นิพนธ์ต้นฉบับ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ป่าระหว่างปี พ.ศ. 2556-2565 ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติศรีลานนา จังหวัดเชียงใหม่

A Study of Change in Forest Area during 2013-2022 in the Sri Lanna National Park, Chiang Mai Province

อลงกต ปากาศ[1*] Alongkot Pakat[1*]

ภูพิชิต ช่วยบำรุง[2] Bhupichit Chouibumroong[2]

ศิริลักษณ์ เจนการวณิช[3] Siriluk Janekarnwanit[3]

[1]สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

[1]Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization), Lak Si, Bangkok 10210, Thailand

[2]อุทยานแห่งชาติศรีลานนา แม่แตง เชียงใหม่ 50150

[2]Sri Lanna National Park, Mae Taeng, Chiang Mai 50150, Thailand

[3]บริษัทเจริญโภคภัณฑ์โปรดิ้วส จำกัด 89 อาคารเอไอเอแคปปิตอล เซ็นเตอร์ แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

[3]Charoen Pokphand Produce Company Limited. 89 AIA Capital Center, Din Daeng, Din Daeng, Bangkok 10400, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: Alongkotgistda@gmail.com

รับต้นฉบับ 10 เมษายน 2566 **รับแก้ไข** 20 มิถุนายน 2566 **รับลงพิมพ์** 11 กรกฎาคม 2566

ABSTRACT

The objective of this study was to apply remote sensing techniques to examine the changes in the forested area around the Sri Lanna National Park during a period of 10 years from 2013–2022, using computer-based classification of Landsat 8 OLI satellite data. Supervised classification techniques were used in conjunction with visual interpretation, which included the use of GIS (geographic information system) to assist in data management. At least 500 inspection points were used around the Sri Lanna National Park to determine the accuracy of the classification by using an error matrix or confusion matrix table and Kappa statistics.

Using the classification, it was observed that the forested area decreased by 4,439 rai (710.24 ha) between 2013–2022, with the most decrease experienced during the past 10 years. Specifically, between 2014–2015, the area decreased by 1,308 rai (209.28 ha), 2015–2016 decreased by 605 rai (96.80 ha), 2016–2017 decreased by 1,988 rai (318.08 ha), 2017–2018 decreased by 863 rai (138.08 ha), 2018–2019 decreased by 297 rai (47.52 ha), in 2019–2020 decreased by 353 rai (57.28 ha), in 2020–2021 decreased by 386 rai (61.76 ha), and in 2021–2022 decreased by 153 rai (24.48 ha), was the least decrease during the 10 years analyzed. The classification accuracy for each year indicated to an average overall accuracy of about 85.54 percent and a Kappa statistic of 77.74 percent. The trend of change in the forested areas was a polynomial of the 3rd order as described by the equation $y = -0.0322x^3 + 195.19x^2 - 394313x + 3E+08$ ($R^2 = 0.9789$), where x is the year of interest.

Keywords: Forest area; Landsat 8; Remote sensing; Satellite data; Sri Lanna National Park

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าบริเวณอุทยานแห่งชาติศรีลานนา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่างปี พ.ศ. 2556–2565 ระยะเวลา 10 ปี โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 OLI แปลตีความด้วย Computer based classification ใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล (supervised classification) ร่วมกับเทคนิควิธีการแปลภาพด้วยสายตา (visual interpretation) รวมถึงใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (geographic information system: GIS) เข้ามาช่วยจัดการข้อมูล ทำการตรวจสอบความถูกต้องของการแปลข้อมูลภาพ โดยกำหนดจำนวนจุดที่ใช้ในการตรวจสอบไม่น้อยกว่า 500 จุด รอบบริเวณอุทยานแห่งชาติศรีลานนา ด้วยตาราง Error matrix หรือ Confusion matrix และค่าสถิติแคปปา (Kappa statistics)

จากการแปลตีความข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 OLI ในบริเวณอุทยานแห่งชาติศรีลานนา พบว่าพื้นที่ป่า ระหว่างปี 2556–2557 ลดลง 4,439 ไร่ (710.24 เฮกตาร์) ซึ่งเป็นช่วงปีที่พื้นที่ป่าลดลงมากที่สุด ปี 2557–2558 ลดลง 1,308 ไร่ (209.28 เฮกตาร์) ปี 2558–2559 ลดลง 605 ไร่ (96.8 เฮกตาร์) ปี 2559–2560 ลดลง 1,988 ไร่ (318.08 เฮกตาร์) ปี 2560–2561 ลดลง 863 ไร่ (138.08 เฮกตาร์) ปี 2561–2562 ลดลง 297 ไร่ (47.52 เฮกตาร์) ปี 2562–2563 ลดลง 353 ไร่ (57.28 เฮกตาร์) ปี 2563–2564 ลดลง 386 ไร่ (61.76 เฮกตาร์) และปี 2564–2565 ลดลง 153 ไร่ (24.48 เฮกตาร์) ซึ่งเป็นการลดลงของพื้นที่ป่าที่น้อยที่สุดในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา และผลการการตรวจสอบข้อมูลความถูกต้องในแต่ละปี Overall accuracy มีค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 85.54 และค่าสถิติแคปปา ที่ 77.74 และพบแนวโน้มของพื้นที่ป่าจากสมการ Polynomial order 3 $y = -0.0322x^3 + 195.19x^2 - 394313x + 3E+08$ และ $R^2 = 0.9789$

คำสำคัญ: พื้นที่ป่า แลนด์แซท 8 การสำรวจระยะไกล ข้อมูลดาวเทียม อุทยานแห่งชาติศรีลานนา

คำนำ

ทรัพยากรป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่าและสร้างประโยชน์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นฐานการพัฒนาประเทศในทุกด้าน ทั้งมิติด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม แต่ในช่วงเวลาที่ผ่านมา ประเทศไทยต้องเผชิญกับแรงขับเคลื่อนจากหลายปัจจัย เช่น ปัจจัยการผลิตและการบริโภค การลงทุนทั้งภายในและต่างประเทศ การเพิ่มของจำนวนประชากรอย่างต่อเนื่อง (Pongtong and Wongsiwawilas, 2015) รวมถึงการอพยพย้ายถิ่นที่อยู่อาศัยและที่ทำกิน การเจริญเติบโตของธุรกิจการท่องเที่ยว ทำให้เกิดความต้องการในการใช้ที่ดินเพิ่มมากขึ้น พื้นที่ป่าไม้ถูกบุกรุกถูกเปลี่ยนสภาพไปเป็นกิจการโรงแรม รีสอร์ท บริการด้านการท่องเที่ยว รวมถึงปัญหาการขาดแคลนที่ดินของคนท้องถิ่น ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการบุกรุกทำลายป่า ยึดถือครอบครองพื้นที่เพื่อใช้เป็นที่อยู่อาศัยและที่ทำกิน สอดคล้องกับผลการศึกษาจากงานวิจัยหลายแห่งที่พบว่าปัญหาป่าไม้หลักมาจากการเติบโตของจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ซึ่งนำไปสู่วิกฤติการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อเนื่องกันมา อาทิส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การพัฒนาความเป็นเมือง ความยากจนของประชากรที่มาจากการไม่มีที่ทำกินจึงทำให้ต้องมีการบุกรุกป่า (Franklin, 2001) จากปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ป่าในหลายพื้นที่ ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่าปัญหาพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยมีจำนวนลดลงอย่างต่อเนื่อง แม้ว่าสถานการณ์อาจจะมีความรุนแรงลดน้อยลง จะเห็นได้จากช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2560–2561 ที่พบว่าสถานการณ์พื้นที่ป่าไม้ของประเทศเริ่มดีขึ้น โดยมีพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้นประมาณ 3.3 แสนไร่ แต่ยังคงต่ำกว่าเป้าหมายตามแผนยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 ที่กำหนดให้ประเทศไทยต้องมีพื้นที่ป่าไม้อย่างน้อยร้อยละ 40 ของประเทศ หรือประมาณ 128.3 ล้านไร่ ซึ่งปัญหาพื้นที่ป่าไม้ที่มีจำนวนลดลงนั้นเกิดขึ้นจากหลายประการ เช่น การบุกรุกทำลายป่า การถือครองพื้นที่ป่าโดยผิดกฎหมาย หรือปัญหาไฟป่า เป็นต้น (Office of the Auditor General of Thailand, 2010)

จากปัญหาที่พบ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ซึ่งเป็นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงต้องเร่งแก้ไขปัญหาดังกล่าว และได้กำหนดภารกิจสำคัญโดยมุ่งเน้นการอนุรักษ์คุ้มครองดูแล รักษาทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่าให้มีสมดุลตามธรรมชาติ

รวมถึงศึกษา วิจัย พัฒนาวิธีการอนุรักษ์ การบริหารจัดการฟื้นฟูทรัพยากรป่าไม้ สัตว์ป่า ความหลากหลายทางชีวภาพ และกำหนดมาตรการและมาตรฐานเกี่ยวกับการอนุรักษ์บริหารจัดการ การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่า และนำไปสู่การจัดทำแผนปฏิบัติการราชการประจำปี พ.ศ. 2565 กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ซึ่งมีเป้าหมายของการดำเนินงานที่มุ่งเน้นในการป้องกันและรักษาพื้นที่ป่าอนุรักษ์เดิมที่มีอยู่และฟื้นฟูป่าเสื่อมโทรมให้กลับสมบูรณ์ เพื่อรักษาสมดุลของระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม ตลอดจนความหลากหลายทางชีวภาพ ด้วยการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาประยุกต์ใช้ รวมทั้งปรับสมดุลและพัฒนาระบบบริหารจัดการภาครัฐเพื่อการบริหารจัดการอย่างยั่งยืน ซึ่งเป็นการสนับสนุนการเพิ่มพื้นที่ป่าอนุรักษ์อีก (Planning and Information Office, 2021) ทั้งนี้การกำหนดแผนการดำเนินงานของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้สอดรับกับเป้าหมายของยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561–2580) ที่ได้กำหนดยุทธศาสตร์ที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาประเทศ หนึ่งในนั้นคือยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีเป้าหมายเพื่ออนุรักษ์และรักษาทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อมและวัฒนธรรมให้คนรุ่นต่อไปได้ใช้อย่างยั่งยืนสมดุล รวมถึงให้มีการใช้ประโยชน์และสร้างการเติบโตบนฐานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้สมดุลภายในขีดความสามารถของระบบนิเวศ (Office of the Secretary of the National Strategy Committee, 2018)

อุทยานแห่งชาติศรีลานนา จังหวัดเชียงใหม่ เป็นอีกหนึ่งอุทยานที่ได้ให้ความสำคัญกับภารกิจด้านการป้องกันอนุรักษ์และฟื้นฟูป่าให้มีสภาพป่าสมบูรณ์ จึงได้จัดทำแผนปฏิบัติราชการของหน่วยงานที่มุ่งเน้นในด้านการป้องกันการบุกรุกทำลายทรัพยากรป่าไม้อย่างบูรณาการ รวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพในการเฝ้าระวังพื้นที่ป่า จึงจัดทำโครงการการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ป่าระหว่างปี พ.ศ. 2556–2565 ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติศรีลานนา จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเป็นการสำรวจพื้นที่ป่าไม้ รวมถึงทำให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพพื้นที่ป่าไม้ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา เพื่อให้ทราบขนาดของพื้นที่ป่าที่ได้อย่างทันท่วงที สามารถทราบข้อมูลของพื้นที่ได้รวดเร็ว โดยไม่ต้องรอกระบวนการจัดส่งข้อมูลจากหน่วยงานส่วนกลางซึ่งมีหน้าที่ในการรวบรวมข้อมูลทั้งประเทศ ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลและข้อมูลดาวเทียม โดยข้อมูลที่นำมาใช้เป็นข้อมูลที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการจัดหาข้อมูล ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมีประโยชน์และจำเป็นอย่างยิ่งต่อการติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่า ทั้งนี้เพื่อใช้ในการวางแผน และกำหนดแผนปฏิบัติงาน รวมถึงนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการพื้นที่ป่าของอุทยานแห่งชาติศรีลานนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

อุทยานแห่งชาติศรีลานนา มีพื้นที่รับผิดชอบ 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอแม่แตง อำเภอเชียงดาว อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ ประกอบด้วยสภาพป่าที่อุดมสมบูรณ์และเป็นป่าต้นน้ำลำธารที่สำคัญของแม่น้ำปิงตอนบน มีสัตว์ป่า นานาชนิด มีเนื้อที่ประมาณ 878,750 ไร่ หรือ 1,406 ตารางกิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศ เป็นเทือกเขาสูง สลับซับซ้อน ติดต่อกันกว้างขวางของทิวเขาผีปันน้ำ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 400–1,718 เมตร ลักษณะภูมิอากาศในเขตอุทยานแห่งชาติ-ศรีลานนา เป็นแบบฝนตกชุกสลับแห้งแล้งในเขตร้อน อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 26 องศาเซลเซียส สังคมพืชในอุทยานแห่งชาติ-ศรีลานนา ประกอบด้วยป่าเต็งรัง ซึ่งเป็นสังคมพืชที่ปกคลุมพื้นที่ของอุทยานแห่งชาติมากที่สุด กระจายอยู่ในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 200–1,200 เมตร และในระดับ 800–1,200 เมตร จะพบสนสองใบและสนสามใบขึ้นปะปนกับป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ พบอยู่ตามพื้นที่หุบเขาหรือริมห้วย ป่าดิบแล้งพบขึ้นอยู่ตามร่องห้วยและหุบเขาที่ชื้นอยู่ตลอดปี ป่าสนเขาพบตามสันเขาที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 800 เมตรขึ้นไป และป่าดิบเขา ขึ้นปกคลุมพื้นที่ชุ่มชื้นและเย็นตามยอดเขาที่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1,000 เมตรขึ้นไป (Sri Lanna National Park, 2018) ดัง Figure 1

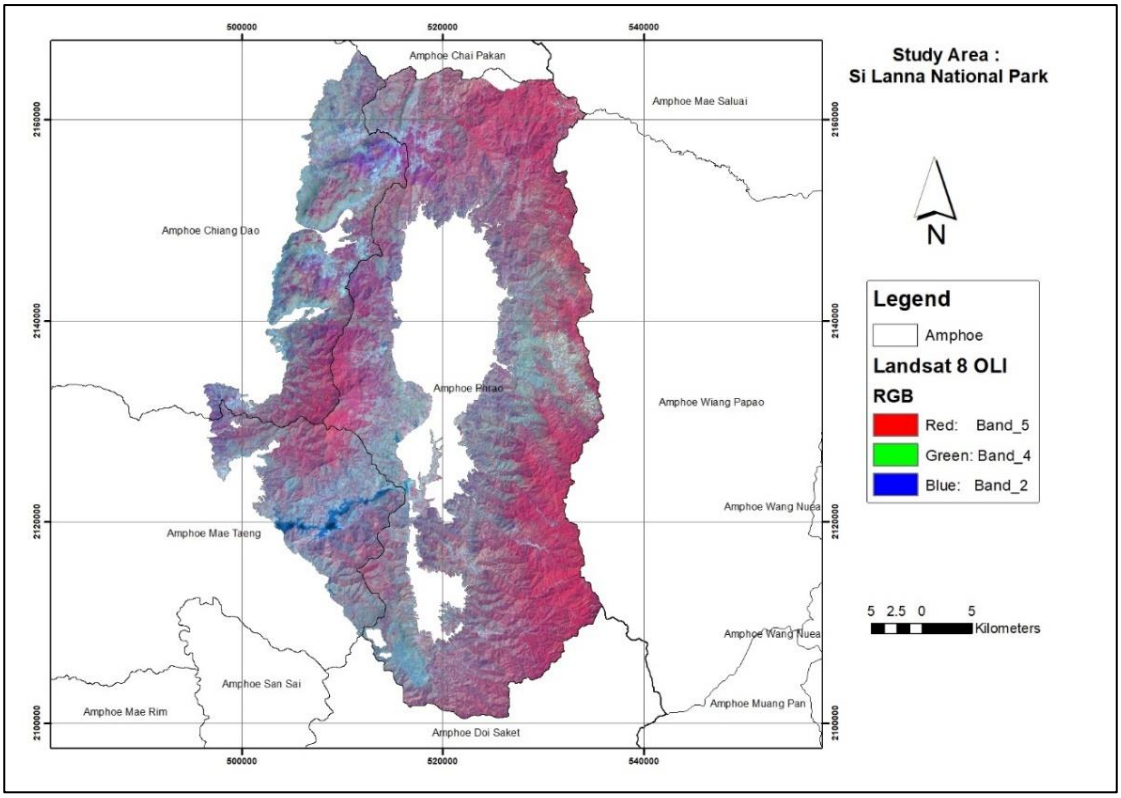

Figure 1 Study area at the Sri Lanna National Park, Chiang Mai province.

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 1) คอมพิวเตอร์ 2) โปรแกรมด้านภูมิสารสนเทศ 3) ข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 OLI 4) เครื่องระบุตำแหน่งบนโลก (GNSS) และ 5) อากาศยานไร้คนขับ (unmanned aerial vehicle)

วิธีการ

การเตรียมข้อมูลดาวเทียม Landsat 8

ใช้ข้อมูลที่ได้จาก Landsat Collection 2 Level-1 หัวข้อ Landsat8-9 OLI/TIRS C2 L1 (United States Geological Survey: USGS) จาก https://earthexplorer.usgs.gov/ ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีร้อยละของการปกคลุมของเมฆในข้อมูลภาพน้อยกว่าร้อยละ 5 ใน Path ที่ 131 และ Row ที่ 046 และ 047 โดยครอบคลุมบริเวณขอบเขตทั้งหมดของอุทยานแห่งชาติศรีลานนา และนำมาปรับแก้เชิงคลื่น Radiometric โดยใช้สมการ Reflectance เพื่อทำการปรับค่าให้พร้อมกับการดำเนินการในขั้นถัดไป โดยเป็นการแปลงค่า Reflectance ของดาวเทียม Landsat 8 ซึ่งเป็นกระบวนการที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์และประมวลผลในหลาย ๆ งานวิจัยและประยุกต์ใช้ในงานทางด้านการสำรวจโดยเฉพาะการประมวลผลด้านการจำแนกประเภทพื้นที่ (classification) ซึ่งเป็นกระบวนการที่จำเป็นต้องใช้ค่า Reflectance ในการทำงาน เนื่องจากค่า Reflectance สามารถแสดงถึงลักษณะและสมบัติของพื้นที่บนพื้นผิวโดยอิงค่าความสว่างจากแหล่งแสงที่เป็นแหล่งอ้างอิง (extra-terrestrial solar irradiation: ESUN) โดยค่า Reflectance มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ซึ่งค่าที่เข้าใกล้ 1 จะแสดงถึงพื้นที่ที่มีการสะท้อนแสงสูง ส่วนค่าที่เข้าใกล้ 0 จะแสดงถึงพื้นที่ที่มีการดูดซับแสงมาก ทั้งนี้การแปลงค่า Reflectance ทำให้สามารถเข้าใจและนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการจำแนกประเภทพื้นที่ต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น โดยการใช้ค่า Reflectance แทนค่าความสว่าง (radiance) หรือค่าการสะท้อนของค่า (DN) ช่วยลดผลกระทบจากองค์ประกอบทางด้านอากาศโดยเฉพาะองค์ประกอบที่มีสีของพื้นผิวแตกต่างกัน เช่น อากาศสกปรกหมอกควัน เป็นต้น ซึ่งการใช้ค่า Reflectance จะช่วยลดองค์ประกอบเหล่านี้ให้มีผลกระทบน้อยลงกับการประมวลผล Classification ดังสมการ (1) และ (2)

$$\rho\lambda = M\rho * Qcal + A\rho \quad (1)$$

เมื่อ $\rho\lambda$ คือ ค่าการสะท้อน

$M\rho$ คือ ค่า Reflectance Multi Band จากข้อมูลอธิบายข้อมูล 0.00002

$A\rho$ คือ ค่า Reflectance Add Band จากข้อมูลอธิบายข้อมูล -0.1

$Qcal$ คือ ค่าดิจิตอลเชิงเลขของแต่ละจุดภาพ

$$\rho\lambda = \rho\lambda' \cos(\theta SZ) = \rho\lambda' \cos(\theta SE) \quad (2)$$

เมื่อ $\rho\lambda$ คือ ค่าการสะท้อนรังสี (TOA Planetary Reflectance)

θSE คือ ค่ามุมของความสูงดวงอาทิตย์ จากข้อมูล Metadata (SUN_ELEVATION)

θ_{SZ} คือ 90° - θ_{SE}

Source: U.S. Department of the Interior (2016)

การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 OLI โดย ดาวเทียม Landsat 8 OLI สามารถบันทึกข้อมูลในช่วงความยาวคลื่น ได้หลากหลาย ได้แก่ ช่วงคลื่น Coastal aerosol (0.43–0.45 μm) ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (0.45–0.51 μm) ช่วงคลื่นสีเขียว (0.53–0.59 μm) ช่วงคลื่นสีแดง (0.64–0.67 μm) อินฟราเรดใกล้ (0.85–0.88 μm) และอินฟราเรดคลื่นสั้น 1 และ 2 (1.57–1.65 และ 2.11–2.29 μm) มีความละเอียดของจุดภาพที่ (Pixel) 30 เมตร ในช่วงคลื่น Panchromatic (0.50–0.68 μm) ความละเอียดจุดภาพที่ 15 เมตร และในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal IR) TIRS 1 และ TIRS 2 (10.60–11.19 และ 11.5–12.51 μm) ความละเอียดจุดภาพที่ 100 เมตร ดัง Table 1 สำหรับข้อมูล Landsat 8 OLI ที่นำมาศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลดาวเทียมตั้งแต่ปี 2556-2565 ช่วงเวลา 10 ปี จำนวน 20 ภาพ รายละเอียดดัง Table 2

Table 1 The various bands in Landsat 8 OLI and TIRS and their uses.

Band	Wavelength (micrometers)	Useful for mapping
Band 1 - coastal aerosol	0.43-0.45	coastal and aerosol studies
Band 2 - blue	0.45-0.51	Bathymetric mapping, distinguishing soil from vegetation and deciduous from coniferous vegetation
Band 3 - green	0.53-0.59	Emphasizes peak vegetation, which is useful for assessing plant vigor
Band 4 -red	0.64-0.67	Discriminates vegetation slopes
Band 5 - Near Infrared (NIR)	085.-0.88	Emphasizes biomass content and shorelines
Band 6 - Short-wave Infrared (SWIR) 1	1.57-1.65	Discriminates moisture content of soil and vegetation; penetrates thin clouds
Band 7 - Short-wave Infrared (SWIR) 2	2.11-2.29	Improved moisture content of soil and vegetation and thin cloud penetration
Band 8 - Panchromatic	0.50-0.68	15 meter resolution, sharper image definition
Band 9 - Cirrus	1.36 -1.38	Improved detection of cirrus cloud contamination
Band 10 - TIRS 1	10.60 - 11.19	100 meter resolution, thermal mapping and estimated soil moisture
Band 11 -TIRS 2	11.5-12.51	100 meter resolution, Improved thermal mapping and estimated soil moisture

Source: USGS Science for a Changing World (2016)

Table 2 The list of satellite data for when the satellite was above the study area.

Satellite	Path	Row	Date
Landsat 8 OLI	131	46	March 27, 2013
Landsat 8 OLI	131	47	March 27, 2013
Landsat 8 OLI	131	46	April 5, 2014
Landsat 8 OLI	131	47	April 5, 2014
Landsat 8 OLI	131	46	March 7, 2015
Landsat 8 OLI	131	47	March 7, 2015
Landsat 8 OLI	131	46	March 9, 2016
Landsat 8 OLI	131	47	March 9, 2016
Landsat 8 OLI	131	46	March 12, 2017
Landsat 8 OLI	131	47	March 12, 2017
Landsat 8 OLI	131	46	March 15, 2018
Landsat 8 OLI	131	47	March 15, 2018
Landsat 8 OLI	131	46	March 2, 2019
Landsat 8 OLI	131	47	March 2, 2019
Landsat 8 OLI	131	46	February 17, 2020
Landsat 8 OLI	131	47	February 17, 2020
Landsat 8 OLI	131	46	February 3, 2021
Landsat 8 OLI	131	47	February 3, 2021
Landsat 8 OLI	131	46	March 26, 2022
Landsat 8 OLI	131	47	March 26, 2022

การวิเคราะห์ข้อมูล

การนำข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการปรับแก้ข้อมูลภาพจากดาวเทียมในเชิงรังสี (radiometric correction) เพื่อให้มีความถูกต้องแม่นยำกับความเป็นจริง โดยไม่มีการปรับแก้ข้อมูลทางเรขาคณิต (geometric correction) โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนวิธีการของกระบวนการทั้งหมดตาม Figure 2 ดังนี้

1. **ปรับแก้ข้อมูลภาพจากดาวเทียมในเชิงรังสี** เป็นการปรับแก้ความผิดพลาดเชิงรังสี ซึ่งใช้วิธีการแปลงข้อมูลค่าเลขาหลัก (digital number: DN) ของข้อมูลภาพจากดาวเทียมให้เป็นค่าการสะท้อนจริงจากพื้นผิวโลก (reflectance) ดังสมการ (1) และ (2)

2. **การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ (vegetation index)**

ดัชนีพืชพรรณผลต่างนอร์มอลไลซ์ (normalized difference vegetation index: NDVI)

เป็นการทำสัดส่วนระหว่างช่วงคลื่น 2 ช่วงคลื่นที่ปรับให้มีลักษณะเป็นการกระจายปกติ คือ นำช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้มาลบด้วยช่วงคลื่นตามอง เห็นสีแดง แล้วหารด้วยผลบวกของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดงการคำนวณดัชนีพืชพรรณ ซึ่งโดยปกติจะให้ค่าอยู่ระหว่าง -1 และ 1 (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization), 2009) ดังสูตรต่อไปนี้

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

โดยที่ NVDI = ดัชนีพืชพรรณผลต่างนอร์มอลไลซ์

NIR = ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Landsat 8 OLI Band 5)

RED = ช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง (Landsat 8 OLI Band 4)

3. **วิธีการรวมแบนด์ของภาพถ่ายดาวเทียม (layer stacking)** ซึ่งเป็นการรวมแบนด์ (band) ของภาพถ่ายดาวเทียม โดยให้รวม (band) ใน Band list ที่ 1–7 และ 9 รวมถึงข้อมูล NDVI ที่มีการทำการคำนวณขึ้นมาใหม่

4. **ตัดข้อมูลภาพ Landsat 8 OLI ให้อยู่ในขอบเขตที่ต้องการ** คือ บริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติศรีลานนา จังหวัดเชียงใหม่

5. **ทำการกระบวนการจำแนกข้อมูลภาพ (classification)** ใช้เทคนิคการแปลด้วยการใช้วิธี Computer based classification ใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล (supervised classification) ด้วยวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood classifier) โดยเป็นขั้นตอนในการกำหนดพื้นที่ตัวแทน (training area) เพื่อนำมาใช้จัดทำค่า Signature ของแต่ขั้นข้อมูลในขั้นตอนนี้กำหนดชนิดหรือประเภท (class) ทั้งหมดเป็น 3 Class คือ พื้นที่ป่า แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่น ๆ

6. **ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic information system: GIS)** เพื่อดึงข้อมูลเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้คือ Raster to vector ทำการแปลงข้อมูลภาพ Raster จากผลการแปลข้อมูลด้วย Computer based classification เป็นข้อมูล Vector ในรูปแบบ Polygon จากนั้น ทำการเลือกข้อมูลที่สนใจ คือพื้นที่ป่าโดย ใช้คำสั่ง Select by attributes และทำการปรับข้อมูลข้อมูล Vector ให้มีความเรียบร้อยโดยใช้คำสั่ง Smooth polygon

7. หลังจากได้ข้อมูลพื้นที่ป่าในขั้นต้นมาแล้วให้**เทคนิควิธีการแปลภาพด้วยสายตา (Visual interpretation)** เพื่อให้เกิดความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยข้อมูล Landsat 8 OLI ที่ใช้จะทำการเน้นคุณภาพข้อมูล (Image enhancement) เพื่อให้ข้อมูลมีความคมชัดมากยิ่งขึ้นกว่าข้อมูลเดิมซึ่งข้อมูลเดิมที่แสดงผลจะเป็นการแสดงผลในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (RGB) คือในช่วง สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน หรือใน Band ที่ 4 3 และ 2 ตามลำดับ โดยจะทำการปรับช่วงคลื่นให้สะดวกกับการแปลภาพด้วยสายตา ด้วยวิธีการผสมภาพสีเท็จ (false color composite: FCC) ซึ่งในขั้นตอนนี้ใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้สีเขียว และสีน้ำเงิน หรือ Band ที่ 5 3 และ 2 ตามลำดับ และใช้เทคนิคการเน้นคุณภาพข้อมูลแบบ Histogram equalization จากนั้นทำการแปลข้อมูลภาพด้วยสายตาจาก องค์ประกอบในการแปลและตีความภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยสายตา ดังนี้ 1) สีและระดับความเข้มของสี (color tone and brightness) 2) รูปร่าง (shape) 3) ขนาด (size) 4) รูปแบบ (pattern) 5) ความหยาบละเอียดของเนื้อภาพ (texture) 6) ความสัมพันธ์กับตำแหน่งและสิ่งแวดล้อม (location and association) 7) การเกิดเงา (shadow) 8) การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (temporal change) และ 9) ระดับสี (tone)

นอกจากองค์ประกอบดังกล่าวแล้ว สิ่งที่จะช่วยในการแปลความได้ถูกต้องมากขึ้นได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศและการเลือกภาพในช่วงเวลาที่เหมาะสม โดยหลักการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยสายตา ควรดำเนินการแปลและตีความ จากสิ่งที่เห็นได้ง่าย ชัดเจนและคุ้นเคยเสียก่อนแล้วจึงพยายามวินิจฉัยในสิ่งที่จำแนกได้ยาก ไม่ชัดเจน ในภายหลังหรือเริ่มจากระดับหยาบ ๆ ก่อนแล้วจึงแปลในรายละเอียดที่หลัง (Rungruang, 2013)

8. **การตรวจสอบความถูกต้องของการแปลข้อมูลภาพ** โดยกำหนดจำนวนจุดที่ใช้ในการตรวจสอบไม่น้อยกว่า 500 จุด รอบพื้นที่บริเวณอุทยานแห่งชาติศรีลานนา ดัง **Figure 3** ด้วยวิธี คือ การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) ด้วยตาราง Error matrix หรือ Confusion matrix ใช้วิเคราะห์ หาค่าแสดงความถูกต้องได้ดังนี้ 1) ความถูกต้องของผู้ผลิต (producer's accuracy) 2) ความถูกต้องของผู้ใช้ (user's accuracy) 3) ความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) และ 4) ค่าสถิติแค็ปปา (Kappa atatistics)

ทั้งนี้ค่าสถิติแค็ปปา เป็นการแสดงความถูกต้องโดยรวมมีการพิจารณาลักษณะของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นใน Error matrix ด้วย การใช้สถิติแค็ปปาเป็นการประเมินความถูกต้องที่ถือว่ามีการพิจารณาทั้งความสอดคล้องกันระหว่างข้อมูลตรวจสอบกับข้อมูลอ้างอิงที่เป็นไปตามโอกาส (change agreement) และที่เป็นไปตามจริง (actual agreement) มักวิเคราะห์เพื่อแสดงควบคู่ไปกับค่าความถูกต้องโดยรวม โดยหากค่าทั้งสองมีค่าที่ใกล้เคียงกันไปในทิศทางสูงก็ถือว่าผลการจำแนกข้อมูลนั้นดีกล่าวคือ การที่ความถูกต้องโดยรวมมีค่า (%) ที่สูง ไม่ได้หมายความว่าผลการ จำแนกครั้งนั้นดีหากค่าสถิติแค็ปปามีค่าที่ต่ำ เพราะนั่นแสดงว่าความถูกต้องที่สูงเป็นไปโดยบังเอิญ หากพิจารณาในตารางแจกแจงความ

ผิดพลาดก็จะพบว่ามีค่าที่ไม่อยู่ในแนวทแยงบนซ้าย-ล่างขวากระจายอยู่มาก แสดงว่าการจำแนกมีลักษณะผันผวนน้อย (Chuchip, 2018)

การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ใช้สมการดังต่อไปนี้

ผลรวมตามแนวบรรทัด

$$n_{i+} = \sum_{j=1}^{k} n_{ij} \quad (3)$$

ผลรวมตามแนวสดมภ์

$$n_{+j} = \sum_{i=1}^{k} n_{ij} \quad (4)$$

ความถูกต้องของผู้ผลิต

$$\text{Producer's accuracy} = \frac{n_{ii}}{n_{+j}} \quad (5)$$

ความถูกต้องของผู้ใช้

$$\text{User's accuracy} = \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \quad (6)$$

โดยที่ i, j แทนดัชนีชั้นข้อมูลในแถวและคอลัมน์ตามลำดับ

k แทนจำนวนชั้นข้อมูลทั้งหมด

n_{ij} แทนจำนวนจุดภาพที่ถูกจำแนกเป็นชั้นข้อมูลที่ i โดยข้อมูลอ้างอิงชั้นข้อมูลที่ j

n_{ii} แทนจำนวนจุดภาพที่ถูกจำแนกตรงกับข้อมูลอ้างอิงที่ i

n_{i+} แทนจำนวนจุดภาพที่ถูกจำแนกเป็นชั้นข้อมูลที่ i ทั้งหมด

n_{+j} แทนจำนวนจุดภาพทั้งหมดของข้อมูลอ้างอิงในชนิดชั้นข้อมูลที่ j.

n แทนจำนวนจุดภาพทั้งหมดที่ใช้ในการคำนวณ

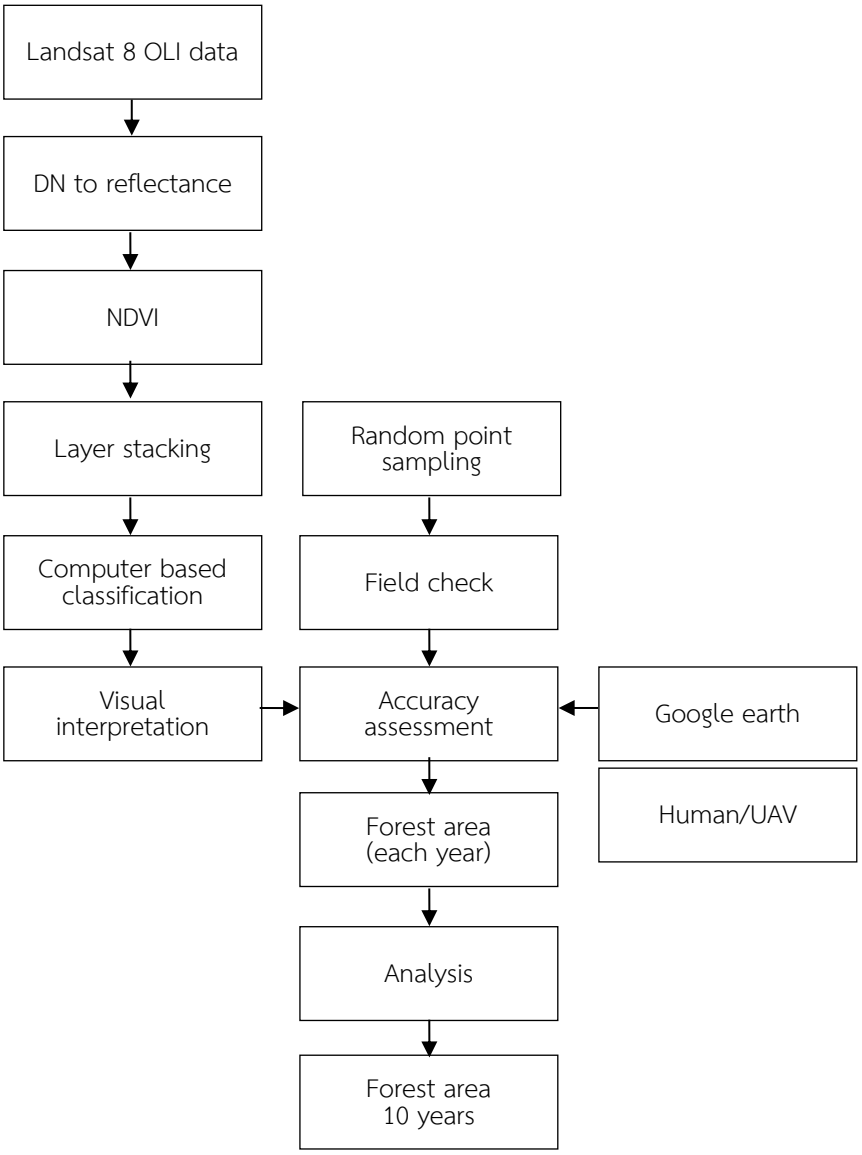

Figure 2 Flowchart of the data analysis.

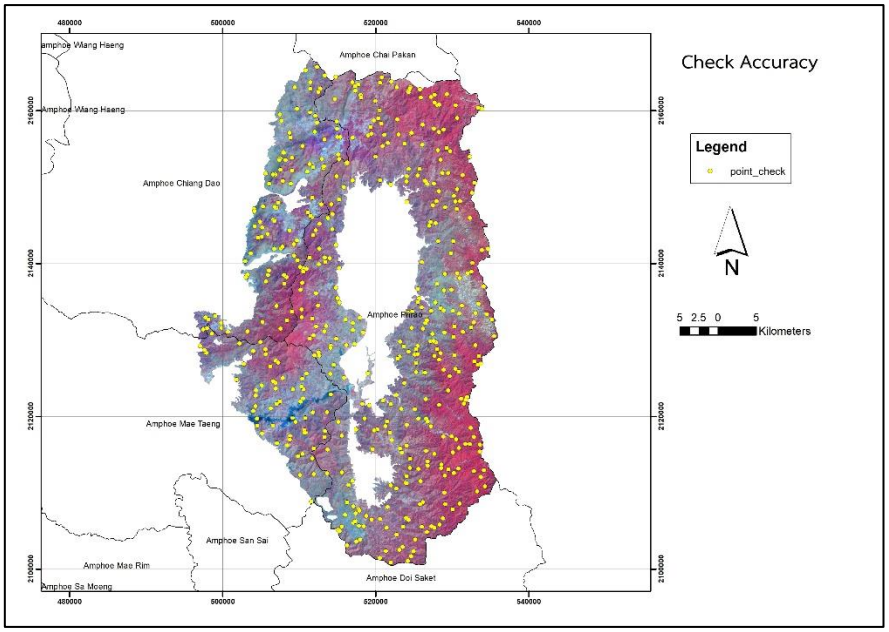

Figure 3 Map for the check accuracy.

ผลและวิจารณ์

ผลการแปลตีความข้อมูล

ผลจากการแปลข้อมูลภาพ พบว่าในช่วงเวลา 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556–2565 สภาพพื้นที่ป่าของอุทยานแห่งชาติศรีลานนามีการลดลงอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงปี พ.ศ. 2556–2557 โดยพบว่าพื้นที่ป่าไม้ลดลงมากที่สุดถึง 4,439 ไร่ ส่วนในช่วงปี พ.ศ. 2564–2565 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ลดลงน้อยที่สุด เพียง 153 ไร่ ดัง Table 3 และยังพบว่ามีการลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยสามารถสังเกตแนวโน้มของการลดลงของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าดัง Figure 4

ทั้งนี้จากข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2556–2563 ไม่สามารถการตรวจสอบความถูกต้องในพื้นที่จริงได้ จึงได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องผ่านการใช้โปรแกรม Google earth ซึ่งการตรวจสอบข้อมูลไม่สามารถทำได้ตรงตามช่วงเวลาที่ถูกต้องทุกปี เช่น ในปี พ.ศ. 2556 และปี พ.ศ. 2557 ในโปรแกรม Google earth ไม่มีช่วงเวลานี้อยู่ จึงได้ใช้ช่วงเวลาที่ใกล้เคียงที่สุดในการตรวจสอบความถูกต้องของทั้งสองปีดังกล่าว โดยใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2555 และปี พ.ศ. 2558 แทนตามลำดับ ส่วนข้อมูลของปี พ.ศ. 2558 พ.ศ. 2559 พ.ศ. 2560 พ.ศ. 2561 พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2563 สามารถใช้ข้อมูลจากโปรแกรม Google earth ดังตัวอย่าง ข้อมูลภาพปีจากโปรแกรม Google earth 2558 (Figure 5) ในการสุ่มตรวจสอบความถูกต้องได้

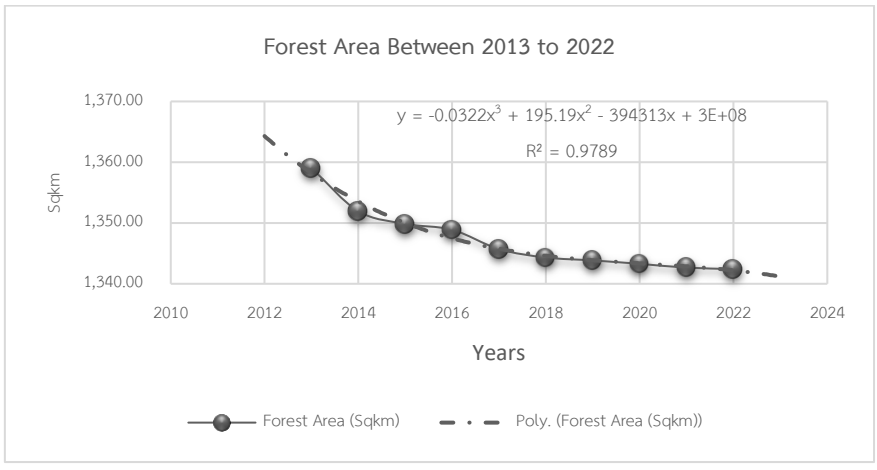

Figure 4 Estimated forested area between 2013-2022 (พ.ศ. 2556-2565).

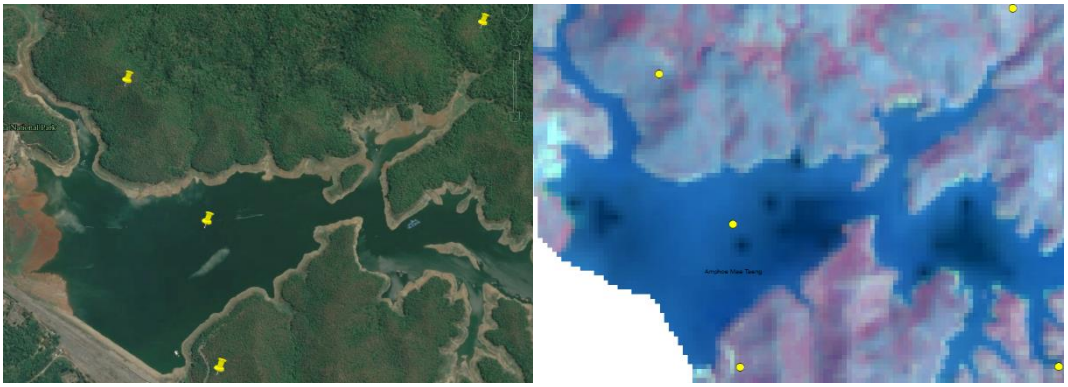

Figure 5 Example data obtained from google earth for the year 2015 compared with the Landsat 8 OLI data.

ส่วนข้อมูลในปี พ.ศ. 2564–2565 ตรวจสอบความถูกต้องในพื้นที่จริงโดยใช้เจ้าหน้าที่เข้าไปตรวจสอบในกรณีที่สามารถเข้าถึงในพื้นที่ได้ แต่หากในพื้นที่เจ้าหน้าที่ไม่สามารถเข้าถึงได้โดยง่ายจะให้ UAV (unmanned aerial vehicle) บินเข้าไปตรวจสอบความถูกต้องแทน

Table 3 Forested area from 2013 to 2022.

Years	Forest area (km^2)	Forest area (Rai)	Difference (Rai)
2013	1,359.05	849,404.45	-
2014	1,351.94	844,965.40	4,439
2015	1,349.85	843,657.15	1,308
2016	1,348.88	843,051.83	605
2017	1,345.70	841,063.77	1,988
2018	1,344.32	840,200.71	863
2019	1,343.85	839,903.68	297
2020	1,343.28	839,550.60	353
2021	1,342.66	839,164.33	386
2022	1,342.42	839,011.02	153

ทั้งนี้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ที่จะทำการบ่งชี้ข้อมูลในแต่ละประเภททั้งหมดว่ามีความเข้ากันได้หรือมีความถูกต้องจากการจำแนกในงานสำรวจระยะไกลและข้อมูลที่ใช้ในการอ้างอิงที่บ่งชี้ค่าหลักในแนวทแยงและและการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดในแถวและคอลัมน์ ซึ่งจะเป็นไปตามสมการ (7) คือ

$$KHAT = \frac{\left|N\sum_{i=1}^{r} x_{ii} - \sum_{i=1}^{r} x_{i+} \times x_{+i}\right|}{N^2 - \sum_{i=1}^{r} x_{i} \times x_{+i}} \qquad (7)$$

โดยที่ r = จำนวนแถว

N = จำนวนทั้งหมดที่ทำการจำแนก

x_{ii} = จำนวนค่าจุดภาพในแต่ละแถว i และคอลัมน์ i ของการจำแนกแต่ละประเภท

x_{+i}, x_{i+} = จำนวนเศษค่าจุดภาพในแต่ละแถว i และคอลัมน์ i ของการจำแนกแต่ละประเภท

การประเมินความถูกต้อง (accuracy assessment) ของการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 OLI ด้วย Error matrix หรือ Confusion matrix ทั้ง ปี 10 มีผลความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) และ ค่าสถิติแคปปา (Kappa statistics) ดัง Table 4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าการประเมินความถูกต้องโดยรวมโดยเฉลี่ยในทุกปี ตลอดทั้ง 10 ปี ไม่น้อยกว่าร้อยละ 85

Table 4 Yearly accuracy assessment of the classification.

Year	Overall Accuracy (%)	Kappa Statistic (%)
2013	85.80	78.31
2014	85.60	78.00
2015	85.00	77.14
2016	85.20	77.46
2017	85.40	77.74
2018	86.20	78.98
2019	86.00	78.62
2020	85.80	78.36
2021	85.00	77.13
2022	85.40	77.70

วิจารณ์

จากการศึกษาข้างต้นพบว่าการเปลี่ยนแปลงการพื้นที่ป่าในช่วงปี 2557–2565 มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อทำการเกษตรกรรม ซึ่งมีความสัมพันธ์สอดคล้องกันกับการเพิ่มขึ้นของประชากรและจำนวนหลังคาเรือนจากการลงทะเบียน ใน อำเภอเชียงดาว อำเภอแม่แตง และอำเภอพร้าว Table 5 และ Figure 6 จำนวนประชากรและจำนวนหลังคาเรือนโดยรอบพื้นที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปี ส่งผลให้ความต้องการการใช้พื้นที่เพื่อทำการเกษตรกรรมเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน และจาก Figure 4 จะสังเกตเห็นว่าแนวโน้มของการลดลงของการสูญเสียพื้นที่ป่าใน 2-3 ปีหลังมีจำนวนลดลงอย่างเห็นได้ชัด

Table 5 Population and number of houses.

Years	Population	Number of Houses
2013	124,549	51,245
2014	124,440	52,058
2015	126,753	52,786
2016	126,503	53,496
2017	126,623	54,107
2018	127,312	54,810
2019	131,222	55,543
2020	132,701	56,394
2021	133,118	57,269
2022	132,844	58,161

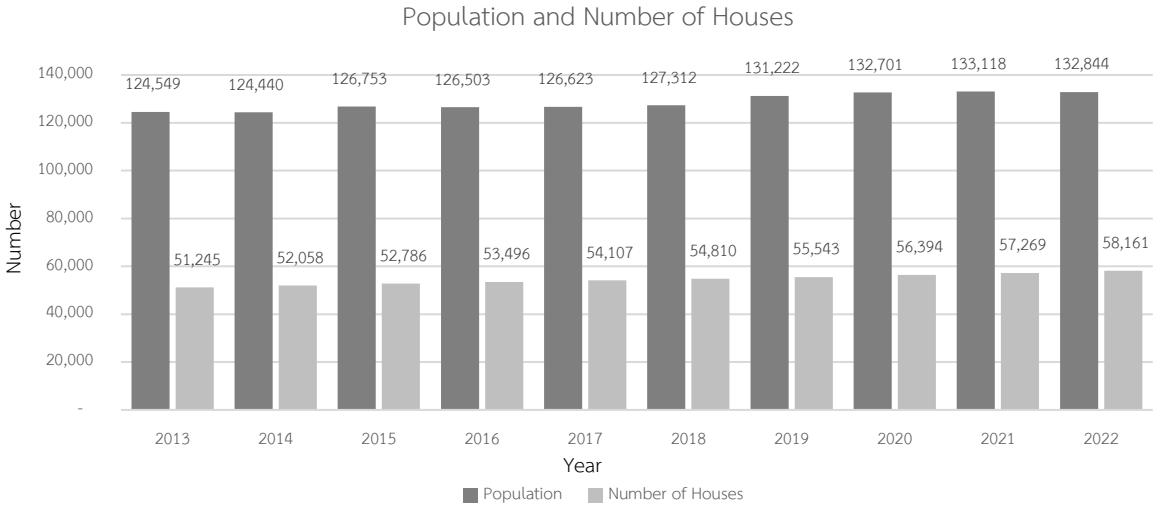

Figure 6 Population and number of houses.

Source: Department of Provincial Administration (2022).

สรุป

จากผลการแปลตีความข้อมูลพบว่าแนวโน้มการลดลงของพื้นที่ป่ายังคงลดลงอย่างต่อเนื่อง อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ ได้รับผลกระทบจากความต้องการที่ทำกินของประชากรที่อาศัยในบริเวณโดยรอบ โดยเฉพาะกิจกรรมทางด้านเกษตรกรรม แต่ผลของการศึกษาในช่วงปี พ.ศ. 2561–2565 พบว่ามีแนวโน้มการลดลงของพื้นที่ป่าที่น้อยลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งต่างจากช่วง 6–7 ปีแรกที่ศึกษา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในช่วงปี พ.ศ. 2561 เป็นต้นมา อุทยานแห่งชาติศรีลานนา ได้มีการจัดทำนโยบายและแผนปฏิบัติการของหน่วยงาน โดยนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดการพื้นที่มากขึ้น มีการใช้ข้อมูลจากดาวเทียมในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในงานด้านต่าง ๆ เช่น นำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการติดตามจุดความร้อน (hot spot) ใช้ในการติดตามการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ การติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพป่าและการใช้ประโยชน์ที่ดินภายในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ เพื่อประโยชน์ในการประเมินพื้นที่ป่าที่ถูกบุกรุก ป่าเสื่อมโทรม พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกไฟไหม้และหมอกควันพิษจากไฟป่า จัดแผนการดำเนินงานในหน่วยงานเพื่อจัดหน่วยเฝ้าระวังในเขตพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุก รวมถึงรวบรวมข้อมูลพื้นที่ที่ยังคงสภาพป่า ชนิดป่า และนำวางแผนการจัดการพื้นที่ป่าอนุรักษ์ให้มีความยั่งยืนดังตามแผนการปฏิบัติงานของอุทยานแห่งชาติศรีลานนา ปี 2562–2566 ดังนี้ 1) เพื่อเปลี่ยนสภาพป่าที่ถูกบุกรุกทำลายให้กลับคืนสู่สภาพธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ ป้องกันรักษาสภาพธรรมชาติ และดำรงความหลากหลายทางชีวภาพให้คงอยู่ 2) เพื่อให้ทรัพยากรธรรมชาติในเขตอุทยานฯ ได้รับการปกป้องให้มีความอุดมสมบูรณ์คงอยู่ได้ตลอดไปอย่างยั่งยืน 3) เพื่อเพิ่มศักยภาพในด้านการป้องกันอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในอุทยานแห่งชาติ 4) เพื่อสร้างแนวร่วมของชุมชนในท้องถิ่นให้เข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติในอุทยานแห่งชาติศรีลานนา และ 5) เพื่อสร้างกลไก และเสริมสร้างความแข็งแกร่งในการประสานงานและร่วมดำเนินงานสื่อสารมวลชนในการส่งเสริมการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ระหว่างอุทยานแห่งชาติ หน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน องค์กรปกครองท้องถิ่น สถาบันการศึกษา และประชาชน

REFERENCES

Chuchip, K. 2018. **Accuracy Assessment: Remote Sensing Technical**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Department of Provincial Administration. 2022. **Population Statistical Data Structure.** https://stat.bora.dopa.go.th/new_stat/webPage/statByYear.php, 1 March 2023.

Frankin, S.E. 2001. **Remote Sensing for Sustainable Forest Management.** Boca Raton London, New York, USA.

USGS Science for a Changing World. 2016. **Landsat 8 OLI and TIRS and Their Uses.** https://www.usgs.gov/media/images/landsat-8-oli-and-tirs-and-their-uses, 1 March 2023.

Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization). 2009. **Space Technology and GEO-Informatics.** Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization), Bangkok, Thailand. (in Thai)

Office of the Auditor General of Thailand. 2010. **Investigation of Conservation, Reforestation and Protection of Forest Resources of Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation.** Office of the Auditor General of Thailand, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Office of the Secretary of the National Strategy Committee. 2018. **National Strategy 2018 – 2037.** Office of the National Economics and Social Development Council, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Planning and Information Office. 2021. **Government Action Plan 2022 Office Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation.** Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)

Pongtong, P., Wongsiwawilas, T. 2015. The natural resources and environmental management: forest resources and biodiversity. **The National Defence College of Thailand Journal,** 57(2): 19-30. (in Thai)

Rungruang, K. 2013. **The Management of Geography Instruction**. Suweeriyasarn, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Si Lanna National Park. 2018. **Management Plan Sri Lanna National Park 2019-2023**. Sri Lanna National Park, Chiang Mai, Thailand. (in Thai)

U.S. Department of the Interior. 2016. **Using the USGS Landsat Level-1 Data Product.** https://www.usgs.gov/landsat-missions/using-usgs-landsat-level-1-data-product, 1 March 2023.