

پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های حوزه شهرستان ایلام

سارا پولات^۱، فرهاد قاسمی آقباش^{۲*} و علی مهدوی^۳

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران. (sara.polat1370@yahoo.com)
- ۲- استادیار، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران. (f.ghasemi@malayeru.ac.ir)
- ۳- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. (mahdaviai56@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۹

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۱۵

چکیده

عوامل متعددی در وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها نقش دارند؛ بنابراین پیش‌بینی دقیق زمانی و مکانی وقوع آتش‌سوزی امری دشوار است، اما با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌توان به‌صورت مکانی مناطق دارای خطر بالای آتش‌سوزی را شناسایی کرده و نظارت بیشتری بر آنها داشت. هدف این پژوهش بررسی امکان تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی جنگل‌های حوزه شهرستان ایلام است. عوامل اقتصادی - اجتماعی، اقلیمی، توپوگرافی و پوشش گیاهی به‌عنوان معیارهای مناسب برای بررسی وضعیت مقدار خطر آتش‌سوزی این جنگل‌ها در نظر گرفته شدند. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سامانه اطلاعات جغرافیایی و شبکه عصبی این معیارها مورد ارزیابی قرار گرفتند. با توجه به نتایج، متغیر فاصله از مراکز جمعیتی با وزن ۱۰۰ درصد تأثیرگذارترین و متغیر ارتفاع از سطح دریا با وزن ۱/۵ درصد به‌عنوان کم‌اهمیت‌ترین متغیر در وقوع آتش‌سوزی جنگل‌های منطقه مورد بررسی نقش دارند. بر اساس نتایج ارزیابی صحت نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی با استفاده از ماتریس خطا، ملاحظه شد که نقشه تولید شده با صحت کلی ۸۳/۷۳ درصد دارای صحت بالایی است. همچنین بر اساس مقدار ضریب توافق کاپا (۰/۷۷) بین نقشه تهیه‌شده و داده‌های واقعی آتش‌سوزی می‌توان نتیجه گرفت که نقشه تهیه‌شده با داده‌های واقعی دارای انطباق بالایی است.

واژه‌های کلیدی: آتش‌سوزی جنگل، ایلام، پهنه‌بندی، زاگرس، شبکه عصبی.

مقدمه

در برخورد با سوانح طبیعی سبب گسترش رخداد آتش‌سوزی هم از نظر سطوح سوخته‌شده و هم از نظر تعداد دفعات وقوع آن شده است (Aleemahmoodi, 2014). در بسیاری از پژوهش‌ها شناسایی عوامل مؤثر بر گسترش و شدت آتش‌سوزی در مدیریت عرصه‌های جنگلی مورد توجه قرار گرفته است (Esmaeili Sharif et al., 2018)؛ بنابراین در شرایط کنونی به‌کارگیری فن‌های نوین و کارآمد در برنامه‌ریزی‌های آتی در مواجهه با چنین رخدادهایی ضروری به نظر می‌رسد. پهنه‌بندی خطر وقوع آتش‌سوزی به‌عنوان یک پیش‌نیاز برای طرح مدیریت آتش‌سوزی جنگل محسوب می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، پیش‌بینی مکانی احتمال وقوع و پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در مناطق مختلف، امکان مدیریت بهتر آتش‌سوزی جنگل را فراهم می‌کند (Mirdeylami and Shataei, 2011). ارزیابی خطر آتش‌سوزی و پهنه‌بندی وقوع آن باید با در نظر گرفتن مهم‌ترین اجزای مرتبط با وقوع آتش‌سوزی انجام شود. به‌عبارت‌دیگر برای پهنه‌بندی خطر وقوع آتش‌سوزی در مناطق جنگلی نیاز به مدلی مناسب و بهینه است (Kocher and Butsic, 2017). برای انتخاب بهترین مدل خطر وقوع آتش‌سوزی جنگل در نظر گرفتن مؤثرترین عامل‌ها با اختصاص وزن مناسب به آنها اهمیت بسزایی دارد. پهنه‌بندی احتمال وقوع آتش‌سوزی تاکنون به روش‌های مختلف پارامتریک و ناپارامتریک انجام شده است. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش‌های رگرسیون لجستیک (Martell et al., 1987, Hernandez-Leal et al., 2006, Marti'nez et al., 2009)، ترکیب خطی- وزنی ساده (Dong et al., 2005)، روش ترکیب خطی- وزنی با استفاده از روش AHP برای تعیین مقدار وزن عوامل و معیارهای مؤثر بر وقوع آتش

جنگل‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی تجدیدشونده نقش حیاتی در استمرار حیات و حفظ پایداری زیست‌بوم‌ها ایفا می‌کنند. این مسئله به‌ویژه در ایران که در زمره کشورهای خشک و کم‌آب جهان به‌شمار می‌رود و از محدودیت شدید پوشش گیاهی رنج می‌برد، بسیار دارای اهمیت است (Mobargai et al., 2009). آتش‌سوزی‌های جنگل و مرتع صرف‌نظر از اینکه به‌طور طبیعی اتفاق افتاده باشند و یا عامل انسانی داشته باشند، می‌تواند یک فاجعه اکولوژیکی محسوب شود. کنترل آتش‌سوزی‌های طبیعی عملاً غیرممکن است اما این امکان وجود دارد که با پهنه‌بندی نقشه مناطق حساس به آتش‌سوزی تکرار آتش‌سوزی‌های جنگلی و مرتعی را کاهش داده و خسارات فاجعه‌بار آن را به حداقل رساند (Costa, 2017). اغلب از آتش به‌عنوان عامل تخریب‌کننده پوشش گیاهی نام برده می‌شود که این مسئله می‌تواند بسته به نوع و شدت آتش‌سوزی، زمان وقوع و نوع پوشش گیاهی تأثیرات مثبت یا منفی بر اجزای تشکیل‌دهنده بوم‌سازگان‌های جنگلی داشته باشد (Chamandeh et al., 2017). از جمله اثرهای منفی آتش‌سوزی در جنگل‌ها، به‌ویژه جنگل‌های زاگرس، می‌توان به کاهش گندمیان و پهن‌برگان چندساله در زیرآشکوب درختان بلوط ایرانی (Chamandeh et al., 2017)، اثرهای نامطلوب بر بانک بذر و ترکیب پوشش گیاهی آتی منطقه (Heydari and Faramarzi, 2015)، بروز فرسایش خاک، تغییرات اکولوژیکی و جنگل‌شناسی و هدررفت سرمایه جنگل (Hemmatboland et al., 2010) و کاهش حاصلخیزی خاک در درازمدت (Sadeghifar et al., 2016) اشاره کرد. خشک‌سالی‌های اخیر، نداشتن برنامه‌ریزی مناسب، فقدان آگاهی و ناکارآمدی جامعه

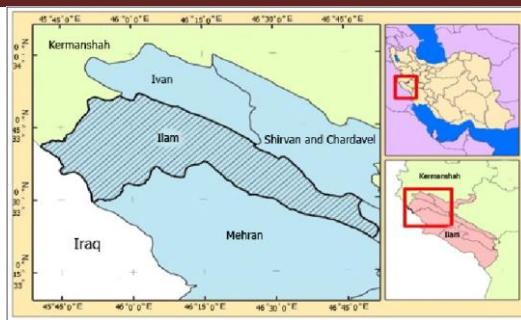
شبکه‌های عصبی نسبت به مدل‌های غیرخطی دیگر است (Khashei et al., 2009). تغییر اقلیم و افزایش حداکثری دمای سالانه در وقوع آتش‌سوزی‌های جنگل‌های زاگرس نقش دارند. استان ایلام نیز از این مسئله مستثنا نبوده به طوری که بر اساس اطلاعات به دست آمده از اداره کل منابع طبیعی استان ایلام تا سال ۱۳۹۵، ۲۳۶ فقره حریق در سطح جنگل‌ها و مراتع این استان رخ داده است. همچنین تعداد ۶۱ کانون بحران با بیش از ۱۸۵ هزار هکتار در سطح استان ایلام شناسایی شده است؛ بنابراین این پژوهش در نظر دارد با به کارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی و شبکه عصبی مصنوعی به بررسی و تجزیه و تحلیل توزیع مکانی و مشخصات آتش‌سوزی‌های به وقوع پیوسته در جنگل‌های حوزه شهرستان ایلام بپردازد تا بتواند عوامل مؤثر بر ایجاد و گسترش آتش‌سوزی‌ها در جنگل‌ها و مراتع شهرستان ایلام را شناسایی نماید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

شهرستان ایلام با مساحتی حدود ۲۱۳۰۰۰ هکتار بین مختصات ۳۳°۲۱' تا ۳۳°۵۱' طول شرقی و ۴۵°۴۱' تا ۴۶°۵۱' عرض شمالی قرار گرفته است. مساحت عرصه‌های ملی شهرستان ایلام ۱۹۶۵۰۰/۶۴ هکتار بوده و سطح جنگل‌های شهرستان ۱۰۲۷۲۴/۲۱ هکتار است. بر اساس داده‌های ۳۰ ساله ایستگاه سینوپتیک ایلام (۱۳۶۴-۱۳۹۳) میانگین بارش سالیانه ۵۹۵ میلی-متر و متوسط درجه حرارت سالیانه آن ۲۸ درجه سانتی‌گراد است. ماه‌های خشک شهرستان ایلام خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر است. بر اساس طبقه‌بندی دومارتن اقلیم شهرستان ایلام نیمه‌خشک است (Polat et al., 2018).

(Mohammadi et al., 2009, Vadrevu et al., 2010) روش فازی لجستیک (Iliadis, 2005)، شبکه‌های عصبی مصنوعی (Alonso-Betanzos et al., 2002) اشاره کرد. به کارگیری این روش‌ها مستلزم تهیه و اجرای دقیق مدل‌های حاصل بین عوامل مؤثر بر وقوع آتش است. با توجه به پیچیدگی فرایند آتش‌سوزی در مناطق مختلف و تأثیرگذاری عوامل مختلف بر وقوع آن روش‌های مذکور هر یک دارای قابلیت‌ها و محدودیت‌هایی هستند. بررسی قابلیت این روش‌ها و به کارگیری آنها در مناطق مختلف می‌تواند در نتیجه‌گیری برای انتخاب بهترین و مؤثرترین روش کمک زیادی نماید. استفاده از قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) نیز توانسته است پهنه‌بندی و مدل‌سازی وقوع احتمال خطر آتش‌سوزی را تسهیل نماید (Jaiswal et al., Chuvieco and Congalton, 1989, Salamati et al., 2011, 2002). یکی از مدل‌های آماری مناسب برای انجام پهنه‌بندی با استفاده از داده‌های موجود آتش‌سوزی که در بسیاری از پژوهش‌ها انجام گرفته است، روش شبکه‌های عصبی مصنوعی است. شبکه‌های عصبی مصنوعی از جمله روش‌های پیشرفته و نوین در شبیه‌سازی هستند که امروزه در تمام علوم مهندسی به عنوان یک ابزار قوی در شبیه‌سازی پدیده‌هایی که تحلیل مفهومی آنها با مشکل مواجه است، کاربرد بسیاری پیدا کرده‌اند. در این روش داده‌های مشاهده‌ای به مدل آموزش داده می‌شود و پس از آموزش مدل با دقت مناسب کار پیش‌بینی و شبیه‌سازی را انجام می‌دهد. این شبکه‌ها بدون اینکه نیاز به هیچ‌گونه پیش‌فرضی در مورد شکل مدل داشته باشند می‌توانند هر نوع تابعی را با دقت مورد نظر پیش‌بینی نمایند. همین ویژگی یکی از مزیت‌های بارز



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی

Figure 1. The geographical location of study area

داده‌های مورد استفاده

برای انجام این پژوهش از داده تعداد دفعات وقوع آتش‌سوزی (۳۶ دفعه) و سطح سوخته‌شده (۲۱۴/۶۱۸ هکتار) در جنگل‌ها و مراتع شهرستان ایلام در طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴ استفاده شد. همچنین داده‌های اقلیمی شامل دما، بارش، سرعت باد و جهت باد، داده‌های توپوگرافی شامل شیب، جهت، ارتفاع و داده‌های فاصله از جاده، فاصله از رودخانه و فاصله از مناطق جمعیتی نیز استفاده شدند (Beygi Heidarlu *et al.*, 2014). داده‌های اقلیمی دما و بارش، سرعت و جهت باد در سال‌های موردنظر (۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴) با مراجعه به اداره هواشناسی استان ایلام و ایستگاه‌های اطراف محدوده تحقیقاتی شامل ایوان، لومار، مهران و سرابله تهیه شد. برای دستیابی به اطلاعات مناطق بدون ایستگاه هواشناسی از روش درونیابی IDW یا معکوس فاصله استفاده شد. تهیه نقشه هم‌باران با استفاده از روش درونیابی IDW انجام شد. در این پژوهش جهت باد شهرستان به چهار طبقه (۱): ۱۹۰-۱۷۵ درجه، (۲): ۱۹۰-۲۰۵ درجه، (۳): ۲۰۵-۲۲۰ درجه و (۴): بیشتر از ۲۲۰ درجه تفکیک شدند. همچنین سرعت باد در منطقه مورد بررسی به چهار قسمت ۰-۱۲ متر بر ثانیه، ۱۳-۱۲ متر بر ثانیه، ۱۴-۱۳ متر بر ثانیه و بیشتر از ۱۴ متر بر ثانیه تقسیم شدند. برای دستیابی به نقشه‌های سرعت و جهت باد ابتدا

آمار درازمدت سرعت و جهت باد (بر مبنای آزمایشات) هر یک از ایستگاه‌ها دریافت و سپس میانگین مقادیر درازمدت آنها در مرکز هر ایستگاه محاسبه شد. در گام بعدی با استفاده از روش درونیابی IDW نقشه پهنه-بندی سرعت و جهت باد حاصل شد. در خصوص عوامل فیزیوگرافی نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰۰ مربوط به منطقه در محیط نرم‌افزار ArcGIS ژئورفرنس، نقشه DEM منطقه تهیه و نقشه‌های شیب و جهت منطقه در محیط ArcGIS استخراج شدند. نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد بررسی از طریق شاخص پوشش گیاهی NDVI استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای لندست هشت به تاریخ ۲۰ تیرماه ۱۳۹۵ برآورد و طبقه‌بندی شد. نقشه کاربری اراضی منطقه مورد بررسی نیز از طریق تصویر ماهواره‌ای IRS، نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰۰، نقشه پوشش گیاهی و بازدیدهای انجام شده از منطقه در نه طبقه تهیه شد. در خصوص عوامل اصلی اثرگذار در وقوع آتش‌سوزی سه عامل فاصله با جاده، فاصله با مناطق مسکونی و فاصله از رودخانه در نظر گرفته شدند. تمام جاده‌های اصلی و فرعی حوزه شناسایی شده و روی نقشه‌های توپوگرافی رقومی شدند. نقشه طبقات فاصله از جاده نیز با استفاده از تابع فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار ArcGIS به صورت پیوسته محاسبه و طبقه‌بندی شد. در این پژوهش برای تهیه لایه مجاورت با مناطق مسکونی، ابتدا موقعیت

تمامی مراکز جمعیتی شهرستان ایلام در قالب فایل Point ذخیره و سپس با استفاده از تابع فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار ArcGIS به صورت پیوسته محاسبه و طبقه‌بندی شد. در این پژوهش رودخانه‌های اصلی و فرعی منطقه از روی نقشه توپوگرافی منطقه و تصویر ماهواره‌ای و در بازدید از منطقه مشخص و در آخر نقشه آبراهه‌های حوزه تهیه شد. در گام بعدی نقشه فاصله از رودخانه با استفاده از تابع فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار ArcGIS به صورت پیوسته محاسبه و طبقه‌بندی شد.

روش انجام پژوهش

طبق آمار آتش‌سوزی سال‌های ۱۳۸۵ الی ۱۳۹۴ که از اداره منابع طبیعی شهرستان ایلام تهیه شد، تمامی مناطقی که آتش‌سوزی صورت گرفته بود، شناسایی و مختصات مناطق آتش‌گرفته و در محیط نرم‌افزار ArcGIS به پلی‌گون تبدیل شدند. لایه‌های اطلاعاتی تمامی عوامل تأثیرگذار در وقوع آتش‌سوزی نیز به طبقات مشخص طبقه‌بندی شدند. در مرحله بعد موقعیت و محدوده‌های مناطق آتش‌سوزی شده در چند سال اخیر بر اساس اطلاعات ثبت شده توسط کارشناسان ادارات کل منابع طبیعی و محیط‌زیست استان، لایه رقمی محدوده‌های آتش‌گرفته تهیه و لایه منطقه آتش‌سوزی در محیط GIS به صورت لایه ۰ و ۱ تبدیل شد. لایه‌های عوامل مؤثر و لایه مناطق آتش‌سوزی که به ترتیب متغیرهای مستقل و وابسته هستند وارد شبکه عصبی مصنوعی شدند. در این پژوهش از شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه (MLP) استفاده شد. پس از ورود داده‌های آموزشی و اعتبارسنجی با تغییر پی‌درپی پارامترهای مدل از جمله نوع الگوریتم آموزشی، نوع تابع فعال‌سازی، تعداد لایه‌های مخفی، تعداد نرون‌ها در لایه مخفی و بر اساس آماره میانگین مجذور مربعات خطا بهترین

معماری شبکه انتخاب و تأثیرگذارترین عوامل در وقوع آتش‌سوزی انتخاب شدند. بر اساس مدل‌های عمومی شبکه‌های عصبی مصنوعی در این پژوهش نیز ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش و ۳۰ درصد مابقی برای اعتبارسنجی و ارزیابی استفاده شدند. در آخر با استفاده از این عوامل نقشه خطر آتش‌سوزی در پنج کلاس کاملاً ایمن، ایمن، متوسط، خطرناک و بسیار خطرناک پهنه‌بندی شد. برای پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در منطقه مورد بررسی از تابع Weighted Sum موجود در نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. در این روش مقادیر ورودی لایه‌ها قبل از استفاده مجدد باید طبقه‌بندی شوند. شاخص مقادیر اختصاص داده شده به لایه‌های ورودی می‌تواند هر مقداری باشد و نیازی به اضافه شدن به مجموع خاصی ندارد. وقتی لایه‌های ورودی اضافه می‌شوند مقادیر خروجی نتیجه مجموع حاصل ضرب هر مقدار در ارزش آن است. در این روش عوامل مناسب‌تر در خروجی نهایی لایه، مقدار بالاتری را به خود اختصاص می‌دهند، در نتیجه این مکان‌ها را به عنوان بهترین مکان در نتیجه تحلیل مکانی ارزیابی می‌کنند (Puri et al., 2011). لازم به توضیح است که به منظور تشکیل مدل و تعیین اهمیت معیارهای مورد بررسی، تعداد ۳۰ نقطه که به هیچ وجه سابقه آتش‌سوزی نداشتند به شکل تصادفی شناسایی و مقادیر عددی معیارها در آن نقاط نیز استخراج و ذخیره شد. در گام بعد داده‌های استخراج شده در دو سطح (مناطق آتش‌سوزی و مناطق ایمن) و ۱۲ متغیر وارد مدل شبکه عصبی MLP شدند.

نتایج

نتایج تحلیل اهمیت متغیرهای مورد بررسی در سیستم شبکه عصبی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- اطلاعات شبکه (متغیرهای مورد بررسی در سیستم شبکه عصبی)

Table 1. Network information (variables studied in the neural network system)

ارتفاع از سطح دریا	1		
Above sea level			
شیب	2		
Slope			
جهت جغرافیایی	3		
Aspect			
فاصله از مراکز جمعیتی	4		
The distance from cities			
فاصله از جاده‌ها	5		
Distance from the roads			
فاصله از رودخانه	6		
Distance from the river		متغیرهای مورد بررسی	
دما	7	variables studied	
Temperature			لایه ورودی
بارش	8		Input layer
Precipitation			
سرعت باد	9		
Wind speed			
جهت باد	10		
Wind direction			
پوشش گیاهی	11		
Vegetation			
کاربری اراضی	12		
Land use			
12		تعداد واحدها	
		Number of units	
استاندارد		روش بازنگری متغیر	
Standard		Variable revision method	
1		تعداد لایه‌های پنهان	
		Number of hidden layers	
3		تعداد واحد در لایه‌های پنهان	لایه‌های پنهان
		Number of units in hidden layers	Hidden layers
تانژانت هایپربولیک		تابع فعال‌سازی	
Hyperbolic tangent		Activation function	
1		متغیر وابسته	
		Dependent variable	
2		تعداد واحدها	لایه خروجی
		Number of units	Output layer
Softmax		تابع فعال‌سازی	
		Activation function	

اهمیت عوامل مؤثر در آتش‌سوزی

برای بررسی مقدار تأثیر هر یک از سطوح متغیرها در امر آتش‌سوزی اراضی جنگلی داده‌های هر طبقه از متغیرها استخراج و وارد شبکه عصبی MLP شد که نتایج آن به تفکیک برای هر متغیر در جدول ۲ ارائه شده است.

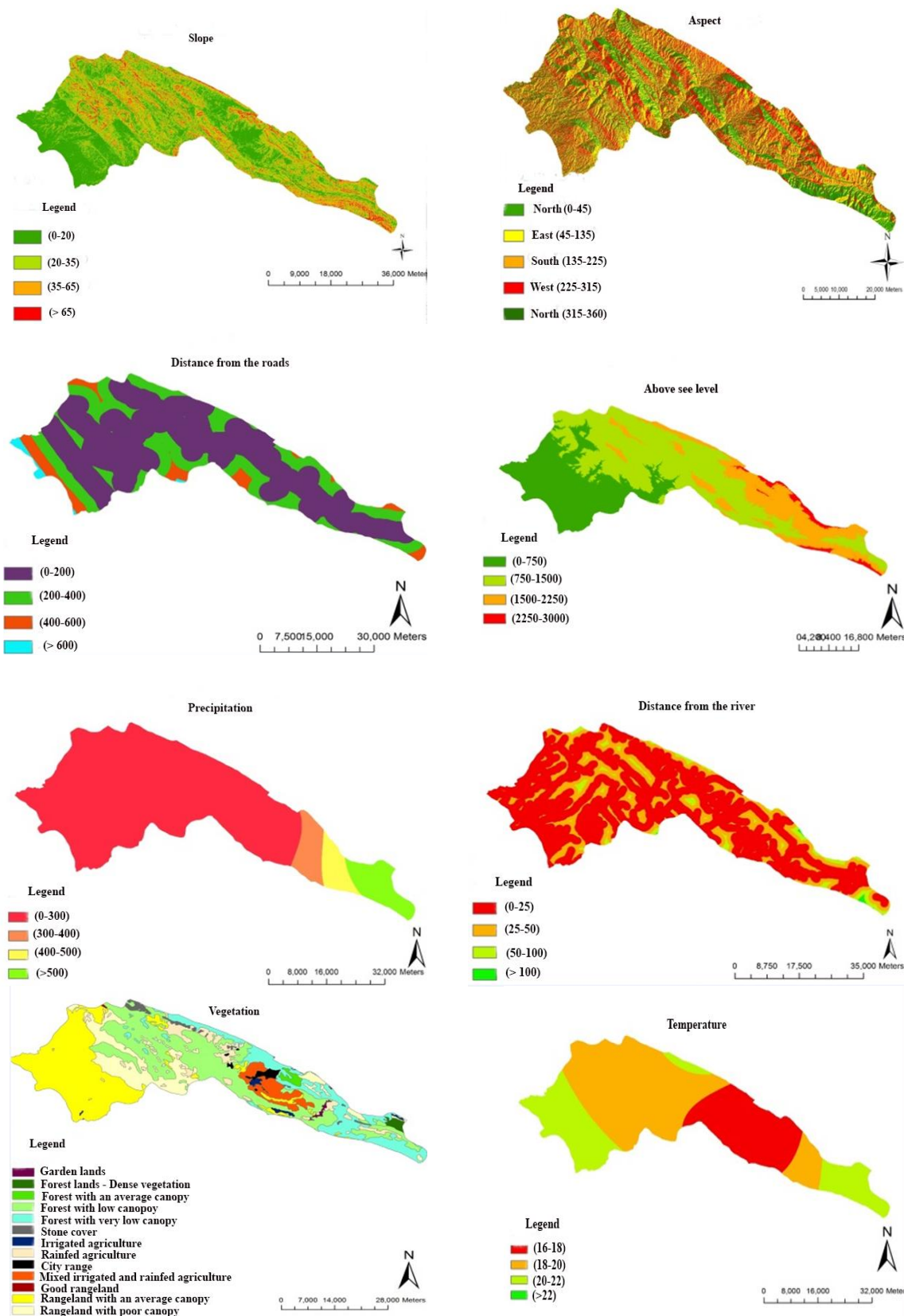
نقشه‌های تولیدشده برای عوامل مؤثر در آتش‌سوزی در شکل ۲ نقشه‌های تولیدشده برای عوامل مؤثر در آتش‌سوزی جنگل‌های حوزه شهرستان ایلام ارائه شده‌اند. مقیاس تمامی نقشه‌ها ۱:۵۰۰۰۰ است.

بر اساس نتایج حاصل از بررسی اهمیت عوامل مؤثر در آتش‌سوزی با استفاده از شبکه عصبی MLP می‌توان دریافت که متغیر فاصله از مراکز جمعیتی با وزن ۰/۴ تأثیرگذارترین متغیر و متغیر ارتفاع نیز با وزن ۰/۰۰۶ کم‌اهمیت‌ترین متغیر در امر آتش‌سوزی اراضی جنگلی در حوزه شهرستان ایلام است. به علت اینکه هر یک از متغیرها دارای سطوح متفاوتی از اطلاعات هستند و هر سطح دارای اهمیت متفاوتی در مقوله آتش‌سوزی جنگل است. از این‌رو در این پژوهش

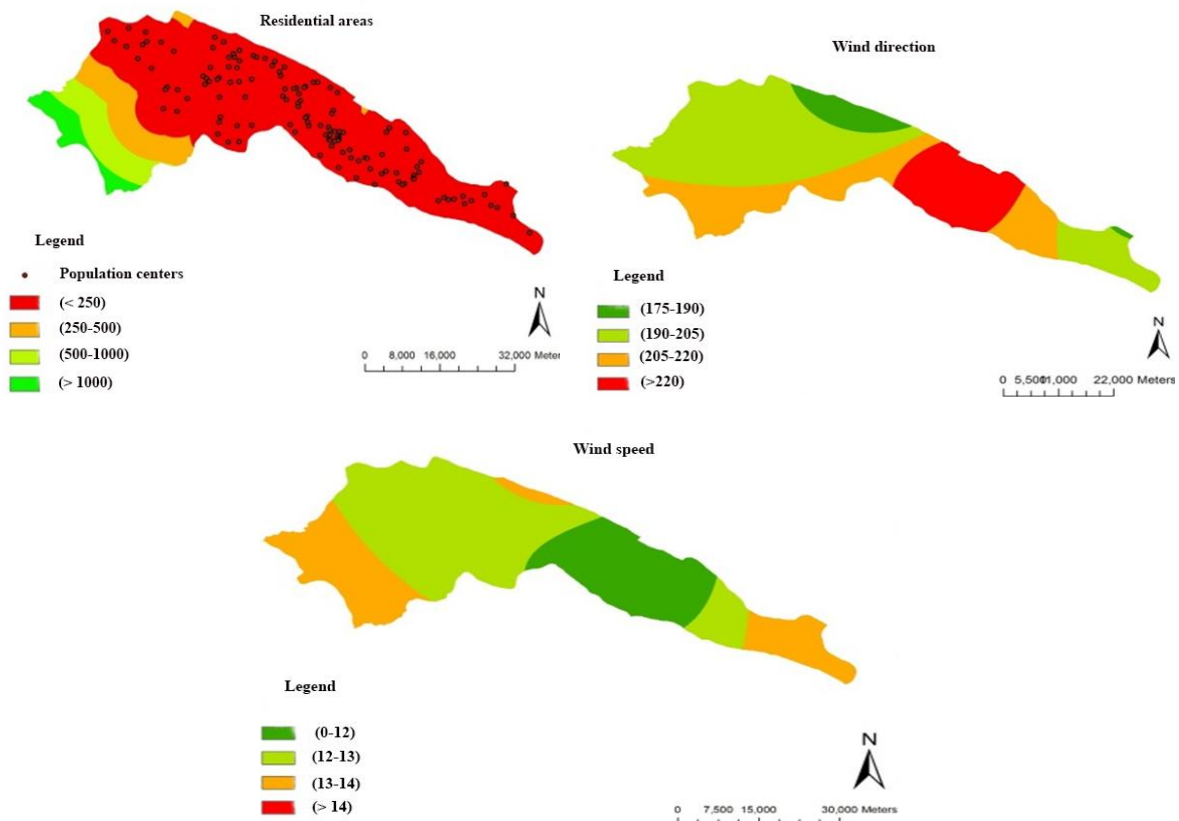
جدول ۲- اهمیت متغیرهای مستقل (عوامل مؤثر در آتش‌سوزی)

Table 2. The Importance of Independent Variables (Factors Influencing Fire)

وزن نرمال Normal weight	وزن (اهمیت متغیر) Weight (variable importance)	متغیر Variable
43.7%	0.175	فاصله از جاده‌ها Distance from the roads
5.8%	0.023	بارش Precipitation
8.7%	0.035	جهت باد Wind direction
26.0%	0.104	پوشش گیاهی Vegetation
8.2%	0.033	جهت جغرافیایی Aspect
5.5%	0.022	فاصله از رودخانه Distance from the river
1.5%	0.006	ارتفاع از سطح دریا Above sea level
5.7%	0.023	کاربری اراضی Land use
23.8%	0.095	دما Temperature
6.5%	0.026	شیب Slope
14.8%	0.059	سرعت باد Wind speed
100.0%	0.400	فاصله از مراکز جمعیتی The distance from cities



شکل ۲- نقشه‌های تولید شده برای عوامل مؤثر در آتش‌سوزی جنگل‌های شهرستان ایلام
 Figure 2. Produced maps for effective factors on the forest fires in Ilam city



ادامه شکل ۲.

Continued figure 2.

بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است. عامل سرعت باد با ۱۲-۱۳ متر بر ثانیه به‌عنوان خطرناک-ترین سرعت باد در امر آتش‌سوزی در شهرستان ایلام پیش‌بینی شده است. جهت باد بیشتر از ۲۲۰ درجه در مناطقی که آتش‌سوزی در آنها ثبت شده، تأثیرگذارترین جهت در ایجاد و گسترش آتش‌سوزی بوده است. پوشش گیاهی به‌نسبت متراکم نیز در شهرستان ایلام تأثیرگذارترین و مناسب‌ترین پوشش گیاهی برای وقوع حریق پیش‌بینی شده است. جنگل کم‌تراکم که سطح وسیعی از شهرستان ایلام را پوشش می‌دهد و به‌عنوان مناطق تفریحی مورد استقبال مردم این منطقه قرار می‌گیرد در معرض مناطق بسیار خطرناک قرار دارد (جدول ۳).

بر اساس نتایج ارتفاع ۱۵۰۰-۳۰۰۰ متر از سطح دریا، شیب ۳۵-۶۵ درصد و جهت شمال تأثیرگذارترین عوامل در ایجاد آتش‌سوزی در جنگل-های مورد بررسی هستند. بر اساس نتایج مشخص شد که در مناطقی که کمترین فاصله از مناطق مسکونی را دارند (۲۵۰ متر) بیشترین دسترسی به مناطق جنگلی و در نتیجه بیشترین احتمال وقوع آتش‌سوزی وجود دارد و در مناطقی که در فاصله ۲۰۰-۴۰۰ متر از جاده قرار دارند بیشترین آتش‌سوزی اتفاق افتاده است. در مناطقی که در فاصله ۵۰۰-۱۰۰۰ متر از رودخانه قرار دارند در محدوده مناطق بسیار خطرناک آتش-سوزی قرار دارند. همچنین در دمای بیشتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین احتمال وقوع آتش‌سوزی وجود دارد. معیار بارش‌های بیشتر از ۵۰۰ میلی‌متر

جدول ۳- مقدار تأثیر هر یک از متغیرها در آتش سوزی جنگل

Table 3. Effects of the variables on forest fire

وزن نرمال Normal weight	وزن Weight	عامل Factor	وزن نرمال Normal weight	وزن Weight	عامل Factor
81.2%	0.290	۰ تا ۲۰ 0 to 20	17.7%	0.122	۷۵۰ تا ۱۰۳ 103 to 750
33.3%	0.119	۲۰ تا ۳۵ 20 to 35	20.5%	0.142	۱۵۰۰ تا ۷۵۰ 750 to 1500
100%	0.357	۳۵ تا ۶۵ 35 to 65	100%	0.692	۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ 1500 to 3000
8/65%	0.235	بیشتر از ۶۵ More than 65	6.4%	0.044	بیشتر از ۳۰۰۰ More than 3000
100%	0.425	۰ تا ۲۵۰ 0 to 250	100%	0.453	شمال North
49.6%	0.211	۲۵۰ تا ۵۰۰ 250 to 500	21.1%	0.096	شرق East
47.7%	0.203	۵۰۰ تا ۱۰۰۰ 500 to 1000	42.8%	0.194	جنوب South
38%	0.162	بیشتر از ۱۰۰۰ More than 1000	56.9%	0.258	غرب West
19.9%	0.071	۰ تا ۲۵۰ 0 to 250	55.5%	0.260	۰ تا ۲۰۰ 0 to 200
70.6%	0.251	۲۵۰ تا ۵۰۰ 250 to 500	100%	0.469	۲۰۰ تا ۴۰۰ 200 to 400
100%	0.355	۵۰۰ تا ۱۰۰۰ 500 to 1000	36.4%	0.171	۴۰۰ تا ۶۰۰ 400 to 600
91%	0.323	بیشتر از ۱۰۰۰ More than 1000	21.4%	0.100	بیشتر از ۶۰۰ More than 600
86.1%	0.355	۰ تا ۳۰۰ 0 to 300	12.7%	0.077	۱۰ تا ۱۶ 10 to 16
60.3%	0.235	۳۰۰ تا ۴۰۰ 300 to 400	2.2%	0.014	۱۶ تا ۱۸ 16 to 18
10.6%	0.041	۴۰۰ تا ۵۰۰ 400 to 500	49.4%	0.300	۱۸ تا ۲۰ 18 to 20
100%	0.389	بیشتر از ۵۰۰ More than 500	100%	0.609	بیشتر از ۲۰ More than 20
44.9%	0.272	۱۷۵ تا ۱۹۰ 175 to 190	13.4%	0.048	۰ تا ۱۲ 0 to 12
11.5%	0.070	۱۹۰ تا ۲۰۵ 190 to 205	100%	0.355	۱۲ تا ۱۳ 12 to 13
8.4%	0.051	۲۰۵ تا ۲۲۰ 205 to 220	90.1%	0.319	۱۳ تا ۱۴ 13 to 14
100%	0.607	بیشتر از ۲۲۰ More than 220	78%	0.278	بیشتر از ۱۴ More than 14

ادامه جدول ۳.

Continued table 3.

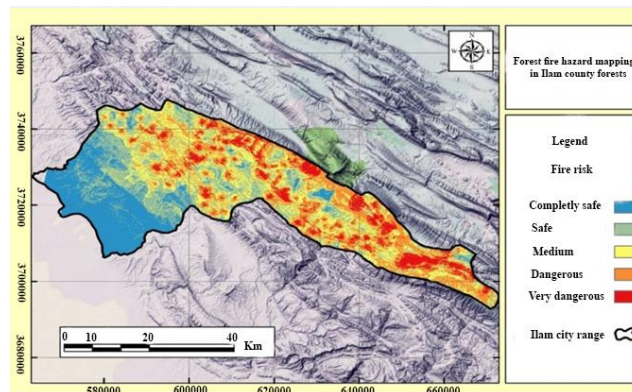
وزن نرمال Normal weight	وزن Weight	عامل Factor	وزن نرمال Normal weight	وزن Weight	عامل Factor
16.1%	0.091	بدون پوشش Without vegetation	53.2%	0.095	مراتع ضعیف Poor rangeland
23.2%	0.131	پوشش خیلی ضعیف Very poor vegetation	65.1%	0.116	مخلوط کشاورزی و مرتع Mixed farming and rangeland
38.1%	0.215	پوشش متوسط Medium vegetation	76.2%	0.136	جنگل نیمه متراکم Semi-dense forest
100%	0.564	پوشش به نسبت متراکم Fairly dense vegetation	79%	0.141	اراضی مشجر Wooded rangeland
			58.6%	0.105	مراتع نیمه انبوه Semi-mass rangeland
			45.7%	0.081	کشاورزی دیم Rainfed agriculture
			13%	0.023	کشاورزی آبی Irrigated agriculture
			100%	0.178	جنگل کم تراکم Low-dense forest
					مخلوط کشاورزی و جنگل Mixed farming and forest
			69.9%	0.125	

پوشش گیاهی
Vegetation

کاربری اراضی
Land use

در نرم‌افزار ArcGIS صورت گرفت در شکل ۳ نشان داده شده است.

پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی منطقه مورد بررسی نتایج حاصل از پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی منطقه مورد بررسی که با استفاده از تابع Weighted Sum موجود



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی شهرستان ایلام

Figure 3. The Forest fire hazard mapping of Ilam city

ارزیابی اندازه صحت نتایج حاصل از پهنه‌بندی

پس از تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی با استفاده از وزن‌های محاسبه شده به‌روش شبکه عصبی مصنوعی اقدامات لازم برای ارزیابی اندازه صحت نتایج حاصل از پهنه‌بندی انجام شد که نتایج آن در جدول ۴ نشان داده شده است.

بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی صحت نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی ملاحظه می‌شود که نقشه تولیدشده با صحت کلی ۸۳/۷۳ درصد دارای صحت بالایی است. همچنین بر اساس مقدار ضریب توافق

کاپا (۰/۷۷) بین نقشه تهیه‌شده و داده‌های واقعی آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی شهرستان ایلام می‌توان نتیجه گرفت که نقشه تهیه‌شده با داده‌های واقعی دارای انطباق بالایی است. پس از تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و سامانه اطلاعات جغرافیایی مقدار مساحت هر یک از طبقات آتش‌سوزی محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۴- نتایج حاصل از تشکیل ماتریس خطا

Table 4. The results of the formation of the error matrix

داده‌های واقعی آتش‌سوزی Actual fire data						نقشه پهنه‌بندی آتش‌سوزی Forest fire hazard mapping	
مجموع Total	کاملاً ایمن Completely safe	ایمن Safe	متوسط Medium	خطرناک Dangerous	بسیار خطرناک Very dangerous		
3.75%	0.00%	0.00%	0.18%	2.46%	88.56%		بسیار خطرناک Very dangerous
11.09%	0.00%	1.40%	7.87%	87.02%	9.97%		خطرناک Dangerous
17.70%	0.92%	15.01%	77.83%	10.52%	1.47%		متوسط Medium
25.17%	8.04%	73.29%	14.13%	0.00%	0.00%		ایمن Safe
42.29%	91.04%	10.29%	0.00%	0.00%	0.00%		کاملاً ایمن Completely safe
100%	100%	100%	100%	100%	100%	مجموع Total	
ضریب کاپا: 0.77 Kappa coefficient					صحت کلی: 83.74% Overall accuracy		

بحث

که سنجش‌ازدور و شبکه عصبی مصنوعی می‌توانند ابزارهای مفیدی برای مدیریت آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع باشند. تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در هر مدل بدون در نظر گرفتن ارزش هر یک از لایه‌های اطلاعاتی و واحدهای مربوط به آنها نمی‌تواند نتایج درستی را دربرداشته باشد (Nirabadi and Hajimirrahimi, 2007).

در این پژوهش با استفاده از روش تلفیقی سنجش‌ازدوری، سامانه اطلاعات جغرافیایی و شبکه عصبی مصنوعی نقشه حساسیت آتش‌سوزی جنگل با تعیین سطح حساس نواحی دارای خطر آتش‌سوزی جنگل برای شهرستان ایلام تهیه شد. نتایج نشان داد

جدول ۵- مساحت طبقات خطر آتش‌سوزی جنگل

Table 5. Forest fire hazard classes

مساحت نسبی (درصد) Relative area (percent)	مساحت (هکتار) Area (hectare)	خطر آتش‌سوزی Fire hazard
21.99	46900	کاملاً ایمن Completely safe
20.78	44310	ایمن Safe
25.01	53350	متوسط Medium
22.92	48880	خطرناک Dangerous
9.30	19840	بسیار خطرناک Very dangerous
100	213280	مجموع Total

تعداد آتش‌سوزی‌ها افزایش می‌یابد. در تمام منابع مورد بررسی بیشترین آتش‌سوزی در فاصله نزدیک از جاده‌ها رخ داده است. در نقشه به‌دست‌آمده در این پژوهش نیز بیشترین آتش‌سوزی در فاصله ۲۰۰-۴۰۰ متر از جاده اتفاق افتاده است. این یافته‌ها با نتایج Amiri همکاران (2017)، Beygi Heidarlu و همکاران (2015)، Beygi Heidarlu و همکاران (2014)، Mohammadi و همکاران (2009)، Jaiswal و همکاران (2002) و Dong و همکاران (2005) همسو است. پوشش گیاهی سومین عامل تأثیرگذار در آتش‌سوزی بوده به‌طوری‌که پوشش گیاهی به‌نسبت متراکم در این پژوهش نقش بسزایی در ایجاد و گسترش آتش‌سوزی داشته است. دما و درجه حرارت چهارمین عامل تأثیرگذار در آتش‌سوزی بوده است. در دو منطقه که از نظر شرایط توپوگرافی، عوامل انسانی و غیره یکسان هستند، تنها تفاوت در دما نقش فراوانی در مقدار حساسیت منطقه از نظر خطر آتش‌سوزی دارد (Mohammadi *et al.*, 2009). البته در مناطقی که درجه حرارت بیشتر باشد احتمال وقوع آتش‌سوزی نیز بیشتر است. در این پژوهش

نتایج حاصل از وزن‌دهی طبقه‌ها در این پژوهش نشان داد که متغیر فاصله از مناطق مسکونی بیشترین وزن (۰/۴) را به‌خود اختصاص داده است. از آنجایی‌که در نزدیکی مناطق مسکونی فعالیت‌های انسانی بیشتر است در نتیجه آتش‌سوزی نیز بیشتر می‌شود (Giglio, 2010). بنابراین با کاهش فاصله از این مناطق تعداد آتش‌سوزی‌ها افزایش می‌یابد. در نقشه به‌دست‌آمده بیشترین آتش‌سوزی رخ داده در فاصله کمتر از ۲۵۰ متر از مناطق مسکونی رخ داده است. اگرچه انسان عامل اصلی در ایجاد آتش‌سوزی است اما می‌توان نتیجه گرفت که در وقوع و گسترش آتش نقش دوگانه‌ای دارد. از آنجاکه آتش توسط خود انسان مهار شده بنابراین در نزدیکی این مناطق آتش سریع‌تر خاموش می‌شود. نتایج حاصل از این بخش پژوهش با یافته‌های Mohammadi و همکاران (2009)، Jaiswal و همکاران (2002) و Dong و همکاران (2005) مطابقت دارد. معیار بعدی تأثیرگذار در آتش‌سوزی فاصله از جاده است. از آنجایی‌که در نزدیکی جاده‌ها فعالیت‌های انسانی بیشتر است، بنابراین با کاهش فاصله از این مناطق

بررسی بیشتر بارندگی‌ها در فصل زمستان اتفاق می‌افتد اما آتش‌سوزی‌ها در فصل خشک (از خرداد تا پایان شهریورماه) رخ می‌دهند از این‌رو بارندگی نمی‌تواند یک عامل تأثیرگذار با وزن بالا در بروز آتش‌سوزی‌های منطقه باشد. هرچه مقدار بارندگی در فصل بهار در یک منطقه بیشتر باشد، تراکم پوشش علفی در تابستان بیشتر و در نتیجه احتمال وقوع و گسترش آتش‌سوزی در فصول گرم نیز بیشتر است. Beygi Heidarlu و همکاران (2015) و Mohammadi و همکاران (2009) کاهش بارندگی و افزایش دما را در افزایش آتش‌سوزی مؤثر دانسته و نتیجه گرفته بودند که اقلیم خشک، ناحیه را مستعد آتش‌سوزی می‌سازد.

با مقایسه نقشه کاربری اراضی و پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی مشخص شد که در کاربری جنگلی کم تراکم که تیپ غالب آن گونه بلوط ایرانی است، بیشترین آتش‌سوزی اتفاق افتاده است که این مسئله با توجه به نزدیکی این تیپ به مناطق مسکونی (Amiri *et al.*, 2017) و دارا بودن بیشترین مساحت قابل توجه است. نقشه تراکم پوشش گیاهی از تصاویر فصل بهار که بیشترین پوشش گیاهی در عرصه‌های طبیعی وجود دارد، تهیه شده است. به‌علت اینکه پوشش کف جنگل تأثیر بسزایی در گسترش آتش‌سوزی دارد از این‌رو این پوشش‌ها در کاربری‌های کم تراکم جنگلی (بسته به اندازه حاصلخیزی خاک) اغلب بیشتر هستند و در فصل خشک بالاترین ریسک آتش‌سوزی را به‌همراه دارد. تنک‌بودن تاج-پوشش و رسیدن نور کافی به اشکوب زیرین و سطح خاک سبب شده این بخش پوشش علفی و تولید خوبی داشته باشد. در شرایط مساعد اقلیمی مواد سوختنی کافی برای آتش‌سوزی سطحی فراهم می‌شود. فاصله از رودخانه عامل دیگری است که می‌

دمای بیشتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد (بیشترین دما) در مقدار حساسیت مناطق با خطر آتش‌سوزی اهمیت دارد و نتایج Beygi Heidarlu و همکاران (2015)، Mohammadi و همکاران (2009) نیز مؤید همین مطلب است. سرعت باد به‌عنوان عامل تأثیرگذار بعدی در نظر گرفته شده است که در این پژوهش سرعت ۱۲-۱۳ متر بر ثانیه سبب ایجاد خطر آتش‌سوزی بسیار زیاد در منطقه شهرستان ایلام می‌شود. شیب دامنه هم نقش مهمی در آتش‌سوزی ایفا می‌نماید که بیشترین خطر در طبقه بیشتر از ۳۵٪، (۳۵-۶۵٪) قرار گرفته که با نتایج Beygi Heidarlu و همکاران (2015)، Mohammadi و همکاران (2009) و Dong و همکاران (2005) مطابقت دارد. جهت باد که تاکنون همانند سرعت باد در پژوهش‌های اندکی مورد بررسی قرار گرفته است عامل دیگری است که در این پژوهش جهت باد بیشتر از ۲۲۰ درجه در مناطق با خطر بسیار زیاد آتش‌سوزی تأثیرگذار بوده است. Jaiswal و همکاران (2002) جهت باد ۱۳۵-۲۲۵ درجه را تأثیرگذار در مقدار حساسیت مناطق به آتش‌سوزی را مؤثر می‌دانند که با نتایج این قسمت از پژوهش مطابقت دارد. نتایج نشان داد که محدوده بیشترین خطر در جهت شمالی قرار گرفته است که با نتایج دیگر پژوهش‌ها (Beygi Heidarlu *et al.*, 2015)، Chandra, 2005، Beygi Heidarlu *et al.*, 2014 (Mohammadi *et al.*, 2009، Dong *et al.*, 2005) مطابقت ندارد. در عوامل اقلیمی بیشترین خطر در طبقات بالای بارندگی (< ۵۰۰ میلی‌متر) اتفاق افتاده است که با نتایج Darvishi و همکاران (2013) همسو بوده ولی با نتایج Beygi Heidarlu و همکاران (2015) و Mohammadi و همکاران (2009) مطابقت نداشت. ایشان بیشترین خطر را در دمای زیاد و بارندگی کمتر گزارش کرده بودند. در منطقه مورد

ارتفاعات ۱۵۰۰-۳۰۰۰ متر اتفاق افتاده است که به خاطر کوهستانی بودن منطقه سومین طبقه از طبقه‌بندی ارتفاع در منطقه مورد بررسی است. نتایج حاصل با یافته‌های Beygi Heidarlu و همکاران (2014) و Mohammadi و همکاران (2009) مطابقت ندارد. در پژوهش Beygi Heidarlu و همکاران (2014) بیشترین خطر در طبقه ارتفاعی ۱۲۰۰-۱۴۰۰ متر و در پژوهش Mohammadi و همکاران (2009) نیز بیشترین خطر آتش‌سوزی به مناطق با ارتفاع زیاد و کوهستانی نسبت داده شده بود.

در کل نتایج این پژوهش نشان داد که در جنگل‌های حوزه شهرستان ایلام عامل انسانی (فاصله از مراکز جمعیتی) تأثیرگذارترین و متغیر ارتفاع از سطح دریا کم اهمیت‌ترین عامل در وقوع آتش‌سوزی است. نقشه به‌دست‌آمده از پنج طبقه خطر نشان‌دهنده ریسک‌پذیری به‌نسبت بالای شهرستان ایلام است. به‌طوری‌که از کل مساحت این شهرستان ۴۸۸۸۰ هکتار در طبقه خطرناک و ۱۹۸۴۰ هکتار نیز در طبقه بسیار خطرناک قرار گرفته‌اند. بنابراین اقدامات پیشگیرانه برای جلوگیری از آتش‌سوزی‌های آینده در جنگل‌های این منطقه به کمک ابزارها و سیستم‌های توانمند اطلاعات مکانی ضروری است.

References

- Aleemahmoodi Sarab, S., J. Fegghi., B. Jabbarian Amiri., A. Danekar & P. Attarod, 2014. Applying the regression models to assess the influences of climate factors on forest fires (case study: Izeh), *Journal of Natural Environment (Iranian Journal of Natural Resources)*, 66(2): 191-201. (In Persian)
- Alonso-Betanzos, A., O. Fontenla-Romero., B. Guijarro-Berdin~as., E. HernandezPereira., E. Canda., J. Jimenez., J. Luis Legido., S. Mun~iz., C. Paz-Andrade & M.I. Paz-Andrade, 2002. A neural network approach for forest fire risk estimation. In: F. van Harmelen, (Ed.),

تواند نقش دوگانه‌ای در بروز و انتشار آتش‌سوزی ایفا نماید. نقش افزایشده آن را می‌توان به فعالیت انسانی بیشتر در نزدیکی منابع آبی نسبت داد که احتمال رخ‌دادن آتش را بیشتر می‌کند؛ اما یک نقش اصلی کاهنده نیز می‌توان برای این عامل متصور شد. چون‌که در نزدیکی آبراهه‌ها و دریاچه رطوبت بیشتر است و این رطوبت زیاد و آب موجود نقش مهارکننده و کاهنده آتش را به‌خوبی ایفا می‌کند. شدت و سرعت توسعه آتش‌سوزی بستگی معکوس به رطوبت ماده سوختنی دارد. بنابراین احتمال وقوع آتش‌سوزی در نزدیکی این منابع کمتر است (Amiri et al., 2017). در نقشه به‌دست‌آمده بیشترین مقدار آتش‌سوزی در فاصله ۵۰۰-۱۰۰۰ متر رخ داده است. نتایج حاصل از این پژوهش که در آن عامل فاصله از رودخانه که وزن کمی را به خود اختصاص داده است (۵/۵ درصد) همسو با نتایج Beygi Heidarlu و همکاران (2014) و مغایر با پژوهش Mohammadi و همکاران (2009) بوده است. عامل دیگری که در وقوع آتش‌سوزی مؤثر است، ارتفاع از سطح دریاست که در این پژوهش کمترین وزن (۰/۰۰۶) را به خود اختصاص داده است. نتایج حاصل نشان داد که بیشترین آتش‌سوزی در

- Proceedings of the 15th European Conference on Artificial Intelligence. ECAI'2002, Lyon, France, 643-647.
- Amiri, T., A. Banj Shafiei., M. Erfanian., O. Hosseinzadeh & H. Beygi Heidarlu, 2017. Determining of effective criteria in locating firefighting station in forest, *Journal of Forest Research and Development*, 2(4): 379-393. (In Persian)
- Beygi Heidarlu, H., A. Banj Shafiei & M. Erfanian, 2015. Forest fire risk mapping using analytical hierarchy process technique and frequency ratio method (Case study: Sardasht Forests, NW Iran), *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 22(4): 559-573. (In Persian)

- Beygi Heidarlu, H., A. Banj Shafiei & M. Erfanian, 2015. Evaluating the Fuzzy Weighted Linear Combination Method in Forest Fire Risk Mapping (Case study: Sardasht Forests, West Azerbaijan Province, IRAN), *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 22(3): 29-51. (In Persian)
- Chamandeh, J., S. Alvaninejad & P. Gholami, 2017. A survey of composition and diversity of herbaceous species after a fire in Persian Oak forests of Southern Zagros, *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 24(3): 1-15. (In Persian)
- Chandra, S. 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*, 1239-1254.
- Chuvieco, E & E.S. Kasischke, 2007. Remote sensing information for fire management and fire effects assessment, *Journal of geophysical research*, 112: 1-8.
- Chuvieco, E. & R.G. Congalton, 1989. Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping, *Remote Sensing of Environment*, 29:147-159.
- Costa Freitas, M.B., A. Xavier & R. Fragoso, 2017. Integration of Fire Risk in a Sustainable Forest Management Model, *Forests*, 8: 1-20.
- Darvishi, L., M. Ghodskhah & V. Gholami, 2013. A regional model for forest fire hazard zonation in forests of Dorud city (Case Study: Babahar region), *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 11(1): 10-20. (In Persian)
- Dong, X.U., D. Li-min., SH. Guo-fan., T. Lei, & 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.
- Esmaili Sharif, M., H. Jalilvand., M. Amoozad., A. A. Jafari & S. M. Moslemi SeyedMahle, 2018. The effect of ecological factors on fire in Hyrcanian forests (Case study: forest areas of Neka, azandaran, Iran), *Journal of Forest Research and Development*, 4(1):113-129. (In Persian)
- Feizizadeh, B & M. Hajimirrahimi, 2007. Application of remote sensing data in land use mapping, Geomatics Congress 87, Tehran, Mapping Organization of Iran, https://www.civilica.com/Paper-GEO87-GEO87_060.html. (In Persian)
- Giglio, L. 2010. MODIS Collection 5 Active Fire Product User's Guide Version 2.4, Science Systems and Applications, Inc. University of Maryland, Department of Geography, 61 p.
- Hemmatboland, I., M. Akbarinia & A. Banej Shafiei, 2010. The effect of fire on some soil chemical properties of oak forests in Marivan region, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(2): 205-218. (In Persian)
- Heydari, M & M. Faramarzi, 2015. Short term effects of fire with different intensities on the composition and diversity of soil seed bank in the Zagros forest ecosystem, Sirvan, *Applied Ecology*, 3(9):57-68. (In Persian)
- Hernandez-Leal, P.A., M. Arbelo & A. Gonzalez- Calvo, 2006. Fire risk assessment using satellite data, *Advances in Space Research*, 37(4):741-746.
- Iliadis, L.S. 2005. A decision support system applying an integrated fuzzy model for long-term forest fire risk estimation, *Environmental Modeling and Software*, 20(5):613-621.
- Jaiswal, K.R., S. Mukherjee., D.R. Kumaran & R. Saxena, 2002. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4(1):1-10.
- Khashei M., M. Bijari & GH. A. Raissi, 2009, Improvement of Auto-Regressive Integrated Moving Average Models Using Fuzzy Logic and Artificial Neural Networks (ANNs), *Neurocomputing*, 72: 956-967. (In Persian)
- Kocher, S & V. Butsic, 2017. Governance of Land Use Planning to Reduce Fire Risk to Homes Mediterranean France and California, *Land*, 6(24):1-18.
- Mahdavi, A. 2012. Forests and rangelands? Wildfire risk zoning using GIS and AHP techniques, *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 10(1):43-52. (In Persian)
- Martí'nez, J., C. Vega-Garcia & E. Chuvieco, 2009. Human caused wildfire risk rating for prevention planning in Spain, *Journal of Environmental Management*, 90(2):1241-1252.
- Martell, D.L. S. Otukol & B.J. Stocks, 1987. A logistic model for predicting daily people-caused forest fire occurrence in Ontario,

- Canadian Journal of Forest Research*, 17(5):394-401.
- Mirdeylami, T & SH. Shataei, 2011. An analysis of spatial prediction and spatial modeling of fire hazard in natural resources, the first international conference on natural resources in Gorgan, Iran. (In Persian)
 - Mobargai, N., GH. Sharzhei., M. Makhdoum., A.R. Yavari & H.R. Jafari, 2009. The spatial valuation pattern of Co2 absorption function in Caspian forests of Iran, *Journal of Enviromental Studies*, 35(50): 57-68. (In Persian)
 - Mohammadi, F., N. Shabani., M. Pourhashemi & P. Fatehi, 2009. Risk zone mapping of forest fire using GIS and AHP in a part of Paveh forests, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(4): 569-586. (In Persian)
 - Nirabadi, H & M. Hajimirrahimi, 2007. Application of hierarchical and fuzzy methods in landfill location, Geomatics Congress 87, Tehran, Mapping Organization of Iran, civilica.com/Paper-GEO87-GEO87_036.html. (In Persian)
 - Polat, S., F. Ghasemi Aghbash & A. Mahdavi. 2018. Mapping of Distribution of Forest Fire Risk in Forests by Using Neural Networks and Geographic Information System (Case study: Ilam forests). MS.C Thesis, Malayer University, 125p.
 - Puri, K., G. Areendran., K. Raj., S. Mazumdar & P. K. Joshi. 2011. Forest fire risk assessment in parts of Northeast India using geospatial tools. *Journal of Forestry Research*, 22(4): 641-647.
 - Sadeghifar, M., A. Beheshti Ale Agha & M. Pourreza, 2016. Variability of Soil Nutrients and Aggregate Stability in Different Times after Fire in Zagros Forests (Case Study: Paveh Forests), *Ecology of Iranian Forests*, 4(8): 19-27. (In Persian)
 - Salamati, H., H. Mostafa Lou., A. Mastoori & F. Honardoust, 2011. Assessment and mapping forest fire risk using GIS in Golestan province - forests. Abstracts of 1st International Conference on Wildfire in Natural Resources Lands, Iran, pp. 10. (In Persian)
 - Sharma, D., V. Hoa., T.V. Cuong., H.T. Tuyen & N. Sharma, 2009. Forest Fire Risk Zonation for Jammu District forest division using Remote Sensing and GIS. 7th FIG Regional Conference. Spatial Data Serving People: Land Governance and the Environment – Building the Capacity. Hanoi, Vietnam, 19-22.
 - Vadrevu, K.P., A. Eaturu & K.V.S. Badarinath, 2010. Fire risk evaluation using multi-criteria analysis– a case study, *Environmental Monitoring and Assessment*, 166 (1-4): 223–239.

Forest fire hazard zone mapping in Ilam county forests

S. Polat¹, F.Ghasemi Aghbash^{*2} and A. Mahdavi³

1- Master of Forestry Student, Faculty of Natural Resource and Environment, Malayer University, Malayer, I. R. Iran. (sara.polat1370@yahoo.com)

2- Assistant Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resource and Environment, Malayer University, Malayer, I. R. Iran. (f.ghasemi@malayeru.ac.ir)

3- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resource, Ilam University, Ilam, I. R. Iran. (mahdavi56@gmail.com)

Received: 07.10.2018

Accepted: 18.02.2019

Abstract

Several factors play an important role in the occurrence of fire in forests. So accurate prediction of the time and place of the fire is difficult, but using the GIS, it is possible to identify points of high fire risk. The purpose of this study was to investigate the possibility of preparing a fire hazard zonation map for Ilam district. Socioeconomic, climatic, topographic and vegetation factors were considered as suitable criteria for assessing the status of fire risk of these forests and were evaluated Using satellite imagery data, geographic information system and neural network system. According to the results, the variable of distance from cities with a weight of 100% is the most influential variable in creating fire and height variable with a weight of 1.5% as the least important variable in the occurrence of forest fire in study area. Based on the results of the assessment of the accuracy of the fire hazard zonation map using the error matrix, it was found that the produced map with a general accuracy of 73.73% is highly true. Also, based on Kappa agreement coefficient (0.77) between the map and actual fire data, it can be concluded that the map prepared with the actual data was highly adapted.

Keywords: Forest fire, Ilam, Neural network, Zagros, Zoning.

* Corresponding author

Tel: +989122379717