مجله پژوهش های معاصر در علوم و تحقیقات
سال چهارم، شماره ۴۱، آذر ۱۴۰۱
ISSN: ۲۶۷۶-۵۷۶٤
www.jocrisar.ir

مدل سازی قدرت تبخیر جو با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم جنگل

(مطالعه موردی: ایستگاه تبریز)

همایون موتمنی[۱]، بهروز شکری فومشی[۲]

[۱]دانشیار، گروه کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری، مازندران، ایران

[۲]کارشناس ارشد، گروه کامپیوتر، موسسه آموزش عالی روزبهان ساری، مازندران، ایران (نویسنده مسئول)

چکیده

هدف از پژوهش حاضر مدل سازی قدرت تبخیر جو با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم جنگل می باشد. برای پیش‌بینی تبخیر، از ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه‌سازی جنگل کمک گرفته شد. سپس با بهره‌گیری از داده‌های هواشناختی، به مدل‌سازی قدرت تبخیر جو با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی **MLP** و الگوریتم بهینه‌سازی جنگل پرداخته شد. با استفاده از پنج داده ورودی شامل مقادیر دما، نم نسبی، ساعات آفتابی، فشار هوا، سرعت باد و یک داده خروجی شامل میزان تبخیر حاصل از تشتک تبخیر ایجاد شد. از سویی برای آرایش هر ساختار، هر گروه شبکه با تعداد پنج نورون برای یک لایه پنهان آموزش داده شد. بنابر نتایج بدست آمده، روش پیشنهادی جنگل، میزان قدرت یا پتانسیل تبخیر جو تبریز را با خطای ۰,۱۲۶۷۸ میلی متر در ماه پیش‌بینی نمود و الگوریتم بهینه‌سازی جنگل توانسته به نتیجه بهتری دست پیدا کند. بنابراین جهت مدل‌سازی قدرت تبخیر جو در ایستگاه سینوپتیک تبریز بسیار مناسب است از الگوریتم یاد شده استفاده گردد زیرا بر مبنای این روش می‌توان میزان قدرت یا پتانسیل تبخیر جو تبریز را با خطای ۰,۱۲۶۷۸ میلی متر در ماه پیش‌بینی نمود.

واژه‌های کلیدی: شبکه‌های عصبی مصنوعی، الگوریتم جنگل، قدرت تبخیر جو، ایستگاه تبریز

پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

پدیده تبخیر و تعرق یکی از مولفه‌های اصلی چرخه آب در طبیعت است که نقش کلیدی در مطالعات کشاورزی، هیدرولوژی، آب و هواشناسی، طراحی سیستم های آبیاری و زه‌کشی، زمان بندی آبیاری و مدیریت منابع آب ایفا می‌کند [۱ و ۲]. به طور کلی از نظر هیدرولوژی تبخیر به مجموعه پدیده‌هایی گفته می‌شود که آب را صرفاً از راه یک فرآیند فیزیکی به بخار تبدیل می‌کند. عواملی که میزان تبخیر را مشروط می‌سازند بر حسب اینکه وابسته به هوای مجاور یا سطح تبخیر کننده باشند به دو دسته کاملاً متمایز تقسیم می‌شوند. عواملی که مربوط به هوای مجاور سطح تبخیر بوده و در واقع محرک آن هستند و به نام عوامل هواشناختی و یا عوامل قدرت و یا توان تبخیر جو و یا تبخیر و تعرق پتانسیل از آن‌ها یاد می‌شود. دسته دوم عواملی که مشخص کننده جنس و طبیعت سطح تبخیر هستند، مثل سطح آزاد آب، برف، یخ، سطح خاک و گیاهان، وسعت آب، عمق آب و همچنین قابلیت خاک برای تأمین آب مورد نیاز تبخیر و تأثیرپذیری آن در مقابل قدرت تبخیر جو.

بنابراین به سبب نقش وزینی که قدرت یا پتانسیل تبخیر جو در بیلان آب و برنامه ریزی‌های مربوط به کشاورزی و استحصال آب دارد و با توجه به مسائل به وجود آمده در رابطه با آب‌های سطحی و زیر زیرزمینی بخش‌های بزرگی از ایران، به نظر می‌رسد که بیش از پیش ضرورت دارد که قدرت تبخیر جو مدل‌سازی و پیش‌بینی گردد تا براساس آن بتوان برنامه‌ریزهای متناسب و بهینه را بر حسب شرایط به وجود آمده به انجام رساند. عباس پلنگی و همکاران (۱۳۸۵) به بررسی تخمین تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع **(ET_0)** با استفاده از شبکه‌های عصبی در منطقه اهواز پرداختند. نتایج یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که پس از آموزش و آزمون شبکه و با توجه به میزان خطای استاندارد وزن دار **(WESEE)** می‌توان با استفاده از شبکه های عصبی، تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع **(ETo)** را با درصد بسیار کم خطا پیش‌بینی نمود. همچنین بهترین آرایش شبکه بصورت ۱-۶-۱ و با تابع محرک سیگموئید بدست آمد [۳]. پیری و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در تخمین تبخیر روزانه از تشت تبخیر پرداختند. نتایج یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که پارامترهای دما و سرعت باد به ترتیب بیشترین و کمترین تاثیر را در تخمین مقدار تبخیر از تشتک دارا می‌باشد. همچنین از شبکه عصبی مصنوعی می‌توان با دقت مناسبی در تخمین میزان تبخیر روزانه از تشت تبخیر استفاده نمود [۴].

دهقانی پور و همکاران(۱۴۰۰) به ارزیابی کارایی مدل های هوش مصنوعی برای شبیه‌سازی تبخیر در مناطق اقلیمی خشک، نیمه‌خشک و بسیار مرطوب ایران پرداختند نتایج نشان داد پس از ارزیابی کمی مدلها، ترکیب ورودی شامل دما، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی و سرعت باد برای مدلهای شبیه‌سازی تبخیر، با ضریب همبستگی بین ۰/۵۶ تا ۰,۸۵، ریشه میانگین مربعات خطا بین ۱,۱ تا ۲,۶ میلی‌متر و پی‌بایاس ۱ تا ۲۹,۵ درصد، به عنوان ترکیب ورودی برتر انتخاب شد. با انجام آنالیز حساسیت مدلهای توسعه داده شده، دما و سپس رطوبت نسبی، به عنوان متغیرهای حساس برای شبیه‌سازی تبخیر انتخاب شدند. همچنین رابطه تجربی بهینه‌سازی شده با ترکیب ورودی برتر، توانایی بیشتری برای شبیه‌سازی مقادیر میانگین و انحراف‌معیار تبخیر از خود نشان داد و این مدل به عنوان مدل برتر انتخاب شد. در نهایت توانایی مدل برتر به همراه ترکیب ورودی برتر در شبیه‌سازی تشت تبخیر سه ایستگاه گرمسار (خشک)، دامغان (نیمه خشک) و رامسر (بسیار مرطوب)، با ضرایب همبستگی ۰,۶ تا ۰,۸۴، ریشه میانگین مربعات خطا ۱/۲۹ تا ۳,۱۶ میلی‌متر و پی‌بایاس ۲,۱ تا ۹,۲ درصد، مورد تأیید قرار گرفت[۵]..

خورشیددوست و همکاران(۱۳۹۸) در تحقیق برآورد مقدار تبخیر با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک نشان دادند که در مدل‌های تک لایه، دقت وزن‌دهی الگوریتم ژنتیک برای هر دو تابع فعال‌ساز بیش از الگوریتم لونبرگ ـ مارکوئت است. از سویی در مدل‌های با دو لایه پنهان دقت وزن‌دهی الگوریتم آموزشی لونبرگ مارکوئت بیش از الگوریتم ژنتیک بوده؛ به

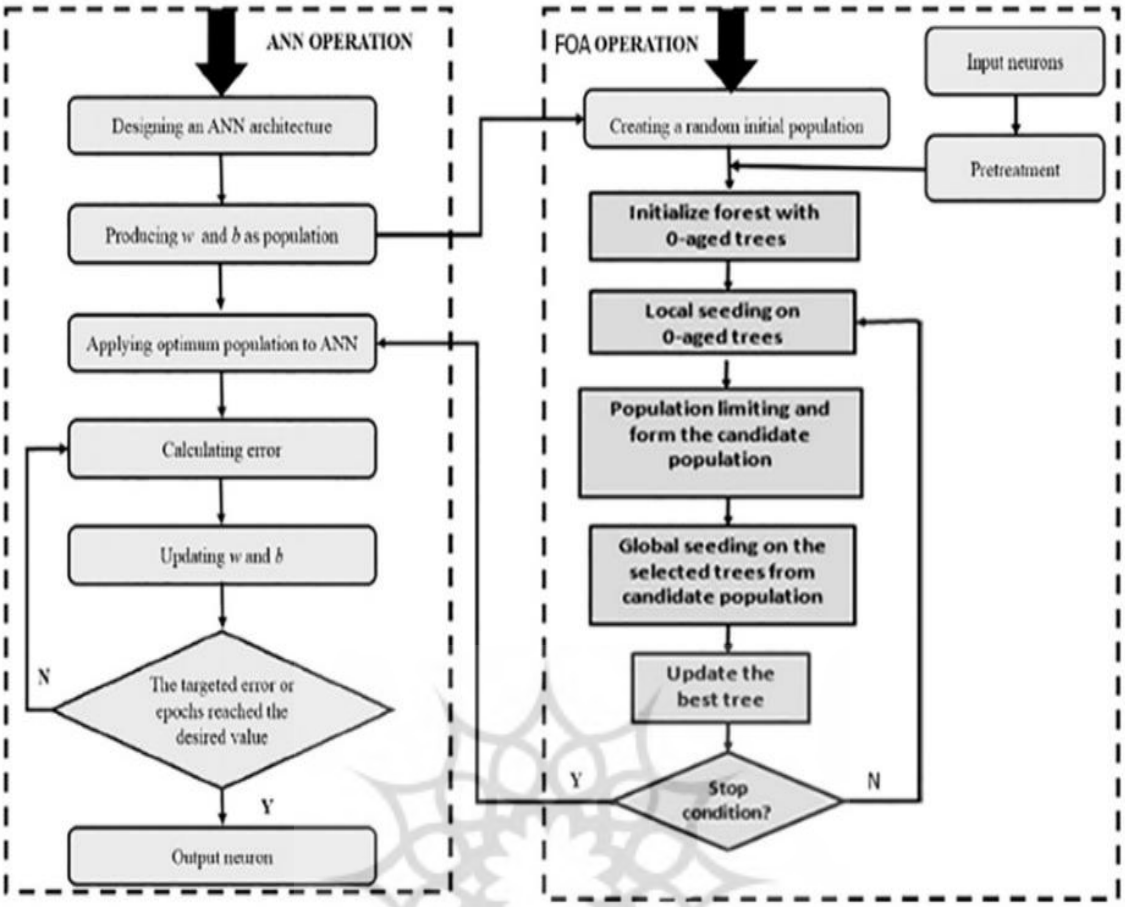
طوری که دقیق‌ترین مدل شبکه با آرایش ۵-۷-۷-۱ با مجذور میانگین مربعات خطای ۰/۲۲۷ میلی‌متر بر اساس الگوریتم آموزشی لونبرگ مارکوئت و دو لایه پنهان و تابع فعال‌سازی تان سیگموید تولید شده بود[۶]..

محمدی و قربانی(۱۳۹۸) در تحقیق تخمین تبخیر روزانه بر اساس مدل هیبریدی شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه سازی کرم شب تاب نشان دادند که تبخیر شبیه سازی شده به وسیله شبکه عصبی مصنوعی دارای ریشه مربعات خطای برابر ۱/۳۵ میلی متر در روز ، میانگین خطای مطلق ۰/۹۳۵ و همچنین همبستگی ۰/۶۷۸ بوده است. و همینطور همین نتایج مربوط به الگوریتم هیبردی کرم شب تاب برابر ریشه مربعات خطای ۰/۷۷ میلی متر در روز ، میانگین خطای مطلق ۰/۵۳۲ و همین طور همبستگی ۰/۹۳۴ می‌باشد[۷].. صحت و اسلامی تبار(۱۳۹۷) در تحقیق برآورد تبخیر دریاچه ارومیه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی نشان دادند که این مدل می تواند با دقت مناسبی با استفاده از داده های هواشناسی ایستگاه های اطراف دریاچه میزان تبخیر آنرا برآورد نماید[۸].. نوری و همکاران(۱۳۹۷) در تحقیق مقایسهٔ سه روش اصلی هوش مصنوعی در برآورد دبی سیلاب رودخانهٔ یلفان نتایج نشان داد مدل تلفیقی شبکهٔ عصبی و الگوریتم ژنتیک نسبت به مدل شبکهٔ عصبی و نیز مدل ترکیب خوشه‌بندی کاهشی و مدل ANFIS عملکرد بهتری در برآورد دبی سیلاب در حوزهٔ یلفان دارد[۹].

با توجه به مطالب ذکر شده هدف از پژوهش حاضر مدل سازی قدرت تبخیر جو با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم جنگل در ایستگاه تبریز می باشد.

روش تحقیق

برای پیش‌بینی تبخیر، از ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه‌سازی جنگل کمک گرفته شد. سپس با بهره‌گیری از داده‌های هواشناختی، به مدل‌سازی قدرت تبخیر جو با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی MLP و الگوریتم بهینه‌سازی جنگل پرداخته شد. جهت دستیابی به بهترین ساختار شبکه عصبی مصنوعی ساختارهای مختلفی مورد سنجش قرار گرفتند. در این خصوص با در نظر گرفتن الگوریتم آموزشی شبکه عصبی MLP و الگوریتم بهینه‌سازی جنگل، با استفاده از پنج داده ورودی شامل مقادیر دما، نم نسبی، ساعات آفتابی، فشار هوا، سرعت باد و یک داده خروجی شامل میزان تبخیر حاصل از تشتک تبخیر ایجاد شد. از سویی برای آرایش هر ساختار، هر گروه شبکه با تعداد پنج نورون برای یک لایه پنهان آموزش داده شد و در هر بررسی با استفاده از داده‌های آزمون، شاخص های آماری ضریب تعیین، میانگین مربعات خطا و مجذور میانگین مربعات خطا برآورد شدند. در شکل (۱)، فلوچارت روش پیشنهادی (آموزش شبکه عصبی توسط الگوریتم بهینه‌سازی جنگل) نشان داده شده است.



شکل ۱:فلوچارت آموزش شبکه عصبی توسط الگوریتم بهینه‌سازی جنگل

برای مقایسه سه روش، از متغیرهای هوا شناختی همچون، دمای هوا، نم نسبی، فشار هوا، سرعت باد و ساعات آفتابی ماه های مه، ژوئن، جولای، اوت و سپتامبر با پوشش زمانی ۱۳۷۱-۱۳۹۰ متعلق به ایستگاه همدید تبریز به عنوان ورودی شبکه عصبی استفاده شد و داده‌های تشتک تبخیر ایستگاه همدید تبریز در همان بازه زمانی به عنوان خروجی شبکه عصبی در نظر گرفته شد.

بررسی صحت وکارایی نتایج بدست آمده توسط شبکه عصبی نیازمند معیاری است که توانایی مدل را در پیش‌بینی تحلیل نماید و میان آن‌ها برترین را که به خوبی آموزش دیده، انتخاب و معرفی کند. در این پژوهش علاوه بر ترسیم نمودارهای مقادیر مشاهداتی در برابر مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل‌ها، از شاخص‌های کمّی همچون ضریب تعیین، میانگین مربعات خطا، مجذور میانگین مربعات خطا، میانگین و انحراف معیار بهره گرفته شده است. مفهوم پارامترهای ارزیابی عملگری که در خروجی نمایش پیدا می کند بصورت زیر است:

ضریب تعیین = R^2

میانگین مربعات خطا = **MSE**

مجذور میانگین مربعات خطا = **RMSE**

میانگین = **μ**

انحراف معیار= **б**

کمیت **R^2** که ضریب تعیین نامیده می‌شود، نسبت تغییرات (متغیرهای) تعریف شده، به کل تغییرات(متغیرها) می‌باشد (این اندازه‌گیری به ما این امکان را می‌دهد که تعیین کنیم چقدر می‌توان به به پیش‌بینی یک مدل یا نمودار مطمئن بود). ضریب تعیین معیاری بدون بعد است و بهترین مقدار آن برابر یک می‌باشد. رابطه (۱) نحوه محاسبه آن را نشان می‌دهد. [۱۰].

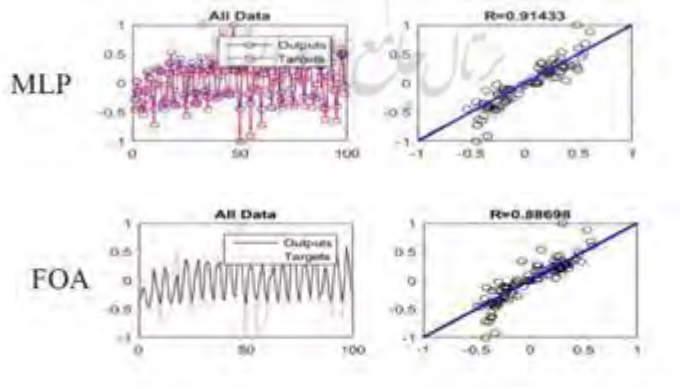
$$R^2 = \frac{\sum_{K=1}^{K} X_K Y_K}{\sqrt{\sum_{K=1}^{K} X_K{}^2 \sum Y_K{}^2}}$$

رابطه ۴-۱ محاسبه ضریب **تعیین**.

در رابطه (۱) X_K مقادیر مشاهداتی، Y_K مقادیر برآورد شده و **K** تعداد داده‌ها می‌باشد.

یافته ها

به منظور ارزیابی روش‌های مورد استفاده، از معیار آماری ضریب تعیین **(R^2)** و همچنین از معیارهای میانگین مربعات خطا **(MSE)**و مجذور میانگین مربعات خطا **(RMSE)** جهت تعیین مقادیر خطای داده‌های ورودی استفاده شده است. نتیجه بررسی ها در شکل (۲) و نتایج آماری در جدول (۱) آورده شده است.

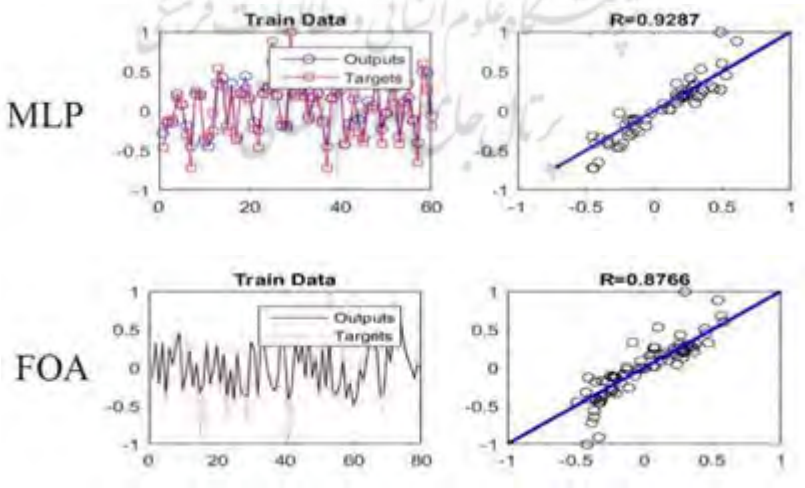


شکل ۲: عملکرد شبکه عصبی برای مقادیر تبخیر، شبیه سازی شده براساس کل داده‌ها **MLP**، **FOA**

جدول ۱: نتایج آماری کل داده‌های تخمین تبخیر جو، براساس الگوریتم **MLP**، **FOA**.

	All Data				
	R2	Mse	Rmse	μ	б
Mlp	0.91433	0.024136	0.15536	-0.04162	0.15044
Foa	0.88698	0.029041	0.17041	-0.0013145	0.17128

شکل (۳) نمودار مربوط به داده‌های آموزش است که خط قرمز در نمودار مربوط به خروجی هدف و خط مشکی مربوط به خروجی داده‌های آموزش است. مجموعه‌ی **Train Data** برای هدایت پروسه آموزش به کار گرفته می‌شود، برای بروز کردن وزن های شبکه عصبی به هنگام آموزش. پارامتر R^2 که همان ضریب تعیین است، صحت آموزش شبکه عصبی را نشان می‌دهد. هر چه به یک نزدیک‌تر باشد یعنی شبکه عصبی عملکرد بهتری دارد. شبکه عصبی برای داده‌های آموزش با میانگین خطای **MSE** تبخیر را پیش‌بینی می‌کند. نتیجه بررسی‌ها در شکل (۳) و نتایج آماری در جدول (۲) آورده شده است.

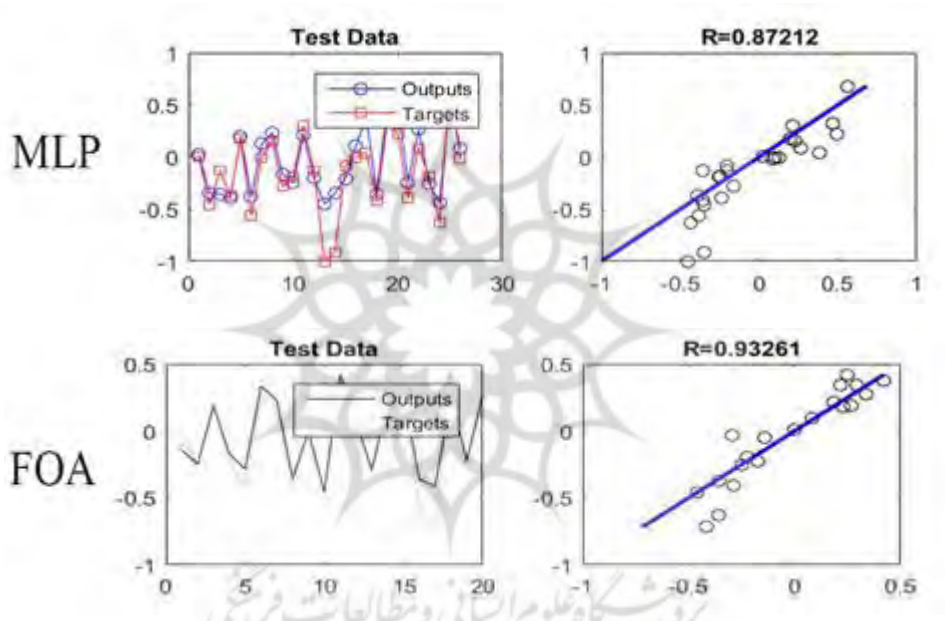


شکل۳: عملکرد شبکه عصبی برای مقادیر تبخیر، شبیه سازی شده براساس داده‌های آموزش **MLP**، **FOA**.

جدول ۲: نتایج آماری داده‌های آموزش تخمین تبخیر جو، براساس الگوریتم **MLP**، **FOA**.

	Train Data				
	R2	Mse	Rmse	μ	б
Mlp	0.9287	0.019219	0.13863	-0.027839	0.13695
Foa	0.8766	0.032324	0.17979	0.0010882	0.18093

مجموعه ی **Test Data** مستقلا برای تعیین کیفیت نهایی شبکه‌ی آموزش دیده شده از لحاظ دقت و قابلیت‌های تعمیم سازی سیستم اصلی، استفاده می‌شود. نتیجه بررسی‌ها در شکل (۴) و نتایج آماری در جدول (۳) آورده شده است.



نمودار ۴: عملکرد شبکه عصبی برای مقادیر تبخیر، شبیه‌سازی شده براساس داده‌های آزمون **MLP**، **FOA**.

جدول ۳: نتایج آماری داده‌های آزمون تخمین تبخیر جو، براساس الگوریتم **MLP**، **FOA**.

	Test Data				
	R2	Mse	Rmse	μ	б
Mlp	0.87212	0.043117	0.20765	-0.098018	0.18668
Foa	0.93261	0.016072	0.12678	-0.010805	0.1296

مقایسه نتایج حاصل از بکارگیری الگوریتم **MLP** و الگوریتم بهینه‌سازی جنگل در پیش‌بینی تبخیر جو در داده‌های آزمون، گویای آن است که، نتایج ناشی از بکارگیری الگوریتم بهینه‌سازی جنگل، براساس معیارهایی چون:

ضریب تعیین (R^2)= ۰,۹۳۲۶۱

میانگین مربعات خطا (**MSE**)=۲ ۰,۰۱۶۰۷

مجذور میانگین مربعات خطا (**RMSE**)= ۰,۱۲۶۷۸

بسیار دقیق‌تر از نتایج حاصل از شبکه عصبی **MLP** بوده، و روش پیشنهادی در شرایط یکسان (از نظر تعداد لایه‌ها، نورون‌ها و دیتای ورودی) نشان داد که ضریب تعیین این مدل، در مقابل **MLP** بیشتر بوده و در مقابل روش دیگر، با خطای کمتری تبخیر را پیش‌بینی نموده است. بنابراین الگوریتم بهینه‌سازی جنگل توانسته است مدل‌های دقیق‌تری را ایجاد نماید.

نتیجه گیری

هدف از پژوهش حاضر مدل سازی قدرت تبخیر جو با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم جنگل می باشد. بنابر نتایج بدست آمده، روش پیشنهادی جنگل، میزان قدرت یا پتانسیل تبخیر جو تبریز را با خطای ۰,۱۲۶۷۸ میلی متر در ماه پیش‌بینی نمود که نتایج به دست آمده با نتایج نظری و پاشازاده(۱۳۹۴) همخوانی داشته و الگوریتم بهینه‌سازی جنگل توانسته به نتیجه بهتری دست پیدا کند. بنابراین جهت مدل‌سازی قدرت تبخیر جو در ایستگاه سینوپتیک تبریز بسیار مناسب است از الگوریتم یاد شده استفاده گردد زیرا بر مبنای این روش می‌توان میزان قدرت یا پتانسیل تبخیر جو تبریز را با خطای ۰,۱۲۶۷۸ میلی متر در ماه پیش‌بینی نمود.

منابع

جهانبخش، سعید؛ موحد دانش، علی اصغر و مولوی، واحد (۱۳۸۰)، تحلیل مدل‌های برآورد تبخیر ـ تعرق برای ایستگاه هواشناسی تبریز، مجله دانش کشاورزی، جلد۱۱، شماره۲. صص۵۱-۶۵.

سبزی پرور، علی اکبر و شادمانی، مجتبی (۱۳۹۱)، مقایسه ضرایب تشت برآورد شده با استفاده از روش‌های تجربی، شبکه عصبی مصنوعی و عصبی ـ فازی در برآورد تبخیر تعرق گیاه مرجع، مجله فیزیک زمین و فضا، شماره ۱ صص ۲۲۹- ۲۴۰.

عباس پلنگی، جمال؛ هادی معاضد و رضا طارقیان، ۱۳۸۵، تخمین تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع **(ET_0)** با استفاده از شبکه‌های عصبی در منطقه اهواز، اولین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زه‌کشی، اهواز، دانشگاه چمران.

پیری، مهدی؛ امیر احمد دهقانی؛ موسی حسام و عبدالرضا ظهیری، ۱۳۸۷، استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی در تخمین تبخیر روزانه از تشت تبخیر، دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زه‌کشی، اهواز، دانشگاه چمران.

دهقانی پور, محمد حسن, قزوینیان, حمیدرضا, دهقانی پور, امیرحسین. ارزیابی کارایی مدل های هوش مصنوعی برای شبیه‌سازی تبخیر در مناطق اقلیمی خشک، نیمه‌خشک و بسیار مرطوب ایران .*تحقیقات منابع آب ایران*,۱۴۰۰; ۱۷(۱):۳۱۸-۳۲۷.

خورشیددوست, علی محمد, میرهاشمی, حمید, نظری, موسی. برآورد مقدار تبخیر با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی: ایستگاه تبریز).*نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی*;۲۳(۶۸):۷۱-۹۰. ۱۳۹۸,

محمدی, بابک, قربانی, محمد علی. تخمین تبخیر روزانه بر اساس مدل هیبریدی شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه سازی کرم شب تاب .*فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۱۳۹۸

صحت، مهدی و اسلامی تبار، واحد،۱۳۹۷،برآورد تبخیر دریاچه ارومیه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی،اولین کنفرانس ملی مهندسی زیرساخت ها،ارومیه

نوری, حمید, ایلدرومی, علیرضا, سپهری, مهدی, آرتیمانی, مهدی. مقایسهٔ سه روش اصلی هوش مصنوعی در برآورد دبی سیلاب رودخانهٔ یلفان .*جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*, ۱۳۹۷; ۲۹(۴):۳۵-۵۰

صداقت کردار، علی.، فتاحی، ابراهیم،۱۳۸۷. شاخص های پیش آگاهی خشکسالی در ایران، مجله جغرافیا و توسعه دانشگاه سیستان و بلوچستان، ج۶، ش ۱۱، صص ۷۶-۵۹.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی