

تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و روش نسبت فراوانی (پژوهش موردی: جنگل‌های سردشت، شمال غربی ایران)

هادی بیگی‌حیدرلو^۱، عباس بانج‌شفیعی^{۲*} و مهدی عرفانیان^۳

۱- کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲- نویسنده مسئول، استادیار گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. پست الکترونیک: Banedg@yahoo.com

۳- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۸/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۲/۰۹

چکیده

در این پژوهش، نقشه نواحی با خطر زیاد آتش‌سوزی جنگل بر پایه عامل‌های ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت، متوسط بارندگی سالانه، متوسط حداکثر دمای ماهانه، کاربری و پوشش اراضی، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از زمین‌های کشاورزی و تراکم جمعیت در جنگل‌های سردشت به وسعت ۲۷۳/۳ کیلومتر مربع تهیه شد. در مرحله اول با انجام عملیات میدانی، نقشه مناطق آتش‌سوزی‌شده تهیه شد، سپس با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، وزن یا اهمیت نسبی هر یک از عامل‌های مؤثر در وقوع آتش‌سوزی به دست آمد. برای محاسبه وزن طبقات هر یک از عامل‌های مذکور، از روش نسبت فراوانی استفاده شد. در مرحله بعد، براساس روش ترکیب وزنی نقشه‌های رقومی عامل‌های مؤثر در وقوع آتش‌سوزی، نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی تهیه شد. این نقشه براساس روش Jenks به پنج طبقه خطر آتش‌سوزی جنگل، شامل طبقه خطر خیلی کم تا خیلی زیاد طبقه‌بندی شد. اعتبارسنجی نقشه خطر نشان داد که ۹۸/۴۴ درصد از مناطق آتش‌گرفته مشاهداتی در طبقه‌های خطر زیاد و خیلی زیاد قرار داشتند که بیانگر صحت زیاد روش‌های مذکور در تهیه نقشه خطر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سردشت، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، نسبت سازگاری، نسبت فراوانی، نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل.

مقدمه

دهه‌های اخیر شدت آتش‌سوزی‌ها رو به افزایش بوده است که علت اصلی آن تغییر کاربری اراضی به دلیل افزایش جمعیت روستاها و توسعه زمین‌های زراعی و باغی و گرم شدن زمین می‌باشد. به‌عنوان مثال، در دو قرن گذشته شش میلیون کیلومتر مربع از زمین‌های جنگلی در جهان در اثر آتش‌سوزی از بین رفته‌اند (Dimopoulo & Giannikos, 2004). در ایران نیز طی یک دوره چهارساله (۱۳۸۲ تا ۱۳۸۵) حدود ۱۱۰۴۴ هکتار از جنگل‌های طبیعی دچار

جنگل از مواهب الهی است که عملکرد آن نقش مهم و اساسی در حفظ تعادل اکولوژیک دارد. آتش‌سوزی جنگل‌ها که در مناطق مختلف جهان رخ می‌دهد، یک فاجعه اجتماعی، اقتصادی بوده و دارای اثرات زیست‌محیطی است (Lymberopoulos et al., 1996). آتش‌سوزی در جنگل باعث از بین رفتن چوب، رستنی‌های کف جنگل، زادآوری‌ها و همچنین فرسایش شدید خاک می‌شود. در

آتش‌سوزی شده‌اند (Mohammadi *et al.*, 2010).

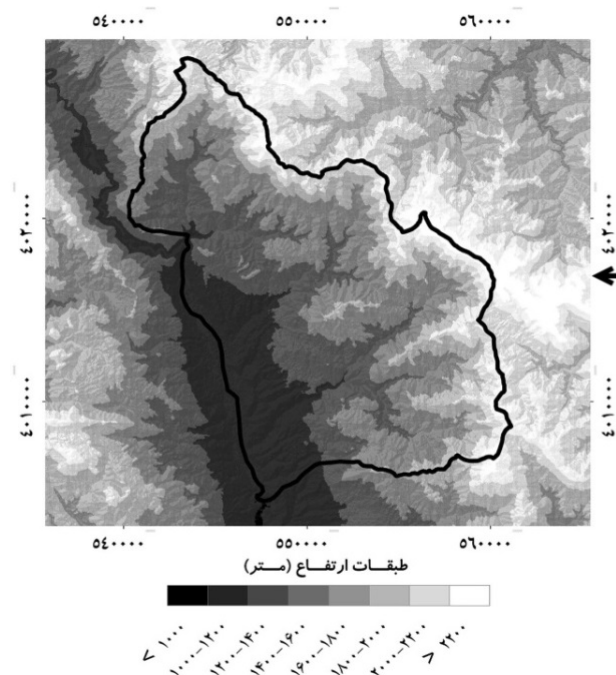
جنگل‌های طبیعی استان آذربایجان غربی هرچند در قسمت‌هایی از شهرستان پیرانشهر و مهاباد پراکنده شده است، اما بخش عمده آن در شهرستان سردشت واقع شده است که مساحت آن بین ۶۰ تا ۸۰ هزار هکتار تخمین زده می‌شود. به استناد آمار موجود، هر ساله آتش‌سوزی‌های مختلفی در سطح جنگل‌های این منطقه رخ می‌دهد، به طوری که در یک دوره آماری ۱۰ ساله (۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰) در مجموع بیشتر از ۵۵۰ هکتار از جنگل‌های این منطقه در اثر آتش‌سوزی در فصول گرم و خشک سال از بین رفته است (Beygi Heidarlou *et al.*, 2013). یکی از اقدامات اصلی در مبارزه با آتش، مطالعه رفتار آتش تحت تأثیر شرایط مختلف جوی، توپوگرافی، پوشش گیاهی و انسانی (Viegas, 2004) و تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی و برنامه‌ریزی برای نواحی با خطر زیاد است تا بتوان درحداکثر خطرات آن را کاهش داد (Jaiswal *et al.*, 2005; Dong *et al.*, 2002). استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل از طریق تهیه مدل یا مدل‌سازی در نرم‌افزار سامانه جغرافیایی (GIS)، راهکاری مناسب و اساسی برای نظارت، پیشگیری و مدیریت این مشکل است. این تکنیک یکی از جامع‌ترین سامانه‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری است که امکان فرموله کردن مسأله را به صورت سلسله‌مراتبی فراهم می‌کند و امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسأله دارد.

پژوهش‌های مختلفی درباره پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی انجام شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. Chavan و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از فنون سنجش از دور، GIS و AHP و براساس عامل‌های شیب، ارتفاع، جهت و پوشش گیاهی، نقشه خطر آتش‌سوزی را در منطقه‌ای از هیمالیا تهیه کردند. نتایج نشان داد که به ترتیب ۴/۴۲ و ۲۶/۹۲ درصد از منطقه در رده‌های دارای خطر بسیار زیاد و زیاد قرار گرفته است. این مناطق به‌عنوان مناطق دارای اولویت زیاد برای مدیریت و پیشگیری از

وقوع آتش‌سوزی در آینده معرفی شدند. Burgess (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای به منظور توسعه مدل مکانی پویایی خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های نپال، عامل‌های مؤثر بر آتش‌سوزی را در قالب پنج زیرمدل خطر زیستی- فیزیکی، خطر آتش‌گیری، خطر آب و هوا و واکنش در برابر آتش‌سوزی گروه‌بندی کرد. براساس نتایج به دست آمده، از نظر مکانی مناطق جنگلی در ارتفاعات دارای پتانسیل کمتری از لحاظ آتش‌سوزی بودند. Jaiswal و همکاران (۲۰۰۲) نقشه خطر آتش‌سوزی را برای منطقه‌ای در هندوستان با به‌کارگیری عامل‌های مختلف شامل گونه‌های گیاهی، شیب، نزدیکی به مناطق مسکونی و فاصله از جاده‌ها تهیه و رابطه $FR=10F+2H+2R+3S$ را به‌عنوان مدل خطر آتش‌سوزی ارائه دادند. در این رابطه FR : شاخص عددی خطر آتش‌سوزی، F : نوع گونه گیاهی، H : شاخص نزدیکی به مناطق مسکونی، R : معیار فاصله از جاده و S : معیار شیب می‌باشد. Mohammadi و همکاران (۲۰۱۰) تهیه نقشه نواحی دارای خطر آتش‌سوزی جنگل را برپایه عامل‌های پوشش گیاهی، فیزیوگرافی، اقلیمی، انسانی و فاصله از جاده‌ها و رودخانه‌ها، در بخشی از جنگل‌های پاره مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش، عامل‌های مؤثر در بروز و انتشار آتش‌سوزی به صورت زوجی مقایسه شد و وزن هر یک از عوامل محاسبه گردید. نتایج نشان داد که ۹۰ درصد از مناطق آتش‌گرفته در پهنه‌های با خطر زیاد قرار گرفته‌اند.

در سال‌های اخیر با توجه به گسترش علوم و فنون سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور و همچنین به‌کارگیری روش‌ها و الگوهای متفاوت در پهنه‌بندی عامل‌های مختلف، تحقیقات ارزشمندی در ایران نیز انجام شده است که البته در مقایسه با وسعت منابع طبیعی کشور، کافی به نظر نمی‌رسد، به طوری که در استان آذربایجان غربی تاکنون تحقیقی در این زمینه انجام نشده است. در این پژوهش سعی شده است نقشه خطر آتش‌سوزی در بخشی از جنگل‌های زاگرس واقع در شهرستان سردشت استان آذربایجان غربی تهیه شود که این کار برای اولین بار در

"۳۶°۲۴'۱۱" عرض شمالی و "۴۵°۲۶'۵۵" تا "۴۵°۴۰'۴۸" طول شرقی در قسمت شمال شرقی شهرستان سردشت و قسمت شرقی رودخانه زاب با حداقل ارتفاع ۱۰۰۰ و حداکثر ارتفاع ۲۳۷۱ متر از سطح دریا قرار دارد (شکل ۱). این منطقه حدود ۳۸ آبادی و یک شهر (رَبَط) را پوشش می‌دهد. میانگین بارش سالانه منطقه ۷۲۴ میلی‌متر است. حداکثر بارش سالانه در فصل زمستان و کمترین میزان بارش منطقه در تابستان نازل می‌شود. میانگین حداکثر دما ۲۱ و متوسط حداقل دما ۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. اقلیم منطقه نیز براساس اقلیم‌نمای آمبرژه مرطوب سرد است (Anonymous, 2013).

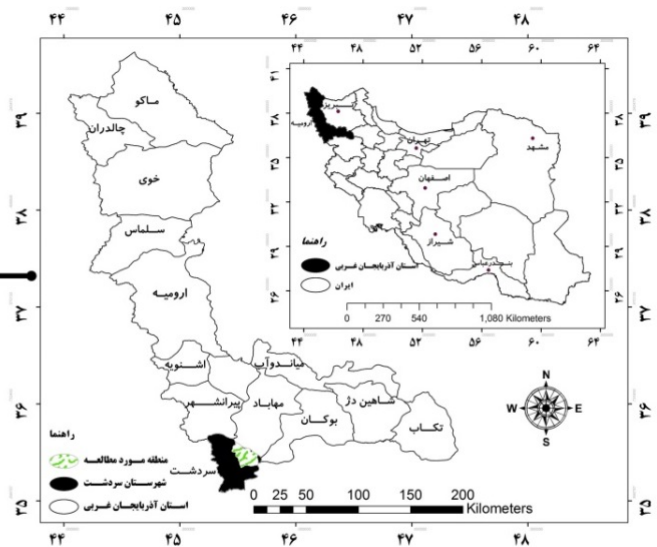


حوزه شمالی منطقه زاگرس انجام می‌شود. همچنین روش نسبت فراوانی برای محاسبه وزن‌های مربوط به طبقه‌های هر یک از فاکتورها برای اولین بار در ایران مطرح و مورداستفاده قرار گرفته است. تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی و تعیین نواحی مستعد آتش‌سوزی به‌منظور مدیریت این مناطق، برای بخش‌های اجرایی بسیار حائز اهمیت است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق با مساحت ۲۷۳/۳ کیلومترمربع در محدوده جغرافیایی "۳۶°۱۱'۵" تا



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ایران، استان آذربایجان غربی و شهرستان سردشت

برای بررسی صحت نقشه‌های تولیدی استفاده شد. براساس تحقیقات انجام شده و در حد امکان، تمام عامل‌های مؤثر بر آتش‌سوزی‌های منطقه مورد مطالعه شامل ۱۰ عامل ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت، کاربری اراضی / پوشش زمین، متوسط بارش سالانه، متوسط حداکثر دمای ماهانه، تراکم جمعیت، فاصله از جاده‌ها، فاصله از زمین‌های کشاورزی و فاصله از آبراه‌ها در نظر گرفته شدند (Almeida, 1994;)

آمار و اطلاعات آتش‌سوزی‌های ثبت شده در اداره منابع طبیعی شهرستان سردشت در دوره آماری ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰ استخراج گردید و ۱۲ منطقه که در دو سال اخیر دچار آتش‌سوزی شده و دارای بیشترین وسعت آتش‌سوزی بودند، با کمک افراد محلی و قریبان‌ها شناسایی شد و محدوده و موقعیت این مناطق با پیمایش صحرائی و با استفاده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ثبت گردید. از این مناطق

لایه‌های رقومی و اطلاعاتی عامل‌های مؤثر بر آتش‌سوزی به شرح جدول ۱ تهیه شدند.

Patah et al., 2000; Jaiswal et al., 2002; Erten et al., 2004; Dong et al., 2005; Mohammadi et al., 2010; Mansouri et al., 2011; Mahdavi et al., 2012

جدول ۱- عامل‌های مهم و مؤثر در تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل

منابع تولید نقشه	نقشه عامل‌ها
نقشه DEM به‌دست‌آمده از داده‌های ماهواره‌ای ASTER	نقشه رقومی ارتفاع، درصد شیب، جهت و شبکه آبراهه
داده‌های بارش و دمای ایستگاه‌های سینوپتیک اطراف منطقه با روش IDW	بارندگی و دما
تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ با روش طبقه‌بندی نظارت‌شده	کاربری اراضی / پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی
نقشه توپوگرافی شامل جاده‌ها و نقشه سامان‌های عرفی منطقه	جاده‌ها و تراکم جمعیت

و ارسال آن به کارشناسان صاحب‌نظر در زمینه آتش‌سوزی جنگلی، معیارهای اصلی (عامل‌های ده‌گانه) در قالب AHP مورد مقایسه زوجی قرار گرفت و پس از دریافت جمع‌آوری شش پرسشنامه از ۳۰ پرسشنامه ارسال‌شده به کارشناسان در سه مرتبه زمانی مختلف، نظرات یا پاسخ کارشناسان مختلف با روش میانگین هندسی در نرم‌افزار EC ادغام و در نهایت وزن هر یک از عامل‌های مؤثر در آتش‌سوزی به‌دست آمد. ضمن اینکه پرسشنامه‌ها در مواردی که سازگاری آن‌ها بیشتر از ۰/۱ بود، به دفعاتی که سازگاری به حد مجاز خود برسد، مجدداً تکمیل شدند.

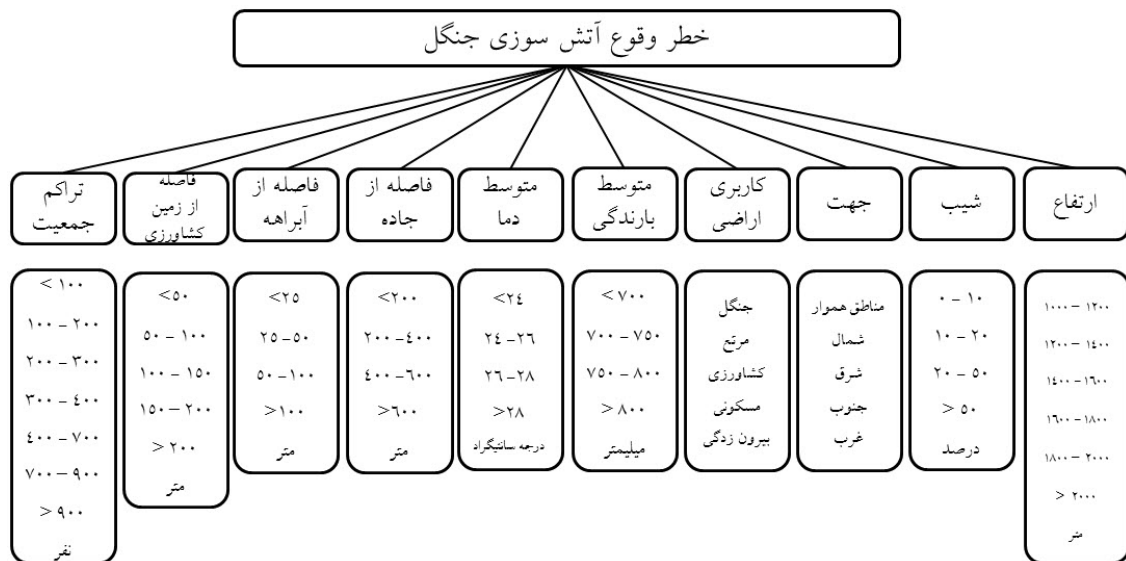
سازگاری در قضاوت‌ها

تقریباً تمامی محاسبات مربوط به AHP براساس قضاوت اولیه تصمیم‌گیرنده که در قالب ماتریس مقایسات زوجی ظاهر می‌شود، انجام می‌شود و هرگونه خطا و ناسازگاری در مقایسه و تعیین اهمیت بین گزینه‌ها و شاخص‌ها نتیجه نهایی حاصل از محاسبات را مخدوش می‌سازد. نسبت سازگاری (CR) سازگاری قضاوت‌ها را مشخص ساخته و نشان می‌دهد تا چه حد می‌توان به اولویت‌های به‌دست‌آمده از مقایسات اعتماد کرد. وقتی تعداد مقایسات افزایش یابد، اطمینان از سازگاری مقایسات به راحتی میسر نیست.

به‌منظور تهیه نقشه کاربری اراضی / پوشش زمین (LU/LC) منطقه، تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ مربوط به تاریخ ۱۰ جولای ۲۰۱۳ برابر با ۱۹ تیر ۱۳۹۲ اخذ (یک هفته بعد از برداشت صحرایی) و پس از انجام تصحیح هندسی، به روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و الگوریتم حداکثر احتمال با استفاده از نرم‌افزار Erdas Imagine 9.2 در پنج طبقه (جنگل، مرتع، مناطق مسکونی، زمین‌های کشاورزی، بیرون‌زدگی‌های سنگی) تهیه شد و با استفاده از نرم‌افزار ENVI 4.2 عملیات پس‌پردازش تصویر به‌منظور حذف سلول‌های ریز انجام شد.

کاربرد فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی

تهیه ساختار سلسله‌مراتبی اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی است (Ghodsipour, 2010). در این پژوهش با بهره‌گیری از تکنیک AHP و تصمیم‌گیری گروهی، عامل‌های ده‌گانه مؤثر بر آتش‌سوزی مورد مقایسه قرار گرفته و در نهایت اهمیت نسبی یا وزن هر یک از عامل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice 11 برآورد شد. در ابتدا نقشه‌های رقومی مربوط به هر یک از عامل‌ها تهیه شد و سپس براساس شرایط موجود در منطقه به طبقات مختلفی طبقه‌بندی شدند که سطح بعدی ساختار سلسله‌مراتبی را تشکیل می‌دهند (شکل ۲). در مرحله بعد با تهیه پرسشنامه



شکل ۲- ساختار سلسله مراتبی عامل‌های مؤثر بر آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه در روش AHP

در حالت کلی اگر نسبت سازگاری کمتر از ۰/۱ باشد، سازگاری مقایسات قابل قبول است (Mehregan, 2009). بدین منظور پس از محاسبه بردار مجموع وزنی (WSV) و بردار سازگاری (CV)، میانگین عناصر برداری سازگاری

به دست آمد. برای محاسبه نسبت سازگاری، شاخص سازگاری (CI) نیز از رابطه ۱ به دست آمد و در نهایت با به کارگیری رابطه ۲ نسبت سازگاری (CR) محاسبه شد (Alonso & Lamata, 2006).

$$CI = \frac{\mu_{max} - n}{n - 1} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$FR = \frac{A}{B} \quad \text{رابطه (۳)}$$

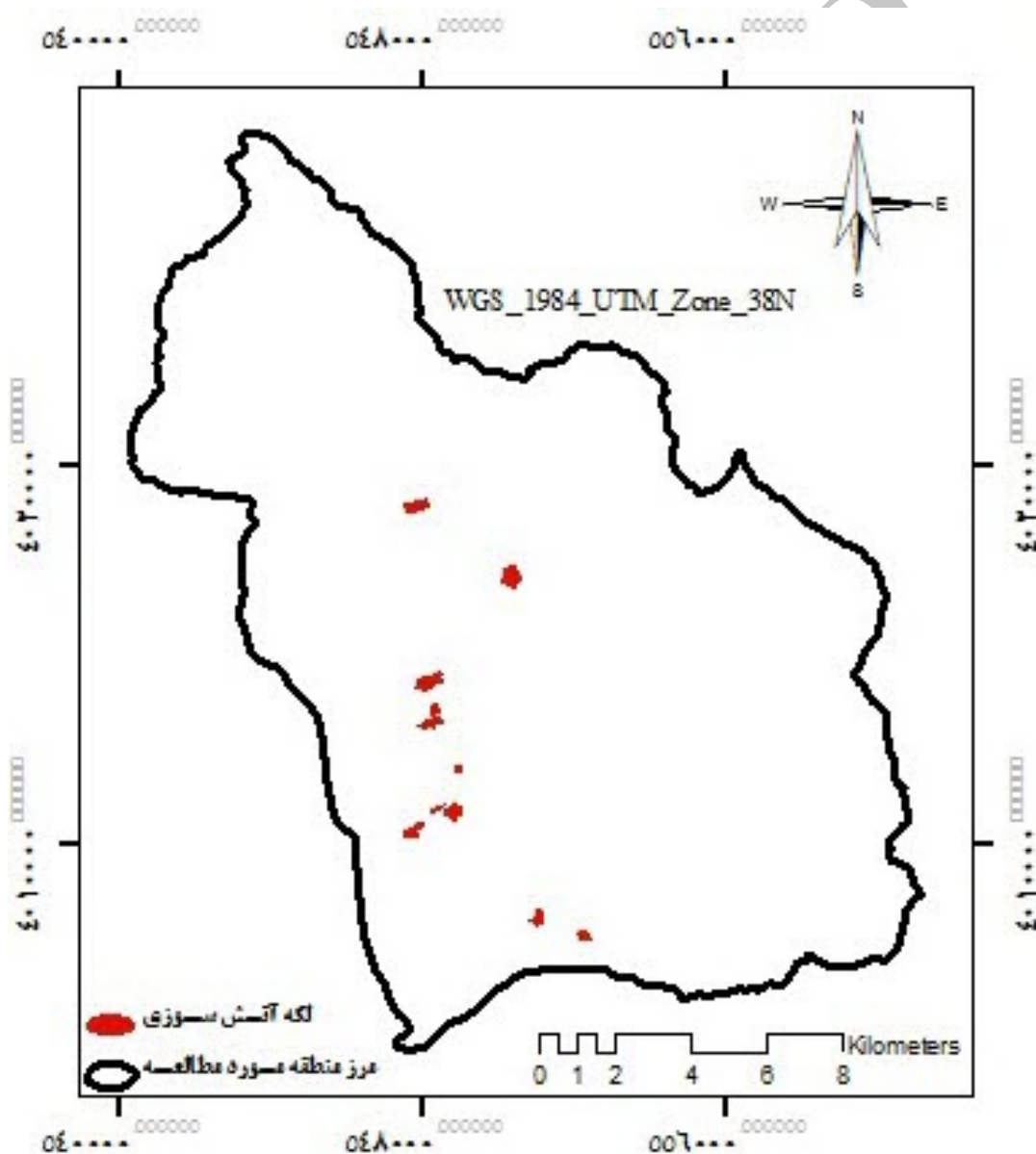
در این تحقیق RI (شاخص تصادفی) با توجه به تعداد معیارها (۱۰) برابر ۱/۵۱ می‌باشد (Mehregan, 2009). کاربرد روش نسبت فراوانی (Frequency ratio) در روش نسبت فراوانی (Lee, 2004; Lee & Talib, 2005; Lee & Pradhan, 2006) ضریب نسبت فراوانی در طبقه‌های مربوط به هر عامل، نسبت درصد سلول‌های آتش‌گرفته در هر طبقه یک عامل به درصد سلول‌های تشکیل‌دهنده آن عامل طبقه در کل منطقه می‌باشد (رابطه ۳). اگر این ضریب کمتر از یک باشد، حساسیت آن طبقه به آتش‌سوزی کمتر و اگر این ضریب بیشتر از یک باشد، بیانگر حساسیت زیاد آن طبقه از نظر آتش‌سوزی است (Pradhan & Lee, 2010).

در این رابطه FR: نسبت فراوانی، A: درصد پیکسل‌های آتش‌گرفته و B: درصد پیکسل‌های طبقه مورد نظر است. پس از محاسبه وزن هر یک از عامل‌ها با اصول AHP و محاسبه وزن طبقات هر یک از عامل‌ها با روش نسبت فراوانی، با ترکیب وزنی در نرم‌افزار ArcGIS 9.3، کلیه نقشه‌های رقومی امتیازدهی شده و نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی منطقه مورد مطالعه به دست آمد. لازم به ذکر است که برای ترکیب وزنی لایه‌های عامل‌های مؤثر بر آتش‌سوزی در این تحقیق در نرم‌افزار ArcGIS 9.3، از گزینه Raster Calculator در اکستنشن Spatial Analyst

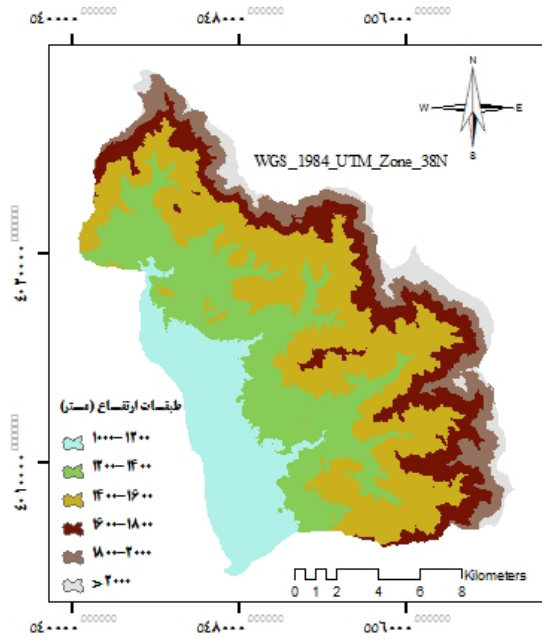
نتایج

نقشه‌های مناطق آتش‌سوزی‌شده در منطقه، طبقات ارتفاع، شیب، جهت، فاصله از جاده‌ها، فاصله از زمین‌های کشاورزی، فاصله از آبراهه‌ها، تراکم جمعیت، متوسط بارش سالانه، متوسط حداکثر دمای ماهانه و کاربری اراضی/ پوشش زمین در شکل‌های ۳ تا ۱۳ نشان داده شده‌اند.

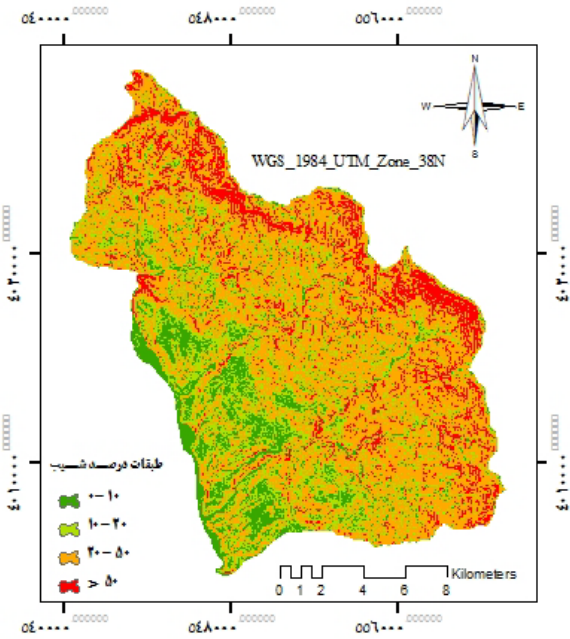
استفاده شد و نقشه به دست آمده با روش Jenks در پنج طبقه خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی شد. در این روش طبقه‌بندی، نقاط شکستگی بین طبقات به گونه‌ای تعیین می‌شود که به مناسب‌ترین وجه ممکن مقادیر مشابه در یک گروه قرار گرفته و تفاوت بین طبقه‌ها حداکثر شود و اگر یک یا چند عارضه در دسته‌ای خاص قرار نگیرند، هیچ مقداری به آن اختصاص داده نمی‌شود (Sanjary, 2007).



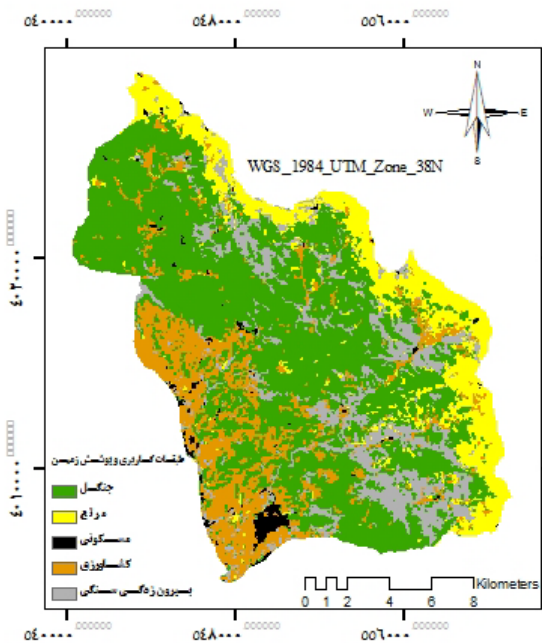
شکل ۳- نقشه مناطق آتش‌سوزی‌شده



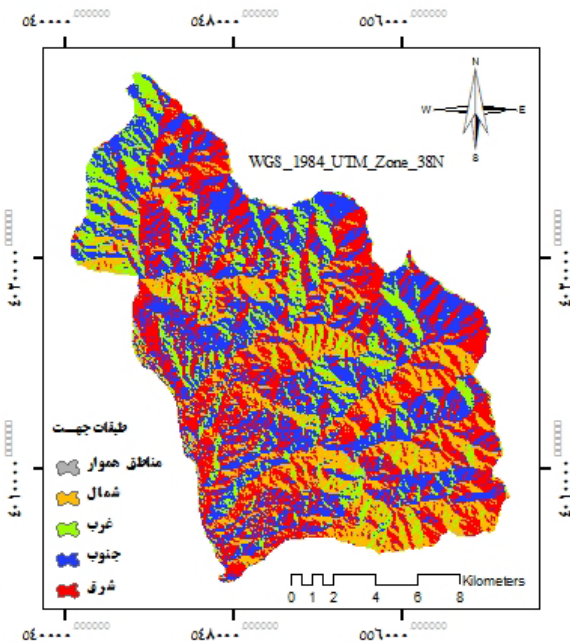
شکل ۵- نقشه طبقات ارتفاع



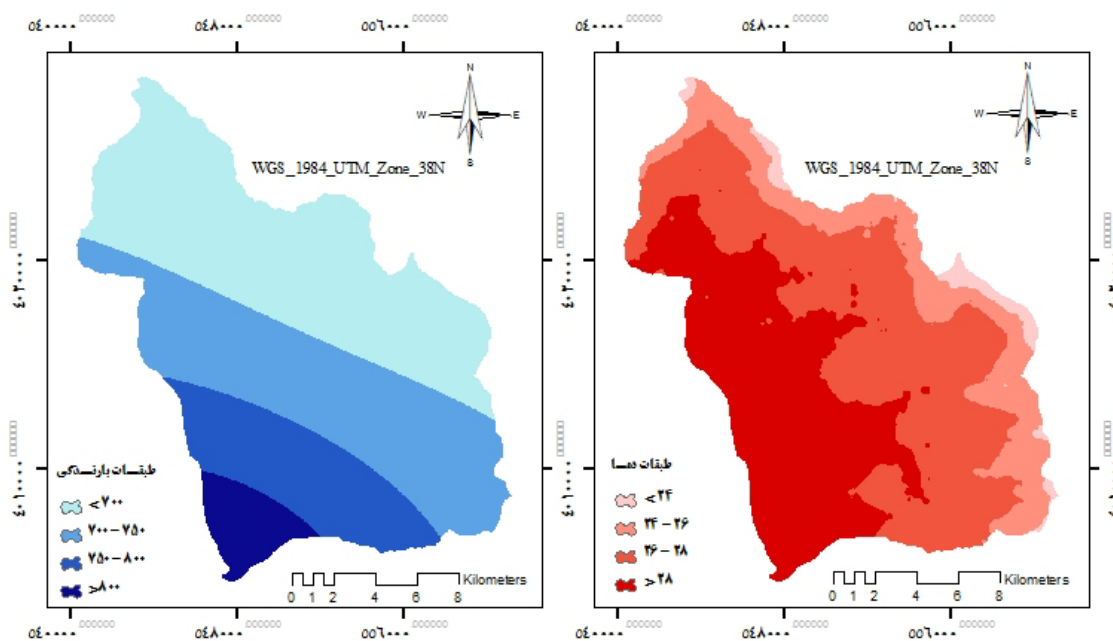
شکل ۴- نقشه طبقات شیب



شکل ۷- نقشه طبقات کاربری و پوشش زمین

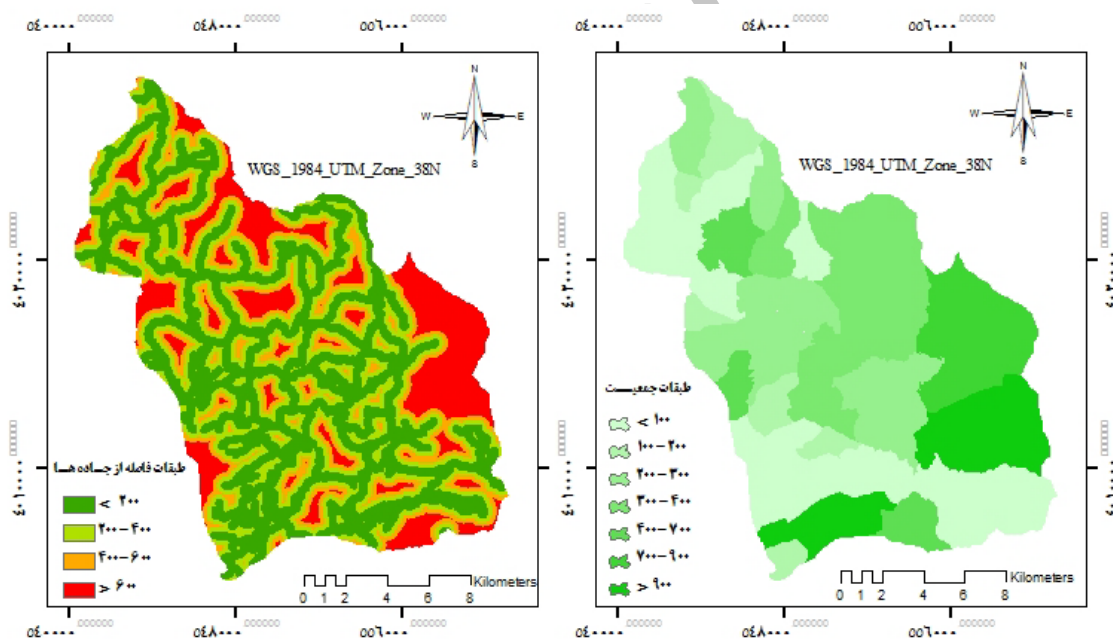


شکل ۶- نقشه طبقات جهت



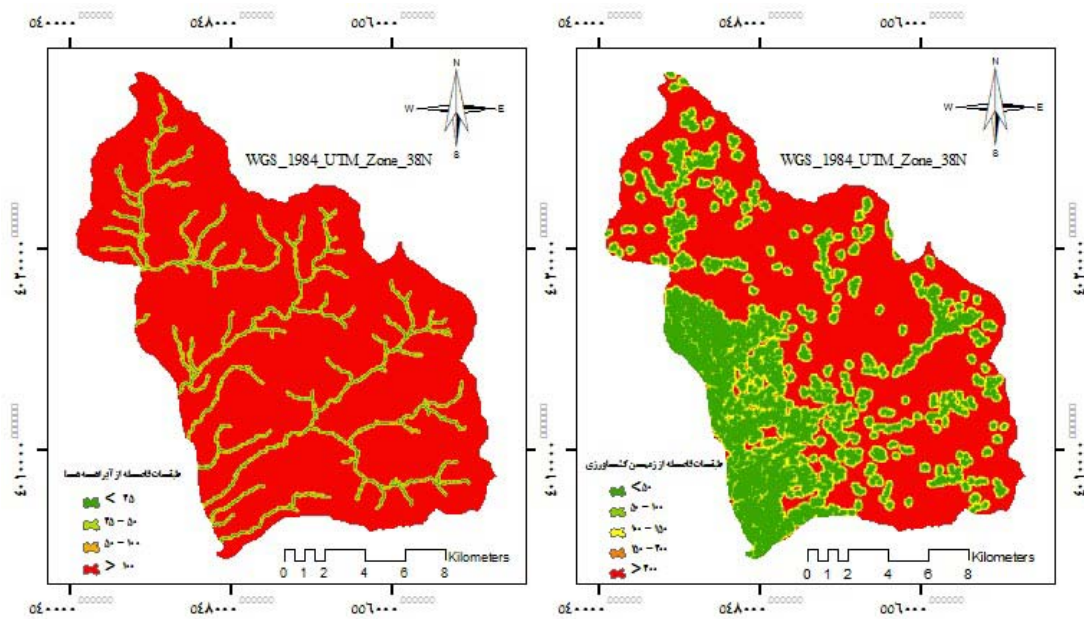
شکل ۹- نقشه طبقات متوسط بارندگی سالانه

شکل ۸- نقشه طبقات متوسط حداکثر دمای ماهانه



شکل ۱۱- نقشه طبقات فاصله از جاده‌ها

شکل ۱۰- نقشه طبقات تراکم جمعیت



شکل ۱۳- نقشه فاصله از آبراه‌ها

شکل ۱۴- نقشه فاصله از زمین‌های کشاورزی

پس از تهیه نقشه کاربری اراضی، براساس نتایج به‌دست آمده، صحت کلی نقشه براساس نمونه‌های تعلیمی (زمینی) (۲۹۵ نقطه) ۸۲/۷۱ درصد و صحت طبقه‌بندی در طبقه‌های جنگل، مرتع، مناطق مسکونی، زمین‌های کشاورزی و بیرون‌زدگی‌های سنگی به‌ترتیب ۸۸/۰۸، ۶۵/۸۵، ۷۱/۴۳، ۸۹/۸۰ و ۷۷/۷۸ درصد (جدول ۲) نزدیک هستند، نقشه تولیدشده از قابلیت اعتماد مناسبی برخوردار است. همچنین مقدار ضریب کاپای کل ۰/۷۴ ارزیابی شد (جدول ۳).

پس از تهیه نقشه کاربری اراضی، براساس نتایج به‌دست آمده، صحت کلی نقشه براساس نمونه‌های تعلیمی (زمینی) (۲۹۵ نقطه) ۸۲/۷۱ درصد و صحت طبقه‌بندی در طبقه‌های جنگل، مرتع، مناطق مسکونی، زمین‌های کشاورزی و بیرون‌زدگی‌های سنگی به‌ترتیب ۸۸/۰۸، ۶۵/۸۵، ۷۱/۴۳، ۸۹/۸۰ و ۷۷/۷۸ درصد (جدول ۲) نزدیک هستند، نقشه تولیدشده از قابلیت اعتماد مناسبی برخوردار است. همچنین مقدار ضریب کاپای کل ۰/۷۴ ارزیابی شد (جدول ۳).

جدول ۲- داده‌های ماتریس خطا و ارزیابی صحت نقشه کاربری و پوشش زمین در منطقه مورد مطالعه

صحت تولیدکننده (%)	جمع	نقشه طبقه‌بندی شده					تقسیم و اقلیت زمینی
		بیرون‌زدگی سنگی	کشاورزی	مسکونی	مرتع	جنگل	
۸۸/۰۸	۱۵۱	۴	۱۲	۱	۱	۱۳۳	جنگل
۶۵/۸۵	۴۱	۳	۵	۰	۲۷	۶	مرتع
۷۱/۴۳	۷	۰	۲	۵	۰	۰	کشاورزی
۸۹/۸۰	۵۱	۲	۴۴	۱	۱	۳	مسکونی
۷۷/۷۸	۴۵	۳۵	۷	۰	۰	۳	بیرون‌زدگی
	۲۹۵	۴۴	۷۰	۷	۲۹	۱۴۵	جمع
صحت کل: ۸۲/۷۱		۸۳/۳۳	۶۱/۹۷	۷۱/۴۳	۹۳/۱۰	۹۱/۱۰	صحت کاربر (%)

جدول ۳- مقادیر کاپای شرطی برای هر یک از طبقات نقشه کاربری و پوشش زمین در منطقه مورد مطالعه

طبقات	جنگل	مرتع	مسکونی	کشاورزی	بیرون‌زدگی	کاپای کل
ضریب کاپا	۰/۷۶۴۰	۰/۶۲۱۳	۰/۷۷۳۰	۰/۸۶۵۶	۰/۷۴۰۹	۰/۷۴۲۳

کاربری و پوشش زمین (۰/۰۴۲) و فاصله از آبراهه‌ها (۰/۰۳۸) به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۴).

به منظور محاسبه نسبت سازگاری سیستم، در ابتدا بردار مجموع وزنی و بردار سازگاری محاسبه شدند (جدول ۵).

بر اساس نتایج به دست آمده از کاربرد تکنیک AHP، عامل شیب با وزن ۰/۱۹۶ بیشترین اهمیت را در بین عامل‌های مؤثر بر آتش‌سوزی داشت و پس از آن عامل‌های ارتفاع از سطح دریا (۰/۱۹۰)، جهت (۰/۱۷۸)، فاصله از جاده‌ها (۰/۱۰۶)، بارندگی (۰/۰۷۱)، دما (۰/۰۶۱)، فاصله از زمین‌های کشاورزی (۰/۰۶۱)، تراکم جمعیت (۰/۰۵۸)،

جدول ۴- میانگین هندسی مقایسات زوجی کارشناسان و اوزان عامل‌های ده‌گانه مؤثر بر خطر آتش‌سوزی

عامل	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	وزن
۱ ارتفاع	۱	۲	(۲)*	۳	۳	۵	۲	۵	۳	۴	۰/۱۹۰
۲ جهت	۱	۱	۲	۲	۳	۳	۲	۳	۵	۴	۰/۱۷۸
۳ شیب	۱	۱	۱	۳	۶	۴	۲	۳	۴	۳	۰/۱۹۶
۴ تراکم جمعیت	۱	۱	۱	۱	(۳)	(۲/۳)	(۲)	۳	۳	(۱/۴)	۰/۰۵۸
۵ دما	۱	۱	۱	۱	۱	(۳)	(۲)	۱/۵	(۲)	۲/۹	۰/۰۶۱
۶ بارندگی	۱	۱	۱	۱	۱	۱	(۳)	۱/۶	(۲)	۳/۱	۰/۰۷۱
۷ فاصله از جاده	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۳	۲	(۲/۴)	۰/۱۰۶
۸ فاصله از رودخانه	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	(۱/۸)	۰/۰۳۸
۹ فاصله از زمین کشاورزی	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۰/۰۶۱
۱۰ کاربری / پوشش زمین	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۰۴۲

نسبت سازگاری (CR) = ۰/۰۸۵

* مقادیر داخل پرانتز نشان‌دهنده ارجحیت معیار ستون به معیار سطر می‌باشد.

جدول ۵- مقادیر بردار مجموع وزنی و بردار سازگاری عامل‌های مؤثر بر خطر آتش‌سوزی

عامل	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
بردار مجموع وزنی	۲/۱۱	۱/۹۸	۲/۱۹	۰/۶۷	۰/۶۸	۰/۷۹	۱/۱۸	۰/۴۲	۰/۶۸	۰/۴۶
بردار سازگاری	۱۱/۱۰	۱۱/۱۰	۱۱/۱۵	۱۱/۶۲	۱۱/۰۹	۱۱/۱۳	۱۱/۰۸	۱۱/۱۷	۱۱/۱۰	۱۱/۰۴

نسبت سازگاری کمتر از ۰/۱ به دست آمده، بیانگر سازگاری قابل قبول در مقایسات است. جدول ۶ نیز نتایج به دست آمده از وزن طبقات هر یک از عامل‌ها را به روش نسبت فراوانی نشان می‌دهد.

پس از به دست آوردن بردار سازگاری، مقدار میانگین عناصر برداری سازگاری (μ_{max}) ۱۱/۱۵۸ محاسبه شد و مقادیر شاخص سازگاری و نسبت سازگاری نیز با توجه به رابطه‌های ۲ و ۳، به ترتیب ۰/۱۲۹ و ۰/۰۸۵ به دست آمدند.

جدول ۶- وزن طبقات هریک از عامل‌های مؤثر بر خطر آتش‌سوزی به‌دست‌آمده از روش نسبت فراوانی

طبقه	ارتفاع	شیب	جهت	تراکم جمعیت	دما	بارندگی	فاصله از جاده	فاصله از رودخانه	فاصله از زمین کشاورزی	کاربری و پوشش زمین
۱	۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۰	۰/۲۲	۰/۳۶	۰/۲۸	۰/۱۹	۰/۶۱
۲	۰/۴۸	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۵۰	۰/۰۰	۰/۲۳	۰/۴۴	۰/۲۱	۰/۲۶	۰/۰۰
۳	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۱۷	۰/۰۸	۰/۴۵	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۰۰
۴	۰/۰۰	۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۰۷	۰/۹۲	۰/۱۰	۰/۰۰	۰/۲۹	۰/۲۱	۰/۳۷
۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۲	۰/۱۰					۰/۱۰	۰/۰۲
۶	۰/۰۰			۰/۰۰						
۷				۰/۰۸						

شرایط اقلیمی و نیز تغییر کاربری از جنگل به مرتع، میزان خطر آتش‌سوزی کاهش یافته است به‌گونه‌ای که ۴۴/۳۳ درصد از منطقه در رده خطر کم و بسیار کم قرار گرفته است (جدول ۷).

با توجه به نقشه تهیه‌شده مشخص شد که ۳۸/۸۴ درصد از منطقه در طبقات خطر زیاد و بسیار زیاد قرار دارد. در این نقشه، کاربری‌های جنگل و کشاورزی بیشترین خطر آتش‌سوزی را داشتند. ضمن اینکه با افزایش ارتفاع و تغییر

جدول ۷- درصد مساحت طبقه‌های خطر نقشه خطر آتش‌سوزی

رده خطر	بسیار کم	کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد	زیاد + بسیار زیاد
درصد مساحت	۱۶/۵۹	۲۷/۷۴	۱۶/۸۳	۲۱/۴۳	۱۷/۴۱	۳۸/۸۴

آتش‌سوزی‌شده واقعی در رده‌های خطر زیاد و بسیار زیاد قرار گرفته (جدول ۸).

برای ارزیابی نقشه پهنه‌بندی، نقشه پراکنش آتش‌سوزی و نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی با یکدیگر تلفیق شدند (شکل ۱۴). براساس نتایج، ۹۸/۴۴ از مناطق

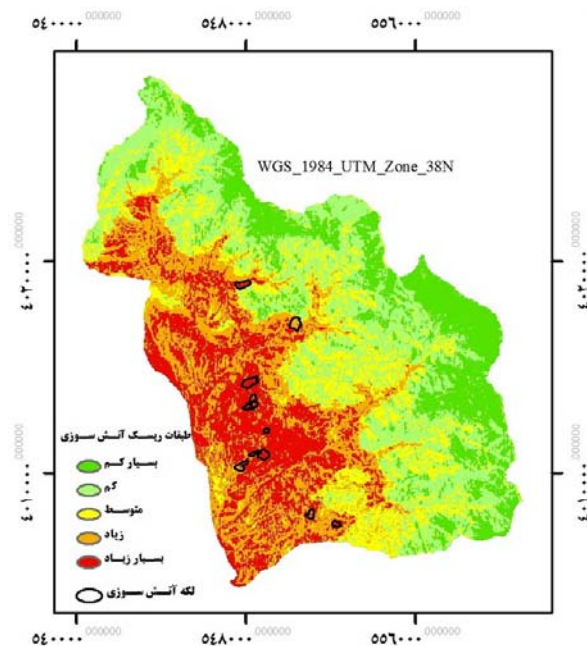
جدول ۸- درصد مساحت رده‌های خطر در پهنه‌های آتش‌سوزی رخ‌داده در منطقه مورد مطالعه

رده خطر	بسیار کم	کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد	زیاد + بسیار زیاد
درصد مساحت	۰/۰۰	۱/۰۶	۰/۵۰	۲۸/۱۰	۷۰/۳۴	۹۸/۴۴

بحث

مهم و تأثیرگذار بر خطر و ایجاد آتش‌سوزی جنگل دیده می‌شود. برای مثال در پژوهش Mohammadi و همکاران (۲۰۱۰) درمورد تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از روش AHP و GIS در بخشی از جنگل‌های پاوه، نوع کاربری و پوشش زمین و در پژوهش Chavan و همکاران (۲۰۱۲) نوع کاربری اراضی، ارتفاع از سطح دریا و عامل‌های اقلیمی نادیده گرفته شده‌اند.

نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش پیش‌رو درمورد تلفیق نقشه خطر با مناطق آتش‌گرفته واقعی نشان داد که بین نواحی خطر با مکان‌های واقعی آتش‌سوزی، ارتباط زیادی وجود دارد که نشان‌دهنده دقت زیاد روش مورد استفاده است. در بسیاری از تحقیقات انجام‌شده در زمینه تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی، عدم به‌کارگیری و تحلیل همه عامل‌های



شکل ۱۴- نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی و مناطق آتش‌گرفته

شیب موجود در منطقه (کمتر از ۳۰ درصد) بود که با پژوهش‌های مشابه توسط Almedia (۱۹۹۴)؛ Erten و همکاران (۲۰۱۰) و Mohammadi و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت دارد، اما مطالعات Vadrevu و Eaturu (۲۰۰۹)، Dong و همکاران (۲۰۰۵)، Sowsma و Somashekar (۲۰۱۰) و Mahdavi و همکاران (۲۰۱۲) به دلیل وجود شرایط متفاوتی از حضور انسان در عرصه‌های جنگلی، عکس این مطلب را نشان داده‌اند. خطر آتش‌سوزی زیاد نیز در مورد عامل تراکم جمعیت در مناطق با تراکم زیاد جمعیتی (نسبت به سطح) رخ داده است (شکل ۱۴) و با توجه به اینکه بیشترین تراکم جمعیت در شهر ربط می‌باشد و این تراکم جمعیت در مناطق و سامان‌های اطراف ربط فعالیت بیشتری دارند، خطر ایجاد آتش‌سوزی با عامل‌های انسانی در جوامع گیاهی مجاور افزایش می‌یابد. در تحقیقات انجام شده (Patah et al., 2000; Jaiswal et al., 2002; Erten et al., 2004; Dong et al., 2005) این عامل به صورت فاصله از مناطق مسکونی مورد ارزیابی قرار گرفته است که نزدیک‌ترین فاصله به نواحی مسکونی به دلیل فعالیت بیشتر مردم دارای بیشترین خطر آتش‌سوزی بوده

چنین رویکردی باعث سادگی مدل می‌شود هرچند ممکن است این پارامترها شامل تمام فرایندهای آتش‌سوزی به طور کامل نباشند. استفاده از فاکتورهای بیشتر امکان تهیه نقشه خطر با صحت بیشتر را برای کاربر یا کارشناس مهیا می‌کند.

همان‌طور که نتایج نشان می‌دهند بیشترین آتش‌سوزی‌ها در مناطقی اتفاق می‌افتد که دسترسی انسان به آن‌ها بیشتر است. به عبارت دیگر، مناطق با شیب مناسب و هم‌ارتفاع روستاهای منطقه مورد مطالعه سبب شده است تا انسان هر چه بیشتر و راحت‌تر به مناطق جنگلی به منظور تفریح، چرای دام، کشاورزی و سایر کاربری‌ها دسترسی پیدا کرده و به دلیل بی‌مبالاتی اقدام به روشن کردن آتش و رها کردن آن کند.

نتایج به دست آمده از وزن‌دهی طبقه‌ها در این روش نشان داد که در طبقات ارتفاعی موجود بیشترین خطر مربوط به طبقه دوم (۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ متر) است که با نتایج Dong و همکاران (۲۰۰۵) و Mohammadi و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد. همچنین در پژوهش پیش‌رو در طبقات جهت بیشترین خطر در جهت جنوبی و نیز در کمترین طبقه‌های

منطقه مورد مطالعه در مجموع پتانسیل نسبتاً زیادی برای آتش‌سوزی دارد، به گونه‌ای که براساس نقشه تهیه‌شده در پژوهش پیش‌رو حدود ۴۰ درصد منطقه در طبقات خطر زیاد قرار گرفته است و خطر آتش‌سوزی، جنگل‌ها، مراتع، زمین‌های کشاورزی و سایر کاربری‌های موجود در منطقه را تهدید می‌کند، بنابراین نقشه به دست آمده از این تحقیق می‌تواند به عنوان راهنما در مدیریت آتش‌سوزی برای مقابله با آن در مناطق با خطر زیاد و متمرکز کردن نیروها و امکانات در این مناطق مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به تأثیر زیاد کاربری اراضی و پوشش گیاهی در وقوع آتش‌سوزی جنگل در منطقه، پیشنهاد می‌شود که ساخت‌وسازها و تغییر کاربری و تبدیل اراضی از کاربری جنگل به کاربری کشاورزی مورد توجه بیشتر ادارات ذیربط، به‌ویژه اداره منابع طبیعی قرار گیرد. همچنین برگزاری کلاس‌های آموزشی برای روستاییان و نیز مأموران آتش‌نشانی و ادارات منابع طبیعی شهرستان به منظور آموزش نحوه صحیح و سریع خاموش کردن آتش و نحوه صحیح استفاده از دستگاه‌های اطفای حریق و به‌علاوه انجام فعالیت‌های جنگلداری اجتماعی با کمک و بهره‌گیری روستاییان و جنگل‌نشینان در پیشگیری و جلوگیری از وقوع و گسترش آتش‌سوزی توصیه می‌شود.

References

- Almeida, R. 1994. Forest fire risk areas and definition of the prevention priority planning actions using GIS. *Ecological Modelling*, 3(7): 1-9.
- Alonso, J.A. and Lamata, M.T. 2006. Consistency in the analytical hierarchy process: A new approach. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 14(4): 445-459.
- Anonymous, 2013. Sardasht Forest Management Plan. Administration of Natural Resources at West Azerbaijan, 87p (In Persian).
- Beygi Heidarlou, H., Banj Shafiei, A. and Erfanian, M. 2013. Assess of important environmental and physiographic factors in occurrence of Forest Fires in Sardasht. Abstract

است. همچنین در کلیه منابع مذکور، بیشترین آتش‌سوزی در نزدیک‌ترین فاصله از جاده و رودخانه اتفاق افتاده است. در حالی که در مورد فاصله از رودخانه در پژوهش پیش‌رو، بیشترین آتش‌سوزی‌ها در فاصله بیشتری از رودخانه‌ها رخ داده است. براساس مشاهدات زمینی، اکثر رودخانه‌های منطقه از دره‌های با شیب زیاد عبور می‌کنند و در سایر مناطق غالباً اطراف رودخانه‌های موجود در منطقه به صورت باغ‌های میوه درآمده و تا فواصل دوردست نیز پوشش جنگلی از بین رفته است. در مورد مناطق جنگلی نزدیک به زمین‌های کشاورزی نیز مناطق نزدیک به آن‌ها بیشترین خطر را داشتند که علت آن استفاده از آتش‌سوزی توسط جنگل‌نشینان به منظور تغییر کاربری اراضی به کشاورزی و نیز برای پاک‌سازی مزارع و نیز از بین بردن پس‌مانده‌های کشاورزی است که روشی آسان و اقتصادی برای افزایش دسترسی به سطح مزارع و جنگل می‌باشد. از سوی دیگر با توجه به اینکه کاربری جنگل سطح زیادی از منطقه را پوشانده است، بیشتر آتش‌سوزی‌ها در این کاربری اتفاق افتاده است که این موضوع به دلیل نزدیکی به مناطق مسکونی و کاربری‌های کشاورزی قابل توجه می‌باشد. با توجه به اجرای عملیات گلازنی (سرشاخه‌زنی درختان بلوط) وسیعی که در سطح منطقه انجام می‌گیرد و به سبب آن تاج‌پوشش باز و تنک شده و نور کافی به آشکوب زیرین و سطح خاک جنگل می‌رسد، مناطق وسیعی از منطقه پوشش علفی خوبی دارد که در شرایط مساعد اقلیمی مواد سوختنی کافی برای آتش‌سوزی سطحی فراهم می‌کند. در پژوهش پیش‌رو در اثر عامل‌های اقلیمی، بیشترین خطر آتش‌سوزی در طبقات با دمای زیاد و بارش کم اتفاق افتاده است که این مورد به دلیل ایجاد شرایط محیطی مناسب برای آتش‌سوزی کاملاً منطقی می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده از وزن‌دهی و اهمیت عامل‌های مؤثر بر خطر آتش‌سوزی مشخص شد که به ترتیب عامل‌های توپوگرافی، اقلیمی و انسانی بیشترین اهمیت را در خطر آتش‌سوزی داشته‌اند که با نتایج مطالعات Mohammadi و همکاران (۲۰۱۰) و Mahdavi و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد.

- Lee, S. and Talib, J.A. 2005. Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis. *Journal of Environmental Geology*, 47: 982-990.
- Lymberopoulos, N., Papadopoulos, C., Stefanakis, E., Pantalos, N. and Lockwood, F. 1996. A GIS -based forest fire management information system. *EARSel Journal-Advances in Remote Sensing*, 4(1): 68-75.
- Mehregan, M.R. 2009. *Operation Research*. Publication of Ketabe Daneshgahi, Tehran, 256p (In Persian).
- Mahdavi, A., FallahShamsi, S.R. and Nazari, R. 2012. Forests and rangelands wildfire risk zoning using GIS and AHP techniques. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 10: 43-52.
- Mansouri, N., Nazari, R., Nasiri, P. and Gharagozlu, A.R. 2011. Planning forest fire crisis management using GIS & RS. *Journal of Applies RS and GIS Techniques in Natural Resource Science*, 2(3): 63-73.
- Mohammadi, F., Shabaniyan, N., Pourhashemi, M. and Fatehi, P. 2010. Risk zone mapping of forest fire using GIS and AHP in a part of Paveh Forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(4): 569-586.
- Patah, N.A., Mansor, S. and Mispan, M.R. 2000. An application of remote sensing and GIS for forest fire risk mapping. *Bulletin of Malaysian Center for Remote Sensing*: 54-67.
- Pradhan, B. and Lee, S. 2010. Delineation of land slide hazard areas on Penang Island, Malaysia, by using frequency ration, logistic regression, and artificial neural network model. *Environmental Earth Science*, 60(5): 1037-1054.
- Sanjary, S. 2007. *Application Guide to ArcGIS 9.2*. Abed Press, Tehran, 334p (In Persian).
- Sowmya, S.V. and Somashekar, R.K. 2010. Application of remote sensing and geographic information system in mapping forest fire risk zone at Bhadrawilflife sanctuary, India. *Journal of Environmental Biology*, 31(6): 969-974.
- Vadrevu, K.P. and Eaturu, A. 2009. Fire risk evaluation using multicriteria analysis-a case study. *Environmental Monitoring Assessment*, 166(4): 223-239.
- Viegas, D. 2004. Slope and wind effect on fire propagation. *International Journal of Wild Land Fire*, 13: 143-156.
- of the 1st Scientific and Technical Conference of Rural development and agriculture with emphasis on national production, Piranshahr, 14 Mar. 2013: 10p.
- Burgess, R. 2011. Development of a spatial, dynamic, fuzzy fire risk model for Chitwan District, Nepal. M.Sc. thesis, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, University of Twente, 96p.
- Chavan, M.E., Das, K.K. and Suryawanshi, R.S. 2012. Forest fire risk zonation using remote sensing and GIS in Huynial watershed, TehriGarhwal district, UA. *International Journal of Basic and Applied Research*, 2: 6-12.
- Dimopoulou, M. and Giannikos, I. 2004. Towards an integrated framework for forest fire control. *European Journal of Operational Research*, 152(2): 476-486.
- 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. *Journal of Forestry Research*, 16(3): 169-174.
- Erten, E., Kurgun, V. and Musaoglu, N. 2004. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS: A case study. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4: 1-10.
- Ghodsipour, S.H. 2010. *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Amirkabir University Press, Tehran, 222p (In Persian).
- 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.
- Lee, S. 2004. Application of frequency ratio and logistic regression models to landslide susceptibility mapping using GIS. *Journal of Environmental Management*, 34: 223-232.
- Lee, S. and Dan, N.T. 2005. Probabilistic landslide susceptibility mapping in the Lai Chau province of Vietnam: focus on the relationship between tectonic fractures and landslides. *Journal of Environmental Geology*, 48: 778-787.
- Lee, S. and Pradhan, B. 2006. Probabilistic Landslide risk mapping at Penang Island, Malaysia. *Journal of Earth System Science*, 115: 661-672.

Forest fire risk mapping using analytical hierarchy process technique and frequency ratio method (Case study: Sardasht Forests, NW Iran)

H. Beygi Heidarlou¹, A. Banj Shafiei^{2*} and M. Erfanian³

1- M. Sc. Forestry, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.

2*- Corresponding author: Assistant Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran. Email: Banedg@yahoo.com

3- Assistant Prof., Department of Range and Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.

Received: 11.13.2013

Accepted: 04.29.2014

Abstract

This research aimed at mapping the risk of wildfire based on a number of influential factors including Elevation, slope, aspect, average annual precipitation, average maximum monthly temperature, land use/land cover, distance from road, distance from river, distance from agricultural lands and population density. The study was conducted in a study site encompassing 273.3 km² near Sardasht in northwest Iran. The burned areas were initially mapped by field visits. Then, using Analytical Hierarchy Process (AHP) method, influence of each factor on occurrence of fire was compared pairwise and weights were assigned to them. The frequency ratio method was used to derive a weight for individual classes of each factor. This was followed by mapping fire risk zones based on weighted combination of digital maps of the influential factors. The zonation map was later divided in five risk classes (ranging from very high to very low) by Jenks method. Validation of the risk map indicated the 98.44 percent of the observed fires to be located in the mapped high risk zones. This represents the high accuracy of the applied technique for wildfire risk mapping across the study site.

Keywords: Sardasht, Analytical Hierarchy Process, consistency ratio, frequency ratio, forest fire risk map.