

## สำหรับการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่และฟักไข่ไก่แบบอัตโนมัติควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

### Automated Egg Incubator and Inspection Cabinet Controlled via Web Application

ศกรินทร์ พันสืบ<sup>1</sup> อามีน อาบู<sup>2</sup> พลบดี คำดี<sup>3</sup> ขวัญเรือน รัศมี<sup>4</sup> รวี อุตมธนนันท์<sup>5</sup> เศรษฐกาล โปร่งนุช<sup>6\*</sup>

<sup>1-5</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

<sup>6</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมหุ่นยนต์ คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

s64122519001@ssru.ac.th<sup>1</sup> s64122519014@ssru.ac.th<sup>2</sup> s64122519019@ssru.ac.th<sup>3</sup> kwanruan.ru@ssru.ac.th<sup>4</sup> ravi.ut@ssru.ac.th<sup>5</sup>  
sethakarn.pr@ssru.ac.th<sup>6\*</sup>

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ออกแบบ และสร้างสำหรับการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่และฟักไข่ไก่แบบอัตโนมัติควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน เลือกใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันสำหรับการจำแนกไข่ไก่ที่มีเชื้อและไม่มีเชื้อ มีกล้องเว็บแคม และเซนเซอร์ควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น และการเอียงถาดใส่ไข่ให้ทำมุม 45 องศา จากแนวระนาบ ตู้ที่สร้างขึ้นนำไปทดลองฟักไข่เป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 37–37.8 องศา และความชื้นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 59–70%RH ซึ่งเหมาะสมต่อการฟักไข่ ระบบสามารถจำแนกไข่ที่มีเชื้อได้แม่นยำถึงร้อยละ 96 และไข่ที่ไม่มีเชื้อร้อยละ 97 เว็บแอปพลิเคชันสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งด้านการเก็บข้อมูล แสดงผล และควบคุมการทำงานของระบบโดยรวม ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ระบบสามารถนำไปใช้งานได้จริง ช่วยให้เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่สามารถฟักไข่ไก่ได้ในทุกสภาพอากาศ ทุกสภาพแวดล้อม และอำนวยความสะดวกจากการควบคุมการทำงานผ่านเว็บแอปพลิเคชันได้

**คำสำคัญ:** ตู้ฟักไข่อัตโนมัติ, การตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่, โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน

#### Abstract

This research aims to study, design, and construct an automated egg incubator and inspection cabinet controlled via a web application. A convolutional neural network was used to classify fertilized and unfertilized chicken eggs. The system includes Webcam and sensor to monitor and control environmental factors such as temperature, humidity, and the tilting of the egg tray at a 45-degree angle from the horizontal. The constructed incubator was tested over a 21-day incubation period. The average temperature ranged from 37.0 to 37.8 degrees Celsius, and the average humidity ranged from 59 - 70%RH, which are suitable conditions for egg incubation. The system accurately classified fertilized eggs with 96% accuracy and unfertilized eggs with 97% accuracy. The web application efficiently stores data, displays results, and controls the overall system operation. The research findings demonstrate that the

system is practical, enabling farmers to incubate chicken eggs under various weather conditions and environments, with the added convenience of web-based control.

**Keywords:** Automated Egg Incubation, Egg Inspection, Convolutional Neural Network

#### 1. บทนำ

ไก่เป็นหนึ่งในสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย สร้างรายได้รองจากโคและสุกร การเลี้ยงไก่จึงเป็นอาชีพที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย [1] การเลี้ยงไก่โดยเฉพาะในขั้นตอนการฟักไข่ไปตามธรรมชาติ มีข้อจำกัดหลายประการ เนื่องจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิและความชื้นที่ส่งผลต่ออัตราการฟักไข่ และปริมาณผลผลิตที่ได้รับ ดังนั้นเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่จึงหาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพ และลดความเสี่ยงจากการพึ่งพาธรรมชาติ ด้วยการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการฟักไข่

เครื่องฟักไข่ไก่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ ส่งผลให้ได้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้นภายในพื้นที่จำกัด โดยองค์ประกอบที่สำคัญในการฟักไข่ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น การกลับไข่ และการระบายอากาศ ซึ่งหากควบคุมได้อย่างเหมาะสมจะส่งผลต่อความสำเร็จของกระบวนการฟักไข่ [2] อีกหนึ่งปัจจัยสำคัญ คือ การตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่ ซึ่งโดยปกติจะใช้วิธีส่องไข่ไก่ด้วยแสงสว่าง เพื่อประเมินการเจริญเติบโตของเชื้อภายในไข่ไก่ ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ตรวจสอบ ซึ่งอาจเกิดความคลาดเคลื่อน และความผิดพลาด เทคโนโลยีของตู้สำหรับการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่และฟักไข่ไก่ที่มีขายตามท้องตลาด สามารถทำได้เพียงการควบคุมจากแผงควบคุมหน้าตู้โดยตรง ได้แก่ การปรับอุณหภูมิ ความชื้น และต้องคอยเฝ้าติดตามสถานะการต่าง ๆ จากหน้าตู้ว่าไข่ไก่เป็นอย่างไรบ้าง เพื่อป้องกันการเกิดปัญหา ยกตัวอย่างเช่น ความร้อนหรือความชื้นไม่คงที่ เนื่องจากสภาพแวดล้อมภายนอกเข้ามารบกวน

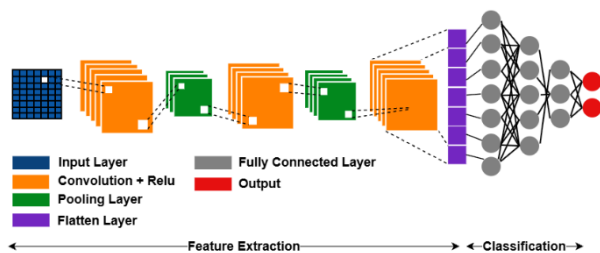
ดังนั้น จึงได้ออกแบบและสร้างตู้ตรวจสอบเชื้อและฟักไข่อัตโนมัติสามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และการกลับไข่ได้ มีกล้องเว็บแคม (Webcam) ความละเอียด 1080 พิกเซล (Pixel) สำหรับตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่ด้วยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน รองรับทั้งโหมดอัตโนมัติและโหมดควบคุมด้วยผู้ใช้งาน ซึ่งระบบควบคุมอัตโนมัติทำงานบนบอร์ด Raspberry Pi 4 และบอร์ด ESP32 ซึ่งเชื่อมต่อกับเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อเก็บและส่งข้อมูลสภาพแวดล้อมไปยังฐานข้อมูล สามารถตรวจสอบสถานะ และควบคุมจากผู้ใช้งานผ่านเว็บแอปพลิเคชัน (Web

Application) ที่พัฒนาด้วยรีแอค (React) เป็นจุดเด่นที่ทำให้งานวิจัยนี้มีความแตกต่างจากเครื่องฟักไข่ที่มีขายตามท้องตลาดในปัจจุบัน ซึ่งอาศัยชุดควบคุมการทำงานแบบปกติทั่วไป ผู้ตรวจสอบเชื้อและฟักไข่อัตโนมัติที่สร้างขึ้นมีกล้องที่สามารถดูสภาพแวดล้อมภายในตู้ สามารถบันทึกข้อมูลการตรวจสอบเชื้อเป็นข้อมูลรูปภาพ แสดงการเจริญเติบโตของเชื้อในไข่ไก่ได้อย่างชัดเจน ในหัวข้อถัดไปนำเสนอทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หัวข้อที่ 3 นำเสนอการออกแบบตู้สำหรับการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่และฟักไข่แบบอัตโนมัติควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน หัวข้อที่ 4 นำเสนอการทดลองและผลการทดลอง และหัวข้อสุดท้ายสรุปผล

## 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน

โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network) เป็นโครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งในกลุ่มแนวคิดทางชีววิทยา (Bio-inspired) โดยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันจะจำลองการมองเห็นของมนุษย์ที่มองเห็นที่เป็นที่ย่อย ๆ และนำกลุ่มของพื้นที่นั้นมาผสมกัน เพื่อตรวจสอบสิ่งที่เห็นอยู่ว่าเป็นอะไร โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน [3] ดังรูปที่ 1 โครงสร้างในลักษณะนี้สามารถรับข้อมูลผ่านชั้นรับข้อมูล (Input Layer) แบบสองมิติได้ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการแยกคุณลักษณะเฉพาะ (Feature Extraction) ของข้อมูล ได้แก่ ชั้นคอนโวลูชันที่ทำงานร่วมกับฟังก์ชัน ReLU (Rectified Linear Unit) (Convolution Layer) ชั้นการปรับขนาดข้อมูล (Pooling Layer) และชั้นการแปลงข้อมูลจากหลายมิติเป็นหนึ่งมิติ (Flatten Layer) สำหรับนำไปสู่การจำแนกข้อมูล (Classification) ด้วยการนำข้อมูลมาเชื่อมต่อกันแบบสมบูรณ์ (Fully Connected Layer) สำหรับการแสดงผล (Output)



รูปที่ 1 โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน

### 2.2 เมทริกซ์ความสับสน

เมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) คือ ตารางที่ประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมการจำแนกประเภทด้วยเมทริกซ์ ซึ่งใช้ค่าเป้าหมายเพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่คาดการณ์จากการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) [4] รูปที่ 2 เมทริกซ์ความสับสนประกอบด้วย คลาสจริงของข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ (Actual Values) และคลาสที่ทำนายได้ (Predicted Values) แต่ละแถวในเมทริกซ์แสดงถึงคลาสที่ทำนาย และแต่ละคอลัมน์แสดงถึงคลาสที่เกิดขึ้นจริง ค่าของเมทริกซ์ความสับสน ได้แก่ TP (True Positive) คือ สิ่งที่ทำนายตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง ในกรณีทำนาย

ว่าจริงและสิ่งที่เกิดขึ้นเป็นจริง TN (True Negative) คือ สิ่งที่ทำนายตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้น ในกรณีทำนายว่าไม่จริงและสิ่งที่เกิดขึ้นไม่จริง FP (False Positive) คือ สิ่งที่ทำนายไม่ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้น คือทำนายว่าจริงแต่สิ่งที่เกิดขึ้นไม่จริง และ FN (False Negative) คือ สิ่งที่ทำนายไม่ตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง โดยทำนายว่าไม่จริงแต่สิ่งที่เกิดขึ้นเป็นจริง

|               | Predicted Values |    |
|---------------|------------------|----|
|               | TP               | FN |
| Actual Values | FP               | TN |

รูปที่ 2 ลักษณะของเมทริกซ์ความสับสน

นอกจากนี้ เมทริกซ์ความสับสนนำมาใช้หาค่าความแม่นยำ (Precision) และค่าความไว (Sensitivity) ค่าเฉลี่ยโดยค่าความแม่นยำมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 เมื่อค่ายิ่งเข้าใกล้ 1 แสดงว่าโมเดล (Model) ทำนายผลได้แม่นยำมาก ค่าความแม่นยำแทนด้วย  $P$  คำนวณดังสมการที่ 1 [5]

$$P = \frac{TP}{TP + FP} \quad (1)$$

ค่าความไว คือ ค่าที่ได้ทำการคำนวณคำตอบจริง แล้วนำมาตรวจสอบว่าโมเดล ตอบถูกจริงกลับมาเท่าไร โดยค่าความไวจะมีค่า Hit Rate อยู่ระหว่าง 0-1 เมื่อค่ายิ่งเข้าใกล้ 1 แสดงว่าโมเดลทำนายผลได้ไวมาก และค่าเฉลี่ยความไวแทนด้วย  $R$  สามารถคำนวณดังสมการที่ 2

$$R = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

ค่า F1-score คือ ค่าความแม่นยำและค่าความไวผสานเป็นเมทริกซ์เดียว [5] มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 เมื่อค่ายิ่งเข้าใกล้ 1 แสดงว่าโมเดลทำนายผลได้แม่นยำมาก ค่าเฉลี่ย  $F1 - Score$  สามารถคำนวณดังสมการที่ 3

$$F1 - Score = 2 \left( \frac{P \times R}{P + R} \right) \quad (3)$$

### 2.3 การตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่

วิธีการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่ จะใช้แสงไฟจากหลอดไส้ในกล่องหรือกระบอกที่สามารถบังคับให้มีแสงสว่างออกมาเพียงด้านเดียว เมื่อนำไข่ไปแนบบริเวณรูที่แสงออกจะไม่มีแสงสว่างมารบกวน และไม่ควรให้แสงสว่างมากเกินไปเพราะอาจทำให้เกิดความร้อน จนนำไปสู่ความเสียหายต่อตัวอ่อนของลูกไก่ได้ ดังนั้น ควรทำด้วยความระมัดระวัง และใช้เวลาให้น้อยที่สุด การตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่ มีวัตถุประสงค์เพื่อแยกไข่มีเชื้อและไม่มีเชื้อสามารถทำได้หลังจากแม่ไก่ออกไข่แล้วเป็นเวลา 15-18 ชั่วโมง แต่เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่จะนิยมทำเพียงครั้งเดียว ระยะเวลาประมาณวันที่ 3

ของการปักไข่เปลือกสีขาว และวันที่ 5 ของการปักไข่เปลือกสีน้ำตาล ซึ่งไข่ที่มีเปลือกสีขาวจะส่องเห็นเชื้อได้ง่ายกว่าไข่ที่มีเปลือกสีน้ำตาล [6]

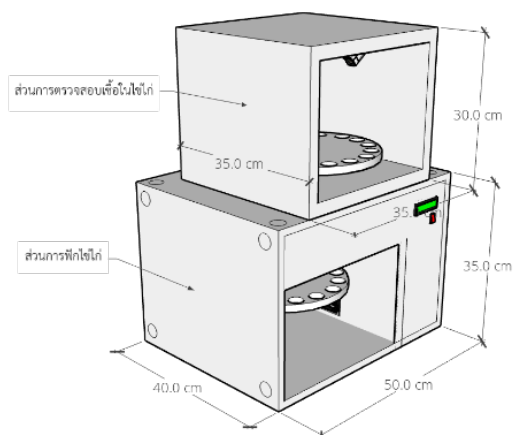
## 2.4 การปักไข่ไก่

การปักไข่ไก่ คือ การปักตัวอ่อนภายนอกตัวแม่ไก่ให้เจริญเติบโต แตกต่างจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ในบรรดาสัตว์ที่ปักไข่ สัตว์ปีกเป็นเพียงชนิดเดียวที่มีการให้ความอบอุ่น และดูแลลูกหลังจากการฟักออกจากไข่ ยกเว้นนกบางชนิดที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ในการปักไข่ เมื่อมนุษย์เลี้ยงสัตว์ปีกเพื่อผลิตเนื้อและไข่จำนวนมาก จึงทำให้เกิดการพัฒนาวิธีการปักไข่มากขึ้นด้วย วิธีการปักไข่ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ การให้แม่พันธุ์สัตว์ปีกฟักตามธรรมชาติ และการใช้เครื่องปักไข่ไฟฟ้า ในปัจจุบันมีการพัฒนาเป็นอุตสาหกรรม มีการปักไข่จำนวนมากต่อครั้งในโรงปักไข่ที่ทันสมัย โดยใช้เครื่องปักแบบเข้าออกทางเดียวที่ไม่มีการย้อนกลับ หรือใช้ระบบปักแบบต่อเนื่อง การปักรูปแบบใหม่รองรับการปักไข่ที่มีอายุต่าง ๆ ในตู้ปักเดียวกัน มีเทคโนโลยีการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในตู้ปัก และสามารถกำหนดระยะเวลาในการปักตามชนิดของไข่ ช่วยลดความสูญเสียในการปักไข่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [7]

## 3. การออกแบบตู้สำหรับการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่และปักไข่ไก่แบบอัตโนมัติควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

### 3.1 การออกแบบตู้สำหรับการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่และปักไข่ไก่แบบอัตโนมัติ

ตู้สำหรับการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่และปักไข่ไก่แบบอัตโนมัติ ออกแบบให้มีขนาดความสูง 65 เซนติเมตร ความกว้าง 40 เซนติเมตร และความยาว 50 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3 โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่ และส่วนสำหรับปักไข่ไก่แบบอัตโนมัติ โครงสร้างเลือกใช้พลาสติก (Plaswood) หรือฟิวซีโฟม (PVC Foam Sheet) ที่ทนต่อความร้อน ความชื้นได้ดี มีความแข็งแรง และทึบแสง ดังรูปที่ 4



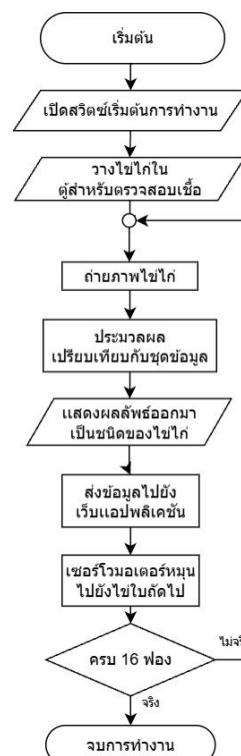
รูปที่ 3 การออกแบบตู้สำหรับการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่และปักไข่ไก่



รูปที่ 4 ตู้สำหรับการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่และปักไข่ไก่ที่สร้างขึ้น

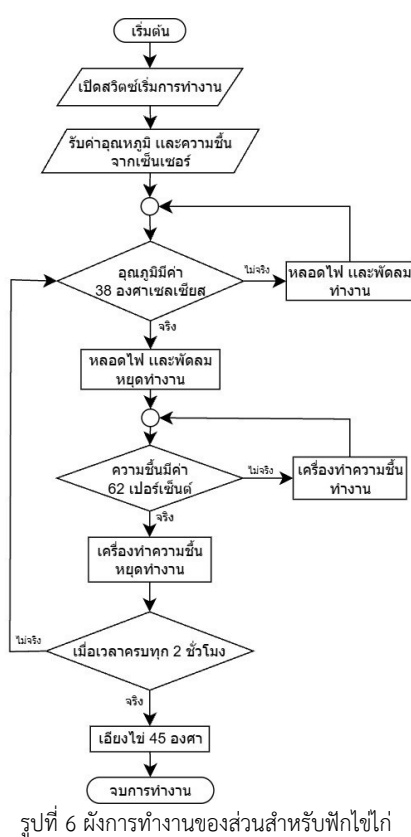
### 3.2 การทำงานของตู้สำหรับการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่และปักไข่ไก่แบบอัตโนมัติควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

การทำงานของตู้สำหรับการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่และปักไข่ไก่แบบอัตโนมัติควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน แบ่งเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วยส่วนตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่ มีผังงานที่ใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบอร์ด Raspberry Pi 4 ดังรูปที่ 5 เริ่มต้นจากการเปิดเครื่อง ถ่ายภาพประมวลผลเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลต้นฉบับ ส่งผลลัพธ์ของการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่ไปแสดงยังเว็บแอปพลิเคชัน และสั่งให้เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) ที่รองรับการหมุน 360 องศา หมุนเพื่อทำการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่ใบถัดไปจนครบทั้ง 16 ฟอง โดยระยะเวลาในการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่แต่ละครั้งจะใช้เวลาในการตรวจสอบประมาณ 3-5 นาที



รูปที่ 5 ผังการทำงานของส่วนตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่

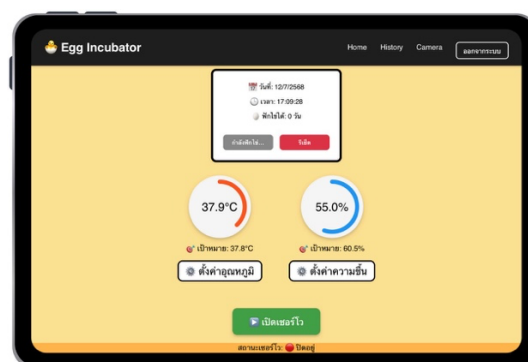
ส่วนฟักไข่ไก่ มีฝั่งงานที่ใช้ควบคุมการทำงานบนบอร์ด ESP32 แสดงดังรูปที่ 6 เริ่มต้นจากเปิดเครื่อง รับค่าอุณหภูมิและความชื้นจากเซ็นเซอร์ DHT22 นำมาแสดงผลที่หน้าเว็บแอปพลิเคชัน ถ้าค่าอุณหภูมิเท่ากับ 38 องศา และความชื้นเท่ากับ 64 เปอร์เซ็นต์ จะหยุดทำงาน แต่ถ้ามีค่าต่ำกว่าหลอดไฟ พัดลม และเครื่องทำความชื้นจะทำงานตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง กลไกการเอียงถาดใส่ไข่ไก่จะหมุน 45 องศา จากแนวระนาบด้วยเซอร์โวมอเตอร์ที่รองรับการหมุน 180 องศา ซึ่งเซอร์โวมอเตอร์มีรูปแบบการหมุนดังนี้ เริ่มต้นที่ 90 องศา (ตำแหน่งตรงกลาง) ต่อไปหมุนไป 135 องศา (ไปทางขวา) ต่อไปกลับมา 90 องศา ถัดไปหมุนไป 45 องศา (ไปทางซ้าย) และกลับมาที่ 90 องศา เป็นการจบการทำงาน 1 รอบ



รูปที่ 6 ฝั่งการทำงานของส่วนสำหรับฟักไข่ไก่

การสื่อสารข้อมูลจากเซ็นเซอร์กับฐานข้อมูลบนเครื่องแม่ข่าย (Server) จะส่งผ่านบอร์ด ESP32 ที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยข้อมูลที่ตรวจวัดได้ เช่น อุณหภูมิและความชื้นจะส่งผ่านโปรโตคอล (Protocol) HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) ในรูปแบบส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ (Application Program Interface) เก็บลงฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการแสดงผลและประมวลผลต่อไป เว็บแอปพลิเคชันพัฒนาด้วยรีแอค ซึ่งเป็นไลบรารี JavaScript ที่พัฒนาโดย Facebook มีจุดเด่นในการสร้างส่วนต่อประสานผู้ใช้ หน้าเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาสำเร็จแสดงดังรูปที่ 7 สามารถแสดงข้อมูลที่รับจากเซ็นเซอร์ มีปุ่มควบคุมการทำงานของระบบ เช่น การตั้งค่าอุณหภูมิ และการสั่งเปิด-

ปิด กลไกการเอียงถาดใส่ไข่ไก่ให้หมุน 45 องศาจากแนวระนาบ กล้องเว็บแคมภายในตู้ฟักไข่ไก่ รวมถึงส่วนของการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่



รูปที่ 7 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน

#### 4. การทดลองและผลการทดลอง

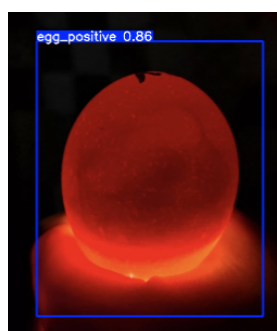
การทดลอง แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) การทำงานของเว็บแอปพลิเคชัน 2) การทำงานของส่วนตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่ และ 3) การทำงานของส่วนสำหรับฟักไข่ไก่

ตารางที่ 1 การทดลองการทำงานของเว็บแอปพลิเคชัน

| การทดลอง                                  | Android        |                 | iOS            |                 | Windows        |                 |
|-------------------------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
|                                           | Version 14.0   |                 | Version 18.4.1 |                 | Version 11     |                 |
|                                           | สำเร็จ (ครั้ง) | ผิดพลาด (ครั้ง) | สำเร็จ (ครั้ง) | ผิดพลาด (ครั้ง) | สำเร็จ (ครั้ง) | ผิดพลาด (ครั้ง) |
| เข้าสู่ระบบ                               | 100            | 0               | 100            | 0               | 100            | 0               |
| แสดงข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นจากเซ็นเซอร์ | 95             | 5               | 95             | 5               | 95             | 5               |
| ปรับอุณหภูมิ (0-100 องศา)                 | 100            | 0               | 100            | 0               | 100            | 0               |
| ปรับความชื้น (0-100 เปอร์เซ็นต์)          | 100            | 0               | 100            | 0               | 100            | 0               |
| เปิด-ปิดการฟักไข่ไก่                      | 100            | 0               | 100            | 0               | 100            | 0               |
| แสดงผลการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่             | 100            | 0               | 100            | 0               | 100            | 0               |
| แสดงสภาพแวดล้อมในตู้ฟักไข่ไก่             | 100            | 0               | 100            | 0               | 100            | 0               |

ส่วนที่ 1 การทดลองการทำงานของเว็บแอปพลิเคชัน สามารถควบคุมการทำงานของตู้ได้ผ่านทางเว็บแอปพลิเคชันที่ทำงานอยู่บนระบบปฏิบัติการที่ต่างกัน เช่น แอนดรอยด์ (Android) ไอโอเอส (iOS) และวินโดวส์ (Windows) ซึ่งเน้นในส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานว่ามีผลลัพธ์ตรงกับสมมติฐานหรือไม่ จำนวน 100 ครั้ง

จากตารางที่ 1 พบว่าระบบปฏิบัติการทั้ง 3 ระบบ พบข้อผิดพลาดเล็กน้อยจากการแสดงผลข้อมูลจากเซนเซอร์ จำนวน 5 ครั้ง ซึ่งข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นนี้มาจากการส่งข้อมูลจำนวนมาก จากเซนเซอร์ไปยังเครื่องแม่ข่าย และระบบฐานข้อมูล ส่งผลให้การแสดงผลไม่สอดคล้องกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันหรือช้ากว่าเล็กน้อยในบางครั้ง



รูปที่ 8 การตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกเชื้อในไข่ไก่

ส่วนที่ 2 การทดลองการทำงานของส่วนตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่ โดยการตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกเชื้อในไข่ไก่ ดังรูปที่ 8 กระบวนการการเรียนรู้ของเครื่องนี้อาศัยชุดข้อมูลเรียนรู้ (Training Set) ที่เป็นภาพของไข่ไก่ จำนวน 2 ประเภท ได้แก่ ไข่ไก่ที่มีเชื้อ จำนวน 100 ภาพ และไข่ไก่ที่ไม่มีเชื้อ จำนวน 100 ภาพ นำเข้าสู่โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน และตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกไข่ไก่ ครั้งละ 1 ฟองต่อประเภท

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่

| ประเภทของไข่ไก่     | ถูกต้อง (ครั้ง) | ไม่ถูกต้อง (ครั้ง) |
|---------------------|-----------------|--------------------|
| ไข่ไก่ที่มีเชื้อ    | 96              | 4                  |
| ไข่ไก่ที่ไม่มีเชื้อ | 97              | 3                  |

จากตารางที่ 2 ผลการทดลองการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่ และการจำแนกประเภทของไข่ไก่ พบว่าการจำแนกประเภทไข่ไก่มีความถูกต้องสูง และมีความผิดพลาดเพียงเล็กน้อย เนื่องจากลักษณะไข่ที่มีความคล้ายคลึงกัน นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดในเรื่องมุมมองถ่ายภาพจากกล้องเว็บแคม ที่ใช้ตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่ ซึ่งบางครั้งอาจไม่ชัดเจนเพราะเชื้อในไข่ไก่จะมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา ทำให้บางครั้งเกิดการประมวลผลผิดพลาด

เมทริกซ์ความสับสนของการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่ ดังรูปที่ 9 สามารถหาค่าความแม่นยำ และ F1-score ได้ค่าเท่ากับ 1 และ 1 ตามลำดับ

โดยผลที่ได้จากเมทริกซ์ความสับสนทำให้ค่าความแม่นยำ และ F1-score มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบของงานวิจัยนี้ มีประสิทธิภาพที่ดี

|              |   |   |
|--------------|---|---|
| Egg Negative | 1 | 0 |
| Egg Positive | 0 | 1 |

รูปที่ 9 เมทริกซ์ความสับสนของการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่

ส่วนที่ 3 การทดลองการทำงานของส่วนสำหรับฟักไข่ไก่ นำผู้ที่สร้างขึ้นไปทดลองฟักไข่เป็นระยะเวลา 21 วัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3 พบว่าเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ทำให้ไฟฟ้าขัดข้องหรือสัญญาณอินเทอร์เน็ตขัดข้องอุปกรณ์ทั้งหมดจะหยุดทำงาน โดยไม่เกิดความเสียหายใด ๆ และเมื่อมีการจ่ายไฟฟ้าหรือสัญญาณกลับมาก็จะกลับมาทำงานตามปกติ และส่วนของการทำงานตามคำสั่งจากเว็บแอปพลิเคชัน สามารถควบคุมการทำงานได้ไม่ผิดพลาด ดังนั้น การทดลองการทำงานของส่วนสำหรับฟักไข่ไก่สามารถทำงานได้บรรลุตามวัตถุประสงค์

ตารางที่ 3 การทดสอบส่วนสำหรับการฟักไข่ไก่

| การทดลอง                                                                                                                                                        | สำเร็จ (ครั้ง) | ไม่สำเร็จ (ครั้ง) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------|
| การทำงานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ได้แก่ Raspberry Pi 4 และบอร์ด ESP32 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT22 พัดลมกระแสตรง แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ กล้องเว็บแคม และรีเลย์ |                |                   |
| กำหนดอุณหภูมิของหลอดไส้ แสงสีเหลือง ขนาด 60 วัตต์ ไม่เกิน 37.8 องศา                                                                                             | 100            | 0                 |
| ตั้งค่าความชื้นไม่เกิน 60.5%RH                                                                                                                                  | 100            | 0                 |
| กำหนดให้เซอร์โวมอเตอร์ทำงานทุก ๆ 2 ชั่วโมง                                                                                                                      | 100            | 0                 |
| การทำงานตามคำสั่งจากเว็บแอปพลิเคชัน                                                                                                                             | 100            | 0                 |

## 5. สรุปผล

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างตู้สำหรับการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่และฟักไข่ไก่แบบอัตโนมัติควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน โดยมีการทดลอง แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) การทำงานของเว็บแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการทั้ง 3 ระบบ พบข้อผิดพลาดเล็กน้อยจากการแสดงผลข้อมูลจากเซนเซอร์ เนื่องจากการส่งข้อมูลจำนวนมาก 2) การทำงานของส่วนตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่ มีข้อผิดพลาดเล็กน้อยจากลักษณะไข่ไก่ที่คล้ายคลึงกันและมุมมองถ่ายภาพจากกล้องเว็บแคม และ 3) การทำงานของส่วนสำหรับฟักไข่ไก่แบบอัตโนมัติ เมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับหรือสัญญาณอินเทอร์เน็ตขัดข้อง ระบบจะหยุดทำงานชั่วคราวแต่อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์จะไม่เสียหาย และสามารถกลับมาทำงานได้ตามปกติเมื่อสัญญาณกลับมา



และมีอัตราการฟักไข่ไก่สำเร็จร้อยละ 70 เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีต้นทุนต่ำเพียงพอต่อการใช้งานทั่วไป ดังนั้น การทดลองการทำงานของตู้สำหรับการตรวจสอบเชื้อในไข่ไก่และฟักไข่ไก่แบบอัตโนมัติควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ฟักไข่เป็นระยะเวลา 21 วัน สามารถทำงานได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ช่วยให้เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่สามารถฟักไข่ไก่ได้ในทุกสภาพอากาศ ทุกสภาพแวดล้อม และอำนวยความสะดวกจากการควบคุมการทำงานผ่านเว็บแอปพลิเคชันได้

### เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน). “วงจรชีวิตของสัตว์ปีก.” สวก. Accessed: July. 6, 2025. [Online.] Available: <https://www.arda.or.th/detail/6360>
- [2] D. Zakaria, M. B. Hamzah, D. S. Nazhif, R. B. Prayudha, M. R. Wahid, A. Ramelan, M. H. Muttaqin, and A. Nugraha, "Egg incubator control system: A review," *J. of Elect., Electron., Inf., and Commun. Technol.*, vol. 5, no. 1, 2023.
- [3] M. M. Taye, "Theoretical understanding of convolutional neural network: Concepts, architectures, applications, future directions," *Comput.*, vol. 11, no. 3, p. 52, Mar. 2023.
- [4] K. Riehl, M. Neunteufel, and M. Hemberg, "Hierarchical confusion matrix for classification performance evaluation," *J. of Roy. Statist. Soc. Ser. C: Appl. Statist.*, vol. 72, no. 5, pp. 1394–1412, Nov. 2023.
- [5] T. Methamaniyanon, T. Namman, S. Ploykhoksoong, K. Rusmee, and S. Prongnuch, "Low-Cost Embedded Solution for Traffic Sign Recognition on Thailand's Asian Highways," in *Proc. of Int. Conf. on Bus. and Ind. Res.*, Bangkok, Thailand, May 2025.
- [6] L. K. S. Tolentino, R. A. Alpay, A. J. Grutas, S. J. Salamanes, R. J. Sapiandante, and M. Vares, "An automated egg incubator with Raspberry Pi-based camera assisted candling and R-CNN-based maturity detection," *Int. J. of Comput. and Digit. Syst.*, vol. 11, no. 1, pp. 303-313, 2022.
- [7] J. Poolwan, B. Sripan, and S. Kingthong, "Development of automatic temperature and humidity control systems for eggs incubators with internet of thing technology," *RMUTSB Academic J.*, vol. 9, no. 2, pp. 225–236, 2021.