پیش‌بینی میزان هدایت الکتریکی آب زیر زمینی دشت فسا با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی

هدیه احمدپری[۱]، سید ابراهیم هاشمی گرم دره[۲]، فاطمه رضایی مهارلویی[۳]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
۲-استادیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
۳-دانش آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا

چکیده

هدف از این تحقیق تهیه یک مدل هوش مصنوعی برای برآورد هدایت الکتریکی و بررسی میزان اهمیت هر یک از عوامل در پیش‌بینی هدایت الکتریکی(EC) است. در این تحقیق مدلی برای تخمینEC آب زیرزمینی، با استفاده از مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه با الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا ارائه شده است. بدین منظور از داده‌های کیفی (سدیم، منیزیم، کربنات، بی‌کربنات، کلر، سولفات، پتاسیم، کلسیم، PH و HT) و داده‌های مکانی (طول و عرض جغرافیایی) برداشت شده از ۴۰ حلقه چاه کشاورزی دشت فسا در محدوده سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۸ استفاده شده است. جهت مقایسه ساختارهای مختلف شبکه عصبی از معیارهای ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربع خطا (RMSE) استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل فوق با ۵ نرون در لایه پنهان (۱-۵-۱۳) توانست میزان EC را با دقت خوبی (R^2=0.9759, RMSE=0.06)پیش‌بینی کند.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی هدایت الکتریکی، دشت فسا، مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، الگوریتم پس انتشار خطا

مقدمه

یکی از عوامل مهم در پایداری توسعه یک منطقه، فراهم بودن منابع آب کافی و مناسب برای مصارف مختلف می‌باشد که علاوه‌بر کمیت، وضع کیفی آن نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. امروزه خصوصیات کیفی آب از مولفه‌هایی است که ضرورت لحاظ آن در برنامه‌ریزی‌های مدیریت منابع آب و همچنین ارزیابی سلامت حوضه‌های آبخیز و ایجاد تغییرات مدیریتی در آن کاملاً احساس شده است(Khadam and Kaluarachchi, 2006). بنابراین تحلیل روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی یکی از مسائل تأثیرگذار در تصمیم‌گیری‌های مسائل مدیریت منابع آب، بهداشت و زمین‌شناسی هر منطقه به حساب می‌آید. لذا پیش‌بینی کیفیت آب زیرزمینی برای مدیریت تأمین و بهره برداری از منابع آب، امری لازم است. با گسترش روزافزون روش‌های رایانه‌ای از جمله هوش مصنوعی، استفاده از مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی که با الهام گرفتن از ساختار مغز بشر عمل می‌نماید، بطور گسترده‌ای در مطالعات مربوط به پیش‌بینی پارامترهای مختلف منابع آب مورد استفاده قرار گرفته و محققان بر دقت بالای این روش در مقایسه با روابط تجربی و رگرسیونی تاکید نموده‌اند(Kuo et al, 2004; Kuo et al, 2007). برعکس بسیاری از مدل‌های پایه آماری کیفیت آب، که با فرض رابطهٔ خطی بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده عمل می‌نمایند، شبکه‌های عصبی مصنوعی قادر به ترسیم رابطهٔ غیرخطی نشأت گرفته از خصوصیات و ماهیت واقعی اکوسیستم‌ها هستند(May and Sivakumar, 2009). بطوری‌که طی دهه‌های اخیر شبکه‌های عصبی مصنوعی به شکل گسترده‌ای مورد توجه محققان علوم مختلف از جمله مهندسی آب قرار گرفته است. Zare و همکاران (۲۰۰۹) پارامتر نیترات را با شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی نمودند و نتایج بیانگر موفقیت آمیز بودن کاربرد مدل عصبی مصنوعی بوده است. Mehrdadi و همکاران (۲۰۱۲) پارامتر TDS را به کمک شبکه عصبی مصنوعی برای تصفیه‌خانه فاضلاب فجر در جنوب کشور پیش‌بینی نمودند. Musavi-Jahromi and Golabi (۲۰۰۸) پارامترهای کیفی SAR، TDS، EC برای رودخانه کارون با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی شبیه‌سازی نمودند. نتایج آن‌ها نشان دهنده تخمین ۹۰ درصد شاخص‌های کیفی مذکور بود. اولیایی و همکاران

(۲۰۱۰) شبکه عصبی پرسپترون چند لایه را به عنوان تکنیکی برای شبیه‌سازی تغییرات شاخص‌های BOD و DO در رودخانه دره مرادبیگ همدان استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی در تخمین شاخص‌های کیفی مذکور کارایی بالایی دارد. هدف از این تحقیق بررسی کارایی شبکه‌های عصبی مصنوعی در مدل کردن هدایت الکتریکی با استفاده از مختصات چاه‌های منطقه و عناصر کیفی سدیم، منیزیم، کربنات، بیکربنات، کلر، سولفات، پتاسیم، کلسیم، PH و HT آب زیرزمینی دشت فسا واقع در استان فارس می‌باشد.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی فسا در حوضه بزرگ مند یکی از زیرحوضه‌های حوضه آبخیز جنوبی کشور قرار دارد. موقعیت محدوده مطالعاتی فسا در استان فارس در شکل ۱ نشان داده شده است. در این مطالعه به منظور پیش‌بینی شوری آب زیرزمینی این منطقه، از داده‌های کیفی سدیم، منیزیم، کربنات، بی‌کربنات، کلر، سولفات، پتاسیم، کلسیم، PH و HT برداشت شده از ۴۰ حلقه چاه کشاورزی در دوره آماری ۵ ساله ۹۲-۱۳۸۸ به عنوان نمونه استفاده شده است.

شکل۱-موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان فارس

۲-۲- شبکه عصبی مصنوعی

شبکه عصبی مصنوعی یک سیستم پردازش اطلاعات است که ساختاری لایه‌ای دارد و شبکه مورد استفاده این تحقیق از ۳ لایه تحت عنوان‌های لایه ورودی، لایه پنهان و لایه خروجی تشکیل شده است. هر لایه از تعدادی نرون ساخته شده که وظیفه یادگیری نمونه‌ها را بر عهده دارند. در واقع نرون کوچک‌ترین عنصر پردازش داده است. تعداد نرون‌ها در لایه‌های ورودی و خروجی به ترتیب برابر تعداد ورودی و خروجی مسئله است. پردازش داده‌ها در لایه پنهان صورت گرفته و تعداد نرون در این لایه با سعی و خطا به دست می‌آید. در مطالعه حاضر از شبکه MLP با الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا و تابع محرک سیگموئید در لایه پنهان استفاده شده است که با استفاده از نرم افزار MATLAB شبیه‌سازی شده است. ضمناً در این شبکه ۷۰ درصد داده‌ها (۱۴۰ داده) برای آموزش، ۱۵ درصد (۳۰) اعتبارسنجی و ۱۵ درصد (۳۰ داده) به آزمون مدل اختصاص داده شده است. تعداد نرون‌های لایه ورودی برابر تعداد متغیرهای ورودی شامل مختصات چاه‌های منطقه و عناصر کیفی سدیم ، منیزیم، کربنات، بی‌کربنات، کلر، سولفات، پتاسیم، کلسیم، PH و HT در محدوده سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۸ است و لایه خروجی دارای ۱ نرون تحت عنوان پیش‌بینی هدایت الکتریکی(EC) می‌باشد. هم‌چنین تعداد نرون‌ها در لایه پنهان از طریق سعی و خطا و به منظور رسیدن به ساختار بهینه با حداکثر دقت به دست آمده است. بدین منظور شبکه‌های مختلف مورد آزمایش قرار گرفت و نهایتاً بهترین معماری شبکه از میان شبکه‌های مورد بررسی، شناسایی شد.

به منظور ارزیابی عملکرد مدل، از دو شاخص ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شده است. روابط مربوط به این معیارها به صورت زیر است.

$$R^2=\frac{\Sigma((x_p-\bar{x}_p)\times(x_o-\bar{x}_o))}{\sqrt{(\Sigma(x_p-\bar{x}_p)^2)\times(\Sigma(x_o-\bar{x}_o)^2)}} \quad (۱)$$

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_p-x_o)^2} \quad (۲)$$

در روابط ۱ و ۲، x_p مقادیر پیش‌بینی شده و x_o مقادیر مشاهده شده و n معرف تعداد داده‌ها است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱-شبکه عصبی مصنوعی برگزیده

بعد از بررسی آمار و اطلاعات موجود و حذف داده‌های پرت در کل تعداد ۲۰۰ سری اطلاعات جهت مدل‌سازی آماده گردید. با توجه به متغیرهای مستقل و وابسته، شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده باید دارای ۱۳ نرون در لایه ورودی و ۱ نرون در لایه خروجی باشد. از ۲۰۰ سری اطلاعات اندازه گیری شده تعداد ۱۴۰ سری برای آموزش مدل، ۳۰ سری برای صحت سنجی مدل و ۳۰ سری اطلاعات برای تست نهایی مدل استفاده گردید. برای رسیدن به کمترین میزان خطا، پس از تغییر در تعداد گره‌های لایه پنهان و تکرار حین آموزش شبکه، این نتیجه حاصل شد که شبکه مورد استفاده با تعداد ۵ گره در لایه پنهان کمترین خطا را دارد.

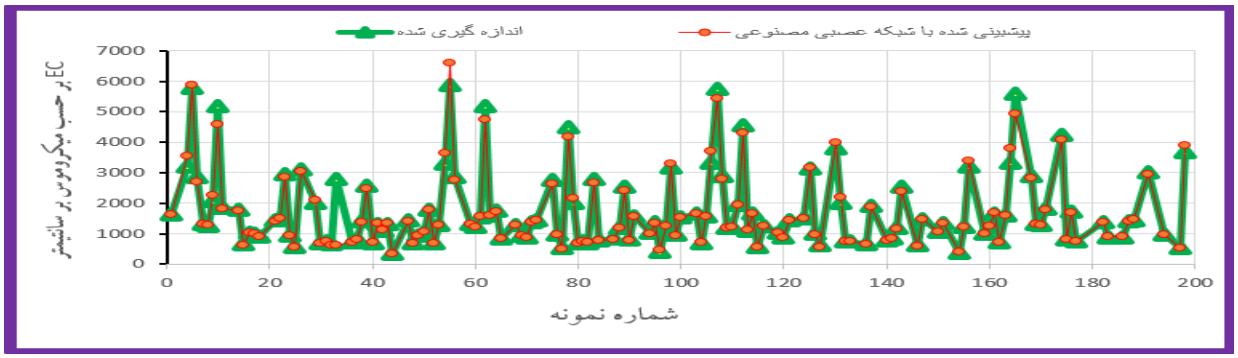
۳-۲- مدل‌سازی EC

به منظور مقایسه، تجزیه و تحلیل میزان EC اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده (برآورد شده) توسط مدل در این تحقیق از شاخص‌های آماری ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربع خطا (RMSE) استفاده گردید. نتایج مربوط به مراحل آموزش، صحت‌سنجی و تست برای مقادیر اندازه‌گیری شده و پیشبینی شده پارامتر EC در جدول ۱ آمده است. همانطوری که ملاحظه می‌گردد، در برآورد EC توسط مدل شبکه عصبی مصنوعی جذر میانگین مربع خطا (RMSE) در مراحل مختلف از حدود ۰/۰۴ در مرحله آموزش به حداکثر ۰/۰۶ در مرحله آزمون می‌رسد ولی با این شرایط این مقدار خطا در سه مرحله آموزش، اعتبارسنجی و تست بسیار ناچیز است. همچنین ضریب تبیین EC مدل‌سازی شده نیز در سه مرحله آموزش، اعتبارسنجی و تست بالای ۹۷ درصد می‌باشد که نشان دهنده‌ی دقت قابل قبول شبکه عصبی مصنوعی و یادگیری خوب و کارآمد شبکه با استفاده از الگوریتم آموزشی مورد نظر و داده‌های ارائه شده به شبکه است. شکل‌های ۲ ، ۳ و ۴ نشان دهنده ی نمودارهای مربوط به مقادیر EC اندازه‌گیری شده و محاسبه شده توسط مدل در سه مرحله آموزش، اعتبارسنجی و تست می‌باشند. همانطوری که ملاحظه می‌گردد همپوشانی بسیار خوبی بین مقادیر اندازه گیری شده و پیشبینی شده وجود دارد. در نمودارهای شکل ۵، ۶ و۷ پراکندگی داده‌های پیش‌بینی شده (محور عمودی) و داده‌های مشاهده‌ای(محور افقی) در سه مرحله آموزش، اعتبارسنجی و تست نمایش داده شده است. در این شکل‌ها ارتباط بین داده‌های ورودی و خروجی شبکه عصبی به شکل یک معادله درجه یک نشان داده شده است و میزان انحراف از معیار از نیمساز ربع اول مشخص شده است. لازم به ذکر است هر چقدر داده‌ها به نمودار یک به یک نزدیکتر باشند، نشان دهنده توانایی بیشتر مدل در سنجش میزان هدایت الکتریکی خواهد بود.

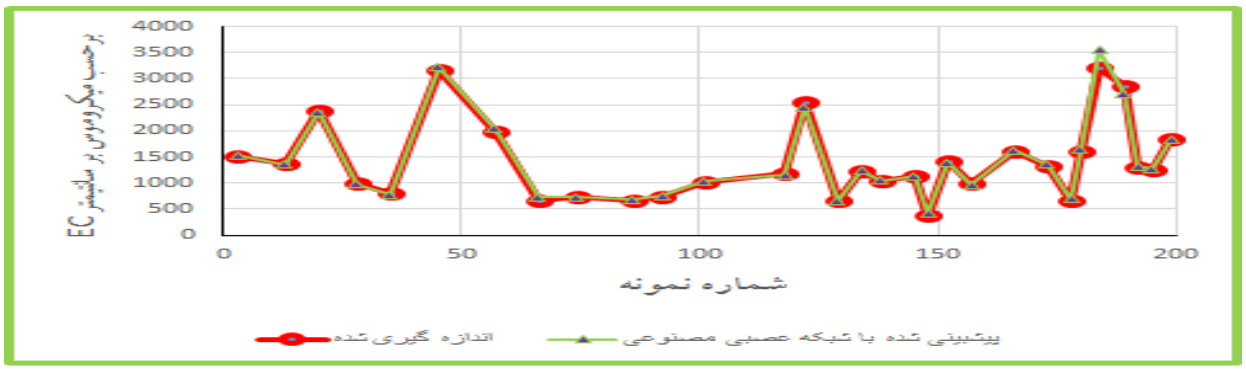
جدول۱- نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی برای پارامتر کیفی EC

بهترین آرایش شبکه	آموزش		اعتبارسنجی		آزمون	
	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE
۱۳-۵-۱						

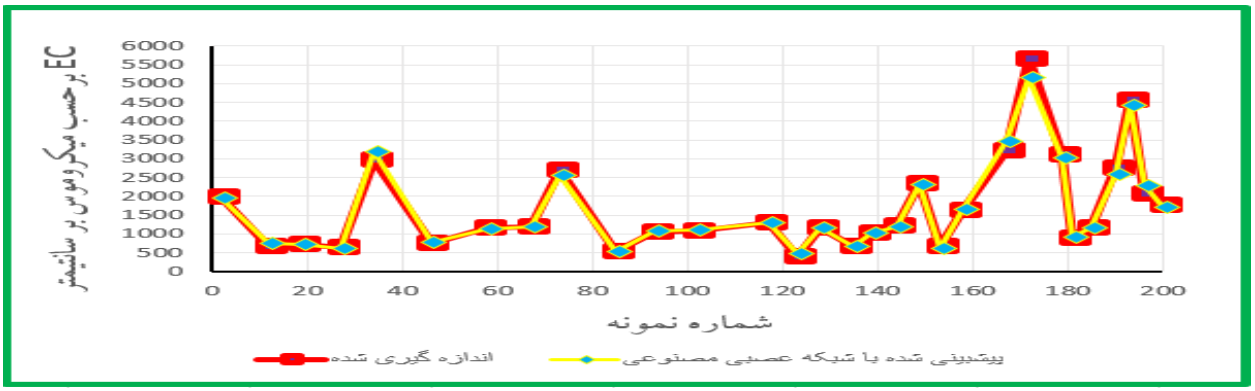
۰/۰۶	۰/۹۷۵۹	۰/۰۵	۰/۹۷۷۹	۰/۰۴	۰/۹۸۶۳



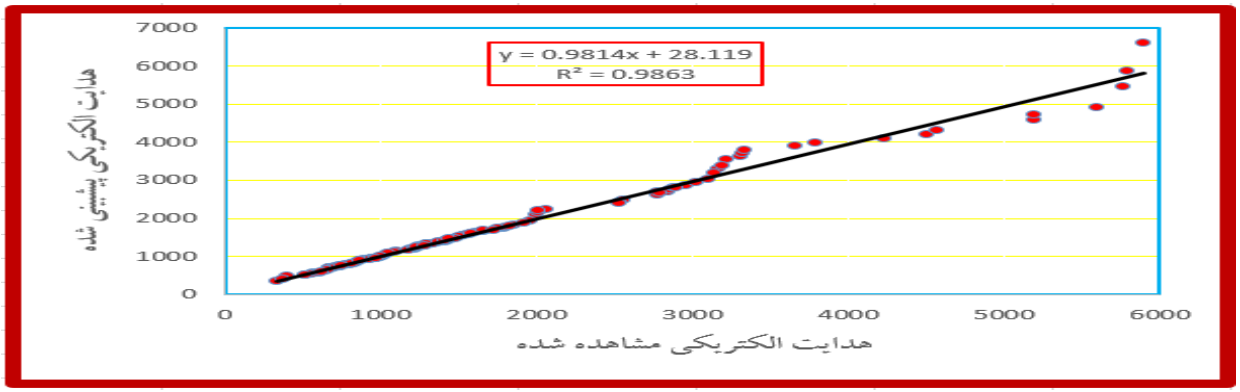
شکل۲- مقایسه EC اندازه‌گیری شده و EC پیشبینی شده با شبکه عصبی مصنوعی در مرحله آموزش



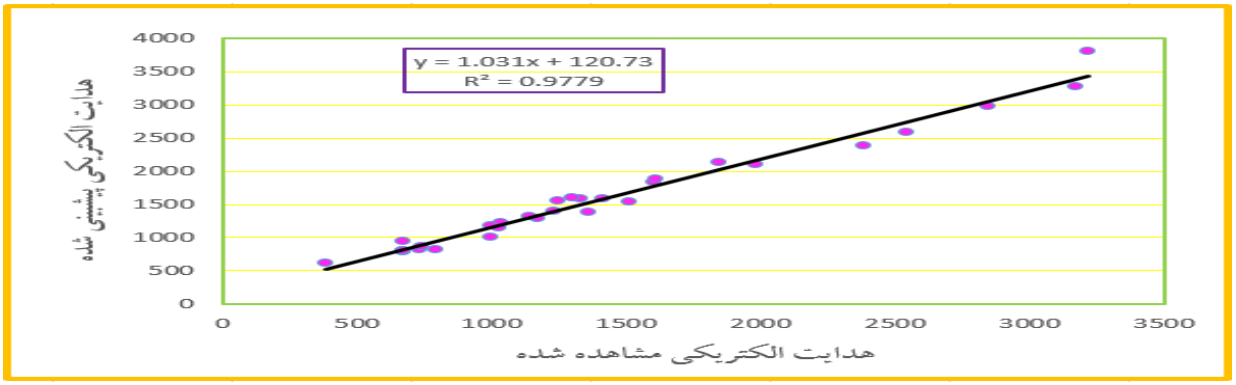
شکل۳-مقایسه EC اندازه‌گیری شده و EC پیشبینی شده با شبکه عصبی مصنوعی در مرحله اعتبارسنجی



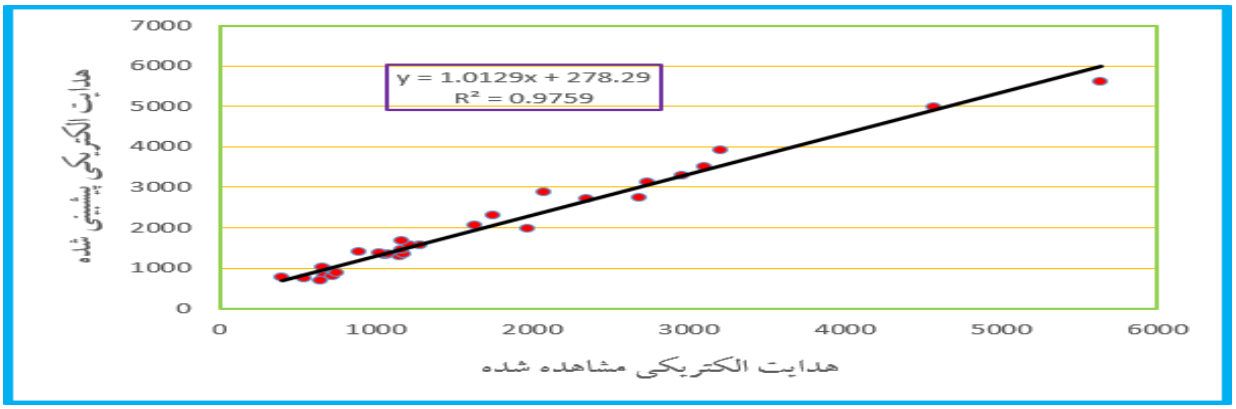
شکل۴- مقایسه EC اندازه‌گیری شده و EC پیشبینی شده با شبکه عصبی مصنوعی در مرحله آزمون(تست)



شکل ۵- نمودار پراکندگی میزان هدایت الکتریکی پیش‌بینی شده و مشاهده شده در مرحله آموزش



شکل ۶ - نمودار پراکندگی میزان هدایت الکتریکی پیش‌بینی شده و مشاهده شده در مرحله اعتبارسنجی



شکل ۷ - نمودار پراکندگی میزان هدایت الکتریکی پیش‌بینی شده و مشاهده شده در مرحله آزمون(تست)

۴- نتیجه‌گیری

آب زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع تامین آب شیرین مورد نیاز انسان است. آب زیرزمینی بعد از یخچال‌ها و یخ‌پهنه‌ها، بزرگترین ذخیره آب شیرین زمین را تشکیل می‌دهد. کیفیت آب زیرزمینی به اندازه کمیت آن برای قابل استفاده بودن آن در مصارف مختلف، مهم و ضروری است. تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی و شور شدن منابع آب در حال حاضر خطری بزرگ در راه توسعه کشاورزی کشور به خصوص در اراضی خشک می‌باشد. در این تحقیق جهت پیش‌بینی میزان هدایت الکتریکی آب زیرزمینی دشت فسا از داده‌های مربوط به ۴۰ حلقه چاه استفاده شد. روش تحقیق به کار رفته در این مطالعه جهت پیش‌بینی میزان هدایت الکتریکی ، شبکه‌های عصبی مصنوعی بوده است. نتایج نشان داد که شبکه‌های عصبی مصنوعی قادر به مدلسازی EC با ضریب تبیین بسیار بالا و خطای بسیار کم می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مدل‌های شبکه عصبی

مصنوعی مدل مناسبی جهت پیش‌بینی میزان هدایت الکتریکی آب زیر زمینی می‌باشد و با به کارگیری شبکه عصبی مصنوعی می‌توان شوری آب زیرزمینی و یا حتی سایر پارامترهای کیفی آب را در مکان‌های فاقد آمار برآورد نموده و برای مدیریت بهینه منابع آب به کار گرفت.

منابع

1-Khadam, I. M., & Kaluarachchi, J. J. 2006. Water quality modeling under hydrologic variability and parameter uncertainty using erosion-scaled export coefficients. Journal of Hydrology, 330(1), 354-367.
2-Kuo, J. T., Hsieh, M. H., Lung, W. S., & She, N. 2007. Using artificial neural network for reservoir eutrophication prediction. Ecological modelling,200(1), 171-177.
3-Kuo, Y. M., Liu, C. W., & Lin, K. H. 2004. Evaluation of the ability of an artificial neural network model to assess the variation of groundwater quality in an area of blackfoot disease in Taiwan. Water research, 38(1), 148-158.
4-May, D. B., & Sivakumar, M. 2009. Prediction of urban stormwater quality using artificial neural networks. Environmental Modelling & Software, 24(2), 296-302.
5-Mehrdadi, N., Hasanlou, H., Jafarzadeh, M. T., Hasanlou, H., & Abdolabadi, H. 2012. Simulation of low TDS and biological units of Fajr industrial wastewater Treatment plant using artificial neural network and principal component analysis hybrid method. Journal of water resource and protection,4(6), 370.
6-Musavi-Jahromi, S. H., & Golabi, M. 2008. Application of artificial neural networks in the river water quality modeling: Karoon river, Iran.
7-Olyaie, E., Banejad, H., Samadi, M. T., Rahmani, A. R., & Saghi, M. H. 2010. Performance evaluation of artificial neural networks for predicting rivers water quality indices (BOD and DO) in Hamadan Morad Beik river.
8-Zare, A. K., Bayat, V. M., & Daneshkare, A. P. 2011. Forecasting nitrate concentration in groundwater using artificial neural network and linear regression models. Int. Agrophys, 25, 187-192.

Prediction of Fasa Plain Groundwater Electrical Conductivity by Using Artificial Neural Network

H. Ahmadpari[1], S. E. Hashemi Garmdareh[2], F. Rezaei Maharlouie[3]

1- M.Sc. Student of Irrigation and Drainage, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Aburaihan, University of Tehran
2- Assistant Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Aburaihan, University of Tehran
3- M.Sc. Graduate of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Fasa

Abstract
The main propose of this study is developing an artificial intelligence model to estimate electrical conductivity and assessing the importance of each factor in predicting electrical conductivity(EC). In this study, a model to estimate groundwater EC, using of multilayer perceptron artificial neural network model with back-propagation learning algorithm was proposed. For this purpose, qualitative data of sodium, magnesium, carbonate, bicarbonate, chlorine, sulfate, potassium, calcium, PH and TH and location data (longitude and latitude) collected from 40 agricultural wells in Fasa plain between the years of 1388-1392 were used. Coefficient of determination (R^2) and Root Mean Square Error (RMSE) were used to compare the different structures of artificial neural network. The result showed that model with 5 neuron in hidden layer (MLP 13-5-1) can forecast EC in good performances (R^2=0.9759, RMSE=0.06).
.

Keywords: Prediction electrical conductivity, Fasa plain, Multi layers perceptron neural network model, Backpropagation algorithm