

ระบบบริหารจัดการสวนปาล์มน้ำมัน

PALM OIL PLANTATION MANAGEMENT PLATFORM

รุจน์ พัฒนเจริญ¹

ชัยพร เขมะภาคะพันธ์²

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกปาล์มน้ำมันรายใหญ่เป็นอันดับสามของโลก อย่างไรก็ตาม จากรายงานของ The Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO) ประเทศไทยยังไม่ได้ดำเนินการระบบติดตามและจัดการสวนปาล์มน้ำมันที่ดี การเพาะปลูกและการจัดการปาล์มน้ำมันจำเป็นต้องมีการตรวจสอบและบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง แนวทางปฏิบัติดังกล่าวยังคงจำกัดอยู่เพียงการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ซึ่งต้องใช้เวลาและทรัพยากรมาก เพื่อตอบสนองความต้องการนี้ จำเป็นต้องมีระบบตรวจสอบและบันทึกอย่างต่อเนื่องโดยอัตโนมัติ ระบบนี้ควรจะสามารถติดตามสภาพแวดล้อมในพื้นที่สวนปาล์มน้ำมันและแนวปฏิบัติในการจัดการสวนปาล์มได้ การศึกษานี้เสนอแพลตฟอร์มบนเว็บ (รวมถึงแอปพลิเคชันบนมือถือ) เพื่อติดตามและรวบรวมต้นปาล์มแต่ละต้นและข้อมูลการจัดการสวนปาล์มน้ำมัน แพลตฟอร์มนี้ยังรวมถึงการทำงานบนแผนที่ของ Google Map เข้ากับข้อมูลการจัดการสวนปาล์ม (เช่น พื้นที่เพาะปลูก การใส่ปุ๋ย การใช้น้ำ จำนวนผลผลิตที่เก็บเกี่ยว เป็นต้น) ผลการศึกษานี้บ่งชี้ว่าเกษตรกรได้รับผลตอบแทนจากราคาที่เพิ่มขึ้นของผลปาล์ม 0.1-0.2 บาท/กก. นอกจากนี้โรงงานปาล์มน้ำมันยังสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ไม่น้อยกว่า 15% ด้วยศักยภาพทางเทคนิค จึงมั่นใจว่าระบบที่เสนอนี้เหมาะสมสำหรับแนวทางการจัดการปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน, RSPO, อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันในประเทศไทย, แพลตฟอร์มสวนปาล์มน้ำมัน, เกษตรกรสวนปาล์ม

¹ นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

² ที่ปรึกษาสารนิพนธ์หลัก

ABSTRACT

Thailand is the world's third-largest oil palm exporter. However, according to the Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO) Thailand has yet to implement a good oil palm plantation monitoring and management system. Oil palm cultivation and management require continuous monitoring and maintenance. However, such practices are still limited to manual data collection which is time and resources consuming. To address this need, automated continuous monitoring and recording system is required. This system should be able to keep track of the local environment and management practices. This study proposed a web-based platform (including a mobile application) to track and collect tree and management information. This platform includes the integration of a Google Map base map with the facility to insert the management information (such as location, fertilizer, water usage, number of fruits harvested, etc.). The results of this study indicated the increase in return on the price of palm fruit by 0.1-0.2 Baht/kg. In addition, the company is able to reduce the production costs by 15%. Due to the technical potential, we are convinced that the proposed system is suitable for sustainable oil palm management practices.

1. บทนำ

การจัดการสวนปาล์มน้ำมันในประเทศไทย การวิจัยนี้ทำขึ้นโดยอาศัยการจัดการของโรงงานปาล์มน้ำมันที่ได้พิจารณาถึงกลุ่มเกษตรกรชาวสวนปาล์มรายย่อย ในรูปแบบของระบบการผลิตตลอดห่วงโซ่อุปทาน (FFB Supply Chain) โดยเฉพาะในส่วนต้นน้ำ ตั้งแต่การเพาะปลูก การบริหารจัดการสวน (Palm Plantation Management) ของเกษตรกรรายย่อย การเก็บเกี่ยวผลปาล์มของเกษตรกร (Harvesting) การขนส่งผลปาล์มเข้าสู่โรงงาน (Logistics) ยังคงค่อนข้างเป็นแบบการเกษตรพื้นบ้านที่ขาดการจดบันทึกข้อมูลการจัดการสวนที่ดี (เช่นการใส่ปุ๋ย การให้น้ำ) ขาดระบบการบริหารจัดการข้อมูลสวนที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งการผลิตปาล์มน้ำมันของเกษตรกรรายย่อยของไทยมีจุดอ่อนที่สำคัญ ได้แก่ ผลผลิตปาล์มนั้น FFB (Full Fruit Bunch) มีอัตราเปอร์เซ็นต์น้ำมันปาล์มต่ำอยู่ในระดับเฉลี่ยร้อยละ 17 และมีผลผลิตต่อไร่ต่ำ เฉลี่ย 2.47 - 2.60 ตันต่อไร่ ต้นทุนการผลิตสูงโดยเฉลี่ยต้นทุนการผลิตของเกษตรกร 3.08-3.38 บาท/กก. ที่เปอร์เซ็นต์น้ำมัน 17% (%OER: Oil Extraction Rate) ณ โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ (อ้างอิงข้อมูล: 17 มีนาคม 2560)

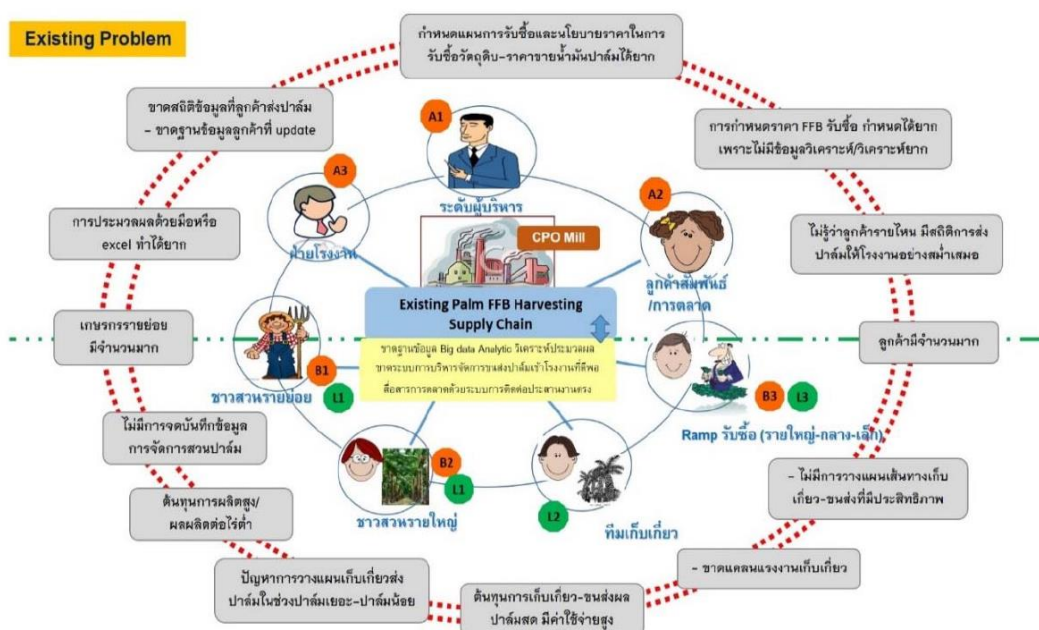
ส่งผลให้อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มของไทย มีปัญหาอุปสรรค สรุปได้ดังนี้

1. เกษตรกรรายย่อยมีต้นทุนการผลิตสูง ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยต่ำ และผลผลิตปาล์มน้ำมันที่ได้มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่ำเนื่องจากเกษตรกรรายย่อย ขาดความรู้ความเข้าใจในการบริหารจัดการสวนที่ถูกต้อง และการเก็บเกี่ยวผลปาล์มที่มีคุณภาพรวมถึงขาดการบันทึกข้อมูลการจัดการสวนปาล์มที่ดี อาทิเช่น การให้น้ำ การให้ปุ๋ย การใช้สารเคมีและการบำรุงดินที่ถูกต้องเหมาะสม รวมถึงการตัดปาล์มที่ไม่ได้คุณภาพ การจัดการสวน การเก็บเกี่ยวผลปาล์มที่มีคุณภาพ รวมไปถึงการบริหารจัดการการขนส่งผลผลิต FFB จำหน่ายโรงงาน

2. ประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันปาล์ม (% OER) ของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มต่ำ เพราะขาดข้อมูลประมาณการวัตถุดิบผลปาล์มสด FFB เข้าสู่การผลิต ข้อมูลที่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ไม่ทันเหตุการณ์ ส่งผลต่อการวางแผนการผลิตของโรงงานที่ไม่สามารถทำได้ชัดเจนแม่นยำ

3. อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันไทย ขาดศักยภาพในการแข่งขันด้านราคาในตลาดโลก เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซีย (ผลผลิตปาล์มน้ำมันของไทย มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่ำเฉลี่ย OER 17% ในขณะที่คู่แข่งต่างประเทศ ผลผลิตปาล์มมี OER 20-21%) เนื่องจากไทยมีต้นทุนการผลิตที่สูงกว่า อีกทั้ง กำลังเผชิญปัญหาภัยคุกคามทางการค้า ซึ่งมีสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากการดำเนินการตามมาตรฐาน RSPO ที่ผู้ผลิตปาล์มน้ำมันปาล์มของประเทศไทยยังได้รับรองมาตรฐาน RSPO น้อย (ปัจจุบันมีผู้ผลิตปาล์มน้ำมันปาล์มของ ไทย ที่ผ่านได้รับการรับรองมาตรฐาน RSPO มีเพียงร้อยละ 10 เท่านั้น)

โดยมีแผนภาพเชื่อมโยงปัญหาอุปสรรคในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ (อุตสาหกรรมต้นน้ำ) ดังแสดงในแผนภาพ



ภาพที่ 1.1 แผนภาพเชื่อมโยงปัญหาอุปสรรคในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

การจัดการพื้นที่เกษตร สิ่งที่พบในทุก ๆ พื้นที่เกษตรคือ เกษตรกรหรือเจ้าของสวนปาล์ม ไม่สามารถที่จะควบคุมผลผลิตได้อย่างแม่นยำ รวมถึงการจ้างแรงงาน เพื่อทราบถึงข้อมูลและควบคุมปริมาณการใช้ทรัพยากรในพื้นที่เกษตรของตนเอง การจัดการพื้นที่เกษตรที่ไม่สามารถควบคุมปริมาณงานที่เกิดขึ้นได้ ยังผลให้มีแนวคิดในการพัฒนาจัดการระบบต่าง ๆ ในพื้นที่เกษตรกรรม โดยมีการเข้าเก็บข้อมูลและนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ โดยรวมทั้งหมด อันได้แก่ ระบบการจัดการพื้นที่เกษตร การจัดการพืชแต่ละต้น, การจัดการขนาดแปลงเพาะปลูก, ระบบจัดการน้ำสำหรับพืชผลทางการเกษตร, ระบบการจัดเก็บผลผลิต, ระบบคนงาน, ระบบการกำจัดศัตรูพืช, ระบบวิเคราะห์ผลผลิต และระบบรายรับรายจ่าย เพื่อศึกษาการเพาะปลูกให้เหมาะสมกับพืชที่จะปลูก เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคยกับเทคโนโลยี ด้วยเหตุนี้จึงนำเสนองานวิจัยนี้ โดยการจัดทำแพลตฟอร์มที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสถานะการเพาะปลูกและสภาพแวดล้อมรวมถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิตรายต้นต่อไร่ ทั้งการจัดการน้ำที่มีให้ใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพในพื้นที่ที่ใช้งาน แพลตฟอร์มนี้ควบคู่ไปกับการวิเคราะห์และทำความเข้าใจลักษณะของพืช รวมถึงการออกแบบซอฟต์แวร์ของแพลตฟอร์ม แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของแพลตฟอร์มสำหรับการประยุกต์ใช้ในพื้นที่ โดยการนำเสนอการทำฟาร์มดิจิทัลให้เกษตรกรต่าง ๆ ใช้งานและช่วยให้ผลผลิตที่ดีขึ้นทั้งยังเพิ่มรายได้และประหยัดเวลาในการทำงานมากขึ้นอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

- 1.2.1 ออกแบบระบบบันทึกและจัดเก็บข้อมูลการผลิตของเกษตรกรสวนปาล์มรายย่อย เพื่อป้องกันการสูญหายของเอกสารการบันทึกข้อมูลของเกษตรกร
- 1.2.2 ออกแบบระบบแสดงข้อมูลพื้นฐานในการประมวลผลปริมาณผลผลิต เพื่อบริหารจัดการการขนส่งผลผลิตได้อย่างมีคุณภาพ สะดวกรวดเร็ว
- 1.2.3 ออกแบบระบบเอกสารประกอบการติดตามทวนสอบ (Traceability) และง่ายต่อการติดตามทวนสอบ (Traceability) ข้อมูลปริมาณผลผลิต ของเกษตรกรสวนปาล์ม
- 1.2.4 ออกแบบระบบสนับสนุนการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการกระบวนการผลิต (Production Plan)

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้จึงเป็นการเริ่มต้นการนำเอาเทคโนโลยีในการจับพื้นที่แปลงสวนปาล์มน้ำมันมาใช้ในการกำหนดพื้นที่สวนปาล์มขนาดเล็ก และออกแบบเพื่อให้คำนวณสำหรับใช้งานได้ภายในภาคเกษตรกรรมเอง โดยออกแบบพื้นที่แปลงปลูกปาล์มน้ำมันจาก Google map platform ทำการลากเส้นพื้นที่แปลงบนแผนที่หรือกรอกข้อมูล Latitude, Longitude บนเว็บไซต์ ผ่าน Google Maps API เพื่อใช้คำนวณพื้นที่แปลงและขนาดพื้นที่สวนปาล์ม จากนั้นส่งข้อมูลต่อผ่าน Platform control ข้อมูลจะถูกเชื่อมต่อนำข้อมูลเข้าสู่ Web Application และ Mobile Application จากนั้น Platform จะนำแผนที่ที่สร้างขึ้นมาแสดง

การควบคุมข้อมูลที่เป็นในสวนปาล์มน้ำมันโดยใช้การบันทึกข้อมูลลงบน Platform เพื่อเก็บข้อมูลแต่ละต้นปาล์ม อาศัยวิธีการปักหมุดเพื่อระบุตำแหน่งของต้นปาล์มแต่ละต้นลงในแผนที่ Google map จากนั้นระบบจะทำการบันทึกข้อมูล Latitude, Longitude ลงบนแผนที่ สำหรับการบันทึกข้อมูลรายต้นปาล์ม เช่น การให้น้ำ การให้ปุ๋ย การเก็บเกี่ยว จำนวนช่อดอก จำนวนช่อใหม่ การกำจัดวัชพืช และการกำจัดศัตรูพืช ในต้นปาล์มแต่ละต้น ผ่าน Application รวมถึงความสามารถในการดูข้อมูลรวมของแปลงทั้งหมด จะทำการบันทึกข้อมูลผ่าน Mobile Application เมื่อทำการบันทึกเสร็จสมบูรณ์แล้ว ข้อมูลที่ถูกบันทึกทั้งหมดจะสามารถแสดงข้อมูลผ่านทาง Platform ทั้งหมด รวมถึงรายรับรายจ่ายของทั้งสวนปาล์มได้

ภาพรวมของการใช้งานทั้งหมดจะถูกรวบรวมและแสดงผลผ่าน Web Application และ Mobile Application เพื่อรวบรวมข้อมูลสวนปาล์มรายย่อยเข้าด้วยกัน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลและเสนอในรูปแบบผลสรุปการวิเคราะห์ตามที่โรงงานต้องการ ทั้งนี้การรวบรวมข้อมูลแต่ละแปลงเพื่อใช้งานมีการกำหนดกลุ่มย่อยของเกษตรกรที่ทดสอบเริ่มต้นในการกรอกข้อมูลลงแพลตฟอร์มจำนวน 3 รายขนาดไม่น้อยกว่า 50 ไร่ เป็นระยะเวลา 6 เดือน เพื่อใช้ในการประมวลผลและคาดการณ์ปริมาณผลผลิตปาล์มที่จะเข้าสู่ระบบการจัดการสวนปาล์มน้ำมันได้

2. ทฤษฎีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดการพื้นที่แปลงเกษตร

การจัดการพื้นที่ ใช้ในการสร้างแปลงเกษตรโดยอาศัย Google Maps Platform หรือ GMP เป็น API ของ Google ที่ให้นักพัฒนาโปรแกรมสามารถเรียกไปใช้งานเพื่อสร้าง Application โดย

Based on Google Maps ซึ่งรองรับการทำงานทั้ง Web Application และ Mobile Application ผ่านระบบปฏิบัติการ IOS และ Android เพื่อหาพื้นที่เกษตรจำเป็นจะต้องใช้เครื่องมือในการจัดการพื้นที่และคำนวณหาขนาดของแปลงเกษตรโดยผ่านเทคโนโลยี Calculating the area of polyline in Google Earth Engine ผ่านทาง Google Maps API เพิ่ม polyline ใน Map การใส่เส้นพื้นที่ที่ต้องการลงไปในพื้นที่ โดยใช้ Google Maps Widget กำหนดที่ polylines สามารถกำหนดเป็น Set และใน polyline กำหนดข้อมูล Latitude, Longitude ใช้ในการลากเส้น จากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งทั้งพื้นที่สวนปาล์ม

2.2 การออกแบบ Marker บนแผนที่

Platform Web Application และ Mobile Application เมื่อทำการกำหนดขนาดแปลงสวนปาล์มและคำนวณพื้นที่ทั้งหมดของแปลงที่ใช้งานแล้ว การคำนวณจำนวน node ของคันปาล์มแต่ละคันที่จะใช้งานในแปลงนั้น โดยกำหนดเป็น google.maps.Marker พิลด์ที่มีความสำคัญและตั้งค่าไว้เมื่อสร้างมาร์กเกอร์ คือ ตำแหน่งระบุ LatLng ที่ระบุตำแหน่งเริ่มต้นของเครื่องหมาย ตัวสร้างคลาส LatLng แสดงพารามิเตอร์ที่จำเป็นสองตัว (lat และ lng) พารามิเตอร์จะถูกระบุโดยใช้ตัวเลขที่แสดงละติจูดและลองจิจูดของจุดที่ต้องการ

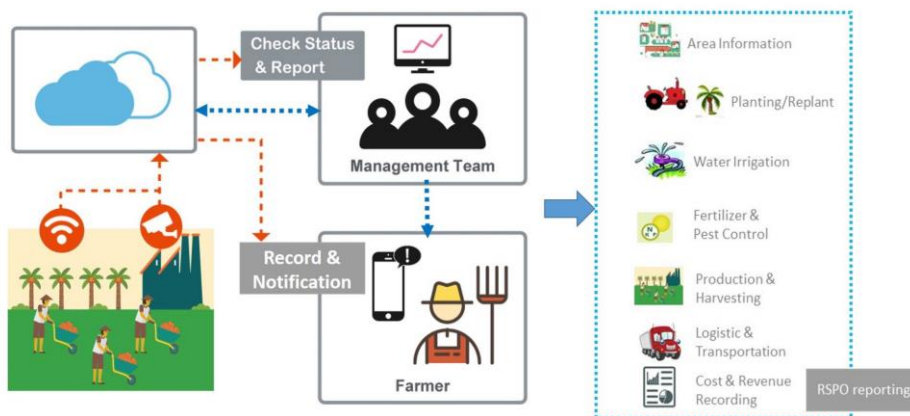
2.3 การออกแบบระบบบันทึกและจัดเก็บข้อมูล

การออกแบบระบบบันทึกและจัดเก็บข้อมูลภายในพื้นที่แปลงสวนปาล์มขนาดใหญ่และกำหนดวิธีการเก็บข้อมูลให้ทั่วถึง ตามการคำนวณเริ่มต้นจาก platform control โดยใช้ GPS ของ Mobile จะครอบคลุมและเชื่อมต่อส่งค่าสัญญาณ เข้าสู่ส่วนควบคุมกลาง ทั้งนี้ระบบดังกล่าวจะเชื่อมโยงกันกับ platform farm control เพื่อ monitor ข้อมูลและส่งข้อมูลต่าง ๆ ไปยังระบบคราวน์ การใช้งานจะขึ้นอยู่กับพื้นที่สำหรับความต้องการจะใช้งาน โดยแบ่งเป็นพื้นที่มีสัญญาณมือถือและพื้นที่ไม่มีสัญญาณ

2.4 การส่งผ่านข้อมูล

การส่งข้อมูลต้องคำนึงถึงพื้นที่ใช้งาน โดยกำหนดเป็น gateway สำหรับเชื่อมต่อกับ platform เป็นสิ่งแรก โดยการศึกษาใช้เทคโนโลยี Geolocation API ในการใช้งานเพื่อส่งข้อมูลระหว่าง Platform control ในพื้นที่กับระบบคราวน์ที่ได้ตั้งขึ้นสำหรับ Platform ซึ่งการกำหนด

โปรโตคอลในการใช้งานเบื้องต้นคือ HTTP สำหรับการส่งข้อมูลขนาดเล็กและมีความรวดเร็วในการรับส่งเพื่อประหยัดพลังงานในพื้นที่เกษตร



ภาพที่ 2.1 แสดงรูปแบบการใช้งานซึ่งเกษตรกรสามารถเก็บข้อมูลในแพลตฟอร์มได้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษา Application ที่มีอยู่ในปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับ การจัดการสวนปาล์ม RSPO นั้น มีการใช้งานแอปพลิเคชันบันทึกข้อมูลการเพาะปลูกเพื่อปรับปรุงผลผลิต พร้อมให้เกษตรกรสวนปาล์มใช้งาน ดังนี้

2.5.1 โครงการการผลิตปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มอย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย (SCPOPP) ร่วมกับกรมส่งเสริมการเกษตรและกรมวิชาการเกษตร ใช้ i-PALM เพื่อบันทึกข้อมูลการเพาะปลูกสำหรับปรับปรุงผลผลิต สำหรับเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มได้เรียนรู้วิธีเก็บข้อมูลที่สำคัญ เช่น ปริมาณปุ๋ยที่เหมาะสม ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว เป็นต้น แอปพลิเคชัน i-PALM เป็นเครื่องมือเพื่อการรับรองมาตรฐาน RSPO ไปสู่การปฏิบัติจริง สามารถใช้ได้กับมือถือทั้งระบบ Android และระบบ iOS และผ่านการทดสอบโดยเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรพื้นที่จำนวน 30 ราย เมื่อปลายปีพ.ศ. 2563 จากนั้นวิทยากรได้ส่งต่อข้อมูลการฝึกอบรมให้กับเกษตรกรจำนวน 68 กลุ่ม รวมกว่า 3,200 ราย

2.5.2 โครงการการพัฒนาระบบเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและนวัตกรรมเกษตรแม่นยำเพื่อการบริหารและจัดการสวนปาล์มน้ำมัน (The Development of Geoinformatics and Precision Agriculture Technology for Administration and Management of Oil Palm Plantations) การจัดการต้นปาล์มน้ำมันโดยใช้ภาพที่มีความละเอียดสูง ร่วมกับ Faster-RCNN สำหรับการตรวจจับอัตโนมัติ

และการจำแนกคุณภาพของต้นปาล์มน้ำมัน การศึกษานี้ใช้กล่องรูปภาพล้อมรอบต้นปาล์มที่แข็งแรงและไม่แข็งแรงจำนวน 4172 กล่อง ซึ่งสร้างจากภาพขนาด 2,000 พิกเซล × 2000 พิกเซล จากชุดข้อมูลทั้งหมด 90% ใช้สำหรับการฝึกอบรมและ 10% ถูกเตรียมสำหรับการทดสอบ โดยใช้ Resnet-50 และ VGG-16 มีการใช้เทคนิคสามวิธีในการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง ได้แก่ การประเมินการฝึกแบบจำลอง การประเมินโดยใช้การตีความด้วยภาพ และการตรวจสอบการสุ่มตัวอย่างภาคพื้นดิน การศึกษาระบุลักษณะสามประการที่จำเป็นสำหรับการตรวจจับและการจำแนกคุณภาพ ได้แก่ ขนาดผล, สีและความหนาแน่น ระดับความสูงที่เหมาะสมที่สุดในการจับภาพเพื่อการตรวจจับและการจัดประเภทถูกกำหนดไว้ที่ 100 สำหรับการตรวจจับต้นปาล์มน้ำมัน การระบุต้นไม้มัดที่แข็งแรง และการระบุต้นไม้มัดที่ไม่แข็งแรง Resnet-50 ได้รับคะแนน F1 ที่ 95.09%, 92.07% และ 86.96% ตามลำดับ เกี่ยวกับการตรวจสอบการสุ่มตัวอย่างภาคพื้นดิน Resnet-50 ให้คะแนน F1 ดีกว่า VGG-16 ในการประเมินทั้งสอง ดังนั้นวิธีการที่เสนอนี้จึงเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการจัดการพืชผลอย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.3 โปรแกรม MFA Pro เพื่อบริหารจัดการอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันอย่างยั่งยืน โปรแกรมวิเคราะห์การไหลของวัสดุสำหรับอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อวิเคราะห์การไหลของวัสดุในอุตสาหกรรมแปรรูปปาล์มน้ำมันและผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องที่ใช้ประโยชน์จากน้ำมันปาล์ม และข้อมูลเทคโนโลยีการจัดการของเสียที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลการประเมินการไหลของวัสดุ (Material Flow) ประเมินต้นทุนวัตถุดิบในการผลิต (Financial Flow) และประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์ของผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากปาล์มน้ำมัน (Carbon Footprint) ใช้ประเมินการไหลของวัสดุตั้งแต่ขั้นตอนการปลูกปาล์มน้ำมัน การสกัดน้ำมันปาล์มดิบ การกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และการผลิตไบโอดีเซล พัฒนาขึ้นเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากร ลดการเกิดการสูญเสียภายในโรงงานอย่างเป็นระบบมีประสิทธิภาพ ผ่านรูปแบบการประเมินความสูญเสียที่เกิดขึ้นทั้งมวลสาร และปริมาณน้ำมัน สามารถวิเคราะห์ต้นทุนของวัตถุดิบในกระบวนการผลิต และต้นทุนของวิธีการจัดการของเสียที่เกิดขึ้น รวมถึงการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมผ่านรูปแบบการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นต์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ

การใช้งานโปรแกรมจะมีข้อมูล 3 ประเภทคือ ข้อมูลทั่วไปของฟาร์มเกษตร ข้อมูลผลผลิต และข้อมูลการวิเคราะห์ผลผลิตต่อพื้นที่ โดยการเข้าถึง Mobile Application สำหรับผู้ใช้งานทั่วไป โดยไม่ต้องทำการลงทะเบียนจะสามารถเห็นข้อมูลทั่วไปของการวิจัย เช่น บทความเกี่ยวกับผลผลิตฐานข้อมูลผลผลิตและจำหน่าย และการคำนวณเบื้องต้น ทั้งนี้ เป็นข้อมูลที่มีประโยชน์และสามารถนำไปใช้งานได้เบื้องต้นสำหรับผู้สนใจและต้องการหาข้อมูลของฟาร์มเกษตรได้

สำหรับส่วนที่มีข้อมูลในระดับผลผลิตและการวิเคราะห์จะมีหลักการทำงานดังต่อไปนี้

3.1.1 ศึกษาข้อมูลที่มีอยู่เดิม นำมาจัดทำเป็นแบบฟอร์มข้อมูล User Interface และหาความสัมพันธ์ของข้อมูล เพื่อจัดทำระบบฐานข้อมูล Normalization กระบวนการปรับปรุงโครงสร้างข้อมูลของฐานข้อมูลที่มีความซ้ำซ้อนให้อยู่ในรูปแบบที่เป็นบรรทัดฐาน (Normal Form) และจัดทำเป็นแบบฟอร์มต่อไป

3.1.2 ศึกษากระบวนการเชื่อมต่อข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตให้เหมาะสมกับการวิจัย และสภาพแวดล้อมที่มีอยู่ จัดทำระบบเครือข่ายและจัดทำเครื่องแม่ข่ายคอมพิวเตอร์ ฐานข้อมูล และการเชื่อมต่อข้อมูลทั้งระหว่างเว็บไซต์ แอปพลิเคชันและฐานข้อมูล

3.1.3 กำหนดความสัมพันธ์กับระบบฐานข้อมูล

3.1.4 การกำหนดกลุ่มผู้ใช้งานโปรแกรม การพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลการวิเคราะห์ปาล์ม มีหลักการในการจัดเก็บข้อมูลอยู่ 3 ระดับ ในการแบ่งระดับผู้ใช้งานจะใช้วิธีการเข้าถึงข้อมูลในการแยกผู้ใช้อยู่แต่ละประเภท เป็นการกำหนดสิทธิ์และทำให้ผู้เข้าใช้งานได้เข้าถึงข้อมูลที่ต้องการอย่างแท้จริง โดยมีสิทธิในการเข้าถึงข้อมูลดังนี้

ผู้ใช้งานทั่วไป	ผู้ใช้งานข้อมูล	ผู้วิเคราะห์
ข้อมูลทั่วไป	ข้อมูลทั่วไปของตนเอง	ข้อมูลเปรียบเทียบ
ข้อมูลการตลาด	การลงทุน	ข้อมูลสรุปภาพรวม
การประเมินผลผลิต	ฐานข้อมูลผลผลิต	เงินลงทุน
	การตรวจสอบ	
	การจัดทำรายงาน	

ตารางที่ 3.1 แสดงสิทธิซึ่งใช้ในการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งานต่าง ๆ

3.1.5 การเก็บข้อมูลผลผลิตได้จากการลงทะเบียนของผู้เข้าใช้แต่ละแปลงเกษตร โดยสามารถกำหนดสิทธิ์ผู้เข้าถึงข้อมูลได้ด้วยตนเอง สามารถเก็บและแสดงข้อมูลที่ได้ลงไว้ในฐานข้อมูล โดยเมื่อเริ่มลงทะเบียนทางโปรแกรมซอฟต์แวร์จะสร้าง Code เพื่อเป็นตัวกำหนดรหัสของผู้ใช้แต่ละตัวภายในฐานข้อมูล

3.1.6 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพผลผลิต โปรแกรมจะทำค่าที่ได้จากฐานข้อมูลมาวิเคราะห์ผลผลิตเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้ใช้งาน โปรแกรม โดยข้อมูลการวิเคราะห์ดังกล่าวจะทำการประมวลผลจากเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและส่งข้อมูลออกไปตามสิทธิ์ของผู้ใช้งาน

4. ผลการทดลอง

4.1 ผลการออกแบบ

การออกแบบเพื่อใช้งานในพื้นที่สวนปาล์มน้ำมัน โดยออกแบบพื้นที่แปลงจาก google map ทำการลากเส้นพื้นที่แปลงหรือกรอกข้อมูล latitude และ longitude บนเว็บไซต์ จากแผนที่โดยใช้รูปภาพและพิกัดจากโปรแกรม Ling เพื่อนำมาใช้ระบุพิกัดแปลงใน Website จากการดำเนินงานจะแบ่งแปลงออกเป็นพิกัด เพื่อให้โปรแกรมสามารถที่จะระบุพิกัดต้นปาล์มน้ำมันรายต้นได้ ทั้งนี้การระบุพิกัดอาจมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากขนาดพื้นที่ไม่สม่ำเสมอ การแก้ไขโดยภายใน Application สามารถที่จะให้คนงานเลื่อนพิกัดต้นปาล์มแต่ละต้นได้เอง เพื่อให้พิกัดถูกต้องมากยิ่งขึ้น การระบุหมายเลขกริดจะทำให้ง่ายต่อการเดินของคนงานภายในแปลงเนื่องจากสวนปาล์มมีขนาดใหญ่ การจับพิกัดรายต้นปาล์มที่ถูกต้องทำได้ยากและใช้เวลานานในการที่ GPS บนโทรศัพท์มือถือจะจับพิกัดที่แม่นยำได้ ในการทดลองหาพิกัดต้นจะใช้ Mobile GPS ในการระบุตำแหน่งเป็นหลัก โดยใช้งาน Geolocation ในการระบุพิกัด ทั้งนี้ความแม่นยำจะขึ้นอยู่กับรุ่นของโทรศัพท์มือถือที่คนงานใช้ในการเข้าสวนปาล์มน้ำมัน

ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมสำหรับเกษตรกรสวนปาล์ม ในการใช้งานแบ่งออกเป็น 3 ระดับผู้ใช้งานคือ

1. โรงงานปาล์มน้ำมันและผู้ดูแล

การออกแบบสำหรับโรงงานปาล์มน้ำมัน จะดูภาพรวมของเกษตรกรชาวสวนปาล์มที่ทางโรงงานได้ดูแลและชาวสวนที่ขายผลผลิตปาล์มให้กับทางโรงงาน มีการใช้งาน 2 ส่วน

1.1 รูปแบบ Web Application

เริ่มต้นจากการออกแบบ Dashboard สำหรับผู้ดูแลระบบ การเพิ่มข้อมูลของสวนปาล์ม และการวิเคราะห์ข้อมูลภายในโปรแกรม มีรายละเอียดดังนี้

- 1.1.1 การเพิ่มสมาชิกสวนปาล์ม
- 1.1.2 แผนที่เพื่อดูแปลงสวนปาล์มทั้งหมดที่ดูแล
- 1.1.3 ผลวิจัยจาก lab ทดลอง
- 1.1.4 การประชาสัมพันธ์ข้อมูลของโรงงาน
- 1.1.5 องค์ความรู้เพื่อเผยแพร่สู่เกษตรกร
- 1.1.6 ข้อมูลราคาผลผลิตปาล์มรายวัน
- 1.1.7 ผลวิเคราะห์การลงทุน
- 1.1.8 ผลวิเคราะห์ประสิทธิภาพผลผลิต
- 1.1.9 ผลวิเคราะห์การเก็บเกี่ยว
- 1.1.10 ผลวิเคราะห์ปาล์มน้ำมัน

1.2 รูปแบบ Mobile Application

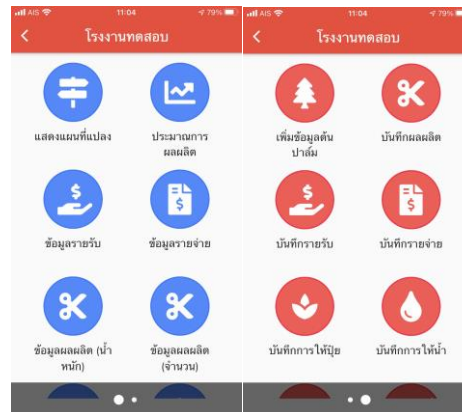
เป็นภาพรวมของแปลงสวนปาล์มที่ดูแล จะแสดงรายงานสรุปของสมาชิกทั้งหมด

2. เจ้าของสวนปาล์ม

การใช้งานของเจ้าของสวนเริ่มจากการอบรมเข้าใช้งาน และเพิ่มสถานะของพนักงานในสวนปาล์ม มีการจัดการรายรับ-รายจ่าย และการบันทึกข้อมูลรายแปลง เจ้าของสวนจะมีข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มขึ้นและแสดงข้อมูลทั้งหมดของพนักงานที่ตนเองมีอยู่ โดยเจ้าของสวนจะสามารถเพิ่ม, ลบ, แก้ไขพนักงานได้ และสามารถเพิ่มต้นปาล์มในสวนของตนเองผ่าน Application ได้ โดยจะมีเมนูสรุปในหน้าหลักคือ

- 2.1 รายรับรายจ่ายทางการเงินประจำเดือน
- 2.2 ความเคลื่อนไหวของเดือน โยจะแสดงผลรวมของ ผลผลิต, การให้น้ำ, ปริมาณน้ำฝน และการให้ปุ๋ย
- 2.3 รายงานสวนปาล์มเดือนนี้ เป็นข้อมูลสรุปและสามารถเพิ่มหรือดูรายละเอียด
- 2.4 อื่น ๆ เป็นระบบเพิ่มพนักงานของสวน และใช้ในการเพิ่มข้อมูลต่าง ๆ ต่อไป

เมนูหลักในการแสดงผลแบ่งเป็น 2 ส่วนคือสีฟ้าเป็นเมนูแสดงข้อมูลและสีแดงเป็นเมนูบันทึกข้อมูล



ภาพที่ 4.2 เมนูหลักเจ้าของสวน

3. คนงานในสวนปาล์ม

ส่วนของคนงานสวนปาล์ม เริ่มโดยการใช้ user คนงานที่เจ้าของสวนสร้างขึ้นมา จะมีข้อมูลหลักๆ 6 เมนู และแสดงการกดบันทึกด้วยปุ่มตัวเลขขนาดใหญ่ มีระบบทั้งออนไลน์และออฟไลน์ในการกรอกบันทึกข้อมูล หน้าเมนูหลักมี

3.1 การแสดงรายการบันทึกแบบออฟไลน์ คือ ถ้ามีข้อมูลค้างอยู่เมื่อคนงานเข้าไปในสวนแล้วกดบันทึกแต่สัญญาณอินเทอร์เน็ตไม่มีจะมีรายการแสดงในส่วนนี้เพื่อที่จะให้กลับมาสู่สัญญาณอินเทอร์เน็ตแล้วทำการ upload ข้อมูลเข้าสู่ระบบ

3.2 สวนปาล์มโดยกดเข้าเมนูเพื่อใส่ข้อมูลต้นปาล์มทีละต้น

3.3 เมนูการบันทึก โดยจะแสดงชื่อต้นปาล์มที่จะบันทึก จะมีให้บันทึก 3 ชนิด คือ

3.3.1 การบันทึกตัดปาล์ม

3.3.2 การบันทึกช่อปาล์ม

3.3.3 การบันทึกช่อดอกใหม่

4.2 ผลการวิจัย

ตัวชี้วัด	ก่อนการวิจัย	ผลลัพธ์	หมายเหตุ
1. จำนวนเกษตรกรผู้ปลูกปาล์รรายย่อยที่ใช้ระบบ Mobile application ในการบันทึกข้อมูล RSPO เฟสแรก ปี 61-62	167 ราย	สมาชิก RSPO 207 ราย	จากการฝึกอบรมโปรแกรมการจัดการสวนปาล์ม 16 มกราคม 2563
2. โครงการผ่านการขอรับรอง	1 ใบ (แบบ	โรงงานอยู่ในขั้นเตรียมการเพื่อ	อยู่ในขั้นตอน

มาตรฐาน RSPO ประเภทการรับรองกลุ่มเกษตรกรรายย่อย (Group Certification)	กลุ่ม)	ขอการรับรอง	รวมกลุ่มเพื่อเสนอ
3. เกษตรกรสามารถได้รับผลตอบแทนจากการขายผลปาล์มได้เพิ่มขึ้น (จากปริมาณผลผลิตที่เพิ่มและราคา premium)	0.1-0.2 บาท/กก.	1. เพิ่มขึ้นประมาณ 1.25 บาท/กก. จากปี 61-63 2. เกษตรกรมีรายได้เฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1,693 บาท/เดือน	เพิ่มจากเดิมโดยคาดการณ์ใช้งานระหว่างขั้นตอนการซื้อขายผ่านแอปพลิเคชัน
4. ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านทรัพยากรในการดำเนินงาน RSPO (ภายใต้ assumption เพิ่มจำนวนสมาชิกหรือผลผลิตเพิ่มต่อปี)	15%	1. ไม่น้อยกว่า 15% 2. คิดจากรายได้ที่เพิ่มขึ้นประมาณ 93,466.67 กก./เดือน 3. จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้น 280,400 กก./ปี	ขั้นตอนการการตรวจเอกสารส่วนบุคคล
5. โรงงานสามารถสร้างรายได้เพิ่มจากการขายน้ำมัน RSPO ให้ลูกค้า	0.5 บาท/กก.	1. ราคาจากผลผลิตปาล์มเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น 1.25 บาท/กก. 2. ผลผลิตปาล์มที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้น 100 กก./ไร่	จากข้อมูลปี 2563

ตารางที่ 4.1 ผลการวิจัย

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 ผลที่เกิดขึ้นภายหลังจากการทำวิจัย

ด้านเศรษฐกิจ

1. เกษตรกรได้รับผลตอบแทนราคาค่าผลปาล์มที่ขายเพิ่มขึ้นจากปกติ (RSPO-premium price) ซึ่งมีการคาดการณ์หลังเกษตรกรใช้งานแอปพลิเคชันในราคา 1.25 บาท/กก. เพิ่มขึ้นจากปี 2561 จากราคาผลผลิตปาล์มธรรมดาเฉลี่ย 3.33 บาท/กก. เป็น 4.58 บาท/กก. ในปี 2563 โดยการใช้การชั่งน้ำหนักทะลายน้ำมันผ่านระบบแอปพลิเคชัน

2. เกษตรกรสามารถควบคุมต้นทุนการผลิตปาล์มให้ต่ำลงและมีผลผลิตปาล์มได้มากขึ้น โดยการคาดการณ์ผลผลิตจากการประเมินเบื้องต้นคาดว่าจะเพิ่มผลผลิตเฉลี่ย 100 กก./ไร่ เนื่องจากเกษตรกรได้รับความรู้เกี่ยวกับการจัดการสวนปาล์มที่ดี และมีระบบเก็บข้อมูลค่าใช้จ่าย รายจ่าย-รายรับทางบัญชีที่ถูกต้อง มีการจัดการสรุปผลและวิเคราะห์ผ่านแอปพลิเคชัน

3. โรงงานสามารถสร้างรายได้เพิ่มจากการขายผลผลิตน้ำมันปาล์ม RSPO ให้กับลูกค้า End User ที่ต้องการ ผ่านรายละเอียดสรุปผลผ่านแอปพลิเคชันของโรงงาน ทั้งนี้มีการประมาณการผ่านผลสรุปการใช้งานในส่วนของการสรุปผลโรงงานประจำปี โดยมีผลผลิตเฉลี่ยต่อเดือนเพิ่มขึ้นในปี 2561 จาก 2,617,066.67 กก. เพิ่มขึ้นในปี 2563 เป็นจำนวน 2,897,466 กก. คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น 280,400 กิโลกรัม

4. ช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านทรัพยากรแรงงานคนในการดำเนินโครงการ RSPO ในการติดตามข้อมูลสมาชิกในระยะยาวในอนาคตหากมีสมาชิกเพิ่มมากขึ้น โดยโรงงานสามารถติดตามตรวจสอบเกษตรกรรายย่อยผู้ใช้งานแอปพลิเคชันจากการกรอกข้อมูลผ่านระบบเข้ามาสู่ระบบส่วนกลางโดยไม่ต้องออกไปยังพื้นที่ของสวนปาล์มเอง

ด้านสังคม/คน/ชุมชน

1. เกษตรกรชาวสวนปาล์มมีการรวมกลุ่มจำนวน 207 ราย เพื่อการขอรับรองมาตรฐาน RSPO ประเภทการรับรองกลุ่มเกษตรกรรายย่อย (Group Certification) ซึ่งโรงงานอยู่ในขั้นเตรียมการเพื่อขอการรับรอง เช่นการรวมกลุ่ม การตรวจเอกสารส่วนบุคคล

2. เกษตรกรสามารถได้รับผลตอบแทนจากการขายผลปาล์มได้เพิ่มขึ้น (จากปริมาณผลผลิตที่เพิ่มและราคา premium) เพิ่มขึ้นประมาณ 1.25 บาท/กก. จากปี 61-63 และเกษตรกรมีรายได้เฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1,693 บาท/เดือน โดยคาดการณ์จากการอบรมเพื่อใช้งานแอปพลิเคชันที่เป็นส่วนต่อเติมจากโครงการ จะมีเกษตรกรกรอกข้อมูลสวนและน้ำหนักของทะลายปาล์มมาเข้าชั่งกับทางโรงงาน และสามารถเพิ่มราคาผลผลิตได้ในลำดับต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ทดสอบและตรวจสอบการทำงานของระบบแอปพลิเคชันที่จัดทำขึ้น

1. ด้านความถูกต้องของการนำเข้าข้อมูล โดยมีการจัดทำระบบตรวจสอบและระบบอัตโนมัติในการใช้งานตอนกรอกข้อมูลและแสดงผลให้ผู้ใช้งานได้ตรวจสอบอีกครั้ง จะต้องทำการแสดงข้อมูลเพื่อป้องกันข้อผิดพลาดในการจัดบันทึกข้อมูล มีการแสดงข้อมูลย้อนหลังในแต่ละเดือนเพื่อตรวจสอบข้อมูลที่มีความผิดปกติจากข้อมูลเดิมในเดือนหรือปีก่อนหน้า

2. ระบบประมวลผลและแสดงรายงาน เพื่อทำบทสรุปและการวิเคราะห์ผลให้เกษตรกรและโรงงานได้ทราบถึงข้อมูลที่มีอยู่ในระบบ และสามารถออกรายงานได้ จะต้องทำการรวบรวม

ผลสรุปในรูปแบบต่าง ๆ ที่เกษตรกรชาวสวนปาล์มต้องการ หลังจากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวมาวางแผนการวิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำผลการวิเคราะห์ที่ได้นำมาใส่ใน Application เพิ่มเติมในส่วนวิเคราะห์อีกครั้งหนึ่ง จึงจะเป็นผลให้เพิ่มประสิทธิภาพของข้อมูลที่ได้มากยิ่งขึ้น

3. การใช้งานของผู้ใช้โปรแกรมแอปพลิเคชัน จะมีการจัดอบรมในปี 2565 เพื่อแนะนำวิธีการใช้งานแอปพลิเคชันและผลตอบแทนในการใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน โดยในส่วนแรกในการทดลองวิจัย เกษตรกรส่วนมากยังไม่สามารถที่จะดำเนินการได้ด้วยตนเอง เนื่องจากปัจจัยหลาย ๆ ด้าน ทั้งทางด้านเทคโนโลยีและด้านความชำนาญในการบันทึกข้อมูล ซึ่งจะต้องมีการอบรมในการใช้งานและติดตามอย่างใกล้ชิด เพื่อให้ได้การใช้งานที่ถูกต้องในทุก ๆ ฟังก์ชัน

4. การใช้งานระบบ ประสิทธิภาพในการนำเข้าข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การประมวลผล การรายงานผล รูปแบบการแสดงผล การเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลที่มีอยู่ มีการทำงานของระบบ การสำรองข้อมูลและกู้คืนข้อมูล และการทดสอบระบบรักษาความปลอดภัยของฐานข้อมูลและอื่น ๆ ซึ่งในการทดลองข้อมูลที่ส่งเข้ามายังส่วนกลาง เบื้องต้นยังไม่มีข้อมูลจำนวนมาก แต่หากมีการใช้งานในรูปแบบทดลองอย่างต่อเนื่อง การนำเข้าข้อมูลจะต้องทำให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ซึ่งยังผลไปถึงการสำรองข้อมูลที่มีขนาดใหญ่และระบบที่จัดทำขึ้นจะต้องรองรับข้อมูลได้

การวิจัยนี้เป็นส่วนเริ่มต้น และยังมีส่วนต่อขยายเพื่อพัฒนาโปรแกรมแอปพลิเคชันต่อไปในการเชื่อมกับระบบต่าง ๆ ที่มีอยู่ภายในโรงงาน เช่น ระบบเครื่องชั่งน้ำหนักปาล์ม ระบบรายงานการซื้อขาย ระบบสื่อสารสัมพันธ์ การพัฒนาที่เพิ่มขึ้นในส่วนของความแม่นยำในการกำหนดพิกัดต้นปาล์มแต่ละต้น เป็นปัจจัยหลักในการทำงานของ Application ให้มีความถูกต้องและรวดเร็วในการบันทึกข้อมูล รวมถึงการพัฒนาโปรแกรมในส่วนของ API ให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีปัจจุบัน เพราะการนำมาใช้งานของระบบ GPS ร่วมกับโทรศัพท์มือถือสมัยใหม่ มีการพัฒนาขึ้นมากจากเดิมและการเข้าถึงสัญญาณ GNSS ได้ปรับเปลี่ยนรูปแบบจาก Single frequency โดยทั่วไปเครื่องรับจะจำกัดความแม่นยำในระดับเดซิเมตร และไม่ได้ระบุตำแหน่งที่แน่นอนเสมอไป ความถี่เดียวสามารถใช้สำหรับบริการตำแหน่งทั่วไป ระบุจุดบนแผนที่ และค้นหาตำแหน่งทั่วไปที่อาจอยู่ห่างจาก 2 – 4 เมตรขึ้นไป ซึ่งต่างจากระบบ Dual frequency สามารถลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากไอโอสเฟียร์และโทรโพสเฟียร์ ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคไอออนไนซ์ที่อาจส่งผลต่อสัญญาณที่ยื่นออกมาและรบกวนสัญญาณเหล่านั้น โดยการลดข้อผิดพลาดที่มีนี้ เกษตรกรชาวสวนปาล์มจะได้รับความแม่นยำระดับเซนติเมตร และเวลาการใช้งานที่เร็วขึ้นเพื่อให้ได้ตำแหน่งคงที่ ความถี่คู่ต้องการพลังการประมวลผลที่มากขึ้นเพื่อได้มาซึ่ง การติดตาม และกำหนดตำแหน่ง โดยทั่วไปจะมีราคาแพงกว่า

และต้องใช้ฮาร์ดแวร์พิเศษ พร้อมด้วยเสาอากาศที่แตกต่างกันซึ่งสามารถติดตามความถี่ได้หลายแบบ จากการให้ประโยชน์ที่ดีขึ้นจึงต้องการพัฒนาอย่างต่อเนื่องไปในอนาคต

บรรณานุกรม

- กระทรวงสิ่งแวดล้อม กลุ่มกรงธรรมชาติ ความปลอดภัยทางปริมาณและกลุ่มกรงผู้บริโภค สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี . (2021). Sustainable and Climate-Friendly Palm Oil Production and Procurement: SCPOPP.
- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2021). พัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูป MFA Pro : Materials Flow Analysis.
- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2020). Research and development in steamless nut-separated palm oil extraction technology.
- Michael, E. Hodgson. (2020). On the accuracy of low-cost dual-frequency GNSS network receivers and reference data.
- Yarak, K., Witayangkurn, A., Kritiyutanont, K., Arunplod, C., & Shibasak, R. (2021). Oil Palm Tree Detection and Health Classification on High-Resolution Imagery Using Deep Learning.