

# การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการจำแนกประเภทขยะด้วยเทคนิค การประมวลผลภาพของสำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คมกริช รุมตอง<sup>1\*</sup>

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการจำแนกรูปภาพประเภทขยะด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ และ (2) เพื่อวัดประสิทธิภาพความถูกต้องของการจำแนกรูปภาพประเภทขยะด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ โดยใช้เครื่องมือ Teachable Machine ที่ใช้หลักการการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning: ML) มาใช้ในการจำแนกรูปภาพประเภทขยะอัตโนมัติ ข้อมูลที่ใช้เป็นรูปภาพขยะในลักษณะเวกเตอร์ 2 มิติ จำนวน 250 ภาพ โดยมีการแบ่งข้อมูลรูปภาพสำหรับเรียนรู้ (Train set) จำนวน 200 ภาพ และข้อมูลรูปภาพสำหรับทดสอบ (Test set) จำนวน 50 ภาพ ในอัตราส่วน 80:20 ผลการวัดประสิทธิภาพความถูกต้อง พบว่า ภาพรวมมีค่าความถูกต้องที่ 95.72% เมื่อจำแนกค่าความถูกต้องของรูปภาพขยะแต่ละประเภท พบว่า รูปภาพขยะอันตราย มีค่าความถูกต้องสูงที่สุด (99.10%) รองลงมาคือรูปภาพขยะติดเชื้อ (96.60%) รูปภาพขยะทั่วไป (95.30%) รูปภาพขยะรีไซเคิล (95.10%) และรูปภาพขยะอินทรีย์ มีค่าความถูกต้องน้อยที่สุด (92.50%) การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการจำแนกประเภทขยะด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ (Image Processing) สามารถนำไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันระบบการคัดแยกขยะใช้กับห้องสมุดและหน่วยงานต่าง ๆ รวมถึงเพื่อนำนวัตกรรมไปใช้ประโยชน์สำหรับการดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม และสนับสนุนการดำเนินงานสำนักสีเขียว (Green Office) ห้องสมุดสีเขียว (Green Library) ในการนำเครื่องมือไปให้ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภทขยะแก่คนในชุมชนให้ตระหนักถึงการจัดการขยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**คำสำคัญ :** การวิเคราะห์ข้อมูล; การจำแนกประเภทขยะ; เทคนิคการประมวลผลภาพ; Teachable Machine

<sup>1</sup> บรรณารักษ์ชำนาญการ, ฝ่ายหอสมุดจอห์น เอฟ. เคนเนดี, สำนักวิทยบริการ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
อีเมล: komgrit.r@psu.ac.th

\* Corresponding author: komgrit.r@psu.ac.th

ISSN: 3027-6977 (ออนไลน์)

Received: December 27, 2025; Revised: March 6, 2025; Accepted: April 7, 2025

# Data Analysis for Waste Classification Using Image Processing Techniques of the Office of Academic Resources, Prince of Songkla University

Komgrit Rumdon<sup>1</sup>

## Abstract

This research aims (1) to analyze data for classification of waste images using image processing techniques and (2) to measure the efficiency and accuracy of waste image classification using image processing techniques using the Teachable Machine tool that uses the principles of Machine Learning (ML) to automatically classify waste images. The data used were 250 of 2D vector images of waste, divided into 200 images for learning (Train set) and 50 images for testing (Test set) in a ratio of 80:20. The results of the accuracy measurement found that the overall accuracy was 95.72%. When classifying the accuracy of each type of waste image, it was found that the hazardous waste image had the highest accuracy (99.10%), followed by infectious waste (96.60%), general waste (95.30%), recycled waste (95.10%), and organic waste had the lowest accuracy (92.50%). Data analysis for waste classification using image processing techniques can be developed into a waste sorting system application for use in libraries and various agencies, including for using innovations for energy and environmental conservation activities and supporting the operations of the Green Office and Green Library in using tools to provide knowledge about waste classification to people in the community to be aware of effective waste management.

**Keywords:** Data Analysis; Waste Classification; Image Processing Techniques; Teachable Machine

---

<sup>1</sup> Librarian, Professional Level, John F. Kennedy Library, Office of Academic Resources, Prince of Songkla University E-mail: komgrit.r@psu.ac.th

\*Corresponding author: komgrit.r@psu.ac.th

ISSN: 3027-6977 (ออนไลน์)

Received: December 27, 2025; Revised: March 6, 2025; Accepted: April 7, 2025

## บทนำ

การจัดการขยะนับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญในระดับชุมชนและระดับประเทศ ซึ่งในแต่ละวันจะมีขยะเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมหาศาล จากสถิติปริมาณขยะภายในปี พ.ศ. 2566 พบว่า ประเทศไทยมีขยะมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณ 26.95 ล้านตัน หรือเฉลี่ย 73,840 ตันต่อวัน (Thai PBS, 2024) เนื่องจากประเทศไทยได้กลับเข้าสู่ภาวะปกติหลังเกิดสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 และได้มีการเปิดประเทศเพื่อรองรับนักท่องเที่ยว แรงงาน และนักลงทุน เพื่อกระตุ้นเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งส่งผลให้การบริโภคสูงเพิ่มมากขึ้นไปพร้อมกัน รวมไปถึงเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมจากการบริโภคจากคำสั่งซื้อและอาหารออนไลน์ที่พบว่า ภายในปี พ.ศ. 2566 คนไทยมีการซื้อสินค้าออนไลน์สูงถึง 700,000 ล้านบาท ซึ่งสูงกว่าร้อยละ 25 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2565 (MGR Online, 2024) จึงเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้มีปริมาณขยะมูลฝอยและขยะพลาสติกเพิ่มมากขึ้นจากบรรณภัณฑ์สินค้าเช่นกัน (Thai PBS, 2024) แต่ความสามารถในการจัดการขยะสามารถทำได้เพียง 10 ล้านตันต่อวัน ทำให้เหลือขยะที่เหลือตกค้างรอการกำจัดอยู่อีกเป็นจำนวนมาก ถึงแม้ว่ารัฐบาลจะมีพื้นที่จัดไว้ในการรองรับปริมาณขยะ แต่ก็ไม่เพียงพอต่อปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Amornsiriphong et al., 2015) จึงส่งผลให้สร้างปัญหาเป็นอย่างมาก ทั้งทางด้านทัศนวิสัย กลิ่นเหม็น น้ำเสีย ความสะอาด และสัตว์พาหะนำโรค อาจเนื่องจากในปัจจุบันการเก็บขยะยังไม่ประสิทธิภาพ ถึงขยะบางถังอาจจะล้นถึงซึ่งก่อให้เกิดความสกปรก ทั้งนี้ขยะที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ไม่ได้เกิดการจำแนกก่อนทิ้ง และไม่เข้าใจเรื่องของการทิ้งขยะแต่ละประเภท ประกอบกับประชาชนในประเทศเองก็ยังไม่ตระหนักถึงการทิ้งขยะให้เป็นที่ รวมถึงขาดความรู้ความเข้าใจในการนำขยะกลับมาใช้ใหม่ (Amornsiriphong et al., 2015; Muangpool & Yenpoeng, 2022)

ปัจจุบันหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน จึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญและปัญหาของการจัดการขยะที่เกิดขึ้น จึงได้มีการรณรงค์การดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ในการใช้พลังงาน ทรัพยากร และของเสียให้มีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่อง เกิดการใช้ทรัพยากรและพลังงานอย่างรู้คุณค่า มีการกำหนดแนวทางในการจัดการของเสียอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการใช้อุปกรณ์สำนักงานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และที่สำคัญต้องมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาในปริมาณต่ำ (Nimittammasophon et al., 2023) ทั้งนี้กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จึงได้มีเกณฑ์การประเมินสำนักงานสีเขียว (Green Office) ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานในระดับชาติที่หน่วยงานต่าง ๆ เกิดการยอมรับ และผลักดันการดำเนินงานให้เป็นไปตามเกณฑ์ดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าพนักงานในองค์กรได้เกิดความร่วมมือในการรณรงค์การดำเนินกิจกรรมดังกล่าวแล้ว แต่สิ่งที่ท้าทายสำหรับการจัดการขององค์กรคือ ผู้ใช้บริการหรือลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการ ซึ่งจะต้องทำให้เกิดการรับรู้และมีส่วนร่วมในการจัดการขยะ โดยการจำแนกประเภทขยะและรักษาสิ่งแวดล้อมด้วยเช่นกัน (Muangpool & Yenpoeng, 2022) ทั้งนี้การนำเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology: IT) มาประยุกต์ใช้ในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ก็เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการที่จะส่งผลสำเร็จในการดำเนินงานรักษาสิ่งแวดล้อม เช่น ถึงขยะอัจฉริยะ (Netyong & Naritnate, 2019) ระบบตรวจจับปริมาณฝุ่น (Kaewneam & Nopchanasupab,

2024) เครื่องจำแนกขวด (Chailaungkarn & Nuchpong, 2017; Piwbang et al., 2019) รวมไปถึงการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) มาใช้ในจำแนกประเภทขยะ (Assawadithalerd et al., 2023; Wannasawaskul, 2024; Apornpisarn et al., 2024)

จากความสำคัญและปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการจำแนกรูปภาพประเภทขยะด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ (Image Processing) ด้วยหลักการการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันระบบการคัดแยกขยะให้กับห้องสมุดและหน่วยงานต่าง ๆ รวมถึงเพื่อนำนวัตกรรมไปใช้ประโยชน์สำหรับการดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นนวัตกรรมที่สนับสนุนการดำเนินงานสำนักสีเขียว (Green Office) ห้องสมุดสีเขียว (Green Library) ในการให้ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภทขยะแก่คนในชุมชนให้ตระหนักถึงการจัดการขยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการจำแนกรูปภาพประเภทขยะด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ
2. เพื่อวัดประสิทธิภาพความถูกต้องของการจำแนกรูปภาพประเภทขยะด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ

### การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

#### 1. การประมวลผลภาพ

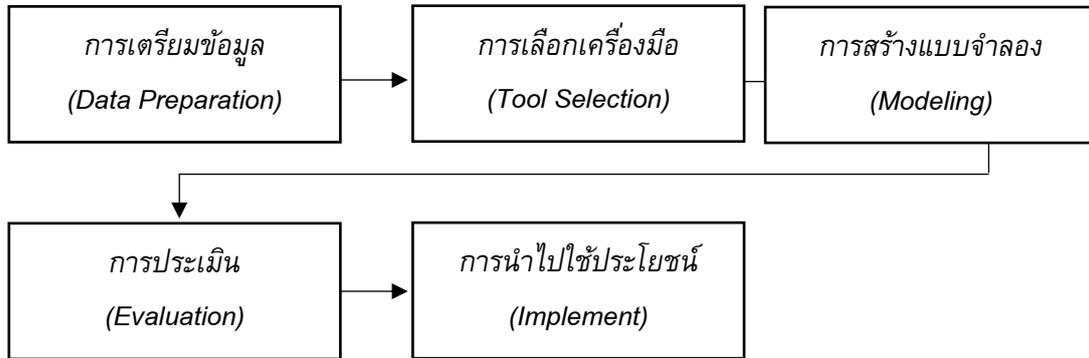
การประมวลผลภาพ (Image Processing) เป็นการการจัดการและการวิเคราะห์สารสนเทศของรูปภาพโดยใช้คอมพิวเตอร์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มสารสนเทศของรูปเพื่อการแปลความหมายของมนุษย์ที่ดีขึ้น และการทำให้รูปภาพเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น เพื่อให้เหมาะสมกับการประมวลผลหรือการรับรู้ด้วยเครื่องอัตโนมัติ (Autonomous Machine Perception) (Chinnasarn, 2007) ซึ่งการเทคนิคประมวลผลภาพถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อตอบปัญหาหลัก ๆ ไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงคุณภาพของรูปภาพ เช่น การเพิ่มความคมชัดให้กับขอบของวัตถุในรูปภาพ ทำให้รูปภาพดูสว่างและคมชัดมากขึ้น และการแบ่งหรือจำแนกรูปภาพโดยใช้หลักการการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ซึ่งจะช่วยให้สามารถประมวลผลและจำแนกรูปภาพได้ง่ายขึ้น

#### 2. การเรียนรู้ของเครื่อง

การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เป็นการศึกษาขั้นตอนวิธีการทางคอมพิวเตอร์ ที่ช่วยให้ระบบคอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้ วิเคราะห์ และหารูปแบบจากข้อมูลได้โดยไม่ต้องโปรแกรมโดยตรง ซึ่งทำให้เครื่องจักรสามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงในข้อมูลหรือสภาพแวดล้อมได้ และนำไปสู่การตัดสินใจได้เอง ซึ่งสามารถนำไปใช้งานต่าง ๆ เช่น การคัดแยกขยะ การประเมินความเสี่ยงต่อการอนุมัติสินเชื่อ การแนะนำสินค้าและจัดโปรโมชั่น การวิเคราะห์ข้อมูลผู้ใช้บริการห้องสมุดเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้ทรัพยากรห้องสมุดให้คุ้มค่า เป็นต้น การเรียนรู้ของเครื่องสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ (1) การเรียนแบบมีผู้สอน (2) การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน และ (3) การเรียนรู้แบบเสริมแรง (Hengpraproh, 2023; Apornpisarn et al., 2024)

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยประยุกต์ใช้วิธีการดำเนินงานตามขั้นตอน ดังนี้ (Sasen et al., 2024)



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. การเตรียมข้อมูล (Data Preparation) สามารถอธิบายได้ ดังนี้

1.1 การคัดเลือกข้อมูล (Data Selection) ผู้วิจัยคัดเลือกและรวบรวมข้อมูลรูปภาพ ขณะในลักษณะเวกเตอร์ 2 มิติ จากโปรแกรม Canva โดยจำแนกตามประเภทขยะ ดังนี้ (1) รูปภาพขยะอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร ใบไม้ และมูลสัตว์ ฯลฯ (2) รูปภาพขยะทั่วไป เช่น โฟม หลอด ซองขนม ฯลฯ (3) รูปภาพขยะรีไซเคิล เช่น กระดาษ แก้ว พลาสติก โลหะ ฯลฯ (4) รูปภาพขยะอันตราย เช่น ขวดยา ถ่านไฟฉาย ยาฆ่าแมลง ขวดบรรจุสารเคมี ฯลฯ และ (5) รูปภาพขยะติดเชื้อ เช่น หน้ากากอนามัย ชุดตรวจเชื้อไวรัส เข็มฉีดยา ผ้าอนามัย ฯลฯ โดยใช้จำนวนรูปภาพขยะแต่ละประเภท ประเภทละ 50 ภาพ รวมทั้งหมด 250 ภาพ (ดังภาพที่ 2) และทำการแบ่งชุดข้อมูลรูปภาพสำหรับเรียนรู้ (Train set) และข้อมูลรูปภาพสำหรับทดสอบ (Test set) ในอัตราส่วน 80:20 ตามเกณฑ์การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของ Srisa-ard (2011)



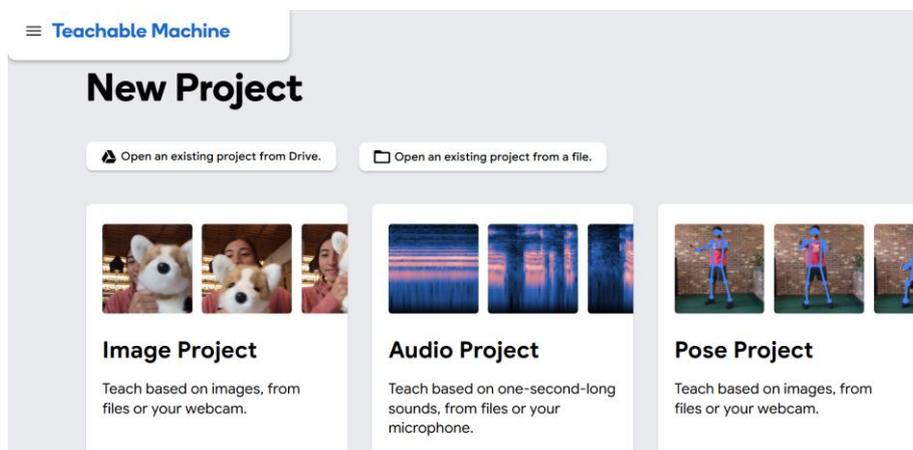
ภาพที่ 2 ภาพขยะลักษณะเวกเตอร์ 2 มิติ

1.2 การแปลงรูปภาพ (Data Transformation) เป็นการนำรูปภาพขยะที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมข้อมูลมาปรับขนาดรูปภาพเป็น 300 x 300 พิกเซล โดยใช้สีพื้นหลังเป็นสีขาว จากนั้นทำการจัดเก็บรูปภาพโดยจำแนกตามประเภทขยะด้วย Google Drive ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การจัดเก็บรูปภาพโดยจำแนกตามประเภทขยะ

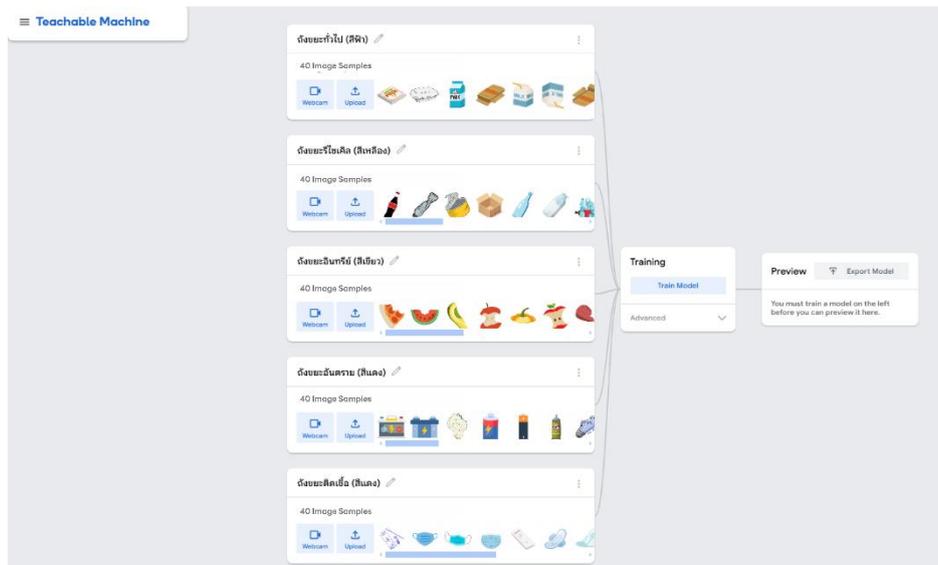
2. การเลือกเครื่องมือ (Tool Selection) ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ Teachable Machine ซึ่งเป็นเครื่องมือที่นำหลักการการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) มาใช้ร่วมกับการวิเคราะห์รูปภาพด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ (Image Processing) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 เครื่องมือ Teachable Machine

3. การสร้างแบบจำลอง (Modeling) สามารถอธิบายได้ ดังนี้

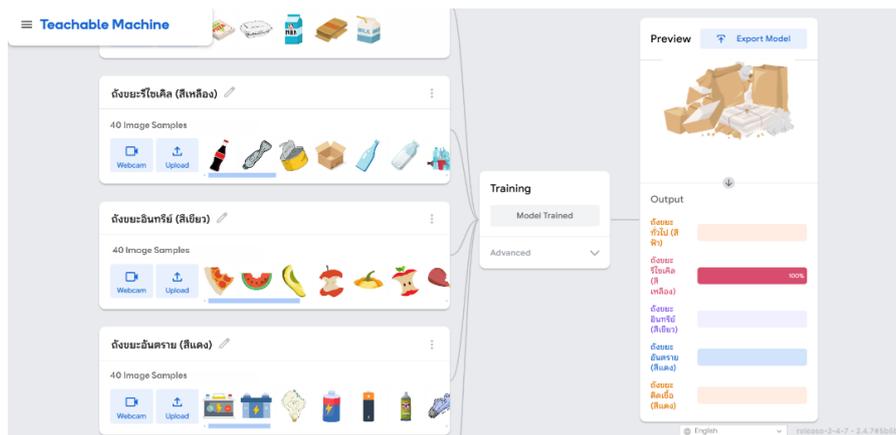
3.1 ผู้วิจัยกำหนดคลาส (Class) ซึ่งเป็นการจำแนกข้อมูลรูปภาพเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ จำนวน 5 คลาส ได้แก่ รูปภาพขยะอินทรีย์ รูปภาพขยะทั่วไป รูปภาพขยะรีไซเคิล รูปภาพขยะอันตราย และรูปภาพขยะติดเชื้อ โดยจำแนกตามประเภทของขยะในเครื่องมือ Teachable Machine และนำเข้ารูปภาพขยะจาก Google Drive จำนวนทั้งหมด 200 ภาพ ใช้สำหรับเรียนรู้ (อีก 50 ภาพ ใช้สำหรับทดสอบ) จากนั้นทำการอัปโหลด (Upload) รูปภาพขยะที่แบ่งตามประเภทของขยะในแต่ละคลาส ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การกำหนดคลาสและนำเข้ารูปภาพขยะและประเภท

3.2 ผู้วิจัยใช้ไฮเปอร์พารามิเตอร์ (Hyperparameters) ซึ่งเป็นมาตรวัดการทำงาน of เครื่องมือ Teachable Machine ได้แก่ (1) Epochs คือ จำนวนรอบในการเรียนรู้ของเครื่อง โดยการทำงานแต่ละรอบ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งไปให้เครื่องเรียนรู้ เมื่อถึงจำนวนรอบมากโมเดลก็จะมีค่าความถูกต้องมากขึ้นเช่นกัน (2) Batch Size คือ จำนวนข้อมูลที่ถูกส่งเข้าไปสอนเครื่องในแต่ละรอบ และ (3) Learning Rate คือ ตัวแปรที่ควบคุมลำดับขั้นในการเรียนรู้ในแต่ละรอบ ซึ่งการปรับค่านี้อาจส่งผลอย่างมากในการเรียนรู้ของเครื่อง (Arsasuwat et al., 2024) ดังนั้น หากต้องการเพิ่มค่าความถูกต้องในการตรวจจับของเครื่องมือ Teachable Machine สามารถปรับแต่งไฮเปอร์พารามิเตอร์ได้เองก่อนที่โมเดลจะทำการเรียนรู้ต่อไป โดยกำหนดค่า Epochs = 50, Batch Size = 16 และ Learning Rate = 0.001 (Chainok & Srirawong, 2024) ในการเรียนรู้ของเครื่องมือ Teachable Machine

4. การประเมิน (Evaluation) เมื่อกำหนดคลาสและนำเข้ารูปภาพขยะ รวมถึงกำหนดค่าไฮเปอร์พารามิเตอร์สำเร็จ จากนั้นนำรูปภาพที่ใช้สำหรับทดสอบ (Test set) จำนวน 50 ภาพ (ประเภทละ 10 ภาพ) มาทำการทดสอบกับเครื่องมือ Teachable Machine (ดังภาพที่ 6) โดยผู้วิจัยมีการประเมินประสิทธิภาพความถูกต้องสำหรับทดสอบโดยใช้ค่าร้อยละ (%) จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) ของรูปภาพขยะในภาพรวม และความถูกต้องในการจำแนกรูปภาพขยะแต่ละประเภท



ภาพที่ 6 การทดสอบการจำแนกขยะด้วยเครื่องมือ Teachable Machine

**5. การนำไปใช้ประโยชน์ (Implement)** เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพความถูกต้องเสร็จแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการส่งออกโมเดล (Export) โดยเครื่องมือ Teachable Machine จะแสดงชุดคำสั่ง (Library) (Google Creative Lab, 2024) เพื่อนำภาษาที่ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชัน (Application) สำหรับการนำไปใช้ในจำแนกประเภทขยะ ดังภาพที่ 7

การเขียนชุดคำสั่งมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงผลลัพธ์ของแบบจำลองบนหน้าเว็บ โดยให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงและใช้งานแบบจำลองผ่านอินเทอร์เฟซ (Interface) ที่สร้างขึ้น นอกจากนี้ยังต้องทำการเชื่อมต่อกับกล้องเว็บแคม (Webcam) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ในการจำแนกประเภทของวัตถุจากรูปภาพทำให้สามารถตรวจสอบได้ว่าแบบจำลองสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง เมื่อมีการป้อนข้อมูลรูปภาพเข้ามาแบบเรียลไทม์ (Real-time)

```

Tensorflow.js ⓘ   Tensorflow ⓘ   Tensorflow Lite ⓘ

Javascript   p5.js   Contribute on Github

Learn more about how to use the code snippet on github.

<div>Teachable Machine Image Model</div>
<button type="button" onclick="init()">Start</button>
<div id="webcam-container"></div>
<div id="label-container"></div>
<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/@tensorflow/tfjs@latest/dist/tf.min.js"></script>
<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/@teachablemachine/image@latest/dist/teachablemachine-image.min.js"></script>
<script type="text/javascript">
  // More API functions here:
  // https://github.com/googlecreativelab/teachablemachine-community/tree/master/libraries/image

  // the link to your model provided by Teachable Machine export panel
  const URL = "./my_model/";

  let model, webcam, labelContainer, maxPredictions;

  // Load the image model and setup the webcam
  async function init() {
    const modelURL = URL + "model.json";
    const metadataURL = URL + "metadata.json";

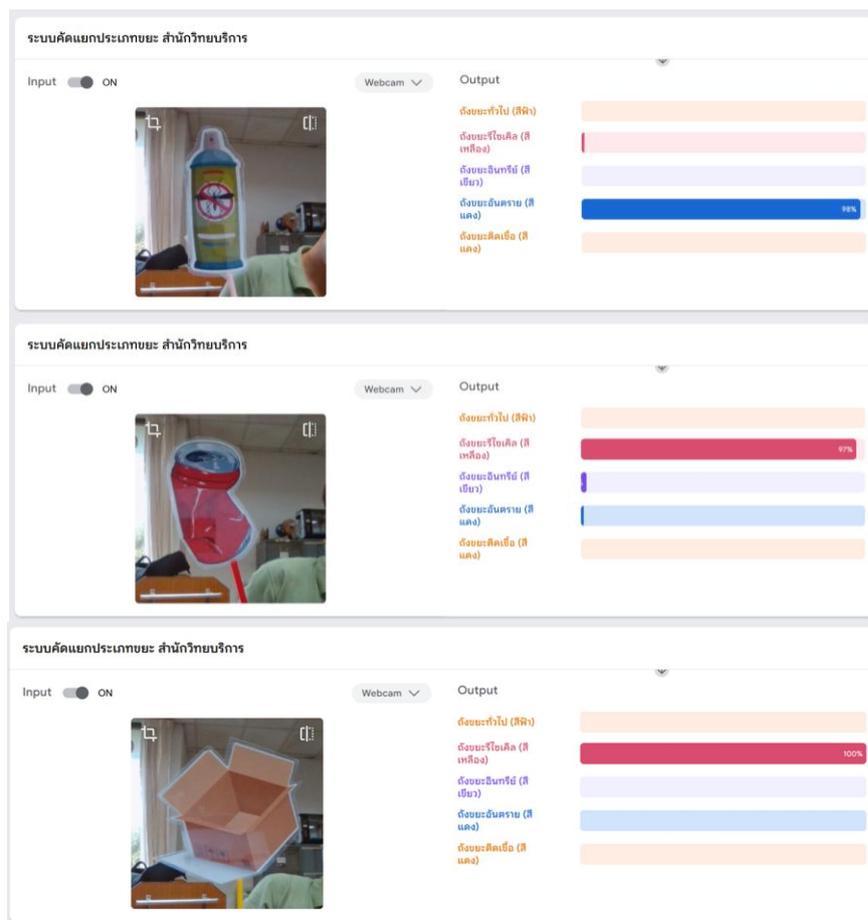
    // load the model and metadata
    // Refer to tmImage.loadFromFiles() in the API to support files from a file picker
    // or files from your local hard drive
    // Note: the pose library adds "tmImage" object to your window (window.tmImage)
    model = await tmImage.load(modelURL, metadataURL);
    maxPredictions = model.getTotalClasses();
  }

```

ภาพที่ 7 ชุดคำสั่ง (Library) ของเครื่องมือ Teachable Machine (Google Creative Lab, 2024)

## ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการจำแนกรูปภาพประเภทขยะด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการจำแนกขยะด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ โดยใช้เครื่องมือ Teachable Machine ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้หลักการการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ตามขั้นตอนวิธีการวิจัย ประกอบด้วย (1) การเตรียมข้อมูล (Data Preparation) (2) การเลือกเครื่องมือ (Tool Selection) (3) การสร้างแบบจำลอง (Modeling) (4) การประเมิน (Evaluation) และ (5) การนำไปใช้ประโยชน์ (Implement) โดยส่งออกโมเดล (Export) เพื่อนำใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการจำแนกรูปภาพประเภทขยะ ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยทำให้ทราบความถูกต้องการวิเคราะห์ข้อมูลเทคนิคการประมวลผลภาพด้วยเครื่องมือ Teachable Machine และสามารถนำไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชัน (Application) ระบบการคัดแยกขยะใช้กับห้องสมุดและหน่วยงานต่าง ๆ รวมถึงเพื่อนำนวัตกรรมไปใช้ประโยชน์สำหรับการดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นนวัตกรรมที่สนับสนุนการดำเนินงานสำนักสีเขียว (Green Office) และห้องสมุดสีเขียว (Green Library) ในการให้ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภทขยะแก่คนในชุมชนให้ตระหนักถึงการจัดการขยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังภาพที่ 8

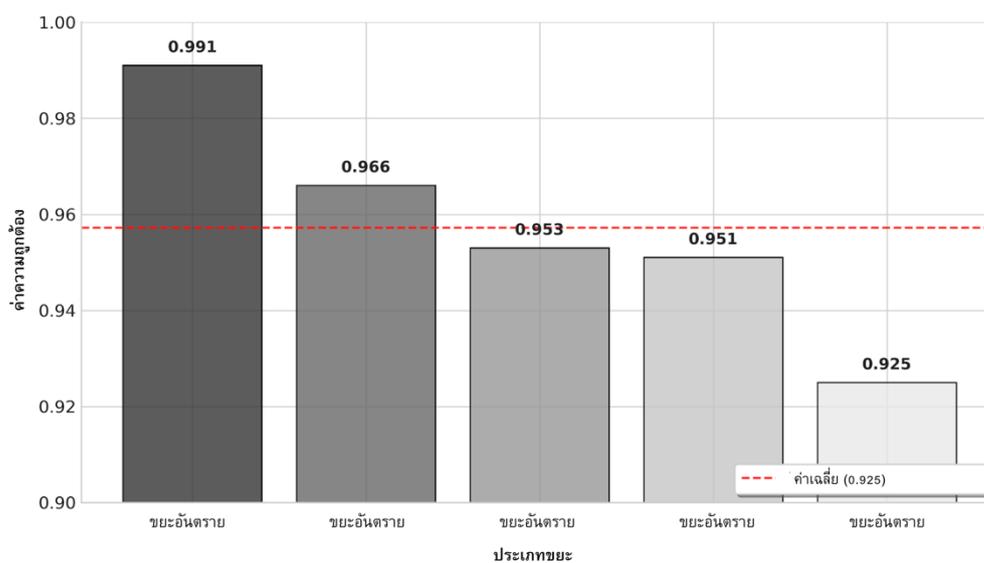


ภาพที่ 8 การจำแนกรูปภาพประเภทขยะด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ (Image Processing) ด้วยเครื่องมือ Teachable Machine

2. วัดประสิทธิภาพความถูกต้องการจำแนกรูปภาพประเภทขยะด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ สามารถสรุปผลความถูกต้องการใช้เครื่องมือ Teachable Machine ในการจำแนกประเภทขยะ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความถูกต้องการวิเคราะห์ข้อมูลรูปภาพในการคัดแยกประเภทขยะด้วยเครื่องมือ Teachable Machine (n=50)

ลำดับที่	รูปภาพประเภทขยะ				
	ขยะอินทรีย์	ขยะทั่วไป	ขยะรีไซเคิล	ขยะอันตราย	ขยะติดเชื้อ
1	85.00%	94.00%	95.00%	99.00%	97.00%
2	89.00%	96.00%	94.00%	98.00%	96.00%
3	94.00%	89.00%	98.00%	99.00%	98.00%
4	93.00%	96.00%	94.00%	100.00%	98.00%
5	97.00%	97.00%	95.00%	99.00%	94.00%
6	95.00%	95.00%	96.00%	100.00%	95.00%
7	93.00%	97.00%	97.00%	99.00%	98.00%
8	94.00%	96.00%	94.00%	100.00%	96.00%
9	93.00%	98.00%	95.00%	98.00%	97.00%
10	92.00%	95.00%	93.00%	99.00%	97.00%
<b>เฉลี่ย</b>	<b>92.50%</b>	<b>95.30%</b>	<b>95.10%</b>	<b>99.10%</b>	<b>96.60%</b>
<b>เฉลี่ยรวม</b>	<b>95.72%</b>				



ภาพที่ 9 ผลการวิเคราะห์ค่าความถูกต้องการคัดแยกประเภทขยะ

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความถูกต้องการใช้เครื่องมือ Teachable Machine ในการจำแนกรูปภาพประเภทขยะ ภาพรวมมีค่าความถูกต้องที่ 95.72% เมื่อจำแนกค่าความถูกต้องของรูปภาพขยะแต่ละประเภท พบว่า รูปภาพขยะอันตราย มีค่าความถูกต้องสูงที่สุด (99.10%) รองลงมาคือ รูปภาพขยะติดเชื้อ (96.60%) รูปภาพขยะทั่วไป (95.30%) รูปภาพขยะรีไซเคิล (95.10%) และรูปภาพขยะอินทรีย์ มีค่าความถูกต้องน้อยที่สุด (92.50%)

## การอภิปรายผล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการจำแนกรูปภาพประเภทขยะด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ การนำเครื่องมือ Teachable Machine ที่ใช้หลักการการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning: ML) ที่นำมาใช้ในการจำแนกคน สัตว์ สิ่งของ หรืออื่น ๆ สำหรับใช้จัดหมวดหมู่ได้ตามความต้องการของผู้ใช้ จากการศึกษางานวิจัยที่ได้มีการนำเครื่องมือดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ เช่น การตรวจจับใบหน้า (Donphainen & Nakpomchin, 2022; Arsasuwan et al., 2024) การตรวจจับการสวมหมวกนิรภัย (Sasen et al., 2024) การจำแนกสายพันธุ์พืชและผลไม้ (Promlayyok et al., 2022; Apornpisarn, 2024) การจำแนกอาหาร (Phetkat et al., 2022) การจำแนกโรคพืชและสัตว์ (Asaman et al., 2022; Kanghae et al., 2022) และการจำแนกประเภทขยะ (Wannasawaskul, 2024) ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการจำแนกรูปภาพประเภทขยะด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยทำให้ทราบความถูกต้องการวิเคราะห์ข้อมูลเทคนิคการประมวลผลภาพด้วยเครื่องมือ Teachable Machine และสามารถนำไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันระบบการคัดแยกขยะใช้กับห้องสมุดและหน่วยงานต่าง ๆ รวมถึงเพื่อนำนวัตกรรมไปใช้ประโยชน์สำหรับการดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นนวัตกรรมที่สนับสนุนการดำเนินงานสำนักสีเขียว (Green Office) ห้องสมุดสีเขียว (Green Library) ในการให้ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภทขยะแก่คนในชุมชนให้ตระหนักถึงการจัดการขยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ Suwanno & Polpuk (2018) ที่ศึกษาแนวทางการส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการจำแนกขยะของประชาชน พบว่า การส่งเสริมและสนับสนุนการดำเนินงานขององค์กรภาครัฐในการให้ความรู้กับประชาชนในการจำแนกขยะเพื่อลดปริมาณขยะตั้งแต่ต้นทาง ทำให้ประชาชนตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น และสามารถจำแนกขยะได้ถูกต้อง รวมถึงความสามารถในการปฏิบัติตามหลัก 3Rs (Reduce, Reuse, and Recycle) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Purinta, 2023)

2. วัดประสิทธิภาพความถูกต้องการจำแนกรูปภาพประเภทขยะด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ จากผลการวิเคราะห์ความถูกต้องการใช้เครื่องมือ Teachable Machine ในการจำแนกรูปภาพประเภทขยะ ภาพรวมมีค่าความถูกต้องที่ 95.72% เมื่อจำแนกค่าความถูกต้องของรูปภาพขยะแต่ละประเภท พบว่า รูปภาพขยะอันตราย มีค่าความถูกต้องสูงที่สุด รองลงมาคือ รูปภาพขยะติดเชื้อ รูปภาพขยะรีไซเคิล รูปภาพขยะทั่วไป และรูปภาพขยะอินทรีย์ ตามลำดับ โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ระหว่าง 92-99% ถือได้ว่าการศึกษาครั้งนี้มีค่าความถูกต้องในการจำแนกประเภทขยะอยู่ระดับที่สูง ทั้งนี้ในกรณีที่รูปภาพขยะอันตรายมีค่าความถูกต้องสูงที่สุด อาจเนื่องมาจากลักษณะและรูปร่างของรูปภาพขยะอันตราย เช่น ขวดยา ถ่านไฟฉาย ยาฆ่าแมลง ขวดบรรจุสารเคมี ฯลฯ มีความคล้ายคลึงกัน จึงทำให้เครื่องมือ Teachable Machine สามารถเรียนรู้และจำแนกรูปภาพได้ดีกว่าขยะ

ประเภทอื่น สอดคล้องกับ Wannasawaskul (2024) ได้ศึกษาการแยกประเภทขยะด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ พบว่า ขยะกลุ่มแบตเตอรี่ ซึ่งจัดอยู่ในขยะอันตราย มีค่าความถูกต้องมากที่สุด ในขณะที่ขยะกลุ่มขวดแก้ว ขวดพลาสติก และขยะอินทรีย์ มีค่าความถูกต้องน้อยที่สุด เนื่องจากขวดมีความหลากหลายด้านรูปร่างและลักษณะมากกว่า จึงส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการจำแนกขยะมากขึ้นตามไปด้วย

### สรุปผลการวิจัย

ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการจำแนกประเภทขยะด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ มีขั้นตอนวิธีการวิจัย ดังนี้ (1) การเตรียมข้อมูลรูปภาพขยะแต่ละประเภท ได้แก่ รูปภาพขยะอินทรีย์ รูปภาพขยะทั่วไป รูปภาพขยะรีไซเคิล รูปภาพขยะอันตราย และรูปภาพขยะติดเชื้อ (2) การเลือกใช้เครื่องมือ Teachable Machine ที่ใช้หลักการการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning: ML) มาใช้ในการจำแนกประเภทขยะ (3) การสร้างแบบจำลองและกำหนดค่าไฮเปอร์พารามิเตอร์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลรูปภาพในเครื่องมือ Teachable Machine (4) การประเมินผลการวิเคราะห์ข้อมูลรูปภาพเพื่อหาประสิทธิภาพความถูกต้องโดยใช้สถิติค่าร้อยละ (%) และค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และ (5) การนำไปใช้ประโยชน์ในการนำไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันระบบการคัดแยกขยะใช้กับห้องสมุดและหน่วยงานต่าง ๆ รวมถึงเพื่อนำนวัตกรรมไปใช้ประโยชน์สำหรับการดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ผลการทดสอบประสิทธิภาพความถูกต้องอยู่ระหว่าง 92-99% ซึ่งสามารถนำนวัตกรรมไปประยุกต์ใช้ในการจำแนกคน สัตว์ สิ่งของ ได้ตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งาน หรือนำไปต่อยอดในการนำไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันเพื่อนำไปใช้ดำเนินการกิจกรรมต่าง ๆ ได้

### ข้อเสนอแนะ

1. ห้องสมุดและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการบริการสารสนเทศ สามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ได้กับการดำเนินงานอื่น ๆ ได้ เช่น การจำแนกประเภทของทรัพยากรสารสนเทศ และการจำแนกประเภทผู้ใช้บริการ เป็นต้น
2. ในการพัฒนาต้นแบบระบบการจำแนกประเภทขยะด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ ทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ (New Innovation) ที่จะต่อยอดไปถึงการพัฒนาแอปพลิเคชันได้ รวมไปถึงการบริการสังคมในการให้ความรู้การจำแนกขยะแก่คนในชุมชนให้ตระหนักถึงการจัดการขยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. การวิจัยในอนาคตสามารถใช้ข้อมูลรูปภาพให้เป็นภาพขยะจริง เพื่อนำไปต่อยอดในการพัฒนาระบบจำแนกประเภทขยะและนำไปใช้กับหน่วยงานได้จริง

### เอกสารอ้างอิง

Amornsiriphong, W., Kanthong, P., and Pinyong, S. (2015). An appropriate model for solid waste management: A case study of Kamphaengsan Witthaya School, Amphoe Kamphaengsaen, Nakhon Pathom Province. *Journal of Thai Interdisciplinary Research*, 10(2), 16-23. [In Thai]

- Apornpisarn, K., Kedsom, T., Theanthong, O., and Samgamsue, C. (2024). Classification of caladium by image processing on the mobile application. **The Journal of Spatial Innovation Development (JSID)**, 5(1), 60-72. [In Thai]
- Arsasuwan, T., Jainaen, C., and Sophonphichet, P. (2024). Applying Google's teachable machine to detect the faces of criminals according to arrest warrants. **Defence Technology Academic Journal**, 6(13), 62-73. [In Thai]
- Asaman, A., Soemsakvorakun, P. and Sitthisarn, S. Classification of palm nutrient deficiency using deep learning technology for palm leaves image processing on mobile application. In **The 13th National Science Research Conference (SRC13)** (pp. 939-945), Phatthalung, Thaksin University. [In Thai]
- Assawadithalerd, M., Somprasong, K., Manoros, P., and Karaket, N. (2023). The application of image analysis technology to classify waste leakage into rivers in real time. **Thai Environment**. 27(2), 1-9. [In Thai]
- Chailaungkarn, T. and Nuchpong, P. (2017). **Glass and plastic bottle separation machine**. (Master's Thesis). Naresuan University, Thailand. [In Thai]
- Chainok, B. and Srirawong, R. (2024). Application of teachable machine for automatic bottle sorting. **Journal of Technology and Engineering Progress**, 2(1-2), 13-20. [In Thai]
- Chinnasarn, K. (2007) **Digital image processing**. Retrieved from <https://staff.informatics.buu.ac.th/~krisana/310457/handout/book310453.pdf> [In Thai]
- Donphainen, S., and Nakpomchin, S. (2022). The face of security guards detect system via Line application with image processing technique. **Science Journal Chandrakasem Rajabhat University**, 32(2), 80-86. [In Thai]
- Google Creative Lab. (2024). **Teachablemachine-community**. Retrieved from <https://github.com/googlecreativelab/teachablemachine-community>
- Hengpraprom, S. (2023). **Machine learning**. Nakhon Pathom: Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University. [In Thai]
- Kaewneam, K., and Nopchanasupab, S. (2024). Real-time monitoring and control of indoor and outdoor air quality and particulate matter for Office of Academic Resources Buildings. **PULINET Journal**, 11(1), 189-206. [In Thai]
- Kanghae, K., Chaicheewarungruang, N., and Naco, A. (2022). An application for analyzing cat diseases from photos and applying rules. In: **The 13th National Science Research Conference (SRC13)** (pp. 947-955), Phatthalung, Thaksin University. [In Thai]
- MGR Online. (2024). ตะลึง! คนไทยชอปปออนไลน์ทะลุ 7 แสนล้าน ปี 2023 สูงเป็นประวัติการณ์ พร้อมเผย 4 กลยุทธ์การตลาดออนไลน์ ปี 2024 [Shocking! Thais shop online to exceed 700 billion in 2023, a record high, revealing 4 online marketing strategies for 2024]. Retrieved from <https://mgronline.com/smes/detail/9670000002036> [In Thai]

- Muangpool, T., and Yenpoeng, V. (2022). Developing a recyclable waste sorting system with IoT technology. **Journal of Applied Information Technology**, 8(2), 7-16. [In Thai]
- Netyong, A., and Naritnate, T. (2019). Intelligent Trash. In: **The Second FIT SSRU Conference 2019** (pp. 128-133), Bangkok, Suan Sunandha Rajabhat University. [In Thai]
- Nimittammasophon, A., Khaokham, P., Chaivino, N., Suanmali, W., Phadpin, A., and Faksomboon, B. (2023). Employees awareness and participation about Green Office building in Kamphaeng Phet Rajabhat University. **Journal of Science and Technology CRRU**, 2(2), 20-28. [In Thai]
- Phetkat, A., Yasaohah, N., and Jungjit, S. (2022). Songkhla-Phatthalung local food classification system on mobile phone. In: **The 13th National Science Research Conference (SRC13)** (pp. 903-911), Phatthalung, Thaksin University. [In Thai]
- Piwbang, K., Promyutthana, S., and Kamdam, K. (2019). **Automatic bottle separator machine**. (Master's Project). Suranaree University of Technology, Thailand. [In Thai]
- Promlayyok, P., Sriprasom, P., and Pukkhem, N. (2022). Application for Durian variety classification using machine learning technique. In: **The 13th National Science Research Conference (SRC13)** (pp. 887-894), Phatthalung, Thaksin University. [In Thai]
- Purinta, A. (2023). Promotion of waste management behaviors in the community of community leaders according to the 3R principles of Phu Sing Subdistrict, Sahatsakhan District Kalasin Province. **Journal of Environmental and Community Health**, 8(1), 198-204.
- Sasen, K., Somsri, T., and Enkvetchakul, P. (2024). Development of a helmet-wearing detection system using computer vision technology and convolutional neural networks. **Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University**, 2(3), 1-10. [In Thai]
- Srisa-ard, B. (2011). การวิจัยเบื้องต้น [Basic research]. (9nd ed.). Bangkok: Suweeriyasan. [In Thai]
- Suwanno, A., and Polpuk, S. (2018). Administration of community participation promotion in waste segregation of municipalities in Singburi Province. **EAU Heritage Journal Social Science and Humanities**, 8(1), 122-131. [In Thai]
- Thai PBS. (2024). "ขยะล้นเมือง" คนไทยสร้างขยะเฉลี่ย 7.3 หมื่นตัน/วัน ["Overflowing Waste" Thais create an average of 73,000 tons of garbage per day]. Retrieved from <https://www.thaipbs.or.th/news/content/340722> [In Thai]
- Wannasawaskul, W. (2024). The Development of web application for waste separation with Artificial Intelligence technology. **Science and Technology Nakhon Sawan Rajabhat University Journal**, 16(23), 51-65. [In Thai]