

ระบบการวัดขนาดไซโกอัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก

อรจิรา สิงห์ขจรวรกุล

TNII

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตศึกษา สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2566

A CHICKEN EGG SIZING MEASUREMENT SYSTEM BY USING RASPBERRY PI

Onchira Singkhajonworakul

TNII

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements  
for The Degree of Master of Engineering Program in Engineering Technology

Graduate Studies

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2023

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์

ขนาดเล็ก

โดย

อรจิรา สิงห์ขจรวรกุล

สาขาวิชา

เทคโนโลยีวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ดร.อัฒนา เซนไต้ะ

บัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรารกร ศรีเชวงทรัพย์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ดร.ธีรพล ศีลววรรณ)

.....กรรมการ

(ดร.ดอน แก้วดก)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันติชา กิตติพิรัช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร.อัฒนา เซนไต้ะ)

อรจิรา สิงห์ขจรวรกุล : ระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก.  
 อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.อัฒนา เชนโต้ะ, 56 หน้า.

งานวิจัยนี้มุ่งเสนอระบบการวัดขนาดไข่ไก่โดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กหรือ Raspberry Pi เพื่อประสานระบบ Image processing ที่ทำหน้าที่จัดการและวิเคราะห์รูปภาพหรือวิดีโอที่ถ่ายโดย Pi camera ระบบจะทำการแปลงภาพให้เป็นข้อมูลแบบดิจิทัลโดยใช้ภาษา Python และเครื่องมือ Open-CV และได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลเชิงปริมาณรวมถึงสั่งการให้ควบคุมเครื่องจักรกลผ่านโปรแกรม Real-VNC Viewer ที่จะแสดงผลข้อมูลต่างๆ โดยระบบนี้ต้องมีค่าพารามิเตอร์เพื่อคำนวณขนาดของไข่ไก่ที่ได้จากระบบให้เป็นน้ำหนักเพื่อคัดแยกขนาดของไข่ไก่ได้ เหตุผลที่ทำให้เกิดงานวิจัยนี้คือเพื่อสร้างระบบที่สามารถต่อยอดเข้ากับอุตสาหกรรมซึ่งอาจสร้าง Smart farm หรือ เกษตรอัจฉริยะในอนาคตที่มีต้นทุนต่ำและมีประสิทธิภาพ ทำให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนและทำงานได้สะดวกสบาย โดยที่มีความถูกต้องสูง ในปัจจุบันอุตสาหกรรมขนาดเล็กมักใช้น้ำหนักเป็นตัววัดขนาดไข่ไก่และใช้งานคนในการคัดแยกไข่ไก่ งานวิจัยนี้มุ่งหวังที่จะพัฒนาระบบที่ใช้ Raspberry Pi เพื่อหาขนาดของไข่ไก่ และสามารถคัดแยกขนาดของไข่ไก่โดยอัตโนมัติในอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรือ SME ในงานวิจัยนี้ มีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 97.4022

บัณฑิตศึกษา

สาขาวิชา เทคโนโลยีวิศวกรรม

ปีการศึกษา 2566

ลายมือชื่อนักศึกษา .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....



ONCHIRA SINGKHAJONWORAKUL : A CHICKEN EGG SIZING MEASUREMENT SYSTEM  
BY USING RASPBERRY PI. ADVISOR : DR. ADNA SENTO, 56 PP.

This research proposes a system for measuring the size of chicken eggs using a small computer, such as Raspberry Pi, to integrate an Image processing system. This system manages and analyzes images or videos captured by the Pi camera, converting the images into digital data using Python and Open-CV tools. The results include quantitative data and commands to control machinery through the Real-VNC Viewer program, displaying various data outputs. The system requires parameters to calculate the size of chicken eggs obtained from the system as weight for size classification. The motivation behind this research is to create a system that can integrate into industries, potentially leading to the development of Smart Farms or smart agriculture in the future with low cost and high efficiency. This allows farmers to reduce costs and work more conveniently, with high accuracy. Currently, small-scale industries often use weight as a measure for egg size, relying on manual labor for separation. This research aims to develop a system using Raspberry Pi to determine egg size and automatically categorize egg sizes in small-scale industries or SMEs. The accuracy of this research is approximately 97.4022 percent.

Graduate Studies

Field of Engineering of Technology

Academic Year 2023

Student's Signature.....

Advisor's Signature.....

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.อัทธนา เชนโต๊ะ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำเกี่ยวกับงานวิจัย และแนะนำแนวทางในการ แก้ไขปัญหาต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง รวมถึงอาจารย์ทุกท่านที่มีได้กล่าวนามที่ให้ความ อนุเคราะห์ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และคอยให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์กับงานวิจัย ทำให้ งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณทางสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่สนับสนุนทุนการศึกษา เพื่อการศึกษา วิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ศึกษาไม่มากนักน้อย ซึ่งขอกราบขอบพระคุณ ครอบครัว พี่ๆ ที่ทำงาน และเพื่อนๆ ทุกท่านทั้งผู้ที่กล่าวนามและมีได้กล่าวนาม ที่ คอยให้กำลังใจ ให้คำปรึกษาและสนับสนุนในการทำงาน จนดำเนินงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

อรจิรา สิงห์ขจรวรกุล



## สารบัญ

|                                                                          | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....                                                     | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....                                                  | จ    |
| กิตติกรรมประกาศ.....                                                     | ฉ    |
| สารบัญ.....                                                              | ช    |
| สารบัญตาราง.....                                                         | ฌ    |
| สารบัญรูป.....                                                           | ญ    |
| <br>บทที่                                                                |      |
| 1 บทนำ.....                                                              | 1    |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญ.....                                               | 1    |
| 1.2 ความสำคัญของการวิจัย.....                                            | 2    |
| 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....                                         | 2    |
| 1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....                                               | 2    |
| 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....                                             | 2    |
| 1.6 แผนงานและระยะเวลาดำเนินการ.....                                      | 3    |
| 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                                     | 4    |
| 2.1 แพลตฟอร์มฮาร์ดแวร์ (RPI) และซอฟต์แวร์.....                           | 4    |
| 2.2 Machine Learning.....                                                | 8    |
| 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                                           | 13   |
| 3 วิธีการวิจัย.....                                                      | 20   |
| 3.1 ภาพรวมของระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก..... | 20   |
| 3.2 การเตรียมฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สำหรับระบบที่นำเสนอ.....               | 21   |
| 3.3 อธิบายถึงโมเดลอัลกอริทึมของระบบการวัดขนาด.....                       | 23   |

## สารบัญ (ต่อ)

| บทที่                                   | หน้า |
|-----------------------------------------|------|
| 4 ผลการศึกษาและการอภิปรายผล.....        | 29   |
| 4.1 การทดสอบระบบ .....                  | 29   |
| 4.2 ผลลัพธ์จากการทดสอบ.....             | 31   |
| 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ .....             | 36   |
| 5.1 สรุปผล.....                         | 36   |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ .....                    | 36   |
| บรรณานุกรม .....                        | 38   |
| ภาคผนวก .....                           | 40   |
| ภาคผนวก ก. ชุดคำสั่งภาษาไพทอน.....      | 41   |
| ภาคผนวก ข. บทความการประชุมวิชาการ ..... | 49   |
| ประวัติย่อผู้วิจัย .....                | 56   |

TNII

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

## สารบัญตาราง

| ตาราง                                                                                                 | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1.1 แผนงานและระยะเวลาในการดำเนินงาน .....                                                             | 3    |
| 2.1 ตัวอย่างและคำสั่งของการประมวลผลภาพ.....                                                           | 7    |
| 2.2 ประเภทของการเรียนรู้แบบมีผู้สอน .....                                                             | 8    |
| 2.3 ประเภทของการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน .....                                                          | 8    |
| 2.4 ตัวอย่างการทำงานของ Computer vision .....                                                         | 10   |
| 2.5 รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....                                                                 | 18   |
| 3.1 ค่าจากการวัดความสูงของไขไก่ตัวอย่าง 10 ใบโดยใช้ดิจิทัลเวอร์เนียร์โดยมีหน่วย<br>เป็นมิลลิเมตร..... | 25   |
| 3.2 ค่าจากการวัดน้ำหนักของไขไก่ตัวอย่าง 10 ใบโดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลมีหน่วย<br>เป็นกรัม.....  | 25   |
| 3.3 ขนาดของไขไก่กับน้ำหนักที่อ้างอิง.....                                                             | 28   |
| 4.1 ผลการวัดขนาดไขไก่จากเครื่องมือการวัด .....                                                        | 29   |
| 4.2 ผลการทดลองวัดขนาดไขไก่จากระบบที่ถูกสร้าง .....                                                    | 30   |
| 4.3 ค่าระบบสีในระบบที่นำเสนอ.....                                                                     | 32   |
| 4.4 ค่าสีของ H, S เมื่อ V มีค่าเท่ากับ 100 .....                                                      | 33   |
| 4.5 ค่าสีของ H, S เมื่อ V มีค่าเท่ากับ 150 .....                                                      | 33   |
| 4.6 ค่าสีของ H, S เมื่อ V มีค่าเท่ากับ 200 .....                                                      | 33   |
| ก.1 คำสั่งสำหรับการคำนวณค่า GR&R ของเครื่องมือดิจิทัลเวอร์เนียร์เพื่อวัดขนาดยี่ห้อ Hachi. ....        | 42   |
| ก.2 คำสั่งสำหรับการคำนวณค่า GR&R ของเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลเพื่อนำหนักยี่ห้อ Shaper... ..           | 43   |
| ก.3 คำสั่งสำหรับระบบการวัดขนาดไขไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก.....                            | 44   |

## สารบัญรูป

| รูป                                                                                                                                           | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1.1 เครื่องคัดแยกไข่ไก่ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่.....                                                                                        | 1    |
| 2.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry Pi 4 Model B .....                                                                                       | 4    |
| 2.2 ความสัมพันธ์ของตัวแปรในการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง .....                                                                                     | 9    |
| 2.3 ระบบสี HSV หรือ HSB.....                                                                                                                  | 12   |
| 2.4 แผนผังภาพรวมของระบบในงานวิจัยที่ [1].....                                                                                                 | 14   |
| 2.5 ภาพโครงสร้างของการทำงานของเครื่องคัดแยกไข่ไก่จากงานวิจัย [2].....                                                                         | 15   |
| 2.6 ขนาดของผลไม้ทางด้านซ้ายถูกใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการวัดขนาดของผลไม้ทาง<br>ด้านขวา (a) การวัดอ้างอิง (b) การวัดขนาดของมะม่วงขนาดอื่นๆ ..... | 16   |
| 2.7 สีที่เด่นที่สุดสำหรับแต่ละความสุกมะม่วงเพื่อคัดแยกความสุกของมะม่วงในงานวิจัยที่ [4]..                                                     | 17   |
| 2.8 แผนภาพการไหลของการวัดปริมาตรของไข่ในงานวิจัยที่ [5].....                                                                                  | 18   |
| 3.1 ระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก.....                                                                               | 20   |
| 3.2 แผนผังการทำงานของระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก .....                                                             | 21   |
| 3.3 ตัวอย่างไข่ไก่ 10 ฟอง เพื่อคำนวณ Gauge Repeatability and Reproducibility .....                                                            | 24   |
| 3.4 การขนาดไข่ไก่และการชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณ Gauge Repeatability and<br>Reproducibility ของเครื่องมือวัด.....                                 | 24   |
| 3.5 แผนผังการทำงานย่อยของการตรวจจับไข่ไก่ในระบบ .....                                                                                         | 26   |
| 3.6 แผนผังการทำงานย่อยของการวัดขนาดไข่ไก่ในระบบ .....                                                                                         | 27   |
| 4.1 การแสดงผลหน้าจอโน้ตบุ๊คผ่าน Real-VNC Viewer จากการทดลองผ่านซอฟต์แวร์<br>Thonny IDE แบบ Real time .....                                    | 29   |
| 4.2 กราฟเปรียบเทียบความยาวของไข่ไก่ระหว่างค่าที่วัดด้วยเครื่องมือวัดกับระบบที่นำเสนอ ..                                                       | 31   |
| 4.3 กราฟเปรียบเทียบความกว้างของไข่ไก่ระหว่างค่าที่วัดด้วยเครื่องมือวัดกับระบบที่นำเสนอ                                                        | 32   |
| 4.4 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักของไข่ไก่ระหว่างค่าที่วัดด้วยเครื่องมือวัดกับการคำนวณที่<br>ได้จากระบบที่นำเสนอ.....                                | 32   |
| 4.5 กราฟผลการทดลองค่าความถูกต้องของความยาวและความกว้างจากระบบที่นำเสนอ .....                                                                  | 34   |
| 4.6 Confusion matrix แสดงผลลัพธ์ของขนาดของไข่ไก่ (Sizing) ที่ได้จากระบบ .....                                                                 | 35   |



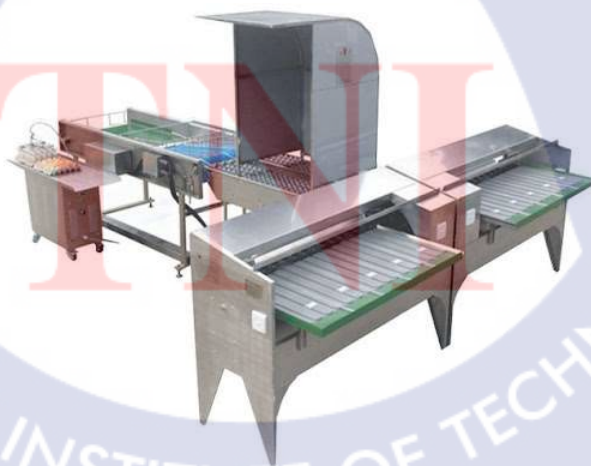
## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันขนาดของไซโก่ถูกคัดแยกเพื่อความพึงพอใจของผู้บริโภค ซึ่งแต่ละขนาดนั้นจะมีคุณค่าทางสารอาหารแตกต่างกัน เช่น เบอร์ 0-1 เหมาะกับนักกีฬา เนื่องจากมีปริมาณไซขาวมาก ทำให้โปรตีนในไซสูง หรือ เบอร์ 2-3 เหมาะกับคนทั่วไป เพราะเป็นไซโก่ที่มีพลังงานเพียงพอในการดำรงชีวิตแต่ละวัน ซึ่งในอุตสาหกรรมจะวัดน้ำหนักของไซโก่เพื่อแบ่งออกเบอร์ต่างๆ ของไซโก่ได้

ในอุตสาหกรรมการคัดแยกไซโก่ในปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีที่สูงขึ้นเพื่อช่วยในกระบวนการคัดแยกไซโก่อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิภาพมากขึ้น บางส่วนของกระบวนการคัดแยกไซโก่ทำได้ด้วยการใช้เครื่องจักรอัตโนมัติที่มีระบบควบคุมที่ชาญฉลาดและทันสมัยมากขึ้น เช่น การใช้ระบบการสแกนภาพดิจิทัลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของไซ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและการใช้ระบบของหุ่นยนต์เพื่อช่วยในกระบวนการการคัดแยกไซโก่ด้วยความแม่นยำที่สูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีการใช้เทคโนโลยีอื่นๆ เช่น เทคโนโลยีการเซนเซอร์เพื่อตรวจจับความสะอาดและปริมาณของไซ การใช้เทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติเพื่อปรับการดำเนินการในกระบวนการต่าง ๆ อีกด้วย ทั้งนี้มีเป้าหมายในการลดความพยายามและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการการคัดแยกไซโก่โดยรวม นวัตกรรมต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น มีต้นทุนที่สูงในการคัดแยกขนาดไซโก่สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก



รูปที่ 1.1 เครื่องคัดแยกไซโก่ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่



ในงานวิจัยนี้ จึงเสนอการใช้หลักการการประมวลผลภาพแบบดิจิทัลหรือ Image processing ที่วัดขนาดและประมวลผลภาพได้รวดเร็วเพียงเสี้ยววินาที และนอกจากนั้นการใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กจะสามารถประยุกต์การใช้งานกับเครื่องมือจักรกลในอนาคต เพื่อทำให้เป็นระบบอัตโนมัติได้อีกด้วย อีกทั้งนำหลักการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับระบบการวัดขนาดไซโกแบบเรียลไทม์ที่ทันสมัยและมีความแม่นยำ รวมถึงต้นทุนต่ำเหมาะสำหรับเกษตรกรขนาดเล็ก ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่มีประสิทธิภาพหรือ Raspberry Pi เป็นตัวควบคุมการทำงานการประมวลผลภาพแบบดิจิทัล เพื่อทำให้ระบบการประมวลผลภาพมีความสมบูรณ์และเที่ยงตรงสูงสุด รวมถึงการพัฒนาอัลกอริทึมการวัดขนาดไซโกด้วยการแบ่งส่วนของภาพ (Image segmentation) และอัตราส่วนของจำนวนจุดภาพ (Pixel per Matrix)

## 1.2 ความสำคัญของการวิจัย

การพัฒนากระบวนการวัดขนาดไซโกโดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำในการคัดแยกไซโกในอุตสาหกรรมเกษตรกรรมขนาดเล็ก การนำเสนอนี้สามารถช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและช่วยเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อสร้างระบบการวัดขนาดไซโกแบบเรียลไทม์ที่สามารถระบุได้ว่า ไซโกมีขนาดใดอย่างถูกต้อง โดยใช้พัฒนาอัลกอริทึมจากซอฟต์แวร์ Thonny ที่เป็นซอฟต์แวร์ฟรีในคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก Raspberry Pi

## 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างขนาดของไซโกตามท้องตลาดเพื่อทดสอบและพัฒนาระบบให้มีความแม่นยำในการประมวลผลโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กราคาไม่แพงและมีประสิทธิภาพสูง และใช้กล้อง Pi เพื่อเป็นตัวนำเข้าวิดีโอ เพื่อนำมาประมวลผลในอัลกอริทึมโดยใช้หลักการ HSV (Hue, Saturation, Value) ซึ่งเป็นระบบของสี ทำให้ระบบสามารถตรวจวัดไซโกและประมวลผลภาพของไซโก โดย Open-CV Library โดยต้องจัดพื้นที่การถ่ายภาพให้เหมาะสมเพราะมีผลโดยตรงต่อความถูกต้องและแม่นยำของระบบ

## 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ระบบการวัดขนาดไซโกอัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กและมีประสิทธิภาพสูงในการคัดแยกขนาดของไซโก

## 1.6 แผนงานและระยะเวลาดำเนินการ

ตารางที่ 1.1 แผนงานและระยะเวลาในการดำเนินงาน

| ขั้นตอนการดำเนินงาน                            | พ.ศ. 2566 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | พ.ศ. 2567 |   |   |   |   |   |
|------------------------------------------------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|-----------|---|---|---|---|---|
|                                                | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12        | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องและปัญหาที่เกิดขึ้น |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |   |   |   |   |   |
| 2. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยอ้างอิง   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |   |   |   |   |   |
| 3. ออกแบบระเบียบวิธีการวิจัยและดำเนินงาน       |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |   |   |   |   |   |
| 4. เก็บผลการวัดขนาดจริงของไข่ไก่และน้ำหนัก     |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |   |   |   |   |   |
| 5. เขียนอัลกอริทึม                             |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |   |   |   |   |   |
| 6. เก็บผลการทดลองจากอัลกอริทึมที่สร้างขึ้น     |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |   |   |   |   |   |
| 8. สรุปผลการวิจัย                              |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |   |   |   |   |   |
| 9. เขียนรูปเล่มงานวิจัย                        |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |   |   |   |   |   |
| 10. นำเสนอผลงาน                                |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |   |   |   |   |   |
| 11. ตีพิมพ์วารสารวิชาการ                       |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |           |   |   |   |   |   |

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ ผู้วิจัยได้อธิบายถึงการการศึกษาองค์ความรู้ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องรวมถึงงานวิจัยที่มีความสำคัญต่อการดำเนินการวิจัยนี้ โดยแบ่งออกเป็นหัวข้อดังนี้ หัวข้อ 2.1 อธิบายเกี่ยวกับแพลตฟอร์มฮาร์ดแวร์ (RPI) และซอฟต์แวร์ (Thonny IDE, OpenCV) ต่อมาคือหัวข้อ 2.2 อธิบายเกี่ยวกับทฤษฎีการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning, Computer Vision, Image segmentation) และสุดท้ายคือหัวข้อ 2.3 ซึ่งจะอธิบายเกี่ยวกับผลการศึกษาจากงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวิทยานิพนธ์เรื่องระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก

#### 2.1 แพลตฟอร์มฮาร์ดแวร์ (RPI) และซอฟต์แวร์

##### 2.1.1 บอร์ด Raspberry Pi

คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กระบบปฏิบัติการ Raspbian ที่สามารถใช้งานได้ทั่วไปคล้ายกับคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะหรือแล็ปท็อปพกพา และมีราคาถูกเพราะผู้พัฒนาบอร์ดมีเจตนาเพื่อให้เป็นสื่อการเรียนรู้ด้านคอมพิวเตอร์ที่เปิดโอกาสให้ผู้ใช้ทุกคนเข้าถึงเทคโนโลยีและการเรียนรู้ในด้านคอมพิวเตอร์อย่างเป็นทางการ นอกจากนี้ตัวบอร์ด Raspberry Pi สามารถสื่อสารและควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ โดยผู้ใช้งานต้องเขียนโปรแกรมส่งงานตัวบอร์ด ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมได้หลายภาษา เช่น Python, C, C++ เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry Pi เนื่องจากมีราคาที่ถูกลงและมีขนาดเล็กที่สามารถประมวลผลภาพแบบดิจิทัลได้เหมือนกับคอมพิวเตอร์ รวมถึงได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยมีการปรับปรุงต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความสามารถและประสิทธิภาพของระบบ นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้หลากหลายเนื่องจากมี General Purpose Input-Output (GPIO) และนำไปประยุกต์และพัฒนากับเกษตรกรรมไข่ไก่อัตโนมัติขนาดเล็กได้ในอนาคต



รูปที่ 2.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry Pi 4 Model B

### 2.1.2 การปรับแต่งภาพ (Image Pre-Processing) โดยใช้ OpenCV Library

การปรับแต่งภาพด้วย OpenCV Library คือ การใช้ OpenCV (Open Source Computer Vision Library) เพื่อดำเนินการประมวลผลภาพทางดิจิทัล ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผลและวิเคราะห์ภาพที่ถูกรับเข้าในรูปแบบดิจิทัล โดยใช้เทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ เช่น การตรวจจับวัตถุในภาพ, การติดตามวัตถุ, การแยกแยะวัตถุจากพื้นหลัง, การวัดขนาดและรูปร่างของวัตถุ, การตรวจจับใบหน้า, การสร้างภาพสามมิติจากภาพสองมิติ, และอื่นๆ การประยุกต์ใช้ Image Processing ที่แพร่หลาย เช่น MRI, Ultrasound, Biometric เป็นต้น

เทคนิคในการปรับแต่งภาพ ได้แก่

- การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement) คือ กระบวนการที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพหรือลักษณะทางภาพของภาพให้ดีขึ้น ทำให้ภาพเหมาะสมกับการใช้งานหรือทำให้มีลักษณะที่สวยงามตามการตีความของมนุษย์ กระบวนการนี้รวมถึงการปรับแต่งลักษณะต่างๆของภาพ เช่น ความสว่าง ความคมชัด ความชัดเจน และสมดุลสี
- การกำจัดสัญญาณรบกวน (Image Filters) คือ การปรับแต่งภาพโดยใช้กระบวนการใดๆ หรือเคอร์เนล (kernel) ที่กำหนดเองเพื่อแก้ไขลักษณะใดๆ ในภาพ การใช้ฟิลเตอร์สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยลดสิ่งรบกวน เพิ่มความชัดเจนของขอบ หรือเพิ่มความสว่าง นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการเพิ่มรายละเอียด หรือปรับแต่งสีของภาพ เป็นต้น สามารถพบเห็นฟิลเตอร์ภาพที่ใช้กันมากๆ ได้แก่ ฟิลเตอร์เบลอ เพื่อลดความคมชัดของภาพ ฟิลเตอร์การเสริมความชัดเจน เพื่อเพิ่มความชัดเจนของขอบและรายละเอียดในภาพนั้น
- การรวมภาพหลาย ๆ ภาพเข้าด้วยกัน (Image Registration) คือ กระบวนการการจับคู่ภาพหรือการปรับปรุงเพื่อให้ภาพสอดคล้องกัน เพื่อให้สามารถนำข้อมูลจากภาพต่างๆ มาใช้งานร่วมกันได้ เช่น ในการวิเคราะห์ภาพการแพทย์ เช่น เซอร์ระยะไกล หรือการสร้างภาพโมเสค การทำ Image Registration มักใช้ในหลายๆ งานอาทิเช่น การแพทย์ สารสนเทศดาวเทียม หรือการพัฒนาแอปพลิเคชัน Augmented Reality ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญในการปรับปรุงและใช้งานภาพในหลายๆ ด้าน โดยการค้นหาจุดสำคัญในภาพ จับคู่พิกเซอร์ และปรับปรุงเพื่อให้สอดคล้องกันในแต่ละส่วนของภาพ
- การคืนความสมบูรณ์ของภาพ (Image Restoration) คือ กระบวนการที่ใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพที่เสียหายหรือถูกทำลาย เพื่อที่จะคืนคุณลักษณะเดิมของภาพหรือเพิ่มความชัดเจนให้มีคุณภาพดีขึ้น กระบวนการนี้รวมถึงการลบหรือลดการเสียหายต่างๆ เช่น สิ่งรบกวนในภาพ ความเบลอ หรือข้อบกพร่องอื่น ๆ ที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการเก็บภาพ การส่งข้อมูล หรือการเก็บรักษา การกู้คืนภาพมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในหลายสาขา เช่น การแพทย์ เพื่อการวินิจฉัย การตรวจสอบ



การเสียหายจากการตรวจค้นภาพ ดาวเทียมและการระยะไกล เพื่อการกู้คืนภาพดิจิทัล การถ่ายภาพดิจิทัล การลบเสียงรบกวน การเบลอภาพ หรือข้อบกพร่องอื่น ๆ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพ

- การแบ่งส่วนภาพเพื่อการวิเคราะห์และการประมวลผล (Image Segmentation) คือ กระบวนการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อยๆ โดยที่แต่ละส่วนมีลักษณะเฉพาะ เช่น สี ความเข้ม หรือลักษณะเด่น เพื่อเป็นพื้นฐานสำคัญในการวิเคราะห์และประมวลผลภาพซึ่งช่วยให้เราสามารถตรวจจับ แยกแยะ หรือวิเคราะห์วัตถุในภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ

- การบีบอัดภาพเพื่อลดขนาดของข้อมูล (Image Compression) คือ กระบวนการที่จะลดขนาดของไฟล์ภาพโดยไม่ทำให้คุณภาพภาพเปลี่ยนแปลงมากซึ่งหลักการหลักของการบีบอัดภาพคือการลดข้อมูลที่ใช้ในการแทนที่ภาพเพื่อให้ง่ายต่อการเก็บรักษา ส่งข้อมูล หรือประมวลผล โดยใช้เทคนิคต่างๆ เช่น การแปลงรหัสโดยดูจากโดเมนความถี่ของรูปภาพ (Transform Coding) การทำนายค่าของพิกเซลบริเวณใกล้เคียง (Predictive Coding) และการเข้ารหัสเอ็นโทรปีโดยการกำหนดรหัสที่สั้นกว่าให้กับสัญลักษณ์หรือรูปแบบที่พบบ่อยๆ (Entropy Coding) เพื่อลดขนาดของไฟล์โดยรักษาคุณภาพของภาพให้มากที่สุด การบีบอัดภาพเป็นสิ่งสำคัญในการทำงานหลายอย่าง เช่นในการถ่ายภาพดิจิทัล การสื่อสารมัลติมีเดีย การแพทย์ และการทำนายทางอ้อม

- การสร้างภาพสามมิติ (3D Image Reconstruction) คือ กระบวนการสร้างภาพที่มีมิติเพิ่มเติมเป็นของแกนที่สาม โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากภาพที่ถ่ายไว้หรือข้อมูลทางการแพทย์ เช่น การสร้างภาพ CT scan, MRI, หรือการสร้างภาพโดยใช้เทคนิคการสแกน 3 มิติ กระบวนการนี้มักใช้ในการแสดงภาพของวัตถุหรือสถานที่ที่มีลักษณะที่ซับซ้อนมากขึ้นอย่างที่สามารถมองเห็นได้จากมุมมองที่แตกต่างกัน ซึ่งมักมีการนำข้อมูลจากภาพสองมิติหลายภาพมาผสมกันเพื่อสร้างภาพสามมิติ หรือมุมมองที่มีความสมจริงมากขึ้นในการจำลองสถานการณ์ต่างๆ ที่ภาพสองมิติไม่สามารถแสดงออกได้ในรูปแบบเดียวกัน

OpenCV เป็นไลบรารีโอเพ่นซอร์สที่มีประสิทธิภาพสำหรับการประมวลผลภาพและวิดิโอดิจิทัล มีฟังก์ชันและเครื่องมือที่สามารถใช้งานได้หลากหลายแนวทางการทำความเข้าใจภาพและการประมวลผลภาพ โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการพัฒนาโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) อีกทั้งยังรองรับการพัฒนาในหลายภาษาโปรแกรมมิ่งเช่น C++, Python, Java, และ MATLAB เพื่อให้ นักพัฒนาสามารถใช้งานได้สะดวกสบายตามความถนัดและความต้องการผู้จัดทำจึงเลือกใช้ Library นี้ในการศึกษาและทดลองหาขนาดของไข่ไก่และประมวลผลอัตโนมัติจากการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Python ยกตัวอย่างคำสั่งสำหรับการใช้งานการประมวลผลภาพดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างและคำสั่งของการประมวลผลภาพ

| ตัวอย่างการประมวลผลภาพ | ตัวอย่างคำสั่งสำหรับการประมวลผล                          |
|------------------------|----------------------------------------------------------|
| การอ่านและเขียนภาพ     | cv2.imread(), cv2.imwrite                                |
| การแสดงผลภาพ           | cv2.imshow(), cv2.waitKey(),<br>cv2.destroyAllWindows()  |
| การแปลงและปรับแต่งภาพ  | cv2.cvtColor(), cv2.resize(), cv2.flip(), cv2.rotate()   |
| การตรวจจับวัตถุ        | cv2.CascadeClassifier(), cv2.detectMultiScale()          |
| การวาดกราฟิกบนภาพ      | cv2.line(), cv2.rectangle(), cv2.circle(), cv2.putText() |
| การใช้วิดีโอ           | cv2.VideoCapture(), cv2.VideoWriter()                    |
| การใช้ฟิลเตอร์         | cv2.filter2D()                                           |

### 2.1.3 ซอฟต์แวร์ Thonny

Thonny IDE เป็นซอฟต์แวร์สำหรับการพัฒนาโปรแกรม Python ที่เน้นความเรียบง่ายและเข้าใจง่ายในการใช้งานโดยเฉพาะสำหรับผู้เริ่มต้นที่เริ่มเรียนรู้การเขียนโปรแกรม ซึ่ง Thonny มีอินเทอร์เฟซที่เรียบง่ายและสะดวกในการใช้งาน มีฟีเจอร์ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเขียนและดูผลลัพธ์ของโค้ดได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชันการแนะนำโค้ด (code completion) และการเน้นสีโค้ด (syntax highlighting) เพื่อช่วยให้การเขียนโปรแกรมง่ายขึ้น

นอกจากนี้ Thonny ยังมีเครื่องมือในการจัดการไฟล์โปรแกรมอย่างง่ายดาย รวมถึงเครื่องมือในการตรวจสอบข้อผิดพลาด (debugging) รวมถึงสามารถประมวลผลโปรแกรมที่ละบรรทัดได้อีกด้วย ที่ช่วยให้ผู้ใช้งานตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดในโค้ดได้อย่างง่ายดาย นอกจากนี้ยังมีตัวช่วยในการทดสอบโปรแกรม (unit testing) และการจัดการกับไลบรารี (library management) ที่ช่วยให้การพัฒนาโปรแกรม Python เป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดย Thonny สามารถใช้งานได้บนหลายระบบปฏิบัติการ เช่น Windows, macOS, และ Linux และเป็นซอฟต์แวร์ฟรีและเปิดต้นแบบโอเพนซอร์สที่พัฒนาขึ้นโดย Lebedev Institute of Physics ในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการสนับสนุนการเรียนรู้และการศึกษาในสายวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์และวิทยาศาสตร์ข้อมูล โดยเฉพาะในช่วงของการเรียนการสอนในโรงเรียนและมหาวิทยาลัย อีกทั้งซอฟต์แวร์ Thonny IDE นี้ติดตั้งมาอยู่ในแพ็คเกจของ Raspberry Pi เป็นที่เรียบร้อย ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ ซอฟต์แวร์ฟรี Thonny IDE ในการพัฒนาระบบการวัดขนาดไข้โก๋อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก



## 2.2 Machine Learning

### 2.2.1 นิยามของ Machine Learning

Machine Learning เป็นสาขาหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ที่เน้นการพัฒนาและการออกแบบของระบบที่สามารถเรียนรู้และปรับปรุงความสามารถต่างๆ ได้จากข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีการโปรแกรมโดยตรงในทุกกรณี หมายถึงการตรวจจับแนวโน้มหรือลักษณะในข้อมูลและสร้างโมเดลหรืออัลกอริทึมที่สามารถทำนายผลลัพธ์หรือการกระทำในอนาคตได้ ซึ่งหากนำการเรียนรู้ของเครื่องจักรไปปรับใช้ได้อย่างถูกวิธี Machine Learning จะทำให้มนุษย์สามารถลดเวลาการทำงานในการวิเคราะห์ข้อมูลและการตอบสนองต่างๆ ส่วนในเชิงธุรกิจก็จะสามารถลดต้นทุนแรงงานได้อย่างมหาศาล หลักการของ Machine Learning คือการให้ระบบสามารถเรียนรู้และปรับตัวเองได้โดยใช้ข้อมูลโดยมักจะแบ่ง Machine Learning ได้แก่

- Supervised Learning (การเรียนรู้แบบมีผู้สอน) โมเดลจะเรียนรู้จากข้อมูลที่มีคำตอบโดยมีการกำหนดคำตอบล่วงหน้าในข้อมูลเพื่อให้โมเดลจะทำนายผลลัพธ์สำหรับข้อมูลใหม่ โดยมีรูปแบบ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ประเภทของการเรียนรู้แบบมีผู้สอน

| รูปแบบของการเรียนรู้แบบมีผู้สอน | วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้                                                                                                          |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| การจำแนกประเภท (Classification) | การทำนายประเภทหรือกลุ่มของข้อมูล ซึ่งประเภทของข้อมูลเป็นข้อมูลที่มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง เช่น การจำแนกว่าภาพถ่ายเป็นภาพของสุนัขหรือแมว |
| การทำนายค่า (Regression)        | การทำนายค่าต่อเนื่อง ซึ่งค่าที่ต้องการทำนายมักจะเป็นตัวเลข เช่น การทำนายราคาของสินค้าต่างๆ                                          |

- Unsupervised Learning (การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน) โมเดลจะเรียนรู้โดยการค้นหาลักษณะหรือโครงสร้างในข้อมูลโดยไม่มีการกำหนดคำตอบล่วงหน้าโดยที่โมเดลจะหาลักษณะเด่นหรือกลุ่มที่มีความสัมพันธ์กันในข้อมูล โดยมีรูปแบบ ดังตารางที่ 2.3

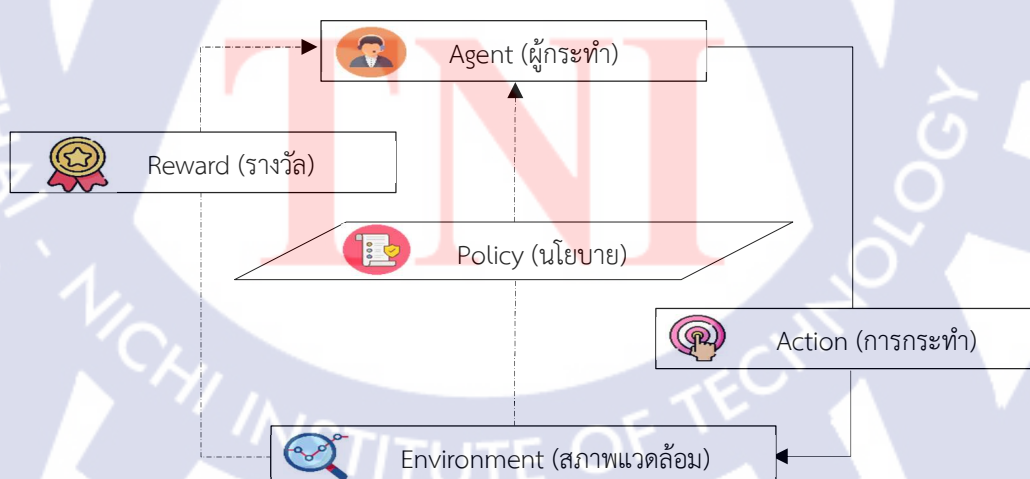
ตารางที่ 2.3 ประเภทของการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน

| รูปแบบของการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน | วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้                                                                                         |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| การจัดกลุ่ม (Clustering)           | การหาโครงสร้างหรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล โดยการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มที่มีความคล้ายคลึงกัน โดยไม่มีการให้ข้อมูล |

ตารางที่ 2.3 ประเภทของการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (ต่อ)

| รูปแบบของการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน   | วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้                                                                                                                                         |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| การจัดกลุ่ม (Clustering) (ต่อ)       | เพิ่มเติมว่าแต่ละกลุ่มคืออะไร เช่น การจัดกลุ่มข่าวในสื่อออนไลน์เป็นกลุ่มข่าวในหมวดหมู่เดียวกัน                                                                     |
| การลดมิติ (Dimensionality Reduction) | กระบวนการลดจำนวนตัวแปรหรือมิติของชุดข้อมูล โดยการลดมิตินี้มักจะช่วยให้ง่ายต่อการจัดเก็บข้อมูลและประมวลผลข้อมูลต่อมา เช่น การใช้ Principal Component Analysis (PCA) |

• Reinforcement Learning (การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง) โมเดลจะเรียนรู้โดยการทดลองและทำประสบการณ์ โดยได้รับการตอบสนองเมื่อกระทำการบางอย่าง โมเดลจะพยายามเรียนรู้ว่ากิจกรรมใดที่ทำให้ได้รับกำลังมากที่สุดเป็นตัวอย่างสำหรับการตัดสินใจ คือ Markov Decision Process (MDP) เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ โดยจะมีตัวแปร คือ Agent (ผู้กระทำ) เป็นตัวตัดสินใจภายในสิ่งที่เรียนรู้, Environment (สภาพแวดล้อม) เป็นบริบทที่ Agent ต้องปฏิบัติตามและเรียนรู้, Action (การกระทำ) คือทุกกิจกรรมที่ Agent สามารถทำได้ในแต่ละขณะ ซึ่งการเลือก Action จะมีผลต่อผลลัพธ์ที่ Agent จะได้รับ, Rewards (รางวัล) คือตัววัดประสิทธิภาพของการกระทำ ซึ่ง Agent จะพยายามให้ความสำคัญกับ Action ที่ทำให้ได้รับ Rewards มากที่สุด และสุดท้ายคือ Policy (นโยบาย) เป็นกฎเกณฑ์หรือวิธีการที่ Agent ใช้ในการตัดสินใจในการเลือก Action โดยคำนึงถึงสถานการณ์มีความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของตัวแปรในการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง

### 2.2.2 นิยามของ Computer Vision

Computer Vision หรือ คอมพิวเตอร์วิทัศน์เป็นแขนงหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ซึ่งเปรียบเสมือนดวงตาในการรับรู้การมองเห็นของมนุษย์ให้แก่คอมพิวเตอร์หรือระบบ โดยการใช้เทคโนโลยีและอัลกอริทึมต่าง ๆ ทำให้ระบบสามารถจดจำ เข้าใจ และวิเคราะห์ข้อมูลรูปภาพได้อย่างชาญฉลาดและตอบสนองข้อมูลของภาพได้อย่างรวดเร็ว โดยหลักการทำงานของ Computer Vision ได้แบ่งออกเป็น การจับภาพ, การประมวลผล-ภาพ, จดจำ, ทำความเข้าใจ และวิเคราะห์เพื่อตีความหมาย ยกตัวอย่างการทำงานของ Computer vision ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างการทำงานของ Computer vision

| ประเภทการทำงานของ Computer Vision                                                  | ตัวอย่างการทำงาน                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| การตรวจจับและระบุวัตถุ<br>(Object Detection and Recognition)                       | การระบุวัตถุในภาพหรือวิดีโอ เช่น การตรวจจับใบหน้าในภาพหรือการตรวจจับรถในวิดีโอจราจร                   |
| การระบุลักษณะ<br>(Feature Detection and Description)                               | การระบุลักษณะที่น่าสนใจในภาพ เช่น จุดเด่น และการบรรยายลักษณะ เพื่อใช้ในการแยกแยะวัตถุหรือการจับคู่ภาพ |
| การจัดการกับภาพและวิดีโอ<br>(Image and Video Processing)                           | การปรับปรุงคุณภาพของภาพหรือวิดีโอ เช่น การลดสิ่งรบกวนของภาพรวมทั้งการปรับแต่งสี                       |
| การตรวจจับการเคลื่อนไหวและการติดตาม<br>(Motion Detection and Tracking)             | การตรวจจับการเคลื่อนไหวในภาพหรือวิดีโอและการติดตามวัตถุตามเส้นทางของการเคลื่อนไหว                     |
| การสร้างภาพ 3 มิติ<br>(3D Reconstruction)                                          | การสร้างภาพ 3 มิติจากภาพ 2 มิติหรือวิดีโอ โดยใช้ข้อมูลระหว่างภาพหรือการเคลื่อนไหว                     |
| การตรวจจับท่าทางและการระบุการกระทำ<br>(Gesture Recognition and Action Recognition) | การระบุและติดตามท่าทางหรือการกระทำที่มนุษย์ทำในภาพหรือวิดีโอ                                          |
| การปรับปรุงคุณภาพของภาพ<br>(Image Enhancement)                                     | การปรับแต่งและปรับปรุงคุณภาพของภาพ เช่น การเพิ่มความคมชัดหรือการปรับแต่งสี                            |

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างการทำงานของ Computer vision (ต่อ)

| ประเภทการทำงานของ Computer Vision           | ตัวอย่างการทำงาน                                                |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation)         | การแบ่งส่วนหรือการตัดขอบของวัตถุในภาพ                           |
| การรู้จำและการจดจำ (Recognition and Memory) | การระบุวัตถุหรือแนวคิดและการจดจำภาพหรือวิดีโอเพื่อการใช้ในอนาคต |

### 2.2.3 การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation)

การแบ่งส่วนภาพ เป็น วิธีการแบ่งภาพดิจิทัลออกเป็นกลุ่มย่อยต่างๆ ที่เรียกว่า ส่วนภาพ ซึ่งช่วยลดความซับซ้อนของภาพเพื่อให้การประมวลผลหรือวิเคราะห์ภาพง่ายขึ้น กล่าวได้ว่า การแบ่งส่วนภาพเกี่ยวข้องกับการกำหนดป้ายให้กับ Pixel องค์ประกอบของรูปภาพหรือ Pixel ทั้งหมดที่อยู่ในหมวดหมู่เดียวกันจะมีป้ายกำกับกำหนดไว้ การแบ่งส่วนภาพมีความสำคัญอย่างมากในการประมวลผลภาพและวิเคราะห์ภาพ เนื่องจากมันช่วยให้สามารถระบุวัตถุหรือส่วนของภาพที่สนใจได้อย่างเฉพาะเจาะจง ซึ่งจะนำไปสู่การทำงานที่ต่อไปได้ง่ายขึ้น เช่น การตรวจจับวัตถุ การนับวัตถุ การวิเคราะห์โครงสร้าง เป็นต้น การเลือกใช้เทคนิคการแบ่งส่วนภาพขึ้นอยู่กับปัจจัยหลากหลาย ได้แก่ ลักษณะของภาพ, ความต้องการของงาน และทรัพยากรคอมพิวเตอร์ โดยในทางปฏิบัติบางครั้งอาจใช้เทคนิคที่ผสมผสานหรือวิธีการล่าสุดที่ใช้การเรียนรู้เชิงลึก (deep learning) เพื่อเพิ่มความแม่นยำในงานแบ่งภาพที่ซับซ้อนโดยการแบ่งส่วนภาพสามารถแบ่งเป็นกลุ่มดังนี้

- การแบ่งภาพตามสี (Color-based) คือ การแบ่งพื้นที่ของภาพตามระดับความเข้มของสี หรือความแตกต่างของสีในภาพ เช่น การใช้วัดความเป็นเอกลักษณ์ของสี (Color features) เพื่อแบ่งพื้นที่ภาพออกเป็นกลุ่มต่างๆ
- การแบ่งภาพตามพิกเซล (Pixel-based) ใช้วิธีการประมวลผลที่ใช้คุณลักษณะของพิกเซลเพื่อกำหนดว่าแต่ละพิกเซลอยู่ในกลุ่มใด เช่น การใช้การตรวจจับขอบ (Edge detection) หรือการใช้การตรวจจับจุดเด่น (Interest point detection) เป็นต้น
- การแบ่งภาพตามลักษณะเชิงโครงสร้าง (Structured-based) ใช้คุณลักษณะของโครงสร้างหรือรูปร่างของวัตถุในภาพเพื่อแบ่งพื้นที่ เช่น การใช้การตรวจจับวัตถุ (Object detection) หรือการใช้การตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion detection) เป็นต้น
- การแบ่งภาพโดยการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine learning-based) วิธีนี้จะใช้การเรียนรู้ของเครื่องเพื่อประมวลผลภาพและจำแนกประเภทของวัตถุหรือพื้นที่ต่างๆ ในภาพ เช่น การใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) เพื่อทำการแบ่งภาพ

การแบ่งภาพมีการใช้งานและประโยชน์หลายประการ เช่น การประมวลผลภาพทางการแพทย์ เพื่อการวินิจฉัยโรค การนำไปใช้ในระบบรถยนต์ไร้คนขับ (Autonomous vehicles) เพื่อ



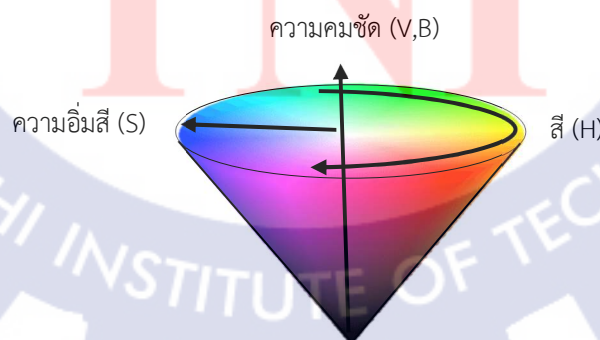
การตรวจจับและระบุวัตถุ การประมวลผลภาพทางการวิเคราะห์ภาพดาวเพื่อการวิจัยทางดาราศาสตร์ เป็นต้น การแบ่งภาพเป็นพื้นที่ย่อยๆ ที่มีความหมายเฉพาะเจาะจงทำให้เกิดความสามารถในการวิเคราะห์และทำความเข้าใจของภาพที่เป็นไปได้มากขึ้นไปด้วยและเป็นเครื่องมือสำคัญในการประมวลผลภาพดิจิทัลในหลากหลายงานและอุตสาหกรรมต่างๆ อีกด้วย

#### 2.2.4 ระบบสี HSV หรือ HSB (Hue, Saturation, Value / Brightness)

ระบบสี HSV หรือ HSB เป็นระบบที่ใช้ในการระบุสีในภาพหรือภาพเคลื่อนไหว มีความสามารถในการแสดงและระบุสีได้มากขึ้นโดยมีการแยกส่วนของสี (H) ออกจากความอิ่มตัวของสี (S) และความคมชัดของสี (V, B) ทำให้ง่ายต่อการปรับแต่งและจำแนกสีในภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่แต่ละส่วนมีความหมายดังนี้

- Hue (H) คือ สี คือมุมบนวงกลมสีที่บ่งบอกถึงสีของแสงหรือสีที่มองเห็นมีค่าความสัมพันธ์ต่อมุม  $0^\circ$  ถึง  $360^\circ$  โดยที่สีแดงมีค่าที่  $0^\circ$  และสีแดงสิ้นสุดที่  $360^\circ$  หรือ  $0^\circ$  อีกครั้งสามารถแบ่งสีได้เป็นหลายเซกเมนต์ตามระดับความเข้มของสีแต่ละสี
- Saturation (S) คือ ความอิ่มตัวของสีหรือความสว่างของสี มีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 โดยที่ 0 หมายถึงสีขาวและ 255 หมายถึงสีเต็มสี ค่าที่สูงขึ้นจะหมายถึงสีมีความสีสว่างมากขึ้นและค่าที่ต่ำลงจะหมายถึงสีมีความมืดมากขึ้น
- Value, Brightness (V, B) คือ ความคมชัดของสี หมายถึง ความสว่างหรือความมืดของสี มีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 โดยที่ 0 หมายถึงสีดำและ 255 หมายถึงสีขาว ค่าที่สูงขึ้นจะหมายถึงสีมีความสว่างมากขึ้นและค่าที่ต่ำลงจะหมายถึงสีมีความมืดมากขึ้น

ดังนั้น ระบบสี HSV, HSB ช่วยให้สามารถระบุและปรับแต่งสีในภาพได้อย่างรวดเร็วและสะดวก เพราะมีการแบ่งแยกคุณลักษณะของสีออกเป็นส่วนย่อยๆ ที่เข้าใจง่ายและมีความสัมพันธ์กับความรู้สึกของมนุษย์ต่อสีได้ดีแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ระบบสี HSV หรือ HSB



## 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

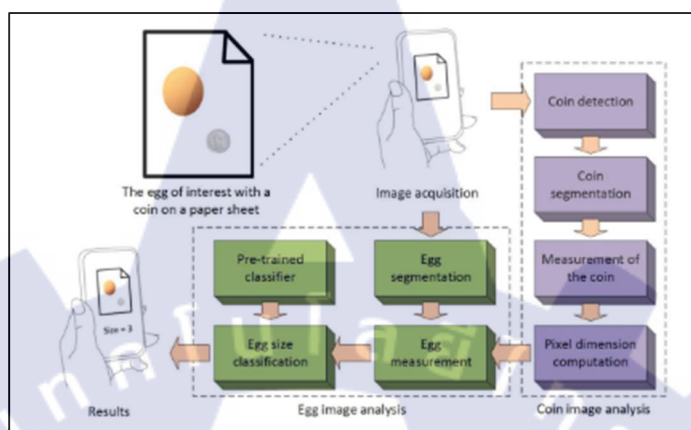
เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการพัฒนานวัตกรรมการวัดไข้ในรูปแบบต่างๆ มากมาย ได้แก่ W. Rattapoom และคณะ [1] ได้นำเสนอการวัดขนาดไข้โดยใช้ Image processing และ Machine learning บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ การใช้เหรียญเป็นวัตถุอ้างอิงเนื่องจากเหรียญเป็นวัตถุมาตรฐานที่มีขนาดที่รู้ได้คือมีรัศมีที่คงที่ ( $R_c$ ) และง่ายต่อผู้ใช้ที่จะหาในกระเป๋าของพวกเขา เพื่อหาขนาดของ Pixel โดย ขั้นตอนถูกแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ การตรวจจับเหรียญ, กระบวนการแยกส่วนภาพของเหรียญ, กระบวนการวัดเหรียญ, และการคำนวณขนาดของ Pixel การตรวจจับเหรียญเริ่มต้นด้วยการรับภาพจากกล้องอุปกรณ์ ในการตรวจจับเหรียญในภาพ งานวิจัยนี้ใช้อัลกอริทึมตรวจจับวัตถุด้วย Histogram of Oriented Gradients (HOG) ซึ่งเทคนิคนี้คล้ายกับตัวตรวจจับแบบ SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) และเครื่องมือการเรียนรู้รูปร่าง (Shape Contexts) ซึ่งเป็นที่นิยมสำหรับการตรวจจับวัตถุในภาพ อัลกอริทึมแบ่งภาพเป็นส่วนเล็ก ๆ และคำนวณค่าอธิบายจากชุดของ histogram ของ SVM หรือ Support Vector Machine คือ เมื่อมีการตรวจจับเหรียญ ภาพของเหรียญจะถูกดำเนินการเพื่อแยก Pixel ที่เป็นของเหรียญเพื่อให้สามารถดำเนินการตรวจจับเหรียญในขั้นตอนถัดไปได้ ในขั้นตอนนี้ เราใช้ GrabCut Segmentation Algorithm ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าสูงสุดของ Pixel รอบๆ ศูนย์กลางของพื้นที่ ดังนั้นก็คือศูนย์กลางของเหรียญ และ Pixel ภายนอกของภาพเหรียญถูกใช้เพื่อสร้าง Gaussian Mixture Model (GMM) และแสดงผลของการแยกส่วนภาพของเหรียญ และใช้วงกลมเข้ากับขอบของภาพเหรียญที่ถูกเชื่อมเทกันโดยใช้วิธีการที่ขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์ที่ใช้งานน้อยที่สุดจะได้รัศมีของเหรียญ รัศมีของเหรียญจากภาพ ( $R_p$ ) ถูกใช้เพื่อระบุพหุคูณ  $K$  (มุมต่อ Pixel) ซึ่งให้ขนาดเป็นมิลลิเมตรที่สอดคล้องกับค่า 1 Pixel โดยค่าหลัก  $K$  ถูกกำหนดเป็นสมการ

$$K = \frac{R_c}{R_p} \quad (2.1)$$

ในกระบวนการต่อไปคือการกำหนดขนาดของไข้ตัวอย่างจากผลลัพธ์ของขั้นตอนก่อนหน้านี้ ใช้ตัวแยกแบบ SVM เพื่อจำแนกขนาดของไข้โดยใช้ค่าของ 6 ลักษณะที่คำนวณจากคุณสมบัติเรขาคณิตของวงรอบที่เหมาะสมที่สุด ลักษณะ 6 ข้อต่อไปนี้ ได้แก่ แขนยาว คือ มากกว่าของแกนสองแกนของวงรี, แกนสั้น คือ น้อยกว่าของแกนสองแกนของวงรี, เส้นรอบไข คือ ความยาวรอบของไขหรือขอบรอบ,  $P$  เป็นระยะทางรอบริมไข การคำนวณโดยใช้การประมาณของ Ramanujan จากแกนยาวและแกนสั้นของวงรีดังสมการ

$$P \approx \pi[3(a + b) - \sqrt{(3a - b)(a + 3b)}] \quad (2.2)$$

ทำให้สามารถหาเปรียบเทียบขนาดของไข่ไก่ได้ซึ่งระบบนี้มีค่าความถูกต้องอยู่ที่ 68.7% โดยมีข้อผิดพลาดสำหรับรัศมีของเหรียญ แกนหลักของไข่และแกนรองของไข่คือ 5.9%, 2.8% และ 3.4% ตามลำดับ ในส่วนของงานวิจัยนี้เห็นได้ว่าจะต้องมีการเทียบเคียงกับวัตถุที่อ้างอิงตลอดเวลาซึ่งอาจจะทำให้ลำบากในการใช้งานจริง



รูปที่ 2.4 แผนผังภาพรวมของระบบในงานวิจัยที่ [1]

ในผลงานวิจัยถัดมา J. Alikhanov และคณะ [2] ได้นำเสนอ ระบบอัตโนมัติสำหรับการคัดแยกไข่ตามการประเมินน้ำหนักและรูปร่างทางอ้อม โดยใช้คอมพิวเตอร์วิทัศน์ถูกนำเสนอในบทความนี้ งานวิจัยได้การทดลองเครื่องสำหรับการเรียงลำดับของไข่โดยอัตโนมัติโดยใช้ คอมพิวเตอร์วิทัศน์ถูกสร้าง โดยการสร้างใหม่จากเครื่องจักรไข่เชิงพาณิชย์ Rhythm 3-8 โครงสร้างและการจัดวางของไข่ยังคงเดิม การทำงานของการชั่งน้ำหนักและการแบ่งไข่เป็นหมวดหมู่ตามน้ำหนักถูกเปลี่ยนแทนที่สิ้นสุดลงด้วยตัวรางเลื่อน พร้อมการขับเคลื่อนไฟฟ้าควบคุมความถี่อิสระที่ผลิตและติดตั้งลงในเครื่องจักรของไข่ Rhythm 3-8 นอกจากนี้ยังเพิ่มกล่องสมาร์ต เครื่องควบคุม วาล์ว electro pneumatic และเครื่องตรวจจับทางอ้อมสำหรับใช้งาน หลักการทำงานของเครื่องจักรไข่อัตโนมัติใหม่นี้เป็นการประมวลผลวิดีโอของไข่ในโหมดเรียลไทม์ดิจิทัล แทนการชั่งน้ำหนักและเรียงไข่ตามน้ำหนักได้โดยการติดตั้งกล่องสมาร์ตและตัวขับเคลื่อนไฟฟ้า เพื่อประมวลผลข้อมูลเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของไข่และสร้างคำสั่งสำหรับการแยกไข่เป็นหมวดหมู่โดยใช้ตัวควบคุมลอจิกโปรแกรมสำหรับคำนวณและควบคุมการทำงานของโมเดลปัจจุบันของเครื่องและโดยใช้ตัวควบคุม OWEN PLC 110-160 พร้อมส่วนติดต่อระหว่างคนและเครื่องจักรถูกพัฒนาและปฏิบัติใช้ในระบบ CodeSys 2.3 นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมสำหรับตัวควบคุมลอจิก OWEN PLC 110-160 หลักการของการคัดแยกไข่ทำการไหลของอากาศที่ควบคุมโดยวาล์วไฟฟ้า และไข่ไก่จะถูกถ่ายโอนไปยังตัวควบคุมโดยโปรแกรมคอนโทรลเลอร์กำหนดหมวดหมู่ของไข่ ในเวลาเดียวกันตัวควบคุมยังกำหนดตำแหน่งของไข่แต่ละบนสายพานลำเลียง โดย

สัญญาณเซ็นเซอร์ทางออปติคอลและเอ็นโคเดอร์ โดยอัลกอริทึมพิจารณาจากเรขาคณิตของไข่ ได้แก่ แกนรองและแกนหลักพื้นที่ ปัจจัยรูปร่าง และดัชนีรูปร่าง โดยใช้ตัวแปรพื้นฐานด้านเรขาคณิตรวมถึงใช้อัลกอริทึมการประมวลผลภาพด้วยโดยมีปัจจัยรูปร่างและดัชนีรูปร่าง ดังสมการ (2.3) และ (2.4) โดยที่ P คือเส้นรอบของไข่, S คือพื้นที่ของไข่, d คือแกนเล็ก และ D คือแกนใหญ่

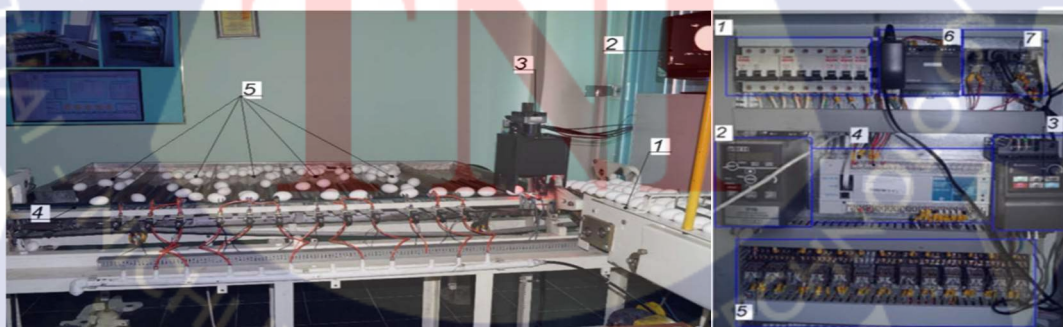
$$\text{Shape factor} = \frac{P^2}{S} \quad (2.3)$$

$$\text{Shape index} = \frac{d}{D} \quad (2.4)$$

ในส่วนของน้ำหนักประเมินจากพารามิเตอร์ทางเรขาคณิตโดยใช้แบบจำลองการถดถอยจากสมการข้างต้น เมื่อนำมาคำนวณจากการทดลองนำไข่ไก่เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การสัมพันธ์ของแต่ละพารามิเตอร์ต่อน้ำหนักของไข่ในระบบแล้ว (Correlation coefficient) จะได้สมการที่ใช้ในการหาน้ำหนักของไข่ไก่ในโมเดลนี้คือ

$$m = 0.0399S - 15.166 \quad (2.4)$$

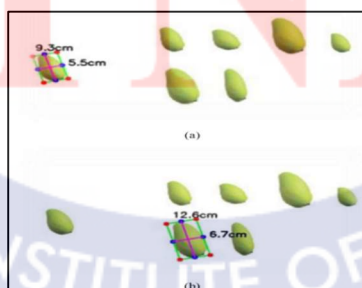
ความแม่นยำในการเรียงลำดับของระบบที่นำเสนอได้รับการประเมินสำหรับการขนส่งสองรายการความเร็วสายพานสอดคล้องกับไข่ 2 และ 3 ฟองต่อวินาที พบว่ามีความแม่นยำในการคัดแยกโดยรวมคิดเป็นรายการ 94.6% และ 90.3% ตามลำดับ ซึ่งในงานวิจัยที่ [2] นี้ เป็นงานวิจัยแบบเต็มระบบและการลงทุนที่สูงอาจไม่เหมาะกับกลุ่ม SMEs เท่าไรนัก รวมถึงค่าบำรุงรักษา เช่นเดียวกัน



รูปที่ 2.5 ภาพโครงสร้างของการทำงานของเครื่องคัดแยกไข่ไก่จากงานวิจัย [2]

ในงานวิจัยถัดมาคือ N. A. Othman และคณะ [3] งานวิจัยนี้เกี่ยวกับการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์แบบฝังและการวัดขนาด เป็นการถ่ายวิดีโอและวัดขนาดทันทีที่ใช้หลักการของคอมพิวเตอร์วิทัศน์ ระบบประกอบด้วยสองส่วนหลัก คือการตรวจจับและวัดขนาดวัตถุ ในขั้นตอนแรก ใช้กล้อง Raspberry Pi เพื่อจับภาพเฟรม ในขั้นตอนที่สอง ใช้ Computer Vision เพื่อตรวจจับวัตถุในภาพที่จับได้ จากนั้นจะทำการวัดขนาดของวัตถุที่ตรวจพบ วัตถุที่ตรวจพบในเฟรมปัจจุบันจะถูกประมวลผลทันทีเพื่อแปลงภาพของวัตถุ ในขั้นตอนที่เสนอ เริ่มต้นด้วยกล้องจะจับเฟรมภาพและแปลงเป็นระดับสีเทาเพื่อเพิ่มความเร็วและความแม่นยำ การตรวจจับวัตถุจะใช้วิธี Canny edge detector algorithm โดยภาพที่แปลงแล้วจะถูกประมวลผล และส่งผ่านอัลกอริทึม dilation และ erosion เพื่อปิดรูปร่างของวัตถุในกรอบของภาพในขั้นตอนการตรวจจับขอบเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับวัตถุในเฟรม ซึ่งระบบมีความถูกต้องถึง 98.3% ทำให้เห็นได้ว่าการวัดขนาดของวัตถุใดๆ ด้วยการใช้คอมพิวเตอร์วิทัศน์มีความถูกต้องสูงมาก และสามารถนำไปพัฒนาในเชิงอุตสาหกรรมเกษตรได้อีกด้วย

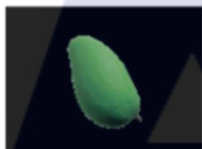
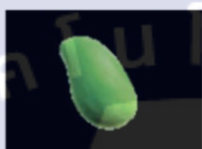
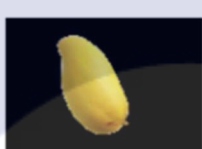
งานวิจัยถัดมา I. B. Mustaffa [4] เป็นการพัฒนาและส่งเสริมการเกษตร คือ การคำนวณดัชนีการเจริญเติบโตของมะม่วงเพื่อคัดเกรดผลไม้ งานวิจัยนี้สามารถทำให้เกษตรกรไม่ต้องขายส่งมะม่วงได้ซึ่งจะทำให้ได้ราคาขายที่สูงกว่า ซึ่งหมายถึงได้กำไรมากขึ้นนั่นเอง งานวิจัยนี้ได้ปรับใช้ Raspberry Pi และ Open-CV Histogram ในการกำหนดขนาดของมะม่วง ขั้นตอนแรกคือการใช้ด้านซ้ายสุดของวัตถุเป็นข้อมูลอ้างอิง ขั้นตอนนี้จะใช้เพื่อกำหนดขนาดของวัตถุในมิติต่างๆ โดยใช้หน่วยวัดที่เป็นเซนติเมตร โดยการคำนวณ pixels per metric จากนั้นโปรแกรมจะดำเนินการวัดขนาดของมะม่วงอื่นๆ โดยใช้อัตราส่วนพิกเซลต่อหน่วยเมตรที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้า นั่นคือ ผ่านการคำนวณพิกเซลต่อหน่วยเมตรจากมะม่วงอ้างอิงแล้ว สามารถนำไปใช้กับมะม่วงที่เหลือเพื่อกำหนดขนาดได้โดยมะม่วงตัวอ้างอิงและความกว้างที่ได้จากการวัดด้วยมือมีขนาดเท่ากับ 5.5 เซนติเมตร หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการวัดขนาดของมะม่วงอื่นๆต่อไป แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ขนาดของผลไม้ทางด้านซ้ายถูกใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการวัดขนาดของผลไม้ทางด้านขวา (a) การวัดอ้างอิง (b) การวัดขนาดของมะม่วงขนาดอื่นๆ



เพื่อแบ่งสีของดัชนีความสุกของมะม่วงโดยใช้การจัดกลุ่ม K-mean Clustering คือการเปรียบเทียบกับข้อมูลศูนย์กลางที่นำเข้ามาทั้งหมด รวมถึงวัดขนาดมะม่วงเทียบกับมะม่วงอ้างอิง ซึ่งจะคล้ายกับงานวิจัยที่ [1] ดังรูปที่ 2.6 ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่า การใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่มีต้นทุนต่ำและสามารถสร้างคุณค่าให้แก่เกษตรกรได้มากแต่ซอฟต์แวร์ยังต้องมีวัดลู่อ้างอิงจึงจะวัดขนาดได้

| Mango Fruit                                                                         | Index | Dominant Color                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 1     |    |
|    | 2     |    |
|   | 3     |   |
|  | 4     |  |
|  | 5     |  |
|  | 6     |  |

รูปที่ 2.7 สีที่เด่นที่สุดสำหรับแต่ละความสุกมะม่วงเพื่อคัดแยกความสุกของมะม่วง [4]

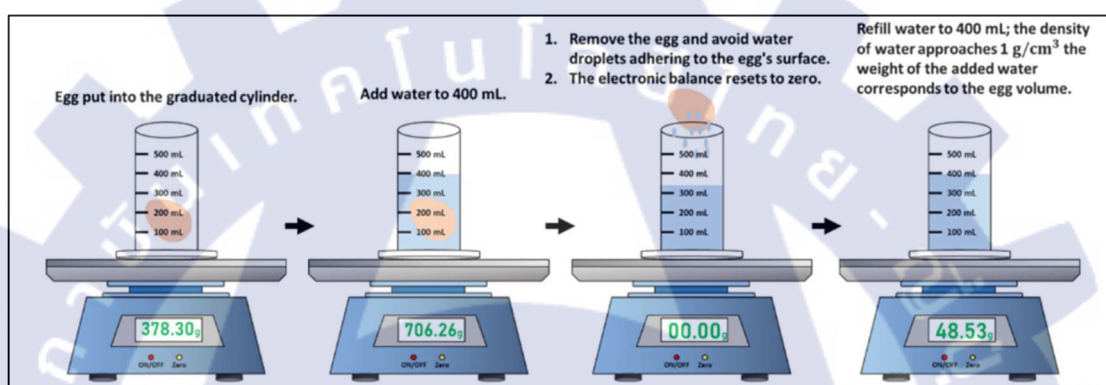
ในงานวิจัยสุดท้ายที่จะกล่าวถึงซึ่งมีความสำคัญต่องานวิจัยฉบับนี้คือ สมการการคำนวณปริมาตรไข่ตามแบบจำลอง Smart โดย Y. K. Weng และคณะ [5] ซึ่งเป็นการศึกษารูปร่างของไข่และคำนวณสมการในการหาปริมาตรของไข่ไกโดยการทดลองต่างๆ และพิสูจน์ให้ได้สัมประสิทธิ์การชดเชย



(kV) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.5163 ทำให้ได้เป็นสมการปริมาตรของไข่ โดยที่ L คือ ด้านที่ยาวที่สุดของไข่ และ B คือ ด้านกว้างสุดของไข่ จะได้สมการ

$$V = 0.5163 \times LB^2 \quad (2.5)$$

นอกจากนี้สมการที่เสนอในบทความนี้สามารถนำไปใช้กับสาขาเกษตรกรรมและอาหารเพื่อวิเคราะห์และจำลองการสร้างแบบจำลองเส้นโค้งของไข่ ทำให้สามารถหยาบสมการของงานวิจัยที่ [5] มาพิสูจน์และปรับใช้ได้ หากแต่ยังต้องมีการหาค่าคงที่เพื่อทำให้ถูกต้องมากขึ้นในงานวิจัย เพราะยังไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่า ไข่ไก่แต่ละประเทศหรือท้องถิ่นมีปริมาตรที่เท่ากันหรือไม่ ถ้ามีขนาดที่เท่ากัน



รูปที่ 2.8 แผนภาพการไหลของการวัดปริมาตรของไข่ในงานวิจัยที่ [5]

ตารางที่ 2.5 รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

| ลำดับ | ปี   | ผู้แต่ง                 | หัวข้องานวิจัย                                                                                |
|-------|------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | 2017 | W. Rattapoom et al. [1] | Egg Size Classification on Android Mobile Devices Using Image Processing and Machine Learning |
| 2     | 2019 | J. Alikhanov et al. [2] | Design and Performance of an Automatic Egg Sorting System Based on Computer Vision            |
| 3     | 2018 | N. A. Othman et al. [3] | An Embedded Real-Time Object Detection and Measurement of its Size                            |

ตารางที่ 2.5 รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

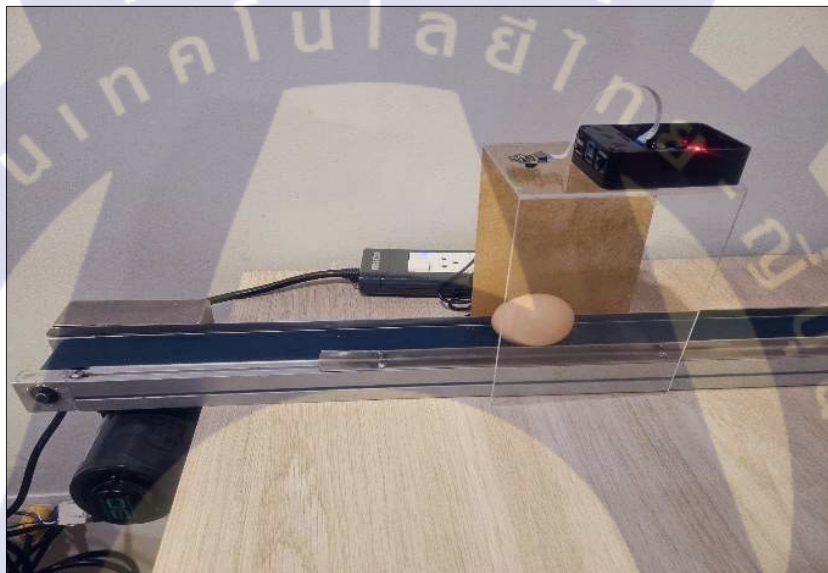
| ลำดับ | ปี   | ผู้แต่ง               | หัวข้องานวิจัย                                                                                      |
|-------|------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4     | 2017 | I. B. Mustaffa [4]    | Identification of fruit size and maturity through fruit images using OpenCV-Python and Raspberry Pi |
| 5     | 2022 | Y. K. Weng et al. [5] | Equation for Egg Volume Calculation Based on Smart's Model                                          |



### บทที่ 3

#### วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาและสร้างระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก โดยใช้เทคโนโลยีการรับรู้ภาพและ Raspberry Pi เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้เนื่องจากมีความสามารถในการทำงานเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์เล็กๆ ราคาถูกที่มีส่วนประกอบดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดยในบทนี้แสดงถึงภาพรวมของระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ถัดมาเป็นการเตรียมฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สำหรับระบบที่นำเสนอ และสุดท้ายอธิบายถึงโมเดลอัลกอริทึมของระบบการวัดขนาด



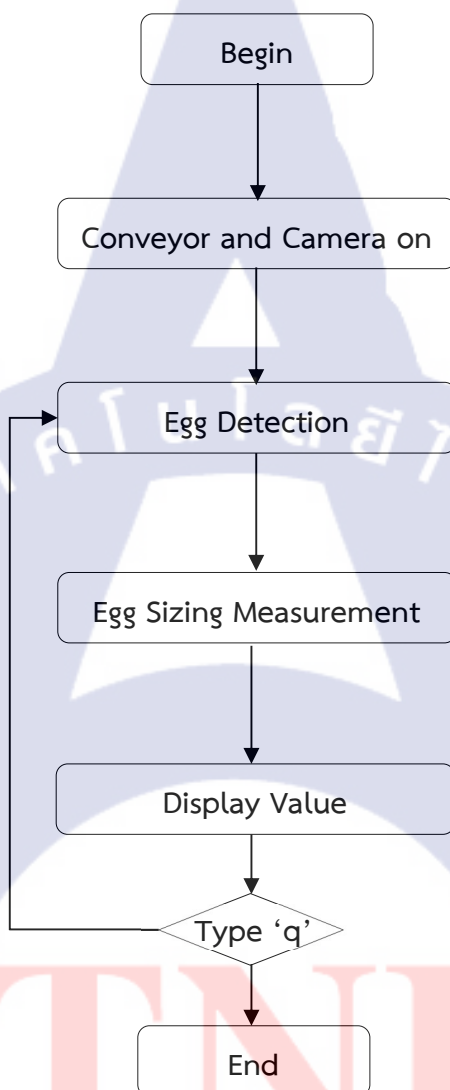
รูปที่ 3.1 ระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก

#### 3.1 ภาพรวมของระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก

##### 3.1.1 แผนผังการทำงาน

ระบบเริ่มต้นจากการตรวจจับไข่ไก่ด้วยกล้อง Pi camera เมื่อไข่ไก่ที่ถูกนำเข้ามาในรางเลื่อนแล้ว วิดีโอที่นำเข้ามาแบบเรียลไทม์นี้จะถูกปรับภาพในกระบวนการของ Image processing โดยเริ่มจากการปรับสีของวิดีโอโดยการตั้งค่า H, S, V หลังจากนั้นระบบจะทำการพิจารณาค่าสีของไข่ไก่ให้ตรงช่วงกับ H, S, V เพื่อค้นหาเส้นเคา์โครงของไข่ไก่และนำมาสร้างกรอบเพื่อวัดขนาด โดยเทียบ

กับ Pixel หลังจากนั้นเมื่อได้ค่าความกว้างและความยาวแล้ว ระบบจะนำค่านี้มาคำนวณหาพื้นที่ เพื่อเทียบเป็นขนาดต่อไปดังรูป 3.2



รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก

### 3.2 การเตรียมฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สำหรับระบบที่นำเสนอ

#### 3.2.1 บอร์ด Raspberry Pi

งานวิจัยนี้ได้บอร์ด Raspberry Pi 4 Model B ที่มีแรม 4GB เป็นส่วนหนึ่งของระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กเป็นวิธีที่เหมาะสม เนื่องจาก Raspberry Pi 4 มีประสิทธิภาพสูงและมีการรองรับการใช้งาน Pi camera module 2 ได้อย่างดี นอกจากนี้ยังมีการใช้

Raspberry Pi Imager เพื่อลงระบบปฏิบัติการ Raspberry Pi OS (64-bit) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาโปรแกรมบน Raspberry Pi และมีความสามารถในการใช้งานกับ Pi camera module 2 ได้โดยตรง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ดาวน์โหลดและติดตั้ง Raspberry Pi Imager โดยไปที่เว็บไซต์ของ Raspberry Pi Foundation ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัย
- เมื่อติดตั้งเสร็จสิ้นให้เปิด Raspberry Pi Imager ขึ้นมาเลือกระบบปฏิบัติการต่างๆ ให้เลือก Raspberry Pi OS (64-bit) โดยเลือก SD Card ที่ต้องการลงระบบปฏิบัติการของ Raspberry Pi OS ลงไป
- ทำการลงระบบปฏิบัติการ เพื่อเริ่มต้นกระบวนการลงระบบปฏิบัติการ โปรแกรมจะทำการดาวน์โหลดและลงระบบปฏิบัติการลงบน SD Card ให้โดยอัตโนมัติ เมื่อกระบวนการลงระบบปฏิบัติการเสร็จสมบูรณ์ให้นำ SD Card ออกจากคอมพิวเตอร์และเสียบเข้ากับ Raspberry Pi 4 Model B

### 3.2.2 Real-VNC Viewer

เนื่องจากงานวิจัยต้องการให้ระบบจำลองการวัดในการวิจัยครั้งนี้ มีงบประมาณน้อยที่สุด จึงเลือกใช้การติดตามการทำงานของอัลกอริทึมผ่าน โปรแกรม Real-VNC Viewer จึงได้ทำการลงโปรแกรมในโน้ตบุ๊คและเชื่อมต่อกับ Raspberry Pi โมเดล B ดังที่กล่าวไปข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยไม่จำเป็นต้องซื้อคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุม Raspberry Pi

### 3.2.3 Install Library Source Code

ระบบการวัดขนาดไข่ไก่แบบเรียลไทม์จะมีการใช้ OpenCV ซึ่งเป็น คลังโปรแกรมหนึ่งที่จะสามารถใช้ในการรับรู้ของระบบและประมวลผลภาพได้ นอกจากนี้ยังคลังโปรแกรมที่ใช้กับ Pi camera คือ Libcamera ซึ่งเป็นคลังโปรแกรมที่จะนำเข้าภาพหรือวิดีโอแบบ Real time ให้แก่ระบบก่อนจะนำไปประมวลผล

### 3.2.4 Pi camera V.2

ระบบนี้ได้ใช้ Pi camera module V2 สำหรับวัดขนาดไข่ไก่บน Raspberry Pi 4 Model B หรือ Raspberry Pi อื่นๆ เนื่องจากมีความสะดวกและมีความแม่นยำสูงในการทำงาน โมดูลกล้อง Pi camera V2 มาพร้อมกับเซ็นเซอร์ Sony IMX219 ความละเอียด 8 ล้านพิกเซล ซึ่งมีความสามารถในการบันทึกภาพและวิดีโอในความละเอียดสูง และเชื่อมต่อกับ Raspberry Pi ได้อย่างง่ายดาย



### 3.3 อธิบายถึงโมเดลอัลกอริทึมของระบบการวัดขนาด

#### 3.3.1 การเก็บขนาดของตัวอย่างไขไก่

เพื่อจะนำไปพัฒนาอัลกอริทึมให้หาสามารถหาขนาดของไขไก่จากภาพดิจิทัลได้ โดยผู้วิจัยได้ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดทั้งสองชนิดแล้ว โดยใช้ การวิเคราะห์ระบบเครื่องมือวัด ได้แก่ Gauge Repeatability and Reproducibility หรือ GR&R คือการหาความซ้ำซากและความสามารถในการบอกค่า โดยที่ Repeatability หมายถึง ความสามารถในการทำซ้ำผลลัพธ์ที่เหมือนกันหรือเป็นค่าคงที่ในการทดลองหรือการวัดเมื่อทำซ้ำๆ กันหลายครั้งในเงื่อนไขเดิม ความสามารถในการทำซ้ำที่มี Repeatability สูงหมายถึงผลลัพธ์ที่ได้จะมีความเสถียรและไม่มีความแตกต่างมากจากผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้ และ Reproducibility หมายถึง ความสามารถในการทำให้ผลลัพธ์ของการทดลองหรือการวัดเกิดขึ้นซ้ำได้โดยบุคคลหรือห้องปฏิบัติการอื่น ๆ ในเงื่อนไขที่เหมือนกันหรือในเงื่อนไขที่คล้ายกัน เพื่อยืนยันความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้และความเชื่อถือของข้อมูลวิจัย โดยมีสูตรดังสมการที่ 3.1

$$GRR\_percentage = \frac{Repeatability}{Repeatability + Reproducibility} \times 100 \quad (3.1)$$

สำหรับการหาค่า Repeatability สามารถหาได้ดังสมการ

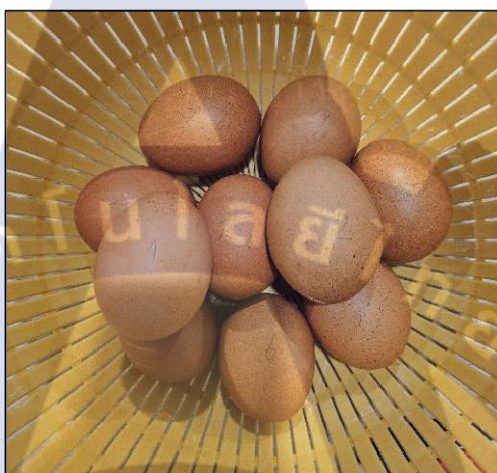
$$Repeatability = 3 \times Standard\ Deviation \quad (3.2)$$

สำหรับการคำนวณค่า reproducibility โดยใช้ Pearson correlation coefficient (r) สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้ โดยที่  $x_i, y_i$  คือ ค่าที่ได้จากการทดลองหรือการวัดในแต่ละครั้ง ถัดมา  $\bar{x}, \bar{y}$  คือ ค่าเฉลี่ยของการทดลองหรือการวัดทั้งหมด และ n คือ จำนวนของการทดลองหรือการวัด

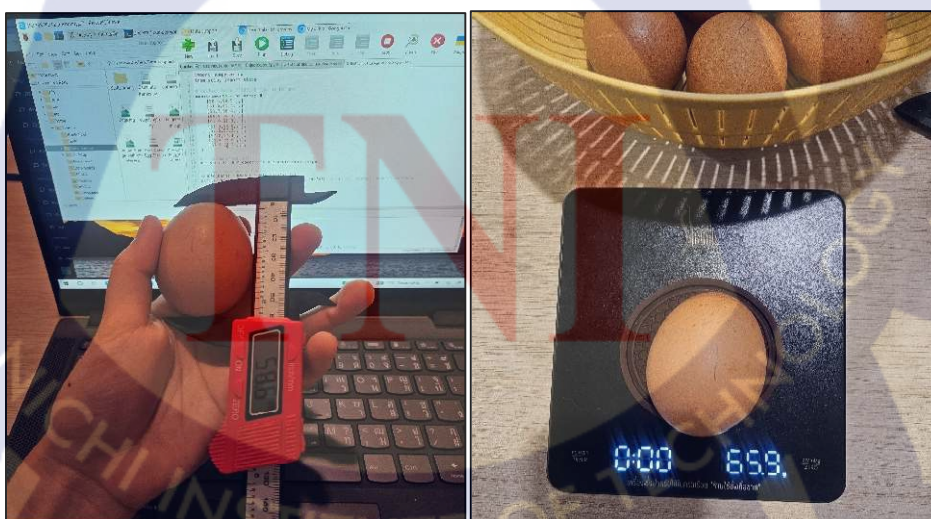
$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 (y_i - \bar{y})^2}} \quad (3.3)$$

งานวิจัยฉบับนี้ใช้ตัวอย่างไขไก่ 10 ฟองเป็นตัวอย่างในการศึกษาความแม่นยำของเครื่องมือวัด โดยทดสอบไขไก่ด้วยเครื่องมือวัดทั้งหมด 5 ครั้ง เพื่อวิเคราะห์ความแม่นยำและความเสถียรของการวัดจากทั้งสองเครื่องมือ ผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือดิจิทัลเวอร์เนียร์แสดงให้เห็นว่า GR&R มีค่าที่ 0.7057% โดยค่าที่วัดได้แสดงในตารางที่ 3.1 ในขณะที่การวัดด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลแสดงให้เห็นว่า GR&R มีค่าที่ 0.5281% ค่าที่วัดได้แสดงในตารางที่ 3.2

จากการวิเคราะห์ค่า GR&R พบว่าทั้งสองเครื่องมือมีค่า GR&R ที่น้อยกว่า 30% ซึ่งนั้นเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดความเสถียรภาพของเครื่องมือวัด ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าทั้งสองเครื่องมือมีเสถียรภาพสูงในการทำงานและเหมาะสมในการใช้งานในสถานการณ์ที่ต้องการความแม่นยำและเสถียรภาพในการวัด การใช้ค่า GR&R เป็นเกณฑ์สำหรับการประเมินความแม่นยำและเสถียรภาพของเครื่องมือวัดเป็นการวิเคราะห์ที่สำคัญเพื่อนำไปพัฒนาระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างไข่ไก่ 10 ฟอง เพื่อคำนวณ Gauge Repeatability and Reproducibility



รูปที่ 3.4 การขนาดไข่ไก่และการชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณ Gauge Repeatability and Reproducibility ของเครื่องมือวัด

ตารางที่ 3.1 ค่าจากการวัดความสูงของไข่ไก่ตัวอย่าง 10 ใบโดยใช้ดิจิทัลเวอร์เนียร์โดยมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

| ลำดับไข่ | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ครั้งที่ 4 | ครั้งที่ 5 |
|----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1        | 58.6       | 58.5       | 58.6       | 58.6       | 58.6       |
| 2        | 61.0       | 61.2       | 61.0       | 60.9       | 60.7       |
| 3        | 58.7       | 58.4       | 58.2       | 58.4       | 58.7       |
| 4        | 56.5       | 56.3       | 56.5       | 56.6       | 56.5       |
| 5        | 61.0       | 61.0       | 61.0       | 60.9       | 60.8       |
| 6        | 57.9       | 58.0       | 58.0       | 58.1       | 58.2       |
| 7        | 57.5       | 57.2       | 57.0       | 57.3       | 57.5       |
| 8        | 57.0       | 57.1       | 57.0       | 57.2       | 57.2       |
| 9        | 55.4       | 55.6       | 55.6       | 55.6       | 55.6       |
| 10       | 57.6       | 57.3       | 57.6       | 57.3       | 57.3       |

ตารางที่ 3.2 ค่าจากการวัดน้ำหนักของไข่ไก่ตัวอย่าง 10 ใบโดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลมีหน่วยเป็นกรัม

| ลำดับไข่ | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ครั้งที่ 4 | ครั้งที่ 5 |
|----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1        | 65.9       | 66.0       | 66.0       | 66.0       | 65.9       |
| 2        | 68.0       | 68.1       | 68.0       | 68.0       | 68.1       |
| 3        | 65.6       | 65.7       | 65.4       | 65.5       | 65.6       |
| 4        | 65.1       | 64.9       | 65.0       | 64.8       | 64.9       |
| 5        | 67.2       | 67.5       | 67.3       | 67.4       | 67.4       |
| 6        | 67.5       | 67.5       | 67.3       | 67.3       | 67.4       |
| 7        | 69.2       | 69.2       | 69.0       | 69.0       | 69.1       |
| 8        | 67.1       | 67.1       | 67.0       | 67.1       | 67.2       |
| 9        | 66.2       | 65.9       | 65.9       | 65.9       | 65.9       |
| 10       | 68.1       | 68.3       | 68.3       | 68.3       | 68.3       |

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดแล้ว จึงได้ทำการวัดไข่ไก่ 200 ฟอง และจากบทที่ 2 อ้างอิงงานวิจัยเรื่อง Equation for Egg Volume Calculation Based on Smart's Model [6] ดังสมการที่ 2.3 ผู้วิจัยจึงได้นำสมการนี้มาทดสอบแต่ยังไม่เที่ยงตรงกับตัวอย่างไข่ไก่ที่วัด

มากพอ ผู้วิจัยจึงทำการหาค่าพารามิเตอร์ คือ 1.0701 และนำมาคูณกับสมการดังกล่าว ซึ่งทำให้สมการในการหาน้ำหนักของไข่ไก่โดยการวัดขนาด (M) โดยที่ H คือ ด้านที่ยาวของไข่ไก่และ W คือ ด้านกว้างของไข่ที่มากที่สุด

$$M = 1.0701 \times 0.5163 \times H \times W \times W \quad (3.4)$$

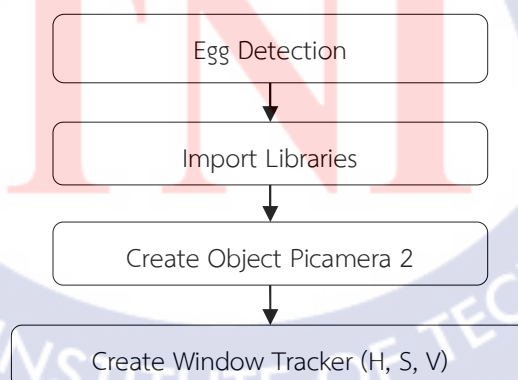
เพื่อเป็นการวัดผลของสมการที่ 3.4 จึงนำข้อมูลการวัดไข่ไก่ทั้งหมดมาหาค่า RMSE หรือ Root Mean Square Error ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการวัดความคลาดเคลื่อนในการทำนายหรือการประเมินโมเดล โดยมีสูตรดังสมการ โดยที่  $n$  คือ จำนวนข้อมูล,  $y_i$  คือ ค่าจริง (actual value) ของข้อมูลที่  $i$  และ  $\hat{y}_i$  คือ ค่าที่ทำนาย (predicted value) ของข้อมูลที่  $i$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (3.5)$$

จากสมการที่ 3.4 ทำให้  $RMSE = 0.00028$  โดย  $RMSE$  ซึ่งถือว่าสมการนี้ความแม่นยำสูง เพื่อนำไปพัฒนาระบบการวัดที่จะนำเสนอ

### 3.3.2 โมเดลอัลกอริทึมสำหรับระบบที่นำเสนอ

จากรูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กมีส่วนสำคัญของอัลกอริทึม 2 ส่วน คือ การตรวจจับไข่ไก่ (Egg Detection) และการวัดขนาดไข่ไก่ (Egg Sizing Measurement) อธิบายอัลกอริทึมได้ดังนี้



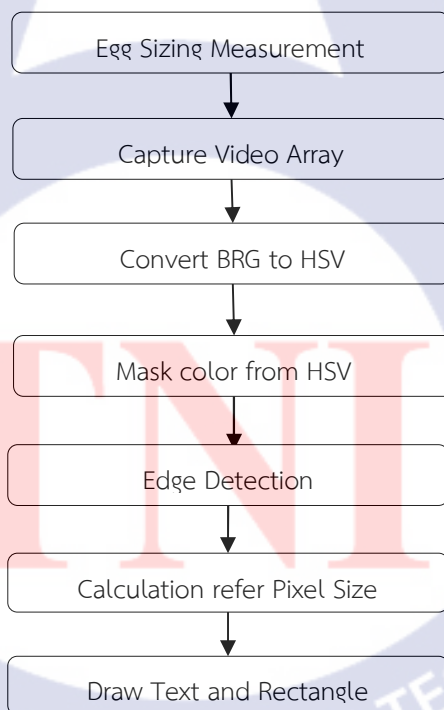
รูปที่ 3.5 แผนผังการทำงานย่อยของการตรวจจับไข่ไก่ในระบบ

ในส่วนของการตรวจจับไข่ไก่ ดังรูปที่ 3.5 เป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัยระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กโดยใช้ Raspberry Pi และ Pi camera 2



ร่วมกับ OpenCV ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญในการประมวลผลภาพดิจิทัล โดยกำหนดขนาดของภาพที่จะแสดงในหน้าต่างโปรแกรม ได้แก่ รูปแบบของภาพและอัตราเฟรม พร้อมทั้งเริ่มต้นการทำงานของ Pi camera 2 เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการแสดงภาพ รวมถึงกำหนดฟังก์ชันสำหรับการติดตามและปรับค่าสีและความสว่างของภาพ โดยการสร้างฟังก์ชัน onTrack1, onTrack2, onTrack3, onTrack4, onTrack5, และ onTrack6 เพื่ออัปเดตค่าที่เก็บไว้ในตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของ Trackbar สำหรับปรับค่า Hue Low, Hue High, Sat Low, Sat High, Val Low, และ Val High ตามลำดับ และสร้างหน้าต่างสำหรับการติดตามและปรับค่าสีและความสว่างของภาพ เนื่องจากฟังก์ชันนี้จะช่วยให้การตรวจจับไข่ไก่ได้สะดวกขึ้นเมื่อมีสภาวะแวดล้อมต่างไป โดยสามารถใช้ฟังก์ชัน cv2.namedWindow และ cv2.createTrackbar เพื่อสร้าง Trackbar สำหรับควบคุมค่าสีและความสว่างของภาพ

ในส่วนถัดไปอุปหลักของโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจวัดขนาดไข่ไก่ด้วย Pi camera 2 และ OpenCV โดยมีขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 3.6 โดยจะแสดงผลขนาดความสูงและความกว้างของไข่รวมถึงขนาดของไข่ไก่เป็นเบอร์ของไข่ไก่ที่คำนวณได้เป็นผลลัพธ์หลังจากทำการประมวลผลแบบเรียลไทม์



รูปที่ 3.6 แผนผังการทำงานย่อยของการวัดขนาดไข่ไก่ในระบบ



สำหรับในงานวิจัยนี้จะอ้างอิงน้ำหนักของไข่ไก่ดังตารางที่ 3.3 เพื่อคำนวณขนาดของไข่ไก่

ตารางที่ 3.3 ขนาดของไข่ไก่กับน้ำหนักที่อ้างอิง

| ขนาดไข่ไก่ | น้ำหนักสูงสุด (กรัม) | น้ำหนักต่ำสุด (กรัม) |
|------------|----------------------|----------------------|
| 0          | -                    | 70.00                |
| 1          | 69.99                | 65.00                |
| 2          | 64.99                | 60.00                |
| 3          | 59.99                | 55.00                |
| 4          | 54.99                | 50.00                |
| 5          | 49.99                | -                    |

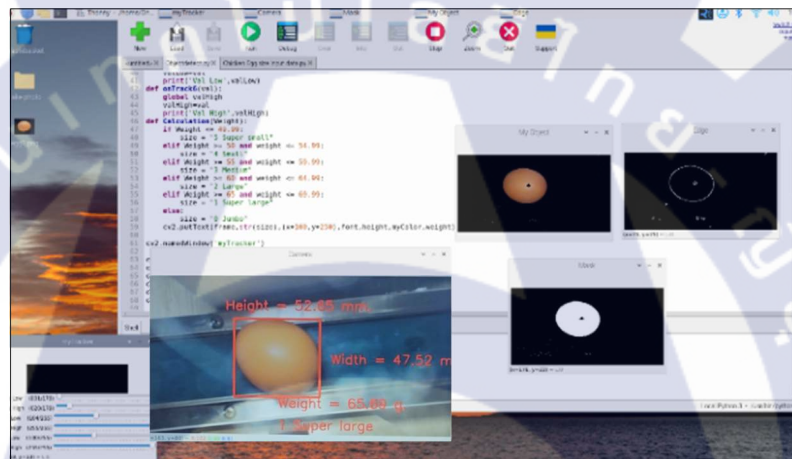
จากที่กล่าวทั้งหมดสรุปว่างานวิจัยมีวิธีการทำงานโดยเริ่มจากการนำเข้าแพคเกจและพารามิเตอร์เพื่อนำมาสร้างอัลกอริทึม ในส่วนที่สำคัญที่สุดคือ cv2 ที่จะเป็นตัวช่วยในการประมวลผลภาพ และ Picamera 2 ที่ทำให้ระบบสามารถนำเข้าภาพและวิดีโอได้ ในส่วนถัดไปจะเป็นการกำหนดฟังก์ชัน onTrack คือ การปรับค่าของ HSV ได้ เพราะผู้วิจัยทดลองการวัดขนาดของไข่ไก่โดยมีสภาวะแวดล้อมของแสงที่ไม่คงที่ ผู้วิจัยจึงต้องมีการปรับค่า HSV ได้อย่างง่าย นอกจากนี้จะมีฟังก์ชันที่กำหนดค่ามาตรฐานของน้ำหนักไข่ไก่เพื่อนำไปแสดงผลว่า ไข่ไก่ที่นำเข้ามานั้นจะเป็นเบอร์ใด ในส่วนของการประมวลผลภาพ ดังรูปที่ 3.5 และ 3.6 เป็นส่วนสำคัญของอัลกอริทึม โดยจะเริ่มต้นจากการนำเข้าวิดีโอโดยภาพ Pi camera ซึ่งผู้วิจัยเริ่มจากการเปลี่ยนสีของวิดีโอจากภาพสีเป็นสีเทา และให้อัลกอริทึมเลือกช่วงสีที่สนใจจาก HSV ที่ผู้วิจัยได้ปรับค่าเอาไว้ เมื่อนำไปสร้างเป็นระบบ จากการที่ปรับค่า HSV นี้ เมื่อทดสอบอัลกอริทึม ระบบสามารถแยกส่วนไข่ไก่ได้ 100% เมื่อนำเข้าไข่ไก่ผ่าน Pi camera ถัดมาจะเป็นส่วนของการตีกรอบไข่ไก่ เพื่อนำค่า W และ H มาหาค่าน้ำหนักผ่านสมการที่กล่าวไปใน ข้อ 3.3.1 และตัดสินใจอัตโนมัติผ่านฟังก์ชันที่ผู้วิจัยได้ระบุไว้ข้างต้น

## บทที่ 4

### ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

#### 4.1 การทดสอบระบบ

จากนำไข่ไก่เข้าบนรางเลื่อน 20 ฟอง และได้ทดสอบอัลกอริทึม ดังรูปที่ 4.1 ได้ผลการทดสอบว่า ระบบสามารถตรวจพบไข่ไก่ผ่านรางเลื่อนได้ 100% ซึ่งบอกว่าระบบสามารถจำแนกไข่ไก่ผ่านวิดีโอได้อย่างแม่นยำแต่ในการใช้ HSV (Hue, Saturation, Value) นี้ยังมีข้อโต้แย้งที่ว่า หากนำวัตถุใดใด ที่มีสีและรูปร่างวงรีเหมือนไข่ไก่มาผ่านในกล้อง ระบบอาจจะสามารถระบุได้ว่า วัตถุนี้เป็นไข่ไก่เช่นเดียวกัน



รูปที่ 4.1 การแสดงผลหน้าจอโน้ตบุคผ่าน Real-VNC Viewer จากการทดลองผ่านซอฟต์แวร์ Thonny IDE แบบ Real time

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดขนาดไข่ไก่จากเครื่องมือการวัด

| ลำดับไข่ | น้ำหนัก<br>(กรัม) | ขนาดไข่ไก่ | ความยาว (H)<br>(มิลลิเมตร) | ความกว้าง (W)<br>(มิลลิเมตร) |
|----------|-------------------|------------|----------------------------|------------------------------|
| 1        | 68.4              | 1          | 58.0                       | 46.2                         |
| 2        | 67.9              | 1          | 59.8                       | 45.2                         |
| 3        | 69.0              | 1          | 58.4                       | 45.7                         |
| 4        | 66.7              | 1          | 59.8                       | 44.6                         |
| 5        | 65.8              | 1          | 58.3                       | 44.7                         |

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดขนาดไขไก่จากเครื่องมือการวัด (ต่อ)

| ลำดับไข่ | น้ำหนัก<br>(กรัม) | ขนาดไขไก่ | ความยาว (H)<br>(มิลลิเมตร) | ความกว้าง (W)<br>(มิลลิเมตร) |
|----------|-------------------|-----------|----------------------------|------------------------------|
| 6        | 62.7              | 2         | 58.8                       | 43.2                         |
| 7        | 62.2              | 2         | 57.8                       | 43.7                         |
| 8        | 60.9              | 2         | 56.3                       | 43.5                         |
| 9        | 60.6              | 2         | 55.8                       | 44.1                         |
| 10       | 60.6              | 2         | 55.2                       | 44                           |
| 11       | 59.7              | 3         | 62.0                       | 41.5                         |
| 12       | 59.6              | 3         | 56.5                       | 43.4                         |
| 13       | 59.0              | 3         | 57.4                       | 42.7                         |
| 14       | 59.4              | 3         | 57.6                       | 42.9                         |
| 15       | 59.8              | 3         | 56.3                       | 43.8                         |
| 16       | 52.9              | 4         | 54.4                       | 41.5                         |
| 17       | 54.4              | 4         | 55.1                       | 41.7                         |
| 18       | 52.5              | 4         | 54.0                       | 41.8                         |
| 19       | 53.5              | 4         | 52.6                       | 42.6                         |
| 20       | 51.7              | 4         | 54.6                       | 40.9                         |

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวัดขนาดไขไก่จากระบบที่ถูกสร้าง

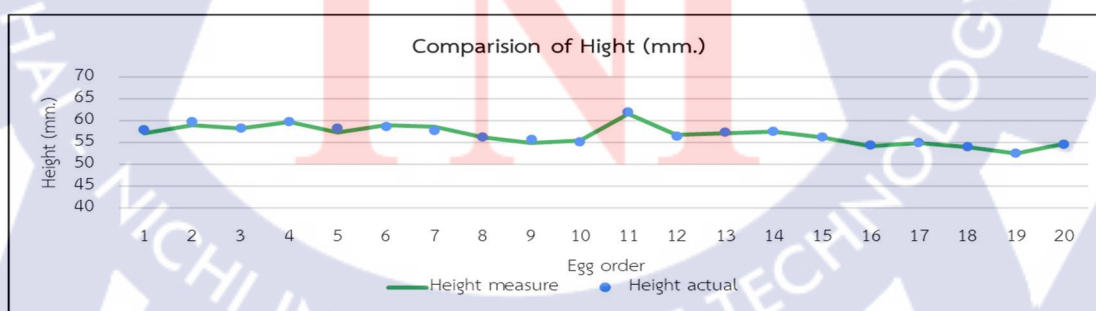
| ลำดับไข่ | น้ำหนัก<br>(กรัม) | ขนาดไขไก่ | ความยาว (H)<br>(มิลลิเมตร) | ความกว้าง (W)<br>(มิลลิเมตร) |
|----------|-------------------|-----------|----------------------------|------------------------------|
| 1        | 65.85             | 2         | 57.22                      | 45.64                        |
| 2        | 66.38             | 1         | 58.92                      | 45.16                        |
| 3        | 65.00             | 1         | 58.31                      | 44.92                        |
| 4        | 69.39             | 1         | 59.75                      | 45.85                        |
| 5        | 64.95             | 2         | 57.34                      | 45.28                        |
| 6        | 60.08             | 2         | 58.98                      | 42.94                        |
| 7        | 60.63             | 2         | 58.59                      | 43.28                        |
| 8        | 58.44             | 3         | 56.21                      | 43.38                        |

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวัดขนาดไข่ไก่จากระบบที่ถูกสร้าง (ต่อ)

| ลำดับไข่ | น้ำหนัก<br>(กรัม) | ขนาดไข่ไก่ | ความยาว (H)<br>(มิลลิเมตร) | ความกว้าง (W)<br>(มิลลิเมตร) |
|----------|-------------------|------------|----------------------------|------------------------------|
| 9        | 62.09             | 2          | 54.87                      | 45.26                        |
| 10       | 59.93             | 3          | 55.43                      | 44.24                        |
| 11       | 57.03             | 3          | 61.53                      | 40.96                        |
| 12       | 59.56             | 3          | 56.87                      | 43.54                        |
| 13       | 57.49             | 3          | 57.21                      | 42.65                        |
| 14       | 58.34             | 3          | 57.54                      | 42.84                        |
| 15       | 59.46             | 3          | 56.21                      | 43.76                        |
| 16       | 50.83             | 4          | 54.21                      | 41.20                        |
| 17       | 52.63             | 4          | 54.87                      | 41.67                        |
| 18       | 52.63             | 4          | 53.98                      | 42.01                        |
| 19       | 52.75             | 4          | 52.54                      | 42.63                        |
| 20       | 50.45             | 4          | 54.73                      | 40.85                        |

#### 4.2 ผลลัพธ์จากการทดสอบ

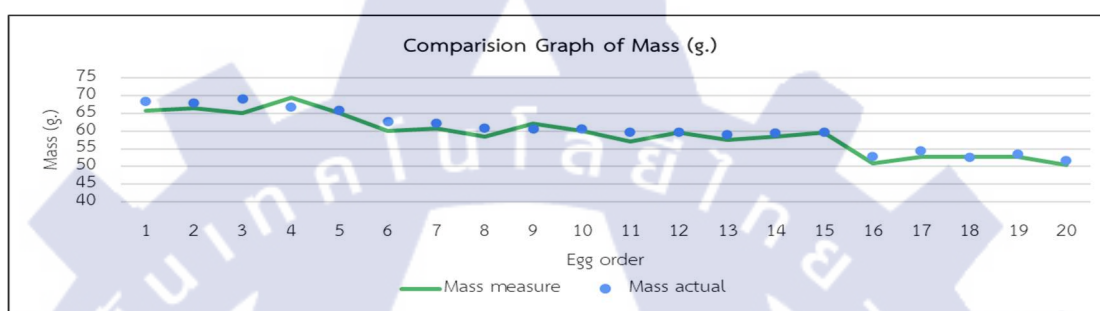
จากตาราง 4.1 และ 4.2 เมื่อนำผลการทดลองที่ได้คำนวณหา RMSE ของผลการทดลอง เทียบกับการวัดจากเครื่องมือวัดจะได้ดังนี้ ความยาว (Height) มีค่า 0.47 แสดงดังรูปที่ 4.2, ความกว้าง (Width) มีค่า 0.50 แสดงดังรูปที่ 4.3 และน้ำหนัก (Mass) มีค่า 1.88 แสดงดังรูปที่ 4.4 ตามลำดับ



รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบความยาวของไข่ไก่ระหว่างค่าที่วัดด้วยเครื่องมือวัดกับระบบที่นำเสนอ



รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบความกว้างของไข่ไก่ระหว่างค่าที่วัดด้วยเครื่องมือวัดกับระบบที่นำเสนอ



รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักของไข่ไก่ระหว่างค่าที่วัดด้วยเครื่องมือวัดกับการคำนวณที่ได้จากระบบที่นำเสนอ

จากรูปที่ 4.2 และ 4.3 จะเห็นได้ชัดว่าระบบได้วัดค่าของความยาว (Height) ได้ถูกต้องมากกว่าความกว้าง (Width) เนื่องมาจากความกว้างของไข่ไก่ถูกจับภาพที่ติดกับขอบของรางเลื่อน รวมถึงแสงและเงาจะส่งผลต่อการประเมินความกว้างของระบบ ซึ่งจะส่งผลต่อการคำนวณน้ำหนัก (Mass) กำลังสอง โดยในระบบ ณ ขณะทดลองมีค่า H, S, V ดังตารางที่ 4.3 ระบบจะจับสีของวัตถุดังตารางที่ 4.4, 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.3 ค่าระบบสีในระบบที่นำเสนอ

| System  | Lower | Upper |
|---------|-------|-------|
| H (Hue) | 001   | 020   |
| S (Sat) | 104   | 255   |
| V (Val) | 100   | 255   |



ตารางที่ 4.4 ค่าสีของ H, S เมื่อ V มีค่าเท่ากับ 100

| S \ H | 001 | 005 | 010 | 015 | 020 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 104   |     |     |     |     |     |
| 125   |     |     |     |     |     |
| 145   |     |     |     |     |     |
| 165   |     |     |     |     |     |
| 185   |     |     |     |     |     |
| 205   |     |     |     |     |     |
| 225   |     |     |     |     |     |
| 255   |     |     |     |     |     |

ตารางที่ 4.5 ค่าสีของ H, S เมื่อ V มีค่าเท่ากับ 150

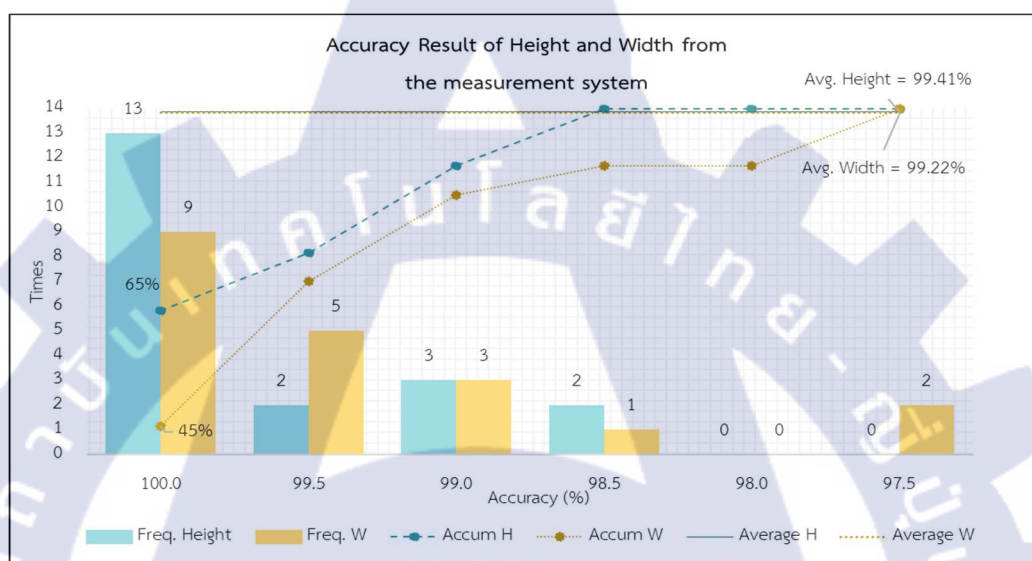
| S \ H | 001 | 005 | 010 | 015 | 020 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 104   |     |     |     |     |     |
| 125   |     |     |     |     |     |
| 145   |     |     |     |     |     |
| 165   |     |     |     |     |     |
| 185   |     |     |     |     |     |
| 205   |     |     |     |     |     |
| 225   |     |     |     |     |     |
| 255   |     |     |     |     |     |

ตารางที่ 4.6 ค่าสีของ H, S เมื่อ V มีค่าเท่ากับ 200

| S \ H | 001 | 005 | 010 | 015 | 020 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 104   |     |     |     |     |     |
| 125   |     |     |     |     |     |
| 145   |     |     |     |     |     |
| 165   |     |     |     |     |     |
| 185   |     |     |     |     |     |
| 205   |     |     |     |     |     |
| 225   |     |     |     |     |     |
| 255   |     |     |     |     |     |

ในส่วนของคุณค่าความถูกต้อง (Accuracy) ของความยาว (Height), ความกว้าง (Width) และน้ำหนัก (Mass) มีค่าร้อยละ 99.41, 99.22 และ 97.40 ตามลำดับ โดยใช้สมการหาค่าของความถูกต้อง ดังสมการที่ 4.1 โดยจำนวนข้อมูล,  $y$  คือ ค่าจริง (actual value) และ  $\hat{y}$  คือ ค่าที่ทำนาย (predicted value)

$$Accuracy = 100 - \left( \left| \frac{\hat{y} - y}{y} \right| \times 100 \right) \quad (4.1)$$



รูปที่ 4.5 กราฟผลการทดลองค่าความถูกต้องของความยาวและความกว้างจากระบบที่นำเสนอ

จากรูปที่ 4.5 ระบบที่นำเสนอจำนวนไข่ไก่ที่มีค่าความถูกต้องของความยาว (Height) ระหว่าง 99.5% กับ 100% อยู่ที่ 13 ฟอง คิดเป็น 65% ของไข่ไก่ทดสอบระบบ และค่าความถูกต้องของความกว้าง (Width) ระหว่าง 99.5% กับ 100% อยู่ที่ 9 ฟอง คิดเป็น 45% ของไข่ไก่ทดสอบระบบ จะเห็นได้ว่าความถูกต้องของความยาว (Height) มีความถูกต้องมากกว่า เป็นแนวโน้มเดียวกันกับค่า RMSE ที่ได้จากการทดสอบระบบ

จากรูปที่ 4.6 จะแสดงให้เห็นถึงผลการทดลองสุดท้ายของระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่วัดออกมาเป็นขนาดของไข่ไก่ (Sizing) โดยระบบสามารถวัดผลได้ถูกต้องที่ 16 ฟองจาก 20 ฟอง คิดเป็น 80% และ ผิด 4 ฟองจาก 20 ฟอง คิดเป็น 20% โดยลำดับไข่จากตารางที่ 4.2 ที่ระบบวัดผลไม่ถูกต้องได้แก่ ลำดับที่ 1, 5, 8 และ 10 จากผลการทดลองระบบทั้งหมดสามารถ

แก้ไขได้โดยการเปลี่ยนรางเลื่อนหรือปรับค่า H, S, V ของระบบให้ใกล้เคียงกับวัตถุมากที่สุด รวมถึงการควบคุมแสงที่จะตกกระทบวัตถุด้วยเช่นกัน

| Confusion Matrix of Sizing from the measurement |        | Egg Size Result from System |        |        |        |
|-------------------------------------------------|--------|-----------------------------|--------|--------|--------|
|                                                 |        | Size 1                      | Size 2 | Size 3 | Size 4 |
| Egg Size Actual                                 | Size 1 | 3                           | 2      | 0      | 0      |
|                                                 | Size 2 | 0                           | 3      | 2      | 0      |
|                                                 | Size 3 | 0                           | 0      | 5      | 0      |
|                                                 | Size 4 | 0                           | 0      | 0      | 5      |

รูปที่ 4.6 Confusion matrix แสดงผลลัพธ์ของขนาดของไข่ไก่ (Sizing) ที่ได้จากระบบ

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบการวัดขนาดไข่ไก่แบบเรียลไทม์ต้นทุนต่ำโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กเพื่อประสานเทคโนโลยีการประมวลผลภาพเข้ากับการใช้งานในเชิงอุตสาหกรรมไข่ไก่ขนาดเล็กได้ ซึ่งสามารถลดต้นทุนในการผลิต และระบบนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ ไม่เพียงแต่การวัดไข่ไก่ แต่เป็นระบบการวัดและคัดแยกสิ่งต่างๆ โดยใช้รูปภาพหรือวิดีโอทัศน์และควบคุมการประมวลผลผ่าน Raspberry Pi ซึ่งมีราคาไม่แพงและมีประสิทธิภาพสูง สามารถนำไปปรับใช้กับอุตสาหกรรมได้หลากหลายประเภท ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีผู้ควบคุมการผลิตมาคัดแยกขนาด รวมถึงระบบที่ผู้วิจัยได้ทดสอบการวัดขนาดน้ำหนักของไข่ไก่มีความถูกต้องอยู่ที่ 97.40 % โดยในอนาคตอันใกล้ผู้วิจัยจะนำค่า RMSE หรือค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง ที่ได้จากระบบในครั้งนี้ ไปต่อยอดโดยปรับแต่งหรือปรับปรุงเพื่อทำให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น โดยการปรับแต่งพารามิเตอร์หรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของระบบ เพื่อให้ค่า RMSE ลดลงและการทำนายเป็นไปได้อย่างถูกต้องมากขึ้น

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบการวัดขนาดไข่ไก่แบบเรียลไทม์โดยใช้ Raspberry Pi สามารถเป็นประโยชน์ต่อธุรกิจและอุตสาหกรรม การพัฒนาระบบการวัดและคัดแยกด้วยการใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพอย่างเชิงลึก และการควบคุมผ่าน Raspberry Pi ทำให้เกิดโอกาสในการลดต้นทุนในการผลิตสินค้าหรือการบริการในอุตสาหกรรมเกี่ยวกับไข่ไก่หรืออุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่ต้องการวัดและคัดแยกขนาดของวัตถุต่าง ๆ รวมถึงชาวเกษตรกรที่เลี้ยงไข่ไก่หรือผลิตสินค้าจากไข่ไก่สามารถใช้เทคโนโลยีในการวัดขนาดไข่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการและควบคุมคุณภาพของผลผลิต ซึ่งจะส่งผลต่อสังคมเพราะการพัฒนาระบบที่มีความยืดหยุ่นและราคาไม่แพงให้สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมที่สามารถสร้างงานและประสิทธิภาพเพิ่มมูลค่าให้กับสังคมได้ เช่น การช่วยเพิ่มโอกาสในการจ้างงานให้แก่ผู้ทำงานในอุตสาหกรรมหรือชุมชนในพื้นที่ใกล้เคียง

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

##### 5.2.1 การพัฒนาอัลกอริทึม

การปรับปรุงโมเดลและอัลกอริทึมที่ใช้ในการวัดและคัดแยกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และลดค่า RMSE ที่ได้รับจากระบบนี้ โดยจะเห็นว่าจากงานวิจัยค่าที่ได้จากการวัดของความกว้างมีค่าที่เพี้ยนมากกว่าความยาว ซึ่งการปรับแต่งพารามิเตอร์หรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของระบบสามารถส่งผลต่อการวัดของระบบ นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มกล้องเพื่อนำมาคำนวณขนาดของการวัดให้แม่นยำและถูกต้องมากขึ้น

การแยกแยะไข่วัสดุเมื่อนำเข้ามาในระบบการวัดจะต้องถูกพัฒนาและค้นคว้าอัลกอริทึมของการกรองวัตถุเฉพาะไข่วัสดุ เพราะระบบยังไม่สามารถแยกไข่วัสดุกับวัตถุอื่นที่นำเข้ามาในรางเลื่อนได้ เนื่องจากใช้ระบบสี HSV การใช้ Convolutional Neural Networks (CNNs) ซึ่งเป็นโมเดล Deep Learning ที่มีความสามารถในการจำแนกวัตถุในภาพอย่างแม่นยำ นอกจากนี้ยังมีการใช้วิธีการแบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-Structured Approach) ก็ยังสามารถปรับเปลี่ยนได้ง่ายตามเงื่อนไขโครงสร้างของไข่วัสดุและการใช้งานอื่นๆ ก็จะสามารถแก้ปัญหาที่นี้ได้

### 5.2.2 การปรับใช้งานในสถานการณ์จริง

การนำระบบไปใช้งานในเกษตรกรรมจริงจึงต้องพัฒนาระบบควบคุมเพื่อให้ง่ายต่อการปรับใช้งานและการจัดการในสถานการณ์การใช้งานที่แตกต่างกัน รวมถึงผู้ใช้งานที่แตกต่างกันด้วย จึงจำเป็นต้องมี Interface ในการใช้งานระบบ ทำให้ระบบเป็น User-friendly โดยสามารถสร้าง UI หรือ User Interface (UI) ที่สร้างขึ้นโดยใช้ไลบรารี Tkinter ใน Python เพื่อสร้างโปรแกรมแบบกราฟิกเพื่อให้ผู้ใช้สามารถแสดงข้อมูลและโต้ตอบกับโปรแกรมได้อย่างง่ายดาย โดย Tkinter เป็นไลบรารีที่มาพร้อมกับ Python ซึ่งช่วยในการสร้าง GUI (Graphical User Interface) หรือส่วนต่อประสานผู้ใช้งานของโปรแกรม โดย UI (Tkinter) สามารถใช้งานร่วมกับโครงสร้างของโปรแกรม Python เพื่อสร้างหน้าต่างและการทำงานของโปรแกรมที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การเพิ่มชุดคัดแยกไข่วัสดุหลังจากกระบวนการวัดที่ประมวลผลแล้วโดยใช้ความรู้ด้านเครื่องจักรหรืออุปกรณ์มาเชื่อมต่อกับระบบการวัด ที่จะต้องเพิ่มเติมโปรแกรมต่างๆ เพื่อให้ระบบทำงานสัมพันธ์กันก็จะสามารถนำไปใช้งานได้กับสถานที่จริงได้ รวมถึงการปรับค่าต่างๆ หลังติดตั้งควรมีการ Calibrate ทำให้ระบบควรมีจุดอ้างอิงต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำระบบมาวัดขนาดได้อย่างถูกต้อง เช่น การปรับค่าที่ตั้งของระบบหรืออัตราการตรวจจับ เพื่อให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำและเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่แตกต่าง รวมถึงการคำนวณต้นทุนและจุดคุ้มทุนของระบบ

### 5.2.3 การเก็บผลการทดลอง

ในการวิจัยใช้เครื่องมือวัด Digital vernier เพื่อวัดค่าไข่วัสดุและนำมาพัฒนาระบบโดยการใช่มือในการจับไข่วัสดุ ซึ่งอาจทำให้ค่าเพี้ยนได้จึงจำเป็นต้องมีแท่นหรืออุปกรณ์ยึดไข่วัสดุให้อยู่กับที่ก่อนนำมาวัดเพื่อทำให้การวัดมีความเสถียรภาพมากขึ้น การเพิ่มรูปแบบในการทดลองต่างๆ เช่น ทดสอบอัตราความเร็วของรางเลื่อนส่งผลต่อความถูกต้องของระบบอย่างไร รวมถึงอัตราการประมวลผลของระบบ เป็นต้น





บรรณานุกรม

### บรรณานุกรม

- [1] W. Rattapoom et al., "Egg size classification on android mobile devices using image processing and machine learning," *2016 Fifth ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC)*, Nakhonpathom, Thailand, May 27-28, 2016, pp. 170-173, Doi: 10.1109/ICT-ISPC.2016.7519263.
- [2] J. Alikhanov et al., "Design and performance of an automatic egg sorting system based on computer vision," *TEM Journal*, vol. 8, no. 4, pp.1319-1325, November 2019.
- [3] N. A. Othman et al., "An embedded real-time object detection and measurement of its size," *2018 International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing (IDAP)*, Malatya, Turkey, September 28-30, 2018, pp. 1-4, Doi: 10.1109/IDAP.2018.8620812.
- [4] I. B. Mustafa and S. F. B. M. Khairul, "Identification of fruit size and maturity through fruit images using OpenCV-Python and Raspberry Pi," *2017 International Conference on Robotics, Automation and Sciences (ICORAS)*, Melaka, Malaysia, November 27-29, 2017, pp. 1-3, Doi: 10.1109/ICORAS.2017.8308068.
- [5] Y. K. Weng et al., "Equation for egg volume calculation based on smart's model," *Mathematic MDP Journal*, vol 10, no.1, pp. 1661, May 2022.
- [6] R. Garcia, "Automatic segmentation of fish using deep learning with application to fish size measurement," *ICES of Marine Science Journal*, vol 77, no. 4, pp. 1354-1366, October 2019.
- [7] อรจิรา สิงห์ขจรวรกุล และ อัดนา เซนโต้ะ, "ระบบการวัดขนาดไข่ไก่แบบเรียลไทม์ต้นทุนต่ำโดยใช้ Raspberry Pi," [Online]. Available: <https://tniac.tni.ac.th/>. [Accessed: 29 เมษายน 2564].



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.  
ชุดคำสั่งภาษาไพทอน



ตารางที่ ก.1 คำสั่งสำหรับการคำนวณค่า GR&R ของเครื่องมือดิจิทัลเวอร์เนียเพื่อวัดขนาด

ยี่ห้อ Hachi

| ชุดคำสั่ง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <pre> import numpy as np from scipy import stats # Collect Data 231023 8:10- of Height measurements = np.array([     [58.6,58.5,58.6,58.6,58.6],     [61.0,61.2,61.0,60.9,60.7],     [58.7,58.4,58.2,58.4,58.7],     [56.5,56.3,56.5,56.6,56.5],     [61.0,61.0,61.0,60.9,60.8],     [57.9,58.0,58.0,58.1,58.2],     [57.5,57.2,57.0,57.3,57.5],     [57.0,57.1,57.0,57.2,57.2],     [55.4,55.6,55.6,55.6,55.6],     [57.6,57.3,57.6,57.3,57.5], ]) num_samples, num_operators = measurements.shape sample_means = measurements.mean(axis=1) sample_variances = measurements.var(axis=1, ddof=1) repeatability = sample_variances.mean() all_data = measurements.ravel() total_mean = all_data.mean() total_variance = all_data.var(ddof=1) reproducibility = total_variance - repeatability grr_percentage = (repeatability / (repeatability + reproducibility)) * 100  print(f"Repeatability: {repeatability}") print(f"Reproducibility: {reproducibility}") print(f"GR&amp;R (%): {grr_percentage}") </pre> |



ตารางที่ ก.2 คำสั่งสำหรับการคำนวณค่า GR&R ของเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลเพื่อน้ำหนัก  
ยี่ห้อ Shaper

| ชุดคำสั่ง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <pre> import numpy as np from scipy import stats # Collect Data 231023 19:40-20:00 measurements = np.array([     [65.9, 66.0, 66.0, 66.0, 65.9],     [68.0, 68.1, 68.0, 68.0, 68.1],     [65.6, 65.7, 65.4, 65.5, 65.6],     [65.1, 64.9, 65.0, 64.8, 64.9],     [67.2, 67.5, 67.3, 67.4, 67.4],     [67.5, 67.5, 67.3, 67.3, 67.4],     [69.2, 69.2, 69.0, 69.0, 69.1],     [67.1, 67.1, 67.0, 67.1, 67.2],     [66.1, 65.9, 65.9, 65.9, 65.9],     [68.1, 68.3, 68.3, 68.3, 68.3], ]) num_samples, num_operators = measurements.shape sample_means = measurements.mean(axis=1) sample_variances = measurements.var(axis=1, ddof=1) repeatability = sample_variances.mean() all_data = measurements.ravel() total_mean = all_data.mean() total_variance = all_data.var(ddof=1) reproducibility = total_variance - repeatability grr_percentage = (repeatability / (repeatability + reproducibility)) * 100  print(f"Repeatability: {repeatability}") print(f"Reproducibility: {reproducibility}") print(f"GR&amp;R (%): {grr_percentage}") </pre> |

ตารางที่ ก.3 คำสั่งสำหรับระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก

| ชุดคำสั่ง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <pre> import cv2 from picamera2 import Picamera2 import time import numpy as np picam2 = Picamera2() dispW=720 dispH=360 picam2.preview_configuration.main.size = (dispW,dispH) picam2.preview_configuration.main.format = "RGB888" picam2.preview_configuration.controls.FrameRate=30 picam2.preview_configuration.align() picam2.configure("preview") picam2.start() fps=0 pos=(30,60) font=cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX height=1 weight=2 myColor=(0,0,255) pixel_size = 0.27 #Pixel parameter </pre> |

ตารางที่ ก.3 คำสั่งสำหรับระบบการวัดขนาดไซโกอัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (ต่อ)

| ชุดคำสั่ง (ต่อ)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <pre> def onTrack1(val):     global hueLow     hueLow=val     print('Hue Low',hueLow) def onTrack2(val):     global hueHigh     hueHigh=val     print('Hue High',hueHigh) def onTrack3(val):     global satLow     satLow=val     print('Sat Low',satLow) def onTrack4(val):     global satHigh     satHigh=val     print('Sat High',satHigh) def onTrack5(val):     global valLow     valLow=val     print('Val Low',valLow) def onTrack6(val):     global valHigh     valHigh=val     print('Val High',valHigh) </pre> |

ตารางที่ ก.3 คำสั่งสำหรับระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (ต่อ)

| ชุดคำสั่ง (ต่อ)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <pre> def Calculation(Weight):     if Weight &lt;= 49.99:         size = "5 Super small"     elif Weight &gt;= 50 and Weight &lt;= 54.99:         size = "4 Small"     elif Weight &gt;= 55 and Weight &lt;= 59.99:         size = "3 Medium"     elif Weight &gt;= 60 and Weight &lt;= 64.99:         size = "2 Large"     elif Weight &gt;= 65 and Weight &lt;= 69.99:         size = "1 Super large"     else:         size = "0 Jumbo"     cv2.putText(frame,str(size),(x+100,y+250),font,height,myColor,weight)  cv2.namedWindow('myTracker')  cv2.createTrackbar('Hue Low','myTracker',10,179,onTrack1) #Parameter of color and light cv2.createTrackbar('Hue High','myTracker',20,179,onTrack2) cv2.createTrackbar('Sat Low','myTracker',100,255,onTrack3) cv2.createTrackbar('Sat High','myTracker',255,255,onTrack4) cv2.createTrackbar('Val Low','myTracker',100,255,onTrack5) cv2.createTrackbar('Val High','myTracker',255,255,onTrack6) </pre> |

ตารางที่ ก.3 คำสั่งสำหรับระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (ต่อ)

| ชุดคำสั่ง (ต่อ)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <pre> while True:     tStart=time.time()     frame= picam2.capture_array()     frame=cv2.flip(frame,1)     frameHSV=cv2.cvtColor(frame,cv2.COLOR_BGR2HSV)     lowerBound=np.array([hueLow,satLow,valLow])     upperBound=np.array([hueHigh,satHigh,valHigh])     myMask=cv2.inRange(frameHSV,lowerBound,upperBound)     myMaskSmall=cv2.resize(myMask,(int(disW/2),int(disH/2)))     myObject=cv2.bitwise_and(frame,frame, mask=myMask)     myObjectSmall=cv2.resize(myObject,(int(disW/2),int(disH/2)))     myframeedges=cv2.Canny(myObjectSmall,100,200)      contours,junk=cv2.findContours(myMask,cv2.RETR_EXTERNAL,cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)     if len(contours)&gt;0:         contours=sorted(contours,key=lambda x:cv2.contourArea(x),reverse=True)         contour=contours[0]         x,y,w,h=cv2.boundingRect(contour)         cv2.rectangle(frame,(x,y),(x+w,y+h),(0,0,255),3)         cv2.putText(frame,str("Height = "%.2f%(float(w*pixel_size))+ " mm."), (x-20,y-20),font,height,myColor,weight)         cv2.putText(frame,str("Width = "%.2f%(float(h*pixel_size))+ " mm."), (x+220,y+100) ,font,height,myColor,weight)         Weight=(((0.5163*w*pixel_size*h*pixel_size*h*pixel_size)*1.07008/1000))         cv2.putText(frame,str("Weight = "%.2f%(float(Weight))+ " g."), (x+100,y+200),font,height,myColor,weight) </pre> |



ตารางที่ ก.3 คำสั่งสำหรับระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (ต่อ)

| ชุดคำสั่ง (ต่อ)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <pre> Calculation(Weight)  cv2.imshow("Camera", frame) cv2.imshow('Mask',myMaskSmall) cv2.imshow('My Object',myObjectSmall) cv2.imshow('Edge',myframeedges) if cv2.waitKey(1)==ord('q'):     break tEnd=time.time() loopTime=tEnd-tStart fps=.9*fps + .1*(1/loopTime) edge_length = cv2.countNonZero(myframeedges) edge_length_cm = edge_length * pixel_size cv2.imwrite('Framerealtime.jpg',frame) cv2.destroyAllWindows() print(edge_length) print("Height (mm) =",w*pixel_size) print("Width (mm) =",h*pixel_size) print("edge length (cm) =",edge_length_cm) </pre> |

ภาคผนวก ข.  
บทความการประชุมวิชาการ



## ระบบการวัดขนาดไข่ไก่แบบเรียลไทม์ต้นทุนต่ำโดยใช้ Raspberry Pi A Real-Time Low-Cost Chicken Egg Sizing Measurement System by Using Raspberry Pi

อรจิรา สิงห์จรรวกุล, ดร. อัดนา เซนโด้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น

si.onchira\_si@tni.ac.th, adna@tni.ac.th

**บทคัดย่อ** — งานวิจัยนี้มุ่งเสนอระบบการวัดขนาดไข่ไก่โดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กหรือ Raspberry Pi เพื่อประสานระบบ Image processing ที่ทำหน้าที่จัดการและวิเคราะห์รูปภาพหรือวิดีโอที่ถ่ายโดย Pi camera ระบบจะทำการแปลงภาพให้เป็นข้อมูลแบบดิจิทัลโดยใช้ภาษา Python และเครื่องมือ Open-CV และได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลเชิงปริมาณจนรวมถึงการให้ความรู้เครื่องจักรกลผ่านโปรแกรม Real-VNC Viewer ที่จะแสดงผลข้อมูลต่าง ๆ โดยระบบนี้ต้องมีค่าพารามิเตอร์เพื่อคำนวณขนาดของไข่ไก่ที่ได้จากระบบให้เป็นน้ำหนักเพื่อคัดแยกขนาดของไข่ไก่ได้ เหตุผลที่ทำให้เกิดงานวิจัยนี้คือเพื่อสร้างระบบที่สามารถต่อยอดเข้ากับอุตสาหกรรมซึ่งอาจสร้าง Smart farm หรือเกษตรอัจฉริยะในอนาคตที่มีต้นทุนต่ำและมีประสิทธิภาพ ทำให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนและทำงานได้สะดวกสบาย โดยที่มีความถูกต้องสูง ในปัจจุบันอุตสาหกรรมขนาดเล็กมักใช้น้ำหนักเป็นวัดวัดขนาดไข่ไก่และใช้แรงงานคนในการคัดแยกไข่ไก่งานวิจัยนี้มุ่งหวังที่จะพัฒนาระบบที่ใช้ Raspberry Pi เพื่อหาขนาดของไข่ไก่และสามารถคัดแยกขนาดของไข่ไก่โดยอัตโนมัติในอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรือ SME ในงานวิจัยนี้ มีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 97.4022

**คำสำคัญ** — การตรวจสอบอัจฉริยะ, การวัดแบบอัตโนมัติ, โมดูล OpenCV, การประมวลผลภาพ, บอร์ด Raspberry Pi

**ABSTRACT** — This research proposes a system for measuring the size of chicken eggs using a small computer, such as Raspberry Pi, to integrate an Image processing system. This system manages and analyzes images or videos captured by the Pi camera, converting the images into digital data using Python and Open-CV tools. The results include quantitative data and commands to control machinery through the Real-VNC Viewer program, displaying various data outputs. The system requires parameters to calculate the size of chicken eggs obtained from the system as weight for size classification. The motivation behind this research is to create a system that can integrate into industries, potentially leading to the development of Smart Farms or smart agriculture in the future with low cost and high efficiency. This allows farmers to reduce costs and work more conveniently, with high accuracy. Currently, small-scale industries often use weight as a measure for egg size, relying on manual labor for separation. This research aims to develop a system using Raspberry Pi to determine egg size and automatically

categorize egg sizes in small-scale industries or SMEs. The accuracy of this research is approximately 97.4022 percent.

**Keywords** — Smart Inspection, Automatic Measurement, Open-CV, Image processing, Raspberry Pi

I. บทนำ

ปัจจุบันขนาดของไข่ไก่ถูกคัดแยกเพื่อความสะดวกใจของผู้บริโภค ซึ่งแต่ละขนาดนั้นจะมีคุณค่าทางสารอาหารแตกต่างกัน เช่น เบอร์ 0-1 เหมาะกับนกกีฬา เนื่องจากมีปริมาณไข่ขาวมาก ทำให้โปรตีนในไข่สูง หรือ เบอร์ 2-3 เหมาะกับคนทั่วไป เพราะเป็นไข่ที่มีพลังงานเพียงพอในการดำรงชีวิตแต่ละวัน ซึ่งในอุตสาหกรรมจะวัดน้ำหนักของไข่ไก่เพื่อแบ่งออกเบอร์ต่างๆ ของไข่ไก่ได้

ในยุคปัจจุบันนี้ในอุตสาหกรรมที่ใช้หลักการการประมวลผลภาพแบบดิจิทัลหรือ Image processing ที่วัดขนาดและประมวลผลภาพได้รวดเร็วเพียงเสี้ยววินาที และนอกจากนั้นการใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กจะสามารถประยุกต์การใช้งานกับเครื่องจักรกล เพื่อให้เป็นระบบอัตโนมัติได้อีกด้วย ผู้จัดทำจึงต้องการนำหลักการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติที่ทันสมัยและมีความแม่นยำกับเกษตรกรขนาดเล็ก

เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการพัฒนานวัตกรรมการวัดไข่ในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ [1] คณะวิจัยของคุณ W. Rattapoom ได้นำเสนอการวัดขนาดไข่ไก่โดยใช้ Image processing และ Machine learning บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยวางไข่และเหรียญบนกระดาษและถ่ายรูปเปรียบเทียบขนาดของเหรียญซึ่งเป็นค่าคงที่อยู่แล้ว ทำให้สามารถหาเปรียบเทียบขนาดของไข่ไก่ได้ซึ่งระบบนี้มีค่าความถูกต้องอยู่ที่ ๘๘.7% ในส่วนของงานวิจัยนี้เห็นได้ว่าจะต้องมีการเทียบเคียงกับวัตถุที่อ้างอิงตลอดเวลาซึ่งอาจจะทำให้ลำบากในการใช้งานจริง ในผลงานวิจัยถัดมา [2] คณะวิจัยของคุณ J. Alikhanov ได้นำเสนอ ระบบอัตโนมัติสำหรับการคัดแยกไข่ตามการประเมินน้ำหนักและรูปร่างทางอ้อมโดยใช้คอมพิวเตอร์วิทัศน์ถูกนำเสนอในบทความ เราคาดคิดของไข่ ได้แก่ แกนรองและแกนหลักพื้นที่ ปัจจุบันรูปร่าง และดัชนีรูปร่างโดยใช้ตัวแปรพื้นฐานด้านเรขาคณิต รวมถึงใช้อัลกอริทึมการประมวลผลภาพ ในส่วนของน้ำหนักประเมินจากพารามิเตอร์ทางเรขาคณิตโดยใช้แบบจำลองการถดถอย ความแม่นยำในการเรียงลำดับของระบบที่นำเสนอได้รับการประเมินสำหรับการขนส่งสองรายการความเร็วสายพานสอดคล้องกับไข่ 2 และ 3 ฟองต่อวินาที พบว่ามีความแม่นยำในการคัดแยกโดยรวมคิดเป็นรายการที่ 94.6% และ 90.3%

ตามลำดับ ซึ่งในงานวิจัยที่ [2] นี้ เป็นงานวิจัยแบบเต็มระบบและการลงทุนที่สูงอาจไม่เหมาะกับกลุ่ม SMEs เท่าไรนัก รวมถึงค่าบำรุงรักษา เช่นเดียวกัน ในงานวิจัยถัดมาคือ งานวิจัยของคุณ N. A. Othman และคณะ [3] งานวิจัยนี้เกี่ยวกับการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์แบบฝังและการวัดขนาด เป็นการถ่ายภาพวิดีโอและวัดขนาดทันทีที่ใช้หลักการของคอมพิวเตอร์วิทัศน์ ซึ่งมีความถูกต้องถึง 98.3% ทำให้เห็นได้ว่า การวัดขนาดของวัตถุๆ ด้วยการใช้คอมพิวเตอร์วิทัศน์มีความถูกต้องสูงมาก และสามารถนำไปพัฒนาในเชิงอุตสาหกรรมเกษตร ผ่านการพัฒนาเครื่องกลไกหรือเครื่องจักรกลได้อีกด้วย งานวิจัยถัดมา [4] ของคุณ I. B. Mustaffa เป็นการพัฒนาและส่งเสริมการเกษตร คือ การคำนวณดัชนีการเจริญเติบโตของมะม่วงเพื่อคัดเกรดผลไม้ งานวิจัยนี้สามารถทำให้เกษตรกรไม่ต้องขายส่งมะม่วงได้ซึ่งจะทำให้ได้ราคาขายที่สูงกว่า ซึ่งหมายถึงได้กำไรมากขึ้นนั่นเอง งานวิจัยนี้ได้ปรับใช้ Raspberry Pi และ Open-CV Histogram เพื่อแบ่งสีของดัชนีความสุกของมะม่วงโดยใช้การจัดกลุ่ม K-mean Clustering คือการเปรียบเทียบข้อมูลศูนย์กลางที่เข้ามามีทั้งหมด รวมถึงวัดขนาดมะม่วงเทียบกับมะม่วงอ้างอิง ซึ่งจะคล้ายกับงานวิจัยที่ [1] ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่า การใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่มีต้นทุนต่ำและสามารถสร้างชุดค่าให้แก่เกษตรกรได้มากที่สุดซอฟต์แวร์ก็ต้องมีวัตถุอ้างอิงจึงจะวัดขนาดได้ในงานวิจัยสุดท้ายที่จะกล่าวถึงซึ่งมีความสำคัญต่องานวิจัยฉบับนี้คือสมการการคำนวณปริมาตรไข่ตามแบบจำลอง Smart [5] ของคุณ Y. K. Weng และคณะซึ่งเป็นการศึกษารูปร่างของไข่และคำนวณสมการในการหาปริมาตรของไข่ไก่โดยการทดลองต่าง ๆ และพิสูจน์ให้ได้สัมประสิทธิ์การหดเชย (KV) ให้ได้เป็นสมการปริมาตรของไข่ นอกจากนี้สมการที่เสนอในบทความนี้สามารถนำไปใช้กับสาขาเกษตรกรรมและอาหารเพื่อวิเคราะห์และจำลองการสร้างแบบจำลองเส้นโค้งของไข่ ทำให้สามารถเทียบสมการของงานวิจัยที่ [5] มาพิสูจน์และปรับใช้ได้ หากแต่ยังต้องมีการหาค่าคงที่เพื่อทำให้ถูกต้องมากขึ้นในงานวิจัย เพราะยังไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่า ไข่ไก่แต่ละประเทศหรือท้องถิ่นมีปริมาตรที่เท่ากันหรือไม่ ถ้ามีขนาดที่เท่ากัน

ทั้งหมดที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงเลือกใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่มีประสิทธิภาพหรือ Raspberry Pi เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบประมวลผลภาพแบบดิจิทัล เพื่อให้ระบบการประมวลผลภาพมีความสมบูรณ์และเที่ยงตรงสูงสุด และจัดทำระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติด้วยคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก รวมถึงการพัฒนาอัลกอริทึมการวัดขนาดไข่ไก่ด้วยการแบ่งส่วนของภาพ (Image segmentation) และอัตราส่วนของจำนวนพิกเซล (Pixel per Matrix)

การวิจัยครั้งนี้เพื่อสร้างระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติหมายถึงระบบสามารถระบุได้ว่า ไข่ไก่มีขนาดใดและการทำงานที่สอดคล้องของกลไก (รางเลื่อน) ที่ถูกต้องและโดยการประมวลผลภาพมีความละเอียด 0.1 มิลลิเมตร และใช้ตัวอย่างขนาดของไข่ไก่ตามท้องตลาดเพื่อทดสอบและพัฒนาระบบให้มีความแม่นยำในการประมวลผลโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก นอกจากนั้นต้องจัดพื้นที่การถ่ายภาพให้เหมาะสมเพราะมีผลโดยตรงต่อความถูกต้องและแม่นยำของระบบ ในการวิจัยที่นำเสนอได้ศึกษาและสร้างระบบการวัดไข่ไก่ที่มีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 97.40 โดยการใช้พัฒนาอัลกอริทึมจากซอฟต์แวร์ Thonny ที่เป็นซอฟต์แวร์ฟรีในคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก Raspberry Pi ซึ่งคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กนี้มี

ราคาไม่แพงและมีประสิทธิภาพสูง และใช้กล้อง Pi เพื่อเป็นตัวนำเข้าวิดีโอ เพื่อนำมาประมวลผลในอัลกอริทึมโดยใช้หลักการ HSV (Hue, Saturation, Value) ซึ่งเป็นระบบของสี ทำให้ระบบสามารถตรวจวัดไข่ไก่และประมวลผลภาพของไข่ไก่ โดย Open-CV Library

## II. เครื่องมือ/วิธีการ

ผู้วิจัยได้อธิบายถึงการศึกษาของความรู้รวมถึงงานวิจัยที่มีความสำคัญต่อการดำเนินการวิจัยนี้ โดยแบ่งออกเป็นหัวข้อดังนี้

### II.I. แพลตฟอร์มฮาร์ดแวร์ (RP) และซอฟต์แวร์

#### II.I.I. บอร์ด Raspberry Pi

เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กระบบปฏิบัติการ Raspbian ที่สามารถใช้งานได้ทั่วไปคล้ายกับคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะหรือแล็ปท็อปพกพา และมีราคาถูกเพราะผู้พัฒนาบอร์ดมีเจตนาเพื่อให้เป็นสื่อการเรียนด้านคอมพิวเตอร์ นอกจากนั้นตัวบอร์ด Raspberry Pi สามารถสื่อสารและควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ โดยผู้ใช้ต้องเขียนโปรแกรมส่งงานตัวบอร์ด ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมได้หลายภาษา เช่น Python, C, C++ เป็นต้น ผู้จัดทำได้เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry Pi เนื่องจากมีราคาที่ถูกลงและมีขนาดเล็กที่สามารถประมวลผลภาพแบบดิจิทัลได้เหมือนกับคอมพิวเตอร์ นอกจากนั้นยังสามารถควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้หลากหลายเนื่องจากมี General Purpose Input-Output (GPIO) และนำไปประยุกต์และพัฒนาต่อกับเกษตรกรรมไข่ไก่อัตโนมัติขนาดเล็กได้ในอนาคต

#### II.I.II. การประมวลผลภาพแบบดิจิทัล (Image Processing) โดยใช้ Open-CV Library

การประมวลผลภาพแบบดิจิทัล (Image Processing) คือกระบวนการจัดการและวิเคราะห์รูปภาพให้เป็นข้อมูลแบบดิจิทัล โดยใช้กระบวนการใด ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลในเชิงคุณภาพและปริมาณ การประยุกต์ใช้ Image Processing ที่แพร่หลาย เช่น MRI, Ultrasound, Biometric เป็นต้น ซึ่งได้รับการพัฒนาจากภาษาคอมพิวเตอร์ C++ ซึ่งมีคุณสมบัติตรวจสอบ ประมวลผล ตรวจสอบคุณลักษณะต่างๆ จากภาพถ่ายหรือวิดีโอ ผู้จัดทำจึงเลือกใช้ Library นี้ในการศึกษาและทดลองหาขนาดของไข่ไก่และประมวลผลอัตโนมัติจากการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Python

#### II.I.III. ซอฟต์แวร์ Thonny

Thonny เป็น Python IDE เป็นซอฟต์แวร์ฟรีที่ถูกออกแบบอย่างพิเศษโดยคำนึงถึงผู้เริ่มต้นในภาษาโปรแกรม Python ซึ่งมี Debugger ที่จะสามารถช่วยผู้เขียนโปรแกรมเจอจุดบกพร่องและยังสามารถประมวลผลโปรแกรมที่ละบรรทัดได้อีกด้วย ซึ่งซอฟต์แวร์ Thonny IDE นี้ติดตั้งมาอยู่ในแพลตฟอร์มของ Raspberry Pi เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

### II.II. Machine Learning

#### II.II.I. นิยามของ Machine Learning

การเรียนรู้ของเครื่องจักรเป็นพื้นที่ของแขนงหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (AI) และวิทยาการของคอมพิวเตอร์ที่มุ่งเน้นการใช้ข้อมูลและอัลกอริทึมเพื่อเลียนแบบวิธีที่มนุษย์ค่อยๆ เรียนรู้ เพื่อความแม่นยำขึ้นเรื่อย ๆ รวมถึงสามารถตีความและตอบสนองได้ด้วยตัวเอง ซึ่งหากนักการเรียนรู้ของเครื่องจักรไปปรับใช้ได้อย่างถูกวิธี จะทำให้มนุษย์สามารถลดเวลาการทำงานในการวิเคราะห์ข้อมูลและการ

ตอบสนองต่างๆ ในเชิงธุรกิจก็สามารถลดต้นทุนแรงงานได้อย่างมหาศาล

### III.1.1. นิยามของ Computer Vision

Computer Vision เป็นแขนงหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์เช่นกัน ซึ่งเปรียบเทียบดวงตาในการรับรู้การมองเห็นให้คอมพิวเตอร์หรือระบบทำให้สามารถจดจำ เข้าใจ และวิเคราะห์ข้อมูลรูปภาพได้อย่างชาญฉลาดและตอบสนองข้อมูลภาพ ได้อย่างรวดเร็ว โดยหลักการทำงานของ Computer Vision ได้แบ่งออกเป็น การจับภาพ, การประมวลผลภาพ, จดจำ ทำความเข้าใจ วิเคราะห์เพื่อตีความหมาย ในปัจจุบัน Computer Vision ถูกนำมาประยุกต์อย่างแพร่หลาย เช่น การแยกส่วนภาพ (Image segmentation), การจัดกลุ่มภาพออกเป็นหมวดหมู่ (Image classification), การทำงานด้วยการจัดกลุ่ม (Feature matching), การตรวจหาวัตถุ (Object detection), การจดจำใบหน้า (Facial recognition), ระบุหาขอบเขตหรือวัตถุ (Edge detection), ระบุวัตถุจากรูปร่างและสี (Pattern detection)

### III.1.1.1. การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation)

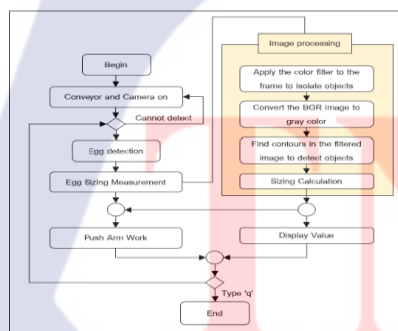
การแบ่งส่วนภาพ เป็น วิธีการแบ่งภาพดิจิทัลออกเป็นกลุ่มย่อยต่างๆ ที่เรียกว่า ส่วนภาพ ซึ่งช่วยลดความซับซ้อนของภาพเพื่อให้การประมวลผลหรือวิเคราะห์ภาพง่ายขึ้น กล่าวได้ว่า การแบ่งส่วนภาพเกี่ยวข้องกับการกำหนดป้ายให้กับ Pixel องค์ประกอบของรูปภาพหรือ Pixel ทั้งหมดที่อยู่ในหมวดหมู่เดียวกันจะมีป้ายกำกับที่กำหนดไว้ การเลือกใช้เทคนิคการแบ่งส่วนภาพขึ้นอยู่กับลักษณะของภาพ, ความต้องการของงาน, และทรัพยากรคอมพิวเตอร์ โดยในทางปฏิบัติ, บางครั้งอาจใช้เทคนิคที่ผสมผสานหรือวิธีการสุดท้ายที่ใช้การเรียนรู้เชิงลึก (deep learning) เพื่อเพิ่มความแม่นยำในงานแบ่งภาพที่ซับซ้อน

### III. อัลกอริทึมที่น่าสนใจ

ผู้วิจัยได้อภิปรายผลการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองอัลกอริทึมของระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ถูกพัฒนาขึ้นมา ดังต่อไปนี้

### III.1. ภาพรวมของระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติด้วยคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก

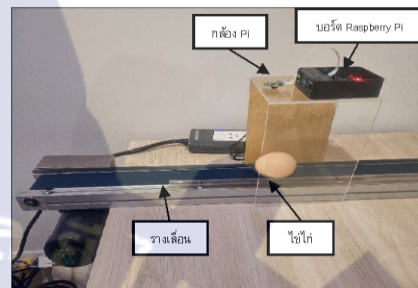
#### III.1.1.1. แผนผังการทำงาน



รูปที่ 1. แผนผังการทำงานของระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติด้วยคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก

จากรูปที่ 1. ระบบเริ่มต้นจากการตรวจจับไข่ไก่ด้วยกล้อง Pi camera เมื่อไข่ไก่ถูกนำเข้ามาในรางเลื่อนแล้ว วิธีที่ได้นำเข้ามาแบบ Real time นี้จะถูกปรับภาพในกระบวนการของ Image processing โดยเริ่มจากการปรับสีของวิดีโอโดยการตั้งค่า H, S, V หลังจากนั้นระบบจะทำการพิจารณาค่าสีของไข่ไก่ให้ตรงช่วงกับ H, S, V เพื่อค้นหาเส้นค่าโครงของไข่ไก่และนำมาสร้างกรอบเพื่อวัดขนาด โดยเทียบกับ Pixel หลังจากนั้นเมื่อได้ค่าความกว้างและความยาวแล้ว ระบบจะนำค่านี้มาคำนวณหาพื้นที่ เพื่อเทียบเป็นขนาดต่อไป

### III.1.1.1. ภาพรวมของระบบที่น่าสนใจ



รูปที่ 2. ระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก

### III.2. การเตรียมฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สำหรับระบบที่น่าสนใจ

#### III.2.1. บอร์ด Raspberry Pi

โดยบอร์ดที่นำมาใช้กับระบบในครั้งนี้เป็น Raspberry Pi 4 โมเดล B ที่มีแรม 4GB โดยลงระบบปฏิบัติการผ่านโปรแกรม Raspberry Pi Imager โดยเลือกระบบปฏิบัติการ Raspberry Pi OS (64-bit) ซึ่งรองรับการใช้งาน Pi camera module 2 ผ่านโปรแกรม Thonny IDE ซึ่งมีให้แล้วเมื่อลงระบบปฏิบัติการของ Raspberry Pi

#### III.2.1.1. Real-VNC Viewer

เนื่องจากผู้จัดทำต้องการให้ระบบจำลองการวัดในการวิจัยครั้งนี้ มีงบประมาณน้อยที่สุด จึงเลือกใช้การติดตามการทำงานของอัลกอริทึมผ่าน โปรแกรม Real-VNC Viewer จึงได้ทำการลงโปรแกรมในโน้ตบุ๊คและเชื่อมต่อกับ Raspberry Pi โมเดล B ดังที่กล่าวไปข้างต้น

#### III.2.1.1.1. Install Library Source Code

ระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติ นี้ จะมีการใช้ OpenCV ซึ่งเป็นคลังโปรแกรมหนึ่งที่สามารถใช้ในการรับรู้ของระบบและประมวลผลภาพได้ นอกจากนี้ยังคลังโปรแกรมที่ใช้กับ Pi camera คือ Libcamera ซึ่งเป็นคลังโปรแกรมที่จะนำภาพหรือวิดีโอแบบ Real time ให้แก่ระบบก่อนจะนำไปประมวลผล

#### III.2.1.1.1.1. Pi camera V2

โมดูลกล้อง Raspberry Pi 2 โมดูลกล้อง v2 มีเซ็นเซอร์ Sony IMX219 ความละเอียด 8 ล้านพิกเซล ต่อเข้ากับบอร์ด Raspberry Pi เพื่อนำภาพไปวัดขนาดไข่ไก่สำหรับระบบ

### III.2.1.1.1.1. อธิบายถึงโมเดลอัลกอริทึมของระบบการวัดขนาด

ในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยได้อธิบายเกี่ยวกับรายละเอียดของขั้นตอนในการดำเนินงาน อันได้แก่



### III.III.1. การเก็บขนาดของตัวอย่างไข่ไก่

ผู้วิจัยได้เลือกตัวอย่างของไข่ไก่ตามท้องตลาด 200 ฟองและนำมาวัดความกว้างและความยาวในหน่วยมิลลิเมตร รวมถึงน้ำหนักของไข่ไก่ในหน่วยกรัม และทำการหาสมการในการวัดน้ำหนักของไข่ เพื่อจะนำไปพัฒนาอัลกอริทึมให้สามารถหาขนาดของไข่ไก่จากภาพดิจิทัลได้ โดยผู้วิจัยได้ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดทั้งสองชนิดแล้ว โดยใช้การวิเคราะห์ระบบเครื่องมือวัด ได้แก่ Gauge Repeatability and Reproducibility หรือ GR&R คือการหาความซ้ำซากและความสามารถในการบอกค่า

โดยใช้ตัวอย่างไข่ไก่ 10 ฟอง วัดซ้ำๆ และคำนวณหาค่า GR&R เปอร์เซ็นต์ โดยค่าที่ได้ของดิจิทัลเวอร์เนียร์ คือ 70.57% และ เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล คือ 52.81% ค่าที่ได้มากกว่า 30% จะสามารถบอกได้ว่า เครื่องมือวัดมีเสถียรภาพสูง เมื่อผู้วิจัยได้ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดแล้ว จึงได้ทำการวัดไข่ไก่ 200 ฟอง และจากบทที่ 2 อ้างอิงงานวิจัยเรื่อง Equation for Egg Volume Calculation Based on Smart's Model [6] ผู้จัดทำงานวิจัยได้ทดลองหาค่าสมการของน้ำหนักไข่ไก่ คือ  $0.5163 \times H \times W \times W$  ผู้วิจัยจึงได้นำสมการนี้มาทดสอบแต่ยังไม่เที่ยงตรงกับตัวอย่างไข่ไก่ที่วัดมากพอ

ผู้วิจัยจึงทำการหาค่าพารามิเตอร์ คือ 1.0701 และนำมาคูณกับสมการดังกล่าว ซึ่งทำให้สมการในการหาน้ำหนักของไข่ไก่โดยการวัดขนาด คือ

$$1.0701 \times 0.5163 \times H \times W \times W \quad (1)$$

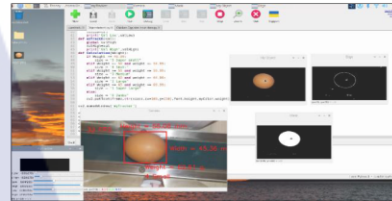
ซึ่งทำให้ RMSE = 0.00045 ซึ่งถือว่าสมการนี้มีความแม่นยำสูง เพื่อนำไปพัฒนาระบบการวัดที่จะนำเสนอ

### III.III.III. โมเดลอัลกอริทึมสำหรับระบบที่นำเสนอ

จากที่กล่าวไปใน III.II ผู้วิจัยได้นำเข้าแพคเกจและพารามิเตอร์เพื่อนำมาสร้างอัลกอริทึม ในส่วนที่สำคัญที่สุดคือ cv2 ที่จะเป็นตัวช่วยในการประมวลผลภาพ และ Picamera 2 ที่ทำให้ระบบสามารถนำเข้าภาพและวิดีโอดิจิทัลได้ในส่วนถัดไปจะเป็นการกำหนดฟังก์ชัน onTrack คือการรับค่าของ HSV ได้ เพราะผู้วิจัยทดลองการวัดขนาดของไข่ไก่โดยมีสภาวะแวดล้อมแสงที่ไม่คงที่ ผู้วิจัยจึงต้องมีการปรับค่า HSV ได้ง่ายขึ้น นอกจากนั้นจะมีฟังก์ชันที่กำหนดค่ามาตรฐานของน้ำหนักไข่ไก่เพื่อนำไปแสดงผลว่า ไข่ไก่ที่นำเข้ามาในเฟรมจะเป็นเบอร์ใด ในส่วนของการประมวลผลภาพ ดังรูปที่ 1. ในกรอบสี่เหลี่ยมซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่สุดของอัลกอริทึม โดยจะเริ่มต้นจากการนำเข้าวิดีโอโดยภาพ Picamera ซึ่งผู้วิจัยเริ่มจากการเปลี่ยนสีของวิดีโอจากภาพสีเป็นสีเทา และให้อัลกอริทึมเลือกช่วงสีที่สนใจจาก HSV ที่ผู้วิจัยได้ปรับค่าเอาไว้ เมื่อนำไปสร้างเป็นระบบ จากการที่ปรับค่า HSV นี้ เมื่อทดสอบอัลกอริทึม ระบบสามารถแยกส่วนไข่ไก่ได้ 100% เมื่อนำเข้าไข่ไก่ผ่าน Picamera ถัดมาจะเป็นส่วนของการติดรอบไข่ไก่ เพื่อนำค่า W และ H มาหาค่าน้ำหนักผ่านสมการที่กล่าวไปใน ข้อ III.III.1. และตัดเส้นแบบอัตโนมัติผ่านฟังก์ชันที่ผู้วิจัยได้ระบุไว้ข้างต้น

### IV. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้นำไข่ไก่เข้าบนรางเลื่อน 20 ฟอง และได้ทดสอบอัลกอริทึม ดังรูปที่ III.



รูปที่ III. การแสดงผลหน้าจอนี้ควบคุมผ่าน Real-VNC Viewer จากการทดลองผ่านซอฟต์แวร์ Thonny IDE แบบ Real time

ได้ผลการทดสอบว่า ระบบสามารถตรวจพบไข่ไก่ผ่านรางเลื่อนได้ 100% ซึ่งบอกว่าระบบสามารถจำแนกไข่ไก่ผ่านวิดีโอได้อย่างแม่นยำ แต่ในการใช้ HSV (Hue, Saturation, Value) นี้ยังมีข้อได้เปรียบที่ว่า หากนำวัตถุใดใด ที่มีสีและรูปร่างวงรีเหมือนไข่ไก่มาผ่านในกล้อง ระบบอาจจะสามารถระบุได้ว่า วัตถุนี้เป็นไข่ไก่เช่นเดียวกัน

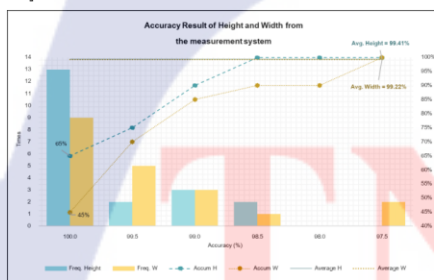
ตารางที่ 1. ผลการวัดขนาดไข่ไก่จากเครื่องมือการวัด

| ลำดับไข่ไก่ | น้ำหนัก (g.) | ขนาด          | ความยาว (H) (mm.) | ความกว้าง (W) (mm.) |
|-------------|--------------|---------------|-------------------|---------------------|
| 1           | 68.4         | 1 Super large | 58                | 46.2                |
| 2           | 67.9         | 1 Super large | 59.8              | 45.2                |
| 3           | 69.0         | 1 Super large | 58.4              | 45.7                |
| 4           | 66.7         | 1 Super large | 59.8              | 44.6                |
| 5           | 65.8         | 1 Super large | 58.3              | 44.7                |
| 6           | 62.7         | 2 Large       | 58.8              | 43.2                |
| 7           | 62.2         | 2 Large       | 57.8              | 43.7                |
| 8           | 60.9         | 2 Large       | 56.3              | 43.5                |
| 9           | 60.6         | 2 Large       | 55.8              | 44.1                |
| 10          | 60.6         | 2 Large       | 55.2              | 44                  |
| 11          | 59.7         | 3 Medium      | 62.0              | 41.5                |
| 12          | 59.6         | 3 Medium      | 56.5              | 43.4                |
| 13          | 59.0         | 3 Medium      | 57.4              | 42.7                |
| 14          | 59.4         | 3 Medium      | 57.6              | 42.9                |
| 15          | 59.8         | 3 Medium      | 56.3              | 43.8                |
| 16          | 52.9         | 4 Small       | 54.4              | 41.5                |
| 17          | 54.4         | 4 Small       | 55.1              | 41.7                |
| 18          | 52.5         | 4 Small       | 54.0              | 41.8                |
| 19          | 53.5         | 4 Small       | 52.6              | 42.6                |
| 20          | 51.7         | 4 Small       | 54.6              | 40.9                |

ตารางที่ II. ผลการทดลองวัดขนาดไข่ไก่จากระบบที่ถูกสร้าง

| ลำดับไข่ไก่ | น้ำหนัก (g.) | ขนาด          | ความยาว (H) (mm.) | ความกว้าง (W) (mm.) |
|-------------|--------------|---------------|-------------------|---------------------|
| 1           | 65.85        | 2 Large       | 57.22             | 45.64               |
| 2           | 66.38        | 1 Super large | 58.92             | 45.16               |
| 3           | 65.00        | 1 Super large | 58.31             | 44.92               |
| 4           | 69.39        | 1 Super large | 59.75             | 45.85               |
| 5           | 64.95        | 2 Large       | 57.34             | 45.28               |
| 6           | 60.08        | 2 Large       | 58.88             | 42.94               |
| 7           | 60.63        | 2 Large       | 58.59             | 43.28               |
| 8           | 58.44        | 3 Medium      | 56.21             | 43.38               |
| 9           | 62.09        | 2 Large       | 54.87             | 45.26               |
| 10          | 59.93        | 3 Medium      | 55.43             | 44.24               |
| 11          | 57.03        | 3 Medium      | 61.53             | 40.96               |
| 12          | 59.56        | 3 Medium      | 56.87             | 43.54               |
| 13          | 57.49        | 3 Medium      | 57.21             | 42.65               |
| 14          | 58.34        | 3 Medium      | 57.54             | 42.84               |
| 15          | 59.46        | 3 Medium      | 56.21             | 43.76               |
| 16          | 50.83        | 4 Small       | 54.21             | 41.20               |
| 17          | 52.63        | 4 Small       | 54.87             | 41.67               |
| 18          | 52.63        | 4 Small       | 53.98             | 42.01               |
| 19          | 52.75        | 4 Small       | 52.54             | 42.63               |
| 20          | 50.45        | 4 Small       | 54.73             | 40.85               |

จากตาราง I และ II เมื่อนำผลการทดลองที่ได้คำนวณหา RMSE ของผลการทดลองเทียบกับการวัดจากเครื่องมือวัดจะได้ดังนี้ ความยาว (H), ความกว้าง (W) และน้ำหนัก มีค่า 0.47, 0.50 และ 1.88 ตามลำดับ ในส่วนของค่าความถูกต้อง (Accuracy) ของความยาว (H), ความกว้าง (W) และน้ำหนัก มีค่าร้อยละ 99.41, 99.22 และ 97.40 ตามลำดับ ดังรูปที่ IV. และแสดงผลสัฟท์ของการคัดแยกขนาดไข่ไก่ (Sizing) ดังรูปที่ V.



รูปที่ IV. กราฟผลการทดลองค่าความถูกต้องของความยาว(H) และความกว้าง(W) จากระบบที่นำเสนอ

| Confusion Matrix of Sizing from the measurement |        | Egg Size Result from System |        |        |        |
|-------------------------------------------------|--------|-----------------------------|--------|--------|--------|
| Egg Size Actual                                 |        | Size 1                      | Size 2 | Size 3 | Size 4 |
|                                                 | Size 1 | 3                           | 2      | 0      | 0      |
|                                                 | Size 2 | 0                           | 3      | 2      | 0      |
|                                                 | Size 3 | 0                           | 0      | 5      | 0      |
|                                                 | Size 4 | 0                           | 0      | 0      | 5      |

รูปที่ V. Confusion Matrix ของขนาดของไข่ไก่ที่ได้จากระบบที่นำเสนอ

### V. สรุป

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบการวัดขนาดไข่ไก่อัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กเพื่อประสานเทคโนโลยีการประมวลผลภาพเข้ากับการใช้งานในเชิงอุตสาหกรรมไข่ไก่ขนาดเล็กได้ ซึ่งสามารถลดต้นทุนในการผลิต และระบบนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ ไม่เพียงแต่การวัดไข่ไก่ แต่เป็นระบบการวัดและคัดแยกสิ่งต่างๆ โดยใช้รูปภาพหรือวิธีที่ทันสมัยและควบคุมการประมวลผลผ่าน Raspberry Pi ซึ่งมีราคาไม่แพงและมีประสิทธิภาพสูง สามารถนำไปปรับใช้กับอุตสาหกรรมได้หลากหลายประเภท ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีผู้ควบคุมการผลิตมาคัดแยกขนาด รวมถึงระบบที่ผู้วิจัยได้ทดสอบการวัดขนาดของไข่ไก่มีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 97.40 โดยในอนาคตอันใกล้ผู้วิจัยจะนำค่า RMSE หรือค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง ที่ได้จากระบบในครั้งต่อไปต่อยอดโดยปรับแต่งหรือปรับปรุงเพื่อทำให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น โดยการปรับแต่งพารามิเตอร์หรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของระบบเพื่อให้ค่า RMSE ลดลงและการทำนายเป็นไปได้อย่างถูกต้องมากขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเนื่องจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ดร. อัทธนา เชนโตะ ท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่ายังในการให้คำปรึกษาการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนได้ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆอันเป็นประโยชน์ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ ตั้งแต่เริ่มดำเนินการจนกระทั่งดำเนินการเสร็จสมบูรณ์ ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณครอบครัวของข้าพเจ้าที่ได้ให้กำลังใจและสนับสนุนเรื่องต่างๆ ในการศึกษาเล่าเรียนครั้งนี้จนสำเร็จ

### บรรณานุกรม

- [1] W. Rattapoom, I. Pongsakorn, and M. Donlaya, "Egg Size Classification on Android Mobile Devices Using Image Processing and Machine Learning", Conference paper, Eng., Naresuan Univ., Phitsanulok, Thailand, 2017.
- [2] J. Alikhanov, S. M. Penchev, T. D. Georgieva, A. Moldazhanov, A. Kulmakhmetova, Z. Shynybay, E. Stefanov and P. I. Daskalov, "Design and Performance of an Automatic Egg Sorting

- 
- [2] J. Alikhanov, S. M. Penchev, T. D. Georgieva, A. Moldazhanov, A. Kulmakhambetova, Z. Shynybay, E. Stefanov and P. I. Daskalov, "Design and Performance of an Automatic Egg Sorting System Based on Computer Vision", TEM Journal, Vol 8, no. 4, pp.1319-1325, November 2019.
- [3] N. A. Othman, M. U. Salur and M. Karakose, "An Embedded Real-Time Object Detection and Measurement of its Size", Conference paper, Computer Eng., Firat and Harran Univ., Elazig and Sanliurfa, Turkey, 2018.
- [4] I. B. Mustafa, "Identification of fruit size and maturity through fruit images using OpenCV-Python and Raspberry Pi", Dept. Electronic and Computer, Engineering Technology, Teknikal Malaysia Melaka Univ., Melaka, Malaysia, 2017.
- [5] Y. K. Weng, C. H. Li, C. C. Lai and C. W. Cheng, "Equation for Egg Volume Calculation Based on Smart's Model", Mathematic MDPI Journal, Vol 10, pp. 1661, May 2022.
- [6] R. Garcia, "Automatic segmentation of fish using deep learning with application to fish size measurement", ICES Journal of Marine Science, Vol 77, no. 4, pp. 1354–1366, October 2019.

## ประวัติย่อผู้วิจัย



ชื่อ – สกุล

นางสาวอรจิรา สิงห์ขจรวรกุล

วัน – เดือน – ปี เกิด

4 มกราคม 2540

ที่อยู่ปัจจุบัน

199/104 คอนโดมี นวนคร ตึก B  
ถนนพหลโยธิน ตำบลเชียงรากน้อย อำเภอบางปะอิน  
พระนครศรีอยุธยา 13180  
โทรศัพท์มือถือ : 097-079-3774  
E-mail : si.onchira\_st@tni.ac.th

## ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2566

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

พ.ศ. 2563

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน)

## ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2565 – ปัจจุบัน

Planning Control (Automotive Product and BLDC)  
บริษัทเอ็นเอ็มพี-มินิแปไทย จำกัด (โรงงานบางปะอิน)

พ.ศ. 2563 – 2565

Process Engineer (Automotive Product and BLDC)  
บริษัทเอ็นเอ็มพี-มินิแปไทย จำกัด (โรงงานบางปะอิน)