



دانشگاه گورگان، دانشکده منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و پنجم، شماره دوم، ۱۳۹۷

<http://jwfst.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwfst.2018.5611.1339

تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در استان گلستان

*جهانگیر فقهی^۱، سجاد عالی محمودی سراب^۲ و صفرقلی خواجه^۳

^۱دانشیار گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران،

^۲دکتری جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران،

^۳کارشناس ارشد سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۰۵

چکیده

سابقه و هدف: در پیشگیری از آتش‌سوزی‌ها و کاهش اثرات آن‌ها، مدیریت آتش‌سوزی جنگل نقش مهمی دارد. هدف از این تحقیق تهیه نقشه پتانسل خطر آتش‌سوزی و تعیین معیارهای مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی جنگل‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و شبکه عصبی مصنوعی برای شهرستان‌های علی‌آباد، رامیان، آزادشهر، مینودشت و کلالة واقع در استان گلستان بود.

مواد و روش‌ها: معیارهای مورد بررسی در این تحقیق شامل اراضی جنگلی و مرتعی، دما، بارندگی و تبخیر و تعرق، شیب دامنه، جهت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا، فاصله از مناطق شهری، فاصله از مناطق روستایی، فاصله از اراضی زراعی و فاصله از جاده بود. نقشه پوشش گیاهی، نقشه راقومی ارتفاع و نقشه کاربری اراضی از سازمان جنگل‌ها مراتع و آبخیزداری کشور و از نقشه‌های دما، بارندگی و تبخیر و تعرق سازمان هواشناسی که برای کل ایران تهیه شده بود، و همچنین تعداد ۷۴ نقطه از مناطق سوخته شده و سوخته نشده استفاده در سال ۹۲ برای تشکیل شبکه استفاده شد. همچنین جهت اعتبارسنجی نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی تهیه شده از ۱۵ نقطه آتش‌سوزی که در فرآیند تشکیل مدل استفاده نشده بود، بهره برده شد. جهت تعیین میزان تأثیر هر معیار در وقوع آتش‌سوزی، ابتدا منطقه مورد مطالعه به بلوک‌های یک کیلومتر مربعی تقسیم شد. سپس تعداد ۳۷ نمونه از مناطق آتش‌سوزی (وقوع آتش‌سوزی) و ۳۷ نمونه از سایر مناطق (عدم وقوع آتش‌سوزی) به صورت تصادفی انتخاب شد تا در تجزیه و تحلیل‌های روش MLP و شبکه‌ای با تابع هیپربولیک استفاده شوند. بدین منظور ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش شبکه، ۱۵ درصد داده‌ها برای تست و ۱۵ درصد داده‌ها برای اعتبارسنجی نتایج مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که میزان عدم بارندگی و فاصله از جاده بیشترین نقش را در وقوع آتش‌سوزی ایفا می‌کنند. همچنین نتایج نشان داد بهترین شبکه در اجرای ۴ و تکرار ۴۵۰ بهترین شبکه با میزان میانگین مربعات خطای نهایی برابر ۰/۰۳۸ و میزان ضریب همبستگی ۰/۸۰ به دست آمد. همچنین حدود ۹۵ درصد داده‌های آتش‌سوزی‌های بوقوع

*مسئول مکاتبه: jfegghi@ut.ac.ir

پیوسته و ۸۴ درصد از داده‌های غیر آتش‌سوزی به درستی طبقه‌بندی شدند. در نهایت براساس وزن‌های به‌دست آمده برای هر معیار و با استفاده از نقشه‌های معیارهای مورد استفاده، نقشه پتانسل خطر وقوع آتش‌سوزی برای منطقه مورد مطالعه به‌دست آمد. این تحقیق نشان داد که الگوریتم پرسپترون چندلایه و تابع هاپربولیک در ایجاد ارتباط بین داده‌های مورد استفاده و وقوع آتش‌سوزی کارا بوده و شبکه، مدلی با ۲ لایه مخفی و ۱۲ نرون بهترین صحت را نشان داد. همچنین پس از تعیین موقعیت نقاط آتش‌سوزی بر روی نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی نتایج نشان داد که ۷ نقطه در منطقه خطر آتش‌سوزی خیلی زیاد و ۶ نقطه در منطقه با خطر آتش‌سوزی زیاد و ۲ نقطه در منطقه با خطر آتش‌سوزی متوسط قرار گرفت.

نتیجه‌گیری کلی: براساس یافته‌های این تحقیق جاده‌های عبوری و کاهش بارندگی اثر فزاینده‌ای بر ایجاد و گسترش آتش‌سوزی داشته و مدیران آتش‌سوزی عرصه‌های طبیعی باید برای مدیریت بهتر مناطق جنگلی و مرتعی در این عرصه‌ها راه‌کاری لازم را اتخاذ نموده تا از وقوع و یا گسترش آتش‌سوزی جلوگیری کنند.

واژه‌های کلیدی: استان گلستان، پتانسیل آتش‌سوزی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، شبکه عصبی مصنوعی

مقدمه

با این پدیده داشته و به‌خاطر ناگهانی بودن این پدیده، دچار سردرگمی نشوند (۳). در این راستا مطالعات مختلفی انجام شده است. عالی‌محمودی و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه سنجش عناصر اقلیمی مؤثر بر توسعه آتش‌سوزی جنگل‌های زاگرس از مدل‌های رگرسیون برای پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی در شهرستان ایذه استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که مهمترین پارامتر مؤثر بر وقوع و گسترش آتش‌سوزی در این شهرستان حداقل رطوبت نسبی می‌باشد. در تحقیق دیگری، عالی‌محمودی و همکاران (۲۰۱۳) به پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع شهرستان ایذه با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و داده‌های آب‌وهوایی شهرستان ایذه پرداختند. نتایج نشان داد که شبکه عصبی برای پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی کارا می‌باشد. یانگ و همکاران (۲۰۰۶) از روش رگرسیون لجستیک در پیش‌بینی رخداد آتش‌سوزی جنگل استفاده شد و شبکه عصبی برای مدل‌سازی ارتباط میان تعداد آتش‌سوزی‌ها و فاکتورهایی که بر رخداد آتش‌سوزی اثر می‌گذارند، استفاده کرد. نتایج نقاطی را که احتمال رخداد آتش‌سوزی در آن‌ها زیاد بود را با دقت مناسبی

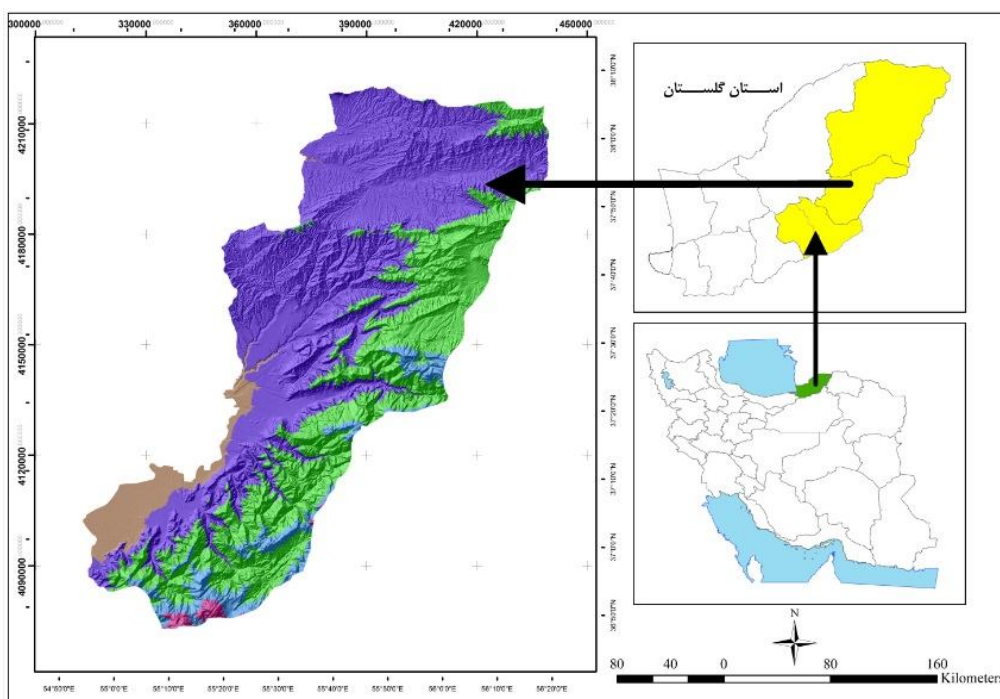
آتش‌سوزی‌های بزرگ از مهم‌ترین منابع تخریب اراضی هستند که فرآیندهای تخریب و بیابان‌زایی را باعث می‌شوند و یک نقش بحرانی در تغییر منظر دارند (۱۳). در طی دوره ۲۵ ساله (۱۹۹۲-۱۹۶۸)، متجاوز از ۱۴ میلیون نهال و بیش از ۲ میلیون درخت، در سطحی از جنگل به وسعت ۵۶۲۱۶ هکتار طعمه حریق گردید، که سهم جنگل‌های شمال از این میزان ۱۰۵۰۶ هکتار و سایر مناطق ۴۵۷۱۰ هکتار بوده است (۵). بیشتر آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده در کشور در عرصه‌های جنگلی و مرتعی است. بر اساس آمار فائو (۲۰۰۹) سالانه حدود ۶ درصد از جنگل‌های ایران در اثر آتش‌سوزی از بین می‌رود (۱۸). در پیش‌بینی آتش‌سوزی جنگل و عملیات تشخیص آن تمام عوامل باید در نظر گرفته شود و گرد هم آورده شوند (۸). لذا با توجه به اهمیت آتش‌سوزی در این استان لزوم انجام یک تحقیق در راستای تعیین معیارهای مؤثر و تهیه نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع این شهرستان کاملاً مشهود است تا با کمک به پیش‌بینی خطر وقوع آتش‌سوزی، نهادهای ذیربط آمادگی لازم را برای مقابله

در جنگل از سامانه اطلاعات جغرافیایی در تهیه نقشه مواد سوختنی، تهیه نقشه آب‌وهوایی و درجه‌بندی خطر آتش استفاده می‌کنند. با این اطلاعات مدیر می‌تواند با اتخاذ سیاست‌های مناسبی، احتمال سوخته شدن عرصه‌های طبیعی را کاهش دهد و از خسارت‌های محیط زیستی، اقتصادی و جانی تا حد زیادی جلوگیری نماید (۱۴). بنابراین، این تحقیق با هدف تهیه نقشه پتانسل خطر آتش‌سوزی و تعیین معیارهای مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی جنگل‌ها در استان گلستان انجام شد.

منطقه مورد مطالعه: استان گلستان در بخشی از حوضه آبریز دریای خزر واقع شده است. این استان که بالغ بر ۲۱۰۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد، ۲/۱ درصد از مساحت کشور و ۷/۱۱ درصد از مساحت حوضه آبریز دریای خزر را تشکیل داده و شامل حوضه‌های آبریز ترک سفلی، گرگانرود، قره سو، شرق خلیج گرگان و نکارود علیا می‌باشد (۱۱). برای تعیین معیارهای مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها، شهرستان‌های علی‌آباد، رامیان، آزادشهر، مینودشت و کلاله واقع در استان گلستان با مساحتی معادل ۸ هزار کیلومتر مربع که در شمال ایران و در ناحیه جنگل‌های هیرکانی قرار دارند، مورد بررسی قرار گرفتند. محدوده این شهرستان‌ها در سامانه مختصات UTM در زون ۴۰ بین عرض‌های جغرافیایی ۴۰۵۵۰۲۱ تا ۴۲۳۵۱۳۴ شمالی و طول جغرافیایی ۳۰۵۱۲۹ تا ۴۵۱۲۳۸ واقع است (شکل ۱). این استان دارای دو اقلیم کاملاً متفاوت است به نحوی که جنوب استان منطقه‌ای کوهستانی و مرتفع با سطحی پوشیده از جنگل‌های متراکم و شمال استان منطقه‌ای بیابانی و پست با دمای کاملاً متفاوت با جنوب می‌باشد.

نشان داد. گورتماکر (۲۰۱۱) در فرانسه نشان داد نزدیکی به سازه‌ها، ساختمان‌ها، کمپ‌ها و مناطق کشاورزی میزان خطر آتش‌سوزی را به‌طور زیادی افزایش می‌دهد. ادواردو و همکاران (۲۰۱۱) در برزیل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی مودیس و شبکه عصبی به پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی در نواحی جنگلی آمازون برزیل پرداختند. اسحاقی (۲۰۱۴) برای پهنه‌بندی احتمال خطر وقوع آتش‌سوزی در پارک ملی گلستان از الگوریتم‌های ناپارامتریک شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و رندوم‌فارست و از معیارهای اقلیم، توپوگرافی و پوشش گیاهی استفاده کردند. زامبرنون و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی اثر زیرمعیارهای انسانی و اقلیمی (دما، رطوبت نسبی و باران) بر وقوع آتش‌سوزی‌های رخ داده در جنگل‌های سوئیس، نشان دادند که معیار اقلیم با اهمیت ۰/۱۴ مهم‌ترین معیار می‌باشد. جیسوال و همکاران (۲۰۰۲) در هند با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نقشه‌های نوع و تراکم پوشش گیاهی را به‌دست آوردند. در جنگل‌های شهرستان پاوه استان کردستان نیز نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی تهیه شد (۱۷). دانگ و همکاران (۲۰۰۵) و سوماشکار و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که زیرمعیارهای انسانی می‌تواند در قالب پراکنش ساختارهای زیربنایی و همچنین پراکنش جمعیتی بیان شود. بنابراین برای تهیه نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی باید نقش عوامل انسانی را در وقوع آتش‌سوزی مدنظر قرار داد.

مدیریت آتش‌سوزی در طبیعت دربرگیرنده اقدامات مختلف شامل پیشگیری از وقوع آتش‌سوزی، کنترل توسعه آتش، تشریح سوخته‌شده‌ها و عملیات احیاء پس از آتش‌سوزی می‌باشد. مدیران آتش‌سوزی



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان گلستان.

Figure 1. Location of study area in the Golestan Province.

را برای ایجاد آتش‌سوزی فراهم می‌کند (۲۲). محدوده پارامترهای اقلیمی شامل دما، بارندگی و تبخیر و تعرق به ۵ طبقه تقسیم شدند. ((دما: کمتر از ۹/۵-۱۲، ۹/۵-۱۴، ۱۲ تا ۱۴/۵، ۱۴/۵-۱۷، ۱۷ و بیشتر از ۱۷)، (بارندگی: کمتر از ۳۴۲، ۳۴۲-۵۱۲، ۵۱۲-۶۸۲، ۶۸۲-۸۵۲، ۸۵۲-۱۰۱۲، ۱۰۱۲-۱۱۷۱، ۱۱۷۱-۱۳۳۰، ۱۳۳۰-۱۴۸۹، ۱۴۸۹-۱۶۴۸، ۱۶۴۸-۱۸۰۷، ۱۸۰۷-۱۹۶۶، ۱۹۶۶-۲۱۲۵، ۲۱۲۵-۲۲۸۴، ۲۲۸۴-۲۴۴۳، ۲۴۴۳-۲۶۰۲، ۲۶۰۲-۲۷۶۱، ۲۷۶۱-۲۹۲۰، ۲۹۲۰-۳۰۷۹، ۳۰۷۹-۳۲۳۸، ۳۲۳۸-۳۳۹۷، ۳۳۹۷-۳۵۵۶، ۳۵۵۶-۳۷۱۵، ۳۷۱۵-۳۸۷۴، ۳۸۷۴-۴۰۳۳، ۴۰۳۳-۴۱۹۲، ۴۱۹۲-۴۳۵۱، ۴۳۵۱-۴۵۱۰، ۴۵۱۰-۴۶۶۹، ۴۶۶۹-۴۸۲۸، ۴۸۲۸-۴۹۸۷، ۴۹۸۷-۵۱۴۶، ۵۱۴۶-۵۳۰۵، ۵۳۰۵-۵۴۶۴، ۵۴۶۴-۵۶۲۳، ۵۶۲۳-۵۷۸۲، ۵۷۸۲-۵۹۴۱، ۵۹۴۱-۶۱۰۰، ۶۱۰۰-۶۲۵۹، ۶۲۵۹-۶۴۱۸، ۶۴۱۸-۶۵۷۷، ۶۵۷۷-۶۷۳۶، ۶۷۳۶-۶۸۹۵، ۶۸۹۵-۷۰۵۴، ۷۰۵۴-۷۲۱۳، ۷۲۱۳-۷۳۷۲، ۷۳۷۲-۷۵۳۱، ۷۵۳۱-۷۶۹۰، ۷۶۹۰-۷۸۴۹، ۷۸۴۹-۸۰۰۸، ۸۰۰۸-۸۱۶۷، ۸۱۶۷-۸۳۲۶، ۸۳۲۶-۸۴۸۵، ۸۴۸۵-۸۶۴۴، ۸۶۴۴-۸۸۰۳، ۸۸۰۳-۸۹۶۲، ۸۹۶۲-۹۱۲۱، ۹۱۲۱-۹۲۸۰، ۹۲۸۰-۹۴۳۹، ۹۴۳۹-۹۵۹۸، ۹۵۹۸-۹۷۵۷، ۹۷۵۷-۹۹۱۶، ۹۹۱۶-۱۰۰۷۵، ۱۰۰۷۵-۱۰۲۳۴، ۱۰۲۳۴-۱۰۳۹۳، ۱۰۳۹۳-۱۰۵۵۲، ۱۰۵۵۲-۱۰۷۱۱، ۱۰۷۱۱-۱۰۸۷۰، ۱۰۸۷۰-۱۱۰۲۹، ۱۱۰۲۹-۱۱۱۸۸، ۱۱۱۸۸-۱۱۳۴۷، ۱۱۳۴۷-۱۱۵۰۶، ۱۱۵۰۶-۱۱۶۶۵، ۱۱۶۶۵-۱۱۸۲۴، ۱۱۸۲۴-۱۱۹۸۳، ۱۱۹۸۳-۱۲۱۴۲، ۱۲۱۴۲-۱۲۳۰۱، ۱۲۳۰۱-۱۲۴۶۰، ۱۲۴۶۰-۱۲۶۱۹، ۱۲۶۱۹-۱۲۷۷۸، ۱۲۷۷۸-۱۲۹۳۷، ۱۲۹۳۷-۱۳۰۹۶، ۱۳۰۹۶-۱۳۲۵۵، ۱۳۲۵۵-۱۳۴۱۴، ۱۳۴۱۴-۱۳۵۷۳، ۱۳۵۷۳-۱۳۷۳۲، ۱۳۷۳۲-۱۳۸۸۱، ۱۳۸۸۱-۱۴۰۴۰، ۱۴۰۴۰-۱۴۱۹۹، ۱۴۱۹۹-۱۴۳۵۸، ۱۴۳۵۸-۱۴۵۱۷، ۱۴۵۱۷-۱۴۶۷۶، ۱۴۶۷۶-۱۴۸۳۵، ۱۴۸۳۵-۱۴۹۹۴، ۱۴۹۹۴-۱۵۱۵۳، ۱۵۱۵۳-۱۵۳۱۲، ۱۵۳۱۲-۱۵۴۷۱، ۱۵۴۷۱-۱۵۶۳۰، ۱۵۶۳۰-۱۵۷۸۹، ۱۵۷۸۹-۱۵۹۴۸، ۱۵۹۴۸-۱۶۱۰۷، ۱۶۱۰۷-۱۶۲۶۶، ۱۶۲۶۶-۱۶۴۲۵، ۱۶۴۲۵-۱۶۵۸۴، ۱۶۵۸۴-۱۶۷۴۳، ۱۶۷۴۳-۱۶۹۰۲، ۱۶۹۰۲-۱۷۰۶۱، ۱۷۰۶۱-۱۷۲۲۰، ۱۷۲۲۰-۱۷۳۷۹، ۱۷۳۷۹-۱۷۵۳۸، ۱۷۵۳۸-۱۷۶۹۷، ۱۷۶۹۷-۱۷۸۵۶، ۱۷۸۵۶-۱۸۰۱۵، ۱۸۰۱۵-۱۸۱۷۴، ۱۸۱۷۴-۱۸۳۳۳، ۱۸۳۳۳-۱۸۴۹۲، ۱۸۴۹۲-۱۸۶۵۱، ۱۸۶۵۱-۱۸۸۱۰، ۱۸۸۱۰-۱۸۹۶۹، ۱۸۹۶۹-۱۹۱۲۸، ۱۹۱۲۸-۱۹۲۸۷، ۱۹۲۸۷-۱۹۴۴۶، ۱۹۴۴۶-۱۹۶۰۵، ۱۹۶۰۵-۱۹۷۶۴، ۱۹۷۶۴-۱۹۹۲۳، ۱۹۹۲۳-۲۰۰۸۲، ۲۰۰۸۲-۲۰۲۴۱، ۲۰۲۴۱-۲۰۴۰۰، ۲۰۴۰۰-۲۰۵۵۹، ۲۰۵۵۹-۲۰۷۱۸، ۲۰۷۱۸-۲۰۸۷۷، ۲۰۸۷۷-۲۱۰۳۶، ۲۱۰۳۶-۲۱۱۹۵، ۲۱۱۹۵-۲۱۳۵۴، ۲۱۳۵۴-۲۱۵۱۳، ۲۱۵۱۳-۲۱۶۷۲، ۲۱۶۷۲-۲۱۸۳۱، ۲۱۸۳۱-۲۱۹۹۰، ۲۱۹۹۰-۲۲۱۴۹، ۲۲۱۴۹-۲۲۳۰۸، ۲۲۳۰۸-۲۲۴۶۷، ۲۲۴۶۷-۲۲۶۲۶، ۲۲۶۲۶-۲۲۷۸۵، ۲۲۷۸۵-۲۲۹۴۴، ۲۲۹۴۴-۲۳۱۰۳، ۲۳۱۰۳-۲۳۲۶۲، ۲۳۲۶۲-۲۳۴۲۱، ۲۳۴۲۱-۲۳۵۸۰، ۲۳۵۸۰-۲۳۷۳۹، ۲۳۷۳۹-۲۳۸۹۸، ۲۳۸۹۸-۲۴۰۵۷، ۲۴۰۵۷-۲۴۲۱۶، ۲۴۲۱۶-۲۴۳۷۵، ۲۴۳۷۵-۲۴۵۳۴، ۲۴۵۳۴-۲۴۶۹۳، ۲۴۶۹۳-۲۴۸۵۲، ۲۴۸۵۲-۲۵۰۱۱، ۲۵۰۱۱-۲۵۱۷۰، ۲۵۱۷۰-۲۵۳۲۹، ۲۵۳۲۹-۲۵۴۸۸، ۲۵۴۸۸-۲۵۶۴۷، ۲۵۶۴۷-۲۵۸۰۶، ۲۵۸۰۶-۲۵۹۶۵، ۲۵۹۶۵-۲۶۱۲۴، ۲۶۱۲۴-۲۶۲۸۳، ۲۶۲۸۳-۲۶۴۴۲، ۲۶۴۴۲-۲۶۶۰۱، ۲۶۶۰۱-۲۶۷۶۰، ۲۶۷۶۰-۲۶۹۱۹، ۲۶۹۱۹-۲۷۰۷۸، ۲۷۰۷۸-۲۷۲۳۷، ۲۷۲۳۷-۲۷۳۹۶، ۲۷۳۹۶-۲۷۵۵۵، ۲۷۵۵۵-۲۷۷۱۴، ۲۷۷۱۴-۲۷۸۷۳، ۲۷۸۷۳-۲۸۰۳۲، ۲۸۰۳۲-۲۸۱۹۱، ۲۸۱۹۱-۲۸۳۵۰، ۲۸۳۵۰-۲۸۵۰۹، ۲۸۵۰۹-۲۸۶۶۸، ۲۸۶۶۸-۲۸۸۲۷، ۲۸۸۲۷-۲۸۹۸۶، ۲۸۹۸۶-۲۹۱۴۵، ۲۹۱۴۵-۲۹۳۰۴، ۲۹۳۰۴-۲۹۴۶۳، ۲۹۴۶۳-۲۹۶۲۲، ۲۹۶۲۲-۲۹۷۸۱، ۲۹۷۸۱-۲۹۹۴۰، ۲۹۹۴۰-۳۰۱۰۰، ۳۰۱۰۰-۳۰۲۶۰، ۳۰۲۶۰-۳۰۴۲۰، ۳۰۴۲۰-۳۰۵۸۰، ۳۰۵۸۰-۳۰۷۴۰، ۳۰۷۴۰-۳۰۹۰۰، ۳۰۹۰۰-۳۱۰۶۰، ۳۱۰۶۰-۳۱۲۲۰، ۳۱۲۲۰-۳۱۳۸۰، ۳۱۳۸۰-۳۱۵۴۰، ۳۱۵۴۰-۳۱۷۰۰، ۳۱۷۰۰-۳۱۸۶۰، ۳۱۸۶۰-۳۲۰۲۰، ۳۲۰۲۰-۳۲۱۸۰، ۳۲۱۸۰-۳۲۳۴۰، ۳۲۳۴۰-۳۲۵۰۰، ۳۲۵۰۰-۳۲۶۶۰، ۳۲۶۶۰-۳۲۸۲۰، ۳۲۸۲۰-۳۲۹۸۰، ۳۲۹۸۰-۳۳۱۴۰، ۳۳۱۴۰-۳۳۳۰۰، ۳۳۳۰۰-۳۳۴۶۰، ۳۳۴۶۰-۳۳۶۲۰، ۳۳۶۲۰-۳۳۷۸۰، ۳۳۷۸۰-۳۳۹۴۰، ۳۳۹۴۰-۳۴۱۰۰، ۳۴۱۰۰-۳۴۲۶۰، ۳۴۲۶۰-۳۴۴۲۰، ۳۴۴۲۰-۳۴۵۸۰، ۳۴۵۸۰-۳۴۷۴۰، ۳۴۷۴۰-۳۴۹۰۰، ۳۴۹۰۰-۳۵۰۶۰، ۳۵۰۶۰-۳۵۲۲۰، ۳۵۲۲۰-۳۵۳۸۰، ۳۵۳۸۰-۳۵۵۴۰، ۳۵۵۴۰-۳۵۷۰۰، ۳۵۷۰۰-۳۵۸۶۰، ۳۵۸۶۰-۳۶۰۲۰، ۳۶۰۲۰-۳۶۱۸۰، ۳۶۱۸۰-۳۶۳۴۰، ۳۶۳۴۰-۳۶۵۰۰، ۳۶۵۰۰-۳۶۶۶۰، ۳۶۶۶۰-۳۶۸۲۰، ۳۶۸۲۰-۳۶۹۸۰، ۳۶۹۸۰-۳۷۱۴۰، ۳۷۱۴۰-۳۷۳۰۰، ۳۷۳۰۰-۳۷۴۶۰، ۳۷۴۶۰-۳۷۶۲۰، ۳۷۶۲۰-۳۷۷۸۰، ۳۷۷۸۰-۳۷۹۴۰، ۳۷۹۴۰-۳۸۱۰۰، ۳۸۱۰۰-۳۸۲۶۰، ۳۸۲۶۰-۳۸۴۲۰، ۳۸۴۲۰-۳۸۵۸۰، ۳۸۵۸۰-۳۸۷۴۰، ۳۸۷۴۰-۳۸۹۰۰، ۳۸۹۰۰-۳۹۰۶۰، ۳۹۰۶۰-۳۹۲۲۰، ۳۹۲۲۰-۳۹۳۸۰، ۳۹۳۸۰-۳۹۵۴۰، ۳۹۵۴۰-۳۹۷۰۰، ۳۹۷۰۰-۳۹۸۶۰، ۳۹۸۶۰-۳۹۹۲۰، ۳۹۹۲۰-۴۰۰۸۰، ۴۰۰۸۰-۴۰۲۴۰، ۴۰۲۴۰-۴۰۴۰۰، ۴۰۴۰۰-۴۰۵۶۰، ۴۰۵۶۰-۴۰۷۲۰، ۴۰۷۲۰-۴۰۸۸۰، ۴۰۸۸۰-۴۱۰۴۰، ۴۱۰۴۰-۴۱۲۰۰، ۴۱۲۰۰-۴۱۳۶۰، ۴۱۳۶۰-۴۱۵۲۰، ۴۱۵۲۰-۴۱۶۸۰، ۴۱۶۸۰-۴۱۸۴۰، ۴۱۸۴۰-۴۲۰۰۰، ۴۲۰۰۰-۴۲۱۶۰، ۴۲۱۶۰-۴۲۳۲۰، ۴۲۳۲۰-۴۲۴۸۰، ۴۲۴۸۰-۴۲۶۴۰، ۴۲۶۴۰-۴۲۸۰۰، ۴۲۸۰۰-۴۲۹۶۰، ۴۲۹۶۰-۴۳۱۲۰، ۴۳۱۲۰-۴۳۲۸۰، ۴۳۲۸۰-۴۳۴۴۰، ۴۳۴۴۰-۴۳۶۰۰، ۴۳۶۰۰-۴۳۷۶۰، ۴۳۷۶۰-۴۳۹۲۰، ۴۳۹۲۰-۴۴۰۸۰، ۴۴۰۸۰-۴۴۲۴۰، ۴۴۲۴۰-۴۴۴۰۰، ۴۴۴۰۰-۴۴۵۶۰، ۴۴۵۶۰-۴۴۷۲۰، ۴۴۷۲۰-۴۴۸۸۰، ۴۴۸۸۰-۴۵۰۴۰، ۴۵۰۴۰-۴۵۲۰۰، ۴۵۲۰۰-۴۵۳۶۰، ۴۵۳۶۰-۴۵۵۲۰، ۴۵۵۲۰-۴۵۶۸۰، ۴۵۶۸۰-۴۵۸۴۰، ۴۵۸۴۰-۴۶۰۰۰، ۴۶۰۰۰-۴۶۱۶۰، ۴۶۱۶۰-۴۶۳۲۰، ۴۶۳۲۰-۴۶۴۸۰، ۴۶۴۸۰-۴۶۶۴۰، ۴۶۶۴۰-۴۶۸۰۰، ۴۶۸۰۰-۴۶۹۶۰، ۴۶۹۶۰-۴۷۱۲۰، ۴۷۱۲۰-۴۷۲۸۰، ۴۷۲۸۰-۴۷۴۴۰، ۴۷۴۴۰-۴۷۶۰۰، ۴۷۶۰۰-۴۷۷۶۰، ۴۷۷۶۰-۴۷۹۲۰، ۴۷۹۲۰-۴۸۰۸۰، ۴۸۰۸۰-۴۸۲۴۰، ۴۸۲۴۰-۴۸۴۰۰، ۴۸۴۰۰-۴۸۵۶۰، ۴۸۵۶۰-۴۸۷۲۰، ۴۸۷۲۰-۴۸۸۸۰، ۴۸۸۸۰-۴۹۰۴۰، ۴۹۰۴۰-۴۹۲۰۰، ۴۹۲۰۰-۴۹۳۶۰، ۴۹۳۶۰-۴۹۵۲۰، ۴۹۵۲۰-۴۹۶۸۰، ۴۹۶۸۰-۴۹۸۴۰، ۴۹۸۴۰-۴۹۹۲۰، ۴۹۹۲۰-۵۰۰۸۰، ۵۰۰۸۰-۵۰۲۴۰، ۵۰۲۴۰-۵۰۴۰۰، ۵۰۴۰۰-۵۰۵۶۰، ۵۰۵۶۰-۵۰۷۲۰، ۵۰۷۲۰-۵۰۸۸۰، ۵۰۸۸۰-۵۱۰۴۰، ۵۱۰۴۰-۵۱۲۰۰، ۵۱۲۰۰-۵۱۳۶۰، ۵۱۳۶۰-۵۱۵۲۰، ۵۱۵۲۰-۵۱۶۸۰، ۵۱۶۸۰-۵۱۸۴۰، ۵۱۸۴۰-۵۲۰۰۰، ۵۲۰۰۰-۵۲۱۶۰، ۵۲۱۶۰-۵۲۳۲۰، ۵۲۳۲۰-۵۲۴۸۰، ۵۲۴۸۰-۵۲۶۴۰، ۵۲۶۴۰-۵۲۸۰۰، ۵۲۸۰۰-۵۲۹۶۰، ۵۲۹۶۰-۵۳۱۲۰، ۵۳۱۲۰-۵۳۲۸۰، ۵۳۲۸۰-۵۳۴۴۰، ۵۳۴۴۰-۵۳۶۰۰، ۵۳۶۰۰-۵۳۷۶۰، ۵۳۷۶۰-۵۳۹۲۰، ۵۳۹۲۰-۵۴۰۸۰، ۵۴۰۸۰-۵۴۲۴۰، ۵۴۲۴۰-۵۴۴۰۰، ۵۴۴۰۰-۵۴۵۶۰، ۵۴۵۶۰-۵۴۷۲۰، ۵۴۷۲۰-۵۴۸۸۰، ۵۴۸۸۰-۵۵۰۴۰، ۵۵۰۴۰-۵۵۲۰۰، ۵۵۲۰۰-۵۵۳۶۰، ۵۵۳۶۰-۵۵۵۲۰، ۵۵۵۲۰-۵۵۶۸۰، ۵۵۶۸۰-۵۵۸۴۰، ۵۵۸۴۰-۵۶۰۰۰، ۵۶۰۰۰-۵۶۱۶۰، ۵۶۱۶۰-۵۶۳۲۰، ۵۶۳۲۰-۵۶۴۸۰، ۵۶۴۸۰-۵۶۶۴۰، ۵۶۶۴۰-۵۶۸۰۰، ۵۶۸۰۰-۵۶۹۶۰، ۵۶۹۶۰-۵۷۱۲۰، ۵۷۱۲۰-۵۷۲۸۰، ۵۷۲۸۰-۵۷۴۴۰، ۵۷۴۴۰-۵۷۶۰۰، ۵۷۶۰۰-۵۷۷۶۰، ۵۷۷۶۰-۵۷۹۲۰، ۵۷۹۲۰-۵۸۰۸۰، ۵۸۰۸۰-۵۸۲۴۰، ۵۸۲۴۰-۵۸۴۰۰، ۵۸۴۰۰-۵۸۵۶۰، ۵۸۵۶۰-۵۸۷۲۰، ۵۸۷۲۰-۵۸۸۸۰، ۵۸۸۸۰-۵۹۰۴۰، ۵۹۰۴۰-۵۹۲۰۰، ۵۹۲۰۰-۵۹۳۶۰، ۵۹۳۶۰-۵۹۵۲۰، ۵۹۵۲۰-۵۹۶۸۰، ۵۹۶۸۰-۵۹۸۴۰، ۵۹۸۴۰-۵۹۹۲۰، ۵۹۹۲۰-۶۰۰۸۰، ۶۰۰۸۰-۶۰۲۴۰، ۶۰۲۴۰-۶۰۴۰۰، ۶۰۴۰۰-۶۰۵۶۰، ۶۰۵۶۰-۶۰۷۲۰، ۶۰۷۲۰-۶۰۸۸۰، ۶۰۸۸۰-۶۱۰۴۰، ۶۱۰۴۰-۶۱۲۰۰، ۶۱۲۰۰-۶۱۳۶۰، ۶۱۳۶۰-۶۱۵۲۰، ۶۱۵۲۰-۶۱۶۸۰، ۶۱۶۸۰-۶۱۸۴۰، ۶۱۸۴۰-۶۲۰۰۰، ۶۲۰۰۰-۶۲۱۶۰، ۶۲۱۶۰-۶۲۳۲۰، ۶۲۳۲۰-۶۲۴۸۰، ۶۲۴۸۰-۶۲۶۴۰، ۶۲۶۴۰-۶۲۸۰۰، ۶۲۸۰۰-۶۲۹۶۰، ۶۲۹۶۰-۶۳۱۲۰، ۶۳۱۲۰-۶۳۲۸۰، ۶۳۲۸۰-۶۳۴۴۰، ۶۳۴۴۰-۶۳۶۰۰، ۶۳۶۰۰-۶۳۷۶۰، ۶۳۷۶۰-۶۳۹۲۰، ۶۳۹۲۰-۶۴۰۸۰، ۶۴۰۸۰-۶۴۲۴۰، ۶۴۲۴۰-۶۴۴۰۰، ۶۴۴۰۰-۶۴۵۶۰، ۶۴۵۶۰-۶۴۷۲۰، ۶۴۷۲۰-۶۴۸۸۰، ۶۴۸۸۰-۶۵۰۴۰، ۶۵۰۴۰-۶۵۲۰۰، ۶۵۲۰۰-۶۵۳۶۰، ۶۵۳۶۰-۶۵۵۲۰، ۶۵۵۲۰-۶۵۶۸۰، ۶۵۶۸۰-۶۵۸۴۰، ۶۵۸۴۰-۶۶۰۰۰، ۶۶۰۰۰-۶۶۱۶۰، ۶۶۱۶۰-۶۶۳۲۰، ۶۶۳۲۰-۶۶۴۸۰، ۶۶۴۸۰-۶۶۶۴۰، ۶۶۶۴۰-۶۶۸۰۰، ۶۶۸۰۰-۶۶۹۶۰، ۶۶۹۶۰-۶۷۱۲۰، ۶۷۱۲۰-۶۷۲۸۰، ۶۷۲۸۰-۶۷۴۴۰، ۶۷۴۴۰-۶۷۶۰۰، ۶۷۶۰۰-۶۷۷۶۰، ۶۷۷۶۰-۶۷۹۲۰، ۶۷۹۲۰-۶۸۰۸۰، ۶۸۰۸۰-۶۸۲۴۰، ۶۸۲۴۰-۶۸۴۰۰، ۶۸۴۰۰-۶۸۵۶۰، ۶۸۵۶۰-۶۸۷۲۰، ۶۸۷۲۰-۶۸۸۸۰، ۶۸۸۸۰-۶۹۰۴۰، ۶۹۰۴۰-۶۹۲۰۰، ۶۹۲۰۰-۶۹۳۶۰، ۶۹۳۶۰-۶۹۵۲۰، ۶۹۵۲۰-۶۹۶۸۰، ۶۹۶۸۰-۶۹۸۴۰، ۶۹۸۴۰-۶۹۹۲۰، ۶۹۹۲۰-۷۰۰۸۰، ۷۰۰۸۰-۷۰۲۴۰، ۷۰۲۴۰-۷۰۴۰۰، ۷۰۴۰۰-۷۰۵۶۰، ۷۰۵۶۰-۷۰۷۲۰، ۷۰۷۲۰-۷۰۸۸۰، ۷۰۸۸۰-۷۱۰۴۰، ۷۱۰۴۰-۷۱۲۰۰، ۷۱۲۰۰-۷۱۳۶۰، ۷۱۳۶۰-۷۱۵۲۰، ۷۱۵۲۰-۷۱۶۸۰، ۷۱۶۸۰-۷۱۸۴۰، ۷۱۸۴۰-۷۲۰۰۰، ۷۲۰۰۰-۷۲۱۶۰، ۷۲۱۶۰-۷۲۳۲۰، ۷۲۳۲۰-۷۲۴۸۰، ۷۲۴۸۰-۷۲۶۴۰، ۷۲۶۴۰-۷۲۸۰۰، ۷۲۸۰۰-۷۲۹۶۰، ۷۲۹۶۰-۷۳۱۲۰، ۷۳۱۲۰-۷۳۲۸۰، ۷۳۲۸۰-۷۳۴۴۰، ۷۳۴۴۰-۷۳۶۰۰، ۷۳۶۰۰-۷۳۷۶۰، ۷۳۷۶۰-۷۳۹۲۰، ۷۳۹۲۰-۷۴۰۸۰، ۷۴۰۸۰-۷۴۲۴۰، ۷۴۲۴۰-۷۴۴۰۰، ۷۴۴۰۰-۷۴۵۶۰، ۷۴۵۶۰-۷۴۷۲۰، ۷۴۷۲۰-۷۴۸۸۰، ۷۴۸۸۰-۷۵۰۴۰، ۷۵۰۴۰-۷۵۲۰۰، ۷۵۲۰۰-۷۵۳۶۰، ۷۵۳۶۰-۷۵۵۲۰، ۷۵۵۲۰-۷۵۶۸۰، ۷۵۶۸۰-۷۵۸۴۰، ۷۵۸۴۰-۷۶۰۰۰، ۷۶۰۰۰-۷۶۱۶۰، ۷۶۱۶۰-۷۶۳۲۰، ۷۶۳۲۰-۷۶۴۸۰، ۷۶۴۸۰-۷۶۶۴۰، ۷۶۶۴۰-۷۶۸۰۰، ۷۶۸۰۰-۷۶۹۶۰، ۷۶۹۶۰-۷۷۱۲۰، ۷۷۱۲۰-۷۷۲۸۰، ۷۷۲۸۰-۷۷۴۴۰، ۷۷۴۴۰-۷۷۶۰۰، ۷۷۶۰۰-۷۷۷۶۰، ۷۷۷۶۰-۷۷۹۲۰، ۷۷۹۲۰-۷۸۰۸۰، ۷۸۰۸۰-۷۸۲۴۰، ۷۸۲۴۰-۷۸۴۰۰، ۷۸۴۰۰-۷۸۵۶۰، ۷۸۵۶۰-۷۸۷۲۰، ۷۸۷۲۰-۷۸۸۸۰، ۷۸۸۸۰-۷۹۰۴۰، ۷۹۰۴۰-۷۹۲۰۰، ۷۹۲۰۰-۷۹۳۶۰، ۷۹۳۶۰-۷۹۵۲۰، ۷۹۵۲۰-۷۹۶۸۰، ۷۹۶۸۰-۷۹۸۴۰، ۷۹۸۴۰-۷۹۹۲۰، ۷۹۹۲۰-۸۰۰۸۰، ۸۰۰۸۰-۸۰۲۴۰، ۸۰۲۴۰-۸۰۴۰۰، ۸۰۴۰۰-۸۰۵۶۰، ۸۰۵۶۰-۸۰۷۲۰، ۸۰۷۲۰-۸۰۸۸۰، ۸۰۸۸۰-۸۱۰۴۰، ۸۱۰۴۰-۸۱۲۰۰، ۸۱۲۰۰-۸۱۳۶۰، ۸۱۳۶۰-۸۱۵۲۰، ۸۱۵۲۰-۸۱۶۸۰، ۸۱۶۸۰-۸۱۸۴۰، ۸۱۸۴۰-۸۲۰۰۰، ۸۲۰۰۰-۸۲۱۶۰، ۸۲۱۶۰-۸۲۳۲۰، ۸۲۳۲۰-۸۲۴۸۰، ۸۲۴۸۰-۸۲۶۴۰، ۸۲۶۴۰-۸۲۸۰۰، ۸۲۸۰۰-۸۲۹۶۰، ۸۲۹۶۰-۸۳۱۲۰، ۸۳۱۲۰-۸۳۲۸۰، ۸۳۲۸۰-۸۳۴۴۰، ۸۳۴۴۰-۸۳۶۰۰، ۸۳۶۰۰-۸۳۷۶۰، ۸۳۷۶۰-۸۳۹۲۰، ۸۳۹۲۰-۸۴۰۸۰، ۸۴۰۸۰-۸۴۲۴۰، ۸۴

از ۲۲۰۰ تقسیم‌بندی شد. عوامل انسانی بیشترین سهم را در ایجاد خطر آتش‌سوزی دارند. واسیلاکوس و همکاران (۲۰۰۸) بیان می‌کنند که آنالیز مکانی خطر انسان درگسترش آتش‌سوزی با توجه به دشواری ارتباط مکانی فعالیت‌های اجتماعی - اقتصادی انسان در محیط طبیعی پیچیده است. حرکت انسان‌ها، وسایل نقلیه و حیوانات در جاده‌های نزدیک جنگل فرصت‌هایی را برای ایجاد آتش‌سوزی به وجود می‌آورد. روشن کردن آتش و بی‌دقتی از عوامل مؤثر در ایجاد آتش‌سوزی هستند (۱۶). در این تحقیق عوامل انسانی به صورت فاصله از مناطق شهری، فاصله از مناطق روستایی، فاصله از اراضی زراعی و فاصله از جاده بررسی شد. نقشه فاصله از مناطق مسکونی به ۵ طبقه ۱۰۰۰ متری، ۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۳۰۰۰-۲۰۰۰، ۴۰۰۰-۳۰۰۰ و بیشتر از ۴۰۰۰ متر طبقه‌بندی شد. طبقه‌بندی فاصله از جاده به صورت طبقات ۵۰۰ متری ۰-۵۰۰، ۵۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۱۵۰۰، ۱۵۰۰-۲۰۰۰-۱۵۰۰ و بیشتر از ۲۰۰۰ متری انجام شد. اراضی زراعی نقشه کاربری اراضی مشخص شدند و نقشه فاصله از اراضی زراعی ایجاد شد. این نقشه نیز به ۵ طبقه ۵۰۰ متری تقسیم‌بندی شد.

به منظور پردازش‌های بعدی ابتدا فایل رستری منطقه مورد مطالعه به شبکه‌ای از پیکسل‌های ۱×۱ کیلومتر تقسیم شد و سپس به مناطقی که در آن‌ها آتش‌سوزی اتفاق افتاده بود، کد یک و به سایر مناطق کد صفر تخصیص داده شد. سپس با استفاده از اطلاعات موقعیت مکانی تعداد ۷۴ نقطه از پیکسل‌های سوخته شده و سوخته نشده (از هر کدام ۳۷ نقطه) انتخاب و ارزش هرکدام از متغیرها در آن نقاط استخراج شد. لازم به ذکر است که با توجه به متغیر بودن مساحت هر طبقه برای هر متغیر، این نقاط به صورت تصادفی از لکه‌های سوخته شده و سوخته نشده برای پردازش با استفاده از شبکه

مدل‌سازی توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی: جهت تعیین میزان تأثیر هر معیار موقعیت مکانی مناطق سوخته شده و سوخته نشده به صورت تصادفی استخراج شد تا در تجزیه و تحلیل‌های روش پرسپترون چندلایه^۱ استفاده شوند. خصوصیات مکانی متغیرها در محل نمونه‌ها استخراج شد و استانداردسازی داده‌ها جهت نرمال کردن داده‌ها و مقایسه اثرات نسبی هر متغیر انجام گرفت. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از روش MLP جهت تعیین میزان اهمیت هر فاکتور انجام شد. در این تحقیق از آموزش با سرپرست و هم‌چنین اتصال پیشرو استفاده شد. یکی از عمده‌ترین الگوریتم‌های این روش پرسپترون چند لایه است (شکل ۲)، که برای پیش‌بینی‌های پدیده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۷). پرسپترون‌ها دارای این مزیت هستند که یک الگوریتم آموزشی ساده دارند، ولی دارای محدودیت‌های محاسباتی می‌باشند (۲۴). تعداد نرون‌های نهفته غالباً با آزمون و خطا تعیین می‌گردد (۲۰). سپس، ساختار شبکه با بهترین مورد اجرا می‌شود. تعداد نرون‌های خروجی برابر تعداد متغیر خروجی که یک (وقوع آتش‌سوزی و یا سطح سوخته شده) بود در نظر گرفته شد. یکی از پارامترهای مؤثر بر شبکه عصبی سرعت یادگیری^۲ می‌باشد و سرعت آموزش بالاتر به معنی آموزش سریع‌تر شبکه می‌باشد. انتخاب ارزش سرعت آموزش بسیار کوچک، باعث افزایش زمان اجرای شبکه

1- Multilayer Perceptron (MLP)

2- Learning rate

می‌گردد و انتخاب ارزش‌های زیاد برای آن نیز باعث دستیابی به نتایج ضعیفی می‌شود. بنابراین پیشنهاد شده است که ارزش سرعت یادگیری بین ۰/۱ تا ۰/۲ انتخاب شود (۲۰). در این مطالعه با معرفی مقادیر متفاوت سرعت یادگیری به شبکه در نهایت به میزان ۰/۱۷ رسید. تابع فعال‌کننده بین حاصل جمع وزن‌دهی شده واحدها در یک لایه و مقادیر واحدهای لایه بعدی ارتباط برقرار می‌کند.

رابطه تانژانت تابع هایپربولیک در ادامه بیان شده است (رابطه ۱). این تابع مقادیر واقعی را گرفته و آن‌ها را به مقادیری در بازه (۱، -۱) تبدیل می‌کند (۱۶):

$$\gamma(c) = \tanh(c) = \frac{(e^c - e^{-c})}{(e^c + e^{-c})} \quad (\text{رابطه ۱})$$

پارامتر گشتاور^۱ منجر به کاهش نوسانات می‌شود. این پارامتر به شبکه اجازه می‌دهد تا علاوه بر تغییرات شیب به تغییرات سطح خطا نیز واکنش نشان دهد و فرآیند همپوشانی داده‌های آموزشی و آزمایش سرعت می‌دهد. با آزمون و خطای این میزان، شبکه‌ای با میزان گشتاور ۰/۷ انتخاب شد. میزان خطای قابل قبول برای اجرای شبکه ۰/۰۰۱ در نظر گرفته شد.

صحت‌سنجی نقشه پتانسیل خطر: پس از تهیه نقشه پتانسیل خطر با استفاده از ۱۵ نقطه آتش‌سوزی اتفاق افتاده در سال ۱۳۹۱ که در فرآیند مدل‌سازی استفاده نشده بود، صحت نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی تهیه شده به صورت چشمی بررسی شد.

نتایج

عوامل زیادی در عرصه‌های مختلف منابع طبیعی منطقه را برای ایجاد و گسترش آتش‌سوزی‌ها مستعد می‌سازند. این عوامل علاوه بر این‌که ماهیت متفاوتی

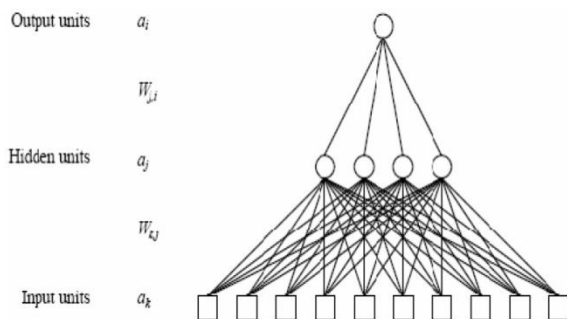
دارند، میزان تأثیر آن‌ها نیز از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت می‌باشد. شکل ۲ مناطقی که در آن آتش‌سوزی اتفاق افتاده را نشان می‌دهد. برای تهیه شبکه بین معیارهای استفاده شده و وقوع آتش‌سوزی از شبکه‌ای با تابع هایپربولیک استفاده شد. نتایج نشان داد که الگوریتم پرسپترون چندلایه و تابع هایپربولیک در ایجاد ارتباط بین داده‌های مورد استفاده و وقوع آتش‌سوزی کارا بوده و شبکه، مدلی با ۲ لایه مخفی و ۱۲ نرون بهترین صحت را نشان داد و همچنین میزان ضریب همبستگی ۰/۸۰ بود. در واقع نمایش تعداد نرون‌های لایه‌های مخفی این شبکه به صورت ۱-۱۲-۱۱ است. سپس وزن معیارهای مورد استفاده استخراج گردید. نتایج نشان داد که میزان بارندگی و فاصله از جاده بیشترین نقش را در وقوع آتش‌سوزی ایفا می‌کنند (شکل ۳). در مرحله آموزش نتایج اعتبارسنجی نشان داد بهترین شبکه در اجرای ۴ و تکرار ۴۵۰ با میزان میانگین مربعات خطای نهایی برابر ۰/۰۰۳۸ به دست آمده است (جدول ۱). همچنین مقادیر میانگین مربعات خطا و میانگین مربعات خطای نرمال شده^۲ به ترتیب حدود ۰/۰۰۹ و ۰/۰۰۳ به دست آمد (جدول ۱). همچنین حدود ۹۵ درصد داده‌های وقوع آتش‌سوزی و ۸۴ درصد از داده‌های عدم وقوع آتش‌سوزی به درستی طبقه‌بندی شدند (جدول ۲). در نهایت براساس وزن‌های به دست آمده برای هر معیار و با استفاده از نقشه‌های معیارهای مورد استفاده، نقشه پتانسیل خطر وقوع آتش‌سوزی برای منطقه مورد مطالعه به دست آمد (شکل ۴). همچنین بررسی‌ها نشان داد که بالغ بر ۳۶۰۰ کیلومتر مربع از منطقه مورد مطالعه در منطقه با خطر زیاد و خیلی زیاد قرار دارد (جدول ۴). پس از تهیه نقشه ۱۵ فقره آتش‌سوزی و مطابقت آن با نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی به دست آمده، نتایج نشان داد که ۷ نقطه

2- Normalized Mean Square Error (NMSE)

1- Momentum rate

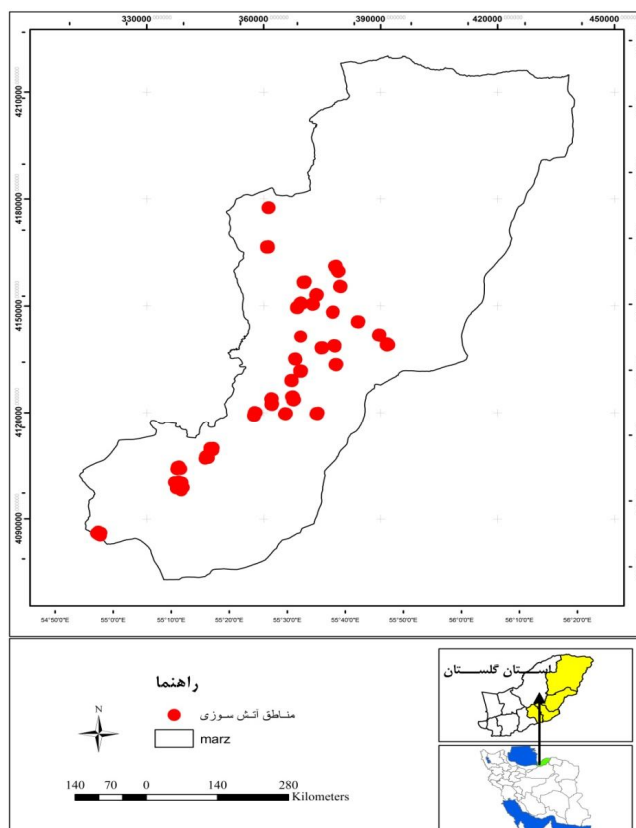
خطر آتش‌سوزی متوسط قرار گرفت (شکل ۵).

در منطقه خطر آتش‌سوزی خیلی زیاد و ۶ نقطه در منطقه با خطر آتش‌سوزی زیاد و ۲ نقطه در منطقه با

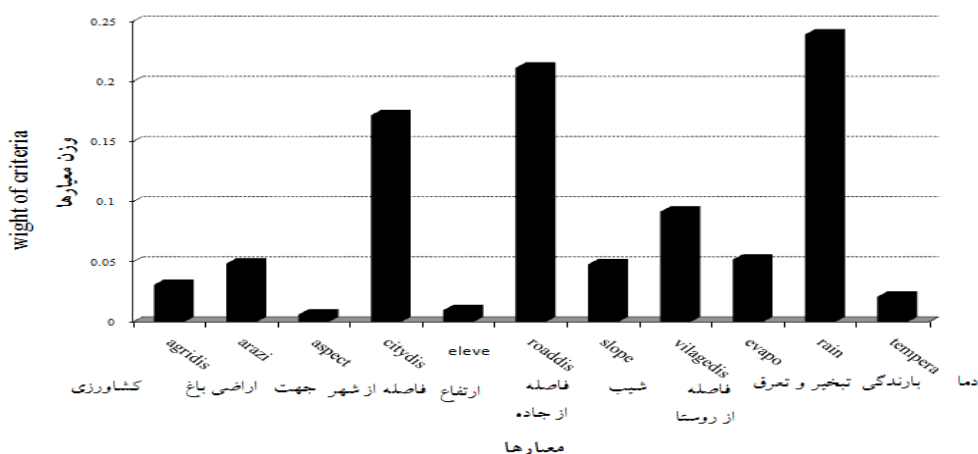


شکل ۲- الگوریتم یک پرسپترون- الگوریتم پرسپترون چندلایه (MLP)

Figure 2. Multi layer perceptron algorithm (MLP).



شکل ۲- مناطق آتش‌سوزی به وقوع پیوسته در منطقه مورد مطالعه واقع در استان گلستان.
Figure 2. Location of past forest fires in the study area in the Golestan Province.



شکل ۳- درجه اهمیت هر معیار در وقوع آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع در منطقه مورد مطالعه در استان گلستان.

Figure 3. Importance of each criteria on forest fire occurrence in the study area in the Golestan Province.

جدول ۱- نتایج میزان خطای اعتبارسنجی و میزان صحت پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی با استفاده از شبکه عصبی.

Table 1. The results of the validation error and the accuracy of prediction of forest fires using ANN.

نتایج میزان صحت پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی با استفاده از شبکه عصبی			نتایج میزان خطای اعتبارسنجی و وقوع آتش‌سوزی با استفاده از شبکه عصبی		
کارایی مدل	NI		بهترین شبکه	اعتبارسنجی	
میانگین مربعات خطا	MSE	0.009	Best network		
میانگین مربعات خطای نرمال شده	NMSE	0.003	Hidden layer	لایه مخفی ۱	12
متوسط خطای مطلق	MAE	0.01	Run	اجرا	4
حداقل خطای مطلق	Min Abs Error	0.0002	Epoch	تکرار	450
حداکثر خطای مطلق	Max Abs Error	0.9	Average of Minimum MSEs	حداقل میانگین مربعات خطا	0.044
ضریب همبستگی	R	0.8			
درصد صحت وقوع آتش‌سوزی شبکه تشکیل شده	Accuracy%	94.5	Average of Final MSEs	میانگین مربعات خطای نهایی	0.07

جدول ۲- نتایج میزان صحت طبقه‌بندی داده‌های وقوع و عدم وقوع آتش‌سوزی به درصد در منطقه مورد مطالعه.

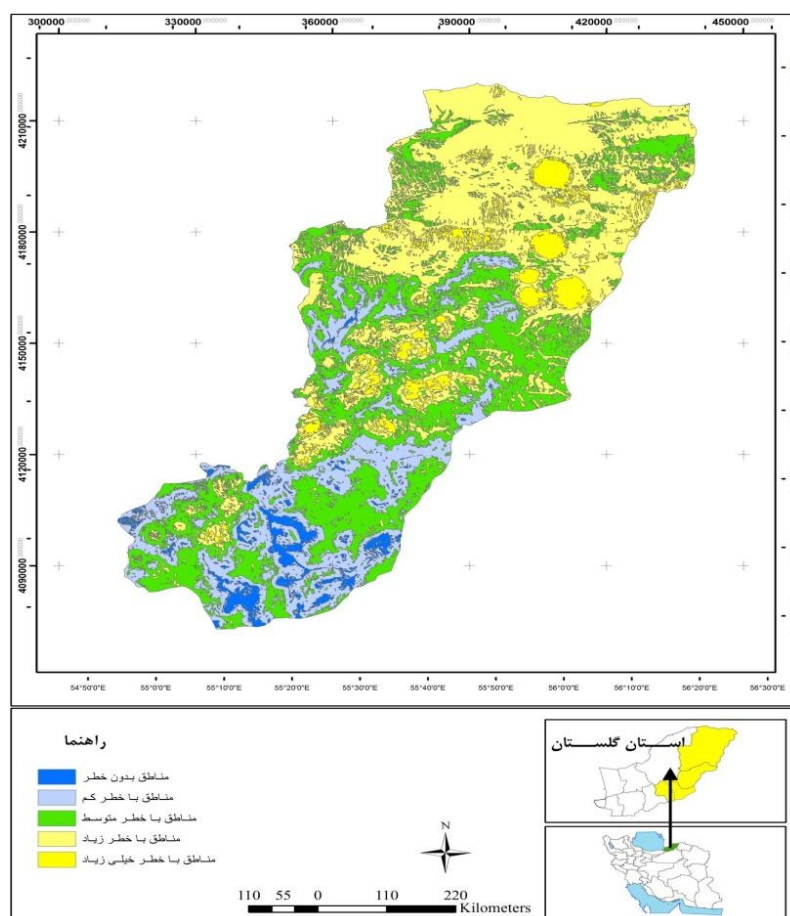
Table 2. The results of the accuracy of classification of Occurance/Nonoccurance of forest fire data in percent in the study area.

وقوع و عدم وقوع آتش‌سوزی جنگل Occurance/Nonoccurance of Forest fire	وقوع آتش‌سوزی به درصد Occurance of Forest fire %	عدم وقوع آتش‌سوزی به درصد Nonoccurance of forestfire %
وقوع آتش‌سوزی به درصد	95	16
عدم وقوع آتش‌سوزی به درصد	5	84

جدول ۳- میزان مساحت و درصد سطح منطقه به خطر آتش سوزی در جنگل‌ها و مراتع.

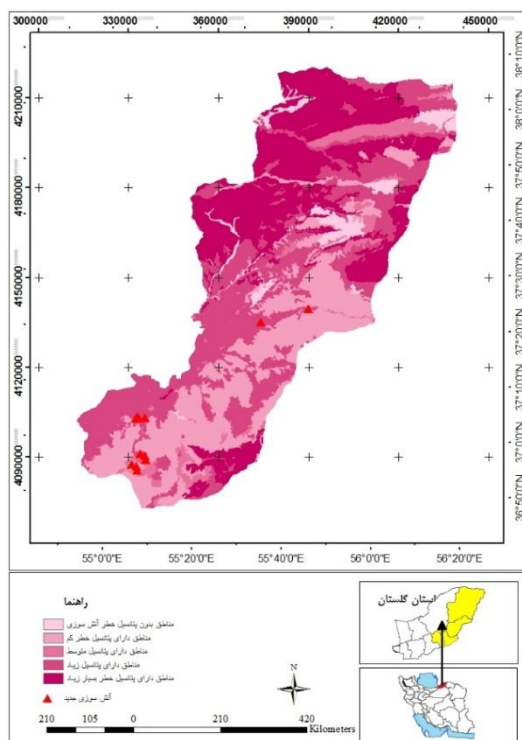
Table 3. The area and percentage of the forest fire risk.

درصد مساحت	مساحت (کیلومتر مربع)	طبقه	درجه اهمیت	Importance
Area %	Area (km ²)	class		
3.6	287.9	1	بی‌اهمیت	without Importance
17.9	1439	2	اهمیت کم	Low Importance
33.3	2670.68	3	با اهمیت متوسط	Moderate Importance
38.4	3082.51	4	دارای اهمیت زیاد	High Importance
6.7	539.67	5	دارای اهمیت خیلی زیاد	Very high Importance



شکل ۵- نقشه پتانسیل خطر وقوع آتش سوزی جنگل‌ها و مراتع در منطقه مورد مطالعه در استان گلستان.

Figure 4. Forest fire potential maps of study area in the Golestan Province.



شکل ۴- نقشه اعتبارسنجی نقشه پتانسیل خطر وقوع آتش سوزی جنگل‌ها و مراتع در منطقه مورد مطالعه در استان گلستان.

Figure 4. Forest fire potential Validation maps of study area in the Golestan Province.

آتش‌سوزی‌ها را به‌همراه داشته است. زامبرون و همکاران (۲۰۱۰) برای تعیین و درک اثر عوامل انسانی و عوامل آب و هوایی (دما و رطوبت نسبی) و بر روی وقوع آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده در جنگل‌های سوییس که اقلیم نقش کلیدی در وقوع آتش‌سوزی‌ها داشته است. در مطالعه سنچس عناصر اقلیمی مؤثر بر توسعه آتش‌سوزی جنگل‌های زاگرس نشان داد که مهمترین پارامتر مؤثر بر وقوع و گسترش آتش‌سوزی در این شهرستان حداقل رطوبت نسبی می‌باشد (۲). عوامل انسانی می‌تواند در قالب پراکنش ساختارهای زیربنایی و همچنین پراکنش جمعیتی بیان شود (۶). نتایج به‌دست آمده در این پژوهش با نتایج، محمدی و همکاران (۲۰۰۹)، جاییسوال و همکاران (۲۰۰۲)؛ ارتن و همکاران (۲۰۰۴)؛ سوماشکار و همکاران (۲۰۰۹) همخوانی دارد. با توجه به این‌که، رفت و آمد انسان و فعالیت او بیشتر در نزدیکی جاده‌ها اتفاق می‌افتد، این امر زمینه را برای ایجاد آتش‌سوزی انسانی فراهم می‌آورد (۹؛۱۶). نتایج به‌دست

بحث و نتیجه‌گیری

مدل‌سازی توسط شبکه عصبی مصنوعی در تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی باتوجه به نتایج اعتبارسنجی یک روش مناسب و دقیق می‌باشد. به‌طوری که حدود ۹۵ درصد داده‌ها به درستی طبقه‌بندی شده‌اند. باتوجه به نتایج ارائه شده مدل شبکه عصبی مصنوعی (۱:۱۲:۱۱) دارای بیشترین دقت پیش‌بینی و حداقل خطای آموزشی و آزمایشی است. نتایج نشان داد که از نظر پارامترهای اقلیمی بارندگی تأثیر زیادی بر روی وقوع آتش‌سوزی دارد. این یافته بدین معنی است که با افزایش بارندگی در منطقه مورد مطالعه، گیاهان یکساله و دیگر پوشش کف جنگل رشد بیشتری خواهند داشت. بنابراین افزایش بارندگی در منطقه مورد مطالعه ایجاد و گسترش آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی را تشدید می‌کند. تجربه‌های میدانی هم نشان داده است که افزایش بارندگی در ماه‌های بهمن، اسفند و فروردین سبب رشد بیشتری در پوشش کف جنگل شده و در نتیجه افزایش

به‌دست آمده در این تحقیق دانگ و همکاران (۲۰۰۵) همخوانی دارد. هوین و تاون (۲۰۰۸) در ویتنام نشان داد که ۴۵ درصد از کل منطقه نسبت به خطر آتش‌سوزی حساسیت دارد. همچنین نتایج نشان داد که هرچند عوامل دیگر روی سرعت آتش‌سوزی تأثیر می‌گذارد اما نقش مردم در ایجاد آتش‌سوزی اساسی می‌باشد. با توجه به میزان اهمیت هر متغیر در رخداد آتش‌سوزی متغیر فاصله از مناطق مسکونی شهری تأثیر زیادی داشت. با افزایش فاصله از مناطق مسکونی شهری رخداد آتش‌سوزی کاهش یافته است؛ به طوری که در فاصله‌های نزدیک مناطق مسکونی شهری بیشتر آتش‌سوزی‌ها مشاهده شده است. دلیل آن را تغییر کاربری جنگل به زمین زراعی و باغ و بهره‌برداری از محصولات فرعی جنگل در فاصله‌های نزدیک مناطق مسکونی بیان شده است. اما تأثیر فاصله از مناطق روستایی بر روی وقوع آتش‌سوزی اهمیت زیادی پیدا نکرد. شاید دلیل این امر شدت تغییرات کاربری در مناطق شهری باشد. نتایج به‌دست آمده در این پژوهش با نتایج پژوهش محققان دیگر محمدی و همکاران، ۲۰۰۹؛ جاییسوال و همکاران، ۲۰۰۲؛ ارتن و همکاران، ۲۰۰۴؛ سوماشکار و همکاران، ۲۰۰۹) همخوانی دارد. میزان ضریب همبستگی به‌دست آمده در این تحقیق برابر ۰/۸۰ بود. در تحقیقی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی با کمک داده‌های آب‌وهوایی در جنگل‌های زاگرس مقدار ضریب تعیین برابر $R^2 = 0/99$ به‌دست آمد، که باتوجه به نتایج

آمده در این خصوص با نتایج تحقیق دانگ و همکاران (۲۰۰۵) همخوانی دارد. هوین و تاون (۲۰۰۸) در ویتنام نشان داد که ۴۵ درصد از کل منطقه نسبت به خطر آتش‌سوزی حساسیت دارد. همچنین نتایج نشان داد که هرچند عوامل دیگر روی سرعت آتش‌سوزی تأثیر می‌گذارد اما نقش مردم در ایجاد آتش‌سوزی اساسی می‌باشد. با توجه به میزان اهمیت هر متغیر در رخداد آتش‌سوزی متغیر فاصله از مناطق مسکونی شهری تأثیر زیادی داشت. با افزایش فاصله از مناطق مسکونی شهری رخداد آتش‌سوزی کاهش یافته است؛ به طوری که در فاصله‌های نزدیک مناطق مسکونی شهری بیشتر آتش‌سوزی‌ها مشاهده شده است. دلیل آن را تغییر کاربری جنگل به زمین زراعی و باغ و بهره‌برداری از محصولات فرعی جنگل در فاصله‌های نزدیک مناطق مسکونی بیان شده است. اما تأثیر فاصله از مناطق روستایی بر روی وقوع آتش‌سوزی اهمیت زیادی پیدا نکرد. شاید دلیل این امر شدت تغییرات کاربری در مناطق شهری باشد. نتایج به‌دست آمده در این پژوهش با نتایج پژوهش محققان دیگر محمدی و همکاران، ۲۰۰۹؛ جاییسوال و همکاران، ۲۰۰۲؛ ارتن و همکاران، ۲۰۰۴؛ سوماشکار و همکاران، ۲۰۰۹) همخوانی دارد. میزان ضریب همبستگی به‌دست آمده در این تحقیق برابر ۰/۸۰ بود. در تحقیقی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی با کمک داده‌های آب‌وهوایی در جنگل‌های زاگرس مقدار ضریب تعیین برابر $R^2 = 0/99$ به‌دست آمد، که باتوجه به نتایج

نتیجه‌گیری کلی

این نتایج نشان می‌دهد که پتانسیل ایجاد و گسترش آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه بسیار بالا می‌باشد به طوری که بیش از ۷۸ درصد از کل عرصه در معرض خطر وقوع آتش‌سوزی قرار دارد. سابقه آتش‌سوزی‌ها در منطقه مورد مطالعه نیز این موضوع را تأیید می‌کند. باتوجه به نقش جنگل‌های منطقه در حفاظت از آب و خاک و جلوگیری از فرسایش، تهیه نقشه مناطق مستعد به آتش‌سوزی به‌عنوان گامی مؤثر در کمک به مدیران و محافظان جنگل جهت اجرای اقدامات پیشگیرانه لازم بسیار مفید و کمک کننده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، مدل‌سازی به‌وسیله شبکه عصبی دارای دقت خوبی است ولی در درک اثرات متقابل متغیرهای دارای ضعف می‌باشد. مدیران مبارزه با آتش‌سوزی با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی کننده مناسب و نقشه‌های پتانسیل خطر وقوع این پدیده می‌توانند با آگاهی از زمان احتمال وقوع آن، با آمادگی کامل با این پدیده مقابله کرده و میزان خسارات را به شدت کاهش دهند.

تقدیر و تشکر

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی شماره ۷۲۰۲۰۱۵/۱۳ با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه تهران انجام شده است.

منابع

1. Aleemahmoodi, S.S., Fegghi, J., and Jabbarian, A.B. 2013. Predicting the Occurrence of Natural Fires in Forests and Ranges using Artificial Neural Networks (Case Study: Zagros Region, Izeh county). *Esfahan, J. Applied Ecology.*, 1: 2. 75-86. (in persian)
2. Aleemahmoodi, S.S., Fegghi, J., Jabbarian, A.B., Danehkar, A., and Attarod, P. 2013. Applying the Regression Models to Assess the Influences of Climate Factors on Forest Fires (Case Study: Izeh). *Tehran, J. Nat. Rec.*, 2: 66. 191-201. (in Persian)
3. Bernabeuet, P., Vergara, L., Bosh, I., and Igual, J. 2004. A prediction/detection scheme for automatic forest fire surveillance. *Dig. Sig. Proc.*, J. 14: 5. 481-507.

4. Chuvieco, E., and Congalton, R.G. 1989. Application of remote sensing and geographic information system to forest fire hazard mapping. *Remote Sensing Environment*, 29(2): 147-159.
5. Daneshrad, A. 2006. Effect of forest degradation on disease. J. published in *Zitoon.*, 54(8): (in persian)
6. Dong, XU., Shao, G., Limin, D., Zhanqing, H, Lei, T., and Hui, W. 2005. Forest fire risk zone mapping from satellite GIS FORE Baihe Forestry Bureau, Jilin, China. *Fores. Search. J.* 16: 3.169-174.
7. Eduardo, E.M., Gustavo, F.B.A., Petri, K.E.P., and Yosio, E.Sh. 2011. Fire risk assessment in the Brazilian Amazon using MODIS imagery and change vector analysis. *Applied Geography J.* 31: 1. 76-84.
8. Elmas, C., and Sonmez, Y. 2011. A data fusion framework with novel hybrid algorithm for multi-agent. *Decision Support System for Forest Fire Cetin. Expert Systems with Applications J.* 38: 8. 9225-9236.
9. Ertena, E., Kurgun, V., and Musaoglu, N. 2004. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS: a case study. XXth Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Istanbul. Turkey: 222-230.
10. FAO. 2009. The State of the World's Forests 2009. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
11. Golestan province's water resources. 2013. <http://hamidrezadeylam.blogfa.com/post/9>.
12. Gortmaker, K. 2011. Forest fire hazard mapping in the LaPeyne area. France. Faculty of Geosciences Theses. 61p.
13. Hernandez, P., Arbelo, M., and Gonzalez, A. 2006. Fire risk assessment using satellite data. *Advances in space research J.* 37: 4. 741- 746.
14. Huyen, D.T., Th., and Tuan, V.A. 2008. Applying GIS and Multi Criteria Evaluation in Forest Fire Risk Zoning in Sona La Province, Vietnam. International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences. Iran Meteorological Organization. (In Persian)
15. Jaiswal, R.K., Saumitra, M., Kumaran, R.D., Rajesh, S. 2002. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation.* 4: 1-10
16. Kia, M. 2009. Neural network in Matlab. Published by nshre Kian Rayane Sabz. 226p. (in Persian)
17. Mohamadi, F., SHabaniyan, M., Poorhashmi, M., and Fatehi, P. 2009. Forest fire risk mapping using GIS and AHP in DA part of the forest. *Kordestan, J. Quarterly Iran. Forest Pop. Res.*, 18: 4. 569-586. (in Persian)
18. Sarkargar, ardakani, A., Valdan, Zoj, M., and Mansourian, A. 2009. Spatial analysis of fire using RS, GIS in different parts of the country. *Tehran, J. Ecology.* 35: 52. 25- 34. (In Persian)
19. Sebastian, S. 2002. Multi perceptron and back propagation learning, 9.641 Lecture4. September. Doi=10.1.1.86.8968.
20. Somashekar, R., Ravikumar, P., Mohankumar, C., Prakash, K., and Nagaraja, B. 2009. Burnt area mapping of bandipur national park, India using IRS1C\ 1D LISS III data. *Indiansoc Remote sensing J.* 37: 37- 50.
21. Vasilakos, C., Kalabokidis, K., Hatzopoulos, J., and Matsinos, I. 2009. Identifying wildland fire ignition factors through sensitivity analysis of a neural network. *Natural Hazards J.* 50:1.125-143. DOI 10.1007/s11069-008-9326-3.
22. Yang, L., Dawson, C., Brown, M., and Gell, M. 2006. Neural network and GA approaches for dwelling fire occurrence prediction. *Knowledge-Based Systems J.* 19: 4. 213-219. Doi:10.1016/j.knosys.2005.11.021.
23. Yuan, H. 2002. Development and evaluation of advanced data for accurate Land-us/Land-cover mapping, Phd Thesis, Departement of Forestry, North Carolina State University.

- repository.lib.ncsu.edu/ir/bitstream/1840.16/3829/1/etd.pdf.
24. Zumbrunnen, T., Pezzatti, G., Menéndez, P., Bugmann, H., Bürg, I.M., and Conedera, M. 2010. Weather and human impacts on forest fires: 100 years of fire history in two climatic regions of Switzerland. *Forest Ecology and Management J.* 261: 12. 2188-2199. Doi:10.1016/j.foreco.2010.10.009.



Forest fire hazard map using Artificial Neural Network in Golestan Province

*J. Fegghi¹, S. Alimahmoodi Sarab² and S.Gh. Khaje³

¹Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran,

²Ph.D. in Forestry, Gorgan University of Agriculture Science and Natural Resource,

³Forest Range and Watershed Management Organization

Received: 12/31/2013; Accepted: 08/27/2018

Abstract

Background and objectives: In preventing fire and reducing their effects, forest fire management is important. The purpose of this study was to provide a map of fire hazard potential and determine the effective factors on forest fires using GIS and artificial neural network for the cities of Ali-Abad, Ramayan, Azadshahr, Minoodasht and Kalaleh in Golestan province.

Materials and methods: The criteria used in this research included forest and rangeland lands, temperature, rainfall and evapotranspiration, slope, aspect, elevation of the sea level, distance from urban areas, distance from rural areas, distance from agricultural land and distance from the road. Vegetation map, digital elevation map and land use map provided from the forests of the rangelands and watersheds of the country, and the maps of temperature, rainfall, and evapotranspiration obtained from the organization of the meteorological for the whole of Iran. The influence of each parameter on fire ignition was determined by collecting of 37 samples from burned area and 37 sample from not burned area. 15 fire points that were not used in the modeling process was used For Validation the potential fire hazard map. For formation network between criteria and fire occurrence used of Multilayer perception (MLP) with Hyperbolic Pattern Algorithms. To this end, 70% of the data was used to train the network, 15% of the tests were tested and 15% of the data were used to validate the results.

Results: The results were shown raining and distance from the road had must be influenced on forest fire ignition. Validation test showed that the best network was obtained in run 4 and epoch 450 with 0.0038 Final Mean Square Error (FMSE) in training steps. Furthermore, about 95 percent of area burned and 84 of unburned areas has been properly classified. Finally, forest fire hazard maps was obtained based on each criteria weight. Results showed this network with 2 hidden layers and 12 neurons in each of them has best accuracy, and correlation coefficient (R) was 0.80. Furthermore, after determining the location of the 15 forest fire points on the map of potential fire hazard, the results showed that 7 points located in the area were very high fire risk, and 6 points in the area with a high fire risk, and 2 points located in the area with a low fire hazard.

Conclusion: According to the findings of this research, roads and rain reduction have a growing impact on the development of fire and natural forest fire managers need to adoption the necessary measures to better manage the forest and rangeland areas in these situations to prevent the occurrence or spread of fire.

Keywords: ANN, Fire potential, GIS, Golestan province

*Corresponding author: jfegghi@ut.ac.ir