

کاربرد شبکه عصبی در پیش بینی خشکسالی هواشناسی فارس

مریم لبافی، کارشناس ارشد آبخیزداری m.labaf20014@gmail.com

محمد جعفر سلطانی، عضو هیات علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

مسعود گودرزی، استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

چکیده

پیش بینی وقوع خشکسالی بسیار حایز اهمیت است. خشکسالی از نظر فراوانی وقوع، شدت، مدت، وسعت، تلفات جانی، خسارت های اقتصادی- اجتماعی و اثرات شدید بلندمدت نسبت به سایر بلایای طبیعی اولویت دارد و مخاطره آمیزتر است و نیازمند توجه بیشتری در تصمیم گیری ها می باشد. تا کنون در تحقیقات مختلفی به بررسی خشکسالی اقلیمی در مناطق مختلف پرداخته شده است. در پژوهش حاضر داده های بارش، درجه حرارت و تبخیر سالانه ۵۲ ایستگاه باران سنجی، تبخیرسنجی و سینوپتیک در استان فارس برای ۳۰ سال آبی مورد استفاده قرار گرفته است. اما در این تحقیق به بررسی کاربرد انواع روش های زمین آماری به جهت پیش و تحلیل فضایی شدت خشکسالی هواشناسی با بهره گیری ترکیبی از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. در این مطالعه برای پیش بینی خشکسالی از شبکه عصبی استفاده گردید. محاسبات مربوط به شبکه عصبی در محیط Matlab انجام گرفت. با استفاده از رویکرد NARX این پیش بینی صورت گرفت، با توجه به اینکه هدف استفاده از دو سری زمانی بارش و خشکسالی بود این رویکرد انتخاب گردید. این رویکرد بر اساس داده های قبلی سری زمانی (بارش) و نیز سایر سری های زمانی (شاخص سیاپ) پیش بینی در سری زمانی را انجام میدهد. در شبکه پرسپترون چند لایه از الگوریتم مارکوارت-لونبرگ استفاده شد. میزان خطای MAE برای مرحله آموزش در ایستگاه فسا با ۱۴ نرون در لایه پنهان، ۰/۸۴ و در مرحله آزمون ۰/۱۳ بود، همچنین در میزان خطای RMSE در مرحله آموزش ۰/۵۷ و در مرحله آزمون ۰/۳ بود.

واژه های کلیدی: پیش بینی خشکسالی، شبکه عصبی، شدت خشکسالی، روشهای زمین آماری، شیراز

مقدمه

سیستم های عصبی، مسایل را از طریق دریافت و ارسال سیگنال ها حل می کنند، یکی از این روش های شبیه سازی کیفیت عملکرد شبکه عصبی از طریق آموزش داده ها می باشد. حل مسأله آموزش به این صورت است که در ابتدا یک سری وزن های تصادفی اولیه به عنوان حدس اولیه فرض می شوند، سپس ورودی X از شبکه مذکور عبور می کند و شبکه عصبی مقداری را به عنوان خروجی محاسبه می نماید. سپس این مقدار با مقدار واقعی مقایسه می گردد، با مقایسه این دو میزان خطا محاسبه می گردد. این میزان خطا بر آخرین لایه نسبت داده می شود. سپس با روشی معکوس این میزان خطا بر روی کلیه وزن ها سرشکن می گردد. بدین طریق با اضافه شدن خطای سرشکن شده به مقادیر اولیه وزن های حدسی، مجموعه ای از وزن های جدید محاسبه می گردد. این فرایند آنقدر تکرار می گردد تا به طریق سعی و خطا مقدار خطای قابل قبول حاصل شود (پولادی، ۱۳۸۱ به نقل از خسروی و شکیب، ۱۳۸۹).

مطالعات زیادی در دنیا به بررسی کمی و کیفی مدیریت خشکسالی پرداخته اند که به برخی از آنها اشاره می شود.

¹ Nonlinear Autoregressive With External Input

ادواردز و مک کی^۲(۱۹۹۷)، شاخص استاندارد شده بارندگی را به عنوان پایش دوره‌های خشک با مقیاس زمانی (۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه) مورد محاسبه قرار دادند.

های^۳(۱۹۹۹)، شدت و مدت خشکسالی را مورد ارزیابی قرار داده و اشکالات شاخص های خشکسالی رایج را برای شروع و پایان تنش تجمعی خشکسالی بیان داشته و در نهایت شاخص های جدید خشکسالی با فواصل زمانی روزانه به جای ماهانه پیشنهاد داده اند. همچنین هیز و همکاران (۱۹۹۹)، کموسکو (۱۹۹۹)، اکی نرمی (۲۰۰۱)، چو و همکاران ۲۰۰۵ و پیکارتا و همکاران ۲۰۰۵ در موضوعات مشابه پژوهش‌هایی را ارائه نموده‌اند.

به اعتقاد ویلهایت^۴(۲۰۰۳)، کشورهای مستعد خشکسالی می‌بایست سیاست‌های ملی خشکسالی و برنامه‌های آمادگی در مقابل این پدیده را با تأکید بر مدیریت ریسک نسبت به رهیافت سنتی مدیریت بحران که وابستگی به دولت و کمک‌های سایرین را افزایش می‌دهد، توسعه دهند.

ایگلسیاس^۵ و همکاران (۲۰۰۳)، پیامدهای اقتصادی خشکسالی هیدرولوژیکی بر بخش آبیاری در سه منطقه از کشور اسپانیا را طی دوره زمانی ۱۹۹۱-۹۷ بررسی نمودند. بر اساس نتایج، کشاورزانی از بالاترین ظرفیت تطبیق با خشکسالی برخوردار بودند که از طریق ذخیره آب در سال‌های قبل، با عرضه محدود آب طی دوره خشکسالی مواجه نبودند.

پک^۶(۲۰۰۶) در رساله دکتری خود با عنوان «اقتصاد آمادگی و پاسخ به خشکسالی در کشت آبی» به‌منظور بررسی ماهیت آمادگی و پاسخ بهینه خشکسالی، از یک الگوی برنامه‌ریزی ریاضی با بهره‌گیری از جنبه تصادفی و پویای یک سیستم کشت آبی استفاده نمود. نتایج حاصل از الگو نشان داد که خشکسالی اثر متفاوتی را حتی در مزارع همگن ایجاد می‌نماید و در یک سیستم کشت با پویایی بین سالی، اثرات خشکسالی در یک سال می‌تواند اثر خشکسالی سال‌های آتی را فزونی بخشد. همچنین، تأثیر مهم و اصلی ناطمینانی از عرضه آب، متروک قرار دادن زمین‌های آماده‌شده برای کشت در فصل پاییز می‌باشد.

گاتام^۷(۲۰۰۶) معتقد است، حرکت از مدیریت بحران به مدیریت ریسک امری ضروری است و اقدامات پیشگیرانه برای کاهش ریسک خشکسالی در بلندمدت می‌توانند به شناسایی مشکلات مربوط به تخریب محیط زیست، آبیاری و نیز درک بهتر اثرات تغییر اقلیم و نحوه برخورد با آنها کمک نمایند.

کولی و همکاران(۲۰۰۹)، بارندگی حوزه چانیا در شمال شرق یونان را با روش های مختلف زمین آماری پهنه بندی نموده و با بررسی میزان خطاهای هر روش در نهایت روش کریجینگ معمولی را به عنوان روش بهتر برگزیدند.

سزولگای و همکاران(۲۰۰۹) برای یافتن بهترین روش میانمایی برای پهنه بندی بارش بیشینه با دوره بازگشت ۲ و ۱۰۰ سال از روش های کریجینگ، عکس فاصله و نزدیکترین همسایگی بهره جستند. ایشان برای انتخاب بهترین روش ارزیابی متقاطع را مورد استفاده قرار دادند.

آیسون و داهشمه (۲۰۰۹) با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی پیش خور پس انتشار تابع رادیکال بیسیک و رگرسیون به پیش بینی بارش یک ماه آینده در سه ایستگاه با شرایط اقلیمی مختلف پرداختند و نتایج را با نتایج رگرسیون MLR مقایسه نمودند. به این نتیجه رسیدند که در ایستگاه های با شرایط اقلیمی مرطوب پیش خور پس انتشار تابع رادیکال بیسیک و در شرایط خشکتر رگرسیون MLR مناسبتر می باشد.

هر چند وقوع خشکسالی جزء معمولی از اقلیم هر منطقه به‌شمار می‌آید، اما مدیریت آن، پیشرفت اندکی در اکثر مناطق دنیا داشته

^۲ Edwards&Mckee

^۳ Hi

^۴ Wilhite

^۵ Iglesias

^۶ Peck

^۷ Gautam

است؛ به گونه‌ای که تاکنون واکنش هنگام مواجه با پدیده خشکسالی عمدتاً سنتی بوده و تا حد زیادی به «مدیریت بحران»^۸ توجه شده است. در مقابل آن، «مدیریت ریسک خشکسالی»^۹ مجموعه اقداماتی است که قبل از وقوع خشکسالی انجام شده و عملاً غافلگیری را به حداقل ممکن می‌رساند. بیشتر دولت‌ها، اکنون به بی‌اعتبار شدن مدیریت بحران پی برده‌اند و در تلاشند تا اطلاعات بیشتری در زمینه روش‌های صحیح مدیریت ریسک کسب نمایند تا از این طریق، صدمات وارد بر جامعه ناشی از خشکسالی را کاهش داده و اثرات مربوط به خشکسالی‌های آینده را نیز به حداقل برسانند (مرید و مقدسی، ۱۳۸۴؛ عرب و مهدیخانی، ۱۳۸۴).

فرج زاده (۱۳۷۶) و خوش اخلاقی (۱۳۷۶)، برای شناسایی دوره‌های خشک و مرطوب سالانه از ضرایب آماری به ویژه شاخص استاندارد بارش ۳۷ ایستگاه سینوپتیک استفاده کرده‌اند و در نهایت با بررسی نقشه‌های سینوپتیک، الگوهای ماهانه خشکسالی و ترسالی در ایران را تحلیل نموده‌اند.

بر اساس گزارش‌ها در سال ۱۳۸۰ حدود ۲/۶ میلیون هکتار زراعت آبی و ۴ میلیون هکتار زراعت دیم و ۱/۱ میلیون هکتار از باغات تحت تاثیر خشکسالی قرار گرفته‌اند. خسارت ناشی از خشکسالی بر باغات در این سال بالغ بر ۵۲۰ میلیون دلار بود. بر اساس تحقیقات انجام گرفته در کشور، اثر مستقیم خسارت ناشی از کاهش هر ۱ میلی‌متر بارندگی برابر ۹۸ میلیارد ریال می‌باشد. با فرض آنکه تفاوت میزان آب استحصالی در ترسالی در مقایسه با خشکسالی ۱۳ میلیارد متر مکعب باشد، خسارت کاهش سطح زیر کشت ناشی از آن برابر ۱۲۷۴ میلیارد ریال می‌گردد.

میرابوالقاسمی و مرید (۱۳۸۰) در مطالعه‌ای با عنوان «طرح جامع خشکسالی، حلقه گمشده در برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب ایران»، اظهار داشتند، اثر متقابل رشد جمعیت و تغییرات هیدرولوژیکی بر افزایش مصرف و کاهش تولید آب و نادیده گرفتن خشکسالی در مطالعات و برنامه‌ریزی‌های قبلی کشور، اتخاذ عزم ملی و برنامه‌ریزی منسجم و کوتاه‌مدت در این زمینه را به ضرورتی اجتناب‌ناپذیر تبدیل نموده است.

بداق جمالی و همکاران (۱۳۸۱) در مطالعه‌ای پس از محاسبه SPI در استان خراسان به پهنه‌بندی آن پرداخته‌اند. مطالعه ایشان در مقیاس‌های زمانی ماهانه صورت گرفته و نتایج آن در محیط GIS به روش‌های مختلف پهنه‌بندی گردیده است. آشگر طوسی و همکاران (۱۳۸۲) به پیش‌بینی احتمال وقوع خشکسالی در استان خراسان با استفاده از زنجیره مارکوف پرداخته‌اند. فرج‌زاده (۱۳۸۳) در بررسی راهکارهای کاهش اثرات خشکسالی در ایران بیان داشت که جبران خسارت‌ها به راحتی و در کوتاه‌مدت امکان‌پذیر نبوده و نیازمند فرصت‌ها، تلاش‌ها و سرمایه‌گذاری‌های کلانی می‌باشد. به اعتقاد وی می‌بایست برنامه‌ریزی‌ها در راستای نوعی همزیستی با پدیده خشکسالی صورت گیرد.

بنی‌وهاب و علیجانی (۱۳۸۴) در بررسی خشکسالی، ترسالی و پیش‌بینی تغییرات اقلیم منطقه بیرجند مدل‌های آماری را به کار گرفتند. نتایج آن‌ها نشان داد که در این ایستگاه از ۴۷ زمستان بررسی شده ۲۸ تا آن خشک و ۱۹ تا آن مرطوب بوده است. مرید و مقدسی (۱۳۸۴) خاطر نشان کردند که ایران در ابتدای تفکر جدید مدیریت ریسک قرار دارد و جهت تحقق آن، ابتدا می‌بایست اقداماتی نظیر ارزیابی و نقد اقدامات گذشته برای خشکسالی، شناخت عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری کشور از خشکسالی و تلاش در جهت کاهش تأثیر این عوامل انجام شود.

حجازی‌زاده و شیرخانی (۱۳۸۴)، خشکسالی‌های کوتاه مدت را در خراسان مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نمایه دهک‌ها و نیز زنجیره مارکوف را مورد استفاده قرار دادند. نتایج تحلیل دهک‌ها نشان داد که ۵۷ درصد ایستگاه‌ها در سال ۱۹۷۰ دارای خشکسالی بسیار شدید بوده است. از سویی نتیجه بررسی احتمالاتی این پدیده نشان داد که احتمال دوره خشک بین ۷۱ تا ۹۸ درصد در نوسان بوده است.

آسیائی (۱۳۸۵) در تحلیل خشکسالی ناحیه خراسان با محاسبه نمایه بارش استاندارد به صورت سه، شش و دوازده ماهه و نیز برای

^۸ Crisis Management

^۹ Drought Risk Management

دوره طولانی‌تر پرداخته است. سپس برای هر دوره پهنه‌بندی این نمایه را ارائه نموده است. نتایج وی کمینه نمایه بارش استاندارد را در مقیاس زمانی سه و بیست و چهار ماهه در گناباد نشان داده است.

قمرنیا و همکاران (۱۳۸۶)، با استفاده از شاخص‌های RAI ، DI ، PNI و SPI دوره‌های خشکسالی استان کرمانشاه را پایش نمودند. آنها دریافتند که شاخصهای DI و RAI کارایی قابل قبولی در تعیین شدت و دوره‌های دوام خشکسالی دارند.

انصاری و داوری (۱۳۸۶)، پس از محاسبه نمایه بارش استاندارد برای خراسان با استفاده از داده‌های ایستگاهی، به سنجش روش‌های مختلف پهنه‌بندی این نمایه در GIS پرداختند. ایشان بهترین روش پهنه‌بندی را کریجینگ معرفی نمودند. همچنین نتایج آن‌ها نشان از بیشترین شدت خشکسالی در جنوب خراسان داشته است.

انصافی مقدم و رفیعی (۱۳۸۸) در پژوهشی با استفاده از آمار ۴۴ ساله بارش در ۳۴ ایستگاه منطقه حوضه‌ی دریاچه نمک به تحلیل خشکسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد پرداخته‌اند. آنها به منظور تجزیه و تحلیل شدت مکانی خشکسالی از روش معکوس فاصله (IDW)، استفاده کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که ایستگاه‌های مرکزی و شرق حوضه، دوره‌های خشکسالی شدیدتری را پشت سر گذاشته‌اند.

زارع ابیانه و همکاران (۱۳۸۸)، خشکسالی‌های به وقوع پیوسته در غرب کشور را با استفاده از بعضی شاخص‌های خشکسالی مطالعه نمودند. ایشان نشان دادند که در بعضی از سال‌ها خشکسالی رخ نداده است.

رحمانیان (۱۳۸۹)، بیان می‌کند که کشور ما به خاطر قرار گرفتن در کمربند خشک جغرافیایی و نوار بیابانی که در ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی واقع شده است، از شرایط آب و هوایی برخوردار است که جزو مناطق کم باران جهان بشمار می‌آید. در فصول سرد، همزمان با عقب نشینی سیستم پر فشار جنب حاره، تحت تاثیر سیستم‌های کم فشار مدیترانه‌ای از غرب و سودانی از جنوب غرب قرار می‌گیرد که سیستم‌های مذکور در بستر بادهای غربی ایران را جولانگاه فعالیت خود قرار داده و بارش‌های عمده‌ای را سبب می‌شوند. در این زمان سیستم پر فشار سیبری نیز به خاطر عقب نشینی پر فشار جنب حاره، پیشروی نموده و بخش‌های شمالی و مرکزی ایران را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد. جریان‌های شمالی و شمال شرقی که افت دمایی و هوای سرد و خشک را به همراه دارد و از خصوصیات بارز این سیستم که در تلاقی با جریان‌های هوای غربی تشکیل جبهه‌هایی را می‌دهد، ایجاد بارش‌های قابل توجه می‌باشد. علاوه بر این، سیستم یاد شده منشاء اصلی ایجاد بارندگی‌های شمال ایران نیز محسوب می‌شود.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش شهرستان شیراز در استان فارس واقع در جنوب کشور می‌باشد. استان فارس با وسعت تقریبی ۱۲۲۶۶۱ کیلومتر مربع بین مدارهای ۲۷ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی از خط استوا و نصف النهارهای ۵۰ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی واقع شده است. که از شمال به استان اصفهان، از جنوب به استان هرمزگان، از شرق به استان‌های کرمان و یزد و از غرب به استان‌های بوشهر و یاسوج محدود شده است. یکی از مهمترین عواملی که در میزان خشکسالی موثر است، دما است. منطقه مورد مطالعه در نقشه ۱ نشان داده شده است.

با توجه به وضعیت داده‌های ایستگاهها دو ایستگاه منتخب فسا و اداره مرکزی شیراز مورد بررسی قرار گرفتند. در ایستگاه فسا در مرحله آموزش ۸۰ درصد داده‌ها که با توجه به انتخاب دوره ۴۶ ساله ایستگاه فسا که یکی از طولانی‌ترین و کامل‌ترین داده‌ها را در سطح منطقه دارا بود تقریباً ۲۷ سال می‌شد، به شبکه معرفی شد و ۱۰ درصد برای راستی آزمایی (۳ سال) و ۱۰ درصد (۳ سال) باقی مانده برای آزمون مورد استفاده قرار گرفت. ۱۱ سال مابقی داده‌ها به منظور ارزیابی نهایی در مرحله پایانی در مدل استفاده شد. تعداد نرون‌های مختلف برای ایستگاه فسا مورد بررسی قرار گرفت که بررسی میزان خطای ناشی از هر کدام نشان داد کمترین میزان خطا و

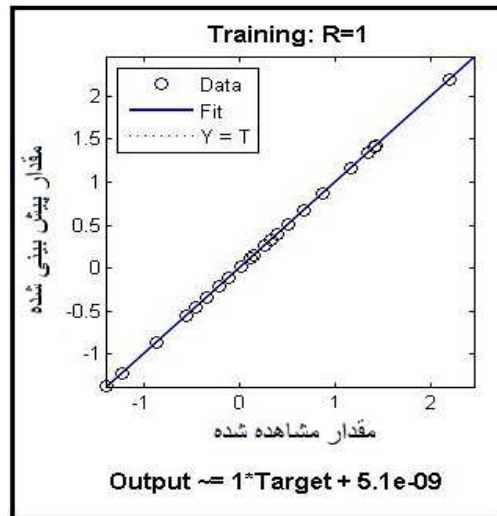
بهترین پیش بینی مربوط به شبکه ای با ۱۴ نرون در لایه پنهان می باشد. لذا در ادامه میزان خطای ناشی از این شبکه و همچنین مقادیر برآورد شده با این مدل محاسبه شد. به منظور آموزش شبکه پرسپترون چند لایه از الگوریتم مارکوارت-لونبرگ استفاده شد. این مدل از همبستگی بالا و خطای نسبتاً کمی برخوردار بود. بررسی نمودار خودهمبستگی خطا نشان داد که مدل کارایی نسبتاً مناسب برای پیش بینی سیاق را دارد، چرا که در تأخیر صفر بیشینه خطا مشاهده می شود و در سایر تأخیر ها، این مقدار بین حدود اطمینان قرار دارد. همبستگی بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده حدود ۰/۸۷ مثبت بود. بررسی نمودار سری زمانی نشان داد که سری زمانی شاخص سیاق در مقادیر واقعی نشان دهنده روند رو به کاهش این شاخص دارد. پیش بینی صورت گرفته توسط شبکه نیز این روند کاهشی را به خوبی نمایان ساخت.

برای ایستگاه اداره مرکزی شیراز در مرحله آموزش ۷۰ درصد داده ها که از دوره ۴۶ ساله ایستگاه اداره مرکزی تقریباً ۲۴ سال می شد، به شبکه معرفی شد و ۱۰ درصد برای راستی آزمایی (۴ سال) و ۲۰ درصد (۷ سال) باقی مانده برای آزمون مورد استفاده قرار گرفت. ۱۱ سال مابقی داده ها به منظور ارزیابی نهایی در مرحله پایانی در مدل استفاده شد. کمترین میزان خطا و بهترین پیش بینی در این ایستگاه مربوط به شبکه ای با ۱۱ نرون در لایه پنهان و ۴ تأخیر در تحلیل داده می باشد. به منظور آموزش شبکه در این ایستگاه نیز پرسپترون چند لایه از الگوریتم مارکوارت-لونبرگ استفاده شده است. ترسیم نمودار خودهمبستگی خطا برای این ایستگاه نیز کارایی بالای مدل را نشان داد. همبستگی بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده به وسیله این مدل برای مرحله آموزش حدوداً یک بود که نشان از همبستگی قوی دارد. سری زمانی شاخص سیاق در مقادیر واقعی نشان دهنده روند رو به افزایش این شاخص در این ایستگاه دارد. پیش بینی صورت گرفته توسط شبکه نیز این روند افزایشی را به خوبی نشان داد.

نتیجه:

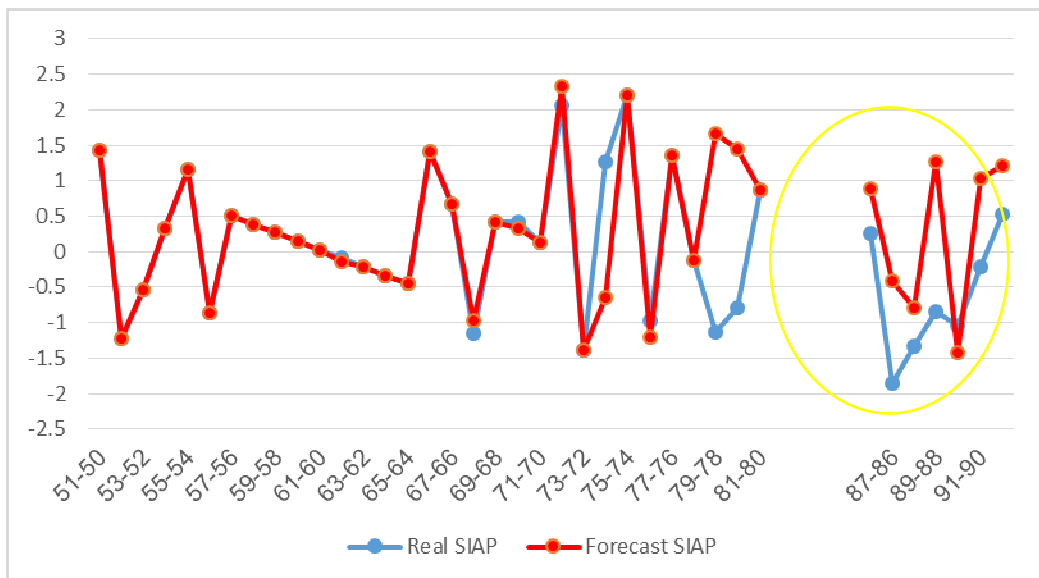
فرضیه این تحقیق عبارتست از: " شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی سری زمانی خشکسالی های استان فارس دارای خطای ناچیز می باشد. " در این راستا برای اثبات این فرضیه به پیش بینی سری زمانی خشکسالی در دو ایستگاه فسا و اداره مرکزی شیراز پرداخته شد. با استفاده از رویکرد^{۱۰} NARX این پیش بینی صورت گرفت. این رویکرد بر اساس داده های قبلی سری زمانی (بارش) و نیز سایر سری های زمانی (شاخص SIAP) پیش بینی در سری زمانی را انجام میدهد. در شکل **Error! No text of specified style in document.** نمودار پراکنش مقادیر واقعی و پیش بینی شده شاخص خشکسالی سیاق به همراه خط رگرسیون آن ها دیده می شود. این نمودار مربوط به مرحله آموزش شبکه می باشد. چنانچه مشاهده می گردد همبستگی بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده بسیار بالا می باشد. معادله مربوط به خط رگرسیون در پایین شکل آمده است.

¹⁰ Nonlinear Autoregressive Whith External Input



شکل ۱-۴: معادله رگرسیونی بین سیاپ واقعی و پیش‌بینی شده در مرحله آموزش شبکه

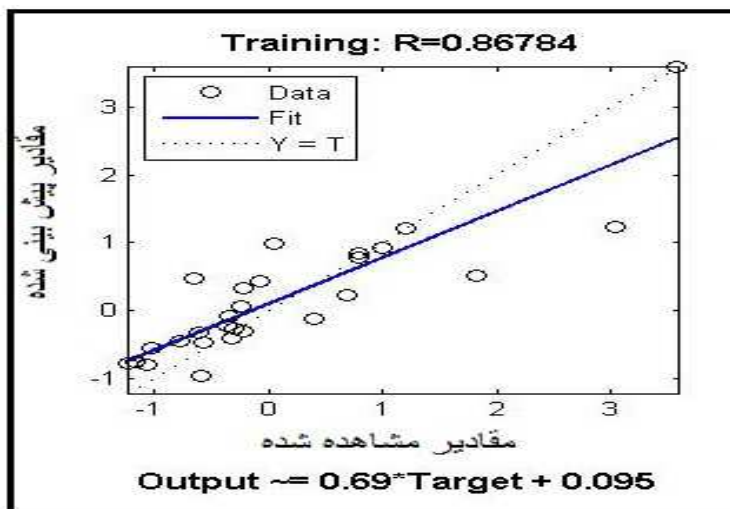
نمودار مربوط به مقایسه مقادیر واقعی شاخص خشکسالی سیاپ و مقادیر برآورد شده از شبکه مصنوعی در شکل ۱-۴. سری زمانی شاخص سیاپ در مقادیر واقعی نشان دهنده روند رو به افزایش این شاخص دارد. چنانچه در نمودار مشخص است پیش‌بینی صورت گرفته توسط شبکه نیز این روند افزایشی را به خوبی نمایان ساخته است.



شکل ۲-۴: مقایسه مقادیر واقعی سیاپ و مقادیر پیش‌بینی شده در ایستگاه اداره مرکزی شیراز

در شکل ۲-۴: مقدار پراکنش مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده شاخص خشکسالی سیاپ به همراه خط رگرسیون آن‌ها دیده می‌شود. این نمودار مربوط به مرحله آموزش شبکه می‌باشد. چنانچه مشاهده می‌گردد

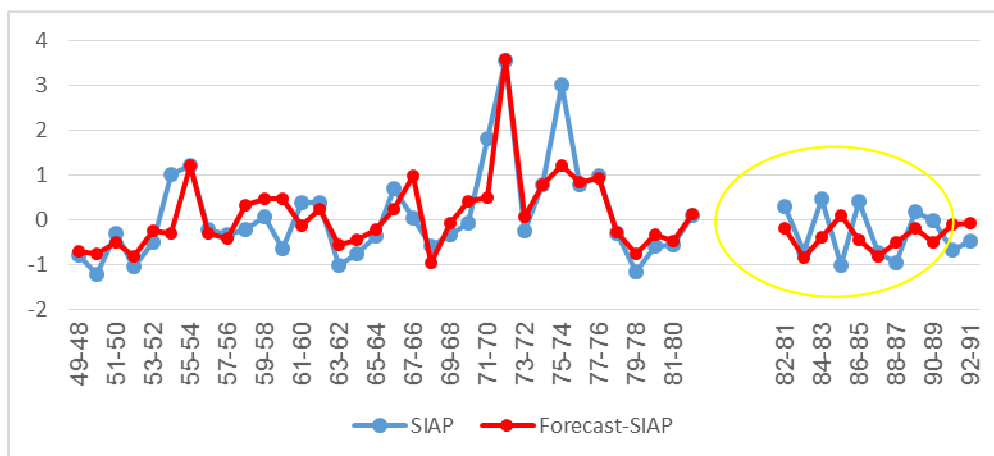
همبستگی بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده حدود ۰/۸۷ مثبت می باشد. معادله مربوط به خط رگرسیون در پایین شکل آمده است.



شکل ۳-۴: معادله رگرسیونی بین سیاق واقعی و پیش بینی شده در مرحله

آموزش شبکه در ایستگاه فسا

نمودار مربوط به مقایسه مقادیر واقعی شاخص خشکسالی سیاق و مقادیر برآورد شده از شبکه مصنوعی در شکل Error! No text of specified style in document. مشخص شده است. سری زمانی شاخص سیاق در مقادیر واقعی نشان دهنده روند رو به کاهش این شاخص دارد. چنانچه در نمودار مشخص است پیش بینی صورت گرفته توسط شبکه نیز این روند کاهشی را به خوبی نمایان ساخته است.



شکل ۴-۴: مقایسه مقادیر واقعی سیاق و مقادیر پیش بینی شده در ایستگاه فسا

منابع

۱. اسفندیاری درآبادی، فریبا و حسینی، سیداسعد و آزادی مبارکی، محمد و حجازی زاده، زهرا، (۱۳۸۹)، پیش بینی میانگین دمای ماهانه ایستگاه سینوپتیک سنندج با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه، جغرافیا (فصلنامه علمی-پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)، دوره جدید، سال هشتم، شماره ۲۷، صص ۶۵-۴۵.
۲. امیدوار، کمال و ابراهیمی، رضا و راستی، فاطمه، (۱۳۹۳)، ارزیابی برخی روش های زمین آمار در پهنه بندی شدت خشکسالی؛ مطالعه موردی مناطق شمالغرب و مرکزی ایران، فصلنامه علمی-پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال پنجم، شماره ۱۷.
۳. انصافی مقدم، طاهره و رفیعی امام، عمار، (۱۳۸۸)، پهنه بندی خشکسالی های اقلیمی با استفاده از روش میان یابی معکوس فاصله (IDW) (مطالعه موردی: حوضه دریاچه نمک)، دوره ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۸، صفحه ۲۷۴-۲۹۲.
۴. آشگرطوسی، شادی و علیزاده، امین و جوانمرد، سهیلا، (۱۳۸۲)، پیش بینی احتمال وقوع خشکسالی در استان خراسان، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱۳۷۰.
۵. باقری، ر. و محمدی، ص. ۱۳۹۱. بررسی تغییرات مکانی خشکسالی با استفاده از زمین آمار در استان کرمان در یک دوره آماری سی ساله. تحقیقات مرتع و بیابان ایران. جلد ۱۸، شماره ۲، صفحه ۲۸۳-۲۹۶.
۶. بنی وهاب، علیرضا و علیجانی، بهلول، (۱۳۸۴)، بررسی خشکسالی، ترسالی و پیش بینی تغییرات اقلیم منطقه بیرجند با استفاده از مدل های آماری، فصلنامه پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۲.
۷. جوانمرد، سهیلا و شیرمحمدی، رضا و بداق جمالی، جواد، (۱۳۸۲)، پایش و پهنه بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان با استفاده از نمایه استاندارد شده، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۷، صفحه ۴.
۸. حسنی پاک، ع، (۱۳۸۶)، زمین آمار، دانشگاه تهران، ص ۳۸۰.
۹. خسروی، محمود و شکیبیا، هانیه، (۱۳۸۹)، پیش بینی بارش با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی به منظور مدیریت سیل: منطقه مورد مطالعه: ایرانشهر، چهارمین کنگره بین المللی جغرافی دانان جهان اسلام.
۱۰. خلیلی، نجمه و خدائشناس، سعید و داوری، کامران، (۱۳۸۵)، پیش بینی بارش با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب.
۱۱. خوش اخلاق، رحمان، (۱۳۷۶)، مدیریت تجمیعی تقاضای آب. (مطالعه موردی استان اصفهان). دومین کنفرانس ملی پژوهش های کاربردی منابع آب ایران

۱۲. خوشحال دستجردی، جواد و حسینی، سیدمحمد، (۱۳۸۹)، کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در شبیه سازی عناصر اقلیمی و پیش بینی سیکل خشکسالی (مطالعه موردی: استان اصفهان)، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۱، شماره پیاپی ۳۹، شماره ۳، صص ۱۲۰-۱۰۷.
۱۳. رحمانیان، (۱۳۸۹)، بررسی سوابق خشکسالی در ایران از منظر منابع علمی.
۱۴. رحیمی، (۱۳۹۰)، کاربرد نمایه های مبتنی بر بارش در مطالعه خشکسالی ها و ترسالی ها (مطالعه موردی: آذربایجان شرقی).
۱۵. زمانی، ر. و آخوند علی، ع.م. و سلیمانی، ک. و انصاری، ف. و اله بخشیان، پ، (۱۳۹۱)، کاربرد زمین آمار در پهنه بندی شدت های خشکسالی (مطالعه موردی: استان فارس)، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، سال سوم، شماره ۶.
۱۶. صداقت کردار، عبدالله و فتاحی، ابراهیم، (۱۳۸۷)، شاخص های پیش آگاهی خشکسالی در ایران، مجله جغرافیا و توسعه دانشگاه سیستان و بلوچستان، جلد ۶، شماره ۱۱، صص ۷۶-۵۹.
۱۷. عساکره، ح، ۱۳۸۲، "بررسی روند بارش سالانه تبریز"، فضای جغرافیایی (علمی - پژوهشی)، شماره ۱۰.
۱۸. عساکره، ح، ۱۳۸۴، "تحلیل روند بارش سالانه استان اصفهان"، نیوار، شماره ۵۶ و ۵۷.
۱۹. عساکره، حسین، (۱۳۹۰)، مبانی اقلیم شناسی آماری، انتشارات دانشگاه زنجان.
۲۰. فرج زاده اصل، منوچهر، (۱۳۷۵)، خشکسالی و روشهای مطالعه آن، مجله جنگل و مرتع شماره ۳۲، ۳۲-۲۲.
۲۱. فرج زاده اصل، منوچهر، (۱۳۷۶)، برآورد آب قابل بارش کلی با استفاده از تصاویر ماهواره ای و داده های رادیساوند ناحیه تهران.
۲۲. فرج زاده اصل، منوچهر، (۱۳۸۹)، تکنیک های اقلیم شناسی، انتشارات سمت.
۲۳. کوچک زاده، مهدی و بهمنی، عارف، (۱۳۸۴)، ارزیابی عملکرد شبکه های مصنوعی در کاهش پارامترهای مورد نیاز جهت برآورد تبخیر و تعرق مرجع، مجله علوم کشاورزی، شماره ۴، صص ۹۶-۸۷.
۲۴. محمدی مطلق، رضا و معتضدی، احمد و امیری مهدی پور، ناصر، (۱۳۹۰)، پایش و پیش بینی خشکسالی استان فارس با استفاده از شاخص خشکسالی SPI و زنجیره مارکوف، پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک کشور، کرمان، انجمن مهندسی آبیاری و آب ایران.
۲۵. مسعودیان، ابوالفضل، (۱۳۹۰)، آب و هوای ایران، انتشارات شریعه توس مشهد.

۲۶. معروفی، ص.، گل محمدی، گ.، محمدی، ک. و زارع ابیانه، ح. ۱۳۸۸. ارزیابی روش های زمین آمار در برآورد توزیع مکانی بارش استان همدان. مجله دانش آب و خاک.
۲۷. ملکیان، آرش و دهبزرگی، مهرو و احسانی، امیرهوشنگ و کشتکار، امیررضا، (۱۳۹۳)، کاربرد شبکه ی عصبی مصنوعی در پیش بینی و شبیه سازی شاخص اقلیمی خشک سالی هواشناسی دهک بارش (مطالعه موردی: استان سیستان و بلوچستان)، نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۷، شماره ۱، صص ۱۳۹-۱۲۷.
۲۸. منهاج، محمدباقر، (۱۳۸۷)، مبانی شبکه های عصبی-هوش محاسباتی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، جلد اول.
۲۹. نسیمی، علیرضا، (۱۳۹۰)، ارزیابی آسیب پذیری استان یزد در برابر خشکسالی با استفاده از شاخص بارش معیار و روش زمین آماری. دوره ۷. شماره ۲۰.
۳۰. نگارش، حسین و آرمش، محسن، (۱۳۹۰)، پیش بینی خشکسالی شهر خاش با استفاده از مدل شبکه عصبی، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال دوم، شماره ششم، صص ۵۰-۳۳.
- ۳۱

32. Akinremi, O.O., S.M. McGinn, and H.W. Cutforth. (2001): Seasonal and spatial patterns of rainfall trends on the Canadian prairies. *J. Climate*, 14(9): p. 2177-2182
33. Edwards, D, C and Mckee, T, B 1997, Characteristics if 20 century drought in the united states at multiple time scales". *Climatology report number 97-2 Department of atmospheric Science, Colorado state University, Fort Collin.*
34. Hayes, M. J., Svoboda, M. D., Wilhite D. A, Vanyarkho, O. V., (1999), Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index, *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 80, pp: 429-438.
35. Hi-Ryong byon, 1999; Objective quantification of drought severity and duration, Department of atmospheric sciences, Pur Young National University, Republic of Korea
36. Wilhite. D.A. and M.H. Glantz 1985; under standing the drought phenomenon: The role of definition *Water Inter National* 10:111-120.
37. Xu Z. X., K. Takeuchi, H. Ishidaira and J. Y. Li, (2005), Long-term trend analysis for precipitation in Asian Pacific Friend river basins, *Hydrological Processes*, 19, 3517-3532.