پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: جنگل‌های منطقه زاگرس، شهرستان ایذه)

سجاد عالی‌محمودی سراب[۱*]، جهانگیر فقهی[۱] و بهمن جباریان امیری[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۷/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۱)

چکیده

بدون شک یکی از عوامل مؤثر بر وقوع و گسترش آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع، عوامل آب‌وهوایی می‌باشد. هدف از این تحقیق پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع شهرستان ایذه با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و داده‌های آب‌وهوایی شهرستان ایذه به‌صورت ماهانه بود. شهرستان ایذه در شمال غربی استان خوزستان واقع شده و دارای آب‌وهوایی نسبتاً نیمه‌خشک است. داده‌های آتش‌سوزی شامل سطح سوخته‌شده و تعداد وقوع آتش‌سوزی از اداره کل منابع طبیعی استان خوزستان اخذ شد. نتایج این تحقیق نشان داد، الگوریتم پرسپترون چندلایه و تابع هاپربولیک در ایجاد ارتباط بین داده‌های آب‌وهوایی و وقوع آتش‌سوزی کارا بوده و شبکه، مدلی با ۲ لایه مخفی و ۱۵ نرون بهترین صحت را نشان داد. برای پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی بهترین شبکه با میزان میانگین مربعات خطای نهایی برابر ۰/۰۰۳۸ به‌دست آمد. با انجام تست این شبکه مقدار ضریب هبستگی این شبکه به ۰/۹۹ و هم‌چنین مقادیر میانگین مربعات خطا و میانگین مربعات خطای نرمال شده(NMSE) به‌ترتیب حدود ۰/۰۷۳ و ۰/۰۱۸ به‌دست آمد. با استفاده از داده‌هایی که برای تست شبکه کنار گذاشته شده بودند قدرت شبکه برای پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی، تعیین شد و مقدار ضریب تعیین برای این شبکه ۰/۹۸ = r^2 به‌دست آمد. در ادامه تحقیق با استفاده از شبکه عصبی برای تعیین نوع مدل بین داده‌های آب‌وهوایی و سطح سوخته شده، شبکه پرسپترون به مدلی با صحت متوسط دست یافت. میزان ضریب تعیین مدل برای پیش‌بینی سطح سوخته شده متوسط و حدود (r^2=۵۸) به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: آتش‌سوزی جنگل و مرتع، ایذه، شبکه عصبی مصنوعی، پیش‌بینی خطر، پرسپترون، اقلیم

۱. گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲. گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: sajadali@ut.ac.ir

مقدمه

امروزه آتش‌سوزی جنگل از بلایای طبیعی پیشرو بوده و همه کشورها را در رابطه با اثرات آن نگران کرده است. آتش سوزی‌ها، موضوعات قابل توجهی هستند که هر ساله باعث احتراق میلیون‌ها هکتار از سطح جنگل‌ها در سراسر جهان می‌شوند. مؤثرترین راه برای کاهش خسارت ناشی از آتش سوزی‌های جنگل، یافتن سریع آتش و واکنش همه جانبه با تمام اقدامات حفاظتی می‌باشد. مطالعات مختلفی به منظور بهبود پیش‌بینی زود هنگام آتش‌سوزی و سیستم‌های تشخیص برای توسعه استراتژی‌های واکنش (پاسخ) در طول زمان وقوع آتش سوزی انجام شده است (۱۱ و ۱۴). هر سال به‌طور متوسط حدود ۴ میلیون هکتار از سطح جنگل‌های دنیا در اثر آتش‌سوزی خسارت می‌بینند (۲۴). یکی از استان‌های کشور که به شدت در معرض این تهدید قرار دارد، استان خوزستان می‌باشد. هر ساله این استان دارای آتش‌سوزی‌های فراوانی بوده و بیشترین اتفاق این پدیده نیز در عرصه مورد مطالعه در این تحقیق می‌باشد. آمار آتش‌سوزی‌های قبلی نشان می‌دهد که فقط در طی سال‌های ۷۴ تا ۷۷ بالغ بر ۲۵۳۸ هکتار از جنگل‌های دست‌کاشت، طبیعی و بیشه‌زار و حدود ۱۰/۶۸۲ هکتار از مراتع در استان خوزستان طعمه حریق شدند (اداره کل منابع طبیعی استان خوزستان، ۱۳۷۸).

سال ۱۳۸۱ تعداد ۶۳ فقره آتش‌سوزی به وسعت ۲۶۹/۶ هکتار در سطح جنگل و مرتع استان ایجاد شد که میانگین مساحت هر فقره آتش‌سوزی ۴۲/۸هکتار بوده است که در مقایسه با ۴ سال قبل از آن (۳۳/۳) رشد بالایی داشته است (اداره کل منابع طبیعی استان خوزستان، ۱۳۸۱). در سال ۱۳۸۶، تعداد ۹۶ فقره آتش‌سوزی در استان در جنگل‌های طبیعی، دست‌کاشت، مراتع مشجر و مراتع اتفاق افتاد که سطحی معادل ۲۱۶۹/۲ هکتار از منابع طبیعی را از بین برد (اداره کل منابع طبیعی استان خوزستان، ۱۳۸۶). یکی از شهرستان‌های استان خوزستان که هر سال این پدیده را چندین بار به‌خود می‌بینید و هم‌چنین از شهرستان‌های بحرانی از نظر وقوع این پدیده در استان نیز می‌باشد، شهرستان ایذه می‌باشد. هر سال در این شهرستان آتش‌سوزی‌های زیادی اتفاق می‌افتد به‌طوری‌که فقط طی سال‌های ۱۳۸۹و ۱۳۹۰، ۳۷ فقره آتش‌سوزی به وقوع پیوست که سطحی بالغ بر ۱۴۸۰ هکتار از جنگل‌ها و مراتع این شهرستان را طعمه حریق نمود (اداره کل منابع طبیعی استان خوزستان، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰). آتش‌سوزی در عرصه‌های منابع طبیعی این شهرستان، اغلب از فروردین تا آبان اتفاق می‌افتد که ماه‌های خرداد، تیر و شهریور در برگیرنده بیشترین تعداد وقوع این پدیده است و بیشتر این آتش‌سوزی‌ها دارای دلایل نامعلومی بود (۶). از آنجا که در ارتباط با مدیریت و برنامه‌ریزی آتش‌سوزی در سازمان‌ها و ارگان‌های مختلف کشورهای خارجی مطالعات و اقدامات اساسی صورت گرفته است، ولی متأسفانه در ایران آن‌طور که باید به این مسأله پرداخته نشده است. یکی از اولین اقدامات برای برخورد با این پدیده تعیین عوامل مؤثر بر ایجاد و گسترش آن می‌باشد که برای این مهم باید از متدهای مؤثر و مناسب استفاده کرد.

عالی‌محمودی و فقهی (۶ و ۷) در تحقیقی بررسی زمان و علل وقوع آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع در استان خوزستان نشان دادند که طول دوره آتش‌سوزی در این استان از فروردین تا آبان بوده و بیشتر آتش‌سوزی‌های ثبت شده دلایل نامعلوم داشته و فقط ۴/۴ درصد آتش‌سوزی‌ها دلایل عمدی داشته است. عالی‌محمودی و همکاران(۶ و ۷) در تحقیقی با عنوان تعیین سطح پوششی جنگل و مرتع خطر پذیر نسبت به خطر آتش‌سوزی در شهرستان ایذه بر پایه فاکتور تراکم پوشش گیاهی بیان کردند که ۲۶۵/۹ هکتار از عرصه‌های این شهرستان پتانسیل ریسک آتش‌سوزی را دارند. بیرانوند و همکاران(۲) با استفاده از GIS به تعیین تعیین مناطق مستعد آتش‌سوزی برساس عوامل اقلیمی پرداختند و بیان کردند که دما و بارندگی از عوامل مهم می‌باشند. رادپور و همکاران (۴) در تحقیق در باره کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی تخمین آتش‌سوزی با استفاده از روش MLP و داده‌های اقلیمی برای تخمین رطوبت هوا بیان

کردند که شبکه کارایی مناسب داشته و میزان ضریب تعیین (r^2= 0.88) به‌دست آمد. لیندر و همکاران(۲۰)با بررسی مرگ و میر درختان بر اثر آتش‌سوزی در یک جنگل *Pinus sylvestris L.* در شمال سوئد دریافتند که مرگ و میر درختان کاج و نوئل با قطر برابر سینه کمتر از ۱۰ سانتی‌متر در مناطق سوخته، بیش از ۸۰٪ بود. اما در مورد درختان قطورتر، نرخ مرگ و میر با افزایش قطر کاهش یافت. مطالعات مختلفی نیز برروی سیستم‌های پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی انجام شده است. اولین سیستم خطر آتش‌سوزی در استرالیا و سپس در آمریکای شمالی ثبت شد. اخیراً نیز از شبکه عصبی مصنوعی برای تعیین فاکتورهای موثر بر ایجاد و گسترش آتش‌سوزی‌ها جنگل‌ها و مراتع رواج پیدا کرده است (۱۸ و ۲۶). بریلینگر و همکاران با استفاده پیشنهاد دادند برای هر منطقه براساس تارخچه آتش‌سوزی، ارتفاع از سطح دریا و داده‌هایی مشابه روزهای آتش‌سوزی و روزهایی که آتش‌سوزی نداشت، یک مدلی به‌دست آید. در این تحقیق از داده‌های اقلیمی استفاده نشد.

الماس و همکاران(۱۸)در مطالعه‌ای با موضوع "چارچوب همجوشی داده‌ها با الگوریتم ترکیبی با استفاده از چند عامل سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای آتش‌سوزی جنگل "به نتایج مؤثری برای پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی جنگل دست یافتند. آرماندو و همکاران(۱۲)با استفاده توسعه مکانیزم شبکه‌های عصبی مصنوعی و تصاویر لیدار به تعیین خطر آتش‌سوزی پرداختند. در این تحقیق از شبکه تک لایه استفاده شد. نتایج این درصد نشان داد که صحت این روش ۹۰ درصد بوده است. سکار و همکاران(۲۶) در لبنان به تحقیقی با عنوان پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی جنگل برای کشورهای در حال توسعه با استفاده از دو پارامتر اقلیمی پرداختند. این مطالعه دو روش هوش مصنوعی، شبکه‌های عصبی و دستگاه برداری پشتیبان برای استفاده از یک مجموعه کاهش یافته از پارامترهای اقلیمی را مقایسه کرده است. نتیجه استفاده از یک مجموعه پارامترهای کاهش یافته با داشتن دقت پیش‌بینی کافی و کاهش هزینه در یک سیستم پیش‌بینی کننده برای کشورهای جهان سوم ضرورت دارد. تلاش برای انتخاب تعداد محدودی از ویژگی‌های که به آسانی قابل اندازه‌گیری باشند با هدف کاهش هزینه‌های سیستم و حفظ دقت آن مفید می‌باشد. در عین حال، انتخاب ویژگی‌ها باید همبستگی زیادی با آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده داشته باشند. در هر دو الگوریتم پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی، از بارش و رطوبت نسبی برای برآورد خطر استفاده کردند. ارزیابی این الگوریتم‌ها، با استفاده از داده های آب و هوایی لبنان، توانایی آنها در پیش‌بینی درستی خطر اتفاق آتش‌سوزی نشان داده شد. در این مقاله که هدف پیش‌بینی اتفاق آتش‌سوزی جنگل با کاهش دادن تعدادی از ویژگی‌های اقلیمی بود، سبب کاهش خیلی اندکی در دقت پیش‌بینی بروز این پدیده شد. مائدا و همکاران(۲۲) در برزیل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی MODIS و شبکه عصبی به پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی در نواحی جنگلی آمازون برزیل پرداختند. از شبکه عصبی با پیش‌انتشار از داده‌های نواحی سوخته شده استفاده شد و نتایج را با میانگین مربعات خطا برابر ۰/۰۷ نشان دادند. آنها نشان دادند که مدل به‌دست آمده یک هبستگی خوبی با مناطق دیگر برای پیش‌بینی خطر وقوع این پدیده داشت. هم‌چنین بیان کردند که مدل شبکه عصبی یک روش سریع و نسبتاً دقیق برای پیش‌بینی خطر در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

ایلیدیاس(۱۹) با استفاده از یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری و مدل ریاضی منطق فازی به پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی در یونان پرداختند و نتیجه کار آنها ۱۲ آتش‌سوزی از ۲۰ آتش‌سوزی به وقوع پیوسته را نشان دادند. چنگ و وانگ(۱۵) با از داده‌های زمانی- مکانی و روش Mining و شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی سطوح سوخته شده استفاده کردند. اوزبایوگلو و همکاران (۲۴) با استفاده از داده‌های اقلیمی، توپوگرافی، محیط زیستی، تعداد و تنوع درختی در منطقه و هم‌چنین داده‌های آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده با کمک مدل‌های مختلف شامل MLP، MLP, RBFN، SVM، fuzzy logic به پیش‌بینی سطح سوخته شده در منطقه پرداختند. موارد بالا نشان

می‌دهند که پیش‌بینی وقوع این پدیده از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد و در صورت آگاهی از میزان خطر احتمالی وقوع این پدیده می‌توان برای برخورد مناسب با آن و درنتیجه کاهش میزان خسارات برنامه‌ریزی نمود. با توجه به مرور منابع انجام شده، شبکه‌های عصبی از روش‌های توانمند برای پیش‌بینی وقوع این پدیده می‌باشد. بنابراین با توجه به موارد ذکر شده هدف این تحقیق پیش‌بینی خطر وقوع پدیده آتش‌سوزی در شهرستان ایذه با کمک شبکه عصبی مصنوعی است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

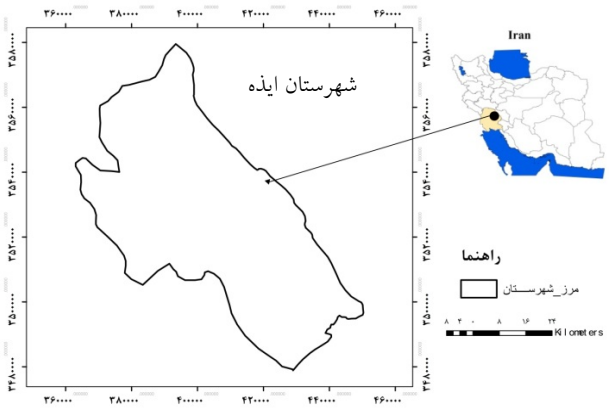
شهرستان ایذه در شمال شرقی استان خوزستان که دارای مساحتی برابر ۳۸۶۳ کیلومترمربع، در ۳۱ درجه و ۴۹ دقیقه ۳۴ ثانیه و ۳۱ درجه و ۳۷ دقیقه ۴۶ ثانیه شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه ۳۲ ثانیه و۵۰ درجه و ۰۸ دقیقه ۴۹ ثانیه عرضی نسبت به گرینویچ و ارتفاعی معادل ۸۳۵ متر از سطح دریا است. این شهرستان در منطقه رویشی زاگرس قرار گرفته و دارای ۳۹۶۹۷۳/۵ هکتار جنگل و مرتع است (شکل ۱). برای بررسی اقلیم این شهرستان از داده‌های ایستگاه کلیماتولوژی شهرستان ایذه طی دوره ۲۶ساله استفاده شد. میانگین مطلق درجه حرارت ماهیانه بین۰۲/ ۰تا ۲۳/۵ سانتی‌گراد و متوسط بارندگی ماهیانه بین ۰ تا ۱۴۸ میلی‌متر متغیر می‌باشد. هم‌چنین طول فصل خشکی در این شهرستان حدود ۵ ماه است که تقریبا فصل تابستان فاقد بارندگی می‌باشد (نمودار،۱).

جمع‌آوری داده‌ها

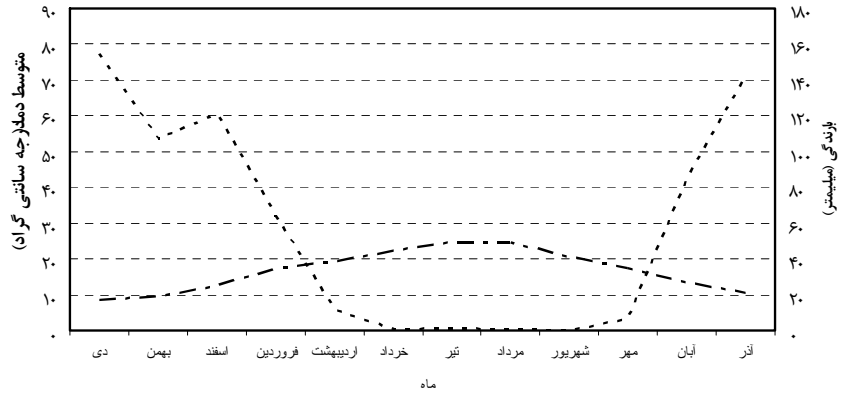
برای انجام پژوهش حاضر، از داده‌های تعداد وقوع آتش‌سوزی و سطح سوخته شده در جنگل‌ها و مراتع شهرستان ایذه در طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ از اداره کل منابع طبیعی استان خوزستان استفاده شد (یگان حفظت اداره کل منابع طبیعی استان خوزستان ۱۳۸۹، ۱۳۸۸، ۱۳۸۷). هم‌چنین، از داده‌های آب و هوایی شامل دمای محیط (حداکثر، متوسط و حداقل)، رطوبت نسبی (حداکثر، متوسط و حداقل)، سرعت و سمت باد، ساعات آفتابی، میزان بارندگی، تعداد روزهای دارای بارندگی و تعداد روزهای بدون بارندگی به‌صورت ماهانه استفاده شد. لازم به ذکر می‌باشد که این داده‌های آب و هوایی نیز از سازمان هواشناسی ایران گرفته شد.

روش تحقیق

در این تحقیق از شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده شد. یک شبکه عصبی مصنوعی ایده‌ای است برای پردازش اطلاعات که از سیستم عصبی زیستی الهام گرفته شده و مانند مغز انسان به پردازش اطلاعات می پردازد. عنصر کلیدی این ایده، ساختار جدید سیستم پردازش اطلاعات است (میرزاوند، ۱۳۹۱). در این تحقیق از آموزش با سرپرست و هم‌چنین اتصال پیشرو استفاده شد. در آموزش با سرپرست به ازای هر دسته از الگوهای ورودی خروجی‌های متناظر نیز به شبکه نشان داده می‌شود و تغییر وزن‌ها تا موقعی صورت می‌گیرد که اختلاف خروجی شبکه به ازای الگوهای آموزشی از خروجی‌های مطلوب در حد خطای قابل قبولی باشد. یکی از عمده‌ترین الگوریتم‌های این روش پرسپترون چند لایه است(شکل ۲)، که برای پیش‌بینی‌های پدیده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (۸). پرسپترون‌ها دارای این مزیت هستند که یک الگوریت آموزشی ساده دارند، ولی دارای محدودیت‌های محاسباتی می‌باشند (۳۰). تعداد نرون‌های نهفته غالباً با آزمون و خطا تعیین می‌گردد، بدین صورت که شبکه با تعداد متغیر نرون‌های نهفته مثلاً ۱، ۲ و یا ۳ برابر تعداد متغیرهای ورودی مورد آموزش قرار می‌گیرد (۲۷). سپس، ساختار شبکه با بهترین مورد اجرا می‌شود. در این تحقیق با تعداد نرون‌های مختلف شبکه مورد آزمون قرار گرفت و در نهایت شبکه با ۱۵ نرون در لایه‌های مخفی به صحت قابل



شکل ۱. موقعیت شهرستان ایذه در کشور و استان



نمودار۱. آمبروترمیک شهرستان ایذه

قبول رسید. 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(Learning rate) می‌باشد و سرعت آموزش بالاتر به معنی آموزش سریع‌تر شبکه می‌باشد.

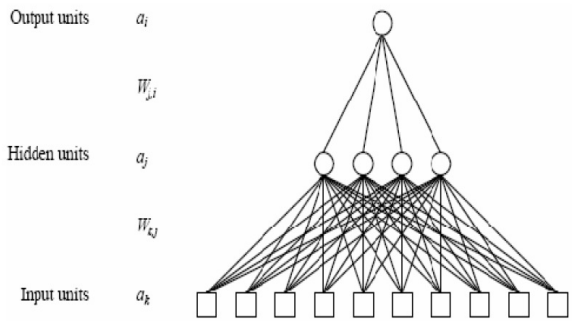
انتخاب ارزش سرعت آموزش بسیار کوچک، باعث افزایش زمان اجرای شبکه می‌گردد و انتخاب ارزش‌های زیاد برای آن نیز باعث دست‌یابی به نتایج ضعیفی می‌شود. بنابراین پیشنهاد شده است که ارزش سرعت یادگیری بین ۰/۱ تا ۰/۲ انتخاب شود(۲۷). در این مطالعه با معرفی مقادیر متفاوت سرعت یادگیری به شبکه در نهایت به میزان ۰/۱۹ رسید. تابع فعال‌کننده بین حاصل‌جمع وزن‌دهی شده واحدها در یک لایه و مقادیر واحدهای لایه بعدی ارتباط برقرار می‌کند. تانژانت تابع هایپربولیک به‌صورت زیر می‌باشد:

$$\gamma(c) = \tanh(c) = \frac{(e^{c} - e^{c})}{(e^{c} - e^{c})}$$

این تابع مقادیر واقعی را گرفته و آنها را به مقادیری در بازه (۱، ۱-) تبدیل می‌کند. پارامتر گشتاور(Momentum rate) 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.

نتایج

عناصر اقلیمی مختلفی بر روی وقوع و گسترش آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی تأثیر دارند. به‌منظور بررسی همبستگی بین



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

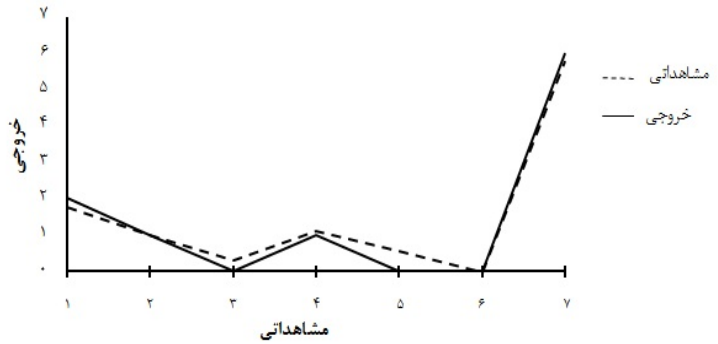
جدول۱. ضرایب همبستگی اسپیرمن(*r, P <0/05*) بین متغیرهای اقلیمی و تعداد آتش‌سوزی و سطح سوخته شده

آتش‌سوزی / پارامتر اقلیمی	وقوع آتش‌سوزی	سطح سوخته شده
متوسط دما	۰/۵۹۵ و ۰/۰۰۰*	۰/۴۱۷ و ۰/۰۲۰*
حداکثر دما	۰/۶۰۷ و ۰/۰۰۰*	۰/۱۲۶ و ۰/۰۷۳*
متوسط رطوبت نسبی	-۰/۳۹۵ و ۰/۰۰۰*	-۰/۲۶۰ و ۰/۱۵۸ ns
حداقل رطوبت نسبی	-۰/۲۰۷ و ۰/۰۲۸*	۰/۳۳۷ و ۰/۴۶۳ ns
حداکثر رطوبت نسبی	-۰/۶۵۷ و ۰/۰۲۴*	-۰/۷۸۰ و ۰/۳۳۴ ns
تعدا ساعات آفتابی	۰/۲۲۴ و ۰/۰۴۹*	-۰/۶۰۸ و ۰/۲۶۲ ns
میزان بارندگی	-۰/۱۷۳ و ۰/۲۲۶ ns	۰/۲۵۹ و ۰/۱۵۹ ns
تعداد روزهای دارای بارندگی	-۰/۲۰۶ و ۰/۳۵۳ ns	۰/۲۲۷ و ۰/۲۲۰ ns
تعداد روزهای بدون بارندگی	۰/۳۵۵ و ۰/۲۶۷	۰/۵۱۱ و ۰/۴۵۱ ns

ns: معنی‌دار نبودن پارامتر، *: معنی‌دار بودن پارامتر

داده‌های اقلیمی و تعداد و سطح آتش‌سوزی‌های گذشته از آزمون همبستگی اسپیرمن استفاده شد. نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن بین سطح سوخته شده و متغیرهای اقلیمی مورد بررسی در این تحقیق نشان داده که فاکتورهای حداکثر دما و متوسط دما دارای همبستگی مثبت با سطوح سوخته دارند. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش حداکثر دما و به طبع آن متوسط دمای محیط سطح سوخته شده افزایش یافته است. هم‌چنین نتایج این آزمون بین تعداد آتش‌سوزی و متغیرهای اقلیمی مورد مطالعه نشان داد، که متغیر حداکثر دما، متوسط دما و تعداد ساعات آفتابی دارای همبستگی مثبت و متوسط رطوبت نسبی و حداقل رطوبت نسبی دارای همبستگی منفی با وقوع آتش‌سوزی است یا به عبارتی هر چه حداقل و متوسط رطوبت نسبی افزایش یابد تعداد وقوع آتش‌سوزی کاهش می‌یابد(جدول ۱).

سپس به منظور تعیین مدل بین پارامترهای اقلیمی و سطح سوخته شده و هم‌چنین بین این پارامترها و تعداد وقوع آتش‌سوزی از شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده شد. در شبکه‌های عصبی روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی به‌کار رفته است. از میان این روش‌ها روش پرسپترون چندلایه بیشتر استفاده می‌شود. انتخاب خطای بسیار کوچک امکان همپوشانی نتایج را کاهش می‌دهد، بنابراین باید میزان خطا را در سطح قابل قبولی برای شبکه تعریف نمود. میزان خطای قابل قبول ۰/۰۰۱ گرفته شد. هم‌چنین باید برای جلوگیری از کمینه‌های محلی شبکه را با ضریب گشتاور مورد آزمون قرار داد. در این



نمودار ۳. میزان همبستگی متغیر پیش‌بینی با متغیر خروجی

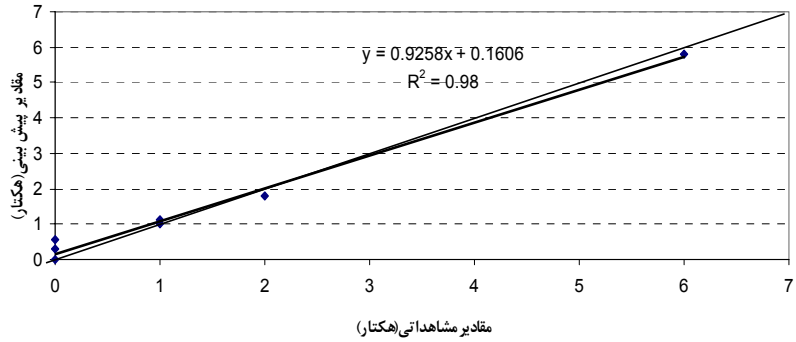
جدول ۲. نتایج میزان خطای اعتبار سنجی

اعتبارسنجی	بهترین شبکه
۱۲	لایه مخفی ۱
۸	اجرا
۶۸۰	تکرار
۰/۰۴۴	حداقل میانگین نربعات خطا
۰/۰۰۳۸	میانگین مربعات خطای نهایی

تحقیق نیز شبکه با مقدار ضریب گشتاور برابر ۰/۷ مورد آزمون قرار گرفت. برای ایجاد شبکه بین پارامترهای اقلیمی و تعداد وقوع آتش‌سوزی از تابع هاپربولیک و شبکه پرسپترون استفاده شد. از یک شبکه پرسپترون با ۲ لایه مخفی و تعداد ۱۵ نرون در هر لایه ورودی و خروجی آزمون شروع شد. نتایج این تحقیق نشان داد که شبکه پرسپترون با ۲ لایه مخفی و تعداد ۱۰ نرون در لایه ورودی اول، تعداد ۱۵ نرون برای ورودی لایه‌های مخفی و ۱۵ و همچنین برای لایه سوم (خروجی) ۱ نرون ورودی، بهترین شبکه برای پیش‌بینی خطر وقوع آتش‌سوزی در شهرستان ایذه می‌باشد. در واقع نمایش تعداد نرون‌های لایه‌های مخفی این شبکه به‌صورت ۱–۱۵– ۱۵–۱۰ است. در ابتدا در مرحله آموزش نتایج اعتبارسنجی نشان داد بهترین شبکه در اجرای ۸ و تکرار ۶۸۰ بهترین شبکه با میزان میانگین مربعات خطای نهایی برابر ۰/۰۰۳۸ به‌دست آمد (جدول ۲).

نتایج این تحقیق نشان داد یک همبستگی خوبی در مرحله تست بین داده‌های خروجی شبکه با خروجی داده شده وجود دارد (نمودار۳). سپس با انجام تست این شبکه مقدار ضریب هبستگی این شبکه به ۰/۹۹ و هم‌چنین مقادیر میانگین مربعات خطا و NMSE به‌ترتیب حدود ۰/۰۷۳ و ۰/۰۱۸ به‌دست آمد. سپس به منظور تعیین قدرت شبکه برای پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی با استفاده از داده‌هایی که برای تست شبکه کنار گذاشته شده بودند انجام و مقدار ضریب تعیین برای این شبکه r^2 = ۰/۹۸ به‌دست آمد(نمودار ۴). با توجه به مقدار ضریب تعیینی که برای این شبکه به‌دست آمد و هم‌چنین مقدار ضریب همبستگی شبکه می‌توان پذیرفت که مدل این شبکه برای پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی در جنگل با استفاده از پارامترهای اقلیمی توانایی زیادی دارد.

به‌منظور تعیین مدل بین سطح سوخته شده و پارامترهای اقلیمی نیز از تابع هاپربولیک و شبکه پرسپترون استفاده شد. یک شبکه پرسپترون با ۲ لایه مخفی و تعداد ۱۳ نرون در هر لایه ورودی و خروجی مورد آزمون قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که شبکه پرسپترون با ۲ لایه مخفی و تعداد ۱۰

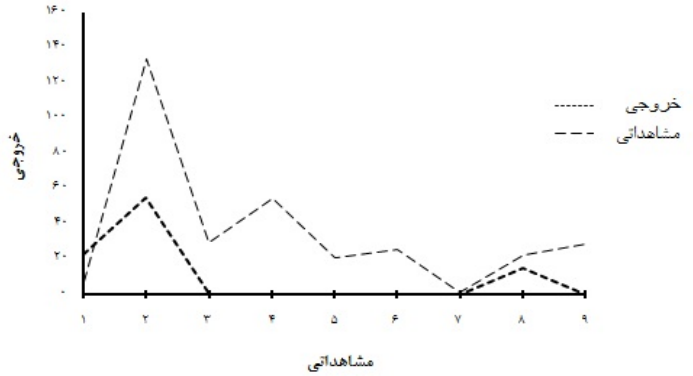


نمودار ۴. میزان کارایی مدل برای پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی

نرون در لایه ورودی اول، تعداد ۱۳ نرون برای ورودی لایه‌های مخفی و ۱۳ و هم‌چنین برای لایه سوم ۱ نرون ورودی و یک نرون خروجی بهترین شبکه برای پیش‌بینی سطح سوخته شده در شهرستان ایذه می‌باشد. در واقع نمایش تعداد نرون‌های لایه‌های مخفی این شبکه به‌صورت ۱-۱۳- ۱۳-۱۰ است. در ابتدا در مرحله آموزش نتایج اعتبارسنجی نشان داد بهترین شبکه در اجرای ۲ و تکرار ۴۴ بهترین شبکه با میزان میانگین مربعات خطای نهایی برابر ۰/۰۰۶۹ به‌دست آمد (جدول ۱). نتایج نشان داد که یک همبستگی خوبی در مرحله تست بین داده‌های خروجی شبکه با داده‌های واقعی وجود ندارد (نمودار ۵). با انجام تست این شبکه مقدار ضریب هبستگی این شبکه به ۰/۷۶ و هم‌چنین مقادیر میانگین مربعات خطای و میانگین مربعات خطای نرمال به‌ترتیب حدود ۰/۳۲۵ و ۱/۸۶۰ به‌دست آمد (جدول ۳). سپس به منظور تعیین قدرت شبکه برای پیش‌بینی سطح با استفاده از داده‌هایی که برای تست شبکه کنار گذاشته شده بودند، انجام و مقدار ضریب تعیین برای این شبکه r^2 = ۰/۸۳ به‌دست آمد. با توجه به مقدار ضریب تعیینی که برای این شبکه به‌دست آمد و هم‌چنین مقدار ضریب همبستگی شبکه می‌توان گفت که مدل این شبکه رابطه خیلی مناسبی بین سطح سوخته شده و داده‌های پیش‌بینی شده نشان نداد.

بحث

تحقیقات انجام شده نشان داده است که بین خطر وقوع آتش‌سوزی و عوامل اقلیمی یک رابطه خطی برقرار نیست (۲۶)، بنابراین برای تحقق هدف این تحقیق از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه و از تابع هاپیربولیک که یک تابع خطی نیست، استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که پارامترهای اقلیمی به‌کار رفته در این تحقیق در تشکیل مدل نهایی در پیش‌بینی خطر وقوع این پدیده توانایی لازم را داشتند. نتایج این تحقیق با نتایج کورتز و مورایس(۱۶) که پارامترهای اقلیمی از قبیل دما، بارندگی و رطوبت نسبی را مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی نشان دادند همبستگی داشت، همخوانی دارد. در تحقیق نیز بیان شد که عناصر اقلیمی از عوامل مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی بوده و می‌توان به استفاده از آنها به پیش‌بینی خطر وقوع آتش‌سوزی پرداخت. نتایج این تحقیق نیز نشان داد که می‌توان با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و داده‌های اقلیمی به پیش‌بینی خطر وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه پرداخت. مائدا و همکاران (۲۳) در برزیل که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی MODIS و شبکه عصبی به پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی در نواحی جنگلی آمازون برزیل که به‌منظور تعیین مدل با استاده از شبکه‌های عصبی انجام شد. در این تحقیق از شبکه عصبی با پیشرو و از داده‌های نواحی سوخته شده استفاده کردند. نتایج با واریانس ۰/۰۷ نشان دادند. هم‌چنین نشان دادند که مدل شبکه عصبی یک روش سریع و نسبتاً دقیق برای پیش‌بینی خطر در منطقه مورد مطالعه است. نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد که مدل شبکه عصبی یک روش سریع و نسبتاً دقیق برای پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی می‌باشد. بنابراین نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق مائدا و همکاران (۲۳) همخوانی دارند. صافی و



نمودار ۵. میزان همبستگی متغیر پیش‌بینی با متغیر مشاهداتی

جدول ۳. نتایج میزان صحت پیش‌بینی براساس متغیر خروجی

NI	کارایی مدل
۰/۳۲۵	میانگین مربعات خطا
۱/۸۶۰	میانگین مربعات خطای نرمال شده
۷/۰۸۴	متوسط خطای مطلق
۷۹/۰۷۰	حداقل خطای مطلق
۰/۵۳۲	حداکثر خطای مطلق
۰/۷۶	ضریب هبستگی

برومی (۲۵) در پارک Montesinho در پرتغال، مدل پرسپترون چند لایه (MLP) را برای پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی به‌کار گرفتند. در این تحقیق که از داده‌های دما، بادف رطوبت نسبی، باران و رطوبت مواد سوختی استفاده کردند و نشان دادند که توپولوژی به‌دست آمده دارای دقت کافی برای پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی در این پارک می‌باشد.

اما استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و با استفاده از پارامترهای استفاده شده و تابع هایپربولیک به‌کار گرفته شده در این تحقیق نتوانست رابطه خوبی بین این پارامترها و سطح سوخته شده نشان دهند و در واقع به مدلی با ضریب تعیین متوسط برای پیش‌بینی سطح قابل سوخت دست یافت. این نتیجه نیز با یافته) دیمیتراکوپولوس و همکاران(۱۷)که با استفاده از شاخص‌های آتش‌سوزی رابطه متوسطی بین سطح سوخته شده و در ارزیابی سیستم شاخص آب‌هوایی کانادا همخوانی دارد و آنها نیز بین احتمال وقوع آتش‌سوزی با پارامترهای آب‌هوایی رابطه خیلی بالایی نشان دادند که یافته‌های این تحقیق با یافته‌های آنها کاملاً تطابق دارد. این‌که شبکه‌های عصبی نتوانست رابطه‌ای قوی بین سطح سوخته شده و پارامترهای اقلیمی ایجاد کند، ممکن است دلایل متنوعی داشته باشد، یکی این‌که عملیات خاموش کردن آتش‌سوزی بستگی دسترسی محل وقوع دارد. چنانچه شرایط اقلیمی مناسب گسترش سطح آتش‌سوزی باشند، ولی به‌دلیل دسترسی آسان و به موقع عملیات اطفاء خیلی سریع‌تر انجام خواهد گرفت و از گسترش آتش‌سوزی جلوگیری خواهد شد. البته این مورد در جنگل‌های زاگرس به‌دلیل کم‌بودن میزان ماده سوخت واقعیت بیشتری دارد.

دلیل دیگر این‌که، شاید استفاده از تابع مورد استفاده در این تحقیق مناسب نبوده و با استفاده از توابع دیگر از جمله سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری شاید بتوان به نتایج بهتری دست یافت. در نهایت با توجه به این‌که در این تحقیق از داده‌های اقلیمی و

آتش‌سوزی به‌صورت ماهانه استفاده شد، پیشنهاد می‌شود در تحقیق‌های دیگر از داده‌های روزانه استفاده شود. این تحقیق نشان داد پارامترهای اقلیمی بر وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد تأثیر زیادی دارند ولی برروی سطح سوخته شده تأثیر زیادی نداشتند و می‌توان از مدل‌های شبکه عصبی در در پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی استفاده کرد. به‌طورکلی یکی از دغدغه‌های مدیران عرصه‌های طبیعی در رابطه با وقوع پدیده‌های مخربی از جمله آتش‌سوزی عرصه‌های طبیعی، عدم آگاهی از پیش‌بینی صحیح وقوع این پدیده و هم‌چنین تعیین راهکاری برای این مهم می‌باشد. این تحقیق نشان داد که شبکه‌های عصبی دارای توان بالایی برای پیش‌بینی زمان وقوع این پدیده بوده و با تکیه بر نتایج آن بهتر می‌توان این عرصه‌ها را مدیریت نمود. بنابراین پیشنهاد می‌گردد برای پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی در مناطق دارای پتانسل خطر آتش‌سوزی، کاربرد شبکه‌های عصبی مورد بررسی قرار گردد. با استفاده از مدل به‌دست آمده دراین تحقیق و استفاده از داده‌های ماهیانه پارامترهای تشکیل‌دهنده آن مدل و هم‌چنین رعایت چهارچوب انجام کاری با دقت بالایی می‌توان وقوع آتش‌سوزی را برای ماه‌های بعدی در منطقه مطالعاتی پیش‌بینی نمود. مهم‌ترین کاربرد مدل‌های پیش‌بینی‌کننده در رابطه با وقوع یک پدیده مخرب، آگاهی و اعلام خطر دادن به مدیران و مسئولان مربوطه است تا مدیران فرصت کافی داشته باشند و با انجام اقدامات مناسب، بتوانند در صورت امکان از وقوع آن پدیده پیشگیری نمایند و یا در صورت وقوع میزان خسارات ناشی از آن را حداقل نمایند. بنابراین از آنجایی که در این شهرستان آتش‌سوزی‌های زیادی به وقوع می‌پیوندد، نتایج این تحقیق می‌تواند به‌عنوان یک ابزار اساسی و بسیار قوی در دست مسئولان مربوطه در راستای کاهش وقوع آتش‌سوزی و کاهش میزان خسارات آن در صورت وقوع مورد استفاده قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

۱. اداره کل منابع طبیعی استان خوزستان. داده‌های آتش‌سوزی عرصه‌های طبیعی طی سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۸۷،۱۳۸۸.

۲. بیرانوند، ع.، ر. زارع و ن. رحیمی‌زاده. ۱۳۹۰. تعیین مناطق مستعد آتش‌سوزی براساس عوامل اقلیمی. با استفاده از GIS. همایش ملی جنگل‌های زاگرس. قابلیت‌ها و تنگ‌ناها.

۳. حسینی، ع. و م. جلیلوند. ۱۳۸۵. مقدمه‌ای بر شبکه عصبی. جزوه درسی دانشگاه آزاد.

۴. رادپور، س.، م. اسماعیل‌زاده، و. یزدانی، ع. سوهانی دربان و س. جاهدی‌پور. ۱۳۹۰. کاربرد شبکه عصبی در تخمین وقوع آتش‌سوزی. همایش بین‌المللی آتش‌سوزی گلستان.

۵. سازمان هواشناسی ایران. داده‌های هواشناسی شهرستان ایذه. تهران.

۶. عالی‌محمودی سراب، س. و ج. فقهی. ۱۳۹۰. بررسی زمان و علل وقوع آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع در استان خوزستان اولین کنفرانس ملی، رویکردهای نوین در مدیریت پایدار منابع طبیعی.

۷. عالی‌محمودی سراب، س.، ج، فقهی، ا. دانه‌کار و پ. عطارد. ۱۳۹۰. تعیین سطح پوشش جنگلی و مرتعی خطرپذیر نسبت به ایجاد و گسترش آتش‌سوزی در زاگرس با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. (مطالعه موردی: شهرستان ایذه). همایش ملی جنگل‌های زاگرس. قابلیت‌ها و تنگ‌ناها.

۸. فتی‌پور جلیلیان، ا. و م.نجبا. ۱۳۸۸. شبکه عصبی در SPSS. انتشارات کیان رایانه سبز.

۹. کیا، م. ۱۳۸۹. شبکه‌های عصبی در متلب. خدمات نشر کیان رایانه سبز.

۱۰. ممیرزاند، م. ۱۳۹۱. شبیه‌سازی وضعیت کمی و کیفی آب زیرزمینی دست کاشان با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان.

11. Alonso-Betanzos, A., O. Fontenla-Romero, B. Guijarro-Berdin˜as, E. Herna´ndez-Pereira, P.A. Marı´a Inmaculada, E. Jime´nez, S. Jose Luis Legido and C. Tarsy. 2003. An intelligent system for forest fire risk prediction and fire fighting management in Galicia. *Expert Systems with Applications* 25:545–554.
12. Armando, M. F., A.B.Utkin, A.V. Lavrov and R. M. Vilar. 2003. Design of committee machines for classification of single-wavelength lidar signals applied to early forest fire detection. *Pattern Recognition Letters* 37: 2039–2047.
13. Brillinger, D. R., H.K. Preisler and J.W. Benoit. 2003. Risk assessment: a forest fire example. PP. 177–196. *In*: Goldstein, D. & Speed, T. (Eds.), Statistics and Science: a Festschrift for Terry Speed. IMS Lecture Notes Monograph Series, vol. 40. Institute of Mathematical Statistics, Beachwood, OH.
14. Bernabeu, P., L. Vergara, B.J. Igual. 2004. A prediction/detection scheme for automatic forest fire surveillance. *Digital Signal Processing* 14: 481–507.
15. Cheng, T. and J. Wang. 2008. Integrated spatio-temporal data mining for forest fire prediction. *Transactions in GIS* 12: 591-611.
16. Cortez, P. and A. Morais. 2007. A data mining approach to predict forest fires using meteorological data. In Proceedings of the 13th Portugese Conference on Artificial Intelligence. PP. 512– 523. WWW home page: http://www.dsi.uminho.pt/˜pcortez
17. Dimitrakopoulos, A. P., A.M. Bemmerzouk and I. D. Mitsopoulos. 2011. Evaluation of the Canadian fire weather index system in an eastern Mediterranean environment. *Meteorological Application* 18(1): 83-93.
18. Elmas, C. and Y. Sonmez. 2011. A data fusion framework with novel hybrid algorithm for multi-agent. Decision Support System for Forest Fire Cetin. *Expert Systems with Applications* 38: 9225-9236.
19. Iliadis, L. 2005. A decision support system applying an integrated fuzzy model for long term forest fire risk estimation. *Environmental Modeling and Software* 20:613-621.
20. Linder, P. and L. Ostlund. 2004. Structural changes in three mid-boreal Swedish forest landscapes, 1985- 1996. *Biological Conservation* 85:9-19.
21. Mazloumi, E., G. Rose, G. Currie and S. Moridpour. 2011. Prediction intervals to account for uncertainties in neural network predictions: methodology and application in bus travel time prediction. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 24(3):534 542.
22. Maeda, E. E., R. A., Formaggio, E. Y., Shimabukuro, G. F. B. Arcoverde and C. M. Hansen. 2009. Predicting forest fire in the Brazilian Amazon using MODIS imagery and artificial neural networks. *International Journal o*f *Applied Earth Observation and Geoinformation* 11: 265–272.
23. Maeda, E. E., G. F. B. Arcoverde, P. K. E. Pellikka and E. Y. Shimabukuro. 2011. Fire risk assessment in the Brazilian Amazon using MODIS imagery and change vector analysis. *Applied Geography* 31: 76-84.
24. Ozbayoglo, A M., and Bozer, R. 2012. Estimation of the burned area in forest fires using computational intelligence techniques. *Procedia Computer Science* 12: 282 – 287.
25. Safi, Y. and A. Bouroumi. 2012. Prediction of Forest Fires Using Artificial Neural Networks. *Applied Mathematical Sciences* 7(6): 271 - 286
26. Sakr, G., E. I.H. Elhajj and G. Mitri. 2011. Efficient forest fire occurrence prediction for developing countries using two weather parameters. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 24: 888–894.
27. Sebastian, S. 2002. Multi perceptreon and back propagation learning, 9.641 Lecture4.September. doi=10.1.1.86.8968.
28. Ubeyli, E. 2008. Support vector machines for detection of electrocardiographic changes in partial epileptic patients. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 21: 1196–1203.
29. web 1. http://www.mathworks.ir/index.php
30. Yuan, H. 2002. Development and evaluation of advanced data for accurate Land-us/Land-cover mapping, Phd Thesis, Departement of Forestry, North Carolina StateUniversity. repository.lib.ncsu.edu/ir/bitstream/1840.16/3829/1/etd.pdf.