

ارائه مدل منطقه‌ای به منظور پهنه‌بندی خطر وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌های شهرستان دورود (مطالعه‌ی موردی منطقه‌ی باباخر)

لیلا درویشی^{۱*}، مهرداد قدس‌خواه^۲ و وحید غلامی^۳

۱- نویسنده مسئول مکاتبات، دانشجوی کارشناسی ارشد جنگل‌شناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان
پست الکترونیک: l.darvishi68@yahoo.com

۲- استادیار گروه جنگلداری دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه گیلان

۳- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۱۳

چکیده

شناسایی نواحی مستعد وقوع آتش‌سوزی یکی از اقدامات اولیه در مدیریت اراضی جنگل و کاهش خسارتهای ناشی از این پدیده محسوب می‌شود. به طوری که تعیین احتمال وقوع خطر آتش‌سوزی در مدیریت و جلوگیری از آتش‌سوزی مؤثر است. در این تحقیق نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر وقوع آتش‌سوزی با استفاده از مدل‌سازی آماری در شهرستان دورود تهیه و کارایی آن مورد بررسی قرار گرفت. برای ارائه‌ی مدل، از روش رگرسیون چند متغیره در محیط نرم‌افزار SPSS استفاده شد. ۶۳ نمونه شامل اراضی آتش‌سوزی شده و اراضی بدون وقوع آتش‌سوزی شناسایی شد. سطح آتش‌سوزی به‌عنوان متغیر وابسته و عوامل مؤثر در وقوع آن شامل میزان بارش سالانه، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از جاده، ارتفاع مکان، شیب، درصد تاج‌پوشش گیاهی و ... به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. مقادیر کمی پارامترهای مذکور با بکارگیری داده‌ها و نقشه‌های موجود در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور (RS) و همچنین مطالعات میدانی برآورد شد. تجزیه و تحلیل رگرسیونی برای ارائه‌ی مدل انجام و بعد اعتباریابی یا آزمون کارایی مدل با استفاده از مناطق آتش‌سوزی شده انجام شد. عوامل میزان تاج‌پوشش گیاهی و میزان بارش منطقه مهمترین عوامل مؤثر در وقوع آتش‌سوزی شناسایی شدند. در نهایت نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر وقوع آتش‌سوزی با بکارگیری مدل اعتباریابی شده در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه گردید. نتایج تحقیق دلالت بر کارایی مدل ارائه شده در ارزیابی خطر وقوع آتش‌سوزی داشته و استفاده از آن در این منطقه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آتش‌سوزی، مدل آماری، GIS، پهنه‌بندی، جنگل دورود

مقدمه

پوشش گیاهی متفاوتی هستند، هر ساله اتفاق می‌افتد که بیشتر آنها توسط انسان به صورت غیرعمدی آغاز می‌شوند (عادلی و یخکشی، ۱۳۵۴). آتش به‌عنوان یک عامل اکولوژیکی می‌تواند مخرب و ویرانگر بوده و در عین حال با یک برنامه‌ی درست، راه‌حل مناسبی در مدیریت اکوسیستم‌ها محسوب شود. اما هر آنچه قبل از آتش‌سوزی مهم است و باید به آن توجه ویژه داشت، پیشگیری قبل از وقوع آتش‌سوزی است. مطالعات در زمینه‌ی مدیریت

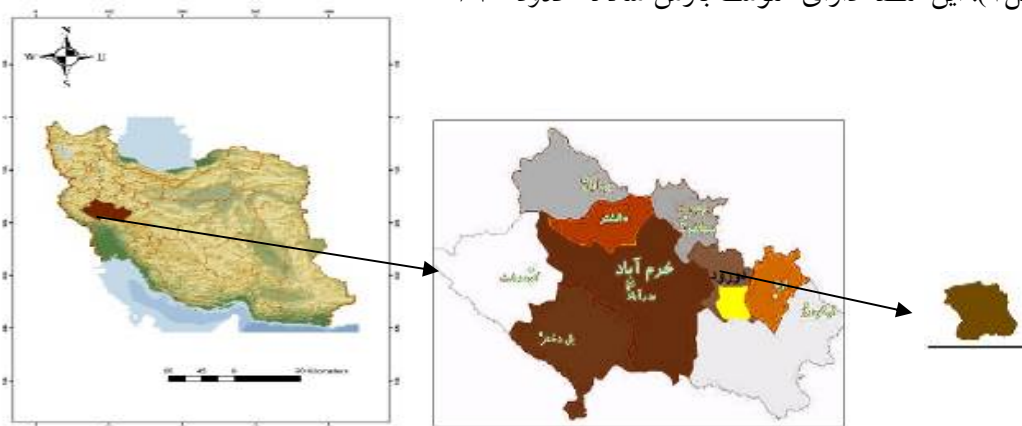
در میان عوامل مخرب، آتش‌سوزی یکی از عوامل اصلی تخریب اکوسیستم‌های طبیعی شناخته شده است که سالانه خسارت قابل ملاحظه‌ای را به این عرصه‌ها وارد می‌سازد. امروزه بعد از خشکی، فعالیت‌های شهری و کشاورزی انسان و آتش‌سوزی جزء فراگیرترین عامل تخریب‌کننده‌ی اکوسیستم‌های طبیعی به‌شمار می‌رود (Ying et al., 2004). آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع ایران که دارای اقلیم و

از جمله مطالعات انجام شده در مورد آتش‌سوزی در جنگل‌های کشور می‌توان به موارد زیر اشاره نمود؛ محمدی و همکاران (۱۳۸۹)، طی مطالعه‌ای نقشه‌ی خطر آتش‌سوزی را با استفاده از GIS و AHP برای بخشی از جنگل‌های شهرستان پاوه تهیه کردند. نتایج نشان داد که ۹۰٪ از مناطق آتش‌گرفته در پهنه‌های با خطر زیاد قرار می‌گیرند. مهدوی و همکاران (۱۳۹۰)، با کمک تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی نواحی جنگلی و مرتعی حوزه‌ی شهرستان ایلام را براساس عوامل پوشش گیاهی (کاربری اراضی)، فیزیوگرافی، اقلیمی، انسانی، فاصله از جاده‌ها و رودخانه‌ها تهیه کردند. در نهایت پنج طبقه خطر آتش‌سوزی جنگل از خیلی زیاد تا خیلی کم تهیه شد. با تطبیق دادن نقشه‌ی بدست آمده با مکان‌های واقعی آتش‌سوزی شده، مشخص شد که ۵۰ درصد آتش‌سوزی‌های انجام شده در مناطق پرخطر و ۴۰ درصد در مناطق خطرناک از پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی قرار گرفته‌اند. زرع کار و همکاران (۱۳۹۲) اقدام به تهیه‌ی نقشه‌ی پراکندگی فضایی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: سه حوزه در استان گیلان) نمودند؛ بنابر یافته‌های بدست آمده، ۲۰ درصد از منطقه‌ی مورد مطالعه قابلیت بسیار زیاد، ۱۰ درصد قابلیت زیاد، ۱۵ درصد قابلیت متوسط و ۵۵ درصد قابلیت کم برای وقوع حریق داشتند. هاشم‌پور (۱۳۸۴) در تحقیقی با عنوان بررسی تأثیر آتش‌سوزی، عوامل مهم ایجادکننده و راه‌های پیشگیری از آن در جنگل‌ها را (حوضه‌ی آبخیز سفارود) بیان نمود. اصلی‌ترین عامل ایجاد آتش‌سوزی در منطقه، عامل انسانی است. شهریاری و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی کمی علل بروز آتش‌سوزی در طرح صیانت و توسعه‌ی جنگل‌های زاگرس عنوان نموده‌اند که در سال ۱۳۸۹ و در ارتفاعات میانی (۱۲۰۰-۱۸۰۰ متر از سطح دریا) در طرح جنگلداری چند منظوره‌ی شرق باغملک بیشترین آتش‌سوزی رخ داده است. یکی از مهمترین علل آن، نزولات جوی زیاد در اوایل بهار و در نتیجه رشد بیشتر علوفه و بوته‌های کف جنگل عنوان شده است، به طوری که علوفه‌ی کف جنگل تا ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر نیز مشاهده شده است. تحقیق حاضر با هدف مدل‌سازی و پهنه‌بندی خطر

آتش‌سوزی باعث می‌شود تا مدیران و برنامه‌ریزان برای مقابله با بحران آتش‌سوزی بتوانند اثرات آتش‌سوزی روی اکوسیستم‌های مختلف را شناسایی کرده و برای مقابله با این بحران برنامه‌های مدیریتی پیشرفته‌تری تنظیم نمایند (Fule *et al.*, 2006). در حال حاضر بیشتر کشورهای سیاست خود را فقط برای مهار آتش در جنگل طراحی می‌کنند و برای جلوگیری و یا پیش‌گیری از آتش‌سوزی برنامه‌ای ندارند، درحالی‌که توصیه‌ی سازمان خواروبار و کشاورزی سازمان ملل متحد (FAO) در سال ۱۹۹۸ و کمیته‌های تشکیل شده‌ی آن در شهر رم در خصوص پیش‌گیری از آتش‌سوزی‌ها بوده است. آتش‌سوزی‌های مناطق جنگلی عمدتاً به وسیله‌ی عوامل انسانی و در اثر بی‌توجهی افراد و اشخاص ناآگاه صورت می‌پذیرد (جزیره‌ای، ۱۳۸۴). از طرفی نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع آتش‌سوزی می‌تواند به عنوان ابزاری برای مدیریت بحران در طرح‌های مدیریت پایدار مناطق جنگلی گنجانده شود (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۰).

مطالعات زیادی برای تهیه‌ی نقشه‌ی خطر آتش در سطح دنیا انجام شده، از جمله Dong *et al.* (۲۰۰۶)، در تحقیقی با استفاده از داده‌های فضایی به تهیه‌ی نقشه‌ی خطر آتش‌سوزی در منطقه‌ی جیلن در چین پرداختند. با تولید سه نقشه‌ی خطر شامل نقشه‌ی خطر بر مبنای مواد سوختنی، نقشه‌ی خطر بر مبنای توپوگرافی و نقشه‌ی خطر آتش‌سوزی بر مبنای فعالیت‌های انسانی و بعد تلفیق آنها در محیط GIS، نقشه‌ی نهایی خطر آتش‌سوزی به دست آمد. Sowmya & Somashekar (۲۰۱۰)، در تحقیقی به بررسی کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در تهیه‌ی نقشه‌ی خطر آتش‌سوزی پرداختند. در این تحقیق، پارامترهای استفاده شده شامل پوشش گیاهی، شیب، فاصله از جاده و فاصله از مناطق مسکونی بود. در این تحقیق از داده‌های دمایی باند ترمال ماهواره از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۶ برای بررسی مناطق سوخته استفاده شد. کلاسه‌های مختلف براساس حساسیت به آتش در چهار طبقه حساسیت خیلی زیاد تا کم قرار می‌گیرند. Huyen *et al.* (۲۰۰۸)، با تلفیق پارامترهای مؤثر در آتش‌سوزی در منطقه‌ی جنگلی سونلا در شمال غربی ویتنام در محیط GIS و استفاده از روش‌های ارزش‌گذاری چند معیاری برای وزن‌دهی لایه‌ها، نقشه‌ی خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های این منطقه را تهیه کردند.

میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۸ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد. بیش از ۷۰ درصد منطقه را تیپ بلوط می‌پوشاند. بعد از بلوط، بادام کوهی بیشترین فراوانی را دارد و گونه‌های بنه، زالزالک، سماق، بید، محلب، انجیر، ارس و کیکم به صورت پراکنده در منطقه‌ی مورد مطالعه حضور دارند. همچنین درختچه‌های *Lonicera* sp. (شن)، *Rhus coriaria* (سماق)، *Amygdalus* spp. (بادام) و *Cotoneaster* sp. (شیرخشت) نیز به صورت پراکنده وجود دارد. شیب غالب منطقه ۱۵-۶۰ درصد و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۰۰-۲۵۰۰ متر می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه در سطح استان لرستان و ایران

توپوگرافی و بازدیدهای صحرایی تهیه شد. همچنین داده‌های هواشناسی طی یک دوره‌ی سی ساله از اداره‌ی کل هواشناسی استان لرستان تهیه و با استفاده از درون‌یابی داده‌های هواشناسی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، نقشه‌های سرعت باد، میزان بارش و حداکثر دما تهیه شد. با بررسی صحرایی و استفاده از دستگاه GPS موقعیت دقیق سطوح آتش‌سوزی گذشته در منطقه‌ی مورد مطالعه مکان‌یابی شد. مشخصات ۴۵ واقعه آتش‌سوزی در طی پنج سال (۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱) و ۱۸ مکان بدون وقوع آتش‌سوزی ثبت شده و بعد به‌وسیله‌ی نقشه‌های تهیه شده در محیط GIS عوامل مؤثر شامل شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از مناطق مسکونی، پوشش گیاهی، سرعت باد، باران و حداکثر دما برای هر یک از سطوح آتش‌سوزی برآورد شد. برای ارائه‌ی مدل از تجزیه و تحلیل رگرسیونی یا

وقوع آتش‌سوزی با بکارگیری تجزیه و تحلیل‌های آماری و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه‌ی باباخر شهرستان دورود لرستان انجام شده است.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی باباخر در استان لرستان و شهرستان دورود واقع شده است. منطقه‌ی مورد مطالعه با وسعتی در حدود ۲۰۰ کیلومتر مربع بین مختصات ۱۷' ۳۳° تا ۴۵' ۳۳° عرض شمالی و ۴۶' ۴۸° تا ۱۹' ۴۹° طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). این منطقه دارای متوسط بارش سالانه حدود ۶۷۰

به‌منظور تهیه‌ی نقشه‌های عوامل مؤثر در وقوع آتش‌سوزی شامل مدل رقومی ارتفاع (DEM)، شیب، جهت دامنه، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی و طبقات مربوط به آنها از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور استفاده شده است. مدل رقومی ارتفاع ده متر با درون‌یابی خطوط تراز نقشه‌های توپوگرافی تهیه شد و سپس با بکارگیری آن، نقشه‌ی شیب و جهت شیب تهیه شد. شبکه آبراه‌های منطقه، شبکه راه‌های ارتباطی و مناطق مسکونی از نقشه‌های توپوگرافی استخراج و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای کنترل و تکمیل شد. لایه‌های رستری یا نقشه‌های حریم جاده و رودخانه و فاصله از مناطق مسکونی با استفاده از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد. نقشه‌های پوشش گیاهی و کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجنش از دور (تفسیر بصری تصاویر ماهواره‌ای)، نقشه‌های

فرمت رستری تبدیل شدند و بعد از طریق قابلیت آنالیز هم‌پوشانی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیای مدل اجرا و نقشه‌ی خطر وقوع آتش‌سوزی تهیه شد. لازم به یادآوریست که برای تعیین مرز زون‌های خطر (طبقات خطر) و همچنین مرز طبقات هر یک از عوامل وقوع آتش‌سوزی از رسم منحنی تجمعی استفاده شد. دو نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر وقوع آتش‌سوزی با دو روش (دو مدل خطی) از طریق ارائه‌ی آتش‌سوزی‌های گذشته بر روی پهنه‌های خطر آتش‌سوزی مجدداً مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نتایج

تجزیه و تحلیل همبستگی به منظور تعیین عوامل مؤثر در آتش‌سوزی و تعیین میزان مشارکت یا اهمیت آنها در ایجاد آتش‌سوزی انجام شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج حاصل از بکارگیری روش رگرسیون چند متغیره به روش گام‌به‌گام ($R^2=0/628$) جدول ۲، به منظور ارائه مدل، به صورت مدل خطی (۱) ارائه شد.

$$S_w^{1/2} = 0.01 L_w^{1/2} - 0.162 S^{1/2} + 0.381 C\%^{1/2} - 0.238 \quad (1)$$

$$S_w^{1/2} = 69.364 V_w^{1/2} + 5.652 T^{1/2} - 0.087 P^{1/2} + 0.325 C\%^{1/2} - 194.875 \quad (2)$$

شده سطوح آتش‌سوزی در ۱۵ نمونه مورد ارزیابی و تأیید قرار گرفت (جدول ۴؛ شکل ۲ و ۳).

مدل Enter ارائه شده در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی اجرا که نتیجه‌ی آن در شکل (۱۰) ارائه شده است. همچنین مدل Stepwise ارائه شده نیز در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی اجرا که نتیجه‌ی آن در شکل (۱۱) ارائه شده است. ارزیابی کارایی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر وقوع آتش‌سوزی از طریق بررسی قرارگیری آتش‌سوزی‌های گذشته در پهنه‌ی خطر آتش‌سوزی بالا و خیلی بالا انجام شده و ۸۸٪ آتش‌سوزی‌های گذشته در طبقه‌ی خطر بالا و خیلی بالا در نقشه‌ی روش Enter و ۶۶٪ در طبقه‌ی خطر بالا و خیلی بالا در نقشه‌ی Stepwise می‌باشد. نتایج نشان داد که کارایی نقشه‌ی روش Enter بیشتر می‌باشد که علت آن دخیل بودن عوامل بیشتر در روش مذکور می‌باشد.

روش رگرسیون چند متغیره استفاده شد. سطح آتش‌سوزی به‌عنوان متغیر وابسته و عوامل مؤثر در آن به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. ابتدا داده‌ها نرمال‌سازی شدند که در این مرحله استفاده از جذر بهترین جواب را ارائه نمود. سپس با بکارگیری روش‌های گام‌به‌گام (Stepwise) و Enter، دو مدل خطی ارائه گردید که با توجه به ضرایب همبستگی $R^2=0/62$ برای روش گام‌به‌گام Stepwise و $R^2=0/7$ برای روش Enter معنی‌دار بودند. در روش گام‌به‌گام (Stepwise) ۱۰ متغیر مذکور مورد استفاده قرار گرفتند و در مدل رگرسیون خطی Enter در بهترین مدل از بین ۱۰ متغیر، تنها ۶ متغیر که بیشترین تأثیر را داشتند، مورد استفاده قرار گرفتند.

پس از ارائه‌ی مدل، کارایی مدل ارزیابی شد. در مرحله‌ی ارائه‌ی مدل، تعداد ۴۸ نمونه و در مرحله‌ی اعتباریابی ۱۵ نمونه استفاده گردید. در نهایت مدل‌های ارائه شده در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS برای ارزیابی خطر وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌های شهرستان دورود به‌کار گرفته شد. بدین منظور نقشه‌های عوامل مدل به

نتایج حاصل از بکارگیری روش رگرسیون چند متغیره به روش Enter ($R^2=0/7$) جدول ۳، به صورت مدل خطی (۲) ارائه شده است.

در این معادلات S_w سطح آتش‌سوزی به هکتار، C درصد تاج‌پوشش گیاهی، V_w سرعت باد بر حسب نات، T حداکثر درجه‌ی حرارت سالانه به درجه‌ی سانتی‌گراد، P بارندگی به میلی‌متر، S شیب زمین به درجه و L_w فاصله از مناطق مسکونی به متر را نشان می‌دهند. عوامل اصلی در روش Enter، تاج‌پوشش گیاهی، باران، باد و دما می‌باشد که به ترتیب در شکل (۴)، (۵)، (۶) و (۷) ارائه شده است و در روش Stepwise، تاج‌پوشش گیاهی، فاصله از مناطق مسکونی و شیب زمین است که به ترتیب در شکل (۴)، (۸) و (۹) ارائه شده است.

کارایی دو مدل Enter و Stepwise نیز از طریق مقایسه‌ی مقادیر برآورد شده توسط مدل با مقادیر برداشت

جدول ۱- همبستگی بین سطح آتش‌سوزی و عوامل مؤثر در آن

| شیب | جهت | ارتفاع | فاصله از جاده | فاصله از رودخانه | سطح آتش‌سوزی |
|-----------------------|------------|--------|---------------|------------------|--------------|
| -۰/۲۹۰ | ۰/۲۰۲ | -۰/۱۵۶ | -۰/۲۷۶ | -۰/۲۸۳ | سطح آتش‌سوزی |
| فاصله از مناطق مسکونی | پوشش گیاهی | باد | باران | دما | سطح آتش‌سوزی |
| ۰/۰۵ | ۰/۷۹۳ | ۰/۲۷۰ | -۰/۳۴۹ | ۰/۱۹۱ | سطح آتش‌سوزی |

جدول ۲- جدول تجزیه‌ی واریانس حاصل از اجرای مدل خطی (stepwise) ($R^2 = ۰/۶۲۸$)

| سطح معنی‌داری | F | میانگین خطا | درجه‌ی آزادی | مجموع مربعات خطا | مدل |
|---------------|--------|-------------|--------------|------------------|-----------|
| ۰/۰۰۰ | ۵۷/۴۳۸ | ۲۵/۶۰۷ | ۱ | ۲۵/۶۰۷ | بین گروه |
| | | ۰/۴۴۶ | ۳۴ | ۱۵/۱۵۸ | داخل گروه |
| | | | ۳۵ | ۴۰/۷۶۵ | کل |

جدول ۳- جدول تجزیه‌ی واریانس حاصل از اجرای مدل خطی (enter) ($R^2 = ۰/۷$)

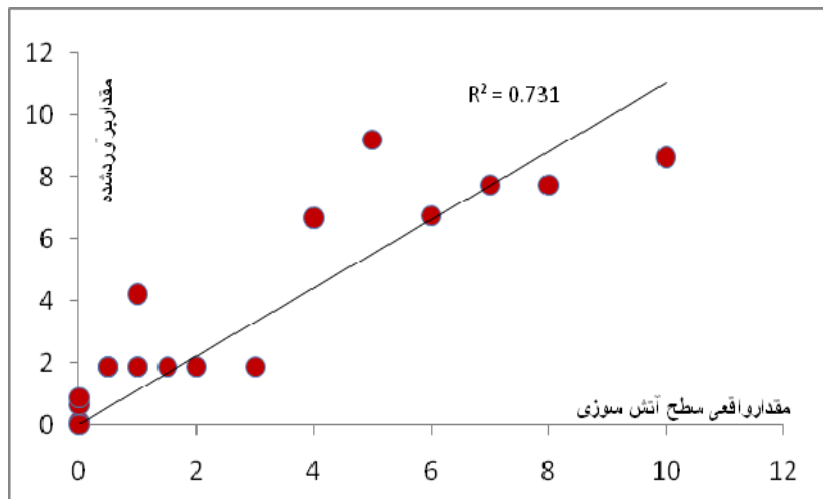
| سطح معنی‌داری | F | میانگین خطا | درجه‌ی آزادی | مجموع مربعات خطا | مدل |
|---------------|--------|-------------|--------------|------------------|-----------|
| ۰/۰۰۰ | ۵۷/۴۳۸ | ۲۵/۶۰۷ | ۱ | ۲۵/۶۰۷ | بین گروه |
| | | ۰/۴۴۶ | ۳۴ | ۱۵/۱۵۸ | داخل گروه |
| | | | ۳۵ | ۴۰/۷۶۵ | کل |

جدول ۴- ارزیابی کارایی مدل خطی ارائه شده در پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی

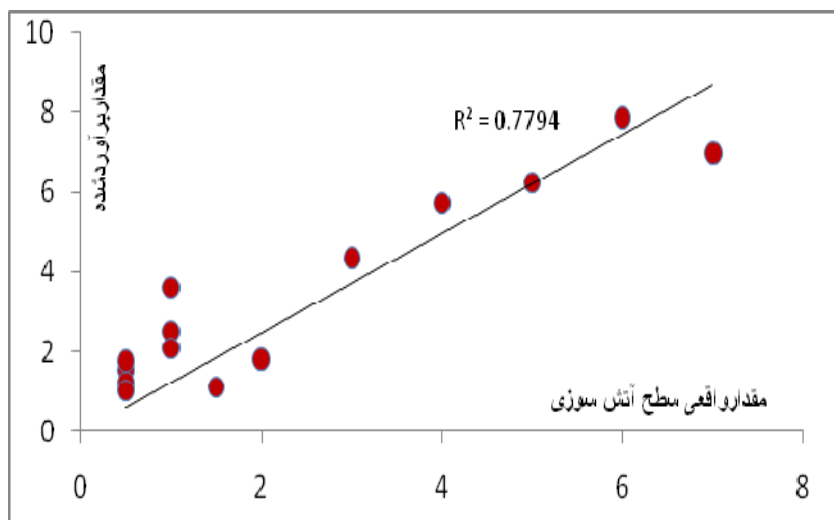
| نمونه‌برداری شده | Y نمونه‌برداری شده | مساحت برآورد شده سطوح آتش‌سوزی در روش Enter | مساحت برآورد شده سطوح آتش‌سوزی در روش Stepwise | مساحت واقعی سطوح آتش‌سوزی شده |
|------------------|-----------------------|---|--|-------------------------------|
| ۳۷۰۲۳۳۱ | ۳۲۴۶۵۲ | ۵/۵۲۱۶ | ۱/۶۱۷۹۹ | ۱۰ |
| ۳۷۰۱۰۰۷ | ۳۲۴۴۷۸ | ۱/۲۰۴۲۴ | ۱/۳۳۳۱۳ | ۰/۵ |
| ۳۷۰۰۴۷۹ | ۳۲۴۱۷۰ | ۱/۰۹۹۹۹ | ۱/۳۳۲۲۷ | ۰/۵ |
| ۳۷۰۰۰۹۳ | ۳۲۳۸۹۷ | ۲/۵۱۶۴۹ | ۱/۳۶۲۲۷ | ۱ |
| ۳۶۹۹۱۶۵ | ۳۲۷۳۹۳ | ۲/۶۲۷۲ | ۱/۳۴۳۱۳ | ۱/۵ |
| ۳۷۰۰۲۲۰ | ۳۱۴۳۲۱ | ۱/۰۵۹۰۱ | ۱/۳۳۰۵۴ | ۱ |
| ۳۶۹۹۱۹۹ | ۳۱۴۵۶۲ | ۲/۲۰۱۱۵ | ۱/۳۳۳۱۳ | ۱ |
| ۳۷۰۰۰۳۷ | ۳۱۳۳۰۴ | ۱/۷۳۰۴۸ | ۱/۳۳۰۵۴ | ۰/۵ |
| ۳۶۹۹۴۰۱ | ۳۱۲۲۸۹ | ۴/۳۴۳۷۱ | ۱/۳۹۰۵۴ | ۵ |
| ۳۷۲۲۴۰۰ | ۲۹۸۶۰۰ | ۳/۶۰۵۸۱ | ۱/۳۳۳۵۴ | ۱ |
| ۳۷۲۷۰۴۰ | ۳۱۳۰۱۰ | ۲/۷۹۲۴۶ | ۱/۳۳۶۶۰ | ۴ |
| ۳۷۲۵۱۳۵ | ۳۱۶۰۵۷ | ۱/۷۶۲۴۶ | ۱/۳۳۶۶۱ | ۱ |
| ۳۷۲۶۷۹۲ | ۳۳۱۰۰۰ | ۱/۸۰۵۲۱ | ۱/۳۳۸۳۳ | ۳ |
| ۳۷۲۲۸۳۳ | ۳۲۳۰۱۸ | ۱/۵۴۳۳۴ | ۱/۳۳۳۴۳ | ۱ |
| ۳۷۲۱۹۶۸ | ۳۲۷۱۶۱ | ۱/۷۸۸۷۰ | ۱/۳۳۵۴۵ | ۱/۵ |

سطوح آتش‌سوزی در ۱۵ نمونه مورد ارزیابی و تأیید قرار گرفت (جدول ۴).

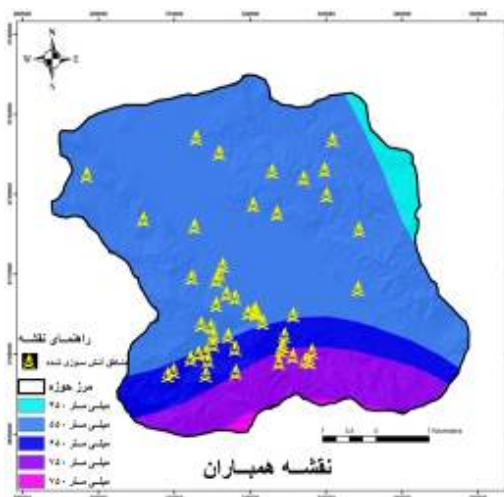
– ارزیابی کارایی مدل خطی ارائه شده در پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی
 کارایی دو مدل Enter و Stepwise از طریق مقایسه‌ی مقادیر برآورد شده توسط مدل با مقادیر برداشت شده



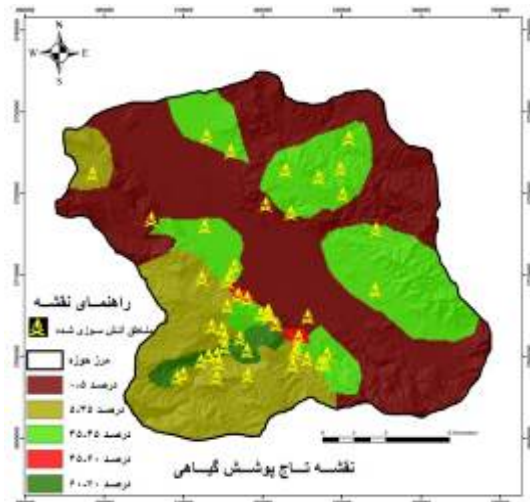
شکل ۲- ارزیابی کارایی مدل خطی با روش گام‌به‌گام



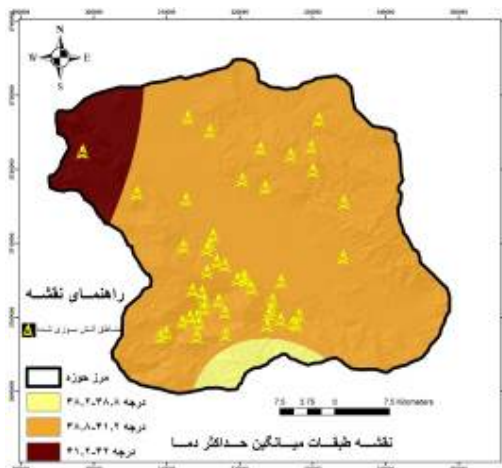
شکل ۳- ارزیابی کارایی مدل خطی با روش enter



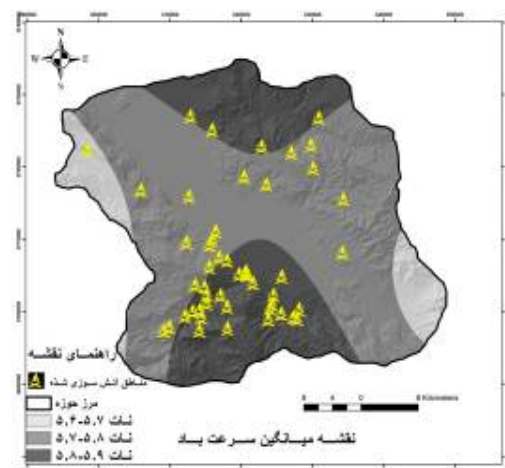
شکل ۵- نقشه‌ی توزیع میزان بارش سالانه



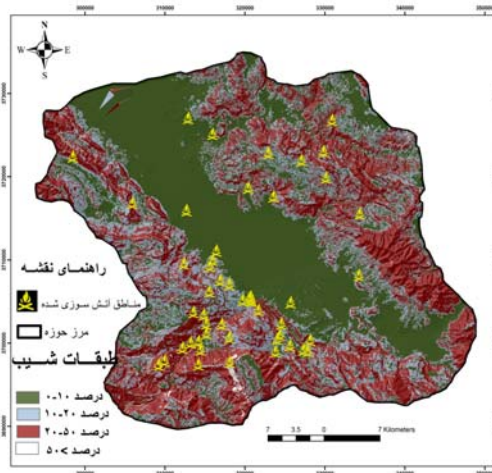
شکل ۶- نقشه‌ی درصد تاج پوشش گیاهی



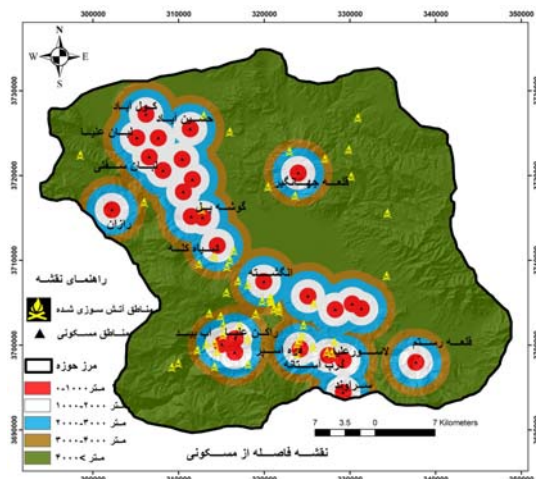
شکل ۷- نقشه‌ی توزیع حداکثر درجه حرارت



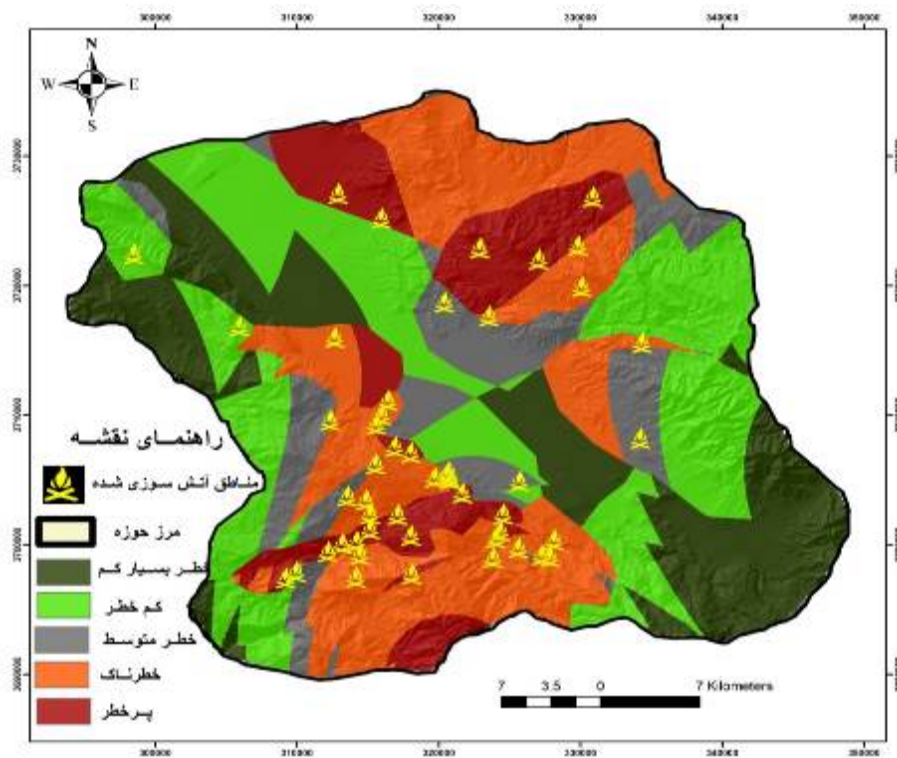
شکل ۸- نقشه‌ی توزیع سرعت باد



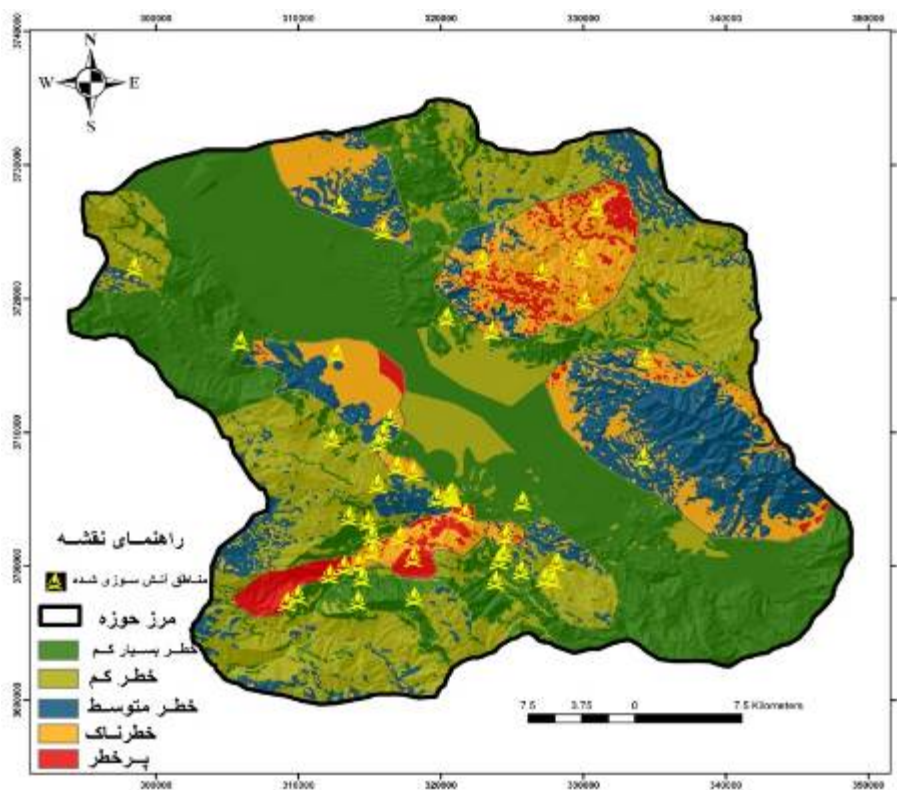
شکل ۹- نقشه‌ی طبقات شیب



شکل ۱۰- نقشه‌ی فاصله از مناطق مسکونی



شکل ۱۰- نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی مدل با روش Enter و موقعیت آتش‌سوزی‌های گذشته



شکل ۱۱- نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی مدل با روش Stepwise و موقعیت آتش‌سوزی‌های گذشته

بحث

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌های آماری حکایت از آن دارد که تاج‌پوشش گیاهی دارای بیشترین تأثیر در میزان وقوع آتش‌سوزی می‌باشد (جدول ۱). در منطقه‌ی مورد مطالعه پراکنش پوشش گیاهی یکسان نیست. در قسمت‌هایی از عرصه‌ی طبیعی پوشش گیاهی بسیار اندک بوده و اگر آتش‌سوزی هم ایجاد شود، بدلیل کم بودن حجم ماده‌ی سوختنی متوقف می‌شود، ولی در مناطقی از منطقه‌ی مورد مطالعه که تاج‌پوشش گیاهی انبوه بوده و حجم مواد سوختنی هم بالاست، لاشیرگ کف جنگل هم افزایش یافته و آتش‌سوزی در سطح منطقه گسترش می‌یابد. نتایج بیرانوند (۱۳۹۰) نیز مؤید همین مطلب است. در تحقیقات انجام شده از جمله Almedia (۱۹۹۴) و Jaiswal *et al.* (۲۰۰۲) و Erten *et al.* (۲۰۰۴) عامل پوشش گیاهی به صورت تیپ گیاهی در نظر گرفته شده است. از آنجایی که در جنگل‌های غرب، حدود ۹۰٪ تیپ گیاهی بلوط می‌باشد و از نظر نوع سوخت در تیپ‌های مختلف بلوط هم تفاوتی وجود ندارد، بنابراین این معیار به صورت طبقات تراکمی در نظر گرفته شده است. دومین عاملی که بیشترین تأثیر را در افزایش وقوع آتش‌سوزی داشته بارندگی منطقه است؛ با افزایش بارندگی خطر وقوع آتش‌سوزی کمتر می‌شود. بارش با پوشش کف جنگل ارتباط مستقیم دارد و با افزایش بارش، پوشش کف جنگل افزایش یافته و خطر آتش‌سوزی بیشتر خواهد شد، اما منطقه مورد مطالعه دارای اقلیم نیمه‌خشک و یک تیپ پوشش جنگلی می‌باشد. اشکوب زیرین جنگل بسیار کم تراکم بوده و تغییرات فاحش درصد تراکم در سطح منطقه‌ی مطالعاتی مشاهده نمی‌شود. از طرفی تراکم پوشش جنگلی با داده‌های سنجش از دور و مطالعات میدانی برآورد گردید، اما با داده‌های سنجش از دور بررسی و تعیین تراکم اشکوب زیرین مقدور نبود. محمدی (۱۳۸۹) و بیرانوند (۱۳۹۰) افزایش بارندگی را در کاهش آتش‌سوزی مؤثر دانستند. به‌طوری‌که بقیه عوامل تأثیرگذار براساس میزان همبستگی به ترتیب شامل شیب، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، باد، جهت، دما، ارتفاع و فاصله از مناطق مسکونی می‌باشد. شیب نقش اساسی در گسترش آتش بازی می‌کند. در این مطالعه شیب تأثیر زیادی در وقوع آتش‌سوزی‌ها دارد، با افزایش شیب خطر آتش‌سوزی کمتر می‌شود. به‌نحوی‌که وقوع بیشترین آتش‌سوزی در

شیب‌های کمتر از ۲۰ درصد اتفاق می‌افتد که دلیل آن را می‌توان حضور عوامل انسانی اعم از توریست‌ها و طبیعت‌گردان، دامداران و همچنین کاهش رطوبت نسبی هوا و افزایش دما در ارتفاعات پایین منطقه دانست. نتایج بیرانوند (۱۳۹۰) و گراوند (۱۳۹۲) با نتایج ما یکسان است. در طبقات جهت، بیشترین خطر در جهت‌های جنوبی منطقه است. جهت نمایانگر میزان دریافت تابش خورشید و گرما در یک محدوده است که با خشک بودن گیاهان آن محدوده و در حقیقت ماده‌ی سوختنی در ارتباط است (Chuevico & congalton, 1989). نتایج Erten *et al.* (۲۰۰۴) نیز مؤید همین مطلب است. براساس نتایج مطالعه‌ی حاضر در نزدیکی جاده‌ها تعداد موارد وقوع آتش‌سوزی بیشتر است. همان‌طوری که در جدول ۱ مشاهده می‌گردد، ضریب همبستگی سطح آتش‌سوزی با فاصله از مناطق مسکونی بسیار پایین بوده، بنابراین در منطقه‌ی مطالعاتی بین این دو پارامتر رابطه‌ی معنی‌داری وجود ندارد. دلیل آن را می‌توان نقش دوگانه‌ی فاصله از مناطق مسکونی در وقوع آتش‌سوزی دانست. اگرچه انسان می‌تواند عاملی در ایجاد آتش‌سوزی باشد، اما از آنجا که آتش توسط خود انسان مهار می‌شود، بنابراین در نزدیکی این مناطق آتش سریعتر خاموش می‌شود. در پژوهش‌های مشابه که توسط Dong (۲۰۰۵) انجام شده جنگل‌های نزدیک به جاده‌ها و مناطق مسکونی بیشتر مستعد آتش‌سوزی هستند. همچنین در مطالعه‌ی حاضر در نزدیکی رودخانه و منابع آبی تعداد وقوع آتش‌سوزی‌ها بیشتر است. در نزدیکی منابع آبی فعالیت انسان بیشتر بوده و در نتیجه می‌توان گفت که احتمال وقوع آتش‌سوزی بیشتر است. مطابق مطالعه‌ی حاضر در منطقه‌ای که درجه‌ی حرارت بیشتر باشد احتمال وقوع آتش‌سوزی بیشتر است. نتایج Erten *et al.* (۲۰۰۴) نیز مؤید همین مطلب است. همچنین در منطقه‌ی مورد مطالعه با افزایش سرعت باد احتمال وقوع آتش‌سوزی بیشتر می‌شود. نتایج حاصل از پژوهش نصیری (۱۳۹۱) نشان داد که با افزایش سرعت باد، سرعت آتش‌سوزی سطحی افزایش یافته است. روش‌هایی که به‌طور ویژه طراحی شده‌اند تا اهمیت نسبی متغیرهای مستقل را در معادلات رگرسیونی نشان بدهند، عمدتاً عبارتند از: روش Forward، Stepwise، Enter و Backward. که با توجه به ضرایب همبستگی $R^2 = 0.62$ برای روش Stepwise، $R^2 = 0.7$ برای روش

- Enter, $R^2 = 0.5$ برای روش Forward و $R^2 = 0.49$ برای روش Backward, هر چهار روش مورد بررسی قرار گرفتند. بنابراین با توجه به کارایی بیشتر و ضریب همبستگی چندگانه‌ی بالاتر، دو روش گام‌به‌گام Stepwise و Enter در این تحقیق مورد توجه قرار گرفتند. ارزیابی صحت مدل‌ها حکایت از کارایی این مدل‌ها در برآورد سطوح آتش‌سوزی دارد (جدول ۴). در روش Enter از ۴۵ واقعه‌ی آتش‌سوزی، ۴۰ واقعه‌ی آتش‌سوزی در نواحی با خطر بالا و بسیار پرخطر قرار دارد. در روش گام‌به‌گام (Stepwise) از ۴۵ واقعه‌ی آتش‌سوزی، ۳۰ واقعه‌ی آتش‌سوزی در نواحی با خطر بالا و بسیار پرخطر قرار دارد. در روش Enter پیش‌بینی حدود ۸۸ درصد درست بوده و در روش گام‌به‌گام (Stepwise) پیش‌بینی حدود ۶۶ درصد درست بوده است. کاربرد مدل روش Enter با هم‌پوشانی بالای سطوح آتش‌سوزی واقعی و برآورد شده به علت دخیل بودن عوامل بیشتر در روش مذکور بیشتر از مدل روش Stepwise می‌باشد. این مدل‌ها برای تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در منطقه‌ی کوه باباخر مناسب می‌باشند. البته منطقه‌ی مورد مطالعه در دامنه‌ی از ریسک خطرناک قرار دارد. این نتایج نشان‌دهنده‌ی ریسک‌پذیری نسبتاً بالای جنگل‌های شهرستان دورود می‌باشد. بنابراین اقدامات پیش‌گیرانه برای جلوگیری از آتش‌سوزی‌های آینده در جنگل‌های این منطقه به کمک ابزارها و سیستم‌های توانمند اطلاعات مکانی ضروریست.
- منابع مورد استفاده**
- بیرانوند، ع، بابایی کفایی، س، کیادلیری، و، ۱۳۹۰. بررسی تاثیر عوامل اکولوژیک بر توسعه آتش‌سوزی در اکوسیستم‌های جنگلی (مطالعه موردی: کاکارضا-لرستان). مجله تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، ۱-۱۳.
- جزیره‌ای، م، ۱۳۸۴. نگهداشت جنگل. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، تهران، ۲۳۰ صفحه.
- زرع‌کار، ا، کاظمی زمانی، ب، قربانی، س، عاشق‌معلا، م و جعفری، ح، ۱۳۹۲. تهیه نقشه‌ی پراکندگی فضایی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: سه حوضه در استان گیلان). فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، تهران، ۲۱۸-۲۳۰.
- سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری، ۱۳۸۳. برنامه اقدام ملی بیابان‌زدایی و کاهش اثرات خشکسالی جمهوری اسلامی ایران. نشر پونه، تهران، ۷ صفحه.
- شهریاری، ح، محمدی، ح، حاجی زاده، گ. و همکاران، ۱۳۹۰. بررسی کمی و علل بروز آتش‌سوزی در طرح صیانت و توسعه جنگل‌های زاگرس و راهکارهای جلوگیری از آن، مطالعه موردی: طرح جنگلداری چند منظوره شرق باغملک. مجموعه مقالات بین‌المللی نخستین همایش بین‌المللی آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی. ۲۷۲ ص.
- عادل‌ی، ا، ۱۳۵۴. حمایت جنگل. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، تهران، ۲۷۹ صفحه.
- فانی، ب. و یوسفی، ب، ۱۳۹۰. الگوی بهینه در تهیه مناطق حساس به آتش‌سوزی‌های جنگل‌های زاگرس. اولین همایش بین‌المللی آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی، گرگان، ۴-۶ آبان: ۸.
- گراوند، س، یارعلی، ن، صادقی کاجی، ح، ۱۳۹۲. الگوی مکانی و نقشه‌ی خطر وقوع آتش‌سوزی در ارضی طبیعی استان لرستان. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، تهران، ۲۳۱-۲۴۲.
- محمدی، ف، شعبانیان، ن، پوره‌اشمی، م. و فتاحی، پ، ۱۳۸۹. تهیه نقشه‌ی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از GIS و AHP در بخشی از جنگل‌های پاره. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، تهران، ۵۸۶-۵۶۹.
- مهدوی، ع، فلاح شمس، ر، نظری، ر. و حیدری، م، ۱۳۹۰. تهیه نقشه‌ی خطر آتش‌سوزی در اراضی جنگلی و مرتعی حوزه شهرستان ایلام با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP). اولین همایش بین‌المللی آتش‌سوزی در عرصه‌های منابع طبیعی، گرگان، ۴-۶ آبان: ۱۳.
- نصیری، م، حجتی، م، تفضلی، م، ۱۳۹۱. شبیه‌سازی آتش‌سوزی سطحی به منظور بررسی سرعت گسترش آن در جنگل آمیخته پهن‌برگ. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، تهران، ۵۰-۶۱.
- هاشم پور، ش، ۱۳۸۴. بررسی تاثیر آتش‌سوزی، عوامل مهم ایجادکننده و راه‌های پیشگیری از آن در جنگل‌ها، مطالعه موردی حوضه آبخیز سفارود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته جنگلداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران: ۹۶ صفحه.

- case study. XXth Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Istanbul, Turkey: 222-230.
- Fule, P., Ribas, M., Gutierrez, E., Vallejo, R. and kaye, M., 2006. Forest structure and fire history in an old *pinus nigra* forest, eastern Spain. *Forest Ecology and Management*, 241(3): 79-88.
 - Huyen, D.Th.Th. and Tuan, V.A., 2008. Applying GIS and multi criteria evaluation in forest fire risk zoning in Son la province, Vietnam. *International Symposium on Geo informatics for Spatial Infra structure Development in Earth and Allied Sciences*: 6 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*, 4 (1): 1-10. .
 - Sowmya, S. V. and Somashekar, R. K., 2010. Application of remote sensing and geographical information system in mapping forest fire risk zone at Bhadra wildlife sanctuary. *Journal of Environmental Biology*. India, 31(6): 969-974.
 - Almedia, R., 1994. Forest fire risk area and definition of the prevention priority planting using GIS. *Proceedings of the Fifth European Conference and Exhibition on Geographic Information Systems, EGIS 94*. Utrecht: EGIS Foundation, 2: 1700-1706.
 - Burton, N. Barnes, Donald R. Zak, Shirley R. Denton and Stephen H. Spurr., 1998. *Forest Ecology*. 4th Edition, John Wiley & Sons, Inc.
 - 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.
 - Dong, X., 2006. Mapping forest fire zones with spatial data and principle component analysis, *science in China*. Series E Technological Sciences, vol. 49: 140-149
 - 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 Foretry Research*, 16(3): 167- 176.
 - Erten, E., Kurgun, V. and Muusaoglu, N., 2004. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS a
 - Yin, h., Kong, F. H. and Li, X. Z., 2004. RS and GIS-based forest fire zone mapping in Dahinggan Mountains. *Chinese Geographical Science* 14 (3): 251-257.