

## فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در ارتباط با فیزیوگرافی جنگل‌ها و مراتع زاگرس (استان کرمانشاه) با استفاده از داده‌های آتش فعال سنجنده MODIS

معصومه عزیزی<sup>۱</sup>، محمد خسروی<sup>۲</sup> و مرتضی پوررضا<sup>۳\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت جنگل، گروه منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲- استادیار، گروه منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۳- نویسنده مسئول، استادیار، گروه منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

پست الکترونیک: pourreza@razi.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۴/۱۱

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۱۵

### چکیده

در این پژوهش با نگرش به اهمیت آتش‌سوزی‌ها در ناحیه رویشی زاگرس، داده‌های زمانی و مکانی آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی استان کرمانشاه مربوط به سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ با استفاده از داده‌های آتش فعال سنجنده MODIS استخراج شد. سپس فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی با توجه به فیزیوگرافی منطقه مورد مطالعه در طبقات مختلف شیب، جهت جغرافیایی و ارتفاع بررسی شد. براساس نتایج بدست آمده، بیشترین و کمترین فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در محدوده جنگل‌ها به ترتیب در طبقات شیب ۳۰ - ۱۵ درصد و بیش از ۸۰ درصد مشاهده شد. در مراتع نیز بیشترین و کمترین فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در طبقات شیب ۱۵ - ۰ درصد و بیش از ۸۰ درصد مشاهده گردید. در مورد تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر رخدادهای آتش‌سوزی، در جنگل‌های این منطقه بیشترین فراوانی این رخدادهای در طبقات ارتفاعی ۱۵۰۰ - ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ - ۱۵۰۰ متر و کمترین فراوانی مربوط به طبقات ارتفاعی ۵۰۰ - ۱۱۵ و ۲۵۰۰ متر بود. در مراتع نیز بیشترین فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی مربوط به طبقات ارتفاعی ۱۵۰۰ - ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ - ۱۵۰۰ متر و کمترین فراوانی مربوط به طبقه ارتفاعی >۲۵۰۰ متر بوده است. همچنین مشاهده شد که فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در جهت‌های جغرافیایی شمالی و جنوبی به‌طور چشمگیری بیشتر از جهت‌های شرقی و غربی بود. نتایج این پژوهش بر این تأکید دارد که علاوه بر نوع فیزیوگرافی منطقه، فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی به‌طور معنی‌داری وابسته به مساحت هریک از شکل‌های فیزیوگرافی است که این موضوع می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های مدیریت آتش‌سوزی اهمیت بسزایی داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آتش‌سوزی، جنگل‌های زاگرس، فیزیوگرافی، MODIS.

### مقدمه

واقع آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی نتیجه روابط پیچیده‌ای از عوامل محیطی و انسانی است که شامل پوشش گیاهی، شرایط توپوگرافی، فعالیت‌های انسانی و شرایط آب و هوایی است (Liu et al., 2015; Ulery et al., 2017; Ye et al., 2017). توپوگرافی با ایجاد میکروکلیمای مقدار،

آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی تهدیدی جدی برای سیستم‌های محیط‌زیستی و انسانی است (Renard et al., 2012). تخریب‌های ایجاد شده توسط آتش‌سوزی، علاوه بر افزایش هزینه‌های اجتماعی و محیط‌زیستی، پیامدهای مهمی در ارتباط با تغییرات اقلیمی نیز به همراه دارد (Liu et al.,

نوع و ساختار مواد سوختی (پوشش گیاهی) را تغییر داده و بر رخدادهای گسترش آتش‌سوزی تأثیرگذار است (Lafon and Grissino-Mayer, 2007; Liu et al., 2012; Zhang et al., 2016). البته عامل انسانی به‌عنوان مهمترین عامل محلی است که هم در الگوی ایجاد آتش و هم در اطفای آن نقش دارد (Bowman et al., 2011). اقلیم و شرایط آب و هوایی نیز با تعیین توزیع نوع پوشش گیاهی که به‌عنوان مواد سوختی محسوب می‌شود بر رژیم آتش‌سوزی اکوسیستم‌های خاکی تأثیر می‌گذارد (Liu et al., 2010; Barros and Pereira, 2011; Olivera, 2014; Carmo et al., 2014).

رژیم‌های آتش‌سوزی دربرگیرنده ویژگی‌های متنوعی از آتش‌سوزی مانند شدت، فصل آتش‌سوزی، گستردگی و اندازه و فراوانی آتش‌سوزی هستند (Krebs et al., 2010). بر پایه آمار مربوط به ۶۴ کشور در دنیا، بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷ به‌طور میانگین هر ساله ۴۸۷۰۰۰ رخدادهای آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی با پوشش گیاهی متنوع آتش‌سوزی ثبت شده است (FAO, 2010). بیش از ۹۰ درصد این رخدادهای آتش‌سوزی مستقیم یا غیرمستقیم مربوط به فعالیت‌های انسانی می‌باشد (FAO, 2007; Costafreda et al., 2017). گزارش‌ها و مستندات علمی ارائه شده در سال‌های اخیر نشان‌دهنده این است که در پی تغییرات آب و هوایی، افزایش جمعیت و تغییر کاربری اراضی، رژیم‌های آتش‌سوزی در جنگل‌های دنیا نیز دگرگونی‌های فراوانی داشته است (Ye et al., 2017). این موارد بر پویایی، مراحل توالی، شکل و ترکیب پوشش گیاهی، ویژگی‌های خاک و چرخه‌های بیوشیمیایی در یک ناحیه اثر می‌گذارد (Pourreza et al., 2014a, 2014b).

آتش‌سوزی در مناطق مختلف رویشی ایران نیز که دارای تنوع اقلیمی و پوشش گیاهی می‌باشد هر ساله اتفاق افتاده و به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم اثرهای زیان‌بار و جبران‌ناپذیری بر عرصه‌های طبیعی و در پی آن بر زندگی جوامع انسانی برجای گذاشته و به‌عنوان یک تهدید قابل توجه برای جنگل‌ها و مراتع محسوب می‌شود (Eskandari et al., 2015; Ebrahimi et al., 2018). تخمین‌ها حکایت از آن دارد که در ایران به‌طور متوسط سالانه حدود ۴۰۰ حادثه آتش‌سوزی رخ داده که بیش از ۶۰ کیلومتر مربع از زمین را می‌سوزاند (Jahdi et al., 2016; Sarkargar Ardakani et al., 2019). بنابراین انتظار داریم روند آتش‌سوزی در نواحی رویشی ایران به‌ویژه ناحیه هیرکانی و زاگرس به دلیل تغییر شرایط جوی، افزایش فعالیت‌های انسانی به‌ویژه تغییرات کاربری اراضی، در آینده ادامه داشته و یا حتی افزایش یابد (Eskandari and Chuvico, 2015).

ناحیه رویشی زاگرس به‌عنوان وسیع‌ترین بوم‌سازگان‌های جنگلی در ایران به‌شمار می‌رود که از نظر تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری، تأمین آب، حفظ خاک و ذخایر بیولوژیکی، ارزش‌های اکوتوریسمی و نیز تأمین معیشت روستاییان و جنگل‌نشینان، از اهمیت فراوانی برخوردار است (Sagheb-Talebi et al., 2014). این ناحیه رویشی به دلیل بهره‌برداری‌های بی‌رویه به‌شدت دچار تخریب شده و سیر قهقراپی را در پیش گرفته است (Sagheb-Talebi et al., 2014). از سوی دیگر آتش‌سوزی نیز به‌عنوان یکی از تهدیدهای جدی برای جنگل‌های زاگرس به‌شمار می‌رود که احیای پیامدهای آن در این جنگل‌ها نیاز به زمان طولانی دارد (Sepahvand, 2010). طبق گزارش‌های موجود، وسعت و فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی این جنگل‌ها رو به افزایش بوده است که مهمترین پیامد آن تأثیر مستقیم آتش بر پوشش گیاهی و خاک است (Pourreza et al., 2009, 2014). به دلیل اهمیت آتش‌سوزی در این ناحیه رویشی، تاکنون پژوهش‌هایی درباره اثر آتش بر پوشش گیاهی بوم‌سازگان جنگل‌های زاگرس (Pourreza et al., 2014) و همچنین بر ویژگی‌های خاک این جنگل‌ها انجام شده است (Sadeghifar et al., 2017, 2019). علاوه بر این چندین پژوهش نیز در مورد مدل‌سازی الگوی مکانی آتش‌سوزی (Garavand et al., 2013; Jaafari et al., 2019) و پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی (Mohammadi et al., 2011)

نوع و ساختار مواد سوختی (پوشش گیاهی) را تغییر داده و بر رخدادهای گسترش آتش‌سوزی تأثیرگذار است (Lafon and Grissino-Mayer, 2007; Liu et al., 2012; Zhang et al., 2016).

البته عامل انسانی به‌عنوان مهمترین عامل محلی است که هم در الگوی ایجاد آتش و هم در اطفای آن نقش دارد (Bowman et al., 2011). اقلیم و شرایط آب و هوایی نیز با تعیین توزیع نوع پوشش گیاهی که به‌عنوان مواد سوختی محسوب می‌شود بر رژیم آتش‌سوزی اکوسیستم‌های خاکی تأثیر می‌گذارد (Liu et al., 2010; Barros and Pereira, 2011; Olivera, 2014; Carmo et al., 2014).

رژیم‌های آتش‌سوزی دربرگیرنده ویژگی‌های متنوعی از آتش‌سوزی مانند شدت، فصل آتش‌سوزی، گستردگی و اندازه و فراوانی آتش‌سوزی هستند (Krebs et al., 2010). بر پایه آمار مربوط به ۶۴ کشور در دنیا، بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷ به‌طور میانگین هر ساله ۴۸۷۰۰۰ رخدادهای آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی با پوشش گیاهی متنوع آتش‌سوزی ثبت شده است (FAO, 2010). بیش از ۹۰ درصد این رخدادهای آتش‌سوزی مستقیم یا غیرمستقیم مربوط به فعالیت‌های انسانی می‌باشد (FAO, 2007; Costafreda et al., 2017). گزارش‌ها و مستندات علمی ارائه شده در سال‌های اخیر نشان‌دهنده این است که در پی تغییرات آب و هوایی، افزایش جمعیت و تغییر کاربری اراضی، رژیم‌های آتش‌سوزی در جنگل‌های دنیا نیز دگرگونی‌های فراوانی داشته است (Ye et al., 2017). این موارد بر پویایی، مراحل توالی، شکل و ترکیب پوشش گیاهی، ویژگی‌های خاک و چرخه‌های بیوشیمیایی در یک ناحیه اثر می‌گذارد (Pourreza et al., 2014a, 2014b).

آتش‌سوزی در مناطق مختلف رویشی ایران نیز که دارای تنوع اقلیمی و پوشش گیاهی می‌باشد هر ساله اتفاق افتاده و به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم اثرهای زیان‌بار و جبران‌ناپذیری بر عرصه‌های طبیعی و در پی آن بر زندگی جوامع انسانی برجای گذاشته و به‌عنوان یک تهدید قابل توجه برای جنگل‌ها و مراتع محسوب می‌شود (Eskandari et al., 2015; Ebrahimi et al., 2018).

به تأثیر شکل فیزیوگرافی زمین بر رخداد آتش‌سوزی پرداخته‌اند. در این پژوهش، عامل مساحت شکل‌های فیزیوگرافی زمین نیز به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار بر تعداد رخدادهای آتش‌سوزی بررسی شده است. بنابراین دستیابی به اهداف این پژوهش، کمک شایانی به برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها در راستای مدیریت آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی ناحیه رویشی زاگرس خواهد نمود.

### مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

استان کرمانشاه به‌عنوان زیر زون زاگرس میانی 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 واقع شده است. مساحت این استان در حدود ۲۵۰۰۰ کیلومتر مربع است که یک میلیون و ۶۰۰ هزار هکتار تحت پوشش جنگل و مرتع است. در این میان وسعت جنگل‌های استان در حدود ۵۲۷۴۰۳/۸۴ هکتار و وسعت اراضی مرتعی ۱۱۹۲۵۸۶/۵۹ هکتار است (برگرفته از سایت اداره کل منابع طبیعی استان کرمانشاه). میانگین بارندگی ۳۰ ساله استان از ۲۰۰ میلی‌متر در نواحی گرمسیری تا ۷۵۰ میلی‌متر در نواحی سردسیری متغیر بوده و دما در مناطق سردسیری از ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا ۴۰+ درجه و در مناطق گرمسیری از ۴- درجه تا ۵۰+ درجه در نوسان است. رژیم بارندگی استان از نوع مدیترانه‌ای بوده و طول دوره خشکی ۵ تا ۶ ماه می‌باشد. بلندترین نقطه استان، کوه شاهو با ارتفاع ۳۴۵۰ متر از سطح دریا در شمال‌غرب استان و کم‌ارتفاع‌ترین نقطه آن اطراف نفت‌شهر با ارتفاع ۱۸۰ متر از سطح دریا است. جنگل‌های استان کرمانشاه به صورت نواری به طول ۱۶۰ کیلومتر و عرض ۵۰ کیلومتر از شمال‌غربی تا جنوب و جنوب‌شرقی کشیده شده‌اند. این جنگل‌ها از جامعه بلوط ایرانی همراه با گونه‌های مازودار، بادام، بنه، ارژن، کیکم، گل‌ابی وحشی و زالزالک تشکیل شده‌اند (Nemati Paykani and Jalilian, 2012). مراتع در غرب استان به

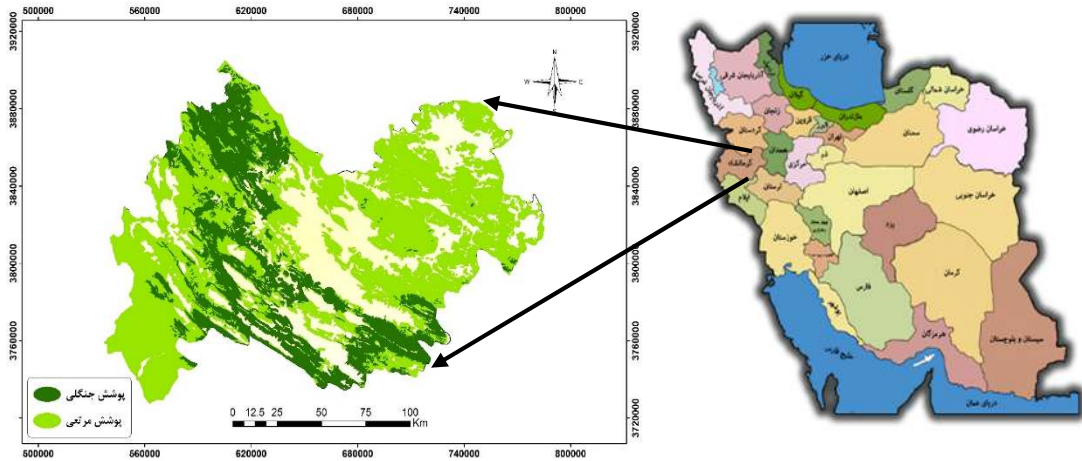
Mohammadi sarvaley *et al.*, 2014; Jaafari *et al.*, 2017) انجام شده است، ولی تاکنون به دلیل نبود اطلاعات کافی و قابل اعتماد در مورد فراوانی رخدادهای بلندمدت آتش‌سوزی گزارشی در ناحیه زاگرس ارائه نشده است. این در حالی است که وجود چنین داده‌هایی به‌منظور شناسایی ویژگی‌های رژیم آتش‌سوزی و برنامه‌ریزی مناسب در راستای مدیریت آتش‌سوزی بسیار ضروریست.

سنجنده‌های ماهواره‌ها به دلیل اینکه اندازه‌گیری‌های ثابت و قابل تکراری را در یک مقیاس مکانی فراهم می‌کنند، اطلاعات مناسبی از رخدادهای آتش‌سوزی را به صورت داده‌های نقطه‌ای در اختیار محققان قرار می‌دهند. در طی چند دهه اخیر تکنولوژی سنجش‌ازدور به‌عنوان ابزاری سودمند برای شناسایی مخاطرات طبیعی مانند آتش‌سوزی استفاده می‌شود و این امکان را فراهم می‌کند که بدون تماس مستقیم با طبیعت از طریق سیستم پایش زمین، آتش‌سوزی را شناسایی کرده و به بررسی رفتار و مدیریت آن پرداخته شود (Silvia *et al.*, 2010; Gülçin and Deniz, 2020). یکی از ابزارهای مفید و قدرتمند برای این منظور استفاده از سنجنده MODIS می‌باشد که روی دو پلتفرم Terra و Aqua نصب شده است. این سنجنده دارای ۳۶ باند در محدوده ۱۴/۴-۰/۴ میکرومتر و همچنین در محدوده باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک و باندهای حرارتی می‌باشد که در بحث نظارت بر روند آتش‌سوزی از تعدادی از باندهای طیفی در محدوده ۴ و ۱۱ میکرومتر با توان تفکیک مکانی ۱ کیلومتر استفاده می‌شود (Giglio *et al.*, 2015).

بنابراین در این پژوهش سعی بر این است که با استفاده از داده‌های آتش فعال سنجنده MODIS به بررسی بلندمدت (۲۰۱۸-۲۰۰۲) فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی استان کرمانشاه پرداخته شود. در این راستا مهمترین اهداف این پژوهش، شناسایی و مقایسه فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع استان کرمانشاه و مقایسه فراوانی این رخدادها با توجه به شکل‌های فیزیوگرافی زمین (شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا) است. از آنجا که بیشتر پژوهش‌های انجام شده مشابه تنها

می‌باشد. به طوری که از شیب کمتر از یک درصد تا شیب ۱۰۰ درصد در مناطق کوهستانی استان گسترش یافته‌اند.

شکل اراضی تپه‌ماهوری و دشتی، در مناطق مرکزی کوهستانی و در نواحی شرقی شامل دشت و کوهستان



شکل ۱- نقشه پراکنش پوشش گیاهی جنگلی و مرتعی استان کرمانشاه

پردازش داده‌های سنجش از دوری سنجنده MODIS (<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>) دریافت شد. این داده‌ها محصول پردازش تصاویر سنجنده MODIS بوده که با استفاده از جدیدترین الگوریتم جهانی کشف آتش (Collection 6 MODIS) آنالیز شده و در اختیار کاربران قرار گرفته است (Giglio *et al.*, 2018). با استفاده از این الگوریتم (Collection 6 MODIS) پردازش‌های مورد نیاز برای کشف آتش بر روی داده‌های سنجنده MODIS انجام شده و داده‌های مربوط به زمان و مختصات مکانی رخدادهای آتش‌سوزی به‌عنوان یکی از خروجی‌های این الگوریتم بوده و با دقت بالا و خطای (Commission error) ناچیز (۱/۲ درصد) در اختیار کاربران نهایی قرار گرفته است (Giglio *et al.*, 2016). 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 (Giglio *et al.*, 2018). بنابراین داده‌های دارای کد ۰ که نشان‌دهنده رخداد آتش‌سوزی در پوشش گیاهی است با لایه‌های پوشش جنگل و مرتعی استان

#### داده‌های مورد مطالعه

به‌منظور انجام این پژوهش از سه دسته اطلاعات زیر استفاده شد.

برای تعیین محدوده پوشش جنگل‌ها و مراتع استان از جدیدترین نقشه پوشش گیاهی (به فرمت شیب فایل) گرفته شده از اداره کل منابع طبیعی استان کرمانشاه استفاده شد.

اطلاعات فیزیوگرافی استان شامل نقشه‌های شیب، جهت شیب و ارتفاع با استفاده از DEM (۹۰ متر)، در محیط نرم‌افزار ArcGIS10.5 بدست آمده و به‌صورت زیر طبقه‌بندی شد.

نقشه شیب استان در پنج طبقه ۱۵-۰، ۳۰-۱۵، ۵۰-۳۰، ۸۰-۵۰ و بیشتر از ۸۰ درصد؛ نقشه جهت شیب در چهار جهت اصلی (شمال-شرق-جنوب-غرب) و نقشه ارتفاعی نیز در شش طبقه ۵۰۰-۱۱۵، ۱۰۰۰-۵۰۰، ۱۵۰۰-۱۰۰۰، ۲۰۰۰-۱۵۰۰، ۲۵۰۰-۲۰۰۰ و بیش از ۲۵۰۰ متری طبقه‌بندی شدند.

داده‌های مربوط به زمان و مختصات مکانی رخدادهای آتش‌سوزی از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ از مرکز

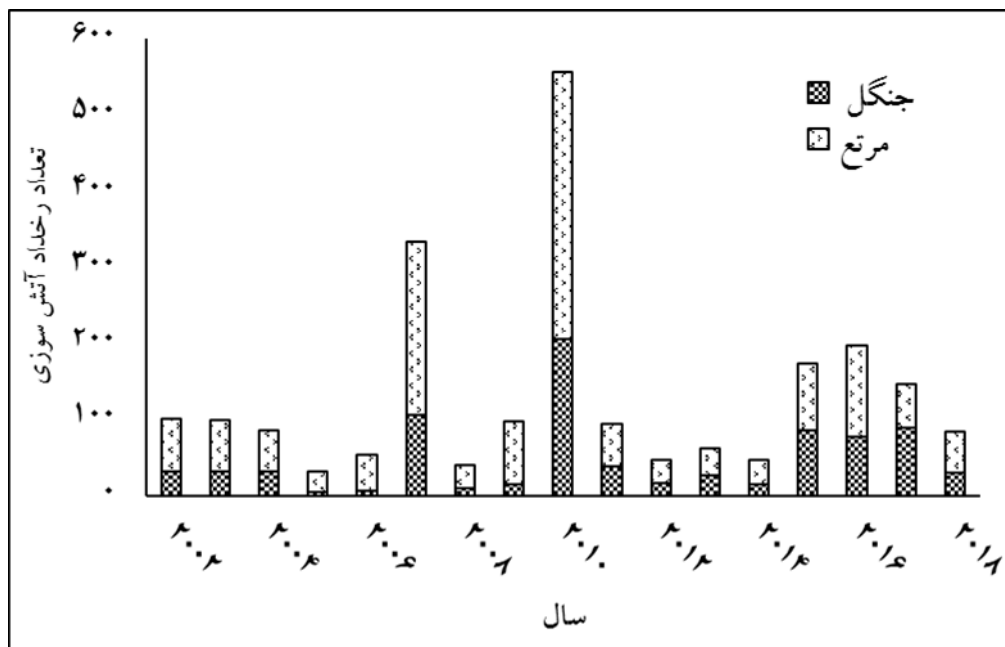
### نتایج

فراوانی رخدادهای سالیانه آتش‌سوزی در عرصه‌های جنگلی و مرتعی استان کرمانشاه نشان داد که کمترین فراوانی این رخدادها مربوط به سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۸، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۴ بود که به ترتیب دارای ۳۳، ۴۱، ۴۷ و ۴۸ فقره آتش‌سوزی بودند (شکل‌های ۲ و ۳). از سوی دیگر بیشترین فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی مربوط به سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۱۰ بود که به ترتیب دارای ۳۳۵ و ۵۵۶ فقره آتش‌سوزی بودند (شکل‌های ۲ و ۳). مقایسه فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در عرصه‌های جنگلی و مرتعی نشان داد که به استثناء سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷ در همه سال‌های مورد بررسی تعداد رخدادهای آتش‌سوزی در عرصه‌های مرتعی بیشتر از عرصه‌های جنگلی است. در سال ۲۰۱۵ فراوانی آتش‌سوزی در عرصه‌های مرتعی با ۸۶ فقره و در عرصه‌های جنگلی با ۸۷ فقره دارای فراوانی نسبتاً برابری بودند، ولی در سال ۲۰۱۷ فراوانی آتش‌سوزی در عرصه‌های جنگلی با ۸۹ فقره بیشتر از فراوانی آتش‌سوزی در عرصه‌های مرتعی با ۵۱ فقره بود (شکل‌های ۲ و ۳).

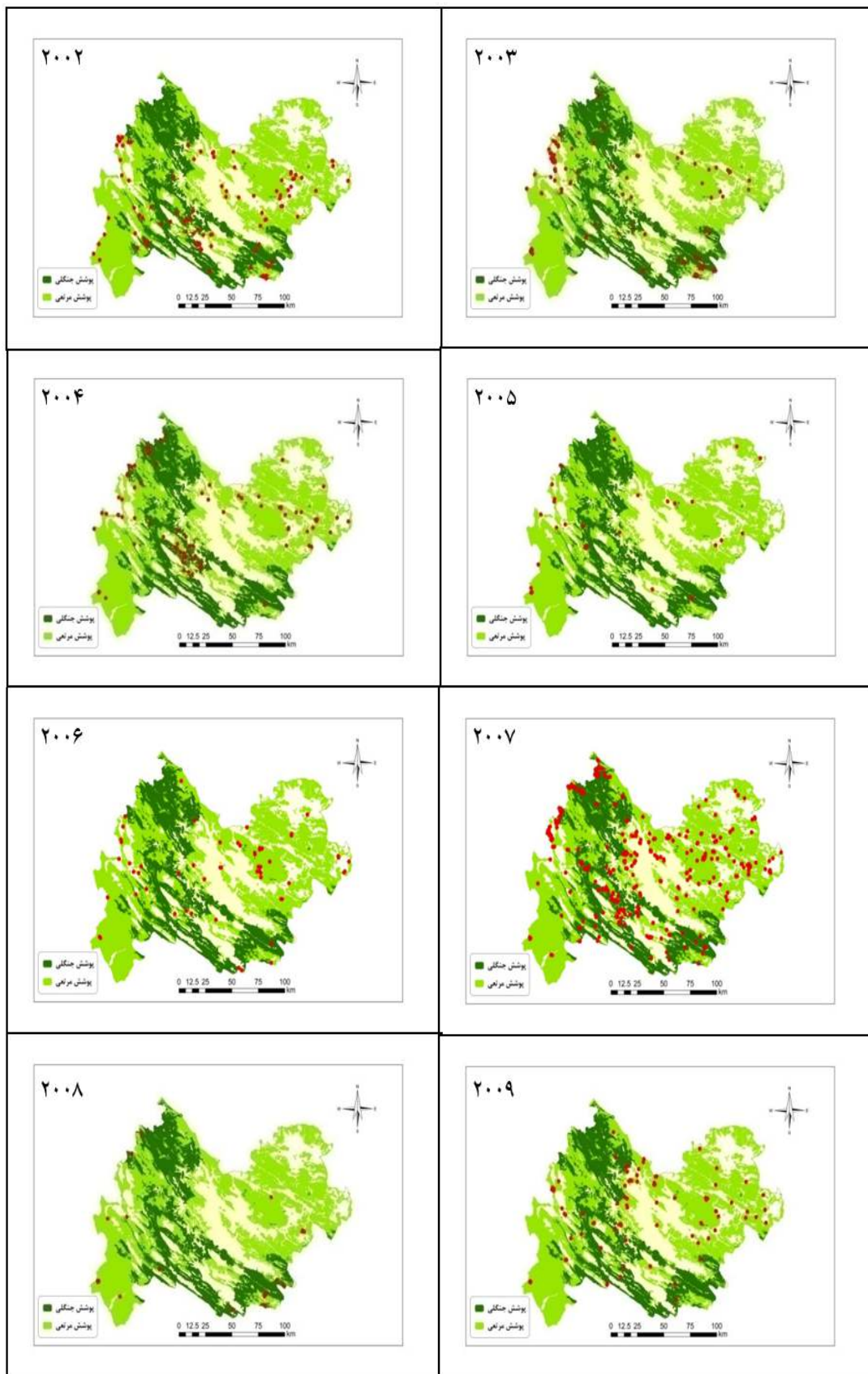
همپوشانی داده شده و رخدادهای آتش‌سوزی به همراه اطلاعات زمانی و مکانی آنها در محدوده پوشش جنگلی و مرتعی استان استخراج شدند. به منظور بررسی بیشتر دقت داده‌ها، فراوانی سه سال پایانی این داده‌ها با اطلاعات ثبت شده مربوط به رخدادهای آتش‌سوزی توسط اداره کل منابع طبیعی استان نیز مقایسه شد.

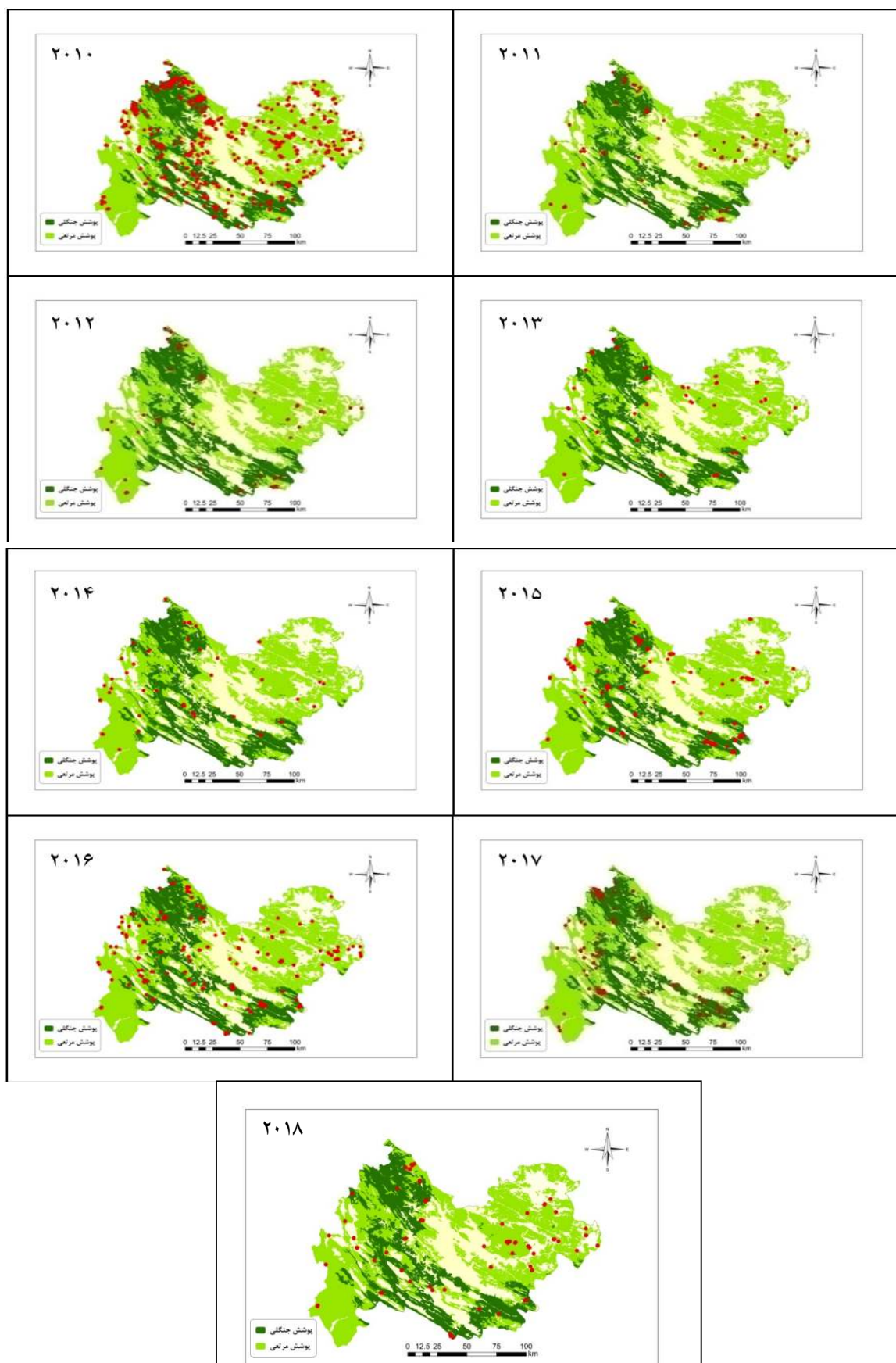
### تحلیل داده‌ها

با استفاده از توابع هم‌پوشانی در محیط Arcmap، فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در طبقات مختلف شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا استخراج و فراوانی این رخدادها در طبقات شیب، جهت شیب و ارتفاع مشخص شد. به منظور مقایسه آماری میانگین سالانه رخدادهای آتش‌سوزی در طبقات مختلف فیزیوگرافی زمین، پس از بررسی نرمال بودن پراکنش داده‌ها (با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف) و همگنی واریانس آنها (با آزمون لون) از آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون توکی استفاده شد.



شکل ۲- فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در سال‌های مختلف





شکل ۳- نقشه موقعیت نقاط آتش سوزی های سالانه در پوشش جنگلی و مرتعی از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۰۲

آتش‌سوزی در عرصه‌های مرتعی بیشتر از عرصه‌های جنگلی است. فراوانی این رخدادها در جهت شرقی و غربی نیز تقریباً مشابه و به ترتیب برابر ۲۲۹ و ۲۶۵ بود (جدول ۱). با توجه به نتایج مربوط به مقایسه میانگین رخدادهای سالانه آتش‌سوزی در جهت‌های جغرافیایی اختلاف معنی‌داری بین میانگین این رخدادها در جهت‌های شمالی و جنوبی مشاهده نشد. همچنین بین جهت‌های شرقی و غربی نیز اختلاف معنی‌داری از نظر این رخدادها مشاهده نشد ولی جهت‌های شمالی و جنوبی به‌طور معنی‌داری دارای میانگین رخداد سالانه آتش‌سوزی بیشتری نسبت به جهت‌های شرقی و غربی بودند (جدول ۱).

#### ارتفاع از سطح دریا

نتایج بدست آمده از بررسی فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در طبقات مختلف ارتفاع از سطح دریا نشان داد که فراوانی این رخدادها با افزایش ارتفاع از سطح دریا روند یکسانی ندارد (جدول ۱). به گونه‌ای که از ارتفاع ۱۱۵ تا ۲۰۰۰ متر روند رخدادها افزایشی و بعد با افزایش ارتفاع از سطح دریا فراوانی رخدادها کاهش می‌یابد. به طوری که بیشترین فراوانی رخداد آتش‌سوزی محدوده جنگلی مربوط به طبقات ارتفاعی ۱۵۰۰ - ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ - ۱۵۰۰ متر است و در طبقه ارتفاعی ۵۰۰ - ۱۱۵ و بیش از ۲۵۰۰ متر، هیچ مورد آتش‌سوزی رخ نداده است. در مراتع نیز بیشترین فراوانی رخداد آتش‌سوزی مربوط به طبقات ارتفاعی ۱۵۰۰ - ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ - ۱۵۰۰ متر بود (جدول ۱). نتایج مربوط به مقایسه میانگین سالانه رخدادهای آتش‌سوزی در طبقات ارتفاعی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین دو طبقه ۱۵۰۰-۱۰۰۰ و ۲۰۰۰-۱۵۰۰ متر وجود ندارد. همچنین اختلاف معنی‌داری نیز از این نظر بین طبقات ارتفاعی ۵۰۰-۱۱۵، ۱۰۰۰-۵۰۰ و ۲۵۰۰-۲۰۰۰ متر مشاهده نشد. البته طبقه ارتفاعی بالاتر از ۲۵۰۰ متر، به‌طور معنی‌داری کمترین میانگین سالانه رخداد آتش‌سوزی را داشت (جدول ۱).

بررسی فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در اشکال فیزیوگرافی زمین

#### شیب

نتایج مربوط به بررسی فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در طبقات مختلف شیب نشان داد که با افزایش طبقات شیب، نسبت فراوانی این رخدادها در عرصه‌های مرتعی و جنگلی نیز تغییر می‌کند. به گونه‌ای که در طبقه شیب ۱۵-۰ درصد، تعداد رخدادهای آتش‌سوزی در عرصه‌های مرتعی نسبت به عرصه‌های جنگلی بیش از ۴ برابر بود ولی در طبقات شیب ۸۰-۵۰ درصد و بیش از ۸۰ درصد، نسبت فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در عرصه‌های جنگلی بیشتر می‌شود. همچنین مشاهده شد که با افزایش طبقات شیب، فراوانی کلی رخدادهای آتش‌سوزی کاهش می‌یابد، به گونه‌ای که بیشترین فراوانی آتش‌سوزی با تعداد ۸۲۴ رخداد (۳۰/۴٪) مربوط به طبقه ۱۵-۰ درصد و کمترین فراوانی آتش‌سوزی با تعداد ۵۷ رخداد مربوط به طبقه شیب بیش از ۸۰ درصد بود (جدول ۱). نتایج مربوط به مقایسه میانگین رخدادهای سالانه آتش‌سوزی در طبقات مختلف شیب نشان داد که طبقات ۱۵-۰، ۳۰-۱۵ و ۵۰-۳۰ درصد از نظر آماری اختلاف معنی‌داری از نظر میانگین رخدادهای سالانه آتش‌سوزی نداشته ولی طبقه بیش از ۸۰ درصد به‌طور معنی‌داری کمترین میانگین فراوانی رخدادهای سالانه آتش‌سوزی را داشت. همچنین در طبقه ۸۰-۵۰ درصد میانگین فراوانی رخدادهای سالانه به‌طور معنی‌داری کمتر از طبقات ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ درصد بود (جدول ۱).

#### جهت‌های جغرافیایی

بررسی نتایج بدست آمده از فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در جهت‌های مختلف جغرافیایی نشان داد که جهت شمال و جنوب به ترتیب با داشتن ۸۸۰ و ۸۸۳ فراوانی دارای بیشترین فراوانی بودند. همانطور که مشاهده می‌شود در همه جهت‌های مورد بررسی، فراوانی رخدادهای



جدول ۱- مقایسه فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در طبقات مختلف شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا

فیزیوگرافی	ویژگی		فراوانی رخداد آتش‌سوزی			
	طبقه	مساحت (هکتار)	درصد	جنگل	مرتع	مجموع (اشتباه معیار) میانگین
شیب	۰ - ۱۵	۱۳۷۸۶۷۶/۶	۵۵/۳	۱۵۶	۶۶۸	a۴۷/۸۲ (۱۰/۸۰)
	۱۵ - ۳۰	۵۶۱۱۹۰/۶	۲۲/۵	۲۵۲	۴۱۳	a۳۹/۷۶ (۹/۷۰)
	۳۰ - ۵۰	۳۵۱۶۲۶/۵	۱۴/۱	۱۹۶	۲۲۳	ab۲۴/۸۲ (۶/۳۹)
	۵۰ - ۸۰	۱۸۲۱۸۶/۶	۷/۳	۱۸۸	۱۰۵	b۱۷/۱۸ (۴/۶۷)
	> ۸۰	۱۸۷۵۰/۸	۰/۸	۳۷	۲۰	c۳/۱۸ (۰/۹۴)
جهت جغرافیایی	شمال	۳۱۰۰۷۴/۴	۲۷/۲	۳۲۴	۵۵۶	a۵۱/۰۷ (۲۰/۱۶)
	شرق	۲۳۷۶۰۵/۶	۱۹/۹	۹۷	۱۳۲	b۱۳/۲۹ (۷/۸۹)
	جنوب	۳۳۴۹۲۸/۸	۲۹/۱	۳۱۵	۵۶۸	a۵۱/۲۵ (۲۴/۱۳)
	غرب	۳۰۷۵۲۸/۲	۲۳/۸	۹۴	۱۷۱	b۱۵/۳۸ (۸/۱۱)
ارتفاع	۱۱۵ - ۵۰۰	۱۶۷۸۷۶/۶	۶/۷	۰	۲۱۴	b۱۳/۴۱ (۱/۸۲)
	۵۰۰ - ۱۰۰۰	۲۹۵۵۱۸/۷	۱۱/۹	۸۱	۲۰۶	b۱۶/۳۵ (۳/۴۳)
	۱۰۰۰ - ۱۵۰۰	۸۴۸۸۸۵/۳	۳۴/۱	۳۴۸	۴۱۳	a۴۲/۲۹ (۱۰/۶۱)
	۱۵۰۰ - ۲۰۰۰	۹۳۱۰۷۱/۸	۳۷/۴	۳۶۸	۴۵۸	a۴۹/۸۲ (۱۴/۰۲)
	۲۰۰۰ - ۲۵۰۰	۲۱۷۶۹۳/۳	۸/۷	۳۳	۱۰۵	b۱۰/۷۰ (۳/۶۵)
> ۲۵۰۰	۳۱۵۸۵/۳	۱/۳	۰	۳	c۰/۱۸ (۰/۱۲)	

میانگین‌های دارای حرف کوچک انگلیسی مشترک برای هر شکل فیزیوگرافی زمین، در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

## بحث

۲۰۱۸ به‌طور میانگین هر ساله ۱۳۲ رخداد آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی استان کرمانشاه رخ داده است که از این تعداد، حدود ۶۳ درصد مربوط به عرصه‌های مرتعی و ۳۷ درصد مربوط به عرصه‌های جنگلی بوده است. بر پایه نتایج پژوهش Sepahvand (۲۰۱۰) در یک دوره ۵ ساله (۱۳۸۰-۱۳۷۵) تعداد ۳۳۷ رخداد آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی استان لرستان ثبت شده است که به‌طور میانگین سالانه تعداد ۶۷ رخداد آتش‌سوزی وجود داشته است. در همین راستا در پژوهش Garavand و همکاران (۲۰۱۳) در بین سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۶ تعداد ۲۱۳ رخداد آتش‌سوزی گزارش شده که به‌طور میانگین سالانه ۵۳ رخداد آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی استان لرستان ثبت

به‌منظور ارائه برنامه‌ریزی‌های درست در راستای مدیریت آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی، بررسی و شناسایی فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در سال‌های مختلف و ارتباط آن با ویژگی‌های فیزیوگرافی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش با بهره‌گیری از اطلاعات زمان و مکان آتش‌سوزی‌های ثبت شده توسط سنجنده MODIS طی سال‌های اخیر در عرصه‌های طبیعی استان کرمانشاه، فراوانی سالانه رخدادهای آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع استان و همچنین با توجه به اشکال فیزیوگرافی آنها بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که در سال‌های ۲۰۰۲ تا

بودن مساحت این طبقه شیب (۰/۸ درصد) نسبت به مساحت سایر طبقات (جدول) و ۲) مشکل دسترسی و کاهش شدید فعالیت‌های انسانی. زیرا بر پایه گزارش‌های موجود بیش از ۹۰ درصد رخدادهای آتش‌سوزی در ناحیه زاگرس، در اثر فعالیت‌های انسانی می‌باشد (Garavand et al., 2013; Mohammadi sarvaleb et al., 2014). درباره ارتباط درصد شیب با فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی، نتایج پژوهش Sarvaleb Mohammadi و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان داد که بیشترین و کمترین فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی به ترتیب در طبقه شیب کمتر از ۲۵ درصد و بیشتر از ۷۵ درصد بوده است.

جهت جغرافیایی نیز با تأثیر در میزان دریافت تابش خورشید و گرما و در نتیجه خشک شدن مواد سوختنی، شرایط را برای رخداد آتش‌سوزی فراهم می‌نماید (Lafon et al., 2007; Liu et al., 2012; Zhang et al., 2016). در پژوهش جاری مشاهده شد که فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در جهت‌های شمالی و جنوبی نسبت به جهت‌های شرقی و غربی و در هر دو نوع پوشش جنگلی و مرتعی بیشتر است که دلایل آن را می‌توان چنین بیان کرد: الف) مساحت عرصه‌های دارای جهت شیب شمالی و جنوبی نسبت به بقیه جهت‌های شیب موجود در عرصه‌های طبیعی استان بیشتر است، بنابراین اتفاق افتادن رخدادهای بیشتر در این جهت‌های شیب محتمل‌تر است. همانطور که در جدول ۱ مشاهده شد مساحت جهت‌های شمالی (۲۷/۲ درصد) و جنوبی (۲۹/۱ درصد) بیشتر از مساحت جهت‌های شرقی (۱۹/۹ درصد) و غربی (۲۳/۸ درصد) است که این دلیل می‌تواند تا حدود زیادی نتایج بدست آمده را از این پژوهش توجیه نماید. ب) جهت‌های جنوبی به دلیل دریافت گرمای خورشیدی بیشتر و در نتیجه کاهش رطوبت پوشش گیاهی و خاک (در نیمکره شمالی)، شرایط شروع و گسترش آتش‌سوزی در آنها بیشتر است. ج) رطوبت بالای جهت‌های شمالی به دلیل تابش کمتر آفتاب (در نیمکره شمالی)، شرایط رشد و گسترش پوشش گیاهی در آن بیشتر بوده و این دامنه‌ها معمولا در شرایط یکسان دارای پوشش بیشتری

شده است. همچنین Jaafari و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که در یک دوره ۱۱ ساله (۲۰۱۴-۲۰۰۳) تعداد ۲۶۸ رخداد آتش‌سوزی در جنگل‌های استان چهارمحال و بختیاری ثبت شده است که به‌طور میانگین نشان‌دهنده ۲۴ رخداد آتش‌سوزی در سال بوده است. با مقایسه گزارش‌های مربوط به پژوهش‌های پیشین، نتایج پژوهش جاری نشان‌دهنده میانگین تعداد رخدادهای سالانه بیشتری است. دلیل این تفاوت می‌تواند به‌طور کلی به چگونگی ثبت رخدادهای آتش‌سوزی باشد. در همه پژوهش‌های انجام شده پیشین، داده‌های مربوط به رخدادهای آتش‌سوزی از اداره‌های منابع طبیعی استان مربوطه دریافت شده است که ممکن است برخی رخدادهای ویژه رخدادهای قدیمی ثبت نشده و یا آمارها کامل در دسترس قرار نگرفته باشد. در این پژوهش با توجه به توانایی بالای ثبت داده‌های حرارتی توسط سنجنده MODIS و الگوریتم استفاده شده برای کشف آتش فعال با دقت بالا (Giglio et al., 2016)، می‌توان گفت که رخدادهای قابل اعتمادتر و همچنین بلندمدت‌تری در اختیار قرار گرفته است.

در این پژوهش مشاهده شد که عوامل فیزیوگرافی نیز در فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی تأثیر بسزایی دارند. در واقع عوامل فیزیوگرافی (شیب، جهت شیب و ارتفاع) برخلاف پارامترهای آب و هوایی، عوامل پایدارتری بوده و با مرور زمان تغییر نمی‌کنند و یا تغییرات آنها ناچیز است ولی می‌توانند به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در رفتار آتش تأثیرگذار باشند (Ye et al., 2017). در مورد فراوانی رخداد آتش‌سوزی در طبقات مختلف شیب مشاهده شد که در شیب‌های کمتر از ۱۵ درصد فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی در مراتع به شدت بیشتر از اراضی جنگلی است که به‌نظر می‌رسد دلیل آن کاهش شدید مساحت پوشش جنگلی در این طبقه شیب باشد که در اثر تغییر کاربری اراضی به مراتع یا اراضی دیم تبدیل شده‌اند و در واقع به کاهش مساحت پوشش جنگلی، تعداد رخدادهای نیز به دنبال آن کمتر شده است. کاهش شدید رخدادهای آتش‌سوزی در طبقه شیب بیشتر از ۸۰ درصد نیز می‌تواند به دو دلیل باشد: ۱) کم

سنجنده MODIS طی سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ به‌منظور پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های ترکیه استفاده شد (Gülçin and Deniz, 2020). گرچه اشکال فیزیوگرافی زمین شامل شیب، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا مورد بررسی قرار گرفته ولی به مساحت آنها به‌عنوان عامل تأثیرگذار در رخدادهای آتش‌سوزی توجهی نشده است.

نتیجه کلی این پژوهش بلند مدت که طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی را در جنگل‌ها و مراتع استان کرمانشاه بررسی کرده است، نشان داد که علاوه بر نوع فیزیوگرافی، مساحت مربوط به طبقه فیزیوگرافی مورد نظر نقش عمده‌ای در فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی دارد. به‌طوری‌که هرچه مساحت طبقه فیزیوگرافی بیشتر باشد، فراوانی رخداد آتش‌سوزی نیز بیشتر است. همچنین بیشترین آتش‌سوزی‌های مراتع در شیب ۱۵ - ۰ درصد و طبقات ارتفاعی ۱۵۰۰ - ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ - ۱۵۰۰ متری رخ می‌دهد ولی در جنگل تمرکز آتش‌سوزی‌ها در شیب‌های ۳۰ - ۱۵ درصد و در طبقات ارتفاعی ۱۵۰۰ - ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ - ۱۵۰۰ متر رخ داده است که باز هم عامل مساحت می‌تواند در موارد نقش بسزایی داشته باشد. بنابراین گرچه در بسیاری از پژوهش‌های انجام شده به تأثیر مساحت طبقات فیزیوگرافی اشاره‌ای نشده است، اما نتایج این پژوهش به مساحت طبقات فیزیوگرافی تأکید دارد که باید در بررسی رخدادهای آتش‌سوزی و پهنه‌بندی‌های خطر آتش‌سوزی در نظر گرفته شود. بنابراین دستاوردهای این پژوهش می‌تواند کمک شایانی به تصمیم‌گیری‌های مناسب‌تر و درست‌تر در راستای مدیریت آتش‌سوزی در مراتع و جنگل‌های ناحیه زاگرس به‌ویژه برای تمرکز مکانی برنامه‌های پیشگیری و مقابله با آتش‌سوزی‌ها ارائه نماید.

#### منابع مورد استفاده

- Barros, A.M. and Pereira, J.M. 2014. Wildfire selectivity for land cover type: Does size matter. PLOS ONE, 9: e84760.  
 -Bowman, D.M.J.S., Balch, J., Artaxo, P., Bond, W.J., Cochrane, M.A., D'Antonio, C.M., Defries, R.,

هستند و وجود پوشش گیاهی به‌عنوان یک ماده سوختنی نقش زیادی در شروع آتش‌سوزی دارد ( Zhang *et al.*, 2016). نتایج برخی از پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که جهت جنوبی در نیمکره شمالی (یا جهت شمالی در نیمکره جنوبی) به دلیل تابش خورشیدی طولانی‌تر و مستقیم‌تر، میزان رطوبت سوخت را کاهش داده و اشتعال پذیری افزایش می‌یابد (Zhang *et al.*, 2016). درحالی‌که برخی دیگر دریافته‌اند که دامنه‌های شمالی به دلیل داشتن رطوبت بیشتر، دارای مواد سوختی بیشتری بوده، بنابراین به آتش‌سوزی حساس‌تر هستند (Olivera, 2014; Carmo *et al.*, 2011). از این رو به نظر می‌رسد که هر دو نظریه نتایج بدست‌آمده از پژوهش جاری را تأیید می‌نمایند. در همین راستا نتایج پژوهش Lafon و Grissino-Mayer (۲۰۰۷) در ایالت ویرجینیا نشان داد که گرچه تعداد رخدادهای آتش‌سوزی معمولاً در جهت جنوب‌غربی بیشتر بود ولی اختلاف معنی‌داری بین سایر جهت‌ها از نظر تعداد رخدادهای آتش‌سوزی مشاهده نشد.

ارتفاع نیز یکی از عوامل مهم فیزیوگرافی است که بر ویژگی‌های عمومی آب و هوا تأثیرگذار بوده، به‌طوری‌که در ارتفاعات پایین‌تر درجه حرارت بیشتر و رطوبت نسبی کمتر است و در ارتفاعات بالاتر رطوبت نسبی و رطوبت مواد سوختی بیشتر می‌شود. رخدادهای آتش‌سوزی در طبقات ارتفاعی میانی (۲۰۰۰-۱۰۰۰ متر) در جنگل و نیز مرتع بیشترین فراوانی را داشته که از دلایل آن می‌تواند وجود پوشش گیاهی مناسب در این طبقات ارتفاعی و بیشتر بودن فعالیت‌های انسانی باشد. البته نتایج پژوهش Lafon و Grissino-Mayer (۲۰۰۷) نشان داد که در طبقه بالایی ارتفاع از سطح دریا کمترین فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی ثبت شده است که البته در این پژوهش اشاره‌ای به مساحت طبقات ارتفاع از سطح دریا نشده است. همچنین نتایج Zhang و همکاران (۲۰۱۶) در مورد تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر رخدادهای آتش‌سوزی نشان داد که فراوانی رخدادهای آتش‌سوزی ارتباط مثبت و معنی‌داری با ارتفاع از سطح دریا دارد. در پژوهشی مشابه که از داده‌های

- for spatial prediction of wildfire probability. *Agricultural and Forest Meteorology*, 266–267: 198–207 (In Persian).
- Jahdi, R., Salis, M., Darvishsefat, A.A., Alcasena, F., Mostafavi, M.A., Etemad, V., Lozano, O.M. and Spano, D. 2016. Evaluating fire modelling systems in recent wildfires of the Golestan National Park, Iran. *Forestry*, 89: 136–149 (In Persian).
- Krebs, P., Pezzatti, G.B., Mazzoleni, S., Talbot, L.M. and Conedera, M. 2010. Fire regime: history and definition of a key concept in disturbance ecology. *Theory in Biosciences*, 129: 53–69.
- Lafon, C.W. and Grissino-Mayer, H.D. 2007. Spatial Patterns of Fire Occurrence in the Central Appalachian Mountains and Implications for wildland Fire Management. *Physical Geography*, 28:1-20.
- Liu, Y., Stanturf, J. and Goodrick, S. 2010. Trends in global wildfire potential in a changing climate. *Forest Ecology and Management*, 259: 685–697.
- Liu, Z., Yang, J., Chang, Y., Weisberg, P.J. and He, HS. 2012. Spatial patterns and drivers of fire occurrence and its future trend under climate change in a boreal forest of Northeast China. *Global Change Biology*, 18: 2041–2056.
- Liu, Z. and Wimberly, M.C. 2015. Climatic and landscape influences on fire regimes from 1984 to 2010 in the western United States. *PLOS ONE*, 10, e0140839.
- Mohammadi Sarvaley, F., Pir bavaghar, M. and Shabaniyan, N. 2014. Application of artificial neural network for forest fire risk mapping based on physiographic, human and climate factors in Sarvabad, Kurdistan province. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 11: 97-107 (In Persian).
- Mohammadi, F., Shabaniyan, N., Pourhashemi, M. and Fatehi, P. 2011. Risk zone mapping of forest fire using GIS and AHP in a part of Paveh forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 4: 569-586 (In Persian).
- Moritz, M.A., Parisien, M.A., Batllori, E., Krawchuck, MA., van Dorn, J., Ganz, D.J. and Hayhoe, K. 2012. Climate change and disruptions to global fire activity. *Ecosphere*, 3: 1–22.
- Nemati Paykani, M. and Jalilian, N. 2012. Medicinal plants of Kermanshah province. *Taxonomy and Biosystematics*, 11: 78-69 (In Persian).
- Oliveira, S., Oehler, F., San-Miguel-Ayanz, J., Camia, A. and Pereira, J.M.C. 2012. Modeling spatial patterns of fire occurrence in Mediterranean Europe using multiple regression and random forest. *Forest Ecology and Management*, 275: 117–129.
- Pourreza, M., Safari, H., Khodakarami, Y. and Mashayekhi, SH. 2009. Preliminary results of post fireressprouting of manna oak (*Quercusbrantii*Lindl.) in the Zagros forests, Kermanshah. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17: 225-236 (In Persian).
- Pourreza, M., Hosseini,S.M., Safari Sinigani, A.A., Johnston, F.H., Keeley, J.E., Krawchuk, M.A., Kull, C.A., Mack, M., Moritz, M.A., Pyne, S., Roos, C.I., Scott, A.C., Sodhi, N.S. and Swetnam, T.W. 2011. The human dimension of fire regimes on Earth. *Journal of Biogeography*, 38: 2223–2236.
- Carmo, M. Moreira, F. Casimiro, P. and Vaz, P. 2011. Land use and topography influences on wildfire occurrence in northern Portugal. *Landscape and Urban Planing*, 100: 169–176.
- Costafreda-Aumedes, S., Comas, C. and Vega-Garcia, C. 2017. Human-caused fire occurrence modelling in perspective: a review. *International Journal of Wildland Fire*, 26: 983-998.
- Ebrahimi, H., Rasooli, A. and Mokhtari, D. 2018. Investigation of changes in fire risk and its effective factors using Maximum Irregularity Model, Case Study: Forests and Rangelands of East Azarbaijan Province. *Geography and Environmental Hazards*, 25: 57-73 (In Persian).
- Eskandari, S. 2015. Investigation on the relationship between climate change and fire in the forests of Golestan Province. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 13: 1-10 (In Persian).
- Eskandari, S. and Chuvieco, E. 2015. Fire danger assessment in Iran based on geospatial information. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 42: 57-64 (In Persian).
- Garavand, S., Yaralli, N. and Sadeghi, H., 2013. Spatial pattern and mapping fire risk occurrence at natural lands of Lorestan province. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 21: 231-242 (In Persian).
- Giglio, L., Schroeder, W. and Justice, C.O. 2016. The collection 6 MODIS active fire detection algorithm and fire products. *Remote Sensing of Environment*, 178: 31-41.
- Giglio, L., Schroeder, W. and Justice, C.O. 2018. MODIS collection 6 active fire product user's guide, revision B. Technical Report. University of Maryland, 64p.
- Gülçin, D. and Deniz, B. 2020. Remote sensing and GIS-based forest fire risk zone mapping: The case of Manisa, Turkey. *Turkish Journal of Forestry*, 21: 15-24.
- Hebel, C.L., Smith, J.E. and Cromack, K. 2009. Invasive plant species and soil microbial response to wildfire burn severity in the Cascade Range of Oregon. *Applied soil Ecology*, 42: 150-159.
- Heydari, M. and Faramarzi, M. 2014. The Short Term Effects of Fire Severity on Composition and Diversity of Soil Seed Bank in Zagros Forest Ecosystem, Servan County. *Applied Ecology*, 3:57-69 (In Persian).
- Jaafari, A., Mafi Gholami, D. and Zenner, E. 2017. A Bayesian modeling of wildfire probability in the Zagros Mountains, Iran. *Ecological Informatics*, 39: 32–44 (In Persian).
- Jaafari, A., Zenner, E.K., Panahi, M. and habi, H. 2019. Hybrid artificial intelligence models based on a neuro-fuzzy system and metaheuristic optimization algorithms

- Reflectance and Active Fire Fata for Burn Mapping and Assessment at Regional Level. *Ecological Modelling*, 221: 67-74.
- Ulery, A.L., Graham, R.C., Goforth, B.R. and Hubbert, K.R. 2017. Fire effects on cation exchange capacity of California forest and woodland soils. *Geoderma*, 286: 125-130.
- Vadrevu, K.P., Eaturu, A. and Badarinath, K.V.S. 2010. Fire risk evaluation using multicriteria analysis, a case study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 166: 223-239.
- Wotton, B.M, Nock, C.A. and Flannigan, M.D. 2010. Forest fire occurrence and climate change in Canada. *International Journal of Wildland Fire*, 19: 253-271.
- Ye, T., Wang, Y., Guo, Z.X. and Li, Y.J. 2017. Factor contribution to fire occurrence, size, and burn probability in a subtropical coniferous forest in East China. *PLOS ONE*, 12: e0172110.
- Zhang, Y., Lim, S. and Sharples, J.J. 2016. Modelling spatial patterns of wildfire occurrence in south-eastern Australia. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 5705: 1-16.
- Matinizadeh, M. and Dick, W.A. 2014. Soil microbial activity in response to fire severity in Zagros oak (*Quercus brantii* Lindl.) forests, Iran, after one year. *Geoderma*, 213: 95-102 (In Persian).
- Renard, Q., Pe'lissier, R., Ramesh, B.R. and Kodandapani, N. 2012. Environmental susceptibility model for predicting forest fire occurrence in the Western Ghats of India. *International Journal of Wildland Fire*, 21: 368-379.
- Sagheb-Talebi, K., Sajedi, T. and Pourhashemi, M. 2014. Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future. *Plant and Vegetation*, 141p.
- Sarkargar Ardakani, A., Valadan Zoej, M.J. and Mansoorian, A. 2019. Spatial Analysis of Fire Force of Different Regions of the Country Using RS and GIS. *Journal of Environmental Studies*, 35: 34-52 (In Persian).
- Sepahvand, K. 2010. Investigation on fire trend of natural resources of Lorestan Province of Iran. *Proceedings of First International Symposium on Fire of Natural Resources*, University of Gorgan, Gorgan, I.R. Iran, 8p (In Persian).
- Silvia, M., Huescab, M. and Gonzalez, F. 2010. MODIS

## Frequency of fire incidence in relation to Zagros forests and rangelands physiography (Kermanshah Province) using MODIS Active Fire Data

M. Azizi<sup>1</sup>, M. Khosravi<sup>1</sup> and M. Pourreza<sup>2\*</sup>

1- Natural Resources Department, Razi University, Kermanshah Iran

2\*-Corresponding author, Natural Resources Department, Razi University, Kermanshah, Iran

E-mail: pourreza@razi.ac.ir

Received: 05.03.2020

Accepted: 01.07.2020

### Abstract

In this study, with respect to the importance of fires in Zagros vegetation zone, temporal and spatial data of fire incidence, from 2002 to 2018, in natural areas of Kermanshah province was extracted using MODIS active fire data. Then the frequency of fire incidence was analyzed according to the physiography of the study area in different classes of slope, geographical direction and altitude. According to the results, the highest and the lowest frequency of fire incidence in forests were observed in slopes classes of 15-30% and >80%, respectively. In rangelands, the highest and lowest frequency of incidents were observed in slopes classes of 0-15% and >80%, respectively. In the forest area, the highest frequency of fire incidence was observed in the altitudes of 1000–1500 m and 1500-2000 m and the lowest frequency was observed in the altitudes of 115–500 m and >2500 m. In the rangelands, the highest frequency of fire incidence was observed in the altitudes of 1000–1500 m and 1500-2000 m and the lowest frequency was observed in the altitude of over 2500 m. It was also observed that the frequency of fire incidence in the northern and southern aspect directions was remarkably higher than the eastern and western directions. The results of this study emphasize that in addition to the type of physiography of the region, the frequency of fire incidents is significantly dependent on the surface area of each form of physiography, which can be very important in fire management planning.

**Key words:** Fire, MODIS, Physiography, Zagros forests.