BSJ
BURAPHA SCIENCE JOURNAL
ISSN 2985-0983 (online)

วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 30 (ฉบับที่ 2) พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2568
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 30 (No.2) May – August 2025 บทความวิจัย

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับจำนวนจุดความร้อนและตัวแบบการพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนรายเดือนในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

Factors Correlated with Hotspot Occurrences and a Monthly Forecasting Model for Hotspot Occurrences in the Upper Northern Region of Thailand

สุจารี ดำศรี* และ ธันยพร สิทธิฤกษ์

Sujaree Damsri* and Tanyapon Sittirerk

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ประเทศไทย

Mathematics Program, Faculty of Science and Technology, Surat Thani Rajabhat University, Thailand

Received : 26 May 2025, Received in revised form : 5 August 2025, Accepted : 6 August 2025

Available online : 8 August 2025

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์และที่มา : จังหวัดภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยประสบปัญหาเนื่องจากการเกิดจุดความร้อนอย่างต่อเนื่องทุกปี จุดความร้อนเหล่านี้มีสาเหตุจากหลายปัจจัยร่วมกัน ทั้งปัจจัยทางธรรมชาติและปัจจัยจากการกระทำของมนุษย์ การศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านพื้นที่และปัจจัยด้านฤดูกาลกับจำนวนจุดความร้อนถือเป็นสิ่งสำคัญในการระบุสาเหตุพื้นฐานของปัญหานี้ และการพัฒนาตัวแบบการพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนรายเดือนจะสามารถคาดการณ์จำนวนจุดความร้อนในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะช่วยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถกำหนดนโยบาย วางแผนกลยุทธ์ และดำเนินการจัดการในเวลาที่เหมาะสมเพื่อบรรเทาผลกระทบของสถานการณ์จุดความร้อนในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย : การศึกษานี้เก็บข้อมูลจำนวนจุดความร้อนบริเวณพื้นที่ป่าและพื้นที่เกษตรกรรมในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย 8 จังหวัด ดังนี้ เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง ลำพูน แม่ฮ่องสอน น่าน แพร่ และพะเยา ตั้งแต่ 1 มกราคม 2561 ถึง 31 ธันวาคม 2567 ซึ่งตรวจวัดด้วยเซนเซอร์ MODIS จากระบบบัญชีข้อมูลกรมป่าไม้ ในการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านพื้นที่ในการใช้ประโยชน์ที่ดินและปัจจัยด้านฤดูกาลกับจำนวนจุดความร้อนจะแบ่งข้อมูลจำนวนจุดความร้อนตามปัจจัยด้านพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่สนใจศึกษาเป็น 3 พื้นที่ ดังนี้ ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าอนุรักษ์ และเกษตรกรรม และแบ่งข้อมูลตามฤดูกาลเป็น 3 ฤดู ดังนี้ ฤดูฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม) ฤดูหนาว (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) และฤดูร้อน (มีนาคม-เมษายน) วิเคราะห์จำนวนจุดความร้อนรายเดือนตั้งแต่ พ.ศ. 2561-2567 โดยจำแนกตามปัจจัยด้านพื้นที่และปัจจัยด้านฤดูกาลและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านพื้นที่และปัจจัยด้านฤดูกาลกับจำนวนจุดความร้อนของแต่ละอำเภอในจังหวัดภาคเหนือตอนบนด้วยสถิติทดสอบไคสแควร์ สำหรับการศึกษาตัวแบบการพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนจะดำเนินการทดสอบส่วนประกอบของอนุกรมเวลาจำนวนจุดความร้อนด้วย Runs Test และ Kruskal-Wallis Test และแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ดังนี้ ชุดที่ 1 เป็นข้อมูลจำนวนจุดความร้อนตั้งแต่เดือนมกราคม 2561 ถึงเดือนธันวาคม 2566 สำหรับสร้างตัวแบบการพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี วิธีแยกส่วนประกอบ และวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียล

BSJ
BURAPHA SCIENCE JOURNAL
ISSN 2985-0983 (online)
วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 30 (ฉบับที่ 2) พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2568
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 30 (No.2) May – August 2025 บทความวิจัย

ของโฮลต์-วินเทอร์ ชุดที่ 2 เป็นข้อมูลจำนวนจุดความร้อนตั้งแต่เดือนมกราคม 2567 ถึงเดือนธันวาคม 2567 สำหรับตรวจสอบความแม่นยำของผลการพยากรณ์ล่วงหน้าในแต่ละตัวแบบการพยากรณ์ที่สร้างขึ้นด้วยข้อมูลชุดที่ 1 โดยใช้ค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAD) และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) เป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบ

ผลการวิจัย : การวิเคราะห์จำนวนจุดความร้อน พ.ศ. 2561-2567 พบว่า จังหวัดเชียงใหม่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 21.38 ของจำนวนจุดความร้อนทั้งหมดในพื้นที่ที่ศึกษา รองลงมาเป็นจังหวัดแม่ฮ่องสอน (ร้อยละ 20.61) เชียงราย (ร้อยละ 16.87) และน่าน (ร้อยละ 14.34) เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านพื้นที่และปัจจัยด้านฤดูกาลกับจำนวนจุดความร้อนของแต่ละอำเภอด้วยสถิติทดสอบไคสแควร์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ปัจจัยด้านพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและปัจจัยด้านฤดูกาลมีความสัมพันธ์กับจำนวนจุดความร้อนของแต่ละอำเภอ โดยส่วนใหญ่อำเภอในจังหวัดภาคเหนือตอนบนพบจุดความร้อนมากที่สุดบริเวณพื้นที่ป่า ยกเว้นอำเภอแม่ลาว แม่จัน ป่าแดด และแม่สายของจังหวัดเชียงราย อำเภอดอกคำใต้ จุน และภูกามยาวของจังหวัดพะเยา อำเภอเมืองลำพูน และป่าซางของจังหวัดลำพูน และอำเภอหนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่ที่มีจุดความร้อนมากที่สุดในพื้นที่เกษตรกรรม เมื่อพิจารณาภาพรวมระดับจังหวัด พบว่า ทุกจังหวัดพบจุดความร้อนมากที่สุดบริเวณพื้นที่ป่า โดยจังหวัดน่าน เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง และแพร่ พบจุดความร้อนมากที่สุดในป่าสงวนแห่งชาติ สำหรับจังหวัดพะเยา ลำพูน และแม่ฮ่องสอน พบจุดความร้อนมากที่สุดในป่าอนุรักษ์ ฤดูร้อนจะมีจุดความร้อนมากที่สุดในทุกอำเภอของแต่ละจังหวัด โดยจังหวัดเชียงใหม่ น่าน แม่ฮ่องสอน พะเยา แพร่ ลำปาง และลำพูน มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดเดือนมีนาคม ยกเว้นจังหวัดเชียงรายมีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดเดือนเมษายน การเลือกตัวแบบการพยากรณ์จะพิจารณาค่า MAD และค่า RMSE ที่น้อยที่สุด ซึ่งตัวแบบการพยากรณ์วิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมีเหมาะสำหรับการพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนจังหวัดลำปางและลำพูน วิธีแยกส่วนประกอบเหมาะสมสำหรับพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนจังหวัดเชียงใหม่และแม่ฮ่องสอน ส่วนวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลของโฮลต์-วินเทอร์เหมาะสำหรับพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนจังหวัดน่าน เชียงราย พะเยา และแพร่ และเมื่อพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนเดือนมกราคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2568 ด้วยตัวแบบการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการพยากรณ์ พบว่า จังหวัดน่าน เชียงใหม่ พะเยา แม่ฮ่องสอน แพร่ ลำปาง และลำพูน มีค่าพยากรณ์มากที่สุดเดือนมีนาคม ส่วนจังหวัดเชียงรายมีค่าพยากรณ์มากที่สุดเดือนเมษายน

สรุปผลการวิจัย : 4 อันดับแรกของจังหวัดที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดตั้งแต่ พ.ศ. 2561-2567 ได้แก่ เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน เชียงราย และน่าน ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่าจำนวนจุดความร้อนของทุกอำเภอมีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านพื้นที่และปัจจัยด้านฤดูกาล โดยพบว่าส่วนใหญ่อำเภอในจังหวัดภาคเหนือตอนบนพบจำนวนจุดความร้อนบริเวณพื้นที่ป่า และเมื่อพิจารณาภาพรวมระดับจังหวัด พบว่า ทุกจังหวัดพบจุดความร้อนมากที่สุดบริเวณพื้นที่ป่าและพบจุดความร้อนน้อยที่สุดบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม สำหรับปัจจัยด้านฤดูกาลเมื่อพิจารณาระดับอำเภอและภาพรวมระดับจังหวัด พบว่าในฤดูร้อนมีจุดความร้อนมากที่สุด ถัดมาเป็นฤดูหนาว และฤดูฝน ตามลำดับ ในการพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนระหว่างเดือนมกราคม-พฤษภาคม 2568 พบว่า ทุกจังหวัดมีค่าพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนมากที่สุดในเดือนมีนาคม ยกเว้นเชียงรายมีค่าพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนมากที่สุดในเดือนเมษายน

คำสำคัญ : จุดความร้อน ; พื้นที่ภาคเหนือตอนบน ; ตัวแบบการพยากรณ์

BSJ
BURAPHA SCIENCE JOURNAL
ISSN 2985-0983 (online)
วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 30 (ฉบับที่ 2) พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2568
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 30 (No.2) May – August 2025 บทความวิจัย

Abstract

Background and Objectives : The upper northern provinces of Thailand have been facing problems due to the continuous occurrence of hotspots every year. These hotspots are caused by a combination of various factors, including both natural factors and human activities. Studying the relationship between land use and seasonal factors, and the number of hotspots is crucial for identifying the root causes of the problem. Additionally, developing a forecasting model for monthly hotspot occurrences can help predict hotspot occurrences in the upper northern provinces of Thailand. Such information will enable relevant agencies to formulate policies, plan strategies, and implement timely management actions to mitigate the impacts of hotspot situations in the area effectively.

Methodology : This study collected data on the number of hotspots in forest and agricultural areas across eight provinces in the upper northern region of Thailand, namely Chiang Mai, Chiang Rai, Lampang, Lamphun, Mae Hong Son, Nan, Phrae, and Phayao, from January 1, 2018, to December 31, 2024. The data were obtained from MODIS sensors through the data accounting system of the Royal Forest Department. To study the relationship between land use and seasonal factors and the number of hotspots, the hotspot data were classified by land use factors into three areas of interest: national reserved forests, conservation forests, and agricultural areas. The data were also classified by season into three categories: rainy season (May–October), winter season (November–February), and summer season (March–April). The analysis was conducted on monthly hotspot data from 2018 to 2024, classified by land use and seasonal factors. The relationships between these factors and the number of hotspots in each district of the upper northern provinces were analyzed using the chi-square test. For the forecasting study of hotspot occurrences, the time series components of hotspot data were tested using the Runs Test and the Kruskal–Wallis Test. The data were divided into two sets. Set 1 consisted of hotspot data from January 2018 to December 2023 for constructing forecasting models using three methods: regression analysis with dummy variables, classical decomposition method, and Holt–Winters exponential smoothing method. Set 2 consisted of hotspot data from January 2024 to December 2024 for evaluating the forecasting accuracy of each model developed from Set 1, using Mean Absolute Deviation (MAD) and Root Mean Square Error (RMSE) as evaluation criteria.

Main Results : The analysis of hotspot occurrences from 2018 to 2024 revealed that Chiang Mai had the highest number of hotspots, accounting for 21.38% of the total hotspots in the study area, followed by Mae Hong Son (20.61%), Chiang Rai (16.87%), and Nan (14.34%). When analyzing the relationship between land use and seasonal factors and the number of hotspots in each district using the chi-square test at a 0.05 significance level, it was found that both land use and seasonal factors were significantly associated with the number of hotspots in each district. Most districts in the upper northern provinces experienced the highest number of hotspots in forest areas, except

for Mae Lao, Mae Chan, Pa Daet, and Mae Sai districts in Chiang Rai province; Dok Khamtai, Chun, and Phu Kamyao districts in Phayao province; Mueang Lamphun and Pa Sang districts in Lamphun province; and Nong Muang Khai district in Phrae province, where the highest number of hotspots occurred in agricultural areas. At the provincial level, all provinces recorded the highest number of hotspots in forest areas. Nan, Chiang Rai, Chiang Mai, Lampang, and Phrae had the highest number of hotspots in national reserved forests, while Phayao, Lamphun, and Mae Hong Son had the highest number in conservation forests. The summer season recorded the highest number of hotspots in every district of each province. In Chiang Mai, Nan, Mae Hong Son, Phayao, Phrae, Lampang, and Lamphun, March was the month with the highest number of hotspots, except for Chiang Rai, where April had the highest number. The selection of forecasting models was based on the lowest MAD and RMSE. The regression model with dummy variables was the most suitable for forecasting hotspot occurrences in Lampang and Lamphun provinces. The classical decomposition method was suitable for Chiang Mai and Mae Hong Son, while the Holt–Winters exponential smoothing method was appropriate for Nan, Chiang Rai, Phayao, and Phrae. When forecasting hotspot occurrences from January to May 2025 using the most effective model for each province, it was found that Nan, Chiang Mai, Phayao, Mae Hong Son, Phrae, Lampang, and Lamphun were projected to have the highest number of hotspots in March, whereas Chiang Rai was projected to have the highest number in April.

Conclusions : The top four provinces with the highest number of hotspot occurrences during 2018–2024 were Chiang Mai, Mae Hong Son, Chiang Rai, and Nan, respectively. The analysis indicated that the number of hotspots in all districts was associated with land use and seasonal factors. It was found that most districts in the upper northern provinces had a high number of hotspots in forest areas. At the provincial level, all provinces showed the highest number of hotspots in forest areas and the lowest in agricultural areas. Regarding seasonal factors, both district-level and provincial-level analyses revealed that the number of hotspots was highest in the summer season, followed by winter and then the rainy season. For the forecast of hotspot occurrences from January to May 2025, all provinces were predicted to have the highest number of hotspots in March, except for Chiang Rai, which was predicted to peak in April.

Keywords : hotspot ; the upper northern region ; forecasting model

***Corresponding author. E-mail** : sujaree.dam@sru.ac.th

Introduction

ประเทศไทยพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) สำหรับบริหารจัดการรวมทั้งการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อให้สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงข้อมูลด้านต่างๆ ให้ดำเนินไปอย่าง

มีประสิทธิภาพ ส่วนหนึ่งที่ได้จากการพัฒนาระบบนี้ คือ การค้นหาจุดความร้อนซึ่งเป็นจุดที่ตรวจพบค่าความร้อนสูงผิดปกติจากค่าความร้อนบนผิวโลก โดยดาวเทียม Terra และ Aqua ระบบ MODIS และ ดาวเทียม Soumi-NPP และ NOAA-20 ระบบ VIIRS โดยดาวเทียมดังกล่าวจะตรวจวัดจุดความร้อนทั้งในช่วงเวลากลางวันและกลางคืนเมื่อโคจรผ่านประเทศไทย สถานการณ์จุดความร้อนในประเทศไทยระหว่างวันที่ 1 มกราคม ถึง 31 พฤษภาคม 2566 พบจุดความร้อน 109,035 จุด ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี 2565 ที่มีจุดความร้อน 23,913 จุด สาเหตุหลักมาจากการเผาในพื้นที่ป่าและพื้นที่การเกษตร ประกอบกับสภาพอากาศที่แห้งแล้งส่งผลให้มีการลุกลามของไฟอย่างรวดเร็ว โดยพื้นที่ 17 จังหวัดภาคเหนือมีพื้นที่เผาไหม้รวม 19,769 ล้านไร่ (เพิ่มขึ้นจากปี 2565 ร้อยละ 207) โดย 5 จังหวัดที่มีพื้นที่เผาไหม้สูงสุด ได้แก่ แม่ฮ่องสอน (1,761,039 ไร่) ตาก (1,406,010 ไร่) เชียงใหม่ (1,168,624 ไร่) ลำปาง (767,100 ไร่) และน่าน (708,367 ไร่) ตามลำดับ พื้นที่เผาไหม้ส่วนใหญ่เกิดในป่าสงวนแห่งชาติและป่าอนุรักษ์จำนวน 7,683,954 ไร่ หรือ ร้อยละ 78.66 จากการบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อเพิ่มพื้นที่ทำกิน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและการขยายตัวอย่างรวดเร็วของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อีกทั้งด้วยความสูงและความลาดชันของพื้นที่ทำให้การเตรียมพื้นที่เพาะปลูกและกำจัดเศษวัสดุทางการเกษตรจำเป็นต้องใช้วิธีการเผา การเผาในพื้นที่ป่าเพื่อล่าสัตว์และหาของป่า และการเผาในพื้นที่รอบป่าและลามเข้าสู่ป่าเกิดเป็นไฟป่า พื้นที่เผาไหม้รองลงมาคือพื้นที่เกษตร (พื้นที่เกษตรและพื้นที่ ส.ป.ก.) จำนวน 1,786,838 ไร่ หรือ ร้อยละ 18.29 จากการเผาเพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูกและกำจัดเศษวัสดุทางการเกษตรเช่นเดียวกับเกษตรในพื้นที่ป่า (Pollution Control Department, 2023) และจากรายงานสรุปสถานการณ์ไฟป่าและหมอกควันด้วยเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศปี 2567 ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) พบว่า จุดความร้อนในประเทศไทย ระหว่างวันที่ 1 มกราคม ถึง 31 พฤษภาคม 2567 จากดาวเทียม Terra และ Aqua ระบบ MODIS พบจุดความร้อนทั้งสิ้น 116,916 จุด ส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือตอนบน (6,600 จุด) โดยพบจุดความร้อนมากในจังหวัดเชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน น่าน เชียงราย และลำปาง ตามลำดับ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (4,114 จุด) และภาคเหนือตอนล่าง (2,345 จุด)

จะเห็นได้ว่าภาคเหนือตอนบนประสบกับปัญหาจำนวนจุดความร้อนต่อเนื่อง โดยมีสาเหตุจากหลายปัจจัย ทั้งปัจจัยทางธรรมชาติ เช่น สภาพอากาศแห้งแล้ง ความชื้นต่ำ อุณหภูมิสูงก่อให้เกิดไฟป่า เป็นต้น และปัจจัยจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาเพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูกและกำจัดเศษวัสดุทางการเกษตร เป็นต้น ซึ่ง จุดความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ในพื้นที่โล่งทางเกษตรกรรม การเผาป่า ไฟป่า เป็นต้น เป็นสาเหตุหลักของปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย (Amnauylawjarurn *et al.*, 2010) โดยจุดความร้อนมีผลทำให้ปริมาณฝุ่น $PM_{2.5}$ เกินค่ามาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจำนวนจุดความร้อนที่เกิดขึ้นมีทิศทางความสัมพันธ์แบบ แปรผันตรงกับปริมาณฝุ่น ($r = 0.680$) (Sumethavanich, 2024) ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่ การพยากรณ์ทางสถิติเป็นวิธีหนึ่งที่ศึกษาและคาดการณ์เกี่ยวกับจุดความร้อนและพื้นที่เผาไหม้จากสถานการณ์ไฟป่า Thanadolmethaphorn *et al.* (2018) วิเคราะห์และสร้างแบบจำลองการถดถอยทั้งแบบเส้นตรงและไม่เป็นเส้นตรงเพื่อคำนวณศักยภาพในการเกิดพื้นที่เผาไหม้ ในอนาคตของจังหวัดเชียงใหม่ Sawetsuthipan & Charnsethikul (2021) วิเคราะห์อนุกรมเวลาของข้อมูลจำนวนพื้นที่การเกิดไฟป่ารายวันในจังหวัดเชียงใหม่ซึ่งจัดอยู่ในประเภทของอนุกรมเวลารูปแบบตามฤดูกาลและข้อมูลมีค่าที่เป็นศูนย์เป็นช่วงกว้าง

ในหลายช่วงเวลา โดยเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ 6 วิธี ได้แก่ การพยากรณ์ด้วยสมการถดถอยแบบพหุคูณที่มีตัวแปรจัดประเภท การพยากรณ์ด้วยสมการถดถอยแบบแบบโพลีโนเมียลหลายตัวแปร การพยากรณ์ด้วยอนุกรมฟูเรียร์แบบตัดทอน การพยากรณ์ ด้วยวิธี Holt-Winters แบบผลบวก การพยากรณ์ตามแนวคิดของบอกซ์-เจนกินส์ด้วยวิธี SARIMAX และการพยากรณ์โดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยสนใจศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านพื้นที่และฤดูกาลกับจำนวนจุดความร้อนและสร้างตัวแบบการพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ซึ่งจะช่วยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถระบุพื้นที่ที่ต้องเฝ้าระวังจุดความร้อนตามความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านพื้นที่และฤดูกาลในแต่ละจังหวัด รวมถึงคาดการณ์จำนวนจุดความร้อนเพื่อวางแผนป้องกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Methodology

1. ข้อมูลที่นำมาศึกษา

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลจำนวนจุดความร้อนบริเวณพื้นที่ป่าและพื้นที่เกษตรกรรมใน 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ดังนี้ เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง ลำพูน แม่ฮ่องสอน น่าน แพร่ และพะเยา ตั้งแต่ 1 มกราคม 2561 ถึง 31 ธันวาคม 2567 ซึ่งตรวจวัดด้วยเซนเซอร์ MODIS จากระบบบัญชีข้อมูลกรมป่าไม้

2. ขั้นตอนการดำเนินการ

2.1 แบ่งข้อมูลตามปัจจัยด้านพื้นที่ ดังนี้ ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าอนุรักษ์ และเกษตรกรรม ส่วนปัจจัยด้านฤดูกาลแบ่งดังนี้ ฤดูฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม) ฤดูหนาว (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) และฤดูร้อน (มีนาคม-เมษายน) แล้ววิเคราะห์จำนวนจุดความร้อนรายเดือน พ.ศ. 2561-2567 โดยจำแนกตามปัจจัยด้านพื้นที่และฤดูกาล และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านพื้นที่และฤดูกาลกับจำนวนจุดความร้อนของอำเภอในแต่ละจังหวัดด้วยสถิติทดสอบไคสแควร์

2.2 ทดสอบส่วนประกอบของอนุกรมเวลา โดยทดสอบแนวโน้มด้วย Runs Test และทดสอบฤดูกาลด้วย Kruskal-Wallis Test (Suwanwong, 2013)

2.3 แบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด ดังนี้ ชุดที่ 1 ข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนตั้งแต่มกราคม 2561 ถึง ธันวาคม 2566 สำหรับสร้างตัวแบบการพยากรณ์ ชุดที่ 2 ข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนตั้งแต่มกราคม 2567 ถึง ธันวาคม 2567 สำหรับตรวจสอบผลการพยากรณ์ล่วงหน้าของแต่ละตัวแบบการพยากรณ์ที่สร้างขึ้นด้วยข้อมูลชุดที่ 1

2.4 สร้างตัวแบบการพยากรณ์จำนวนจุดความร้อน 3 วิธี ดังนี้

1) วิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี (Regression Analysis with Dummy Variables Method: RG) ใช้หลักการของการวิเคราะห์การถดถอย ซึ่งวัดส่วนประกอบแนวโน้มโดยการสร้างสมการแนวโน้มที่กำหนดให้เวลาเป็นตัวแปรอิสระและสำหรับการวัดอิทธิพลของฤดูกาลทำในทำนองเดียวกัน ตัวแปรที่วัดอิทธิพลของฤดูกาลจะเป็นตัวแปรดัมมีของฤดูกาล (Taesombut, 2006) ตัวแบบการพยากรณ์ที่มีแนวโน้มเส้นตรงและมีอิทธิพลของฤดูกาลเป็นดังนี้

$$\hat{Y}_t = a_0 + a_1 t + b_1 S_{1t} + b_2 S_{2t} + \ldots + b_{i-1} S_{i-1t} \qquad (1)$$

โดยที่ $\hat{Y}_t$ แทน ตัวแปรตามซึ่งเป็นค่าพยากรณ์จำนวนจุดความร้อน ณ เวลา t

a_0, a_1 แทน ระยะตัดแกน Y และ ความชันของแนวโน้ม ตามลำดับ

$b_1 ..., b_{i-1}$ แทน ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาลที่ i โดยที่ $i = 1, 2, ..., 12$

t แทน ตัวแปรอิสระซึ่งเป็นเวลา

S_{it} แทน ตัวแปรดัมมีของฤดูกาลที่ i ณ เวลา t โดยที่ $i = 1, 2, ..., 12$ ซึ่ง S_{it} มีค่าเท่ากับ 1 สำหรับเดือนที่ i และเท่ากับ 0 สำหรับกรณีอื่นๆ

2) วิธีแยกส่วนประกอบ (Classical Decomposition Method: DC) เป็นวิธีการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลาออกจากกันให้เห็นลักษณะการเคลื่อนไหวของแต่ละส่วนได้ชัดเจนมากขึ้นและจะนำค่าที่วัดส่วนประกอบของ อนุกรมเวลาดังกล่าวมารวมค่าเพื่อพยากรณ์ค่าในอนาคต ตัวแบบการพยากรณ์รูปแบบบวกที่มีแนวโน้มเส้นตรงและมีฤดูกาลเป็นดังนี้

$$\hat{Y}_{t+p} = \hat{T}_{t+p} + \hat{S}_{t+p}(i) \quad (2)$$

เมื่อ

$$\hat{T}_t = a_0 + a_1 t \quad (3)$$

โดยที่ $\hat{Y}_{t+p}$ แทน ค่าพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนสำหรับ ณ เวลา $t+p$

$\hat{T}_t, \hat{T}_{t+p}$ แทน ค่าประมาณแนวโน้ม ณ เวลา t และ $t+p$ ตามลำดับ

a_0, a_1 แทน ระยะตัดแกน Y และ ความชันของแนวโน้ม ตามลำดับ

$\hat{S}_{t+p}(i)$ แทน ค่าอิทธิพลของฤดูกาลที่ i ณ เวลา $t+p$ โดยที่ $i = 1, 2, ..., 12$ และ $p = 1, 2, 3...$

3) วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลของโฮลต์-วินเทอร์ (Holt-Winters Exponential Smoothing Method: HWES) มีพารามิเตอร์ 3 ค่า ได้แก่ α, β และ γ ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 สมการพยากรณ์ประกอบด้วย สมการค่าการปรับเรียบ สมการประมาณค่าแนวโน้ม และสมการประมาณค่าฤดูกาล (Damsri & Maneewong, 2017) ซึ่งตัวแบบการพยากรณ์จะเป็นการรวมกันของสมการดังกล่าวในรูปแบบบวกหรือคูณ โดยพิจารณาจากการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่ศึกษา กรณีรูปแบบบวกอนุกรมเวลาเฉพาะอิทธิพลของฤดูกาลมีการเคลื่อนไหวในแต่ละคาบของฤดูกาลคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา กรณีรูปแบบคูณอนุกรมเวลาเฉพาะอิทธิพลของฤดูกาลมีการเคลื่อนไหวในแต่ละคาบของฤดูกาลเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป (Taesombut, 2006) ตัวแบบการพยากรณ์รูปแบบบวกที่มีแนวโน้มเส้นตรงและมีฤดูกาลเป็นดังนี้

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + pT_t) + \hat{S}_{t-s+p} \quad (4)$$

เมื่อ

$$L_t = \alpha\left(Y_t - \hat{S}_{t-s}\right) + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (5)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1} \quad (6)$$

$$\hat{S}_t = \gamma\left(Y_t - L_t\right) + (1-\gamma)\hat{S}_{t-s} \quad (7)$$

โดยที่ L_t แทน ค่าที่ปรับให้เรียบ ณ เวลา t

α แทน ค่าคงที่ในการปรับให้เรียบสำหรับค่าระดับ

Y_t แทน ค่าของข้อมูลจริง ณ เวลา t

β แทน ค่าคงที่ในการปรับให้เรียบสำหรับการประมาณแนวโน้ม

T_t แทน ค่าประมาณแนวโน้ม ณ เวลา t

γ แทน ค่าคงที่ในการปรับให้เรียบสำหรับการประมาณฤดูกาล

$\hat{S}_t$ แทน ค่าอิทธิพลของฤดูกาล ณ เวลา t

p แทน เวลาที่ต้องการพยากรณ์ค่าล่วงหน้า โดยที่ $p = 1, 2, 3...$

s แทน คาบของฤดูกาล

$\hat{Y}_{t+p}$ แทน ค่าพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนสำหรับ ณ เวลา $t + p$

2.5 ตรวจสอบความแม่นยำของการพยากรณ์ด้วยค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAD) และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) โดยตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมจะมีค่า MAD และค่า RMSE ที่น้อยที่สุด

2.6 พยากรณ์จำนวนจุดความร้อนล่วงหน้าในเดือนมกราคม - พฤษภาคม 2568

Results

1. จุดความร้อนรายเดือนของจังหวัดภาคเหนือตอนบน ตั้งแต่ พ.ศ. 2561 - 2567

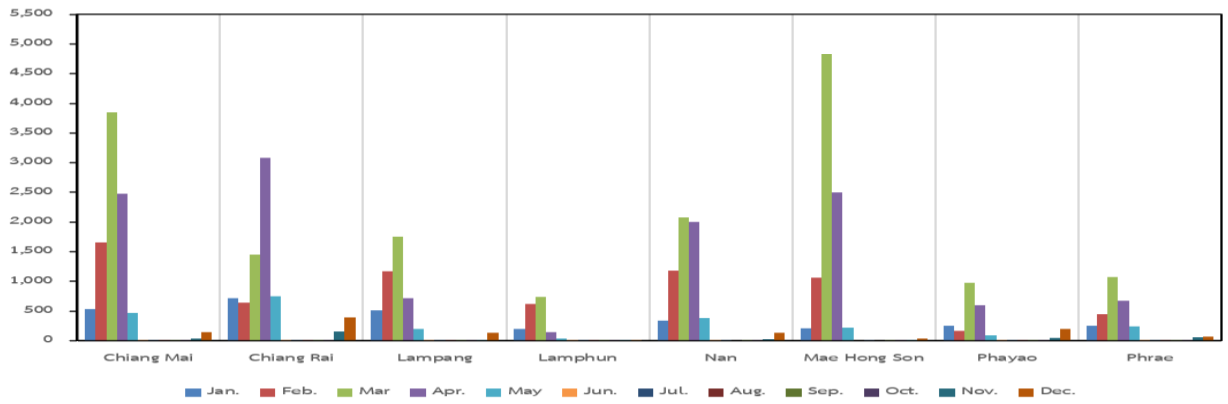

Figure 1 Hotspot occurrences over the 7-year period from 2018 to 2024

จังหวัดเชียงใหม่ น่าน แม่ฮ่องสอน พะเยา แพร่ ลำปาง และลำพูน มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดเดือนมีนาคม ส่วนจังหวัดเชียงรายมีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดเดือนเมษายน (Figure 1)

2. จุดความร้อนของจังหวัดภาคเหนือตอนบน พ.ศ. 2561-2567 จำแนกตามปัจจัยด้านพื้นที่และฤดูกาล

ฤดูร้อนจะพบจุดความร้อนมากที่สุด โดยจังหวัดน่าน เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง และแพร่ มีจุดความร้อนมากที่สุดในป่าสงวนแห่งชาติ ยกเว้นจังหวัดพะเยา ลำพูน และแม่ฮ่องสอน (Table 1) ส่วนใหญ่อำเภอในจังหวัดภาคเหนือตอนบนมีจุดความร้อนในพื้นที่ป่า ยกเว้นอำเภอแม่ลาว แม่จัน ป่าแดด และแม่สาย จังหวัดเชียงราย อำเภอดอกคำใต้ จุน และภูกามยาว จังหวัดพะเยา อำเภอเมืองลำพูน และป่าซาง จังหวัดลำพูน และอำเภอหนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่ มีจุดความร้อนมากที่สุดในพื้นที่เกษตรกรรม น่านมีจุดความร้อนมากที่สุดในอำเภอเวียงสา โดยเฉพาะตำบลยาบหัวนา บริเวณป่าน้ำสาและป่าแม่สาคร ตำบลแม่ขะนิง บริเวณป่าห้วยแม่ขะนิง เชียงรายมีจุดความร้อนมากที่สุดในอำเภอแม่สรวย โดยเฉพาะตำบลวาวี บริเวณพื้นที่เตรียมการอุทยานแห่งชาติลำน้ำกกและป่าแม่ลาวฝั่งซ้าย ตำบลป่าแดด บริเวณพื้นที่เตรียมการอุทยานแห่งชาติดอยเวียงผาและป่าแม่ลาวฝั่งซ้าย เชียงใหม่มีจุดความร้อนมากที่สุดในอำเภอแม่แจ่ม โดยเฉพาะตำบลแม่นาจร บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์และป่าแม่แจ่ม ตำบลแม่ศึก บริเวณป่าแม่แจ่ม พะเยามีจุดความร้อนมากที่สุดในอำเภอปง โดยเฉพาะตำบลผาช้างน้อย บริเวณป่าแม่ยม เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าดอยผาช้าง และอุทยานแห่งชาติถ้ำสะเกิน ตำบลขุนควร บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าดอยผาช้างและป่าแม่ยม ลำปางมีจุดความร้อนมากที่สุดในอำเภองาว โดยเฉพาะตำบลบ้านร้อง บริเวณพื้นที่เตรียมการอุทยานแห่งชาติถ้ำผาไท ป่าแม่โป่ง และป่าแม่งาวฝั่งซ้าย ตำบลบ้านหวด บริเวณพื้นที่เตรียมการอุทยานแห่งชาติถ้ำผาไทและป่าแม่งาวฝั่งขวา ลำพูนมีจุดความร้อนมากที่สุดในอำเภอลี้ โดยเฉพาะตำบลก้อ บริเวณอุทยานแห่งชาติแม่ปิง ตำบลศรีวิชัย บริเวณพื้นที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าบ้านโฮ่ง ป่าแม่ตืนและป่าแม่แนต แม่ฮ่องสอนมีจุดความร้อนมากที่สุดในอำเภอแม่สะเรียง โดยเฉพาะตำบลแม่คง บริเวณป่าสาละวิน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสาละวินและอุทยานแห่งชาติสาละวิน ตำบลแม่ยวม บริเวณอุทยานแห่งชาติสาละวิน ป่าแม่ยวม และแพร่มีจุดความร้อนมากที่สุดในอำเภอสอง โดยเฉพาะตำบลสะเอียบ บริเวณอุทยานแห่งชาติแม่ยมและป่าแม่สอง ตำบลเตาปูน บริเวณป่าแม่สอง ป่าแม่ยมตะวันตกและป่าแม่คำมี

Table 1 Hotspot occurrences over the 7-year period from 2018 to 2024 classified by land use and seasonal factors

Province	Hotspot occurrences	land use factors			seasonal factors		
		national reserved forests	conservation forests	agricultural areas	Winter season	Hot season	Rainy season
Nan	6,176	3,649	2,012	515	1,687	4,085	404
Chiang Rai	7,264	4,147	1,911	1,206	1,911	4,535	818
Chiang Mai	9,205	4,528	4,105	572	2,376	6,327	502
Phayao	2,338	570	1,262	506	660	1,574	104
Lampang	4,532	2,306	1,532	694	1,827	2,474	231
Lamphun	1,808	642	883	283	838	890	80
Mae Hong Son	8,875	3,743	4,779	353	1,317	7,326	232
Phrae	2,866	1,695	677	494	836	1,745	285
Total	**43,064**	**21,280**	**17,161**	**4,623**	**11,452**	**28,956**	**2,656**

3. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านพื้นที่และปัจจัยด้านฤดูกาลกับจำนวนจุดความร้อนของอำเภอในแต่ละจังหวัด

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสถิติทดสอบไคสแควร์ พบว่า จำนวนจุดความร้อนทุกอำเภอในแต่ละจังหวัดมีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านพื้นที่และปัจจัยด้านฤดูกาลที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เนื่องจากค่า P-value มีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ 0.05 (Table 2)

Table 2 The correlation analysis with chi-squared test of land use and seasonal factors with hotspot across districts

Province	Number of Districts	The correlation analysis of land use factors with hotspot occurrences				The correlation analysis of seasonal factors with hotspot occurrences			
		Chi-square	df	P-value	Cramer's V	Chi-square	df	P-value	Cramer's V
Nan	15	1,437.599	28	<0.001*	0.341	330.096	28	<0.001*	0.161
Chiang Rai	18	2,551.248	34	<0.001*	0.419	296.280	34	<0.001*	0.143
Chiang Mai	25	3,494.184	48	<0.001*	0.436	1,856.230	48	<0.001*	0.318
Phayao	9	669.507	16	<0.001*	0.378	366.528	16	<0.001*	0.280
Lampang	13	827.776	24	<0.001*	0.302	277.337	24	<0.001*	0.175
Lamphun	7	628.702	12	<0.001*	0.417	197.425	12	<0.001*	0.234
Mae Hong Son	7	2,529.152	12	<0.001*	0.391	323.867	12	<0.001*	0.312
Phrae	8	685.595	14	<0.001*	0.346	201.890	14	<0.001*	0.188

* significant association ($p < 0.05$)

4. การทดสอบส่วนประกอบของข้อมูลอนุกรมเวลา

ผลการทดสอบแนวโน้มและฤดูกาลด้วย Runs Test และ Kruskal-Wallis Test ตามลำดับ พบว่า อนุกรมเวลาของทุกจังหวัดมีส่วนประกอบของแนวโน้มและฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เนื่องจากค่า P-value มีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ 0.05 (Table 3)

Table 3 Analysis of time series components

Province	The Runs test				The Kruskal-Wallis Test		
	Median	Runs	Statistics	P-value	Statistics	df	P-value
Nan	8	15	-6.147	<0.001*	70.180	11	<0.001*
Chiang Rai	12	21	-4.830	<0.001*	56.535	11	<0.001*
Chiang Mai	8	15	-6.147	<0.001*	72.067	11	<0.001*
Phayao	3	15	-6.146	<0.001*	59.300	11	<0.001*
Lampang	3	17	-5.708	<0.001*	66.904	11	<0.001*
Lamphun	2	27	-3.484	<0.001*	61.450	11	<0.001*
Mae Hong Son	2	16	-5.928	<0.001*	73.540	11	<0.001*
Phrae	9	16	-5.928	<0.001*	67.008	11	<0.001*

* significant difference ($p < 0.05$)

5. ตัวแบบการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนจุดความร้อนของจังหวัดภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

ใช้ข้อมูลชุดที่ 1 สร้างตัวแบบการพยากรณ์ 3 วิธี โดยผู้วิจัยสร้างตัวแบบการพยากรณ์รูปแบบบวก เนื่องจากการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลามีขนาดการแกว่งออกจากเส้นแนวโน้มที่เวลาเดียวกันแต่ต่างปีกันไม่ต่างกัน และข้อมูลชุดที่ 2 ใช้ตรวจสอบความแม่นยำของการพยากรณ์จากตัวแบบที่สร้างขึ้น ผลการตรวจสอบความแม่นยำของการพยากรณ์ พบว่า วิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมีเหมาะสำหรับพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนจังหวัดลำปางและลำพูน วิธีแยกส่วนประกอบเหมาะสำหรับพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนจังหวัดเชียงใหม่และแม่ฮ่องสอน ส่วนวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลของโฮลต์-วินเทอร์เหมาะสำหรับพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนจังหวัดน่าน เชียงราย พะเยา และแพร่ เนื่องจากค่า MAD และค่า RMSE น้อยที่สุด (Table 4) โดยตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมเป็นดังตาราง (Table 5) และเมื่อเปรียบเทียบค่าจริงของอนุกรมเวลากับค่าจากตัวแบบการพยากรณ์ 3 วิธี แสดงให้เห็นว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกันดังภาพ (Figure 2)

Table 4 The Forecasting accuracy

Province	RG		DC		HWES	
	MAD	RMSE	MAD	RMSE	MAD	RMSE
Nan	37.28	47.50	31.96	39.87	**14.33**	**28.40**
Chiang Rai	75.27	99.53	78.41	91.99	**50.15**	**77.99**
Chiang Mai	63.89	109.16	**61.35**	**97.45**	73.29	142.23
Phayao	11.43	14.54	16.18	31.74	**7.95**	**13.01**
Lampang	**24.21**	**42.45**	32.12	55.19	29.43	57.83
Lamphun	**13.23**	**24.45**	13.36	24.95	17.09	39.95
Mae Hong Son	49.80	101.98	**45.41**	**92.77**	57.86	128.26
Phrae	9.37	14.38	16.21	22.01	**6.74**	**11.32**

6. ค่าพยากรณ์จำนวนจุดความร้อน

ค่าพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนเดือนมกราคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2568 ด้วยตัวแบบการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด พบว่า จังหวัดน่าน เชียงใหม่ พะเยา แม่ฮ่องสอน แพร่ ลำปาง และลำพูน มีค่าพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนมากที่สุดเดือนมีนาคม ส่วนจังหวัดเชียงรายมีค่าพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนมากที่สุดเดือนเมษายน (Table 6)

Table 5 The optimal forecasting models for forecasting

Province	Forecasting models	Equations of the optimal forecasting model
Nan	HWES	$\hat{Y}_{t+p} = [71.874 + p(-11.837)] + \hat{S}_i ; i = 1,2,...,12,\ p = 1,2,...$ when $\alpha = 0.7, \beta = 3\times10^{-6}, \gamma = 8.2\times10^{-5}$ $\hat{S}_1 = -24.657, \hat{S}_2 = 95.821, \hat{S}_3 = 223.158, \hat{S}_4 = 213.069, \hat{S}_5 = -19.027, \hat{S}_6 = -72.119, \hat{S}_7 = -73.070,$ $\hat{S}_8 = -73.449, \hat{S}_9 = -72.970, \hat{S}_{10} = -72.778, \hat{S}_{11} = -69.585, \hat{S}_{12} = -54.393$
Chiang Rai	HWES	$\hat{Y}_{t+p} = [61.77 + p(-5.68)] + \hat{S}_i ; i = 1,2,...,12,\ p = 1,2,...$ when $\alpha = 0.4, \beta = 7\times10^{-6}, \gamma = 6.5\times10^{-5}$ $\hat{S}_1 = 15.852, \hat{S}_2 = 5.377, \hat{S}_3 = 121.038, \hat{S}_4 = 353.274, \hat{S}_5 = 21.242, \hat{S}_6 = -84.089, \hat{S}_7 = -85.567,$ $\hat{S}_8 = -84.901, \hat{S}_9 = -84.520, \hat{S}_{10} = -83.567, \hat{S}_{11} = -64.472, \hat{S}_{12} = -29.662$
Chiang Mai	DC	$\hat{Y}_t = [106.8 + 0.065t] + \hat{S}_{t+p}(i); i = 1,2,...,12,\ p = 1,2,...$ when $\hat{S}(1) = -25.064, \hat{S}(2) = 89.852, \hat{S}(3) = 446.894,$ $\hat{S}(4) = 327.769, \hat{S}(5) = -39.731, \hat{S}(6) = -126.127, \hat{S}(7) = -103.398, \hat{S}(8) = -95.252, \hat{S}(9) = -107.002,$ $\hat{S}(10) = -116.168, \hat{S}(11) = -125.460, \hat{S}(12) = -123.314$
Phayao	HWES	$\hat{Y}_{t+p} = [21.95 + p(-2)] + \hat{S}_i ; i = 1,2,...,12,\ p = 1,2,...$ when $\alpha = 0.8, \beta = 1\times10^{-7}, \gamma = 2\times10^{-6}$ $\hat{S}_1 = 7.708, \hat{S}_2 = -4.235, \hat{S}_3 = 111.823, \hat{S}_4 = 56.880, \hat{S}_5 = -14.348, \hat{S}_6 = -27.433, \hat{S}_7 = -27.662,$ $\hat{S}_8 = -27.319, \hat{S}_9 = -27.547, \hat{S}_{10} = -27.346, \hat{S}_{11} = -21.289, \hat{S}_{12} = 0.768$
Lampang	RG	$\hat{Y}_t = 31.4 - 0.272t + 51.6S_{1t} + 145.6S_{2t} + 201.4S_{3t} + 82S_{4t} + 7.5S_{5t} - 18.3S_{6t} - 19.2S_{7t}$ $-19.4S_{8t} - 17.5S_{9t} - 18S_{10t} - 16S_{11t}$
Lamphun	RG	$\hat{Y}_t = 10.8 - 0.191t + 24.2S_{1t} + 85.2S_{2t} + 90.4S_{3t} + 18.2S_{4t} + 2.9S_{5t} - 2S_{6t} - 2.1S_{7t}$ $-2S_{8t} + 0.4S_{9t} - 0.7S_{10t} - 0.9S_{11t}$
Mae Hong Son	DC	$\hat{Y}_t = [100.2 + 0.129t] + \hat{S}_{t+p}(i); i = 1,2,...,12,\ p = 1,2,...$ when $\hat{S}(1) = -82.819, \hat{S}(2) = 41.556, \hat{S}(3) = 647.014,$ $\hat{S}(4) = 234.181, \hat{S}(5) = -86.236, \hat{S}(6) = -118.382, \hat{S}(7) = -105.257, \hat{S}(8) = -98.111, \hat{S}(9) = -93.528,$ $\hat{S}(10) = -108.465, \hat{S}(11) = -116.549, \hat{S}(12) = -113.403$
Phrae	HWES	$\hat{Y}_{t+p} = [30.34 + p(-5.62)] + \hat{S}_i ; i = 1,2,...,12,\ p = 1,2,...$ when $\alpha = 1, \beta = 2\times10^{-5}, \gamma = 0.001$ $\hat{S}_1 = 0.959, \hat{S}_2 = 28.062, \hat{S}_3 = 118.164, \hat{S}_4 = 61.553, \hat{S}_5 = 0.655, \hat{S}_6 = -32.242, \hat{S}_7 = -33.568,$ $\hat{S}_8 = -33.322, \hat{S}_9 = -32.219, \hat{S}_{10} = -31.831, \hat{S}_{11} = -23.871, \hat{S}_{12} = -22.340$

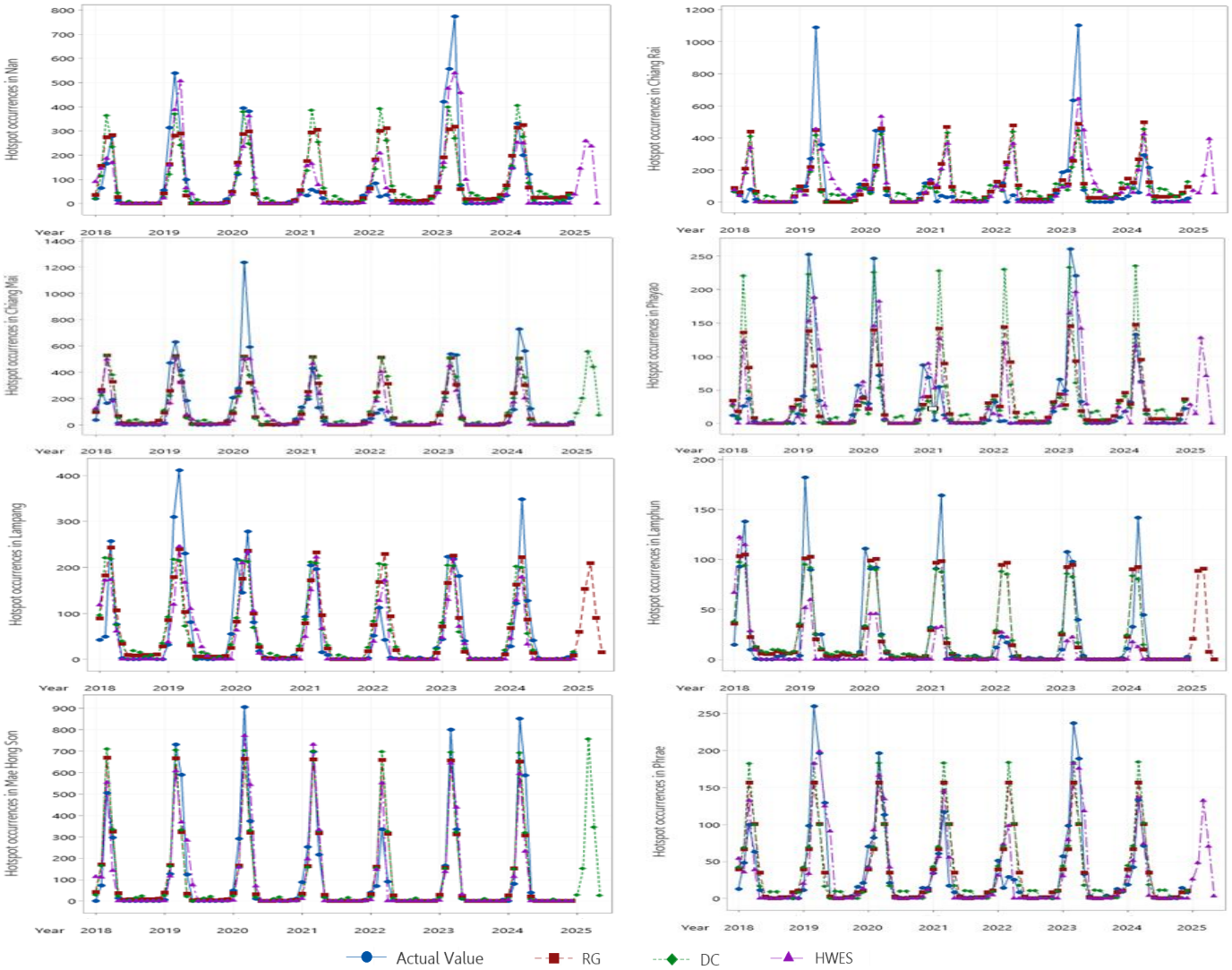

Figure 2 The comparison between actual values and forecasting values

Table 6 Forecasted values of hotspot occurrences based on the optimal forecasting models

Province	Forecasted values				
	January 2025	February 2025	March 2025	April 2025	May 2025
Nan	36	145	**260**	238	0
Chiang Rai	72	56	166	**393**	55
Chiang Mai	88	203	**560**	441	73
Phayao	28	14	**128**	71	0
Lampang	60	154	**210**	90	15
Lamphun	21	89	**91**	8	0
Mae Hong Son	29	153	**759**	346	26
Phrae	26	48	**132**	70	3

Discussion

เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน เชียงราย และน่าน มีจำนวนจุดความร้อนมากเป็นอันดับต้นของภาคเหนือตอนบน ซึ่งสอดคล้องกับ Inlaung *et al.* (2023) โดยจังหวัดน่าน เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง และแพร่จะพบจุดความร้อนมากที่สุดในป่าสงวนแห่งชาติ ส่วนจังหวัดพะเยา ลำพูน และแม่ฮ่องสอนพบจุดความร้อนมากที่สุดในป่าอนุรักษ์ จะเห็นได้ว่าทุกจังหวัดพบจุดความร้อนบริเวณพื้นที่ป่าซึ่งสอดคล้องกับ Inlaung *et al.* (2023) และพบจุดความร้อนน้อยที่สุดในพื้นที่เกษตรกรรม แต่เมื่อพิจารณาในระดับอำเภอ พบว่า บางอำเภอมีจุดความร้อนมากที่สุดในพื้นที่เกษตรกรรม ได้แก่ อำเภอแม่ลาว แม่จัน ป่าแดด และแม่สายของจังหวัดเชียงราย อำเภอดอกคำใต้ จุน และภูกามยาวของจังหวัดพะเยา อำเภอเมืองลำพูนและป่าซาง จังหวัดลำพูน และอำเภอหนองม่วงไข่จังหวัดแพร่ โดยฤดูร้อนจะพบจำนวนจุดความร้อนมากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับ Zea-kow *et al.* (2022) และ Maimun & Charoenpanyanet (2023) ดังนั้นจึงควรเฝ้าระวังในฤดูดังกล่าว จากการศึกษางานของ Sawetsuthipan & Charnsethikul (2021) และการทดสอบส่วนประกอบอนุกรมเวลา ผู้วิจัยจึงเลือกสร้างตัวแบบการพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี วิธีแยกส่วนประกอบ และวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลของโฮลต์-วินเทอร์ โดยพิจารณาตัวแบบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำในการพยากรณ์จากค่า MAD และค่า RMSE ที่น้อยที่สุด อย่างไรก็ตามตัวแบบการพยากรณ์ที่นำมาศึกษาบางวิธีอาจไม่ได้มี ค่า MAD และค่า RMSE ที่น้อยที่สุด แต่มีค่าที่ใกล้เคียงกัน แสดงว่าตัวแบบการพยากรณ์นั้นก็มีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นอาจพิจารณาเลือกตัวแบบการพยากรณ์ที่มีความซับซ้อนน้อยกว่าและสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายกว่าได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในการพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนของจังหวัดลำพูน ตัวแบบการพยากรณ์วิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมีและวิธีแยกส่วนประกอบมีค่า MAD และค่า RMSE ที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นสามารถเลือกใช้ตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมีและวิธีแยกส่วนประกอบในการพยากรณ์ได้ งานวิจัยนี้เป็นการสร้างตัวแบบและพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนในพื้นที่ป่าและพื้นที่

เกษตรกรรมโดยพิจารณาเพียงข้อมูลจำนวนจุดความร้อนในอดีตที่ผ่านมาเท่านั้น ดังนั้นผลการวิเคราะห์ตัวแบบการพยากรณ์และค่าพยากรณ์จำนวนจุดความร้อนบริเวณพื้นที่ป่าและพื้นที่เกษตรกรรมในจังหวัดภาคเหนือตอนบนอาจเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลที่นำมาศึกษาเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของจำนวนจุดความร้อนอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ เป็นต้น ดังนั้นอาจพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องเหล่านี้มาร่วมในการสร้างตัวแบบเพื่อทำให้การพยากรณ์ค่าในอนาคตแม่นยำมากยิ่งขึ้น เช่นการศึกษาของ Sawetsuthipan & Charnsethikul (2021) ที่สร้างตัวแบบจำลองจากอนุกรมเวลาทั้งที่ใช้และไม่ใช้ปัจจัยทางสภาพอากาศมาเกี่ยวข้อง พบว่า เมื่อใช้ปัจจัยทางสภาพอากาศมาเกี่ยวข้องในการพยากรณ์ทำให้ค่า RMSE ลดลง นั่นคือพยากรณ์ค่าได้แม่นยำขึ้น

Conclusions

4 อันดับแรกของจังหวัดที่มีจำนวนจุดความร้อนมากที่สุด พ.ศ. 2561-2567 คือ เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน เชียงราย และน่าน ตามลำดับ โดยจังหวัดน่าน เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง และแพร่ พบจุดความร้อนมากที่สุดในป่าสงวนแห่งชาติ ส่วนจังหวัดพะเยา ลำพูน และแม่ฮ่องสอน พบจุดความร้อนมากที่สุดในป่าอนุรักษ์ เมื่อพิจารณาจำนวนจุดความร้อนในระดับอำเภอของแต่ละจังหวัด พบว่า จำนวนจุดความร้อนของทุกอำเภอในแต่ละจังหวัดมีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านพื้นที่ ดังนี้ อำเภอในจังหวัดน่านโดยส่วนใหญ่จะมีจุดความร้อนมากที่สุดในป่าสงวนแห่งชาติ ยกเว้นอำเภอเฉลิมพระเกียรติ บ่อเกลือ นาหมื่น และแม่จริม มีจุดความร้อนมากที่สุดในป่าอนุรักษ์ ส่วนใหญ่อำเภอในจังหวัดเชียงรายมีจุดความร้อนมากที่สุดในป่าสงวนแห่งชาติ ยกเว้นอำเภอพานที่มีจุดความร้อนมากที่สุดในป่าอนุรักษ์ ส่วนอำเภอแม่ลาว แม่จัน ป่าแดด และแม่สายมีจุดความร้อนมากที่สุดในพื้นที่เกษตรกรรม ส่วนใหญ่อำเภอในจังหวัดเชียงใหม่มีจุดความร้อนมากที่สุดในป่าสงวนแห่งชาติ ยกเว้นอำเภอแม่ริม สันกำแพง หางดง ดอยหล่อ สะเมิง จอมทอง เชียงดาว ฮอด พร้าว เวียงแหง และฝางมีจุดความร้อนมากที่สุดในป่าอนุรักษ์ ส่วนใหญ่อำเภอในจังหวัดพะเยามีจุดความร้อนมากที่สุดในป่าอนุรักษ์ ยกเว้นอำเภอเมืองพะเยามีจุดความร้อนมากที่สุดในป่าสงวนแห่งชาติ สำหรับอำเภอดอกคำใต้ จุน และภูกามยาวมีจุดความร้อนมากที่สุดในพื้นที่เกษตรกรรม ส่วนใหญ่อำเภอในจังหวัดลำปางมีจุดความร้อนมากที่สุดในป่าสงวนแห่งชาติ ยกเว้นอำเภอสบปราบ เมืองปาน และวังเหนือมีจุดความร้อนมากที่สุดในป่าอนุรักษ์ จังหวัดลำพูนมีจุดความร้อนมากที่สุดบริเวณป่าอนุรักษ์ในอำเภอแม่ทา บ้านธิ และลี้ ส่วนอำเภอบ้านโฮ่งและทุ่งหัวช้างมีจุดความร้อนมากที่สุดในป่าสงวนแห่งชาติ และอำเภอเมืองลำพูนและป่าซางมีจุดความร้อนมากที่สุดในพื้นที่เกษตรกรรม จังหวัดแม่ฮ่องสอนมีจุดความร้อนมากที่สุดบริเวณป่าอนุรักษ์ ในอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน ปาย แม่สะเรียง และปางมะผ้า ส่วนอำเภอขุนยวม แม่ลาน้อย และสบเมยมีจุดความร้อนมากที่สุดในป่าสงวนแห่งชาติ โดยส่วนใหญ่อำเภอในจังหวัดแพร่มีจุดความร้อนมากที่สุดในป่าสงวนแห่งชาติ ยกเว้นอำเภอเมืองแพร่และสูงเม่นมีจุดความร้อนมากที่สุดในป่าอนุรักษ์ ส่วนอำเภอหนองม่วงไข่มีจุดความร้อนมากที่สุดในพื้นที่เกษตรกรรม เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของจำนวนจุดความร้อนในระดับอำเภอของแต่ละจังหวัดกับปัจจัยด้านฤดูกาล พบว่า จำนวนจุดความร้อนของทุกอำเภอในแต่ละจังหวัดมีความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านฤดูกาลโดยมีจุดความร้อนมากที่สุดในฤดูร้อน สำหรับตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์จำนวน

จุดความร้อนของจังหวัดลำปางและลำพูน คือ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี จังหวัดเชียงใหม่และแม่ฮ่องสอน คือ วิธีแยกส่วนประกอบ ส่วนจังหวัดน่าน เชียงราย พะเยา และแพร่ คือ วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลของโฮลต์-วินเทอร์

Acknowledgments

ผู้วิจัยขอขอบคุณกรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่อนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัย

References

Amnauylawjarurn, T., Kreusuwun, J., Towta, S., & Siriwittayakorn, K. (2010). Dispersion of particulate matter (PM10) from forest fires in Chiang Mai, Thailand. *Chiang Mai Journal of Science*, 37(1), 39-47. (in Thai)

Damsri, S., & Maneewong, K. (2017). A comparative study of forecasting models for the number of malaria Patients in Phanom district. *Journal of Thai Interdisciplinary*, *12*(3), 1-6. doi.org/10.14456/jtir.2017.14

Inlaung, K., Chotamonsak, C., Surapipith, V., & Macatangay, R. (2023). Relationship of fire hotspot, $PM_{2.5}$ concentrations and surrounding areas in upper northern Thailand: A case study of haze season in 2019. *The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 33*(2), 588-602. doi.org/10.14416/j.kmutnb.2022.07.002 (in Thai)

Maimun, P., & Charoenpanyanet, A. (2023). Creation of wildfire opportunity predictive model from climate variability with geo-informatics in Omkoi District, Chiang Mai Province. *Burapha Science Journal*, *28*(2), 949-974. (in Thai)

Pollution Control Department. (2023). *Situation and management of air and noise pollution problems in Thailand in 2023*. Bangkok: Pollution Control Department. (in Thai)

Sawetsuthipan, T., & Charnsethikul, P. (2021). A comparison of forecasting methods for seasonal time-series with many zeros. *Thai Journal of Operations Research, 9*(2), 57–67. Retrieved from https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/TJOR/article/view/244008 (in Thai)

Suwanwong, S. (2013). *Quantitative forecasting techniques: Time series*. Bangkok: Mahidol University. (in Thai)

Sumethavanich, P. (2024). Climate factors and hotspots affect the amount of PM2.5 Dust in Lampang province, Thailand. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, *15*(1), 53-63. doi.org/10.14456/jstel.2024.5 (in Thai)

Thanadolmethaphorn, P., Chotamonsak, C., & Dontree, S. (2018). Analysis of impact of climate change on forest fire potential in Chiang Mai by using of regression model. *The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, *28*(4), 849-858. doi.org/10.14416/j.kmutnb.2018.09.004 (in Thai)

Taesombut, S. (2006). *Quantitative forecasting*. (1st ed.). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Zea-kow, C., Rachdawong, P., & Charoenpol, K. (2022). Statistical analysis of factors affecting the onset of forest fires in Nan province. Master of Engineering Thesis, Chulalongkorn University. doi.org/10.58837/CHULA.THE.2020.1080 (in Thai)