รายงานแผนงานวิจัยย่อย

วิจัยพัฒนาระบบสารสนเทศแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน

Research and Development in Information Technology to Oil Palm Fertilizer Recommendation System

ชื่อหัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย

สุรกิตติ ศรีกุล

Surakitti Srikul

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

รายงานแผนงานวิจัยย่อย

วิจัยพัฒนาระบบสารสนเทศแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน

Research and Development in Information Technology to Oil Palm Fertilizer Recommendation System

ชื่อหัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย

สุรกิตติ ศรีกุล

Surakitti Srikul

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ

เทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมันที่แม่นยำและมีประสิทธิภาพสูงสุดในปัจจุบัน คือ การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นวิธีที่เป็นที่ยอมรับในกลุ่มผู้ผลิตปาล์มน้ำมันทั่วโลก เนื่องจากช่วยให้ปาล์มน้ำมันมีผลผลิตสูงอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้ปุ๋ยในปริมาณที่ไม่เหมะสม สำหรับการปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อย การเข้าถึงเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นไปได้ยาก เนื่องจากเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารใบปาล์มน้ำมัน มีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ การแปลผลค่าวิเคราะห์ และการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ย จึงได้ดำเนินการวิจัยเพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว

รายงานฉบับนี้ เป็นการรายงานผลการดำเนินงาน ภายใต้แผนงานวิจัยย่อยวิจัยพัฒนาระบบสารสนเทศแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน อยู่ภายใต้แผนงานวิจัยและพัฒนาระบบสารสนเทศสู่เกษตรดิจิทัล ของกรมวิชาการเกษตร ประกอบด้วย 2 โครงการวิจัย ได้แก่ 1. โครงการวิจัยพัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันโดยใช้เทคนิค image processing และ 2. โครงการพัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยระหว่างปี พ.ศ. 2560-2564 วิจัยและพัฒนาโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการวิเคราะห์ภาพถ่าย เพื่อพัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย ใช้งานบนเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ให้ผู้ใช้งานสามารถประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันและแปลผลค่าวิเคราะห์ รวมทั้งออกคำแนะนำการใช้ปุ๋ยอัตโนมัติสำหรับปาล์มน้ำมันรายแปลงได้

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับนี้จะมีประโยชน์แก่นักวิจัย นักวิชาการเกษตร ตลอดจนผู้สนใจอื่นๆ ที่จะได้ศึกษาและพัฒนาต่อยอด รวมถึงนำระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมันไปใช้ให้เกิดประโยชน์ และขอขอบคุณผู้มีส่วนร่วมในการจัดทำรายงานฉบับนี้ทุกท่าน หากมีข้อผิดพลาดใดๆ ในฐานะผู้อำนวยการแผนงานย่อยวิจัยพัฒนาระบบสารสนเทศแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน ต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นายสุรกิตติ ศรีกุล
ผู้อำนวยการแผนงานวิจัยย่อยฯ
กุมภาพันธ์ 2565

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	1
ผู้วิจัย	2
บทนำ	3
บทคัดย่อ	5
1. โครงการวิจัย พัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน โดยใช้เทคนิค image processing	7
2. โครงการวิจัย พัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน และระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน	33
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	51
บรรณานุกรม	54
ภาคผนวก	57

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเกษตรกรทุกท่านที่อนุเคราะห์ให้คณะผู้วิจัยเก็บตัวอย่างใบปาล์มน้ำมัน เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณ ผศ.ดร.อภิชน ไวท์ยางกูร และนางสาวกุลนรี กรีติยุตานนท์ ที่ให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำเทคโนโลยีการวิเคราะห์ภาพถ่าย การพัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันและคำแนะนำการใช้ปุ๋ย รวมทั้งการจัดทำเว็บแอปพลิเคชัน ขอขอบคุณขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 (สวพ.7) กรมวิชาการเกษตร ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือและบุคลากรอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย ตลอดจนคณะผู้บริหาร คณะผู้เชี่ยวชาญ นักวิจัย ที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินโครงการสำเร็จไปได้ลุล่วงด้วยดี และสุดท้ายขอขอบคุณคณะกรรมการพิจารณาและติดตามงานวิจัยทุกคณะของกรมวิชาการเกษตร ที่ให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

1. นายสุรกิตติ ศรีกุล	นักวิชาการเกษตรทรงคุณวุฒิ	สำนักผู้เชี่ยวชาญ
2. นางสาวสุชาดา โภชาดม	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7
3. นายสญชัย ขวัญเกื้อ	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7
4. นางสาวสุธีรา ถาวรรัตน์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7
5. นางจินตนาพร โคตรสมบัติ	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7
6. นางจิตติลักษณ์ เหมะ	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7
7. นายสมคิด ดำน้อย	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1
8. นายอุดมพร เสือมาก	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรชุมพร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของแผนงานวิจัยย่อย

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารปริมาณสูงในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต การใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมันจึงมีความจำเป็นอย่างมาก ที่ต้องใช้ให้ถูกต้องและเหมาะสม ให้เพียงพอกับความต้องการของปาล์มน้ำมัน จึงจะทำให้ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตที่สูงอย่างต่อเนื่องตลอดอายุการเก็บเกี่ยว กรมวิชาการเกษตรแนะนำการใช้ปุ๋ยเชิงเดี่ยวตามค่าวิเคราะห์ใบในสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีการศึกษา วิจัย และมีการใช้อย่างแพร่หลาย เป็นที่ยอมรับในวงการผู้ผลิตปาล์มน้ำมันทั่วโลก ซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตและช่วยให้ปาล์มน้ำมันมีผลผลิตอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้ปุ๋ยในปริมาณที่มากเกินไป สอดคล้องกับมาตรฐาน RSPO (Roundtable for Sustainable Palm Oil) ที่สนับสนุนให้มีการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับการปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อย การเข้าถึงเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นไปได้ยาก เนื่องจากเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยเชิงเดี่ยวตามค่าวิเคราะห์ใบ มีข้อจำกัดในเรื่องของวิธีการเก็บตัวอย่างใบ การแปลผลค่าวิเคราะห์ และการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ย จำเป็นต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญ ประกอบกับเจ้าของสวนปาล์มน้ำมันต้องมีการจดบันทึกอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะข้อมูลการใช้ปุ๋ยและข้อมูลผลผลิต ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบมีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ ถึงแม้ว่าจะเป็นวิธีมาตรฐานที่แม่นยำและน่าเชื่อถือที่สุด แต่มีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ประมาณ 500-600 บาทต่อรายการธาตุอาหารที่ทำการวิเคราะห์ต่อ 1 ตัวอย่าง และต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์ประมาณ 15-30 วัน จึงทำให้ส่งผลคำแนะนำในการใช้ปุ๋ยให้แก่เกษตรกรไม่ทันรอบการใส่ปุ๋ยถัดไป อีกทั้งหน่วยงานรัฐยังขาดระบบในการจัดเก็บข้อมูลของเกษตรกรเพื่อนำไปวิเคราะห์และประมวลผลในงานด้านอื่นๆ การนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ ให้มีการเก็บบันทึกข้อมูล จัดการข้อมูล และประมวลผลข้อมูล ที่มีประสิทธิภาพขึ้นได้ งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อนำมาพัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย ทั้งในด้านการจัดการข้อมูลและการประมวลผลข้อมูลอัตโนมัติ ในรูปแบบการพัฒนาและจัดทำเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งเกษตรกรหรือผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความรู้เฉพาะทางในการแปลผลค่าวิเคราะห์และการคำนวณการใช้ปุ๋ย เนื่องจากระบบสามารถประมวลผลให้อัตโนมัติโดยใช้เกณฑ์และหลักการคำนวณจากผู้เชี่ยวชาญ อีกทั้งยังทำให้การจัดเก็บข้อมูลเป็นระบบมากยิ่งขึ้นและสามารถเรียกดูข้อมูลได้ผ่านอินเตอร์เน็ต ช่วยให้เกษตรกรหรือบุคคลทั่วไปที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับสุขภาพของต้นปาล์มน้ำมันและธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน สามารถประเมินผลตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันเบื้องต้นได้ ด้วยการทำนายจากภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมัน นอกจากนี้ ยังสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการได้อีกด้วย การพัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยให้การจัดการธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น

สวนยางการเกษตร

2. วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและปริมาณธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมัน

2) เพื่อพัฒนาโมเดลประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน

3) เพื่อพัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันสู่คำแนะนำการใช้ปุ๋ย

3. วิธีการวิจัย

แผนงานย่อยวิจัยพัฒนาระบบสารสนเทศแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วย 2 โครงการวิจัยที่ดำเนินงานต่อเนื่องกัน โครงการที่ 1 พัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน โดยใช้เทคนิค image processing ประกอบด้วย 2 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและปริมาณธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากห้องปฏิบัติการ โดยใช้เทคนิค Image Processing และการทดลองที่ 2 พัฒนาโมเดลสำหรับการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน โครงการที่ 2 พัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน และระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วย 2 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 การพัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันสู่คำแนะนำการใช้ปุ๋ย และการทดลองที่ 2 ตรวจสอบความใช้ได้ของระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน และระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย โดยมีความเชื่อมโยงกันแสดงดังแผนภาพที่ 1

ภาพที่ 1 ความเชื่อมโยงการดำเนินงานวิจัยภายใต้แผนงานวิจัยย่อยวิจัยพัฒนาระบบสารสนเทศแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมันที่แม่นยำและมีประสิทธิภาพสูงสุดในปัจจุบัน คือ การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นวิธีที่เป็นที่ยอมรับในกลุ่มผู้ผลิตปาล์มน้ำมันทั่วโลก เนื่องจากช่วยให้ปาล์มน้ำมันมีผลผลิตสูงอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้ปุ๋ยในปริมาณที่ไม่เหมะสม สำหรับการปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อย การเข้าถึงเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นไปได้ยาก เนื่องจากเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารใบปาล์มน้ำมัน มีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ การแปลผลค่าวิเคราะห์ และการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ย จึงได้ดำเนินการวิจัยเพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว ด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศสามารถนำมาใช้ในการจัดทำระบบวิเคราะห์ข้อมูลดินและใบปาล์มน้ำมันให้มีประสิทธิภาพขึ้นได้ ทั้งในด้านการจัดการข้อมูลและการประมวลผลข้อมูลอัตโนมัติ จึงได้ดำเนินการศึกษาวิจัยและพัฒนาโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการวิเคราะห์ภาพถ่าย เพื่อพัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย ใช้งานบนเว็บแอปพลิเคชัน ให้ผู้ใช้งานสามารถประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันและแปลผลค่าวิเคราะห์ รวมทั้งออกคำแนะนำการใช้ปุ๋ยอัตโนมัติสำหรับปาล์มน้ำมันรายแปลงได้ โดยมีผลการศึกษาดังนี้ 1. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีของตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันจากภาพถ่ายกับผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ พบว่าความสัมพันธ์ของธาตุไนโตรเจน และธาตุโพแทสเซียมกับค่าสี พบความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก ดังนั้น การใช้ค่าสีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมันได้ จึงพัฒนาการประมวลผลภาพใบปาล์มน้ำมันโดยใช้เทคนิค K-mean clustering สำหรับจัดกลุ่มค่าสีและหาสีหลักของภาพ พบว่าการสร้างจากการจัดกลุ่มของค่าสีสำหรับประเมินธาตุไนโตรเจนมีจำนวนค่าสีที่เหมาะสม คือ 5 จำนวนกลุ่มค่าสี และธาตุโพแทสเซียม มีจำนวนค่าสีที่เหมาะสม คือ 30 จำนวนกลุ่มค่าสี และได้จัดทำแผ่นเทียบสีธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียม ทางใบที่ 17 และ 33 สำหรับประเมินระดับของธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมเบื้องต้น 2. การพัฒนาโมเดลทำนายธาตุไนโตรเจน และโมเดลทำนายธาตุโพแทสเซียม ศึกษาและพัฒนาจำนวน 3 โมเดล ได้แก่ โมเดล AlexNet V2 โมเดล ResNext และโมเดล MobileNet V3 และวัดประสิทธิภาพการเรียนรู้ ทั้ง 3 โมเดล โดยการเปรียบเทียบค่า Loss ของแต่ละโมเดล ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนจากทางใบ 17 จำนวน 150 Epochs เหมือนกัน พบว่า มีการลดลงของค่า Loss ที่ใกล้ 0 ทุกโมเดล และพบว่า MobileNet V3 ให้ค่า Loss ต่ำที่สุด หรือมีประสิทธิภาพสูงสุดที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาระบบประเมินธาตุอาหารในขั้นตอนต่อไป 3. พัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน ใช้งานบนเว็บแอปพลิเคชัน http://puipalm.research-oard7.com โดยใช้งาน 2 ลักษณะ คือ 1) การแปลผลการใช้ปุ๋ยจากข้อมูลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันจากห้องปฏิบัติการ และ 2) การแปลผลการใช้ปุ๋ยจากภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันที่นำเข้าสู่ระบบ ผ่านการทำนายธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันอัตโนมัติโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ ที่พัฒนามาจากโมเดล MobileNet V3 ประกอบด้วย ระบบทำนายธาตุไนโตรเจนและระบบทำนายธาตุโพแทสเซียม มีความแม่นยำรวมร้อยละ 86.34 และ 56.66 ตามลำดับ และมีค่า MSE รวมทั้ง 2 ระบบ เท่ากับ 0.06

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

Oil palm leaf analysis is used to assess the nutrient status of oil palm. This is precision, effectiveness and commonly used because it had high yield continuously and reduced environmental pollution from applying excessive amounts of fertilizer. The majority of oil palm plantation in Thailand belongs to smallholders, the smallholder's limit their use technology of oil palm leaf analysis because there was not practical method for smallholder such as time consuming to analysis process, interpretation and fertilizer recommendation by expert. This research was reduced limitation of technology with information technology by Research and Development in Information Technology to Oil Palm Fertilizer Recommendation System. The system was comprised of web application which assessed, interpreted and recommended on the nutrient status of leaf to smallholders immediately. The result of this study: 1. Study of relation between the color of sample and nutrient status of oil palm leaf on laboratory experiment. The result was found that relationship between nutrient (Nitrogen and Potassium) and color value was not related. However, Using the color value could not access the nutrient status of oil palm leaf, K-means clustering was taken to solve this problem. K-means clustering was an unsupervised learning algorithm, which groups the unlabeled dataset into different clusters. The result with K-means clustering, color value of Nitrogen assessing was 5 groups and color value of Potassium assessing was 30 groups that lead to produce the leaf color chart of Nitrogen and Potassium for 17th and 33rd frond to primary assess the nutrient status of oil palm. 2. The Nitrogen and Potassium Prediction Model, which produce 3 models as follow: 1. AlexNet V2, 2. ResNext and 3. MobileNet V3. A total of three models was tested and evaluated by comparing Loss value with 150 Epochs on the training dataset with 17th frond. Loss value was decreased nearly zero every model and MobileNet V3 was the lowest loss value, which could apply to develop model of assessing the nutrient status of oil palm. 3. Development leaf nutrients prediction model and fertilizer recommendation system for oil Palm on web application. There could be interpretation and fertilizer recommendation from 1. Data of nutrient status of oil palm leaf from laboratory 2. Oil palm leaf Image. The model could predict nutrient status automatically with oil palm leaf Image by artificial intelligence (AI), which develop from MobileNet V3. The accuracy model with Nitrogen and Potassium status was 86.34 and 56.66 respectively and both models had mean square error (MSE) values of 0.06.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โครงการวิจัยที่ 1

พัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน โดยใช้เทคนิค image processing

Development a Model of Oil Palm Leaf Estimation using Image Analysis

คณะผู้วิจัย

สุชาดา โภชาดม[1] สญชัย ขวัญเกื้อ สุธีรา ถาวรรัตน์ จินตนาพร โคตรสมบัติ

จิตติลักษณ์ เหมะ สมคิด ดำน้อย[2] อุดมพร เสือมาก[3] สุรกิตติ ศรีกุล[4]

Suchada Pochadom Sonchai Kwankua Suthira Thawonrat Chintanaporn Kotsombat

Jittilux Hama Somkid Damnoi Udomphon Suamag Surakitti Srikul

คำสำคัญ

ปาล์มน้ำมัน, การประมวลผลภาพ, โมเดลทำนายธาตุอาหารพืช

Keywords

Oil palm, Image processing, Nutrient prediction model

กรมวิชาการเกษตร

[1] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 จ.สุราษฎร์ธานี กรมวิชาการเกษตร
Office of Agricultural Research and Development, Region7., DOA

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย จ.เชียงราย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 จ.เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร
Chiangrai Highland Agricultural Research and development Center., Office of Agricultural Research and Development, Region1., DOA

[3] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรชุมพร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 จ.สุราษฎร์ธานี กรมวิชาการเกษตร
Chumphon Agricultural Research and Development Center., Office of Agricultural Research and Development, Region7., DOA

[4] สำนักผู้เชี่ยวชาญ กรมวิชาการเกษตร
Office of Senior Expert., DOA

บทคัดย่อ

วิธีการตรวจวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชในห้องปฏิบัติการ เป็นวิธีที่แม่นยำและน่าเชื่อถือที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม วิธีนี้มีกระบวนการวิเคราะห์หลายขั้นตอนและมีค่าใช้จ่ายสูง จึงทำการพัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว โดยพัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหาร จำนวน 2 ธาตุ ได้แก่ ธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่ปาล์มน้ำมันต้องการในปริมาณมาก ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างปาล์มน้ำมันพันธุ์สุราษฎร์ธานี 2 ที่ช่วงอายุ 7-12 ปี โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาจำนวน 900 ตัวอย่าง ดำเนินการระหว่างปี 2562- 2564 จากการดำเนินงานการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและปริมาณธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากห้องปฏิบัติการ โดยนำภาพถ่ายแปลผลค่าสีในระบบ Lab, RGB และ HSV และนำมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมในห้องปฏิบัติการ โดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) พบว่า ความความสัมพันธ์ของธาตุไนโตรเจนกับค่าสีระบบ Lab, RGB และ HSV มีค่า r^2 เท่ากับ 0.038 0.045 และ 0.039 ตามลำดับ และความความสัมพันธ์ของธาตุโพแทสเซียมกับค่าสีระบบ Lab, RGB และ HSV มีค่า r^2 เท่ากับ 0.024 0.037 และ 0.029 ตามลำดับ ซึ่งมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก ดังนั้นการใช้ค่าสีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมันได้ จึงได้นำวิธี K-mean clustering มาพัฒนาหาความสัมพันธ์โดยการจัดกลุ่มค่าสี และหาสีหลักของภาพที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหาร พบว่า กลุ่มสีที่มีความเหมาะสมสำหรับประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจน จำนวน 5 กลุ่มสี และโพแทสเซียม 30 กลุ่มสี และพัฒนาเป็นแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันสำหรับประเมินธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมเบื้องต้น โดยผลลัพธ์ของแผ่นเทียบสีธาตุไนโตรเจนทางใบที่ 17 พบว่า มีค่าสีของกลุ่มอาการขาดมาก 3 ค่าสี อาการขาดน้อย 3 ค่าสี ค่าเหมาะสม 2 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 1 ค่าสี ผลลัพธ์แผ่นเทียบสีธาตุไนโตรเจนทางใบที่ 33 พบว่า มีค่าสีของกลุ่มอาการขาดมาก 3 ค่าสี อาการขาดน้อย 2 ค่าสี ค่าเหมาะสม 2 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 2 ค่าสี และจากการตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีธาตุไนโตรเจนทางใบที่17 และ 33 มีค่าความถูกต้องโดยรวมคิดเป็นร้อยละ 80 และ 82.5 ตามลำดับ ผลลัพธ์แผ่นเทียบสีธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 17 พบว่า มีค่าสีของกลุ่มอาการขาดมาก 2 ค่าสี อาการขาดน้อย 2 ค่าสี ค่าเหมาะสม 4 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 1 ค่าสี ผลลัพธ์แผ่นเทียบสีธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 33 พบว่า มีค่าสีของอาการขาดมาก 3 ค่าสี อาการขาดโพแทสเซียมน้อย 2 ค่าสี ค่าโพแทสเซียมเหมาะสม 2 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 2 ค่าสี และจากการตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 17 และ 33 มีค่าความถูกต้องโดยรวมคิดเป็นร้อยละ 77.5 และ 80 ตามลำดับ สำหรับการพัฒนาโมเดลสำหรับการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 ดำเนินการทดสอบโมเดล จำนวน 3 โมเดล ได้แก่ โมเดล AlexNet V2 โมเดล ResNext และโมเดล MobileNet V3 ผลการทดลองพบว่า MobileNet V3 มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการทำนายธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 โดยมีค่าความถูกต้องร้อยละ 86.34 และ 76.77 ตามลำดับ และค่า MSE เท่ากับ 0.06 และ 0.06 ตามลำดับ สามารถนำไปพัฒนาระบบทำนายธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันต่อไปได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย

Abstracts

Oil palm leaf analysis is precision and reliable method of assess the nutrient status of oil palm. However, this method is limit with complicate process and high cost. Development a Model of Oil Palm Leaf Nutrient Estimation was created to reduce limit of method. The model was developed to assess Nitrogen (N) and Potassium (P) nutrient status, which were a macronutrients of oil palm. The study of relation between image and nutrient status of oil palm on laboratory, the images was interpreted in Lab, RGB and HSV color value to relate between image color value and N and P nutrient status with multiple regression analysis. A total of 900 samples from Surat Thani 7 hybrid oil palm with 7-12 years was test in experiment during 2019-2021. The relation between N nutrient and color value with result, r^2 was 0.038, 0.045 and 0.039 with Lab, RGB and HSV color value. The relation between P nutrient and color value with result, r^2 was 0.024, 0.037 and 0.029 with Lab, RGB and HSV color value. The result was found that relationship between nutrient (N and P) and color value was not related. However, Using the color value could not access the nutrient status of oil palm leaf, K-means clustering was take to solve this problem. K-means clustering was an unsupervised learning algorithm, which groups the unlabeled dataset into different clusters. The result with K-means clustering, color value of N assessing was 5 groups and color value of P assessing was 30 groups that lead to produce the leaf color chart of N and P for 17^{th} and 33^{rd} frond to primary assess the nutrient status of oil palm. The chart of N for 17^{th} was test, the chart could separate 4 groups of nutrient status 1. Very low was 3 color values. 2. Low was 3 color values. 3. Sufficient was 2 color values and 4. High was 1 color values. The chart of N for 33^{rd} was test, the result could separate as follows: 1. Very low was 3 color values. 2. Low was 2 color values. 3. Sufficient was 2 color values and 4. High was 2 color values. The Accuracy chart of N for 17^{th} and 33^{rd} frond was 80 and 82.5%. The leaf color chart of P for 17^{th} was test, the result could separate as follows: 1. Very low was 2 color values. 2. Low was 2 color values. 3. Sufficient was 4 color values and 4. High was 1 color values. The leaf color chart of N for 33^{rd} was test, the result could separate as follows: 1. Very low was 3 color values. 2. Low was 2 color values. 3. Sufficient was 2 color values and 4. High was 2 color values. The Accuracy chart of N for 17^{th} and 33^{rd} frond was 80 and 82.5%. The N and P Prediction Model, which produce 3 models as follow: 1. AlexNet V2, 2. ResNext and 3. MobileNet V3. A total of three models was tested and evaluated by comparing Loss value with 150 Epochs on the training dataset with 17th frond. Loss value was decreased nearly zero every model and MobileNet V3 was the lowest loss value, which could apply to develop model of assessing the nutrient status of oil palm.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยทั้งด้านอาหารและพลังงาน มีพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ทางภาคใต้ของประเทศ โดยเฉพาะในเขตภาคใต้ตอนบน มีพื้นที่ปลูกประมาณ 4.7 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 80 ของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันของประเทศ และมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดในจังหวัดสุราษฎร์ธานี จากแนวโน้มการบริโภคปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น ประกอบกับนโยบายของรัฐที่กำหนดให้ปาล์มน้ำมันเป็นพืชพลังงานทดแทน และพัฒนาน้ำมันปาล์มสู่อุตสาหกรรมโอเลโอเคมีคอล ส่งผลให้มีการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการทำสวนปาล์มน้ำมัน พบว่า ต้นทุนการผลิตมากกว่าร้อยละ 50 มาจากค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับปุ๋ย โดยเฉพาะปุ๋ยที่ให้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และโบรอน ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่ปาล์มน้ำมันใช้ปริมาณมากในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต ทุกครั้งที่มีการนำผลผลิตปาล์มน้ำมันออกจากสวน ทำให้มีการสูญเสียธาตุอาหารไปกับผลผลิต โดยผลผลิตปาล์มน้ำมันทะลายสด 1,000 กิโลกรัม จะมีธาตุไนโตรเจน 2.94 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 0.44 กิโลกรัม โพแทสเซียม 3.71 กิโลกรัม แมกนีเซียม 0.77 กิโลกรัม และแคลเซียม 0.81 กิโลกรัม หากไม่มีการเพิ่มธาตุอาหารให้กับปาล์มน้ำมันในปริมาณที่เพียงพอ อาจส่งผลถึงการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตได้ จากสถิติการวิเคราะห์ตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันของห้องปฏิบัติการ กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 พบว่า ปาล์มน้ำมันที่ปลูกในเขตภาคใต้ตอนบนส่วนใหญ่มีปริมาณอาหารต่ำกว่าค่ามาตรฐานอ้างอิง (ทางใบที่ 17) โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน (N) และโพแทสเซียม (K) ซึ่งธาตุอาหารทั้งสองชนิดมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต ดังนั้นการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมันจึงมีความสำคัญที่ต้องใช้ให้ถูกต้องและเหมาะสม ให้เพียงพอกับความต้องการของปาล์มน้ำมัน จึงจะทำให้ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตสูงอย่างต่อเนื่องตลอดอายุการเก็บเกี่ยว กรมวิชาการเกษตรแนะนำการใช้ปุ๋ยเชิงเดี่ยวตามค่าวิเคราะห์ใบในสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีการศึกษา วิจัย และมีการใช้อย่างแพร่หลาย เป็นที่ยอมรับในวงการผู้ผลิตปาล์มน้ำมันทั่วโลก ซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตและช่วยให้ปาล์มน้ำมันมีผลผลิตอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้ปุ๋ยในปริมาณที่มากเกินไป สอดคล้องกับมาตรฐาน RSPO (Roundtable for Sustainable Palm Oil) ที่สนับสนุนให้มีการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับการปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อย การเข้าถึงเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นไปได้ยาก เนื่องจากเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยเชิงเดี่ยวตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ มีข้อจำกัดในเรื่องของวิธีการเก็บตัวอย่างใบ การแปลผลค่าวิเคราะห์ และการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ย จำเป็นต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญ ประกอบกับเจ้าของสวนปาล์มน้ำมัน ต้องมีการจดบันทึกอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะข้อมูลการใช้ปุ๋ยและข้อมูลผลผลิต ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ มีความแม่นยำและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด จากข้อจำกัดข้างต้นจึงควรมีการพัฒนาเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยเชิงเดี่ยวตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ เพื่อให้เกษตรกรได้เข้าถึงเทคโนโลยีดังกล่าวได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น โดยการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน รวมถึงคำแนะนำการใช้ปุ๋ย ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยให้การจัดการธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันเป็นไปอย่างรวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

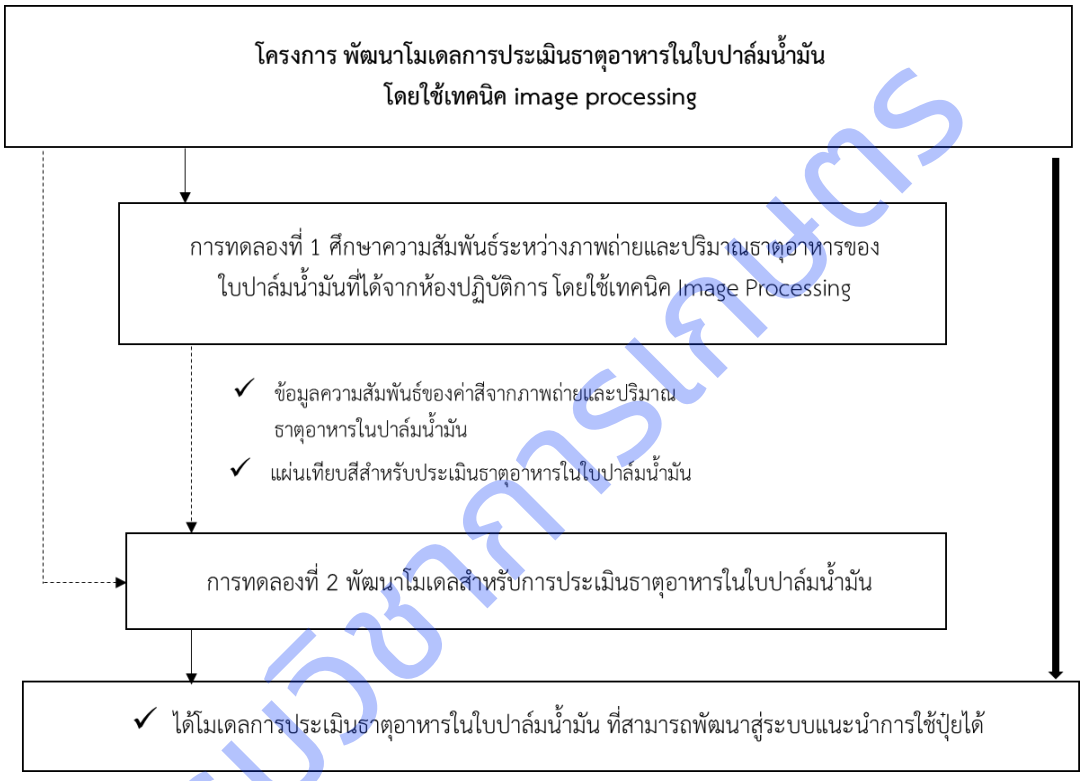
ในปัจจุบันการวิเคราะห์ภาพ (Image processing) เป็นเทคนิคที่มีความเที่ยงตรงและแม่นยำสูงสำหรับการปรับปรุงภาพให้ดีขึ้น การจัดการข้อมูลสำหรับการเก็บและส่งภาพ และการวิเคราะห์รูปภาพอัตโนมัติ เป็นต้น ซึ่งเทคนิคนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย ได้แก่ การจำแนกบุคคลโดยการจดจำใบหน้า การตรวจจับความเร็วของรถ การประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้ทางด้านการเกษตร เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ใช้งานได้ง่าย และเป็นเทคนิคที่มีค่าใช้จ่ายในการใช้งานไม่สูงมากนัก จึงมีการนำเทคนิค Image processing มาประยุกต์ใช้ในการจัดการการผลิตพืช เช่น การตรวจวัดการเกิดโรคในพืชและการระบาดของแมลง การประเมินการขาดธาตุอาหาร การประเมินคุณภาพของดิน เป็นต้น (Gonzalez & Woods, 2002) จากการศึกษาของ (Mercado-Luna *et al*., 2002) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในต้นกล้ามะเขือเทศมีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Image processing มากกว่าการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ด้วย SPAD-502 chlorophyll meter และเทคนิคนี้ยังช่วยให้ทราบช่วงระยะเวลาในการเจริญเติบโตแบบทันเวลา (real time) ซึ่งช่วยให้การจัดการในการปลูกข้าวสาลีมีความถูกต้องและแม่นยำกว่าการใช้ตารางการปลูกพืชแบบเดิมที่มีการจัดการแบบกำหนดอายุพืช (Kakran & Mahajan, 2012) นอกจากนี้ การประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนในพื้นที่ปลูกข้าว โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพเปรียบเทียบกับการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ด้วยการวัด SPAD meter และการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธี Kjeldahl Method ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปริมาณไนโตรเจนมีความสอดคล้องกับสีที่ปรากฏบนภาพ (Tewari *et al.,* 2013) และการศึกษาของ (Miyatra & Solanki, 2014) ยังแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาอัลกอริทึมในขั้นตอนการแยกข้อมูลภาพ (Image segmentation) ของเทคนิคการวิเคราะห์ภาพสามารถตรวจวัดโรคใบจุดและตรวจวัดอาการขาดธาตุในฝ้ายได้

ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้นำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ ได้แก่ เทคโนโลยีทางด้านการวิเคราะห์ภาพ (Image processing) ทำการศึกษาหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและค่าสี กับปริมาณธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากห้องปฏิบัติการ และพัฒนาโมเดลประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน เพื่อให้ได้โมเดลการประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน ที่สามารถพัฒนาต่อสู่ระบบประเมินธาตุธาตุอาหารและระบบคำแนะนำการใช้ปุ๋ย สำหรับเป็นทางเลือกหนึ่งที่เกษตรกรสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย

การพัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน โดยใช้เทคนิค image processing ดำเนินการระหว่างปี 2560-2564 ประกอบด้วย 2 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและปริมาณธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากห้องปฏิบัติการ โดยใช้เทคนิค Image Processing และการทดลองที่ 2 พัฒนาโมเดลสำหรับการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน เป็นการทดลองที่ดำเนินการต่อเนื่องกัน แสดงดังแผนภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงความเชื่อมโยงของกิจกรรมภายในโครงการวิจัยฯ

กรมวิชาการเกษตร

1. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและปริมาณธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากห้องปฏิบัติการโดยใช้เทคนิค Image Processing

1) การเก็บตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 และทางใบที่ 33 โดยสังเกตอาการใบที่แสดงอาการขาดเหมาะสม และได้รับธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมมากเกินไป จำนวนอย่างละ 450 ตัวอย่าง เพื่อให้ได้ภาพถ่ายและค่าวิเคราะห์ครอบคลุมทุกระดับของการได้รับธาตุอาหาร

2) ถ่ายภาพในปาล์มน้ำมันที่เตรียมได้จากข้อ 1 โดยใช้เครื่องแสกนภาพ Epson Perfection V600 Photo Scanner มีความละเอียดของออฟติคสูงสุดในเครื่องระดับเดียวกันขนาด 6400 จุดต่อนิ้ว และ Optical Density ขนาด 3.4 DMax และถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอล

3) วิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจน และธาตุโพแทสเซียมของใบปาล์มน้ำมันตัวอย่าง ด้วยวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการที่ได้รับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025

4) จัดกลุ่มความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันกับค่ามาตรฐานปริมาณธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้จากในห้องปฏิบัติการ (Fairhurst & Mutert, 1999)

5) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีของตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันจากภาพถ่ายกับผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ โดยวิธี Regression analysis

6) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีของตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันจากภาพถ่ายกับผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ โดยวิธี K-mean clustering

7) พัฒนาแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันสำหรับประเมินธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียม

2 การพัฒนาโมเดลสำหรับการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน

1) การเตรียมข้อมูลตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีจำนวนตัวอย่างรวม 900 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างในกลุ่มอาการขาดธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม กลุ่มละ 450 ตัวอย่าง ซึ่งแต่ละตัวอย่างจะมีการเก็บใบปาล์มน้ำมันจากทางใบที่ 17 และ 33

2) เตรียมข้อมูลผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมจากห้องปฏิบัติการ

3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสีของใบปาล์มน้ำมันกับค่าวิเคราะห์ใบปาล์มน้ำมันจากห้องปฏิบัติการและค่ามาตรฐานปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 มาวิเคราะห์เพื่อสร้างสร้างสมการในการแปลผล โดยจัดทำข้อมูลตัวอย่าง (training data) สำหรับการเรียนรู้การจำแนกประเภทข้อมูลใบปาล์มน้ำมันแต่ละอาการโดยใช้เทคนิค Deep Learning

4) ทดลองการทำโมเดลเบื้องต้น โดยใช้ภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันจากกล้องดิจิตอลพัฒนาโมเดลแบ่งเป็นโมเดลสำหรับทำนายธาตุไนโตรเจน และโมเดลสำหรับทำนายธาตุโพแทสเซียม เลือกใช้โมเดลที่เป็นที่นิยม (State of the art) มาพัฒนาโมเดลทำนายผล แบบ Regression ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นค่าธาตุอาหารเปรียบเทียบและเทรนโมเดลหลายรูปแบบ โดยมีการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ ชุดข้อมูล ทางใบ เพื่อเลือกโมเดลที่ดีที่สุดสำหรับทำนายธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียม

กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและอภิปราย

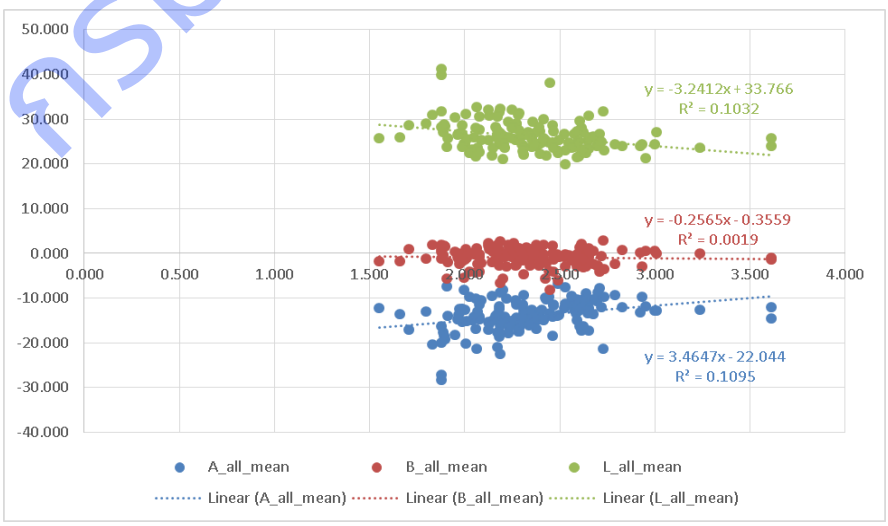
1. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและปริมาณธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากห้องปฏิบัติการโดยใช้เทคนิค Image Processing

1.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีของตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันจากภาพถ่ายกับผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ โดยวิธี Regression analysis

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีของตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันจากภาพถ่ายกับผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ มีจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย กลุ่มธาตุไนโตรเจน จำนวน 450 ตัวอย่าง โดยมีปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ระดับขาด จำนวน 257 ตัวอย่าง ระดับเหมาะสม จำนวน 176 ตัวอย่าง และระดับเกิน จำนวน 27 ตัวอย่าง และกลุ่มธาตุโพแทสเซียม จำนวน 450 ตัวอย่าง โดยมีปริมาณธาตุโพแทสเซียม ที่ระดับขาด จำนวน 281 ตัวอย่าง ระดับเหมาะสม จำนวน 169 ตัวอย่าง และระดับเกิน จำนวน 0 ตัวอย่าง นำมาศึกษาความสัมพันธ์ของค่าสี 3 ระบบ ได้แก่ ระบบ Lab ระบบ RGB และระบบ HSV กับปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันที่วิเคราะห์ได้จากห้องปฏิบัติการ เพื่อประเมินความสัมพันธ์พื้นฐานในการประเมินระดับการขาดธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมจากสีของใบปาล์มน้ำมัน มีผลการศึกษา ดังนี้

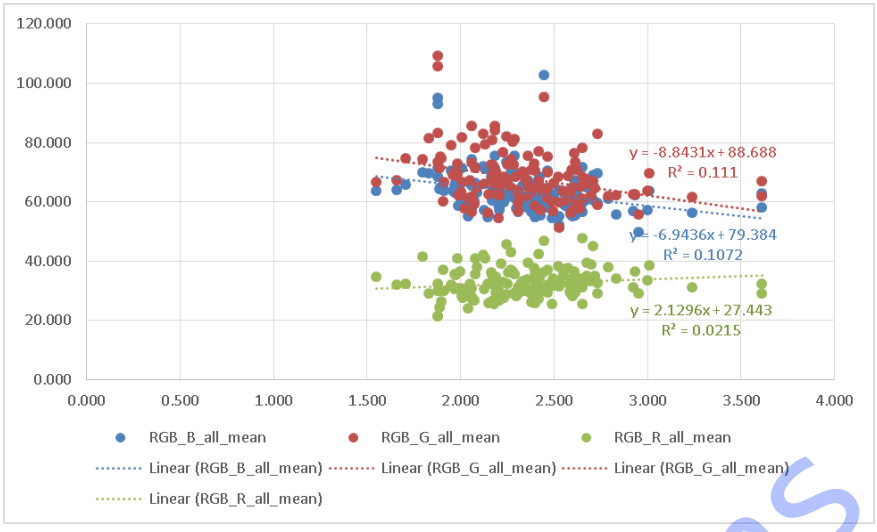
1.1.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีและปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบปาล์มน้ำมัน

หลังจากนั้นค่าสีจากภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันจะถูกนำมาหาค่าความสอดคล้องกับผลวิเคราะห์ธาตุอาหาร N และ K จากห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Linear Regression) เพื่อเปรียบเทียบหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) สำหรับใช้ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ประเมินธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมัน ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ พบว่า ความสัมพันธ์ของค่าสีทั้ง 3 ระบบ ได้แก่ ระบบ Lab ระบบ RGB และระบบ HSV กับธาตุไนโตรเจน มีค่า r^2 เท่ากับ 0.038 0.045 และ 0.039 ตามลำดับ (ภาพที่ 3, 4, 5) มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก ดังนั้น การใช้ค่าสีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบปาล์มน้ำมันได้

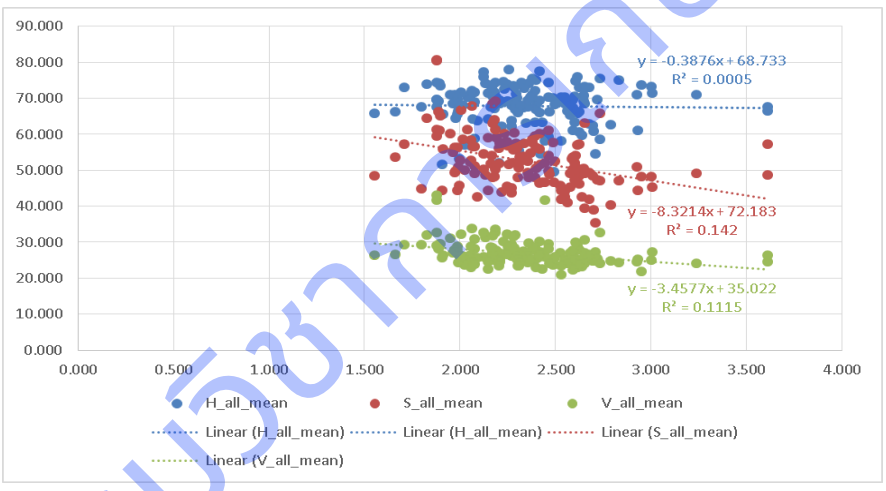


ภาพที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีระบบ Lab กับปริมาณธาตุ N

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีระบบ RGB กับปริมาณธาตุ N

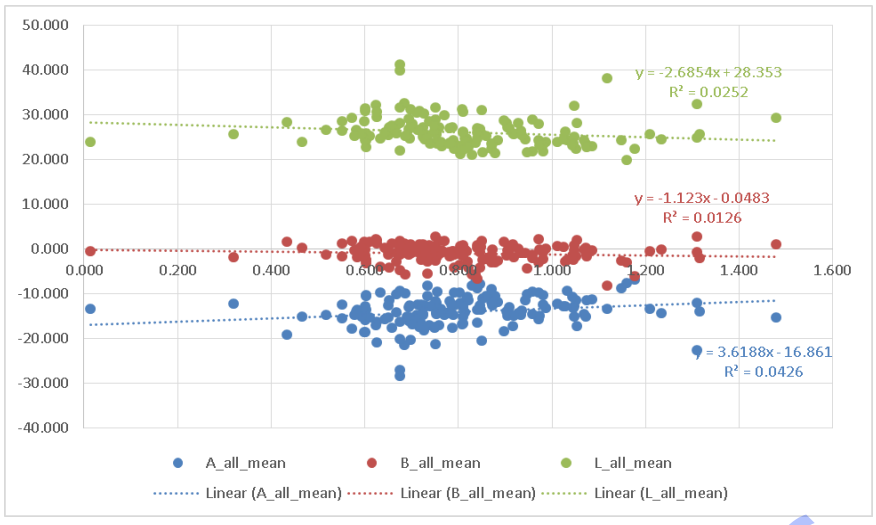


ภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีระบบ HSV กับปริมาณธาตุ N

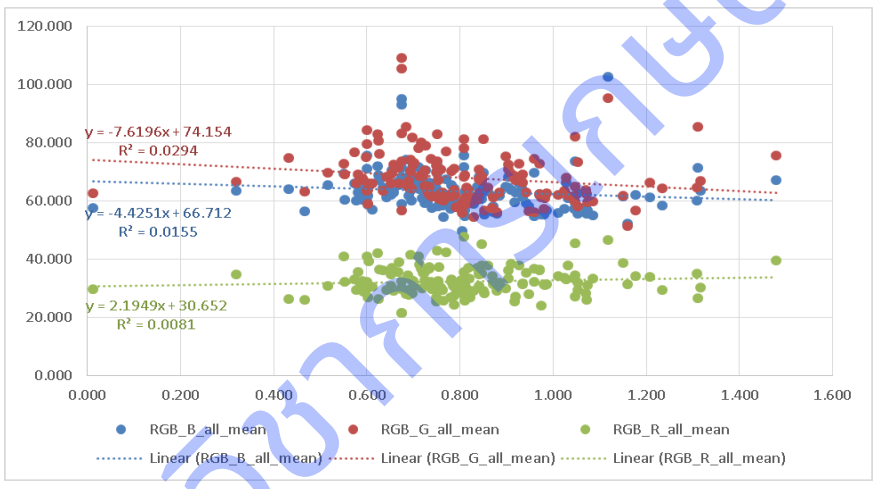
1.1.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีและปริมาณธาตุโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมัน

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีและปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบปาล์มน้ำมัน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) เพื่อเปรียบเทียบหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) พบว่า ความสัมพันธ์ของค่าสีทั้ง 3 ระบบ ได้แก่ ระบบ Lab ระบบ RGB และระบบ HSV กับธาตุไนโตรเจน มีค่า r^2 เท่ากับ 0.024 0.037 และ 0.029 ตามลำดับ (ภาพที่ 6, 7, 8) มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก ดังนั้น การใช้ค่าสีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถประเมินปริมาณธาตุโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมันได้

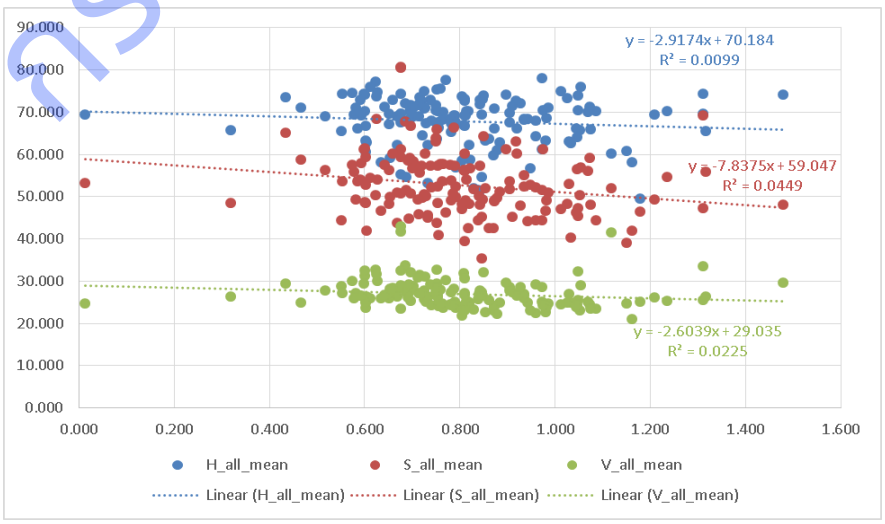
กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีระบบ Lab กับปริมาณธาตุ K



ภาพที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีระบบ RGB กับปริมาณธาตุ K



ภาพที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีระบบ HSV กับปริมาณธาตุ K

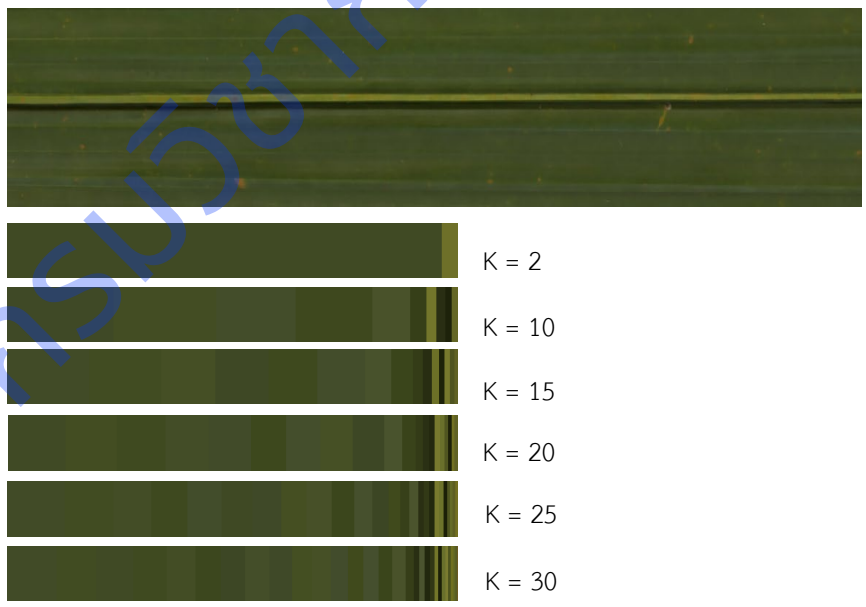
กรมวิทยาศาสตร์

1.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีของตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันจากภาพถ่ายกับผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ โดยวิธี K-mean clustering

การประมวลผลภาพใบปาล์มน้ำมันโดยใช้เทคนิค K-mean clustering เพื่อจัดกลุ่มค่าสี และหาสีหลักของภาพ (Dominant colors) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายและปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน สำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาแผ่นเทียบสี เพื่อประเมินระดับการขาดธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม จากการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 900 ตัวอย่าง (กลุ่มธาตุไนโตรเจนและกลุ่มธาตุโพแทสเซียม) ได้คัดเลือกตัวอย่างที่มีคุณภาพสำหรับใช้ประมวลผลภาพด้วยเทคนิค K-mean clustering เหลือ 829 ตัวอย่าง

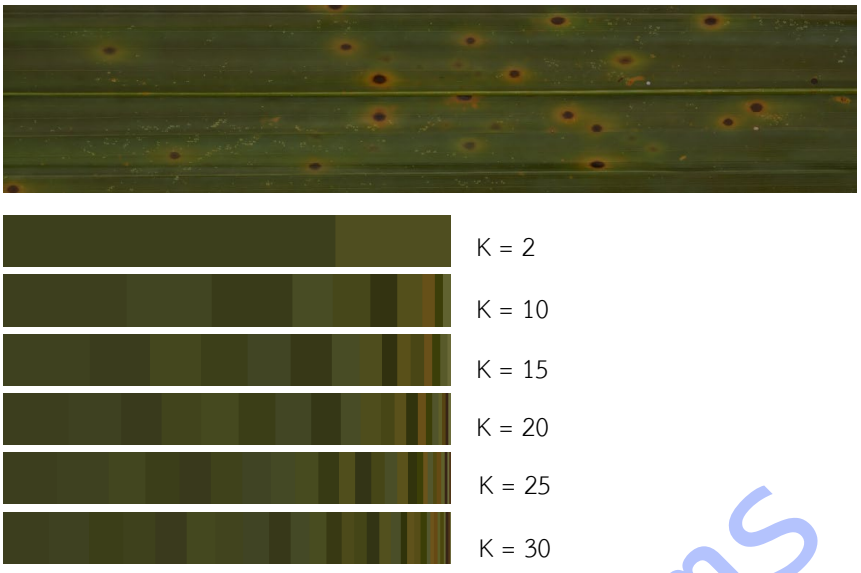
1.2.1 การประมวลผลภาพโดยใช้ K-mean clustering

ใบปาล์มน้ำมันที่ขาดธาตุอาหารจะมีหลากหลายอาการและเฉดสี ในการพัฒนาแผ่นเทียบสีจะนำมาแบ่งกลุ่มตามค่าวิเคราะห์ธาตุอาหาร และทำการศึกษาค่าสีและความสัมพันธ์กับธาตุอาหารเพื่อทำให้แผ่นเทียบสีมีความแม่นยำและครอบคลุมกับช่วงสีของใบปาล์มน้ำมันที่ได้ทำการเก็บรวบรวมมา (จากการศึกษา แผ่นเทียบสีของพืชแต่ละสายพันธุ์ แต่ละพื้นที่ มีช่วงสีที่ต่างกัน) ดังนั้นจึงไม่สามารถนำมาแบ่งกลุ่มตามค่าธาตุอาหารและจัดทำแผ่นเทียบสีได้ทันที จึงต้องมีการศึกษาและทดลองเพื่อค้นหาปริมาณของค่าสีที่แสดงออกเมื่อมีอาการขาดธาตุก่อนที่จะนำไปใช้ในการสร้างแผ่นเทียบชาร์จสีสำหรับประเมินอาการขาดธาตุอาหารของใบปาล์มน้ำมัน ซึ่งในการทดลองแบ่งกลุ่มค่าสีมีจำนวนกลุ่มที่ทำการทดลองจำนวน 6 กลุ่ม ได้แก่ 2 10 15 20 25 และ 30 กลุ่ม เพื่อหากลุ่มที่ดีที่สุดของการจัดกลุ่มค่าสีของไนโตรเจนและโพแทสเซียม



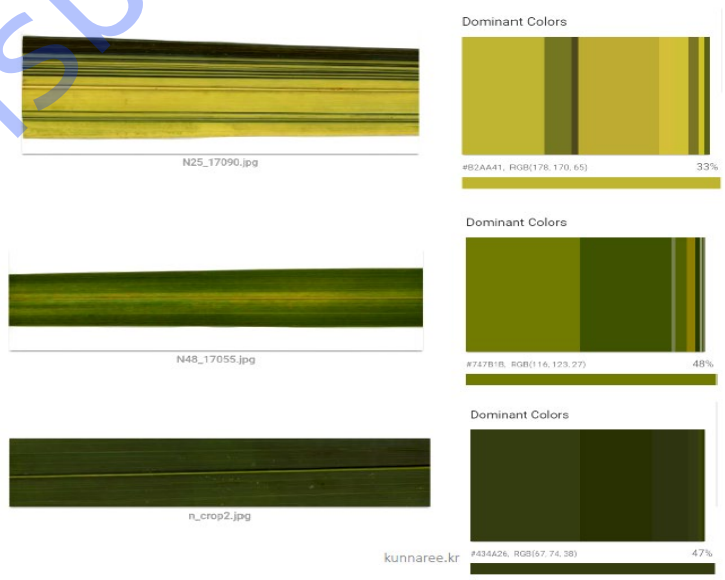
ภาพที่ 9 ตัวอย่างข้อมูลใบปาล์มขาดธาตุไนโตรเจนทดสอบจำนวน k โดยใช้เทคนิค K-Mean Clustering

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 10 ตัวอย่างข้อมูลใบปาล์มขาดธาตุโพแทสเซียมทดสอบจำนวน k โดยใช้เทคนิค K-Mean Clustering

เมื่อทำการกำหนดกลุ่มของค่าสีได้แล้ว โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าสีหลัก (Dominant colors) ของภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมัน ตามจำนวนกลุ่มที่ตั้งไว้ ซึ่งจะมีการกำหนดค่าสีในระบบ Red Green Blue (RGB) ซึ่งเป็นระบบสีที่สายตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ คือ สีแดง เขียว และน้ำเงิน โดยระบบนี้จะแสดงค่าสีของความสว่างตั้งแต่ 0-255 ในข้อมูล 8 บิต จำนวน k ค่า จากการสุ่ม เพื่อใช้เป็นค่าเริ่มต้นของแต่ละกลุ่ม และทำการคำนวณภาพทุกพิกเซลจนครบ โดยใช้เทคนิค K-mean clustering เพื่อคำนวณหาระยะทาง/ความใกล้เคียงกันของค่าสี แล้วทำการปรับค่าสีที่ใช้เป็นตัวแทนแต่ละกลุ่มให้ดีขึ้น โดยให้ค่านั้นมีระยะทางที่ใกล้กับค่าสีของพิกเซลอื่นๆ สั้นที่สุด แต่ยังสามารถแบ่งแยกกับกลุ่มสีอื่นได้ดี หลังจากทำการคำนวณครบทั้งภาพแล้วจึงทำการแบ่งกลุ่มของค่าสีหลักตามจำนวน k และคำนวณหาสัดส่วนของค่าสีในภาพ



ภาพที่ 11 ตัวอย่างการประมวลผลค่าสีของใบปาล์มน้ำมัน โดยใช้เทคนิค K-mean clustering

กรมวิชาการเกษตร

ค่าสี RGB	R	G	B	% of Pixels
[89 99 32]	89	99	32	12.8632
[84 92 26]	84	92	26	12.7758
[95 106 27]	95	106	27	12.5367
[89 99 22]	89	99	22	12.4792
[95 104 37]	95	104	37	11.5737
[100 111 35]	100	111	35	10.967
[79 87 20]	79	87	20	8.6483
[84 92 15]	84	92	15	7.2216
[106 116 43]	106	116	43	6.5604
[73 81 11]	73	81	11	4.3741

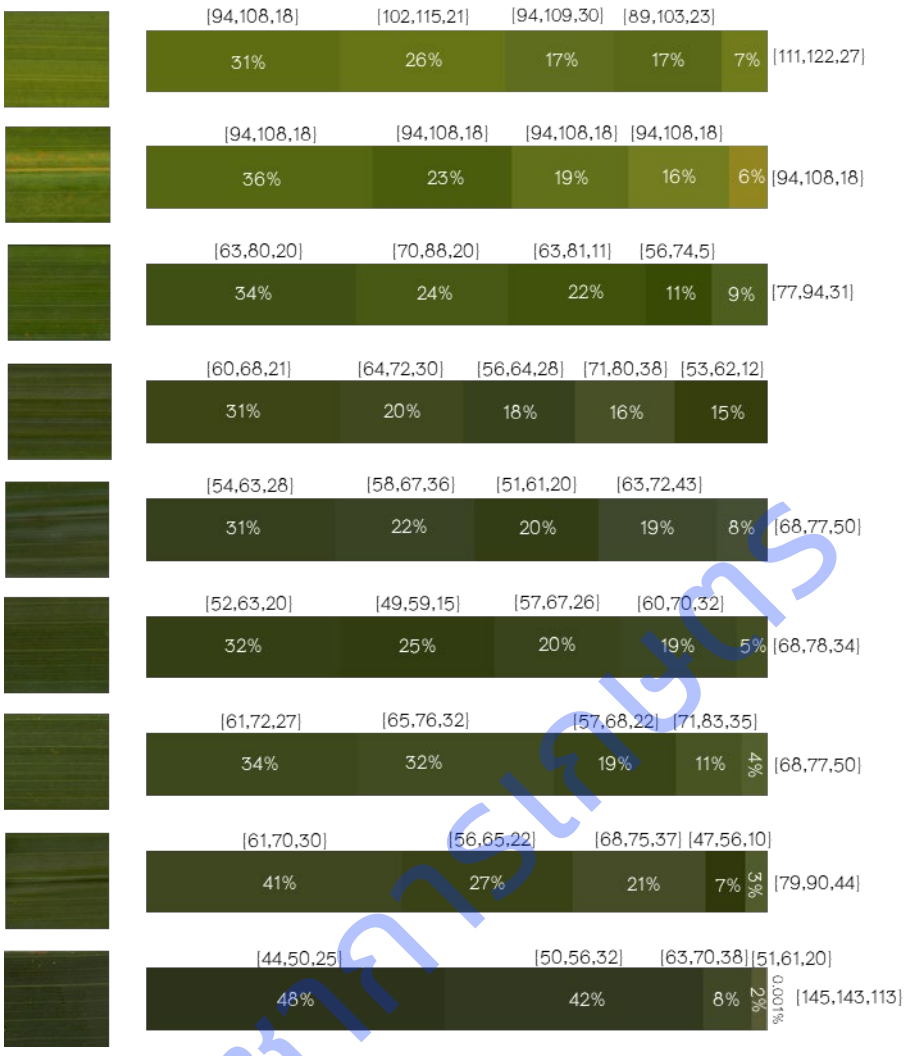
ภาพที่ 12 ตัวอย่างการกระจายของค่าสี และร้อยละของสีที่เด่นในใบปาล์มน้ำมัน

1.3 พัฒนาแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันสำหรับประเมินธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียม

1.3.1 ผลลัพธ์แผ่นเทียบสีของธาตุไนโตรเจน ของทางใบที่ 17

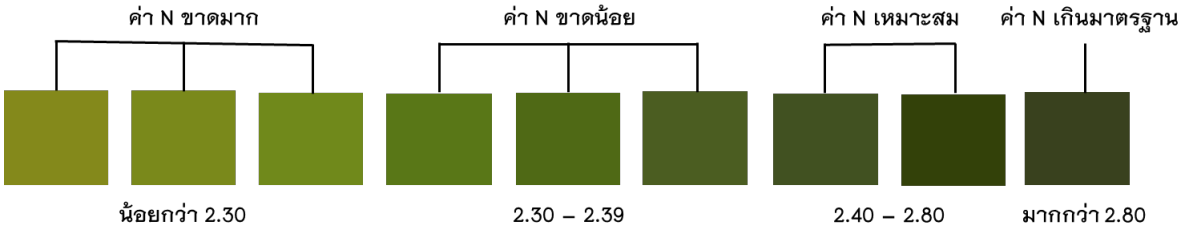
การจัดทำแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของอาการขาดธาตุไนโตรเจน ของทางใบที่ 17 โดยทำการสร้างจากการจัดกลุ่มของค่าสี ซึ่งจำนวนค่าสีที่เหมาะสม คือ 5 จำนวนกลุ่มค่าสีของกลุ่มตัวอย่างอาการขาดไนโตรเจนมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐานจากตัวอย่างที่นำไปใช้ในการสร้างแผ่นเทียบสี เนื่องจากอาการขาดไนโตรเจนใบจะมีสีเหลืองซีดหรือถ้าขาดมากจะมีสีเหลืองทั้งต้น ซึ่งทำให้ค่าสีของอาการขาดไนโตรเจนมีระดับค่าสีที่สามารถจัดกลุ่มได้ 5 สี (ภาพที่ 13)

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 13 ค่าสีจากการจัดกลุ่มสีของอาการขาดธาตุไนโตรเจนของทางใบที่ 17

จากนั้นทำการเลือกค่าสีที่จะใช้เป็นตัวแทนในแต่ละกลุ่มสุขภาพตามมาตรฐานอ้างอิง ผลลัพธ์ที่ได้จากการกลุ่มสีของแต่ละค่ามาตรฐานอ้างอิงและนำมาใช้ในการสร้างแผ่นเทียบสี พบว่า มีค่าสีในกลุ่มของตัวอย่างของอาการขาดไนโตรเจนมาก 3 ค่าสี อาการขาดไนโตรเจนน้อย 3 ค่าสี ค่าไนโตรเจนเหมาะสม 2 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 1 ค่าสี (ภาพที่ 14)

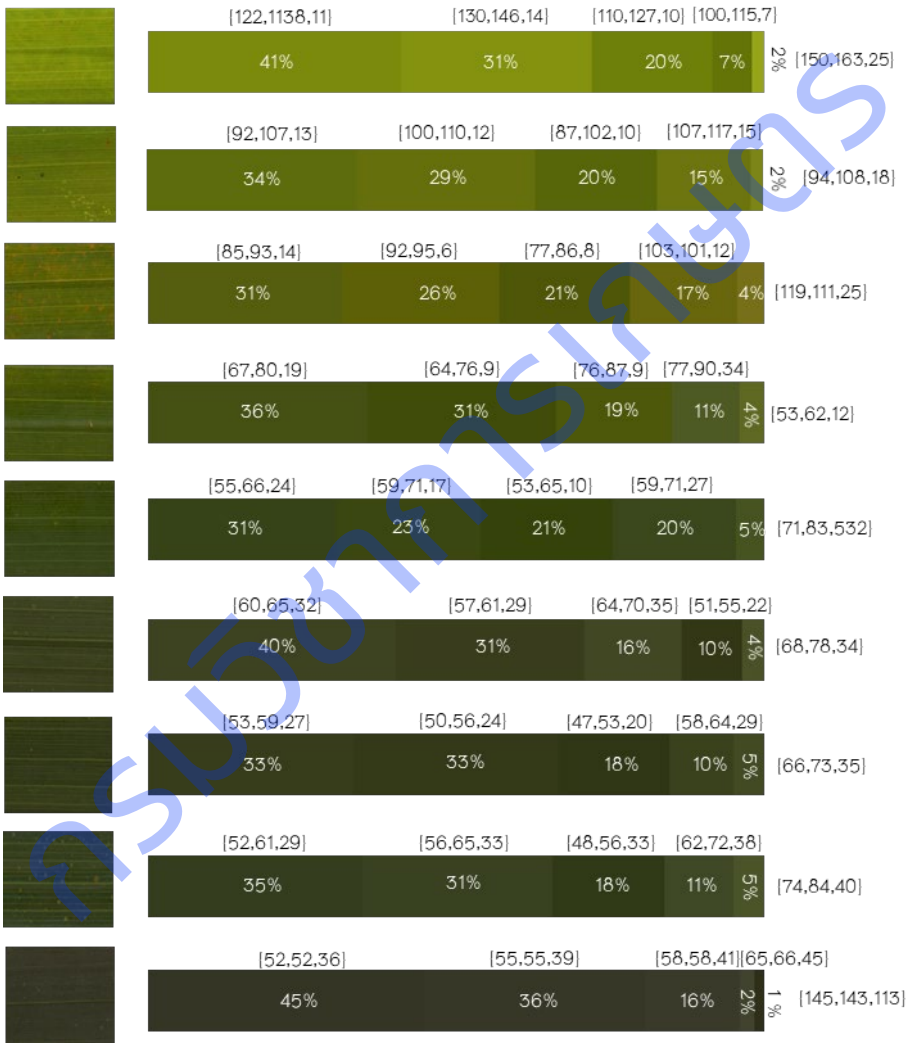


ภาพที่ 14 แผ่นเทียบสีของธาตุไนโตรเจนของทางใบที่ 17

กรมวิชาการเกษตร

1.3.2 ผลลัพธ์แผ่นเทียบสีของอาการขาดธาตุไนโตรเจน ของทางใบที่ 33

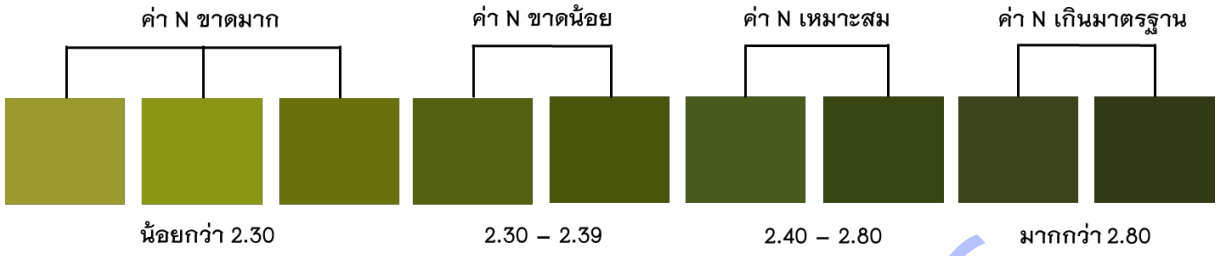
การจัดทำแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของอาการขาดธาตุไนโตรเจนของทางใบที่ 33 โดยทำการสร้างจากการจัดกลุ่มของค่าสี ซึ่งจำนวนค่าสีที่เหมาะสม คือ 5 จำนวนกลุ่มค่าสีของกลุ่มตัวอย่างอาการขาดไนโตรเจนมากขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐานจากตัวอย่างที่นำไปใช้ในการสร้างแผ่นเทียบสี เนื่องจากอาการขาดไนโตรเจนใบจะมีสีเหลืองซีดหรือถ้าขาดมากจะมีสีเหลืองทั้งต้น ซึ่งทำให้ค่าสีของอาการขาดไนโตรเจนมีระดับค่าสีที่สามารถจัดกลุ่มได้ 5 สี อย่างไรก็ตาม อาการขาดธาตุอาหารในทางใบที่ 33 มีอาการขาดธาตุที่รุนแรงมากกว่าทางใบที่ 17 (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 15 ค่าสีจากการจัดกลุ่มสีของอาการขาดธาตุไนโตรเจนของทางใบที่ 33

กรมวิชาการเกษตร

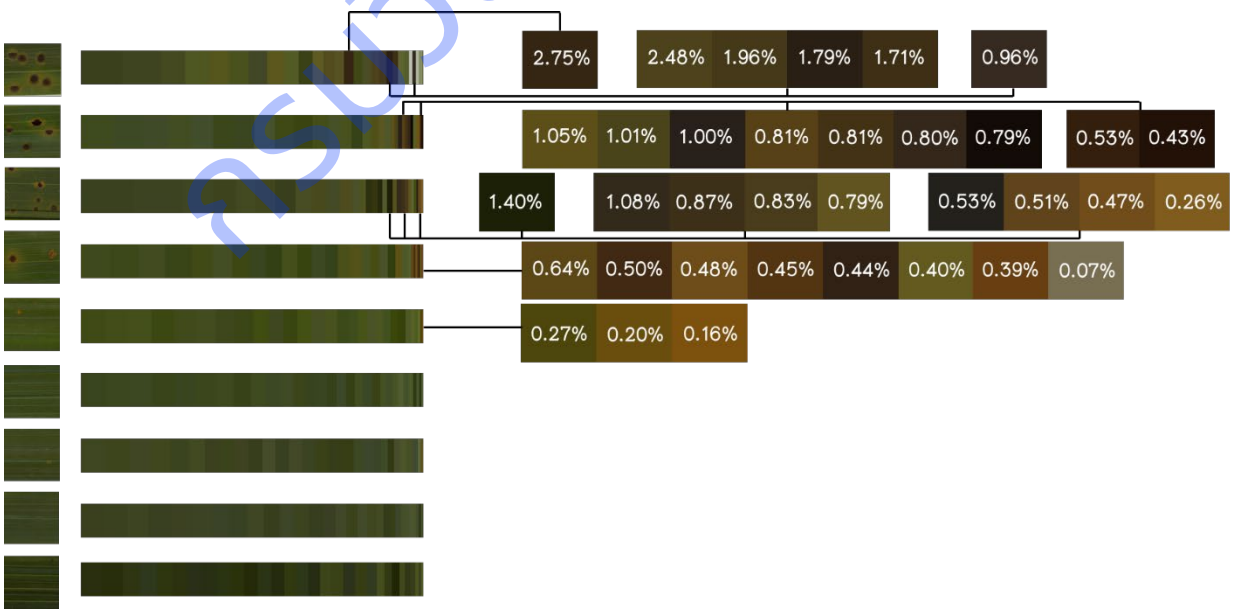
จากนั้นทำการเลือกค่าสีที่จะใช้เป็นตัวแทนในแต่ละกลุ่มสุขภาพตามมาตรฐานอ้างอิง ผลลัพธ์ที่ได้จากการกลุ่มสีของแต่ละค่ามาตรฐานอ้างอิงและนำมาใช้ในการสร้างแผ่นเทียบสี พบว่า มีค่าสีในกลุ่มของตัวอย่างของอาการขาดไนโตรเจนมาก 3 ค่าสี อาการขาดไนโตรเจนน้อย 2 ค่าสี ค่าไนโตรเจนเหมาะสม 2 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 2 ค่าสี (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 ตัวอย่างชาร์จสีของธาตุไนโตรเจนทางใบที่ 33

1.3.3 ผลลัพธ์แผ่นเทียบสีของธาตุโพแทสเซียม ของทางใบที่ 17

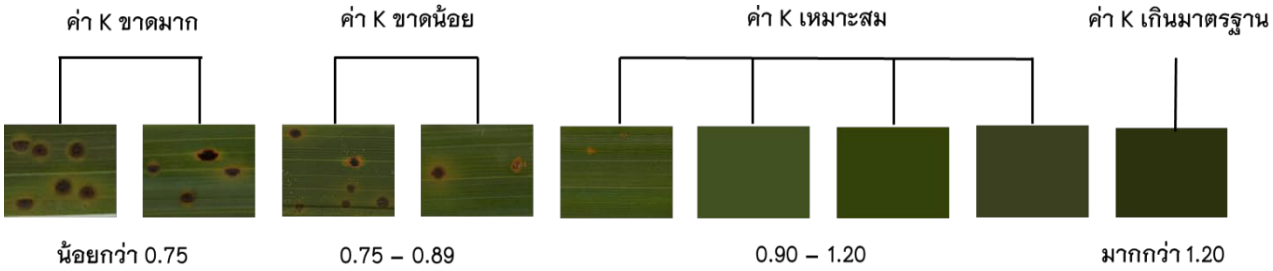
การจัดทำแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของอาการขาดธาตุโพแทสเซียมของทางใบที่ 17 โดยทำการสร้างจากการจัดกลุ่มของค่าสี ซึ่งจำนวนค่าสีที่เหมาะสม คือ 30 จำนวนกลุ่มค่าสีของกลุ่มตัวอย่างอาการขาดโพแทสเซียมมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐานจากตัวอย่างที่นำไปใช้ในการสร้างแผ่นเทียบสี เนื่องจากอาการขาดธาตุโพแทสเซียมโดยปรกติจะมีจุดสีส้ม โดยเริ่มจากจุดสีเหลืองบนใบ และเปลี่ยนเป็นสีส้มเมื่อเกิดอาการขาดธาตุโพแทสเซียมอย่างรุนแรง และจุดจะเปลี่ยนเป็นสีส้มสด ซึ่งส่งผลให้อาการขาดธาตุชนิดนี้มีกลุ่มค่าสีเยอะ จึงทำให้การจัดกลุ่มค่าสีจาก K-Means Clustering ที่เหมาะสมเป็น 30 กลุ่มค่าสี (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 17 ค่าสีจากการจัดกลุ่มสีของธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 17

กรมวิชาการเกษตร

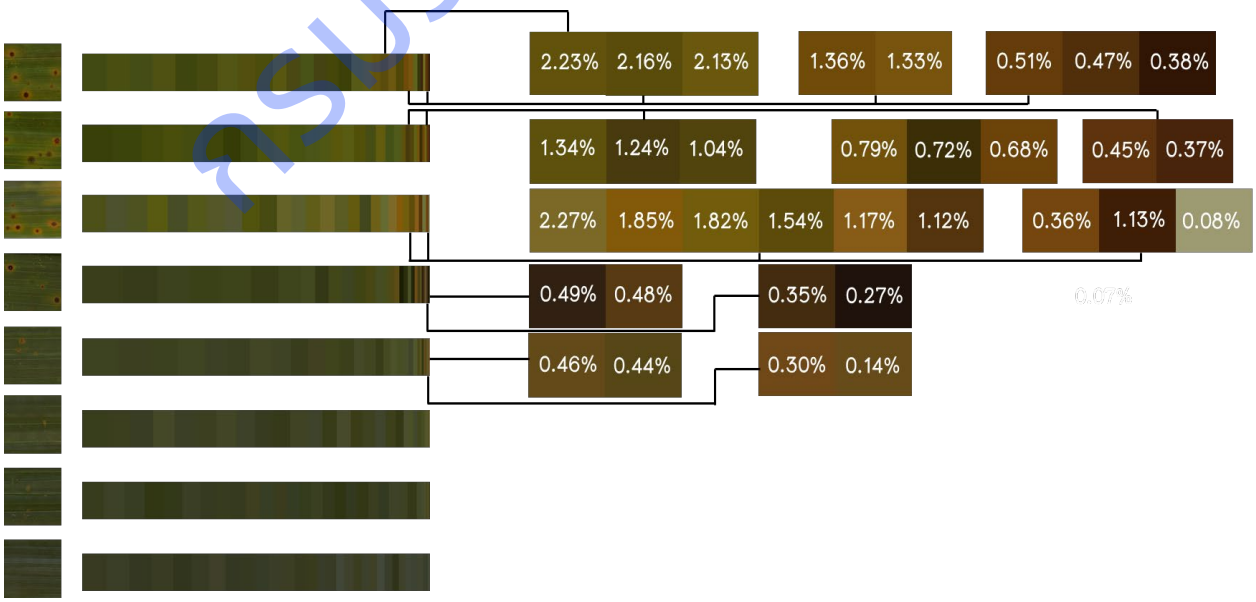
จากนั้นทำการเลือกค่าสีที่จะใช้เป็นตัวแทนในแต่ละกลุ่มสุขภาพตามมาตรฐานอ้างอิง ผลลัพธ์ที่ได้จากการกลุ่มสีของแต่ละค่ามาตรฐานอ้างอิงและนำมาใช้ในการสร้างแผ่นเทียบสี พบว่า มีค่าสีในกลุ่มของตัวอย่างของอาการขาดโพแทสเซียมมาก 2 ค่าสี อาการขาดโพแทสเซียมน้อย 2 ค่าสี ค่าโพแทสเซียมเหมาะสม 4 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 1 ค่าสี (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 18 ตัวอย่างชาร์จสีของอาการขาดธาตุโพแทสเซียม (K) ของทางใบที่ 17

1.3.4 ผลลัพธ์แผ่นเทียบสีของอาการขาดธาตุโพแทสเซียม (K) ของทางใบที่ 33

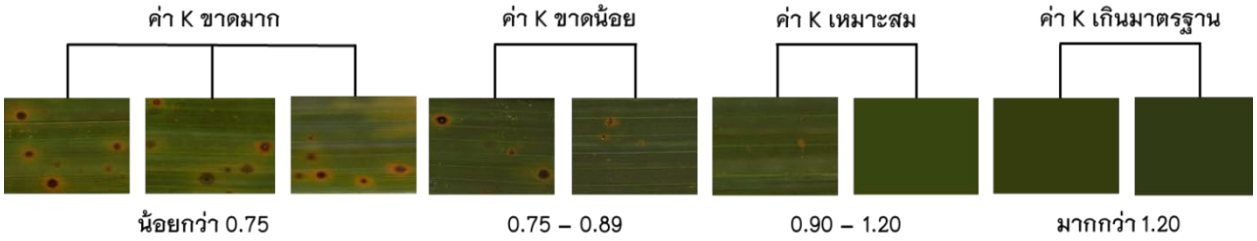
การจัดทำแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของอาการขาดธาตุโพแทสเซียม (K) ของทางใบที่ 33 โดยทำการสร้างจากการจัดกลุ่มของค่าสี ซึ่งจำนวนค่าสีที่เหมาะสม คือ 30 จำนวนกลุ่มค่าสีของกลุ่มตัวอย่างอาการขาดโพแทสเซียมมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐานจากตัวอย่างที่นำไปใช้ในการสร้างแผ่นเทียบสี เนื่องจากอาการขาดธาตุโพแทสเซียมโดยปรกติจะมีจุดสีส้ม โดยเริ่มจากจุดสีเหลืองบนใบ และเปลี่ยนเป็นสีส้มเมื่อเกิดอาการขาดธาตุโพแทสเซียมอย่างรุนแรง และจุดจะเปลี่ยนเป็นสีส้มสด ซึ่งส่งผลให้อาการขาดธาตุชนิดนี้มีกลุ่มค่าสีเยอะ จึงทำให้การจัดกลุ่มค่าสีจาก K-Means Clustering ที่เหมาะสมเป็น 30 กลุ่มค่าสี อย่างไรก็ตามใบปาล์มน้ำมันที่ขาดธาตุโพแทสเซียมในทางใบที่ 33 จะแสดงอาการขาดธาตุมากกว่าทางใบที่ 17 ซึ่งเกิดจากการดึงธาตุอาหารไปใช้ในการผลิตผลทะลายปาล์มน้ำมันแล้ว จึงทำให้เกิดผลลัพธ์ค่าสีที่มีมากกว่าทางใบที่ 17 (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 ค่าสีจากการจัดกลุ่มสีของธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 33

กรมวิชาการเกษตร

จากนั้นทำการเลือกค่าสีที่จะใช้เป็นตัวแทนในแต่ละกลุ่มสุขภาพตามมาตรฐานอ้างอิง ผลลัพธ์ที่ได้จากการกลุ่มสีของแต่ละค่ามาตรฐานอ้างอิงและนำมาใช้ในการสร้างแผ่นเทียบสี พบว่า มีค่าสีในกลุ่มของตัวอย่างของอาการขาดโพแทสเซียมมาก 3 ค่าสี อาการขาดโพแทสเซียมน้อย 2 ค่าสี ค่าโพแทสเซียมเหมาะสม 2 ค่าสี และเกินมาตรฐาน 2 ค่าสี (ภาพที่ 20)



ภาพที่ 20 ตัวอย่างชาร์จสีของธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 33

1.3.5 การตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของกลุ่มธาตุไนโตรเจน (N) และโพแทสเซียม (K) ของทางใบที่ 17 และ 33

การตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุอาหารไนโตรเจนและโพแทสเซียมของทางใบที่ 17 และ 33 โดยมีจุดตรวจสอบความถูกต้องทั้งหมด 40 จุด แบ่งเป็น อาการขาดมาก ขาดน้อย ธาตุเหมาะสม และเกินมาตรฐาน จากนั้นทำการคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นทางสถิติพื้นฐาน ประกอบด้วย ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) สามารถทำการสรุปผลของการตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุไนโตรเจนได้ดังตารางการเปรียบเทียบความถูกต้องของการจำแนก ดังตารางที่ 1-4

ตารางที่ 1 การตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุไนโตรเจนทางใบที่ 17

		อาการขาดธาตุอาหารจริงจากห้องปฏิบัติการ					
		ขาดมาก	ขาดน้อย	เหมาะสม	เกินมาตรฐาน	ผลรวม	User's accuracy
อาการขาดธาตุอาหารจากการใช้แผ่นเทียบสี	ขาดมาก	9	0	1	0	10	90%
	ขาดน้อย	0	8	2	0	10	80%
	เหมาะสม	1	2	7	0	10	70%
	เกินมาตรฐาน	0	0	2	8	10	80%
	ผลรวม	10	10	12	8	40	
Producer's accuracy		90%	80%	58.33%	100%		
Overall accuracy		80%					

กรมวิชาการเกษตร

จากตารางที่ 1 แสดงผลลัพธ์ของการตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุไนโตรเจนทางใบที่ 17 โดยมีจุดตรวจสอบทั้งหมด 40 จุด พบว่า ความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุไนโตรเจนที่ระดับขาดมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐาน ความถูกต้องของผู้ผลิตมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 90 80 58.33 และ 100 ตามลำดับ และของผู้ใช้งานมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 90 80 70 และ 80 ตามลำดับ และมีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) คิดเป็นร้อยละ 80

ตารางที่ 5 การตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุไนโตรเจนทางใบที่ 33

		อาการขาดธาตุอาหารจริงจากห้องปฏิบัติการ					
		ขาดมาก	ขาดน้อย	เหมาะสม	เกินมาตรฐาน	ผลรวม	User's accuracy
อาการขาดธาตุอาหารจากการใช้แผ่นเทียบสี	ขาดมาก	10	0	0	0	10	100%
	ขาดน้อย	0	7	3	0	10	80%
	เหมาะสม	2	2	6	0	10	60%
	เกินมาตรฐาน	0	0	0	10	10	100%
	ผลรวม	11	9	10	10	40	
Producer's accuracy		90%	77.77%	60%	100%		
Overall accuracy		82.5%					

จากตารางที่ 2 แสดงผลลัพธ์ของการตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุไนโตรเจนทางใบที่ 33 โดยมีจุดตรวจสอบทั้งหมด 40 จุด พบว่า ความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุไนโตรเจนระดับขาดมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐาน ของความถูกต้องของผู้ผลิตมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 90 77.77 60 และ 100 ตามลำดับ และของผู้ใช้งานมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 100 80 60 และ 100 ตามลำดับ และมีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) คิดเป็นร้อยละ 82.5

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 6 การตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 17

		อาการขาดธาตุอาหารจริงจากห้องปฏิบัติการ					
		ขาดมาก	ขาดน้อย	เหมาะสม	เกินมาตรฐาน	ผลรวม	User's accuracy
อาการขาดธาตุอาหารจากการใช้แผ่นเทียบสี	ขาดมาก	6	4	0	0	10	60%
	ขาดน้อย	1	9	3	0	10	90%
	เหมาะสม	0	2	8	0	10	80%
	เกินมาตรฐาน	0	0	2	8	10	80%
	ผลรวม	7	11	13	8	40	
Producer's accuracy		90%	81.81%	61.53%	100%		
Overall accuracy		77.5%					

จากตารางที่ 3 แสดงผลลัพธ์ของการตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 17 โดยมีจุดตรวจสอบทั้งหมด 40 จุด พบว่า ความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุโพแทสเซียมระดับขาดมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐาน ความถูกต้องของผู้ผลิตมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 90 81.81 61.53 และ 100 ตามลำดับ และของผู้ใช้งานมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 60 90 80 และ 80 ตามลำดับ และมีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) คิดเป็นร้อยละ 77.5

ตารางที่ 7 การตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 33

		อาการขาดธาตุอาหารจริงจากห้องปฏิบัติการ					
		ขาดมาก	ขาดน้อย	เหมาะสม	เกินมาตรฐาน	ผลรวม	User's accuracy
อาการขาดธาตุอาหารจากการใช้แผ่นเทียบสี	ขาดมาก	10	0	0	0	10	100%
	ขาดน้อย	3	7	0	0	10	70%
	เหมาะสม	0	2	8	0	10	80%
	เกินมาตรฐาน	0	3	0	7	10	70%
	ผลรวม	13	12	8	7	40	
Producer's accuracy		90%	76.92%	100%	100%		
Overall accuracy		80%					

กรมวิชาการเกษตร

จากตารางที่ 4 แสดงผลลัพธ์ของการตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุโพแทสเซียมทางใบที่ 33 โดยมีจุดตรวจสอบทั้งหมด 40 จุด พบว่า ความถูกต้องของแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันของธาตุโพแทสเซียมระดับขาดมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐาน ความถูกต้องของผู้ผลิตมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 90 76.92 100 และ 100 ตามลำดับ และของผู้ใช้งานมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 100 70 80 และ 70 ตามลำดับ และมีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) คิดเป็นร้อยละ 80

2. การพัฒนาโมเดลสำหรับการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน

2.1 ข้อมูลภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันและข้อมูลเพื่อใช้ในการพัฒนาโมเดล

ข้อมูลตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีจำนวนตัวอย่างรวม 900 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างในกลุ่มอาการขาดธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม กลุ่มละ 450 ตัวอย่าง ซึ่งแต่ละตัวอย่างจะมีการเก็บใบปาล์มน้ำมันจากทางใบที่ 17 และ 33 และนำใบปาล์มสแกนภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันจำนวน 1 ภาพ และถ่ายภาพใบปาล์มน้ำมันประมาณ 4-5 ใบ ด้วยกล้องดิจิตอล จากนั้นส่งวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมในห้องปฏิบัติการ

จากการทดลองในปี 2562 และ 2563 พบว่า ภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันจากเครื่องแสกนมีความผิดเพี้ยนของสีภาพ ไม่สามารถทำการแก้ไขได้อย่างถูกต้อง ผู้วิจัยจึงได้นำภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันจากกล้องดิจิตอลมาทดลองเบื้องต้นในการพัฒนาโมเดลทำนายธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน โดยทำการตัดภาพเพื่อแยกเป็นภาพของแต่ละใบ เพื่อใช้ในการจัดทำชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝน (Training Data) ได้จำนวนตัวอย่างที่สามารถใช้จัดทำชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝนในกลุ่มตัวอย่างธาตุไนโตรเจน จำนวน 344 ตัวอย่าง 1018 ภาพ และกลุ่มตัวอย่างธาตุไนโตรเจน จำนวน 323 ตัวอย่าง 900 ภาพ โดยแต่ละตัวอย่างจะมีค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารที่ได้จากห้องปฏิบัติการซึ่งจะถูกนำมาจัดกลุ่มตามค่ามาตรฐานระดับธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน (Fairhurst & Mutert, 1999) และใช้เป็นข้อมูลสำหรับการฝึกฝนโมเดล (Training Model) อย่างไรก็ตามข้อมูลจากแต่ละตัวอย่างจะมีมากกว่า 1 ภาพที่มีค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารค่าเดียวกันแต่ลักษณะใบปาล์มน้ำมันอาจแตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงได้ทำการเลือกใบปาล์มน้ำมันที่มีความคล้ายคลึงกันจากแต่ละตัวอย่างเพื่อลดความผิดเพี้ยนและความแปรปรวนของข้อมูลภาพ

2.2 การเตรียมข้อมูลภาพสำหรับจัดทำชุดข้อมูลฝึกฝน

ก่อนการนำข้อมูลภาพถ่ายมาใช้สำหรับฝึกฝนโมเดล ต้องทำการปรับแก้ข้อมูลภาพ (Pre-processing) และการเพิ่มข้อมูลภาพ (Augmentation) สำหรับการจัดทำชุดข้อมูลฝึกฝน สำหรับการจัดทำชุดข้อมูลฝึกฝน เพื่อทำให้ภาพเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการทำนายธาตุอาหาร ลดปัญหาต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้ภาพถ่ายต้นฉบับ เช่น สัดส่วนของภาพ ขนาดของภาพ ค่าความสว่าง เป็นต้น และเพิ่มจำนวนข้อมูลภาพให้มีความหลากหลายสำหรับการเรียนรู้ของคอมพิวเตอร์โดยการปรับแต่งจากภาพต้นฉบับ เนื่องจากจำนวนข้อมูลภาพตัวอย่างยังคงมีจำนวนน้อยสำหรับงานที่ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (ภาพที่ 21)

2.2.1 การปรับแก้ข้อมูลภาพ

กรมวิชาการเกษตร

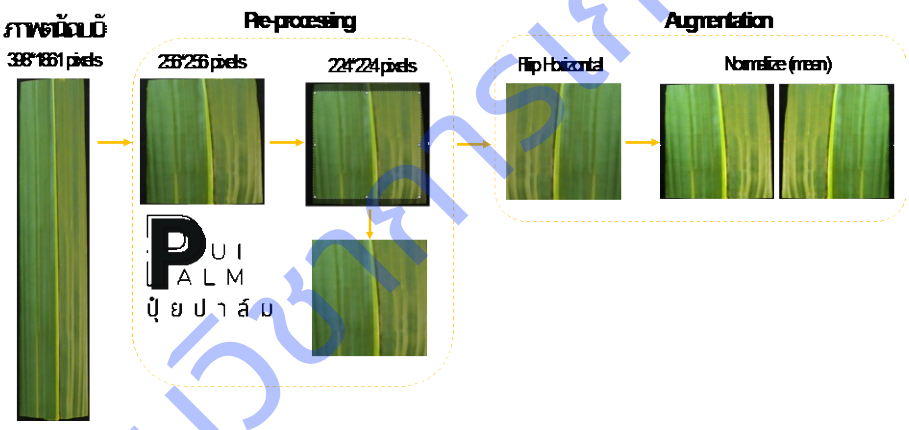
1) การลดขนาดภาพ (Resize) ปรับแก้ขนาดของภาพต้นฉบับเป็นขนาด 256x256 พิกเซล เพื่อปรับให้ขนาดของภาพมีความเท่ากันและมีขนาดใกล้เคียงกับชั้นโครงข่ายประสาทเทียมแรกของแต่ละโมเดล ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการใช้งานและการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลต่าง ๆ

2) การตัดภาพ (Random crop) ตัดภาพให้มีขนาด 224x224 พิกเซล โดยใช้วิธีสุ่มหาพื้นที่ขนาดดังกล่าวบนภาพที่ทำการปรับลดขนาดภาพแล้ว (256x256 พิกเซล) เพื่อตัดข้อมูลบริเวณขอบของภาพซึ่งอาจเป็นพื้นหลังหรือขอบของใบปาล์มน้ำมันที่อาจจะส่งผลให้การทำนายมีความผิดเพี้ยน

2.2.2 การเพิ่มจำนวนข้อมูลภาพ

1) การหมุนภาพแบบสุ่มในระนาบแนวนอน (Random Horizontal Flip) นำภาพที่ตัดภาพแล้วขนาด 224x224 พิกเซล มาทำการหมุนแกนภาพแบบสุ่มในระนาบแนวนอน เพื่อเพิ่มจำนวนภาพให้มากขึ้น

2) ปรับแก้ข้อมูลภาพโดยวิธีนอร์มัลไลซ์ (Normalization) ภาพที่ได้ทำการสุ่มหมุนแกนภาพแล้วจะถูกนำมาปรับแก้ค่าของแต่ละพิกเซลโดยวิธีนอร์มัลไลซ์ด้วย ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน (std) ของข้อมูลภาพ



ภาพที่ 21 การปรับแก้และการเพิ่มข้อมูลภาพสำหรับจัดทำชุดข้อมูลฝึกฝน

3. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของโมเดล

เมื่อทำการเตรียมข้อมูลภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันสำหรับการเรียนรู้ของคอมพิวเตอร์แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของโมเดล AlexNet V2 โมเดล ResNext และ โมเดล MobileNet V3 เพื่อเลือกโมเดลที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด โดยกำหนดให้มีการใช้พารามิเตอร์พื้นฐานและชุดข้อมูลในการฝึกฝนที่เหมือนกัน ได้แก่

- จำนวนข้อมูลย่อยในการฝึกฝนแต่ละครั้ง (Batch) = 64 ภาพ
- จำนวนรอบในการฝึกฝน (Epochs) = 150 รอบ
- Optimizer = Stochastic Gradient Descent (SDG)

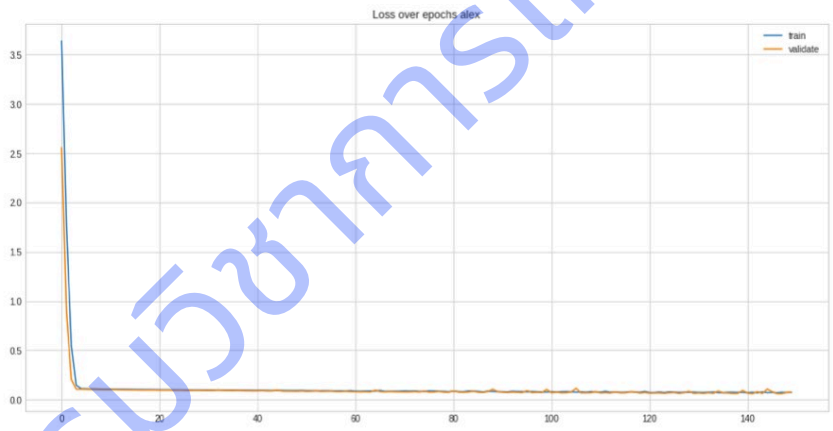
กรมวิชาการเกษตร

- ฟังก์ชันการทำนายผล (Activator Function) = ReLU
- GPU = NVIDIA GTX 1080 Ti 11GB
- สัดส่วนของข้อมูลสำหรับฝึกฝนและทดสอบ = 70/30 เปอร์เซ็นต์
- Learning Late: 0.00001

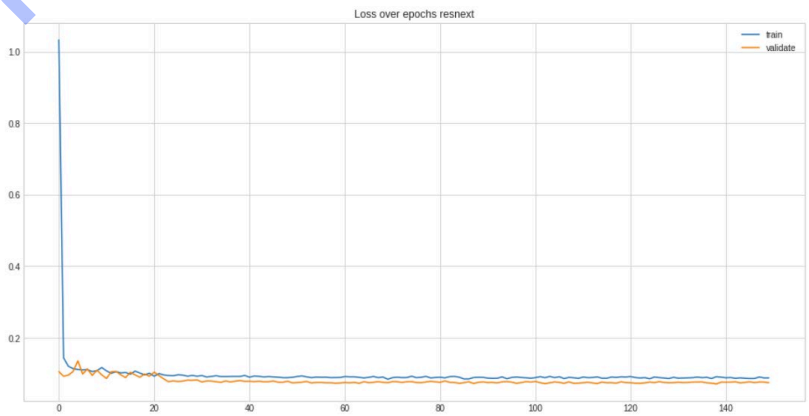
กลุ่มสุขภาพร่วมกันสำหรับจัดทำชุดข้อมูลฝึกฝน ให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่สูงกว่าการจัดทำชุดข้อมูลฝึกฝนแบบแยกทางใบ และแยกกลุ่มสุขภาพ ในรายงานสรุปผลจึงแสดงผลเฉพาะการใช้ข้อมูลในกลุ่มอาการขาดธาตุไนโตรเจนสำหรับจัดทำชุดข้อมูลฝึกฝนเพื่อพัฒนาโมเดลทำนายธาตุไนโตรเจน และใช้ข้อมูลในกลุ่มอาการขาดธาตุโพแทสเซียมสำหรับจัดทำชุดข้อมูลฝึกฝนเพื่อพัฒนาโมเดลทำนายธาตุโพแทสเซียม

3.1 การเปรียบเทียบค่า Loss ในการเรียนรู้ของโมเดลสำหรับทำนายธาตุไนโตรเจน

จากการวัดประสิทธิภาพของทั้ง 3 โมเดล ได้แก่ โมเดล AlexNet V2 โมเดล ResNext และโมเดล MobileNet V3 โดยการเปรียบเทียบค่า Loss ของแต่ละโมเดล ในการเรียนรู้ของโมเดลสำหรับทำนายธาตุไนโตรเจน ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนจากทางใบ 17 จำนวน 150 Epochs พบว่า มีการลดลงของค่า Loss ที่ใกล้ 0 ทุกโมเดล และพบว่า MobileNet V3 ให้ค่า Loss ที่ต่ำที่สุด (ภาพที่ 22-24)

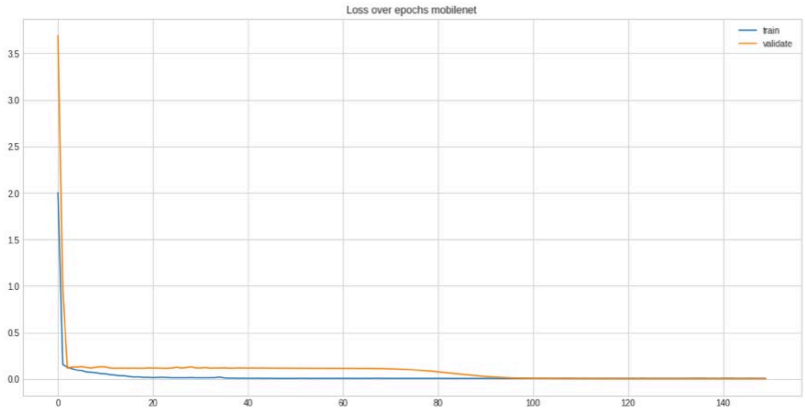


ภาพที่ 22 กราฟแสดงค่า Loss ของ AlexNet V2 ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนในการทำนายธาตุไนโตรเจน



ภาพที่ 23 กราฟแสดงค่า Loss ของ ResNext ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝน ในการทำนายธาตุไนโตรเจน

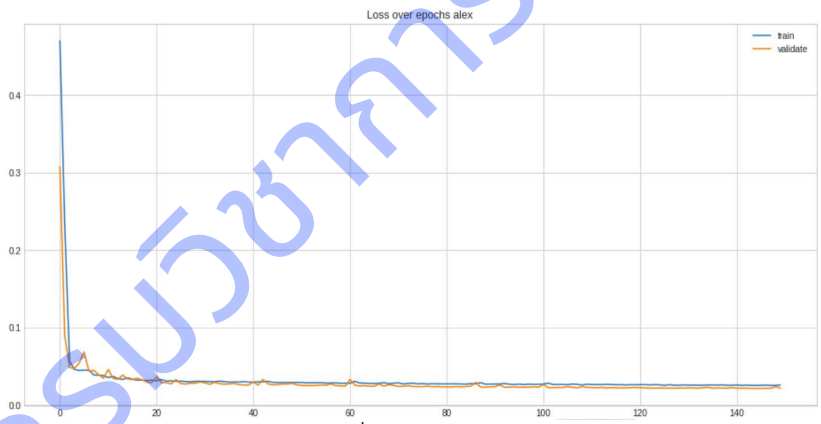
กรมวิชาการเกษตร



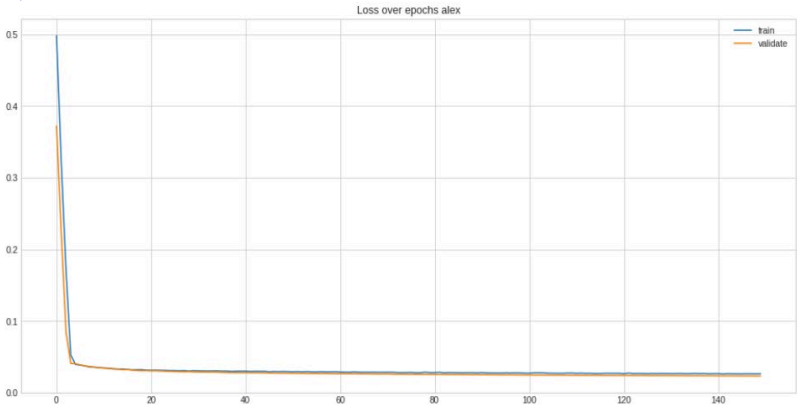
ภาพที่ 24 กราฟแสดงค่า Loss ของ MobileNet V3 ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนในการทำนายธาตุไนโตรเจน

3.2 การเปรียบเทียบค่า Loss ในการเรียนรู้ของโมเดลสำหรับทำนายธาตุโพแทสเซียม

จากการวัดประสิทธิภาพของทั้ง 3 โมเดล ได้แก่ โมเดล AlexNet V2 โมเดล ResNext และโมเดล MobileNet V3 โดยการเปรียบเทียบค่า Loss ของแต่ละโมเดล ในการเรียนรู้ของโมเดลสำหรับทำนายธาตุโพแทสเซียม ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนจากทางใบ 17 จำนวน 150 Epochs พบว่า มีการลดลงของค่า Loss ที่ใกล้ 0 ทุกโมเดล และพบว่า MobileNet V3 ให้ค่า Loss ที่ต่ำที่สุด (ภาพที่ 25-27) โดยรวมค่า Loss ของการพัฒนาโมเดลทำนายธาตุโพแทสเซียมมีค่าที่สูงกว่าธาตุไนโตรเจนทุกโมเดล

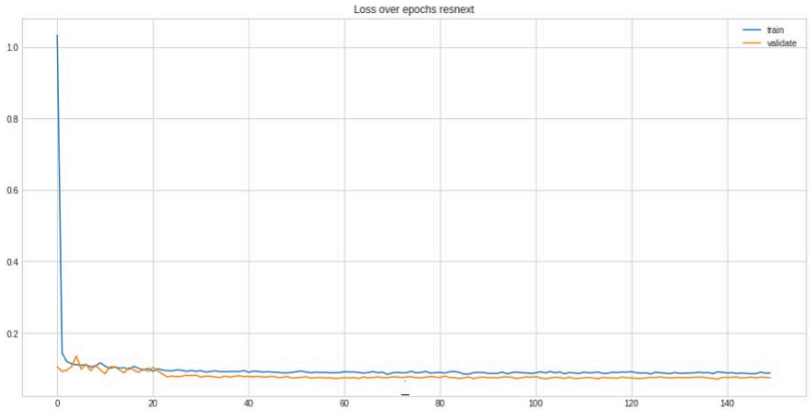


ภาพที่ 25 กราฟแสดงค่า Loss ของ AlexNet V2 ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนในการทำนายธาตุโพแทสเซียม

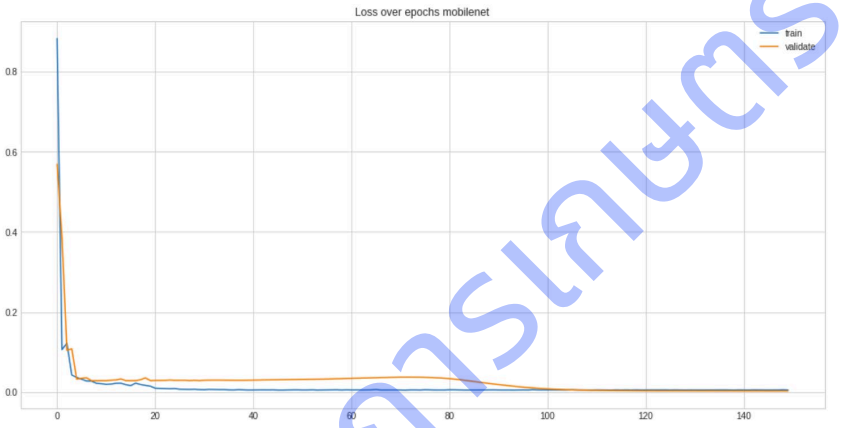


ภาพที่ 52 กราฟแสดงค่า Loss ของ AlexNet V2 ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝน ในการทำนายธาตุโพแทสเซียม

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 26 กราฟแสดงค่า Loss ของ ResNext ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนในการทำนายธาตุโพแทสเซียม



ภาพที่ 27 กราฟแสดงค่า Loss ของ MobileNet V3 ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนในการทำนายธาตุโพแทสเซียม

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การดำเนินงานของโครงการ การพัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน ดำเนินการระหว่างปีงบประมาณ 2560-2564 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

สรุป

1. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีของตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันจากภาพถ่ายกับผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ พบว่าความสัมพันธ์ของธาตุไนโตรเจน และธาตุโพแทสเซียมกับค่าสี พบความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก ดังนั้น การใช้ค่าสีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมันได้

2. การประมวลผลภาพใบปาล์มน้ำมันโดยใช้เทคนิค K-mean clustering สำหรับจัดกลุ่มค่าสี และหาสีหลักของภาพ (Dominant colors) สำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาแผ่นเทียบสี เพื่อประเมินระดับการขาดธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม พบว่า การสร้างจากการจัดกลุ่มของค่าสีสำหรับประเมินธาตุไนโตรเจน ทั้งทางใบที่ 17 และ 33 มีจำนวนค่าสีที่เหมาะสม คือ 5 จำนวนกลุ่มค่าสี และธาตุโพแทสเซียม ทั้งทางใบที่ 17 และ 33 มีจำนวนค่าสีที่เหมาะสม คือ 30 จำนวนกลุ่มค่าสี

3. ได้จัดทำแผ่นเทียบสีธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียม ทางใบที่ 17 และ 33 สำหรับประเมินระดับของธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมเบื้องต้น

4. การพัฒนาโมเดลทำนายธาตุไนโตรเจน และโมเดลทำนายธาตุโพแทสเซียม ศึกษาและพัฒนา จำนวน 3 โมเดล ได้แก่ โมเดล AlexNet V2 โมเดล ResNext และโมเดล MobileNet V3 และวัดประสิทธิภาพการเรียนรู้ทั้ง 3 โมเดล โดยการเปรียบเทียบค่า Loss ของแต่ละโมเดล ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนจากทางใบ 17 จำนวน 150 Epochs เหมือนกัน พบว่า มีการลดลงของค่า Loss ที่ใกล้ 0 ทุกโมเดล และพบว่า MobileNet V3 ให้ค่า Loss ต่ำที่สุด หรือมีประสิทธิภาพสูงสุดที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาระบบประเมินธาตุอาหารในขั้นตอนต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ตัวอย่างภาพถ่ายที่ได้จากสแกนในบางตัวอย่างมีภาพและสีที่ผิดเพี้ยนไปจากความจริง จึงไม่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้ อย่างไรก็ตามได้มีการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอลไว้ด้วย จึงได้นำภาพจากกล้องดิจิตอลมาใช้ในการศึกษาเพียงอย่างเดียว ดังนั้นในการศึกษาด้านภาพถ่าย ควรมีการถ่ายภาพจากเครื่องมือที่หลายหลายเพื่อป้องกันความเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบกับการดำนเนินงานวิจัย

2. การใช้ค่าสีจากภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันในการประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุฟอสฟอรัสในใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 เพียงอย่างเดียวไม่สามารถประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมันได้ ควรใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่ายอื่นๆในศึกษาวิจัย

กรมวิชาการเกษตร

3. การใช้งานแผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมันที่พัฒนาจากงานวิจัย สามารถประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 และทางใบที่ 33 ในเบื้องต้นเท่านั้น โดยบอกเป็นระดับปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมที่สะสม คือ ระดับขาดมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐาน

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 2

พัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน และระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน

Development to Determination for Nutrients in Oil Palm Leaves Content and Fertilizer Recommendation System

คณะผู้วิจัย

สุชาดา โภชาดม[1] สญชัย ขวัญเกื้อ[1] สุธีรา ถาวรรัตน์[1] จินตนาพร โคตรสมบัติ[1]

จิตติลักษณ์ เหมะ[1] สมคิด ดำน้อย[2] อุดมพร เสือมาก[3] นายสุรกิตติ ศรีกุล[4]

Suchada Pochadom[1] Sonchai Kwankua[1] Suthira Thawonrat[1] Chintanaporn Kotsombat[1]

Jittilux Hama[1] Somkid Damnoi[2] Udomphon Suamag[3] Surakitti Srikul[4]

คำสำคัญ

ปาล์มน้ำมัน, การประมวลผลภาพ, โมเดลทำนายธาตุอาหารพืช, ระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย

Keywords

Oil palm, Image processing, Nutrient prediction model, Fertilizer Recommendation System

กรมวิชาการเกษตร

[1] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 จ.สุราษฎร์ธานี กรมวิชาการเกษตร
Office of Agricultural Research and Development, Region7., DOA

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย จ.เชียงราย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 จ.เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร
Chiangrai Highland Agricultural Research and development Center., Office of Agricultural Research and Development, Region1., DOA

[3] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรชุมพร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 จ.สุราษฎร์ธานี กรมวิชาการเกษตร
Chumphon Agricultural Research and Development Center., Office of Agricultural Research and Development, Region7., DOA

[4] สำนักผู้เชี่ยวชาญ กรมวิชาการเกษตร
Office of Senior Expert., DOA

บทคัดย่อ

การใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมันตามค่าวิเคราะห์ใบ เป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย เป็นที่ยอมรับในกลุ่มผู้ผลิตปาล์มน้ำมันทั่วโลก เนื่องจากช่วยให้ปาล์มน้ำมันมีผลผลิตสูงอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้ปุ๋ยในปริมาณที่ไม่เหมะสม สำหรับการปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อย การเข้าถึงเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นไปได้ยาก เนื่องจากเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ การแปลผลค่าวิเคราะห์ และการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศสามารถนำมาใช้ในการจัดทำระบบวิเคราะห์ข้อมูลดินและใบปาล์มน้ำมันให้มีประสิทธิภาพขึ้นได้ ทั้งในด้านการจัดการข้อมูลและการประมวลผลข้อมูลอัตโนมัติ จึงได้พัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน ใช้งานบนเว็บแอปพลิเคชัน http://puipalm.research-oard7.com ออกแบบโครงสร้างให้มีการใช้งาน 2 ลักษณะ คือ 1. การแปลผลการใช้ปุ๋ยจากข้อมูลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันจากห้องปฏิบัติการ และ 2. การแปลผลการใช้ปุ๋ยจากภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันที่นำเข้าสู่ระบบ ผ่านการทำนายธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันอัตโนมัติ โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ที่พัฒนามาจากโมเดล MobileNet V3 ประกอบด้วย ระบบทำนายธาตุไนโตรเจนและระบบทำนายธาตุโพแทสเซียม มีความแม่นยำรวมร้อยละ 86.34 และ 56.66 ตามลำดับ และมีค่า MSE รวมทั้ง 2 ระบบเท่ากับ 0.06 และได้พัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูลค่าวิเคราะห์ดินของแปลงปลูกปาล์มน้ำมัน เก็บบันทึกข้อมูลค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน เก็บบันทึกข้อมูลประวัติการใช้ปุ๋ยของเกษตรกร เพื่อใช้ประมวลผลการจัดทำคำแนะนำในการใช้ปุ๋ยอัตโนมัติ และสามารถเรียกดูข้อมูลได้ผ่านอินเตอร์เน็ต ช่วยให้เกษตรกรหรือบุคคลทั่วไปที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับสุขภาพของต้นปาล์มน้ำมันและธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน สามารถประเมินปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันเบื้องต้นได้ ด้วยการทำนายจากภาพถ่าย ระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน จึงเป็นทางเลือกหนึ่งให้เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันได้ใช้งานและมีการจัดการธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

Abstracts

Oil palm leaf analysis is commonly used technology of assess the nutrient status of oil palm because it had high yield continuously and reduced environmental pollution from applying excessive amounts of fertilizer. The majority of oil palm plantation in Thailand belongs to smallholders, the smallholder's limit their use technology of oil palm leaf analysis because there was not practical method for smallholder such as time consuming to analysis process, interpretation and fertilizer recommendation by expert. Information technology could raise the oil palm production through information management and automated data processing. The advantage of information technology led to development leaf nutrients prediction model and fertilizer recommendation system for oil Palm on web application. There could be interpretation and fertilizer recommendation from 1. Data of nutrient status of oil palm leaf from laboratory 2. Oil palm leaf Image. The model could predict nutrient status automatically with oil palm leaf Image by artificial intelligence (AI), which develop from MobileNet V3. The accuracy model with Nitrogen and Potassium status was 86.34 and 56.66 respectively and both models had mean square error (MSE) values of 0.06. The model recorded as follows: soil analysis data, leaf analysis data and application of fertilizer data. A total of data was process automatically to assess the nutrient status of oil palm and fertilizer recommendation to farmer or person who lack of knowledge about fertilizer application. This model could access information from anywhere at any time that led to improve fertilizer application in time. This model is alternative way to raise effectiveness of fertilizer management for oil palm smallholders.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

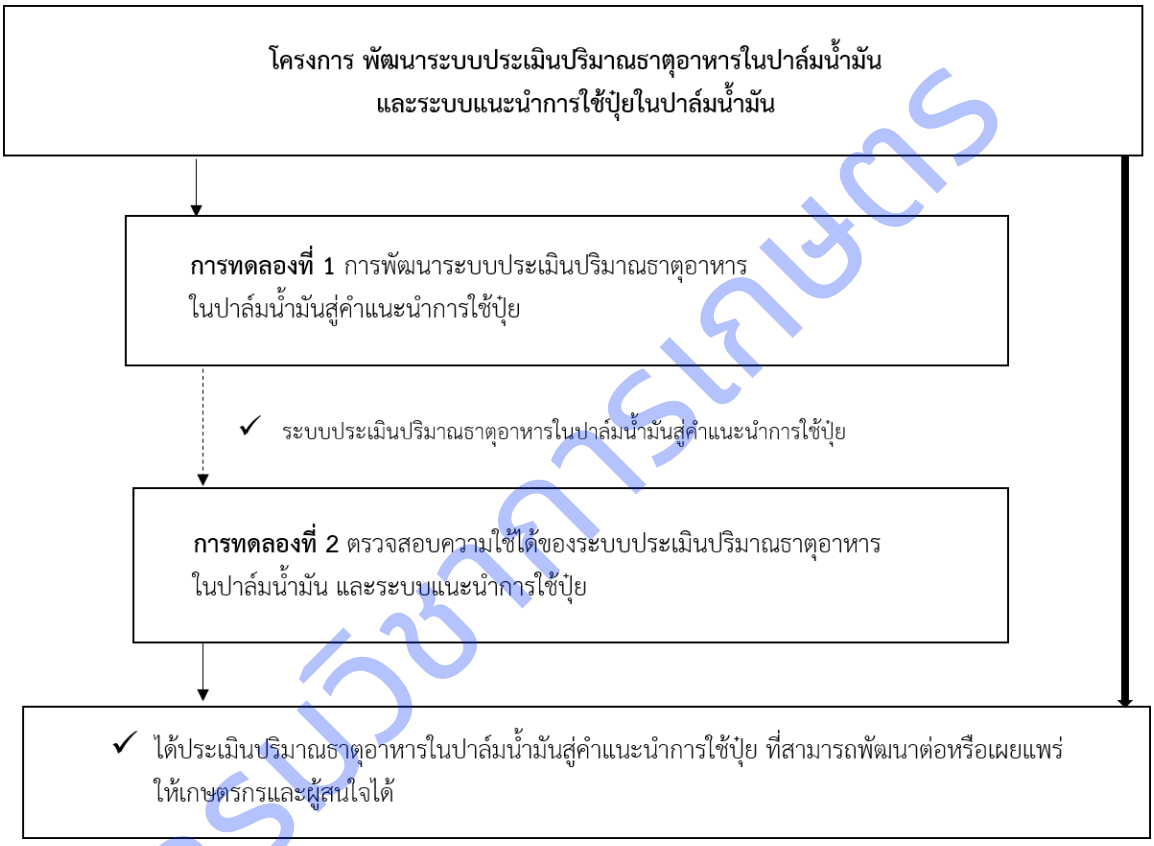
ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารปริมาณสูงในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต การใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมันจึงมีความจำเป็นอย่างมาก ที่ต้องใช้ให้ถูกต้องและเหมาะสม ให้เพียงพอกับความต้องการของปาล์มน้ำมัน จึงจะทำให้ปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตที่สูงอย่างต่อเนื่องตลอดอายุการเก็บเกี่ยว กรมวิชาการเกษตรแนะนำการใช้ปุ๋ยเชิงเดี่ยวตามค่าวิเคราะห์ใบในสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีการศึกษา วิจัย และมีการใช้อย่างแพร่หลาย เป็นที่ยอมรับในวงการผู้ผลิตปาล์มน้ำมันทั่วโลก ซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตและช่วยให้ปาล์มน้ำมันมีผลผลิตอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้ปุ๋ยในปริมาณที่มากเกินไป สอดคล้องกับมาตรฐาน RSPO (Roundtable for Sustainable Palm Oil) ที่สนับสนุนให้มีการผลิตปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับการปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อย การเข้าถึงเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นไปได้ยาก เนื่องจากเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยเชิงเดี่ยวตามค่าวิเคราะห์ใบ มีข้อจำกัดในเรื่องของวิธีการเก็บตัวอย่างใบ การแปลผลค่าวิเคราะห์ และการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ย จำเป็นต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญ ประกอบกับเจ้าของสวนปาล์มน้ำมันต้องมีการจดบันทึกอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะข้อมูลการใช้ปุ๋ยและข้อมูลผลผลิต ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบมีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ ถึงแม้ว่าจะเป็นวิธีมาตรฐานที่แม่นยำและน่าเชื่อถือที่สุด แต่มีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ประมาณ 500-600 บาทต่อรายการธาตุอาหารที่ทำการวิเคราะห์ และต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์ประมาณ 15-30 วัน จึงทำให้ส่งผลคำแนะนำในการใช้ปุ๋ยให้แก่เกษตรกรไม่ทันรอบการใส่ปุ๋ยถัดไป อีกทั้งหน่วยงานรัฐยังขาดระบบในการจัดเก็บข้อมูลของเกษตรกรเพื่อนำไปวิเคราะห์และประมวลผลในงานอื่นๆ

เทคโนโลยีสารสนเทศสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน การจัดทำระบบวิเคราะห์ข้อมูลดินและใบปาล์มน้ำมันให้มีประสิทธิภาพขึ้นได้ ทั้งในด้านการจัดการข้อมูลและการประมวลผลข้อมูลอัตโนมัติ งานวิจัยนี้ศึกษาและระบบเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน โดยพัฒนาโมเดลสำหรับทำนายธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม เนื่องจากเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นของต้นปาล์มน้ำมัน และเป็นธาตุอาหารที่มีการแสดงอาการขาดธาตุอาหารบนใบปาล์มน้ำมัน โดยใช้เทคนิคการเรียนเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ร่วมกับโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network หรือ CNN) เนื่องจากสามารถสร้างคุณลักษณะของข้อมูลภาพสำหรับการเรียนรู้ของคอมพิวเตอร์ได้ดี (Dertat, 2017) และทำให้โมเดลที่พัฒนาได้มีความแม่นยำยิ่งขึ้น โดยออกแบบการใช้งานบนเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งเกษตรกรหรือผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความรู้เฉพาะทางในการแปลผลค่าวิเคราะห์และการคำนวณการใช้ปุ๋ย เนื่องจากระบบสามารถประมวลผลให้อัตโนมัติโดยใช้เกณฑ์และหลักการคำนวณจากผู้เชี่ยวชาญ อีกทั้งยังทำให้การจัดเก็บข้อมูลเป็นระบบมากยิ่งขึ้นและสามารถเรียกดูข้อมูลได้ผ่านอินเตอร์เน็ต ช่วยให้เกษตรกรหรือบุคคลทั่วไปที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับสุขภาพของต้นปาล์มน้ำมันและธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน สามารถประเมินผลตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันเบื้องต้นได้ ด้วยการทำนายจากภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมัน นอกจากนี้ ยังสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการได้อีกด้วย การพัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยให้การจัดการธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย

การพัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน ดำเนินการระหว่างปี 2562-2564 ประกอบด้วย 2 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 การพัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันสู่คำแนะนำการใช้ปุ๋ย และการทดลองที่ 2 ตรวจสอบความใช้ได้ของระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน และระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย ซึ่งเป็นการทดลองที่ต่อเนื่องกัน แสดงดังภาพที่ 28



ภาพที่ 28 แผนภาพแสดงความเชื่อมโยงของกิจกรรมภายในโครงการวิจัยฯ

1. การพัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย ดำเนินการพัฒนาต่อจากโครงการวิจัยพัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน

<u>เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ</u>

1. ฮาร์ดแวร์

- Web Server : ใช้บริการ Cloud Hosting จากบริษัท Digital Ocean ซึ่งสามารถปรับแต่งคุณสมบัติของ Server ได้เองอย่างหลากหลาย โดยได้ทำการติดตั้งระบบปฏิบัติการ Ubuntu
- เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผลภาพและพัฒนาแบบจำลอง GPU NVIDIA GTX 1080 Ti 11GB

กรมวิชาการเกษตร

2. ภาษาโปรแกรมและฐานข้อมูล

- PHP HTML JAVA Script และ CSS สำหรับจัดทำเว็บแอปพลิเคชัน

- Python สำหรับทำโปรแกรมประมวลผลภาพ พัฒนาโมเดลทำนายธาตุอาหาร และระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย

3) MySQL Database สำหรับจัดทำฐานข้อมูล

4. ชุดคำสั่งและ API

- PyTorch และ Scikit-learn สำหรับงานที่เกี่ยวข้องกับ AI พัฒนาโมเดลทำนายธาตุอาหาร และระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย

- OpenCV PIL Scikit-image และ Numpy สำหรับการพัฒนาโปรแกรมประมวลผลภาพ

<u>ขั้นตอนการพัฒนาระบบ</u>

1. การพัฒนาระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย

1.1 จัดเตรียมข้อมูลค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาระบบ ได้แก่ ข้อมูลค่ามาตรฐานปริมาณธาตุอาหารปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 ข้อมูลค่ามาตรฐานสมบัติดินสำหรับปลูกปาล์มน้ำมัน

1.2 จัดเตรียมข้อมูลประวัติข้อมูลสำหรับทดสอบการประมวลผลผ่านระบบ ได้แก่ ชุดข้อมูลผลวิเคราะห์สมบัติดินและปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน การใช้ปุ๋ยและการจัดการสวนของเกษตรกร และสูตรคำนวณการแปลผลค่าวิเคราะห์สู่คำแนะนำการใช้ปุ๋ย

1.3 ตรวจสอบรูปแบบข้อมูล (data format) ทั้งหมดที่จะนำเข้าสู่ระบบแสดงผลการแปลผลค่าวิเคราะห์สู่คำแนะนำการใช้ปุ๋ยให้เป็นไปตามมาตรฐานการแสดงผลในรูปแบบเว็บ

1.4 ออกแบบและพัฒนาระบบกึ่งอัตโนมัติเพื่อช่วยลดขั้นตอนในการประมวลผลข้อมูล โดยไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการแปลผลค่าวิค่าวิเคราะห์คำแนะนำการใช้ปุ๋ย

1.5. ทำการทดสอบระบบร่วมกับเจ้าหน้าที่ดูแลระบบและเจ้าหน้าที่นำเข้าข้อมูล

1.6 รวบรวมข้อเสนอแนะและปรับปรุงกระบวนการของระบบ

2. การพัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน

2.1 เลือกใช้โมเดลที่ดีที่สุดจากการทดลองในโครงการวิจัยพัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน เพื่อนำมาพัฒนาสู่ระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันอัตโนมัติ

2.2 ออกแบบและพัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันอัตโนมัติ

2.3 พัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันอัตโนมัติให้เชื่อมโยงกับระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย

2.4 ทำการทดสอบระบบร่วมกับเจ้าหน้าที่ดูแลระบบและเจ้าหน้าที่นำเข้าข้อมูล

2.5 รวบรวมข้อเสนอแนะและปรับปรุงกระบวนการของระบบ

3. พัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) เพื่อการใช้งานและแสดงผลข้อมูล

กรมวิชาการเกษตร

2. ตรวจสอบความใช้ได้ของระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน และระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย

1. เตรียมข้อมูลภาพภาพถ่ายทางใบที่ 17 สำหรับเป็นชุดข้อมูลทดสอบ (Testing data) โดยถ่ายภาพใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 และส่งวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียม

2. จัดกลุ่มสุขภาพใบปาล์มน้ำมัน ตามค่ามาตรฐานใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17

3. นำเข้าข้อมูลภาพใบปาล์มน้ำมัน ระบบจะทำการประมวลผลและทำนายธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันอัตโนมัติ

4. วัดประสิทธิภาพของระบบฯ จากการคำนวณหาร้อยละความแม่นยำ (% Accuracy) ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) โดยเป็นการหาผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่ทำนายได้ (prediction) กับค่าจริง (actual) แล้วทำการยกกำลังสองก่อนหาค่าเฉลี่ย หากค่า MSE ต่ำและเข้าใกล้ 0 แสดงว่าโมเดลมีความแม่นยำสูง

กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและอภิปราย

1. การพัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย

1.1 การออกแบบระบบเพื่อการใช้งานบนเว็บแอปพลิเคชัน

ด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศสามารถนำมาใช้ในการจัดทำระบบวิเคราะห์ข้อมูลดินและใบปาล์มน้ำมันให้มีประสิทธิภาพขึ้นได้ ทั้งในด้านการจัดการข้อมูลและการประมวลผลข้อมูลอัตโนมัติ จึงได้มีการออกแบบและจัดทำระบบขึ้นเพื่อใช้ในจุดประสงค์ดังต่อไปนี้

1) เพื่อใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูลค่าวิเคราะห์ดินของแปลงปลูกปาล์มน้ำมัน

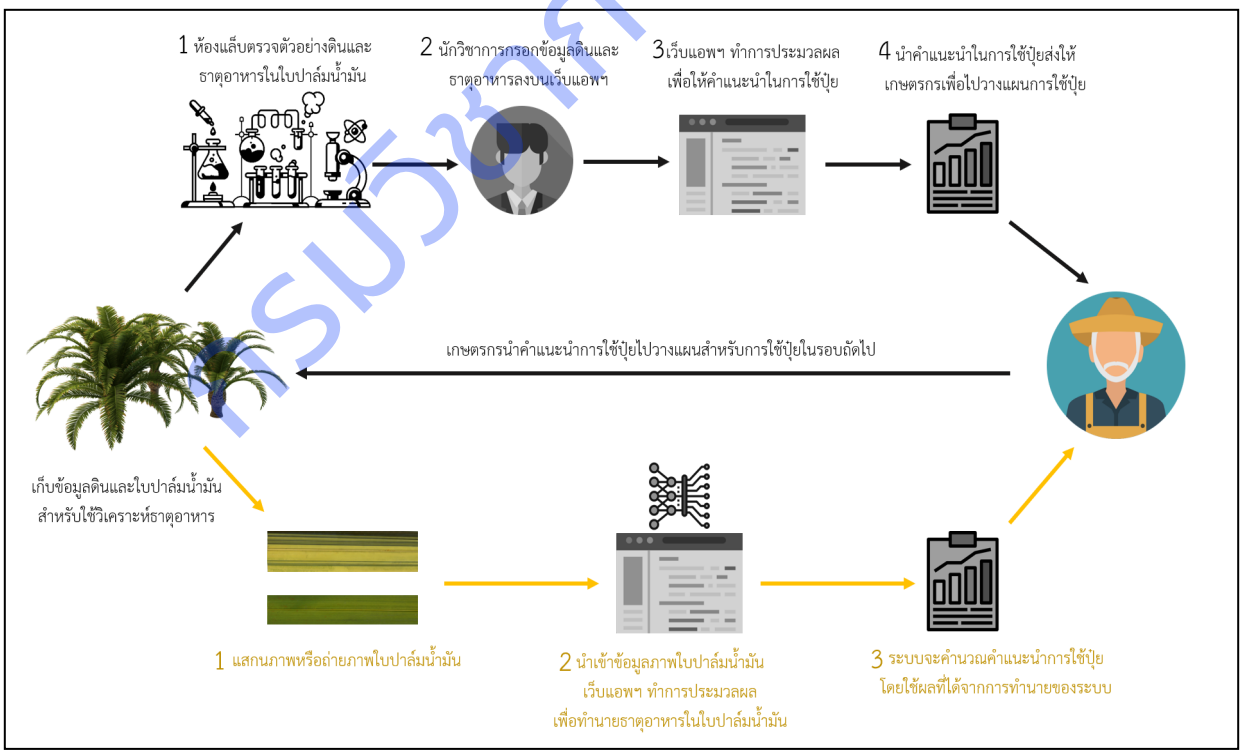
2) เพื่อใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูลค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน

3) เพื่อใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูลประวัติการใช้ปุ๋ยของเกษตรกร

4) เพื่อจัดทำคำแนะนำในการใช้ปุ๋ยอัตโนมัติ โดยใช้ข้อมูลผลวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ

5) เพื่อใช้ในการทำนายธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันอัตโนมัติ โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI)

โดยการออกแบบระบบการประเมินธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย สามารถใช้งานได้ 2 ลักษณะ คือ 1. การแปลผลการใช้ปุ๋ยจากข้อมูลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันจากห้องปฏิบัติการ และ 2. การแปลผลการใช้ปุ๋ยจากภาพถ่ายในปาล์มน้ำมันที่นำเข้าสู่ระบบ (ภาพที่ 29)

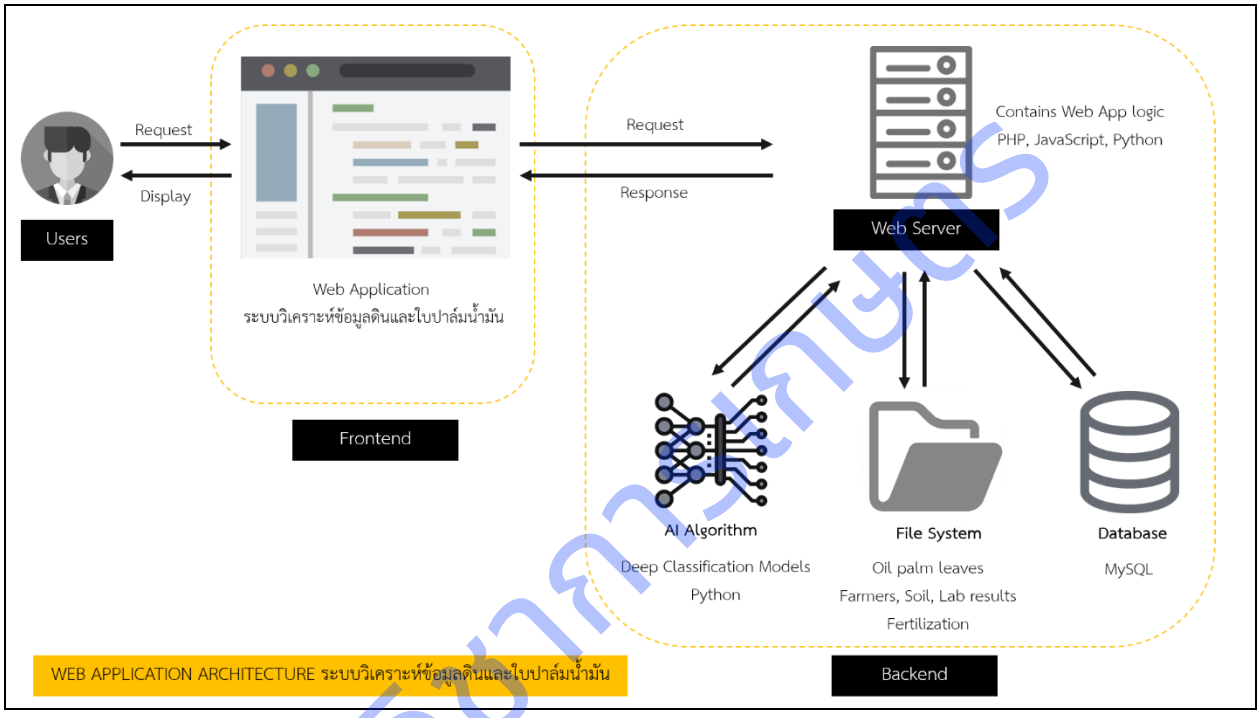


ภาพที่ 29 แสดงแนวคิดการออกแบบเว็บแอปพลิเคชันการใช้งานระบบประเมินธาตุอาหารและคำแนะนำการใช้ปุ๋ย

กรมวิชาการเกษตร

1.2 การพัฒนาเว็บแอบพลิเคชัน (Web Application) เพื่อการใช้งานและแสดงผลข้อมูลระบบประเมินธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย

การพัฒนาเว็บแอบพลิเคชัน (Web Application) เพื่อการใช้งานและแสดงผลข้อมูลระบบประเมินธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย มีโครงสร้างระบบจัดเก็บและประมวลผล ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) ส่วนผู้ใช้งาน (Users) 2) ส่วนแสดงผลหรือหน้าเว็บแอปพลิเคชัน (Frontend) และ 3) ส่วนประมวลผลข้อมูลและจัดการเว็บแอปพลิเคชัน (Backend) (ภาพที่ 30)



ภาพที่ 30 โครงสร้างของเว็บแอปพลิเคชัน ระบบวิเคราะห์ข้อมูลดินและใบปาล์มน้ำมัน

ระบบจัดเก็บและประมวลผลการประเมินธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย มีรายละเอียดในแต่ละส่วนของระบบ ดังนี้

1) ผู้ใช้งาน (Users)

กลุ่มผู้ใช้งานเป้าหมาย ได้แก่ นักวิจัย เจ้าหน้าที่หน่วยงาน เกษตรกร และบุคคลทั่วไป ผู้ใช้งานที่ลงทะเบียนสามารถใช้งานเว็บแอปพลิเคชันในฟังก์ชันต่าง ๆ ได้แก่ นำเข้าข้อมูล แสดงผลข้อมูล ลบ แก้ไขข้อมูล และพิมพ์เอกสาร

2) ส่วนแสดงผลหรือหน้าเว็บแอปพลิเคชัน (Client)

ทำการรับคำสั่งจากผู้ใช้งาน เชื่อมต่อกับระบบประมวลผล และแสดงผลให้แก่ผู้ใช้งานผ่านหน้าเว็บแอพพลิเคชัน

กรมวิชาการเกษตร

3) ส่วนประมวลผลข้อมูลและจัดการเว็บแอปพลิเคชัน (Web Server)

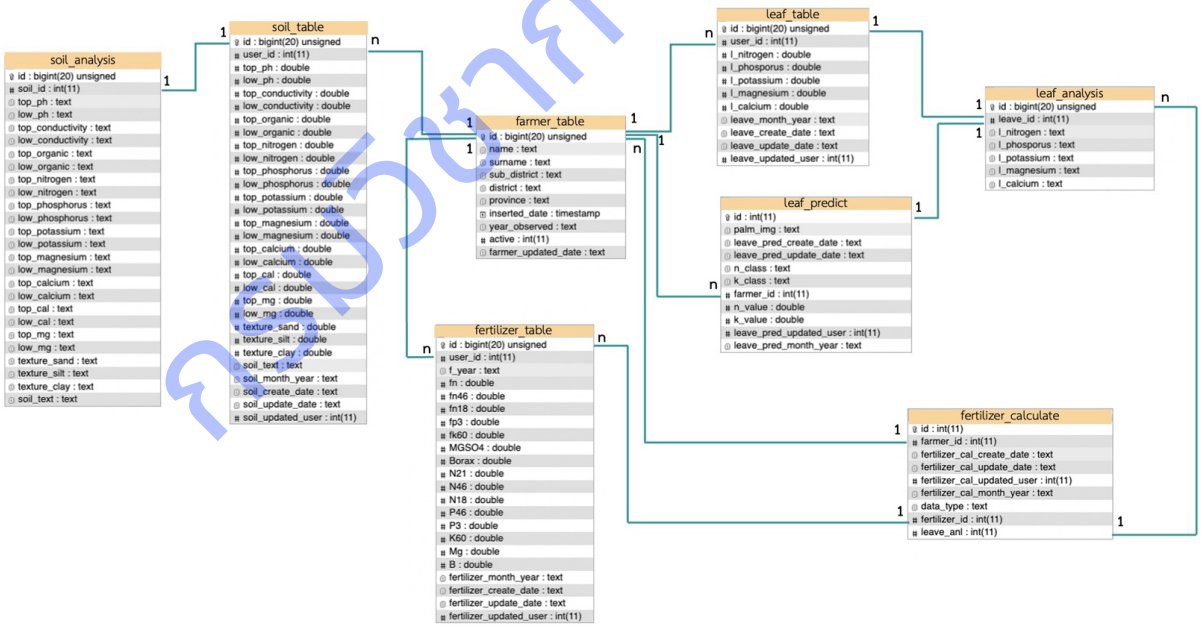
ประกอบด้วยเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Webserver) ปัญญาประดิษฐ์ (AI Algorithm) ระบบจัดเก็บข้อมูล (File System) และฐานข้อมูล (Database) มีรายละเอียดดังนี้

1) เว็บเซิร์ฟเวอร์: จะเชื่อมต่อกับปัญญาประดิษฐ์ ระบบจัดเก็บข้อมูล และฐานข้อมูล (Database) เพื่อให้ระบบสามารถทำตามคำสั่งของผู้ใช้งานได้ ทั้งการบันทึก แก้ไขข้อมูล การแสดงผล ประมวลผลข้อมูลอัตโนมัติ และอื่นๆ โดยปัจจุบันได้ใช้ภาษา PHP JavaScript และ Python ในการพัฒนา

2) ปัญญาประดิษฐ์: ส่วนนี้จะประกอบด้วยโมเดลทำนายธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันซึ่งพัฒนาด้วยภาษา Python โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกและโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน จะทำงานเมื่อมีการอัพโหลดข้อมูลภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันเข้าไปในระบบ

3) ระบบจัดเก็บข้อมูล: ใช้ภาษา HTML CSS JavaScript และ PHP ในการพัฒนา เพื่อจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ให้เป็นระบบ และนำไปแสดงผลหรือประมวลผลต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยข้อมูลที่จัดเก็บ จะถูกนำเข้าระบบเป็นตัวเลข ตัวหนังสือและรูปภาพโดยผู้ใช้งาน ซึ่งจะถูกนำไปเก็บไปบน Server และ Database ต่อไป

4) ฐานข้อมูล: ปัจจุบันใช้ MySQL ในการพัฒนาฐานข้อมูล โดยรายละเอียดข้อมูลที่จัดเก็บสำหรับใช้ในการจัดทำคำแนะนำในการใช้ปุ๋ยอัตโนมัติ ได้แก่ ข้อมูลเกษตรกร ข้อมูลประวัติการใช้ปุ๋ย ข้อมูลค่าวิเคราะห์ดินบนและดินล่าง ข้อมูลค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบปาล์ม ข้อมูลการทำนายใบปาล์มน้ำมัน ข้อมูลแปลผลการวิเคราะห์ดิน ข้อมูลแปลผลการวิเคราะห์ใบปาล์มน้ำมัน และการคำนวณการใช้ปุ๋ย



ภาพที่ 31 ความสัมพันธ์ของตารางในฐานข้อมูลในงานประมวลผลสำหรับคำแนะนำการใช้ปุ๋ย

กองวิชาการและแผนงาน

1.3 การใช้งานระบบประเมินธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย

1.3.1 การใช้ผลวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันจากห้องปฏิบัติการ

การใช้ผลวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันจากห้องปฏิบัติการร่วมกับค่าวิเคราะห์ดินจะทำให้ได้ผลที่แม่นยำและมีความน่าเชื่อถือมากที่สุดในปัจจุบัน โดยหลังจากที่มีการเก็บข้อมูลดินและใบปาล์มน้ำมันสำหรับนำมาใช้วิเคราะห์ธาตุอาหาร จะมีขั้นตอนการประยุกต์ใช้ร่วมกับเว็บแอปพลิเคชัน ดังนี้

1) ส่งตัวอย่างดินและใบปาล์มน้ำมันไปตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของกรมวิชาการเกษตรหรือหน่วยงานที่รับตรวจวิเคราะห์

2) เมื่อได้ผลการตรวจวิเคราะห์แล้ว นักวิชาการ เจ้าหน้าที่ หรือเกษตรกร นำผลวิเคราะห์ดิน ธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน ข้อมูลเกษตรกรและประวัติการใช้ปุ๋ย ไปบันทึกลงบนเว็บแอปพลิเคชัน

3) ระบบจะทำการประมวลผลข้อมูลอัตโนมัติ เพื่อคำนวณและจัดทำคำแนะนำในการใช้ปุ๋ยจากข้อมูลข้างต้น

4) พิมพ์เอกสารและนำข้อมูลการใช้ปุ๋ยส่งให้เกษตรกรเจ้าของแปลงไปใช้ในการวางแผนการใช้ปุ๋ยในรอบต่อไป

1.3.2 การใช้ผลวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากการทำนายโดยปัญญาประดิษฐ์

จากที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น การวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันและวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการอาจมีความล่าช้า ทำให้แปลผลและจัดทำคำแนะนำการใช้ปุ๋ยไม่ทันในรอบการให้ปุ๋ยของเกษตรกร เนื่องจากในโครงการนี้ได้มีการเก็บตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันมาทำการแสกนและถ่ายภาพร่วมกับการหาความสัมพันธ์และจัดทำโมเดลทำนายธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน จึงจำเป็นต้องมีระบบในการนำเข้าข้อมูลภาพใบปาล์มน้ำมันและแสดงผลการทำนาย ซึ่งได้พัฒนาให้เป็นส่วนนึงของระบบการวิเคราะห์ข้อมูลดินและใบปาล์มน้ำมัน และการจัดทำคำแนะนำการใช้ปุ๋ยอัตโนมัติ โดยหลังจากที่มีการเก็บข้อมูลดินและใบปาล์มน้ำมันสำหรับนำมาใช้วิเคราะห์ธาตุอาหาร จะมีขั้นตอนการประยุกต์ใช้ร่วมกับเว็บแอปพลิเคชัน ดังนี้

1) นำใบปาล์มตัวอย่างมาแสกน/ถ่ายภาพ ก่อนส่งตัวอย่างไปตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ หรือแยกตัวอย่างใบปาล์มไว้สำหรับแสกน/ถ่ายภาพโดยเฉพาะ

2) นำเข้าข้อมูลภาพใบปาล์มน้ำมัน โดยอัพโหลดลงบนเว็บแอพลิเคชั่น ระบบจะทำการประมวลผลและทำนายธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันอัตโนมัติ ซึ่งโมเดลที่กำลังพัฒนาในปัจจุบัน อยู่ในขั้นตอนทดสอบทำนายธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม (ขาด เหมาะสม เกิน) โดยจะแสดงผลการทำนายบนหน้าเว็บแอปพลิเคชัน

3) ระบบจะทำการประมวลผลข้อมูลอัตโนมัติ เพื่อคำนวณและจัดทำคำแนะนำในการใช้ปุ๋ยจากข้อมูลการทำนายธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน โดยสามารถนำไปใช้ในการจัดทำคำแนะนำในการใช้ปุ๋ยเบื้องต้น เพื่อลดเวลาในการรอผลวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ แต่ความถูกต้องแม่นยำไม่สามารถเทียบเท่าผลจากห้องปฏิบัติการได้

4) พิมพ์เอกสารและนำข้อมูลการใช้ปุ๋ยส่งให้เกษตรกรเจ้าของแปลงไปใช้ในการวางแผนการใช้ปุ๋ยในรอบต่อไป

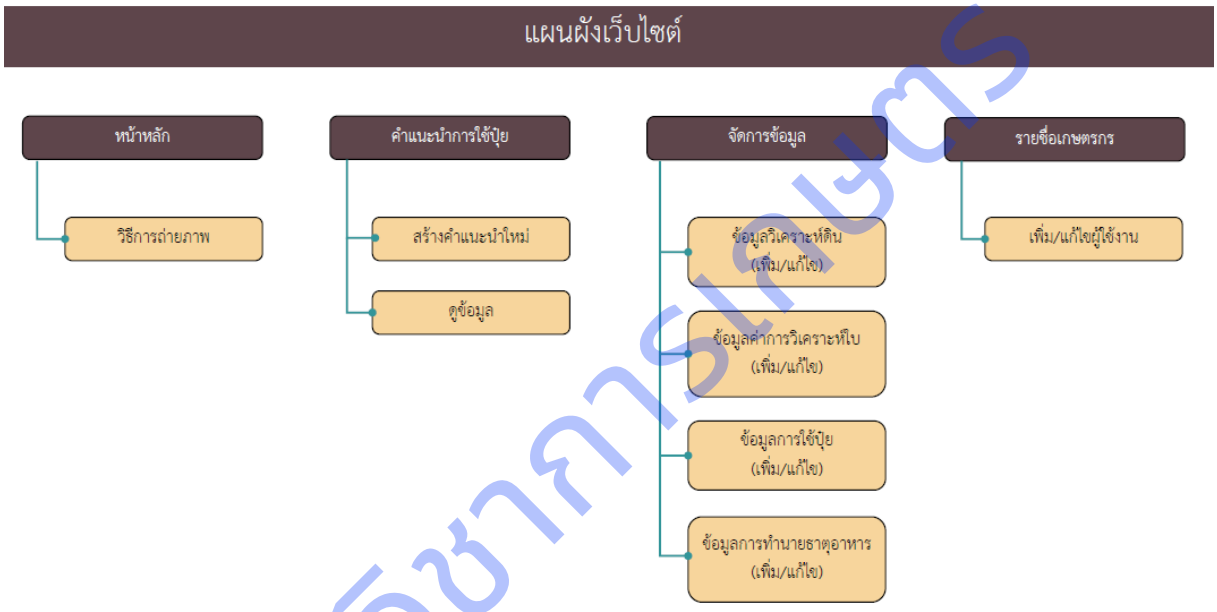
กรมวิชาการเกษตร

1.4 เว็บแอปพลิเคชันการใช้งานระบบประเมินธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย

เว็บแอปพลิเคชันการใช้งานระบบประเมินธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย ให้ชื่อเรียกว่า “ปุ๋ยปาล์ม : PUIPALM” เพื่อให้ง่ายต่อการจดจำของผู้ใช้งาน โดยเฉพาะเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน http://puipalm.research-oard7.com

1.4.1 แผนผังเว็บ PUIPALM ประกอบด้วย

แผนผังเว็บแอปพลิเคชัน ประกอบด้วยเมนู หน้าหลัก คำแนะนำการใช้ปุ๋ย จัดการข้อมูล รายชื่อเกษตรกร (ภาพที่ 32) โดยในส่วนของเมนู คำแนะนำการใช้ปุ๋ย จัดการข้อมูล รายชื่อเกษตรกร ต้องมีการ login เพื่อเข้าใช้ระบบ



ภาพที่ 32 แผนผังเว็บแอปพลิเคชันใช้งานระบบประเมินธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย

1.4.2 การใช้งานเว็บ PUIPALM

การใช้งานเว็บ PUIPLAM ผู้วิจัยได้จัดทำคู่มือการใช้งานเว็บไซต์อยู่ในภาคผนวก (ภาคผนวก ค) โดยมีการใช้งานพอสังเขป ดังนี้

1) เมนูหน้าหลัก ซึ่งจะมีวิธีการถ่ายภาพและสามารถอัพโหลดภาพถ่าย เพื่อให้ระบบประเมินธาตุอาหารจากภาพถ่ายพร้อมทั้งแสดงผลค่าธาตุอาหาร ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน และธาตุโพแทสเซียม โดยระบบจะแปลผลระดับธาตุอาหารดังกล่าวว่าอยู่ในระดับใด (ขาดมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกินมาตรฐาน)

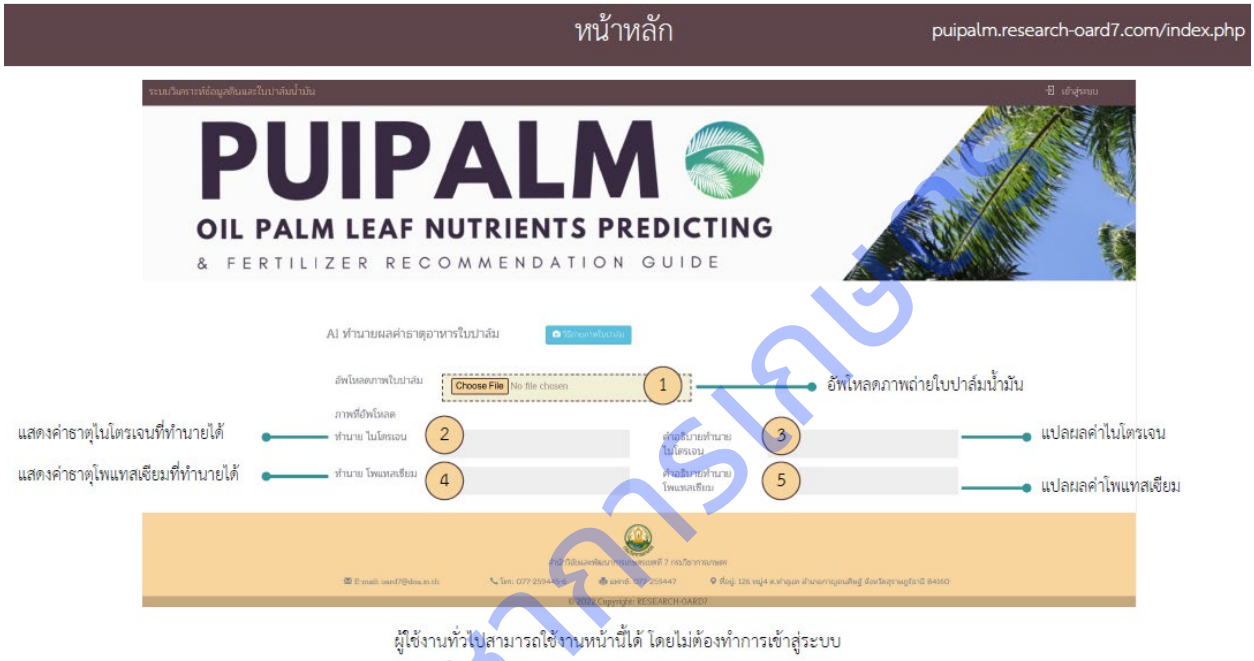
2) เมนูคำแนะนำการใช้ปุ๋ย ผู้ใช้งานสามารถสร้างคำแนะนำการใช้ปุ๋ย โดยจะต้องเพิ่มข้อมูลเกษตรกร ที่อยู่ในเมนูรายชื่อเกษตรกร และข้อมูลการใช้ปุ๋ย ข้อมูลผลวิเคราะห์ดิน ข้อมูลผลวิเคราะห์ใบ ที่อยู่ในเมนูจัดการข้อมูล เพิ่มข้อมูลทั้งหมดหรืออย่างใดอย่างหนึ่งลงไปในระบบ และเลือกสร้างคำแนะนำใหม่ในเมนูคำแนะนำการใช้

กรมวิชาการเกษตร

ปุ๋ย ระบบจะประมวลผลคำแนะนำการใช้ปุ๋ย สามารถเรียกดูข้อมูลและพิมพ์รายงานคำแนะนำการใช้ปุ๋ยออกจากระบบได้

3) เมนูจัดการข้อมูล ประกอบด้วย ข้อมูลค่าวิเคราะห์ดิน ข้อมูลค่าวิเคราะห์ใบ ข้อมูลการใช้ปุ๋ย ข้อมูลการทำนายธาตุอาหาร ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มข้อมูล ลบหรือแก้ไขข้อมูลได้

4) เมนูรายชื่อเกษตรกร ผู้ใช้งานระบบจะต้องเพิ่มชื่อผู้ใช้งานเพื่อทำการเปิดใช้งานระบบ และสามารถแก้ไขหรือลบข้อมูลได้



ภาพที่ 33 หน้าหลักของเว็บแอปพลิเคชันระบบประเมินธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย

2. การตรวจสอบความใช้ได้ของระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน และระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย

2.1 ข้อมูลภาพถ่ายที่นำมาใช้ในการวัดประสิทธิภาพระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน

ข้อมูลภาพภาพถ่ายทางใบที่ 17 สำหรับเป็นชุดข้อมูลทดสอบ (Testing data) ของระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน กลุ่มธาตุไนโตรเจนมีทั้งหมด 1,022 ภาพ แบ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างธาตุไนโตรเจนระดับขาดมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกิน จำนวน 244 395 372 และ 11 ตัวอย่าง ตามลำดับ และกลุ่มธาตุโพแทสเซียมมีทั้งหมด 904 ภาพ แบ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างธาตุโพแทสเซียมระดับขาดมาก ขาดน้อย เหมาะสม และเกิน จำนวน 508 249 137 และ 10 ตัวอย่าง ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5 จำนวนภาพถ่ายที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน

กลุ่มสุขภาพ	จำนวนภาพถ่าย	
	กลุ่มธาตุไนโตรเจน	กลุ่มธาตุโพแทสเซียม
ขาดมาก	244	508
ขาดน้อย	395	249
เหมาะสม	372	137
เกิน	11	10
รวม	**1,022**	**904**

2.2 การวัดประสิทธิภาพของระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน

ระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน ถูกพัฒนามาจากโมเดล MobileNet V3 ซึ่งมี 2 ระบบ คือ ระบบทำนายธาตุไนโตรเจนและระบบทำนายธาตุโพแทสเซียม และดำเนินการวัดประสิทธิภาพของระบบโดยคำนวณหาร้อยละความแม่นยำ (% Accuracy) และความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE)

2.2.1 ความแม่นยำและค่า MSE ของระบบทำนายธาตุไนโตรเจน

ระบบทำนายธาตุไนโตรเจนที่พัฒนามาจากโมเดล MobileNet V3 คำนวณหาความแม่นยำและค่า MSE โดยใช้ชุดข้อมูลฝึกฝนจากทางใบที่ 17 ในกลุ่มตัวอย่างธาตุไนโตรเจนระดับขาดมาก จำนวน 244 ตัวอย่าง ทำนายถูก จำนวน 222 ตัวอย่าง มีความแม่นยำร้อยละ 90.98 และมีค่า MSE เท่ากับ 0.06 กลุ่มตัวอย่างธาตุไนโตรเจนระดับขาดน้อย จำนวน 395 ตัวอย่าง ทำนายถูก จำนวน 330 ตัวอย่าง มีความแม่นยำร้อยละ 83.54 และมีค่า MSE เท่ากับ 0.06 กลุ่มตัวอย่างธาตุไนโตรเจนระดับเหมาะสม จำนวน 372 ตัวอย่าง ทำนายถูก จำนวน 18 ตัวอย่าง มีความแม่นยำร้อยละ 4.83 และมีค่า MSE เท่ากับ 0.06 กลุ่มตัวอย่างธาตุไนโตรเจนระดับเกิน จำนวน 11 ตัวอย่าง ทำนายถูก จำนวน 9 ตัวอย่าง มีความแม่นยำร้อยละ 81.81 และมีค่า MSE เท่ากับ 0.07 โดยมีความแม่นยำรวมร้อยละ 86.34 และค่า MSE รวม เท่ากับ 0.06 (ตารางที่ 6)

กลุ่มตัวอย่างธาตุไนโตรเจนระดับเหมาะสม พบว่ามีความความแม่นยำต่ำ เนื่องจากข้อมูลภาพในกลุ่มเหมาะสมมีความใกล้เคียงกับตัวอย่างธาตุไนโตรเจนระดับขาดน้อย ทำให้โมเดลไม่สามารถแยกแยะได้และจำแนกคุณลักษณะของข้อมูลภาพได้ดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 ค่าความคลาดเคลื่อนและความแม่นยำของระบบทำนายธาตุไนโตรเจน

กลุ่มสุขภาพ	ข้อมูลที่ทายถูก/ จำนวนข้อมูลทั้งหมด	Accuracy (%)	MSE
ขาดมาก	222/244	90.98	0.06
ขาดน้อย	330/395	83.54	0.06
เหมาะสม	18/372	4.83	0.06
เกิน	9/11	81.81	0.07
รวม	**-**	**86.34**	**0.06**

การกระจายตัวของข้อมูลที่ได้จากการทำนายและข้อมูลค่าธาตุอาหารจริงของชุดข้อมูลทดสอบ (Testing data) ของระบบทำนายธาตุไนโตรเจน แสดงดังภาพที่ 34

ภาพที่ 34 กระจายตัวของข้อมูลจากการทำนายและข้อมูลจริงของระบบทำนายธาตุไนโตรเจน

2.2.2 ความแม่นยำและค่า MSE ของระบบทำนายธาตุโพแทสเซียม

ระบบทำนายธาตุโพแทสเซียมที่พัฒนามาจากโมเดล MobileNet V3 คำนวณหาความแม่นยำและค่า MSE โดยใช้ชุดข้อมูลฝึกฝนจากทางใบที่ 17 ในกลุ่มตัวอย่างธาตุธาตุโพแทสเซียมระดับขาดมาก จำนวน 508 ตัวอย่าง ทำนายถูก จำนวน 382 ตัวอย่าง มีความแม่นยำร้อยละ 75.19 และค่า MSE เท่ากับ 0.10 กลุ่มตัวอย่างธาตุธาตุโพแทสเซียมระดับขาดน้อย จำนวน 249 ตัวอย่าง ทำนายถูก จำนวน 101 ตัวอย่าง มีความแม่นยำร้อยละ 40.56 และค่า MSE เท่ากับ 0.10 กลุ่มตัวอย่างธาตุธาตุโพแทสเซียมระดับเหมาะสม จำนวน 137 ตัวอย่าง ทำนายถูก จำนวน 27 ตัวอย่าง มีความแม่นยำร้อยละ 19.70 และค่า MSE เท่ากับ 0.2 กลุ่มตัวอย่างธาตุธาตุโพแทสเซียมระดับเกิน จำนวน 10 ตัวอย่าง ทำนายถูก จำนวน 0 ตัวอย่าง มีความแม่นยำร้อยละ 0 และค่า MSE เท่ากับ 0.48 โดยมีความแม่นยำรวมร้อยละ 56.66 และค่า MSE รวม เท่ากับ 0.12 (ตารางที่ 7)

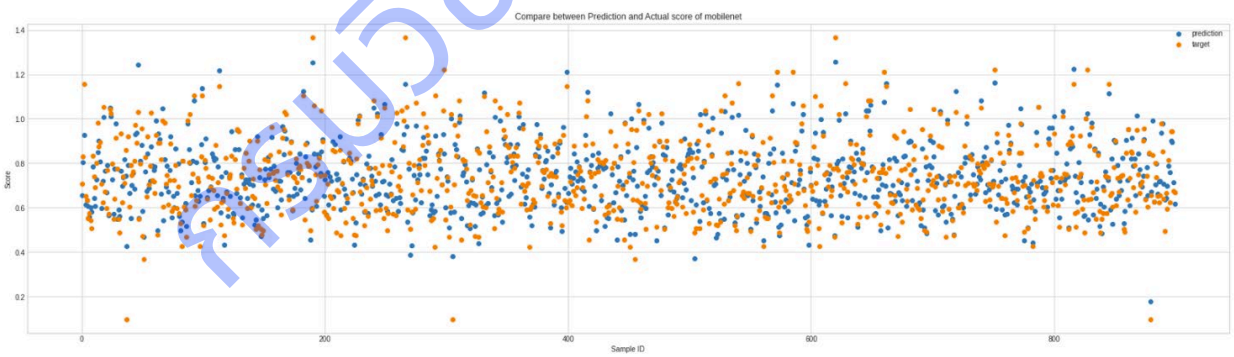
กรมวิทยาศาสตร์

กลุ่มตัวอย่างธาตุธาตุโพแทสเซียมระดับขาดน้อยมีความแม่นยำต่ำ เนื่องจากข้อมูลภาพในกลุ่มขาดน้อยมีความใกล้เคียงกับตัวอย่างธาตุโพแทสเซียมระดับขาดมาก ให้ทำให้โมเดลไม่สามารถแยกแยะได้และสกัดคุณลักษณะของข้อมูลภาพได้ดี สำหรับกลุ่มตัวอย่างธาตุธาตุโพแทสเซียมระดับเหมาะสมและระดับเกิน พบว่ามีความแม่นยำต่ำมาก เนื่องจากชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝนมีกลุ่มตัวอย่างในช่วงนี้น้อยมาก ทำให้โมเดลไม่สามารถเรียนรู้ได้

ตารางที่ 7 ค่าความคลาดเคลื่อนและความแม่นยำของระบบทำนายธาตุโพแทสเซียม

กลุ่มสุขภาพ	ข้อมูลที่ทายถูก/ จำนวนข้อมูลทั้งหมด	Accuracy (%)	MSE
ขาดมาก	382/508	75.19	0.10
ขาดน้อย	101/249	40.56	0.10
เหมาะสม	27/137	19.70	0.20
เกิน	0/10	0.00	0.48
รวม	**-**	**56.66**	**0.12**

การกระจายตัวของข้อมูลที่ได้จากการทำนายและข้อมูลค่าธาตุอาหารจริงของชุดข้อมูลทดสอบ (Testing data) ของระบบทำนายธาตุไนโตรเจน แสดงดังภาพที่ 35



ภาพที่ 35 กระจายตัวของข้อมูลจากการทำนายและข้อมูลจริงของโมเดล MobileNet V3

ภาควิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การดำเนินงานของโครงการพัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน ดำเนินการระหว่างปีงบประมาณ 2560-2564 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ ดังนี้

สรุป

1. ระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน ใช้งานและแสดงผลผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน http://puipalm.research-oard7.com

2. ระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน สามารถจัดเก็บข้อมูลผลวิเคราะห์ดิน ผลวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบ และประวัติการใส่ปุ๋ยแปลงปาล์มน้ำมันได้

3. การใช้งานระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน มี2 ลักษณะ คือ 1) การแปลผลการใช้ปุ๋ยจากข้อมูลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันจากห้องปฏิบัติการ และ 2) การแปลผลการใช้ปุ๋ยจากภาพถ่ายในปาล์มน้ำมันที่นำเข้าสู่ระบบ โดยผ่านการทำนายธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันอัตโนมัติ โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์

4. ระบบทำนายธาตุไนโตรเจน และระบบทำนายธาตุโพแทสเซียม มีความแม่นยำรวมร้อยละ 86.34 และ 56.66 ตามลำดับ และมีค่า MSE รวมเท่ากับ 0.06

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อมูลภาพที่ใช้ในปัจจุบันคือภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันจากกล้องดิจิตอล มีปัจจัยควบคุมหลายอย่าง เช่น ได้มาจากการตัดพื้นที่ใบปาล์มน้ำมันแต่ละใบจากภาพใหญ่ มีพื้นหลังภาพสีดำ และถ่ายภาพในระนาบขนานกับวัตถุ ทำให้ไม่มีความหลากหลายของข้อมูล หากใช้งานจริงโดยใช้ภาพที่มีพื้นหลัง อุปกรณ์ถ่ายภาพ แสง ขนาดของภาพ และมุมในการถ่ายภาพที่ต่างกัน อาจทำให้ค่าทำนายธาตุอาหารไม่ถูกต้องได้ ควรเพิ่มจำนวนตัวอย่างภาพที่ใช้ในการฝึกฝนแบบจำลอง โดยให้มีจำนวนมากขึ้นและกระจายตัวอย่างเท่าๆ กัน ในแต่ละกลุ่มสุขภาพ และเพิ่มความหลากหลายของภาพที่ใช้ในการฝึกฝนแบบจำลอง เช่น ใช้ภาพจากเครื่องแสกน โทรศัพท์มือถือ ภาพที่มีพื้นหลังแตกต่างกัน ภาพที่มีมุมในการถ่ายภาพต่างกัน ภาพที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขของแสงต่างกัน เพื่อให้เหมาะสมและใกล้เคียงกับการใช้งานระบบจริงที่ผู้ใช้งานใช้โทรศัพท์มือถือในการถ่ายภาพ เพื่อให้ระบบฯ มีการเรียนรู้ที่หลากหลายและสกัดคุณลักษณะได้ดีขึ้น มีความแม่นยำมากขึ้น

2. ตัวอย่างข้อมูลภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันที่มีลักษณะต่างกันอย่างมาก อาจจะมีค่าธาตุอาหารจากผลวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากข้อจำกัดในการตรวจวิเคราะห์ที่ต้องใช้ใบปาล์มน้ำมันหลายใบสำหรับการตรวจ 1 ตัวอย่าง การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารในต้นปาล์มน้ำมัน การใส่ปุ๋ยในช่วงเวลาก่อนเก็บตัวอย่างและค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารแต่ละตัวอย่างที่มีความใกล้เคียงกัน อาจทำให้ค่าทำนายธาตุอาหารไม่ถูกต้องได้ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม หรือใช้เทคนิคในการประมวลผลภาพวิธีอื่นๆ ที่สามารถเรียนรู้ข้อมูลภาพและทำให้โมเดลมีความแม่นยำเพิ่มขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

3. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน ควรมีการเก็บข้อมูลภาพถ่ายควบคู่ไปกับข้อมูลผลวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการจากตัวอย่างที่รับบริการวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ชุดข้อมูลมากขึ้นสำหรับการฝึกฝนของโมเดล

4. ควรทดสอบการใช้งานระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมันบนเว็บแอปพลิเคชัน ให้หลากหลายกลุ่มผู้ใช้ ได้แก่ นักวิจัย นักวิชาการ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่สำนักงาน เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน นักเรียน นักศึกษา และบุคคลทั่วไป เพื่อให้ได้ผลสะท้อนการใช้งานที่หลากหลาย เพื่อนำกลับมาปรับปรุงระบบให้ใช้งานง่ายขึ้น (User friendly)

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานของแผนงานวิจัยย่อยวิจัยพัฒนาระบบสารสนเทศแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน ที่ประกอบด้วย 2 โครงการวิจัย ได้แก่ 1. โครงการวิจัยพัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันโดยใช้เทคนิค image processing และ 2. โครงการพัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยระหว่างปี พ.ศ. 2560-2564 วิจัยและพัฒนาโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการวิเคราะห์ภาพถ่าย เพื่อพัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ย ใช้งานบนเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ให้ผู้ใช้งานสามารถประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันและแปลผลค่าวิเคราะห์ รวมทั้งออกคำแนะนำการใช้ปุ๋ยอัตโนมัติสำหรับปาล์มน้ำมันรายแปลงได้ สามารถสรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ ดังนี้

สรุป

1. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีของตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันจากภาพถ่ายกับผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ พบว่าความสัมพันธ์ของธาตุไนโตรเจน และธาตุโพแทสเซียมกับค่าสี พบความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก ดังนั้น การใช้ค่าสีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถประเมินปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียมในใบปาล์มน้ำมันได้

2. การประมวลผลภาพใบปาล์มน้ำมันโดยใช้เทคนิค K-mean clustering สำหรับจัดกลุ่มค่าสี และหาสีหลักของภาพ (Dominant colors) สำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาแผ่นเทียบสี เพื่อประเมินระดับการขาดธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม พบว่า การสร้างจากการจัดกลุ่มของค่าสีสำหรับประเมินธาตุไนโตรเจน ทั้งทางใบที่ 17 และ 33 มีจำนวนค่าสีที่เหมาะสม คือ 5 จำนวนกลุ่มค่าสี และธาตุโพแทสเซียม ทั้งทางใบที่ 17 และ 33 มีจำนวนค่าสีที่เหมาะสม คือ 30 จำนวนกลุ่มค่าสี

3. ได้จัดทำแผ่นเทียบสีธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียม ทางใบที่ 17 และ 33 สำหรับประเมินระดับของธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมเบื้องต้น

4. การพัฒนาโมเดลทำนายธาตุไนโตรเจน และโมเดลทำนายธาตุโพแทสเซียม ศึกษาและพัฒนา จำนวน 3 โมเดล ได้แก่ โมเดล AlexNet V2 โมเดล ResNext และโมเดล MobileNet V3 และวัดประสิทธิภาพการเรียนรู้ทั้ง 3 โมเดล โดยการเปรียบเทียบค่า Loss ของแต่ละโมเดล ที่ใช้ข้อมูลฝึกฝนจากทางใบ 17 จำนวน 150 Epochs เหมือนกัน พบว่า มีการลดลงของค่า Loss ที่ใกล้ 0 ทุกโมเดล และพบว่า MobileNet V3 ให้ค่า Loss ต่ำที่สุด หรือมีประสิทธิภาพสูงสุดที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาระบบประเมินธาตุอาหารในขั้นตอนต่อไป

5. ระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน ใช้งานและแสดงผลผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน http://puipalm.research-oard7.com

6. ระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน สามารถจัดเก็บข้อมูลผลวิเคราะห์ดิน ผลวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบ และประวัติการใส่ปุ๋ยแปลงปาล์มน้ำมันได้

สำนักวิชาการเกษตร

7. การใช้งานระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน มี2 ลักษณะ คือ 1) การแปลผลการใช้ปุ๋ยจากข้อมูลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันจากห้องปฏิบัติการ และ 2) การแปลผลการใช้ปุ๋ยจากภาพถ่ายในปาล์มน้ำมันที่นำเข้าสู่ระบบ โดยผ่านการทำนายธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันอัตโนมัติ โดยใช้ปัญญาประดิษฐ์

8. ระบบทำนายธาตุไนโตรเจน และระบบทำนายธาตุโพแทสเซียม มีความแม่นยำรวมร้อยละ 86.34 และ 56.66 ตามลำดับ และมีค่า MSE รวมเท่ากับ 0.06

ข้อเสนอแนะ

1. ตัวอย่างภาพถ่ายที่ได้จากสแกนในบางตัวอย่างมีภาพและสีที่ผิดเพี้ยนไปจากความจริง จึงไม่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้ อย่างไรก็ตามได้มีการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอลไว้ด้วย จึงได้นำภาพจากกล้องดิจิตอลมาใช้ในการศึกษาเพียงอย่างเดียว

2. ข้อมูลภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันจากกล้องดิจิตอล มีปัจจัยควบคุมหลายอย่าง เช่น ได้มาจากการตัดพื้นที่ใบปาล์มน้ำมันแต่ละใบจากภาพใหญ่ มีพื้นหลังภาพสีดำ และถ่ายภาพในระนาบขนานกับวัตถุ ทำให้ไม่มีความหลากหลายของข้อมูล หากใช้งานจริงโดยใช้ภาพที่มีพื้นหลัง อุปกรณ์ถ่ายภาพ แสง ขนาดของภาพ และมุมในการถ่ายภาพที่ต่างกัน อาจทำให้ค่าทำนายธาตุอาหารไม่ถูกต้องได้

3. ตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาโมเดลทำนายธาตุอาหาร ในกลุ่มตัวอย่างธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมในระดับเหมาะสม และเกินค่ามาตรฐาน มีกลุ่มตัวอย่างจำนวนน้อยทำให้โมเดลมีการเรียนรู้น้อย จึงทำให้ค่าการทำนายในระดับดังกล่าวมีความแม่นย่ำต่ำ อย่างไรก็ตามได้แก้ปัญหาโดยการใส่ปุ๋ยที่ให้ธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมให้กับต้นปาล์มน้ำมัน ให้มีการดูดใช้และสะสมธาตุดังกล่าวในให้อยู่ในระดับเหมาะสมและเกินค่ามาตรฐานธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันทางใบที่ 17 แต่ก็ยังมีปริมาณไม่มากพอ จึงจำเป็นต้องเก็บข้อมูลดังกล่าวสะสมในระยะยาวเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของโมเดลให้แม่นย่ำมากขึ้น

4. ควรเพิ่มจำนวนตัวอย่างภาพที่ใช้ในการฝึกฝนแบบจำลอง โดยให้มีจำนวนมากขึ้นและกระจายตัวอย่างเท่าๆ กัน ในแต่ละกลุ่มสุขภาพ และเพิ่มความหลากหลายของภาพที่ใช้ในการฝึกฝนแบบจำลอง เช่น ใช้ภาพจากเครื่องแสกน โทรศัพท์มือถือ ภาพที่มีพื้นหลังแตกต่างกัน ภาพที่มีมุมในการถ่ายภาพต่างกัน ภาพที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขของแสงต่างกัน เพื่อให้เหมาะสมและใกล้เคียงกับการใช้งานระบบจริงที่ผู้ใช้งานใช้โทรศัพท์มือถือในการถ่ายภาพ เพื่อให้ระบบฯ มีการเรียนรู้ที่หลากหลายและสกัดคุณลักษณะได้ดีขึ้น มีความแม่นยำมากขึ้น

5. ตัวอย่างข้อมูลภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมันที่มีลักษณะต่างกันอย่างมาก อาจจะมีค่าธาตุอาหารจากผลวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากข้อจำกัดในการตรวจวิเคราะห์ที่ต้องใช้ใบปาล์มน้ำมันหลายใบสำหรับการตรวจ 1 ตัวอย่าง การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารในต้นปาล์มน้ำมัน การใส่ปุ๋ยในช่วงเวลาก่อนเก็บตัวอย่างและค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารแต่ละตัวอย่างที่มีความใกล้เคียงกัน อาจทำให้ค่าทำนายธาตุอาหารไม่ถูกต้องได้ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม หรือใช้เทคนิคในการประมวลผลภาพวิธีอื่นๆ ที่สามารถเรียนรู้ข้อมูลภาพและทำให้โมเดลมีความแม่นยำเพิ่มขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

6. ควรมีการศึกษาเทคโนโลยีใหม่ๆ นำมาใช้ในการวิเคราะห์ภาพถ่ายใบปาล์มน้ำมัน สำหรับพัฒนาโมเดลทำนายธาตุไนโตรเจน และโมเดลทำนายธาตุโพแทสเซียม

7. ควรมีการศึกษาพัฒนาโมเดลสำหรับการทำนายธาตุอาหารธาตุอื่นๆที่สำคัญในปาล์มน้ำมัน ที่แสดงอาการขาดทางใบที่ชัดเจน ได้แก่ ธาตุแมกนีเซียม และธาตุโบรอน เพื่อมีคำแนะนำการใช้ปุ๋ยผ่านระบบ PUIPALM ครบคลุมธาตุอาหารสำคัญที่ปาล์มน้ำมันต้องการในปริมาณมากในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต

8. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน ควรมีการเก็บข้อมูลภาพถ่ายควบคู่ไปกับข้อมูลผลวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการจากตัวอย่างที่รับบริการวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ชุดข้อมูลมากขึ้นสำหรับการฝึกฝนของโมเดล

9. ควรทดสอบการใช้งานระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมันและระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมันบนเว็บแอปพลิเคชัน ให้หลากหลายกลุ่มผู้ใช้ ได้แก่ นักวิจัย นักวิชาการ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่สำนักงาน เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน นักเรียน นักศึกษา และบุคคลทั่วไป เพื่อให้ได้ผลสะท้อนการใช้งานที่หลากหลาย เพื่อนำกลับมาปรับปรุงระบบให้ใช้งานง่ายขึ้น (User friendly)

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

โครงการที่ 1 พัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันโดยใช้เทคนิค image processing

กรมวิชาการเกษตร. 2554. เทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมันแบบครบวงจร. เอกสารประกอบการอบรม.

ธีระ เอกสมธราเมษฐ์. 2554. การปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมัน. ภาควิชาพืชศาสตร์คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

Afonso, T., Moresco, R., Uarrota, V. G., Navarro, B. B., Nunes, E. da C., Maraschin, M., & Rocha, M. (2017). UV-Vis and CIELAB Based Chemometric Characterization of Manihot esculenta Carotenoid Contents. Journal of Integrative Bioinformatics, 14(4), 1–13. https://doi.org/10.1515/jib-2017-0056

Aguirre-Pablo, A. A., Alarfaj, M. K., Li, E. Q., Hernández-Sánchez, J. F., & Thoroddsen, S. T. (2017). Tomographic Particle Image Velocimetry using Smartphones and Colored Shadows. Scientific Reports, 7(1). https://doi.org/10.1038/s41598-017-03722-9

Cardani, D. (2001). Adventures in hsv space. de Robótica, Instituto Tecnológico Autónomo de, 1–10. http://132.68.58.138/labs/anat/hsvspace.pdf

Dertat, A. 2017. Convolutional layer filter. Towards Data Science, https://towardsdatascience.com/applied-deep-learning-part-4-convolutional-neural-networks- 584bc134c1e2

Dolmiere, T., Ladret, P., & Nicolas, M. (2008). The Blur Effect: Perception and Estimation with a New No-Reference Perceptual Blur Metric Fr ´ To cite this version: The Blur Effect: Perception and Estimation with a New No-Reference Perceptual Blur Metric. Human Vision and Electronic Imaging XII, 6492, 64920I. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00232709%0Ahttps://se.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/24676-image-blur-metric

Donon, Y., Paringer, R., Kupriyanov, A., & Goshin, Y. (2019). Blur-robust image registration and stitching. Journal of Physics: Conference Series, 1368(5). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1368/5/052043

Dubey, S. R., Dixit, P., Singh, N., & Gupta, J. P. (2013). Infected Fruit Part Detection using K-Means Clustering Segmentation Technique. International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence, 2(2), 65. https://doi.org/10.9781/ijimai.2013.229

Fairhurst, T. H., & Mutert, E. (1999). Interpretation and Management of Oil Palm Leaf Analysis Data. Better Crops International, 13(1), 48–51.

กรมวิชาการเกษตร

Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2002). Digital image processing second edition. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 455.

Howard, A.; Sandler, M.; Chu, G.; Chen, L.C.; Chen, B.; Tan, M.; Wang, W.; Zhu, Y.; Pang, R.; Vasudevan, V.; et al. Searching for mobilenetv3. *In* Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, Seoul, Korea, 2 September–27 October 2019; pp. 1314–1324.

Jumb, V., Sohani, M., & Shrivas, A. (2014). Color Image Segmentation using K-Means Clustering and Otsu's Adaptive Thresholding. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 3(9), 72–76.

Kakran, A., & Mahajan, R. (2012). Monitoring growth of wheat crop using digital image processing. Digital Image Processing, 4(12), 631–635.

Krizhevsky, Alex, Sutskever, Ilya, and Hinton, Geoffrey E. 2012. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. In NIPS, pp. 1097–1105, 2012.

Ly, B. C. K., Dyer, E. B., Feig, J. L., Chien, A. L., & Del Bino, S. (2020). Research Techniques Made Simple: Cutaneous Colorimetry: A Reliable Technique for Objective Skin Color Measurement. Journal of Investigative Dermatology, 140(1), 3-12.e1. https://doi.org/10.1016/j.jid.2019.11.003

Mahajan, S. and Singh, A. (2012). A Review of Methods and Approach for Secure Steganography. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 2, 484-488.

Mercado-Luna, A., Rico-García, E., Lara-Herrera, A., Soto-Zarazúa, G., Ocampo-Velázquez, R., Guevara-González, R., Herrera-Ruiz, G., & Torres-Pacheco, I. (2002). African journal of biotechnology. African Journal of Biotechnology, 9(33), 5326–5332. https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/92074/81517

Miyatra, A., & Solanki, S. (2014). Disease and nutrient deficiency detection in cotton plant. International Journal of Engineering Development and Research, 2(2), 2801–2804.

Ruksiamza, K. (2020). Machine Learning (K-Means Clustering). https://kongruksiamza.medium.com/สรุป-machine-learning-ep-7-การจัดกลุ่มด้วย-k-means-k-means-clustering-2423389f6c10

Srimani, P. K., & Nithiyanandhan, K. (2016). Analysis of the Leaf Histogram with HSV-Model. International Journal of Engineering and Management Research, 6, 64–68. http://www.ijemr.net/DOC/AnalysisOfTheLeafHistogramWithHSVModel(64-68).pdf

ศรีปทุมการเกษตร

Tewari, V. K., Arudra, A. K., Kumar, S. P., Pandey, V., & Chandel, N. S. (2013). Estimation of plant nitrogen content using digital image processing. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 15(2), 78–86.

Waltz, F. M., & Miller, J. W. V. (1998). An efficient algorithm for Gaussian blur using finite-state machines. July, 1–8.

Xie Saining, Ross Girshick, Piotr Dollar´, Zhuowen Tu, Kaiming He. 2017. Aggregated Residual Transformations for Deep Neural Networks.

โครงการที่ 2 พัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน และระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน

ธีร์ธวัช แก้ววิจิตร. 2559. การเพิ่มประสิทธิภาพซัพพอร์ตเวกเตอร์รีเกรสชันในการพยากรณ์อนุกรมเวลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี: นครราชสีมา.

สุขุม เฉลยทรัพย์ และคณะ. (2555). เทคโนโลยีสารสนเทศ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

สุพรรษา ยวงทอง, 2558 218. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. กรุงเทพฯ : โปรวิชั่น, 2557

Dertat, A. 2017. Convolutional layer filter. Towards Data Science, https://towardsdatascience.com/applied-deep-learning-part-4-convolutional-neural-networks- 584bc134c1e2

Howard, A.; Sandler, M.; Chu, G.; Chen, L.C.; Chen, B.; Tan, M.; Wang, W.; Zhu, Y.; Pang, R.; Vasudevan, V.; et al. Searching for mobilenetv3. *In* Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, Seoul, Korea, 2 September–27 October 2019; pp. 1314–1324.

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก

1. พัฒนาโมเดลการประเมินธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน โดยใช้เทคนิค image processing

ภาคผนวก ก: แผ่นเทียบสีใบปาล์มน้ำมัน

2. โครงการพัฒนาระบบประเมินปริมาณธาตุอาหารในปาล์มน้ำมัน และระบบแนะนำการใช้ปุ๋ยในปาล์มน้ำมัน

ภาคผนวก ข: เว็บ PUIPALM: http://puipalm.research-oard7.com

ภาคผนวก ค : คู่มือการใช้งานเว็บ PUIPALM

กองวิจัยการเกษตร