



ارزیابی کارایی شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی روند بیابان‌زایی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS (مطالعه موردی: دشت دهلران، ایلام)

ثریا یعقوبی^{۱*}، مرزبان فرامرزی^۲، حاجی کریمی^۳، جواد سروریان^۲

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتع و آبخیزداری، دانشگاه ایلام

۲. استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

۳. دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۲۹ آذر ۱۳۹۴

پذیرش: ۲۸ مرداد ۱۳۹۵

دسترسی اینترنتی: ۵ آذر ۱۳۹۵

واژه‌های کلیدی:

شبکه عصبی مصنوعی

مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی

سیستم اطلاعات جغرافیایی

دشت دهلران

چکیده

یکی از مشکلات اصلی مناطق خشک و نیمه‌خشک حاکمیت پدیده بیابان‌زایی است. بنابراین، شناخت و پیش‌بینی عوامل مؤثر در پیشرفت پدیده بیابان‌زایی می‌تواند در مدیریت بهتر این مناطق مؤثر واقع شود. هدف از این تحقیق ارزیابی صحت مدل شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی روند بیابان‌زایی و انتخاب مؤثرترین معیار بیابان‌زایی در دشت دهلران با استفاده از مدل ایرانی ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی (IMDPA) است. در این روش دو معیار آب و اقلیم به عنوان عوامل مؤثر در بیابان‌زایی انتخاب شدند. برای معیار اقلیم سه شاخص بارش سالانه، شاخص SPI و تداوم خشک‌سالی و برای معیار آب پنج شاخص افت آب، نسبت جذب سدیم، کلر، هدایت الکتریکی و کل مواد محلول در آب ارزیابی شد. با استفاده از مدل مذکور هر شاخص امتیازدهی شد. سپس با میانگین‌های هندسی نقشه‌های معیار و شدت بیابان‌زایی در نرم‌افزار ArcGIS[®] 9.3 برای دوره مورد نظر تهیه شد. در نهایت داده‌ها به شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی وارد شدند. نتایج نشان‌دهنده کارایی بالای مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی روند بیابان‌زایی بود به گونه‌ای که دقت شبکه بالای ۸۰ درصد و میانگین مربعات خطا کمتر از یک بدست آمد. همین‌طور بر اساس نتایج بدست آمده برای دوره پیش‌بینی شده مهم‌ترین معیارهای احتمالی تأثیرگذار بر شدت بیابان‌زایی منطقه به ترتیب معیارهای اقلیم و آب با متوسط وزنی ۲ (متوسط زیر کلاس ۱، ۲ و ۳)، ۱/۸۴ (متوسط زیر کلاس ۱ و ۲) رتبه‌بندی گردیدند.

*soraya_yaghobi@yahoo.com: پست الکترونیکی مسئول مکاتبات

مقدمه

گاما و عمق سفره استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل ساخته شده برای ارزیابی نوسانات سفره از دقت بالایی برخوردار بوده به گونه‌ای که میانگین خطاهای پیش‌بینی عمق سفره آب در یک دوره ۱۲ ماهه بین ۰/۰۴۳ و ۰/۰۴۷ بوده است. دالیاکوپولوس و همکاران (۲۳) با استفاده از شش ساختار مختلف شبکه‌های عصبی مصنوعی توانستند مدل حوزه‌ای در جنوب یونان را که بر اثر برداشت از آبخوان برای مصارف کشاورزی با مشکل مواجه شده بود تهیه کرده و سطح ایستابی این آبخوان آبرفتی را پیش‌بینی نمایند. در این مطالعه آن‌ها با استفاده از ساختار شبکه عصبی پیشرو با الگوریتم بهینه‌سازی لونیبرگ-مارکوات، پیش‌بینی ۱۸ ماهه‌ای از سطح ایستابی در چاه مرکزی این حوزه ارائه کردند. نتایج بدست آمده از دقت بالایی برخوردار است.

ملکی‌نژاد و پورشریعیاتی (۱۸) جهت پیش‌بینی آب زیرزمینی دشت مروست به ارزیابی و مقایسه دو مدل سری زمانی تجمعی و مدل شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. برای مدل‌سازی از داده‌های سطح تراز آب زیرزمینی در طی بازه زمانی ۱۳۶۶-۱۳۸۸ استفاده شد. برای انتخاب مناسب‌ترین روش بین دو مدل سری زمانی آریمما و شبکه عصبی آماره‌های میانگین مربع خطاها و میانگین قدر مطلق خطاها و ضریب بازدهی استفاده شد که در نهایت نتایج حاکی از برتری جزئی مدل شبکه عصبی نسبت به سری زمانی تلفیقی بود. نیک‌منش و رخشنده‌رو (۲۱) در منطقه سعادت شهر استان فارس به بررسی توانایی شبکه‌های مختلف عصبی مصنوعی در پیش‌بینی تراز آب زیرزمینی پرداختند. نتایج نشان داد، مدل شبکه عصبی مصنوعی پیشرو با الگوریتم لونیبرگ - مارکوات با ترکیب ۲۰ گره در لایه ورودی، ۵ لایه پنهان و یک گره خروجی که تراز آب زیرزمینی را پیش‌بینی می‌کند که نسبت به سایر مدل‌ها در منطقه سعادت شهر نتایج قابل قبول‌تری ارائه نمود که پیش‌بینی‌های انجام شده از تراز آب زیرزمینی در سال‌های ۸۴ و ۸۵ مؤید این موضوع است. افخمی و همکاران (۱) جهت پیش‌بینی خشک‌سالی منطقه یزد به بررسی تأثیر عناصر اقلیمی با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی

بیابان‌زایی فرآیندی است که طی آن مناطق غیر بیابانی به بیابان تبدیل می‌شوند و عوامل طبیعی و غیرطبیعی (انسان) در آن دخالت دارند. به همین منظور روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی این پدیده مخرب وجود دارد که می‌توان به مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی اشاره کرد. شبکه عصبی مصنوعی در حقیقت یک سیستم محاسباتی با تعداد بی‌شماری نرون‌های مصنوعی است که بر اساس سیستم عصبی انسان ساخته شده است. اساس کار شبکه عصبی مصنوعی بر پایه یادگیری فرآیند از طریق الگو است. این شبکه‌ها به وسیله داده‌های مناسبی که دربرگیرنده ورودی و خروجی باشد آموزش می‌بینند. به این دسته داده‌های آموزشی (Trainning data) گفته می‌شود (۱). مدل‌های شبکه عصبی با آموزشی که دیده‌اند، می‌توانند بدون ایجاد رابطه صریح ریاضی، رفتار سیستم را پیش‌بینی کنند (۱۹). در چند سال اخیر چندین تقریب گر عمومی تابع پیشنهاد شده است که می‌توان به پرسپترون چندلایه MLP (Multi Layer Perceptron) اشاره کرد توانایی عملی این سیستم‌ها این است که می‌توانند توابع غیرخطی را با تعداد زیادی متغیر تقریب بزنند و از اطلاعات موجود در مجموعه‌های بسیار بزرگ عددی استفاده کنند (۴).

مایتانی و همکاران (۲۵) در پژوهش خود با هدف پیش‌بینی تغییرات مکانی شهر ساهارانپور در دوره ۲۰۰۱-۱۹۹۳ مدلی بر اساس شبکه‌های عصبی مصنوعی ایجاد کردند. در این مدل از داده‌های سنجش از دور برای دستیابی به تغییرات کاربری شهری و از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای تهیه نقشه تغییرات کاربری شهری با وارد کردن متغیرهای ورودی به مدل شبکه عصبی با سه لایه ورودی، پنهانی و خروجی استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل با صحت کلی ۶۶٪ قادر به پیش‌بینی رشد مناطق شهری است. چانگ (۲۲) برای پیش‌بینی نوسانات سفره آب در مریلند با استفاده از شبکه عصبی از دو گونه پیش‌بینی بر پایه شبکه عصبی مصنوعی (ANN) استفاده نمود. در یک مدل از رابطه بین تغییرات رطوبت خاک و عمق سفره و در مدل دیگر از رابطه بین متغیرهای تابش حرارتی

پارامترهای ورودی عبارت بودند از سختی کل (Total Hardness)، قابلیت هدایت الکتریکی، اسیدیته و کلرید. به منظور ارزیابی مدل، میانگین مربع خطا (MSE) و ضریب تبیین (R^2) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که ارزش MSE و R توسط مدل ANN برای غلظت SAR و سولفات به دست آمده به ترتیب برابر (۰/۹۵۸،۰/۰۰۱۶) و (۰/۹۴،۰/۰۰۷۵) است. نورانی و همکاران (۲۶ و ۲۷) در پژوهشی با استفاده از شبکه عصبی تغییرات زمانی - مکانی سطح آب زیرزمینی دشت شبستر تبریز را پیش‌بینی کرد. نتایج نشان داد که شبکه‌های عصبی می‌تواند به عنوان جایگزین یا ترکیب با مدل‌های زمین آمار به منظور افزایش کارایی پیش‌بینی تغییرات زمانی - مکانی آب سفره‌های پیچیده زیرزمینی بکار گرفته شود.

خنامانی و همکاران (۵) در ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی دشت سگری از مدل مدالوس استفاده کردند و معیار اقلیم را مؤثرترین معیار عنوان نمودند. زهتابیان و همکاران (۷) جهت تهیه نقشه بیابان‌زایی منطقه کاشان از معیارهای آب، پوشش گیاهی، خاک، اقلیم، فرسایش آبی و بادی و مدیریت را مورد مطالعه قرار دادند و از بین معیارهای فوق معیار آب و سپس معیار اقلیم در روند بیابان‌زایی منطقه از اهمیت بیشتری برخوردار بودند.

هدف از این تحقیق، استفاده از مدل شبکه عصبی پارامترهای تأثیرگذار مدل ایرانی ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی (Iranian Model for Desertification Potential) (IMDPA Assessment) جهت پیش‌بینی بیابان‌زایی در دشت دهلران استان ایلام در سال‌های آینده و اینکه کارایی و دقت شبکه عصبی به عنوان مدلی مناسب برای پیش‌بینی بیابان‌زایی بررسی شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

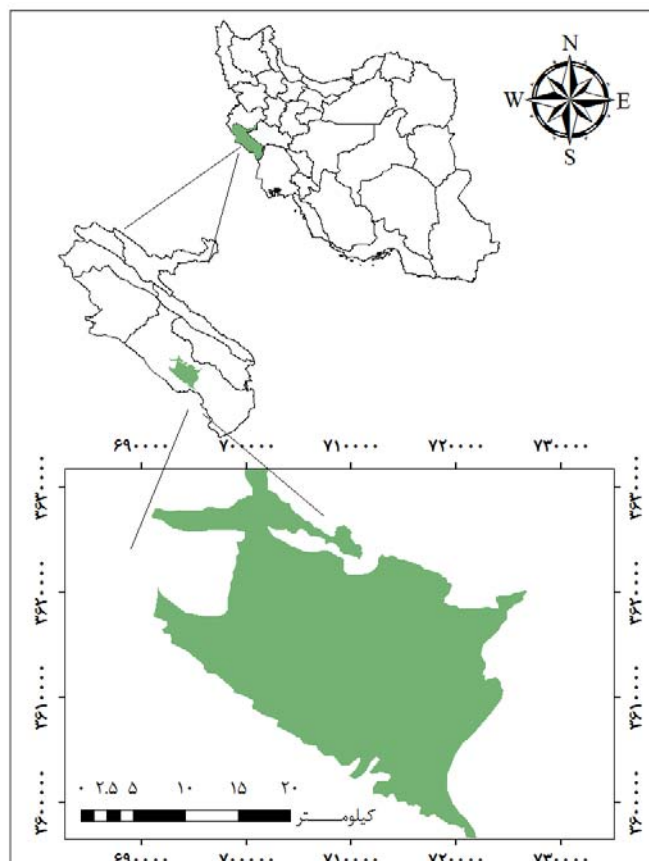
شهرستان دهلران با مساحت ۵۴۳/۵۲ کیلومتر مربع و موقعیت جغرافیایی ۱۶° ۰۲' ۴۷" تا ۰۷' ۲۵" ۴۷° طول شرقی و ۴۸' ۱۸" ۳۲° تا ۳۳" ۴۸' ۳۲° عرض شمالی در جنوب شرقی

پرداختند. در این پژوهش از آمار ۱۳ ایستگاه کلیماتولوژی و ۱ ایستگاه همدیدی استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی به عنوان ابزار مناسب جهت مدل‌سازی در مواقعی که فاقد داده هستند مناسب‌ترین روش است. قلی‌زاده و دارند (۱۳) به پیش‌بینی بارش ماهانه شهر تهران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی پرداختند در این پژوهش از داده‌های بارش ماهانه طی بازه زمانی (۱۹۵۱-۲۰۰۳) و از شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی استفاده شد. نتایج حاکی از آن بود که شبکه عصبی مصنوعی با یک پرسپترون ۲ لایه پنهان، مدل بهتری به نظر می‌رسد و ضریب همبستگی بین مقادیر بارش و پیش‌بینی شده توسط شبکه برابر با ۹۱٪ و ضریب تبیین برابر با ۸۳٪ است.

خوشحال دستجردی و حسینی (۶) در بررسی کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در شبیه‌سازی سیکل خشک‌سالی استان اصفهان از داده‌های ۲۰ ایستگاه سینوپتیک که حداقل ۲۰ سال آمار روزانه داشتند استفاده کردند. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد شبکه عصبی مصنوعی با دقت بالای ۹۵ درصد توانست سیکل خشک‌سالی استان را پیش‌بینی نماید. نیازی و همکاران (۲۰) در بررسی مقایسه دو روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای و دو الگوریتم طبقه‌بندی نظارت شده شامل حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. نتایج حاصل از بررسی دقت این دو روش با استفاده از ضریب کاپا نشان داده است که الگوریتم شبکه عصبی با ضریب ۸۰٪ نسبت به الگوریتم حداکثر احتمال با ضریب ۶۹٪ از دقت و کارایی بالاتری برخوردار است دلیل برتری الگوریتم شبکه عصبی در سنجش از دور به دلیل تلفیق کردن داده‌های منابع مختلف با هم است. ساروی و همکاران (۲۸) به منظور مدل‌سازی و پیش‌بینی غلظت سولفات و نسبت جذب سدیم (SAR) (Sodium adsorption ratio) شهر بایک از شبکه عصبی مصنوعی استفاده کرد. جهت نرمال‌سازی داده‌ها از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف استفاده نمود. در این پژوهش جهت انجام پیش‌بینی از الگوریتم لونیبرگ مارکوات استفاده شد که

به روش آمبرژه بیابانی گرم است. انتخاب منطقه مورد مطالعه با توجه به وضعیت نامناسب اراضی و خصوصیات ژئومورفولوژیکی آن صورت گرفته است، که به دلیل قرارگیری در کمربند خشک و نیمه‌خشک سبب شده از مناطق خشک و بیابانی استان ایلام به حساب آید.

استان ایلام قرار گرفته است (شکل ۱). این شهرستان از شمال به شهرستان آبدانان، از جنوب به کشور عراق، از شرق به استان خوزستان و از غرب به شهرستان مهران محدود می‌شود. بارش متوسط ۲۴۲/۷ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه منطقه ۲۵/۵ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه به روش دومارتن خشک و



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

بررسی از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه و الگوریتم پس انتشار خطا استفاده و نقشه‌های پیش‌بینی معیارهای مذکور با داده‌های برآورد شده از روش شبکه عصبی مصنوعی در نرم‌افزار ArcGIS[®]9.3 تهیه گردید. در این تحقیق وضعیت بیابانزایی منطقه با استفاده از دو معیار اصلی و تأثیر گذار آن آب و اقلیم به وسیله مدل IMDPA، در بازه زمانی ۸۹ تا ۹۳ بررسی شد. نحوه امتیازدهی به طبقات شدت بیابانزایی در جدول ۱ آورده شده است (۸). برای نشان دادن روند بهتر بیابانی شدن منطقه هر کلاس به سه زیر کلاس ۱، ۲ و ۳

روش تحقیق

ابتدا با استفاده از مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابانزایی (IMDPA) به بررسی روند بیابانزایی با دو معیار اثرگذار آب و اقلیم پرداخته شد. سپس داده‌های مشاهده‌ای پس از نرمال‌سازی، در نرم‌افزار سی شارپ (C#[®]6.0) با Studio.NET[®]2015 Visual و روی چارچوب NET Framework[®]4.6 وارد شدند. به منظور ارزیابی کارایی شبکه عصبی مصنوعی و پیش‌بینی معیارها و شاخص‌های مورد

بارش است. با ترسیم نمودارهای میانگین متحرک یا لغزان در مقیاس‌های ۳، ۵ و ۷ ساله از منطقه مورد مطالعه با استفاده از میانگین دراز مدت کل دوره مورد بررسی، تداوم خشک‌سالی‌ها برای این دوره محاسبه شد. مقادیر این دو شاخص نیز مانند شاخص بارندگی به هر واحد کاری اضافه شد. هر کدام از این شاخص‌ها در واحدهای کاری مشخص و به هر شاخص بر اساس مدل IMDPA امتیازی بین ۰ تا ۴ تعلق گرفت. در روش IMDPA هر معیار از میانگین هندسی شاخص‌های خود طبق رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$\text{Index} - X = [(Layer - 1) \cdot (layer - 2) \dots (Layer - n)]^{1/n} \quad [2]$$

در این رابطه؛ Index-X معیار مورد نظر، Layer شاخص‌های هر معیار، N تعداد شاخص‌های هر معیار. در نهایت شدت بیابان‌زایی از میانگین هندسی معیارهای اقلیم و آب بر اساس رابطه ۳ تعیین گردید.

$$\text{شدت بیابان‌زایی} = \sqrt[3]{\text{آب} \times \text{اقلیم}} \quad [3]$$

سپس تمامی مقادیر مربوط به شاخص‌ها و معیارهای ذکر شده در رابطه ۴ نرمال شدند.

$$Y_{nom} = \frac{Y_i - Y_{min}}{Y_{max} - Y_{min}} \quad [4]$$

در این رابطه؛ Y_{nom} متغیر مورد نظر بعد از نرمال‌شدن، Y_i متغیر مشاهده شده، Y_{min} کمترین مقدار مشاهده شده و Y_{max} نیز بیشترین مقدار مشاهده شده است. داده‌های نرمال شده برای پیش‌بینی بیابان‌زایی سال‌های ۹۴-۹۵ به مدل شبکه عصبی مصنوعی در نرم‌افزار سی شارپ معرفی شدند. با استفاده از اعداد به دست آمده از شبکه عصبی مصنوعی تمامی اعداد از حالت نرمال خارج شدند و طبق جدول امتیازدهی بیابان‌زایی مدل IMDPA به هر کدام از شاخص‌ها و معیارهای پیش‌بینی شده امتیازی تعلق گرفت. در نهایت تمامی امتیازات لایه‌های مورد نظر برای تهیه نقشه‌های شاخص، معیار و شدت بیابان‌زایی به نرم‌افزار ArcGIS®9.3 وارد شدند. به منظور کاهش حجم مقاله تنها اقدام به ارائه نقشه‌های حاصل از پیش‌بینی با شبکه عصبی مصنوعی گردید و از آوردن تمامی اعداد نرمال شده خودداری شد.

کلاس‌بندی گردید (۱۵ و ۱۶). در این پژوهش با بررسی گزارش‌های مختلف و بازدید از منطقه و همین‌طور مطالعات کتابخانه‌ای اطلاعات پایه منطقه از جمله نقشه‌های موضوعی، رخساره‌های ژئومورفولوژی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای مورد نیاز گردآوری شد. با استفاده از این اطلاعات ابتدا نقشه واحد کاری منطقه مربوطه بدست آمد. برای رسیدن به نقشه واحد کاری ابتدا نقشه ژئومورفولوژی با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، عکس‌های هوایی و بازدید صحرائی تهیه شد. منطقه مورد مطالعه به ده واحد کاری مجزا تقسیم‌بندی شد و مطابق با روش پیشنهادی IMDPA در هر واحد کاری بر اساس جدول پیشنهاد شده امتیاز هر شاخص به دست آمد و از میانگین هندسی این شاخص‌ها امتیاز کمی شاخص‌ها و معیارها و سپس امتیاز کیفی آن‌ها محاسبه شد. برای معیار آب از پنج شاخص افت آب، نسبت جذب سدیم (Sodium Absorption Ratio)، کلر (CL)، کل مواد جامد محلول (Total dissolved solids)، هدایت الکتریکی (Electrical conductivity) استفاده شد. در دوره ۸۹ تا ۹۳ برای بررسی روند و اثرات تغییرات مشخصه‌های کیفی آب از اطلاعات مربوط به ۷ حلقه چاه و برای شاخص نوسانات سطح سفره آب زیرزمینی از ۲۰ حلقه چاه مشاهداتی استفاده شد. به منظور تخمین نقشه پارامترهای کمی و کیفی به هر واحد کاری امتیازی اختصاص داده شد. برای معیار اقلیم از سه شاخص بارش سالانه، شاخص خشکی SPI (Standardized precipitation index) و استمرار خشک‌سالی استفاده گردید. به منظور محاسبه شاخص بارش، ابتدا متوسط بارش منطقه با استفاده از ۶ ایستگاه در داخل و خارج منطقه بدست آمد. آمد سپس مقادیر بدست آمده در محیط نرم‌افزار ArcGIS®9.3 به نقشه واحدهای کاری اضافه گردید و میزان بارش در هر واحد کاری بدست آمد. مقدار شاخص SPI نیز از رابطه ۱ تعیین گردید.

$$SPI = P_i - P/S \quad [1]$$

در این رابطه؛ P_i مقدار بارش در دوره مورد نظر، P میانگین درازمدت بارش برای دوره مورد نظر و S انحراف معیار مقادیر

جدول ۱. امتیازدهی طبقات شدت بیابان‌زایی بر اساس مدل IMDPA

دامنه ارزش عددی	علامت	ارزش عددی	طبقه‌بندی کیفی شدت بیابان‌زایی
۰ - ۰/۵	کلاس ۱		ناچیز و کم
۰/۵۱ - ۱	کلاس ۲	۰ - ۱/۵	
۱/۰۱ - ۱/۵	کلاس ۳		
۱/۵۱ - ۱/۸۴	کلاس ۱		متوسط
۱/۸۵ - ۲/۱۷	کلاس ۲	۱/۵۱ - ۲/۵	
۲/۱۸ - ۲/۵	کلاس ۳		
۲/۵۱ - ۲/۸۴	کلاس ۱		شدید
۲/۸۵ - ۳/۱۷	کلاس ۲	۲/۵۱ - ۳/۵	
۳/۱۸ - ۳/۵	کلاس ۳		
۳/۵۱ - ۳/۶۷	کلاس ۱		بسیار شدید
۳/۶۸ - ۳/۸۴	کلاس ۲	۳/۵۱ - ۴	
۳/۸۵ - ۴	کلاس ۳		

روش پس انتشار خطا است. از آنجا که در روش پس انتشار خطا نیاز به تابع‌های محرک مشتق‌پذیر است بنابراین در این شبکه بیشتر از تابع‌های مشتق‌پذیری مانند تابع سیگموئید استفاده می‌شود.

مراحل کار با شبکه عصبی

نرمال کردن داده‌ها به علت تأثیر متفاوت داده‌های ورودی بر نرون‌ها در ابتدا لازم است داده‌های ورودی به شبکه عصبی نرمال شوند؛ یعنی بین یک دامنه عددی که معمولاً (۱ و ۰) است قرار گیرند. با توجه به اینکه در لایه مخفی تابع سیگموئید بکار رفته از رابطه ۴ که باعث می‌شود داده‌ها بین صفر تا ۱ قرار بگیرند برای نرمال‌سازی استفاده شد. پس از نرمال‌سازی، داده‌ها به نرم‌افزار سی شارپ وارد شدند. سپس مدل آزمایشی بر روی داده‌ها صورت گرفت تا بهترین مدل سری زمانی انتخاب شود. برای استفاده از شبکه عصبی ترکیب ورودی، سری داده‌های ورودی و هدف و بعد از آن داده‌های آموزشی و آزمایشی در محیط سی شارپ وارد می‌شوند.

آموزش شبکه عصبی برای آموزش شبکه لازم است تا پیش‌پردازش داده‌ها شامل انتخاب متغیرهای مؤثر، انتخاب

شبکه عصبی مصنوعی (Artificial Neural Network)

عموماً هر شبکه عصبی از سه لایه تشکیل شده که عبارت‌اند از؛ لایه ورودی شامل چند نرون است که در این پژوهش، دما، متوسط بارش، تبخیر سطح آب زیرزمینی و سایر پارامترها را دریافت می‌کند، لایه پنهان شامل تعدادی نرون متغیر است که تعداد بهینه آن‌ها برای حداقل شدن خطا (MAE و RMSe) از طریق آزمایش و تکرار تعیین می‌گردد، لایه خروجی که برای افزایش سرعت شبکه در این لایه از تابع فعال‌ساز استفاده می‌شود تا با استفاده از آن هم سرعت یادگیری افزایش یابد و هم مقادیر خروجی بدون تغییر به شبکه ارائه شده و در نهایت خروجی مطلوب را بسازد. از آنجا که الگوریتم آموزش در شبکه‌های MLP معمولاً پس‌انتشار (Back Propagation) است، در پژوهش حاضر نیز از این الگوریتم استفاده شده است.

شبکه پرسپترون چندلایه (MLP)

این نوع شبکه با افزودن یک یا چندلایه پنهان به شبکه پرسپترون تک لایه ساخته می‌شود و با این توپولوژی توانایی حل مسائل پیچیده را دارد. روش آموزش این شبکه‌ها بیشتر،

پیش‌بینی داده‌های موردنیاز با شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی بارندگی از پارامترهای میانگین بارش سالانه، دما، رطوبت نسبی و ساعات آفتابی استفاده شد. ورودی‌های لازم برای پیش‌بینی افت شامل بارش، تبخیر، دما و سطح آب چاه‌های منطقه مورد نظر است. ورودی‌های مدل برای پیش‌بینی کل مواد حل شده در آب شامل؛ آنیون، کاتیون، سختی، سولفات، کلسیم و سدیم هستند. به منظور پیش‌بینی نسبت سدیم جذبی نیز از سدیم، درصد سدیم، کاتیون، آنیون و کل مواد حل شده در آب به عنوان لایه ورودی استفاده شد. همچنین لایه‌های ورودی جهت پیش‌بینی کلر نیز عبارت‌اند از کل مواد حل شده در آب، هدایت الکتریکی، آنیون، سدیم، کاتیون و سختی. آمار تمامی پارامترهای ورودی از ادارات هواشناسی و آب منطقه‌ای استان تهیه گردید و با آنالیز نرمال کردن قابلیت ورود به شبکه عصبی مصنوعی را پیدا کردند. انتخاب پارامترهای ورودی بر اساس تشکیل ماتریس همبستگی و انتخاب پارامترهایی که رابطه همبستگی بیشتری با خروجی دارند، بوده است. با توجه به رابطه بین کل مواد حل شده در آب و هدایت الکتریکی آب مقدار پیش‌بینی شده هدایت الکتریکی از نتایج حاصل از کل مواد حل شده در آب با استفاده از رابطه ۸ تعیین گردید.

$$[8] \quad (\text{هدایت الکتریکی EC}) = 0.764 \times (\text{کل مواد حل شده TDS})$$

نتایج

به منظور برآورد دقیقی از پیش‌بینی داده‌های ورودی جهت آموزش و تست شبکه از نرمالیزه کردن با استفاده از روابط ذکر شده و تقسیم کردن داده‌ها به دو سری (۷۰٪) و (۳۰٪) به ترتیب جهت آموزش و تست شبکه بهره گرفته شد. در آموزش شبکه باید به این نکته توجه داشت که همیشه کمترین خطا بیانگر بهترین آموزش شبکه نبوده و امکان دارد که وزن‌های شبکه در یک حالت فوق تناسب تنظیم شده باشند (۱۴). داده‌های ورودی به شبکه مربوط به طول دوره آماری ۱۵ ساله است که جهت پیش‌بینی دو سال ۹۵-۱۳۹۴ به ساختار

الگوهای آموزش‌ده و آزمون و دسته‌بندی الگوها صورت بگیرد. به همین منظور ۷۰٪ داده‌ها برای آموزش و ۳۰٪ باقی مانده به آزمون شبکه اختصاص یافت. در اغلب موارد داده‌ها با مقداری خطا جمع‌آوری می‌شوند که با وجود آموزش مدل، اعتبار آن می‌تواند مورد تردید قرار گیرد. لذا قسمتی از داده‌های جدا شده تحت عنوان داده‌های آزمون برای اطلاع از دقت مدل ایجاد شده، استفاده می‌شوند. برای تعیین مقدار بهینه تعداد تکرار محاسباتی شبکه از روش سعی و خطا استفاده شد. در این پژوهش از قوانین گوناگون آموزشی مانند پرسپترون چندلایه برای بسط و واسنجی شبکه عصبی برای مدل‌سازی اطلاعات لایه خروجی بهره‌گیری شد. اعتبار شبکه‌های ایجاد شده در برآورد داده‌ها با محاسبه آمارهای میانگین قدر مطلق خطا (MAE) رابطه ۵، میانگین مربعات خطا (MSE) رابطه ۶ و ضریب همبستگی (R) رابطه ۷ تعیین گردید.

$$[5] \quad MAE = \frac{\sum |X_i - Y_i|}{n}$$

$$[6] \quad MSE = \frac{1}{n} \sum [\hat{Z}(X_i) - (X_i)]^2$$

$$[7] \quad R = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

در این رابطه؛ Y_i و X_i به ترتیب i امین داده برآوردی و اندازه‌گیری، \bar{Y} و \bar{X} به ترتیب متوسط داده‌های Y_i و X_i و n تعداد نمونه‌های مورد ارزیابی هستند.

با انتخاب پارامترهای نسبتاً مستقل از منطقه مورد بررسی به عنوان متغیرهای ورودی، یک مدل تعمیم یافته حاصل می‌شود. بدین طریق شبکه عصبی مصنوعی آموزش‌یافته بیشترین وزن را به متغیری خواهد داد که بیشترین تأثیر را در خروجی داشته باشد (۱۹ و ۲۴). شبکه عصبی احتیاجی به تحلیل روابط رگرسیونی متغیرهای وابسته ندارد. در بیشتر موارد برای مدل‌سازی از شبکه پرسپترون چندلایه استفاده شده است، چرا که شبکه‌ها در شناخت الگو و تابع حاکم بر مسائل غیرخطی بسیار متبحرند و از مطرح‌ترین الگوریتم‌های آموزشی این شبکه، الگوریتم پس‌انتشار خطاست که در این تحقیق از شبکه عصبی پرسپترون و الگوریتم پس‌انتشار بهره گرفته شد.

آموزش‌های صورت گرفته خروجی آن‌ها دنرمالیزه شده و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSe) و قدر مطلق خطا (MAE) برای پارامترهای SAR, CL, TDS, افت سفره آب زیرزمینی و بارندگی منطقه مورد مطالعه به دست آمد؛ که طبق نتایج جدول ۲ برای همه پارامترهای ورودی کمترین خطا با ضریب همبستگی بالا هم در مرحله آموزش و هم در مرحله آزمایش به دست آمده است.

شبکه عصبی مصنوعی وارد شده‌اند؛ بنابراین لایه ورودی شبکه شامل ۲۰ گره است و خروجی شبکه شامل بارش، افت تراز آب زیرزمینی، TDS, CL, SAR است. تعداد گره‌های میانی لایه پنهان، پس از محاسبات با روش سعی و خطا برای شبکه عصبی مصنوعی بدست آمد. در این تحقیق پیش‌بینی ورودی‌های ذکر شده با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی که از یک ساختار ساده شبکه عصبی پرسپترون چندلایه و الگوریتم پس‌انتشار خطا تشکیل شده صورت گرفت. پس از

جدول ۲. میانگین عملکرد مدل شبکه عصبی (MLP) در پیش‌بینی شاخص‌های معیار آب

شاخص‌های معیار آب	Training			Testing		
	ریشه میانگین مربعات خطا	قدر مطلق خطا	ضریب همبستگی	ریشه میانگین مربعات خطا	قدر مطلق خطا	ضریب همبستگی
نسبت جذب سدیم	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۹۸	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۸۶
کلر	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۹۵	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۸۷
کل مواد محلول	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۹۷	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۸۹
افت سفره آب زیرزمینی	۰/۲۵	۰/۲۱	۰/۹۹	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۸۹

همبستگی است. که نشان‌دهنده این است شبکه با انطباق بیشتری قادر به شبیه‌سازی است.

نتایج مربوط به خطاها و همبستگی پیش‌بینی بارش در جدول ۳ آورده شده است، که نتایج در این پارامتر نیز حاکی از کمترین خطاهای RMSe و MAE و بیشترین ضریب

جدول ۳. عملکرد مدل شبکه عصبی (MLP) در پیش‌بینی بارش

	Training			Testing		
	RMSe	MAE	R ²	RMSe	MAE	R ²
بارندگی (میلی‌متر)	۰/۰۹	۰/۱۶	۰/۹۶	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۸۸

(شکل ۴). پیش‌بینی‌ها نشان داد که در سال ۹۴-۹۵ میانگین وزنی معیار اقلیم به ارزش عددی ۲ خواهد رسید (شکل ۵). با توجه به نتایج حاصل از پیش‌بینی شاخص افت آب به دلیل استفاده بیش از حد از رودخانه میمه به عنوان یک رودخانه دائمی در منطقه و کاهش بارندگی انتظار می‌رود که آبدهی رودخانه کم شود و کشاورزان به بهره‌برداری از چاه‌های منطقه روی آورند، زیرا در این دوره کل منطقه در طبقه متوسط و زیر کلاس ۱، ۲ و ۳ قرار گرفته است که طبقه متوسط با زیر کلاس

نتایج حاصل از نقشه‌های پیش‌بینی بیابان‌زایی نشان داد که تغییرات تداوم خشک‌سالی منطقه مورد مطالعه حاکی از میانگین وزنی ۱/۵۰ و کلاس بیابان‌زایی ناچیز و کم است (شکل ۲). پیش‌بینی می‌شود در دو سال آینده میانگین وزنی شاخص خشک‌سالی SPI نیز به ۲/۲۹ می‌رسد که در کلاس طبقه‌بندی متوسط و شدید قرار گرفته است (شکل ۳). از نظر شاخص بارش نیز دارای میانگین وزنی ۲/۰۳ است که در طبقات متوسط با زیر کلاس‌های ۱، ۲ و ۳ قرار گرفته است

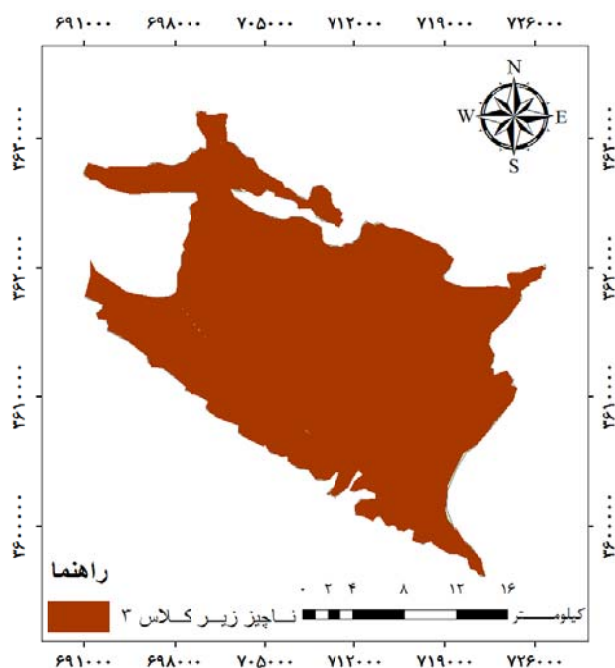
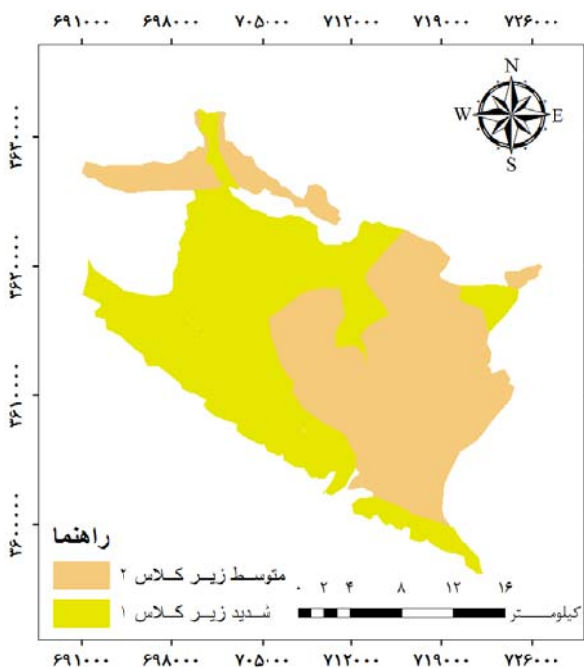
شده است. قسمت‌های شرقی و جنوبی دشت به دلیل داشتن کاهش افت از شرایط بهتری از نظر هدایت الکتریکی برخوردارند. می‌توان گفت که رابطه نزدیکی بین افزایش افت و افزایش شوری وجود دارد. میانگین شدت بیابانزایی سال‌های ۹۵-۹۴ برابر با ۲/۸۷ ارزیابی شده است (شکل ۹).

شاخص TDS نیز با میانگین وزنی بیابانزایی ۲/۰۸ در کلاس شدید زیر کلاس ۱ بررسی شده است (شکل ۱۰). از نظر معیار آب در دوره پیش‌بینی شده نیز میانگین وزنی بیابانزایی ۱/۸۴ است که ۱۴۲/۸۲ کیلومتر مربع در طبقه متوسط زیر کلاس ۱ و ۴۰۰/۷ کیلومتر مربع در طبقه متوسط زیر کلاس ۲ قرار می‌گیرد (شکل ۱۱). علت این امر را می‌توان به کاهش آبدهی رودخانه میمه به دلیل برداشت بی‌رویه و کاهش نزولات جوی و در نهایت روی آوردن کشاورزان و ساکنین مناطق به برداشت از چاه‌های منطقه نسبت داد. در جداول ۴ و ۵ مساحت طبقات شدت بیابانزایی شاخص‌ها و معیارهای دشت مذکور آورده شده است. شکل ۱۲ نیز نشان‌دهنده پیش‌بینی شدت کل بیابانزایی در منطقه مورد مطالعه است.

۳ بیشترین مساحت ینی ۴۰۰/۶۵ درصد از دشت موردنظر را به خود اختصاص داده است. میانگین وزنی بیابانزایی منطقه نیز به دلیل وارد شدن منطقه به طبقه متوسط افزایش یافته و به ۲/۱۱ می‌رسد. شکل ۶ نشان‌دهنده تغییرات شاخص افت آب در دو سال آینده است. از نظر شاخص نسبت جذبی سدیم پیش‌بینی شده که کل منطقه به طبقه ناچیز و کم با زیر کلاس ۲ وارد می‌شود و میانگین وزنی بیابانزایی نیز به ۰/۵۳ می‌رسد. می‌توان گفت نسبت جذب سدیم نیز مانند شاخص EC می‌تواند از عوامل تأثیرگذار بر بیابانزایی منطقه باشد (شکل ۷). تغییرات کلر نیز حاکی از پیش‌بینی میانگین وزنی ۲/۶ و وارد شدن منطقه به طبقه شدید با زیر کلاس ۱ است (شکل ۸). نقشه شاخص EC نیز نشان داد که قسمت‌های شرقی دشت از نظر هدایت الکتریکی در وضعیت مطلوب‌تری نسبت به قسمت‌های غربی قرار دارد. به‌طوری که قسمت‌های شرقی در زیر کلاس ۱ و قسمت‌های غربی در زیر کلاس ۲ از طبقه شدید قرار گرفته‌اند. علت دیگر کاهش کیفیت در قسمت‌های غربی دشت را می‌توان وجود سازندهای آجاجاری که جزء سازندهای مخرب محسوب می‌شود دانست که باعث افزایش شوری و کاهش کیفیت در آب چاه‌های قسمت غربی دشت

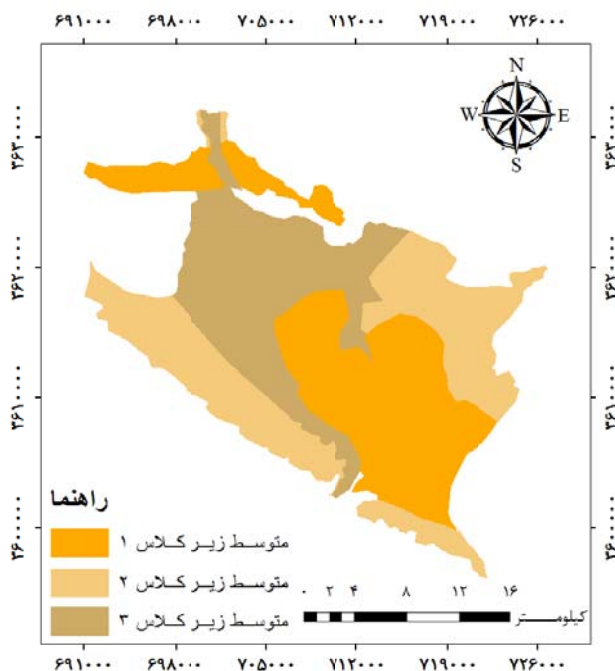
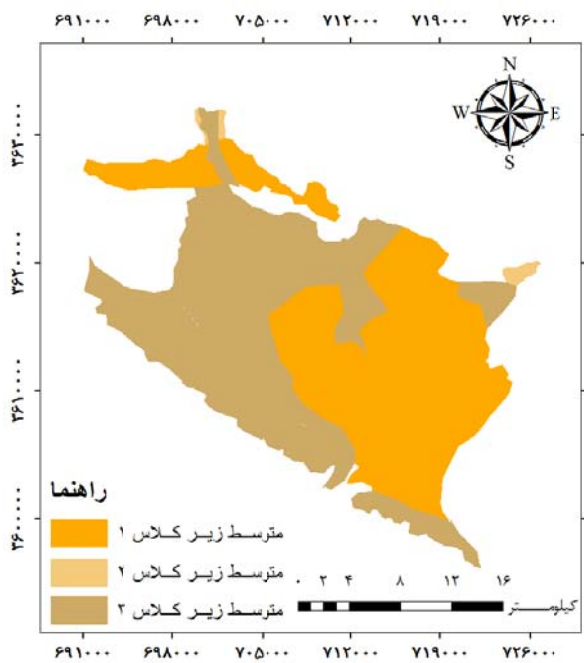
جدول ۴. پیش‌بینی مساحت کلاس‌های طبقه‌بندی شدت بیابانزایی بر اساس شاخص‌ها و معیار اقلیم

شاخص‌ها و معیارها	میانگین وزنی شدت بیابانزایی	کلاس بیابانزایی	زیر کلاس	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
			۱	۱۹۸/۱۲	۳۶/۴۵
شاخص بارندگی	۲/۰۳	متوسط	۲	۱۸۴/۸	۳۴/۰۰
			۳	۱۶۰/۶۰	۲۹/۵۵
شاخص خشک‌سالی	۲/۲۹	متوسط	۲	۲۷۲/۱۸	۵۰/۰۸
			۱	۲۷۱/۳۴	۴۹/۹۲
			۳	۵۴۳/۵۲	۱۰۰
شاخص استمرار	۱/۵۰	ناچیز و کم			
خشک‌سالی			۱	۲۵۶/۶۶	۴۸/۸
معیار اقلیم	۲	متوسط	۲	۶/۵۴	۱/۲۸
			۳	۲۷۱/۳۴	۴۹/۹۲



شکل ۳. تغییرات حاصل از پیش‌بینی شاخص خشک‌سالی SPI

شکل ۲. تغییرات حاصل از پیش‌بینی شاخص استمرار خشک‌سالی

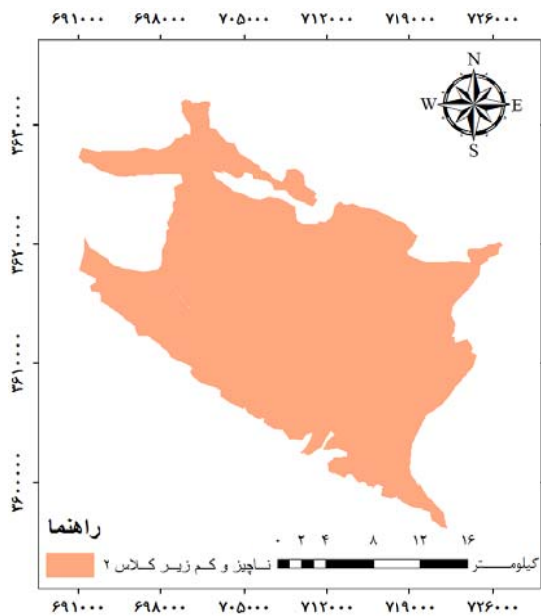


شکل ۴. تغییرات حاصل از پیش‌بینی شاخص بارندگی

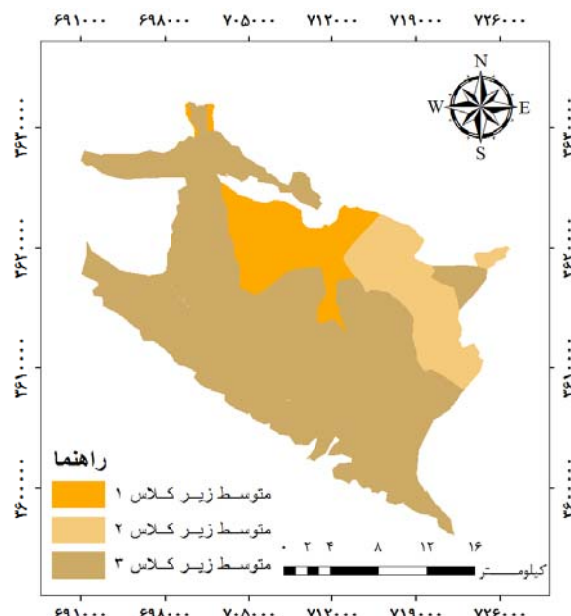
شکل ۵. تغییرات حاصل از پیش‌بینی معیار اقلیم

جدول ۵. پیش‌بینی مساحت کلاس‌های طبقه‌بندی شدت بیابان‌زایی بر اساس شاخص‌ها و معیار آب

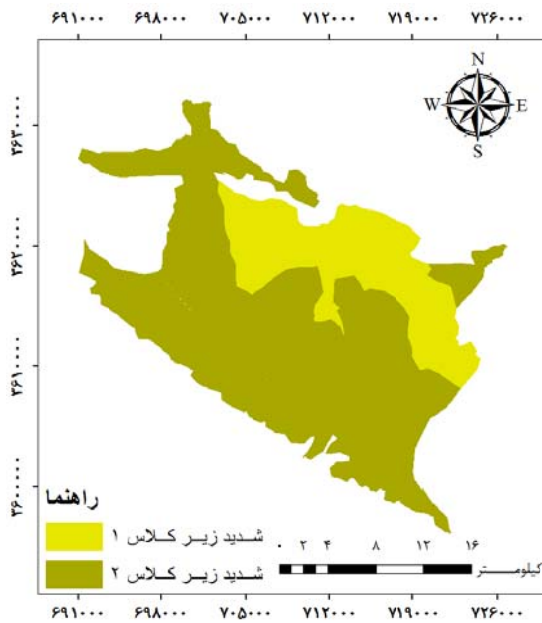
شاخص‌ها و معیارها	میانگین وزنی شدت بیابان‌زایی	کلاس بیابان‌زایی	زیر کلاس	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
شاخص افت	۲/۱۱	متوسط	۲	۷۰/۵۲	۱۲/۹۸
شاخص SAR	۰/۵۳	ناچیز و کم	۲	۵۴۳/۵۲	۷۳/۷۱
شاخص CL	۲/۶	شدید	۱	۵۴۳/۵۲	۱۰۰
شاخص TDS	۲/۰۶	شدید	۱	۱۳۷/۱۵	۲۵/۲۴
شاخص EC	۲/۸۷	شدید	۲	۴۰۴/۳۹	۷۴/۷۶
معیار آب	۱/۸۴	متوسط	۱	۱۴۲/۸۲	۲۶/۲۸
			۲	۴۰۰/۷	۷۳/۷۲



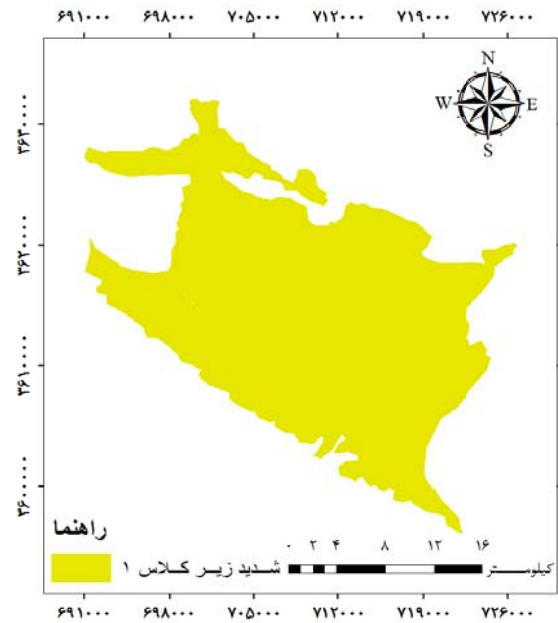
شکل ۷. نتایج حاصل از پیش‌بینی شاخص SAR



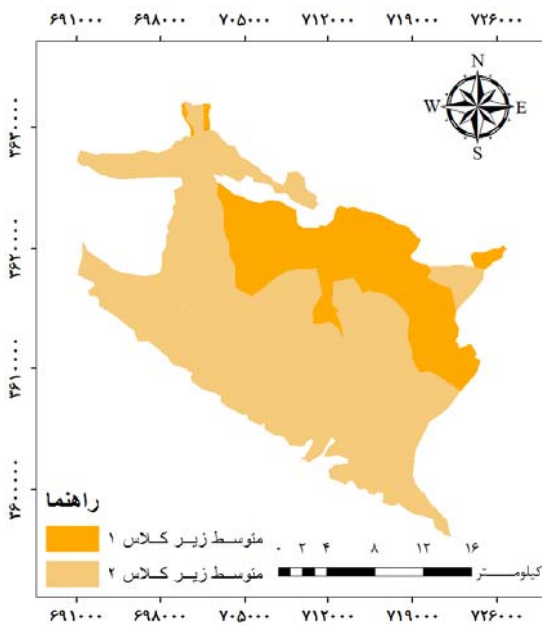
شکل ۶. نتایج حاصل از پیش‌بینی شاخص افت آب زیرزمینی



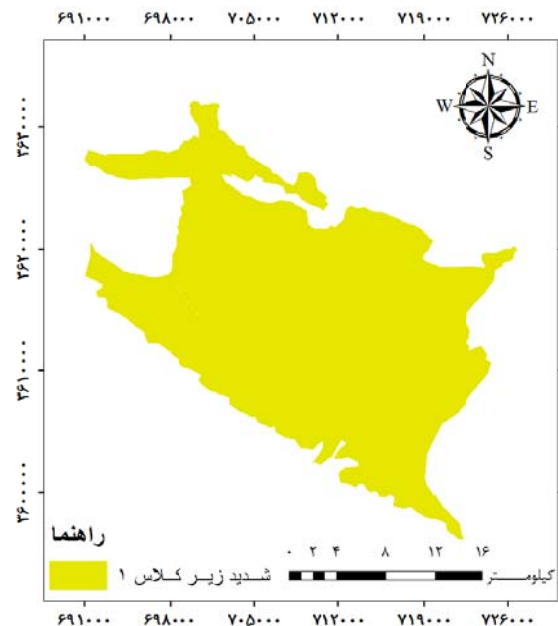
شکل ۹. نتایج حاصل از پیش‌بینی شاخص EC



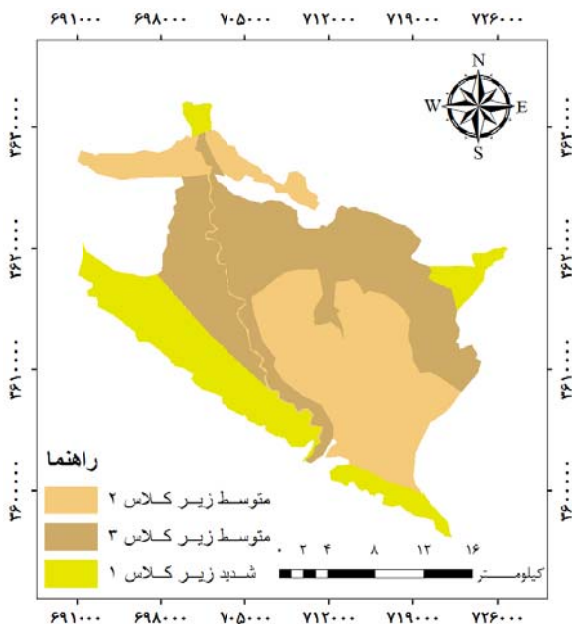
شکل ۸. نتایج حاصل از پیش‌بینی شاخص CL



شکل ۱۱. نتایج حاصل از پیش‌بینی معیار آب



شکل ۱۰. نتایج حاصل از پیش‌بینی شاخص TDS



شکل ۱۲. نتایج حاصل از پیش‌بینی شدت بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه

جدول ۶. توزیع فراوانی کلاس‌های شدت کل بیابان‌زایی دشت دهلران ۹۵-۱۳۹۴

میانگین وزنی شدت بیابان‌زایی	کلاس بیابان‌زایی	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	زیر کلاس	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
	متوسط	۲۰۹/۱۹	۳۶/۴۸	۲	۲۰۹/۱۹	۳۶/۴۸
۲/۱۷	متوسط	۳۳۴/۳۳	۶۳/۵۲	۳	۲۱۹/۹	۴۰/۴۵
	شدید	۱۱۴/۴۳	۲۳/۰۷	۱	۱۱۴/۴۳	۲۳/۰۷

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق ابتدا با استفاده از مدل IMDPA دو معیار تأثیرگذار در بیابان‌زایی از جمله آب و اقلیم و شاخص‌های مربوط به هرکدام از آنها انتخاب شد سپس جهت پیش‌بینی معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی از شبکه عصبی استفاده شد. شبکه‌های عصبی در شناخت الگو و تابع حاکم بر مسائل غیرخطی بسیار متبحرند و از مطرح‌ترین الگوریتم‌های آموزشی این شبکه، الگوریتم پس‌انتشار خطاست که در این تحقیق هم از شبکه عصبی پرسپترون (MLP) و هم از الگوریتم پس‌انتشار (BP) بهره گرفته شد. نتایج نشان داد که این شبکه می‌تواند

مدل مناسبی جهت پیش‌بینی بیابان‌زایی منطقه باشد و الگوریتم استفاده شده مناسب‌ترین الگوریتم جهت پیش‌بینی معیارها و شاخص‌های مذکور بوده و با کارایی بالاتری، نتایج بهتری ارائه می‌دهد؛ بنابراین برای پیش‌بینی و برآورد معیارها و شاخص‌ها به نظر می‌رسد که شبکه‌های عصبی مصنوعی به دلیل غیرخطی بودن مدل مناسبی جهت پیش‌بینی مقادیر نزدیک به واقعیت است. در واقع میزان ضریب همبستگی و کم بودن خطاهای اندازه‌گیری شده توسط مدل دلیلی بر این ادعاست که شبکه‌های عصبی به علت خاصیت غیرخطی و نامعین نسبت به روش‌های کلاسیک از اهمیت بیشتری برخوردارند. اکبری و

آب را به عنوان مهم‌ترین معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی منطقه در نظر گرفتند. بخشنده‌مهر و همکاران (۳) در بررسی وضعیت بیابان‌زایی دشت سگزی تأثیرگذارترین معیارها را دو معیار اقلیم و مدیریت و سیاست معرفی کرد. ارزیابی کمی وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از مدل مدالوس در دشت شمیل حاکی از آن بود که از بین معیارهای مورد مطالعه معیار اقلیم به عنوان نامناسب‌ترین معیار مشخص شده است (۱۱).

از آنجا که پدیده بیابان‌زایی به عنوان یک عامل مخرب گریبان‌گیر بسیاری از مناطق از جمله مناطق خشک و نیمه‌خشک شده است. بهتر آن است که عوامل بروز و توسعه بیابان‌زایی شناسایی و عملکرد و پیشرفت این عوامل در آینده پیش‌بینی شود. استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی به عنوان مدلی برتر برای پیش‌بینی این فاکتورها می‌تواند نتایج مطلوبی بدست دهد. به گونه‌ای که در منطقه مورد مطالعه ما شبکه عصبی پرسپترون چندلایه با الگوریتم پس انتشار توانست با دقت بالا و خطای کم عوامل مؤثر در پیشرفت بیابان‌زایی را برای سال‌های آینده پیش‌بینی کند و با استفاده از مدل IMDPA نتایج پیش‌بینی شده بصورت نقشه پیش‌بینی شدت بیابان‌زایی امتیازبندی شود. با توجه به اینکه بیشتر منطقه مورد بررسی در طبقه متوسط با زیر کلاس‌های ۳ و ۲ و طبقه شدید با زیر کلاس یک قرار گرفته است پیشنهاد می‌شود که با استفاده از طرح‌های بیولوژیکی و مکانیکی و راه‌اندازی سدهای مناسب با مناطق خشک و ایجاد منابع آبی جدید جهت استفاده کشاورزان، فرآیند بیابان‌زایی مهار شود در غیر این صورت با حاکمیت شرایط اقلیمی در منطقه و استفاده‌های بی‌رویه از منابع آبی وضعیت منطقه در شرایط بحرانی قرار می‌گیرد.

منابع مورد استفاده

۱. افخمی، ح.، م. ت. دستورانی، ح. ملکی‌نژاد و م. مبین. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر عناصر اقلیمی بر افزایش دقت روش شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی خشکسالی منطقه یزد. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۱۴(۵۱): ۱۵۷-۱۷۰.

همکاران (۲)، در تحقیق خود جهت مقایسه نتایج بدست آمده از بررسی وضعیت بیابان‌زایی و وزن‌دهی پارامترهای ورودی از مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده شد. نتایج کلی حاکی از غیرقابل اغماض بودن اثر وضعیت پوشش گیاهی، فرسایش بادی و آبی در بیابان‌زایی منطقه و تأثیرگذاری کمتر اثر شوری نسبت به عوامل دیگر است. نتایج حاصل از پیش‌بینی شدت بیابان‌زایی نیز حاکی از آن بود که در دو سال آینده بیشتر منطقه در طبقه متوسط با زیر کلاس ۲ و ۳ قرار خواهد گرفت و حدود ۲۳٪ دشت مورد نظر نیز وارد طبقه شدید با زیر کلاس ۱ می‌شود. عظیمی و همکاران (۱۲) با مقایسه شبکه‌های عصبی مصنوعی با سنجش از دور و روش پنمن-مانتیت-فائو در شمال خوزستان نشان داد که نتایج بیانگر عملکرد بهتر شبکه‌های عصبی مصنوعی نسبت به روش مذکور در برآورد تبخیر و تعرق است. ترافالیاس و همکاران (۲۹)، از شبکه‌های عصبی مصنوعی با معماری‌های مختلف، مقادیر بارش را پیش‌بینی کردند. نتایج حاصل از در مقایسه برازش شبکه‌های عصبی مصنوعی با روش‌های رگرسیونی خطی و پولی نومیال به این نتیجه رسیدند که شبکه‌های عصبی دقت و کارایی بالایی نسبت به دیگر روش‌ها دارد. ملکیان و همکاران (۱۷)، در پیش‌بینی شاخص اقلیمی خشک‌سالی استان سیستان و بلوچستان با شبکه عصبی مصنوعی حاکی از همبستگی ۹۷٪ شبکه با پرسپترون چندلایه و الگوریتم پس انتشار بود. تنها روش مناسب برای مدل‌سازی دبی سیلابی در مواقعی که ایستگاه‌های باران‌سنجی فاقد آمار مورد نیاز باشد روش شبکه عصبی مصنوعی است (۹). با توجه به بررسی‌های انجام شده در دشت دهلران مشخص شد مؤثرترین معیار و شاخص از نظر شبکه عصبی مصنوعی معیار اقلیم و شاخص EC است که انسان نمی‌تواند در بهبود شرایط عوامل محیطی مثل اقلیم نقش خاصی داشته باشد بنابراین باید جهت مبارزه با پدیده بیابان‌زایی تمام فعالیت‌های خود را محدود به بخش‌های قابل تغییر مانند منابع آبی در منطقه کند. طباطبایی‌فر و همکاران (۱۰) در بررسی شدت بیابان‌زایی منطقه گرمسار از مدل IMDPA طی چهار دوره زمانی استفاده کردند. دو معیار اقلیم

۲. اکبری، م.، ا. رعنائی و س. ح. بدیعی نامقی. ۱۳۹۰. ارزیابی حساسیت پارامترهای ورودی در وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: جنوب شهرستان نیشابور). نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، (۲)۲۵: ۳۹۸-۴۱۰.
۳. بخشنده‌مهر، ل.، س. سلطانی و ع. سپهر. ۱۳۹۲. ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی و اصلاح مدل مدالوس در دشت سگزی اصفهان. مرتع و آبخیزداری، (۱)۶۶: ۲۷-۴۱.
۴. تشنه‌لب، م. ۱۳۸۲. پیش‌بینی اقلیمی پارامترهای هواشناسی با استفاده از شبکه‌های عصبی- فازی بر اساس آموزش پارامترهای بخش تالی اصفهان. مجموعه مقالات سومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم. سازمان هواشناسی کشور با همکاری دانشگاه اصفهان. ۲۹ مهرماه الی ۱ آبان ماه.
۵. خنامانی، ع.، ح. کریم‌زاده، ر. جعفری و ا. گلشاهی. ۱۳۹۲. ارزیابی کمی وضعیت فعلی بیابان‌زایی با استفاده از مدل مدالوس (مطالعه موردی: دشت سگزی). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، (۱)۴: ۱۳-۲۵.
۶. خوشحال دستجردی، ج. و س. حسینی. ۱۳۸۹. کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در شبیه‌سازی عناصر اقلیمی و پیش‌بینی سیکل خشکسالی (مطالعه موردی: استان اصفهان). جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، (۳)۲۱: ۱۰۷-۱۲۰.
۷. زهتابیان، غ.، ر. ح. احمدی، م. اختصاصی و ح. خسروی. ۱۳۸۶. واسنجی مدل مدالوس به منظور ارزیابی یک مدل منطقه‌ای برآورد شدت بیابان‌زایی در منطقه کاشان. منابع طبیعی ایران، (۳)۶۰: ۷۲۷-۷۴۴.
۸. سیلاخوری، ا.، م. اونق و ا. سعدالدین. ۱۳۹۲. ارزیابی خطر و ریسک بیابان‌زایی منطقه سبزوار با استفاده از مدل MICD. مدیریت بحران، (۱)۵: ۸۹-۹۹.
۹. شادمانی، م.، ص. عروفی، ک. محمدی و ع. سبزی‌پرور. ۱۳۹۰. مدل‌سازی منطقه‌ای دبی سیلابی در استان همدان با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، (۴)۱۸: ۲۱-۴۲.
۱۰. طباطبایی‌فر، س. م.، غ. زهتابیان، م. رحیمی، ح. خسروی و ش. نیکو. ۱۳۹۲. ارزیابی تأثیر تغییرات زمانی شرایط اقلیمی و وضعیت آب زیرزمینی بر شدت بیابان‌زایی دشت گرمسار. مدیریت بیابان، (۲)۱: ۳۹-۴۸.
۱۱. عباسی، ا. پ.، ح. امانی و م. زارعیان. ۱۳۹۳. ارزیابی کمی وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از مدل مدالوس و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: دشت شمیل- استان هرمزگان). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، (۱)۵: ۸۷-۹۷.
۱۲. عظیمی، ع.، ک. رنگزن، م. کابلی‌زاده و م. خرمیان. ۱۳۹۴. برآورد تبخیر و تعرق با استفاده از سنجش از دور، شبکه‌های عصبی مصنوعی و مقایسه نتایج آن با روش پنمن- ماتیتث- فائو در باغات مرکبات شمال خوزستان. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، (۴)۶: ۶۱-۷۵.
۱۳. قلی‌زاده، م. ح. و م. دارند. ۱۳۸۹. پیش‌بینی بارش ماهانه با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (مورد: تهران). پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی (پژوهش‌های جغرافیایی)، (۷۱)۴۲: ۵۱-۶۳.
۱۴. کارتالوپولوس، ا. ۱۳۹۰. منطق فازی و شبکه‌های عصبی (مفاهیم و کاربردها). ترجمه: محمود جورابیان، رحمت‌اله هوشمند، سعیداله مرتضوی، منوچهر تشکری. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. ۳۱۸ صفحه.
۱۵. کریمی، ک. ۱۳۹۳. بررسی روند و پیش‌بینی بیابان‌زایی دشت عباس با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. ۱۱۰ صفحه.
۱۶. محمدی، ع. ۱۳۹۳. بررسی روند و پیش‌بینی بیابان‌زایی دشت مهران با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام. ۹۵ صفحه.
۱۷. ملکیان، آ.، م. ده‌بزرگی، ا. ه. احسانی و ا. ر. کشتکار. ۱۳۹۲. کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی و شبیه‌سازی شاخص اقلیمی خشک‌سالی هواشناسی دهک بارش (مطالعه موردی: استان سیستان و بلوچستان). نشریه مرتع و آبخیزداری (مجله منابع طبیعی ایران)، (۱)۶۷: ۱۲۷-۱۳۹.
۱۸. ملکی‌نژاد، ح. و ر. پورشرعیاتی. ۱۳۹۲. کاربرد و مقایسه مدل سری زمانی تجمعی و مدل شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی تغییرات سطح آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت مروست). علوم و مهندسی آبیاری، (۳)۳۶: ۸۱-۹۲.
۱۹. منہاج، م. ب. ۱۳۹۳. هوش محاسباتی (جلد اول) مبانی شبکه‌های عصبی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی- تکنیک تهران). ۷۱۶ صفحه.

- Springer, Chapter 3, pp 53-71.
25. Maithani S, Jain RK, Arora MK. 2009. An Artificial Neural Network based approach for modelling urban spatial growth. *ITPI Journal*, 4(2): 43-51
 26. Nourani V, Ejlali RG, Alami MT. 2011. Spatiotemporal groundwater level forecasting in coastal aquifers by hybrid artificial neural network-geostatistics model: a case study. *Environmental Engineering Science*, 28(3): 217-228.
 27. Nourani V, Mogaddam AA, Nadiri AO. 2008. An ANN-based model for spatiotemporal groundwater level forecasting. *Hydrological Processes*, 22(26): 5054-5066.
 28. Saravi M, Keshavarzi A, Azareh A. 2013. Modeling of SAR and sulfate concentration using artificial neural network approach. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(3): 499-506.
 29. Trafalis TB, Richman MB, White A, Santosa B. 2002. Data mining techniques for improved WSR-88D rainfall estimation. *Computers & Industrial Engineering*, 43(4): 775-786.
 ۲۰. نیازی، ی، م. ر. اختصاصی، ح. ملکی نژاد، س. ز. حسینی و ج. مرشدی. ۱۳۸۹. مقایسه دو روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی در استخراج نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوزه سد ایلام). *جغرافیا و توسعه*، ۲۰(۸): ۱۱۹-۱۳۲.
 ۲۱. نیک‌منش، م. ر. و غ. ر. رخشنده‌رو. ۱۳۹۰. ارزیابی توانایی شبکه‌های مختلف عصبی مصنوعی در پیش‌بینی تراز آب زیرزمینی در آبخوان محدوده سعادت شهر فارس (یادداشت فنی). *تحقیقات منابع آب ایران*، ۷(۱): ۸۲-۸۶.
 22. Chung YW. 2008. Prediction water table fluctuation using artificial neural network. In partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy, University of Maryland, 185 pp.
 23. Daliakopoulos IN, Coulibaly P, Tsanis IK. 2005. Groundwater level forecasting using artificial neural networks. *Journal of Hydrology*, 309(1): 229-240.
 24. Deo M, Thirumalaiah K. 2000. Real time forecasting using neural networks. In: *Artificial neural networks in hydrology*.



Assessment of efficiency of artificial neural network in predicting the trend of desertification processes by using GIS (Case study: Dehloran plain, Ilam)

S. Yaghibi ^{1*}, M. Faramarzi ², H. Karimi ³, J. Sarvarian ²

1. MSc. Graduated of Range Land and Watershed, Ilam University

2. Assis. Prof. College of Agriculture, Ilam University

3. Assoc. Prof. College of Agriculture, Ilam University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 20 December 2015

Accepted 18 August 2016

Available online 25 November 2016

Keywords:

Artificial neural network (ANN)

Iranian model for desertification potential assessment (IMDPA)

Geographic information system (GIS)

Dehloran plain

ABSTRACT

Desertification is recognized as a main problem in the arid and semi-arid areas. Therefore, identification and prediction of the effective factors in development of desertification are very important for better management of these areas. The main purpose of this study was evaluating the accuracy of an artificial neural network model for predicting the desertification process and selects the most effective criteria on desertification in the Dehloran plain by using the Iranian model for desertification potential assessment (IMDPA). In IMDPA model, water and climatic were selected as effective factors in desertification. In this model, three indicators for climate criteria; annual precipitation, drought index (Standardized precipitation index; SPI and continued drought and for water criteria; ground water table depletion, sodium absorption ratio, Cl, electrical conductivity (EC) and total dissolved solids were evaluated. Each index was rated using of IMDPA model. Then desertification intensity and criteria maps were prepared using a geometric average for predicting period in ArcGIS[®]9.3. Final data were entered into neural network to predict. The results showed that the neural network model has a high efficiency for predicting the desertification process in the study area. The accuracy of the model was about 80% and mean square error (MSe) was less than one. In addition, the climate factor and the index of EC were found the most effective variables for predicting the desertification process. In 2015-2016 predicted the most important probable criteria affecting the intensity of desertification were climate and water with weighted average 2 (moderate in sub-class1, 2 and 3), 1.84 (moderate in sub-class 1and 2), respectively.

* Corresponding author e-mail address: soraya_yaghibi@yahoo.com