



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۵۱ و هشتم، تابستان ۱۴۰۰

صص ۵۸-۴۳

doi: <https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.68903.1019>

مقاله پژوهشی

مدل‌سازی و پهنه‌بندی مناطق مستعد آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی بر پایه رگرسیون لجستیک

مهدی حیدری^۱ - دانشیار گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

سینا عطار روشن - استادیار گروه محیط‌زیست، مرکز تحقیقات گردوغبار خلیج فارس، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

الهام جافریان - کارشناس جهاد کشاورزی، استان لرستان.

محمد عیبات - کارشناس ارشد مهندسی منابع طبیعی - محیط‌زیست ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران (خوزستان)، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۶ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۲/۱۰ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۲/۲۲

چکیده

جنگل‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی تجدیدشونده، نقش مهمی در پایداری زیست‌بوم‌ها ایفا می‌نمایند. یکی از مهم‌ترین آشفتگی‌های مؤثر بر اکوسیستم‌های جنگلی زاگرس، آتش‌سوزی جنگل است؛ بنابراین شناسایی مناطق بحرانی آتش‌سوزی به‌منظور کاهش خسارات احتمالی، امری لازم و ضروری است. هدف این تحقیق، بررسی میزان تأثیر متغیرهای مؤثر در ایجاد آتش‌سوزی و تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی است. از این رو متغیرهای مؤثر بر آتش‌سوزی شامل ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از آبراه‌ها و فاصله از جاده برای تعیین تأثیر هر یک در آتش‌سوزی، بررسی شدند. نقشه ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت جغرافیایی با کمک مدل رقومی ارتفاع و نقشه‌های فاصله از مناطق مسکونی و فاصله از جاده از نقشه‌های رقومی ۱/۲۵۰۰۰ تهیه شد. همچنین مناطقی که طی سال‌های ۹۰-۹۴ در آن‌ها آتش‌سوزی رخ داده بود، با دستگاه جی‌پی‌اس برداشت گردید. در این تحقیق از روش رگرسیون لجستیک برای بررسی تأثیر عوامل مختلف در آتش‌سوزی استفاده شد. نتایج نشان داد که ارتفاع از سطح دریا، فاصله از آبراهه و درصد شیب، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در آتش‌سوزی جنگل در منطقه بودند. مدل‌سازی براساس سه متغیری که ارتباط معنی‌داری با آتش‌سوزی جنگل در منطقه داشتند و

ضرایب حاصل از روش رگرسیون لجستیک، انجام شد. نتایج اعتبارسنجی مدل با ضریب تبیین نگلکرک حدود ۰/۵۰۰ و ضریب منحنی راک ۰/۷۰۱ نشان از دقت، برازش و اعتبار مناسب مدل به دست آمده داشت. همچنین نتایج نشان داد که ۸۱ درصد از مساحت منطقه در مناطق بحرانی و خطرناک قرار دارد.

کلیدواژه‌ها: آتش‌سوزی، راک، رگرسیون لجستیک، مدل‌سازی.

۱- مقدمه

جنگل‌ها، زیباترین منابع طبیعی پیرامون ما هستند و نقش مهمی را در سلامت جسمی و روانی موجودات زنده ایفا می‌کنند. سلامتی جنگل در هر محل، شاخصی از شرایط اکولوژیکی متداول در آن ناحیه است (ژانگ و چن، ۲۰۰۷). در میان عوامل مخرب، آتش‌سوزی به‌عنوان یکی از عوامل اصلی تخریب اکوسیستم‌های طبیعی شناخته شده که سالانه خسارت فراوانی را به این عرصه‌ها وارد می‌سازد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۷). اگرچه آتش‌سوزی‌های جنگلی، جزء جدایی‌ناپذیر این بوم‌سازگان‌ها هستند، اما عدم کنترل آن‌ها ممکن است باعث خسارات اقتصادی و محیط‌زیستی شدیدی شود. آتش‌سوزی علاوه بر خسارت‌های اقتصادی، آلودگی‌های محیط‌زیستی و تأثیر بر آب‌وهوای منطقه، در از بین بردن فون و فلور و چشم‌انداز جنگل نیز تأثیر بسزایی دارد و اثرات آن در هر سطحی از اکوسیستم احساس می‌شود (اسکندری، ۱۳۹۶؛ حیدری و همکاران، ۲۰۱۲).

یکی از زمینه‌های پژوهش برای کنترل آتش‌سوزی‌های جنگل، شناسایی نقاط بحرانی آتش‌سوزی در جنگل‌های منطقه است؛ زیرا عدم شناخت کافی این نقاط باعث وقوع و گسترش آتش در جنگل، تأخیر در مهار آن و وارد آمدن صدمه به حیات جانوران و گیاهان جنگل خواهد شد (فرامرزی و همکاران، ۱۳۹۳). طی سال‌های اخیر سامانه اطلاعات جغرافیایی^۲ و سنجش‌ازدور^۳ امکانات و ابزارهای دقیق‌تری را در اختیار پژوهشگران قرار داده تا آتش‌سوزی در جنگل‌ها را از جنبه‌های متعدد مورد مطالعه قرار دهند (زرع‌کار و همکاران، ۱۳۹۲). استفاده از مدل‌سازی با کمک روش‌های هوشمند همانند تهیه نقشه‌های خطر به‌وسیله سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند کمکی به مدیران و دست‌اندرکاران عرصه جنگل جهت برنامه‌ریزی برای کاهش فراوانی صدمات و سطوح آتش‌سوزی باشد. در این راستا مطالعاتی صورت گرفته است؛ به‌طورمثال فرامرزی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای با هدف شناسایی نقاط بحرانی و حساس به حریق در پارک ملی گلستان با استفاده از روش رگرسیون لجستیک با در نظر گرفتن پارامترهای مؤثر بر آتش‌سوزی شامل شیب، جهت، ارتفاع، کاربری، شاخص پوشش گیاهی نرمال شده، فاصله از جاده و روستا، حضور گردشگر، شکارچی و دامدار، دما و رطوبت نقشه خطر جنگل را تهیه کردند. در نهایت نقشه خطر به‌دست آمده با آتش‌سوزی ۳۰۰۰ هکتاری منطقه شارلق در شهریورماه سال ۱۳۹۲ انطباق داشت.

1 Zhang & Chen

2 Geographic Information System (GIS)

3 Remote Sensing (RS)

چوویکو و سالاس^۱ (۱۹۹۴) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تکنیک‌های سنجش‌ازدور نقشه خطر آتش‌سوزی را در بخشی از سواحل اسپانیا تهیه کردند. براساس نتایج آن‌ها ۲۲ درصد در مناطق پرخطر قرار گرفته بودند و ۴۷ درصد از مناطق در محدوده کم‌خطر واقع شده‌اند. سکر^۲ و همکاران (۲۰۱۱) رطوبت نسبی و بارندگی را با شبکه عصبی مصنوعی و مکانیزم برداری پشتیبانی مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند که برای پیش‌بینی رفتار آتش‌سوزی دو متغیر مورد بررسی جزء متغیرهای مهم و تأثیرگذارند. اسکندری (۱۳۹۲) نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل را در دو نقطه از جنگل‌های شمال با استفاده از دو روش تحلیل سلسله مراتبی فازی و همبستگی استفاده کرد. فاکتورهای مورد استفاده شامل چهار معیار اصلی و هفده زیرمعیار بود. نقشه‌های پتانسیل خطر تهیه شده با دو روش تحلیل سلسله مراتبی فازی و روش همبستگی تطابق زیادی با مناطق آتش‌سوزی‌های گذشته داشته است. جنگل‌های زاگرس، از ذخیره‌گاه‌های با ارزش گونه‌های گیاهی و جانوری هستند که هر ساله آتش‌سوزی‌های زیادی به‌صورت عمدی و غیرعمدی در آن‌ها اتفاق می‌افتد و آسیب‌های زیادی به پوشش گیاهی این جنگل‌ها وارد می‌کند. با توجه به اهمیت این موضوع، مدل‌سازی وقوع آتش‌سوزی براساس عوامل تأثیرگذار، راهکار مناسبی برای پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی در این جنگل‌ها می‌باشد. این پژوهش در بخشی از جنگل‌های زاگرس در استان ایلام انجام شده است. در محدوده استان ایلام، سالانه بیش از ۱۰۰ مورد آتش‌سوزی جنگل می‌افتد (آمار آتش‌سوزی ۴ سال سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، ۱۳۹۴)؛ بنابراین هدف پژوهش حاضر با توجه به نقش جنگل‌های منطقه در حفاظت از آب‌و‌خاک و جلوگیری از فرسایش، تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش رگرسیون لجستیک است که روشی مؤثر برای استخراج اهمیت عوامل مؤثر بر بروز و توسعه آتش‌سوزی است. همچنین تعیین میزان تأثیرگذاری هر عامل در ایجاد و گسترش آتش‌سوزی در این پژوهش بررسی شده است. با استفاده از نقشه خطر آتش‌سوزی و پهنه‌بندی این نواحی جهت تعیین میزان حساسیت مناطق مختلف به آتش‌سوزی می‌توان خطر وقوع آتش‌سوزی در نواحی با احتمال بالای آتش‌سوزی را کنترل کرد و به حفظ منابع جنگلی به‌وسیله اقدامات پیشگیرانه لازم کمک کرد.

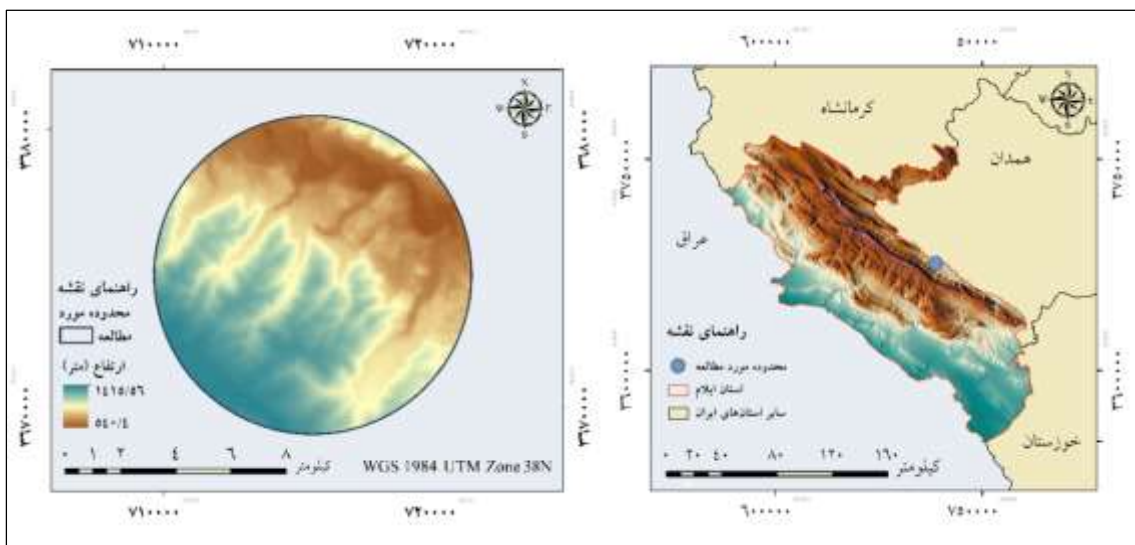
1 Chuvieco and Salas

2 Sakr

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در استان ایلام و شهرستان دره شهر در طول جغرافیایی ۷۱۶۲۷۵ و ۳۶۶۴۱۱۴ تا ۷۱۶۲۷۵ واقع شده است (شکل ۱). کمترین و بیشترین ارتفاع منطقه از سطح دریا به ترتیب ۵۴۰/۴ و ۱۴۱۵/۵۶ متر است. ایستگاه باران‌سنجی ایلام، آمار ۲۰ ساله بارندگی متوسط منطقه را ۶۲۱ میلی‌متر اعلام نموده است. متوسط درجه حرارت سالیانه منطقه نیز ۱۷/۱۲ درجه سانتی‌گراد است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

۲-۲- روش تحقیق

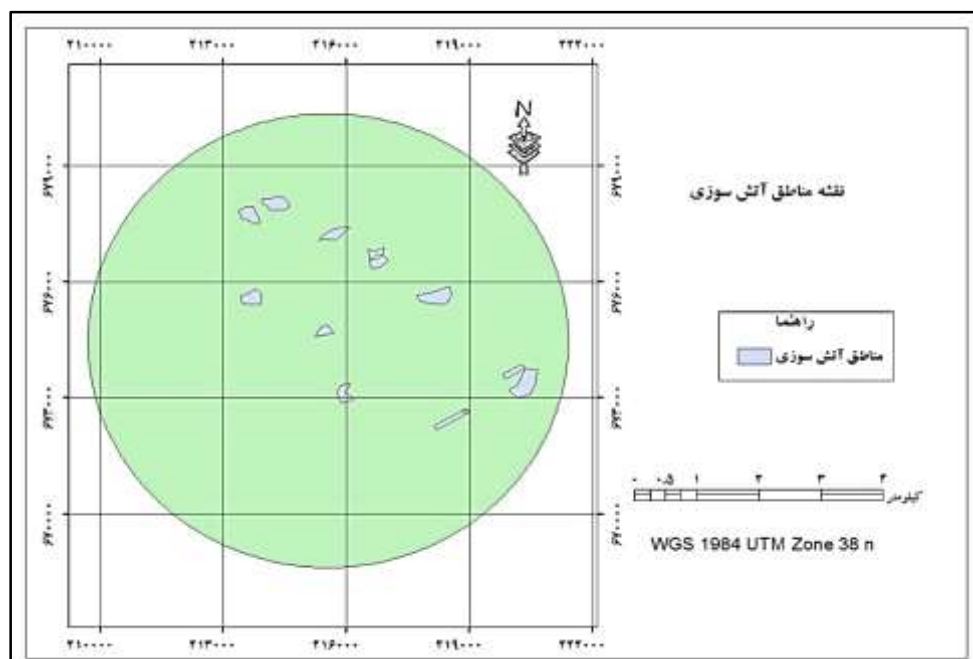
پس از بازدیدهای میدانی از منطقه، محدوده‌هایی که در آن در سال‌های ۱۳۹۱-۹۴ آتش‌سوزی اتفاق افتاده بود، به وسیله دستگاه جی‌پی‌اس برداشت شد. مسیرهای برداشت شده توسط جی‌پی‌اس به نرم‌افزار GIS منتقل و در محیط این نرم‌افزار به پلی‌گون تبدیل شدند. مساحت پلی‌گون براساس هکتار استخراج شد و بر طبق جدول ۱ و شکل ۲ مشخص شدند. سپس در ادامه محدوده بزرگ‌تری از منطقه دره شهر انتخاب و مورد پژوهش قرار گرفت تا براساس مناطق آتش‌سوزی و مناطقی که آتش‌سوزی در آنها اتفاق نیفتاده، نقشه خطر آتش‌سوزی تهیه شود. مساحت کل منطقه مورد مطالعه ۱۰۷۸۰ هکتار برآورد شد. مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر روی آتش‌سوزی در جنگل، عوامل فیزیوگرافی می‌باشند که جهت ایجاد لایه‌های اطلاعاتی شناسایی شدند تا در تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی مورد استفاده

قرار گیرند. همچنین عوامل انسانی تأثیرگذار نیز شناسایی شدند تا در هر چه دقیق‌تر به دست آمدن نقشه خطر آتش‌سوزی استفاده شوند. عوامل انسانی فاصله از جاده‌ها و مناطق مسکونی هستند.

جدول ۱- مساحت مناطق آتش‌سوزی شده

شماره منطقه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
مساحت (هکتار)	۱۲/۴	۱۷/۵	۷/۸	۵/۷	۲۳/۸	۷/۱
شماره منطقه	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
مساحت (هکتار)	۱۰/۵	۰/۸	۲۸/۹	۱۴/۲	۶/۸	۱۱/۱

نقشه مناطق آتش‌گرفته که به وسیله جی‌پی‌اس برداشت شده در شکل ۲ نمایش داده شده است، ۱۲ منطقه در محدوده مورد مطالعه واقع بودند. مساحت مناطق آتش‌سوزی شده در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۲- مناطق دچار آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه

در راستای اهداف پروژه پس از بررسی منابع متعدد و با توجه به بازدیدهای مقدماتی از منطقه عوامل تأثیرگذار در آتش‌سوزی که سیستم اطلاعات جغرافیایی قابل پردازش باشند، شناسایی و نسبت به جمع‌آوری داده‌های مربوط به این عوامل اقدام گردید. برای استخراج لایه‌های مورد نظر نقشه‌های رقومی شده سه‌بعدی و دوبعدی منطقه

مورد مطالعه با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ تهیه شد. مناطق مورد مطالعه در برگ‌های II NW-۵۴۶۲ و II SW-۵۴۶۲ نقشه‌های توپوگرافی رقومی واقع هستند. از این نقشه‌ها خطوط توپوگرافی، روستاها، جاده‌ها و آبراهه‌ها استخراج شدند.

۲-۱-۲- پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی به وسیله رگرسیون لجستیک

یکی از مدل‌های آماری مناسب برای انجام پهنه‌بندی با استفاده از داده‌های موجود آتش‌سوزی که در بسیاری از تحقیقات مورد استفاده قرار گرفته، رگرسیون لجستیک است (میردیلی و همکاران، ۱۳۹۴؛ دنگ و همکاران، ۲۰۱۳؛ چانگ و همکاران، ۲۰۱۳). رگرسیون لجستیک روشی آماری است که ارتباط بین مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل و پیوسته و یک متغیر وابسته گسسته را ارزیابی کرده و آن را به صورت مدل بیان می‌کند (ماهینی و ترنر، ۲۰۱۱). در مورد تهیه نقشه احتمال وقوع حریق در جنگل، هدف رگرسیون لجستیک یافتن بهترین مدل برای تشریح روابط میان حضور و یا عدم حضور متغیر وابسته (آتش‌سوزی جنگل) و مجموعه گروه‌هایی از متغیرهای مستقل است (ایستمن، ۲۰۰۲). در این پژوهش تجزیه رگرسیون براساس روش گام‌به‌گام پیش‌رونده انجام و براساس ضریب آماره‌ها نسبت به انتخاب بهترین مدل اقدام شد. از آنجایی که عوامل مختلف (مانند شیب و ارتفاع از سطح دریا) دارای ارزش‌های متفاوتی هستند بهتر است ارزش تمامی عوامل بین صفر و ۱ استاندارد شود (لمکه و همکاران، ۲۰۱۱). برای این که دامنه مقادیر لایه‌های مستقل مورد استفاده برای تهیه مدل احتمال پراکنش بین ۰ و ۱ قرار گیرد با استفاده از رابطه ۱ عمل استانداردسازی صورت گرفت:

$$X_{\text{standard}} = \frac{\text{map} - X_{\text{min}}}{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، map نقشه ورودی (هر کدام از نقشه‌های تهیه شده برای مدل‌سازی)، X_{max} ماکزیمم و X_{min} مینیمم ارزش خام هر نقشه است. نقشه‌های عوامل فیزیوگرافی بعد از عمل استانداردسازی به عنوان متغیرهای پیشگو برای ایجاد مدل رگرسیون لجستیک مورد استفاده قرار گرفتند. مدل‌سازی توسط رگرسیون لجستیک و روش گام‌به‌گام (نسبت احتمال) با انتخاب ۷۰٪ از نمونه‌ها برای مدل‌سازی و ۳۰٪ نمونه‌ها جهت اعتبارسنجی مدل انجام گرفت. مدل رگرسیون لجستیک به صورت رابطه (۲) بیان می‌شود.

$$\log(P/(1+P)) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_i X_i \quad \text{رابطه (۲)}$$

-
- 1 Deng et al
 - 2 Chang et al
 - 3 Mahiny and Turner
 - 4 Eastman
 - 5 Lemke et al

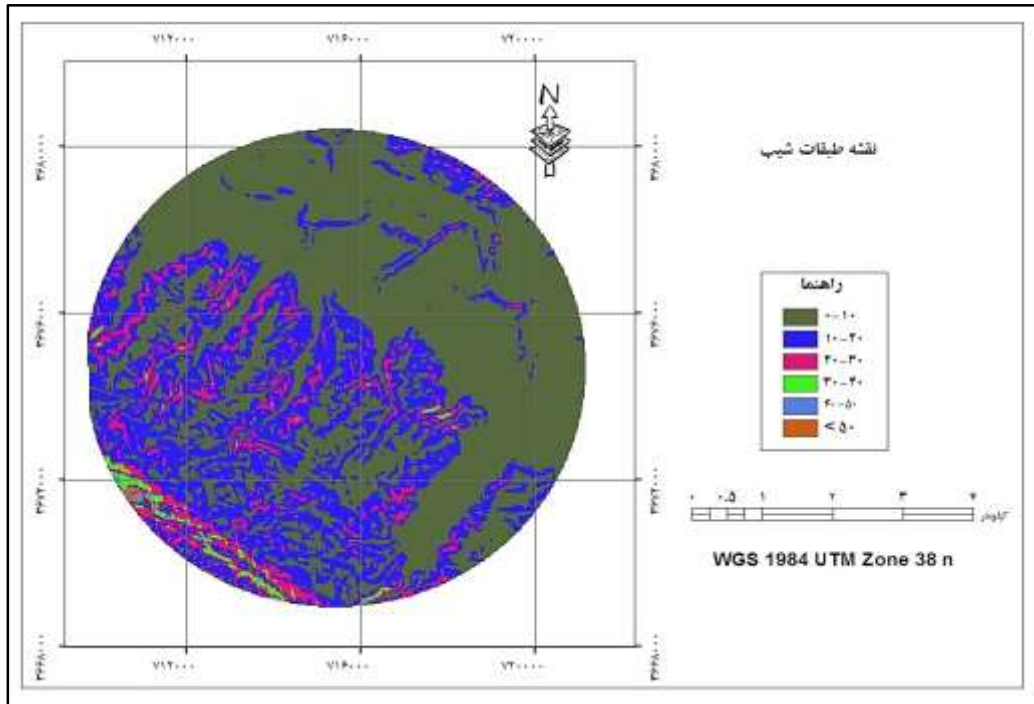
β_i : ایستگاه باران‌سنجی ایلام آمار ۲۰ ساله بارندگی متوسط منطقه را ۶۲۱ میلی‌متر اعلام نموده است. متوسط درجه حرارت سالیانه منطقه ۱۷/۱۲ درجه سانتی‌گراد با حداقل و حداکثر متوسط درجه حرارت ماهیانه به ترتیب ۴/۶۲ (دی) و ۲۹/۹۳ (مرداد) است.

P (احتمال پراکنش گونه موردبررسی): در این پژوهش، اعتبارسنجی مدل‌های به‌دست‌آمده توسط ۳۰ درصد نمونه‌های باقی‌مانده، به‌صورت ارائه منحنی راک و آزمون هوسمر-لمشاو ارزیابی شد. آزمون معنی‌داری مدل به‌وسیله آزمون هوسمر-لمشاو و مقدار R^2 آماره نگلکرک^۱ موردبررسی قرار گرفت.

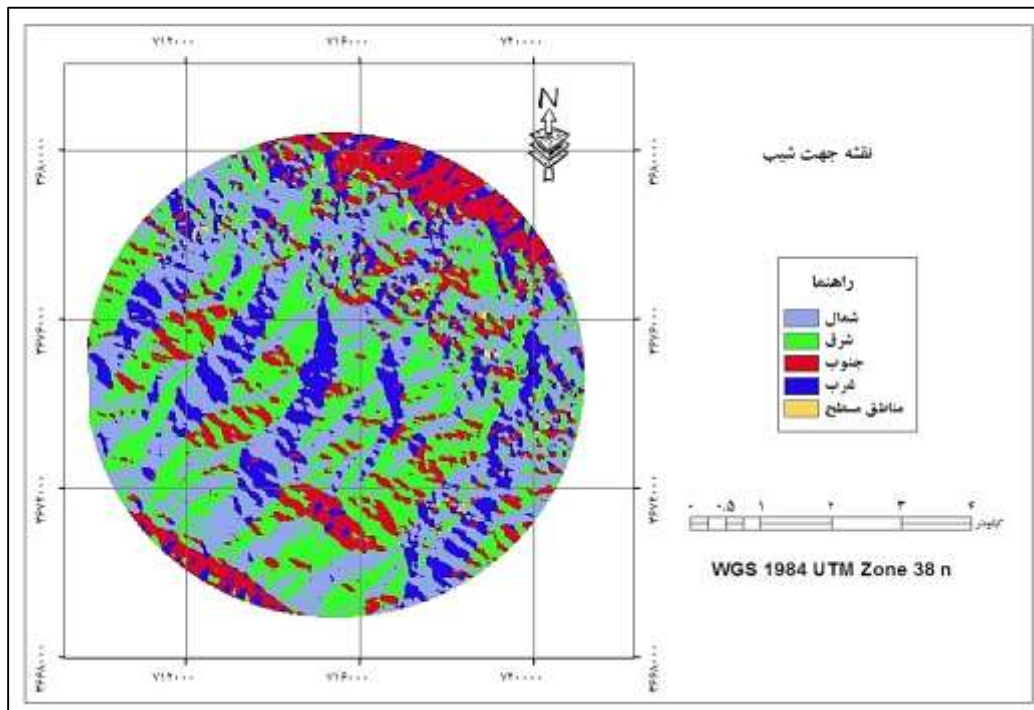
۳- یافته‌ها

۳-۱- تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر در آتش‌سوزی

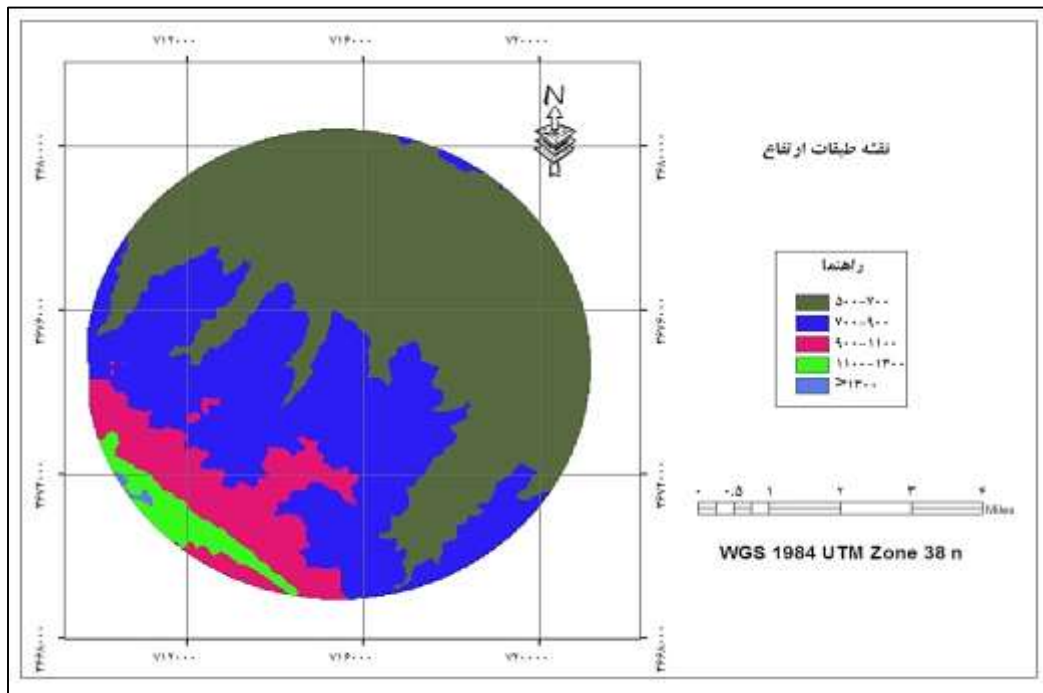
در منطقه مورد مطالعه ۶۲ درصد از منطقه در کلاسه شیب ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ درجه قرار دارند و کمتر از ۱ درصد از این مناطق در شیب بالاتر از ۵۰ درجه قرار دارند (شکل ۳). بیشترین درصد از منطقه مورد مطالعه در جهت جنوب قرار دارند و کمترین درصد مساحت در دامنه‌های غربی مشاهده گردید (شکل ۴). بیشترین آتش‌سوزی‌ها در طبقات ارتفاعی پایین دست مستقر هستند. براساس نتایج به‌دست‌آمده بیشترین منطقه آتش‌سوزی شده در ارتفاعات پایین‌تر از ۹۰۰ متر از سطح دریا مشاهده شد (شکل ۵). نقشه فاصله از آبراه‌ها به میزان ۴۰۰ متر تهیه شد. نتایج نشان داد که بیشترین مساحت آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده در فواصل دورتری از آبراه‌ها قرار دارند (شکل ۶). یکی دیگر از عوامل مؤثر پدیده آتش‌سوزی جنگل فاصله آن‌ها از مناطق مسکونی است. بیشترین مناطق آتش‌سوزی شده در نزدیکی مناطق مسکونی واقع شده‌اند (شکل ۷). نتایج حاصل از نقشه جاده‌ها نشان داد که بیشترین مناطق آتش‌سوزی شده در کنار و نزدیکی جاده‌ها واقع هستند (شکل ۸).



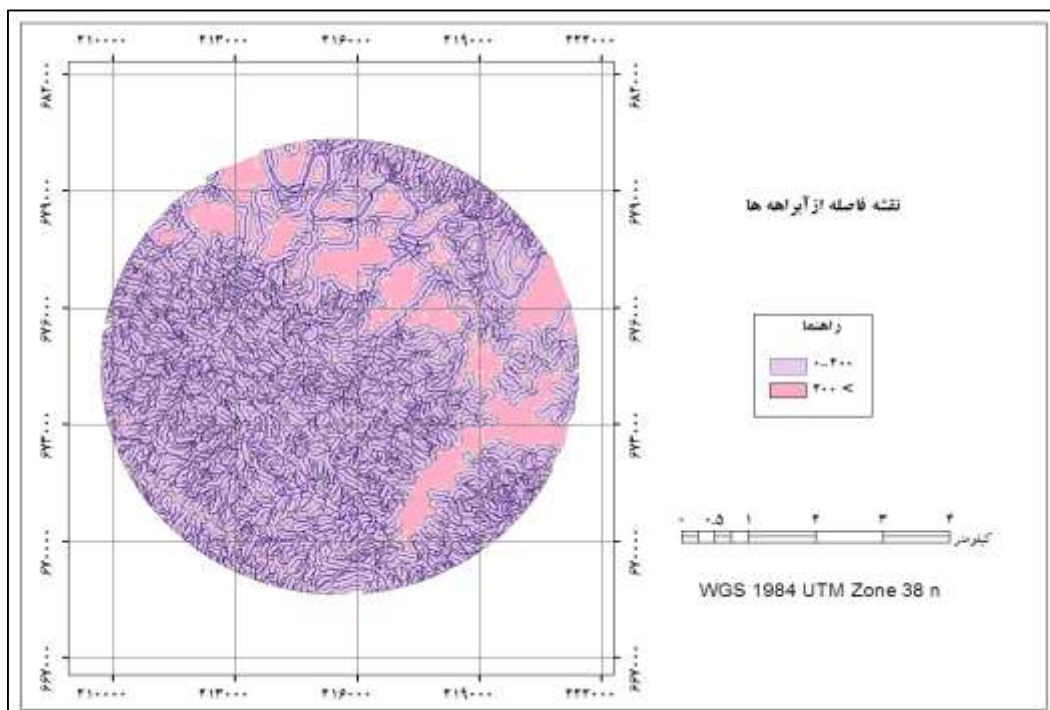
شکل ۳- نقشه طبقات شیب به درجه



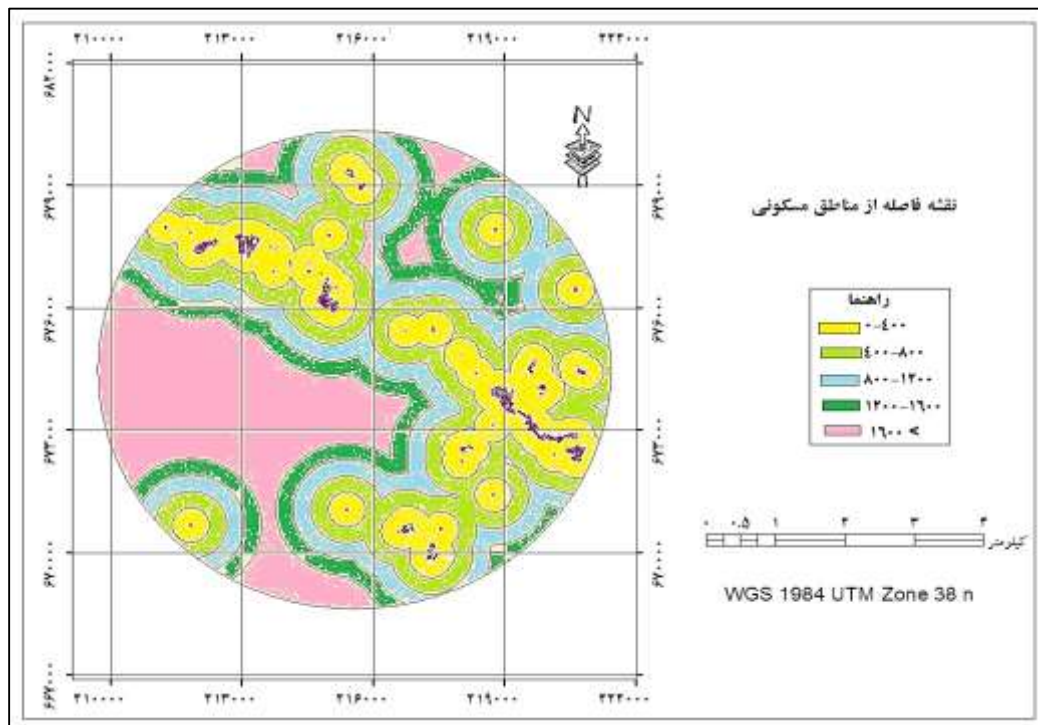
شکل ۴- نقشه طبقات جهت دامنه



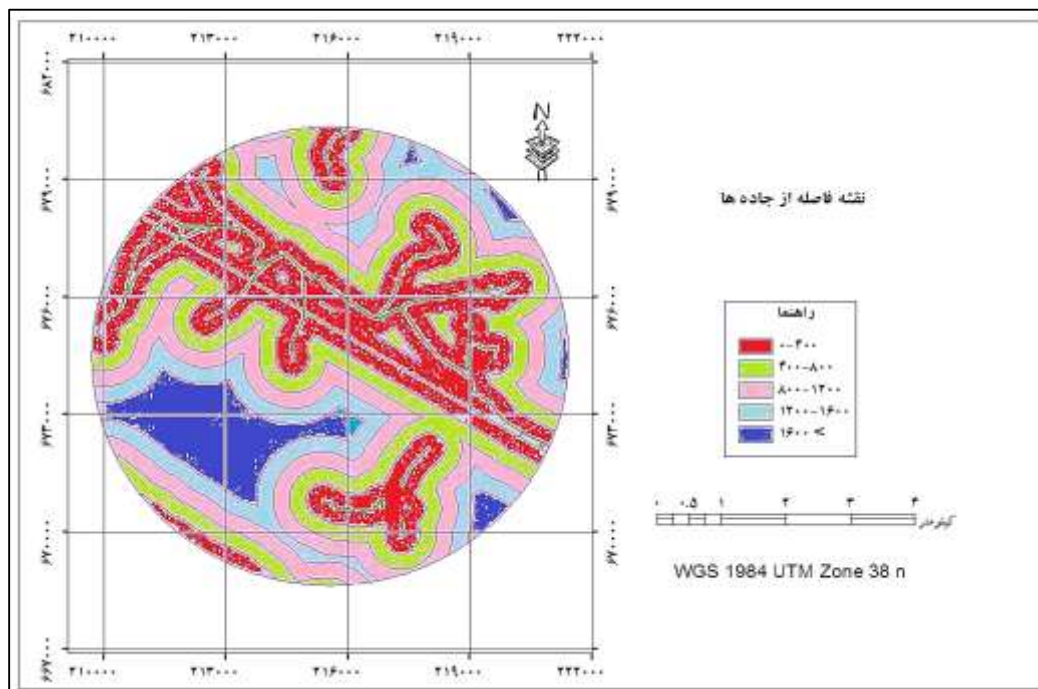
شکل ۵- نقشه طبقات ارتفاع از سطح دریا به متر



شکل ۶- نقشه فاصله از آبراهه به متر



شکل ۷- نقشه فاصله از مناطق مسکونی به متر



شکل ۸- نقشه فاصله از جاده به متر

۳-۲- مدل‌سازی به‌وسیله رگرسیون لجستیک

مدل‌سازی به‌وسیله رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی رویشگاه‌هایی که شرایط بکر و طبیعی دارند مناسب است. نتایج مدل‌سازی به‌وسیله رگرسیون لجستیک در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- ضرایب حاصل از مدل رگرسیون لجستیک

ضرایب	متغیرهای مستقل	
۵/۰۰۵	عدد ثابت	X0
-۱۱/۰۰۱	ارتفاع از سطح دریا	X1
۲/۲۵۰	فاصله از آبراهه	X2
۰/۲۴۷	شیب	X4

آماره والد: با توجه به آماره والد بهترین متغیرها برای مدل‌سازی ارتفاع از سطح دریا، بارندگی، شیب و فاصله از آبراهه‌ها تعیین شدند. در مرحله انتخاب بهترین متغیرها برای مدل‌سازی، اگر آماره والد معنی‌دار باشد (یعنی سطح معنی‌داری آن از ۰/۵۰ کوچک‌تر باشد) آن متغیر در مدل انتخاب می‌شود (جدول ۲).

جدول ۳- آماره والد و امتیاز متغیرهای مستقل

متغیرها	انحراف معیار	آماره والد	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
ارتفاع از سطح دریا	۰/۲۱۰	۶۷۷۴۴	۱	<۰/۰۱
فاصله از آبراهه‌ها	۰/۳۹۷	۳۷/۴۶۸	۱	<۰/۰۱
شیب	۰/۲۲۲	۱/۲۲۵	۱	<۰/۰۱
ضریب ثابت	۰/۷۴۴	۱۹/۰۵۴	۱	<۰/۰۱

بنابراین با توجه به ضرایب ارائه شده در جدول ۳ و آماره والد، معادله رگرسیون لجستیک به‌صورت رابطه ۳ است. در این تحقیق از بین فاکتورهای فیزیوگرافی ارتفاع از سطح دریا با ضریب ۱۱/۰۰۱ بیشترین ارتباط را به‌صورت منفی با مناطق آتش‌سوزی شده داشت. فاکتور بارندگی ۸/۲۲۲، فاصله از آبراهه با ضریب ۲/۲۵۰ و شیب با ضریب ۰/۷۴۴ هرکدام به ترتیب اهمیتشان در تهیه نقشه نهایی خطر آتش‌سوزی در نقشه‌های از پیش تعیین‌شده ضرب شدند.

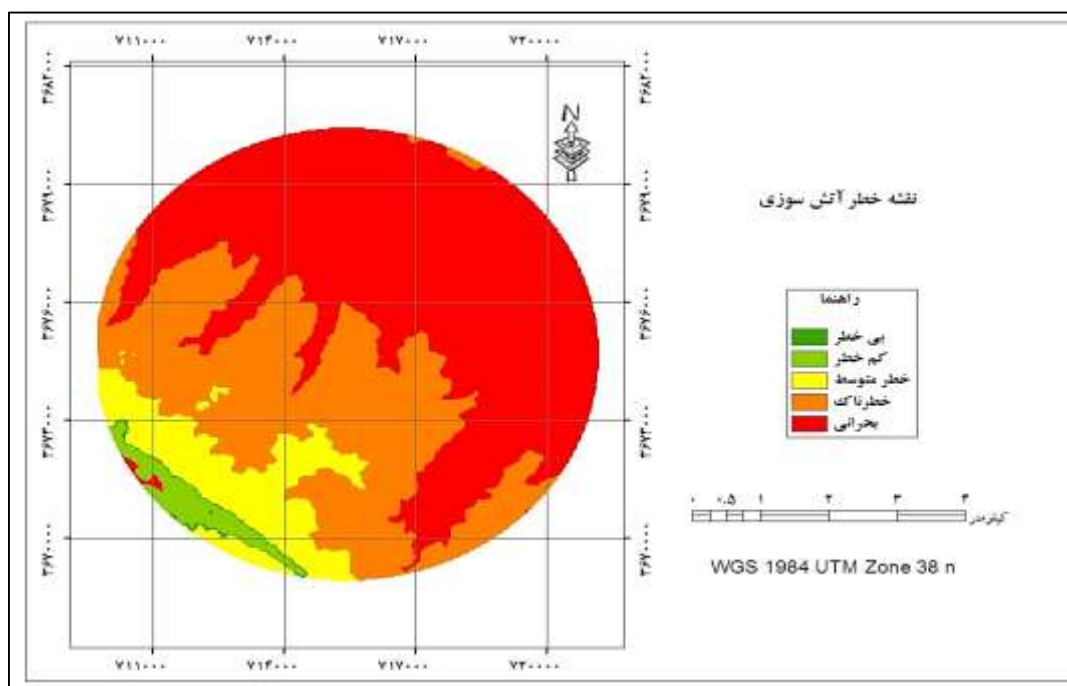
$$\log(P/(1+P)) = 5.005 - 11.001X1 + 2.250X2 - 8.222X3 + 0.247X4$$

رابطه (۳)

جدول ۴- مساحت پهنه‌های احتمال آتش‌سوزی در هر کلاس خطر

کلاس خطر	مساحت به درصد
بحرانی	۴۶۸
خطرناک	۳۴/۲
خطر متوسط	۱۰/۲
کم خطر	۸/۷
بی خطر	۱/۱

براساس نقشه حاصل از اجرای مدل رگرسیون لجستیک مقادیر احتمال وقوع به دست آمده از ۰ تا ۱ متغیر است. جهت پهنه‌بندی لایه احتمال وقوع خطر آتش‌سوزی در نهایت منطقه مورد مطالعه به ۵ کلاس بحرانی، خطرناک، خطر متوسط، کم خطر و بی خطر تقسیم شد. همچنین درصد خطر آتش‌سوزی در هر کدام از سطوح در جدول ۴ ارائه شده است.



شکل ۹- نقشه پهنه‌بندی احتمال آتش‌سوزی در جنگل بر اساس مدل رگرسیون لجستیک

نتایج اعتبارسنجی مدل آماری حاصل از رگرسیون لجستیک به صورت مقدار سطح زیر منحنی راک، آماره‌های آزمون هوسمر-۱، لمشاو و آماره نگلکرک R^2 بیان شد. راک یک معیار معتبر که توجه به این مسئله دارد که مدل چه

مقدار می‌تواند متغیر وابسته را به‌خوبی پیش‌بینی کند، منحنی راک می‌باشد. مقدار $0/701$ به‌دست‌آمده بر طبق جدول ۵، در این مطالعه نشان‌دهنده همبستگی خوب بین متغیرهای مستقل و وابسته است. آماره‌های آزمون هوسمر-لمشاو برای آزمون معنی‌داری مدل، در جدول ۵ ارائه شده است. براساس مقدار این آماره $0/000$ اعتبار مدل به دست آمده بسیار مناسب ارزیابی شد. مقدار آماره نگلکرک R^2 نشان داد که چگونه مدل، مجموعه داده‌ها را برازش می‌دهد. با توجه به اینکه در این تحقیق مقدار آماره نگلکرک R^2 $0/500$ به دست آمد. مدل برازش قابل قبولی را نشان می‌دهد (جدول ۶).

جدول ۵- نتایج دقت پیش‌بینی مدل براساس متغیرهای انتخابی در منحنی راک

سطح اعتماد ۹۵٪		سطح معنی‌داری	اشتباه معیار	سطح زیر منحنی راک
حداکثر سطح منحنی	حداقل سطح منحنی			
۰/۸۲۰	۰/۶۹۱	۰/۰۰۰	۰/۲۰۵	۰/۷۰۱

جدول ۶- آزمون هوسمر-لمشاو برای بررسی دقت مدل رگرسیون لجستیک

کای اسکور	آماره نگلکرک R^2	سطح معنی‌داری	درجه آزادی
۱۷/۶۵	۰/۵۰۰	۰/۰۰۰	۸

۴- نتیجه‌گیری

آمار ثبت شده آتش‌سوزی‌ها نشان می‌دهد که اکثر آتش‌سوزی‌ها در عرصه‌های جنگلی و مرتعی اتفاق افتاده است. قریب به ۸۶ درصد آتش‌سوزی‌ها در فصل تابستان رخ داده است. در منطقه مورد مطالعه ۲۴۵ هکتار از نواحی جنگلی در طی دوره ۴ ساله دچار آتش‌سوزی شده‌اند که متوسط سالانه سطوح آتش‌سوزی مناطق جنگلی ۷۲ هکتار بوده است. بررسی عوامل مؤثر در ایجاد و گسترش آتش‌سوزی و تعیین میزان احتمال خطر مناطق مختلف به آتش-سوزی یکی از ابزارهای اساسی جهت مقابله با حریق و کنترل آن است. ارتفاع از سطح دریا در این تحقیق با پدیده آتش‌سوزی ارتباط معکوسی داشت. دلیل آن دمای هوا بیشتر، بارندگی کمتر، تراکم جمعیتی بالا، وجود فعالیت‌های انسانی در ارتفاعات پایین نسبت به ارتفاعات بالاست. نتایج این تحقیق همخوانی کامل با نتایج ساتیوان^۱ و همکاران (۲۰۰۴) دونگ^۲ و همکاران (۲۰۰۵)، سوماشکار^۳ و همکاران (۲۰۰۹) و محمدی (۱۳۸۸) دارد. شیب‌های کمتر محیطی مناسب برای رخداد آتش‌سوزی هستند؛ زیرا در شیب‌های کم توسعه کشاورزی بیشتر و در نهایت محل

1 Setiawan

2 Dong

3 Somashekar

مناسب‌تری برای سکونت انسان‌ها هستند که این خود عاملی برای ایجاد رخداد آتش‌سوزی است. نتایج این تحقیق همخوانی کامل با نتایج محققانی همچون ساتیوان و همکاران (۲۰۰۴) و محمدی (۱۳۸۸) دارد. همچنین مطالعه فاصله‌های نزدیک جاده‌ها با ایجاد آتش‌سوزی‌ها در ارتباط مستقیم بود. دلیل آن مجاورت جنگل و جاده‌ها، تردد انسان و وسایط نقلیه در فاصله‌های نزدیک جنگل است. حتی پرتاب سیگار نیز توسط رانندگان نیز می‌تواند باعث آتش‌سوزی شده باشد. نتایج این بخش با نتایج چانگ^۱ و همکاران (۲۰۱۳) و نجفی و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت دارد. نتایج تحقیق در مورد عامل فاصله از مناطق مسکونی حاکی از آن بود که ارتباط مستقیمی بین این عامل با پدیده آتش‌سوزی وجود دارد. تغییر کاربری جنگل به باغ و زمین کشاورزی، چرای دام، بهره‌برداری از محصولات فرعی و مرتعی جنگل از مهم‌ترین دلایل آتش‌سوزی جنگل توسط ساکنان منطقه مورد مطالعه می‌باشند. از جمله محققانی که نتایج آن‌ها همخوان با نتایج این تحقیق هستند سوماشکار و همکاران (۲۰۰۹) است. همچنین این نتیجه مخالف چانگ و همکاران (۲۰۱۳)، نجفی و همکاران (۱۳۹۴) و زرعی و همکاران (۱۳۹۲) است. در مورد شاخص‌های آماری مرتبط با مدل رگرسیون لجستیک نیز می‌توان گفت که با توجه به اینکه در این پژوهش مقدار شاخص R2 Pseudo برابر با (۰/۵۰۰) به دست آمد و همچنین با توجه به اینکه این مقدار بزرگ‌تر از آستانه ۰/۲ است، این مدل برازش قابل قبولی را نشان می‌دهد. مدل با توجه به سطح معنی‌دار بودن آزمون هوسمر-لمشاو (۰/۰۰۰) دارای اعتبار خوبی است. مقدار شاخص راک نیز (۰/۷۰۱) مقدار بسیار بالایی را نشان می‌دهد (نزدیک به عدد ۱) و حاکی از آن است که الگوی پراکنش مکانی محاسبه شده، رابطه‌ای قوی با مقادیر احتمال حاصل از مدل رگرسیون لجستیک دارد. با توجه به مجموع نتایج اعتبارسنجی، دقت، اعتبار و برازش مناسب مدل توجیه گردید. تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد که الگوهای مکانی آتش‌سوزی جنگل به فاکتورهای انسانی، فیزیکی و آب‌وهوایی متعددی وابسته است که در مدل رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی رخداد آتش‌سوزی در آینده می‌تواند کاربرد داشته باشند. جهت پیش‌گیری اجرای اقداماتی همچون: ترویج و اطلاع‌رسانی، آموزش پیش‌گیری از آتش‌سوزی به وسیله مردم بومی، حمایت از مردم در کارهای پیش‌گیری از آتش‌سوزی مانند ایجاد و نگهداری آتش‌بر، درخت‌کاری با گونه‌های مقاوم به آتش‌سوزی در آتش‌برها، ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی سیار و متمرکز کردن امکانات مقابله با حریق در فواصل نزدیک به نقاط حساس آتش‌سوزی به‌ویژه در فصول گرم سال اشاره کرد. اکثر تحقیقات در مورد آتش‌سوزی‌ها و مدل‌سازی‌ها که در کشور انجام شده به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام گرفته است. این تحقیق سعی دارد که با استفاده سیستم اطلاعات جغرافیایی پهنه‌های پرخطر آتش در منطقه دره‌شهر را شناسایی کند. شهرستان دره‌شهر به علت رطوبت کم، درجه حرارت بالا و وجود درختان خشکیده بلوط به‌آسانی طعمه حریق می‌شود. یافته‌های این تحقیق می‌تواند به مهندسی منابع طبیعی برای برنامه‌ریزی‌های آینده کمک کند. برای مقابله با آتش‌سوزی در مناطق پرخطر و خطرناک

از جمله احداث برج‌های دیده‌بانی، احداث مخازن آب در مناطق صعب‌العبور، ایجاد پایگاه‌های امداد و نجات قبل از شروع فصل آتش‌سوزی متمرکز نمود. همچنین با آموزش روستاییان و ایجاد آتش‌برها باعث پیشگیری و کاهش خسارات ناشی از آن شد. لازم به ذکر است مدل تهیه شده فقط برای منطقه مورد نظر کارایی داشته و قابل استفاده برای مناطق دیگر نیست؛ زیرا آتش‌سوزی‌های جنگل در هر منطقه‌ای ویژگی‌های خاص به خود را دارد که باید مدل، متناسب با آن ویژگی‌ها تغییر کند.

سپاسگزاری

مراتب تشکر و قدرانی خود را از معاونت پژوهشی دانشگاه ایلام برای حمایت مالی از این مطالعه اعلام می‌نماییم.

کتابنامه

- ابراهیمی، حمید؛ رسولی، علی‌اکبر؛ مختاری، داوود؛ ۱۳۹۷. بررسی تغییرات خطر آتش‌سوزی و عوامل مؤثر بر آن با استفاده از مدل حداکثر بی‌نظمی، مطالعه موردی: جنگل‌ها و مراتع استان آذربایجان شرقی. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۷(۲۵): ۵۷-۷۳.
- اسکندری، سعیده؛ ۱۳۹۲. ارائه الگوی پتانسیل آتش‌سوزی جنگل و گسترش آن با استفاده از RS و GIS. مطالعه موردی: جنگل‌های بخش سه نکا- ظالمروود. *پایان‌نامه دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشکده منابع طبیعی، گروه جنگل‌داری*. ۱۲۱ صفحه.
- اسکندری، سعیده؛ ۱۳۹۶. روش‌های مدل‌سازی و ارزیابی خطر وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌های جهان و ایران. *انسان و محیط‌زیست*. ۱۵(۴۲): ۸۱-۱۱۰.
- آمار آتش‌سوزی ۴ سال. ۱۳۹۴. *سازمان جنگل‌ها و مراتع کل کشور*. ۳۶ صفحه.
- زرع کار، آزاده؛ کاظمی زمانی، بهاره؛ قربانی، ساره؛ عاشق معلا، مریم؛ جعفری، حمیدرضا؛ ۱۳۹۲. تهیه نقشه پراکندگی فضایی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: سه حوزه جنگلی در استان گیلان). *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*. ۲۱(۲): ۲۱۸-۲۳۰.
- فرامرزی، حسن؛ حسینی، سید محسن؛ غلامعلی فرد، مهدی؛ ۱۳۹۳. پهنه‌بندی مخاطره آتش‌سوزی پارک ملی گلستان با استفاده از رگرسیون لجستیک. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۳(۲): ۷۳-۹۰.
- محمدی، فریده؛ ۱۳۸۸. تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و GIS در بخشی از جنگل‌های پاوه. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان*. ۶۴ صفحه.
- میردیلیمی، طیبه؛ شتایی جویباری، شعبان؛ کاووسی، محمدرضا؛ ۱۳۹۴. پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در پارک ملی گلستان با استفاده از روش رگرسیون لجستیک. *پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل*. ۲۲(۱): ۱-۱۶.

نجفی، احمد؛ ایران‌نژاد، محمدحسین؛ ستوده، احد؛ مختاری، محمدحسین؛ کیانی، بهمن؛ ۱۳۹۴. مدل‌سازی و تهیه نقشه خطر وقوع آتش‌سوزی جنگل با استفاده از سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده باغ شادی یزد). *بوم‌شناسی کاربردی*. ۴ (۱۴): ۱۳-۲۶.

- Chang, Y., Zhu, Z., Bu, R., Chen, H., Feng, Y., Li, Y., Hu, Y., & Wang, Z., 2013. Predicting fire occurrence patterns with logistic regression in Heilongjiang Province, China. *Landscape Ecology*, 28(10): 1989-2004. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9935-4>
- Chuvieco, E., Salas, J., 1994. Mapping the spatial distribution of forest fire danger using GIS. *International Journal of Geographical Information Systems*, 10(3): 333-345.
- Deng, O., Su, G., Huang, Q., Li, Y., 2013. Forest Fire Risk Mapping Based on Spatial Logistic Model of Northeastern China Forest Zone. In: Bian F., Xie Y., Cui X., Zeng Y. (eds) *Geo-Informatics in Resource Management and Sustainable Ecosystem. GRMSE 2013. Communications in Computer and Information Science*, vol 399. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41908-9_18
- Dong, X., Li-min, D., Guo-fan, Sh., Lei, T., Hui, W., 2005. Forest fire risk zone mapping from satellite images and GIS for Baihe forestry Bureau, Jilin, China. *Journal of Forestry Research*, 3(16): 169- 174.
- Eastman, J. R., 2002. Idrisi for windows user's guide ver. 32, Clark labs for cartography technology and geographic analysis, (Clark University).
- Heydari, M., Salehi, A., Mahdavi, A. Adibnejad, M., 2012. Effects of different fire severity levels on soil chemical and physical properties in Zagros forests of western Iran. *Folia Forestalia Polonica*, 54, 241-250.
- Lemke, D., Hulme, P. E., Brown, J. A., Tadesse, W., 2011. Distribution modelling of Japanese honeysuckle (*Lonicera japonica*) invasion in the Cumberland Plateau and Mountain Region, USA. *Forest Ecology and Management*, 9:1-11.
- Mahiny, A. S., Turner, B., 2001. Modeling past vegetation change through remote sensing and GIS: a comparison of neural networks and logistic regression methods. School of resources, environment and society, the Australian national University, Canberra, 0200, Australia. 315 p.
- Sakr, G. E., Elhajj, I. H., Mitri, G., 2011. Efficient forest fire occurrence prediction for developing countries using two weather parameters. *Engineering applications of artificial intelligence*, 24: 888-894.
- Setiawan, I., Mahmud, A. R., Mansor, S., Mohamed Shariff, A. R. Nuruddin, A. A., 2004. GIS-grid-based and multi-criteria analysis for identifying and mapping peat swamp forest fire hazard in Pahang, Malaysia. *Disaster Prevention and Management*, 13(5): 379-386.
- Somashekar, R., Ravikumar, P., Mohankumar, C., Prakash, K., Nagaraja, B., 2009. Burnt area mapping of Bandipur National Park, India using IRS1C/1D LISS III data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 37: 37-50.
- Zhang, Q. F., Chen, W. J., 2007. Fire cycle of the Canada's boreal region and its potential response to global change. *Journal of forestry research*, 18(1): 55-61.