

การออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบในการให้อาหารแมว
โดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีและเทคนิคการประมวลผลภาพ
Designing and Developing a Prototype System for Cat Feeding
Using IoT Devices and Image Processing Techniques

นิติภูมิ ไยปางแก้ว¹ และ วไลลักษณ์ วงษ์รัตน์^{1*}

Nitiphoom Yaipangkeaw¹ and Walailuck Wongruen¹

¹ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

¹Department of Computer and Information Science, Faculty of Science and Engineering

Kasetsart University, Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus

วันที่ส่งบทความ : 3 มีนาคม 2565 วันที่แก้ไขบทความ : 20 มิถุนายน 2565 วันที่ตอบรับบทความ : 6 พฤษภาคม 2566

Received: 3 March 2022, Revised: 20 June 2022, Accepted: 6 May 2023

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอที (IoT devices) ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพ (Image processing techniques) ระบบนี้จะช่วยให้ผู้เลี้ยงกำหนดปริมาณอาหารให้เหมาะสมกับแมวแต่ละตัวและดูข้อมูลที่เกี่ยวข้องผ่านโมบายล์แอปพลิเคชัน (Mobile application) ความแม่นยำในการให้อาหารแมวขึ้นอยู่กับการระบุตัวตนแมว ค่าลักษณะเฉพาะที่ใช้ในการระบุตัวตนแมว ประกอบด้วย ค่าพื้นที่ และค่าสีของปลอกคอแมว โดยใช้แมวในการทดสอบระบบจำนวน 3 ตัว ค่าความถูกต้องในการระบุตัวตนแมวเท่ากับ 88.75% จากการทดสอบจำนวน 480 ครั้ง ผู้วิจัยคาดว่าระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวที่ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นนี้ จะมีประโยชน์ต่อผู้เลี้ยงแมวที่ต้องการติดตามและทราบข้อมูลการกินอาหารของแมว

คำสำคัญ : การให้อาหารแมว อุปกรณ์ไอโอที เทคนิคการประมวลผลภาพ โมบายล์แอปพลิเคชัน

Abstract

This paper presents the design and development of a prototype system for cat feeding using IoT devices and image processing techniques. The proposed system allows cat owners to determine the properly amount of food for their cats and know the relevant information through a mobile application. The accuracy of the proposed system depends

*ที่อยู่ติดต่อ E-mail address: walailuck.w@ku.th

on the cat identification process. Two features used to identify cats in this study were areas and colors of the cat collars. There were three cats used in the testing of this system. The cat identification accuracy was 88.75% based on 480 tests. We expect that the designed and developed cat feeding prototype system will be useful to cat owners who want to track and know their cat's food intake.

Keywords: Cat feeding, IoT devices, Image processing techniques, Mobile application

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แมวเป็นสัตว์เลี้ยงของมนุษย์ชนิดหนึ่งที่ได้รับคามนิยมาอย่างยาวนาน แมวที่มนุษย์เลี้ยงไว้จะได้รับอาหารที่แตกต่างประเภทกันไปตามความสะดวกของผู้เลี้ยง อาหารแมวประเภทหนึ่งที่มีความนิยมในกลุ่มของผู้เลี้ยงแมวคืออาหารเม็ด ซึ่งในปัจจุบันนักวิจัยและผู้ผลิตอาหารแมวหลายรายได้พยายามศึกษาคิดค้น และวิจัยสูตรอาหารให้เหมาะสมแก่สภาพร่างกายของแมวแต่ละช่วงวัยและพฤติกรรมของแมว [1] รวมถึงช่วยป้องกันภาวะไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ ที่เกิดจากการกินอาหารที่ไม่เหมาะสม [2]

อาหารเม็ดของแมวมีข้อดีคือ ผู้เลี้ยงหรือผู้ให้อาหารมีความสะดวกในการจัดหา การจัดเก็บ และการประมาณปริมาณอาหารเม็ดให้เหมาะสมกับสภาพร่างกายของแมวแต่ละตัว แต่ข้อเสียของอาหารเม็ดคือ ในการให้อาหารแต่ละครั้งหากอาหารเหลือและถูกวางทิ้งไว้ในภาชนะที่มีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมเป็นเวลานานอาจจะทำให้อาหารเม็ดเสื่อมสภาพลง [3] นอกจากนี้แมวบางตัวไม่กินอาหารที่เสื่อมสภาพ ทำให้ผู้เลี้ยงต้องทิ้งอาหารเหล่านั้นไป จึงทำให้เกิดความสิ้นเปลืองโดยไม่จำเป็น

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้ผลิตหลายรายทำการผลิตเครื่องให้อาหารแมวอัตโนมัติออกมาจำหน่ายหลากหลายยี่ห้อ ซึ่งเครื่องให้อาหารเม็ดเหล่านั้นมีคุณสมบัติที่ช่วยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ อาทิ เช่น การกำหนดปริมาณในการให้อาหารในแต่ละครั้ง การตั้งเวลาให้อาหาร การแจ้งเตือนเมื่ออาหารเหลือน้อย มีการตรวจจับและป้องกันการจ่ายอาหารล้นภาชนะให้อาหาร รวมถึงการควบคุมการให้อาหารผ่านโมบายล์แอปพลิเคชัน เป็นต้น

ในกรณีที่ผู้เลี้ยงทำการเลี้ยงแมวมากกว่า 1 ตัวในบริเวณหรือห้องเดียวกัน เครื่องให้อาหารอัตโนมัติที่วางจำหน่ายในเชิงพาณิชย์เหล่านั้นยังไม่สามารถเก็บข้อมูล ดูรายงาน และติดตามพฤติกรรมกินอาหารของแมวแต่ละตัวที่จะช่วยให้ผู้เลี้ยงนำข้อมูลการกินอาหารมาวางแผนการให้อาหารแมวแต่ละตัวเพื่อให้แมวของตนเองมีสุขภาพที่ดีและห่างไกลจากโรคร้าย

ด้วยเหตุผลข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพ ระบบต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนี้จะช่วยให้ผู้ใช้กำหนดปริมาณอาหารให้แมวแต่ละตัวได้ ผู้ใช้จะทราบข้อมูลการกินอาหารของแมวแต่ละตัว รวมถึงได้รับการแจ้งเตือนความต้องการอาหารของแมวแต่ละตัว เมื่อได้รับการแจ้งเตือนทางโมบายล์แอปพลิเคชันผู้ใช้สามารถตัดสินใจส่งคำสั่งเพื่อเพิ่มอาหารให้แมวผ่านแอปพลิเคชันได้ นอกจากนี้ข้อมูลการกินอาหารของแมวแต่ละตัวจะช่วยให้

ผู้เลี้ยงนำมาวิเคราะห์และพิจารณาสุขภาพหรือช่วยเป็นแนวทางเพื่อบ่งบอกความปกติหรือไม่ปกติของแมวแต่ละตัวได้

1.2 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมต่าง ๆ พบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบการให้อาหารสัตว์เลี้ยงด้วยการใช้ไอโอที การใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ และการประสานการทำงานของระบบการให้อาหารผ่านโมบิลแอปพลิเคชันดังนี้

Vineeth และคณะ [4] ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องให้อาหารสัตว์เลี้ยงในแบบอัตโนมัติโดยใช้การประมวลผลภาพดิจิทัลร่วมกับการใช้ Raspberry PI 3 Model B เป็นระบบฝังตัวเพื่อควบคุมการทำงานของระบบ สัตว์เลี้ยงที่ใช้ในการศึกษามี 2 ชนิดคือ สุนัขและแมว (โดยไม่ได้ระบุว่าสัตว์ที่ใช้ในการศึกษาแต่ละชนิดมีจำนวนกี่ตัว) ในงานนี้คณะผู้วิจัยได้กำหนดเวลาในการให้อาหาร เมื่อถึงเวลากินอาหารเสียงที่บันทึกไว้จะถูกเปิดผ่านลำโพงเพื่อเรียกให้สัตว์เลี้ยงมาที่เครื่องให้อาหาร จากนั้นใช้เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor) ที่ติดตั้งไว้ด้านหน้าของระบบได้ถูกใช้เพื่อตรวจสอบหาสัตว์เลี้ยง เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจพบว่าสัตว์เข้ามาที่บริเวณด้านหน้าเครื่องให้อาหาร กล้องจะทำการจับภาพสัตว์ตัวนั้น ถ้ากระบวนการรู้จำของระบบประมวลผลว่าเป็นสัตว์เลี้ยงชนิดใด มอเตอร์จะให้อาหารแก่สัตว์ชนิดนั้นให้ถูกต้องตามชนิดของสัตว์เลี้ยง โดยในงานวิจัยนี้ใช้มอเตอร์ 2 ตัวเพื่อแยกชนิดอาหารของสัตว์ เมื่อสัตว์เลี้ยงกินอาหารเสร็จเรียบร้อยแล้วระบบจะส่งข้อความโดยใช้ Twilio API ไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ของเจ้าของสัตว์เลี้ยง กระบวนการรู้จำของระบบถูกเรียนรู้โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolution Neural Network) ด้วยการใช้ภาพสุนัขและแมวที่ถูกบันทึกจาก Google Images และ Pixabay จำนวน 200 ภาพ ค่าความแม่นยำของระบบถูกรายงานว่ามีค่ามากกว่า 90% อย่างไรก็ตาม ในบทความนี้ไม่ได้อธิบายว่าใช้ค่าลักษณะเฉพาะ (Feature) ไດในกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้ระบบสามารถจดจำลักษณะเฉพาะของสัตว์เลี้ยงทั้ง 2 ชนิดได้

Khatavkar และคณะ [5] นำเสนอเครื่องให้อาหารสัตว์อัจฉริยะ (Intelligent Food Dispenser: IFD) ที่ควบคุมการทำงานของเครื่องผ่านแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน (Android application) และควบคุมการให้อาหารผ่านไวไฟโมดูล (Wi-Fi module) โดยมีการใช้ดีซีมอเตอร์ (DC Motor) เชื่อมต่อกับบอร์ด FRDM KL25Z และมีการกำหนดเวลาในการให้อาหารสัตว์ แต่อย่างไรก็ตาม ในบทความนี้ไม่ได้รายงานว่ามีให้อาหารแก่สัตว์เลี้ยงชนิดใด ไม่มีการให้รายละเอียดของจำนวนสัตว์เลี้ยงที่ใช้ในการศึกษา ไม่ได้กล่าวถึงกระบวนการรู้จำสัตว์เลี้ยง และไม่ได้รายงานการตรวจสอบค่าความแม่นยำในการให้อาหารสัตว์

Yadav และคณะ [6] นำเสนอบทความเรื่องระบบให้อาหารสัตว์เลี้ยงโดยใช้ไอโอที (IoT Based Pet Feeder System) ซึ่งอธิบายเกี่ยวกับการออกแบบระบบให้อาหารสัตว์เลี้ยงโดยใช้อุปกรณ์ไอโอที โดยควบคุมการทำงานของระบบด้วยตัวควบคุมระยะไกลแบบโต้ตอบ (Interactive Remote Controller) ในงานนี้ผู้ใช้สามารถปรับช่วงเวลาและปริมาณอาหารที่ให้แก่สัตว์เลี้ยงได้ ฟังก์ชันของระบบนี้ได้แก่ การเรียกสัตว์เลี้ยงในเวลาให้อาหาร การแจ้งเตือนเมื่อสัตว์เลี้ยงไม่ได้รับอาหาร เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในบทความนี้ไม่ได้รายงานว่ามีทดสอบระบบกับสัตว์เลี้ยงชนิดใด รวมถึงไม่ได้กล่าวถึงระบบรู้จำสัตว์เลี้ยง และไม่ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความแม่นยำของระบบ

จากงานวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยพบว่ายังไม่มีงานวิจัยใดที่ทำการศึกษาและพัฒนาระบบที่ให้อาหารสัตว์เลี้ยงชนิดเดียวกันที่ถูกเลี้ยงในสถานที่เดียวกันหลาย ๆ ตัว รวมถึงยังไม่พบว่ามีงานวิจัยใดที่ทำการบันทึกและติดตามข้อมูลการกินอาหารของสัตว์เลี้ยง เพื่อนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาประกอบติดตามหรือตรวจสอบปริมาณการกินอาหารของสัตว์เลี้ยง

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

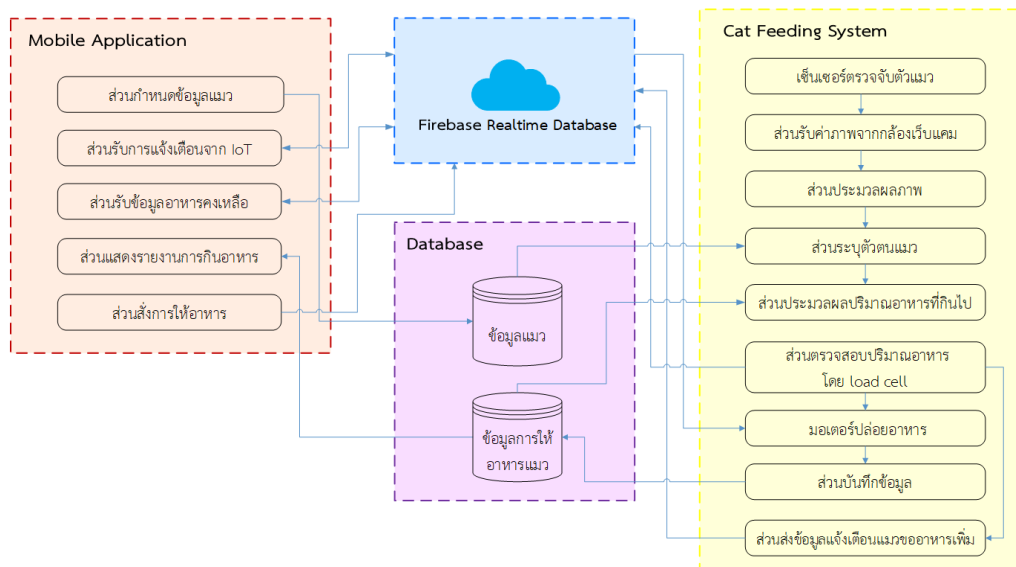
- 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีที่ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพ ที่ทำงานร่วมกันกับโมไบล์แอปพลิเคชัน
- 2) เพื่อค้นหาค่าความถูกต้องในการระบุตัวตนแมวของระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีที่ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพ

2. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีที่ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้รับต้นแบบระบบการให้อาหารแมวที่สามารถนำไปใช้งานจริงได้ในอนาคต โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

2.1 ภาพรวมของระบบ

ภาพรวมของระบบประกอบด้วย 4 ส่วนดังนี้ 1) Cat Feeding System 2) Firebase Realtime Database 3) Database และ 4) Mobile Application ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1. ภาพรวมของระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีและเทคนิคการประมวลผลภาพ

1) Cat Feeding System คือส่วนของเครื่องจ่ายอาหารแมว อุปกรณ์ไอโอที และอุปกรณ์อื่น ๆ โดยที่ส่วนของการประมวลผลภาพได้ถูกรวมเข้าไว้ในการทำงานส่วนนี้ นอกจากนี้ยังเป็นส่วนที่เชื่อมต่อการบันทึกข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูล และส่วนที่เชื่อมต่อการทำงานกับ Firebase Realtime Database

2) Firebase Realtime Database คือส่วนที่ถูกใช้เพื่อเป็นตัวกลางในการสื่อสารกับส่วนของ Mobile Application

3) Database คือส่วนที่ถูกใช้เพื่อจัดเก็บข้อมูลที่ประกอบด้วยตารางข้อมูลแมว และตารางข้อมูลการกินอาหารของแมว

4) Mobile Application คือส่วนที่ถูกใช้เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลที่ถูกจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล รับการแจ้งเตือนจากไอโอที ส่วนแสดงรายงานเกี่ยวกับการกินอาหารของแมว และส่วนที่สามารถสั่งให้เครื่องให้อาหารทำการเพิ่มอาหารให้แมวตามที่ใช้กำหนด

2.2 ทรัพยากรที่ใช้ในการวิจัย

1) จำนวนของแมว : แมวที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีจำนวนทั้งหมด 3 ตัว โดยมีลักษณะทางกายภาพแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

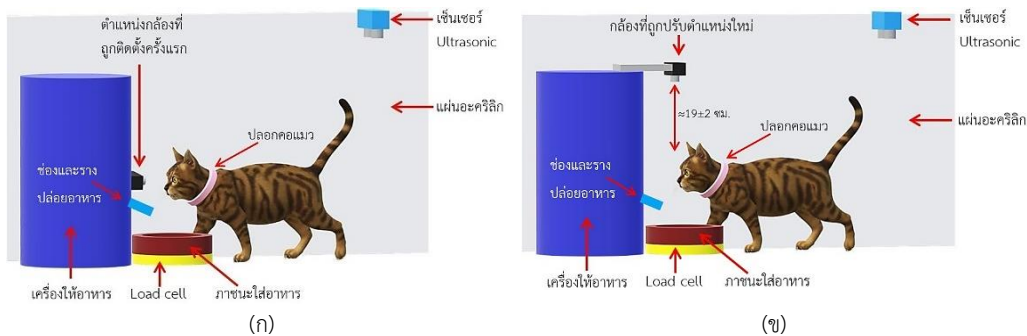
ตารางที่ 1. รายละเอียดของแมวที่ใช้ในงานวิจัยทั้ง 3 ตัว

ลำดับ	สายพันธุ์	สีพื้น/ลาย	ลักษณะทางกายภาพ
1	ไทย	ขาว/ลายเหลืองดำ	ขนสั้น ความกว้างของศีรษะประมาณ 9 ซม.
2	ไทย	น้ำตาลดำ/ลายสลิค	ขนสั้น ความกว้างของศีรษะประมาณ 9 ซม.
3	ไทย	น้ำตาลดำ/ลายสลิค	มีลักษณะทางกายภาพเกือบจะเหมือนกับแมวลำดับที่ 2 ทุกประการ (เป็นแฝดกับแมวลำดับที่ 2) ยกเว้นสีที่ใบหน้าและศีรษะจะมีสีน้ำตาลอ่อนกว่าแมวลำดับที่ 2 เล็กน้อย

2) การกำหนดค่าลักษณะเฉพาะ (Feature value determination) : จากลักษณะทางกายภาพของแมวทั้ง 3 ตัวที่แสดงในตารางที่ 1 ผู้วิจัยพบว่าการใช้ค่าลักษณะเฉพาะ เช่น รูปร่าง (Shape) สี (Color) พื้นผิว (Texture) หรือค่าไอเกน (Eigenvalue) ฯลฯ เพื่อระบุลักษณะเฉพาะของแมวแต่ละตัวนั้นจะไม่สามารถทำได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากแมวตัวที่ 2 และ 3 มีลักษณะเหมือนกันแทบจะทุกประการเนื่องจากเป็นแฝดกัน นอกเหนือจากปัญหาข้างต้นแล้ว จากการทดลองติดตั้งกล้องเว็บแคม (Webcam) บริเวณด้านหน้าเครื่องให้อาหาร (ดังแสดงในรูปที่ 2 (ก)) เพื่อตรวจจับและระบุหน้าแมวแต่ละตัว พบว่ามีปัญหา 2 ประการ ได้แก่ 1) แมวบางตัวไม่ยอมเข้ามากินอาหารในบริเวณเครื่องให้อาหารแมวที่สร้างขึ้น ปัญหานี้ผู้วิจัยสันนิษฐานว่าน่าจะเกิดจากการที่แมวตื่นกลัวกล้อง และ 2) เมื่อแมวบางตัวเข้ามากินอาหารบริเวณภาชนะที่มีกล้องติดตั้งอยู่ด้านหน้าเครื่องให้อาหาร แมวจะไม่อยู่นิ่งทำให้ระบบไม่สามารถตรวจจับใบหน้าและสกัดค่าลักษณะเฉพาะของหน้าแมวได้ในแบบเรียลไทม์ (Real-time) ได้

เพื่อแก้ปัญหาที่กล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยได้ใช้บล็อกคอแมวจำนวน 4 สี โดยให้แมวทั้ง 3 ตัวทดลองสลับใส่บล็อกคอทั้ง 4 สีเพื่อทดสอบความแม่นยำในการระบุตัวตนของแมว รวมไปถึงการปรับตำแหน่งกล้องไป

ติดตั้งยังตำแหน่งใหม่ เพื่อให้ระบบสามารถจับภาพของปลอกคอแมวได้อย่างแม่นยำมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2 (ข)



รูปที่ 2. การออกแบบเครื่องให้อาหารแมวและการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพ (ก) บริเวณเครื่องให้อาหารแมวที่ติดตั้งกล้องไว้หน้าเครื่องให้อาหาร และ (ข) แสดงการติดตั้งกล้องที่ด้านบนเครื่องให้อาหาร

ในระหว่างการถ่ายภาพด้วยกล้องเว็บแคมเพื่อเก็บค่าสีปลอกคอ (เพื่อนำค่าของพื้นที่และสีปลอกคอมาใช้เป็นค่าลักษณะเฉพาะ) ไฟแอลอีดี (Light Emitting Diode: LED) ถูกใช้เพื่อให้แสงสว่างตามสภาพแวดล้อมที่ตั้งค่าเอาไว้ ภาพถ่ายของปลอกคอที่ได้มา ถูกนำไปเทียบค่าสีในปริภูมิสี RGB (Red, Green, Blue) โดยมีค่าสีของแต่ละชาแนล (Channel) แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. สีของปลอกคอแมวที่ใช้ในงานวิจัยทั้ง 4 สี เนื่องจากชื่อของสีใดสีหนึ่งจะมีช่วงของค่าสีเป็นจำนวนมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงให้ค่าสีที่ทำการเก็บค่าได้จากการทดลองไว้ในคอลัมน์ที่ 3 ที่อยู่ในชาแนล Red (R), Green (G), Blue (B)

ลำดับ	สีปลอกคอ	ค่าสีในชาแนล R, G, B
1	ชมพู	(140, 54, 89)
2	เขียว	(113, 148, 44)
3	น้ำเงิน	(20, 38, 76)
4	เหลือง	(162, 137, 57)

3) อุปกรณ์ไอโอที : ในงานวิจัยนี้ใช้ Raspberry PI 4 Model B มีรายละเอียดดังนี้ ARM Cortex-A72 1.5 GHz, RAM 4 GB, System type 32-bit Operating System, และ Storage SD card 64 GB

4) อุปกรณ์อื่น ๆ : ได้แก่

- Sensor: Ultrasonic Sensor และ Load cell Hx711 5 Kg
- Motor: DC Motor 12 Volt ความเร็ว 5 รอบ/นาที แรงบิด 26.5 kg.cm
- Jumper: 40 Ways Male to Female Jumper Wire และ 40 Ways Male to Male Jumper Wire
- Webcam: Logitech C922 Pro Stream Webcam ความละเอียดภาพ 1080P

- ท่อ PVC แผ่นอะคริลิก หลอดไฟ LED DC 12 Volt และ Relay Module 5 Volt
- หลอดไฟ LED RGB ใช้เพื่อแสดงสถานะการทำงานของเครื่อง

5) ซอฟต์แวร์ : ประกอบด้วย

- Thonny Python IDE ใช้เพื่อพัฒนา IoT
- Firebase Realtime Database เพื่อใช้เป็นตัวกลางในการสื่อสารกับ Mobile Application
- AnyDesk ใช้ในการควบคุม Raspberry PI 4 Model B
- Ionic framework version 3.2.0 สำหรับสร้างโมบายล์แอปพลิเคชัน
- Android Studio ใช้สร้างแอปพลิเคชันสำหรับระบบปฏิบัติการ Android

6) ภาษาที่ใช้ : ประกอบด้วย HTML, PHP, TypeScript (JavaScript, Angular), SCSS, Python version 3.7 และ SQL

2.3 การออกแบบเครื่องให้อาหารแมว

การออกแบบเครื่องให้อาหารแมวเพื่อสกัดค่าลักษณะเฉพาะ นั้น มีรายละเอียดของการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมถึงสภาพแวดล้อมของเครื่องให้อาหารแมวแสดงดังรูปที่ 2

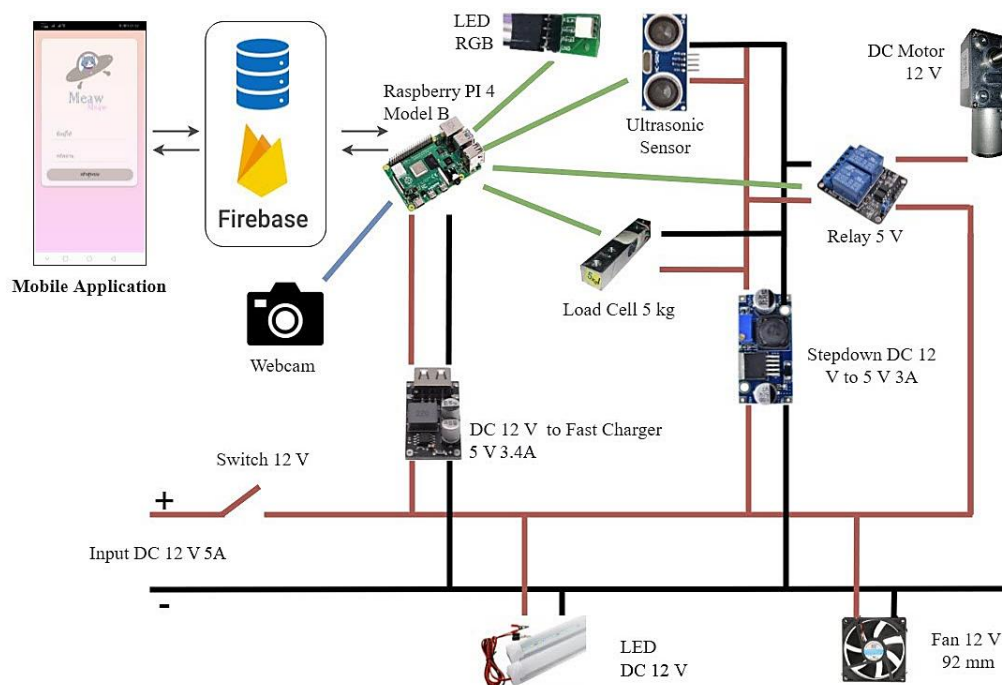
ในครั้งแรก ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งกล้องเว็บแคมไว้บริเวณด้านหน้าเครื่องให้อาหาร (ดังรูปที่ 2 (ก)) เมื่อได้ทดลองให้แมวเข้ามาในบริเวณเครื่องให้อาหาร พบว่าระบบไม่สามารถสกัดค่าลักษณะเฉพาะได้ตามที่อธิบายปัญหาไว้ในหัวข้อ 2.2 ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงเครื่องให้อาหารแมวด้วยการเปลี่ยนตำแหน่งการติดตั้งกล้องเว็บแคมไปยังด้านบนของเครื่องให้อาหาร (ดังรูปที่ 2 (ข)) พบว่าแมวเข้ามากินอาหารในเครื่องให้อาหาร และระบบสามารถระบุสีปลอกคอแมวซึ่งเป็นการระบุตัวตนของแมวได้ โดยให้ค่าความถูกต้องในการระบุตัวตนแมวเท่ากับ 88.75% (รายละเอียดถูกอธิบายไว้ในหัวข้อ 3.1)

2.4 การออกแบบระบบฝังตัว

จากรายละเอียดการออกแบบเครื่องให้อาหารในข้อ 2.3 ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเครื่องให้อาหารแมวผสานการทำงานกับเทคโนโลยีระบบฝังตัวด้วยอุปกรณ์ Raspberry PI 4 Model B มาใช้เพื่อควบคุมระบบ โดยทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก เซ็นเซอร์โหลดเซลล์ (Load Cell Sensor) กล้องเว็บแคม รีเลย์ (Relay) ดีซีมอเตอร์ หลอดไฟแอลอีดี หลอดไฟแอลอีดีอาร์จีบี (LED RGB) ที่ใช้เพื่อแสดงสถานะการทำงานของเครื่อง และพัดลมระบายความร้อนขนาด 92 มิลลิเมตรเข้าไว้ด้วยกัน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3

นอกจากนี้ เครื่องให้อาหารแมวได้ถูกออกแบบเพื่อให้ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ กระแส 5 แอมแปร์ เพื่อความปลอดภัยของแมวในกรณีที่แมวกัดสายไฟฟ้าจะไม่ก่อให้เกิดอันตรายจากการโดนไฟฟ้าช็อต

อีกทั้งในรูปที่ 3 ยังแสดงให้เห็นการเชื่อมต่อและการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ Raspberry PI 4 Model B กับโมบายล์แอปพลิเคชันโดยใช้ Firebase Realtime Database ในการส่งข้อมูล



รูปที่ 3. การออกแบบระบบฝังตัวของระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอที่ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพและแสดงการประสานการทำงานในส่วนของ Firebase Realtime Database และ Mobile Application

2.5 การออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบ

ลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอที่ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพได้ถูกกำหนดเพื่อให้สามารถทำงานได้สอดคล้องกันกับการออกแบบเครื่องให้อาหารและระบบฝังตัวไว้ดังนี้

- 1) ผู้ใช้บันทึกข้อมูลแมว สปีดล็อกคอกแมวแต่ละตัวตั้งรายละเอียดที่ให้ไว้ในตารางที่ 2 และกำหนดปริมาณอาหารที่แมวแต่ละตัวสามารถกินได้ในแต่ละวันผ่านโมบิลแอปพลิเคชัน
- 2) เมื่อแมวเข้ามากินอาหารภายในบริเวณเครื่องให้อาหาร เซ็นเซอร์อัลตราโซนิกจะทำการตรวจจับวัตถุ
- 3) เมื่อเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกตรวจพบว่ามีแมวเข้ามาอยู่ในบริเวณของเครื่องให้อาหาร ระบบจะทำการเปิดกล้องเพื่อระบุตัวตนของแมวโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ
- 4) เมื่อระบุตัวตนของแมวได้แล้ว ระบบจะดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้
 - แมวตัวนั้นสามารถกินอาหารได้ในปริมาณเท่าใดใน 1 วัน โดยที่ปริมาณของอาหารที่แมวจะกินได้ในแต่ละตัวต่อ 1 วันได้ถูกกำหนดมาล่วงหน้าผ่านโมบิลแอปพลิเคชัน
 - แมวตัวนั้นกินอาหารครั้งสุดท้ายเมื่อไหร่
- 5) ตรวจสอบปริมาณอาหารในภาชนะใส่อาหาร โดยที่
 - ถ้าอาหารเหลือน้อยกว่า 10 กรัม เครื่องจะปล่อยอาหารครั้งละ 10 กรัม

- ถ้าอาหารเหลือมากกว่า 10 กรัม เครื่องจะไม่ปล่อยอาหารแมว ทั้งนี้เพื่อป้องกันอาหารเหลือในภาชนะใส่อาหารจนอาจทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพลง

6) ข้อกำหนดในการให้อาหารแมวได้ถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

- แมว 1 ตัวจะถูกกำหนดปริมาณอาหารในแต่ละมื้อไม่เท่ากัน โดยในแต่ละมื้อแมวจะได้รับอาหารไม่ต่ำกว่า 20 กรัม

- แมว 1 ตัวจะถูกกำหนดจำนวนครั้งในการให้อาหารไม่เท่ากัน

- หากแมวตัวใดตัวหนึ่งกินอาหารไปแล้ว จะต้องรอนจนกว่าเวลาผ่านไป 30 นาทีจึงจะสามารถกินอาหารในครั้งถัดไปได้ เหตุผลที่ต้องกำหนดเวลาคือ เพื่อไม่ให้แมวกินอาหารตามปริมาณที่กำหนดไว้ในแต่ละวันทั้งหมดภายในครั้งเดียว และป้องกันการร้องขออาหารเกินไปจากปริมาณที่กำหนดไว้

7) ระบบจะทำการบันทึกข้อมูลแมวและข้อมูลการกินอาหารของแมวในแต่ละครั้งไว้ในฐานข้อมูล

8) กรณีที่แมวตัวใดตัวหนึ่งกินอาหารครบตามปริมาณที่กำหนดไว้ในแต่ละวัน และแมวตัวนั้นเดินเข้ามาภายในบริเวณเครื่องให้อาหาร ระบบจะตรวจจับและระบุตัวตนแมว จากนั้นระบบจะส่งการแจ้งเตือนไปยังโมบายล์แอปพลิเคชัน

9) เมื่อผู้ใช้ได้รับการแจ้งเตือนจากเครื่องให้อาหารแมว ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลที่เป็นข้อความแจ้งเตือนไม่ใช้วิดีโอ ว่าแมวตัวใดเข้ามาในบริเวณเครื่องให้อาหาร

10) ผู้ใช้ดูข้อมูลการกินอาหารของแมว และตัดสินใจในการให้หรือไม่ให้อาหารเพิ่มแก่แมวตัวนั้น

- หากผู้ใช้ตัดสินใจให้อาหารแก่แมวตัวนั้นเพิ่มเติมจากที่กำหนดไว้ในแต่ละวัน ระบบจะบันทึกข้อมูลการกินอาหารของแมว

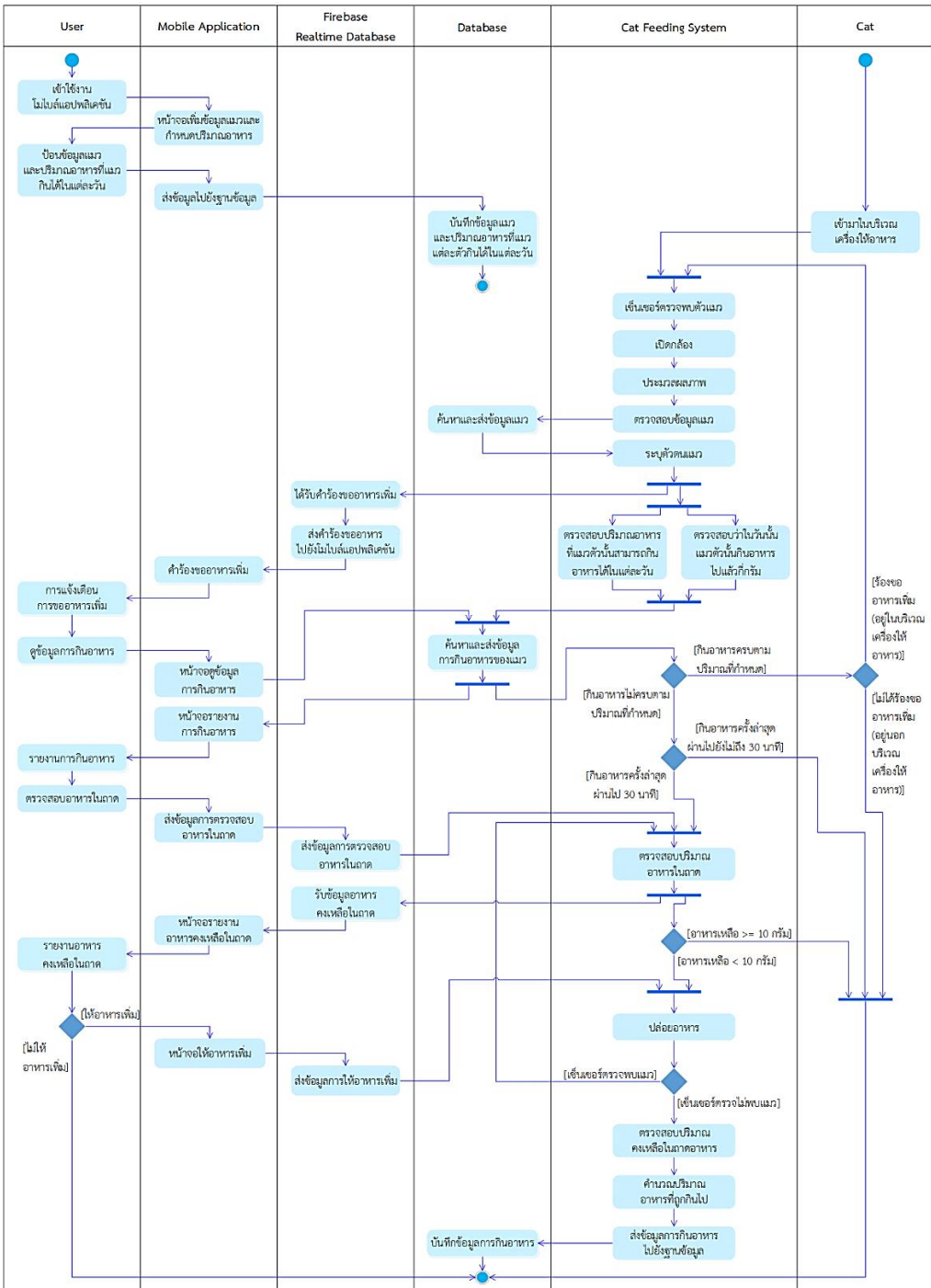
ขั้นตอนการทำงานของระบบที่อธิบายมาข้างต้นถูกแสดงไว้ในแผนภาพกิจกรรม (Activity diagram) ดังแสดงในรูปที่ 4

2.6 การระบุตัวตนแมวโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ

จากข้อมูลของแมวที่ให้ไว้ในตารางที่ 1 และการแก้ไขปัญหาในการระบุตัวตนแมวดังที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 2.2 แล้วนั้น ผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนการระบุตัวตนแมวไว้ดังนี้

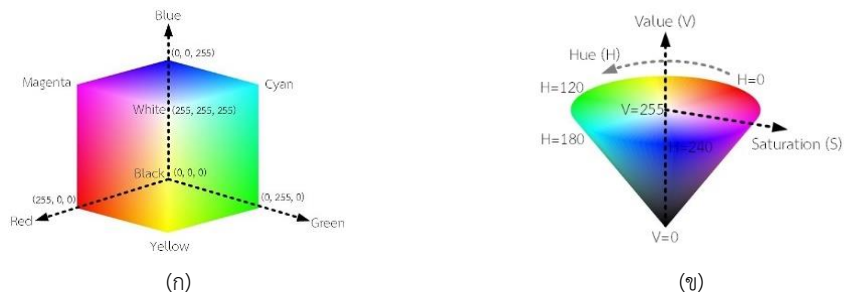
1) การตรวจจับภาพ : กรณีที่แมวเข้ามาในบริเวณเครื่องให้อาหาร และเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกตรวจพบตัวแมว กล้องจะเริ่มทำงานโดยจับภาพแมวและบล็อกคอคแมว ภาพที่ได้รับจากกล้องเว็บแคมเป็นภาพ RGB ที่อยู่ในรูปแบบของเฟรมวิดีโอ (Video frames) ขนาดความกว้าง 640 พิกเซล (pixels) และความสูง 480 พิกเซล ที่มีอัตราเฟรม (Frame rate) เท่ากับ 20 เฟรมต่อวินาที

2) การแปลงปริภูมิสี : ภาพจากเฟรมวิดีโอที่เป็นปริภูมิสี RGB จะถูกนำมาเก็บไว้ในหน่วยความจำ และจะถูกแปลงไปเป็นปริภูมิสี HSV (Hue, Saturation, Value) ด้วยเหตุผลที่ว่าจากการทดลองใช้ปริภูมิสี RGB ในงานวิจัยนี้ พบว่าระบบจะไม่สามารถทำการแบ่งส่วนรูปภาพ (Image Segmentation) ที่ต้องการในภาพ (บริเวณบล็อกคอคแมว) ได้อย่างแม่นยำ



รูปที่ 4. Activity diagram ที่แสดงให้เห็นขั้นตอนการทำงานของระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอที ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพ

การทำงานที่อธิบายไว้ข้างต้นจำเป็นต้องกำหนดค่าของช่วงสี (Color range values) เนื่องจากข้อ 1 สี ตัวอย่างเช่น สีเหลือง จะมีค่าช่วงสีที่ใกล้เคียงกันหลาย ๆ ค่า [7]-[8] ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 5 (ก) ดังนั้น เพื่อให้การแทนค่าปริภูมิ HSV ของสีปลูกคอแมวในปริภูมิ RGB แต่ละสี ดังข้อมูลในตารางที่ 2 ถูกแทนค่าได้อย่างครอบคลุมแต่ละสีที่ใช้ในงานนี้ (ชมพู, เขียว, น้ำเงิน, และเหลือง) ในปริภูมิสี HSV ที่มีค่าของช่วงสีเป็นจำนวนมาก [7]-[8] ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5 (ข) ในงานนี้ผู้วิจัยจึงกำหนดช่วงของค่าในปริภูมิสี HSV ให้มีขอบเขตบน และขอบเขตล่าง ดังรายละเอียดที่แสดงไว้ในตารางที่ 3



รูปที่ 5. แบบจำลองสีในปริภูมิสี RGB และ HSV ที่แสดงให้เห็นว่าช่วงของสีข้อ 1 ชื่อ ตัวอย่างเช่น สีเหลือง จะมีค่าของช่วงสีเป็นจำนวนมาก (ก) 24 bit RGB color cube และ (ข) HSV color model

ตารางที่ 3. การกำหนดช่วงของค่าในปริภูมิสี HSV ของปลูกคอแมวทั้ง 4 สี

ลำดับ	สีปลูกคอ	ช่วงของค่าสีในแกน H, S, V	
		ขอบเขตบน	ขอบเขตล่าง
1	ชมพู	(179, 255, 255)	(114, 144, 81)
2	เขียว	(51, 181, 119)	(30, 128, 70)
3	น้ำเงิน	(144, 255, 166)	(77, 81, 39)
4	เหลือง	(26, 175, 120)	(0, 100, 0)

3) การแยกบริเวณที่ต้องการในภาพ : ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีแยกบริเวณของภาพด้วยการกำหนดค่าจุดแบ่งแยก (Thresholding segmentation)

ในปัจจุบันวิธี Thresholding segmentation มีวิธีการคำนวณหรือประมาณค่าที่ใช้แบ่งแยก (Threshold value) หลากหลายวิธี [8]-[9] แต่ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าที่ใช้แบ่งแยกเพื่อตรวจหาบริเวณของปลูกคอแมวในภาพ โดยใช้ค่าในตารางที่ 3 เป็นเกณฑ์การแบ่ง

จากการทดลองแยกองค์ประกอบภาพที่ได้รับจากกล้องที่มีระยะห่างจากศีรษะแมวประมาณ 19 ± 2 ซม. (รวมระยะก้ม-เงยศีรษะ) ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2 (ข) โดยที่พื้นที่ (Area) ของปลูกคอแมวที่ปรากฏในภาพจะมีค่าอยู่ระหว่าง 900-1,000 พิกเซล จากข้อมูลนี้ทำให้ผู้วิจัยกำหนดค่าต่ำสุดของปลูกคอแมวไว้ที่ 900 พิกเซล

การกำหนดเกณฑ์การแยกบริเวณ เพื่อให้ได้รับพื้นที่ของปลูกคอแมวได้ถูกกำหนดไว้ 3 เกณฑ์ดังต่อไปนี้

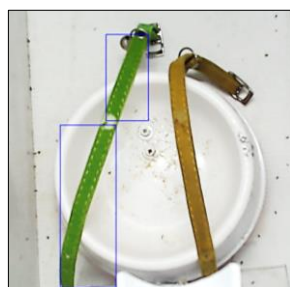
- หากบริเวณของสี (ในปริภูมิสี HSV) ในภาพที่ถูกตรวจจับได้ มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3 และมีบริเวณติดต่อกันอยู่ระหว่าง 900-1,000 พิกเซล บริเวณนั้นจะถูกกำหนดให้เป็นสีขาว ซึ่งจะมีค่าระดับสีเทา (Grayscale value) เท่ากับ 255

- หากบริเวณของสี (ในปริภูมิสี HSV) ในภาพที่ถูกตรวจจับได้ มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3 และมีบริเวณติดต่อกันน้อยกว่า 900 พิกเซล บริเวณนั้นจะถูกกำหนดให้เป็นสีดำ ซึ่งจะมีค่าระดับสีเทาเท่ากับ 0

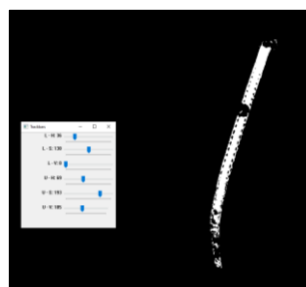
- หากบริเวณของสี (ในปริภูมิสี HSV) ในภาพที่ถูกตรวจจับได้ มีค่าอยู่นอกช่วงที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3 บริเวณเหล่านั้นจะถูกกำหนดให้เป็นสีดำ ซึ่งจะมีค่าระดับสีเทาเท่ากับ 0

จากการกำหนดเกณฑ์ทั้ง 3 ข้อด้านบน บริเวณของส่วนปลอกคอแมวในภาพจะถูกเรียกว่า บริเวณที่สนใจ (Region of Interest: ROI)

การตรวจจับหาบริเวณที่มีสีตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3 เมื่อได้ค่าตามช่วงที่ระบุไว้ ระบบจะทำการกำหนดให้บริเวณ ROI นั้นเป็นสีขาว ดังตัวอย่างในรูปที่ 6



(ก)



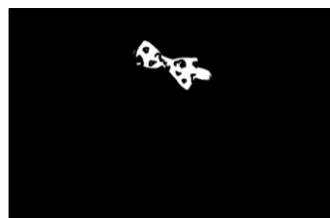
(ข)

รูปที่ 6. การตรวจหาบริเวณของปลอกคอแมวในภาพ (ก) ปลอกคอแมวในปริภูมิสี RGB ที่ได้รับจากกล้องเว็บแคม และบริเวณของปลอกคอแมวที่ถูกตรวจพบในช่วงของปริภูมิสี HSV ตามค่าในตารางที่ 3 และ (ข) ภาพในข้อ (ก) ถูกแยกบริเวณภาพด้วยวิธี Thresholding segmentation และได้ผลลัพธ์ที่แสดงให้เห็นเฉพาะบริเวณของปลอกคอสีขาว

เมื่อทดสอบการตรวจจับหาปลอกคอแมวโดยให้แมวเข้ามากินอาหารในบริเวณเครื่องให้อาหาร ผลการตรวจจับปลอกคอแมวถูกแสดงไว้ในรูปที่ 7



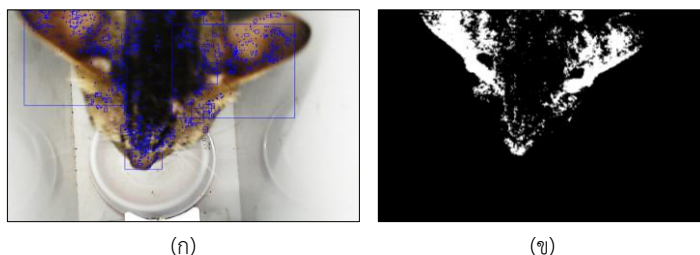
(ก)



(ข)

รูปที่ 7. การตรวจจับและแยกบริเวณปลอกคอแมว (ก) ปลอกคอแมวสีชมพูที่ถูกระบบตรวจจับพบ (แสดงกรอบสีน้ำเงิน) และ (ข) การแยกเฉพาะบริเวณของปลอกคอแมวเพื่อนำข้อมูลสีเฉพาะบริเวณนั้นไปเปรียบเทียบกับค่าในฐานข้อมูลเพื่อระบุตัวตนแมว

อย่างไรก็ตามผู้วิจัยพบว่า มีหลาย ๆ ครั้งที่แมวเข้ามาในบริเวณเครื่องให้อาหาร และระบบไม่สามารถตรวจจับป्लอกคอแมวได้ ดังรูปที่ 8 ผู้วิจัยสันนิษฐานว่าน่าจะเกิดจากปัญหาดังต่อไปนี้ 1) ความไม่นิ่งของแมว 2) แมวไม่เข้าไปในจุดที่กล้องสามารถจับภาพได้ และ 3) กรณีที่ขนแมวบางส่วนมีสีเหลือง หรือสีน้ำตาลอ่อน ทำให้ระบบตรวจจับบริเวณขนแทน ส่งผลให้ระบบไม่สามารถระบุตัวตนแมวได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 8. การตรวจจับป्लอกคอของระบบผิดพลาด (ก) เนื่องจากขนบางส่วนของแมวมีสีเหลืองที่เป็นค่าที่ถูกกำหนดไว้ในช่วงตามตารางที่ 3 ทำให้ระบบตรวจจับไม่ถูกต้อง (กรอบสีน้ำเงินกระจายอยู่ทั่วบริเวณศีรษะแมว) และ (ข) เมื่อแยกเฉพาะบริเวณที่ต้องการใช้ระบุตัวแมว พบว่าเป็นบริเวณของศีรษะแมวไม่ใช่บริเวณของป्लอกคอตามที่ต้องการ

4) การระบุตัวตนแมว : เมื่อระบบได้จำกัดขอบเขตพื้นที่เฉพาะบริเวณที่สนใจได้เรียบร้อยแล้ว ค่าที่อยู่ใน ROI จะถูกแยกและนำเอาเฉพาะสีที่ถูกแปลงให้อยู่ในปริภูมิสี HSV มาใช้ในการทำงาน

เมื่อมีแมวเข้ามากินอาหารในบริเวณเครื่องให้อาหาร ระบบจะทำการตรวจจับสีของป्लอกคอแมวตามขั้นตอนที่กล่าวมาก่อนหน้า เมื่อระบบตรวจจับสีได้และตรวจสอบพื้นที่ของบริเวณสีป्लอกคอว่ามีค่าระหว่าง 900-1,000 พิกเซล ระบบจะนำค่าสีที่ตรวจสอบได้ไปค้นหาค่าสีป्लอกคอแมวที่ถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูล ด้วยวิธีการนี้จะทำให้ทราบและระบุได้ว่าแมวตัวใดเข้ามากินอาหาร

จากที่อธิบายมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ค่าลักษณะเฉพาะที่ถูกนำมาใช้ในการระบุตัวตนแมวในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยค่าลักษณะเฉพาะ 2 ค่า ได้แก่ 1) ค่าพื้นที่ของป्लอกคอแมว และ 2) ค่าสีของป्लอกคอแมว

2.7 การออกแบบและการพัฒนาโมไบล์แอปพลิเคชัน

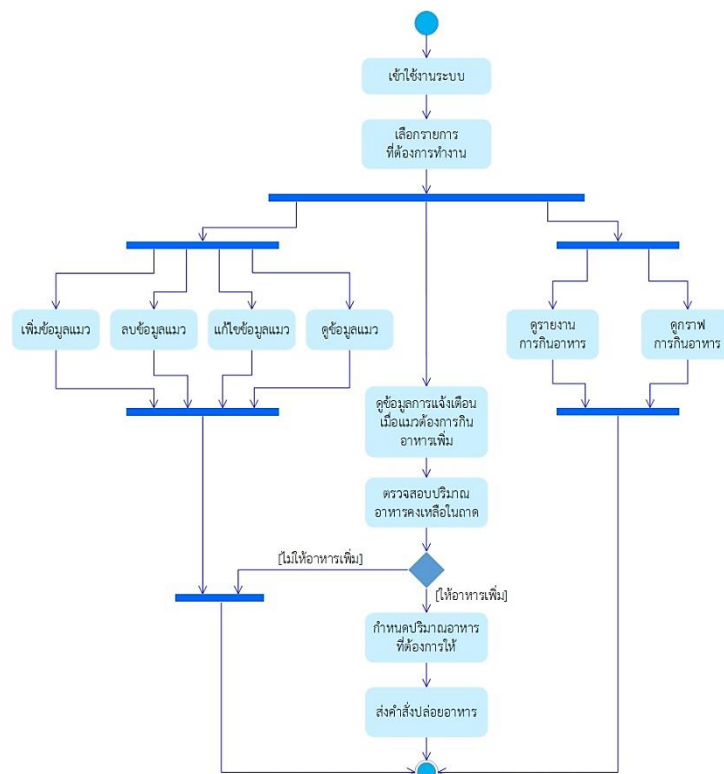
การออกแบบและการทำงานพัฒนาโมไบล์แอปพลิเคชันในงานนี้ ถูกพัฒนาโดยใช้ Ionic Framework version 3.2.0 มีรายละเอียดการออกแบบตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

- 1) ผู้ใช้จะต้องเข้าสู่ระบบ (Login) ก่อนเข้าใช้งาน
- 2) ผู้ใช้สามารถเพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลแมวได้
- 3) ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลของแมวในระบบได้
- 4) เมื่อระบบตรวจพบว่าแมวกินอาหารครบตามปริมาณที่กำหนดไว้แล้ว และแมวเดินเข้ามาในบริเวณเครื่องให้อาหารอีก

- ระบบจะส่งการแจ้งเตือนไปยังโมไบล์แอปพลิเคชัน
- ผู้ใช้สามารถตรวจสอบปริมาณอาหารแมวที่คงเหลืออยู่ในภาชนะใส่อาหาร
- ระบบจะตรวจสอบปริมาณอาหารคงเหลือ และแจ้งปริมาณอาหารกลับไปยังผู้ใช้

- ผู้ใช้ตัดสินใจว่าจะให้หรือไม่ให้อาหารเพิ่มแก่แมวตัวนั้น ในกรณีที่ผู้ใช้ตัดสินใจให้อาหารเพิ่ม ผู้ใช้จะต้องกำหนดค่าปริมาณอาหารที่ต้องการให้แก่แมวตัวนั้นเพิ่มผ่านหน้าจอการทำงาน
 - ระบบจะสั่งการไปยังเครื่องให้อาหารแมว เพื่อให้ปล่อยอาหารให้แมวตามจำนวนที่กำหนดไว้
- โดยในงานนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดหน่วยในการให้อาหาร 1 หน่วย เท่ากับ 10 กรัม
- 5) ผู้ใช้ดูรายงานการกินอาหารแมวแต่ละตัวได้ โดยข้อมูลเหล่านั้นจะแสดงแยกตามแมวแต่ละตัว
 - 6) ผู้ใช้ดูรายงานการกินอาหารของแมวทั้งหมดที่แสดงเป็นกราฟโดยที่ผู้ใช้สามารถเลือกวันที่ต้องการดูได้

โดยที่รายละเอียดการออกแบบการทำงานของโมไบล์แอปพลิเคชันที่อธิบายไว้ข้างต้น ถูกแสดงไว้ใน Activity diagram ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9. Activity diagram การออกแบบขั้นตอนการทำงานของโมไบล์แอปพลิเคชันของระบบต้นแบบในการให้อาหารแมว โดยใช้อุปกรณ์ไอโอที่ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพ

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการออกแบบและการพัฒนาระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอที่และเทคนิคการประมวลผลภาพ ผู้วิจัยได้พิจารณาผลการดำเนินการใน 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือ การระบุตัวตนแมว และส่วนที่ 2 คือการพัฒนาโมไบล์แอปพลิเคชัน มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ผลการระบุตัวตนแมว

1) การตรวจสอบความแม่นยำในการระบุสีปลอกคอแมว : เพื่อให้ทราบว่ารระบบที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นนี้มีความแม่นยำในการระบุสีปลอกคอแมวหรือการระบุตัวตนแมวน้อยเพียงใด ผู้วิจัยจึงตรวจสอบความแม่นยำของระบบที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นมา ด้วยการให้แมวแต่ละตัวใส่ปลอกคอ 4 สี ทั้ง 3 ตัว โดยในแต่ละครั้งที่ทำการทดสอบนั้นแมวแต่ละตัวถูกใส่ปลอกคอครั้งละ 1 สี และจำนวนครั้งที่ทดสอบและถูกบันทึกไว้ทั้งหมด 480 ครั้ง ผลการตรวจจับและระบุสีปลอกคอแมวถูกแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4. ผลการตรวจจับและระบุสีปลอกคอแมว

แมวตัวที่	สีปลอกคอที่ใส่	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	จำนวนครั้งที่ระบบระบุเป็นสี				ระบบสามารถระบุสีได้แต่ได้รวมบริเวณขนแมวเข้ามาใน ROI
			ชมพู	เขียว	น้ำเงิน	เหลือง	
1	ชมพู	40	36	-	-	4	-
	เขียว	40	-	40	-	-	-
	น้ำเงิน	40	-	-	36	4	-
	เหลือง	40	-	-	-	32	8
2	ชมพู	40	36	-	-	4	-
	เขียว	40	-	40	-	-	-
	น้ำเงิน	40	-	-	36	4	-
	เหลือง	40	-	-	-	30	10
3	ชมพู	40	40	-	-	-	-
	เขียว	40	-	40	-	-	-
	น้ำเงิน	40	-	-	32	8	-
	เหลือง	40	-	-	-	28	12

2) การวัดความถูกต้อง : เพื่อให้ทราบค่าความถูกต้องในการตรวจจับและระบุสีปลอกคอแมวหรือการระบุตัวตนแมว งานวิจัยนี้ได้ใช้ ค่าความถูกต้อง (Accuracy) เพื่อวัดประสิทธิภาพเฉพาะส่วนของการระบุตัวตนแมว โดยใช้สมการที่ (1) ดังนี้

$$\text{อัตราความถูกต้อง} = 100 - \text{อัตราความคลาดเคลื่อน} \quad (1)$$

อัตราความคลาดเคลื่อนในงานวิจัยนี้ถูกคำนวณจากการที่ระบบระบุค่าสีไม่ตรงกันกับสีปลอกคอที่แมวใส่ ตัวอย่างเช่น ในตารางที่ 4 แมวตัวที่ 1 ใส่ปลอกคอสีชมพู 40 ครั้งระบบระบุว่าแมวใส่ปลอกคอสีชมพูได้ถูกต้อง 36 ครั้ง หมายความว่าค่าความถูกต้องเท่ากับ 90% และระบบระบุเป็นสีเหลือง 4 ครั้ง หมายความว่าอัตราความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10% เป็นต้น

ผลการคำนวณอัตราความถูกต้องในการตรวจจับและระบุสีปลอกคอแมวหรือการระบุตัวตนแมว ที่แยกตามแมวแต่ละตัว และแยกตามสีปลอกคอ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5. อัตราความถูกต้องในการตรวจจับและระบุสีปลอกคอแมว

แมวตัวที่	สีปลอกคอที่ใส่	อัตราความถูกต้องในการระบุเป็นสี (%)			
		ชมพู	เขียว	น้ำเงิน	เหลือง
1	ชมพู	90	-	-	-
	เขียว	-	100	-	-
	น้ำเงิน	-	-	90	-
	เหลือง	-	-	-	80
2	ชมพู	90	-	-	-
	เขียว	-	100	-	-
	น้ำเงิน	-	-	90	-
	เหลือง	-	-	-	75
3	ชมพู	100	-	-	-
	เขียว	-	100	-	-
	น้ำเงิน	-	-	80	-
	เหลือง	-	-	-	70
อัตราเฉลี่ย		93.33	100	86.67	75

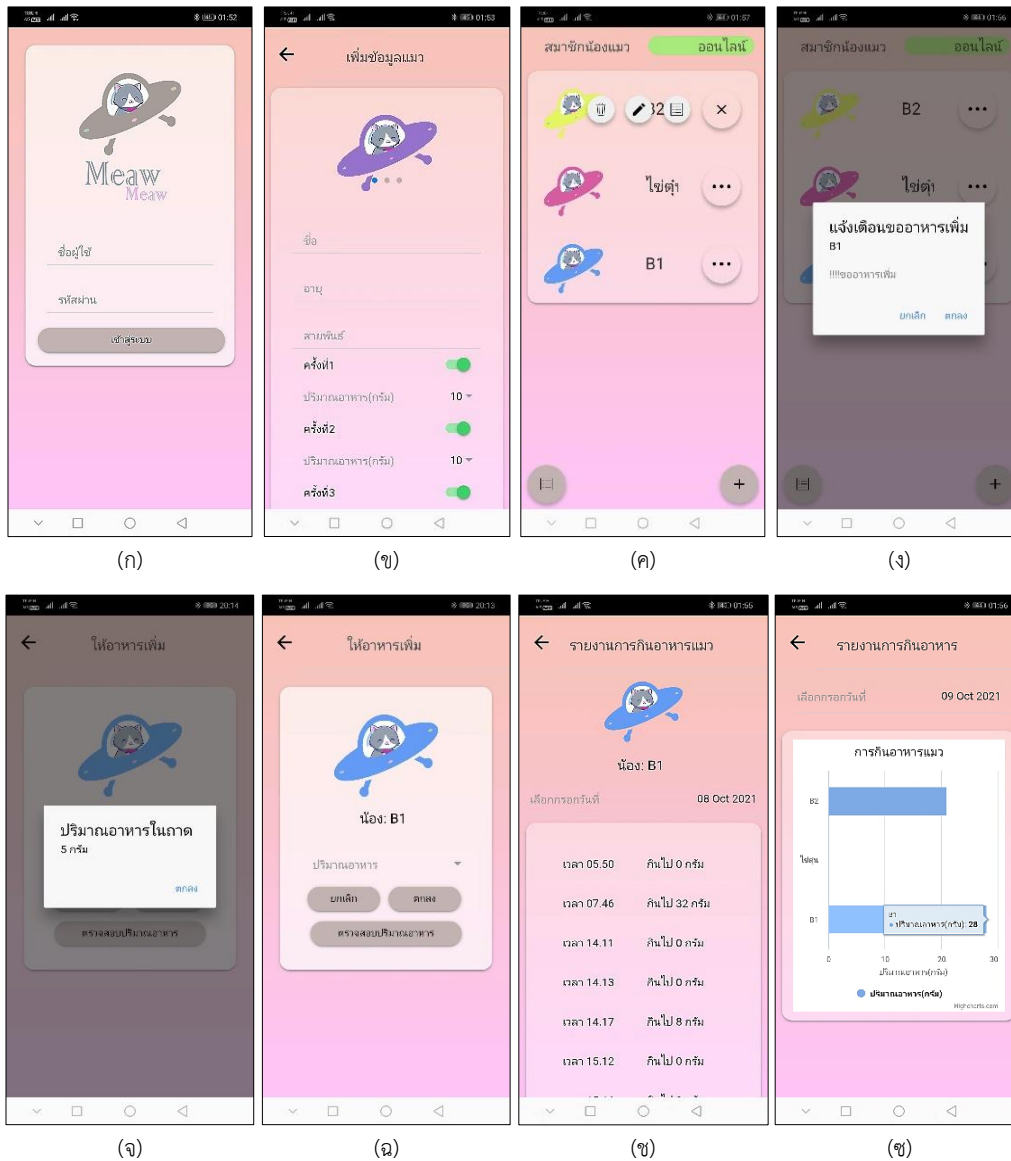
เมื่อพิจารณาข้อมูลในตารางที่ 4 และ 5 ร่วมกัน พบว่าสีของปลอกคอแมวที่ระบบสามารถระบุได้อย่างถูกต้องคือสีเขียว มีค่าความถูกต้องเท่ากับ 100% ซึ่งสีที่ระบบระบุสีปลอกคอผิดพลาดมากที่สุดคือสีเหลือง พบค่าความผิดพลาดสูงที่สุดในแมวตัวที่ 3 มีอัตราความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 30% ซึ่งระบบระบุเป็นสีเหลือง แต่เมื่อตรวจสอบภาพอย่างละเอียดแล้ว พบว่าระบบได้รวมเอาพื้นที่บริเวณขนที่บริเวณคอของแมวที่มีผลคล้ายสีเหลือง (ตามที่อธิบายไว้ในตารางที่ 1) เข้ามาใน ROI ด้วย อีกทั้งผลการทดสอบแสดงค่าความผิดพลาดอย่างมากในแมวตัวที่ 2 และ 3 ที่มีผลคล้ายสีเหลืองทั้งตัว ส่วนแมวตัวที่ 1 จะมีค่าความผิดพลาดน้อยกว่าเนื่องจากมีสีพื้นเป็นสีขาวที่แซมด้วยสีเหลืองน้อยกว่าแมวตัวที่ 2 และ 3 โดยค่าความถูกต้องเฉลี่ยในการระบุสีปลอกคอทั้ง 4 สีมีค่าเท่ากับ 88.75% $((93.33+100+86.67+75)/4)$

3.2 ผลการออกแบบและพัฒนาโมไบล์แอปพลิเคชัน

โมไบล์แอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเชื่อมต่อการทำงานของระบบการให้อาหารแมว มีหน้าจอการทำงานในส่วนต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 10 ซึ่งแต่ละส่วนมีการดำเนินงานดังนี้

- 1) ผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานระบบได้ด้วยการใช้ชื่อผู้ใช้ (Username) และรหัสผ่าน (Password) ที่เป็นการป้องกันไม่ให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาใช้งานหรือดูข้อมูลในระบบได้ หน้าจอแสดงดังรูปที่ 10 (ก)
- 2) ผู้ใช้สามารถเพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลแมวที่ได้บันทึกเข้าระบบไว้ได้ หน้าจอแสดงดังรูปที่ 10 (ข) และ 10 (ค)
- 3) ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลแมวในระบบได้
- 4) ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลการแจ้งเตือนจากระบบเมื่อแมวที่กินอาหารครบตามที่กำหนดเข้ามาในบริเวณเครื่องให้อาหารและต้องการกินอาหารเพิ่ม หน้าจอแสดงดังรูปที่ 10 (ง) และสามารถดูปริมาณอาหารคงเหลือในภาชนะให้อาหารได้ หน้าจอแสดงดังรูปที่ 10 (จ)

- 5) ผู้ใช้สามารถตัดสินใจเพิ่มอาหารให้แมวได้ ดังรูปที่ 10 (ฉ)
- 6) ผู้ใช้สามารถดูรายงานการกินอาหารของแมวแยกตามแมวแต่ละตัว หรือดูข้อมูลการกินอาหารของแมวในรูปแบบกราฟได้ แสดงดังรูปที่ 10 (ช) และ 10 (ซ)



รูปที่ 10. หน้าจอการทำงานส่วนต่าง ๆ ของโมบายล์แอปพลิเคชันระบบต้นแบบในการให้อาหารแมว โดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีและเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ

4. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีที่ร่วมกันกับเทคนิคการประมวลผลภาพนี้ มีการใช้ค่าลักษณะเฉพาะ 2 ค่า คือ 1) ค่าพื้นที่ของปอดคอกแมว และ 2) ค่าสีของปอดคอกแมว ที่ให้ค่าความถูกต้องในการระบุสีปอดคอกแมว หรือการระบุตัวต้นแมว เท่ากับ 88.75% โดยที่ค่าสีปอดคอกที่พบความผิดพลาดมากที่สุดคือ ปอดคอกสีเหลืองที่มีสีคล้ายกันกับขนแมว

นอกจากนี้ ในการพัฒนาโมบายล์แอปพลิเคชันเพื่อประสานการทำงานในระบบการให้อาหารแมวในงานวิจัยนี้ยังมีฟังก์ชันที่ช่วยให้ผู้ใช้ได้รับความสะดวกในการให้อาหารแมว ช่วยให้อาหารแมวไม่เหลือทิ้งโดยไม่จำเป็น อีกทั้งผู้เลี้ยงสามารถดูข้อมูลการกินอาหารของแมว เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการพิจารณาสุขภาพของแมวได้

อย่างไรก็ตามระบบต้นแบบที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นนี้ ควรเพิ่มความแม่นยำในการระบุตัวต้นแมวให้มากขึ้นด้วยการปรับปรุงวิธีการในการเก็บค่าคุณลักษณะต่าง ๆ เพิ่มเติม เพื่อนำมาใช้ในการระบุตัวแมวเรียนรู้ของคอมพิวเตอร์ รวมถึงการเพิ่มฟังก์ชันหรืออุปกรณ์ที่ช่วยวัดปริมาณอาหารคงเหลือในถังให้อาหารเพื่อให้ผู้เลี้ยงวางแผนจัดหาอาหารมาเติมในถังก่อนที่อาหารจะหมด

ผู้วิจัยคาดหวังว่าระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีที่ร่วมกันกับเทคนิคการประมวลผลภาพที่ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นในงานนี้ จะมีประโยชน์และสามารถพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อช่วยเพิ่มความความสะดวกสบายให้กับผู้เลี้ยงแมวรวมถึงการนำไปประยุกต์กับสัตว์เลี้ยงชนิดอื่น ๆ ได้

เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] Davies, M., Alborough, R., Jones, L., Davis, C., Williams, C., and Gardner, D.S. 2017. Mineral analysis of complete dog and cat foods in the UK and compliance with European guidelines. *Sci Rep*, 17107(7). 1-9.
- [2] Cerbo, A.D., Morales-Medina, J.C., Palmieri, B., Pezzuto, F., Cocco, R., Flores, G. and Iannitti, T. 2017. Functional foods in pet nutrition: Focus on dogs and cats. *Research in Veterinary Science*, 112, 161-166.
- [3] Grandi, M., Vecchiato, C.G., Biagi, G., Zironi, E., Tondo, M.T., Pagliuca, G., Palmonari, A., Pinna, C., Zaghini, G. and Gazzotti, T. 2019. Occurrence of Mycotoxins in Extruded Commercial Cat Food. *ACS Omega*, 9(4), 14004-14012.
- [4] Vineeth, S., Renukumar, B.R., Sneha, V.C., Prashant, G., and Rani, B. 2020. Automatic Pet Food Dispenser using Digital Image Processing. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 5(9). 588-593.
- [5] Khatavkar, H.N., Kini, R.S., Pandey, S.K. and Gijare, V.V. 2019. Intelligent Food Dispenser (IFD). *IOSR Journal of Engineering*, 2, 65-70.
- [6] Yadav, S.A., Kulkarni, S.S., Jadhav, A.S., and Jain, A.R. 2018. IoT Based Pet Feeder System. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, 2(4). 3656-3659.

- [7] Zhang, D. 2019. Fundamentals of Image Data Mining Analysis, Features, Classification and Retrieval. Springer, Cham.
- [8] Gonzalez, R.C. and Woods, R.E. 2018. Digital Image Processing. 4th ed, Pearson, New York.
- [9] Rangayyan, R.M., Acha, B. and Serrano, C. 2011. Color image processing with biomedical applications. SPIE, Washington.