รายงานโครงการวิจัย

การพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดโรคและศัตรูพืช ที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

Development of Mobile Application for Cassava Leaf Disease Detection

กรมวิชาการเกษตร

กฤษณา แสงดี

Kritsana Sangdee

พ.ศ. 2564

รายงานโครงการวิจัย

การพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดโรคและศัตรูพืช ที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

Development of Mobile Application for Cassava Leaf Disease Detection

กรมวิชาการเกษตร

กฤษณา แสงดี

Kritsana Sangdee

พ.ศ. 2564

คำปรารภ

โครงการพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง อยู่ภายใต้แผนงานย่อยวิจัยพัฒนาระบบจำแนกโรคและศัตรูพืชบนใบมันสำปะหลัง โดยเทคนิคประมวลผลภาพดิจิทัล แผนงานวิจัยและพัฒนาระบบสารสนเทศสู่เกษตรดิจิทัล ของกรมวิชาการเกษตร ดำเนินการวิจัยในปี 2564 เป็นการนำปัญญาประดิษฐ์มาช่วยในการตัดสินใจ โดยการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ (Image Processing) ซึ่งเป็นการนำภาพมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยการนำการวิเคราะห์เชิงลึก (Deep learning) มาช่วยในการวิเคราะห์แล้วพัฒนาเป็นระบบช่วยในการวินิจฉัยโรคบนใบมันสำปะหลังให้มีความรวดเร็ว แม่นยำ ช่วยลดเวลา ลดขั้นตอน ลดช่องว่างในการเข้าถึงข้อมูลของภาครัฐ พร้อมทั้งช่วยลดการใช้สารเคมีที่ไม่ถูกต้อง ลดการระบาดของโรค เพิ่มคุณภาพของผลผลิต ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีให้แก่เกษตรกร

รายงานฉบับนี้ ประกอบด้วยการจัดทำฐานข้อมูลรูปลักษณ์และเครื่องมือสืบค้นด้วยภาพ และพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ดำเนินงานในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญและมีการระบาดของโรคที่สำคัญ โดยเฉพาะอาการใบด่างมันสำปะหลังในช่วงที่ผ่านมา

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับนี้จะมีประโยชน์แก่นักวิจัย นักวิชาการเกษตร เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ตลอดจนผู้สนใจ ในการนำไปเป็นข้อมูล แนวทาง และพัฒนาต่อยอดโมบายแอพลิชั่นกับพืชอื่น หรือพื้นที่อื่นให้เกิดประโยชน์ต่อไป

คณะผู้วิจัย

กุมภาพันธ์ 2565

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

เรื่อง	**หน้า**
กิตติกรรมประกาศ	5
ผู้วิจัย	6
บทนำ	7
บทคัดย่อ	10
การทดลองที่ 1 จัดทำฐานข้อมูลรูปลักษณ์และเครื่องมือสืบค้นด้วยภาพ	12
การทดลองที่ 2 พัฒนาแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง	22
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	36
บรรณานุกรม	37
ภาคผนวก	39

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง รับผิดชอบโดยหน่วยงานศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมวิชาการเกษตร ดำเนินการรวบรวมและทดสอบข้อมูลในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว ในการศึกษาวิจัยนี้ได้รับความร่วมมือจากหลายภาคส่วนเป็นอย่างดียิ่ง ผู้รับผิดชอบโครงการจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ โดยขอขอบคุณกรมวิชาการเกษตรที่ให้โอกาสและทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ขอขอบคุณเกษตรกรแปลงมันสำปะหลังในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว คณะผู้บริหารศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร นายอิสิวัฒน์ บัณฑราภิวัฒน์ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและระบบสารสนเทศ นายจงรักษ์ จารุเนตร ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปราจีนบุรี ที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย กรมส่งเสริมการเกษตร ที่ให้ข้อมูลโรคบนใบมันสำปะหลังในพื้นที่ ตัวอย่างภาพในการรวบรวมและทดสอบโมบายแอพพลิเคชั่น และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณทีมงานจากนักวิจัย เจ้าหน้าที่ ของศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ ร่วมแรงร่วมใจในการดำเนินการวิจัยกันอย่างดียิ่ง จนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

คณะผู้วิจัย

กุมภาพันธ์ 2565

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

กฤษณา แสงดี

Kritsana Sangdee

สุรพงษ์ ประสิทธิ์วัฒนเสรี

Surapong Prasitwattanaseree

นครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์

Nakarintip Putthasit

วีรศักดิ์ ขุนชำนาญ

Weerasak Khunchamnan

ธีรภัทร ธรรมไชยางกูร

Teerapat Tummachaiyangkul

นวลมณี พรหมนิล

Nuanmanee Phromnil

อมรรัชฎ์ คิดใจเดียว

Amonrat Kitjaidewa

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

โรคของมันสำปะหลังมีสาเหตุจากเชื้อต่างๆ ได้แก่ เชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย เชื้อไวรัส ไฟโตพลาสมา และไส้เดือนฝอย ในประเทศไทยมีรายงานโรคของมันสำปะหลัง ได้แก่ โรคใบไหม้ โรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคแอนแทรคโนส ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเกษตรกรรม ทำให้ผลผลิตลดลงและส่งผลถึงมูลค่าทางเศรษฐกิจ สาเหตุที่สำคัญมักเกิดจากการที่เกษตรกรขาดวิธีการป้องกันกำจัดที่ถูกต้องและทันเวลา ลักษณะอาการและความรุนแรงของโรคพืชที่มีความแปรผันตามสายพันธุ์พืช สายพันธุ์เชื้อก่อโรค รวมทั้งสภาพแวดล้อมในบริเวณปลูกพืชก็จัดเป็นอุปสรรคที่ทำให้เกษตรกรลังเลหรือขาดความมั่นใจในการเลือกวิธีปฏิบัติ ซึ่งการปฏิบัติการป้องกันกำจัดที่ล่าช้า จะทำให้การระบาดของโรครุนแรงและสร้างความเสียหายต่อผลิตผลมากยิ่งขึ้น

โดยทั่วไปการวินิจฉัยโรคพืชเป็นเทคนิคที่ต้องใช้เวลา เกษตรกรต้องเก็บตัวอย่างโรคพืชและเดินทางหรือส่งทางไปรษณีย์มายังหน่วยงานที่รับวินิจฉัย ระยะเวลาทั้งหมดจนกว่าเกษตรกรจะได้รับผลการวินิจฉัยอาจใช้เวลานาน 2 - 4 สัปดาห์ ซึ่งไม่ทันต่อการระบาดของโรค เกษตรกรบางรายอาจใช้วิธีบันทึกภาพด้วยกล้องแล้วส่งมายังหน่วยงานหรือนักวิจัย แต่คุณภาพของภาพที่เกษตรกรบันทึกมักจะเป็นอุปสรรคต่อการวินิจฉัยของเจ้าหน้าที่ นอกจากนี้ หากเกษตรกรสามารถมองเห็นอาการด้วยตาอย่างชัดเจน มักจะเป็นระยะที่โรคมีการพัฒนาพอสมควร ซึ่งการป้องกันกำจัดหลังจากนี้อาจไม่ได้ผลเท่าที่ควร การติดตามการแพร่ระบาดของโรคเป็นวิธีที่นักโรคพืชพยายามพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถพยากรณ์โรคพืชที่จะเกิดขึ้น และส่งข่าวถึงเกษตรกรได้ทันเวลาที่เกษตรกรจะสามารถปฏิบัติการป้องกันกำจัด เช่น ลดความชื้นภายในแปลงปลูก กำจัดหรือลดปริมาณเชื้อก่อโรค หรือฉีดพ่นสารเคมีชนิดป้องกันพืชไม่ให้เชื้อก่อโรคที่ตกลงบนผิวพืชหลังจากนั้นได้มีโอกาสสัมผัสพืชโดยตรง อย่างไรก็ตามการพยากรณ์โรคพืชยังเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ต้องการผู้เชี่ยวชาญทางด้านพืชศาสตร์ โรคพืชวิทยา กีฏวิทยา และอุตุนิยมวิทยา ทำให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรที่ต้องการข้อมูลล่วงหน้าและทันเวลา ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถตรวจวัดการเกิดโรคบนพืชได้ในเวลารวดเร็วและเกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้ตรวจสอบบนต้นพืชด้วยตนเองจึงเป็นงานวิจัยที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกร รวมทั้งแก้ปัญหาผลิตผลเกษตรเสียหายอันเนื่องมาจากการทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืช

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการช่วยวินิจฉัยโรคเบื้องต้น ช่วยลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการดำเนินการ โดยการประมวลผลภาพ (Image Processing) ซึ่งเป็นการนำภาพมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ เช่น การหาค่าเปอร์เซ็นต์ต่อพื้นที่ใบที่เป็นโรคและนับจำนวนจุดโรค การจำแนกประเภทข้อมูลภาพจากการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) และการสกัดตัวแปรรูปลักษณ์ของภาพ (Image Feature Extraction) ซึ่งเป็นการแยกหรือสกัดข้อมูลที่สำคัญของภาพออกมา ซึ่งตัวแปรรูปลักษณ์ของภาพสามารถหาได้โดยใช้การประมวลผลภาพ (Image Processing) โดยที่รูปลักษณ์พื้นฐานของภาพประกอบด้วย 3 ส่วนคือ สี รูปร่าง และพื้นผิว

- สี (Color) เป็นลักษณะเฉพาะของภาพที่มีบทบาทสำคัญในระบบค้นคืนภาพ เช่น ฮิสโตแกรมสี ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของสีที่นำมาใช้บ่อยๆ เนื่องจากสีเป็นสิ่งที่สามารถมองเห็นได้ง่าย และเป็นสิ่งแรกที่สามารถ

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

สังเกตเห็นได้จากการมองภาพ นอกจากนี้ สียังสามารถใช้ในการแยกแยะกลุ่มของภาพออกตามเนื้อหาได้เป็นอย่างดี เช่น สีฟ้าของน้ำทะเล สีแดงของดอกไม้ สีเขียวของใบไม้ เป็นต้น

- รูปร่าง (Shape) เป็นลักษณะเฉพาะของภาพที่ใช้อธิบายถึงรูปร่างและลักษณะ รวมถึงขนาดของวัตถุภายในภาพ ซึ่งทำให้สามารถแยกวัตถุออกจากพื้นหลังหรือแยกแยะระหว่างวัตถุที่มีรูปร่างแตกต่างกันออกจากกันได้

- พื้นผิว (Texture) เป็นลักษณะเฉพาะที่ใช้อธิบายความหยาบความละเอียดหรือความซับซ้อนของวัตถุภายในภาพ ซึ่งแต่ละภาพอาจประกอบด้วยวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวที่แตกต่างกันออกไป การวิเคราะห์พื้นผิวช่วยให้สามารถแยกแยะความแตกต่างของวัตถุได้ดียิ่งขึ้น การค้นคืนภาพที่ใช้พื้นผิวเป็นลักษณะเฉพาะของภาพส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในการค้นหาภาพจากกลุ่มภาพพื้นผิว เช่น ชุดภาพพื้นผิวของหิน ชุดภาพพื้นผิวของใบไม้ เป็นต้น การวิเคราะห์ที่นิยมได้แก่ การวิเคราะห์ตัวแปรเชิงพื้นผิวภาพ (Texture analysis) ด้วยเมตริกซ์การปรากฏร่วมของระดับสีเทา (Gray – Level Co Occurrence Matrix : GLCM) ซึ่ง GLCM มีลักษณะเป็นตาราง และค่าที่ใส่ตารางนั้นคือค่าความแตกต่างระหว่างพิกเซล (Pixel) โดยวัดด้วยความสว่างในระดับสีเทา (Gray Level) ที่เกิดขึ้น แบ่งได้ 4 ระดับ ได้แก่ช่วงความเข้มของพิกเซล 0 – 63 อยู่ในระดับที่ 0 (สีดำ) ช่วงความเข้มของพิกเซล 64 – 127 อยู่ในระดับที่ 1 (สีเทาเข้ม) ช่วงความเข้มของพิกเซล 128 – 191 อยู่ในระดับที่ 2 (สีเทาอ่อน) และช่วงความเข้มของพิกเซล 192 – 255 อยู่ในระดับที่ 3 (สีขาว) ทั้งนี้การแบ่งช่วงสีสามารถทำได้มากกว่า 4 ระดับตามความละเอียดของลวดลาย (R.M. Haralick, 1979)

ในการเลือกใช้ฐานข้อมูลกับงานด้านการเรียนรู้ของเครื่อง อาจพิจารณาได้จากการแบ่งประเภทฐานข้อมูลที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ 1) Flat File Database 2) File Server – Based Database และ 3) Database Server การจัดการข้อมูลใน Flat File Database เป็นไฟล์ชนิด Text หรือ Binary ไฟล์ชนิดนี้มีขนาดความจุที่ไม่จำกัดขึ้นอยู่กับปริมาณของข้อมูลที่จัดเก็บภายในไฟล์ ความจุไฟล์ชนิดนี้ใช้ขนาดน้อยกว่าฐานข้อมูลประเภทอื่น รวมทั้งง่ายต่อการสร้าง ค่าใช้จ่ายน้อย ไม่มีปัญหาด้านลิขสิทธิ์ และยังสามารถนำไปใช้ร่วมกับโปรแกรมประเภท Spreadsheet หรือใช้ฟังก์ชันนำเข้า (Import) ของฐานข้อมูลประเภทที่ 2 และ 3 แต่มีข้อด้อยคือ ความปลอดภัยของข้อมูลมีน้อย ความรวดเร็วในการดึงข้อมูลมาใช้จะทำงานช้าลงเมื่อไฟล์มีข้อมูลจัดเก็บไว้จำนวนมาก สำหรับภาษา python สามารถใช้คำสั่งกลุ่ม File Object เพื่อสร้าง อ่าน เขียน กับค่าข้อมูลที่ต้องการจัดเก็บลงในไฟล์ (โชติพันธุ์ และฐิติพันธุ์, 2559)

ไฟล์ CSV (Comma Separated Values) เป็นไฟล์ข้อมูลชนิด Text ที่จัดเก็บในฐานข้อมูลประเภท Flat File Database ประกอบด้วยข้อมูล Text ที่คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ หากบันทึกไฟล์เป็น CSV จะทำให้การอ่านและเขียนไฟล์ได้เร็วกว่าการบันทึกเป็นไฟล์ Excel (กอบเกียรติ, 2563)

การพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง เริ่มจากการพัฒนาโมเดลการจำแนกภาพใบมันสำปะหลังโดยใช้เทคนิคการถ่ายทอดการเรียนรู้ (Transfer Learning) เทคนิคนี้นิยมนำไปประยุกต์ใช้กับงานทางด้านการวิเคราะห์เชิงลึก (Deep Learning) การประมวลผลภาพหรือวิดีโอเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจหรือจำแนกวัตถุต่าง ๆ ได้ เนื่องจากโมเดลสำหรับงานด้านนี้มีตัวแปรเป็นจำนวนมาก ซึ่งจำเป็นต้องใช้ชุดข้อมูลขนาดใหญ่ในการเรียนรู้ของโมเดล โดยอาจใช้เวลาหลายวัน หรือหลายสัปดาห์ในการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อให้โมเดลสามารถคาดการณ์ได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้น เพื่อลดเวลาการฝึกโมเดล จึงได้นำบางส่วน

ลิขสิทธิ์การเกษตร

ของโมเดลที่ฝึกเรียบร้อยแล้วกับงานที่ใกล้เคียงกันมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของโมเดลใหม่ โดยการเขียนชุดคำสั่งภาษา Python แล้วนำชุดคำสั่งไปปรับปรุงให้สามารถเรียกใช้และแสดงผลได้ในรูปแบบโมบายแอพพลิเคชั่นต่อไป

2. วัตถุประสงค์

1) เพื่อจัดทำฐานข้อมูลภาพและรูปลักษณ์ใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรคและเครื่องมือสืบค้นด้วยภาพ

2) เพื่อพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

3.วิธีการวิจัย

โครงการพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ดำเนินการเก็บข้อมูลในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2563 ถึงเดือนกันยายน 2564 ประกอบด้วย 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 จัดทำฐานข้อมูลรูปลักษณ์และเครื่องมือสืบค้นด้วยภาพ และการทดลองที่ 2 พัฒนาแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง โดยมีการเชื่อมโยงดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 ภาพแสดงความเชื่อมโยงของกิจกรรมภายในโครงการวิจัย

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การรู้จักโรคและแมลงศัตรูพืชต่างๆ การวินิจฉัยอาการจากโรคแมลงได้เบื้องต้น เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ช่วยให้การปลูกมันสำปะหลังมีคุณภาพ สามารถเลือกใช้วิธีการกำจัดศัตรูพืชที่เหมาะสมถูกที่ ถูกเวลา และเลือกใช้สารเคมีที่ถูกต้องกับโรคในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งโรคพืชบางชนิดอาจจำแนกได้ยาก โดยเฉพาะโรคพืชมีความสำคัญต่อโครงสร้างทางสรีรวิทยาของต้นพืช เพื่อช่วยให้การวินิจฉัยโรคพืชมีประสิทธิภาพ จึงได้ดำเนินการรวบข้อมูลภาพอาการใบมันสำปะหลังที่เป็นโรคจากพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว นำมาคัดแยกภาพโรคและลักษณะอาการที่ถูกโรคทำลาย เพื่อจัดทำฐานข้อมูลภาพและรูปลักษณ์ใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรคและเครื่องมือสืบค้นด้วยภาพ พัฒนาเป็นโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลังสามารถใช้งานได้ง่าย ดำเนินการระหว่างเดือนตุลาคม 2563 ถึงเดือนกันยายน 2564 ได้ภาพใบมันสำปะหลังจำนวน 9,907 ภาพ นำภาพทั้งหมดไปปรับเพิ่มความคมชัด ตัดส่วนของภาพที่ไม่ต้องการออก กำหนดขนาดภาพเท่ากับ 224 x 224 พิกเซล แปลงภาพจากระบบสี RGB เป็นภาพระดับสีเทา และสกัดตัวแปรรูปลักษณ์ของภาพ โดยการวิเคราะห์เมตริกซ์การปรากฏร่วมของระดับสีเทา (Gray – Level Co Occurrence Matrix : GLCM) จัดเก็บชื่อภาพและรูปลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับแต่ละภาพ เป็น 6 คลาส คือ 0) ต้นปกติ 1) ใบไหม้ 2) ใบจุดสีน้ำตาล 3) แอนแทรกโนส และ 4) ใบด่าง ในรูปแบบฐานข้อมูล CSV เขียนชุดคำสั่งภาษา Python เพื่อสร้างเครื่องมือสืบค้นภาพ และแสดงผลภาพที่สืบค้นได้ แล้วนำไปพัฒนาเป็นระบบที่สามารถใช้งานผ่านสมาร์ทโฟน แบ่งเป็นภาพอาการใบด่าง (CMD) ร้อยละ 39 รองลงมาคือภาพโรคใบจุดสีน้ำตาล (CBS) ร้อยละ 31.2 ภาพต้นปกติ (Healthy) ร้อยละ 15 ภาพโรคใบไหม้ (CBB) ร้อยละ 13.5 และภาพโรคแอนแทรคโนส (CAN) ร้อยละ 1.3 นำภาพเข้าสู่กระบวนการ Transfer Learning โดยใช้โมเดล ResNet (Deep Residual Network) ทำให้สามารถลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการพัฒนาแอพพลิเคชั่น มีค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงถึง 94.40 เปอร์เซ็นต์ ผู้ใช้งานแอพพลิเคชั่นสามารถวินิจฉัย ทราบอาการ และรับคำแนะนำในการป้องกันกำจัดโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ผู้ใช้งานแอพพลิเคชั่นมีความพึงพอใจในการใช้งานในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.13 การพัฒนาแอพพลิเคชั่นให้ตรวจวัดและจำแนกโรคได้แม่นยำยิ่งขึ้นต้องมีการรวบรวมข้อมูลภาพจำนวนมากขึ้น เพื่อฝึกโมเดลให้มีความสามารถในการจำแนกภาพโรคบนใบมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น และควรปรับปรุงประสิทธิภาพของ Cloud Server โดยการเพิ่มเติมวงจรที่มีความเร็วสูงในประมวลผลภาพมากยิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย

Abstracts

Knowing diseases and pests initial diagnosis of insect disease symptoms. It is one of the important factors that help grow quality cassava. Able to choose the right pesticide method at the right place and at the right time and choose the right chemical for the disease in the right amount. which some plant diseases may be difficult to classify. Plant diseases, in particular, are important to the physiological structure of plants. To help the diagnosis of plant diseases effective. Therefore, image data of diseased cassava leaves were collected from cassava plantations in Nakhon Ratchasima, Prachinburi and Sa Kaeo provinces. To sort out the disease picture and the symptoms that the disease has destroyed. To create an image database and appearance of diseased cassava leaves and a visual search tool. Developed as a mobile application to measure and classify diseases that show symptoms on cassava leaves that can be easily used It will be conducted between October 2020 and September 2021. Obtained 9,907 images of cassava leaves. All images were sorted, adjusted, and converted. Image size was set to 224 x 224 pixels. Image converted from RGB color system to grayscale image. and extract the appearance variables of the image By analyzing the Gray – Level Co Occurrence Matrix : GLCM. Stores the title and appearance associated with each image into 6 classes: 0) normal plant 1) blight 2) brown leaf spot 3) anthracnose and 4) spotted leaf. In the CSV database format, write a Python programming language to create an image search engine. and display images that can be searched from a large image database and then developed into a system that can be used via smartphones. The picture was divided into 39% of the symptoms of leaf spotting (CMD), followed by the picture of brown spot disease (CBS) at 31.2%. 15% of healthy plants, 13.5 percent of late blight (CBB) images, and 1.3 percent of anthracnose (CAN) images were imported into the transfer learning process using the ResNet (Deep Residual Network) model.) This makes it possible to reduce the time and cost of developing applications. With a classification accuracy of up to 94.40 percent, users of the application can diagnose, know the symptoms and receive advice on preventing and eliminating the disease manifesting on the cassava leaves. Application users have a high level of satisfaction with the application, averaging 4.13. Developing applications to measure and classify diseases more accurately requires the collection of more image data. To train the model to have more ability to identify diseases on cassava leaves. And should improve the performance of Cloud Server by adding more high-speed circuits in image processing.

ศรีบูรพา

การทดลองที่ 1

จัดทำฐานข้อมูลรูปลักษณ์และเครื่องมือสืบค้นด้วยภาพ

Cassava Leaf Disease Database and Search Engine

นครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์ กฤษณา แสงดี สุรพงษ์ ประสิทธิ์วัฒนเสรี วีรศักดิ์ ขุนชำนาญ
ธีรภัทร ธรรมไชยางกูร นวลมณี พรหมนิล อมรรัชฏ์ คิดใจเดียว

คำสำคัญ

เครื่องมือสืบค้น, การประมวลผลภาพดิจิทัล, ระบบการตรวจวัดโรคพืช, ระบบการจำแนกโรคพืช, ฐานข้อมูล

Keywords

Search Engine, Digital Image Processing, Plant Disease Detection System, Plant Disease Classification System, Database

บทคัดย่อ

การจัดทำฐานข้อมูลรูปลักษณ์และเครื่องมือสืบค้นภาพโรคบนใบมันสำปะหลัง ดำเนินการในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว ระหว่างเดือนตุลาคม 2563 ถึงเดือนกันยายน 2564 ได้ภาพใบมันสำปะหลังจำนวน 9,907 ภาพ นำภาพทั้งหมดไปปรับเพิ่มความคมชัด ตัดส่วนของภาพที่ไม่ต้องการออก กำหนดขนาดภาพเท่ากับ 224 x 224 พิกเซล แปลงภาพจากระบบสี RGB เป็นภาพระดับสีเทา และสกัดตัวแปรรูปลักษณ์ของภาพ โดยการวิเคราะห์เมตริกซ์การปรากฏร่วมของระดับสีเทา (Gray – Level Co Occurrence Matrix : GLCM) จัดเก็บชื่อภาพและรูปลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับแต่ละภาพ เป็น 6 คลาส คือ 0) ต้นปกติ 1) ใบไหม้ 2) ใบจุดสีน้ำตาล 3) แอนแทรกโนส และ 4) ใบด่าง ในรูปแบบฐานข้อมูล CSV เขียนชุดคำสั่งภาษา Python เพื่อสร้างเครื่องมือสืบค้นภาพ และแสดงผลภาพที่สืบค้นได้

Abstracts

Preparation of appearance database and disease image search tool on cassava leaves Conducted in Nakhon Ratchasima, Prachinburi and Sa Kaeo provinces between October 2020 and September 2021, 9,907 images of cassava leaves were obtained. Bring all images to be sharpened. Cut out unwanted parts of the image. Set an image size of 224 x 224 pixels, converting an image from the RGB color system to a grayscale image. and extracting the appearance variables of the image By analyzing the gray level co-occurrence matrix (Gray – Level Co Occurrence Matrix : GLCM). Store the image title and appearance associated with each image into 6 classes: 0) normal plant, 1) leaf blight, 2) brown leaf spot, 3) anthracnose, and 4) spotted leaf, in a CSV database format. Python commands to create an image search engine and display searchable images.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ (Introduction)

มันสำปะหลัง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Manihotesculenta Crant* ชื่อสามัญเรียกหลายชื่อตามภาษาต่างๆ ที่ได้ยินกันมาก ได้แก่ Cassava, Yuca, Mandioa, Manioc, Tapioca มีแหล่งกำเนิดแถบที่ลุ่มเขตร้อน (Lowland tropics) เป็นพืชอาหารที่สำคัญเป็นอันดับ 5 ของโลก รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง เป็นพืชอาหารที่สำคัญของประเทศในเขตร้อน ความต้องการใช้มันสำปะหลังภายในประเทศของไทย ปี 2561 คาดว่าจะเพิ่มขึ้นจากปี 2560 โดยเฉพาะอย่างยิ่งความต้องการใช้มันสำปะหลังเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล ปัจจุบันมีโรงงานที่ใช้เฉพาะมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล 9 แห่ง ส่วนความต้องการใช้เพื่อผลิตแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งแป้งมันสำปะหลังใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องได้หลากหลาย สำหรับมันเส้นมีความต้องการใช้ใกล้เคียงเดิม ทั้งนี้ความต้องการใช้ภายในประเทศมีประมาณร้อยละ 20 ที่เหลือร้อยละ 80 เป็นการส่งออก ปัจจุบันจีนเป็นประเทศผู้นำเข้าผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของไทย เนื่องจากมีความต้องการใช้มันเส้นเพื่อนำไปผลิตแอลกอฮอล์ และแป้งมันสำปะหลังเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษและสิ่งทอ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560)

สำหรับประเทศไทยมันสำปะหลังถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมาก พบปลูกมากที่สุด ได้แก่ นครราชสีมา กำแพงเพชร ชัยภูมิ กาญจนบุรี และอุบลราชธานี ปีเพาะปลูก 2560 มีพื้นที่ปลูก 8.9 ล้านไร่ ผลผลิตทั้งประเทศ 30 ล้านตัน และผลผลิตเฉลี่ย 3.4 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) เนื่องจากเป็นพืชทนแล้งปลูกง่ายใช้ปัจจัยในการผลิตน้อย สามารถให้ผลผลิตได้แม้ในบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แต่ผลผลิตต่อไร่และประสิทธิภาพการผลิตยังต่ำ แม้จะมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมากก็ตาม เนื่องจากการระบาดของโรคและแมลงเป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยและประเทศข้างเคียงเป็นอันมาก ในขณะที่การป้องกันและแก้ปัญหาดังกล่าวนั้นส่วนใหญ่เป็นการใช้สารเคมีและการจัดการแปลงปลูกแม้จะช่วยลดผลกระทบจากความเสียหายจากปัญหาดังกล่าวได้บ้าง แต่วิธีการดังกล่าวเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตให้แก่เกษตรกร อีกทั้งการใช้สารเคมีนั้นยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกร ผลผลิต และสิ่งแวดล้อม

โรคของมันสำปะหลังมีสาเหตุจากเชื้อต่างๆ ได้แก่ เชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย เชื้อไวรัส ไฟโตพลาสมา และไส้เดือนฝอย ในประเทศไทยมีรายงานโรคของมันสำปะหลัง ได้แก่ โรคใบไหม้ โรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคแอนแทรคโนส ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเกษตรกรรมทำให้ผลผลิตลดลงและส่งผลถึงมูลค่าทางเศรษฐกิจ โดยสาเหตุที่สำคัญมักเกิดจากการที่เกษตรกรขาดวิธีการป้องกันกำจัดที่ถูกต้องและทันเวลา ลักษณะอาการและความรุนแรงของโรคพืชที่มีความแปรผันตามสายพันธุ์พืช สายพันธุ์เชื้อก่อโรค รวมทั้งสภาพแวดล้อมในบริเวณปลูกพืชก็จัดเป็นอุปสรรคที่ทำให้เกษตรกรลังเลหรือขาดความมั่นใจในการเลือกวิธีปฏิบัติ ซึ่งการปฏิบัติการป้องกันกำจัดที่ล่าช้า จะทำให้การระบาดของโรครุนแรงและสร้างความเสียหายต่อผลิตผลมากยิ่งขึ้น

โดยทั่วไปการวินิจฉัยโรคพืชเป็นเทคนิคที่ต้องใช้เวลา เกษตรกรต้องเก็บตัวอย่างโรคพืชและเดินทางหรือส่งทางไปรษณีย์มายังหน่วยงานที่รับวินิจฉัย ระยะเวลาทั้งหมดจนกว่าเกษตรกรจะได้รับผลการวินิจฉัยอาจใช้เวลานาน 2 - 4 สัปดาห์ ซึ่งไม่ทันต่อการระบาดของโรค เกษตรกรบางรายอาจใช้วิธีบันทึกภาพด้วยกล้องแล้วส่งมายังหน่วยงานหรือนักวิจัย แต่คุณภาพของภาพที่เกษตรกรบันทึกมักจะเป็นอุปสรรคต่อการวินิจฉัยของเจ้าหน้าที่

กรมวิชาการเกษตร

นอกจากนี้ หากเกษตรกรสามารถมองเห็นอาการด้วยตาอย่างชัดเจน มักจะเป็นระยะที่โรคมีการพัฒนาพอสมควร ซึ่งการป้องกันกำจัดหลังจากนี้อาจไม่ได้ผลเท่าที่ควรการติดตามการแพร่ระบาดของโรคเป็นวิธีที่นักโรคพืชพยายามพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถพยากรณ์โรคพืชที่จะเกิดขึ้น และส่งข่าวถึงเกษตรกรได้ทันเวลาที่เกษตรกรจะสามารถปฏิบัติการป้องกันกำจัด เช่น ลดความชื้นภายในแปลงปลูก กำจัดหรือลดปริมาณเชื้อก่อโรค หรือฉีดพ่นสารเคมีชนิดป้องกันพืชไม่ให้เชื้อก่อโรคที่ตกลงบนผิวพืชหลังจากนั้นได้มีโอกาสสัมผัสพืชโดยตรง อย่างไรก็ตาม การพยากรณ์โรคพืชยังเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ต้องการผู้เชี่ยวชาญทางด้านพืชศาสตร์ โรคพืชวิทยา กีฏวิทยา และอุตุนิยมวิทยา ทำให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรที่ต้องการข้อมูลล่วงหน้าและทันเวลา ดังนั้น การพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถตรวจวัดการเกิดโรคบนพืชได้ในเวลารวดเร็วและเกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้ตรวจสอบบนต้นพืชด้วยตนเองจึงเป็นงานวิจัยที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกร รวมทั้งแก้ปัญหาผลิตผลเกษตรเสียหายอันเนื่องมาจากการทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืช

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการช่วยวินิจฉัยโรคเบื้องต้น ช่วยลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการดำเนินการ โดยการประมวลผลภาพ (Image Processing) ซึ่งเป็นการนำภาพมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ เช่น การหาค่าเปอร์เซ็นต์ต่อพื้นที่ใบที่เป็นโรคและนับจำนวนจุดโรค การจำแนกประเภทข้อมูลภาพจากการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) และการสกัดตัวแปรรูปลักษณ์ของภาพ (Image Feature Extraction) ซึ่งเป็นการแยกหรือสกัดข้อมูลที่สำคัญของภาพออกมา ซึ่งตัวแปรรูปลักษณ์ของภาพสามารถหาได้โดยใช้การประมวลผลภาพ (Image Processing) โดยที่รูปลักษณ์พื้นฐานของภาพประกอบด้วย 3 ส่วนคือ สี รูปร่าง และพื้นผิว

- สี (Color) เป็นลักษณะเฉพาะของภาพที่มีบทบาทสำคัญในระบบค้นคืนภาพ เช่น ฮิสโตแกรมสี ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของสีที่นำมาใช้บ่อยๆ เนื่องจากสีเป็นสิ่งที่สามารถมองเห็นได้ง่าย และเป็นสิ่งแรกที่สามารถสังเกตเห็นได้จากการมองภาพ นอกจากนี้ สียังสามารถใช้ในการแยกแยะกลุ่มของภาพออกตามเนื้อหาได้เป็นอย่างดี เช่น สีฟ้าของน้ำทะเล สีแดงของดอกไม้ สีเขียวของใบไม้ เป็นต้น

- รูปร่าง (Shape) เป็นลักษณะเฉพาะของภาพที่ใช้อธิบายถึงรูปร่างและลักษณะ รวมถึงขนาดของวัตถุภายในภาพ ซึ่งทำให้สามารถแยกวัตถุออกจากพื้นหลังหรือแยกแยะระหว่างวัตถุที่มีรูปร่างแตกต่างกันออกจากกันได้

- พื้นผิว (Texture) เป็นลักษณะเฉพาะที่ใช้อธิบายความหยาบความละเอียดหรือความซับซ้อนของวัตถุภายในภาพ ซึ่งแต่ละภาพอาจประกอบด้วยวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวที่แตกต่างกันออกไป การวิเคราะห์พื้นผิวช่วยให้สามารถแยกแยะความแตกต่างของวัตถุได้ดียิ่งขึ้น การค้นคืนภาพที่ใช้พื้นผิวเป็นลักษณะเฉพาะของภาพส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในการค้นหาภาพจากกลุ่มภาพพื้นผิว เช่น ชุดภาพพื้นผิวของหิน ชุดภาพพื้นผิวของใบไม้ เป็นต้น วิเคราะห์ที่นิยมได้แก่ การวิเคราะห์ตัวแปรเชิงพื้นผิวภาพ (Texture analysis) ด้วยเมตริกซ์การปรากฏร่วมของระดับสีเทา (Gray – Level Co Occurrence Matrix : GLCM) ซึ่ง GLCM มีลักษณะเป็นตาราง และค่าที่ใส่ตารางนั้นคือค่าความแตกต่างระหว่างพิกเซล (Pixel) โดยวัดด้วยความสว่างในระดับสีเทา (Gray Level) ที่เกิดขึ้น แบ่งได้ 4 ระดับ ได้แก่ช่วงความเข้มของพิกเซล 0 – 63 อยู่ในระดับที่ 0 (สีดำ) ช่วงความเข้มของพิกเซล 64 – 127 อยู่ในระดับที่ 1 (สีเทาเข้ม) ช่วงความเข้มของพิกเซล 128 – 191 อยู่ในระดับที่ 2 (สีเทาอ่อน) และช่วงความ

เข้มของพิกเซล 192 – 255 อยู่ในระดับที่ 3 (สีขาว) ทั้งนี้การแบ่งช่วงสีสามารถทำได้มากกว่า 4 ระดับตามความละเอียดของลวดลาย (R.M. Haralick, 1979)

ในการเลือกใช้ฐานข้อมูลกับงานด้านการเรียนรู้ของเครื่อง อาจพิจารณาได้จากการแบ่งประเภทฐานข้อมูลที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ 1) Flat File Database 2) File Server – Based Database และ 3) Database Server การจัดการข้อมูลใน Flat File Database เป็นไฟล์ชนิด Text หรือ Binary ไฟล์ชนิดนี้มีขนาดความจุที่ไม่จำกัดขึ้นอยู่กับปริมาณของข้อมูลที่จัดเก็บภายในไฟล์ ความจุไฟล์ชนิดนี้ใช้ขนาดน้อยกว่าฐานข้อมูลประเภทอื่น รวมทั้งง่ายต่อการสร้าง ค่าใช้จ่ายน้อย ไม่มีปัญหาด้านลิขสิทธิ์ และยังสามารถนำไปใช้ร่วมกับโปรแกรมประเภท Spreadsheet หรือใช้ฟังก์ชันนำเข้า (Import) ของฐานข้อมูลประเภทที่ 2 และ 3 แต่มีข้อด้อยคือ ความปลอดภัยของข้อมูลมีน้อย ความรวดเร็วในการดึงข้อมูลมาใช้จะทำงานช้าลงเมื่อไฟล์มีข้อมูลจัดเก็บไว้จำนวนมาก สำหรับภาษา python สามารถใช้คำสั่งกลุ่ม File Object เพื่อสร้าง อ่าน เขียน กับค่าข้อมูลที่ต้องการจัดเก็บลงในไฟล์ (โชติพันธุ์ และฐิติพันธุ์, 2559)

ไฟล์ CSV (Comma Separated Values) เป็นไฟล์ข้อมูลชนิด Text ที่จัดเก็บในฐานข้อมูลประเภท Flat File Database ประกอบด้วยข้อมูล Text ที่คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ หากบันทึกไฟล์เป็น CSV จะทำให้การอ่านและเขียนไฟล์ได้เร็วกว่าการบันทึกเป็นไฟล์ Excel (กอบเกียรติ, 2563)

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

ดำเนินการในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว ตั้งแต่ตุลาคม 2563 - กันยายน 2564 โดยรวบรวมภาพถ่ายโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ทำการปรับแต่งไฟล์ภาพ ตัดส่วนของภาพที่ไม่ต้องการออก สกัดตัวแปรรูปลักษณ์ของภาพ นำไปจัดเก็บในรูปแบบที่สามารถนำไปสืบค้นภาพได้มีประสิทธิภาพ โดยมีวิธีการดังนี้

1.ออกภาคสนาม ถ่ายภาพโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลังด้วยกล้องถ่ายภาพโทรศัพท์พกพา โดยใช้ความละเอียดของภาพขนาด 2 ล้านพิกเซล ใช้ระบบสี RGB และรูปแบบไฟล์ jpg

2. ปรับแต่งไฟล์ภาพ นำภาพทั้งหมดไปประมวลผลเบื้องต้นด้วยโปรแกรม XnView ปรับเพิ่มความคมชัด ตัดส่วนของภาพที่ไม่ต้องการออก กำหนดขนาดภาพเท่ากับ 224 x 224 พิกเซล และแปลงภาพจากระบบสี RGB เป็นภาพระดับสีเทา (Gray scale)

3. สกัดตัวแปรรูปลักษณ์ของภาพ ใช้โปรแกรม ImageJ วิเคราะห์เมตริกซ์การปรากฏร่วมของระดับสีเทา (Gray – Level Co Occurrence Matrix : GLCM)

กรมวิชาการเกษตร

รูปลักษณ์ (Feature)	สูตร (Formula)	ความหมาย (Description)
ความแตกต่างของสี (Contrast)	$\sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j}\,(i-j)^2$	i ระดับสีเทา ตั้งแต่ 0 ถึง 255 พิกเซล (อ้างอิง) j ระดับสีเทา ตั้งแต่ 0 ถึง 255 พิกเซล (ใกล้เคียง) N จำนวนของระดับสีเทาบนวัตถุที่สนใจ $P_{i,j}$ ความน่าจะเป็นของพิกเซล แถวที่ i หลักที่ j μ_i ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาพิกเซลอ้างอิง μ_j ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาพิกเซลใกล้เคียง σ_i ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าระดับสีเทาพิกเซลอ้างอิง σ_j ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าระดับสีเทาพิกเซลใกล้เคียง L ค่าสเกลสูงสุดของค่าระดับสีเทา
ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation)	$\sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{(i-\mu_1)(j-\mu_2)}{\sqrt{\sigma_i^2+\sigma_j^2}}$	
เอนโทรปี (Entropy)	$\sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j}\,(-\ln\ P_{i,j})$	

4. จัดเก็บชื่อไฟล์ภาพและรูปลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับแต่ละภาพ ในรูปแบบไฟล์ CSV โดยใช้โปรแกรมภาษา Python และไลบารี Pandas ซึ่งมีชนิดข้อมูล (Data types) ได้แก่

Pandas dtype	ใช้งานกับ
Object	ข้อความ (String)
int64	จำนวนเต็ม (Integer)
float64	ทศนิยม (Float)
Bool	บูลีน (True/False)
datetime64	วันที่และเวลา (date time)
timedelta	ระยะเวลา หรือผลต่างของ datetime
category	List ของข้อความ

5. สร้างเครื่องมือสืบค้นภาพ แสดงผลและประเมินการค้นหาภาพ

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย (Results)

1. การรวบรวมภาพใบมันสำปะหลัง

การทดลองนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างจากไฟล์ข้อมูลภาพใบมันสำปะหลังที่สำรวจรวบรวมได้จากแปลงเกษตรกร จังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว รวม 24 ครั้ง นำภาพมาปรับแต่งให้มีความคมชัดขึ้น สกัดตัวแปรรูปลักษณ์ของภาพ และแยกเก็บตามอาการโรคที่เกิดบนใบมันสำปะหลัง (ตารางที่ 1) พบว่า ภาพที่รวบรวมได้มากที่สุดคือ ภาพอาการใบด่าง ร้อยละ 39.0 รองลงมาคือภาพโรคใบจุดสีน้ำตาล ร้อยละ 31.2 ภาพต้นปกติ ร้อยละ 15.0 ภาพโรคใบไหม้ ร้อยละ 13.5 และภาพโรคแอนแทรคโนส ร้อยละ 1.3

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของภาพใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรค

โรค	จำนวน (ภาพ)	ร้อยละ
อาการใบด่าง	3,867	39.0
ใบจุดสีน้ำตาล	3,087	31.2
ใบปกติ	1,491	15.0
ใบไหม้	1,336	13.5
แอนแทรคโนส	126	1.3
รวม	**9,907**	**100**

2. การสกัดตัวแปรรูปลักษณ์และจัดทำดัชนีภาพ

ผลการประมวลผลเบื้องต้นด้วยโปรแกรม XnView ปรับเพิ่มความคมชัด โดยตัดส่วนของภาพที่ไม่ต้องการออก กำหนดขนาดภาพเท่ากับ 224 x 224 พิกเซล และแปลงภาพจากระบบสี RGB เป็นภาพระดับสีเทา (Gray scale) และใช้โปรแกรม ImageJ วิเคราะห์ตัวแปรเชิงพื้นผิวภาพ (Texture analysis) ด้วยการวิเคราะห์เมตริกซ์การปรากฏร่วมของระดับสีเทา (Gray – Level Co Occurrence Matrix : GLCM) ดังตารางที่ 2

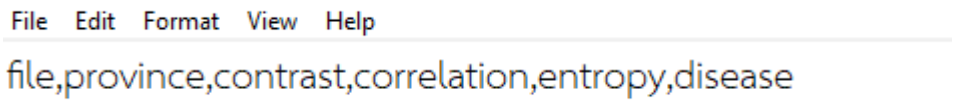
ตารางที่ 2 ตัวแปรรูปลักษณ์และดัชนีภาพโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

รูปลักษณ์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล
File	ชื่อภาพ	Object
province	จังหวัด	Object
Contrast	ความแตกต่างของสี	Floalt64
correlation	ค่าสหสัมพันธ์	Floalt64
entropy	เอนโทรปี	Floalt64
disease	โรค	Object (ดัชนีภาพ)

กรมวิชาการเกษตร

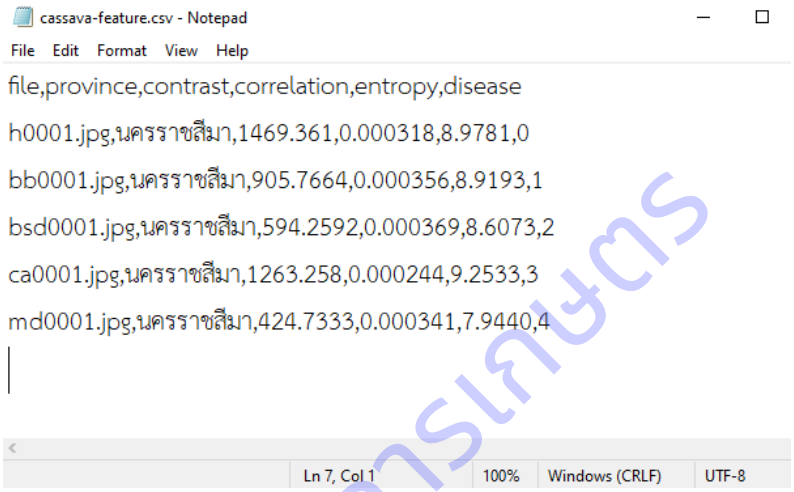
3. การสร้างฐานข้อมูล CSV

3.1 เปิดโปรแกรม Notepad พิมพ์ส่วนหัว (header) เป็นชื่อฟิลด์ แยกกันด้วยจุลภาค (,) ดังภาพที่ 1



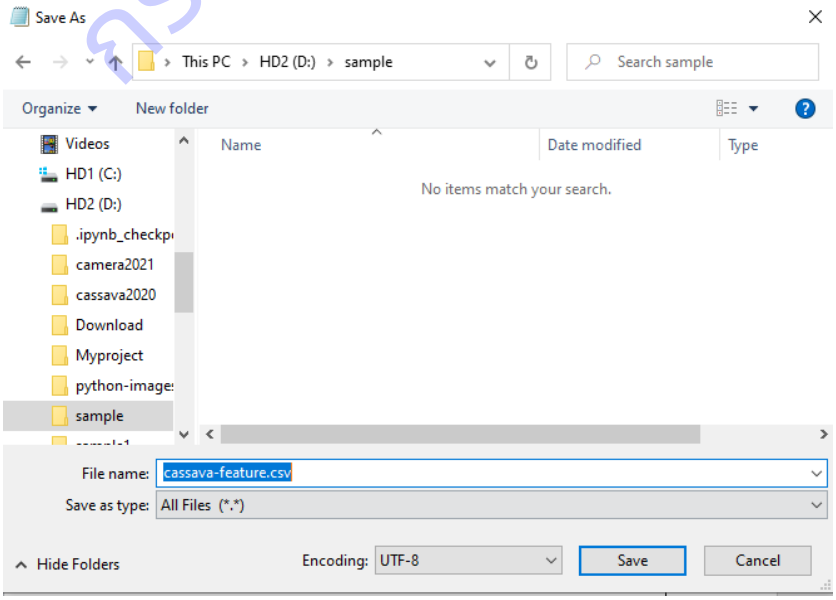
ภาพที่ 2 ชื่อฟิลด์

3.2 พิมพ์รายละเอียดแต่ละระเบียน (record) โดยขึ้นบรรทัดใหม่ทุกครั้ง ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 3 ระเบียนของฐานข้อมูล

3.3 คลิก File >Save AS ในช่อง File Name พิมพ์ชื่อไฟล์ตามด้วย .csv เช่น cassava-feature.csv และ Save as type: All files Encoding: UTF-8 และกดปุ่ม Save ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 4 การบันทึกไฟล์ CSV

กรมวิชาการเกษตร

4. การสร้างเครื่องมือสืบค้นภาพ

4.1 เครื่องมือสืบค้นภาพจากฐานข้อมูลCSV

Pandas เป็นไลบรารีแบบเปิดที่มีประสิทธิภาพสูงใช้งานกับ Python สำหรับการจัดการ และการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นแบบโครงสร้างทั้งมิติเดียวและหลายมิติ ตัวอย่างคำสั่ง Pandas ในการจัดการข้อมูลรูปลักษณ์และภาพโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง มีดังนี้

1) อ่านข้อมูลจากไฟล์ CSV

```
import pandas as pd
url =’sample/cassava-feature..csv’
df =pd.read_csv(url,index_col=’disease’ encoding=’utf-8’)


df.head()
```

2) การตรวจสอบชนิดข้อมูล

```
df.dtypes
```

3) การค้นหาข้อมูล เช่น ค้นหาข้อมูลภาพโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง (disease) 0=ต้นปกติ 1=ใบไหม้ 2=ใบจุดสีน้ำตาล 3=แอนแทรกโนส 4=ใบด่าง

```
df[df.disease==’1’]
```

4) ดูสถิติเบื้องต้น

```
df.describe()
```

5) แสดงผลและประเมินการค้นหาภาพ

```
import glob
import random
import base64
import pandas as pd


from PIL import Image
from io import BytesIO
from IPython.display import HTML
pd.set_option('display.max_colwidth', -1)


def get_thumbnail(path):
    i = Image.open(path)
    i.thumbnail((150, 150), Image.LANCZOS)
```

กรมวิชาการเกษตร

```
    return i

def image_base64(im):
    if isinstance(im, str):
        im = get_thumbnail(im)
    with BytesIO() as buffer:
        im.save(buffer, 'jpeg')
        return base64.b64encode(buffer.getvalue()).decode()

def image_formatter(im):
  return f'<img src="{image_base64(im)}">

cassava = pd.read_csv('../sample/cassava-feature.csv')
cassava['file'] = cassava.id.map(lambda id: f'../sample/train/{id}.jpg')
cassava['image'] = cassava.map(lambda f: get_thumbnail(f))
cassava.head()

# display images specified by path
HTML(cassava[['disease','file']].to_html(formatters={'file': image_formatter}, escape=False))
```

4.2 เครื่องมือสืบค้นภาพด้วยภาพ

ใช้ Pupyl เป็นไลบรารีของภาษา python ที่สามารถสร้างดัชนีภาพให้สืบค้นภาพที่มีความคล้าย (similarity) กับภาพที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว และสามารถใช้กับชุดข้อมูลภาพของเราเองได้

ขั้นตอนที่ 1 ติดตั้ง Pupyl โดยใช้คำสั่ง pip

```
# pypi
pip install pupyl
```

หรือใช้คำสั่ง conda

```
# anaconda
conda install -c policratus pupyl
```

ขั้นตอนที่ 2 เขียนคำสั่ง

```
#import required packages
from pupyl.search import PupylImageSearch
```

สำนักวิทยบริการฯ

```
from pupyl.web import interface
#Then index the images
SEARCH = PupylImageSearch()

SEARCH.index(
    'http://localhost/samples/images.tar.xz'
)

interface.serve()
```

หมายเหตุ ภาพทั้งหมดบีบอัดในรูปแบบไฟล์ .tar.xz เก็บไว้ที่เว็บเซิร์ฟเวอร์

อภิปรายผล (Discussion)

การแปลงภาพจากระบบสี RGB เป็นภาพระดับสีเทา โดยการวิเคราะห์เมตริกซ์การปรากฏร่วมของระดับสีเทา (Gray – Level Co Occurrence Matrix : GLCM) ช่วยในการจำแนกภาพได้ชัดเจนขึ้นจากกระจายตัวของค่าความเข้มระดับเทา ช่วยในการจัดทำฐานข้อมูลรูปลักษณ์และเครื่องมือสืบค้นให้มีประสิทธิภาพในการจัดทำฐานข้อมูลภาพและรูปลักษณ์ใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรคและเครื่องมือสืบค้นด้วยภาพ ทั้งนี้จำนวนภาพที่รวบรวมได้มีจำนวนมากและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การจัดทำฐานข้อมูลภาพลักษณ์จึงเป็นขั้นตอนสำคัญ ช่วยให้โครงสร้างข้อมูลมีระบบ สามารถค้นหาได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ว่าภาพใดจัดเก็บอยู่ที่ใด โดยมีการจัดแบ่งตามหมวดหมู่ของโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง สอดคล้องกับ นัศพ์ชาณัณ และคณะ (2559) เขียนชุดคำสั่งเพื่อสร้างเครื่องมือสืบค้นภาพ ด้วย python เป็นเครื่องมือที่มีความสามารถหลากหลายและมีไลบรารี่ให้เลือกใช้ได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน ง่ายต่อการนำไปพัฒนาเป็นระบบที่ช่วยในการวินิจฉัยโรคพืชได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

การจัดทำฐานข้อมูลรูปลักษณ์และเครื่องมือสืบค้นภาพโรคบนใบมันสำปะหลัง ได้ภาพใบมันสำปะหลังจำนวน 9,907 ภาพ นำภาพทั้งหมดไปปรับเพิ่มความคมชัด ตัดส่วนของภาพที่ไม่ต้องการออก กำหนดขนาดภาพเท่ากับ 224 x 224 พิกเซล แปลงภาพจากระบบสี RGB เป็นภาพระดับสีเทา และสกัดตัวแปรรูปลักษณ์ของภาพ โดยการวิเคราะห์เมตริกซ์การปรากฏร่วมของระดับสีเทา (Gray – Level Co Occurrence Matrix : GLCM) จัดเก็บชื่อภาพและรูปลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับแต่ละภาพ เป็น 6 คลาส คือ 0) ต้นปกติ 1) ใบไหม้ 2) ใบจุดสีน้ำตาล 3) แอนแทรกโนส และ 4) ใบด่าง ในรูปแบบฐานข้อมูล CSV เขียนชุดคำสั่งเพื่อสร้างเครื่องมือสืบค้นภาพ และแสดงผลภาพที่สืบค้นได้ สามารถนำฐานข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) และการวิเคราะห์เชิงลึก (Deep Learning) ได้

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2

พัฒนาแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

Develop Mobile Application for Cassava Leaf Disease Detection and Classification

กฤษณา แสงดี นครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์ สุรพงษ์ ประสิทธิ์วัฒนเสรี วีรศักดิ์ ขุนชำนาญ
ธีรภัทร ธรรมไชยางกูร นวลมณี พรหมนิล อมรรัชฎ์ คิดใจเดียว

คำสำคัญ

การวิเคราะห์เชิงลึก, การประมวลผลภาพดิจิทัล, ระบบตรวจวัดโรคพืช, ระบบการจำแนกโรคพืช, โมบายแอพพลิเคชั่น

Keywords

Deep Learning, Digital Image Processing, Plant Disease Detection System, Plant Disease Classification System, Mobile Application

บทคัดย่อ

การพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ดำเนินการในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ.2564 สำรวจและรวบรวมภาพใบมันสำปะหลังได้ 9,907 ภาพ แบ่งเป็นภาพอาการใบด่าง (CMD) ร้อยละ 39 รองลงมาคือภาพโรคใบจุดสีน้ำตาล (CBS) ร้อยละ 31.2 ภาพต้นปกติ (Healthy) ร้อยละ 15 ภาพโรคใบไหม้ (CBB) ร้อยละ 13.5 และภาพโรคแอนแทรคโนส (CAN) ร้อยละ 1.3 นำภาพเข้าสู่กระบวนการ Transfer Learning โดยใช้โมเดล ResNet (Deep Residual Learning for Image Recognition) ทำให้สามารถลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการพัฒนาแอพพลิเคชั่น มีค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงถึง 94.90 เปอร์เซ็นต์ ผู้ใช้งานแอพพลิเคชั่นสามารถวินิจฉัย ทราบอาการ และรับคำแนะนำในการป้องกันกำจัดโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ผู้ใช้งานแอพพลิเคชั่นมีความพึงพอใจในการใช้งานในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.13 การพัฒนาแอพพลิเคชั่นให้ตรวจวัดและจำแนกโรคได้แม่นยำยิ่งขึ้นต้องมีการรวบรวมข้อมูลภาพจำนวนมากขึ้น เพื่อฝึกโมเดลให้มีความสามารถในการจำแนกภาพโรคบนใบมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น และควรปรับปรุงประสิทธิภาพของ Cloud Server โดยการเพิ่มเติมวงจรที่มีความเร็วสูงในประมวลผลภาพมากยิ่งขึ้น

Abstracts

Development of a mobile application to measure and classify disease manifestations on cassava leaves Operated in Nakhon Ratchasima, Prachinburi and Sa Kaeo provinces Between October 2020 and September 2021, 9,907 images of cassava leaves were surveyed and collected. It was divided into 39 percent of leaf spot symptoms (CMD), followed by brown spot disease (CBS) 31.2 percent, healthy plant (15 percent), late blight (CBB) 13.5%, and disease pictures. Anthracnose (CAN) 1.3 percent Bringing images into the Transfer Learning process by

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

using the ResNet (Deep Residual Learning for Image Recognition) model can reduce the time and cost of application development. It has a classification accuracy of 94.90 percent. Users of the application can diagnose, know symptoms and receive advice on preventing and eliminating diseases that show symptoms on cassava leaves. App users have a high level of satisfaction with the application, averaging 4.13. Developing applications to measure and classify diseases more accurately requires the collection of more image data. To train the model to have more ability to identify diseases on cassava leaves. And should improve the performance of Cloud Server by adding more high-speed circuits in image processing.

บทนำ (Introduction)

ประเทศไทยมันสำปะหลังถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมาก พบปลูกมากที่สุด ได้แก่ นครราชสีมา กำแพงเพชร ชัยภูมิ กาญจนบุรี และอุบลราชธานี ปีเพาะปลูก 2560 มีพื้นที่ปลูก 8.9 ล้านไร่ ผลผลิตทั้งประเทศ 30 ล้านตัน และผลผลิตเฉลี่ย 3.4 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) เนื่องจากเป็นพืชทนแล้งปลูกง่ายใช้ปัจจัยในการผลิตน้อย สามารถให้ผลผลิตได้แม้ในบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แต่ผลผลิตต่อไร่และประสิทธิภาพการผลิตยังต่ำ แม้จะมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมากก็ตาม เนื่องจากการระบาดของโรคและแมลงเป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยและประเทศข้างเคียงเป็นอันมาก ในขณะที่การป้องกันและแก้ปัญหาดังกล่าวนั้นส่วนใหญ่เป็นการใช้สารเคมีและการจัดการแปลงปลูก แม้จะช่วยลดผลกระทบจากความเสียหายจากปัญหาดังกล่าวได้บ้าง แต่วิธีการดังกล่าวเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตให้แก่เกษตรกร อีกทั้งการใช้สารเคมีนั้นยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกร ผลผลิต และสิ่งแวดล้อม

โรคของมันสำปะหลังมีสาเหตุจากเชื้อต่างๆ ได้แก่ เชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย เชื้อไวรัส ไฟโตพลาสมา และไส้เดือนฝอย ในประเทศไทยมีรายงานโรคของมันสำปะหลัง ได้แก่ โรคใบไหม้ โรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคแอนแทรคโนส ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเกษตรกรรมโดยทำให้ผลผลิตลดลงและส่งผลถึงมูลค่าทางเศรษฐกิจ โดยสาเหตุที่สำคัญมักเกิดจากการที่เกษตรกรขาดวิธีการป้องกันกำจัดที่ถูกต้องและทันเวลา ลักษณะอาการและความรุนแรงของโรคพืชที่มีความแปรผันตามสายพันธุ์พืช สายพันธุ์เชื้อก่อโรค รวมทั้งสภาพแวดล้อมในบริเวณปลูกพืชก็จัดเป็นอุปสรรคที่ทำให้เกษตรกรลังเลหรือขาดความมั่นใจในการเลือกวิธีปฏิบัติ ซึ่งการปฏิบัติการป้องกันกำจัดที่ล่าช้า จะทำให้การระบาดของโรครุนแรงและสร้างความเสียหายต่อผลิตผลมากยิ่งขึ้น

โดยทั่วไปการวินิจฉัยโรคพืชเป็นเทคนิคที่ต้องใช้เวลา เกษตรกรต้องเก็บตัวอย่างโรคพืชและเดินทางหรือส่งทางไปรษณีย์มายังหน่วยงานที่รับวินิจฉัย ระยะเวลาทั้งหมดจนกว่าเกษตรกรจะได้รับผลการวินิจฉัยอาจใช้เวลานาน 2 - 4 สัปดาห์ ซึ่งไม่ทันต่อการระบาดของโรค เกษตรกรบางรายอาจใช้วิธีบันทึกภาพด้วยกล้องแล้วส่งมายังหน่วยงานหรือนักวิจัย แต่คุณภาพของภาพที่เกษตรกรบันทึกมักจะเป็นอุปสรรคต่อการวินิจฉัยของเจ้าหน้าที่ นอกจากนี้ หากเกษตรกรสามารถมองเห็นอาการด้วยตาอย่างชัดเจน มักจะเป็นระยะที่โรคมีการพัฒนาพอสมควร ซึ่งการป้องกันกำจัดหลังจากนี้อาจไม่ได้ผลเท่าที่ควร การติดตามการแพร่ระบาดของโรคเป็นวิธีที่นักโรคพืชพยายามพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถพยากรณ์โรคพืชที่จะเกิดขึ้น และส่งข่าวถึงเกษตรกรได้ทันเวลา

ลิขสิทธิ์กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ที่เกษตรกรจะสามารถปฏิบัติการป้องกันกำจัด เช่น ลดความชื้นภายในแปลงปลูก กำจัดหรือลดปริมาณเชื้อก่อโรค หรือฉีดพ่นสารเคมีชนิดป้องกันพืชไม่ให้เชื้อก่อโรคที่ตกลงบนผิวพืชหลังจากนั้นได้มีโอกาสสัมผัสพืชโดยตรง อย่างไรก็ตาม การพยากรณ์โรคพืชยังเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ต้องการผู้เชี่ยวชาญทางด้านพืชศาสตร์ โรคพืชวิทยา กีฏวิทยา และอุตุนิยมวิทยา ทำให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรที่ต้องการข้อมูลล่วงหน้าและทันเวลา ดังนั้น การพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถตรวจวัดการเกิดโรคบนพืชได้ในเวลารวดเร็วและเกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้ตรวจสอบบนต้นพืชด้วยตนเองจึงเป็นงานวิจัยที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกร รวมทั้งแก้ปัญหาผลิตผลเกษตรเสียหายอันเนื่องมาจากการทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืช

การพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง เริ่มจากการพัฒนาโมเดลการจำแนกภาพใบมันสำปะหลังโดยใช้เทคนิคการถ่ายทอดการเรียนรู้ (Transfer Learning) เทคนิคนี้นิยมนำไปประยุกต์ใช้กับงานทางด้านการวิเคราะห์เชิงลึก (Deep Learning) การประมวลผลภาพหรือวิดีโอเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจหรือจำแนกวัตถุต่าง ๆ ได้ เนื่องจากโมเดลสำหรับงานด้านนี้มีตัวแปรเป็นจำนวนมาก ซึ่งจำเป็นต้องใช้ชุดข้อมูลขนาดใหญ่ในการเรียนรู้ของโมเดล โดยอาจใช้เวลาหลายวัน หรือหลายสัปดาห์ในการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อให้โมเดลสามารถคาดการณ์ได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้น เพื่อลดเวลาการฝึกโมเดล จึงได้นำบางส่วนของโมเดลที่ฝึกเรียบร้อยแล้วกับงานที่ใกล้เคียงกันมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของโมเดลใหม่ โดยการเขียนชุดคำสั่งภาษา Python แล้วนำชุดคำสั่งไปปรับปรุงให้สามารถเรียกใช้และแสดงผลได้ในรูปแบบโมบายแอพพลิเคชั่นต่อไป

กิตติพงศ์ และคณะ (2554) สุ่มเก็บใบมันสำปะหลังจากแปลงปลูกแล้วนำมาถ่ายภาพภายใต้แสงควบคุม การประมวลผลภาพทำโดยลดขนาดภาพลงเหลือ 640×480 pixel และแปลงภาพจากระบบสี RGB เป็น HSI จากนั้นทำการตัดแยกองค์ประกอบภาพและสังเคราะห์จุดเด่น โดยการสกัดเฉพาะพื้นที่บริเวณที่เป็นพื้นที่ใบทั้งหมดและจุดสีน้ำตาลของโรค ส่วนบริเวณที่เป็น noise จะถูกกำจัดโดยวิธีการ erosion และ dilation ค่าพื้นที่จุดโรคและพื้นที่ใบทั้งหมดถูกนำไปหาค่าเปอร์เซ็นต่อพื้นที่ใบที่เป็นโรคและนับจำนวนจุดโรค ผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบจำนวนจุดโรคกับการนับด้วยสายตามีความสอดคล้องกันที่ $R^2 = 0.90$ โดยจำนวนจุดโรคมีอิทธิพลต่อความถูกต้องของการวิเคราะห์ภาพ เปอร์เซ็นต์พื้นที่เป็นโรคกับวิธีการนับกริดมีความสอดคล้องกันที่ $R^2 = 0.78$

Barbedo et al. (2016) ใช้เทคนิคประมวลผลภาพดิจิทัลในการวินิจฉัยโรคบนพืช 12 ชนิด ที่มีความผิดปกติเกิดจากสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตแตกต่างกัน 82 ลักษณะอาการ แบ่งเป็นสาเหตุจากโรคพืช 74 โรค สาเหตุจากศัตรูพืชอื่น 4 โรค และเกิดจากสิ่งไม่มีชีวิต 4 โรค วิเคราะห์โดยใช้ข้อมูล color transformation, color histogram และ pairwise-based classification system เนื่องจากอาการของโรคที่ปรากฏบนพืชมีความหลากหลายมาก ความแม่นยำของอัลกอลิทึมในการวิเคราะห์โรคจึงได้เพียง 58 เปอร์เซ็นต์

แนวทางในการพัฒนาโมเดลประมวลผลภาพ แบ่งเป็น 2 ช่วง ดังนี้

1. ช่วงการฝึก (Training) ข้อมูลภาพจะนำเข้าสู่โมเดลที่ศึกษา และแยกสกัดออกมาเป็นรูปลักษณ์ต่างๆ เพื่อจะได้นำไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล

ลิขสิทธิ์การเกษตร

2. ช่วงการทดสอบ (Testing) หลังช่วงการฝึกแล้ว ก็จะนำข้อมูลชุดทดสอบที่ได้มาจากการถ่ายภาพในภาคสนาม นำมาเข้าสู่โมเดลเพื่อจำแนกให้ได้ว่าเป็นผลจากโรคพืชชนิดใด โดยแยกใบของพืชออกจากฉากหลังของภาพใช้วิธี ResNet (Deep Residual Network)

Aravindhan et al. (2019) ศึกษาการวินิจฉัยและคัดแยกโรคบนใบโดยใช้การวิเคราะห์เชิงลึก Resnet เป็นโมเดล ซึ่ง Resnet18 สามารถวิเคราะห์ทั้งรูปร่างชนิดของใบและวินิจฉัยโรคบนใบพืชได้ดีที่สุด มีค่าความถูกต้อง 96 เปอร์เซ็นต์

Vinod Kumar et al. (2020) จำแนกโรคพืชจากชุดข้อมูลเปิด โดยใช้โมเดล ResNet 34 มีความแม่นยำ 99.40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่ากระบวนการฝึกโดยใช้โมเดล ResNet เหมาะสมกับชุดข้อมูลที่มีจำนวนมาก

ณัฐวดี หงส์บุญมี และ พงศ์นรินทร์ ศรรุ่ง (2561) พัฒนาระบบวินิจฉัยโรคในโคเบื้องต้นในรูปแบบแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือ ซึ่งสามารถวินิจฉัยโรค แสดงข้อมูลรายละเอียดโรค สาเหตุ อาการและการป้องกันโรคในโคได้ ผลการประเมินความพึงพอใจแอพพลิเคชั่นกับกลุ่มเกษตรผู้เลี้ยงโคและผู้ใช้งานทั่วไป พบว่า มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี ผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อระบบค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.01 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55

N. Petrellis. (2017) พัฒนาแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือในการวินิจฉัยโรคพืช ซึ่งเป็นพื้นฐานในการป้องกันโรคโดยใช้ข้อมูลจากสี รูปร่างอาการ ปริมาณ บนในอุ่นที่เป็นโรคราน้ำค้าง ราแป้ง โรคใบไหม้ พัฒนาเป็นแอพพลิเคชั่นแล้วทำการทดสอบ พบว่า มีความถูกต้องในการจำแนกโรคบนใบอุ่นได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

Ullah, M.I., et al. (2020) ได้พัฒนาแอพพลิเคชั่นบนมือถือเพื่อหาสาเหตุการร่วงของพืชที่เกิดจากการเข้าทำลายของหนอนในทานตะวัน ถั่วเหลือง และใบที่เป็นโรคแคงเกอร์ แอพพลิเคชั่นที่ใช้มีชื่อว่า Bioleaf เป็นการใช้เทคนิควิเคราะห์ภาพถ่ายร่วมกับการวิเคราะห์ทางเรขาคณิต จากการใช้งานแอพพลิเคชั่นนี้พบว่าเป็นเครื่องที่ใช้งานง่ายและมีความถูกต้อง สามารถนำไปประเมินการเข้าทำลายในพืชอื่นได้

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

ดำเนินการในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว ตั้งแต่ตุลาคม 2563 - กันยายน 2564 โดยการเขียนชุดคำสั่งในการเรียกใช้โมเดล แล้วทำการทดสอบและทดลองใช้ปรับปรุงมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การบันทึกและจัดเก็บโมเดล เขียนชุดคำสั่งภาษาPython เพื่อพัฒนาโมเดลจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง โดยใช้เทคนิคการถ่ายทอดการเรียนรู้ (Transfer Learning) และบันทึกโมเดลสำหรับเก็บไว้เรียกใช้

2. การเขียนชุดคำสั่งเรียกใช้โมเดลการจำแนกภาพใบมันสำปะหลัง ใช้โปรแกรมภาษา Python ภาษา HTML ไลบรารีและสคริปต์ต่างๆ

3. การทดสอบการใช้งานและตรวจสอบความถูกต้อง ทดสอบ ตรวจสอบความถูกต้องของการประมวลผลและการแสดงผลของแอพพลิเคชั่น

กรมวิชาการเกษตร

4. การทดลองใช้โมบายแอพพลิเคชั่นและประเมินผลการใช้งาน จัดทำคู่มือการใช้งาน โดยมีรายละเอียดของแอพพลิเคชั่น และเมนูการใช้งาน จัดฝึกอบรมกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งาน ได้แก่ เกษตรกร ผู้สนใจทั่วไป และเจ้าหน้าที่ หลังจากการฝึกอบรม ดำเนินการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน วิเคราะห์ และสรุปผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอพพลิเคชั่น

ผลการวิจัย (Results)

1.การบันทึกและจัดเก็บโมเดลจำแนกภาพใบมันสำปะหลัง

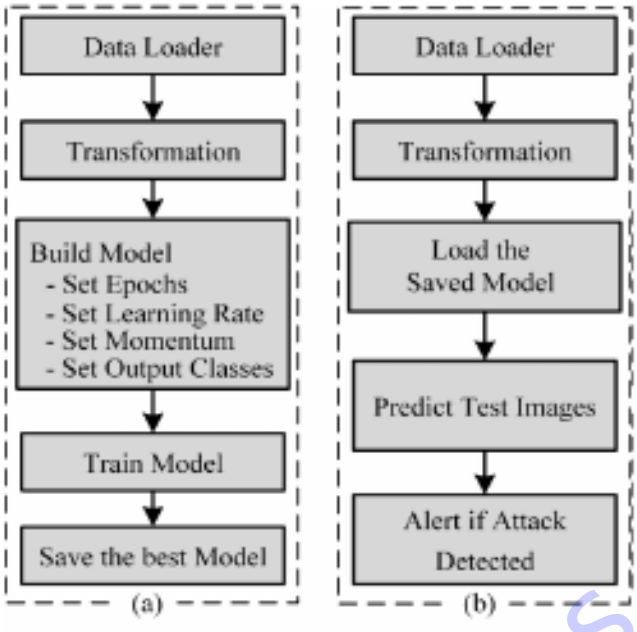
1.1 ใช้ภาพใบมันสำปะหลังที่สำรวจรวบรวมได้จากแปลงเกษตรกรจังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว นำภาพมาปรับแต่งให้มีความคมชัด ตัดสิ่งที่ไม่ต้องการออก และแยกเก็บตามอาการโรคที่เกิดบนใบมันสำปะหลัง (ตารางที่ 3) พบว่า ภาพที่รวบรวมได้มากที่สุดคือ ภาพอาการใบด่าง (CMD) ร้อยละ 39 รองลงมาคือภาพโรคใบจุดสีน้ำตาล (CBS) ร้อยละ 31.2 ภาพต้นปกติ (Healthy) ร้อยละ 15 ภาพโรคใบไหม้ (CBB) ร้อยละ 13.5 และภาพโรคแอนแทรคโนส (CAN) ร้อยละ 1.3

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของภาพใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรค

โรค	จำนวน (ภาพ)	ร้อยละ
อาการใบด่าง	3,867	39.0
ใบจุดสีน้ำตาล	3,087	31.2
ปกติ	1,491	15.0
ใบไหม้	1,336	13.5
แอนแทรคโนส	126	1.3
รวม	**9,907**	**100**

1.2 พัฒนาโมเดลจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง โดยใช้เทคนิคการถ่ายทอดการเรียนรู้ (Transfer Learning) โดยเลือกใช้โมเดลการจำแนกภาพที่มีการฝึกเรียบร้อยแล้ว คือ ResNet (Deep Residual Learning for Image Recognition) และบันทึกโมเดลที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเก็บไว้เรียกใช้ (ภาพที่ 5) ซึ่งทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลแล้วมีค่าความถูกต้องในการจำแนก 94.90 เปอร์เซ็นต์

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 5 ขั้นตอนในการ (a) ฝึก (b) ทดสอบโมเดล ResNet18

2. ชุดคำสั่งเรียกใช้โมเดลการจำแนกภาพใบมันสำปะหลัง

2.1 รวบรวมข้อมูลโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง และการป้องกันกำจัดจากเอกสารแนะนำทางวิชาการ กรมวิชาการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร

ตารางที่ 4 โรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง และการป้องกันกำจัด

โรค	ลักษณะอาการ	การป้องกันกำจัด
โรคแอนแทรคโนส (Cassava Anthracnose Disease) CAN	เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp.manihotis ใบมีขอบใบไหม้สีน้ำตาลขยายตัวเข้าสู่กลางใบ มักปรากฏกับใบล่าง ในตัวแผลบนใบมีเม็ดเล็ก ๆ สีดำขยายตัวไปตามขอบของแผลอาการไหม้ ส่วนก้านใบ อาการปรากฏในส่วนโคนก้านใบเป็นแผลสีน้ำตาลขยายตัวไปตามก้านใบ ทำให้ก้านใบมีลักษณะลู่ลงมาจากยอด หรือตัวใบหักงอจากก้านใบเกิดอาการใบเหี่ยวและแห้งได้ ส่วนลำต้นและยอด แผลที่ลำต้นเป็นแผลสีดำตรงบริเวณข้อต่อกับก้านใบ ถ้ามีสภาพแวดล้อมเหมาะสมแผลจะขยายตัวไปสู่ส่วนยอดทำให้ยอดเหี่ยวแห้งลงมา	1.ใช้พันธุ์ต้านทาน 2. การใช้ท่อนพันธุ์ปลอดโรค 3.ปลูกพืชหมุนเวียน 4.ไถกลบเศษซากมันสำปะหลังลึก ๆ ช่วยลดประชากรเชื้อโรคในดินได้
โรคใบไหม้ (Cassava Bacterial Blight) CBB	เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas axonopodis* pv. manihotis ลักษณะอาการที่พบ คือ ใบเริ่มมีจุดแผลรูปเหลี่ยม ฉ่ำน้ำ เหี่ยวคล้ายน้ำร้อนลวก เมื่อแผลขยายติดกัน ทำให้เกิดอาการใบไหม้ ใบร่วงหล่น มีอาการตายจากยอดและลามลงสู่ต้น ที่ลำต้นอาจพบอาการเปลือกแตก ยางไหล ระบาดรุนแรงในช่วงฝนตกชุก	1. ใช้พันธุ์ต้านทาน หรือพันธุ์ที่ทนทานต่อโรคปานกลาง เช่นระยอง 90 ระยอง 9 2. ใช้ท่อนพันธุ์ที่ปราศจากเชื้อ หรือหลีกเลี่ยงการใช้ท่อนพันธุ์ส่วนโคนลำต้นหรือโคนกิ่งมันสำปะหลัง

กรมวิชาการเกษตร

โรค	ลักษณะอาการ	การป้องกันกำจัด
		3.ในพื้นที่ที่มีโรคระบาดรุนแรงให้ปลูกพืชหมุนเวียนอายุสั้น เพื่อลดประชากรเชื้อโรคในดิน 4. การใช้สารเคมีเป็นทางเลือกสุดท้าย ควรใช้สารเคมีที่มีองค์ประกอบเป็นพวกทองแดง
อาการใบด่าง (Cassava Mosaic Disease) CMD	เกิดจากเชื้อไวรัส ในวงศ์ Geminiridae สกุล Begomovirus ใบด่างและใบหงิก เสียรูปทรง อาการด่างมีหลายแบบ เช่น ด่างเขียวซีดสลับเขียวเข้ม ด่างเหลืองสลับเขียว ใบหงิก หรือหงิกเหลือง ใบย่อยบิดเบี้ยว หงิกงอ โค้งเสียรูปทรง ใบอ่อนและใบที่เจริญใหม่มีขนาดเล็กลง ยอดหงิก ต้นแคระแกร็น	1. ห้ามนำเข้าท่อนพันธุ์หรือส่วนขยายท่อนพันธุ์มันสำปะหลังจากต่างประเทศ ยกเว้นมันเส้นและหัวมันสด ตาม พ.ร.บ.กักพืช พ.ศ. 2507 (ฉบับที่ 6) พ.ศ.2550 2. สอดส่องการลักลอบนำเข้าท่อนพันธุ์หรือส่วนขยายพันธุ์มันสำปะหลัง จากต่างประเทศ หากพบให้แจ้งสำนักงานเกษตรอำเภอ สำนักงานเกษตจังหวัด กองส่งเสริมการอารักขาพืชและจัดการดินปุ๋ย และกรมวิชาการเกษตร 3. ใช้พันธุ์ที่ปลอดโรคโดยไม่ใช้ท่อนพันธุ์จากแหล่งที่พบการระบาดของโรค หรือแหล่งที่พบอาการของโรค หรือท่อนพันธุ์ที่ไม่ทราบแหล่งที่มา หรือท่อนพันธุ์ที่ปนเปื้อนเชื้อไวรัสใบด่างมันสำปะหลัง 4.สำรวจแปลงมันสำปะหลังอย่างสม่ำเสมอ อย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง 5. กำจัดแมลงพาหะ ได้แก่ แมลงหวี่ขาวยาสูบ 6. เฝ้าระวังการระบาดของไวรัส ใบด่างในพืชอาศัยอื่นๆ ที่มีแมลงหวี่ขาวยาสูบเป็นพาหะ โดยหลีกเลี่ยงการปลูกพืชอาศัยของแมลงหวี่ขาวยาสูบ เช่น โหระพา กะเพรา ผักชีฝรั่ง พริก มะเขือ มันฝรั่ง และพืชตระกูลถั่ว และพืชอาศัยของเชื้อไวรัสใบด่างมันสำปะหลัง เช่น สบู่ดำ ละหุ่ง บริเวณแปลงปลูกมันสำปะหลัง

กรมวิชาการเกษตร

โรค	ลักษณะอาการ	การป้องกันกำจัด
โรคใบจุดสีน้ำตาล (Cassava Brown Streak Disease) CBS	เกิดจากเชื้อรา *Cercosporidium henningsii* แสดงอาการใบจุดค่อนข้างเหลี่ยมตามเส้นใยมีความสม่ำเสมอสีน้ำตาล ขนาด 3-15 มิลลิเมตร มีขอบชัดเจนจุดแผลด้านหลังใบมีสีเทา และ แผลล้อมรอบด้วยวงสีเหลือง ตรงกลางแผลอาจจะแห้งและเป็นรู	1. ใช้พันธุ์แนะนำซึ่งต้านทานโรคปานกลาง 2. เมื่อพบโรคระบาดมาก อาจใช้สารเคมีที่มีทองแดง หรือ เบนโนบิล

2.2 เขียนชุดคำสั่งภาษา Python ใช้ไลบรารี Flask และ PIL เพื่อเรียกดูการแสดงการประมวลผลโมเดลทางเว็บ โดยพัฒนาเป็น web application ก็คือโปรแกรมมีอยู่สองส่วน โปรแกรมส่วนหนึ่งจะถูกเก็บไว้ที่ฝั่งผู้ใช้งานเรียกว่า client-side application อีกส่วนจะไปเก็บที่ server เรียกว่า server-side application

ไฟล์ app.py

```
import io
import string
import torch
import torch.nn as nn
import torchvision.transforms as transforms
from torchvision import models
from flask import Flask, jsonify, request, render_template
from PIL import Image

app = Flask(__name__)

model = models.resnet18()
num_inftr = model.fc.in_features
model.fc = nn.Linear(num_inftr, 5)
model.load_state_dict(torch.load('./f1_resnet18.pth'))
model.eval()

class_names = ['CAN', 'CBB', 'CMD', 'CSD', 'Healthy']

def transform_image(image_bytes):
my_transforms = transforms.Compose([
transforms.Resize(256),
```

กรมวิชาการเกษตร

```
transforms.CenterCrop(224),
transforms.ToTensor(),
transforms.Normalize([0.485, 0.456, 0.406], [0.229, 0.224, 0.225])
])

image = Image.open(io.BytesIO(image_bytes))
return my_transforms(image).unsqueeze(0)



def get_prediction(image_bytes):
tensor = transform_image(image_bytes=image_bytes)
outputs = model.forward(tensor)
_, prediction = torch.max(outputs, 1)
return class_names[prediction]

diseases = {
"Healthy" : "",
"CAN" : " โรคแอนเทรคโนส (Cassava Anthracnose Disease) เกิดจาก.. ---> การป้องกันกำจัด : ...",
"CBB" : " โรคใบไหม้ (Cassava Bacterial Blight) เกิดจาก... ---> การป้องกันกำจัด : ...",
"CMD" : " อาการใบด่าง (Cassava Mosaic Disease) เกิดจาก...---> การป้องกันกำจัด : ...",
"CSD" : " โรคใบจุดสีน้ำตาล (Cassava Brown Streak Disease) เกิดจาก ... ---> การป้องกันกำจัด : ..."
}

@app.route('/cassdis', methods=['GET', 'POST'])
def upload_file():
if request.method == 'POST':
if 'file' not in request.files:
return redirect(request.url)
file = request.files.get('file')
if not file:
return
img_bytes = file.read()
prediction_name = get_prediction(img_bytes)
```

กรมวิชาการเกษตร

```
return render_template('result.html', name=prediction_name.upper(),
description=diseases[prediction_name])

return render_template('index.html')

if __name__ == '__main__':
app.run(debug=True)
```

2.3 เขียนคำสั่งภาษา HTML เพื่อแสดงผลทางฝั่งผู้ใช้งาน ประกอบด้วยไฟล์ index.html, layout.html และ result.html

ไฟล์ index.html

```
{% extends "layout.html" %}
{% block content %}


            <div class = "header-content">
             <h3 style = "text-align: center"><span class="header-content-text">การวิเคราะห์ภาพใบมันสำปะหลัง</span></h3>
            <h5 style = "text-align: center">
           <span class="header-content-text">แอพพลิเคชั่นสำหรับทำนายโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง</span></h5>
            </div>
          <form class="form-signin" method=post enctype=multipart/form-data>
                          <div class="upload-section" align="center">
                  <input type="file" name="file" class="form-control-file" id="inputfile"
onchange="preview_image(event)">
                           <img id="output-image" class="rounded mx-auto d-block" width="350"
border= "dotted, 4px"/><br/>
                        <button class="btn" type="submit">ส่งภาพ</button>
                            <h5 style = "text-align: center">.jpg .png</h5>
                      </div>
          </form>
            <script type="text/javascript">
                  function preview_image(event) {
```

กรมวิชาการเกษตร

```
                    var reader = new FileReader();
                    reader.onload = function(){
                        var output = document.getElementById('output-image')
                        output.src = reader.result;
                    }
                    reader.readAsDataURL(event.target.files[0]);
                }
        </script>
{% endblock %}
```

ไฟล์ layout.html

```
<!DOCTYPE html>
<html>
    <head>
        <meta charset="UTF-8">
            <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0, viewport-fit=cover">
            <link rel="stylesheet" href="../static/css/bootstrap.min.css">
        <link href="https://fonts.googleapis.com/css2?family=Sriracha&display=swap" rel="stylesheet">
            <link rel="stylesheet" href="../static/css/style.css">
                <title>{{ title }}</title>
        </head>
        <body class="text-center">
            <img src="../static/doa100.png" width="50" height="56" border="0" alt="doa">
                {% block content %}{% endblock %}

                <!-- Optional JavaScript -->
                <!-- jQuery first, then Popper.js, then Bootstrap JS -->
        <script src="../static/js/jquery.min.js"></script>
                <script src="../static/js/popper.min.js"></script>
        <script src="../static/js/bootstrap.min.js"></script>
        </body>
```

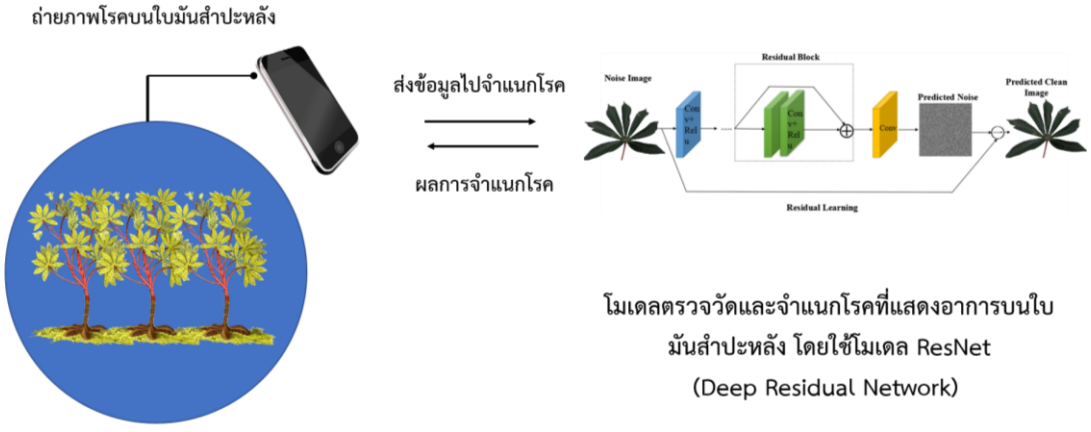
ศรีวิชัยการเกษตร

```
</html>
```

ไฟล์ result.html

```
{% extends "layout.html" %}
{% block content %}
        <div class = "info">
          <h1 style = "text-align: center"><span class="header-content-text">ผลการวิเคราะห์
</span></h1>
        <form class="form-signin" method=post enctype=multipart/form-data>
              {% if name == "healthy"%}
                    <h1 class="content-text">สมบูรณ์ ปกติ </h1>
              {% else %}
                    <h1 class="content-text"> {{ name }}</h1>
                    <h5 style = "text-align: left" class="content-text">{{ description }} </h5>
              {% endif %}
    </form> <br/>
   <h4><a href ="/cassdis"> กลับหน้าหลัก</a></h4>
  </div>
{% endblock %}
```

3. **ทดสอบการใช้งานและตรวจสอบความถูกต้อง** นำโมเดล ข้อมูลภาพ และไฟล์คำสั่งทั้งหมดขึ้นไปไว้ที่เว็บโฮสติ้ง หรือ Cloud Server ตรวจสอบความถูกต้องของการประมวลผลและการแสดงผล สร้าง QR CODE เพื่อให้ผู้ใช้สแกนเข้าใช้งานตามผังการทำงานดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ผังการทำงานของแอพพลิเคชั่นในการตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

กรมวิชาการเกษตร

4. การทดลองใช้แอพพลิเคชั่น

4.1 จัดทำคู่มือการใช้งานเป็นไฟล์วีดีโอ และโปสเตอร์ โดยมีรายละเอียดตั้งแต่สแกนใช้งาน เมนูการใช้งานอย่างละเอียด สามารถนำไปเผยแพร่ และประชาสัมพันธ์ให้แก่ผู้ใช้งานได้ (ภาพที่ 7 และ 8 และ ภาคผนวก ง และ จ)

ภาพที่ 7 ตัวอย่างเนื้อหาวิดีโอการใช้งานแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

ภาพที่ 8 คู่มือการใช้งานแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

5. การประเมินผลการใช้งาน

5.1 ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่เจ้าหน้าที่ของกรมวิชาการเกษตรทางระบบออนไลน์ ได้แก่ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปราจีนบุรี จำนวน 15 ราย ทำให้มีความรู้ความเข้าใจในการใช้งานแอพพลิเคชั่นจนสามารถถ่ายทอดความรู้แก่เกษตรกร เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง และผู้สนใจต่อไปได้ (ภาคผนวก ฉ)

5.2 จัดฝึกอบรมการใช้งานแอพพลิเคชั่น ให้แก่เกษตรกรและผู้สนใจ ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา เมื่อวันที่ 27 ธันวาคม 2564 ณ สำนักงานเกษตรอำเภอสีคิ้ว จำนวน 30 ราย ผู้เข้าอบรมมีความสนใจและเข้าใจการใช้งานและมีการประชาสัมพันธ์ให้แก่ผู้สนใจผ่านช่องทางออนไลน์ โดยมีความพึงพอใจในการใช้งานแอพพลิเคชั่นภาพรวมอยู่ใน

กรมวิชาการเกษตร

ระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.13 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.72 การใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อนอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.40 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.71 การจัดองค์ประกอบของแอพพลิเคชั่นเข้าใจง่าย มีค่าเฉลี่ย 4.00 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.86 การออกแบบสวยงาม มีค่าเฉลี่ย 2.83 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.04 สีที่ใช้เหมาะสม มีค่าเฉลี่ย 3.60 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.14 แอพพลิเคชั่นมีความทันสมัย มีค่าเฉลี่ย 4.33 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.70 (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพึงพอใจ
1. การใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน	4.40	0.71	มาก
2. การจัดองค์ประกอบของแอพพลิเคชั่นเข้าใจง่าย	4.00	0.86	มาก
3. การออกแบบสวยงาม	2.83	1.04	ปานกลาง
4. สีที่ใช้เหมาะสม	3.60	1.14	มาก
5. แอพพลิเคชั่นมีความทันสมัย	4.33	0.70	มาก
6. ภาพรวมของแอพพลิเคชั่น	4.13	0.72	มาก

อภิปรายผล (Discussion)

จากการศึกษาเพื่อพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ผลการวิจัยพบว่า การใช้โมเดล ResNet18 สามารถจำแนกชนิดและโรคได้ดีที่สุด สอดคล้องกับ Aravindhan V et al. (2019) ResNet โมเดล แต่ละบล็อกทำการส่งข้อผิดพลาดไปยังบล็อกต่อไป ซึ่งเป็นกลไกแก้ไขของตัวโมเดล จากเทคนิค Transfer Learning ทำให้สามารถลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการพัฒนาแอพพลิเคชั่น แต่เนื่องจากจำนวนของภาพที่มีจำนวนน้อย ทำให้การวินิจฉัยโรคบางโรคยังไม่แม่นยำ จึงควรมีการรวบรวมข้อมูลภาพเพิ่มเติมในการฝึกโมเดลให้มีประสิทธิภาพและเพิ่มความหลากหลายของโรคที่แสดงอาการบนใบมากขึ้น ในการพัฒนาการผลิตให้มีคุณภาพ

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

การพัฒนาแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง โดยการใช้โมเดล ResNet18 จากเทคนิค Transfer Learning ทำให้สามารถลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการพัฒนาแอพพลิเคชั่น มีค่าความถูกต้องสูงถึง 94.90 เปอร์เซ็นต์ ผู้ใช้งานสามารถวินิจฉัยและทราบอาการโรคบนใบมันสำปะหลัง พร้อมรับคำแนะนำในการป้องกันกำจัดได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ แต่อย่างไรก็ตาม จำนวนภาพของโรคแอนแทรคโนส มีเพียง 126 ภาพ ซึ่งน้อยเกินไป ทำให้อาจวินิจฉัยโรคนี้ได้ไม่แม่นยำ จึงต้องมีการรวบรวมข้อมูลภาพและฝึกโมเดลให้มีความสามารถในการจำแนกภาพโรคบนใบมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น นอกจากนั้น อาจมีข้อจำกัดในด้านประสิทธิภาพของ Cloud Server ซึ่งต้องการวงจรประมวลผลภาพความเร็วสูง จึงต้องมีการปรับปรุงเพื่อให้แอพพลิเคชั่นมีความสมบูรณ์และใช้ประโยชน์ได้ดียิ่งขึ้น

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

โครงการการพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ดำเนินการในปีงบประมาณ 2564 ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว สามารถสรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ ดังนี้

สรุป

1. สามารถสร้างฐานข้อมูล CSV และเขียนชุดคำสั่งเพื่อสร้างเครื่องมือสืบค้นภาพโดยใช้ไลบรารีแบบเปิดที่มีประสิทธิภาพสูงใช้งานกับ Python ได้ ซึ่งฐานข้อมูลที่ได้สารมารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) และการวิเคราะห์เชิงลึก (Deep Learning) ได้

2.ใช้โมเดล ResNet18 จากเทคนิค Transfer Learning ในการวินิจฉัยอาการบนใบมันสำปะหลัง ทำให้สามารถลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการพัฒนาแอพพลิเคชั่น ซึ่งมีค่าความถูกต้องสูงถึง 94.90 เปอร์เซ็นต์

3. ระบบจำแนกโรคบนใบมันสำปะหลังสามารถใช้งานได้ผ่าน คิวอาร์โค้ด ผู้ใช้งานสามารถวินิจฉัยและทราบอาการโรคบนใบมันสำปะหลัง พร้อมรับคำแนะนำในการป้องกันกำจัดได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ แต่อย่างไรก็ตาม จำนวนภาพของโรคแอนแทรคโนส มีเพียง 126 ภาพ ซึ่งน้อยเกินไป ทำให้อาจวินิจฉัยโรคนี้ได้ไม่แม่นยำ

ข้อเสนอแนะ

1.ควรมีการเก็บข้อมูลภาพเพิ่มขึ้น เพื่อใช้ในฝึกโมเดลให้มีความสามารถในการจำแนกภาพโรคบนใบมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น

2. ข้อจำกัดในด้านประสิทธิภาพของ Cloud Server ควรมีวงจรประมวลผลภาพความเร็วสูง เพื่อให้แอพพลิเคชั่นมีความสมบูรณ์และใช้ประโยชน์ได้ดียิ่งขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาที่ดิน.กลุ่มอนุรักษ์ดินและน้ำ สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน.เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 1001 –Do 46.01,กรุงเทพฯ.

กอบเกียรติ สระอุบล, 2563. เรียนรู้ Data Science และ AI : Machine Learning ด้วย Python. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มีเดีย เนทเวิร์ค. 640 น.

กอบเกียรติ สระอุบล, 2564. เรียนรู้ AI : Deep Learning ด้วย Python. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์อินเตอร์มีเดีย. 592 น.

โชติพันธุ์ หล่อเลิศสุนทร และฐิตะพันธุ์ หล่อเลิศสุนทร. 2559. คู่มือเรียนเขียนโปรแกรม Python (ภาคปฏิบัติ). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์คอร์ฟังก์ชัน. 368 น.

เชวง อมรศักดิ์, 2525. โรคใบไหม้ของมันสำปะหลัง : วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ณัฐวดี หงส์บุญมี และ พงศ์นรินทร์ ศรรุ่ง. 2561. “การประยุกต์ใช้เทคนิคจำแนกข้อมูลแบบต้นไม้ตัดสินใจเพื่อการวินิจฉัยโรคในโคเบื้องต้นบนโทรศัพท์มือถือ”. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน 2561. หน้า 44 – 58.

นัศพ์ชาณัณ ชินปัญช์ธนะ สำราญ ไผ่นวล และ ริญญรัตน์ โชติสุริยสินสุข. 2559. “การศึกษางานวิจัยการประมวลผลภาพดิจิทัลและการประยุกต์ใช้งานในแอพลิเคชัน” .การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 3 “งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น”.หน้า 546 – 555.

นิพนธ์ ทวิชัย. 2537. การศึกษาโรคต่างๆ ของมันสำปะหลัง : การแพร่ระบาดและความต้านทานโรคใบไหม้ของมันสำปะหลังที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย. รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สถาบันวิจัยแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ.

อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช. 2555. โรคและแมลงศัตรูมันสำปะหลัง. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ. 63 น.

Aravindhan Venkataramanan, Deepak Kumar P Honakeri, Pooja Agarwal. 2019. Plant Disease Detection and Classification Using Deep Neural Networks. International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSE). Vol. 11 No 08 Aug 2019. P: 40 – 46.

Dake, W. and Chengwei, M., 2006. The Support Vector Machine (SVM) Based Near-Infrared Spectrum Recognition of Leaves Infected by the Leafminers, First International Conference on Innovative Computing, Information and Control, vol. 3. : 448-451.Eli Stevens, Luca Antiga, and Thomas Viehmann. 2020. Deep Learning with PyTorch**.** Manning Publications. 520 Pages.

Makerere University AI Lab. 2020. Cassava Leaf Disease Classification, Identify the type of disease present on a Cassava Leaf image. https://www.kaggle.com/c/cassava-leaf-disease-classification/overview. November 20, 2020.

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

N. Petrellis. 2017. “Mobile Application for Plant Disease Classification Based on Symptom Signatures”. Proceedings of the 21st Pan-Hellenic Conference on InformaticsSeptember 2017. Article No.: 1 Pages 1–6.

R.M. Haralick. 1979. Statistical and structural approaches to Texture. Proceedings of the IEEE. Vol. 67, No. 5. pp. 786-804.

Tavish Srivastava. 2014. Basics of Image Processing in Python. https://www. analyticsvidhya.com/blog/2014/12/image-processing-python-basics. December 30, 2014

Vinod Kumar, Hritik Arora, Harsh and Jatin Sisodia. ResNet-based approach for detection and Classification of Plant Leaf Disease. 2020 International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC).

Wang, H. and Ma, Z., 2011. Prediction of Wheat Stripe Rust Based on Support Vector Machine. *2011 Seventh International Conference on Natural Computation.* pp. 378–382.

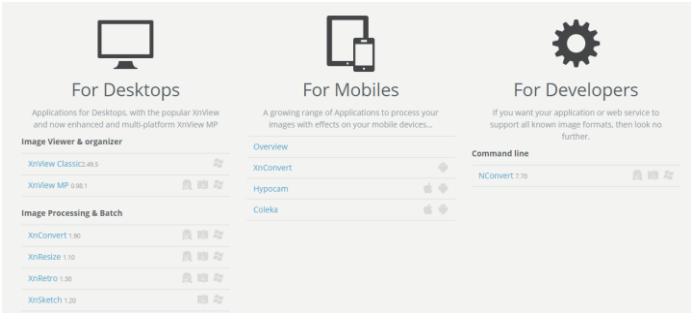
Ullah, M.I., et al. 2020. “Using Smartphone Application to Estimate the Defoliation Caused by Insect Herbivory in Various Crops”. **Pakistan Jounal of Zoology.** Vol. 52, Iss. 3, pp 1129-1135.

กรมวิชาการเกษตร

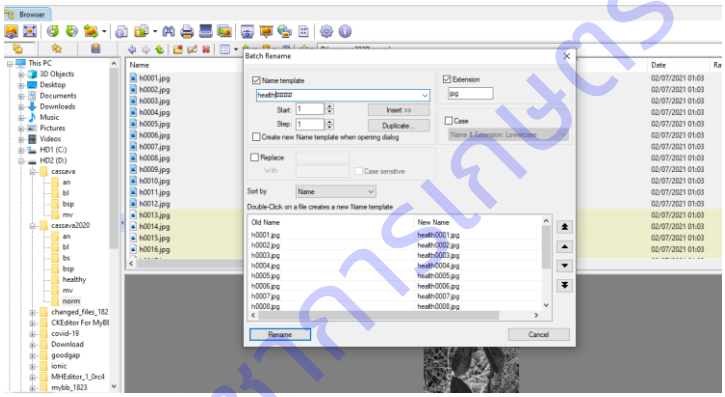
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การใช้โปรแกรมตกแต่งภาพ XnView

1. ดาวน์โหลดไฟล์ติดตั้งที่ https://www.xnview.com/en/ เลือก XnView 2.49.5 for Windows

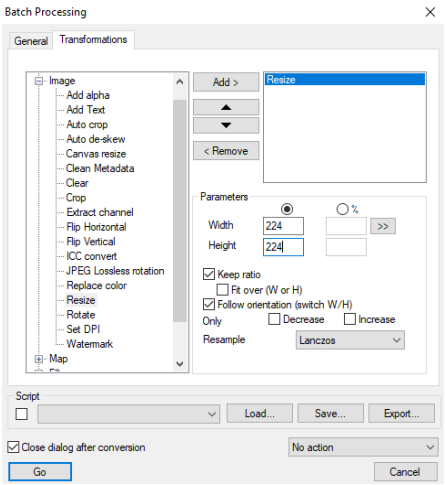


2. การเปลี่ยนชื่อภาพ เลือกภาพที่ต้องการ แล้วไปที่เมนู Tools > Batch Rename ... เลือกเปลี่ยนชื่อ new template เช่น health#### กดปุ่ม Rename



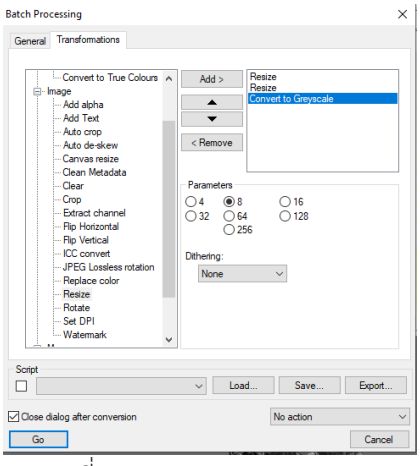
3. การเปลี่ยนขนาดภาพ และแปลงเป็นภาพระดับสีเทา

3.1 เลือกเมนู Tools > Batch Processing ... แล้วไปที่แท็บ Transformation เลือก image > Resize กด add > แล้วเติมขนาดภาพ Width: 224 Height: 224

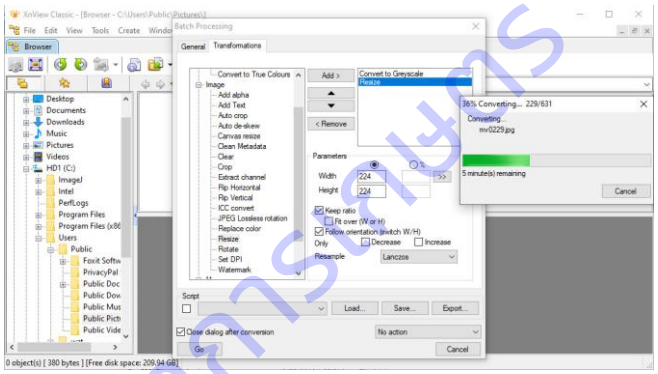


กรมวิชาการเกษตร

3.2 ที่แท็บ Transformation เลือก Convert > Convert to Greyscale กด add > แล้วเติม Parameters : 8

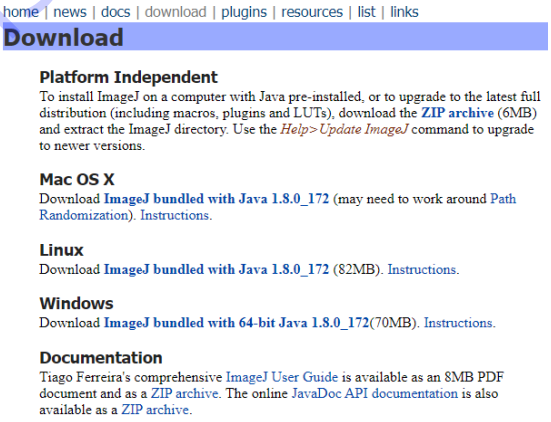


3.3 คลิกปุ่ม Go โปรแกรมจะเปลี่ยนขนาดภาพและแปลงภาพระดับสีเทาอย่างต่อเนื่องจนครบทุกไฟล์



ภาคผนวก ข การใช้โปรแกรมวิเคราะห์ภาพ ImageJ

1. ดาวน์โหลดไฟล์ติดตั้งที่ https://imagej.nih.gov/ij/download.html เลือก platform ตามต้องการ



home | news | docs | download | plugins | resources | list | links

Download

Platform Independent
To install ImageJ on a computer with Java pre-installed, or to upgrade to the latest full distribution (including macros, plugins and LUTs), download the **ZIP archive** (6MB) and extract the ImageJ directory. Use the *Help>Update ImageJ* command to upgrade to newer versions.

Mac OS X
Download **ImageJ bundled with Java 1.8.0_172** (may need to work around Path Randomization). Instructions.

Linux
Download **ImageJ bundled with Java 1.8.0_172** (82MB). Instructions.

Windows
Download **ImageJ bundled with 64-bit Java 1.8.0_172**(70MB). Instructions.

Documentation
Tiago Ferreira's comprehensive ImageJ User Guide is available as an 8MB PDF document and as a ZIP archive. The online JavaDoc API documentation is also available as a ZIP archive.

2. ดาวน์โหลดไฟล์ Plugin Texture Analzer ที่ https://imagej.nih.gov/ij/plugins/texture.html โดยคัดลอก GLCM_Texture.class ไปไว้ที่โฟลเดอร์ plugins แล้วรีสตาร์ทโปรแกรม ImageJ ถ้าต้องการทำหลายไฟล์ให้คัดลอก Batch_GLCM_Measure.txt ไปไว้ที่โฟลเดอร์ macros

กรมวิทยาศาสตร์

Texture Analyzer

Author: Julio E. Cabrera (jcabrera at mail.nih.gov)

History: 2003/06/10 (v0.0): First version
2005/06/10 (v0.1): The normalization constant (R in Haralick's paper, pixelcounter here) now takes in account the fact that for each pair of pixel you take in account there are two entries to the grey level co-ocurrence matrix. Changes were made also in the Correlation parameter. Now this parameter is calculated according to Walker's paper.
2006/07/07 (v0.4): Works with stacks and with macros.

Source: GLCM_Texture.java

Installation: Copy GLCM_Texture.class to the plugins folder and restart ImageJ.

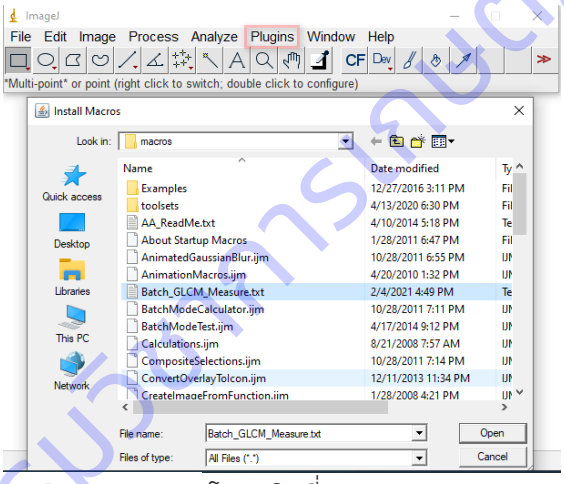
Description: This plugin computes several of the texture parameters described by Haralick (Haralick, R. M., Shanmugam, K., and Dinstein, I. (1973). Texture parameters for image classification, IEEE Trans SMC 3, 610-621). The only parameter computed differently is "Correlation", which is now calculated as described by Walker and col. (Walker, R. F., Jackway, P., and Longstaff, I. D. (1995). Improving Co-occurrence Matrix Feature Discrimination. Paper presented at: Third Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications.). Please note that the computations carried out in this plugin are normalized by area (see also below): two ROIs of different size but the same texture will result i n similar results for their texture parameters.

See Also: The Batch GLCM Measure macro is a wrapper for this plugin that allows batch processing of all the images in a directory.

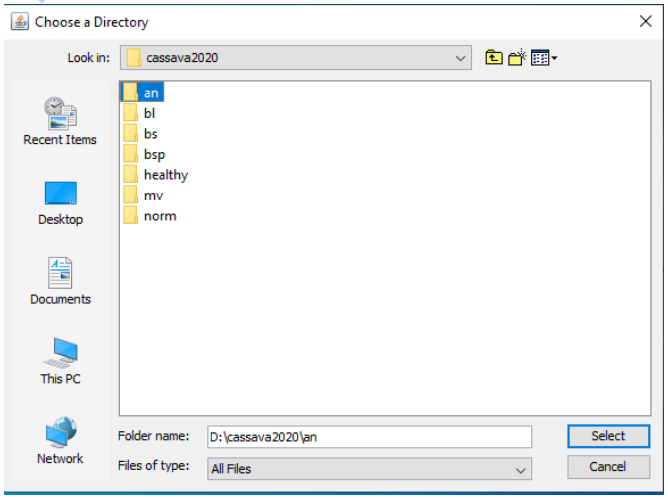
|Plugins | Home |

3. การสกัดข้อมูลตัวแปรรูปลักษณ์จากภาพด้วยมาโคร Batch GLCM Measure

3.1 ที่โปรแกรม ImageJ คลิก plugins > Macros > install เลือกไฟล์ Batch_GLCM_Measure.txt กดปุ่ม Open

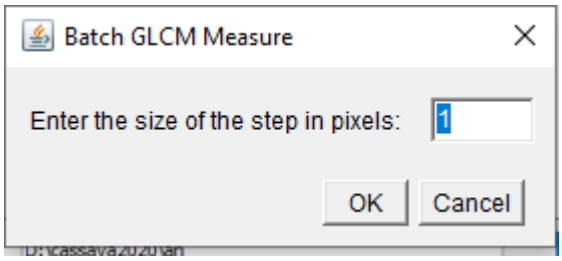


3.2 ใช้งาน Batch GLCM Measure โดยคลิกที่ Plugins > Macros > Batch GLCM Measure เลือก Directory ที่ต้องการสกัดข้อมูลตัวแปรรูปลักษณ์ แล้วกดปุ่ม Select

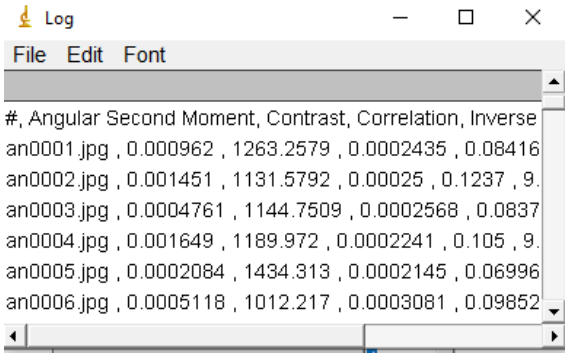


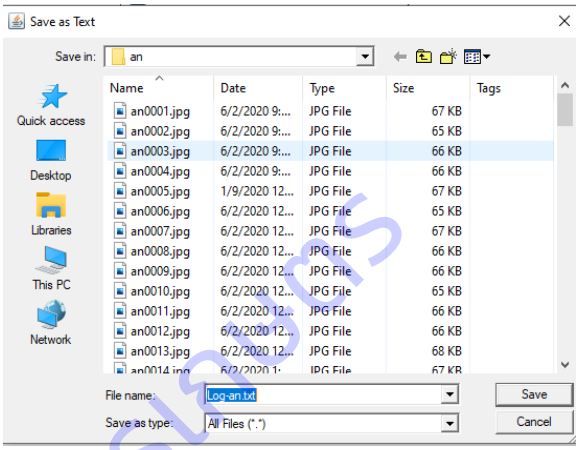
ตัวอย่างการสกัด

เลือก ขนาดพิกเซลที่จะดำเนินการทีละขั้น กด OK

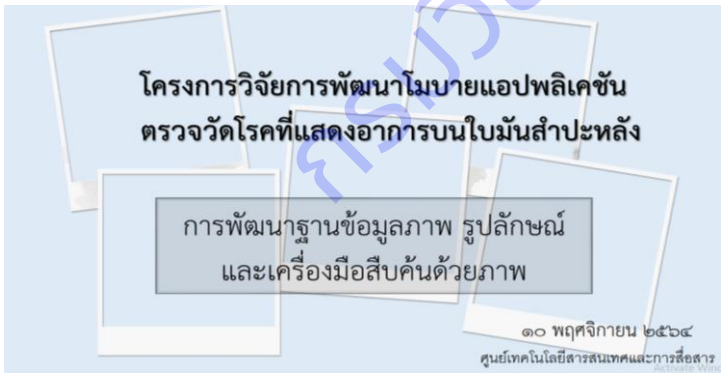


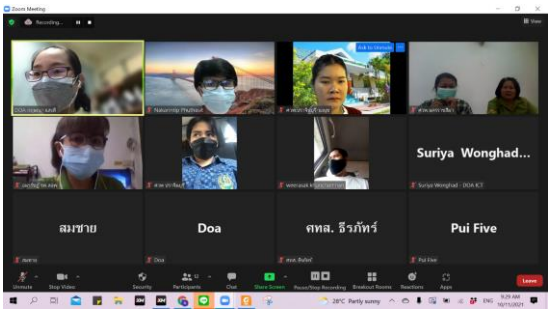
ได้ผลลัพธ์ที่หน้าจอ Log คลิก File > Save As ... ตั้งชื่อไฟล์ แล้วกด Save





ภาคผนวก ค การถ่ายทอดเทคโนโลยีฐานข้อมูลภาพ รูปลักษณ์ และเครื่องมือสืบค้น ด้วยภาพ ผ่านระบบออนไลน์
เมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2564





กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ง แผ่นพับคู่มือการใช้งานแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก จ โปสเตอร์การใช้งานแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

กรมวิชาการเกษตร

ภาคนวก ฉ การถ่ายทอดและฝึกอบรมเทคโนโลยีโมบายแอพพลิเคชั่นการตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ผ่านระบบออนไลน์ เมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2564

ภาคผนวก ช ฝึกอบรมโมบายแอพพลิเคชั่นวินิจฉัยโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ให้กับเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา เมื่อวันที่ 27 ธันวาคม 2564

กรมวิชาการเกษตร