การจำแนกสายพันธุ์บอนสีด้วยการประมวลผลภาพบนโมบายแอปพลิเคชัน

แก้วใจ อาภรณ์พิศาล[1], ธีรภัทร เกตุสม[1*], อรณิชา เทียนทอง[1], และชุติพงษ์ สามงามเสือ[1]

Classification of Caladium by Image Processing on the Mobile Application

Kaewjai Apornpisarn[1], Teerapat Kedsom[1*], Ornicha Theanthong[1], and Chutipong Samgamsue[1]

[1] Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom, 73000

[*] Corresponding author: 634230012@webmail.npru.ac.th

Received: December 3, 2023; Revised: January 31, 2024; Accepted: February 2, 2024

บทคัดย่อ

บอนสี เติบโตในพื้นเขตร้อน ลักษณะของใบมีหลายขนาดและรูปทรง เป็นการยากที่ผู้สนใจเพาะเลี้ยงจะสามารถแยกแยะสายพันธุ์ด้วยสายตาได้ทั้งหมด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาการจำแนกสายพันธุ์บอนสีด้วยการประมวลผลภาพบนโมบายแอปพลิเคชัน และ 2) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานจำแนกสายพันธุ์บอนสีด้วยการประมวลผลภาพบนโมบายแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยใช้หลักการวิเคราะห์และออกแบบโดยใช้ CRISP–DM ในการพัฒนาโมเดลจำแนกรูปภาพด้วย Teachable Machine และโปรแกรม Android Studio มาช่วยในพัฒนาการจำแนกสายพันธุ์บอนสีด้วยการประมวลผลภาพบนโมบายแอปพลิเคชัน เครื่องมือที่ใช้ศึกษา ได้แก่ แอปพลิเคชันเพื่อจำแนกสายพันธุ์บอนสี 15 สายพันธุ์ และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า การจำแนกสายพันธุ์บอนสีด้วยการประมวลผลภาพบนโมบายแอปพลิเคชันนี้ใช้กล้องในการสแกนภาพถ่ายใบของบอนสีเข้าสู่แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นต้องอยู่สภาพแวดล้อมที่มีแสงสว่างเพียงพอ ระบบจะสามารถแสดงชื่อสายพันธุ์บอนสีได้อย่างถูกต้องร้อยละ 95 และผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานความพึงพอใจที่มีต่อแอปพลิเคชัน จำนวน 30 คน โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 อยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันนี้ช่วยตอบสนองความต้องการ และเป็นประโยชน์แก่ผู้ใช้งาน

คำสำคัญ: การประมวลผลภาพ, จำแนกรูปภาพ, สายพันธุ์บอนสี, แอปพลิเคชัน

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000

Abstract

Caladiums, which grow in tropical areas, have leaves of various sizes and shapes, making it challenging for enthusiasts to distinguish between species by sight alone. The objectives are 1) to classification caladium by using image processing on the mobile application, and 2) to assess user satisfaction of classification caladium by using image processing on the mobile application. The researcher utilized CRISP–DM principles of analysis and design to develop an image classification model. Teachable Machine and the Android Studio program were used to support the classification caladium by using image processing on the mobile application. The research instruments included 15 applications to classify species of caladium and a user satisfaction questionnaire. The data were analyzed using average and standard deviation statistics. The results found that the classification caladium by using image processing on the mobile application, photography must be conducted in an environment with sufficient lighting. This application uses a camera to scan a caladium leaf into the developed application. The system was able to correctly identify caladium species with 95% accuracy. Satisfaction results from 30 users indicated satisfaction with the application. Overall, the average satisfaction rating was 4.58, at the highest level, indicating that the application can fulfill users' needs and useful usage.

Keywords: Image processing, Classification, Caladium, Application

บทนำ

บอนสี เป็นไม้ประดับที่มีรูปทรงของใบ และสีสันสวยงาม มีชื่อว่า "ราชินีแห่งไม้ใบ" จัดอยู่ในวงศ์ Araceae สกุลคาลาเดียม (Caladium) (สมาคมบอนสีแห่งประเทศไทย, 2552) เติบโตในพื้นเขตร้อน ซึ่งเป็นพืชที่มีลักษณะหัวสะสมอาหารอยู่ในดิน (ออฟฟิศเมท, 2566) ระหว่างรากมีหน่อเล็ก ๆ เรียกว่า เขี้ยว ลักษณะของใบบอนสีมีหลายขนาดและรูปทรงแบ่งรูปแบบของใบได้ 4 ลักษณะ คือ บอนใบไทย บอนใบกลม บอนใบกาบ บอนใบไผ่ และบอนใบยาว โดยแต่ละรูปแบบจะมีสีที่แตกต่างกันออกไป (108 พรรณไม้, 2566) หากแบ่งตามลักษณะสี มาแบ่งได้ 4 แบบ คือ บอนกัดสี บอนไม่กัดสี บอนป้าย และบอนด่าง บอนสีเป็นพืชที่ได้รับความคุ้มครองตามพระราชบัญญัติคุ้มครองพันธุ์พืช พ.ศ. 2542 มีการจัดทำหลักเกณฑ์ตรวจสอบลักษณะประจำพันธุ์บอนสีจากกรมคุ้มครองพันธุ์พืชอีกด้วย (พรเทพ ท้วมสมบุญ และคณะ, 2553) และมีการขึ้นทะเบียนชื่อบอนสีสายพันธุ์ใหม่ และอนุรักษ์บอนสีสายพันธุ์เก่าโดยสมาคมบอนสี แห่งประเทศไทย และสมาคมอนุรักษ์และพัฒนาบอนสีแห่งประเทศไทย (อรวรรณ วิชัยลักษณ์, 2548) ในช่วงปีพ.ศ. 2563–2566 บอนสีเป็นพืชที่คนไทยหันกลับนิยมเลี้ยง แลกเปลี่ยนซื้อขาย ตลอดจนผสมพันธ์บอนสีใหม่ ๆ กันอย่างกว้างขวางอีกครั้ง โดยภาพรวมตลาดบอนสีของไทยประมาณการว่ามีการซื้อขายบอนสีกว่า 1,000 ล้านบาทต่อปี ทั้งการส่งออกต่างประเทศและในประเทศ จากกลุ่มเพาะเลี้ยงบอนสีทั้งประเทศ (ไทยโพสต์ออนไลน์, 2565)

จากการที่บอนสีมีหลากหลายสายพันธุ์ รูปทรงและสีของใบมีสีสันสวยงาม เช่น สีแดง ชมพู เหลือง (อรดี สหวัชรินทร์, 2525) บางสายพันธุ์มีลักษณะของใบที่คล้ายคลึงกันมาก และสถานการณ์การซื้อขายของตลาดบอนสีที่ขยายตัวเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดผู้ที่สนใจเพาะเลี้ยงบอนสีรายใหม่เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งคนกลุ่มนี้อาจจะยังไม่มีความรู้ และประสบการณ์ในการจำแนกสายพันธุ์บอนสี ทำให้บางครั้งไม่สามารถแยกแยะสายพันธุ์จากการมองเห็นด้วยสายตาเท่านั้นได้ และการจำแนกสายพันธุ์นั้นมีส่วนสำคัญในการซื้อขายเป็นอย่างมาก หากสับสนในสายพันธุ์ จะก่อให้เกิดการเพาะเลี้ยงบอนสีไม่เหมาะสมก็เป็นได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อจำแนกสายพันธุ์บอนสีด้วยการประมวลผลภาพบนโมบายแอปพลิเคชัน

2. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานจำแนกสายพันธุ์บอนสีด้วยการประมวลผลภาพบนโมบายแอปพลิเคชัน

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประมวลผลภาพ (Image Processing)

การประมวลผลภาพ (Image Processing) เป็นขั้นตอนจัดการและวิเคราะห์รูปภาพให้เป็นข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อให้ได้ภาพที่ละเอียดคมชัดหรือข้อมูลที่อยู่ในภาพที่สามารถนำมาใช้งานในเรื่องอื่น ๆ เช่น การตรวจสอบยืนยันตัวตน ระบบการรักษาความปลอดภัย ระบบการจราจร ตลอดจนการใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เป็นต้น โดยการจัดการดังกล่าวสามารถทำได้ทั้งภายในและภายนอกกล้อง รวมทั้งซอฟต์แวร์หรือแอปพลิเคชันในการตกแต่งภาพของสมาร์ทโฟนอีกด้วย แบ่งเป็น 5 ขั้นตอนหลักสำหรับงานวิจัย 1) การรับภาพจากอุปกรณ์ 2) การรับข้อมูลภาพแบบ 2 มิติหรือ 3 มิติ 3) การประมวลผล 4) การวิเคราะห์ผล และ 5) การสรุปผล (ฑีฆพันธุ์ เจริญพงษ์, 2563)

การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning)

การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เป็นการศึกษาขั้นตอนวิธีการทางคอมพิวเตอร์ที่ช่วยให้ระบบคอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้ วิเคราะห์ และหารูปแบบจากข้อมูลได้โดยไม่ต้องโปรแกรมโดยตรง หรือไม่ต้องมีกฎกติกาที่ชัดเจนเก็บไว้ล่วงหน้า ซึ่งทำให้เครื่องจักรสามารถปรับตัวเองต่อการเปลี่ยนแปลงในข้อมูลหรือสภาพแวดล้อมได้และนำไปสู่การตัดสินใจได้เอง สามารถนำไปใช้งานต่าง ๆ เช่น ความเสี่ยงต่อการอนุมัติสินเชื่อ การแนะนำสินค้าและโปรโมชัน การวิเคราะห์ข้อมูลผู้ป่วยเพื่อคาดการณ์ความเสี่ยงของการเกิดภาวะแทรกซ้อนและการหาแนวทางการป้องกัน เป็นต้น กระบวนการเรียนรู้ของเครื่อง สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) การเรียนแบบมีผู้สอน 2) การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน และ 3) การเรียนรู้แบบเสริมแรง (สุพจน์ เฮงพระพรหม, 2566)

Teachable Machine

Teachable Machine คือเครื่องมือที่พัฒนาโดย Google Creative Lab ที่ให้ผู้ใช้ทำการฝึกสอนโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ได้อย่างง่าย มีขั้นตอนการใช้งาน 4 ขั้นตอนคือ 1) เลือกโมเดลที่ต้องการ สามารถเลือกได้ทั้งแบบรูปภาพ หรือเสียง 2) ฝึกสอนโมเดล 3) ทดสอบโมเดล และ 4) การนำไปใช้งานสำหรับการทำนายหรือจำแนกประเภทของวัตถุหรือเหตุการณ์ในรูปภาพหรือเสียงได้รับมา โดยผู้ใช้สามารถใช้งานผ่านเบราว์เซอร์ได้ที่ teachablemachine.withgoogle.com (Toivonen, T. et al. 2020) Teachable Machine ใช้ Convolutional Neural Network (CNN) ประเภทหนึ่งที่เรียกว่า MobileNet เป็นสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมน้ำหนักเบาและมีประสิทธิภาพซึ่งออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับแอปพลิเคชันการมองเห็นแบบเคลื่อนที่และแบบฝัง (Carney, M., et al. 2020) ด้วยความสามารถในการจัดหมวดหมู่ภาพและคอมพิวเตอร์วิทัศน์อื่น ๆ ในขณะที่ได้รับการปรับปรุงความเร็วและขนาดให้เหมาะสม Teachable Machine ของ Google ใช้หลักการของการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) และการเรียนรู้เชิงลึก (deep learning) โดยทั่วไปจะมีส่วนประกอบหลัก ๆ (OpenAI, 2023) ดังนี้:

1. Neural Networks: ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญที่สุดใน Teachable Machine โดยโมเดลต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นจะใช้ neural networks เพื่อเรียนรู้จากข้อมูลที่ให้สำหรับงานจำแนกภาพและท่าทาง โมเดลอาจจะใช้Convolutional Neural Networks (CNNs) ซึ่งเหมาะสำหรับการแปลความหมายของข้อมูลภาพ

2. Transfer Learning: Teachable Machine มักใช้วิธีการที่เรียกว่า transfer learning ซึ่งหมายถึงการนำโมเดลที่ได้รับการฝึกฝนมาแล้วกับข้อมูลขนาดใหญ่ (pre-trained models) และปรับให้เหมาะสมกับงานเฉพาะที่ผู้ใช้ต้องการ วิธีนี้ช่วยลดเวลาและทรัพยากรที่จำเป็นในการฝึกฝนโมเดล

3. Optimization Algorithms: เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของ neural networks, Teachable Machine จะใช้อัลกอริทึมต่าง ๆ เช่น stochastic gradient descent (SGD) หรือ variants อื่นๆ สำหรับการปรับปรุง weights และ biases ภายใน network ให้ดีขึ้นตามข้อมูลที่ได้รับ

4. Data Augmentation: เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความหลากหลายของข้อมูลที่ใช้ในการฝึกฝน Teachable Machine อาจรวมถึงการเพิ่มเติมหรือปรับเปลี่ยนข้อมูลอย่างเช่นการหมุนหรือการเปลี่ยนสีเพื่อช่วยให้โมเดลสามารถจำลองข้อมูลที่หลากหลายได้ดีขึ้น

Android Studio

Android Studio เป็นแพลตฟอร์มการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่ถูกพัฒนาโดยนักพัฒนาสามารถใช้ Android Studio เพื่อสร้างและพัฒนาแอปพลิเคชัน Android ที่ประกอบไปด้วยแอกทิวิตี, ระบบ, Emulator สำหรับการทดสอบโปรเจกต์ และฟีเจอร์ต่าง ๆ ที่สามารถทำงานบนอุปกรณ์ Android ต่าง ๆ รองรับการพัฒนาแอปพลิเคชันที่ใช้ภาษา Java หรือ Kotlin เป็นภาษาหลักของการพัฒนาแอปพลิเคชัน Android (ศุภชัย สมพานิช, 2562)

TensorFlow Lite

TensorFlow Lite (TFLite) เป็นส่วนย่อยของ TensorFlow ซึ่งเป็นไลบรารีที่พัฒนาโดย Google สำหรับการสร้างและการฝึกสอนโมเดลปัญญาประดิษฐ์ (Machine Learning) โดยเฉพาะสำหรับการใช้งานบนอุปกรณ์เคลื่อนที่และแบบฝังตัว (Alsing, O., 2018) เช่น โทรศัพท์มือถือ, อุปกรณ์ IoT (Internet of Things), และอุปกรณ์พกพาต่าง ๆ TensorFlow Lite ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถนำโมเดลปัญญาประดิษฐ์ที่ถูกฝึกสอนด้วย TensorFlow ที่มาขนาดเล็กทำงานได้เร็วมาใช้งานบนแพลตฟอร์มที่มีข้อมูลทรัพยากรน้อย (Konaite, M., et al. 2021) รองรับภาษาที่หลากหลาย ซึ่งรวมถึง Java, Swift, Objective-C, C++ และ Python (TensorFlow, 2024) แปลงโมเดลจาก TensorFlow มาเป็นโมเดลเวอร์ชัน Lite ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก (Abed, A. A., et al. (2023) คือ

1. TensorFlow lite converter: แปลงโมเดล TensorFlow เป็นรูปแบบ TensorFlow Lite FlatBuffer (.tflite) ที่ใช้ในการนำโมเดลไปใช้งานบนอุปกรณ์ที่รองรับ TFLite เพื่อการใช้งานแอปพลิเคชันแบบเรียลไทม์

2. TensorFlow lite interpreter: เป็นส่วนที่ทำให้โมเดล TensorFlow Lite ทำงานบนอุปกรณ์ที่เหมาะสม ได้รับไฟล์ .tflite และจัดการทำนายตามข้อมูลนำเข้าที่กำหนดโดยผู้ใช้

บอนสี

บอนสีที่ใช้ในการพัฒนาโมเดลการจำแนกสายพันธุ์บอนสี มีอยู่ 15 สายพันธุ์ ได้แก่ 1) เทพอักษรา 2) เศรษฐีพันล้าน 3) ชายชล 4) ดารานพรัตน์ 5) นางพญา 6) นางรากษส 7) นางสุชาดา 8) บับเบิ้ล 9) บัวสวรรค์ 10) มัฆวานรังสรรค์ 11) หนุมานเข้าเฝ้า 12) หลวงราชเสน่หา 13) อสงไขย 14) อิเหนา 15) อัปสรสวรรค์ โดยการที่จะแยกสายพันธุ์บอนสีและความแตกต่างของบอนสีแต่ละชนิด

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติภัทร์ ยางคำ และคณะ. (2565) ทำการพัฒนาระบบคัดแยกยานพาหนะเพื่อออกแบบสถานที่จอดรถให้เหมาะสมดวยแบบจำลองการเรียนรูเชิงลึกด้วย Teachable Machine และเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Convolution (CNN) ข้อมูลรูปภาพประกอบด้วยรถยนต์ รถจักรยานยนต์ และรถจักรยาน จากการทดสอบโมเดลพบว่า ประสิทธิภาพในการรู้จำยานพาหนะอยู่ที่ร้อยละ 95 พัฒนาเป็นเว็บไซต์แสดงจำนวนยานพาหนะทั้งหมดเป็นกราฟ

แก้วใจ อาภรณ์พิศาล และคณะ (2566). จำแนกสายพันธุ์ดอกกุหลาบด้วยการประมวลผลภาพบนโมบายแอปพลิเคชัน เนื่องจากดอกกุหลาบมีลักษณะดอกคล้าย ๆ กัน ทำให้มือใหม่หัดปลูกอาจสับสนในสายพันธุ์และเลี้ยงดูแบบผิดวิธีได้ จึงมีการพัฒนาโมเดลจำแนกรูปภาพขึ้นมาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้จัดทำจึงได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีจาก Teachable Machine ในการประมวลผลภาพดอกกุหลาบ เพื่อนำมาวิเคราะห์สายพันธุ์กุหลาบแล้วใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพในการจำแนกสายพันธุ์กุหลาบ โดยใช้โปรแกรม Android Studio ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน

บุษกร ท้วมอ้น และคณะ (2565) พัฒนาโมเดลจำแนกพืชผักสวนครัวเพื่อแก้ปัญหาการจำแนกพืชผักสวนครัวจำนวน 10 สายชนิดให้กับคนรุ่นใหม่ที่ไม่สามารถแยกพืชผักสวนครัวบางชนิดออกและมีการเข้าถึงความรู้ สรรพคุณด้วยการเรียนรู้ด้วยเครื่อง ซึ่งจะมีการพัฒนาโมเดลจำแนกรูปภาพด้วย Teachable Machine โดยใช้โปรแกรม Bootstrap และ Firebase เข้ามาช่วยในการพัฒนา ระบบสามารถแสดงชื่อทางวิทยาศาสตร์และสรรพคุณได้อย่างถูกต้อง และผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานโมเดลจำแนกรูปภาพอยู่ในระดับมากที่สุด

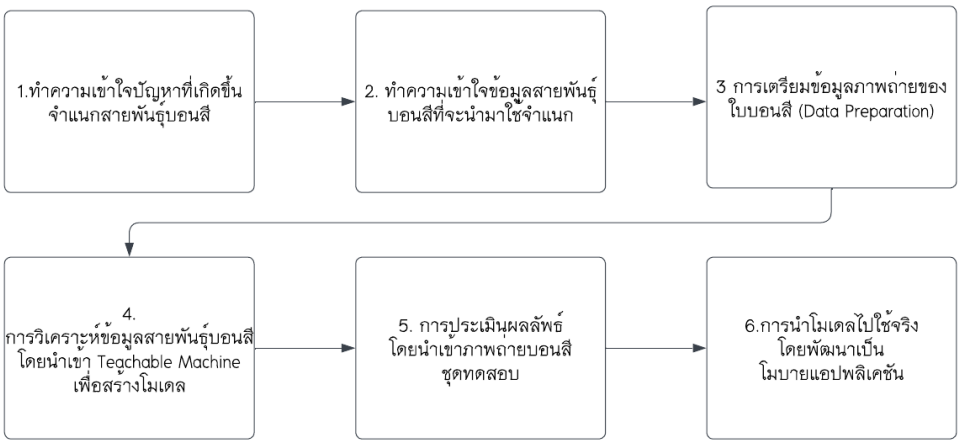
สมศักดิ์ ดอนไพรเณร และศุภกฤษ นาคป้อมฉิน (2565) การพัฒนาไลน์แชทบอทเพื่อตรวจสอบใบหน้าพนักงานรักษาความปลอดภัยด้วยเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาประกอบด้วยแอปพลิเคชันไลน์, Node-Red และ Teachable Machine ผลการพัฒนาคือแอปพลิเคชันไลน์จะส่งข้อมูลภาพของพนักงานที่ได้จากการถ่ายภาพไปยังระบบตรวจสอบ และตอบกลับว่าบุคคลในภาพเป็นพนักงานรักษาความปลอดภัยหรือไม่ ความแม่นยำโดยเฉลี่ยร้อยละ 83.38

สุภาพร นุภาพ และอรอุมา พร้าโมต (2564) ทำการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันรู้จำนวนตัวอักษรบนอุปกรณ์เคลื่อนที่เพื่อการฝึกเขียนพยัญชนะไทย โดยใช้ทีชเอเบิล แมชชีน (Teachable Machine) ในการสร้างโมเดลลายมือพยัญชนะไทย 44 ตัว ซึ่งเก็บจากผู้ใช้งานจำนวน 100 คน โมเดลที่ได้มีค่าความถูกต้องร้อยละ 94 และส่งออกโมเดลที่ได้เป็นไฟล์เทนเซอร์โฟลไลต์ (TensorFlow Lite) นำไปพัฒนาส่วนของแอปพลิเคชันด้วยแอนดรอยด์สูติโอ (Android Studio) ในส่วนของการรู้จำ ลบตัวอักษร และบันทึกไฟล์รูปภาพ เมื่อนำไปประเมินความพึงพอใจ พบว่าโดยรวมอยู่ในระดับมาก

ผู้วิจัยได้นำแนวคิดจากงานวิจัยข้างต้นมาใช้ในงานวิจัยดังนี้ 1) การเลือกใช้เครื่องมือในการพัฒนาโมเดลจำแนกสายพันธุ์บอนสีด้วย Teachable Machine และ Android Studio มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน และ 2) ส่วนโมเดลการจำแนกรูปภาพมาจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการเรียนรู้ด้วยเครื่องข้างต้น ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแอปพลิเคชันต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยนำหลักการวิเคราะห์และออกแบบโดยใช้ CRISP-DM ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังรูปที่ 1 มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1 ขั้นตอนดำเนินการศึกษา

ขั้นตอนที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Business Understanding)

ศึกษาและค้นคว้าปัญหาที่เกิดขึ้น ลักษณะความแตกต่างของบอนสีแต่ละชนิด และข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับสายพันธุ์บอนสี เพื่อนำมาพัฒนาตัวโมเดลจำแนกสายพันธุ์บอนสี ให้ง่ายขึ้นต่อการใช้งานและน่าสนใจ

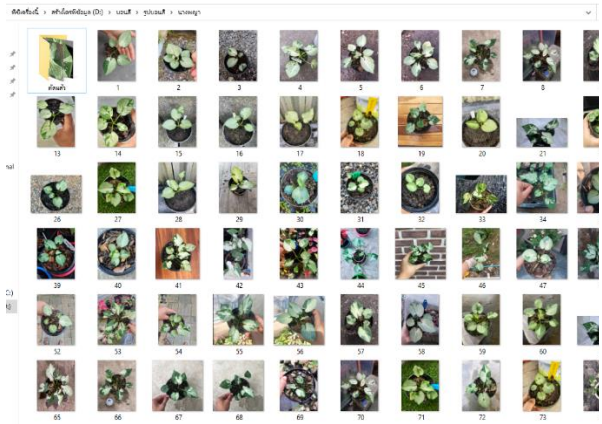
ขั้นตอนที่ 2 ทำความเข้าใจข้อมูล (Data Understanding)

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลของสายพันธุ์บอนสี โดยเลือกจากความแตกต่างของลักษณะใบ สีเส้นใบ สีสะดือ สีกระดูกใบ และสีขอบใบ จำนวน 15 สายพันธุ์ ได้แก่ 1) เทพอักษรา 2) เศรษฐีพันล้าน 3) ชายชล 4) ดารานพรัตน์ 5) นางพญา 6) นางรากษส 7) นางสุชาดา 8) บับเบิ้ล 9) บัวสวรรค์ 10) มัฆวานรังสรรค์ 11) หนุมานเข้าเฝ้า 12) หลวงราชเสน่หา 13) อสงไขย 14) อิเหนา 15) อัปสรสวรรค์ จำนวน 1,500 รูป ได้มาจากอินเทอร์เน็ต หนังสือ และรูปภาพที่ถ่ายจริง โดยสอบถามการจำแนกสายพันธุ์จากผู้เชี่ยวชาญที่เป็นแอดมินเพจเกี่ยวกับบอนสี และเจ้าของสวน

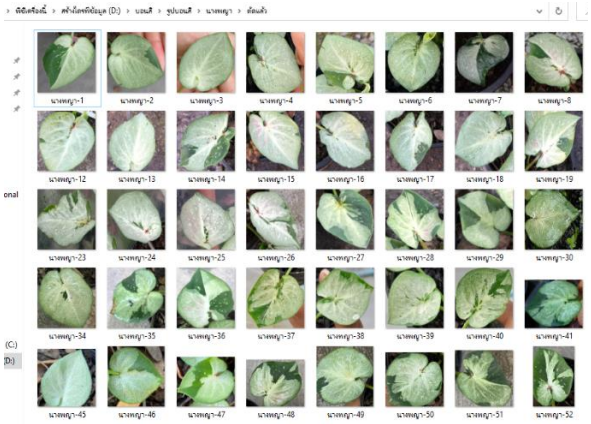
ขั้นตอนที่ 3 การเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

1. การคัดเลือกข้อมูล (Data Selection)

ผู้วิจัยคัดเลือกรูปภาพที่ได้จากขั้นตอนการเก็บข้อมูล แบ่งชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝน (Train set) ร้อยละ 80 และชุดข้อมูลสำหรับทดสอบ (Test set) ร้อยละ 20 โดยทำการเก็บรูปภาพของบอนสี 15 สายพันธุ์ สายพันธุ์ละ 80 รูป สำหรับฝึกฝนดังรูปที่ 2 และสำหรับทดสอบโมเดลละ 20 รูป ดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 รูปภาพสำหรับฝึกฝน 80 รูป



รูปที่ 3 รูปภาพสำหรับการทดสอบ 20 รูป

2. การกรองข้อมูล (Data Cleaning)

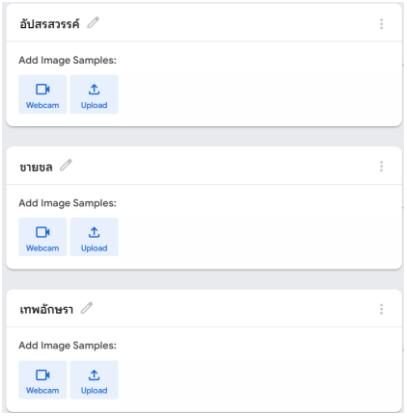
นำข้อมูลทั้งหมดมากรองข้อมูล โดยเลือกรูปภาพที่มีความคมชัด และถูกต้องตรงตามสายพันธุ์โดยการสอบถามจากผู้ที่มีความรู้เรื่องสายพันธุ์บอนสีทั้งในเพจ และสวนบอนสี

3. การแปลงรูปภาพ (Data Transformation)

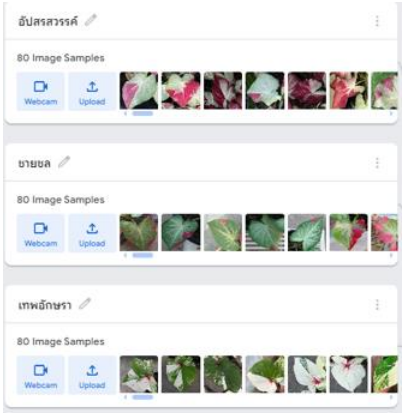
ผู้วิจัยนำรูปภาพจากขั้นตอนก่อนหน้ามาตัดขอบ และปรับขนาดรูปภาพเป็น 224 x 224 px เพื่อนำเข้าสู่ Teachable Machine

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล (Modeling)

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยจะกำหนดคลาส 15 คลาสตามสายพันธุ์บอนสีใน Teachable Machine ดังรูปที่ 4 และนำเข้ารูปภาพสำหรับการเทรนนิ่งทั้งหมด 1,200 รูป อัปโหลดเข้า Teachable Machine ใช้อัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) ที่ 0.001 และ ขนาดกลุ่ม (Batch Size) ที่ 16 เพื่อสร้างโมเดลจำแนกรูปภาพสายพันธุ์บอนสี ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 ขั้นตอนสร้างคลาส



รูปที่ 5 ขั้นตอนการจำแนกข้อมูล

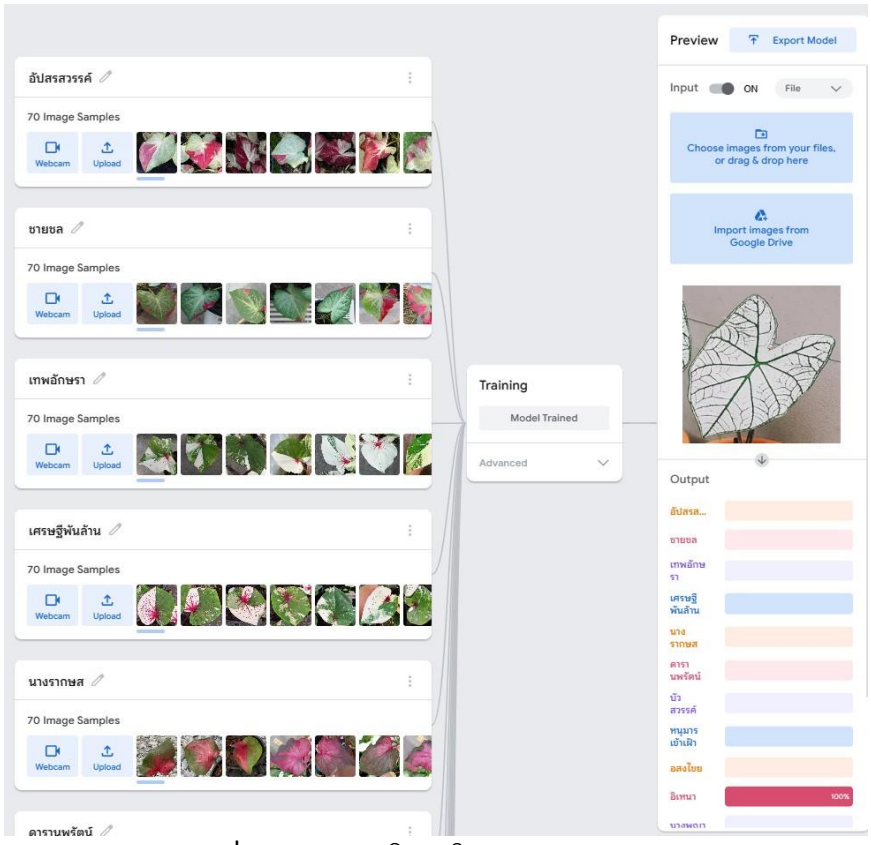
ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผลลัพธ์ (Evaluation)

หลังจากที่ทำการฝึกอบรมโมเดลสำเร็จ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบจากชุดรูปภาพทดสอบคลาสละ 20 รูป มาทดสอบผ่าน Teachable Machine ดังรูปที่ 6 ในงานวิจัยนี้ใช้ประเมินด้วยกันทั้งหมด 4 ค่า ได้แก่ Precision, Recall, Accuracy และ F1–Score ซึ่งต้องใช้ Confusion Matrix เพื่อช่วยในการคำนวณความแม่นยำของแต่ละคลาส ได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}}, \qquad \text{Recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}}$$

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{TP} + \text{TN}}{\text{TP} + \text{TN} + \text{FP} + \text{FN}}, F1 - Score = \frac{2}{\frac{1}{Precision} + \frac{1}{Recall}}$$

ค่าที่พิจารณาอยู่ 4 ค่า ได้แก่ 1) True Positive (TP) จำนวนที่ทำนายตรงกับข้อมูลจริงในคลาสที่กำลังพิจารณา 2) True Negative (TN) จำนวนที่ทำนายตรงกับข้อมูลจริงในคลาสที่ไม่ได้กำลังพิจารณา 3) False Positive (FP) จำนวนที่ทำนายผิดในคลาสที่กำลังพิจารณา และ 4) False Negative (FN) จำนวนที่ทำนายผิดในคลาสที่ไม่ได้กำลังพิจารณา



รูปที่ 6 การทดสอบโมเดลใน Teachable Machine

ขั้นตอนที่ 6 การนำไปใช้จริง (Deployment)

ผู้วิจัยนำโมเดลจำแนกสายพันธุ์บอนสีที่ได้จาก Teachable Machine ส่งออกเป็นไฟล์นามสกุล .tflite มาจาก TensorFlow Lite (TFLite) ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชัน

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้

จากนั้นนำโมบายแอปพลิเคชันการจำแนกสายพันธุ์บอนสีด้วยการประมวลผลภาพไปประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้จำนวน 30 คน

ผลการศึกษา

ผลการวิจัยของการจำแนกสายพันธุ์บอนสีด้วยการประมวลผลภาพบนโมบายแอปพลิเคชัน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ผลการศึกษาของการจำแนกสายพันธุ์บอนสีด้วยการประมวลผลภาพบนโมบายแอปพลิเคชัน

ผลการทดสอบโมเดลด้วย Teachable Machine ผลที่ได้จากการพัฒนาโมเดลจำแนกรูปภาพสายพันธุ์บอนสี ได้มีการนำรูปภาพสายพันธุ์บอนสี 15 ชนิด ชนิดละ 20 รูป รวมจำนวน 300 รูปที่ทำการจัดเก็บในส่วนของการจัดเตรียมข้อมูลมาทดสอบ ใช้อัตราการเรียนรู้ ที่ 0.001 และ ขนาดกลุ่มที่ 16 ได้ผลลัพธ์การเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางผลลัพธ์การเปรียบเทียบ

คลาส	อัปสรสวรรค์	ชายชล	เทพอักษรา	เศรษฐีพันล้าน	นางรากษส	ดารานพรัตน์	บัวสวรรค์	หนุมานเข้าเฝ้า	อสงไขย	อิเหนา	นางพญา	บับเบิ้ล	มัฆวานรังสรรค์	สุชาดา	หลวงราชเสน่หา	Precision	Accuracy	F1-Score
อัปสรสวรรค์	18	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.90	0.99	0.95
ชายชล	0	19	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.95	0.99	0.97
เทพอักษรา	0	0	19	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.95	0.99	0.97
เศรษฐีพันล้าน	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	1.00	1.00
นางรากษส	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.98	0.87
ดารานพรัตน์	0	0	0	0	2	16	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.80	0.97	0.82
บัวสวรรค์	0	0	0	0	1	1	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0.90	0.98	0.88
หนุมานเข้าเฝ้า	0	0	0	0	0	0	0	19	1	0	0	0	0	0	0	0.95	0.99	0.95
อสงไขย	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	1.00	0.99	0.95
อิเหนา	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	1.00	1.00	1.00
นางพญา	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	1.00	1.00	1.00
บับเบิ้ล	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	1.00	1.00	1.00
มัฆวานรังสรรค์	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	1.00	1.00	1.00
สุชาดา	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	17	0	0.85	0.99	0.92
หลวงราชเสน่หา	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0.95	0.99	0.97
Recall	1.00	1.00	1.00	1.00	0.77	0.84	0.86	0.95	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00			

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบรูปภาพ จำนวน 300 รูป โดยใช้ Teachable machine เป็นเครื่องมือ ให้ความถูกต้องร้อยละ 95 จากชุดข้อมูลทดสอบ เนื่องจากสายพันธุ์บอนสีที่นำมาเปรียบเทียบบางสายพันธุ์มีลักษณะของลักษณะใบ สีเส้นใบ สีสะดือ สีกระดูกใบ และสีขอบใบคล้ายกันมาก

ผลการศึกษาของการออกแบบโมเดลจำแนกรูปภาพสายพันธุ์บอนสี 15 สายพันธุ์ และนำโมเดลจำแนกรูปภาพออกมาพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบของโมบายแอปพลิเคชัน ดังรูปที่ 7 โดยผู้ใช้จะคลิกเลือกรูปภาพจากแกลลอรี่ หรือจะถ่ายภาพจากกล้องโทรศัพท์ ดังรูปที่ 8 เมื่อทำการถ่ายภาพ หรือนำเข้ารูปภาพ จะแสดงภาพบอนสี ผลลัพธ์การจำแนกสายพันธุ์ พร้อมบอกเปอร์เซ็นของความถูกต้อง ดังรูปที่ 9

รูปที่ 7 หน้าต่างแรกของแอปพลิเคชัน

รูปที่ 8 หน้าตาของการเปิดกล้องถ่ายรูป

รูปที่ 9 หน้าต่างผลลัพธ์การจำแนกสายพันธุ์

2. ผลการประเมินความพึงพอใจ

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อการจำแนกสายพันธุ์บอนสีด้วยการประมวลผลภาพบนโมบายแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาความพึงพอใจ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีจำนวน 3 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านสายพันธุ์บอนสีจำนวน 5 คน และกลุ่มผู้ใช้ทั่วไป จำนวน 22 คน รวมจำนวน 30 คน โดยมีผลสรุปดังตารางที่ 2 โดยใช้สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แบ่งระดับการให้คะแนนจากน้อยที่สุดไปหามากที่สุด (ระดับ 1 ถึง 5) โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 – 4.49 หมายความว่า ระดับมาก
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 – 3.49 หมายความว่า ระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 – 2.49 หมายความว่า ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.49 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจการจำแนกสายพันธุ์บอนสีด้วยการประมวลผลภาพบนโมบายแอปพลิเคชัน

ความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพของโมเดล	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านเนื้อหา			
1.ข้อมูลมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ ตรงตามความต้องการ	4.50	0.50	ระดับมากที่สุด
2.ข้อมูลมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	4.46	0.50	ระดับมาก
3.ข้อมูลตอบสนองตรงความต้องการของผู้ใช้งาน	4.66	0.47	ระดับมากที่สุด
4.เนื้อหาเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย	4.63	0.55	ระดับมากที่สุด
5.ความสมบูรณ์ของเนื้อหา	4.40	0.49	ระดับมาก
ด้านการออกแบบ			
1.ระบบใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน	4.70	0.46	ระดับมากที่สุด
2.ความสะดวกและรวดเร็วในการแสดงผลข้อมูล ของแอปพลิเคชัน	4.53	0.50	ระดับมากที่สุด
3.ความสวยงาม ความทันสมัย น่าสนใจของแอปพลิเคชัน	4.70	0.46	ระดับมากที่สุด
4.ขนาดตัวอักษรและรูปแบบตัวอักษรของแอปพลิเคชัน	4.56	0.50	ระดับมากที่สุด
5.การจัดวางเมนูต่อการใช้งานของแอปพลิเคชัน	4.60	0.49	ระดับมากที่สุด
ด้านประโยชน์และการนำไปใช้			
1.เนื้อหามีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้	4.36	0.49	ระดับมาก
2.เป็นแหล่งข้อมูลที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน	4.60	0.49	ระดับมากที่สุด
3.สามารถแก้ไขปัญหา หรือตอบสนองต่อผู้ใช้งาน	4.76	0.43	ระดับมากที่สุด
4.เกิดประโยชน์ต่อการนำไปใช้ได้จริง	4.66	0.47	ระดับมากที่สุด
5.นำสาระความรู้ทางด้านบอนสีไปสนทนากับผู้อื่นในสังคมได้	4.53	0.50	ระดับมากที่สุด
ด้านความพึงพอใจจากใช้งาน			
1.ความถูกต้องแม่นยำจากการใช้งาน	4.73	0.50	ระดับมากที่สุด
2.ความสะดวกในการใช้งาน	4.66	0.47	ระดับมากที่สุด

ความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพของโมเดล	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
3.ความรู้เกี่ยวกับบอนสีมากขึ้น	4.63	0.49	ระดับมากที่สุด
4.ความไว้วางใจจากผู้ใช้แอปพลิเคชัน	4.53	0.50	ระดับมากที่สุด
5.ได้รับความหลากหลายสายพันธุ์ของชนิดบอนสี	4.70	0.46	ระดับมากที่สุด
โดยรวม	**4.58**	**0.48**	**ระดับมากที่สุด**

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินโดยวัดจากค่าเฉลี่ยและระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีการจำแนกสายพันธุ์บอนสีด้วยการประมวลผลภาพบนโมบายแอปพลิเคชัน พบว่า ด้านประโยชน์และการนำไปใช้ โมบายแอปพลิเคชันสามารถแก้ไขปัญหา หรือตอบสนองต่อผู้ใช้งานค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.76 รองลงมาคือ ด้านความพึงพอใจจากใช้งาน ความถูกต้องแม่นยำจากการใช้งานค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.73 และโดยภาพรวมความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างต่อโมบายแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.58 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48

สรุปและอภิปรายผล

สรุปผล

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้นำเสนอการพัฒนาการจำแนกสายพันธุ์บอนสีด้วยการประมวลผลภาพบนโมบายแอปพลิเคชัน เพื่อช่วยให้ผู้ที่สนใจเกี่ยวกับสายพันธุ์บอนสี สามารถแยกแยะสายพันธุ์บอนสีในการซื้อขาย และการเพาะเลี้ยงอย่างถูกต้อง โดยใช้เครื่องมือในการพัฒนาคือ Teachable Machine, TensorFlow Lite และ Android Studio ผลที่ได้จากการพัฒนามีดังนี้ 1) ผลการพัฒนาโมเดลด้วย Teachable Machine ใช้อัตราการเรียนรู้ที่ 0.001 และ ขนาดกลุ่มที่ 16 โดยใช้รูปภาพใบบอนสี 15 สายพันธุ์ โดยมีความถูกต้องร้อยละ 95 จากชุดข้อมูลทดสอบ หลังจากได้โมเดลแล้วนำไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชัน มีหลักการออกแบบและทำงาน 3 ส่วนคือ หน้าจอหลัก หน้าจอรับข้อมูลโดยการถ่ายภาพและหน้าจอแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกรูปภาพ และ 2) ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานที่มีต่อการจำแนกสายพันธุ์บอนสีด้วยการประมวลผลภาพบนโมบายแอปพลิเคชันโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด จากการทดสอบการใช้งานจริง แอปพลิเคชันมีข้อจำกัดคือ การจำแนกสายพันธุ์ต้องเป็นใบของบอนสี คุณภาพและความละเอียดของกล้องที่ใช้ ระยะห่างการถ่ายภาพ และแสงสว่างมีผลต่อความแม่นยำของการจำแนกสายพันธุ์บอนสีอีกด้วย

อภิปรายผล

การพัฒนาการจำแนกสายพันธุ์บอนสีด้วยการประมวลผลภาพบนโมบายแอปพลิเคชัน สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ 1) ผลการพัฒนาแอปพลิเคชัน มีหลักการออกแบบและทำงาน 3 ส่วนคือ หน้าจอหลัก หน้าจอรับข้อมูลโดยการถ่ายภาพและหน้าจอแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกรูปภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของสุภาพร นุภาพ และอรอุมา พร้าโมต (2564) ออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันรู้จำตัวอักษรบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ และงานวิจัยของแก้วใจ อาภรณ์พิศาล และคณะ (2566) ในส่วนแสดงผลลัพธ์ และบอกเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการจำแนก และ 2) ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานที่มีต่อการจำแนกสายพันธุ์บอนสีด้วยการประมวลผลภาพบนโมบายแอปพลิเคชันโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุดสอดคล้องกับงานวิจัยของบุษกร ท้วมอ้น และคณะ (2566) พัฒนาโมเดลจำแนกรูปภาพพืชผักสวนครัว และสหัสวรรษ งามทรง และคณะ (2564) การสร้างโมบายแอปพลิเคชันเพื่อการสำรวจข้อมูลจากภาคสนามสำหรับงานบริหารจัดการภาษีขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น แสดงให้เห็นว่า การนำโมเดลจำแนกรูปภาพที่พัฒนาขึ้น มาพัฒนาเป็นโมบายแอปพลิเคชันนั้น ทำให้ผู้ใช้งานการเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้อง และก่อให้เกิดประโยชน์กับผู้ที่สนใจในสายพันธุ์บอนสีต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ความแม่นยำของโมเดลสามารถปรับเปลี่ยนได้ภายหลังจากการ Train โมเดล version ใหม่ ด้วยข้อมูลที่มากขึ้น
2. สามารถนำไปพัฒนาต่อในส่วนของการจำแนกสายพันธุ์ดอกไม้ชนิดอื่น ๆ หรือสามารถเพิ่มคลาสบอนสีประดิษฐ์ได้
3. การพัฒนาในครั้งถัดไปแอปพลิเคชันควรมีการแจ้งเตือนในกรณีที่ไม่ใช่รูปภาพที่เกี่ยวข้องกับสายพันธุ์บอนสี

เอกสารอ้างอิง

กิตติภัทร์ ยางคำ, กิตติคุณ บุญเกตุ, จิรวดี โยยรัมย์ และ เปรม อิงคเวชชากุล. (2565). การพัฒนาระบบคัดแยกยานพาหนะเพื่อออกแบบสถานที่จอดรถให้เหมาะสมด้วยแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก. *การประชุมวิชาการระดับชาติ ราชมงคลสุรินทร์ ครั้งที่ 13 "วิจัยและนวัตกรรมเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจ BCG"*, วันที่ 17 – 18 พฤศจิกายน 2565 (น. A464–A472). สุรินทร์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์.

แก้วใจ อาภรณ์พิศาล, ธนวัฒน์ สระทองฮ่วม และ วธิดา ดารา. (2566). การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์เคลื่อนที่เพื่อจำแนกกุหลาย 10 สายพันธุ์. *การประชุมวิชาการการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ครั้งที่ 15*, วันที่ 1 กันยายน 2566 (น. 215–223). ภูเก็ต: มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต.

ขวัญเดือน รัตนา, ธิดารัตน์ ผ่องแผ้ว, วิทิดา สิงห์เชื้อ, ขจรพงศ์ ดาศรี และ ศุภาวีร์ แสงจันทร์จิรเดช. (2565). การขยายพันธุ์บอนสีด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. *วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี, 3*(3), 94–105

ฑีฆพันธุ์ เจริญพงษ์. (2563). *การประยุกต์ใช้ MATLAB สำหรับการประมวลผลภาพดิจิตอล*. กรุงเทพฯ: บริษัท จรัลสนิทวงศ์การพิมพ์ จำกัด.

ไทยโพสต์ออนไลน์. (2565). *ธุรกิจ 'บอนสี' พืชเศรษฐกิจน่าสนใจเงินสะพัดกว่าพันล้าน/ปี*. สืบค้นวันที่ 17 พฤศจิกายน 2566, จาก https://www.thaipost.net/economy-news/238869/.

บุษกร ท้วมอ้น, ธิราพร พวงทอง และแก้วใจ อาภรณ์พิศาล. (2565). โมเดลจำแนกรูปภาพพืชผักสวนครัว. *การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 6*, วันที่ 11–12 กุมภาพันธ์ 2565 (น. 122–130). พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

พรเทพ ท้วมสมบุญ, ณัฐวุฒิ กฤษสมัคร, ธิดากุญ แสนอุดม และวราภรณ์ ทองพันธ์. (2553). *ศึกษา พัฒนาหลักเกณฑ์และวิธีการตรวจสอบพันธุ์บอนสี*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

ศุภชัย สมพานิช. (2562). *คู่มือพัฒนาแอพพลิเคชันด้วย Android Studio ฉบับสมบูรณ์*. กรุงเทพฯ: ไอดีซี พรีเมียร์.

สมาคมบอนสีแห่งประเทศไทย. (2552). *บอนสีราชินีแห่งไม้ใบ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์บ้านและสวน.

สหัสวรรษ งามทรง, สวรินทร์ ฤกษ์อยู่สุข และสอาด วงศ์ใหญ่. (2564). การสร้างโมบายแอปพลิเคชันแบบไม่ต้องเขียนโปรแกรมเพื่อการสำรวจข้อมูลจากภาคสนามสำหรับงานบริหารจัดการภาษีขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. *วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่, 2*(3), 55–69.

สุพจน์ เฮงพระพรหม. (2566). การเรียนรู้ของเครื่อง MACHINE LEARNING. นครปฐม: สาขาวิชาวิทยาการข้อมูล.

สุภาพร นุภาพ และ อรอุมา พร้าโมต. (2564). การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันรู้จำตัวอักษรบนอุปกรณ์เคลื่อนที่เพื่อการฝึกเขียนพยัญชนะไทย. *การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 13 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม,* วันที่ 8 – 9 กรกฎาคม 2564 (น. 641–649). นครปฐม: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

สมศักดิ์ ดอนไพรเณร และ ศุภกฤษ นาคป้อมฉิน. (2565). การพัฒนาไลน์แชทบอทเพื่อตรวจสอบใบหน้าพนักงานรักษาความปลอดภัยด้วยเทคโนโลยีการประมวลผลภาพบายแอปพลิเคชัน. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, 32*(2), 80–86.

อรดี สหวัชรินทร์. (2525). การขยายพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์บอนสีโดยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. *วารสารพืชสวน, 17*(3), 19–25.

อรวรรณ วิชัยลักษณ์. (2548). *บอนสี* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ออฟฟิศเมท. (2566). รวมเรื่องต้องรู้ มือใหม่หัดปลูก ‘บอนสี’. สืบค้น 17 พฤศจิกายน 2566, จาก https://www.ofm.co.th/blog/caladium/.

108 พรรณไม้. (2566). *บอนสี Caladium.* สืบค้นวันที่ 17 พฤศจิกายน 2566, จาก https://www.panmai.com/Caladium/Caladium.shtml.

Abed, A. A., Al–Ibadi, A., & Abed, I. A. (2023). Real–time multiple face mask and fever detection using YOLOv3 and TensorFlow lite platforms. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics, 12*(2), 922–929.

Alsing, O. (2018). *Mobile object detection using TensorFlow lite and transfer learning*. (Master in Computer Science). Sweden: School of Compute Science and Communication.

Carney, M., Webster, B., Alvarado, I., Phillips, K., Howell, N., Griffith, J., ... & Chen, A. (2020). Teachable machine: Approachable Web–based tool for exploring machine learning classification. In *Proceedings of the Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing* (pp. 1–8). ACM.

Google. (2023). *Google Teachable Machine*. Retrieved 30 November 2023, form https://teachablemachine.withgoogle.com/.

Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science, 349*(6245), 255–260.

Konaite, M., Owolawi, P. A., Mapayi, T., Malele, V., Odeyemi, K., Aiyetoro, G., & Ojo, J. S. (2021). Smart Hat for the blind with Real–Time Object Detection using Raspberry Pi and TensorFlow Lite. *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence and its Applications* (pp. 1–6).

OpenAI. (2023). *Chatgpt*. Retrieved 30 November 2023, form https://chat.openai.com/.

TensorFlow. (2024). *TensorFlow Lite*. Retrieved 20 January 2024, form https://www.tensorflow.org/lite/guide?hl=th.

Toivonen, T., Jormanainen, I., Kahila, J., Tedre, M., Valtonen, T., & Vartiainen, H. (2020). Co–designing machine learning apps in K–12 with primary school children. *2020 IEEE 20th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)* (pp. 308–310). IEEE.