

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی

مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها

اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله



مدلسازی نیتريت و نیتترات به کمک شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) مطالعه موردی رودخانه جاجرود

علیرضا پارسا¹، سید احمد میرباقری²، سیده هدی رحمتی³

1- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست- منابع آب، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات تهران

Email : Musicmanalirezaparsa@Gmail.com

2- استاد و مدیر گروه مهندسی محیط زیست- منابع آب، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات تهران

Email : Seyedahmad_mirbagheri@yahoo.com

3- استاد یار گروه مهندسی محیط زیست- منابع آب، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات تهران

Email : drhodarahmati@Gmail.com

چکیده

رودخانه جاجرود یکی از مهمترین رودخانه‌های استان تهران می‌باشد که آب شرب بیش از 30 درصد مردم تهران را تأمین می‌کند که در نتیجه حفظ کیفیت آب و سلامت آن و تعیین منابع و آثار زیست محیطی آن بسیار مهم و منطقی خواهد بود و یکی از مهمترین قویترین ابزارهای مدیریتی برای این کار استفاده از مدل‌های کامپیوتری برای شبیه سازی پارامترهای کیفی آن از جمله نیتريت و نیتترات می‌باشد. در ابتدا اجرای یکسری اقدامات اولیه از جمله تعیین یک بازه زمانی نمونه برداری کیفی از آب رودخانه و همچنین تعیین طول مشخصی از رودخانه جهت نمونه برداری و مطالعه ضروری است. در این پژوهش هدف، بررسی پارامترهای کیفی رودخانه جاجرود از جمله نیتريت و نیتترات مدل سازی این پارامترها به کمک شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) بوده است. برای این منظور بازه مورد نظر از ابتدای روستای گرمابدره تا ابتدای ورودی دریاچه سد لتیان با طول تقریبی 30 کیلومتر در نظر گرفته شد. که بزرگترین مشکل آن آلودگی به مواد آلی و میکروبی می‌باشد. شبیه سازی کیفی رودخانه جاجرود در طی 4 ماه در هر فصل (اردیبهشت، مرداد، آبان و بهمن) جهت مدلسازی دو پارامتر نیتريت و نیتترات توسط شبکه های عصبی مصنوعی صورت پذیرفت که برای این منظور از نرم افزار MATLAB جهت مدلسازی استفاده گردیده است. نتایج به دست آمده نشان داد که مدل مذکور قادر است شبیه سازی را در حد قابل قبولی انجام دهد. همچنین رودخانه جاجرود به دلیل سرعت هوادهی بالا دارای ظرفیت خودپالایی مناسبی در طول مسیر خود است. با توجه به نتایج خروجی پارامترهای نیتريت و نیتترات مشخص می‌گردد که مقادیر این پارامترها حتی در شرایط کم آبی (تابستان) در وضعیت مناسبی قرار داشته است که در ادامه به تفصیل به آن پرداخته شده است.

واژه های کلیدی : رودخانه جاجرود، مدلسازی، شبکه عصبی مصنوعی، پارامترهای کیفی



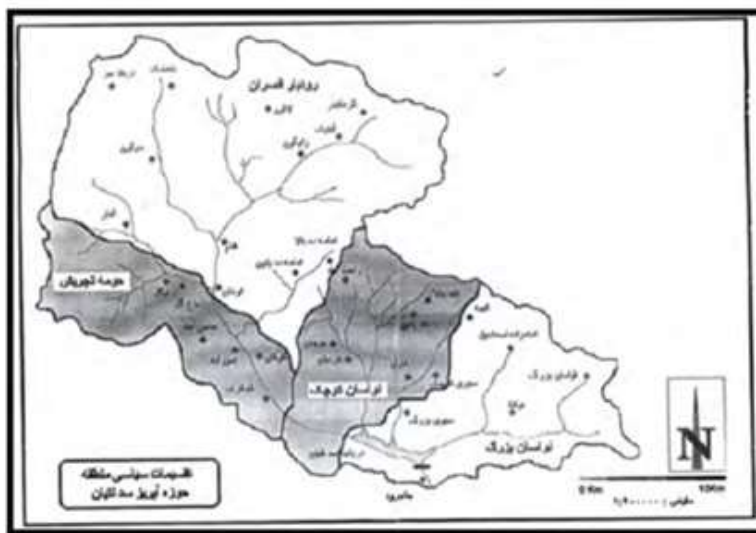
مقدمه

رودخانه ها و آبهای جاری، از دیر باز مورد نیاز و مورد توجه بشر بوده اند و جهت بهره بردن از منابع آبی مناسب، جوامع انسانی و مراکز صنعتی و کشاورزی و غیره معمولا در نزدیکی رودخانه ها برپا شده است. با گذشت زمان و گسترش این جوامع و به تبع آن افزایش استفاده از منابع آبی، دخل و تصرف غیر طبیعی و تغییر شرایط کیفی آب رودخانه ها افزایش یافته است. در این راستا سنجش، تحلیل و تفسیر داده های کیفی رودخانه ها به طور منظم این امکان را فراهم می سازد که ضمن استفاده از آن در موارد مختلف، شیوه های مدیریتی صحیح و مناسب اتخاذ گردیده و به تدریج از آلودگی رودخانه ها کاسته شده و به سمت کیفیتی با استاندارد قابل قبول حرکت نماید. [7]

به این ترتیب مطالعات زیادی در ارتباط با روشهای تحلیلی در دو دهه 50 و 60 صورت گرفت. ولی بطور کلی روش تحلیلی، پیچیده و نیازمند فرضیات ساده کننده، به ویژه در ارتباط با مدلسازی مسائل انتقال می باشد. تلاش های عمده که بعد از آن صورت گرفت. مربوط به روشهای عددی همزمان با ظهور کامپیوتر بود. روشهای تفاضل محدود و اجزاء محدود همراه با سری های زمانی یک مجموعه وسیعی از مدل های عددی را فراهم کرد [1] مدل های کیفی قادر به پیش بینی تغییرات غلظت پارامترهای مختلف در محیط آبی هستند و بنابراین هدف نهایی آنها ارائه راهکارهایی است تا به وسیله آنها بتوان این عدم تعادل و ناهماهنگی در محیط آبی مثل رودخانه را از بین برد. [3]

مواد و روشها

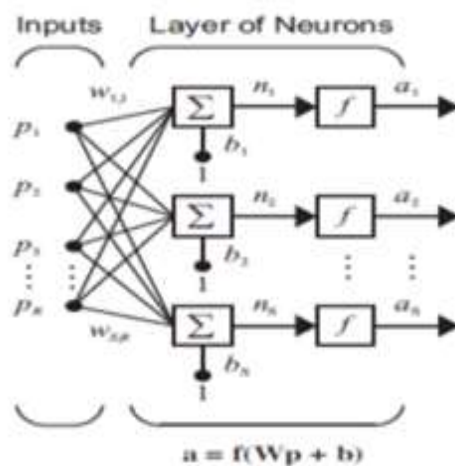
حوزه آبریز جاجرود با وسعت 1892 کیلومتر مربع با مختصات 35/25 تا 36 درجه عرض شمالی و 51/23 تا 52/6 طول شرقی در قسمت شرق و شمال شرق تهران قرار گرفته است [1]. شاخه اصلی این رودخانه به طول 140 کیلومتر از ارتفاعات خرسنگ واقع در شمال شرق تهران که جزء دیواره جنوبی ارتفاعات البرز مرکزی به حساب می آید سرچشمه گرفته، به طرف جنوب امتداد پیدا می کند و پس از عبور از روستای فشم و رسیدن به روستای اوشان و تغییر مسیر به طرف جنوب شرقی و طی مسیر رودک و لشکرک، وارد دریاچه لتیان می شود و پس از سد وارد منطقه جاجرود می گردد. [5] از جنبه اقلیم، مجموعه جاجرود در منطقه ای معتدل و نسبتا خشک واقع شده است و متوسط بارندگی سالانه آن 250 میلیمتر می باشد بخشی از حوزه با مساحت 692 کیلومتر مربع که بالاتر از سطح سد لتیان قرار دارد، قسمت عمده آب رودخانه جاجرود را تأمین می کند. بخش دیگر که مساحت آن 1200 کیلومتر مربع می شود به علت پائین بودن میزان بارندگی نقش کمتری در تأمین آب رودخانه دارد [3]. شکل شماره یک تقسیمات حوزه سد لتیان و روستاها را نشان میدهد. [6]



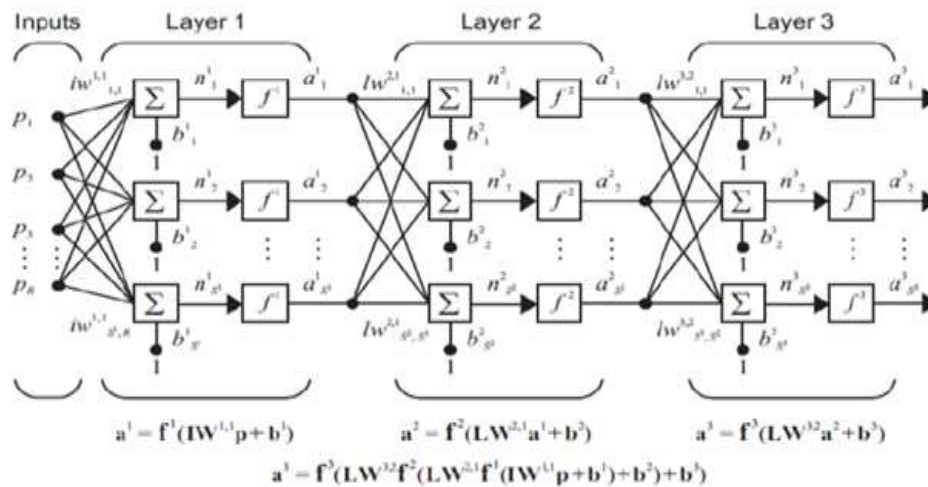
شکل 1- تقسیمات منطقه حوضه سد لتیان [6]

شبکه های عصبی مصنوعی (ANN)

شبکه های مصنوعی یک مدل ریاضی یا شکلی از محاسبه الگوریتم با اعمال شبکه سیستم نرون های بیولوژیکی می باشد. به طور کاربردی، شبکه های عصبی ابزار مدل سازی غیر خطی آماری می باشند که برای مدل کردن رابطه پیچیده بین ورودی و خروجی استفاده میشود [8]. دو یا چند نرون می توانند در یک لایه با هم ترکیب شوند و یک شبکه می تواند از یک یا چند لایه این چنینی تشکیل شود. در شکل 2 یک شبکه تک لایه با R ورودی و S نرون نشان داده شده است و شکل 3 یک شبکه سه لایه را همراه با اطلاعات تفکیک شده برحسب لایه های آن نشان می دهد:



شکل 2- شبکه تک لایه با R ورودی و S نرون. [5]



شکل 3 - شبکه سه لایه به همراه اطلاعات تفکیک شده [5]

انتخاب و پیش پردازش داده ها

در ابتدای کار قبل از شروع به تحقیق، اجرای کسری اقدامات اولیه و اساسی از جمله تعیین یک پریود زمانی نمونه برداری کیفی از آب رودخانه و همچنین تعیین طول مشخصی از رودخانه جهت نمونه برداری و مطالعه ضروری به نظر می رسد. در این تحقیق هدف مدلسازی 2 پارامتر نیتريت و نیترات به وسیله شبکه عصبی میباشد. در اینجا ما یک دوره یک ساله از بهار تا زمستان سال 1394 را در نظر گرفته اما در هر فصل یک ماه به عنوان مدل و شاخص استفاده شده است. به منظور شبیه سازی کیفیت آب رودخانه توسط مدل های کیفی و واسنجی¹ و تصدیق² این گونه مدل ها به پارامترهای کیفی آب نیاز می باشد. بنابراین بایستی این پارامترها در نقاطی از رودخانه اندازه گیری شوند. پارامترهای کیفی که جهت شبیه سازی کیفیت آب رودخانه جاجرد و واسنجی مدل برای این رودخانه به کار برده شدند عبارتند از: نیتريت و نیترات. به منظور دستیابی به پارامترهای کیفی مورد نیاز در این تحقیق از همکاری شرکت محترم آب منطقه ای تهران استفاده گردید. در اینجا سعی گردید تعدادی ایستگاه محدود که در کل معرف شرایط رودخانه در بازه مورد نظر باشد انتخاب گردد. بدین منظور 8 ایستگاه انتخاب گردید:

- 1- ایستگاه نمونه برداری مخلوط گرمابدر و آب نیک در فاصله 29/843 کیلومتری دریاچه سد لتیان که در واقع نزدیک ابتدای بازه مطالعاتی می باشد
- 2- ایستگاه نمونه برداری بعد از زایگان در فاصله 23/917 کیلومتری دریاچه سد لتیان می باشد که این ایستگاه بعد از ورودی لالان و زایگان می باشد.
- 3- ایستگاه نمونه برداری دو آب در فاصله 15/921 کیلومتری دریاچه سد لتیان می باشد این ایستگاه بعد از تقاطع فشم می باشد.
- 4- ایستگاه نمونه برداری اوشان در فاصله 13/159 کیلومتری دریاچه سد لتیان می باشد که بعد از شاخه فرعی آهار قرار گرفته است.
- 5- ایستگاه نمونه برداری بعد از حاجی آباد در فاصله 9/147 کیلومتری دریاچه سد لتیان می باشد. که بعد از شاخه فرعی گلوکان می باشد.

¹ calibration

² verification



6- ایستگاه نمونه برداری بعد از رودک در فاصله 6/904 کیلومتری دریاچه سدلتیان می باشد. که یکی از مهمترین ایستگاهها از نظر موقعیت است و تنها ایستگاه مهم هیدرومتری هم در این منطقه استقرار دارد و فعال است و تا حدود زیادی بیانگر اثرات آلودگی بر روی کیفیت آب رودخانه می باشد.

7- ایستگاه نمونه برداری بعد از زردبند در فاصله 2/474 کیلومتری دریاچه سدلتیان می باشد.

8- ایستگاه نمونه برداری بعد از پل لشکرک در نزدیکترین فاصله را به دریاچه سدلتیان دارا می باشد و آخرین ایستگاه نمونه برداری ما است در نتیجه تا حدود زیادی نمایانگر تأثیر آلاینده های شهر روستاها و شهرها بر روی کیفیت آب رودخانه می باشد. سپس از نتایج مشاهدات بدست آمده در ایستگاه های نمونه برداری جهت کالیبره و ارزیابی مدل برای رودخانه استفاده گردید.

بحث و نتایج

با توجه به داده های برداشت شده که طی 4 ماه از 8 ایستگاه روی رودخانه جاجرود برداشت شده است، پارامترهای نیترات و نیتریت با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی شبیه سازی گردید. برای شبیه سازی مقادیر نیترات از 5 پارامتر دما، هدایت الکتریکی، فسفات غیر آلی، قلیانیت کل، pH و آمونیاک به عنوان متغیر های وابسته در نظر گرفته شد. از 70 درصد طول داده ها برای آموزش و 30 درصد بقیه برای تست شبکه استفاده گردید. برای اجرای شبکه نوع شبکه در حالت پیش فرض Free- back prop forward انتخاب می گردد تا دسترسی و تغییرات برای لایه ها و نرون ها امکان پذیر باشد. تابع آموزش TRINLM و تابع یادگیری LEARNGDM به صورت سعی و خطا و نیز با توجه به پیشنهاد شبکه و نوع داده های مورد استفاده انتخاب گردید. نوع خطا MSE و تعداد 2 لایه برای آموزش استفاده گردید. همچنین در هر لایه تعداد 10 نرون با توجه به پیشنهاد نرم افزار و نیز تابع انتقال TANSIG با سعی و خطا انتخاب گردید. برای اجرای شبکه 1000 تکرار و حداقل خطا انتخاب گردید. در نهایت داده نتایج هر شبیه سازی بصورت زیر حاصل گردید. لازم به ذکر است از معیار R2 و خطای RMSE برای صحت سنجی مدل استفاده شد. پارامترهای کیفی اندازه گیری شده در رودخانه جاجرود در 8 ایستگاه به ترتیب زیر برآورد شده است.

جدول 1- پارامترهای کیفی رودخانه جاجرود در اردیبهشت ماه در ایستگاههای نمونه برداری

پارامتر	مخلوط گرمابدر و آب نیک	بعد از زایگان	دو آب	بعد از اوشان	بعد از حاجی آباد	بعد از رودک	بعد از زرد بند	بعد از پل لشکرک
دما	9	9	8	10	10	8	8	9
هدایت الکتریکی	279	287	287	261	270	303	306	306
اکسیژن محلول	8.2	8.8	8.6	8.6	8.5	8.4	8.8	8.2
اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی	1	2	1.8	1.6	2	1	1.3	1
نیترات	8.1	8.2	4.1	9	9.1	5.7	5.7	5.6
فسفات غیر آلی	0.06	0.06	0.24	0.37	0.23	0.19	0.21	0.24
قلیانیت کل	122	126	116	110	114	116	120	120



8.01	7.91	7.91	7.66	7.66	7.18	8.1	8.04	PH
0.37	0.35	0.31	0.47	0.43	0.4	0.12	0.39	آمونیاک

جدول 2- پارامترهای کیفی رودخانه جاجرود در مرداد ماه در ایستگاههای نمونه برداری

پارامتر	مخلوط گرمابدر و آب نیک	بعد از زایگان	دو آب	بعد از اوشان	بعد از حاجی آباد	بعد از رودک	بعد از زرد بند	بعد از پل لشکرک
دما	13	14	13	13	13	14	14	16
هدایت الکتریکی	361	335	392	407	406	429	435	420
اکسیژن محلول	7.2	7.5	8.4	8.4	8.7	8.1	7.8	8.7
اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی	3.3	1	3.6	1.9	4	1.7	2.1	1.5
نیتрат	6.6	6.8	7.9	8.5	8.5	5.7	5.2	5.7
فسفات غیر آلی	0.06	0.07	0.06	0.05	0.08	0.04	0.02	0.02
قلیانیت کل	152	144	162	162	162	164	162	150
PH	7.94	8.03	7.8	7.99	7.98	7.8	7.84	7.96
آمونیاک	0.06	0.05	0.13	0.15	0.15	0.05	0	0.07

جدول 3- پارامترهای کیفی رودخانه جاجرود در آبان ماه در ایستگاههای نمونه برداری

پارامتر	مخلوط گرمابدر و آب نیک	بعد از زایگان ن	دو آب	بعد از اوشان	بعد از حاجی آباد	بعد از رودک	بعد از زرد بند	بعد از پل لشکرک
دما	4	5	7	8	9	10	10	10
هدایت الکتریکی	300	302	394	399	402	402	407	400
اکسیژن محلول	9	8.8	8.3	8.4	8.6	8.6	8.9	9.2
اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی	2.2	2.1	1.3	2	1.4	1	1	1.5
نیترات	3.6	3.4	6.9	7	7	4.7	4.2	4
فسفات غیر آلی	0.03	0.03	0.02	0.06	0.05	0.02	0.02	0.04
قلیانیت کل	129	127	155	153	159	149	153	147



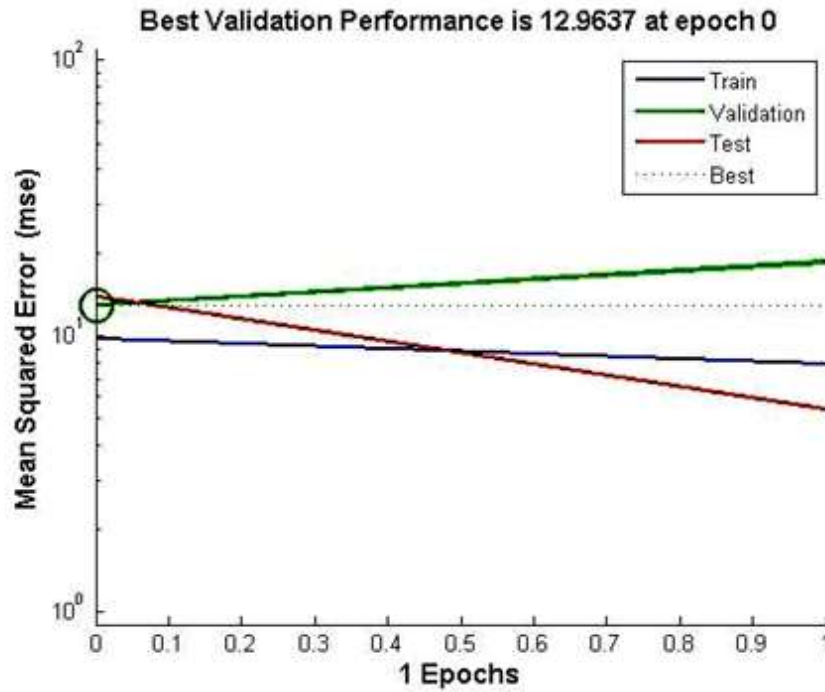
8.47	8.43	8.4	8.38	8.27	8.25	8.25	8.3	PH
0	0.08	0.08	0	0	0	0	0	آمونیاک

جدول 4- پارامترهای کیفی رودخانه جاجرود در بهمن ماه در ایستگاههای نمونه برداری

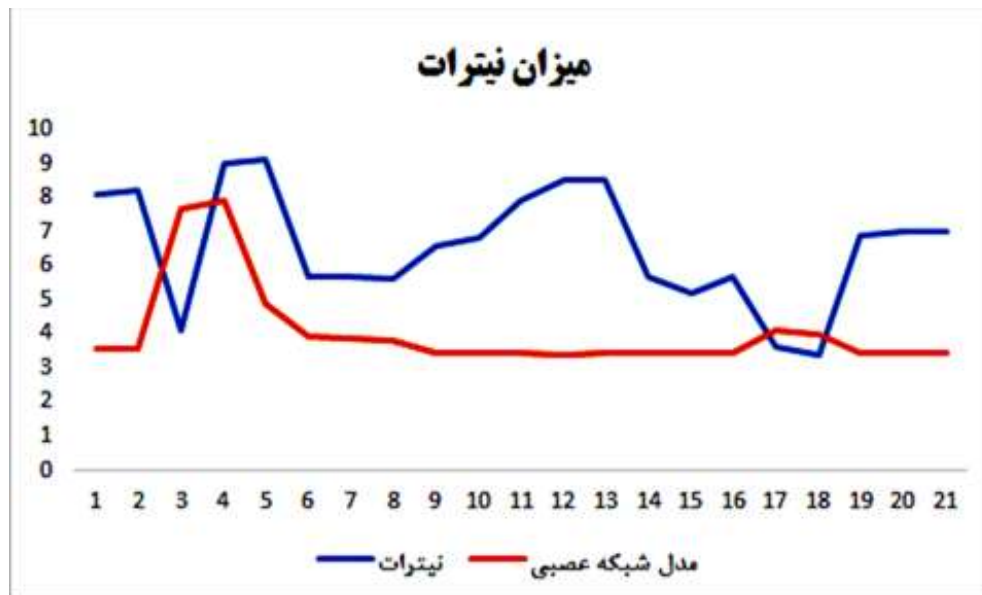
پارامتر	مخلوط گرمابدر و آب نیک	بعد از زایگان	دو آب	بعد از اوشان	بعد از حاجی آباد	بعد از رودک	بعد از زرد بند	بعد از پل لشکرک
دما	3	3	3	2	3	1	1	1
هدایت الکتریکی	326	326	453	452	455	416	412	412
اکسیژن محلول	9.3	9.6	9.4	10.1	9.9	9.9	10.2	10.2
اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی	1	1.6	1	2.2	1.5	1.2	1	1
نیترات	6.8	8.7	9.8	10.2	10.4	6.8	6.7	6.5
فسفات غیر آلی	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.03
قلیانیت کل	143	139	151	153	153	159	159	155
PH	8.36	8.49	8.51	8.42	8.62	8.32	8.38	8.41
آمونیاک	0.1	0.11	0.09	0.21	0.19	0	0	0

شبیه سازی نیترات

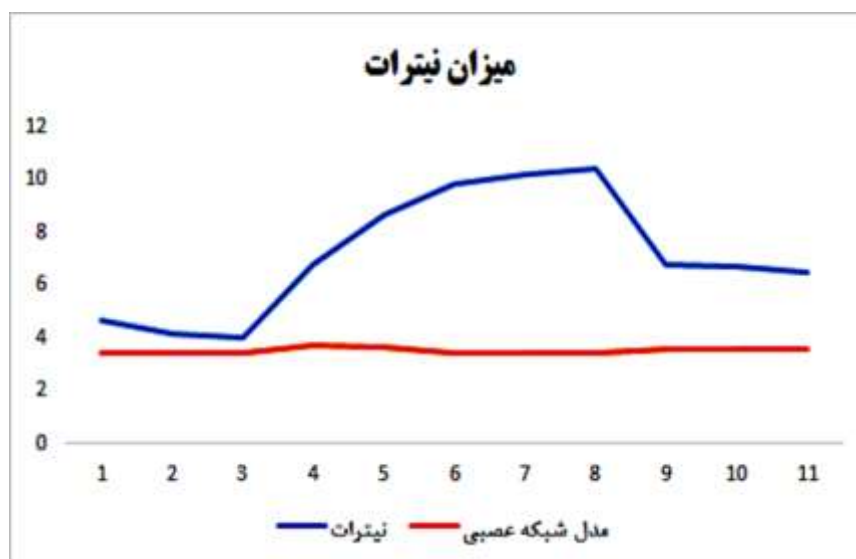
برای شبیه سازی نیترات همان طور که در بالا ذکر شد از 5 پارامتر ورودی که بر میران نیترات موجود در آب رودخانه تاثیر مستقیم دارند استفاده شده است. خروجی شبکه عصبی برای این پارامتر به قرار زیر خواهد بود. در شکل 4 به وضوح مشخص است که از 1000 دوره آموزش تعیین شده برای شبکه، پاسخ بهینه در همان اولین دوره بدست آمده است.



شکل 4- تغییرات پارامتر نیترا در شبیه سازی با شبکه عصبی

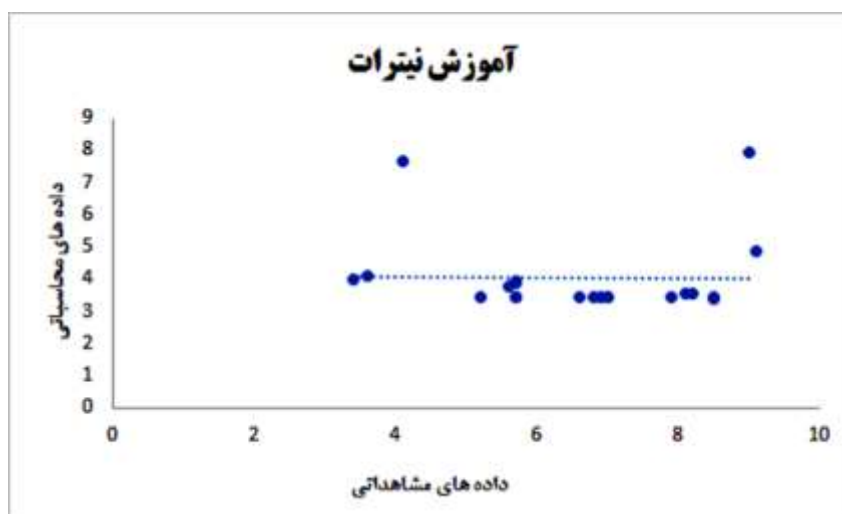


شکل 5- تغییرات پارامتر نیترا در مرحله آموزش شبکه

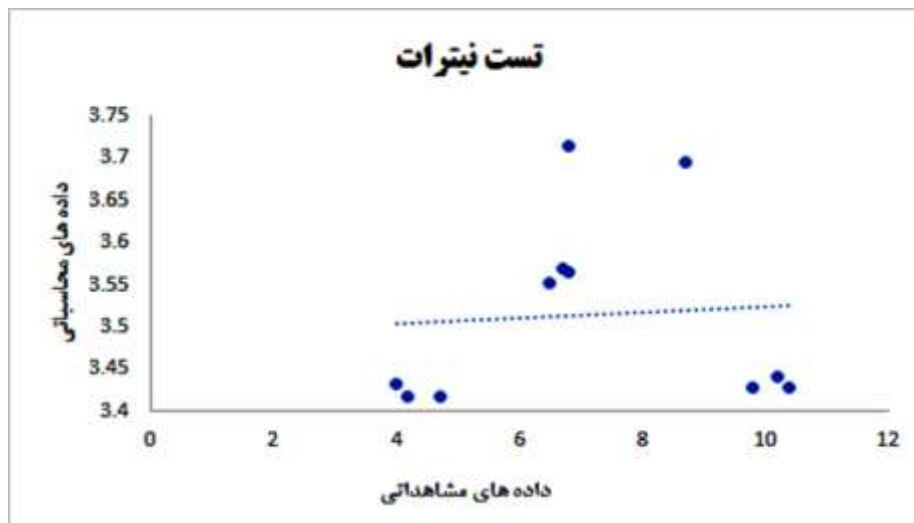


شکل 6- تغییرات پارامتر نیترات در مرحله تست شبکه

در ابتدا و انتهای دوره آموزش وضعیت تطابق داده های شبیه سازی با داده های مشاهداتی مطلوب است اما در اواسط دوره چنین وضعیتی مطلوب نمی باشد و این امر تنها از عدم طول کافی برای داده ها ناشی شده است. این روند برای تست شبکه نامطلوب تر می باشد. برای نمودارهای همبستگی داریم.



شکل 1- همبستگی داده های مشاهداتی و محاسباتی برای پارامتر نیترات در مرحله آموزش شبکه

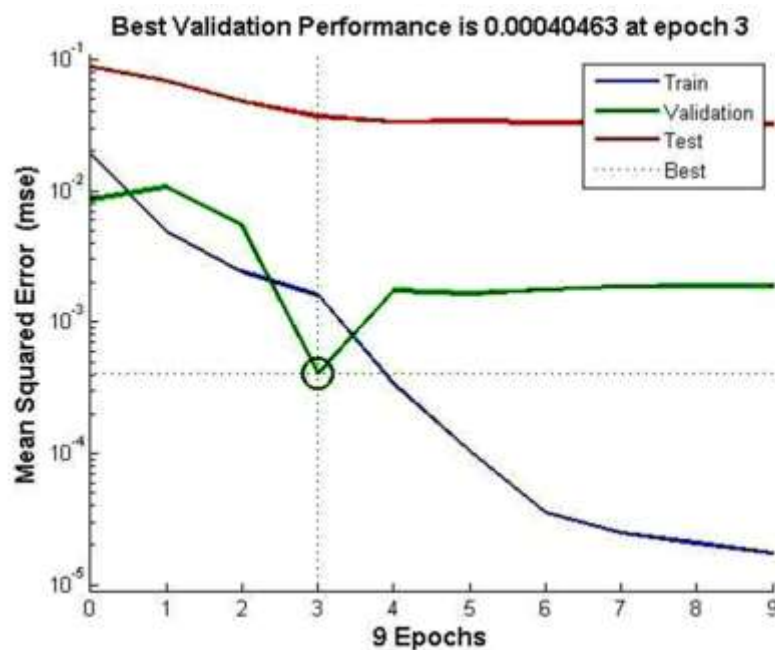


شکل 2- همبستگی داده های مشاهده ای و محاسباتی برای پارامتر نیترا در مرحله تست شبکه

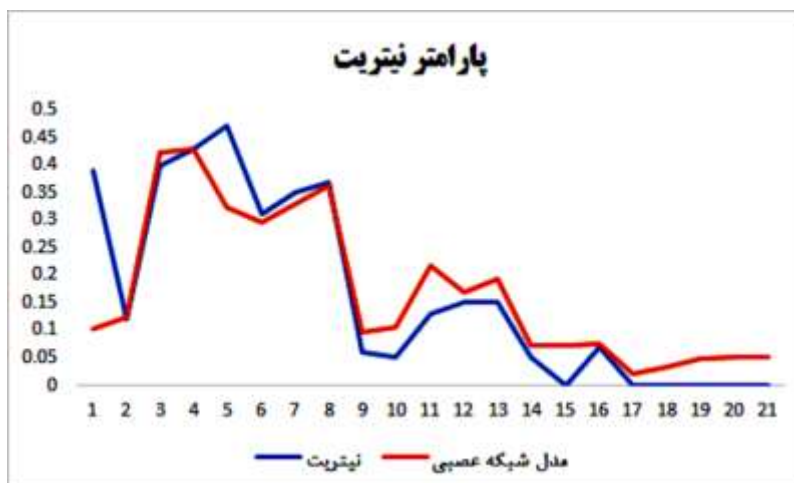
مقادیر همبستگی بدست آمده برای نیترا نیز از عدم برآورد مطلوب شبکه برای این پارامتر دارد.

شبیه سازی نیتريت

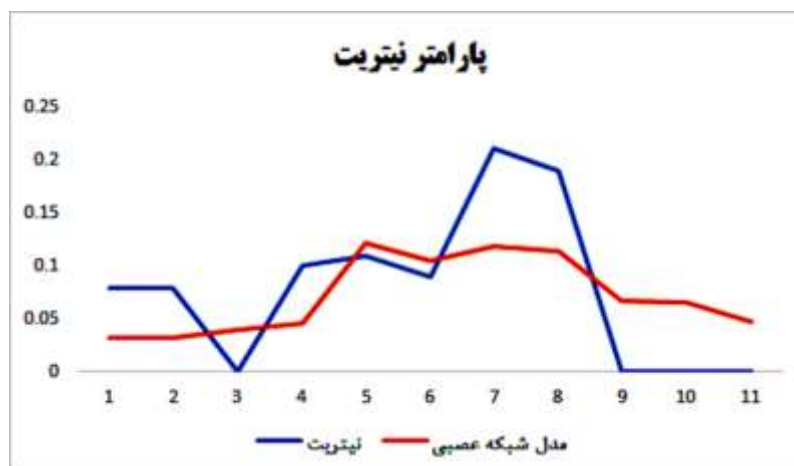
برای شبیه سازی نیتريت نیز از 5 پارامتر دخیل در آن استفاده گردید. خروجی شبکه عصبی برای این پارامتر به قرار زیر خواهد بود. در شکل 16 به وضوح مشخص است که از 1000 دوره آموزش تعیین شده برای شبکه، پاسخ بهینه در دوره 9 بدست آمده است. معیار خطا همان MSE می باشد که ملاک جواب بهینه نیز همین خطا بوده است. تغییرات و روند میزان نیتريت در رودخانه جاجرود در شکل 17 در مرحله آموزش و در شکل 18 در مرحله تست ترسیم شده است.



شکل 9- تغییرات پارامتر نیتريت در شبیه سازی با شبکه عصبی

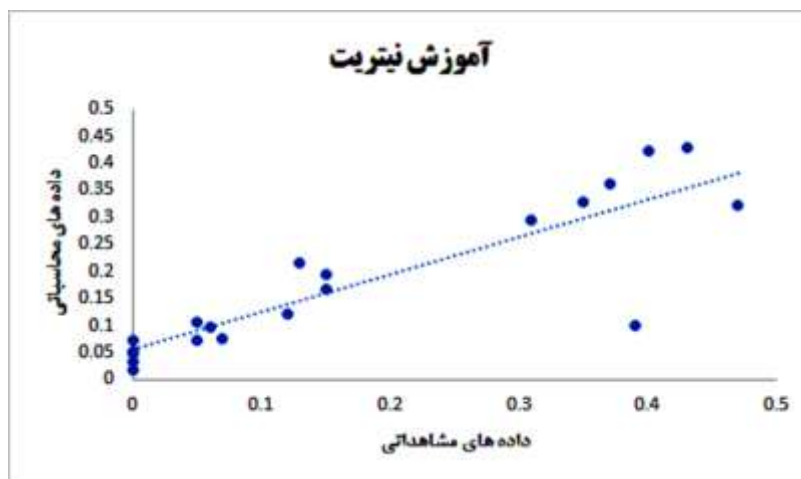


شکل 10- تغییرات پارامتر نیتريت در مرحله آموزش شبکه

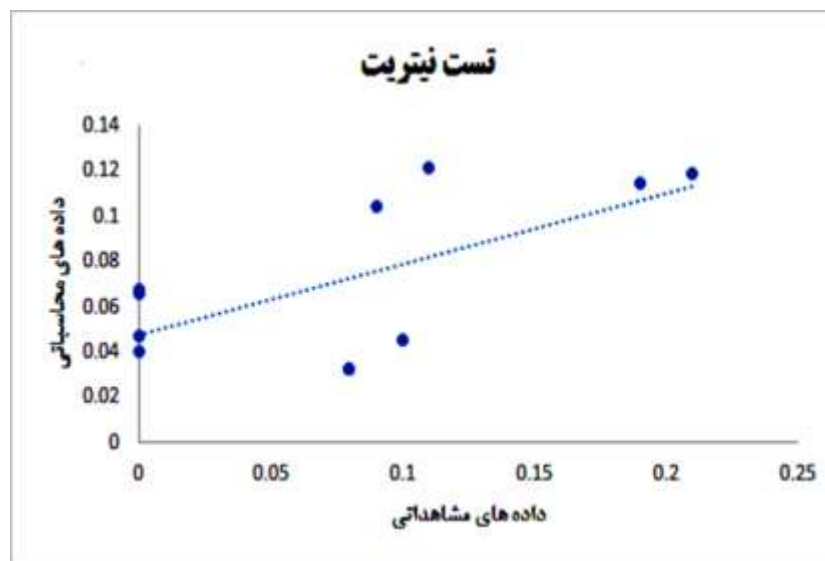


شکل 11- تغییرات پارامتر نیتريت در مرحله تست شبکه

تغییرات نیتريت و برآورد آن با شبکه عصبی نشان می دهد که هم در مرحله آموزش و هم در مرحله تست، شبکه برآورد مطلوبی را حاصل کرده است. وجود تعداد لایه بیشتر و نرون در هر لایه توانسته است علیرغم نبود داده کافی، برآورد مطلوبی را بدست آورد. در مرحله تست نیز روند داده های شبیه سازی در مقایسه با داده های محاسباتی مناسب ارزیابی می گردد. نمودارهای همبستگی نیز به قرار زیر می باشد.



شکل 12- همبستگی داده های مشاهداتی و محاسباتی برای پارامتر نیتريت در مرحله آموزش شبکه



شکل 3- همبستگی داده های مشاهداتی و محاسباتی برای پارامتر نیتريت در مرحله تست شبکه

با توجه به نمودارهای همبستگی به وضوح مشخص است که همبستگی داده های مشاهداتی و محاسباتی نیتريت در هر دو مرحله آموزش و تست مناسب ارزیابی می گردد. برای بررسی بهتر محاسبات مربوط به میزان R^2 و خطای $RMSE$ برای تمامی پارامترها در هر دو مرحله آموزش و تست انجام شده است که به صورت زیر گزارش می گردد.



نیتريت		نيترات		پارامتر و معیار های صحت سنجی
تست	آموزش	تست	آموزش	
0/41	0/77	0/0058	0/0002	R2
0/05	0/08	4/27	3/29	RMSE

جدول 5- معیارهای صحت سنجی شبکه عصبی در پارامترهای مختلف

با توجه به نتایج حاصل از جدول 5 مشاهده می گردد که شبکه عصبی مصنوعی مورد نظر برای داده های کیفی رودخانه جاجرود، بهترین عملکرد را در پارامتر نیتريت از خود نشان داده است به طوری که مقدار همبستگی 0/77 برای آموزش و 0/41 برای تست را به ترتیب با خطای 0/08 و 0/05 حاصل کرده است. یکی از دلایل آن وجود پارامترهایی از قبیل نیتريت در شبیه سازی آن می باشد. حذف و یا اضافه کردن هر نوع ورودی برای شبکه عصبی با توجه به ماهیت آن روی پاسخ نهایی تاثیر بسزایی دارد.

نتیجه گیری کلی

با توجه به آنچه بیان گردید، نتایج زیر بصورت خلاصه قابل برداشت است. در این تحقیق استفاده نوع شبکه back prop Free-forward با تعداد 2 لایه و 10 نرون از طریق سعی و خطا حاصل شده است، برای داده های نیتريت به ازای استفاده از داده های ورودی موجود نتایج قابل قبولی را ارائه کرده است. یکی از علل مهم در عدم دقت مدل در شبیه سازی پارامترها عدم وجود طول داده کافی برای آموزش و در نهایت برای تست شبکه می باشد. با توجه به عدم آموزش درست شبکه که عمدتاً از داده های کم یا ورودی های غیر مرتبط بوجود می آید، تست یا همان پیش بینی شبکه نیز با مشکل روبرو خواهد بود. همچنین نتایج حاصل از مقایسه با سایر محققان نشان داد که نه تنها طول دوره آماری مورد استفاده در تخمین و شبیه سازی شبکه عصبی بسیار موثر است، بلکه استفاده از داده های ورودی با ماهیت مرتبط که بر روی مدل خروجی تاثیر مستقیم دارند بسیار مهم و قابل تامل است. لذا لزوماً استفاده از هر نوع داده ورودی نمی تواند باعث ابتر شدن نتایج شبیه سازی گردد.



مراجع

- [1] فرامز، محمد؛ مدل ریاضی یک بعدی انتقال آلودگی در کانالهای مرکب، پایان نامه کارشناسی ارشد، سازه های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، سال 1382، ص 32
- [2] میثاقی، ف و محمدی، ک؛ پیش بینی تغییرات کیفیت اب رودخانه زاینده رود با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی، دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، سال 1383، ص 10.
- [3] هاشمی منفرد، آرمان؛ تهیه مدل سه بعدی انتقال و پخش پارامترهای کیفی و لایه بندی آنها در مخازن سدها، پایان نامه دکتری دانشکده مهندسی عمران، دانشکده صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، سال 1390، ص 3
- [4] بیات، حو. 1370، مجموعه مناطق جاجرود، انتشارات سازمان محیط زیست، ص 67-69
- [5] براتی، فرناز. (۱۳۹۲). مدل سازی آلودگی رودخانه جاجرود تهران از مدل QUAL2K. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم و تحقیقات تهران
- [6] یوسف دوست، ایسن؛ ام البنین محمدرضاپور؛ آرش یوسف دوست و ناهید زرین دست، ۱۳۹۳، مقایسه شبکه عصبی مصنوعی GRNN,MLP و روش LMR در پیش بینی جریان ماهانه رودخانه و بهینه سازی برنامه ریزی و مدیریت منابع اب جاجرود، همایش ملی آب، انسان و زمین، اصفهان، شرکت توسعه سازان گردشگری اصفهان، http://www.civilica.com/Paper-WHEC01-WHEC01_218.html
- [7] کلاغچیان، رضا. (1387). "کاربرد تئوری آنتروپی در طراحی بهینه سیستم های پایش رودخانه ها مطالعه موردی رودخانه جاجرود. طرح تحقیقات کاربردی معاونت پژوهش و مطالعات پایه کمیته تحقیقات شرکت آب منطقه ای تهران"
- [8] بهرامی، س. (1392). "مدل سازی فرایندهای رأکتور هوادهی تصفیه فاضلاب با استفاده از شبکه عصبی هوشمند. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی تهران."



سومین کنفرانس سالانه پژوهش های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری

The third annual conference for research in architecture, urban planning and urban management



SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله