

การออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้ อุปกรณ์ไอโอทีและเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ

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

นิติภูมิ ไยปางแก้ว¹ และ วไลลักษณ์ วงษ์รัตน์^{2*}

¹สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

²ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

Emails: nitipoom.y@ku.th, walailuck.w@ku.th*

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอที (Internet of Things-IoT) ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพ ระบบนี้จะช่วยให้ผู้เลี้ยงกำหนดปริมาณอาหารให้เหมาะสมกับแมวแต่ละตัวและดูข้อมูลที่เกี่ยวข้องผ่านโมบายล์แอปพลิเคชัน

ความแม่นยำในการให้อาหารแมวขึ้นอยู่กับการระบุตัวตนแมว ค่าลักษณะเฉพาะที่ใช้ในการระบุตัวตนแมว ประกอบด้วย (1) ค่าพื้นที่ และ (2) ค่าสีของปลอกคอแมว โดยใช้แมวในการทดสอบระบบจำนวน 3 ตัว ค่าความถูกต้องในการระบุตัวตนแมวเท่ากับ ๙๕% จากการทดสอบจำนวน ๔๘๐ ครั้ง ผู้วิจัยคาดว่าระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวที่ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้เลี้ยงแมวที่ต้องการติดตามและทราบข้อมูลการกินอาหารของแมว

คำสำคัญ -- การให้อาหารแมว, อุปกรณ์ไอโอที, การประมวลผลภาพ, 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 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 95% based on 480 tests. We expect the proposed prototype system to be useful to many cat owners.

Keywords -- cat feeding, IoT devices, image processing techniques, mobile application

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แมวเป็นสัตว์เลี้ยงของมนุษย์ชนิดหนึ่งที่มีความนิยมมาอย่างยาวนาน แมวที่มนุษย์เลี้ยงไว้จะได้รับอาหารที่แตกต่างกันไปตามความสะดวกของผู้เลี้ยง อาหารแมวประเภทหนึ่งที่มีความนิยมในกลุ่มของผู้เลี้ยงแมวคืออาหารเม็ด ซึ่งในปัจจุบันนักวิจัยและผู้ผลิตอาหารแมวหลายรายได้พยายามศึกษาคิดค้น และวิจัยสูตรอาหารให้เหมาะสมแก่สภาพร่างกายของแมวแต่ละช่วงวัยและพฤติกรรมของแมว [1] รวมถึงช่วยป้องกันภาวะไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ ที่เกิดจากการกินอาหารที่ไม่เหมาะสม [2]

อาหารเม็ดของแมวมีข้อดีคือ ผู้เลี้ยงหรือผู้ให้อาหารมีความสะดวกในการจัดหา การจัดเก็บ และการประมาณการปริมาณอาหารเม็ดให้เหมาะสมกับสภาพร่างกายของแมวแต่ละตัว แต่ข้อเสียของอาหารเม็ดคือ ในการให้อาหารแต่ละครั้งหากอาหาร

เหลือและถูกวางทิ้งไว้ในภาชนะที่มีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เป็นเวลานานอาจจะทำให้อาหารเหม็นเสียสภาพลง [3] นอกจากนี้แมวบางตัวไม่กินอาหารที่เสื่อมสภาพ ทำให้ผู้เลี้ยงต้องทิ้งอาหารเหล่านั้นไป จึงทำให้เกิดความสิ้นเปลืองโดยไม่จำเป็น

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้ผลิตหลายรายทำการผลิตเครื่องให้อาหารแมวอัตโนมัติออกวางจำหน่ายหลากหลายยี่ห้อ ซึ่งเครื่องให้อาหารเม็ดเหล่านั้นมีคุณสมบัติที่ช่วยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ อาทิเช่น การกำหนดปริมาณในการให้อาหารในแต่ละครั้ง การตั้งเวลาให้อาหาร การแจ้งเตือนเมื่ออาหารเหลือน้อย มีการตรวจจับและป้องกันการจ่ายอาหารล้นภาชนะให้อาหาร รวมถึงการควบคุมการให้อาหารผ่านโมบายล์แอปพลิเคชัน เป็นต้น

ในกรณีที่ผู้เลี้ยงทำการเลี้ยงแมวมากกว่า 1 ตัวในบริเวณหรือห้องเดียวกัน เครื่องให้อาหารอัตโนมัติที่วางจำหน่ายในเชิงพาณิชย์เหล่านั้นยังไม่สามารถเก็บข้อมูล ดูรายงาน และติดตามพฤติกรรมการกินอาหารของแมวแต่ละตัวเพื่อช่วยให้ผู้เลี้ยงนำข้อมูลการกินอาหารมาวางแผนการให้อาหารแมวแต่ละตัวเพื่อให้แมวของตนเองมีสุขภาพที่ดีและห่างไกลจากโรคร้าย

ด้วยเหตุผลข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพ ระบบต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนี้จะช่วยให้ผู้ใช้กำหนดปริมาณอาหารให้แมวแต่ละตัวได้ ผู้ใช้จะทราบข้อมูลการกินอาหารของแมวแต่ละตัว รวมถึงได้รับการแจ้งเตือนความต้องการอาหารของแมวแต่ละตัว เมื่อได้รับการแจ้งเตือนทางโมบายล์แอปพลิเคชันผู้ใช้สามารถตัดสินใจส่งคำสั่งเพื่อเพิ่มอาหารให้แมวผ่านแอปพลิเคชันได้ นอกจากนี้ข้อมูลการกินอาหารของแมวแต่ละตัวจะช่วยให้ผู้เลี้ยงนำมาวิเคราะห์และพิจารณาสุขภาพหรือช่วยเป็นแนวทางเพื่อป้องกันความผิดปกติหรือไม่ปกติของแมวแต่ละตัวได้

1.2 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมต่าง ๆ พบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบการให้อาหารสัตว์เลี้ยงด้วยการใช้ไอโอที การใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ และการประสานการทำงานของระบบการให้อาหารผ่านโมบายล์แอปพลิเคชันดังนี้

Vineeth S. และคณะ [4] ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องให้อาหารสัตว์เลี้ยงในแบบอัตโนมัติโดยใช้การประมวลผลภาพดิจิทัลร่วมกับการใช้ Raspberry pi 3 model B เป็นระบบฝังตัว

เพื่อควบคุมการทำงานของระบบ สัตว์เลี้ยงที่ใช้ในการศึกษามี 2 ชนิดคือ สุนัขและแมว (โดยไม่ได้รับรู้ว่าสัตว์ที่ใช้ในการศึกษาแต่ละชนิดมีจำนวนกี่ตัว) ในงานนี้คณะผู้วิจัยได้กำหนดเวลาในการให้อาหาร เมื่อถึงเวลากินอาหารเสียงที่บันทึกไว้จะถูกเปิดผ่านลำโพงเพื่อเรียกให้สัตว์เลี้ยงมาที่เครื่องให้อาหาร จากนั้นอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ (Ultrasonic Sensor) ที่ติดตั้งไว้ด้านหน้าของระบบได้ถูกใช้เพื่อตรวจสอบสัตว์เลี้ยง เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจพบว่ามีสัตว์เลี้ยงเข้ามาที่บริเวณด้านหน้าเครื่องให้อาหาร กล้องจะทำการจับภาพสัตว์เลี้ยงนั้น ถ้ากระบวนการรู้จำของระบบประมวลผลว่าเป็นสัตว์เลี้ยงชนิดใด มอเตอร์จะให้อาหารแก่สัตว์เลี้ยงชนิดนั้นให้ถูกต้องตามชนิดของสัตว์เลี้ยง โดยในงานวิจัยนี้ใช้มอเตอร์ 2 ตัวเพื่อแยกชนิดอาหารของสัตว์ เมื่อสัตว์เลี้ยงกินอาหารเสร็จเรียบร้อยแล้วจะส่งข้อความโดยใช้ Twilio API ไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ของเจ้าของสัตว์เลี้ยง กระบวนการรู้จำของระบบถูกเรียนรู้โดยใช้เทคนิค Convolution Neural networks ด้วยการใช้ภาพสุนัขและแมวที่ถูกบันทึกจาก Google images และ Pixabay จำนวน 200 ภาพ ค่าความแม่นยำของระบบถูกรายงานว่ามีค่ามากกว่า 90% อย่างไรก็ตาม ในบทความนี้ไม่ได้อธิบายว่าใช้ค่าลักษณะเฉพาะ (Feature) ใดในกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้ระบบสามารถจดจำลักษณะเฉพาะของสัตว์เลี้ยงทั้ง 2 ชนิดได้

Hari N. Khatavkar และคณะ [5] นำเสนอเครื่องให้อาหารสัตว์เลี้ยงอัจฉริยะ (Intelligent Food Dispenser (IFD)) ที่ควบคุมการทำงานของเครื่องผ่านแอนดรอยด์แอปพลิเคชัน (Android application) และควบคุมการให้อาหารผ่านไวไฟโมดูล (Wi-Fi module) โดยมีการใช้ดีซีมอเตอร์ (DC Motor) เชื่อมต่อกับบอร์ด FRDM KL25Z และมีการกำหนดเวลาในการให้อาหารสัตว์เลี้ยง อย่างไรก็ตาม ในบทความนี้ไม่ได้รายงานให้อาหารแก่สัตว์เลี้ยงชนิดใด ไม่มีการให้รายละเอียดของจำนวนสัตว์เลี้ยงที่ใช้ในการศึกษา ไม่ได้กล่าวถึงกระบวนการรู้จำสัตว์เลี้ยง และไม่ได้รายงานการตรวจสอบค่าความแม่นยำในการให้อาหารสัตว์เลี้ยง

Saurabh A. Yadav และคณะ [6] นำเสนอบทความเรื่อง IoT Based Pet Feeder System ที่อธิบายเกี่ยวกับการออกแบบระบบให้อาหารสัตว์เลี้ยงโดยใช้ไอโอที โดยควบคุมการทำงานของระบบด้วยตัวควบคุมระยะไกลแบบโต้ตอบ (Interactive remote controller) ในงานนี้ผู้ใช้สามารถปรับช่วงเวลาและปริมาณอาหารที่ให้แก่สัตว์เลี้ยงได้ ฟังก์ชันของระบบนี้ได้แก่ การ

เรียกสัตว์เลี้ยงในเวลาให้อาหาร การแจ้งเตือนเมื่อสัตว์เลี้ยงไม่ได้รับอาหาร ฯลฯ อย่างไรก็ตาม ในบทความนี้ไม่ได้รายงานว่ามี การทดสอบระบบกับสัตว์เลี้ยงชนิดใด รวมถึงไม่ได้กล่าวถึงระบบรู้จำ สัตว์เลี้ยง และไม่ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความแม่นยำ ของระบบ

จากงานวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยพบว่ายังไม่มีงานวิจัยใดที่ ทำการศึกษาและพัฒนาระบบที่ให้อาหารสัตว์เลี้ยงชนิดเดียวกัน ที่ถูกเลี้ยงในสถานที่เดียวกันหลาย ๆ ตัว รวมถึงยังไม่พบว่ามี งานวิจัยใดที่ทำการบันทึกและติดตามข้อมูลการกินอาหารของ สัตว์เลี้ยงเพื่อนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาใช้ประกอบการติดตามหรือ ตรวจสอบปริมาณการกินอาหารของสัตว์เลี้ยง

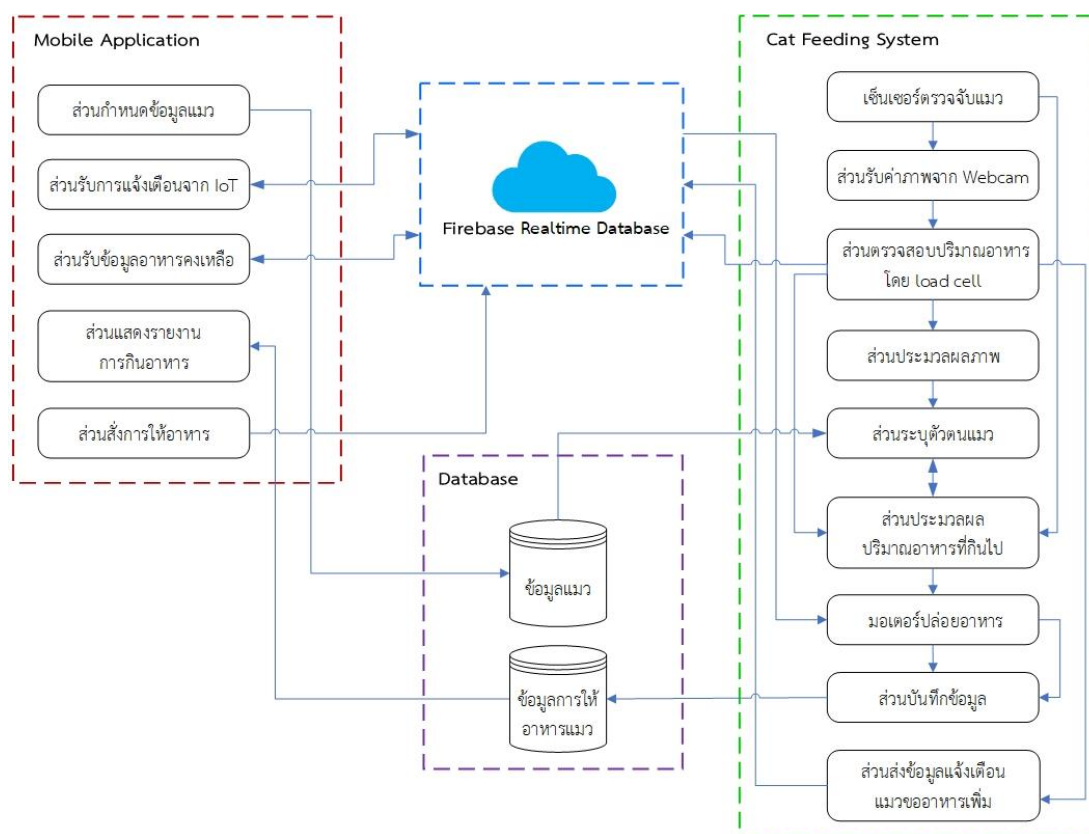
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบในการให้อาหาร แมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอที่ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพ ที่ ทำงานร่วมกันกับโมบิลแอปพลิเคชัน

1.3.2 เพื่อค้นหาประสิทธิภาพในการระบุตัวตนแมวของ ระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอที่ร่วมกับ เทคนิคการประมวลผลภาพ

2. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบใน การให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอที่ร่วมกับเทคนิคการ ประมวลผลภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้รับต้นแบบระบบ



ภาพ 1 ภาพรวมของระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีและเทคนิคการประมวลผลภาพ

การให้อาหารแมวที่สามารถนำไปใช้งานจริงได้ในอนาคต โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

2.1 ภาพรวมของระบบ

ภาพรวมของระบบได้ถูกแบ่งเป็น 4 ส่วนโดยมีรายละเอียดตามที่แสดงไว้ในภาพ 1

2.1.1 Cat Feeding System: เป็นส่วนของเครื่องจ่ายอาหารแมว อุปกรณ์ไอโอที และอุปกรณ์อื่น ๆ ตามที่อธิบายไว้ในข้อ 2.2.3 และ 2.2.4 โดยที่ส่วนของการประมวลผลภาพได้ถูกรวมเข้าไว้ในการทำงานส่วนนี้ นอกจากนี้ยังเป็นส่วนที่เชื่อมต่อการบันทึกข้อมูลเพื่อเก็บไว้ในฐานข้อมูล และมีส่วนที่เชื่อมต่อการทำงานกับ Firebase Realtime Database

2.1.2 Firebase Realtime Database: เป็นส่วนที่ถูกใช้เพื่อเป็นตัวกลางในการสื่อสารกับส่วนของ Mobile Application

2.1.3 Database: เป็นส่วนที่ถูกใช้เพื่อจัดเก็บข้อมูลที่ประกอบด้วยตารางข้อมูลแมว และตารางข้อมูลการกินอาหารของแมว

2.1.4 Mobile Application: เป็นส่วนที่ถูกใช้เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลที่ถูกจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล รับการแจ้งเตือนจากไอโอที ส่วนแสดงรายงานเกี่ยวกับการกินอาหารของแมว และส่วนที่สามารถสั่งให้เครื่องให้อาหารทำการเพิ่มอาหารให้แมวตามที่ผู้ใช้งานกำหนด

2.2 ทรัพยากรที่ใช้ในการวิจัย

2.2.1 จำนวนของแมว: แมวที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีจำนวนทั้งหมด 3 ตัว โดยมีลักษณะทางกายภาพตามรายละเอียดที่ให้ไว้ในตารางที่ 1

ตาราง ๑ รายละเอียดของแมวที่ใช้ในงานวิจัยทั้ง 3 ตัว

ลำดับ	สายพันธุ์	สีพื้น/ลาย	ลักษณะทางกายภาพ
1	ไทย	ขาว/ลายเหลืองดำ	ขนสั้น ความกว้างของศีรษะประมาณ 9 ซม.
2	ไทย	น้ำตาลดำ/ลายสลิด	ขนสั้น ความกว้างของศีรษะประมาณ 9 ซม.

3	ไทย	น้ำตาลดำ/ ลายสลิค	มีลักษณะทางกายภาพ เกือบจะเหมือนกับ กับแมวลำดับที่ 2 ทุกประการ (เป็นแฝดกับแมวลำดับที่ 2) ยกเว้นสีที่ใบหน้าและศีรษะ จะมีสีน้ำตาลอ่อนกว่าแมวลำดับที่ 2 เล็กน้อย
---	-----	----------------------	---

2.2.2 การกำหนดค่าลักษณะเฉพาะ (Feature value determination): จากลักษณะทางกายภาพของแมวทั้ง 3 ตัวที่แสดงในตารางที่ 1 ผู้วิจัยพบว่าการใช้ค่าลักษณะเฉพาะ เช่น รูปร่าง (Shape) สี (Color) พื้นผิว (texture) หรือค่าไอเกน (Eigenvalue) ฯลฯ เพื่อระบุลักษณะเฉพาะของแมวแต่ละตัวนั้น จะไม่สามารถทำได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากแมวตัวที่ 2 และ 3 มีลักษณะเหมือนกันแทบจะทุกประการเนื่องจากเป็นแฝดกัน นอกเหนือจากปัญหาข้างต้นแล้ว จากการทดลองติดตั้งกล้อง Webcam บริเวณด้านหน้าเครื่องให้อาหารเพื่อตรวจจับและระบุหน้าแมวแต่ละตัวพบว่ามีปัญหา 2 ประการ ได้แก่ (1) แมวบางตัวไม่ยอมเข้ามากินอาหารในบริเวณเครื่องให้อาหารแมวที่สร้างขึ้น ปัญหานี้ผู้วิจัยสันนิษฐานว่าน่าจะเกิดจากการที่แมวตื่นกลัวกล้อง (ดูรายละเอียดการออกแบบเครื่องให้อาหารได้จากภาพที่ 2(ก)) และ (2) เมื่อแมวบางตัวเข้ามากินอาหารบริเวณภาชนะที่มีกล้องติดตั้งอยู่ด้านหน้าเครื่องให้อาหาร แมวจะไม่อยู่นิ่งทำให้ระบบไม่สามารถตรวจจับใบหน้าและสกัดค่าลักษณะเฉพาะของหน้าแมวได้ในแบบเรียลไทม์ (Real-time) ได้

เพื่อแก้ปัญหาที่กล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยได้ใช้บล็อกคอแมวจำนวน 4 สี โดยให้แมวทั้ง 3 ตัวทดลองสลบใส่บล็อกคอทั้ง 4 สี เพื่อทดสอบความแม่นยำในการระบุตัวตนของแมว รวมไปถึงการปรับตำแหน่งกล้องไปติดตั้งยังตำแหน่งใหม่ เพื่อให้ระบบสามารถจับภาพของบล็อกคอแมวได้อย่างแม่นยำมากขึ้น (ดูรายละเอียดการติดตั้งกล้องในตำแหน่งใหม่ได้จากภาพที่ 2(ข))

ในระหว่างการถ่ายภาพด้วยกล้อง Webcam เพื่อเก็บค่าสีบล็อกคอ (เพื่อนำค่าของพื้นที่และสีบล็อกคอมาใช้เป็นค่าลักษณะเฉพาะ) ไฟ LED ถูกใช้เพื่อให้แสงสว่างตามสภาพแวดล้อมที่ตั้งค่าเอาไว้ ภาพถ่ายของบล็อกคอที่ได้มา ถูกนำไปเทียบค่าสีในปริภูมิสี RGB โดยมีค่าสีของแต่ละชาแนล (Channel) ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตาราง 2 สีของบล็อกคอแมวที่ใช้ในงานวิจัยทั้ง 4 สี หมายเหตุ เนื่องจากชื่อของสีใดสีหนึ่งจะมีช่วงของค่าสีเป็นจำนวนมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงให้ค่าสีที่ทำการเก็บค่าได้จากการทดลองไว้ในคอลัมน์ที่ 3 ที่อยู่ในชาแนล R, G, B

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

2.2.3 อุปกรณ์ไอโอที: ในงานวิจัยนี้ใช้ Raspberry Pi 4 Model B ที่มีรายละเอียดดังนี้ ARM Cortex-A๗๒ ๑.๕ GHz, RAM ๔ GB, System type ๓๒-bit Operating System, และ Storage SD card ๖๔ GB

2.2.4 อุปกรณ์อื่น ๆ ได้แก่

- Sensor: PIR Motion Sensor Detector Module HC-SR501, Load cell Hx711 5 Kg, และ Ultrasonic Sensor
- Motor: DC Motor 12 Volt ความเร็ว นาทิ /รอบ 5 5.26 แรงบิดkg.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

2.2.5 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

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

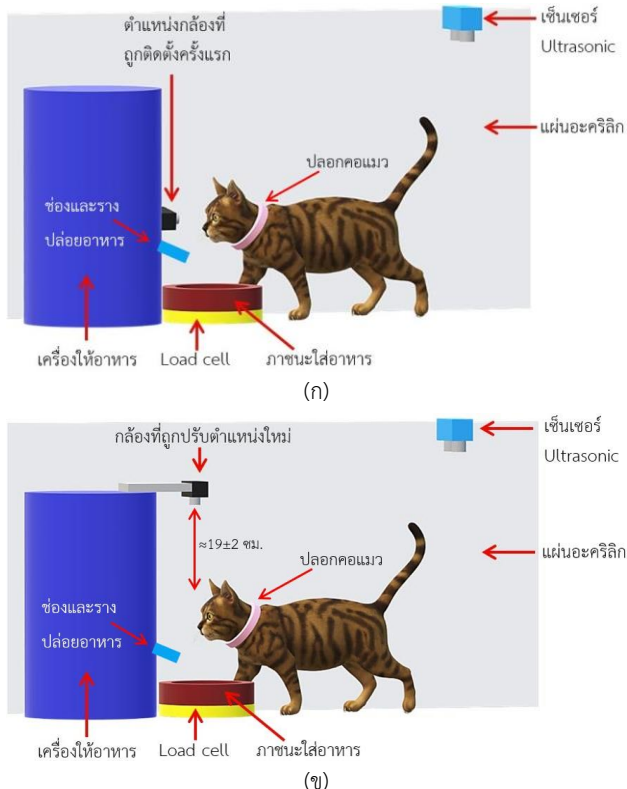
2.3 การออกแบบเครื่องให้อาหารแมว

จากปัญหาที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.2.2 ผู้วิจัยได้ออกแบบและปรับปรุงเครื่องให้อาหารแมว เพื่อให้สามารถสกัดค่าลักษณะเฉพาะที่สามารถใช้ระบุตัวตนแมวในระหว่างที่แมวเข้ามากินอาหารภายในบริเวณเครื่องให้อาหารแมวได้อย่างถูกต้องที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยมีรายละเอียดของการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมถึงสภาพแวดล้อมของเครื่องให้อาหารแมวดังภาพที่ 2

หลังจากผู้วิจัยได้แก้ไขปัญหาในหัวข้อ 2.2.2 โดยการเปลี่ยนตำแหน่งการติดตั้งกล้อง Webcam ไปยังด้านบนของเครื่องให้อาหารแล้ว (ตามภาพที่ 2(ข)) พบว่าแมวเข้ามากินอาหารในเครื่องให้อาหาร และระบบสามารถระบุสีปลอกคอแมว (ที่เป็นการระบุตัวตนของแมว) ได้ โดยให้ค่าความถูกต้องในการระบุได้สูงถึง 95% (รายละเอียดถูกอธิบายไว้ในหัวข้อ 3.1)

2.4 การออกแบบระบบฝังตัว

จากรายละเอียดการออกแบบเครื่องให้อาหารในข้อ 2.3 ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเครื่องให้อาหารแมวผสานการทำงานกับเทคโนโลยีระบบฝังตัวด้วยอุปกรณ์ Raspberry Pi 4 Model B



ภาพ 2 การออกแบบเครื่องให้อาหารแมวและการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพ: (ก) บริเวณเครื่องให้อาหารแมวที่ติดตั้งกล้องไว้หน้าเครื่องให้อาหาร และ (ข) แสดงการติดตั้งกล้องที่ด้านบนเครื่องให้อาหาร

มาใช้ในการควบคุมระบบ โดยทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ (Ultrasonic sensor) เซ็นเซอร์วัดน้ำหนัก (Load cell sensor) กล้องจับภาพ (Webcam) รีเลย์ (Relay) มอเตอร์ (Motor) หลอดไฟแสงขาว (LED) หลอดไฟ LED RGB ที่ใช้เพื่อแสดงสถานะการทำงานของเครื่อง และอุปกรณ์ระบายความร้อนพัดลมขนาด ๙๒ มิลลิเมตรเข้าไว้ด้วยกัน ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 3

นอกจากนี้ เครื่องให้อาหารแมวได้ถูกออกแบบเพื่อให้ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ กระแส ๕ แอมป์ เพื่อความปลอดภัยของแมว ในกรณีที่แมวกัดสายไฟฟ้าจะไม่ก่อให้เกิดอันตรายจากการโดนไฟฟ้าช็อต

ภาพที่ 3 แสดงการเชื่อมต่อและการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ Raspberry Pi 4 กับโมไบล์แอปพลิเคชันโดยใช้ Firebase Realtime Database ในการส่งข้อมูล

2.5 การออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบ

ลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพได้ถูกกำหนดเพื่อให้สามารถทำงานได้สอดคล้องกันกับการออกแบบเครื่องให้อาหารและระบบฝังตัวที่อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 2.3 และ 2.4 ไว้ดังนี้

2.5.1 ผู้ใช้บันทึกข้อมูลแมว สีปลอกคอแมวแต่ละตัวตามรายละเอียดที่ให้ไว้ในตารางที่ 2 และกำหนดปริมาณอาหารที่แมวแต่ละตัวสามารถกินได้ในแต่ละวันผ่านโมไบล์แอปพลิเคชัน

2.5.2 เมื่อแมวเข้ามากินอาหารภายในบริเวณเครื่องให้อาหาร อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์จะทำการตรวจจับวัตถุ

2.5.3 เมื่อเซ็นเซอร์ในข้อ 2.5.2 ตรวจพบว่ามีแมวเข้ามาอยู่ในบริเวณของเครื่องให้อาหาร ระบบจะทำการเปิดกล้องเพื่อระบุตัวตนของแมวโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ (ดูรายละเอียดในหัวข้อ 2.6)

2.5.4 เมื่อระบุตัวตนของแมวได้แล้ว ระบบจะดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

- แมวตัวนั้นสามารถกินอาหารได้ในปริมาณเท่าใดใน 1 วัน โดยที่ปริมาณของอาหารที่แมวจะกินได้ในแต่ละตัวต่อ 1 วัน ได้ถูกกำหนดมาล่วงหน้าผ่านโมบิลแอปพลิเคชัน

- แมวตัวนั้นกินอาหารครั้งสุดท้ายเมื่อไหร่

2.5.5 ตรวจสอบปริมาณอาหารในภาชนะใส่อาหาร โดยที่

- ถ้าอาหารเหลือน้อยกว่า ๑๐ กรัม เครื่องจะปล่อยอาหารครั้งละ ๑๐ กรัม

- ถ้าอาหารเหลือน้อยกว่า ๑๐ กรัม เครื่องจะไม่ปล่อยอาหารแมว ทั้งนี้เพื่อป้องกันอาหารเหลือในภาชนะใส่อาหารจนอาจทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพลง

2.5.6 ข้อกำหนดในการให้อาหารแมวได้ถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

- แมว 1 ตัวจะถูกกำหนดปริมาณอาหารในแต่ละมื้อไม่เท่ากัน โดยในแต่ละมื้อแมวจะได้รับอาหารไม่ต่ำกว่า 20 กรัม

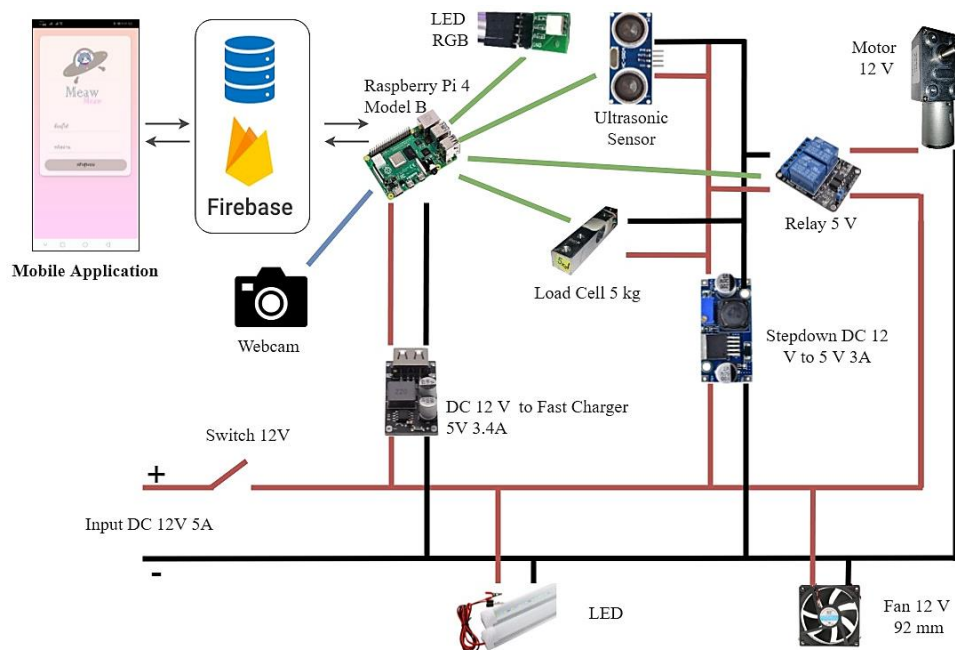
- แมว 1 ตัวจะถูกกำหนดจำนวนครั้งในการให้อาหารไม่เท่ากัน

- หากแมวตัวใดตัวหนึ่งกินอาหารไปแล้ว จะต้องรอจนกว่าเวลาผ่านไป 30 นาทีจึงจะสามารถกินอาหารในครั้งถัดไปได้ (เหตุผลที่ต้องกำหนดเวลาคือ เพื่อไม่ให้แมวกินอาหารตามปริมาณที่กำหนดไว้ในแต่ละวันทั้งหมดภายในครั้งเดียว เพื่อป้องกันการร้องขออาหารเกินไปจากปริมาณที่กำหนดไว้)

2.5.7 เครื่องจะทำการบันทึกข้อมูลแมวและข้อมูลการกินอาหารของแมวในแต่ละครั้งไว้ในฐานข้อมูล

2.5.8 กรณีที่แมวตัวใดตัวหนึ่งกินอาหารครบตามปริมาณที่กำหนดไว้ในแต่ละวัน และแมวตัวนั้นเดินเข้ามาภายในบริเวณเครื่องให้อาหาร ระบบจะตรวจจับและระบุตัวตนแมว จากนั้นระบบจะส่งการแจ้งเตือนไปยังโมบิลแอปพลิเคชัน

2.5.9 เมื่อผู้ใช้ได้รับการแจ้งเตือนจากเครื่องให้อาหารแมว ผู้ใช้สามารถดูข้อมูล (ที่เป็นข้อความแจ้งเตือน ไม่ใช่วิดีโอ) ว่าแมวตัวใดเข้ามาในบริเวณเครื่องให้อาหาร



ภาพ 3 การออกแบบระบบฝังตัวของระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพ

2.5.10 ผู้ใช้ดูข้อมูลการกินอาหารของแมว และตัดสินใจในการให้ (หรือไม่ให้) อาหารเพิ่มแก่แมวตัวนั้น

- หากผู้ใช้ตัดสินใจให้อาหารแก่แมวตัวนั้นเพิ่มเติมจากที่กำหนดไว้ในแต่ละวัน ระบบจะทำงานในข้อ 2.5.7

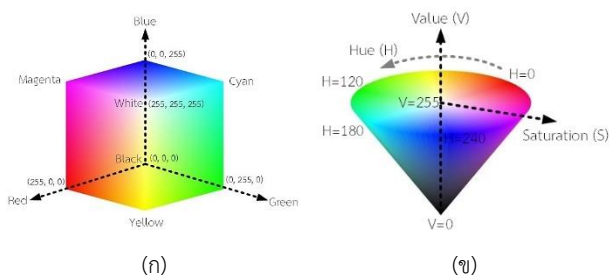
2.6 การระบุตัวตนแมวโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ

จากข้อมูลของแมวที่ให้ไว้ในตารางที่ 1 และการแก้ไขปัญหาในการระบุตัวแมวในหัวข้อ 2.2.2 แล้วนั้น ผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนการระบุตัวแมวไว้ดังนี้

2.6.1 การตรวจจับภาพ: จากคำอธิบายในข้อ 2.5.1-2.5.3 เมื่อแมวเข้ามาในบริเวณเครื่องให้อาหาร และเซ็นเซอร์ Ultrasonic ตรวจพบตัวแมว กล้องจะเริ่มทำงานโดยจับภาพแมวและบล็อกคอแมว ภาพที่ได้รับจากกล้อง Webcam เป็นภาพ RGB (Red, Green, Blue) ที่อยู่ในรูปแบบของเฟรมวิดีโอ (Video frames) ขนาดความกว้าง 640 พิกเซล (pixels) และ ความสูง 480 พิกเซล ที่มี Frame rate เท่ากับ 20 เฟรมต่อวินาที

2.6.2 การแปลงปริภูมิสี: ภาพจากเฟรมในข้อ 2.6.1 ที่เป็นปริภูมิสี RGB จะถูกนำมาเก็บไว้ในหน่วยความจำและจะถูกแปลงไปเป็นปริภูมิสี HSV (Hue, Saturation, Value) ด้วยเหตุผลที่ว่าจากการทดลองใช้ปริภูมิสี RGB ในงานวิจัยนี้ พบว่าระบบจะไม่สามารถแยกบริเวณ (Image Segmentation) ที่ต้องการในภาพ (บริเวณบล็อกคอแมว) ได้อย่างแม่นยำ

การทำงานที่อธิบายไว้ด้านบนจำเป็นต้องกำหนดค่าของช่วงสี (Color range values) เนื่องจากข้อ 1 สี ตัวอย่างเช่น สีเหลือง จะมีค่าช่วงสีที่ใกล้เคียงกันหลาย ๆ ค่า [7, 8] ดังที่แสดงไว้ในภาพที่ 4(ก) ดังนั้นเพื่อให้การแทนค่าปริภูมิ HSV ของสีบล็อกคอแมวในปริภูมิ RGB แต่ละสี (ตามข้อมูลในตารางที่ 2) ถูกแทนค่าได้อย่างครอบคลุมแต่ละสีที่ใช้ในงานนี้ (ชมพู, เขียว, น้ำเงิน, เหลือง) ในปริภูมิสี HSV ที่มีค่าของช่วงสีเป็นจำนวนมาก [7, 8] ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 4(ข) ในงานนี้ผู้วิจัยจึงกำหนดช่วงของค่าในปริภูมิสี HSV ให้มีขอบเขตบน และขอบเขตล่าง ดังรายละเอียดที่แสดงไว้ในตารางที่ 3



ภาพ 4 แบบจำลองสีในปริภูมิสี RGB และ HSV ที่แสดงให้เห็นว่าช่วงของสีข้อ 1 สี ตัวอย่างเช่น สีเหลือง จะมีค่าของช่วงสีเป็นจำนวนมาก: (ก) 24 bit RGB color cube, และ (ข) HSV color model

ตาราง 3 การกำหนดช่วงของค่าในปริภูมิสี HSV ของบล็อกคอแมวทั้ง 4 สี

ลำดับ	สีบล็อกคอ	ช่วงของค่าสีในขานแนล 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)

2.6.3 การแยกบริเวณที่ต้องการในภาพ: ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีแยกบริเวณของภาพด้วยการกำหนดค่าจุดแบ่งแยก (Thresholding segmentation)

ในปัจจุบันวิธี Thresholding segmentation มีวิธีการคำนวณหรือประมาณค่าที่ใช้แบ่งแยก (Threshold value) หลายหลายวิธี [8, 9] แต่ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าที่ใช้แบ่งแยกเพื่อตรวจหาบริเวณของบล็อกคอแมวในภาพ โดยใช้ค่าในตารางที่ 3 เป็นเกณฑ์การแบ่ง

จากการทดลองแยกองค์ประกอบภาพที่ได้รับจากกล้องที่มีระยะห่างจากศีรษะแมวประมาณ 19 ± 2 ซม. (รวมระยะก้ม-เงยศีรษะ) ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 2(ข) โดยที่พื้นที่ (Area) ของบล็อกคอแมวที่ปรากฏในภาพจะมีค่าอยู่ระหว่าง 900-1,000 พิกเซล จากข้อมูลนี้ทำให้ผู้วิจัยกำหนดค่าต่ำสุดของบล็อกคอแมวไว้ที่ 900 พิกเซล

การกำหนดเกณฑ์การแยกบริเวณ เพื่อให้ได้รับพื้นที่ของบล็อกคอแมวได้ถูกกำหนดไว้ 3 เกณฑ์ดังต่อไปนี้

- หากบริเวณของสี (ในปริภูมิสี HSV) ในภาพที่ถูกตรวจจับได้ มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3 และมีบริเวณติดต่อกันตั้งแต่ 900 พิกเซลขึ้นไป บริเวณนั้นจะถูกกำหนดให้เป็นสีขาว ซึ่งจะมีค่าระดับเทา (Intensity value) เท่ากับ 255
- หากบริเวณของสี (ในปริภูมิสี HSV) ในภาพที่ถูกตรวจจับได้ มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3 และมีบริเวณติดต่อกันน้อยกว่า 900 พิกเซล บริเวณนั้นจะถูกกำหนดให้เป็นสีดำ ซึ่งจะมีค่าระดับเทาเท่ากับ 0
- หากบริเวณของสี (ในปริภูมิสี HSV) ในภาพที่ถูกตรวจจับได้ มีค่าอยู่นอกช่วงที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3 บริเวณเหล่านั้นจะถูกกำหนดให้เป็นสีดำ ซึ่งจะมีค่าระดับเทาเท่ากับ 0

จากการกำหนดเกณฑ์ทั้ง 3 ข้อด้านบน บริเวณของส่วนบล็อกคอแมวในภาพจะถูกเรียกว่า บริเวณที่สนใจ (Region of Interest-ROI)

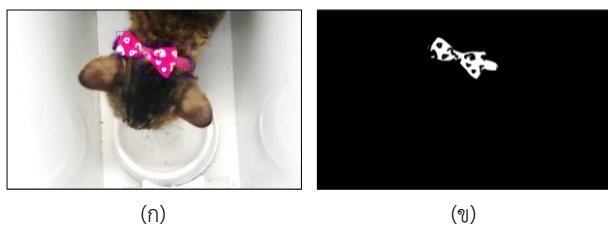
ภาพที่ 5 แสดงตัวอย่างในการตรวจจับหาบริเวณที่มีสีตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3 เมื่อได้ค่าตามช่วงที่ระบุไว้ ระบบจะทำการกำหนดให้บริเวณ ROI นั้นเป็นสีขาว

เมื่อทดสอบการตรวจจับหาปลอกคอแมวโดยให้แมวเข้ามากินอาหารในบริเวณเครื่องให้อาหาร ผลการตรวจจับปลอกคอแมวถูกแสดงไว้ในภาพที่ 6

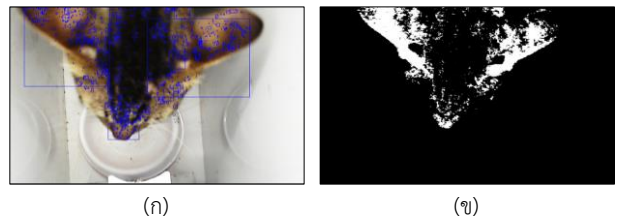
อย่างไรก็ตามผู้วิจัยพบว่ามีหลาย ๆ ครั้งที่แมวเข้ามาในบริเวณเครื่องให้อาหาร และระบบไม่สามารถตรวจจับปลอกคอแมวได้ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 7 ผู้วิจัยสันนิษฐานว่าน่าจะเกิดจากปัญหาดังต่อไปนี้ (1) ความไม่นิ่งของแมว (2) แมวไม่เข้าไปในจุดที่กล้องสามารถจับภาพได้ และ (3) กรณีที่ขนแมวบางส่วนมีสีเหลือง (หรือสีน้ำตาลอ่อน) ทำให้ระบบตรวจจับบริเวณขนแทนจึงทำให้ระบบไม่สามารถระบุตัวตนแมวได้อย่างถูกต้อง



ภาพ 5 การตรวจหาบริเวณของปลอกคอแมวในภาพ: (ก) ปลอกคอแมวในปริภูมิสี RGB ที่ได้รับจากกล้อง Webcam และบริเวณของปลอกคอแมวที่ถูกตรวจพบในช่วงของปริภูมิสี HSV ตามค่าในตารางที่ 3, และ (ข) ภาพในข้อ (ก) ถูกแยกบริเวณภาพด้วยวิธี Thresholding และได้ผลลัพธ์ที่แสดงให้เห็นเฉพาะบริเวณของปลอกคอสีเขียว



ภาพ 6 การตรวจจับและแยกบริเวณปลอกคอแมว: (ก) ปลอกคอแมวสีชมพูที่ถูกระบบตรวจจับพบ (แสดงกรอบสีน้ำเงิน), และ (ข) การแยกเฉพาะบริเวณของปลอกคอแมวเพื่อนำข้อมูลสีเฉพาะบริเวณนั้นไปเปรียบเทียบกับค่าพื้นฐานข้อมูลเพื่อระบุตัวตนแมว



ภาพ 7 แสดงการตรวจจับปลอกคอของระบบผิดพลาด: (ก) เนื่องจากขนบางส่วนของแมวมีสีเหลืองที่เป็นค่าที่ถูกกำหนดไว้ในช่วงตามตารางที่ 3 ทำให้ระบบตรวจจับไม่ถูกต้อง (กรอบสีน้ำเงินกระจายอยู่ทั่วบริเวณศีรษะแมว) และ (ข) เมื่อแยกเฉพาะบริเวณที่ต้องการใช้ระบุตัวแมว พบว่าเป็นบริเวณของศีรษะแมวไม่ใช่บริเวณของปลอกคอตามที่ต้องการ

2.6.4 การระบุตัวตนแมว: เมื่อระบบได้จำกัดขอบเขตพื้นที่เฉพาะบริเวณที่สนใจ (จากการทำงานในหัวข้อ 2.6.3) ได้เรียบร้อยแล้ว ค่าที่อยู่ใน ROI จะถูกแยกและนำเอาเฉพาะสีที่ถูกแปลงให้อยู่ในปริภูมิสี HSV มาใช้ในการทำงาน

เมื่อมีแมวเข้ามากินอาหารในบริเวณเครื่องให้อาหาร ระบบจะทำการตรวจจับสีของปลอกคอแมวตามขั้นตอนที่กล่าวมาก่อนหน้า เมื่อระบบตรวจจับสีได้และตรวจสอบพื้นที่ของบริเวณสีปลอกคอว่ามีค่าตั้งแต่ 900 พิกเซลขึ้นไป ระบบจะนำค่าสีที่ตรวจสอบได้ไปค้นหาค่าสีปลอกคอแมวที่ถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูล ด้วยวิธีการนี้จะทำให้ทราบและระบุได้ว่าแมวตัวใดเข้ามากินอาหาร

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าค่าลักษณะเฉพาะที่ถูกนำมาใช้ในการระบุตัวตนแมวในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยค่าลักษณะเฉพาะ 2 ค่า ได้แก่ (1) ค่าพื้นที่ (Area) ของปลอกคอแมว และ (2) ค่าสี (Color) ของปลอกคอแมว

2.7 การออกแบบและการพัฒนาโมบิลแอปพลิเคชัน

การออกแบบและการพัฒนาโมบิลแอปพลิเคชันในงานนี้ได้ถูกพัฒนาให้สอดคล้องกับรายละเอียดที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 2.5 โดยใช้ Ionic framework version 3.2.0 โดยมีรายละเอียดการออกแบบตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

2.7.1 ผู้ใช้จะต้องเข้าสู่ระบบก่อนเข้าใช้งาน

2.7.2 ผู้ใช้สามารถเพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลแมวได้

2.7.3 ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลของแมวในระบบได้

2.7.4 เมื่อระบบตรวจพบว่าแมวกินอาหารครบตามปริมาณที่กำหนดไว้แล้ว และแมวเดินเข้ามาในบริเวณเครื่องให้อาหารอีก

2.7.4.1 ระบบจะส่งการแจ้งเตือนไปยังโมไบล์แอปพลิเคชัน

2.7.4.2 ผู้ใช้สามารถตรวจสอบปริมาณอาหารแมวที่คงเหลืออยู่ในภาชนะใส่อาหาร

2.7.4.3 ระบบจะตรวจสอบปริมาณอาหารคงเหลือและแจ้งปริมาณอาหารกลับไปยังผู้ใช้

2.7.4.4 ผู้ใช้ตัดสินใจว่าจะให้หรือไม่ให้อาหารเพิ่มแก่แมวตัวนั้น

- กรณีที่ผู้ใช้ตัดสินใจให้อาหารเพิ่ม ผู้ใช้จะต้องกำหนดค่าปริมาณอาหารที่ต้องการให้แก่แมวตัวนั้นเพิ่มผ่านหน้าจอการทำงาน

2.7.4.5 ระบบจะส่งการไปยังเครื่องให้อาหารแมวเพื่อให้ปล่อยอาหารให้แมวตามจำนวนที่กำหนดไว้ โดยในงานนี้ผู้วิจัยได้กำหนดหน่วยในการให้อาหาร 1 หน่วย เท่ากับ ๑๐ กรัม

2.7.5 ผู้ใช้ดูรายงานการกินอาหารแมวแต่ละตัวได้ โดยข้อมูลเหล่านั้นจะแสดงแยกตามแมวแต่ละตัว

2.7.6 ผู้ใช้ดูรายงานการกินอาหารของแมวทั้งหมดที่แสดงเป็นกราฟโดยที่ผู้ใช้สามารถเลือกวันที่ต้องการดูได้

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการออกแบบและการพัฒนาระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีและเทคนิคการประมวลผลภาพ ผู้วิจัยได้พิจารณาผลการดำเนินการใน 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือ การระบุตัวตนแมว และส่วนที่ 2 คือการพัฒนาโมไบล์แอปพลิเคชันโดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ผลการระบุตัวตนแมว

3.1.1 การตรวจสอบความแม่นยำในการระบุสีปลอกคอแมว: เนื่องจากประสิทธิภาพของระบบต้นแบบการให้อาหารแมวในงานนี้จะขึ้นอยู่กับการระบุสีปลอกคอแมว (ที่เป็นการระบุตัวตนของแมว) เป็นหลัก ดังนั้นเพื่อให้ทราบว่าวิธีการแยกบริเวณของปลอกคอแมวในเฟรมวิดีโอ การสกัดและระบุสีของปลอกคอแมว ตามที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 2.6 มีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด ข้อมูลการระบุสีปลอกคอแมวของระบบจึงได้ถูกตรวจสอบ

นอกจากนี้เพื่อให้สามารถทราบประสิทธิภาพของวิธีการระบุสีปลอกคอแมวได้ดียิ่งขึ้น ผู้วิจัยได้ให้แมวแต่ละตัวใส่ปลอกคอ 4

สี ทั้ง 3 ตัว และจำนวนครั้งที่ทดสอบและถูกบันทึกไว้ทั้งหมด 480 ครั้ง ผลการตรวจจับและระบุสีปลอกคอแมวถูกแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตาราง 4 ผลการตรวจจับและระบุสีปลอกคอแมว

แมวตัวที่	สีปลอกคอที่ใส่	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	จำนวนครั้งที่ระบุเป็นสี			
			ชมพู	เขียว	น้ำเงิน	เหลือง
1	ชมพู	40	36	-	-	4
	เขียว	40	-	40	-	-
	น้ำเงิน	40	-	-	36	4
	เหลือง	40	-	-	-	40
2	ชมพู	40	36	-	-	4
	เขียว	40	-	40	-	-
	น้ำเงิน	40	-	-	36	4
	เหลือง	40	-	-	-	40
3	ชมพู	40	40	-	-	-
	เขียว	40	-	40	-	-
	น้ำเงิน	40	-	-	32	8
	เหลือง	40	-	-	-	40

ตาราง 5 อัตราความถูกต้องในการตรวจจับและระบุสีปลอกคอแมว

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

3.1.2 การวัดความถูกต้อง: เพื่อให้ทราบค่าความถูกต้องในการตรวจจับและระบุสีปลอกคอแมว (หรือการระบุตัวตนแมว)

งานวิจัยนี้ได้ใช้ ค่าความถูกต้อง (Accuracy) เพื่อวัดประสิทธิภาพ เฉพาะส่วนของการระบุตัวตนแมว โดยใช้สมการที่ (1) ดังนี้

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

อัตราความคลาดเคลื่อนในงานนี้ถูกคำนวณจากการที่ระบบ ระบุค่าสีไม่ตรงกันกับสีปลอกคอที่แมวใส่ ตัวอย่างเช่น ในตาราง ที่ 4 แมวตัวที่ 1 ใส่ปลอกคอสีชมพู 40 ครั้งระบบระบุว่ามีแมวใส่ ปลอกคอสีชมพูได้ถูกต้อง 36 ครั้ง หมายความว่าค่าความถูกต้อง เท่ากับ 90% และระบบระบุเป็นสีเหลือง 4 ครั้ง หมายความว่า อัตราความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 10% เป็นต้น

ตารางที่ 5 แสดงผลการคำนวณอัตราความถูกต้องในการ ตรวจจับและระบุสีปลอกคอแมวหรือการระบุตัวตนแมว ที่แยก ตามแมวแต่ละตัว และแยกตามสีปลอกคอ

เมื่อพิจารณาข้อมูลในตารางที่ 4 และ 5 ร่วมกัน พบว่าสีของ ปลอกคอแมวที่ระบบสามารถระบุได้อย่างถูกต้องคือสีเขียวและสี เหลือง (ค่าความถูกต้อง 100%) ส่วนสีที่ระบบระบุสีปลอกคอ ผิดพลาดมากที่สุดคือสีน้ำเงิน ที่มีค่าความผิดพลาดสูงที่สุดในแมว ตัวที่ 3 (อัตราความคลาดเคลื่อน 20%) และค่าความผิดพลาด ร่องลงมาคือสีชมพู (ที่มีอัตราความคลาดเคลื่อน 10% ในแมวตัว ที่ 1 และ ตัวที่ 2 เท่ากัน) ค่าความถูกต้องเฉลี่ยในการระบุสี ปลอกคอทั้ง 4 สีเท่ากับ 95% $((93.33+100+86.67+100)/4)$



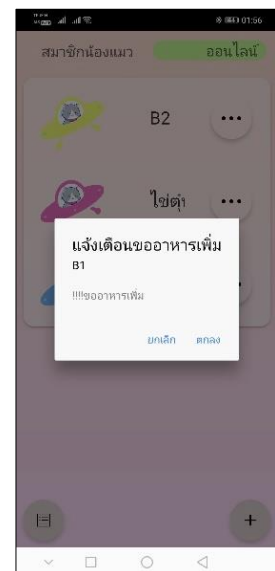
(ก)



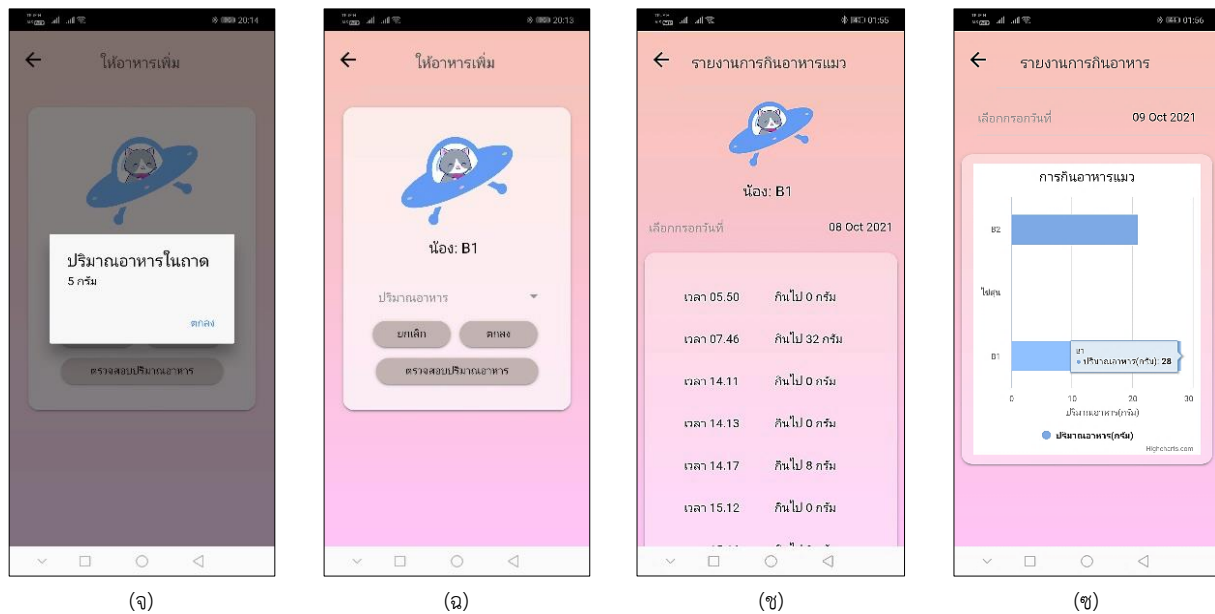
(ข)



(ค)



(ง)



ภาพ 8 แสดงหน้าจอการทำงานส่วนต่าง ๆ ของโมบิลแอปพลิเคชันระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีและเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ

3.2 ผลการออกแบบและพัฒนาโมบิลแอปพลิเคชัน

จากขั้นตอนการออกแบบและการพัฒนาที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 2.7 โมบิลแอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเชื่อมต่อการทำงานของระบบการให้อาหารแมว มีผลการดำเนินงานดังนี้

3.2.1 ผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานระบบได้ด้วยการใช้ชื่อผู้ใช้ (Username) และรหัสผ่าน (Password) ที่เป็นการป้องกันไม่ให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาใช้งานหรือดูข้อมูลในระบบได้ ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 8(ก)

3.2.2 ผู้ใช้สามารถเพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลแมวที่ได้นบันทึกในระบบไว้ได้ ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 8(ข)-(ค)

3.2.3 ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลแมวในระบบได้

3.2.4 ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลการแจ้งเตือนจากระบบเมื่อแมวที่กินอาหารครบตามที่กำหนดเข้ามาในบริเวณเครื่องให้อาหารและต้องการกินอาหารเพิ่ม ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 8(ง) และสามารถดูปริมาณอาหารคงเหลือในภาชนะให้อาหารได้ ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 8(จ)

3.2.5 ผู้ใช้สามารถตัดสินใจเพิ่มอาหารให้แมวได้ (ดูคำอธิบายเพิ่มเติมในข้อ 2.7.4) ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 8(ฉ)

3.2.6 ผู้ใช้สามารถดูรายงานการกินอาหารของแมวแยกตามแมวแต่ละตัว หรือดูกราฟการกินอาหารของแมวได้ ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 8(ช)-(ซ)

การออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีที่รวมกันกับเทคนิคการประมวลผลภาพนี้ มีการใช้ค่าลักษณะเฉพาะ 2 ค่า คือ (1) ค่าพื้นที่ของบล็อกคอแมว และ (2) ค่าสีของบล็อกคอแมว ที่ให้ค่าความถูกต้องในการระบุสีบล็อกคอแมว (หรือการระบุตัวตนแมว) สูงถึง 95%

นอกจากนี้ ในการพัฒนาโมบิลแอปพลิเคชันเพื่อประสานการทำงานในระบบการให้อาหารแมวในงานวิจัยนี้ยังมีฟังก์ชันที่ช่วยให้ผู้ใช้ได้รับความสะดวกในการให้อาหารแมว ช่วยให้อาหารแมวไม่เหลือทิ้งโดยไม่จำเป็น ผู้เลี้ยงสามารถดูข้อมูลการกินอาหารของแมว เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการพิจารณาสุขภาพของแมวได้

อย่างไรก็ตามระบบต้นแบบที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นนี้ ควรเพิ่มความแม่นยำในการระบุตัวตนแมวให้มากขึ้นกว่าเดิม รวมถึงการเพิ่มฟังก์ชันที่ช่วยวัดปริมาณอาหารคงเหลือในถังให้อาหารเพื่อให้ผู้เลี้ยงวางแผนจัดหาอาหารมาเติมในถังก่อนที่อาหารจะหมด

ผู้วิจัยคาดหวังว่าระบบต้นแบบในการให้อาหารแมวโดยใช้อุปกรณ์ไอโอทีที่รวมกันกับเทคนิคการประมวลผลภาพที่ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นในงานนี้ จะมีประโยชน์และสามารถพัฒนาต่อยอดเพื่อช่วยเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้เลี้ยงแมวได้มากยิ่งขึ้น

4. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Davies, R. Alborough, L. Jones, C. Davis, and C. Williams & D. S. Gardner, "Mineral analysis of complete dog and cat foods in the UK and compliance with European guidelines," *Sci Rep*, vol. 7, no. 17107, Dec. 2017.
- [2] A. D. Cerbo, J. C. Morales-Medina, B. Palmieri, F. Pezzuto, R. Cocco, G. Flores, and T. Iannitti, "Functional foods in pet nutrition: Focus on dogs and cats," *Research in Veterinary Science*, vol. 112, pp. 161-166, Jun. 2017.
- [3] M. Grandi, C. G. Vecchiato, G. Biagi, E. Zironi, M. T. Tondo, G. Pagliuca, A. Palmonari, C. Pinna, G. Zaghini, and T. Gazzotti, "Occurrence of Mycotoxins in Extruded Commercial Cat Food," *ACS Omega*, vol. 4, no. 9, pp. 14004-14012, Aug. 2019.
- [4] Vineeth S., Renukumar B. R., Sneha V. C., Prashant G., and Rani B., "Automatic Pet Food Dispenser using Digital Image Processing," *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol. 9, Issue 5, May. 2020.
- [5] H. N. Khatavkar, R. S. Kini, S. K. Pandey, and V. V. Gijare, "Intelligent Food Dispenser (IFD)," *IOSR Journal of Engineering*, vol. 2, pp. 65-70, 2019.
- [6] S. A. yadav, S. S. kulkarni, A. S. jadhav, and A. R. jain, "Iot Based Pet Feeder System," *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, vol. 4, Issue 2, 2018.
- [7] D. Zhang, *Fundamentals of Image Data Mining Analysis, Features, Classification and Retrieval*, Cham: Springer, 2019.
- [8] R. C. Gonzalez, and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 4th ed. New York: Pearson, 2018.
- [9] R. M. Rangayyan, B. Acha, and C. Serrano, *Color image processing with biomedical applications*, Washington: SPIE, 2011.