Archive of SID

شبیه سازی شوری آب زیرزمینی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی(ANN) در سواحل استان مازندران

شهرام درخشان[1*]، وحید غلامی[2] و زهرا درواری[3]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری برنامه ریزی شهری، کارشناس ارشد GIS shdr88@gmail.com
۲- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان
۳- دانش آموخته کارشناسی‌ارشد آبخیزداری دانشگاه مازندران

تاریخ دریافت:۹۰/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۲/۴/۱۷

چکیده

امروزه یکی از مسائل محدود کننده در بحث تأمین آب، مسئله کیفیت آب است. اندازه گیری پارامتر های کیفی آب زیر زمینی مستلزم صرف هزینه های زیاد و زمان بر می باشد. برآورد پارامترهای کیفی آب با استفاده از مدل ها موجب کاهش هزینه ها و دسترسی به آمار جامعی برای مدیریت منابع آب خواهد شد. در این تحقیق از شبکه عصبی مصنوعی (ANN) برای شبیه سازی شوری آب زیرزمینی در سواحل استان مازندران استفاده شد. بدین جهت اطلاعات مربوط به آزمایش های کیفی آب در سواحل جنوبی دریای مازندران گردآوری شد و مقادیر کمی عوامل مؤثر در شوری آب زیر زمینی شامل: قابلیت انتقال تشکیلات آبخوان، شوری آب های سطحی، توپوگرافی منطقه و فاصله از دریا برآورد گردید. عملکرد شبکه عصبی از طریق پارامتر هایی چون جذر میانگین مربع خطا (RMSE) و ضریب همبستگی بین خروجی های حقیقی و شبیه سازی شده (R) سنجیده شد. نتایج تحقیق نشان داد که در بهترین ساختار شبکه، ضریب همبستگی بین مقادیر شبیه سازی شده و مقادیر واقعی ۰/۷۵ می باشد. همچنین، عوامل شوری آب سطحی، قابلیت انتقال تشکیلات آبخوان (بافت و نوع تشکیلات) و فاصله از دریا، بهترین ورودی ها برای شبیه سازی شوری آب زیر زمینی و عوامل اصلی شوری آب زیر زمینی در سواحل استان مازندران می باشند.

کلید واژه ها: شوری آب زیر زمینی، شبکه عصبی مصنوعی، مازندران.

Simulation of Ground Water Salinity by Using Artificial Neural Network(ANN) on the Mazandaran province coasts

Sh. Derakhshan[1], V. Gholami[2] and Z. Darvari[3]

1- PhD Student of Urban Planning
2- Assistant Professor, University of Guilan, Department of Range and Watershed Management.
3- Ms of Watershed Management, University of Mazandaran.

Received: 29.Feb.2012 Accepted: 8.July.2013

Abstract

Groundwater is one of the most important water resources and its qualitative study is very important for water resources protection and planning. Also, qualitative parameters measuring of the ground water is costly and time consumer. Models will be reduced the cost of water qualitative estimations and it will be provided a data bank to manage water resources. In this study, Artificial Neural Network (ANN) has been used to simulate ground water salinity on the Caspian southern coasts (Mazandaran Province). So, a comprehensive data bank of water qualitative experiments has been provided and then quantitative values of the effective factors on ground water salinity, such as: Water conductivity of aquifer formation, surface water salinity, slope and elevation (topography) and the distance from Caspian Sea were estimated. The efficiency of Artificial Neural Network (ANN) has been considered through two parameters: Median Root of Square of the Error (RMSE) and co efficiency between the actual and desirable outputs (R). The results showed that co efficiency between the actual and desirable outputs (R) is 0.75 in the best network structure. surface water salinity, water conductivity of aquifer formation and distance from Sea are the best inputs for simulating ground water salinity and

www.SID.ir

Archive of SID

those are the most important factors on ground water salinity in Mazandaran Province Coasts.

Keywords: Ground water salinity, ANN, Mazandaran.

مقدمه

محدودیت منابع آب سطحی مناسب، تقاضای مصرف آب به دلیل افزایش جمعیت و توسعه کشاورزی، انسان ها را به سمت بهره برداری از ذخائر آب زیرزمینی سوق داده است (شمسایی، ۱۳۸۱). از طرفی مدل های رایانه ای ابزاری برای مدیریت منابع آب فراهم نموده اند (گیلبرت و اسینگ[۱]، ۲۰۰۱). امروزه استفاده از مدل های ریاضی نرم افزاری برای پایش و مدیریت آب های زیرزمینی توسعه چشمگیری یافته است (چیت سازان و کشکویی، ۱۳۸۱). لالهم[۲] و همکاران (۲۰۰۵)، با استفاده از شبکه عصبی به ارزیابی تغییرات سطح آب زیرزمینی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که شبکه عصبی مصنوعی(ANN[۳]) کارایی مطلوبی در برآورد سطح آب زیرزمینی دارد. آیونیس و همکاران[۴] (۲۰۰۵)، برای برآورد سطح آب زیرزمینی از مدل ANN با روش پس انتشار خطا و الگوریتم LM[۵] استفاده کرد و به این نتیجه رسید که این مدل قادر است با استفاده از داده های محدود، برآورد قابل قبولی برای سطح آب زیر زمینی در آینده ارائه دهد. کریشنا و همکاران[۶] (۲۰۰۸)، با استفاده از ANN به مدل سازی آب زیر زمینی در شهر ساحلی کاکینادا در هند پرداختند و به این نتیجه دست یافت شد که این مدل با روش BP[۷] و الگوریتم LM بهترین پیش بینی را ارائه می دهد. تکاملی (۱۳۸۳)، برای شبیه سازی سطح آب زیرزمینی دشت سیلاخور مدل رایانه ای PMVIN را به کار گرفت. همتی نژاد (۱۳۷۶)، تعدادی از بهترین مدل های آب زیر زمینی را مطالعه کرد و به این نتیجه رسید که برای آبخوان های ایران از گروه مدل های شبیه سازی جریان، ترتیب اولویت با مدل‌هایMODFLOW و PMVIN, V-MODFLOW می باشد. به طور کلی عوامل مؤثر در شوری آب زیر زمینی شامل: عمق سفره آب زیر زمینی، میزان بارش و تبخیر در سطح منطقه، شوری آب های سطحی، خاکشناسی و نفوذ پذیری خاک ها، توپوگرافی و فاصله از دریا می باشد (برنر و کینزلباخ[۸]، ۲۰۰۵– زانگ[۹]، ۲۰۰۱). میکسو و لی پینگ[۱۰] (۲۰۰۴)، یک مدل ریاضی برای انتقال مواد محلول در محیط های متخلخل ارائه نمودند. هینی و لونتیس[۱۱] (۲۰۰۱)، به بررسی راهکارهایی برای مدیریت و کاهش شوری در حوزه های آبخیز پرداختند. در زمینه ارائه مدل برای شوری آب های زیر زمینی سریسوک و توت[۱۲] (۲۰۰۰) و همچنین هال[۱۳] و همکاران (۲۰۰۱) در تایلند مطالعاتی انجام داده و مدل هایی برای مدیریت شوری و پیش بینی خطر شوری ارائه نمودند. هدف از تحقیق حاضر به کارگیری شبکه عصبی مصنوعی برای برآورد شوری آب‌های زیرزمینی در سواحل استان مازندران می باشد.

1- Gualbert and Essink
2- Lallahem
3- Artificial Neural Network
4- Ioannis
5- Artificial Neural Network
6- Krishna et al
7- Bake propagation
8- Brunnerand Kinzelbach
9- Zhang
10- Mixo-Xian. and Li-Ping
11- Heaney and Levantis
12- Srisuk and Toth
13- Hall

منطقه مورد مطالعه

استان مازندران در شمال ایران واقع شده است. این استان از شمال به دریای خزر و از جنوب به ارتفاعات البرز و از غرب و شرق به ترتیب به استان های گیلان و گلستان ختم می شود. میزان متوسط بارش در این منطقه بین ۱۲۰۰ میلی متر در غرب و ۶۰۰ میلی متر در شرق متغییر می باشد. تغییرات شیب و ارتفاع در سواحل جنوبی خزر اندک بوده و عمدتا مناطق مسطح دشتی را شامل می شود. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه گردیده است.

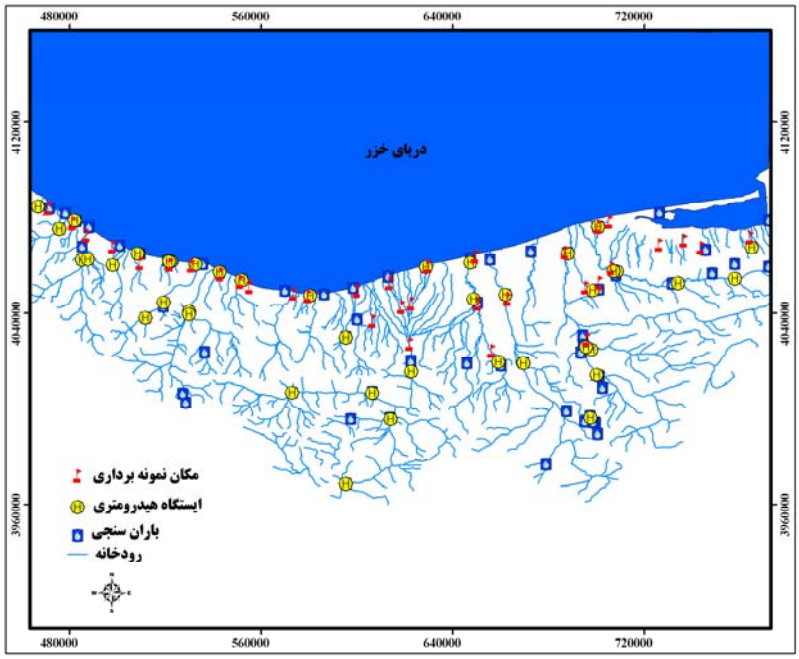
مواد و روش‌ها

بر اساس پژوهش های انجام شده، ۹۰ شبکه عصبی که در مسائل هیدرولوژی مورد استفاده قرار گرفته اند، از نوع الگوریتم پس انتشار هستند. در این تحقیق برای شبیه سازی فرآیند شوری آب زیر زمینی شبکه پرسپترون تک لایه با الگوریتم پس انتشار خطا (BP) برگزیده شد که در محیط نرم افزار MATLAB شاخه Neural Network اجرا گردید. یک شبکه تک لایه با S نرون در شکل (۲) مشاهده می گردد. ورودی شبکه با بردار p و خروجی آن با بردار a نشان داده شده است. باید توجه داشت که هر یک از ورودی ها به همه نرون ها متصل می باشد. ماتریس w نیز در این حالت دارای S سطر و R ستون می باشد. لایه ها شامل ماتریس وزن، جمع کننده ها، بردار بایاس b (دارای S عنصر) و تابع تبدیل f هستند.

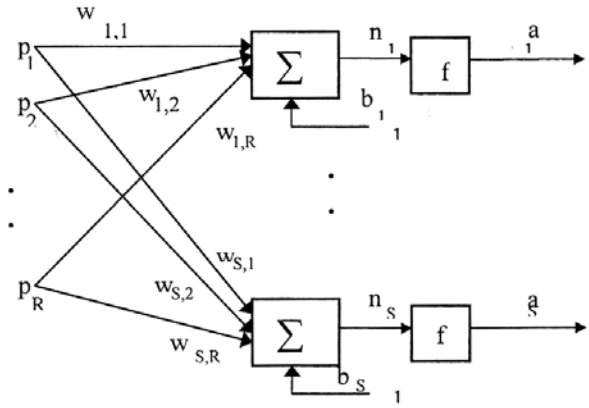
در شبکه های عصبی مصنوعی سعی بر این است که ساختاری مشابه ساختار بیولوژیک مغز انسان ارائه گردد تا همانند آن قدرت

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه، نمونه ها، ایستگاه های باران سنجی و هیدرومتری



شکل ۲- شبکه تک لایه با S نرون

یادگیری، تعمیم‌دهی و تصمیم‌گیری داشته باشد و هدف آن است که با معرفی تاریخچه عملکرد یک سیستم دینامیکی، مدل را آموزش داده، نحوه عملکرد سیستم را در حافظه مدل ذخیره کرده و از آن برای مواردی که مدل قبلا با آن مواجه نشده، استفاده شود. ویژگی منحصر به فرد ANN توانایی آن در استخراج روابط بین ورودی و خروجی های یک فرایند بدون نیاز به شرایط پیچیده فیزیکی است. دراین تحقیق از شبکه عصبی به عنوان ابزاری در شبیه سازی شوری آب زیرزمینی در سواحل استان مازندران استفاده گردید. برای تعیین معماری بهینه شبکه از روش سعی و خطا و با انجام آزمون های مختلف، شبکه ای که کمترین میزان خطا و بیشترین ضریب همبستگی را دارد انتخاب گردید. در تعیین معماری بهینه سعی گشته از ساختارهای ساده با تعداد ورودی های مؤثر استفاده شود. از شبکه MLP [1] با قانون آموزش پس انتشار خطا و با تکنیک یادگیری GDX [2] و LM و CG [3] ، تعداد نرون(۱۰-۲) با هشت الگوی متفاوت مورد بررسی قرار گرفته است. عملکرد شبکه از طریق پارامتر های مختلفی اندازه گیری می شود، از جمله:

الف- جذر میانگین مربع خطا [4] (RMSE)

1- Multi layer percpetron
2- Gradient Descent
3- Conjugate Gradient
4- Root Mean Squared Error

www.SID.ir

Archive of SID

$$RMSE=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\frac{(obs-calc)}{n}} \qquad (۱)$$

که در آن obs مقادیر مشاهده ای وcalc مقـادیر محاسـبه شده توسـط شـبکه و مـدل و n تعـداد داده هـا در هـر مرحلـه می‌باشد. هر چه مقدار RMSE به صفر نزدیک تر باشد، نشـان دهنده نزدیکتر بودن مقـادیر مشـاهده شـده و بـرآورد شـده بـه یکدیگر و دقیق تر بودن شبیه سازی در هر مرحله است.

ب- ضریب همبستگی بین خروجی های حقیقی و دلخواه(R [۱])

$$R=\frac{\sum_{i=1}^{n}(obs-\overline{obs})(calc-\overline{calc})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(obs-\overline{obs})^2\sum_{i=1}^{n}(calc-\overline{calc})^2}} \qquad (۲)$$

که در آن $\overline{obs}$ میانگین obs (میزان جریان مشاهده ای) و $\overline{calc}$ میانگین $calc$ هـا(میـزان جریـان محاسـبه شـده توسط شبکه و مدل)و n برابر تعـداد داده هـا در هـر مرحلـه از آزمون ها و آموزش می باشـد. در ایـن تحقیـق بـرای بررسـی ضـریب همبسـتگی(R) و معیـار خطـا (RMSE) نـرم افـزار MATLAB ، شاخه Neural Network مورد استفاده قـرار گرفت.

مشخصات ورودی شبکه

هدف از آموزش شبکه، دست یابی به شـبکه ای اسـت کـه بتواند روابط بین ورودی و خروجی مدل را بهبـود بخشـد. چـون قـوانین خاصـی جهـت طراحـی شـبکه هـای عصـبی مصنوعی(ANN)، موجود نیست، ساختار هـای مختلفـی مـورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق ابتدا اطلاعـات گسـترده ای شامل آزمـایش هـای کیفـی آب زیـر زمینـی و سـطحی، نـوع تشکیلات آبخوان و قابلیت انتقال آنها، عمق متوسـط سـفره آب زیر زمینی و آمار بارش و تبخیر ایستگاه های هواشناسی اسـتان مازنـدران تهیـه شـدند (آمـار تمـاب، ۱۳۸۶). آمـار ۴۵ ایسـتگاه بـاران‌سـنجی، ۳۳ ایسـتگاه هیـدرومتری و ۱۲ ایسـتگاه تبخیـر سنجی موجود در سـطح منطقـه گـردآوری شـد (آمـار سـازمان هواشناسی کشـور،۱۳۸۶ – آمـار سـازمان تحقیقـات منـابع آب ایران، ۱۳۸۶). ۳۶ مکان در سواحل مازندران از غرب اسـتان تـا شرق استان با پراکنش یکنواخت طوری در نظر گرفته شـدندکه علاوه بر وجود چاه مطالعاتی سازمان تحقیقات منابع آب، حداقل فاصله ممکن به ایستگاه های بـاران سـنجی، تبخیـر سـنجی و هیدرومتری (کیفیت آب سطحی) را دارا باشـد. موقعیـت مکـان های نمونه برداری در شکل (۱)مشاهده می شـود. بـرای عامـل شوری از هدایت الکتریکی(EC[۲]) متوسط آب و از عامل قابلیت انتقال متوسط(T) بـرای کمـی نمـودن عامـل نـوع تشـکیلات آبخوان استفاده شد. تعداد آزمایش هـای کیفـی آب سـطحی در طول دوره سی ساله در ۳۶ نمونـه متفـاوت بـوده امـا بـه طـور متوسط ۱۰۰ نمونه در طی دوره سی ساله اسـتفاده شـد(حـداکثر ۳۰۰ نمونه برای EC آب سطحی در یک ایستگاه). همچنین به دلیـل عـدم وجـود تغییـرات محسـوس در توپـوگرافی سـواحل مازندران از این عامل صرف نظر شد. در این تحقیق ۸۰ درصـد داده ها در مرحله آموزش و ۲۰ درصد داده ها در مرحلـه آزمـون یا ارزیابی به کار گرفته شد.

برای آموزش و سپس آزمون یک شـبکه عصـبی، انتخـاب تعداد و نـوع پارامترهـای ورودی بـه مـدل از اهمیـت بسـیاری برخوردار است. به همین دلیل هشت الگوی ورودی طراحی، در زیر آورده شده است.

۱- $EC_{GW}=f\,EC_{SW},T,L_S,P,E,Dgw$

۲- $EC_{GW}=f\,EC_{SW},T,L_S,P,E$

۳- $EC_{GW}=f\,EC_{SW},T,L_S,P$

۴- $EC_{GW}=f\,EC_{SW},T,L_S$

۵- $EC_{GW}=f\,EC_{SW},T,P$

۶- $EC_{GW}=f\,EC_{SW},T$

۷- $EC_{GW}=f\,EC_{SW},P$

۸- $EC_{GW}=f\,T,L_S$

در روابط فوق:

EC_{GW}: هـدایت الکتریکـی متوسـط آب زیـر زمینـی بـه میکرموس بر سانتیمتر

EC_{SW}: هدایت الکتریکی متوسط آب سطحی بـه میکرمـوس بر سانتیمتر

T: قابلیت انتقال متوسط تشکیلات آبخوان (متر مربع در روز)

L_S: فاصله از دریای خزر به متر

P: بارش متوسط سالانه به میلیمتر

E: تبخیر متوسط سالانه میلیمتر

Dgw:عمق متوسط سفره آب زیر زمینی به متر

نتایج

در این تحقیق بـرای دسـتیابی بـه هـدف، کـارایی شـبکه عصبی مصنوعی در شبیه سازی شوری آب های زیـر زمینـی در سواحل استان مازندران مورد ارزیابی قرار گرفت. از سه تکنیک یادگیری مختلف LM، CG، GDX استفاده و با تعیین میـزان همبستگی و میزان خطا بهترین تکنیک یادگیری انتخـاب شـد. جـدول (۱) نمـایش بهتـرین نتـایج اجـرای انـواع مـدل هـا در برابرتغییرات تعداد نرون و نوع الگوریتم در هشت الگـو را نشـان

1- Coefficient of correlation

2- Electrical Conductivity

www.SID.ir

Archive of SID

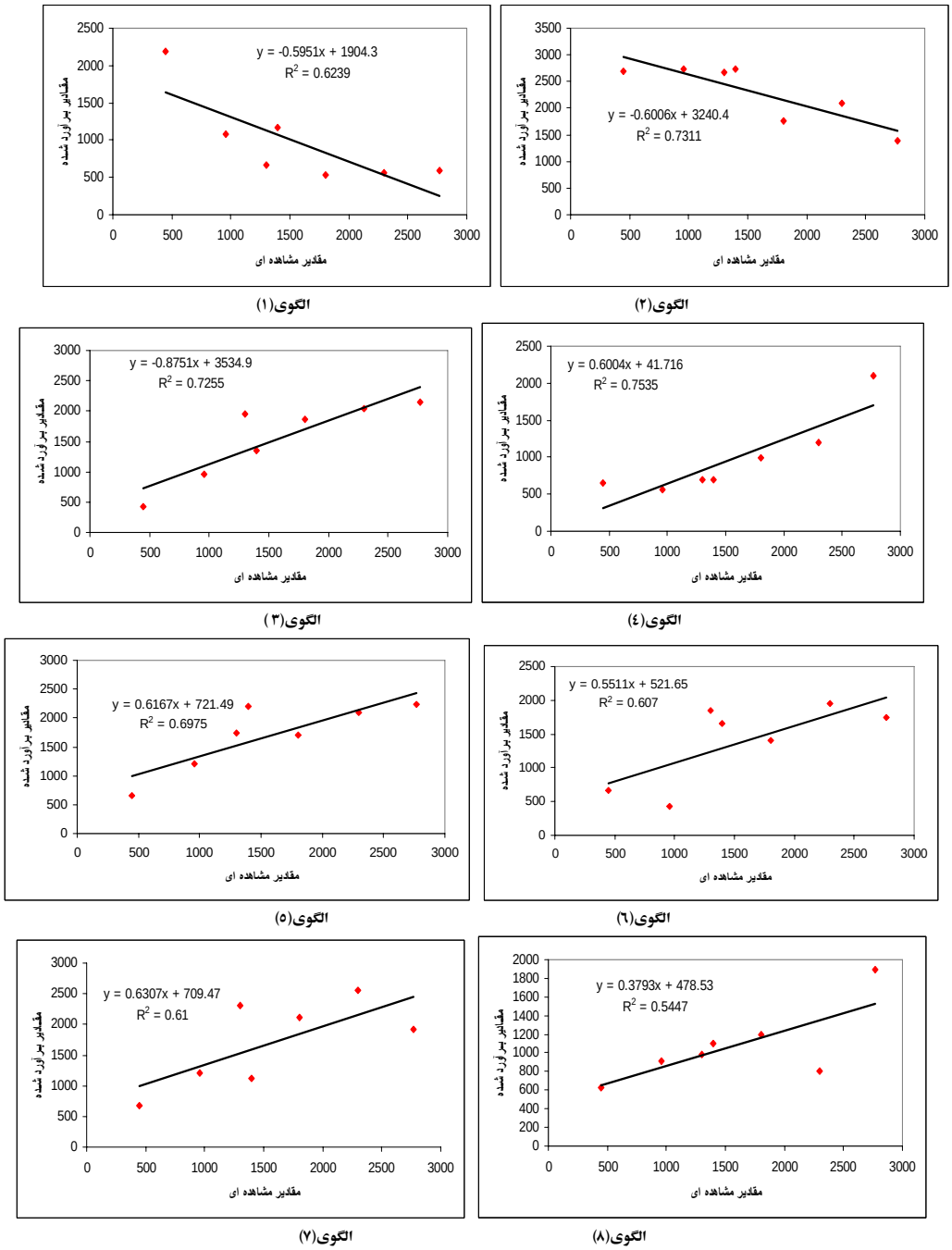
می دهد. بر اساس جدول مذکور الگو یا مدل شماره چهار دارای بیشترین کارایی در شبیه سازی شوری آب زیر زمینی می باشد. نمایش شبیه سازی شور ی آب زیرزمینی در بهترین ساختارهشت الگو در مرحله آزمون در شکل ۳ ارائه شده است. همان طور که مشاهده می شود الگوی چهار دارای بیشترین همبستگی بین مقادیر واقعی و مقادیر شبه سازی شده می باشد. همچنین به منظور بررسی تغییرات تعداد نرون ها در برآورد شوری آب زیر زمینی در هشت الگو، تعداد نرون ها به صورت متوالی با دامنه تغییرات دو الی ۱۰ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که نمی توان قانونی صریح برای تعیین تعداد نرون ها در لایه مخفی در برآورد شوری آب زیرزمینی بیان نمود. همچنین تغییرات RMSE نسبت به الگوریتم های مختلف در هشت الگو در مرحله آزمون در شکل(۴) ارائه گردیده است. ارزیابی کارایی شبکه عصبی برای شبیه سازی شوری آب زیر زمینی در تعدادی از مکان ها صورت گرفت و نتایج آن در شکل(۵) ارائه گردید. بر اساس شکل مذکور الگوی شماره سه و چهار دارای نتایج (مقادیر شبیه سازی شده) نزدیک‌تری به مقادیر مشاهداتی شوری آب زیرزمینی می باشند.

جدول۱- مقادیر RMSE بین نتایج مدل های مختلف شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم های مختلف

انواع مدل	الگوریتم	بهترین ساختار	فاز ارزیابی	
			R	RMSE
۱	LM	۶-۶-۱	۰/۶۲	۱/۱۲
	CG	۶-۶-۱	۰/۳۸	۳/۲
	GDX	۶-۴-۱	۰/۵۴	۱/۷
۲	LM	۵-۶-۱	۰/۷۳	۰/۹۴
	CG	۵-۴-۱	۰/۴۱	۲/۸۷
	GDX	۵-۲-۱	۰/۵۹	۱/۵
۳	LM	۴-۴-۱	۰/۷۲	۰/۹۷
	CG	۴-۲-۱	۰/۴۹	۲/۹
	GDX	۴-۲-۱	۰/۶۲	۱/۰۹
۴	LM	۳-۴-۱	۰/۷۵	۰/۹۲
	CG	۳-۲-۱	۰/۵۴	۲/۷
	GDX	۳-۶-۱	۰/۶۴	۱/۲
۵	LM	۳-۴-۱	۰/۶۲	۱/۰۸
	CG	۳-۸-۱	۰/۳۷	۲/۵
	GDX	۳-۲-۱	۰/۵۴	۱/۶
۶	LM	۲-۲-۱	۰/۶	۱/۳
	CG	۲-۴-۱	۰/۴۴	۲/۰۱
	GDX	۲-۴-۱	۰/۵۱	۱/۷۸
۷	LM	۲-۱۰-۱	۰/۶۱	۱/۲
	CG	۲-۸-۱	۰/۳۷	۳/۵
	GDX	۲-۴-۱	۰/۴۹	۲/۱
۸	LM	۱-۴-۱	۰/۵۴	۱/۷۸
	CG	۱-۴-۱	۰/۳۱	۵/۲
	GDX	۱-۲-۱	۰/۳۹	۳/۱

www.SID.ir

Archive of SID

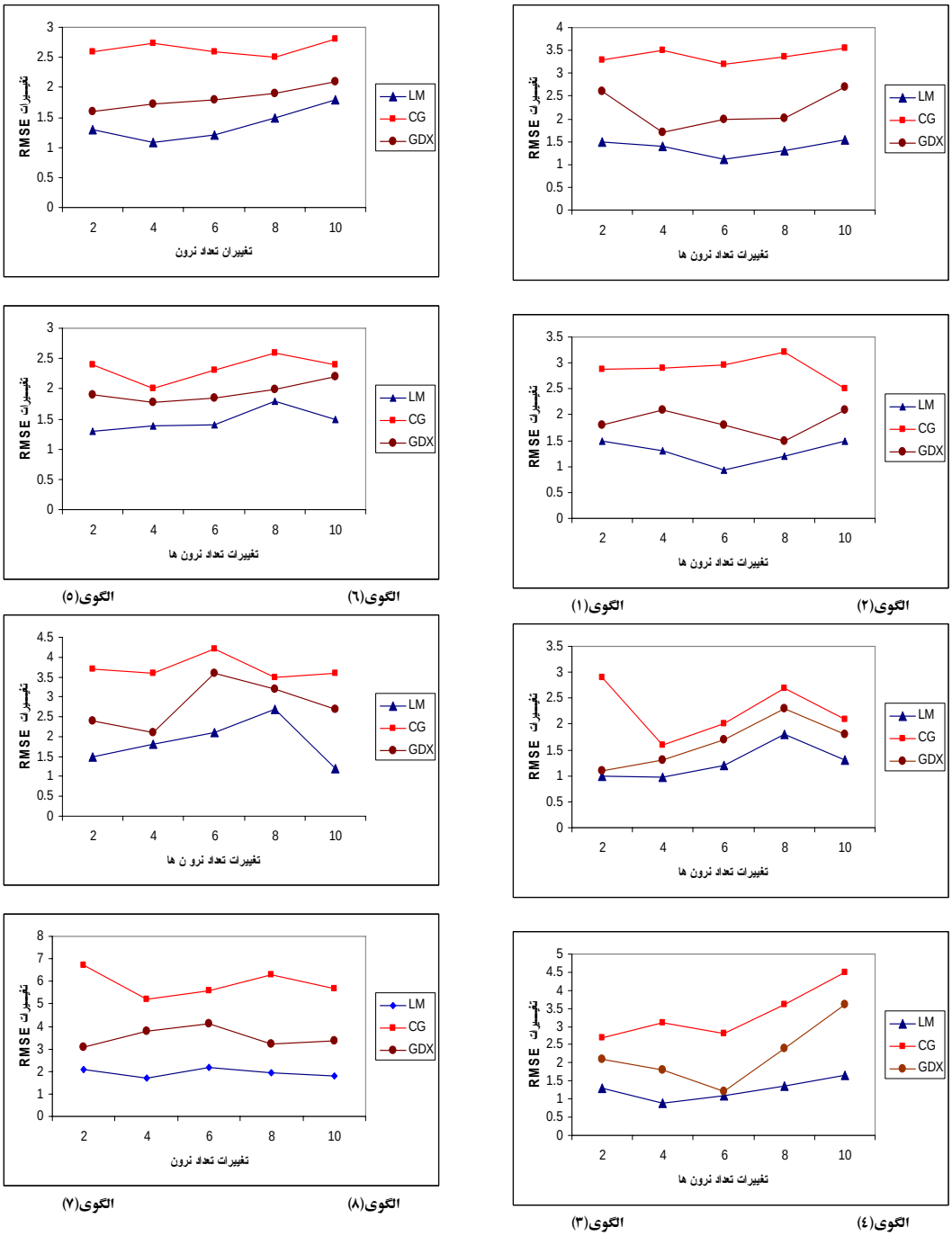


شکل۳- نمایش شبیه سازی شور ی آب زیرزمینی با به کارگیری شبکه عصبی مصنوعی در بهترین ساختار هشت الگوی در مرحله تست

همان طوری که در شکل فوق مشاهده میگردد، الگـوی شـماره چهار دارای بیشترین کارایی (همبستگی بین مقادیر شبیه سازی شده و مقـادیر واقعـی) در شـبیه سـازی شـوری آب زیرزمینـی میباشد.

www.SID.ir

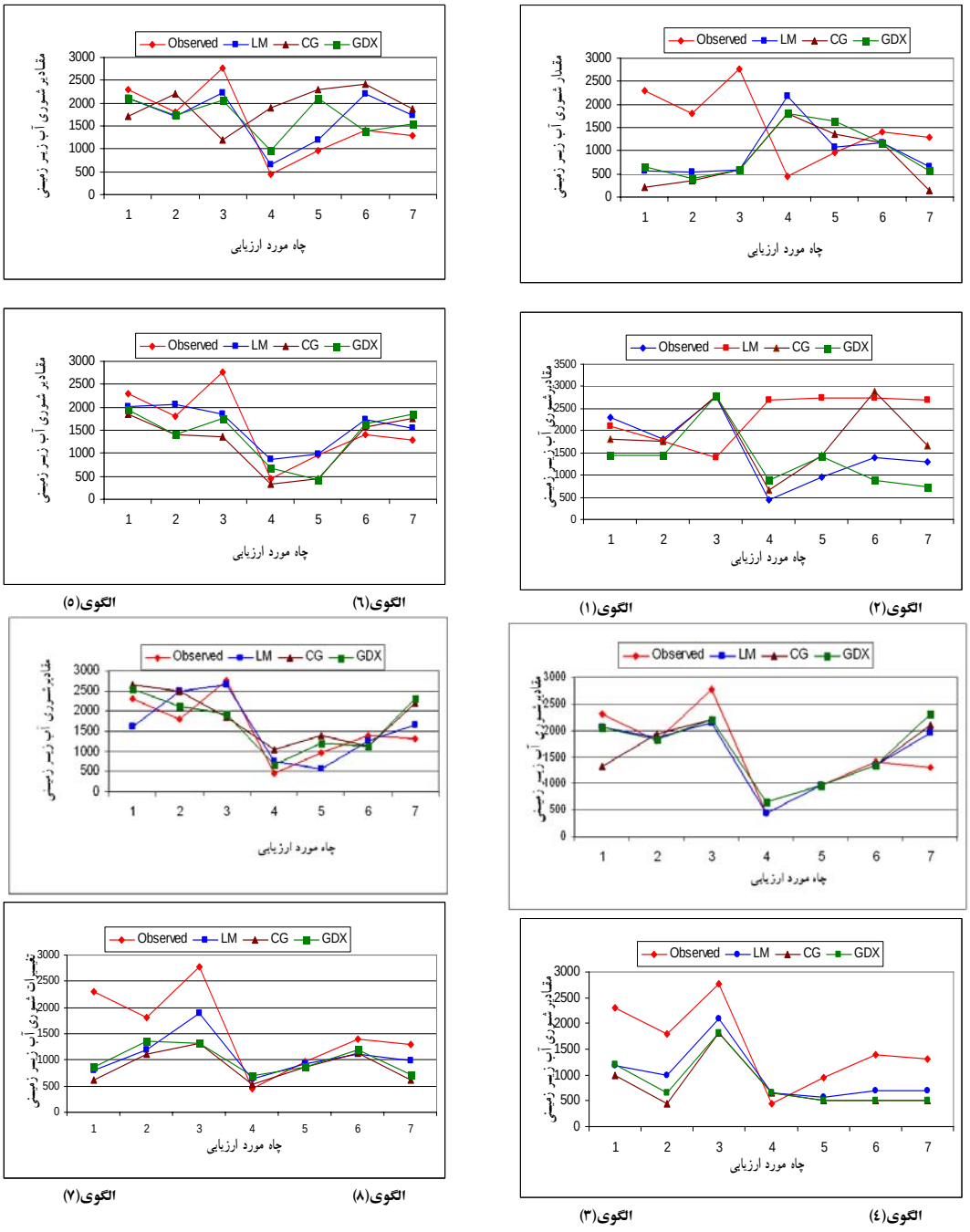
Archive of SID



شکل٤- نمایش تغییرات RMSE نسبت به تکنیک یادگیری در هشت الگو در مرحله تست

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵ - مقادیر برآورد شده شوری (EC) آب زیر زمینی بر حسب میکرو موس بر سانتیمتر در هفت مکان مورد ارزیابی در الگو ها و تکنیک های یادگیری مختلف

بحث و نتیجه گیری

بر اساس تحقیقات مختلف انجام شده در خصوص کارایی شبکه‌های عصبی مصنوعی در مدل‌سازی فاکتورهای هیدرولوژی واضح است که توانایی های این تکنیک با توجه به ساختارهای مختلف آن و نیز طبیعت مسئله مورد نظر، متفاوت می‌باشد. با انتخاب نوع و تعداد مناسب عوامل ورودی و نیز استفاده از نوع مناسب و سازگار شبکه عصبی مصنوعی و نیز کالیبره کردن مناسب آن می‌توان گفت که این تکنیک ابزاری بسیار کارا و مناسب برای برآورد شوری آب زیرزمینی در سواحل استان مازندران می‌باشد. رهیافت این تحقیق، شبکه عصبی مصنوعی با ساختار پرسپترون چند لایه با الگوریتم LM بوده است. نتایج حاصله نشان دهنده توانایی قابل قبول شبکه عصبی در شبیه سازی شوری آب زیرزمینی می‌باشد. با توجه به نتایج

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد شبکه برای آرایش‌های مختلف و نیز مقایسه نتایج حاصله با داده های واقعی می‌توان گفت که الگوی چهارم بهترین الگو در میان هشت الگوی پیشنهادی می‌باشد و این ساختار خود نشان دهنده نقش مؤثر عوامل فاصله از دریا، شوری آب سطحی و قابلیت انتقال تشکیلات آبخوان و یا در واقع نوع تشکیلات آبخوان در شوری آب زیرزمینی در سواحل استان مازندران است. در این تحقیق آموزش شبکه با سه تابع یادگیری مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاکی از آن است که در تمامی الگوها تابع یادگیری LM، در تمامی الگوها سرعت یادگیری و کاهش خطای بیشتری را نسبت به تابع GDX و CG نشان می‌دهد. نتایج تحقیقات گذشته نیز حاکی از کارایی بالای شبکه عصبی با الگوریتم LM در برآورد و شبیه سازی پارامترهای آب زیرزمینی بود (سامانی[1] و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج تحقیقات کریشنا[2] و همکاران (۲۰۰۸)، نیز حاکی از کارایی بالای شبکه عصبی با الگوریتم LM در برآورد و شبیه سازی پارامترهای کمی و کیفی آب زیرزمینی می‌باشد. در مورد تعیین تعداد نرون ها در لایه پنهان نتایج نشان می دهد، که نمی‌توان قانونی صریح برای تعیین تعداد نرون‌های لایه مخفی در برآورد شوری آب زیرزمینی بیان نمود. به طور کلی می‌توان اظهار داشت که شبکه عصبی قادر است قانون حاکم بر داده‌ها، حتی داده‌های مغشوش را نیز استخراج نماید (آیونیس و همکاران، ۲۰۰۵). این خصوصیت شبکه های عصبی را می‌توان از برجسته ترین ویژگی های این مدل در مقایسه با سایر مدل ها دانست. بنابراین با به کارگیری شبکه عصبی مصنوعی می‌توان شوری آب زیر زمینی و یا حتی سایر پارامترهای کیفی آب را در مکان‌های فاقد آمار برآورد نموده و برای مدیریت بهینه منابع آب به کار گرفت.

منابع

۱- تکاملی.۱۳۸۳. ارزیابی منابع آب زیرزمینی دشت سیلاخور با استفاده از مدل کامپیوتری PMWIN. پایان نامه کارشناسی ارشد، پردیس ابوریحان،دانشگاه تهران،۱۳۷ صفحه.

۲- چیت سازان، م.و ح.ع. کشکولی .۱۳۸۱. مدلسازی آب های زیر زمینی و حل مسائل هیدروژئولوژی. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز،چاپ اول،۱۴۱صفحه.

۳- شمسایی، ا .۱۳۸۱. هیدرولیک جریان آب در محیط های متخلخل. مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

۴- همتی نژاد، ح .۱۳۷۶. استفاده از مدل های آب زیر زمینی جهت تهیه طرح های جامع منابع آب. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس،۱۵۲صفحه.

5- Brunner, P. and W. Kinzelbach . 2005. Grounwater Modeling in remote Chinese basin- How can models be improved in areas where data are scarce,European Geosciences Union 2005.

6- Hall, N., Greiner,R. and S. Yangvanit. 2001. Modeling salinity management at from and catchment level in NSW and Thailand and Modsim,Australian National University,Canberra.

7- Heaney, A. and C. Levantis.2001. Salinity management in the Northern Murray Darling basin, Tamworth Regional Gutlook, 14 P.

8- Ioannis ,N., Daliakopoulosa, Paulin ., Coulibalya, Ioannis K. Tsanis . 2005. Groundwater level and forecasting using artificial neural networks. Journal of Hydrology ,309: 229–240.

9- Gualbert, H. P. and Oude_ Essink .2001. Improving fresh groundwater Supply-Problems and solutions center of hydrology. Iinstitute of Earth Science, Ocean and Coastal Management.

10- Krishna, B., Satyaji Rao ,Y. R .and to Vijaya. 2008. Modeling roundwater levels in an urban coastal aquifer using artificial neural networks. Hydrological Process., 22: 1180–1188 .

11- Lallahem, S., Mania, J., Hani, A.and Najjar. Y. 2005. On the use of neural networks to evaluate groundwater levels in fracturedmedia. Journal of Hydrology ,307 (1–4): 92–111.

1- Samani et al.
2- Krishna

www.SID.ir

Archive of SID

12- Mixo-Xian, Z. and Z. Li-Ping. 2004. Combinational model of Solute transport in porous media. Journal of Zhejiang University Science.

13- Samani, N., Gohari-Moghadam ,M. and A.A. Safavi .2007. A simple neural network model for the determination of aquifer parameters. Journal of Hydrology, 340: 1– 11p.

14- Srisuk, K. and J.Toth. 2000.Groun water salinity and three-demensional groundwater model at Ban Nong Khai Nun,Khon Kaen-Northeast Thailand. Conference on Technology and Development in northeast Thailand,pp.186-216.

15- Zhang, M. 2001. Information-stataistics evaluation on the effects of ground water buried depth to upper soil and groundwater salinity. China Postdoctoral Preceding science press, Beijng,China,pp221-224.

www.SID.ir