รายงานแผนงานวิจัยย่อย

วิจัยพัฒนาระบบจำแนกโรคและศัตรูพืชบนใบมันสำปะหลัง โดยเทคนิคประมวลภาพดิจิทัล

Research and Development on Cassava Leaf Disease Classification System Using Digital Image Processing Technology

กฤษณา แสงดี

Kritsana Sangdee

กรมวิชาการเกษตร

พ.ศ. 2564

รายงานแผนงานวิจัยย่อย

วิจัยพัฒนาระบบจำแนกโรคและศัตรูพืชบนใบมันสำปะหลัง โดยเทคนิคประมวลภาพดิจิทัล

Research and Development on Cassava Leaf Disease Classification System Using Digital Image Processing Technology

กฤษณา แสงดี

Kritsana Sangdee

กรมวิชาการเกษตร

พ.ศ. 2564

คำปรารภ

งานวิจัยพัฒนาระบบจำแนกโรคและศัตรูพืชบนใบมันสำปะหลัง โดยเทคนิคประมวลผลภาพดิจิทัล อยู่ภายใต้แผนงานวิจัยและพัฒนาระบบสารสนเทศสู่เกษตรดิจิทัล ของกรมวิชาการเกษตร ดำเนินการวิจัยตั้งแต่เดือนตุลาคม 2562 - กันยายน 2564 เป็นการนำปัญญาประดิษฐ์มาช่วยในการตัดสินใจ โดยการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ (Image Processing) ซึ่งเป็นการนำภาพมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ การใช้การเรียนรู้ด้วยเครื่อง (Machine Learning) และ วิเคราะห์เชิงลึก (Deep learning) มาเป็นเครื่องมือ แล้วพัฒนาเป็นระบบช่วยในการวินิจฉัยโรคบนใบมันสำปะหลังให้มีความรวดเร็ว แม่นยำ ช่วยลดเวลา ลดขั้นตอน ลดช่องว่างในการเข้าถึงข้อมูลของภาครัฐ พร้อมทั้งช่วยลดการใช้สารเคมีที่ไม่ถูกต้อง ลดการระบาดของโรค เพิ่มคุณภาพของผลผลิต ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีให้แก่เกษตรกร

รายงานฉบับนี้ ประกอบด้วยโครงการพัฒนาโมเดลการจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง และโครงการพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ดำเนินงานในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญและมีการระบาดของโรคที่สำคัญ โดยเฉพาะอาการใบด่างมันสำปะหลังในช่วงที่ผ่านมา

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับนี้จะมีประโยชน์แก่นักวิจัย นักวิชาการเกษตร เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ตลอดจนผู้สนใจ ในการนำไปเป็นข้อมูล แนวทาง และพัฒนาต่อยอดโมเดลและโมบายแอพพลิเคชั่นกับพืชอื่น หรือพื้นที่อื่นให้เกิดประโยชน์ต่อไป

คณะผู้วิจัย

กุมภาพันธ์ 2565

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	5
ผู้วิจัย	6
บทนำ	7
บทคัดย่อ	8
โครงการวิจัยที่ 1 การพัฒนาโมเดลการจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง	11
โครงการวิจัยที่ 2 การพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง	29
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	48
บรรณานุกรม	50
ภาคผนวก	52

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยพัฒนาระบบจำแนกโรคและศัตรูพืชบนใบมันสำปะหลัง โดยเทคนิคประมวลผลภาพดิจิทัล รับผิดชอบโดยศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมวิชาการเกษตร ดำเนินการรวบรวมและทดสอบข้อมูลในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว โดยในการศึกษาวิจัยนี้ได้รับความร่วมมือจากหลายภาคส่วนเป็นอย่างดียิ่ง ผู้รับผิดชอบงานวิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ ขอขอบคุณกรมวิชาการเกษตรที่ให้โอกาสและทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ขอขอบคุณเกษตรกรในพื้นที่ คณะผู้บริหารศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร นายอิสิวัฒน์ บัณฑราภิวัฒน์ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและระบบสารสนเทศ นายจงรักษ์ จารุเนตร ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปราจีนบุรี ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา ที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณ กรมส่งเสริมการเกษตร กรมอุตุนิยมวิทยา ที่ให้ข้อมูลโรคบนใบมันสำปะหลังในพื้นที่ ตัวอย่างภาพในการรวบรวมและทดสอบโมบายแอพพลิเคชั่น และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณทีมงานจากนักวิจัย เจ้าหน้าที่ ของศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ ร่วมแรงร่วมใจในการดำเนินการวิจัยกันอย่างดียิ่งจนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

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

สุวิชา อ่อนเฉียบ

Suvicha Oncheab

สายชล แสงแก้ว

Saichon Sangkaew

เสาวรี บำรุง

Saowaree Bumrung

อมรรัชฎ์ คิดใจเดียว

Amonrat Kitjaidewa

นงนุช ช่างสี

Nongnuch Changsee

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของแผนงานวิจัยย่อย

ประเทศไทยมีการปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดในอาเซียน ตามด้วยอินโดนีเซียและเวียดนาม (ส่วนมากส่งออกเป็นผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง เช่น มันเส้น และแป้งมัน) (ศูนย์ข้อมูลข่าวอาเซียน กรมประชาสัมพันธ์, 2558) ผลผลิตมันสำปะหลังปี 2561 (เริ่มออกสู่ตลาดตั้งแต่เดือนตุลาคม 2560 – กันยายน 2561) คาดว่ามีพื้นที่เก็บเกี่ยว 7.87 ล้านไร่ ผลผลิต 27.74 ล้านตัน ผลผลิตต่อไร่ 3.46 ตัน เมื่อเทียบกับปี 2560 มีพื้นที่เก็บเกี่ยว 8.71 ล้านไร่ ผลผลิต 30.50 ล้านตัน และผลผลิตต่อไร่ 3.50 ตัน พบว่า พื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ลดลงร้อยละ 9.64, 10.69 และ 1.14 ตามลำดับ (วารสารเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) ปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งในการผลิตมันสำปะหลังให้ได้คุณภาพดี และผลผลิตสูง คือ การเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ การใช้ท่อนพันธุ์ที่สะอาดปราศจากโรคและแมลงต่างๆ การรู้จักโรคและแมลงศัตรูพืชต่างๆ การวินิจฉัยอาการจากโรคแมลงได้เบื้องต้น การเลือกใช้วิธีการกำจัดศัตรูพืชที่เหมาะสมถูกที่ ถูกเวลา การเลือกใช้สารเคมีที่ถูกต้องกับโรคในปริมาณที่เหมาะสม การดูแลและการสังเกตุพืชในแปลงอย่างใกล้ชิด โดยเริ่มตั้งแต่การหมั่นตรวจแปลง และวินิจฉัยอาการของพืชที่พบเบื้องต้นว่าอาการนั้นเกิดจากการขาดธาตุอาหาร แมลง หรือโรค ซึ่งศัตรูพืชบางชนิดอาจจำแนกได้ยาก โดยเฉพาะโรคพืชมีความสำคัญต่อโครงสร้างทางสรีรวิทยาของต้นพืช ซึ่งแสดงลักษณะอาการที่ปรากฏให้เห็นเป็นหลักฐาน โรคพืชมีสาเหตุจากเชื้อโรค และส่วนใหญ่จะปรากฏอาการให้เห็นบนใบหรือต้นพืช โดยโรคสำคัญของมันสำปะหลังได้แก่ โรคใบไหม้ โรคแอนแทคโนส โรครากปม โรคใบจุดสีน้ำตาล โรคใบจุดขาว ซึ่งโรคใบไหม้และโรคใบจุด ในระยะเริ่มแสดงอาการยากต่อการแยกด้วยสายตา สามารถทำให้เกิดการวินิจฉัยโรคผิดได้ ดังนั้น การตรวจวัดใบและต้นพืชเพื่อค้นหาโรคและลักษณะอาการที่ถูกโรคทำลาย จึงเป็นปัจจัยสำคัญทำให้การเพาะปลูกพืชประสบผลสำเร็จ

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการช่วยวินิจฉัยโรคเบื้องต้น ช่วยลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการดำเนินการ โดยการประมวลผลภาพ (Image Processing) ซึ่งเป็นการนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ สามารถนำไปหาค่าเปอร์เซ็นต่อพื้นที่ใบที่เป็นโรคและนับจำนวนจุดโรค (กิตติพงศ์ และคณะ, 2554)

ดังนั้นการพัฒนาระบบอัตโนมัติในการตรวจวัดและจำแนกโรคบนใบพืชที่สามารถให้บริการที่รวดเร็วเป็นธรรมชาติ แม่นยำ และประหยัด จะสามารถช่วยเหลือเกษตรกรทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับโรคพืชที่พบและวินิจฉัยได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว จนทำให้สามารถป้องกันกำจัดในเบื้องต้นเพื่อลดการแพร่ระบาดและความรุนแรงของโรคได้ อีกทั้งยังช่วยลดช่องว่างระหว่างเกษตรกรกับเจ้าหน้าที่ในการให้คำปรึกษา ก่อให้เกิดประโยชน์ในการติดตามการปลูกพืชในระบบแปลงใหญ่ และเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นยังสามารถพัฒนาต่อยอดไปสู่เทคโนโลยีในด้านอื่น ๆ

2. วัตถุประสงค์

1) เพื่อให้ได้โมเดลในการจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลังโดยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัล

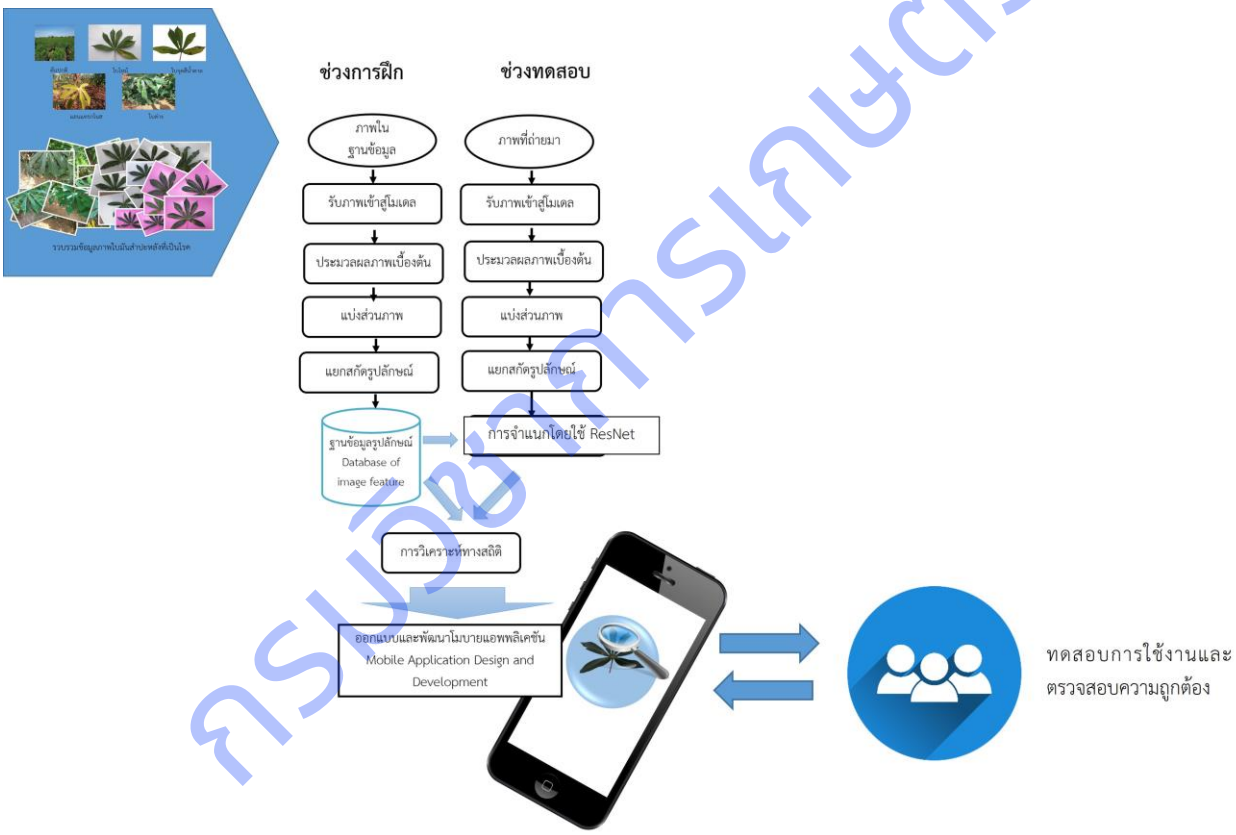
2) เพื่อจัดทำฐานข้อมูลภาพและรูปลักษณ์ใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรคและเครื่องมือสืบค้นด้วยภาพ

กรมวิชาการเกษตร

3) เพื่อพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

3. วิธีการวิจัย

แผนงานวิจัยย่อย วิจัยพัฒนาระบบจำแนกโรคและศัตรูพืชบนใบมันสำปะหลังโดยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัล ดำเนินงานวิจัยตั้งแต่เดือนตุลาคม 2562 – กันยายน 2564 ประกอบด้วย 2 โครงการวิจัย 4 การทดลอง คือ โครงการที่ 1 การพัฒนาโมเดลการจำแนกโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง การทดลองที่ 1 สำรวจ รวบรวมข้อมูลภาพใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรค การทดลองที่ 2 พัฒนาโมเดลจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง โครงการที่ 2 การพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง การทดลองที่ 1 จัดทำฐานข้อมูลรูปลักษณ์และเครื่องมือสืบค้นด้วยภาพ การทดลองที่ 2 พัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง มีการดำเนินกิจกรรมเชื่อมโยงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความเชื่อมโยงการดำเนินงานวิจัยภายใต้แผนงานวิจัยย่อยวิจัยพัฒนาระบบจำแนกโรคและศัตรูพืชบนใบมันสำปะหลังโดยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัล

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ จัดทำฐานข้อมูลภาพและรูปลักษณ์ใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการที่เป็นโรคและเครื่องมือสืบค้นด้วยภาพ พัฒนาโมเดลในการจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลังโดยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัล พร้อมทั้งพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ซึ่งการวินิจฉัยอาการจากโรคและแมลงศัตรูพืชต่างๆ ได้เบื้องต้น เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ช่วยให้การปลูกมันสำปะหลังมีคุณภาพ สามารถเลือกใช้วิธีการกำจัดศัตรูพืชที่เหมาะสมถูกที่ ถูกเวลา และเลือกใช้สารเคมีที่ถูกต้องกับโรคในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งโรคพืชบางชนิดอาจจำแนกได้ยาก โดยเฉพาะโรคพืชที่มีความสำคัญต่อโครงสร้างทางสรีรวิทยาของต้นพืช เพื่อช่วยให้การวินิจฉัยโรคพืชมีประสิทธิภาพโดยการพัฒนาโมเดลช่วยในการตัดสินใจและพัฒนาเป็นระบบช่วยในการวินัจฉัยโรคบนใบมันสำปะหลังในรูปแบบแอพพลิเคชั่น จึงได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง การป้องกันกำจัด และภาพจากพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว ระหว่างเดือนตุลาคม 2562 ถึงเดือนกันยายน 2564 ได้ภาพใบมันสำปะหลังจำนวน 9,907 ภาพ นำภาพทั้งหมดไปปรับเพิ่มความคมชัด ตัดส่วนของภาพที่ไม่ต้องการออก แปลงภาพจากระบบสี RGB เป็นภาพระดับสีเทา และสกัดตัวแปรรูปลักษณ์ของภาพ โดยการวิเคราะห์เมตริกซ์การปรากฏร่วมของระดับสีเทา (Gray – Level Co Occurrence Matrix : GLCM) จัดเก็บชื่อภาพและรูปลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับแต่ละภาพ เป็น 5 คลาส คือ 0) ต้นปกติ 1) ใบไหม้ 2) ใบจุดสีน้ำตาล 3) แอนแทรกโนส และ 4) ใบด่าง ในรูปแบบฐานข้อมูล CSV เขียนชุดคำสั่งภาษา Python เพื่อสร้างเครื่องมือสืบค้นภาพ และแสดงผลภาพที่สืบค้นได้ แล้วนำไปพัฒนาโมเดลการจำแนกโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง โดยแบ่งเป็นภาพอาการใบด่าง (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 แบ่งข้อมูลภาพเป็นข้อมูลฝึก 70 % และข้อมูลทดสอบ 30 % โดยใช้โมเดล ResNet (Deep Residual Network) มาใช้ พบว่ามีค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงถึง 94.40 เปอร์เซ็นต์ นำโมเดลนี้ไปพัฒนาระบบที่สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้น ผู้ใช้งานแอพพลิเคชั่นสามารถวินิจฉัย ทราบอาการ และรับคำแนะนำในการป้องกันกำจัดโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ผู้ใช้งานแอพพลิเคชั่นมีความพึงพอใจในการใช้งานในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.13 ยังต้องมีการรวบรวมข้อมูลภาพจำนวนมากขึ้น เพื่อฝึกโมเดลให้มีความสามารถในการจำแนกภาพโรคบนใบมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น และควรปรับปรุงประสิทธิภาพของ Cloud Server โดยการเพิ่มเติมวงจรที่มีความเร็วสูงในประมวลผลภาพมากยิ่งขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

Abstracts

This research aims to Prepare image database and appearance of diseased cassava leaves and visual retrieval tools. Developed a model for identifying symptomatic disease on cassava leaves by digital image processing technique. as well as develop a mobile application to measure and classify diseases showing symptoms on cassava leaves. The initial diagnosis of diseases and pests 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. Especially plant diseases that are important to the physiological structure of plants. To help make plant disease diagnosis effective by developing decision-making models and developing an application-based diagnostic system on cassava leaves. Therefore, the data of diseases that show symptoms on cassava leaves were collected. Prevention and pictures from cassava plantations in Nakhon Ratchasima, Prachinburi and Sa Kaeo provinces between October 2019 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. Label mapping encoded categories to 5 classes; 0) Healthy 1) Bacterial Blight (CBB) 2) Brown Streak Disease (CBS) 3) Anthracnose and 4) Mosaic Disease (CM). 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. Building transfer learning model used ResNet (Deep Residual Learning for Image Recognition) of 70 % training data and 30% testing data. 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.

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 1

การพัฒนาโมเดลการจำแนกโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

Development of a disease and pest identification model showing symptoms on cassava leaves

วีรศักดิ์ ขุนชำนาญ ธีรภัทร ธรรมไชยางกูร สุรพงษ์ ประสิทธิ์วัฒนเสรี กฤษณา แสงดี นครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์
นวลมณี พรหมนิล อมรรัชฎ์ คิดใจเดียว สายชล แสงแก้ว เสาวรี บำรุง นงนุช ช่างสี
สุวิชา อ่อนเฉียบ ยรรยง พันธุ์พฤกษ์

คำสำคัญ

มันสำปะหลัง, โรคบนใบมันสำปะหลัง, ข้อมูลภาพ, โมเดลการจำแนกภาพโรค, การเรียนรู้เชิงลึก

Keywords

Cassava, Cassava Leaf Disease, Image data, Cassava, Classification Model, Deep Learning

บทคัดย่อ

การพัฒนาโมเดลการจำแนกภาพโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ดำเนินการสำรวจและรวบรวมข้อมูลในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว ระหว่างเดือนตุลาคม 2563 ถึง เดือนกันยายน 2564 ได้ภาพใบมันสำปะหลัง 9,907 ภาพ บรรยายภาพแบ่งเป็น 0) ต้นปกติ (Healthy) 1) โรคใบจุดสีน้ำตาล (CBS) 2) โรคใบไหม้ (CBB) 3) โรคแอนแทรคโนส (CAN) และ 4) อาการใบด่าง (CMD) นำภาพทั้งหมดเข้าสู่กระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้เชิงลึก (Transfer Learning) โดยใช้โมเดล ResNet (Deep Residual Learning for Image Recognition) แบ่งข้อมูลภาพเป็นข้อมูลฝึก 70 % และข้อมูลทดสอบ 30 % ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าความถูกต้องของการจำแนก 94.90 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำโมเดลไปพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อเรียกใช้ต่อไป

Abstracts

Developing Cassava leaf disease images classification model were used the sample size of 9,907 images from the dataset of cassava leaves images collected in Nakhon Ratchasima, Prachinburi, and Sakaeo province. Label mapping encoded categories to 5 classes; 0) Healthy 1) Bacterial Blight (CBB) 2) Brown Streak Disease (CBS) 3) Anthracnose and 4) Mosaic Disease (CM). Building transfer learning model used ResNet (Deep Residual Learning for Image Recognition) of 70 % training data and 30% testing data. The result got 94.90% for accuracy and this model will be developed to application platform for users.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ (Introduction)

มันสำปะหลัง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Manihot esculenta* 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 ปัจจุบันจีนเป็นประเทศผู้นำเข้าผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของไทยเนื่องจากมีความต้องการใช้มันเส้นเพื่อนำไปผลิตแอลกอฮอล์ 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 ในขณะที่การป้องกันและแก้ปัญหาดังกล่าวนั้นส่วนใหญ่เป็นการใช้สารเคมีและการจัดการแปลงปลูก แม้จะช่วยลดผลกระทบจากความเสียหายจากปัญหาดังกล่าวได้บ้าง แต่วิธีการดังกล่าวเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตให้แก่เกษตรกร อีกทั้งการใช้สารเคมีนั้นยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกร ผลผลิตและสิ่งแวดล้อม 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 เกษตรกรบางรายอาจใช้วิธีบันทึกภาพด้วยกล้องแล้วส่ง

ตรวจสอบการคัดลอก

มายังหน่วยงานหรือนักวิจัย แต่คุณภาพของภาพที่เกษตรกรบันทึกมักจะเป็นอุปสรรคต่อการวินิจฉัยของเจ้าหน้าที่ นอกจากนี้ หากเกษตรกรสามารถมองเห็นอาการด้วยตาอย่างชัดเจน มักจะเป็นระยะที่โรคมีการพัฒนาพอสมควร ซึ่งการป้องกันกำจัดหลังจากนี้อาจไม่ได้ผลเท่าที่ควรการติดตามการแพร่ระบาดของโรคเป็นวิธีที่นักโรคพืชพยายามพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถพยากรณ์โรคพืชที่จะเกิดขึ้น และส่งข่าวถึงเกษตรกรได้ทันเวลาที่เกษตรกรจะสามารถปฏิบัติการป้องกันกำจัด เช่น ลดความชื้นภายในแปลงปลูก กำจัดหรือลดปริมาณเชื้อก่อโรค หรือฉีดพ่นสารเคมีชนิดป้องกันพืชไม่ให้เชื้อก่อโรคที่ตกลงบนผิวพืชหลังจากนั้นได้มีโอกาสสัมผัสพืชโดยตรง อย่างไรก็ตาม การพยากรณ์โรคพืชยังเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ต้องการผู้เชี่ยวชาญทางด้านพืชศาสตร์ โรคพืชวิทยา กีฏวิทยา และอุตุนิยมวิทยา ทำให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรที่ต้องการข้อมูลล่วงหน้าและทันเวลา ดังนั้น การพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถตรวจวัดการเกิดโรคบนพืชได้ในเวลารวดเร็วและเกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้ตรวจสอบบนต้นพืชด้วยตนเองจึงเป็นงานวิจัยที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกร รวมทั้งแก้ปัญหาผลิตผลเกษตรเสียหายอันเนื่องมาจากการทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืช การสำรวจรวบรวมและจัดทำฐานข้อมูลภาพใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรค จะนำไปสู่การพัฒนาโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง ภาพที่รวบรวมได้มีความหลากหลายและครอบคลุมพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง รวมทั้งได้ทราบข้อมูลปัจจัยสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสง และฐานข้อมูลภาพใบ มันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรคจะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาระบบตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลังต่อไป

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการช่วยวินิจฉัยโรคเบื้องต้น ช่วยลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการดำเนินการ โดยการประมวลผลภาพ (Image Processing) ซึ่งเป็นการนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ สามารถนำไปหาค่าเปอร์เซ็นต่อพื้นที่ใบที่เป็นโรคและนับจำนวนจุดโรค (กิตติพงศ์ และคณะ, 2554)

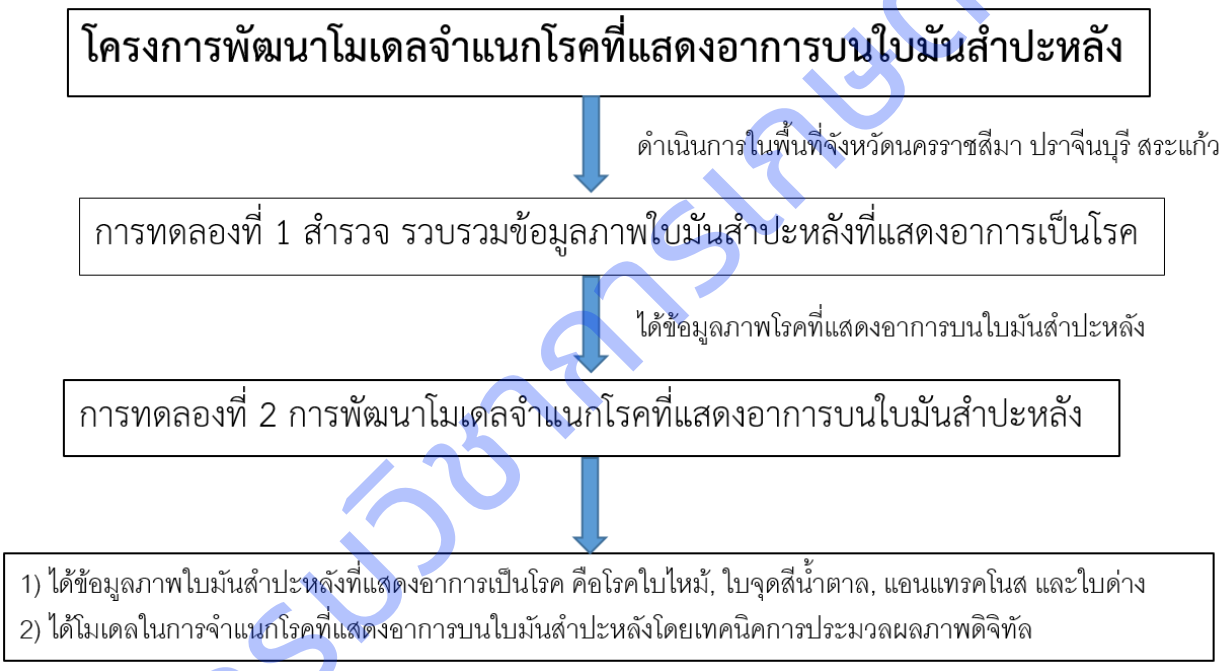
ขั้นตอนในการจำแนกและตัดสินใจใช้การวิเคราะห์จากการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) เป็นเทคนิคหรือกระบวนการที่ใช้สำหรับปรับแต่งระบบคอมพิวเตอร์ให้มีพฤติกรรมเฉพาะตัวที่สนับสนุนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาหรือปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของระบบให้ดีขึ้นและเก็บไว้ในฐานความรู้ ซึ่งมีเทคนิคต่างๆ หลายวิธี แต่เทคนิคที่สนใจคือเทคนิค Support Vector Machine (SVM) เป็นโมเดลที่สามารถนำมาช่วยแก้ปัญหาการจำแนกข้อมูล ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและจำแนกข้อมูล โดยอาศัยหลักการของการหาสัมประสิทธิ์ของสมการเพื่อสร้างเส้นแบ่งแยกกลุ่มข้อมูลที่ถูกป้อนเข้าสู่กระบวนการสอนให้ระบบเรียนรู้ เข้าสู่ระนาบขอบเขตที่เหมาะสม มีการนำไปใช้ในการพยากรณ์การเกิดอาการจากหนอนชอนใบ (Dake et al., 2006) การพยากรณ์โรคราสนิมที่ใบของข้าวสาลี (Wang et al., 2011)

การพัฒนาระบบอัตโนมัติในการตรวจวัดและจำแนกโรคบนใบพืช สามารถให้บริการที่รวดเร็ว เป็นธรรมชาติ แม่นยำ และประหยัด สามารถช่วยเหลือเกษตรกรทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับโรคพืชที่พบ สามารถป้องกันกำจัดในเบื้องต้นเพื่อลดการแพร่ระบาดและความรุนแรงของโรคได้ อีกทั้งยังช่วยลดช่องว่างระหว่างเกษตรกรกับเจ้าหน้าที่ในการให้คำปรึกษา ก่อให้เกิดประโยชน์ในการติดตามการปลูกพืชในระบบแปลงใหญ่ และเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นยังสามารถพัฒนาต่อยอดไปสู่เทคโนโลยีในด้านอื่นๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

โครงการพัฒนาโมเดลการจำแนกโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ดำเนินการเก็บข้อมูลในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2562 ถึงเดือนกันยายน 2564 ประกอบด้วย 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 สำรวจ รวบรวมข้อมูลภาพใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรค และการทดลองที่ 2 การพัฒนาโมเดลจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง โดยทำการรวบรวมและจำแนกโรคบนใบมันสำปะหลังที่สำคัญ 4 โรค คือ โรคใบไหม้ โรคใบจุดสีน้ำตาล โรคแอนแทรกโนส และอาการใบด่าง เพื่อนำมาพัฒนาโมเดลการจำแนกโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง แสดงความเชื่อมโยงดังแผนภาพที่ 2



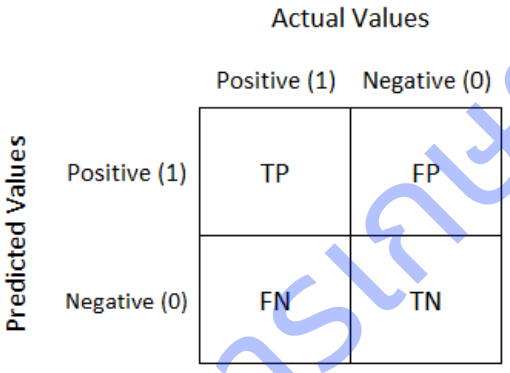
ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงความเชื่อมโยงของกิจกรรมภายในโครงการวิจัยฯ

1.สำรวจ รวบรวมข้อมูลภาพใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรค

ดำเนินการในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว ตั้งแต่ตุลาคม 2562 - กันยายน 2564 โดยการเตรียมแผนการถ่ายภาพ โดยการฝึกอบรมให้รู้จักลักษณะอาการที่โรคเข้าทำลายใบมันสำปะหลัง และสามารถตรวจดูลักษณะเชื้อโรคพืชเบื้องต้น ฝึกอบรมเทคนิคการถ่ายภาพการใช้โปรแกรมปรับแต่งภาพ วางแผนการถ่ายภาพทุก 15 วันตลอดการทดลอง เพื่อให้ได้ภาพใบมันสำปะหลังทุกระยะที่โรคเข้าทำลาย กำหนดคุณลักษณะของภาพ รายละเอียดกล้อง รูปแบบสี รูปแบบไฟล์ภาพ ก่อนถ่าย โดยความละเอียดของภาพที่ต้องการ ขนาด 2 ล้านพิกเซล ใช้รูปแบบสี true color ไฟล์ *.jpg และ RAW File ก่อนถ่าย ลองถ่ายภาพแผ่นเทียบสี RGB ในบริเวณนั้น ให้มีความเข้มสีที่ไม่ผิดเพี้ยน จึงค่อยถ่ายภาพใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรค

กรมวิชาการเกษตร

ถ่ายภาพ ระบุโรคและอาการ พร้อมทั้งเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมบริเวณต้นที่ถ่ายภาพ ได้แก่ ปริมาณแสงแดด ปริมาณความชื้น อุณหภูมิ ปรับแต่งด้วยโปรแกรมตกแต่งภาพ เพิ่มความคมชัด ตัดส่วนของภาพที่ไม่ต้องการออก แบ่งภาพถ่ายออกเป็น 5 ประเภท คือ 1) ต้นปกติ 2) ใบไหม้ 3) ใบจุดสีน้ำตาล 4) แอนแทรคโนส 5) อาการใบด่าง ทำการพัฒนาโมเดลจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ด้วยการเขียนชุดคำสั่งภาษาPython เพื่อพัฒนาโมเดลจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง โดยใช้เทคนิคการถ่ายทอดการเรียนรู้ (Transfer Learning) ดังนี้ 1) นำเข้าไลบรารี่ที่จำเป็น 2) นำเข้าชุดข้อมูลภาพ แบ่งชุดข้อมูลภาพเป็นข้อมูลฝึก ข้อมูลปรับแต่ง และข้อมูลทดสอบ 3) แสดงภาพจากชุดข้อมูล 4) นำเข้าโมเดลที่ผ่านการฝึกเรียบร้อยแล้ว 5) ทดสอบและประเมินประสิทธิภาพโมเดล โดยคำนวณ Confusion Matrix คือตารางที่ใช้ในการวัดความสามารถของการเรียนรู้ของเครื่องในการแก้ปัญหาการจำแนกประเภท



True Positive (TP) คือ สิ่งที่โมเดลทำนายว่า “จริง” และมีค่าเป็น “จริง”

True Negative (TN) คือ สิ่งที่โมเดลทำนายว่า “ไม่จริง” และมีค่า “ไม่จริง”

False Positive (FP) คือ สิ่งที่โมเดลทำนายว่า “จริง” แต่มีค่าเป็น “ไม่จริง”

False Negative (FN) คือ สิ่งที่โมเดลทำนายว่า “ไม่จริง” แต่มีค่าเป็น “จริง”

ตัววัดที่นิยมใช้กัน คือ

1.ความแม่นยำ (Precision) โดยพิจารณาแยกทีละคลาส $\frac{TP}{TP+FP}$

2.ความครบถ้วน (Recall) โดยพิจารณาแยกทีละคลาส $\frac{TP}{TP+FN}$

3.ความถูกต้อง (Accuracy) โดยพิจารณารวมทุกคลาส $\frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}$

4. F1-Score คือค่าเฉลี่ยแบบ harmonic mean ระหว่าง precision และ Recall $F1 = 2 \times \frac{(Precision \times Recall)}{(Precision + Recall)}$

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

ดำเนินการเตรียมแผนการถ่ายภาพ โดยการเรียนรู้ลักษณะอาการของโรคที่เข้าทำลายบนใบมันสำปะหลังจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ก่อนทำการรวบรวมข้อมูลภาพจากแปลงเกษตรกร

1. สำรวจ รวบรวมข้อมูลภาพใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรค

1.1 การศึกษาลักษณะอาการที่โรคเข้าทำลายใบมันสำปะหลัง

ผลการศึกษาลักษณะอาการที่โรคเข้าทำลายใบมันสำปะหลัง จากแปลงมันสำปะหลังของเกษตรกรในจังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว ปรากฏดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 โรค เชื้อสาเหตุ และลักษณะอาการบนใบมันสำปะหลัง

ภาพใบแสดงอาการเป็นโรค	เชื้อสาเหตุ	ลักษณะอาการ
ใบไหม้ (Bacterial Blight : BB) 	บักเตรี *Xanthomonas campestris pv.* manihotis	เริ่มแรกแสดงอาการใบจุดเหลี่ยม ฉ่ำน้ำ ใบไหม้ ใบเหี่ยว ยางไหล จนถึงอาการยอดเหี่ยว และแห้งตายลงมา นอกจากนี้ยังทำให้ระบบท่อน้ำอาหารของลำต้นและรากเน่า
ใบจุดสีน้ำตาล (Brown Streak Disease : BSD) 	เชื้อรา *Cercosporidium henningsii*	แสดงอาการใบจุดค่อนข้างเหลี่ยมตามเส้นใยมีความสม่ำเสมอสีน้ำตาล ขนาด 3-15 มิลลิเมตร มีขอบชัดเจนจุดแผลด้านหลังใบมีสีเทา และ แผลล้อมรอบด้วยวงสีเหลือง ตรงกลางแผลอาจจะแห้งและหลุดเป็นรู
แอนแทรคโนส (Antracnose : CA)	เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp.manihotis	ใบจะมีขอบใบไหม้สีน้ำตาลขยายตัวเข้าสู่กลางใบ มักปรากฏกับใบที่อยู่ล่าง ในตัวแผลบนใบจะมีเม็ดเล็ก ๆ สีดำขยายตัวไปตามขอบของแผลอาการไหม้ส่วนก้านใบ อาการจะปรากฏในส่วนโคนก้านใบ จะเป็นแผลสีน้ำตาลขยายตัวไปตามก้านใบ ทำให้ก้าน

กองวิชาการเกษตร

ภาพใบแสดงอาการเป็นโรค	เชื้อสาเหตุ	ลักษณะอาการ
		ใบมีลักษณะลู่ลงมาจากยอด หรือตัวใบจะหักงอจากก้านใบ เกิดอาการใบเหี่ยวและแห้งได้ ส่วนลำต้นและยอด แผลที่ลำต้นจะเป็นแผลสีดำตรงบริเวณข้อต่อกับก้านใบและมีสภาพแวดล้อมเหมาะสม แผลจะขยายตัวไปสู่ส่วนยอดทำให้ยอดเหี่ยวแห้งลงมา
อาการใบด่าง (Mosaic Disease : MD) 	เชื้อไวรัส ในวงศ์ *Geminiridae* สกุล *Begomovirus*	ใบด่างและใบหงิก เสียรูปทรง อาการด่างมีหลายแบบ เช่น ด่างเขียวซีดสลับเขียวเข้ม ด่างเหลืองสลับเขียว ใบหงิก หรือ หงิกเหลือง ใบย่อยบิดเบี้ยว หงิกงอ โค้งเสียรูปทรง ใบอ่อนและใบที่เจริญใหม่มีขนาดเล็กลง ยอดหงิก ต้นแคระแกร็น

1.2 การสำรวจข้อมูลสภาพแวดล้อมแปลงมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว โดยได้ออกเดินทางสำรวจจังหวัดนครราชสีมา 8 ครั้ง ปราจีนบุรี และสระแก้ว จังหวัดละ 9 ครั้ง รวม 26 ครั้ง ได้ข้อมูลรวม 3,912 ข้อมูล (ตารางที่ 2) พบว่า

ความชื้นใต้ทรงพุ่ม แปลงมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมาส่วนมากมีความชื้นใต้ทรงพุ่ม 31-40 % แปลงจังหวัดปราจีนบุรีมีความชื้นใต้ทรงพุ่ม 41-50 % และแปลงจังหวัดสระแก้วมีความชื้นใต้ทรงพุ่มมากกว่า 60 %

อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม แปลงมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมามีอุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม 31-35 องศาเซลเซียส แปลงจังหวัดปราจีนบุรีมีอุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม 36-40 องศาเซลเซียส และแปลงจังหวัดสระแก้วมีอุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม 31-35 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิดิน แปลงมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมามีอุณหภูมิดิน 31-35 องศาเซลเซียส แปลงจังหวัดปราจีนบุรีมีอุณหภูมิดินมากกว่า 36-40 องศาเซลเซียส และแปลงจังหวัดสระแก้วมีอุณหภูมิดิน 31-35 องศาเซลเซียส

ความชื้นในดิน แปลงมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมามีความชื้นในดิน 31-40 % แปลงจังหวัดปราจีนบุรีมีความชื้นในดิน 31-40 % และแปลงจังหวัดสระแก้วมีความชื้นในดิน 60%

อุณหภูมิสูงสุด แปลงมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมามีอุณหภูมิสูงสุด 31-35 องศาเซลเซียส แปลงจังหวัดปราจีนบุรีมีอุณหภูมิสูงสุด31-35 องศาเซลเซียส และแปลงจังหวัดสระแก้วมีอุณหภูมิสูงสุด 31-35 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิต่ำสุด แปลงมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมามีอุณหภูมิต่ำสุด 21-25 องศาเซลเซียส แปลงจังหวัดปราจีนบุรีมีอุณหภูมิต่ำสุด 21-25 องศาเซลเซียส และแปลงจังหวัดสระแก้วมีอุณหภูมิต่ำสุด 21-25 องศาเซลเซียส

กรมวิชาการเกษตร

ความชื้นสัมพัทธ์ แปลงมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมามีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 61-70 % แปลงจังหวัดปราจีนบุรีมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 61-70 % และแปลงจังหวัดสระแก้วมีความชื้นสัมพัทธ์ 71-80%

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของแปลงมันสำปะหลังแต่ละจังหวัด แยกตามปัจจัยสภาพแวดล้อม

ปัจจัย		นครราชสีมา	ปราจีนบุรี	สระแก้ว	รวม
จำนวนข้อมูล (n)		1532	1192	1188	3912
ความชื้นใต้ทรงพุ่ม (เปอร์เซ็นต์)					
น้อยกว่า 31	จำนวน	184	142	159	485
	ร้อยละ	12.01	11.91	13.38	12.39
31 - 40	จำนวน	394	304	247	945
	ร้อยละ	25.72	25.50	20.80	24.16
41 - 50	จำนวน	391	378	263	1032
	ร้อยละ	25.52	31.71	22.14	26.38
51 - 60	จำนวน	318	168	231	717
	ร้อยละ	20.76	14.10	19.44	18.33
มากกว่า 60	จำนวน	245	200	288	733
	ร้อยละ	15.99	16.78	24.24	18.74
อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม (องศาเซลเซียส)					
น้อยกว่า 26	จำนวน	110	23	132	265
	ร้อยละ	7.18	1.93	11.11	6.78
26 - 30	จำนวน	535	260	285	1080
	ร้อยละ	34.92	21.81	23.99	27.61
31 - 35	จำนวน	669	429	512	1610
	ร้อยละ	43.67	35.99	43.10	41.15
36 - 40	จำนวน	190	452	220	862
	ร้อยละ	12.40	37.92	18.52	22.03
มากกว่า 40	จำนวน	28	28	39	95
	ร้อยละ	1.83	2.35	3.28	2.43
อุณหภูมิดิน (องศาเซลเซียส)					
น้อยกว่า 26	จำนวน	110	23	132	265
	ร้อยละ	7.18	1.92	11.11	6.77
26 – 30	จำนวน	535	260	285	1080

กรมวิชาการเกษตร

ปัจจัย		นครราชสีมา	ปราจีนบุรี	สระแก้ว	รวม
	ร้อยละ	34.92	21.81	23.99	27.60
31 – 35	จำนวน	669	429	512	1610
	ร้อยละ	43.67	36	43.10	41.15
36 - 40	จำนวน	190	452	220	862
	ร้อยละ	12.40	37.92	18.52	22.03
มากกว่า 40	จำนวน	28	28	39	95
	ร้อยละ	1.83	2.35	3.28	2.43
ความชื้นในดิน (เปอร์เซ็นต์)					
น้อยกว่า 31	จำนวน	244	228	175	647
	ร้อยละ	15.93	19.13	14.73	16.54
31 – 40	จำนวน	482	369	243	1094
	ร้อยละ	31.46	30.96	20.45	27.96
41 – 50	จำนวน	239	199	168	606
	ร้อยละ	15.60	16.69	14.14	15.49
51 – 60	จำนวน	159	43	94	296
	ร้อยละ	10.38	3.61	7.91	7.57
มากกว่า 60	จำนวน	408	353	508	1269
	ร้อยละ	26.63	29.61	42.76	32.44
อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)					
น้อยกว่า 31	จำนวน	364	0	0	364
	ร้อยละ	23.76	0	0	9.30
31 – 35	จำนวน	916	954	950	2820
	ร้อยละ	59.79	80.03	79.97	72.09
มากกว่า 35	จำนวน	252	232	232	728
	ร้อยละ	16.45	19.97	20.03	18.61
อุณหภูมิต่ำสุด(เปอร์เซ็นต์)					
น้อยกว่า 21	จำนวน	594	0	470	1064
	ร้อยละ	38.77	0	39.56	27.20
21 – 25	จำนวน	938	954	718	2610
	ร้อยละ	61.23	80.03	60.44	66.72
มากกว่า 25	จำนวน	0	238	0	238
	ร้อยละ	0	19.97	0	6.08
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)					

กรมวิชาการเกษตร

ปัจจัย		นครราชสีมา	ปราจีนบุรี	สระแก้ว	รวม
น้อยกว่า 61	จำนวน	0	308	0	308
	ร้อยละ	0	25.84	0	7.87
61 – 70	จำนวน	706	688	190	1584
	ร้อยละ	46.08	57.72	15.99	40.49
71 – 80	จำนวน	546	196	760	1502
	ร้อยละ	35.64	16.44	63.97	38.40
มากกว่า 80	จำนวน	280	0	238	518
	ร้อยละ	18.28	0	20.04	13.24

1.3 การรวบรวมภาพใบมันสำปะหลัง

ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลภาพใบมันสำปะหลัง จากการออกสำรวจแปลงมันสำปะหลัง รวม 26 ครั้ง ปรับแต่งภาพให้มีความคมชัดขึ้น และแยกเก็บตามอาการ (ตารางที่ 3) พบว่า ภาพที่รวบรวมได้มากที่สุดคือ ภาพอาการใบด่าง ร้อยละ 39.0 รองลงมาคือภาพโรคใบจุดสีน้ำตาล ร้อยละ 31.2 ภาพต้นปกติ ร้อยละ 15.0 ภาพโรคใบไหม้ ร้อยละ 13.5 และภาพโรคแอนแทรคโนส ร้อยละ 1.3

ตารางที่ 3 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**	**100.0**

2 การพัฒนาโมเดลจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

2.1 การนำเข้าไลบรารีที่ใช้ในการพัฒนาโมเดล การนำเข้าต้องติดตั้งไลบรารีแต่ละตัวในภาษา Python ก่อน แล้วจึงเขียนคำสั่งบน Jupyter Notebook ดังนี้

```
import numpy as np
import time
import copy
import os
import torch
import torch.optim as optim
```

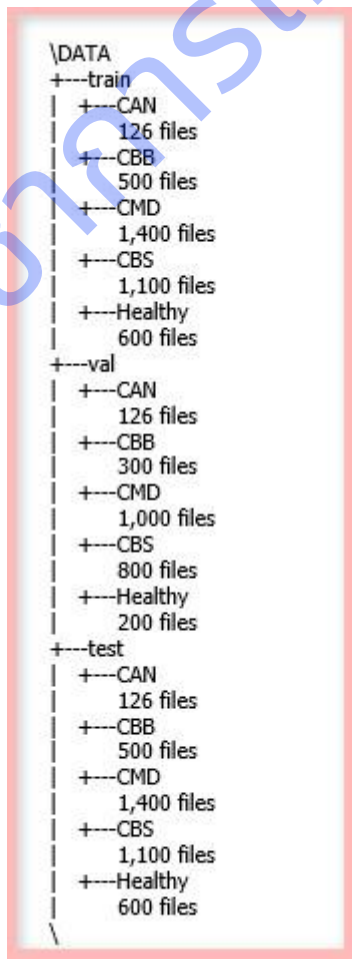
กรมวิชาการเกษตร

```
import torch.nn as nn
import torchvision
import matplotlib.pyplot as plt
from torch.optim import lr_scheduler
from torchvision import datasets, models, transforms
```

2.2 การนำเข้าชุดข้อมูลภาพ

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

2) เตรียมภาพ โดยแบ่งชุดข้อมูลภาพเป็นข้อมูลฝึก ข้อมูลยืนยัน และข้อมูลทดสอบ จัดไฟล์ภาพแยกตามโฟลเดอร์ Train, Val และ Test (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 จัดไฟล์ภาพแยกตามโฟลเดอร์ Train, Val และ Test

กรมวิชาการเกษตร

3) การแปลงภาพ ใช้ขนาดภาพ 224x224 พิกเซล กลับภาพ แปลงภาพเป็นรูปแบบ Tensor ปรับมาตรฐาน พลิกภาพ และกำหนดขนาด batch

```
transforms = {
    'train': transforms.Compose([
        transforms.RandomResizedCrop(224),
        transforms.RandomHorizontalFlip(),
        transforms.ToTensor(),
        transforms.Normalize([0.485, 0.456, 0.406], [0.229, 0.224, 0.225])
    ]),
    'val': transforms.Compose([
        transforms.Resize(256),
        transforms.CenterCrop(224),
        transforms.ToTensor(),
        transforms.Normalize([0.485, 0.456, 0.406], [0.229, 0.224, 0.225])
    ]),
    'test': transforms.Compose([
        transforms.Resize(256),
        transforms.CenterCrop(224),
        transforms.ToTensor(),
        transforms.Normalize([0.485, 0.456, 0.406], [0.229, 0.224, 0.225])
    ])
}

data_dir = 'data'
image_datasets = {x: datasets.ImageFolder(os.path.join(data_dir, x), transform=transforms[x
])
                  for x in ['train', 'val', 'test']}
dataloaders = {x: torch.utils.data.DataLoader(image_datasets[x], batch_size=5, shuffle=True
, num_workers=5)
                  for x in ['train', 'val', 'test']}
data_size = {x: len(image_datasets[x]) for x in ['train', 'val', 'test']}
class_names = image_datasets['train'].classes
device = torch.device("cuda:0" if torch.cuda.is_available() else "cpu")
```

กรมวิชาการเกษตร

4) การแสดงภาพ ตัวแปร และค่าสถิติต่างๆ

```
def imshow(inp, title=None):
    inp = inp.numpy().transpose((1, 2, 0))
    mean = np.array([0.485, 0.456, 0.406])
    std = np.array([0.229, 0.224, 0.225])
    inp = std * inp + mean
    inp = np.clip(inp, 0, 1)
    plt.imshow(inp)
    if title is not None:
        plt.title(title)
    plt.pause(0.001)


out = torchvision.utils.make_grid(images)
imshow(out, title=[class_names[x] for x in labels])
```

ผลลัพธ์

2.3 การสร้างฟังก์ชันในการฝึกและทดสอบโมเดล

```
def train_model(model, criterion, optimizer, scheduler, num_epochs=25):
    since = time.time()


    best_model_wts = copy.deepcopy(model.state_dict())
    best_acc = 0.0


    for epoch in range(num_epochs):
        print('Epoch {}/{}'.format(epoch, num_epochs - 1))
```

กรมวิชาการเกษตร

```
print('-' * 10)

for phase in ['train', 'val']:
    if phase == 'train':
        model.train()
    else:
        model.eval()



    running_loss = 0.0
    running_corrects = 0

    for inputs, labels in dataloaders[phase]:
        inputs = inputs.to(device)
        labels = labels.to(device)

        optimizer.zero_grad()

        with torch.set_grad_enabled(phase == 'train'):
            outputs = model(inputs)
            _, preds = torch.max(outputs, 1)
            loss = criterion(outputs, labels)

            if phase == 'train':
                loss.backward()
                optimizer.step()

        running_loss += loss.item() * inputs.size(0)
        running_corrects += torch.sum(preds == labels.data)

    if phase == 'train':
        scheduler.step()
```

กรมวิชาการเกษตร

```
            epoch_loss = running_loss / data_size[phase]
            epoch_acc = running_corrects.double() / data_size[phase]

            print('{} Loss: {:.4f} Acc: {:.4f}'.format(
                phase, epoch_loss, epoch_acc))

            if phase == 'val' and epoch_acc > best_acc:
                best_acc = epoch_acc
                best_model_wts = copy.deepcopy(model.state_dict())
        print()

    time_elapsed = time.time() - since
    print('Training complete in {:.0f}m {:.0f}s'.format(
        time_elapsed // 60, time_elapsed % 60))
    print('Best val Acc: {:4f}'.format(best_acc))

    model.load_state_dict(best_model_wts)
    return model
```

2.4 การเลือกใช้โมเดลการจำแนกภาพ ดาวน์โหลดโมเดลที่มีการฝึกเรียบร้อยแล้ว ได้แก่ ResNet (Deep Residual Learning for Image Recognition) ซึ่งเป็นโมเดลที่ใช้สร้างข้อมูลตัวแปร (Features) สำหรับ Deep Convolutional Neural Network (DCNN) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 โมเดล ResNet จาก pytorch.org

layer name	output size	18-layer	34-layer	50-layer	101-layer	152-layer
conv1	112×112	7×7, 64, stride 2				
conv2_x	56×56	3×3 max pool, stride 2				
		$\begin{bmatrix} 3\times3, 64 \\ 3\times3, 64 \end{bmatrix}\times2$	$\begin{bmatrix} 3\times3, 64 \\ 3\times3, 64 \end{bmatrix}\times3$	$\begin{bmatrix} 1\times1, 64 \\ 3\times3, 64 \\ 1\times1, 256 \end{bmatrix}\times3$	$\begin{bmatrix} 1\times1, 64 \\ 3\times3, 64 \\ 1\times1, 256 \end{bmatrix}\times3$	$\begin{bmatrix} 1\times1, 64 \\ 3\times3, 64 \\ 1\times1, 256 \end{bmatrix}\times3$
conv3_x	28×28	$\begin{bmatrix} 3\times3, 128 \\ 3\times3, 128 \end{bmatrix}\times2$	$\begin{bmatrix} 3\times3, 128 \\ 3\times3, 128 \end{bmatrix}\times4$	$\begin{bmatrix} 1\times1, 128 \\ 3\times3, 128 \\ 1\times1, 512 \end{bmatrix}\times4$	$\begin{bmatrix} 1\times1, 128 \\ 3\times3, 128 \\ 1\times1, 512 \end{bmatrix}\times4$	$\begin{bmatrix} 1\times1, 128 \\ 3\times3, 128 \\ 1\times1, 512 \end{bmatrix}\times8$
conv4_x	14×14	$\begin{bmatrix} 3\times3, 256 \\ 3\times3, 256 \end{bmatrix}\times2$	$\begin{bmatrix} 3\times3, 256 \\ 3\times3, 256 \end{bmatrix}\times6$	$\begin{bmatrix} 1\times1, 256 \\ 3\times3, 256 \\ 1\times1, 1024 \end{bmatrix}\times6$	$\begin{bmatrix} 1\times1, 256 \\ 3\times3, 256 \\ 1\times1, 1024 \end{bmatrix}\times23$	$\begin{bmatrix} 1\times1, 256 \\ 3\times3, 256 \\ 1\times1, 1024 \end{bmatrix}\times36$
conv5_x	7×7	$\begin{bmatrix} 3\times3, 512 \\ 3\times3, 512 \end{bmatrix}\times2$	$\begin{bmatrix} 3\times3, 512 \\ 3\times3, 512 \end{bmatrix}\times3$	$\begin{bmatrix} 1\times1, 512 \\ 3\times3, 512 \\ 1\times1, 2048 \end{bmatrix}\times3$	$\begin{bmatrix} 1\times1, 512 \\ 3\times3, 512 \\ 1\times1, 2048 \end{bmatrix}\times3$	$\begin{bmatrix} 1\times1, 512 \\ 3\times3, 512 \\ 1\times1, 2048 \end{bmatrix}\times3$
	1×1	average pool, 1000-d fc, softmax				
FLOPs		1.8×10^9	3.6×10^9	3.8×10^9	7.6×10^9	11.3×10^9

กรมวิชาการเกษตร

1) ดาวน์โหลดโมเดล ResNet18 ที่ผ่านการฝึกมาแล้ว

```
model_resnet = models.resnet18(pretrained=True)
```

2) ตั้งค่าโมเดล ปรับแต่งตัวแปร ตั้งเกณฑ์ และอัพเดทค่าน้ำหนัก

```
for param in model_resnet.parameters():
    param.requires_grad = False

num_ftrs = model_resnet.fc.in_features
model_resnet.fc = nn.Linear(num_ftrs, len(class_names))
model_resnet = model_resnet.to(device)
criterion = nn.CrossEntropyLoss()
optimizer_conv = optim.SGD(model_resnet.fc.parameters(), lr=0.001, momentum=0.9)
exp_lr_scheduler = lr_scheduler.StepLR(optimizer_conv, step_size=7, gamma=0.1)
```

3) ฝึกโมเดลใหม่

```
model_resnet = train_model(model_resnet, criterion, optimizer_conv, exp_lr_scheduler, num_epochs=25)
```

4) ผลลัพธ์การฝึกโมเดล มีความถูกต้องของการจำแนก 94.90 เปอร์เซ็นต์

```
Epoch 0/24
----------
train Loss: 0.8808 Acc: 0.8067
val Loss: 0.4606 Acc: 0.8941

Epoch 1/24
----------
train Loss: 0.6680 Acc: 0.8703
val Loss: 0.2884 Acc: 0.9333

Epoch 2/24
```

กรมวิชาการเกษตร

```
----------
train Loss: 0.7559 Acc: 0.8615
val Loss: 0.3503 Acc: 0.9216

Epoch 3/24
----------
train Loss: 0.6549 Acc: 0.8786
val Loss: 0.2968 Acc: 0.9294

Epoch 4/24
----------
train Loss: 0.6638 Acc: 0.8817
val Loss: 0.3350 Acc: 0.9373

...

Epoch 23/24
----------
train Loss: 0.3775 Acc: 0.8655
val Loss: 0.2080 Acc: 0.9247

Epoch 24/24
----------
train Loss: 0.3543 Acc: 0.8712
val Loss: 0.2183 Acc: 0.9247


Training complete in 10m 20s
Best val Acc: 0.9490
```

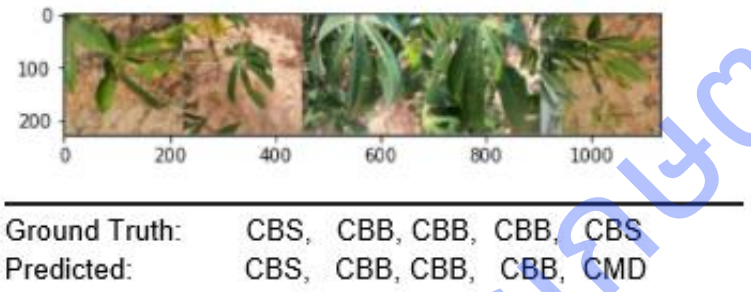
2.5 การทดสอบโมเดล

```
dataiter = iter(dataloaders['test'])
images, labels = dataiter.next()
```

กรมวิชาการเกษตร

```
imshow(torchvision.utils.make_grid(images))
print('GroundTruth: ', ', '.join('%5s' % class_names[x] for x in labels))
images = images.to(device)
labels = images.to(device)
output = model_resnet(images)
_, predicted = torch.max(output, 1)
print('Predicted: ', ', '.join('%5s' % class_names[x] for x in predicted))
```

ผลลัพธ์



2.6 การบันทึกโมเดล

```
# Save The Model
PATH = './m1_resnet18.pth'
torch.save(model_resnet.state_dict(), PATH)
```

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 2

การพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

Development of Mobile Application for Cassava Leaf Disease detection

กฤษณา แสงดี นครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์ สุรพงษ์ ประสิทธิ์วัฒนเสรี วีรศักดิ์ ขุนชำนาญ

ธีรภัทร ธรรมไชยางกูร นวลมณี พรหมนิล อมรรัชฎ์ คิดใจเดียว

คำสำคัญ

การวิเคราะห์เชิงลึก, การประมวลผลภาพดิจิทัล, เครื่องมือสืบค้น, ระบบการจำแนกโรคพืช, โมบายแอปพลิคชัน

Keywords

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

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 พัฒนาเป็นระบบที่ใช้งานง่าย ผู้ใช้งานแอพพลิเคชั่นสามารถวินิจฉัยทราบอาการ 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.

ระบบการวิจัย

บทนำ (Introduction)

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 ซึ่งการป้องกันกำจัดหลังจากนี้อาจไม่ได้ผลเท่าที่ควรการติดตามการแพร่ระบาดของโรคเป็นวิธีที่นักโรคพืชพยายามพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถพยากรณ์โรคพืชที่จะเกิดขึ้น และส่งข่าวถึงเกษตรกรได้ทันเวลาที่เกษตรกรจะสามารถปฏิบัติการป้องกันกำจัด เช่น ลดความชื้นภายในแปลงปลูก กำจัดหรือลดปริมาณเชื้อก่อโรคหรือฉีดพ่นสารเคมีชนิดป้องกันพืชไม่ให้เชื้อก่อโรคที่ตกลงบนผิวพืชหลังจากนั้นได้มีโอกาสสัมผัสพืชโดยตรง 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 ซึ่ง

ลิขสิทธิ์เกษตร

เป็นลักษณะเฉพาะของสีที่นำมาใช้บ่อยๆ 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) 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 เนื่องจากโมเดลสำหรับงานด้านนี้มีตัวแปรเป็นจำนวน

กรมวิชาการเกษตร

มาก ซึ่งจำเป็นต้องใช้ชุดข้อมูลขนาดใหญ่ในการเรียนรู้ของโมเดล โดยอาจใช้เวลาหลายวัน หรือหลายสัปดาห์ในการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อให้โมเดลสามารถคาดการณ์ได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้น เพื่อลดเวลาการฝึกโมเดล จึงได้นำบางส่วนของโมเดลที่ฝึกเรียบร้อยแล้วกับงานที่ใกล้เคียงกันมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของโมเดลใหม่ โดยการเขียนชุดคำสั่งภาษา Python แล้วนำชุดคำสั่งไปปรับปรุงให้สามารถเรียกใช้และแสดงผลได้ในรูปแบบโมบายแอพพลิเคชั่นต่อไป

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

โครงการวิจัยพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ดำเนินการเก็บข้อมูลในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2563 ถึงเดือนกันยายน 2564 ประกอบด้วย 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 จัดทำฐานข้อมูลรูปลักษณ์และเครื่องมือสืบค้นด้วยภาพ และการทดลองที่ 2 พัฒนาแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลังแสดงความเชื่อมโยงดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 ภาพแสดงความเชื่อมโยงของกิจกรรมภายในโครงการวิจัยพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

ดำเนินการในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว โดย**รวบรวมภาพถ่ายโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง** โดยใช้ความละเอียดของภาพขนาด 2 ล้านพิกเซล ใช้ระบบสี RGB และรูปแบบไฟล์ jpg ทำการ**ปรับแต่งไฟล์ภาพ** ตัดส่วนของภาพที่ไม่ต้องการออก นำภาพทั้งหมดไปประมวลผลเบื้องต้นด้วยโปรแกรม XnView ปรับเพิ่มความคมชัด **ตัดส่วนของภาพที่ไม่ต้องการออก** กำหนดขนาดภาพเท่ากับ 224 x 224 พิกเซล และแปลงภาพจากระบบสี RGB เป็นภาพระดับสีเทา (Gray scale)สกัดตัวแปรรูปลักษณ์ของภาพ ใช้โปรแกรม ImageJ วิเคราะห์เมตริกซ์การปรากฏร่วมของระดับสีเทา (Gray – Level Co Occurrence Matrix : GLCM) **จัดเก็บชื่อไฟล์ภาพ**และรูปลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับแต่ละภาพ ในรูปแบบไฟล์ CSV โดยใช้โปรแกรมภาษา Python และไลบารี Pandas **สร้างเครื่องมือสืบค้นภาพ** แสดงผลและประเมินการค้นหาภาพ เขียนชุดคำสั่งภาษาPython เพื่อพัฒนาโมเดลจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง โดยใช้เทคนิคการถ่ายทอดการเรียนรู้ (Transfer Learning) และบันทึกโมเดลสำหรับเก็บไว้เรียกใช้ **การทดสอบการใช้งานและ**

กรมวิชาการเกษตร

ตรวจสอบความถูกต้อง ของการประมวลผลและการแสดงผลของแอพพลิเคชั่น **การทดลองใช้โมบายแอพพลิเคชั่นและประเมินผลการใช้งาน**

ผลการวิจัยและอภิปราย

โครงการวิจัยนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างจากไฟล์ข้อมูลภาพใบมันสำปะหลังที่สำรวจรวบรวมได้จากแปลงเกษตรกร จังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว รวม 26 ครั้ง นำมาจัดทำจัดทำฐานข้อมูลรูปลักษณ์และเครื่องมือสืบค้นด้วยภาพ ดังนี้

1. จัดทำฐานข้อมูลรูปลักษณ์และเครื่องมือสืบค้นด้วยภาพ

นำภาพมาปรับแต่งให้มีความคมชัดขึ้น สกัดตัวแปรรูปลักษณ์ของภาพ และแยกเก็บตามอาการโรคที่เกิดบนใบมันสำปะหลังเรียบร้อยแล้ว

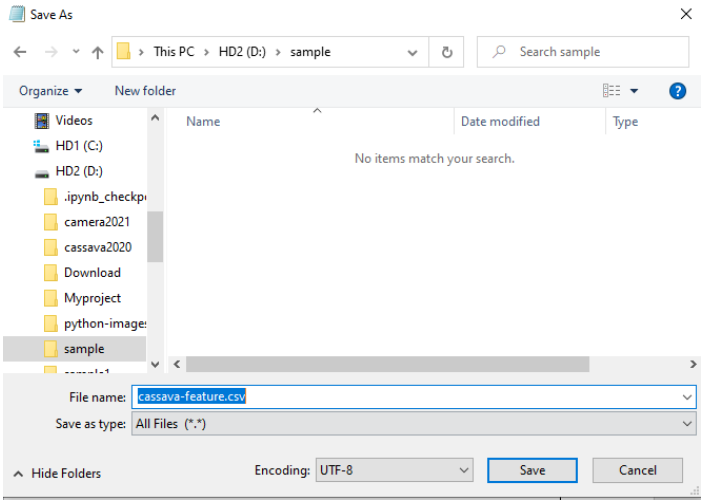
1) นำมาสกัดตัวแปรรูปลักษณ์และจัดทำดัชนีภาพ ด้วยโปรแกรม XnView ปรับเพิ่มความคมชัด โดยตัดส่วนของภาพที่ไม่ต้องการออก กำหนดขนาดภาพเท่ากับ 224 x 224 พิกเซล และแปลงภาพจากระบบสี RGB เป็นภาพระดับสีเทา (Gray scale) และใช้โปรแกรม ImageJ วิเคราะห์ตัวแปรเชิงพื้นผิวภาพ (Texture analysis) ด้วยการวิเคราะห์เมตริกซ์การปรากฏร่วมของระดับสีเทา (Gray – Level Co Occurrence Matrix : GLCM) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวแปรรูปลักษณ์และดัชนีภาพโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

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

2) สร้างฐานข้อมูล CSV โดยพิมพ์ข้อมูลลงในโปรแกรม Notepad แยกกันด้วยจุลภาค (,) ประกอบด้วยส่วนหัว (header) เป็นชื่อฟิลด์ รายละเอียดแต่ละระเบียน (record) โดยขึ้นบรรทัดใหม่ทุกครั้ง บันทึกเป็น .csv เช่น cassava-feature.csv และ Save as type: All files Encoding: UTF-8 และกดปุ่ม Save ดังภาพที่ 5

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 5 การบันทึกไฟล์ CSV

3) การสร้างเครื่องมือสืบค้นภาพ

- **เครื่องมือสืบค้นภาพจากฐานข้อมูลCSV**

Pandas เป็นไลบรารีแบบเปิดที่มีประสิทธิภาพสูงใช้งานกับ Python สำหรับการจัดการ และการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นแบบโครงสร้างทั้งมิติเดียวและหลายมิติ สอดคล้องกับ นัศพ์ชาณัณ และคณะ (2559) เขียนชุดคำสั่งเพื่อสร้างเครื่องมือสืบค้นภาพ ด้วย python เป็นเครื่องมือที่มีความสามารถหลากหลายและมีไลบรารีให้เลือกใช้ได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน ตัวอย่างคำสั่ง Pandas ในการจัดการข้อมูลรูปลักษณ์และภาพโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง มีดังนี้

- **อ่านข้อมูลจากไฟล์ CSV**

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


df.head()
```

- **การตรวจสอบชนิดข้อมูล**

```
df.dtypes
```

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

```
df[df.disease==’1’]
```

- **ดูสถิติเบื้องต้น**

```
df.describe()
```

- **แสดงผลและประเมินการค้นหาภาพ**

กรมวิชาการเกษตร

```
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)
    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))
```

กรมวิชาการเกษตร

4) 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
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

2. พัฒนาแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

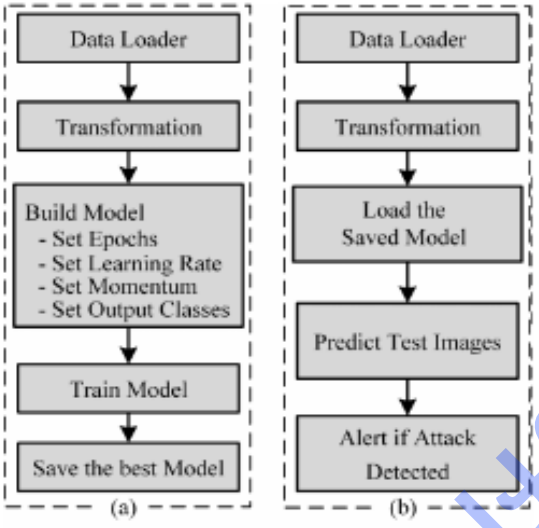
2.1 การบันทึกและจัดเก็บโมเดลจำแนกภาพใบมันสำปะหลัง

1) ใช้ภาพใบมันสำปะหลังที่สำรวจรวบรวมได้จากแปลงเกษตรกรจังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว นำมาปรับแต่งให้มีความคมชัด ตัดสิ่งที่ไม่ต้องการออก และแยกเก็บตามอาการโรคที่เกิดบนใบมันสำปะหลัง คือ ภาพอาการใบด่าง(CMD) ภาพโรคใบจุดสีน้ำตาล (CBS) ภาพต้นปกติ (Health) ภาพโรคใบไหม้ (CBB) และภาพโรคแอนแทรคโนส (CAN)

2) พัฒนาโมเดลจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง โดยใช้เทคนิคการถ่ายทอดการเรียนรู้ (Transfer Learning) โดยเลือกใช้โมเดลการจำแนกภาพที่มีการฝึกเรียบร้อยแล้ว คือ ResNet (Deep Residual Learning for Image Recognition) สามารถจำแนกชนิดและโรคได้ดีที่สุด สอดคล้องกับ Aravindhan V et al. (2019) ResNet โมเดล แต่ละบล็อกทำการส่งข้อผิดพลาดไปยังบล็อกต่อไป ซึ่งเป็นกลไกแก้ไขของตัวโมเดล จาก

กรมวิชาการเกษตร

เทคนิค Transfer Learning ทำให้สามารถลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการพัฒนาแอพพลิเคชั่น และบันทึกโมเดลที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเก็บไว้เรียกใช้ (ภาพที่ 6) ซึ่งทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลแล้วมีค่าความถูกต้องในการจำแนก 94.90 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 6 ขั้นตอนในการ (a) ฝึก (b) ทดสอบโมเดล ResNet18

2.2 ชุดคำสั่งเรียกใช้โมเดลการจำแนกภาพใบมันสำปะหลัง

1) รวบรวมข้อมูลโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง และการป้องกันกำจัดจากเอกสารแนะนำทางวิชาการ กรมวิชาการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 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 มี	1. ใช้พันธุ์ต้านทาน หรือพันธุ์ที่ทนทานต่อโรคปานกลาง เช่นระยอง 90 ระยอง 9 2. ใช้ท่อนพันธุ์ที่ปราศจากเชื้อ หรือ

กรมวิชาการเกษตร

โรค	ลักษณะอาการ	การป้องกันกำจัด
	อาการตายจากยอดและลามลงสู่ต้น ที่ลำต้นอาจพบอาการเปลือกแตก ยางไหล ระบาดรุนแรงในช่วงฝนตกชุก	หลีกเลี่ยงการใช้ท่อนพันธุ์ส่วนโคนลำต้นหรือโคนกิ่งมันสำปะหลัง 3.ในพื้นที่ที่มีโรคระบาดรุนแรงให้ปลูกพืชหมุนเวียนอายุสั้น เพื่อลดประชากรเชื้อโรคในดิน 4. การใช้สารเคมีเป็นทางเลือกสุดท้าย ควรใช้สารเคมีที่มีองค์ประกอบเป็นพวกทองแดง
อาการใบด่าง (Cassava Mosaic Disease) CMD	เกิดจากเชื้อไวรัส ในวงศ์ Geminiridae สกุล Begomovirus ใบด่างและใบหงิก เสียรูปทรง อาการด่างมีหลายแบบ เช่น ด่างเขียวซีดสลับเขียวเข้ม ด่างเหลืองสลับเขียว ใบหงิก หรือหงิกเหลือง ใบย่อยบิดเบี้ยวหงิกงอ โค้งเสียรูปทรง ใบอ่อนและใบที่เจริญใหม่มีขนาดเล็กลง ยอดหงิก ต้นแคระแกร็น	1. ห้ามนำเข้าท่อนพันธุ์หรือส่วนขยายท่อนพันธุ์มันสำปะหลังจากต่างประเทศ ยกเว้นมันเส้นและหัวมันสด ตาม พ.ร.บ.กักพืช พ.ศ. 2507 (ฉบับที่ 6) พ.ศ.2550 2. สอดส่องการลักลอบนำเข้าท่อนพันธุ์หรือส่วนขยายพันธุ์มันสำปะหลัง จากต่างประเทศ หากพบให้แจ้งสำนักงานเกษตรอำเภอ สำนักงานเกษตรจังหวัด 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 บริเวณ

กรมวิชาการเกษตร

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

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)
```

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>
```

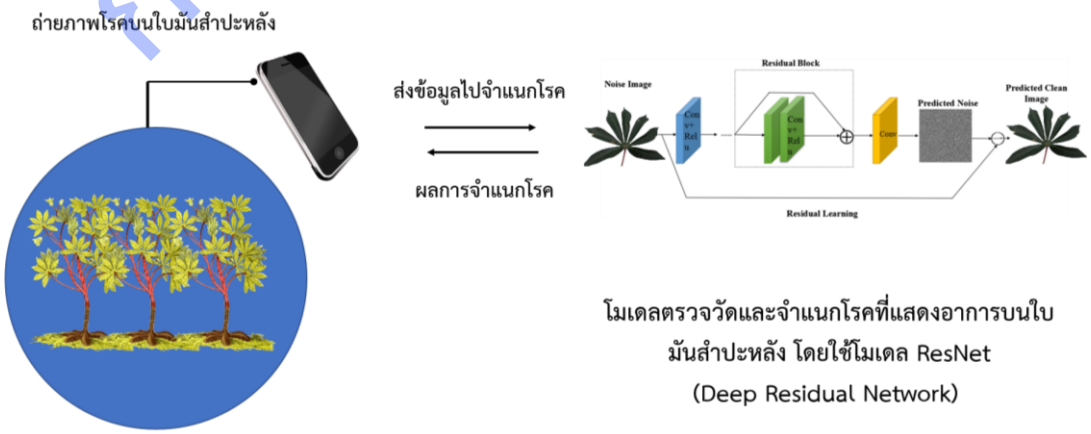
กรมวิชาการเกษตร

```
</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 %}
```

2.4 ทดสอบการใช้งานและตรวจสอบความถูกต้อง นำโมเดล ข้อมูลภาพ และไฟล์คำสั่งทั้งหมดขึ้นไปไว้ที่เว็บโฮสติ้ง หรือ Cloud Server ตรวจสอบความถูกต้องของการประมวลผลและการแสดงผล สร้าง QR CODE เพื่อให้ผู้ใช้สแกนเข้าใช้งานตามผังการทำงานดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ผังการทำงานของแอพพลิเคชั่นในการตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

กรมวิชาการเกษตร

2.4 การทดลองใช้แอพพลิเคชั่น

จัดทำคู่มือการใช้งานเป็นไฟล์วีดีโอ และโปสเตอร์ โดยมีรายละเอียดตั้งแต่สแกนใช้งาน เมนูการใช้งานอย่างละเอียด สามารถนำไปเผยแพร่ และประชาสัมพันธ์ให้แก่ผู้ใช้งานได้ (ภาพที่ 8 และ 9 และ ภาคผนวก ซ – ฎ)

ภาพที่ 8 ตัวอย่างเนื้อหาวิดีโอการใช้งานแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

ภาพที่ 9 คู่มือการใช้งานแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

2.5 การประเมินผลการใช้งาน

1) ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่เจ้าหน้าที่ของกรมวิชาการเกษตรทางระบบออนไลน์ ได้แก่ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา

และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปราจีนบุรี จำนวน 15 ราย ทำให้มีความรู้ความเข้าใจในการใช้งานแอพพลิเคชั่น จนสามารถถ่ายทอดความรู้แก่เกษตรกร เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง และผู้สนใจต่อไปได้ (ภาคผนวก ญ)

2) จัดฝึกอบรมการใช้งานแอพพลิเคชั่น ให้แก่เกษตรกรและผู้สนใจ ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา เมื่อวันที่ 27 ธันวาคม 2564 ณ สำนักงานเกษตรอำเภอสีคิ้ว จำนวน 30 ราย ผู้เข้าอบรมมีความสนใจและเข้าใจการใช้งาน และมีการประชาสัมพันธ์ให้แก่ผู้สนใจผ่านช่องทางออนไลน์ โดยมีความพึงพอใจในการใช้งานแอพพลิเคชั่นภาพรวมอยู่ในระดับมาก 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 7) (ภาคผนวก จ)

ตารางที่ 7 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

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุป และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

แผนงานวิจัยย่อย วิจัยพัฒนาระบบจำแนกโรคและศัตรูพืชบนใบมันสำปะหลังโดยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัล ดำเนินการระหว่างปีงบประมาณ 2563 – 2564 ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี แสระแก้ว ประกอบด้วย 2 โครงการวิจัย สรุปผลการการดำเนินงานได้ดังนี้

โครงการที่ 1 การพัฒนาโมเดลการจำแนกโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง.

1. ภาพใบมันสำปะหลังที่รวบรวมได้แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ตามอาการที่แสดงเป็นโรค คือ 0) ต้นปกติ จำนวน1,491 ภาพ 1) โรคใบไหม้ จำนวน 3,087 2) โรคใบจุดสีน้ำตาล จำนวน 1,336 ภาพ 3) โรคแอนแทรคโนส จำนวน 126 ภาพ และ 4) อาการใบด่างมันสำปะหลัง จำวน 3,867 ภาพ รวบรวมได้ 9,907 ภาพ จัดทำเป็นฐานข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อจำแนกประเภทของภาพ และทำนายภาพใบมันสำปะหลังที่ไม่เคยเห็นมาก่อนว่ามีอาการเป็นโรคใดหรือไม่

2. ได้บรรยายภาพแบ่งเป็น 0) ต้นปกติ (Healthy) 1) โรคใบจุดสีน้ำตาล (CBS) 2) โรคใบไหม้ (CBB) 3) โรคแอนแทรคโนส (CAN) และ 4) อาการใบด่าง (CMD)

3. กระบวนการถ่ายทอดการเรียนรู้เชิงลึก (Transfer Learning) โดยใช้โมเดล ResNet (Deep Residual Learning for Image Recognition) แบ่งข้อมูลภาพเป็นข้อมูลฝึก 70 % และข้อมูลทดสอบ 30 % ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าความถูกต้องของการจำแนก 94.90 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำโมเดลไปพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อเรียกใช้ต่อไป

โครงการที่ 2 การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันตรวจวัดโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

1. แปลงภาพจากระบบสี RGB เป็นภาพระดับสีเทา และสกัดตัวแปรรูปลักษณ์ของภาพ โดยการวิเคราะห์เมตริกซ์การปรากฏร่วมของระดับสีเทา (Gray – Level Co Occurrence Matrix : GLCM) ช่วยในการจำแนกภาพได้ชัดเจนขึ้นจากกระจายตัวของค่าความเข้มระดับเทา

2. จัดเก็บชื่อภาพและรูปลักษณ์ที่เกี่ยวข้องกับแต่ละภาพ เป็น 6 คลาส คือ 0) ต้นปกติ 1) ใบไหม้ 2) ใบจุดสีน้ำตาล 3) แอนแทรกโนส และ 4) ใบด่าง ในรูปแบบฐานข้อมูล CSV จำนวนภาพที่รวบรวมได้มีจำนวนมากและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การจัดทำฐานข้อมูลภาพลักษณ์จึงเป็นขั้นตอนสำคัญ ช่วยให้โครงสร้างข้อมูลมีระบบ สามารถค้นหาได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ว่าภาพใดจัดเก็บอยู่ที่ใด เขียนชุดคำสั่งเพื่อสร้างเครื่องมือสืบค้นภาพ และแสดงผลภาพที่สืบค้นได้ สามารถนำฐานข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) และการวิเคราะห์เชิงลึก (Deep Learning) ได้

3. การพัฒนาแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง โดยการใช้โมเดล ResNet18 จากเทคนิค Transfer Learning สามารถจำแนกชนิดและโรคได้ดีที่สุด ทำให้สามารถลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการพัฒนาแอปพลิเคชัน มีค่าความถูกต้องสูงถึง 94.90 เปอร์เซ็นต์

กรมวิชาการเกษตร

4. ผู้ใช้งานระบบตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง สามารถวินิจฉัยและทราบอาการโรคบนใบมันสำปะหลัง พร้อมรับคำแนะนำในการป้องกันกำจัดได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ แต่อย่างไรก็ตาม จำนวนภาพของโรคแอนแทรคโนส มีเพียง 126 ภาพ ซึ่งน้อยเกินไป ทำให้อาจวินิจฉัยโรคนี้ได้ไม่แม่นยำ จึงต้องมีการรวบรวมข้อมูลภาพและฝึกโมเดลให้มีความสามารถในการจำแนกภาพโรคบนใบมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น นอกจากนั้น อาจมีข้อจำกัดในด้านประสิทธิภาพของ Cloud Server ซึ่งต้องการวงจรประมวลผลภาพความเร็วสูง จึงต้องมีการปรับปรุงเพื่อให้แอปพลิเคชันมีความสมบูรณ์และใช้ประโยชน์ได้ดียิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะต่อผู้เกี่ยวข้องสำหรับการดำเนินงานในระยะต่อไป

1. เพื่อให้งานวิจัยมีความน่าเชื่อถือและมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ควรมีการเก็บข้อมูลที่มากและต่อเนื่องของแต่ละระยะการเกิดโรคเพื่อให้การเรียนรู้ของเครื่องมีความแม่นยำมากขึ้น

2. การนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในการช่วยในการตัดสินใจ ควรมีการนำเข้าข้อมูลจำนวนมาก และหลายหลากในแต่ละระยะของข้อมูล เพื่อให้โมเดลมีการเรียนรู้ที่หลากหลาย ทำให้โมเดลมีความแม่นยำมากขึ้น

3. ประสิทธิภาพของ Cloud Server ต้องการวงจรประมวลผลภาพความเร็วสูง เพื่อให้แอปพลิเคชันมีความสมบูรณ์และใช้ประโยชน์ได้ดียิ่งขึ้น

ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

เนื่องจากสถานการณ์การระบาดของโควิด 19 ทำให้ไม่สามารถเดินทางรวบรวมข้อมูลได้ตามที่ตั้งไว้ ข้อมูลจึงมีความหลากหลายไม่มากพอในบางโรค เช่น โรคแอนแทรคโนส ความแม่นยำในการวินิจฉัยจึงไม่มาก

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

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

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

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

Eli Stevens, Luca Antiga, and Thomas Viehmann. 2020. Deep Learning with PyTorch**.**

กรมวิชาการเกษตร

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.

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.

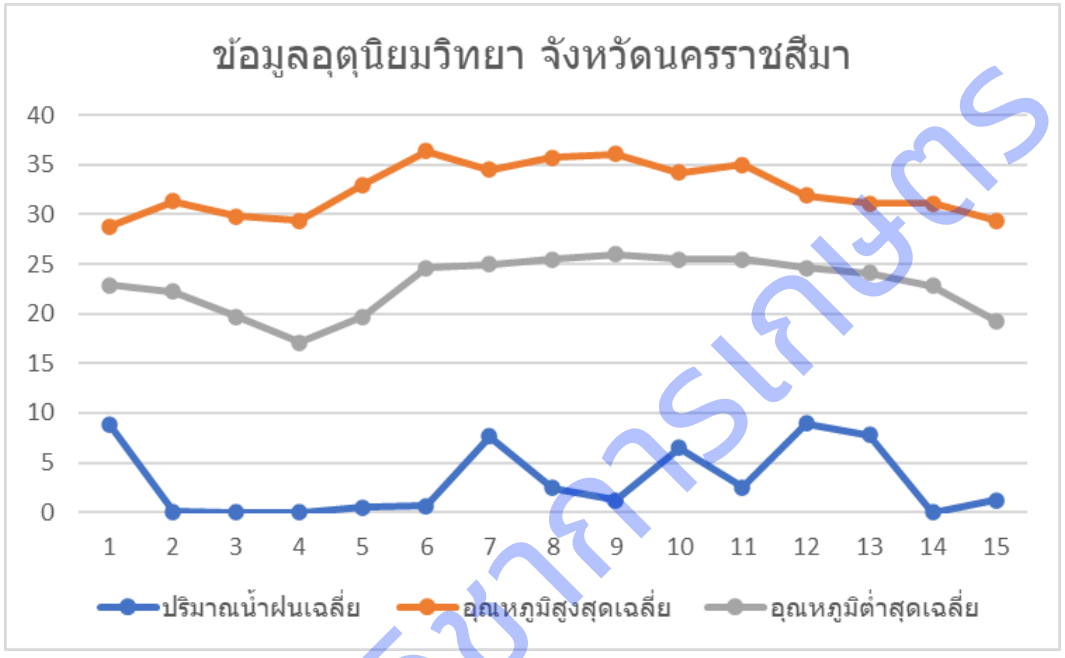
Ullah, M.I., et al. 2020. “Using Smartphone Application to Estimate the Defoliation Caused by Insect Herbivory in Various Crops”. **Pakistan Jounal of Zoology.** Vol. 52, Iss. 3, pp 1129-1135.

กรมวิชาการเกษตร

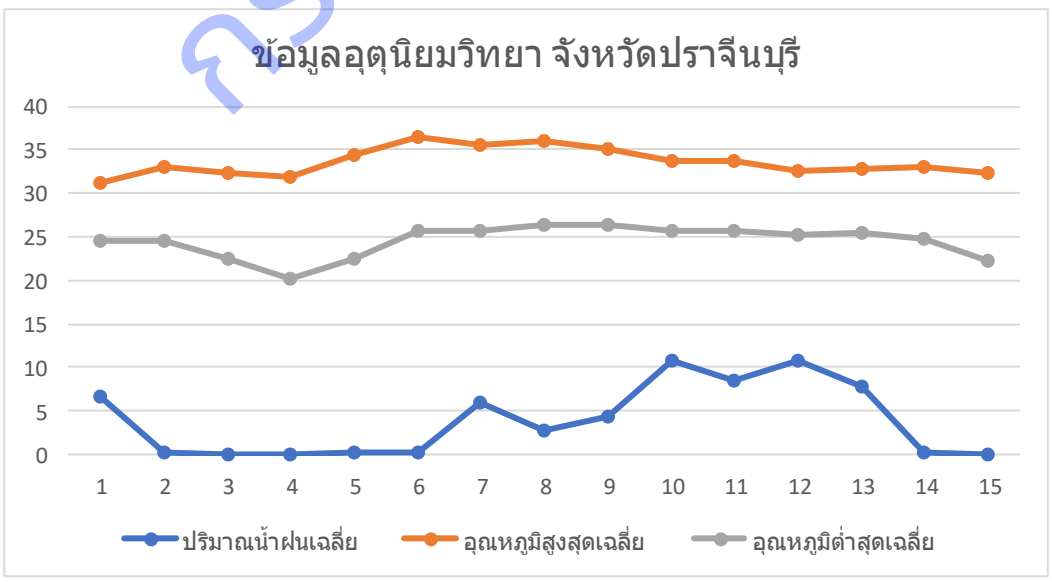
ภาคผนวก

โครงการที่ 1 การพัฒนาโมเดลการจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

ภาคผนวก ก กราฟข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่ตุลาคม 2563 – ธันวาคม 2564

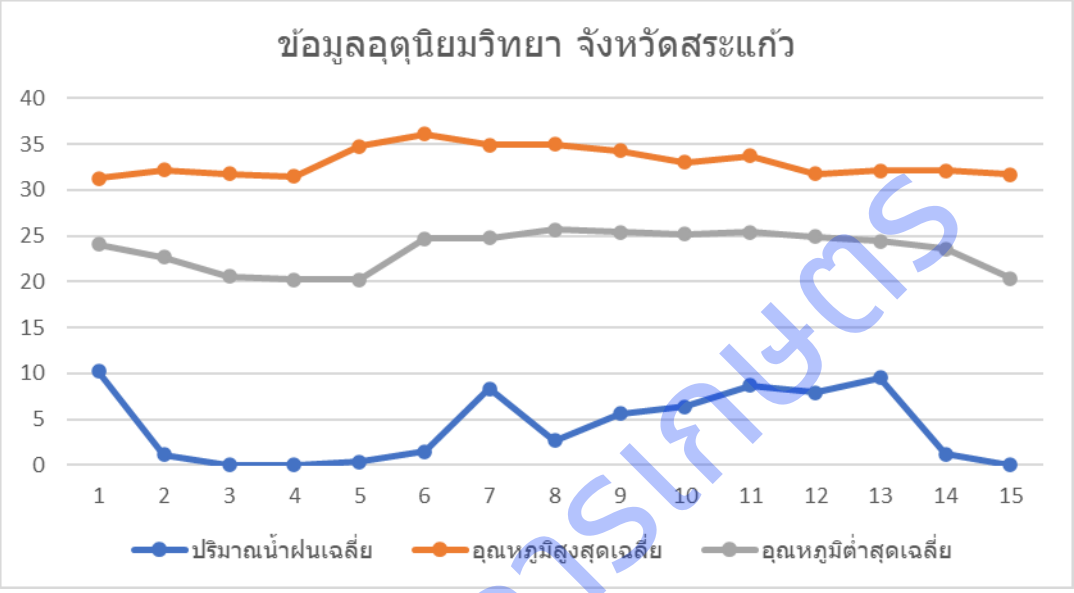


ภาคผนวก ข กราฟข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของตำบลหน้าเมือง อำเภอในเมือง จังหวัดปราจีนบุรี ตั้งแต่ตุลาคม 2563 – ธันวาคม 2564



กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ค กราฟข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของตำบลสระแก้ว อำเภอเมืองสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว ตั้งแต่ตุลาคม 2563 – ธันวาคม 2564



ภาคผนวก ง การถ่ายทอดการเรียนรู้เชิงลึก (Transfer Learning) ใช้การโปรแกรมภาษา Python บน Jupyter Notebook

1. **การติดตั้ง Miniconda**

Miniconda เป็นตัวจัดสภาพแวดล้อมให้ Python เช่นถ้าต้องการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถรันได้ทั้ง 32 บิตและ 64 บิต และสามารถเลือกรุ่นของ Python ได้ด้วยการ config ที่ง่ายไม่กี่ขั้นตอน ดาวน์โหลดตัวติดตั้งล่าสุดที่ https://conda.io/miniconda.html

Miniconda

Miniconda is a free minimal installer for conda. It is a small, bootstrap version of Anaconda that includes only conda, Python, the packages they depend on, and a small number of other useful packages, including pip, zlib and a few others. Use the `conda install command` to install 720+ additional conda packages from the Anaconda repository.

See if Miniconda is right for you.

Windows installers

Windows

Python version	Name	Size	SHA256 hash
Python 3.8	Miniconda3 Windows 64-bit	57.0 MiB	4fa22bba0497babb5b6608cb8843545372a99f5331c8120099ae1d803f627c61
	Miniconda3 Windows 32-bit	54.2 MiB	9c2ef76bae97246c85c206733ca30fd1feb8a4b3f90a2a511fea681ce7ebc661
Python 2.7	Miniconda2 Windows 64-bit	54.1 MiB	69730254048329 44e074bf02bda8c4594980eeed4707bb51baa8fbdba4bf326c
	Miniconda2 Windows 32-bit	47.7 MiB	c8049d26f8b6b954b57bcd4e99ad72d1ffa13f4a6b218e64e641504437b2617b

กรมวิชาการเกษตร

2. การติดตั้ง Jupyter Notebook

Jupyter Notebook เป็น Open Source Web Application ให้สามารถเขียนภาษา python ได้ง่ายขึ้น สามารถ Share ได้ และสามารถใส่คำอธิบาย (Markdown) ได้ด้วย

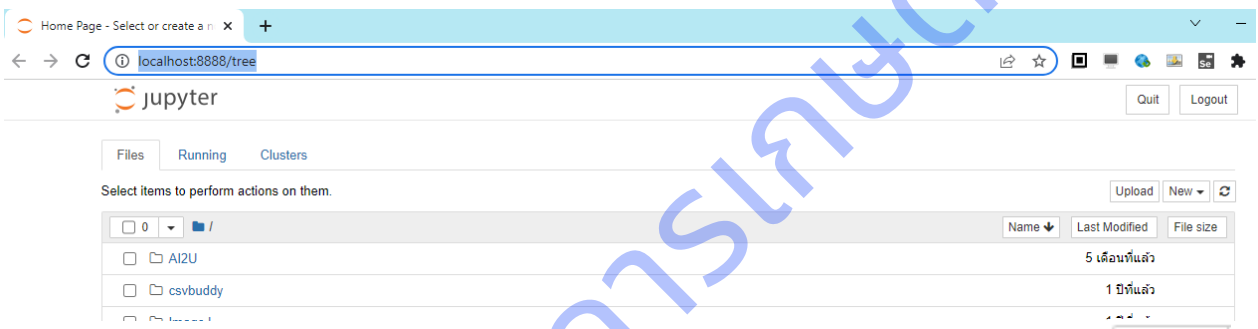
2.1 เปิดหน้าต่าง Anacoda Poweshell Prompt (miniconda3) พิมพ์

```
(base) C:\> conda install -c conda-forge notebook
```

2.2 เปิดใช้งาน Jupyter notebook พิมพ์

```
(base) C:\> jupyter notebook
```

จะปรากฏโปรแกรมเมื่อเปิด Browser หรือพิมพ์ http://localhost:8888/tree



2.3 เลือก New > python3 (ipykernel) ป้อนคำสั่งภาษา Python ในช่อง In[ ] แล้วกด

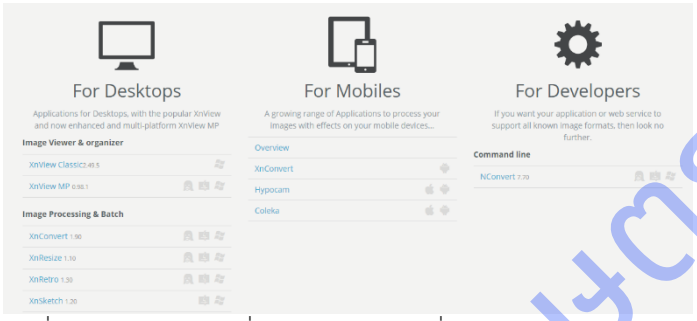
เพื่อดูผลลัพธ์

กรมวิชาการเกษตร

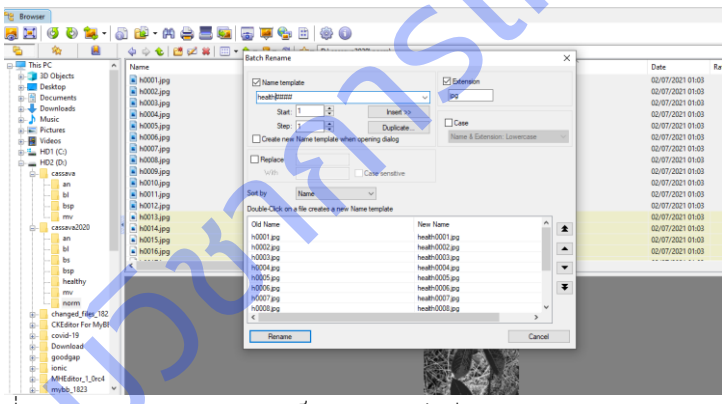
โครงการที่ 2 การพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นตรวจวัดโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

ภาคผนวก จ การใช้โปรแกรมตกแต่งภาพ XnView

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



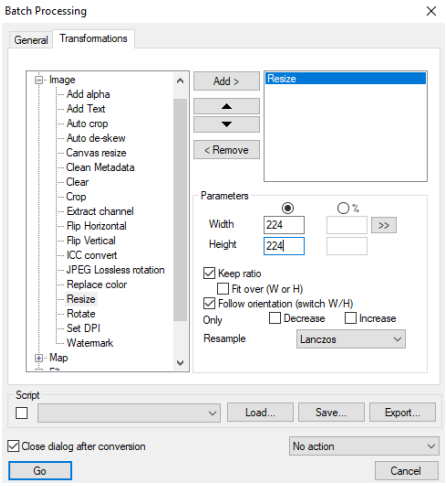
2. การเปลี่ยนชื่อภาพ เลือกภาพที่ต้องการ แล้วไปที่เมนู Tools > Batch Rename ... เลือกเปลี่ยนชื่อ new template เช่น health#### กดปุ่ม Rename



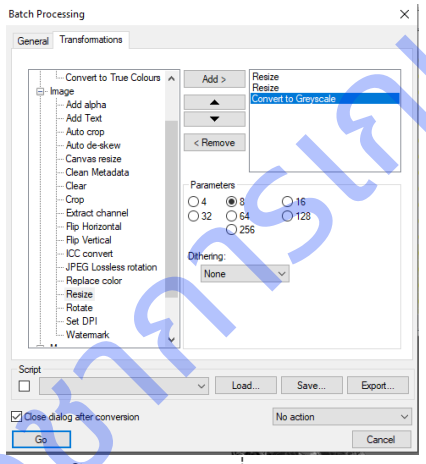
3. การเปลี่ยนขนาดภาพ และแปลงเป็นภาพระดับสีเทา

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

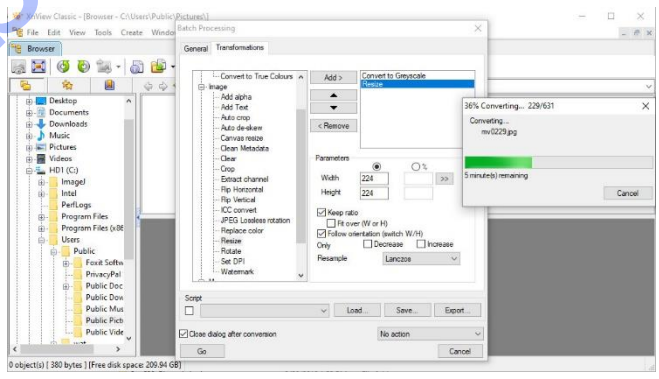
กรมวิทยาศาสตร์



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



3.3 คลิกปุ่ม Go โปรแกรมจะเปลี่ยนขนาดภาพและแปลงภาพระดับสีเทาอย่างต่อเนื่องจนครบทุกไฟล์



กรมวิทยาศาสตร์

ภาคผนวก ฉ การใช้โปรแกรมวิเคราะห์ภาพ ImageJ

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

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

กรมวิชาการเกษตร

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.

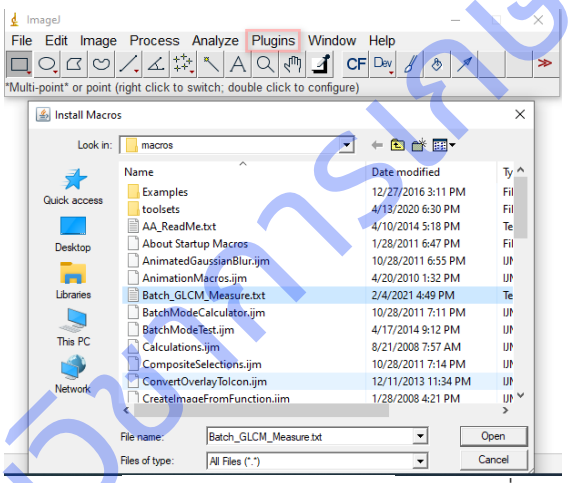
Description: This plugin computes several of the texture parameters described by Haralick (Haralick, R. M., Shanmugam, K., and Dinstein, I. (1973). Texture parameters for image classification, IEEE Trans SMC 3, 610-621). The only parameter computed differently is "Correlation", which is now calculated 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.

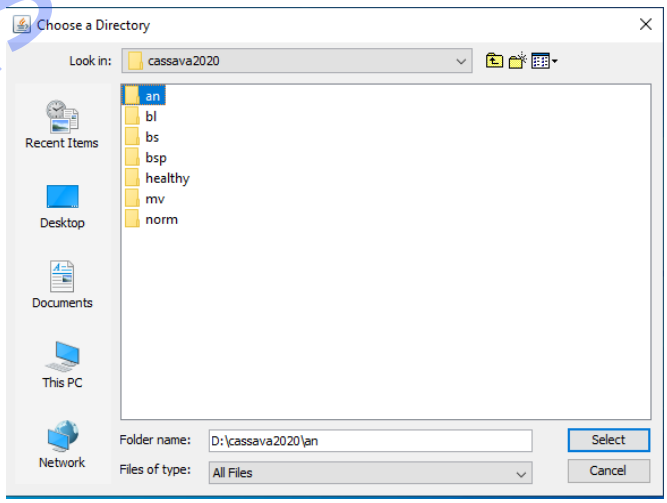
|Plugins | Home |

3. การสกัดข้อมูลตัวแปรรูปลักษณ์จากภาพด้วยมาโคร Batch GLCM Measure

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

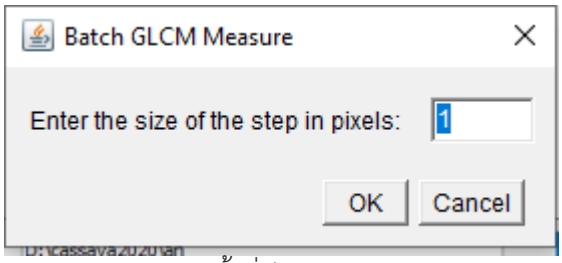


3.2 ใช้งาน Batch GLCM Measure โดยคลิกที่ Plugins > Macros > Batch GLCM Measure เลือก Directory ที่ต้องการสกัดข้อมูลตัวแปรรูปลักษณ์ แล้วกดปุ่ม Select

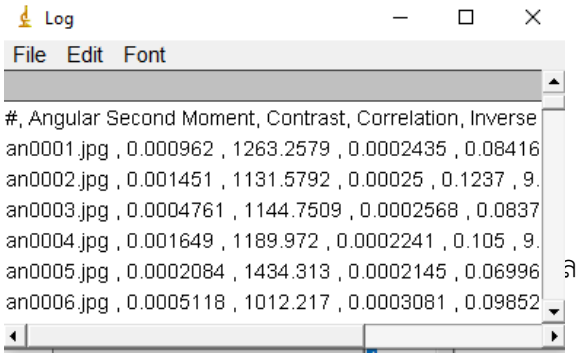


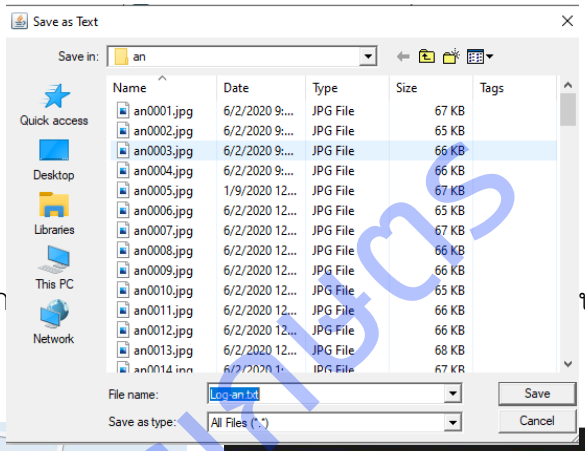
กรมวิทยาศาสตร์

เลือก ขนาดพิกเซลที่จะดำเนินการทีละขั้น กด OK

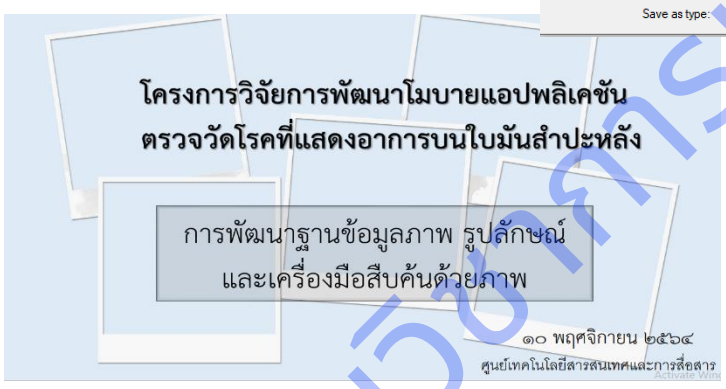


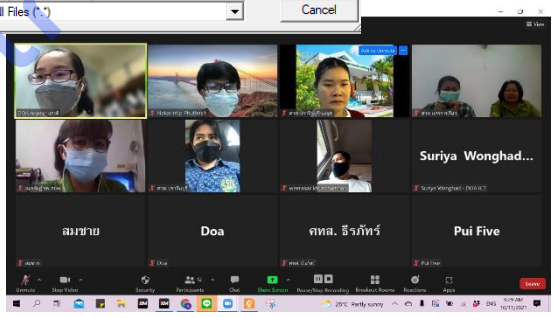
ได้ผลลัพธ์ที่หน้าจอ Log คลิก File > Save As ... ตั้งชื่อไฟล์ แล้วกด Save





ลภ บบออนไลน์





กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ซ แผ่นพับคู่มือการใช้งานแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ฌ โปสเตอร์การใช้งานแอพพลิเคชั่นตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

กรมวิชาการเกษตร

ภาคนวก ญ การถ่ายทอดและฝึกอบรมเทคโนโลยีโมบายแอพพลิเคชั่นการตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ผ่านระบบออนไลน์ เมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2564

ภาคผนวก ฎ ฝึกอบรมโมบายแอพพลิเคชั่นวินิจฉัยโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ให้กับเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา เมื่อวันที่ 27 ธันวาคม 2564

กรมวิชาการเกษตร