

بررسی امکان برآورد تبخیر با استفاده از داده‌های النینو ایستگاه خرم آباد

عنایت اله رحمتی

گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

مجید منتظری^۱

گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان، ایران

امیر گندمکار

گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

مهران لشنی زند

عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی لرستان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۰۶

چکیده

النینو از پدیده‌های مهم اقلیمی است که تأثیر زیادی بر متغیرهای اقلیمی نقاط مختلف کره زمین دارد. با توجه به نقش تبخیر در مطالعات منابع آب، بررسی تأثیر پدیده النینو بر این متغیر اقلیمی، از اهمیت شایانی برخوردار است. هدف از این پژوهش بررسی امکان برآورد تبخیر در ایستگاه همدید خرم آباد با استفاده از داده‌های النینو و با کمک مدل شبکه عصبی مصنوعی است. بدین منظور، داده‌های تبخیر ماهانه ایستگاه به مدت ۲۹ سال از ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۱ از پایگاه داده سازمان هواشناسی کشور و داده‌های النینو از سایت نوآ استخراج گردید. سپس با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی به تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته شد. نتایج نشان داد که از میان موقعیت‌های النینو تنها در Nina1 و Nina3 با تبخیر در ایستگاه مورد مطالعه ارتباط وجود دارد. با مقایسه داده‌های مشاهده‌ای تبخیر و خروجی شبکه عصبی، میزان همبستگی این داده‌ها ۷۸ درصد می‌باشد. بین داده‌های النینو و خروجی شبکه عصبی همبستگی برقرار شد که میزان آن ۰/۹۹ است. بنابراین با توجه به بالا بودن همبستگی بین داده‌های النینو و خروجی شبکه عصبی و با استفاده از معادله رگرسیون خطی می‌توان برای ماه‌های بدون داده، با دقت ۹۹ درصد، نسبت به برآورد تبخیر در ایستگاه خرم آباد، اقدام نمود.

واژگان کلیدی: تبخیر، النینو، ده‌ای تراز دریا، شبکه عصبی مصنوعی.

مقدمه

یکی از پدیده‌های مهم اقلیمی که نتیجه برهم کنش جو و اقیانوس بوده و بر آب و هوای کره زمین تأثیر غیر قابل انکار دارد، پدیده النینو است. اثرات این پدیده بر متغیرهای اقلیمی نقاط مختلف کره زمین حتی تا دورترین نقاط از محل شکل‌گیری النینو قابل توجه بوده و در مطالعات مربوط به متغیرهای اقلیمی عامل مهم و تعیین کننده‌ای خواهد بود.

النینو از نوسان‌های بزرگ مقیاس دستگاه اقلیم است که از بالا رفتن شرایط نرمال دمای سطح دریا در بخش‌های شرقی منطقه استوایی اقیانوس آرام به وجود می‌آید (عراقی نژاد و میدانی نژاد، ۲۰۱۳، ۱۰۷).

در بخش استوایی اقیانوس آرام، وزش بادهای تجارتی سبب می‌شود که آبها زمان بیشتری در معرض گرم شدن ناشی از تابش خورشید باشند. جریان این بادهای گرم را در سواحل اندونزی (غرب اقیانوس آرام) انباشته کرده و سبب می‌شوند که در سواحل اندونزی آب گرمتر و نیم متر بالاتر از سواحل اکوادور (شرق اقیانوس آرام) باشد. در فصل بهار با جابجایی کمربند همگرایی حاره‌ای^۱، بادهای شرقی ضعیف شده و سبب می‌شود که جریان آب از غرب به شرق اقیانوس آرام برقرار شود. با رسیدن این آبها به سواحل شرقی اقیانوس در پرو و اکوادور، دمای هوا بالا رفته و در اثر صعود هوا ریزش‌های جوی شدیدی صورت گرفته و در واقع النینو شکل می‌گیرد، عکس این حالت را لانینو^۲ می‌گویند.

النینو در واقع مؤلفه اقیانوسی نوسان جنوبی^۳ می‌باشد (دراک^۴، ۲۰۰۰) که برای محاسبه آن از شاخص نوسان جنوبی^۵ استفاده می‌شود. این شاخص اختلاف فشار در دو نقطه تاهیتی و جزایر داروین است. النینو از اندازه‌گیری دمای سطح آب در اقیانوس آرام بدست می‌آید و اندازه‌گیری این پدیده در حوزه فعالیت آن در موقعیت‌های مختلف با عناوین Nina1، Nina3، Nina4 و... مشخص می‌شود.

از جمله متغیرهای اقلیمی که در نقاط مختلف کره زمین می‌تواند تحت تأثیر النینو قرار گیرد، تبخیر است. از آنجا که در مطالعات و بررسی‌های مربوط به منابع آب، تبخیر از اهمیت بالایی برخوردار است، مطالعه عوامل اثر گذار بر این متغیر اقلیمی، جهت برنامه‌ریزی‌های مربوط به منابع آب، مهم خواهد بود. تاکنون تأثیر النینو بر شرایط دمایی و ریزش‌های جوی مناطق مختلف مورد مطالعه قرار گرفته و مطالعه تأثیر این پدیده بر تبخیر می‌تواند موضوعی قابل توجه باشد.

از آنجا که تبخیر تابع عوامل مختلف بوده و متغیرهای اقلیمی متفاوتی بر آن اثرگذارند، یک پدیده غیر خطی و پیچیده به حساب آمده و در مطالعه و شبیه سازی آن باید روش‌های دقیقی بکار گرفته شود.

بررسی اثرات النینو بر پدیده‌های اقلیمی به وسیله پژوهشگران زیادی مورد مطالعه قرار گرفته است. سیرانو^۱ (۲۰۰۶) در بررسی خشکسالی شبه جزیره بالی در ارتباط با النینو و لانینو، نتیجه‌گیری نمود که شرایط خشکسالی در بالی

1-Inter Tropical Convergence Zone

1-Lanino

2- Southern Oscillation

3-Drake

4-Southern Oscillation Index

5-Serano

تحت تأثیر پدیده‌های النینو و لانیو می‌باشد. سونگ ون^۱ و هانگ کی (۲۰۰۶) برای تخمین میزان تبخیر در مناطق روستایی کره جنوبی، متغیرهای اقلیمی را با بهره‌گیری از شبکه عصبی مصنوعی بکار گرفتند. راجا گوپالان^۲ و همکاران (۲۰۰۴) دریافتند که در خشکسالی‌های قرن بیستم ایالات متحده آمریکا، شاخص انسو نقش بسیار مهمی داشته است. موران^۳ و همکار (۲۰۰۳) در بررسی تأثیرات انسو بر اقلیم اروپا و اقیانوس اطلس شمالی به وجود ارتباط قوی با کاهش دما در فاز سرد انسو (لانیو) و افزایش بارش و دما در فاز گرم انسو (النینو) پی بردند. کیلادیس و دیاز^۴ (۱۹۸۹) به این نتیجه رسیدند که در مناطقی از اروپا و حوضه دریای مدیترانه، وقوع غیر عادی بعضی از بارندگی‌ها با تغییرات پدیده انسو در ارتباط است. کوئین^۵ و همکاران (۱۹۸۷) ارتباط بارش در اندونزی با پدیده النینو را مورد مطالعه قرار داده و دریافتند که در اثر نوسانات فشار در اقیانوس آرام و سرد شدن سواحل غربی این اقیانوس، مقدار بارش در اندونزی کاهش می‌یابد.

یوسفی و همکار (۱۳۹۱) در بررسی تأثیر پدیده انسو بر متغیرهای اقلیمی دما و بارش دشت قزوین به این نتیجه رسیدند که بین برخی مشخصه‌های بارشی و دمایی دشت قزوین و پدیده انسو همبستگی متوالی معنی داری وجود دارد، به طوری که در سال‌های وقوع پدیده النینو، بارش سالانه و پاییزه بیشتر، ولی میانگین دمای فصلی و سالانه کمتر است. زارع ایبانه و همکار (۱۳۹۱) در مطالعه تأثیرپذیری تعداد روزهای بارانی از پدیده انسو در ایران دریافتند که در پهنه ایران از جنوب و جنوب شرق کشور، به شمال و شمال شرقی، بر میزان همبستگی و یا بر میزان تأثیرپذیری از پدیده انسو افزوده می‌شود. علیزاده و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی الگوهای پیوند از دور مؤثر بر متغیرهای بارش و دما در مشهد نتیجه‌گیری نمودند که مدل‌های ارائه شده برای پیش بینی این متغیرها کارایی مناسبی برای برآورد آنها دارند. تنیان و همکاران (۱۳۸۸) در ارزیابی تأثیر پدیده انسو بر میزان تبخیر در اقلیم‌های سرد، نتیجه گرفتند که تبخیر مرجع در فاز النینو نسبت به فاز لانیو ۱۰/۸ درصد کاهش نشان داده است. رضایی صدر و بهنیا (۱۳۸۷) در بررسی رابطه بین پدیده النینو و خشکسالی در جنوب ایران نتیجه گرفتند که در ایستگاه‌های مورد مطالعه، وقوع فاز سرد با خشکسالی و وقوع فاز گرم با ترسالی همزمان گردیده است. حق نگهدار و همکاران (۱۳۸۶) در بررسی میزان تأثیر پدیده النینو بر سیلاب‌های جنوب غرب ایران به این نتیجه رسیدند که برای ماه‌های اسفند و فروردین در حوضه‌های دز و کارون با وقوع پدیده النینو، احتمال حداکثر سیلاب سالانه بیشتر از حالت متوسط است. بسیاری دیگر از پژوهشگران در ارتباط با موضوع مورد مطالعه، بررسی‌هایی انجام داده‌اند که از جمله می‌توان به: مک کافی^۶ (۲۰۰۶)، تامبول^۷ (۲۰۰۶)، کولن^۸ (۲۰۰۱)، کیسی^۹ (۲۰۰۶) و ... اشاره کرد. در این پژوهش مهمترین موقعیت‌های النینو که مرتبط با تبخیر در ایستگاه خرم آباد می‌باشند مشخص شده و امکان تخمین تبخیر در ایستگاه یاد شده با بهره‌گیری از داده‌های النینو و با کمک شبکه عصبی مصنوعی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

6- Sungwon & Hongkee

7- Rajagopalan

8- Moran

9- Kiladis & Diaz

10- Queen

1 - Mc Caffie

2- Tombul

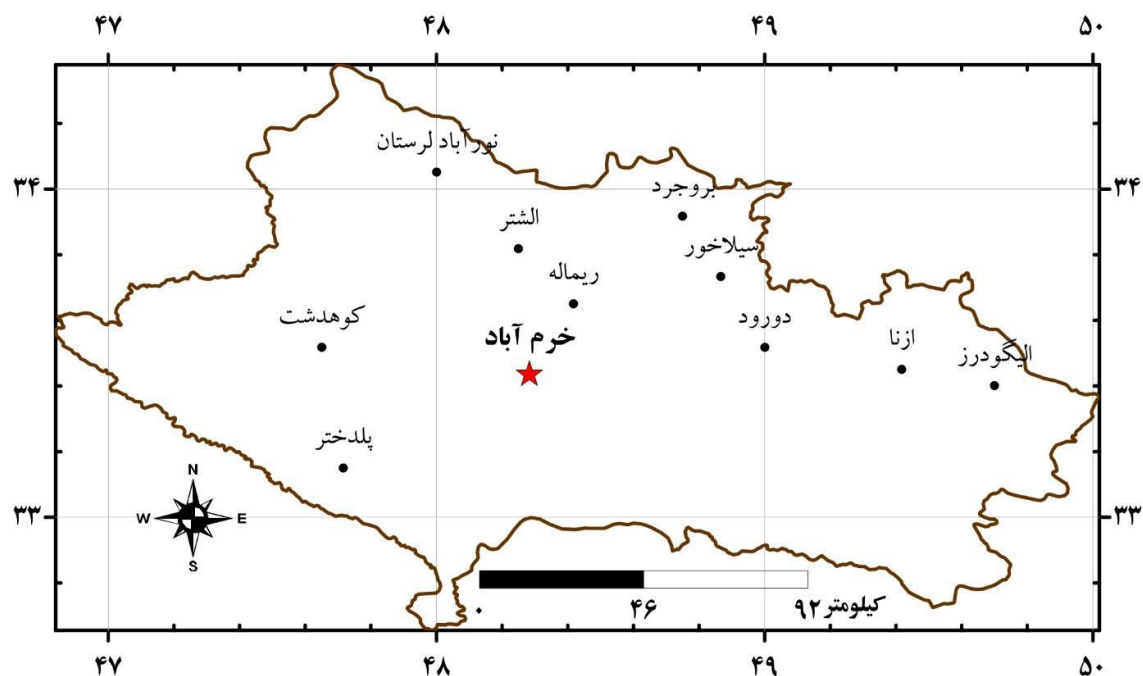
3 - Cullen

4 - Kisi

داده‌ها و روش پژوهش

ایستگاه مورد مطالعه در استان لرستان واقع گردیده و موقعیت استقرار آن به گونه‌ای است که تقریباً در نقطه مرکزی نسبت به سایر ایستگاه‌های استان قرار دارد. در شکل (۱) موقعیت ایستگاه نسبت به سایر ایستگاه‌های هم‌دید موجود در استان نشان داده شده است.

جهت انجام پژوهش از داده‌های تبخیر ماهانه ایستگاه خرم‌آباد با طول دوره آماری ۲۹ سال از ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۱ استفاده شده است. علت انتخاب این ایستگاه در بین ایستگاه‌های استان، یکی به دلیل طولانی بودن دوره آماری نسبت به سایر ایستگاه‌ها و نیز واقع شدن در مرکز استان و امکان تعمیم نتایج حاصل از پژوهش به سایر ایستگاه‌های موجود در سطح استان می‌باشد. داده‌های تبخیر ماهانه ایستگاه از سازمان هواشناسی و داده‌های مربوط به موقعیت‌های شاخص النینو از سایت نوآ فراهم شده است.



شکل (۱) موقعیت ایستگاه خرم‌آباد در میان ایستگاه‌های استان لرستان

منبع: نگارندگان

ابتدا داده‌های مربوط به تبخیر ماهانه در ایستگاه مورد مطالعه در نرم افزار مینو تب وارد شده و سپس داده‌های مربوط به موقعیت‌های مختلف النینو در Nina1، Nina3، Nina3.4، Nina4 با دوره آماری برابر با سری زمانی تبخیر، در نرم افزار یاد شده وارد و پس از ایجاد آرایه همبستگی میان داده‌های تبخیر و داده‌های النینو، میزان همبستگی این دو پدیده مشخص گردید تا تعیین شود که تبخیر در ایستگاه مورد مطالعه بیشتر تحت تأثیر کدامیک از موقعیت‌های النینو می‌باشد. سپس از میان موقعیت‌های النینو، مواردی را که با تبخیر ایستگاه مورد مطالعه بیشترین ارتباط را دارا

می‌باشند، مشخص نموده و با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی نسبت به بررسی امکان تخمین تبخیر برای سال‌های بدون داده، اقدام می‌گردد.

برای انجام این کار ابتدا ساختار مناسب شبکه عصبی مصنوعی طراحی شده که بدین منظور داده‌ها را به دو دسته تقسیم و ۳۰ درصد آنها را برای آموزش و ۷۰ درصد جهت آزمایش اختصاص داده می‌شوند. در آموزش، اطلاعات به شبکه معرفی شده و شبکه براساس تفاوت بین خروجی و عکس العمل‌های مورد انتظار، مقادیر وزن‌های خود را اصلاح نموده به گونه‌ای که با دیدن اطلاعات جدید، جواب مناسب ارائه می‌دهد. در آزمایش، شبکه برای اطلاعات معلوم امتحان شده و نواقص احتمالی برطرف می‌گردد. پس از طراحی ساختار یعنی تعیین نوع شبکه و تعیین تعداد نرون در هر لایه از شبکه، برای یکسان سازی داده‌ها نسبت به نرمال نمودن آنها اقدام می‌گردد.

در این پژوهش داده‌های مربوط به موقعیت‌های شاخص النینو به عنوان نرون در لایه ورودی و داده‌های مربوط به تبخیر در ایستگاه مورد مطالعه به عنوان نرون در لایه خروجی بکار می‌رود.

پس از آموزش شبکه عصبی، نسبت به تعیین وزن داده‌ها بین مقادیر صفر و یک اقدام شده و تعداد نرون در لایه پنهان از طریق سعی و خطا مشخص می‌گردد. ورودی خالص از رابطه (۱) بدست می‌آید:

$$nk = \sum_{j=1}^R W_{ij} X_j + b_k \quad (۱) \text{ رابطه}$$

در این رابطه: W_{ij} وزن‌های اتصال ورودی‌ها، X_j داده‌های ورودی و b_k بایاس می‌باشد.

در رابطه (۱) هر ورودی در وزن متناظرش ضرب شده و سپس با یکدیگر جمع می‌شوند که به این عملیات تابع جمع‌بندی می‌گویند. عدد حاصل از تابع جمع‌بندی به تابع تحریک فرستاده می‌شود تا آنرا به خروجی تبدیل کند و در واقع خروجی شبکه از رابطه زیر بدست می‌آید (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۶، ۱۶):

$$y_i = Af \left(\sum_{j=1}^n X_j W_{ij} \right) \quad (۲) \text{ رابطه}$$

در این رابطه: y_i خروجی شبکه، Af تابع فعالیت، X_j ورودی‌های واحد j و W_{ij} وزن‌های اتصال ورودی‌ها هستند. پس از طراحی ساختار شبکه، داده‌های خروجی آن با داده‌های ورودی (داده‌های النینو) مورد مقایسه قرار گرفته، چنانچه این داده‌ها با یکدیگر همخوانی داشته باشند، خروجی شبکه به عنوان مدل مورد پذیرش جهت تخمین میزان تبخیر مورد استفاده قرار خواهد گرفت و چنانچه میان این داده‌ها همخوانی وجود نداشته باشد به روش‌های پیشرو^۱ یا پسرو^۲ نسبت به تصحیح اقدام می‌گردد.

برای ارزیابی و مقایسه نتایج، چند معیار بکار برده می‌شوند که عبارتند از: ضریب تبیین (R^2) ^۳، جذر میانگین مربعات خطا^۴ و متوسط قدر مطلق خطا^۵ که از رابطه‌های زیر بدست می‌آیند (خوشحال و حسینی):

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})(d - \bar{d})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (d - \bar{d})^2}} \quad (۳) \text{ رابطه}$$

1- Forward

2- Backward

3- Random Error(R2)

4- Root mean squar Error (RMSE)

5- Mean Absolut Error (MAE)

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{x-d}{n} \right)} \quad \text{رابطه ۴}$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - \bar{d})}{N} \quad \text{رابطه ۵}$$

در این رابطه‌ها: x مقادیر مشاهده‌ای، \bar{x} میانگین مقادیر مشاهده‌ای، d مقادیر پیش بینی، \bar{d} میانگین مقادیر پیش بینی، N تعداد کل داده‌ها در هر مرحله از آزمون‌های آموزش و آزمایش می‌باشد. هر چه MAE و $RMSE$ به صفر و R^2 به یک نزدیکتر باشند، نشان‌دهنده آن است که جواب‌ها دقیق‌تر بوده و مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده به هم نزدیکترند.

یافته‌های پژوهش

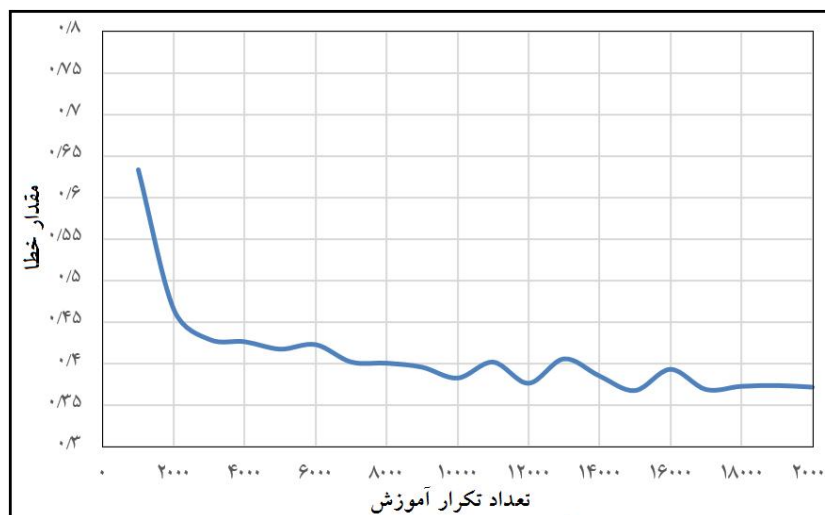
بین داده‌های مربوط به موقعیت‌های مختلف النینو و داده‌های مربوط به تبخیر ماهانه در ایستگاه مورد مطالعه در نرم‌افزار مینی‌تب آرایه همبستگی ایجاد شد. در جدول (۱) میزان ارتباط موقعیت‌های النینو و تبخیر در ایستگاه مورد مطالعه نشان داده شده است. چنانکه ملاحظه می‌شود، تنها موقعیت‌های Nina1 و Nina3 دارای ارتباط با تبخیر در ایستگاه یاد شده می‌باشند و در دیگر موقعیت‌ها، ارتباطی وجود نداشته در نتیجه داده‌های موقعیت Nina1 و Nina3 به عنوان داده‌های نرون لایه ورودی در شبکه عصبی مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که ارتباط تبخیر با موقعیت‌های النینو به صورت همزمان و تأخیرهای یک تا سه ماهه مورد آزمون قرار گرفت که بهترین ارتباط برای Nina3 با تأخیر دو ماهه و برای Nina1 به صورت همزمان بود.

جدول (۱) میزان ارتباط موقعیت‌های النینو با تبخیر ماهانه در ایستگاه خرم‌آباد

ردیف	موقعیت	میزان همبستگی
۱	Nina3	۳۵/۵۲
۲	Nina1	۲۸/۷
۳	Nina4	-
۴	Nina3.4	-

منبع: یافته‌های پژوهش

برای آنکه کارکرد شبکه عصبی در تخمین تبخیر بررسی شود، ساختار شبکه طراحی گردید که برای این منظور ابتدا تعداد تکرار آموزش بهینه مشخص شد. جهت این کار تعداد تکرار آموزش را از ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ تغییر داد، آنجا که کمترین مقدار خطای آزمایش^۱ را داشت به عنوان تعداد تکرار آموزش بهینه انتخاب گردید که بر اساس شکل (۲) تعداد تکرار بهینه برای ایستگاه مورد مطالعه ۱۵۰۰۰ می‌باشد.



شکل ۲) منحنی تعداد تکرار آموزش بهینه در ایستگاه خرم‌آباد

منبع: یافته‌های پژوهش

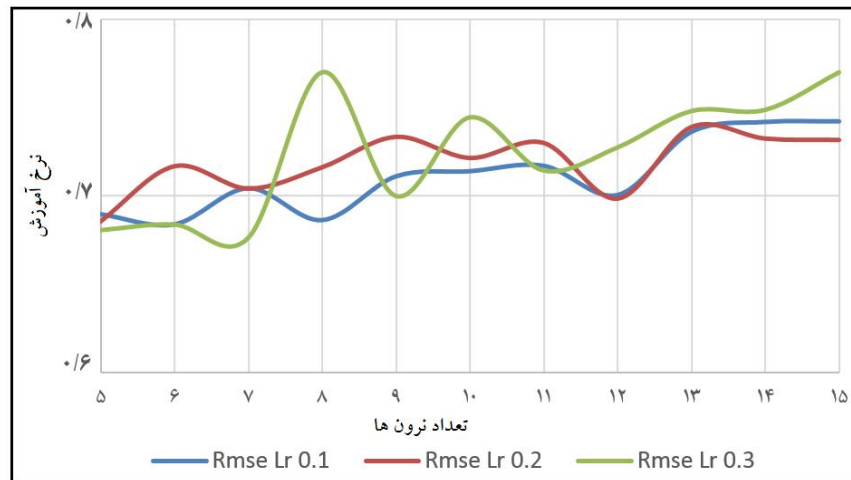
پس از مشخص شدن تعداد تکرار آموزش بهینه، تعداد نرون‌ها در لایه میانی از ۵ تا ۱۵ و نرخ آموزش^۱ را از ۰/۱ تا ۰/۳ تغییر داده جایی که میانگین مربعات خطا کمترین مقدار و ضریب تبیین (R^2) بیشترین مقدار را نشان می‌داد به عنوان ساختار بهینه تعیین شد. براین اساس همانطوریکه در جدول ۲) نشان داده شده است ساختار بهینه شبکه برای ایستگاه مورد مطالعه ۷ نرون در لایه میانی و نرخ آموزش ۰/۳ می‌باشد که در این صورت مقدار ضریب تبیین ۰/۶۳۷ و ریشه میانگین مربعات خطا ۰/۶۷۶ خواهد بود. در شکل ۳) منحنی کمترین خطای شبکه در تعداد نرون‌های مختلف و نرخ آموزش متفاوت برای ایستگاه مورد مطالعه نشان داده شده است.

جدول ۲) ساختار بهینه شبکه عصبی مصنوعی برای ایستگاه خرم‌آباد

در لایه پنهان	نرخ آموزش ۰/۱		۰/۲		۰/۳	
	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE
۵	۰/۶۲۷	۰/۶۸۹	۰/۶۲۹	۰/۶۸۵	۰/۶۳۲	۰/۶۸۰
۶	۰/۶۲۸	۰/۶۸۳	۰/۶۱۱	۰/۷۱۶	۰/۶۳۳	۰/۶۷۹
۷	۰/۶۲۴	۰/۷۰۴	۰/۶۲۰	۰/۷۰۴	۰/۶۳۶	۰/۶۷۶
۸	۰/۶۳۳	۰/۶۸۶	۰/۶۱۲	۰/۷۱۵	۰/۶۲۰	۰/۷۶۹
۹	۰/۶۲۲	۰/۷۱۰	۰/۶۰۸	۰/۷۳۳	۰/۶۲۵	۰/۶۹۹
۱۰	۰/۶۱۹	۰/۷۱۳	۰/۶۱۶	۰/۷۲۱	۰/۶۰۴	۰/۷۴۴
۱۱	۰/۶۱۷	۰/۷۱۷	۰/۶۱۹	۰/۷۳۰	۰/۶۱۸	۰/۷۱۴
۱۲	۰/۶۳۰	۰/۷۰۰	۰/۶۲۷	۰/۶۸۹	۰/۶۱۴	۰/۷۲۷
۱۳	۰/۶۰۶	۰/۷۳۶	۰/۶۰۹	۰/۷۳۸	۰/۶۰۲	۰/۷۴۷
۱۴	۰/۶۰۵	۰/۷۴۲	۰/۶۰۷	۰/۷۳۲	۰/۶۰۱	۰/۷۴۸
۱۵	۰/۶۰۳	۰/۷۴۳	۰/۶۱۰	۰/۷۳۱	۰/۵۹۸	۰/۷۶۲

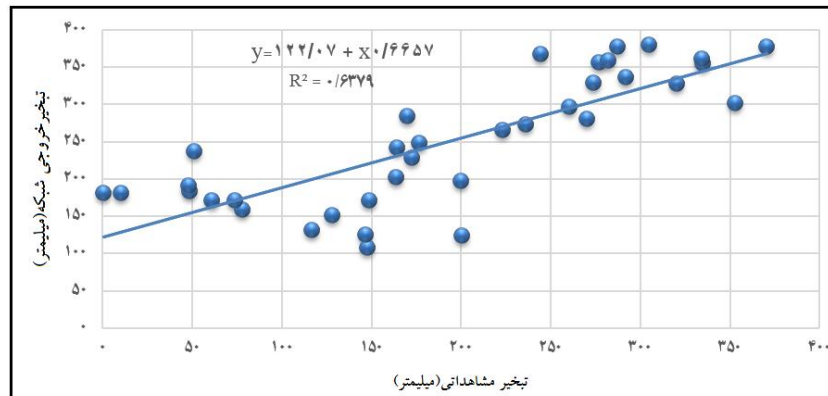
منبع: یافته‌های پژوهش

1. Learning Rate

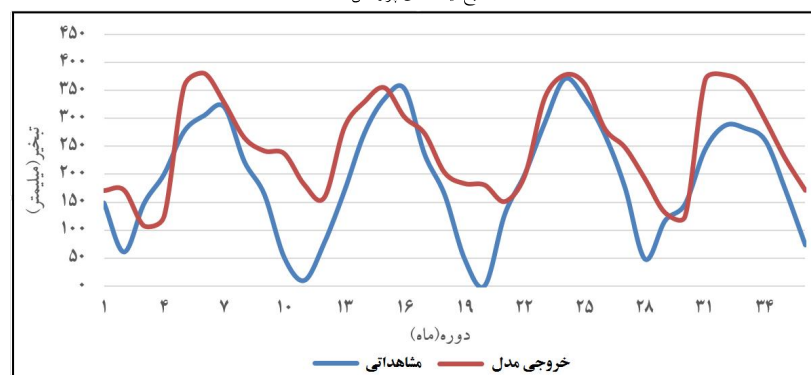


شکل ۳) منحنی کمترین خطای شبکه در تعداد نرون‌های مختلف و نرخ آموزش متفاوت برای ایستگاه خرم‌آباد
منبع: یافته‌های پژوهش

پس از مشخص شدن ساختار شبکه عصبی بهینه نسبت به مقایسه داده‌های مشاهده‌ای تبخیر و خروجی شبکه اقدام گردید که نتایج مقایسه نشان‌دهنده همبستگی بالا بین داده‌های مشاهده‌ای و خروجی شبکه در ایستگاه مورد مطالعه بوده به گونه‌ای که میزان این همبستگی ۷۸ درصد می‌باشد. در شکل‌های ۴ و ۵ همبستگی داده‌های مشاهده‌ای و خروجی شبکه و نمودار مقایسه‌ای این داده‌ها نشان داده شده است.



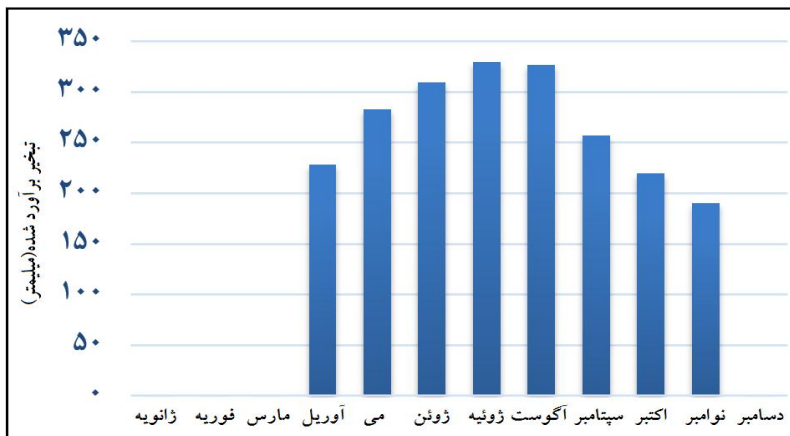
شکل ۴) همبستگی داده‌های مشاهده‌ای و خروجی شبکه در ایستگاه خرم‌آباد
منبع: یافته‌های پژوهش



شکل ۵) نمودار مقایسه داده‌های مشاهده‌ای و خروجی شبکه در ایستگاه خرم‌آباد
منبع: یافته‌های پژوهش

در جهت بررسی امکان تخمین مقدار تبخیر در ایستگاه مورد مطالعه، بین داده‌های مربوط به خروجی شبکه به عنوان متغیر وابسته و داده‌های مربوط به موقت‌های الینو به عنوان متغیر مستقل، اقدام به گرفتن همبستگی شد که نتیجه کار نشان‌دهنده همبستگی بالا بین متغیرهای وابسته و مستقل است به گونه‌ای که مقدار این همبستگی حدود ۹۹ درصد می‌باشد.

با بهره‌گیری از معادله خط همبستگی، اقدام به برآورد تبخیر برای سال بدون آمار تبخیر شد که نتیجه آن برای ماه‌های سال بدون آمار برابر شکل ۵) می‌باشد.



شکل ۶) نمودار برآورد تبخیر ماهانه در سال ۲۰۱۳ برای ایستگاه مورد مطالعه

منبع: یافته‌های پژوهش

نتیجه‌گیری

از میان موقعیت‌های مختلف الینو تنها ارتباط Nina1 و Nina3 با تبخیر در ایستگاه خرم‌آباد مورد تأیید قرار گرفت. برای بررسی امکان برآورد تبخیر در ایستگاه مورد مطالعه، شبکه عصبی با ساختار تعداد تکرار آموزش ۱۵۰۰۰ و تعداد ۷ نرون در لایه میانی با نرخ آموزش ۰/۳ در نظر گرفته شد.

داده‌های مشاهده‌ای تبخیر و خروجی شبکه عصبی مصنوعی با هم مورد مقایسه قرار گرفته که نتیجه این مقایسه نشان‌دهنده همبستگی بالا به میزان ۷۸ در می‌باشد.

برای بررسی امکان تخمین تبخیر در ایستگاه مورد مطالعه، میان داده‌های مربوط به Nina1 و Nina3 با خروجی شبکه عصبی مصنوعی اقدام به گرفتن همبستگی شد که میزان این همبستگی ۹۹ درصد می‌باشد.

براین اساس با توجه به بالا بودن ضریب همبستگی بین داده‌های الینو و خروجی شبکه عصبی و با استفاده از معادله خط رگرسیون، می‌توان برای ماه‌های بدون آمار، اقدام به برآورد تبخیر با دقت ۹۹ درصد نمود.

منابع

- ۱) تنیان، سارا، سبزی پرور، علی اکبر و صفر معروفی (۱۳۸۸)، ارزیابی تأثیر پدیده انسو بر میزان تبخیر و تعرق مرجع فصلی در اقلیم‌های سرد ایران، همایش ملی انسان، محیط زیست و توسعه پایدار، دانشگاه آزاد همدان، ۱۳۸۸.
- ۲) حق نگهدار، امین، تقفیان، بهرام و روح انگیز اختری (۱۳۸۶)، بررسی میزان تأثیر پدیده الینو - نوسان جنوبی بر سیلاب‌های حداکثر سالانه جنوب غرب ایران، مجله آب و فاضلاب، سال هجدهم، شماره ۶۴، صص ۶۶-۷۸.

- ۳) خوشحال دستجردی، جواد و سیدمحمد حسینی (۱۳۸۹)، کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در شبیه‌سازی عناصر اقلیمی و پیش‌بینی سیکل خشکسالی، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۳۹، صص ۱۲۰-۱۰۷.
- ۴) رضایی صدر، حسن و عبدالکریم بهنیا (۱۳۸۷)، بررسی رابطه بین پدیده النینو - نوسانات جنوبی و خشکسالی در جنوب غرب ایران، کنفرانس بین‌المللی بحران آب، دانشگاه زابل.
- ۵) زارع ایبانه، حمیدرضا و مریم بیات ورکشی (۱۳۹۱) مطالعه تأثیرپذیری تعداد روزهای بارانی از پدیده انسو در ایران، دوماهنامه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک سال نوزدهم، شماره یک، صص ۴۰-۲۱.
- ۶) سرداری، سروش، سلطانی، سعید، شیخ پور، مژگان و سیده صغری موسوی (۱۳۸۹)، شبکه‌های عصبی مصنوعی، تهران، نشر نص.
- ۷) عزیزاده، امین، عرفانیان، مریم و حسین انصاری (۱۳۹۰)، بررسی الگوهای پیوند از دور مؤثر بر متغیرهای بارش و دما (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک مشهد)، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، دوره ۵، شماره ۲، صص ۱۷۶-۱۸۵.
- ۸) یوسفی، نصرت اله و سهراب حجام (۱۳۹۱)، بررسی تأثیر پدیده انسو بر متغیرهای اقلیمی دما و بارش دشت قزوین، فصلنامه فضای جغرافیایی، شماره ۳۹، صص ۱۹۵-۲۱۰.
- 9- Cullen, H. M. and B. P. Menocal. (2000), North atlantic Influence on Tigris_Euphrates Stream Flow. *Int. Journal of Climatology*, 20: 853-863.
- 10- Drake. F(2000) Global warming the science of climat chang. ARNOLD, 273pp.
- 11- Kiladis, G.N. and H.F. Diaz, 1989, Global climate anomalies associated with extremes in the Southern Oscillation. *J. Climate*, 2, 1069-1090.
- 12- Kisi O (2006) Daily Pau evaporation modelling using a Neural – fuzzy computing technique. *J. Hidrol.*329:636-646.
- 13 - Mc Caffie. K, and Henderson. S (2006) A climat modelling primer, John willey & sons.
- 14- Moran. V. and G. Plaut., 2003. The impact of Elnino-Southern Oscillation upon weather regimes over Europe and the North Atlanticduring Boreal winter. *International Journal of Climatology*. 23(4): 363-379.
- 15- Quinn. W. H. D. O. Zopf, K. S. Short and R. T. W. Kuo Yang (1988), historical Trends and Statistics of the Southern Oscillation, El Nino and Indonesian Droughts, *Fish. Bull.*, 76, 663-678.
- 16- Rajagopalan, B., E. Cook, U. Lall, and B. K. Ray. (2000). Spatiotemporal variability of ENSO and SST teleconnections to summer drought over the United States during the twentiet century. *J. Climate*, 13: 4244-4254
- 17- Serrano, S. M. V. (2006), "EL Nino and La Nino influence on droughts at different timescales in the Iberian Peninsula", *European Geosciences Union, Geophysical Research* 8:1-18.
- 18 - Sungwon, K. Hongkee, J. (2006), an expansion of the ungaged pan evaporation using Neural Network model in rural region, South Korea world environmental and water resourses congress.
- 19 - Sh. Araghinejad. E, Meidani (2013) A Revew of climate signals as predictors of long- term Hydro- climatic variability. *J. of climate variabilitib. C. 5*, pp. 107-133.
- 20-Tombul, M. and Ogul, E. (2006), Modeling of Rainfall-Runoff Relationship at the Semi- arid Small Catchments Using Artificial Neural Networks. *Lecture Notes in Control and Information Sciences*, 309-318.