

การพัฒนาอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ

Development of Internet of Things System for Smart Farm of Pond Snail

ธนบัตร ศรีริทธิย์^{1*}, ชนกพร สมุทรกลิน², เทอดเกียรติ แก้วพวง³ และบุญฤทธิ์ ศรีปาน⁴

Tanabut Sririthip^{1*}, Chanokporn Smuthkalin², Teadkai Kaewpuang³ and Boonyarit Sripan⁴

สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
จังหวัดปทุมธานี^{1,2,3}

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะและคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร⁴

Technology Management Department, Faculty of Industrial Technology,

Walaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage Pathum Thani Province^{1,2,3}

Smart Electronics and Computer Engineering Department, Faculty of Industrial Technology,

Phranakhon Rajabhat University⁴

E-Mail: Tanabut.sri@vru.ac.th^{1*}, Chanokporn.s@vru.ac.th², Teadkai.k@vru.ac.th³ And Boonyarit.s@pnru.ac.th⁴

(Received: October 7, 2024; Revised: November 14, 2024; Accepted: November 18, 2024)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) การศึกษาบริบทของการเลี้ยงหอยขมและพัฒนาอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ 2) ทดสอบประสิทธิภาพและการประเมินผลการทำงานของระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ กลุ่มเป้าหมายได้แก่ เกษตรกรผู้เลี้ยงหอยขมในพื้นที่จังหวัดนนทบุรี ดำเนินการวิจัยโดยการพัฒนาอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขม และนำมาใช้งานโดยเกษตรกรจำนวน 35 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระบบสารสนเทศสำหรับอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง แบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยี แบบประเมินความพึงพอใจและแบบสังเกตการการเติบโตของหอยขม

ผลจากการวิจัยพบว่า 1) การศึกษาบริบทของการเลี้ยงหอยขมและพัฒนาอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ พบว่า ระบบสามารถคุณภาพน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพตรงตามบริบทของการเลี้ยงหอยขมที่มีองค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ การควบคุมด้านอุณหภูมิ การควบคุมด้านกรดต่าง และการควบคุมด้านความขุ่น ส่งผลได้จากเมื่อระบบพบความผิดปกติของน้ำ ระบบจะทำการถ่ายเทน้ำอย่างอัตโนมัติ และรายงานผลผ่านทางอินเทอร์เน็ตไปยังเกษตรกรได้ทันที ทำให้เกษตรกรสามารถรับรู้ถึงกระบวนการที่เกิดขึ้นและยังสามารถควบคุมสั่งการระบบได้ตลอดเวลา 2) ผลการทดสอบประสิทธิภาพ พบว่า ระบบการควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์ส่งผลให้หอยขมในระยะที่ 1 พ้อพันธุ์จะมีอายุประมาณ 60 วัน มีขนาด 2.7 เซนติเมตร ระยะที่ 2 หอยขมในบ่ออนุบาลอายุประมาณ 30 วัน มีขนาดประมาณ 1.4 เซนติเมตร และในระยะที่ 3 พ้อพันธุ์ในบ่อขยายอายุประมาณ 45 วัน มีขนาดประมาณ 2.3 เซนติเมตร สรุปได้ หอยขมพ้อพันธุ์ในระยะที่ 3 จะเริ่มมีลูกหอยในบ่อซีเมนต์ในช่วง 45 วัน ซึ่งแตกต่างจากในธรรมชาติจะมีลูกหอยในช่วง 60-120 วัน ดังนั้นการควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์ที่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้หอยขมมีอัตราการขยายพันธุ์รวดเร็วกว่าการเลี้ยงในแบบธรรมชาติ และเกษตรกรมีการยอมรับในประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับมาก และผลการประเมินด้านความพึงพอใจที่มีต่อระบบควบคุมคุณภาพน้ำอยู่ในระดับมาก เกษตรกรมีการยอมรับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่น่าสนใจใช้ควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, ฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ, การควบคุมคุณภาพน้ำ, ระบบอัตโนมัติ

ABSTRACT

This research aimed to: 1) study the context of snail farming and develop an Internet of Things (IoT)-based smart control system for snail farms, and 2) evaluate the efficiency and performance of the smart snail farm control system. The target group consisted of snail farmers in Nonthaburi Province, with 35 farmers participating in the implementation of the IoT-based control system. Research instruments included electronic devices, IoT information systems, technology acceptance assessment forms, satisfaction assessment forms, and snail growth observation forms.

The results of this research showed that 1) Development of the IoT-based smart snail farm control system demonstrated efficient water quality management tailored to the requirements of snail farming with key components of the system included temperature control, pH control, and turbidity control. The system automatically responded to abnormalities in water quality by draining and replacing the water and reporting the status to farmers via the Internet in real-time. This functionality enabled farmers to remain informed and maintain continuous control over their agricultural operations. and 2) The results of the efficiency test revealed that the water quality control system in the cement pond significantly impacted the growth and reproduction rates of male snails across three phases: Stage 1: Male snails were approximately 60 days old and measured 2.7 centimeters in size. Stage 2: Male snails in the nursery pond were approximately 30 days old and measured 1.4 centimeters in size. Stage 3: Male snails in the expansion pond were approximately 45 days old and measured 2.3 centimeters in size. In conclusion, male snails in the third phase began reproducing in the cement pond at 45 days, compared to natural farming conditions where snails typically reproduce between 60–120 days. This demonstrates that the efficient water quality control system in the cement pond accelerated the breeding rate compared to traditional farming methods. Farmers expressed high levels of acceptance regarding the system's efficiency, as reflected in the satisfaction assessment results, which were highly favorable. Additionally, farmers showed strong acceptance of the Internet of Things (IoT) technology employed for managing the snail farm, highlighting its practicality and effectiveness.

Keywords : Internet of Things, Smart Snail Farming, Water Quality Control, Automation System

บทนำ

แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติและเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ตามคณะรัฐมนตรีมีมติเห็นชอบตามคณะกรรมการเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (กพย.) ตามแผนแม่บทยุทธศาสตร์ชาติที่ว่า สินค้าเกษตรอัตลักษณ์พื้นถิ่นมีมูลค่าเพิ่มขึ้น และผลิตภัณฑ์เกษตรปลอดภัยของไทยได้รับการยอมรับด้านคุณภาพความปลอดภัยและคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น เพิ่มผลิตภาพทางการเกษตรและรายได้ของผู้ผลิตอาหารรายเล็ก โดยเฉพาะครัวเรือนเกษตรกร เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ ให้เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า อย่างมั่นคงและเท่าเทียม ภายในปีพ.ศ. 2573 [1]

การเลี้ยงหอยขมตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงเป็นการทำการเกษตรครัวเรือน โดยผู้เลี้ยงสามารถเลี้ยงได้เท่ากับจำนวนที่ตนเองสามารถเลี้ยงได้ ตามเงินทุนที่มีอยู่ ซึ่งสอดคล้องกับหลักความพอประมาณตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง เมื่อเลี้ยงไปแล้วผู้เลี้ยงสามารถพัฒนาการเลี้ยง ประยุกต์ใช้เศษอาหาร เศษพืช เพื่อนำมาใช้

เป็นอาหารของปลาได้ ซึ่งสอดคล้องกับหลักความมีเหตุผลตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง เมื่อขายได้ราคาดี ผู้เลี้ยงก็จะมีกำไร สามารถดำรงชีวิตในสังคมได้อย่างมีความสุข

การเลี้ยงหอยขมของเกษตรกรเป็นจำนวนมากยังต้องพึ่งพาอาศัยธรรมชาติเป็นหลักไม่ว่าจะเป็นช่วงเวลา และปริมาณฝน ช่วงแสงแดด อุณหภูมิและความชื้นของอากาศ ซึ่งมักจะแปรปรวนไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง อีกทั้ง การเลี้ยงหอยขมมีความหลากหลายมากขึ้นตาม มีความต้องการสภาวะสำหรับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ แตกต่างกันไป ดังนั้นจึงประสบความเสียหายทั้งด้านคุณภาพและปริมาณอยู่เสมอ แนวทางหนึ่งที่เกษตรกรจะสามารถ คาดหวังคุณภาพ และปริมาณได้ตามต้องการคือต้องทำการเลี้ยงหอยขมในสภาวะที่ควบคุมได้ ซึ่งเป็นที่มาของการ พัฒนาระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะสำหรับการเลี้ยงหอยขมด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง การเลี้ยงหอยขม ด้วยบ่อซีเมนต์เป็นที่นิยมมากขึ้น เป็นการลดรายจ่ายเพิ่มรายได้ของครอบครัว เนื่องการหอยขมตามพื้นที่ธรรมชาติ จะประสบปัญหาด้านสารเคมีตกค้างจากการทำไร่ทำสวน ปัญหาจากสภาพภูมิอากาศโลกที่เปลี่ยนแปลง ความไม่แน่นอนของฤดูกาล ภัยธรรมชาติ และการระบาดของโรค ทำให้เกิดความสูญเสียทั้งใน ด้านปริมาณและคุณภาพ เกษตรกรจึงเริ่มให้ความสนใจการเลี้ยงหอยขมในบ่อซีเมนต์มากขึ้น โดยมองว่าสามารถเพาะพันธุ์ได้ทั้งปี โดยสามารถ ควบคุมและป้องกันคุณภาพน้ำได้ และจะทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ [2]

ราคาหอยขมในไทยมีความผันผวนตามแหล่งผลิตและความต้องการของตลาดในแต่ละภูมิภาค ปัจจุบัน ในแหล่งขายเช่นตลาดไท ราคาขายส่งหอยขมสดอยู่ที่ประมาณ 60-120 บาทต่อกิโลกรัม ขึ้นอยู่กับคุณภาพและ ฤดูกาล โดยราคาหอยขมยังคงมีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากความนิยมในตลาดอาหารพื้นบ้านและอุตสาหกรรมอาหาร แปรรูปที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง [3]

เทคโนโลยียุค 4.0 มีส่วนสำคัญในการดำเนินชีวิตประจำวัน และการทำงานในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างมาก ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) หรือ IoT ซึ่งหมายถึงการที่สิ่งของอุปกรณ์หรือ เครื่องมือที่ใช้ต่าง ๆ รอบตัวเราทั้งที่เป็นสิ่งของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน และเครื่องมือถูกเชื่อมโยงเข้าด้วยกันบน โลกของอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถควบคุมหรือสั่งการอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ เช่น การระบบควบคุมคุณภาพน้ำ และนำ ข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์และสั่งการไปยังอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ เพื่อสร้างสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการ เจริญเติบโตของการเลี้ยงหอยขม เพื่อลดต้นทุนการผลิต และให้ได้กำไรมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับเงื่อนไขคุณธรรม ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง [4]

จากหลักการและเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ การพัฒนาอินเทอร์เน็ตของสรรพ สิ่งสำหรับระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ เพื่อช่วยให้เกษตรกรภาคครัวเรือนมีความเข้าใจในการนำเทคโนโลยี มาประยุกต์ใช้ เป็นแบบควบคุมสภาวะคุณภาพของน้ำ ด้านอุณหภูมิ ความกรดต่าง ความขุ่นของน้ำ ที่เหมาะสมกับ การเจริญเติบโตของหอยขม โดยการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์ต่าง ๆ ได้แก่ เซ็นเซอร์อุณหภูมิรุ่น DS18B20 เซ็นเซอร์กรด ต่างรุ่น E-201-C เซ็นเซอร์ความขุ่นน้ำรุ่น EC Sensor M0300 วิธีการประมวลผลข้อมูลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Mega2560 Wifi เป็นตัวประมวลผลและเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต ทำให้ได้ผลผลิตจากการเลี้ยงหอยขมที่มีความ ปลอดภัยจากสารเคมีปนเปื้อน และมีคุณภาพดี และเพิ่มความสะดวกสบายในการเลี้ยงหอยขม โดยการพัฒนา ระบบ สารสนเทศที่ประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว ในการประมวลผลการทำงาน และรายงานผลไปยังผู้ใช้งานผ่านทาง อินเทอร์เน็ต ทำให้ผู้ใช้งานสามารถรับรู้ข้อมูล และสามารถควบคุมฟาร์มอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของ สรรพสิ่งได้ตลอดเวลา ที่ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อการเลี้ยงหอยขมได้อย่างยั่งยืน

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อการศึกษาบริบทของการเลี้ยงหอยขมและพัฒนาอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับระบบควบคุม ฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพและการประเมินผลการทำงานของระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ

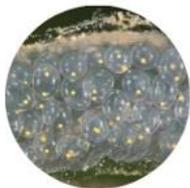
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเลี้ยงหอยขม

หอยขม (Pond snail) เป็นหอยน้ำจืดที่พบมากในแหล่งน้ำนิ่ง เป็นหอยที่คนไทยนิยมนำมารับประทาน เนื่องจากหาง่าย ลักษณะทั่วไปของหอยขมเป็นหอยน้ำจืดขนาดเล็ก ปัจจุบันหอยขมมีปริมาณที่ลดน้อยลงเนื่องจากได้รับนิยมในการบริโภคเป็นจำนวนมาก และพบหาได้ยากขึ้น แม้ว่าการดำรงชีวิตของหอยขมจะขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว แต่ปริมาณก็ยังไม่เพียงพอต่อผู้บริโภค และหายากขึ้นเรื่อย ๆ จึงทำให้หอยขมในตลาดมีราคาที่สูงขึ้นในราคา กิโลกรัมละ 80 – 100 บาท ปัจจุบันเกษตรกรนิยมที่จะเลี้ยงในการบริโภคเอง หรือเลี้ยงเพื่อประกอบอาชีพ เพิ่มรายได้ให้ครอบครัว แต่มีเกษตรกรหลายรายพบปัญหาในการเพาะเลี้ยงหอยขมมีการขยายพันธุ์ช้า เติบโตช้า มีหอยตายเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้มีการติดเชื้อพยาธิปอดหนู ซึ่งมีผลต่อสัตว์น้ำโดยรอบ แล้วผู้บริโภคซึ่งจะทำให้มีไข้แบบเป็น ๆ หาย ๆ คลื่นไส้ อาเจียน คอแข็ง แกร่ง ปวดศีรษะ และรุนแรงอาจถึงเป็นอัมพาตได้ เนื่องจากการเพาะเลี้ยงที่ไม่ถูกวิธีที่มาจากปัจจัยของสภาพน้ำและอากาศที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา มีผลต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของหอยขมโดยตรงดังแสดงสายพันธุ์และวงจรชีวิตหอยขมในภาพที่ 1 และภาพที่ 2 [5]



ภาพที่ 1 หอยขมสายพันธุ์ Polygramma และ Martensi



ระยะไข่ฟักตัวจากไข่เป็นตัว
7-14 วัน



ระยะลูกหอยเปลือกอ่อน
10-15 วัน



หอยขมโตเต็มวัย
45-59 วัน



หอยขมระยะผสมพันธุ์
60 วันขึ้นไป

ภาพที่ 2 วงจรชีวิตหอยขม

2.2 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและฟาร์มอัจฉริยะ

Internet of thing (IOT) ทางเกษตร คือการเอาเทคโนโลยีต่าง ๆ มาพัฒนาปรับใช้ในด้านเกษตร ไม่ว่าจะเป็น ข้อมูลทางการเกษตร ซึ่งถือเป็นอีกหนึ่งสำคัญในการส่งเสริมพัฒนาเปลี่ยนแปลงต่อเศรษฐกิจและความยั่งยืนในการเกษตรโดยการพัฒนาข้อมูลทางเศรษฐกิจนั้นจำเป็นที่จะใช้งานผ่านทางคอมพิวเตอร์ โดยจะให้ความสำคัญไปที่ฮาร์ดแวร์มากกว่าซอฟต์แวร์จึงจำเป็นต้องใช้ คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีรวมกัน เพื่อสร้างการเกษตร เช่น เทคโนโลยี IOT และ เทคโนโลยี RFID

ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) หมายถึง การทำฟาร์มอัจฉริยะเป็นการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยที่ระบบคอมพิวเตอร์ การสื่อสารระบบเซ็นเซอร์และเทคโนโลยีชีวภาพมาผสมผสานกันด้านงานการเกษตร ที่นำเอาเทคโนโลยีเข้ามาช่วย เช่น การควบคุมระบบการให้ ระบบการตรวจวัด (Sensor) ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการวัดค่าและตรวจสอบค่าต่าง ๆ เช่น ชุดตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ ชุดวัดความชื้นดิน [6]

ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) หมายถึง การปฏิบัติภาคการเกษตรสู่ Smart Farming โดยการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากเซนเซอร์ โดรน และดาวเทียม เพื่อการตัดสินใจที่แม่นยำ การจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ และการคาดการณ์ผลผลิต การใช้ AI และ Machine Learning ในการวิเคราะห์ Big Data ช่วยให้เกษตรกรสามารถติดตามสภาพแวดล้อม ควบคุมการให้น้ำและปุ๋ย รวมถึงป้องกันโรคพืชได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ยังช่วยลดต้นทุน เพิ่มผลผลิต และสร้างความยั่งยืนในภาคการเกษตร อย่างไรก็ตาม ความท้าทายสำคัญคือการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านดิจิทัล การฝึกอบรมเกษตรกร และการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล [7]

นเรศ ขวัญทอง, ศยมน พุทรมงค และ อเนก สวาทอินทร์ [8] ได้ศึกษาเรื่อง ระบบเกษตรอัจฉริยะสำหรับการเพาะเลี้ยงหอยขม การเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติ ทำให้จำนวนหอยขมลดน้อยลงส่งผลให้ราคาสูงขึ้น การสร้างระบบเกษตรอัจฉริยะสำหรับการเลี้ยงหอยขมสำหรับเพาะเลี้ยงแม่พันธุ์ และพัฒนาติดตามคุณภาพน้ำในบ่อหอยขมเพื่อเพิ่มอัตราการรอด พบว่าการเพาะเลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในระบบ จะทำให้หอยมีอัตราการรอดสูงกว่าปกติ 57.2

ณสมนตร์ มีแก้ว และคณะ [9] ได้ศึกษาผลของระดับความเค็มต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและอัตราการกินอาหารต่อวันผลกระทบของอุณหภูมิ ความเค็ม และความหนาแน่นของการเลี้ยงต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดชีวิตของ พบว่าระดับความเค็มของน้ำมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการกินอาหารของปูทะเล โดยเฉพาะปูที่มีอายุหรือขนาดเพิ่มขึ้น

วิณา รองจะโป๊ะ, สิริภรณ์ โพธิวิษยานนท์ และ รุจิรัตน์ กิจเลิศพรไพโรจน์ [10] คุณภาพของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ในฤดูฝนสมบัติของน้ำฝนส่งผลต่อการลดลงของอุณหภูมิและพีเอช แต่จะช่วยเพิ่มค่าสี ความขุ่น บีโอดี ซีโอดี ของแข็งทั้งหมด ไนเตรต และฟอสฟอรัส รวมถึงค่าแบคทีเรียโคลิฟอร์มค่าพีแอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียก็เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้คุณภาพของน้ำยังมีการเปลี่ยนแปลงตามการใช้ประโยชน์

สมภพ รุ่งสุภา และ นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ [11] ผลการเปลี่ยนน้ำต่อคุณภาพน้ำและตะกอนพื้นบ่อดินที่เลี้ยงหอยหวาน ปริมาณซัลไฟด์ในตะกอนดินบ่อที่เปลี่ยนน้ำทุก 15 วัน สูงกว่าบ่อที่เปลี่ยนน้ำทุก 7 วัน แต่ลดลงเมื่อเลี้ยงไปได้ 4 เดือน ผลการทดลองยังไม่สามารถระบุได้ว่าการเปลี่ยนน้ำมีผลต่อคุณภาพน้ำและตะกอนดินอย่างชัดเจน แต่เสนอแนะให้มีการเปลี่ยนน้ำอย่างน้อย 15 วันครั้ง และควรตรวจสอบปริมาณซัลไฟด์ในตะกอนดินอย่างต่อเนื่องด้วย

2.3 การยอมรับเทคโนโลยี

Davis [12] TAM ถูกพัฒนามาจากทฤษฎีด้านจิตวิทยาสังคมซึ่งพัฒนามาจากทฤษฎีการกระทำ ด้วยเหตุผลเป็นแบบจำลองที่อธิบายว่าผู้ใช้มีการยอมรับและใช้เทคโนโลยีอย่างไร เมื่อผู้ใช้ได้รับการแนะนำซอฟต์แวร์ใหม่ ๆ ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้ประกอบด้วย

1. การรับรู้ประโยชน์ (Perceived Usefulness) หมายถึง ระดับความเชื่อของบุคคลต่อการใช่เทคโนโลยีนั้น ๆ ว่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ใช้งาน

2. การรับรู้ความง่ายในการใช้ (Perceived Ease of Use) หมายถึงระดับความเชื่อของบุคคลที่มีต่อการใช่เทคโนโลยีโดยไม่ต้องใช้ความพยายาม

ความพึงพอใจ (Satisfaction Articles) คือ งานเขียนหรืองานวิจัยที่มุ่งศึกษาความรู้สึกของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งอาจเป็นผลิตภัณฑ์ บริการ ประสบการณ์ หรือกระบวนการทางธุรกิจ โดยปกติแล้วบทความเกี่ยวกับความพึงพอใจมักจะมุ่งเน้นไปที่การวัดระดับความพึงพอใจของผู้ใช้หรือผู้บริโภค เช่น ความพึงพอใจในบริการขององค์กร ความพึงพอใจต่อประสบการณ์การใช้งานเว็บไซต์ [13]

ความพึงพอใจถือเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญของคุณภาพบริการหรือผลิตภัณฑ์ มีการวัดผลโดยใช้แบบสอบถามหรือเครื่องมือวิจัยต่าง ๆ เช่น การสำรวจความคิดเห็น การสัมภาษณ์ และการทดสอบทางสถิติ เพื่อดูว่าอะไรที่มีผลกระทบต่อความพึงพอใจและความไม่พึงพอใจ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีประโยชน์ในการปรับปรุงบริการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น [14]

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือการวิจัย

1.1 ระบบสารสนเทศสำหรับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ พัฒนาขึ้นด้วยภาษาซี (C) และประยุกต์ใช้กับระบบฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL)

1.2 แบบสังเกตการณ์การเติบโตของหอยขม เป็นแบบบันทึกข้อมูลการพบเห็นการเติบโตตามวงจรชีวิตหอยขม ตามขั้นตอนดังนี้ 1) ระยะฟักพันธ์ 2) ระยะอนุบาลลูกหอยเปลือกอ่อน 3) หอยขมโตเต็มวัย 4) หอยขมระยะผสมพันธ์

1.3 แบบประเมินการยอมรับเทคโนโลยีและประเมินความพึงพอใจโดยผู้เกษตรกร เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วน 5 ระดับ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ด้านความง่ายในการใช้งาน ด้านการรับรู้ประโยชน์ และด้านความพึงพอใจ ในแต่ละด้านมีข้อความย่อยด้านละจำนวน 5 ข้อ

2. กลุ่มเป้าหมาย

2.1 ผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ คัดเลือกโดยวิธีเจาะจงโดยผู้เชี่ยวชาญทางคอมพิวเตอร์ เป็นผู้มีความรู้การศึกษาระดับปริญญาโทขึ้นไป และเป็นผู้มีประสบการณ์เป็นระยะเวลา 3 ปี จำนวน 5 คน

2.2 เกษตรกรผู้เลี้ยงหอยขม จำนวน 35 คนคัดเลือกโดยวิธีเจาะจงกลุ่มที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเลี้ยงหอยขมที่มีประสบการณ์ไม่ต่ำกว่า 5 ปี

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้มีการดำเนินการวิจัยดประกอบขั้นตอนดังนี้

3.1 การสังเกตแบบมีส่วนร่วมและสัมภาษณ์เกษตรกรเลี้ยงหอยขม เป็นการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างเพื่อศึกษาข้อมูลบริบทของการเลี้ยงหอยขม

3.2 การออกแบบระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ ด้วยวิธีการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบลำดับขั้นตามบริบทการเลี้ยงหอยขมจากแบบสังเกตและการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงหอยขม

3.3 ประเมินองค์ประกอบของระบบสารสนเทศโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านระบบสารสนเทศก่อนนำไปพัฒนาระบบ

3.4 พัฒนาระบบและทำการทดลองเพื่อบันทึกสรุปผลการทำงานของระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขม

3.5 ประเมินผลด้วยการสังเกตการณ์การเติบโตของหอยขมตามระยะต่าง ๆ

3.6 ประเมินการยอมรับเทคโนโลยีและความพึงพอใจหลังจากการใช้งานระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขม

3.7 วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าสถิติ โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน [15] ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า ระดับมาก

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 – 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาบริบทของการเลี้ยงหอยขมและพัฒนาอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ

1.1 ผลการศึกษาบริบทการเลี้ยงหอยขม

ผลจากการศึกษาบริบทของข้อมูลการเลี้ยงหอยขมและผลการสัมภาษณ์เกษตรกรเลี้ยงหอยขม สรุปได้ว่า หอยขมจะอาศัยอยู่ในน้ำจืดธรรมชาติทั่วไป เช่น ห้วย หนอง คลอง บึง ในทุ่งนา หรือในดินโคลนจะเกาะตามวัตถุต่าง ๆ เช่น เสา ตอไม้ หอยขมมักอาศัยอยู่ที่น้ำไหลไม่แรง หรือที่ที่น้ำนิ่ง อาหารของหอยขมจะอยู่ในน้ำเช่น ตะไคร่น้ำ พืช น้ำ แพลงก์ตอน และอินทรีย์สารที่เน่าเปื่อย โดยหอยขมจะมีอายุตั้งแต่ 3-11 ปี สามารถผสมพันธุ์ด้วยตัวเองเมื่ออายุ 60 วันขึ้นไป และจะออกลูกครั้งละ 40 – 50 ตัว

ผลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรเลี้ยงหอยขม สาเหตุสำคัญในการเลี้ยงหอยขมเพื่อให้ประสบความสำเร็จ ประกอบไปด้วยปัจจัยดังนี้ การควบคุมคุณภาพของน้ำให้อยู่ในสภาวะที่มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงหอยขม ได้แก่

- 1) ความสะอาดของน้ำที่วัดได้จากคุณภาพที่ดีของน้ำ
- 2) ความขุ่นของน้ำที่วัดได้จากค่าความเข้มข้นฝุ่นและตะกอนของน้ำ
- 3) ค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของน้ำในบ่อเลี้ยง
- 4) ลักษณะสีของน้ำ จากการสังเกตความการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำ

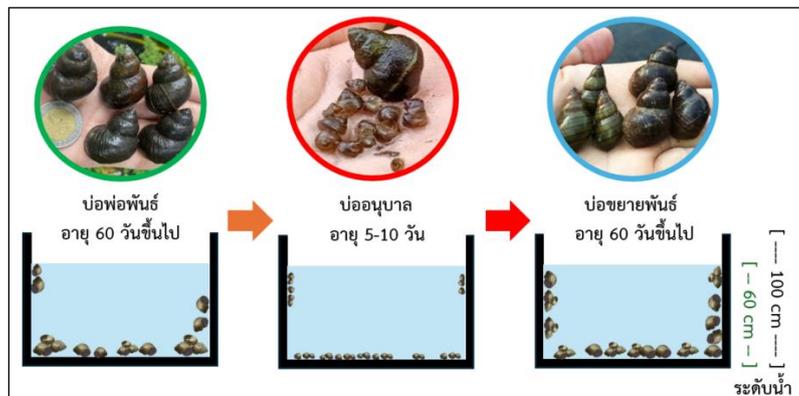
โดยน้ำที่สะอาดควรมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.5-8.5 หากค่า pH ต่ำกว่า 6.5 น้ำจะมีความเป็นกรดสูงเกินไป และหากสูงกว่า 8.5 จะมีความเป็นด่างสูงเกินไป

ด้านการควบคุมระดับน้ำ เกษตรกรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับ ระดับน้ำมีความสำคัญต่อการเลี้ยงหอยขม เป็นอย่างมาก โดยการเลี้ยงหอยขมจะมีระดับน้ำที่เหมาะสม ตั้งแต่ 30 – 150 เซนติเมตรขึ้นไป

ด้านการควบคุมการให้อาหาร การให้อาหารควรให้อาหารที่มีส่วนผสมของพืชต่าง ๆ และควรมีชั้นดินโคลนเพื่อให้เกิดอาหารจากธรรมชาติ อาหารไม่ควรมีส่วนผสมของน้ำมันปนอยู่จำนวนมาก เพราะจะทำให้ส่งผลต่อ น้ำ

การควบคุมการเจริญเติบโตของหอยขม การเลี้ยงหอยขมในบ่อซีเมนต์จะต้องมีการควบคุมปริมาณ และควรมีการแยกลูกหอยไปยังบ่ออื่น ๆ เพื่อไม่ทำให้หอยอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นจนเกินไป

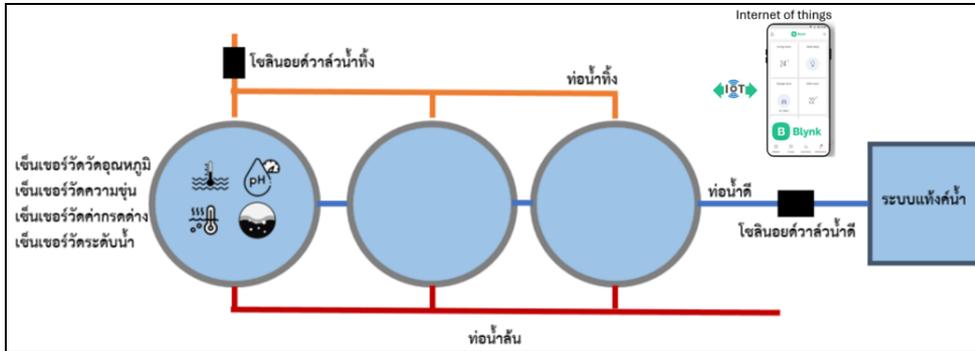
ผลการศึกษาข้อมูลการเลี้ยงหอยขมสามารถนำมาใช้ในการออกแบบการเลี้ยงหอยขมในบ่อซีเมนต์ สามารถนำมาออกแบบได้ดังภาพที่ 3 นี้



ภาพที่ 3 ภาพแสดงการเลี้ยงหอยขมในบ่อซีเมนต์

1.2 ผลการศึกษาแนวคิดทฤษฎีทางด้านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

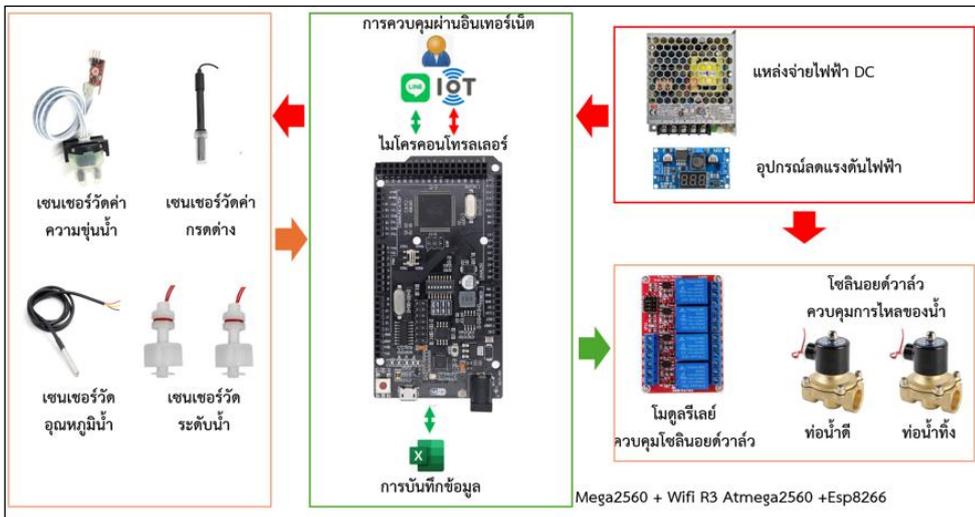
ผลการศึกษาแนวคิดทฤษฎีทางด้านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและการศึกษาข้อมูลการเลี้ยงหอยขมในบ่อซีเมนต์ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ ได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะสำหรับการเลี้ยงหอยขมด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

1.3 ผลการออกแบบระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ

ผลการออกแบบระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะเพื่อใช้ในการควบคุมสถานะของคุณภาพน้ำ โดยระบบจะมีค่ามาตรฐานที่สอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีคุณภาพน้ำ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 อุปกรณ์ภายในระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ

อุปกรณ์ภายในระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ เป็นการควบคุมสถานะคุณภาพของน้ำด้านอุณหภูมิ ความกรดต่าง ความขุ่นของน้ำ ที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของหอยขม โดยมีเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ได้แก่ เซ็นเซอร์อุณหภูมิรุ่น DS18B20 เซ็นเซอร์กรดต่างรุ่น E-201-C เซ็นเซอร์ความขุ่นน้ำรุ่น EC Sensor M0300 และวิธีการประมวลผลข้อมูลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น Mega2560 Wifi เป็นตัวประมวลผลและเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

1.4 ผลการประเมินความคิดเห็นโดยผู้เชี่ยวชาญทางระบบสารสนเทศ

ผลการประเมินความคิดเห็นการพัฒนาอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะโดยผู้เชี่ยวชาญทางระบบสารสนเทศ

ตารางที่ 1 ผลการประเมินผลการออกแบบระบบสารสนเทศจากผู้เชี่ยวชาญ

รายการ	\bar{X}	SD.	ระดับความคิดเห็น
1. ระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะมีความครอบคลุมกระบวนการเลี้ยง	3.97	0.75	เหมาะสมมาก
2. ระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะสามารถเข้าถึงการใช้งานได้ง่าย	4.29	0.46	เหมาะสมมาก
3. ระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะมีการขั้นตอนสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานได้ง่าย	4.74	0.44	เหมาะสมมากที่สุด
4. ระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะสามารถบันทึกข้อมูลข้อมูลได้อย่างถูกต้อง	4.17	0.86	เหมาะสมมาก
5. ระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะสามารถทำให้การเปลี่ยนน้ำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น	4.11	0.87	เหมาะสมมาก
6. ระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะแสดงผลข้อมูลการควบคุมได้อย่างถูกต้องแม่นยำ	4.23	0.73	เหมาะสมมาก
7. โครงสร้างระบบมีความเหมาะสมกับสถาปัตยกรรมระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะ	4.06	0.80	เหมาะสมมาก
8. ผู้ใช้งานระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะมีความมั่นคงปลอดภัยต่อการใช้งาน	4.37	0.91	เหมาะสมมาก
9. ลำดับขั้นการทำงานของระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	3.46	0.50	เหมาะสมมาก
10. ผู้ดูแลระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะสามารถบริหารจัดการผู้ใช้งานได้เหมาะสม	4.43	0.50	เหมาะสมมาก
รวม	4.18	0.68	เหมาะสมมาก

ผลประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นเหมาะสมมาก เกี่ยวกับระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะ มีการขั้นตอนสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานได้ง่าย ผู้ดูแลระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะสามารถบริหารจัดการผู้ใช้งานได้เหมาะสม และระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะสามารถเข้าถึงการใช้งานได้ง่าย

1.5 ผลการพัฒนาารบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ

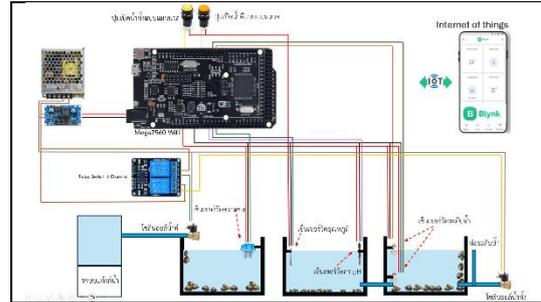
การพัฒนาารบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาตามขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการพัฒนาารบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ



ภาพที่ 7 สภาพแวดล้อมของฟาร์มลอยนมอัจฉริยะ

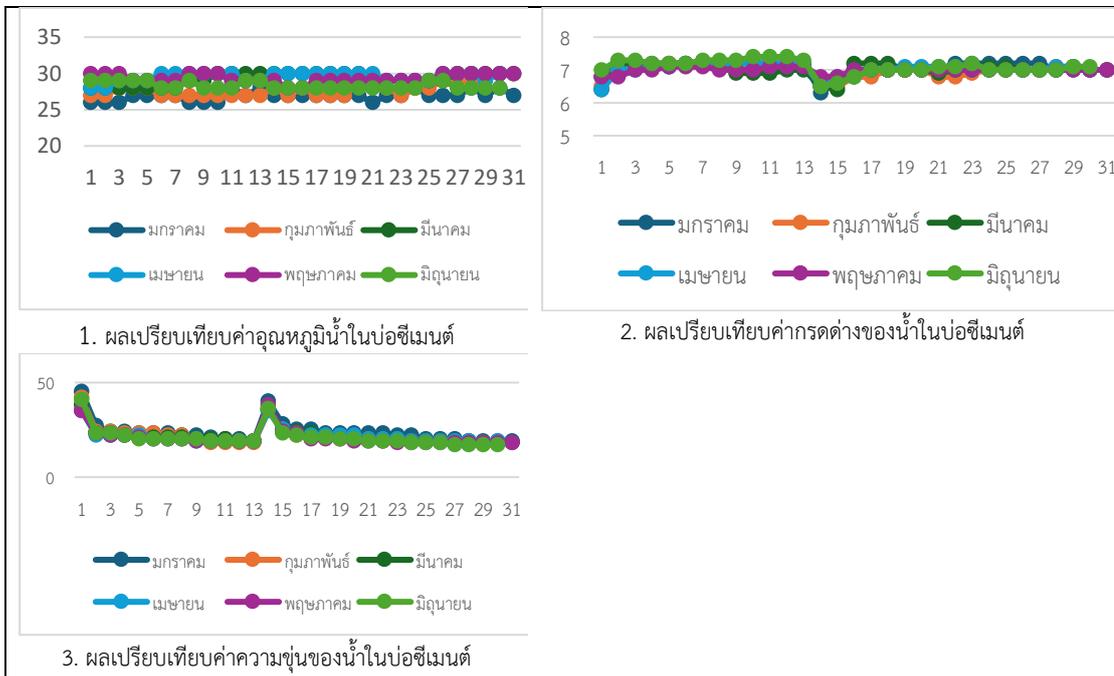


ภาพที่ 8 การต่อวงจรการทำงานของระบบควบคุม

2. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงลอยนมอัจฉริยะ

2.1 การทดสอบข้อมูลคุณภาพน้ำของระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงลอยนม

ผลการบันทึกข้อมูลคุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำ ค่ากรดต่าง ค่าความขุ่น ในช่วงเดือน มกราคม ถึง มิถุนายน ปี พ.ศ.2567 ดังนี้



ภาพที่ 9 ผลเปรียบเทียบคุณภาพน้ำจาก อุณหภูมิ น้ำ ค่ากรดต่าง ค่าความขุ่น

จากภาพที่ 9 พบว่าค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ.2567 ค่าอุณหภูมิในบ่อซีเมนต์ โดยส่วนใหญ่อุณหภูมิมีค่าอยู่ระหว่าง 26 ถึง 30 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่เกิดขึ้นนี้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงลอยนม โดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 25 ถึง 32 องศาเซลเซียส ค่ากรดต่างน้ำในบ่อซีเมนต์ (pH) ที่ได้จากการวัดอยู่ในระหว่าง 6.5 ถึง 7.4 ซึ่งความกรดในบ่อซีเมนต์อยู่ในมาตรฐานที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงลอยนม และความขุ่นของน้ำในบ่อซีเมนต์ (NTU) ได้จากการวัดค่าความขุ่นอยู่ในระหว่าง 17 NTU ถึง 45 NTU ซึ่งค่าความขุ่นของน้ำโดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับ น้ำขุ่นเล็กน้อยถึงปานกลาง และเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงลอยนมในบ่อซีเมนต์ ที่ระดับความขุ่นเหมาะสมต่อการเลี้ยงลอยในช่วง 0-100 NTU

2.2 ผลประเมินการสังเกตการณ์การเติบโตของหอยขมตามระยะต่าง ๆ

การเติบโตของหอยขมในบ่อซีเมนต์แบ่งออกเป็น 3 ระยะตามวงจรชีวิตของหอยขม ได้ดังนี้ ระยะที่ 1. ระยะฟักพันธุ์หอยขม 2.ระยะอนุบาลหอยขม 3.ระยะขยายพันธุ์หอย ดังแสดงไว้ในภาพที่ 10

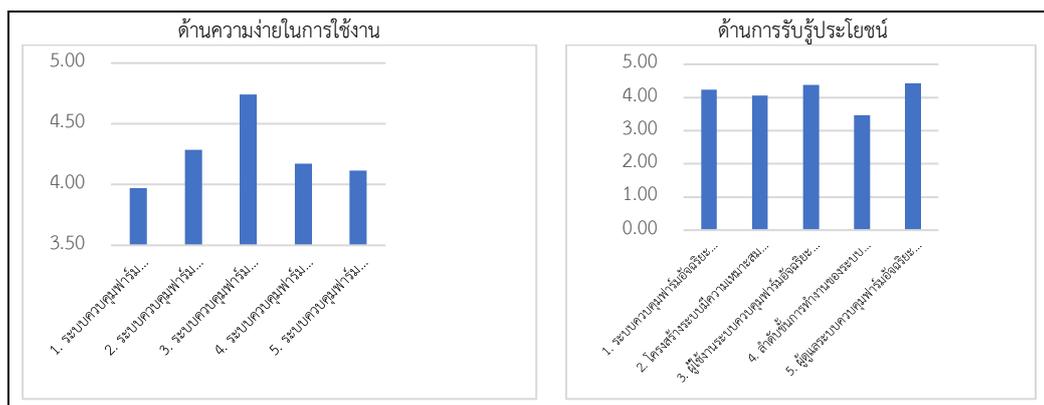


ภาพที่ 10 ผลการเติบโตของหอยขมในบ่อซีเมนต์

จากภาพที่ 10 พบว่าผลการเติบโตของหอยขมในบ่อซีเมนต์ตามระยะต่าง ๆ จากแบบสังเกตการณ์การเติบโตจะพบเห็นการเติบโตของหอยขมได้ตามวงจรชีวิตในระยะเวลาต่าง ๆ ผลการสังเกตการณ์ในระยะที่ 1 อายุหอยประมาณ 60 วัน จะมีขนาดฟักพันธุ์ประมาณ 2.7 เซนติเมตร ในระยะที่ 2 ทำการคัดแยกจากบ่อฟักพันธุ์ไปยังบ่ออนุบาล อายุหอยประมาณ 5-30 วัน หอยขมจะมีขนาด 1.4 เซนติเมตร และในในระยะที่ 3 ทำการคัดแยกจากบ่ออนุบาลไปยังบ่อขยายพันธุ์ในช่วงอายุหอย 30 วันขึ้นไป และเมื่อครบ 45 วันขึ้นไป ฟักพันธุ์ในบ่อขยายจะมีขนาดประมาณ 2.3 เซนติเมตร และจะพบเห็นลูกหอยขมในบ่อฟักพันธุ์ขยายมีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร

2.3 ผลประเมินการยอมรับเทคโนโลยีและความพึงพอใจหลังจากการใช้งาน

การประเมินผลการยอมรับเทคโนโลยีการพัฒนาอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ สรุปผลได้ดังนี้



ภาพที่ 11 การยอมรับเทคโนโลยีและความพึงพอใจจากการใช้งาน

จากภาพที่ 11 ผลประเมินการยอมรับเทคโนโลยีและความพึงพอใจหลังจากการใช้งาน พบว่ามีการยอมรับเทคโนโลยี ในด้านความง่ายในการใช้งาน อยู่ในระดับการยอมรับมาก โดยส่วนใหญ่มีการยอมรับในด้านระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะมีการขึ้นตอนสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานได้ง่าย มีค่าเฉลี่ยที่ 4.74 รองลงมา ระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะสามารถเข้าถึงการใช้งานได้ง่าย มีค่าเฉลี่ยที่ 4.29 และในด้านการรับรู้ประโยชน์ มีระดับการยอมรับมากเกี่ยวกับผู้ดูแลระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะสามารถบริหารจัดการผู้ใช้งานได้เหมาะสม มีค่าเฉลี่ยที่ 4.43 และผู้ใช้งานระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะมีความมั่นคงปลอดภัยต่อการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยที่ 4.37

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการดำเนินงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงการจัดการที่นำเทคโนโลยีระบบสารสนเทศ มาประยุกต์ใช้เพื่อการควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะผ่านทางอินเทอร์เน็ตให้มีความสะดวกในการใช้งานยิ่งขึ้น โดยมีผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการศึกษาบริบทของการเลี้ยงหอยขมและพัฒนาอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ พบว่า ระบบสามารถคุณภาพน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพตรงตามบริบทของการเลี้ยงหอยขมตามองค์ประกอบต่าง ๆ ได้แก่ การควบคุมด้านอุณหภูมิ การควบคุมด้านกรดต่าง และการควบคุมด้านความขุ่นสังเกตได้จากเมื่อระบบพบความผิดปกติของน้ำ ระบบจะทำการถ่ายน้ำอย่างอัตโนมัติ และทำการรายงานผลผ่านทางอินเทอร์เน็ตไปยังเกษตรกรได้ทันที ทำให้เกษตรกรสามารถรับรู้ถึงกระบวนการที่เกิดขึ้นและยังสามารถควบคุมสั่งการระบบได้ตลอดเวลา การเลี้ยงหอยขมในบ่อซีเมนต์เป็นการเลี้ยงหอยขมที่ปลอดภัย ทำให้ผู้บริโภคมีความปลอดภัยจากสารพิษตกค้างในสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับผลการศึกษาวิจัยของ Nares, K. [16] ที่พบว่า การเลี้ยงหอยขมในระบบฟาร์มอัจฉริยะทำให้สามารถติดตามและควบคุมสภาพน้ำได้อย่างแม่นยำ เช่น การควบคุมคุณภาพน้ำ ส่งผลให้อัตราการรอดของหอยขมสูงขึ้นกว่าการเลี้ยงในแบบทั่วไป และยังสอดคล้องกับผลการศึกษาวิจัยของ Yan et al. [17] ที่พบว่า การรับรู้ข้อมูลแบบเรียลไทม์ เป็นการช่วยในการตัดสินใจ จากการใช้เซ็นเซอร์และอุปกรณ์ IoT เพื่อรวบรวมข้อมูลล่าสุดในด้านต่างๆ เช่น ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ที่เน้นการสร้างระบบอัตโนมัติและการเกษตรแบบแม่นยำ เพื่อลดผลเสียและเพิ่มผลผลิต พร้อมทั้งให้ความสำคัญกับความสามารถในการตรวจสอบและควบคุมระยะไกลผ่านเทคโนโลยีมือถือเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานโดยรวมและคุณภาพของพืชผล

2. ผลทดสอบประสิทธิภาพและการประเมินผลการทำงานของระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ พบว่า ระบบมีการควบคุมคุณภาพน้ำที่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้หอยขมมีอัตราการขยายพันธุ์รวดเร็วกว่าการเลี้ยงในแบบธรรมชาติ โดยปกติหอยขมจะขยายพันธุ์ในช่วงอายุ 60-120 วัน ซึ่งแตกต่างจากในระบบควบคุมการเลี้ยงหอยขมในบ่อซีเมนต์จะเริ่มขยายพันธุ์ตั้งแต่ 45 วันขึ้นไป เนื่องจากหอยขมขยายพันธุ์เร็วขึ้นในสภาวะคุณภาพน้ำที่ดีส่งผลให้เกษตรกรมีการยอมรับเทคโนโลยีและความพึงพอใจอยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน เนื่องจากเกษตรกรรับรู้ความง่ายและรับรู้ประโยชน์จากการนำอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับหลักวิชาการของ Phan and Nguyen. [18] ที่พบว่า การเจริญเติบโตหลังการผสมพันธุ์ของหอยในบ่อเลี้ยงเพาะเลี้ยง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประมวลผลข้อมูลทดลอง จากการเจริญเติบโตของหอยมีอัตราการเจริญเติบโตเร็วขึ้น รวมถึงอัตราการรอดชีวิต เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างหอยที่เลี้ยงในสภาพแวดล้อมธรรมชาติ พบว่าการเจริญเติบโตของหอยในห้องทดลอง ที่มีการควบคุมคุณภาพน้ำที่ดีจะทำให้มีจำนวนประชากรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในงานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดในการวิจัยเกี่ยวกับการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่ มีคุณภาพน้ำแตกต่างกันจึงอาจส่งผลให้คุณภาพน้ำที่ได้จากระบบควบคุมมีความแตกต่างกัน เช่น ในบางพื้นที่ที่มีความเค็มของน้ำสูงหรือต่ำเกินไป จึงต้องมีระบบควบคุมเพิ่มเติม สอดคล้องกับผลการวิจัยของ นเรศ ขวัญทอง [19] ที่พบว่า ปริมาณความเค็มที่ต่ำเกินไปอาจทำให้หอยขมเติบโตได้ช้าลงหรือเสี่ยงต่อการเกิดโรค ในทางกลับกัน ระดับความเค็มที่สูงเกินไปสามารถทำให้เกิดความเครียดในหอยขมและลดอัตราการรอดชีวิตได้

ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมหลังจากสรุปและอภิปรายผลแล้ว เพื่อให้เกิดประโยชน์ในการทำวิจัยดังนี้

1. การทำวิจัยครั้งต่อไปควรมีการวิจัยเกี่ยวกับการนำหอยขมในสายพันธุ์ต่าง ๆ มาทดลองเลี้ยงในระบบควบคุมฟาร์มเลี้ยงหอยขมอัจฉริยะ เพื่อทดสอบความเหมาะสมของหอยแต่ละชนิดที่ทำให้เกิดความรู้ทางวิชาการ และสามารถนำไปถ่ายทอดแก่ชุมชนในวงกว้างได้ เป็นต้น

2. ควรมีการนำผลการวิจัยขึ้นนำเสนอต่อหน่วยงานหรือองค์กรต่าง ๆ เช่น องค์กรบริหารส่วนตำบล องค์กรบริหารส่วนจังหวัด สถาบันการศึกษาต่าง ๆ ทั้งในพื้นที่และพื้นที่ใกล้เคียง เพื่อนำเสนอให้มีการถ่ายทอดองค์ความรู้ไปยังเกษตรกร เพื่อให้เกิดเป็นแนวทางและเป็นการเรียนรู้ในชุมชนต้นแบบ และนำไปใช้สำหรับเลี้ยงหอยขมในครัวเรือน

เอกสารอ้างอิง

- [1] National Economic and Social Development Board, "Master Plan under the National Strategy and Sustainable Development Goals (SDGs)." Accessed: Dec. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.nesdc.go.th> (in Thai)
- [2] M. Patchara, "Raising snails in cement ponds." Yala Rajabhat University. Accessed: Dec. 25, 2024. [Online]. Available: <https://wb.yru.ac.th/handle/yru/6375>. [] (in Thai)
- [3] Taladthai, "Latest Update on the Price of Freshwater Snails Today." Accessed: Dec. 25, 2024. [Online]. Available: <https://talaadthai.com/products/shell-9443-2457> (in Thai)
- [4] J. San, "Application of Industry 4.0 technology to small-scale farms," *The 55th Kasetsart University Annual Conference, Department of Economics and Business Administration*, Kasetsart University, Bangkok, 2024. (in Thai)
- [5] K. Nares, "Smart farming system for integrated snail farming and economic aquaculture," Research Reports of Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Bangkok, 2023. (in Thai)
- [6] J. Somchai, *Smart Farm: Innovation in Agriculture*, Bangkok: Agricultural Publishing House, 2023. (in Thai)
- [7] R. Sharma and A. Kumar, "Big data analytics in smart farming: Challenges and opportunities," *Journal of Agricultural Informatics*, vol. 15, no. 2, pp. 45-62, 2024.
- [8] N. Kwantong, S. Phutthamongkhong, and A. Sawainth, "The Smart Farm of Pond Snail Aquaculture," in *16th Academic Conference on Applied Research and Development*, Surin, Thailand, 2024, vol. 16, no. 1, pp. 34-37. (in Thai)
- [9] N. Meekaew, et al., "Effect of Salinity Levels on Specific Growth Rate and Feed Intake of Mud Crab (*Scylla paramamosain*)," *Ubon Ratchathani University Journal of Science and Technology*, vol. 23, no. 2, pp. 58-64, 2021. (in Thai)
- [10] W. Rongjapoh, S. Phothisichayanon, and R. Kitchaloetpompairoj, "Study of Physical, Chemical, and Biological Properties of Water in Natural Resources Protection Area of RSPG - Sirindhorn Dam EGAT, Ubon Ratchathani Province," *Res. Suranaree Univ. Technol.*, pp. 42-45, 2019. (in Thai)
- [11] S. Rungsupa and N. Chaithanawisut, "Comparison of Water and Sediment Quality between 2-water Exchanged Programs in Spotted babylon," in *Kasetsart University Academic Conference, Aquatic Resources Research Institute*, vol. 45, no. 1, pp. 326-331, 2007. (in Thai)
- [12] F. D. Davis, "Characteristics, user perceptions and behavioral impacts information systems and how user acceptance," University of Michigan, United States, 1993.
- [13] R. L. Oliver, *Satisfaction: A Behavioral Perspective on the Consumer*, New York: McGraw-Hill, 1997.
- [14] V. A. Zeithaml, M. J. Bitner, and D. D. Gremler, *Services Marketing: Integrating Customer Focus Across the Firm*, 7th ed., New York: McGraw-Hill Education, 2018.

- [15] S. Wut, *Marketing Research*, 2nd ed., Bangkok: Chulalongkorn University Press, 2019. (in Thai)
- [16] N. Kwantong, *Development of Smart Farms in Thailand*, Bangkok: Kasetsart Publishing House, 2023. (in Thai)
- [17] S. Yan, et al., *Smart Farming Technologies: Enhancing Agricultural Productivity*, New York: Agriculture Publishing, 2023.
- [18] T. Phan and H. Nguyen, "Application of smart farming in aquatic cultivation," *International Journal of Agricultural Science*, vol. 9, no. 4, pp. 45-60, 2021.
- [19] K. Nares, "Water management with salinity prediction system for planting planning in the Songkhla Lake Basin to support climate change," *Journal of Environmental Management*, vol. 58, no. 4, pp. 124-134, 2024. (in Thai)