

## การพัฒนาเครื่องฟักไข่สำหรับการตรวจหาตัวอ่อนในไข่ไก่ โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัล

### Development of Egg Incubator for Detecting Embryos in Chicken Eggs Using Digital Image Processing Techniques

วิสิทธิ์ ลุมชนะเนา<sup>1\*</sup> ณัฐวุฒิ พจนปริญญา<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

<sup>2</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

Wisit Lumchanao<sup>1\*</sup> Nuttawut Potprarinaya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Electronics Technology, Faculty of Industrial Technology,  
Buriram Rajabhat University

<sup>2</sup>Department of Electrical Engineering Technology, Faculty of Industrial Technology,  
Buriram Rajabhat University

\*Corresponding author: E-mail: wisit.lc@bru.ac.th

#### บทคัดย่อ

การพัฒนานวัตกรรมเครื่องฟักไข่ในปัจจุบันยังขาดประสิทธิภาพในการตรวจหาตัวอ่อนภายในไข่ไก่ เพื่อคัดแยกไข่ที่ไม่มีเชื้อตัวอ่อนในไข่ออกจากตัวเครื่องฟักไข่หลังจากการฟักไข่ผ่านมาแล้วในช่วง 1-9 วัน เพื่อลดปัญหาการเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H<sub>2</sub>S) ของไข่ฟองอื่น ๆ ที่อยู่ภายในเครื่องฟักไข่ในช่วงระยะเวลาการฟักไข่ จำนวน 18 วัน การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องฟักไข่สำหรับการตรวจหาตัวอ่อนในไข่ไก่โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัล และ 2) เพื่อหาประสิทธิภาพการฟักไข่จากเครื่องมือที่สร้างขึ้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชุดเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นระบบควบคุมการกลับไข่โดยใช้มอเตอร์เกียร์และชุดกล้องจับภาพนิ่ง ผลการวิจัย พบว่า การประมวลผลภาพดิจิทัลข้อมูลภาพระดับสีเทาจะแสดงผลในกรณีที่ไม่มีเชื้อตัวอ่อนภายในไข่ และข้อมูลภาพระดับสีด้าจะแสดงผลในกรณีมีเชื้อตัวอ่อนภายในไข่อยู่ในช่วงระยะเวลาการฟักไข่ 9-18 วัน ผลการทดลองระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น พบว่า ระบบสามารถปรับค่าอุณหภูมิด้วยระบบอัตโนมัติ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 34-37.8 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์มีค่าอยู่ในช่วง 65-69 เปอร์เซ็นต์ และผลการทดลองหาประสิทธิภาพการฟักไข่จำนวน 48 ฟอง พบว่า มีค่าเฉลี่ยไข่ที่อุดมสมบูรณ์ 45 ฟอง ไข่ที่ไม่อุดมสมบูรณ์ 3 ฟอง ไข่ที่มีรอยแตกราว 0 ฟอง ไข่เน่าเสีย 0 ฟอง และอัตราการฟัก 93.75 เปอร์เซ็นต์

**คำสำคัญ:** เครื่องฟักไข่ ระบบควบคุมอัตโนมัติ ระบบการประมวลผลภาพดิจิทัล

#### ABSTRACT

The development of the innovation of egg incubator at the present still lacks effectiveness in detecting embryos inside eggs for separating the eggs without embryos from the incubator after the incubation period of 1 to 9 days and for reducing the problem of hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) from the other eggs inside the incubator in their incubation period of 18 days. The objectives of this research were: 1) to design and construct the egg incubator for detecting embryos in chicken eggs by using digital image processing techniques and 2) to find the effectiveness of the constructed incubator. The research tools were: a temperature and humidity sensor set, an egg turning control system using an electric gear motor, and a still image camera set. The research results showed that the digital image processing system displayed in white color when detecting the eggs without embryos and it displayed in black color when detecting the eggs with embryos during the incubation period of 9 to 18 days. The results

from the experiment on the temperature and humidity control system revealed that the temperature value of the system could be adjusted by its automatic system with a value in the range of 34°C-37.8°C and the humidity value with the range 65 to 69%. And the results gained from the experiment on the effectiveness of egg hatching of 48 eggs showed that on average, 45 fertile eggs, 3 infertile eggs, 0 cracked egg, 0 rotten egg, and 93.75% of hatchability rate were found.

**Keyword:** Egg incubator, automatic control system, digital image processing system.

## 1. บทนำ

ในปัจจุบันการเพาะเลี้ยงไก่เป็นอีกอาชีพหนึ่งของคนไทยที่นิยมเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่ ไก่เหลืองหางขาวบินทร์ ไก่แดงสุราษฎร์ ไก่ขอนแก่น และไก่สีท่าพระ ล้วนแล้วแต่เป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยในการสร้างมูลค่าของการส่งออกในแต่ละปี [1-2] ซึ่งลักษณะการเพาะเลี้ยงไก่โดยทั่วไปแล้วเป็นวิธีการเพาะเลี้ยงในรูปแบบภูมิปัญญาชาวบ้าน โดยการปล่อยให้มีการฟักไข่ตามธรรมชาติ หรือการใส่ภาชนะห่อหุ้มไข่ไก่ในการฟักจากการศึกษาประสิทธิภาพการฟักไข่ตามธรรมชาติ พบว่า มีผลกระทบต่อการเพาะพันธุ์ไก่ของกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่เนื่องจากสภาพแวดล้อม อุณหภูมิ หรือในกรณีแม่ไก่เหยียบลูกตาย ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการเพาะพันธุ์ไก่โดยตามธรรมชาติของการฟักไข่นั้นอัตราการรอดตายของลูกไก่ คิดเป็นร้อยละ 80 เปอร์เซ็นต์ [3] กระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะพันธุ์ไก่และการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจ ซึ่งในปัจจุบันได้มีผลงานวิจัยหรือผู้พัฒนาคิดค้นเครื่องฟักไข่แบบไม่ต้องอาศัยแม่ไก่ในการฟัก โดยอาศัยเทคโนโลยีมาใช้ในการควบคุมการทำงานภายในเครื่องฟักไข่ให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะประกอบไปด้วยระบบถ่ายเทอุณหภูมิความร้อนโดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric) [4], หลอดไฟ (Light bulb) และฮีตเตอร์ (Heater) [1] ในการสร้างอุณหภูมิความร้อนภายในเครื่องฟักไข่ ระบบความชื้นโดยใช้ชุดหัวพ่นหมอกมาใช้ในการรักษาระดับความชื้นหรือใช้ถาดรองน้ำเพื่อทำหน้าที่ระเหยน้ำที่ด้วยอัตโนมัติ ระบบควบคุมการกลับไข่ ถ้าหากไม่มีระบบกลับไข่จะทำให้ไข่ฟักไม่ออก และระบบระบายอากาศภายในเครื่องฟักไข่ให้มีค่าที่เหมาะสม

จากการศึกษาข้อมูลผลงานวิจัยดังกล่าว พบว่า กระบวนการเพาะพันธุ์ไก่ในการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาพัฒนานวัตกรรมเครื่องฟักไข่ยังขาดประสิทธิภาพในการวิเคราะห์หรือการตรวจหาตัวอ่อนภายในไข่ไก่ ซึ่งกระบวนการฟักไข่นั้น จะประกอบไปด้วยกระบวนการตรวจหาตัวอ่อนภายในไข่ไก่ หลังจากการฟักไข่มานาน

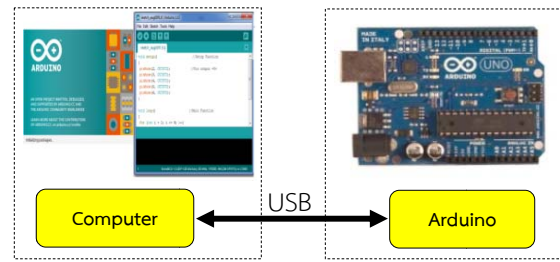
แล้วในช่วง 1-9 วัน ของจำนวนการฟักไข่ทั้งหมด 18 วันเพื่อทำการคัดแยกไข่ไก่ที่ไม่มีเชื้อตัวอ่อนออกจากตัวเครื่องฟักไข่เพื่อลดปัญหาของการเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือเรียกว่าก๊าซไข่เน่าซึ่งเกิดจากไข่ที่ไม่มีน้ำเชื้อทำให้ไม่มีการเจริญเติบโตของตัวอ่อน โดยทั่วไปกลุ่มเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงไก่ใช้วิธีการตรวจหาตัวอ่อนโดยการนำไข่ไก่แต่ละฟองออกจากตัวเครื่องฟักไข่ เพื่อทำการส่องหาเชื้อตัวอ่อนผ่านแสงไฟ ซึ่งจะทำให้ใช้ระยะเวลาในการตรวจหาตัวอ่อน โดยทั่วไปเครื่องฟักไข่ที่มีการจัดจำหน่ายตามท้องตลาดในปัจจุบันยังขาดประสิทธิภาพในการตรวจหาตัวอ่อน

จากผลการสำรวจและปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้มีแนวความคิดและมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องฟักไข่สำหรับการตรวจหาตัวอ่อนในไข่ไก่ โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัลและเพื่อหาประสิทธิภาพการฟักไข่จากเครื่องมือที่สร้างขึ้น โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยจะประกอบไปด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ระบบควบคุมการกลับไข่ระบบควบคุมการขับเคลื่อนชุดกล้องจับภาพนิ่ง และชุดแสดงผลข้อมูล ซึ่งผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในบทความวิจัยนี้จะสามารถคัดแยกไข่ที่ไม่มีเชื้อตัวอ่อนในไข่ออกจากเครื่องฟักไข่ได้สะดวกรวดเร็วมายิ่งขึ้น ลดปัญหาการเกิดรอยแตกร้าวของไข่ ลดการเกิดก๊าซไข่เน่า

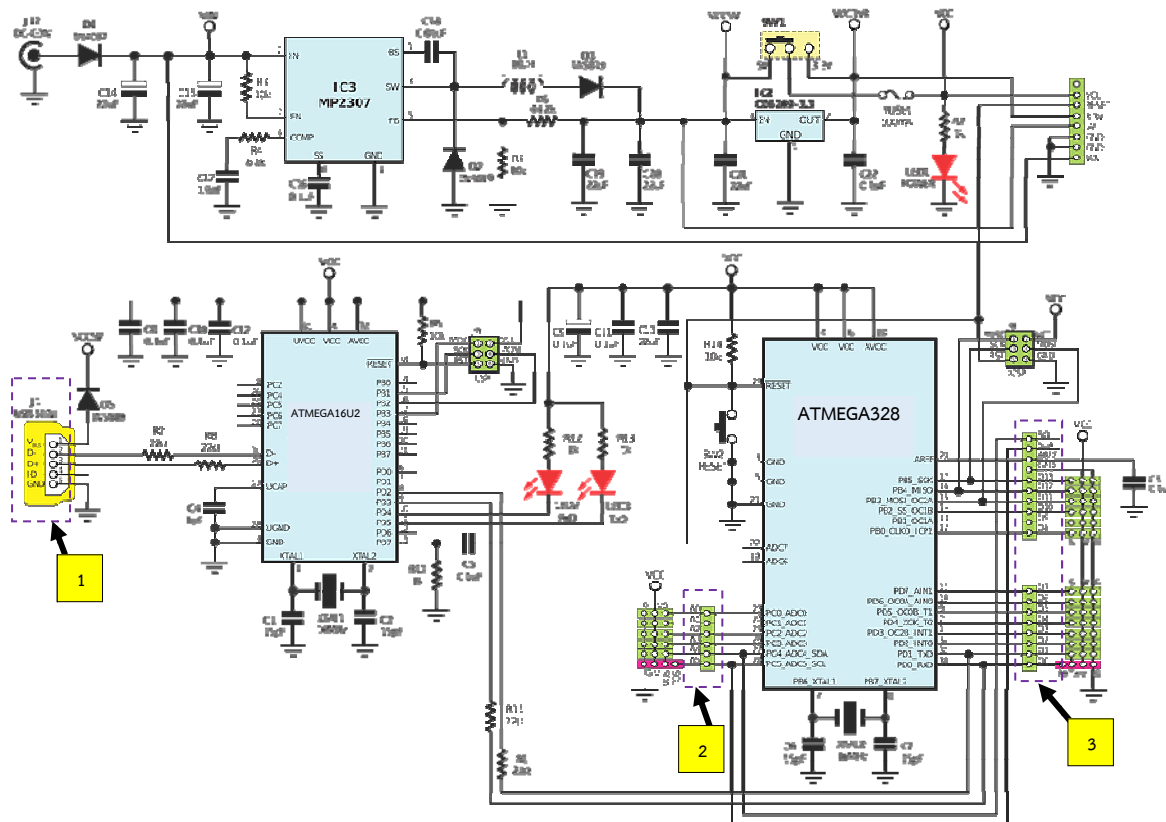
## 2. วัตถุประสงค์ในการวิจัยและวิธีการ

2.1 ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นอุปกรณ์สำหรับการประมวลผลข้อมูลในระบบควบคุมขนาดเล็กซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โครงสร้างภายในจะประกอบไปด้วยซีพียู CPU [5] หน่วยความจำ พอร์ตสำหรับการเชื่อมต่อใช้งาน ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบควบคุม ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างเป็นอิสระ ในบทความวิจัยนี้ได้เลือกใช้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR บอร์ด“อาดูอิน” (Arduino Uno) [6] เป็นระบบ Open Source ที่เหมาะสม

สำหรับการนำมาใช้งานในระบบควบคุมอุณหภูมิ ของการถ่ายเทความร้อน การควบคุมความชื้น เป็นต้น สามารถแสดงวิธีการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Arduino Uno กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Program) ดังรูปที่ 1 และสามารถแสดงลักษณะการเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์บนบอร์ด Arduino Uno ในการนำไปเชื่อมต่อใช้งานผ่านพอร์ตอินพุต (Input) และเอาต์พุต (Output) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 การเชื่อมต่อ Arduino Uno กับ Computer



รูปที่ 2 Arduino Uno Board [7], (1) USB connector, (2) Analog Inputs, (3) Digital I/O port

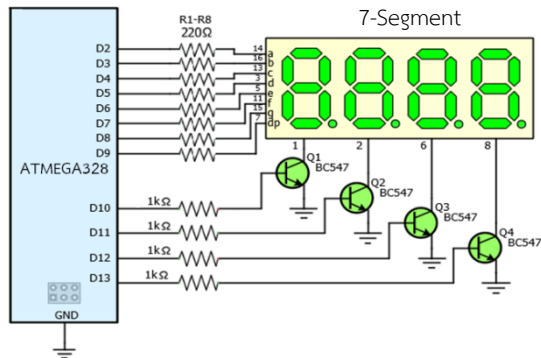
จากรูปที่ 2 เป็นระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งจะประกอบไปด้วย 1) ATmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino Uno 2) ATmega16U2 ทำหน้าที่เชื่อมต่อ ATmega328 กับ Computer ผ่าน USB to Serial 3) I/O Port ได้แก่ Digital I/O ตั้งแต่ขา D0-D13 และช่องรับสัญญาณ Analog ตั้งแต่ขา A0-A5 และ 4) Power Port ใช้สำหรับเป็นไฟเลี้ยงของบอร์ดวงจรภายนอกมีค่าแรงดันไฟฟ้า 3.3 โวลต์ และ 5 โวลต์

2.2 ฮีตเตอร์เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งผู้วิจัยได้นำอุปกรณ์ฮีตเตอร์มาใช้ใน

การวิจัยเพื่อให้ความร้อนหรือการสร้างความร้อนภายในเครื่องฟักไข่ โดยมีหลักการทำงานเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทานจะทำให้ลวดตัวนำร้อนและถ่ายเทความร้อนให้กับโหลต ซึ่งจะกล่าวได้ว่าลวดตัวนำความร้อนต้องมีคุณสมบัติที่ทนความร้อนได้ดีแต่จะมีค่าความนำทางไฟฟ้าต่ำ [1]

2.3 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิความร้อนและความชื้น เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นภายในตัวเครื่องฟักไข่ในบทความวิจัยนี้ได้นำมาควบคุมอุณหภูมิความร้อนให้มีค่าที่เหมาะสมเพื่อทำให้เชื้อตัวอ่อนภายใน

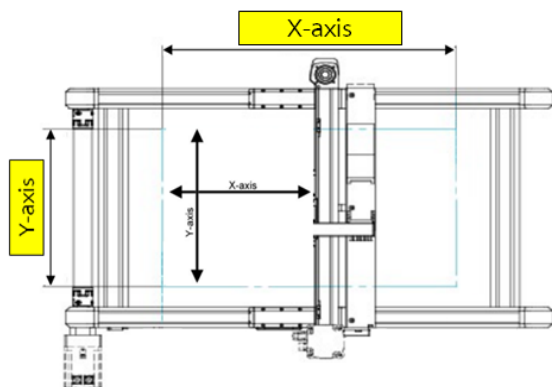
ใช้ไม้สามารถเจริญเติบโตเป็นลูกไม้ได้ โดยจะแสดงผลค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นผ่านจอ (7-Segment Display) ด้วยตัวเลขดิจิทัล (Digital) และจะแสดงวิธีการต่อวงจรใช้งาน 7-Segment (4-digit) ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเชื่อมต่อ Arduino Uno กับ 7-Segment [8]

จากรูปที่ 3 เป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในการควบคุมการแสดงผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ทรานซิสเตอร์ Q1, Q2, Q3 และ Q4 ทำหน้าที่ขยายกระแสไฟฟ้าให้กับ 7-Segment ในแต่ละตัวซึ่งจะเห็นได้ว่า 7-Segment แต่ละตัวจะต่อลงกราวด์ผ่านทรานซิสเตอร์โดยถ้าหากต้องการให้แต่ละ Digit ทำงานจะทำการส่งสัญญาณเพื่อมาควบคุม Digit ที่ต้องการให้แสดงผลข้อมูลเป็น “ON”

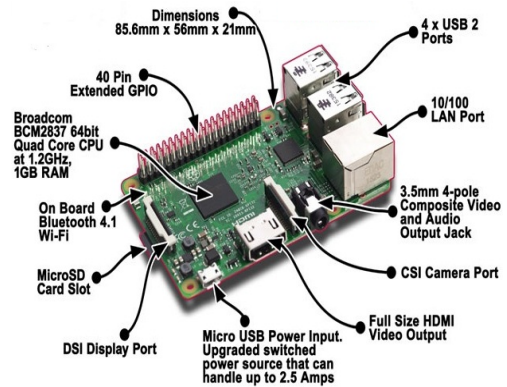
2.4 ระบบการเคลื่อนที่เชิงเส้นตรงสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวแกน X และแกน Y [9] เพื่อทำการขับเคลื่อนที่กล้องถ่ายภาพในการเก็บข้อมูลภาพไข้ไก่เพื่อนำไปวิเคราะห์ตรวจหาเชื้อตัวอ่อนดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 โครงสร้างการขับเคลื่อน XY-axis [10]

2.5 ระบบการประมวลผลภาพดิจิทัล ผู้วิจัยได้เลือกใช้อุปกรณ์บอร์ด Raspberry Pi 3B เนื่องจากมีขนาดความเร็วที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานการประมวลผลภาพ

ดิจิทัล โดยมีขนาดของซีพียู (CPU) Broadcom BCM2837 64bit, Quad-Core ความเร็วขนาด 1.2GHz, หน่วยความจำ RAM ขนาด 1GB พร้อมด้วย Wi-Fi 802.11b/g/n, Bluetooth4.1, USB, Ethernet RJ-4510/100Mbps, HDMI, CSI Camera, DSI Display และ Micro SD Card Slot [11-13] ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 Raspberry Pi board [13-14]

2.6 การเชื่อมต่อโมดูลกล้อง (Raspberry Pi Camera Module) เข้ากับบอร์ด Raspberry Pi โดยมีคุณสมบัติหรือขนาดความละเอียด 5 ล้านพิกเซล ถ่ายวิดีโอระดับ HD ที่ความละเอียด 1080p, 720p และอัตราแสดงผล 30 (1080p), 60 (720p) และ 90 (640x480) เฟรมต่อวินาที แสดงลักษณะการเชื่อมต่อดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 Raspberry Pi camera board [13]

2.7 จอแสดงผล Touch Screen LCD Display ใช้สำหรับแสดงผลภาพการตรวจหาเชื้อตัวอ่อนภายในไข่ไก่ โดยเชื่อมต่อเข้ากับบอร์ด Raspberry Pi ผ่านพอร์ต HDMI และ USB ซึ่งมีขนาดหน้าจอ 7 นิ้วความละเอียดของหน้าจอ 1024x600

2.8 วิธีการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design) เป็นกระบวนการที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานด้วยการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์และการปฏิบัติงานด้านวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถแก้ไขปัญหาทางด้านการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น [15],[16] โดยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีระบบหรือขั้นตอนการออกแบบสามารถแบ่งออกเป็น 4 แบบ [15],[17] ซึ่งในบทความวิจัยนี้ได้นำวิธีการออกแบบทางวิศวกรรมมาเป็นแนวปฏิบัติงานด้านวิศวกรรมศาสตร์ตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์ความต้องการ (Task clarification) เป็นการศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาเพื่อนำไปวิเคราะห์ออกแบบและสร้างเครื่องมือให้สอดคล้องและเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะพันธุ์ไก่มากขึ้น

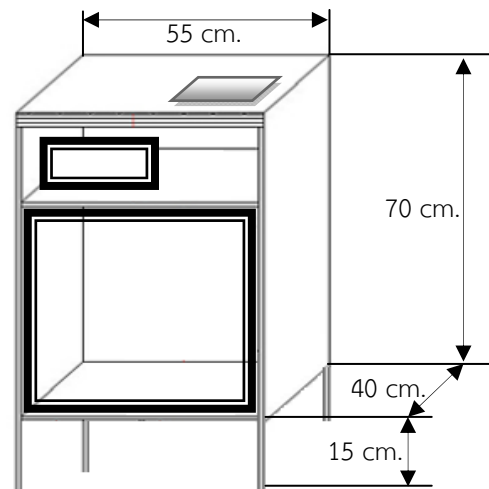
ขั้นตอนที่ 2 แนวความคิดในการออกแบบ (Conceptual design) เป็นการวิเคราะห์โครงสร้างของเครื่องมือตามที่ต้องการออกแบบ เช่น ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัลระบบโครงสร้างหรือโมเดลด้วยการร่างแบบ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการขึ้นรูปทรงหรือรูปร่าง (Embodiment design) เป็นการดำเนินการลงรายละเอียดในการออกแบบในแต่ละส่วนของเครื่องมือ

ขั้นตอนที่ 4 การออกแบบตามรายละเอียด (Detail design) เป็นขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเพื่อนำไปสู่กระบวนการผลิตหรือนำไปสู่กระบวนการวิจัยในการฟักไข่

จากวิธีการออกแบบทางวิศวกรรมซึ่งเป็นลำดับขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ในบทความนี้ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องฟักไข่ สามารถอธิบายหลักการออกแบบระบบควบคุมการหมุนเวียนของอากาศภายในตัวเครื่องได้ว่าปริมาณของอากาศที่เปลี่ยนแปลงภายในเครื่องจะถูกควบคุมด้วยระบบการถ่ายเทความร้อนและขนาดของพัดลมระบายอากาศภายในเครื่อง ซึ่งในระยะแรกของการฟักไข่การเปลี่ยนแปลงก๊าซเกิดขึ้นน้อยเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงระยะที่มีการเจริญเติบโตของลูกไก่จะมีค่ามากขึ้น สามารถสรุปได้ว่าในจำนวนไข่ 100 ฟอง ต้องการออกซิเจนประมาณ 4.5 ลูกบาศก์ฟุต/วันและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาประมาณ 2.5 ลูกบาศก์ฟุต/วัน [18] และด้านวัสดุโดยใช้แผ่นอะคริลิก (Acrylic) มาเป็นส่วนประกอบในการสร้างเครื่องมือ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นพลาสติกที่มีความทนทานง่ายต่อการเคลื่อนที่ และได้รับความนิยมในการนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลายซึ่งเหมาะสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้

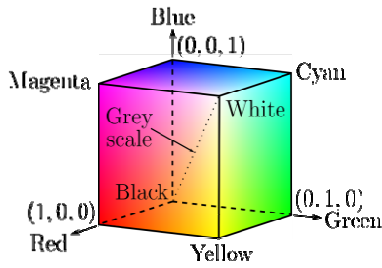
งานในการวิจัยครั้งนี้ สามารถแสดงโครงสร้างของเครื่องมือ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 โครงสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.9 เทคนิควิธีการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing techniques) เป็นเทคนิคที่ใช้การประมวลผลภาพที่อยู่ในรูปแบบสัญญาณภาพดิจิทัลซึ่งจะครอบคลุมถึงสัญญาณวิดีโอ (video) หรือภาพเคลื่อนไหว โดยจะอยู่ในรูปแบบชุดภาพนิ่ง เรียกว่า เฟรม (frame) หลายๆภาพต่อกันไปในแต่ละช่วงเวลาโดยจะเก็บอยู่ในรูปเมทริกซ์ (Matrix) 3 มิติ เช่น ภาพ 3 มิติ ด้านการแพทย์ ด้านการจราจร ด้านหุ่นยนต์กู้ภัย ด้านการเกษตร และภาพหลายชนิด (multimodal image) ในบทความวิจัยนี้ใช้เทคนิควิธีการประมวลผลภาพสำหรับการตรวจหาตัวอ่อนภายในไข่ไก่ โดยมีทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1) การแปลงภาพสีให้เป็นภาพระดับสีเทา (RGB to Gray) เป็นฟังก์ชันที่ใช้สำหรับแปลงค่าภาพสีของตัวอ่อนภายในไข่ไก่ ซึ่งในขั้นตอนแรกจะอยู่ในระบบปริภูมิสีแบบ RGB ในแต่ละพิกเซล (Pixel) ของภาพสีและจะแสดงถึงค่า RGB โดยใช้ฟังก์ชันการแปลงให้เป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) เพื่อจะทำให้ระบบสามารถวิเคราะห์ภาพสีได้ง่ายมากยิ่งขึ้น เนื่องจากภาพระดับสีเทาสามารถวิเคราะห์ค่าความเข้มของสีที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255 โดยภาพระดับสีเทาทั้งหมดจะขึ้นอยู่กับจำนวนบิต เช่น ภาพระดับสีเทามีจำนวน 8 บิต จะมีระดับสีทั้งหมดจำนวน 256 ระดับ ในระบบการประมวลผลภาพจะระบุค่าอยู่ในช่วง [0, 1] หรือ 0-255 [19] จะแสดงพื้นฐานของสีตามลักษณะของลูกบาศก์ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 โมเดลสีแบบ RGB [19]

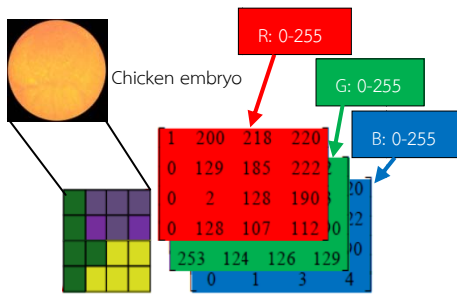
จากรูปที่ 8 กระบวนการแปลงภาพสีให้เป็นภาพระดับสีเทาสามารถพิจารณาขั้นตอนแรกจากการวิเคราะห์ในปริภูมิสีแบบ RGB [20] ได้จากสมการดังนี้

$$I_1(x, y) = \begin{pmatrix} I_R(x, y) \\ I_G(x, y) \\ I_B(x, y) \end{pmatrix} \quad (1)$$

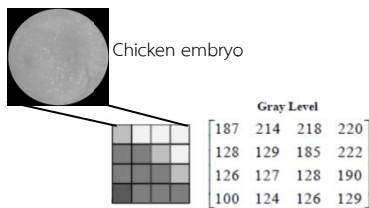
จากสมการที่ (1)  $I_1(x, y)$  เป็นการประมวลผลภาพแบบเวกเตอร์ (Vector) ในการอ่านค่าสีแต่ละพิกเซลที่ตำแหน่ง  $(x, y)$  ในภาพสี  $I_1$  และสามารถรวมสามเวกเตอร์เข้ากับเมทริกซ์  $m$  [20] ได้จากสมการดังนี้

$$M = (I_1(X_R, Y_R), I_1(X_G, Y_G), I_1(X_B, Y_B)) \quad (2)$$

ในกระบวนการแปลงภาพสีให้เป็นภาพระดับสีเทาสามารถแสดงลักษณะแปลงค่าภาพสีและภาพระดับสีเทาดังรูปที่ 9



(ก) ภาพสี (RGB)



(ข) ภาพระดับสีเทา (Grayscale)



(ค) การไล่ระดับความเข้มของภาพระดับสีเทา

รูปที่ 9 ลักษณะแปลงค่าภาพสีและภาพระดับสีเทา [21]

จากรูปที่ 9 (ก) แสดงถึงค่า R แทนระดับสีแดงของจุดพิกเซลที่ต้องการหา G แทนระดับสีเขียวของจุดพิกเซลที่ต้องการหาและ B แทนระดับสีน้ำเงินของจุดพิกเซลที่ต้องการหา (ข) เป็นภาพระดับสีเทา จำนวน 8 บิต อยู่ในช่วง 0-255 และ (ค) แสดงการไล่ระดับความเข้มของภาพระดับสีเทาซึ่งอยู่ระหว่างสีขาวและสีดำอย่างต่อเนื่องกัน ของการแปลงภาพสี (RGB) ให้เป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) [19] สามารถวิเคราะห์ตามสมการดังนี้

$$Y = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B \quad (3)$$

เมื่อ Y คือ ค่าระดับสีเทาของจุดพิกเซลที่ต้องการหา

จากสมการที่ (1) - (3) เป็นฟังก์ชันที่ใช้สำหรับแปลงค่าจากข้อมูลภาพสีของตัวอ่อนภายในไข่ไก่เป็นภาพระดับสีเทา จากกระบวนการดังกล่าวสามารถนำมาวิเคราะห์ในการตรวจหาตัวอ่อนในไข่โดยการปรับภาพให้เหลือเฉพาะสีขาวและสีดำด้วยฟังก์ชันเทรชโฮลด์ (Threshold)

2) ฟังก์ชันเทรชโฮลด์ (Threshold) เป็นฟังก์ชันที่ใช้สำหรับแยกบริเวณของข้อมูลภาพซึ่งจะใช้ข้อมูลภาพในระดับสีเทา (Grayscale) เพื่อทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบไบนารี (Binary) โดยเลือกใช้วิธีการของ Otsu's algorithm [22] ในการแปลงความเข้มของภาพระดับสีเทาเป็นภาพไบนารีโดยใช้เกณฑ์ระดับค่าเทรชโฮลด์ [23],[24] สามารถวิเคราะห์ได้จากสมการดังนี้

$$g(x, y) = 1 \text{ if } f(x, y) \geq \text{Threshold value} \quad (4)$$

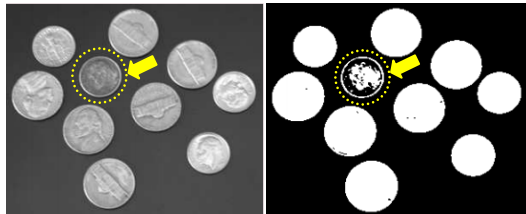
$$g(x, y) = 0 \text{ otherwise}$$

เมื่อ  $f(x,y)$  คือ ตำแหน่งพิกเซลของภาพต้นฉบับ

$g(x,y)$  คือ ตำแหน่งพิกเซลของภาพผลลัพธ์

จากสมการที่ (4) ถ้าหากจุดพิกเซลใดมีค่าความเข้มระดับสีเทาน้อยกว่าค่าเทรชโฮลด์จะมีค่าเป็น 0 ในภาพ

Binary และจุดพิกเซลใดที่มีค่าความเข้มสีเทามากกว่าค่า  
เทรชโฮลด์จะมีค่าเป็น 1 ในภาพ Binary สามารถทดลอง  
ค่าเทรชโฮลด์ดังรูปที่ 10

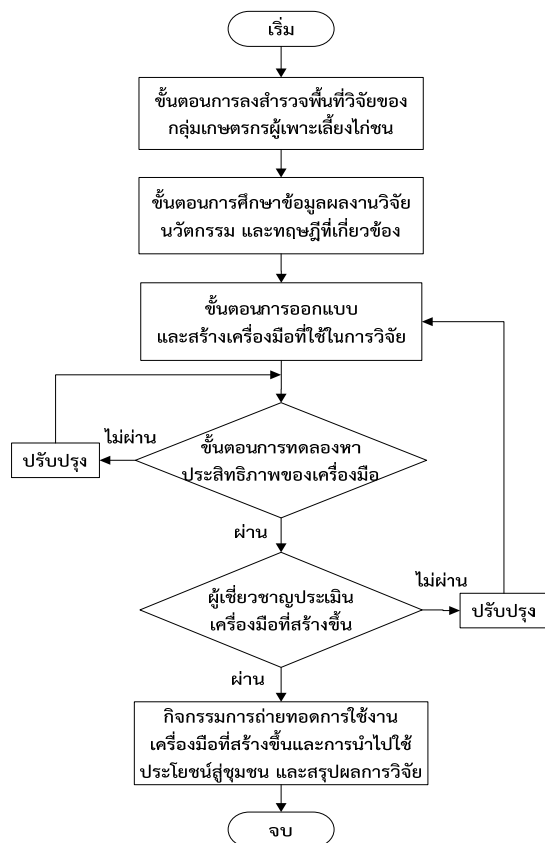


รูปที่ 10 การทดลองค่าเทรชโฮลด์ [23]

จากรูปที่ 10 เป็นการทดลองค่าเทรชโฮลด์โดยใช้ภาพ  
เหรียญที่มีจุดดำและเหรียญปกติ จะเห็นได้ว่าการปรับ  
ค่าเทรชโฮลด์ของภาพให้เหลือเฉพาะสีขาวและสีดำ ซึ่งจะ  
สามารถนำไปใช้งานในการตรวจหาตัวอ่อนในไข่ได้อย่างมี  
ประสิทธิภาพ

### 3. ระเบียบวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการ  
ตามวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย โดยมีระเบียบวิธีการ  
วิจัยตามแผนการวิจัยดังรูปที่ 11

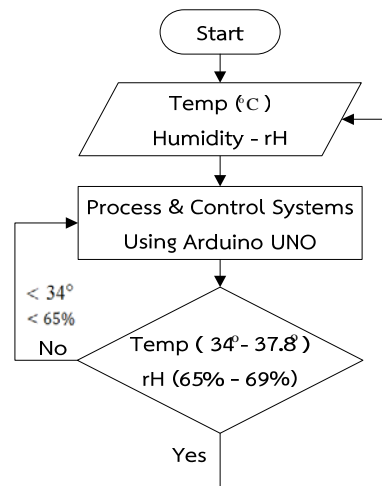


รูปที่ 11 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากรูปที่ 11 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย โดย  
สามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ดังนี้ 1) ขั้นตอนการ  
ลงสำรวจพื้นที่วิจัยโดยการจัดชุมชนหรือเกี่ยวกับปัญหา  
ของการเพาะพันธุ์ไก่ชน ณ บ้านโคกย่าง ตำบลโคกย่าง  
อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ และ 2) ขั้นตอนการวางแผน  
การดำเนินงานวิจัยในการออกแบบและสร้าง  
เครื่องมือ กระบวนการทดลองหาประสิทธิภาพของ  
เครื่องมือที่สร้างขึ้น กระบวนการตรวจประเมินเครื่องมือ  
โดยผู้เชี่ยวชาญกระบวนการถ่ายทอดการใช้งานเครื่องมือ  
ที่สร้างขึ้นและการนำไปใช้ประโยชน์

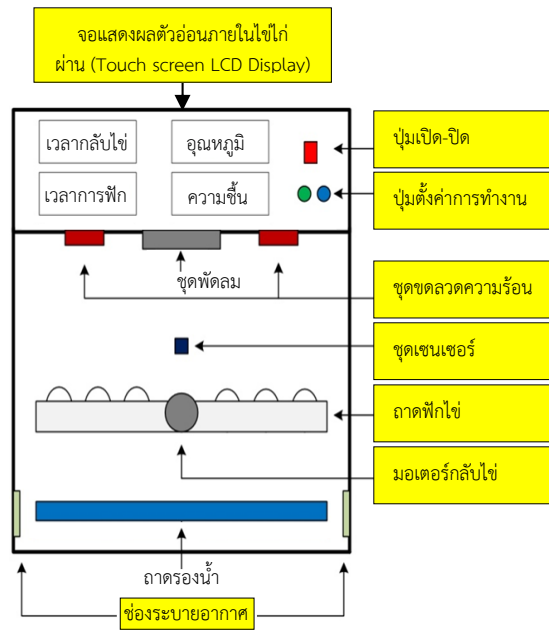
3.2 ระเบียบวิธีการออกแบบและสร้างทางวิศวกรรม  
(Engineering Design) ด้านเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้  
เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาข้อมูล ทฤษฎี ผลงานวิจัยที่  
เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาพัฒนานวัตกรรมสร้างเครื่องฟักไข่  
สำหรับการตรวจหาตัวอ่อนในไข่โดยใช้เทคนิคการ  
ประมวลผลภาพดิจิทัลดังนี้

1) การออกแบบและสร้างเครื่องมือจะประกอบไป  
ด้วย ระบบการถ่ายเทอุณหภูมิความร้อนโดยใช้ขดลวด ชุด  
พัดลมไหลเวียนอากาศเพื่อรักษาความชื้นสัมพัทธ์ภายใน  
เครื่องฟักไข่ ถาดฟักไข่มีขนาดบรรจุไข่สำหรับ 48 ฟอง  
ระบบการกลับไข่แบบอัตโนมัติโดยใช้มอเตอร์เกียร์ดีซี  
(DC) ลักษณะการกลับไข่ที่เหมาะสม มีค่ามุมเท่ากับ 45  
องศาจากแนวตั้งกลับไปมาการไข่มุมกลับไข่ในระดับอื่นจะ  
มีผลทำให้การฟักตัวอ่อนนั้นออกลดลง [18] และชุด  
เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์เพื่อ  
ควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 34-37.8 องศาเซลเซียส (°C)  
และความชื้นสัมพัทธ์สำหรับการฟักไข่ อยู่ในช่วง 65-69%  
สามารถพิจารณาขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุม  
อุณหภูมิและความชื้น ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ขั้นตอนการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

จากรูปที่ 12 ขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุม อุณหภูมิและความชื้น รวมถึงการแสดงผลค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นและแสดงระยะเวลาในการฟักไข่ โดยใช้บอร์ด Arduino Uno ในการควบคุมการทำงานของระบบ ซึ่งสามารถแสดงโครงสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 โครงสร้างเครื่องฟักไข่

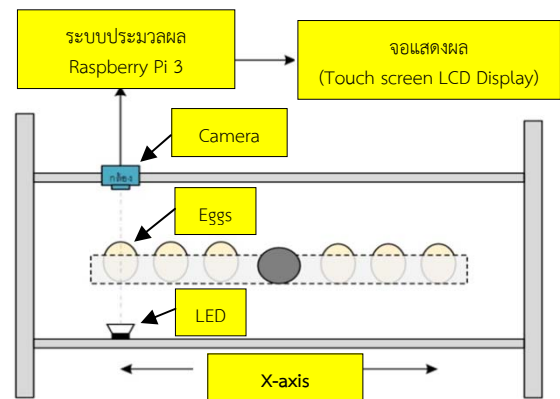
จากรูปที่ 13 ลักษณะโครงสร้างของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยมีหลักการการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้เหมาะสมต่อการฟักไข่ ในการตรวจวัดค่าความชื้น (Humidity) เป็นการตรวจวัดค่าปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของเครื่องมือที่สร้างขึ้น ซึ่งสามารถวิเคราะห์ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ได้จากอัตราส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศกับปริมาณไอน้ำที่จะทำให้อากาศอิ่มตัวหรืออัตราส่วนของความดันไอน้ำกับความดันไอน้ำอิ่มตัวซึ่งค่าความชื้นสัมพัทธ์คิดเป็นค่าร้อยละ (%) [26-27] สามารถวิเคราะห์ได้จากสมการดังนี้

$$RH = \frac{V_a}{V_f} \times 100 \quad (5)$$

$$RH = \frac{P_a}{P_f} \times 100 \quad (6)$$

- เมื่อ RH คือ ความชื้นสัมพัทธ์
- $V_a$  คือ ปริมาณไอน้ำที่อยู่ในอากาศ
- $V_f$  คือ ปริมาณไอน้ำที่ทำให้อากาศอิ่มตัว
- $P_a$  คือ ความดันไอน้ำที่อยู่ในอากาศ
- $P_f$  คือ ความดันไอน้ำที่ทำให้อากาศอิ่มตัว

2) การออกแบบระบบการขับเคลื่อนในแนวแกน X และแกน Y ด้วย stepper motors โดยเคลื่อนที่ตามพิกัดที่กำหนดไว้ในแต่ละตำแหน่ง ซึ่งกระบวนการขับเคลื่อนจะถูกควบคุมการทำงานด้วยบอร์ด Arduino Uno โดยทำการเคลื่อนที่เพื่อถ่ายภาพหรือการเก็บข้อมูลภาพนิ่งจนครบตามจำนวนไข่ไก่ทั้งหมด 48 ฟอง ที่บรรจุอยู่ภายในตัวเครื่องฟักไข่ และในกระบวนการเก็บข้อมูลภาพนิ่งสำหรับตรวจหาตัวอ่อนภายในไข่โดยใช้หลักการส่องไข่ด้วยการใช้หลอดแอลอีดี (LED) เพื่อทำการส่องแสงผ่านไข่ไก่ที่ต้องการเก็บข้อมูลภาพนิ่งเพื่อนำไปตรวจหาตัวอ่อนภายในไข่ด้วยกระบวนการประมวลผลภาพดิจิทัลด้วยระบบอัตโนมัติ ซึ่งจะถูกรับควบคุมการทำงานผ่านบอร์ด Raspberry Pi 3 [28] จะแสดงโครงสร้างการขับเคลื่อนดังรูปที่ 14

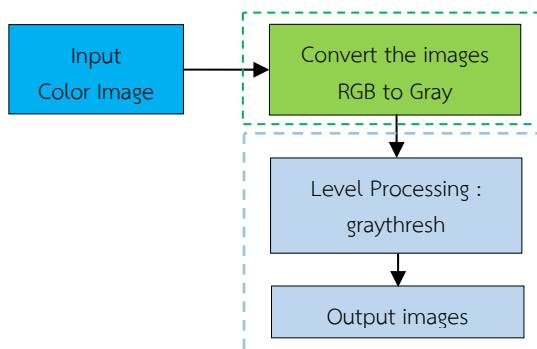


รูปที่ 14 การออกแบบระบบการขับเคลื่อน XY-axis

3) เทคนิควิธีการประมวลผลสัญญาณภาพดิจิทัล (Image Processing) ในบทความวิจัยนี้ใช้ภาพนิ่งที่ได้จากกระบวนการถ่ายภาพนิ่งดังรูปที่ 14 ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบภาพสี RGB [29] โดยใช้หลักการการแปลงภาพสีให้เป็นภาพระดับสีเทา (RGB to Gray) เป็นการแปลงค่าระดับสีเทา (Grayscale) ซึ่งในการทดลองจะหาค่า 0 หรือ 1 นั้นต้องมีการกำหนดค่าที่เรียกว่า เทรชโฮลด์ (Threshold) โดยค่าในระดับสีเทาจะแสดงถึงจำนวนบิตที่มีค่าของจำนวนพิกเซล (Pixel) มีค่าระดับความสว่างแบ่งออกเป็น 256 ระดับที่ใช้เลขฐานสองจำนวน 8 บิต [30]



ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0-255 ข้อมูลภาพดิจิทัลระดับสีเทาเมื่อระดับสีเทามีค่าต่ำจะมีค่าความสว่างน้อยจะมองเห็นเป็นสีดำ และค่าระดับสีเทามากจะมีค่าความสว่างมากจะมองเห็นเป็นสีขาว จากกระบวนการดังกล่าวในบทความวิจัยนี้ได้พัฒนาผ่านโปรแกรม Python กับ Opencv โดยใช้งานร่วมกับ Raspberry Pi3 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขั้นตอนการประมวลผลสัญญาณภาพดิจิทัลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ดังรูปที่ 15

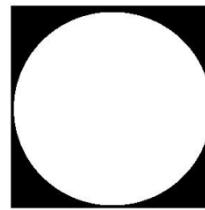


รูปที่ 15 ขั้นตอนการประมวลผลสัญญาณภาพดิจิทัล

ลักษณะของการหาจำนวนพิกเซล (Pixel) ของภาพในบริเวณเฟรมภาพถ่าย หากกำหนดให้ภาพดิจิทัลที่มีขนาดของภาพ 256x256 สามารถกำหนดเป็นฟังก์ชัน  $f(x,y)$  โดยมีจุดภาพแสดงด้วยเมตริกซ์ของภาพ [30] จากสมการดังนี้

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & f(1,3) & \dots & f(1,256) \\ f(2,1) & f(2,2) & f(2,3) & \dots & f(2,256) \\ f(3,1) & f(3,2) & f(3,3) & \dots & f(3,256) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(256,1) & f(256,2) & f(256,3) & \dots & f(256,256) \end{bmatrix} \quad (7)$$

จากสมการดังกล่าวสมาชิกของฟังก์ชัน  $f(x,y)$  เป็นการกำหนดค่าความเข้ม (Intensity) ของจุดภาพตามตำแหน่ง  $(x,y)$  ของจุดต่าง ๆ [30] โดยจะแทนค่าระดับ 0 เป็นสีดำ (Binary Image = 0) และระดับ 255 เป็นสีขาว (Binary Image = 1) สามารถวิเคราะห์การนับจำนวนพิกเซลดังรูปที่ 16 (ก) เมื่อคำนวณตามรูปแบบเมตริกซ์จะได้ไบนารี "1" จำนวน 24 pixel ดังรูปที่ 16 (ข)



0	0	1	1	0	0
0	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	0
0	0	1	1	0	0

(ก) ข้อมูลภาพดิจิทัล (ข) รูปแบบเมตริกซ์

รูปที่ 16 ตัวอย่างการวิเคราะห์รูปแบบเมตริกซ์

4) หลักการหาประสิทธิภาพการฟักไข่จากเครื่องมือที่สร้างขึ้นในครั้งนี้ [25] ได้จากสมการดังนี้

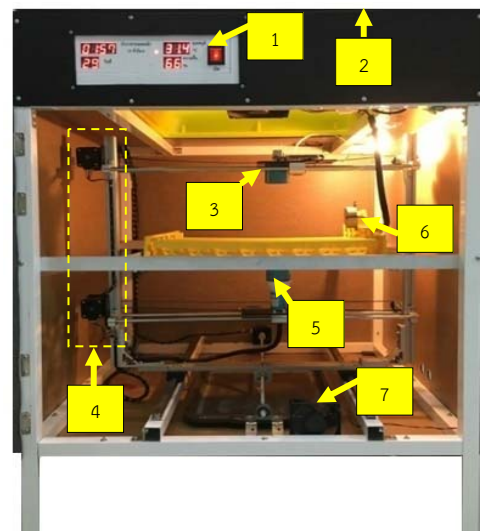
$$(\text{Hatchability : H}) = \left[ \frac{N_{fe}}{N_{he}} \right] \times 100 \quad (8)$$

เมื่อ H คือ อัตราการฟักไข่ (ร้อยละ)  
Nfe คือ จำนวนไข่ที่อุดมสมบูรณ์  
Nhe คือ จำนวนไข่ที่ฟักทั้งหมด

#### 4. ผลการวิจัย

การทดลองและการวิเคราะห์ผลจากเครื่องมือที่สร้างขึ้นสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

4.1 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องฟักไข่สำหรับการตรวจหาตัวอ่อนในไข่ไก่จะแสดงดังรูปต่อไปนี้

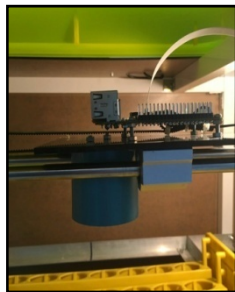


รูปที่ 17 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องฟักไข่

(1) 7-Segment Display, (2) Touch screen LCD Display, (3) Camera board, (4) ชุดมอเตอร์การขับเคลื่อนแกน x-y, (5) LED, (6) ชุดมอเตอร์กลับไข่ และ (7) ถาดรองน้ำ



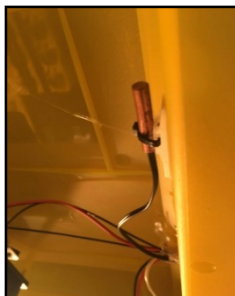
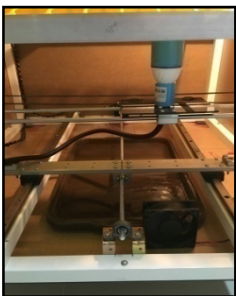
(ก) ลักษณะของตัวเครื่อง (ข) การเปิดใช้งานตัวเครื่อง  
รูปที่ 18 ผลการออกแบบโครงสร้างภายนอกของเครื่อง



(ก) ชุดหลอดไฟในการส่องไข่ (ข) ชุดการประมวลผลภาพ



(ค) ชุดขับเคลื่อนแกนX-Y (ง) ชุดโมดูลกล้อง

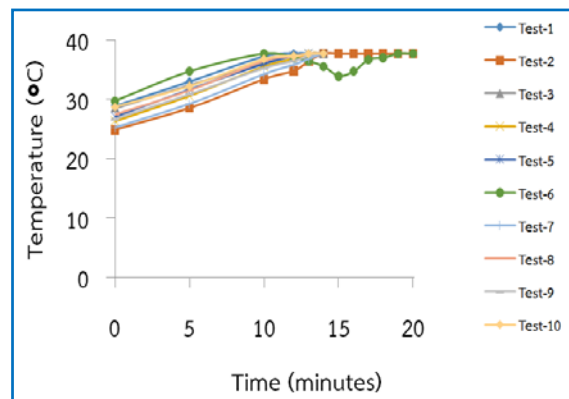


(จ) ชุดถาดรองน้ำ (ฉ) ชุดเซนเซอร์วัดความชื้น

รูปที่ 19 ผลการออกแบบโครงสร้างภายในเครื่องฟักไข่

4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของเครื่องฟักไข่จากผลการดำเนินงานวิจัยการออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการทดลองระบบอุณหภูมิและความชื้น การทดลองระบบควบคุมการกลับไข่ การทดลองระบบการขับเคลื่อนที่ในแนวแกน X-Y และการทดลองระบบการประมวลผลภาพดิจิทัลสำหรับการตรวจหาเชื้อตัวอ่อนในไข่สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้

1) การวิเคราะห์ระบบควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องฟักไข่กับอุณหภูมิภายนอกตัวเครื่อง จากผลการทดลองการทำงานระบบควบคุมอุณหภูมิความร้อนโดยใช้ชุดฮีตเตอร์ เป็นอุปกรณ์กำเนิดความร้อนหรือการถ่ายเทความร้อนภายในตัวเครื่องเพื่อปรับค่าอุณหภูมิให้มีค่าความเหมาะสมในการฟักไข่ ซึ่งมีค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม อยู่ที่ระดับ 34-37.8 องศาเซลเซียส โดยสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองจากการฟักไข่ จำนวนทั้งหมด 48 ฟอง โดยใช้ระยะเวลาในการฟักไข่ จำนวน 18 วัน จะแสดงผลการทดลองดังรูปที่ 20

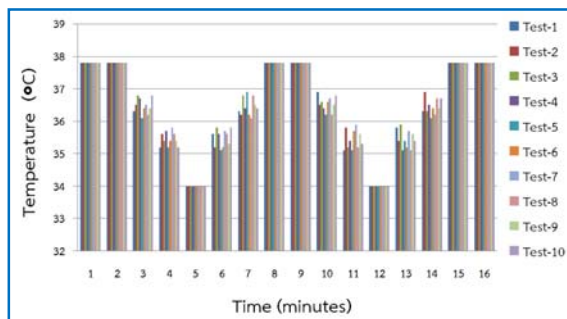


รูปที่ 20 แผนภาพการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิภายในตัวเครื่องฟักไข่

จากรูปที่ 20 ผลจากการทดลองระบบควบคุมอุณหภูมิโดยผู้วิจัยได้ทำการทดลองเริ่มต้นจากขั้นตอนการเปิดเครื่องฟักไข่ใช้งานโดยทำการทดลองจำนวนทั้งหมด 10 ครั้ง เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมอุณหภูมิภายในตัวเครื่อง ผลการวิจัย พบว่า อุณหภูมิภายนอกตัวเครื่องฟักไข่ในแต่ละครั้งของการทดลองจะมีค่าอุณหภูมิภายนอกที่แตกต่างกัน ซึ่งจะอยู่ในช่วง 24.9 - 29.8 องศาเซลเซียสจากการทดลองจำนวน 10 ครั้ง ซึ่งจากราฟจะแสดงให้เห็นถึงค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงระยะเวลา การวิเคราะห์ผลทดลองได้จากการเก็บข้อมูลในแต่ละช่วงระยะเวลาตั้งแต่ 0-20 นาที ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลการทดลองระบบปรับค่าอุณหภูมิให้มีค่าที่

เหมาะสมภายในตัวเครื่องฟักไข่ในช่วง 37.8°C จะสรุปผลได้ว่า ครั้งที่ 1 (ค่าอุณหภูมิภายนอกเท่ากับ 29.1°C, ใช้ระยะเวลา t=11min), ผลครั้งที่ 2 (24.9°C, t=15min), ผลครั้งที่ 3 (28.6°C, t=13min), ผลครั้งที่ 4 (26.4°C, t=13min), ผลครั้งที่ 5 (27.2°C, t=13min), ผลครั้งที่ 6 (29.8°C, t=10min), ผลครั้งที่ 7 (25.3°C, t=14min), ผลครั้งที่ 8 (27.5°C, t=13min), ผลครั้งที่ 9 (26.7°C, t=14min) และผลครั้งที่ 10 (28.2°C, t=13min) ซึ่งจะสรุปผลได้ว่า กรณีในช่วงการใช้งานของเครื่องฟักไข่ มีค่าอุณหภูมิภายนอกต่ำจะทำให้ใช้ระยะเวลาในการปรับค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมภายในตัวเครื่อง และกรณีในช่วงการใช้งานมีค่าอุณหภูมิภายนอกสูงจะทำให้ใช้ระยะเวลาน้อยในการปรับค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม

2) การวิเคราะห์ระบบควบคุมอุณหภูมิภายในตัวเครื่องของการฟักไข่ จำนวนทั้งหมด 18 วัน โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บผลการทดลอง จำนวน 10 ครั้ง ของระบบการทำงานการปรับค่าอุณหภูมิให้มีค่าที่เหมาะสม ซึ่งจะอยู่ในช่วง 34-37.8 องศาเซลเซียส ของแต่ละช่วงระยะเวลาในการฟักไข่แสดงผลการทดลองดังรูปที่ 21

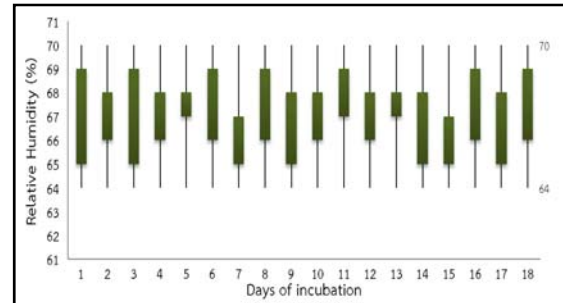


รูปที่ 21 แผนภาพการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิในแต่ละช่วงระยะเวลา

จากรูปที่ 21 สามารถสรุปได้ว่าผลการวิเคราะห์การทำงานของระบบการปรับค่าอุณหภูมิให้มีค่าที่เหมาะสมภายในตัวเครื่อง พบว่า ในช่วงระยะเวลาการทำงานชุดฮีตเตอร์เพื่อถ่ายเทความร้อน โดยใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 1:23 นาที และช่วงระยะเวลาการหยุดทำงานของชุดฮีตเตอร์ มีค่าระยะเวลาเฉลี่ย 4:53 นาที

3) ผลการทดลองค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้จากการวัดค่าความชื้นภายในตัวเครื่อง ซึ่งชุดถ่ายเทความร้อนจะประกอบไปด้วย ชุดถาดรองน้ำและชุดพ่นหมอกที่ทำงานด้วยระบบอัตโนมัติโดยจะรักษาระดับความชื้นภายในตัวเครื่องจะมีค่าไม่ต่ำกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าความชื้น

สัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการฟักไข่ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 65-69 เปอร์เซ็นต์แสดงผลการทดลอง ดังรูปที่ 22



รูปที่ 22 แผนภาพการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละวันของการฟักไข่

จากรูปที่ 22 สามารถสรุปได้ว่าผลการวิเคราะห์ระบบการทำงานในการปรับเปลี่ยนค่าความชื้นสัมพัทธ์พบว่า ระบบควบคุมความชื้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 65-69 เปอร์เซ็นต์ และมีบางช่วงระยะเวลาของการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นเพียงเล็กน้อยที่เกิดจากปริมาณน้ำบนถาดรองน้ำภายในตัวเครื่อง

4) ผลการทดลองระบบควบคุมการกลับไข่ด้วยระบบอัตโนมัติจะทำการกลับไข่ภายในตัวเครื่องในทุก 2 ชั่วโมง โดยกลับไข่จากด้านซ้ายไปด้านขวาและจากด้านขวาไปด้านซ้ายสลับกันไปมา ซึ่งจะทำมุมด้านละ 45 องศา รวมเป็น 90 องศา เพื่อเป็นวิธีการเลียนแบบตามธรรมชาติของแม่พันธุ์ไก่ในการเขี่ยไข่เพื่อไม่ให้ตัวอ่อนหรือไข่แดงติดกับเปลือกไข่ จึงมีระบบควบคุมการกลับไข่มาช่วยในการเคลื่อนไหวซึ่งถ้าหากในกรณีตัวอ่อนติดเปลือกไข่อาจจะทำให้ลูกพันธุ์ไก่มีสภาพพิการเป็นแผลหรืออาจตายได้ โดยปกติมีการกลับไข่ 9-10 ครั้งต่อวัน จะแสดงช่วงระยะเวลาในการทดลองระบบควบคุมตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการกลับไข่ในแต่ละช่วงระยะเวลา

ครั้งที่	การกลับไข่จากขวาไปซ้าย	การกลับไข่จากซ้ายไปขวา	การกลับไข่ ณ จุดกึ่งกลาง
1	08.00 น.	10.00 น.	12.00 น.
2	14.00 น.	16.00 น.	-
3	18.00 น.	20.00 น.	-
4	22.00 น.	24.00 น.	-
5	02.00 น.	04.00 น.	-
6	06.00 น.	-	-

5) ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการฟักไข่จากเครื่องมือที่สร้างขึ้น โดยผู้วิจัยได้ทำการทดลองการฟักไข่จำนวนทั้งหมด 18 วัน ได้ทำการทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง เพื่อวิเคราะห์ผลของการฟักไข่ ซึ่งในกระบวนการ

วิเคราะห์ที่ได้จากการเก็บผลข้อมูลของจำนวนไข่ที่มีเชื้อตัวอ่อน จำนวนไข่ที่ไม่มีเชื้อตัวอ่อนจำนวนไข่ที่มีรอยแตกร้าวจากการฟักไข่และจำนวนไข่ที่เน่าเสียจากการฟักไข่ แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 2

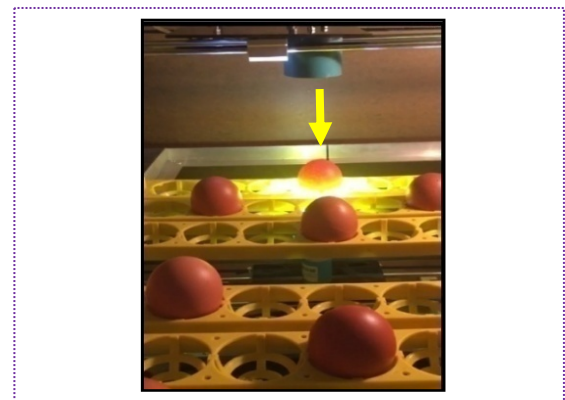
ตารางที่ 2 ผลการหาประสิทธิภาพการฟักไข่จากเครื่องมือที่สร้างขึ้น

ครั้งที่	จำนวนไข่ไก่ในการฟัก(ฟอง)	มีเชื้อตัวอ่อน(ฟอง)	ไม่มีเชื้อตัวอ่อน(ฟอง)	ไข่ที่มีรอยแตกร้าว(ฟอง)	การเน่าเสีย(ฟอง)	ประสิทธิภาพการฟักไข่(ร้อยละ)
1	48	41	7	0	0	85.41
2	48	44	4	0	0	91.66
3	48	39	9	0	0	81.25
4	48	43	5	0	0	89.58
5	48	41	7	0	0	85.41
6	48	45	3	0	0	93.75
7	48	42	6	0	0	87.50
8	48	41	7	0	0	85.41
9	48	39	9	0	0	81.25
10	48	40	8	0	0	83.33

จากตารางที่ 2 สามารถสรุปผลการทดลองการหาประสิทธิภาพการฟักไข่จากการทดลองจำนวน 10 ครั้ง โดยวิธีการทดลองในแต่ละครั้งใช้ระยะเวลาในการทดลองจำนวน 18 วัน ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการเก็บผลการวิจัยจำนวน 10 ครั้ง ซึ่งจะได้ผลการทดลองเพียงพอต่อการนำไปวิเคราะห์ข้อมูล และจากผลการทดลองเครื่องมือที่สร้างขึ้น พบว่า มีค่าประสิทธิภาพการฟักไข่คิดเป็นร้อยละ 93.75 และ 91.66 ตามลำดับผลการทดลองจะเห็นได้ว่ามีจำนวนไข่ที่ไม่มีเชื้อตัวอ่อนภายในไข่ อาจเนื่องจากการเกิดไข่ฟ่อหรือไข่ที่ไม่มีเชื้อ สามารถสรุปผลได้ว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นสามารถคัดแยกไข่ที่ไม่มีเชื้อออกจากเครื่องฟักไข่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดปัญหาการเกิดรอยแตกร้าว การเกิดก๊าซไข่เน่า และมีประสิทธิภาพการฟักไข่ดีกว่าการฟักไข่ตามธรรมชาติเนื่องจากไม่มีปัญหาเรื่องไข่เกิดรอยแตกร้าว และอัตราการตายของลูกไก่

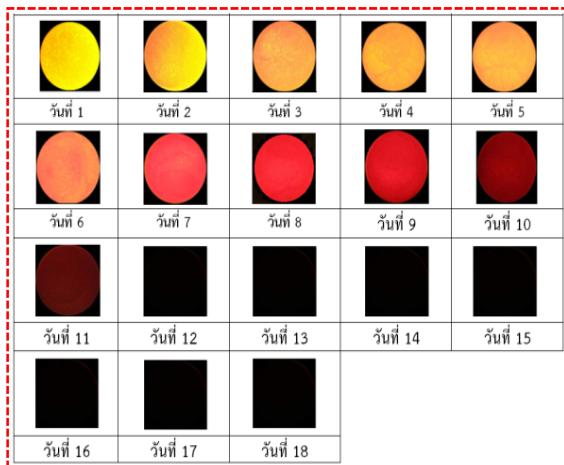
6) ผลการทดลองระบบการประมวลผลภาพดิจิทัล ผู้วิจัยได้ทำการทดลองระบบการขับเคลื่อน XY-axis พบว่า ระบบการขับเคลื่อนสามารถขับเคลื่อนตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำสูง โดยใช้ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งของไข่แต่ละจุดมีค่าเวลาเฉลี่ย 2 วินาที ตามลักษณะการเก็บข้อมูลภาพดังรูปที่ 23 และระยะเวลาในการเก็บข้อมูลภาพไข่ไก่ภายในตัวเครื่องฟักไข่พร้อมกับกระบวนการประมวลผล

ภาพดิจิทัลใช้เวลาเฉลี่ย 10 วินาทีซึ่งสรุปได้ว่าระบบการประมวลผลภาพไข่ไก่ จำนวน 48 ฟอง ใช้ระยะเวลาในการประมวลผลภาพ 9.6 นาที

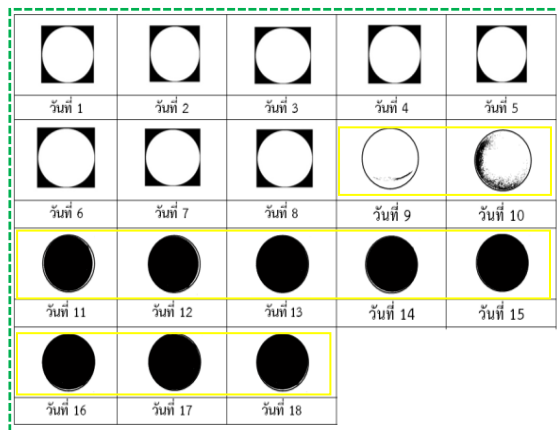


รูปที่ 23 ลักษณะการเก็บข้อมูลภาพ

ผลการประมวลผลภาพดิจิทัลด้วยฟังก์ชันเทรชโฮลด์ (Threshold) ในการตรวจหาเชื้อตัวอ่อนภายในไข่ไก่ จากการเก็บผลข้อมูลภาพของการฟักไข่จำนวนทั้งหมด 18 วัน แสดงผลการทดลองดังรูปที่ 24



(ก) ข้อมูลภาพสีต้นฉบับ



(ข) ผลการประมวลผลภาพดิจิทัล

รูปที่ 24 ผลการประมวลผลภาพด้วยฟังก์ชันเทรซโฮลด์  
จากการฟอกไข่จำนวนทั้งหมด 18 วัน

จากรูปที่ 24 (ก) เป็นกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพสีที่ได้จากการเก็บข้อมูลในช่วงระยะเวลาการฟอกไข่จำนวน 18 วันและรูปที่ 24 (ข) แสดงผลการประมวลผลภาพดิจิทัลโดยใช้หลักการแปลงค่าข้อมูลภาพดิจิทัลระดับสีเทา หรือ Gray Level พบว่า ในช่วงที่ไม่มีเชื้อตัวอ่อนภายในไข่จะแสดงผลระดับสีขาวยังตั้งแต่ช่วงระยะเวลาการฟอกไข่ 1-8 วัน และจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีต่ำขึ้นไปเรื่อย ๆ ตั้งแต่ช่วงระยะเวลาการฟอกไข่ 9-18 วัน เนื่องจากมีการเจริญเติบโตของเชื้อตัวอ่อนภายในไข่ และผลจากการวิจัยในกรณีข้อมูลภาพที่ไม่มีเชื้อตัวอ่อนในไข่พบว่า การประมวลผลภาพจะแสดงผลระดับสีขาวยังตั้งแต่ช่วงระยะเวลาการฟอกไข่ 1-18 วัน ซึ่งจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีของข้อมูลภาพ เพราะเนื่องจากไม่มีเชื้อตัวอ่อนภายในไข่

## 5. สรุปผลการวิจัย

บทความวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องฟอกไข่สำหรับการตรวจหาตัวอ่อนในไข่ไก่โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัล ผลการทดลองระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า ระบบสามารถควบคุมค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ให้มีค่าที่เหมาะสมภายในตัวเครื่องฟอกไข่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 34-37.8 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 65-69 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองระบบควบคุมการกลับไข่พบว่า ระบบสามารถควบคุมการกลับไข่ภายในเครื่องฟอกไข่ด้วยระบบอัตโนมัติในทุก ๆ 2 ชั่วโมงผลการหาประสิทธิภาพการฟอกไข่จากเครื่องมือที่สร้างขึ้น พบว่า มีค่าประสิทธิภาพการฟอกไข่ คิดเป็นร้อยละ 93.75 จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่ามีจำนวนไข่ที่ไม่มีเชื้อตัวอ่อนภายในไข่ อาจเนื่องจากไข่ฟ่อหรือไข่ไม่มีเชื้อ ผลการวิจัยสามารถลดปัญหาการเกิดรอยแตกร้าวและการเน่าเสียของไข่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผลการทดลองการตรวจหาเชื้อตัวอ่อนในไข่ไก่โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัล พบว่าผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาพระดับสีขาวยังแสดงผลในกรณีที่ไม่มีเชื้อตัวอ่อนภายในไข่และข้อมูลภาพระดับสีต่ำจะแสดงผลในกรณีมีเชื้อตัวอ่อนภายในไข่

## 6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2560 เลขที่สัญญา 30/2560 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการประเมินผลงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงไก่ชนชุมชนบ้านโคกย่าง ตำบลโคกยาง อำเภอบึงสามพัน จังหวัดบุรีรัมย์ที่ได้ให้ความร่วมมือในการดำเนินการวิจัย

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] เอกชัย สิงห์เทศ, ธวัช สุวิงษ์, สมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์ และ ประพิศารีย์ ธนารักษ์, “การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของตู้ฟอกไข่แบบขดลวดความร้อนและแบบเทอร์โมอิเล็กทริก,” วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, ปีที่ 19, ฉบับพิเศษ, หน้า 272-276, 2557.

- [2] วิโรจน์ เอกวงค์มันคง และตุลย์ มณีวัฒนา, “การออกแบบระบบปรับอากาศที่เหมาะสมสำหรับตู้ฟักไข่ที่ใช้ในอุตสาหกรรม,” วารสารบทความวิชาการสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย, ปีที่ 12, เล่มที่ 6, หน้า 32-34, 2551.
- [3] สัญญา ผาสุข. (2552, สิงหาคม 13). สร้างตู้ฟักไข่อัตโนมัติ [online]. Available : <http://www.phtnet.org/news52/viewnews.asp?nid=445>.
- [4] พงศ์สวัสดิ์ สวัสดิภาพ, “การพัฒนาเครื่องฟักไข่โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น,” วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเทคโนโลยีพลังงาน., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย, 2545.
- [5] G. Gridling and B. Weiss, “Introduction to Microcontrollers,” Institute of Computer Engineering., Vienna University of Technology. Feb. 26, 2007.
- [6] ศรีญญา นิลล่อ และอธิวัฒน์ แแบ่งใจ, “การพัฒนาเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าโดยส่งสัญญาณไร้สาย,” วิทยานิพนธ์, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, เชียงใหม่, ประเทศไทย, 2556.
- [7] K. Jaiyen. (2015, September 21). Atmega328 [Online]. Available: <https://pixabay.com/en/circuits-electronics-atmel-950546/>.
- [8] ประภาส สุวรรณเพชร. (2556, เมษายน 27). เขียนโปรแกรมแสดงผลค่า 7-Segment 4digit [online]. Available: <http://www.praphas.com/forum/index.php?action=profile;u=1;area=showposts;sa=topics;start=75>.
- [9] สมฤกษ์ ปุจฉาการ, นิพัทธ์ ยืนยาว, สุพัฒน์ พรศิรินพคุณ และสายันต์ พรายมี, “การพัฒนาเครื่องกัด 3 แกน โดยใช้กลไกโต๊ะงาน X-Y แบบอินเวอร์ชันไฮดรอลิก,” การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2555. อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี, 2555, หน้า 1243-1244.
- [10] HIWIN GmbH. (2017, June 5). Two-axis system HS2 [Online]. Available: [https://www.hiwin.de/en/Products/Multi\\_axis\\_systems/Zwo\\_axis\\_system\\_with\\_linear\\_module/24415](https://www.hiwin.de/en/Products/Multi_axis_systems/Zwo_axis_system_with_linear_module/24415).
- [11] C. Atha, K. Baranwal, V. Desai, and S. Wankhade, “Review Paper on Home Automation System using Raspberry Pi,” International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication, vol. 4, no. 10, pp. 169-170, 2016.
- [12] C. Kaundanya, O. Pathak, A. Nalawade, and S. Parode, “Smart Surveillance System using Raspberry Pi and Face Recognition,” International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, vol. 6, no. 4, pp. 622-623, 2017.
- [13] K. S. Shilpashree, H. Loksha, and H. Shivkumar, “Implementation of Image Processing on Raspberry Pi,” International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, vol. 4, no. 5, pp. 199-200, 2015.
- [14] U. Lokhande. (2017, January 11). Raspberry Pi 3 Model B [Online]. Available: <http://binarupdates.com/introduction-of-raspberry-pi-3-model-b/>.
- [15] ทศพร อัครรังสี และณัฐภูมิ จันทร์ทอง, “ระเบียบวิธีการเพื่อการออกแบบชุดอุปกรณ์เสริมสำหรับเครื่องจักรอัตโนมัติ: กรณีศึกษาโมดูลหยิบจับชิ้นงานของเครื่องซีเอ็นซีแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์,” วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ปีที่ 11, ฉบับที่ 2, หน้า 1-13, 2559.
- [16] T. Tomiyama, P. Gu, Y. Jin, D. Lutters, C. Kind, and F. Kimura, “Design methodologies: Industrial and education applications,” CIRP Annals-Manufacturing Technology, vol. 58, no. 2, pp. 543-565, 2009.
- [17] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen, and K. H. Grote, “Engineering Design,” A Systematic Approach., 3rd ed. London: Springer-Verlag London, 2007, pp. 145-436.
- [18] ประภากร ธาราฉาย. (12 มิถุนายน 2560). การผลิตสัตว์ปีก เรื่องการฟักไข่ [Online]. Available: [http://www.as.mju.ac.th/EBook/t\\_prapakorn](http://www.as.mju.ac.th/EBook/t_prapakorn)

- /สศ241/บทที่%205%20การฟั้ก%20ปรับปรุ้ง%202560-2.pdf.
- [19] G. Prashanth and M. Shashidhara, "Skin Color Segmentation for Detecting Human Face Region in Image," International Conference on Communication and Signal Processing., Melmaruvathur., India, 2014, pp. 1-5.
- [20] G. Vimtha, S. N. Sekhar, L. fred and S. Varghese, "An Improved Color Segmentation Algorithm for the Analysis of Liver Anomalies in CT/PET Images," 2<sup>nd</sup> IEEE International Conference on Engineering and Technology., Coimbatore, India, 2016, pp. 1151-1154.
- [21] อีระเดช ศรีธิมาสถาพร และวริศรา รุฒฉิมพลี. (22 ธันวาคม 2560). การเขียนโปรแกรมเบื้องต้น Arduino กับ image processing [Online]. Available: [www.myarduino.net/article/31/](http://www.myarduino.net/article/31/) การเขียนโปรแกรมเบื้องต้น-arduino-กับ-image-processing-การลงโปรแกรม-python-กับ-opencv.
- [22] R. K. Chatterjee and Avijit Kar, (2017, March 15). Global Image Thresholding Based on Change-point Detection [Online]. Available: [http://www.iaeng.org/publication/IMECS2017/IMECS2017\\_pp434-438.pdf](http://www.iaeng.org/publication/IMECS2017/IMECS2017_pp434-438.pdf).
- [23] David Marshall. (2016, January 26). Basic Image Processing [Online]. Available: [http://users.cs.cf.ac.uk/Dave.Marshall/CM2208/LECTURES/CM2208\\_IP\\_02\\_IP\\_Egs.pdf](http://users.cs.cf.ac.uk/Dave.Marshall/CM2208/LECTURES/CM2208_IP_02_IP_Egs.pdf).
- [24] K. Bhargavi and S. Jyothi, "A Survey on Threshold Based Segmentation Technique in Image Processing," International journal of innovative research & development, vol. 3, no. 12, pp. 234-239, 2014.
- [25] T. A. Adegbulugbe, A. O. Atere and O. G. Fasanmi, "Development of an Automatic Electric Egg Incubator," International Journal of Scientific & Engineering Research, vol 4, no. 9, pp. 914-918, 2013.
- [26] อีระชัย ท่องศ์สกุล, ปุริมพัฒน์ สุจ้านงค์โตกุล, สมนึก อีระกุลพิศุทธิ์ และพัทยากร ปาลสาร, "อิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขาเข้าต่อการถ่ายโอนความร้อนของระบบปรับอากาศ," วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, ปีที่ 5, ฉบับที่ 1, หน้า 28-30, 2560.
- [27] มารีนามะหนิ, นิตามณี อุ่นย่อง, ประชิต คงรัตน์ และนิคม ชูศิริ, "ความชื้นสัมพัทธ์ของฟักข้าว," วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, ปีที่ 17, (ฉบับที่ 3 ฉบับพิเศษ), หน้า 233-236, 2557.
- [28] L. Liu and M. O. Ngadi, "Detecting Fertility and Early Embryo Development of Chicken Eggs Using Near-Infrared Hyperspectral Imaging," Food and Bioprocess Technology, vol. 6, no. 9, pp. 2503-2513, 2013.
- [29] ชาญชัย นามพล, "การตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวแดงปนในข้าวขาวโดยวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัล," วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, ปีที่ 5, ฉบับที่ 1, หน้า 62-67, 2558.
- [30] ทวีศักดิ์ ตรงศิริกุล และณัฐพงศ์ พันธุ์นะ, "การปรับปรุงคุณภาพภาพโดยวิธีการปรับเท่าฮีสโตแกรมออกเป็นสองส่วนผ่านทางเวฟเล็ต," รายงานผลการวิจัย., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย, 2557.