فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۱ شمارهٔ ۲، صفحهٔ ۲۳۰-۲۱۸، (۱۳۹۲)

تهیه نقشه پراکندگی فضایی خطر آتش سوزی جنگل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: سه حوزه جنگلی در استان گیلان)

آزاده زرع کار[۱*]، بهاره کاظمی زمانی[۱]، ساره قربانی[۱]، مریم عاشق معلا[۱] و حمیدرضا جعفری[۲]

[۱*]- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد، گروه برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران. پست‌الکترونیک: azadeh_zarekar@ut.ac.ir

[۱]- کارشناس ارشد، برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران

[۲]- استادیار، گروه برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۱/۷/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۲/۲/۹

چکیده

آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع باعث نابودی بخش عظیمی از منابع‌طبیعی می‌شود. از آنجا که عوامل متعددی در وقوع حریق نقش دارند، پیش‌بینی دقیق زمان و مکان وقوع آتش‌سوزی امری دشوار است اما با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌توان به صورت مکاندار، نقاط دارای خطر بالای آتش‌سوزی را شناسایی کرده و نظارت بیشتری بر آنها داشت. هدف این پژوهش، تهیه نقشه قابلیت آتش‌سوزی با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی متعدد ازجمله توپوگرافی، اقلیم، پوشش گیاهی و عوامل اقتصادی-اجتماعی است. بخشی از جنگل‌های استان گیلان به دلیل تراکم بالای پوشش گیاهی و سابقه وقوع آتش‌سوزی‌های متعدد به‌عنوان منطقه مورد مطالعه در این پژوهش انتخاب شدند. از آنجا که تمام عوامل تأثیرگذار، به یک نسبت در وقوع و گسترش حریق نقش ندارند، از الگوهای چندمعیاره به‌منظور رتبه‌دهی این عوامل استفاده شد. تحلیل سلسله مراتبی فازی شیوه مورد استفاده در این مطالعه به منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها و وزن‌دهی به معیارها بین ۰ تا ۱ بوده است. پس از محاسبه اوزان فازی و اعمال آنها بر نقشه‌های رستری عوامل تأثیرگذار، در نهایت تمامی لایه‌های اطلاعاتی وزن‌دار در سامانه اطلاعات جغرافیایی با یکدیگر تلفیق شدند. به‌منظور بررسی دقت روش بکارگرفته شده، نقشه نهایی خطر آتش سوزی با لایه دیگری که دربرگیرنده مناطق با بیشترین فراوانی وقوع حریق طی پنج سال اخیر بود، مورد مقایسه قرار گرفت. طی این گام مشاهده شد که ٦٦ درصد از کل نقاط بحرانی حریق با مناطق دارای خطر آتش سوزی زیاد و خیلی زیاد همپوشانی دارند که این امر بیانگر قابلیت بالای روش مطالعاتی جهت برآورد قابلیت آتش سوزی جنگل است. با توجه به نتایج، مجاورت به جاده‌ها و مناطق مسکونی از عوامل اصلی هستند که حتی عوامل توپوگرافیک را تحت تأثیر قرار می‌دهند و نقش بارزی در وقوع حریق و در نتیجه تخریب جنگل‌ها دارند.

واژه‌های کلیدی: عدم قطعیت، تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، نقاط بحرانی، قابلیت آتش‌سوزی، توپوگرافی، اقلیم، پوشش گیاهی

مقدمه

جنگل‌ها به‌عنوان یکی از مهمترین منابع‌طبیعی تجدید شونده نقش حیاتی در استمرار حیات و حفظ و پایداری زیست‌بوم‌ها ایفا می‌نمایند. این مسئله به‌ویژه در ایران که در زمره کشورهای خشک و کم آب جهان بشمار می‌رود و از محدودیت شدید پوشش گیاهی رنج می‌برد بسیار حائز اهمیت است (Mobarghai *et al.*, 2009). سالیانه در کشور ما تا صدها مورد آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع اتفاق می‌افتد و هزاران هکتار از درختان، درختچه‌ها و گیاهان را طعمه خود می‌سازد (Salamati *et al.*, 2011).

Archive of SID

www.SID.ir

به دلیل قرارگرفتن کشور ایران در کمربند خشک کره زمین و ناحیه پرفشار جنب حاره‌ای، شرایط جوی لازم برای وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع فراهم می‌باشد. از طرف دیگر، عوامل انسانی از قبیل بی‌احتیاطی مسافران یا آتش‌سوزیهای عمدی جهت تبدیل اراضی جنگلی به کشاورزی، باعث ایجاد حریق در پهنه‌های جنگلی ایران شده است (Sarkargar Ardakani, 2007). با توجه به از بین رفتن مراتع و جنگل‌ها در قسمت‌های مختلف ایران، به خصوص در رشته‌کوه‌های البرز، پیش‌بینی تمهیدات لازم به‌منظور مقابله با آن ضروریست (Sarkargar Ardakani *et al.*, 2009).

پیشرفت‌های شکل گرفته در علم سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی طی دهه‌های اخیر، امکانات و ابزارهای دقیق‌تری را در اختیار پژوهشگران قرار داده است تا آتش سوزی در جنگل‌ها را از جنبه‌های متعدد مورد مطالعه قرار دهند. ازجمله مطالعات انجام شده در مورد آتش سوزی در جنگل‌های کشور می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. Akbari *et al.* (2007) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل ارتفاعی رقومی (DEM) منطقه مورد مطالعه که قسمتی از کشور ژاپن بوده است، مناطق دارای خطر بالای آتش‌سوزی را شناسایی کردند. بدین منظور سه فاکتور شیب، جهت شیب و شاخص نرمالایز شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) را در نظر گرفتند. Adab *et al.* (2008) با استفاده از شاخص پیش آگاهی آتش سوزی Molgan و سامانه اطلاعات جغرافیایی، خطر آتش‌سوزی مناطق جنگلی استان مازندران را به تفکیک فصول در سال ۱۳۸۳ و نیز طی یک دوره ۱۵ ساله پهنه‌بندی کردند. نتایج بیانگر آن بود که مدل استفاده شده به غیر از فصل زمستان در کلیه فصول و همچنین سالانه از کارایی مناسبی در سطح مکانی برخوردار است. همچنین Mohammadi *et al.* (2010) با بکارگیری لایه‌های اطلاعاتی متعدد ازجمله پوشش گیاهی، ارتفاع، شیب و غیره و رتبه‌دهی آنها با روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، نقشه خطر آتش سوزی بخشی از جنگل‌های پاوه واقع در استان کرمانشاه را تهیه کردند. نتایج نشان داد که ۹۰ درصد از مناطق آتش گرفته در پهنه‌هایی با خطر زیاد (شیب بالا، دمای زیاد، بارندگی کم و نزدیکترین فاصله با مناطق مسکونی و شبکه راه‌ها) قرار دارند. Salamati *et al.* (2011) با به کار بردن AHP و GIS و بر اساس مقایسات زوجی و وزن دهی فاکتورهای مؤثر در وقوع آتش‌سوزی به تهیه نقشه خطر آتش سوزی پرداختند. طبق نتایج بدست‌آمده حدود ٤٠ درصد از منطقه پرخطر و بسیار پرخطر برآورد شد.

ازجمله مطالعات صورت گرفته در منابع خارجی در این زمینه می‌توان موارد زیر را مطرح کرد. Chuvieco & Congalton (1989) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تکنیک‌های سنجش از دور نقشه خطر آتش‌سوزی را در بخشی از سواحل اسپانیا تهیه کردند. بدین منظور لایه‌های اطلاعاتی شیب، جهت و ارتفاع که هر سه از مدل رقومی ارتفاعی بدست‌آمده بودند و نیز پوشش گیاهی و مجاورت با جاده‌ها به‌عنوان اثرگذارترین عوامل در نظر گرفته شدند. بر طبق نتایج یافت شده در ۲۲ درصد از پیکسل‌هایی که در مناطق پرخطر قرار گرفته بودند در طی سال‌های گذشته آتش‌سوزی رخ داده بود و تنها ۳/٤۷ درصد از مناطقی که در محدوده کم خطر واقع شده بودند آتش گرفته بودند. Salas & Chuvieco (1994) همچنین مدل جدیدی برای برآورد خطر آتش‌سوزی در جنگل ارائه کردند. این مدل شامل ۳ بخش اصلی است: ۱- شاخص احتمال شروع آتش‌سوزی (Probability of ignition) که از میزان حرارت، رطوبت، ویژگی مواد سوختنی موجود و سرعت و جهت باد تبعیت می‌کند، ۲- میزان خطرآفرینی مواد سوختنی (Fuel Hazard Component) که پوشش گیاهی موجود در منطقه را بر اساس قابلیت اشتعال آنها طبقه‌بندی می‌کند و ۳- شاخص خطر انسانی (Human Risk Index) که میزان اثرگذاری فعالیت‌های انسان را بر وقوع حریق بیان می‌کند (Chuvieco & Salas,1994). نتایج این تحقیق بیانگر آن است که بیشترین خطر حریق در دامنه‌ها وجود دارد که در

Archive of SID

www.SID.ir

آنها درجه حرارت بالا و رطوبت نسبی کم است و جاده‌ها به وفور مشاهده می‌شوند. به‌منظور شناسایی نقاط بحرانی آتش‌سوزی در منطقه‌ای جنگلی، Almeida (1994) با ایجاد تغییراتی در مدل ارائه شده توسط Chuvieco به نقشه قابلیت آتش سوزی در جنگل‌های کشور پرتغال دست یافت. وی پارامترهای گونه‌های گیاهی موجود در منطقه، شیب، جهت، فاصله از جاده و فاصله از رودخانه‌های دائمی را در مدل نهایی خود استفاده کرد (Almeida,1994). بنابر یافته‌های این پژوهش، مناطقی که خطرات بیشتری داشتند دارای ویژگی‌های زیر بودند: فاصله از جاده بیشتر از ۲۵ متر، شیب بیشتر از ٤٠ درصد و جهت منطقه بین ۱۳۵ تا ۲۲۵ درجه. Jaiswal *et al.* (2002) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی و لایه‌های اطلاعاتی تیپ پوشش گیاهی، مناطق سکونتگاهی، شبکه راه‌ها و شیب اقدام به تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی نمودند. بنابر یافته‌های بدست‌آمده، ۲۰ درصد از منطقه مورد مطالعه قابلیت بسیار زیاد، ۱۰ درصد قابلیت زیاد، ۱۵ درصد قابلیت متوسط و ۵۵ درصد قابلیت کم جهت وقوع حریق داشتند. (Jaiswal *et al.*, 2002). از سایر پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: Hernandez-،Ertena *et al.* (2004) Leal *et al.* (2006)، Somashekar *et al.* (2008) و Carmel *et al.* (2009).

هدف از انجام این پژوهش برآورد قابلیت آتش سوزی جنگل با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی می‌باشد. با توجه به آمار بالای وقوع حریق در جنگل‌های استان گیلان، ۳ حوزه جنگلی در این استان به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شدند. در این پژوهش علاوه بر بررسی عوامل توپوگرافی، از لایه‌های اطلاعاتی اقلیم، تراکم پوشش گیاهی، شبکه راه‌ها و مناطق مسکونی موجود نیز استفاده شده که از وجه تمایزهای این مطالعه با سایر مطالعات است. بکارگیری روش وزن‌دهی تحلیل سلسله مراتبی فازی از دیگر وجه تمایزهای این پژوهش است. از آنجا که عوامل تأثیرگذار بر وقوع حریق به یک میزان دارای اهمیت نیستند، با روش تحلیل سلسله مراتبی می‌توان این عوامل را اولویت‌بندی کرد. از طرفی، به این دلیل که در طبیعت مرزبندی قطعی بین این عوامل وجود ندارد، منطق فازی بکارگرفته شد تا ارتباطات بین عوامل و عدم قطعیت‌های موجود نیز در تحلیل‌ها وارد شوند. صحّت سنجی نقشه نهایی بدست‌آمده با مقایسه آن با مناطق وقوع حریق در گذشته صورت می‌گیرد، به‌طوری‌که به اعتبار این پژوهش می‌افزاید و به آن جنبه کاربردی در زمینه حفظ و مدیریت منابع جنگلی می‌بخشد.

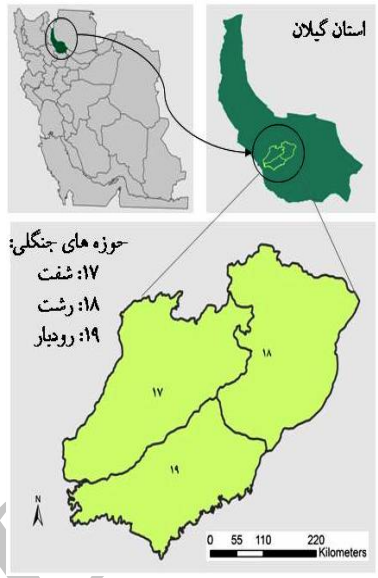
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

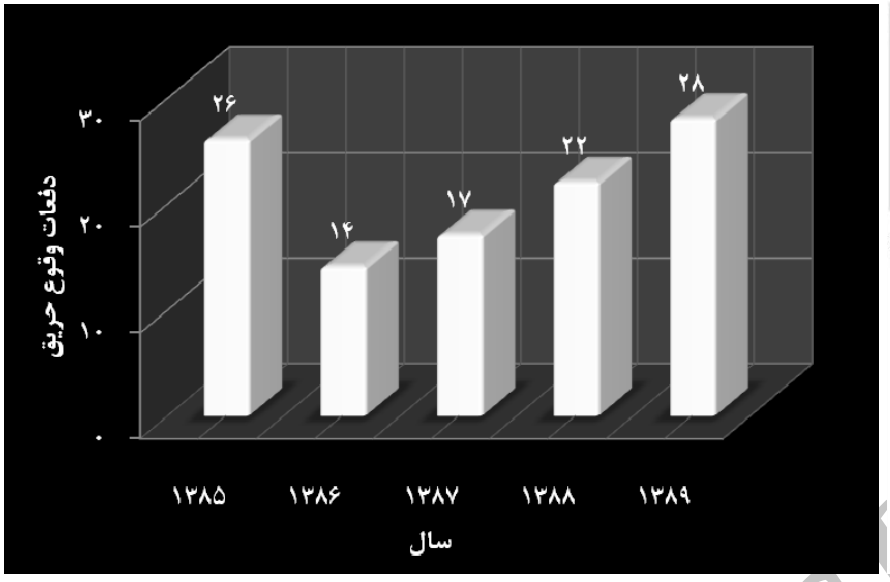
استان گیلان بین ´۲۵ °٤۸ و ´ ٣٤ °۵۰ طول شرقی و ´ ۲۷ °۳۸ و ´ ۳٦ °۳٦ عرض شمالی در امتداد دریای مازندران قرار دارد که از غرب به استان اردبیل، از شرق به استان مازندران و از جنوب به استان‌های زنجان و قزوین محدود شده است. اقلیم این استان مرطوب نیمه حاره‌ای می‌باشد که بالاترین میزان بارندگی در ایران را دارا می‌باشد. محدوده مطالعاتی در این پژوهش، حوزه‌های جنگلی ۱۸، ۱۷ و ۱۹ استان گیلان به‌ترتیب واقع در شهرستانهای رشت، شفت و رودبار هستند که مساحتی حدود ٦۹۵ کیلومتر مربع را پوشش می‌دهند (شکل۱). حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح دریا در این محدوده به‌ترتیب برابر است با ۰.۵ و ۲٤۲۰ متر. درختان راش (*Fagus orientalis*)، ممرز (*Carpinus betulus*)، توسکا (*Alnus subcordata*) و ملج (*Ulmus glabra*) در منطقه غالب هستند. از گیاهان علفی و خشبی پراکنده در محدوده مطالعاتی می‌توان به خاس (*Iles aqaipolium*)، کارکس‌ها (*Carex sp.*) و شبدر (*Trifolium sp.*) اشاره کرد. شکل۲ آمار تعداد آتش‌سوزیهای جنگلی را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد (Anonymous, 1998).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- محدوده مطالعاتی



شکل ۲- آمار تعداد آتش‌سوزیها در منطقه موردمطالعه

داده‌های مورد استفاده

وقوع حریق در یک منطقه جنگلی به عوامل متعددی بستگی دارد که میزان تأثیرگذاری هریک از این عوامل بنابر شرایط طبیعی و اقتصادی- اجتماعی خاص منطقه متفاوت است. از آنجا که این عوامل از تعدد و تنوع بالایی برخوردار هستند، به‌منظور سهولت در انجام و همچنین درک بهتر روند محاسبات، این پارامترها در ٤ گروه اصلی معیارهای توپوگرافی، اقتصادی- اجتماعی، اقلیمی و پوشش‌گیاهی مورد طبقه‌بندی قرار گرفتند. این پارامترها از طریق مرور منابع مرتبط و همچنین استفاده از نتایج حاصل از تحلیل پرسشنامه توزیع شده بین ۳۰ نفر از کارشناسان جنگلداری مورد شناسایی قرار گرفتند. لازم به ذکر است که لایه‌های اطلاعاتی عوامل توپوگرافیک، اقلیم و عوامل اقتصادی- اجتماعی از دفتر فنی مهندسی اداره کل منابع طبیعی استان گیلان در مقیاس ۱:۵۰.۰۰۰ و در فرمت وکتور تهیه شدند.

۱- عوامل توپوگرافیک: ویژگی‌های توپوگرافیک از اصلی‌ترین موضوعات در هر نوع بررسی به‌منظور شناخت آتش و الگوهای وقوع آن است (Chuevico & Congalton,1989). توپوگرافی همچنین جهت و الگوی وزش باد و به همان نسبت احتمال وقوع آتش‌سوزی در منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Jaiswal *et al.*, 2002). عوامل توپوگرافیک مورد بررسی عبارتند از:

۱-۱- شیب: شیب میزان و جهت گسترش آتش را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Vadrevu *et al.*, 2009). طبق بررسی‌های انجام شده، میزان تخریب و خسارت نیز در شیب‌های شدیدتر بیشتر می‌باشد (Chuevico & Congalton,1989). طبق تحقیقات، انتشار آتش در شیب-های بالاتر از ۲۰ درجه تقریبا دو برابر از انتشار آن در شیب‌های پایین‌تر است (Chandra, 2005).

۱-۲- جهت شیب: جهت نمایانگر میزان دریافت تابش خورشید و گرما در یک محدوده است که با خشک بودن گیاهان آن محدوده و در حقیقت ماده سوختنی در ارتباط است (Chuevico & Congalton,1989). به‌طورکلی، جهات جنوب و شرق بالاترین میزان دریافت تابش خورشید را دارند و در نتیجه شرایط محیطی برای وقوع حریق مساعدتر است (Chandra, 2005). پس از آن، جهات غرب، شمال و مناطق دشتی به‌ترتیب تابش کمتری را دریافت می‌کنند (Vadrevu *et al.*,2009).

۱-۳- ارتفاع: تغییرات ارتفاعی، دما، میکروکلیما و پوشش گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Chandra,

Archive of SID

www.SID.ir

2005). از آنجا که در ارتفاعات رطوبت بیشتر و درجه حرارت کمتر است، بنابراین احتمال وقوع حریق با افزایش ارتفاع رابطه عکس دارد (Chuevico & Congalton,1989).

۲- عوامل اقتصادی- اجتماعی: با توجه به رشد جمعیت در دهه‌های اخیر، تهاجم به عرصه‌های جنگلی به‌منظور امرار معاش، تأمین سوخت و کشاورزی افزایش یافته است. همچنین ساکنان آبادیهای اطراف و یا داخل محدوده‌های جنگلی وابسته به جنگل هستند. نقش گردشگران در ایجاد حریق نیز در این زمینه غیرقابل انکار است. بدین منظور ۲ عامل جهت بررسی عوامل اقتصادی- اجتماعی در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند.

۲-۱- مجاورت با جاده: به‌طورکلی هر چه محدوده به جاده نزدیک‌تر باشد، احتمال وقوع حریق در آن قسمت بیشتر خواهد بود، بدین منظور نقشه راه‌های ارتباطی در محدوده مطالعاتی تهیه و در فواصل مشخص بافرهایی برای جاده تعریف شدند؛ فواصل نزدیکتر دارای بیشترین قابلیت هستند، البته با دور شدن از جاده، خطر آتش‌سوزی کاهش پیدا می‌کند.

۲-۲- مجاورت با مناطق مسکونی: نزدیکی به نقاط زیستی برای آتش‌سوزی جنگلی یک عامل اثرگذار و مخرب است، زیرا ساکنان جهت تأمین نیازهای خود به جنگل و زمین آن وابسته هستند که در این راستا حتی اقدام به آتش‌سوزی عمدی در جنگل می‌کنند. همچنین نقش حضور انسان در آتش‌سوزیهای غیرعمدی نیز نباید فراموش شود.

۳- عناصر اقلیمی: علاوه بر نقشی که شرایط اقلیمی به صورت مستقیم در وقوع آتش‌سوزی دارند، به طور غیرمستقیم با اثرگذاری بر تیپ و تراکم پوشش گیاهی نیز آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند(Vadrevu *et al*., 2009). در این پژوهش، ۲ عامل بارش و درجه حرارت که نقش مهمی دارند مورد بررسی قرار گرفتند. واضح است که انتظار می‌رود در مناطق با درجه حرارت بالاتر و میزان بارش کمتر تعداد دفعات وقوع حریق بیشتر باشد.

٤- پوشش‌گیاهی: پوشش‌گیاهی به‌عنوان اصلی‌ترین ماده‌سوختی از عوامل تأثیرگذار در هر آتش‌سوزی می‌باشد. تراکم پوشش گیاهی نیز بیانگر میزان و در دسترس بودن مواد سوختنی در هر حریق است (Vadrevu *et al*., 2009). در این پژوهش، از نقشه رقومی تراکم پوشش‌گیاهی که در مقیاس ۱:۵۰.۰۰۰ از دفتر فنی مهندسی سازمان جنگل ها و مراتع کشور تهیه شده بود، استفاده شد.

روش تحقیق

فرایند تحلیل سلسله مراتبی باوجود سادگی و کارایی بالا به جهت نادیده گرفتن عدم در نظرگرفتن و عدم قطعیت موجود در ادراکات تصمیم‌گیرندگان و انعکاس نظرات آنها به صورت یک عدد قطعی اغلب مورد انتقاد قرار گرفته است (Koorehpazan Dezfuli, 2008). در AHP عادی نظرات تصمیم‌گیرندگان در قالب یک عدد قطعی بیان می‌شود اما این کار ممکن است به دلیل ابهام و عدم اطمینان موجود در ارزیابی بخوبی میسر نشود و به همین دلیل تصمیم‌گیرندگان ترجیح می‌دهند از اعداد فاصله‌ای یا فازی بدین منظور استفاده کنند (Ertugrul & Karaksasoglu,2008). یک روش مناسب برای تعامل با این عدم اطمینان، بیان ارزش‌های مقایسه‌ای با استفاده از مجموعه‌ها یا اعداد فازی است (Chang,1996).

در این پژوهش به‌منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های موجود در تأثیرگذاری عوامل و نیز حفظ پیوستگی بین رتبه‌بندی‌ها، از اعداد فازی مثلثی برای تعیین وزن نهایی عوامل تأثیرگذار استفاده شد. به این صورت که بنابر جدول۱ ابتدا میزان اهمیت عوامل با عبارتهای کلامی مشخص شد، سپس عدد فازی مربوطه به آنها اختصاص یافت. اعداد فازی مثلثی به صورت مجموعه ۳ عضوی (l,m,u) تعریف می‌شوند که به‌ترتیب بیانگر کمترین مقدار ممکن، محتمل‌ترین مقدار و بیشترین مقدار برای بیان فازی بودن مجموعه هستند (Zanjirchi, 011).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱- تبدیل عبارت کلامی به اعداد فازی (Zanjirchi, 2011)

عبارت کلامی	عدد فازی مثلثی	عدد فازی مثلثی معکوس
کاملاً مرجح یا کاملاً مهم تر	(۸،۸،۹)	(۰.۱۱،۰.۱۱،۰.۱۳)
ترجیح یا اهمیّت خیلی قوی	(۸،٦،۷)	(۰.۱۳،۰.۱٤،۰.۱۷)
ترجیح یا اهمیّت قوی	(٤،۵،٦)	(۰.۱۷،۰.۲،۰.۲۵)
کمی مرجح یا کمی مهم تر	(۲،۳،٤)	(۰.۲۵،۰.۳۳،۰.۵)
ترجیح یا اهمیّت یکسان	(۱،۱،۲)	(۰.۵،۱،۱)
ترجیحات بین فواصل فوق	(۷،۸،۹); (۵،٦،۷); (۳،٤،۵); (۱،۲،۳)	(۰.۱۱،۰.۱۳،۰.۱٤); (۰.۱٤،۰.۱۷،۰.۲); (۰.۲،۰.۲۵،۰.۳۳); (۰.۳۳،۰.۵،۱)

تا کنون روش‌های متعددی برای بسط فرایند تحلیل سلسله مراتبی قطعی به محیط فازی ارائه شده‌اند که روش بکارگرفته شده در این پژوهش، روش تحلیل گسترش یافته چانگ می‌باشد. مراحل اجرای این روش به شرح زیر می‌باشد:

I. ترسیم درخت سلسله مراتبی

II. تشکیل ماتریس قضاوت زوجی: تشکیل ماتریس‌های توافقی بر طبق درخت تصمیم در قالب اعداد مثلثی فازی

III. محاسبه مجموع عناصر سطر

رابطه ۱
$$\widetilde{S}_i = \sum_{j=1}^{n} \widetilde{\alpha}_{ij}, i = 1,2,\cdots,n$$

نرمالایز کردن مجموع سطرها

رابطه ۲
$$\widetilde{M}_i = \widetilde{S}_i \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \widetilde{S}_i\right]^{-1}, i = 1,2,\cdots,n$$

IV. در صورتی که $\widetilde{S}_i$ را به صورت (l_i, m_i, u_i) نشان دهیم رابطه۳ به‌ترتیب زیر محاسبه می‌شود:

رابطه۳
$$\widetilde{M}_i = \left(\frac{l_i}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{m_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{u_i}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right)$$

V. تعیین درجه احتمال بزرگتر بودن: درجه احتمال بزرگتر بودن هر μ_i را نسبت به سایر μ_iها محاسبه و آن را $d'(A_i)$ می‌نامیم:

رابطه٤
$$d'(A_i) = \min V(M_i \geq M_k), k = 1,2,\cdots,n$$

بنابراین بردار وزن ماتریس به صورت زیر به دست می‌آید:

رابطه ۵
$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \cdots, d'(A_n))^T$$

VI. نرمالایز کردن: با نرمالایز کردن بردار وزن‌ها (w')، وزن‌های نرمالایز غیرفازی بدست می‌آید. با تکرار این فرایند، اوزان تمامی ماتریس‌ها به دست می‌آید.

نسبت سازگاری

هدف از محاسبه نرخ ناسازگاری تعیین صحت وزن‌های محاسبه شده برای معیارها و زیرمعیارها می‌باشد. بدین منظور وزن نرمال میانگین هر معیار در ارزش‌های نسبت داده شده در سطرهای ماتریس مقایسه زوجی معیارها برای محاسبه‌ی ماتریس بردار پایندگی وزن نرمال معیارها ضرب می‌گردد. بر این اساس مجموع بردارهای پایندگی

Archive of SID

www.SID.ir

بر تعداد معیارها (n) تقسیم می‌شود. سپس شاخص سازگاری ماتریس برای اطمینان از انسجام قضاوت‌ها در مقایسه زوجی، محاسبه می‌شود. سپس می‌توان طبق رابطه٦ شاخص سازگاری CI را محاسبه کرد.

$$CI = (\lambda \max - n)/(n-1)$$ رابطه ٦

که λmax بزرگترین مقدار ویژه ماتریس A است. ارزش لاندا به طور ساده شامل میانگین ارزش‌های بردار پایندگی است.

$$CR = \frac{CI}{IR} \prec 0.1$$ رابطه ۷

چنانچه اعداد حاصل از رابطه۷ کوچکتر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری سیستم قابل قبول است و گرنه باید در قضاوت‌ها تجدید نظر نمود (Zanjirchi, 2011).

نتایج

نتایج محاسبه نرخ ناسازگاری و اوزان عوامل تأثیرگذار بر وقوع حریق در ۳ سطح اولیه، ثانویه و زیرکلاس‌ها در جدول۲ نشان داده شده است.

جدول۲- محاسبه نرخ ناسازگاری زیرمعیارها و معیارهای اصلی بر اساس AHP فازی

معیار	CR= CI/RI
توپوگرافی	۰/۰۵
پوشش گیاهی	۰/۰۹
اقلیم	۰/۰۱
اقتصادی- اجتماعی	۰/۰٤
معیارهای اصلی	۰/۰۳

به‌منظور تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی، ابتدا وزن‌های حاصل شده برای زیرکلاس‌ها، بر نقشه رستری آنها اعمال شد و نقشه‌های وزن‌دار بدست آمدند. در ادامه، نقشه وزن‌دار زیرکلاس‌های مربوط به هر عامل ثانویه با استفاده از فرمان Raster Calculator در محیط GIS9.3 تلفیق شدند تا نقشه ترکیبی هر عامل اولیه بدست آید. سپس نقشه نهایی از تلفیق تمامی این نقشه‌های ترکیبی و ضرب آن‌ها در وزن‌های مربوطه بدست می‌آید.

$$Fire\ Danger\ Index = HRI*0.519 + TI*0.382 + VDI*0.075 + CI*0.023$$ رابطه۷

که در این رابطه: HRI (Human Risk Index) شاخص مخاطرات انسانی است که از تلفیق دو نقشه وزن‌دار مجاورت با جاده و مجاورت با نقاط زیستی بدست می‌آید (شکل۳). TI (Topographic Index) شاخص توپوگرافیک است که از تلفیق نقشه‌های وزن‌دار شیب، جهت شیب و ارتفاع بدست می‌آید (شکل٤). VDI (Vegetation Density Index) شاخص تراکم پوشش گیاهی است (شکل۵) و CI (Climatic Index) شاخص اقلیم است که از تلفیق نقشه‌های وزن‌دار هم‌دما و هم‌باران بدست می‌آید (شکل٦). اعداد ذکر شده در کنار شاخص‌ها، وزن نهایی فازی معیارهای اولیه می‌باشد.

به‌منظور درک آسانتر نقشه نهایی که طبق رابطه۷ بدست آمد، قابلیت آتش‌سوزی در پنج طبقه از خیلی کم تا خیلی زیاد طبقه‌بندی شد (شکل۷). شکل۹ بیانگر میزان مساحت و درصدی است که هر طبقه در کل محدوده مطالعاتی به خود اختصاص داده است.

Archive of SID

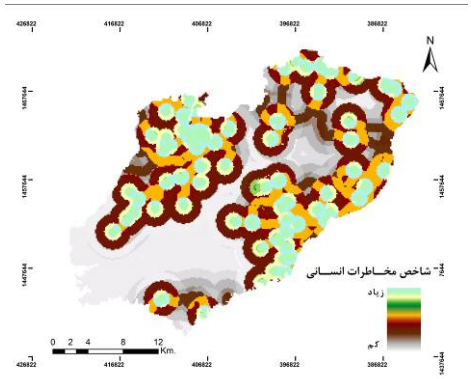
www.SID.ir

جدول۳- اوزان نهایی عوامل تأثیرگذار بر وقوع حریق

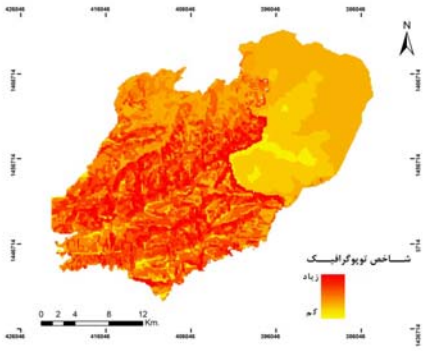
عوامل اولیه و وزن FAHP	عوامل ثانویه و وزن FAHP	زیرکلاس ها	اوزان FAHP	عوامل اولیه و وزن FAHP	عوامل ثانویه و وزن FAHP	زیرکلاس ها	اوزان FAHP
توپوگرافی (۰/۳۸۲)	شیب (درصد) (۰/۵۵٤)	۰ -٤	۰/۰۲۷		درجه حرارت (سانتی گراد) (۰/۷۵۹)	۸ -۱۰	۰/۰٤٦
		٤ – ۱۲	۰/۰٦			۱۰ -۱۲	۰/۱۹۱
		۱۲ – ۲۰	۰/۱۹			۱۲ -۱٤	۰/۳۲۳
		۲۰ – ۳۰	۰/۳۰۹			۱٤<	۰/٤٤
		۳۰<	۰/٤۱٤				
	جهت شیب (۰/۱۱۸)	جنوب	۰/۵۵۹	اقلیم (۰/۰۲۳)			
		شرق	۰/۳۱۷				
		غرب	۰/۰٤٤				
		شمال	۰/۰٦۸				
		دشت	۰/۰۱۲				
	ارتفاع (متر) (۰/۳۲۸)	۱۵۰۰<	۰/۰۸٤		بارش (میلی متر) (۰/۲٤۱)	۷۰۰ – ۱۰۰۰	۰.٤٤۰
		۱۰۰۰–۱۵۰۰	۰/۱۹۳			۱۰۰۰ – ۱۳۰۰	۰.۳۲۳
		۵۰۰–۱۰۰۰	۰/۲۷۱			۱۳۰۰ – ۱٦۰۰	۰.۱۹۱
		۲۰۰–۵۰۰	۰/۳۹٤			۱٦۰۰ -۱۸۰۰	۰.۰٤٦
		۰ -۲۰۰	۰/٤٦۷				
اقتصادی- اجتماعی (۰.۵۱۹)	فاصله از مناطق مسکونی (متر) (۰/۷۵۷)	۰ – ۵۰۰	۰/۳٦٤	پوشش گیاهی (۰/۰۷۵)		زراعت دیم	۰/۱۱
		۵۰۰ – ۱۰۰۰	۰/۳۹۸			زراعت آبی	۰/۰۰۹
		۱۰۰۰ – ۲۰۰۰	۰/۲۲۲			جنگل‌های دست‌کاشت	۰/۱٤٤
		۲۰۰۰ – ۳۰۰۰	۰/۰۰٦			جنگل انبوه	۰/۰۵۹
		۳۰۰۰<	۰/۰۲۱			جنگل نیمه انبوه	۰/۱٤٤
	فاصله از جاده (متر)(۰/۲٤۳)	۵۰۰ – ۰ متر	۰/٤۸۸			جنگل تنک	۰/۱٤۱
		۱۰۰۰ – ۵۰۰ متر	۰/۲٦۹			مرتع متراکم	۰/۱٤۹
		۲۰۰۰ – ۱۰۰۰ متر	۰/۱٦٤			مرتع نیمه متراکم	۰/۱۹٦
		۳۰۰۰ – ۲۰۰۰ متر	۰/۰٦۱				
		۳۰۰۰< متر	۰/۰۱۸				

Archive of SID

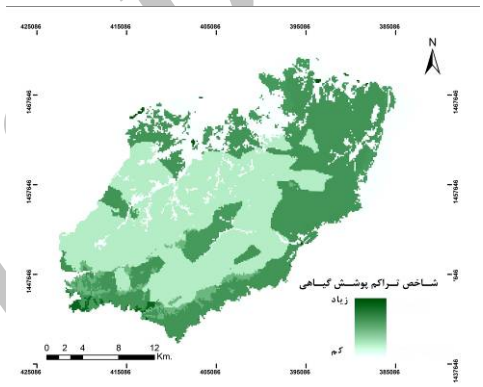
www.SID.ir



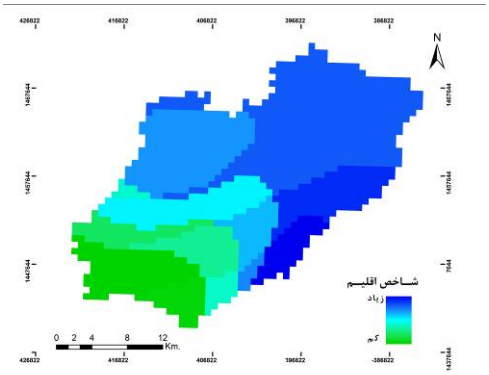
شکل۳- نقشه شاخص مخاطرات انسانی



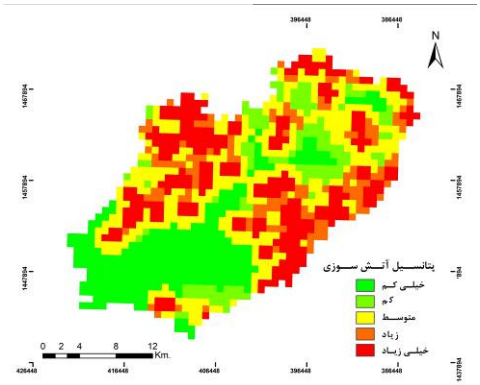
شکل٤- نقشه شاخص توپوگرافیک



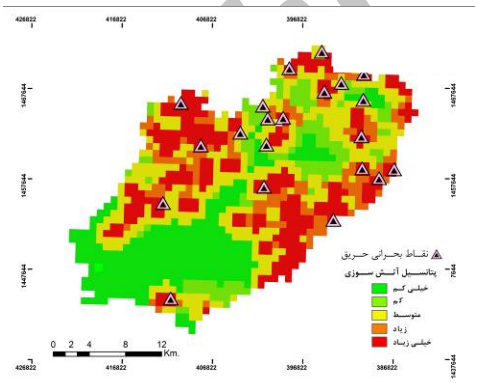
شکل۵- نقشه شاخص تراکم پوشش گیاهی



شکل ٦- نقشه شاخص اقلیم

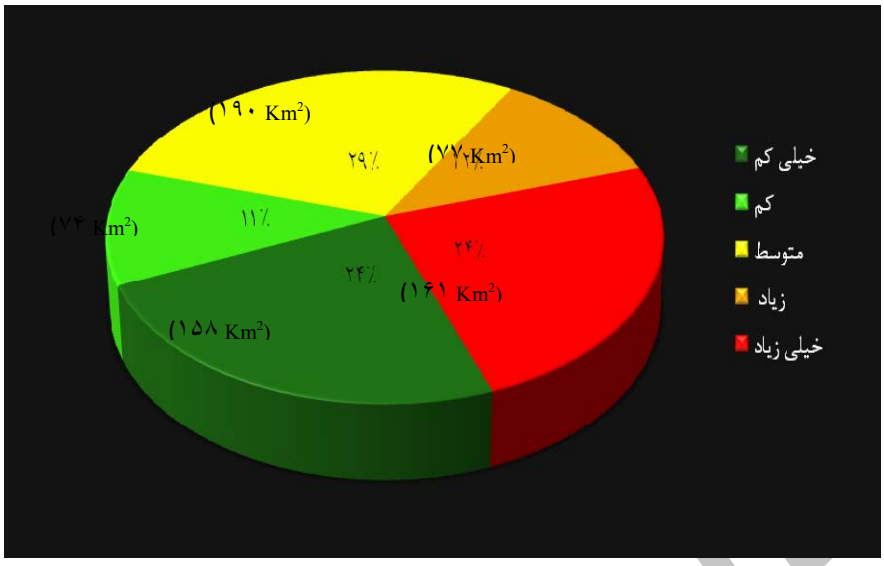


شکل۷- نقشه قابلیت آتش سوزی



شکل۸- تطابق میان نقشه قابلیت آتش سوزی و نقاط بحرانی آتش سوزی

www.SID.ir



شکل۹- درصد و مساحت هر یک از طبقات قابلیت

برای بررسی صحت نقشه قابلیت آتش‌سوزی بدست‌آمده، داده‌های آماری وقوع حریق طی سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۹ از یگان حفاظت اداره کل منابع طبیعی استان گیلان تهیه و در محیط GIS رقومی و مکاندار شدند. به‌منظور بالا بردن دقت مطالعه، از ۳۵ نقطه شناسایی شده تنها نقاطی مورد بررسی قرار گرفتند که حریق در هر پنج سال در آنها رخ داده بود؛ زیرا وقوع حریق تنها در یک سال، دلیلی بر بحرانی بودن منطقه نمی‌باشد. بنابراین نقشه نقاط بحرانی حریق با ۲۱ نقطه تهیه شد. سپس با روی‌هم‌گذاری ۲ نقشه قابلیت آتش سوزی و نقاط بحرانی در محیط GIS مشاهده شد که ٦٦ درصد از نقاط بحرانی در مناطق با خطر آتش‌سوزی زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته‌اند (شکل۸).

بحث

آتش سوزی باعث نابودی جنگل‌ها به‌عنوان 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 طبیعی است (Mansoori *et al.*, 2011). شناسایی عوامل مؤثر در وقوع آتش‌سوزی و پهنه‌بندی خطر آن یکی از ابزارهای اساسی جهت دستیابی به راهکارهای کنترل و مقابله با حریق است. این تحقیق به‌منظور شناسایی مناطق پرخطر آتش سوزی در سه حوزه جنگلی شفت، رشت و رودبار در استان گیلان با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی انجام شد. با توجه به وزن نهایی بدست‌آمده برای معیارها می‌توان نتیجه گرفت که عوامل اقتصادی- اجتماعی از بین سایر معیارها بیشترین تأثیر را در آتش‌سوزی دارد (با وزن ۰/۵۱۹). همچنین بر اساس یافته‌های حاصل از مصاحبه با کارشناسان محلی در اداره منابع طبیعی استان، حدود ۸۰ درصد از آتش‌سوزی‌ها دارای منشأ انسانی می‌باشند؛ و می‌توان گفت با نتایج بدست‌آمده از روش تحلیل سلسله مراتب فازی و وزن‌های حاصل شده مطابقت دارد. بنابر نتایج بدست‌آمده، سایر موارد دارای بیشترین اثرگذاری در وقوع حریق عبارتند از: شیب با وزن ۰/۵۵٤ (از بین معیارهای توپوگرافی)؛ فاصله از مناطق مسکونی با وزن ۰/۷۵۷ (از بین معیارهای اقتصادی- اجتماعی)؛ درجه حرارت با وزن ۰/۷۵۹ (از بین معیارهای اقلیمی) و مرتع نیمه متراکم با وزن ۰.۱۹٦ (از بین معیار تراکم پوشش گیاهی).

از کل منطقه مورد مطالعه با مجموع مساحت حدود

Archive of SID

www.SID.ir

۶۹۵ کیلومتر مربع؛ ۱۶۱ کیلومتر مربع (۲۴ درصد) و ۷۷ کیلومتر مربع (۱۲ درصد) به‌ترتیب دارای قابلیت بسیار بالا و بالا برای آتش سوزی هستند. قابلیت آتش سوزی متوسط، کم و بسیار کم به‌ترتیب ۲۹ درصد (۱۹۰ کیلومتر مربع)، ۱۱ درصد (۷۴ کیلومتر مربع) و ۲۴ درصد (۱۵۸ کیلومتر مربع) از سه حوزه جنگلی مورد مطالعه در این پژوهش را تشکیل داده‌اند.

طی روی‌هم‌گذاری نقشه قابلیت خطر آتش‌سوزی با نقشه نقاط بحرانی حریق گذشته مشخص شد که حدود ۶۶ درصد از نقاط پرخطر که قبلا دچار حریق شده‌اند با مناطق بسیار پرخطر و پرخطر بدست‌آمده در نقشه نهایی همخوانی دارند که کارایی مدل مورد استفاده در برآورد مناطق پرخطر آتش‌سوزی را نشان می‌دهد؛ که این نتایج مشابه نتایج بدست‌آمده از سایر تحقیقات (Vadrevu *et al.*, 2009، Mohammadi *et al.*, 2010، Salamati *et al.*, 2011) می‌باشد.

با توجه به اینکه ۳۶ درصد از منطقه مورد مطالعاتی دارای قابلیت آتش سوزی زیاد و خیلی زیاد است، بنابراین اتخاذ رویکردهای پیشگیری کننده از وقوع حریق در این جنگل‌ها ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به روند پژوهش و معضلات موجود در ارتباط با آتش‌سوزی جنگل در محدوده مطالعاتی در پایان پیشنهاد می‌گردد با استفاده از روش‌های مشارکتی آگاهی جوامع محلی و گردشگران افزایش پیدا کند. همچنین ایجاد خطوط آتش‌بر (Fire Line and Fire Break) در نقاط بحرانی به‌منظور جلوگیری از وقوع حریق و قطع ارتباطات افقی ضروریست. احداث برج‌های نگهبانی (Fire Watch Tower) و ایجاد پایگاه‌های شناسایی در ارتفاعات و در نزدیکی نقاط پرخطر با دسترسی مناسب اجتناب‌ناپذیر است. در پایان پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده از تعداد بیشتری عوامل از قبیل رطوبت خاک، جهت وزش باد و سایر پارامترها بهره گرفته شود. همچنین امکان تهیه نقشه‌ها به صورت فازی نیز وجود دارد که می‌تواند در آینده مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

در پایان از جناب آقای مهندس رضا گلجانی بدلیل در اختیار قرار دادن بخشی از لایه‌های اطلاعاتی رقومی، همچنین از همکاران دفتر فنی و یگان حفاظت اداره کل منابع طبیعی استان گیلان که در این پژوهش خالصانه با اینجانب همکاری کردند، سپاسگزارم. همچنین از مسئولان محترم سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور و جناب آقای دکتر حسین وحیدی بابت همکاری صمیمانه جهت به انجام رساندن این پژوهش کمال تشکر را دارم.

منابع مورد استفاده

References

- Adab, H., Nokhandan, M., Miza Bayati, R. and Adabi Firouzjani, A., 2008. Mapping fire risk in forests of Mazandaran province using Molgan Precautionary Index and GIS. Abstracts of 1st International Conference on Climate Change and Botany in Caspian Ecosystems, Iran, 2008: 178-189.
- Akbari, D., Amini, J. and Saadat Seresht, M., 2007. Presenting a rapid model for mapping forest fire. Abstracts of 2nd Disaster Management Conference, Iran, 12- 26 January 2007: 7 p.
- Almeida, R., 1994. Forest fire risk areas and definition of the prevention priority planning action using GIS. EGIS foundation, Available from: http://libraries.maine.edu/Spatial/gisweb/spatdb/egis/eg94193.html, Accessed 10 April 2013.
- Anonymous, 1998. Guilan Province State of Environment. Guilan Province General Office of Environment, 730 p.
- Carmel, Y., Paz, F.and Jahashan, M.S., 2009. Assessing fire risk using Monte Carlo simulations of fire spread. Journal of Forest Ecology and Management, 257: 370-377
- Chandra, S., 2005. Application of remote sensing and GIS technology in forest fire risk modeling and management of forest fires: A case study in the Garhwal Himalayan Region: 1239-1254. In: Van Oosterom, P., Zlatanova, S. and Fendel, M.E. (Eds.). Geo-information for disaster management. Springer, Berlin, Heidelberg, 1434 p.
- Chang, D.Y., 1996. Application of the extent analysis method on fuzzy AHP. European Journal of Operational Research, 95: 649-655
- Chuvieco, E. and Congalton, R.G., 1989. Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping. Remote Sensing of Environment, 29: 147–159.

Archive of SID

www.SID.ir

Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 18(4): 569- 586
- Mansoori, N., Nazari, R., Nasiri, P. and Gharagoozloo, A., 2011. Planning forest fire crisis management using GIS & RS. Journal of GIS.RS. Application in Planning, 2(3): 63-73.
- Salamati, H., Mostafa Lou, H., Mastoori, A., and Honardoust, F., 2011. Assessment and mapping forest fire risk using GIS in Golestan province forests. Abstracts of 1st International Conference on Wildfire in Natural Resources Lands, Iran, 26-28 Oct. 2011, 10 p.
- Sarkargar Ardakani, A., 2007. Analysis of radiometric- spatial characteristics of fire and its Application in identification and separation by remote sensing data. PhD thesis, Faculty of Engineering, Khaje- Nasir- Toosi University, 290 p.
- Sarkargar Ardakani, A., Valdan Zouj, M. and Mansoorian, A., 2009. Spatial analysis of fire potential in Iran different region by using RS and GIS. Journal of Environmental Science, 35(52): 25-34
- Somashekar, R.K., Ravikumar, P., Mohan kumar, C.N., Prakash, K. L. and Nagaraja, B.C., 2008. Burnt area mapping of Bandipur National Park, India using IRS 1C/1D LISS III Data. Journal of Indian Society of Remote Sensing, 37: 37-50.
- Vadrevu, K.P., Eaturu, A., and Badarinath, A.V.S., 2009. Fire risk evaluation using multicriteria analysis-a case study. Journal of Environmental Monitoring Assessment, 166: 223-239.
- Zanjirchi, S.M., 2011. Fuzzy Analytical Hierarchy Process. Sanee Shahmirzadi, 284 p.
- Chuvieco, E. and Salas, J., 1994. Mapping the spatial distribution of forest fire danger using GIS. International Journal of Geographical Information Systems, 10(3): 333-345.
- Ertena, E., Kurgun, V. and Musaoglu, N., 2004. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS: a case study. Abstracts of 20th Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Turkey, 2004: 222-230.
- Ertugrul, I., and Karaksasoglu, N., 2008. Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS for facility location selection. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 39: 783–795.
- Hernández-Leal, P.A., Arbelo, M. and González-Calvo, A., 2004. Fire risk using satellite data. Journal of Elsevier, 37: 741-746.
- Jaiswal, K.R., Mukherjee, S., Kumaran, D.R. and Saxena, R., 2002. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 4:1-10.
- Koorehpazan Dezfuli, A., 2008. Principles of Fuzzy set theory and its applications in the modeling of water engineering problems. Jehad of Amir Kabir Industrial University, 241 p.
- Mobarghai, N., Sherzei, GH.A., Makhdoum, M., Yavari, A.R., and Jafari, H.R., 2009. The Spatial Valuation Pattern of Co_2 Absorption Function in Caspian Forests of Iran. Journal of Environmental Science, 35(3): 57-68.
- Mohammadi, F., Shabanian, N., Pourhashemi, M. and Fatehi, P., 2010. Risk zone mapping of forest fire using GIS and AHP in a part of Paveh Forests.

Archive of SID

www.SID.ir

Mapping Spatial Distribution of Forest Fire using MCDM and GIS (Case Study: Three Forest Zones in Guilan Province)

Zarekar A.[1*], Kazemi Zamani B.[1], Ghorbani S.[1], Ashegh Moalla M.[1], Jafari H.[2]

[1*]- Corresponding Author, MSc Graduate, Department of Environmental Planning and Management, Faculty of Environment, University of Tehran, I.R. Iran. Email: azadeh_zarekar@ut.ac.ir

[1]- MSc Graduate, Department of Environmental Planning and Management, Faculty of Environment, University of Tehran, I.R. Iran

[2]- Assistant Professor, Department of Environmental Planning and Management, Faculty of Environment, University of Tehran, I.R. Iran.

Received: 16.10.2012 Accepted: 28.04.2013

Abstract

Fire in forests and rangelands degrades vast part of natural resources. Although predicting the exact time and location of fire occurrence is a difficult task due to various parameters affecting wildfires, but application of Geographical Information System enables us to identify and control areas with high fire potential. The purpose of this study was to achieve a fire hazard map, developed by integrating several data layers such as topography, climate, vegetation cover and socio- economical factors. Some forest sites of Guilan province of I.R. Iran were selected for the study project due to their high cover density and their frequent fire occurrence history. Because the fire influencing parameters do not affect fie occurrence and distribution equally, a multi criteria method was used to grade them. The Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) was used to consider uncertainties and to weight the criteria within 0 and 1 values. After calculating the Fuzzy weights and allocating them to the raster maps of the influencing parameters, finally the weighted informational layers were integrated and overlaid in the GIS. To assess accuracy of the applied method, the final fire hazard map was compared to further layer consisting of areas with high fire frequency during the last five years. Results showed that 66% of the hazard fire points were completely overlaid on sites with high and vey high fire risk, which reveals the capability of the study method in predicting forest fire potential. Furthermore, short distance between forests, roads and residential areas, identified as the main factors affecting fire occurrence and forest degradation more than the topographical parameters.

Key words: Topography, Climate, Vegetation Cover, Fuzzy Analytical Hierarchy Process, uncertainties, fire potential

Archive of SID

www.SID.ir