



## " مقاله پژوهشی "

# ارتباط گستره‌های آتش‌سوزی با ویژگی‌های فیزیوگرافی در ناحیه ریشی زاگرس مرکزی، استان کرمانشاه

اشکان غلامرضایی<sup>۱</sup>، محمد خسروی<sup>۲</sup> و مرتضی پوررضا<sup>۳</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی جنگل، گروه منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران  
۲- استادیار، گروه منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران، (نویسنده مسؤل: khosravim59@razi.ac.ir)  
۳- استادیار، گروه منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران  
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۲۸  
صفحه: ۱۸۳ تا ۱۹۲

### چکیده مبسوط

**مقدمه و هدف:** آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع به عنوان یکی از چالش‌های اصلی مدیریت منابع طبیعی محسوب می‌شود به طوری که هر ساله خسارات زیادی را به این بوم‌سامانه‌های طبیعی وارد می‌کند. اگرچه منشأ اکثر آتش‌سوزی‌های عرصه‌های طبیعی در ناحیه ریشی زاگرس عامل انسانی است ولی، عوامل محیطی نقش کلیدی در گسترش آنها و مساحت سوختگی بازی می‌کند. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی و تعیین ارتباط بین اشکال مختلف فیزیوگرافی شامل شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا با گستره‌های آتش‌سوزی در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ با استفاده از داده‌های سنجنده MODIS بود.

**مواد و روش‌ها:** داده‌های مربوط به گستره‌های آتش‌سوزی از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ با اندازه تفکیک مکانی ۵۰۰ متر دریافت شد که دربردارنده اطلاعات زمانی و مکانی آتش‌سوزی‌ها بودند. سپس نقشه‌های شیب (پنج طبقه)، ارتفاع از سطح دریا (شش طبقه) و جهت شیب (پنج طبقه) با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی ۹۰ متری برای کل منطقه مورد مطالعه تهیه شد. از آزمون کولموگروف-سمیرنوف برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها در هر یک از طبقات فیزیوگرافی استفاده شد. با توجه به نرمال نبودن توزیع داده‌ها، برای بررسی معنی‌دار بودن وجود اختلاف آماری بین میانه مساحت گستره‌های آتش‌سوزی در طبقات مختلف اشکال فیزیوگرافی از آزمون‌های ناپارامتریک شامل آزمون کروسکال والیس و آزمون من-ویتنی‌یو استفاده شد. همچنین به منظور حذف تاثیر اندازه مساحت طبقه فیزیوگرافی بر مساحت گستره آتش‌سوزی، شاخص آتش‌سوزی ویژه در هر طبقه فیزیوگرافی و به تفکیک نوع پوشش گیاهی محاسبه شد. بدین منظور با استفاده از همپوشانی لایه‌های مربوطه، نسبت مساحت آتش‌سوزی در هر طبقه از عوامل فیزیوگرافی به مساحت آن طبقه و به تفکیک نوع پوشش گیاهی (جنگلی یا مرتعی) محاسبه شد.

**یافته‌ها:** نتایج بدست آمده نشان داد که هرچه مساحت طبقه فیزیوگرافی بیشتر باشد، میانه گستره‌های آتش‌سوزی نیز در آنها بیشتر است. ولی نتایج مربوط به شاخص آتش‌سوزی ویژه (نسبت مساحت آتش‌سوزی به مساحت طبقه) نشان داد که جهت شرقی و طبقه ارتفاعی ۱۰۰۰-۵۰۰ متر در هر دو نوع پوشش گیاهی جنگلی و مرتعی دارای بیشترین مقدار آتش‌سوزی ویژه بودند. علاوه بر آن، بر اساس عامل شیب، طبقه بیش از ۸۰ درصد در جنگل و طبقه ۳۰-۱۵ درصد در مرتع بیشترین مقدار آتش‌سوزی ویژه را داشتند. از آنجا که شاخص آتش‌سوزی ویژه، بستگی به مساحت طبقات فیزیوگرافی ندارد، می‌تواند پتانسیل طبیعی هر طبقه از عوامل فیزیوگرافی در گسترش آتش‌سوزی را نشان دهد.

**نتیجه‌گیری:** نتیجه‌گیری شد که در نظر گرفتن "آتش‌سوزی ویژه" در مقایسه با مساحت آتش‌سوزی، شاخص مناسب‌تری برای بررسی اثر عوامل فیزیوگرافی بر گسترش آتش‌سوزی‌ها است.

**واژه‌های کلیدی:** آتش‌سوزی ویژه، زاگرس، سنجنده MODIS، فیزیوگرافی، گستره آتش‌سوزی

### مقدمه

خاص ایجاد می‌شود (۸). این موضوع امکان مدل‌سازی الگوها را فراهم کرده و می‌تواند تغییرات مکانی، زمانی و رفتار آتش را به شرایط زیست محیطی منطقه مرتبط کند (۳۶، ۱۹، ۲۸). به طور کلی عوامل موثر بر آتش‌سوزی شامل اقلیم، پوشش گیاهی، توپوگرافی و مسائل اقتصادی-اجتماعی هستند (۱۸، ۱۶) که در مقیاس‌های مکانی و زمانی مختلف تغییر می‌کنند (۳۰). تاثیر پوشش گیاهی بر فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در مطالعات مختلف نشان داده شده است (۲۲، ۳). توپوگرافی بر ساختار و توزیع پوشش گیاهی موثر بوده و بنابراین بر روی احتمال آتش‌سوزی و سرعت و جهت گسترش آن موثر است (۲۴). تاثیر فیزیوگرافی بر روی آتش‌سوزی به حدی است که علاوه بر ارتباط مستقیم بین فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی با نوع فیزیوگرافی، بین تعداد این رخدادهای با مساحت اشکال فیزیوگرافی نیز ارتباط مستقیم وجود دارد (۴).

از نظر دامنه تاثیر، اقلیم بر روی آتش‌سوزی‌ها در مقیاس بزرگ‌تر و عوامل مربوط به پوشش گیاهی، توپوگرافی و مسائل اقتصادی-اجتماعی بر روی آتش‌سوزی‌ها در مقیاس

جنگل‌ها و مراتع نقش بسیار مهم و حیاتی در زندگی انسان‌ها دارند. در تحقیقات مختلف نقش آنها در تنظیم بارش، تعدیل دما، کاهش فرسایش و چرخه کربن اتمسفر نشان داده شده است (۳۰، ۲۷، ۲۰). علاوه بر این نقش مهمی در ایجاد جاذبه‌های گردشگری دارند (۲). آتش‌سوزی یکی از مهمترین مشکلات بوم‌سامانه‌های جنگلی و مرتعی است. این پدیده علاوه بر تهدید این بوم‌سامانه‌ها جوامع انسانی پراکنده در این محیط‌ها را نیز تهدید می‌کند (۲۵).

از آتش‌سوزی به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدودیت توسعه پایدار اقتصادی در جنگل‌های جهان نام می‌برند (۱۲). این پدیده باعث از بین رفتن پوشش گیاهی شده و در نتیجه احتمال وقوع سیل را بالا می‌برد. بررسی ویژگی‌های آتش‌سوزی و تعیین پارامترهای موثر محیطی بر روی آن برای پیش‌بینی و مدیریت پایدار جنگل بسیار ضروری است (۲۳، ۷).

با وجود تعدد عوامل آتش‌سوزی، وقوع این پدیده در یک ناحیه معمولاً بر پایه یکسری الگوهای مکانی و زمانی منظم و

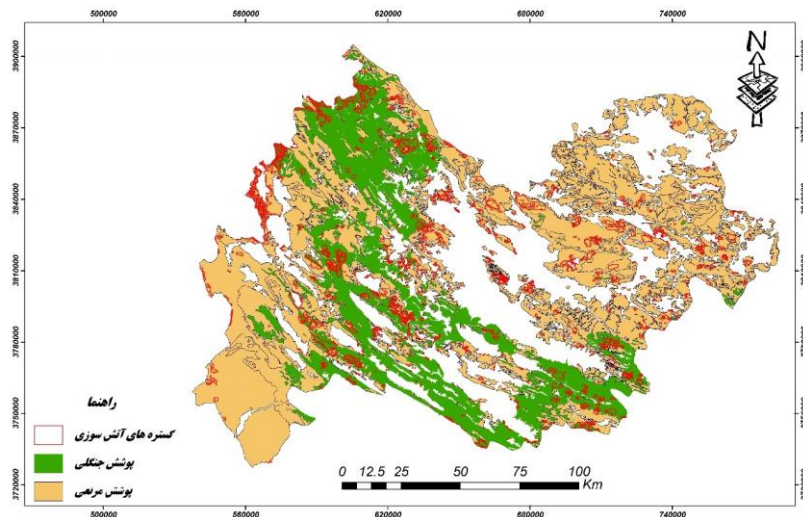
### مواد و روش‌ها ویژگی منطقه مورد مطالعه

استان کرمانشاه به عنوان منطقه مورد مطالعه در بین طول‌های جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی قرار دارد. این استان به مساحت ۲۵ هزار کیلومتر مربع در غرب کشور و در ناحیه زاگرس مرکزی قرار دارد. ارتفاع متوسط استان از سطح دریا ۱۴۳۸ متر است. مرتفع‌ترین نقطه استان کوه شاهو با ارتفاع ۳۴۵۰ متر بوده و پست‌ترین نقطه آن در حوالی نفت شهر و با ارتفاعی در حدود ۱۸۰ متر از سطح دریا قرار دارد. از نظر اقلیمی و براساس اقلیم نمای آمبرژه دارای اقلیم‌های متنوعی از بیابانی گرم تا نیمه مرطوب سرد است و میانگین بارندگی سالیانه آن ۴۷۵ میلیمتر است.

در استان کرمانشاه عرصه‌های طبیعی عمدتاً شامل اراضی با پوشش جنگلی و مرتعی می‌شود که حدوداً از دامنه‌های کوهستان شاهو و هورامانات آغاز شده و تا جنوب شرقی استان ادامه پیدا می‌کند به این ترتیب که بیشتر اراضی جنگلی استان در شهرستان‌های کرمانشاه، اسلام‌آباد غرب، گیلان غرب، پاوه و جوانرود واقع شده‌اند که این جنگل‌ها غالباً از تیپ بلوط ایرانی تشکیل شده‌اند. همچنین مساحت مراتع استان در حدود یک میلیون و دویست هزار هکتار بوده که چیزی در حدود ۳۵۰ هزار هکتار آن مراتع گرمسیری و مابقی در مناطق بیلاقی قرار گرفته‌اند. همچنین مساحت جنگل‌های استان نیز حدود ۵۲۹ هزار هکتار است.

کوچکتر موثرند (۳۸). بیشتر مطالعات انجام شده در رابطه با ویژگی‌های آتش‌سوزی در مقیاس محلی (۳۷، ۳۴، ۶) و تعداد کمتری از آنها در مقیاس جهانی (۹) انجام شده‌اند. مطالعات انجام شده نشان می‌دهند که در ۲۰۰ سال اخیر در حدود ۶۰۰ میلیون هکتار از جنگل‌های جهان بر اثر آتش‌سوزی از بین رفته‌اند (۱۱). براساس آمارهای سازمان جنگل‌ها، مراتع و آب‌خیزداری سالانه صدها مورد رخداد آتش‌سوزی در نقاط مختلف کشور ثبت می‌شود که می‌تواند اثرات کوتاه مدت و بلند مدتی بر عملکرد بوم‌سامانه‌های جنگلی وارد نماید (۲۶). در ناحیه رویشی زاگرس آتش‌سوزی‌های مداوم در سالیان اخیر صدمات زیادی به پوشش گیاهی و محیط زیست، جنگل‌ها و مراتع تحمیل کرده است (۱۵). بنابراین صیانت و پاسداری از این جنگل‌ها در مقابله با تهدیدات آتش‌سوزی همواره مورد توجه مدیران بخش منابع طبیعی بوده است (۳۲).

شناخت پتانسیل هر یک از طبقات عوامل فیزیوگرافی بر گسترش آتش‌سوزی می‌تواند در برنامه‌ریزی و کاهش خسارات ناشی از آنها نقش بسزایی داشته باشد. در این پژوهش ارتباط گستره‌های آتش‌سوزی با طبقات عوامل فیزیوگرافی، با استفاده از داده‌های آتش‌سوزی ثبت شده توسط سنجنده MODIS (در بازه زمانی ۱۸ ساله از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸) در استان کرمانشاه، بررسی شد. براین اساس اهداف این پژوهش به صورت زیر تعریف شدند: الف) تعیین ارتباط بین طبقات عوامل فیزیوگرافی با گستره‌های آتش‌سوزی و ب) تعیین ارتباط بین آتش‌سوزی ویژه (نرمال شده) با مساحت طبقات اشکال فیزیوگرافی.



شکل ۱- نقشه پوشش جنگل‌ها، مراتع و گستره‌های آتش‌سوزی از ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ در استان کرمانشاه  
Figure 1. The map of forest, rangeland and burned area from 2001-2018 in Kermanshah province

دارند (۱۷). شایان گفتن است که همه پردازش‌های لازم بر روی آنها انجام شده و به صورت آماده جهت استفاده کاربران در اختیار قرار می‌گیرند. آخرین نسخه الگوریتم مربوط به پردازش گستره‌های آتش‌سوزی جهانی مودیس (مجموعه ۶) در سال ۲۰۱۷ تهیه شد. این الگوریتم نسبت به نسخه‌های قدیمی‌تر بهتر است زیرا در شرایط ابری و وجود آلودگی‌های

### داده‌های مورد مطالعه

داده‌های مربوط به گستره‌های آتش‌سوزی از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ از مرکز پردازش داده‌های سنجنده MODIS (<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>) دریافت شدند. این داده‌ها به فرمت‌های HDF، GeoTIFF و Shapefile و با دقت مساحتی ۵۰۰ متری در دسترس قرار

$$\text{رابطه (۱)} = \frac{\text{مساحت آتش‌سوزی (m}^2\text{)}}{\text{مساحت طبقه مورد نظر (ha)}} = \text{آتش‌سوزی ویژه (m}^2\text{/ha)}$$

## نتایج و بحث

### مقایسه میانه گستره‌های آتش‌سوزی

نتایج نشان داد که بیشترین میانه مساحت گستره‌های آتش‌سوزی در هر دو پوشش مرتعی و جنگلی مربوط به طبقه شیب ۳۰-۱۵ درصد است. البته اختلاف معنی‌داری (در سطح ۵٪) بین میانه مساحت گستره‌های آتش‌سوزی در طبقات ۰-۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۵۰، ۵۰-۸۰ و ۸۰-۵۰ درصد در پوشش جنگلی مشاهده نشد (شکل ۲ الف). همچنین در پوشش مرتعی نیز اختلاف بین طبقات ۰-۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۵۰ و ۵۰-۸۰ درصد از نظر میانه گستره‌های آتش‌سوزی معنی‌دار (در سطح ۵٪) نبود (شکل ۲ ب). در جنگل طبقه شیب بیش از ۸۰ درصد و در مرتع نیز طبقات ۰-۱۵ و بیش از ۸۰ درصد به طور معنی‌داری کمترین میانه گستره آتش‌سوزی را به خود اختصاص دادند (شکل ۲ الف و ب). در همه طبقات شیب و در هر دو نوع پوشش جنگلی و مرتعی بجز در طبقه هموار، تغییرات مساحت آتش‌سوزی‌ها مشابه تغییرات مساحت طبقات شیب است (جدول ۱ و شکل ۲ الف و ب) که با نتایج فراوانی آتش‌سوزی‌ها در مطالعه عزیززی و همکاران (۴) و امیدوی و همکاران (۳۱) مطابقت دارد.

مقایسه میانه مساحت گستره‌های آتش‌سوزی در طبقات مختلف ارتفاع از سطح دریا نشان داد که در جنگل، طبقات ۱۵۰۰-۲۰۰۰ و ۱۰۰۰-۱۵۰۰ متر به طور معنی‌داری (در سطح ۵٪) بیشترین مساحت گستره‌های آتش‌سوزی و طبقات ۰-۵۰۰ و بیش از ۲۵۰۰ متر به طور معنی‌داری (در سطح ۵٪) کمترین مساحت گستره آتش‌سوزی را به خود اختصاص دادند (شکل ۲- پ). در مرتع نیز مشاهده شد که طبقات ۱۰۰۰-۵۰۰ و ۲۰۰۰-۱۵۰۰ متر به طور معنی‌داری بیشترین مساحت گستره‌های آتش‌سوزی را به خود اختصاص داده‌اند که البته اختلاف معنی‌داری بین طبقه ۰-۵۰۰ و ۲۵۰۰-۲۰۰۰ متر مشاهده نشد ولی طبقه بیش از ۲۵۰۰ متر به طور معنی‌داری (در سطح ۵٪) کمترین میانه مساحت گستره‌های آتش‌سوزی را به خود اختصاص داد (شکل ۲ ت). تغییرات مساحت آتش‌سوزی در همه طبقات ارتفاعی و در هر دو نوع پوشش جنگلی و مرتعی کاملاً از تغییرات مساحت طبقات ارتفاع از سطح دریا پیروی می‌نماید (جدول ۱ و شکل ۲ ث و ج). نتایج مشابهی در بررسی فراوانی آتش‌سوزی و عامل ارتفاع از سطح دریا در مطالعه بازیار و همکاران (۵) نشان داده شده است.

مقایسه میانه مساحت گستره‌های آتش‌سوزی در جهت‌های جغرافیایی نشان داد که چه در مرتع و چه در جنگل به استثنای طبقه هموار اختلاف معنی‌داری بین میانه مساحت گستره‌های آتش‌سوزی وجود ندارد. طبقه هموار هم در جنگل و هم در مرتع به طور معنی‌داری کمترین میانه مساحت گستره‌های آتش‌سوزی را به خود اختصاص داده است (شکل

جوی عملکرد بهتری دارد (۱۸). تغییرات دیگری که در این الگوریتم نسبت به نمونه‌های قدیمی‌تر لحاظ شده است افزایش قدرت تشخیص گستره‌های آتش‌سوزی با مساحت کمتر، کاهش عدم قطعیت در زمان آتش‌سوزی و همچنین کاهش گستره‌های آتش‌سوزی فاقد نقشه است. براساس راهنمای استفاده از این داده‌ها، رخدادهای آتش‌سوزی دارای کدهای ۰ و ۲ به ترتیب در محدوده پوشش گیاهی و سایر منابع زمینی (بجز پوشش گیاهی) هستند (۱۸). بنابراین داده‌های دارای کد ۰ که نشان‌دهنده رخداد آتش‌سوزی در پوشش گیاهی است با لایه‌های پوشش جنگل و مرتع استان همپوشانی داده شده و رخدادهای آتش‌سوزی به همراه اطلاعات زمانی و مکانی آنها در محدوده پوشش جنگلی و مرتعی استان استخراج شدند.

به‌منظور تعیین ویژگی‌های فیزیوگرافی منطقه مورد مطالعه از مدل ارتفاعی رقومی (DEM) ۹۰ متری استفاده شد. بر این اساس نقشه شیب استان در پنج طبقه (۰-۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۵۰، ۵۰-۸۰ و بیشتر از ۸۰ درصد)، نقشه جهت در پنج طبقه (هموار، شمالی، جنوبی، شرقی و غربی) و نقشه طبقات ارتفاعی استان در شش طبقه (۰-۵۰۰، ۵۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۱۵۰۰، ۱۵۰۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۲۵۰۰ و بیشتر از ۲۵۰۰ متر) تهیه شدند.

### روش کار

برای یافتن ارتباط بین عوامل فیزیوگرافی منطقه با گستره‌های آتش‌سوزی از توابع همپوشانی در محیط ArcMap 10.5 استفاده شد. بدین ترتیب که ابتدا لایه‌های گستره‌های آتش‌سوزی بر روی لایه پوشش گیاهی قرار داده شد تا محدوده‌های آتش‌سوزی موجود در محدوده جنگل‌ها و مراتع مشخص شوند. سپس لایه‌های بدست آمده از این همپوشانی با لایه‌های سه‌گانه فیزیوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا) منطقه انطباق داده شدند و مساحت گستره‌های آتش‌سوزی در هر یک از پلی‌گون‌های طبقات فیزیوگرافی مشخص شدند و جداول توصیفی بدست آمده در محیط اکسل جهت تعیین مقادیر آتش‌سوزی در هر یک از طبقات عوامل فیزیوگرافی، و همچنین آماده‌سازی داده‌ها برای بررسی‌های آماری وارد شدند.

برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌های ۱۸ ساله مربوط به مساحت آتش‌سوزی از آزمون کولموگروف-سمیرنوف استفاده شد. با توجه به نرمال نبودن توزیع داده‌ها، برای بررسی معنی‌دار بودن وجود اختلاف آماری بین مساحت گستره‌های آتش‌سوزی در طبقات مختلف اشکال فیزیوگرافی از آزمون کروسکال والیس استفاده شد و در صورت معنی‌دار بودن، از آزمون من-ویتنی‌یو برای انجام مقایسات زوجی میانه‌ها در نرم افزار IBM SPSS نسخه ۲۱ استفاده شد.

به‌منظور بی‌اثر کردن نقش مساحت طبقات اشکال مختلف فیزیوگرافی بر مساحت گستره‌های آتش‌سوزی از شاخص "آتش‌سوزی ویژه" استفاده شد. آتش‌سوزی ویژه طبق تعریف انجام شده توسط نگارندگان، از تقسیم مساحت آتش‌سوزی در هر طبقه از عوامل فیزیوگرافی بر کل مساحت آن طبقه و مطابق رابطه زیر تعیین شد:

پیش‌بینی دارای کمترین مقدار آتش‌سوزی می‌باشد. ی- جهت جغرافیایی هموار (فاقد جهت) در مرتع و جنگل به دلیل گسترش کمتر نسبت به بقیه طبقات جهت شیب، آتش‌سوزی کمتری در آن رخ داده است. البته بین بقیه طبقات جهت شیب و مساحت آتش‌سوزی روند مشخصی مشاهده نشد که این نشان دهنده نامناسب بودن شاخص "مساحت آتش‌سوزی" جهت مطالعه تاثیر این عامل فیزیوگرافی بر گسترش آتش‌سوزی می‌باشد. بنابراین بررسی آتش‌سوزی در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی هرچند ارزشمند است ولی به دلیل گستره متفاوت طبقات مورد بررسی در هر منطقه و همچنین روند نامشخص آن در ارتباط با عامل جهت شیب، نتایج بدست آمده تنها بازگو کننده شرایط موجود در منطقه مورد مطالعه است و نمی‌توان آنها را به مناطق دیگر تعمیم داد، اما در مورد نتایج آتش‌سوزی ویژه، به دلیل ماهیت آنها که در واحد سطح (هکتار) بیان می‌شوند، نتایج مناطق مختلف قابل مقایسه بوده و تعمیم دادن و برنامه‌ریزی بر اساس آنها منطقی‌تر خواهد بود. و بر این اساس در اینجا بحث اصلی بر روی تغییرات میزان آتش‌سوزی ویژه در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی در پوشش‌های مرتعی و جنگلی صورت می‌گیرد.

۲ ث و ج). از طرف دیگر، تغییرات مساحت جهت شیب و آتش‌سوزی روند مشخصی را نشان نمی‌دهد. مطالعات پیشین در زمینه ارتباط فراوانی آتش‌سوزی و جهت شیب نیز نتایج مشابهی را بیان کرده‌اند (۵،۳۱). بنابراین بین مقادیر آتش‌سوزی و مساحت طبقات شیب و ارتفاع از سطح دریا در بیشتر موارد همسویی وجود دارد و می‌توان پیش‌بینی کرد که با وجود مساحت بیشتر یک طبقه از این عوامل فیزیوگرافی نسبت به طبقات دیگر، مقدار آتش‌سوزی در آن طبقه بیشتر است و برعکس. به طوری که موارد زیر را می‌توان در نتایج بدست آمده مشاهده نمود:

الف- طبقه شیب ۳۰-۱۵ درصد در جنگل دارای بالاترین درصد مساحت و از سویی دارای بیشترین میزان گستره آتش‌سوزی است.

ب- طبقه شیب بیشتر از ۸۰ درصد هم در مرتع و هم در جنگل دارای کمترین درصد مساحت و از سویی کمترین میزان گستره آتش‌سوزی است.

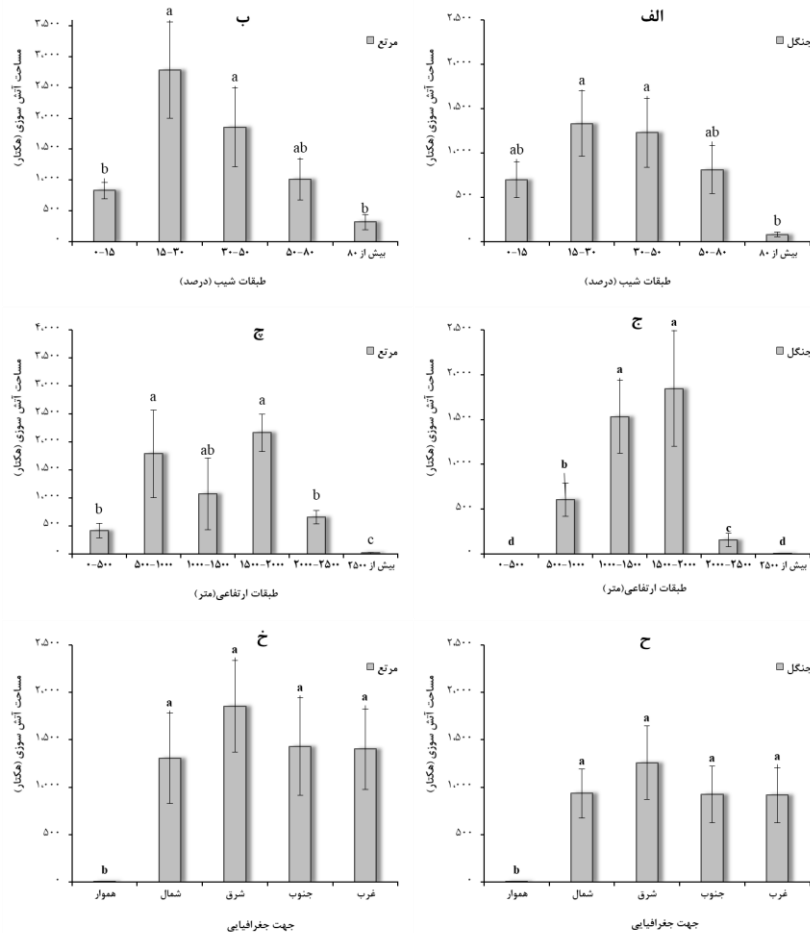
ج- طبقه ارتفاعی ۲۰۰-۱۵۰ متر هم در مرتع و هم در جنگل بیشترین درصد مساحت را دارد و در همین حال دارای بیشترین میزان گستره آتش‌سوزی در مقایسه با طبقات دیگر است.

د- طبقه ارتفاعی بیش از ۲۵۰۰ متر در پوشش‌های مرتعی و جنگلی کمترین درصد را نسبت به بقیه طبقات دارد و مطابق

جدول ۱- مساحت و درصد مساحت طبقات پارامترهای فیزیوگرافی در پوشش جنگلی و مرتعی استان کرمانشاه

Table 1. the area of physiographic parameter classes in forest and rangeland coverage, in Kermanshah Province

عوامل فیزیوگرافی	طبقه	مساحت طبقه در جنگل (هکتار)	درصد مساحت طبقه	مساحت طبقه در مرتع (هکتار)	درصد مساحت طبقه
شیب (درصد)	۱۵-۰	۱۱۰۹۸۹/۸۴	۲۱/۲۶	۵۴۶۷۱۱/۸۲	۴۶/۶۳
	۳۰-۱۵	۱۷۲۵۳۸/۰۶	۳۳/۰۴	۳۳۷۴۹۶/۰۶	۲۸/۷۸
	۵۰-۳۰	۱۴۲۶۵۶/۴۵	۲۷/۳۲	۱۹۵۴۶۰/۰۷	۱۶/۶۷
	۸۰-۵۰	۹۱۳۲۳/۵۲	۱۷/۴۹	۸۳۰۲۵/۰۷	۷/۰۸
	>۸۰	۴۶۳۰/۷۱	۰/۸۹	۹۸۶۹/۵۰	۰/۸۴
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۵۰-۰	۰	۰/۰۰	۱۴۳۱۲۹/۲۸	۱۲/۲۱
	۱۰۰-۵۰	۴۲۱۰۲/۲۲	۸/۰۶	۱۹۹۶۸۷/۴۳	۱۷/۰۳
	۱۵۰-۱۰۰	۱۶۰۸۱۱/۸۳	۳۰/۸۰	۲۴۵۲۴۰/۰۳	۲۰/۹۱
	۲۰۰-۱۵۰	۲۸۱۸۱۷/۲۳	۵۳/۹۸	۳۹۵۸۶۲/۸۹	۳۳/۷۶
	۲۵۰-۲۰۰	۳۶۱۳۷/۲۴	۶/۹۲	۱۶۱۷۱۵/۰۷	۱۳/۷۹
>۲۵۰	۱۲۵۲/۳۵	۰/۲۴	۲۷۰۵۰/۳۶	۲/۳۱	
جهت جغرافیایی	هموار	۶/۲۴	۰/۰۰	۸۳/۳۰	۰/۰۱
	شمال	۱۵۲۷۵۳/۹۴	۲۹/۲۶	۲۸۰۰۹۵/۶۴	۲۳/۸۹
	شرق	۱۲۳۹۰۶/۳۵	۲۳/۷۳	۲۳۱۸۶۹/۱۵	۱۹/۷۷
	جنوب	۱۱۸۲۲۵/۴۱	۲۲/۶۴	۳۲۴۵۸۸/۱۰	۲۷/۶۸
	غرب	۱۲۷۲۲۳/۱۸	۲۴/۳۷	۳۳۵۹۴۰/۶۱	۲۸/۶۵



شکل ۲- مقایسه میانه مساحت گستره‌های آتش‌سوزی در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی با استفاده از آزمون کروסקال-والیس (حروف الفبای انگلیسی مختلف نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف میانه‌ها در سطح ۵ درصد است).

Figure 2. Comparing the medians of burned area in related with physiographic parameters, using kruskal-wallis test (the different English alphabets shows the statistical significant difference between the medians in the level of 5 percent).

این‌حال مطالعات دیگری نیز نتیجه کاملاً معکوسی را نشان داده (۲۱) و دلیل کاهش میزان آتش‌سوزی با افزایش شیب را صخره‌ای شدن مناطق با شیب زیاد و در نتیجه کاهش پوشش و عدم وجود مواد سوختی بیان نموده‌اند. نتایج پژوهش زنگ و همکاران (۳۹) نشان داد که در صورت یکسان بودن سایر شرایط، میزان گسترش آتش‌سوزی در شیب‌ها، بیشتر از زمین‌های هموار است و با افزایش هر ۱۰ درجه شیب، میزان سرعت پخش آتش‌سوزی دو برابر می‌شود. بنابراین می‌توان انتظار داشت که سرعت گسترش آتش در شیب‌های تندتر، بیشتر و در نتیجه گستره‌های آتش‌سوزی نیز در این شیب‌ها در صورت یکسان بودن سایر شرایط بیشتر باشد. بازاریار و همکاران (۵) نیز نشان دادند که ممکن است سرعت پخش آتش در شیب‌های تندتر بیشتر باشد. در پوشش مرتعی شیب‌های ۱۵ تا ۳۰ درصد دارای بیشترین مساحت آتش‌سوزی ویژه نسبت به طبقات دیگر شیب هستند و این تنها موردی است که طبقات با بیشترین میزان آتش‌سوزی ویژه در پوشش جنگلی و مرتعی بر اساس یک عامل فیزیوگرافی مشترک (شیب)، با هم مطابقت ندارند. البته

### مقایسه میانه آتش‌سوزی ویژه

مقایسه میانه آتش‌سوزی ویژه در طبقات شیب داخل جنگل نشان داد که هیچ‌کدام از آنها از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند ولی میانه آتش‌سوزی‌های ویژه از شیب‌های کمتر به بیشتر روند افزایشی را نشان می‌دهند. به طوری که طبقه شیب کمتر از ۱۵ درصد با میانه ۶۲/۵۹ مترمربع در هکتار و طبقه بیش از ۸۰ درصد با میانه ۱۷۳/۰۳ مترمربع در هکتار به ترتیب دارای کمترین و بیشترین مقدار آتش‌سوزی ویژه هستند. همچنین در اراضی مرتعی مشاهده شد که میانه آتش‌سوزی ویژه در طبقه شیب بیش از ۸۰ درصد به صورت معنی‌داری کمتر از طبقات دیگر است (شکل ۳ الف و ب). طبقه شیب بیشتر از ۸۰ درصد با وجود کمترین درصد مساحت در بین طبقات شیب، دارای بیشترین میانه آتش‌سوزی ویژه است. همچنین روند افزایش میزان آتش‌سوزی ویژه از شیب‌های کم به سمت شیب‌های بیشتر نیز مشهود است (شکل ۳ الف). تأثیر شیب‌های بالا در سرعت پخش و گسترش آتش‌سوزی در مطالعات مختلف نشان داده شده است (۳۶،۳۳،۸،۱۵،۳۱،۵،۱۰) نشان داده شده است. با

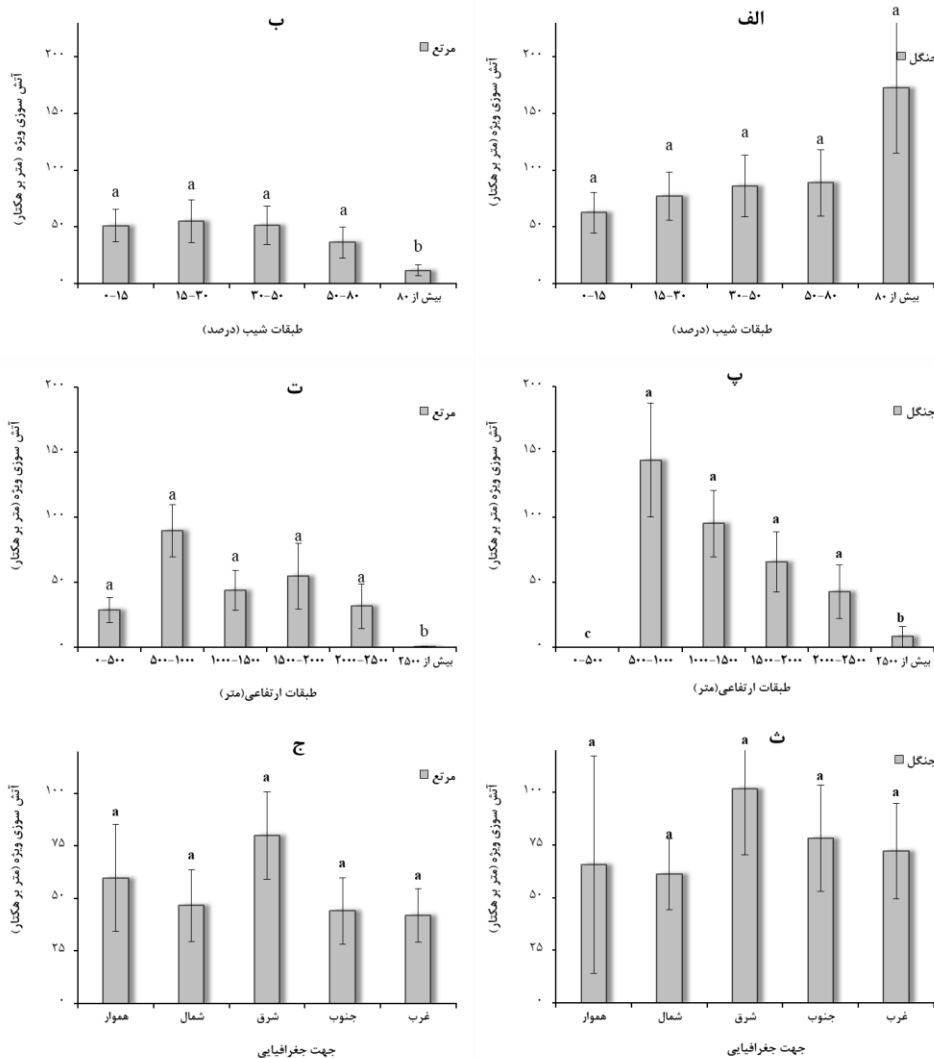
صخره‌ای بیشتر و تراکم کمتر پوشش گیاهی به‌طور معنی‌داری کمترین مقدار را دارد. همچنین روند تغییرات آتش‌سوزی ویژه در طبقات ارتفاعی مختلف و در پوشش‌های جنگلی و مرتعی نیز تقریباً یکسان است و این نشان‌دهنده مناسب بودن عامل آتش‌سوزی ویژه در نشان دادن تاثیر خاص هر طبقه ارتفاعی در میزان گسترش آتش‌سوزی می‌باشد.

بررسی آماری نتایج مربوط به آتش‌سوزی ویژه در جهت‌های شیب نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین آنها نه در پوشش مرتعی و نه در پوشش جنگلی وجود ندارد (شکل ۳ ث و ج). همچنین نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار "آتش‌سوزی ویژه" در جنگل‌های استان با مقادیر  $۱۰۱/۵۶$  و  $۶۱/۱۸$  متر مربع بر هکتار به ترتیب مربوط به جهت‌های جغرافیایی شرقی و شمالی بود. در همین حال بیشترین و کمترین مقدار "آتش‌سوزی ویژه" در مراتع استان با مقادیر  $۷۹/۹۲$  و  $۴۱/۷۹$  متر مربع بر هکتار به ترتیب در جهت‌های جغرافیایی شرقی و غربی اتفاق افتاده است (شکل ۳ ث و ج). در این راستا نتایج پژوهش بازیار و همکاران (۵)، ادب و همکاران (۱)، پورتنی و همکاران (۳۳) بر تاثیر یک جهت شیب خاص در افزایش میزان آتش‌سوزی نشان داده‌اند ولی نتایج پژوهش جعفری و همکاران (۲۱) تاثیر جهت شیب را نامنظم و حتی غیرقابل تفسیر بیان کرده‌اند. عدم معنی‌داری اختلاف آتش‌سوزی در بین طبقات مختلف جهت شیب در این مطالعه را می‌توان ناشی از تغییرات بسیار زیاد جهت شیب در منطقه و حتی در طول یک دامنه دانست که باعث می‌شود به صورت پلی‌گون‌های کوچک و ناپیوسته باشند و نتوانند به دلیل محدودیت مساحتی تاثیر معنی‌داری بر روی آتش‌سوزی داشته باشند. با این حال در هر دو نوع پوشش مرتعی و جنگلی، دامنه‌های با جهت شیب شرقی دارای بیشترین درصد مساحت آتش‌سوزی و همچنین بیشترین میزان آتش‌سوزی ویژه هستند. هرچند که این اختلاف با طبقات دیگر جهت شیب معنی‌دار نیست ولی می‌توان دلیل بیشتر بودن نسبی آن را سایه‌دار بودن جهت شرقی در ساعات بعد از ظهر و در نتیجه مناسب بودن بیشتر آنها برای بازدید کنندگان در فصول گرم، استقرار پوشش گیاهی متراکم‌تر نسبت به دامنه‌های غربی و جنوبی و افزایش میزان رطوبت بیشتر جهت استقرار پوشش گیاهی ذکر کرد. علاوه بر این نتایج بررسی آتش‌سوزی ویژه در رابطه با عامل جهت شیب در هر دو نوع پوشش گیاهی جنگلی و مرتعی روند مشابهی را نشان می‌دهد.

اختلاف میزان آتش‌سوزی ویژه بین طبقات شیب ۱۵-۰، ۳۰-۱۵ و ۵۰-۳۰ درصد بسیار اندک است (شکل ۳ ب) و از سویی دیگر مساحت طبقه شیب ۱۵-۳۰ درصد در مراتع استان نسبت به طبقه شیب ۰-۱۵ درصد نیز بسیار کمتر است ( $۲۸/۸$  درصد در مقابل  $۴۶/۷$  درصد) و بنابراین بیشتر بودن مقدار آتش‌سوزی ویژه در طبقه شیب ۱۵-۳۰ درصد ارتباطی به میزان گسترش این طبقه شیب ندارد. دلیل این مورد را می‌توان به وجود مراتع مشجر در این طبقه شیب، ایجاد چشم‌اندازی مناسب برای جذب بیشتر گردشگران و در نتیجه افزایش خطر شروع و گسترش آتش‌سوزی دانست. هرچند که نتایج پژوهش عزیززی و همکاران (۵) نشان داد که در شیب‌های بالاتر از ۸۰ درصد در پوشش جنگلی استان کرمانشاه فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی کمتر از سایر طبقات شیب است، که بر این اساس بیشتر بودن میزان آتش‌سوزی ویژه در این طبقه شیب، نشان‌دهنده پتانسیل گسترش آتش‌سوزی در شیب‌های تندتر است.

در رابطه با عامل ارتفاع از سطح دریا، نتایج مقایسه میانه نشان داد که طبقه ارتفاعی بیش از ۲۵۰۰ متر در هر دو پوشش جنگلی و مرتعی به صورت معنی‌داری دارای کمترین میزان آتش‌سوزی ویژه است (در جنگل  $۷/۹$  متر مربع بر هکتار و در مرتع با  $۰/۵$  متر مربع بر هکتار). همچنین طبقه ارتفاعی ۱۰۰۰-۵۰۰ در هر دو پوشش جنگلی و مرتعی به ترتیب با مقادیر  $۱۴۳/۷$  و  $۸۹/۵$  مترمربع در هکتار بیشترین مقدار آتش‌سوزی ویژه را نشان دادند (شکل ۳ پ و ت).

در طبقات ارتفاعی مورد بررسی، طبقه ارتفاعی ۲۰۰۰-۱۵۰۰ متر دارای بیشترین درصد مساحت در هر دو نوع پوشش جنگلی و مرتعی بود اما آتش‌سوزی ویژه این طبقه ارتفاعی در هیچ‌کدام از پوشش‌های مرتعی و جنگلی حداکثر نیست. در جنگل‌ها و مراتع استان کرمانشاه بیشترین مقدار آتش‌سوزی ویژه مربوط به طبقه ارتفاعی ۱۰۰۰-۵۰۰ متر بوده است. در مطالعات مختلف فراوانی بیشتر آتش‌سوزی در طبقات ارتفاع میانی نشان داده شده است (۱، ۲۲، ۲۱) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. دلیل آتش‌سوزی ویژه بیشتر در طبقه ارتفاعی ۱۰۰۰-۵۰۰ متر را می‌توان ناشی از قراردادن مناطق مسکونی و تمرکز جمعیتی در این طبقات ارتفاعی، قرار داشتن این طبقات ارتفاعی در مجاورت زمین‌های کشاورزی و گسترش آتش‌سوزی‌های عمدی ایجاد شده در زمین‌های کشاورزی به این مناطق دانست. میزان آتش‌سوزی ویژه در هر دو نوع پوشش گیاهی و در طبقه ارتفاعی بیشتر از ۲۵۰۰ متر به دلیل دوری از مناطق مسکونی و وجود مناطق



شکل ۳- مقایسه مقادیر آتش‌سوزی ویژه در ارتباط با عوامل فیزیوگرافی با استفاده از آزمون کروسکال- والیس (حروف الفبای انگلیسی مختلف نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف میانه‌ها در سطح ۵ درصد است)

Figure 3. Comparing the medians of specific burned area in related with physiographic parameters, using kruskal wallis test (the different English alphabets shows the statistical significant difference between the medians in the level of 5 percent)

آتش‌سوزی نیز به همان میزان می‌تواند کمتر یا بیشتر شود. ولی با در نظر گرفتن رویکرد دوم (محاسبه میزان آتش‌سوزی ویژه)، میزان تاثیر مساحت عوامل مورد بررسی بر روی گسترش مساحت آتش‌سوزی از بین رفته و در این حالت نتایج بدست آمده بیشتر نشان دهنده پتانسیل ذاتی عوامل در میزان گسترش آتش‌سوزی هستند. در این مطالعه جنگل‌های موجود در دامنه‌های با جهت شرقی، ارتفاع ۵۰۰-۱۰۰۰ متر از سطح دریا، شیب‌های بیشتر از ۸۰ درصد بیشترین میزان آتش‌سوزی ویژه را نشان دادند. همچنین مراتع واقع در جهت شرقی، ارتفاع ۵۰۰-۱۰۰۰ متر از سطح دریا و شیب‌های ۱۵-۳۰ درصد دارای بیشترین میزان آتش‌سوزی ویژه بودند. بنابراین نتایج نشان‌دهنده تاثیر عوامل مورد بررسی در گسترش آتش‌سوزی‌ها هستند.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان دهنده میزان اهمیت طبقات مختلف عوامل فیزیوگرافی در گسترش آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع استان کرمانشاه بود. بررسی نقش عوامل فیزیوگرافی بر گستره‌های آتش‌سوزی با دو رویکرد (الف) مقایسه مساحت آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده در طبقات مختلف عوامل فیزیوگرافی و (ب) مقایسه میزان آتش‌سوزی‌های ویژه در طبقات مختلف همان عوامل، نشان داد که رویکرد اولی بیشتر برای نشان دادن وضعیت آتش‌سوزی‌ها در مقیاس محلی مناسب است ولی به دلیل در نظر نگرفتن مساحت طبقات عوامل موثر در گسترش آتش‌سوزی، نتایج آن با مناطق دیگر قابل مقایسه نیست زیرا مساحت عوامل فیزیوگرافی در هر منطقه‌ای متفاوت است و بنابراین با کم و زیاد شدن مساحت عوامل، احتمال وقوع

## منابع

1. Adab, H., K.D. Kanniah, K. Solaimani and R. Sallehuddin. 2015. Modelling static fire hazard in a semi-arid region using frequency analysis. *International Journal of Wildland Fire*, 24(6): 763-777.
2. Adaktylou, N.E. and D. Stratoulas. 2018. A GIS Multi-criteria approach for forest fire risk assessment: A case study for chios, Greece. In *Proceedings of the AGU Fall Meeting*, 10-14 pp. Washington, DC, USA.
3. Alinai, A., A. Gandomkar and A. Abbassi. 2021. Spatiotemporal Analysis of Wildfire Hazards in Lorestan Province applying MODIS Products, *Iranin Journal of Geography and Sustainability of Environment*, 38: 113-127 (In Persian).
4. Azizi, M., M. Khosravi and M. Pourreza. 2020. Frequency of fire incidence in relation to Zagros forests and rangelands physiography (Kermanshah Province) using MODIS Active Fire Data. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 18(1): 42-55 (In Persian).
5. Bazyar, M., J. Oladi Ghadikolaii, H.R. Pourghasemi and M.R. Serajyan maralan. 2020. Zoning and Investigation of Factors Affecting Forest Fire Using Evidential Belief Function Algorithm and Support Vector Machine in Boyer Ahmad City. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 17(2): 197-222 (In Persian).
6. Beaty, R.M. and A.H. Taylor. 2001. Spatial and temporal variation of fire regimes in a mixed conifer forest landscape, Southern Cascades, California, USA. *Journal of Biogeography*, 28: 955-966.
7. Chang, Y., H.S. He, I. Bishop, Y. Hu, R. Bu, C. Xu and X. Li. 2007. Long-term forest landscape responses to fire exclusion in the Great Xing'an Mountains, China. *International Journal of Wildland Fire*, 16: 34-44.
8. Chen, F., Y. Du, S. Niu and J. Zhao. 2015. Modeling forest lightning fire occurrence in the Daxinganling Mountains of Northeastern China with MAXENT. *Forests*, 6(5): 1422-1438.
9. Chuvieco, E., L. Giglio and C. Justice. 2008. Global characterization of fire activity: toward defining fire regimes from Earth observation data. *Global Change Biology*, 14: 1502.
10. Conedera, M., G. Cesti, G.B. Pezzatti, T. Zumbunnen and F. Spinedi. 2006. Lightning-induced fires in the Alpine region: An increasing problem. *Forest Ecology and Management*, 234(1): 68.
11. Dimopoulou, M. and I. Giannikos. 2004. Towards an integrated framework for forest fire control. *European Journal of Operational Research*, 152(2): 476-486.
12. Dlamini, W.M. 2011. Application of Bayesian networks for fire risk mapping using GIS and remote sensing data. *Geo Journal*, 76: 283-296.
13. Emami, H. and H. Shahriari. 2020. Quantifying environmental and human factors affecting occurrence and spread of wildfires using RS and GIS methods protected area of Arasbaran. *GEOGRAPHICAL DATA*, 28(112): 35-53 (In Persian).
14. Eslami, R., M.R. Azarnoosh, A. Kialashki and F. Kazemnejad. 2021. Assessing the Probability of Forest Fire Occurring using Dong Model, Artificial Neural Network and K Nearest Neighbors in Babolrood Basin, Mazandaran. *Ecology of Iranian Forests*, 9(17): 185-195 (In Persian).
15. Fattahi, B. and A. Tahmasebi. 2010. Fire influence on vegetation changes of Zagros mountainous rangelands (Case study: Hamadan province). *Rangeland*, 4(2): 228-239 (In Persian).
16. Ganteaume, A., A. Camia, M. Jappiot, J.S.M. Ayanz, M.L. Fournel and C. Lampin. 2013. A review of the main driving factors of forest fire ignition over Europe. *Journal of Environmental Management*. 51: 651-662.
17. Giglio, L., L. Boschetti, D. Roy, A.A. Hoffmann, M. Humber and J.V. Hall. 2018. Collection 6 MODIS Burned Area Product User's Guide, Version 1.2. [https://modis-land.gsfc.nasa.gov/pdf/MODIS\\_C6\\_BA\\_User\\_Guide\\_1.2.pdf](https://modis-land.gsfc.nasa.gov/pdf/MODIS_C6_BA_User_Guide_1.2.pdf)
18. Guo, F., G. Wang, Z. Su, H. Liang, W. Wang and F.F.A. Lin. 2016. What drives forest fire in Fujian, China? Evidence from logistic regression and Random Forests. *International Journal of Wild Land Fire*, 25(5): 505-519.
19. Hering, A.S., C.L. Bell and M.G. Genton. 2009. Modeling spatio-temporal wildfire ignition point patterns. *Environmental and Ecological Statistics*, 16: 225-250.
20. Houghton, R.A. and K. Ramakrishna. 1999. A review of national emissions inventories from select non-annex I countries: Implications for counting sources and sinks of carbon. *Annual Review of Energy and Environment*, 24: 571-605.
21. Jafarri, A., J. Rezaeian and M.S.O. Omrani. 2017. Spatial prediction of slope failures in support of forestry operations safety. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 38(1): 107-118.
22. Janbazzhobadi, 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).
23. Jiang, Y., Q. Zhuang, M.D. Flannigan and J.M. Little. 2009. Characterization of wildfire regimes in Canadian boreal terrestrial ecosystems. *International Journal of Wildland Fire*, 18: 992-1002.
24. Maingi, J.K. and M.C. Henry. 2007. Factors influencing wildfire occurrence and distribution in eastern kentucky, USA. *International Journal of Wildland Fire*, 16: 23-33.



25. Molina, C.M., O.K. Martín and L.G. Martín. 2019. Regional fire scenarios in Spain: Linking landscape dynamics and fire regime for wildfire risk management. *Journal of Environmental Management*, 233: 427-439.
26. Moradi, B., H. Ravanbakhsh, A. Moshki and N. Shabanian. 2016. The effect of fire on vegetation structure in Zagros forests (Case Study: Sarvabad, Kurdistan province). *Iranian Journal of Forest*, 8(3): 381-392 (In Persian).
27. Morancho, A.B. A hedonic valuation of urban green areas. 2003. *Landscape and Urban. Planning*, 66: 35-4.
28. Moreno, M.V. and E. Chuvieco. 2013. Characterising fire regimes in Spain from fire statistics. *International Journal of Wildland Fire*, 22: 296-305.
29. Morgan, P., C.C. Hardy, T.W. Swetnam, M.G. Rollins and D.G. Long. 2001. Mapping fire regimes across time and space: understanding coarse and fine-scale fire patterns. *International Journal of Wildland Fire* 10: 329-342.
30. Nuthammachot, N., W. Phairuang and D. Stratoulis. 2019. Estimation of carbon emission in the exmega rice project, Indonesia based on sar satellite images. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17: 2489-2499.
31. Omid, M., D. Mafi-Gholami, B. Mahmoudi and A. Jaafari. 2020. Spatial modeling the probability of wildfire occurrence using frequency ratio and weight of-evidence models. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 17(2): 125-144 (In Persian).
32. Pourshakouri Allahdeh, F., A.A. Darvishsefat, F. Samadzadegan, P. Attarod and J. Selyari. 2014. Assessment of active fire detection algorithm for fire detection in natural resources using MODIS images (Case Study: Golestan national park). *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 20(4): 81-97 (In Persian).
33. Pourtaghi, Z.S., H.R. Pourghasemi and M. Rossi. 2015. Forest fire susceptibility mapping in the Minudasht forests, Golestan province, Iran. *Environmental earth sciences*, 73(4): 1515-1533.
34. Scholl, A.E. and A.H. Taylor. 2010. Fire regimes, forest change, and self-organization in an old growth mixed-conifer forest, Yosemite National Park, USA. *Ecological Applications*, 20: 362-380.
35. Semeraro, T., G. Mastroleo, R. Aretano, G. Facchinetti, G. Zurlini and I. Petrosillo. 2016. GIS fuzzy expert system for the assessment of ecosystem Vulnerability to fire in managing Mediterranean natural protected areas. *Journal of Environmental Management*, 168: 94-103.
36. Somashekar, R., P. Ravikumar, C.M. Kumar, K. Prakash and B. Nagaraja. 2009. Burnt area mapping of Bandipur National Park, India using IRS 1C/1D LISS III data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 37(1): 37-50.
37. Taylor, A.H. 2000. Fire regimes and forest changes in mid and upper montane forests of the southern Cascades, Lassen Volcanic National Park, California, USA. *Journal of Biogeography*, 27: 87-104.
38. Turco, M., M.C. Llasat, J. von Hardenberg and A. Provenzale. 2013. Impact of climate variability on summer fires in a mediterranean environment (northeastern Iberian Peninsula). *Climate Chang*, 116: 665-678.
39. Zeng, T., J. Hudson, S. Kay, E. Laginestra and S.O.P. Authority. 2003. A fuzzy GIS approach to fire risk assessment: a case study of Sydney Olympic Park, *Spatial Sciences Conferences*, 1-20, Australia.
40. Zolghadry, Sh., M. GhodsKhahDaryaei, K. Nasirahmadi and E. Ghajar. 2021. Comparison of the Performance of Fuzzy C-Means and K-Medoids in Modeling Forest Fire Occurrence (Case Study: Saravan Forests, Gilan). *Ecology of Iranian Forests*, 9(17): 163-174 (In Persian).

## The Relationship between Wildfire Areas and Physiographic Features in the Central Zagros Vegetation Area, Kermanshah Province

Ashkan Gholamrezaei<sup>1</sup>, Mohammad Khosravi<sup>2</sup> and Morteza Pourreza<sup>3</sup>

1- Graduate Student of Forest science and engineering, Department of Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran

2- Assistant Professor, Department of Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran, (Corresponding author: khosravim59@razi.ac.ir)

3- Assistant Professor, Department of Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran, Received: 17 April, 2022 Accepted: 18 Jun, 2022

### Extended Abstract

**Introduction and Objective:** Wildfires are one of the most important challenges of natural resources management causing a lot of damages to these natural ecosystems, annually. Although, reportedly almost all of the wildfires are human caused in the Zagros region, environmental factors play a key role in fire spreading and burned area. Hence, the aim of this study was to determine the relationship between burned area and physiographic factors (slope, aspect and elevation) from 2001 to 2018 using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) fire data.

**Material and Methods:** MODIS burned area data were collected for the statistical period of 2001-2018 with the resolution of 500m include spatial and temporal information of fire incidents. Then the physiographic maps including slope (five classes), aspect (five classes) and elevation (six classes) maps of study area were prepared, using a 90m DEM. Kolmogorov–Smirnov test was used to check the normal distribution of the data. Since the data did not follow the normal distribution, non-parametric tests such as Kruskal–Wallis and Mann–Whitney U tests were used for comparing the statistical differences between the median of burned area in different classes of physiographic factors. Furthermore, the specific burned area (SBA) index were calculated by overlaying the layers of burned area, vegetation type (rangeland and forest) and physiographic factors to remove the effect of the surface area of physiographic classes.

**Results:** The results showed that the larger burned area was observed in the larger physiographic classes. In other words, the surface area of physiographic classes is the most effective factor on burned area. However, the values of specific burned area (SBA) in each classes showed a different result. In both vegetation types, the value of specific burned area index was highest in the elevation class of 500-1000m and the eastern aspect. Furthermore, the value of SBA was highest in slope class of 15-30% and more than 80% in rangelands and forests, respectively. Since the value of SBA index is not dependent to the extent of relevant physiographic classes, it could be used to indicate the natural potential of each physiographic classes for fire spreading in different regions.

**Conclusion:** It was concluded that the specific burned area in comparison with burned area is a more appropriate index for investigating the effects of physiographic factors on fire spreading.

**Keywords:** MODIS, Physiography, Specific burned area, Zagros