

ارزیابی خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی شهرستان دالاهو)

چکیده

آتش‌سوزی در جنگل‌های غربی ایران (جنگل‌های نیمه خشک بلوط) یکی از خطرات اصلی در این منطقه بوده که هر ساله سبب خسارت‌های غیر قابل جبران بر اکوسیستم‌ها و محیط‌زیست می‌شود. از این رو تعیین مناطق پرخطر آتش‌سوزی و پیش‌بینی آن با استفاده از مدل‌های خطر آتش‌سوزی، در به حداقل رساندن وقوع و خسارت ناشی از آن با استفاده از مدل‌های خطر آتش‌سوزی کمک می‌کند. جنگل‌های واقع در شهرستان دالاهو (استان کرمانشاه) که در رده جنگل‌های نیمه خشک بلوط به حساب می‌آیند، هر ساله با این بحران مواجه هستند و جنگل‌های زیادی طعمه حریق می‌شود. در این پژوهش به شناسایی و طبقه‌بندی مناطق پرخطر آتش‌سوزی و تهیه نقشه این مناطق با استفاده از روش‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی در جنگل‌های شهرستان دالاهو پرداخته شده است. به منظور تهیه نقشه مناطق پرخطر آتش‌سوزی منطقه مورد پژوهش، از عوامل تأثیرگذار از جمله تراکم پوشش جنگلی، شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)، تبخیر (میلی‌متر)، شیب و جهت (درجه) و ارتفاع از سطح دریا (متر) استفاده گردید. نقشه نهایی به پنج طبقه مختلف از مناطق با خطر بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد گروه‌بندی شد. در نهایت نتایج نشان داد که به ترتیب مناطق با خطرپذیری خیلی کم ۱۴/۱۷ درصد، خطرپذیری کم ۳۲/۴۸ درصد، خطرپذیری متوسط ۳۳/۴۳ درصد، خطرپذیری بالا ۱۷/۱۹ درصد و خطرپذیری خیلی زیاد ۲/۷ درصد از آتش‌سوزی جنگل‌های دالاهو را تشکیل می‌دهند. نتایج این مطالعه می‌تواند برای سیاست توسعه پایدار در سطوح منابع طبیعی و محیط‌زیست مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: جنگل‌های زاگرس، شهرستان دالاهو، خطر آتش‌سوزی جنگلی، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

مقاله پژوهشی

رسول باقرآبادی *
rasol.bagher.ab@gmail.com
* نویسنده مسئول

فرهاد شیخ کانلوی میلان ۲
farhad.milani@ut.ac.ir

محسن زارعی محمدآباد ۱
mohsen.zarei.moh@ut.ac.ir

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۲. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

شناسه مقاله: ۲۲۰۴-۱۰۲۴
شماره صفحه پیاپی: ۱۹۹-۲۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۱
انتشار آنلاین: ۱۴۰۱/۰۶/۲۸
زمان پذیرش: ۱۵۵ روز

استناددهی:

باقرآبادی، ر.، شیخ کانلوی میلان، ف.، و زارعی محمدآباد، م. (۱۴۰۱). ارزیابی خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی شهرستان دالاهو). مدیریت اکوسیستم، ۱(۳)، ۶۰-۷۲.

۱- مقدمه

جنگل‌ها مهمترین منابع طبیعی و اکولوژیکی در کره زمین به شمار می‌آیند و کارکرد آنها نقش اساسی در حفظ تعادل در چرخه طبیعت دارد. علاوه بر این، وجود جنگل مانع از وقوع بسیاری از بلایای طبیعی دیگر بوده و می‌تواند در مقابله با تهدیدهای طبیعی باشد (Ajin et al; 2016). از این رو سلامت جنگل در یک منطقه شاخصی واقعی از شرایط محیط‌زیستی حاکم در آن منطقه است (Pourghasemi et al., 2014). براساس ارزیابی سالانه منابع جهانی جنگل توسط سازمان خواربار و کشاورزی (فائو)^۱، در سال ۱۹۹۰، مساحت کل سطح جنگل‌های جهان ۳۸۶۰ میلیون هکتار بوده است که تا سال ۲۰۱۵ به طور میانگین با کاهش ۳ الی ۶ میلیون هکتار کاهش در سال، این رقم به ۳۷۳۱ میلیون هکتار رسیده است (Abedi Gheshlaghi, 2019). علاوه بر قطع بی‌رویه، آتش‌سوزی یکی از عوامل اصلی تخریب جنگل‌ها محسوب می‌شود که سالانه صدها هزار هکتار از پوشش گیاهی جنگل‌ها را نابود می‌کند (Roman et al., 2013). آتش‌سوزی جنگل‌ها خسارت‌های عمده محیط‌زیست، مالی، حیات‌وحش و اکولوژیک وارد می‌کند (Abedi Gheshlaghi, 2019). در رابطه با آتش‌سوزی جنگلی اقدامات خاصی برای به حداقل رساندن تأثیرات منفی جلوگیری و مقابله با آن انجام می‌شود، در حالی که تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی روشی مناسب برای کمک به برنامه‌ریزی و مدیریت حفاظت از مناطق جنگلی است (Abedi Gheshlaghi, 2019). تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی در مناطق خطرناک و ارائه کلاس‌های دارای پتانسیل خطر آتش‌سوزی یکی از مهمترین مطالعات محسوب می‌شود (مبصری و همکاران، ۱۳۸۸؛ Mahdavi, 2012). هدف از تولید نقشه خطر آتش‌سوزی در جنگل، مشخص نمودن محدوده‌های خطرناک و مستعد آتش‌سوزی بوده که به احتمال زیاد آتش‌سوزی در آن ناحیه شروع شده و از آن قسمت می‌تواند به راحتی به مناطق دیگر گسترش یابد (Gigović et al., 2018). از این رو دانستن مناطق پر خطر آتش‌سوزی می‌تواند میزان خسارات‌ها را به حداقل برساند (Adab et al., 2013). با توجه به عوامل مورد بررسی، سنجش از دور^۲ و سامانه اطلاعات جغرافیایی^۳، تکنیک‌های مؤثری هستند که می‌توانند در منطقه‌بندی خطر آتش‌سوزی جنگل استفاده شوند. بسیاری از محققان مناطق مستعد آتش‌سوزی در جنگل را با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی مشخص کرده‌اند (Ajin et al., 2016).

تاکنون تحقیقات فراوانی در زمینه تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی در جهان و ایران انجام شده است که از جمله به مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. Perera and Cui (۲۰۱۰) در اوتاریو کانادا نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی را بر اساس پارامترهای شیب، جهت شیب، پوشش گیاهی، رطوبت خاک و غیره در پنج طبقه تهیه و مدل‌سازی کردند. Eskandari et al. (۲۰۱۳) با استفاده از تکنیک‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل دانگ^۴ مناطق خطر آتش‌سوزی جنگل‌های شمال ایران را مشخص کردند و عواملی مانند نوع گیاه، تراکم پوشش گیاهی، شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از جاده، فاصله از سکونت‌گاه‌ها و فاصله از زمین‌های کشاورزی برای این مطالعه استفاده شد. نتایج نشان داد که ۵۱ درصد آتش‌سوزی اتفاق افتاده در مناطق با واقعیت تطابق دارند و در مناطق بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارند که اعتبار مدل دانگ را برای پیش‌بینی آتش‌سوزی‌های نشان می‌دهد. همچنین این مدل می‌تواند برای سایر مناطق جنگلی نیز قابل اعمال باشد. موسی بیگی و میرزا بیگی (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای به بررسی خطر وقوع آتش‌سوزی جنگل حفاظت شده مانشت و قلارنگ با استفاده از عوامل تراکم پوشش گیاهی، بارش، دما، جهت شیب، شیب، فاصله از جاده، فاصله از روستا، ارتفاع و فاصله از آبراهه پرداختند و به این نتیجه رسیدند که شیب‌های بالای ۲۰ درصد، جهت‌های جنوبی و شرقی و مناطقی که تراکم پوشش گیاهی آن زیاد است جزء مناطق با خطر زیاد و خیلی زیاد از نظر احتمال وقوع آتش‌سوزی هستند. Gigović et al. (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای به بررسی نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل نویسنجه در بوسنی و هرزگوین با استفاده از معیارهای کاربری اراضی، بافت خاک، زهکشی، آب و هوا، ارتفاع، شیب، جهت، فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی و فاصله از رودخانه در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که ۱۳/۲ درصد از منطقه مورد مطالعه در محدوده پر خطر آتش‌سوزی قرار دارد. جواهری و تراهی (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای به بررسی پتانسیل سنجی خطر رخداد آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع در شهرستان کامیاران با استفاده عوامل بارندگی، دما، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، ارتفاع و شیب پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که لایه‌های برداشت شده زمینی با نقشه نهایی کاملاً مطابقت داشته و اکثر آتش‌سوزی‌های با وسعت زیاد در مناطق با پتانسیل زیاد و خیلی زیاد و بحرانی قرار گرفته و جنگل‌ها و مراتع با پتانسیل خیلی زیاد، مساحتی حدود ۴۵۲۱۸/۱۴ هکتار که ۲۲ درصد از کل منطقه را شامل می‌شود.

تعیین پتانسیل خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های شهرستان دالاهو برای مدیریت بهتر و حفظ چشم انداز طبیعت مؤثر می‌باشد. از این‌رو بررسی و شناسایی مناطق پر خطر آتش‌سوزی بسیار مهم و حائز اهمیت است. در این پژوهش به بررسی مناطق پر خطر آتش‌سوزی جنگل‌های واقع در شهرستان دالاهو با استفاده از عوامل تأثیرگذار ارتفاع، شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، تبخیر و شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی^۵ با استفاده از ترکیبی از تکنیک‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی^۶ پرداخته شده است.

1. Food and Agriculture Organization (FAO)

2. Remote Sensing

3. Geographic Information System (GIS)

4. Dong Model

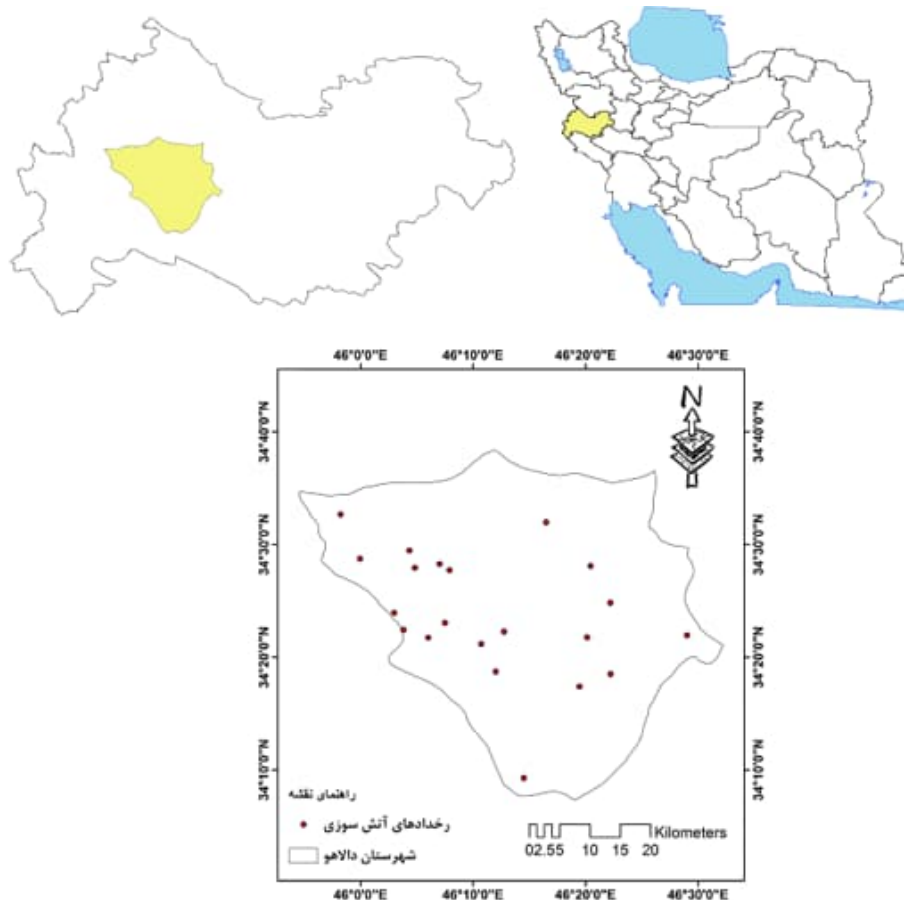
5. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

6. Analytical Hierarchy Process (AHP)

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهرستان دالاهو در میانه غرب کشور، بین مدار جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۷ درجه و ۳۴ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۴۶ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است و متوسط ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵۰۰ متر است. گستردگی این شهرستان در طول و عرض تقریباً مساوی بوده است. مساحت این شهرستان ۱۸۹۲ کیلومتر مربع است که ۱۲/۹ درصد از کل مساحت استان کرمانشاه را شامل می‌شود و دارای آب و هوای معتدل و سرد کوهستانی می‌باشد. شهرستان دالاهو در مرکز استان کرمانشاه قرار گرفته است. از سمت شمال به شهرستان ثلاث باباجانی، از سمت غرب به شهرستان سرپل ذهاب و از سمت جنوب به شهرستان گیلان غرب و از شرق به شهرستان اسلام آباد غرب و کرمانشاه محدود می‌شود. مرکز این شهرستان شهر کرد است (تقدیسی و همکاران، ۱۳۹۳). شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور ایران و استان کرمانشاه

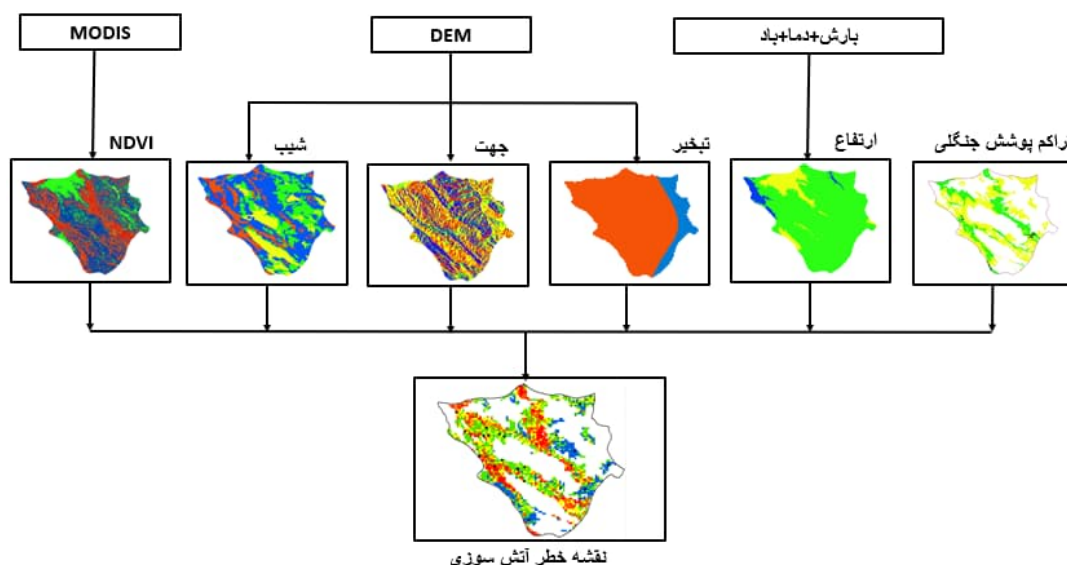
۲-۲- روش تحقیق

در این پژوهش از داده‌های آتش‌سوزی در سال ۱۴۰۰ براساس گزارشات ثبت شده در اداره کل منابع طبیعی استان کرمانشاه استفاده شد. بر این اساس تعداد ۲۱ رخداد آتش‌سوزی به همراه مختصات مکانی آنها در نظر گرفته شد (شکل ۱). با استفاده از پارامترهای تأثیرگذار بر وقوع آتش‌سوزی مانند ارتفاع، شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، تبخیر و شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی، نقشه خطر آتش‌سوزی منطقه مورد مطالعه مشخص گردید. در ادامه به نقش هر یک از عوامل موثر در آتش‌سوزی پرداخته شده است (شکل ۲).

۲-۳- شیب

شیب، ارتباط مستقیمی با سرعت گسترش آتش‌سوزی دارد. شیب زیاد سبب افزایش سرعت گسترش آتش‌سوزی شده همچنین ذکر این نکته ضروری است که شیب تند پس از شروع آتش‌سوزی نیز تاثیر مستقیمی بر آتش‌سوزی دارد. به عبارت دیگر، شیب زیاد پتانسیل آتش‌سوزی را افزایش نمی‌دهد؛

بلکه اگر آتش‌سوزی در یک منطقه ایجاد شود، جهت گسترش آن به سمت شیب‌های زیاد خواهد بود (Orozco, 2008; Weise and Biging, 1997). بنابراین سرعت گسترش آتش با افزایش شیب نسبت مستقیمی دارد (Zhong et al., 2003).



شکل (۲): مراحل انجام کار برای تهیه نقشه آتش‌سوزی

۲-۴- ارتفاع از سطح دریا

ارتفاع یک متغیر فیزیوگرافی مهم است که با دما، رطوبت، ساختار پوشش گیاهی و باد ارتباط دارد و نقش مهمی در گسترش آتش‌سوزی دارد (Gao et al., 2011). ارتفاعات زیاد دارای رطوبت بالا و دمای پایین هستند. بنابراین، در ارتفاعات بالا میزان پوشش گیاهی کم بوده و همچنین دسترسی به این مناطق دشوارتر است. بنابراین، انتظار می‌رود میزان آتش‌سوزی با افزایش ارتفاع کاهش یابد (جعفری گلدرق و همکاران، ۱۳۹۳).

۲-۵- جهت جغرافیایی

به دلیل تابش مستقیم خورشید، شیب‌های جنوبی و جنوب شرقی دارای گرمای بیشتری بوده و پتانسیل بیشتری برای وقوع آتش‌سوزی خواهند داشت (Rawat, 2003). پوشش گیاهی معمولاً در دامنه‌های رو به جنوب خشک‌تر و متراکم‌تر از شیب‌های شمالی است، به همین دلیل شرایط لازم را برای آتش‌سوزی فراهم می‌کنند. علاوه بر این، در اوایل روز، جهت‌های شرقی انرژی بیشتری از خورشید نسبت به غرب دریافت می‌کنند، در نتیجه، جهت‌های شرقی سریع‌تر خشک می‌شوند (Krishna Prasad et al., 2008; Pourghasemi et al., 2014). بنابراین جهت شیب مرتبط با آتش‌سوزی به هشت کلاس شمالی، شمال شرقی، شرق، جنوب شرقی، جنوب، جنوب غربی، غرب و شمال غربی طبقه‌بندی شده است (Nasiri et al., 2022).

۲-۶- تراکم پوشش جنگلی

تراکم پوشش جنگلی بیشترین تأثیر را بر رفتار آتش‌سوزی دارد. به عنوان مثال، مناطق دارای پوشش گیاهی خشک و متراکم بیشتر از مناطق مرطوب و فاقد پوشش گیاهی مستعد آتش‌سوزی هستند (Ajin et al., 2016). در این مطالعه نقشه پوشش جنگلی منطقه مورد پژوهش به چهار طبقه جنگل انبوه، جنگل متوسط، جنگل کم و جنگل دست کاشت که از نقشه‌های استخراجی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کرمانشاه بوده تقسیم شده است.

۲-۷- تبخیر

در شهرستان دالاهو به دلیل کم بودن میزان بارش در فصل خشک سال، شرایط لازم را برای وقوع آتش‌سوزی دارد. آتش‌سوزی‌های رخ داده طی سال‌های اخیر بیانگر این موضوع است که تعداد آتش‌سوزی‌ها در فصل خشک سال افزایش یافته که یکی از مهمترین علت‌های آن خشکی هوا و پایین آمدن رطوبت هوا به علت کاهش بارش و تبخیر بالا در فصل خشک سال می‌باشد. تبخیر خود برهمکنشی از پارامترهایی چون دما، بارندگی، سرعت باد و رطوبت نسبی در منطقه است (جانباز قبادی، ۱۳۹۸). در این پژوهش، تبخیر نیز به عنوان یکی از پارامترهای تأثیرگذار بر رخداد آتش‌سوزی وارد مدل مورد نظر شد. داده‌های تبخیر ایستگاه‌های تبخیرسنجی در منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی (۱۳۸۰ تا ۱۳۹۹) به صورت میانگین و بر حسب میلی‌متر از اداره کل هواشناسی استان کرمانشاه دریافت و نقشه پهنه‌بندی تبخیر ترسیم گردید.

۲-۸- شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)

برای ارزیابی پوشش گیاهی، از شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی استفاده می‌شود. این شاخص، یک شاخص مفید برای شناسایی شرایط پوشش گیاهی است (Pourghasemi et al., 2014; Nonnomura et al., 2007) که بر اساس رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه NIR داده‌های باند مادون قرمز نزدیک، و RED داده‌های باند قرمز می‌باشد. شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر مودیس^۲ بدست آمده است که از اندازه‌گیری انعکاس در بخش مادون قرمز نزدیک (باند ۴) و طیف‌های قرمز (باند ۳) محاسبه می‌شود. نقشه شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی براساس طیف الکترومغناطیسی، به شش کلاس تقسیم شده است.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، یکی از روش‌های تصمیم‌گیری بوده و هدف این روش انتخاب بهترین گزینه براساس معیارهای مختلف از طریق مقایسه زوجی است (Adab et al., 2013). این روش برای وزن‌دهی به معیارها نیز استفاده می‌شود. به دلیل افزایش تعداد هر خوشه، مقایسه زوجی دشوار می‌شود. از این رومعمولاً معیارهای تصمیم‌گیری را به زیر معیارهایی تقسیم می‌کنند. تقریباً تمامی محاسبات مربوط به فرآیند تحلیل سلسله مراتبی براساس قضاوت اولیه تصمیم‌گیرنده که در قالب ماتریس مقایسات زوجی ظاهر می‌شود صورت می‌پذیرد و هر گونه خطا و ناسازگاری در مقایسه و تعیین اهمیت بین گزینه‌ها و شاخص‌ها را آشکار می‌سازد. نرخ سازگاری وسیله‌ای است که سازگاری را مشخص ساخته و نشان می‌دهد که تا حد توان به اولویت‌های حاصل از مقایسات اعتماد کرد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به عنوان مدل مورد استفاده در وزن‌دهی معیارها در قالب مقایسات زوجی و براساس نظرات کارشناسی اعمال گردید (Mahdavi, 2012).

هر یک از پارامترهای مورد بررسی کلاسه‌بندی شد و به هر کلاس وزن متناسب اختصاص یافت. بدین طریق نقشه شاخص هر یک از پارامترها تهیه شده و سپس این نقشه‌ها با وزن‌های مناسب با هم ترکیب شدند تا نقشه خطر آتش‌سوزی تهیه شود و در نتیجه مناطق با پتانسیل بالای آتش‌سوزی شناسایی گردید.

بر اساس اصل جمع وزنی، این شاخص‌ها به عنوان مدلی طراحی شده است که به هر پارامتر یک ضریب وزنی بر اساس تأثیر آن در گسترش آتش اختصاص داده و بر این اساس شاخص آتش‌سوزی مشخص می‌گردد. شاخص خطر آتش‌سوزی معادله مورد استفاده در سامانه اطلاعات جغرافیایی برای مدل‌سازی خطرهای آتش‌سوزی و نقشه‌برداری مناطق خطر آتش‌سوزی از رابطه ۲ استفاده گردید (جانبازقبادی، ۱۳۹۸).

$$\text{رابطه (۲)} \quad (\text{شیب}) \times ۱ + (\text{جهت}) \times ۱ + (\text{ارتفاع}) \times ۱ + (\text{تبخیر}) \times ۱ + (\text{NDVI}) \times ۲ + (\text{تراکم پوشش جنگلی}) \times ۳ = \text{خطر آتش سوزی}$$

با استفاده از معادله فوق، شاخص خطر آتش‌سوزی^۳ در شهرستان دالاهو با استفاده از ضرایب پارامترهای فوق که هر یک نشان‌دهنده میزان اثر آنها در آتش‌سوزی است محاسبه گردید. لایه‌ها با هم ترکیب شدند و در نهایت نقشه خطر آتش‌سوزی تهیه گردید (جدول‌های ۱ و ۲).

۳- نتایج

در این پژوهش از شش معیار برای تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل‌های نیمه خشک دالاهو با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. شیب، جهت، ارتفاع، تراکم پوشش جنگلی، تبخیر و شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی به صورت نقشه رستری بوده است. تبدیل داده‌های برداری به داده‌های رستری با استفاده از ابزار تبدیل در نرم‌افزار ArcMap 10.5 انجام شد. محدوده رتبه‌بندی از ۱ تا ۵ را شامل می‌شود. مقدار عددی ۵ بیشترین خطر و مقادیر عددی ۱ کمترین خطر را دارند.

در طبقه ارتفاع، بیشترین خطر آتش‌سوزی در طبقه صفر تا ۲۷۳ و ۲۷۳ تا ۶۵۰ قرار دارد که در مناطق کم ارتفاع قرار دارد (شکل ۳). در پژوهش‌های Gulcin and Deniz (۲۰۲۰) و Kumari and Pandey (۲۰۲۰) مناطق با ارتفاع کم را مناطق پرخطر برای آتش‌سوزی می‌دانند. امتیاز متوسط در ارتفاع ۶۵۰ تا ۱۲۸۱ متر در نواحی شمال و غرب و ارتفاع ۱۲۸۱ تا ۱۹۸۶ متر با امتیاز کم بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است. امتیاز خیلی کم با ارتفاع ۱۹۸۶ تا ۲۵۳۴ در نواحی شمال غربی و شمال شرقی قرار دارد.

1. Near infrared

2. Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)

3. Fire Risk System Index (FRSI)

جدول (۱): وزن‌های معیارهای تاثیرگذار بر رخدادهای آتش‌سوزی

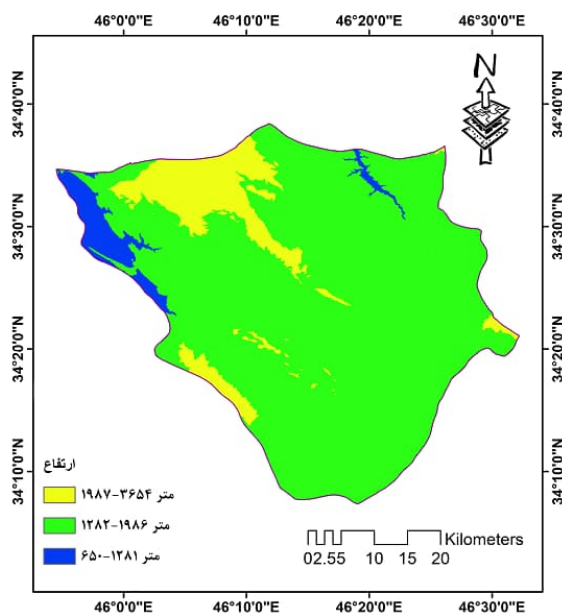
وزن	کلاس	جهت شیب (درجه)	تراکم پوشش جنگلی	کلاس	وزن
۵	خیلی زیاد	جنوبی	جنگل انبوه	خیلی زیاد	۵
۴	زیاد	جنوب شرقی	جنگل متوسط	زیاد	۴
۳	متوسط	شرقی	جنگل کم	متوسط	۳
۳	کم	شمال شرقی	جنگل دست کاشت	کم	۲
۲	خیلی کم	شمالی			
۱	کم	جنوب غربی			
۱	کم	غربی			
۱	کم	شمال غربی			

وزن	کلاس	ارتفاع (متر)	شیب (درجه)	کلاس	وزن
۵	خیلی زیاد	۰-۲۷۳	>۳۵	خیلی زیاد	۵
۴	زیاد	۲۷۳-۶۵۰	۲۵-۳۵	زیاد	۴
۳	متوسط	۶۵۰-۱۲۸۱	۱۵-۲۵	متوسط	۳
۲	کم	۱۲۸۱-۱۹۸۶	۵-۱۵	کم	۲
۱	خیلی کم	۱۹۸۶-۲۵۳۴	۰-۵	خیلی کم	۱

وزن	کلاس	شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی	تبخیر (میلی‌متر)	کلاس	وزن
۵	خیلی زیاد	>۰/۸	۱۸۰۵-۲۲۸۰	خیلی زیاد	۵
۴	زیاد	۰/۵-۰/۸	۱۵۳۸-۱۸۰۵	زیاد	۴
۳	متوسط	۰/۳-۰/۵	۱۳۵۱-۱۵۳۸	متوسط	۳
۲	کم	۰/۱-۰/۳	۱۱۸۰-۱۳۵۱	کم	۲
۱	خیلی کم	-۰/۱۵-۰/۱	۶۴۰-۱۱۸۰	خیلی کم	۱

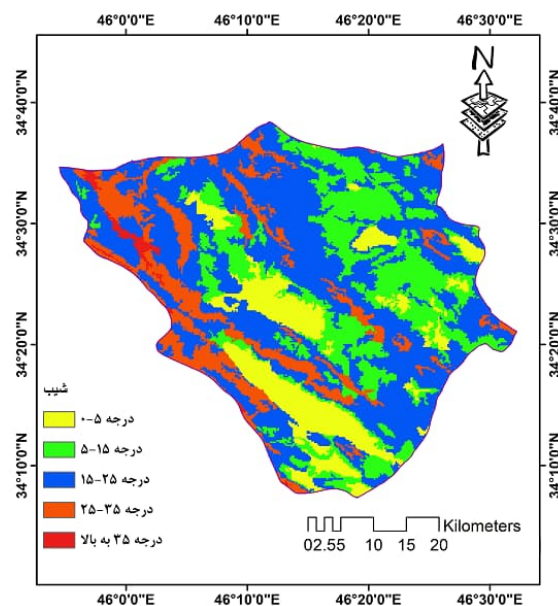
جدول (۲): معیارها و وزن‌های مورد استفاده

وزن	معیارها
۳	تراکم پوشش جنگلی
۲	شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی
۱	تبخیر (میلی‌متر)
۱	شیب (درجه)
۱	جهت (درجه)
۱	ارتفاع (متر)



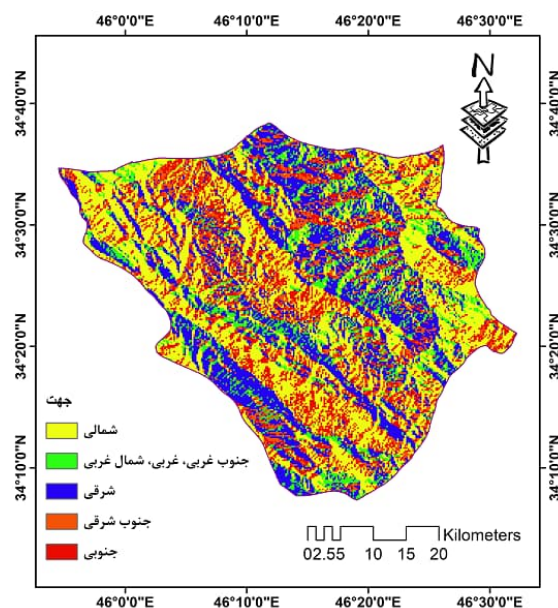
شکل (۳): نقشه نهایی وزنی معیار ارتفاع

در پژوهش پیش رو بیشترین خطر آتش‌سوزی در طبقات شیب ۲۵ تا ۳۵ درجه و بیشتر از ۳۵ درجه قرار دارد (شکل ۴). در پژوهش‌هایی که توسط Dong et al. (۲۰۰۵) و Jaiswal et al. (۲۰۰۲) انجام شده است نیز بالاترین طبقه شیب، بیشترین خطر آتش‌سوزی را داشته است. تاثیر شیب در آتش‌سوزی منطقه مورد مطالعه به صورت پراکنده و بیشتر در نواحی غربی دیده می‌شود.



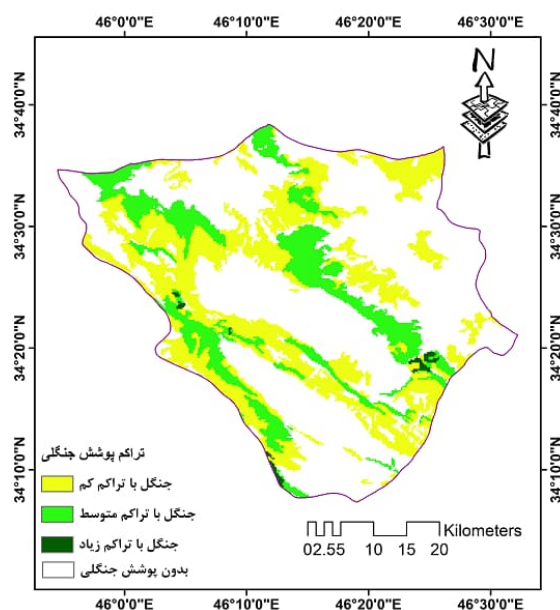
شکل (۴): نقشه نهایی وزنی معیار شیب

در طبقات جهت، بیشترین خطر آتش‌سوزی در جهت‌های جنوبی و جنوب شرقی بوده است به این دلیل که جهت‌های رو به خورشید نور مستقیم خورشید را دریافت می‌کنند و مواد سوختنی لازم برای آتش‌سوزی (گیاهان و لاشبرگ‌ها) را خشک‌تر و قابل اشتعال‌تر می‌کنند (شکل ۵). همچنین وجود درختان بلوط در منطقه و تنک بودن این درختان، نور خورشید را به قسمت‌های زیرین هدایت کرده و سبب ایجاد آتش‌سوزی می‌گردد (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹). در پژوهش‌های Dong et al. (۲۰۰۶)، جهت‌های جنوبی، مناطق پرخطر آتش‌سوزی محسوب می‌گردند. همانطور که در شکل ۵ نیز قابل مشاهده است، جهت‌های مختلف شیب برای منطقه مورد مطالعه در هشت طبقه مختلف شمال، شمال شرقی، شرق، جنوب شرقی، جنوب، جنوب غربی، غرب، شمال غربی و بدون جهت ارائه شده است.



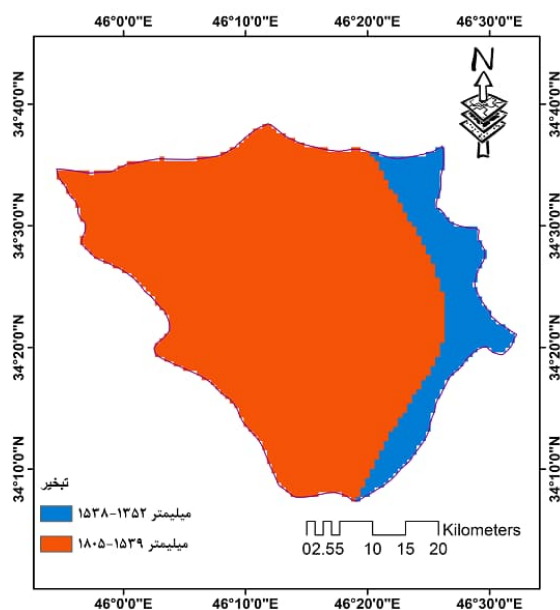
شکل (۵): نقشه نهایی وزنی معیار جهت

در مورد نوع پوشش جنگلی با توجه با اینکه هدف از این پژوهش بررسی مناطق با خطر آتش‌سوزی بالا است، بنابراین مناطق با پوشش جنگلی را انتخاب کرده و در سه کلاس جنگل‌های پرتراکم، با تراکم متوسط و کم تراکم طبقه بندی شدند که مناطق جنگلی پر تراکم دارای خطر پذیری بالا بوده و مستعد ایجاد آتش‌سوزی در این مناطق هستند (شکل ۶). پژوهش‌های Hai-wei et al. (۲۰۰۴)، Chavan et al. (۲۰۱۲) و Ajin et al. (۲۰۱۶) مناطق جنگلی با تراکم بالا را مناطق پرخطر دانسته‌اند.



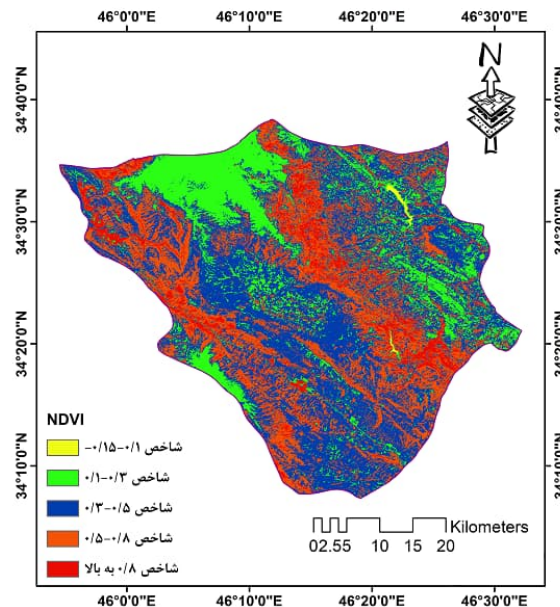
شکل (۶): نقشه نهایی وزنی معیار تراکم پوشش جنگلی (طبقه بدون تن سفید بدون پوشش جنگلی است)

نتایج بدست آمده از بررسی عامل تبخیر که خود ترکیبی از سه عامل سرعت باد، دما و بارش است نشان داد که دو طبقه ۱۳۵۱ تا ۱۵۳۸ و ۱۵۳۸ تا ۱۸۰۵ میلی‌متر (متوسط و زیاد) دارای بیشتر تاثیر بر پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی هستند (شکل ۷). تبخیر باعث از دست رفتن رطوبت و فراهم شدن شرایط برای خطر ایجاد و گسترش آتش‌سوزی می‌شود، که نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش‌های Moayedi et al. (۲۰۲) و Janbaz Ghobadi (۲۰۱۲) مطابقت دارد. همان طور که در شکل ۷ نشان داده شده است، طبقه زیاد و امتیاز ۴ در قسمت غربی و طبقه متوسط با امتیاز ۳ در قسمت شرقی منطقه مورد مطالعه قرار دارد.



شکل (۷): نقشه نهایی وزنی معیار تبخیر

نتایج بدست آمده از بررسی شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی نشان داد که محدوده بیشتر از ۰/۸ برای وقوع آتش سوزی در جنگل‌های دالاهو دارای خطر بسیار بالایی است که با نتایج پژوهش‌های Pourtaghi et al. (۲۰۱۵) و Hong et al. (۲۰۱۷) مطابقت دارد. توزیع پوشش گیاهی از طریق بررسی شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی نشان داد، درصد پوشش گیاهی در قسمت‌های جنگلی در منطقه مورد مطالعه در طبقه خیلی زیاد و زیاد قرار می‌گیرد و سایر طبقات به صورت پراکنده در بخش‌های منطقه مورد مطالعه قابل مشاهده هستند که در شکل ۸ نشان داده شده است. همچنین مساحتی از منطقه مورد مطالعه در بخش شمال غربی در محدوده ۰/۱ تا ۰/۳ (خطرپذیری کم) و مساحت کمی از منطقه مورد مطالعه در بخش شمال شرقی در محدوده ۰/۱۵- تا ۰/۱ (خطرپذیری خیلی کم) قرار گرفته است (شکل ۸).

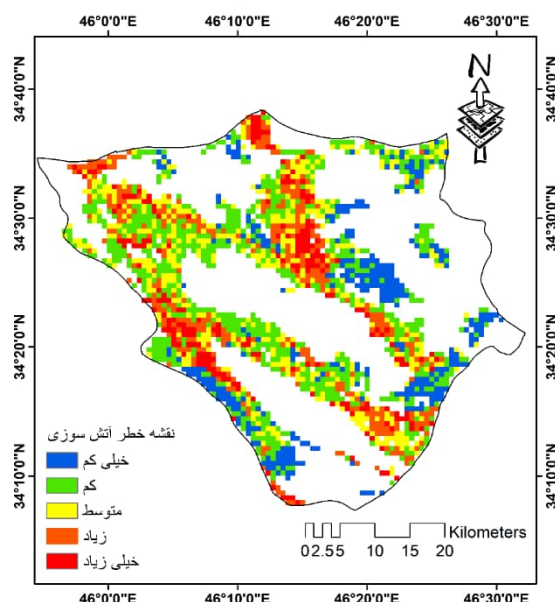


شکل (۸): نقشه نهایی وزنی شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی

مقایسه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در این روش با گزارش‌های موجود در اداره کل منابع طبیعی استان کرمانشاه در سال ۱۳۹۹ تا حدود زیادی همخوانی دارد. به طوریکه بیشتر آتش‌سوزی‌های جنگل در مناطق بسیار پرخطر و خطرناک رخ داده است (شکل ۹) که ارتباط معنی‌داری بین نقاط آتش‌سوزی جنگلی مناطق مشخص شده با خطر بسیار زیاد و زیاد وجود دارد. این یافته صحت نقشه خطر آتش‌سوزی حاصله را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۳ و شکل ۹ طبقه دارای خطرپذیری خیلی زیاد حدود ۱۷ کیلومترمربع که ۲/۷ درصد از کل مساحت منطقه مورد پژوهش را نشان می‌دهد بیشتر در مناطق با پوشش جنگلی پرتراکم قرار دارند. طبقه خطرپذیری زیاد دارای مساحت ۱۰۸ کیلومترمربع (۱۷/۱۹ درصد)، طبقه خطرپذیری متوسط دارای مساحت ۲۱۰ کیلومترمربع (۳۳/۴۳ درصد)، طبقه خطرپذیری کم ۲۰۴ کیلومترمربع (۳۲/۴۸ درصد) و طبقه خطرپذیری متوسط دارای مساحت ۸۹ کیلومترمربع (۱۴/۱۷ درصد) می‌باشد. از این رو در سال ۱۴۰۰ شمسی بیشتر تعداد رخداد‌های آتش‌سوزی در مناطق با خطرپذیری کم و متوسط رخ داده است. آمارهای حریق نشان می‌دهد که تقریباً بیشترین فراوانی آتش‌سوزی‌ها از اواخر فصل بهار تا اوایل فصل پاییز است که دلیل آن را می‌توان افزایش درجه حرارت، کاهش بارندگی و خشکی پوشش گیاهی منطقه بیان کرد.

جدول (۳): طبقه بندی خطر پذیری به همراه مساحت رخداد‌های آتش سوزی

طبقه‌بندی خطرپذیری	مساحت (کیلومتر مربع)	مساحت (درصد)
خیلی کم	۸۹	۱۴/۱۷
کم	۲۰۴	۳۲/۴۸
متوسط	۲۱۰	۳۳/۴۳
زیاد	۱۰۸	۱۷/۱۹
خیلی زیاد	۱۷	۲/۷



شکل (۹): نقشه طبقه‌بندی پتانسیل خطر آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه (محدوده تن سفید بدون پوشش جنگلی است)

۴- بحث و نتیجه‌گیری

آتش‌سوزی در جنگل‌ها باعث نابودی جنگل‌ها به عنوان بخش مهمی از محیط زیست، آلودگی هوا و از بین رفتن ثروت‌ها و امکانات بسیاری می‌شود و جان انسان‌های ساکن در مجاورت جنگل را با مخاطرات جدی مواجه می‌سازد و از مصادیق بحران‌های محیط‌زیستی است (زارع‌کندازی و همکاران، ۱۳۹۶). آتش‌سوزی یکی از بحرانی‌ترین مسئله‌ها است که همه ساله مناطق جنگلی شهرستان دالاهو را به خطر می‌اندازد و علاوه بر خسارت‌های محیط‌زیستی، خسارت‌های بسیاری را نیز در زمینه حیات وحش، اقتصادی و امنیت جانی انسان‌ها به دنبال دارد. یکی از زمینه‌های پژوهش برای کنترل آتش‌سوزی‌های جنگل، شناسایی مناطق بحرانی آتش‌سوزی در جنگل‌های منطقه است که اهمیت بسزایی در کاهش تعداد دفعات آتش‌سوزی و جلوگیری از تخریب جنگل‌های منطقه دارد. در این پژوهش با استفاده از آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره مدل‌سازی خطر آتش‌سوزی صورت گرفت و با استفاده از مدل ایجاد شده مناطق با پتانسیل بالا شناسایی شد. با استفاده از معیارهای دارای اثر شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، تبخیر و شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی، می‌توان نواحی دارای پتانسیل خطر آتش‌سوزی را در قالب یک مدل در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی معرفی نمود (اکبری و همکاران، ۱۳۸۶). در پژوهش‌های سایر پژوهشگران از معیارهای زیاد و متنوعی استفاده شده است. به عنوان مثال سرکارگر اردکانی و همکاران (۱۳۸۸) از معیارهای رطوبت، شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی، پارامترهای بارش و دما؛ غلامی و کفایش چرن‌دابی (۱۳۹۷) از معیارهای شیب، جهت شیب، شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی و Orozco (۲۰۰۸) از پارامترهای مؤثر در رخدادهای آتش‌سوزی استفاده نموده و خطر آتش‌سوزی را مدل‌سازی کرده‌اند. در بیشتر این تحقیق‌ها از تعداد پارامترهای محدودی استفاده شده و نتایج بدست آمده نشان داد که بیشتر آتش‌سوزی‌ها در منطقه مورد مطالعه مربوط به نواحی جنگلی با تاج پوشش انبوه بوده است. همچنین بیشترین وقوع آتش‌سوزی‌ها در شیب ۳۵ درجه، جهت جنوبی، ارتفاعات پایین، تبخیر ۱۸۰۵ تا ۲۲۸۰ و شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی ۰/۸ رخ داده است که با نتایج Pourtaghi et al. (۲۰۱۵)، al. (۲۰۱۷) Hong et al. (۲۰۱۷) Hai-wei et al. (۲۰۰۴)، Chavan et al. (۲۰۱۲)، Janbaz Ghobadi et al. (۲۰۱۲)، Dong et al. (۲۰۰۶)، Dong et al. (۲۰۰۵) و Kumari and Pandey (۲۰۲۰) مطابقت دارد. نتایج بدست آمده بر مبنای وسعت و درجه خطر آتش‌سوزی نشان داد که تقریباً ۲/۷ درصد از جنگل‌های شهرستان دالاهو در محدوده با خطرپذیری خیلی زیاد، ۱۷/۱۹ درصد در محدوده خطرپذیری زیاد، ۳۳/۴۳ درصد در محدوده خطرپذیری متوسط، ۳۲/۴۸ درصد در محدوده خطرپذیری کم و ۱۴/۱۷ درصد در محدوده خطرپذیری خیلی کم قرار دارند. با توجه به نتایج، مدل پیشنهادی به خوبی مناطق با پتانسیل خطر بالای آتش‌سوزی را شناسایی کرده است. براساس نقشه نهایی خطر آتش‌سوزی، نواحی با خطر بالا از نظر وقوع آتش‌سوزی، دارای اولویت بیشتری برای اقدامات پیشگیرانه هستند. نقشه خطرپذیری منطقه مورد مطالعه ابزار مفیدی برای پیشگیری و مدیریت آتش‌سوزی جنگل‌ها به منظور مدیریت و به حداقل رساندن آتش‌سوزی جنگل خواهد بود. همچنین با توجه به روند پژوهشی موجود در ارتباط با آتش‌سوزی جنگلی در محدوده مطالعاتی پیشنهاد می‌گردد با استفاده از روش‌های مشارکتی، آگاهی جوامع بومی و نیز گردشگران افزایش پیدا کند. همچنین ایجاد خطوط آتش‌بر در نقاط با پتانسیل بالای آتش‌سوزی به منظور جلوگیری از گسترش حریق و قطع ارتباطات افقی ضروری است.

منابع

اکبری، د.، امینی، ج.، و سعادت‌سرشت، م.، (۱۳۸۶)، ارائه مدلی ساده و سریع برای تهیه نقشه ریسک آتش‌سوزی در نواحی جنگلی. دومین همایش مقابله با سوانح طبیعی، تهران، دی ۱۳۸۶.

- تقدیمی، ا.، تقوایی، م.، و پیری، س. (۱۳۹۳). ارزیابی و سطح بندی دهستان های شهرستان دالاهو براساس توان منابع گردشگری در جذب گردشگر، تحقیقات جغرافیایی، (۴)، ۳۹-۱۹۷.
- جانبازقبادی، غ. ر. (۱۳۹۸). بررسی مناطق خطر آتش سوزی جنگل در استان گلستان، بر اساس شاخص خطر آتش سوزی (FRSI) با بهره گیری از تکنیک (GIS). تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، (۳)، ۶-۱۰۲-۸۹.
- جعفری گلدرق، ی.، محمدزاده، ع.، و سرکارگردکانی، ع. (۱۳۹۳). مدلسازی خطر آتش سوزی با استفاده از آنالیز تصمیم گیری چند معیاره بر مبنای شاخص های ماهواره ای. پژوهش های محیط زیست، (۱۰)، ۵-۱۳۳-۱۲۱.
- جوهری، س.، تراهی، ع. ا. (۱۳۹۹). پتانسیل سنجی خطر رخداد آتش سوزی جنگل ها و مراتع با استفاده از مدل AHP (مطالعه موردی: شهرستان کامیاران). کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در برنامه ریزی، (۳)، ۱۱-۱۹-۷.
- زارع کندازی، ص.، جعفری، ر.، موسوی، س. ع.، سلطانی، س.، دهقان فارسی، ص.، و اعرابی، ک. (۱۳۹۶). پهنه بندی خطر آتش سوزی در اراضی طبیعی شهرستان مرودشت با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و سامانه اطلاعات جغرافیایی. نخستین همایش بین المللی سامانه اطلاعات جغرافیایی جاده ابریشم، اصفهان، خرداد ۱۳۹۶.
- سرکارگر اردکانی، ع.، ولدان زوج، م. ج.، منصوریان، ع. و محمدزاده، ع. (۱۳۸۸). تجزیه و تحلیل ویژگی های طیفی به منظور شناسایی و برآورد وسعت مناطق دچار حریق با استفاده از تصاویر ماهواره ای. سنجش از دور و GIS ایران، (۳)، ۱-۳، ۶۵-۸۰.
- غلامی، س. و کفاش چرندابی، ن. (۱۳۹۷). پهنه بندی خطر آتش سوزی و مدل سازی آن برای جنگل های ارسباران. کنفرانس ملی فن آوری ها و کاربردهای نوین ژئوماتیک، تبریز، مهر ۱۳۹۷.
- مبرقی، ن.، شروه ای، غ.، مخدوم، م.، یآوری، ا. ر. و جعفری، ح. ر. (۱۳۸۸). ارائه الگوی ارزش گذاری مکانی کارکرد جذب گاز دی اکسید کربن، در جنگل های خزری ایران. محیط شناسی، (۵۰)، ۳۵-۵۷-۶۸.
- محمدی، ف.، شعبانین، ن.، پورهایمی، ه.، و فاتحی، پ. (۱۳۸۹). تهیه نقشه خطر آتش سوزی جنگل با استفاده از GIS و AHP در بخشی از جنگل های پاپوه. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، (۴)، ۱۸-۴، ۵۸۶-۵۶۹.
- موسی بیگی، م. و میرزاییگی، ف. (۱۳۹۵). پهنه بندی خطر آتش سوزی با استفاده از مدل تحلیل شبکه ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی (بررسی موردی: منطقه حفاظت شده مانشت و قلاترنگ). فصلنامه علوم محیط، (۴)، ۱۴-۱۸۸، ۱۷۵.
- Abedi Gheshlaghi, H. (2019). Using GIS to Develop a Model for Forest Fire Risk Mapping. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 47(7), 1173-1185.
- Adab, H., Kanniah, K.D., and Solaimani, K. (2013). Modeling forest fire risk in the northeast of Iran using remote sensing and GIS techniques. *Natural Hazards*, 65(3), 1723-1743.
- Ajin, R.S., Loghini, A.M., Jacob, M.K., Vinod, P., and Krishnamurthy, R. (2016). The risk assessment study of potential forest fire in Idukki Wildlife Sanctuary using RS and GIS techniques. *International Journal of Advanced Earth Science and Engineering*, 5(1), 308-318.
- Chavan, M., Das, K.K., and Suryawanshi, R. (2012). Forest fire risk zonation using remote sensing and GIS in Huynial watershed, Tehri Garhwal district, UA. *International Journal of Basic and Applied Research*, 2(7), 6-12.
- Dong, X., Guofan, S., Limin, D., Zhanqing, H., Lei, T., and Hui, W. (2006). Mapping forest fire risk zones with spatial data and principal component analysis. *Science in China Series E: Technological Sciences*, 49(1), 140-149.
- Dong, X., Li-min, D., Guo-fan, S., Lei, T., and Hui, W. (2005). Forest fire risk zone mapping from satellite images and GIS for Baihe Forestry Bureau, Jilin, China. *Journal of Forestry Research*, 16(3), 169-174.
- Eskandari, S., Oladi Ghadikolaei, J., Jalilvand, H., & Saradjian, M. R. (2013). Detection of fire high-risk areas in northern forests of Iran using Dong model. *World Applied Sciences Journal*, 27(6), 770-773.
- Gao, X., Fei, X., & Xie, H. (2011). Forest fire risk zone evaluation based on high spatial resolution RS image in Liangyungang Huaguo Mountain Scenic Spot. *Proceedings 2011 IEEE International Conference on Spatial Data Mining and Geographical Knowledge Services (ICSDM)*, June 2011, 593-596.
- Gigović, L., Jakovljević, G., Sekulović, D., and Regodić, M. (2018). GIS multi-criteria analysis for identifying and mapping forest fire hazard: Nevesinje, Bosnia and Herzegovina. *Technical Gazette*, 25(3), 891-897.
- Gulcin, 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(1), 15-24.
- Hai-wei, Y., Fan-hua, K., and Xiu-zhenL. (2004). RS and GIS-based forest fire risk zone mapping in da hinggan mountains. *Chinese Geographical Science*, 14(3), 251-257.
- Hong, H., Naghibi, S.A., Moradi Dashtpaderdi, M.M., Pourghasemi, H.R., and 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(7), 1-14.
- Jaiswal, R.K., Mukherjee, S., Raju, K.D., and Saxena, R. (2002). Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4(1), 1-10.
- Janbaz Ghobadi, G., Gholizadeh, B., & Dashliburun, O.M. (2012). Forest fire risk zone mapping from geographic information system in Northern Forests of Iran (Case study, Golestan province). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(12), 818-824.
- Krishna Prasad, V.K., Badarinath, K.V.S., and Eaturu, A. (2008). Biophysical and anthropogenic controls of forest fires in the Deccan Plateau, India. *Journal of Environmental Management*, 86(1), 1-13.
- Kumari, B., and Pandey, A.C. (2020). Geo-informatics based multi-criteria decision analysis (MCDA) through analytic hierarchy process (AHP) for forest fire risk mapping in Palamau Tiger Reserve, Jharkhand state, India. *Journal of Earth System Science*, 129(1), 1-16.
- Mahdavi, A. (2012). Forests and rangelands? wildfire risk zoning using GIS and AHP techniques. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 10(1), 43-52.
- Moayedi, H., Mehrabi, M., Bui, D.T., Pradhan, B., and Foong, L.K. (2020). Fuzzy-metaheuristic ensembles for spatial assessment of forest fire susceptibility. *Journal of Environmental Management*, 260, 109867.
- Nasiri, V., Sadeghi, S.M.M., Bagherabadi, R., Moradi, F., Deljouei, A., and Borz, S.A. (2022). Modeling wildfire risk in western Iran based on the integration of AHP and GIS. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(9), 1-13.

- Nonomura, A., Masuda, T., and Moriya, H. (2007). Wildfire damage evaluation by merging remote sensing with a fire area simulation model in Naoshima, Kagawa, Japan. *Landscape and Ecological Engineering*, 3(2), 109-117.
- Orozco, S.J. (2008). Forest fire risk model for Michoacan, Mexico. M.Sc Thesis, International institute for Geo- Information Science and Earth Observation Enschede, ITC University, Netherlands, 88p.
- Perera, A.H., & Cui, W. (2010). Emulating natural disturbances as a forest management goal: Lessons from fire regime simulations. *Forest Ecology and Management*, 259(7), 1328-1337.
- Pourghasemi, H.R., Beheshtirad, M., and Pradhan, B. (2014). A comparative assessment of prediction capabilities of modified analytical hierarchy process (M-AHP) and Mamdani fuzzy logic models using Netcad-GIS for forest fire susceptibility mapping. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(2), 861-885.
- 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.
- Rawat, G.S. (2003). Fire risk assessment for forest fire control management in Chilla Forest Range of Rajaji National Park, Uttaranchal, (India). M.Sc Thesis, International institute for Geo- Information Science and Earth Observation Enschede, ITC University, Netherlands, 78p
- Román, M.V., Azqueta, D., and Rodrigues, M. (2013). Methodological approach to assess the socio-economic vulnerability to wildfires in Spain. *Forest Ecology and Management*, 294: 158-65.
- Weise, D.R., and Biging, G.S. (1997). A qualitative comparison of fire spread models incorporating wind and slope effects. *Forest Science*, 43(2), 170-180.
- Zhong, M., Fan, W., Liu, T., and Li, P. (2003). Statistical analysis on current status of China forest fire safety. *Fire Safety Journal*, 38(3), 257-269.

Evaluation of fire risk in the Zagros forests (Case study: Dalahu County)

Research Article

Rasoul Bagherabadi * ¹

rasol.bagher.ab@gmail.com

* *Corresponding author*

Farhad Shikhkanloo Milan ²

farhad.milani@ut.ac.ir

Mohsen Zarei

Mohammadabad ¹

mohsen.zarei.moh@ut.ac.ir

1. M.Sc. Graduate of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

2. M.Sc. Graduate of Forestry, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Article Code: 2204-1024

Countinus Pagnation: 199-211

Received: 10 April 2022

Accepted: 12 September 2022

Online: 19 September 2022

Review speed: 155 days

Citation:

Bagherabadi, R., Shikhkanloo Milan, F., and Zarei Mohammadabad, M. (2022). Evaluation of fire risk in the Zagros forests (Case study: Dalahu County). *Ecosystem Management*, 1(3), 60-72.

Abstract

Fires in Iran's western forests (semi-arid oak forests) are one of the main dangers in this region, which causes irreparable damage to ecosystems and the environment every year. Therefore, determining and predicting high-risk areas of fire helps to minimize the occurrence of fire and its damage by using fire risk models. The forests of Dalhu County (Kermanshah province), which are considered in the category of semi-arid oak forests, face this crisis every year and many forests prey to fire. In this research, identification and classification of high-risk areas of fire and preparation of map of high-risk areas of forest fires using Geographic Information System (GIS) and Analytical Hierarchy Process (AHP) in the forests of Dalahu County have been done. In order prepare a map of the high-risk areas of fire in the research area, influential factors such as forest cover density, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) evaporation (mm), slope and direction (degrees) and elevation above sea level meter were used. The final map was grouped into five different categories of very low, low, medium, high and very high. Finally, the results showed that Dalahou's forest fires are include areas with very low risk 14.17%, low risk 32.48%, medium risk 33.43%, high risk 17.19% and very high risk 2.7%. The results of this study can be used for sustainable development policy at the levels of natural resources and environment.

Key Words: Zagros forests, Dalahu County, Forest fire risk, Geographic Information System.