ในลักษณะของภาพไบนารี ในลำดับต่อมา หลังจากนั้นทำการคุณภาพไบนารีด้วยภาพ grayscale ของช่องสัญญาณสีเขียวเพื่อลบพื้นหลังออก ในขณะเดียวกันนำวิธีการของ morphological มาเพื่อเพิ่มคุณภาพของภาพ ขั้นตอนสุดท้ายทำการหาพื้นที่ของวัตถุด้วย contour เมตริกซ์ และสร้างเงื่อนไขให้ตรวจจับรอยร้าวบนผิววัตถุไข่ ซึ่งผลลัพธ์จากกระบวนการดังกล่าวมีความแม่นยำในการตรวจสอบรอยร้าวสูงถึง 95% อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพในการประมวลผลอย่างรวดเร็วเฉลี่ย 0.025 วินาที ต่อ 12 ฟอง

Thesis Title	Semi-Automated Multiple Egg Crack Detection Using Image Processing and Computer Vision Techniques
Student	Mr. Vasutom Chaowalittawin
Student ID.	65016085
Degree	Master of Engineering
Program	Electrical and Computer Engineering
Year	2023
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Attasit Lasakul

Abstract

This thesis presents a Semi-Automated Multiple Egg Crack Detection Using Image Processing and Computer Vision Techniques. This approach uses the concept of industrial 4.0 to reduce manual coordination in the egg industry's manufacturing process. The method started with receiving 12 eggs images from a webcam camera. Then, we rescaled the image to 210 x 768 pixels for faster computation. Next, divide the image into the red and green channels. The red channel image was converted to grayscale using a Gaussian blur filter to reduce noise, followed by turning the image to binary. After that, multiply the binary image with the grayscale of the green channel to remove the background. By that time, a morphological operation was used to enhance the quality of the image. Finally, use the contour matrix to find the area of the object and then build the condition to detect the crack in the eggshell. These techniques of image processing are used to inspect the eggshell crack with a high accuracy of more than 95% as well as fast processing time of 0.025 seconds per 12 eggs.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือและกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ดร. อรรถสิทธิ์ หล้าสกุล ที่ให้คำแนะนำ เป็นที่ปรึกษา ในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ตั้งแต่ต้นจนจบ

ขอขอบคุณ รศ.ดร. บุญยชนะ ภูระหงษ์ ที่ได้แนะนำแนวคิด ไอเดีย และโอกาสในการเจอภาคอุตสาหกรรม แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ รศ.ดร. ขวลิต เบญจางคประเสริฐ ที่คอยให้คำแนะนำ เรื่องต่าง ๆ ที่สมควร

ขอขอบคุณ ดร. ไอศูรย์ กาญจนศุรัตน์ ที่คอยช่วยเหลือในการมอบองค์ความรู้ รวมถึงแนะนำการเขียนวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา คุณยาย และครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยสนับสนุน และมอบโอกาสทางการศึกษาตลอดมา

วสุธร เขาวลิตถวิล

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	2
1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 เปลือกไข่ไก่ (Chicken Eggshell).....	4
2.2 การตรวจรอยร้าวบนเปลือกไข่ (Eggshell Crack Detection).....	5
2.3 ภาพดิจิทัลและเมทริกซ์ของภาพ (Digital Image and Image Metrix).....	6
2.4 ชนิดของภาพดิจิทัล.....	7
2.4.1 ภาพขาวดำ (Binary Image).....	7
2.4.2 ภาพสีเทา (Gray Scale Image).....	8
2.4.3 ภาพสี RGB.....	8
2.5 ฮิสโตแกรมของภาพ (Image Histogram).....	9
2.6 การเพิ่มแสงสว่างและความคมชัดของรูป (Brightness and Contrast).....	10
2.7 มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ (Morphology).....	11

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7.1 ไดเลชัน (Dilation).....	12
2.7.2 อีรอสชัน (Erosion).....	13
2.7.3 โคลสซิง (Closing).....	14
2.7.4 โอเพนนิ่ง (Opening).....	16
2.8 ทบทวนวรรณกรรม.....	17
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง.....	19
3.1 บทนำ.....	19
3.2 การรับเข้าภาพ.....	20
3.3 การปรับปรุงภาพ.....	22
3.3.1 การตัดภาพส่วนที่ต้องการ.....	22
3.3.2 การตรวจสอบความสว่างของภาพไข่.....	22
3.3.3 การแยกช่องสี RGB ของภาพ.....	23
3.3.4 การลดสัญญาณรบกวนของภาพ.....	24
3.3.5 การปรับค่าความสว่างและค่าความชัดของภาพ.....	24
3.3.6 การใส่หน้ากากให้กับภาพ.....	25
3.3.7 การแปลงภาพสีเทาให้เป็นภาพสองระดับ.....	25
3.3.8 การใช้มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์.....	25
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	26
4.1 บทนำ.....	26
4.2 ชุดข้อมูลภาพไข่.....	26
4.3 ผลของการปรับปรุงภาพ.....	27
4.3.1 ผลของการตัดภาพส่วนที่ต้องการ.....	27
4.3.2 ผลของการแบ่งช่องสี RGB ของภาพ.....	29
4.3.3 ผลของการลดสัญญาณรบกวนของภาพ.....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.4 ผลของการปรับค่าความสว่างและค่าความคมชัดของภาพ	30
4.3.5 ผลของการใส่หน้ากากให้กับภาพ	31
4.3.6 ผลของการแปลงภาพสีเทาให้เป็นภาพสองระดับ	32
4.3.7 ผลของการใช้มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์กับภาพ	32
4.4 ผลลัพธ์จากการทดลอง	33
4.5 การวัดประสิทธิภาพอัลกอริทึม	48
บทที่ 5 บทนำ	49
5.1 สรุปผลและวิจารณ์การทดลอง	49
5.2 ข้อเสนอแนะ	49
บรรณานุกรม	50-51
ผลงานตีพิมพ์	52
ประวัติผู้เขียน	53

สารบัญตาราง

หน้า

4.1 ผลการทดลองการตรวจรอยร้าวด้วยอัลกอริทึมเทียบกับชุดข้อมูลจริง	33
4.2 ผลการทดลอง การตรวจไขร้าวที่ละ 1 แผง หรือ 12 แผง และเวลาในการประมวลผล	46
4.3 Confusion Matrix การตรวจจับไขร้าว	48



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของไข่ไก่.....	4
2.2 การส่องไฟเพื่อหารอยร้าวบนเปลือกไข่.....	5
2.3 เครื่องตรวจสอบไข่ร้าวด้วยระบบอัตโนมัติ.....	6
2.4 ภาพที่แสดงความเข้มสี (ซ้าย) และ อาร์เรย์แสดงภาพสองมิติ (ขวา).....	7
2.5 ภาพขาวดำ และค่าเมทริกซ์ของภาพ.....	7
2.6 ภาพสีเทาและค่าเมทริกซ์ของภาพ.....	8
2.7 ภาพสีและค่าเมทริกซ์ของภาพ.....	9
2.8 ฮิสโตแกรมของภาพ.....	10
2.9 (ก) รูปภาพคอนทราสต์ต่ำ และ (ข) รูปภาพคอนทราสต์สูง.....	10
2.10 ตัวอย่างจุดภาพในเมทริกซ์ 2 มิติ.....	11
2.11 จุดภาพเริ่มต้นของเซต B จุดภาพเริ่มต้นของเซต A และการโคเลชันของเซต A+B.....	12
2.12 การ Dilation ของภาพ.....	13
2.13 จุดภาพเริ่มต้นของเซต B จุดภาพเริ่มต้นของเซต A และการอีโรชันของเซต A-B.....	14
2.14 การ Erosion ของภาพ.....	14
2.15 จุดภาพเริ่มต้นของเซต B จุดภาพเริ่มต้นของเซต A และการทำโคลสซิง (A+B)-B.....	15
2.16 การ Closing ของภาพ.....	15
2.17 จุดภาพเริ่มต้นของเซต B จุดภาพเริ่มต้นของเซต A และการทำโอเพนนิ่ง (A-B)+B.....	16
2.18 การ Opening ของภาพ.....	16
3.1 แผนผังภาพรวมการตรวจจับไข่ร้าวที่ละหลาย ๆ ฟอง.....	19
3.2 แนวการวางตำแหน่งของไข่.....	20
3.3 แบบจำลองการรับเข้าภาพ.....	21
3.4 แผนผังภาพวิธีการครอบตัดภาพที่ต้องการ.....	22
3.5 แผนผังการคำนวณหาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ.....	23

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 แผนผังการแบ่งช่องสี.....	24
3.7 แผนผังการปรับค่าความสว่างและความคมชัดของภาพ	24
4.1 ตัวอย่างภาพไซที่นำเข้าระบบ	26
4.2 จุดกึ่งกลางของไซแต่ละฟอง	27
4.3 ตัวอย่างของการแบ่งส่วนภาพไซ	28
4.4 ตัวอย่างการตัดภาพไซแต่ละฟอง.....	28
4.5 (ก) การแยกช่องของช่องสีแดงหรือ R (ข) การแยกช่องของช่องที่เขียว หรือ G (ค) การแยกช่องของช่องสีฟ้า หรือ B	29
4.6 ผลของการใช้ Gaussian blur ขนาด 3x3	30
4.7 ผลของการใช้ปรับค่าความสว่างและค่าความคมชัดของภาพ.....	30
4.8 ผลของการใส่หน้ากากให้ภาพไซ.....	31
4.9 ผลของการแปลงภาพให้เป็นภาพสองระดับ	32
4.10 ผลของการใช้มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์กับภาพ	32

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนำเป็นการอธิบายถึงที่มาและความสำคัญของงานวิจัย แนวคิด จุดเริ่มต้นของการตั้งสมมติฐาน จากภาคอุตสาหกรรมไข่ไก่ แนวทางในการแก้ปัญหา รวมถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ที่เกี่ยวข้อง อีกทั้ง ขั้นตอนการศึกษาของงานวิจัยนี้

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

อุตสาหกรรมไข่ไก่เป็นอุตสาหกรรมสำคัญของประเทศ เนื่องจากเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญ และให้คุณค่าทางโภชนาการสูง นอกเหนือจากนั้นผลผลิตของไข่ไก่อังสามารถนำมาเพาะเลี้ยงพันธ์เพื่อให้เป็น ไก่พ่อแม่พันธุ์ในลำดับถัดมา ซึ่งสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงและเป็นกิจกรรมสำคัญภายในอุตสาหกรรมไข่ไก่ คือ การตรวจสอบหาคุณภาพของไข่ไก่ ซึ่งการตรวจสอบหาคุณภาพของไข่ไก่อาศัยอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น การสังเกตดูจากสีของเปลือกไข่ไก่ การวัดระยะความสูงของไข่ขาว ซึ่งการตรวจสอบด้วยวิธีเหล่านี้จำเป็นต้องใช้แรงงานคนที่มีความชำนาญ พร้อมทั้งใช้ระยะเวลานาน โดยในโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์ไข่ไก่ขนาดใหญ่ ใช้เครื่องตรวจสอบหาคุณภาพของไข่ไก่ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ และมีราคาสูง มีค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบคุณภาพที่สูงเช่นเดียวกัน ส่วนในฟาร์มของเกษตรกรที่ไม่มีเครื่องตรวจสอบคุณภาพของไข่ไก่ จึงทำให้ไข่ไก่มีราคาต่ำ หากไข่ไก่อมีการตรวจสอบคุณภาพของไข่ไก่อ่อน จะทำให้ไข่ไก่มีราคาสูงขึ้น

ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีเครื่องตรวจสอบคุณภาพไข่ไก่ที่มีต้นทุนต่ำ ทำให้เกษตรกรต้องประสบปัญหาถูกกดราคาไข่ไก่ และไม่สามารถเก็บข้อมูลผลผลิตไข่ไก่ภายในฟาร์ม เพื่อการประเมินราคาของไข่ไก่ตามคุณภาพที่แท้จริง การตรวจสอบคุณภาพไข่หลังกระบวนการผลิตเป็นสิ่งสำคัญมาก โดยเฉพาะการตรวจสอบความสมบูรณ์ของผิวเปลือกไข่ก่อนนำออกสู่ผู้บริโภค ปกติแล้วในฟาร์มไก่ไข่นั้นมักใช้คนในการตรวจสอบรอยร้าว ด้วยลักษณะการดูด้วยตาเปล่าหรือใช้ลักษณะการเคาะเพื่อฟังเสียง ซึ่งในบางครั้งวิธีการเหล่านี้ก็เกิดข้อผิดพลาดขึ้น ส่งผลให้การตรวจสอบมีความคลาดเคลื่อนและไม่แม่นยำ อย่างไรก็ตามเพื่อให้มีความแม่นยำ และสะดวกมากขึ้นได้มีคนนำเทคนิคต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์วิทัศน์ การประมวลผลภาพ ไอโอที ปัญญาประดิษฐ์ และอื่นๆ มาประยุกต์ใช้เข้ากับอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น วิธีการผสมผสานหลักการของการประมวลผลภาพร่วมกับหลักการของไอโอทีเพื่อนับจำนวนไข่ที่เคลื่อนที่บนสายพานและแสดงผลลัพธ์ของการ

นับจำนวนบนเว็บไซต์ หรือ วิธีการทางการประมวลผลภาพดิจิทัลโดยใช้เทคนิค matching templates ตรวจจับเปลือกไข่ว้าว ซึ่งวิธีนี้ได้ผลลัพธ์ความแม่นยำที่ 90% หรือแม้กระทั่งการนำเสนอวิธีการตรวจสอบเปลือกไข่ที่ถูกทำให้แตกด้วยการมองเห็นของเครื่อง

งานวิจัยชิ้นนี้ได้นำเสนอแนวทางทางเลือกของการตรวจรอยร้าวของไข่หลายฟองแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพและคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อที่จะสามารถนำแนวคิดนี้ไปประยุกต์ใช้กับภาคอุตสาหกรรมไข่ หรือ อุตสาหกรรมการเกษตรในอนาคตได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อเสนอแนวคิดในการตรวจจับรอยร้าวของไข่หลายฟองแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพและคอมพิวเตอร์วิทัศน์
2. เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการจำแนกรอยร้าวบนเปลือกไข่ให้สูงขึ้นโดยทำการเพิ่มประสิทธิภาพขั้นตอนทางการประมวลผลภาพ
3. เพื่อประยุกต์กับภาคอุตสาหกรรม ในการตรวจสอบคุณภาพของเปลือกไข่

1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

แนวคิดหรือทฤษฎีหลักในงานวิจัยชิ้นนี้คือ การประมวลผลภาพ (Image Processing) การตรวจสอบรอยร้าว (Crack Detection) ร่วมกับ คอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision)

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำของอัลกอริทึมตรวจสอบไข่ว้าวด้วยชุดข้อมูลภาพไข่ทั้งหมด 60 ฟอง
2. สร้างแบบจำลอง (Controlled Environment) การเก็บข้อมูลภาพไข่ที่ควบคุมแสงและอุณหภูมิสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลที่สูงสุด
3. ประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพร่วมกับเทคนิคของคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อสร้างเป็นโปรแกรมระบบตรวจสอบคุณภาพไข่ว้าวแบบกึ่งอัตโนมัติ

4. ตรวจสอบประสิทธิภาพด้วยตารางวัดความสามารถของการจำแนก (Confusion Metric) และค่าบ่งชี้ประสิทธิภาพ 2 ค่า ประกอบด้วย ค่าความแม่นยำ (Accuracy) และ ค่าเวลาการประมวลผล (Processing time)

1.5 ขั้นตอนในการทำงานวิจัย

ขั้นตอนในการวิจัยการตรวจจ็บรอยร้าวของไข่หลายฟองแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพและคอมพิวเตอร์วิทัศน์ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ตั้งสมมุติฐานและกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นจากภาคอุตสาหกรรมไข่ ในปัญหาด้านคุณภาพไข่ โดยเฉพาะไข่ร้าว
2. ศึกษาและสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจจ็บรอยแตกของเปลือกไข่ โดยเทคนิคต่างๆ เช่น การประมวลผลภาพ หรือ การจำแนกรอยร้าวบนวัตถุอื่นๆ รวมถึงเทคนิคในด้านการทำเป็นระบบไอโอทีและสารสนเทศ
3. ประยุกต์ใช้เทคนิคด้านการประมวลผลภาพดิจิทัล ในการตรวจสอบรอยร้าวบนเปลือกไข่
4. ทดลองวิธีการปรับคุณภาพของภาพไข่ร้าวและจำแนกค่าสีเพื่อเน้นให้รอยร้าวบนเปลือกไข่และทำการลบพื้นหลังภาพเพื่อเน้นให้การตรวจจ็บรอยร้าวมีคุณภาพสูงที่สุด
5. วัดผลการทดลองการตรวจจ็บรอยแตกของเปลือกไข่โดยใช้การประมวลผลภาพและคอมพิวเตอร์วิทัศน์
6. สรุปผลการตรวจจ็บรอยแตกของเปลือกไข่โดยใช้การประมวลผลภาพและคอมพิวเตอร์วิทัศน์

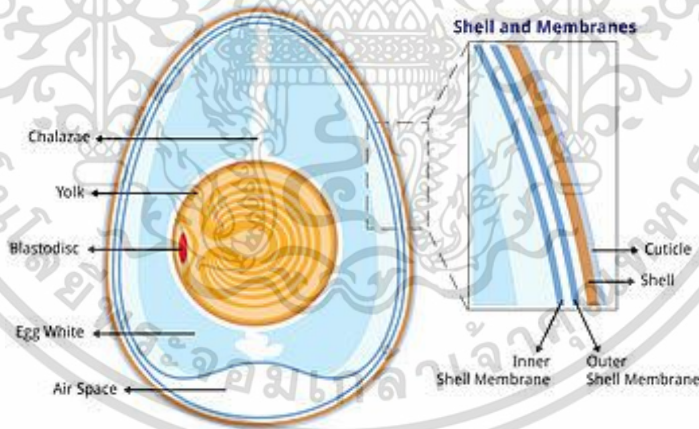
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะอธิบายถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิธานนิพนธ์เล่มนี้ ซึ่งประกอบด้วย เปลือกไข่ไก่ การตรวจสอบไข่ร้าว ภาพดิจิทัลและการประมวลผลภาพ

2.1 เปลือกไข่ไก่ (Chicken Eggshell)

เปลือกไข่ [1] เป็นส่วนที่อยู่นอกสุดและมีความแข็งแรงที่สุดของไข่ เนื่องจากเปลือกไข่นั้นประกอบด้วย หินปูน (Calcium Carbonate) ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม เปรอร์เซนต์ไวเดียม โพแทสเซียม แมงกานีส เหล็กและทองแดง ส่งผลให้เปลือกของไข่มีความแข็งแรงเมื่อเทียบกับส่วนอื่นๆของไข่ อาทิเช่น ไข่ขาวหรือ ไข่แดง ลักษณะทางกายภาพของเปลือกไข่นั้น มีสีน้ำตาลและรูขุมขนาดเล็กเพื่อระบายอากาศซึ่งไม่สามารถสังเกตด้วยตาเปล่าได้



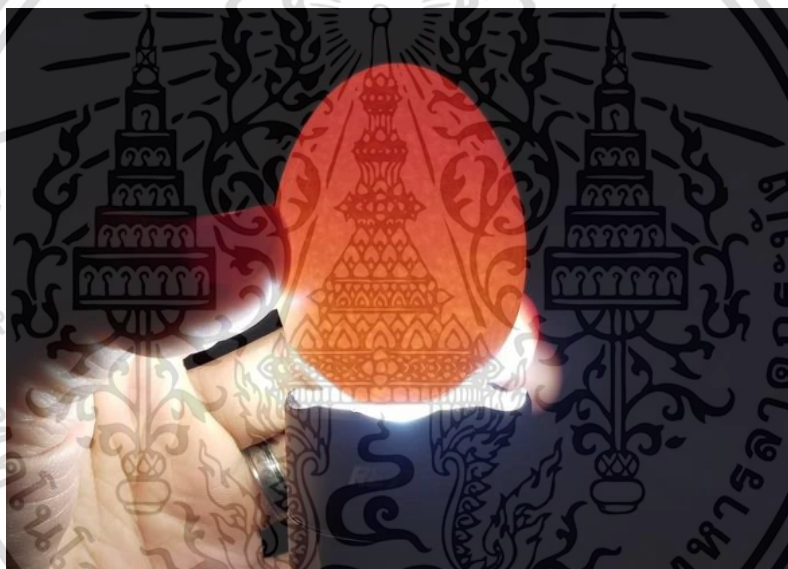
รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของไข่ไก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.1 ได้อธิบายชั้นของเปลือกไข่ไว้ 4 ชั้น ชั้นนอกสุด คือ Cuticle หรือเมือกเคลือบเปลือกไข่ เป็นชั้นนอกสุดมีไว้เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศและน้ำผ่านเข้าไปได้ ชั้นที่สอง คือ Shell หรือ เปลือกซึ่งเป็นส่วนที่หนาที่สุดของไข่ ชั้นที่สาม คือ Outer Shell Membrane และชั้นในสุด คือ Inner Shell Membrane

2.2 การตรวจรอยร้าวบนเปลือกไข่ (Eggshell Crack Detection)

การตรวจรอยร้าวบนเปลือกไข่นั้นในปัจจุบันนั้นทำได้หลากหลายรูปแบบ ที่นิยมอย่างแพร่หลายเนื่องจากสามารถทำได้ง่ายและอาศัยเครื่องมือน้อย คือ การใช้ไฟส่องเพื่อหารอยร้าวบนเปลือกไข่ดังที่แสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การส่องไฟเพื่อหารอยร้าวบนเปลือกไข่

การใช้วิธีการนี้ให้มีประสิทธิภาพดีที่สุดคือการใช้แสงจากไฟฉาย ส่องที่ด้านข้างของไข่ จะทำให้แสงสะท้อนทั่วไข่และจะสามารถระบุรอยร้าวบนเปลือกได้ชัดเจนขึ้น รวมถึงยังสามารถดู สิ่งสกปรกบนเปลือกไข่ได้อีกด้วย แต่การใช้วิธีการนี้มีข้อเสีย คือ สามารถทำได้ทีละ 1 ฟอง และต้องอาศัยความชำนาญของมนุษย์ในการตรวจสอบ ซึ่งเกิดความผิดพลาดในการตรวจสอบได้

หรือในภาคอุตสาหกรรมไข่ขนาดใหญ่ที่ประกอบด้วย ฟาร์ม โรงฟัก โรงคัดไข่ ฯลฯ ในตลาดระดับโลก หรือ ระดับภูมิภาคนั้น ได้นำเข้าเครื่องตรวจสอบไข่ร้าวด้วยระบบอัตโนมัติ (Automatic Crack

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Detection) [2] สำหรับการตรวจสอบหลายๆ ฟอง ที่สามารถรองรับกำลังการผลิตต่อวันได้ เครื่องระบบอัตโนมัตินี้ใช้เทคโนโลยีคลื่นอะคูสติก (Acoustic Technology) ดังที่แสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งมีการนำวิธีการแปลงฟูเรียร์มาใช้ในเครื่องตรวจจับรอยร้าวโดยการวิเคราะห์น้ำเสียงและเสียงเมื่อไขถูกเคาะ ทั้งหมด 16 ครั้ง รอบทิศทาง อย่างต่อเนื่อง และอาศัยการตรวจจับรอยร้าวจากคลื่นเสียงที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2.3 เครื่องตรวจสอบไขร้าวด้วยระบบอัตโนมัติ

โดยอัตราการตรวจจับโดยการตรวจจับภาพอยู่ที่ประมาณ 60% อัตราการตรวจจับนั้นดีขึ้นอย่างมากถึง 95% ด้วยเทคโนโลยีนี้ สามารถตรวจจับรอยร้าวที่มองไม่เห็นได้ด้วยเสียง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์กับไขเปิดได้อีกด้วย แม้ว่าไขเปิดจะมีขนาดใหญ่และเปลือกไขหนา แต่เครื่องตรวจจับรอยร้าวก็สามารถตรวจจับรอยร้าวบนไขเปิดได้อย่างแม่นยำเช่นเดียวกับไขไก่ ช่วยขจัดไขที่แตกและช่วยในกระบวนการที่สำคัญในการผลิต

2.3 ภาพดิจิทัลและเมทริกซ์ของภาพ (Digital Image and Image Metrix) [3, 4, 5]

ภาพดิจิทัล (Digital Image) เป็นการแสดงผลภาพในแกนสองมิติ ซึ่งสามารถนำมาอธิบายลักษณะเป็นเมทริกซ์ฟังก์ชัน $f(x,y)$ โดยที่ x และ y เป็นพิกัดของภาพหรือ พิกเซล (Pixel) ที่ประกอบหรือภาพหนึ่งจะประกอบไปด้วยพิกเซลมากมาย การที่ภาพนั้นมีพิกเซลมากนั้นเท่ากับว่ามีความละเอียดของภาพสูง และแต่ละภาพที่สร้างขึ้นจะมีความหนาแน่นของจุดภาพ หรือ ความคมชัดที่แตกต่างกันออกไป หากทำการกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพ $f(x,y)$ มีขนาด M แถวและ N คอลัมน์ และพิกัดของจุดกำเนิด (Origin) ของภาพคือที่ตำแหน่ง $(x,y) = (0,0)$ แล้ว จะสามารถเขียนสมการให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ได้ดังสมการที่ 2.1 นี้

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

จากสมการข้างต้น สามารถนำมาวาดลงบนระนาบสองมิติได้ตามรูปที่ 2.4 โดยเริ่มจากจุดกำเนิด

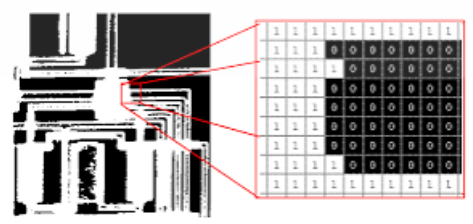


รูปที่ 2.4 ภาพที่แสดงความเข้มสี (ซ้าย) และ อาร์เรย์แสดงภาพสองมิติ (ขวา)

2.4 ชนิดของภาพดิจิทัล [3, 4, 5]

2.4.1 ภาพขาวดำ (Binary Image)

ภาพขาวดำ (Binary Image) หรือ ภาพที่ประกอบด้วยพิกเซลที่มีได้สองสี คือ สีขาว และสีดำ หรือสามารถกล่าวได้อีกรูปแบบ คือ ภาพสี 1 บิต ประกอบไปด้วย บิต 1 และ บิต 0 ดังแสดงในตัวอย่างรูปที่ 2.5

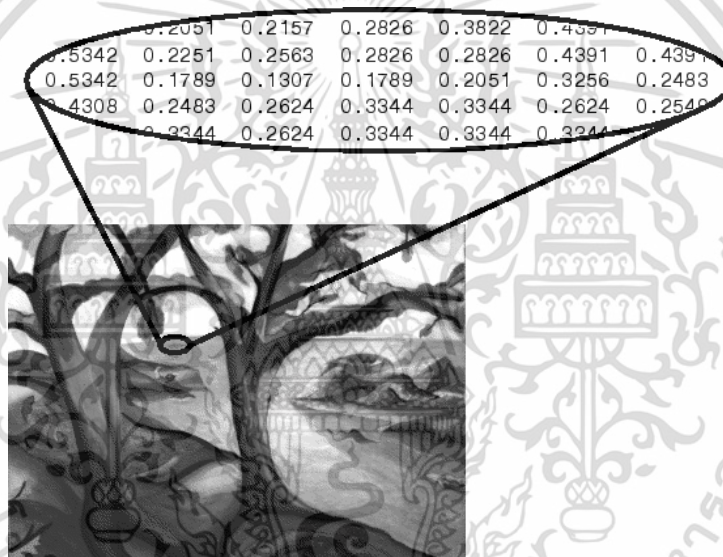


รูปที่ 2.5 ภาพขาวดำ และค่าเมทริกซ์ของภาพ

เหตุผลหลักที่ภาพขาวดำมีประโยชน์อย่างยิ่งในด้านการประมวลผลภาพ เป็นเพราะทำให้สามารถแยกวัตถุออกจากพื้นหลังได้ง่าย กระบวนการแบ่งส่วนทำให้สามารถติดป้ายกำกับแต่ละพิกเซลเป็น 'พื้นหลัง' หรือ 'วัตถุ' และกำหนดสีขาวดำที่สอดคล้องกัน

2.4.2 ภาพสีเทา (Gray Scale Image)

ภาพสีเทา (Gray Scale Image) หรือ ภาพที่ประกอบด้วยพิกเซลที่มีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 โดยที่ 0 หมายถึง สีดำ และ 255 หมายถึง สีขาว ค่าที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 คือเฉดสีเทาที่ต่างกัน โดยค่าที่ใกล้ 0 จะเข้มกว่า และค่าที่ใกล้ 255 จะอ่อนกว่า ดังแสดงรูปที่ 2.6



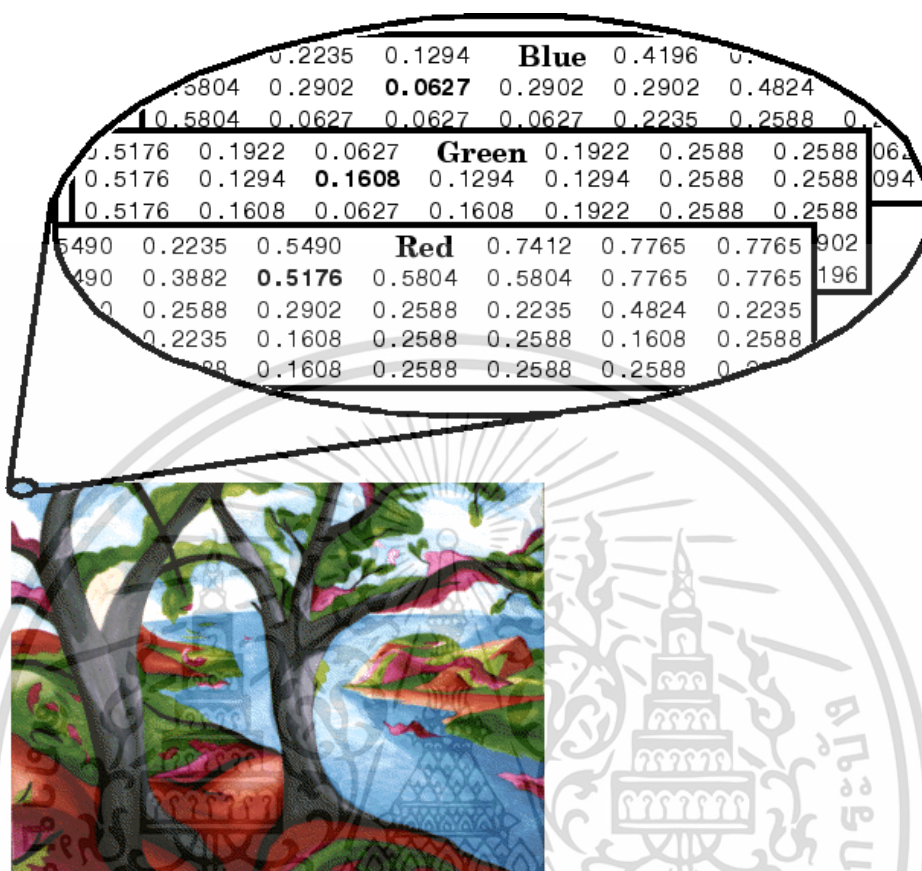
รูปที่ 2.6 ภาพสีเทาและค่าเมทริกซ์ของภาพ

ประโยชน์ของการใช้ภาพระดับสีเทานั้นทำให้สามารถเพิ่มการมองเห็นได้ง่าย เนื่องจากสามารถแยกความแตกต่างระหว่างเงาและส่วนไฮไลต์ของภาพได้

2.4.3 ภาพสี RGB

ภาพสี (RGB Image) คือ ภาพต้นฉบับ หรือ ภาพ 24 บิต ซึ่งเกิดจากการรวมของช่องสัญญาณสี ได้แก่ ช่องสัญญาณสีแดง (Red Channel) 8 บิต ช่องสัญญาณสีเขียว (Green Channel) 8 บิต และช่องสัญญาณสีน้ำเงิน (Blue Channel) 8 บิต ตามลำดับ ดังแสดงในตัวอย่างรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

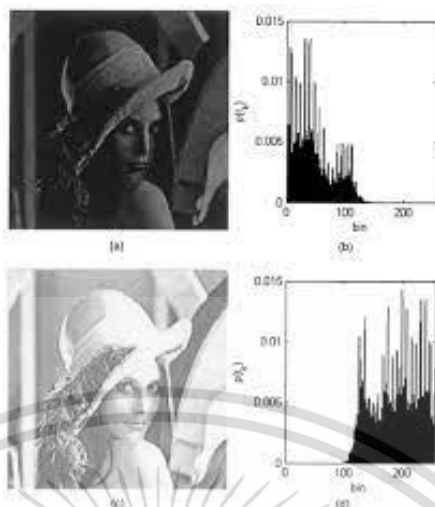


รูปที่ 2.7 ภาพสีและค่าเมทริกซ์ของภาพ

2.5 ฮิสโตแกรมของภาพ (Image Histogram) [5]

ฮิสโตแกรม คือ วิธีการแสดงผลในรูปแบบกราฟที่แสดงความผันแปรของข้อมูลด้วยการเรียงลำดับความถี่ข้อมูลที่เกิดขึ้นและจัดกลุ่มข้อมูลเข้าด้วยกันเพื่อให้การแสดงผลข้อมูลนั้นเด่นชัดขึ้นดังที่แสดงในรูปที่ 2.8 ซึ่งภาพฮิสโตแกรมนั้นก็คือ การแสดงผลความถี่ของพิกเซลบนภาพ ที่มีค่าแสดงตั้งแต่ 0-255 (แบ่งเป็น 256 ค่าระดับสี) โดยทางด้านซ้ายของกราฟจะมีค่าความสว่างน้อย ภาพจะมีสีเข้มเข้าใกล้สีดำ ส่วนทางด้านขวามือจะมีความสว่างสูง ภาพจะสว่างเข้าใกล้สีขาว ส่วนบริเวณตรงกลางกราฟแสดงส่วนน้ำหนักสีกลาง ประโยชน์ของกราฟฮิสโตแกรม คือทำให้เราเห็นองค์ประกอบคร่าวๆของรูปได้ว่าเป็นอย่างไร ซึ่งสามารถนำภาพมาปรับเพื่อให้มีคุณภาพดีขึ้นได้ก่อนเข้าการประมวลผลภาพต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ฮิสโตแกรมของภาพ

2.6 การเพิ่มแสงสว่างและความคมชัดของรูป (Brightness and Contrast) [5]

การเพิ่มแสงสว่างและความคมชัดของรูป (Brightness and Contrast) เป็นหนึ่งในกระบวนการทาง Image Processing โดยทำการปรับเปลี่ยนความสว่างของภาพเพื่อเพิ่มความสว่างโดยรวมของภาพ เช่น การทำให้สีภาพอ่อนขึ้นและจางลง ขณะที่การทำคอนทราสต์นั้นจะเป็นการปรับความแตกต่างระหว่างสีที่มีมืดที่สุดและสว่างที่สุด ทำให้สามารถเห็นวัตถุในภาพได้อย่างชัดเจนมากขึ้น โดยในการทำคอนทราสต์นั้น สามารถดูได้จากความต่างระหว่างความสว่างและสีของวัตถุที่แตกต่างจากวัตถุอื่นๆ



Low Contrast Image

(ก)



High Contrast Image

(ข)

รูปที่ 2.9 (ก) รูปภาพคอนทราสต์ต่ำ และ (ข) รูปภาพคอนทราสต์สูง

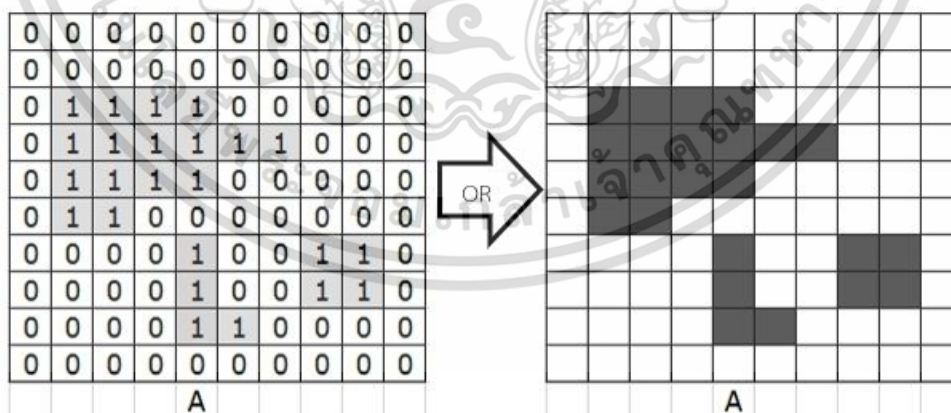
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. รูปภาพคอนทราสต์สูง (High Contrast Image)
เป็นภาพที่อาจเกิดจากค่าความสว่างสูง หรือ จัดได้ว่าเป็นภาพที่มีฮิสโทแกรมของค่าความสว่างอยู่ในช่วงกว้าง ดังแสดงในรูปที่ 2.9 (ก)
2. รูปภาพคอนทราสต์ต่ำ (Low Contrast Image)
เป็นภาพที่อาจเกิดจากค่าความสว่างต่ำ หรือ จัดได้ว่าเป็นภาพที่มีฮิสโทแกรมของค่าความสว่างอยู่ในช่วงแคบ ดังแสดงในรูปที่ 2.9 (ข)

2.7 มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ (Morphology) [3, 4]

มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ หมายถึงการนำหลักการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในรูปแบบและโครงสร้างของวัตถุหรือสิ่งของอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งคณิตศาสตร์ที่ใช้ในกระบวนการมอร์โฟโลยี คือ ทฤษฎีเซต (Set Theory)

โดยทั่วไปหลักการพื้นฐานของมอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์เป็นการพิจารณาเฉพาะจุดภาพที่ต้องการเท่านั้น ถ้าหากกำลังสนใจภาพ 2 ระดับ การทำมอร์โฟโลยีก็เป็นการพิจารณาเฉพาะกลุ่มของจุดภาพดำซึ่งเป็นจุดภาพที่ต้องการเท่านั้น ส่วนกลุ่มของจุดภาพขาวที่เป็นภาพพื้นหลัง ที่ไปปรากฏอยู่บนตัวอักษรจะไม่นำมาพิจารณาดังตัวอย่างภาพที่แสดงในรูปที่ 2.10 มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์มีรูปแบบในการทำงานที่สำคัญคือ ไดเลชัน (Dilation) อีรอสัน (Erosion) โคลส์ซิง (Closing) และโอเพนนิ่ง (Opening)



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างจุดภาพในเมทริกซ์ 2 มิติ

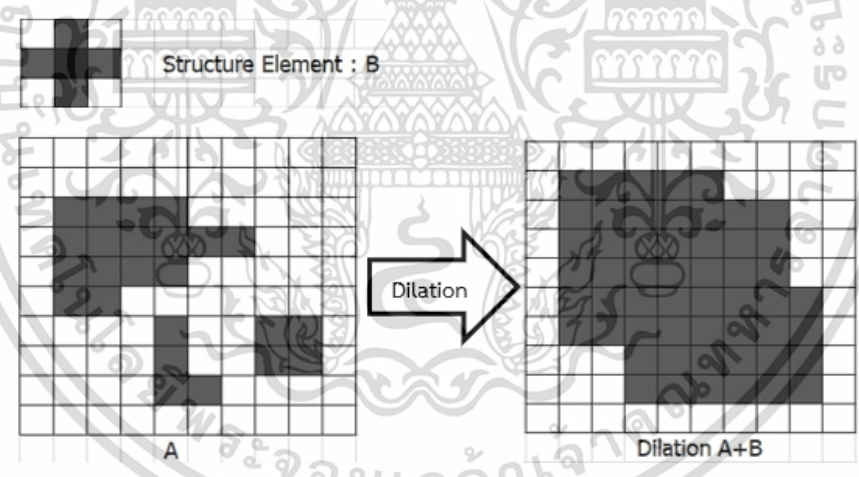
2.7.1 ไดเลชัน (Dilation)

ไดเลชันมีเครื่องหมายบวก (+) เป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ มีจุดประสงค์เพื่อทำการเพิ่มจำนวนจุดภาพดำบนภาพ โดยการพิจารณาร่วมกันระหว่างเซตของจุดภาพ A และ โครงสร้างส่วนย่อย (Structure Element : B) ซึ่งเซตทั้งสองเมื่อนำมาทำการไดเลชันกันเป็นไปตามความสัมพันธ์ของนิยามที่ 2.2 หรือ 2.3

$$A \oplus B = \{x \mid (\widehat{B})_x \cap A \neq \emptyset\} \tag{2.2}$$

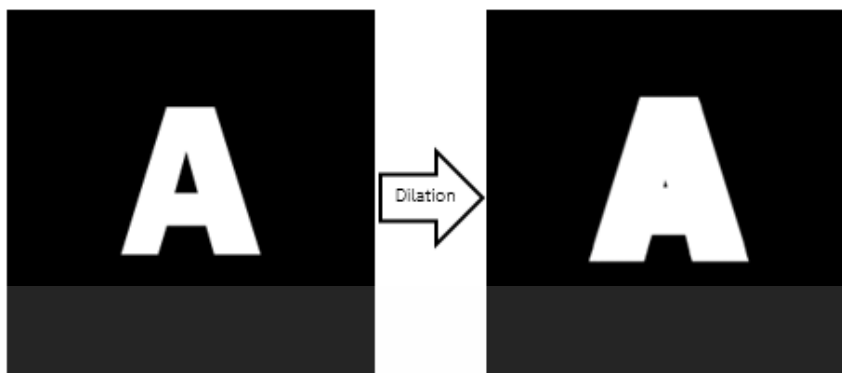
$$A \oplus B = \{x \mid [(\widehat{B})_x \cap A] \subseteq A\} \tag{2.3}$$

การทำไดเลชันระหว่างเซต A กับ B เป็นการขยายขนาดของกลุ่มจุดภาพดำในเซต A ให้มีขนาดกว้างขึ้น ส่งผลให้ช่องไฟระหว่างกลุ่มจุดดำมีขนาดแคบลง หรือบางครั้งก็อาจทำให้กลุ่มของจุดภาพดำสองกลุ่มที่อยู่ใกล้ชิดกันเชื่อมถึงกันได้ ตัวอย่างของการทำไดเลชันดังรูปที่ 2.11 และรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.11 จุดภาพเริ่มต้นของเซต B จุดภาพเริ่มต้นของเซต A และการไดเลชันของเซต A+B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 การ Dilation ของภาพ

2.7.2 อีโรชัน (Erosion)

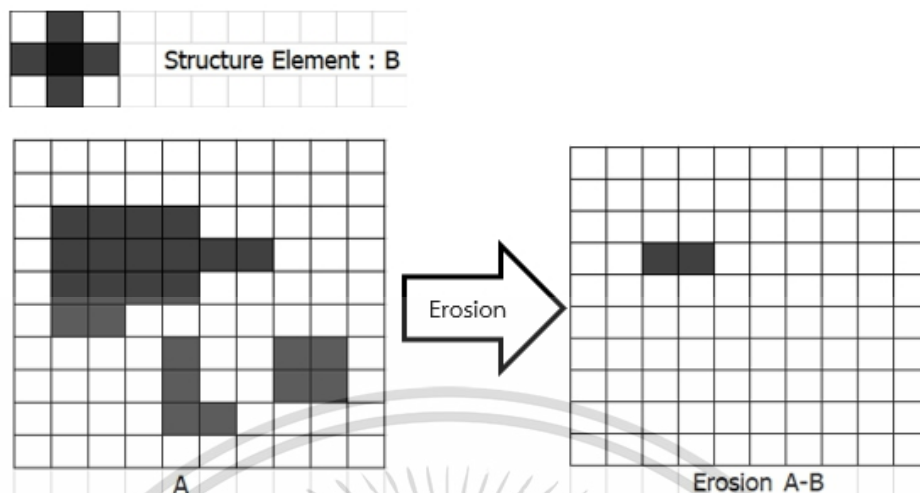
อีโรชัน มีเครื่องหมายลบ (-) เป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ อีโรชันเป็นการศึกษาพฤติกรรมของภาพเพื่อทำการลดจำนวนจุดภาพดำบนภาพ การลดจุดภาพดำต้องพิจารณาประกอบกันระหว่างเซตจุดภาพกับสตรักเจอร์อีลิเมนต์ โดยเป็นไปตามความสัมพันธ์ของนิยามที่ 2.4 หรือ 2.5

$$A \ominus B = \{x \mid (B)_x \subseteq A\} \quad (2.4)$$

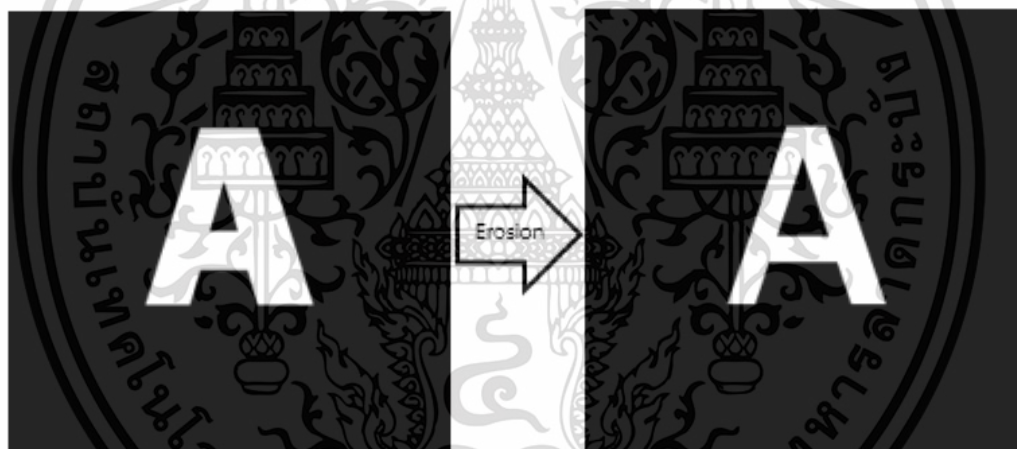
$$A \ominus B = \{x \mid (B)_x \cap A = \emptyset\} \quad (2.5)$$

จากนิยามที่ (2.14) ผลของการทำอีโรชันระหว่างเซต A กับ B ทำให้ได้คำตอบเป็น x อยู่ในแนวแกน 2 มิติ โดย x ต้องเป็นซับเซตของเซต A

นอกจากการอีโรชันเป็นการลดจำนวนของจุดดำบนข้อมูลภาพแล้ว การทำอีโรชันยังทำให้ขนาดของช่องไฟระหว่างกลุ่มของจุดภาพดำแต่ละกลุ่มมีขนาดใหญ่มากขึ้น นั่นคือกลุ่มของจุดภาพดำแต่ละกลุ่มแยกจากกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้ถ้ากลุ่มของจุดภาพดำมีขนาดเล็กมาก กลุ่มจุดภาพดำนั้นก็ถูกขจัดออกจากภาพเอกสารนั้นไปโดยอัตโนมัติเมื่อผ่านกระบวนการทำอีโรชัน ตัวอย่างของการทำอีโรชันแสดงดังรูปที่ 2.13 และรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.13 จุดภาพเริ่มต้นของเซต B จุดภาพเริ่มต้นของเซต A และการอีรอสชันของเซต A-B



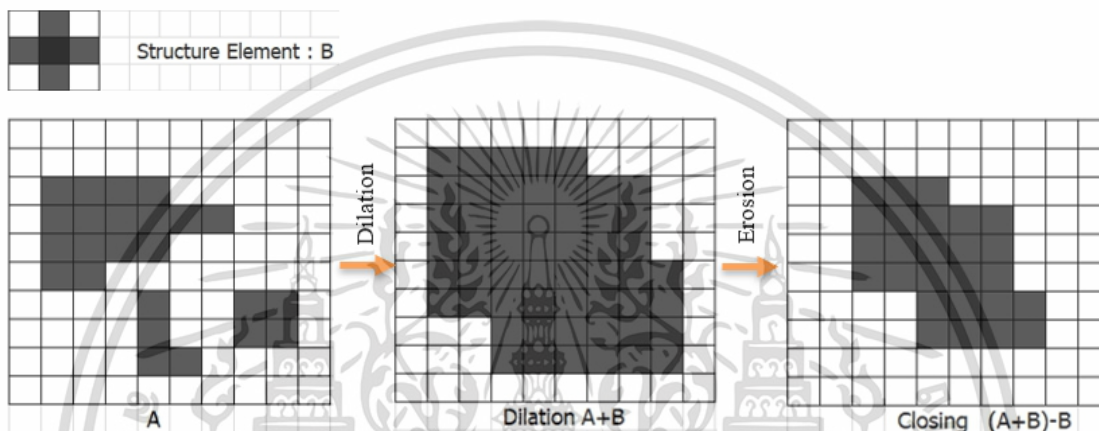
รูปที่ 2.14 การ Erosion ของภาพ

2.7.3 โคลสซิง (Closing)

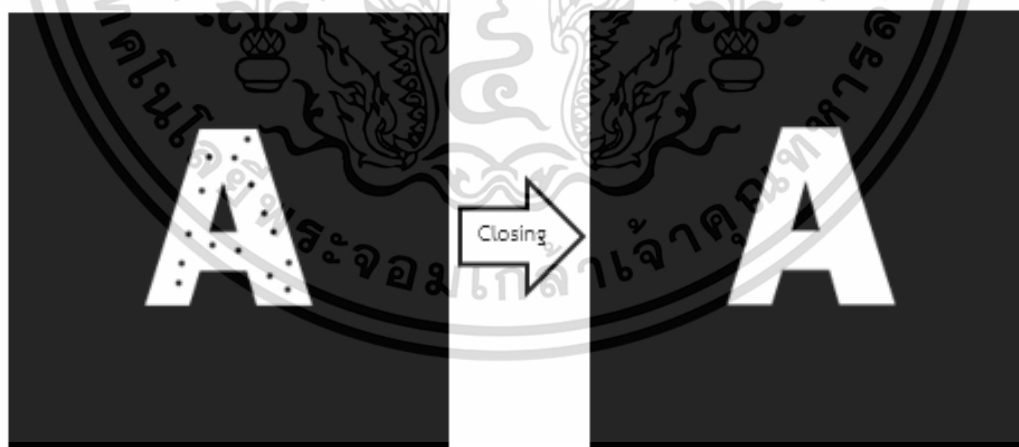
โคลสซิง คือ การแปลงมอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ที่เริ่มจากการไต่เลชันแล้วต่อด้วยการอีรอสชัน โดยต้องทำไต่เลชันให้เสร็จก่อน แล้วอีรอสชันก็ทำเท่ากับจำนวนครั้งของไต่เลชัน กล่าวคือ การทำโคลสซิงเป็นการเพิ่มจำนวนจุดภาพต่ำลงไปใภาพก่อน จากนั้นค่อยทำการกัดเซาะขอบของจุดภาพต่ำเหล่านี้ออกไปโดยใช้ Structure Element จากที่กล่าวมาการทำโคลสซิงมอร์โฟโลยีก็เป็นการปรับปรุงคุณภาพอย่างหนึ่งที่ทำให้ขนาดของกลุ่มจุดภาพต่ำขยายใหญ่ขึ้นจากการทำไต่เลชันหลาย ๆ ครั้ง และเมื่อทำอีรอสชันเป็นการไปกัดเซาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวขอบของกลุ่มจุดภาพดำนั้น ๆ ทำให้คุณภาพของกลุ่มจุดภาพดำมีความราบเรียบมากขึ้น ในการทำโคลสซิงมอร์โฟโลยีถ้ากำหนดจำนวนรอบในการทำซ้ำไว้มาก ๆ อาจทำให้กลุ่มของจุดภาพดำ 2 กลุ่ม ที่อยู่ใกล้กัน รวมกันเป็นกลุ่มของจุดภาพเดียวกันได้ นอกจากนี้การทำโคลสซิงทำให้จุดภาพดำที่เป็นสัญญาณรบกวนขยายขนาดขึ้นเองโดยอัตโนมัติ จนไม่สามารถขจัดออกไปได้ ตัวอย่างของการโคลสซิงแสดงดังรูปที่ 2.15 และรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.15 จุดภาพเริ่มต้นของเซต B จุดภาพเริ่มต้นของเซต A และการทำโคลสซิง $(A+B)-B$

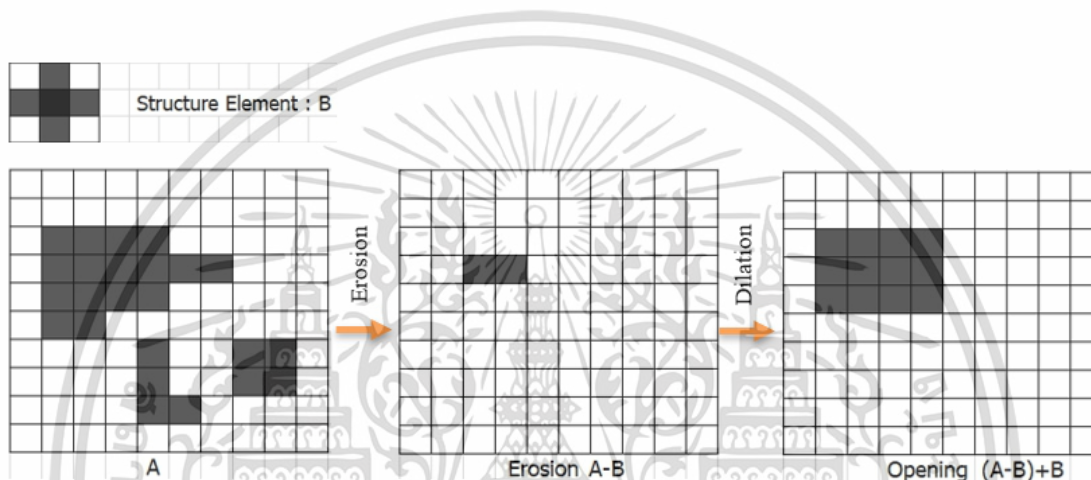


รูปที่ 2.16 การ Closing ของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4 โอเพนนิ่ง (Opening)

โอเพนนิ่ง เป็นการแปลงมอร์โฟโลยีชนิดที่ทำงานตรงข้ามกับการทำโคลสซิง กล่าวคือ ขั้นตอนการทำงานเริ่มจากการลดจำนวนจุดภาพดำด้วยกระบวนการอีรอสชันก่อนแล้วถึงตามด้วยการเติมจุดภาพดำกลับด้วยกระบวนการทำไดเลชัน โดยต้องทำการอีรอสชันให้เสร็จก่อน แล้วไดเลชันก็ทำเท่ากับจำนวนครั้งของอีรอสชัน ตัวอย่างของการโอเพนนิ่งแสดงดังรูปที่ 2.17 และรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.17 จุดภาพเริ่มต้นของเซต B จุดภาพเริ่มต้นของเซต A และการทำโอเพนนิ่ง (A-B)+B



รูปที่ 2.18 การ Opening ของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ทบทวนวรรณกรรม

วรรณกรรมของการการตรวจสอบไข่วัวด้วยการประมวลผลภาพ (Image Processing) และคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) การตรวจสอบคุณภาพไข่วัวหลังกระบวนการผลิตเป็นสิ่งสำคัญมาก โดยเฉพาะการตรวจสอบความสมบูรณ์ของผิวเปลือกไข่วัวก่อนนำออกสู่ผู้บริโภค ปกติแล้วในฟาร์มโก๋ไข่นั้นมักใช้คนในการตรวจสอบรอยร้าวด้วยลักษณะการดูด้วยตาเปล่าหรือใช้การเคาะเพื่อฟังเสียง ซึ่งในบางครั้งวิธีการเหล่านี้ทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้น ส่งผลให้การตรวจสอบมีความคลาดเคลื่อนและไม่แม่นยำ อย่างไรก็ตามเพื่อให้มีความแม่นยำและสะดวกมากขึ้นได้มีคนนำเทคนิคต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์วิทัศน์ การประมวลผลภาพ ไอโอที ปัญญาประดิษฐ์ และอื่นๆ มาประยุกต์ใช้เข้ากับอุตสาหกรรมต่างๆ Issoon Kanjanasurat et al. [6] ได้นำเสนอวิธีการผสมผสานหลักการของการประมวลผลภาพร่วมกับหลักการของไอโอทีเพื่อนับจำนวนไข่ที่เคลื่อนที่บนสายพานและแสดงผลลัพธ์ของการนับจำนวนบนเว็บไซต์ Burin Narin et al. [7] ได้นำเสนอวิธีการตรวจจับเปลือกไข่วัวด้วยวิธีการประมวลผลภาพ ผู้เขียนได้อธิบายถึงเทคนิค Matching Templates ซึ่งวิธีได้ผลลัพธ์ความแม่นยำ 90% Wang Fang, Wen Youxian [8] เสนอวิธีการตรวจสอบเปลือกไข่ที่ถูกทำให้แตกด้วยแมชชีนวิทัศน์ ผู้เขียนได้พูดถึงการตรวจสอบรอยร้าวในขณะที่ต้องรักษาคุณภาพของไข่ให้สูงที่สุดในบทความนี้ได้อธิบายวิธีที่หลากหลาย ซึ่งในบทสรุปแล้วส่วนสำคัญหลักคือการใช้หลักการของ Morphological เพื่อตรวจสอบรอยร้าวและให้ผลลัพธ์ความแม่นยำ 87-88% Weixing Wang et al. [9] ได้ทดลองวิธีการติดตามรอยแตกหักของหินด้วยวิธีประมวลผลภาพและซอฟต์แวร์แมชชีน ซึ่งวิธีการนี้ได้แสดงผลการตรวจจับรอยร้าวของหินและการจำแนกหินที่ร้าวกับไม่ร้าวโดยใช้และซอฟต์แวร์แมชชีนร่วมกับพื้นที่ผิวของหิน Meysam Siyah Mansoori [10] เสนอวิธีการตรวจสอบไข่วัวโดยใช้อัลกอริทึม Susan edge detector กับ Fuzzy thresholding ผู้เขียนได้แสดงวิธีการทดสอบด้วยวิธี Non-destructive บนภาพดิจิทัล ซึ่งข้อดีที่ได้จากการใช้อัลกอริทึมนี้คือลดค่าสัญญาณรบกวนในภาพได้มากเมื่อเทียบกับอัลกอริทึมอื่น อัลกอริทึมนี้สามารถทำ Binarization สูงสุดเมื่อเทียบกับ Otsu, Power law รวมถึงให้ผลลัพธ์ 97% เมื่อใส่ Gaussian Blur ฟิวเตอร์ให้กับภาพ และให้ผลลัพธ์ 82% สำหรับรูปที่ไม่ได้ใส่ฟิวเตอร์ มากไปกว่านั้นอัลกอริทึมนี้ยังให้ค่า Error Function ที่ต่ำที่สุดบนภาพสีเทา Arun Mohan et al. [11] ได้แนะนำวิธีการตรวจสอบรอยร้าวด้วยการประมวลผลภาพ บทความนี้ได้รวบรวมรวบงานวิจัยหลากหลายที่เกี่ยวกับการตรวจจับรอยร้าวสำหรับผู้สนใจงานวิจัยลักษณะนี้ในอนาคต นอกจากนี้ยังมีผู้เขียนได้ใช้เทคนิคอื่นๆ เช่น ปัญญาประดิษฐ์ [12] การเรียนรู้ของแมชชีน [13] การเรียนรู้เชิงลึก [15] เพื่อหารอยแตกร้าวบนผิวของวัตถุ

อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยลักษณะคล้ายกับของผู้เขียนได้เคยวิจัยโดย Elster et al. [14] โดยระบบนี้สามารถวิเคราะห์ไข้วัวซึ่งให้ผลลัพธ์ความแม่นยำ 96 % ดังนั้น งานวิจัยชิ้นนี้ได้นำเสนอแนวทางทางเลือกของการตรวจสอบรอยรั่วบนเปลือกไข่ด้วยการประมวลผลภาพที่ให้ผลลัพธ์ความแม่นยำสูงกว่า 98% อีกทั้งยังใช้เวลาการประมวลผลต่ำอีกด้วย

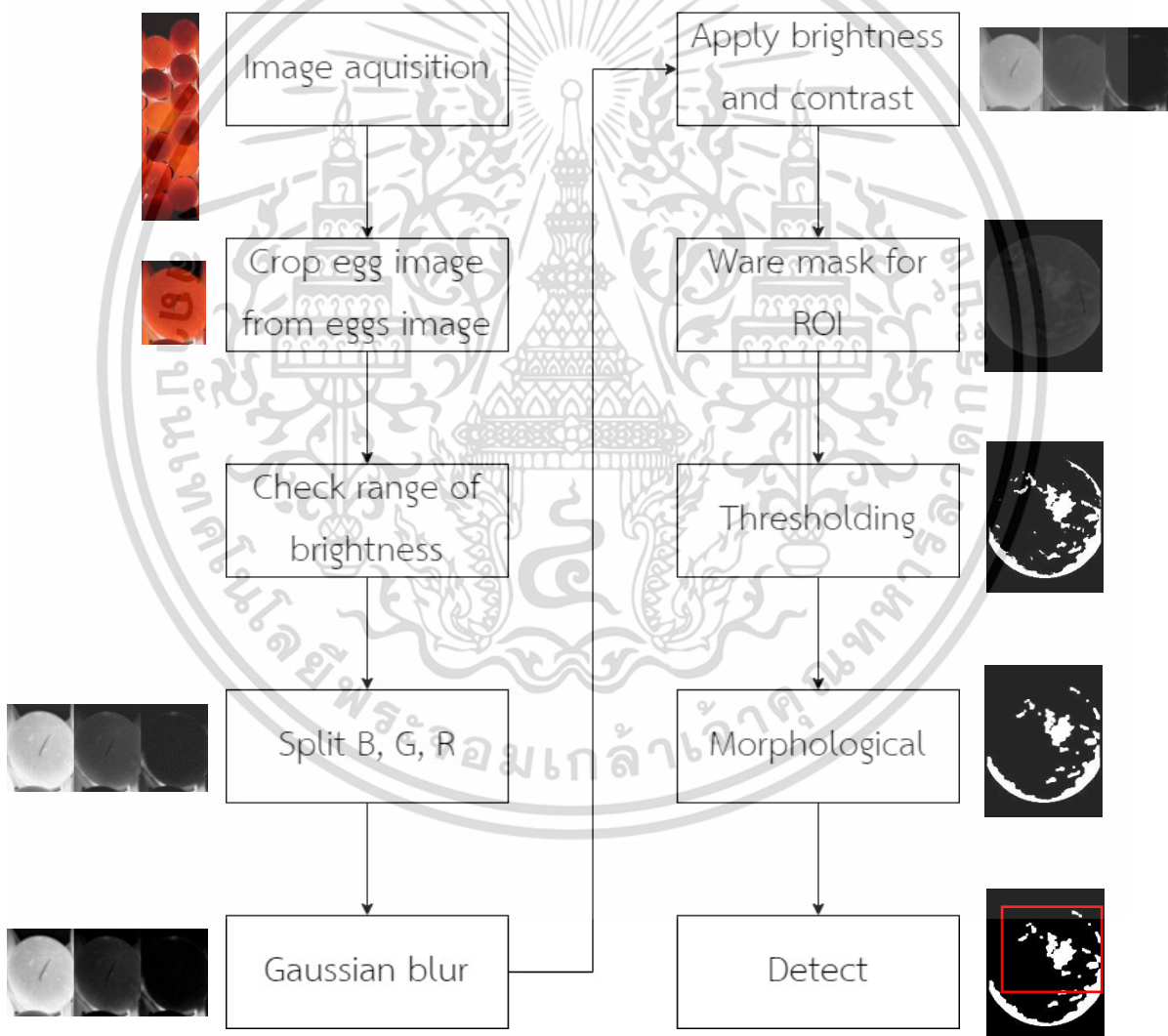


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานทดลอง

3.1 บทนำ

ในบทนี้จะอธิบายถึงการออกแบบการทดลองเกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ซึ่งประกอบด้วย แผนผังแสดงการทำงานของทั้งโปรแกรม และแผนผังแยกวิธีกระบวนการต่าง ๆ

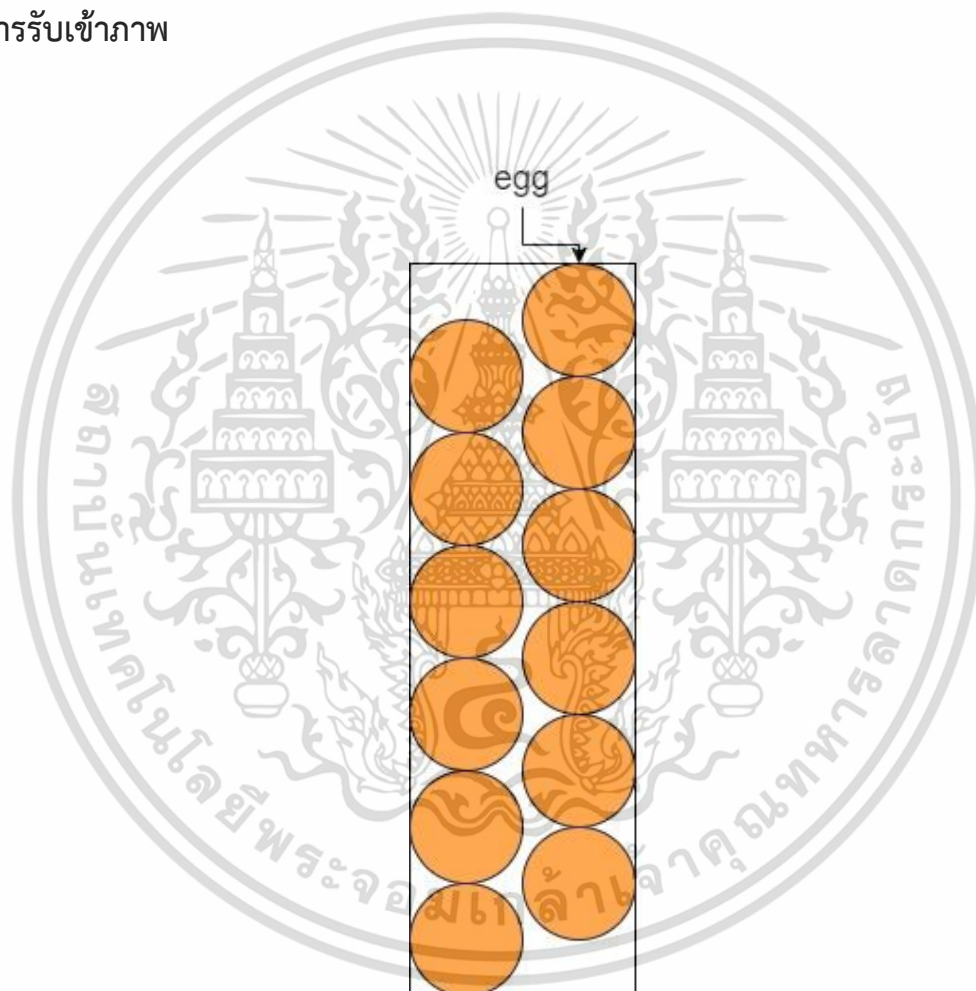


รูปที่ 3.1 แผนผังภาพรวมการตรวจไข่ร้าวที่หลาย ๆ ฟอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 ได้แสดงการทำงานของโปรแกรมทั้งหมดในการตรวจไข่ร้าวแบบหลาย ๆ ฟองภายในครั้งเดียวซึ่งประกอบไปด้วย 10 ส่วน ได้แก่ การรับภาพเข้ามา การตัดภาพตามที่ต้องการ นำภาพมาตรวจสอบระดับของความสว่าง แยกช่องสี B G R ออกจากกัน เพิ่มเกาส์เซียนเบลอ ทำการปรับปรุงภาพ ใส่หน้ากากให้กับภาพ ทำการแปลงภาพให้เป็นภาพสองระดับ ใช้สัจฐานวิทยากับภาพ และในขั้นตอนสุดท้ายเป็นการหาไข่ร้าว

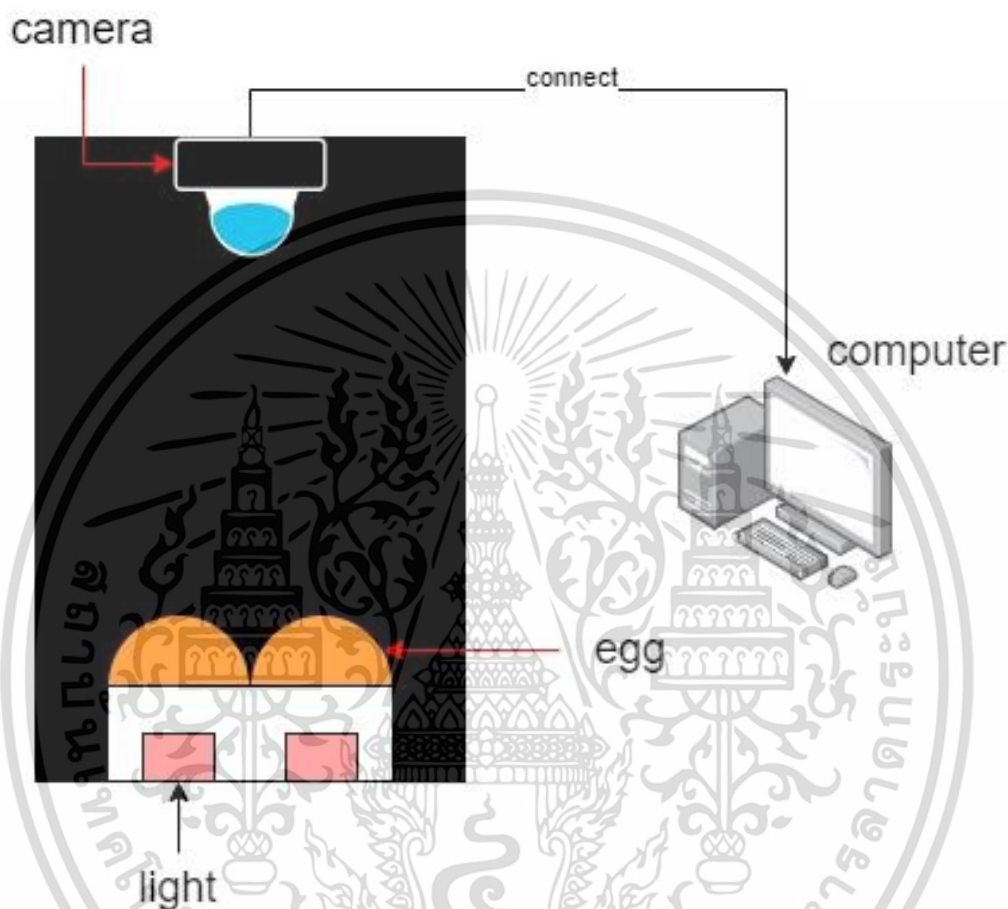
3.2 การรับเข้าภาพ



รูปที่ 3.2 แนวการวางตำแหน่งของไข่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 นั้นแสดงการจัดเรียงของไขก่อนนำเข้าภาพ ซึ่งการจัดเรียงแบบนี้จะทำให้ใช้พื้นที่ในการเก็บภาพน้อย เหมาะสำหรับกล่องมืดที่มีขนาดเล็ก และเป็นการจำกัดแสงที่จะเล็ดลอดเข้าภายในกล่องได้เกือบหมดอีกด้วย



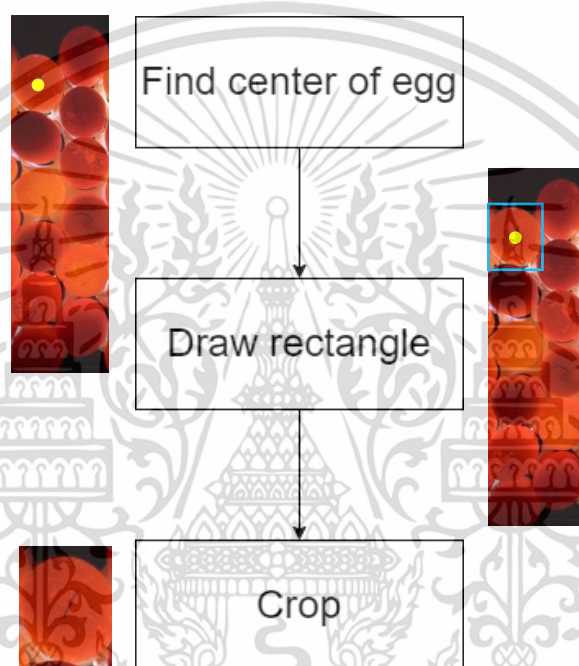
รูปที่ 3.3 แบบจำลองการรับเข้าภาพ

หลังจากได้ทำการจัดเรียงไขให้ครบ 12 ฟองเรียบร้อยแล้ว ลำดับต่อไปเป็นการนำไข่ที่ได้รับการจัดเรียงเข้าตู้มืดพร้อมกับวางตำแหน่งของไข่ให้ตรงกับหลอดไฟที่ได้ทำการเตรียมไว้ โดยเป็นหลอดไฟ LED ขนาดเล็กจำนวนทั้งหมด 12 ดวง การวางไข่ให้ตรงกับตำแหน่งของหลอดไฟนั้นสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากแสงจากหลอดไฟจะส่องไปที่ไข่แต่ละฟองเพื่อให้สามารถมองเห็นรอยร้าวได้ชัดเจนมากขึ้น หลังจากนั้นก็ทำการใช้กล้องเว็บแคมถ่ายภาพมุมสูงที่มีมุม 90 องศากับไข่ เพื่อให้ได้ภาพไข่ทั้งหมดโดยที่ไม่มีการบดบังซึ่งกันและกัน สุดท้ายภาพที่ได้มาจะถูกส่งไปประมวลผลต่อที่คอมพิวเตอร์ตามที่แสดงดังรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การปรับปรุงภาพ

3.3.1 การตัดภาพส่วนที่ต้องการ



รูปที่ 3.4 แผนผังภาพวิธีการครอบตัดภาพที่ต้องการ

จากรูปที่ 3.4 แสดงให้เห็นถึงการทำงานของโปรแกรมในการครอบตัดภาพไข่ที่ต้องการ โดยต้องเริ่มจากการหาตำแหน่งกึ่งกลางของภาพไข่แต่ละฟอง หลังจากนั้นทำการวาดภาพสี่เหลี่ยมขึ้นมาให้ครอบคลุมไข่ให้มากที่สุด เพื่อป้องกันไม่ให้มีบางส่วนหลุดรอดการมองเห็นของกล้อง จากนั้นเมื่อได้ขนาดที่ต้องการแล้วต้องทำการตัดส่วนของสี่เหลี่ยมนั้น ๆ ออกมาเป็นแต่ละภาพ ซึ่งจะได้ออกมาเป็นภาพไข่แต่ละฟองที่มีกึ่งกลางของภาพเป็นกึ่งกลางของฟองไข่พอดี

3.3.2 การตรวจสอบความสว่างของภาพไข่

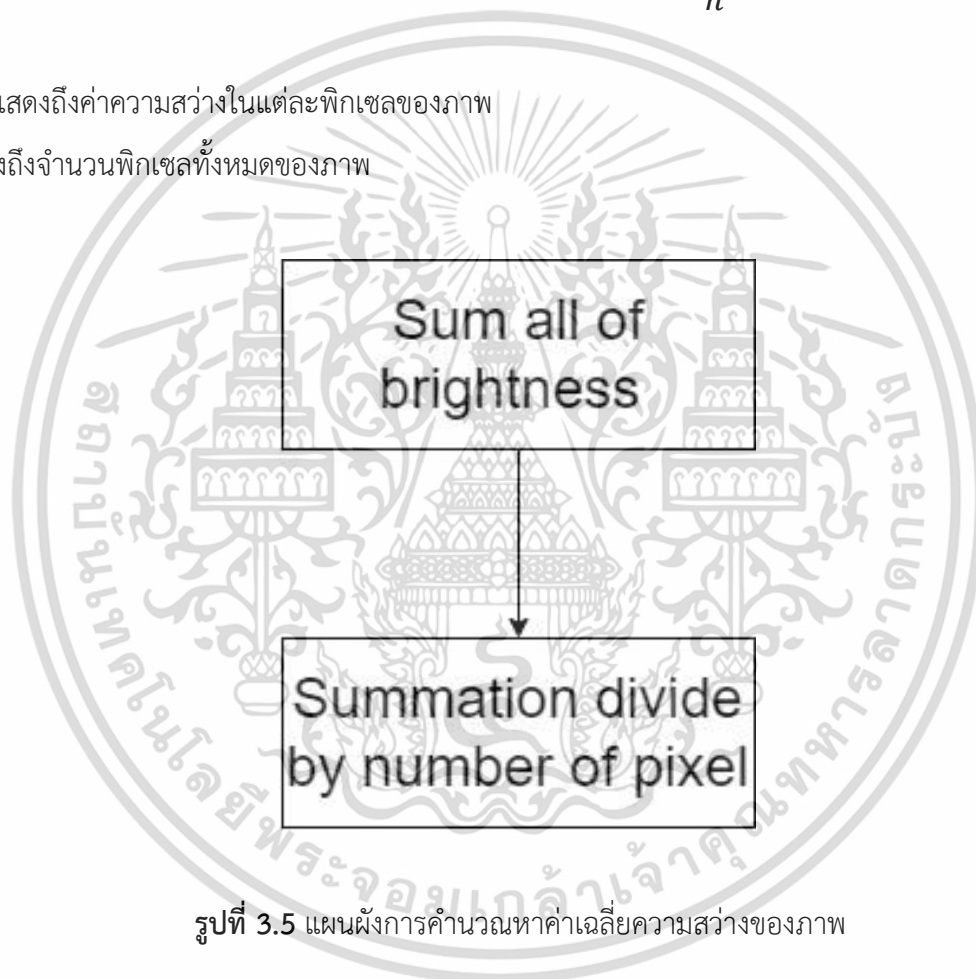
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากในคอมพิวเตอร์จะมองเห็นภาพดิจิทัลเป็นรูปแบบของอาเรย์ที่แต่ละตำแหน่งพิกเซลมีค่าตัวเลขที่แสดงถึงความสว่างอยู่ ในการหาความสว่างของภาพนั้นจึงใช้ในรูปแบบของค่าเฉลี่ยความสว่างของทั้งภาพด้วยการใช้การรวมกันของค่าความสว่างแต่ละพิกเซลทั้งหมดของภาพ จากนั้นนำผลรวมที่ได้ไปทำการหารค่าจำนวนพิกเซลที่มีทั้งหมดของภาพดังที่แสดงในสมการที่ 3.1 และในรูปที่ 3.5

$$\text{Brightness average} = \frac{\sum f(x,y)}{n} \quad (3.1)$$

$f(x,y)$ แสดงถึงค่าความสว่างในแต่ละพิกเซลของภาพ

n แสดงถึงจำนวนพิกเซลทั้งหมดของภาพ



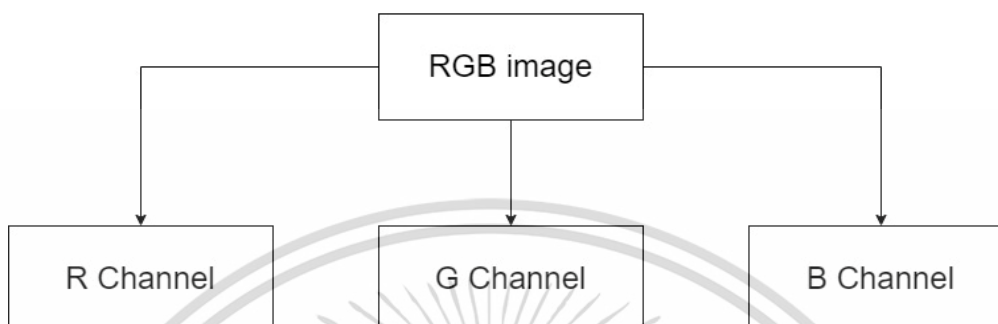
รูปที่ 3.5 แผนผังการคำนวณหาค่าเฉลี่ยความสว่างของภาพ

3.3.3 การแยกช่องสี RGB ของภาพ

ในภาพแต่ละภาพที่เป็นภาพสี จะเป็นภาพสีในรูปแบบของ RGB ซึ่งเป็นการรวมกันของช่องสีแดง (R) ช่องสีเขียว (G) และ ช่องสีน้ำเงิน (B) การแยกช่องสีของภาพนั้นทำเพื่อต้องการให้เห็นร่องรอยของเปลือกไข่ได้ชัดเจนมากขึ้น โดยการแยกช่องสีของภาพไข่แต่ละฟองนั้นขึ้นอยู่กับค่าความสว่างของภาพไข่ฟองนั้น ๆ ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการแยกช่องสีทำได้โดยการแบ่งช่องสีของภาพด้วยคำสั่ง ‘split’ ของ Library OpenCV ดังที่แสดงในรูปที่ 3.6



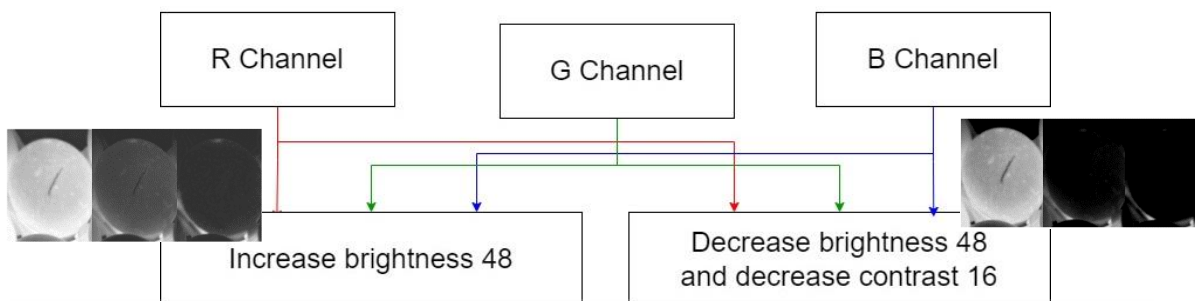
รูปที่ 3.6 แผนผังการแบ่งช่องสี

3.3.4 การลดสัญญาณรบกวนของภาพ

วิธีการลดสัญญาณรบกวนของภาพมีหลากหลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้เลือกการลดสัญญาณรบกวนของภาพด้วยวิธีการใช้ Gaussian blur ซึ่งเป็นวิธีการลดสัญญาณรบกวนของภาพที่มีประสิทธิภาพ และใช้งานได้ง่าย สามารถเลือกขนาดหน้าต่างของการกรองภาพได้ด้วยตัวเอง โดยต้องเลือกให้เหมาะสมกับขนาดของภาพที่จะใช้ โดยในครั้งนี้ได้ใช้หน้าต่างการกรองที่มีขนาดเพียง 3x3

3.3.5 การปรับค่าความสว่างและค่าความชัดของภาพ

ในการปรับค่าความสว่างและค่าความชัดของภาพ มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบภาพในแต่ละภาพว่าภาพไหนมีความเหมาะสมที่จะทำนำไปทำการตรวจสอบรอยร้าวในขั้นตอนต่อไปมากที่สุด ในการปรับภาพนั้นมีการปรับทั้งหมดสองรูปแบบ คือ 1.การเพิ่มความสว่าง 48 หน่วย 2.การลดความสว่าง 48 หน่วย พร้อมกับการปรับค่าความคมชัดให้ลดลง 16 หน่วย ดังที่แสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แผนผังการปรับค่าความสว่างและความคมชัดของภาพ

3.3.6 การใส่หน้ากากให้กับภาพ

หน้ากากของภาพคือภาพสองระดับ (ขาวดำ) ซึ่งจะมีตำแหน่งของไข่เป็นสีขาว (255, 255, 255) และตำแหน่งพื้นหลังเป็นสีดำล้วน (0, 0, 0) โดยจะเตรียมไว้สำหรับไข่แต่ละฟองเพื่อเป็นการให้เข้ากับฟองไข่มากที่สุด และเป็นการลบพื้นหลังส่วนที่ไม่ต้องการจะประมวลผลทิ้งออกไป

หลักการการใส่หน้ากากให้ภาพคือการใช้ตัวดำเนินการระดับบิตแบบ 'and' ให้กับภาพและใช้หน้ากากที่เตรียมไว้เป็นหน้ากากอีกชั้นหนึ่ง

3.3.7 การแปลงภาพสีเทาให้เป็นภาพสองระดับ

การแปลงภาพจากระดับสีเทาให้เป็นภาพสองระดับหรือภาพขาวดำที่เรารู้จักกันนั้นใช้หลักการตัด Thresholding จาก ฮิสโตแกรม โดยค่า Thresholding นั้นได้ทำการตั้งขึ้นมาเพื่อให้มีความเหมาะสมกับแต่ละภาพที่แตกต่างกัน การกำหนดค่าอ้างอิงจากค่าความสว่างของภาพไข่ที่ได้ทำการตรวจสอบไปในขั้นตอนก่อนหน้า ๆ ซึ่งจะเน้นไปที่ค่าที่สามารถตัดให้รอยร้าวมีความโดดเด่นที่สุด

3.3.8 การใช้มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์

การใช้มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์กับภาพที่เป็นภาพสองระดับแล้วนั้นเป็นการใช้หลักการของการเปิด (Opening) ด้วยหน้าต่างการกรองที่มีขนาด 3x3 ดังที่แสดงในสมการที่ 3.2

$$kernel = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 บทนำ

บทนี้กล่าวถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง การตรวจสอบไขร้าวด้วยการประมวลผลภาพ (Image Processing) และคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) ซึ่งประกอบด้วย ภาพไขที่นำมาทดสอบที่เกิดจากการนำไขทั้งหมด 60 ฟอง โดยทำการแบ่งคุณลักษณะ เป็นไขร้าวและไขปกติ เพื่อทำเป็นชุดข้อมูล ลำดับต่อมา คือ การนำรูปภาพไขเข้าสู่ระบบจำลองสภาพแวดล้อมควบคุมแสง จากนั้นจะกล่าวถึงผลของการปรับปรุงคุณภาพของภาพและในลำดับสุดท้ายเป็นการกล่าวถึงผลลัพธ์ของการใช้อัลกอริทึม การวัดประสิทธิภาพด้วย Confusion Metric และ ตารางเปรียบเทียบผลลัพธ์

4.2 ชุดข้อมูลภาพไข



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างภาพไขที่นำเข้าสู่ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยนี้ได้จัดทำชุดข้อมูลไข่มุกขึ้นมา โดยได้นำไข่มุก 60 ฟอง มาเพื่อแบ่งคุณลักษณะ เป็นชุดข้อมูลไข่มุกปกติ 41 ฟอง ชุดข้อมูลไข่มุกไร้ราว 17 ฟอง และไข่มุกแตก 2 ฟอง ซึ่งในการทดลองนี้ได้นำไข่มุกเหล่านี้ไปบรรจุลงในแผงไข่มุก 5 แผง แผงละ 12 ฟอง จากนั้นนำไข่มุกเหล่านี้มาในห้องระบบปิดที่มีความคุมอุณหภูมิ (อุณหภูมิห้อง) ที่ถูกออกแบบมาให้มีดสนิท และมีเพียงแสงที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงได้แผงไข่มุก จากนั้นทำการถ่ายภาพโดยใช้กล้อง WEBCAM LOGITECH BRIO 4K ULTRA HD ที่มีมุมมองการมองเห็น (Field of View) 90 องศา สำหรับการถ่ายภาพ ซึ่งภาพที่ถูกนำเข้ามานั้นมีขนาด 210 X 768 พิกเซล ดังที่แสดงในรูปที่ 4.1

4.3 ผลลัพธ์ของการปรับปรุงภาพ

4.3.1 ผลของการตัดภาพส่วนที่ต้องการ

จากการหาตำแหน่งกึ่งกลางของภาพไข่มุกแต่ละฟองในภาพนั้นจะได้ผลลัพธ์ดังที่แสดงในรูปที่ 4.2 หลังจากนั้นผลของการวาดสี่เหลี่ยมโดยมีกึ่งกลางของสี่เหลี่ยมนี้เป็นกึ่งกลางของฟองไข่มุกจะได้ดังที่แสดงในรูปที่ 4.3 จากนั้นการครอบตัดซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายจะได้ผลลัพธ์ออกมาดังที่แสดงในรูปที่ 4.4

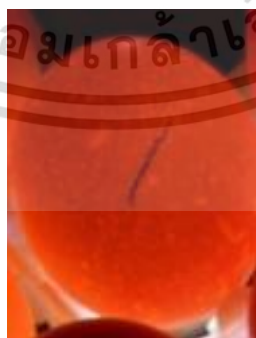


รูปที่ 4.2 จุดกึ่งกลางของไข่มุกแต่ละฟอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างของการแบ่งส่วนภาพไฟ



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างการตัดภาพไฟแต่ละฟอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

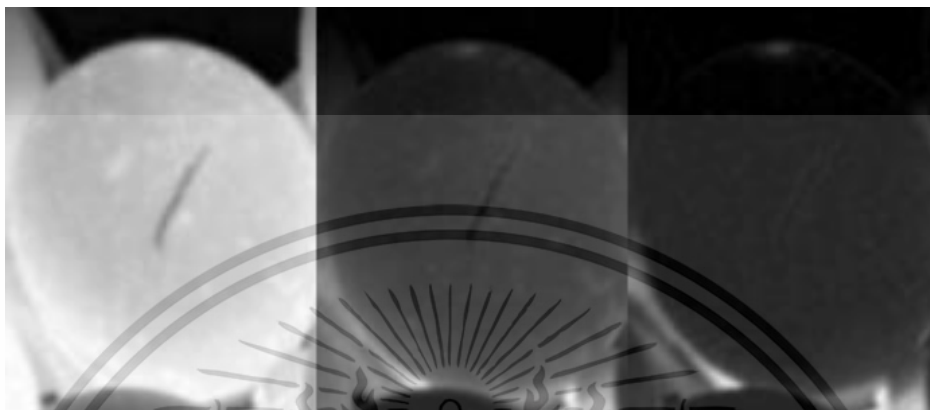
4.3.2 ผลของการแบ่งช่องสี RGB ของภาพ



รูปที่ 4.5 (ก) การแยกช่องของช่องสีแดงหรือ R (ข) การแยกช่องของช่องสีเขียว หรือ G
(ค) การแยกช่องของช่องสีฟ้า หรือ B

จากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของการแบ่งแยกช่องสีแต่ละช่อง โดยจะเห็นได้ว่าช่องสีแต่ละช่องนั้นให้ผลลัพธ์ของการมองเห็นที่แตกต่างกันชัดเจนในแต่ละช่อง ซึ่งค่าความสว่างของไขแต่ละช่องก็จะส่งผลกับช่องสีแต่ละช่องด้วย จากรูปจะเห็นว่าช่องสีแดง (R) จะให้ความสว่างที่มากที่สุดเพราะรูปต้นแบบนั้นเป็นฟองไข่ที่มีลักษณะทางกายภาพขณะส่องไฟที่เป็นสีโดดเด่นไปทางสีแดง ส้ม หรือเหลือง โดยส่วนใหญ่ ส่วนช่องสีเขียว (G) จะเห็นชัดรองลงมาจากช่องสีแดง และเป็นช่องสีที่เห็นรอยชัดเจน และสุดท้ายช่องสีฟ้า (B) จะเป็นช่องสีที่แสดงผลให้เห็นความสว่างน้อยที่สุด ค่อนข้างไปทางมืด

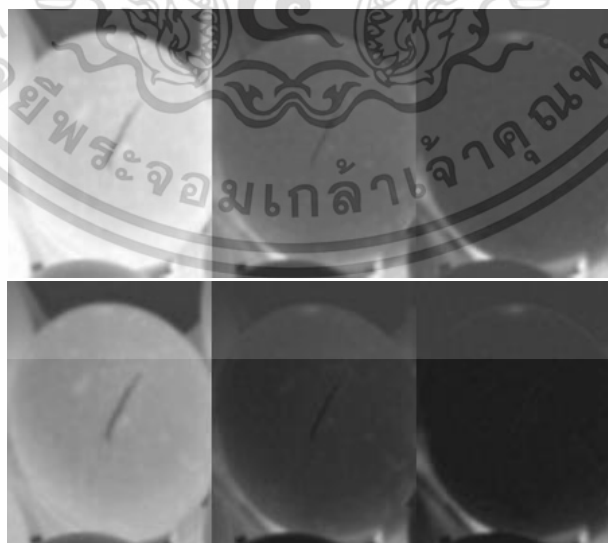
4.3.3 ผลของการลดสัญญาณรบกวนของภาพ



รูปที่ 4.6 ผลของการใช้ Gaussian blur ขนาด 3x3

จากรูปที่ 4.6 แสดงผลการใช้ Gaussian blur ของภาพของแต่ละช่องสี โดยการลดสัญญาณรบกวนของภาพนั้นหมายถึงจะเป็นการทำให้ภาพนั้นเบลอหรือมองไม่ชัด เพื่อให้ง่ายต่อกระบวนการต่อ ๆ ไป

4.3.4 ผลของการปรับค่าความสว่างและค่าความคมชัดของภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 ผลของการใช้ปรับค่าความสว่างและค่าความคมชัดของภาพ

จากรูปที่ 4.7 แสดงผลการปรับค่าความสว่างและความคมชัดของรูปในแต่ละช่องสี่ เพื่อเป็นการเลือกช่องของสี่ที่เหมาะสมที่สุดในกระบวนการตรวจจ็บรอยร้าว จะเห็นได้ว่าแต่ละช่องสี่และการปรับแต่ละค่านั้น ให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันไป ทั้งในเรื่องของความสว่างของภาพ และความคมชัดของภาพ ถึงแม้จะเป็นภาพเดียวกัน แต่มีการปรับภาพแบบเดียวกันก็ตาม

4.3.5 ผลของการใส่หน้ากากให้กับภาพ



รูปที่ 4.8 ผลของการใส่หน้ากากให้ภาพไซ

จากรูปที่ 4.8 แสดงผลของการใส่หน้ากากให้กับภาพไซ ซึ่งจะเป็นการลบพื้นที่รอบข้างของไซออกให้เหลือเพียงภาพไซที่ต้องการเท่านั้น การทำขั้นตอนนี้เป็นเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลเป็นอย่างมากให้กับระบบการตรวจจ็บไซร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6 ผลของการแปลงภาพสีเทาให้เป็นภาพสองระดับ



รูปที่ 4.9 ผลของการแปลงภาพให้เป็นภาพสองระดับ

จากรูปที่ 4.9 แสดงผลเปลี่ยนจากภาพระดับสีเทาให้เป็นภาพสองระดับ หรือภาพขาวดำ การแปลงนี้จะแสดงให้เห็นรอยร้าวที่ชัดเจนมากขึ้นเพราะเป็นเพียงภาพขาวดำ และการแปลงภาพระดับขาวดำนี้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามภาพของไช้ที่เหมาะสม

4.3.7 ผลของการใช้มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์กับภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


รูปที่ 4.10 ผลของการใช้มอร์ฟอโลยีทางคณิตศาสตร์กับภาพ



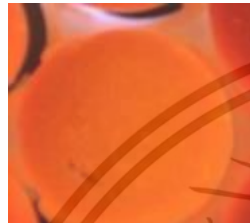

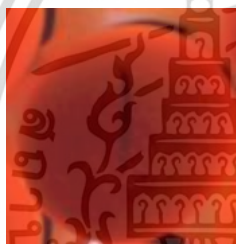

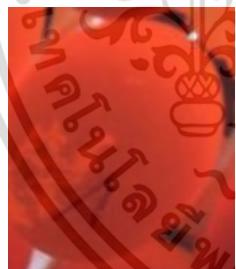
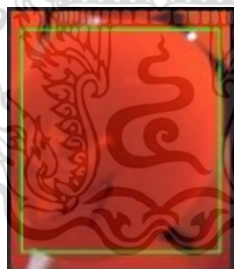


จากรูปที่ 4.10 แสดงผลของการใช้สัญญาณวิทยาของภาพ โดยหมายถึงการลบจุดเล็ก ๆ น้อย ๆ ออกไปจากภาพทำให้ภาพนั้นเป็นสัดส่วนที่ชัดเจนมากขึ้น เหมาะสมสำหรับการนำไปประมวลผลต่อ

4.4 ผลลัพธ์จากการทดลอง



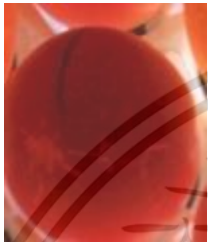





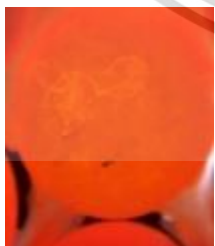

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้เสนอ การตรวจสอบไข่ร้าวด้วย Image Processing และ Computer Vision จากการทดลองนำไข่ 60 ฟองมาเพื่อตรวจสอบ โดยทำการเปรียบเทียบความแม่นยำจากการตรวจรอยร้าวด้วยอัลกอริทึมเทียบกับชุดข้อมูลจริง ตามตารางที่ 4.1 พบว่าอัลกอริทึมนี้มีความแม่นยำที่ (Accuracy) 95% เมื่อเทียบกับชุดข้อมูลการทดสอบพบว่าการตรวจรอยร้าวผิดพลาด (Error Rate) ไป 5 ฟอง คิดเป็น 5% จากนั้นนำแผงไข่มาตรวจสอบทีละแผง แผงละ 12 ฟอง ทั้งหมด 5 แผง พบว่าในแผงที่ 1 และแผงที่ 4 มีความแม่นยำที่ 100% แผงที่ 2 แผงที่ 3 และแผงที่ 5 มีความแม่นยำ 91.67% ซึ่งในการทดลองทั้งหมดนี้ใช้เวลา (Processing Time) เฉลี่ยต่อแผง 0.025 วินาที ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการตรวจรอยร้าวด้วยอัลกอริทึมเทียบกับชุดข้อมูลจริง



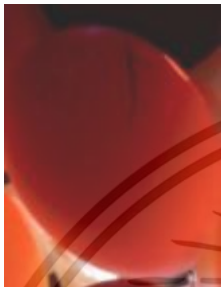
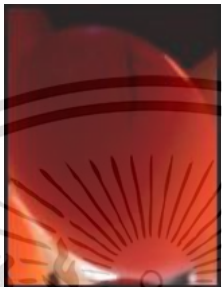


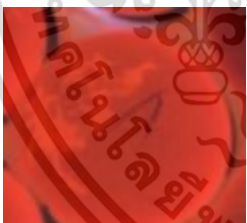

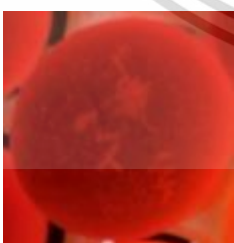

ลำดับที่	รูปภาพต้นฉบับ	รูปภาพการตรวจจับ	ค่าความจริง	ค่าจากโปรแกรม	ความแม่นยำ
1			ร้าว	ร้าว	จริง

2			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง
3			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง
4			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง
5			ร้าว	ร้าว	จริง
6			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง



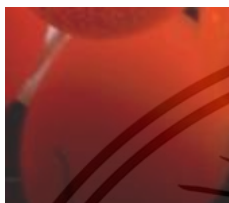
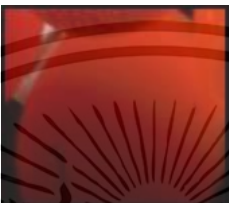
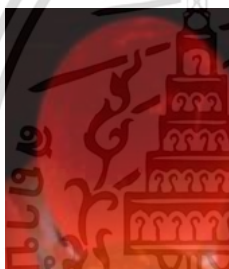

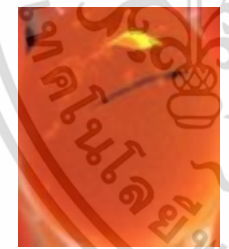



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7			ร้าว	ร้าว	จริง
8			ร้าว	ร้าว	จริง
9			ร้าว	ร้าว	จริง
10			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง
11			ร้าว	ร้าว	จริง

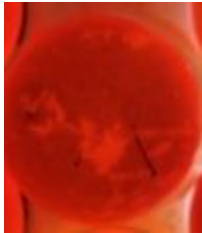

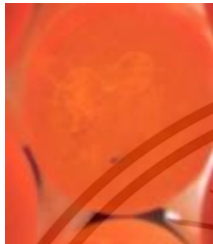
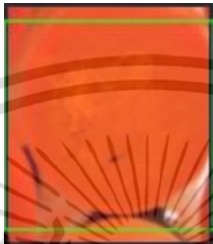
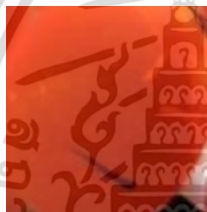
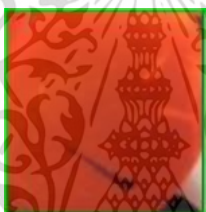

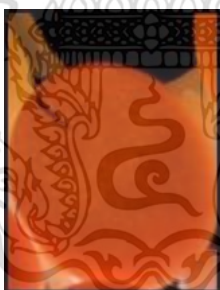
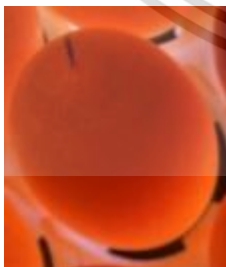
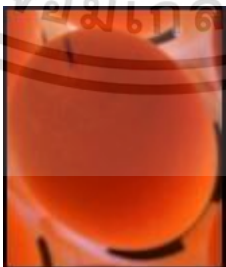
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12			ร้าว	ร้าว	จริง
13			ไข่แตก	ไม่ร้าว	เท็จ
14			ร้าว	ร้าว	จริง
15			ร้าว	ร้าว	จริง
16			ร้าว	ร้าว	จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง
18			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง
19			ร้าว	ร้าว	จริง
20			ร้าว	ร้าว	จริง
21			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง



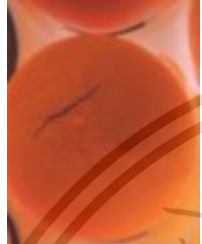





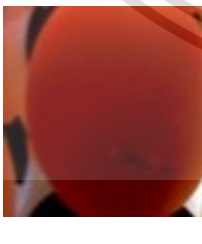
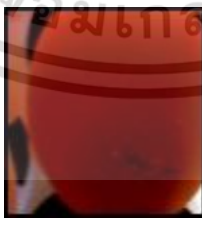
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22			ร้าว	ร้าว	จริง
23			ร้าว	ร้าว	จริง
24			ร้าว	ร้าว	จริง
25			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง
26			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง



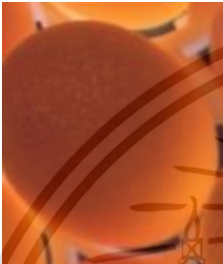



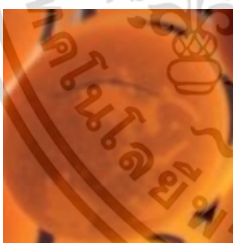

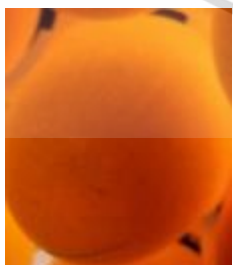

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

27			ไม่ร้าย	ไม่ร้าย	จริง
28			ไม่ร้าย	ไม่ร้าย	จริง
29			ไม่ร้าย	ไม่ร้าย	จริง
30			ไม่ร้าย	ไม่ร้าย	จริง
31			ไม่ร้าย	ไม่ร้าย	จริง


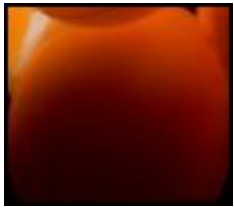
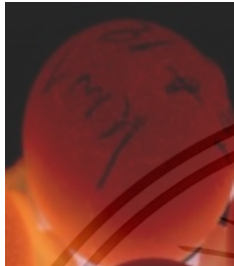
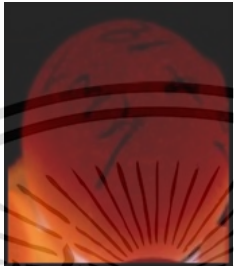



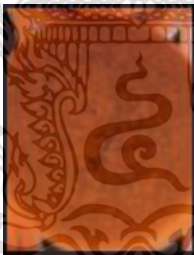


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง
33			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง
34			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง
35			ไม่ร้าว	ร้าว	เท็จ
36			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง



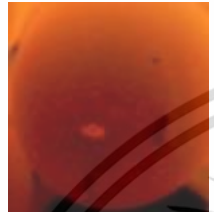





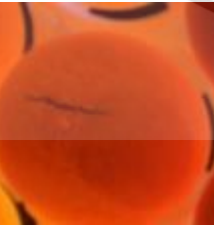

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

37			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง
38			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง
39			ร้าว	ร้าว	จริง
40			ร้าว	ร้าว	จริง
41			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง



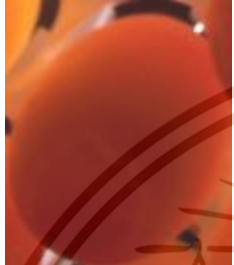


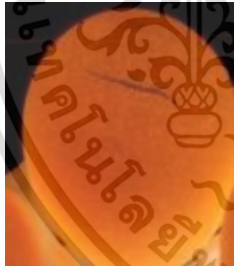

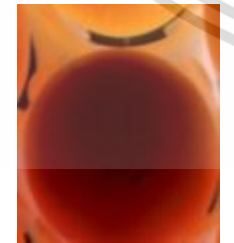

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง
43			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง
44			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง
45			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง
46			ร้าว	ร้าว	จริง



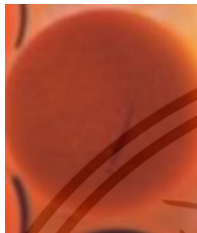



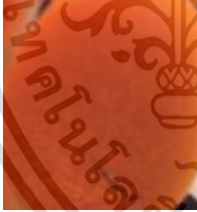
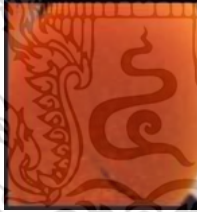
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

47			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง
48			ไข่แตก	ร้าว	จริง
49			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง
50			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง
51			ไม่ร้าว	ไม่ร้าว	จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

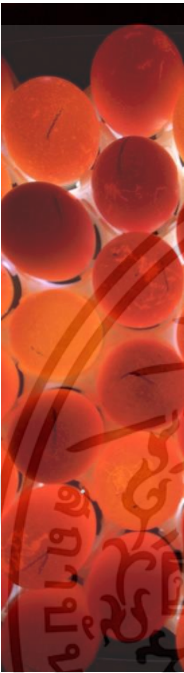
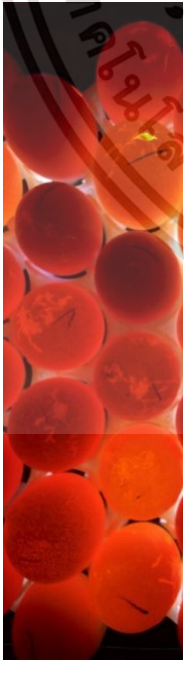
52			ไม่รู้ว่า	ไม่รู้ว่า	จริง
53			ไม่รู้ว่า	ไม่รู้ว่า	จริง
54			ไม่รู้ว่า	ไม่รู้ว่า	จริง
55			ไม่รู้ว่า	ไม่รู้ว่า	จริง
56			ไม่รู้ว่า	ไม่รู้ว่า	จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

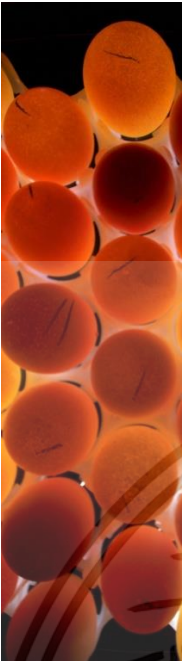
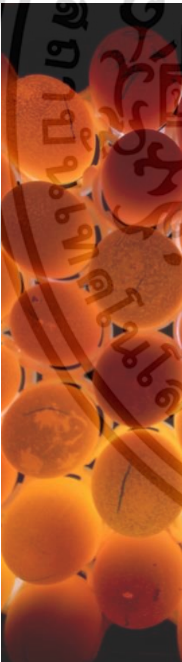
57			ไม่รู้ว่า	รู้ว่า	เท็จ
58			ไม่รู้ว่า	ไม่รู้ว่า	จริง
59			ไม่รู้ว่า	ไม่รู้ว่า	จริง
60			ไม่รู้ว่า	ไม่รู้ว่า	จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

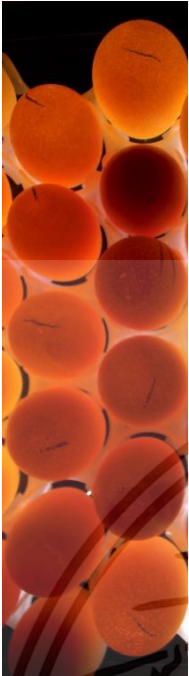
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลอง การตรวจไข่ร่วงที่ละ 1 แผง หรือ 12 แผง และเวลาในการประมวลผล

ภาพต้นฉบับ	ความแม่นยำ	เวลาที่ใช้ (วินาที)
	100%	0.03125
	91.67%	0.03125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	91.67%	0.015625
	100%	0.03125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	91.67%	0.015625
---	--------	----------

4.5 การวัดประสิทธิภาพอัลกอริทึม

ในการทดลองนี้ได้ใช้ Confusion Matrix เพื่อวัดประสิทธิภาพของอัลกอริทึม จากไข่ราวทั้งหมด 18 ฟอง อัลกอริทึมได้ทายผลลัพธ์ถูกไปจำนวน 18 ฟอง และผิดพลาดไป 2 ฟอง อย่างไรก็ตามในส่วน of ไข่ดี ทั้งหมด 41 ฟอง อัลกอริทึมได้ทายผลลัพธ์ถูกไปจำนวน 40 ฟอง และผิดพลาดไป 1 ฟอง ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 Confusion Matrix การตรวจจับไข่ร้าย

	True Positive	True Negative
Predicted Positive	18	2
Predicted Negative	1	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้เสนอ แนวคิดการจำแนกไข่อ้วนด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ (Image Processing) และคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) ซึ่งได้ทำการออกแบบการทดลองโดยเริ่มต้นจากการสร้างแบบจำลอง (Controlled Environment) ในการเก็บข้อมูลภาพไข่จำนวน 18 ฟอง ที่ควบคุมแสงและอุณหภูมิ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด จากนั้นทำการประยุกต์ใช้เทคนิค Image Processing เพื่อหารอยแตกไข่บนเปลือกไข่ ประกอบไปด้วยขั้นตอนหลักคือ การรับภาพ (Image Acquisition) การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Preprocessing) การระบุรอยร้าว (Segmentation) การแสดงผล (Output) จำนวนไข่อ้วน ในการทดลองนี้ได้ใช้ชุดข้อมูลไข่ทั้งหมด 60 ฟอง ประกอบไปด้วยไข่อ้วน 19 ฟอง (ไข่อ้วน 17 ฟอง ไข่แตก 2 ฟอง) ไข่ปกติ 41 ฟอง และทำการทดลองครั้งละ 12 ฟอง ซึ่งได้ผลลัพธ์ความแม่นยำ (Accuracy) ที่ 95 % และใช้ความเร็วในการประมวลผลเฉลี่ย (Average Processing Time) 0.025 วินาที ต่อ 12 ฟอง อย่างไรก็ตามในส่วนของการตรวจวัดประสิทธิภาพของการทดลองนี้ได้อาศัยตารางวัดความสามารถของการจำแนก (Confusion Metric) ที่ประกอบด้วยค่าบ่งชี้ประสิทธิภาพ 2 ค่า คือ ค่าความแม่นยำและค่าเวลาการประมวลผล

5.2 ข้อเสนอแนะ

การตรวจสอบไข่อ้วนด้วยเทคนิค Image Processing และ Computer Vision นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมได้ ตัวอย่างเช่น การตรวจสอบไข่อ้วนในฟาร์มไก่ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจสอบไม่ให้ไข่อ้วนหลุดออกไปสู่มือผู้บริโภค การการันตีคุณภาพของไข่ และการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานภายในฟาร์ม โดยสามารถทำได้โดยการลดเวลาในการตรวจสอบไข่จากรูปแบบเดิมที่ใช้นุ้ยในการตรวจสอบ การใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มความแม่นยำ หรือแม้กระทั่ง การเพิ่มจำนวนไข่ที่ตรวจสอบต่อรอบให้มากขึ้นที่สอดคล้องกับการทำงานจริงในฟาร์ม อีกทั้งการนำแนวคิดนี้ไปขยายผลเพื่อสร้างเครื่องตรวจสอบไข่อ้วนขนาดเล็ก ที่สามารถลดต้นทุน เพิ่มประสิทธิภาพ เคลื่อนย้ายง่าย ในอนาคตได้อีกด้วย

บรรณานุกรม

- [1] ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษา. “เกร็ดความรู้ไขไถ่.” [online],
Available : <https://sciplanet.org/content/10610> (accessed June 5, 2023).
- [2] NABEL. “Automatic Crack Detector.” [online],
Available : <https://nabel.com/products/acd/> (accessed June 5, 2023).
- [3] Rafael C Gonzalez, Richard E Woods. Digital Image Processing Third Edition. Pearson. 2008.
- [4] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle. Image Processing, Analysis and Machine **Vision**. Champman & Hall Computing. 1994.
- [5] บุญธรรม ภัทราจารกุล. การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น Fundamentals of Digital Image Processing. ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2556.
- [6] 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).
- [7] Burin Narin, Sunanta Buntan, Narumol Chumuang, Mahasak Ketcham. 2018. Crack on Eggshell Detection System Based on Image Processing Technique. The 18th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT 2018)
- [8] Wang Fang, Wen Youxian. 2011. Detecting Preserved Eggshell Crack Using Machine Vision. 2011 International Conference of Information Technology, Computer Engineering and Management Sciences.
- [9] Weixing Wang, Haijun Liao, Ying Huang. 2007. Rock fracture tracing based on image processing and SVM. Third International Conference on Natural Computation (ICNC 2007)
- [10] Meysam Siyah Mansoory. 2012. Automatic Crack Detection in Eggshell Based on Susan Edge Detector Using Fuzzy Theresholding. World Applied Sciences Journal 18 (11): 1602-1608, 2012, ISSN 1818-4952.

- [11] Arun Mohan, Sumathi Poobal. 2018. Crack detection using image processing: A critical review and analysis. Alexandria Engineering Journal. Volume 57, Issue 2, June 2018, pp. 787-798.
- [12] Vanvisa Chutchavong, Thanapoom Pume, Somsin Thongkrait, and Thanavit Anuwongpinit. 2020. An Improved Performance Simulated Annealing Based On Evolution Strategies for Single Objective Optimization Problems. In proceedings of the 6th international conference on engineering, applied sciences and technology (ICEAST 2020), July 1-4 2020, Chiang Mai, Thailand.
- [13] Krit Srijakkot, Isoon Kanjanasurat, Nuttakan Wiriyakrieng, Chawalit Benjangkprasert. 2020. The comparison of Faster R-CNN and Atrous Faster R-CNN in different distance and light condition. Journal of Physics: Conference Series. 1457(1).
- [14] R. T. Elster, Assoc. John W. Goodrum. 1991. Detection of cracks in egg using machine vision. The American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan www.asabe.org.
- [15] Duo Ma, Hongyuan Fang, Niannian Wang, Binghan Xue, Jiaxiu Dong and FuWang. 2021. A real-time crack detection algorithm for pavement based on CNN with multiple feature layers. Road Materials and Pavement Design.

ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์

- [1] Punyaruethai Purahong, Tuanjai Archevapanich, Vasutorn Chaowalittawin, Donnaporn Punthang, Gregory P. Millerteacher, Paisan Sithiyopasakul and Boonchana Purahong. 2021. Information Engineering Course Management in Faculty of Engineering, KMITL Towards Excellence. 6th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed).
- [2] 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).
- [3] 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.
- [4] Boonchana Purahong, Worinidtha Krungseanmuang, Vasutorn Chaowalittawin, Thanapoom Pumee, Isoon Kanjanasurat and Attasit Lasakul. 2022. Classification of Overlapping Eggs Based on Image Processing. Journal of Physics: Conference Series.
- [5] Vasutorn Chaowalittawin, Woranidtha Krungseanmuang, Posathip Sathaporn, Tuanjai Archevapanich and Boonchana Purahong. 2022. Global Technology and Business Management Conference (GTBMC 2022).
- [6] 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.
- [7] 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 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง
- ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง (เกียรตินิยมอันดับ 1)
- มัธยมศึกษา โรงเรียน เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า

ประสบการณ์

1. ประธานกรรมการ บริษัท คอนโซลเทค จำกัด
2. ผู้ก่อตั้งทีม Startup Egg E Egg
3. ที่ปรึกษา โครงการพัฒนาแพลตฟอร์มสำหรับให้บริการประมวลผลผลิตภาพสำหรับสถาน
ประกอบการด้านแร่
4. นักวิเคราะห์ธุรกิจไอที บริษัท ExxonMobil Limited

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้