



การพัฒนาระบบคัดแยกเมล็ดกาแฟเพื่อเพิ่มมูลค่าเมล็ดกาแฟ และลดต้นทุน
ในการคัดแยกด้วยปัญญาประดิษฐ์
Development of Coffee Beans Sorting System for Value Enhancement
and Cost Reduction Using AI

วรวิษ แก้วนาคนาว เมธาสิทธิ์ รัตนมุล

เดชฤทธิ์ ปารักษ์ชูโชติ¹

¹โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย พิชญ์โลก ต.มะขามสูง อ.เมือง จ.พิจิตร 65000

อีเมล: sprite17102551@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงการนี้ศึกษาและพัฒนากระบวนการคัดแยกเมล็ดกาแฟ ที่ปัจจุบันยังมีข้อจำกัดด้านความแม่นยำ ความรวดเร็ว และความต่อเนื่องในการทำงาน โครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและทดสอบ (1) โมเดลปัญญาประดิษฐ์แบบคู่ (Dual AI) สำหรับการคัดแยกเมล็ดกาแฟ และ (2) เครื่องคัดแยกเมล็ดกาแฟที่ทำงานร่วมกับระบบ Dual AI โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาและทดสอบโมเดลปัญญาประดิษฐ์แบบคู่สำหรับการคัดแยกเมล็ดกาแฟ โดยจำแนกเมล็ดกาแฟออกเป็น 14 ประเภท สร้างชุดข้อมูลภาพถ่าย และฝึกโมเดลสำหรับการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) และการจำแนกประเภท (Classification) ผลการศึกษพบว่า YOLOv8 ขนาด Medium มีความสมดุลระหว่างความแม่นยำและความเร็วในการตรวจจับดีที่สุด ขณะที่ YOLOv11 ขนาด Medium ให้ผลการจำแนกประเภทที่แม่นยำและรวดเร็วที่สุด เมื่อนำทั้งสองโมเดลมาผสานเป็นระบบ Dual AI พบว่ามีค่า Accuracy, Recall, Precision และ F1-score เท่ากับ 91.68%, 99.66%, 96.62% และ 98.07% ตามลำดับ สะท้อนให้เห็นว่าระบบสามารถตรวจจับและจำแนกเมล็ดกาแฟได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

ตอนที่ 2 การพัฒนาและทดสอบเครื่องคัดแยกเมล็ดกาแฟที่ทำงานร่วมกับระบบปัญญาประดิษฐ์แบบคู่ จากการทดสอบพบว่าการใช้ระบบป้อนเมล็ดแบบสั่น ให้ประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีอุณหภูมิการทำงานต่ำ มีความเสถียร และสามารถป้อนเมล็ดได้อย่างต่อเนื่อง ส่วนกลไกคัดแยกแบบที่ 2 ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด โดยทำงานได้รวดเร็วและไม่พบปัญหาระหว่างการทำงาน เมื่อทดสอบระบบด้วยเมล็ดกาแฟจำนวน 5 ชุด ชุดละ 500 เมล็ด พบว่าระบบสามารถคัดแยกเมล็ดกาแฟได้อย่างแม่นยำ โดยมีค่า Accuracy เฉลี่ย 91.64% และ F1-score 94.63% อีกทั้งมีค่า S.D. และ C.V. ต่ำ สะท้อนถึงความสม่ำเสมอและเสถียรภาพของระบบ จึงมีความเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานจริงในการคัดแยกเมล็ดกาแฟแบบอัตโนมัติ

คำสำคัญ: เมล็ดกาแฟ, โมเดลปัญญาประดิษฐ์แบบคู่, การคัดแยก, ประสิทธิภาพ

1. บทนำ

ปัจจุบันกาแฟเป็นสินค้าเกษตรสำคัญระดับโลกที่มีความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมูลค่าตลาดกาแฟทั่วโลกเพิ่มขึ้นร้อยละ 327 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2566 สูงกว่าสถิติปี พ.ศ. 2540 ถึง 1.34 เท่า โดยเฉพาะตลาดขนาดใหญ่อย่างสาธารณรัฐประชาชนจีนที่มีการบริโภคเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และตลาดกาแฟพิเศษในยุโรปซึ่งมีมูลค่าประมาณ 20.6 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ คิดเป็นร้อยละ 30 ของตลาดกาแฟพิเศษทั่วโลก พร้อมแนวโน้มเติบโตเฉลี่ยร้อยละ 13 ต่อปีในช่วงปี พ.ศ. 2565–2573 อย่างไรก็ตาม ประเทศบราซิลซึ่งเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ของโลกได้รับผลกระทบจากภาวะโลกร้อน ทำให้พื้นที่เพาะปลูกเสียหายกว่า 1.25 ล้านไร่ ส่งผลต่อปริมาณการผลิตและเปิดโอกาสให้ประเทศผู้ผลิตอื่น รวมถึงประเทศไทยในการพัฒนาคุณภาพกาแฟเพื่อรองรับกับความต้องการตลาดโลก

ในด้านคุณภาพ กาแฟเกรดพิเศษต้องผ่านการประเมินจาก Q-Grader ได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 80 คะแนน โดยพิจารณาจากกลิ่น รสชาติ ขนาดเมล็ด และข้อบกพร่อง แม้ว่าการคัดแยกด้วยแรงงานมนุษย์จะมีความแม่นยำสูงและเป็นวิธีที่นิยมใช้ แต่ยังมีข้อจำกัดด้านต้นทุนและความสม่ำเสมอ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์แบบคู่ (Dual AI) ที่ผสานระบบตรวจจับวัตถุ (Object Detection) และการจำแนกประเภท (Classification) เพื่อคัดแยกเมล็ดกาแฟ 14 ประเภท ซึ่งช่วยเพิ่มความแม่นยำ ความสม่ำเสมอ ลดความผิดพลาดจากมนุษย์ และยกระดับศักยภาพการแข่งขันของกาแฟไทยในตลาดโลกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วิธีการดำเนินงาน

กระบวนการวิจัยถูกออกแบบออกเป็นระบบ โดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ (1) การพัฒนาและทดสอบโมเดลปัญญาประดิษฐ์แบบคู่สำหรับการคัดแยกเมล็ดกาแฟ, (2) การพัฒนาและทดสอบเครื่องคัดแยกเมล็ดกาแฟที่ทำงานร่วมกับ AI

2.1 การพัฒนาและทดสอบโมเดล

ปัญญาประดิษฐ์แบบคู่สำหรับการคัดแยกเมล็ดกาแฟ

เตรียมชุดข้อมูลโดยจำแนกเมล็ดกาแฟ 14 ประเภท ถ่ายภาพทั้งแบบ 3×3 และเมล็ดเดี่ยว โดยเมล็ดบกพร่อง 600 เมล็ด/ประเภท และเมล็ดสมบูรณ์ 1,200 เมล็ด/ประเภท จากนั้นทำ labeling และแบ่งข้อมูล 70:20:10 สำหรับฝึก ตรวจสอบ และทดสอบ ก่อนส่งออกเป็นรูปแบบ YOLO

ฝึกโมเดล Object Detection โดยใช้ YOLOv5n, YOLOv8n และ YOLOv11n ที่ 50 epoch ประเมินผลด้วย mAP, Precision, Recall, F1-score และ Confusion Matrix เพื่อคัดเลือกโมเดลที่ดีที่สุด และเปรียบเทียบขนาด Small, Medium, Large ด้านความแม่นยำและเวลาในการประมวลผล

ในส่วนของการ Classification พัฒนาโปรแกรมตัดภาพเมล็ดเดี่ยวจากภาพ 3×3 และทำ Data Augmentation (หมุน 90°, 180°, 270°) ก่อนฝึก YOLOv5n-cls, YOLOv8n-cls และ YOLOv11n-cls ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน แล้วคัดเลือกขนาดที่เหมาะสมที่สุดท้ายพัฒนาระบบ Dual AI ผสานการตรวจจับและจำแนก และทดสอบกับข้อมูลใหม่เพื่อประเมินประสิทธิภาพโดยรวม

2.2 การพัฒนาและทดสอบเครื่องคัดแยกเมล็ด

กาแฟที่ทำงานร่วมกับระบบ Dual AI

ออกแบบขั้นตอนการทำงานและพัฒนาโปรแกรมควบคุมบน Raspberry Pi จากนั้นทดสอบแกนหมุนสายพานที่พิมพ์สามมิติร่วมกับมอเตอร์ 12V 50 RPM โดยวัดโมเมนต์ความเฉื่อย อุณหภูมิ คาบการหมุน และเสถียรภาพ เพื่อคัดเลือกแบบที่เหมาะสม พร้อมออกแบบและทดสอบกลไกคัดแยกหลายรูปแบบโดยพิจารณาความเร็ว ความแม่นยำ และความต่อเนื่อง ก่อนสร้างเครื่องต้นแบบที่คำนึงถึงความแข็งแรงและบำรุงรักษาง่าย

นำเครื่องมาทดสอบประสิทธิภาพด้วยตัวอย่าง 5 ชุด ชุดละ 500 เมล็ด (สมบูรณ์ 400 บกพร่อง 100) และประเมินผลด้วย Confusion Matrix, Accuracy, Recall,

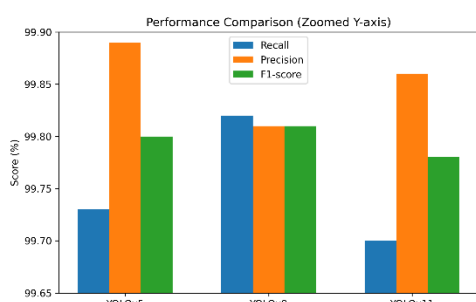
F1-score, Mean Precision, S.D. และ C.V. เพื่อวิเคราะห์ความแม่นยำ ความสม่ำเสมอ และความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง

3. ผลและอภิปรายผล

3.1 การพัฒนาและทดสอบโมเดลปัญญาประดิษฐ์แบบคู่สำหรับการคัดแยกเมล็ดกาแฟ

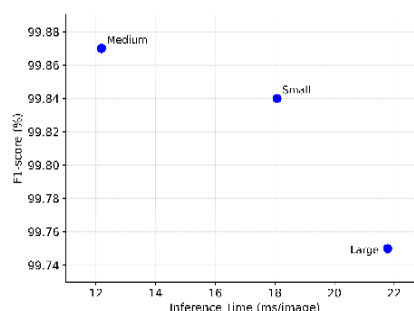
ผลการพัฒนาและทดสอบโมเดลปัญญาประดิษฐ์แบบคู่ (Dual AI) ยืนยันถึงศักยภาพในการนำมาใช้ในการตรวจจับและคัดแยกเมล็ดกาแฟ โดยโมเดล Object Detection สามารถที่จะตรวจจับเมล็ดกาแฟได้อย่างแม่นยำ ในขณะที่โมเดล Classification สามารถจำแนกเมล็ดกาแฟได้อย่างครอบคลุม

ตารางที่ 1 แสดงผลการศึกษาโมเดลต้นแบบ Object Detection สำหรับโมเดลตรวจจับเมล็ดกาแฟ



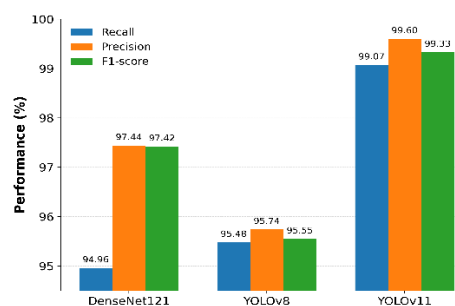
ผลการทดลองชี้ว่า YOLOv8 เหมาะสมที่สุดสำหรับงานตรวจจับเมล็ดกาแฟ โดยให้ค่า Recall, Precision และ F1-score สูงสุด (99.82%, 99.81% และ 99.81%) แม้ทุกโมเดลมีค่า True Positive เท่ากันและไม่มี False Negative แต่ความผิดพลาดจากการทำนายฉากหลังมีผลต่อค่า Precision และ F1-score โดย YOLOv5 มี Precision สูงจากการไม่ทำนายฉากหลังผิดพลาด ขณะที่ YOLOv11 มี False Positive สูงกว่าเล็กน้อย ทำให้ Precision ลดลงเล็กน้อย

รูปที่ 1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาประมวลผลและความแม่นยำของ Object detection



ผลการทดลองพบว่าโมเดลขนาด Medium เหมาะสมที่สุดสำหรับงานตรวจจับเมล็ดกาแฟ โดยให้ค่า Recall, mAP, Precision และ F1-score สูงสุด (99.86%, 94.73%, 99.89% และ 99.87%) และใช้เวลาเพียง 12.19 มิลลิวินาทีต่อภาพ แสดงถึงความสมดุลระหว่างความเร็วและความแม่นยำ แม้ทุกขนาดมีค่า True Positive เท่ากันและไม่มี False Negative แต่ขนาด Large ใช้เวลานานที่สุด (21.78 ms/ภาพ) ส่วนขนาด Small มีความแม่นยำและ mAP ต่ำสุด จึงไม่เหมาะกับงานที่ต้องการทั้งความเร็วและความแม่นยำสูง

ตารางที่ 2 แสดงผลการศึกษาโมเดลต้นแบบ Classification สำหรับการจำแนกประเภทเมล็ดกาแฟ

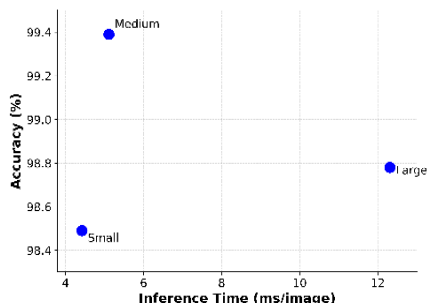


ผลการทดลองพบว่า YOLOv11 เป็นโมเดล Classification ที่เหมาะสมที่สุด โดยให้ค่า Accuracy, Recall, Precision และ F1-score สูงสุด (99.07%, 99.07%, 99.60% และ 99.33%) มีความผิดพลาดต่ำมาก ขณะที่ YOLOv8 แม้มี Accuracy 95.48% และ F1-score 95.55% แต่ยังมีสับสนในคลาสที่ลักษณะใกล้เคียงกัน เช่น cut และ floater ส่วน DenseNet121 มี Accuracy



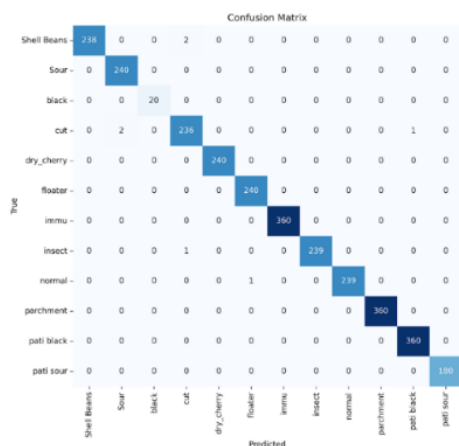
ต่ำสุด (94.96%) และยังแยกคลาสที่คล้ายกันได้จำกัด แม้ทำได้ในคลาส normal, insect และ dry_cherry

รูปที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาประมวลผลและความแม่นยำของ Classification



ผลการทดลองพบว่าโมเดลขนาด Medium เหมาะสมที่สุดสำหรับงาน Classification โดยให้ค่า Accuracy, Recall, Precision และ F1-score สูงสุด (ประมาณ 99.39%) และใช้เวลาเพียง 5.11 มิลลิวินาทีต่อภาพ แม้ทั้งสามขนาดมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน แต่ขนาด Large ใช้เวลานานที่สุด ขณะที่ขนาด Small แม้เร็วที่สุดแต่มี Accuracy ต่ำสุด โดยกราฟความสัมพันธ์ยืนยันว่า Medium ให้ความสมดุลดีที่สุดระหว่างความแม่นยำและเวลาในการประมวลผล

รูปที่ 3 Confusion Matrix แสดงผลการทดสอบระบบปัญญาประดิษฐ์คู่ (Dual AI)



ผลการทดลองแสดงว่า ระบบ Dual AI มีประสิทธิภาพสูง โดยมีค่า Accuracy 91.68%, Recall 99.66%, Precision 96.62% และ F1-score 98.07% สะท้อนความสามารถในการตรวจจับและจำแนกได้ครอบคลุม โดยเฉพาะ Recall ที่สูงมากแสดงถึงการไม่

พลาดวัตถุจริงจาก Confusion Matrix พบว่าหลายชนิด เช่น dry_cherry, immune, parchment, patial_black และ sour จำแนกได้ถูกต้องทั้งหมด ส่วน shell beans, cut และ insect มีความผิดพลาดเพียงเล็กน้อย แสดงถึงความแม่นยำและความสม่ำเสมอของระบบในทุกคลาส

3.2 การพัฒนาและทดสอบเครื่องคัดแยกเมล็ดกาแฟที่ทำงานร่วมกับปัญญาประดิษฐ์แบบคู่ (Dual AI)

ผลการพัฒนาและทดสอบเครื่องคัดแยกเมล็ดกาแฟ ยืนยันถึงศักยภาพในการนำมาใช้ในการคัดแยกเมล็ดกาแฟโดยทุกส่วนสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและสอดคล้องกัน

ตารางที่ 3 แสดงผลการศึกษาระบบการป้อนเมล็ดกาแฟ

รูปแบบการป้อน	ความร้อนของมอเตอร์ (°C)	อัตราการป้อน (กก./ชม.)
แบบที่ 1	76.4	-
แบบที่ 2	85.2	1.06
แบบที่ 3	57.8	0.81
แบบที่ 4	31.3	1.58

ผลการทดลองพบว่า ระบบการป้อนรูปแบบที่ 4 (มอเตอร์สั่น) เหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถป้อนเมล็ดได้อย่างต่อเนื่อง มีความร้อนเพียง 31.3 °C และมีอัตราการป้อนถึง 1.58 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ขณะที่รูปแบบที่ 3 มีอุณหภูมิมอเตอร์ลดลงจากรูปแบบที่ 2 แต่มีอัตราการป้อนเพียง 0.81 กก./ชม. จึงยังมีประสิทธิภาพต่ำกว่า ส่วนรูปแบบที่ 2 แม้มีอัตราการป้อน 1.06 กก./ชม. แต่เกิดความร้อนสะสมสูงถึง 85.2 °C และมีการสั่นของระบบ ขณะที่รูปแบบที่ 1 มีโมเมนต์ความเฉื่อยสูงจนมอเตอร์ไม่สามารถขับเคลื่อนได้ จึงไม่เหมาะสำหรับการใช้งานจริง

ตารางที่ 4 แสดงผลการศึกษากลไกคัตแยกเมล็ดกาแฟ

รูปแบบ	ผลการสังเกตประสิทธิภาพการใช้งาน
แบบที่ 1	การหมุนควบคุมองศาได้แม่นยำ แต่ความเร็วรอบไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการติดค้างของเมล็ดกาแฟ
แบบที่ 2	การหมุนควบคุมองศาได้ดี หมุนได้เร็ว และไม่พบเมล็ดกาแฟติดค้าง

จากการทดลองพบว่า กลไกคัตแยกแบบที่ 2 ดีที่สุด ด้วยความเร็วรอบ 150 RPM ควบคุมองศาได้ดี หมุนรวดเร็ว และลดปัญหาเมล็ดติดค้างได้ชัด แบบที่ 1 แม้ควบคุมองศาแม่นยำ แต่มีความเร็วเพียง 60 RPM ทำให้เกิดปัญหาเมล็ดติดค้างที่ปลายแขนหมุน

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบระบบคัตแยกเมล็ดกาแฟ

ทดลองครั้งที่	Mean precision (%)	Recall (%)	F1 – Score (%)
1	97.11	92.25	94.62
2	96.25	89.75	92.88
3	97.57	90.50	93.90
4	96.47	95.75	96.11
5	97.66	93.75	95.66
เฉลี่ย	97.01	92.40	94.63

ผลการทดลองแสดงว่าระบบคัตแยกมีประสิทธิภาพสูง (Mean Precision 97.01%, Accuracy 91.64%, Recall 92.40%, F1-score 94.63%) และมีความเสถียรดี (S.D. 0.64, C.V. 0.66%) โดยมี TP 370, TN 89 และค่าความผิดพลาดต่ำ (FP 11, FN 30) สะท้อนความแม่นยำและความสม่ำเสมอ เหมาะสมต่อการใช้งาน

4. สรุปผล

โมเดล YOLOv8 ขนาด Medium เหมาะสมที่สุดสำหรับ Object Detection (Recall 99.86%, Precision 99.89%, F1-score 99.87%) และใช้เวลาเพียง 12.19 ms/ภาพ ส่วน YOLOv11 ขนาด Medium

เหมาะสมที่สุดสำหรับ Classification (Accuracy 99.39%, Recall 99.38%, Precision 99.39%, F1-score 99.39%) ใช้เวลา 5.11 ms/ภาพ เมื่อนำมารวมเป็นระบบ Dual AI ได้ค่า Accuracy 91.68%, Recall 99.66%, Precision 96.62% และ F1-score 98.07% แสดงถึงประสิทธิภาพสูงในการตรวจจับและจำแนกอย่างครอบคลุม

ระบบการป้อนรูปแบบที่ 4 (มอเตอร์สั่น) เหมาะสมที่สุด ป้อนได้อย่างต่อเนื่อง และรวดเร็ว ส่วนกลไกคัตแยกแบบที่ 2 ดีที่สุด ควบคุมองศาได้ดี รวดเร็ว และไม่พบเมล็ดติดค้าง เมื่อนำมารวมเป็นระบบ ได้ค่า Mean Precision 97.01%, Accuracy 91.64%, Recall 92.40% และ F1-score 94.63% มีความเสถียรสูง (S.D. 0.64, C.V. 0.66%) โดยมี TP 370, TN 89, FP 11 และ FN 30 สะท้อนความแม่นยำและความสม่ำเสมอ เหมาะสมต่อการใช้งานจริง

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากความร่วมมือของหลายฝ่าย คณะผู้จัดทำขอขอบคุณครูที่ปรึกษา ได้แก่ นายเดชฤทธิ์ ปาระรักษ์โชติ และนายจิรัฐติกร เหมาะทอง ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำอย่างใกล้ชิด

ขอขอบคุณหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณะครูโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย พิชณุโลก และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ รวมถึงบิดามารดาที่ให้อำนาจใจ และสมาชิกในกลุ่มที่ร่วมมือกันอย่างดี

ท้ายที่สุด ขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนสนับสนุน แม้ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ และหวังว่ารายงานฉบับนี้จะ เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Nguyen, P., & Tran, T. (2022). **Automatic rice disease detection system through chatbot ONLINE platform using YOLOv3**



model. Ithaca, NY: arXiv. สืบค้นเมื่อ 18 เมษายน 2568, จาก <https://arxiv.org/abs/2011.10823>

กรมวิชาการเกษตร. (2563). **สถานการณ์กาแฟ พฤษภาคม 2563**. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร. สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2568, จาก https://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2020/05/สถานการณ์กาแฟ_พฤษภาคม63.pdf

เพ็ญภา ภูโคกห้วย. (2566). **โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเพื่อการจำแนกประเภทความบกพร่องของเมล็ดกาแฟ (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต)**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. สืบค้นเมื่อ 18 เมษายน 2568, จาก <http://ir-thesis.swu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/2753/1/gs641130062.pdf>

พระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ. 2551. (2562). **ราชกิจจานุเบกษา**, 136(ตอนพิเศษ 6 ง), 5-17. กรุงเทพฯ: สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี. สืบค้นเมื่อ 5 เมษายน 2568, จาก <https://ratchakitcha.soc.go.th/documents/17069467.pdf>

แสงดาว เตือนแจ่ม. (2564). **การสกัดและคัดเลือกคุณลักษณะของเมล็ดกาแฟเพื่อจำแนกประเภทตามคุณภาพด้วยการประมวลผลภาพถ่าย (สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต)**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2568, จาก <https://shorturl.at/dxff2>