Geography and Sustainability of Environment
journal homepage: http://ges.razi.ac.ir/

Print ISSN: 2322-3197
Online ISSN: 2676-5683

Spatiotemporal Analysis of Wildfire Hazards in Lorestan Province applying MODIS Products

Akram Alinai[1], Amir Gandomkar[1*], Alireza Abbassi[1]

[1]*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

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.

*. Corresponding author E-mail address: aagandomkar@gmail.com

جغرافیا و پایداری محیط
وبگاه نشریه: http://ges.razi.ac.ir/
شاپای چاپی: ۳۱۹۷-۲۳۲۲
شاپای الکترونیکی: ۵۶۸۳-۲۶۷۶

تحلیل زمانی – مکانی رخدادهای مخاطرهٔ آتش‌سوزی‌های طبیعی در استان لرستان با استفاده از محصولات سنجندهٔ مادیس

اکرم علی‌نیا[۱]، امیر گندمکار[۱*]، علیرضا عباسی[۱]

[۱] گروه جغرافیا، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران

مشخّصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچهٔ مقاله:
دریافت ۲۰ اردیبهشت ۱۴۰۰
پذیرش ۲۲ خرداد ۱۴۰۰
دسترسی آنلاین ۲۲ خرداد ۱۴۰۰

کلیدواژه‌ها:
مخاطرهٔ دمایی، آتش‌سوزی، کاربری اراضی، شاخص پوشش گیاهی، استان لرستان.

استناد: علی‌نیا، اکرم؛ گندمکار، امیر؛ عباسی، علیرضا (۱۴۰۰). تحلیل زمانی - مکانی رخدادهای مخاطرهٔ آتش‌سوزی‌های طبیعی در استان لرستان با استفاده از محصولات سنجندهٔ مادیس. *جغرافیا و پایداری محیط*، *۱۱* (۱)، ۱۱۳-۱۲۷.
doi: 10.22126/GES.2021.6469.2392

چکیده

مخاطرهٔ آتش‌سوزی‌های عرصه‌های طبیعی در دورهٔ گرم سال، یکی از مهم‌ترین مخاطرات اقلیمی استان لرستان است. هدف اساسی نوشتار پیش رو تحلیل روند سری زمانی رخدادهای آتش‌سوزی عرصه‌های طبیعی و آشکارسازی الگوی زمانی - مکانی کانون‌های آتش‌سوزی در ارتباط با نوع پوشش اراضی است. در این راستا از داده‌های محصول آتش سنجندهٔ مادیس و نیز محصول پوشش اراضی و پوشش گیاهی سنجندهٔ مادیس طی دورهٔ آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ استفاده شد. از تحلیل ماتریس اطّلاعات متقاطع و ماتریس همبستگی فضایی، برای آشکارسازی ارتباط بین رخدادهای آتش‌سوزی و پوشش اراضی استفاده شد. نتایج نشان داد که بیش از ۷۰٪ کلّ فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی عرصه‌های منابع طبیعی (آتش‌سوزی‌های با کد ۲) استان لرستان، مربوط به ماه ژوئن و سپس جولای است. نتایج حاصل از تحلیل ماتریس اطّلاعات متقاطع بیانگر آن بود که سه کاربری مراتع با تاج‌پوشش متوسّط، اراضی جنگلی کم‌تراکم و زمین‌های کشاورزی دیم، ۷۵٪ از تعداد رخدادهای آتش‌سوزی را به خود اختصاص داده‌اند. بیش از ۷۰٪ از فراوانی سالانهٔ رخدادهای آتش‌سوزی در دو طبقهٔ 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 (آپریل و می) همبستگی معنی‌داری داشته است؛ در حالی که فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی زمین‌های کشاورزی دیم، به‌طور کلّی در ماه‌های آگوست و سپتامبر متمرکز بوده است و همبستگی معنی‌داری با پوشش گیاهی هیچ ماهی نشان نداده است. به‌طور کاربردی می‌توان گفت که با توجّه به اینکه وجود تراکم پوشش گیاهی در دو ماه آپریل و می در مراتع و اشکوب جنگلی استان، یکی از مهم‌ترین فاکتورهای محرّک آتش سوزی های طبیعی در دو ماه بعد، یعنی ژوئن و جولای است؛ بنابراین با تمرکز مدیریت طی یک دورهٔ زمانی ۶۲ روزه؛ یعنی ۲۵ اردیبهشت تا ۲۵ تیر در عرصهٔ دو پوشش اراضی مراتع و اشکوب جنگلی، می‌توان ۵۵٪ از رخدادهای آتش‌سوزی را کنترل کرد.

*. رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: aagandomkar@gmail.com

مقدّمه

گرمایش جهانی و تغییر اقلیم نیز از عوامل مهمّ آتش‌سوزی در جنگل‌های جهان و ایران به‌ویـژه در سـال‌هـای اخیـر به‌شمار می‌رود. این عامل از راه افزایش میانگین دما، کاهش بارندگی و رطوبت نسبی و افزایش خشکسالی و بادهـای گرم، نقش مهمّی در فراوانی رخداد آتش‌سوزی‌ها در منـاطق طبیعـی و جنگلـی داشـته اسـت (اسـکندری، ۱۳۹۴، اسکندری و چـاویکو[1]، ۲۰۱۵). رخـداد و شـدّت مـوج‌هـای گرمـایی در سـال‌هـای اخیـر در بخـش‌هـایی از جهـان افزایش‌یافته است که یکی از عوامل افزایش فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی را می‌توان افزایش فراوانی و شـدّت امـواج گرم درنظر گرفت (اسکندری و چاویکو، ۲۰۱۵). موج گرمایی فرانسـه در تابسـتان ۲۰۰۳ و همچنـین مـوج گرمـای تابستان ۲۰۱۰ قسمت‌های وسیعی از نیم‌کـرهٔ شـمالی همچـون روسـیه، قزاقسـتان، ایـران، چـین، شـمال آفریقـا و بخش‌هایی از اروپا را زیر پوشش خود قرار داد. رخداد خشکسالی و آتش‌سوزی در جنگل‌های غرب روسـیه و رخـداد سیلاب بی‌سابقه در بخش‌های گسترده‌ای از پاکستان را می‌توان از مهم‌ترین پیامدهای موج گرمـایی در سـال ۲۰۱۰ نام برد (مولودی و همکاران، ۱۳۹۵).

آتش‌سوزی با منشأ طبیعی یا انسانی به‌طور مستقیم یا غیر مسـتقیم آثـار مخـرّب و زیـان‌بـاری بـر جامعـه‌هـای انسانی وارد می‌کند که در صـورت بـروز این واقعـه، بـه‌دلیـل تمرکـز جمعیـت در اطـــراف روسـتاها، تـأثیر بسـیار زیـــادی بر محیط‌زیست، آبادی‌ها و ساکنان آن‌ها می‌گذارد. محیط طبیعـی جنگـل‌هـا و مراتـع همیشـه در معـرض آسیب‌های طبیعی و تخریب قرار دارند. امروزه خشکسالی، فعّالیت‌های شهری و کشاورزی انسان و آتش‌سـوزی جـزء فراگیرترین عوامل تخریب‌کنندهٔ اکوسیستم‌های طبیعی به‌شمار می‌روند (ین[2] و همکاران، ۲۰۰۴).

در میان عوامل مخرّب، آتش‌سوزی به‌عنوان یکی از عوامل اصلی تخریب اکوسیستم‌های طبیعی شناخته‌شده کـه سالانه خسارت‌های فراوانی را به این عرصه‌ها وارد می‌سازد و افزون بر خسارت‌هـای اقتصـادی، آلـودگی‌هـای شـدید زیست‌محیطی را نیز به‌دنبال دارند. آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی نه‌تنهـا از دیـدگاه محـیط‌زیسـت؛ بلکـه ازنظـر اقتصادی، اجتماعی و امنیتی ازجمله اصلی‌ترین نگرانی‌ها و چالش‌های موجـود در بسـیاری از نقـاط جهـان هسـتند (پورتقی[3] و همکاران، ۲۰۱۵؛ لبلون[4] و همکاران، ۲۰۰۷). براساس آمار منتشرشده از سوی سازمان جنگل‌ها و مراتـع کشور، سالانه هزاران مورد آتش‌سوزی با علل طبیعی یا انسانی در مناطق مختلـف ایـران رخ مـی‌دهـد کـه بـه‌طـور مستقیم یا غیر مستقیم اثرات زیان‌بار و ویرانگری بر زندگی بشر بر جای می‌گذارد (اسکندری و چاویکو، ۲۰۱۵).

امروزه تغییر جنگل‌ها و مراتع به زمین‌های کشاورزی، به یکی از نگرانـی‌هـای درخـور توجّـه در سراسـر جهـان، درزمینهٔ تخریب محیط‌زیست و تغییر اقلیم جهانی تبدیل شده است. در یک اکوسیستم جنگلی، تنهـا ۵٪ تـا ۲۰٪ از تابش خورشیدی به سطح زمین می‌رسد (بلترامی و هـریس[5]، ۲۰۰۱)؛ بنـابراین حـذف هـر درخـت باعـث افـزایش چشم‌گیر تابش خورشیدی در سطح زمین می‌شود (آبر[6]، ۱۹۹۵). به‌دلیل قرار گرفتن کشور ایران در کمربند خشـک کرهٔ زمین و ناحیهٔ پرفشار جنب‌حاره‌ای، شرایط جوّی لازم برای وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتـع فـراهم اسـت؛ از دیگرسو، عوامل انسانی همچون بی‌احتیاطی مسافران یا آتش‌سوزی‌های عمدی بـرای تبـدیل اراضـی جنگلـی بـه کشاورزی، باعث ایجاد آتش‌سوزی در پهنه‌های جنگلی ایران شده است (سرکارگر اردکانی[7]، ۲۰۰۷).

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

در استان لرستان نیز طی سه دههٔ 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 به‌تبع آن افزایش در فراوانی آتش‌سوزی‌ها در عرصه‌های جنگلی و مرتعی را به‌دنبال داشته است. تغییر پهنه‌های جنگلی، زیر کشت‌رفتن مراتع و توسعهٔ اراضی شهری، وجود واحدهای دامی بیش از توان مرتع در مراتع استان، الگوهای کشت نامناسب ازجمله چغندر، سیب‌زمینی و برنج، کاهش مساحت باغات و غیره از مظاهر تغییر در پوشش اراضی هستند که نقش اساسی در تغییرات فاکتورها اقلیمی همچون دما، آلبدو و تابش داشته و این تغییرات فاکتورهای اقلیمی، خود منجر به برخی پیامدهای مخاطره‌آمیز دیگر ازجمله آتش‌سوزی در مراتع و زمین‌های کشاورزی و عرصه‌های جنگلی، رخداد ریزگردها با منشأ محلّی، بروز امواج گرم و پیامدهای غیر مستقیم اقلیمی همچون ایجاد سیلاب‌ها و رواناب‌های شدید، فرسایش خاک و ازبین‌رفتن حاصل‌خیزی خاک می‌شود.

استفاده از داده‌های سنجش‌ازدوری، برای پایش آتش‌سوزی، به‌ویژه در مناطق صعب‌العبور و پناه‌گاهی حفاظت‌شده، بسیار مهم است. برخی از پژوهش‌ها کارایی الگوریتم‌های مختلف آشکارسازی و شناسایی آتش مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای را در نواحی صعب‌العبور و پناهگاه‌های حیات‌وحش بررسی و ارزیابی کرده‌اند (ناو ژانگ[1] و همکاران، ۲۰۱۸) و کارایی آن‌ها را در تولید سیستم پیش‌هشدار آتش‌سوزی مبتنی بر عناصر محیطی اثبات کرده‌اند (آقازاده، ۱۳۹۹؛ نا[2] و همکاران، ۲۰۱۸). نتایج بررسی‌های مختلف، کارایی الگوریتم‌های آشکارگر آتش‌سوزی مبتنی بر سنجش‌ازدور را در نواحی مختلف دنیا اثبات کرده‌اند (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۸؛ هنگ[3] و همکاران، ۲۰۱۷؛ چن[4] و همکاران، ۲۰۱۴؛ زامبرونن[5] و همکاران، ۲۰۱۱).

به‌کارگیری داده‌های سنجندهٔ هیماروی [6] با استفاده از الگوریتم آستانه[7] و روش تفسیر بصری برای آشکارسازی و نظارت بر کلّ پروسهٔ آتش‌سوزی علف‌های هرز که در مناطق مرتعی مرز جنوبی مغولستان رخ داده، نشان می‌دهد که آتش‌سوزی علف‌زار برای دو روز و هشت ساعت با مساحت حدود ۲۰۰۰ کیلومتر مربع سوزانده شده است که اطّلاعات سنجندهٔ هیماوری با دقّت بالا و به‌موقع توانست این آتش‌سوزی را آشکار کرده و اطّلاع‌رسانی کند که این مسئله توانست کارایی بالای این الگوریتم‌ها را در آشکارسازی و پیش‌هشداردهی رخداد آتش‌سوزی نشان دهد.

کاربری/ پوشش اراضی یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین تغییرهای مرتبط با آتش‌سوزی است. بسیاری از پژوهش‌ها، به تحلیل فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی آشکارشده از تصاویر سنجش‌ازدور، به‌تفکیک طبقات پوشش اراضی اقدام کرده‌اند (جانباز قبادی، ۱۳۹۸)؛ برای نمونه تحلیل فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در جنگل‌های استان گلستان نشان داد که بیشتر آتش‌سوزی‌ها در مناطق جنگلی با تاج‌پوشش انبوه و همچنین در مناطق جنگلی با تاج‌پوشش متوسّط و در مرحلهٔ بعد در مناطق بیشه‌زار و بوته‌زارها اتّفاق افتاده است. ازلحاظ ساختار ارتفاعی، توزیع رخدادهای آتش‌سوزی نیز مشاهده شد حدود ۹۰٪ آتش‌سوزی‌ها در پهنه‌های ارتفاعی متوسّط بین ۷۰۰ تا ۱۵۰۰ متر رخ داده‌اند. (جانباز قبادی، ۱۳۹۸).

افزون بر کاربری اراضی، فاکتورهای اقلیمی همچون دمای بیشینهٔ روزانه در ماه‌های فصل گرم، افزون بر کمیت رخدادها، وسعت آتش‌سوزی را نیز کنترل می‌کند (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۶). بیشتر پژوهش‌های مرتبط با

1- Na & 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 بیشینهٔ دمای روزانه به علاوه رطوبت نسبی و بارش سالانه را تبیین‌کنندهٔ اصلی رخدادهای آتش‌سوزی در عرصهٔ منابع طبیعی می‌دانند (هنگ و همکاران، ۲۰۱۷). در پژوهشی که این مسئله را درمورد 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 متوسّط درجه حرارت سالانه و متوسّط بارندگی سالانه در سطح اطمینان ۹۵٪ رابطهٔ معنی‌داری وجود داشته است و از دیگرسو همین رابطه به‌صورت قوی‌تری (در سطح ۰/۹۹ اطمینان) بین وسعت آتش‌سوزی‌های به وقوع پیوسته و متوسّط 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 درمورد جنگل‌های شهرستان بهشهر، مطرح شد، دربارهٔ 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، رابطهٔ مستقیم و بین این آتش‌سوزی‌ها و میانگین رطوبت نسبی سالانه رابطهٔ 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، درواقع رویکرد برنامه‌ریزی مبتنی بر تولید نقشه‌های ریسک آتش‌سوزی در مناطق مختلف است. پژوهشی که درراستای تولید نقشه‌های ریسک آتش‌سوزی جنگل‌های استان گیلان انجام شده است، نشان داد که نقشهٔ طبقات ریسک آتش‌سوزی که با درنظرگرفتن عوامل توپوگرافی، اقلیم، پوشش گیاهی و عوامل اقتصادی - اجتماعی با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و سیستم اطّلاعات جغرافیایی تولید شده بود، ۰/۶۶ از رخدادهای واقعی آتش‌سوزی در جنگل‌های استان را در طبقهٔ ریسک بالا برآورد کرده بود (زرعکار و همکاران، ۱۳۹۲)؛ امّا در این مدل‌های تولید نقشهٔ 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 بادها، توزیع زمانی و مکانی رطوبت و بارش) و شبکهٔ حمل‌ونقل جاده‌ای مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در توزیع فضایی رخدادهای آتش‌سوزی در سطح جنگل‌های این کشور هستند (زامبزون، ۲۰۱۱). همان‌طور که در پژوهش‌های پیش‌گفته مشاهده شد، در کنار عوامل انسانی تاثیرگذار[1] 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 حدّ قابل توجّهی 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.

معرّفی منطقهٔ مورد بررسی

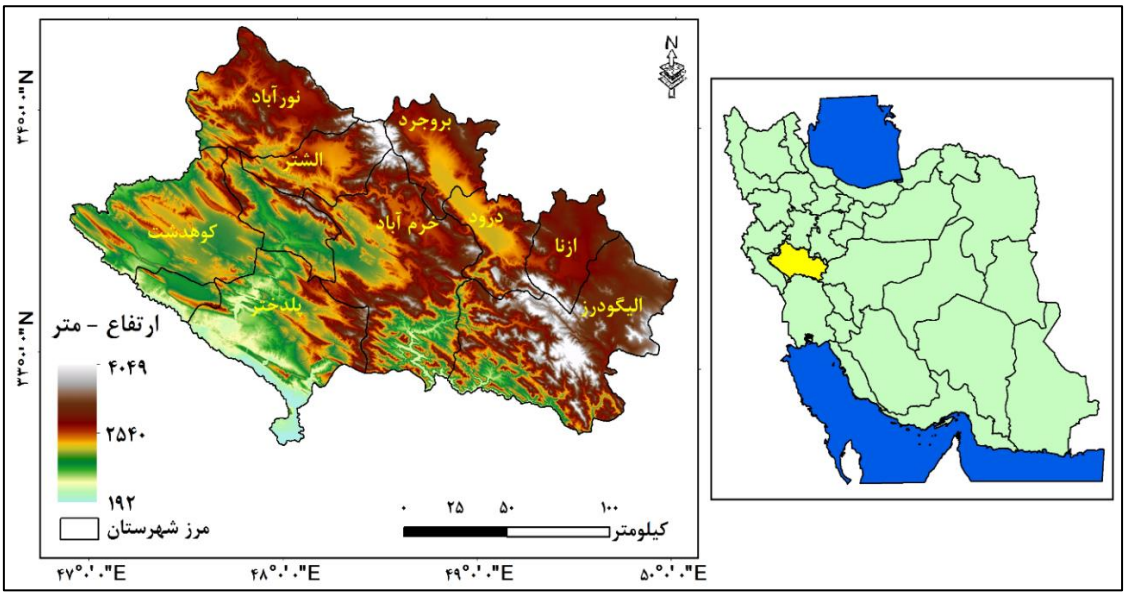
استان لرستان با مساحت ۲۸۳۰۸ کیلومترمربع در موقعیت "۵۵ '۵۲ °۴۶ و تا "۴۵ '۱۰ °۵۰ طول شرقی و "۳۸ '۳۸ °۳۲ تا "۰۰ '۲۵ °۳۴ عرض شمالی واقع شده است. این استان سرزمینی کوهستانی است که میانگین ارتفاع آن بیش از ۲۲۰۰ متر از سطح دریا است. ۴۰٪ از مساحت این استان پوشیده از اراضی جنگلی با غالبیت گونهٔ بلوط زاگرس است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

1- Trigger

لرستان، تنوّع توپوگرافیکی آن است که این تنوّع توپوگرافیکی به‌طوری که دامنهٔ ارتفاعی استان از ۱۹۲ متر در بخش‌های جنوبی شهرستان پلدختر تا بیش از ۴۰۰۰ متر در ارتفاعات اشترانکوه شهرستان دورود و الیگودرز متفاوت است. این تنوّع توپوگرافیک خود را در تنوّع اقلیمی و به‌تبع آن تنوّع پوشش گیاهی و اشکوب‌های مختلف جنگلی نشان داده است (شکل ۱).

مواد و روش‌ها

در نوشتار پیش رو برای آشکارسازی ارتباط بین فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در طبقات مختلف کاربری اراضی، از تحلیل ماتریس اطّلاعات متقاطع[1] در نرم‌افزار آرک.جی.آی.اِس.[2] استفاده شد. ازآنجاکه یکی از اهداف اصلی پژوهش، بررسی و آشکارسازی ارتباط بین طبقات پوشش اراضی و فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی عرصه‌های طبیعی در استان لرستان بوده؛ بنابراین با تکنیک تحلیل ماتریس متقاطع، ارتباط بین این دو فاکتور مشخّص شد. داده‌های مربوط به رخداده‌های آتش‌سوزی از محصول آتش فعّال سنجندهٔ مادیس در مقیاس روزانه برای دورهٔ آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰، از پایگاه داده‌های سنجندهٔ مادیس[3] گرفته شد (جدول ۱). داده‌های مربوط به رخدادهای آتش‌سوزی دارای دو دسته بوده‌اند، دستهٔ اوّل کدهای آتش‌سوزی ثبت‌شده در عرصه‌های فاقد پوشش گیاهی (کد صفر) و دستهٔ دوم کدهای آتش‌سوزی ثبت‌شده مربوط به عرصه‌های پوشش گیاهی (کد ۲) بودند که در پژوهش حاضر از داده‌های آتش‌سوزی کد ۰۲ که مربوط به آتش‌سوزی‌های ثبت‌شده در عرصه‌های منابع طبیعی است، استفاده شد؛ امّا محصول طبقات پوشش ارضی از محصول کامپوزیت سنجندهٔ مادیس از پایگاه داده‌های این سنجنده[4] با کد محصول MCD12Q1، اخذ شد. درواقع این محصول محصول مشتق‌شدهٔ سنجندهٔ مادیس بوده و طبقات کاربری اراضی در آن براساس سیستم طبقه‌بندی برنامهٔ بین‌المللی ژئوسفر - بیوسفر[5] که در سیستم طبقه‌بندی یادشده در نوشتار پیش رو از آن استفاده شد، به‌طور کلّی پوشش یا کاربری اراضی در هفده طبقه قرار می‌گیرد.



شکل ۱. موقعیّت 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	دورهٔ آماری	تعداد تصاویر اخذشده
طبقات کاربری اراضی	محصول MCD12Q1 سنجندهٔ مادیس	۱ کیلومتر	سالانه ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰	۴۲ تصویر سالانه
محصول آتش فعّال	محصول MOD14، سنجندهٔ مادیس	۱ کیلومتر	ماهانه ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰	۵۰۴ تصویر ماهانه
محصول پوشش گیاهی	محصول MOD13A3، سنجندهٔ 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 ماهانهٔ آتش‌سوزی و شاخص پوشش گیاهی سنجندهٔ مادیس بود.

رابطهٔ ۱: تحلیل ماتریس همبستگی

$$R=\frac{\sum (x-x)(y-y)}{\sqrt{(x-x)(y-y)^2}}$$

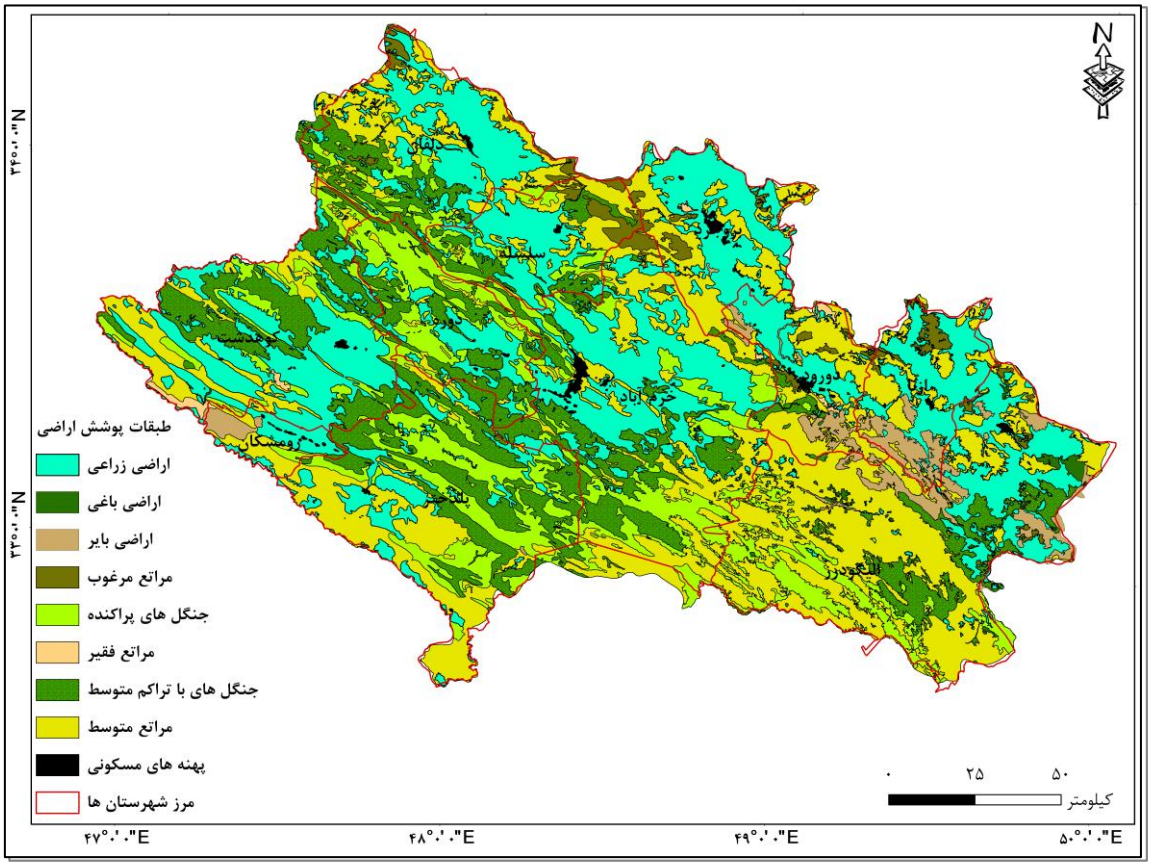
که در آن، مقادیر x و y به‌ترتیب مربوط به هرکدام از پیکسل‌های لایهٔ رستر پوشش گیاهی و لایهٔ فراوانی رخدادهای ماهانهٔ آتش‌سوزی است. محصول پوشش گیاهی ماهانهٔ همین سنجنده با رزولوشن فضایی ۱ کیلومتر با عنوان MOD13A3 نیز برای تحلیل همبستگی فضایی بین فراوانی رخدادهای سالانهٔ آتش‌سوزی و شاخص تراکم پوشش گیاهی هرکدام از طبقات پوشش اراضی، نیز اخذ شد.

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

نتایج

براساس طبقات کاربری اراضی محصول MCD12Q1، به‌طور کلّی در سطح استان لرستان نُه طبقه کاربری اراضی وجود دارد که در بین این طبقات، اراضی زراعی شامل کشت آبی و کشت دیم، وسیع‌ترین پهنهٔ 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 کلّ استان لرستان بوده است. این پوشش به‌طور کلّی در نیمهٔ شمالی و غربی استان به‌ویژه شهرستان‌های کوهدشت، شمال خرم‌آباد، نورآباد و بروجرد دیده می‌شود و در بخش‌های جنوبی استان که عموماً دارای توپوگرافی به‌نسبت خشن‌تری است، دیده نمی‌شود. مساحت اراضی جنگلی با درنظرگرفتن طبقات جنگلی کم‌تراکم و با تراکم متوسّط، به‌طور کلّی 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 کلّی از نوع مراتع با تاج‌پوشش متوسّط یک‌ساله است. این مراتع مساحتی حدود ۸۰۰ هزار هکتار، برابر ۲۵٪ از مساحت استان را به خود اختصاص داده است (جدول ۲).

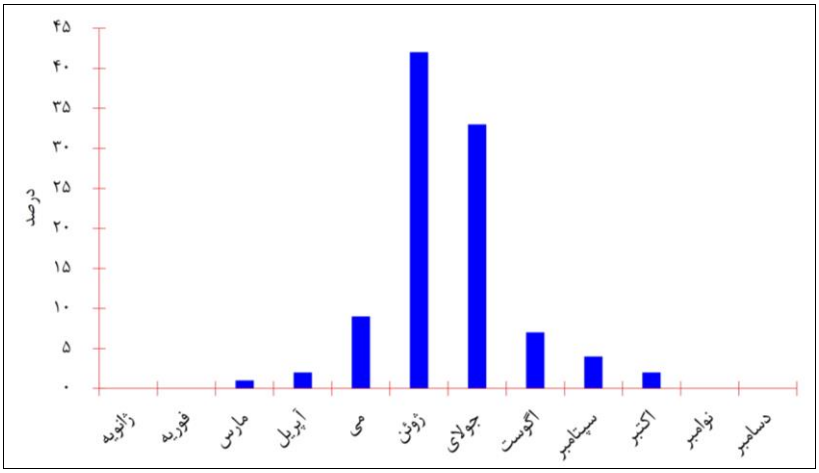


شکل۲. طبقات کاربری اراضی محصول MCD12Q1، سنجندهٔ مادیس

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

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

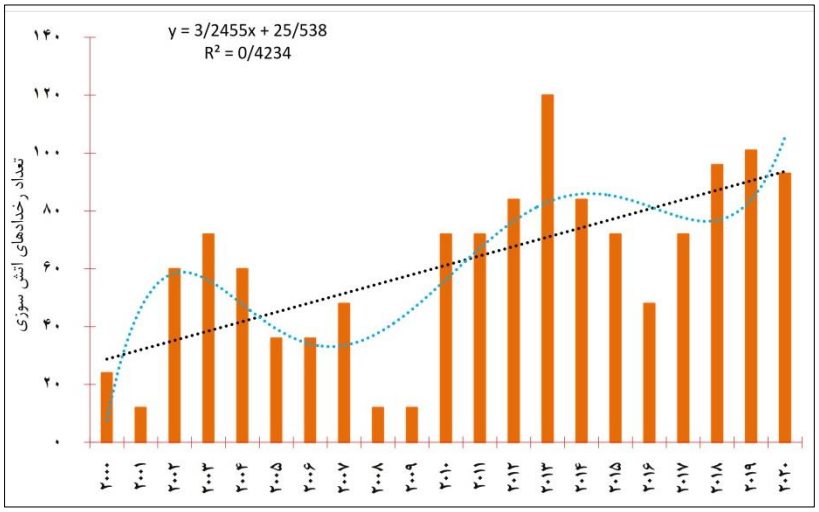
زمین‌های بایر مساحتی در حدود ۳٪ از استان لرستان، برابر ۸۴۲۴۳ هکتار را به خود اختصاص داده است. تحلیل زمانی - مکانی رخدادهای آتش‌سوزی با استفاده از داده‌های محصول MOD14، سنجندهٔ مادیس، نشان داد که دو ماه ژوئن و سپس جولای حدود ۷۵٪ از فراوانی کلّ رخدادهای آتش‌سوزی‌های ثبت‌شدهٔ استان را طی دورهٔ آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ به خود اختصاص داده‌اند، ماه‌های می و سپس آگوست پس از این دو ماه بیشترین فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۳)؛ بنابراین ۹۱٪ از فراوانی کلّ رخدادهای آتش‌سوزی ثبت‌شده در استان لرستان در ۴ ماه می تا آگوست توزیع شده است و در خارج از این ۴ ماه، تنها ۹٪ از کلّ فراوانی رخدادهای ثبت‌شدهٔ استان لرستان رخداده است.



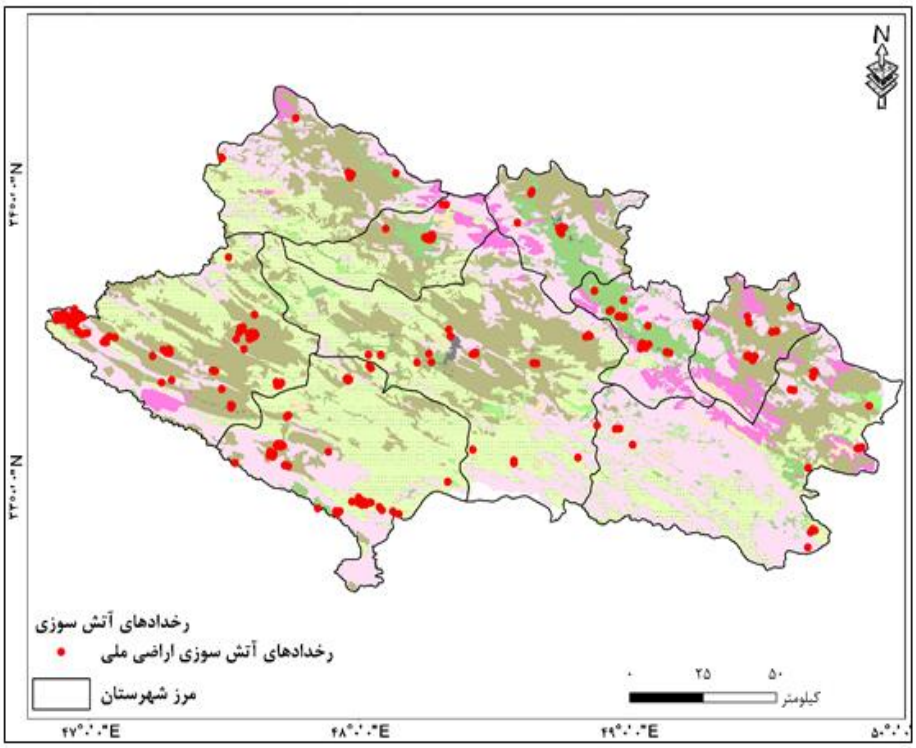
شکل ۳. توزیع فراوانی درون‌سالی رخدادهای آتش‌سوزی‌های ثبت‌شده طی دورهٔ آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ براساس محصول MOD14، سنجندهٔ مادیس

ازلحاظ روند بلندمدّت رخدادهای آتش‌سوزی در سطح استان، نتایج نوشتار پیش رو بیانگر وجود روندی افزایشی در فراوانی رخدادهای سالانهٔ آتش‌سوزی در سطح استان لرستان بود (شکل ۴). بررسی روند ۲۱ سالهٔ (۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰) فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی محصول MOD14، سنجندهٔ مادیس، در سطح استان لرستان، گویای آن است که فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در سطح استان، به‌طور کلّی با شیب سالانهٔ سه رخداد، روند افزایشی داشته است؛ امّا در کنار این روند کلّی، فراوانی سالانهٔ رخدادهای آتش‌سوزی در سطح استان، یک الگوی نوسان دوره‌ای داشته است. در این سری زمانی ۲۱ ساله، سه دورهٔ افزایشی و دو دورهٔ کاهشی در فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی مشاهده شده است. سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴؛ ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ و درنهایت ۲۰۱۸ به بعد (تا سال ۲۰۲۱) دوره‌های افزایشی در رخدادهای آتش‌سوزی بوده‌اند؛ در حالی که طی دورهٔ ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ و ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷، فاز کاهشی در رخدادهای آتش‌سوزی سطح استان بوده است.

توزیع فضایی هسته‌های پرفراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در شکل ۵ موقعیّت‌هایی که طی دورهٔ آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰، بیشترین فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی آشکارشده با سنجندهٔ 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 دورهٔ مورد بررسی؛ یعنی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰، به خود اختصاص داده‌اند.

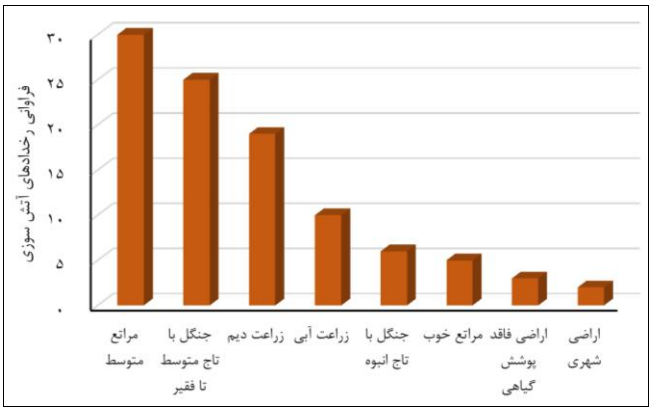


شکل۴. روند ۲۱ سالهٔ فراوانی رخداد آتش‌سوزی محصول آتش فعّال سنجندهٔ مادیس (ACTIVE FIRE-MOD14)



شکل ۵. توزیع فراوانی کانون‌های رخداد آتش‌سوزی محصول آتش فعّال سنجندهٔ مادیس (ACTIVE FIRE-MOD14)

تحلیل ماتریس متقاطع بین فراوانی رخدادهای کلّ آتش‌سوزی‌های کد ۰۲ محصول MOD14 و لایهٔ کامپوزیت پوشش اراضی همین سنجنده (محصول MCD12Q1) بیانگر آن بود که بیشترین فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در طبقهٔ پوشش اراضی مراتع متوسّط تا فقیر بوده است. در این طبقه کاربری اراضی که به‌صورت پراکنده در همه‌جای استان دیده می‌شود و شهرستان‌های کوهدشت، پلدختر، خرم‌آباد، بیشترین سهم را از این اراضی دارند، ۳۰٪ از کلّ رخدادهای آتش‌سوزی‌های آشکارشده به‌وسیلهٔ سنجندهٔ مادیس ثبت شده است. در زمین‌های جنگلی نیز، ۲۵٪ از رخدادهای آتش‌سوزی ثبت شده است. در زمین‌های کشاورزی دیم حدود ۱۹٪ از کلّ رخدادهای سالانهٔ آتش‌سوزی‌های اراضی منابع طبیعی ثبت شده است (شکل ۶). به‌طور کلّی مراتع فقیر تا متوسّط و طبقهٔ اراضی جنگلی با تاج‌پوشش فقیر تا متوسّط، ۵۵٪ از کلّ رخدادهای آتش‌سوزی‌های ثبت‌شدهٔ کد ۰۲ (آتش‌سوزی در عرصه‌های منابع طبیعی) را به خود اختصاص داده است؛ در حالی که زمین‌های کشاورزی دیم و آبی به‌طور کلّی ۲۹٪ از کلّ رخدادهای آتش‌سوزی کد ۰۲ را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۶. توزیع رخدادهای آتش‌سوزی در طبقات کاربری اراضی محصول MCD12Q1، سنجندهٔ مادیس

تحلیل ماتریس اطّلاعات متقاطع نشان داد که ۷۵٪ از کلّ رخدادهای آتش‌سوزی ثبت‌شده در استان لرستان، مربوط به سه طبقهٔ پوشش اراضی، مراتع فقیر تا متوسّط، اراضی جنگلی با تاج‌پوشش متوسّط تا ضعیف، و زمین‌های کشاورزی دیم هستند. توزیع ماهانهٔ درصد فراوانی رخدادها آتش‌سوزی در طبقات سه‌گانه با بیشترین فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی نشان می‌دهد که در طبقهٔ پوشش اراضی، مراتع متوسّط تا فقیر، ۷۳٪ کلّ رخدادهای آتش‌سوزی ثبت‌شده در این طبقه، در دو ماه ژوئن و جولای ثبت شده است. در ماه می و آگوست نیز درمجموع ۲۰٪ از کلّ رخدادهای آتش‌سوزی‌های این طبقه، ثبت شده است (جدول۳). توزیع ماهانهٔ رخدادهای آتش‌سوزی‌های کد ۲، در طبقهٔ پوشش جنگلی نیز مشابه طبقهٔ 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؛ امّا توزیع ماهانهٔ رخدادهای آتش‌سوزی در طبقهٔ زمین‌های کشاورزی دیم به‌طور کلّی در ماه‌های آگوست و سپتامبر متمرکز است. در این دو ماه، ۷۴٪ از کلّ رخدادهای آتش‌سوزی ثبت‌شده در طبقهٔ پوشش زمین‌های کشاورزی دیم، ثبت شده است (جدول ۳).

ماتریس همبستگی بین شاخص تراکم پوشش گیاهی ماهانه (محصول MOD13A3، سنجندهٔ مادیس) با فراوانی کلّ رخدادهای آتش‌سوزی ثبت‌شده در سه طبقهٔ کاربری با بیشترین رخداد آتش‌سوزی، نشان داد که در دو طبقهٔ پوشش اراضی مراتع متوسّط تا فقیر و اراضی جنگلی با تاج‌پوشش متوسّط تا فقیر، فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی سالانه با شاخص پوشش گیاهی ماه‌های آوریل و می همبستگی معنی‌داری نشان داده است، امّا 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 طبقهٔ اشکوب جنگلی و اراضی مرتعی در دو ماه بعد، یعنی ژوئن و جولای بالا ببرد (جدول ۴).

جدول۳. توزیع ماهانهٔ فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در هرکدام از طبقات سه‌کانهٔ کاربری اراضی

ماه	مراتع متوسّط	جنگل با تاج متوسّط تا فقیر	کشاورزی دیم
ژانویه	۰	۰	۰
فوریه	۰	۰	۰
مارس	۰	۰	۰
آپریل	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 ماهانهٔ محصول MOD13Q1 (میانگین دورهٔ ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰)

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

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

ماه	مراتع متوسّط تا فقیر	اراضی جنگلی با تاج‌پوشش متوسّط 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 مهم‌ترین مزیت‌های نسبی استان لرستان در عرصهٔ منابع طبیعی، وجود جنگل‌های زاگرس در این استان است؛ به‌طوری که ۴۰٪ از مساحت این استان پوشیده از تاج‌پوشش‌های متراکم تا فقیر جنگل‌های بلوط زاگرس است. مراتع این استان نیز ظرفیت بسیار قابل توجّهی برای دامداری در این استان فراهم کرده است؛ به‌گونه‌ای که ازلحاظ نسبت واحد دامی بر سطح یا تراکم دام در مرتع، استان لرستان، در رتبهٔ نخست کشور قرار دارد؛ امّا یکی از مهم‌ترین تهدیدهایی که برای این مزیت بزرگ استان وجود دارد و در دو دههٔ اخیر تشدید شده و منجر به خسارت‌های قابل توجّهی به جنگل‌ها و مراتع استان لرستان شده، رخدادهای آتش‌سوزی عرصه‌های طبیعی است.

مسئله‌ای که در نوشتار پیش رو بررسی و تحلیل شد، آشکارسازی ارتباط بین توزیع زمانی - مکانی رخدادهای آتش‌سوزی‌های عرصه‌های منابع طبیعی در ارتباط با ساختار پوشش اراضی و پوشش گیاهی استان لرستان بود. این موضوع برای بسیاری از پژوهش‌های داخلی و خارجی جذّاب بوده است. عمدهٔ بررسی‌هایی که در این زمینه وجود دارد، با رویکرد، تولید نقشه‌های پتانسیل‌سنجی مخاطرهٔ آتش‌سوزی با تلفیق وزن‌دار مجموعه‌ای از عوامل دخیل در رخداد آتش‌سوزی، به تولید نقشه‌های ریسک آتش‌سوزی در نواحی مختلف اقدام کرده‌اند. با توجّه به اینکه یکی از اساسی‌ترین یافته‌های این پژوهش‌ها، تولید پهنه‌ها و کلاس‌های ریسک آتش‌سوزی است؛ بنابراین می‌توانند ازلحاظ بررسی توزیع فضایی رخدادهای آتش‌سوزی با یافته‌های نوشتار پیش رو مقایسه شوند. یکی از مهم‌ترین یافته‌های جستار حاضر این بود که توزیع فضایی رخدادهای آتش‌سوزی کد ۰۲، به‌صورت معنی‌داری با پوشش اراضی مرتبط است.

دو طبقهٔ پوشش اراضی جنگل‌های با تاج‌پوشش متوسّط و اراضی مرتعی فقیر تا متوسّط به‌ترتیب ۲۵٪ و ۳۰٪ از کلّ رخدادهای آتش‌سوزی سالانهٔ ثبت‌شده در استان لرستان را به خود اختصاص می‌دهند. چنین نتیجه‌ای در پژوهش‌های دیگری نیز باوجود متفاوت‌بودن منطقهٔ مورد مطالعه، مشاهده شده است. در پژوهش جانباز قبادی (۱۳۸۹) که به تولید نقشهٔ ریسک آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی استان گلستان اقدام کرده بود، مشاهده شد که بیشینهٔ رخدادهای آتش‌سوزی در مناطق جنگلی با تاج‌پوشش متوسّط تا انبوه، متمرکز بوده است؛ امّا به‌طور دقیق‌تر در این زمینه نتیجهٔ بررسی گراوند و همکاران (۱۳۹۲)، قابل بررسی است. این پژوهش که با هدف تولید نقشهٔ ریسک آتش‌سوزی در استان لرستان انجام گرفته است، نشان داد که بیشترین وقوع آتش‌سوزی در کاربری جنگل با تاج‌پوشش متوسّط (۳۶٪) و مرتع با تاج‌پوشش متوسّط (۲۵٪) متمرکز بوده است.

یکی دیگر از طبقات کاربری اراضی که در نوشتار پیش رو مشخّص شد و بخش قابل توجّهی از رخدادهای آتش‌سوزی آشکارشدهٔ سنجندهٔ مادیس را به خود اختصاص داده است، طبقهٔ زمین‌های کشاورزی دیم بود. براساس

یافته‌های پژوهش مشخّص شد که این طبقه کاربری اراضی سهمی ۱۹ درصدی از کلّ رخدادهای آتش‌سوزی ثبت‌شدهٔ سالانه در سطح استان لرستان را به خود اختصاص داده است. آتش‌زدن پسماندهای زراعی به‌وسیلهٔ کشاورزان به‌ویژه پس از برداشت محصول، یکی از دلایل عمدهٔ این رخدادها است که مشابه چنین یافته‌ای در بررسی زامبرون و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده شد که به‌طور متوسّط ۱۴٪ از کلّ رخدادهای آتش‌سوزی سالانه در سوئیس، مربوط به طبقهٔ کاربری زمین‌های کشاورزی (کراپ‌لندها) بوده است. اگر زمین‌های کشاورزی در ارتباط با اراضی جنگلی و مرتعی باشد که نمونهٔ بارز آن در جنگل‌های بلوط استان لرستان به‌روشنی مشاهده می‌شود و زراعت در اشکوب جنگلی در بخش‌های وسیعی از استان انجام شده است، اهمّیت این مسئله دوچندان می‌شود.

مادا[1] و همکاران (۲۰۰۹) این نوع زمین‌های کشاورزی اشکوب جنگلی را محرّک اصلی آتش‌سوزی جنگل‌ها قلمداد کرده‌اند. پژوهش مادا و همکاران (۲۰۰۵) که با استفاده از محصول آتش سنجندهٔ 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 توجّهی افزایش داشته است. افزون بر الگوی توزیع فضایی رخدادهای آتش‌سوزی، الگوی توزیع زمانی آن نیز به‌لحاظ مدیریت مخاطرهٔ 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 توجّهی از گیاهان خشک‌شده در مراتع و زمین‌های پای جنگل‌ها وجود دارد. در پژوهش ماریو[2] و همکاران (۲۰۰۵) که با هدف توسعهٔ تقویم زمانی رخدادهای آتش‌سوزی عرصه‌های منابع طبیعی با استفاده از الگوهای سینوپتیکی جوّی 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 دورهٔ زمانی ۶۲ روزه؛ یعنی ۲۵ اردیبهشت تا ۲۵ تیر در عرصهٔ دو پوشش اراضی مراتع و اشکوب جنگلی، می‌توان ۵۵٪ از رخدادهای آتش‌سوزی را کنترل کرد؛ از دیگرسو با استناد به مادهٔ ۲۰ قانون هوای پاک، مانع از آتش‌زدن بقایای کشاورزی در اراضی زراعی به‌وسیلهٔ کشاورزان شد و به این‌ترتیب، بخش زیادی از رخدادهای آتش‌سوزی منابع طبیعی را در سطح استان کنترل کرد.

عوامل متعدّدی همچون گردشگری در عرصه‌های جنگلی و مراتع، درگیری‌های طایفه‌ای، زغال‌گیری از درختان بلوط، آتش‌زدن بقایای اراضی کشاورزی، درکنار عواملی مانند صعب‌العبوربودن برخی از اراضی جنگلی و مرتعی، کمبود سرانهٔ محیط‌بان در استان، کمبود تجهیزات گشت‌زنی و اطفای حریق، عواملی هستند که به‌صورت مکمّل در دو دههٔ اخیر منجر به تشدید رخدادهای آتش‌سوزی در عرصهٔ مراتع و جنگل‌های استان لرستان شده‌اند. نقش عوامل محیطی ازجمله تغییرات سالانهٔ بارش، می‌تواند به‌صورت قابل توجّهی رخدادهای سالانهٔ آتش‌سوزی در عرصهٔ منابع طبیعی را تحت تأثیر قرار دهد.

به‌طور کلّی 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 توجّهی پوشش گیاهی در مراتع و اراضی جنگلی شد که در ماه‌های خرداد و تیر به‌صورت موادّ سوختی قابل توجّهی درآمد و منجر به آتش‌سوزی‌های متعدّد و گسترده در سطح استان شد؛ بنابراین در این میان، لزوم آموزش و حسّاس‌سازی مردم محلّی به‌ویژه روستاییان، گردشگران، کشاورزان و دامداران، یکی از مهم‌ترین راهکارهای اساسی و مهمّ کاهش رخدادهای آتش‌سوزی در سطح مراتع استان است. درکنار این مسئله، افزایش امکانات و تجهیزات کنترل و پایش آتش‌سوزی، به‌ویژه در دورهٔ بحرانی اواخر اردیبهشت تا اواخر تیرماه، می‌تواند تا حدّ زیادی ریسک آتش‌سوزی را در اراضی طبیعی استان لرستان به حداقل برساند.

نتیجه‌گیری

در نوشتار پیش رو رخدادهای آتش‌سوزی ماهانه طی دورهٔ آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰، مستخرج از محصول آتش فعّال سنجندهٔ مادیس در ارتباط با طبقات پوشش اراضی (محصول MCD12Q1 سنجندهٔ مادیس) تحلیل زمانی و مکانی شد. نتایج نشان داد که به‌طور کلّی در مقیاس درون‌سالی در استان لرستان، بیش از ۷۵٪ رخدادهای آتش‌سوزی در ماه‌های ژوئن و جولای (اواسط اردیبهشت تا اواخر تیرماه) متمرکز است و افزون بر آن، روند سری زمانی فراوانی سالانهٔ رخدادهای آتش‌سوزی روند افزایشی کلّی با شیب‌خطی سه رخداد در سال را داشته است. تحلیل ماتریس اطّلاعات متقاطعی بین فراوانی رخدادهای سالانهٔ آتش‌سوزی و طبقات پوشش اراضی استان نشان داد که سه طبقهٔ پوشش اراضی جنگلی با تاج‌پوشش متوسّط تا ضعیف، مراتع متوسّط تا فقیر و زمین‌های کشاورزی دیم، بیشترین فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی را به خود اختصاص داده‌اند. بیش از ۷۰٪ از فراوانی سالانهٔ رخدادهای آتش‌سوزی در دو طبقهٔ پوشش اراضی مراتع فقیر تا متوسّط و اراضی جنگلی با تاج‌پوشش متوسّط تا ضعیف، در دو ماه ژوئن و جولای (خرداد و تیر) بوده است که با تراکم پوشش گیاهی ماه‌های آپریل و می همبستگی معنی‌داری داشته است؛ در حالی که فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی اراضی زراعی دیم، عموماً در ماه‌های آگوست و سپتامبر متمرکز بوده است و همبستگی معنی‌داری با پوشش گیاهی هیچ ماهی نشان نداشته است.

به‌طور کاربردی می‌توان گفت که با توجّه به اینکه وجود تراکم پوشش گیاهی در دو ماه آپریل و می در مراتع و اشکوب جنگلی استان، یکی از مهم‌ترین فاکتورهای محرّک پوشش گیاهی در دو ماه بعد؛ یعنی ژوئن و جولای است؛ بنابراین با تمرکز مدیریت طی یک دورهٔ زمانی ۶۲ روزه؛ یعنی ۲۵ اردیبهشت تا ۲۵ تیر در عرصهٔ دو پوشش اراضی مراتع و اشکوب جنگلی، می‌توان ۵۵٪ از رخدادهای آتش‌سوزی را کنترل کرد؛ از دیگرسو با استناد به مادهٔ ۲۰ قانون هوای پاک، می‌توان مانع از آتش‌زدن بقایای کشاورزی در زمین‌های کشاورزی به‌وسیلهٔ کشاورزان شد و به این‌ترتیب، بخش زیادی از رخدادهای آتش‌سوزی منابع طبیعی را در سطح استان کنترل کرد.

منابع

آقازاده، فیروز (۱۳۹۹). شناسایی بلادرنگ آتش‌سوزی جنگل و مراتع با استفاده از داده‌های NOAA/AVHRR منطقهٔ مورد مطالعه: پناهگاه حیات‌وحش. *نشریهٔ تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، *۷* (۱)، ۱-۱۴.

اسکندری، سعیده (۱۳۹۴) رابطهٔ بین تغییر اقلیم و آتش‌سوزی در جنگل‌های استان گلستان. *دوفصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات حمایت وحفاظت جنگل‌ها ومراتع ایران*، *۱۳* (۱)، ۱-۱۰.

جانباز قبادی، غلامرضا (۱۳۹۸). بررسی مناطق خطر آتش‌سوزی جنگل در استان گلستان، براساس شاخص خطر آتش‌سوزی با بهره‌گیری از تکنیک GIS. *نشریهٔ تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، *۶* (۳)، ۸۹-۱۰۲.

زرعکار، آزاده؛ کاظمی زمانی، بهاره؛ قربانی، ساره؛ عاشق معال، مریم؛ جعفری، حمیدرضا (۱۳۹۲). تهیهٔ نقشهٔ پراکندگی فضایی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و سامانهٔ اطّلاعات جغرافیایی (مطالعهٔ موردی: سه حوزهٔ جنگلی در استان گیلان). *فصلنامهٔ تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، *۲۱* (۲)، ۲۱۸-۲۳۰.

گراوند، سودابه؛ یارعلی، نبی‌الله؛ صادقی کاجی، حمدالله (۱۳۹۲). الگوی مکـانی و نقشـهٔ خطـر وقـوع آتـش‌سـوزی در اراضـی طبیعی استان لرستان. *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۲۱ (۲)، ۲۳۱-۲۴۲.

مولودی، گلاله؛ خورانی، اسداله؛ مرادی، عباس (۱۳۹۵). اثر تغییر اقلیم بر امواج گرمایی سواحل شـمالی خلـیج فـارس. *مجلّـهٔ 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 Dashtpagerdi, 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.