

การพัฒนาระบบให้อาหารปลาตามน้ำหนักอาหารแบบสมาร์ตฟาร์ม Development of the Smart Farm Weighing-Based Fish Feeding System

ปานิสรา หาดขุนทด^{1*}, ธนากร แสงกุดเลาะ²
Panisara Hadkhuntod^{1*}, Thanakorn Sangkudluo²

¹ สาขาวิทยาการข้อมูลและการจัดการสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก, ประเทศไทย

¹ Department of Data Science and Information Management, Faculty of Science and Technology,
Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, Thailand

² คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก, ประเทศไทย

² Faculty of Education Naresuan University, Phitsanulok, Thailand

บทคัดย่อ

ปัญหาการขาดแคลนแรงงานภาคเกษตรจำเป็นต้องใช้แรงงานผู้สูงอายุ เด็กและแรงงานต่างด้าวมากขึ้น พื้นที่วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเลี้ยงปลาตะเพียนในกระชัง หมู่บ้านปากโทก ตำบลจอมทอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ก็ประสบปัญหาเช่นเดียวกัน โดยที่เกษตรกรส่วนใหญ่อายุมากกว่า 40 ปีขึ้นไป ปลาตะเพียนจะกินอาหาร วันละ 2-3 ครั้งและไม่สามารถให้อาหารมากในครั้งเดียวได้ การให้อาหารปลาตะเพียนควรให้ 3-7% ของน้ำหนักตัว หากให้มากกว่านั้นจะเกินความจำเป็น และมีผลถึงต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงมากขึ้นไปด้วย เครื่องให้อาหารปลาเชิงพาณิชย์ที่พบเห็นตามท้องตลาดมักจะมีราคาสูงมาก แต่สามารถบรรจุอาหารได้ปริมาณน้อย การให้อาหารด้วยเครื่องจะให้ตามเวลาต้องคำนวณระยะเวลาในการให้โดยไม่ทราบถึงปริมาณในการให้อาหารที่เหมาะสม ทีมวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาระบบให้อาหารปลาตามน้ำหนักอาหารแบบสมาร์ตฟาร์ม แบบใช้ต้นทุนต่ำในการผลิตและให้ตามน้ำหนักของอาหารโดยส่งผ่านสมาร์ตโฟน ตามแนวคิดของ Dennis ได้แบ่งวิธีวิจัยเป็น 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน การวิเคราะห์ การออกแบบ และการนำไปใช้ โดยใช้เทคนิคอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งด้วย บอร์ด ESP8266 Arduino ภาษา PHP และ MariaDB ซึ่งเครื่องให้อาหารปลาสามารถให้อาหารได้ตามน้ำหนักอาหาร สามารถตั้งเวลาให้อาหารได้ 3 ครั้งต่อวัน และปล่อยอาหาร 1 กิโลกรัมต่อวันที่ ประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับมาก (Mean = 4.16, S.D. = 0.68) เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านการประมงและเพื่อทดแทนการใช้แรงงานคน สามารถนำไปใช้ ประโยชน์ในด้านการเลี้ยงปลาได้

คำสำคัญ: ระบบ ให้อาหาร ปลา น้ำหนัก สมาร์ตฟาร์ม

* Corresponding author : panisara.h@psru.ac.th

Abstract

Agricultural labor shortage problem elderly, children and migrant workers were needed. Community enterprise area for raising pomegranate fish in the cage Pak Tok Village, Chom Thong Subdistrict, Mueang District, Phitsanulok Province it having the same problem. Whereas most farmers was over 40 years of age, tilapia fish are fed 2-3 times a day and cannot be given large amounts at one time. Feeding fish should be 3-7% of body weight. If given more, it will be more than necessary and it affects the cost and expenses of raising more as well. Commercial fish feeders on the market are often very expensive. but can contain a small amount of food. The feeding time is given by the machine the feeding time must be calculated without knowing the proper feeding amount. The research team therefore aims to develop a weight-based fish feeding system in a smart farm. According to Dennis, the research method was divided into four stages: planning, analysis, design and implementation. Using all internet techniques with ESP8266, Arduino, PHP languages and MariaDB. Which fish feeders can feed according to the weight of food The timer can be set to feed 3 times a day and discharge 1 kg of food per minute. The efficiency of the system is at a high level (Mean = 4.16, S.D. = 0.68). It was the development of fisheries technology and to replace the use of human labor. can be used benefits in fish farming

Keywords: system, feed, fish, weigh, smart farm

1. บทนำ

เกษตรกรที่ประกอบอาชีพทางการประมงภายในจังหวัดพิษณุโลก มีการเลี้ยงปลาอยู่ในบ่อดินและกระชังในแม่น้ำน่าน การเลี้ยงปลาเชิงพาณิชย์เป็นการเลี้ยงเพื่อจำหน่าย และจะเน้นเลี้ยงภายในกระชังเป็นหลัก โดยในปี 2563 เกษตรกรผู้เลี้ยงที่ขึ้นทะเบียนทั้งจังหวัด มีอยู่ประมาณ 9,000 กว่าราย ในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก มีการเลี้ยงปลานิลแดงเชิงพาณิชย์ในรูปแบบกระชัง มีการเพาะเลี้ยงสูงสุด จำนวน 4,636 กระชัง มีผลผลิตเฉลี่ย 3,236 ตันต่อปี คิดเป็นมูลค่า 194 ล้านบาทต่อปี (กลุ่มสถิติประมง, 2563) ปลาที่นิยม (Red Tilapia) ปลาที่พัฒนามาจากสายพันธุ์ปลานิล ด้วยขนาดตัวปลาที่ใหญ่ รสชาติดี เนื้อแน่นมีคุณภาพ สีสันตัวปลาน่ารับประทาน ไม่มีกลิ่นคาว ราคาไม่แพง บริโภคจึงนิยมเนื้อปลาที่เพิ่มมากขึ้น จนทำให้บางครั้งปริมาณปลาที่เพิ่มจากแหล่งผลิตมีไม่เพียงพอกับความต้องการของลูกค้า (สำนักงานประมงจังหวัดพิษณุโลก, 2564)

ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในภาคเกษตรทำให้ครัวเรือนเกษตรกรต้องใช้แรงงานผู้สูงอายุ แรงงานเด็ก และแรงงานต่างด้าวมากขึ้น เกิดจากทัศนคติของแรงงานรุ่นใหม่ ที่เห็นว่า อาชีพเกษตรกรรมเป็นงานที่หนัก

ราคาไม่แน่นอน ผลผลิตต้องพึ่งพาธรรมชาติซึ่งมีความไม่แน่นอนของสภาพอากาศสูง ด้วยปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้แรงงานเคลื่อนย้ายไปสู่แรงงานนอกภาคเกษตรมากขึ้น (กรวิทย์ ต้นศรี, 2556) จากการลงพื้นที่วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเลี้ยงปลาทักทิมในกระชังหมู่บ้านปากโทก ตำบลจอมทอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ก็ประสบปัญหาเช่นเดียวกัน โดยที่เกษตรกรส่วนใหญ่อายุมากกว่า 40 ปีขึ้นไป การให้อาหารปลาทักทิมเป็นงานหลักของเกษตรกร โดยจะให้อาหารปลาทักทิมวันละ 2-4 เวลา โดยเมื่อถึงเวลาใกล้จะให้อาหารจะให้อาหารเพิ่มน้ำหนัก ใน 1 กระชังเกษตรกรจะใช้อาหารปลา 3 รุ่น คือปลาขนาดเล็ก รุ่น 9950 ขนาดกลาง รุ่น 9951 และขนาดใหญ่ 9951 เทอร์โบ รวมแล้วประมาณ 80-100 กระสอบต่อ 1 กระชัง ราคา 710-730 บาทต่อกระสอบ กระสอบละ 20 Kg การให้อาหารต้องเว้นระยะเวลาในการให้ คือไม่สามารถให้อาหารมากพร้อมกันได้ เนื่องจากปลานิลเป็นปลาที่มีกระเพาะแท้และลำไส้ยาวมากในธรรมชาติจะกินอาหารต่อเนื่องตลอดวัน การย่อยอาหารเป็นไปอย่างช้า ๆ และเสร็จสิ้นสมบูรณ์ในเวลาประมาณ 18-24 ชั่วโมง ดังนั้น การให้อาหารในปริมาณน้อย ๆ แต่บ่อยครั้ง จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารได้มากขึ้น ปริมาณที่เหมาะสมในอาหารปลานิลเฉลี่ย 3-7% น้ำหนักตัว/วัน (นวลฉวี พงศ์ธนา, 2553) ในปลานิลขนาดเล็ก มีอัตราการกินอาหาร ประมาณ 5-7 % ของน้ำหนักตัวต่อวัน ขณะที่อัตราการกินจะลดเหลือ 3% ของน้ำหนักตัวต่อวันสำหรับปลานิลขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามลำดับ (Chowdhury D.K., 2011), (พิเชต พลายุเพชร, 2559) ในระยะแรกของการให้อาหารปลาเป็นการให้เพื่อการเจริญเติบโตเท่านั้น หากให้มากกว่านั้นจะเกินความจำเป็น และมีผลถึงต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงมากขึ้นไปด้วย การให้อาหารปลาเชิงพาณิชย์ควรให้ตรงเวลา หากเป็นช่วงฝนตกเกษตรกรก็ไม่สามารถเข้ามาให้อาหารด้วยตนเองได้ พื้นที่ในการเลี้ยงในแต่ละช่วงระยะเวลาของระดับน้ำทำให้เกษตรกรเข้าถึงได้ยาก เช่น เป็นพื้นที่ลาดชันในช่วงน้ำน้อย การเข้าถึงเป็นไปได้ว่ายากลำบาก อีกทั้งเครื่องให้อาหารปลาเชิงพาณิชย์ที่พบเห็นตามท้องตลาดมักจะมีราคาสูงมาก (ปานิสร่า หาดขุนทด, 2564)

ทีมวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบให้อาหารปลาตามน้ำหนักอาหารแบบสมาร์ต ระบบให้อาหารปลาใช้หลักของอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง มีจุดมุ่งหมายเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับเกษตรกรที่เลี้ยงปลาเชิงพาณิชย์เพื่อลดเขยการขาดแคลนแรงงานภาคเกษตร ระบบนี้จะช่วยให้เกษตรกรทราบถึงปริมาณของอาหารที่เหมาะสมสำหรับปลาในแต่ละช่วงอายุ เช่น ปลาขนาด 100 กรัม ควรให้อาหาร 3-7 กรัมต่อวัน โดยสามารถกำหนดจำนวนกิโลกรัมในการให้อาหารได้ และทราบถึงปริมาณคงเหลือของอาหารที่จะให้ในช่วงเวลาถัดไป และถึงอาหารสามารถบรรจุอาหารได้สูงสุดถึง 20 กิโลกรัม เนื่องจากการเลี้ยงปลาเชิงพาณิชย์ เป็นการเลี้ยงปลาที่มุ่งหวังผลกำไรสูงสุด และลดต้นทุนให้น้อยที่สุด ระบบจะช่วยให้เกษตรกรไม่ว่าจะอยู่ที่ไหนในโลกก็ได้ขอแคมีอินเทอร์เน็ตก็สามารถให้อาหารได้ สามารถให้อาหารปลาได้ตรงเวลา ลดความยากลำบากในการเข้าถึงกระชังลดการเสียเวลาในการให้อาหารปลา และทราบถึงปริมาณที่เหมาะสมในการให้อาหาร เนื่องจากการให้อาหารปลาในช่วงแรกเป็นไปเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตเท่านั้น หากให้มากกว่านั้นจะสิ้นเปลืองอาหารเกินความจำเป็นและมีผลถึงต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงมากขึ้นไปด้วย

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบให้อาหารปลาตามน้ำหนักอาหารแบบสมาร์ตฟาร์ม

3. วิธีดำเนินการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยอาศัยขั้นตอนที่ประยุกต์จากการวิเคราะห์และออกแบบระบบตามแนวทางของ (Dennis et al., 2012) ที่แบ่งขั้นตอนออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

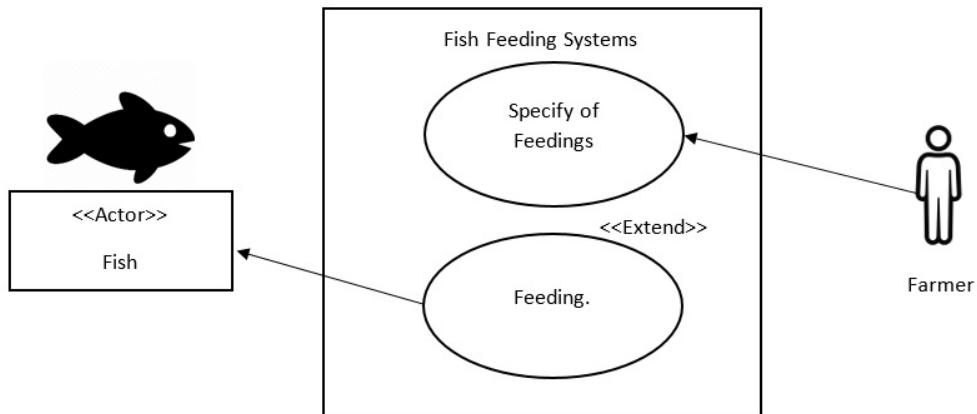
ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน (Planning) แบ่งออกเป็น 3 กระบวนการย่อย ๆ คือ

1.1 การวิเคราะห์ความต้องการ จากการศึกษาเอกสาร การลงพื้นที่วิสาทกิจชุมชนกลุ่มเลี้ยงปลา ทับทิมในกระชังหมู่บ้านปากโทก ตำบลจอมทอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ไปสังเกตการณ์ พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีอายุมากกว่า 40 ปีขึ้นไป จะให้อาหารปลาทับทิมวันละ 2-4 เวลา เป็นอาหารชนิดเม็ดขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ไม่สามารถให้อาหารครั้งเดียวจำนวนมากพร้อมกันได้ เนื่องจากปลาทับทิมมีลำไส้ยาวต้องใช้ ระยะเวลาในการย่อยอาหาร จึงจะช่วยให้ปลาเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปริมาณที่เหมาะสมใน อาหารปลานิล 3-7% น้ำหนักตัว/วัน (นวลมณี พงศ์สนา, 2553) หากให้มากกว่านั้นจะมีผลถึงต้นทุนและ ค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงมากขึ้นไปด้วย ในพื้นที่ดังกล่าวยังไม่มีเครื่องให้อาหาร เนื่องจากเครื่องให้อาหารปลาเชิง พาณิชย์ที่พบเห็นตามท้องตลาดมักจะมีราคาสูงมาก แต่สามารถให้อาหารได้ปริมาณน้อย และการให้อาหารจะให้ ตามเวลาต้องคำนวณระยะเวลาในการให้ โดยไม่ทราบถึงปริมาณในการให้อาหาร เกษตรกรจะทำการให้อาหาร ตามปริมาณที่เคยให้ โดยไม่ทราบว่าควรให้อาหารเท่าใดจึงเหมาะสม

1.2 การศึกษาความเป็นไปได้ จากการศึกษาความเป็นไปได้ จากสิ่งที่ได้จาก 1.1 ทีมผู้วิจัยมีแนวคิด ในการพัฒนาระบบให้อาหารปลาตามน้ำหนักอาหารแบบสมาร์ต ระบบให้อาหารปลาใช้หลักของอินเตอร์เน็ตทุก สรรพสิ่ง มีจุดมุ่งหมายเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับเกษตรกรที่เลี้ยงปลาเชิงพาณิชย์ โดยนำถังพลาสติกขนาด 20 ลิตร มาดัดแปลงเพื่อทำถังอาหาร โดยนำถังอาหารมาติดตั้งกับ Load cell ชูตเซ็นเซอร์วัดน้ำหนัก Arduino Load cell 20kg + base kit เพื่อชั่งน้ำหนัก แล้วติดตั้งกับอุปกรณ์ควบคุม บอร์ด ESP8266 ร่วมกับวงจร ควบคุมระบบไฟอัตโนมัติ แล้วทำการพัฒนาระบบควบคุมด้วย Arduino IDE เพื่อรับค่าจาก Load cell ส่งข้อมูล ไปยัง ฐานข้อมูล MariaDB และแสดงส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่พัฒนาด้วย PHP

1.3 การวางแผน ทีมวิจัยมีระยะเวลาในการศึกษาความต้องการ เลือกใช้อุปกรณ์ พัฒนาระบบ ทดลองใช้และแก้ไขปรับปรุงระบบ ในช่วงระยะเวลา ตุลาคม 2564 – มีนาคม 2565

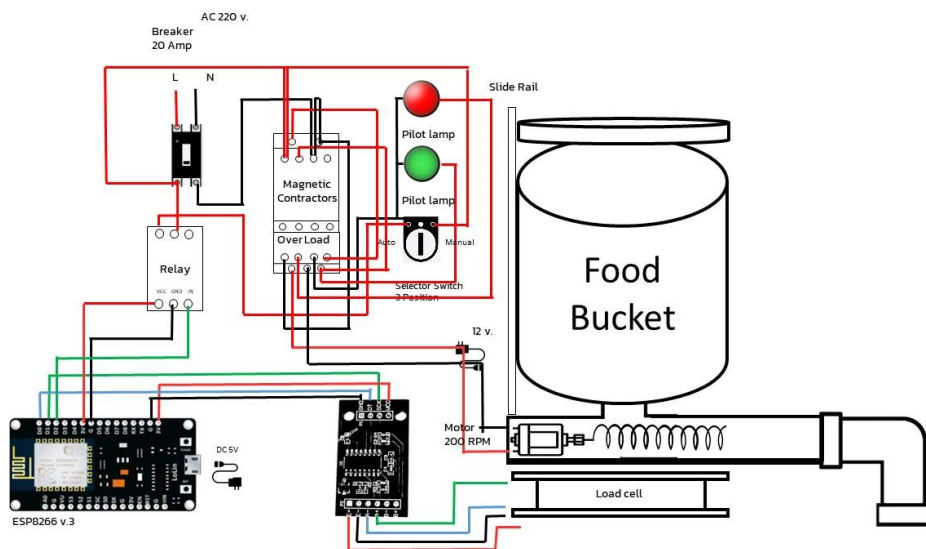
ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ (Analysis) ขั้นตอนนี้ทีมวิจัยได้ใช้ Use Case Diagram เพื่อวิเคราะห์ การทำงานของระบบดังนี้



ภาพที่ 1 Use Case Diagram of Fish Feeding Systems

จากภาพที่ 1 เกษตรกรจะระบุ จำนวนกิโลกรัมลงในระบบเพื่อบันทึกการให้อาหาร หรือบันทึกวันเวลาในการให้อาหาร และจำนวนกิโลกรัม และกด on ระบบจะทำการให้อาหารทันที หากไม่ระบุเวลา และให้ตามเวลาที่กำหนดหากเกษตรกรระบุเวลาในการให้อาหาร

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบ (Design) ทีมวิจัยได้นำข้อมูลจากขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลมาออกแบบและพัฒนาแบบทางกายภาพ (Physical Model) โดยเริ่มจากการออกแบบงานทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ทั้งในส่วนนำเข้าข้อมูลเข้า(Input)ส่วนประมวลผล (Process) ส่วนแสดงผลลัพธ์(Output) ส่วนจัดเก็บข้อมูล(Storage) การออกแบบจำลองข้อมูล การออกแบบรายงานและการออกแบบหน้าจอในการติดต่อกับผู้ใช้ระบบในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน โดยสามารถแสดงการออกแบบรูปแบบการทำงานภาพรวมของระบบ และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องดังภาพที่ 2

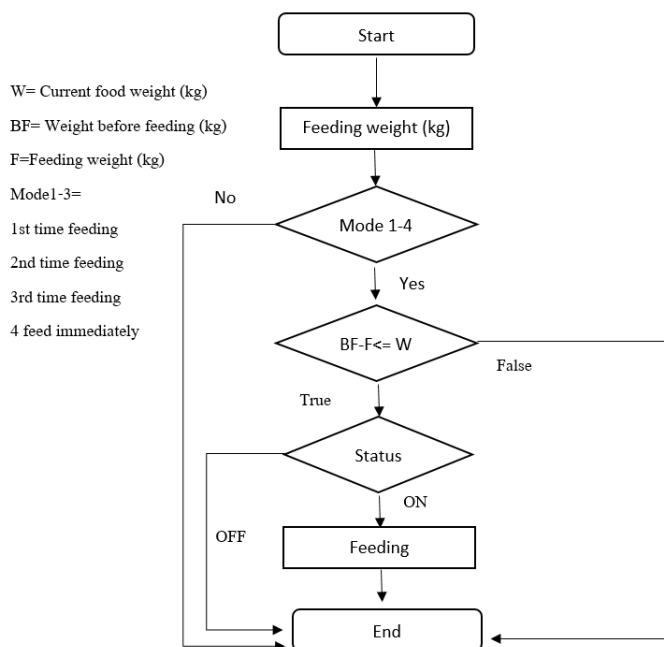


ภาพที่ 2 Concept Diagram of Fish Feeding Systems

จากภาพที่ 2 อธิบายการทำงานของให้อาหารปลาตามน้ำหนักแบบสมาร์ตฟาร์มแบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นส่วนของการให้อาหาร ประกอบด้วยถังพลาสติกขนาด 20 ลิตร แบบมีฝาปิด บุพื้นถังอาหารด้วยฟิวเจอร์บอร์ดเพื่อป้องกันอาหารรั่ว ด้านข้างของถังยึดติดกับรางเลื่อนเพื่อยกตัวเมื่อมีน้ำหนักเปลี่ยนแปลง และถังอาหารยึดติดกับโครงเหล็ก เจาะรูถังอาหารที่ด้านล่างของถังให้มีขนาดพอดีกับท่อสามทางขนาด 2 นิ้ว ต่อท่อ PVC แบบสามทาง ขนาด 2 นิ้ว ลงด้านล่าง ปลายด้านส่งอาหารของท่อสามทางต่อท่อตรง 2 นิ้ว และข้อขนาด 2 นิ้ว เพื่อลำเลียงอาหารลงด้านล่าง ปลายท่อสามทางอีกด้านจะมีมอเตอร์ขนาด 200 rpm ต่อกับไฟ DC 12 v. ปลายของมอเตอร์เชื่อมหัวจับดอกสว่าน (Drill Chuck collet) หากไม่สามารถเชื่อมกันได้ให้คว้านหัวจับดอกสว่านให้มีขนาดพอดีกับมอเตอร์ เพื่อใช้จับขดลวดเกลียวขนาด 3.2 mm. ติดเกลียวให้หันออก สังเกตเวลาหมุนให้หมุนลำเลียงอาหารออก (วนแบบทวนเข็มนาฬิกา) ครอบมอเตอร์ด้วยท่อ 1.5 นิ้วเพื่อแยกมอเตอร์กับส่วนลำเลียงอาหาร แล้วปิดครอบส่วนมอเตอร์ด้วยท่อปิด 2 นิ้วเพื่อความสวยงาม เจาะรูท้ายท่อปิดเพื่อใส่ สายไฟสำหรับมอเตอร์ DC 12 v. ขึ้นนอตเพื่อให้อุปกรณ์ทุกส่วนยึดแน่นขึ้น ด้านล่างของท่อลำเลียงอาหารยึดกับ Load cell ชุดเซ็นเซอร์วัดน้ำหนัก Arduino Load cell 20kg + base kit สามารถชั่งน้ำหนักได้สูงสุด 20 kg และกล่องวงจรควบคุม ภายในประกอบด้วย Esp8266 v3, Relay 5 amp 1 Chanel, Magnetics Contractor + Overload, Breaker, Pilot Lamp และ Selector Switch 3 Position

ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของวงจรควบคุม ที่มียังได้ทำการออกแบบรูปแบบการทำงานของระบบตามผังงาน Flowchart ดังนี้



ภาพที่ 3 Operation Flowchart

จากภาพที่ 3 เมื่อระบบรับข้อมูลมาจากผู้ใช้งานระบบ ระบบจะทำการเช็คค่า Mode 1-4 มีการเรียกใช้งานหรือไม่ คือ มีการเรียกใช้งานการตั้งเวลาในการให้อาหารหรือไม่ หากมีการเรียกใช้สถานะของ Mode จะถูกกำหนดให้เป็น Yes จากนั้นจะทำการเช็คน้ำหนักปัจจุบัน(W) หากน้อยกว่าหรือเท่ากับน้ำหนักก่อนให้อาหาร (BF) ลบด้วยน้ำหนักที่จะให้อาหาร (F) จะดำเนินการต่อไป คือเช็คสถานะของเครื่องให้อาหารหากเป็น ON ก็จะทำการเปิดเครื่องให้อาหาร หรือทำการหมุนมอเตอร์ตามเวลาหรือเงื่อนไขของ Mode 1-4 หาก Mode 1-4 ไม่ถูกเรียกใช้งานสถานะจะเป็น No ระบบจะไม่ทำงาน

ส่วนที่ 3 เป็นส่วนของการประมวลผล ที่มิวิจัยได้แบ่งการออกแบบการประมวลผลเป็น 2 ข้อ คือ

3.1 การออกแบบฐานข้อมูล

ตารางที่ 1 Database Design

Table name	Field Name	Data type(Key)	Max Length	Mean
Config	Id	Int(PK)	5	Setting code
	Name	Varchar	250	Setting name
	Time1	time		1st time feeding
	Time2	time		2nd time feeding
	Time3	time		3rd time feeding
	Value1	Varchar	10	Weight before feeding (kg)
	Value2	Varchar	10	Feeding weight (kg)
	Timenow	timestamp		Recording time
Mode	Id	Int(PK)	5	Mode code
	Status	Varchar	10	Food mode status
	Date_time	timestamp		Recording time
Status	Id	Int(PK)	5	Feeder code
	Status	Varchar	10	Feeder status
	Date_time	timestamp		Recording time
Weight	Id	Int(PK)	5	Weight code
	Value	Varchar	250	Current food weight (kg)
	Date_time	timestamp		Recording time

จาก ตารางที่ 1 ทีมวิจัยได้ออกแบบไว้ 4 ตาราง คือ

Config เป็นตารางสำหรับตั้งค่า ประกอบด้วยฟิลด์จำนวน 8 ฟิลด์ คือ Id, Name, Time1, Time2, Time3, Value1, Value2 และTimenow รายละเอียดตามที่ระบุในตาราง

Status เป็นตารางสำหรับแสดงสถานะของเครื่อง ประกอบด้วยฟิลด์จำนวน 3 ฟิลด์ คือ Id, Status และDate_time รายละเอียดตามที่ระบุในตาราง

Mode เป็นตารางแสดงการสั่งการให้เครื่องเปิด ประกอบด้วยฟิลด์จำนวน 3 ฟิลด์ คือ Id, Status และDate_time รายละเอียดตามที่ระบุในตาราง

Weight เป็นตารางที่แสดงการอัปเดตน้ำหนัก ประกอบด้วยฟิลด์จำนวน 3 ฟิลด์ คือ Id, Status และDate_time รายละเอียดตามที่ระบุในตาราง

3.1 การออกแบบส่วนแสดงผล ทีมวิจัยได้ออกแบบส่วนแสดงผลไว้เป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

Feeding data section
Feeding section
Part of the feeding timer 1st time feeding 2nd time feeding 3rd time feeding
Feeding record button
Feeding power button

ภาพที่ 4 Graphic User Interface Design

จากภาพที่ 4 Feeding data section เป็นกลุ่มของการแสดงข้อมูลอาหาร ณ ปัจจุบัน, Feeding section คือ ใช้ในการกรอกข้อมูลการให้อาหารในครั้งนี้, Part of the feeding timer คือ กลุ่มของการตั้งเวลาให้อาหารโดยสามารถตั้งเวลาได้ 3 ครั้งต่อวัน, Feeding record button คือ ปุ่มในการบันทึกการให้อาหาร และ Feeding power button คือ ปุ่มเปิดเครื่องให้อาหาร

ขั้นตอนที่ 4 การนำไปใช้ (Implementation) ทีมวิจัยได้นำระบบที่พัฒนา จาก Python, Arduino IDE ใช้ฐานข้อมูล MariaDB และภาษา PHP ในการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ไปทดลองใช้จริงและทำการทดสอบผลการใช้งาน ที่กระชังปลาหับทิม ตำบลจอมทอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก พร้อมปรับแก้ไขข้อผิดพลาด

4. ผลการวิจัย

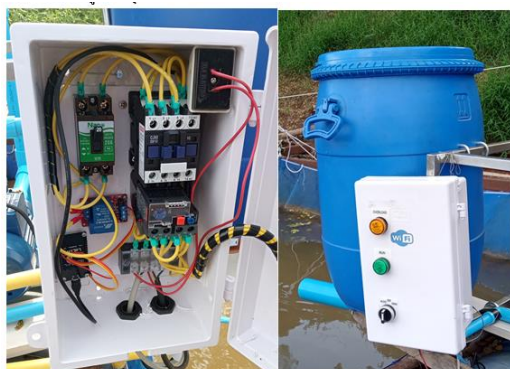
ผลการออกแบบและพัฒนาระบบให้อาหารปลาตามน้ำหนักรอาหารแบบสมาร์ตฟาร์ม ทีมวิจัยได้แบ่งผลของการพัฒนาออกเป็นสองส่วน ได้แก่ การทำงานของอุปกรณ์ (Hardware) และการทำงานของโปรแกรม (Software) ซึ่งในแต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

1. การทำงานของอุปกรณ์ (Hardware) ทีมวิจัยได้ออกแบบการทดลองโดยพัฒนาระบบให้อาหารเป็น 2 ถังเพื่อใช้งานกับกระชังทดลอง โดยเชื่อมกับสัญญาณไฟฟ้าบ้าน 220v. ดังภาพ



ภาพที่ 5 เครื่องให้อาหาร

จากภาพที่ 5 เครื่องให้อาหารจะมีสองถังเมื่อทำการสั่งเปิดระบบให้อาหารแล้วมอเตอร์จะทำการหมุนเพื่อลำเลียงอาหารตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้ระบุจนกว่าเงื่อนไขจะเป็นเท็จระบบจะสั่งปิดระบบทันที



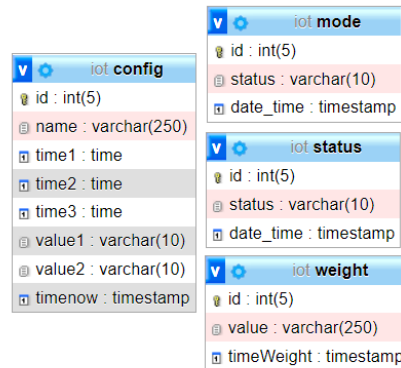
ภาพที่ 6 กล่องควบคุม

จากภาพที่ 6 เป็นภาพวงจรควบคุมประกอบด้วยอุปกรณ์หลักคือ Esp8266 v3 ต่อด้วยไฟ DC 5 v. ผังวงจรควบคุมและส่งสัญญาณผ่าน WIFI, Relay 5 amp 1 Chanel เพื่อเปิดปิดมอเตอร์, Magnetics

Contractor+Overload เพื่อป้องกันการ Overload, Breaker เพื่อตัดสัญญาณไฟฟ้า, Pilot Lamp แสดงสถานะ และ Selector Switch 3 Position เพื่อสั่งการแบบ Manual

2. การทำงานโปรแกรม (Software) สามารถแบ่งผลของการพัฒนาซอฟต์แวร์ได้ 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ฐานข้อมูล ประกอบด้วยตารางในการเก็บข้อมูล 4 ตารางคือ



ภาพที่ 7 ตารางในฐานข้อมูล

จากภาพที่ 7 ตาราง Config จะบันทึกการตั้งค่าการให้อาหารใน 3 ช่วงเวลาและค่าน้ำหนักของอาหารล่าสุดของการให้อาหารในแต่ละครั้ง ตาราง Status แสดงสถานะของเครื่องให้อาหาร ตาราง Mode ใช้บันทึกการสั่งการเปิดปิดเครื่องให้อาหาร ตาราง Weight แสดงค่าน้ำหนักอาหารปัจจุบัน

ส่วนที่ 2 การควบคุม ที่พัฒนาผ่าน Arduino IDE ด้วยภาษา C++ Code ตัวอย่างดังภาพ

```

119
120
121 //////////////////////////////////////////////////// POST
122 WiFiClient client;
123 HTTPClient http;
124
125 // float chk = weight;
126 if(status1 == "on"){
127     digitalWrite(Relay1, 1);
128     status_value = "on" ;
129     //chk
130 }
131
132 if(status1 == "off"){
133     //chk
134     digitalWrite(Relay1, 0);
135     status_value = "off" ;
136 }
137
138 if (time1 == "yes" || time2 == "yes" || time3 == "yes"){
139
140
141     if( value <= (value2 - value1) ){
142         //chk
143         digitalWrite(Relay1, 0);
144         http.begin(client, mode_off);
145         update_weight = "on";
146     }
147     else {
148         digitalWrite(Relay1, 1);
149         http.begin(client, mode_on);
150     }
151 }
152
153 http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");
154 String httpRequestData = "" ;
155 Serial.print("HttpRequestData: ");
156 Serial.println(httpRequestData);
157 int httpResponseCode = http.POST(httpRequestData);
158
159
160
161 } else {
162     Serial.printf("[HTTP] Unable to connect\n");
163 }
164

```

ภาพที่ 8 ตัวอย่างคำสั่ง

จากภาพที่ 8 เมื่อผู้ใช้งานกดปุ่มเปิดให้อาหาร ระบบจะส่งสถานะ on มายังเงื่อนไขระบบจะสั่งให้ทำการกำหนดสถานะ Relay เป็น 1 เครื่องก็จะเปิดการทำงาน หากผู้ใช้งาน กดปุ่มปิดการให้อาหาร ระบบจะส่งสถานะ off มายังเงื่อนไขระบบจะกำหนดสถานะ Relay เป็น 0 ระบบจะปิดการทำงาน และหากอยู่ในช่วงเวลาที่กำหนดในการให้อาหาร ช่วงที่ 1-4 ระบบจะส่งค่าสถานะ yes แล้วตรวจสอบน้ำหนักของอาหารปัจจุบัน ต้องน้อยกว่า (น้ำหนักก่อนให้อาหาร-น้ำหนักของอาหารที่จะให้ในครั้ง) หากไม่ใช่ ระบบก็จะสั่งให้ทำการกำหนดสถานะ Relay เป็น 1 เครื่องก็จะเปิดการทำงาน จนกว่าเงื่อนไขจะเป็นจริง ระบบจึงจะปิดการทำงาน และส่งค่าสถานะการให้อาหารเพื่อเก็บข้อมูลลงในฐานข้อมูล

ส่วนที่ 3 ส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) สามารถเข้าถึงได้ที่ <http://iot999.3bbddns.com:12740/> ส่วนติดต่อผู้ใช้งานระบบจะเป็นส่วนหนึ่งของระบบอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งสำหรับปลาตู้ทิมในกระชัง ถูกพัฒนาด้วยภาษา PHP เป็นหลักทำการประมวลผลผ่าน Server ในรูปแบบของเว็บ Server



ภาพที่ 9 Graphic User Interface

จากภาพที่ 9 แสดงภาพส่วนติดต่อผู้ใช้ มีข้อมูลสถานะการให้อาหาร ข้อมูลการให้อาหารในครั้ง ข้อมูลอาหารทั้งหมดในถัง ข้อมูลในถังหลังจากให้อาหาร มีวันที่และเวลาปัจจุบันมีปุ่มกรอกการให้อาหารในครั้ง โดยสามารถใส่ได้ถึงทศนิยม 2 ตำแหน่ง หน่วยเป็นกิโลกรัม สามารถตั้งเวลาในการให้อาหารได้ 3 ครั้ง แล้วกดบันทึกการให้อาหาร แล้วกดปุ่ม ON เพื่อทำการให้อาหาร

ผลการทดลองปล่อยอาหารปลาจากถังใส่อาหารปลาที่มีลักษณะทรงกระบอกซึ่งลงในท่อ PVC 2 นิ้ว การลำเลียงอาหารตามแรงหมุนของมอเตอร์ เมื่อมอเตอร์หมุน อาหารไหลออกตามท่อลำเลียงอาหารขดลวดในการส่งอาหารจะเชื่อมต่อเข้ากับปากจับยึดติดกับแกนของมอเตอร์เกียร์รอบต่ำ เพื่อทำหน้าที่เขย่าอาหารให้ไหลตามท่อ และป้องกันอาหารอัดแน่นภายในท่อ เลือกใช้มอเตอร์เกียร์กระแสตรง 12 v. ที่มีความเร็วรอบ ที่ 200 รอบต่อนาที

อาหารที่ถูกปล่อยออกมา 1 กิโลกรัม ใช้เวลาประมาณ 1 นาที พบว่า เมื่อเปิดระบบกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านวงจร
สู่ระบบมอเตอร์ มอเตอร์ทำงานเปิดปิดให้อาหารปล่อยลงสู่บ่อได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่ติดขัด

ผลการทดลองควบคุมเวลาการปล่อยอาหารด้วยสมาร์ตโฟน การให้อาหารปลาให้เป็นไปตามเวลาที่
กำหนด โดยชุดควบคุมเวลาสามารถกำหนดเวลาให้อาหารปลาได้ 3 ครั้งต่อหนึ่งวัน และสามารถตั้งเวลาของ
ตัวเครื่องให้ตรงกับเวลามาตรฐาน ตั้งเวลาเปิดให้เครื่องทำงาน และตั้งเวลาปิดให้เครื่องหยุดทำงาน พบว่า
ชุดควบคุมเวลา สามารถตั้งเวลามาตรฐานได้ตรงกัน สามารถตั้งเวลาทำงานให้เครื่องทำงานได้ 3 เวลา สามารถ
ตั้งเวลา ตามเวลาที่กำหนด และสามารถหยุดการทำงานได้ตามเวลาที่กำหนดเช่นกัน การให้อาหารปลานิล
ตามปกติจะเป็นไปเพื่อการเจริญเติบโตเท่านั้น หากต้องการปริมาณน้ำหนักร่างกายต้องเร่งการให้อาหารในช่วง 1 เดือน
ก่อนนำปลาไปจำหน่าย

ผลประสิทธิภาพของระบบจากผู้ใช้งาน จำนวน 3 ท่าน ทดลองใช้งานและทำการประเมินประสิทธิภาพ
ผลปรากฏดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

รายการ	Mean	S.D.	ความหมาย
ด้านการใช้งานระบบ	4.21	0.58	มาก
ด้านการให้อาหาร	4.44	0.53	มาก
ด้านการออกแบบ	3.87	0.93	มาก
ด้านการใช้ประโยชน์	4.13	0.67	มาก
ภาพรวม	4.16	0.68	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบให้อาหารปลาตามน้ำหนักอาหารแบบสมาร์ต
ฟาร์ม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น พบว่า ประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับมาก (Mean = 4.16, S.D. = 0.68)

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ระบบให้อาหารปลาตามน้ำหนักอาหารแบบสมาร์ตฟาร์ม แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของอุปกรณ์
(Hardware) ถึงพลาสติกขนาด 20 ลิตร แบบมีฝาปิดเพื่อลำเลียงอาหารลงด้านล่าง ด้านล่างของท่อลำเลียงอาหาร
ยึดกับ Load cell ชุดเซ็นเซอร์วัดน้ำหนัก Arduino Load cell 20kg + base kit สามารถชั่งน้ำหนักได้สูงสุด
20 kg พร้อมกล่องวงจรควบคุม และการทำงานโปรแกรม (Software) แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ 1) ฐานข้อมูล
ประกอบด้วยตารางในการเก็บข้อมูล 4 ตาราง คือ ตาราง Config จะบันทึกการตั้งค่าการให้อาหารใน 3
ช่วงเวลาและค่าน้ำหนักของอาหารล่าสุดของการให้อาหารในแต่ละครั้ง ตาราง Status แสดงสถานะของเครื่อง
ให้อาหาร ตาราง Mode ใช้บันทึกการสั่งการเปิดปิดเครื่องให้อาหาร ตาราง Weight แสดงค่าน้ำหนักอาหาร
ปัจจุบัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ยุติธรรม ประมะ และวสิน โขติ (2562) ที่พัฒนาดันแบบเครื่องให้อาหารปลา

อัตโนมัติโดยใช้แนวคิดอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่งด้วย Node MCU ที่สามารถตั้งเวลาได้ 3 ช่วงเวลา และค่าน้ำหนักของอาหารล่าสุดของการให้อาหารในแต่ละครั้ง 2)การควบคุม ที่พัฒนาผ่าน Arduino IDE ด้วยภาษา C++ Code ระบบจะทำการเช็คค่า Mode 1-4 มีการเรียกใช้งานหรือไม่ คือ มีการเรียกใช้การตั้งเวลาในการให้อาหารหรือไม่ หากมีการเรียกใช้สถานะของ Mode จะถูกกำหนดให้เป็น Yes จากนั้นจะทำการเช็คน้ำหนักปัจจุบัน (W) หากน้อยกว่าหรือเท่ากับน้ำหนักก่อนให้อาหาร (BF) ลบด้วยน้ำหนักที่จะให้อาหาร (F) จะดำเนินการต่อไป คือ เช็คสถานะของเครื่องให้อาหารหากเป็น ON ก็จะทำการเปิดเครื่องให้อาหาร หรือทำการหมุนมอเตอร์ตามเวลาหรือเงื่อนไข และ3) ส่วนติดต่อผู้ใช้ มีข้อมูลสถานการณ์ให้อาหาร ข้อมูลการให้อาหารในครั้งนี ข้อมูลอาหารทั้งหมดในถัง ข้อมูลในถังหลังจากให้อาหาร มีวันที่และเวลาปัจจุบันมีปฏิกิริยาการให้อาหารในครั้งนี โดยสามารถใส่ได้ถึงทศนิยม 2 ตำแหน่ง หน่วยเป็นกิโลกรัม สามารถตั้งเวลาในการให้อาหารได้ 3 ครั้ง แล้วกดบันทึกการให้อาหาร แล้วกดปุ่ม ON เพื่อทำการให้อาหาร สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชนิกานต์ รอดมรณ และคณะ (2564) ที่ได้ประยุกต์ใช้เซนเซอร์ไร้สายสำหรับฟาร์มอัจฉริยะ พัฒนาโดยใช้ ESP8266 ส่งข้อมูลผ่าน Wifi โดยใช้ Arduino IDE และPHP

การทดลองปล่อยอาหารปลาจากถังใส่อาหารปลาที่มีลักษณะทรงกระบอกซึ่งลงในท่อ PVC 2 นิ้ว การลำเลียงอาหารตามแรงหมุนของมอเตอร์ เมื่อมอเตอร์หมุน อาหารไหลออกตามท่อลำเลียงอาหารขดลวดในการส่งอาหารจะเชื่อมต่อเข้ากับปากจับยึดติดกับแกนของมอเตอร์เกียร์รอบต่ำ เพื่อทำหน้าที่เขย่าอาหารให้ไหลตามท่อและป้องกันอาหารอัดแน่นภายในท่อ เลือกใช้มอเตอร์เกียร์กระแสตรง 12 v. ที่มีความเร็วรอบ ที่ 200 รอบต่อนาที อาหารที่ถูกปล่อยออกมา 1 กิโลกรัม ใช้เวลา 1 นาที พบว่า เมื่อเปิดระบบกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านวงจรระบบมอเตอร์ มอเตอร์ทำงานเปิดปิดให้อาหารปล่อยลงสู่บ่อได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่ติดขัด

การทดลองควบคุมเวลาการปล่อยอาหารด้วยสมาร์ทโฟน การให้อาหารปลาให้เป็นไปตามเวลาที่กำหนด โดยชุดควบคุมเวลาสามารถกำหนดเวลาให้อาหารปลาได้ 3 ครั้งต่อหนึ่งวัน และสามารถตั้งเวลาของตัวเครื่องให้ตรงกับเวลามาตรฐาน ตั้งเวลาเปิดให้เครื่องทำงาน และตั้งเวลาปิดให้เครื่องหยุดทำงาน พบว่าชุดควบคุมเวลา สามารถตั้งเวลามาตรฐานได้ตรงกัน สามารถตั้งเวลาทำงานให้เครื่องทำงานได้ 3 เวลา สามารถตั้งเวลา ตามเวลาที่กำหนด และสามารถหยุดการทำงานได้ตามเวลาที่กำหนดเช่นกัน

ผู้วิจัยได้ให้ผู้ใช้งาน จำนวน 3 ท่าน ทดลองใช้งานและทำการประเมินประสิทธิภาพ ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบให้อาหารปลาตามน้ำหนักอาหารแบบสมาร์ฟาร์ม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น พบว่า ประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับมาก (Mean = 4.16, S.D. = 0.68) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปาณิสรา หาดขุนทดและคณะ (2564) ที่ทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการฟาร์มปลานิลอัจฉริยะที่ได้มาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) พบว่า การประเมินระบบอยู่ในระดับดีมาก (Mean= 4.59, S.D.=0.53)

การให้อาหารปลานิลตามปกติจะเป็นไปเพื่อการเจริญเติบโตเท่านั้น หากต้องการปริมาณน้ำหนักต้องเร่งการให้อาหารในช่วง 1 เดือน ก่อนนำปลาไปจำหน่าย สอดคล้องกับงานวิจัยของ เหล็กไหล จันทะบุตร และคณะ (2558) ที่ได้พัฒนาเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติต้นแบบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ แล้วพบว่า พัฒนา

เครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติต้นแบบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีทางการประมงและเพื่อทดแทนการใช้แรงงานคน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเลี้ยงปลา ซึ่งเครื่องให้อาหารปลาสามารถให้อาหารได้ตามเวลาที่กำหนด ปริมาณที่เหมาะสม สามารถตั้งเวลาให้อาหารได้ 7 ครั้งต่อวัน และปล่อยอาหาร 1 กิโลกรัมต่อวันที่ ส่วนทุ่นลอยน้ำสามารถรับน้ำหนักได้ดี และส่วนปิดเปิดอาหารสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี จุดเด่นคือระบบอาหารที่พัฒนาขึ้นสามารถบอกน้ำหนักอาหารก่อนให้ น้ำหนักอาหารที่ต้องการให้ในครั้งนี้ และน้ำหนักอาหารคงเหลือ ณ ช่วงเวลานั้น ๆ ใช้ระบบไฟฟ้าสามารถให้อาหารได้แม้ยามไม่มีแสง ซึ่งส่วนใหญ่แล้วสาเหตุที่เกษตรกรไม่สามารถให้อาหารได้ด้วยตนเองมักจะเป็นช่วงฝนตกหนัก ท้องฟ้ามีมืดครึ้ม หรือสภาพแวดล้อมไม่อำนวย ถึงอาหารใช้วัสดุพลาสติกที่มีราคาถูกกว่า ถึงอาหารสามารถบรรจุอาหารได้มากกว่าสามารถใช้ทดแทนแรงงานคนได้

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนสัญญาวิทยานิพนธ์ RDI-1-65-10 จากเงินกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม งบประมาณเพื่อสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

7. เอกสารอ้างอิง

- กรวิทย์ ต้นศรี. (2556). *แรงงานกับการเปลี่ยนแปลงของภาคการเกษตรไทย*. https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/NorthEastern/DocLib_Research/04-Labor%20with%20Agri%20Changing.pdf
- กลุ่มสถิติการประมง. (2563). *ประมาณการผลผลิตและมูลค่าสัตว์น้ำจากการประมงของประเทศไทย พ.ศ. 2564-2566*. https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20210705093649_1_file.pdf
- ชนิกานต์ รอดมรรณ, มธุรส ผ่านเมือง และ วีรศักดิ์ จงเลขา. (2564). ประยุกต์ใช้เซนเซอร์ไร้สายสำหรับฟาร์มอัจฉริยะ. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*, 13(2), 315-328. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsvrj/article/download/240437/172141>
- นวลมณี พงศ์ธนา. (2553). *ปัจจัยความสำเร็จในการเลี้ยงปลานิลและปลานิลแดง*. ปทุมธานี: ศูนย์ทดสอบและวิจัยประมงปทุมธานี.
- ปาณิสรา หาดขุนทด. (2564). *การศึกษาปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อ การเลี้ยงปลาทัพบกในกระชัง*. สัมภาษณ์. 20 พฤศจิกายน 2564.
- ปาณิสรา หาดขุนทด, ธนากร แสงกุดเลาะ และ อินทราภรณ์ อินทรประจบ. (2564). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการฟาร์มปลานิลอัจฉริยะที่ได้มาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP). *วารสารนาคบุตรปริทรรศน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 13(2), 42-53. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/nakboot/article/download/243403/172352>
- พิเชต พลายุเพชร. (2559). การจัดการทางโภชนาการสำหรับการเลี้ยงปลานิล. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 24(1), 12-39. https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20170301114400_file.pdf

- ยุติธรรม ประมะ และ วศิน โชติ. (2562). การพัฒนาต้นแบบเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติโดยใช้แนวคิด
อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์,
13(18), 75-88. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/view/244444>
- สำนักงานประมงจังหวัดพิษณุโลก. (2564). ข้อมูลการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จังหวัดพิษณุโลก ปี 2563.
สัมภาษณ์, 25 กุมภาพันธ์ 2564.
- เหล็กไหล จันทะบุตร, วิรุณ โมนะตระกูล และ วุฒเมธี วรเสริม. (2558). การพัฒนาเครื่องให้อาหารปลา
อัตโนมัติต้นแบบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
<http://research.rmu.ac.th/rdi-mis//upload/fullreport/1632385746.pdf>
- Chowdhury D.K. (2011). *Optimal Feeding Rate for Nile Tilapia (Oreochromis niloticus)* [Master
Thesis]. Norwegian University of Life Sciences.
- Dennis, A., Wizom, B.H. and Roth, R.M. (2012). *System Analysis and Design* (5th ed.). USA.
:John Wiley & Sons, Inc.