

การคาดการณ์พื้นที่ระบาดของโรคแอนแทรกโนสและผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม

PREDICTION OF ANTHRACNOSE DISEASE SPREAD AREAS AND PRODUCTIVITY OF ARABICA COFFEE USING SATELLITE IMAGERY

อรรถชัย บุญประเสริฐ* อริศรา เจริญปัญญาเนตร

Attachai Bunprasert, Arisara Charoenpanyanet*

ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Department of Geography, Faculty of Social Science, Chiang Mai University.

**Corresponding author, e-mail: Attachai_Bunprasert@elearning.cmu.ac.th*

Received: 18 January 2023; **Revised:** 10 August 2023; **Accepted:** 24 August 2023

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีการสำรวจรับรู้ระยะไกลมาทำการประยุกต์ใช้งานอย่างหลากหลาย โดยเฉพาะเทคโนโลยีจากดาวเทียมที่มีการเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่บนพื้นผิวโลกจากอวกาศ สามารถช่วยตัดสินใจการวิเคราะห์เชิงพื้นที่อย่างมีเหตุผล มีความสะดวกและประหยัดเวลาก่อนทำการสำรวจในพื้นที่จริง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์พื้นที่ระบาดของโรคแอนแทรกโนสในกาแฟพันธุ์อาราบิก้า และเพื่อคาดการณ์ผลผลิตของกาแฟพันธุ์อาราบิก้าในพื้นที่ระบาดด้วยภาพถ่ายดาวเทียมในพื้นที่ดอยช้าง ตำบลลาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการระบาดของโรคแอนแทรกโนสคือ ดัชนีอุณหภูมิพื้นผิวดิน (LST) ระดับความสูง (Elevation) และดัชนีความแตกต่างความชื้น (NDMI) ด้วยการใช้การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก มีความถูกต้องของการคาดการณ์ร้อยละ 95.4 เมื่อวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของแปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่ไม่พบโรคแอนแทรกโนส มีค่าเฉลี่ยรวมการระบาดคิดเป็นร้อยละ 23.69 และแปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่พบโรคแอนแทรกโนส มีค่าเฉลี่ยรวมการระบาดคิดเป็นร้อยละ 71.31 และปัจจัยที่สัมพันธ์ต่อการคาดการณ์ผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้าด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ คือ ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) และดัชนีความแตกต่างความชื้น (NDMI) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์การตัดสินใจพหุคูณ เท่ากับ 0.594 และมีความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 76.61 หมายถึง ผลผลิตที่คำนวณได้จากสมการมีความคลาดเคลื่อนไปจากผลผลิตจริง 76.61 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสามารถเป็นอีกวิธีการหนึ่งสำหรับการช่วยบริหารจัดการความเสี่ยง รับมือต่อผลกระทบของโรคพืชในกาแฟพันธุ์อาราบิก้า และการประเมินผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้าก่อนออกสู่ตลาดในอนาคต

คำสำคัญ: ภาพถ่ายดาวเทียม; กาแฟพันธุ์อาราบิก้า; พื้นที่ระบาดของโรคแอนแทรกโนส; การคาดการณ์ผลผลิต

Abstract

Currently, there are technological surveys that recognize remote applications as diverse, particularly satellite technology that analyzes spatial data on Earth from space. This technology facilitates rational spatial decision analysis, saving time before surveys. The purpose of this study is to investigate and analyze the factors that contribute to the occurrence of Anthracnose disease in Arabica coffee and predict the productivity of Arabica coffee during an outbreak of Anthracnose disease in the Doi Chang area of Wawee sub-district, Mae Sui district, Chiang Rai province. The study found that the factors influencing the occurrence of Anthracnose disease are Land Surface Temperature (LST), Elevation, and Normalized Difference Moisture Index (NDMI), with a model accuracy of 95.4 percent. Factors such as leaf area index (LAI) and Normalized Difference Moisture Index (NDMI) are relevant regarding the Productivity Prediction of Arabica coffee. The R-square value is 0.594, and the Mean Square Error is 76.31 Kg per Rai. This study presents an alternative option for preparing risk management strategies to mitigate the impact of plant diseases on Arabica coffee and evaluating coffee productivity before entering the market in the future.

Keywords: Satellite Imagery; Arabica Coffee; Anthracnose Disease Spread Areas; Productivity Prediction

บทนำ

กาแฟพันธุ์อาราบิก้า (*Coffea arabica* L.) เป็นพืชทางการเกษตรที่มีความสำคัญทางด้านทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง มีมากกว่า 50 ประเทศ ที่ปลูกกาแฟพันธุ์อาราบิก้าเป็นหลักของประเทศ [1] โดยประเทศไทยมีการปลูกกาแฟพันธุ์อาราบิก้าอีกประเทศหนึ่ง ซึ่งมักจะปลูกในพื้นที่ส่วนใหญ่บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย เช่น เชียงราย เชียงใหม่ น่าน แม่ฮ่องสอน เป็นต้น จังหวัดเชียงรายเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกกาแฟพันธุ์อาราบิก้ากว่า 53,655 ไร่ และให้ผลผลิตกว่า 2,573 ตัน ในปี 2564 มากกว่าจังหวัดอื่น ๆ ในภาคเหนือ [2] เนื่องจากมีสภาพแวดล้อมและภูมิประเทศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ตลอดจนให้ผลผลิต อีกทั้งกาแฟพันธุ์อาราบิก้ามีคุณลักษณะที่ดีกว่ากาแฟพันธุ์อื่น ในด้านรสชาติที่ดีกว่า และกลิ่นที่หอมกว่า โดยเฉพาะในพื้นที่ดอยช้าง ตำบลลาวี อำเภอแม่สรวย มีการนำกาแฟพันธุ์อาราบิก้ามาจดทะเบียนการปลูกผืนในอดีตกายใต้โครงการพระราชดำริจนผลิตภัณฑ์กาแฟได้รับขึ้นทะเบียนเป็นแหล่งเพาะปลูกพืชเชิงชีทางภูมิศาสตร์ไทยหรือ GI (Thai Geographical Indication) [3] เป็นการส่งเสริมรายได้ สร้างอาชีพ และยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรในพื้นที่ แม้ว่ากาแฟพันธุ์อาราบิก้าจะมีความทนทานต่อโรคพืชที่ต่ำกว่ากาแฟพันธุ์อื่น แต่ด้วยข้อจำกัดนี้ ตลาดของกาแฟยังคงมีความนิยมการบริโภคกาแฟพันธุ์อาราบิก้ามากกว่าส่งผลให้ราคาของกาแฟพันธุ์อาราบิก้าค่อนข้างสูงกว่ากาแฟพันธุ์อื่น จึงจูงใจให้เกษตรกรยังคงปลูกกาแฟพันธุ์อาราบิก้าเป็นหลัก แต่เนื่องด้วยความทนทานต่อโรคพืชต่ำของกาแฟพันธุ์อาราบิก้าดังที่ได้กล่าวมา จึงเป็นสาเหตุให้กาแฟพันธุ์อาราบิก้ามักจะพบโรคระบาดในพืชบ่อยครั้ง ซึ่งโรคแอนแทรคโนสเป็นโรคพืชชนิดหนึ่งที่สามารถพบการแพร่ระบาด โดยเฉพาะในประเทศเขตอบอุ่นจนถึงเขตร้อน รวมถึงประเทศไทยที่สามารถพบความหลากหลายของเชื้อราได้มากกว่าประเทศอื่น ๆ ของโลก [4] โรคแอนแทรคโนสที่พบในกาแฟมีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. โดยจะระบาดได้ทั้งกาแฟพันธุ์อาราบิก้า และกาแฟพันธุ์โรบัสต้า โดยเฉพาะกลุ่มกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่มีความทนทานต่อโรคพืชที่ต่ำ จึงมีโอกาที่จะเกิดโรคพืชได้ง่ายกว่า มักพบการระบาดของโรคแอนแทรคโนสบริเวณ ใบ กิ่ง และผลของต้นกาแฟ สร้างความเสียหายอย่างมากในช่วงที่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตเมล็ดกาแฟในช่วงเดือนกันยายน ถึง เดือนมีนาคม [5] ทำให้คุณภาพ และราคาของกาแฟลดลง สร้างความเดือดร้อนอย่างมากต่อเกษตรกรปลูกกาแฟ หากไม่มีวิธีการดูแลที่ถูกต้องหรือการเตรียมพร้อมในการรับมือ อาจมีการระบาดของโรค

แอนแทรกโนสทั่วพื้นที่ได้จากการแพร่ของเชื้อรา ซึ่งมีสาเหตุปัจจัยทางกายภาพที่เกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น [6] โดยเฉพาะอุณหภูมิที่ 23.9 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อการเร่งปฏิกิริยาการแพร่ของโรคแอนแทรกโนสมากขึ้น [7]

The U.S. Geological Survey [8] กล่าวถึงการสำรวจรับรู้อย่างใกล้ชิดเป็นกระบวนการสำรวจสมัยใหม่ที่มีการนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับวัตถุบนพื้นผิวโลก สามารถเป็นวิธีการทางเลือกที่ใช้ต้นทุนต่ำมีประสิทธิภาพในการตรวจจับโรคพืชในระดับควอดเรตหรือพื้นที่ขนาดใหญ่ ด้วยการตอบสนองของวัตถุตอบสนองที่แตกต่างกันระหว่างพืชที่แข็งแรงและพืชที่มีศัตรูพืชหรือโรคพืช [9] ซึ่งพื้นที่ดอยช้างมีความเหมาะสมต่อการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากเคยเป็นพื้นที่ปลูกฝิ่นในอดีต ทำให้ในปัจจุบันพื้นที่เพาะปลูกกาแฟบางส่วนของดอยช้างมีลักษณะเป็นพื้นที่โล่ง ไม่มีต้นไม้ใหญ่ปกคลุมทั่วทั้งแปลงปลูกกาแฟ ทำให้ต้นกาแฟได้รับผลกระทบจากโรคพืชได้ง่ายกว่าพื้นที่อื่นที่ปลูกกาแฟพันธุ์อาราบิก้าภายใต้ร่มเงาต้นไม้ โดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองคาดการณ์พื้นที่ระบาดของโรคแอนแทรกโนสของกาแฟพันธุ์อาราบิก้า และเพื่อคาดการณ์ผลผลิตของกาแฟพันธุ์อาราบิก้าในพื้นที่ระบาดด้วยภาพถ่ายดาวเทียม ในพื้นที่ดอยช้าง ตำบลลาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย โดยประยุกต์ใช้ข้อมูลจากเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศการสำรวจรับรู้อย่างใกล้ชิดในการจัดการแก้ปัญหาทางด้านการเกษตรเพื่อเตรียมรับมือต่อสถานการณ์การระบาดของโรคแอนแทรกโนสในอนาคต

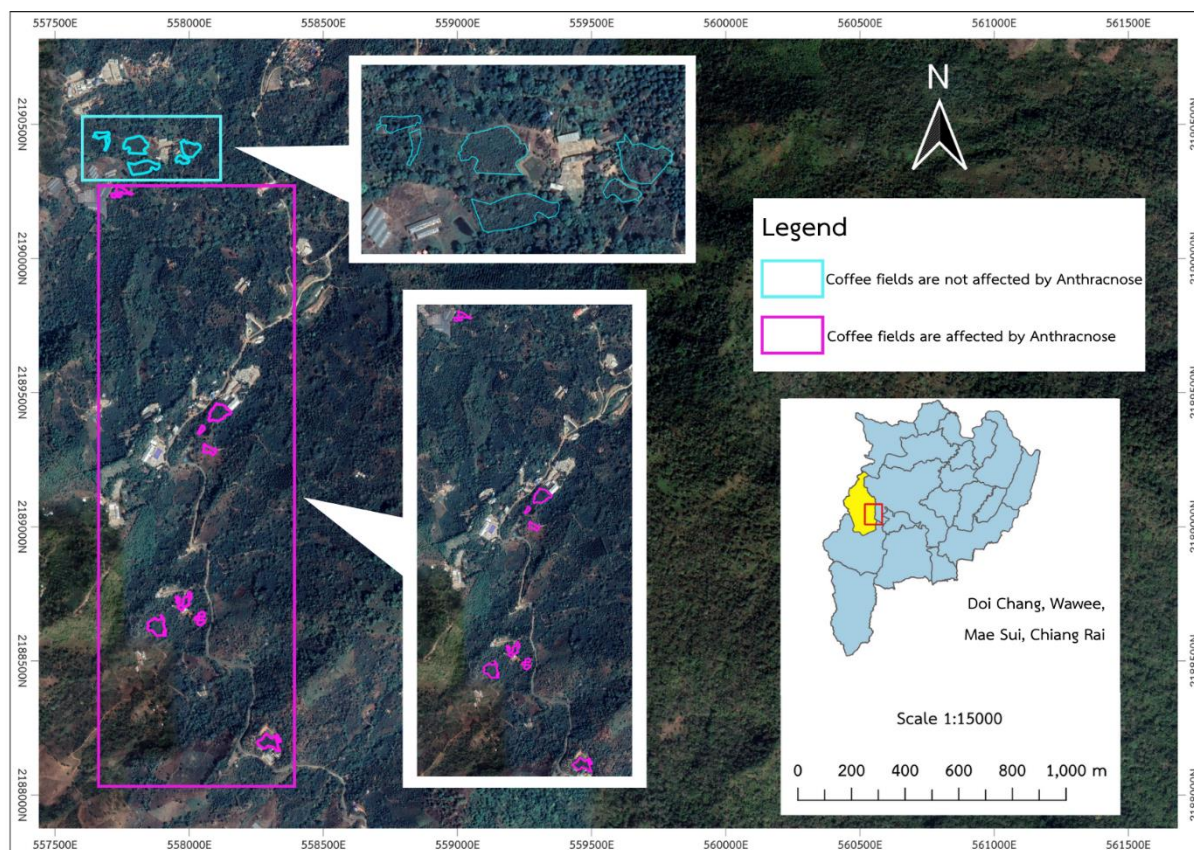
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบจำลองคาดการณ์พื้นที่ระบาดของโรคแอนแทรกโนสของกาแฟพันธุ์อาราบิก้าด้วยภาพถ่ายดาวเทียมในพื้นที่ดอยช้าง ตำบลลาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย
2. เพื่อคาดการณ์ผลผลิตของกาแฟพันธุ์อาราบิก้าในพื้นที่ระบาดด้วยภาพถ่ายดาวเทียมในพื้นที่ดอยช้าง ตำบลลาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

ในการศึกษานี้ได้ดำเนินการในพื้นที่ดอยช้าง ตำบลลาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย (แสดงดังภาพที่ 1) โดยทำการเก็บพิกัดขอบเขตตัวอย่างแปลงกาแฟของเกษตรกรที่ปลูกกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่ไม่พบโรคแอนแทรกโนส ขนาดพื้นที่ 13,360.65 ตารางเมตร หรือ 8.35 ไร่ และแปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่พบโรคแอนแทรกโนส ขนาดพื้นที่ 14,419.89 ตารางเมตร หรือ 9.01 ไร่ ให้มีขนาดพื้นที่ใกล้เคียงกัน (แสดงในภาพที่ 2(A) และ 2(B)) ตามลำดับเพื่อกำหนดให้เป็นตัวแปรควบคุม และจริยธรรมการวิจัยในคนของงานวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เลขที่ COE No. 067/64, CMUREC No.64/161



ภาพที่ 1 ดอยช้าง ตำบลลาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย



(A)



(B)

ภาพที่ 2 (A) ต้นกาแฟที่ไม่พบโรคแอนแทรคโนส และ (B) ต้นกาแฟที่พบโรคแอนแทรคโนส

2. การรวบรวมและการเตรียมข้อมูล

2.1 การศึกษาการคาดการณ์พื้นที่ระบาดของโรคแอนแทรคโนสและผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้าได้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเกิดเชื้อรา และปัจจัยพืชพรรณที่ตรวจวัดค่าการสะท้อนรังสีจากต้นกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ช่วงเดือนพฤศจิกายน 2564 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2565 จากภาพถ่ายดาวเทียม 3 ดวง คือ 1) ดาวเทียม Sentinel-2 มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 10, 20 และ 60 เมตร จากสำนักงานสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (USGS) ที่มีการปรับแก้ค่าการสะท้อนจากชั้นบรรยากาศแล้ว

เพื่อนำมาวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (NDVI) ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ดัชนีรังควันต์ที่ไม่ตอบสนองเชิงโครงสร้าง (SIPI) และดัชนีความแตกต่างความชื้น (NDMI) 2) ดาวเทียม Landsat-8 จากสำนักงานสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (USGS) มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 10,30 และ 100 เมตร ที่มีการปรับแก้ค่าการสะท้อนจากชั้นบรรยากาศแล้ว เพื่อนำมาวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ดัชนีความเครียดของความชื้น (MSI) และอุณหภูมิพื้นผิวดิน (LST) และ 3) ดาวเทียม ALOS PALSAR ชนิด Hi-Res Terrain Corrected [10] สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความสูง (Elevation) และทิศด้านลาด (Aspect) และปัจจัยอื่นที่ไม่ใช่ข้อมูลภาพดาวเทียม ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน (Rain) ของสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝน 19 สถานีในจังหวัดเชียงราย จากคลังข้อมูลน้ำแห่งชาติ [11] ซึ่งการใช้ข้อมูลภาพดาวเทียมดังกล่าวเป็นข้อมูลที่ไม่มีค่าใช้จ่าย และมีประสิทธิภาพมากที่สุดเท่าที่ผู้วิจัยจะค้นคว้าได้ ทำให้มีค่าการสะท้อนวัตถุจากสิ่งปกคลุมอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากค่าการสะท้อนของต้นกาแฟพันธุ์อาราบิก้าปะปนเข้ามาในข้อมูลส่งผลให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนได้

2.2 วิธีการศึกษากลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่ดอยช้างเพื่อทำการเก็บพืชกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่พบโรคแอนแทรคโนส และไม่พบโรคแอนแทรคโนสให้มีขนาดพื้นที่ใกล้เคียงกัน จากการสัมภาษณ์ข้อมูลของโรคพืชในพื้นที่จากเกษตรกร จำนวน 10 ท่าน และเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย จำนวน 2 ท่าน ซึ่งภายในพืชดัดแปลงจะต้องปราศจากต้นไม้อื่นให้มากที่สุด โดยกำหนดพื้นที่แปลงกาแฟให้มีขนาดมากกว่า 10x10 เมตร ตามขนาดความละเอียดของภาพดาวเทียม

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ข้อมูลปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

1) ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)

เป็นดัชนีศึกษาพืชพรรณที่ปกคลุมบนพื้นผิวโลก โดยใช้ค่าดัชนีที่มาจากการสะท้อนความแตกต่างระหว่างช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้กับช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดงที่มาทำสัดส่วนกับค่าผลบวกระหว่างทั้งสองช่วงคลื่น [12]

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (1)$$

โดยที่ NIR คือ รังสีสะท้อนช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ใช้ช่วงคลื่นแบนด์ 8 ของดาวเทียม Sentinel-2
RED คือ รังสีสะท้อนช่วงคลื่นสีแดง ใช้ช่วงคลื่นแบนด์ 4 ของดาวเทียม Sentinel-2

2) ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index, LAI)

เป็นอัตราส่วนของพื้นที่ใบไม้ทั้งหมดบนพืชพรรณ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดของพลังงานชีวมวลและสิ่งปกคลุมดิน [13]

$$LAI = -\ln\left(\frac{0.069-SAVI}{0.59}\right)/0.9 \quad (2)$$

เมื่อ SAVI คือ ดัชนีพืชปรับสภาพผิวดิน ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$SAVI = \left(\frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED+L)}\right) + (1+L) \quad (2.1)$$

โดยที่	NIR	คือ รังสีสะท้อนช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ในช่วงคลื่นแบนด์ 8 ของดาวเทียม Sentinel-2
	RED	คือ รังสีสะท้อนช่วงคลื่นสีแดงในช่วงคลื่นแบนด์ 4 ของดาวเทียม Sentinel-2
	L	คือ 0.5

3) ดัชนีรังควัตถุไม่ตอบสนองเชิงโครงสร้าง (Structure Insensitive Pigment Index, SIPI)

เป็นการตรวจการสะท้อนของใบพืชพรรณจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคโรทีนอยด์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ในโครงสร้างของพืชพรรณ [14]

$$SIPI = \frac{NIR-BLUE}{NIR+RED} \quad (3)$$

โดยที่	NIR	คือ รังสีช่วงคลื่นอินฟราเรด ใช้ช่วงคลื่นแบนด์ 8 ของดาวเทียม Sentinel-2
	BLUE	คือ รังสีสะท้อนช่วงคลื่นสีน้ำเงิน ใช้ช่วงคลื่นแบนด์ 2 ของดาวเทียม Sentinel-2
	RED	คือ รังสีสะท้อนช่วงคลื่นสีแดง ใช้ช่วงคลื่นแบนด์ 4 ของดาวเทียม Sentinel-2

4) ดัชนีความแตกต่างความชื้น (Normalized Difference Moisture Index, NDMI)

เป็นการตรวจวัดความแห้งแล้งและความชื้นของพืช โดยการตรวจจับสสารและน้ำที่อยู่ภายในส่วนใบของพืชที่สามารถสะท้อนความแตกต่างของวัตถุในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ได้ [15]

$$NDMI = \frac{NIR-SWIR}{NIR+SWIR} \quad (4)$$

โดยที่	NIR	คือ รังสีสะท้อนช่วงคลื่นอินฟราเรด ใช้ช่วงคลื่นแบนด์ 4 ของดาวเทียม Sentinel-2
	SWIR	คือ รังสีสะท้อนช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ใช้ช่วงคลื่นแบนด์ 11 ของดาวเทียม Sentinel-2

5) ดัชนีความเครียดของความชื้น (Moisture Stress Index, MSI)

เป็นการวัดค่าการสะท้อนที่มีความไวต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำในใบของพืชพรรณ สามารถบ่งบอกได้ว่าพืชพรรณบริเวณใดมีการขาดน้ำ [16]

$$MSI = \frac{SWIR1}{NIR} \quad (5)$$

โดยที่	SWIR	คือ รังสีสะท้อนช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ใช้ช่วงคลื่นแบนด์ 6 ของดาวเทียม Landsat-8
--------	------	--

NIR คือ รังสีสะท้อนช่วงคลื่นอินฟราเรดใช้ช่วงคลื่นแบนด์ 5
ของดาวเทียม Landsat-8

6) อุณหภูมิพื้นผิวดิน (Land Surface Temperature, LST)

เป็นดัชนีที่สามารถตรวจวัดอุณหภูมิพื้นผิวได้ใกล้เคียงอุณหภูมิพื้นผิวโลกจริงมากที่สุด นิยมนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างพื้นที่ที่อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ [17]

$$LST = \left(\frac{BT}{1 + (0.00115 * (\frac{BT}{1.4388}))} \right) * \ln(E) \quad (6)$$

โดยที่ BT คือ ค่าการสะท้อนจากชั้นบรรยากาศที่ปรับเป็นค่าอุณหภูมิบรรยากาศของดาวเทียม Landsat-8

$\ln(E)$ คือ ค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

7) ข้อมูลระดับความสูง (Elevation)

เป็นการนำแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM) มาแปลงข้อมูลเป็นข้อมูลระดับความสูง จากภาพถ่ายดาวเทียม ALOS PALSAR ชนิด Hi-Res Terrain Corrected ในการศึกษานี้จะใช้ข้อมูลระดับความสูงระหว่าง 900-1,800 เมตร จากระดับทะเล ของพื้นที่ปลูกกาแฟดอยช้าง ตำบลลาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย [18]

8) ทิศด้านลาด (Aspect)

เป็นลักษณะของข้อมูลความลาดเอียงที่ได้รับแสงอาทิตย์กระทบมายังพื้นผิวโลก จากภาพถ่ายดาวเทียม ALOS PALSAR ชนิด Hi-Res Terrain Corrected โดยสามารถจำแนกข้อมูลเป็นทิศทางการตกกระทบแสงอาทิตย์ออกเป็น 9 ทิศ ได้แก่ ทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศตะวันตก ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และพื้นที่ราบเรียบ [19]

9) ข้อมูลปริมาณน้ำฝน (Rain)

เป็นการรวมตัวของก้อนเมฆในชั้นบรรยากาศแล้วเกิดกระบวนการต่าง ๆ ที่กลั่นตัวเป็นของเหลวหรือหยาดน้ำฟ้าที่ตกลงมาสู่พื้นผิวโลก โดยเป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโต แต่ก็ก่อให้เกิดโรคพืชได้อีกเช่นกัน จากการปนเปื้อนของแบคทีเรียหรือเชื้อไวรัส [20]

3.2 การวิเคราะห์สมการการคาดการณ์ทางสถิติและการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

1) การคาดการณ์พื้นที่ระบาดโรคแอนแทรกซ์ในกาแฟพันธุ์อาราบิก้าได้กำหนดปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระบาดของโรคแอนแทรกซ์ด้วยโปรแกรมทางสถิติในการวิเคราะห์สหพันธ์เพียร์สัน (Pearson's Correlation) เพื่อคัดเลือกปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเสี่ยงการระบาดโรคแอนแทรกซ์ โดยเลือกปัจจัยที่มีความสัมพันธ์เข้าใกล้ระหว่างช่วงค่าเข้าใกล้ -1 หรือ 1 และมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) โดยกำหนดความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และตัดข้อมูลปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน นำตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระบาดของโรคแอนแทรกซ์นำเข้าสมการการคาดการณ์การวิเคราะห์การถดถอยถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression Analysis) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างตัวแปรเชิงคุณภาพกับข้อมูลตัวแปรเชิงปริมาณ [21] โดยใช้วิธีเลือกตัวแปรทำนายเข้าวิเคราะห์แบบที่เลือกตัวแปรคาดการณ์ทั้งหมด เข้าสมการถดถอยโลจิสติกพร้อมกันในขั้นตอนเดียว (Enter

method) ระหว่างค่าการสะท้อนของข้อมูลปัจจัยจากภาพดาวเทียมในตำแหน่งเชิงพื้นที่ เป็นข้อมูลตัวแปรเชิงปริมาณ ร่วมกับค่าข้อมูลแปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่มีการกำหนดคุณลักษณะข้อมูลเป็นมาตรฐานสอง (Binary Scale) เป็นข้อมูลตัวแปรเชิงคุณภาพ โดยกำหนดแปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่ไม่พบโรคแอนแทรกซ์ให้ค่าเป็น 0 และแปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่พบโรคแอนแทรกซ์ให้ค่าเป็น 1 เพื่อคัดเลือกปัจจัยที่มีความเหมาะสมในการนำเข้าสู่สมการการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) เพื่อให้ได้สมการคาดการณ์ [22] แสดงดังสมการ (8) และแบบจำลองพื้นที่ระบาดโรคแอนแทรกซ์ สามารถตรวจสอบความถูกต้องสมการการคาดการณ์จากค่าร้อยละของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจทั้งหมด (Overall Percentage) แล้วทำการวิเคราะห์โอกาสการเกิดเหตุการณ์ของข้อมูลที่สนใจจากสมการความน่าจะเป็น (Probability) แสดงดังสมการ (7) แล้วทำการแปลงค่าความน่าจะเป็นให้เป็นช่วงร้อยละของการระบาดของโรคแอนแทรกซ์เชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์

$$p = 1/(1+e^{-z}) \quad (7)$$

โดยที่	p	คือ ค่าความน่าจะเป็น
	z	คือ ผลรวมของเส้นตรงจากสมการการถดถอยเชิงเส้น

2) การคาดการณ์ผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้าทำการสำรวจผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้าในพื้นที่ศึกษาคือแปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่ไม่พบโรคแอนแทรกซ์ และแปลงกาแฟที่พบโรคแอนแทรกซ์ ซึ่งเป็นแปลงกาแฟของเกษตรกรในพื้นที่ดอยช้าง ตำบลลาวี อำเภอมะนัง จังหวัดเชียงราย พร้อมทั้งมีการสอบถามข้อมูลน้ำหนักของผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้าในช่วงการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายน 2564-เดือนกุมภาพันธ์ 2565 ของเกษตรกรแต่ละราย โดยได้ปฏิบัติตามกฎระเบียบการรับรองงานวิจัยในมนุษย์ เพื่อนำผลผลิตของกาแฟพันธุ์อาราบิก้าในพื้นที่ศึกษามาทำการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลปัจจัยจากภาพดาวเทียมที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้า จากการวิเคราะห์สหพันธ์เพียร์สัน (Pearson's Correlation) เพื่อนำมาสร้างสมการการคาดการณ์การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) แสดงดังสมการ (8) เพื่อคาดการณ์ผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้าในการเกี่ยวเก็บผลผลิตรอบถัดไป โดยจะต้องมีค่านัยสำคัญ (Sig.) น้อยกว่า 0.05

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \epsilon$$

(8)

โดยที่	Y	คือ ตัวแปรคาดการณ์
	β_0	คือ ค่าคงที่
	X_1 และ X_2	คือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง
	β_1 และ β_2	คือ ค่าคงที่ของปัจจัย
	ϵ	คือ ชุดปัจจัยตัวอื่น ๆ

3) สมการการคาดการณ์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ สามารถตรวจสอบความถูกต้องได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple Correlation หรือค่า R) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์การตัดสินใจพหุคูณ (Coefficient of Multiple Determination หรือค่า R-Square) มากกว่า 0.5 และ Sheiner and Beal [23] กล่าวว่า การคาดการณ์ผลผลิตสามารถตรวจสอบความคลาดเคลื่อนได้จากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) แสดงดังสมการ (9)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (\text{ค่าผลผลิตจริงที่สำรวจจากภาคสนาม} - \text{ค่าผลผลิตที่คำนวณได้จากสมการคาดการณ์ผลผลิต})^2}{\text{จำนวนตัวอย่าง}}} \quad (9)$$

ผลการวิจัย

1. การคาดการณ์พื้นที่ระบาดของโรคแอนแทรกซ์ในกาแฟพันธุ์อาราบิก้า

จากการวิเคราะห์ค่าสหพันธ์ระหว่างข้อมูลปัจจัยจากภาพดาวเทียมกับข้อมูลแปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้าใน (แสดงดังตารางที่ 1) พบว่า ข้อมูลปัจจัยจากภาพดาวเทียมที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลแปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้า และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ส่งผลต่อการระบาดของโรคแอนแทรกซ์ที่มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน ได้แก่ ดัชนีพืชพรรณ มีค่าความสัมพันธ์ -0.216 ดัชนีอุณหภูมิพื้นผิวดิน มีค่าความสัมพันธ์ -0.681 ดัชนีความแตกต่างความชื้น มีค่าความสัมพันธ์ -0.373 ปริมาณน้ำฝน มีค่าความสัมพันธ์ -0.812 ทิศด้านลาด มีค่าความสัมพันธ์ -0.434 และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรง ได้แก่ ระดับความสูง มีค่าความสัมพันธ์ 0.853 เมื่อนำมาคัดเลือกปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการระบาดของโรคแอนแทรกซ์ในสมการแบบจำลองการถดถอยโลจิสติก (แสดงดังตารางที่ 2) พบว่า ดัชนีอุณหภูมิพื้นผิวดิน ระดับความสูง และดัชนีความแตกต่างความชื้น มีความสัมพันธ์ต่อการนำมาวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการระบาดของโรคแอนแทรกซ์มากที่สุด (ค่าSig. = 0.003, 0.000 และ 0.001 ตามลำดับ) โดยมีค่าคงที่ของสมการเท่ากับ -168.658 ดัชนีอุณหภูมิพื้นผิวดินมีค่าคงที่เท่ากับ 3.761 ระดับความสูงมีค่าคงที่เท่ากับ 0.103 และดัชนีความแตกต่างความชื้นมีค่าคงที่เท่ากับ -26.665 ดังนั้น จะได้สมการแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยแสดงดังสมการ (8) คือ $Y = (3.761X_1) + (0.103X_2) + (-26.665X_3) - 168.658$ ซึ่งมีค่าร้อยละของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจทั้งหมด (Overall Percentage) เท่ากับ 95.4 แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์สหพันธ์เพียร์สันระหว่างปัจจัยกับข้อมูลแปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้า

ตัวแปร	disease	sipi	ndvi	lai	lst	msi	ndmi	rain	Aspect	Elev	Sig.
disease	1										
sipi	0.108	1									0.07
ndvi	-.216**	.690**	1								0
lai	0	.921**	.836**	1							0.99
lst	-.681**	0.005	.318**	0.105	1						0
msi	-.671**	0.113	.431**	.225**	.992**	1					0
ndmi	-.373**	.293**	.678**	.502**	0.086	.164**	1				0
rain	-.812**	-.219**	0.026	-.128*	.583**	.555**	.376**	1			0
Aspect	-.434**	-.362**	-0.074	-.261**	.297**	.264**	.203**	.552**	1		0
Elev	.853**	0.063	-.274**	-0.048	-.850**	-.841**	-.327**	-.870**	-.441**	1	0

** มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

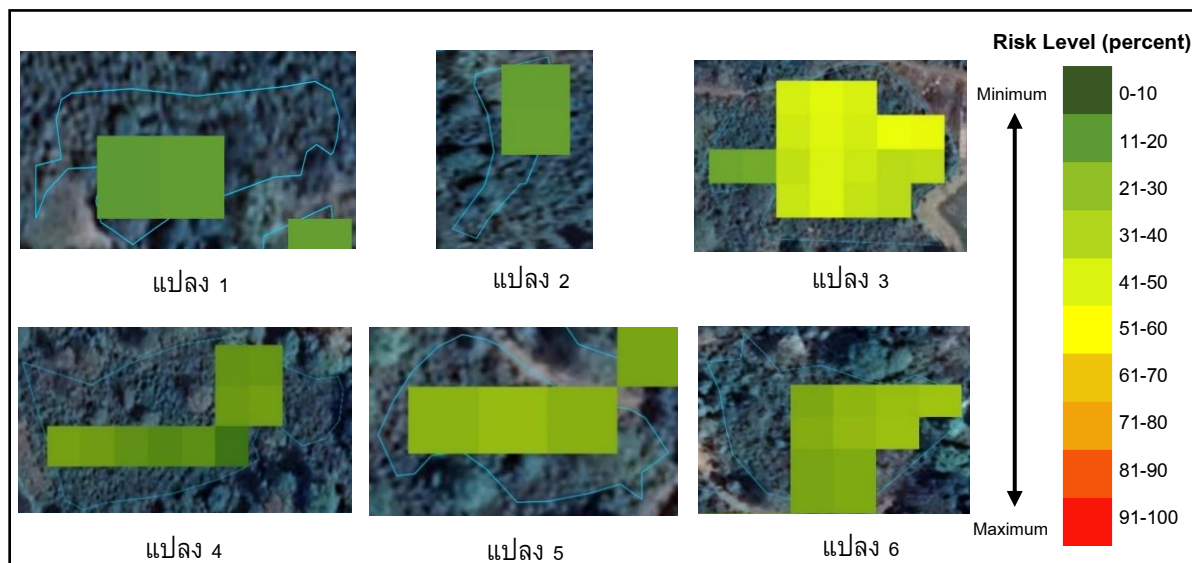
ตารางที่ 2 ตัวแปรในสมการแบบจำลองคาดการณ์พื้นที่ระบาดของโรคแอนแทรกโอส

ตัวแปร	ค่าห้ำหั่น ตัวแปร	ความคลาด เคลื่อน มาตรฐาน	Wald	df	Sig.	Exp(B)	ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95	
							Lower	Upper
lst	3.761	1.279	8.646	1	0.003	42.992	3.505	527.374
Elev	0.103	0.024	18.365	1	0.000	1.109	1.058	1.162
ndmi	-26.665	7.772	11.771	1	0.001	0.000	0.000	0.000
ค่าคงที่	-168.658	46.084	13.394	1	0.000	0.000		

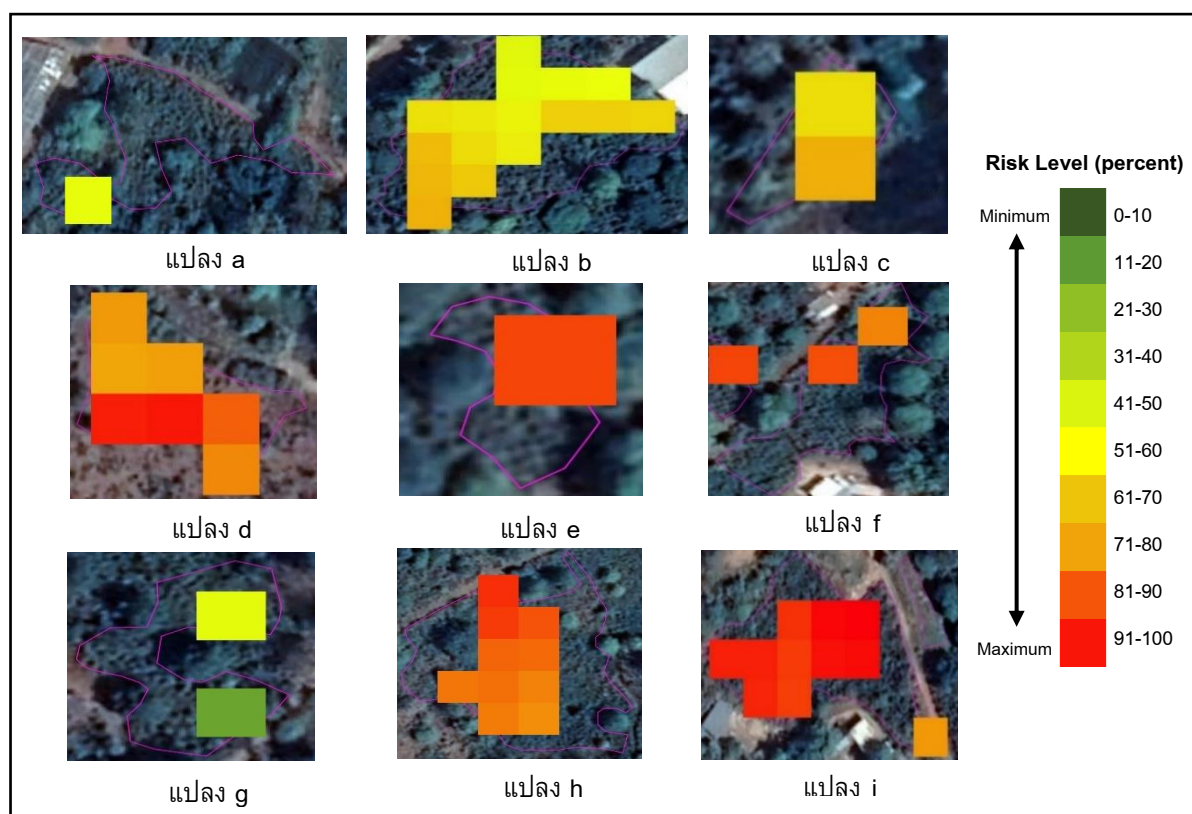
ตารางที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองคาดการณ์พื้นที่ระบาดของโรคแอนแทรกโอส

ค่าอ้างอิง (เป็นจริง)			
	เกิดเหตุการณ์	ไม่เกิดเหตุการณ์	รวม (ร้อยละ)
เกิดเหตุการณ์	136	12	91.9
ไม่เกิดเหตุการณ์	1	134	99.3
รวม (ร้อยละ)			95.4

เมื่อทำการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นโอกาสการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ แสดงดังสมการ (7) และนำมาวิเคราะห์การระบาดของพื้นที่ของพื้นที่ศึกษาในรูปแบบช่วงร้อยละในแปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่ไม่พบโรคแอนแทรกโอส (แสดงดังภาพที่ 3) พบว่ามีค่าเฉลี่ยรวมร้อยละการระบาดของโรคแอนแทรกโอส คิดเป็นร้อยละ 23.69 เมื่อคิดเป็นค่าเฉลี่ยการระบาดรายแปลง พื้นที่พบการระบาดมากที่สุดมีร้อยละ 34.45 (แปลง 3) รองลงมาร้อยละ 28.83 (แปลง 5) และร้อยละ 26.41 (แปลง 6), 21.45 (แปลง 4), 15.5 (แปลง 1 และ 2) ตามลำดับ และแปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่พบโรคแอนแทรกโอส (แสดงดังภาพที่ 3) พบว่ามีค่าเฉลี่ยรวมร้อยละการระบาดของโรคแอนแทรกโอสคิดเป็นร้อยละ 71.31 เมื่อคิดเป็นค่าเฉลี่ยการระบาดรายแปลงมากที่สุดมีร้อยละ 95.45 (แปลง i) รองลงมาร้อยละ 85.5 (แปลง e) และร้อยละ 82.64 (แปลง d), 80.5 (แปลง f), 78.5 (แปลง h), 67.69 (แปลง b), 60.5 (แปลง c), 55.5 (แปลง a), 35.5 (แปลง g) ตามลำดับ



(A)



(B)

ภาพที่ 3 (A) แปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่ไม่พบโรคแอนแทรกคโนส และ (B) แปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่พบโรคแอนแทรกคโนส

2. การคาดการณ์ผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้า

จากการวิเคราะห์ค่าสหพันธ์ระหว่างผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้ากับปัจจัยที่เกี่ยวข้องจากข้อมูลภาพดาวเทียม (แสดงดังตารางที่ 4) พบว่า ปัจจัยที่มีค่าสหสัมพันธ์กับผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้า และมีนัยสำคัญทางสถิติที่เหมาะสมต่อการคาดการณ์ผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้ามากที่สุด ได้แก่ ดัชนีพื้นที่ใบ และดัชนีความแตกต่างความชื้น โดยมีรูปแบบความสัมพันธ์แบบแปรผันตรง จะได้ค่าคงที่ของสมการ เท่ากับ -14864.693 ดัชนีพื้นที่ใบมีค่าคงที่เท่ากับ 4749.79 และดัชนีความแตกต่างความชื้น มีค่าคงที่เท่ากับ 2763.338 (แสดงดังตารางที่ 4) โดยสมการแบบจำลองการคาดการณ์ผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้า คือ $Y = (4749.79X_1) + (2763.338X_2) - 14864.693$ ซึ่งมีสมการเชิงเส้นรูปแบบการกระจายของข้อมูลใน (แสดงดังภาพที่ 4) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ เท่ากับ 0.771 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์การตัดสินใจพหุคูณ เท่ากับ 0.594 เมื่อนำผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้าจากการสำรวจภาคสนามกับผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้าจากการคาดการณ์ผลผลิตมาตรวจสอบความคลาดเคลื่อนจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) แสดงดังสมการ (9) พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 76.61 หมายถึง ผลผลิตที่คำนวณได้จากสมการมีความคลาดเคลื่อนไปจากผลผลิตจริง 76.61 กิโลกรัมต่อไร่

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์สหพันธ์เพียร์สันระหว่างปัจจัยกับข้อมูลผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้า

ตัวแปร	yield	sipi	ndvi	lai	lst	msi	ndmi	rain	Elev	Aspect	Sig.
yield	1										
sipi	0.506	1									0.054
ndvi	.614*	.665**	1								0.015
lai	.636*	.957**	.0797**	1							0.011
lst	0.218	0.191	.520*	0.286	1						0.436
msi	-.161	-0.196	-0.461	-0.211	-.634*	1					0.568
ndmi	.615*	0.119	.611*	0.319	0.144	-0.312	1				0.015
rain	0.281	-0.263	0.1	-0.127	.564*	-0.439	0.518	1			0.309
Elev	-0.314	-0.06	-0.478	-0.169	-.851**	.722**	-0.435	-.811**	1		0.255
Aspect	0.198	-.594*	-0.063	-0.404	0.064	0.008	0.635	.701**	-.0313	1	0.48

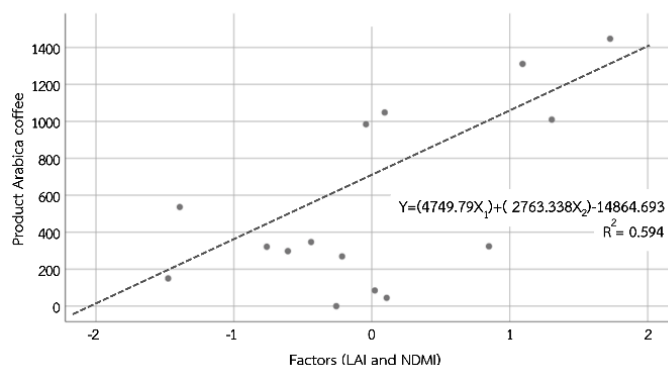
** มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 5 ตัวแปรในสมการแบบจำลองคาดการณ์ผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้า

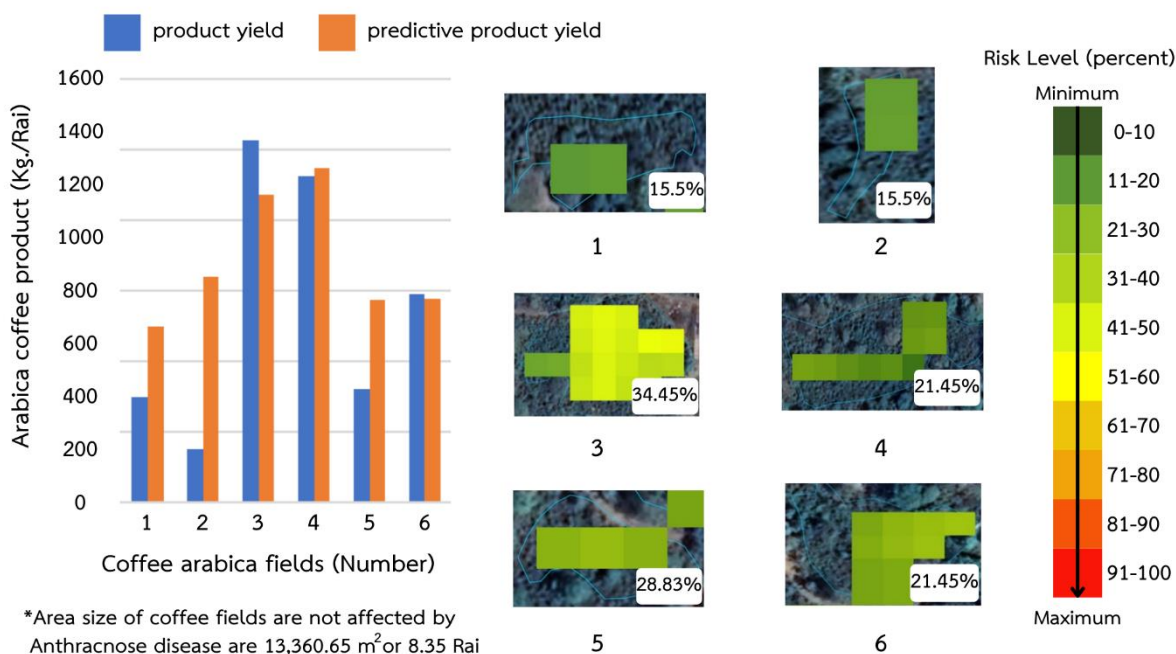
แบบจำลอง	ค่าความชัน ของตัวแปรอิสระ	ความคลาดเคลื่อน มาตรฐาน	ค่าสัมประสิทธิ์ ความสัมพันธ์	t-test	Sig.	ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95	
						Lower	Upper
Constant	-14864.693	5778.198		-2.573	0.024	-27454.304	-2275.081
lai	4749.790	1881.973	0.490	2.524	0.027	649.323	8850.257
ndmi	2763.338	1168.021	0.459	2.366	0.036	218.439	5308.238

a. ตัวแปรคาดการณ์: yield



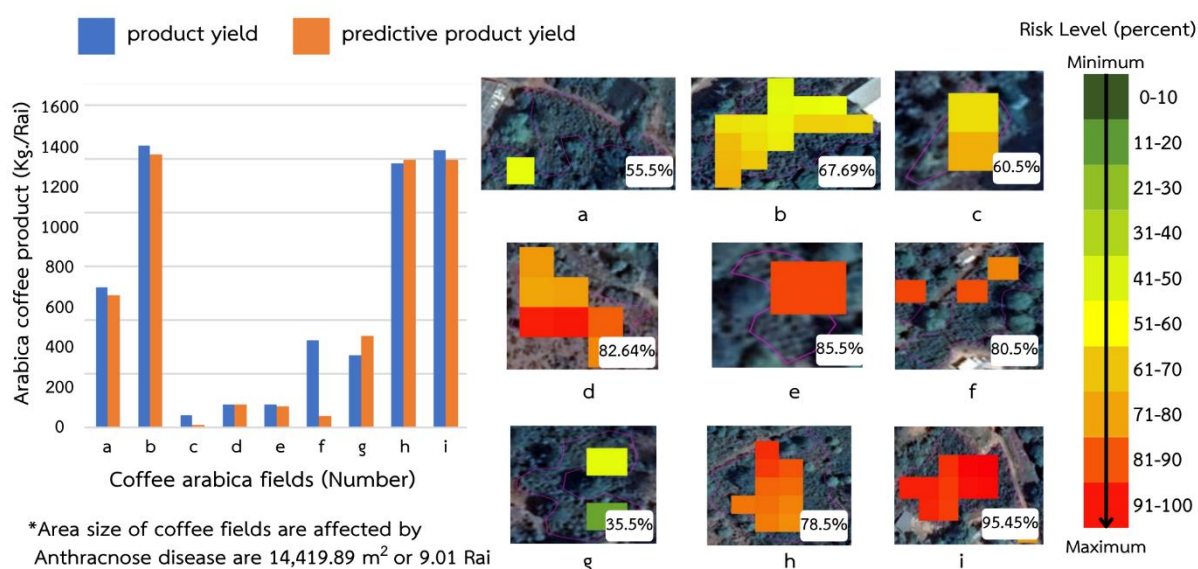
ภาพที่ 4 รูปแบบสมการเชิงถดถอยของสมการการคาดการณ์ผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้า

เมื่อพิจารณาข้อมูลผลผลิตจริงกับผลผลิตที่ได้จากการคาดการณ์ และเปรียบเทียบแบบจำลองพื้นที่ที่ระบาดโรคแอนแทรกโนส พบว่า แปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่ไม่พบโรคแอนแทรกโนส (แสดงดังภาพที่ 5) ที่พบความเสี่ยงการระบาดมากที่สุด คือ แปลง 3 ร้อยละ 34.45 จากการคาดการณ์ผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้าในช่วงการเก็บเกี่ยวในรอบถัดไป พบว่า มีแนวโน้มที่จะเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ลดลง เนื่องจากในพื้นที่แปลงกาแฟของเกษตรกรรายนี้พบต้นกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่แสดงอาการของโรคแอนแทรกโนสเล็กน้อย และแสดงอาการเป็นบางต้น เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่พบความเสี่ยงการระบาดน้อยที่สุด คือ แปลง 1 และ 2 ร้อยละ 15.5 จากการคาดการณ์ผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้า พบว่า มีแนวโน้มที่จะเก็บเกี่ยวผลผลิตได้มากขึ้นในช่วงการเก็บเกี่ยวในรอบถัดไป เนื่องจากในพื้นที่แปลงกาแฟของเกษตรกรทั้งสองรายไม่พบต้นกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่แสดงอาการของโรคแอนแทรกโนส



ภาพที่ 5 การคาดการณ์ผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้าในแปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่ไม่พบโรคแอนแทรกโนส

แปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่พบโรคแอนแทรคโนส (แสดงดังภาพที่ 6) ที่พบความเสี่ยงการระบาดมากที่สุด คือ แปลงที่ i ร้อยละ 95.45 จากการคาดการณ์ผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้า พบว่า มีแนวโน้มที่จะเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ลดลงในช่วงการเก็บเกี่ยวในรอบถัดไป เนื่องจากลักษณะของต้นกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่แสดงอาการของโรคแอนแทรคโนสในพื้นที่ มีการแสดงอาการในระยะเริ่มต้น คือ มีความเสียหายเฉพาะผลกาแฟเท่านั้น ยังไม่แสดงอาการของโรคที่บริเวณใบ แต่พบการแสดงอาการดังกล่าวในต้นกาแฟพันธุ์อาราบิก้าได้ทุกต้นของพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่พบความเสี่ยงการระบาดน้อยที่สุด คือ แปลง g ร้อยละ 35.5 จากการคาดการณ์ผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้า พบว่า มีแนวโน้มที่จะเก็บเกี่ยวผลผลิตได้มากขึ้นในช่วงการเก็บเกี่ยวในรอบถัดไป เนื่องจากในพื้นที่แปลงกาแฟของเกษตรกรรายนี้มีต้นไม้ที่ปกคลุมต้นกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ส่งผลให้สมการแบบจำลองการคาดการณ์ผลผลิตมีความคลาดเคลื่อน และต้นกาแฟพันธุ์อาราบิก้ามีความเสียหายจากโรคแอนแทรคโนสบางต้น ยังไม่พบความเสี่ยงเป็นบริเวณกว้างในพื้นที่ จึงพบความเสี่ยงน้อยกว่าแปลงอื่น



ภาพที่ 6 การคาดการณ์ผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้าในแปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่พบโรคแอนแทรคโนส

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาการคาดการณ์พื้นที่ระบาดของโรคแอนแทรคโนสในกาแฟพันธุ์อาราบิก้าด้วยภาพถ่ายดาวเทียมในพื้นที่ดอยช้าง ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย พบว่า ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์แบบจำลองพื้นที่ระบาดของโรคแอนแทรคโนสจากการใช้การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก ประกอบไปด้วย 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) ดัชนีอุณหภูมิพื้นผิวดิน ชวเลศ ตรีกูณาสวัสดิ์ [24] ทำการประเมินการเข้าทำลายของโรคแอนแทรคโนสในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว พบว่า เชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคแอนแทรคโนสมีความต้องการช่วงอุณหภูมิสูงและมีความแห้งแล้งทำให้สามารถเข้าทำลายพืชอาศัยในระยะแตกยอดอ่อน แทงช่อดอก และติดผลอ่อน และสามารถแพร่ระบาดด้วยสปอร์ โดยมีความสัมพันธ์กับความชื้น 2) ดัชนีความแตกต่างความชื้น สามารถอธิบายการแพร่กระจายของโรคแอนแทรคโนสในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูงจากลมและฝน สลับกับอุณหภูมิสูงและมีความแห้งแล้ง โดยสภาพแวดล้อมดังกล่าว ส่งผลต่อการเร่งปฏิกิริยาการแพร่ของโรคแอนแทรคโนสมากขึ้นในพื้นที่ดอยช้าง 3) ระดับความสูง อาภรณ์ธรรมเขต [1] กล่าวว่า ระดับความสูงที่เหมาะสมต่อการปลูกกาแฟพันธุ์อาราบิก้าเพื่อให้ได้ต้นกาแฟมีความสมบูรณ์นั้นจะมีระดับความสูงระหว่าง 1,500-1,800 เมตร จากระดับทะเล แต่แปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้าในพื้นที่ศึกษาปลูกอยู่ใน

ระดับความสูงระหว่าง 972-1,227 เมตร จากระดับทะเล ซึ่งมีค่าร้อยละของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจทั้งหมด 95.4 โดยแปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่ไม่พบโรคแอนแทรคโนส พบว่า มีค่าเฉลี่ยรวมร้อยละการเกิดโรคแอนแทรคโนสในพื้นที่คิดเป็นร้อยละ 23.69 และแปลงกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่พบโรคแอนแทรคโนส พบว่า มีค่าเฉลี่ยรวมร้อยละการเกิดโรคแอนแทรคโนสในพื้นที่คิดเป็นร้อยละ 71.31 สอดคล้องกับการศึกษาของ Emerson *et al.* [9] ที่ประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกลจากการสะท้อนหลายช่วงคลื่นของภาพดาวเทียม Sentinel-2 ในการสร้างแบบจำลองดัชนีโรค leaf miner บนต้นกาแฟ เพื่อระบุการระบาดของโรคพืชในเชิงพื้นที่ และการศึกษาการคาดการณ์ผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้า พบว่า ดัชนีพื้นที่ใบ และดัชนีความแตกต่างความชื้น มีความสัมพันธ์ต่อการคาดการณ์ผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้ามากกว่าปัจจัยอื่นจากการวิเคราะห์สหพันธ์เพียร์สัน ภทร ดันท์ไพบูลย์ [25] อธิบายว่า เนื่องจากใบของต้นกาแฟมีส่วนเกี่ยวข้องในการสังเคราะห์แสง เพื่อสร้างอาหารของพืช และผลิตผลกาแฟ และ Lymburner *et al.* [26] กล่าวว่า ดัชนีพื้นที่ใบสามารถตรวจจับการสะท้อนของพืชที่มีลักษณะทรงพุ่มได้ชัดเจน และความชื้นมีผลต่อการผลิดอกของต้นกาแฟ โดยสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) [27] ได้ศึกษาค่าความชื้นในอากาศที่มีค่าน้อยหรือช่วงฤดูแล้ง เป็นช่วงที่มีความสำคัญต่อการเกิดตาดอก จนถึงในช่วงความชื้นในอากาศที่มีค่ามากขึ้นหรือช่วงฤดูฝน เป็นช่วงที่มีความสำคัญต่อการผลิดอกและผลิตผลกาแฟ จากการคาดการณ์ผลผลิตด้วยสมการการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น พหุคูณมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์การตัดสินใจพหุคูณ เท่ากับ 0.594 และมีความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 76.61 หมายถึง ผลผลิตที่คำนวณได้จากสมการมีความคลาดเคลื่อนไปจากผลผลิตจริง 76.61 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับการศึกษานี้จะเห็นได้ว่า การใช้การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกมีความแม่นยำสูง (ค่าร้อยละของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจทั้งหมด 95.4) เหมาะสมสำหรับการสร้างแบบจำลองที่มีการใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณ ร่วมกับโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยให้ซอฟต์แวร์เรียนรู้อัลกอริทึมตัวแปร (Machine Learning) จากแปลงกาแฟที่เป็นโรคพืชและไม่เป็นโรคพืชร่วมกับภาพดาวเทียม ส่วนการคาดการณ์ผลผลิตมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย แต่ยังอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์การตัดสินใจพหุคูณมากกว่า 0.5) เนื่องจากพื้นที่แปลงกาแฟของเกษตรกรบางรายมีต้นไม้ปกคลุมแปลงกาแฟ และอาการของโรคแอนแทรคโนสที่แสดงบนต้นกาแฟพันธุ์อาราบิก้าในแต่ละพื้นที่มีลักษณะแตกต่างกัน ผลผลิตกาแฟจึงได้รับผลกระทบแตกต่างกัน ทำให้การคาดการณ์ผลผลิตกาแฟพันธุ์อาราบิก้ายังไม่มีความแม่นยำที่สูง (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์การตัดสินใจพหุคูณมากกว่า 0.8)

ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการใช้ภาพดาวเทียมที่มีความละเอียดสูงขึ้นหรือใช้ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (UAV) เพื่อให้การวิเคราะห์การคาดการณ์ระบาดของโรคแอนแทรคโนสมีความแม่นยำมากขึ้น
2. ควรมีการเก็บพิกัดแปลงในพื้นที่ปลูกกาแฟที่ปราศจากพิกัดของต้นไม้ใหญ่หรือมีการตัดค่าการสะท้อนของต้นไม้ของภาพดาวเทียมออกไปก่อนการวิเคราะห์การคาดการณ์พื้นที่ระบาดของโรค และผลิตผลกาแฟพันธุ์อาราบิก้า

การนำไปใช้ประโยชน์

1. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ในด้านกาแฟแจ้งเตือนการระบาดของโรคแอนแทรคโนสให้แก่เกษตรกรปลูกกาแฟในรูปแบบแผนที่หรือข้อมูลที่สามารถเข้าถึงผ่านระบบอินเทอร์เน็ต แพลตฟอร์มหรือแอปพลิเคชันของหน่วยงาน
2. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำแบบจำลองการคาดการณ์พื้นที่ระบาดของโรค และการคาดการณ์ผลผลิตไปพัฒนาเป็นรูปแบบข้อมูลมหัต (Big Data) เพื่อเก็บบันทึกและสามารถนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงเวลา

เอกสารอ้างอิง

- [1] Tummakate, A. (1985). Arabica Coffee Varieties in Thailand. *Thai Agricultural Research Journal*, 128-136.
- [2] Office of Agricultural Economics. (2021). *Coffee table*. Retrieved January 2, 2021, from <https://www.oae.go.th/view>
- [3] Bunruan, W., and Doherty, W. (2021). *The Communication Process of Leader for Business Management for Communities to Sustainable Development: Cast study doi chang coffee*. National Postgraduate Student Colloquium.
- [4] Sangpueak, R. (2014). *Identification of Cassava Anthracnose*. Suranaree University.
- [5] Isarasenee, A. (2013). *Harvesting and processing of coffee beans*. Retrieved December 1, 2022, from <https://www.thaikasetsart.com>
- [6] Bhasabutra, T., Jeamchaisri, Y., Somrit, A., Lertwatthanakiat, S., and Khomarwut, C. (2017). *Anthracnose Disease of Arabica Coffee in Thailand*. Chiang Mai Royal Agricultural Research Center.
- [7] Hawaii's Cooperative Extension fosters educational programs. (2017). *Anthracnose*. Retrieved December 2, 2022, from <https://www.hawaiicoffeeed.com/anthracnose.html>
- [8] The U.S. Geological Survey. (n.d.). *What is remote sensing and what is it used for?* Retrieved December 1, 2022, from <https://www.usgs.gov/faqs/what-remote-sensing-and-what-it-used>
- [9] Vilela, E. F., Ferreira, M. P., Castro, M. G., Faria, R. A., Leite, H. D., Lima, A. I., Matos, M. C., Silva, A. R., and Venzon, M. (2023). New Spectral Index and Machine Learning Models for Detecting Coffee Leaf Miner Infestation Using Sentinel-2 Multispectral Imagery. *Agriculture*, 13(2), Article number 388.
- [10] NASA's Earth Science Data Systems. (2021). *ASF Data Search Vertex*. Retrieved November 1, 2021, from <https://search.asf.alaska.edu>
- [11] National Hydroinformatics Data Center. (2012). *Weather Tracking: Rainfall monthly data*. Retrieved December 14, 2022, from <https://www.thaiwater.net/weather/rainfall>
- [12] Peainlert, S., Tongdeenok, P., and Kaewjampa, N. (2018). Drought Risk Area Assessment Using Remotely Sensed Data and Meteorological Data in Chern Sub-watershed. *KKU Research Journal*, 18(3), 67-83.
- [13] Abdelraouf, M. A., Igor, S., Anton, P., Mohamed, A., Nasser, S., Khaled, A., Mohammed, E. S., and Peter, D. (2021). Integrated method for rice cultivation monitoring using Sentinel-2 data and Leaf Area Index. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 24(3), 431-441.
- [14] Earth Observing System. (2019). *Vegetation Indices to Drive Digital Agri Solutions*. Retrieved December 12, 2022, from <https://eos.com/blog/6-spectral-indexes-on-top-of-ndvi-to-make-your-vegetation-analysis-complete>
- [15] Oleksandra, S. (2022). Evaluation and Correlation of Sentinel-2 NDVI and NDMI. *Journal of Ecological Engineering*, 23(9), 212-218.

- [16] Charoenhirunyingyos, S. (2018). Best Correlation between Vegetation Indices and Fresh Fruit Bunch of Oil Palm Yield Derived from LANDSAT 8. *Journal of Social Sciences Srinakharinwirot University*, 21, 235-247.
- [17] Jung, M. C., Dyson, K., and Alberti, M. (2021). Urban Landscape Heterogeneity Influences the Relationship between Tree Canopy and Land Surface Temperature. *Urban Forestry & Urban Greening*, 57. Article number 126930. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126930>
- [18] Phisailert, A. (2006). *Thailand Patent No. 50100018*. n.p.
- [19] Sukpinit, J., Hemwan, P., and Charoenpanyanet, A. (2022). Landslide Susceptibility Assessment Using Frequency Ratio Method: A Case study in Sakad village, Sakad Subdistrict, Pua District, Nan Province. *Burapha Science Journal*, 27(3), 1832-1851.
- [20] Reche, I., D'Orta, G., Mladenov, N., Winget, D. M., and Suttle, C. A. (2018). Deposition rates of viruses and bacteria above the atmospheric boundary layer. *ISME Journal*, 12(4), 1154-1162.
- [21] Kaiyawan, Y. (2012). Principle and Using Logistic Regression Analysis for Research. *RMUTSV Research Journal*, 4(1), 1-12.
- [22] Phonarth, M. (2015). *Statistic in Research*. War Veterans Organization Officer of Printing.
- [23] Sheiner, L. B., and Beal, S. L. (1981). Some suggestions for measuring predictive performance. *Journal of Pharmacokinetics and Biopharmaceutics*, 9(4), 503-512. <https://doi.org/10.1007/bf01060893>
- [24] Trikarunasawat, C., Karunsatitchai, A., and Koslanund, R. (2021). *The Studies of Evaluation Method on Antracnose Disease Infection in Postharvest Fruits by Quiescent Infection Inspection*. Postharvest and Processing Research and Development Division.
- [25] Tunpaiboon, P. (2022). *Know Coffee*. Retrieved from <https://doithaicoffee.com/906>
- [26] Lymburner, L., Beggs, P. J., and Jacobson, C. R. (2000). Estimation of canopy-average surface-specific leaf area using Landsat TM data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 66(2), 183-191.
- [27] Agricultural Research Development Agency (Public Organization). (2003). *The environmental suitable for Arabica coffee planting*. Retrieved December 12, 2022, from <https://www.arda.or.th/kasetinfo/south/coffee/controller/01-03.php>