ความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดระหว่างดัชนีพืชพรรณกับผลผลิตปาล์มน้ำมันจากทะลายผลสดด้วยภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท 8

Best Correlation between Vegetation Indices and Fresh Fruit Bunch of Oil Palm Yield Derived from LANDSAT 8

สุจิตรา เจริญหิรัญยิ่งยศ[1]
Sujittra Charoenhirunyingyos

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความพันธ์ที่ดีที่สุดระหว่างผลผลิตปาล์มน้ำมันจากทะลายผลสดกับค่าดัชนีพืชพรรณที่ได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 ด้วยสมการถดถอยอย่างง่าย เพื่อคาดการณ์ผลผลิตปาล์มน้ำมัน ในจังหวัดบึงกาฬ ข้อมูลปฐมภูมิที่จัดเก็บ ได้แก่ ผลผลิตปาล์มน้ำมัน และการจัดการพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันจากการสำรวจภาคสนามโดยตรง ข้อมูลทุติยภูมิ คือ ดาวน์โหลดภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 บันทึกข้อมูลในเดือนธันวาคม 2559 ไปคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ 5 ดัชนี โดยแบ่งเป็นดัชนีที่ใช้ช่วงคลื่นสีแดงและอินฟราเรดใกล้ในการคำนวณ 2 ดัชนี ได้แก่ Ratio Vegetation Index (RVI) และ Normalized Difference vegetation Index (NDVI) และดัชนีที่ใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้นและอินฟราเรดใกล้ 3 ดัชนี ได้แก่ Moisture Stress Index (MSI) Normalized Difference Infrared Index (NDII) และ Normalize Difference Water Index (NDWI)

ผลการวิจัยพบว่าค่าดัชนีพืชพรรณที่คำนวณด้วยช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้นและอินฟราเรดใกล้มีความสัมพันธ์กับผลผลิตปาล์มน้ำมันมากกว่าดัชนีที่ใช้ช่วงคลื่นสีแดงและอินฟราเรดใกล้ ซึ่งดัชนี NDWI มีความสัมพันธ์กับผลผลิตปาล์มน้ำมันจากทะลายผลสดดีที่สุด ด้วยสมการ $y = 0.6443x - 0.1731$ ($R^2=0.6172$) จึงนำสมการความสัมพันธ์ที่ได้ ไปใช้ในการคาดการณ์ผลผลิตผลิตปาล์มน้ำมันในเดือนมกราคม 2560 และเมื่อนำผลผลิตที่ได้จากสมการไปเปรียบเทียบกับผลผลิตจริงที่เก็บได้ในพื้นที่ศึกษา พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) เท่ากับ 0.0789 ตันต่อไร่ จึงเสนอให้หน่วยงานที่มีความเกี่ยวข้องในด้านการกำหนดราคา และการนำเข้าส่งออกปาล์มน้ำมัน นำดัชนี NDWI มาช่วยในการคาดการณ์ผลผลิตปาล์มน้ำมันภายในประเทศ ซึ่งจะทำสามารถบริหารจัดการผลผลิตปาล์มน้ำมัน กำหนดราคา คาดการณ์ปริมาณผลผลิตที่จะออกสู่ตลาดล่วงหน้าได้รวดเร็วกว่าการลงสำรวจข้อมูลในสนาม

คำสำคัญ: *ปาล์มน้ำมัน ดัชนีพืชพรรณ แลนด์แซท 8*

---

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจำภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
Assistant Professor, Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Kasetsart University, Bangkok.
Corresponding e-mail: fsocsjc@ku.ac.th

Abstract

This research aims to investigate the best correlation between vegetation indices and fresh fruit bunch of oil palm yield estimation in Bung Kan province using simple linear regression analysis. Field survey was conducted to collect oil palm yield and oil palm plantation management. While Landsat 8 imageries in December 2016 were downloaded from the U.S. Geological Survey (USGS) which is free available through the website. Five vegetation indices were investigated in this study; the Ratio Vegetation Index (RVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) were applied to find the correlation in red and near infrared wavelengths. The Normalized Difference Water Index (NDWI), Moisture Stress Index (MSI) and Normalized Difference Infrared Index (NDII) were examined in shortwave and near infrared wavelengths.

The results showed better correlation between vegetation indices and fresh fruit bunch of oil palm yield in shortwave and near infrared wavelengths compared to red and near infrared. Among vegetation indices, NDWI showed the best correlation using equation, $y = 0.6443x-0.1731$ ($R^2 = 0.6172$). Yield results from the equation, therefore, compared to the actual yield collected in the study area. The mean square error (RMSE) was 0.0789 ton/rai. The outcome found that NDWI can be used to estimate oil palm yield faster than field survey. This approach will be benefit relevant agencies to prior determine oil palm price, import-export crude palm oil productions.
Keywords: Oil palm, Vegetation indices, Landsat 8

บทนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นที่ให้ผลผลิตน้ำมันสูง มีอายุการให้ผลผลิตที่ยาวนาน ปาล์มน้ำมันจึงจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มในประเทศไทยเป็นอย่างมาก ทั้งในแง่ของการเป็นวัตถุดิบขั้นพื้นฐานในอุตสาหกรรมอาหาร และการแปรรูปเป็นพลังงานทางเลือก หรือไบโอดีเซล ซึ่งปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยสูงกว่าเมื่อเทียบกับพืชน้ำมันที่นิยมนำมาผลิตไบโอดีเซลชนิดอื่น (พวงเพชร อิ้งวิศิษฎ์วงศ์, 2559) โดยทั่วไปปาล์มน้ำมันจะเริ่มให้ผลอายุ 30 เดือน นับจากหลังปลูกลงแปลง (แต่ขนาดทะลายจะเล็ก) ซึ่งขนาดทะลายจะโตเต็มที่เมื่อปาล์มน้ำมันมี อายุ 5 ปีขึ้นไป ปาล์มน้ำมันมีรอบการเก็บเกี่ยวประมาณ 15 วันต่อครั้ง และสามารถเก็บเกี่ยวได้จนถึงอายุประมาณ 25 ปี โดยผลผลิตจะขึ้นอยู่กับการจัดการพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน Salmiyati et al. (2014) พบว่าการจัดการสวนปาล์มน้ำมันจะมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตปาล์มน้ำมัน ทะลายผลสด (Fresh Fruit Bunch: FFB) โดยเฉพาะการให้น้ำ วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน และคณะ (2554) เปรียบเทียบผลผลิตทะลายสดของต้นที่ให้น้ำกับไม่ให้น้ำเฉลี่ย 9 ปี พบว่าต้นปาล์มน้ำมันที่ให้น้ำมีผลผลิต 151.6 กก./ต้น/ปี (3.45 ตัน/ไร่/ปี) ในขณะที่ต้นปาล์มที่ไม่มีการให้น้ำมีผลผลิตเพียง 122.5 กก./ต้น/ปี (2.79 ตัน/ไร่/ปี) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกกลุ่มตัวอย่างสวนปาล์มเฉพาะที่มีการจัดการและให้น้ำเท่านั้น

เมื่อแนวโน้มความต้องการผลิตน้ำมันปาล์มที่เพิ่มขึ้น แต่กลับพบว่าผลผลิตปาล์มน้ำมันในประเทศไทย มีความไม่แน่นอนของปริมาณ ทำให้บางช่วงเวลาขาดแคลน จนต้องนำเข้าจากต่าง

ประเทศ หรือบางช่วงเวลาผลิตเกินความต้องการจนทำให้ราคาตกต่ำ ส่งผลให้ผู้ปลูกปาล์มได้รับผลกระทบ และผู้มีหน้าที่บริหารจัดการ ยังขาดข้อมูลเพื่อนำมาช่วยในการตัดสินใจ อย่างรวดเร็ว ว่าควรนำเข้าน้ำมันปาล์มจากต่างประเทศในช่วงเวลาใด มากน้อยเพียงใด เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการใช้น้ำมันปาล์มในประเทศในปี 2559 ราคาปาล์มน้ำมันมีการปรับราคาสูงขึ้นตามทิศทางตลาดล่วงหน้าของประเทศมาเลเซีย แต่สถานการณ์ของผลผลิตปาล์มน้ำมันของประเทศไทย โดยเฉพาะทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังมีจำนวนน้อย แต่ความต้องการผลผลิตกลับมีมากขึ้น ทำให้ผลผลิตที่ได้จึงไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลแนวโน้มผลผลิตเชิงพื้นที่ จากภาพถ่ายจากดาวเทียม จึงมีประโยชน์ในการคาดการณ์ผลผลิตในพื้นที่กว้างใหญ่ได้รวดเร็วกว่าการลงสำรวจและมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า ถึงแม้ว่าความถูกต้องแม่นยำของการคาดการณ์จะอยู่ในระดับปานกลาง แต่ก็ยังดีกว่าไม่มีข้อมูลที่จะนำมาช่วยในการตัดสินใจเพื่อการบริหารจัดการเลย

หลายงานวิจัยได้นำดัชนีพืชพรรณมาช่วยตรวจหาความสมบูรณ์ของพืชเมื่อพืชมีสุขภาพดีย่อมส่งผลต่อผลิตให้ดีตามไปด้วย จึงมีการนำดัชนีพืชพรรณเข้ามาช่วยในการคาดการณ์ผลผลิต แยกตามช่วงคลื่นที่ใช้ดังนี้ กลุ่มที่ที่ใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น (SWIR) และอินฟราเรดใกล้ (NIR) ได้แก่ Ceccato et al. (2001) ใช้การรับรู้ระยะไกลแบบออปติคอลเพื่อประเมินปริมาณน้ำในพืช โดยใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น อินฟราเรดใกล้ และช่วงคลื่นความร้อน เพื่อตรวจหาปริมาณน้ำบนเรือนยอด ผลการวิจัยพบว่าทั้งช่วงคลื่น SWIR และ NIR สามารถตรวจวัดปริมาณน้ำบนเรือนยอดได้ดีกว่า ใช้เพียงช่วงคลื่นเดียว หรือใช้ช่วงคลื่นความร้อนในการตรวจวัด Heim and Wuertz (2003) ได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับดัชนี REDIT (The Residential Energy-Demand Temperature Index) และ MSI (The moisture stress index) ซึ่ง REDITเป็นดัชนีที่อธิบายความผันผวนของความต้องการพลังงานเนื่องจากอากาศร้อนและเย็น ทำให้ต้องการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น เนื่องจากจำนวนวันที่มีอากาศร้อนและเย็นเพิ่มขึ้นหรือลดลง ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ส่งผลต่อความต้องการใช้พลังงานให้แตกต่างกัน ดัชนี MSI เป็นดัชนีที่ใช้ชี้วัดความแห้งแล้งและความชื้น โดยงานวิจัยชิ้นนี้ได้ทดลองกับพืชเศรษฐกิจ 2 ชนิดของประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการศึกษาพบว่าความเครียดของพืช จากการขาดน้ำ สามารถบ่งบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ระหว่างการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตเฉลี่ย ส่วนที่สองคือกลุ่มที่ใช้ช่วงคลื่นสีแดง (RED) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) ได้แก่ Veena et al. (2012) ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 5 คำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ของสวนปาล์มน้ำมันในมาเลเซีย เพื่อดูเปอร์เซ็นของเรือนยอดสีเขียวที่ปกคลุมพื้นที่ และบ่งบอกถึงสุขภาพของปาล์มน้ำมัน ผลการวิจัยพบว่าหาก NDVI มากกว่า 0.65 แสดงว่าเป็นสวนปาล์มน้ำมันที่มีสุขภาพดี Balasundram, Memarian, and Khosla (2013) ได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการนำภาพถ่ายจากดาวเทียม QuickBird และข้อมูลผลผลิตปาล์มน้ำมันที่เก็บรวบรวมได้ในช่วง 12 ปี มาใช้สร้างแบบจำลองผลผลิตปาล์มน้ำมันในประเทศมาเลเซีย เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณและข้อมูลผลผลิต โดยการสร้างสมการถดถอย ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีพืชพรรณ RVI เป็นดัชนีที่มีความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดกับผลผลิตปาล์มน้ำมัน และมีความน่าเชื่อถือในการคาดการณ์ผลผลิต Marzukhi, Elahami, and Bohari (2016) ใช้การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณจากภาพถ่ายจากดาวเทียม SPOT5 ในพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศมาเลเซีย เพื่อตรวจสอบความสามารถของ ช่วงคลื่นที่ตามองเห็นและช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ เพื่อใช้ในการประเมินพืชที่มีสุขภาพดี ผลการวิจัยพบว่า ต้นปาล์มน้ำมันที่มีสุขภาพดีจะสะท้อนต่ำมากในช่วงที่ตามองเห็นได้ แต่มีการสะท้อนแสงที่สูงมากใน ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

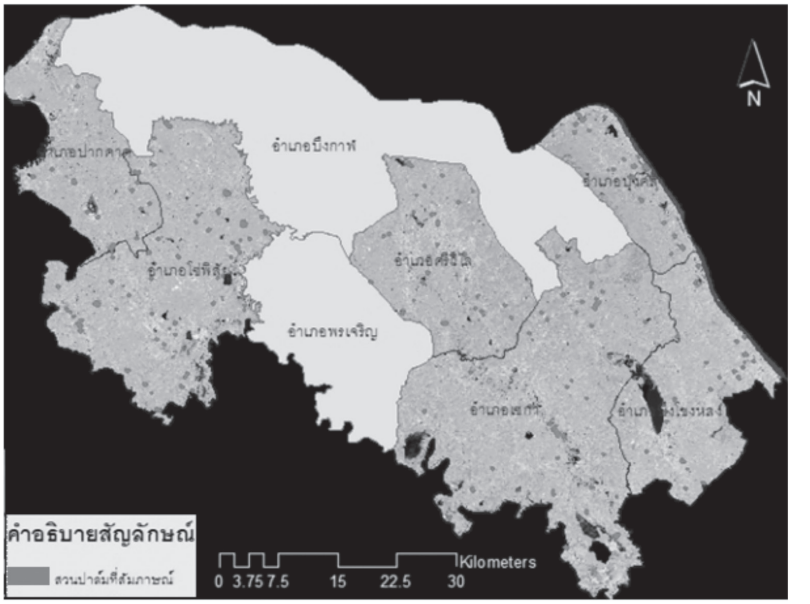
จากที่ตรวจเอกสารมาทำให้ผู้วิจัยแบ่งดัชนีพืชพรรณออกเป็นสองกลุ่ม คือกลุ่มช่วงคลื่นสีแดงและช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ กับ กลุ่มอินฟราเรดคลื่นสั้นและอินฟราเรดใกล้ ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่าง ดัชนีพืชพรรณกับผลผลิตปาล์มน้ำมันจากทะลายผลสด ด้วยดาวเทียมแลนด์แซท 8 เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ที่ดีที่สุด และนำไปใช้คาดการณ์ผลผลิตปาล์มน้ำมันต่อไป โดยผลการวิจัยนี้จะสามารถใช้เป็นข้อมูลช่วยตัดสินใจ หรือใช้เป็นข้อมูลเพื่อกำหนดทิศทางผลผลิตและราคาปาล์มน้ำมัน และสามารถช่วยในการบริหารจัดการผลผลิตปาล์มน้ำมัน ที่มีความสะดวกรวดเร็ว และสามารถลดเวลา ประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าการสำรวจในสนามเพียงอย่างเดียว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดระหว่างผลผลิตปาล์มน้ำมันจากทะลายผลสดกับค่าดัชนีพืชพรรณและนำไปใช้คาดการณ์ผลผลิตปาล์มน้ำมัน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตเชิงพื้นที่ พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ อำเภอโซ่พิสัย อำเภอเซกา อำเภอบึงโขงหลง อำเภอบุ่งคล้า อำเภอปากคาด และอำเภอศรีวิไล ในจังหวัดบึงกาฬ (ดังภาพที่ 1) สาเหตุที่ยกเว้นอำเภอพรเจริญและอำเมืองบึงกาฬ เนื่องจากไม่ได้รับความร่วมมือจากเกษตรกรในการตอบคำถามและส่วนใหญ่เป็นสวนปาล์มน้ำมันที่ไม่มีการจัดการ



ภาพที่ 1: พื้นที่ศึกษา

2. ขอบเขตเชิงเนื้อหา ครอบคลุม 2 ประเด็นหลัก ได้แก่ 1) การหาความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณกับผลผลิตปาล์มน้ำมันจากทะลายผลสด 2) การคาดการณ์ผลผลิตปาล์มน้ำมันจากทะลายผลสด

3. ขอบเขตเชิงระยะเวลา ระยะเวลาของการวิจัย คือ เลือกจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 ที่มีเมฆบดบังพื้นที่ศึกษาน้อยที่สุด ซึ่งพบเพียงจำนวน 2 ภาพ ในปี 2559 บันทึกข้อมูลในวันที่ 1 เดือนธันวาคม 2559 และวันที่ 10 เดือนธันวาคม 2559 เพื่อคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ และการลงสำรวจผลผลิตโดยตรงจากภาคสนาม และใช้ภาพเพียง 1 ภาพ ที่ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดบึงกาฬ เป็นภาพที่บันทึกข้อมูลวันที่ 2 เดือน มกราคม 2560 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการคาดการณ์ผลผลิต เนื่องจากไม่สามารถหาภาพในช่วงเวลาใกล้เคียงที่ไม่มีเมฆบดบังมาทดแทนได้

4. ขอบเขตด้านประชากร ศึกษาเฉพาะสวนปาล์มน้ำมันที่มีการจัดการ ในจังหวัดบึงกาฬ และเก็บข้อมูลผลผลิตโดยเฉลี่ยจากผลผลิตทุก 15 วัน รายแปลง ในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกับช่วงเวลาบันทึกข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม จากสวนปาล์มน้ำมันเฉพาะต้นปาล์มน้ำมันที่มีอายุ 5 ปีขึ้นไป (เนื่องจากขนาดทะลายจะโตเต็มที่) จำนวน 122 แปลง

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

1. ข้อมูลผลผลิตปาล์มน้ำมันและการจัดการดูแลปาล์มน้ำมัน

ข้อมูลได้จากการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลหลัก คือ เจ้าของสวนปาล์มน้ำมัน โดยการสำรวจภาคสนามโดยตรงจากพื้นที่ศึกษา ส่วนการคำนวณหาผลผลิตทะลายปาล์มสดต่อพื้นที่ (FFB Yield) คำนวณได้จากการนำน้ำหนักทะลายปาล์มสด (ตัน) หารด้วย พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน (ไร่) ซึ่งในพื้นที่ที่ทำการศึกษานั้น ในหนึ่งเดือนจะเก็บผลผลิตได้สองครั้ง (โดยในงานนี้ใช้ข้อมูลผลผลิตทุก 15 วัน) ซึ่งการเก็บผลผลิตจะเริ่มเก็บในฤดูฝนจนถึงฤดูหนาว ระหว่างเดือน มิถุนายน 2559 จนถึง ธันวาคม 2559 ใช้การสอบถามจากการสำรวจโดยตรงในภาคสนาม เมื่อวันที่ 4 – 15 มกราคม พ.ศ. 2560 ซึ่งมีสวนปาล์มที่ใช้ในการคำนวณทั้งสิ้น 122 สวน ที่สามารถระบุขอบเขตของแต่ละแปลงเพื่อนำมาคำนวณผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ และหาเฉลี่ยค่าดัชนีพืชพรรณของแต่ละแปลง โดยสมการคำนวณหาผลผลิตทะลายปาล์มน้ำมันสดต่อพื้นที่ เป็นดังสมการที่ 1

$$\text{ผลผลิตทะลายปาล์มสดต่อพื้นที่ (ตัน/ไร่)} = \frac{\text{น้ำหนักทะลายปาล์มสด (ตัน)}}{\text{พื้นที่ปลูกปาล์ม (ไร่)}} \quad \ldots(1)$$

2. ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8

การเลือกภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อใช้ในการหาความสัมพันธ์กับผลผลิตปาล์มน้ำมันจากทะลายสด จะเลือกจากภาพถ่ายจากดาวเทียม ที่มีเมฆปกคลุมพื้นที่ศึกษาน้อยที่สุดเท่าที่จะหาได้ โดยในพื้นที่ศึกษาครอบคลุมภาพทั้งหมด 2 ภาพ ภาพแรกจะใช้ภาพ path/row 127/48 บันทึกข้อมูลวันที่ 10 เดือนธันวาคม 2559 และภาพที่สอง ใช้ภาพ path/row 128/47 บันทึกข้อมูลวันที่ 1 เดือนธันวาคม 2559 ซึ่ง 2 ภาพนี้ครอบคลุมครบทั้งจังหวัดบึงกาฬ และมีเมฆปกคลุมบดบังพื้นที่ศึกษาน้อยที่สุด

การตรวจสอบความถูกต้องจากการคาดการณ์ผลผลิต ภาพที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของสมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณกับผลผลิต จะใช้ภาพ path/row 128/47 ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดบึงกาฬ เป็นภาพที่บันทึกข้อมูลวันที่ 2 เดือน มกราคม 2560 สำหรับ path 127/48 ไม่ได้นำมาใช้เพื่อ เนื่องจากมีเมฆปกคลุมพื้นที่ศึกษาเกือบเต็มพื้นที่ และไม่สามารถหาภาพที่ปราศเมฆปกคลุมในช่วงเวลาอื่นมาทดแทนได้ จึงใช้ข้อมูลผลผลิตปาล์มน้ำมันในการตรวจสอบทั้งสิ้น 45 แปลง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ดาวน์โหลดภาพถ่ายจากดาวเทียม จากเว็บไซต์ www.glovis.usgs.gov ปรับแก้เชิงเรขาคณิต กับแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 รวมแบนด์ (layer stack) และปรับแก้เชิงรังสี โดยใช้สูตรของ USGS (USGS. 2016)

2. คำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้ดัชนีทั้งหมด 5 ดัชนี ได้แก่

2.1 Ratio Vegetation Index (RVI) เป็นการทำสัดส่วนระหว่างช่วงคลื่น 2 ช่วงคลื่นอย่างง่ายๆ คือ นำเอาช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้มาหารด้วยช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง ดังสมการของ Jackson and Huete (1991) ค่าของ RVI จะอยู่ระหว่าง 0 ถึง มากกว่า 30 ซึ่งพืชที่มีสุขภาพดีมักจะมีค่า RVI อยู่ระหว่าง 2 ถึง 8 (Harrisgeospatial. 2016)

$$RVI = \frac{pNIR}{pRED} \quad ...(2)$$

โดยที่:

ρNIR = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

ρRED = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง

2.2 Normalized Difference vegetation Index (NDVI) เป็นการทำสัดส่วนระหว่างช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ กับช่วงคลื่นสีแดง โดยดัชนีNDVI จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 กล่าวคือ 0 แปลว่าไม่มีพืชพรรณปกคลุม ค่าที่ไปทางบวกเช่น 0.1-0.7 คือมีพืชพรรณปกคลุม ค่าติดลบ แสดงว่าเป็นพื้นที่น้ำ (Tucker. 1979)

$$NDVI = \frac{pNIR-pRED}{pNIR+pRED} \quad ...(3)$$

โดยที่

ρNIR = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

ρRED = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง

2.3 Normalized Difference Water Index (NDWI) เป็นการทำสัดส่วนระหว่างช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (ความยาวคลื่น 0.86 ไมโครเมตร) กับช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (ความยาวคลื่น 1.24 ไมโครเมตร) โดยดัชนีผลต่างความชื้นจะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 (Gao. 1996) แต่เนื่องจากความยาวคลื่น 1.24 ไมโครเมตร ไม่มีในแลนด์แซท 8 จึงได้มีการปรับแก้สูตร NDWI ของ Gao โดยใช้ความยาวคลื่นของอินฟราเรดคลื่นสั้น 2 ที่มีความยาวคลื่น 2.11-2.29 ไมโครเมตร โดยใช้แบนด์ 7 ในแลนด์แซท 8 แทน โดยช่วงค่าของดัชนีนี้อยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 แต่โดยทั่วไปค่าสำหรับพืชพรรณคือ -0.1 ถึง 0.4 สามารถคำนวณค่า NDWI ได้จากสูตร

$$NDWI = \frac{pNIR-pSWIR2}{pNIR+pSWIR2} \quad ...(4)$$

โดยที่

ρNIR = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

ρSWIR2 = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (ใน Landsat 8 จะใช้แบนด์ 7 ในการคำนวณ)

2.4 Moisture Stress Index (MSI) คือการวัดค่าการสะท้อนที่มีความไวต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำในใบพืช โดยช่วงค่าของดัชนี MSI นี้อยู่ระหว่าง 0 ถึงมากกว่า 3 แต่โดยทั่วไปค่าสำหรับพืชพรรณคือ 0.4 ถึง 2 และค่าที่มากขึ้นบ่งบอกว่าขาดน้ำมากขึ้น คือมีปริมาณน้ำในใบพืชน้อยนั่นเอง สามารถคำนวณค่าได้จากสูตรดังสมการ (Ceccato et al. 2001)

$$MSI = \frac{pSWIR1}{pNIR} \quad ...(5)$$

โดยที่

ρNIR = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

ρSWIR1= ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (ใน Landsat 8 จะใช้แบนด์ 6 ในการคำนวณ)

2.5 Normalized Difference Infrared Index (NDII) เป็นการทำสัดส่วนระหว่างช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (ความยาวคลื่น 0.82 ไมโครเมตร) กับช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (ความยาวคลื่น 1.65 ไมโครเมตร) ดัชนีนี้วัดการสะท้อนที่มีความไวต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำบนเรือนยอด เพื่อตรวจหาความเครียดของพืช โดยช่วงค่าของดัชนีนี้อยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 แต่โดยทั่วไปค่าสำหรับพืชพรรณคือ 0.02 ถึง 0.6 สามารถคำนวณค่าได้จากสูตรดังสมการ (Hardisky et al. 1983 อ้างใน Harrisgeospatial. 2016)

$$NDII = \frac{pNIR-pSWIR1}{pNIR+pSWIR1} \quad ...(6)$$

โดยที่

ρNIR = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

ρSWIR = ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (ใน Landsat 8 จะใช้แบนด์ 6 ในการคำนวณ)

3. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (Y) ในที่นี้คือผลผลิตปาล์มน้ำมันจากผลทะลายสดเฉลี่ยรายแปลงต่อรอบการเก็บซึ่งทำการเก็บทุก 15 วัน และตัวแปรต้น (X) ในที่นี้คือดัชนีพืชพรรณที่เฉลี่ยในขอบเขตพื้นที่ของแต่ละแปลง การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) จะแสดงสมการถดถอยของกลุ่มตัวอย่างในรูป y = a + bx เพื่อใช้ในการทำนายหรือคาดการณ์ต่อไป ในการประเมินว่าสมการถดถอยที่ได้นั้นสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวแปรได้ดีเพียงใด นั่นคือการประเมินจากค่า R-Squared (R^2) หรือที่รู้จักกันว่าเป็นค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (Coefficient of Determination) ซึ่งค่า R-Squared จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งสามารถแปลตีความในรูปของ 0% - 100% โดยค่าเปอร์เซ็นต์ยิ่งมีค่ามาก หมายความว่าตัวแบบสามารถคำนวณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าสังเกตมาก ในทางทฤษฎีถ้าตัวแบบสามารถอธิบายความแปรปรวนได้ 100% หมายความว่า ค่าที่คำนวณได้จะมีค่าเท่ากับค่าที่สังเกตได้ ดังนั้นค่าข้อมูลที่สังเกตได้จะอยู่บนเส้นตรงของตัวแบบคณิตศาสตร์ทุกจุด (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี. 2559) หรืออาจกล่าวได้ว่ายิ่งค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (R^2) ยิ่งเข้าใกล้ 1 แสดงว่าค่า X และ Y ยิ่งมีความสัมพันธ์กันมาก ในขั้นตอนนี้จะนำค่าเฉลี่ยของดัชนีพืชพรรณทั้งห้าแบบ จากแต่ละสวนปาล์มน้ำมันที่ได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียมแลนด์แซท 8 ในเดือนธันวาคม 2559 และนำมาหาความสัมพันธ์กับผลผลิตปาล์มน้ำมันจากผลทะลายสด ณ ช่วงเวลาเดียวกัน จากนั้นเลือกสมการถดถอยที่มีค่า R-Squared สูงที่สุด มาใช้เป็นตัวคาดการณ์ผลผลิตปาล์มน้ำมันในเดือนมกราคม 2560

4. ตรวจสอบความถูกต้อง การตรวจสอบความถูกต้อง ในการคาดการณ์ผลผลิตปาล์มน้ำมันในเดือนมกราคม 2560 จะใช้วิธีการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) ซึ่งเป็นวิธีการประเมินความแม่นยำของค่าพยากรณ์ที่ได้จากสมการถดถอย กับค่าผลผลิตที่เก็บได้จริงในสนาม (Sheiner and Beal. 1981) โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(obs - predict)^2}{n}} \quad ...(7)$$

โดยที่

obs = ค่าผลผลิตจริงที่สำรวจจากภาคสนาม

Predict = ค่าผลผลิตที่คำนวณได้จากสมการคาดการณ์ผลผลิต

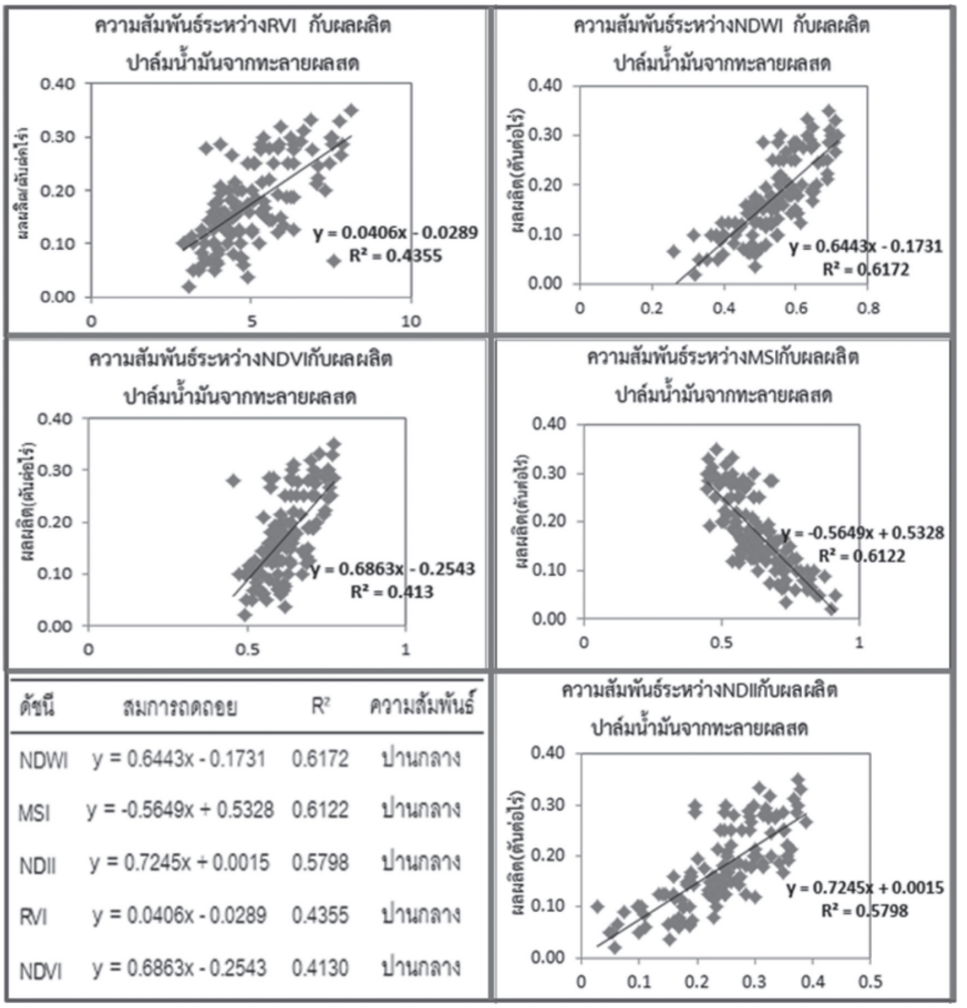
n = จำนวนตัวอย่าง

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่าค่าดัชนีพืชพรรณทุกตัวที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณกับผลผลิตปาล์มน้ำมันจากทะลายผลสด มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง (ดังภาพที่ 2) ซึ่งสามอันดับแรก เรียงตามค่า R2 มาจากดัชนีที่ใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้นและอินฟราเรดใกล้ โดย NDWI มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R2=0.6172) สูงที่สุด มีสมการความสัมพันธ์คือ y =0.6443x - 0.1731 รองลงมาคือ MSI (R2= 0.6122) และ NDII (R2= 0.5798) ตามลำดับ โดยในกลุ่มนี้ มีสิ่งที่แตกต่างกันคือสมการที่ใช้ และความความยาวคลื่นของช่วงอินฟราเรดคลื่นสั้น ซึ่งพบว่า NDWI ใช้ความยาวคลื่นของอินฟราเรดคลื่นสั้นช่วงคลื่น SWIR 2 (มีความยาวคลื่น 2.1-2.2 ไมโครเมตร) ในขณะที่ MSI และ NDII ใช้ช่วงคลื่น SWIR1 (มีความยาวคลื่น 1.57 – 1.65 ไมโครเมตร) ความยาวคลื่นที่ยาวกล่าวนี้อาจส่งผลต่อความสามารถในการตรวจจับปริมาณน้ำบนเรือนยอดของต้นไม้ได้ดีกว่า จนทำให้ได้ผลลัพธ์ดีกว่า ในแง่ของสมการที่ใช้พบว่า ดัชนี NDII มีสมการเหมือน NDWI แต่ต่างกันตรงช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้นที่ใช้มีความยาวคลื่นสั้นกว่า โดยที่ค่าความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี NDWI และ NDII กับผลผลิตปาล์มน้ำมันจากทะลายผลสด มีความสัมพันธ์แบบแปรตามกัน กล่าวคือ ค่าดัชนีมากขึ้นจะทำให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันจากทะลายผลสดมากขึ้นตามไปด้วย ส่วนค่าดัชนี MSI ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจดีรองลงมา เป็นการทำอัตราส่วนระหว่างช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และอินฟราเรดคลื่นสั้น SWIR[1] โดยที่ค่าความสัมพันธ์ระหว่างดัชนี MSI กับผลผลิตปาล์มน้ำมันจากทะลายผลสด มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน กล่าวคือ ค่าดัชนีมากขึ้นจะทำให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันจากทะลายผลสดลดลง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ MSI ที่มากขึ้นบ่งบอกว่าพืชขาดน้ำมากขึ้น คือมีปริมาณน้ำในใบพืชน้อยทำให้มีผลผลิตลดลง

อย่างไรก็ตามพบว่า ดัชนีที่ใช้ช่วงคลื่นสีแดงและอินฟราเรดใกล้ ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น แต่ก็ยังให้ความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง โดยพบว่าดัชนี RVI มีสมการความสัมพันธ์ คือ Y = 0.0406x - 0.0289 ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2 = 0.4355 สูงกว่า ดัชนี NDVI มี และ R^2 = 0.4130 นอกจากนี้ยังพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณกับผลผลิตปาล์มน้ำมันจากทะลายผลสด จะแปรตามผลผลิตของปาล์มน้ำมัน กล่าวคือ ถ้าดัชนี NDVI หรือ RVI มีค่าสูงผลผลิตปาล์มน้ำมันจากทะลายผลสดจะมีค่าสูงตามไปด้วยเช่นกัน ถึงแม้ว่ามีหลายงานวิจัยนิยมใช้ช่วงคลื่นสีแดงและอินฟราเรดใกล้ในการวิเคราะห์ เนื่องจากพบว่าไม่ใช่ทุกดาวเทียมที่จะสามารถ

บันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้นได้ แต่ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นสีแดงนั้นพบได้ในดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติแทบทุกดวง จึงทำให้ NDVI และ RVI ถูกนำมาใช้เป็นตัวบ่งบอกความสมบูรณ์ของพืชพรรณ ในแง่ของปริมาณคลอโรฟิลล์ ซึ่งเมื่อคลอโรฟิลล์มีลดน้อยลง จะทำให้การสะท้อนที่คลื่นสีแดงสูงขึ้น แม้ว่าดัชนี RVI และ NDVI จะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้นในการคำนวณ แต่ก็พบว่าดัชนี RVI มีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ดีกว่า NDVI เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างต้นปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการวิจัย จะเลือกต้นปาล์มที่เจริญเต็มที่แล้ว อายุมากกว่า 5 ปีขึ้นไป ซึ่ง NDVI จะตอบสนองได้ดีในช่วงเริ่มต้นของการเจริญเติบโต แต่เมื่อต้นปาล์มน้ำมันมีเรือนยอดปกคลุมเต็มที่แล้ว จะมีการตอบสนองน้อยหรือไม่มีเลย เนื่องจากเซ็นเซอร์มีความอิ่มตัว (sensor saturation) จึงทำให้ RVI ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ เลือกกลุ่มตัวอย่างปาล์มน้ำมันที่โตเต็มที่ อายุตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไป

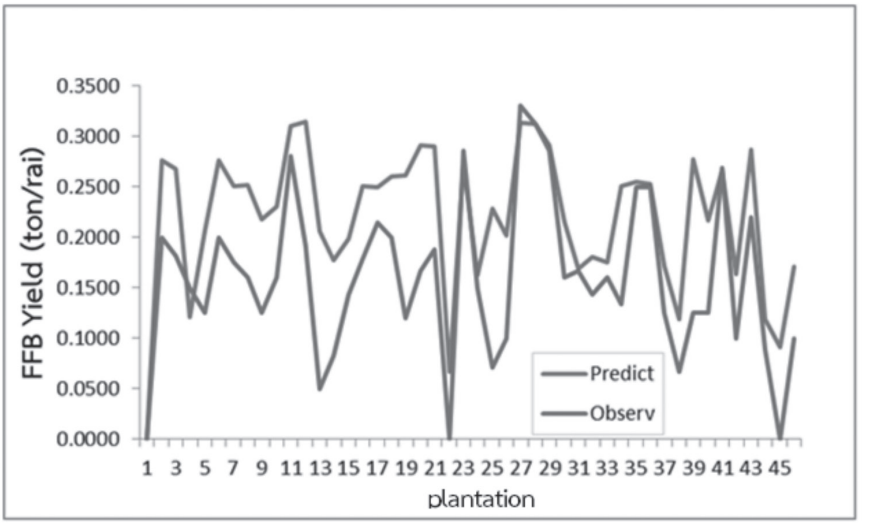


ดัชนี	สมการถดถอย	R^2	ความสัมพันธ์
NDWI	y = 0.6443x - 0.1731	0.6172	ปานกลาง
MSI	y = -0.5649x + 0.5328	0.6122	ปานกลาง
NDII	y = 0.7245x + 0.0015	0.5798	ปานกลาง
RVI	y = 0.0406x - 0.0289	0.4355	ปานกลาง
NDVI	y = 0.6863x - 0.2543	0.4130	ปานกลาง

ภาพที่ 2: ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณกับผลผลิตปาล์มน้ำมันจากทะลายผลสด

การคาดการณ์ผลผลิตปาล์มน้ำมันจากสมการที่มีความสัมพันธ์ที่ดีที่สุด

จากภาพที่ 2 นำสมการที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R2) สูงที่สุด ที่ได้จากดัชนี NDWI ซึ่งเป็นดัชนีที่ไวต่อการตรวจหาปริมาณน้ำในใบที่สุด มีสมการความสัมพันธ์คือ y = 0.6443x - 0.1731 ที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณและผลผลิตปาล์มน้ำมันจากผลทะลายสดในเดือนธันวาคม 2559 มาคาดการณ์ผลผลิตในเดือนมกราคม 2560 โดยนำค่าดัชนี NDWI เฉลี่ยที่ได้จากแต่ละสวนปาล์มน้ำมันในเดือนมกราคม มาแทนค่า x และ คำนวณหาค่าผลผลิตจากสมการ y จากนั้นนำค่า Y ที่ได้จากการสัมภาษณ์ผลผลิตเฉลี่ยของสวนปาล์มน้ำมันมา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการคาดการณ์ จากสมการที่มีความสัมพันธ์ดีที่สุด คือ y = 0.6443*NDWI - 0.1731 โดยใช้ตำแหน่งตรวจสอบผลผลิตปาล์มน้ำมันทั้งสิ้น 45 แปลง จากภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท 8 ในเดือนมกราคมปี 2560 จากนั้นจะนำค่า y คือค่าผลผลิตที่ได้จากสมการ (predict) ที่คำนวณได้ มาเทียบกับค่าผลผลิตจริง (Y) ที่ได้จากการสำรวจจากภาคสนาม (observed) เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ผลลัพธ์การคาดการณ์ผลผลิตที่ได้แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3: เปรียบเทียบผลผลิตปาล์มน้ำมันที่คำนวณจากสมการกับผลผลิตจริง

เมื่อนำผลผลิตจริงเปรียบเทียบผลผลิตที่คำนวณได้จากสมการ พบว่าในเดือน มกราคม 2560 มีค่า RMSE เท่ากับ 0.0789 ตันต่อไร่ หมายความว่าผลผลิตที่คำนวณได้จากสมการกับผลผลิตจริง มีความคลาดเคลื่อนไป 0.0789 ตันต่อไร่ ซึ่งจากรูป พบว่าผลผลิตที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยสมการ มีแนวโน้มส่วนใหญ่มีค่าซึ่งสูงกว่าผลผลิตจริง

สรุปและอภิปรายผล

NDWI ให้ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตปาล์มน้ำมันจากทะลายผลสดกับค่าดัชนีพืชพรรณดีที่สุด มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2=0.6172) ซึ่งดัชนี NDWI ใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้นที่สามารถตรวจจับน้ำบนเรือนยอดพืช กับช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ที่บ่งบอกความสมบูรณ์ของโครงสร้างของ

เซลล์พืช ซึ่งปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ชอบน้ำ หากเกิดการขาดน้ำ เป็นระยะเวลานาน จะส่งผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตลดลง เนื่องจากดัชนี NDWI ใช้ช่วงของอินฟราเรดคลื่นสั้น 2 (SWIR2) ที่มีความยาวคลื่น 2.10 – 2.30 ไมโครเมตร ซึ่งมีความช่วงคลื่นยาวกล่าวดัชนี MSI และ NDII ที่ตกอยู่ในช่วงอินฟราเรดคลื่นสั้น1 (SWIR1) มีความยาวคลื่น 1.56 – 1.66 ไมโครเมตร ทำให้สามารถตรวจหาน้ำในใบพืชได้ดีกว่า เนื่องจากช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้นเป็นช่วงคลื่นที่มีการดูดซับของน้ำบนเรือนยอดของพืชสูง ทำให้ดัชนีมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำบนเรือนยอดของพืช จึงสามารถตรวจพบได้เมื่อพืชเกิดความเครียดจะทำให้ความสามารถในการดูดซับน้ำในช่วงอินฟราเรดคลื่นสั้นลดลงตามไปด้วย ทำให้มีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นนี้สูงขึ้น ส่วนดัชนีที่ใช้ช่วงคลื่นสีแดงและช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ เช่น ดัชนี RVI และ NDVI ก็สามารถตรวจวัดความสมบูรณ์ของพืชในแง่ของปริมาณคลอโรฟิลล์จากใบ มากกว่าการบ่งบอกปริมาณน้ำบนเรือนยอด ซึ่งกว่าจะเห็นผลก็ต่อเมื่อพืชมีการขาดน้ำมาสักระยะ จนใบแห้งเหี่ยวใบจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง จึงส่งผลให้การสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดงสูงขึ้น จึงส่งผลให้ดัชนีที่ใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น ที่มีความไวต่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำบนเรือนยอด ให้ความสัมพันธ์กับผลผลิตปาล์มน้ำมันได้ดีกว่าดัชนีที่ใช้ช่วงคลื่นสีแดง เพราะสามารถสะท้อนการขาดน้ำออกมาเร็วกว่า ไม่ต้องรอให้แสดงอาการทางใบในรูปคลอโรฟิลล์เพราะความชื้นในพืชเมื่อลดลงจะทำให้การสะท้อนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้นจะเพิ่มสูงขึ้น

เมื่อนำสมการความสัมพันธ์ที่ได้จากดัชนี NDWI ที่ให้ค่าความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดที่คำนวณจากผลผลิตปาล์มน้ำมันและดัชนี NDWI ในเดือนธันวาคม 2559 ไปคำนวณผลผลิตในเดือนมกราคม 2560 ด้วยสมการความสัมพันธ์ y = 0.6443*NDWI - 0.1731 พบว่าเมื่อนำไป เปรียบเทียบกับผลผลิตจริงที่สัมภาษณ์จากเกษตรกรในเดือนมกราคม 2560 พบว่ามี มีความคลาดเคลื่อนไป จากผลผลิตจริง 0.0789 ตันต่อไร่ แม้ว่าจะมีความคลาดเคลื่อนจากการประมาณด้วยสมการถดถอย มีอยู่พอสมควร แต่ก็ดีกว่าไม่มีข้อมูลที่นำมาช่วยในการตัดสินใจ ที่รวดเร็ว และครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้ปัจจัยหลักคือดัชนีพืชพรรณ มาคาดการณ์ผลผลิตดังนั้น ควรนำปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศ การให้น้ำ การใส่ปุ๋ย มาร่วมวิเคราะห์เพื่อให้ความแม่นยำของการคาดการณ์มากขึ้น นอกจากนี้ถ้าสามารถหาภาพที่ปราศจากเมฆ หลายๆ ช่วงเวลามาใช้ในการหาความสัมพันธ์และสร้างสมการ ก็จะสามารถเพิ่มความแม่นยำของการคาดการณ์ได้มากขึ้น

ผลจากงานวิจัยดังกล่าวแนะนำให้หน่วยงานที่มีความเกี่ยวข้องในด้านการกำหนดราคา และการนำเข้า ส่งออกปาล์มน้ำมัน ให้ความสำคัญกับการคาดการณ์ผลผลิตล่วงหน้าของผลผลิตปาล์มน้ำมันภายในประเทศ เพราะจะทำให้สามารถบริหารจัดการผลผลิตปาล์มน้ำมัน และกำหนดราคาปาล์มน้ำมันเพื่อแก้ไขราคาปาล์มน้ำมันที่มีความผันผวนตามความต้องการของตลาด และลดปริมาณการนำเข้าจากต่างประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้สำนักงานเกษตรจังหวัดบึงกาฬ สามารถนำผลการวิจัยชิ้นนี้นำไปปรับใช้ในการวางแผนการปลูกปาล์มน้ำมันของเกษตรกร ในด้านการจัดการและดูแลปาล์มน้ำมัน โดยเฉพาะเรื่องการให้น้ำ เพื่อให้เกษตรกรมีวิธีการดูแลและจัดการได้อย่างถูกวิธี ซึ่งจะส่งผลให้เกษตรกรได้ผลผลิตปาล์มน้ำมันที่คุ้มค่าและมีคุณภาพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัยจากโครงการหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์ ภาคพิเศษ ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

พวงเพชร อึ้งวิศิษฎ์วงศ์. (2559). **พัฒนาอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันไทยสู่มาตรฐาน RSPO.** สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2561, จาก https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/Southern/Reasearch Paper/Thai%20palm%20 Development.pdf

วิชณีย์ ออมทรัพย์สิน, สุจิตรา พรหมเชื้อ, สุรกิตติ ศรีกุล, เพ็ญศิริ จ้ารัสฉาย และวราวุธ ชูธรรมวัย. (2554). **การศึกษาศักยภาพของปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี 1 ต่อการให้น้ำระดับต่างกัน.** เอกสารประชุม วิชาการพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน ประจำปี 2554: ยุทธศาสตร์งานวิจัยพืชไร่: การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ วันที่ 29-31 มีนาคม 2554. หน้า 254-256.

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี. (2559). **การวิเคราะห์สมการถดถอย.** สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2561, จาก http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=3086&read=true &count=true

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2559). **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2559.** กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Balasundram, S.K., Memarian, H. and Khosla, H. (2013). Estimating Oil Palm Yields using Vegetation Indices Derived from Quickbird. **Life Science Journal.** 10(4): 851-860.

Ceccato, P., Flasse, S., Tarantola, S., Jacquemoud, S., and Grégoire, J. (2001). Detecting Vegetation Leaf Water Content Using Reflectance in the Optical Domain. **Remote Sensing of Environment,** 77(1): 22-33,

Gao,B.C. (1996). NDWI-A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space. **Remote Sensing of Environment.** 58(3): 257-266.

Harrisgeospatial. (2016). **Canopy Water Content** Retrieved October 1, 2018, from http://www.harrisgeospatial.com/docs/CanopyWaterContent.html.

Heim, R. R., Lawrimore, J. H. and Wuertz, D. B. (2003). **The REDTI and MSI: Two New National Climate Impact Indices.** Scientific Services Division, NOAA/NESDIS/ National Climatic Data Center.

Marzukhi, F., Elahami, A., and Bohari, S. (2016). **Detecting Nutrients Deficiencies of Oil Palm Trees Using Remotely Sensed Data.** International Conference and Exhibition on Remote Sensing & GIS Conference Series: Earth and Environmental Science, 37.

Sheiner, LB. and Beal, SL. (1981). Some Suggestions for Measuring Predictive Performance. **J Pharmacokinet Biopharm.** 8(4): 503-512.

Salmiyati,S. Arien H. , Ida I., and Eko,S. (2014). Palm Plantations Management Effects on Productivity Fresh Fruit Bunch (FFB). **APCBEE Procedia.** 8:282–286.

Tucker, C.J. (1979). Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation. **Remote Sensing of Environment.** 8 (2): 127-150.

USGS. (2016). **Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS).** Retrieved from https://landsat.usgs.gov/what-are-best-spectral-bands-use-my-study.

Veena,S., Mohamed,S., Laili, N., and Biswajeet, P. (2012). NDVI OF Oil Palm Trees by LANDSAT-5 Imagery. **ACRS Pattaya Thailand.** Retrieved October 1, 2018, from http://a-a-r-s.org/acrs/administrator/components/com_jresearch/files/publications/PS1-2.pdf.