

Analysis of spatiotemporal changes in wildfire occurrence in Kermanshah Province with emphasis on the network of protected areas

Maryam Morovati^{1*} , Peyman Karami²

1. *Corresponding Author*, Associate Professor, Department of Environmental Sciences & Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan, University, P.O.Box184, Ardakan, Iran.

- Water, Energy and Environment Research Institute, Ardakan University, P.O. Box184, Ardakan, Iran

2. Ph D Graduated of environmental science, Kermanshah, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received: 04 January 2024

Revised: 07 February 2024

Accepted: 13 March 2024

Keywords:

Land use/cover, Trend of changes, long term, Zagros forests.

ABSTRACT

Knowledge of wildfire-prone areas is useful for identifying future challenges and formulating management strategies, therefore, monitoring and studying the behavior of this phenomenon can be effective in this regard. In this study, the areas affected by wildfires in Kermanshah province were obtained using the information related to the active fire of MODIS satellite during the years 2001 to 2022. Then, using the kernel density function, the density of fire occurrences for each year was calculated and the wildfire data was prepared in the form of density per square kilometer. Different density maps were entered into the non-parametric Mann-Kendall analysis in the form of a time series to calculate the trend of changes at a significance level of 95% or more (99%) with this method. According to the results, during the past 21 years, an area equal to 3613.31 square kilometers of the province's land has experienced an increase in the density of fires, and this amount is equal to 644.39 square kilometers for the decreasing trend. None of the protected areas of Kermanshah Province have a decreasing trend of wildfire density; however, areas from the north and northwest, west and east of the study area have an increasing trend of wildfire density. Most of the areas with an increasing trend of wildfires are located in high areas with high rainfall and are covered by Zagros forests. Among the protected areas, Shahu and Kohsalan as well as Buzin and Markhil have the most fluctuations and changes in wildfires density. The fact that a large part of these areas is covered by oak forests, drought, temperature increase, and the spread of intentional fires may be among the effective and important factors in this phenomenon. The fact that a large part of these areas is covered by oak forests may be among the effective and important factors in this phenomenon.

Cite this article: Morovati, M., & Karami, P. (2024). Analysis of spatiotemporal changes in wildfire occurrence in Kermanshah Province with emphasis on the network of protected areas. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 13(40), 113-148. DOI: 10.22111/jneh.2024.47633.2016

© Maryam Morovati

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

DOI: 10.22111/jneh.2024.47633.2016



* Corresponding Author Email: Mymorovati@ardakan.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۳، شماره ۴۰، تیر ۱۴۰۳

تحلیل تغییرات زمان - مکانی رخداد آتش‌سوزی در سطح استان کرمانشاه با تأکید بر روی شبکه مناطق تحت حفاظت

مریم مروتی^{*۱}، پیمان کرمی^۲

۱. دانشیار گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان و عضو پژوهشکده آب، انرژی و محیط‌زیست، دانشگاه اردکان، اردکان (نویسنده مسئول)
 ۲. دانش آموخته دکتری محیط‌زیست، کرمانشاه

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۴</p> <p>تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۸</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳</p> <p>واژه‌های کلیدی: کاربری/پوشش، روند تغییرات، بلندمدت، جنگل‌های زاگرس.</p>	<p>آگاهی به مناطق مستعد رخداد آتش‌سوزی، برای شناسایی چالش‌های پیش‌رو و تدوین استراتژی‌های مدیریتی مناسب است. از این‌رو پایش و بررسی رفتار رخداد این پدیده می‌تواند در این راستا مؤثر باشد. در این مطالعه، مناطق رخداد آتش‌سوزی در سطح استان کرمانشاه با استفاده از اطلاعات مربوط به آتش فعال ماهواره مودیس در خلال سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۲ دریافت شدند. سپس با استفاده از تابع تراکم کرنل، تراکم آتش‌سوزی برای هر سال محاسبه گردید و داده‌های آتش‌سوزی به‌صورت تراکم در کیلومتر مربع تهیه شدند. نقشه‌های تراکم مختلف به شکل سری زمانی وارد تحلیل ناپارامتری من - کندال شدند تا با این روش روند تغییرات در سطح معناداری ۹۵ درصد و بیشتر محاسبه گردد. بر اساس یافته‌ها در طول ۲۱ سال گذشته مساحتی معادل ۳۶۱۳/۳۱ کیلومترمربع از اراضی استان، روند افزایش تراکم آتش‌سوزی را تجربه کرده‌اند و این مقدار برای روند کاهشی برابر ۶۴۴/۳۹ کیلومتر مربع است. هیچ یک از مناطق حفاظت‌شده استان کرمانشاه روند کاهشی تراکم آتش‌سوزی ندارند؛ اما مناطق شمال و شمال غرب، غرب و شرق محدوده مورد مطالعه روند افزایشی تراکم آتش‌سوزی داشته‌اند. بخش عمده مناطق دارای روند افزایشی آتش‌سوزی در مناطق مرتفع با بارش بالا و در پوشش جنگل‌های زاگرس هستند. از میان مناطق حفاظت‌شده منطقه حفاظت‌شده شاهو و کوهسالان و همچنین بوزین و مرخیل بیشترین نوسان و تغییر را تراکم آتش‌سوزی داشته‌اند. پوشش بخش وسیعی از این مناطق به وسیله جنگل‌های بلوط، خشک‌سالی، افزایش درجه حرارت و سرایت آتش‌سوزی تعدی می‌تواند از جمله عوامل مؤثر و مهم بر روی این پدیده باشد.</p>

استناد: مروتی، مریم، کرمی، پیمان. (۱۴۰۲). تحلیل تغییرات زمان- مکانی رخداد آتش‌سوزی در سطح استان کرمانشاه با تأکید بر روی شبکه مناطق تحت حفاظت. مخاطرات محیط طبیعی، ۱۳(۴۰)، ۱۱۳-۱۴۸. DOI: 10.22111/jneh.2024.47633.2016



© مریم مروتی*، پیمان کرمی.

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

مقدمه

آتش‌سوزی^۱، آتشی کنترل نشده است که پوشش گیاهی، جنگل و سایر سرزمین‌های طبیعی را تحت تأثیر قرار داده و بر روی محیط‌زیست، اقتصاد و جامعه مؤثر است (گائو^۲ و همکاران، ۲۰۲۰). آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی یکی از مخاطراتی است که از دیرباز خسارت جبران‌ناپذیر محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی به همراه داشته است (حامدی، ۱۳۹۵). در حال حاضر آتش‌سوزی جنگل‌ها به‌عنوان یکی از بحران‌های محیط‌زیست تلقی می‌شود (اسکندری، ۱۳۹۴). آتش به‌عنوان یک عامل تخریب جنگل به شمار می‌رود که از نظر میزان خسارتی که به بار می‌آورد در مناطق مختلف اهمیت متفاوتی دارد؛ زیرا شدت آن، تابع شرایط اقلیمی محلی است که آتش‌سوزی در آن رخ می‌دهد (پور رضا و همکاران، ۱۳۸۸). این پدیده نقش مهمی در اکولوژی سیمای گیاهی^۳ دارد و منجر به بروز اختلال طبیعی می‌شود که همیشه به‌عنوان یک بخش مهم در چرخه زندگی گیاهی مطرح بوده و در مقیاس‌های اقلیمی و تکاملی عمل می‌کند (اور^۴ و همکاران، ۲۰۲۳). پارامترهای متعددی بر روی رخداد آتش‌سوزی مؤثر هستند که غیرقابل‌پیش‌بینی بوده و هنوز نیز به شکل کامل به شیوه عملکرد آن‌ها پی برده نشده است (بومن^۵ و همکاران، ۲۰۰۹؛ پورتنقی و همکاران، ۲۰۱۶). با این حال محرک‌های به شکل کلی در رخداد آتش‌سوزی دارای تأثیری واضح هستند. به‌طور مثال رشد سریع جمعیت انسانی در مناطق مستعد آتش‌سوزی در کنار روندهای اقلیمی اخیر منجر به افزایش گستره آتش‌سوزی در مناطق جنگلی شده است (اور و همکاران، ۲۰۲۳). تغییر اقلیم انسان پایه^۶ و تغییرات کاربری اراضی منجر به تغییر در رژیم‌های طبیعی شده‌اند (میگز^۷ و همکاران، ۲۰۲۳). آتش‌سوزی در اکوسیستم‌های طبیعی ایران که اقلیم و پوشش گیاهی متفاوتی دارند، هر ساله به‌طور کنترل نشده اتفاق می‌افتد. ایران از نظر وقوع آتش‌سوزی در جنگل، در بین کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا در رتبه چهارم قرار دارد (صالحی و همکاران، ۲۰۲۳). این امر لزوم بررسی رفتار این پدیده را در کشور بیش‌ازپیش بارز می‌کند؛ اما گستره رخداد و سطح وسیع آتش معمولاً تجزیه و تحلیل‌های آن را پیچیده می‌کند. طی سال‌های اخیر، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS^۸) و سنجش‌ازدور (RS^۹)، امکانات و ابزارهای دقیقی را در اختیار پژوهشگران قرار داده‌اند تا آتش‌سوزی را از جنبه‌های متعددی مورد مطالعه قرار دهند (زرع کار و همکاران، ۱۳۹۲). امکان تحلیل سری زمانی^{۱۰} پدیده‌های زمین از جمله کاربردهای مهم داده‌های سنجش‌ازدور در زمینه تحلیل‌های محیطی است. با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور، امکان بررسی رژیم آتش‌سوزی^{۱۱} میسر خواهد شد. الگوی مشخصی که در آن آتش‌سوزی‌ها به‌طور طبیعی در یک اکوسیستم خاص در طول دوره‌های طولانی رخ می‌دهند به‌عنوان رژیم آتش‌سوزی شناخته می‌شود (پاوساس^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۲؛ آرچیبالد^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۲). امروزه فناوری سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی کاربرد

1 - Wildfires

2 - Gao et al

3 - Vegetated landscapes

4 - Or et al

5 - Bowman et al

6 - Anthropogenic climate warming

7 - Meigs et al

8 - Geographic Information System

9 - Remote Sensing

10 - Time series

11 - Wildfire regime

12 - Pausas et al

13 - Archibald et al

فراوانی در حوزه مدیریت ریسک و مخاطرات طبیعی از جمله برآورد میزان خسارت ناشی از بلایای طبیعی از قبیل سیل، زلزله، آتش‌فشان، طوفان و غیره یافته‌اند.

ماهواره‌های مختلفی برای پایش آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی توسط محققین به کار گرفته می‌شوند. یکی از آن‌ها مودیس (MODIS^۱) است. طراحی سنجنده مودیس و نصب آن در ماهواره Terra در سال ۱۹۹۹ نقطه عطفی در زمینه شناسایی آتش محسوب می‌شود. بر اساس فرمول پلانک و قانون جابه‌جایی وین و با استفاده از تحقیقات آزمایشگاهی مشخص شده که طول‌موج‌های بین ۳ تا ۵ و ۱۱ میکرومتر برای شناسایی آتش جنگل مناسب است (پورشکوری الهه و همکاران، ۱۳۹۲). در این سنجنده طبق تجارب و پژوهش‌های گذشته، باندهای در طول‌موج‌های ۳/۹۶ میکرومتر و ۱۱ میکرومتر گنجانده شده‌اند تا برای شناسایی آتش مورد استفاده قرار گیرند. در راستای ماهواره Terra، ماهواره Aqua نیز با سنجنده مودیس در سال ۲۰۰۲ به فضا پرتاب شد. تحلیل داده‌های محیطی با کمک سنجنش‌ازدور و به شکل سری زمانی این اجازه را می‌دهد تا به بسیاری از سؤالات بوم‌شناسی پاسخ دهیم. علی‌رغم اینکه در سال‌های گذشته پرداختن به موضوع آتش‌سوزی زمینه تحقیقات فراوانی بوده است (پن و زانگ^۲، ۲۰۲۳)؛ با این حال مطالعات اندکی به بررسی و تحلیل روند تغییرات آتش‌سوزی پرداخته‌اند. این در حالی است که با بررسی روند تغییرات تراکم آتش‌سوزی در سطح سیمای سرزمین می‌توان الگوی آتش‌سوزی را تحلیل کرد.

رحیمی و خادمی (۱۳۹۷) خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های استان گلستان را در یک دوره آماری بلندمدت (۱۳۸۴-۱۳۹۲) به روش محیطی به گردش بررسی کردند. در این مطالعه داده‌های اقلیمی روزانه سطح زمین (ایستگاهی) شامل دما، رطوبت، باد، ابرناکی، ساعات آفتابی و بارندگی در ۳ بازه زمانی قبل، حین و بعد از آتش‌سوزی جمع‌آوری شدند. همچنین از شاخص فرانسویلا برای مطالعه استفاده شد. نتایج مطالعه نشان داد که آتش‌سوزی در فصول تابستان و پاییز به نسبت سایر فصول بیشتر بوده و بیشتر آتش‌سوزی‌ها در دامنه‌های شمال و شمال غربی البرز در شیب ۰-۳ درصد و دامنه ارتفاعی ۷۲۹-۰ رخ داده است. شجاعی‌زاده و همکاران (۱۴۰۲) تغییرات زمانی - مکانی آتش‌سوزی نواحی رویشی ایران مبتنی بر برون‌داد سنجنده MODIS را بررسی کردند. در این مطالعه داده‌های MODIS ماهواره Terra شامل محصولات آتش فعال و مناطق سوخته در یک دوره ۲۰ ساله (۲۰۰۱-۲۰۲۰) مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج بیشترین مقدار آتش‌سوزی مربوط به ماه ژوئیه بوده که حدود ۴۱۰۰ هکتار از اراضی کشور را در بر گرفته است و از طرفی کمینه مقدار آتش‌سوزی‌ها مربوط به ماه آوریل است. بر اساس یافته‌ها بیشینه رخداد آتش‌سوزی در ماه‌های گرم و خشک شامل ژوئن، ژوئیه، اوت و سپتامبر در نوار غربی کشور در رویشگاه زاگرس رخ داده است. حیدری و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از روش رگرسیون لجستیک مناطق مستعد رخداد آتش‌سوزی را بر اساس استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در جنگل‌های زاگرس محدوده دره شهر و ایلام مدل‌سازی کردند. در این مطالعه متغیرهای مانند ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از آبراهه و فاصله از جاده به‌عنوان عوامل مؤثر بر آتش‌سوزی مدنظر قرار گرفتند. نتایج این مدل‌سازی نشان داد که ۸۲ درصد از مساحت منطقه در بحران آتش‌سوزی قرار دارد. کخ^۳ و همکاران (۲۰۲۳) تغییرات زمانی- مکانی

1 - Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

2 - Pan and Zhang

3 - Koh et al

آتش‌سوزی را به‌صورت روزانه در فاصله سال‌های ۱۹۹۵-۲۰۱۸ در فرانسه بررسی کردند. در این بررسی از روش بیزین سلسله‌مرتب^۱ استفاده شد. یافته‌های روند آتش‌سوزی نشان داد که سال ۲۰۰۳ اندازه و شدت آتش‌سوزی در محدوده مطالعاتی فاجعه‌بار بوده است. بر اساس مدل، رخداد آتش‌سوزی با پارامترهای اقلیمی و کاربری اراضی در ارتباط نبوده است. از آن سال به بعد سیاست‌های پیش‌گیرانه توانسته به شکل قابل‌توجهی از آتش‌سوزی‌ها بکاهد. در ادامه اشاره شد که هیچ روند زمانی یکنواخت و واضحی برای احتمال آتش‌سوزی یافت نشده است.

مناطق حفاظت‌شده در حال حاضر به‌عنوان آخرین پناه و مأمّن حفاظت از تنوع زیستی محسوب می‌شوند و رخداد آتش‌سوزی با تأثیری که می‌تواند بر روی گیاهان داشته باشد، کارایی مناطق حفاظت‌شده در حفظ زیستگاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. استان کرمانشاه با در بر گرفتن اقلیم‌های متعدد دارای گونه‌های گیاهی و جانوری متفاوتی است به‌نحوی که در این استان گونه‌های مناطق بیابانی مانند آهوی ایرانی (*Gazella subgutturosa*)، هوبره (*Macqueenii*) و افعی دم‌عنکبوتی (*Chlamydotis*) و شوکا (*Ursus arctos*) و گونه‌های مناطق کوهستانی مانند خرس قهوه‌ای (*Gypaetus barbatus*) حضور دارند. گونه‌های اشاره‌شده تنها بخشی از تنوع زیستی این استان هستند که متناسب با توزیع عناصر فیزیکی و زیستی زیستگاه در سراسر استان پراکنده شده‌اند. بخش زیادی از تنوع زیستی استان وابسته به جنگل‌های زاگرس در استان است (کرمی، ۱۴۰۰). استان کرمانشاه به‌عنوان یکی از قطب‌های کشاورزی در غرب کشور دارای جایگاه ویژه‌ای است. استان در بخش کشاورزی و تولید عمده محصولات زراعی رتبه سوم عملکرد در واحد سطح گندم آبی، رتبه پنجم سطح گندم آبی، رتبه اول سطح و رتبه دوم تولید نخود، رتبه دوم عملکرد ذرت، رتبه سوم عملکرد چغندر قند، رتبه اول سطح جو، رتبه سوم سطح و تولید ذرت دانه‌ای، رتبه چهارم در سطح تولید چغندر قند و رتبه هشتم در تولید گوجه‌فرهنگی (افشار بکشلو و همکاران، ۱۳۹۹) را دارا است.

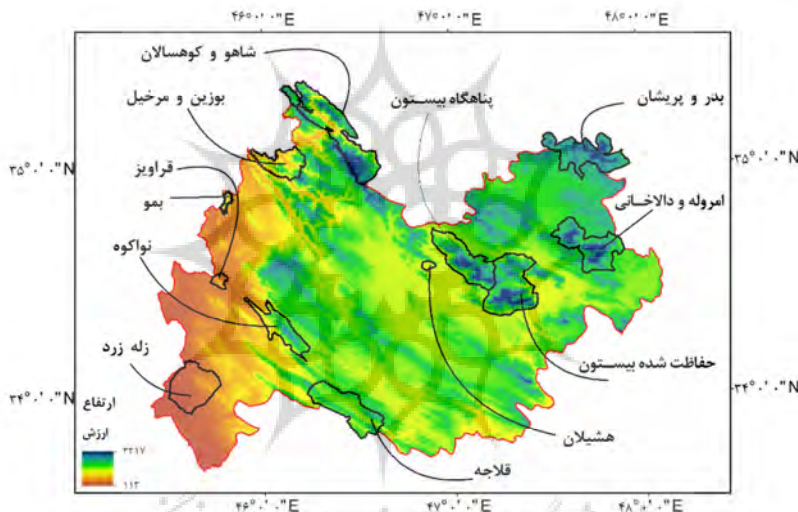
متناسب با این تفسیر از تنوع زیستی و شرایط ویژه کشاورزی، این استان در حال حاضر با تنش‌های آبی مواجه است و در سال‌های اخیر آتش‌سوزی‌ها در سطح استان افزایش پیدا کرده‌اند. میانگین متوسط بارش سالانه در استان کرمانشاه ۴۳۷ میلی‌متر است. به دلیل تغییرات آب و هوایی و افزایش دما، بارش در فصول مرطوب افزایش و در فصول خشک کاهش یافته است (جهانگیر و همکاران، ۱۳۹۸). هدف این مطالعه آن است که تراکم رخداد‌های آتش‌سوزی را در سطح استان کرمانشاه و مناطق حفاظت‌شده به‌صورت سری زمانی بررسی کند تا از این طریق مشخص شود که روند تغییرات افزایشی و کاهشی رخداد آتش‌سوزی در سطح استان و مناطق حفاظت‌شده آن به شکلی بوده، کدام مناطق درگیر روندهای افزایشی و کاهشی آتش‌سوزی شده‌اند و مناطق دارای روندهای افزایشی و کاهشی در آتش‌سوزی دارای چه کاربری/پوششی هستند.

داده‌ها و روش‌ها

استان کرمانشاه در منتهی‌الیه غربی کشور قرار دارد و از سه طرف با استان‌های کردستان، همدان، لرستان و ایلام و از سمت شرق نیز با کشور عراق هم‌جوار است. مختصات آن در طول جغرافیایی $45^{\circ} 39' 20''$ شرقی تا $45^{\circ} 1' 58''$

¹ - Bayesian hierarchical model

شرقی و از عرض جغرافیایی $33^{\circ} 37' 8''$ شمالی تا $35^{\circ} 17' 8''$ شمالی است. در این استان یازده منطقه در مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست وجود دارد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۹). منطقه نواکوه جز مناطق حفاظت‌شده نیست؛ اما به دلیل اهمیت و پوشش تنوع زیستی در این مطالعه جای گرفت. موقعیت قرارگیری این مناطق در شکل ۱ نمایش داده شده است. این مطالعه با تأکید بر روی شبکه مناطق حفاظت‌شده در پوشش مرز سیاسی استان کرمانشاه انجام گرفت. در این راستا، ابتدا مرز مناطقی که در مجاور مرز سیاسی استان به شکل مشترک با استان‌های کردستان، ایلام و همدان بودند به مرز سیاسی استان کرمانشاه اضافه شدند و سپس این محدوده به‌عنوان مرز مطالعه استفاده شد. مناطق شاهو و کوهسالان، بوزین و مرخیل، قلاج، پناهگاه حیات‌وحش و منطقه حفاظت‌شده بیستون جز مناطق حفاظت‌شده در پوشش جنگل محسوب می‌شوند (کریمی، ۱۴۰۰).



شکل ۱: موقعیت مناطق حفاظت‌شده استان کرمانشاه و نقشه نوسان ارتفاع

تهیه نقشه نقاط آتش‌سوزی و تراکم آن

در این مطالعه نقاط آتش‌سوزی با استفاده از داده‌های آتش فعال^۱ مودیس تهیه شدند. محصولات آتش‌سوزی مودیس به دو دسته اصلی قابل تقسیم هستند. یک دسته از این محصولات (MO/Y14A1، MO/Y14A2 و MO/Y14) به شناسایی موقعیت مکانی آتش‌سوزی می‌پردازند و دسته دیگر (MCD45A1، MCD64A1) مناطق سوخته‌شده را مشخص می‌کنند (شجاعی زاده و همکاران، ۱۴۰۲). در این مطالعه برای شناسایی مناطق آتش‌سوزی از داده‌های اطلاعات سالانه به تفکیک کشورهای مختلف در تارنمای (<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov>) استفاده شد. از آنجاکه برای تحلیل روند به نقشه‌های رستری نیاز است، تراکم در واحد سطح به‌عنوان مبنا برای تهیه نقشه‌های رستری مدنظر قرار گرفت. داده‌های رخداد آتش‌سوزی از تاریخ ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۲ در سراسر محدوده مرز جمع‌آوری شدند. بعد از جمع‌آوری داده‌ها، تراکم این نقاط با اندازه سلولی^۲ ۱۰۰ متر محاسبه شد. به‌منظور تهیه نقشه تراکم از

1 - Active fire detection

2 - Pixel Size

تابع تراکم کرنل^۱ در نرم‌افزار ArcGIS10.4.1 استفاده شد. تحلیل تراکم نقطه‌ای کرنل از جمله تحلیل‌های آنالیز فضایی در نرم‌افزار ArcGIS است که تحت عنوان تخمین تراکم برای عوارض خطی و نقطه‌ای به کار گرفته می‌شود. این تحلیل یکی از بهترین روش‌های شناسایی نقاط داغ به شمار می‌رود که می‌توان از آن برای شناسایی نقاط حادثه‌خیز استفاده کرد. در این روش با استفاده از یک تابع مشخص محدوده‌ای در اطراف هر نقطه مشخص می‌شود. این محدوده با فاصله از آن نقطه کم‌رنگ‌تر می‌شود. به عبارتی، مناطقی که دارای تراکم بیشتری هستند پررنگ‌تر خواهند بود (صدیایی و همکاران، ۱۳۹۹). نقشه‌های حاصل از این تحلیل دارای فرمت رستری Grid خواهند بود که گرادیان نمایش داده‌شده در آن‌ها تراکم در واحد سطح است.

تحلیل روند آتش‌سوزی

تراکم‌های محاسبه‌شده برای آتش‌سوزی برای محاسبه روند تغییرات با فرمت ASCII وارد نرم‌افزار TerrSet شدند. سپس تمام فایل‌های اشاره‌شده به صورت سری زمانی آماده و در نهایت از آزمون ناپارامتری من - کندال^۲ برای تحلیل استفاده شد. این آزمون برای بررسی عدم وجود روند در مقابل وجود روند در سری زمانی هیدرولوژیکی و هواشناسی مورد استفاده قرار می‌گیرد (مدرسی و همکاران، ۱۳۸۹). در این آزمون فرض H_0 مستقل بودن و یکنواختی توزیع داده‌های نمونه و H_1 وجود یک روند یکنواخت در داده‌ها است (حیدری و همکاران، ۱۳۹۷). در این آزمون ابتدا اختلاف بین هر یک از مشاهدات با تمام مشاهدات پس از آن محاسبه‌شده و پارامتری به نام S مطابق رابطه زیر به دست می‌آید. اگر X_1, X_2, \dots, X_n مشاهدات موردنظر باشند، آنگاه داریم:

$$\sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

در رابطه n تعداد مشاهدات سری و X_j و X_k به ترتیب داده‌های زام و K ام در سری داده هستند. تابعی که به عنوان sgn در بالا آمده است به صورت رابطه ۲ قابل محاسبه است.

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

درواقع در این آزمون هر داده با تمامی داده‌های پس از خود مقایسه می‌شود. در این مرحله می‌توان به جای استفاده از مقادیر اصلی داده‌ها در مجموعه موردنظر (سری زمانی) استفاده کرد و مرتبه‌ها را با همین روش مقایسه نمود. با فرض اینکه داده‌ها مستقل بوده و توزیع یکنواخت دارند، میانگین واریانس S از روابط ۳ و ۴ به دست می‌آید:

$$E(S) = 0 \quad (3)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (4)$$

در رابطه بالا n: تعداد داده‌ها، m: تعداد گره‌ها و t: تعداد داده در هر گره است. منظور از گره این است که اگر از یک مقدار داده، بیشتر از یکی وجود داشته باشد، این مقدار مساوی، تشکیل یک گره را می‌دهند و تعداد این مقادیر

1 - Kernel Density

2 - Non-parametric Mann-Kendall

مساوی در گره lm برابر t باشد. آماره این آزمون (Z) دارای توزیع نرمال بوده و از رابطه ۵ به دست می‌آید (سالمی^۱ و همکاران، ۲۰۰۲).

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{Vra(s)}} & \text{if } s > 0 \\ 0 & \\ \frac{s+1}{\sqrt{Vra(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases} \quad (5)$$

این آزمون یک آزمون دوطرفه است؛ بنابراین در صورتی که

$$|z| \leq z_{\alpha/2} \quad (6)$$

باشد، در سطح اطمینان α فرض H_0 پذیرفته می‌شود و در غیر این صورت فرض H_0 رد خواهد شد. در حالت رد فرض H_0 (وجود روند)، در صورتی که $S > 0$ باشد، سری زمانی دارای روندی مثبت (صعودی) و در صورتی که $S < 0$ باشد، سری زمانی دارای روندی منفی (نزولی) خواهد بود (محسنی نژاد و کرمی، ۱۳۹۹). مزیت این آزمون نسبت به سایر آزمون‌های تحلیل روند، استفاده از رتبه داده‌ها در سری زمانی بدون در نظر داشتن مقدار متغیرهاست؛ که به دلیل وجود چنین خاصیتی، می‌توان از این آزمون برای داده‌های دارای چولگی^۲ استفاده کرد و داده‌ها نباید در قالب توزیعی خاص درآیند (پارتال و کایا^۳، ۲۰۰۶). از آنجاکه برای استفاده از داده‌ها رستری مراحل پیش‌پردازش این تحلیل یعنی پیش سفیدسازی^۴ لازم نیست (کرمی و همکاران، ۲۰۲۳)، بنابراین در این مطالعه از این مرحله استفاده نشد. آزمون من-کندال دارای خروجی‌های مختلفی است که در این مطالعه برای تحلیل سطح معناداری از Zmk که همان $Zscore$ است استفاده شد و تغییرات معنادار در سطح ۹۵ درصد به بالا (۹۵ و ۹۹ درصد) مدنظر قرار گرفت. جدول زیر تغییرات سطح معناداری را بر اساس مقدار $Zscore$ نمایش می‌دهد.

جدول ۱: دامنه تغییرات $Zscore$ و سطوح معناداری مختلف (کندی^۵ و همکاران، ۲۰۲۱)

دامنه تغییر $Zscore$	تفسیر دامنه تغییر
$> 2/576$	تغییرات افزایشی در سطح اطمینان ۹۹ درصد
$1/96 \leq < 2/576$	تغییرات افزایشی در سطح اطمینان ۹۵ درصد
$1/654 \leq < 1/96$	تغییرات افزایشی در سطح اطمینان ۹۰ درصد
$0 \leq < 1/654$	افزایشی بدون سطح معناداری
۰	بدون روند
$0 < < -1/654$	کاهشی بدون سطح معناداری
$-1/654 < < -1/96$	تغییرات کاهشی در سطح اطمینان ۹۰ درصد
$-1/96 < < -2/576$	تغییرات کاهشی در سطح اطمینان ۹۵ درصد
$< -2/576$	تغییرات کاهشی در سطح اطمینان ۹۹ درصد

1 - Salmi et al
2 - Skewness
3 - Partal and Kahya
4 - Pre-whiten
5 - Kandya et al

تأثیرپذیری شبکه مناطق حفاظت‌شده و کاربری اراضی

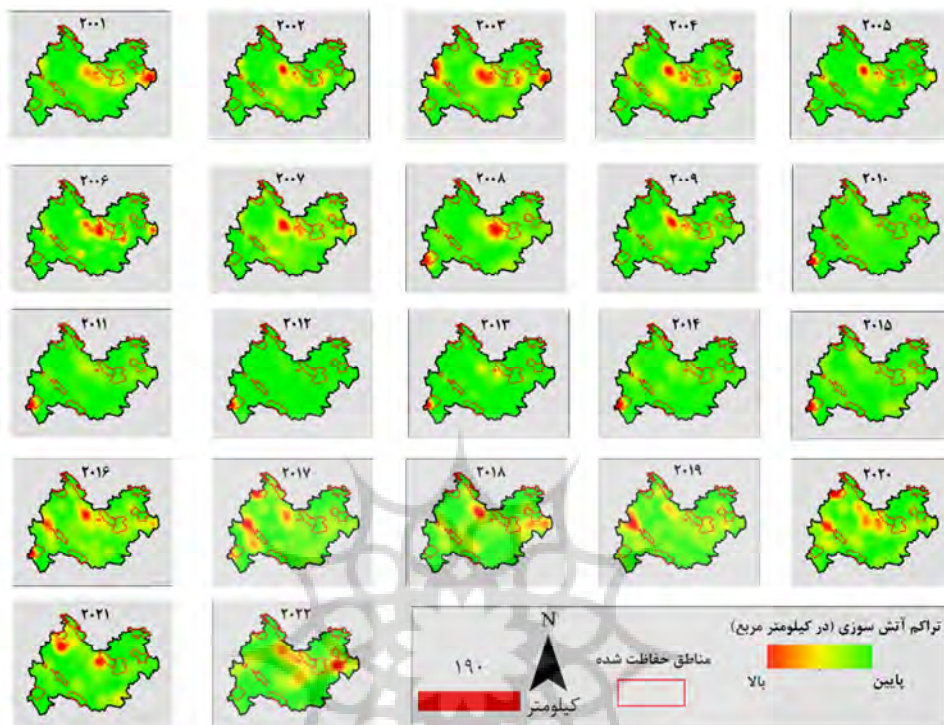
در بسیاری از مناطق آتش‌سوزی تعددی به دلیل از بین بردن باقی‌مانده محصولات برداشت‌شده کشاورزی است که عملیات شخم زدن را مختل می‌کند. این شرایط در تمام سطح استان به‌وضوح قابل‌مشاهده شده است. بنابراین مجموعه نقاط در این مطالعه علاوه بر اشاره به آتش‌سوزی‌های سطح مناطق طبیعی به سایر انواع آتش‌سوزی‌ها نیز اشاره دارند. کاربری/پوشش می‌تواند به‌عنوان یک عامل مهم در بروز آتش‌سوزی باشد. از این‌رو برای درک بهتر این مهم از نقشه کاربری/پوشش نیز استفاده شد. بعد از آنکه روند تغییرات آتش‌سوزی محاسبه شد، با در نظر گرفتن سطح معناداری ۹۵ درصد به بالا مناطق دارای روند با کاربری/پوشش اراضی مختلف از نظر همپوشانی مکانی بررسی شدند و مساحت همچنین درصد همپوشانی بین مناطق رخداد آتش‌سوزی با کاربری/پوشش‌های مختلف بررسی شد. نقشه کاربری/پوشش این مطالعه از نقشه سازمان جنگل‌ها و مراتع (IFRWO¹) تهیه گردید. این نقشه با استفاده تصاویر ماهواره لندست سنجنده ETM⁺ در سال ۲۰۱۰ آماده شده است (بهداروند و همکاران، ۲۰۱۴) و در حال حاضر نیز در مطالعات انجام‌گرفته بر روی زیستگاه گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری در حال استفاده است (نادری، ۱۳۹۶؛ کرمی و شایسته، ۱۳۹۹).

نتایج و بحث

شکل ۲ تراکم آتش‌سوزی را به صورت سری زمانی از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۲ نمایش می‌دهد. در این شکل مناطقی که دارای رنگ قرمز هستند به بخش‌های اشاره دارند که در تراکم آتش‌سوزی بالاست و مناطق سبز نیز به بخش‌هایی اشاره دارد که تراکم آتش‌سوزی پایین است. همان‌طور که مشخص است تا سال ۲۰۰۹ آتش‌سوزی در بخش مرکزی استان بسیار بالا بوده است. در سال ۲۰۱۰ به بعد از تراکم آتش‌سوزی در این بخش کاسته شده و به شکل افزایشی تراکم آتش‌سوزی در بخش غربی استان مشاهده می‌شود.

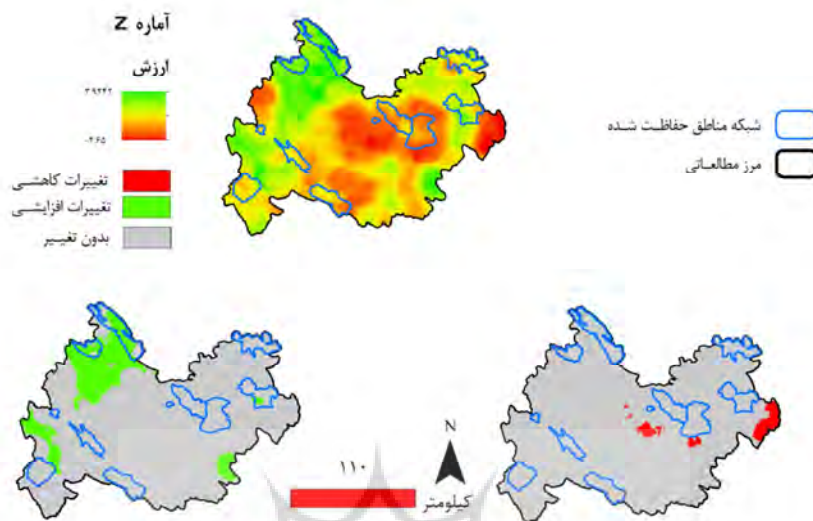
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
 رتال جامع علوم انسانی

¹ - Iranian Forests, Range and Watershed Management Organization



شکل ۲: سری زمانی تراکم فضایی آتش سوزی در سطح استان کرمانشاه و مناطق حفاظت شده

شکل ۳ روند تغییرات تراکم آتش سوزی را در بازه زمانی مطالعه نمایش می دهد. بر اساس آماره Z مقادیر بالا به مناطقی با روند افزایشی تغییر در تراکم و مقادیر پایین تر به مناطقی با روند کاهشی تغییر در تراکم آتش سوزی اشاره دارند. دو نقشه دیگر این شکل نیز به بخش های با روندهای افزایشی و کاهشی معنادار اشاره دارند. همان طور که مشخص است روند افزایشی بیشتر در بخش های غربی و شمال غربی استان رخ داده است مناطقی نیز در شرق استان وجود دارند که این روند را تجربه کرده اند. روندهای کاهشی تراکم آتش سوزی بیشتر در بخش های شرقی و مرکز استان قرار دارد. مساحتی معادل $3613/31$ کیلومتر مربع از اراضی استان، روند افزایش تراکم آتش سوزی را تجربه کرده اند و این مقدار برای روند کاهشی برابر $644/39$ کیلومتر مربع بوده است و هیچ یک از بخش های دارای روند کاهشی در محدوده مناطق حفاظت شده قرار ندارند.



شکل ۳: روند تغییرات تراکم آتش‌سوزی و سطوح افزایشی و کاهش‌ی آن

در مطالعه‌ای که توسط صالحی و زارعی (۱۳۹۷) بر روی پهنه‌بندی ریسک آتش‌سوزی در جنگل‌های استان کرمانشاه انجام گرفته، یافته‌ها تنها در محدوده جنگل‌های استان بودند که با یافته‌های این تحلیل متفاوت هستند. در مطالعه یادشده بخش‌هایی به‌عنوان مناطق دارای ریسک شناسایی شدند که در مناطق دارای روند تغییرات معنادار این مطالعه نبودند؛ اما در بخش‌های مانند شمال غرب و شرق استان پیش‌بینی با روندهای انطباق دارد. در مطالعه دیگر که توسط باقرآبادی و همکاران (۱۴۰۱) بر روی نواحی مستعد رخداد آتش‌سوزی در شهرستان دالاهو در استان کرمانشاه انجام گرفته، از معیارهای مختلفی برای بررسی ریسک آتش‌سوزی استفاده شد؛ اما در این مطالعه از داده‌های رخداد آتش‌سوزی به‌عنوان نمونه‌هایی برای آموزش استفاده نشد. در مطالعات متکی به مدل‌سازی، استفاده از رخداد‌های آتش‌سوزی پیشین این اجازه را می‌دهد که مناطقی که مجموعه عوامل محیطی در آن مناطق منجر به رخداد آتش‌سوزی شده‌اند، در پیش‌بینی‌ها دخالت داده شوند. استفاده از سری زمانی تغییرات برای بررسی روند در گذر زمان به‌عنوان یک ابزار قدرتمند در بوم‌شناسی (وهوآپ^۱ و همکاران، ۲۰۲۰) و بررسی و پایش بسیاری از پارامترهای محیطی کارآمد است (تیموری یگانه و تیموری یگانه، ۱۴۰۱). در بسیاری از مطالعات به‌وسیله الگوریتم‌هایی مانند رگرسیون لجستیک (چویکو^۲ و همکاران، ۲۰۰۹)، مدل خطی تعمیم‌یافته (لی^۳ و همکاران، ۲۰۱۹) و جنگل تصادفی (رحمتی و همکاران، ۲۰۱۶)، رخداد‌های آتش‌سوزی تجزیه و تحلیل و شبیه‌سازی می‌شوند. در حالی که در این مطالعه الگوی رخداد این پدیده در قالب سری زمانی بررسی شد تا روند تغییرات افزایشی و کاهش‌ی آن در سیمای مطالعاتی بررسی شود.

¹ - Wauchope *et al*

² - Chuvieco *et al*

³ - Li *et al*

شبکه مناطق حفاظت‌شده

جدول ۲ مساحت مناطق حفاظت‌شده درگیر آتش‌سوزی را نمایش می‌دهد. بر اساس انطباق یافته‌ها با مرز مناطق حفاظت‌شده، آنچه مشخص است پیوستگی و یکپارچگی زیاد مناطقی است که روند افزایشی تراکم آتش‌سوزی را تجربه کرده‌اند. این مناطق در بخش‌های شمال غربی استان قرار دارند. مناطق حفاظت‌شده شاهو و کوهسالان و بوزین و مرخیل با تراکم بالایی از آتش‌سوزی مواجه هستند. هیچ‌یکی از مناطق حفاظت‌شده استان روندهای کاهش‌ی را تجربه نکرده‌اند (جدول ۲). در مناطق حفاظت‌شده یادشده، دمای بالا می‌تواند تبخیر را در گیاهان افزایش و در نتیجه رطوبت آن‌ها را کاهش دهد و آن‌ها را به سوخت‌هایی برای آتش‌سوزی تبدیل کند (چوپکو و همکاران، ۲۰۰۴). به‌خصوص که ارتباط منفی بین مناطق بدون پوشش جنگلی و دما در جنگل‌های زاگرس بارز شده است (خرمی و همکاران، ۲۰۱۹). آتش‌سوزی این پتانسیل را دارد که مناطق جنگلی را به غیر جنگلی و یا جنگل‌های تازه تبدیل کند (کیس^۱ و همکاران، ۲۰۲۰). البته پاسخ بلوط به‌شدت آتش‌سوزی برحسب درصد و تراکم سوختگی و تأثیر آن بر روی جست دهی متفاوت است (پور رضا و همکاران، ۱۳۸۸). زمانی که صحبت از آتش‌سوزی در عرصه‌های جنگلی و طبیعی می‌شود، بیشتر مفاهیم اکولوژیکی آن مانند مناطق سوخته، گرمای رهاشده و سایر پارامترهایی که به جنبه‌های زیستی معطوف می‌شود مانند مرگ‌ومیر و نرخ بقا (اولیویرا^۲ و همکاران، ۲۰۲۱)؛ اما بالا بودن تراکم آتش‌سوزی در جنگل‌ها می‌تواند بر روی خدمات اکوسیستمی چند جانبه اقتصادی- اجتماعی جنگل‌ها مانند پاک‌ی آب، حفظ ذخایر کربن و حفاظت از زیستگاه گونه‌های در خطر انقراض نیز مؤثر باشد (سی داپانته^۳ و همکاران، ۲۰۲۱). وابستگی بالای شوکا (*Capreolus capreolus*) به جنگل‌های متراکم و وابستگی بالای سمندر کردستانی (*Neurergus derjugini*) به مناطق با رطوبت می‌تواند زیستگاه این دو گونه را در این مناطق نسبت به آتش‌سوزی آسیب‌پذیر کند. در مطالعه‌ی که توسط کرمی و همکاران (۲۰۲۳) بر روی این سمندر کردستانی انجام گرفته بود، نتایج نشان داد که تغییرات دما در مناطقی که سمندر کردستانی حضور دارد دارای روندی افزایشی است. بنابراین به نظر می‌رسد که بین روندهای افزایشی دما در این مناطق و آتش‌سوزی ارتباط وجود دارد. هرچند تحلیل این ارتباط می‌تواند به ابزارهای پیچیده دیگر نیز نیاز داشته باشد.

علاوه بر اینکه این دو گونه از گونه‌های مهم این مناطق تحت تأثیر این روندهای آتش‌سوزی قرار خواهند گرفت، خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos*) نیز از جمله گونه‌های مستعد و آسیب‌پذیر خواهد که دامنه و گستره پراکنش آن نیز به این مناطق رسیده است (کرمی و همکاران، ۱۴۰۰). نکته‌ای که در این خصوص وجود دارد این است که با اینکه جنگل‌های بلوط در بخش‌های جنوبی استان و در محدوده منطقه حفاظت‌شده قلاجه نیز وجود دارند (فلاحتی و همکاران، ۱۳۹۸)، با این حال در این مناطق روند تغییرات معناداری وجود ندارد. الگوی رخداد آتش‌سوزی نشان می‌دهد که همیشه ارتفاع نمی‌تواند به‌عنوان یک مانع برای رخداد آتش‌سوزی در نظر گرفته شود؛ چراکه در این مطالعه بخش‌های شمالی استان که دارای ارتفاع بیشتری هستند نیز دارای تغییرات افزایشی معناداری از آتش‌سوزی بوده‌اند. به نظر می‌رسد افزایش سرعت باد در مناطق مرتفع در کنار دما و بارش بالا نیز در رخداد این آتش‌سوزی‌ها

1 - Case et al

2 - Oliveira et al

3 - C Da Ponte et al

مؤثر هستند و لازم است تا نقش این عوامل در بلندمدت مشخص شود. از این رو مجهز شدن بیش از پیش ادارات محیط زیست شهرستان جوانرود، پایه و ثلاث باباجانی به وسایل اطفاء حریق امری ضروری است.

جدول ۲: مساحت تحت تأثیر روندی‌های افزایشی و کاهش‌ی تراکم آتش‌سوزی در شبکه مناطق حفاظت‌شده

نام منطقه	روند افزایشی	روند کاهش‌ی
منطقه حفاظت‌شده شاهو و کوهسالان	۳۸۳/۱۱	-
منطقه حفاظت‌شده بوزین و مرخیل	۱۸۴/۲۳	-
منطقه حفاظت‌شده امروله و دالاخانی	۴۲/۸۰	-
پناهگاه حیات‌وحش زله زرد	۱۲/۹۹	-

کاربری/پوشش

کاربری/پوشش اراضی از جمله متغیرهای مهم مؤثر بر روی رخداد آتش‌سوزی است. در مطالعه که توسط صالحی و همکاران (۱۴۰۲) بر روی ریسک آتش‌سوزی در منطقه حفاظت‌شده شیمبارو در استان خوزستان انجام گرفت، نتایج بیانگر این بود که کاربری/پوشش اراضی جز مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر روی احتمال آتش‌سوزی است. البته این نقش مهم در سایر مطالعات نیز اذعان شده است (کراوچوک^۱ و همکاران، ۲۰۰۶). در این مطالعه، ارتباط آتش‌سوزی با کاربری/پوشش‌های مختلف بررسی شد تا از این طریق بتوان نگاه روشنی به وضعیت آتش‌سوزی در سطح استان داشت. جداول ۳ و ۴ به ترتیب کاربری/پوشش‌های درگیر در روندهای افزایشی و کاهش‌ی تراکم آتش‌سوزی را نمایش می‌دهند. بر اساس یافته‌ها، جنگل‌های کم تراکم به مراتب به نسبت سایر طبقات کاربری/پوشش مساحت بیشتری از روند افزایشی تراکم آتش‌سوزی را داشته‌اند. بعد از جنگل‌ها، مراتع بیشترین مقدار آتش‌سوزی را تجربه کرده‌اند. در شکل ۳ مشخص است که تراکم آتش‌سوزی به سمت شمال و شمال غرب استان میل می‌کند. این سوق پیدا کردن همسو با تکه‌تکه شدن جنگل‌های منطقه و توسعه کشاورزی در حاشیه جنگل‌ها است. در آتش زدن عمدی مزارع، در واقع باقی‌مانده محصولات کشاورزی و پوشش گیاهی به‌عنوان یک ماده سوختنی نقش زیادی در آتش‌سوزی دارد (زانگ^۲ و همکاران، ۲۰۱۶) که سرایت آن به جنگل‌ها می‌تواند منجر آتش‌سوزی جنگل شود. از طرفی با کاهش و از بین رفتن پوشش‌های جنگلی، تابش خورشید مستقیم به بستر جنگل می‌تابد و با وجود گیاهان بوته‌ای و علفی که خشک شده‌اند (گجن‌دیران^۳ و همکاران، ۲۰۲۴) و نقش سوخت دارند (برگونس^۴ و همکاران، ۲۰۲۱)، احتمال رخداد آتش‌سوزی افزایش پیدا می‌کند. تلفیق جنگل‌های نیمه متراکم با سایر کاربری کمترین مساحت را در روند افزایشی تراکم مناطق آتش‌سوزی داشته است. تغییرات روند کاهش‌ی نشان داد که بیشترین کاهش در تراکم آتش‌سوزی در کاربری کشاورزی و دیم بوده است. بعد از این طبقه مراتع فقیر بیشترین روند کاهش‌ی را داشته‌اند.

1 - Krawchuk et al

2 - Zhang et al

3 - Gajendiran et al

4 - Bergonse et al

جدول ۳: کاربری/پوشش درگیر در روند افزایشی تراکم آتش سوزی

ردیف	نام کاربری/پوشش	مساحت (هکتار)	درصد
۱	جنگل کم تراکم	۶۴۱۶۵/۹۱	۱۷/۸۱
۲	مراتع نیمه متراکم	۶۱۴۳۱/۰۵	۱۷/۰۵
۳	جنگل نیمه متراکم	۴۶۱۲۶/۴۱	۱۲/۸۰
۴	مراتع فقیر	۴۰۱۱۲/۷۶	۱۱/۱۳
۵	تلفیق مراتع نیمه متراکم با سایر کاربری‌ها	۳۳۶۷۰/۱۵	۹/۳۴
۶	تلفیق مراتع فقیر با سایر کاربری‌ها	۳۰۳۱۶/۱۴	۸/۴۱
۷	تلفیق کشاورزی دیم با سایر کاربری‌ها	۲۳۷۷۶/۲۰	۶/۵۹
۸	کشاورزی دیم	۱۱۲۷۴/۴۸	۳/۱۲
۹	مراتع باکیفیت	۱۰۹۳۴/۶۷	۳/۰۳
۱۰	جنگل‌های با تراکم بسیار پایین	۹۲۳۴/۳۱	۲/۵۶
۱۱	جنگل‌های متراکم	۸۴۷۶/۳۸	۲/۳۵
۱۲	تلفیق جنگل کم تراکم با سایر کاربری‌ها	۴۴۸۶/۳۶	۱/۲۴
۱۳	تلفیق کشاورزی با سایر کاربری‌ها	۳۹۹۱/۸۱	۱/۱
۱۴	باغ	۲۵۹۵/۹۴	۰/۷۲
۱۵	چوبزار	۲۳۴۳/۰۴	۰/۶۵
۱۶	تلفیق کشاورزی و کشاورزی دیم	۲۳۱۰/۵۲	۰/۶۴
۱۷	کشاورزی	۲۰۶۷/۴۰	۰/۵۷
۱۸	مناطق صخره‌ای	۱۵۴۸/۸۴	۰/۴۲
۱۹	مناطق شهری	۵۸۲/۵۳	۰/۱۶
۲۰	تلفیق کشاورزی و باغ	۳۷۳/۵۶	۰/۱۰
۲۱	تلفیق شهر با سایر کاربری‌ها	۲۷۳/۳۵	۰/۰۷
۲۲	آب	۱۴۱/۶۱	۰/۰۳
۲۳	تلفیق جنگل نیمه متراکم با سایر کاربری‌ها	۲۷/۰۹	۰/۰۰۷

جدول ۴: کاربری/پوشش درگیر در روند کاهش تراکم آتش سوزی

ردیف	نام کاربری/پوشش	مساحت (هکتار)	درصد
۱	تلفیق کشاورزی و کشاورزی دیم	۳۸۸۸۴/۲۴	۶۰/۵۰
۲	مراتع متوسط	۸۹۲۹/۰۹	۱۳/۸۹
۳	مراتع فقیر	۵۶۹۳/۰۸	۸/۸۵
۴	تلفیق مراتع متوسط با سایر کاربری‌ها	۵۲۳۷/۴۵	۸/۱۵
۵	کشاورزی	۲۹۹۲/۶۶	۴/۶۵
۶	تلفیق کشاورزی دیم با سایر کاربری‌ها	۱۰۷۰/۸۸	۱/۶۶
۷	جنگل‌های کم تراکم	۶۱۳/۸۲	۰/۹۵
۸	تلفیق کشاورزی و باغ	۵۹۴/۵۲	۰/۹۲
۹	مناطق شهری	۲۳۳/۸۱	۰/۳۶
۱۰	مراتع باکیفیت	۱۲/۵۲	۰/۰۱

رخداد آتش‌سوزی به پارامترهای محیطی متفاوتی وابسته است و به‌طور معمول در مناطقی رخ می‌دهد که خشک‌سالی به‌عنوان یک عامل محدوده‌کننده باشد (ویلیامز^۱ و همکاران، ۲۰۲۲). در طول چند سال گذشته روندهای نزولی در بارش کشور و استان کرمانشاه یکی از عوامل مهم تلقی می‌شود. این مهم می‌تواند بر روی کاهش رطوبت و خشکی گیاهان تأثیر گذاشته و ریسک آتش‌سوزی را افزایش دهد. در برخی دیگر از مطالعات، تابش خورشید^۲ به‌عنوان عامل مهم بر روی رخداد آتش‌سوزی در نظر گرفته شده است (واکیانو و همکاران^۳، ۲۰۱۸؛ ساری^۴، ۲۰۲۳). البته بارش در فصل بهار و رشد گیاهان بوته‌ای نیز در افزایش ریسک آتش‌سوزی نباید نادیده گرفته شود؛ چرا که وجود هر گونه پوشش گیاهی شامل جنگل و بوته می‌تواند بر روی رخداد آتش‌سوزی مؤثر باشد (یانگ^۵ و همکاران، ۲۰۲۱). کاهش بارش و یا شدت آن در فصل بهار می‌تواند زمینه‌ساز رخداد آتش‌سوزی شود.

در طول بازه زمانی این مطالعه، بسیاری از مناطق استان آتش‌سوزی را تجربه کرده‌اند؛ اما تراکم آتش‌سوزی در مناطقی که در شکل ۳ آمده به نسبت سایر مناطق دارای روند افزایشی بوده که این شدت بر روی پارامترهای مختلفی مانند کاهش تاج پوشش، آسیب‌پذیری خاک، تخریب ساختار خاک و ازدست‌دادن مواد مغذی مؤثر است (فرناندر^۶ و همکاران، ۲۰۰۸؛ الکساندر^۷ و همکاران، ۲۰۰۶). البته این به معنای تأثیر آتش‌سوزی با تراکم پایین در سایر مناطق استان نیست؛ چرا که آتش‌سوزی با شدت و تراکم پایین نیز می‌تواند بر روی جوامع مؤثر باشد. در مطالعه‌ای که توسط مرادی‌زاده و همکاران (۲۰۲۰) بر روی جنگل‌های ایلام انجام گرفت، نتایج نشان داد تنوع جوامع گیاهی با ازدست‌دادن جوامع حساس و غیرحساس در آتش‌سوزی با شدت پایین نیز کاسته می‌شود.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، تراکم آتش‌سوزی به‌صورت سری زمانی در قالب روند تغییرات زمانی- مکانی بررسی شد. استفاده از سری زمانی می‌تواند در تشخیص الگوی حاکم بر رفتار پدیده کمک کند. نتایج حاکی از وجود روندهای افزایشی در بخش‌های شمال و شرق استان است. این مناطق با کاربری پوشش‌های جنگل و انواع تیپ‌های کشاورزی (دیم/آبی) شناخته می‌شوند. مجاورت اراضی کشاورزی به جنگل‌ها و مناطق حفاظت‌شده در این مناطق می‌تواند منجر به تسهیل در گسترش آتش‌سوزی شود. این مهم از آن جهت دارای اهمیت است که یکی از دلایل عمده آتش‌سوزی در استان، استفاده از آتش به‌عنوان یک ابزار برای از بین بردن باقی‌مانده محصولات کشاورزی یعنی کاه و کلش است. پیامدهای محیط‌زیستی این آتش‌سوزی‌های تعدمی تنها به زمین‌های کشاورزی محدود نمی‌شود، بلکه ظهور انواع آلودگی‌ها، تأثیر بر شیمی و زیست‌خاک و تهدید زیستگاه گونه‌های گیاهی و جانوری به‌عنوان بخشی از آثار منفی قابل‌اشاره هستند. در این مطالعه مناطق حفاظت‌شده‌ای که در پوشش جنگل‌های زاگرس هستند، بیشترین تأثیرپذیری را از روند افزایشی تغییرات آتش‌سوزی دارند که این امر به معنای تهدید گونه‌های گیاهی و جانوری داخل این مناطق است. تعداد نیروی کم و همچنین کمبود تجهیزات مهار آتش‌سوزی منجر شده که در هر رخداد

1 - Williams et al
2 - lightning
3 - Vacchiano et al
4 - Sari
5 - Yang et al
6 - Fernández et al
7 - Alexander et al

آتش‌سوزی بخش وسیعی از مناطق درگیری شوند. از طرفی در چند سال گذشته افزایش بی‌سابقه دما ناشی از تغییرات اقلیمی از یک‌سو و کاهش بارش و مقطعی بودن آن به‌ویژه در فصل رشد گیاهان مانند فصل بهار در مهیا ساختن شرایط رخداد آتش‌سوزی بی‌تأثیر نبوده‌اند. کنترل آتش‌سوزی در مناطق مستعد منوط اجرای برنامه‌های صحیح کنترل و پیش‌گیری است. بنابراین در زمینه پیش‌گیری، آگاه‌سازی و توجیه کشاورزان استان به‌ویژه روستاییان ساکن در حاشیه مناطق حفاظت‌شده نسبت به عواقب آتش‌سوزی عمدی و رفتارهای غیرقابل‌پیش‌بینی آتش‌سوزی و شیوه گسترش آن می‌تواند از جمله برنامه‌های اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان کرمانشاه و جهاد کشاورزی استان باشد. در زمینه کنترل نیز این انتظار وجود دارد که دستگاه‌های نظارتی تهیه و توزیع ابزارهای مهار آتش‌سوزی مانند انواع دمنده را بیش‌ازپیش در مناطق مستعد رخداد آتش‌سوزی در برنامه قرار دهند.

تقدیر و تشکر:

این اثر تحت حمایت مادی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) برگرفته‌شده از طرح شماره " ۴۰۱۴۹۶۴ " انجام شده است.

منابع

- اسکندری، سعیده. (۱۳۹۴). تحلیلی بر روش‌های مدل‌سازی و شبیه‌سازی گسترش آتش‌سوزی در جنگل‌ها. فصلنامه انسان و محیط‌زیست، ۱۳(۳)، صص ۶۷-۸۸.
- افشار بکشلو، نسرین؛ زرافشانی، کیومرث؛ فرهادی بانسوله، بهمن. (۱۳۹۹). پهنه‌بندی شهرستان‌های استان کرمانشاه بر اساس مقدار و ارزش آب مجازی محصولات عمده زراعی. نشریه آب و خاک، جلد ۳۴، شماره ۲، صص ۲۷۸-۳۰۰.
- باقرآبادی، رسول؛ شیخ‌کانلوی میلان، فرهاد؛ زارعی محمدآباد، محسن. (۱۴۰۱). ارزیابی خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی شهرستان دالاهو). فصلنامه مدیریت اکوسیستم طبیعی، ۲(۲)، صص ۶۰-۷۲.
- پور شکوری اله ده، فرخ؛ درویش‌صفت، علی‌اصغر؛ صمدزادگان، فرهاد؛ عطارد، پدram. (۱۳۹۲). کارایی تصاویر سنجنده MODIS و الگوریتم جهانی کشف آتش برای شناسایی آتش فعال در جنگل‌های زاگرس. نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۷(۲)، صص ۲۰۱-۲۱۳.
- پوررضا، مرتضی؛ صفری، هوشمند؛ خداکرمی، یحیی؛ مشایخی، شهرام. (۱۳۸۸). نتایج اولیه جست‌دهی بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl) بعد از آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس، استان کرمانشاه. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر، ۱۷(۲)، صص ۲۲۵-۲۳۶.
- تیموری یگانه، مریم؛ تیموری یگانه، لیلا. (۱۴۰۱). بررسی کاربرد مدل‌های سری زمانی در پیش‌بینی جریان ماهانه ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه. فصلنامه علوم محیط‌زیست، ۷(۲)، صص ۴۷۹۹-۴۸۰۷.
- جهانگیر، محمدحسین؛ بابایی، سحر؛ نوروزی، اقبال. (۱۳۹۸). ارزیابی وضعیت خشک‌سالی استان کرمانشاه با استفاده از شاخص خشک‌سالی جریان رودخانه (SDI). نشریه آبیاری و زهکشی، ۱۳(۱)، صص ۱۹۰-۲۰۲.
- حامدی، نگار. (۱۳۹۵). مدل‌سازی پیش‌بینی آتش‌سوزی با استفاده از تصاویر سری زمانی سنجنش‌ازدور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی نقشه برداری - سنجنش‌ازدور. دانشگاه تحصیلات تکمیلی و فناوری پیشرفته. ۱۶۶ص.
- حیدری، سوسن؛ گودرزی، مسعود؛ شمسی پور، علی اکبر؛ عبدالهی کاکرودی؛ بازگیر، سعید. (۱۳۹۷). ارزیابی روش‌های آماری در آشکارسازی روند تغییرات بارش (مطالعه موردی: استان کرمانشاه). فصلنامه علوم مهندسی و آب‌خیزداری ایران، ۱۲(۴۲)، صص ۸۱-۹۰.

حیدری، مهدی؛ عطار روشن، سینا؛ جافریان، الهام؛ عبیات، محمد. (۱۴۰۰). مدل‌سازی و پهنه‌بندی مناطق مستعد آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی بر پایه رگرسیون لجستیک. فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی، (۲) ۱۰، صص ۴۳-۵۸.

رحیمی، داریوش؛ خادمی، سمانه. (۱۳۹۴). تحلیل الگوهای هم‌دید خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های شمال ایران (استان گلستان). مجله مخاطرات محیط طبیعی، (۱۷) ۷، صص ۱۹-۳۶.

زرع‌کار، آزاده؛ کاظمی زمانه، بهاره؛ قربانی، ساره؛ عاشق معلا، مریم؛ جعفری، حمیدرضا. (۱۳۹۲). تهیه نقشه پراکندگی فضایی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: سه حوزه جنگلی استان گیلان). فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، (۲) ۲۱، صص ۲۱۸-۲۳۰.

شجاعی زاده، کبری؛ احمدی، محمود؛ داداشی رودباری، عباسعلی. (۱۴۰۲). تغییرات زمانی- مکانی آتش‌سوزی در نواحی رویشی ایران مبتنی بر برون‌داد سنجنده MODIS. فصلنامه مخاطرات طبیعی، (۱۲) ۳۶، صص ۴۲-۶۱.

صالحی، سعدی؛ زارعی، زانکو. (۱۳۹۷). پهنه‌بندی مناطق دارای ریسک بالای آتش‌سوزی در جنگل‌ها با استفاده از GIS (مطالعه موردی جنگل‌های استان کرمانشاه). فصلنامه جغرافیا و روابط انسانی، (۱) ۱، صص ۳۰۵-۳۱۹.

صالحی، نفیسه؛ دشتی، سولماز؛ عطار روشن، سینا؛ نظر پور، احد؛ جعفرزاده، نعمت اله. (۱۴۰۲). پهنه‌بندی ریسک آتش‌سوزی مناطق جنگلی با استفاده از روش تلفیقی شبکه عصبی مصنوعی و سیستم اطلاعات مکانی (مطالعه موردی: منطقه حفاظت‌شده شیمبارو، استان خوزستان). فصلنامه پژوهش‌های فرسایش محیطی، (۲) ۱۳، صص ۲۳۵-۲۵۳.

صیدایی، اسکندر؛ جهانگیر، ابراهیم؛ داریخانی، رسول؛ پناهی، علی. (۱۳۹۹). شناسایی نقاط حادثه‌خیز محورهای استان البرز با استفاده از روش تخمین تراکم کرنل. فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، (۳) ۵۲، صص ۹۳۱-۹۵۱.

فلاحی، سامان؛ شایسته، کامران؛ کرمی، پیمان. (۱۳۹۸). کمی‌سازی اثر عوامل محیطی بر توزیع خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos*) در جنگل‌های بلوط زاگرس (مطالعه موردی: منطقه حفاظت‌شده قلاجه). فصلنامه محیط‌زیست جانوری، (۴) ۱۱، صص ۸-۱.

کرمی، پیمان. (۱۴۰۰). شناسایی و تحلیل توزیع نواحی داغ زیستگاهی مهره‌داران شاخص از منظر سیمای سرزمین در استان کرمانشاه. رساله مقطع دکتری محیط‌زیست. دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، همدان، ایران. ۴۲۱ صفحه.

کرمی، پیمان؛ شایسته، کامران. (۱۳۹۹). مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گوسفند وحشی (*Ovis orientalis*) در استان مرکزی با استفاده از مدل‌های درخت پایه. فصلنامه علمی زیست‌شناسی جانوری تجربی، (۴) ۸، صص ۱۰۹-۱۲۱.

کرمی، پیمان؛ شایسته، کامران؛ رستگار پویانی، نصرالله. (۱۴۰۰). خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758) گونه‌ی چتر درگیر بحران تعارض در استان کرمانشاه. فصلنامه پژوهش‌های جانوری، (۳) ۳۴، صص ۱۹۰-۲۰۳.

کرمی، پیمان؛ شایسته، کامران؛ رستگار پویانی، نصرالله. (۱۳۹۹). ارزیابی عوامل مؤثر بر تنوع زیستگاهی در مناطق حفاظت‌شده استان کرمانشاه. فصلنامه جغرافیا و پایداری محیط، (۲) ۱۰، صص ۱۰۵-۱۲۳.

محسنی نژاد، حسین؛ کرمی، پیمان. (۱۳۹۹). کمی‌سازی توزیع و روند تغییرات آشیان اکولوژیک خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758) در استان ایلام. فصلنامه محیط‌زیست جانوری، (۱) ۱۲، صص ۸-۱.

مدرسی، فرشته؛ عراقی نژاد، شهاب؛ ابراهیمی، کیومرث؛ خلقی، مجید. (۱۳۸۹). بررسی منطقه‌ای پدیده تغییر اقلیم با استفاده از آزمون آماری مطالعه موردی: حوضه آبریز گرگانرود - قره‌سو، (۳) ۲۴، صص ۴۷۶-۴۸۹.

نادری، مرتضی. (۱۳۹۶). پهنه‌بندی ریسک حملات گرگ به انسان و دام با استفاده از شیوه حداکثر آنتروپی بی‌نظمی در استان اردبیل. فصلنامه بوم‌شناسی کاربردی، (۱) ۶، صص ۱۵-۲۷.

Alexander, J.D., Seavy, N.E., Ralph, C.J., Hogoboom, B. (2006). Vegetation and topographical correlates of fire severity from two fires in the Klamath-Siskiyou region of Oregon and California. *International Journal of Wildland Fire*, 15(2), pp.237-245.

Archibald, S., Staver, A.C., Levin, S.A. (2012). Evolution of human-driven fire regimes in Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(3), pp.847-852.

Behdarvand, N., Kaboli, M., Ahmadi, M., Nourani, E., Mahini, A.S., Aghbolaghi, M.A. (2014). Spatial risk model and mitigation implications for wolf-human conflict in a highly modified agroecosystem in western Iran. *Biological Conservation*, 177(2014), pp.156-164.

- Bowman, D.M., Balch, J.K., Artaxo, P., Bond, W.J., Carlson, J.M., Cochrane, M.A., D'Antonio, C.M., DeFries, R.S., Doyle, J.C., Harrison, S.P., Johnston, F.H. (2009). Fire in the Earth system. *science*, 324(5926), pp.481-484.
- Case, M.J., Kim, J.B., Kerns, B.K. (2020). Using a vegetation model and stakeholder input to assess the climate change vulnerability of tribally important ecosystem services. *Forests*, 11(6), p.618.
- Chuvieco, E., Aguado, I., Yebra, M., Nieto, H., Salas, J., Martín, M.P., Vilar, L., Martínez, J., Martín, S., Ibarra, P., De la Riva, J. (2010). Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. *Ecological modeling*, 221(1), pp.46-58.
- Chuvieco, E., Cocero, D., Riano, D., Martin, P., Martinez-Vega, J., De La Riva, J., Pérez, F. (2004). Combining NDVI and surface temperature for the estimation of live fuel moisture content in forest fire danger rating. *Remote Sensing of Environment*, 92(3), pp.322-331.
- C Da Ponte, E., Alcasena, F., Bhagwat, T., Hu, Z., Eufemia, L., Turetta, A.P.D., Bonatti, M., Sieber, S., Barr, P.L. (2023). Assessing wildfire activity and forest loss in protected areas of the Amazon basin. *Applied Geography*, 157, p.102970.
- Fernández, C., Vega, J.A., Fonturbel, T., Jiménez, E., Pérez, J.R. (2008). Immediate effects of prescribed burning, chopping, and clearing on runoff, infiltration, and erosion in a shrubland area in Galicia (NW Spain). *Land Degradation and Development*, 19(5), pp.502-515.
- Gajendiran, K., Kandasamy, S., Narayanan, M. (2023). Influences of wildfire on the forest ecosystem and climate change: A comprehensive study. *Environmental Research*, p.117537.
- Gao, D., Xin, J., Zhang, F. (2020). A decision tree algorithm for forest fire prediction based on wireless sensor networks. *International Journal of Embedded Systems*, 13(4), pp.422-430.
- Kandya, A.N., Sarkar, J., Chhabra, A., Chauhan, S., Khatri, D., Vaghela, A.D., Kolte, S. (2021). Statistical assessment of the changing climate of Vadodara City, India From 1969–2006. *Eur J Environ Sci*, 3(1), pp.1-18.
- Karami, P., Tavakoli, S., Esmaili, M. (2023). Evolution of seasonal land surface temperature trend in pond-breeding newt (*Neurergus derjugini*) in western Iran and eastern Iraq. *Ecological Processes*, 12(1), p.14.
- Karami, P., Tavakoli, S., Esmaili, M. (2023). Monitoring spatiotemporal impacts of changes in land surface temperature on near eastern fire salamander (*Salamandra infraimmaculata*) in the Middle East. *Heliyon*, 9(6).
- Krawchuk, M.A., Cumming, S.G., Flannigan, M.D., Wein, R.W. (2006). Biotic and abiotic regulation of lightning fire initiation in the mixed wood boreal forest. *Ecology*, 87(2), pp.458-468.
- Koh, J., Pimont, F., Dupuy, J.L., Opitz, T. (2023). Spatiotemporal wildfire modeling through point processes with moderate and extreme marks. *The Annals of Applied Statistics*, 17(1), pp.560-582.
- Li, J., Shan, Y., Yin, S., Wang, M., Sun, L., Wang, D. (2019). Nonparametric multivariate analysis of variance for affecting factors on the extent of forest fire damage in Jilin Province, China. *Journal of Forestry Research*, 30, pp.2185-2197.
- Meigs, G.W., Case, M.J., Churchill, D.J., Hersey, C.M., Jeronimo, S.M., Smith, L.A.C. (2023). Drought, wildfire and forest transformation: characterizing trailing edge forests in the eastern Cascade Range, Washington, USA. *Forestry*, 96(3), pp.340-354.
- Moradzadeh, H., Heydari, M., Omidipour, R., Mezbani, A., Prevosto, B. (2020). Ecological effects of fire severity and time since fire on the diversity partitioning, composition, and niche apportionment models of post-fire understory vegetation in semi-arid oak forests of Western Iran. *Ecological Engineering*, 143, p.105694.
- Oliveira, S., Rocha, J., Sá, A. (2021). Wildfire risk modeling. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 23, p.100274.
- Or, D., Furtak-Cole, E., Berli, M., Shillito, R., Ebrahimian, H., Vahdat-Aboueshagh, H., McKenna, S.A. (2023). Review of wildfire modeling considering effects on land surfaces. *Earth-Science Reviews*, 245, p.104569.
- Pan, M., Zhang, S. (2023). Visualization of Prediction Methods for Wildfire Modeling Using Cite Space: A Bibliometric Analysis. *Atmosphere*, 14(6), p.1009.
- Partal, T., Kahya, E. (2006). Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes: An International Journal*, 20(9), pp.2011-2026.
- Pausas, J.G., Fernández-Muñoz, S. (2012). Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: from fuel-limited to drought-driven fire regime. *Climatic change*, 110(1-2), pp.215-226.
- Pourtaghi, Z.S., Pourghasemi, H.R., Aretano, R., Semeraro, T. (2016). Investigation of general indicators influencing forest fire and its susceptibility modeling using different data mining techniques. *Ecological indicators*, 64, pp.72-84.
- Rahmati, O., Pourghasemi, H.R., Melesse, A.M. (2016). Application of GIS-based data driven random forest and maximum entropy models for groundwater potential mapping: a case study at Mehran Region, Iran. *Catena*, 137, pp.360-372.
- Sari, F. (2023). Identifying anthropogenic and natural causes of wildfires by maximum entropy method-based ignition susceptibility distribution models. *Journal of Forestry Research*, 34(2), pp.355-371.
- Wauchope, H.S., Amano, T., Geldmann, J., Johnston, A., Simmons, B.I., Sutherland, W.J., Jones, J.P. (2021). Evaluating impact using time-series data. *Trends in Ecology & Evolution*, 36(3), pp.196-205.
- Williams, A.P., Cook, B.I., Smerdon, J.E. (2022). Rapid intensification of the emerging southwestern North American megadrought in 2020–2021. *Nature Climate Change*, 12(3), pp.232-234.
- Yang, X., Jin, X., Zhou, Y. (2021). Wildfire risk assessment and zoning by integrating Maxent and GIS in Hunan province, China. *Forests*, 12(10), p.1299.

Zhang, Y., Lim, S., Sharples, J.J. (2016). Modeling spatial patterns of wildfire occurrence in South-Eastern Australia. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(6), pp.1800-1815.



References

References (in Persian)

- Afshar Bakeshloo, N., Zarafshani, K., Farhadi Bansouleh, B. (2020). 'The Zoning of Kermanshah Province Townships Based on Virtual Water Content and Value among Major Crops', *Water and Soil*, 34(2): 287-300 [In Persian]
- Alehi N, Dashti S, Atarrosan S, Nazarpour A, Jaafarzadeh N. (2023). Forest Risk Fire Zoning using an Integrated Method of Artificial Neural Network and Spatial Information System (Murray Study: Shimbar Protected Area). *E.E.R*; 13 (2):235-253 [In Persian]
- Bagherabadi, R., Shikhkanloo Milan, F., Zarei Mohammadabad, M. (2022). Evaluation of fire risk in the Zagros forests (Case study: Dalahu County). *Management of Natural Ecosystems*, 2(2), pp.60-72. [In Persian]
- Eskandari, S. (2015). Analysis of Modeling and Simulation Methods of Fire Spread in the Forests. *Human & Environment*, 13(3), pp.67-88 [In Persian]
- Eskandari, S.E., Oladi Ghadikolaie, J.F., Jalilvand, H., Saradjian, M.R. (2013). Fire risk modeling and prediction in district three of Neka-Zalemroud forest, using Geographical Information System. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2), pp.203-217 [In Persian]
- Falahati, S., Shayesteh, K., Karami, P. (2019). Quantifying the effect of environmental factors on the distribution of brown bears (*Ursus arctos*) in Zagros Oak (*Quercus*) Forests (case study: Ghalajeh protected area). *Journal of Animal Environment*, 11(4), pp.1-8 [In Persian]
- Heidari, S., Goodarzi, M., Shamsipoor, A.A., Bazgir, S., Abdolahi Kakrudi, A. (2018). Evaluating Statistical Methods for Detecting Trend of Precipitation (Case Study: Kermanshah Province). *Iran-Watershed Management Science & Engineering*; 12 (42):81-90 [In Persian]
- Heydari, M., Attar Roshan, S., Jaferyan, E., Abiyat, M. (2021). Modeling and Zoning of Fire Prone Areas in Zagros Forests Using Geographic Information System Based on Logistic Regression. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 10(2), pp.43-58 [In Persian]
- Jahangir, M.H., Babaei, S., Norozi, E. (2019). Drought condition assessment of Kermanshah province using River Flow Drought Index (SDI). *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 13(1), pp.190-202 [In Persian]
- Karami, P., Shayesteh, K. (2020). Habitat Suitability Modeling of Wild Sheep (*Ovis orientalis*) in Markazi Province by using Tree-Based Models. *Experimental animal Biology*, 8(4), pp.109-121 [In Persian]
- Karami, P., Shayesteh, K., Rastegar Pouyani, N. (2021). Brown bears (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758), an umbrella species Get involved in conflict crisis in Kermanshah provinces. *Journal of Animal Research* (Iranian Journal of Biology), 34(3), pp.190-203 [In Persian]
- Karami, P., Shayesteh, K., Rastegar-Pouyani, N. (2020). Evaluation of the Distribution of Effective Factors on Habitat Diversity in Kermanshah Protected Areas. *Geography* [In Persian]
- Karami, Peyman. (2021). Identifying and Analyzing Distribution of Habitat's Hotspots of Salient Vertebrates from Landscape Perspective in Kermanshah Province, PhD thesis in environmental sciences, Faculty of Natural Resources and Environment. Malayer University. 421 pp [In Persian]
- Modaresi, F., Araghinejad, S.H., Ebrahimi, K., Kholghy, M. (2010). Regional assessment of climate change using statistical tests: Case Study of Gorganroud-Gharehsou Basin. *Water and Soil*, 24(3) [In Persian]
- Mohseninejad, H., Karami, P. (2020). Quantification of the Distribution and Changing Trend of the Ecological Niche of Brown Bear (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758) in Ilam province. *Journal of Animal Environment*, 12(1), pp.1-8 [In Persian]
- Naderi M. Risk Mapping of Wolf (*Canis lupus*) Attacks on Human and Livestock in Ardabil Province by Spatial Modeling Using Maximum Entropy (MaxEnt) Method. (2017). *Iranian Journal of Applied Ecology*, 6 (1):15-27 [In Persian]
- Pourreza, M., Safari, H., Khodakarami, Y., Mashayekhi, S. (2009). Preliminary results of post-fire resprouting of manna oak (*Quercus brantii* Lindl.) in the Zagros forests, Kermanshah. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17(2), pp.236-225 [In Persian]
- Pourshakouri Allahdeh, F., Darvishsefat, A.A., Samadzadegan, F., Attarod, P. (2014). Potential of MODIS Images and Contextual Algorithm for Active Fire Detection in the Zagross Forests, West of Iran. *Forest and Wood Products*, 67(2), pp.201-213 [In Persian]
- Rahimi, D., Khademi, S. (2018). Analysis Synoptic Patterns for Forest Fires Risk in Northern Iran. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 7(17):19-36 [In Persian]
- Salmi, T. (2002). Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates-the Excel template application MAKESENS. *Imatietaan Laitos*. Finnish Meteorological Institute, Air Quality Research, Helsinki, Finland, 37pp [In Persian]
- Salehi, S., Zarei, Z. (2018). Zoning of high-risk areas in forests using GIS (a case study of forests of Kermanshah province). *Geography and Human Relationships*, 1(1), pp.304-319 [In Persian]
- Seydai, S.E., Jahangir, E., Darabkhani, R., Panahi, A. (2020). Recognizing the Eventful points of the axes of Alborz province using the kernel density method. *Human Geography Research*, 52(3), pp.939-951 [In Persian]
- Shojaeizadeh, K., Ahmadi, M., Dadashi-Roudbari, A. (2023). Spatiotemporal changes of forest fire in vegetation areas of Iran based on MODIS sensor. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 12(36), pp.41-60 [In Persian]

Teymouri Yeganeh, M., Teymouri Yeganeh, L. (2022). Investigation of the application of time series models in predicting the monthly flow of the Arazkuseh hydrometric station. *Journal of Environmental Science Studies*, 7(2), pp.4799-4807 [In Persian]

Zarekar, A., Kazemi Zamani, B., Ghorbani, S., Ashegh Moalla, M., Jafari, H.R. (2013). Mapping the spatial distribution of forest fire using MCDM and GIS (Case study: three forest zones in Guilan province). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2), pp.218-230 [In Persian]

References (in English)

Alexander, J.D., Seavy, N.E., Ralph, C.J., Hogoboom, B. (2006). Vegetation and topographical correlates of fire severity from two fires in the Klamath-Siskiyou region of Oregon and California. *International Journal of Wildland Fire*, 15(2), pp.237-245.

Archibald, S., Staver, A.C., Levin, S.A. (2012). Evolution of human-driven fire regimes in Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(3), pp.847-852.

Behdarvand, N., Kaboli, M., Ahmadi, M., Nourani, E., Mahini, A.S., Aghbolaghi, M.A. (2014). Spatial risk model and mitigation implications for wolf-human conflict in a highly modified agroecosystem in western Iran. *Biological Conservation*, 177(2014), pp.156-164.

Bowman, D.M., Balch, J.K., Artaxo, P., Bond, W.J., Carlson, J.M., Cochrane, M.A., D'Antonio, C.M., DeFries, R.S., Doyle, J.C., Harrison, S.P., Johnston, F.H. (2009). Fire in the Earth system. *science*, 324(5926), pp.481-484.

Case, M.J., Kim, J.B., Kerns, B.K. (2020). Using a vegetation model and stakeholder input to assess the climate change vulnerability of tribally important ecosystem services. *Forests*, 11(6), p.618.

Chuvieco, E., Aguado, I., Yebra, M., Nieto, H., Salas, J., Martín, M.P., Vilar, L., Martínez, J., Martín, S., Ibarra, P., De la Riva, J. (2010). Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. *Ecological modeling*, 221(1), pp.46-58.

Chuvieco, E., Cocero, D., Riano, D., Martin, P., Martinez-Vega, J., De La Riva, J., Pérez, F. (2004). Combining NDVI and surface temperature for the estimation of live fuel moisture content in forest fire danger rating. *Remote Sensing of Environment*, 92(3), pp.322-331.

C Da Ponte, E., Alcasena, F., Bhagwat, T., Hu, Z., Eufemia, L., Turetta, A.P.D., Bonatti, M., Sieber, S., Barr, P.L. (2023). Assessing wildfire activity and forest loss in protected areas of the Amazon basin. *Applied Geography*, 157, p.102970.

Fernández, C., Vega, J.A., Fonturbel, T., Jiménez, E., Pérez, J.R. (2008). Immediate effects of prescribed burning, chopping, and clearing on runoff, infiltration, and erosion in a shrubland area in Galicia (NW Spain). *Land Degradation and Development*, 19(5), pp.502-515.

Gajendiran, K., Kandasamy, S., Narayanan, M. (2023). Influences of wildfire on the forest ecosystem and climate change: A comprehensive study. *Environmental Research*, p.117537.

Gao, D., Xin, J., Zhang, F. (2020). A decision tree algorithm for forest fire prediction based on wireless sensor networks. *International Journal of Embedded Systems*, 13(4), pp.422-430.

Kandya, A.N., Sarkar, J., Chhabra, A., Chauhan, S., Khatri, D., Vaghela, A.D., Kolte, S. (2021). Statistical assessment of the changing climate of Vadodara City, India From 1969–2006. *Eur J Environ Sci*, 3(1), pp.1-18.

Karami, P., Tavakoli, S., Esmaili, M. (2023). Evolution of seasonal land surface temperature trend in pond-breeding newt (*Neurergus derjugini*) in western Iran and eastern Iraq. *Ecological Processes*, 12(1), p.14.

Karami, P., Tavakoli, S., Esmaili, M. (2023). Monitoring spatiotemporal impacts of changes in land surface temperature on near eastern fire salamander (*Salamandra infraimmaculata*) in the Middle East. *Heliyon*, 9(6).

Krawchuk, M.A., Cumming, S.G., Flannigan, M.D., Wein, R.W. (2006). Biotic and abiotic regulation of lightning fire initiation in the mixed wood boreal forest. *Ecology*, 87(2), pp.458-468.

Koh, J., Pimont, F., Dupuy, J.L., Opitz, T. (2023). Spatiotemporal wildfire modeling through point processes with moderate and extreme marks. *The Annals of Applied Statistics*, 17(1), pp.560-582.

Li, J., Shan, Y., Yin, S., Wang, M., Sun, L., Wang, D. (2019). Nonparametric multivariate analysis of variance for affecting factors on the extent of forest fire damage in Jilin Province, China. *Journal of Forestry Research*, 30, pp.2185-2197.

Meigs, G.W., Case, M.J., Churchill, D.J., Hersey, C.M., Jeronimo, S.M., Smith, L.A.C. (2023). Drought, wildfire and forest transformation: characterizing trailing edge forests in the eastern Cascade Range, Washington, USA. *Forestry*, 96(3), pp.340-354.

Moradzadeh, H., Heydari, M., Omidipour, R., Mezbani, A., Prevosto, B. (2020). Ecological effects of fire severity and time since fire on the diversity partitioning, composition, and niche apportionment models of post-fire understory vegetation in semi-arid oak forests of Western Iran. *Ecological Engineering*, 143, p.105694.

Oliveira, S., Rocha, J., Sá, A. (2021). Wildfire risk modeling. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 23, p.100274.

Or, D., Furtak-Cole, E., Berli, M., Shillito, R., Ebrahimian, H., Vahdat-Aboueshagh, H., McKenna, S.A. (2023). Review of wildfire modeling considering effects on land surfaces. *Earth-Science Reviews*, 245, p.104569.

Pan, M., Zhang, S. (2023). Visualization of Prediction Methods for Wildfire Modeling Using Cite Space: A Bibliometric Analysis. *Atmosphere*, 14(6), p.1009.

Partal, T., Kahya, E. (2006). Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes: An International Journal*, 20(9), pp.2011-2026.

Pausas, J.G., Fernández-Muñoz, S. (2012). Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: from fuel-limited to drought-driven fire regime. *Climatic change*, 110(1-2), pp.215-226.

- Pourtaghi, Z.S., Pourghasemi, H.R., Aretano, R., Semeraro, T. (2016). Investigation of general indicators influencing forest fire and its susceptibility modeling using different data mining techniques. *Ecological indicators*, 64, pp.72-84.
- Rahmati, O., Pourghasemi, H.R., Melesse, A.M. (2016). Application of GIS-based data driven random forest and maximum entropy models for groundwater potential mapping: a case study at Mehran Region, Iran. *Catena*, 137, pp.360-372.
- Sari, F. (2023). Identifying anthropogenic and natural causes of wildfires by maximum entropy method-based ignition susceptibility distribution models. *Journal of Forestry Research*, 34(2), pp.355-371.
- Wauchope, H.S., Amano, T., Geldmann, J., Johnston, A., Simmons, B.I., Sutherland, W.J., Jones, J.P. (2021). Evaluating impact using time-series data. *Trends in Ecology & Evolution*, 36(3), pp.196-205.
- Williams, A.P., Cook, B.I., Smerdon, J.E. (2022). Rapid intensification of the emerging southwestern North American megadrought in 2020–2021. *Nature Climate Change*, 12(3), pp.232-234.
- Yang, X., Jin, X., Zhou, Y. (2021). Wildfire risk assessment and zoning by integrating Maxent and GIS in Hunan province, China. *Forests*, 12(10), p.1299.
- Zhang, Y., Lim, S., Sharples, J.J. (2016). Modeling spatial patterns of wildfire occurrence in South-Eastern Australia. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(6), pp.1800-1815.

