مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۵، بهار ۱۳۹۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۹/۱۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۶

صفحات: ۶۶ - ۴۹

ارزیابی و پهنه بندی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و GIS

حسن عابدی قشلاقی[۱]، خلیل ولی زاده کامران[۲]*

چکیده

جنگل‌ها به‌عنوان ریه‌های تنفسی زمین، بخشی از منابع طبیعی ما بوده که نقش مهمی را در سلامت جسمی و روانی موجودات زنده ایفا می‌کنند. آتش‌سوزی جنگل در ایران و به‌ویژه در جنگل‌های شمالی، آثار مخربی را در سیمای ظاهری این مناطق به‌جای گذاشته است. یکی از روش‌های پیشگیری و مدیریت مخاطرات ایجاد شده در زمینه آتش‌سوزی جنگل، تعیین محدوده خطر آتش‌سوزی می‌باشد. هدف از این تحقیق تعیین مناطق حساس به آتش‌سوزی در جنگل‌های نوشهر می‌باشد. پس از شناسایی عوامل مؤثر در آتش‌سوزی (شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، پوشش زمین، دما، بارندگی، فاصله از سکونتگاه، فاصله از جاده)، وزن هرکدام از معیارها و زیر معیارها با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره محاسبه و نقشه آتش‌سوزی در محیط نرم‌افزاری ARC GIS تهیه شد. نتایج نشان داد که ۱۷/۳۲ درصد از مساحت منطقه که ۳۱۱/۸ کیلومتر مربع را شامل می‌شود، در کلاس‌های خطر زیاد و بسیار زیاد و ۴۷/۸۲ درصد از مساحت منطقه که ۸۶۰/۶۷ کیلومتر مربع را شامل می‌شود، در کلاس‌های خطر کم و خیلی کم قرار گرفته است. همچنین ارزیابی نتایج به‌دست‌آمده با استفاده از ضریب آماری کاپا نشان می‌دهد که روش مورد استفاده با ضریب ۰/۶۴ از دقت خوبی در پهنه بندی خطر آتش‌سوزی جنگل برخوردار می‌باشد..

واژگان کلیدی: آتش‌سوزی جنگل، پهنه¬بندی، تصمیم‌گیری چند معیاره ، جنگل‌های نوشهر، GIS.

[۱]- کارشناسی ارشد سنجش‌ازدور وGIS ، گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه تبریز hassanabedi3@yahoo.com

[۲]- استادیار گروه سنجش‌ازدور وGIS ، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول) tabrizrsgis@gmail.com

مقدمه

آتش‌سوزی جنگل با وجود اثرات مختلف خود، بخش مهمی از اکوسیستم جنگل می‌باشد (ورما[1] و همکاران، ۲۰۱۵). اگرچه آتش‌سوزی ازنظر اکولوژیکی نقش قابل توجهی در چرخه بیوژئوشیمی و عملکرد اکوسیستم ایفا می‌کند. اما با تخریب پوشش گیاهی، اثرات منفی زیادی بر اتمسفر، محیط زیست و جنگل‌داری دارد (چویکو[2]، ۲۰۰۳). برخی دیگر از این خسارات شامل تغییر کاربری اراضی، انتشار گازهای گلخانه‌ای، برهم زدن ساختار جنگل و اتلاف مواد غذایی موجود در بخش‌های اکوسیستم ناشی از سوختن لایه گیاهی و لاش برگ است (وکالیز[3] و هکاران، ۲۰۰۴؛ الکساندریدیس[4] و همکاران، ۲۰۰۸؛ بخشنده و همکاران، ۱۳۹۰). با وجود این بسیاری از آتش‌سوزی‌های جنگل در اثر عوامل انسانی مانند آتش‌سوزی عمدی، سیگارهای دور انداخته شده، جرقه ابزار و وسایل و همچنین قوس‌های الکتریکی خطوط انتقال نیرو پدید می‌آیند (پین[5] و همکاران، ۱۹۹۶). اما بسته به مناطق جغرافیایی منشأ اصلی آتش‌سوزی جنگل می‌تواند متفاوت باشد. مثلاً در کانادا و شمال غربی چین آذرخش علت اصلی آتش‌سوزی است. در دیگر نقاط جهان دخالت انسان علت اصلی است (کروک[6]، ۲۰۰۱). افزایش در دفعات آتش‌سوزی، می‌تواند به میزان قابل توجهی ساختار، ترکیب و زیست‌توده جنگل را تغییر دهد (خود[7] و همکاران، ۲۰۱۳). لذا به‌منظور به حداقل رساندن اثرات منفی آتش‌سوزی اقداماتی برای پیشگیری و مبارزه با آن انجام شده است. پهنه‌بندی آتش‌سوزی یک عامل مهم در برنامه‌ریزی و مدیریت در حفاظت از مناطق جنگلی می‌باشد (اولیویرا[8]، ۲۰۰۲).

پژوهش‌های مختلفی درباره ارزیابی خطر آتش‌سوزی انجام شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

سلامتی و همکاران (۱۳۹۰)، نقشه خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های استان گلستان را با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با به‌کارگیری GIS تهیه کرده‌اند. در این پژوهش عوامل مؤثر در وقوع آتش‌سوزی بر اساس مقایسات زوجی وزن دهی و نقشه‌ی خطر آتش‌سوزی تهیه گردید. نتایج نشان داد که ۴۰ درصد منطقه مورد مطالعه در طبقات پرخطر و بسیار پرخطر قرار دارد. اسکندری (۱۳۹۲) به‌منظور مدل‌سازی و تهیه نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی در بخشی از جنگل‌های شمال ایران از دو روش تحلیل سلسله مراتبی فازی و همبستگی استفاده کرده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مناطق پرخطر در نقشه‌های تهیه شده با دو روش تحلیل سلسله مراتبی فازی و روش همبستگی، تطابق زیادی با مناطق آتش‌سوزی‌های گذشته داشته است، اما دقت روش همبستگی نسبت به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به‌مراتب بالاتر می‌باشد. زرع کار و همکاران (۱۳۹۲)، نقشه‌ی خطر آتش‌سوزی در سه حوضه‌ی جنگلی استان گیلان را با استفاده روش تحلیل سلسله مراتبی فازی و GIS تهیه کردند. با استفاده از تحلیل

---

[1]- Verma
[2]- Chuvieco
[3]- Vakalis
[4]- Alexandridis
[5]- Pyne
[6]- Krock
[7]- Xaud
[8]- Oliveira

سلسله مراتبی فازی، وزن تمام نقشه‌های مؤثر در آتش‌سوزی آماده‌سازی و از روی هم‌گذاری آن‌ها، نقشه‌ی خطر آتش‌سوزی تهیه شد. بررسی نتایج به دست آمده نشان داد که ۶۶ درصد از مناطق آتش‌سوزی‌های گذشته در مناطق پرخطر و بسیار پرخطر قرار گرفته‌اند. مهدوی و همکاران (۲۰۱۲)، نقشه مناطق خطر وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌های شهرستان ایلام را با استفاده از روشی سلسله مراتبی با به‌کارگیری GIS تهیه کردند. فاکتورهای مورد استفاده شامل کاربری اراضی، جاده‌ها، رودخانه‌ها و مشخصات اقلیمی، فیزیوگرافی و انسان‌ساخت بودند. سپس با استفاده از روش سلسله مراتبی وزن هرکدام از متغیرها به‌منظور ترکیب آن‌ها برای دستیابی به نقشه خطر وقوع آتش‌سوزی تعیین شد. نتایج نشان داد که ۵۰ درصد آتش‌سوزی های گذشته در مناطق با خطر بسیار زیاد و ۴۰ درصد آن‌ها در مناطق با خطر زیاد قرار گرفته‌اند که اعتبار بالای مدل ساخته شده را نشان می‌دهد. ادب و همکاران (۲۰۱۳) در مدل‌سازی ریسک آتش‌سوزی جنگل در شمال شرق ایران، از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و GIS استفاده کرده‌اند. در این تحقیق از سه شاخص به نام‌های شاخص سازه آتش، شاخص خطر آتش و شاخص ترکیب آتش استفاده شده است. همچنین از فاکتورهای رطوبت پوشش گیاهی، شیب، جهت، ارتفاع، فاصله از جاده، و نزدیکی به سکونتگاه استفاده شده است. ارزیابی شاخص‌ها با منحنی مشخصه عملکرد سیستم (ROC) نشان می‌دهد که شاخص ترکیبی آتش HFI با دقت ۷۶/۷ درصد از عملکرد بهتری نسبت به دو شاخص دیگر برخوردار می‌باشد. پور قاسمی و همکاران (۲۰۱۶) برای تهیه نقشه حساسیت آتش‌سوزی جنگل در ایران به مقایسه بین مدل‌های تابع باور شهودی و رگرسیون لجستیک باینری پرداخته‌اند. که برای این کار ابتدا ۱۵۱ مکان آتش‌سوزی با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس، بررسی‌های میدانی گسترده و برخی گزارش‌ها (جمع‌آوری شده در سال ۲۰۱۰) مشخص شد. در مرحله بعد از ۱۵ عامل مؤثر در آتش‌سوزی شامل شیب، جهت شیب و... تهیه شدند. در آخر اعتبار سنجی دو مدل توسط منحنی (ROC) نشان داد که مدل تابع باور شهودی با ۰/۸۲ (۸۲ درصد) نسبت به رگرسیون لجستیک باینری با ۰/۷۴ (۷۴ درصد) عملکرد بهتری دارد. همچنین از دیگر تحقیقاتی که محققین برای ارزیابی خطر آتش سوزی جنگل استفاده نموده اند، می توان به و همکاران، ۲۰۰۹؛ بیسکورت[۲] و همکاران، ۲۰۱۲؛ سفی[۳] و همکاران، ۲۰۱۳؛ ستیر[۴] و همکاران، ۲۰۱۵؛ گولدارگ[۵] و همکاران، ۲۰۱۶ اشاره کرد که از شبکه عصبی مصنوعی استفاده نموده‌اند.

در سال‌های اخیر با توجه به گسترش علوم و فنون سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور تحقیقات ارزشمندی در ایران، در زمینه آتش‌سوزی انجام‌شده است که البته در مقایسه با وسعت منابع طبیعی کشور، کافی به نظر نمی‌رسد، به‌طوری که در مناطق شمالی ایران تحقیقات کمی انجام شده است. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی و پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی جنگل به منظور مدیریت و کاهش خطر آتش سوزی در جنگل‌های نوشهر، ایران می‌باشد. تفاوت اصلی بین این

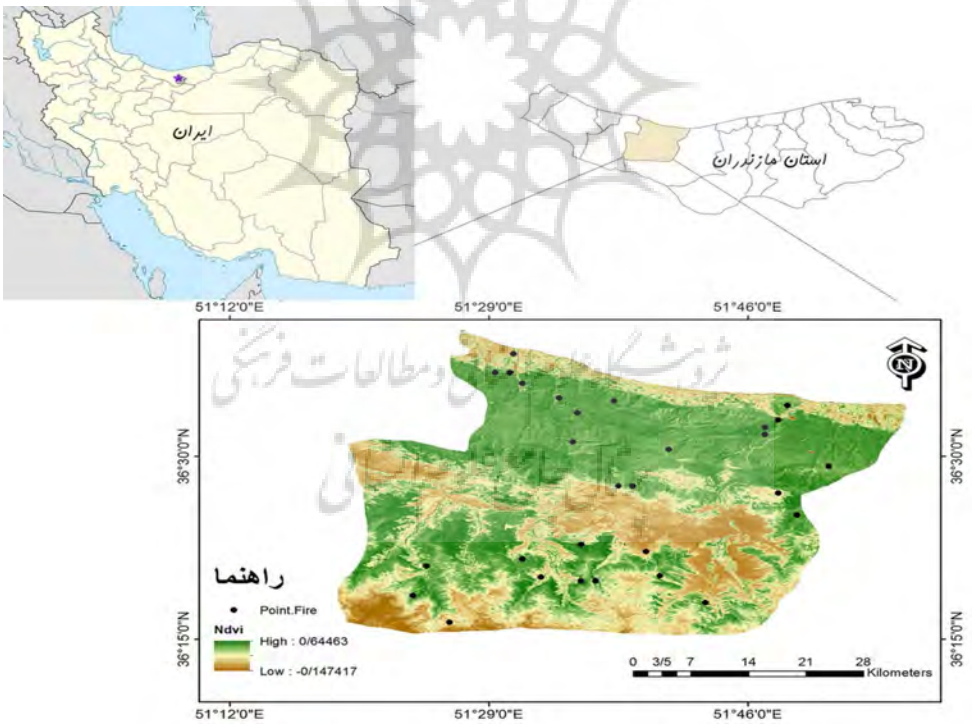
[1]- Zhang
[2]- Bisquert
[3]- Safi
[4]- Satir
[5]- Goldarag

تحقیق با تحقیقات انجام شده در استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و فاکتورهای موثر و شاخص در زمینه آتش سوزی جنگل می‌باشد.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این منطقه در برگیرنده شهرستان نوشهر می‌باشد، شهرستان نوشهر یکی از شهرستان‌های استان مازندران در شمال ایران است که از غرب به شهرستان چالوس، از شرق به شهرستان نور، از شمال به دریای خزر و از جنوب به رشته کوه‌های البرز متصل است. این منطقه از نظر توپوگرافی به دو بخش عمده جلگه‌ای- ساحلی و کوهستان تقسیم می‌شود (دیوسالار، ۱۳۹۲). مرکز این شهرستان شهر نوشهر است. این شهرستان دارای مساحت حدود ۱۸۰۰/۴۷ کیلومتر مربع می‌باشد. از نظر جغرافیایی در محدوده عرض شمالی ´۱۵ °۳۶ - ´۴۰ °۳۶ و طول شرقی ´۱۹ °۵۱ - ´۵۶ °۵۱ قرار گرفته است. همچنین در سیستم مختصات UTM در زون ۳۶ شمالی قرار دارد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی جنگل‌های نوشهر

داده‌های مورد استفاده

برای انجام این پژوهش با بررسی منابع و نظر کارشناسان متخصص، عوامل مؤثر در آتش‌سوزی شامل شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی، پوشش زمین، دما، بارندگی، فاصله از سکونتگاه و فاصله از جاده مشخص‌شده و نسبت به

گردآوری داده‌ها اقدام شده است. این داده‌ها شامل نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه قابلیت اراضی استان مازندران، تصاویر DEM (مدل رقومی ارتفاعی) SRTM با قدرت تفکیک ۳۰ متر، داده‌های اقلیمی ۱۵ ساله (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴) سازمان هواشناسی کشور و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ مربوط به سنجنده ETM^{+} (نقشه‌برداری موضوعی پیشرفته) سال ۲۰۱۶ استفاده شده است. لازم به توضیح است که این تصاویر از ۱۱ باند تشکیل شده‌اند که قدرت تفکیک مکانی آن‌ها در باندهای مرئی و مادون‌قرمز انعکاسی ۳۰ متر و در باندهای حرارتی ۱۰۰ و در باند پانکروماتیک ۱۵ متر می‌باشد. همچنین از نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰برای تصحیح هندسی این تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده است.

سپس با استفاده از این داده‌ها، لایه‌های اطلاعاتی در نرم‌افزارهای ENVI و ARC GIS تهیه شد. بدین گونه که لایه‌های شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی با استفاده از تصاویر DEM، برای لایه پوشش زمین از نقشه قابلیت اراضی استان مازندران و نقشه‌های توپوگرافی، برای لایه‌های فاصله از سکونتگاه و فاصله از جاده از نقشه‌های توپوگرافی، برای لایه‌های بارش، دما، سرعت باد از داده‌های اقلیمی سازمان هواشناسی کشور استفاده و برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای به داده‌های سطحی و تهیه نقشه رستری از روش درون‌یابی کریجینگ استفاده شد.

روش کریجینگ یکی از روش‌های پیشرفته زمین‌آمار است (گل‌محمدی و همکاران، ۱۳۸۶)، در این روش با توجه به نحوه توزیع مکانی متغیر مورد نظر به تخمین مقادیر مجهول در موقعیت‌های مکانی مطلوب و معلوم پرداخته می‌شود (ایساکس و سیرواستاوا، ۱۹۸۹؛ حبیبی و همکاران، ۱۳۹۴). در واقع روش کریجینگ یک میانگین متحرک وزن‌دار است (جلالی و همکاران، ۱۳۹۲)، که به عنوان بهترین تخمین گر خطی نا اریب شناخته می‌شود (مهر شاهی و خسروی، ۱۳۸۷). مبنای روش کریجینگ خطی رابطه ۱ است (فتحی هفشجانی و همکاران، ۱۳۹۳).

$$F(x.y) = \sum_{i=1}^{n} w_i \times f_i \qquad (۱)$$

در این رابطه $F(x.y)$ مقدار تخمین زده شده شاخص در نقطه‌ای با مختصات x و y؛ n تعداد نقاط اندازه‌گیری شده؛ w_i وزن نسبت داده شده به نقطه i و f_i مقادیر شاخص در نقطه اندازه‌گیری i است.

به منظور ارزیابی کارایی روش درون‌یابی کریجینگ از دو روش میانگین مربع خطا (RMSE) و معیار اریب خطا (MBE) بین مقادیر محاسبه شده و مشاهده‌ای استفاده شد. که هر چه دو مقدار فوق به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان دهنده بالا بودن دقت مدل می‌باشد.

RMSE و MBE به صورت روابط زیر محاسبه می شود (جلالی و همکاران، ۱۳۹۲)

$$MBE = 1/n \sum_{i=1}^{n} (z^{*}(xi) - z\,(xi)) \qquad (۲)$$

$$RMSE - \sqrt{1/n} \sum_{i=1}^{n} (z(xi) - z'\,(xi))\,\hat{}\,2 \qquad (۳)$$

که در آن z’(xi) مقادیر پیش‌بینی شده و z (xi) مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد.

همچنین در این پژوهش به منظور تعیین و استخراج مکان‌های آتش‌سوزی جنگل در منطقه مورد مطالعه (مناطقی که قبلاً در آن آتش‌سوزی رخداده) از گزارش حریق‌های حادث شده توسط اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری

استان مازندران – نوشهر، داده‌های سنجنده MODIS و بررسی‌های میدانی گسترده استفاده شده است. شناسایی این مناطق، به‌منظور ارزیابی نقشه نهایی، نحوه پراکنش و شناخت کلی از مناطقی حساسی که قبلاً در آن آتش‌سوزی رخداده، ضروری می‌باشد.

روش پژوهش

روش تصمیم‌گیری چند معیاره شامل یک سری از تکنیک‌ها و روش‌ها است که اجازه می‌دهد، طیفی از معیارهای وابسته به یک مبحث امتیازدهی و وزن دهی شده و سپس توسط کارشناسان و متخصصین رتبه‌بندی شوند. تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه (MCDM) شامل تکنیک‌هایی است که به فرآیند تصمیم‌گیری در میان معیارهای متفاوت و در مواردی متناقض با یکدیگر می‌پردازد (کولسون و دبران[1]، ۱۹۸۹). هدف از ارزیابی چند معیاره، انتخاب بهترین جایگزین بر مبنای رتبه‌بندی آن‌ها از طریق ارزیابی چند معیار اصلی است. یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، روش ترکیب خطی وزن‌دار می‌باشد. روش ترکیب خطی وزن‌دار WLC می‌تواند با استفاده از GIS و قابلیت‌های همپوشانی این سیستم اجرا شود. در این روش میزان مطلوبیت که هدف پژوهش می‌باشد بر اساس مجموع ارزش‌های استاندارد شده هر معیار در وزن هر معیار به دست می‌آید (ووقد[2]، ۱۹۸۳؛ سوجادا[3] و همکاران، ۲۰۱۵).

میزان مطلوبیت به صورت رابطه زیر محاسبه می شود (پنتیوس[4] و همکاران، ۲۰۰۱)

$$SW = \sum_{i=1}^{n} wi * si \qquad (۴)$$

در رابطه فوق SW میزان مطلوبیت، Wi وزن هر معیار، Si ارزشی استاندارد شده هر معیار می‌باشد.

برای به دست آوردن ارزش استاندار شده هر معیار اقدام به فازی‌سازی لایه‌ها، و برای وزن دهی به آن‌ها، اقدام به وزن‌دهی به روش فرآیند تحلیل شبکه برای فاکتورهای ذکر شده گردید.

استاندارد سازی لایه‌ها: منطق فازی روشی است که درستی هر چیزی را با یک عدد که مقدار آن بین صفر و یک است نشان می‌دهد. منطق فازی با نگاهی خاکستری به جهان واقعیت، در پی آن است که حقایق خارجی را به‌طور کامل و آن‌گونه که هست به تصویر بکشد. مثلاً اگر رنگ سیاه را عدد صفر و رنگ سفید را عدد یک در نظر بگیریم آنگاه رنگ خاکستری عددی نزدیک به صفر خواهد بود (کرم و یعقوب نژاد اصل، ۱۳۹۲). یک زیر مجموعه فازی را می‌توان این گونه تعریف کرد (کرد و همکاران، ۱۳۹۴):

$$\tilde{A} = \{(X.\ \mu(X))/X \in X\} \qquad (۵)$$

[1]- Colson and De Bruyn
[2]- Voogd
[3]- Sujatha
[4]- Pontius

در این رابطه X: میزان عضویت عنصر، $\mu(X)$: درجه‌ای از عضویت برای هر عنصر و A: مجموعه فازی است که دامنه آن از صفر تا ۱ می‌باشد. به عبارت دیگر، اگر درجه عضویت یک عنصر از مجموعه برابر با صفر باشد، آن عضو کاملاً از مجموعه خارج است و اگر درجه عضویت یک عضو برابر با یک باشد، آن عضو کاملاً در مجموعه قرار دارد. حال اگر درجه عضویت یک عضو مابین صفر و یک باشد، این عدد بیانگر درجه عضویت تدریجی می‌باشد.

پس از اعمال توابع بر روی لایه‌ها، مقدار ارزش هر یک از لایه‌ها در بازه‌ی بین ۰ و ۱ قرار می‌گیرند. به‌طوری که سطوح با بیشترین تأثیر در رخداد آتش‌سوزی بالاترین مقدار عددی یعنی ۱ و سطوح با کمترین تأثیر در رخداد آتش‌سوزی پایین‌ترین مقدار یعنی ۰ را به دست می‌آورند.

وزن‌دهی به لایه‌ها: توماس.ال.ساعتی فرایند تحلیل شبکه‌ای را به منظور غلبه بر مسائل مربوط به وابستگی و بازخورد میان معیارها و زیر معیارها در سال ۱۹۹۶ پیشنهاد کرده است (هونگ[1]، ۲۰۱۱). فرآیند محاسبه وزن نهایی برای پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی جنگل در مدل فرآیند تحلیل شبکه به شرح زیر می‌باشد:

گام اول، پایه‌ریزی مدل و ساختار مسئله؛ گام دوم، ماتریس مقایسات زوجی و برآورد وزن نسبی؛ گام سوم، تشکیل سوپر ماتریس اولیه؛ گام چهارم، تشکیل سوپر ماتریس وزنی؛ گام پنجم، محاسبه بردار وزنی عمومی؛ گام ششم، محاسبه وزن نهایی معیارها.

برای اعتبار سنجی مقایسات زوجی، بایستی نرخ سازگاری(CR) محاسبه شود. اگر CR کمتر از ۰/۱ باشد، مقایسات زوجی قابل قبول است، در غیر این صورت کلیه‌ی وزن‌ها محاسبه شده باید نرمالیزه شوند. از طریق روابط زیر می‌توان شاخص و نرخ سازگاری را محاسبه نمود (عیسالو[2] و همکاران، ۲۰۱۳).

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (۶)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (۷)$$

جدول ۱: میانگین(RI) برای ماتریس‌هایی با اندازه‌های مختلف

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
(RI)	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹۰	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹	۱/۵۱	۱/۴۸	۱/۵۶	۱/۵۷	۱/۵۹

منبع: (ساعتی[3]، ۱۹۹۰؛ چانگ[4] و همکاران، ۲۰۰۷؛ عیسالو و همکاران، ۲۰۱۳)

لازم به توضیح است دقت روش مورد استفاده در بررسی حاضر می‌تواند با استفاده از ضریب کاپا مورد ارزیابی قرار گیرد. ضریب کاپا یک تکنیک ناپیوسته چند متغیره برای ارزیابی صحت می‌باشد و به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

[1]- Hung
[2]- Isalou
[3]- Saaty
[4]- Chang

جدول ۲: ماتریس مشاهده‌ای و پیش‌بینی

	Positive	Negative
Positive	A	b
Negative	C	d

در ماتریسی فوق :

a: تعداد نقاطی هستند که در مشاهده نقاط آتش‌سوزی و هم در پیش‌بینی به‌عنوان نقاط آتش‌سوزی هستند، b: تعداد نقاطی هستند که در مشاهده نقاط آتش‌سوزی و در پیش‌بینی به‌عنوان نقاط غیر آتش‌سوزی هستند، c: تعداد نقاطی هستند که در مشاهده نقاط غیر آتش‌سوزی و در پیش‌بینی به‌عنوان نقاط آتش‌سوزی هستند، d: تعداد نقاطی هستند که هم در مشاهده و هم در پیش‌بینی به‌عنوان نقاط غیر آتش‌سوزی هستند.

مقدار ضریب کاپا را از روابط زیر محاسبه می‌کنیم (بلواسی، ۱۳۹۳).

$$\text{ضریب کاپا} = \frac{\text{توافق پیش بینی} - \text{توافق مشاهده ای}}{\text{توافق پیش بینی} - ۱} \quad (۸)$$

$$\text{توافق مشاهده ای} = \frac{a+d}{a+b+c+d} \quad (۹)$$

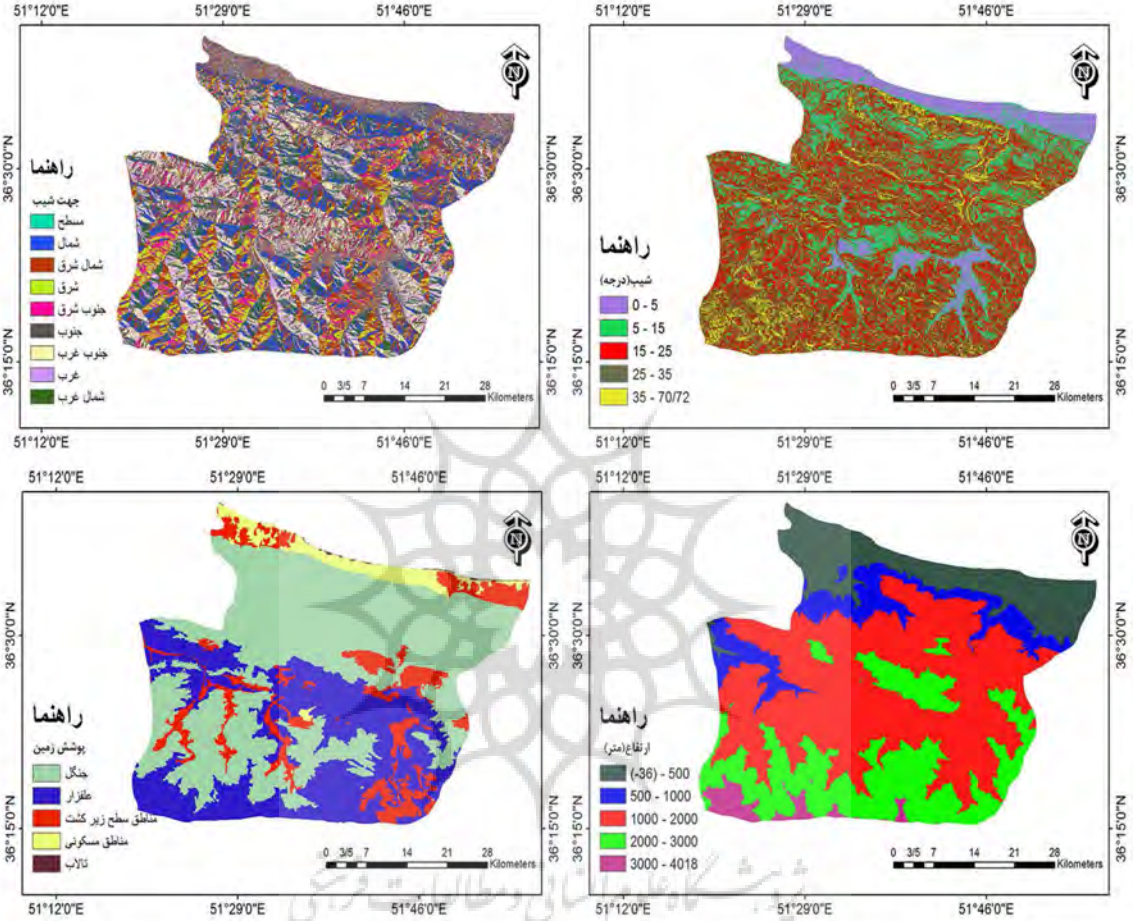
$$\text{توافق پیش بینی} = \left(\frac{a+c}{N} \times \frac{a+b}{N}\right) + \left(\frac{b+d}{N} \times \frac{c+d}{N}\right) \quad (۱۰)$$

پس از محاسبه ضریب کاپا اگر مقدار آن بین ۰ تا ۲۰ درصد باشد بین مشاهده و پیش‌بینی توافقی وجود ندارد، اگر ضریب کاپا بین ۲۰ تا ۴۰ درصد باشد توافق ناچیز، اگر ضریب کاپا بین ۴۰ تا ۶۰ درصد باشد توافق متوسط، اگر ضریب کاپا بین ۶۰ تا ۸۰ درصد باشد توافق خوب و اگر ضریب کاپا بین ۸۰ تا ۱۰۰ درصد باشد توافق بین مشاهده و پیش‌بینی عالی خواهد بود.

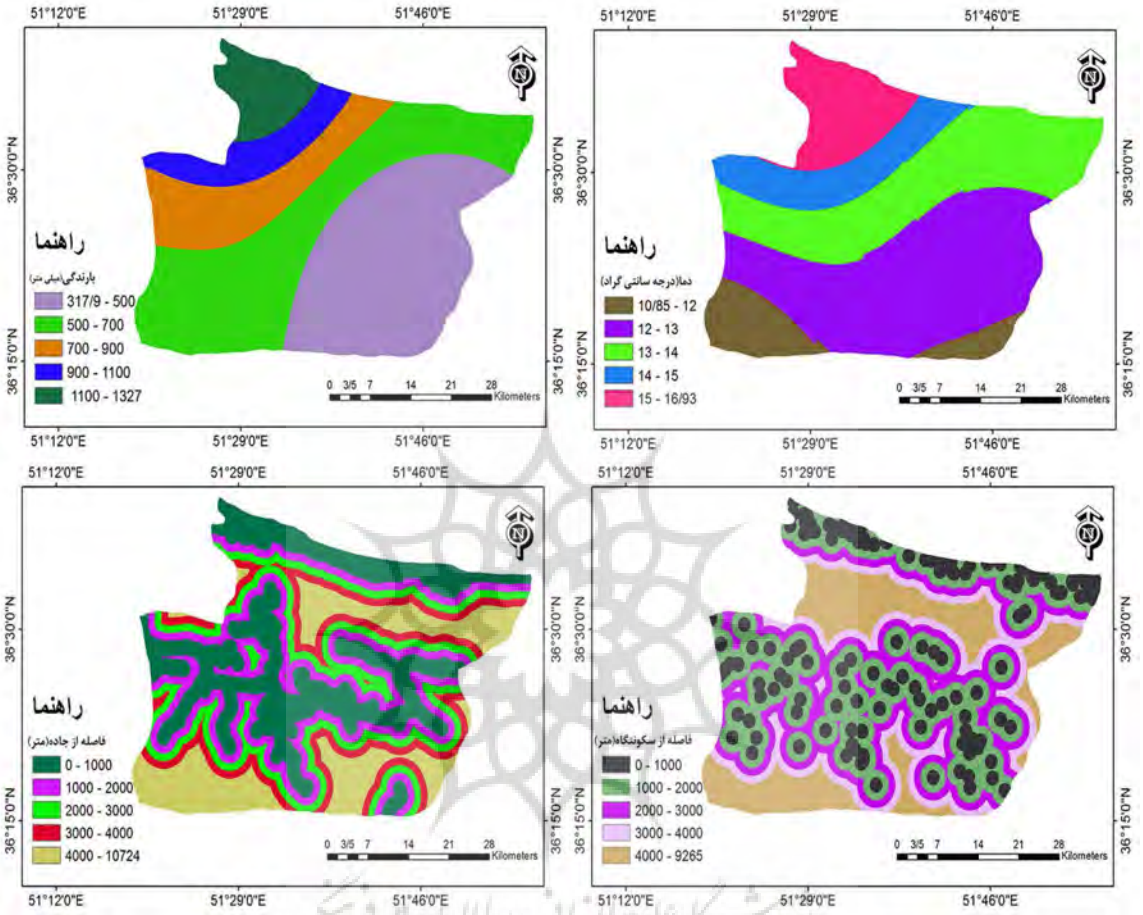
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

یافته‌های تحقیق

در این پژوهش برای پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی جنگل از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به روش ترکیب خطی وزن‌دار (Weighted Linear Combination) در محیط ARC GIS استفاده گردید. سپس زیر معیارهای طبقه‌بندی شده با توجه به اهمیت آن‌ها در آتش‌سوزی با نظر کارشناسان و متخصصان جنگلداری فازی سازی و در مدل فرآیند تحلیل شبکه وزن‌دهی گردیده و سپس با روش ترکیب خطی وزن‌دار مدل‌سازی، و به صورت نقشه پهنه‌بندی شده خطر آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه تهیه گردید.



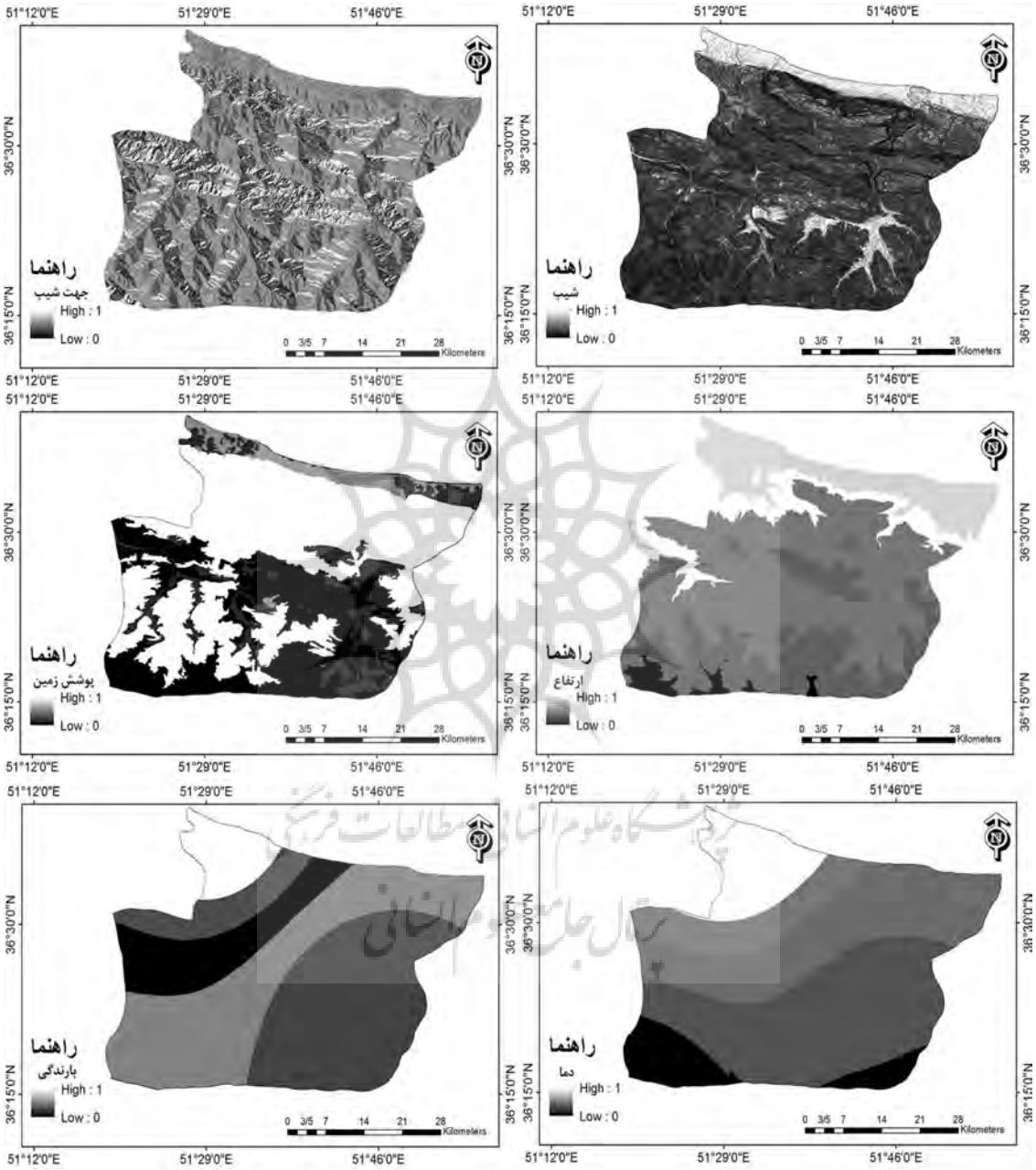
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

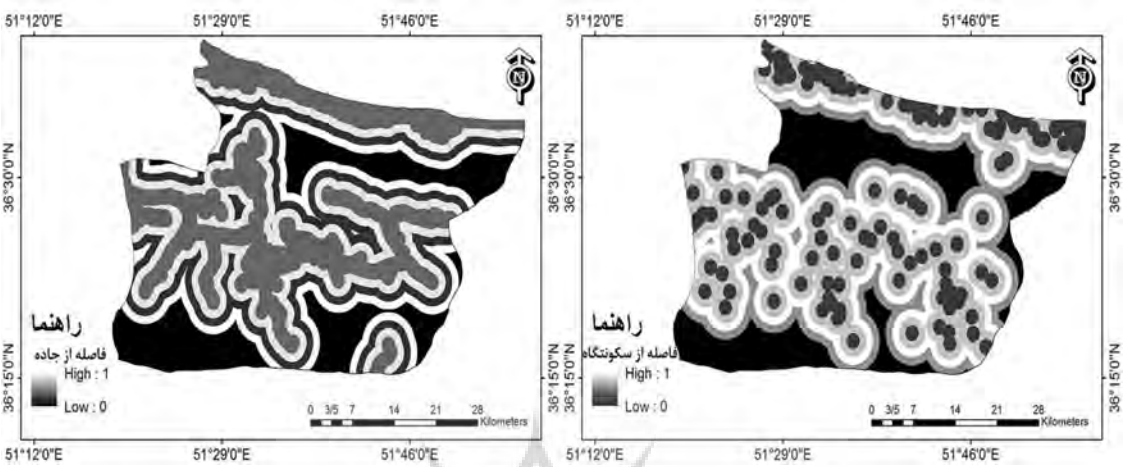


شکل ۲: نقشه لایه‌های استفاده شده در پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی جنگل

بعد از تهیه لایه‌های مؤثر در آتش‌سوزی جنگل، برای زیرمعیارها و یا طبقه‌های هر یک از معیارها (برای وارد شدن به مدل میانگین خطی وزن‌دار) با استفاده از روش فازی سازی و بر اساس میزان اهمیت آن‌ها در وقوع آتش‌سوزی، تابع عضویت تعیین شد. میزان عضویت یک عنصر در یک مجموعه، با مقداری بین ۰ تا ۱ می‌باشد، که در آن صفر به عنوان عدم عضویت کامل و یک به عنوان عضویت کامل در نظر گرفته می‌شود.

جهت انجام این مرحله از ابزار Arc Toolbox در محیط Fuzzy Membership استفاده شده است. در واقع تعیین تابع عضویت فازی، همان استاندارد سازی پارامترها است که یکی از مراحل مهم در روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) می‌باشد. برای تعیین عضویت فازی روش‌های گوناگونی ازجمله تابع گوسین، تعریف شده توسط کاربر و خطی (Linear) وجود دارد که در این تحقیق با توجه به ماهیت لایه‌های مورد استفاده از توابع خطی و تعریف شده توسط کاربر استفاده گردیده است.

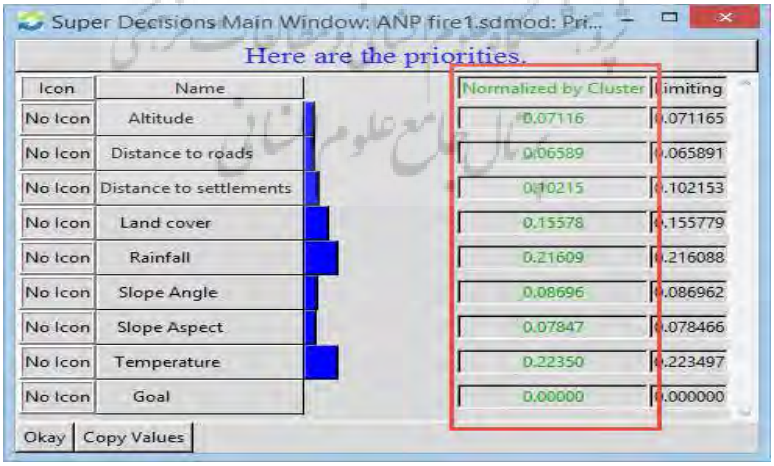

راهنما
جهت شیب
High : 1
Low : 0
راهنما
شیب
High : 1
Low : 0
راهنما
پوشش زمین
High : 1
Low : 0
راهنما
ارتفاع
High : 1
Low : 0
راهنما
بارندگی
High : 1
Low : 0
راهنما
دما
High : 1
Low : 0
51°12'0"E
51°29'0"E
51°46'0"E
36°30'0"N
36°15'0"N
0 3/5 7 14 21 28
Kilometers



شکل ۳: نقشه لایه‌های فازی شده در پهنه بندی خطر آتش‌سوزی جنگل

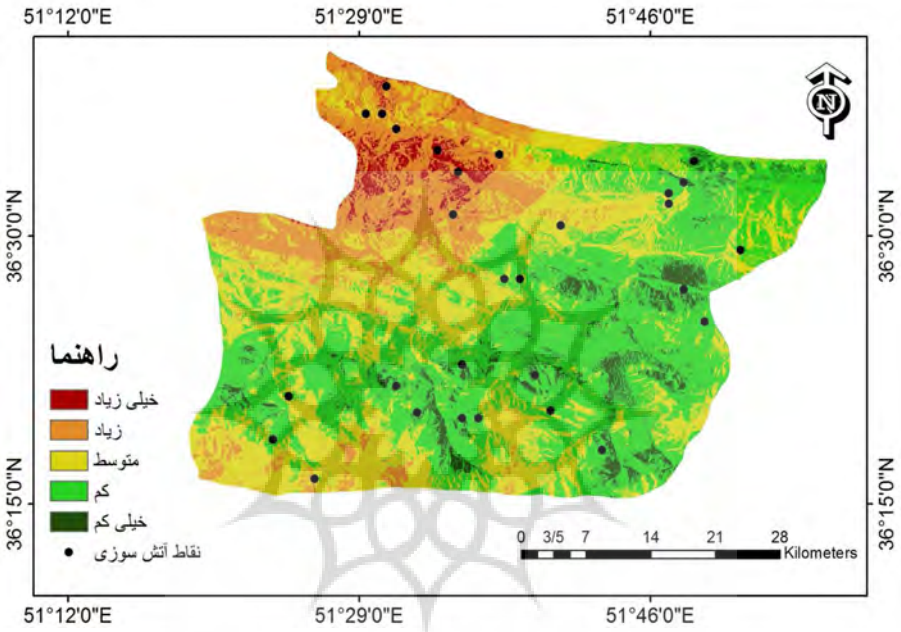
سپس به‌منظور وزن دهی به لایه‌ها، با توجه به مسئله تحقیق یک مدل شبکه‌ای دو لایه متشکل از لایه هدف و لایه معیارها و طراحی و سازمان‌دهی شد. سپس مقایسه زوجی خوشه‌ها با استفاده از روابط به دست آمده از طریق پرسشنامه و تکنیک دیماتل که توسط متخصصان و کارشناسان جنگلداری تهیه شده بود، در محیط نرم‌افزاری Super Decision انجام و سه ابر ماتریس غیر وزنی، وزنی و حدی، به همراه ضرایب هر یک از عناصر مؤثر در آتش‌سوزی جنگل به دست آمد.

در مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای میزان نرخ ناسازگاری نباید بیش از ۰/۱ باشد، که برای مدل انجام شده برابر ۰/۰۶۷۹۱ بوده و قابل قبول می‌باشد.



شکل ۴: ضرایب استخراج شده از مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای

با اعمال مدل تصمیم‌گیری چند معیاره ترکیب خطی وزن‌دار بر روی لایه‌های تولید شده، این فرآیند در محیط ARC GIS بر روی لایه‌های اطلاعاتی فوق اعمال گردید و در نهایت نقشه خطر آتش‌سوزی به دست آمد. نقشه فوق در ۵ کلاس خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم طبقه‌بندی شده است.



شکل ۵: نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره

بررسی نقشه تهیه شده نشان می‌دهد که به ترتیب ۳۷/۷۸، ۲۷۴/۰۲، ۶۲۸/۰۵، ۷۷۵/۵۶ و ۸۵/۱۱ کیلومتر مربع از سطح جنگل‌های نوشهر در کلاس‌های خطر خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم قرار دارد. همچنین قسمت‌های شمال غرب و غرب منطقه دارای پتانسیل بالای آتش‌سوزی و قسمت شرقی دارای کمترین پتانسیل آتش‌سوزی می‌باشد.

جدول ۳: درصد مساحت نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره

ردیف	کلاس‌های خطر	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
۱	خیلی زیاد	۳۷/۷۸	۲/۱
۲	زیاد	۲۷۴/۰۲	۱۵/۲۲
۳	متوسط	۶۲۸/۰۵	۳۴/۸۹
۴	کم	۷۷۵/۵۶	۴۳/۰۹
۵	خیلی کم	۸۵/۱۱	۴/۷۳

ارزیابی دقت روش مورد استفاده

در این تحقیق برای ارزیابی و طبقه‌بندی نتایج خروجی روش مورد استفاده در پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی جنگل از ضریب آماری کاپا استفاده شده است. بدین منظور ابتدا ماتریس مشاهده و پیش‌بینی مربوط به تصمیم‌گیری چند معیاره تشکیل شد.

جدول ۴: ماتریس مشاهده و پیش‌بینی تصمیم‌گیری چند معیاره

		نقاط پیش‌بینی	
		تعداد نقاط آتش‌سوزی	تعداد نقاط بدون آتش‌سوزی
نقاط مشاهده‌ای	تعداد نقاط آتش‌سوزی	۲۵	۵
	تعداد نقاط بدون آتش‌سوزی	۶	۲۴

توافق مشاهده‌ای برای مدل شبکه عصبی مصنوعی ۰/۸۲، توافق پیش‌بینی شده ۰/۵۰ و ضریب کاپا ۰/۶۴ درصد محاسبه شده است.

مقدار شاخص آماری کاپا(kappa) که مقایسه و ارزیابی روش‌ها را در قیاس با یکدیگر نشان می‌دهد در تصمیم‌گیری چند معیاره ۶۴ درصد به دست آمد، و چون در بازه بین ۶۰ تا ۸۰ درصد قرار گرفته، نشان دهنده توافق خوب می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نقشه پهنه‌بندی شده خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های نوشهر، پهنه‌های با خطر آتش‌سوزی بسیار زیاد و زیاد در قسمت‌های شمال غرب و غرب منطقه مورد مطالعه واقع گردیده‌اند. بیشترین مساحت حوضه مورد مطالعه در کلاس با پتانسیل آتش‌سوزی کم قرار دارد که ۴۳/۰۹ درصد از کل منطقه را در بر می‌گیرد. پتانسیل آتش‌سوزی در کلاس بسیار زیاد که ۲/۱ درصد از جنگل‌های نوشهر را در بر می‌گیرد ازنظر نوع پوشش زمین بر روی اراضی جنگلی و علفزار منطبق است. همچنین از نظر دما و بارندگی در حد میانی کلاس‌ها قرار داشته و از نظر عامل شیب بیشتر بر روی شیب ۵ - ۱۵ درجه منطبق است. بررسی ضرایب استخراج شده از مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای نشان می‌دهد که در رابطه با خطر وقوع آتش سوزی جنگل، عامل دما با ضریب ۰/۲۲۳ و بارندگی با ضریب ۰/۲۱۶ نسبت به عوامل دیگر دارای بیشترین میزان اهمیت می‌باشد که با نتایج اگینیو[1] و همکاران (۲۰۱۶)، پور تقی و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد. ارزیابی نتایج بدست‌آمده از تصمیم‌گیری چند معیاره با استفاده از ضریب آماری کاپا نشان می‌دهد که روش مورد استفاده با ضریب ۰/۶۴ از دقت خوبی در پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی جنگل برخوردار می‌باشد. بنابراین نقشه بدست‌آمده 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

[1]- Eugenio

آتش‌سوزی جنگل در منطقه، پیشنهاد می‌شود که ساخت و سازها و تغییر کاربری و تبدیل اراضی از کاربری جنگل به کاربری کشاورزی مورد توجه بیشتر ادارات ذی‌ربط، به ویژه اداره منابع طبیعی قرار گیرد.

منابع

اسکندری، سعیده (۱۳۹۲)، ارائه الگوی پتانسیل آتش‌سوزی جنگل و گسترش آن با استفاده از RS و GIS، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشکده‌ی منابع طبیعی.

بخشنده سواد رودباری، مریم؛ مروی مهاجر، محمدرضا (۱۳۹۰)، بررسی تغییرات پوشش علفی جنگل بعد از آتش‌سوزی، مجموعه مقالات نخستین همایش بین المللی در عرصه های منابع طبیعی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

بلواسی، ایمان (۱۳۹۳)، مقایسه مدل شبکه عصبی مصنوعی با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در ارزیابی خطر زمین‌لغزش با استفاده از GIS (مطالعه موردی : حوضه آبریز الشتر) ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تبریز.

جلالی، قباد؛ طهرانی، محمد مهدی؛ برومند، ناصر. و سنجری، صالح (۱۳۹۲)، مقایسه روش‌های زمین‌آمار در تهیه نقشه پراکنش مکانی برخی عناصر غذایی در شرق استان مازندران. فصلنامه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). جلد ۲۷، صص ۱۹۶- ۲۰۴.

حبیبی، محمد حسین؛ ندیری، عطا الله و اصغری مقدم، اصغر (۱۳۹۴)، ارائه مدل ترکیبی ژنتیک - کریجینگ برای پیش‌بینی زمانی و مکانی سطح آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت هادی شهر). مجله تحقیقات منابع آب ایران، سال ۱۱، شماره ۳، صص ۸۵- ۹۹.

دیوسالار، اسداله (۱۳۹۲)، بررسی نقش ژئوتوریسم در توسعه پایدار فرهنگی شهرهای ساحلی مورد مطالعه: شهرستان های نوشهر و چالوس، مجله آمایش جغرافیایی فضا ، سال سوم، شماره ۴ ،صص ۷۹-۹۸.

زرع کار، آزاده؛ کاظمی زمانی، بهاره؛ قربانی، ساره؛ عاشق معلا، مریم و جعفری، حمیدرضا (۱۳۹۲)، تهیه نقشه پراکندگی فضایی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: سه حوزه جنگلی در استان گیلان)، تحقیقات جنگلی و صنوبر ایران، جلد ۲۱ شماره ۲، صص ۲۱۸-۲۳۰.

سلامتی، حمید؛ مصطفی لو، حمید؛ مستوری، علی و هنردوست، فرهاد (۱۳۹۰)، ارزیابی و تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از GISدر جنگل‌های استان گلستان، مجموعه مقالات نخستین همایش بین المللی آتش‌سوزی در عرصه های منابع طبیعی، گرگان.

فتحی هفشجانی، الهام؛ بیگی هرچگانی، حبیب الله؛ داودیان دهکردی، علیرضا و طباطبایی، سید حسن (۱۳۹۳)، مقایسه چند روش درونیابی مکانی و انتخاب مناسب ترین روش برای پهنه بندی نیترات و فسفات در آب زیرزمینی شهرکرد، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال چهارم، شماره ۱۵، صص ۵۱-۶۳.

کرد، مهدی؛ اصغری مقدم، اصغر و نخعی، محمد (۱۳۹۴)، مدل سازی کمّی توزیع نیترات در آبخوان دشت اردبیل با استفاده از منطق فازی، نشریه محیط شناسی، دوره ۴۱، شماره ۱، صص ۶۷-۷۹.

کرم، امیر؛ یعقوب نژاد اصل، نازیلا (۱۳۹۲)، کاربرد منطق فازی در ارزیابی تناسب زمین برای توسعه کالبدی شهر (مطالعه موردی: کلان‌شهر کرج)، فصل‌نامه علمی پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران، سال یازدهم، شماره ۳۶ ،صص ۲۳۱-۲۴۸.

گل محمدی، گلمر.؛ معروفی، صفر و محمدی، کورش (۱۳۸۶)، منطقه‌ای نمودن ضریب رواناب در استان همدان با استفاده از روش‌های زمین‌آماری و GIS. فصلنامه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال دوازدهم. شماره ۴۶، صص ۵۰۱- ۵۱۴.

مهر شاهی، داریوش؛ خسروی، یونس (۱۳۸۷)، ارزیابی روش‌های میانیابی کریجینگ و رگرسیون خطی بر پایه‌ی مدل ارتفاعی رقومی جهت تعیین توزیع مکانی بارش سالانه (مطالعه‌ی موردی استان اصفهان). فصلنامه‌ی برنامه‌ریزی و آمایش فضا. دوره چهاردهم، شماره ۴، صص ۲۳۳- ۲۴۹.

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), pp.1723-1743.

Alexandridis, A., Vakalis, D., Siettos, C.I. and Bafas, G.V., (2008), A cellular automata model for forest fire spread prediction: The case of the wildfire that swept through Spetses Island in 1990. Applied Mathematics and Computation, 204(1), pp.191-201.
Bisquert, M., Caselles, E., Sánchez, J.M. and Caselles, V., (2012), Application of artificial neural networks and logistic regression to the prediction of forest fire danger in Galicia using MODIS data. International Journal of Wildland Fire, 21(8), pp.1025-1029.
Chang, C.W., Wu, C.R., Lin, C.T. and Lin, H.L., (2007), Evaluating digital video recorder systems using analytic hierarchy and analytic network processes. Information Sciences, 177(16), pp.3383-3396.
Chuvieco, E. ed., (2003), Wildland fire danger estimation and mapping: the role of remote sensing data (Vol. 4). World Scientific.
Colson, G. and De Bruyn, C., (1989), Models and methods in multiple objectives decision making. Mathematical and Computer Modelling, 12(10-11), pp.1201-1211.
Eugenio, F.C., Dos Santos, A.R., Fiedler, N.C., Ribeiro, G.A., da Silva, A.G., Dos Santos, Á.B., Paneto, G.G. and Schettino, V.R., (2016), Applying GIS to develop a model for forest fire risk: a case study in Espírito Santo, Brazil. Journal of environmental management, 173, pp.65-71.
Goldarag, Y.J., Mohammadzadeh, A. and Ardakani, A.S., (2016), Fire Risk Assessment Using Neural Network and Logistic Regression. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, pp.1-10.
Hung, S.J., (2011), Activity-based divergent supply chain planning for competitive advantage in the risky global environment: A DEMATEL-ANP fuzzy goal programming approach. Expert Systems with Applications, 38(8), pp.9053-9062.
Isaaks, E.H., and Srivastava, R.M., (1989), Applied Geostatistics: Oxford University Press. New York, p.561.
Isalou, A.A., Zamani, V., Shahmoradi, B. and Alizadeh, H., (2013), Landfill site selection using integrated fuzzy logic and analytic network process (F-ANP). Environmental earth sciences, 68(6), pp.1745-1755.
Krock, L., (2001), Accidental Discoveries. Public Broadcasting Service Website. NOVA) http://www.pbs.org/wgbh/nova/body/accidental-discoveries.html.
Mahdavi, A., Fallahshamsi, R., Nazari, R. and Heidari, M., (2011), Provision of fire risk map in forest and pasture lands in Ilam city using AHP. Proceeding of the First International Conference on Fire in Natural Resources, Gorgan, Iran, 26-28 Oct.: pp.65-78.
Oliveira, D.S., (2002), Zoneamento de Risco de Inc^endios Florestais no Norte de Santa Catarina ([Forest Fire Risk Zoning in Northern Santa Catarina, Brazil]). Thesis (Masters in Forestry). Setor de Ci^encias Agrarias, Universidade Federal do Parana [Agricultural Sciences Division, Federal University of Parana], Curitiba.
Pontius, R.G., Cornell, J.D. and Hall, C.A., (2001), Modeling the spatial pattern of land-use change with GEOMOD2: application and validation for Costa Rica. Agriculture, Ecosystems & Environment, 85(1), pp.191-203.
Pourghasemi, H.R., (2016), GIS-based forest fire susceptibility mapping in Iran: a comparison between evidential belief function and binary logistic regression models. Scandinavian Journal of Forest Research, 31(1), pp.80-98.
Pourtaghi, Z.S., Pourghasemi, H.R. and Rossi, M., (2015), Forest fire susceptibility mapping in the Minudasht forests, Golestan province, Iran. Environmental Earth Sciences, 73(4), pp.1515-1533.
Pyne, S.J., Andrews, P.L. and Laven, R.D., (1996), Introduction to Wildland Fire (No. Ed. 2). John Wiley and Sons.
Saaty, T.L., (1990), How to make a decision: the analytic hierarchy process. European journal of operational research, 48(1), pp.9-26.
Safi, Y. and Bouroumi, A., (2013), Prediction of forest fires using artificial neural networks. Applied Mathematical Sciences, 7(6), pp.271-286.
Satir, O., Berberoglu, S. and Donmez, C., (2015), Mapping regional forest fire probability using artificial neural network model in a Mediterranean forest ecosystem. Geomatics, Natural Hazards, and Risk, pp.1-14.
Sujatha, E.R. and Rajamanickam, G.V., (2015), Landslide hazard and risk mapping using the weighted linear combination model applied to the Tevankarai stream watershed, Kodaikkanal, India. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 21(6), pp.1445-1461.
Vakalis, D., Sarimveis, H., Kiranoudis, C., Alexandridis, A. and Bafas, G., (2004), A GIS-based operational system for wildland fire crisis management I. Mathematical modeling and simulation. Applied Mathematical Modelling,28(4), pp.389-410.
Verma, K.T.V., Mani, S. and Shanmuganathan Jayakumar, S., (2015), Monitoring Changes in Forest Fire Pattern in Mudumalai Tiger Reserve, Western Ghats India, using Remote Sensing and GIS. Global Journal of Science Frontier Research, 15(4), pp.12-20.
Voogd H., (1983), Multi-criteria Evaluations for Urban and Regional Planning. Princeton University, Princeton, NJ, USA.
Xaud, H.A.M., Martins, F.D.S.R.V. and dos Santos, J.R., (2013), Tropical forest degradation by mega-fires in the northern Brazilian Amazon. Forest Ecology and Management, 294, pp.97-106.

Zhang, D., Han, S., Zhao, J., Zhang, Z., Qu, C., Ke, Y. and Chen, X., (2009), April. Image based forest fire detection using dynamic characteristics with artificial neural networks. In Proceedings of the 2009 International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 290-293.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Evaluation and zoning of forest fire risk using multi-criteria decision-making techniques and GIS

Hassan Abedi Gheshlaghi[1], Khalil Valizadeh Kamran*[2]

Received: 2016-12-08 Accepted: 2017-05-27

Abstract

Forests as the lung of land part of our natural resources have an important role to play in the physical and mental health of living beings. Forest fires in Iran and especially in boreal forests had been devastating effects on the appearance of these areas. One method of prevention and risk management established within the field of forest fires is a determination of hazard distance. The purpose of this study was to determine areas vulnerable to fires in Noshahr forests. After identifying the factors contributing to the fire (slope, aspect, elevation, land cover, temperature, precipitation, distance from settlements, distance from roads), weights each of criteria and sub-criteria calculated using multi-criteria decision-making techniques and fire map were prepared in the environment ARC GIS software. The results showed that 17.32 percent of the area which is 311.8 Km² in classes risk high and very high and 17.32 percent of the area which is 311.8 Km² are located in classes risk low and very low. Furthermore, evaluate result's using of kappa statistics coefficient shows that the methods used with coefficient 0.64 are of a good accuracy zoning the forest fire risk.

Keywords: Forest Fire, Zoning, Multi-criteria decision-making, Noshahr forests, GIS.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[1]- MSc of GIS & RS, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography and Planning, University of Tabriz, Iran
[2]*- Assistant Prof., Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography and Planning, University of Tabriz, Iran tabrizrsgis@gmail.com