



## Spatiotemporal Analysis of Wildfire Hazards in Lorestan Province applying MODIS Products

Akram Alinai<sup>1</sup>, Amir Gandomkar<sup>1\*</sup>, Alireza Abbassi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Geography, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

### ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:

Received 10 May 2021

Accepted 12 June 2021

Available online 12 June 2021

Keywords:

Temperature Risk, Fire, Land Use, Vegetation Index, Lorestan Province.

Citation: Alinai, A., Gandomkar, A., Abbassi, A. (2021). Spatiotemporal Analysis of Wildfire Hazards in Lorestan Province applying MODIS Products. *Geography and Sustainability of Environment*, 11 (1), 113-127.

doi: [10.22126/GES.2021.6469.2392](https://doi.org/10.22126/GES.2021.6469.2392)

### ABSTRACT

The risk of fires in natural areas is one of the most important climatic hazards in Lorestan Province. The current study aims to analyze the temporal series trend of wildfire events in natural areas and to reveal the spatial-temporal pattern of wildfire related to the type of land cover. In this regard, the data of MODIS fire product as well as land cover and vegetation product of MODIS during the 2000-2020 were used. Cross-tabulation matrix analysis and spatial correlation matrix were used to reveal the relationship between wildfire events and land cover. The findings showed that more than 70% of the total frequency of wildfire in natural resources (wildfire code 2) in Lorestan Province is related to June and then July. The results of cross-tabulation matrix analysis revealed that 3 uses of rangelands with medium canopy, low density forest lands and rainfed agricultural lands accounted for 0.75 of wildfires. More than 70% of the annual frequency of fire events in the two forest land cover classes was in June and July (June and July), which is significantly correlated with the density of vegetation in these classes two months ago (April and May). While the frequency of fires in rainfed agricultural lands was generally concentrated in August and September, it did not show a significant correlation with vegetation of any month. Practically, it can be said that the presence of vegetation density during April and May in the forest floors is one of the most important factors related to wildfire in following two months, June and July. Therefore, focusing on management over a 62-day period, from May 15 to July 16, 55% of fire incidents can be controlled in the area of pastures and forest floors.



## تحلیل زمانی - مکانی رخدادهای مخاطره آتش سوزی های طبیعی در استان لرستان با استفاده از محصولات سنجنده مادیس

اکرم علی نیا<sup>۱</sup>، امیر گندمکار<sup>۱\*</sup>، علیرضا عباسی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

مشخصات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: پژوهشی</p> <p>تاریخچه مقاله:</p> <p>دریافت ۲۰ اردیبهشت ۱۴۰۰</p> <p>پذیرش ۲۲ خرداد ۱۴۰۰</p> <p>دسترسی آنلاین ۲۲ خرداد ۱۴۰۰</p> <p>کلیدواژه‌ها:</p> <p>مخاطره دمایی، آتش سوزی، کاربری اراضی، شاخص پوشش گیاهی، استان لرستان.</p> <p>استناد: علی نیا، اکرم؛ گندمکار، امیر؛ عباسی، علیرضا (۱۴۰۰). تحلیل زمانی - مکانی رخدادهای مخاطره آتش سوزی های طبیعی در استان لرستان با استفاده از محصولات سنجنده مادیس. <i>جغرافیا و پایداری محیط</i>، ۱۱ (۱)، ۱۱۳-۱۲۷.</p> <p>doi: 10.22126/GES.2021.6469.2392</p>	<p>مخاطره آتش سوزی های عرصه های طبیعی در دوره گرم سال، یکی از مهم ترین مخاطرات اقلیمی استان لرستان است. هدف اساسی نوشتار پیش رو تحلیل روند سری زمانی رخدادهای آتش سوزی عرصه های طبیعی و آشکارسازی الگوی زمانی - مکانی کانون های آتش سوزی در ارتباط با نوع پوشش اراضی است. در این راستا از داده های محصول آتش سنجنده مادیس و نیز محصول پوشش اراضی و پوشش گیاهی سنجنده مادیس طی دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ استفاده شد. از تحلیل ماتریس اطلاعات متقاطع و ماتریس همبستگی فضایی، برای آشکارسازی ارتباط بین رخدادهای آتش سوزی و پوشش اراضی استفاده شد. نتایج نشان داد که بیش از ۷۰٪ کل فراوانی رخدادهای آتش سوزی عرصه های منابع طبیعی (آتش سوزی های با کد ۲) استان لرستان، مربوط به ماه ژوئن و سپس جولای است. نتایج حاصل از تحلیل ماتریس اطلاعات متقاطع بیانگر آن بود که سه کاربری مراتع با تاج پوشش متوسط، اراضی جنگلی کم تراکم و زمین های کشاورزی دیم، ۷۵٪ از تعداد رخدادهای آتش سوزی را به خود اختصاص داده اند. بیش از ۷۰٪ از فراوانی سالانه رخدادهای آتش سوزی در دو طبقه پوشش اراضی مراتع و اراضی جنگلی، در دو ماه ژوئن و جولای (خرداد و تیر) بوده است که با تراکم پوشش گیاهی دو ماه قبل در این طبقات (آوریل و می) همبستگی معنی داری داشته است؛ در حالی که فراوانی رخدادهای آتش سوزی زمین های کشاورزی دیم، به طور کلی در ماه های آگوست و سپتامبر متمرکز بوده است و همبستگی معنی داری با پوشش گیاهی هیچ ماهی نشان نداده است. به طور کاربردی می توان گفت که با توجه به اینکه وجود تراکم پوشش گیاهی در دو ماه آوریل و می در مراتع و اشکوب جنگلی استان، یکی از مهم ترین فاکتورهای محرک آتش سوزی های طبیعی در دو ماه بعد، یعنی ژوئن و جولای است؛ بنابراین با تمرکز مدیریت طی یک دوره زمانی ۶۲ روزه؛ یعنی ۲۵ اردیبهشت تا ۲۵ تیر در عرصه دو پوشش اراضی مراتع و اشکوب جنگلی، می توان ۵۵٪ از رخدادهای آتش سوزی را کنترل کرد.</p>

## مقدمه

گرمایش جهانی و تغییر اقلیم نیز از عوامل مهم آتش‌سوزی در جنگل‌های جهان و ایران به‌ویژه در سال‌های اخیر به‌شمار می‌رود. این عامل از راه افزایش میانگین دما، کاهش بارندگی و رطوبت نسبی و افزایش خشکسالی و بادهای گرم، نقش مهمی در فراوانی رخداد آتش‌سوزی‌ها در مناطق طبیعی و جنگلی داشته است (اسکندری، ۱۳۹۴، اسکندری و چاوویکو<sup>۱</sup>، ۲۰۱۵). رخداد و شدت موج‌های گرمایی در سال‌های اخیر در بخش‌هایی از جهان افزایش یافته است که یکی از عوامل افزایش فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی را می‌توان افزایش فراوانی و شدت امواج گرم در نظر گرفت (اسکندری و چاوویکو، ۲۰۱۵). موج گرمایی فرانسه در تابستان ۲۰۰۳ و همچنین موج گرمای تابستان ۲۰۱۰ قسمت‌های وسیعی از نیم‌کره شمالی همچون روسیه، قزاقستان، ایران، چین، شمال آفریقا و بخش‌هایی از اروپا را زیر پوشش خود قرار داد. رخداد خشکسالی و آتش‌سوزی در جنگل‌های غرب روسیه و رخداد سیلاب بی‌سابقه در بخش‌های گسترده‌ای از پاکستان را می‌توان از مهم‌ترین پیامدهای موج گرمایی در سال ۲۰۱۰ نام برد (مولودی و همکاران، ۱۳۹۵).

آتش‌سوزی با منشأ طبیعی یا انسانی به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم آثار مخرب و زیان‌باری بر جامعه‌های انسانی وارد می‌کند که در صورت بروز این واقعه، به‌دلیل تمرکز جمعیت در اطراف روستاها، تأثیر بسیار زیادی بر محیط‌زیست، آبادی‌ها و ساکنان آن‌ها می‌گذارد. محیط طبیعی جنگل‌ها و مراتع همیشه در معرض آسیب‌های طبیعی و تخریب قرار دارند. امروزه خشکسالی، فعالیت‌های شهری و کشاورزی انسان و آتش‌سوزی جزء فراگیرترین عوامل تخریب‌کننده اکوسیستم‌های طبیعی به‌شمار می‌روند (بین<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۴).

در میان عوامل مخرب، آتش‌سوزی به‌عنوان یکی از عوامل اصلی تخریب اکوسیستم‌های طبیعی شناخته‌شده که سالانه خسارت‌های فراوانی را به این عرصه‌ها وارد می‌سازد و افزون بر خسارت‌های اقتصادی، آلودگی‌های شدید زیست‌محیطی را نیز به‌دنبال دارند. آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی نه‌تنها از دیدگاه محیط‌زیست؛ بلکه از نظر اقتصادی، اجتماعی و امنیتی از جمله اصلی‌ترین نگرانی‌ها و چالش‌های موجود در بسیاری از نقاط جهان هستند (پورتقی<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۵؛ لبلون<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). براساس آمار منتشرشده از سوی سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، سالانه هزاران مورد آتش‌سوزی با علل طبیعی یا انسانی در مناطق مختلف ایران رخ می‌دهد که به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم اثرات زیان‌بار و ویرانگری بر زندگی بشر بر جای می‌گذارد (اسکندری و چاوویکو، ۲۰۱۵).

امروزه تغییر جنگل‌ها و مراتع به زمین‌های کشاورزی، به یکی از نگرانی‌های درخور توجه در سراسر جهان، درزمینه تخریب محیط‌زیست و تغییر اقلیم جهانی تبدیل شده است. در یک اکوسیستم جنگلی، تنها ۵٪ تا ۲۰٪ از تابش خورشیدی به سطح زمین می‌رسد (بلترامی و هریس<sup>۵</sup>، ۲۰۰۱)؛ بنابراین حذف هر درخت باعث افزایش چشم‌گیر تابش خورشیدی در سطح زمین می‌شود (آبر<sup>۶</sup>، ۱۹۹۵). به‌دلیل قرار گرفتن کشور ایران در کمربند خشک کره زمین و ناحیه پرفشار جنب‌حاره‌ای، شرایط جوئی لازم برای وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع فراهم است؛ از دیگرسو، عوامل انسانی همچون بی‌احتیاطی مسافران یا آتش‌سوزی‌های عمدی برای تبدیل اراضی جنگلی به کشاورزی، باعث ایجاد آتش‌سوزی در پهنه‌های جنگلی ایران شده است (سرکارگر اردکانی<sup>۷</sup>، ۲۰۰۷).

- 1- Chuvieco
- 2- Yin
- 3- Pourtaghi
- 4- Leblon
- 5- Beltrami & Harris
- 6- Aber
- 7- Sarkargar Ardakani

در استان لرستان نیز طی سه دهه اخیر تغییر در کاربری / پوشش اراضی، نقش اساسی در تغییرات شرایط اقلیمی منطقه داشته است. برخی از تظاهرات و واداشتهای اقلیمی همچون افزایش در دمای هوا و دمای سطح زمین و به تبع آن افزایش در فراوانی آتش سوزی ها در عرصه های جنگلی و مرتعی را به دنبال داشته است. تغییر پهنه های جنگلی، زیر کشت رفتن مراتع و توسعه اراضی شهری، وجود واحدهای دامی بیش از توان مرتع در مراتع استان، الگوهای کشت نامناسب از جمله چغندر، سیب زمینی و برنج، کاهش مساحت باغات و غیره از مظاهر تغییر در پوشش اراضی هستند که نقش اساسی در تغییرات فاکتورها اقلیمی همچون دما، آلودگی و تابش داشته و این تغییرات فاکتورها اقلیمی، خود منجر به برخی پیامدهای مخاطره آمیز دیگر از جمله آتش سوزی در مراتع و زمین های کشاورزی و عرصه های جنگلی، رخدادهای ریزگردها با منشأ محلی، بروز امواج گرم و پیامدهای غیر مستقیم اقلیمی همچون ایجاد سیلابها و روانابهای شدید، فرسایش خاک و از بین رفتن حاصل خیزی خاک می شود.

استفاده از داده های سنجنده دوری، برای پایش آتش سوزی، به ویژه در مناطق صعب العبور و پناه گاهی حفاظت شده، بسیار مهم است. برخی از پژوهش ها کارایی الگوریتم های مختلف آشکارسازی و شناسایی آتش مبتنی بر تصاویر ماهواره ای را در نواحی صعب العبور و پناهگاه های حیات وحش بررسی و ارزیابی کرده اند (ناو ژانگ<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۸) و کارایی آن ها را در تولید سیستم پیش هشدار آتش سوزی مبتنی بر عناصر محیطی اثبات کرده اند (آقازاده، ۱۳۹۹؛ نا<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۸). نتایج بررسی های مختلف، کارایی الگوریتم های آشکارگر آتش سوزی مبتنی بر سنجنده دور را در نواحی مختلف دنیا اثبات کرده اند (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۸؛ هنگ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۷؛ چن<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۴؛ زامبرونن<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۱).

به کارگیری داده های سنجنده هیماروی<sup>۶</sup> با استفاده از الگوریتم آستانه<sup>۷</sup> و روش تفسیر بصری برای آشکارسازی و نظارت بر کل پروسه آتش سوزی علف های هرز که در مناطق مرتعی مرز جنوبی مغولستان رخ داده، نشان می دهد که آتش سوزی علفزار برای دو روز و هشت ساعت با مساحت حدود ۲۰۰۰ کیلومتر مربع سوزانده شده است که اطلاعات سنجنده هیماروی با دقت بالا و به موقع توانست این آتش سوزی را آشکار کرده و اطلاع رسانی کند که این مسئله توانست کارایی بالای این الگوریتم ها را در آشکارسازی و پیش هشداردهی رخدادهای آتش سوزی نشان دهد.

کاربری / پوشش اراضی یکی از مهم ترین و اساسی ترین تغییرهای مرتبط با آتش سوزی است. بسیاری از پژوهش ها، به تحلیل فراوانی رخدادهای آتش سوزی آشکار شده از تصاویر سنجنده دور، به تفکیک طبقات پوشش اراضی اقدام کرده اند (جانباز قبادی، ۱۳۹۸)؛ برای نمونه تحلیل فراوانی رخدادهای آتش سوزی در جنگل های استان گلستان نشان داد که بیشتر آتش سوزی ها در مناطق جنگلی با تاج پوشش انبوه و همچنین در مناطق جنگلی با تاج پوشش متوسط و در مرحله بعد در مناطق بیشه زار و بوته زارها اتفاق افتاده است. از لحاظ ساختار ارتفاعی، توزیع رخدادهای آتش سوزی نیز مشاهده شد حدود ۹۰٪ آتش سوزی ها در پهنه های ارتفاعی متوسط بین ۷۰۰ تا ۱۵۰۰ متر رخ داده اند. (جانباز قبادی، ۱۳۹۸).

افزون بر کاربری اراضی، فاکتورهای اقلیمی همچون دمای بیشینه روزانه در ماه های فصل گرم، افزون بر کمیت رخدادهای، وسعت آتش سوزی را نیز کنترل می کند (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۶). بیشتر پژوهش های مرتبط با

1- Na &amp; Zang

2- Na

3- Hong

4- Chen

5- Zumbrunnen

6- Advance Himawari Imaging (AHI)

7- Threshold

عوامل محیطی آتش‌سوزی، در بین فاکتورهای اقلیمی، میانگین یا بیشینه دمای روزانه به علاوه رطوبت نسبی و بارش سالانه را تبیین‌کننده اصلی رخدادهای آتش‌سوزی در عرصه منابع طبیعی می‌دانند (هنگ و همکاران، ۲۰۱۷). در پژوهشی که این مسئله را در مورد جنگل‌های شهرستان نکا و بهشهر بررسی کرده است (ارتباط عناصر اقلیمی با وسعت آتش‌سوزی)، مشاهده شد که بین تعداد آتش‌سوزی‌های به‌وقوع‌پیوسته در این منطقه و متوسط درجه حرارت سالانه و متوسط بارندگی سالانه در سطح اطمینان ۹۵٪ رابطه معنی‌داری وجود داشته است و از دیگر سو همین رابطه به‌صورت قوی‌تری (در سطح ۰/۹۹ اطمینان) بین وسعت آتش‌سوزی‌های به‌وقوع‌پیوسته و متوسط بارندگی سالانه در سطح جنگل‌ها و مراتع منطقه وجود داشته است.

این رابطه همیشه صادق نیست و ممکن است عوامل و فاکتورهای مداخله‌گر دیگری آن را تحت تأثیر قرار دهند؛ برای نمونه رابطه‌ای که پیش‌تر در مورد جنگل‌های شهرستان بهشهر، مطرح شد، درباره جنگل‌های شهرستان نکا معنی‌دار نبود (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۶)؛ در حالی که در جنگل‌های استان گلستان، در پژوهش دیگری مشاهده شد که بین آتش‌سوزی‌های استان گلستان و میانگین درجه حرارت سالانه، رابطه مستقیم و بین این آتش‌سوزی‌ها و میانگین رطوبت نسبی سالانه رابطه معکوس وجود دارد (اسکندری، ۱۳۹۴). افزون بر مقادیر کمی تغییرهای اقلیمی و توزیع زمانی آن‌ها نیز می‌توانند از مهم‌ترین فاکتورهای دخیل در کنترل آتش‌سوزی باشد (چن و همکاران، ۲۰۱۴).

رویکرد دیگری که در ارتباط با کنترل آتش‌سوزی منابع طبیعی وجود دارد، در واقع رویکرد برنامه‌ریزی مبتنی بر تولید نقشه‌های ریسک آتش‌سوزی در مناطق مختلف است. پژوهشی که در راستای تولید نقشه‌های ریسک آتش‌سوزی جنگل‌های استان گیلان انجام شده است، نشان داد که نقشه طبقات ریسک آتش‌سوزی که با در نظر گرفتن عوامل توپوگرافی، اقلیم، پوشش گیاهی و عوامل اقتصادی - اجتماعی با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی تولید شده بود، ۰/۶۶ از رخدادهای واقعی آتش‌سوزی در جنگل‌های استان را در طبقه ریسک بالا برآورد کرده بود (زرعکار و همکاران، ۱۳۹۲)؛ اما در این مدل‌های تولید نقشه آتش‌سوزی، همیشه عناصر و برآوردگرهای ثابتی وجود ندارند؛ برای نمونه نقشه‌های طبقه‌بندی ریسک آتش‌سوزی تولیدشده در سوئیس، دو فاکتور اقلیم (رژیم اقلیمی، امواج گرم، ساختار باده‌ها، توزیع زمانی و مکانی رطوبت و بارش) و شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در توزیع فضایی رخدادهای آتش‌سوزی در سطح جنگل‌های این کشور هستند (زامیزون، ۲۰۱۱). همان‌طور که در پژوهش‌های پیش‌گفته مشاهده شد، در کنار عوامل انسانی تأثیرگذار<sup>۱</sup> در تحریک رخداد آتش‌سوزی، عوامل اقلیمی و کاربری اراضی، نقش اساسی در توزیع زمانی - مکانی رخدادهای آتش‌سوزی ایفا می‌کنند که استفاده از محصولات سنجش‌ازدوری تا حد قابل توجهی به آشکارسازی این ارتباطات کمک کرده است؛ بنابراین هدف اساسی نوشتار پیش رو، بررسی توزیع زمانی مکانی رخدادهای آتش‌سوزی در سطح استان لرستان در ارتباط با ساختار کاربری اراضی و پوشش گیاهی استان است.

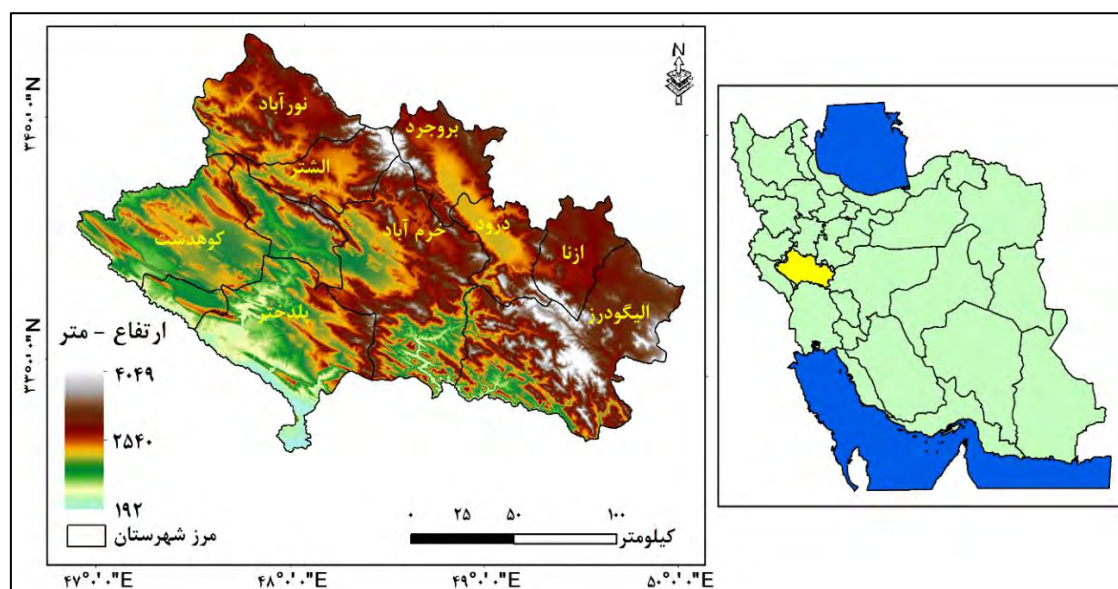
### معرفی منطقه مورد بررسی

استان لرستان با مساحت ۲۸۳۰۸ کیلومترمربع در موقعیت "۵۵° ۵۲' ۴۶" و تا "۴۵° ۱۰' ۵۰" طول شرقی و "۳۸' ۳۲° تا "۰۰' ۲۵' ۳۴" عرض شمالی واقع شده است. این استان سرزمینی کوهستانی است که میانگین ارتفاع آن بیش از ۲۲۰۰ متر از سطح دریا است. ۴۰٪ از مساحت این استان پوشیده از اراضی جنگلی با غالبیت گونه بلوط زاگرس است و بخش وسیعی از زمین‌های استان را نیز مراتع تشکیل می‌دهند. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های استان

لرستان، تنوع توپوگرافیکی آن است که این تنوع توپوگرافیکی به طوری که دامنه ارتفاعی استان از ۱۹۲ متر در بخش های جنوبی شهرستان پلدختر تا بیش از ۴۰۰۰ متر در ارتفاعات اشترانکوه شهرستان دورود و الیگودرز متفاوت است. این تنوع توپوگرافیک خود را در تنوع اقلیمی و به تبع آن تنوع پوشش گیاهی و اشکوب های مختلف جنگلی نشان داده است (شکل ۱).

## مواد و روش ها

در نوشتار پیش رو برای آشکارسازی ارتباط بین فراوانی رخدادهای آتش سوزی در طبقات مختلف کاربری اراضی، از تحلیل ماتریس اطلاعات متقاطع<sup>۱</sup> در نرم افزار آرک.جی.آی.اس<sup>۲</sup> استفاده شد. از آنجاکه یکی از اهداف اصلی پژوهش، بررسی و آشکارسازی ارتباط بین طبقات پوشش اراضی و فراوانی رخدادهای آتش سوزی عرصه های طبیعی در استان لرستان بوده؛ بنابراین با تکنیک تحلیل ماتریس متقاطع، ارتباط بین این دو فاکتور مشخص شد. داده های مربوط به رخدادهای آتش سوزی از محصول آتش فعال سنجنده مادیس در مقیاس روزانه برای دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰، از پایگاه داده های سنجنده مادیس<sup>۳</sup> گرفته شد (جدول ۱). داده های مربوط به رخدادهای آتش سوزی دارای دو دسته بوده اند، دسته اول کدهای آتش سوزی ثبت شده در عرصه های فاقد پوشش گیاهی (کد صفر) و دسته دوم کدهای آتش سوزی ثبت شده مربوط به عرصه های پوشش گیاهی (کد ۲) بودند که در پژوهش حاضر از داده های آتش سوزی کد ۰۲ که مربوط به آتش سوزی های ثبت شده در عرصه های منابع طبیعی است، استفاده شد؛ اما محصول طبقات پوشش اراضی از محصول کامپوزیت سنجنده مادیس از پایگاه داده های این سنجنده<sup>۴</sup> با کد محصول MCD12Q1، اخذ شد. در واقع این محصول مشتق شده سنجنده مادیس بوده و طبقات کاربری اراضی در آن براساس سیستم طبقه بندی برنامه بین المللی ژئوسفر - بیوسفر<sup>۵</sup> که در سیستم طبقه بندی یاد شده در نوشتار پیش رو از آن استفاده شد، به طور کلی پوشش یا کاربری اراضی در هفده طبقه قرار می گیرد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی استان لرستان

- 1- Cross-Tabulate Matrix
- 2- ArcGIS
- 3- (MODIS( <https://modis-land.gsfc.nasa.gov/fire.html>
- 4- <https://lpdaac.usgs.gov/products/mcd12q1v006/>
- 5- International Geosphere-Biosphere Program (IGBP)

جدول ۱. انواع داده‌های استفاده‌شده در پژوهش حاضر

نوع داده	منبع	رزولوشن فضایی	دوره آماری	تعداد تصاویر اخذشده
طبقات کاربری اراضی	محصول MCD12Q1 سنجنده مادیس	۱ کیلومتر	سالانه ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰	۴۲ تصویر سالانه
محصول آتش فعال	محصول MOD14، سنجنده مادیس	۱ کیلومتر	ماهانه ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰	۵۰۴ تصویر ماهانه
محصول پوشش گیاهی	محصول MOD13A3، سنجنده مادیس	۱ کیلومتر	ماهانه ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰	۵۰۴ تصویر ماهانه

یکی دیگر از تحلیل‌هایی که در جستار پیش رو برای آشکارسازی الگوی توزیع فضایی رخدادهای آتش‌سوزی استفاده شد، تحلیل ماتریس همبستگی بین توزیع فضایی رخدادهای ماهانه آتش‌سوزی و شاخص پوشش گیاهی سنجنده مادیس بود.

$$\frac{\Sigma}{\sqrt{\quad}}$$

رابطه ۱: تحلیل ماتریس همبستگی

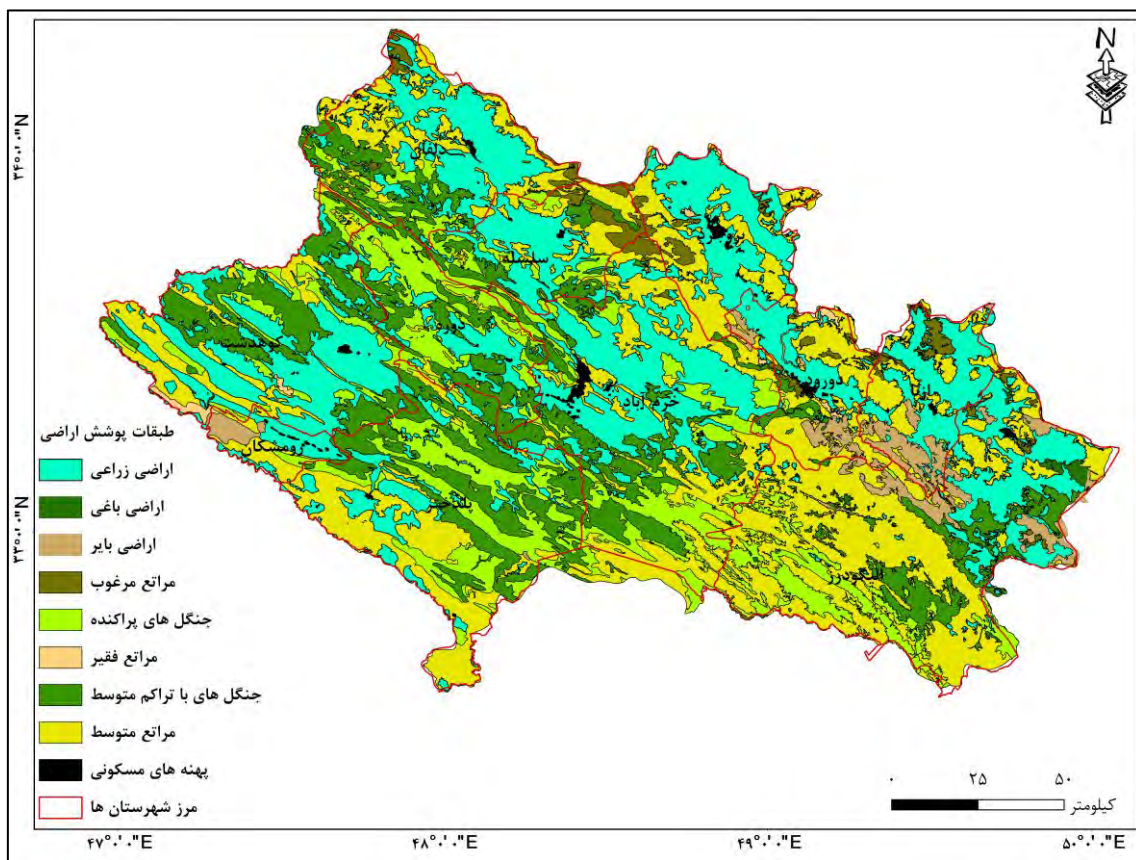
که در آن، مقادیر  $x$  و  $y$  به ترتیب مربوط به هر کدام از پیکسل‌های لایه رستر پوشش گیاهی و لایه فراوانی رخدادهای ماهانه آتش‌سوزی است. محصول پوشش گیاهی ماهانه همین سنجنده با رزولوشن فضایی ۱ کیلومتر با عنوان MOD13A3 نیز برای تحلیل همبستگی فضایی بین فراوانی رخدادهای سالانه آتش‌سوزی و شاخص تراکم پوشش گیاهی هر کدام از طبقات پوشش اراضی، نیز اخذ شد.

لازم به ذکر است که همه محصولات مادیس برای استان لرستان در دو بلوک تصویری H21v05 و H22V05، کل استان لرستان را پوشش می‌داد؛ بنابراین دو بلوک تصویری پیش‌گفته برای استان لرستان طی دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ گرفته و موزاییک‌سازی شد. بر این اساس برای پژوهش حاضر طی دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰، به‌طور کلی ۴۲ تصویر از محصول پوشش اراضی، ۵۰۴ محصول ماهانه رخدادهای آتش‌سوزی و ۵۰۴ محصول ماهانه شاخص پوشش گیاهی استفاده شد.

## نتایج

براساس طبقات کاربری اراضی محصول MCD12Q1، به‌طور کلی در سطح استان لرستان نه طبقه کاربری اراضی وجود دارد که در بین این طبقات، اراضی زراعی شامل کشت آبی و کشت دیم، وسیع‌ترین پهنه کاربری اراضی در سطح استان لرستان است. مساحت این طبقه پوشش اراضی براساس محصول لندکاور مادیس در سال ۲۰۲۰ برابر ۸۵۰ هزار هکتار بوده که برابر ۲۷٪ از مساحت کل استان لرستان بوده است. این پوشش به‌طور کلی در نیمه شمالی و غربی استان به‌ویژه شهرستان‌های کوه‌دشت، شمال خرم‌آباد، نورآباد و بروجرد دیده می‌شود و در بخش‌های جنوبی استان که عموماً دارای توپوگرافی به‌نسبت خشن تری است، دیده نمی‌شود. مساحت اراضی جنگلی با در نظر گرفتن طبقات جنگلی کم‌تراکم و با تراکم متوسط، به‌طور کلی برابر ۱۱۵۰ هزار هکتار یعنی ۴۰٪ از مساحت استان است. این اراضی جنگلی در بخش‌های مرکزی استان لرستان با جهت شمال غرب - جنوب شرق در سطح استان دیده شده و تراکم آن‌ها در بخش‌های جنوب و جنوب شرق استان بالاتر است (شکل ۲).

سومین پوشش وسیع در سطح استان لرستان مراتع است که به‌طور کلی از نوع مراتع با تاج‌پوشش متوسط یک‌ساله است. این مراتع مساحتی حدود ۸۰۰ هزار هکتار، برابر ۲۵٪ از مساحت استان را به خود اختصاص داده است (جدول ۲).



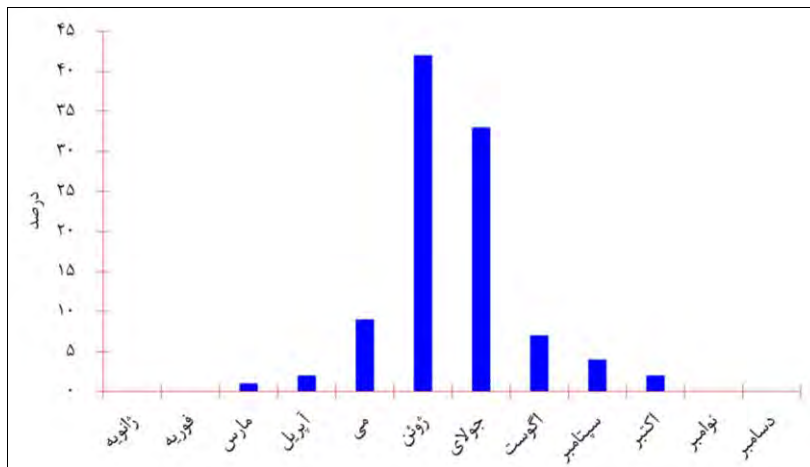
شکل ۲. طبقات کاربری اراضی محصول MCD12Q1، سنجنده مادیس

جدول ۲. مساحت هرکدام از طبقات پوشش اراضی محصول MCD12Q1، سنجنده مادیس در سطح استان لرستان (سال ۲۰۱۹)

درصد نسبی	هکتار	طبقه پوشش اراضی
۳۲	۸۵۳۰۲۲	زمین های کشاورزی
۰/۴	۱۰۸۴۶	زمین های باغی
۲	۵۶۳۶۱	مراتع خوب
۲۹	۷۲۵۲۴۶	مراتع متوسط
۰/۳	۹۰۸۲	مراتع فقیر
۱۵	۵۲۹۷۵۳	زمین های جنگلی با تراکم کم
۱۷	۵۸۸۸۴۱	زمین های جنگلی با تراکم متوسط
۳	۸۴۲۴۳	زمین های بایر
۰/۵	۱۳۵۸۶	زمین های مسکونی

زمین های بایر مساحتی در حدود ۳٪ از استان لرستان، برابر ۸۴۲۴۳ هکتار را به خود اختصاص داده است. تحلیل زمانی - مکانی رخدادهای آتش سوزی با استفاده از داده های محصول MOD14، سنجنده مادیس، نشان داد که دو ماه ژوئن و سپس جولای حدود ۷۵٪ از فراوانی کل رخدادهای آتش سوزی های ثبت شده استان را طی دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ به خود اختصاص داده اند، ماه های می و سپس آگوست پس از این دو ماه بیشترین فراوانی رخدادهای آتش سوزی را به خود اختصاص داده اند (شکل ۳)؛ بنابراین ۹۱٪ از فراوانی کل رخدادهای آتش سوزی ثبت شده در استان لرستان در ۴ ماه می تا آگوست توزیع شده است و در خارج از این ۴ ماه، تنها ۹٪ از کل فراوانی رخدادهای ثبت شده استان لرستان رخ داده است.

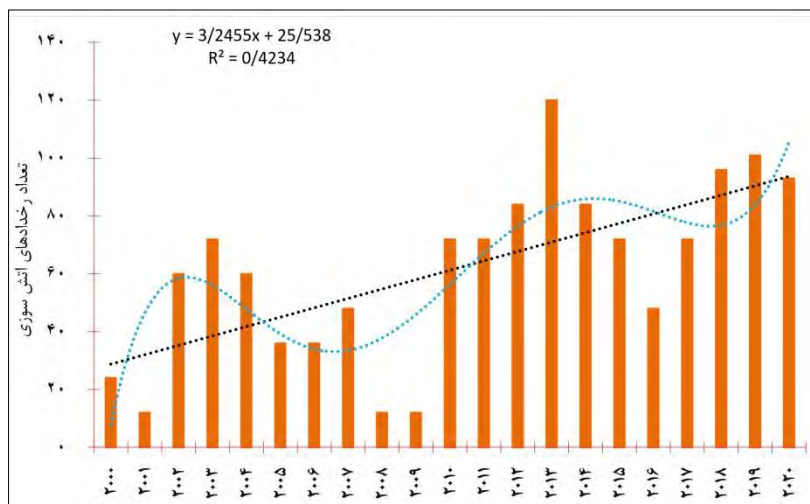




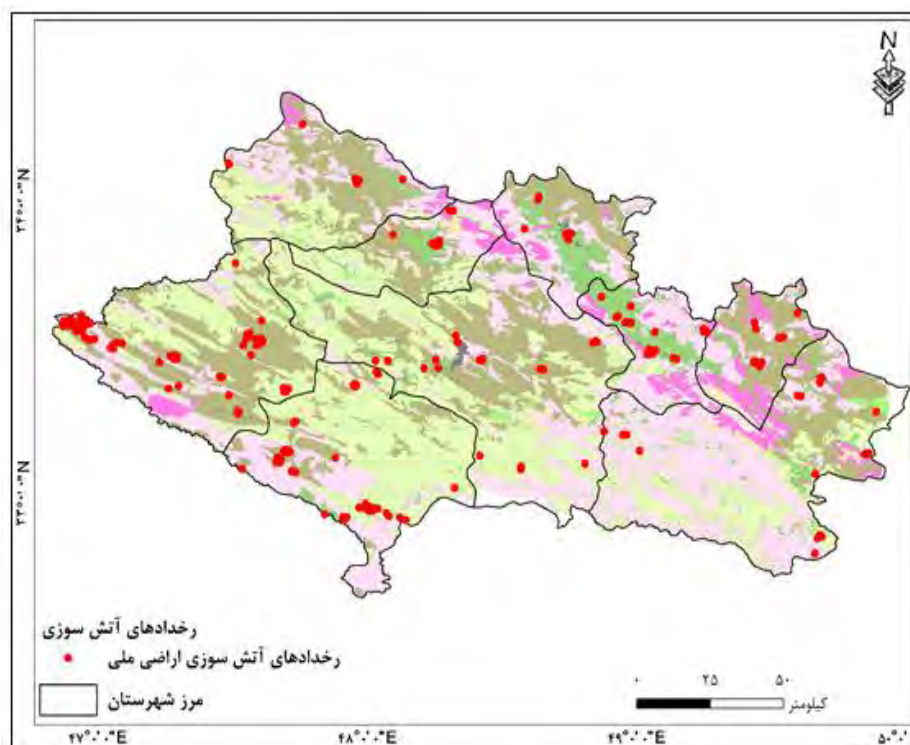
شکل ۳. توزیع فراوانی درون‌سالی رخدادهای آتش‌سوزی‌های ثبت‌شده طی دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ براساس محصول MOD14، سنجنده مادیس

از لحاظ روند بلندمدت رخدادهای آتش‌سوزی در سطح استان، نتایج نوشتار پیش رو بیانگر وجود روندی افزایشی در فراوانی رخدادهای سالانه آتش‌سوزی در سطح استان لرستان بود (شکل ۴). بررسی روند ۲۱ ساله (۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰) فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی محصول MOD14، سنجنده مادیس، در سطح استان لرستان، گویای آن است که فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در سطح استان، به‌طور کلی با شیب سالانه سه رخداد، روند افزایشی داشته است؛ اما در کنار این روند کلی، فراوانی سالانه رخدادهای آتش‌سوزی در سطح استان، یک الگوی نوسان دوره‌ای داشته است. در این سری زمانی ۲۱ ساله، سه دوره افزایشی و دو دوره کاهش در فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی مشاهده شده است. سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴؛ ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ و در نهایت ۲۰۱۸ به بعد (تا سال ۲۰۲۱) دوره‌های افزایشی در رخدادهای آتش‌سوزی بوده‌اند؛ در حالی که طی دوره ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ و ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷، فاز کاهش در رخدادهای آتش‌سوزی سطح استان بوده است.

توزیع فضایی هسته‌های پرفراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در شکل ۵ موقعیت‌هایی که طی دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰، بیشترین فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی آشکار شده با سنجنده مادیس را داشته‌اند، در سطح استان لرستان ارائه شده است. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، شهرستان‌های کوهدشت و سپس پلدختر، بیشترین کانون‌های ثابت رخدادهای آتش‌سوزی را طی دوره مورد بررسی؛ یعنی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰، به خود اختصاص داده‌اند.

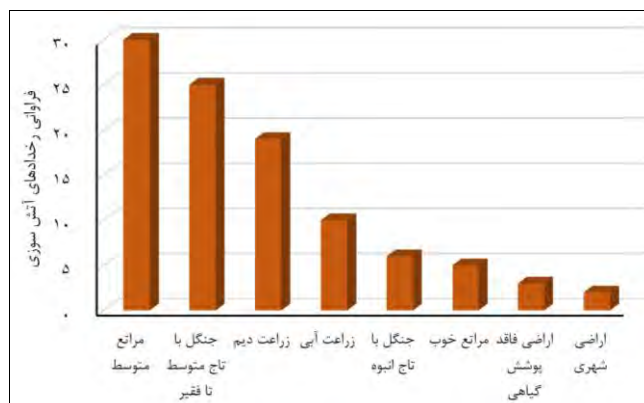


شکل ۴. روند ۲۱ ساله فراوانی رخداد آتش‌سوزی محصول آتش‌فعال سنجنده مادیس (ACTIVE FIRE-MOD14)



شکل ۵. توزیع فراوانی کانون های رخداد آتش سوزی محصول آتش فعال سنجنده مادیس (ACTIVE FIRE-MOD14)

تحلیل ماتریس متقاطع بین فراوانی رخدادهای کل آتش سوزی های کد ۰۲ محصول MOD14 و لایه کامپوزیت پوشش اراضی همین سنجنده (محصول MCD12Q1) بیانگر آن بود که بیشترین فراوانی رخدادهای آتش سوزی در طبقه پوشش اراضی متوسط تا فقیر بوده است. در این طبقه کاربری اراضی که به صورت پراکنده در همه جای استان دیده می شود و شهرستان های کوهدشت، پلدختر، خرم آباد، بیشترین سهم را از این اراضی دارند، ۳۰٪ از کل رخدادهای آتش سوزی های آشکار شده به وسیله سنجنده مادیس ثبت شده است. در زمین های جنگلی نیز، ۲۵٪ از رخدادهای آتش سوزی ثبت شده است. در زمین های کشاورزی دیم حدود ۱۹٪ از کل رخدادهای سالانه آتش سوزی های اراضی منابع طبیعی ثبت شده است (شکل ۶). به طور کلی مراتع فقیر تا متوسط و طبقه اراضی جنگلی با تاج پوشش فقیر تا متوسط، ۵۵٪ از کل رخدادهای آتش سوزی های ثبت شده کد ۰۲ (آتش سوزی در عرصه های منابع طبیعی) را به خود اختصاص داده است؛ در حالی که زمین های کشاورزی دیم و آبی به طور کلی ۲۹٪ از کل رخدادهای آتش سوزی کد ۰۲ را به خود اختصاص داده اند.



شکل ۶. توزیع رخدادهای آتش سوزی در طبقات کاربری اراضی محصول MCD12Q1، سنجنده مادیس

تحلیل ماتریس اطلاعات متقاطع نشان داد که ۷۵٪ از کل رخدادهای آتش‌سوزی ثبت‌شده در استان لرستان، مربوط به سه طبقه پوشش اراضی، مراتع فقیر تا متوسط، اراضی جنگلی با تاج‌پوشش متوسط تا ضعیف، و زمین‌های کشاورزی دیم هستند. توزیع ماهانه درصد فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در طبقات سه‌گانه با بیشترین فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی نشان می‌دهد که در طبقه پوشش اراضی، مراتع متوسط تا فقیر، ۷۳٪ کل رخدادهای آتش‌سوزی ثبت‌شده در این طبقه، در دو ماه ژوئن و جولای ثبت شده است. در ماه می و آگوست نیز در مجموع ۲۰٪ از کل رخدادهای آتش‌سوزی‌های این طبقه، ثبت شده است (جدول ۳). توزیع ماهانه رخدادهای آتش‌سوزی‌های کد ۲، در طبقه پوشش جنگلی نیز مشابه طبقه پوشش مراتع است؛ به‌گونه‌ای که در این پوشش نیز، ۷۰٪ فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در دو ماه ژوئن و جولای ثبت شده و ۲۲٪ از رخدادهای آتش‌سوزی در ماه‌های می و آگوست به ثبت رسیده است؛ اما توزیع ماهانه رخدادهای آتش‌سوزی در طبقه زمین‌های کشاورزی دیم به‌طور کلی در ماه‌های آگوست و سپتامبر متمرکز است. در این دو ماه، ۷۴٪ از کل رخدادهای آتش‌سوزی ثبت‌شده در طبقه پوشش زمین‌های کشاورزی دیم، ثبت شده است (جدول ۳).

ماتریس همبستگی بین شاخص تراکم پوشش گیاهی ماهانه (محصول MOD13A3، سنجنده مادیس) با فراوانی کل رخدادهای آتش‌سوزی ثبت‌شده در سه طبقه کاربری با بیشترین رخداد آتش‌سوزی، نشان داد که در دو طبقه پوشش اراضی مراتع متوسط تا فقیر و اراضی جنگلی با تاج‌پوشش متوسط تا فقیر، فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی سالانه با شاخص پوشش گیاهی ماه‌های آوریل و می همبستگی معنی‌داری نشان داده است، اما آتش‌سوزی‌های سالانه در زمین‌های کشاورزی دیم، ارتباط معنی‌داری با شاخص پوشش گیاهی هیچ‌کدام از ماه‌ها نشان نداده است؛ بنابراین تراکم پوشش گیاهی در دو ماه آپریل و می می‌تواند به‌صورت معنی‌داری فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی را در دو طبقه اشکوب جنگلی و اراضی مرتعی در دو ماه بعد، یعنی ژوئن و جولای بالا ببرد (جدول ۴).

جدول ۳. توزیع ماهانه فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در هر کدام از طبقات سه‌گانه کاربری اراضی

ماه	مراتع متوسط	جنگل با تاج متوسط تا فقیر	کشاورزی دیم
ژانویه	۰	۰	۰
فوریه	۰	۰	۰
مارس	۰	۰	۰
آوریل	۳	۴	۰
می	۱۲	۱۰	۰
ژوئن	۴۲	۴۲	۱۰
جولای	۳۱	۲۸	۱۲
آگوست	۸	۱۱	۴۴
سپتامبر	۴	۳	۳۰
اکتبر	۰	۱	۴
نوامبر	۰	۰	۰
دسامبر	۰	۰	۰

جدول ۴. ماتریس همبستگی بین فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی با مقادیر شاخص پوشش گیاهی ماهانه محصول MOD13Q1 (میانگین دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰)

ماه	مراتع متوسط تا فقیر	اراضی جنگلی با تاج‌پوشش متوسط تا فقیر	کشاورزی دیم
ژانویه	۰۰	۰۰	۰۰
فوریه	۰۰	۰۵	۰۰
مارس	۲۷	۱۹	۰۰
آوریل	۴۲	۳۷	۰۰

ادامه جدول ۴. ماتریس همبستگی بین فراوانی رخدادهای آتش سوزی با مقادیر شاخص پوشش گیاهی ماهانه محصول MOD13Q1 (میانگین دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰)

ماه	مراتع متوسط تا فقیر	اراضی جنگلی با تاج پوشش متوسط تا فقیر	کشاورزی دیم
می	۵۰	۵۳	۱۱
ژوئن	۳۲	۳۰	۱۷
جولای	۱۷	۱۸	۲۴
آگوست	۱۸	۰۰	۱۲
سپتامبر	۰۰	۰۰	۲۳
اکتبر	۰۰	۰۰	۱۸
نوامبر	۰۰	۰۰	۰۰
دسامبر	۰۰	۰۰	۰۰

### بحث

یکی از مهم ترین مزیت های نسبی استان لرستان در عرصه منابع طبیعی، وجود جنگل های زاگرس در این استان است؛ به طوری که ۴۰٪ از مساحت این استان پوشیده از تاج پوشش های متراکم تا فقیر جنگل های بلوط زاگرس است. مراتع این استان نیز ظرفیت بسیار قابل توجهی برای دامداری در این استان فراهم کرده است؛ به گونه ای که از لحاظ نسبت واحد دامی بر سطح یا تراکم دام در مرتع، استان لرستان، در رتبه نخست کشور قرار دارد؛ اما یکی از مهم ترین تهدیدهایی که برای این مزیت بزرگ استان وجود دارد و در دو دهه اخیر تشدید شده و منجر به خسارت های قابل توجهی به جنگل ها و مراتع استان لرستان شده، رخدادهای آتش سوزی عرصه های طبیعی است. مسئله ای که در نوشتار پیش رو بررسی و تحلیل شد، آشکارسازی ارتباط بین توزیع زمانی - مکانی رخدادهای آتش سوزی های عرصه های منابع طبیعی در ارتباط با ساختار پوشش اراضی و پوشش گیاهی استان لرستان بود. این موضوع برای بسیاری از پژوهش های داخلی و خارجی جذاب بوده است. عمده بررسی هایی که در این زمینه وجود دارد، با رویکرد، تولید نقشه های پتانسیل سنجی مخاطره آتش سوزی با تلفیق وزن دار مجموعه ای از عوامل دخیل در رخداد آتش سوزی، به تولید نقشه های ریسک آتش سوزی در نواحی مختلف اقدام کرده اند. با توجه به اینکه یکی از اساسی ترین یافته های این پژوهش ها، تولید پهنه ها و کلاس های ریسک آتش سوزی است؛ بنابراین می توانند از لحاظ بررسی توزیع فضایی رخدادهای آتش سوزی با یافته های نوشتار پیش رو مقایسه شوند. یکی از مهم ترین یافته های جستار حاضر این بود که توزیع فضایی رخدادهای آتش سوزی کد ۰۲، به صورت معنی داری با پوشش اراضی مرتبط است.

دو طبقه پوشش اراضی جنگل های با تاج پوشش متوسط و اراضی مرتعی فقیر تا متوسط به ترتیب ۲۵٪ و ۳۰٪ از کل رخدادهای آتش سوزی سالانه ثبت شده در استان لرستان را به خود اختصاص می دهند. چنین نتیجه ای در پژوهش های دیگری نیز با وجود متفاوت بودن منطقه مورد مطالعه، مشاهده شده است. در پژوهش جانباز قبادی (۱۳۸۹) که به تولید نقشه ریسک آتش سوزی در عرصه های طبیعی استان گلستان اقدام کرده بود، مشاهده شد که بیشینه رخدادهای آتش سوزی در مناطق جنگلی با تاج پوشش متوسط تا انبوه، متمرکز بوده است؛ اما به طور دقیق تر در این زمینه نتیجه بررسی گراوند و همکاران (۱۳۹۲)، قابل بررسی است. این پژوهش که با هدف تولید نقشه ریسک آتش سوزی در استان لرستان انجام گرفته است، نشان داد که بیشترین وقوع آتش سوزی در کاربری جنگل با تاج پوشش متوسط (۳۶٪) و مرتع با تاج پوشش متوسط (۲۵٪) متمرکز بوده است.

یکی دیگر از طبقات کاربری اراضی که در نوشتار پیش رو مشخص شد و بخش قابل توجهی از رخدادهای آتش سوزی آشکار شده سنجنده مادیس را به خود اختصاص داده است، طبقه زمین های کشاورزی دیم بود. بر اساس

یافته‌های پژوهش مشخص شد که این طبقه کاربری اراضی سهمی ۱۹ درصدی از کل رخدادهای آتش‌سوزی ثبت‌شده سالانه در سطح استان لرستان را به خود اختصاص داده است. آتش‌زدن پسماندهای زراعی به‌وسیله کشاورزان به‌ویژه پس از برداشت محصول، یکی از دلایل عمده این رخدادهای آتش‌سوزی سالانه در بررسی زامبرون و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده شد که به‌طور متوسط ۱۴٪ از کل رخدادهای آتش‌سوزی سالانه در سوئیس، مربوط به طبقه کاربری زمین‌های کشاورزی (کراپ‌لندها) بوده است. اگر زمین‌های کشاورزی در ارتباط با اراضی جنگلی و مرتعی باشد که نمونه بارز آن در جنگل‌های بلوط استان لرستان به‌روشنی مشاهده می‌شود و زراعت در اشکوب جنگلی در بخش‌های وسیعی از استان انجام شده است، اهمیت این مسئله دوچندان می‌شود.

مادا<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۹) این نوع زمین‌های کشاورزی اشکوب جنگلی را محرک اصلی آتش‌سوزی جنگل‌ها قلمداد کرده‌اند. پژوهش مادا و همکاران (۲۰۰۵) که با استفاده از محصول آتش‌سنجنده مادیس بر رخدادهای آتش‌سوزی اراضی جنگلی برزیل انجام شده است، به‌روشنی نشان داد که در اراضی جنگلی که دچار تجاوز کشاورزی و زراعی شده‌اند، فرکانس رخدادهای آتش‌سوزی به‌صورت قابل توجهی افزایش داشته است. افزون بر الگوی توزیع فضایی رخدادهای آتش‌سوزی، الگوی توزیع زمانی آن نیز به‌لحاظ مدیریت مخاطره آتش‌سوزی بسیار مهم است. در این پژوهش مشاهده شد که بیش از ۷۰٪ رخدادهای آتش‌سوزی‌های ثبت‌شده در عرصه‌های طبیعی در سطح استان لرستان دو ماه ژوئن و جولای (خرداد و تا اوایل مرداد) متمرکز است. این زمان، دقیقاً زمانی است که مقادیر قابل توجهی از گیاهان خشک‌شده در مراتع و زمین‌های پای جنگل‌ها وجود دارد. در پژوهش ماریو<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۵) که با هدف توسعه تقویم زمانی رخدادهای آتش‌سوزی عرصه‌های منابع طبیعی با استفاده از الگوهای سینوپتیکی جو در پرتغال، انجام شده بود؛ مشاهده شد که رخدادهای آتش‌سوزی دقیقاً در ماه‌های فصل تابستان و اواخر بهار متمرکز است. براساس یافته‌های بررسی ماریو و همکاران (۲۰۰۵) مشاهده شد که کمبود رطوبت هوا، وجود الگوهای جریان باد مداوم در سطح مراتع خشک‌شده، افزون بر افزایش فراوانی آتش‌سوزی، منجر به ایجاد آتش‌سوزی‌های گسترده‌تر و وسیع‌تر می‌شود. در این پژوهش نیز به‌صورت کاربردی می‌توان گفت که با تمرکز مدیریت آتش‌سوزی‌های عرصه‌های طبیعی طی یک دوره زمانی ۶۲ روزه؛ یعنی ۲۵ اردیبهشت تا ۲۵ تیر در عرصه دو پوشش اراضی مراتع و اشکوب جنگلی، می‌توان ۵۵٪ از رخدادهای آتش‌سوزی را کنترل کرد؛ از دیگر سو با استناد به ماده ۲۰ قانون هوای پاک، مانع از آتش‌زدن بقایای کشاورزی در اراضی زراعی به‌وسیله کشاورزان شد و به این ترتیب، بخش زیادی از رخدادهای آتش‌سوزی منابع طبیعی را در سطح استان کنترل کرد.

عوامل متعددی همچون گردشگری در عرصه‌های جنگلی و مراتع، درگیری‌های طایفه‌ای، زغال‌گیری از درختان بلوط، آتش‌زدن بقایای اراضی کشاورزی، در کنار عواملی مانند صعب‌العبور بودن برخی از اراضی جنگلی و مرتعی، کمبود سرانه محیط‌بان در استان، کمبود تجهیزات گشت‌زنی و اطفای حریق، عواملی هستند که به‌صورت مکمل در دو دهه اخیر منجر به تشدید رخدادهای آتش‌سوزی در عرصه مراتع و جنگل‌های استان لرستان شده‌اند. نقش عوامل محیطی از جمله تغییرات سالانه بارش، می‌تواند به‌صورت قابل توجهی رخدادهای سالانه آتش‌سوزی در عرصه منابع طبیعی را تحت تأثیر قرار دهد.

به‌طور کلی در سال‌هایی که بارش‌ها، عموماً به اواخر زمستان و اوایل بهار منتقل می‌شود (برای نمونه سال ۱۳۹۸، که بخش اعظم بارش سال آبی ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۸) در اواخر زمستان و اوایل بهار سال ۱۳۹۸، ثبت شد؛ باعث

1- Maeda

2- Mário

ایجاد حجم قابل توجهی پوشش گیاهی در مراتع و اراضی جنگلی شد که در ماه های خرداد و تیر به صورت مواد سوختی قابل توجهی درآمد و منجر به آتش سوزی های متعدد و گسترده در سطح استان شد؛ بنابراین در این میان، لزوم آموزش و حساس سازی مردم محلی به ویژه روستاییان، گردشگران، کشاورزان و دامداران، یکی از مهم ترین راهکارهای اساسی و مهم کاهش رخدادهای آتش سوزی در سطح مراتع استان است. در کنار این مسئله، افزایش امکانات و تجهیزات کنترل و پایش آتش سوزی، به ویژه در دوره بحرانی اواخر اردیبهشت تا اواخر تیرماه، می تواند تا حد زیادی ریسک آتش سوزی را در اراضی طبیعی استان لرستان به حداقل برساند.

### نتیجه گیری

در نوشتار پیش رو رخدادهای آتش سوزی ماهانه طی دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰، مستخرج از محصول آتش فعال سنجنده مادیس در ارتباط با طبقات پوشش اراضی (محصول MCD12Q1 سنجنده مادیس) تحلیل زمانی و مکانی شد. نتایج نشان داد که به طور کلی در مقیاس درون سالی در استان لرستان، بیش از ۷۵٪ رخدادهای آتش سوزی در ماه های ژوئن و جولای (اواسط اردیبهشت تا اواخر تیرماه) متمرکز است و افزون بر آن، روند سری زمانی فراوانی سالانه رخدادهای آتش سوزی روند افزایشی کلی با شیب خطی سه رخداد در سال را داشته است. تحلیل ماتریس اطلاعات مقطعی بین فراوانی رخدادهای سالانه آتش سوزی و طبقات پوشش اراضی استان نشان داد که سه طبقه پوشش اراضی جنگلی با تاج پوشش متوسط تا ضعیف، مراتع متوسط تا فقیر و زمین های کشاورزی دیم، بیشترین فراوانی رخدادهای آتش سوزی را به خود اختصاص داده اند. بیش از ۷۰٪ از فراوانی سالانه رخدادهای آتش سوزی در دو طبقه پوشش اراضی مراتع فقیر تا متوسط و اراضی جنگلی با تاج پوشش متوسط تا ضعیف، در دو ماه ژوئن و جولای (خرداد و تیر) بوده است که با تراکم پوشش گیاهی ماه های آپریل و می همبستگی معنی داری داشته است؛ در حالی که فراوانی رخدادهای آتش سوزی اراضی زراعی دیم، عموماً در ماه های آگوست و سپتامبر متمرکز بوده است و همبستگی معنی داری با پوشش گیاهی هیچ ماهی نشان نداشته است.

به طور کاربردی می توان گفت که با توجه به اینکه وجود تراکم پوشش گیاهی در دو ماه آپریل و می در مراتع و اشکوب جنگلی استان، یکی از مهم ترین فاکتورهای محرک پوشش گیاهی در دو ماه بعد؛ یعنی ژوئن و جولای است؛ بنابراین با تمرکز مدیریت طی یک دوره زمانی ۶۲ روزه؛ یعنی ۲۵ اردیبهشت تا ۲۵ تیر در عرصه دو پوشش اراضی مراتع و اشکوب جنگلی، می توان ۵۵٪ از رخدادهای آتش سوزی را کنترل کرد؛ از دیگر سو با استناد به ماده ۲۰ قانون هوای پاک، می توان مانع از آتش زدن بقایای کشاورزی در زمین های کشاورزی به وسیله کشاورزان شد و به این ترتیب، بخش زیادی از رخدادهای آتش سوزی منابع طبیعی را در سطح استان کنترل کرد.

### منابع

- آقازاده، فیروز (۱۳۹۹). شناسایی بلادرنگ آتش سوزی جنگل و مراتع با استفاده از داده های NOAA/AVHRR منطقه مورد مطالعه: پناهگاه حیات وحش. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۷ (۱)، ۱-۱۴.
- اسکندری، سعیده (۱۳۹۴). رابطه بین تغییر اقلیم و آتش سوزی در جنگل های استان گلستان. *دوفصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل ها و مراتع ایران*، ۱۳ (۱)، ۱-۱۰.
- جانباز قبادی، غلامرضا (۱۳۹۸). بررسی مناطق خطر آتش سوزی جنگل در استان گلستان، براساس شاخص خطر آتش سوزی با بهره گیری از تکنیک GIS. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۶ (۳)، ۸۹-۱۰۲.
- زرعکار، آزاده؛ کاظمی زمانی، بهاره؛ قربانی، ساره؛ عاشق معال، مریم؛ جعفری، حمیدرضا (۱۳۹۲). تهیه نقشه پراکندگی فضایی خطر آتش سوزی جنگل با استفاده از روش تصمیم گیری چندمعیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: سه حوزه جنگلی در استان گیلان). *فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۲۱ (۲)، ۲۱۸-۲۳۰.

گراوند، سودابه؛ یارعلی، نبی‌الله؛ صادقی کاجی، حمدالله (۱۳۹۲). الگوی مکانی و نقشه خطر وقوع آتش‌سوزی در اراضی طبیعی استان لرستان. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱ (۲)، ۲۳۱-۲۴۲.

مولودی، گلاره؛ خورانی، اسداله؛ مرادی، عباس (۱۳۹۵). اثر تغییر اقلیم بر امواج گرمایی سواحل شمالی خلیج فارس. مجله تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۳ (۱)، ۱-۱۴.

## Referencss

- Aber, D. J. (1995). *Terrestrial ecosystems, in Climate System Modeling*. New York: Cambridge University.
- Aghazadeh, F., rostamzadeh. H. & valizadeh Kamran. K.(2020). Real-time detection of wildlife using NOAA/AVHRR data Study area :(Kayamaki Wildlife Refuge). *Jsaeh*, 7 (1), 1-14 (In Persian).
- Beltrami, H. & Harris, R. N. (2001). Inference of climate change from geothermal data. *Global Planet Change*, 29, 148-352.
- Chen, F., Niu, Sh., Tong, X., Zhao, J., Sun, Y. & He, T. (2014). The impact of precipitation regimes on forest fires in Yunnan Province, Southwest China. *The Scientific World Journal*, 1-9.
- Eskandari, S. & Chuvieco, E. (2015). Fire danger assessment in Iran based on geospatial information. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 42 (1), 57-64.
- Eskandari, S. (2015). Investigation on the relationship between climate change and fire in the forests of Golestan Province. *Iranian Journal of Forests and Rangelands Protection Research*, 13 (2), 1-10 (In Persian).
- Eskandari, S., Oladi Gadikalaei, J., Jalilvand, H. & Saradjian, M. H. ( 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), 203-217 (In Persian).
- Garavand, S., Yaralli, N. & Sadegh, H. (2013). Spatial pattern and mapping fire risk occurrence at natural lands of Lorestan province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* 21(2), 231-242 (In Persian).
- Hong, H., Naghibi, S. A., Moradi Dashtpajardi, M., Pourghasemi, H. R., Chen, W. (2017). A comparative assessment between linear and quadratic discriminant analyses (LDA-QDA) with frequency ratio and weights-of-evidence models for forest fire susceptibility mapping in China. *Arabian Journal of Geosciences*, 10 (2), 1-14.
- Janbazghobadi, G. (2019). Investigation of forest fire hazard areas in Golestan province based on fire risk system index (FRSI) using the technique (GIS). *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, 6 (3), 89-102 (In Persian).
- Leblon, B., García, P.A.F., Oldford, S., Maclean, D. A. & Flannigan, M. (2007). Using cumulative NOAA-AVHRR spectral indices for estimating fire danger codes in northern boreal forests. *International journal of applied earth observation and Geoinformation*, 9 (3), 335-342.
- Maeda, E. E., Formaggio, R. A. E., Shimabukuro, Y., Arcoverde, G. F. B. & Hansen, C. M. (2009). Predicting forest fire in the Brazilian Amazon using MODIS imagery and artificial neural networks. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 11, 265-272.
- Mário, G., Pereira Ricardo, M., Trigo Carlos, C., da Camara José, M. C. & Pereira Solange M. (2005). Synoptic patterns associated with large summer forest fires in Portugal. *Agricultural and Forest Meteorology*, 129 (1), 11-25.
- Molodi, G., khorani, A. & moradi, A. (2016). Impacts of climate change on heat waves in northern coast of Persian Gulf. *Jsaeh*, 3 (1), 1-14 (In Persian).
- Na, L., Zhang, J., Bao, Y., Bao, Y., Na, R., Tong, S. & Si, A. (2018). Himawari-8 Satellite Based Dynamic Monitoring of Grassland Fire in China-Mongolia Border Regions. *Sensors*, 18 (1), 276-294.
- Pourtaghi, Z. S., Pourghasemi, H. R. & Rossi, M. (2015). Forest fire susceptibility mapping in the Minudasht forests, Golestan province, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 73 (4), 1515-

1533.

- Sarkargar Ardakani, A. (2007). Analysis of radiometric- spatial characteristics of fire and its Application in identification and separation by remote sensing data. *PhD thesis*, Faculty of Engineering, Khaje- Nasir- Toosi University.
- Yin, H., Kong, F. H. & Li, X. Z. (2004). RS and GIS based forest fire zone mapping in Dahinggan Mountains. *Chinese Geographical Science*, 14 (3), 251-258.
- Zarekar, A., Kazemi Zamani, B., Ghorbani, S., Ashegh Moalla, M. & Jafari, H. M. (2013). Mapping 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), 218-230 (In Persian).
- Zumbrunnen, T., Pezzattic, G. B., Menéndezd, P., Bugmann, H., Bürgia, M. & Conederac, M. (2011). Weather and human impacts on forest fires: 100 years of fire history in two climatic regions of Switzerland. *Forest Ecology and Management*, 261, 2188-2199.