

بررسی مناطق حساس و بحرانی آتش سوزی با تأکید بر خشکسالی با استفاده از AHP، PDSI و GIS (مطالعه موردی: جنگل سراوان استان گیلان)

احسان فرهی آشتیانی^{۱*}، مهرداد قدس خواه دریایی^۲، کیومرث محمدی سمانی^۳ و مسعود امین املشی^۴

* نویسنده مسؤل، دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان. پست الکترونیک: E.farahi92@yahoo.com

۲- استادیار پژوهش، گروه جنگل شناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان

۳- استادیار پژوهش، گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان

۴- مربی پژوهش، مؤسسه تحقیقات منابع طبیعی استان گیلان

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۱۶

تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۴

چکیده

در دهه‌های گذشته آتش سوزی‌هایی که منشأ آن عوامل انسانی بوده‌است تهدیدی بزرگ برای جنگل‌ها محسوب می‌گردد. هدف از انجام این پژوهش تجزیه و تحلیل توزیع مکانی آتش سوزی‌های جنگل سراوان و شناسایی مناطق مستعد به آتش سوزی می‌باشد. بر طبق آمار آتش سوزی‌های اعلام شده، مناطق عمده آتش سوزی که دارای بیشترین وسعت و تکرار بودند شناسایی شدند. برداشت زمینی این مناطق با GPS انجام شد، سپس به محیط نرم‌افزار Arcview انتقال و به پلی‌گون تبدیل شدند. ارزش‌دهی درون و برون لایه‌ای انجام شد، تلفیق نقشه‌ها جهت تهیه نقشه پیش‌بینی نقاط حساس صورت گرفت، سپس تأثیر خشکسالی بر آتش سوزی به وسیله شاخص PDSI بررسی شد. لایه پوشش گیاهی با ضریب تأثیر ۰/۴۲۶ بیشترین وزن را در نقشه پیش‌بینی نقاط حساس به آتش سوزی داشته و بعد لایه‌های عامل انسانی با ضریب ۰/۱۱۴، فاصله از جاده با ضریب ۰/۰۹۱، دما با ضریب ۰/۰۷۷، شیب با ضریب ۰/۰۷۴، فاصله از آبراهه با ضریب ۰/۰۶۳، باران با ضریب ۰/۰۵۳، جهت با ضریب ۰/۰۵۲، و ارتفاع با ضریب ۰/۰۵ در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند. با توجه به نتایج بدست آمده مشخص شد که رایج‌ترین نوع آتش سوزی در منطقه مورد مطالعه آتش سوزی‌های کم وسعت و سطحی هستند که در کل بستر جنگل گسترش یافته و گرمای شدید هوا در مردادماه و کم شدن رطوبت در عرصه‌های طبیعی بدلیل عدم بارندگی موجب شده که عرصه‌های جنگلی به کانون‌های پرخطری تبدیل شوند که کمترین سهل‌انگاری در آنها منجر به خسارت‌های سنگین می‌شود. همچنین مهار آتش سوزی‌های اتفاق افتاده در جنگل‌های گیلان بستگی به قطع شدن وزش باد دارد. برای ارزیابی مدل بدست آمده توسط فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، نقشه پراکنش آتش سوزی و نقشه پهنه‌بندی با هم تلفیق شدند، و اعتبارسنجی مدل انجام شد؛ نتایج بدست آمده نشان‌دهنده دقت خوب و ۷۷ درصدی این روش بود.

واژه‌های کلیدی: جنگل سراوان، خشکسالی، شاخص PDSI، آتش سوزی، GIS

مقدمه

بدون شک جنگل‌های شمال کشور یکی از مهمترین منابع جنگلی کشور از نظر تنوع گونه‌های درختی و گونه‌های منحصر به فردی است که امروزه با توسعه استفاده بی‌رویه از این جنگل‌ها در بخش‌های مختلف از جمله بهره‌برداری چوب، استفاده‌های گردشگری و ... تحت تأثیر تهدیدهای بالقوه‌ای از جمله وقوع سیلاب، آفات و بیماری‌ها و آتش‌سوزی قرار گرفته است. آتش یک نیروی طبیعی است که جوامع گیاهی را در طول زمان تحت تأثیر قرار می‌دهد و به‌عنوان یک فرایند طبیعی نقش مهمی در حفظ سلامتی اکوسیستم‌های خاص دارد. از قرن بیستم، افزایش آتش‌سوزی‌ها با عامل انسانی وضعیتی ایجاد کرد که آتش تبدیل به تهدیدی بزرگ برای جنگل‌ها شده است (Nasi, 2003). هر ساله آتش‌سوزی جنگل هزاران هکتار از جنگل‌ها را نابود کرده و سطوح زیادی از جنگل‌های کره زمین را نابود می‌کند (Wan et al., 2001). هر آتش‌سوزی در جنگل دو علت می‌تواند داشته‌باشد: طبیعی و غیر طبیعی، که بروز آتش‌سوزی‌های طبیعی به حدود ۳۰۰ میلیون سال پیش تخمین زده می‌شود (نایبی، ۱۳۸۲).

بیشتر جنگل‌های جهان با اقلیم متفاوت آتش‌سوزی را با قدرت تخریب مختلف تجربه کرده‌اند. زمان بازگشت در جنگل‌های معتدل خزان‌کننده از چندین دهه (یا کمتر) تا قرن‌ها (یا بیشتر) متغیر است (Sanford et al., 2004). مؤثرترین راه برای کاهش خسارتهای ناشی از آتش‌سوزی‌های جنگل، یافتن سریع آتش و واکنش همه‌جانبه با تمام اقدامات حفاظتی می‌باشد (محمودی و همکاران، ۱۳۹۱). در واقع شناسایی مناطق با احتمال وقوع آتش‌سوزی و طبقه‌بندی مناطق خطر ایجاد آتش‌سوزی و

توزیع مکانی آن از جمله شیوه‌های مناسب در مهار و کاهش سطوح آتش‌سوزی می‌تواند باشد. باوجود ضرورت تعیین نواحی پرخطر آتش‌سوزی در کشور، انجام اینکار با استفاده از روش‌های معمول، دشوار و پرهزینه است، زیرا وقوع حریق در یک ناحیه وابسته به عوامل مختلف انسانی، طبیعی و زیست‌محیطی است. در صورت وجود اطلاعات جامع و کافی از نقاط مختلف کشور می‌توان با استفاده از روش‌های تحلیل مکانی در محیط GIS نسبت به تعیین نواحی پرخطر و طبقه‌بندی مناطق مختلف کشور از این منظر اقدام کرد. با توجه به اینکه جمع‌آوری تمامی این اطلاعات با روش‌های معمول امکان‌پذیر نیست، بنابراین روش‌های نوین و کارآمد در آشکارسازی آتش‌سوزی‌ها در مناطق مختلف با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی ارائه شده است.

تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه پیش‌بینی رفتار آتش‌سوزی همراه با مدل‌سازی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت گرفته است. در ارتباط با آتش‌سوزی جنگل‌ها، GIS می‌تواند اطلاعات مفیدی را درباره شرایط محیط قبل و بعد از آتش‌سوزی برای ما فراهم نماید. به‌ویژه اینکه تکنیک‌های آن به‌طور وسیعی در نظارت بر آتش‌سوزی فعال مورد استفاده قرار گرفته است (Giglio, 2005).

آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع ایران که دارای اقلیم و پوشش گیاهی متفاوتی هستند هر ساله اتفاق افتاده که بیشتر آنها توسط انسان و به صورت عمدی آغاز می‌شوند (پورمجیدیان و پارساخو، ۱۳۸۷). در سال ۱۳۷۷ که خشکی بی‌سابقه‌ای در کشور حکمفرما بود، این میزان به ۹۹۸ فقره آتش‌سوزی با وسعت ۲۰۶۷۱۳ هکتار اراضی سوخته‌شده بالغ گردید. در جنگل‌های شمال کشور،

آتش‌سوزی جنگل را بر پایه‌ی گونه‌های جنگلی، فاصله تا جاده، فاصله تا رودخانه‌های دائمی، شیب و جهت جغرافیایی برای ناحیه‌ای در مرکز پرتغال انجام داد. در این تحقیق ابتدا نقشه کاربری اراضی، نقشه‌های فیزیوگرافی، نقشه پوشش گیاهی، مدل رقومی ارتفاع و نقشه‌ی جاده‌ها و رودخانه‌ها تهیه شد. سپس برای تمام متغیرها یک ضریب براساس آنالیز سلسله مراتبی که ضریب‌های ناپایدار را ارزیابی می‌کند مشخص گردید. متغیرهای مورد نظر بر طبق ضریب خطر آتش‌سوزی به طبقاتی تقسیم شده و با فرایند تجزیه و تحلیل که در سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام‌گرفت، ۵ طبقه خطر برای منطقه بدست آمد. در این طبقه‌بندی مناطقی که خطرات بیشتری دارند دارای این ویژگی‌ها می‌باشند: فاصله از جاده بیشتر از ۲۵ متر، شیب بیشتر از ۴۰ درصد، منطقه درخت‌زار یا بوته‌زار، فاصله از رودخانه دائمی بیشتر از ۳۰ متر و جهت جغرافیایی منطقه بین ۱۳۵ و ۲۲۵ درجه است. Pradhan (2005) توانایی سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی را جهت سنجش حساسیت آتش‌سوزی جنگل در منطقه‌ای در مالزی با کاربرد مدل نسبت فراوانی آزمایش نمود. در این مدل بر پایه‌ی توزیع ارتباط مشاهده‌شده از مناطق گرم و فاکتور مرتبط با هر منطقه، همبستگی بین مناطق و فاکتورهای مرتبط در مناطق مورد مطالعه نشان‌داده می‌شود. با کاربرد مدل نسبت فراوانی ارتباط بین محل ظهور مناطق حساس به آتش‌سوزی و هر فاکتوری که باعث ظهور آتش‌سوزی می‌گردد بدست آمد. William و همکاران (2011) در پژوهشی به میزان تأثیر توپوگرافی و آب و هوا در الگوی آتش‌سوزی در کوهستان‌های آمریکا پرداختند. برای این کار نقشه‌های مناطق سوخته در طول سال‌های ۱۹۳۰ تا ۲۰۰۳ مورد

آتش‌سوزی‌های متعددی به‌وقوع می‌پیوندد به‌طوری که براساس آمارهای موجود، در یک دوره هفت ساله (۸۱-۱۳۷۵) ۱۱۴۴/۵ هکتار از جنگل‌های کل استان مازندران در اثر آتش‌سوزی از بین رفت (بانج شفیع، ۱۳۸۵). از سال ۱۳۷۱ تا پایان سال ۱۳۸۹ طی ۸۷۱ فقره آتش‌سوزی، ۳۲۱۳ هکتار در استان گیلان دچار آتش‌سوزی شده‌است. طی این مدت بیشترین مقدار آتش‌سوزی در سال ۱۳۸۹ رخ داده‌است (رحیمی و اسماعیلی، ۱۳۸۹).

امین املشی (۱۳۸۶) به بررسی نوع و علت آتش‌سوزی در جنگل‌های استان گیلان پرداخت و در این بررسی آمار حریق جنگل طی سالهای ۱۳۷۹-۱۳۷۷ مطالعه و نتایج نشان‌داد که حدود ۸۱ درصد آتش‌سوزی‌ها طی ماه‌های مرداد، آذر و دی به‌وقوع پیوسته‌است که وزش بادهای گرم و خشک را در وقوع چنین پدیده‌ای مؤثر می‌داند.

سرکارگر اردکانی و همکاران (۱۳۹۰) با تحلیل فضایی نیروی آتش‌سوزی مناطق مختلف ایران با استفاده از سنجش از دور به این نتیجه رسیدند که آتش‌سوزی‌هایی که طی سال‌های اخیر در کشور اتفاق افتاده‌است ارتباط زیادی با وضعیت پوشش گیاهی موجود داشته‌است؛ به‌طوری‌که میزان همبستگی آن با میانگین شاخص پوشش گیاهی نرمال‌شده کشور به ۰/۹ می‌رسد. محمدی (۱۳۸۸) به تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با تصاویر ماهواره‌ای در جنگل‌های پناه پرداخته و نشان داد که حدود ۹۰ درصد از مناطق آتش‌سوزی شده در پهنه‌هایی با خطر زیاد قراردارند. بنابراین نقشه‌ی نواحی دارای خطر آتش‌سوزی جنگل می‌تواند راهنمای مفیدی برای مدیریت آتش‌سوزی باشد و راهبرد بسیار مهمی برای پیشگیری به‌شمار آید. Almedia (1994) تهیه نقشه نواحی دارای خطر

سری ۱ سراوان (کچا) بین طول جغرافیایی $۳۹^{\circ} ۴۹'$ - $۳۰^{\circ} ۳۳'$ و عرض جغرافیایی $۸^{\circ} ۳۰'$ - $۳۷^{\circ} ۳۰'$ واقع شده‌است. کل منطقه مورد مطالعه ۸۹۳۷ هکتار مساحت دارد که سطحی معادل $۷۹۰/۸$ هکتار جنگلکاری و بقیه جنگل طبیعی و اراضی مزروعی و مسکونی می‌باشد.

برداشت مناطق آتش‌سوزی شده:

بر طبق آمار آتش‌سوزی اعلام‌شده توسط اداره منابع طبیعی شهرستان رشت، مناطق عمده آتش‌سوزی که دارای بیشترین وسعت آتش‌سوزی و تکرار بودند شناسایی گردید. برداشت زمینی این مناطق با دستگاه GPS انجام شد. پردازش‌های اولیه روی آنها انجام شد و بعد به محیط نرم‌افزار Arcview انتقال و به پلی‌گون تبدیل شدند.

ارزش‌گذاری لایه‌ها (اولویت‌بندی):

به‌منظور تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی لازم بود که نقشه‌های تهیه‌شده در مراحل قبل با یکدیگر ترکیب شوند. برای این کار ابتدا باید عوامل مؤثر انتخاب شده و به دو صورت ارزش‌گذاری می‌شدند. ابتدا ارزش‌گذاری درون لایه‌ای با توجه به نظر متخصصان هر کدام از فاکتورهای مورد بررسی (پوشش گیاهی، عامل انسانی، فاصله از جاده، دما، شیب، فاصله از آبراهه، باران، جهت و ارتفاع) به چند طبقه تقسیم شده و به هر طبقه ارزشی خاص تعلق گرفت (جدول ۱). سپس ارزش‌دهی برون‌لایه‌ای انجام شد که برای این کار از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP^۱ استفاده شد. بنابراین در ابتدا پرسش‌نامه‌ای تهیه و در اختیار کارشناسان آتش‌سوزی در ادارات منابع طبیعی قرار گرفت و بعد فاکتورها با استفاده از روش مقایسه دو به دو ارزش‌گذاری شدند. پس از ارزش‌گذاری عوامل، نقشه‌ها

استفاده قرار گرفت. نتایج نشان‌داد که آب و هوا نقش مؤثر و قوی در هر دو الگوی زمانی و مکانی آتش‌سوزی دارد. همچنین بیشتر آتش‌سوزی‌ها در جهت‌های جنوبی و ارتفاعات پایین بوقوع پیوسته است. Anderson و همکاران (2012) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در جنگل‌های ترکیه به تعیین کوتاه‌ترین و امن‌ترین مسیر دسترسی به مناطق حساس به آتش‌سوزی پرداختند. در این مطالعه اراضی جنگلی با توجه به حساسیت به آتش‌سوزی طبقه‌بندی شدند. برای شبیه‌سازی مسیریابی، ۲۰ مکان آتش‌نشانی موجود در منطقه در نظر گرفته شد و بعد نقشه شبکه جاده‌های جنگلی، محل‌های ستاد آتش‌نشانی و مناطق مستعد آتش‌سوزی در محیط نرم‌افزار GIS تهیه شدند.

هدف از انجام این پژوهش بررسی و تجزیه و تحلیل توزیع مکانی و مشخصات آتش‌سوزی‌های جنگل سراوان واقع در استان گیلان می‌باشد، تا ضمن شناسایی مناطق مستعد به آتش‌سوزی و بازبینی روند و دوره بازگشت آن، اقدامات لازم جهت مقابله با آن فراهم گردد.

مواد و روش‌ها

وضعیت عمومی و موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه

سری ۱ سراوان در حومه شهرستان رشت و حوزه جنگلداری رودبار واقع شده و این سری از شمال به اراضی شهر رشت و از جنوب به جنگلکاری سراوان و باقیمانده جنگلهای کچا (سری ۲) و از غرب به سری عزیزکیان و از شرق به رودخانه سیاهرود و مسیر لوله‌گاز محدود می‌گردد. این منطقه در ارتفاع ۵۰ تا ۶۰۰ متر از سطح دریا با ارتفاع اکثریت سطح سری ۳۵۰ متر واقع شده است. روستاهای موجود در منطقه عبارتند از: کچا، بهدان و جوگلوبندان.

1- Analytical hierarchy process

روی هم گذاری شده و در نهایت نقشه خطر آتش سوزی تهیه شد.

الف) ارزش گذاری درون لایه‌ای

به این منظور هر یک از لایه‌های اطلاعاتی به صورت جداگانه براساس ارزشی که برای آتش سوزی می‌تواند داشته باشد، طبقه بندی و ارزش گذاری شدند. حدود ارزش گذاری طبقه‌های درون لایه‌ای بین ۱ تا ۹ در نظر گرفته شد. به این صورت که به بخش‌هایی از منطقه که مناسب تر بود، ارزش بیشتر (عدد ۹) و هر چه به سمت مناطق نامناسب تر پیش می‌رویم ارزش کمتر (تا حد عدد ۱) داده شد.

ب) اولویت بندی لایه‌ها (ارزش دهی برون لایه‌ای)

با توجه به نتایج بدست آمده، هر کدام از لایه‌های اطلاعاتی ایجاد شده نسبت به آتش سوزی دارای ارزشی متفاوت می‌باشند. بنابراین لایه‌ها باید نسبت به یکدیگر وزن دهی شده و لایه‌های دارای اهمیت بیشتر در اولویت قرار گیرند. در این مطالعه نیز لایه‌های تیپ، پوشش گیاهی، شیب، جهت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، هیدرولوژی، فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، دما و بارش با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و تلفیقی از نظرات استادان گروه جنگلداری و متخصصان اداره کل منابع طبیعی گیلان، و با طراحی فرم‌های پرسش‌نامه مخصوص ارزش گذاری انجام شد.

معیار ارزیابی چندمعیاری، به صورت مشخصه‌ها می‌باشد. مشخصه معیاری است که محدودیت نسبی یک گزینه خاص برای فعالیت مورد نظر را بیشتر یا کمتر می‌کند و در یک مقیاس پیوسته اندازه گیری می‌شود. بنابراین نقشه‌های مشخصه‌ها اغلب حالت پیوسته داشته و شایستگی نسبی مناطق مختلف را نشان می‌دهند.

معمولی‌ترین روش ارزیابی چندمعیاری، روش وزن دهی خطی بوده و یکی از تکنیک‌های وزن دهی، روش مقایسه دو به دو است. در این روش به هر مشخصه‌ای وزنی داده می‌شود (بدراتی، ۱۳۸۷). در این مطالعات نیز برای تعیین وزن نسبی هر لایه از روند مقایسه زوجی به روش تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شد. در این روش هر لایه‌ای بطور جداگانه در مقابل سایر مشخصه‌ها وزن دهی گردید. سپس وزن‌های نسبی در ماتریس وارد شده و ضریب اهمیت هر لایه جداگانه محاسبه می‌گردد. به منظور تعیین ضریب اهمیت هر لایه از اطلاعات حاصل از نظرات متخصصان مختلف آتش سوزی جنگل استفاده شد. ساعتی پیشنهاد نمود که اگر نسبت ناسازگاری هر پرسش‌نامه از ۰/۱ بیشتر باشد بهتر است تصمیم گیرنده در قضاوت‌های خود تجدیدنظر کند. از این رو نظراتی که اختلاف کلی با سایر نظرات داشتند از جمع بندی حذف شدند، از ۲۸ فرم پر شده ۳ فرم درصد خطای بالای ۰/۱ داشتند و حذف گردیدند و فرم نهایی AHP با میانگین هندسی از ۲۵ فرم تهیه گردید.

در نهایت جمع بندی و میانگین گیری هندسی آنها با استفاده از منطق وزن دهی صورت گرفت. اکزل و ساعتی ثابت کرده‌اند که میانگین هندسی بهترین روش برای تلفیق قضاوت‌ها در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی است. به همین جهت در این مطالعه میانگین هندسی قضاوت‌ها محاسبه و اعداد، وارد ماتریس در نرم افزار Expert Choice شده و در آن ضریب اهمیت هر لایه محاسبه گردید.

به منظور رتبه بندی گزینه‌های تصمیم، وزن نهایی از حاصل ضرب وزن نسبی هر عنصر در وزن عناصر بالاتر بدست می‌آید. با انجام این مرحله برای هر گزینه، مقدار وزن نهایی بدست می‌آید (قدسی پور، ۱۳۸۸).

فرم درصد خطای بالای ۰/۱ داشتند و حذف گردیدند و فرم نهایی AHP با میانگین هندسی از ۲۵ فرم تهیه گردید.

تلفیق نقشه‌ها برای تهیه نقشه پیش‌بینی نقاط حساس به آتش‌سوزی:

در این مرحله به‌منظور تلفیق مشخصه‌ها ابتدا ضریب اهمیت محاسبه شده در روند ارزیابی چندمعیاری، در لایه‌های اطلاعات مربوطه (ارزش تک‌تک سلول‌های نقشه و طبقات داخلی آنها) توسط نرم‌افزار ArcGIS 9.3 ضرب شد. سپس با جمع این حاصل‌ضرب‌ها نقشه مطلوبیت نهایی بدست آمد. که دامنه ارزش‌های آن برابر دامنه استاندارد شده‌اند (دامنه طبقات داخلی نقشه‌ها). به این ترتیب با توجه به اینکه در طبقات درون لایه‌ای ارزش‌های پایین نشان‌دهنده مطلوبیت پایین است، بنابراین در نقشه مطلوبیت نهایی نیز مکان‌های با ارزش پایین نشان‌دهنده مطلوبیت پایین آن منطقه برای آتش‌سوزی می‌باشند. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز در محیط GIS و با استفاده از مدل نهایی بدست آمده و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، لایه‌های اطلاعاتی با هم ترکیب شدند و در نهایت نقشه پهنه‌بندی مناطق حساس به آتش‌سوزی بدست آمد. در این قسمت نقشه مطلوبیت نهایی تهیه شده با توجه به محدوده دامنه ارزشی داده‌شده به آن به پنج طبقه تقسیم‌بندی و با رنگ‌های زیر مشخص شد:

۱- قرمز: مناطق پر خطر

۲- نارنجی: مناطق خطرناک

۳- زرد: مناطق با حساسیت متوسط

۴- آبی: مناطق کم خطر

۵- سبز: مناطق بسیار کم خطر که احتمال حریق در آنها بسیار جزئی پیش‌بینی می‌شود.

میانگین هندسی هر عامل از فرمول زیر بدست آمد:

$$y = \frac{xn}{\frac{1}{x1} + \frac{2}{x2} + \frac{3}{x3} + \dots}$$

که در این فرمول xn تعداد کل فرم‌هاست.

$X1$ مقدار عددی هر معیار

محاسبه تعداد نمونه لازم جهت وزن‌دهی برون لایه‌ای جهت بدست آوردن تعداد نمونه لازم برای وزن‌دهی به وسیله فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی از روش مورگان با فرمول زیر استفاده گردید:

$$S = \frac{p(1-p)x^2 + (N-1)p(1-p)}{d^2Nx^2}$$

N : تعداد افراد جامعه

S : تعداد نمونه مورد نیاز

p : نسبت جمعیت = ۰/۵

d : درجه دقت نسبت جمعیت = ۰/۰۵

x^2 : درجه آزادی = ۳/۸

بدین منظور تعداد افراد جامعه که استادان و کارشناسان منابع طبیعی و متخصص در امر آتش‌سوزی و AHP بودند ۳۰ نفر در نظر گرفته شدند ($N=30$) و با استفاده از فرمول فوق تعداد نمونه مورد نیاز ۲۷ نفر ($S=27$) محاسبه شد.

برای تکمیل فرم‌های نظرسنجی از ۲۸ نفر از استادان و کارشناسان ادارات منابع طبیعی استفاده شد و درصد خطای هر یک از فرم‌ها محاسبه شد. از ۲۸ فرم پرشده ۳

شدید می‌باشد. از معایب این شاخص این است که در اعلام شروع خشکسالی دیر عمل می‌کند و محاسبه آن قدری پیچیده است.

نتایج

نتایج حاصل از ارزش‌دهی درون لایه‌ای:

جهت وزن‌دهی درون لایه‌ای به هر یک از عوامل کد ۱ تا ۵ داده شده است. کد ۵ نشان‌دهنده بیشترین تأثیر در آتش‌سوزی و کد ۱ نشان‌دهنده کمترین تأثیر در بروز و انتشار آتش‌سوزی می‌باشد.

بررسی تأثیر خشکسالی بر آتش‌سوزی به وسیله شاخص PDSI^۱:

به منظور انجام مطالعه از داده‌های بارندگی ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی سازمان هواشناسی کشور و استان گیلان استفاده شد. با استفاده از شاخص PDSI خشکسالی‌های سالانه و ماهیانه استخراج گردید. PDSI شاخص شدت خشکسالی پالمر می‌باشد، که در آن از داده‌های بارندگی و دمای ماهیانه ۳۰ سال گذشته استفاده می‌گردد. این شاخص وضعیت خشکسالی را توسط اعدادی مابین ۴- تا ۴ نشان می‌دهد که عدد ۴ نشان‌دهنده وضعیت ترسالی شدید و عدد ۴- نشان‌دهنده خشکسالی

جدول ۱- کد کلاسه‌های عوامل مختلف پس از وزن‌دهی درون لایه‌ای

| کد | درصد شیب | جهت | ارتفاع (متر) | فاصله از جاده (متر) | فاصله از آبراهه (متر) | تیپ جنگل | فاصله از مناطق مسکونی (متر) | دما | باران (میلی متر) |
|----|----------|------|--------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|---------|------------------|
| ۱ | > ۵ | شمال | > ۴۵۰ | بیشتر از ۸۰۰ | ۰ - ۱۰۰ | راش - ممرز | بیشتر از ۳۰۰۰ | | ۱۰۵۳ - ۱۰۶۳ |
| ۲ | ۵ - ۱۰ | شرق | ۴۵۰ - ۳۰۰ | ۸۰۰ - ۶۰۰ | ۲۰۰ - ۱۰۰ | ممرز - بلوط راش | ۳۰۰۰ - ۲۰۰۰ | | ۱۰۲۵ - ۱۰۳۴ |
| ۳ | ۱۰ - ۲۵ | مسطح | ۳۰۰ - ۱۵۰ | ۶۰۰ - ۴۰۰ | ۳۰۰ - ۲۰۰ | بلوط - ممرز انجیلی | ۲۰۰۰ - ۱۰۰۰ | ۲۵ درجه | ۱۰۳۴ - ۱۰۴۴ |
| ۴ | ۲۵ - ۳۵ | غرب | ۱۵۰ - ۰ | ۴۰۰ - ۲۰۰ | ۴۰۰ - ۳۰۰ | انجیلی ممرز - بلوط | ۰ تا ۱۰۰۰ | | ۱۰۲۵ - ۱۰۳۴ |
| ۵ | < ۳۵ | جنوب | | ۰ تا ۲۰۰ | بیشتر از ۴۰۰ | جنگلکاری - توسکا | | | ۱۰۱۶ - ۱۰۲۵ |

نتایج حاصل از ارزش‌دهی برون لایه‌ای:

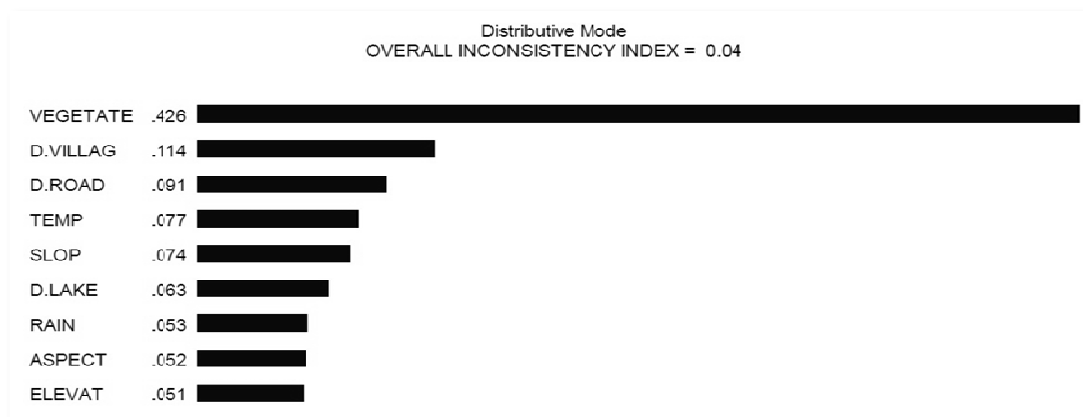
برای تهیه نقشه پیش‌بینی نقاط حساس به آتش‌سوزی، ارزش‌گذاری برون لایه‌ای براساس داده‌های جمع‌آوری

شده، در نرم‌افزار Expert choice انجام شد که نتایج آن در شکل شماره ۲ به نمایش درآمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در نمودار خروجی از روش AHP، لایه پوشش گیاهی با ضریب تأثیر ۰/۴۲۶ بیشترین وزن را در نقشه پیش‌بینی نقاط حساس به آتش‌سوزی داشته و

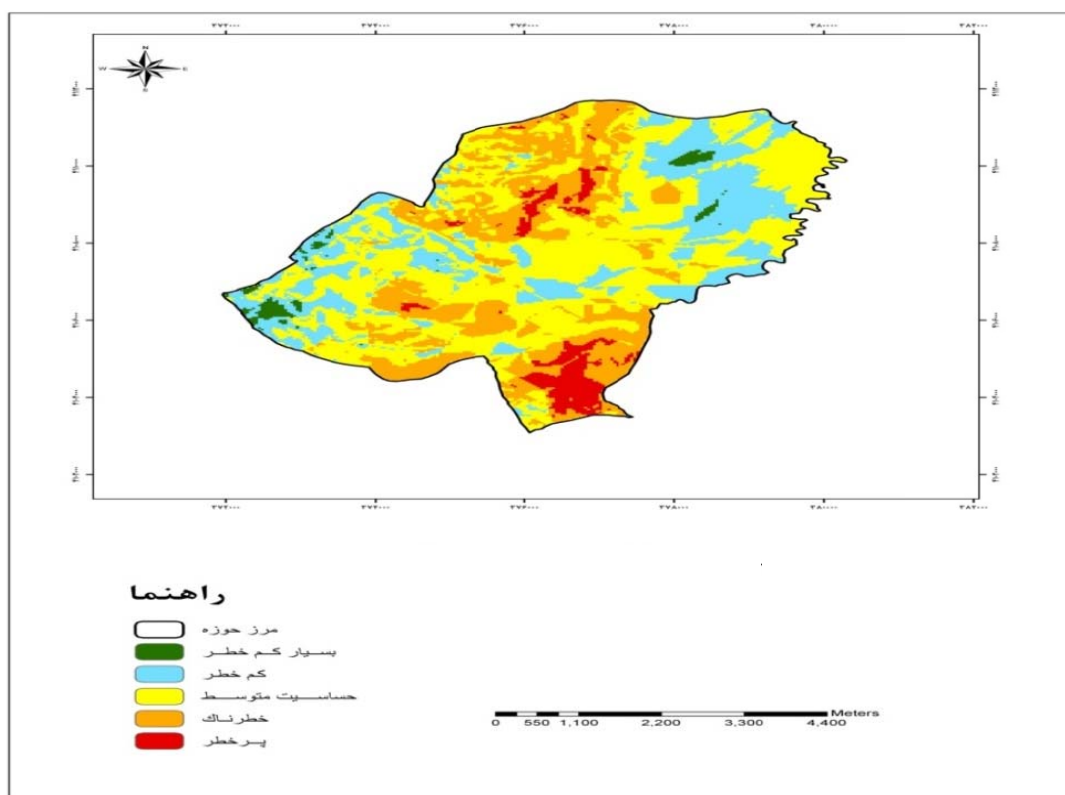
1- Palmer Drought Severity Index

عملیات به میزان کمتر از ۰/۱ باشد که در خروجی نرم‌افزار نیز خروجی این ضریب ۰/۰۴ بود که بر طبق نظر (Saaty,1980) نتایج حاصل معتبر است.

بعد لایه‌های عامل انسانی، فاصله از جاده، دما، شیب، فاصله از آبراهه، باران، جهت و ارتفاع در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند. به‌منظور بررسی صحت ضرایب بدست آمده باید ضریب ناسازگاری حاصل از این



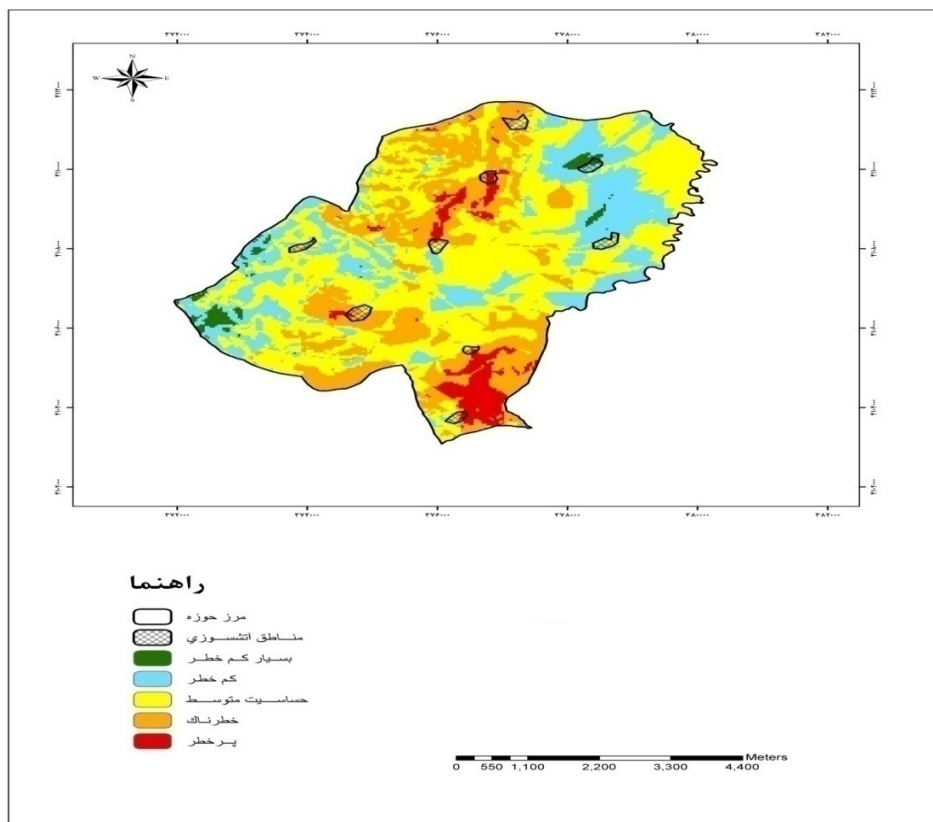
شکل ۲ - ارزش‌های برون لایه‌ای حاصل از AHP



شکل ۳ - نقشه پیش‌بینی نقاط حساس به آتش‌سوزی



شکل ۴- نقشه نقاط آتشسوزی شده در سری ۱ جنگل سراوان



شکل ۵- نقشه تلفیقی نقاط پیش‌بینی شده و نقاط آتشسوزی شده

نقشه پیش‌بینی نقاط حساس به آتش‌سوزی

لایه‌های اطلاعاتی منطقه مورد مطالعه با توجه به ارزش‌های بدست آمده، با استفاده از فرمول زیر در بخش Raster calculator در نرم‌افزار ArcGIS9.3 تلفیق شدند و نقشه نهایی بدست آمد. در این فرمول ابتدا ضریب هر کدام از لایه‌ها در خود لایه ضرب و بعد این لایه‌ها با هم جمع شد. بدیهی است نقشه حاصل نقشه‌ای متشکل از لایه‌های مورد نیاز منطقه با اعمال ضرایب تأثیر هر یک از لایه‌ها خواهد بود که در شکل ۳ نشان داده شده است.

$$..... + (Z \times \text{ضریب لایه Z در AHP}) + (Y \times \text{ضریب لایه Y در AHP})$$

نقشه نقاط آتش‌سوزی شده در منطقه

مناطق جنگلی که طبق آمار موجود در اداره منابع طبیعی شهرستان رشت در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ دچار آتش‌سوزی شده‌بود و دارای بیشترین مساحت بودند توسط GPS برداشت و مشخص گردید. لکه‌های مورد آتش‌سوزی قرارگرفته و مساحت آنها به هکتار در جدول شماره ۲ نشان داده شده‌است. موقعیت مناطق آتش‌سوزی شده در منطقه با رنگ قرمز روی نقشه مشخص گردید (شکل ۴). در مجموع ۶۴ هکتار در منطقه آتش‌سوزی داشتیم.

جدول ۲- مساحت مناطق آتش‌سوزی شده (واحد: هکتار)

| مناطق آتش‌سوزی | شماره ۱ | شماره ۲ | شماره ۳ | شماره ۴ | شماره ۵ | شماره ۶ | شماره ۷ | شماره ۸ | شماره ۹ | کل |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|
| مساحت | ۶ | ۱۱ | ۹ | ۵ | ۶ | ۴ | ۹ | ۷ | ۷ | ۶۴ |

نقشه تلفیقی نقاط پیش‌بینی شده و نقاط آتش‌سوزی شده

در این مرحله نقشه پیش‌بینی نقاط حساس به آتش‌سوزی که از تلفیق ۹ لایه مذکور بدست آمده بود با

آتش‌سوزی‌های صورت‌گرفته در منطقه تلفیق شد که در شکل ۵ ارائه شده است.

جدول ۳- درصد نواحی آتش‌سوزی شده واقع در مناطق پهنه‌بندی

| مناطق پهنه‌بندی | پرخطر | خطرناک | حساسیت متوسط | کم خطر | بسیار کم خطر |
|---------------------------|-------|--------|--------------|--------|--------------|
| مناطق آتش‌سوزی شده (درصد) | ۱۲/۵ | ۲۹/۶۸ | ۳۴/۳۷ | ۱۸/۷۵ | ۴/۶۸ |
| کل منطقه (درصد) | ۴/۳۹ | ۲۴/۴۲ | ۴۸/۰۴ | ۲۱/۶۷ | ۱/۴۵ |

اعتبارسنجی مدل

برای ارزیابی مدل بدست آمده توسط فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، نقشه پراکنش آتش‌سوزی و نقشه پهنه‌بندی

با هم تلفیق شدند. در صورتی صحت مدل قابل قبول است که درصد بیشتری از مناطق آتش‌سوزی شده در طبقه‌هایی با خطر بالا قرار گرفته‌باشند. محاسبه درصد

گیلان استفاده شد. با استفاده از شاخص PDSI خشکسالی‌های سالیانه و ماهیانه استخراج گردید. در این شاخص وضعیت خشکسالی توسط اعدادی مابین ۴- تا ۴ بیان می‌شود که عدد ۴ نشان‌دهنده وضعیت ترسالی شدید و عدد ۴- نشان‌دهنده خشکسالی شدید می‌باشد. با توجه به نمودار بدست آمده می‌توان گفت در سال‌های ۱۹۸۰، ۱۹۸۴، ۱۹۹۳، ۱۹۹۶، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۸ در منطقه مورد مطالعه خشکسالی اتفاق افتاده‌است. در ضمن نمودار تعداد آتش‌سوزی رخ داده در ۳۰ سال گذشته جهت مقایسه با خروجی نرم‌افزار PDSI بررسی تأثیر خشکسالی بر آتش‌سوزی رسم گردید (شکل ۷).

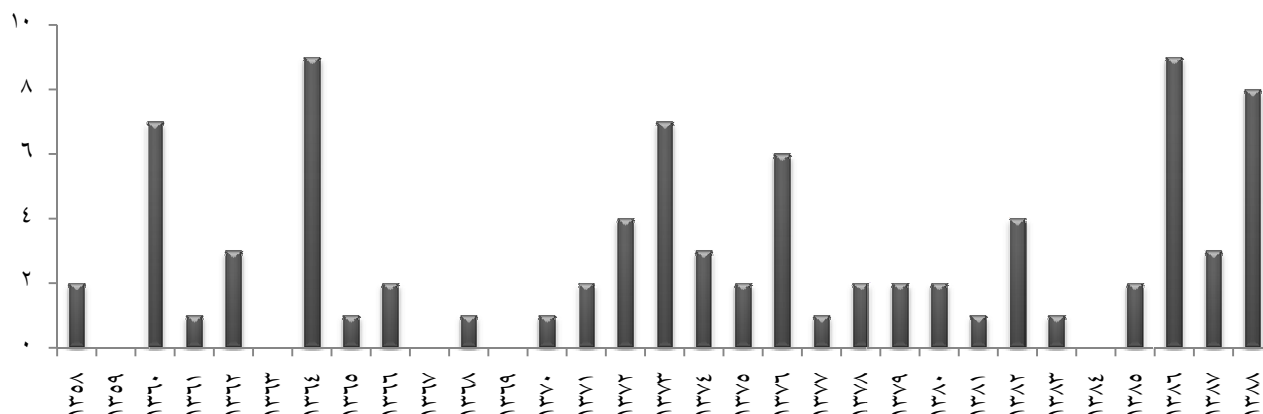
طبقات خطر واقع در مناطق آتش‌سوزی که در جدول ۳ نشان داده شده‌است نشان‌دهنده دقت بالای این روش می‌باشد. همچنین محاسبه درصد طبقات خطر آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه نشان از حساسیت متوسط به بالای منطقه مورد مطالعه به آتش‌سوزی می‌باشد.

نتایج بررسی اثر خشکسالی بر آتش‌سوزی به وسیله شاخص PDSI

به‌منظور انجام مطالعه از داده‌های بارندگی ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی سازمان هواشناسی کشور و استان

| PDSI - Notepad | | | | | | | | | | | |
|----------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| File | Edit | Format | View | Help | | | | | | | |
| 1980 | -0.30 | -0.69 | -0.69 | 0.23 | -0.03 | -0.41 | -0.53 | -0.65 | -0.81 | 0.31 | 0.35 |
| 1981 | 0.72 | 0.58 | 0.65 | 0.78 | -0.02 | -0.22 | -0.34 | -0.47 | -0.62 | -0.89 | -0.91 |
| 1982 | 0.44 | 0.48 | 0.42 | 0.67 | 0.02 | -0.13 | -0.26 | -0.38 | -0.55 | 3.30 | 2.93 |
| 1983 | 2.56 | 2.90 | -0.24 | -0.42 | -0.41 | -0.55 | -0.67 | -0.79 | -0.96 | -1.22 | -1.27 |
| 1984 | -1.80 | -1.45 | -1.49 | -1.17 | -1.16 | -1.25 | -1.35 | -1.45 | -1.59 | -1.67 | -1.61 |
| 1985 | 0.67 | 0.77 | 0.80 | 0.91 | -0.03 | -0.24 | -0.37 | -0.49 | -0.64 | -0.92 | 0.47 |
| 1986 | 1.51 | 1.17 | 0.95 | 1.25 | 1.20 | 1.05 | 0.90 | 3.72 | 3.36 | 2.92 | 3.60 |
| 1987 | 4.22 | 3.63 | 3.94 | 4.07 | 3.76 | 14.56 | 24.74 | 22.96 | 24.55 | 21.68 | 19.86 |
| 1988 | 17.32 | 15.84 | 14.57 | 13.62 | 12.60 | 11.36 | 10.46 | 9.63 | 9.43 | 8.57 | 7.93 |
| 1989 | 6.93 | 6.33 | 6.29 | 6.40 | 5.93 | 5.20 | 4.75 | 4.34 | 3.92 | 3.44 | 3.64 |
| 1990 | 3.74 | 3.75 | 3.67 | 3.58 | 3.29 | 2.71 | 2.44 | 2.19 | 1.92 | 1.78 | 1.57 |
| 1991 | 1.41 | 1.64 | 1.74 | 2.17 | 2.17 | 1.93 | 1.72 | 1.52 | 1.32 | 2.88 | 2.37 |
| 1992 | 2.00 | 2.38 | 2.15 | 1.92 | 2.08 | 1.87 | 1.66 | 2.86 | -0.14 | -0.42 | -0.44 |
| 1993 | -1.01 | -1.35 | -0.86 | -1.22 | -0.75 | -0.59 | -0.71 | -0.83 | -0.98 | -1.21 | -1.24 |
| 1994 | 0.23 | 0.74 | 0.62 | 0.78 | -0.02 | -0.16 | -0.29 | -0.41 | -0.53 | 0.06 | 1.19 |
| 1995 | 2.66 | 2.37 | 2.47 | -0.17 | -0.20 | -0.59 | -0.71 | -0.84 | 0.54 | -0.28 | -0.39 |
| 1996 | -0.45 | -0.84 | -1.07 | -1.17 | 0.20 | 0.59 | 1.01 | -0.13 | -0.30 | -0.57 | -0.67 |
| 1997 | 0.03 | 0.94 | 0.87 | 1.33 | 1.22 | 1.63 | 1.33 | 1.16 | 0.99 | 0.82 | 1.59 |
| 1998 | 2.34 | 1.97 | 1.70 | 1.82 | 1.80 | 1.61 | 1.94 | 3.10 | 3.40 | 3.08 | 2.78 |
| 1999 | 2.15 | 2.85 | 2.51 | 2.32 | 2.12 | 1.64 | 1.98 | 1.76 | 1.54 | 1.34 | 2.41 |
| 2000 | 3.71 | 3.57 | 3.75 | 3.93 | 3.62 | 3.04 | 2.75 | 2.48 | 2.20 | 7.70 | 6.86 |
| 2001 | 5.73 | 6.10 | 5.80 | 5.94 | 5.53 | 5.04 | 4.61 | 5.58 | 6.58 | 6.01 | 5.60 |
| 2002 | 5.23 | 5.59 | 5.66 | 5.03 | 4.66 | 4.25 | 3.88 | 3.53 | 3.19 | 2.79 | 3.61 |
| 2003 | 3.04 | 2.79 | 2.96 | 2.54 | 2.35 | 2.26 | 2.03 | 1.81 | 1.59 | 1.28 | 1.35 |
| 2004 | 1.09 | 1.37 | 1.25 | 1.01 | 1.02 | 0.87 | 1.99 | 1.77 | 3.05 | -0.14 | 0.14 |
| 2005 | 0.10 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | -0.04 | -0.48 | -0.60 | -0.72 | -0.88 | -1.19 | -1.01 |
| 2006 | -0.70 | -0.42 | -0.45 | -0.33 | -0.35 | -0.68 | 0.55 | -0.13 | -0.29 | 0.88 | -0.18 |
| 2007 | 0.99 | 1.46 | 1.25 | 1.14 | 1.05 | 2.76 | -2.64 | -2.74 | -2.87 | -2.98 | -3.04 |
| 2008 | -3.42 | -3.39 | 0.67 | -0.08 | -0.13 | -0.70 | -0.82 | -0.94 | 0.51 | 1.75 | 1.59 |
| 2009 | 1.26 | 1.34 | 1.33 | 1.05 | 1.07 | 1.77 | 1.06 | 0.95 | 0.79 | 2.39 | 2.07 |

شکل ۶- خروجی حاصل از نرم‌افزار PDSI



شکل ۷- تعداد آتش‌سوزی رخ داده در ۳۰ سال گذشته

بحث و نتیجه‌گیری کلی

الف) تفسیر نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل لایه‌های

مختلف با استفاده از فرایند تجزیه تحلیل سلسله‌مراتبی

به‌منظور طراحی نقشه مناطق حساس به آتش‌سوزی، قبل از هر امر کاری باید پارامترهای مؤثر بر آن را از جنبه فنی و میزان هزینه و همچنین موازین زیست‌محیطی در نظر گرفت. در این تحقیق پس از تعیین لایه‌های مورد نیاز اقدام به ارزش‌گذاری لایه‌ها گردید. برای این کار از روش ارزش‌گذاری چندمعیاری در GIS استفاده شد. این کار علاوه بر صرفه‌جویی در زمان، این مزیت را دارد که می‌توان از نظرات افراد مختلف بهره‌برد. علاوه بر آن امکان استفاده از معیارهای کمی و کیفی نیز وجود دارد که در روش سنتی مقدور نمی‌باشد (قجر، ۱۳۸۴). ارزش‌گذاری فاکتورها با ضریب ناسازگاری ۰/۰۴ نشان داد که چهار لایه پوشش گیاهی، عامل انسانی، فاصله از جاده، و دما به ترتیب جزو لایه‌های بسیار مهمتر طبقه‌بندی می‌شوند (شکل ۲). نتایج احمدی (۱۳۸۱)، عزیزی و همکاران (۱۳۸۱) با نتایج ما شباهت داشت، در صورتی

که محمدی (۱۳۸۸) عامل انسانی را مهمترین عامل دانست.

با توجه به طیف وسیع طبقه‌بندی که در روش تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده می‌گردد، قدرت تصمیم‌گیری بالاتر رفته و می‌توان با نتایج حاصل در جهت کاهش هزینه‌ها اعم از هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی اقدامات مناسبی را اعمال نمود (املشی، ۱۳۸۶). افزون بر این، چون در این روش به دلیل اهمیت و شیوه‌های محاسباتی لحاظ شده در آن می‌توان عوامل بیشتری را دخالت داد، این روش می‌تواند روش جامع‌تر و کامل‌تری در مقایسه با سایر روش‌های متداول باشد. در تعیین اولویت‌ها به دلیل امکان بکارگیری معیارهای کمی و کیفی متعدد در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، تعیین وزن مشخصه‌ها براساس این روش مناسب بنظر می‌رسد. احمدی (۱۳۸۱)، ستوده (۱۳۸۱)، عزیزی و همکاران (۱۳۸۱)، و Huang (2003) نیز این روش را چارچوب مناسبی برای تصمیم‌گیری گروهی دانسته‌اند. بنابراین انتخاب صحیح کارشناسان یکی از موارد مهم و تأثیرگذار در نتایج خواهد بود.

ب) تفسیر نقشه‌های پهنه‌بندی مناطق حساس به آتش‌سوزی

نتایج بدست آمده نشان‌داد که روش بررسی مناطق حساس و بحرانی آتش‌سوزی با استفاده از AHP و PDSI و GIS برای تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی روشی مناسب بوده و می‌تواند کاربرد موفقیت‌آمیزی برای اداره منابع طبیعی و سایر ادارات مرتبط در این زمینه در شهرستان رشت و استان گیلان باشد.

در زیر به بررسی نقشه‌های مختلف بدست‌آمده می‌پردازیم.

- نوع پوشش گیاهی به‌عنوان مهمترین عامل تشخیص داده شده‌است. زیرا پوشش گیاهی همان ماده سوختنی قابل اشتعال است و محیط را برای آتش‌سوزی مساعد می‌کند. نوع درختان جنگل در شدت یا کاهش آتش‌سوزی تأثیر دارد، به طور مثال شدت آتش‌سوزی درختان «سوزنی‌برگ» بیشتر از درختان پهن‌برگ است. به همین دلیل است که از درختان پهن‌برگ به‌منظور آتش‌بر سبز در جنگل‌های سوزنی‌برگ استفاده می‌کنند، و در اطراف قطعاتی از جنگل سوزنی‌برگ، درختان پهن‌برگ می‌کارند. در منطقه مورد مطالعه ۲۶ مورد آتش‌سوزی در مناطق جنگلکاری سوزنی‌برگ رخ داده است، در صورتی که در زمان مشابه فقط ۱۴ مورد آتش‌سوزی در مناطق با گونه پهن‌برگ اتفاق افتاده است. حدود ۳۰ هکتار از ۶۴ هکتار آتش‌سوزی اتفاق افتاده در ناحیه مورد مطالعه در مناطق حساس از نظر پوشش گیاهی و به‌ویژه در جنگلکاری‌های سوزنی‌برگ اتفاق افتاده‌است و این امر در حالیست که سوزنی‌برگان مساحت بسیار کمتری را به خود اختصاص داده‌اند و بطور کلی فقط ۱۵ درصد از کل منطقه را تشکیل

داده‌اند. یعنی با این مساحت کم حدود ۵۰ درصد آتش‌سوزی را به خود اختصاص داده‌اند که این امر با توجه به اکوسیستم موجود منطقی بنظر می‌رسد. همان‌طور که می‌دانیم جنگلکاری‌ها به‌ویژه سوزنی‌برگان نسبت به جنگل‌های بکر و طبیعی حساسیت بیشتری به آتش‌سوزی دارند. نتایج بدست‌آمده از این پژوهش با نتایج تحقیقات محمدی (۱۳۸۸)، Almedia (1994)، Jaiswal et al., (2002)، Erten et al., (2004) و Dong et al., (2005) مطابقت دارد.

- بعد از معیار پوشش گیاهی، فاصله از مناطق مسکونی بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند. از آنجایی که در نزدیکی مناطق مسکونی، فعالیت‌های انسانی بیشتر می‌باشد، در نتیجه آتش‌سوزی نیز بیشتر می‌شود (Giglio, 2005). بنابراین با کاهش فاصله از این مناطق تعداد آتش‌سوزی‌ها افزایش می‌یابد. در نقشه بدست‌آمده بیشترین آتش‌سوزی رخ داده در فاصله کمتر از ۱۰۰۰ متر از مناطق مسکونی رخ داده‌است. اگرچه انسان عامل اصلی در ایجاد آتش‌سوزی می‌باشد اما می‌توان گفت در وقوع و گسترش آتش‌نقش دوگانه‌ای دارد. در نزدیکی مناطق مسکونی تعداد موارد وقوع آتش‌سوزی بیشتر است (۴۸ هکتار در منطقه) اما از آنجا که آتش توسط خود انسان مهار شده، بنابراین در نزدیکی این مناطق آتش سریعتر خاموش می‌شود. نتایج حاصل از این قسمت از مطالعه با نتایج محمدی (۱۳۸۸)، Almedia (1994)، Jaiswal et al., (2002)، Erten et al., (2004) و Dong et al., (2005) یکسان می‌باشد.

- معیار بعدی فاصله از جاده است. از آنجایی که در نزدیکی جاده‌ها، فعالیت‌های انسانی بیشتر می‌باشد،

- فاصله از آبراهه لایه‌ی دیگری است که می‌تواند نقش دوگانه‌ای در بروز و انتشار آتش‌سوزی ایفا کند. نقش افزایش‌دهنده آنرا می‌توان به فعالیت انسانی بیشتر در نزدیکی منابع آبی نسبت داد که احتمال وقوع حریق را بیشتر می‌کند. اما یک نقش اصلی کاهنده نیز می‌تواند برای این فاکتور اعلام کرد. چون که در نزدیکی آبراهه‌ها و دریاچه رطوبت بیشتر است، و این رطوبت زیاد و آب موجود نقش مهارکننده و کاهنده آتش را به خوبی ایفا می‌کند. شدت و سرعت توسعه آتش‌سوزی بستگی معکوس به رطوبت ماده سوختنی دارد. بنابراین احتمال وقوع آتش‌سوزی در نزدیکی این منابع کمتر است. پس هر چه فاصله از دریاچه و آبراهه‌ها کمتر شود احتمال وقوع آتش کمتر است. در نقشه بدست آمده بیشترین مقدار آتش‌سوزی (۱۱ هکتاری)، در فاصله بیشتر از ۴۰۰ متر رخ داده است. بنابراین بیشترین وزن به طبقاتی اختصاص یافته است که در دورترین فاصله قرار دارند. نتایج محمدی (۱۳۸۸)، *Erten et al.*, (2004) نیز نتایج بدست آمده را تأیید می‌کند.

- عامل مؤثر دیگر در وقوع آتش‌سوزی، فاکتور بارندگی می‌باشد. منطقه مورد مطالعه از نظر تقسیم‌بندی آب و هوایی جزء مناطق خیلی مرطوب می‌باشد. در نقشه بدست آمده از بارش منطقه، بیشترین مقدار آتش‌سوزی در محدوده با بارش ۱۰۲۵ میلی‌متر اتفاق افتاده است که نسبت به مناطق دیگر بارش کمتری داشته است. هرچه مقدار بارندگی در فصل بهار در یک منطقه بیشتر باشد، تراکم پوشش علفی در تابستان بیشتر و در نتیجه احتمال وقوع و گسترش آتش‌سوزی در فصول گرم بیشتر است. رحیمی و اسماعیلی (۱۳۸۷) افزایش بارندگی را عامل افزایش آتش‌سوزی دانسته‌اند.

بنابراین با کاهش فاصله از این مناطق تعداد آتش‌سوزی‌ها افزایش می‌یابد. در کلیه منابع مورد بررسی بیشترین آتش‌سوزی در نزدیکترین فاصله از جاده‌ها اتفاق افتاده است. در نقشه بدست آمده در تحقیق ما بیشترین آتش‌سوزی در فاصله کمتر از ۲۰۰ متر از جاده اتفاق افتاده است. نتایج حاصل از این قسمت از مطالعه با نتایج محمدی (۱۳۸۸)، *Almedia* (1994)، *Erten et al.*, (2004) *Jaiswal et al.*, (2002) و *Dong et al.*, (2005) یکسان می‌باشد.

- دما و درجه حرارت سومین فاکتور تأثیرگذار می‌باشد. بنابراین می‌توان این‌طور عنوان کرد که در دو منطقه از نظر شرایط توپوگرافی، پوشش گیاهی، عوامل انسانی و ... یکسان هستند، تنها تفاوت در دما می‌باشد؛ البته در منطقه‌ای که درجه حرارت بیشتر باشد احتمال وقوع آتش‌سوزی بیشتر است. این امر بدیهی است و در ضمن نتایج محمدی (۱۳۸۸) نیز مؤید همین مطلب است. در خصوص منطقه مورد مطالعه به دلیل اینکه وسعت منطقه زیاد نبوده (۸۹۳۷ هکتار)، و همچنین اختلاف ارتفاع ۳۰۰ متری به گونه‌ای نبوده که در نقاط مختلف آن تفاوت دمایی وجود داشته باشد، بنابراین به صورت یک طبقه ۲۵ درجه‌ای در نظر گرفته شده است.

- شیب دامنه هم نقش مهمی در آتش‌سوزی ایفا می‌کند. سرعت حرکت آتش در شیب‌های تند افزایش می‌یابد. در طبقات شیب، بیشترین خطر در طبقه سوم و چهارم بوده که با نتایج محمدی (۱۳۸۸)، *Almedia* (1994)، *Erten et al.*, (2004) *Jaiswal et al.*, (2002) و *Dong et al.*, (2005) در این بررسی‌ها بیشترین خطر در طبقه بیشتر از ۳۵٪ قرار گرفته است.

نقشه بدست آمده از پنج طبقه خطر، از دامنه بسیار کم خطر تا پرخطر تقسیم بندی شده است؛ به این ترتیب که به طور کلی ۲۹ درصد ناحیه در منطقه خطرناک، ۴۸ درصد در منطقه متوسط و ۲۳ درصد در منطقه کم خطر قرار دارند (جدول ۳). منطقه مورد مطالعه در دامنه هایی از ریسک متوسط رو به خطرناک قرار دارد. این نتایج نشان دهنده ریسک پذیری نسبتاً بالای جنگل های سراوان (رشت) می باشد. بنابراین اقدامات پیشگیرانه برای جلوگیری از آتش سوزی های آینده در جنگل های این منطقه به کمک ابزارها و سیستم های توانمند اطلاعات مکانی ضروریست.

از سیستم های اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزاری قوی در مدیریت آتش سوزی نامبرده می شود. این سیستم ها روش های انعطاف پذیری را برای کشف ارتباط بین داده های جغرافیایی فراهم می کنند و به متخصصان این امکان را می دهند که معلوماتشان را برای حل مسائل پیچیده در کنار یکدیگر قرار دهند. اما نکته ی مهمی که در استفاده از این سیستم ها وجود دارد آن است که پهنه بندی مطلق پدیده های جغرافیایی با استفاده از GIS نتایج قابل اطمینانی را ارائه نمی دهد، و لازم است نتایج بدست آمده با شرایط بوقوع پیوسته بررسی گردد تا از کاربردی بودن نقشه های بدست آمده اطمینان لازم را حاصل نمود (ادب و همکاران، ۱۳۸۷). به همین دلیل در این پژوهش نیز نقشه پهنه بندی با مناطق آتش سوزی شده که با عملیات میدانی بدست آمد تطبیق داده شده و اعتبارسنجی مدل صورت گرفت. نتایج نشان داد که مناطق آتش سوزی شده ۱۲/۵ درصد در طبقه پرخطر، ۲۹/۶۸ درصد در طبقه خطرناک، ۳۴/۳۷ درصد در طبقه متوسط، ۱۸/۷۵ درصد

محمدی (۱۳۸۸)، افزایش بارندگی را در کاهش آتش سوزی مؤثر خوانده که با نتایج بدست آمده از تحقیق ما یکسان است و از دیدگاه وی اقلیم خشک، ناحیه را مستعد آتش سوزی می سازد.

- فاکتور دیگری که در وقوع آتش سوزی مؤثر است، جهت دامنه است. در نقشه بدست آمده از فاکتور جهت، ۷۲ درصد آتش سوزی در جهت های جنوبی و جنوب غربی اتفاق افتاده است. در نتیجه بیشترین خطر وقوع آتش در جهت های جنوبی است. جهت های جنوبی به دلیل دریافت نور خورشید بیشتر خشک تر هستند، و احتمال آتش سوزی در آنها بیشتر است. طبق برآورد انجام شده ۱۷ درصد آتش سوزی های منطقه در دامنه غربی بوده و دامنه های شرقی، شمالی و مناطق مسطح در مجموع ۱۱ درصد مناطق آتش سوزی شده را دربر گرفته و کمترین وقوع آتش سوزی را داشتند. نتایج محمدی (۱۳۸۸)، (2004) Erten *et al.* و Dong (2005) *et al.* و Chandra (2006) مؤید همین مطلب است.

- فاکتور دیگری که در وقوع آتش سوزی مؤثر می باشد، ارتفاع از سطح دریاست که کمترین وزن را به خود اختصاص داده است. نتایج حاصل نشان داد که بیشترین آتش سوزی در ارتفاعات کمتر از ۱۵۰ متر اتفاق افتاده است، نتایج حاصل با نتایج Erten *et al.*، (2004) و (2005) Dong *et al.* مطابقت دارد، اما با نتایج محمدی (۱۳۸۸) یکسان نیست. محمدی در تحقیق خود بیشترین آتش سوزی را مربوط به مناطق با ارتفاع زیاد عنوان کرد و علت آنرا هم کوهستانی بودن منطقه دانست.

با توجه به آمار بدست آمده از اداره منابع طبیعی، ۹۰ درصد آتش‌سوزی‌های منطقه در فصل خشک (فصل آتش‌سوزی) بوقوع می‌پیوندد. از جمله عوامل شروع آتش‌سوزی‌های طبیعی که توسط سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور گزارش شده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- آتش‌سوزی‌هایی که بر اثر آتش گرفتن گیاهان خشک به وسیله صاعقه ایجاد می‌شود.
- خودسوزی که در اثر وزش بادهای گرم و ایجاد پدیده خاص فون (۳۰ درجه به بالا) اتفاق می‌افتد.
- آتش‌سوزی‌هایی که به علت وجود اجسامی مانند ته لیوان، استکان و یا بطری شکسته ایجاد می‌شود، زیرا این قبیل اجسام همانند ذره‌بینی عمل نموده و باعث مشتعل شدن گیاهان می‌گردند.
- خودسوزی گیاهان در اثر شدت گرما و خشکی شدید گیاهان به‌ویژه علوفه مراتع (حسینعلی و رجبی، ۱۳۸۴).

عوامل ذکر شده دلیلی بر افزایش آتش‌سوزی با افزایش دما می‌باشد. همچنین بر اثر عوامل تأثیرگذار بیان شده، علوفه‌ها به علت استقامت کمتر در برابر گرما بیشترین پتانسیل آتش‌سوزی را خواهند داشت. در زمان آتش‌سوزی انتشار آتش، بستگی زیادی به دمای منطقه دارد. بنابراین در فصول سرد دامنه آتش‌سوزی‌ها محدودتر و سرعت پیشروی آنها کمتر است (رحیمی و اسماعیلی، ۱۳۸۹).

نتایج بدست آمده از نمودار PDSI (شکل ۶) نشان داد که در سال‌های ۱۹۸۰، ۱۹۸۴، ۱۹۹۳، ۱۹۹۶، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۸ در منطقه مورد مطالعه خشکسالی اتفاق افتاده است، درحالی‌که بیشترین میزان آتش‌سوزی اتفاق

در طبقه کم خطر و تنها ۴/۶۸ درصد در طبقه بدون خطر قرار دارد. با استناد به نتایج بدست آمده می‌توان عنوان کرد پیش‌بینی ما ۷۷ درصد درست بوده است. این مسئله اعتبار نسبتاً بالای این روش را برای تهیه نقشه پتانسیل آتش‌سوزی در جنگل‌های این منطقه نشان می‌دهد. بنابراین با اثبات صحت و دقت مدل استفاده شده، پیش‌بینی آتش‌سوزی‌های آینده در جنگل‌های منطقه با استفاده از نقشه پتانسیل تهیه شده، امکان‌پذیر خواهد بود. طبیعی است که مشابه آتش‌سوزی‌های گذشته که در مناطق با خطر بالای آتش‌سوزی (در نقشه پتانسیل تهیه شده) بوده است، به احتمال بسیار زیاد، آتش‌سوزی‌های آینده در مناطق با خطر بالا اتفاق خواهد افتاد. بنابراین لازم است اقدامات مدیران جنگل برای پیشگیری و کنترل آتش‌سوزی‌های آینده (مانند ایجاد برج‌های دیده‌بانی و استقرار یگان حفاظت در مناطق پرخطر و همچنین احداث آتش‌بر در محل‌های مناسب) در مناطق با ریسک بالای آتش‌سوزی بطور مناسب‌تری انجام گیرد.

ج) تأثیر اقلیم و خشکسالی بر روی آتش‌سوزی‌های منطقه (تفسیر نمودار PDSI)

دما و درجه حرارت به همراه میزان رطوبت و بارندگی از جمله مهمترین عوامل در تعیین میزان خطر آتش‌سوزی در جنگل‌ها هستند (حسینعلی و رجبی، ۱۳۸۴). افزایش دما باعث افزایش تبخیر و در نتیجه خشک شدن مواد سوختنی می‌گردد و می‌تواند یکی از عوامل مؤثر در بروز آتش‌سوزی باشد. با توجه به منحنی آمیروترومیک منطقه مورد مطالعه، فصل خشک در این منطقه سه ماه از سال بوده و از اوایل خرداد شروع شده و تا اواخر مرداد ماه ادامه می‌یابد. همچنین

نمایش مناطق انجام کار، ابزاری بسیار سودمند می‌باشد. از آنجا که در جنگلداری با حجم عظیمی از داده‌ها مواجه هستیم، پیشنهاد می‌گردد ادارات منابع طبیعی استان گیلان پایگاه اطلاعاتی GIS برای حوزه‌های مدیریتی خود داشته باشند.

- پیشنهاد می‌شود در مطالعات دیگر نقش فاکتور باد از جمله سرعت و جهت باد در نظر گرفته شود.

- در مطالعه دیگری از شاخص‌های مختلف هواشناسی استفاده گردد و با هم مقایسه شوند.

- تهیه نقشه‌های خطر آتش‌سوزی در سطح کشور به مدیریت آتش‌سوزی در جنگل‌ها کمک شایانی خواهد نمود. بنابراین ضروریست تهیه آنها در دستور کار سازمان جنگل‌ها قرار گرفته و برای تمامی مناطق جنگلی تهیه شود.

- پیشنهاد می‌شود از روش‌ها و نرم‌افزارهای جدیدتری نیز در کارهای تحقیقاتی برای پیش‌بینی نقاط حساس به آتش‌سوزی استفاده گردد.

- با توجه به اینکه محدوده مطالعه شده یک منطقه گردشگری در استان گیلان می‌باشد و فعالیت و رفت و آمد انسان در آن بیشتر است، بنابراین جهت کنترل آتش‌سوزی نیاز به یک سیستم مدیریتی منسجم و اکیپ اطفای حریق و دیده‌بانی با تجهیزات مناسب می‌باشد.

- به علت توریستی بودن منطقه و فاصله زیاد ایستگاه آتش‌نشانی از این محل، توصیه می‌شود یک پایگاه سیار در نزدیکی منطقه احداث گردد تا آتش‌سوزی‌های موردی را با سرعت زیاد و در کمترین وقت ممکن کنترل و خاموش نماید.

افتاده مطابق نمودار (شکل ۷) در همین سال‌ها رخ داده‌است. از مطالب فوق می‌توان دریافت که خشکسالی از مهمترین عوامل بروز آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. یعنی افزایش دما و کاهش رطوبت از علل اقلیمی ایجاد آتش‌سوزی در منطقه هستند.

رایج‌ترین نوع آتش‌سوزی در حوزه اداره کل منابع طبیعی استان گیلان آتش‌سوزی‌های کم‌وسعت و سطحی هستند که در کل بستر جنگل گسترش یافته و لانه جانوران را از بین می‌برد. گیاهان و بوته‌ها را منهدم کرده و ریشه درختان را می‌سوزاند. گرمای شدید هوا در مردادماه و کم‌شدن رطوبت در عرصه‌های طبیعی بدلیل عدم بارندگی، موجب شده که عرصه‌های جنگلی استان گیلان به کانون‌های پرخطری تبدیل شوند که کمترین سهل‌انگاری در آنها منجر به خسارتهای سنگین می‌شود. همچنین مهار آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده در جنگل‌های گیلان بستگی به قطع تداوم وزش باد دارد. پدیده وزش باد گرم در این استان به علت جابجایی هوای سرد کوهستان با هوای گرم مناطق جلگه‌ای اتفاق می‌افتد که گاهی سرعت آن به حدود یکصد کیلومتر در ساعت می‌رسد (امین املشی، ۱۳۸۶).

پیشنهاد‌های حاصل از این پژوهش

- استفاده از GIS در تهیه مدل رقومی ارتفاع و تلفیق لایه‌های مختلف و استخراج اطلاعات مورد نیاز جهت تجزیه و تحلیل نهایی، به دلیل بهره‌گرفتن از کامپیوتر از سرعت و دقت بالایی برخوردار است و به‌عنوان یک بازوی قوی برای مدیریت در تولید، ذخیره‌سازی و به‌هنگام‌کردن حجم عظیمی از داده‌ها با سرعت زیاد مطرح می‌باشد. به‌خصوص برای ارائه و

منابع مورد استفاده

- احمدی، ه.، ۱۳۸۱. مسیریابی براساس اصول زیست محیطی با استفاده از GIS. پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. ۱۲۰ ص.
- ادب، ح.، ۱۳۸۷. پهنه بندی خطر آتش سوزی در مناطق جنگلی استان مازندران بر اساس شاخص پیش آگاهی Molgan با بهره گیری از تکنیک GIS. اولین همایش بین المللی تغییر اقلیم و گیاهشناسی درختی در اکوسیستم های خزری ساری ۱۳۸۷: ۲۵-۲۸.
- امین املشی، م.، ۱۳۸۶. بررسی نوع و علل آتش سوزی در جنگل های استان گیلان. دومین همایش ملی گیاه پزشکی جنگلها و مراتع کشور. در عرصه جنگلها و جنگلکاری ها: ۱۲۸ - ۱۲۹.
- بانج شفیعی، ع.، ۱۳۸۵. تاثیر آتش سوزی بر خصوصیات اکولوژیکی جنگل، سری ۶ چیلر حوزه ۴۵ گلپند. مجله پژوهش و سازندگی ۷۶: ۱۱۲-۱۰۵.
- دراقی، ن.، ۱۳۸۷. طراحی شبکه جاده جنگلی بر اساس خصوصیات رویشگاه، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه مازندران، ۵۸ صفحه.
- پورمجدیان، ح.، پارساخو، آ.، ۱۳۸۷. بررسی توزیع مکانی آتش سوزی و مشخصات کمی و کیفی آن در عرصه های منابع طبیعی مازندران. اولین همایش بین المللی تغییر اقلیم و گیاهشناسی درختی در اکوسیستم های خزری ساری: ۲۷-۲۴.
- نایی، ا.، ۱۳۸۲. شناخت و مبارزه با انواع آتش سوزی در جنگل. نشریه ترویجی وزارت جهاد کشاورزی. ۸۶-۸۴.
- حسینعلی، ف.، رجبی، ع.، ۱۳۸۴. شبیه سازی آتش سوزی جنگل با استفاده از سامانه های اطلاعات مکانی. همایش ژئوماتیک سال ۱۳۸۴: ۱۱۴-۱۱۶.
- رحیمی، ا.، اسماعیلی، ع.، ۱۳۸۹. بررسی پتانسیل آتش سوزی جنگلها و مراتع با استفاده از تصاویر ماهواره ای در جنگل های مریوان. همایش ژئوماتیک ۱۳۸۴: ۱۲۴-۱۲۷.
- ستوده، ا.، ۱۳۸۱. رعایت اصول زیست مهندسی در مسیریابی راه آهن با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت محیط زیست. دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران. ۱۲۵ ص.
- سرکارگر اردکانی، ع.، ۱۳۹۰. بررسی و تحلیل الگوی مکانی آتش سوزی های ایران با استفاده از سنجش از دور و GIS. نخستین همایش بین المللی آتش سوزی در عرصه های منابع طبیعی: ۲۹-۲۵.
- عزیزی، م.، امیری، س.، و فائزی پور، م.، ۱۳۸۱. تعیین شاخص های موثر در انتخاب محل استقرار واحدهای تخته چند لایه و روکش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۵(۴): ۵۵۷-۵۴۳.
- قجر، ا.، ۱۳۸۴. بررسی و ارائه مناسب ترین شبکه جاده به منظور مدیریت بهینه جنگلداری. پایان نامه کارشناسی ارشد جنگلداری. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان: ۶۵ ص.
- قدسی پور، ح.، ۱۳۸۸. فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP). انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران). چاپ ششم: ۲۲۰ ص.
- محمدی، ف.، ۱۳۸۸. تهیه نقشه خطر آتش سوزی جنگل با تصاویر ماهواره ای در جنگل های پاوه (پایان نامه): ۱۱۲ ص.
- محمودی، س.، عالی، س.، فقهی، ج.، ۱۳۹۱. پیش بینی وقوع آتش سوزی در جنگل ها و مراتع با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: جنگل های منطقه زاگرس، شهرستان ایذه). اکولوژی کاربردی، ۱(۲): ۸۵-۷۵.
- Almedia, r., 1994. Forest fire risk area and definition of the prevention priority planting using GIS. pp: 1-9
- Anderson, A., 2012. Fire and biodiversity in CSIRO tropical ecosystems research centre. Prepared for the 2006 Australian state of the environment committee. 4-7 p.
- Chandra, S., and aurora, M. K., 2006. Forest fire risk zonation mapping using remote sensing technology (proceedings paper). Journal of spie (abstract). 1-2 p.
- 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, jilir china. Journal of forestry research, 167- 176 p.
- Erten, E., Kurgun, V and Muusaoglu, N. 2004. Forest fire risk zone mapping from satellite

- Saaty, T. L., 1980. Analytical hierarchy process. McGraw- Hill Inc. NY. 269 p.
- Sanford, H.D. and Harrison, S., 2004. Fire effects on plant diversity in Serpentine vs. Sandstone Chaparral. Ecology 85 (2): 539-548.
- Wan, S., Hui, D. and Luo, Y., 2001. Fire effects on nitrogen pools and dynamics in terrestrial ecosystems: a meta-analysis. Ecol. Appl., 11: 1349- 1365
- William, A.H., Orthen, B., Paula, K. V., 2011. Comparative fire ecology of tropical savanna, 44-47 p.
- imagery and GIS a case study. European Journal Operational Research, 1-7
- Giglio, L., 2005. MODIS collection 4 active fire product user's guide version 2.2. Science systems and application, inc., 35-37 p.
- Huang, B., Long, C. R. and Liew, Y.S., 2003. GIS-AHP model for HAZMAT routing with security considerations. 6th international conference on ITS (ITSC 2003), China, 111-113 p.
- 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, 1-10 p.
- Nasi, R., Dennis, R., Meijaard, E., Applegate, G. and Moore. P., 2003. Forest fire and biological diversity, 48- 50 p.
- Pradhan, B. & Arshad bin awing, M., 2005. Application of remote sensing and GIS for forest fire susceptibility mapping using likelihood ratio model. forest management, 1-5 p.