نخستین کنفرانس ملی به سوی شهرسازی و معماری دانش بنیان
۳، اردیبهشت ماه، ۱۳۹۶، تهران، ایران

بررسی روند خودپالایی رودخانه زاینده رود با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی

فاطمه برمکی[۱]، مژگان احمدی ندوشن[۲]، هادی رادنژاد[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

[۲] استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

چکیده

رودخانه‌ها از مهمترین منابع تجدیدشونده و حیاتی آب شیرین جهت استفاده در امور کشاورزی، شرب و صنعت بشمار می‌روند. امروزه این آب‌ها به دلیل استفاده از مسیر رودخانه‌ها برای انتقال فاضلاب‌های شهری، صنعتی و زه‌آب‌های کشاورزی در معرض آلودگی گوناگونی قرار دارند. بنابراین آگاهی از روند تغییرات کیفی رودخانه‌ها در مقاطع زمانی و مکانی مختلف در جهت کنترل هر چه بهتر منابع آلاینده و بهبود کیفیت منابع آب موثر خواهد بود. در این تحقیق توان خودپالایی رودخانه زاینده‌رود توسط شبیه‌سازی داده‌های کیفی در مدل شبکه عصبی مصنوعی مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای مورد بررسی شامل اکسیژن محلول و اکسیژن خواهی بیوشیمیای بود، که این داده‌ها از ۱۱ ایستگاه پایش سازمان محیط زیست نمونه‌برداری شدند. نتایج شبیه‌سازی توسط شبکه عصبی مصنوعی نشان دهنده کارایی مناسب این مدل برای شبیه سازی بود. نتایج مدلسازی نشان داد به علت برداشت آب برای مصرف کشاورزی دبی آب رودخانه در ایستگاه‌های انتهایی بسیار کم بود و همچنین میزان اکسیژن محلول در این ایستگاه‌ها بسیار اندک و غلظت اکسیژن خواهی بیوشیمیایی به علت ورود پسآب صنعتی و انسانی بالا بود، به همین دلیل رودخانه قادر به پذیرش بار آلی بیشتری نیست و قدرت خودپالایی ندارد.

کلمات کلیدی: خودپالایی، شبکه عصبی مصنوعی، اکسیژن محلول، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی

۱- مقدمه

آب به عنوان یکی از عناصر تشکیل دهنده جهان خلقت می‌باشد که در اشکال مختلف چون اقیانوس، دریا، دریاچه و رودخانه وجود دارد. در حالی‌که حیات کره زمین وابسته به این عنصر با ارزش است، متاسفانه کم توجهی به دلیل فراوانی، ارزانی و... باعث نابودی تدریجی آن شده، به گونه ای که علائم بحران از مدتها پیش هویدا بوده و با ادامه ی روند موجود، در آینده ای نه چندان دور، جهان را با فاجعه ای عظیم مواجه خواهد ساخت [۲]. رودخانه‌ها یکی از زیر مجموعه‌های آبی و از مهمترین منابع طبیعی، اکوسیستم‌های پیچیده با کارکردهای طبیعی و اکولوژیکی مهم به جهت موجودات زنده از جمله انسان ها هستند، که نقش مهمی در تامین سلامت انسان و محیط زیست بازی می کنند [۱].

در بسیاری از مناطق دنیا، رایج‌ترین منابع آب مورد استفاده جهت مصارف مختلف از جمله آشامیدن، صنعت و کشاورزی رودخانه‌ها هستند [۸]. توسعه روز افزون فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و افزایش حجم قابل توجه فاضلاب‌های شهری موجب آلودگی آب بویژه رودخانه‌ها شده است [۴]. رودخانه‌ها از طریق فرآیندهای شیمیایی همانند (اکسیداسیون، هیدرولیزو واکنش‌های فتوشیمیایی) فرآیندهای فیزیکی همچون (ته نشینی، تبخیر و هوادهی) و یا فرآیندهای بیولوژیکی قادر به پاکسازی آلودگی وارد شده به خود هستند، که به این فرآیند خودپالایی[۱] گفته می‌شود [۱۰].

در اثر افزایش انواع آلودگی‌ها و استفاده از رودخانه‌ها به عنوان محل تخلیه آنها، در نظر نگرفتن اثرات زیست‌محیطی و عدم رعایت استانداردهای تخلیه، توان خودپالایی رودخانه‌ها کاهش یافته و کیفیت آنها به شدت تحت تاثیر قرار می گیرد. بنابراین باید ظرفیت پذیرش آلودگی رودخانه‌ها مشخص شود تا بیش از آن آلودگی به رودخانه‌ها وارد نشود و کیفیت آب برای بهره برداری بهینه در حد قابل قبولی قرار گیرد [۳].

مرجع [۵] با به کارگیری روش هیبرید شبکه عصبی- موجکی به تخمین پارامترهای کیفی رودخانه جاجرود در تهران و رودخانه قره‌سو در کرمانشاه پرداختند. همچنین با توجه به نتایج بدست آمده شبکه عصبی موجکی کارایی بالایی در پیش‌بینی پارامترهای کیفی آب رودخانه داشته است.

مرجع [۶] در مطالعه‌ای به پیش‌بینی پارامترهای کیفی و کمی آب در رودخانه کارون با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. نتایج بدست آمده نشان داد که دقت مدل‌های FF[۲]، RBFN[۴]، MLP[۳]، در برآورد و پیش‌بینی پارامترهای کیفی و کمی در رودخانه کارون به ترتیب برابر با ۹۰/۴ ٪، ۸۰/۵ ٪ و ۸۶ ٪ بوده است.

مرجع [۱۱] از دو روش شبکه عصبی مصنوعی (شبکه عصبی شعاعی و سیستم‌های عصبی نروفازی[۵] و یک مدل رگرسیون خطی چند متغیره[۱] برای شبیه‌سازی اکسیژن محلول، دما و کلروفیل نوع a در مرکز تایوان استفاده کردند. نتایج نشان دهنده آن بود که اجرای ANFIS از دو مدل قبلی یعنی RBFN و MLR[۶] برتر بوده و استفاده از مدل ANFIS در شبکه عصبی مصنوعی برای شبیه‌سازی متغیرهای کیفیت آب همراه با دقت قابل قبول مناسب می‌باشد.

۲- مطالب اصلی

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

رودخانه زاینده‌رود از رشته‌کوه زردکوه در پهنه زاگرس سرچشمه می‌گیرد. سپس از عبور از گسل اصلی زاگرس وارد پهنه سنندج- سیرجان می‌شود و نهایتا به باتلاق گاوخونی که در مرز سنندج- سیرجان واقع شده است، می‌ریزد [۹]. رودخانه زاینده‌رود تنها رودخانه دایمی این حوضه آبریز است که از دامنه‌های شرقی زردکوه بختیاری در زاگرس میانی سرچشمه گرفته و در جهت جنوب غربی- شمال شرقی تا محل سد زاینده رود جریان می‌یابد. از این نقطه به بعد رودخانه به سمت جنوب شرقی تغییر مسیر داده و با عبور از شمال استان چهارمحال بختیاری و دشت اصفهان، در حدود ۲۰ کیلومتری روستای ورزنه به باتلاق گاوخونی می‌ریزد [۷]. شکل (۱) نمایی از رودخانه زاینده رود همراه با ایستگاه‌های هیدرومتری را نشان می دهد.

۲-۲- داده‌های مورد نیاز

داده‌های کیفی مورد استفاده از طریق نمونه برداری انجام گرفت. تعداد ایستگاه‌های نمونه‌برداری ۱۱ عدد بود، که برای نمونه‌برداری از ایستگاه‌های پایش سازمان محیط زیست استان اصفهان استفاده شد. پارامترهای کیفی که جهت شبیه‌سازی کیفیت آب رودخانه زاینده‌رود به کار برده شده‌اند شامل اکسیژن محلول، اکسیژن خواهی بیولوژیکی، هدایت الکتریکی، دمای آب، کل جامدات محلول و pH بود.

۲-۳- روش شبکه عصبی مصنوعی

در این تحقیق به منظور بررسی وضعیت خودپالایی رودخانه زاینده‌رود از روش شبکه عصبی مصنوعی پرسپتون چند لایه استفاده شده‌است. تعداد نورون‌های لایه‌ی میانی انعطاف شبکه در میزان دقت پیش‌بینی را کنترل می‌کنند، تعداد نورون استفاده شده از فرمول 2^{n+1} بدست آمده که n نشان دهنده تعداد لایه‌های ورودی می‌باشد. در تخمین تعداد نورون از رویکرد سعی و خطا استفاده گردید.

کلیه‌ی عملیات اجرایی شبکه عصبی مصنوعی در محیط نرم افزار متلب انجام گردید. در این تحقیق برای مدل شبکه عصبی مصنوعی از داده‌های کیفی رودخانه در ۸ ماه متوالی استفاده شد. تعداد نمونه‌گیری‌ها به طور میانگین حدود ۴۰ عدد بود .در این مدل پارامترهای دما،[۷]pH،[۸]TDS[۹]EC به عنوان ورودی‌ها و پارامترهای[۱۰]BOD،[۱۱]DO به عنوان خروجی مدل در نظر گرفته شدند. شبیه‌سازی داده‌ها به روش پیش‌خور از نوع شبکه‌های عصبی پس انتشار با تابع انتقال تانژانت سیگموئیدی و ایپاک‌های مختلف صورت گرفت.

۳- نتایج

نتایج به‌دست آمده برای اکسیژن محلول و اکسیژن خواهی بیو شیمیایی به صورت زیر می‌باشد.

۳-۱- اکسیژن محلول

تغییرات مقادیر اکسیژن محلول مشاهده شده در ۱۱ ایستگاه نمونه برداری، در شکل (۲) نشان داده شده است. همانطور که مشخص است، غلظت اکسیژن محلول به طور کلی در طول مسیر رودخانه از ایستگاه‌های بالادست تا باتلاق گاوخونی به‌تدریج کاهش می‌یابد.

همانطور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، عمل شبیه‌سازی در مدل شبکه عصبی مصنوعی به خوبی انجام شده‌است و تفاوت چندانی بین داده‌های اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده دیده نمی‌شود. همچنین ضریب همبستگی بین داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده به مقدار ۰/۹۳۸ بدست آمد، که نشان دهنده صحت کار شبیه‌سازی است.

۳-۲- اکسیژن خواهی بیوشیمیایی

بر اساس بررسی نمونه‌های گرفته شده در ایستگاه‌های مختلف میزان اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD) از اولین ایستگاه یعنی چم حیدر تا ایستگاه ورزنه افزایش پیدا می‌کند، که در شکل (۴) نشان داده شده‌است. این موضوع نشان‌دهنده افزایش بار مواد آلی رودخانه در هنگام جریان و همچنین کاهش میزان بارندگی در ایستگاه‌های انتهایی می‌باشد.

همانطور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین داده‌های اندازه گیری شده و شبیه‌سازی شده دیده نمی‌شود و این شکل نشان دهنده آن است که عمل شبیه‌سازی در مدل شبکه عصبی مصنوعی به خوبی صورت گرفته است. ضریب همبستگی بدست آمده بین داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده ۰/۹۲۵ می‌باشد، که نشان‌دهنده‌ی صحت داده‌های شبیه‌سازی شده است.

۳-۳- اکسیژن محلول

بر اساس نمودار غلظت اکسیژن محلول در ایستگاه های مختلف، میزان اکسیژن محلول (DO) در دو ماه بهمن و اسفند بیشتر از ۶ ماه دیگر سال می‌باشد که می‌توان علت اصلی آن را کاهش دمای آب و کاهش متابولیسم موجودات آبزی دانست. همانطور که مشاهده می‌شود، کاهش میزان DO پس از زهکش زرین شهر شدت بیشتری پیدا می کند. دلیل این امر وجود مناطق مسکونی و فعالیت‌های متعدد در نواحی بالادست است. در این منطقه به واسطه پساب‌های برگشتی کشاورزی زرین شهر و روستاهای مجاور، اثر فعالیت‌های انسانی شدیدتر گشته و مصرف اکسیژن به علت ضایعات عالی افزایش می یابد. حضور صنایع فولاد و سایر صنایع نیز به این کاهش دامن می زند. شروع ناحیه دوم کاهش (DO) از پل

شهرستان بوده که نشان دهنده‌ی عبور رودخانه از شهر اصفهان است. دلیل دیگر کاهش اکسیژن محلول در مناطق پایین دست، جریان‌های ورودی فاضلاب شهری و ضایعات ناشی از کشتارگاه‌ها می‌باشد. با وجودی که این ضایعات تصفیه می‌شوند، واضح است که این عمل به میزان کافی و مناسب اجرا نمی‌شود، به طوری‌که در ایستگاه ورزنه میزان DO به ۰/۱ $\frac{mgr}{l}$ می‌رسد. با توجه به نمودار داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای برای اکسیژن محلول (شکل ۵) و همچنین ضریب همبستگی بدست آمده بین داده‌های اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده، می توان به این نتیجه رسید که شبیه‌سازی اکسیژن محلول توسط شبکه عصبی مصنوعی با صحت بالایی صورت گرفته است.

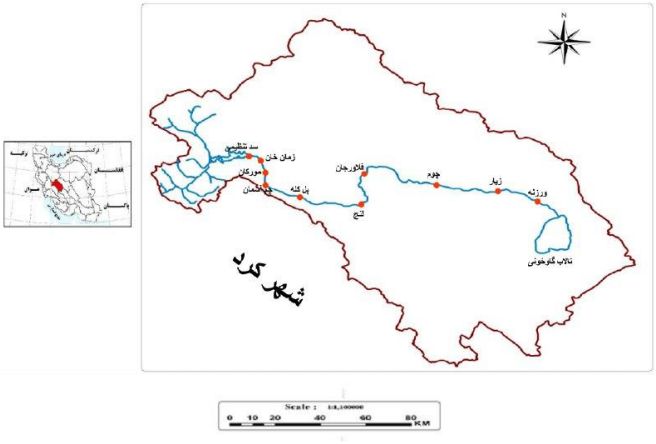
۳-۴- اکسیژن خواهی بیوشیمیایی

با توجه به نمودار میزان اکسیژن خواهی بیوشیمیایی در ایستگاه‌های مختلف ، غلظت اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD) در بالادست رودخانه اندک می‌باشد. ولی این پارامتر با ورود پساب صنایع مختلف به رودخانه در ایستگاه‌های انتهایی رودخانه افزایش پیدا می‌کند. دقیقا پس از خارج شدن رودخانه از شهر اصفهان ما شاهد افزایش میزان BOD در رودخانه هستیم، که نشان دهنده این است که اثر شهر اصفهان در بالا بودن مقدار اکسیژن خواهی بیولوژیکی آب تاثیر بسزایی دارد. همچنین به دلیل نبودن فرصت کافی برای خودپالایی رودخانه غظت BOD با افزایش آلودگی‌های مراکز جمعیتی اطراف رودخانه زاینده‌رود تا انتهای مسیر رودخانه به باتلاق گاوخونی در حال افزایش است. بالا بودن میزان BOD در تابستان به دلایل متفاوتی از جمله بالا بودن نسبی دما و افزایش فعالیت‌های متابولیکی و تند شدن تجزیه مواد آلی موجود در رودخانه می‌باشد. همچنین با توجه به ضریب همبستگی به دست آمده بین داده‌های اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده برای پارامتر BOD صحت کار مدلسازی تایید می‌شود

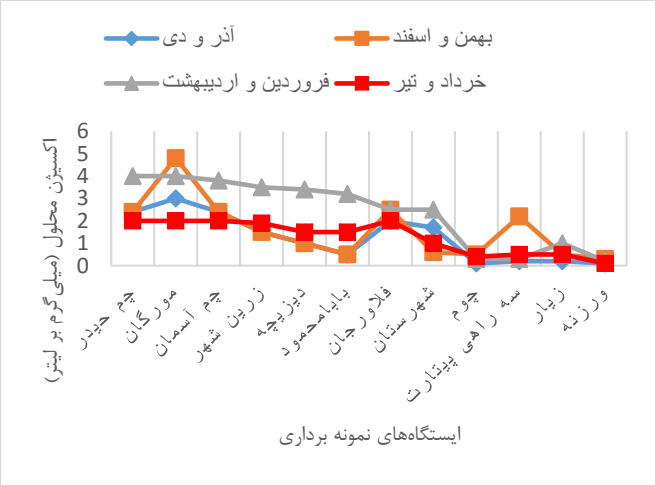
۱) به علت برداشت‌های بیش از حد آب از رودخانه برای مصارف کشاورزی، قبل از رسیدن رودخانه به ایستگاه ورزنه رودخانه تقریبا خشک می‌شود.

۲) غلظت اکسیژن محلول در طول رودخانه روند کاهشی دارد، که دلیل آن را می‌توان ورود منابع آلاینده متعدد در طول رودخانه و همچنین شرایط هیدرولیکی رودخانه اعم از کاهش سرعت جریان رودخانه و کاهش دبی آب عنوان کرد که منجر به کاهش میزان هوادهی رودخانه و باعث کاهش اکسیژن محلول در رودخانه می‌گردد.

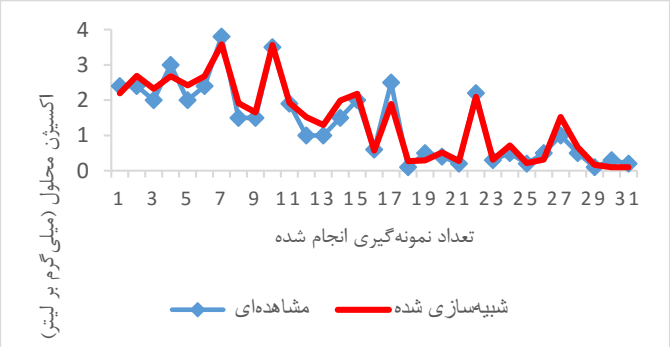
۳) میزان اکسیژن خواهی بیوشیمیایی در طول رودخانه افزایش یافته و علت اصلی آن ورود آلاینده‌های حاوی مواد آلی به رودخانه می‌باشد که باعث کاهش اکسیژن محلول رودخانه می‌گردد.



شکل (۱) نمایی از رودخانه زاینده رود در شهر اصفهان

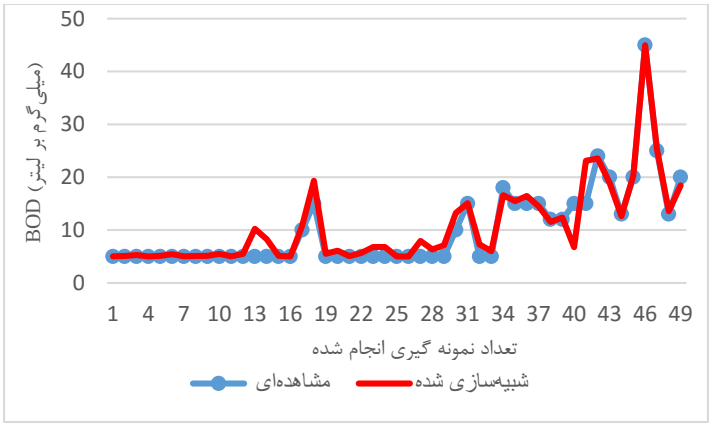


شکل (۲) میزان اکسیژن محلول($\frac{mgr}{l}$) در ایستگاه های مختلف



شکل(۳) نمودار داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای برای اکسیژن محلول ($\frac{mgr}{l}$)

شکل (۴) میزان اکسیژن خواهی بیوشیمیایی ($\frac{mgr}{l}$) در ایستگاه‌های مختلف



شکل (۵) نمودار داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای برای اکسیژن خواهی بیوشیمیایی ($\frac{mgr}{l}$)

مراجع

[۱] طبیعی، الف، **اثرات اکولوژیکی برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه**، همایش ملی انسان، محیط‌زیست و توسعه پایدار، ۱۹ و ۲۰ اسفند ماه، باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان، دانشگاه همدان، ۱۳۸۸.

[۲] رحیمی، ح، **مشکل ناشناختهٔ جهانی، بحران آب**، شماره دوم مجله پیک نور، ۱۳۸۲.

[۳] هوشمند، ع، جلالی، ع، صادقی لاری، ع، **محاسبه توان خود پالایی رودخانه زهره در ایستگاه‌های مورد مطالعه**، دومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب، ۸ تا ۱۰ بهمن، ۱۳۸۷.

[۴] وفایی، ف، عباسی نهوجی، ع، **بررسی عوامل موثر بر مکانیزم خودپالایی رودخانه ها**. دومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، ۱۳۹۱.

[۵] بانژاد، ح، کمالی، م، مرادی، ک، علیائی، الف، **تخمین برخی پارامترهای کیفی رودخانه ها با استفاده از مدل هیبرید شبکه-های عصبی- موجکی (منطقه مطالعاتی: رودخانه جاجرود تهران و قره سو کرمانشاه)**. مجله سلامت و محیط، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی. شماره سوم، ۱۳۹۱.

[۶] فتحیان، ح، هرمزی نژاد، الف، **پیش بینی پارامترهای کمی و کیفی جریان در رودخانه کارون (بازه ملاثانی – فارسیات) با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی** .مجله تالاب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال دوم، شماره هشتم، ۱۳۹۰.

[۷] جعفری، ر، **مدلسازی ریاضی خودپالایی رودخانه زرچوب رشت جهت صدور مجوز**، اولین همایش ملی مدیریت منابع آب اراضی ساحلی، دانشگاه علوم کشاورزی منابع طبیعی ساری، گروه مهندسی آب، ۱۷-۱۸ آذر ماه، ۱۳۸۹.

[۸] عبدل زاده، ع، غزبان، ف، زنگنه، ع، **بررسی توان خودپالایی رودخانه و مخزن با استفاده از مدل ریاضی مطالعه موردی (رودخانه جاجرود و مخزن سد ماملو)**. ششمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، ۱۳۹۱.

[۹] داوودی، الف، **بررسی خصوصیات ریخت سنجی حوضه رودخانه زاینده رود از سد زاینده رود تا پل زمان‌خان**. مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته شماره ۱۶. تابستان ۱۳۹۴.

[10] Fisenko, A., "*How Does the Niagara Whirlpool Get Involved in Niagara River Self-Purification",* Cornel University Library, 2013, *https://www.researchgate.net/publication* (accessed on May).

[11] Chen, W, Wen, C., "*Water quality modeling in reservoirs using multivariate linear regression and two neural network models*", Hindawi Publishing Corporation, pp. 1-12, 2015.

[1] Self - purification
[2] Feed forward
[3] MLP: Multi-Layer Perception
[4] RBFN: Radial Basis Function Neural Network
[5] ANFIS: Adaptive Neuro Fuzzy Inference System
[6] MLR: Multi Linear Regression
[7] Potential of Hydrogen
[8] TDS: Total Dissolved Solid
[9] EC: Electrical Conductivity
[10] BOD: Biological Oxygen Demand
[11] DO: Dissolved oxygen