تأثیر بافت خاک سطحی و بارندگی بر آلودگی رودخانه زاینده‌رود با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

کامران محسنی فر[1]، منی علی زاده باویه[2]

1- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان

2- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان (نویسنده مسئول)

mena.a1365@yahoo.com

چکیده:

رودخانه‌ها مهمترین منابع تامین کننده آب برای بخش کشاورزی، صنعت و شرب می‌باشند. ولی امروزه تبدیل بستری جهت انتقال پساب‌ها شده‌اند. مدل و معادله مناسبی برای پیش بینی آلودگی رودخانه‌ها به دلیل پیچیدگی فرآیندها وجود ندارد. شبکه عصبی مصنوعی برای این مورد بهترین و شاید تنها راه پیش‌بینی آلودگی می‌باشد. هدف این تحقیق استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی و برآورد کیفیت آب رودخانه زاینده رود است. با استفاده از اطلاعات GIS و ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه زاینده‌رود به 12 زیر حوضه تقسیم شد. جهت شبیه‌سازی اثر بافت خاک بر آلودگی رودخانه از سیستم شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید و مساحت مربوط به هر بافت و بارندگی ماهانه به عنوان ورودی سیستم و همچنین عناصر اندازه‌گیری شده در 12 ایستگاه هیدرومتری به عنوان خروجی انتخاب شد. در مجموع 1152 ورودی و 1872 خروجی به شبکه داده شد. نتایج نشان داد که بهترین شبکه با ضریب همبستگی برابر 87/47 و میانگین مربعات خطا برابر 0/045 می‌باشد و مدل‌سازی برای منیزیم، نسبت جذب سدیم، باقی‌مانده خشک، کلسیم، هدایت الکتریکی و کلر با کمترین خطا برابر با کمتر از 0/02 و برای پتاسیم، کربنات، بی‌کربنات، سولفات، سدیم و پی‌اچ به ترتیب با بالاترین خطا انجام شد.

کلمات کلیدی: بافت خاک سطحی، رودخانه، شبکه عصبی مصنوعی ، میانگین مربعات خطا

مقدمه

در سال‌های اخیر مدل‌های مختلفی برای برآورد کیفیت آب ارائه شده است از آنجا که کیفیت آب به فاکتورهای زیادی وابسته است. معمولاً اطلاعات و داده‌های موجود برای برآورد کیفیت آب وجود ندارد، بنابراین استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی و برآورد کیفیت آب روش مناسبی می‌باشد (ینگ 2007). تحقیقات زیادی در جهان در مورد شبکه های عصبی صورت گرفته است که می‌توان به پیش‌بینی بارندگی، مدلسازی آب‌های زیرزمینی و پیش‌بینی جریان رودخانه اشاره کرد (تالبی 2009).

ینگ (2007) در پیش‌بینی آلودگی (نیاز اکسیژن خواهی بیولوژیکی، اکسیژن محلول) آبگیر یوکایو چین استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی را روش مناسب، آسان و سریع با خطای کم دانست.

محسنی‌فر و همکاران (2010) تأثیر بارندگی بر روی آلودگی ایستگاه لنج رودخانه زاینده‌رود را با شبکه عصبی مصنوعی با ضریب هم‌بستگی 0/99 شبیه‌سازی نمود.

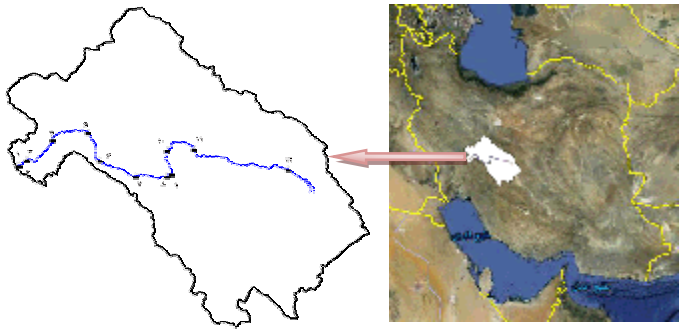
تحقیقات مختلفی روی منابع آلودگی آب رودخانه‌ها انجام شده است از جمله این عوامل مؤثر روی آلودگی رودخانه‌ها: نوع بافت خاک سطحی و پوشش اراضی (مسعود 2005، اویانگ 2008، انگلوو 2009) و بارندگی (عابدی کوهپایی1380، عرفان‌منش 1387) را می‌توان اشاره کرد.

هدف از انجام این تحقیق شبیه‌سازی اثر بافت خاک روی آلودگی رودخانه زاینده‌رود با استفاده از سنجش از دور و شبکه عصبی مصنوعی و همچنین بررسی مؤثرترین بافت در آلودگی رودخانه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

زاینده‌رود تنها رود مرکزی ایران می‌باشد که در غرب از زردکوه بختیاری (50/130 درجه طول و32/454 درجه عرض جغرافیایی) واقع در استان چهارمحال و بختیاری سرچشمه می‌گیرد و در شرق اصفهان (52/892 درجه طول و32/244 درجه عرض جغرافیایی) به طول 400 تا 580 کیلومتر به باتلاق گاوخونی می‌ریزد (شکل 1). حوضه زاینده‌رود با مساحت41533/457 کیلومتر مربع در محدوده ارتفاعی 147 متر تا 3974 متر قرار گرفته است و از نظر اقلیمی آب و هوای فراخشک تا بسیار مرطوب را در بر می‌گیرد.

شماره	ایستگاه
1	تونل اول
2	تونل دوم
3	چشمه دیمه
4	قلعه شاهرخ
5	سد تنظیمی
6	پل زمانخان
7	پل کله
8	دیزیچه
9	لنج
10	موسیان
11	پل چوم
12	ورزنه



شکل1- موقعیت حوضه زاینده‌رود و ایستگاه‌ها در کشور

با استفاده از نرم‌افزارهای ArcGIS, MapInfo از روی نقشه DEM نقشه توپوگرافی و خطوط تراز حوضه زاینده‌رود مشخص شد و با توجه به نقشه آبراهه‌ها و ایستگاه‌های هیدرومتری کنار رودخانه زاینده‌رود، حوضه به 12 زیرحوضه تقسیم شد مساحت هر زیرحوضه توسط نرم افراز محاسبه گردید.

بر اساس نقشه تهیه شده از سازمان محیط زیست استان اصفهان، تعداد 7 گروه بافت خاک سطحی در کل حوضه مشخص شد. با استفاده از نرم‌افزار MapInfo بافت خاک به تفکیک در 12 زیرحوضه محاسبه شد (جدول 1). همچنین بارندگی روزانه (سازمان آب استان اصفهان و چهارمحال و بختیاری) به بارندگی ماهانه و برای هر ایستگاه محاسبه شد.

جدول1- بافت‌های مختلف سطحی خاک محیط و مساحت آن در حوضه رودخانه زاینده‌رود

ردیف	بافت خاک	بافت خاک	مساحت(km^2)	محیط(km)
1	S	شنی	22249/91	6860/33
2	LS	شنی لومی	5653/51	4483/91
3	SL	لومی شنی	8098/28	4666/10
4	SCL	لومی رسی شنی	3831/69	1664/61
5	L	لوم	1444/05	790/46
6	CL	لومی رسی	299/46	417/52
7	No Texture	بدون بافت (مناطق مسکونی)	40/73	33/04

اطلاعات مربوط به کیفیت آب شامل منیزیم، نسبت جذب سدیم، باقی‌مانده خشک، کلسیم، هدایت الکتریکی، کلر، پتاسیم، کربنات، بی‌کربنات، سولفات، سدیم و پی‌اچ در ایستگاه‌های هیدرومتری مربوط به سال 1384 جمع‌آوری شد. لازم به ذکر است تنها در این سال کلیه اطلاعات مورد نیاز به صورت همزمان با تصاویر ماهواره‌ای وجود داشت و لذا این سال مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

به منظور شبیه‌سازی بافت خاک روی آلودگی رودخانه زاینده‌رود از شبکه پرسپترون چند لایه استفاده شد. این شبکه شامل یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی است. برای آموزش این شبکه، از الگوریتم پس انتشار

استفاده شد. در طی آموزش شبکه پرسپترون چند لایه به کمک الگوریتم یادگیری الگوریتم پس انتشار، ابتدا محاسبات از ورودی شبکه به سوی خروجی شبکه انجام شد. سپس مقادیر خطای محاسبه شده به لایه‌های قبل انتشار یافت.
یکی از فاکتورهایی که روی آلودگی رودخانه مؤثر است نوع بافت خاک می‌باشد بنابراین بافت خاک و بارندگی ماهانه به عنوان عامل ورودی و هر یک از پارامترهای کیفی آب رودخانه زاینده‌رود (شامل: منیزیم، نسبت جذب سدیم، باقی‌مانده خشک، کلسیم، هدایت الکتریکی، کلر، پتاسیم، کربنات، بی‌کربنات، سولفات، سدیم، پی‌اچ و بارندگی) به عنوان خروجی در نظر گرفته شد (شکل2).

ورودی خروجی

شکل 2- ورودی و خروجی‌های شبکه عصبی

پس از تعیین مساحت 7 بافت مختلف و بارندگی در دوازده زیر حوضه به صورت ماهانه و نرمال کردن اعداد (بین 1و 1-) با استفاده از نرم‌افزار Matlab 60 درصد اطلاعات به صورت تصادفی برای آموزش شبکه و 40 درصد بقیه برای صحت‌سنجی انتخاب و وارد شبکه شدند (ینگ 2007). مجموع 1152 عدد به عنوان ورودی[1] و 12 آلاینده رودخانه در 12 ایستگاه در مجموع (12×12×12) 1728 عدد به عنوان خروجی[2] به شبکه داده شد.
با تغییر تعداد نرون‌ها و لایه‌ها میانگین مربعات خطا[3] (معادله 1)، ضریب رگرسیون و خطا (معادله 2) برای هر پارامتر محاسبه شد.

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{q}(y_j(t) - d_j(t))^2 \quad (1)$$

$$E_t = \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{q}(y_j(t) - d_j(t))^2 \quad (2)$$

که در آن: $E_{(t)}$ خطا مربوط به زمان t، MSE میانگین مربعات خطا، q تعداد نرون در لایه خروجی، (S_2) j تعداد نرون در $yj_{(t)}$، $yj_{(t)}$ مقادیر واقعی لایه خروجی در زمان t، $dj_{(t)}$ مقادیر برآورد شده توسط شبکه در لایه خروجی و n: تعداد ورودی‌ها یا خروجی‌ها می‌باشد (ینگ و ارنتورک 2007).

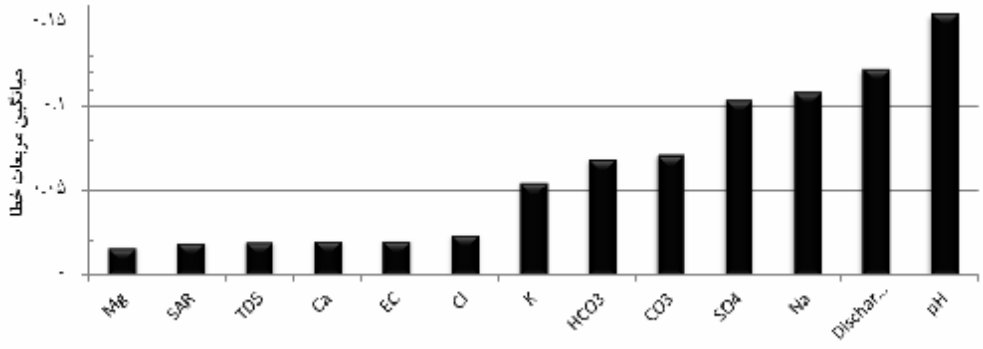
نتایج و بحث

شبیه‌سازی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی اثر بافت خاک و بارندگی بر روی عناصر موجود در رودخانه، با دقت خوبی نشان می‌دهد و برای برخی پارامترها دقت بالاتر و خطای کمتر و در عوض برای برخی پارامترها دقت کمتر و خطای بالاتری نشان میدهد. پس از مدل‌سازی ضریب تبین برای آموزش شبکه 89/09 درصد، صحت سنجی 87/81 و کل برابر 87/81 و میانگین مربعات خطا نیز برای کل داده‌ها برابر 0/04 بدست آمد. جهت بررسی تأثیر هر کدام عوامل مؤثر بر آلودگی رودخانه میانگین مربعات خطا مربوط به هر خروجی نیز محاسبه شد (شکل3). همان‌طور که در شکل 3 ملاحظه می‌شود برای منیزیم، نسبت جذب سدیم، باقی‌مانده خشک، کلسیم، هدایت الکتریکی و کلر کمترین مقدار (خطا کمتر از 0/02) و برای پتاسیم، بی‌کربنات، کربنات، سولفات، سدیم و واکنش خاک به ترتیب بالاترین مقدار

[1] Input
[2] Target
[3] Mean Squared Error

بدست آمد. بافت خاک درصد فراوانی ذرات شن، سیلت و رس می‌باشد. اثر بافت خاک روی آلودگی آب عامل فرسایش پذیری خاک است، هرچه درصد سیلت افزایش یابد عامل فرسایش پذیری خاک افزایش می‌یابد (بای‌بوردی 1372).چون پی‌اچ آب در سرتاسر مسیر رودخانه تقریباً ثابت است و آنیون‌ها به دلیل وجود بارهای منفی در سطح ذرات خاک (ظرفیت تبادل کاتیونی) کمتر تحت تأثیر بافت خاک می‌باشند. هافزان (2004) برای اکسیژن محلول (DO) اکسیژن خواهی شیمیایی (BOD) ذرات جامد معلق (SS) و آمونیم نیترات (AN) ضریب تغییرات به ترتیب 0/821، 0/809، 0/786 و 0/735 و ناجا (2009) برای کدورت و باقی‌مانده خشک (TDS) و هدایت الکتریکی (EC)، ضریب تغییرات را به ترتیب 0/767، 0/767 و 0/91 تالبی (2009) برای اطلاعات یک ماهه قسمتی از رودخانه پولا پینگ مالزی، پارامترBOD را با شبکه عصبی شبیه سازی نمود ضریب تغییرات 0/72 بدست آمد. شبکه عصبی را یک مدل مناسب با دقت بالا برای پیش بینی کیفیت رودخانه معرفی کردند.

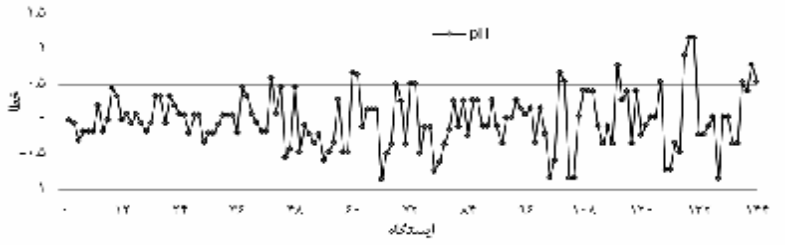
با توجه به تحقیقات ویشمایر و همکاران (1971) یک عامل مؤثر در فرسایش پذیری خاک درصد ذرات خاک (شن، سیلت و رس) می‌باشد. هر چه مقدار سیلت بیشتر باشد فرسایش پذیری خاک افزایش می‌یابد ذرات شن ریز مشابه سیلت عمل کرده لذا در این تحقیق کل حوزه زایندرود و 12 ایستگاه هیدرولوژی کنار رودخانه انتخاب و بافت خاک سطحی به عنوان عامل تأثیرگذار بر آلودگی رودخانه در نظر گرفته شد.



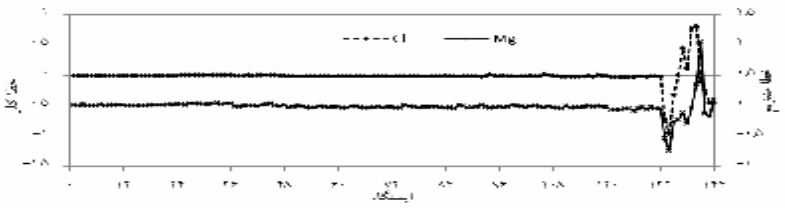
شکل 3- میانگین مربعات خطا برای پارامترهای اندازه‌گیری شده در رودخانه

با بررسی مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده توسط شبکه نشان داد که برخی پارامترها تفاوت بین مقادیر محاسباتی و پیش‌بینی شده کم و برخی پارامترها تفاوت زیادی بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده وجود دارد. برای منیزیم و سدیم بیشترین اختلاف مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده توسط شبکه را در ایستگاه‌های آخر (14 و 13) نشان می‌دهند. بدین معنی که در ایستگاه‌های آخر بافت خاک تأثیر کمتری در غلظت عناصر موجود در رودخانه را دارند. به دلیل ورود مقادیر زیاد پساب‌های شهری به این دو ایستگاه، ولی برای پی‌اچ و دبی در کل مسیر رودخانه تفاوت مقادیر واقعی و محاسباتی زیاد می‌باشد.

خطای بین مقادیر واقعی و محاسباتی برای هر کدام از خروجی‌ها محاسبه شد. پی‌اچ، کربنات، پتاسیم و بی‌کربنات دارای خطای بالا می‌باشند (شکل 4 برای pH نشان داده شده‌است) و نسبت به عوامل دیگر کمتر تحت تأثیر بافت خاک سطحی است و برای کلر، منیزیم، هدایت الکتریکی، کلسیم، سولفات، باقی‌مانده خشک و سدیم مقدار خطا کم می‌باشد بنابراین بیشتر تحت تأثیر بافت خاک سطحی است (در شکل 5 برای کلر و منیزیم ملاحظه می‌شود).



شکل 4- مقادیر خطا برای پی‌اچ



شکل 5- مقادیر خطا برای کلر و منیزیم

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده بافت خاک سطحی یکی از فاکتورهای مؤثر بر روی آلودگی رودخانه زاینده‌رود می‌باشد. که با میانگین مربعات 0/045 شبیه‌سازی توسط شبکه عصبی انجام شد. همچنین برای فاکتورهایی که خطای کمی داشتند مثل منیزیم و نسبت جذب سدیم بیشترین خطای آنها مربوط به ایستگاه‌های آخر یعنی 11 و12 می‌باشد بدین معنی که در این دو ایستگاه، آلودگی کمتر تحت تاثیر بافت خاک می‌باشند. با توجه به وزن‌های اختصاصی در مرحله ششم توسط شبکه، بیشترین اثر مربوط به بافت شنی لومی می‌باشد. البته عوامل زیادی در آلودگی رودخانه زاینده‌رود مؤثر می‌باشد که باید تأثیر این عوامل را نیز در نظر گرفت.

فهرست منابع

۱- بای‌بوردی م، 1372، فیزیک خاک، دانشگاه تهران، چاپ پنجم، 418-422.
۲- عابدی کوهپایی ج، باقری م، 1380، اثرات زیست محیطی آبیاری با پساب تصفیه شده بر منابع آب زیرزمینی، همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمین،353-364.
۳- عرفان منش م، افیونی م، 1387، آلودگی آب، خاک و هوا، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، 45-60.
4- Erenturk S. and Erenturk K. 2007. Comparison of genetic algorithm and neural network approaches for the drying process of carrot. Journal of Food Engineering 78: 905–912.
5- Gueorgui A. 2009. Assessment of land-use effect on trace elements concentrations in soil solution from Ultisols in North Florida. Agriculture, Ecosystems and Environment. 130, 59–66.
6- Hafizan J. 2004. Application of artificial neural network models for predicting water quality index. Jurnal Kejuruteraan Awam 16(2): 42-55.
7-Mohsenifar K. and et al. 2010. Affect of drought on pollution of LENJ station of ZAYANDEHROOD River by Artificial neural network (ANN) XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR).(CSBE/SCGAB) Québec City, Canada June 13-17. 341-350.
8-Najah A. 2009. Prediction of johor River water quality parameters using Artificial Neural Networks. European Journal of Scientific Research. ISSN 1450-216X 28(3):422-435.

9-Ouyang w. 2008. Regional non-point source organic pollution modeling and critical area identification for watershed best environmental management. Water Air Pollute. 187:251-261.

10-Talib A. 2009. Predicting biochemical oxygen demand as indicator of river pollution using Artificial Neural Networks. 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July.

11-Wishmeier W.H.et al-A 1971. Soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. J. Soil & Water Conserve. 26:189-193.

12-Ying Z. 2007 .Water quality forecast through application of BP neural network at Yuqiao reservoir. Journal of Zhejiang University Science. 8(9):1482-1487.