

پیش بینی فرآیند تصفیه خانه‌ی فاضلاب با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در کیفیت منابع آب (منطقه مورد مطالعه: گرگان)

داوود گیلک^۱، رمضانعلی الوند^۲، افراسیاب میرزایی^۳، مریم وفایی^{۴*}

- ۱- معاون طرح و توسعه - آب منطقه ای گلستان
- ۲- مدیر طرح های منابع آب - آب منطقه ای گلستان
- ۳- مدیر شبکه های آبیاری و زهکشی - آب منطقه ای گلستان
- ۴- کارشناس ارشد منابع آب - شرکت مهندسان مشاور ماهر آب عمران گستر

*نویسنده مسئول: ma.vafae2014@gmail.com

خلاصه

افزایش جمعیت، محدودیت منابع غیریکنواخت و استفاده بی‌رویه از این منابع محدود، از جمله مسائل مهم مطرح در حوضه‌های مختلف زندگی بشر محسوب می‌شوند. در این پژوهش به منظور مدل‌سازی رفتار تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب گرگان از مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. با در نظر گرفتن مشخصه‌های کیفی در ورودی تصفیه‌خانه‌ی گرگان، مشخصه‌های خروجی تصفیه‌خانه پیش‌بینی شد. داده‌های ورودی به مدل شامل پارامترهای اکسیژن موردنیاز بیو-شیمیایی (BOD)، اکسیژن موردنیاز شیمیایی (COD)، کل جامدات معلق (TSS)، اسیدیته (PH) و دبی فاضلاب و خروجی آن شامل BOD، COD و TSS بود. نتایج اجرای ساختارهای مختلف مدل شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که بهترین ساختار شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی فرآیند تصفیه‌خانه دارای خطای 0.07 (NRMSE) و همبستگی 0.96 (r) بود. میانگین پارامترهای BOD، COD و TSS در خروجی تصفیه‌خانه به ترتیب برابر $29/5$ ، $16/8$ و 10 و مقادیر متناظر شبیه‌سازی شده با ساختار عصبی مصنوعی برابر 0.86 ، 0.84 و 0.87 بود. بنابراین می‌توان کاربرد شبکه عصبی مصنوعی را در مدل نمودن فرآیند تصفیه‌خانه کارآمدتر دانست که تأثیر بسزایی در محیط‌زیست و کیفیت منابع آب را دارد.

کلمات کلیدی: فاضلاب، شبکه عصبی مصنوعی، آلاینده، تصفیه‌خانه گرگان.

مقدمه

تولید فاضلاب در حجم زیاد از نتایج اجتناب‌ناپذیر گسترش جمعیت امروزی می‌باشد. فاضلاب‌ها برای جوامع بشری خطرناک بوده و بر روی محیط‌زیست طبیعی آثار مخربی برجای گذاشته است. بنابراین حفظ محیط زیست طبیعی، منابع آبی و جلوگیری از آلوده شدن آن‌ها توسط انسان‌ها و پساب‌های حاصل از فعالیت‌های انسانی، حائز اهمیت بوده است. فاضلاب‌ها قبل از تخلیه و دفع به آب‌های سطحی، مورد تصفیه قرار می‌گیرند [1]. ایران در اقلیم خشک و نیمه خشک قرار گرفته است و با توجه به گزارش‌های بانک جهانی تا سال ۲۰۲۵ با بحران آبی مواجه می‌باشد به همین منظور استفاده از آب‌های تصفیه شده اهمیت زیادی دارد چرا که بحران کمبود آب ممکن است به میزان دو برابر افزایش یابد [2]. عملکرد تصفیه‌خانه‌ها تابعی از عوامل مختلف کیفی فاضلاب است که امروزه تصفیه فاضلاب

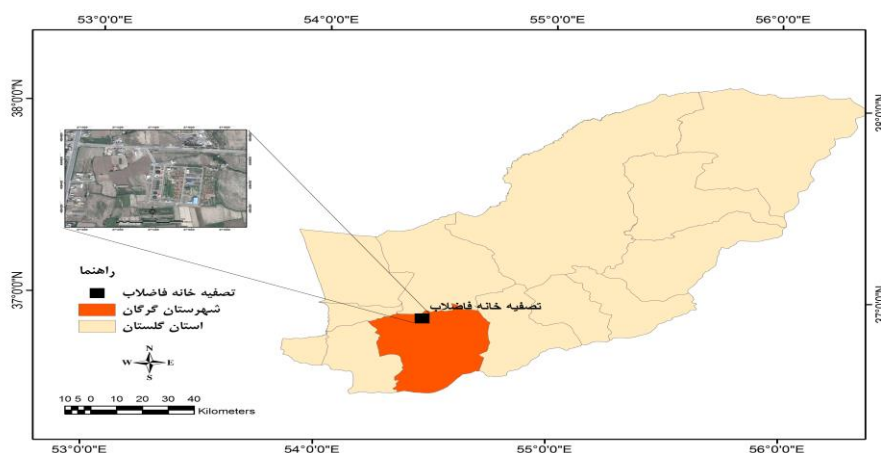
شهری و دفع آن از لحاظ زیست محیطی یکی از ضروری ترین عملکردهای شهری می باشد. تحقیقات زیادی برای یافتن روش های کم هزینه و ساده تصفیه فاضلاب در کشورهای در حال توسعه و پیشرفته صورت گرفته است. شبکه های عصبی مصنوعی ابزار مناسبی برای آنالیز و مدل سازی ارتباط های غیرخطی در اکولوژی می باشد و در طی دهه های اخیر بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته است [3]. برای پیش بینی پارامترهای کیفی پساب خروجی از تصفیه خانه ای واقع در تایوان از دو روش شبکه عصبی مصنوعی و سیستم فازی استفاده کردند. که این تحقیق مشخصه های اسیدیته PH، دما (T)، املاح جامد (SS) و COD فاضلاب در ورودی مدل، برای پیش بینی COD و SS پساب استفاده شد. که نتایج حاصله نشان دهنده کارایی بالای شبکه عصبی مصنوعی بود. و همچنین در مطالعه ای، خطای شبکه عصبی مصنوعی در تصفیه فاضلاب، ۱۰ درصد گزارش شد [4]. در تحقیق دیگر مطالعه ای برای ارزیابی تصفیه خانه اکباتان انجام دادند که به نتیجه خوب ۰/۹۲ برای حذف آلاینده ها دست یافتند [5]. در مطالعه دیگر با ارزیابی عملکرد فاضلاب شماره یک پراکند-آباد مشهد به نتایج خوبی رسید که مقدار بیشینه ضریب همبستگی برای پارامترهای BOD، COD، TSS به ترتیب برابر ۰/۸۶، ۰/۸۶، ۰/۸۰ بدست آمد [6]. و همچنین ندیری و همکاران، کارایی تصفیه خانه فاضلاب تبریز را با مدل های هوش مصنوعی بررسی کردند که این محققان هم به کارایی خوب این مدل ها در بازه حذف آلاینده ها اذغان داشتند [7]. و علی پورو همکاران عملکرد سیستم تصفیه خانه فاضلاب مشهد را بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که پساب این تصفیه خانه قابلیت استفاده در امر کشاورزی دارد [8].

بررسی منابع بیان گر کارایی خوب شبکه عصبی مصنوعی در ارزیابی عملکرد تصفیه خانه های فاضلاب می باشد. لیکن تاکنون مطالعه ای در خصوص تصفیه خانه فاضلاب گرگان انجام نشده است. ضمن آن که مطالعات اندکی با شبکه عصبی مصنوعی در مدل سازی تصفیه خانه فاضلاب صورت گرفته است. بنابراین، هدف این مطالعه ارزیابی کارایی مدل شبکه عصبی مصنوعی در مدل سازی فرآیند تصفیه خانه فاضلاب گرگان و برآورد عوامل کیفی پساب خروجی می باشد.

مواد و روش بررسی

تصفیه خانه ی مورد مطالعه:

تصفیه خانه فاضلاب گرگان از لحاظ موقعیت مکانی در ۸۴ درجه و ۲۰ دقیقه عرض غربی و ۴۰ درجه طول شمالی و در یک کیلومتری روستای سرخنکلاته واقع است (شکل ۱). فاضلاب شهرستان گرگان به صورت ثقلی جمع-آوری و وارد تصفیه خانه می گردد.



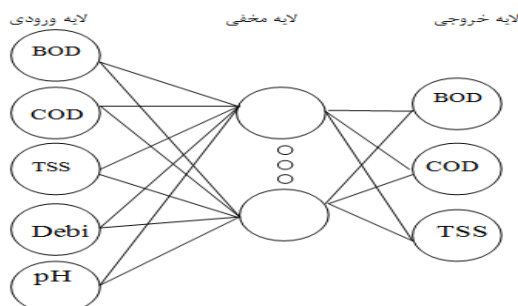
شکل ۱- موقعیت مکانی تصفیه خانه گرگان

داده های استفاده شده:

در برآورد کیفیت پساب و ارزیابی عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب، از ثبت پارامترهایی مانند: اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی (BOD)، دبی (Q)، اسیدیته (Ph)، اکسیژن موردنیاز شیمیایی (COD) و کل جامدات معلق (TSS) در خروجی تصفیه‌خانه استفاده می‌شود که با مقادیر متناظر ورودی مقایسه می‌گردد. مقادیر ماهانه ی BOD، COD، PH، TSS و دبی تصفیه‌خانه برای سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۴ به عنوان اطلاعات ورودی موردنظر قرار گرفت که در جدول ۱ نشان داده شده است. به همین ترتیب مقادیر پارامترهای BOD، COD، TSS در پساب خروجی به صورت اطلاعات خروجی استفاده شد. در هر مرحله ۵ پارامتر در ورودی و ۳ پارامتر در خروجی داریم که در جدول ۱ نشان داده شد. پس از جمع آوری داده‌ها و بررسی کیفیت آن‌ها، اجرای ساختارهای متفاوت شبکه عصبی مصنوعی در نرم افزار Neuro Solution (Ver.5) صورت گرفت. نرم‌افزار مورد استفاده از قابلیت نرمال‌سازی داده‌ها برخوردار است. سپس، ۸۰ درصد داده‌ها برای آموزش شبکه و ۲۰ درصد باقی‌مانده برای تست شبکه در نظر گرفته شد. فایل داده‌ها باید به فرمت نوتبد (txt) به نرم‌افزار داده شود. تعداد لایه‌های میانی شبکه و تعداد نرون‌های هر لایه با فرض ۱ و ۲ لایه مخفی و تعداد نرون‌های لایه میانی ۱، ۲، ۳، ...، ۱۰ نرون در نظر گرفته می‌شود. قانون‌های یادگیری لوبنبرگ مارکوات^۱ و توابع محرک تانژانت^۲، سیگموئید^۳ مورد ارزیابی قرار گرفت [5].

شبکه های عصبی مصنوعی:

شبکه عصبی از سه لایه مستقل تشکیل شده است. شامل لایه‌های ورودی که داده‌ها را برای شبکه عصبی ایجاد می‌کنند، لایه‌های پنهان که داده‌ها در این لایه پردازش می‌یابند و ممکن است یک و یا چند لایه باشد. لایه‌های خروجی که نتایج شبکه عصبی را نمایش می‌دهند. هر لایه شامل چند نرون می‌باشد و همه این نرون‌ها در لایه‌های مجاور به هم متصل می‌گردند. در هر نرون یک تابع ریاضی خاص که تابع فعال‌سازی نامیده می‌شود داده‌های ورودی را از لایه قبلی می‌گیرد و خروجی‌های ایجاد شده به لایه بعدی وارد می‌شود. به این ترتیب اطلاعات از یک لایه به لایه دیگر انتقال می‌یابد. هر لایه با وزن به لایه دیگر متصل است. مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی مدل‌های محاسباتی هستند که قادرند رابطه بین ورودی‌ها و خروجی‌های یک دستگاه را با شبکه‌ای از گره‌های متصل به هم تعیین نمایند. شکل ۲، ساختار شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده در مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۲- ساختار شبکه‌ی عصبی مصنوعی استفاده شده در تصفیه‌خانه

¹ Levenberg Marquat

² Tan H

³ Sigmoid

و در نهایت بعد از آموزش شبکه با محاسبه مربعات خطای نرمال^۱ (NRMSE)، و ضریب تعیین^۲ (r) در هر مرحله، بهینه-ترین ساختار شبکه انتخاب شد (روابط ۱ تا ۲). هدف از آموزش شبکه ساختار مناسب براساس کمترین خطا و بیشترین همبستگی معرفی می‌گردد.

$$NRMSE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Ti - Yi) / n}}{\frac{\sum_{i=1}^n Ti}{n}} \quad (1)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (Ti - Ti(\text{mean})) (Yi - Yi(\text{mean}))}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Ti - Ti(\text{mean}))^2 (Yi - Yi(\text{mean}))^2}} \quad (2)$$

در روابط بالا: Ti : مقدار واقعی، Yi : مقدار پیش‌بینی شده، n : تعداد الگوها، $Yi(\text{mean})$: میانگین مقادیر پیش‌بینی شده با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و $Ti(\text{mean})$: میانگین مقادیر واقعی. در این تحقیق نتایج اجراهای شبکه عصبی مصنوعی در شبکه به صورت جداول و نمودارهای مختلف رسم شد. با رسم نمودار رگرسیونی، طبق مدل خطی ($Y = a + bT$) مناسب بودن روند کار ارزیابی شد. در رابطه a و b ، ضریب‌های ثابت مدل برازشی است.

نتایج و بحث

در جدول ۱ پارامترهای ورودی و خروجی تصفیه‌خانه گرگان که مورد مطالعه قرار گرفته است نشان می‌دهد.

جدول ۱- پارامترهای ورودی و خروجی تصفیه‌خانه

داده‌ها	متغیر	واحد	بیشینه	میانگین	کمینه
ورودی	BOD	mg/L	۳۲۰	۱۷۷/۳۷	۸۳
	COD	mg/L	۶۲۸	۳۵۵/۱۹	۱۷۱
	TSS	mg/L	۵۱/۲	۱۷/۹۹	۹/۶
	دبی	m ³ /h	۱۱۵۱۹	۷۶۳۱/۶۱	۵۲۸۴
	Ph	-	۷/۹۴	۷/۴۵	۷/۰۴
خروجی	BOD	mg/L	۸/۵	۲۹/۵	۲/۲
	COD	mg/L	۲۹/۵	۱۶/۸	۱۰
	TSS	mg/L	۳۴۳	۱۰	۱۰۱

۵ پارامتر در ورودی و ۳ پارامتر در خروجی داریم که در جدول ۱ نشان داده شد. مقادیر BOD و COD در افزایش بازده حذف عنصرهای آلوده‌کننده ازت و فسفر در فاضلاب‌ها نقش زیادی دارد [9]. پارامتر PH نیز به دلیل ارتباط با فعالیت‌های بیولوژیکی اهمیت بسزایی دارد [10].
جدول ۲ ماتریس همبستگی پارامترهای استفاده شده را نشان می‌دهد.

¹ Normal Root Mean Square Error

² Correlation Coefficient

جدول ۲- ماتریس همبستگی پارامترهای مورد استفاده

BOD	TSS	COD	PH	COD	دبی	TSS	BOD
خروجی	خروجی	خروجی		ورودی		ورودی	ورودی
							BOD ورودی
						۱	TSS ورودی
					۱	۰/۱۹۲	دبی ودی
				۱	۰/۱۰۵	۰/۳۱۷*	COD ورودی
			۱	۰/۱۰۱	۰/۳۰۹*	-۰/۱۴۶	PH
		۱	-۰/۱۵۳	۰/۱۷۵	-۰/۲۷۳*	۰/۲۶۵**	COD خروجی
	۱	۰/۲۳۷	-۰/۲۲۵	۰/۱۸۰	۰/۰۹۸	۰/۴۷۶**	TSS خروجی
۱	۰/۱۲۰	۰/۷۳۸**	-۰/۱۴۹	۰/۲۳۲	-۰/۱۷۴	۰/۱۵۶	BOD خروجی

* معنی داری در سطح ۰/۰۵ و ** معنی داری در سطح ۰/۰۱

جدول فوق نشان دهنده همبستگی بین پارامترهای ورودی و خروجی با یکدیگر است که به صورت ماتریس همبستگی در قالب یک جدول نشان داده شد. سطح معنی داری همه‌ی پارامترها به جز COD خروجی کمتر از ۵ درصد است. از ضریب همبستگی پیرسون در دو سطح معنی داری ۰/۰۵ و ۰/۰۱ در نرم افزار SPSS به عنوان شاخص ریاضی استفاده شد که تاییدی بر ارتباط بین الگوها و تعیین جهت و ارتباط بین متغیرهای مستقل و مجهول را دارد [5].

طبق جدول ۲، کمترین همبستگی با مقدار ۰/۱۲۰ به TSS خروجی و BOD خروجی مربوط است و بیشترین همبستگی به مقدار ۰/۷۳۸ به COD خروجی و BOD خروجی تعلق دارد. مشخصه‌های فاضلاب در ماه‌ها و سال‌ها متفاوت است و همبستگی‌های مختلفی دارد. طبق جدول برای مثال، با افزایش BOD خروجی COD خروجی ارتباط مستقیم دارد و همبستگی‌های معکوس هم وجود دارد، که در میزان فعالیت‌های شیمیایی و روند آن‌ها تاثیر می‌گذارد [7]. مقادیر ماهانه پارامترهای BOD، COD، TSS، PH و دبی به عنوان ورودی به شبکه عصبی مصنوعی در آرایش‌های مختلف داده شد. نتایج اجرای ساختارهای بهینه مدل شبکه مصنوعی در بررسی عملکرد تصفیه‌خانه را در جدول ۳ مشاهده می‌کنیم.

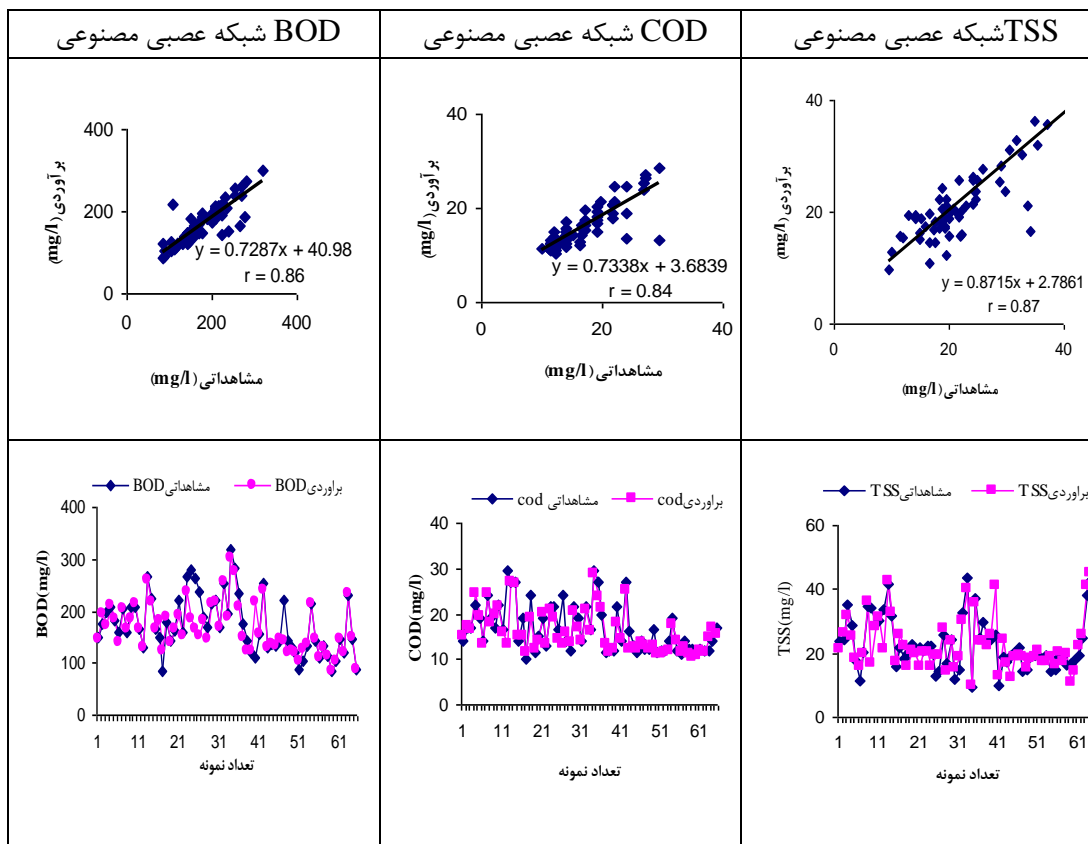
جدول ۳ - نتایج اجرای ساختارهای بهینه مدل شبکه عصبی مصنوعی در بررسی فرآیند تصفیه خانه

ردیف	روش	قانون یادگیری	تابع محرک	تعداد نرون عصبی	NRMSE (mg/l)	r
۱	ANN	لونیبرگ مارکوات	تانژانت	۵-۱۰-۳	۰/۰۷	۰/۹۶
۲	ANN	لونیبرگ مارکوات	سیگموئید	۵-۱۰-۳	۰/۲۱	۰/۸۸
۳	ANN	لونیبرگ مارکوات	تانژانت	۵-۹-۳	۰/۰۹	۰/۹۴
۴	ANN	لونیبرگ مارکوات	سیگموئید	۵-۹-۳	۰/۲۵	۰/۸۶
۵	ANN	لونیبرگ مارکوات	تانژانت	۵-۸-۳	۰/۱۱	۰/۹۴
۶	ANN	لونیبرگ مارکوات	سیگموئید	۵-۸-۳	۰/۲۸	۰/۸۶

در تنظیم جدول ۳، از شاخص‌های خطاسنجی مجذور میانگین خطای نرمال شده و ضریب تبیین استفاده شده است. هر چه مجذور میانگین خطای نرمال کمتر باشد به این معنا است که آرایش بهینه‌تر برای پیش‌بینی پارامترهای خروجی تصفیه فاضلاب می‌باشد. مجذور میانگین خطای نرمال شده هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد دقت بالاتر است. در شبکه عصبی مصنوعی بهترین ساختار باقانون آموزش لونیبرگ مارکوات و تابع محرک تانژانت با NRMSE ۰/۰۷ و ضریب همبستگی ۰/۹۶ مشاهده شد.

با ارجاع به تحقیق زارع‌ابیانه و همکاران، کمترین خطا به ساختاری باقانون آموزش لونیبرگ مارکوات و تابع محرک تانژانت تعلق دارد [12] و همچنین مطالعه ندیری و همکاران، در بررسی عملکرد تصفیه‌خانه تبریز کمترین خطا باقانون آموزش لونیبرگ مارکوات و تابع محرک تانژانت مشاهده شد. بنابراین می‌توان ارزیابی فرآیند تصفیه فاضلاب را طبق این ساختار بهینه برای پیش‌بینی پارامترهای خروجی BOD، COD و TSS کارا تر دانست [7].

به منظور مقایسه بهتر نتایج شبکه عصبی مصنوعی در برآورد خروجی پارامترهای BOD، COD و TSS از ساختار بهینه که از جدول ۳ بدست آمد استفاده شد. ضمن آنکه در شکل ۳ خط برازشی نیز گویای همبستگی بین مقادیر برآوردی و مشاهداتی می‌باشد.



شکل ۳- مقایسه مقدار COD , TSS , BOD مشاهداتی و برآوردی

مقدار پارامتر BOD در شبکه عصبی مصنوعی با ضریب همبستگی ۰/۸۶ مشاهده شد. مقدار حذف آلاینده COD در شبکه عصبی مصنوعی طبق بهترین ساختار با ضریب همبستگی ۰/۸۴ مشاهده شد. مقدار پارامتر خروجی TSS در شبکه عصبی مصنوعی برابر ۰/۸۷ بدست آمد.

نتیجه گیری:

برای توسعه‌ی شهری و پیشرفت‌های صنعتی، امروزه استفاده‌ی مجدد از آب‌های نامتعارف مانند پساب‌های تصفیه شده از تصفیه‌خانه‌ها ضروریست. در این تحقیق از ساختار بهینه با قانون آموزش لونبرگ مارکوات و تابع محرک تانژانت در روش شبکه‌ی عصبی مصنوعی استفاده شد. بعد از مقایسه مقدار پارامترهای برآوردی با مشاهداتی مقدار بهینه شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی آلاینده‌های BOD ، COD و TSS به ترتیب برابر ۰/۸۶، ۰/۸۴ و ۰/۸۷ مشاهده شد. پیش-بینی شبکه عصبی نتایج قابل قبولی دارد. که با ارجاع به تحقیق شکوهیان، حذف آلاینده‌ها در تصفیه‌خانه‌ها با شبکه عصبی مصنوعی به دقت بالایی حذف آلاینده‌ها با این شبکه اشاره نمودند و هم‌چنین به افزایش کیفیت منابع آب پی بردند [11].

منابع

1. Ehrampoush MH, Hossein Shahi D, Ebrahimi A, Ghaneian MT, Lotfi MH, Ghelmani V, et al. "Evaluation of the Efficiency of sub-surface constructed wetland methods in wastewater Treatment in Yazd city in 2011". Toloo-E- behdasht. 2013 ; 12(1) : 33-43 .(Persian).
۲. توکلی، م.، جهانی بهنمیری، ا.، محمودی، ش. ۱۳۹۰. " برنامه ریزی و مدیریت طرح های استفاده ی مجدد از فاضلاب های تصفیه شده "، چاپ شرکت مدیریت منابع آب ایران.
3. Pai, T.Y., Tsai, Y.P., Lo, H.M., Tsai, C.H. and Lin, C.Y. 2007. " Grey and neural network prediction of suspended solids and chemical oxygen demand in hospital wastewater treatment plant effluent"., Journal of Computers and Chemical Engineering, Vol. 31(10), pp:1272 – 1281.
4. Dogan, E. Ates, A. Yilmaz, E.C. and Eren, B. 2008. " Application of Artificial Neural Networks to Estimate Wastewater Treatment Plant Inlet Biochemical Oxygen Demand"., Journal of Environmental Progress, Vol. 27(4), pp:439-446.
۵. زارع آبیانه، ح قاسمی، ع، بیات ورکشی، م. سبزی پرور، ع. ا. و محمدی، ک. (۱۳۸۹)، " ارزیابی کارایی دو نرم افزار شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی تبخیر - تعرق گیاه مرجع ". دانش آب و خاک، جلد ۱۹/۱ شماره ۲ : ۱۱ - ۱۶۳.
۶. رفعت متولی، ف.، ۱۳۹۲. " بررسی و پیش بینی عملکرد تصفیه خانه های فاضلاب با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی ANN و بهینه سازی مدل الگوریتم ژنتیک (GA)". پایان نامه مهندسی عمران - مهندسی محیط زیست، ۱۳۹۲.
۷. ندیری، ع.، اصغری مقدم، الف.، عبقری، ه. ۱۳۹۳. " مدل منطق فازی مرکب نظارت شده در تخمین قابلیت انتقال آبخوان ها، مطالعه ی موردی: دشت تسوج"، شماره ی ۱، صص ۲۱۹-۲۳۳.
۸. علی پور، م. ر. علیدادی، ح. نجف پور، ع. ا. پیروی، ر. و رحمتی یار، ه. ۱۳۹۴. " ارزیابی عملکرد سیستم برکه تثبیت تصفیه خانه فاضلاب اولنگ مشهد در سال ۹۲-۱۳۹۱". فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط. بهار ۱۳۹۴، شماره ۱، صص ۶۰-۶۸.
۹. بینا، ب.، موحدیان، ح.، پور زمانی، ح. ر. ۱۳۸۴. " بررسی تاثیر نسبت COD/N ورودی بر سرعت نیتریفیکاسیون در تصفیه ی فاضلاب با استفاده از یک راکتور پایلوت در مقیاس آزمایشگاه "، مجله ی آب و فاضلاب، سال شانزدهم، شماره ی ۱۶، صص ۳۰-۳۶.
۱۰. ذوقی، م. ج.، ذوقی، ت.، سعیدی، م. ۱۳۸۹. " پیش بینی غلظت آمونیوم و مواد آلی فاضلاب دفنگاه زباله با استفاده از شبکه ی عصبی مصنوعی "، مجله ی آب و فاضلاب، شماره ی ۷۴، دوره ی ۲۱، صص ۵۲-۶۰.
۱۱. شکوهیان، م. پور طریقه، ع. ر. ۱۳۹۲. " پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب صنعتی با استفاده از تخمین غلظت TSS با شبکه عصبی مصنوعی ". هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، زاهدان، ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ماه ۱۳۹۲.
۱۲. زارع آبیانه، ح. بیات ورکشی، م. معروفی، ص. ۱۳۹۰. محاسبه تبخیر و تعرق گیاه سیر به روش مدل سازی چندگانه تحت شرایط کاشت لایسیمتر. مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک، جلد ۱۸، شماره ۲، ۱۳۹۰.