دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی احتمال وقوع آتش‌سوزی جنگل با استفاده از مدل دانگ، شبکه عصبی مصنوعی و نزدیک‌ترین همسایه‌ها در حوزه بابلرود، مازندران

راحله اسلامی[۱]، محمدرضا آذرنوش[۲]، علی کیالاشکی[۳] و فرید کاظم‌نژاد[۴]

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی منابع طبیعی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران
۲- استادیار، مکاتبات گروه مهندسی منابع طبیعی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران
(نویسنده مسوول: mohammadreza.azarnoosh200@gmail.com)
۳- استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران
۴- دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۱
صفحه: ۱۸۵ تا ۱۹۵

چکیده

آتش‌سوزی جنگل به‌عنوان یک تهدید مهم برای امنیت زندگی بشری، زیرساخت‌ها و محیط‌زیست شناخته می‌شود. یکی از مهم‌ترین مراحل در جهت کاهش خطرات آتش‌سوزی جنگل، تعیین مناطق با احتمال وقوع آتش‌سوزی در جنگل است. انتخاب روش‌های مناسب برای مدل‌سازی احتمال وقوع آتش‌سوزی جنگل بسیار مهم می‌باشد. با توجه به اهمیت موضوع در این مطالعه ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و نظرات کارشناسان مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی در حوزه بابلرود در استان مازندران به‌عنوان منطقه مورد مطالعه تعیین شدند و سپس نتایج سه مدل دانگ، شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و K نزدیک‌ترین همسایه‌ها (KNN) در تعیین نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی جنگل با هم مقایسه شد. نتایج نشان داد که مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی متغیرهای دما، بارندگی و فاصله از مناطق مسکونی هستند. همچنین نتایج شبکه عصبی مصنوعی نسبت به دو مدل دیگر قابل اطمینان‌تر است. براساس نتایج حاصله حدود ۳۵ درصد از سطح منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل وقوع آتش‌سوزی طبقه خیلی‌زیاد و زیاد است.

واژه‌های کلیدی: حریق، مازندران، ناپارامتری، ANN، KNN

مقدمه

آتش‌سوزی جنگل به‌عنوان یک تهدید مهم برای امنیت زندگی بشری، زیرساخت‌ها و محیط‌زیست شناخته می‌شود (۱۷). متأسفانه به‌علت تغییر اقلیم، افزایش دمای زمین، افزایش خشکسالی‌ها، تغییر کاربری اراضی و فعالیت‌های بشری انتظار می‌رود که آتش‌سوزی‌های جنگل در آینده نه تنها کاهش پیدا نکند بلکه حتی افزایش یابد (۱۲). علاوه بر عوامل اقلیمی ذکر شده عوامل دیگری همانند کاهش دوره بارش برف (۳۶) و هجوم آفات برگ‌خوار که سبب افزایش مواد سوختی جنگل می‌شوند (۱۸) و عوامل انسانی همانند آتش‌افروزی در جنگل و تفریح و تفرج در جنگل نیز باعث وقوع آتش‌سوزی در جنگل می‌شوند. بهار و تابستان فصول اصلی وقوع آتش‌سوزی جنگل هستند (۴). این پدیده ناخوشایند برنامه ریزان و سازمان‌های مسئول را مجبور به مدیریت آتش‌سوزی‌ها و اتخاذ تدابیر و رویکردهای مناسب و به‌کارگیری ابزار مناسب برای مقابله با این پدیده در جهت حفظ اکوسیستم‌های ارزشمند طبیعی می‌کند. در بین فعالیت‌های مختلفی که می‌تواند جهت کاهش ریسک و اثرات مخرب آتش‌سوزی به‌کار گرفته شوند دو مورد می‌توانند اهمیت بسیار زیادی داشته باشند: الف) ارزیابی پتانسیل آتش‌سوزی، پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی و شناسایی مناطقی با ریسک وقوع فراوان و ب) تصمیم‌گیری با توجه به میزان بودجه، سطح توسعه‌یافتگی و به‌کارگیری منابع و ابزار مناسب در دسترس برای متوقف کردن آتش (۹).

همان‌طور که محققان بسیاری اشاره کرده‌اند، فرایند طبیعی اشتعال و پراکندگی آتش‌سوزی‌های جنگل بسیار پیچیده است و از الگوهای غیرخطی پیروی می‌کند؛ که باعث پیچیدگی و سختی پیش‌بینی آتش‌سوزی و تهیه مدل‌های دقیق پیش‌بینی می‌شود. انتخاب روش‌های مناسب برای مدل‌سازی آتش‌سوزی جنگل و تشخیص متغیرهای مناسب برای مدل‌سازی و تعیین ریسک وقوع آتش‌سوزی بسیار مهم می‌باشد (۳۴). متغیرهای مختلفی توسط محققین منابع طبیعی به عنوان متغیرهای مؤثر بر روی احتمال وقوع آتش‌سوزی معرفی شده‌اند. از جمله این متغیرها می‌توان به متغیرهای شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا، شکل انحنای زمین، فاصله از جاده، کاربری اراضی، درجه حرارت، بارش، رطوبت هوا، فاصله از رودخانه، شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) و شاخص بارگیری دما اشاره کرد (۱۷،۲۴). با توجه به نوع مدل‌های در نظر گرفته برای بررسی ریسک وقوع آتش‌سوزی و همچنین با توجه به شرایط منطقه مورد مطالعه و همچنین داده‌های در دسترس از همه این متغیرها و یا تعدادی از این متغیرها در مدل استفاده نمود.

از جمله مدل‌هایی که اخیراً برای بررسی ریسک وقوع آتش‌سوزی مورد استفاده قرار گرفته‌اند می‌توان به رگرسیون (۲۶)، روش‌های وزنی (۱۶)، روش‌های داده‌کاوی جدید همانند منطق فازی (۲۶)، درخت تصمیم (۷) و شبکه عصبی مصنوعی (۳۰) اشاره کرد. همچنین در این بین سعی شده است مدل‌های رگرسیونی برای استفاده در مناطق مختلف پیشنهاد شود که یکی از مهم‌ترین این مدل‌ها، مدل Dong و همکاران (۸) در چین بود. در ایران نیز مطالعاتی در رابطه با تهیه نقشه ریسک وقوع آتش‌سوزی در جنگل در سال‌های اخیر صورت گرفته است که به‌صورت خلاصه به آن‌ها اشاره

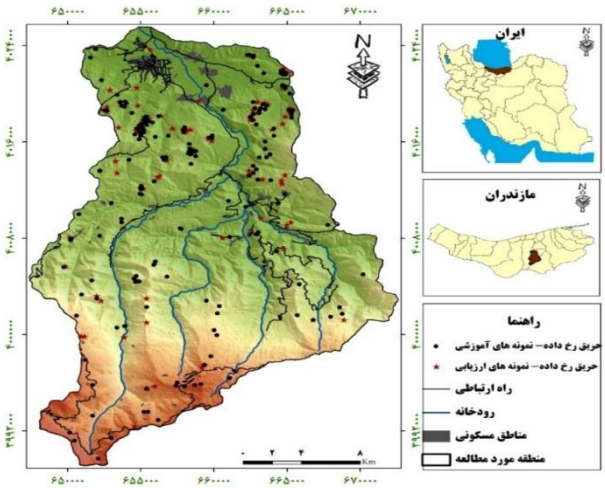
[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.20.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.185]

می‌شود. عابدی و ولی‌زاده (۱) در پژوهشی در جنگل‌های شهرستان نوشهر با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و GIS به ارزیابی خطر وقوع آتش‌سوزی در جنگل پرداختند. ارزیابی نتایج به‌دست آمده با استفاده از ضریب آماری کاپا نشان می‌دهد که روش مورد استفاده با ضریب ۰/۶۴ از دقت خوبی در پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی جنگل برخوردار می‌باشد. در مطالعه دیگری اسحاقی و شتایی (۱۰) در پارک ملی گلستان در استان گلستان به تهیه نقشه خطر وقوع آتش‌سوزی با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. نتایج نشان‌دهنده دقت این الگوریتم بود. عالی محمودی سراب و همکاران (۲) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع شهرستان ایذه پرداختند. داده‌های آتش‌سوزی شامل سطح و تعداد آتش‌سوزی‌های به‌وقوع پیوسته بود. نتایج نشان داد که الگوریتم پرسپترون چند لایه در ایجاد ارتباط بین داده‌های آب و هوایی و وقوع آتش‌سوزی کارا بوده و شبکه‌ای با دو لایه مخفی و ۱۵ نورون بهترین صحت را نشان می‌دهد. در نهایت با استفاده از داده‌هایی که برای ارزیابی شبکه در نظر گرفته شده بود، قدرت شبکه پیش‌بینی خطر وقوع آتش‌سوزی تعیین شده و ضریب تعیین ۰/۹۸ برای آن به‌دست آمد. با توجه به پیشینه تحقیق در این مطالعه سعی شد به تهیه نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی با استفاده از سه مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، K نزدیک‌ترین همسایه (KNN) و مدل دانگ که اولاً به‌ندرت در مطالعات داخلی استفاده شده‌اند و دوماً می‌توانند نماینده روش‌های پارامتری (مدل دانگ) و ناپارامتری (ANN، KNN) در تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل باشند که بتوان آن‌ها را با هم مقایسه کرد، پرداخته شود. با توجه به کمبود منابع جنگلی در ایران و روند رو به افزایش تخریب این منابع به‌دلایل متعدد از جمله آتش‌سوزی (۵) و وقوع آتش‌سوزی‌های مکرر در منطقه مورد مطالعه (حوزه بابلرود در استان مازندران) از یک طرف و اهمیت سیاست‌های عملیاتی مقابله با حریق در این جنگل‌ها از طرف دیگر، لزوم انجام تحقیقی که مدل‌سازی گسترش آتش‌سوزی را با استفاده از روشی کارآمد و استفاده مستقیم از داده‌های محیطی واقعی انجام دهد، ضروری به‌نظر می‌رسد؛ بنابراین هدف از انجام این تحقیق، مدل‌سازی احتمال وقوع آتش‌سوزی در جنگل و اعتبارسنجی آن است؛ به‌طوری که بتوان از این الگو به‌عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری برای پیش‌بینی آتش‌سوزی، اطفاء حریق، کنترل بهتر آتش‌سوزی و اختصاص بهینه نیروها و امکانات در مکان‌های مناسب در هنگام حریق استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق بخشی از جنگل‌های بخش مرکزی شهرستان سوادکوه شمالی در استان مازندران است. این منطقه که در حوزه آبخیز رودخانه بابلرود واقع شده است و دارای پوشش جنگلی می‌باشد، در مختصاتی بین "۴۰ '۴۲ °۵۲ تا "۵۱ '۴۳ °۵۲ درجه طول شرقی و "۴۴ '۱۰ °۳۶ تا "۰۳ '۱۰ °۳۶ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). براساس آمار نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه مورد مطالعه میانگین دمای متوسط سالیانه ۱۴/۱۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانه برابر با ۷۸۲ میلی‌متر در سال است و براساس روش آمبرژه اقلیم منطقه از نوع نیمه مرطوب سرد می‌باشد. حداقل ارتفاع حوضه ۵۰ متر در بخش شمالی آن و حداکثر آن ۳۲۸۰ متر در منتهی‌الیه جنوب‌غربی حوضه واقع شده است.



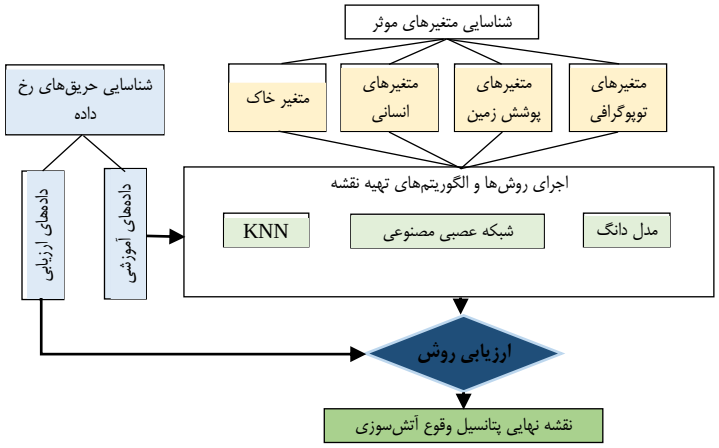
شکل ۱– موقعیت منطقه مورد مطالعه و حریق‌های رخ داده در منطقه شامل داده‌های استفاده شده برای آموزش مدل‌ها و داده‌های استفاده شده برای ارزیابی مدل‌ها

Figure 1. Location of the study area and fires that occurred in the area, including data used to train the models and data used to evaluate the models

اولین مرحله این مطالعه تهیه داده‌های لازم برای پیش‌بینی احتمال وقوع آتش‌سوزی بود. سپس مدل‌های مورد نظر اجرا شده و در نهایت با ارزیابی نتایج هر یک از مدل‌ها نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه تهیه شد (شکل ۲). شناسایی متغیرهای مؤثر بر آتش‌سوزی و همچنین میزان اهمیت آن‌ها با توجه به پیشینه تحقیق

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.20.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.185]

(۶،۱۷،۲۴)، نظرات متخصصین امر و شرایط منطقه مورد مطالعه صورت می‌گیرد؛ برای این‌منظور از شاخص‌ها و لایه‌های مختلفی استفاده شد. بر این اساس پارامترهای اولیه توپوگرافی (شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا، انحنای زمین)، خصوصیات ثانویه توپوگرافی (۱۶،۲۶،۲۹) (رطوبت توپوگرافی (TWI)، شاخص بارگیری گرما (HLI)، شاخص LS factor، ارتفاع جریان مؤثر هوا (EAFH)، اثر باد (WE)، میزان تابش خورشیدی (SR) و شاخص موقعیت توپوگرافی (TPI))، عوامل اقلیمی (دما و بارش)، پوشش زمین (شاخص NDVI، نقشه تراکم جنگل و کاربری اراضی) و پارامترهای اقتصادی اجتماعی (فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از جاده و فاصله از رودخانه) و خاک به‌عنوان پارامترهای مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه شناسایی شدند که نحوه تولید هر یک از این عوامل در ادامه ذکر شده است. در این مطالعه از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ از منطقه مورد مطالعه و نیز نقشه‌های زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، شبکه راه‌ها، شبکه هیدروگرافی که از اداره کل منابع طبیعی استان مازندران و مرکز مدیریت طرح جامع آب و خاک سد البرز تهیه شدند، استفاده شد. به‌منظور تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی و کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شد. در این مطالعه همچنین از داده‌ها و اطلاعات هواشناسی که از امور آب استان مازندران و اداره کل هواشناسی استان مازندران تهیه شدند استفاده‌شد. جهت تهیه نقشه حریق‌های رخ داده در منطقه مورد مطالعه (شکل ۱) از داده‌ها و گزارشات موجود در ادارات و محصولات آتش تصاویر ماهواره‌ای مودیس استفاده شد. پس از تهیه داده‌های لازم، داده‌های حریق به دو دسته تقسیم شدند و ۷۰ درصد کل داده‌ها برای آموزش مدل‌ها و ۳۰ درصد مابقی برای ارزیابی نتایج مدل‌ها به‌کار گرفته شدند.



شکل ۲- مراحل مختلف ارزیابی مدل‌های تهیه نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه

Figure 2. Different stages of the assessing of models for preparing the probability of fire occurring in the study area

خصوصیات اولیه توپوگرافی به‌طور مستقیم از مدل رقومی ارتفاعی محاسبه و به‌دست می‌آیند. از سوی دیگر خصوصیات ثانویه و یا خصوصیات ترکیبی شامل مشخصه‌هایی هستند که مرکب از ویژگی‌های اولیه به‌همراه شاخص‌های فیزیکی یا تجربی می‌باشند که تغییرپذیری مکانی فرایندهای خاص در سیمای اراضی را تبیین می‌سازند (۲۲). برای تهیه نقشه‌های پارامترهای اقلیمی ذکر شده در ابتدا اطلاعات و آمار موجود از ایستگاه‌های هواشناسی و باران‌سنجی واقع در منطقه مورد مطالعه و یا در اطراف منطقه مورد مطالعه از اداره کل هواشناسی استان مازندران و امور آب استان استفاده شد. بر این اساس ۴ ایستگاه در داخل منطقه مورد مطالعه و ۱۲ ایستگاه در اطراف منطقه مورد مطالعه شناسایی و آمار آن‌ها مورد استفاده قرار گرفت. جهت تهیه نقشه‌های پارامترهای هواشناسی از روش درون‌یابی وزندهی فاصله معکوس (IDW) استفاده شد. در این مطالعه برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و شاخص NDVI از تصاویر ماهواره لندست ۸ مربوط به تاریخ ۲۱ تیر ۱۳۹۷ استفاده شد. برای اطمینان از صحت تطابق هندسی تصاویر از لایه‌های وکتوری جاده مربوط به منطقه استفاده شد. با توجه به انطباق جاده‌های موجود در تصاویر با لایه وکتوری جاده‌ها، از صحت هندسی تصاویر اطمینان حاصل شد و نیازی به تصحیح هندسی تصاویر نبود. پس از پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای، به تهیه نمونه‌های واقعیت زمینی از سطح منطقه مورد مطالعه پرداخته شد. پس از تعریف طبقات و برداشت نمونه‌های واقعیت زمینی ۷۰ درصد از نمونه‌ها به‌عنوان نمونه آموزشی و ۳۰ درصد برای ارزیابی نتایج در نظر گرفته شدند. در نهایت برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از الگوریتم حداکثر احتمال استفاده شد و نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه با صحت کلی ۷۸/۶ درصد تهیه شد. از طرفی شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) یکی از مهم‌ترین شاخص‌های گیاهی حاصل از نسبت‌گیری باندی‌های قرمز (RED) و مادون قرمز (NIR) تصاویر ماهواره‌ای است که به‌خوبی می‌تواند وضعیت پوشش گیاهی را در هر منطقه نشان دهد (رابطه ۱). در پژوهش‌های زیادی بیان شده است که شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده بهترین شاخص برای شناخت پوشش گیاهی است.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.20.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.185]

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$ (رابطه ۱)

نقشه‌های مختلف فاکتورهای انسانی شامل نقشه‌های فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از آبراهه پس از تهیه نقشه‌های جاده، مناطق مسکونی و آبراهه‌ها که با استفاده از نقشه‌های موجود و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تعیین شدند. سپس در نرم‌افزار ArcGIS هر یک از این نقشه‌ها در پنج طبقه فواصل ۰-۲۰۰، ۲۰۰-۵۰۰، ۵۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۲۰۰۰ و بیش از ۲۰۰۰ متر طبقه‌بندی شدند. این فواصل طبقه‌بندی براساس نظرات کارشناسان و همچنین بررسی پیشینه تحقیق تعیین شد.

پس از تهیه نقشه متغیرهای مستقل مؤثر در وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه، به‌منظور تهیه نقشه پتانسیل وقوع آتش‌سوزی از روش‌های مختلفی استفاده شد. هر یک از این روش‌ها از الگوریتم خاصی برای برآورد احتمال وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه استفاده می‌کنند و در نتیجه می‌توانند نتایج مختلفی را حاصل آورند.

مدل دانگ

در این تحقیق پس از بررسی مدل‌های مختلف، مدل دانگ و همکاران به‌عنوان یکی از کاربردی‌ترین مدل‌ها برای تهیه نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی استفاده شد (رابطه ۲)؛ زیرا مهم‌ترین عوامل مؤثر در وقوع آتش‌سوزی جنگل در آن لحاظ شده است. مدل یادشده عبارت است از:

(رابطه ۲)

$$Rc = 7\,(Vt + Vd) + 5\,(S+A+E) + 3\,(Dr+ Df+ Ds)$$

که در آن Rc، شاخص عددی پتانسیل آتش‌سوزی، Vt نوع پوشش گیاهی، Vd تراکم پوشش گیاهی، S شیب، A جهت، E ارتفاع از سطح دریا، Dr فاصله از جاده، Df فاصله از زمین‌های کشاورزی و Ds فاصله از مناطق مسکونی (روستا) است. ضمناً اعداد صحیح (ضرایب) نشان‌دهنده وزن هر فاکتور (وزن برون لایه‌ای) است.

شبکه عصبی مصنوعی (ANN)

تابع یک شبکه عصبی به‌وسیله مدل نورون، ساختار شبکه و الگوریتم یادگیری، تعیین می‌شود (۳۶). شبکه عصبی مصنوعی با الهام از ساختار عصبی انسان شامل تعدادی از واحدهای متصل به هم (نورون) است که طبق الگوی خاصی با هم در ارتباط هستند. این نورون‌ها در سه دسته جای می‌گیرند: نورون‌های ورودی که اطلاعات مورد نیاز برای پردازش را تهیه می‌نمایند، نورون‌های خروجی که نتایج پردازش هستند و نورون‌های بینابینی که به نورون‌های مخفی مشهور هستند. یک شبکه عصبی بر سه عامل ورودی، ساختار شبکه و وزن ورودی‌ها استوار است. با توجه به اینکه دو عامل اول ثابت هستند رفتار شبکه براساس وزن‌ها تعریف می‌شود. در ساختار شبکه نمونه‌های آموزشی از طریق لایه ورودی وارد شبکه می‌شوند و بعد از ضرب شدن در وزن‌های ارتباط دهنده نورون‌ها وارد لایه میانی می‌شوند. در لایه میانی یک الگوریتم بر روی ورودی‌ها اعمال شده و مقادیر محاسبه شده به لایه خروجی فرستاده می‌شوند. در این مرحله خروجی شبکه با مقادیر مطلوبی که از شبکه انتظار می‌رود مقایسه شده و مقدار خطای موجود با تغییر در وزن‌های ارتباط‌دهنده نورون‌ها تعدیل می‌شود. برای این کار از الگوریتم‌های مختلفی استفاده می‌شود (۲۳) این عمل آن‌قدر تکرار می‌شود تا مقادیر وزن بهینه شده و میزان خطا به حداقل ممکن تعیین شده برسد (۱۹).

الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه (KNN)

الگوریتم k نزدیک‌ترین همسایه یک الگوریتم یادگیری با نظارت می‌باشد که نمونه‌ها را بر اساس شباهت و فاصله از نمونه‌های آموزشی طبقه‌بندی می‌کند. برای یک داده آزمایشی الگوریتم به‌دنبال K نمونه از نزدیک‌ترین نمونه‌ها می‌گردد (نمونه K مشابه). نزدیکی دو نمونه، با به‌دست آوردن تشابه و یا فاصله میان این دو نمونه محاسبه می‌شود. پس از یافتن این K داده مشابه با نمونه آزمایشی، رأی اکثریت تعیین‌کننده برچسب کلاس داده آزمایشی می‌باشد (۲۰). روش k نزدیک‌ترین همسایه بار محاسباتی زیادی دارد، زیرا زمان محاسباتی به‌صورت نمایی از تمام نقاط افزایش می‌یابد، ولی دقت بالایی دارد (۱۴). یکی از مهم‌ترین مراحل در این روش تعیین کلاس K پیکسل همسایه پیکسل مجهول است. در این مرحله از داده‌های تمرینی استفاده می‌شود و به‌همین خاطر روش KNN جزو روش‌های نظارت‌شده طبقه‌بندی است. برای یافتن پیکسل‌های همسایه از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که ساده‌ترین آن‌ها استفاده از پارامتر فاصله است (۱۵). معمول‌ترین نوع فاصله‌ها اقلیدسی، مربع اقلیدسی، مانهاتان و شپیشف می‌باشد.

در نهایت جهت ارزیابی صحت نقشه‌های حاصل از هر یک از روش‌های طبقه‌بندی، نقشه واقعیت زمینی که شامل داده‌های کنار گذاشته شده برای ارزیابی مدل‌ها بود (۳۰ درصد آتش‌سوزی‌های واقعی رخ داده) (شکل ۱)، با نقشه‌های حاصل از روش‌های مختلف طبقه‌بندی (طبقات احتمال وقوع خیلی زیاد و زیاد) مورد مقایسه قرار گرفت و پس از تولید ماتریس خطا صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه شدند (۳۳).

نتایج و بحث

نتایج تهیه داده‌های مربوط به متغیرهای مستقل نشان داد که متوسط ارتفاع از سطح دریا در منطقه مورد مطالعه ۷۱۰ متر و متوسط شیب ۲۵ درصد در منطقه مورد مطالعه است. حداقل فاصله در منطقه مورد مطالعه ۲۵۰ متر از رودخانه است. نتایج تشریح داده‌های مربوط به متغیرهای مستقل در جدول ۱ نشان داده شده است.

نتایج تهیه نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه با مدل‌های مختلف در ادامه نشان داده‌شده است. نتایج تهیه نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی با استفاده از مدل دانگ (شکل ۳- الف) نشان داد که ۸/۸۵ درصد از سطح منطقه مورد مطالعه پتانسیل وقوع آتش‌سوزی خیلی بالایی دارد و ۳۰/۲۰ درصد از سطح منطقه دارای پتانسیل زیادی برای وقوع آتش‌سوزی است (شکل ۵). نتایج حاصل از تهیه نقشه پتانسیل وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه با روش KNN (شکل ۳- ب) نشان‌داد که ۵/۴۶ درصد از سطح منطقه مورد مطالعه که در واقع در نیمه شمالی حوزه و در اطراف مناطق متراکم جمعیتی و جاده‌ای با شیب کم قرار

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.20.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.185]

گرفته است، دارای پتانسیل خیلی‌زیاد برای وقوع آتش‌سوزی است که با نقشه موقعیت روستاها متناسب نیست (شکل ۵).

نتایج این مطالعه نشان‌داد که مدل ANN با تعداد نورون‌های پنهان ۲۲، نرخ یادگیری ۰/۲ و تکرار آموزش ۱۰۰۰ به کمترین مقدار RMSE رسیده است. مقادیر تکرار آموزش در مقابل مقدار RMSE از مدل پیشنهادی در شکل ۴-ب نشان داده شده است. در این شکل می‌توان مشاهده کرد که RMSE از تکرار ۱۸ تا تکرار ۸۰۰ شروع به کاهش کرده و در این بخش RMSE بدون تغییر است. براساس نتایج به‌دست آمده، در حدود ۷/۷۳ درصد از سطح منطقه مورد مطالعه، خطر آتش‌سوزی بسیار زیادی دارد و ۲۷/۳۹ درصد از منطقه مورد مطالعه، خطر آتش‌سوزی زیادی دارد (شکل ۴-الف) (شکل ۵). در این مدل به‌ترتیب متغیرهای دما، بارش، فاصله از مناطق مسکونی و شاخص HLI مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه بودند.

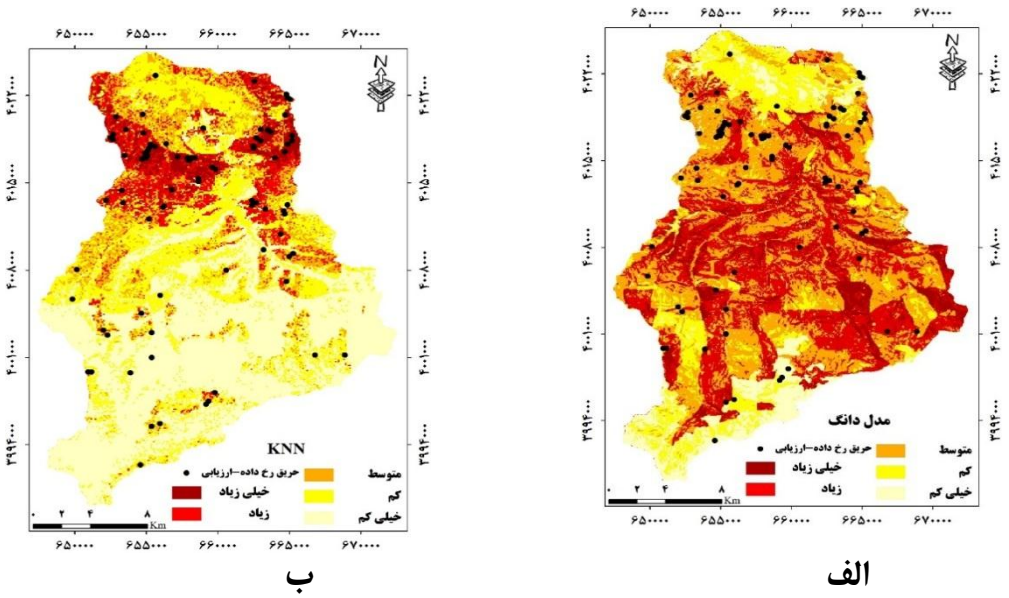
جدول ۱- آمار توصیفی متغیرهای مستقل مورد استفاده جهت تهیه نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی

Table 1. Descriptive statistics of independent variables used for mapping the probability of fire occurring

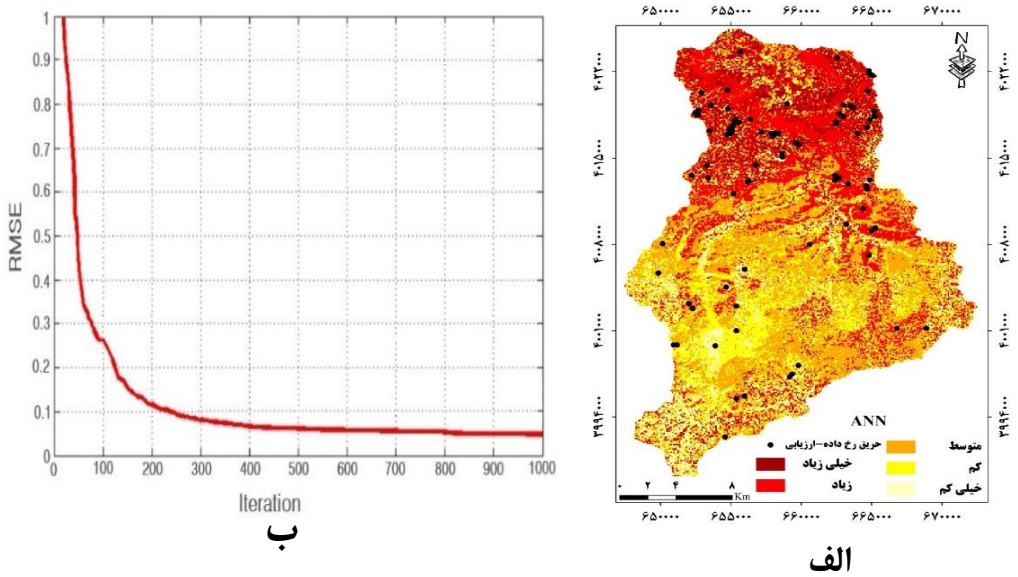
متغیر	میانگین	اشتباه معیار	بیشینه	کمینه
جهت دامنه	۱۸۷/۱۱	۰/۵۳	۳۵۹/۶۵	۱/۱۳
فاصله از رودخانه (متر)	۶۷۴۶/۹۷	۰/۷۵	۱۰۰۰۰	۲۵۰
فاصله از راه (متر)	۸۵۹/۴۹	۰/۹۸	۱۸۰۰	۲۵
فاصله از روستا (متر)	۱۳۹۰۲/۵۲	۰/۴۹	۲۲۰۰	۴۸
شاخص ارتفاع جریان مؤثر هوا	۳۱۸/۳۴	۰/۸۴	۱۷۰۴/۵۸	۶/۳۶
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۷۱۰/۲۱	۰/۸۰	۳۰۱۱/۴۰	۷۴/۸۱
شاخص بارگیری گرما	۰/۸۲	۰/۱۵	۱/۱۰	۰/۴۱
LS factor	۲/۸۰	۰/۵۲	۳۹/۵۶	۰
شاخص NDVI	۰/۵۱	۰/۱۴	۰/۵۸	۰/۲۷
انحنای افقی	-۰/۳۰	۳/۶۰	۱۳/۹۹	-۹/۴۳
انحنای عمودی	-۰/۳۵	۲/۳۱	۱۳/۳۵	-۱۴/۴۳
بارش (میلی‌متر)	۸۴۲/۷۸	۰/۱۳	۱۰۷۲/۹۹	۶۳۵/۷۷
شیب (درصد)	۲۵/۴۴	۰/۵۰	۸۴/۷۴	۱/۳۰
شاخص میزان تابش خورشیدی	۰/۰۴	۲/۰۲	۴/۶۲	۰
دما (درجه سانتی‌گراد)	۱۶/۱۶	۰/۱۰	۱۸/۴۳	۱۱/۷۱
شاخص موقعیت توپوگرافی	۰/۳۵	۵/۵۸	۹۱-۱۱	-۶۴/۳۹
شاخص رطوبت توپوگرافی	۰/۱۶	۳/۱۸	۹/۳۸	-۳/۱۲
شاخص اثر باد	۱/۰۹	۰/۱۶	۱/۳۴	۰/۷۴
تراکم جنگل	جنگل متراکم	تراکم متوسط	بدون پوشش جنگلی	تراکم کم
کاربری اراضی	جنگل	مرتع و زراعت دیم	کشاورزی	دریاچه
عمق خاک	عمیق	-	عمق کم	عمق متوسط
بافت خاک	سیلتی لومی	لومی	شنی لومی	لومی سیلتی

در مقایسه نتایج هر یک از روش‌های مورد استفاده در بررسی پتانسیل وقوع آتش‌سوزی جنگل در منطقه مورد مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که در اکثر روش‌ها مساحت طبقه ۱ که در واقع طبقه پتانسیل خیلی زیاد برای وقوع آتش‌سوزی است کمتر از سایر طبقات است و معمولاً درصد مساحت طبقات پتانسیل متوسط، کم و خیلی کم در روش‌های مورد بررسی بیشتر از مساحت دو طبقه دیگر است. نتایج این مطالعه نشان‌داد که در مدل‌های دانگ و ANN مناطق بیشتری در معرض خطر آتش‌سوزی بسیار زیاد و زیاد هستند. در حالی‌که در روش KNN مساحت کلاس‌های حساسیت بسیار زیاد و زیاد کمتر از مدل‌های دیگر است (شکل ۵). در این مطالعه از آزمون ناپارمتری ویلکاکسون و آزمون همبستگی پیرسون برای مقایسه و کمی‌سازی تفاوت‌ها با توجه به توزیع مکانی کلاسه‌ای خطر آتش‌سوزی در نقشه‌های خطر آتش‌سوزی به‌دست آمده از روش‌های مختلف استفاده شد. نتایج آزمون ویلکاکسون نشان‌داد که بین همه نقشه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد و بنابراین نتایج هیچ‌کدام از روش‌ها مشابه هم نیست (pvalue برابر با ۰/۰۰ برای تمام جفت مقایسات). نتایج تحلیل همبستگی بین نقشه‌های احتمال وقوع آتش‌سوزی نشان داد که با وجود تفاوت معنی‌دار بین نقشه‌های حاصله اما همبستگی مکانی بین نتایج (جز بین نتایج مدل دانگ و ANN) وجود دارد. همبستگی بین نتایج ذکر شده با احتمال خطای ۰/۰۱ وجود دارد. بر این اساس بیشترین همبستگی مکانی بین نتایج روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و نزدیک‌ترین همسایه وجود دارد که حدود ۵۰ درصد مشابهت مکانی با هم دارند. (جدول ۲).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.20.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.185]



شکل ۳- نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی؛ الف- حاصل از مدل دانگ، ب- حاصل از الگوریتم KNN
Figure 3. Fire occurring probability map; A- derived from Dong model, B- derived from KNN algorithm



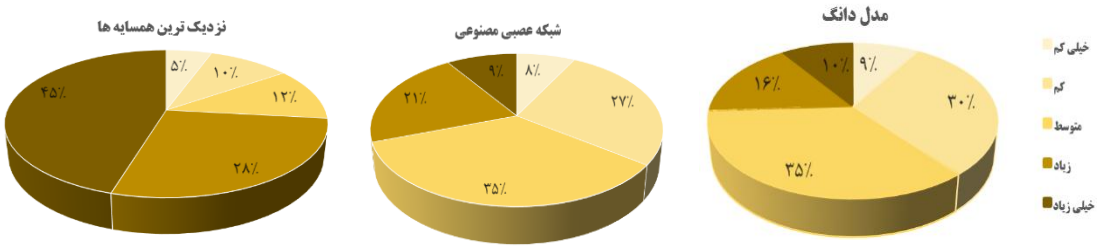
شکل ۴- نقشه احتمال وقوع آتش‌سوزی؛ الف- حاصل از الگوریتم ANN، ب- میزان خطای RMSE در برابر تکرار آموزش در الگوریتم ANN
Figure 3. Fire occurring probability map; A- derived from ANN algorithm, B- RMSE error rate against repetition of training in ANN algorithm

جدول ۲- نتایج آزمون همبستگی پیرسون در روش‌های مختلف تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی
Table 2. Results of Pearson correlation test between the results of different fire occurring mapping methods

		KNN	Dong
ANN	همبستگی	۰/۵۰۵**	-۰/۰۰۷
	سطح معنی‌داری	۰/۰۰۰	۰/۱۲۲
KNN	همبستگی	۱	-۰/۰۲۴**
	سطح معنی‌داری		۰/۰۰۰

** همبستگی با احتمال خطای ۱ درصد
* همبستگی با احتمال خطای ۵ درصد

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.20.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.185]



شکل ۵- درصد مساحت طبقات مختلف پتانسیل وقوع آتش‌سوزی حاصل از روش‌های مختلف
Figure 4. Area percentage of the different class of fire occurring potential maps derived from different methods

به‌منظور بررسی صحت نتایج حاصله از محدوده‌های واقعی آتش‌سوزی که برای ارزیابی کنار گذاشته شده بودند استفاده شد و میزان تطابق آتش‌سوزی‌های واقعی با طبقات پتانسیل آتش‌سوزی خیلی‌زیاد و زیاد حاصل از روش‌های مختلف با استفاده از معیارهای ارزیابی صحت کلی و ضریب کاپا مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های احتمال وقوع آتش‌سوزی حاصل از روش‌های مختلف نشان داد که نقشه حاصل از روش جنگل تصادفی با صحت کلی برابر با ۰/۷۴ و میزان کاپای برابر با ۰/۶۳ دارای بیشترین صحت در برآورد احتمال وقوع آتش‌سوزی است. بعد از این الگوریتم به‌ترتیب روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و K نزدیک‌ترین همسایه‌ها دارای بیشترین صحت در برآورد احتمال وقوع آتش‌سوزی هستند (جدول ۳).

جدول ۳- ارزیابی صحت روش‌های مختلف تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی
Table 3. Assessing the accuracy of different fire occurring mapping methods

روش	صحت کلی	ضریب کاپا
شبکه عصبی مصنوعی	۰/۷۲	۰/۶۰
K نزدیک‌ترین همسایه‌ها	۰/۶۵	۰/۵۶
مدل دانگ	۰/۵۷	۰/۵۱

یکی از مهم‌ترین بخش‌های این مطالعه جهت بررسی احتمال وقوع آتش‌سوزی، مطالعه متغیرهای مناسب برای مدل‌سازی وقوع آتش‌سوزی در حوزه بابلرود، مازندران است. برای این منظور در ابتدا مهم‌ترین عوامل مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی شناسایی شدند. همان‌طور که Randerson و همکاران (۲۷) اشاره کرده‌اند، درجه حرارت یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در بروز آتش‌سوزی است. درجه حرارت بالا تبخیر و تعرق را افزایش و رطوبت را کاهش می‌دهد و بنابراین احتمال وقوع آتش را افزایش می‌دهد (۳۲). بارش باران همچنین با تنظیم میزان رطوبت جو و رطوبت خاک احتمال بروز آتش‌سوزی را کاهش می‌دهد. در مطالعه حاضر مشخص شد که حداکثر پتانسیل وقوع حریق در مناطقی با درجه حرارت بالا و بارندگی کم به‌دلیل ایجاد شرایط زیست‌محیطی مناسب برای بروز حریق وجود دارد. در مناطقی که این خصوصیات را دارند، درصورت وجود سوخت لازم پتانسیل وقوع آتش‌سوزی زیاد است. نتایج مطالعات مختلف نشان داده است با توجه به این که اکثر آتش‌سوزی‌ها در فصل خشک سال اتفاق می‌افتند، مهم‌ترین عوامل ایجاد آتش‌سوزی میزان بارندگی و مقدار دما هستند که باعث کاهش رطوبت محیطی و دما می‌شود. به طوری که در مناطقی که بارندگی کمتری دارد و درجه حرارت نیز بالاتر است، احتمال وقوع آتش‌سوزی بیشتر است (۲۶، ۳۴). همچنین در منطقه مورد مطالعه مشاهده شده است که در فصل خشک تابستان دما حداکثر و بارندگی حداقل است و تقریباً همه آتش‌سوزی‌ها در این فصل رخ داده است. تجربه نشان داده است که در فصل بارندگی در منطقه مورد مطالعه میزان بارندگی زیاد است و باعث می‌شود که پوشش گیاهی و پوشش کف زیادی در منطقه ایجاد شود، اما با رسیدن بهار و به‌خصوص از نیمه دوم اردیبهشت باران کم‌کم جای خود را به گرما می‌دهد. بارش شدید باران و سپس خشکسالی و گرما در منطقه مورد مطالعه به سبب پوشش گیاهی متراکم احتمال خطر آتش‌سوزی را به‌شدت افزایش می‌دهد و کمترین بی‌دقتی باعث آتش‌سوزی وسیعی در منطقه مورد مطالعه خواهد شد. نتایج این تحقیق نیز نشان داد که متغیرهای دما و بارندگی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی در همه مدل‌های مورد بررسی هستند. در مطالعات زیادی همانند مطالعه حاضر عوامل ذکرشده مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی جنگل بودند (۳،۱۳،۲۱،۲۵).

در مطالعات قبلی مجموعه متغیرهای مؤثر بر آتش‌سوزی جنگل معمولاً شامل عوامل اقلیمی، انسانی، پوشش گیاهی و متغیرهای اولیه توپوگرافی بودند. مطالعات اخیر اهمیت متغیرهای ثانویه توپوگرافی را مورد بررسی قرار داده و از این متغیرها به‌صورت محدود استفاده کرده‌اند (۱۶،۲۶،۲۹). تفاوت مطالعه حاضر با مطالعات قبلی در استفاده و بررسی اهمیت این متغیرها در پیش‌بینی آتش‌سوزی است. نتایج نشان داد که متغیرهای HLI، تابش خورشیدی، TWI و اثر باد در همه مدل‌های مورد بررسی از اهمیت بالایی برخوردار هستند که نشان‌دهنده اهمیت این متغیرها در پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی است.

نتایج حاصل از روش دانگ نشان داد که نقشه پتانسیل آتش‌سوزی حاصل از این روش صحت متوسطی دارد (صحت برابر با ۰/۵۷) که نشان می‌دهد نسبت به سایر مدل‌ها صحت

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.20.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.185]

مناسبی ندارد. علت را می‌توان به‌این صورت بیان نمود که مدل مذکور برای جنگل‌های چین در مقیاس محلی تهیه شده است و با توجه به در نظر گرفتن تنها پارامترهای توپوگرافی اولیه، اقتصادی اجتماعی و پوشش گیاهی و صرف‌نظر از متغیرهای بسیار مهم اقلیمی که در کشوری مثل ایران با شرایط اقلیمی نیمه‌خشک و خشک دارای اهمیت بسیار زیادی هستند نمی‌تواند برآورد دقیقی از احتمال وقوع آتش‌سوزی داشته باشد. اسکندری (۱۱) نیز گزارش کردند که بدون اصلاحات منطقه‌ای مدل دانگ نمی‌تواند در ایران به‌صورت دقیق به پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی بپردازد. براساس نتایج مدل دانگ بیش از ۳۹ درصد از سطح منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل وقوع خیلی‌زیاد و زیاد برای وقوع آتش‌سوزی است.

در این مطالعه علاوه بر استفاده از مدل دانگ که به نوعی روش‌های پارامتریک محسوب می‌شود از روش‌های ناپارامتریک در حوزه داده‌کاوی یعنی روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و K نزدیک‌ترین همسایه‌ها نیز برای تهیه نقشه خطر وقوع آتش‌سوزی استفاده شد. مزیت این روش‌های داده‌کاوی در این است که این روش‌ها وابسته به نوع توزیع داده‌های ورودی نیستند؛ بنابراین با توجه به اینکه اکثر داده‌های مربوط به طبیعت و منابع طبیعی و جنگل فاقد توزیع نرمال هستند به‌نظر می‌رسد روش‌های ناپارامتریک ذکر شده به نتایج بهتری ختم شوند. پس می‌توان گفت که روش‌های آماری پارامتری، در مواردی که روابط بین متغیرها به‌صورت غیرخطی باشند توانایی کشف الگوهای پیچیده و غیرخطی را ندارند؛ در حالی‌که روش‌های داده‌کاوی به‌علت خاصیت اکتشافی، بدون هیچ فرض اولیه‌ای شروع به مدل‌سازی رفتار داده‌ها می‌نمایند و به مرور زمان و با جلو رفتن الگوریتم، الگو پررنگ‌تر خواهد گردید. ساختار غیرخطی و مقاوم این مدل‌ها، توانایی شبیه‌سازی رفتار محیط‌های واقعی (نمونه عینی آن عرصه‌ها و محیط‌های طبیعی) را به روش‌های داده‌کاوی می‌دهد. همچنین مزیت برتر استفاده از روش‌های داده‌کاوی نسبت به روش‌های آماری در مطالعات منابع طبیعی آن است که روش‌های داده‌کاوی معمولاً نسبت به تنظیم پارامترها حساسیت کمتری نسبت به روش‌های آماری دارند و دارای ساختار انعطاف‌پذیرتری هستند (۳۱). نتایج این مطالعه نیز نشان‌داد که به‌صورت کلی صحت نتایج حاصل از روش‌های ناپارامتری بیشتر از روش ناپارامتری به‌کار گرفته شده بود (جدول ۳).

مدل‌های مختلف براساس نوع الگوریتم داخلی مدل دارای مزایا و معایبی هستند که باعث ایجاد خطا در نتایج می‌شوند. در این مدل‌ها انواع داده‌های ورودی، مقیاس‌ها و شرایط محلی منطقه مورد بررسی ممکن است باعث بروز خطای پیش‌بینی شود؛ بنابراین مقایسه و استفاده از داده‌های مختلف و مدل‌های جدید باعث افزایش کارایی پیش‌بینی آتش‌سوزی و کاهش عدم قطعیت می‌شود. برای این‌منظور در ابتدا با استفاده از آزمون ویلکاکسون به بررسی تفاوت‌های بین نتایج این مدل‌ها پرداخته شد (۲۴). نتایج این آزمون نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین نتایج کلیه مدل‌های مورد بررسی وجود دارد و بنابراین این نتایج با هم قابل مقایسه هستند در مطالعه Ngoc-Thach و همکاران (۲۴) مشاهده شد که بین مدل ANN با دو مدل دیگر اختلاف معنی‌داری وجود داشت. نتایج تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل حاصل از روش‌های مختلف با مجموعه داده‌های اعتبارسنجی آتش‌سوزی مقایسه شد. طبق نتایج به‌دست آمده ویژگی‌های مکانی این کلاس‌ها از نظر ضریب کاپا و صحت کلی، همه روش‌ها نقشه خطر آتش‌سوزی را با دقت قابل قبول تهیه کرده‌اند (صحت بالاتر از ۰/۵). با این‌حال، نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل حاصل از روش ANN دقیق‌تر از روش‌های دیگر است. شبکه عصبی مصنوعی با تقلید از شبکه عصبی انسان و با ویژگی‌هایی از قبیل تعیین اهمیت پارامترها و وابسته نبودن به نوع توزیع داده‌ها می‌تواند برآورد مناسبی در مسائل منابع طبیعی داشته باشد. در مطالعات Ngoc-Thach و همکاران (۲۴) و Sachdeva و همکاران (۲۸) در مقایسه بین مدل‌های مختلف بیان نمودند که شبکه عصبی مصنوعی بهترین برآورد وقوع آتش‌سوزی را دارد.

براساس نتایج حاصل از مدل ANN که بیشترین صحت را نسبت به روش‌های دیگر داشت، خطر وقوع آتش‌سوزی در بیش از ۳۵٪ از منطقه مورد مطالعه بسیار زیاد و زیاد است. براساس نتایج مشخص است که مناطقی که نزدیک روستاها و جاده‌هایی با پوشش جنگلی متراکم و جهت‌های جنوبی و غربی وجود دارد، مستعد آتش‌سوزی هستند. این مناطق اکثر در نواحی شمالی و مرکزی منطقه مورد مطالعه که پوشش جنگلی انبوه است و تراکم جمعیتی بیشتری وجود دارد و در عین حال ارتفاع از سطح دریا و متوسط شیب پایین است و همچنین متوسط درجه حرارت بالاتر و بارندگی کمتر از مناطق جنوبی و شمالی‌تر است واقع شده‌اند. در مناطق جنوبی حوزه که دارای ارتفاع از سطح دریای بیشتری هستند و پرشیب‌تر هستند و در عین حال تراکم جمعیت و جاده در آن کمتر است و پوشش جنگلی تنک و یا بصورت مرتعی است، احتمال وقوع آتش‌سوزی کمتر است.

نتیجه‌گیری

مدل‌سازی آتش‌سوزی جنگل در مقیاس منطقه‌ای یک مشکل پیچیده و غیرخطی است که ارزیابی و پیش‌بینی آن را دشوار نموده است. این مطالعه مدل‌های مختلف برای تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل را در یک مطالعه موردی از حوزه آبخیز بابلرود در استان مازندران در شمال کشور را مورد ارزیابی قرار داده است. نتایج این مطالعه می‌تواند جهت مقابله با آتش‌سوزی‌های جنگل کمک می‌کند و همچنین می‌تواند در کاهش آسیب‌های ناشی از آتش‌سوزی جنگل به املاک و منابع طبیعی مؤثر باشد. در بین مدل‌های مورد بررسی مدل ANN نه تنها بالاترین عملکرد را در بین مدل‌های مورد بررسی داشت، بلکه تعادل بهتری را بین پیش‌بینی آتش‌سوزی‌های مناطق جنگل و مکان‌های غیر جنگلی ارائه می‌دهد. این مدل می‌تواند با تغییرات در انتخاب پارامترهای ورودی و وزن مربوط به آن‌ها که باید با توجه به شرایط محیطی و منطقه‌ای در نظر گرفته شود، در مناطق دیگر نیز مورد استفاده قرار گیرد. نقشه خطر تهیه شده بر اساس این مدل می‌تواند توسط آتش‌نشانی، مسئولان منابع طبیعی و جنگلداری و مسئولان مدیریت بحران در تعیین مکان‌های

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.20.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.185]

احتمالی وقوع آتش‌سوزی و سایر مناطق مستعد خطر با توجه به شرایط محلی در رابطه با حوادث مربوط به آتش‌سوزی مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به نتایج همه مدل‌های مورد بررسی در این مطالعه، سطح وسیعی از منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل بسیار زیاد و زیاد برای وقوع آتش‌سوزی است، بنابراین جنگل‌های منطقه مورد مطالعه همچنان در معرض آتش‌سوزی‌های آینده قرار دارند و بنابراین انجام اقدامات لازم جهت جلوگیری از وقوع آتش‌سوزی لازم در این منطقه ضروری به‌نظر می‌رسد.

منابع

1. Abedi Gheshlaghi, H. and K. Valizadeh Kamran. 2017. Evaluation and zoning of forest fire risk using multi-criteria decision-making techniques and GIS. Iranian Journal of Natural Environmental Hazards, 7(15): 49-66 (In Persian).
2. Aleemahmoodi Sarab, S., J. Feghhi, A. Jabarian and B. Amiri. 2013. Predicting the occurrence of natural fires in forests and ranges using artificial neural networks (Case study: Zagros region, Izeh county). Iranian journal of Applied Ecology, 1(2): 75-86 (In Persian).
3. Arndt, N., H. Vacik, V. Koch and A. Arpaci. 2013. Modeling human-caused forest fire ignition for assessing forest fire danger in Austria. Journal of Biogeosciences and Forestry, 6: 315-325.
4. Arpaci, A., B. Malowerschnig, O. Sass and H. Vacik. 2014. Using multi variate data mining techniques for estimating fire susceptibility of Tyrolean forests. Applied Geography, 53: 258-270.
5. Baheri, H., M. Ghodskhah Daryaei and H. Pourbabaei. 2017. Long-term effect of fire on woody species composition and their natural regeneration in Hyrcanian forests, (Case study: Lesakouti forest of Tonekabon, Mazandaran pProvince). Iranian forests ecology journal, 5(9): 37-46.
6. Bazgir, M., Z. Riahi, F. Valizadeh and M. Rostaminyd. 2020. Fire Impacts on soil physical and chemical properties of oak forest in Badreh region- Ilam province. Iranian forests ecology journal, 8(15): 81-92 (In Persian).
7. Camp, A., C. Oliver, P. Hessburg and R. Everett. 1997. Predicting late-successional fire refugia pre-dating European settlement in the Wenatchee Mountains, For Ecol Manag, 95(1): 63–77.
8. Dong, X.U., D. Li-min, S.H. Guo-fan, T. Lei and W. Hui. 2005. Forest fire risk zone mapping from satellite images and GIS for Baihe Forestry Bureau, Jilin, China. Journal of Forestry Research, 16(3): 169-174.
9. Ercanoglu, M., K.T. Weber, J. Langille and R. Neves. 2006. Modeling wildland fire susceptibility using fuzzy systems. GISci. Remote. Sens, 43(3): 268-282.
10. Eshaghi, M., S. Shataee joybari. 2016. Preparation map of forest fire risk using SVM, RF & MLP algorithms (Case study: Golestan national park, northeastern Iran). Journal of Wood and Forest Science and Technology, 23(4): 1333-154.
11. Eskandari, S. 2015. Evaluation of forest fire risk potential using Dong model, case study: District Three of Neka-Zalemroud forests. Geographical Planning of Space, 5(15): 195-210 (In Persian).
12. Eskandari, S. and E. Chuvieco. 2015. Fire danger assessment in Iran based on geospatial information. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf, 42: 57-64.
13. Eugenio, F.C., A.R. Dos Santos, N.C. Fiedler, G.A. Ribeiro, A.G. da Silva, A.B. Dos Santos, G.G. Paneto and V.R. Schettino. 2016. Applying GIS to develop a model for forest fire risk: a case study in Espírito Santo, Brazil. Journal of environmental management, 173: 65-71.
14. Fang, X. 2009. Are you becoming a diabetic? A data mining approach. Sixth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery; 2009 Aug 14-16; Tianjin, China: IEEE, 18-22.
15. Fatemi, S.B. and Y. Rezaei. 2006. Fundamentals of remote sensing, First edition, Azad university press, 257 pp (In Persian).
16. Hong, H., S. Naghibi, M. Dashtpagerdi, H. Pourghasemi and W. Chen. 2017. A comparative assessment between linear and quadratic discriminant analyses (LDA-QDA) with frequency ratio and weights-of-evidence models for forest fire susceptibility mapping in China. Arab. J. Geosci, 10: 167.
17. Hong, H., P. Tsangaratos, I. Ilia, J. Liu, A.X. Zhu and C. Xu. 2018. Applying genetic algorithms to set the optimal combination of forest fire related variables and model forest fire susceptibility based on data mining models. The case of Dayu County, China. Science of the Total Environment, 630: 1044-1056.
18. Jenkins, M.J., E. Hebertson, W. Page and C.A. Jorgensen. 2008. Bark beetles, fuels, fires and implications for forest management in the Intermountain West. Forest Ecology and Management, 254: 16-34.
19. Kotsiantis, S.B. 2007. Supervised machine learning: A review of classification techniques. Informatica, 31: 249-268.
20. Lal Dahti, J., M. Mohammadi and A. Padidaran Moghadam. 2018. A method for the diagnosis of metabolic syndrome based on KNN data mining algorithm: A case study in Shohada-ye Kargar hospital in Yazd, Iran. Journal of Health and Biomedical Informatics, 4(4): 291-304 (In Persian).
21. Massada, A., A.D. Syphard and S. Stewart. 2011. Wildfire ignition-distribution modelling: a comparative study in the Huron e Manistee National Forest. International Journal of Wildland Fire, 22(2): 174-183.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.20.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.185]

22. Moore, I.D., P. Gessler, G. Nielsen and G. Peterson. 1993. Soil attribute prediction using terrain analysis. Soil Science Society of America Journal, 57: 443-452.
23. Neocleous, C. and C. Schizas. 2002. Artificial Neural Network Learning: A Comparative Review, LNAI, 2308: 300-313.
24. Ngoc-Thach, N., D.B.T. Ngo, P. Xuan-Canh, N. Hong-Thi, B.H. Thi, H. NhatDuc and T.B. Dieu. 2018. Spatial pattern assessment of tropical forest fire danger at Thuan Chau area (Vietnam) using GIS-based advanced machine learning algorithms: A comparative study. Ecological Informatics. Article in press.
25. Oliveira, S., F. Oehler, J. San-Miguel-Ayanz, A. Camia and J.M.C. Pereira. 2012. Modeling spatial patterns of fire occurrence in Mediterranean Europe using multiple regression and random forest. For. Ecol. Manag, 275: 117-129.
26. Pourtaghi, Z.S., H.R. Pourghasemi, R. Aretano and T. Semeraro. 2016. Investigation of general indicators influencing on forest fire and its susceptibility modelling using different data mining techniques. Ecol. Indic, 64: 72-84.
27. Randerson, J.T., H. Liu, M.G. Flanner, S.D. Chambers, Y. Jin and P.G. Hess. 2006. The impact of boreal forest fire on climate warming. Science, 314(5802): 1130-1132.
28. Sachdeva, S., T. Bhatia and A.K. Verma. 2018. GIS-based evolutionary optimized Gradient Boosted Decision Trees for forest fire susceptibility mapping. Natural Hazards, 92(3): 1399-1418.
29. Sahana, M. and T.A. Ganaie. 2017. GIS-based landscape vulnerability assessment to forest fire susceptibility of Rudraprayag district, Uttarakhand, India. Environmental earth sciences, 76(20): 676.
30. Satir, O., S. Berberoglu and C. Donmez. 2015. Mapping regional forest fire probability using artificial neural network model in a Mediterranean forest ecosystem. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 1-14.
31. Soleimanpour, S.M., S.H. Mesbah and B. Hadaiati. 2018. Application of CART decision tree data mining technique in determining the most effective drinking water quality factors (Case study: Kazerun plain, Fars province). Journal of Health and Environment, 11(1): 1-14 (In Persian).
32. Stocks, B.J., M.A. Fosberg, M.B. Wotton, T.J. Lynham and K.C. Ryan. 2000. Climate change and forest fire activity in North American boreal forests. In Fire, climate change, and carbon cycling in the boreal forest. Springer, New York, 368-376.
33. Thach, N.N., D.B.T. Ngo, P. Xuan-Canh, N. Hong-Thi, B.H. Thi, H. Nhat-Duc and T.B. Dieu. 2018. Spatial pattern assessment of tropical forest fire danger at Thuan Chau area (Vietnam) using GIS-based advanced machine learning algorithms: A comparative study. Ecological Informatics, 46: 74-85.
34. Tien Bui, D., Q.T. Bui, Q.P. Nguyen, B. Pradhand, H. Nampak and P. Trong Trinh. 2017. A hybrid artificial intelligence approach using GIS-based neural-fuzzy inference system and particle swarm optimization for forest fire susceptibility modeling at a tropical area. Agric. For. Meteorol, 233: 32-44.
35. Wastl, C., C. Schunk, M. Leuchner, G.B. Pezzatti and A. Menzel. 2012. Recent climate change: long-term trends in meteorological forest fire danger in the Alps. Agricultural and Forest Meteorology, 162: 1-13.
36. Zhou, Z.H. 2012. In Ensemble methods: foundations and algorithms. New York, N.Y. Chapman and Hall/CRC Press, 236 pp.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.20.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.185]

Assessing the Probability of Forest Fire Occurring using Dong Model, Artificial Neural Network and K Nearest Neighbors in Babolrood Basin, Mazandaran

Raheleh Eslami[1], Mohammadreza Azarnoosh[2], Ali Kialashki[3] and Farid Kazemnejad[2]

1- PhD Student, Department of Natural Resources Engineering, Chaloos Branch, Islamic Azad University, Chaloos, Iran (Corresponding author: reslami2013@gmail.com)
2- Assistant professor, Department of Natural Resources Engineering, Chaloos Branch, Islamic Azad University, Chaloos, Iran
3- Associate professor, Department of Natural Resources Engineering, Chaloos Branch, Islamic Azad University, Chaloos, Iran
Received: 2 January, 2021 Accepted: 1 March, 2021

Abstract

Forest fire is recognized as a significant threat to the safety of human life, infrastructure and the environment. One of the most important steps in reducing the risk of forest fires is determination of the areas with the high probability of forest fire occurrence. Choosing the appropriate methods for modelling of the forest fires is very important. Due to the importance of the issue in this study, first using library studies and expert advices, the most important variables affecting the occurrence of fire in Babolrood basin-Mazandaran province were determined and then the results of three models of dong, artificial neural network and K nearest neighbors were compared in determining the probability of fire occurrence. The results showed that the most important variables affecting the fire occurrence are temperature, rainfall and distance from residential areas. The results of artificial neural network are more reliable than the other two models. According to the results, about 35% of the study area has very high and high potential for forest fire.

Keywords: ANN, Fire, KNN, Non-parametric, Mazandaran

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.20.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.185]