

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

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

^۲کارشناس 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 پیش بینی تبخیر، از ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه سازی جنگل کمک گرفته شد. سپس با بهره گیری از داده های هواشناسی، به مدل سازی قدرت تبخیر جو با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی MLP و الگوریتم بهینه سازی 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 نرون 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 پیش بینی نمود و الگوریتم بهینه سازی جنگل توانسته به نتیجه بهتری دست پیدا کند. بنابراین جهت مدل سازی قدرت تبخیر جو در ایستگاه سینوپتیک تبریز بسیار مناسب است از الگوریتم یاد شده استفاده گردد زیرا بر مبنای این روش می توان میزان قدرت یا پتانسیل تبخیر جو تبریز را با خطای ۰,۱۲۶۷۸ میلی متر در ماه پیش بینی نمود.

واژه های کلیدی: شبکه های عصبی مصنوعی، الگوریتم جنگل، قدرت تبخیر جو، ایستگاه تبریز

مقدمه

پدیده تبخیر و تعرق یکی از مولفه های اصلی چرخه آب در طبیعت است که نقش کلیدی در مطالعات کشاورزی، هیدرولوژی، آب و هواشناسی، طراحی سیستم های آبیاری و زه کشی، زمان بندی آبیاری و مدیریت منابع آب ایفا می کند [۱ و ۲]. به طور کلی از نظر هیدرولوژی تبخیر به مجموعه پدیده هایی گفته می شود که آب را صرفاً از راه یک فرآیند فیزیکی به بخار تبدیل می کند. عواملی که میزان تبخیر را مشروط می سازند بر حسب اینکه وابسته به هوای مجاور یا سطح تبخیر کننده باشند به دو دسته کاملاً متمایز تقسیم می شوند. 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 آن ها یاد می شود. 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 ریزی های مربوط به کشاورزی و استحصال آب دارد و با توجه به مسائل به وجود آمده در رابطه با آب های سطحی و زیر زیرزمینی بخش های بزرگی از ایران، به نظر می رسد که بیش از پیش ضرورت دارد که قدرت تبخیر جو مدل سازی و پیش بینی گردد تا براساس آن بتوان برنامه ریزی های 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 شبکه های عصبی در منطقه اهواز پرداختند. نتایج یافته های آن ها نشان می دهد که پس از آموزش و آزمون شبکه و با توجه به میزان خطای استاندارد وزن دار (WESEE) می توان با استفاده از شبکه های عصبی، تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET_0) را با درصد بسیار کم خطا پیش بینی 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 شبکه های عصبی مصنوعی در تخمین تبخیر روزانه از تشت تبخیر پرداختند. نتایج یافته های آن ها نشان می دهد که پارامترهای دما و سرعت باد به ترتیب بیشترین و کمترین تاثیر را در تخمین مقدار تبخیر از تشتک دارا می باشد. همچنین از شبکه عصبی مصنوعی می توان 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 شبیه سازی تبخیر در مناطق اقلیمی خشک، نیمه خشک 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 مدل های شبیه سازی تبخیر، با ضریب همبستگی بین ۰/۵۶ تا ۰/۸۵، ریشه میانگین مربعات خطا بین ۱/۱ تا ۲/۶ میلی متر و پی بایاس ۱ تا ۲۹/۵ درصد، به عنوان ترکیب ورودی برتر انتخاب شد. با انجام آنالیز حساسیت مدل های توسعه داده شده، دما و سپس رطوبت نسبی، به عنوان متغیرهای حساس برای شبیه سازی تبخیر انتخاب شدند. همچنین رابطه تجربی بهینه سازی شده با ترکیب ورودی برتر، توانایی بیشتری برای شبیه سازی مقادیر میانگین و انحراف معیار 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 شبیه سازی 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 میلی متر و پی بایاس ۲/۱ تا ۹/۲ درصد، مورد تأیید قرار گرفت [۵].

خورشید دوست و همکاران (۱۳۹۸) در تحقیق برآورد مقدار تبخیر با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک نشان دادند که در مدل های تک لایه، دقت وزن دهی الگوریتم ژنتیک برای هر دو تابع فعال ساز بیش از الگوریتم لونیگ - مارکوئت است. از سویی در مدل های با دو لایه پنهان دقت وزن دهی الگوریتم آموزشی لونیگ - مارکوئت بیش از الگوریتم ژنتیک بوده؛ به

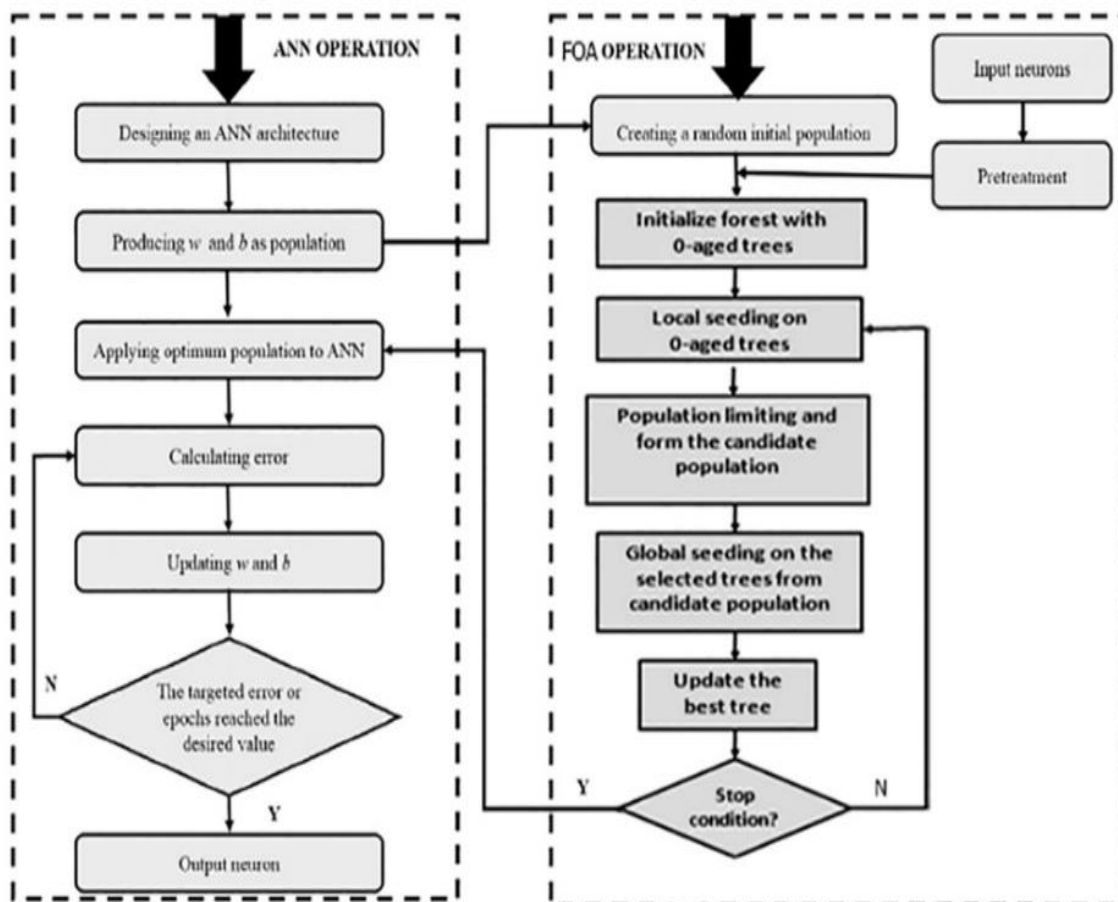
طوری که دقیق ترین مدل شبکه با آرایش ۵-۷-۷-۱ با مجذور میانگین مربعات خطای ۰/۲۲۷ میلی متر بر اساس الگوریتم آموزشی لونبرگ مارکوئٹ و دو لایه پنهان و تابع فعال سازی تان سیگموئید تولید شده بود [۶].

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 هیبریدی کرم شب تاب برابر ریشه مربعات خطای ۰/۷۷ میلی متر در روز، میانگین خطای مطلق ۰/۵۳۲ و همین طور همبستگی ۰/۹۳۴ می باشد [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 مقایسه سه روش اصلی هوش مصنوعی در برآورد دبی سیلاب رودخانه یلفان نتایج نشان داد مدل تلفیقی شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک نسبت به مدل شبکه عصبی و نیز مدل ترکیب خوشه بندی کاهشی و مدل ANFIS عملکرد بهتری در برآورد دبی سیلاب در حوزه 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 پیش بینی تبخیر، از ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه سازی جنگل کمک گرفته شد. سپس با بهره گیری از داده های هواشناسی، به مدل سازی قدرت تبخیر جو با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی MLP و الگوریتم بهینه سازی 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 بهینه سازی 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 نرون برای یک لایه پنهان آموزش داده شد و در هر بررسی با استفاده از داده های 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 بهینه سازی 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 تشک تبخیر ایستگاه همدید تبریز در همان بازه زمانی به عنوان خروجی شبکه عصبی در نظر گرفته شد.

بررسی صحت و کارایی 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 کمی همچون ضریب تعیین، میانگین مربعات خطا، مجذور میانگین مربعات خطا، میانگین و انحراف معیار بهره گرفته شده است. مفهوم پارامترهای ارزیابی عملکردی 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 = σ

کمیت R^2 که ضریب تعیین نامیده می شود، نسبت تغییرات (متغیرهای) تعریف شده، به کل تغییرات (متغیرها) می باشد (این اندازه گیری به ما این امکان را می دهد که تعیین کنیم چقدر می توان به به پیش بینی یک مدل یا نمودار مطمئن بود). ضریب تعیین معیاری بدون بعد است و بهترین مقدار آن برابر یک می باشد. رابطه (۱) نحوه محاسبه آن را نشان می دهد. [۱۰].

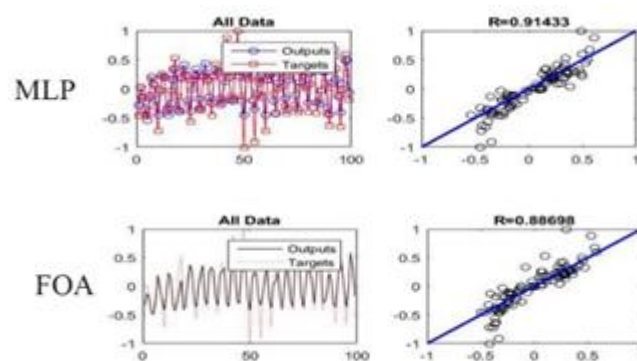
$$R^2 = \frac{\sum_{K=1}^K X_K Y_K}{\sqrt{\sum_{K=1}^K X_K^2 \sum_{K=1}^K Y_K^2}}$$

رابطه ۴-۱ محاسبه ضریب تعیین.

در رابطه (۱) X_K مقادیر مشاهداتی، Y_K مقادیر برآورد شده و K تعداد داده ها می باشد.

یافته ها

به منظور ارزیابی روش های 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 داده های ورودی استفاده شده است. نتیجه بررسی ها در شکل (۲) و نتایج آماری در جدول (۱) آورده شده است.

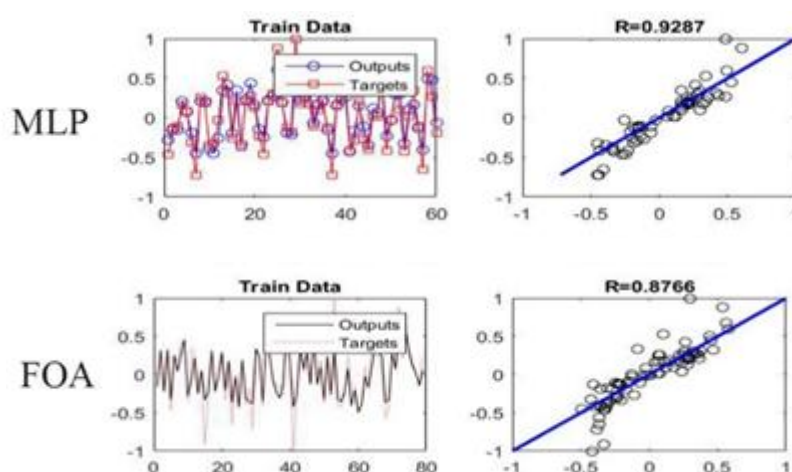


شکل ۲: عملکرد شبکه عصبی برای مقادیر تبخیر، شبیه سازی شده براساس کل داده ها MLP، FOA

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

	All Data				
	R2	Mse	Rmse	μ	σ
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 نزدیک تر 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.

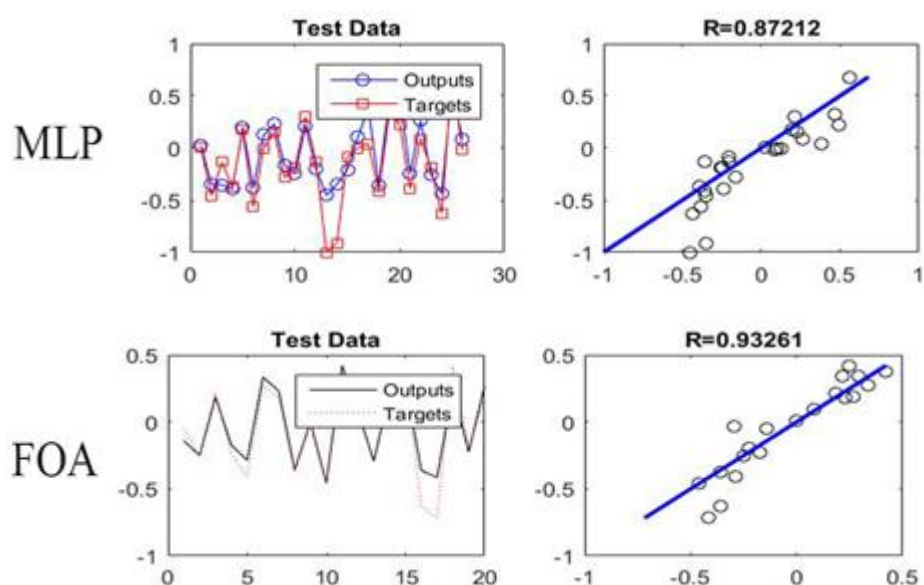


شکل ۳: عملکرد شبکه عصبی برای مقادیر تبخیر، شبیه سازی شده براساس داده‌های آموزش **FOA**، **MLP**.

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

	Train Data				
	R2	Mse	Rmse	μ	σ
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 شبکه ی آموزش دیده شده از لحاظ دقت و قابلیت های تعمیم سازی سیستم اصلی، استفاده می شود. نتیجه بررسی ها در شکل (۴) و نتایج آماری در جدول (۳) آورده شده است.



نمودار ۴: عملکرد شبکه عصبی برای مقادیر تبخیر، شبیه سازی شده براساس داده های آزمون **FOA**، **MLP**.

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

	Test Data				
	R2	Mse	Rmse	μ	σ
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 بهینه سازی جنگل در پیش بینی تبخیر جو در داده های آزمون، گویای آن است که، نتایج ناشی از بکارگیری الگوریتم بهینه سازی جنگل، براساس معیارهایی چون:

$$\text{ضریب تعیین } (R^2) = 0.93261$$

$$\text{میانگین مربعات خطا } (MSE) = 0.016072$$

$$\text{مجذور میانگین مربعات خطا } (RMSE) = 0.12678$$

بسیار دقیق تر از نتایج حاصل از شبکه عصبی **MLP** بوده، و روش پیشنهادی در شرایط یکسان (از نظر تعداد لایه ها، نورون ها 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 پیش بینی نموده است. بنابراین الگوریتم بهینه سازی جنگل توانسته است مدل های دقیق تری 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 پیش بینی نمود که نتایج به دست آمده با نتایج نظری و پاشازاده (۱۳۹۴) همخوانی داشته و الگوریتم بهینه سازی جنگل توانسته به نتیجه بهتری دست پیدا کند. بنابراین جهت مدل سازی قدرت تبخیر جو در ایستگاه سینوپتیک تبریز بسیار مناسب است از الگوریتم یاد شده استفاده گردد زیرا بر مبنای این روش می توان میزان قدرت یا پتانسیل تبخیر جو تبریز را با خطای ۰,۱۲۶۷۸ میلی متر در ماه پیش بینی نمود.

منابع

- جهانبخش، سعید؛ موحد دانش، علی اصغر و مولوی، واحد (۱۳۸۰)، تحلیل مدل های برآورد تبخیر - تعرق برای ایستگاه هواشناسی تبریز، مجله دانش کشاورزی، جلد ۱۱، شماره ۲، صص ۵۱-۶۵.
- سبزی پرور، علی اکبر و شادمانی، مجتبی (۱۳۹۱)، مقایسه ضرایب تشت برآورد شده با استفاده از روش های تجربی، شبکه عصبی مصنوعی و عصبی - 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 (**ET₀**) با استفاده از شبکه های عصبی در منطقه اهواز، اولین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زه کشی، اهواز، دانشگاه چمران.
- پیری، مهدی؛ امیر احمد دهقانی؛ موسی حسام و عبدالرضا ظهیری، ۱۳۸۷، استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی در تخمین تبخیر روزانه از تشت تبخیر، دومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زه کشی، اهواز، دانشگاه چمران.

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

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. مقایسه سه روش اصلی هوش مصنوعی در برآورد دبی سیلاب رودخانه 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*، ج ۶، ش ۱۱، صص ۷۶-۵۹.