پیش‌بینی شاخص های EC،TDS وSAR رودخانه دز با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی ایستگاه دزفول – بام دژ)

علیرضا اسماعیل پور دهکردی[۱]، اصلان اگدرنژاد[۲*]، رضا جلیل زاده ینگجه[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی محیط زیست، ۲*- استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، ۳- استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
Email: a_eigder@ymail.com

چکیده

هدف از این تحقیق پیش‌بینی کیفیت منابع آب به عنوان تابعی از بارش و دبی آب به کمک شبکه های عصبی مصنوعی است. جهت تحقق این امر، غلظت مواد جامد محلول (TDS) ، هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم در ایستگاه دزفول- بام دژ مورد ارزیابی قرار گرفت. برای ایجاد الگوهای آموزش و ارزیابی و تست از داده های هیدرومتری استفاده شد. در بین توابع عضویت مورد استفاده، تابع عضویت نوع سیگموئیدی بهترین نتیجه را ارائه داد. همچنین در این تحقیق شبکه عصبی با تعداد ۲و۳ تابع عضویت مورد استفاده قرار گرفت که بهترین نتیجه با تعداد ۳ تابع عضویت حاصل شد. با به دست آمدن تغییرات کیفیت آب از شبکه‌های MLP و TDNN با الگوریتم‌های یادگیری لونبرگ- مارکوارت برای آموزش الگوها استفاده شد. شبکه عصبی TDNN نتایج بهتری نسبت به شبکه عصبی MLP نشان داد. توابع تغییرات کیفیت آب را با ضرایب تعیین ۰/۹۰۶ تا ۰/۹۶۴ پیش‌بینی کردند.

واژه‌های کلیدی: رودخانه دز، کیفیت آب، شبکه عصبی مصنوعی، ایستگاه دزفول - بام دژ

مقدمه

آلودگی آب رودخانه‌ها را می‌توان شاخص آلودگی محیط‌زیست در اثر فعالیت‌های انسانی به‌حساب آورد ؛ زیرا رودخانه‌ها تنها منابع آبی هستند که مسیری طولانی را از میان شهرها، روستاها و مناطق صنعتی و کشاورزی طی می‌کنند و به انواع آلاینده‌ها، آلوده می‌شوند .با توجه به اینکه اکثر رودخانه‌های کشور در معرض آلودگی و فعالیت انسانی قرار دارند، مطالعه کیفی آب می‌تواند بسیار مفید باشد؛ افزون بر آن، تهیه دستورالعملی اجرایی برای استفاده کارشناسان به‌منظور بررسی کیفیت آب سایر رودخانه‌ها در زمان کوتاه نیز ضرورت دارد.

امروزه با توسعه سریع فناوری پردازش رایانه‌ای و ایجاد نرم‌افزارهای مربوطه، از مزایای فناوری هوش مصنوعی برای حل مسائل مربوط به مدل‌سازی دستگاه‌ها و پیش‌بینی فرآیندها استفاده می‌شود. یکی از روش‌های هوش مصنوعی که در سطح وسیعی در مدل‌سازی کیفیت منابع آب آغازشده و برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی پارامترهای کیفیت آب، شبکه‌های عصبی مصنوعی هست که در این تحقیق از آن برای مدل‌سازی فرآیند تغییرات کیفیت آب در ایستگاه دزفول تا بام دژ استفاده می‌شود . تاکنون مطالعات گوناگونی پیرامون کیفیت آب رودخانه‌ها انجام شده است. ازجمله این مطالعات درزمینه‌ی هوش مصنوعی در داخل و خارج از کشور ،می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود.

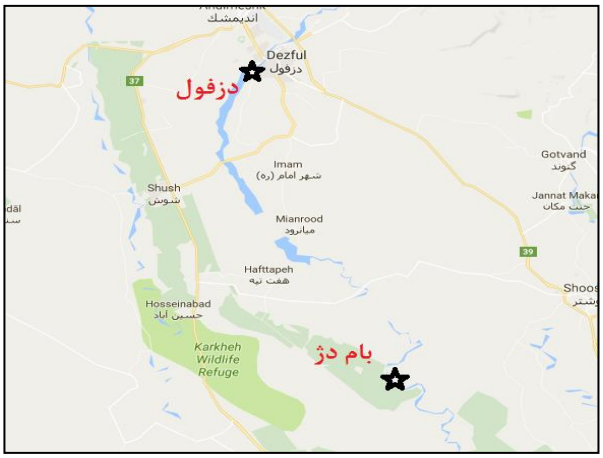
طاهر رجایی و همکاران (۱۳۹۳) عملکرد مدل‌های شبکه عصبی (ANN)، مدل ترکیبی شبکه عصبی – موجک (WANN) و رگرسیون خطی چند متغیره (MLR)، برای پیش‌بینی یک ماه آینده یون نیترات و اکسیژن محلول ایستگاه پل خواب واقع در رودخانه کرج، مورد ارزیابی قراردادند. نتایج، حاکی از دقت و توانایی بالای مدل هیبرید شبکه عصبی- موجکی با رویکرد حذف نویزهای سری زمانی نسبت به دو مدل دیگر بوده است؛ بطوریکه مدل ترکیبی شبکه عصبی– موجکی قادر بود میزان RMSE را برای یون نیترات در مقایسه با مدل شبکه عصبی و رگرسیون خطی چند متغیره به ترتیب به مقدار 35.60 %و 75.93% و برای یون اکسیژن محلول، به اندازه 40.57% و 60.13% بهبود بخشد.

حقی آبی (۲۰۱۷) در مطالعه خود، یک مدل شبکه عصبی چند لایه (MLP) برای پیش بینی پارامترهای کیفیت آب رودخانه تیره واقع در استان لرستان توسعه داده است. پارامترهای کیفیت آب شامل کل مواد جامد محلول، هدایت خاص؛ با pH؛ و HCO3، کلر، سدیم، SO4، غلظت منیزیم و کلسیم اندازه گیری شده و با استفاده از مدل MLP پیش بینی گردیدند. نتایج نشان داد که مدل برای پیش بینی پارامترهای کیفیت آب رودخانه تیره مناسب است.

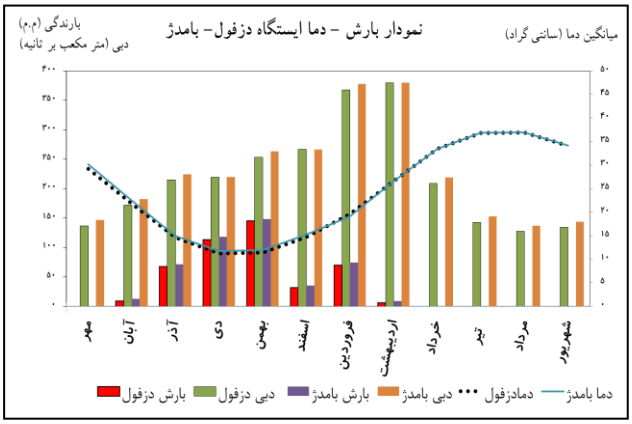
با توجه به توضیحات بیان شده، هدف اصلی تحقیق حاضر، بنا گذاری یک ساختار شبکهٔ عصبی پرسپترون چند لایه برای مدل‌سازی شاخصهای کیفی آب رودخانه دز در ایستگاه بام دژ و تشریح کاربرد آن برای سایر داده های کیفیت آب است . لذا در این مطالعه امکان آموزش شبکه عصبی برای مدلسازی پارامترهای با استفاده از پارامترهای وابسته و مستقل، پارامترهای کیفی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع تجربی هست و طی آن کیفیت آب رودخانه دز در دو ایستگاه دزفول و بام دژ به مدت ۴۶سال در محدوده طول جغرافیایی ۲۵۲۷۵۰ تا ۲۷۶۰۲۳ و عرض جغرافیایی ۳۵۸۴۲۴۵ تا ۳۵۲۹۱۰۵ مورد پایش قرارگرفته است .این بازه دارای طول تقریبی23 کیلومترمی باشد. رودخانه دز از ارتفاعات استان لرستان و چهارمحال و بختیاری سرچشمه گرفته و نهایتا با رودکارون تجمیع و پس از گذر از استان خوزستان به خلیج فارس می ریزد(شکل۱). میانگین دما و بارش منطقه موردمطالعه طی مدت پژوهش درشکل۲ ارائه شده است.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان خوزستان



شکل۲: میانگین دما و بارش ایستگاه باران سنجی دزفول

شبکه‌های عصبی در واقع توسط یک سری محدود از داده های واقعی آموزش می بیند و چنانچه پارامترهای مؤثر بـر پدیـده مورد بررسی به صورت صحیح انتخاب و به شبکه داده شوند ,می‌توان انتظار داشت که جواب های منطقی از شبکه دریافت نمود .

با در نظر گرفتن سه عامل دبی آب، بارش، و زمان، تغییرات شاخص های کیفی آب بدست می آیـد. شـبکه عصـبی بـا سـه نرون لایه ورودی (دبی آب، بارش و زمان) و یک نرون لایه خروجی (تغییرات شاخص های کیفیت آب) طراحی شد.

در سـاختار شـبکه‌هـای عصـبی مصـنوعی، از توابـع تبـدیل گر(تحریـک) گونـاگون همچـون LinearSigmohidAxon LinearTanhAxon , SigmohidAxon, TanhAxon LinearAxon , BiasAxon می‌توان استفاده نمود. یکی از مهـم تـرین ایـن توابع، تابع سیگموئید است. از جمله توابع آستانه مختلفی برای یافتن حالت بهینه آن مورد ارزیابی قرار گرفت که عبارتند از :

تابع سیگموئیدی لگاریتمی

$$Y_i = \frac{1}{1+\exp(X_j)} \qquad (۱)$$

تابع تانژانت سیگموئیدی

$$Y_i = \frac{2}{(1+\exp(-2X_j))-1} \qquad (۲)$$

یکی از مشکلاتی که هنگام آموزش شبکه عصبی ممکن است پیش بیاید، بیش آموزی شـبکه اسـت. بـدین صـورت کـه در هنگام آموزش شبکه، خطا به مقدار قابل قبول می رسد ولی هنگام ارزیابی، خطای شبکه به مراتب از خطای داده های آموزشی بیشتر باشد. برای جلوگیری از بیش‌اموزی دو راه وجود دارد: الف- توقف سریع آموزش[۱]، ب- انتخاب کمتـرین تعـداد نـرون در لایه پنهان. در این تحقیق از روش دوم استفاده شد. معمولاً در اکثر تحقیقات این کار به صورت دستی و با نسبت‌هـای مختلـف صورت می‌گرفت، که بیش از ۵۰ درصد داده‌ها جهـت آمـوزش شـبکه و مـابقی آن جهـت ارزیـابی آن بـه کـار مـی‌رود (تشـنه لب،۱۳۸۵). اما در این تحقیق با استفاده از آزمون M تعداد داده‌های مورد نیاز مشـخص گردیـده اسـت. آزمـون M یـک روش اندازه‌گیری برای برآورد قابلیت اعتماد یک آماره است، که با توجه به داده‌های موجود با استفاده از برآورد آنها حاصـل مـی‌آیـد. که روش کار به صورت متوالی و دارای مراحل مختلف است. اگر داده‌ها برای تست کافی باشد، بایـد خـط مجـانبی بـا واریـانس حقیقی خطای محاسبه شده در خروجی به‌دست آید (شکل۳). این آزمون همچنین تعداد داده‌های مورد نیـاز بـرای تهیـه یـک مدل با کیفیت که میانگین مربعات خطای را در سطح خطا می‌تواند تعیین نماید.

برای تعیین تعداد گره های لایه پنهان، علاوه بر پیش فرض نرم افزار، از فرمول تجربی زیر استفاده شد(Gavin,2004).

$$N_H \leq 2N_i + 1 \qquad (۳)$$

که در آن N_H تعداد گره های پنهان و N_i تعداد ورودی ها می باشد.

برای ارزیابی شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از معیار مختلفی انجام می گیرد. ازجمله آنها خطای میانگین مربع خطاهـا و ضریب تعیین r^2 است که در این تحقیق استفاده شده است.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{J=0}^{P}\sum_{i=0}^{N}(d_{ij}-y_{ij})^2}{N*P}} \qquad (۴)$$

$$MAE = \frac{\sum_{J=0}^{P}\sum_{i=0}^{N}\left|d_{ij}-y_{ij}\right|}{N*P} \qquad (۵)$$

2- Early Stopping

که در آن RMSE مجذور خطای مربعات میانگین در مرحله تست، MAE میانگین خطای مطلق، p الگو، N تعداد نرون های لایه خروجی است. برای ارزیابی شبکه انتخاب شده در مرحله قبل از معیار ضریب تعیین (R^2) برای داده های پیش بینی شده در حین آموزش شبکه استفاده شد.

برای افزایش دقت و سرعت شبکه عصبی مصنوعی، داده های ورودی و خروجی به کمک رابطه زیر به شکل هنجار شده در محدوده ۰و۱ می آید. به صورتی که مقدار هر پارامتر کیفی به عنوان X_i و زمان مربوط به همان عدد t_i در نظر گرفته می شود.

$$X_n = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \qquad (۶)$$

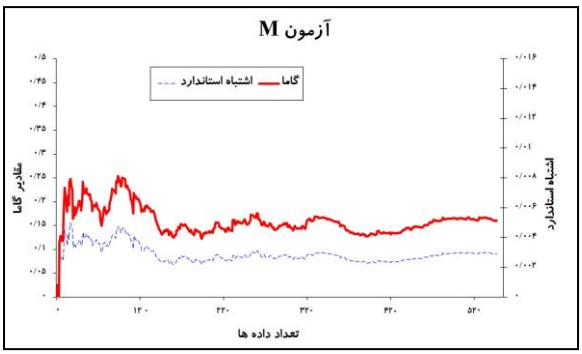
$$t_n = \frac{t_i}{50} \qquad (۷)$$

X_n و tn مقدار هنجار شده، Xi مقدار واقعی پارامتر ها، Xo مقادیر اولیه و X max بیشینه مقادیر ، Xmin مقدار کمینه و Xi مقدار واقعی است. ti مقدار واقعی زمان است. بعد از آموزش شبکه، شبکه‌ای که کمترین خطای تست را داشته باشد به عنوان بهترین شبکه انتخاب می شود.

نتایج و بحث

در این آزمون زمانی که نمودار گاما به‌صورت نسبتاً صاف در آید، حداقل مقدار گاما که دارای مقدار کمتری اشتباه استاندارد نیز باشد، نقطه‌ی مورد نظر به عنوان مرز تقسیم‌بندی داده‌ها جهت آموزش و ارزیابی شبکه خواهد بود. همانگونه که در شکل3 مشاهده می‌کنید، صاف شدن نمودار در نقاط نهایی صورت می‌گیرد که نقطه‌ی ۳۷۷ (۶۸ درصد داده ها) هست. این آزمون در ترکیبی که قرار است برای مدل‌سازی به کار رود صورت می‌گیرد.

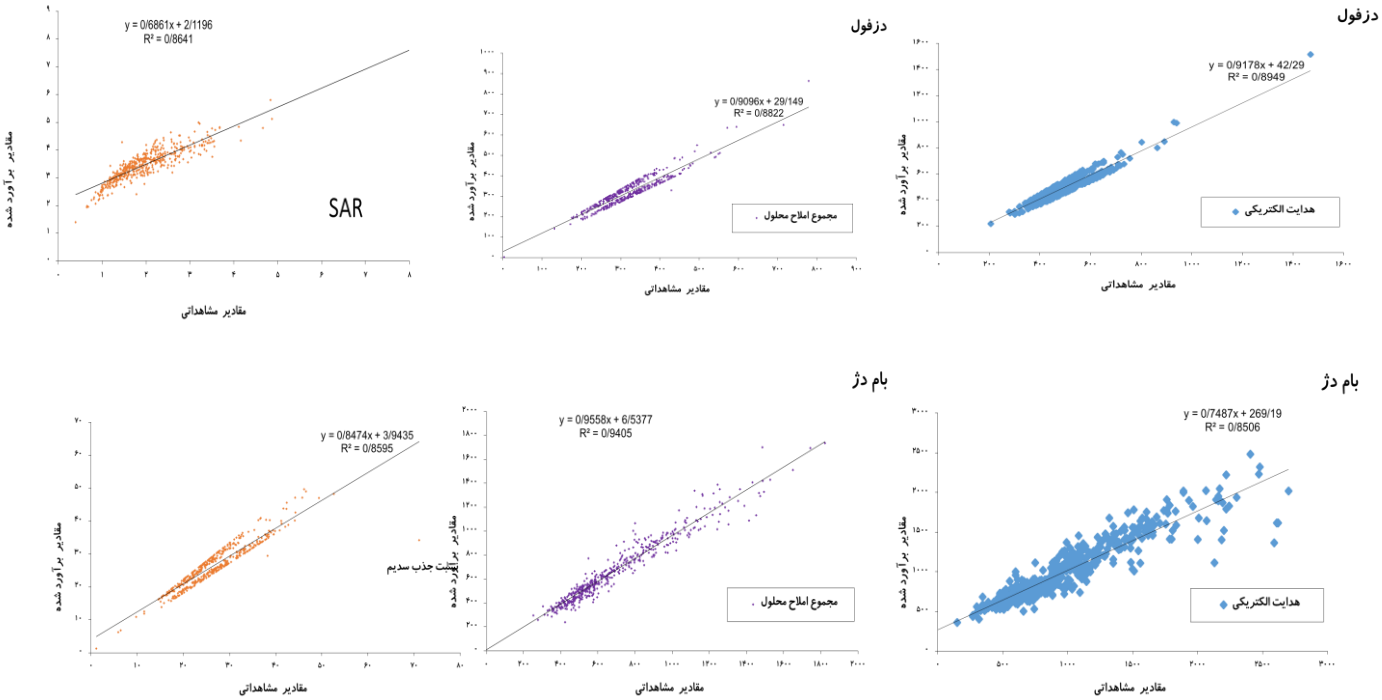
با توجه به اینکه توابع تبدیلگر گوناگونی در ساختار شبکه عصبی وجود دارند، بنابراین تمامی توابع نمی‌توانند در ساختار مدل به کار روند و تنها توابعی که مقادیر خطای کمتر، می‌توانند مورد استفاده قرار بگیرند. نتایج آن را می‌توانید در جدول۱ مشاهده کنید.تابع TDNN جواب‌های بسیار بهتر ارائه کرد. شکل۳ ترتیب بیان‌کننده‌ی نمودار و نمودار پراکندگی این توابع می‌باشند.



شکل۳- آزمون M _ مقادیر گاما و اشتباهات استانداردجهت تعیین تعداد داده‌های آموزشی

جدول۱- نتایج خطا در ایستگاه بامدژ و در دزفول در دو مرحله آموزش و آزمون

ایستگاه	نوع مدل	آموزش				آزمون			
		E	RMSE	R^2	MAE	E	RMSE	R^2	MAE
دزفول	MLP	۰/۹۱۵	۲/۶۸۱	۰/۹۱۸	۱/۲۵۶	۰/۹۶۵	۱/۵۷۰	۰/۹۶۴	۱/۰۳۲
	TDNN	۰/۹۱۴	۲/۷۰۰	۰/۹۱۷	۱/۲۸۳	۰/۹۶۳	۱/۵۹۲	۰/۹۶۳	۱/۰۶۹
بامدژ	MLP	۰/۹۰۹	۲/۷۷۳	۰/۹۱۰	۲/۰۲۳	۰/۹۳۳	۲/۱۴۶	۰/۹۳۶	۱/۵۴۶
	TDNN	۰/۹۰۴	۲/۸۵۸	۰/۹۰۶	۲/۰۹۰	۰/۹۳۰	۲/۱۸۵	۰/۹۳۱	۱/۵۸۳



شکل۴- نمودار پراکندگی بین مقادیر مشاهده شده و برآورد شبکه برای توابع TDNN و ضرایب همبستگی آنها

در مطالعهٔ انجام شده، دو مدل بر اساس رویکرد شبکه عصبی پرسپترون چند لایه برای مدل- سازی نسبت جذب سدیم، هدایت هیدرولیکی و مجموع مواد جامد محلول در آب در رودخانهٔ دز در بازه دزفول تا بامدژ طراحی و مورد استفاده قرار گرفت . تحقیق حاضر نشان می دهد که شبکه های عصبی مصنوعی قادر به هستند که پارامتر های فوق را که در شرایط معمول اندازهگیری آزمایشگاهی آنها کاری پرهزینه و زمان بر است تخمین و مدلسازی کنند.

آنالیز حساسیت متغیرهای خروجی نسبت به متغیر های ورودی نشان می دهد که زمان عبور جریان در رودخانه بر حسب ماه و فاصله طولی هر ایستگاه نسبت به ایستگاه بالادست به ترتیب بیشترین تاثیر بر پارامترهای کمی و کیفی جریان در رودخانه دارند.

منابع

کیا، س. م.، «محاسبات نرم در MATLAB ». انتشارات کیان رایانه سبز، چاپ اول، تهران، ۱۳۸۹.

عبادتی ناصر، هوشمندزاده محمد،۱۳۹۳. بررسی کیفیت آب رودخانهٔ دز در ایستگاه آب سنجی دزفول، مجله اکوهیدرولوژی، دوره ۱، شماره ۲، پاییز ۹۳، ص ۶۹-۸۱.

نوشادی، م. و همکاران.، «شبیه‌سازی و پیش‌بینی کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، سولفات در رودخانه زاینده رود با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی». چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران مدیریت حوزه‌های آبخیز، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ۱۳۸۶.

Amir Hamzeh Haghiabi (2017), Field measurements and neural network modeling of water quality parameters, Marine Pollution Bulletin,Available online 28 January 2017,In Press, Corrected Proof — Note to users.

Archana Sarkar, Prashant Pandey (2015). River Water Quality Modelling Using Artificial Neural Network Technique, Aquatic Procedia, Volume 4, 2015, Pages 1070-1077.

Fi-John Changa,Yu-Hsuan Tsaia, Pin-An Chena, Alexandra Coynelb, Georges Vachaudc(2015),Modeling water quality in an urban river using hydrological factors – Data driven approaches, Journal of Environmental Management, Volume 151, 15 March 2015, Pages 87–96.

Dayhoff, J. E. 1990. Neural Network Principles. Prentice-Hall International, U.S.A

Prediction of TDS, EC and SAR Dez River Indices using artificial neural networks (Case study: Dezful and Bamdezh stations)

A. Esmaeilpour Dehkordi[1], A. Egdarnejhad[2*],R. Jalilzadeh yangaje[3]

1- Masters student, Department of Environmental engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran, dehkordy1226@gmail.com

2- Assistant Professor , Department Of Science and Water Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran, a_eigder@ymail.com

3- Assistant Professor, Department Environmental engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran, jalilzadehreza@yahoo.com

Abstract

The purpose of this study was to predict the quality of Dez River as a function of precipitation and water flow using artificial neural networks. To achieve this goal, the concentration of dissolved solids (TDS), electrical conductivity (EC) and sodium adsorption ratio (SAR) in Dezful and Bamdezh stations were evaluated. To create patterns of training and evaluation and testing of hydrometric data was used. The membership functions used sigmoid membership function type provided the best results. In this study, the neural network with the number 2 and 3 were used membership function that best results were obtained with 3 membership function. With the coming changes in water quality, and MLP networks TDNN with Levenberg Marquardt learning algorithms were used for model training. MLP neural network TDNN showed better results than the neural network. Water quality changes functions predicted with coefficients 0/906 to0 /964persent.

Keywords: Dez River, water quality, neural network, Dezful- Bamdezh station