การคำนวณหาค่า NDVI, SAVI และ NDMI จากภาพถ่ายดาวเทียม ประกอบการใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร

วิภาวินี คำน้อย [1*] และ อริศรา เจริญปัญญาเนตร [2]

วันที่รับ 7 กุมภาพันธ์ 2565 วันที่แก้ไข 2 มิถุนายน 2565 วันตอบรับ 5 กรกฎาคม 2565

บทคัดย่อ

ข้าว เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศในด้านการบริโภค อีกทั้งยังมีความสำคัญต่อภาวะเศรษฐกิจภูมิภาคและเป็นสินค้าเกษตรส่งออกอันดับหนึ่งของประเทศไทย ด้วยส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 60 การวางแผนและการกำหนดนโยบายทางด้านการเกษตรมีความจำเป็นต้องใช้ผลผลิตต่อไร่เป็นหลัก จึงได้มีการนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถติดตามผลผลิตข้าวนาปีจากค่าสะท้อนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่บันทึกโดยข้อมูลภาพจากดาวเทียม และคำนวณหาค่า NDVI, SAVI และ NDMI ประกอบกับการใช้สถิติในการวิเคราะห์ ซึ่งประกอบไปด้วยค่าเฉลี่ย การประมาณค่าช่วง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์แบบจำลองเชิงเส้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเลือกตัวแบบพยากรณ์ผลผลิตการเกษตรที่เหมาะสม โดยทำการประเมินปริมาณผลผลิตข้าวนาปีจากข้อมูลดาวเทียมในพื้นที่ตำบลบ้านแม อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ ผลการศึกษาพบว่า การประเมินผลผลิตข้าวนาปีด้วยข้อมูลดาวเทียม Landsat 8-OLI มีแบบจำลองที่เหมาะสม 2 แบบจำลอง ซึ่งมีความถูกต้องร้อยละ 93 และร้อยละ 94 ตามลำดับ จากการประเมินผลผลิตข้าวนาปีและมีผลผลิตข้าวนาปี จากแบบจำลองพยากรณ์ผลผลิตที่ 1 ได้ผลผลิตรวมทั้งสิ้นจำนวน 2,838,667.44 กิโลกรัม จากแบบจำลองพยากรณ์ผลผลิตที่ 2 ได้ผลผลิตรวมทั้งสิ้นจำนวน 2,838,667.52 กิโลกรัม โดยคำนวณจากพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดประมาณ 4,659 ไร่ มีค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) อยู่ที่ 0.188341 และ 0.176023 ตามลำดับ

คำสำคัญ : แบบจำลองผลผลิตข้าว, ข้อมูลดาวเทียม, การวิเคราะห์ข้อมูลดิจิทัล

[1, 2] ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

* ผู้แต่ง, อีเมล์: wipawinee_khamnoi@cmu.ac.th

The Calculation of NDVI, SAVI and NDMI from satellite imagery in conjunction with the use of statistics in data analysis for forecasting agricultural products

Wipawinee Khamnoi [1*] and Arisara Charoenpanyanet [2]

Received 7 February 2022, Revised 2 June 2022, Accepted 5 July 2022

Abstract

Rice is an important crop in Thailand, in terms of consumption, the regional economy, and is the number one agricultural export. With a market share of 60%, agricultural planning and policy making are essentially required for production per rai. Therefore, geo-informatics technology, which is spatial data that can be tracked rice yields from the reflected electromagnetic wave energy received by satellite image data has been applied. NDVI and NDMI were calculated and analyzed using statistics including mean, interpolation, standard deviation, and linear model analysis. The purpose of this study was to create the model for estimation of in season rice yield. The results of the study found that the estimation of in-season rice yield with Landsat 8-OLI satellite data consisted of two suitable models with 93% and 94% accuracy. From the Yield Estimation Model 1 and 2, the total yield was 2,838,667.44 kg. and 2,838,667.52 kg, respectively.

Keywords : Rice yield model, Landsat-8 satellite data, Digital data analysis

[1, 2] Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Chiang Mai University

* Corresponding author, E-mail: wipawinee_khamnoi@cmu.ac.th

1. บทนำ

ประเทศไทยนับได้ว่าเป็นประเทศที่มีการประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ “ข้าว” เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศทั้งในด้านการบริโภคและการเป็นสินค้าเกษตรส่งออกอันดับหนึ่งของประเทศไทย อีกทั้งยังมีความสำคัญต่อภาวะเศรษฐกิจภูมิภาค เนื่องจากเป็นพืชเกษตรหลักของประเทศที่ครอบคลุมพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุด คิดเป็น 45.2% ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมดของประเทศและมีจำนวนครัวเรือนที่มากถึง 4.3 ล้านครัวเรือน คิดเป็น 74.4% ของจำนวนครัวเรือนภาคเกษตรทั้งหมด โดยมีราคาข้าวเปลือกทั้งประเทศเฉลี่ยรายเดือนในปี พ.ศ. 2554 ราคา 15,196 บาท/ตัน พ.ศ. 2555 ราคา 15,379 บาท/ตัน พ.ศ. 2556 ราคา 14,672 บาท/ตัน พ.ศ. 2557 ราคา 12,781 บาท/ตัน พ.ศ. 2558 ราคา 11,632 บาท/ตัน ซึ่งมีแนวโน้มราคาลดลง อันเนื่องมาจากผลผลิตที่เพิ่มมากขึ้น [1] จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าประเทศไทยมีผลผลิตข้าวเกินความต้องการการบริโภคค่อนข้างมาก เนื่องจากมีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้น ขณะที่ความต้องการบริโภคข้าวของตลาดในประเทศยังคงเท่าเดิม และประเทศไทยกำลังประสบกับปัญหาการแข่งขันในตลาดระหว่างประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นทุนค่าแรงงานและการเสื่อมคุณภาพของสภาพระบบนิเวศ เมื่อมีการแข่งขันกันผลิตข้าวที่เพิ่มมากขึ้น จังหวัดเชียงใหม่มีการเพาะปลูกข้าวกันอย่างกว้างขวางและข้าวพันธุ์สันป่าตองก็เป็นที่รู้จักแพร่หลายกันทั่วไป เนื่องจากเป็นข้าวที่มีคุณภาพในทางโภชนการ มีผลผลิตดีมากพันธุ์หนึ่ง และในส่วนของพื้นที่สันป่าตองนั้นเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูกข้าว ซึ่งมีผลผลิตขนาดของเมล็ดข้าวที่สวยงาม จนเป็นข้าวที่ได้มาตรฐานเป็นที่นิยมในภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคอีสาน [2] การนำเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล หรือ Remote Sensing (RS) โดยการนำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม และการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ (Data Analytics) ที่สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ตั้งแต่อดีต ปัจจุบัน เพื่อทำนายอนาคต [3] มาใช้งานในด้านเกษตรกรรมในพื้นที่ เช่น การประเมินและการประมาณค่าผลผลิตของพืชเศรษฐกิจ ประเมินคุณลักษณะและปัจจัยที่ส่งผลต่อพืชในพื้นที่ขนาดใหญ่นี้ จะสามารถช่วยลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ได้มากกว่าการสำรวจพื้นที่ภาคสนาม และการนำวิธีวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) มาใช้ในการประมาณค่าผลผลิตพิจารณาร่วมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูก ยังสามารถช่วยให้เกษตรกรทราบถึงปัจจัยที่สำคัญต่อผลผลิตข้าว จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งเพื่อช่วยให้เกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้มากที่สุด [4] ปัจจุบันมีหลากหลายงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการพยากรณ์ผลผลิต ซึ่งวิธีการศึกษามีหลากหลายวิธี เช่น การใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network, ANN) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการพยากรณ์การส่งออกข้าวจากประเทศไทย [5] การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (TimeSeries Analysis) โดยวิธีการบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins) [6] และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) โดยวิธีการถดถอยแบบขั้นบันได (Stepwise Regressions) [7] แต่ยังไม่ค่อยมีงานวิจัยไหนที่วิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยทางกายภาพที่สัมพันธ์กับผลผลิตข้าวที่มีอยู่ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เพื่อนำไปทำนายอนาคต

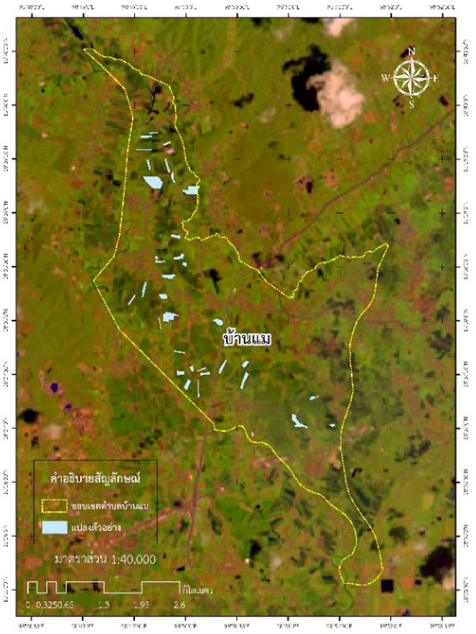
ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจอย่างยิ่งที่จะทำการศึกษาการคำนวณหาค่า NDVI, SAVI และ NDMI จากภาพถ่ายดาวเทียม ประกอบการใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยทางกายภาพที่สัมพันธ์กับผลผลิตข้าวนาปีและสร้างแบบจำลองประมาณผลผลิตข้าวด้วยฟังก์ชันคณิตศาสตร์แบบเส้นตรง

2. พื้นที่ศึกษาและข้อมูล

ขอบเขตของการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยใน 3 ลักษณะ คือ ขอบเขตเชิงพื้นที่ ขอบเขตเชิงเนื้อหา และขอบเขตเชิงระยะเวลา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ขอบเขตเชิงพื้นที่ ตำบลบ้านแมมีพื้นที่ทั้งหมด ประมาณ 16.65 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นพื้นที่ 10,406 ไร่ มีเขตรับผิดชอบจำนวน 13 หมู่บ้าน [8] ครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ตำบลบ้านแม อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 *พื้นที่ศึกษา*

ภาพสีผสม 6-5-2 จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม โดยพืชพรรณเป็นสีเขียว น้ำเป็นสีน้ำเงินเข้ม เงาเมฆเป็นสีดำ และพื้นที่โล่งจะเป็นสีส้ม

2) ขอบเขตเชิงระยะเวลา ในครั้งนี้ทำการศึกษาโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8-OLI ที่บันทึกการถ่ายภาพในวันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2558 เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงเวลาดังกล่าวนั้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลการเพาะปลูกข้าวที่ได้จากการสอบถามเกษตรกรตัวอย่าง การประเมินผลผลิตข้าวนาปีด้วยข้อมูลดาวเทียม Landsat 8-OLI มีความถูกต้องร้อยละ 68 เนื่องจากตำบลบ้านแมมีเนื้อที่ขนาดเล็ก ซึ่งภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8-OLI นั้นมีความละเอียดค่อนข้างต่ำ จึงส่งผลให้ผลการวิเคราะห์ค่าปัจจัยต่าง ๆ เกิดความคลาดเคลื่อน [9] ประกอบกับภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงเวลาดังกล่าวมีเมฆปรากฏอยู่ในพื้นที่ศึกษาน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับช่วงเวลาใกล้เคียงกัน

3) ขอบเขตเชิงเนื้อหา การศึกษาในครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพ [10] และผลผลิตข้าวนาปีโดยใช้วิธีการทางสถิติมาทดสอบเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตข้าวนาปี นำปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวนาปีมาสร้างแบบจำลองเพื่อประมาณผลผลิตข้าวนาปีในพื้นที่ตำบลบ้านแม เพื่อคาดการณ์ผลผลิตข้าวที่คาดว่าเกษตรกรจะได้รับ โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8-OLI จากนั้นศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำรูปแบบสมการที่ได้มาไปประเมินผลผลิตข้าวนาปีให้กับพื้นที่นาข้าวทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา และทดสอบประสิทธิภาพของสมการประมาณค่าที่ได้ จากค่าความถูกต้องของการประมาณค่าผลผลิตข้าวในรูปแบบของค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) [11]

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยเรื่องนี้เป็นงานวิจัยเชิงปริมาณ ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วยข้อมูลพื้นที่ปลูกข้าว และข้อมูลการประเมินข้าวก่อนทำการเก็บเกี่ยว ที่ได้จากการศึกษาการประเมินผลผลิตข้าวนาปีด้วยข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 OLI ในเขตตำบลบ้านแม อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8-OLI ที่ให้รายละเอียดจุดภาพช่วงคลื่น NIR, SWIR เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีรายละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร โคจรซ้ำตำแหน่งเดิมทุก ๆ 16 วัน โดยเลือกพื้นที่ตามพื้นที่ศึกษาคือพื้นที่ตำบลบ้านแม อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ ที่บันทึกถ่ายภาพในวันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2558 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่สัมพันธ์กับข้อมูลทุติยภูมิดังกล่าว ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน หนังสือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และบทความ รวมถึงแหล่งข้อมูลออนไลน์ที่ใช้ประกอบในการศึกษา เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการวิจัย ซึ่งวิธีการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.1 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ประกอบไปด้วย 2 วิธีการ ดังนี้

1) การขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน ข้อมูลสถิติความชื้นสัมพัทธ์ ข้อมูลสถิติปริมาณน้ำฝน ข้อมูลสถิติอุณหภูมิ จากกรมอุตุนิยมวิทยา

2) การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลทางเว็บไซต์ เช่น ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตรจากกรมส่งเสริมการเกษตร ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8-OLI จากกรมสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา

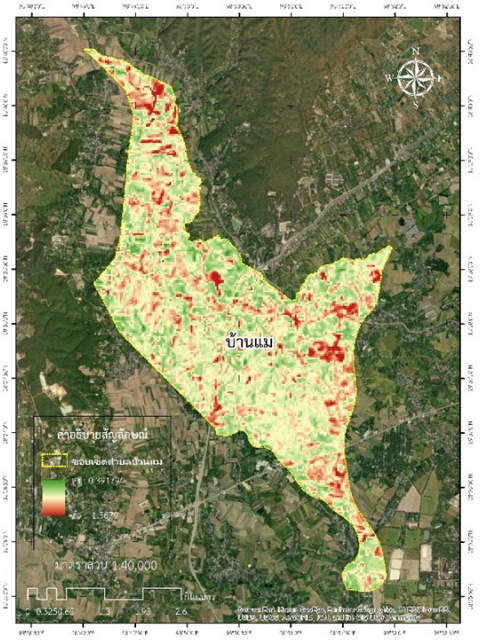
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ปัจจัยจากภาพถ่ายจากดาวเทียม

การวิเคราะห์หาดัชนีความต่างพืชพรรณ (NDVI) คือ การวิเคราะห์หาความแตกต่างดัชนีพืชพรรณ (รูปที่ 2) สามารถวิเคราะห์ได้จากการนำค่าความแตกต่างของการสะท้อนของพืชระหว่างช่วงคลื่นใกล้อินฟาเรดกับช่วงคลื่นสีแดงที่ตามองเห็นทำสัดส่วนกับค่าผลบวกของทั้งสองช่วงคลื่นที่สะท้อนจากพื้นผิวมาคำนวณผลต่างของการสะท้อน ดังสมการ [12]

$$NDVI = (NIR-RED) / (NIR+RED) \quad (1)$$

โดย NDVI คือ ค่าพืชพรรณที่ได้จากการสะท้อนของพืช
NIR คือ ช่วงคลื่นใกล้อินฟาเรด
RED คือ ช่วงคลื่นสีแดงที่ตามองเห็น

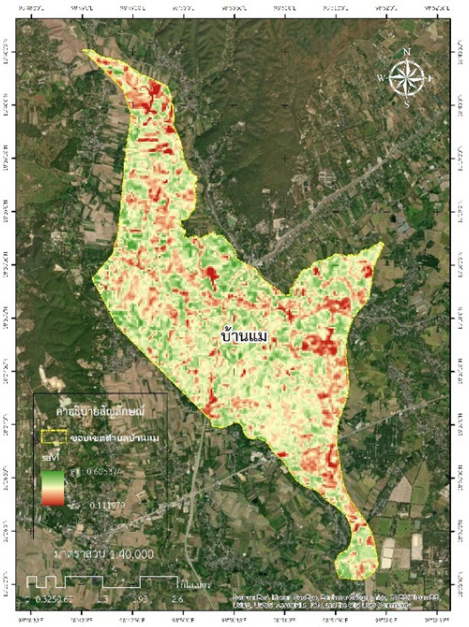


รูปที่ 2 *ดัชนีความต่างพืชพรรณ (NDVI)*

การวิเคราะห์หาดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน (SAVI) คือ การวิเคราะห์หาดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน สามารถวิเคราะห์ได้จากการนำค่าความแตกต่างของการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) กับช่วงคลื่นสีแดงที่ตามองเห็นมาทำสัดส่วนกับค่าผลบวกของทั้งสองช่วงคลื่นที่สะท้อนจากพื้นผิวมาคำนวณผลต่างของการสะท้อน เพื่อลดอิทธิพลของความสว่างดิน ด้วยการสมมติว่าเส้นดินที่มีความลาดชันสูงจะโดนตัดออก (รูปที่ 3) ดังสมการ [13]

$$SAVI = (1+L) \times (NIR - RED) / NIR + RED + L \quad (2)$$

โดย SAVI คือ ดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน
NIR คือ ช่วงคลื่นใกล้อินฟาเรด
RED คือ ช่วงคลื่นสีแดงที่ตามองเห็น
L = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนจากพื้นดิน (มีค่า 0 ถึง 1)

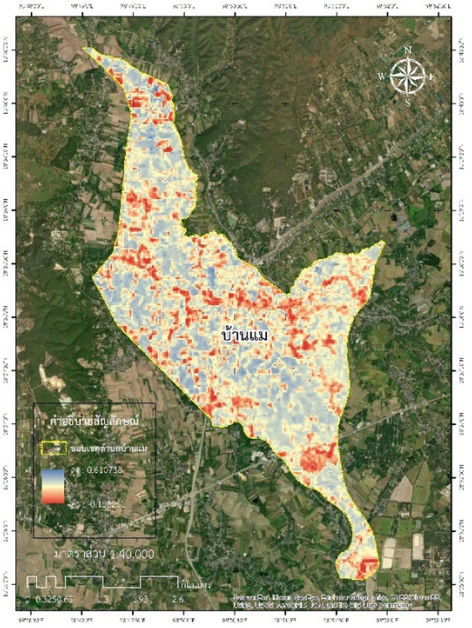


รูปที่ 3 *ดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน (SAVI)*

การวิเคราะห์หาดัชนีผลต่างของความชื้น (NDMI) คือ การวิเคราะห์หาดัชนีผลต่างความชื้นของน้ำ สามารถวิเคราะห์ได้จากการนำค่าความแตกต่างของการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) และอินฟราเรดคลื่นสั้น (SWIR1) มาทำสัดส่วนกับค่าผลบวกของทั้งสองช่วงคลื่นที่สะท้อนจากพื้นผิวมาคำนวณผลต่างของการสะท้อน (รูปที่ 4) หากมีปริมาณน้ำในดินหรือพืชพรรณมาก จะทำให้รังสีในช่วง SWIR1 ถูกดูดซับมากและมีการสะท้อนรังสีออกมาน้อยลง ส่งผลให้ดัชนี NDMI ที่คำนวณได้มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ดังสมการ [14]

$$NDMI = (NIR - SWIR1) / (NIR + SWIR1) \quad (3)$$

โดย NDMI คือ ค่าผลต่างความชื้นของน้ำ
NIR คือ ช่วงคลื่นใกล้อินฟาเรด
SWIR1 คือ อินฟราเรดคลื่นสั้น



รูปที่ 4 *ดัชนีผลต่างของความชื้น (NDMI)*

ในการคำนวณได้ทำการเปลี่ยนค่าตัวเลขดิจิทัล (Digital Number, DN) ให้กลายเป็นค่าการสะท้อน (Reflectance) โดยใช้สมการ Conversion to TOA Reflectance เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการคำนวณ ดังสมการ [15]

$$\rho\lambda' = M_\rho Q_{cal} + A_\rho \qquad (4)$$

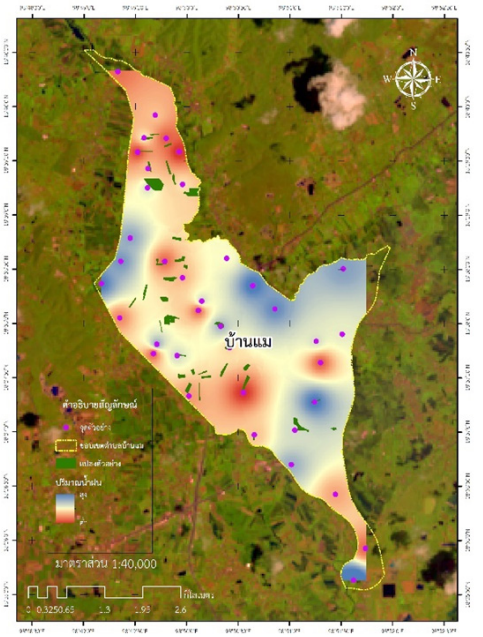
โดย $\rho\lambda'$ = TOA สะท้อนดาวเคราะห์โดยไม่ต้องแก้ไขมุมแสงอาทิตย์

M_ρ = ตัวคูณมาตราส่วนการคูณแบบทวีคูณเฉพาะแบนด์จากข้อมูล

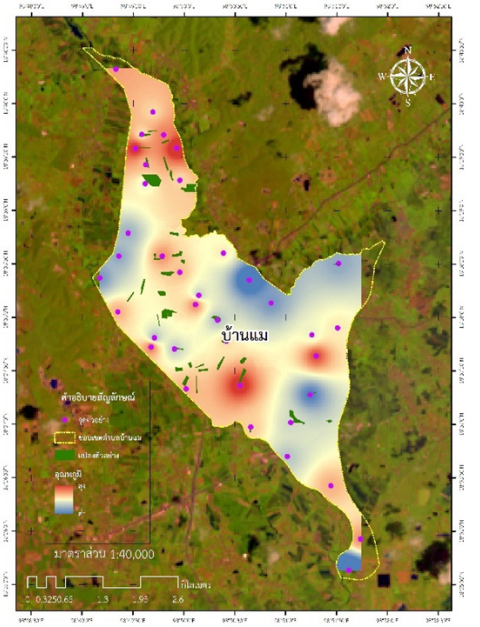
A_ρ = ปัจจัยสเกลเสริมเฉพาะแบนด์จากข้อมูลเมตา

Q_{cal} = ค่าพิกเซลผลิตภัณฑ์มาตรฐานเชิงปริมาณและสอบเทียบ (DN)

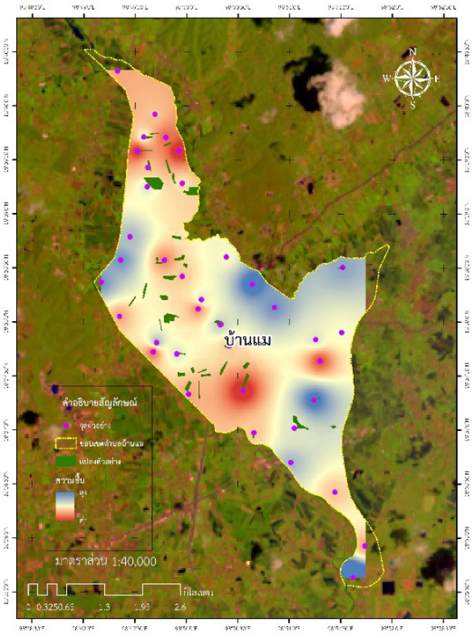
การประมาณค่าช่วงปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิและความชื้น ทำการประมาณค่าช่วงด้วยวิธี IDW (Inverse Distance Weight) โดยทำการสุ่มจุดตัวอย่างแต่ละจุดจากตำแหน่งที่สามารถส่งผลกระทบไปยังพื้นที่ที่ต้องประมาณค่าได้ ซึ่งจะมีผลกระทบน้อยลงเรื่อย ๆ ตามระยะทางที่ไกลออกไป ยิ่งใกล้ยิ่งมีอิทธิพลมาก ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์และจะใช้การสุ่มจุดจากแปลงตัวอย่างจำนวน 38 แปลง (รูปที่ 5) (รูปที่ 6) (รูปที่ 7)



รูปที่ 5 *การประมาณค่าช่วงปริมาณน้ำฝน*



รูปที่ 6 *การประมาณค่าช่วงอุณหภูมิ*



รูปที่ 7 การประมาณค่าช่วงความชื้น

การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression)

ในการศึกษาเพื่อเลือกปัจจัยที่ส่งผลต่อผลผลิตข้าวนาปีจะทำการศึกษาระดับความสัมพันธ์ของข้อมูลจากตารางคุณลักษณะมาวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือในโปรแกรม PASW Statistics 18 เพื่อหาความสัมพันธ์ที่บ่งบอกว่าปัจจัยทั้ง 12 ปัจจัย คือ NDVI, max NDVI, min NDVI, SAVI, max SAVI, min SAVI, NDMI, max NDMI, min NDMI, ปริมาณน้ำฝน, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อหาว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด มีทิศทางความสัมพันธ์อย่างไร และในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์นี้จะใช้สหสัมพันธ์แบบ Partial Correlation เป็นสถิติที่ใช้ควบคุมหรือแยกส่วนตัวแปรทำนายตัวอื่นที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ต้องการศึกษาอย่างสมบูรณ์ เช่น ตัวแปร X1, X2 และ Y มีความสัมพันธ์กัน ถ้าต้องการหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X1 กับตัวแปร Y แบบ Partial Correlation ต้องขจัดอิทธิพลของ X2 ที่มีต่อ X1 และอิทธิพลของ X2 ที่มีต่อ Y ออก เพื่อให้ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายกับตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันอย่างบริสุทธิ์โดยไม่มีอิทธิพลของตัวแปรอื่นร่วมทำนาย จึงต้องหักอิทธิพลของตัวแปรอื่น ๆ ออก [16]

การวิเคราะห์การถดถอยพหุแบบขั้นตอน (Stepwise regression)

การศึกษานี้จะใช้การถดถอยแบบขั้นตอน (Stepwise regression) เป็นวิธีการผสมระหว่างการเลือกแบบก้าวหน้าและการตัดทิ้งแบบถอยหลัง ขั้นตอนแรก ใส่ตัวแปรต้นที่มีสหสัมพันธ์กับตัวแปรตามสูงสุด โดยการเลือกแบบก้าวหน้า ตรวจสอบระดับนัยสำคัญ (p) ของอิทธิพลของตัวแปรต้นตัวนั้น และตัดตัวแปรนั้น โดยการตัดทิ้งแบบถอยหลัง ขั้นตอนที่สอง ใส่ตัวแปรต้นที่มีสหสัมพันธ์กับตัวแปรตามที่มีขนาดรองลงมา โดยการเลือกแบบก้าวหน้า ตรวจสอบระดับนัยสำคัญ (p) ของอิทธิพลของตัวแปรต้นนั้น และตัดตัวแปรนั้น โดยการตัดทิ้งแบบถอยหลัง กระบวนการสิ้นสุดเมื่ออิทธิพลของตัวแปรต้นที่เหลืออยู่ในสมการมีนัยสำคัญทางสถิติทุกตัวแปร การวิเคราะห์ข้อมูลวิธีนี้ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ [17]

4. ผลการวิจัย

เนื้อหาในส่วนนี้จะกล่าวถึงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพ เพื่อเลือกปัจจัยที่เหมาะสมที่จะนำไปประเมินผลผลิตข้าวนาปี ซึ่งจะอธิบายถึงการวิเคราะห์ปัจจัยที่สัมพันธ์กับผลผลิตข้าวและการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) เพื่อหาสมการ

ที่เหมาะสมในการประเมินผลผลิตข้าวทั้งพื้นที่ และการประเมินผลผลิตข้าวทั่วทั้งพื้นที่ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ปัจจัยทางกายภาพ

จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยทั้ง 12 ปัจจัย พบว่า ปัจจัยที่สัมพันธ์กับผลผลิตข้าวนาปีจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบ Partial Correlation มีอยู่ 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยของค่ามากที่สุดของดัชนีความต่างพืชพรรณ (maxNDVI) และปัจจัยของค่ามากที่สุดของดัชนีผลต่างของความชื้น (maxNDMI)

ค่าความแตกต่างทั่วไปของดัชนีความต่างพืชพรรณ (NDVI)

ค่าความแตกต่างทั่วไปของดัชนีความต่างพืชพรรณนั้นที่มีค่ามากที่สุดเพียง 0.39 เนื่องจากในช่วงเวลาที่ทำการถ่ายภาพนั้นเป็นวันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2558 เป็นช่วงเวลาที่ใกล้ถึงเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว ซึ่งต้นข้าวจะลดความเขียวลงและกลายเป็นสีเหลืองมากกว่า ส่งผลทำให้ค่าสะท้อนของดัชนีความต่างพืชพรรณไม่สูงมาก ซึ่งค่าความแตกต่างทั่วไปของดัชนีความต่างพืชพรรณจะมีช่วงระหว่าง -1 ถึง 1 กล่าวคือ เมื่อค่าความแตกต่างทั่วไปของดัชนีความต่างพืชพรรณเข้าใกล้ 1 ก็จะแสดงถึงความสมบูรณ์พืชพรรณบริเวณนั้น ๆ ในขณะที่เมื่อค่าความแตกต่างทั่วไปของดัชนีความต่างพืชพรรณมีค่าเข้าใกล้ 0 หรือมีค่าติดลบ แสดงว่าพืชในบริเวณนั้นมีความสมบูรณ์ต่ำหรือเป็นการใช้ที่ดินประเภทอื่น

ค่าความแตกต่างทั่วไปของดัชนีผลต่างของความชื้น (NDMI)

ค่าความแตกต่างทั่วไปของดัชนีผลต่างของความชื้นนั้นที่มีค่ามากที่สุด 0.61 เนื่องจากในช่วงเวลาที่ทำการถ่ายภาพนั้นเป็นวันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2558 เป็นช่วงปลายฝนต้นหนาว ปริมาณน้ำในดินหรือพืชพรรณค่อนข้างมาก จะทำให้ความชื้นถูกดูดซับมาก ส่งผลให้ค่าสะท้อนดัชนีผลต่างของความชื้นที่วิเคราะห์ออกมามีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย โดยทั่วไปค่าความแตกต่างทั่วไปของดัชนีผลต่างของความชื้นจะมีช่วงระหว่าง -1 ถึง 1 กล่าวคือ เมื่อค่าความแตกต่างทั่วไปของดัชนีผลต่างของความชื้นเข้าใกล้ 1 ก็จะแสดงถึงความชื้นมากบริเวณนั้น ๆ ในขณะที่เมื่อค่าความแตกต่างทั่วไปของดัชนีผลต่างของความชื้นมีค่าเข้าใกล้ 0 หรือมีค่าติดลบ แสดงว่าความชื้นในบริเวณนั้นต่ำหรือเป็นการใช้ที่ดินประเภทอื่น

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis)

ผลจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ด้วยวิธีการถดถอยพหุแบบขั้นตอน (Stepwise regression) ปรากฏว่ามีตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าว (Crop) จำนวน 2 ชนิด คือ ค่ามากที่สุดของดัชนีความต่างพืชพรรณ (maxNDVI) และค่ามากที่สุดของดัชนีผลต่างของความชื้น (maxNDMI) (ตารางที่ 1) ผลจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Linear Regression, SMLR)

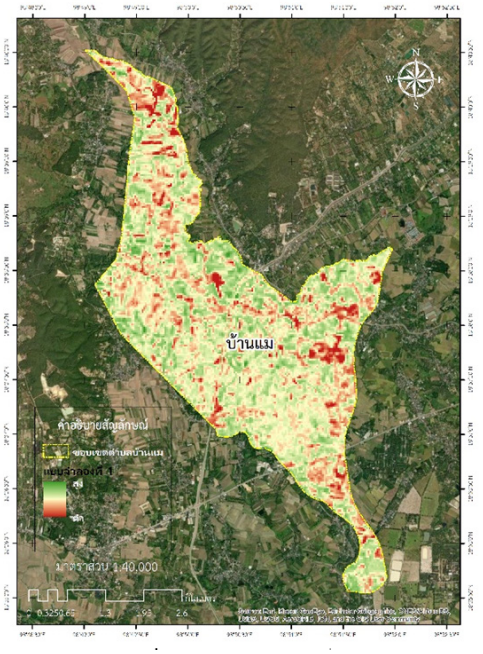
ปรากฏว่ามีตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าว (Crop) จำนวน 2 ชนิด คือ ค่ามากที่สุดของดัชนีความต่างพืชพรรณ (maxNDVI) และค่ามากที่สุดของดัชนีผลต่างของความชื้น (maxNDMI) กล่าวคือ ยิ่งค่า R และ R Square มีค่าเข้าใกล้ 1 ความเหมาะสมของชุดสมการที่จะนำไปประเมินผลผลิตข้าวก็จะยิ่งมากขึ้น ค่า R Square ในโมเดลที่ 1 มีค่า 0.933 หมายความว่า หากใช้รูปแบบสมการดังกล่าวในการประเมินผลผลิตข้าว จะมีความถูกต้องร้อยละ 93 (รูปที่ 8) และค่า R Square ในโมเดลที่ 2 มีค่า 0.941 หมายความว่า หากใช้รูปแบบสมการดังกล่าวในการประเมินผลผลิตข้าว จะมีความถูกต้องร้อยละ 94 (รูปที่ 9) จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นจะได้ค่าที่ใช้บอกระดับความสัมพันธ์ (Coefficients) ซึ่งจะนำไปสร้างสมการที่ใช้ในการประเมินผลผลิตข้าว

ตารางที่ 1 แสดงการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Linear Regression, SMLR)

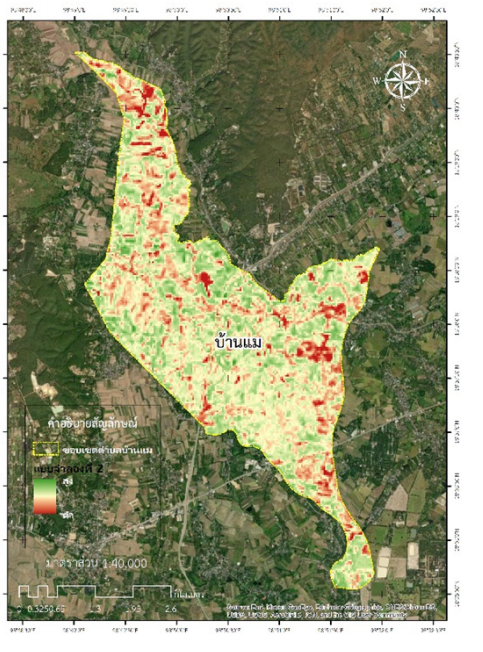
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.966	.933	.931	447.720	.933	500.695	1	36	.000
2	.970	.941	.938	424.372	.008	5.070	1	35	.031

1. Predictors: (Constant), max NDVI
2. Predictors: (Constant), max NDVI, max NDMI

โดยที่ R หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ
R Square หมายถึง สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (Coefficient of determinant)
Adjusted R Square หมายถึง สัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับค่าแล้ว
Std. Error of the Estimate หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์



รูปที่ 8 *ผลแบบจำลองที่ 1*



รูปที่ 9 *ผลแบบจำลองที่ 2*

ตารางที่ 2 แสดงระดับความสัมพันธ์ (Coefficients)

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			95.0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
1 (Constant)	-2840.427	282.218		-10.065	.000	-3412.792	-2268.062
maxNDVI	44629.259	1994.496	.966	22.376	.000	40584.234	48674.285
2 (Constant)	-1763.027	548.179		-3.216	.003	-2875.889	-650.165
maxNDVI	45022.836	1898.550	.974	23.714	.000	41168.575	48877.097
maxNDMI	-2804.951	1245.696	-.093	-2.252	.031	-5333.848	-276.054

จากค่า Coefficient ดังกล่าวสามารถนำมาสร้างสมการที่จะนำไปประเมินผลผลิตข้าวได้ 2 สมการ ดังนี้

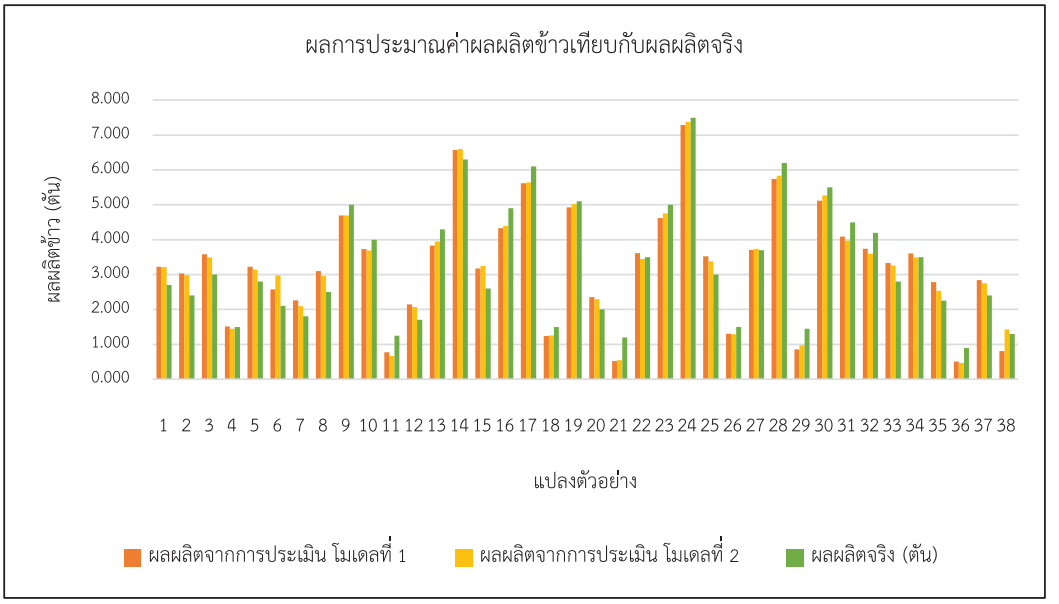
Crop1 = (44629.259 × maxNDVI)-2840.427 (5)

Crop1 หมายถึง ผลผลิตข้าว (กิโลกรัม)
maxNDVI หมายถึง ค่ามากที่สุดของดัชนีความต่างพืชพรรณ

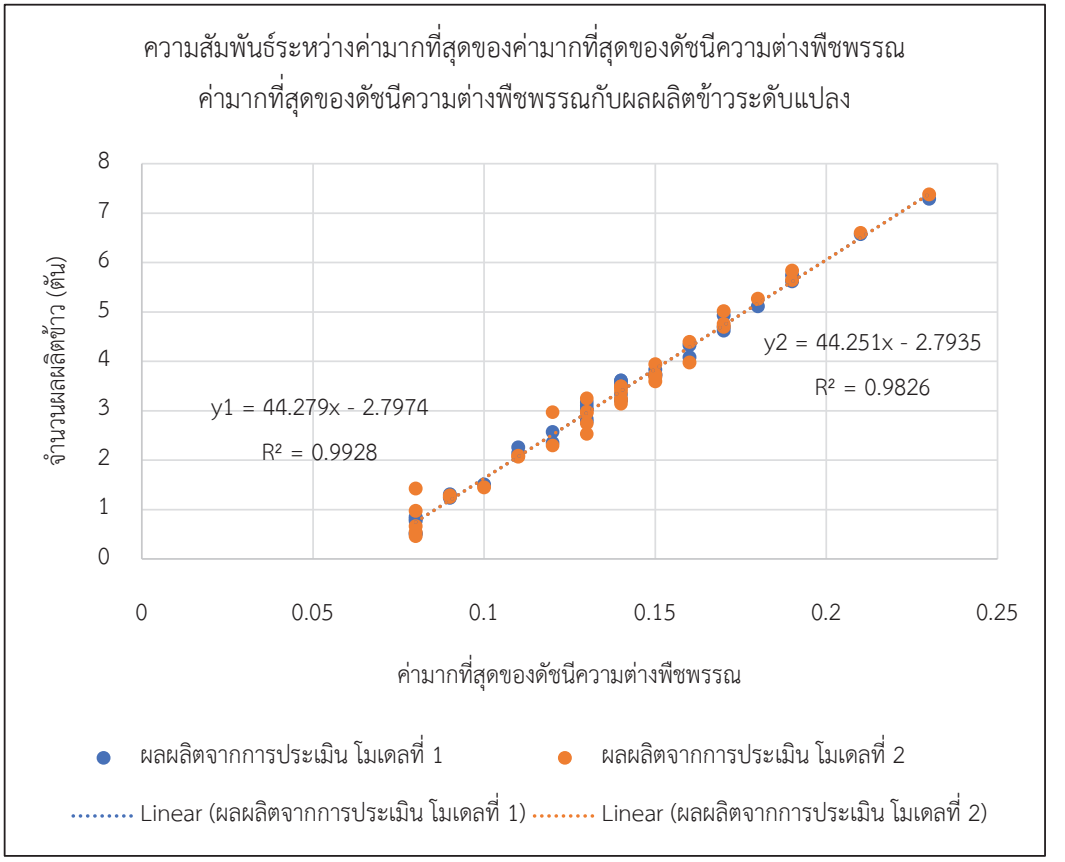
Crop2 = (45022.836 × maxNDVI) - (2804.951× maxNDMI)-1763.027 (6)

Crop2 หมายถึง ผลผลิตข้าว (กิโลกรัม)
maxNDVI หมายถึง ค่ามากที่สุดของดัชนีความต่างพืชพรรณ
maxNDMI หมายถึง ค่ามากที่สุดของดัชนีผลต่างของความชื้น

โดยกำหนดให้ Crop1 คือ โมเดลที่ 1 และ Crop2 คือ โมเดลที่ 2 ผลจากการวิเคราะห์ค่าปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย ไม่ส่งผลต่อผลผลิตข้าวที่แตกต่างกันมาก กล่าวคือ ความแตกต่างของผลผลิตข้าวของทั้ง 2 โมเดลนั้นน้อยมาก จากการตรวจสอบประสิทธิภาพของสมการโดยการนำสมการที่ได้ไปประเมินผลผลิตข้าวของแปลงตัวอย่างจำนวน 38 แปลง ผลที่ได้จะแสดงใน (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 *ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบขั้นตอน*



รูปที่ 11 *ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามากที่สุดของดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณกับผลผลิตข้าวระดับแปลง*

จากกราฟรูปที่ 10 แสดงผลลัพธ์ของการประเมินผลผลิตข้าวจากสมการและผลผลิตต่อแปลงแล้วนำไปเปรียบเทียบกับผลผลิตข้าวจริง ผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมิน โมเดลที่ 1 คือ 123.95001 ตัน และผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมิน โมเดลที่ 2 คือ 123.95000 ตัน และจากกราฟรูปที่ 11 แสดงผลลัพธ์ของความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นระหว่างค่ามากที่สุดของดัชนีความต่างพืชพรรณกับผลผลิตข้าวแต่ละแปลง

การคำนวณค่า RMSE เพื่อวัดความแม่นยำของการประมาณค่าผลผลิตข้าว

ผลการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยกำหนดให้ผลการสำรวจภาคสนามของค่าผลผลิตข้าวจากชุดข้อมูลสร้างแบบจำลอง (Calibration Data Sets) เป็น Dependent variable (Y) โดย NDVI สูงสุดและ NDMI สูงสุดเป็น Independent Variable (X) ด้วยฟังก์ชันแบบเส้นตรง ฟังก์ชันเลขยกกำลัง โดยผลการสร้างแบบจำลอง (Calibration Data Sets)

ให้ผลของการทดสอบแบบจำลอง (Evaluation Data Sets) ได้ค่า RMSE เท่ากับ 0.188341, 0.176023 ตัน/ไร่ ตามลำดับ

5. สรุปและอภิปรายผล

การประเมินพื้นที่ปลูกข้าวนาปีในเขตพื้นที่ตำบลบ้านแม อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปีมีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 4,659.731 ไร่ หรือ 7.456 ตารางกิโลเมตร ในการประเมินผลผลิตจากค่าความแตกต่างทั่วไปของดัชนีความต่างพืชพรรณนั้นเป็นช่วงที่ใกล้ถึงเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว ซึ่งต้นข้าวจะเกิดเป็นรวงทำให้ค่าสะท้อนความแตกต่างทั่วไปของดัชนีความต่างพืชพรรณที่ทำการวิเคราะห์มีค่าต่ำและในการประเมินผลผลิตจากค่าความแตกต่างทั่วไปของดัชนีผลต่างของความชื้นนั้นเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูกาลจากฤดูฝนไปเป็นฤดูหนาว ทำให้ปริมาณน้ำในดินหรือพืชพรรณค่อนข้างมาก ทำให้ความชื้นถูกดูดซับมาก ส่งผลให้ผลต่างของความชื้นที่คำนวณได้มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย การประเมินผลผลิตข้าวนาปีก่อนทำการเก็บเกี่ยวเป็นการประเมินหรือพยากรณ์ผลผลิตข้าวนาปีต่อไร่จากแปลงตัวอย่างของพื้นที่ที่ทำการเพาะปลูกในปี พ.ศ. 2558 โดยผ่านการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น เพื่อหารูปแบบของสมการที่มีความเหมาะสมผลลัพธ์ที่ได้คือ ผลผลิตข้าวนาปี จากโมเดลที่ 1 อยู่ที่ประมาณ 609.2868518 กิโลกรัมต่อไร่ และผลจากการทำนายผลผลิตจากโมเดลที่ 2 อยู่ที่ประมาณ 609.286869 กิโลกรัมต่อไร่ โดยพบว่า ทั้งสองโมเดลมีความแตกต่างกันน้อยมาก สามารถนำโมเดลไปประยุกต์ใช้ได้ตามความเหมาะสมของพื้นที่ โดยคำนวณจากพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดประมาณ 4,659 ไร่

6. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ในการเลือกใช้ภาพถ่ายดาวเทียมควรเลือกชนิดภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดค่อนข้างสูง เพื่อความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์ เช่น ภาพถ่ายจากดาวเทียม QuickBird ควรหลีกเลี่ยงภาพถ่ายดาวเทียมที่มีเมฆปกคลุมพื้นที่ศึกษา เนื่องจากอาจจะเกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ข้อมูล และการศึกษาในครั้งนี้ผู้ศึกษาควรลงสนามเพื่อตรวจสอบค่าความถูกต้องของข้อมูลจากเกษตรกร การศึกษาปัจจัยอื่น ๆ เพิ่ม อาจช่วยเป็นตัวเลือกให้โมเดลที่จะนำไปพัฒนาต่อมีปัจจัยเพิ่มขึ้นได้ด้วย และการทำการศึกษาประเภทเดียวกันนี้ควรขยายขอบเขตการศึกษาเป็นระดับอำเภอหรือใหญ่กว่า เนื่องจากในระดับอำเภอหรือใหญ่กว่าจะมีข้อมูลสถิติต่าง ๆ อย่างครบถ้วน ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่เพาะปลูก ผลผลิตที่ได้ จำนวนเกษตรกร ช่วงเวลาการเพาะปลูก เป็นต้น ซึ่งข้อมูลรายละเอียดเหล่านี้ไม่มีในระดับตำบล

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. “ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร.” oae.go.th. https://www.oae.go.th/view/1/ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร/TH-TH (วันที่เข้าถึง 1 กันยายน 2564).

[2] สละ ทศานนท์, “ข้าวหอมดอกมะลิสิ่งที่ข้าพเจ้าภาคภูมิใจ” ทุ่งกุลา “อาณาจักรเกลือ 2,500 ปี” จากยุคแรกเริ่มล้าหลัง ถึงยุคมั่งคั่งข้าวหอม, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มติชน, 2564.

[3] Awanafan. “Data Analytics.” https://thewisdom.co/content/what-is-data-analytics/ (วันที่เข้าถึง 18 มิถุนายน 2565).

[4] A. Na-udom, “A Comparison of Artificial Neural Network and Regression Model for Predicting the Rice Production in Lower Northern Thailand,” Information Science and Applications, Vol. 339, pp. 745–752. 2015.

[5] นรวัฒน์ เหลืองทอง และ นันทชัย กานตานันทะ. “การเลือกตัวแบบพยากรณ์ผลผลิตการเกษตรที่เหมาะสม.” tujournals.tu.ac.th. http://tujournals.tu.ac.th/tstj/detailart.aspx?ArticleID=4767 (วันที่เข้าถึง 1 ตุลาคม 2564)

[6] วทัญญูเชาว์พานิช และ อรนันท์เชาว์พานิช. “การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ เพื่อการวางแผนการผลิตข้าวนาปี จังหวัดมหาสารคาม โดยเทคนิคการพยากรณ์.” so06.tci-thaijo.org. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ve-irj/article/view/223404/159318 (วันที่เข้าถึง 1 ตุลาคม 2564)

[7] พิมลพร พงศ์ทองคำ. “การพยากรณ์ปริมาณผลผลิตข้าวนาปีด้วยแบบจำลองเชิงปริมาณ.” kukr.lib.ku.ac.th. https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/index.php?/BKN_GRAD/search_detail/result/155334 (วันที่เข้าถึง 1 ตุลาคม 2564)

[8] เทศบาลตำบลบ้านแม. “ประวัติความเป็นมาและข้อมูลทั่วไปของตำบลบ้านแม.” banmae.go.th. http://www.banmae.go.th/about.php?id=1 (วันที่เข้าถึง 11 มกราคม 2565)

[9] อานนท์ จิณารักษ์. “การประเมินผลผลิตข้าวนาปีด้วยข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 OLI ในเขตตำบลบ้านแม อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่.” geo.soc.cmu.ac.th. http://www.geo.soc.cmu.ac.th/geo_499/ (วันที่เข้าถึง 1 ตุลาคม 2564)

[10] Y. Wang. “Contrasting Effects of Temperature and Precipitation on Vegetation Greenness along Elevation Gradients of the Tibetan Plateau,” Remote Sensing, Vol. 12, no. 17, 2020.

[11] B. M. Refat Faisal, Hafizur Rahman, Nur Hossain Sharifee, Nasrin Sultana, Mohammad Imrul Islam, S.M. Ahsan Habib and Tofayel Ahammad. “Integrated Application of Remote Sensing and GIS in Crop Information System - A Case Study on Aman Rice Production Forecasting Using MODIS-NDVI in Bangladesh,” AgriEngineering, Vol. 2, no. 2, 2020.

[12] ภานุพันธุ์ ไมตรี. “การประยุกต์ใช้ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ในการศึกษาศักยภาพการเพาะปลูกข้าวในพื้นที่ อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย.” agi.nu.ac.th. https://www.agi.nu.ac.th/nred/Document/is-PDF/2561/geo_2561_030_FullPaper.pdf (วันที่เข้าถึง 1 ตุลาคม 2564)

[13] ภาคภูมิ จันสน. “การประยุกต์ใช้ดัชนีพืชพรรณในการศึกษาศักยภาพการเพาะปลูกข้าวในเขต อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก.” agi.nu.ac.th. https://www.agi.nu.ac.th/nred/Document/is-PDF/2560/geo_2560_020_FullPaper.pdf (วันที่เข้าถึง 1 ตุลาคม 2564)

[14] วิภพ แพงวังทอง. “การจำแนกพื้นที่ป่าผลัดใบโดยใช้ภาพดาวเทียมแลนด์แซทหลายช่วงเวลากับเทคนิคอัตราส่วนช่วงคลื่น.” tci-thaijo.org.

https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj/article/view/121073/92379 (วันที่เข้าถึง 1 ตุลาคม 2564)

[15] Anh V. Le. “Supplementary Materials: Exploring the Inclusion of Small Regenerating Trees to Improve Above-Ground Forest Biomass Estimation Using Geospatial Data.” Retrieved from https://www.mdpi.com/2072-4292/10/9/1446/htm (in Thai)

[16] พีรพงษ์ พันธ์โสดา. “การวิเคราะห์ถดถอยพหุ (Multiple Regression).” panas.ac.th. http://www.panas.ac.th/files/1103231919275840_13122316161827.pdf (วันที่เข้าถึง 1 กันยายน 2564)

[17] นงลักษณ์วิรัชชัย, “หน่วยที่ 7 การศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง และหน่วยที่ 10 สถิติวิเคราะห์เชิงปริมาณ: สถิติบรรยายและสถิติพาราเมตริก,” ชุดวิชา 21701 การวิจัยหลักสูตรและการเรียนการสอน หลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2555.