

تخمین عملکرد محصول جو در آذربایجان شرقی با استفاده از پارامترهای هواشناسی و شاخصهای خشکسالی به روش شبکه عصبی مصنوعی

الهام رحمانی^۱، عبدالمجید لیاقت*^۲ و علی خلیلی^۳
۱، ۲، ۳، کارشناس ارشد، دانشیار و استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۸۵/۸/۲۱ - تاریخ تصویب: ۸۷/۳/۸)

چکیده

در این تحقیق ابتدا پارامترهای هواشناسی شامل بارندگی، میانگین دمای ماکزیمم، میانگین دمای مینیمم، میانگین دمای متوسط، مجموع دماهای بیش از ۱۰ درجه سانتیگراد، تبخیر، فشار بخار آب هوا، متوسط سرعت باد، تعداد ساعتهای آفتابی و رطوبت نسبی هوا در دوره رشد محصول و شاخصهای خشکسالی شامل شاخص درصد انحراف (PNPI)، شاخص بارندگی سالانه استاندارد (SIAP)، شاخص هیدروترمال (HT) تغییر یافته، شاخص نگوین (Km)، شاخص ترانسو (Ih) تغییر یافته، شاخص استاندارد شده بارش (SPI)، شاخص رطوبتی شاشکو (md) و شاخص ناهنجاری بارش (RAI) در ایستگاههای تبریز و میانه، از نظر نرمال بودن و هم راستایی سنجش شدند. سپس با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، مدل‌های بهینه بین عملکرد محصول جو با پارامترهای هواشناسی و شاخصهای خشکسالی بدست آمد. از بین مدل‌های تهیه شده، مدل با پنج ورودی شامل متوسط دمای مینیمم، تعداد ساعات آفتابی، شاخص ناهنجاری بارش، شاخص ترانسو تغییر یافته و شاخص استاندارد شده بارش ۲۴ ماهه مربوط به ایستگاه تبریز با دوره آماری ۳۰ سال به عنوان بهترین مدل برای پیش بینی عملکرد جو در منطقه شناخته شد. از بین شاخصهای مطالعه شده، شاخصهای نگوین، ترانسو تغییر یافته، استاندارد شده بارش ۲۴ ماهه و ناهنجاری بارش بیشترین همبستگی را با عملکرد نشان دادند. این تحقیق همچنین نشان داد که به دلیل بالا بودن ضریب تبیین مدل بهینه، روش شبکه عصبی در پیش بینی عملکرد از کارایی قابل قبولی برخوردار است و از اینرو برای تخمین خشکسالی کشاورزی و پیش بینی عملکرد محصول توصیه می شود.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، عملکرد محصول جو، شاخصهای خشکسالی، پارامترهای هواشناسی، شبکه عصبی مصنوعی

مقدمه

رخداد بیشتر خشکسالی در آینده نیز بشود (۹). تاکنون بیش از ۱۵۰ تعریف مختلف برای خشکسالی ارائه شده است (۶). دانشمندان تنها بر روی تعاریف بسیار کلی خشکسالی اتفاق نظر دارند. به عنوان مثال یکی از تعاریف، مشخصه اصلی خشکسالی را کاهش دسترسی به آب در یک دوره زمانی مشخص و در یک ناحیه مشخص می‌داند (۵). تعریف

کشاورزی یکی از بخشهای اقتصادی آسیب پذیر در برابر بلایای طبیعی مانند خشکسالی است (۹). بررسی‌های آماری نشان داده که ۱۱٪ بلایای طبیعی مربوط به وقوع خشکسالی‌ها در جهان است (۶). تغییر متغیرهای آب و هوایی از جمله الگوی بارش در اثر تغییر اقلیم میتواند موجب

برای بیان اثر آب و هوا بر پوشش می‌باشد. این مطالعه در نواحی مختلفی از قزاقستان با اقلیم‌ها (نواحی نیمه بیابانی و استپی - جنگلی) و ارتفاع‌های متفاوت از سطح دریا انجام گردید. این مطالعه برای نخستین بار نشان داد که می‌توان از شاخص VCI برای ارزیابی کمی پوشش گیاهی و تراکم آن استفاده نمود.

سایلر و همکاران (۱۹۹۸) از دو شاخص VCI و TCI (Temperature Condition Index) برای پایش خشکسالی در آرژانتین استفاده کردند. نتایج مطالعه نشان داد که ۷۱٪ از تغییرات عملکرد محصول ذرت به میانگین شاخص‌های طیفی مورد مطالعه در ماه‌های ژانویه و فوریه مربوط است. استفاده از شاخص‌های VCI و TCI برای ارزیابی مشخصات مکانی، مدت و شدت خشکسالی مفید بود و رابطه خوبی بین این شاخص‌ها و داده‌های بارندگی به دست آمد.

وگت و همکاران (۲۰۰۰) ضمن بررسی وضعیت فعلی پایش خشکسالی در جهان و روند آینده آن، دو روش استفاده از داده‌های ماهواره‌ای یعنی استفاده از شاخص‌های گیاهی و مدل تعادل انرژی را در دو استان اندلس اسپانیا و سیسیل ایتالیا مورد ارزیابی قرار داده‌اند. هر دو روش مورد مطالعه رابطه خوبی با شاخص اقلیمی SPI نشان دادند. این پژوهشگران مهمترین مزیت استفاده از شاخص‌های ماهواره‌ای را گستردگی دامنه اطلاعات ماهواره‌ای و امکان تهیه نقشه از وضعیت خشکسالی اعلام کرده‌اند.

سینگ و همکاران (۲۰۰۳) از شاخص وضعیت دمایی (TCI) حاصل از تصاویر AVHRR برای پایش خشکسالی در هندوستان استفاده کردند. آنها اظهار داشتند که در دوره‌هایی که به طور غیرطبیعی مرطوب هستند مقادیر NDVI و VCI کم برآورد خواهند شد که می‌تواند به اشتباه نشانگر وقوع خشکسالی باشد. در چنین مواردی استفاده از شاخص TCI می‌تواند در تشخیص خشکسالی واقعی مفید واقع گردد.

کارابولوت (۲۰۰۳) به بررسی رابطه پوششی گیاهی و الگوهای مختلف بارندگی در منطقه بلک هیلز آمریکا پرداخته است. او معتقد است که در بررسی رابطه بارندگی و NDVI باید ماه‌های قبل را نیز در نظر گرفت. نتایج او نشان

دیگر، خشکسالی را کمبود رطوبت مستمر و غیرطبیعی می‌داند (۲۰). در این تعریف واژه مستمر، بیانگر زمان آغاز تا پایان خشکسالی یا زمان تداوم بوده و واژه غیرطبیعی، به انحراف یا نوسان منفی نسبت به شرایط میانگین طبیعی دلالت دارد.

به طور کلی، از نظر مفهومی خشکسالی کشاورزی عبارت است از یک دوره کمبود آب که خسارات شدیدی به محصولات کشاورزی وارد آورده و در نتیجه، عملکرد محصولات کاهش می‌یابد (۶). بهمین دلیل، در تمامی تعاریف خشکسالی و تمامی شاخص‌های معرف خشکسالی، بارندگی جایگاه اصلی را به خود اختصاص می‌دهد (۱۰). داده‌های آب و هوایی به طور معمول برای تخمین عملکرد محصول و خشکسالی کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. تغییر و گوناگونی در رطوبت خاک یکی از عوامل معنی‌دار در ایجاد خشکسالی کشاورزی است (۱۷). تغییرات بارندگی از میانگین درازمدت نیز منجر به خشکسالی هواشناسی شده، به دنبال آن کمبود منابع آب (خشکسالی هیدرولوژیک) رخ داده، سپس این کمبود آب سبب کاهش سطح زیر کشت یا عملکرد محصول می‌گردد (خشکسالی کشاورزی). تاریخ کشت نیز به طور معنی‌دار تأثیر در عملکرد محصول و احتمال وقوع خشکسالی کشاورزی دارد و هر محصول زمان ایده‌آل خاص خود را برای کشت دارد. کشت زود یا دیرهنگام ممکن است باعث شود که محصول به مقدار عملکرد پتانسیل نرسد. خشکسالی خسارات زیادی را وارد می‌سازد که یکی از آنها پایین آوردن عملکرد محصولات کشاورزی است به این دلیل در نقاط مختلف جهان سعی شده که به نوعی رابطه این بلیه طبیعی را با عملکرد محصولات مختلف تعیین نموده و به نحوی آنرا کنترل نمایند (۶).

گیتلسون و همکاران (۱۹۹۸) رابطه ای بر اساس شاخص‌های VCI (Vegetation Condition Index) و NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)، تراکم گیاهی و بازتابش به دست آورده و آن را بررسی نمودند. آنها اعلام کردند که شاخص VCI، تغییرات NDVI را در اثر تغییرات آب و هوا نشان می‌دهد و معیاری

ذرت را در مقیاس مزرعه و در مناطقی از استرالیا که تحت تاثیر خشکسالی شدید در سال ۲۰۰۳ بودند را با هم مقایسه نمودند. روشهای مورد استفاده شامل شاخصهای آب وهوایی و خشکسالی اعم از، ناهنجاریهای تجمعی و منفرد بارش، بارندگی بصورت منفرد (RD)، شاخص ناهنجاری بارش (RAI)، شاخص استاندارد شده بارش (SPI)، شاخصهای هیدروترمال (TI, KI)، شاخص ناهنجاری رطوبت پالم (Z)، شاخص شدت خشکسالی پالم (PDSI)، شاخص رطوبت محصول (CMI)، شاخص ویژه خشکسالی محصول (CSDI)، شاخص سنجش از دور (NDVI) و مدل ساده شده تعادل آبی FAO و مدل‌های محصول DSSAT بودند. در این تحقیق شاخصهای هواشناسی که عمدتاً مبنی بر بارندگی به تنهایی یا دما و بارش بودند همبستگی کمی ($R^2 < 0.3$) را با کاهش عملکرد در سه ماه اصلی رشد نشان دادند و نیز همبستگی خوب ($R^2 = 0.67$) با استفاده از رطوبت نسبی قابل دسترس خاک در مدل ساده شده تعادل آبی FAO در سه ماه اصلی رشد محصول در سال ۲۰۰۳ بدست آمد و شاخص NDVI نیز بیشترین همبستگی ($R^2 = 0.82$) را با کاهش عملکرد در سطح مزرعه نشان داد، نظر به اینکه در اینحالت سازگاری دوره های حساس فنولوژیک محصول بسیار مهم و قابل توجه بود (۷).

خلیلی (۱۹۹۱ و ۱۹۹۸) در بررسی‌های مربوط به مطالعه روند طبیعی خشکسالی‌ها و ترسالی‌های ایران شاخص معیار بارندگی سالانه (SIAP) را پیشنهاد نمود (۶).

بذرافشان (۲۰۰۰) ضمن معرفی روش بارندگی مؤثر، شدت و تداوم روزانه خشکسالی را در چند ایستگاه هواشناسی حوزه آبریز کسلیان بررسی نموده و کارایی آن را خوب ارزیابی نمود (۳).

صفا و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از شبکه عصبی، عملکرد گندم را بر اساس پارامترهای (میانگین حداقل دمای روزانه، بیشترین مقدار حداکثر دمای روزانه، جمع مقادیر بارش روزانه، تعداد روزهای بارانی، جمع ساعات آفتابی روزانه، میانگین سرعت باد روزانه، حداکثر مطلق سرعت باد روزانه، میانگین سرعت باد روزانه، میانگین

داد که مقادیر NDVI همبستگی قویتری با بارندگی همان ماه به اضافه دو ماه قبل نسبت به بارندگی همان ماه و ماه قبل دارد.

توسط تیسکارنو لویز و همکاران (۲۰۰۳) در مناطق شمالی مکزیک برای تعیین کمیت خشکسالی کشاورزی، یک سری روابط کمی بین SPI-x و عملکرد محصولات لوبیا و ذرت بدست آمد (x نشان دهنده دوره برگشت ۳،۴،۵ و ۶ ماهه است). از بین آنها فقط روابط بین SPI-3 و عملکرد دارای ضریب تبیین بهتری (0.54 و 0.26) بود. در این تحقیق اظهار شد که دلیل ممکن برای پایین بودن ضریب همبستگی این است که مقادیر SPI برای کل ایالت میانگین گیری شده است و یکی از راههای اصلاح این است که ایالت به مناطق محلی تقسیم شده و سپس آنالیز همبستگی بین عملکرد محلی و مقادیر SPI انجام شود. دلیل دیگر چنین مطرح شد که SPI تنها به بارندگی بستگی دارد که آن هم یکی از چندین پارامتر اثرگذار روی عملکرد محصول است. در این تحقیق همچنین نتیجه گیری شد که شاخص ساده SPI نمی‌تواند به تنهایی جهت پیش‌بینی عملکرد محصول و تعیین مقدار کمی خشکسالی در مکزیک موفقیت‌آمیز باشد و شاخص دیگری نیاز است تا بتواند جهت پیش‌بینی خشکسالی کشاورزی و عملکرد محصولات عمده، مورد استفاده قرار گیرد.

در تحقیقی دیگر، از یک مدل بیلان آبی برای بررسی اثرات خشکسالی کشاورزی روی گیاه ارزن در کشور نیجر استفاده شد. بررسی‌های انجام شده در نیجر کارایی مدل را برای مطالعه رخدادهای تاریخی خشکسالی کشاورزی تأیید نمود، اما به کارگیری آن جهت پیش‌آگاهی خشکسالی کشاورزی و قحطی نیازمند بررسی‌های بیشتر در زمینه تبخیر و تعرق و تنش آبی گیاه طی مرحله جوانه‌زنی و سبز شدن می باشد (۶). شاخص Palmer نیز برای برزیل تعدیل و تغییر یافته و در ایالت ساپالا (Saopaulo) جهت پیش‌شرایط خشکسالی ماهانه و دهه‌ای مورد استفاده قرار گرفته و رابطه بین عملکرد ذرت و شاخص PDSI (پالم) نیز در آنجا بدست آمده است (۶).

ایتزینگر و همکاران (۲۰۰۵) روشهای متفاوت تخمین خشکسالی و روابط آنها با عملکرد محصولات گندم، جو و

مواد و روش‌ها

شبکه‌های عصبی مصنوعی یکی از انواع سیستم‌های دینامیکی هوشمندی هستند که مبتنی بر داده‌های تجربی بوده و با پردازش داده‌ها، دانش یا قانون نهفته در ورای داده‌ها را به ساختار شبکه منتقل می‌کنند. به همین دلیل به این سیستم‌ها، هوشمند گویند چرا که براساس محاسبات روی داده‌های عددی یا مثالها، قوانین کلی را فرامی‌گیرند. این سیستم‌های مبتنی بر هوش محاسباتی سعی در مدل‌سازی ساختار نرو - سیناپتیکی (Neuro-Synaptic) مغز بشر دارند. با توجه به اینکه در شبکه عصبی، یادگیری یک نگاشت مفروض از روی ارائه مجموعه داده‌های یادگیری ورودی - خروجی صورت می‌گیرد، لذا در انتخاب و نحوه ارائه داده‌ها به شبکه عصبی بایستی دقت نمود. چون در حقیقت در پروسه یادگیری از اطلاعات موجود در نمونه‌های یادگیری جهت فهم و استنتاج نگاشت مفروض و پیاده‌سازی تقریبی آن استفاده می‌شود. از این جهت ترتیب ارائه داده‌های یادگیری به شبکه باید به گونه‌ای باشد که شبکه از امکان برابر برای یادگیری همه داده‌ها برخوردار باشد. با انتخاب یک ساختار مناسب برای شبکه و تعریف توابع تبدیل و قوانین یادگیری برای نرونهای آن، می‌توان در صورت داشتن داده‌های مناسب و کافی، رفتار فرآیندهای طبیعی و پیچیده را به شبکه آموزش داد و از آن برای پیش‌بینی فرآیند مورد نظر در آینده استفاده نمود. متداولترین شبکه‌ها در پیش‌بینی و حل مسائل غیرخطی، شبکه‌های موسوم به چند لایه پرسپترون MLP (Multi layer Perceptron) می‌باشند. که این مدل سه لایه دارد، یک لایه ورودی، یک لایه خروجی و یک لایه بین آنها که مستقیماً به داده‌های ورودی و نتایج خروجی متصل نیست. در واقع این لایه را لایه پنهان می‌نامند.

هرواحداً در لایه پنهان و لایه خروجی مانند یک پرسپترون عمل می‌کند با این تفاوت که تابع استفاده شده تابع سیگموئید (Sigmoid Transfer Function) STF است. واحدهای لایه ورودی صرفاً وظیفه توزیع مقادیر ورودی را به لایه بعدی بر عهده دارند و بنابراین هیچ محاسبه‌ای را انجام نمی‌دهند. در این حالت قاعده فراگیری مدل پرسپترون

رطوبت نسبی روزانه و جمع نیاز آبی روزانه) که برای هر یک از مراحل مختلف فنولوژیکی تعیین شده بود، تخمین زد. جو مانند گندم در مناطق مختلف که دارای شرایط آب و هوایی متفاوت می‌باشند رشد کرده و محصول تولید می‌نماید. مقاومت آن در برابر گرما بیش از گندم بوده و گیاهی است که برای رشد و نمو احتیاج به روزهای بلند دارد و در مناطقی که طول روز ۱۲ تا ۱۳ ساعت باشد، بهتر رشد می‌نماید. جو در هر دو نیمکره شمالی و جنوبی در اقلیم‌های مختلف کشت می‌گردد. در مقایسه با گندم مقاومت بیشتری به خشکی و بیماری‌ها دارد. در شرایط نامساعد محیطی و کمبود بارندگی، عملکرد آن بیشتر از گندم است. از آنجا که قیمت جو در بازار به مراتب پایین‌تر از گندم می‌باشد، کشت آن را به نقاط کم باران و خاک‌های فقیری که برای رشد و نمو گندم مساعد نیستند اختصاص می‌دهند. حداقل بارندگی مورد نیاز آن نیز حدود ۲۵۰-۲۰۰ میلی‌متر می‌باشد. در مقابل تغییرات ارتفاع از سطح دریا نیز مقاومت زیادی دارد و تا ارتفاع ۴۰۰۰ متری به خوبی رشد و نمو کرده و محصول تولید می‌نماید. دمای مناسب برای رشد جو ۱۵-۲۰ درجه سانتیگراد و حداکثر رشد در دمای ۳۱ درجه سانتیگراد است. کمترین درجه حرارت برای تولید جوانه نیز حدود ۲ تا ۴ درجه سانتیگراد است. در مقایسه با سایر غلات، جو نسبت به شوری خاک، چه در مرحله جوانه‌زنی و چه در مراحل بعدی رشد، مقاومتر است. البته درجه مقاومت واریته‌های جو در این مورد هم متفاوت و تابع ویژگی‌های ژنتیکی واریته‌ها است. عملکرد جو، وابسته به فرآیندهای نموی و فیزیولوژیک است که تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند و دما، تابش و فتوپریود از عوامل محیطی هستند که می‌توان آنها را با تغییر دادن تاریخ تا حدودی دستکاری کرد (۲، ۱۲، ۱۶، ۱۸).

اغلب مطالعات انجام شده جهت پایش خشکسالی و عملکرد بدین صورت بوده که رابطه یکی از شاخصهای خشکسالی با عملکرد محصول مطالعه شده است. حال آنکه در این پژوهش رابطه چندین شاخص خشکسالی و پارامتر هواشناسی بطور همزمان با عملکرد محصول با استفاده از شبکه عصبی مورد بررسی قرار گرفته است.

همبستگی به خوبی نشان‌دهنده میزان هماهنگی روند تغییرات مقادیر مشاهده شده نسبت به مقادیر پیش‌بینی شده می‌باشد اما گویای تطابق آنها نیست (۱).

شاخصهای کمی دیگری که می‌توان از آن در برآورد دقت مدل استفاده نمود، عبارتند از ریشه میانگین مربعات خطا (Root Mean Square Error) RMSE، درصد انحراف جذرمیانگین مربعات خطا از میانگین RMSE (%)، میانگین خطای اریبی (Mean Bias Error) MBE، درصد انحراف MBE از میانگین MBE (%) که بصورت زیر تعریف می‌شوند:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (C_i - \bar{M})^2}{n}}$$

$$\% RMSE = \frac{RMSE}{\bar{M}} \times 100$$

$$MBE = \frac{\sum (C_i - M_i)}{n}$$

$$\% MBE = \frac{MBE}{\bar{M}} \times 100$$

که در آنها:

C_i مقدار محاسبه شده، M_i مقدار مشاهده شده، \bar{M} میانگین حسابی داده‌های مشاهده شده و n تعداد داده‌ها می‌باشد. مقدار RMSE یا %RMSE سنجی برای میزان درستی و اعتبار مدلها می‌باشد و هر چه مقدار آن کمتر باشد، دقت مدل بیشتر است. مقادیر مثبت MBE یا %MBE نشان‌دهنده بیش برآورد کردن مقادیر توسط مدل و مقادیر منفی آن نشان‌دهنده کم برآورد کردن مدل می‌باشد.

چگونگی انتخاب محل تحقیق

ابتدا اقدام به جمع آوری آمار عملکرد جو از استان آذربایجان شرقی گردید و سپس شهرهای تبریز و میانه، بعلت تفاوت آب و هوایی و پوشش دادن بخشهای مرکزی و جنوبی استان و دارا بودن آمار مکفی عملکرد، جهت مقایسه انتخاب شدند. در این تحقیق از آمار هواشناسی ایستگاههای سینوپتیک زیر نیز استفاده گردید:

۱- ایستگاه تبریز با دوره آماری ۳۰ ساله

۲- ایستگاههای تبریز و میانه با دوره آماری ۱۷ ساله

شاخصهای خشکسالی محاسبه شده

چند لایه نیز قاعده کلی دلتا یا قاعده پس انتشار میباشد. این قاعده مقدار تابع خطا را محاسبه کرده و آن را به عقب از یک لایه به لایه پیشین از انتشار میدهد. ضرایب وزنی هرواحد جداگانه میزان میشود و بدین صورت میزان خطا کاهش می‌یابد. پارامترهای شبکه در نهایت به گونه‌ای تنظیم میشوند که پاسخ واقعی هر چه بیشتر به سمت پاسخ مطلوب نزدیکتر شود. انتخاب تعداد نرونها مناسب لایه میانی بستگی به پیچیدگی تابع دارد بطوریکه هرچه پیچیدگی تابع بیشتر بوده و تابع دارای نقاط عطف بیشتری باشد، مقدار نرونها لایه میانی را نیز می‌بایست بیشتر در نظر گرفت اما باید توجه نمود که تعداد پارامترهای قابل تنظیم شبکه از تعداد داده‌های یادگیری کمتر باشد تا شبکه دچار آموزش بیش از حد، که همان حفظ کردن داده‌ها بجای یافتن ارتباط منطقی و ریاضی بین آنهاست، نشود و بتواند به خوبی عمل تعمیم را انجام دهد (۱).

شاخصهای ارزیابی عملکرد مدل

یکی از شاخصهای آماری که برای ارزیابی عملکرد مدلها از آن استفاده می‌شود، ضریب همبستگی می‌باشد که توسط رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2 (O_i - \bar{O})^2}}, \quad -1 \leq r \leq 1$$

در رابطه فوق،

r : ضریب همبستگی، P_i : مقدار پیش‌بینی شده برای سال i ام، \bar{P} : متوسط مقادیر پیش‌بینی در دوره n ساله، O_i : مقدار مشاهده شده برای سال i ام و \bar{O} : متوسط مقادیر مشاهده شده در دوره n ساله می‌باشند.

از آنجا که مقادیر ضریب همبستگی همواره در بازه $[-1, 1]$ قرار می‌گیرند، قضاوت از روی این ضریب ساده است و ممکن است به نظر رسد که ضریب همبستگی می‌تواند معیار مناسبی در ارزیابی مدل باشد. با اینحال، بایستی توجه داشت که ضریب همبستگی نمی‌تواند به تنهایی شاخص مناسبی برای ارزیابی مدلها باشد. زیرا، ممکن است در یک مدل فرضی مقادیر پیش‌بینی و مشاهده شده دارای اختلاف فاحشی باشند ولی این اشتباهات به گونه‌ای باشد که از یک روند یکنواخت پیروی نماید. بنابراین، گرچه ضریب

دماهای بیش از ۱۰ درجه سانتیگراد، تبخیر، فشار بخار آب هوا، متوسط سرعت باد و تعداد ساعتهای آفتابی و رطوبت نسبی هوا. (قابل ذکر است که تمامی این پارامترها از آمارروزانه استخراج شده‌اند).

نتایج و بحث

بررسی نرمال بودن و اثر همراستایی (اثر متقابل)

بر اساس فرض اولیه نرمال بودن پارامترهای مورد استفاده در شبکه عصبی مصنوعی، ابتدا تمامی پارامترهای هواشناسی و شاخصهای خشکسالی و عملکردهای جو دیم و آبی جهت نرمال بودن مورد بررسی قرار گرفتند و این نتیجه حاصل شد که تمامی آنها از فرم نرمال تبعیت میکنند.

اثر همراستایی پارامترها نیز بر هم با ضریب همبستگی پیرسون و مقدار P (به منظور تعیین معنی دار بودن یا نبودن ضریب پیرسون) بررسی شد تا اینکه از تشدید اثر برخی پارامترها برهم و بالا بردن مصنوعی ضریب تبیین جلوگیری شود. در این راستا پارامترها و شاخصهایی که بر هم اثر متقابل قابل توجه داشتند، یکجا آورده نشدند.

بررسی مدلهای شبکه عصبی

از بین ۱۰ پارامتر هواشناسی و ۸ شاخص خشکسالی که برای پیش بینی عملکرد محصول جو به صورت تک متغیره، چند متغیره و ترکیبی مورد آزمون قرار گرفتند، ۸ مدل بهینه بکمک شبکه عصبی بدست آمد. که چهار مدل برای عملکرد جو دیم و آبی در شهر تبریز بر اساس آمار ۳۰ ساله ساخته شد که مدلها با ۲۰ سال آموزش دیده و با ۱۰ سال مورد آزمون قرار گرفتند و چهار مدل دیگر نیز برای عملکرد جو دیم در شهر تبریز و میانه بر اساس آمار ۱۷ ساله ساخته شد که مدلها با ۱۳ سال آموزش دیده و با ۴ سال مورد آزمون قرار گرفتند. این مدلها مطابق جدول (۱) نامگذاری شده و مشخصات آنها در جدول (۲) ارائه شده است.

مقایسه مدلها

به منظور مقایسه مدلها از سنجه های آماری RMSE, R, MBE و MBE% استفاده شد که نتایج آن در جدول (۳) آورده شده است.

شاخص درصد از نرمال (PNPI) یا (E): از تقسیم بارندگی به بارش نرمال حاصل میشود (۱۵).

شاخص بارندگی سالانه استاندارد (SIAP): از تقسیم تفاضل بارش در هر سال از میانگین بلندمدت آن بر انحراف استاندارد بارش حاصل میشود (۱۵).

شاخص هیدروترمال سلینینف (HT) تغییر یافته: از تقسیم مجموع بارش ماهانه بر حاصلضرب مجموع دماهای بیش از ده درجه ضرب در ضریب ۰/۱ حاصل میشود (۶).

شاخص نگوین (Km): از تقسیم تبخیر تفرق سالانه بر بارش سالانه حاصل میشود که در اینجا بدلیل در دسترس نبودن آمار روزانه تبخیر تفرق از آمار روزانه تبخیر استفاده شده است (۱۹).

شاخص ناهنجاری بارش (RAI): چنانچه داده های بارندگی از میانگین درازمدت بیشتر باشد یا ناهنجاری مثبت باشد، این شاخص از رابطه زیر محاسبه میشود:

$$RAI = 3[(P - P_n)/(m - P_n)]$$

و اگر داده های بارندگی از میانگین درازمدت کمتر باشد و یا ناهنجاری منفی باشد رابطه بصورت زیر است:

$$RAI = -3[(P - P_n)/(x - P_n)]$$

P_n میانگین درازمدت بارندگی و m میانگین ۱۰ مورد از بزرگترین مقادیر بارش اتفاق افتاده در دوره مطالعاتی و x میانگین ۱۰ مورد از کمترین مقادیر بارش اتفاق افتاده در دوره مطالعاتی میباشد (۴).

شاخص استاندارد شده بارش (SPI): در مقیاسهای زمانی ۳ و ۶ و ۹ و ۱۲ و ۲۴ ماهه و با داده های بارندگی از سال ۱۹۷۲ محاسبه شده است (۴).

شاخص رطوبتی شاشکو (md): از نسبت بین بارش بر فشار بخار آب هوا به هکتوپاسکال در هر سال محاسبه شده است (۲۴).

شاخص ترانسو (Ih) تغییر یافته: از نسبت متوسط بارش سالانه بر متوسط تبخیر سالانه حاصل میشود (۶).

پارامترهای هواشناسی بکار گرفته شده

پارامترهای هواشناسی مورد استفاده در این تحقیق که در دوره رشد محصول در سالهای زراعی مربوطه تعیین شده‌اند، عبارتند از: بارندگی، میانگین دمای ماکزیمم، میانگین دمای مینیمم، میانگین دمای متوسط، مجموع

جدول ۱- نامگذاری کلیه مدل‌های آماری کلاسیک و شبکه عصبی در این تحقیق

میان‌ه (۱۷ساله)	تبریز (۱۷ساله)	تبریز (۳۰ساله) (آبی)	تبریز (۳۰ساله) (دیم)	مدلهای موردبررسی در این تحقیق
3-1-ANN	2-1-ANN	1-1-A-ANN	1-1-D-ANN	شاخصهای خشکسالی
3-2-ANN	2-2-ANN	1-2-A-ANN	1-2-D-ANN	پارامترهای هواشناسی و شاخصهای خشکسالی

جدول ۲- مشخصات مدل‌های شبکه عصبی بدست آمده در این تحقیق

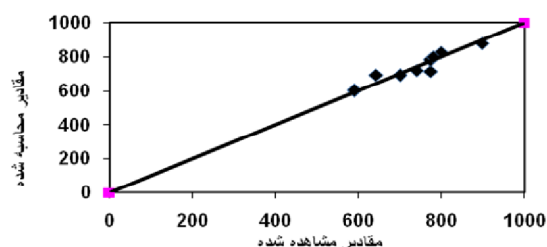
3-2-ANN	3-1-ANN	2-2-ANN	2-1-ANN	1-2-A-ANN	1-1-A-ANN	1-2-D-ANN	1-1-D-ANN	
MLP	MLP	MLP	MLP	MLP	MLP	MLP	MLP	نوع شبکه
BP	BP	BP	BP	BP	BP	BP	BP	روش آموزش
Epochs	Epochs	Epochs	Epochs	Epochs	Epochs	Epochs	Epochs	روند آموزش
DeltaRule	DeltaRule	DeltaRule	DeltaRule	DeltaRule	DeltaRule	DeltaRule	DeltaRule	قانون یادگیری
Tangent Hyperbolic	Tangent Hyperbolic	DNNA	DNNA	DNNA	DNNA	Tangent Hyperbolic	DNNA	تابع محرک
3	3	3	3	3	3	3	3	تعداد لایه میانی
5	5	3	3	5	3	6	4	تعداد نرون لایه میانی 1
2	3	3	4	3	3	3	3	تعداد نرون لایه میانی 2
6	4	5	5	5	5	4	5	تعداد نرون لایه میانی 3
0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	نرخ یادگیری لایه میانی 1
0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	نرخ یادگیری لایه میانی 2
0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	نرخ یادگیری لایه میانی 3
0.8	0.8	0.6	0.7	0.6	0.8	0.6	0.9	نرخ یادگیری لایه خروجی
1000	36000	10000	6000	19000	10000	31000	3000	تعداد تکرار
16	16	16	16	16	16	16	16	اپاک
0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	مومنتم
Wind P K Sunshine T>=10	K Md HT	Wind RH K SPI24	SPI24 K	Tmin Sunshine RAI Ih SPI24	SPI24K	Tmin Sunshine RAI SPI24 Ih	SPI24 RAI Ih	ورودی
Barley Yield	Barley Yield	Barley Yield	Barley Yield	Barley Yield	Barley Yield	Barley Yield	Barley Yield	خروجی

جدول ۳- ارزیابی مدل‌های شبکه عصبی با سنج‌های آماری

مدلهای پیش بینی عملکرد جو	R(test)	RMSE (test)	MBE (test)	MBE (test)%
1-1-D-ANN	۰/۸۵۹	۰/۰۵۵	-۰/۱۸۶	-۰/۸۵۵
1-2-D-ANN	۰/۹۴۸	۰/۲۴۸	۰/۲۰۵	۰/۲۵
1-1-A-ANN	۰/۷۸۲	۰/۰۴۲	۰/۱۷۲	-۰/۹۳۶
1-2-A-ANN	۰/۹۳۳	۰/۵۰۹	-۰/۳۲۵	-۰/۴۸
2-1-ANN	۰/۹۰۷	۰/۳۹۹	-۰/۳۱۴	-۱/۷۱۹
2-2-ANN	۰/۸۰۸	۰/۳۷۶	-۰/۰۱۶	-۰/۰۲۹
3-1-ANN	۰/۹۲۸	۰/۷۵۳	۰/۶۸	-۰/۶۵۹
3-2-ANN	۰/۸۵۹	۰/۵۳۶	-۰/۰۹۵	۰/۳۰۱

جهت انتخاب بهترین مدلها، (براساس بیشترین ضریب همبستگی و کمترین RMSE و MBE ها) به تمامی حالات از بهترین تا بدترین آنها به ترتیب از ۱ تا ۸ ارزش داده شد و با جمع کردن این ارزشها، مدلها رتبه بندی شدند بدین ترتیب که کمترین حاصل جمع، بیشترین ارزش و بیشترین حاصل جمع، کمترین ارزش را به خود اختصاص داد. البته این بدین معنی نیست که مدل‌هایی که در رتبه های بعدی قرار میگیرند مناسب نیستند بلکه درجاییکه داده هامحدود باشند بادقت کمتری میتوان از آنها استفاده کرد. نتایج این

و محاسبه شده حول نیمساز در شکل ۱ نشان داده شده است. در جدول ۵ نیز آماره‌های مقایسه بین مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده توسط مدل بهینه ارائه شده است.



نمودار ۱- مقایسه عملکرد اندازه‌گیری و محاسبه شده محصول جو (حسب کیلوگرم در هکتار) توسط مدل 1-2-D-ANN در تبریز

برای قطعیت بیشتر، بهترین مدل برای منطقه دیگر استان آذربایجان شرقی (شهر بناب) اعتبارسنجی شد که نتایج آن در شکل ۲ و جدول ۵ آورده شده است. شکل ۲ و جدول ۵ اعتبار مدل را برای این شهر که در ۸۸ کیلومتری تبریز قرار دارد تایید می‌نماید.

رتبه بندی در جدول (۴) آورده شده است و حاکی از آن است که مدل‌های چندمتغیره بهتر از مدل‌های تک متغیره می‌باشند. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق انجام شده توسط صفا و همکاران (۲۰۰۳) که برتری مدل‌های چند متغیره شبکه عصبی را بیان داشتند همخوانی دارد. لازم به توضیح است در مواردیکه مقدار عددی مشخصه های آماری برای دو یا چند مدل یکسان باشد ارزش مدل‌ها در آن مشخصه یکسان در نظر گرفته شده است. قابل ذکر است که یکسان نبودن وارپته های جو در کشتهای سالانه و در دوشهر ممکن است علتی برای پایین آمدن ضریب همبستگی در این موارد باشد. با این حال نتایج این تحقیق با ضریب تبیین حدود ۹۰ درصد برای مدل بهینه (1-2-D-ANN) در پیش بینی عملکرد محصول جو، بهتر از نتایج دیگران (سایلر و همکاران، ۱۹۹۸؛ تیسکارنو لویز و همکاران، ۲۰۰۳؛ ایتزینگر و همکاران، ۲۰۰۵) که دارای ضریب تبیین کمتر از ۹۰ درصد برای مدل‌های ارائه شده داشتند، می‌باشد.

جهت بررسی صحت بهترین مدل، چنانچه قبلاً ذکر شده از داده های استفاده نشده ایستگاه تبریز (۱۰ سال) در آزمون مدل استفاده گردید که پراکنش ابر نقاط مشاهده

جدول ۴- ارزش گذاری مدل‌ها جهت انتخاب مدل بهینه

مدل‌های پیش بینی عملکرد جو	R (tset)	RMSE (test)	MBE (test)	جمع ارزشها	پارامترهای متشکله در مدل‌های بهینه	بهترین مدل بترتیب اولویت
1-1-D-ANN	۵	۲	۴	۱۱	RAI Ih SPI24 sun Tmin	1-2-D-ANN
1-2-D-ANN	۱	۳	۵	۹	RH wind K SPI24	2-2-ANN
1-1-A-ANN	۷	۱	۳	۱۱	Ih RAI SPI24	1-1-D-ANN
1-2-A-ANN	۲	۶	۷	۱۵	K SPI24	1-1-A-ANN
2-1-ANN	۴	۵	۶	۱۵	T>=10 P wind K sun	3-2-ANN
2-2-ANN	۶	۴	۱	۱۱	HT Md K	2-1-ANN
3-1-ANN	۳	۸	۸	۱۹	SPI24 P Wind E Tmin	1-2-A-ANN
3-2-ANN	۵	۷	۲	۱۴	HT Md K	3-1-ANN

جدول ۵- اعتبارسنجی بهترین مدل شبکه عصبی (1-2-D-ANN) در تبریز و بناب

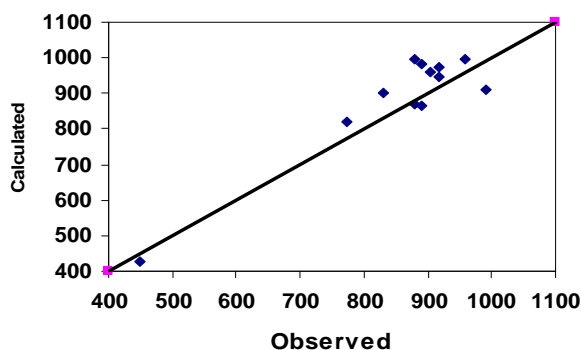
نام شهر	R(test)	RMSE (test)	MBE (test)	MBE (test)%
بناب	۰/۹۳	۰/۷۷	۰/۱۶	۰/۲۱۷
تبریز	۰/۹۱	۰/۸۶	۰/۲۱	۰/۲۸۸

شاخص ناهنجاری بارش، شاخص ترانسو تغییر یافته و شاخص استاندارد شده بارش ۲۴ ماهه و عملکرد جو دیم در تبریز با دوره آماری ۳۰ سال میباشند.

جهت پیش بینی عملکرد محصول، مدل‌های چند متغیره (شاخصهای خشکسالی و پارامترهای هواشناسی توام) بهتر از مدل‌های یک متغیره میباشند.

در این پژوهش روش شبکه عصبی جهت تخمین خشکسالی کشاورزی و پیش بینی عملکرد محصول توصیه می‌شود.

از بین شاخصهای مطالعه شده، شاخصهای نگوین، ترانسو تغییر یافته، استاندارد شده بارش ۲۴ ماهه و ناهنجاری بارش بیشترین ارتباط را با عملکرد دارند.



شکل ۲- اعتبارسنجی بهترین مدل شبکه عصبی در بناب

نتیجه گیری

بهترین مدل شبکه عصبی مدل چند متغیره بین پارامترهای متوسط دمای مینیمم، تعداد ساعات آفتابی،

REFERENCES

1. Ashrafi-Zadeh, A. 1999. Application of Artificial Neural Network to estimate evaporation from saline evaporation pond. MSc. Thesis, University of Tehran.
2. Ataei, M. 1378. Special cultivation of cereals. Vol 2, Publisher, University of Tehran, 285 pp.
3. Bazrafshan, J. 2000. The effective rainfall, a new view on daily trend of intensity and droughts duration. Proceeding of first national conference on challenge with water scarcity and drought. Kerman, Vol. 1: 399-406.
4. Bazrafshan, J. 2002. Adaptation study of some drought indexes in different climates of Iran. MSc. Thesis, University of Tehran.
5. Beran, M & Rodier, J.A. 1985. Hydrological aspects of drought, studies and reports in hydrology 39, UNESCO-WMO.
6. Boken, K; P. Cracknell, & L. Heathcote. 2005. Monitoring and predicting Agricultural Drought. first. ed., Oxford university press inc., 472 pp.
7. Eitzinger, J., G. Gruszczynski, W. Schneider, F. Suppan, T. Koukal, & M. Trnka. 2005. Comparison of different methods for estimation of drought impacts on crop yield on the field scale in Austria. Geophysical Research Abstracts, Vol. 7
8. Gitelson, A.A., F. Kogan, E. Zakarin, L. Spivak. & L. Lebed. 1998. Using AVHRR data for quantitative estimation of vegetation conditions: Calibrating and validation. Adv. Space Res., Vol. 22, No. 5: 673-676.
9. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group 1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp
10. Kamali, Gh. & L. Khazanehdary. 2002. Analyzing recent drought in Mashhad by application of some drought indexes. Journal of Nivar, Vol 44-45: 75-93.
11. Karabulut, M. 2003. An examination of relationships between vegetation and rainfall using maximum value composite AVHRRNDVI dat. Turk J Bot 27 (2003), 93-101.
12. Kazemi-arbat, H. 1374. Special cultivation of cereals. Vol 1, Publisher, Markaze Nashre Daneshgahi. 253 pp.
13. Khalili, A. 1991. Climatic basin reports in country water integrated project. Ministry of power, Jamab, Tehran.

14. Khalili, A. 1998. Country water integrated project-updating report. Ministry of power, Jamab, Tehran.
15. Khalili, A., & J. Bazrafshan. 2003. Performance evaluation of some drought indexes in different climates of Iran. *Journal of Nivar*, Vol 48-49: 79-93.
16. Khodabandeh, N. 1990. cereals. Publisher, University of Tehran, 480 pp.
17. Liverman, D.M. 1990. Drought impacts in Mexico: climate, agriculture, millet. Technology and land tenure in sonora, and Puebla.
18. Majnon Hoseini, N. 2001. Cereals cultivation (Wheat, Barely, Rice and Corn). Publisher, Naqshe Mehr, 126 pp.
19. Nguyen, T.H. 2000. Distribution of drought in vietnam. Scientific report, Agrometeorological Research center, Hanoi in Monitoring and predicting Agricultural Drought, OXFORD university press..
20. Palmer, W.C. 1965. Meteorological Drought Research paper no. 45. weater Bureau, washington, DC.
21. Safa, B., A. Khalili, A. Liaghat, & M. Teshnehlab. 2003. Application of Artificial Neural Networks for Wheat Yield Prediction using climatic data. 2003. Royal Meteorological Society Conference 2003. Sept. 1-5, 2003. UEA, Norwich, England.
22. Safa, B., A. Khalili, M. Tashnehlab, & A. Liaghat. 2003. Predicting wheat yield using Artificial Neural Network. *Journal of Nivar*, Vol 48-49: 47-62.
23. Seiler, R.A., F. Kogan, & J. Sullivan. 1998. AVHRR-based vegetation and temperature condition indices for drought detection in Argentiana. *Adv. Space Res.*, Vol. 21, No. 3, 481-484. *Bulletin of American Meteorological Society*, 621-635.
24. Shashko, D.I. 1985. Agroclimatic Resources of the USSR. Hydrometeoizdat, Leningrad.
25. Singh R.P., S. Roy, & F. Kogan. 2003. Vegetation and temperature condition indices from NOAAAVHRR data for drought monitoring over India. *INT. J. REMOTE SENSING*, Vol. 24, No. 22: 4393-4402.
26. Tiscareno-Lopez, M., C. Izaurralde, N.J. Rosenberg, A.D. Baez-Gonzalez, & J. Salinas-Garcia. 2003. Modeling El Nino Southern Oscillation climate impact on Mexican agriculture. *Geofis. Int.*42:3:331-339
27. Vogt, J.V., S. Niemeyer, F. Somma, L. Beaudin, & A.A. Viau. 2000. Drought monitoring from space. In: *Drought and drought mitigation in Europe*, 167-183.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.