

صص ۱۵۰-۱۴۱

تهیه نقشه پتانسیل آتش سوزی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در جنگل‌های شمال ایران

مرتضی معدنی پور کرمانشاهی*

استادیار، گروه محیط‌زیست، واحد پرند، دانشگاه آزاد اسلامی، پرند، ایران.

سید آرمین هاشمی

دانشیار، گروه جنگلداری، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

امین خادمی

استادیار، گروه فضای سبز، واحد ملایر، دانشگاه آزاد اسلامی، ملایر، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۲۰

چکیده

آتش‌سوزی و کاهش سطح جنگل‌ها به صورت یک بحران در سال‌های اخیر مطرح است. هر ساله حریق‌هایی نواحی جنگلی را در کشور ما به خصوص در جنگل‌های شمال تهدید و باعث کاهش سطح کمی و کیفی آن می‌شود در این پژوهش، ابتدا مدل رقومی ارتفاعی تهیه شد سپس ارتفاع، نقشه‌های شیب، جهت‌های جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا تهیه شد. نقشه‌های نوع و تراکم پوشش گیاهی منطقه و نقشه‌های جاده‌ها، مناطق مسکونی و زمین‌های کشاورزی منطقه نیز تهیه شد با استفاده از توابع عضویت فازی، ارزش‌گذاری معیارها محدوده مورد مطالعه در هر یک از لایه‌ها در فاصله‌ای بین صفر تا یک ارزش‌گذاری شد. نتایج استفاده از مدل دانگ با روش فازی در پهنه‌بندی پتانسیل خطر وقوع آتش‌سوزی نشان داد در روش وزن دهی فازی، پهنه‌های خطر، خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد دارای مساحت به ترتیب ۶۸۴۰/۴۲، ۶۶۰۵/۸۴، ۱۲۰۴۴/۴۶، ۱۵۹۲۲/۸۷ و ۷۴۱۶/۸۹ هکتار است، بر اساس نقشه تهیه شده ۴۰ درصد منطقه در طبقات خطر زیاد قرار گرفته است و خطر آتش‌سوزی منطقه را تهدید می‌کند.

واژگان کلیدی: پتانسیل آتش‌سوزی، GIS، مدل دانگ، جنگل‌های غرب استان گیلان.

مقدمه

امروزه پدیده حریق در عرصه‌های جنگلی بخش وسیعی از جنگل‌های جهان را مورد تهدید قرار داده است. یک عامل مهم در زمینه تخریب جنگل حریق و آتش‌سوزی است، حریق از یک حساسیت خاصی نسبت به سایر عوامل تخریب کننده برخوردار است. این پدیده سالانه هزاران هکتار از درختان، درختچه‌ها و گیاهان را طعمه خود می‌سازد (Miller, 2013). هر ساله حریق‌های نواحی جنگلی را در کشور ما بخصوص در جنگل‌های شمال تهدید می‌کند و باعث کاهش سطح کمی و کیفی آن می‌شود (عالی محمودی و فقهی، ۱۳۹۱). علی‌رغم تلاش مدیران در مقابله با حریق صدها هکتار جنگل هر ساله از بین می‌روند. تداوم حریق و آثار مستقیم آن باعث کاهش یا نابودی ارزش تجاری درختان جنگلی، از بین رفتن

نهال‌ها، خاک، لاشبرگ، زیستگاه حیات وحش، ارزش تفریحی و حسن منظر جنگل، افزایش مواد معدنی، کاهش اسیدیته خاک، کاهش ذخیره نیتروژن و تغییر توالی اکولوژیکی عرصه با جایگزینی گونه‌های نامرغوب خواهد شد (Vadrevu & Lasko, 2015).

سالانه سطح زیادی از جنگل‌های دنیا دچار حریق می‌شوند که این حریق نه تنها باعث نابودی پوشش گیاهی در منطقه حریق می‌شود بلکه باعث اختلال در فرآیندهای هیدرولوژیکی، افزایش فرسایش خاک و رواناب تولیدی این مناطق می‌شود (Le et al., 2014; Vadrevu & Lasko, 2015).

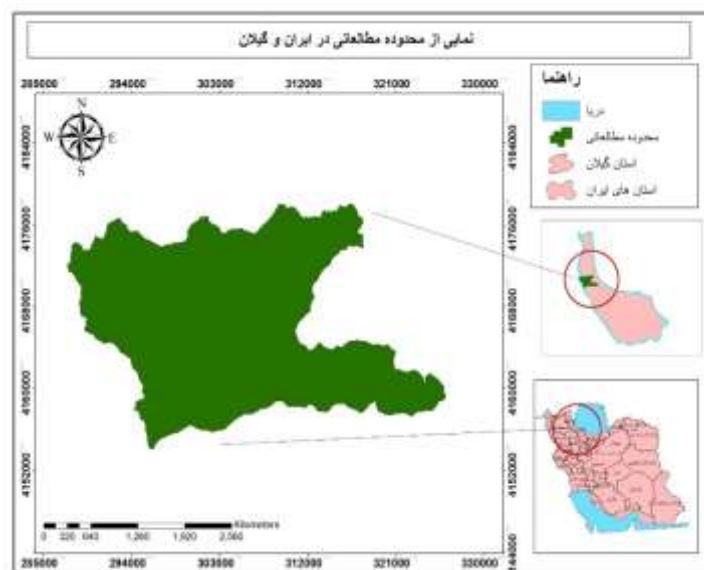
بنابراین تعیین نواحی با ریسک بالای آتش‌سوزی به منظور جلوگیری از گسترش حریق در مواقع بروز و گسترش آن در نواحی مستعد، کاملاً لازم و ضروری به نظر می‌رسد. به همین دلیل استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی کمک بسیار بزرگی به پهنه‌بندی حریق عرصه‌های طبیعی نموده است (Gerdzheva, 2014:22; Denham et al., 2012; Liu et al., 2018). افزایش وقوع آتش‌سوزی‌های مکرر در جنگل‌های شمال ایران طی سال‌های اخیر، محیط‌زیست، جنگل‌ها، روستاها و ساکنان آن‌ها را در گستره‌ای وسیع با خسارات و تلفات زیادی مواجه کرده است. فشرده‌گی جنگل‌ها در شمال ایران، تمرکز و تداخل آن‌ها در زندگی روزمره ساکنین، دقت در آمار آتش‌سوزی‌های گذشته و میزان خسارات به بار آمده از آن‌ها، نشان از اهمیت این مسئله و ارائه راه‌کارهای لازم دارد (محمد زاده و فلاحی، ۱۳۸۶). سه عامل شیب، جهت و NDVI برای ارائه مدلی ساده و سریع به منظور تهیه نقشه خطر حریق در نواحی جنگلی استفاده شد. بدین منظور با فرموله کردن عوامل فوق و اعمال آن بر روی تصویر، مناطق با خطر حریق زیاد مشخص شدند (زرع کار و کاظمی، ۱۳۹۲). پهنه‌بندی خطر حریق جنگل و مرتع را به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی و ارزیابی چند معیاره در بخشی از کشور ایران انجام شده است. با استفاده از فنون سنجش از دور، GIS و AHP و بر اساس عوامل شیب، ارتفاع، جهت و پوشش گیاهی، نقشه خطر آتش‌سوزی را در منطقه‌ای از هیمالیا تهیه کردند (کاظمی، ۱۳۸۴). نتایج نشان داد که به ترتیب ۴/۴۲ و ۲۶/۹۲ درصد از منطقه در رده‌های دارای خطر بسیار زیاد و زیاد قرار گرفته است. این مناطق به‌عنوان مناطق دارای اولویت زیاد برای مدیریت و پیشگیری از وقوع آتش‌سوزی در آینده معرفی شدند (Sunil, 2005).

نقشه خطر حریق با نقشه پوشش گیاهی منطقه در ارتباط است به طوری که اغلب مناطق پرخطر با جنگل منطبق‌اند. هم‌چنین اغلب مناطق با خطر زیاد حریق، همان مناطقی هستند که قبلاً در آن‌ها حریق اتفاق افتاده است که بیان‌گر اعتبار بالای مدل‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد استفاده است (Ganteaume et al., 2013). با توجه به اهمیت مسئله پیشگیری از آتش‌سوزی جنگل‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و با توجه به وقوع آتش‌سوزی‌هایی در جنگل‌های غرب استان گیلان این پژوهش در نظر دارد، مناطق بحرانی خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های منطقه را شناسایی و به مدیران جنگل معرفی نماید تا در حد امکان راهکارهایی برای پیشگیری از وقوع حریق‌های آینده در جنگل‌های منطقه ارائه دهد که به نظر می‌رسد برای پیش‌بینی آتش‌سوزی‌های آینده در جنگل‌های منطقه مورد مطالعه، روش مناسبی باشد.

داده‌ها و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی در غرب استان گیلان در جنگل‌های مناطق کوهستانی است. شهرستان تالش در طول جغرافیایی آن بین ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه و ۴۹ درجه و ۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی آن بین ۳۷ درجه و ۳۳ دقیقه و ۳۸ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی قرار گرفته است (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان گیلان، ۱۳۹۵). (شکل ۱)



شکل ۱: محدوده منطقه مورد مطالعه

روش پژوهش

با توجه به اینکه برای تهیه نقشه پتانسیل خطر حریق از فاکتورهای مختلفی که در وقوع آتش‌سوزی تأثیر دارند، استفاده می‌شود، در این پژوهش پس از بررسی مدل‌های مختلف، مدل دانگ و همکاران یکی از کاربردی‌ترین مدل‌ها برای تهیه نقشه پتانسیل خطر حریق استفاده شد (Dong et al., 2005).

مدل یادشده عبارت است از:

$$R_c = 7 (V_t + V_d) + 5 (S+A+E) + 3 (D_r + D_f + D_s) \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن R_c ، شاخص عددی پتانسیل آتش‌سوزی

V_t : نوع پوشش گیاهی

V_d : تراکم پوشش گیاهی

S : شیب

A : جهت

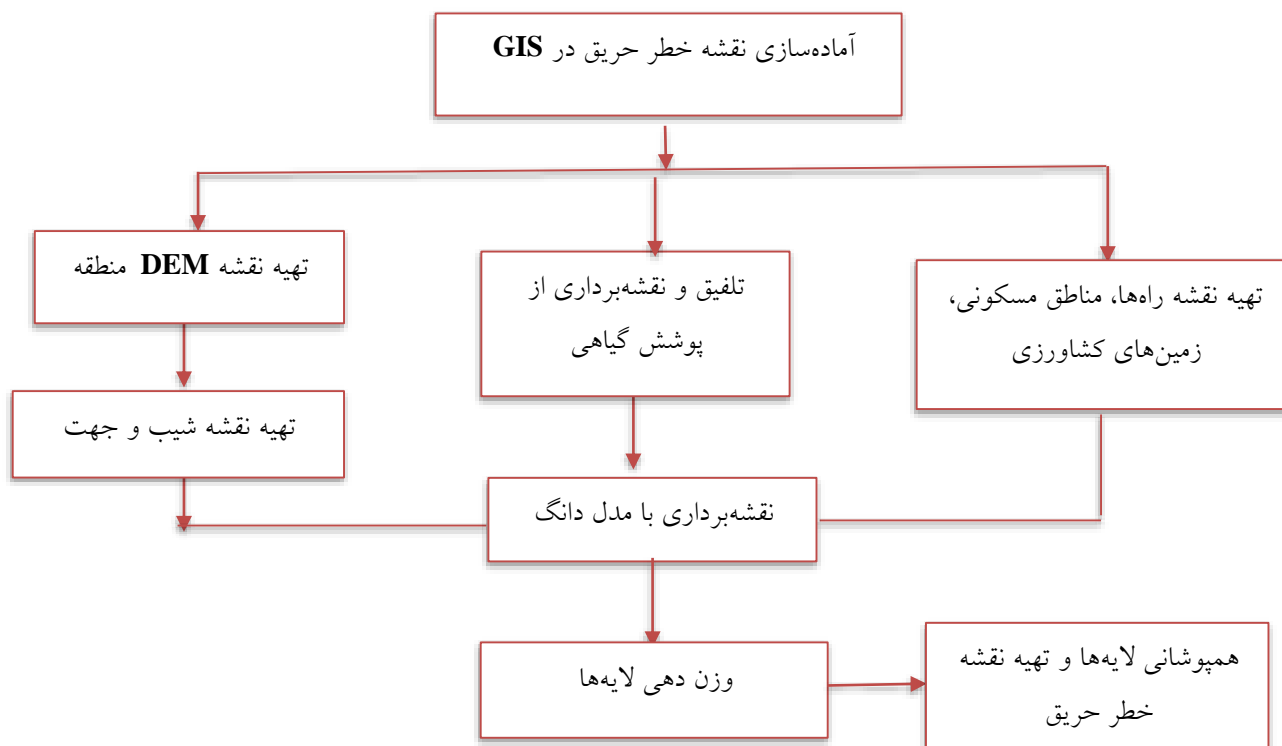
E : ارتفاع از سطح دریا

D_r : فاصله از جاده

D_f : فاصله از زمین‌های کشاورزی

D_s : فاصله از مناطق مسکونی (روستا) است.

ضمناً اعداد صحیح ضرایب نشان دهنده وزن هر فاکتور (وزن برون لایه‌ای) است. برای انجام این پژوهش، ابتدا مدل رقومی ارتفاع DEM منطقه از DEM سنجنده ASTER با اندازه پیکسل ۲۵ متر در ۲۵ متر، تهیه گردید و سپس با استفاده از مدل رقومی، نقشه‌های شیب، جهت‌های جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا تهیه شدند. نقشه‌های نوع و تراکم پوشش گیاهی منطقه نیز پس از تهیه در GIS مورد استفاده قرار گرفت. نقشه‌های نوع و تراکم پوشش گیاهی برحسب حساسیت به آتش‌سوزی طبقه‌بندی و نقشه‌های جاده‌ها، مناطق مسکونی و زمین‌های کشاورزی منطقه نیز تهیه شدند. هر کدام از این نقشه‌ها با توجه به مدل دانگ و همکاران طبقه‌بندی و از روی هم‌گذاری وزنی تمام این نقشه‌ها در محیط GIS و دادن وزن اختصاصی به هر فاکتور با استفاده از مدل دانگ و همکاران با استفاده از رویه Raster calculator در محیط GIS نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی منطقه تهیه گردید. از روی هم‌گذاری وزنی تمام این نقشه‌ها در محیط GIS و دادن وزن اختصاصی به هر فاکتور با استفاده از مدل دانگ و همکاران (وزن ۷ برای نوع و تراکم پوشش گیاهی، وزن ۵ برای شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا، وزن ۳ برای فاصله از جاده‌ها، زمین‌های کشاورزی و مناطق مسکونی) با به‌کارگیری رویه Raster calculator در محیط GIS، نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی منطقه در پنج طبقه مطابق فلوجارت شکل ۲ تهیه شد.

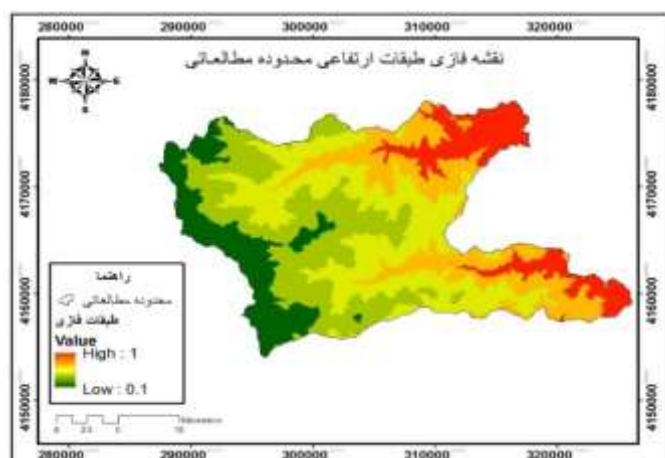


شکل ۲: فلوجارت روش پژوهش

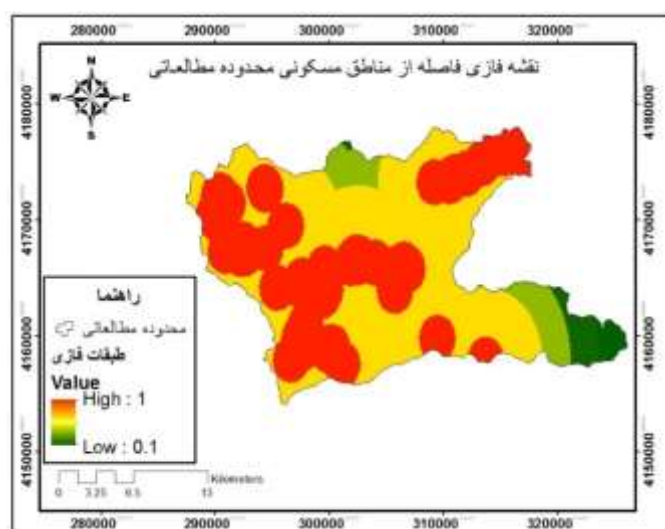
بحث و یافته‌ها

نتایج همسان‌سازی لایه‌ها با استفاده از توابع عضویت فازی

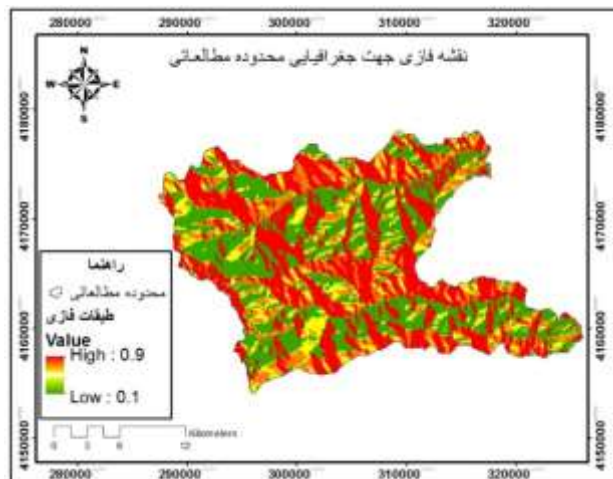
با استفاده از توابع عضویت فازی، ارزش‌گذاری معیارهای محدوده مورد مطالعه در هر یک از لایه‌ها در فاصله‌ای بین صفر تا یک ارزش‌گذاری شد. برای انجام عملیات ریاضی بر روی لایه‌های اطلاعاتی، همگی آن‌ها می‌بایست در دامنه ارزشی برابر باشند (ارزش‌های پیکسلی مشابه در نقشه‌های مختلف یکسان شوند) تا به توان نتایج قابل قبولی از تلفیق لایه‌ها به دست آورد. تابع عضویت فازی هر یک از معیارها با استفاده از ادبیات موضوع و نظرات خبرگان به دست آمده است. در شکل‌های ۳ تا ۱۰، نقشه‌های فازی شده نشان داده شده است. برای فازی‌سازی این لایه با توجه به نظرات متخصصان و بررسی مقالات در این زمینه ابتدا لایه‌ها از صفر تا یک ارزش‌گذاری شدند. پس از طبقه‌بندی مجدد این کلاس‌ها با ابزارهای فازی‌سازی محیط GIS، در نهایت با استفاده از تابع Small و Large، نقشه فازی نهایی آماده شد.



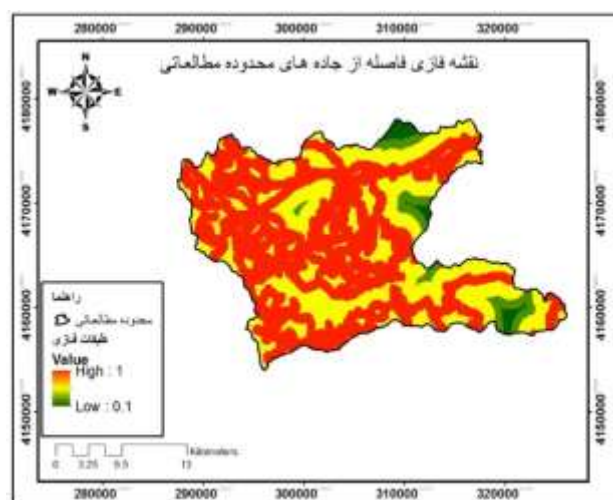
شکل ۳: نقشه فازی طبقات ارتفاعی محدوده مطالعاتی



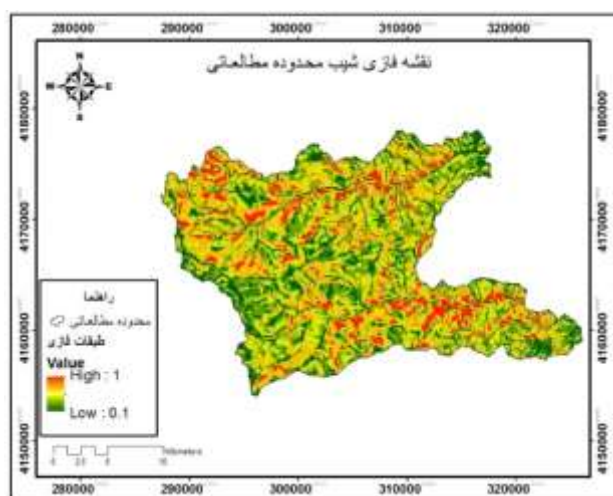
شکل ۴: نقشه فازی فاصله از مناطق مسکونی محدوده مطالعاتی



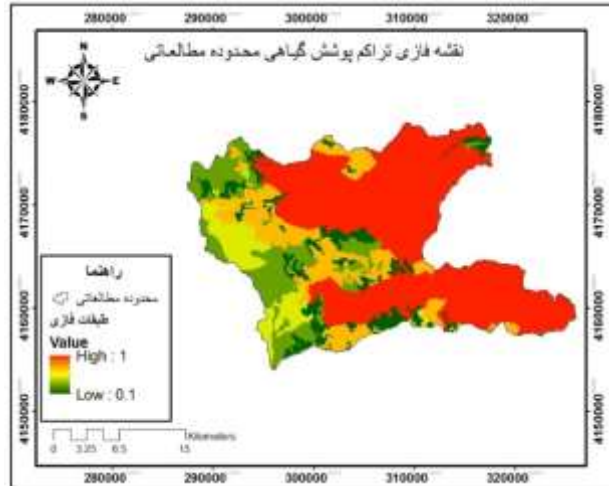
شکل ۵: نقشه فازی جهت جغرافیایی محدوده مطالعاتی



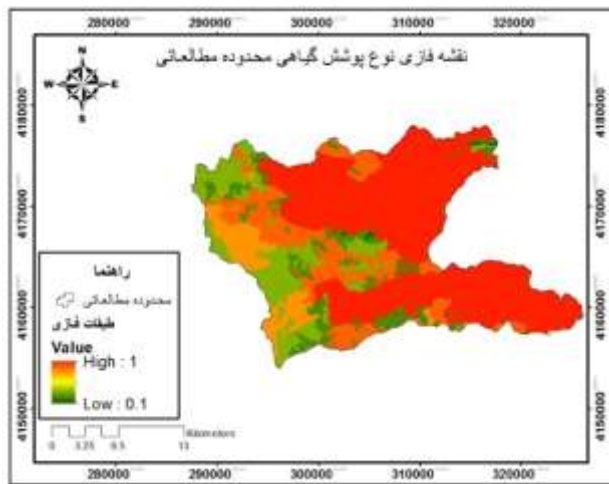
شکل ۶: نقشه فازی فاصله از جاده‌های محدوده مطالعاتی



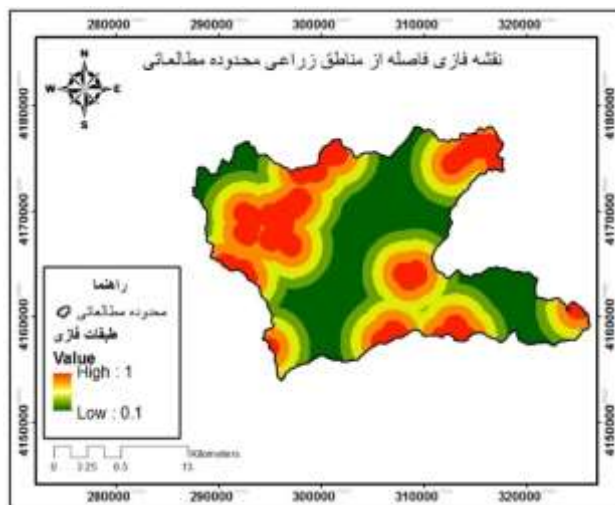
شکل ۷: نقشه فازی شیب محدوده مطالعاتی



شکل ۸: نقشه فازی تراکم پوشش گیاهی محدوده مطالعاتی



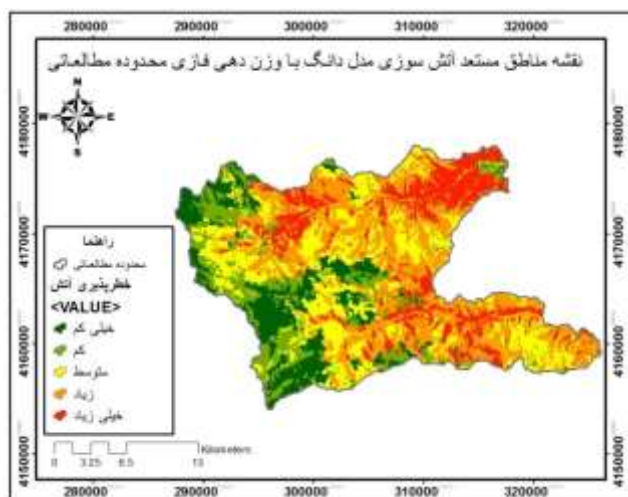
شکل ۹: نقشه فازی نوع پوشش گیاهی محدوده مطالعاتی



شکل ۱۰: نقشه فازی فاصله از مناطق زراعی محدوده مطالعاتی

پهنه‌بندی نهایی حریق با مدل دانگ

در این مرحله با استفاده از نقشه‌های فازی و وزن دهی شده و رابطه ۱، با فرمول دانگ نقشه‌ها همپوشانی شدند و نقشه‌های پهنه‌بندی به شکل ۱۱ به دست آمد. در روش مدل دانگ با وزن دهی فازی مساحت مناطق خطر حریق خیلی زیاد ۷۴۱۶ هکتار است (جدول ۱).



شکل ۱۱: نقشه مناطق مستعد حریق با مدل دانگ با وزن دهی فازی

جدول ۱: مساحت پهنه‌های مستعد حریق مدل دانگ با وزن دهی فازی

مناطق خطر حریق	مساحت هکتار
خیلی کم	۶۸۴۰/۴۲
کم	۶۶۰۵/۸۴
متوسط	۱۲۰۴۴/۴۶
زیاد	۱۵۹۲۲/۸۷
خیلی زیاد	۷۴۱۶/۸۹

شناسایی عوامل مؤثر در وقوع آتش‌سوزی و پهنه‌بندی خطر آن یکی از ابزارهای اساسی جهت دستیابی به راهکارهای کنترل و مقابله با حریق است. این پژوهش به منظور تهیه نقشه پتانسیل حریق با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در جنگل‌های شهرستان تالش به منظور شناسایی مناطق پرخطر آتش‌سوزی با استفاده از روش تحلیل فازی در مرحله ارزش‌گذاری معیارها و مدل دانگ در مرحله همپوشانی لایه‌ها انجام پذیرفته است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نقشه به دست آمده و هدف مطالعه تعریف شده در این پژوهش از این نقشه می‌توان به‌عنوان راهنما در مدیریت و کنترل بهتر آتش‌سوزی و اختصاص بهینه امکانات ضد حریق در مناطق پرخطر آتش‌سوزی استفاده کرد. با بررسی نقشه حاصل از مدل دانگ با وزن دهی فازی، ۴۰ درصد از منطقه مورد مطالعه در کلاس خطر زیاد و خیلی زیاد قرار دارد که با

این نتیجه به دست آمده برای مدیریت بحران حریق‌های جنگل و پیامدهای متعاقب آن و همچنین مدیریت حریق‌های ایجاد شده در این مناطق از کاربرد ویژه‌ای برخوردار خواهد بود. با این رویکرد در این پژوهش به تهیه نقشه پتانسیل حریق با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در جنگل‌های استان گیلان پرداخته شد. استفاده از بررسی DEM مدل رقومی ارتفاعی از سطح زمین می‌تواند در شدت حریق اثرگذار باشد. با توجه به نقشه طبقات ارتفاعی و وزن دهی این معیار توسط کارشناسان و پهنه‌های انتخابی مستعد حریق مشاهده گردید که ارتفاع عامل مهمی در بروز حریق بوده و ارتفاع‌های پایین‌تر مستعدترین مناطق وقوع این بحران می‌باشند. بررسی نقشه شیب و جهت‌های جغرافیایی استفاده شده در مدل حریق نشان داد که شیب و جهت در حرکت و گسترش حریق اثرگذار است. با توجه به نقشه شیب و جهت و وزن دهی این معیارها توسط کارشناسان و پهنه‌های انتخابی مستعد حریق، مشاهده گردید که ارتفاع، شیب و جهت نیز عاملی توانمند در بروز حریق بوده و شیب‌های تند و جهت‌های جنوبی و جنوب غربی مستعدترین مناطق وقوع آتش‌سوزی می‌باشند (شکل ۳، ۴ و ۵). مطالعه شبکه جاده و دسترسی راه‌ها در منطقه و امتیازدهی در سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند در کنترل و حفاظت نقش مؤثری داشته باشد. تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی مناطق مستعد حریق و طراحی جاده و مشخص نمودن نزدیک‌ترین مسیرهای مال‌رو برای دستیابی به مناطقی که خطر حریق بالاست می‌توان تا حد بسیار زیادی به کنترل و حفاظت مناطق خطرپذیر پرداخت.

در روش وزن دهی فازی، پهنه‌های خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد دارای مساحت به ترتیب ۴۲/۶۸۴۰، ۸۴/۶۶۰۵، ۴۶/۱۲۰۴۴، ۸۷/۱۵۹۲۲، ۸۹/۷۴۱۶ هکتار است که طبقه فرسایش زیاد در بالاترین الویت و طبقه کم در پایین‌ترین الویت قرار داشته‌اند. با بررسی نقشه مشاهده شد که ۴۰ درصد منطقه در پهنه خطر زیاد و خیلی زیاد قرار دارد که با نتایج پژوهش محمدی و همکاران (۱۳۸۹)، اسکندری (۱۳۹۲)، مهدوی^۱ و همکاران (۲۰۱۹) و وادرویو^۲ و همکاران (۲۰۱۳) که با استفاده از مدل دانگ در اراضی شهری و جنگلی انجام شده بود، نیز نشان داد که تقریباً چهل درصد از محدوده مناطق آتش‌سوزی‌های گذشته در مکان‌هایی قرار گرفته‌اند که قابلیت بسیار زیاد یا زیادی برای آتش‌سوزی داشتند. پیشنهاد می‌گردد که تولید نقشه‌های پتانسیل آتش‌سوزی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در شهرستان‌های دیگر استان نیز صورت پذیرد تا یک نقشه جامع از پتانسیل آتش‌سوزی در استان گیلان تهیه گردد و با کاربرد نقشه‌های تولید شده در سازمان‌های محیط‌زیست و منابع طبیعی در مناطق پرخطر آتش‌سوزی از قرقبان و عوامل حفاظتی دیگر مانند استفاده از مواد ضد حریق و ایجاد ایستگاه‌های نظارت در مدیریت آتش‌سوزی و حریق شهرستان استفاده گردد. تهیه نقشه‌های پتانسیل آتش‌سوزی، قدرت تصمیم‌گیری مدیران را برای تخصیص منابع، نیروی انسانی و امکانات در استان افزایش می‌دهد.

¹ - Mahdavi et al

² - Vadrevu et al

منابع

- ۱- اسکندری، سعیده. (۱۳۹۲): ارائه الگوی پتانسیل آتش‌سوزی جنگل و گسترش آن با استفاده از RS و GIS. پایان‌نامه دکترا. گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
- ۲- محمد زاده، راضیه و فلاحی، علیرضا. (۱۳۸۶): تمهیدات کاهش خطر آتش‌سوزی جنگل در مناطق شهری. مجموعه مقالات سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه، تهران.
- ۳- محمدی، فریده، شعبانیان، نقی، پورهاشمی، مهدی و فاتحی، پرویز. (۱۳۸۹): تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از AHP و GIS در بخشی از جنگل‌های پاره. فصل‌نامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸(۴): ۵۹۹-۵۸۶.
- ۴- عالی محمودی، سجاده؛ و فقهی، جهانگیر. (۱۳۹۱): پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: جنگل‌های منطقه زاگرس شهرستان ایذه. اکولوژی کاربردی، ۹: ۸۵-۷۵.
- ۵- کاظمی، سید محمود. (۱۳۸۴): آتش و اکوسیستم‌های جنگلی. مجله دام، کشت، صنعت، ۷۰: ۵۶-۴۶.
- ۶- زرع کار، آزاده؛ و کاظمی زمانی، بهاره. (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: ۲۳۰-۲۱۸.
- 7- Denham, M., Wendt, K., Bianchini, G., Cortes, A. & Margalef, T. (2012): Dynamic Data-Driven Genetic Algorithm For Forest Fire Spread Prediction. *Journal Of Computational Science*, Vol. 3, No.5, Pp, 398-404.
- 8- Dong, X.U., 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*, Vol.16, No. 3: 169-174.
- 9- Ganteaume, A., Camia, A., Jappiot, M., San-Miguel-Ayanz, J., Long-Fournel, M. & Lampin, C. (2013): A Review Of The Main Driving Factors Of Forest Fire Ignition Over Europe. *Environmental Management*, Vol. 51, No. 3:651-662.
- 10- Gerdzheva, A. (2014): A Comparative Analysis Of Different Wildfire Risk Assessment Models (A Case Study For Smolyan District, Bulgaria), *European Journal Of Geography*, Vol. 5, No. 3: 22-36.
- 11- Le, T.H., Nguyen, T.N.T., Lasko, K., Ilavajhala, S., Vadrevu, K.P., & Justice, C. (2014): Vegetation Fires And Air Pollution In Vietnam. *Environmental Pollution*, Vol. 59, No.195:267-275.
- 12- Liu, Q., Shan, Y., Shu, L., Sun, P. & Du, S. (2018): Spatial And Temporal Distribution Of Forest Fire Frequency And Forest Area Burnt In Jilin Province. *Northeast China, Journal Of Forestry Research*, Vol. 29, Pp,1233-1239.
- 13- Mahdavi, A., Fallah, S.R. & Nazari, R. (2012): Forests And Rangelands' Wildfire Risk Zoning Using GIS And AHP Techniques. *Caspian Journal Of Environmental Sciences*, Vol. 10, No. 1: 43-52.
- 14- Miller, C. & Ager, A. (2013): A Review Of Recent Advances In Risk Analysis For Wildfire Management. *International Journal Of Wildland Fire*, Vol. 22, No. 1:1-14.
- 15- Sunil, C. (2005): Application Of Remote Sensing And GIS Technology In Forest Fire Risk Modeling And Management Of Forest Fires: A Case Study In The Garhwal Himalayan Region. *Geo-Information For Disaster Management*, Vol. 45, Pp, 1239-1254.
- 16- Vadrevu, K. & Lasko, K. (2015): Fire Regimes And Potential Bioenergy Loss From Agricultural Lands In The Indo-Gangetic Plains. *Journal Of Environmental Management*, Vol. 148, Pp, 10-20.
- 17- Vadrevu, K.P., Csiszar, I., Ellicott, E., Giglio, L., Badarinath, K.V.S., Vermote, E. & Justice, C. (2013): Hotspot Analysis Of Vegetation Fires And Intensity In The Indian Region. *IEEE Journal Of Selected Topics In Applied Earth Observations And Remote Sensing*, Vol. 6, No. 1: 224-238.