

การพัฒนาเครื่องให้อาหารอัตโนมัติสำหรับสัตว์น้ำโดยคำนึงถึงปัจจัยสำคัญ
ที่ส่งผลต่อการให้อาหารที่เหมาะสม

Development of an Automatic Feeding Machine for Aquatic Animals
Considering Key Factors Affecting Proper Feeding

สิทธิโชค อุ่นแก้ว^{1*} กฤษฎา แควดวง² และฮุสซานา เจฮาเลอี³

Sittichok Aunkaew^{1*} Kritsada Kaedoung² and Hussana Jehalee³

^{1*,2,3} สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

เลขที่ 1 ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อทราย อำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา ประเทศไทย 90000

^{1*,2,3} Computer Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya,

1 Ratchadamnoennok Rd. Boyang Sub-district, Muang District, Songkhla, Thailand, 90000

*Corresponding author. E-mail: sittichok.a@rmutsv.ac.th

Received: December 17, 2024

Revised: February 11, 2025

Accepted: March 24, 2025

Available online: June 28, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยเป็นการพัฒนาเครื่องให้อาหารอัตโนมัติตามปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการกินอาหารของสัตว์น้ำ โดยนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพควบคุมการให้อาหารและติดตามพฤติกรรมสัตว์น้ำผ่านระบบการเชื่อมต่อด้วย IoT เพื่อให้สัตว์น้ำสามารถกินอาหารในปริมาณที่เหมาะสม ภายใต้ปัจจัยสำคัญด้านสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณออกซิเจนในน้ำ ความขุ่นของน้ำ ค่า pH ของน้ำ และแสงสว่างที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกินอาหาร การพัฒนาระบบแบ่งออกเป็นสามส่วนคือ ส่วนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องให้อาหารอัตโนมัติสัตว์น้ำตามปัจจัยสำคัญในการกินอาหารและดูข้อมูลต่าง ๆ ส่วนประมวลผลภาพใช้เทคโนโลยีแบบจำลองการตรวจจับวัตถุตามเวลาจริงใช้ในการตรวจจับอาหารในบ่อ และส่วนเครื่องให้อาหารอัตโนมัติสัตว์น้ำตามปัจจัยสำคัญในการกินอาหารที่เหมาะสมกับทุกสภาพแวดล้อม

จากการศึกษาทดลองเครื่องให้อาหารสัตว์น้ำอัตโนมัติตามปัจจัยสำคัญในการกินอาหารควบคุมผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บทำให้สามารถให้อาหารสัตว์น้ำอัตโนมัติตามเวลาและปัจจัยสำคัญที่ผู้ใช้งานกำหนดซึ่งมีการตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยตัวรับรู้ สามารถติดตามการกินอาหารสัตว์น้ำโดยการตรวจจับอาหารเหลือในบ่อซึ่งวิธีการประมวลผลภาพมีค่าความแม่นยำร้อยละ 66.09 โดยความผิดพลาดการตรวจจับอาหารมีปัจจัยจากปริมาณแสงที่ไม่สามารถควบคุมได้ทำให้ฟองอากาศมีความคล้ายคลึงกับเม็ดอาหาร และสามารถดูข้อมูลต่าง ๆ สถานะการทำงานของเครื่องผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บได้

คำสำคัญ: การประมวลผลภาพ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ระบบควบคุม การให้อาหารสัตว์น้ำ

Abstract

This research focuses on developing an automatic feeder that optimizes aquatic animal feeding by incorporating key environmental factors. Using image processing technology and IoT connectivity, the system ensures that aquatic animals receive the appropriate amount of food while monitoring their behavior. The system accounts for critical environmental factors, including water temperature, oxygen levels, turbidity, pH, and light, all of which influence feeding behavior. The system development is divided into three parts, with the web application serving as a tool to manage the operation of the automatic feeder for aquatic animals based on key feeding factors and to access various data. The image processing component utilizes real-time object detection modeling technology to identify food in the pond. The automatic feeder is designed to accommodate key feeding factors and is adaptable for use in various environments.

The experimental study of the automatic aquatic animal feeder, which operates based on key factors affecting food intake and is controlled via a web application, the system successfully dispenses food automatically according to the scheduled time and user-specified environmental conditions. Water quality is monitored through sensors, and the system tracks food intake by detecting leftover food in the pond. The image processing method achieved an accuracy of 66.09%, with detection errors primarily caused by uncontrollable light variations, which make air bubbles appear similar to food pellets. Additionally, users can monitor various data and the machine's operating status through the web application.

Keywords: Image Processing, Internet of Thing, Control System, feeding for aquatic animals

1. บทนำ

นโยบายด้านการพัฒนาการเพาะเลี้ยงและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง พ.ศ.2566-2570 มีการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับใช้ประกอบการจัดทำยุทธศาสตร์ตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ภายใต้กรอบยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) เพื่อการพัฒนาสู่ประเทศไทย 4.0 โดยมียุทธศาสตร์หลักด้านการเน้นเร่งความสามารถการผลิตเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อได้ผลิตภัณฑ์ คุณภาพสูง ปลอดภัย ได้มาตรฐาน พร้อมผลักดันการเพาะเลี้ยงและอุตสาหกรรมการผลิตที่เป็นมิตรภาพต่อ สิ่งแวดล้อม และยั่งยืน ควบคู่กับการเพิ่มมูลค่าและศักยภาพการแข่งขันที่สอดคล้องกับความต้องการตลาดตามบริบทแบบ New Normal รวมทั้งการส่งเสริมเทคโนโลยีและนวัตกรรมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและอุตสาหกรรมการผลิต สินค้าประมง ตลอดจนยกระดับเครือข่ายและควบคุมต้นทุนตามห่วงโซ่อุปทาน (Supply chain) ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำรายใหญ่อันดับ 10 ของโลก เพาะเลี้ยงปลาน้ำ

จัดรายใหญ่ อันดับ 9 เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกลุ่มกุ้งกิ้งและปูทะเล อันดับที่ 6 และเพาะเลี้ยงหอยทะเล อันดับที่ 10 ของโลก ในปี 2563 (ยุทธศาสตร์และโครงการสำคัญภายใต้นโยบายพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง พ.ศ. 2564 – 2570) จะเห็นได้ว่าในปัจจุบันมีการเพาะพันธุ์สัตว์น้ำเป็นอุตสาหกรรมที่ได้รับความนิยมแพร่หลายมากขึ้นในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ส่งผลให้องค์กรต่าง ๆ ให้ความสนใจมากขึ้นในการคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อตอบสนองความสะดวกในการเพาะพันธุ์ปลา โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง สงขลา เป็นหน่วยงานรัฐที่ศึกษา ค้นคว้า สำรวจ วิจัย วิเคราะห์ และทดลอง ด้านวิชาการที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตในทะเล ได้พบปัญหาสัตว์น้ำไม่ได้รับอาหารตามปัจจัยในการกิน และมีปัญหาอาหารเหลือทำให้เกิดน้ำเน่าเสีย จึงมีความประสงค์ที่จะใช้เครื่องให้อาหารอัตโนมัติสัตว์น้ำตามปัจจัยสำคัญในการกินอาหารและยังสามารถติดตามพฤติกรรมการกินของสัตว์น้ำได้

การพัฒนานวัตกรรมการให้อาหารสัตว์ในปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างแพร่หลาย ซึ่งปกติแล้วมีการพัฒนาเพื่อใช้สำหรับสัตว์เลี้ยงด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง เช่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องให้อาหารแมวอัตโนมัติ มีการทดสอบการใช้งานของเครื่องต้นแบบ โดยเครื่องให้อาหารแมวอัตโนมัติต้นแบบสามารถทำงานตามฟังก์ชันที่กำหนดและแสดงผลผ่านสมาร์ตโฟนและสามารถช่วยลดภาระด้านการดูแลการให้อาหารแมวของกลุ่มผู้ใช้งาน [1] การพัฒนาเครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติ โดยเครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มีการทำงานประกอบด้วย 5 ส่วน ได้แก่ ส่วนควบคุมและประมวลผล การตรวจสอบปริมาณอาหารทั้งในถังให้อาหารและถาดอาหาร การกำหนดค่าสำหรับการจ่ายอาหาร รวมถึงส่วนแสดงผลและการแจ้งเตือน ซึ่งเครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติสามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี [2] การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมเครื่องให้อาหารสัตว์ [3], [4] โดยการประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งควบคุมการให้อาหารและน้ำด้วยเซนเซอร์ที่ตัวเครื่องและใช้โมบายแอปพลิเคชันในการควบคุมตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ได้เพื่อช่วยเพิ่มความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน รวมถึงการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพสำหรับการประยุกต์ใช้งานด้านวิศวกรรมในการคัดแยกวัตถุ [5], [6] อย่างไรก็ตามการให้อาหารสัตว์น้ำแบบอัตโนมัติยังคงมีข้อจำกัดถึงปริมาณและปัจจัยหลักอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการให้อาหารที่เหมาะสม เช่น การให้อาหารในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อลดการสูญเสียและลดปัญหาน้ำเสีย การควบคุมเวลาและรอบการให้อาหารเพื่อเลียนแบบธรรมชาติ การพัฒนาให้จ่ายอาหารอย่างแม่นยำและไม่ทำให้อาหารเสียหายเทคโนโลยีเสริมสำหรับการควบคุมและตรวจสอบ รวมถึงการใช้แอปพลิเคชันมือถือหรือแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อตรวจสอบและควบคุมสำหรับปรับการทำงานของเครื่องและการบันทึกข้อมูลการให้อาหารและพฤติกรรมของสัตว์น้ำเพื่อการวิเคราะห์และปรับปรุงด้านประสิทธิภาพการให้อาหาร การลดของเสียในน้ำ และความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ดังนั้นบทความนี้จึงเล็งเห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาระบบการให้อาหารสัตว์น้ำแบบอัตโนมัติซึ่งออกแบบอิงตามปัจจัยการกินอาหารของสัตว์น้ำ ผ่านระบบเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งหรือไอโอที ใช้เซนเซอร์วัดระดับน้ำ อุณหภูมิ และสังเกตพฤติกรรมการกินอาหาร โดยประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือโปรเซสเซอร์เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่อง นอกจากนี้ยังสามารถติดตามพฤติกรรมการกินของสัตว์น้ำด้วย

การแจ้งเตือนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตไอโอที ให้สอดคล้องกับการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ร่วมกันกับสิ่งประดิษฐ์ที่คิดค้นขึ้นเพื่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด และตอบสนองตามความต้องการของศูนย์วิจัยที่มีหน้าที่สำหรับการพัฒนากระบวนการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา

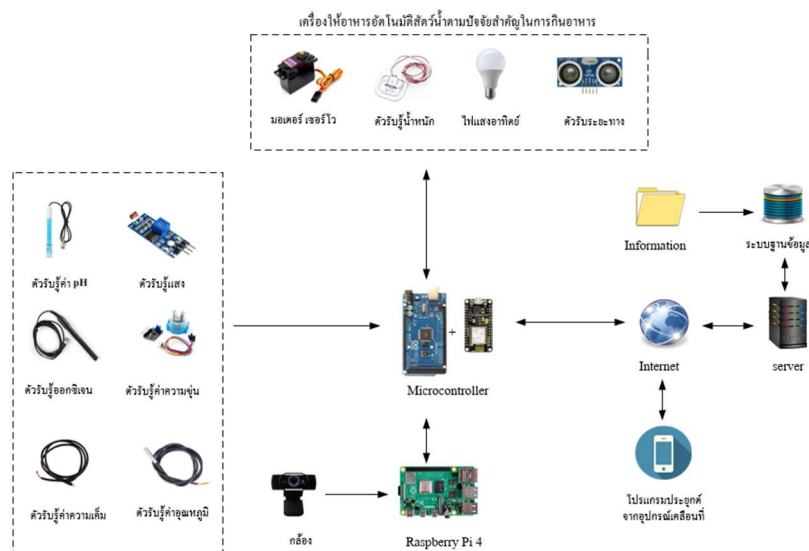
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อสร้างเครื่องให้อาหารสัตว์น้ำแบบอัตโนมัติตามปัจจัยที่ส่งผลต่อการกินอาหารผ่านระบบเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของการให้อาหารอิงตามปัจจัยการกินอาหารของสัตว์น้ำ ด้วยเครื่องให้อาหารสัตว์น้ำแบบอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

3. ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาในส่วนของระบบควบคุมซึ่งครอบคลุมและขอบเขตของการพัฒนาเครื่องให้อาหารสัตว์น้ำที่สามารถให้อาหารสัตว์น้ำแบบอัตโนมัตินั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยในการกินอาหาร การติดตามการกินอาหารของสัตว์น้ำ การแจ้งเตือนปริมาณของอาหารที่คงเหลืออยู่ในถัง และสามารถแสดงผลการทำงานทำงานผ่านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยมีการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบดังภาพที่ 1

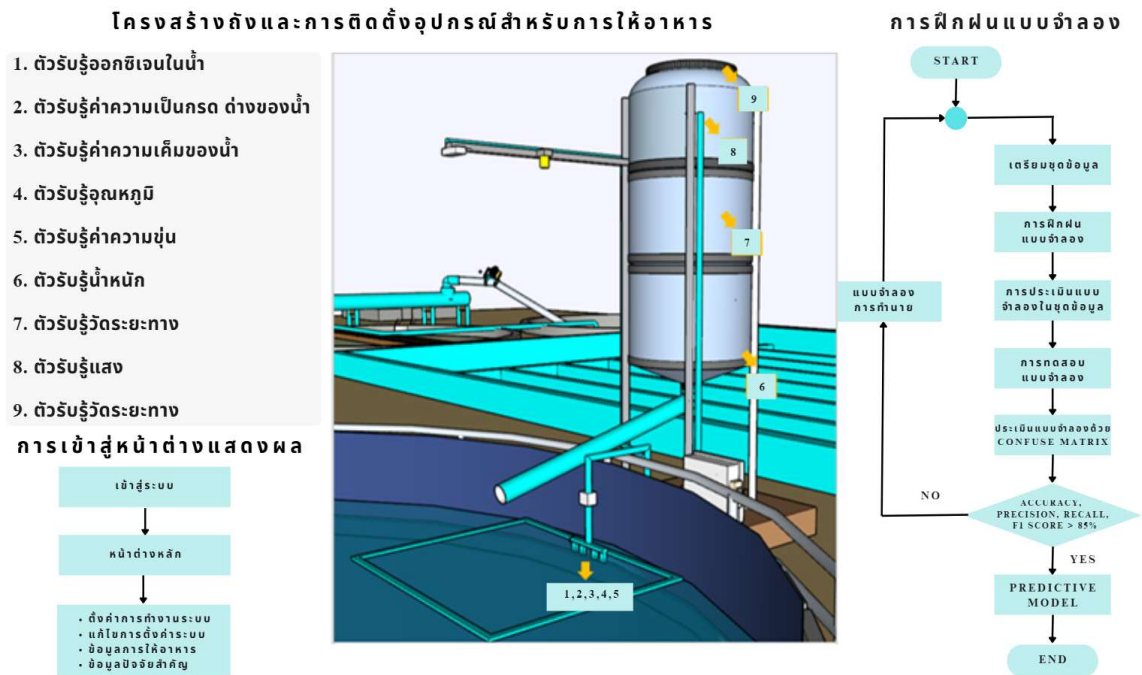


ภาพที่ 1 การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบควบคุมการให้อาหารสัตว์น้ำ

4. กรอบแนวคิด

การออกแบบและพัฒนาระบบมีการออกแบบระบบควบคุมการทำงานของระบบแสดงดังภาพที่ 2 โดยการติดตั้งตัวรับรู้จะเป็นไปตามเงื่อนไขปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปริมาณอาหารต่อการให้อาหารสัตว์น้ำ

ประกอบด้วย ตัวรับรู้สำหรับวัดค่าออกซิเจนในน้ำ ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำ ค่าความเค็มของน้ำ อุณหภูมิ ค่าความขุ่น ตัวรับรู้แสง ตัวรับรู้สำหรับการวัดน้ำหนักและวัดระยะทางสำหรับการตรวจสอบปริมาณอาหาร ซึ่งสามารถตรวจสอบค่าของตัวแปรต่าง ๆ จากตัวรับรู้ผ่านไอโอที ที่สามารถเข้าสู่ระบบสำหรับการตั้งค่าตัวแปร การทำงานส่วนประมวลผลหลักผ่านอินเทอร์เน็ต การแสดงผลค่าตัวแปรจากตัวรับรู้สำหรับการตรวจสอบสถานะการทำงานของระบบและแสดงผลข้อมูลสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการให้อาหาร ที่สามารถดูปริมาณอาหารที่คงเหลืออยู่ในถัง ปริมาณการให้อาหาร รวมถึงผลการประมวลผลภาพสถานะอาหารในบ่อเลี้ยงได้ ตามลำดับ



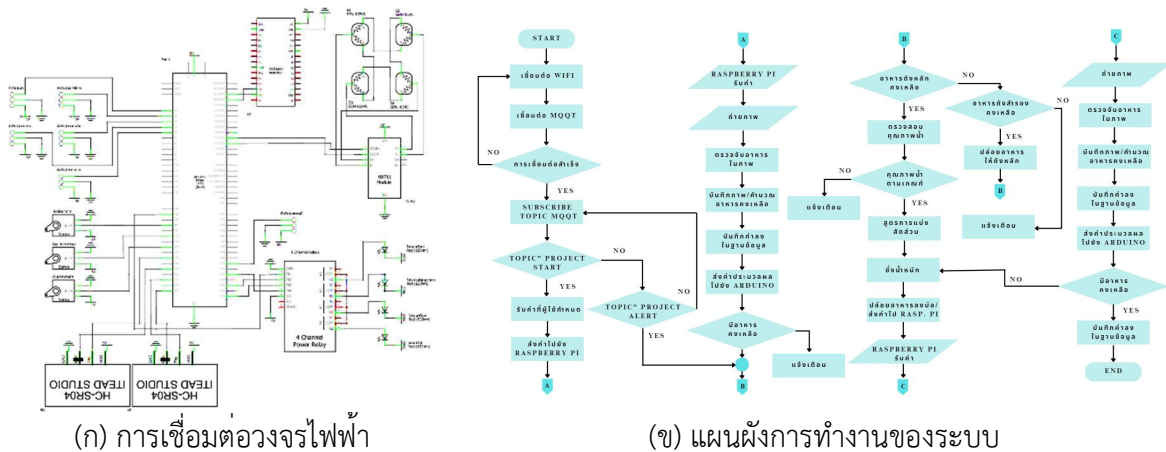
ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดสำหรับการออกแบบและติดตั้งระบบควบคุม

5. ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยนี้มีการศึกษาข้อมูลถึงปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อการกินอาหารของสัตว์น้ำ ซึ่งมีการนำแนวคิดดังกล่าวสำหรับการพัฒนาเครื่องให้อาหารอัตโนมัติ โดยมีการวิเคราะห์ถึงการแสดงผลสถานะสิ่งแวดล้อมจากตัวรับรู้ การแสดงผลการประมวลผลภาพอาหาร รวมถึงการติดตามผลการกินอาหารของสัตว์น้ำผ่านระบบเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ที่เป็นส่วนช่วยในการตัดสินใจต่อการให้ปริมาณอาหาร ช่วงเวลา ตามสภาวะแวดล้อมบริเวณบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำของศูนย์วิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา มีการดำเนินการดังนี้

5.1 ขั้นตอนที่ 1 รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการให้อาหารสัตว์น้ำโดยใช้แนวคิดจากศูนย์วิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา โดยพิจารณาถึงตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อมที่ผลกระทบต่อการกินอาหารของสัตว์น้ำตามสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ประกอบด้วย อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณออกซิเจนในน้ำ ความขุ่นของน้ำ ค่า pH ความเค็มของน้ำ และค่าของแสงสว่างที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการกินอาหาร

5.2 ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าในส่วนของอุปกรณ์ (Hardware) และการโปรแกรมชุดคำสั่ง (Software) ซึ่งวงจรไฟฟ้าส่วนประมวลผลหลักมีอุปกรณ์หลัก ประกอบด้วย 1) Raspberry Pi สำหรับการประมวลผลภาพ 2) รีเลย์ (Relay) 5 โวลต์ 4 ช่อง สำหรับ เปิด/ปิด อุปกรณ์ 3) แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตซิ่ง (Switching Power Supply) 5 โวลต์ 20 แอมป์ 4) NodeMCU 8266 สำหรับการเชื่อมต่อการสื่อสารไร้สาย 5) Arduino MEGA 2560 สำหรับการรับค่าข้อมูลตัวรับรู้ โดยมีรูปวงจรไฟฟ้าแสดงดังภาพที่ 3(ก) ในส่วนของการออกแบบการทำงานของเครื่องให้อาหารอัตโนมัติตามปัจจัยสำคัญในการกินอาหารสัตว์น้ำ สามารถแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมได้ดังภาพที่ 3(ข)



ภาพที่ 3 การเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าและการทำงานของเครื่องให้อาหารอัตโนมัติสำหรับสัตว์น้ำ

จากภาพที่ 3 (ข) เริ่มต้นการทำงานจากผู้ใช้กรอกข้อมูลต่าง ๆ ในโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ อีเอสพี 8266 เพื่อเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและเชื่อมต่อเอ็มคิวทีที เมื่อถึงเวลาที่กำหนดจะทำการส่งข้อมูลและรับข้อมูลในหัวข้อ Project/start และตรวจสอบอาหารในบ่อหากมีอาหารเหลือจะแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้เพื่อดำเนินการต่อ หากไม่มีอาหารเหลือจะทำการตรวจสอบอาหารถังหลัก ในกรณีที่มีอาหารไม่เพียงพอจะมีการตรวจสอบอาหารถังสำรองเพื่อปล่อยอาหารให้ถังหลัก ถ้าถังสำรองมีอาหารไม่เพียงพอจะแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้ ในกรณีมีอาหารถังหลักเพียงพอระบบจะตรวจสอบคุณภาพน้ำตามที่ผู้ใช้กำหนด ถ้าหากไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจะแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้และลดปริมาณอาหาร หากอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ระบบจะมีการควบคุมการชั่งน้ำหนักและปล่อยอาหาร ในช่วงเวลาการกินอาหารของสัตว์น้ำตามที่ผู้ใช้กำหนด เมื่อครบกำหนดจะทำการตรวจสอบอาหารเหลือถ้ามีอาหารเหลือจะจบการทำงาน หากไม่มีอาหารเหลือจะดำเนินการตามสูตรการแบ่งสัดส่วนปริมาณการให้อาหารจนครบกำหนด และบันทึกปริมาณการให้อาหารลงฐานข้อมูล ตามลำดับ

5.3 ขั้นตอนที่ 3 การฝึกฝนแบบจำลองสำหรับการประมวลผลภาพ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ 1) การเตรียมชุดข้อมูล (Dataset Preparation) เริ่มจากเตรียมภาพสำหรับใช้ทำเป็นชุดข้อมูล เพื่อใช้ในการฝึกฝนแบบจำลอง ซึ่งจะใช้ภาพอาหารในบ่อมาเป็นชุดข้อมูลในการฝึกฝน จากนั้นมีการระบุวัตถุที่สนใจอยู่ตำแหน่งใดของภาพด้วยการใช้โปรแกรม labellmg ซึ่งโปรแกรมจะสร้าง .txt ไฟล์ที่ระบุตำแหน่งของวัตถุ เมื่อระบุส่วนที่เป็นอาหารในภาพเรียบร้อยแล้วจะแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน แบ่งเป็น ข้อมูลชุดเรียนรู้ ข้อมูลชุดตรวจสอบ

และข้อมูลชุดทดสอบ โดยมีภาพทั้งหมด 350 ภาพ อัตราส่วน 70:20:10 แบ่งเป็นข้อมูลชุดเรียนรู้ 245 ภาพ ข้อมูลชุดตรวจสอบ 70 ภาพ และข้อมูลชุดทดสอบ 35 รายละเอียด 2) การฝึกฝนแบบจำลอง (Model Training) จะนำข้อมูลชุดตรวจสอบที่ได้มาไปฝึกฝนแบบจำลองโดยใช้ตัวโวล์ที่เหมาะสมสำหรับการประมวลผลแบบตามเวลาจริง ที่ดำเนินการภายใต้โครงข่ายประสาทเพียงชุดเดียว โดยใช้เทคนิคในการแยกแยะภาพจากภาพที่เกิดจากธรรมชาติที่ถูกฝึกฝนบน Google Colab ด้วยการใช้ไลบรารีดาร์คเน็ต (Darknet) และมีการปรับแต่งค่า batch = 64, subdivisions = 16, max_batches = 2000, classes = 1 และ filters = 18 เมื่อปรับแต่งเสร็จสิ้นก็สามารถทำงานฝึกฝน โดยโวล์จะทำการแยกแยะภาพวัตถุต่าง ๆ ด้วยวิธีการแบ่งภาพออกเป็นเซลล์กริดเล็ก ๆ ภาพแต่ละเซลล์กริดจะถูกทดสอบความเหมือนกับลำดับแบบจำลองภาพที่ต้องการเปรียบเทียบสร้างเป็นแถวลำดับของเซลล์กริด เมื่ออยู่ในแถวลำดับค่าในแต่ละกริด คือ ความน่าจะเป็นของฐานข้อมูลที่สอดคล้องกับตำแหน่งของภาพ ณ ตำแหน่งนั้น 3) การประเมินแบบจำลองในข้อมูลชุดตรวจสอบ (Evaluate model on Validation Set) จะนำแบบจำลองที่ผ่านการฝึกฝนแล้วทดสอบหาเมตริกซ์หลังจากฝึกฝนเสร็จเพื่อเปรียบเทียบโมเดลการทำงาน 4) การทดสอบแบบจำลอง (Test Models) จะนำแบบจำลองที่ผ่านการตรวจสอบที่มีความแม่นยำมากที่สุด แล้วทดสอบด้วยชุดข้อมูลทดสอบจำนวน 35 ภาพ เพื่อตรวจสอบอีกครั้งว่าข้อมูลที่ได้มานั้นมีความแม่นยำมากน้อยเพียงใด 5) การประเมินแบบจำลองโดยเมตริกซ์ความสับสน (Model evaluation by Confusion Matrix) หลังจากที่ได้ฝึกฝนแบบจำลองและตรวจสอบแล้ว จะมีการคำนวณเมตริกซ์เพื่อแสดงผลให้ทราบประสิทธิภาพของการทำงาน โดยการพิจารณาจากค่า Accuracy, Precision, Recall และ F1 Score มาใช้ในการวัดค่าความแม่นยำ หากค่าความแม่นยำมากกว่า 85% ขึ้นไปสามารถยอมรับได้ว่าโมเดลนั้นได้ผลการทดสอบที่มีประสิทธิภาพในระดับดี

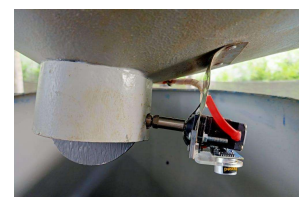
5.4 ขั้นตอนที่ 4 ติดตั้งและเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้าด้วยกันเพื่อใช้งาน โดยประกอบเครื่องให้อาหารอัตโนมัติสำหรับสัตว์น้ำโดยคำนึงถึงปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการให้อาหารที่เหมาะสมที่ได้ออกแบบไว้ตามแบบร่าง สร้างอุปกรณ์เครื่องให้อาหารสัตว์น้ำอัตโนมัติ ติดตั้งตัวรับรู้และติดตั้งกล้องถ่ายรูป เอ็น ดับเบิลยู ซี 560 เพื่อใช้ในการถ่ายภาพ รวมถึงการติดตั้งและเชื่อมต่ออุปกรณ์ส่วนประมวลผลเพื่อเตรียมใช้งาน ดังภาพที่ 4



(ก) ส่วนประมวลผล



(ข) เครื่องให้อาหารสัตว์น้ำอัตโนมัติ



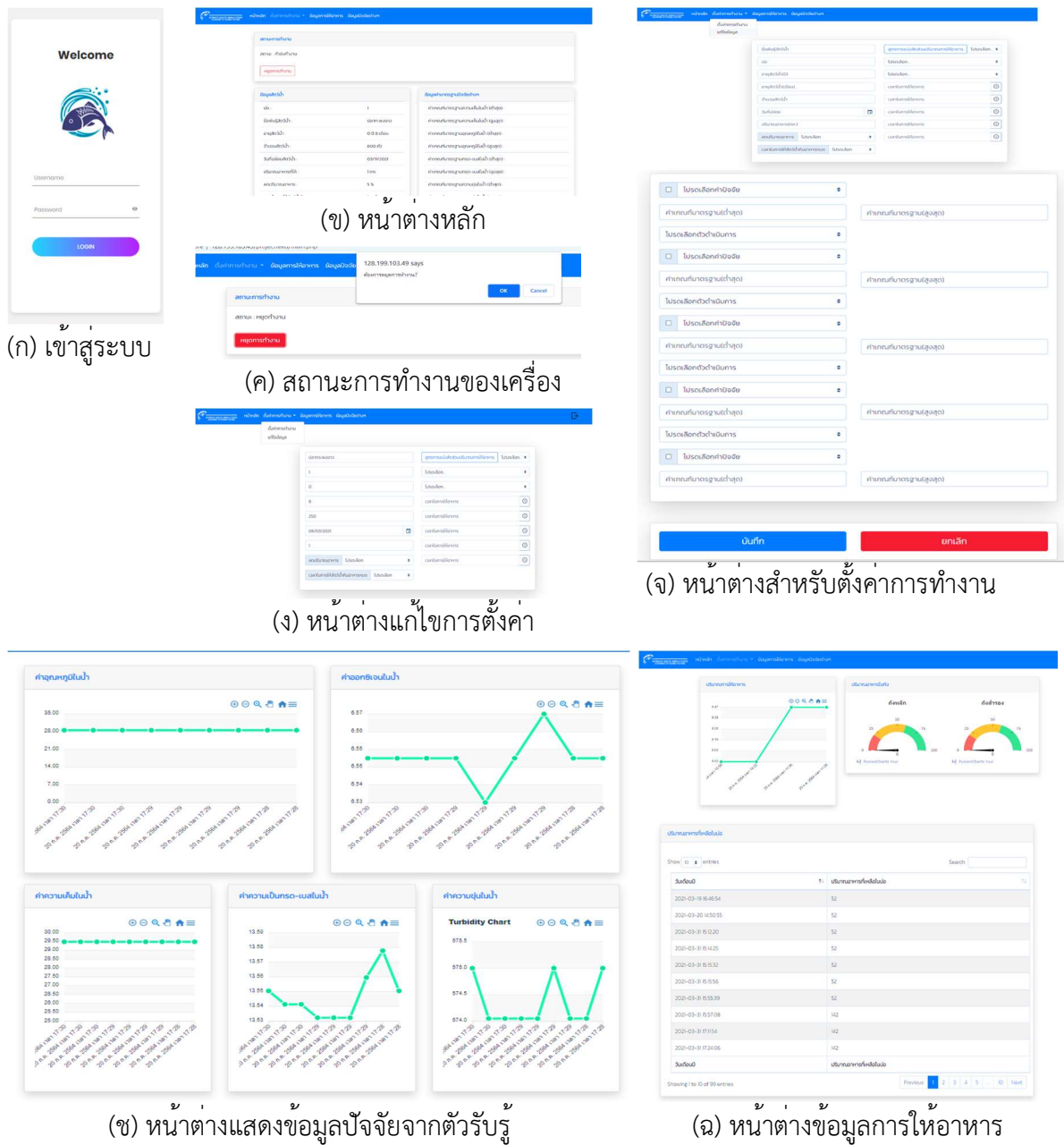
(ค) การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม

ภาพที่ 4 การติดตั้งและเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเครื่องให้อาหารสัตว์น้ำอัตโนมัติ

6. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยมีการพัฒนาการควบคุมสำหรับการให้อาหารสัตว์น้ำตามปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการให้อาหารที่เหมาะสม ซึ่งมีหน้าตาการควบคุมและผลการทดสอบในแต่ละภาคส่วน ดังต่อไปนี้

ส่วนโปรแกรมประยุกต์บนเว็บจะมีหน้าตาการแสดงผล ประกอบด้วย หน้าตาการเข้าสู่ระบบ การแสดงข้อมูลสถานะการทำงานของเครื่อง การตั้งค่าการทำงานของกรอกข้อมูลต่าง ๆ การแก้ไขการตั้งค่าสำหรับการปรับเปลี่ยนการทำงานผู้ใช้ ข้อมูลการให้อาหารที่แสดงถึงปริมาณการให้อาหารในแต่ละมื้อ ปริมาณอาหารในถังและที่เหลือในบ่อ และหน้าตาแสดงข้อมูลปัจจัยต่าง ๆ ที่รับข้อมูลแสดงผลจากตัวรับรู้ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 หน้าตาสถานะข้อมูลเครื่องให้อาหารสัตว์น้ำอัตโนมัติ

การประเมินแบบจำลองโดยใช้เมตริกซ์ความสับสนมาใช้ในการประเมินแบบจำลอง ซึ่งข้อมูลกลางวันจะใช้ชุดข้อมูลทดสอบจำนวน 35 ภาพ และข้อมูลกลางวันกับกลางคืนจะใช้ชุดข้อมูลทดสอบจำนวน 45 ภาพ ผลการทดลอง พบว่า แบบจำลองข้อมูลกลางวันมีค่าความแม่นยำสูงกว่าแบบจำลองข้อมูลกลางวันกับกลางคืน ดังตารางที่ 1 เนื่องจากแบบจำลองข้อมูลกลางวันกับกลางคืนนั้น ลักษณะของเม็ตอาหารมีความคล้ายคลึงกับฟองอากาศทำให้เกิดความผิดพลาดสูง

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์การประเมินแบบจำลอง

ชุดข้อมูลทดสอบ	Precision (%)	Recall (%)	Accuracy (%)	F1-Score (%)
กลางวัน	97.14	53.51	53.51	66.09
กลางวันกับกลางคืน	87.00	48.78	74.42	59.93

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบทั้งหมดทำให้เครื่องให้อาหารสัตว์น้ำอัตโนมัติตามปัจจัยสำคัญในการกินอาหารควบคุมผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บทำให้สามารถให้อาหารสัตว์น้ำอัตโนมัติตามเวลาและปัจจัยสำคัญที่ผู้กำหนดได้มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยตัวรับรู้ สามารถติดตามการกินอาหารสัตว์น้ำโดยการตรวจจับอาหารเหลือในบ่อโดยวิธีการประมวลผลภาพมีค่าความแม่นยำร้อยละ 66.09 โดยความผิดพลาดการตรวจจับอาหารมีปัจจัยจากปริมาณแสงที่ไม่สามารถควบคุมได้ทำให้ฟองอากาศมีความคล้ายคลึงกับเม็ตอาหาร ซึ่งผลค่าที่เกิดจากการวิเคราะห์ค่าฟองอากาศที่เกิดการจำแนกเป็นอาหารคงเหลือ เป็นส่วนปัจจัยที่สามารถแก้ไขได้ เนื่องจากการทดสอบผลการกินอาหารอย่างต่อเนื่องด้วยบุคลากรของหน่วยงาน และสามารถดูข้อมูลต่าง ๆ สถานการณ์ทำงานของเครื่องผ่านโปรแกรมประยุกต์บนเว็บได้

การทดสอบผลการทดลองระบบจากค่าของตัวรับรู้เปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน ที่มีผลของการทดลองจากค่าเฉลี่ย จำนวน 10 ครั้ง และพิจารณาค่าที่เกิดความคลาดเคลื่อน ซึ่งมีผลการทดลองดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการรับค่าจากตัวรับรู้เปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน

การทดลองตัวรับรู้	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ออกซิเจน (มก./ล.)	ความเค็ม (กรัม/ลิตร)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	กรด-ด่าง (pH)
เครื่องมือวัดมาตรฐาน	1.2	6.03	29.40	28.60	8.19
ระบบที่พัฒนา	1.0	6.13	29.40	28.50	8.11
ความคลาดเคลื่อน	± 0.20	± 0.10	± 0.00	± 0.10	± 0.08

จากตารางที่ 2 การทดสอบส่วนปล่อยอาหาร มอเตอร์เซอร์โวที่ใช้เป็นส่วนควบคุมการเปิดปิดปล่อยอาหารสามารถทำงานได้ทั้ง 3 ส่วน แต่ส่วนปล่อยอาหารในการชั่งน้ำหนักการเปิดปิดส่วนนี้มีข้อผิดพลาดส่งผลให้อาหารที่ปล่อยมีค่าน้ำหนักความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ± 0.20 กิโลกรัม และในส่วนของการทดสอบตัวรับรู้วัดคุณภาพน้ำจากระบบเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน โดยค่าตัวรับรู้ออกซิเจนที่ได้จากระบบจะมีค่าที่

มากกว่าค่าที่ได้จากตัวรับรู้ออกซิเจน ยี่ห้อ YSI รุ่น YSI PRO20I ทำให้เปอร์เซ็นต์ค่าความถูกต้องของค่าที่วัดได้ร้อยละ 101.66 ตัวรับรู้ความเค็มที่ได้จากระบบไม่มีค่าความคลาดเคลื่อนกับตัวรับรู้ความเค็มยี่ห้อ YSI รุ่น YSI PRO30 ทำให้เปอร์เซ็นต์ค่าความถูกต้องร้อยละ 100 ตัวรับรู้อุณหภูมิที่ได้จากระบบมีค่าความคลาดเคลื่อนจากตัวรับรู้อุณหภูมิยี่ห้อ YSI รุ่น YSI PRO30 เล็กน้อยเพียง ± 0.10 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความถูกต้องร้อยละ 99.65 และตัวรับรู้กรด-ด่างที่ได้จากระบบมีค่าความคลาดเคลื่อนจากตัวรับรู้กรด-เบส ยี่ห้อ WTW รุ่น Multi 3430 เพียงเล็กน้อย ทำให้เปอร์เซ็นต์ค่าความถูกต้องร้อยละ 99.02 ตามลำดับ

7. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาเครื่องให้อาหารตามปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการกินอาหารของสัตว์น้ำ โดยนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพควบคุมการให้อาหารและติดตามพฤติกรรมสัตว์น้ำผ่านระบบเชื่อมต่อ IoT เพื่อให้สัตว์น้ำได้กินอาหารในปริมาณที่เหมาะสม มีการพัฒนาเครื่องที่สอดคล้องกับความต้องการของศูนย์วิจัยที่มีหน้าที่สำหรับการพัฒนากระบวนการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา ซึ่งผลการหาประสิทธิภาพเครื่องให้อาหาร โดยพิจารณาถึงตัวแปรที่ส่งผลต่อการให้อาหาร เช่น ค่าออกซิเจน ค่าความเค็มในน้ำ อุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำ มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยไม่เกินร้อยละ 2 และผลของการติดตามการกินอาหารสัตว์น้ำโดยการตรวจจับอาหารเหลือในบ่อด้วยการประมวลผลภาพมีค่าความแม่นยำร้อยละ 66.09 ซึ่งผลการทดลองดังกล่าว ทำให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมปริมาณการให้อาหารตามปัจจัยที่เหมาะสมได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] อติศักดิ์ นาวเหนียว, บรรหาญ ลีลา, และ สัญญา ยัมศิริ. (2565). ไอโอทีกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องให้อาหารแมวอัตโนมัติสำหรับผู้บริโภคกลุ่มดูแลสัตว์เลี้ยงเป็นส่วนหนึ่งของครอบครัว. วารสารวิจัยวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์, 6(3), 142-157.
- [2] ปิติพล พลพูน, ธาณิล ม่วงพูล, และ วริยา เย็นเปิง. (2566). การพัฒนาเครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. วารสารวิชาการ การจัดการเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 10(1), 64-74.
- [3] สุรเทพ แป้นเกิด, และ สุภชัย ดวงใส. (2566). เครื่องควบคุมตู้ปลาอัตโนมัติด้วยไอโอที. วารสารวิจัย มทร. กรุงเทพฯ, 17(1), 60-68.
- [4] จิรวัดน์ แท่นทอง, สุภลักษณ์ ตาแก้ว, และ กนกลักษณ์ ศรพระ. (2562). การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมเครื่องให้อาหารสัตว์เลี้ยงด้วยการประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง. Journal of Information Science & Technology, 9(1).
- [5] ณรงค์ฤทธิ์ ภิรมย์นก, และ สุระสิทธิ์ ทรงม้า. (2566). โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึก และการประมวลผลภาพสำหรับการจำแนกเพศและนับจำนวนปลาหางนกยูง. Journal of Science Innovation for Sustainable Development, 5(2), 1-16.

- [6] อัจฉรา ชุมพล, สรายุทธ กรวิรัตน์, รณชัย สังหมื่นมั่ง, นรงค์ วิชาผา, ปรีชาดิ เบอร์ขุนทด, แพรวา สีกาลุน, และ ภัทรพล เภาวะริต. (2566). การคัดแยกคุณภาพของปลาตะเพียนขาวด้วยวิธีการเรียนรู้เชิงลึกและแพลตฟอร์มสำหรับการวิเคราะห์ภาพถ่าย. วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, 2(5), 44-51.