รายงานโครงการวิจัย

การพัฒนาโมเดลการจำแนกโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

Development of a Disease and Pest Identification Model Showing Symptoms on Cassava Leaves

กรมวิชาการเกษตร

วีรศักดิ์ ขุนชำนาญ

Weerasak Khunchamnan

พ.ศ. 2564

รายงานโครงการวิจัย

การพัฒนาโมเดลการจำแนกโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

Development of a Disease and Pest Identification Model Showing Symptoms on Cassava Leaves

กรมวิชาการเกษตร

วีรศักดิ์ ขุนชำนาญ

Weerasak Khunchamnan

พ.ศ. 2564

คำปรารภ

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการช่วยวินิจฉัยโรคเบื้องต้น ช่วยลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการดำเนินการ โดยการประมวลผลภาพ (Image Processing) ซึ่งเป็นการนำภาพมาประมวลผล หรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการทั้งในเชิงคุณภาพ และปริมาณ สามารถนำไปหาค่าเปอร์เซ็นต่อพื้นที่ใบที่เป็นโรค และนับจำนวนจุดโรค ขั้นตอนในการจำแนก และตัดสินใจใช้การวิเคราะห์จากการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) เป็นเทคนิค หรือกระบวนการที่ใช้สำหรับปรับแต่งระบบคอมพิวเตอร์ให้มีพฤติกรรมเฉพาะตัวที่สนับสนุนการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาหรือปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของระบบให้ดีขึ้น และเก็บไว้ในฐานความรู้ ซึ่งมีเทคนิคต่างๆ หลายวิธี แต่เทคนิคที่สนใจคือเทคนิค Support Vector Machine (SVM) เป็นโมเดลที่สามารถนำมาช่วยแก้ปัญหาการจำแนกข้อมูล ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและจำแนกข้อมูล โดยอาศัยหลักการของการหาสัมประสิทธิ์ของสมการเพื่อสร้างเส้นแบ่งแยกกลุ่มข้อมูลที่ถูกป้อนเข้าสู่กระบวนการสอนให้ระบบเรียนรู้ ดังนั้นจึงทำให้เกิดโครงการการพัฒนาโมเดลการจำแนกโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ประกอบด้วย 2 การทดลอง คือ 1) สำรวจ รวบรวมข้อมูลภาพใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรค 2) การพัฒนาโมเดลจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

เอกสารรายงานโครงการการพัฒนาโมเดลการจำแนกโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง ฉบับสมบูรณ์ ปี 2563 – 2564 นี้ เป็นการสรุปผลการดำเนินการตามรูปแบบที่คณะทำงานจัดทำรายงานผลงานวิจัยตามแผนงานวิจัยและพัฒนาปี 2563–2564 ของกรมวิชาการเกษตรกำหนด ขอขอบคุณผู้มีส่วนร่วมในการจัดทำรายงานฉบับนี้ทุกท่านและหากมีข้อผิดพลาดใดๆ ในฐานะหัวหน้าโครงการต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	5
ผู้วิจัย	6
บทนำ.....	7
บทคัดย่อ.....	10
การทดลองที่ 1 สำรวจ รวบรวมข้อมูลภาพใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรค	12
การทดลองที่ 2 การพัฒนาโมเดลการจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง	21
บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	34
บรรณานุกรม.....	35
ภาคผนวก	36

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของแผนวิจัยและพัฒนาระบบสารสนเทศสู่เกษตรดิจิทัล ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้คำแนะนำ ปรับแก้งานวิจัยนี้เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้เกี่ยวข้อง ขอขอบคุณผู้อำนวยการและเจ้าหน้าที่ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปราจีนบุรี ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา เจ้าหน้าที่กรมส่งเสริมการเกษตร ขอขอบคุณเกษตรกรแปลงมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้

กรมวิชาการเกษตร

คณะผู้วิจัย

นายวีรศักดิ์ ขุนชำนาญ

นายธีรภัทร์ ธรรมไชยางกูร

นายสุรพงษ์ ประสิทธิ์วัฒนเสรี

นางกฤษณา แสงดี

นางสาวนครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์

นางสาวสุวิชา อ่อนเฉียบ

นางสาวนวลมณี พรหมนิล

นางสาวอมรรัชฎ์ คิดใจเดียว

นางสายชล แสงแก้ว

นางเสาวรี บำรุง

นางสาวนงนุช ช่างสี

นายยรรยง พันธ์พฤกษ์

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของโครงการ

มันสำปะหลัง ชื่อวิทยาศาสตร์ Manihotesculenta Crant ชื่อสามัญเรียกหลายชื่อตามภาษาต่างๆ ที่ได้ยินกันมาก ได้แก่ Cassava, Yuca, Mandioa, Manioc, Tapioca มีแหล่งกำเนิดแถบที่ลุ่มเขตร้อน (Lowland tropics) เป็นพืชอาหารที่สำคัญเป็นอันดับ 5 ของโลก รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง เป็นพืชอาหาร ที่สำคัญของประเทศในเขตร้อน 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) เนื่องจากเป็นพืชทนแล้ง ปลูกง่ายใช้ปัจจัยในการผลิตน้อย สามารถให้ผลผลิตได้แม้ในบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แต่ผลผลิตต่อไร่และประสิทธิภาพการผลิตยังต่ำ แม้จะมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมากก็ตาม เนื่องจากการระบาดของโรคและแมลงเป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยและประเทศข้างเคียงเป็นอันมาก ในขณะที่การป้องกันและแก้ปัญหาดังกล่าวนั้นส่วนใหญ่เป็นการใช้สารเคมีและการจัดการแปลงปลูก แม้จะช่วยลดผลกระทบจากความเสียหายจากปัญหาดังกล่าวได้บ้าง แต่วิธีการดังกล่าวเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตให้แก่เกษตรกร อีกทั้งการใช้สารเคมีนั้นยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกร ผลผลิตและสิ่งแวดล้อม โรคของมันสำปะหลังมีสาเหตุจากเชื้อต่างๆ ได้แก่ เชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย เชื้อไวรัส ไฟโตพลาสมา และไส้เดือนฝอย ในประเทศไทยมีรายงานโรคของมันสำปะหลัง ได้แก่ โรคใบไหม้ โรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคแอนแทรคโนส ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเกษตรกรรมโดยทำให้ผลผลิตลดลงและส่งผลถึงมูลค่าทางเศรษฐกิจ สาเหตุที่สำคัญมักเกิดจากการที่เกษตรกรขาดวิธีการป้องกันกำจัดที่ถูกต้องและทันเวลา ลักษณะอาการและความรุนแรงของโรคพืชที่มีความแปรผันตามสายพันธุ์พืช สายพันธุ์เชื้อก่อโรค รวมทั้งสภาพแวดล้อมในบริเวณปลูกพืชก็จัดเป็นอุปสรรคที่ทำให้เกษตรกรลังเลหรือขาดความมั่นใจในการเลือกวิธี

กรมวิชาการเกษตร

ปฏิบัติ ซึ่งการปฏิบัติการป้องกันกำจัดที่ล่าช้า จะทำให้การระบาดของโรครุนแรงและสร้างความเสียหายต่อผลิตผลมากยิ่งขึ้น

โดยทั่วไปการวินิจฉัยโรคพืชเป็นเทคนิคที่ต้องใช้เวลา เกษตรกรต้องเก็บตัวอย่างโรคพืชและเดินทางหรือส่งทางไปรษณีย์มายังหน่วยงานที่รับวินิจฉัย ระยะเวลาทั้งหมดจนกว่าเกษตรกรจะได้รับผลการวินิจฉัยอาจใช้เวลานาน 2 - 4 สัปดาห์ ซึ่งไม่ทันต่อการระบาดของโรค เกษตรกรบางรายอาจใช้วิธีบันทึกภาพด้วยกล้องแล้วส่งมายังหน่วยงานหรือนักวิจัย แต่คุณภาพของภาพที่เกษตรกรบันทึกมักจะเป็นอุปสรรคต่อการวินิจฉัยของเจ้าหน้าที่ นอกจากนี้ หากเกษตรกรสามารถมองเห็นอาการด้วยตาอย่างชัดเจน มักจะเป็นระยะที่โรคมีการพัฒนาพอสมควร ซึ่งการป้องกันกำจัดหลังจากนี้อาจไม่ได้ผลเท่าที่ควร การติดตามการแพร่ระบาดของโรคเป็นวิธีที่นักโรคพืชพยายามพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถพยากรณ์โรคพืชที่จะเกิดขึ้น และส่งข่าวถึงเกษตรกรได้ทันเวลาที่เกษตรกรจะสามารถปฏิบัติการป้องกันกำจัด เช่น ลดความชื้นภายในแปลงปลูก กำจัดหรือลดปริมาณเชื้อก่อโรค หรือฉีดพ่นสารเคมีชนิดป้องกันพืชไม่ให้เชื้อก่อโรคที่ตกลงบนผิวพืชหลังจากนั้นได้มีโอกาสสัมผัสพืชโดยตรง อย่างไรก็ตาม การพยากรณ์โรคพืชยังเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ต้องการผู้เชี่ยวชาญทางด้านพืชศาสตร์ โรคพืชวิทยา กีฏวิทยา และอุตุนิยมวิทยา ทำให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรที่ต้องการข้อมูลล่วงหน้าและทันเวลา ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถตรวจวัดการเกิดโรคบนพืชได้ในเวลารวดเร็วและเกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้ตรวจสอบบนต้นพืชด้วยตนเองจึงเป็นงานวิจัยที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกร รวมทั้งแก้ปัญหาผลิตผลเกษตรเสียหายอันเนื่องมาจากการทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืช การสำรวจรวบรวมและจัดทำฐานข้อมูลภาพใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรคจะนำไปสู่การพัฒนาโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง ภาพที่รวบรวมได้มีความหลากหลายและครอบคลุมพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง รวมทั้งได้ทราบข้อมูลปัจจัยสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสง และฐานข้อมูลภาพใบ มันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรคจะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาระบบตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลังต่อไป

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

ขั้นตอนในการจำแนกและตัดสินใจใช้การวิเคราะห์จากการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) เป็นเทคนิคหรือกระบวนการที่ใช้สำหรับปรับแต่งระบบคอมพิวเตอร์ให้มีพฤติกรรมเฉพาะตัวที่สนับสนุนการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาหรือปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของระบบให้ดีขึ้นและเก็บไว้ในฐานความรู้ ซึ่งมีเทคนิคต่างๆ หลายวิธี แต่

เทคนิคที่สนใจคือเทคนิค 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 อีกทั้งยังช่วยลดช่องว่างระหว่างเกษตรกรกับเจ้าหน้าที่ในการให้คำปรึกษาก่อให้เกิดประโยชน์ในการติดตามการปลูกพืชในระบบแปลงใหญ่และเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นยังสามารถพัฒนาต่อยอดไปสู่เทคโนโลยีในด้านอื่น ๆ

2. วัตถุประสงค์

เพื่อให้ได้โมเดลในการจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลังโดยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัล

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจ และรวบรวมข้อมูลภาพใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรครวมทั้งเก็บข้อมูลปัจจัยสภาพแวดล้อมของแปลงเกษตรกร จังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว และพัฒนาโมเดลการจำแนกภาพโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง โดยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัล ดำเนินการระหว่างเดือนตุลาคม 2563 – เดือนกันยายน 2564 สามารถรวบรวมข้อมูลภาพใบมันสำปะหลังจากแปลงเกษตรกร จำนวน 9,907 ภาพ นำไปประมวลผลเบื้องต้นโดยการเพิ่มความคมชัด จัดเก็บในแฟ้มข้อมูลแยกตามคลาส เพื่อนำไปสร้างโมเดลการเรียนรู้ภาพใบมันสำปะหลังต่อไป แปลงมันสำปะหลังส่วนมากมีความชื้นใต้ทรงพุ่ม 31-40 % อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม 31-35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของดิน 31-35 องศาเซลเซียส และความชื้นในดิน 31-40 % อุณหภูมิสูงสุด 31-35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุด 21-25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 61-70 % นำไปบรรยายภาพแบ่งเป็น 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 สามารถนำโมเดลไปพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อให้สามารถใช้งานได้ง่ายต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

Abstracts

The Objectives of the study are collecting cassava leaf disease images and environmental factors of cassava fields at Nakhon Ratchasima, Prachin Buri and Sa Keao Province during October 2019 to September 2020 and developing cassava leaf disease images classification model. Images are classified to 5 classes; 0) Healthy 1) Bacterial Blight 2) Brown Streak Disease 3) Anthracnose and 4) Mosaic Disease. In the pre-processing, all images are normalized and created database of cassava leaf disease images in order to design machine learning model of leaf disease images classification. Cassava fields were found that tree humidity around 31- 40%, tree temperature around 31– 35 Celsius degree, soil temperature more than 31-35 Celsius degree, and soil moisture more than 31-40 %, the maximum temperature 31-35 Celsius degree, Minimum temperature 21-25 Celsius degree , relative humidity 61-70 %. 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.

กรมวิทยาศาสตร์

การทดลองที่ 1

สำรวจ รวบรวมข้อมูลภาพใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรค

Cassava Leaf Disease Image Data Collection

วีรศักดิ์ ขุนชำนาญ ธีรภัทร์ ธรรมไชยางกูร สุรพงษ์ ประสิทธิ์วัฒนเสรี กฤษณา แสงดี นครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์ สุวิชา อ่อนเฉียบ นวลมณี พรหมนิล อมรรัชฎ์ คิดใจเดียว อมรรัชฎ์ คิดใจเดียวสายชล แสงแก้ว เสาวรี บำรุง นงนุช ช่างสี ยรรยง พันธ์พฤกษ์

คำสำคัญ

มันสำปะหลัง โรคบนใบมันสำปะหลัง ข้อมูลภาพ

Keywords

Cassava, Cassava Leaf Disease, Image data

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจ และรวบรวมข้อมูลภาพใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรครวมทั้งเก็บข้อมูลปัจจัยสภาพแวดล้อมของแปลงเกษตรกร จังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว ระหว่างเดือนตุลาคม 2563 – เดือนกันยายน 2564 สามารถรวบรวมข้อมูลภาพใบมันสำปะหลังจากแปลงเกษตรกรแบ่งเป็น 5 คลาส คือ 0) ต้นปกติ 1) ใบไหม้ 2) ใบจุดสีน้ำตาล 4) แอนแทรคโนส และ 4) ใบด่าง รวมจำนวน 9,907 ภาพ นำไปประมวลผลเบื้องต้นโดยการเพิ่มความคมชัด จัดเก็บในแฟ้มข้อมูลแยกตามคลาส เพื่อนำไปสร้างโมเดลการเรียนรู้ภาพใบมันสำปะหลังต่อไป แปลงมันสำปะหลังส่วนมากมีความชื้นใต้ทรงพุ่ม 31-40 % อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม 31-35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของดิน 31-35 องศาเซลเซียส และความชื้นในดิน 31-40 % อุณหภูมิสูงสุด 31-35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุด 21-25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 61-70 %

กรมวิชาการเกษตร

Abstracts

The Objectives of the study are collecting cassava leaf disease images and environmental factors of cassava fields at Nakhon Ratchasima, Prachin Buri and Sa Keao Province during October 2019 to September 2020. Images are classified to 5 classes; 0) Healthy 1) Bacterial Blight 2) Brown Streak Disease 3) Anthracnose and 4) Mosaic Disease. In the pre-processing, all images are normalized and created database of cassava leaf disease images in order to design machine learning model of leaf disease images classification. Cassava fields were found that tree humidity around 31- 40%, tree temperature around 31– 35 Celsius degree, soil temperature more than 31-35 Celsius degree, and soil moisture more than 31-40 %, the maximum temperature 31-35 Celsius degree, Minimum temperature 21-25 Celsius degree , relative humidity 61-70 %.

บทนำ (Introduction)

มันสำปะหลัง ชื่อวิทยาศาสตร์ Manihotesculenta Crant ชื่อสามัญเรียกหลายชื่อตามภาษาต่างๆ ที่ได้ยินกันมาก ได้แก่ Cassava, Yuca, Mandioa, Manioc, Tapioca มีแหล่งกำเนิดแถบที่ลุ่มเขตร้อน (Lowland tropics) เป็นพืชอาหารที่สำคัญเป็นอันดับ 5 ของโลก รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง เป็นพืชอาหาร ที่สำคัญของประเทศในเขตร้อน 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) เนื่องจากเป็นพืชทนแล้ง ปลูกง่ายใช้ปัจจัยในการผลิตน้อย สามารถให้ผลผลิตได้แม้ในบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แต่ผลผลิต ต่อไร่และประสิทธิภาพการผลิตยังต่ำ แม้จะมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมากก็ตาม เนื่องจากการระบาดของโรคและแมลงเป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยและประเทศข้างเคียงเป็นอันมาก ในขณะ

กรมวิชาการเกษตร

ที่การป้องกันและแก้ปัญหาดังกล่าวนั้นส่วนใหญ่เป็นการใช้สารเคมีและการจัดการแปลงปลูก แม้จะช่วยลดผลกระทบจากความเสียหายจากปัญหาดังกล่าวได้บ้าง แต่วิธีการดังกล่าวเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตให้แก่เกษตรกร 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 เกษตรกรบางรายอาจใช้วิธีบันทึกภาพด้วยกล้องแล้วส่งมายังหน่วยงานหรือนักวิจัย แต่คุณภาพของภาพที่เกษตรกรบันทึกมักจะเป็นอุปสรรคต่อการวินิจฉัยของเจ้าหน้าที่ นอกจากนี้หากเกษตรกรสามารถมองเห็นอาการด้วยตาอย่างชัดเจน มักจะเป็นระยะที่โรคมีการพัฒนาพอสมควร ซึ่งการป้องกันกำจัดหลังจากนี้อาจไม่ได้ผลเท่าที่ควรการติดตามการแพร่ระบาดของโรคเป็นวิธีที่นักโรคพืชพยายามพัฒนาขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถพยากรณ์โรคพืชที่จะเกิดขึ้น และส่งข่าวถึงเกษตรกรได้ทันเวลาที่เกษตรกรจะสามารถปฏิบัติการป้องกันกำจัด เช่น ลดความชื้นภายในแปลงปลูก กำจัดหรือลดปริมาณเชื้อก่อโรค หรือฉีดพ่นสารเคมีชนิดป้องกันพืชไม่ให้เชื้อก่อโรคที่ตกลงบนผิวพืชหลังจากนั้นได้มีโอกาสสัมผัสพืชโดยตรง อย่างไรก็ตามการพยากรณ์โรคพืชยังเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ต้องการผู้เชี่ยวชาญทางด้านพืชศาสตร์ โรคพืชวิทยา กีฏวิทยา และอุตุนิยมวิทยา ทำให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรที่ต้องการข้อมูลล่วงหน้าและทันเวลา ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถตรวจวัดการเกิดโรคบนพืชได้ในเวลารวดเร็วและเกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้ตรวจสอบบนต้นพืชด้วยตนเองจึงเป็นงานวิจัยที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกร รวมทั้งแก้ปัญหาผลิตผลเกษตรเสียหายอันเนื่องมาจากการทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืช การสำรวจรวบรวมและจัดทำฐานข้อมูลภาพใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรค จะนำไปสู่การพัฒนาโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง ภาพที่รวบรวมได้มีความหลากหลายและครอบคลุมพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง รวมทั้งได้ทราบข้อมูลปัจจัยสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสง และฐานข้อมูลภาพใบ มันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรคจะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาระบบตรวจวัดและจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลังต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

อุปกรณ์ในการทดลอง

1. กล้องถ่ายภาพดิจิทัล
2. ซอฟต์แวร์การปรับแต่งภาพ
3. เครื่องคอมพิวเตอร์

แบบและวิธีการทดลอง

1. การเตรียมแผนการถ่ายภาพ
2. การกำหนดคุณลักษณะของภาพ
3. การออกภาคสนาม
4. ปรับแต่งภาพ
5. แบ่งภาพถ่าย

วิธีปฏิบัติการทดลองและบันทึกข้อมูล

1. การเตรียมแผนการถ่ายภาพ
   1.1 ฝึกอบรมพนักงานสำรวจ ให้รู้จักลักษณะอาการที่โรคเข้าทำลายใบมันสำปะหลัง และสามารถตรวจดูลักษณะเชื้อโรคพืชเบื้องต้น 4 โรคหลัก ได้แก่ โรคใบไหม้ โรคใบจุดสีน้ำตาล โรคแอนแทรคโนส และโรคใบด่างมันสำปะหลัง
   1.2 ฝึกอบรมเทคนิคการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล กล้องในโทรศัพท์พกพา และการใช้โปรแกรมปรับแต่งภาพ
   1.3 วางแผนการถ่ายภาพในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี สระแก้ว ทุก 15 วันตลอดการทดลอง เพื่อให้ได้ภาพใบมันสำปะหลังทุกระยะที่โรคเข้าทำลาย
2. การกำหนดคุณลักษณะของภาพ
   2.1 ใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัล ชนิด Mirrorless และ กล้องถ่ายภาพในโทรศัพท์พกพา
   2.2 ความละเอียดของภาพที่ต้องการ ขนาด 2 ล้านพิกเซล
   2.3 ใช้รูปแบบสี true color
   2.4 ใช้รูปแบบไฟล์ *.jpg และ RAW File
   2.5 ก่อนถ่าย ลองถ่ายภาพแผ่นเทียบสี RGB ในบริเวณนั้น ให้มีความเข้มสีที่ไม่ผิดเพี้ยน จึงค่อยถ่ายภาพใบมันสำปะหลังที่แสดงอาการเป็นโรค
3. การออกภาคสนาม ถ่ายภาพ ระบุโรคและอาการ พร้อมทั้งเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมบริเวณต้นที่ถ่ายภาพ ได้แก่ ปริมาณแสงแดด ปริมาณความชื้น อุณหภูมิ
4. ปรับแต่งด้วยโปรแกรมตกแต่งภาพ เพิ่มความคมชัด ตัดส่วนของภาพที่ไม่ต้องการออก
5. แบ่งภาพถ่ายออกเป็น 5 ประเภท คือ 1) ต้นปกติ 2) ใบไหม้ 3) ใบจุดสีน้ำตาล 4) แอนแทรคโนส 5) อาการใบด่าง

กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและอภิปราย (Results and Discussion)

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 มีขอบชัดเจน จุดแผลด้านหลังใบมีสีเทา และ แผลล้อมรอบด้วยวงสีเหลือง ตรงกลางแผลอาจจะแห้งและหลุดเป็นรู
แอนแทรคโนส (Antracnose : CA)	เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp.manihotis	ใบจะมีขอบใบไหม้สีน้ำตาลขยายตัวเข้าสู่กลางใบ มักปรากฏกับใบที่อยู่ล่าง ในตัวแผลบนใบจะมีเม็ดเล็ก ๆ สีดำขยายตัวไปตามขอบของแผลอาการไหม้ ส่วนก้านใบอาการจะปรากฏในส่วนโคนก้านใบ จะเป็นแผลสีน้ำตาลขยายตัวไปตามก้านใบ ทำให้ก้านใบมีลักษณะลู่ลงมาจากยอด หรือตัวใบจะหักงอจากก้านใบ เกิดอาการใบเหี่ยวและ

ภาควิชากีฏวิทยาเกษตร

		แห้งได้ ส่วนลำต้นและยอด แผลที่ลำต้นจะเป็นแผลสีดำตรงบริเวณข้อต่อกับก้านใบและมีสภาพแวดล้อมเหมาะสม แผลจะขยายตัวไปสู่ส่วนยอดทำให้ยอดเหี่ยวแห้งลงมา
อาการใบด่าง (Mosaic Disease : MD) 	เชื้อไวรัส ในวงศ์ *Geminiridae* สกุล *Begomovirus*	ใบด่างและใบหงิก เสียรูปทรง อาการด่างมีหลายแบบ เช่น ด่างเขียวซีดสลับเขียวเข้ม ด่างเหลืองสลับเขียว ใบหงิกหรือ หงิกเหลือง ใบย่อยบิดเบี้ยวหงิกงอ โค้งเสียรูปทรง ใบอ่อนและใบที่เจริญใหม่มีขนาดเล็กลง ยอดหงิก ต้นแคระแกร็น

2. การสำรวจข้อมูลสภาพแวดล้อมแปลงมันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว โดย

ได้ออกเดินทางสำรวจจังหวัดนครราชสีมา 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

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

กรมวิชาการเกษตร

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
	ร้อยละ	34.92	21.81	23.99	27.60

กรมวิชาการเกษตร

ปัจจัย		นครราชสีมา	ปราจีนบุรี	สระแก้ว	รวม
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

กรมวิชาการเกษตร

ปัจจัย		นครราชสีมา	ปราจีนบุรี	สระแก้ว	รวม
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)					
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

3. การรวบรวมภาพใบมันสำปะหลัง

ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลภาพใบมันสำปะหลัง จากการออกสำรวจแปลงมันสำปะหลัง รวม 24 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**

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

ภาพใบมันสำปะหลังแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ตามอาการที่แสดงเป็นโรค คือ 0) ต้นปกติ 1) โรคใบไหม้ 2) โรคใบจุดสีน้ำตาล 3) โรคแอนแทรคโนส และ 4) อาการใบด่างมันสำปะหลัง รวบรวมได้ 9,907 ภาพ จัดทำเป็นฐานข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อจำแนกประเภทของภาพ และทำนายภาพใบมันสำปะหลังที่ไม่เคยเห็นมาก่อนว่ามีอาการเป็นโรคใดหรือไม่

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2

การพัฒนาโมเดลจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง
Development on Cassava Leaf Disease Classification Model

ธีรภัทร์ ธรรมไชยางกูร วีรศักดิ์ ขุนชำนาญ กฤษณา แสงดี สุรพงษ์ ประสิทธิ์วัฒนเสรี
นครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์ นวลมณี พรหมนิล สุวิชา อ่อนเฉียบ อมรรัชฏ์ คิดใจเดียว ยรรยง พันธ์พฤกษ์

คำสำคัญ

มันสำปะหลัง, โมเดลการจำแนกภาพโรค, การเรียนรู้เชิงลึก

Key words

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 ,9 0 7 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 Manihotesculenta Crant ชื่อสามัญเรียกหลายชื่อตามภาษาต่างๆ ที่ได้ยินกันมาก ได้แก่ Cassava, Yuca, Mandioa, Manioc, Tapioca มีแหล่งกำเนิดแถบที่ลุ่มเขตร้อน (Lowland tropics) เป็นพืชอาหารที่สำคัญเป็นอันดับ 5 ของโลก รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง เป็นพืชอาหาร ที่สำคัญของประเทศในเขตร้อน 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) เนื่องจากเป็นพืชทนแล้ง ปลูกง่ายใช้ปัจจัยในการผลิตน้อย สามารถให้ผลผลิตได้แม้ในบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แต่ผลผลิตต่อไร่และประสิทธิภาพการผลิตยังต่ำ แม้จะมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมากก็ตาม เนื่องจากการระบาดของโรคและแมลงเป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยและประเทศข้างเคียง เป็นอันมาก 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

ศรีปทุมการเกษตร

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

การพัฒนาโมเดลการจำแนกภาพใบมันสำปะหลังโดยใช้เทคนิคการถ่ายทอดการเรียนรู้ (Transfer Learning) เทคนิคนี้นิยมนำไปประยุกต์ใช้กับงานทางด้านการวิเคราะห์เชิงลึก (Deep Learning) การประมวลผลภาพหรือวิดีโอเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจหรือจำแนกวัตถุต่าง ๆ ได้ เนื่องจากโมเดลสำหรับงานด้านนี้มีตัวแปรเป็นจำนวนมาก ซึ่งจำเป็นต้องใช้ชุดข้อมูลขนาดใหญ่ในการเรียนรู้ของโมเดล โดยอาจใช้เวลาหลายวัน หรือหลายสัปดาห์ในการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อให้โมเดลสามารถคาดการณ์ได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นเพื่อลดเวลาการฝึกโมเดล จึงได้นำบางส่วนของโมเดลที่ฝึกเรียบร้อยแล้วกับงานที่ใกล้เคียงกันมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของโมเดลใหม่ โดยการเขียนชุดคำสั่งภาษา Python และบันทึกโมเดลนั้นไปใช้ประโยชน์ในการจำแนกภาพใบมันสำปะหลัง ดังนั้นการพัฒนาโมเดลจำแนกภาพโรคบนใบมันสำปะหลังจึงเป็นพื้นฐานสำคัญในการนำไปใช้พัฒนาระบบตรวจวัดและจำแนกโรค ทั้งนี้เพื่อให้สามารถช่วยเหลือเกษตรกรทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับโรคพืชที่พบ สามารถป้องกันกำจัดในเบื้องต้น เพื่อลดการแพร่ระบาดและความรุนแรงของโรคได้ อีกทั้งยังช่วยลดช่องว่างระหว่างเกษตรกรกับเจ้าหน้าที่ในการให้บริการคำปรึกษา ก่อให้เกิดประโยชน์ในการติดตามการปลูกพืชในระบบแปลงใหญ่ และโมเดลที่พัฒนาขึ้นยังสามารถพัฒนาต่อยอดในด้านอื่น ๆ ได้ประสบความสำเร็จต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ชุดข้อมูลภาพใบมันสำปะหลัง
2. ชุดคำสั่งภาษา Python
3. ซอฟต์แวร์พัฒนาโมบายแอปพลิเคชัน
4. เครื่องคอมพิวเตอร์
5. วัสดุคอมพิวเตอร์ (กระดาษ หมึกพิมพ์ ฯลฯ)

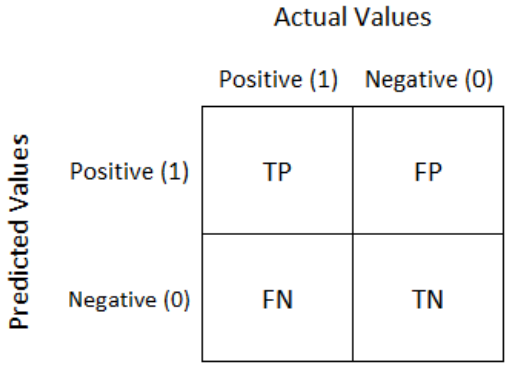
วิธีการ

ขั้นตอนในการเขียนชุดคำสั่งภาษา Python เพื่อพัฒนาโมเดลจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง โดยใช้เทคนิคการถ่ายทอดการเรียนรู้ (Transfer Learning) ดังนี้

1. นำเข้าไลบรารีที่จำเป็น ประกอบด้วย
   - NumPy สำหรับการจัดการข้อมูลในรูปแบบ array หลายมิติ
   - Os ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับระบบปฏิบัติการของเครื่อง
   - Copy ทำหน้าที่ในการคัดลอกค่าหรือ objects ของตัวแปรหนึ่งไปอีกตัวแปรหนึ่ง
   - PyTorch เป็นไลบรารีการเรียนรู้เชิงลึกที่พัฒนาโดย Facebook มีจุดเด่นในการ สร้างและฝึกโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก มีฟังก์ชันให้ใช้งานอยู่หลากหลาย เช่น การจัดการข้อมูลเบื้องต้นก่อนนำมาใช้เป็นข้อมูลป้อนเข้า การแปลงและตัดแต่งรูปภาพเพื่อเพิ่มความหลากหลายให้ข้อมูลรูปภาพ การดึงชุดข้อมูลตัวอย่างจาก PyTorch และยังสามารถใช้ GPU ช่วยในการคำนวนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความเร็วได้อีกด้วย
2. นำเข้าชุดข้อมูลภาพ แบ่งชุดข้อมูลภาพเป็นข้อมูลฝึก ข้อมูลปรับแต่ง และข้อมูลทดสอบ
3. แสดงภาพจากชุดข้อมูล
4. นำเข้าโมเดลที่ผ่านการฝึกเรียบร้อยแล้ว
5. ทดสอบและประเมินประสิทธิภาพโมเดล

ประเมินประสิทธิภาพของโมเดล โดยคำนวณ Confusion Matrix คือตารางที่ใช้ในการวัดความสามารถของการเรียนรู้ของเครื่องในการแก้ปัญหาการจำแนกประเภท

ลิขสิทธิ์เกษตร



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

$$F1 = 2 \times \frac{(Precision \times Recall)}{(Precision + Recall)}$$

5. บันทึกโมเดล

กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและอภิปราย (Results and Discussion)

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
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. การนำเข้าชุดข้อมูลภาพ

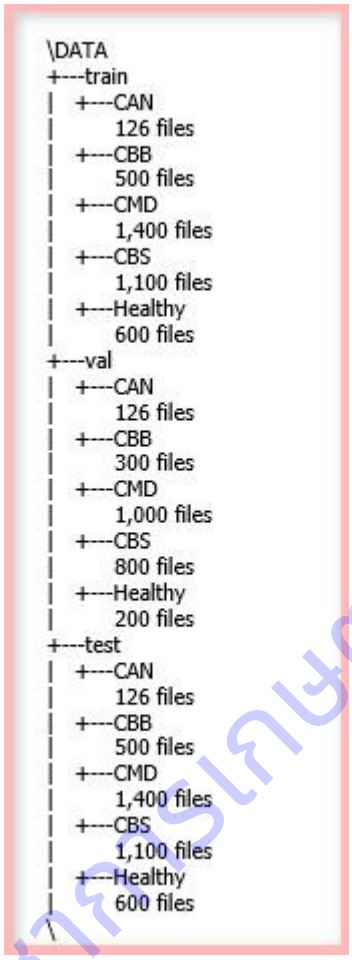
2.1 ใช้ภาพใบมันสำปะหลังที่สำรวจรวบรวมได้จากแปลงเกษตรกรจังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และสระแก้ว นำภาพมาปรับแต่งให้มีความคมชัด ตัดสิ่งที่ไม่ต้องการออก และแยกเก็บตามอาการโรคที่เกิดบนใบมันสำปะหลัง (ตารางที่ 4) พบว่า ภาพที่รวบรวมได้มากที่สุดคือ ภาพอาการใบด่าง (CMD) ร้อยละ 39 รองลงมาคือภาพโรคใบจุดสีน้ำตาล (CBS) ร้อยละ 31.2 ภาพต้นปกติ (Healthy) ร้อยละ 15 ภาพโรคใบไหม้ (CBB) ร้อยละ 13.5 และภาพโรคแอนแทรคโนส (CAN) ร้อยละ 1.3

ตารางที่ 4 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**

2.2 เตรียมภาพ โดยแบ่งชุดข้อมูลภาพเป็นข้อมูลฝึก ข้อมูลยืนยัน และข้อมูลทดสอบ จัดไฟล์ภาพแยกตามโฟลเดอร์ Train, Val และ Test (ภาพที่ 1)

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 1 จัดไฟล์ภาพแยกตามโฟลเดอร์ Train, Val และ Test

2.3 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),
```

กรมวิชาการเกษตร

```
        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, n
um_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")
```

2.4 การแสดงภาพ ตัวแปร และค่าสถิติต่างๆ

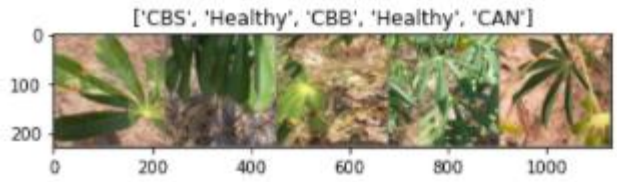
```
def imshow(inp, title=None):
    inp = inp.numpy().transpose((1, 2, 0))
    mean = np.array([0.485, 0.456, 0.406])
    std = np.array([0.229, 0.224, 0.225])
    inp = std * inp + mean
    inp = np.clip(inp, 0, 1)
```

กรมวิชาการเกษตร

```
    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



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))
        print('-' * 10)


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

กรมวิชาการเกษตร

```
        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()

        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))
```

กรมวิชาการเกษตร

```
            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
```

4. การเลือกใช้โมเดลการจำแนกภาพ ดาวน์โหลดโมเดลที่มีการฝึกเรียบร้อยแล้ว ได้แก่ ResNet (Deep Residual Learning for Image Recognition) ซึ่งเป็นโมเดลที่ใช้สร้างข้อมูลตัวแปร (Features) สำหรับ Deep Convolutional Neural Network (DCNN) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 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

4.1 ดาวน์โหลดโมเดล ResNet18 ที่ผ่านการฝึกมาแล้ว

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

กรมวิชาการเกษตร

4.2 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)
```

4.3 ฝึกโมเดลใหม่

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

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

กรมวิชาการเกษตร

```
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
```

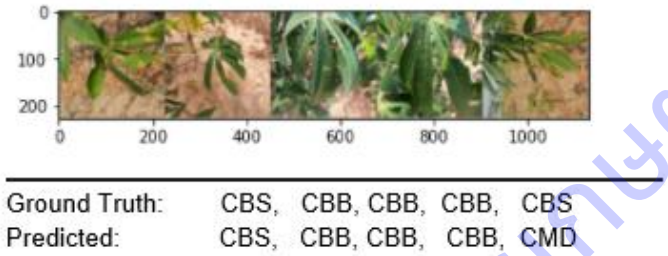
กรมวิชาการเกษตร

5. การทดสอบโมเดล

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

```
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



6. การบันทึกโมเดล

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

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการเรียนรู้เชิงลึกของเครื่องด้วยเทคนิคการถ่ายทอดการเรียนรู้ ResNet (Deep Residual Learning for Image Recognition) ได้โมเดลการจำแนกโรคที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง มีค่าความถูกต้องในการจำแนก 94.90 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อเรียกใช้ต่อไป อย่างไรก็ตาม ควรคำนึงถึงประสิทธิภาพของเครื่องซึ่งต้องการวงจรประมวลผลภาพความเร็วสูง (GPU) ในการฝึกและทดสอบโมเดลให้แม่นยำยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

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

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

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

เชวง อมรศักดิ์, 2525. โรคใบไหม้ของมันสำปะหลัง : วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ ทวิชัย. 2537. การศึกษาโรคต่างๆ ของมันสำปะหลัง : การแพร่ระบาดและความต้านทานโรคใบไหม้ของมัน สำปะหลังที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย. รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.สถาบันวิจัยแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ.

อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช. 2555. โรคและแมลงศัตรูมันสำปะหลัง. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ.63 น.

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.

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

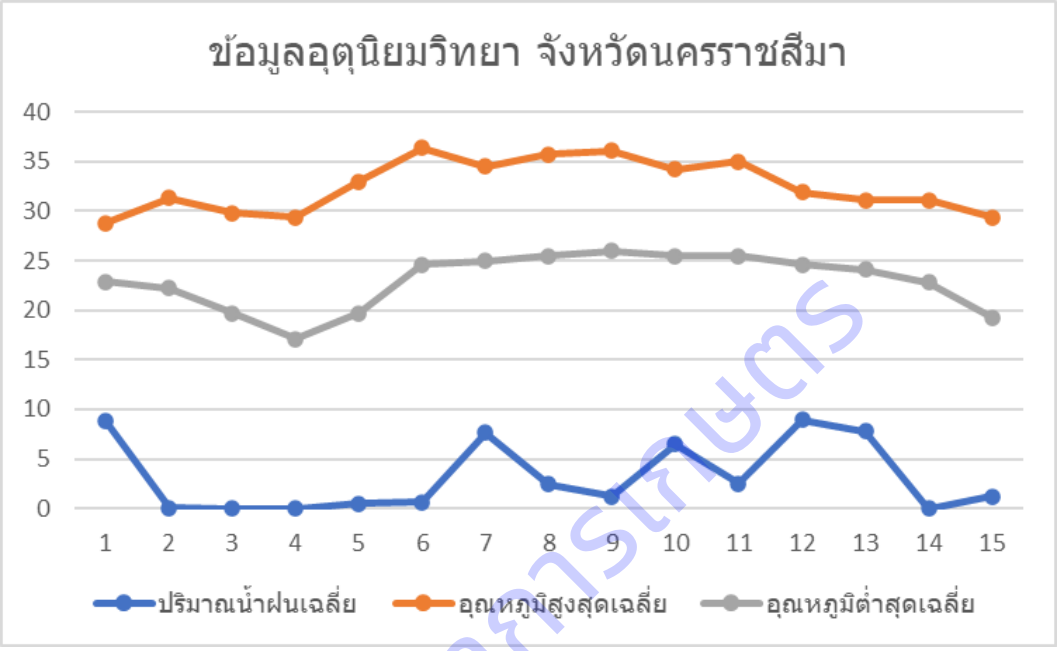
Wang HG and Ma ZH, 2011. Prediction of wheat stripe rust based on support vector machine. Pages 389-393. Seventh International Conference Natural Computation, ICNC 2011. Shanghai. Chaina. 26-28 July, 2011.

กรมวิชาการเกษตร

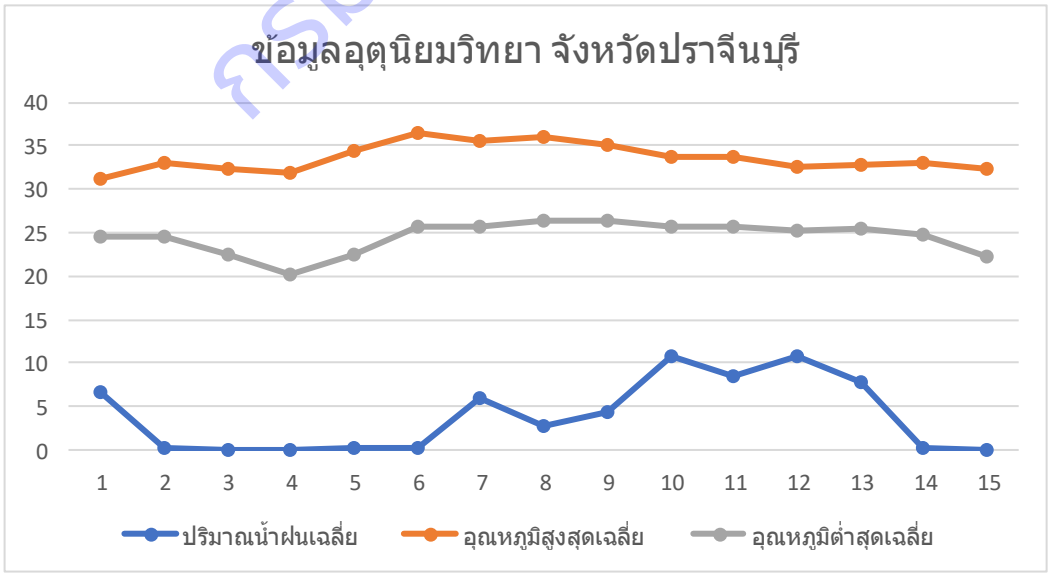
ภาคผนวก

การทดลองที่ 1 การพัฒนาโมเดลการจำแนกโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

ภาคผนวก ก กราฟข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่ตุลาคม 2563 – ธันวาคม 2564

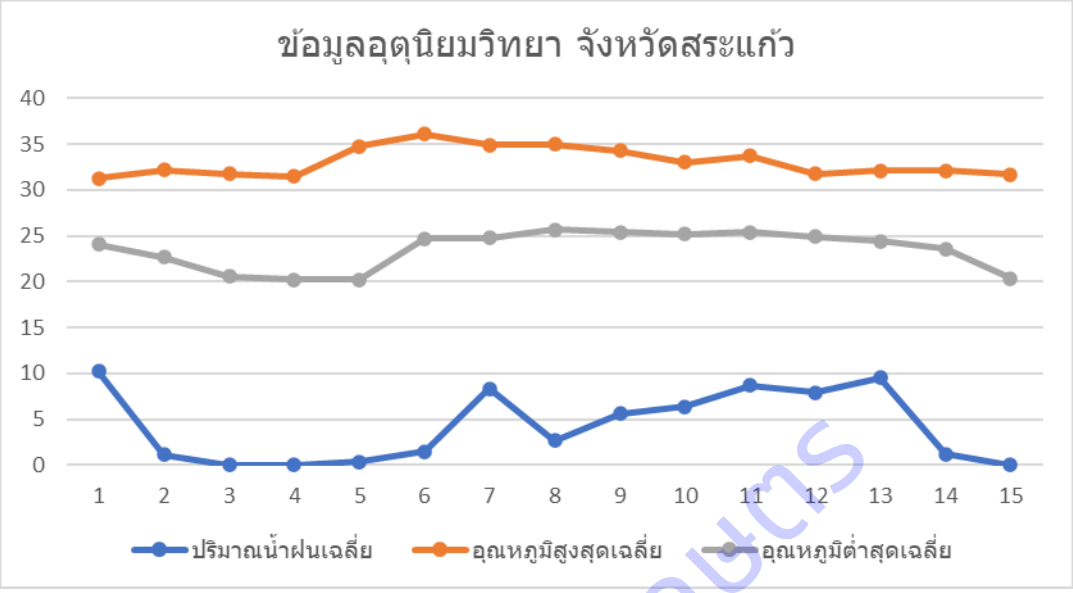


ภาคผนวก ข กราฟข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของตำบลหน้าเมือง อำเภอในเมือง จังหวัดปราจีนบุรี ตั้งแต่ตุลาคม 2563 – ธันวาคม 2564



กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ค กราฟข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของตำบลสระแก้ว อำเภอเมืองสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว ตั้งแต่ตุลาคม 2563 – ธันวาคม 2564



กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2 การพัฒนาโมเดลการจำแนกโรคและศัตรูพืชที่แสดงอาการบนใบมันสำปะหลัง

ภาคผนวก ง การถ่ายทอดการเรียนรู้เชิงลึก (Transfer Learning) ใช้การโปรแกรมภาษา Python บน JupyterNotebook

1. การติดตั้ง Miniconda

Miniconda เป็นตัวจัดสภาพแวดล้อมให้ Python เช่นถ้าต้องการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถรันได้ทั้ง 32 บิต และ 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	697302540483294 4e074bf02bda8c4594980eeed4707bb51baa8fbdba4bf326c
	Miniconda2 Windows 32-bit	47.7 MiB	c8049d26f8b6b954b57bcd4e99ad72d1ffa13f4a6b218e64e641504437b2617b

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

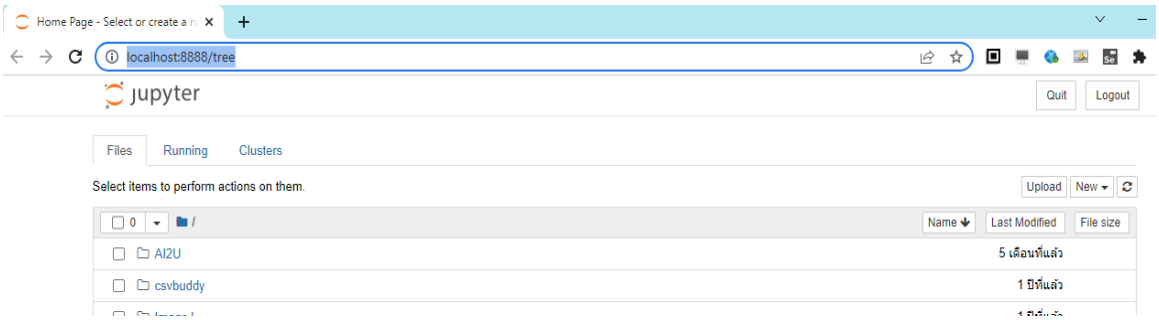
```
(base) C:\> conda install -c conda-forge notebook
```

2.2 เปิดใช้งาน Jupyter notebook พิมพ์

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

กรมวิชาการเกษตร

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



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

กรมวิชาการเกษตร