

## پیش بینی تغییرات پارامتر رسانایی الکتریکی در آب زیر زمینی شهر تهران با کمک شبکه عصبی مصنوعی

ناصر مهرداد<sup>۱</sup>

غلام رضا نبی بید هندی<sup>۱</sup>

اکبر باغوند<sup>۲</sup>

حمید زارع ایبانه<sup>۳</sup>

پویان عباسی مائده<sup>۴\*</sup>

[P.abbasi84@gmail.com](mailto:P.abbasi84@gmail.com)

### چکیده

جهت بررسی کیفیت آب زیر زمینی تهران با توجه به برداشت ۱۰ سال گذشته از پارامتر های هیدروشیمیایی مربوط به ۷۱ نقطه مختلف از شهر تهران سه مدل مختلف شبکه عصبی مصنوعی با تعداد پارامتر های مختلف ورودی و خروجی پارامتر رسانایی الکتریکی تعریف گردید. مشاهده می شود که به جهت تخمین پارامتر رسانایی الکتریکی با سعی و خطای فراوان تابع محرک تانژانت با تابع آموزش مومنتم دارای خطای کمی خواهند بود. با کمتر کردن مقدار پارامتر های ورودی و ثابت نگه داشتن تابع آموزش به مومنتوم و تابع محرک به تانژانت و تغییرات در مقدار پردازنده های داخلی شبکه عصبی میزان خطا کاسته خواهد شد و در نهایت سه مدل با یک لایه پنهان و تابع آموزش مومنتوم و تابع محرک تانژانت ساخته شد. حداکثر خطای نتایج به دست آمده نشان دهنده میزان بیشینه ضریب تعیین برابر ۰,۹۸۶ می باشد که مربوط به مدل های ۱ و ۳ با تعداد پارامتر بیشتر می باشد. همچنین با توجه به شبکه عصبی ساخته شده در یک لایه کمترین میزان کمینه ی نرمال ریشه ی میانگین مربعات خطا برابر ۰,۱۱۰ در مدل های ۱ و ۳ خواهد بود، با توجه به تعداد ورودی های کمتر مدل شماره ۲ و خطاهای با تقریب بسیار نزدیک به این دو مدل با میزان بیشینه ضریب تعیین برابر ۰/۹۶ و میزان کمینه ی نرمال ریشه ی میانگین مربعات خطا برابر ۰/۱۷۶ تقریب بسیار مناسب و قابل قبول خواهد بود و از میزان ورودی و آزمایشات جهت اندازه گیری پارامتر ورودی کاسته خواهد شد. در بحث تاثیر گذاری پارامتر ها در پیش بینی با شبکه عصبی مشخص می شود که میزان اهمیت دو یون سولفات و کلراید با اهمیت تر از پارامتر سدیم می باشند.

**کلمات کلیدی:** شبکه عصبی مصنوعی، تهران، آب زیر زمینی، رسانایی الکتریکی، پیش بینی.

۱- استاد دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

۲- دانشیار دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

۳- دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد پردیس ارس دانشگاه تهران\* (مسئول مکاتبات).

## مقدمه

پیش بینی کیفیت آب زیرزمینی برای مدیریت تأمین و بهره برداری از منابع آب، امری لازم است. نوسان های کیفیت آب زیرزمینی، اثربافته از عوامل زیادی است که قطعی نبودن آن ها، به دلیل تعدد متغیرهای موثر بر کیفیت آب حایز اهمیت می باشد. نامتجانس بودن محیط، سبب پیچیدگی پیش بینی کیفیت و تلاش پژوهشگران در بررسی تغییرات کیفیت مخازن شده است (۱). پارامتر رسانایی الکتریکی (EC) جزو پارامترهای اصلی در پایش کیفیت آب به لحاظ شرب و کشاورزی می باشد. این پارامتر ارتباط مستقیم با میزان شوری آب، میزان جذب سدیم و میزان کیفیت شرب آب را دارد، به همین جهت در این تحقیق جهت پیش بینی مورد بررسی قرار گرفته است (۲، ۳، ۴). یکی از رویکردهای مناسب در مطالعه رفتار آب های زیرزمینی، استفاده از مدل های رایانه ای است بنابراین، شناخت سازوکار تغییرات سطح کیفیت در طول زمان و پیش بینی آن با استفاده از روند حاکم برای اطلاع از وضعیت سفره و میزان آب قابل دسترسی، ضروری است (۵). در این راستا، مدل های شبکه عصبی مصنوعی، به دلیل نبود درک فیزیکی از ماهیت مسئله، تنها براساس آموزش قادر به مدل سازی رفتار دینامیکی فرایند غیرخطی هستند. ویژگی آموزش سبب انعطاف پذیری شبکه ی عصبی مصنوعی در برابر خطاهای ناخواسته و بی تأثیر شدن آن ها در روند کار است (۶، ۷). شبکه های عصبی مصنوعی با قابلیت اعتماد بیشتر زمانی و سازگاری با تغییرات پیش بینی نشده، جایگزین مناسب مدل های تجربی و رگرسیونی برای پیش بینی رفتار منابع آب به شمار می روند. کاربرد شبکه های عصبی نه تنها در پیش بینی وضعیت کیفی بلکه حتی در پیش بینی وضعیت سطوح آب های زیر زمینی و میزان احجام آن ها به کار می رود و مدل سازی های فراوانی در این زمینه ها صورت گرفته است (۸-۱۱). در رابطه با پیش بینی با کمک شبکه عصبی نیز مهرداد و همکاران در سال ۲۰۱۲ به پیش بینی کردن پارامتر مواد معلق محلول (TDS) توسط شبکه عصبی در تصفیه خانه فاضلاب فجر در جنوب کشور پرداخته اند (۴). در بررسی های مشابه به جهت پیش بینی پارامتر نیترات با مدل سازی مشابه

این تحقیق زارع ابیانه و همکاران دارای تجارب موفقیت آمیز بوده اند (۱۶). همچنین در تحقیق مشابهی مدل سازی به جهت پیش بینی سطح آب زیر زمینی دشت ملایر صورت پذیرفته است که نتایج قابل قبول با مدل سازی مشابه حاصل شده است (۱۷).

## معرفی محل مورد مطالعه :

استان تهران به مرکزیت شهر تهران، با وسعتی حدود ۱۲۹۸۱ کیلومتر مربع بین ۳۴ تا ۳۶٫۵ درجه عرض شمالی و ۵۰ تا ۵۳ درجه طول شرقی واقع شده است. تهران بزرگترین شهر استان و پایتخت کشور ایران است که موقعیت آن در شکل (۱) نمایش داده شده است. جمعیت آن ۸،۴۲۹،۸۰۷ نفر است و هجدهمین شهر پرجمعیت جهان به شمار می آید. این استان همراه توابع خود (استان تهران)، جمعیتی برابر ۱۳،۴۲۲،۳۶۶ نفر و مساحتی برابر ۱۸،۸۱۴ کیلومتر مربع دارد. ارتفاع شهر در بلندترین نقاط شمال به ۲۰۰۰ متر و در جنوبی ترین نقاط به ۱۰۵۰ متر از سطح دریا می رسد. تهران از شمال به نواحی کوهستانی و از جنوب به نواحی کویری منتهی شده در نتیجه در جنوب و شمال دارای آب و هوایی متفاوت است. نواحی شمالی از آب و هوای سرد و خشک و نواحی جنوبی از آب و هوای گرم و خشک برخوردارند. ساختار اداری ایران در تهران متمرکز شده است. طی یک دوره ۳۰ ساله متوسط میزان بارندگی محدوده مورد بررسی ۲۳۰ میلی متر گزارش گردیده است. وجود رودخانه های همیشگی مانند رودخانه کرج، رودخانه جاجرود، رود لار، حبله رود، رود شور یا اهررود و طالقان رود موجب شده تا استان تهران از لحاظ منابع آب کمبودی نداشته باشد. بیشترین رودخانه های استان از کوه های البرز سرچشمه می گیرند. در استان تهران قنات های زیادی وجود داشته که در گذشته نه چندان دور در تأمین آب مورد نیاز مناطق شهری و روستایی سهم بسزایی داشته اند. ولی امروزه با استفاده از امکانات آب لوله کشی که از سدهایی چون سد امیرکبیر، لتیان و لار تأمین می شود، آب قنات ها و چشمه ها فقط برای کشاورزی و آبیاری مصرف می شود و فقط بعضی چشمه ها، به ویژه چشمه های آب معدنی که بیشتر در شمال شرقی استان

کرج، چشمه علی در شهرری، چشمه تیزآب، چشمه گله گیله (۱۲، ۱۳).

متمركزند، اهمیت سابق خود را حفظ کرده‌اند. مهم‌ترین این چشمه‌ها عبارت‌اند از: چشمه اعلا دماوند، چشمه قلعه دختر، چشمه آب علی هراز، چشمه وله در گچسار، چشمه شاه دشت



شکل ۱- موقعیت شهر تهران در کشور ایران (۱۲)

#### مواد و روش‌ها

شده است جهت اندازه گیری آنیون های کربنات و بی کربنات از روش استاندارد متد با شماره ۴۵۰۰ استفاده شده و اندازه گیری آنیون کلرور به روش آرگنومتريک (استاندارد متد با شماره ۲۳۳۰) صورت گرفت (۱۴، ۱۵، ۲). مقادير مختلف بیشینه، کمینه، میانگین و انحراف از معیار با کمک نرم افزار SPSS 19 در جدول ۱ نمایش داده شده است.

پارامترهایی نظیر درجه حرارت، pH، هدایت الکتریکی (EC) و اکسیژن محلول (DO) در محل نمونه برداری توسط دستگاه های قابل حمل مورد ارزیابی قرار گرفته و سایر پارامترها در آزمایشگاه آنالیز گردید. اندازه گیری نیترات، نیتريت، سولفات و فلوئور با استفاده از دستگاه هک انجام شده که به ترتیب از روش های شماره ۸۰۳۹، ۸۵۰۷، ۸۰۵۱ و ۸۰۲۹ استفاده شده است. کلیه کاتیونها توسط روش ۳۰۰۵ EPA- با دستگاه پلاسمای جفت شونده القایی اندازه گیری

جدول ۱ - میانگین و مقدر کمترین و بیشترین پارامترها در محدوده مطالعات

پارامتر	تعداد	کمینه	بیشینه	میانگین		انحراف از معیار
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic
EC	۱۶۵۲	۲۸۵	۹۶۳۰	۱۴۶۵/۹۶	۳۳/۴۲	۱۳۵۸/۵۸
TDS	۱۶۵۲	۱۶۴	۶۶۵۲	۹۱۷/۹۵	۲۱/۹۴	۸۹۲/۰۳
SO4	۱۶۵۲	۰/۵۱	۵۶/۵۴	۵/۷۶	۰/۱۸	۷/۶۱
Cl	۱۶۵۲	۰/۱۷	۴۵/۶۰	۴/۷	۰/۱۴	۵/۹۳
HCO3	۱۶۵۲	۱/۰۵	۱۲/۷۵	۴/۲۴	۰/۵۲	۲/۱۳
TH	۱۶۵۲	۳۵	۲۴۷۲	۳۹۴/۲۷	۸/۵۳	۳۴۶/۷۸
SAR	۱۶۵۲	۰/۲۳۴	۲۸/۳۹	۳/۳۵	۰/۰۷	۳/۱۳
K	۱۶۵۲	۰/۰۱	۰/۳۱	۰/۰۳۶	۰/۰۰	۰/۰۳
Na	۱۶۵۲	۰/۳۳	۵۸/۵	۶/۸۹	۰/۱۹	۸/۱۱
Mg	۱۶۵۲	۰/۱۶	۲۹/۸۴	۲/۹۵	۰/۰۸	۳/۴۱
Ca	۱۶۵۲	۰/۴	۳۱/۹	۴/۹۳	۰/۰۹	۳/۸۸

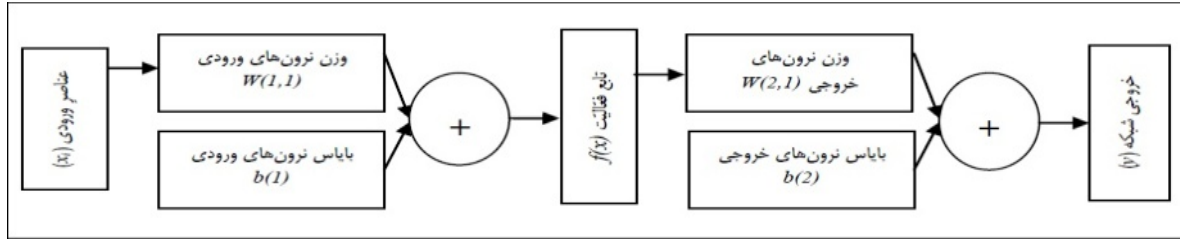
#### ساختار شبکه عصبی

برای بررسی نوسان های سطح کیفیت آب زیر زمینی دشت تهران، از روش شبکه عصبی مصنوعی نوع پرسپترون چندلایه استفاده شده است. این روش امکان بررسی تغییرات کیفی سفره ی آب زیرزمینی را در گام های مختلف زمانی با لحاظ اطلاعات گزینش شده در ورودی شبکه، فراهم می کند طراحی ساختارهای مختلف شبکه عصبی با توجه به مطالعات انجام شده در این زمینه، از نوع پرسپترون چندلایه (MLP) با الگوریتم پس انتشار خطا (BP) استفاده شده است (۱۷). در شبکه ی عصبی چندلایه، براساس شکل ارتباط بین عناصر ورودی در لایه ی اول ( $X_i$ ) و خروجی در لایه آخر ( $Y$ )، به کمک وزن های نرونی ( $W$ )، بایاس ( $b$ ) و تابع فعالیت ( $f(x)$ ) در لایه (های) میانی است (شکل ۲). طراحی شبکه براساس ترکیبی از اطلاعات پارامتر های تاثیر گذار در کیفیت سفره در زمان های قبل، در قالب ساختارهای متفاوت از اطلاعات در لایه ی ورودی انجام شده است (۱۶، ۱۷، ۱۸). در هر یک از ساختارها، اطلاعات ورودی پس از پردازش، از راه خروجی نرون های لایه ی اول، به نرون های لایه (های) بعدی و در نهایت، در صورت قابل قبول بودن به خروجی شبکه منتقل

جهت تحلیل و بررسی ارتباط میان آلاینده ها بر ایجاد برقراری رابطه براساس ضریب همبستگی پیرسون با نرم افزار SPSS 19 پرداخته می شود. با مطالعه ضرایب همبستگی به وجود آمده مشخص می شود که میزان تاثیر پذیری هر پارامتر نسبت به پارامتر های دیگر چقدر است. در انتها نیز به بررسی مدل های پیشنهادی با شبکه عصبی طراحی شده جهت پیش بینی پارامتر رسانایی الکتریکی پرداخته شد. در مرحله اول با توجه به جدول ۳ همبستگی های به وجود آمده از داده های آماری تهیه شده از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰ در فصول خشک و تر مربوط به چاه های نمونه گیری شده به تعداد ۷۱ حلقه در سطح شهر تهران بیشترین ارتباط های معنی دار با پارامتر رسانایی الکتریکی در پارامتر های جدول ۳ که همبستگی به روش پیرسون در نرم افزار SPSS 19 به دست آمده است دیده می شوند. به جهت پیش بینی با کمترین خطا جهت هر کدام از مدل ها ساختار یکسان برای شبکه عصبی پیشنهاد شده است که دارای کمترین خطاها باشند و تغییرات در تعداد پردازنده های لایه های شبکه ایجاد شده است.

اطلاعات نرمال شده به عنوان ورودی شبکه استفاده شده. از مزایای دیگر این نرم افزار ، وجود توابع مختلف با الگوریتم های گوناگون در بانک نرم افزار است (۱۶،۱۷،۱۸).

می شود. در غیر این صورت با انتشار خطای محاسباتی به لایه های پیش، محاسبه ها دوباره تکرار می شوند. این روند تا کسب نتیجه ی قابل قبول ادامه می یابد. برای افزایش سرعت پردازش اطلاعات و عدم توقف شبکه در حداقل های محلی، از



شکل ۲- مدل شبکه عصبی به کار رفته در تحقیق

توابع محرک نرون های ورودی، میانی و خروجی یکسان در نظر گرفته شدند. در این راستا، مطالعات نیز نشان داد که یکسان در نظر گرفتن توابع محرک نسبت به متفاوت بودن توابع محرک لایه های مختلف، منجر به نتایج بهتری می شود (۱۶،۱۷،۱۸). تعداد کل داده های مورد بررسی سری زمانی ۱۶۵۲ مورد می باشد. که ۱۱۵۶ مورد جهت آموزش شبکه و ۴۹۶ پارامتر جهت بررسی و آزمون نهایی استفاده شده اند. جهت ساخت مدل، ۳ مدل پیشنهادی به صورت حذفی با توجه به درصد اهمیت وابستگی که در جدول ۳ حاصل آزمون پیرسون مشخص شده است. پارامتر های ورودی هر مدل نیز در جدول (۲) نمایش داده شده است.

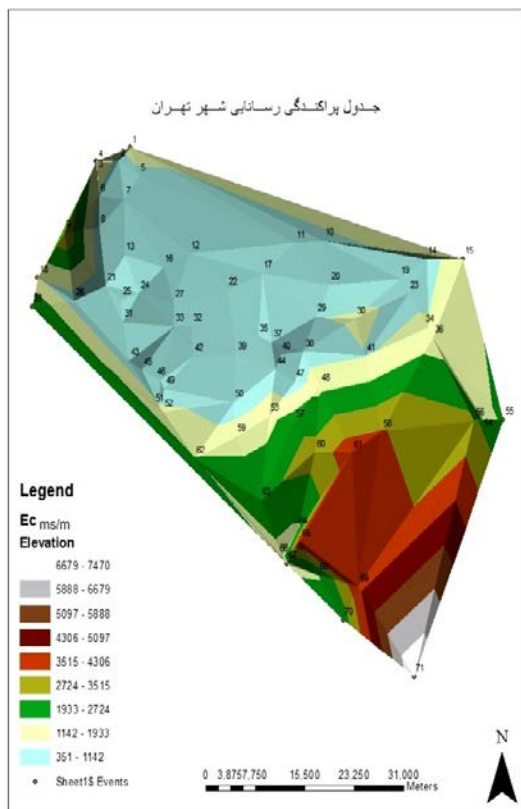
در این مطالعه، داده ها به صورت تصادفی و براساس تجربه های پژوهشگران دیگر، به دو گروه داده آموزش ۷۰ درصد و داده آزمون ۳۰٪ تقسیم بندی شده اند. و کلیه مراحل به صورت آزمون و خطا بوده است. در اجرای شبکه عصبی مصنوعی، تابع محرک تانژانت استفاده شد. همچنین برای هر تابع محرک، قوانین مختلف آموزشی مومنتوم به کار رفته است برای دستیابی به ساختار بهینه، تلاش شد تا تمامی قوانین آموزشی و توابع محرک تعریف شده در محیط نرم افزار فوق، به شکل سعی و خطا مورد آزمون قرار گیرد. برای تعیین مقدار بهینه تعداد تکرار محاسباتی شبکه از روش سعی و خطا استفاده و خطای پیش بینی آن با مقادیر مختلفی از تکرارهای محاسباتی برای شبکه بهینه، محاسبه شد. گفتنی است که

جدول ۲ - ساختار مدل های پیشنهادی در شبکه عصبی

مدل ۱		مدل ۲		مدل ۳	
پارامتر ورودی	پارامتر خروجی	پارامتر ورودی	پارامتر خروجی	پارامتر ورودی	پارامتر خروجی
SO <sub>4</sub>	Ec	SO <sub>4</sub>	Ec	SO <sub>4</sub>	Ec
Cl		Cl		Cl	
HCO <sub>3</sub>		Na		HCO <sub>3</sub>	
TH				Na	
SAR					
K					
Na					
Mg					
Ca					

آمده از آزمایشات  $n$ ، تعداد پارامترهای مورد بررسی خواهد بود. ساختن پارامترهای هر مدل با توجه به همبستگی‌های جدول ۳ خواهد بود و به ترتیب کمتر بودن اهمیت در مدل‌ها حذف می‌شوند.

باتوجه به نقشه شکل ۳ خروجی نرم افزار ARC GIS می‌باشد که مشخص کننده پراکنندگی نقاط نمونه گیری می‌باشد، معلوم می‌گردد می‌شود که بیشترین میزان رسانایی الکتریکی در مناطق جنوبی و شرق خواهد بود، واضح است با بررسی پارامترهای مختلف در این مناطق، مشخص می‌شود که بیشترین افزایش و کاهش همراه با پارامتر رسانایی الکتریکی، مربوط به پارامترهای کلراید، سولفات و سدیم می‌باشد که تأکیدی بر درجه اهمیت مدل‌های ساخته شده می‌باشد (۲۰۱۳، ۱۲، ۲۰).



شکل ۳- نقشه پراکنندگی پارامتر رسانایی الکتریکی در شهر تهران

جهت ورودی‌های مدل اول از کلیه پارامترهای موجود اندازه گیری شده جهت این تحقیق به عنوان ورودی استفاده شده است، در تلاش بعدی تعداد ورودی‌ها را به حداقل کاهش داده و پارامترهایی که بیشترین مقدار همبستگی با پارامتر هدایت الکتریکی را دارا بوده انتخاب نموده و در تلاش آخر (مدل ۳) با اضافه کردن پارامتر بی کربنات عملاً توان سیستم را در ارزیابی این پارامتر جهت بهبود پیش بینی چک می‌کنیم، در حقیقت هدف از اضافه کردن این پارامتر این است که آیا با اضافه کردن یک پارامتر اضافی تر سیستم قدرت پیش بینی بالاتری پیدا خواهد کرد و یا تاثیر محسوسی در روند تخمین نخواهد داشت.

با توجه به توضیحات بالا و ورود اطلاعات کامل هر مدل در نرم افزار NeuroSolutions 5 و استفاده از سیستم تحت نرم افزار EXCEL و تعاریف مربوط به شبکه عصبی در نرم افزار خروجی‌های جدول (۴) ظاهر می‌شود. معیارهای پذیرش نتایج پیش بینی شده در هر یک از ساختارهای شبکه‌ی عصبی، بر مبنای کمتر بودن خطای کمی حاصل از مقادیر محاسباتی و مقادیر مشاهداتی شامل، بیشینه ضریب تعیین ( $R^2$ )، کمینه ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین قدر مطلق خطا (MAE)، و خطای نسبی با روابط ذیل خواهد بود (۲۰۱۹، ۱۰، ۶).

$$۱) RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Ec_{actual} - Ec_{forecast})^2}{n}}$$

$$۲) NRMSE = \frac{RMSE}{Ec_{average}}$$

$$۳) R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Ec_{actual} - Ec_{forecast})^2}{\sum_{i=1}^n (Ec_{actual} - Ec_{average})^2}$$

#### در روابط فوق

در مقادیر فوق بیشینه ضریب تعیین ( $R^2$ )، کمینه ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، نرمال کمینه ریشه میانگین مربعات خطا (NRMSE)، در مقادیر فوق  $Ec_{actual}$  میزان EC به دست آمده توسط آزمایش و نمونه گیری،  $Ec_{forecast}$  میزان EC محاسبه شده توسط شبکه عصبی،  $Ec_{average}$  میزان میانگین EC به دست



## یافته های تحقیق

با توجه به ساخت سه مدل مختلف شبکه عصبی با ساختار های ذکر شده در جدول ۴ و در نظر گرفتن، ثابت بودن توابع آموزش و محرک نتایج ذیل با سعی و خطا حاصل گردیده است.

جدول ۴- ساختار شبکه های عصبی و مقادیر خطاهای به دست آمده

مدل	تعداد پارامتر ورودی	تعداد پارامتر خروجی	تعداد لایه پنهان	درصد پارامتر های آموزشی	درصد پارامتر های پاسخی	تعداد پردازنده لایه پنهان	قانون آموزش	تابع لایه پنهان	قانون آموزش لایه خروجی	تابع محرک لایه خروجی
۱	۶	۱	۱	۷۰	۳۰	۱۱	مومنتوم	تانژانت	مومنتوم	تانژانت
۲	۳	۱	۱	۷۰	۳۰	۳۸	مومنتوم	تانژانت	مومنتوم	تانژانت
۳	۴	۱	۱	۷۰	۳۰	۲۸	مومنتوم	تانژانت	مومنتوم	تانژانت

خطای حاصل از اجرای هر یک از سه مدل شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی پارامتر رسانایی الکتریکی در جدول ۵ آورده شد.

جدول ۵- خطاهای به دست آمده از مدل های شبکه عصبی

مدل	فرایند	$R^2$	RMSE	NRMSE	تعداد ورودی
۱	آموزش	۰/۹۸۶	۱۶۱/۲۱	۰/۱۱۰	۱۱۵۶
	تست	۰/۹۸۵	۱۷۰	۰/۱۱۳	۴۹۶
۲	آموزش	۰/۹۶۴	۲۶۱/۷۶	۰/۱۷۹	۱۱۵۶
	تست	۰/۹۶۳	۲۶۲/۶۲	۰/۱۷۶	۴۹۶
۳	آموزش	۰/۹۸۶	۱۶۰/۱۲	۰/۱۱۰	۱۱۵۶
	تست	۰/۹۸۶	۱۵۹/۹۵	۰/۱۱۰	۴۹۶

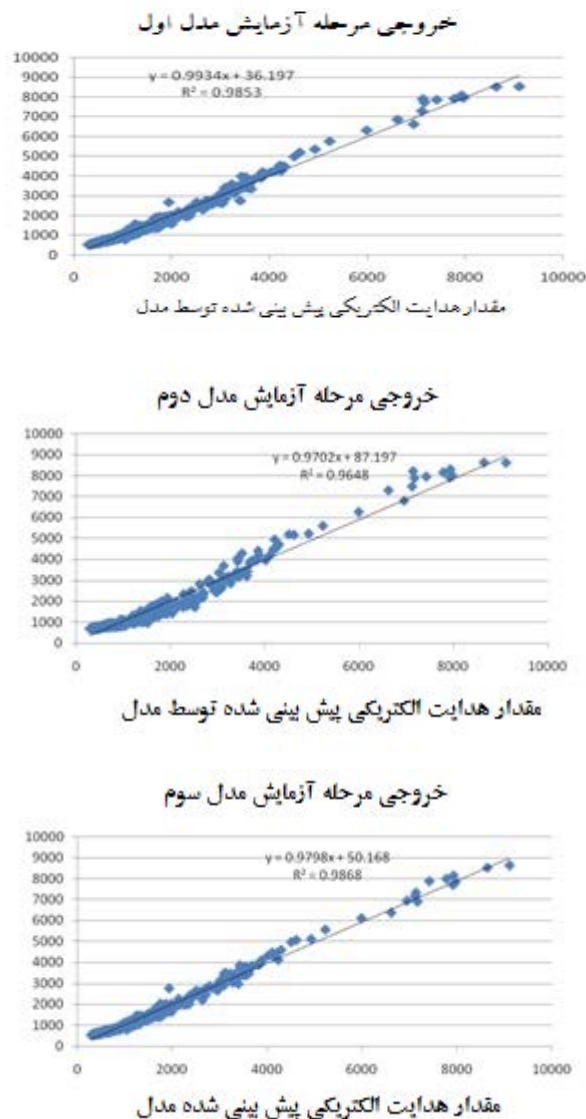
بیشتر خواهد شد در صورتی که در صورت کم کردن تعداد پارامتر های ورودی و بیشتر کردن عوامل پردازشی لایه پنهان تا حد مشخص از مقدار خطا کاسته می شود. در مدل های اول تا سوم با ثابت نگه داشتن توابع آموزش و محرک میزان خطا کاسته می شود. همچنین معلوم می شود که با کاهش تعداد نرون های ورودی و افزایش پردازنده های لایه پنهان در

با بررسی مدل ها مشخص می شود که جهت پیش بینی پارامتر رسانایی الکتریکی در مدل اول و سوم با توجه به تعداد پارامتر های ورودی بیشتر دارای خطای بیشتری نسبت به مدل دوم می باشند، با بررسی دقیق تر این موضوع مشاهده می شود که با کم کردن پارامتر های ورودی و ثابت نگه داشتن توابع محرک و آموزشی میزان خطای مدل



شده است. لازم به ذکر است هر چقدر داده ها به نمودار یک به یک نزدیک تر باشند، نشان دهنده توانایی بیشتر مدل در سنجش میزان رسانایی الکتریکی خواهد بود. در شکل محور افقی نمایان گر میزان هدایت الکتریکی پیش بینی شده توسط مدل مربوطه خواهد بود و محور عمودی نشان دهنده مقدار واقعی پارامتر هدایت الکتریکی که توسط آزمایش به دست آمده است می باشد (۲۰، ۲۱).

کمترین حالت قرار خواهد گرفت. در مقایسه مدل های اول و سوم با مدل دوم، این مدل با توجه به تعداد کمتر نرون ورودی دارای خطای قابل قبول خواهد بود (جدول ۵). در نمودار شکل (۴) پراکندگی داده های پیش بینی شده (محور عمودی) و داده های مشاهده ای (محور افقی) در مرحله آزمون مدل اول تا سوم خواهد بود. در شکل (۴) ارتباط بین داده های 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



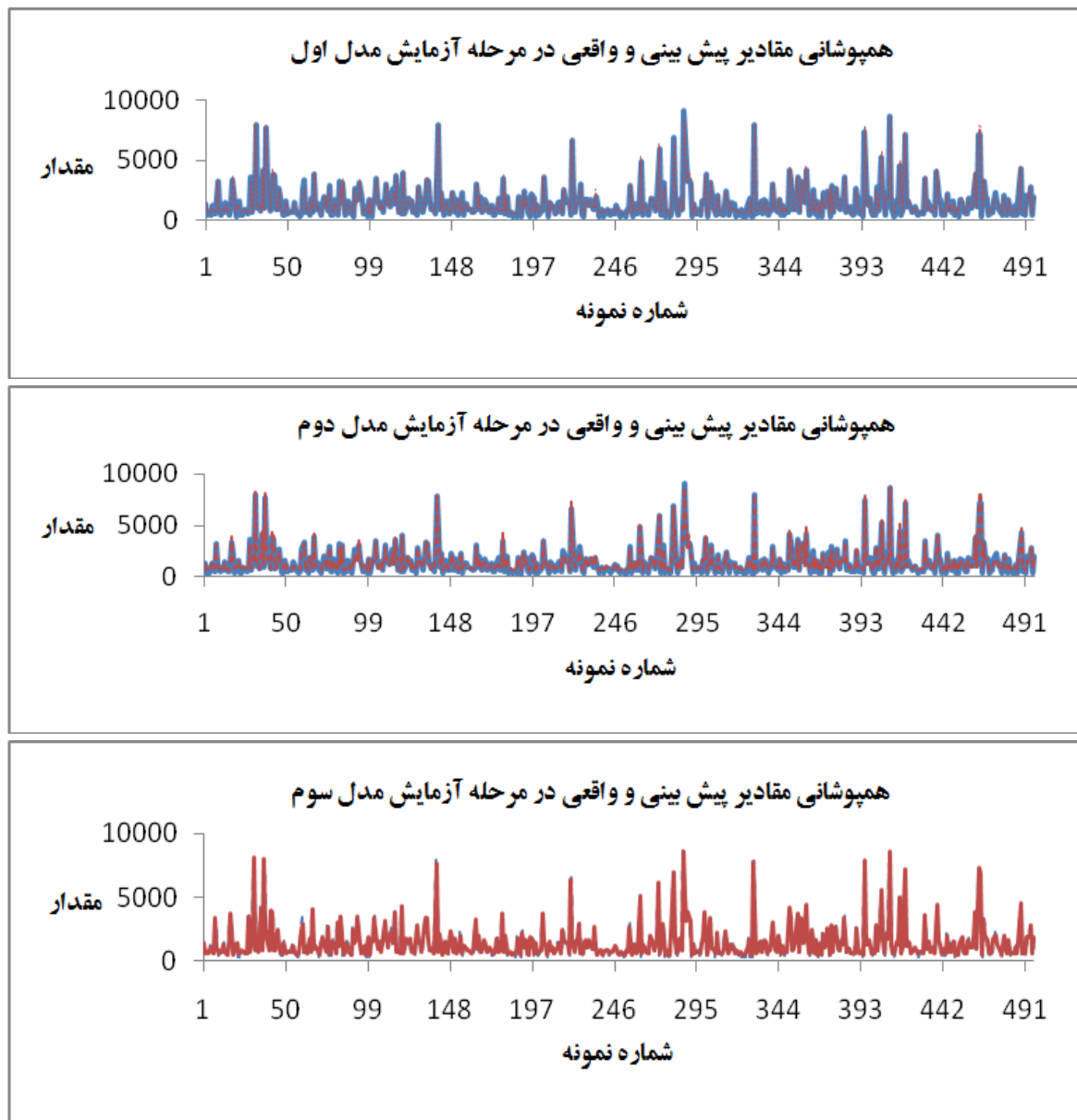
شکل ۴ - نمودارهای پراکندگی میزان رسانایی الکتریکی پیش بینی شده و مشاهده شده

داده شده است. واضح است که در هر سه مدل بالای ۹۰٪ مقادیر پیش بینی و واقعی با هم مساوی خواهد بود و دو نمودار بر هم منطبق شده اند. در شکل محور افقی نمایانگر

همچنین در بررسی شکل ۵ به طور کامل میزان همپوشانی مقادیر محاسبه شده توسط مدل های مختلف شبکه عصبی و میزان مشاهده شده توسط نتایج آزمایشات نمایش

همپوشانی دارای مقدار بیشتری باشد میزان پیش بینی توسط مدل دقیق تر خواهد بود.

شماره نمونه بوده و محور عمودی مقدار آن را جهت پیش بینی توسط مدل و نتایج آزمایشات با توجه به همپوشانی نمودارهای روی هم مشخص می نماید. بدیهی است هر چقدر این



شکل ۵- نمودارهای همپوشانی میزان رسانایی الکتریکی پیش بینی شده و مشاهده شده

دلیل این که سدیم تا حد زیادی جزو بافت خاک منطقه مورد مطالعه می باشد (۲۰)، تقریباً دارای میزان ثابت تری نسبت سولفات و کلراید می باشد که در پیش بینی تأثیرات کمتری را دارا خواهد بود (۲۰).

با بررسی شکل ۶ معلوم می شود که میزان حساسیت پارامترهای مختلف در پیش بینی شبکه عصبی مدل سوم به ترتیب برای پارامترهای سولفات و کلراید و سدیم می باشد. علت این تغییر اهمیت نسبت به جدول همبستگی ممکن است تغییرات کمتر نسبت به دو پارامتر دیگر باشد. در حقیقت به

## حساسیت نسبت به پیش بینی شبکه عصبی



شکل ۶- میزان حساسیت پارامتر های مختلف در تخمین شبکه عصبی مدل ۲

## نتیجه گیری

ورودی و تاثیرات آن بر نتایج شبکه عصبی مدل پنجم مشخص می شود که به ترتیب پارامتر های سولفات و کلراید و سدیم دارای تاثیرات خواهند بود. جدول همبستگی پیرسون نیز تاکیددی بر صلاحیت شکل به دست آمده از شبکه عصبی خواهد بود. تفاوت در میزان حساسیت پارامتر های سدیم و کلر نیز می تواند جزو نکات مهم بررسی کیفی آب زبر زمینی تهران باشد. یکی از دلایل مهم در این مطلب زمین ساخت بودن پارامتر سدیم که در خصوصیات زمین شناسی منطقه به دلیل وجود دریاچه های نمک در جنوب شهر دارای اهمیت می باشد و دارای تغییرات کمتری در ورود سفره آب زیر زمینی خواهد بود (۲،۳)، و انسان ساخت بودن پارامتر کلر که حاصل فعالیت های شهری و صنعتی و ورود مواد شوینده و ضد عفونی کننده می باشد که میزان ورود بیشتری به سفره را در فصول و مکان های مختلف دارا می باشد (۲).

## منابع

1. Esmaeili Varaki, M., Khayat khalaghi, M. and Shafiei, M. 2004. Provide a Model for Intelligent Water Level Fluctuations Estimated Alluvial Groundwater Aquifer Using an Artificial Neural Network. Articles First Annual Conference of Iran Water Resources Management. 1-11.
2. Baghvand, A., Nasrabadi, T., Nabi Bidhendi, G.R., Vosoogh, A.,

با توجه به نتایج به دست آمده از ساخت مدل های مختلف شبکه عصبی مشاهده می شود که مدل دوم با کمترین تعداد داده ها و در نتیجه کم ترین مقدار آزمایشات مربوط به بدست آوردن پارامتر های مختلف دارای کمترین هزینه و میزان خطای قابل قبول به جهت پیش بینی پارامتر رسانایی الکتریکی آب زیر زمینی شهر تهران خواهد بود. این مدل با تابع آموزش مومنتوم و تابع محرک تانژانت دارای نتایج مطلوب به شرح ذیل می باشد. از دلایل بهتر شدن نتایج می توان بازه باز تر تابع تانژانت (۱ و -) بوده را نام برد (۱۶، ۱۷، ۱۸). نتایج به دست آمده نشان دهنده حداکثر خطای نتایج به دست آمده نشان دهنده میزان بیشینه ضریب تعیین برابر ۰،۹۶ می باشد که با توجه به مقدار پارامتر ورودی به نسبت مدل های دیگر دارای مقدار خطای کمتری خواهد بود. همچنین با توجه به شبکه عصبی ساخته شده در یک لایه میزان کمینه ی نرمال ریشه میانگین مربعات خطا برابر ۰،۱۷۶ خواهد بود که با توجه به مقدار ورودی ها و شبکه های عصبی ساخته شده در مدل های دیگر دارای تقریب بسیار مناسب و قابل قبول می باشد. در حقیقت این مدل ۹۸٪ از بیشترین مقدار پیش بینی که در مدل اول می باشد را دارا می باشد و با تقریب ۹۸٪ پیش بینی را انجام خواهد داد. با توجه به مدل به دست آمده می توان با کنترل پارامتر سولفات و کلراید و سدیم در پیش بینی پارامتر رسانایی الکتریکی در آینده تقریب درستی را ارائه نمود و در جهت بهبود کیفیت و مدیریت منابع آب زیر زمینی توان کافی پیش بینی را دارا بود. همچنین در بررسی میزان حساسیت های پارامتر های

- System under Variable State. Pumping, and Climate Conditions, *Hydrologic Engineering*. 8 (6): 348-360.
9. Hosaini, M.T., Siosemarde, A. Fathi, P. and Siosemarde, M. 2007. Application of Artificial Neural Networks (ANN) and Multiple Regressions for Estimating Assessing the Performance of Dry Farming Wheat Yield in Ghorveh Region, Kurdistan Province. *Agricultural Research: Water and Soil and Plant*. 7 (1): 41-54.
  10. Kumar, M., Raghuwanshi, N., Singh, R., Wallender, W. and Pruitt, W. 2002. Estimating Evapotranspiration Using Artificial Neural Networks. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE*. 128 (4): 224-233.
  11. Khalili, S.R., Davari, K. and Mousavi Baygi, M. 2008. Monthly Precipitation Forecasting Using Artificial Neural Networks: A Case Study for Synoptic Station of Mashad. *Journal Water and Soil, Agricultural Science & Technology Ferdowsi University of Mashhad*. 22(1): 39-99.
  12. Asadpour, G.A., Nasrabadi, T. 2011. Municipal and medical solid waste management in different districts of Tehran, Iran. *Fresenius Environmental Bulletin*. 20 (12): 3241-3245.
  13. Nasrabadi, T., Nabi Bidhendi, G.R., Yavari., A.R, Mohammadnejad, S. 2008. Evaluating Citizen Attitudes and Participation in Solid Waste Management in Tehran, Iran. *Journal of Environmental Health*. 71 (5): 30-33.
  14. Biswas, A. 2005. An Assessment of Future Global Water Issues. *Water*
  - Karbassi, A.R., Mehrdadi, N. 2010. Groundwater quality degradation of an aquifer in Iran central desert. *Desalination*. 260: 264-275.
  3. Jamshidzadeh, Z., Mirbagheri, S. A. 2011. Evaluation of groundwater quantity and quality in the Kashan Basin, Central Iran. *Desalination*, 270: 23-30.
  4. Mehrdadi, N., Hasanlou, H., Jafarzadeh, M.T., Hasanlou, H., Abodolabadi, H. 2012. Simulation of low EC 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: 370-376.
  5. Tahmasebi, A.R. and Zomorrodian, S.M.A. 2004. Estimation of Soil Liquefaction Potential Using Artificial Neural Network. *Second National Student Conference on Water and Soil Resources*.
  6. Coulibaly, P., Anctil, F., Aravena, R. and Bobée, B. 2001. Artificial Neural Network Modeling of Water Table Depth Fluctuations. *Water Resources Research*. 37(4): 885-896.
  7. Dehghani, A.A., Asgari, M. and Mosaedi, A. 2009. Comparison of Geostatistics, Artificial Neural Networks and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System Approaches in Groundwater Level Interpolation (Case study: Ghazvin aquifer). *Journal of Agriculture Science Natural Resource*. 16 (1): 517-528.
  8. Coppola, E., Szidarovszky, F., Poulton, M. and Charles, E. 2003. Artificial Neural Network Approach for Predicting Transient Water Levels in a Multi Layered Groundwater

- Parameters. Journal of Water and Soil. 24 (2): 297-305.
19. Asghari Moghaddam, A., Nadiri, A. and Fijani, E. 2006. Ability to Study Different Models of Artificial Neural Networks to Evaluate Groundwater Water Level in the Hard Formation, Tenth. Conference of Geological Society, Tehran.
۲۰. مهردادى ن، عباسى مائده پ. ۱۳۹۱. كیفى آب زیر زمينى شهر تهران به كمك شاخص جهانى WHO ، نشریه بین المللی عمران آب شماره ۶۴ .
21. Sreekanth, P.D., Geethanjali, N., Sreedevi, P.D., Shakeel Ahmed, N. and Kamala Jayanthi, P.D. 2009. Forecasting Groundwater Level Using Artificial Neural Networks. Current Science. 96 (7): 933- 939.
- Resources Development Journal. 21 (2): 229-237.
15. Mehrdadi, N., Nabi bidhendi, G.R., Nasrabadi, T., Hoveidi, H., Amjadi, M., Shojaee, M.A. 2009. Monitoring the arsenic concentration in groundwater resources, case study: Ghezel ozan Water Basin, Kurdistan, Iran. Asian Journal of Chemistry 21 (1): 446-450.
16. Zare Abyaneh, H., Bayat Varkeshi, M., and Daneshkare Arasteh, P. 2011. Forecasting Nitrate Concentration in Groundwater using Artificial Neural Network and Linear Regression Models. International Agrophysics. 25 (2): 187-192.
17. Zare abyaneh, H., Yazdani, V. and Azhdari, KH. 2009. Comparative Study of Four Meteorological Drought Index Based on Relative Yield of Rain Fed Wheat in Hamedan Province. Physical Geography Research Quarterly. 69: 35-49.
18. Zare Abyaneh, H., Bayat Varkeshi, M., Marofi, S. and Amiri Chayjan, R. 2010. Evaluation of Artificial Neural Network and Adaptive Neuro Fuzzy Inference System in Decreasing of Reference Evapotranspiration