

چارچوب روش شناسی پهنه‌بندی ریسک آتش‌سوزی جنگل در اکوسیستم‌های کوهستانی (مطالعه موردی: استان کردستان)

نیلوفر مودنی^۱، رومینا سیاح‌نیا^{۲*}، حسن اسماعیل زاده^۲

۱ کارشناسی ارشد برنامه ریزی محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲ استاد یار گروه برنامه ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۰۹؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۰۴/۰۹)

چکیده

جنگل یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی تجدیدشونده و سرمایه‌های ملی هر کشور است که امروزه این منبع با ارزش به وسیله عوامل متعدد انسانی و طبیعی از جمله آتش‌سوزی، تهدید و تخریب می‌شود. با توجه به این که هر ساله آتش‌سوزی‌های زیادی در جنگل‌های استان کردستان رخ می‌دهد بنابراین، هدف این تحقیق شناسایی عوامل موثر در وقوع آتش‌سوزی جنگل‌های کردستان و پهنه‌بندی خطر به منظور دستیابی به راهکارهای کنترل و مقابله با آتش‌سوزی مقرر شد. در این پژوهش پس از تعیین پارامترهای اکولوژیکی و انسانی با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش تحلیل سلسله مراتبی، فاکتورهای موثر تحلیل و وزن هر یک محاسبه و در ادامه نقشه فازی بر اساس ضریب اهمیت هر طبقه از هر لایه برای همه پارامترها تهیه و پس از روی هم‌گذاری نقشه‌ها با روش ترکیب خطی وزنی، نقشه نهایی پهنه‌بندی ریسک آتش‌سوزی به دست آمد. نقشه پهنه‌بندی ریسک آتش‌سوزی در پنج طبقه (ریسک بسیار کم، ریسک کم، ریسک متوسط، ریسک بالا و ریسک بسیار بالا) انجام و در نهایت به بررسی مناطق با ریسک بسیار بالا پرداخته شد. نتیجه‌گیری به این گونه است که از کل منطقه مورد مطالعه ۶/۹ درصد در منطقه ریسک بسیار کم، ۱۸/۵ درصد در منطقه با ریسک کم، ۲۶ درصد در منطقه با ریسک متوسط، ۳۰ درصد در منطقه با ریسک بالا و ۱۸/۵ درصد در ریسک بسیار بالا قرار دارد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که بین متغیر تغییرات کاربری اراضی و افزایش میزان آتش‌سوزی جنگل ارتباط مستقیم وجود دارد.

کلید واژه‌ها: ریسک، آتش‌سوزی جنگل، بیوم زاگرس، کردستان

سرآغاز

رشد و توسعه بی‌برنامه جوامع جهانی به خصوص در دهه‌های اخیر اگرچه پیشرفت‌های شگرفی را در عرصه‌های مختلف به همراه داشت و نوع بشر را به آرامش نسبی نزدیک کرد، اما رسیدن انسان به این دستاوردها به بهای شکستن پل‌های پشت سرش تمام شد و جهان را به ناگاه در یک دوره کوتاه با رشد فزاینده تخریب محیط‌زیست رو به رو نمود (Rahimi, 1388). جنگل یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی است که منافع اکولوژیکی، اقتصادی، آموزشی و اجتماعی گوناگونی دارد. این منبع با ارزش، امروزه به وسیله عوامل متعدد انسانی و طبیعی تخریب شده است. در سال‌های اخیر با توسعه فناوری و صنعت و افزایش جمعیت، بهره‌برداری و تخریب عرصه‌های منابع طبیعی برای تامین مواد اولیه، فضا و غذا روزبه روز افزایش یافته است. یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب، وقوع آتش‌سوزی است که می‌تواند بر اکوسیستم جنگل تاثیر زیادی داشته باشد (Barnes et al., 1998). پس از فعالیت‌های شهری و کشاورزی، آتش‌سوزی فراگیرترین عامل تخریب‌کننده اکوسیستم طبیعی به شمار می‌رود (Yin et al., 2004). از وسعت استان کردستان، میزان ۱۷۷۳۳۲۸ هکتار آن جنگل و مرتع است که حدود ۶۲٪ سطح استان و ۱/۷۲٪ سطح منابع طبیعی ایران می‌باشد. سطح جنگل‌های استان کردستان (طبیعی و دست کاشت) ۳۷۳۳۲۸ هکتار که معادل ۲/۶۳٪ سطح جنگل‌های کشور می‌باشد. آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس همراه با سایر عوامل مخرب همواره این منابع بارزش کشور را تهدید نموده و سبب از بین رفتن آن‌ها می‌شود. در دهه اخیر، ۶۳۴۲ فقره آتش‌سوزی با سطح معادل ۸۱۵۲ هکتار در جنگل‌های زاگرس اتفاق افتاده است (Forest & Rangeland Organization, 2010). با توجه به این مهم، متأسفانه پیش‌بینی این خطر، پیچیده است و برای برآورد و مدیریت ریسک و حتی مدیریت بحران، نیاز به اطلاعات متنوع و همه‌جانبه می‌باشد. در این راستا، با توجه به اینکه تجزیه و تحلیل معیارهای اکولوژیک و محیط‌زیستی از طریق سیستم اطلاعات جغرافیایی امکان‌پذیر است. بهره‌مندی از این سیستم می‌تواند به عنوان تکنولوژی مناسب برای مدیریت ریسک و بحران آتش‌سوزی جنگی ضروری و سودمند باشد (Beyranvand, 2010). پژوهش‌های زیادی در مورد پهنه‌بندی ریسک آتش‌سوزی انجام شده که در زیر به آن اشاره می‌شود.

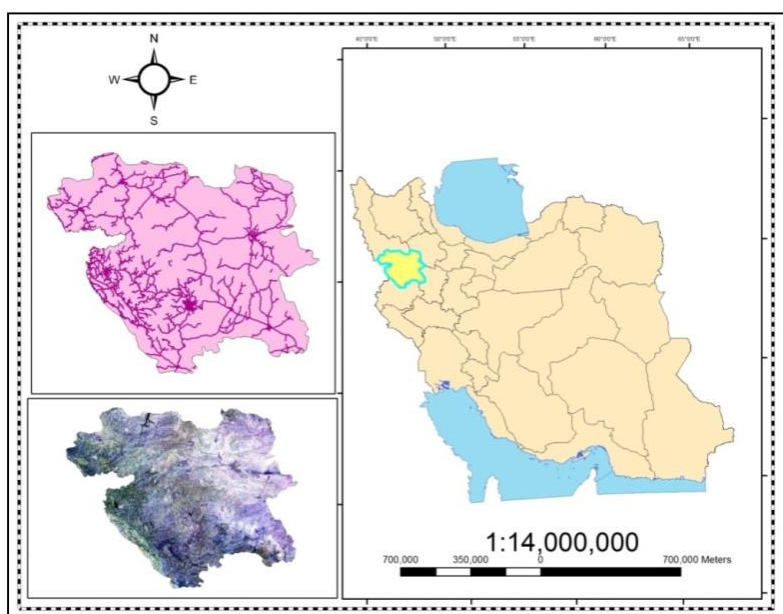
(Mirdeylami et al., 2014) با استفاده از روش در محیط سامانه اطلاعات (AHP) و تحلیل سلسله مراتبی (WLC) چندعاملی ترکیب خطی وزنی جغرافیایی در پارک ملی گلستان با به‌کارگیری عوامل چهارگانه اقلیمی، توپوگرافی، پوشش گیاهی و عوامل انسانی اقدام به تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی کردند. در این مطالعه با استفاده از نقشه مناطق آتش‌سوزی واقعی اقدام به ارزیابی نقشه نهایی خطر آتش‌سوزی کرده و نتایج نشان داد که مدل ترکیب خطی وزنی توانسته است احتمال وقوع آتش‌سوزی در منطقه را به‌خوبی پهنه‌بندی کند. (Eskandari et al., 2013) به‌منظور مدل‌سازی خطر آتش‌سوزی از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شد. در این تحقیق معیارهای موثر بر آتش‌سوزی شامل چهار معیار اصلی و ۱۷ زیر معیار بود و بعد از به دست آوردن وزن هر معیار با استفاده از ارزیابی پرسشنامه‌های توزیع‌شده بین متخصصان آتش‌سوزی در عرصه منابع طبیعی در روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، با استفاده از روش فازی در محیط GIS استانداردسازی و مقادیر ارزش‌های پیکسلی هر نقشه بین صفر تا یک ارزش‌گذاری شده و با استفاده از مدل و ادغام وزنی زیرمعیارهای هر معیار نقشه نهایی تولید شد. نتایج نشان دادند که نقشه خطر تهیه‌شده تطابق زیادی با مناطق آتش‌سوزی‌های گذشته داشته است. (Jaiswal et al., 2002) در تحقیق مشابه دیگری برای شناسایی مناطق حساس به حریق در جنگل‌های هندوستان از داده‌های ماهواره‌های IRS LISS و پایگاه داده‌ها در GIS استفاده شد. فاکتورهای موثر در وقوع آتش‌سوزی جنگل بر اساس وزن و درجه اهمیت هر یک ادغام شد. در مدل به کار گرفته شده به ترتیب پوشش گیاهی، شیب و فاصله از مناطق مسکونی و جاده‌ها بیشترین اهمیت را داشتند. نتایج نشان داد که مناطق پرخطر با آتش‌سوزی‌های گذشته همپوشانی دارد. (Perera & Cui, 2010) رژیم‌های آتش‌سوزی در اونتاریو کانادا را پیش‌بینی و مدل‌سازی کردند و نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی را بر اساس فاکتورهای شیب، جهت، پوشش گیاهی، رطوبت خاک و غیره در پنج طبقه تهیه کردند. نتایج نشان داد که مدل شبیه‌سازی آتش‌سوزی با آتش‌سوزی‌های گذشته هم‌خوانی دارد.

مواد و روش پژوهش

استان کردستان با مساحتی بالغ بر ۲۹۰۴۸/۴ کیلومتر مربع ۱/۷ درصد سطح کشور و رتبه هجدهم در بین استان‌های کشور را دارا

استان در مجموع ۱۰ شهرستان، ۲۹ شهر، ۳۱ بخش و ۸۶ دهستان و ۱۶۹۷ آبادی دارای سکنه و ۱۸۷ آبادی خالی از سکنه است. شهرستان‌های استان عبارتند از: سنندج، سقز، مریوان، بانه، بیجار، سروآباد، قروه، کامیارن، دیواندره و دهگلان، شکل (۱)، (Forest & Rangeland Organization, 2010).

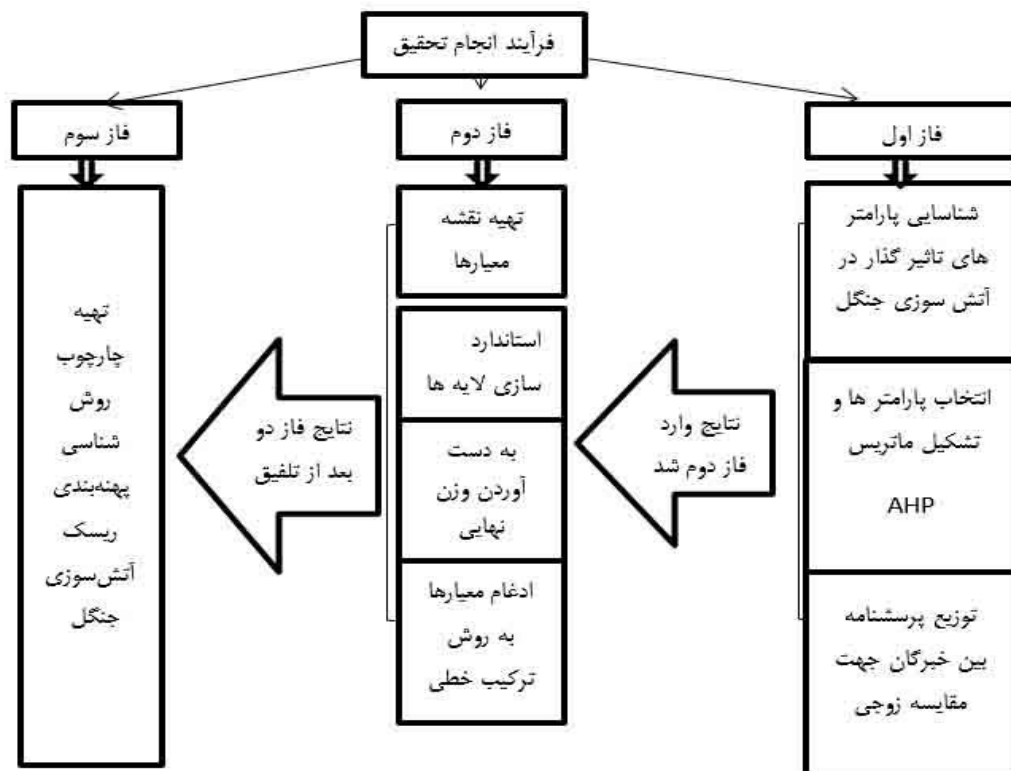
می‌باشد. این استان در غرب ایران و در مجاورت کشور عراق بین مدارهای ۳۴ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد و از شمال به استان‌های آذربایجان غربی و زنجان و از شرق به استان همدان، از جنوب به استان کرمانشاه و از غرب به کشور عراق محدود است. در این



شکل (۱): منطقه مورد مطالعه (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۷)

آمده استخراج شد. تحلیل داده‌ها بر اساس روش‌های کمی بوده به این صورت که در این روش از ابزارهای فضایی (نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای) استفاده شد. همچنین از نرم‌افزارهای ArcGIS 10.5 و IDRISI برای تحلیل داده‌ها استفاده شد. برای وزن‌دهی از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و همچنین برای استانداردسازی از روش فازی (FUZZY) و در نهایت برای روی هم‌گذاری لایه‌ها از روش ترکیب خطی وزنی (WIC) استفاده شده است. جامعه آماری برای پرسشنامه AHP شامل متخصصین شامل گروه مدیران و کارشناسان سازمان جنگل‌ها و مراتع و سازمان منابع طبیعی و همچنین هیئت علمی دانشگاه‌ها با تخصص جنگل، منابع طبیعی، محیط‌زیست و جغرافیا بوده است. این پژوهش در سه فاز انجام گرفته که فرآیند انجام پژوهش در نمودار (۱) نمایش داده شده است.

روش انجام تحقیق به صورت توصیفی-تحلیلی-توسعه‌ای بوده است بدین صورت که ابتدا بر اساس روش توصیفی به بررسی عوامل انسانی و طبیعی موثر در آتش‌سوزی مناطق جنگلی و مرتعی محدوده‌ی زاگرس واقع در استان کردستان بر اساس مطالعه‌های پیشین و محدوده مورد مطالعه پرداخته شد و سپس از طریق روش تحلیلی به بررسی چارچوب روش‌شناسی پهنه‌بندی ریسک آتش‌سوزی به عنوان ابزار موثری در پیش‌گیری و کنترل آتش‌سوزی جنگل‌ها اقدام شد و در نهایت به کمک روش توسعه‌ای راهبرد بهینه در این زمینه ارائه شد. برای گردآوری داده‌ها از روش کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شد. به کمک روش کتابخانه‌ای به مطالعه اسناد، پایان‌نامه‌ها، طرح‌ها، پروژه‌ها، نقشه‌ها، تصاویر ماهواره‌ای، آمار و ... پرداخته شد و در روش میدانی از ابزار پرسشنامه استفاده شد. همچنین با مراجعه به سازمان هواشناسی کشور اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی استان کردستان دریافت شده و نقشه دما، بارش، سرعت و جهت باد از اطلاعات به دست



نمودار (۲): فرآیند انجام پژوهش

نسبت به یکدیگر تعیین کردند. در پایان نیز مجموع نظرها و قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان در خصوص عوامل مختلف مساله با یکدیگر تلفیق شده و گزینه‌ی بهینه برای حصول هدف از میان سایر گزینه‌های موجود انتخاب شد که پس از فازی شدن لایه‌ها وارد نرم‌افزار IDRISI شده و وزن همه لایه‌ها به‌طور دقیق محاسبه شد.

برای استانداردسازی لایه‌ها، ابتدا نقشه رقومی تمام معیارها در نرم‌افزار ArcGIS اندازه سلول ۱۵ متر تهیه شد. چون هر عامل دارای دامنه یا محدوده متفاوتی است، برای تحلیل و ارزیابی چند معیاره باید مقیاس اندازه‌گیری آن‌ها را همسان و متناسب با یکدیگر کرد. برای همسان‌سازی مقیاس و تبدیل مقیاس نقشه‌ها به واحدهای قابل مقایسه، از فرآیند فازی‌سازی بر اساس منطق فازی و تعریف توابع عضویت مناسب استفاده شد (Sui, 1999) برای این کار هر کدام از این نقشه‌ها در پنج طبقه جدا شدند (Adab et al., 2013) و تعداد نقاط آتش در هر یک از طبقات هر کدام از متغیرها محاسبه شد به هر کدام از طبقات بر اساس فرمول زیر وزنی اولیه اختصاص داده شد:

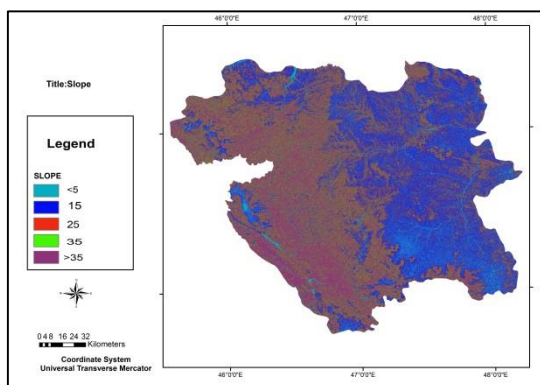
در این پژوهش برای طراحی چارچوب پهنه‌بندی ریسک ابتدا مختصات آتش‌سوزی‌های ثبت شده به صورت نقطه از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۷ به صورت روزانه از سایت NASA برداشت (Nasa, 2017) و کاربری هر یک در نرم‌افزار Google Earth بررسی شد. کاربری‌های جنگل کم تراکم، جنگل پر تراکم و مرتع مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های به دست آمده با اطلاعات آتش‌سوزی سازمان جنگل‌ها مراتع و آبخیزداری تطبیق داده شد و سپس نقشه نقاط آتش‌سوزی منطقه به دست آورده شد. بعد از آن به شناسایی پارامترهای تاثیرگذار در آتش‌سوزی بر اساس مطالعه‌های پیشین و بررسی منطقه مورد مطالعه (استان کردستان) پرداخته و ۱۲ پارامتر برای مطالعه انتخاب شده که به دو دسته ی اکولوژیکی و انسانی تقسیم شد. این پارامترها شامل شیب، جهت، ارتفاع، تراکم پوشش گیاهی، دما، بارش، سرعت و جهت باد، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، فاصله از شهر و فاصله از روستا می‌باشد. پس از انتخاب پارامترها بر اساس عوامل اکولوژیک و انسانی ماتریس AHP تشکیل شد و پرسشنامه‌ای بین متخصصین برای مقایسات زوجی توزیع شد. در این مرحله متخصصان مقایسه‌هایی را بین معیارها و زیرمعیارهای تصمیم‌گیری انجام داده و امتیاز آن‌ها را

یافته‌ها

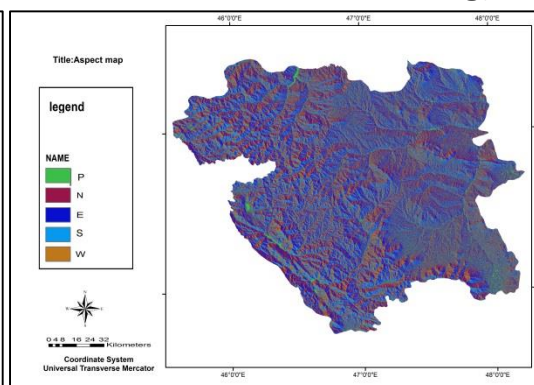
به منظور تحلیل داده‌ها ابتدا به نقشه‌سازی شاخص‌های تحقیق پرداخته شد که در شکل (۳ تا ۱۲) نقشه‌های شیب، جهت، ارتفاع، تراکم پوشش گیاهی، دما، بارش، سرعت و جهت باد، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، فاصله از شهر و فاصله از روستا نشان داده شده است. تمامی نقشه‌ها در پنج طبقه قرار گرفت. از تحلیل نقشه‌ها عوامل اکولوژیکی می‌توان دریافت که بیشترین فراوانی جهت در جهت جنوب، بیشترین فراوانی شیب در شیب ۱۵ درجه، بیشترین تراکم پوشش گیاهی در طیف دو دهم تا صفر، بیشترین تراکم فاصله از آبراهه در طبقه صفر تا ۵۰۰، بیشترین تراکم دما در دمای ۲۰/۸ تا ۲۱/۶ و بیشترین تراکم بارش در طبقه ۳۱/۶۳ تا ۲۳ میلی‌متر، بیشترین تراکم سرعت باد ۱۶/۹ تا ۱۵/۴ متر بر ثانیه و زاویه وزش باد در طبقه ۲۱۴/۸ تا ۲۰۶ می‌باشد. همچنین برای عوامل انسانی بیشترین فراوانی فاصله از شهر ۴۰۰۰ تا ۱۰۰۰، بیشترین فراوانی فاصله از جاده در طبقه ۱۰۰۰ تا ۴۰۰ و در نهایت بیشترین فراوانی فاصله از روستا در طبقه ۱۵۰۰ تا ۳۰۰ می‌باشد.

$$W_{\text{class}} = \frac{\text{تعداد نقطه آتش}}{\text{مساحت طبقه}}$$

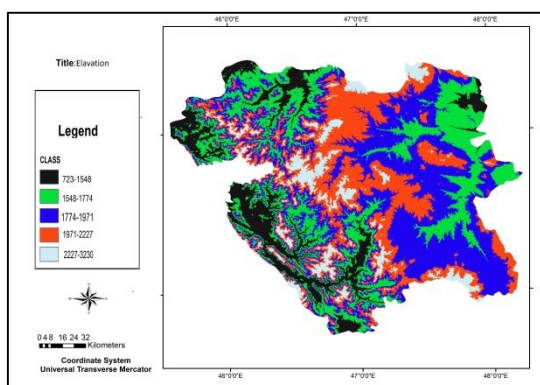
وزن اختصاص‌یافته به هر طبقه بر اساس تابع بسط خطی به محدوده ۰-۲۵۵ تبدیل شد تا امکان ترکیب متغیرها باهم به روش ترکیب وزن‌دار ترتیبی در MCE فراهم شود (Salman Mahini, 2013). هرکدام از عوامل در محیط نرم‌افزار ArcGIS.3 به حالت استاندارد یا فازی تبدیل شد و حداقل و حداکثر مقدار در نقشه رقومی مرتبط با وقوع آتش‌سوزی بین ۰ تا ۱ قرار گرفت. در ارزیابی چند معیاره (MCE)، رایج‌ترین شیوه برای ادغام معیارها، روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) است. این رویکرد به‌وسیله Eastman در سال ۱۹۹۵ توسعه یافت (Salman Mahini, 2010). در این رویکرد اطلاعات تبدیل به مجموعه‌هایی از فاکتورهای مربوط به منطقه مورد مطالعه می‌شود. این فاکتورها پس از وزن‌دهی، ترکیب می‌شوند و در ادامه به‌وسیله روی هم‌گذاری و جمع‌بندی، نقشه‌ی تناسب کاربری موردنظر به دست می‌آید. با افزایش دامنه اعداد از صفر تا ۲۵۵ خطر آتش‌سوزی افزایش می‌یابد. در نهایت نقشه پهنه‌بندی ریسک آتش‌سوزی استخراج شد.



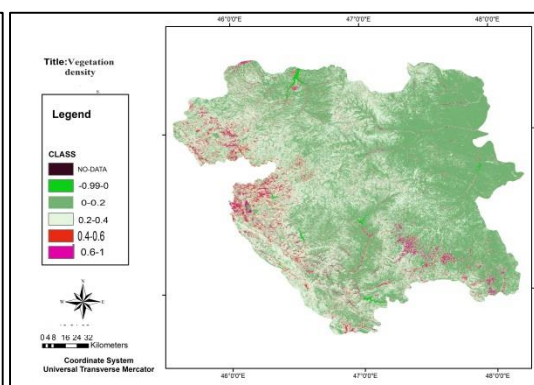
شکل (۴): نقشه طبقات شیب (درجه)



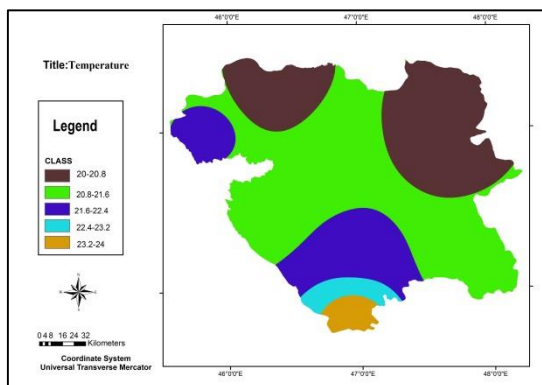
شکل (۳): نقشه طبقات جهت



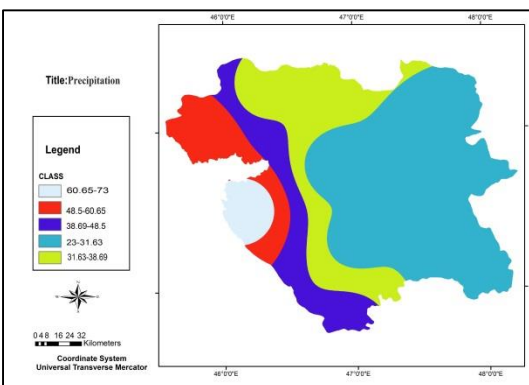
شکل (۵): نقشه طبقات ارتفاع (متر)



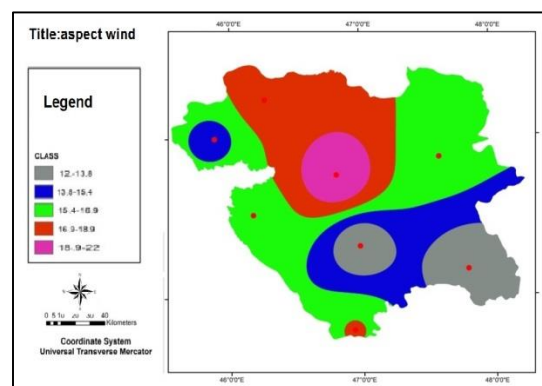
شکل (۶): نقشه طبقات تراکم پوشش گیاهی (درصد)



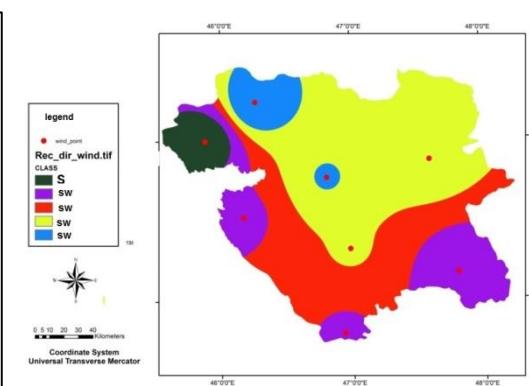
شکل (۸): نقشه طبقات دما (سانتی گراد)



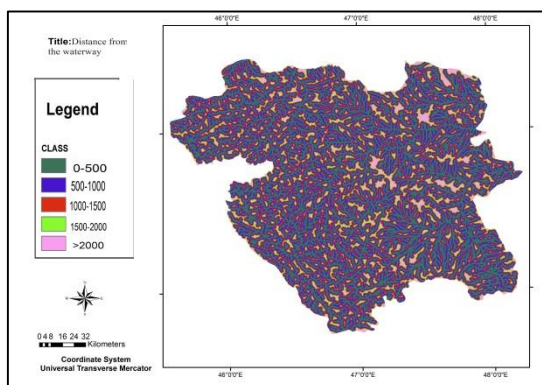
شکل (۷): نقشه طبقات بارش (میلی متر)



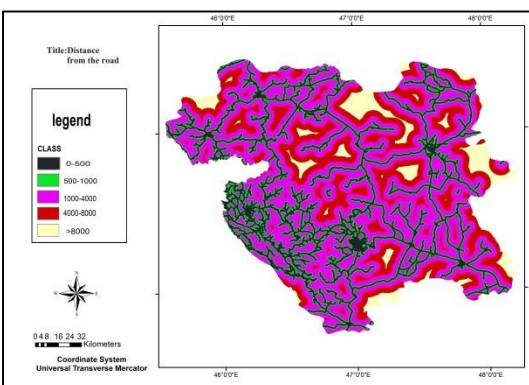
شکل (۱۰): نقشه سرعت باد (متر بر ثانیه)



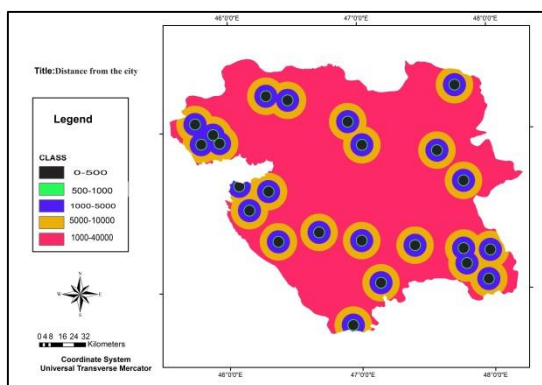
شکل (۹): نقشه جهت باد (درجه)



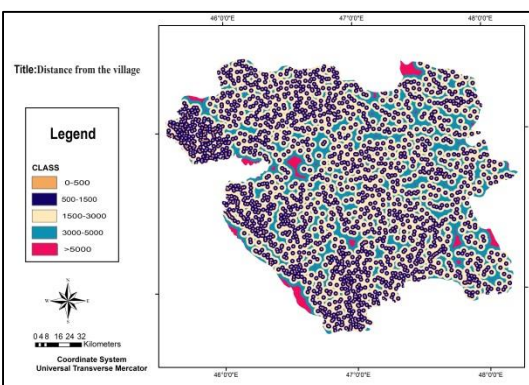
شکل (۱۲): فاصله از آبراهه (متر)



شکل (۱۱): نقشه فاصله از جاده (متر)



شکل (۱۴): فاصله از شهر (متر)



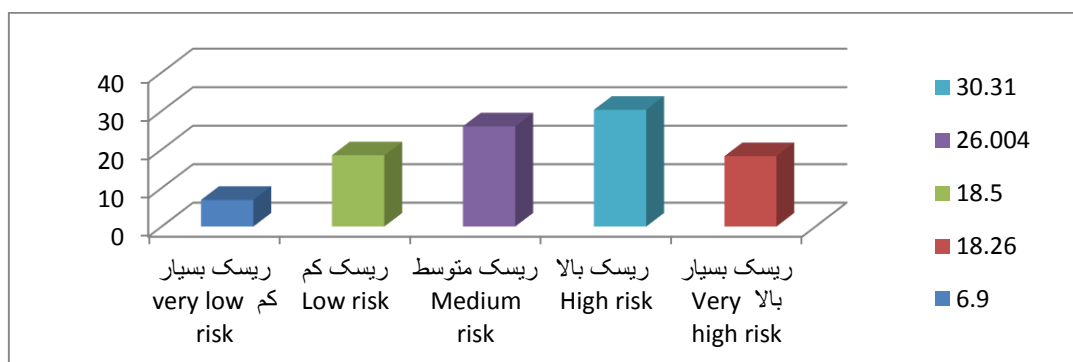
شکل (۱۳): فاصله از روستا (متر)

آتش‌سوزی در بازه عددی ۱۸۲ قرار داشت و بدین‌صورت بیشترین نسبت که حاصل از تعداد نقاط آتش‌سوزی در هر طبقه نسبت به مساحت آن بوده به ترتیب شامل ۵۲۵/۰ متعلق به مناطق ریسک بسیار بالا با تعداد ۱۰۳ آتش‌سوزی، ضریب اهمیت ۱۶۲/۰ متعلق به مناطق ریسک بالا با تعداد ۵۳ آتش‌سوزی، ضریب اهمیت ۱۳/۰ متعلق به مناطق ریسک متوسط با تعداد ۳۷ آتش‌سوزی، ضریب اهمیت ۱/۰ متعلق به مناطق با ریسک کم با تعداد ۲۰ آتش‌سوزی و ضریب اهمیت ۷۸/۰ متعلق به مناطق ریسک بسیار کم با تعداد ۶ آتش‌سوزی می‌باشد. جدول (۲) ویژگی هر طبقه را به تفکیک نمایش می‌دهد. همچنین نمودار (۱) توزیع پهنه‌بندی آتش‌سوزی در استان کردستان به درصد نمایش می‌دهد.

نتایج حاصل از ادغام لایه‌ها به‌صورت نقشه پهنه‌بندی ریسک آتش‌سوزی با پنج طبقه که طبقه یک ریسک بسیار کم، طبقه دوم ریسک کم، طبقه سوم ریسک متوسط، طبقه چهارم ریسک بالا و طبقه پنجم ریسک بسیار بالا می‌باشد. تعداد کل آتش‌سوزی طی پنج سال از فصول گرم، ۲۱۹ آتش‌سوزی بوده که ضریب اهمیت هر طبقه با توجه به نسبت تعداد نقاط آتش‌سوزی به مساحت آن طبقه به‌دست آمده است (پیوست شماره ۱). بدین‌صورت که با استفاده از زون‌بندی در نرم‌افزار ArcGis ۱۰/۱ نقاط آتش‌سوزی بر روی نقشه پهنه‌بندی آتش‌سوزی قرار گرفت و طبقه‌بندی بر طبق تعداد ماکسیمم، مینیمم و میانگین نقاط آتش‌سوزی در هر واحد انجام گرفت، میانگین تعداد آتش‌سوزی در بازه عددی ۱۶۶، حداقل تعداد آتش‌سوزی در بازه عددی ۱۳۲، و حداکثر نقاط

جدول (۲): اطلاعات نقشه پهنه‌بندی ریسک آتش‌سوزی (منبع: یافته‌های پژوهش)

طبقات نقشه پهنه‌بندی Classes zoning map	تعداد نقاط آتش Number of fire points	جنگل پرتراکم High density forest	جنگل کم تراکم Low-density forest	مرغ Grassland	نسبت تعداد نقاط آتش سوزی به مساحت (هکتار) The ratio of the number of fire points to the area (hectare)	ضریب اهمیت Importance factor	کلاسی‌بندی Classification	درصد مساحت Percentage of area	مساحت area
ریسک بسیار کم Very low risk	۶	۰	۰	۶	۰/۲۹	۰/۷۸	۱۲/۹۲ - ۱۴۸	۶/۹	۲۰۰۵۶۰
ریسک کم Low risk	۲۰	۰	۵	۱۵	۰/۳۷	۰/۱	۱۴۸ - ۱۷۰	۱۸/۵	۵۳۷۲۲۵
ریسک متوسط Medium risk	۳۷	۷	۹	۲۱	۰/۴۹	۰/۱۳	۱۷۰ - ۱۸۹	۲۶	۷۵۴۹۱۳
ریسک بالا High risk	۵۳	۱۶	۱۰	۲۷	۰/۶۰	۰/۱۶۲	۱۸۹ - ۲۰۹	۳۰/۳	۸۸۰۱۵۶
ریسک بسیار بالا Very high risk	۱۰۳	۳۶	۳۲	۳۵	۱/۹۴	۰/۵۲۵	۲۰۹ - ۲۵۵	۱۸/۲	۵۳۰۲۵۴



نمودار (۱): توزیع پهنه‌بندی آتش‌سوزی در استان کردستان به درصد (منبع: یافته‌های پژوهش)

بحث و نتیجه‌گیری

نقشه پهنه‌بندی نهایی بیانگر میزان احتمال وقوع آتش‌سوزی در هر طبقه می‌باشد و با استفاده از آن، مناطق با خطر بسیار بالای آتش‌سوزی شناسایی می‌شوند و می‌تواند در مدیریت و کنترل آتش‌سوزی بسیار مفید باشند. در نتیجه‌گیری نهایی پژوهش، طبقه ریسک بسیار بالا با تعداد آتش‌سوزی ۱۰۳ نقطه در مساحت ۵۳۰۲۵۴ هکتار اتفاق افتاده که سهم این عدد در جنگل پرتراکم

۳۶، در جنگل کم تراکم ۳۲ و در مراتع ۳۵ آتش‌سوزی بوده است. مناطق ریسک بسیار بالا که این تعداد آتش‌سوزی در آن رخ داده است ۱۸/۲۶ درصد از مساحت کل استان را شامل می‌شود. لازم به ذکر است که طبقات با اهمیت بالا در تمامی معیارها نسبت به تعداد نقطه آتش‌سوزی و مساحت در جدول‌های (۳ و ۴) به شرح زیر آمده است.

جدول (۳): محدوده و تعداد نقاط آتش‌سوزی در مساحت فاکتورهای اکولوژیک (منبع: یافته‌های پژوهش)

ضریب اهمیت Importance factor	نسبت تعداد نقاط آتش‌سوزی به مساحت (هکتار) The ratio of the number of fire points to the area (hectare)	مساحت به هکتار Area per hectare	درصد مساحت کل منطقه Percentage of area	نقاط آتش‌سوزی Fire point	طبقه class	فاکتور اکولوژیک Ecological factors
۰/۴۱۹	۱/۶	۳۲۷۶۸۳	٪۱۱	۵۵	۷۲۳-۱۵۴۸	ارتفاع Elavation
۰/۵	۱/۸	۷۱۸۸۵۸	٪۲۵	۱۳۳	<۳۵ درجه	شیب Slope
۰/۲۶۹	۰/۹۷	۶۴۷۹۶۰	٪۲۲	۶۳	غربی	جهت Aspect
۰/۲۵۳	۱/۳	۲۲۹۷۱۷	٪۸	۳۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰ متر	فاصله از آبراهه the waterway
۰/۳۰۲	۱/۴۴	۸۹۷۱۰	٪۳	۱۳	۲۲/۴-۲۳/۲	دما Temperature
۰/۵۲۵	۴/۴۵	۱۲۱۱۲۱	٪۴	۵۴	۶۰/۶-۷۳ میلی	بارش Precipitation
۰/۴۸۰	۱/۳۳	۱۱۵۲۴۱۰	٪۴۰	۱۵۴	۱۵/۴-۱۶/۹	سرعت باد wind speed
۰/۴۴۴۴	۲/۴	۱۴۱۶۰۱	٪۵	۳۴	۱۷۲-۱۸۶/۹	جهت باد wind direction
۰/۳۴۲	۱/۵۶	۱۴۰۹۵۴	۴/۸	۲۲	۰/۴-۰/۶	تراکم پوشش گیاهی Vegetation density

همان‌گونه که در متن پژوهش نیز بیان شد، آتش‌سوزی به‌عنوان یک بحران، از مهم‌ترین بحث‌ها در سراسر جهان می‌باشد، افزایش و گسترش آتش‌سوزی طی دهه‌های اخیر در جنگل‌های سراسر جهان مشاهده شده است. جنگل‌های زاگرس رویشگاه مهم بلوط در ایران هستند و به‌طور افزایشی در معرض خطر آتش‌سوزی می‌باشند. نتایج مطالعه‌ها نشان می‌دهد تعداد ۲۱۹ نقطه آتش‌سوزی در جنگل کم تراکم، پر تراکم و مرتع از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۷ از شمال‌غرب تا جنوب‌غرب استان کردستان

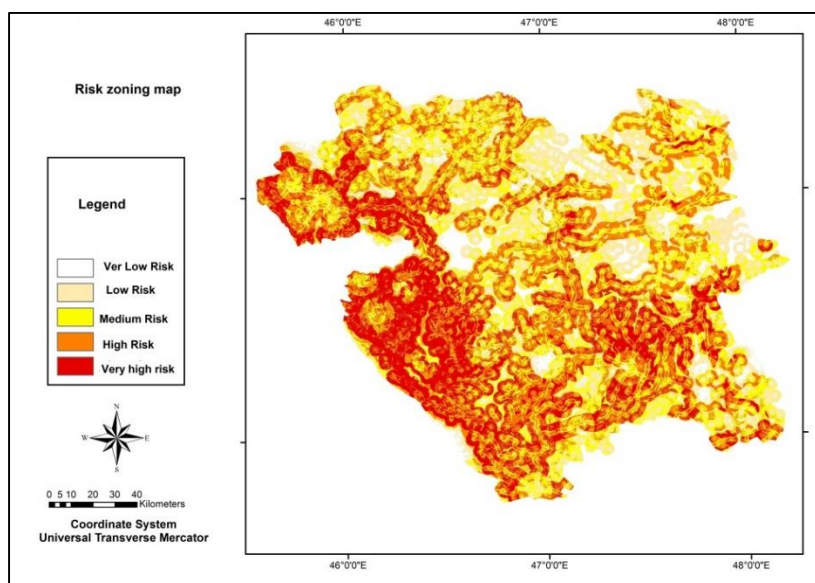
اتفاق افتاده است. عوامل اکولوژیکی و انسانی بسیاری سبب وقوع این آتش‌سوزی‌ها می‌باشند. با مطالعه‌های انجام شده در استان و بررسی سوابق مطالعه‌های قبلی ۱۲ عامل تاثیرگذار شناسایی و بررسی شد. بر اساس نظر خبرگان مهم‌ترین عامل اکولوژیکی بر طبق جدول سلسله‌مراتبی، پوشش گیاهی می‌باشد. پوشش گیاهی به‌عنوان ماده سوختنی، از اصلی‌ترین عوامل تاثیرپذیر در هر آتش‌سوزی می‌باشد و در عوامل انسانی فاصله از روستا، جاده و شهر به ترتیب وزن نزدیک به هم گرفته، وزن کلی

منطقه با ریسک متوسط با مساحت ۷۵۴۹۱۳ هکتار، ۳۰/۳ درصد از منطقه با ریسک بالا با مساحت ۸۸۰۱۵۶ هکتار و ۱۸/۲ درصد از منطقه با ریسک بسیار بالا با مساحت ۵۳۰۲۵۴ قرار دارد. نقشه پهنه‌بندی ریسک در شکل (۱۳) آورده شده است.

آن‌ها از عوامل اکولوژیک بیشتر بوده، که نشان‌دهنده اهمیت این عوامل در آتش‌سوزی بوده است. در نهایت بر اساس نتایج حاصل به تهیه چارچوب روش‌شناسی پهنه‌بندی ریسک آتش‌سوزی منطقه اقدام شد. نتایج نشان می‌دهد، ۶/۹ درصد از منطقه در ریسک بسیار کم با مساحت ۲۰۰۵۶۰ هکتار، ۱۸/۵ درصد از منطقه با ریسک کم با مساحت ۵۳۷۲۲۵ هکتار، ۲۶ درصد از

جدول (۴): محدوده و تعداد نقاط آتش‌سوزی در مساحت فاکتورهای انسانی (منبع: یافته‌های پژوهش)

ضریب اهمیت Importance factor	نسبت تعداد آتش‌سوزی به مساحت The ratio of the number of fire points to the area (hectare)	مساحت طبقه به هکتار Area per hectare	درصد مساحت کل استان Percentage of area	نقاط آتش‌سوزی Fire point	طبقه Class	فاکتور انسانی Human factor
۰/۲۷۰	۱/۹۵	۹۱۹۵۸	۳٪	۱۸	۵۰۰-۰ متر	فاصله از شهر Distance from the city
۰/۳۶۹	۱/۸۹	۱۷۴۲۸۲	۶٪	۳۳	۵۰۰-۰ متر	فاصله از روستا Distance from the village
۰/۳۱۸	۱/۰۷	۴۵۷۷۵۷	۱۶٪	۴۹	۵۰۰-۰ متر	فاصله از جاده Distance from the road



شکل (۱۳): نقشه پهنه‌بندی ریسک آتش‌سوزی (منبع: یافته‌های پژوهش)

مشهود بودن کمبود امکانات و نیروی انسانی، پیشنهاد می‌شود با نظارت سازمان جنگل‌ها و مراتع استان NGO های مردمی آموزش دیده، برای پشتیبانی شرایط بحرانی تشکیل شود و به منظور کمک به مدیریت بحران بهتر است تهیه نقشه ریسک آتش‌سوزی به‌عنوان یک اصل در دستور کار سازمان‌ها و نهادها قرار گیرد.

با توجه به این‌که طبقه پر بارش در پهنه‌بندی ریسک بسیار بالا قرار گرفت و این طبقه شامل محدوده مراتع و جنگل‌های شهرستان مریوان و حومه بود پیشنهاد می‌شود با نظارت سازمان جنگل‌ها و مراتع به‌صورت حفاظت‌شده، برنامه‌ریزی در خصوص صدور مجوز چرا در فصول پر باران صادر شود. همچنین نسبت به بروز آتش‌سوزی اخیر در جنگل‌های حومه شهرستان مریوان و

فهرست منابع

- Adab, H.; Kanniah, K.D.; & Solaimani, K. 2013. Modeling forest fire risk in the northeast of Iran using remote sensing and GIS techniques. *Natural Hazards*, 65:1723-1743. (In Persian).
- Barnes, B.V.; Zak, D.R.; Denton, S.R.; & Spurr, S.H. 1998. *Forest Ecology*.
- Beyranvand, A.; babai, K.; & Kia daliri, H. 2010. Investigating the Effect of Ecological Factors on the Development of Fire in Forest Ecosystems Case Study: Kaka Raza-Lorestan. *Journal of Renewable Natural Resources Research*, Second Year, No. 2.
- Eskandari, S.; Oladi, J.; Jalilvand, H.; & Sarajian, M.R. 2013. Role of human factors on fire occurrence in District Three of Neka Zalemroud forests-Iran. *World Applied Sciences Journal*, Vol. 27(9), pp. 1146-1150. (In Persian).
- Jaiswal, R.K.; Mukherjee, S.; Raju, D.K.; & Saxena, R. 2002. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4, 1-10 John Wiley and Sons, USA, 774p.
- Mirdeylami, T.; Shatai, K.; & Kavosi, M. 2013. Fire hazard zonation in Golestan National Park using WLC. *Journal of Forest in Iran*, Vol 5, Issue, Winter 2013, Page 377-390.
- Moazeni, N. 2018. Risk classification of forest fire in the Zagros ecosystem (case study: Kurdistan province). Thesis for M.Sc. in Department of Planning and Design of the Environment. Environmental Science Research Institute. Shahid Beheshti University. Tehran. Iran.
- Perera, A.H.; & Cui, W. 2010. Emulating natural disturbances as a forest management goal: Lessons from fire regime simulations. *Forest Ecology and Management*, 259: 1328-1337.
- Rahimi, A. 1388. human development, environment, social sciences Book of the Month, Number Twenty
- Ryngnga, P.K. 2008. Ecotourism prioritization: A Geographic information system approach. *Tourism & Heritage*. 1(1):50-56. (In Persian).
- Salmanmahini, A.; & kamyab, HR. 2010. *Applied Remote Sensing and GIS with Idrisi*. Mehre Mahdis Press, Tehran, 582p. . (In Persian).
- Sui, D.Z. 1999. A Fuzzy GIS Modeling Approach for Urban land Evaluation. *Computer, Environment, and Urban systems*. 16(2): 101-115.
- Yin, H.W.; Kong, F.H.; & Li, X. Z. 2004. RS and GIS-based forest fire risk zone mapping in Da Hinggan mountains. *Chinese Geographical Science*. 14(3): 251-257.
- Forest and Rangeland Organization. 2010. <https://kordestan.frw.ir/00/Fa/default.aspx>.
- Nasa. 2017. <https://worldview.earthdata.nasa.gov>.

پیوست شماره ۱

ضرب اهمیت Importance factor	نسبت تعداد آتش سوزی به مساحت (هکتار) The ratio of the number of fire points to the area (hectare)	مساحت area	مرتع grasland	جنگل کم تراکم Forest with low density	جنگل پر تراکم Forest with high density	تعداد نقطه آتش Number of fire points	محدوده طبقه Categories of classes	کد طبقه Class codes	
۰/۰۵۳	۰/۱۹	۳۶۴۵۸۶	۵	۲	۰	۷	کمتر از ۵ درجه	۱	شیب Slope
۰/۰۵۶	۰/۲۰	۸۶۶۰۹۶	۱۰	۶	۲	۱۸	۱۵ درجه	۲	
۰/۱۱۲	۰/۴	۵۷۶۸۳۲	۱۳	۷	۴	۲۴	۲۵	۳	
۰/۲۷۲	۹۷۰	۳۷۹۴۲۲	۱۵	۶	۱۶	۳۷	۳۵	۴	
۰/۵۰۵	۱/۸	۷۱۸۸۵۸	۶۱	۴۱	۳۱	۱۳۳	بیشتر از ۳۵	۵	
۰/۰۴۲	۰/۱۴	۱۴۲۷۹۵	۱	۰	۱	۲	بدون جهت	۱	جهت Aspect
۰/۱۶۵	۰/۵۴	۶۹۵۷۵۹	۲۲	۷	۹	۳۸	شمال	۲	
۰/۲۱۴	۰/۷	۶۸۰۵۲۴	۲۳	۱۴	۱۱	۴۸	شرق	۳	
۰/۲۸۱	۰/۹۲	۷۳۸۷۵۶	۳۱	۱۸	۱۹	۶۸	جنوب	۴	
۰/۲۹۶	۰/۹۷	۶۴۷۹۶۰	۲۷	۲۳	۱۳	۶۳	غرب	۵	
۰/۴۱۹	۱/۶۷	۳۲۷۶۸۳	۱۲	۲۷	۱۶	۵۵	۱۵۴۸-۷۲۳ متر	۱	ارتفاع Elevation
۰/۲۱۳	۰/۸۵	۶۹۱۸۱۵	۱۹	۱۶	۲۴	۵۹	۱۷۷۴-۱۵۴۸ متر	۲	
۰/۱۴۵	۰/۵۸	۹۶۴۶۵۵	۳۰	۱۵	۱۱	۵۶	۱۹۷۱-۱۷۷۴ متر	۳	
۰/۱۴۵	۰/۵۸	۷۰۵۵۶۹	۳۶	۳	۲	۴۱	۲۲۲۷-۱۹۷۱ متر	۴	
۰/۰۷۵	۰/۳	۲۱۶۰۷۲	۷	۱	۰	۸	۳۲۲۷-۲۲۲۷ متر	۵	
۰/۰۱۵	۰/۱۳	۱۴۹۱۲۶۰	۱۹	۰	۱	۲۰	۳۱،۶-۲۳ میلی	۱	بارش Precipitation
۰/۰۳۱	۰/۲۷	۶۲۸۱۵۸	۲۷	۰	۰	۱۷	۳۸،۶-۳۱،۶ میلی	۲	
۰/۱۷۷	۱/۵۰	۳۷۸۵۲۹	۲۵	۱۹	۳	۵۷	۴۸،۵-۳۸،۶ میلی	۳	
۰/۲۵۰	۲/۱۲	۲۸۶۸۱۹	۱۷	۱۷	۲۷	۶۱	۶۰،۶-۴۸،۵ میلی	۴	
۰/۵۲۵	۴/۴۵	۱۲۱۱۲۱	۶	۱۶	۳۲	۵۴	۷۳-۶۰،۶ میلی	۵	
۰/۱۱۶	۰/۵۵	۱۱۵۶۴۹۰	۲۸	۱۶	۲۰	۶۴	۵۰۰-۰ متر	۱	فاصله از آبراهه Distance from the waterway
۰/۱۳۲	۰/۶۳	۸۸۲۶۲۴	۲۹	۱۳	۱۴	۵۶	۵۰۰-۱۰۰۰ متر	۲	
۰/۲۲۳	۱/۰۶	۵۶۲۵۱۴	۳۰	۱۳	۱۳	۶۰	۱۰۰۰-۱۵۰۰ متر	۳	
۰/۲۷۴	۱/۳۰	۲۲۹۷۱۷	۱۵	۷	۷	۳۰	۱۵۰۰-۲۰۰۰ متر	۴	
۰/۲۵۳	۱/۲۰	۷۴۵۴۱	۲	۵	۵	۹	بیشتر از ۲۰۰۰ متر	۵	
۰/۰۲۴	۰/۱۲	۸۴۶۸۳۵	۱۰	۱	۰	۱۱	۲۰،۸-۲۰ سانی گراد	۱	دما Temperatur
۰/۱۶۶	۰/۸۲	۱۳۹۳۸۱۰	۴۱	۳۲	۴۲	۱۱۵	۲۱،۶-۲۰،۸ سانی گراد	۲	
۰/۲۹۰	۱/۴۳	۵۰۰۹۲۳	۳۷	۲۴	۱۱	۷۲	۲۲،۴-۲۱،۶ سانی گراد	۳	
۰/۳۰۲	۱/۴۹	۸۹۷۱۰،۹	۹	۴	۰	۱۳	۲۳،۲-۲۲،۴ سانی گراد	۴	
۰/۲۱۷	۱/۰۷	۷۴۵۳۷،۴	۷	۱	۰	۸	۲۴-۲۳،۲ سانی گراد	۵	

۰/۴۴۴	۲/۴۰	۱۴۱۶۰۱	۹	۱۵	۱۰	۳۴	۱۷۲-۱۸۶,۹ درجه	۱	جهت باد wind direction
۰/۲۲۴	۱/۲۱	۴۹۲۷۸۲	۱۳	۱۷	۳۰	۶۰	۱۸۶,۹-۱۹۸,۳ درجه	۲	
۰/۲۲۰	۱/۱۹	۷۷۶۲۴۳	۵۱	۲۹	۱۳	۹۳	۱۹۸,۳-۲۰۶ درجه	۳	
۰/۰۳۳	۰/۱۸	۱۳۰۵۲۲۰	۲۳	۱	۰	۲۴	۲۰۶-۲۱۴,۸ درجه	۴	
۰/۰۷۵	۰/۴۲	۱۹۰۰۴۲	۸	۰	۰	۸	۲۱۴,۸-۲۲۸ درجه	۵	
۰/۰۹۳	۰/۴۶	۳۸۱۸۴۸	۹	۰	۱	۱۰	۱۲-۱۳,۸ متربرثانیه	۱	سرعت باد wind speed
۰/۲۰۵	۰/۵۷	۵۰۱۴۶۸	۲۰	۷	۲	۲۹	۱۳,۸-۱۵,۴ متربرثانیه	۲	
۰/۴۸۰	۱/۳۳	۱۱۵۲۴۱۰	۵۰	۵۴	۵۰	۱۵۴	۱۵,۴-۱۶,۹ متربرثانیه	۳	
۰/۱۰۴	۰/۲۹	۶۸۷۴۰۸	۱۹	۱	۰	۲۰	۱۶,۹-۱۸,۹ متربرثانیه	۴	
۰/۱۱۵	۰/۳۲	۱۸۲۷۵۱	۶	۰	۰	۶	۱۸,۹-۲۲ متربرثانیه	۵	
۰	۰	۹۶۶۱	۰	۰	۰	۰	-۱-۰	۱	تراکم پوشش گیاهی Vegetation density
۰/۰۸۵	۰/۳۹	۱۵۸۰۳۱۱	۵۰	۱۳	۰	۶۳	۰-۰/۲	۲	
۰/۲۴۵	۱/۱۲	۱۱۳۳۱۲۰	۴۶	۴۸	۳۵	۱۲۹	۰/۲-۰/۴	۳	
۰/۳۴۲	۱/۵۶	۱۴۰۹۵۴	۸	۱	۱۴	۲۳	۰/۴-۰/۶	۴	
۰/۳۲۶	۱/۴۹	۴۳۴۶۳	۰	۰	۴	۴	۱-۰/۶	۵	
۰/۳۱۸	۱/۰۷	۴۵۷۷۵۷	۱۹	۱۸	۱۲	۴۹	۰-۵۰۰ متر	۱	فاصله از جاده Distance from the road
۰/۲۹۱	۰/۹۸	۳۶۴۷۴۹	۱۳	۱۳	۱۰	۳۶	۵۰۰-۱۰۰۰ متر	۲	
۰/۲۵	۰/۸۴	۱۳۰۶۵۱۰	۵۲	۲۸	۳۰	۱۱۰	۱۰۰۰-۴۰۰۰ متر	۳	
۰/۱۰۷	۰/۳۶	۶۰۱۸۵۳	۱۸	۳	۱	۲۲	۴۰۰۰-۸۰۰۰ متر	۴	
۰/۰۳۳	۰/۱۱	۱۷۵۰۱۴	۲	۰	۰	۲	بیشتر از ۸۰۰۰	۵	
۰/۲۷	۱/۹۵	۹۱۹۵۸	۲	۱۲	۴	۱۸	۰-۵۰۰ متر	۱	فاصله از شهر Distance from the city
۰/۲۳۵	۱/۷	۳۷۸۴۷	۰	۰	۳	۳	۵۰۰-۱۰۰۰ متر	۲	
۰/۱۸۲	۱/۳۲	۳۳۲۲۵۶	۱۷	۱۰	۱۷	۴۴	۱۰۰۰-۵۰۰۰ متر	۳	
۰/۲۴۹	۱/۱۸	۵۷۳۷۲۵	۲۷	۱۸	۲۳	۶۸	۵۰۰۰-۱۰۰۰۰ متر	۴	
۰/۰۶۲	۰/۴۵	۱۸۸۱۰۹۶	۵۸	۲۲	۶	۸۶	۱۰۰۰-۴۰۰۰ متر	۵	
۰/۳۶۹	۱/۸۹	۱۷۴۲۸۲	۳۳	۱۰	۱۱	۳۳	۰-۵۰۰ متر	۱	فاصله از روستا Distance from the road
۰/۱۵۱	۰/۷۸	۹۹۹۶۳۵	۷۸	۲۴	۲۰	۷۸	۵۰۰-۱۵۰۰ متر	۲	
۰/۱۲۶	۰/۶۵	۱۲۹۵۲۸۰	۸۵	۲۵	۱۹	۸۵	۱۵۰۰-۳۰۰۰ متر	۳	
۰/۰۸۰	۰/۴۱	۳۸۶۵۰۰	۱۶	۳	۳	۱۶	۳۰۰۰-۵۰۰۰ متر	۴	
۰/۲۷۱	۱/۳۹	۵۰۱۸۶,۴	۷	۰	۰	۷	بیشتر از ۵۰۰۰	۵	