Archive of SID

تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال سیزدهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶
Volume 13, No. 2, Summer 2017 (IR-WRR)
۲۲۶-۲۳۲

یادداشت فنی

# ساخت آمار مصنوعی پارامترهای کیفی آب بدون روند در مخازن (چاه‌نیمه شماره ۱ سیستان)

بهاره پیرزاده[۱*]، مسعود افسری[۲]، سیدآرمان هاشمی منفرد[۳] و عباسعلی قادری[۴]

## چکیده

شناسایی و پایش کیفیت منابع آب به منظور شناخت از کیفیت آب متناسب با مصارف مختلف به عنوان یکی از گام‌های اصلی مدیریت کیفیت منابع آب از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. برای استان سیستان و بلوچستان با توجه به قرارگرفتن در منطقه گرم و خشک با کمبود منابع آبی قابل استفاده این اصل مهمتر نیز جلوه می‌کند. هدف از این پژوهش پیش‌بینی پارامترهای کیفی آب بدون روند در چاه‌نیمه‌های سیستان به وسیله شبکه عصبی شعاعی پایه (RBF)[۱] و مقایسه آن با زنجیره مارکف است. برای این منظور از داده‌های برداشت‌شده اکسیژن محلول، دما، فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، آمونیاک و فسفر استفاده شده و روندیابی این پارامترها به دو روش نامبرده انجام گرفته است. میزان خطای میانگین شبکه عصبی RBF برای پارامترهای مذکور به ترتیب حدود ۵/۵، ۷/۷، ۱۲/۸، ۵/۶، ۵۲/۴ و ۴/۱ درصد و میزان خطای زنجیره مارکف به ترتیب حدود ۱۱/۲، ۸/۹، ۵/۳، ۱۲/۹، ۳۳/۹ و ۸/۴ درصد به‌دست آمد. در مجموع برای پارامترهای کیفی بررسی‌شده در این پژوهش، شبکه عصبی RBF نتایج بهتری نسبت به زنجیره مارکف ارائه داده است.

***کلمات کلیدی:*** شبکه عصبی شعاعی پایه، زنجیره مارکف، چاه‌نیمه سیستان، پارامترهای کیفی آب.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۴/۲۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۸/۱۸

۱،۳و۴- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان پاییز ۱۳۹۶ امکانپذیر است.

Technical Note

# Generating Artificial Water Quality Data for No-Trend Parameters in Reservoirs (Chahnimeh No.1 in Sistan)

*B. Pirzadeh[1]* , M. Afsari[2] , S.A. Hashemi Monfared[1] and A.A. Ghaderi[1]*

## Abstract

Detection and monitoring water resources is one of the principal steps in quality management of water resources. This is more critical in Sistan and Baluchestan province located in a hot and dry area with large deficiency in exploitable water resources. The aim of this study was to predict no-trend quality parameters in Chahnime No.1 using neural network and comparing it with Markov chain method. In the present study some parameters such as DO, temperature, Phytoplankton, Zooplankton, Ammonia, and Phosphorus have been considered. The mean error percentages in neural network method for these parameters were 5.5, 7.7, 12.8, 5.6, 52.4, and 4.1, respectively. In comparison, the mean error percentages of Markov chain scheme were respectively 11.2, 8.9, 5.3, 12.9, 33.9, and 8.4. The results showed that neural network method provided better results compared to Markov chain method.

***Keywords:*** Radial Basis Function Model, Markov Chain, Sistan's Chahnimes,Water quality parameters.

Received: July 16, 2016
Accepted: November 8, 2016

1- Assistant Professor, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. Email: b_pirzadeh@eng.usb.ac.ir
2-MSc. Graduate, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.
*- Corresponding Author



www.SID.ir

Archive of SID

## ۱- مقدمه

بروز بار آلاینده در منابع آب بـــه هـــر یک از دو صورت تصادفی و انسان‌ساخت بـــاعث ایجاد بحران می‌شـود و شبیه‌سـازی رفتار کیفی مخازن را می‌طلبد (Alihamzeh and Mohammad Rezapour Tabari, 2014)؛ شدت و ضعف این آلودگی‌ها بسته به نوع مدیریت آب و نوع بهره‌برداری از آن متغیر است. از طرفی، مدیریت تقاضا و تأمین آب با در نظر گرفتن محدودیت‌های کمی وکیفی، کنترل آلودگی‌های مصرف‌کنندگان آب در راستای ارتقاء شاخص‌های کیفی منابع آب و حفظ محیط‌زیست از رویکردهای مدیریت منابع آب کشور می‌باشد (Publication No.330, 2008). سیمای توپوگرافیک دشت سیستان، عدم وجود موانع قابل ملاحظه ارتفاعی، پوشش گیاهی ضعیف و شیب ملایم دشت از سویی و استقرار شرایط متنوع سینوپتیکی جوی در تمام سال از سویی دیگر، دشت سیستان را به یکی از کانون‌های بحرانی اقلیمی تبدیل نموده است (Khosravi, 2010). از آنجایی‌که چاه‌نیمه‌ها در دشت سیستان از جمله مهمترین منابع آبی استان و منبع تأمین آب شرب شهرهای زاهدان و زابل به‌شمار می‌روند، در این پژوهش به پیش‌بینی پارامترهای کیفی در این منابع آبی مهم پرداخته شـــده است. در راستای پیش‌بینی تاکنون روش‌های متنوعی ابداع شده که از آن جمله می‌توان به شبکه عصبی و زنجیره مارکف اشاره کرد.

شبکه‌های عصبی تابع شعاع مدار و پس‌انتشار جهت پیش‌بینی کمینه دمای کرج استفاده شد که حاکی از توانایی آنها در پیش‌بینی کمینه دما با استفاده از ورودی‌های مؤثر بود. شبکه پایه شعاع‌مدار نتایج مطلوب‌تـــری نسب به شبـــکه‌های پس انتشار ارائه داد (Shakiba, 2010). پیش‌بینی پارامترهای کیفی رودخانه کر با شبکه عصبی‌مصنوعی برای هدایت الکتریکی، کل مواد جامد محلول و نسبت جذب‌سدیمی، ضرایب همبستگی به ترتیب برابر با ۰/۷۱، ۰/۴۵ و ۰/۹۸۷ را نشان داد (Ansarifard and Boustani, 2013). نتایج ساخت آمار مصنوعی با داده‌های ماهانه و سالانه اقلیمی و هیدرولوژیکی ایستگاه شهرکرد طی یک دوره ۴۴ ساله با سه روش شبکه عصبی مصنوعی، زنجیره مارکف و هلت وینترز نشان داد که در شبکه‌های پس‌انتشار در صورتی که از داده‌های ماهانه استفاده شود، بهترین نتایج را خواهیم داشت (Rezaee Harooni, 2014). نتایج پیش‌بینی پارامترهای کیفی آب در رودخانه کرج با استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی چند متغیره[۲] و شبکه عصبی مصنوعی[۳] و تلفیق شبکه عصبی موجکی بر پایه نویززدایی حاکی از دقت و توانایی بالای مدل هیبرید شبکه عصبی موجکی نسبت به دو مدل دیگر بود به‌طوریکه مدل ترکیبی شبکه عصبی موجکی قادر بود میزان میانگین مربعات خطا[۴] را برای یون نیترات در مقایسه با مدل شبکه عصبی و رگرسیون خطی چند متغییره بهبود بخشد (Rajaee et al., 2015).

اغلب تحقیقات انجام شده که برخی از آنها ذکر شد، مربوط به پارامترهای رونددار است. با توجه به اهمیت مخازن چاه‌نیمه در استان سیستان و بلوچستان و از آنجاکه پیش‌بینی دورنمایی از آینده تغییرات سیستم برای اعمال مدیریت بهینه را ارائه می‌دهد، هدف این پژوهش ساخت آمار پارامترهای بدون روند کیفی آب در چاه‌نیمه شماره ۱ به دو روش شبکه عصبی RBF و زنجیره مارکف در نظرگرفته شده است.

## ۲- معرفی منطقه مورد مطالعه

چاله‌های طبیعی بزرگی در استان سیستان و بلوچستان در فاصله ۵۰ کیلومتری شهرستان زابل قرار داردکه آب مازاد رودخانه هیرمند توسط کانالی به آن‌ها هدایت می‌شود که در مواقع کم‌آبی، آب آشامیدنی تمام منطقه سیستان و شهر زاهدان و نیز قسمتی از آب کشاورزی سیستان از ایـــن دریـــاچـــه مصنوعی تأمین می‌شود (Afsari, 2015). موقعیت چاه‌نیمه شماره ۱ در شکل ۱ آمده است.

## ۳- مواد و روش‌ها

مطالعات کیفی مخزن سدها با کیفیت نامطلوب جریان ورودی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Tafarojnoruz et al., 2007). با توجه به اینکه پارامترهای کیفی اکسیژن محلول، فسفر و آمونیاک جهت تصفیه آب شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند، دما به عنوان عامل اصلی حلالیت اکسیژن در آب است و فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون به عنوان یکی از شاخص‌های سلامت آب در نظر گرفته می‌شوند؛ لذا در این پژوهش به بررسی پارامترهای مذکور پرداخته شده است. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش دو دسته‌اند. دسته اول داده‌ها با مراجعه به اداره آب منطقه‌ای زابل و به منظور صحت‌سنجی شبکه عصبیRBF و زنجیره مارکف جمع‌آوری گردیده که شامل نمونه‌های برداشت‌شده pH و EC در دو سـال ۸۸-۱۳۷۸ بود که ماهانه برداشت شده بودند. دسته دوم، برای پیش‌بینی و تطویل آمار استفاده شد که شامل برداشت‌های میدانی پارامترهای کیفی آب در مدت یک سال است که به صورت فصلی از سه نقطه مختلف در اعماق ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ متر در چاه‌نیمه شماره ۱ برداشت شده است (Hashemi monfared et al., 2014).



www.SID.ir

Archive of SID

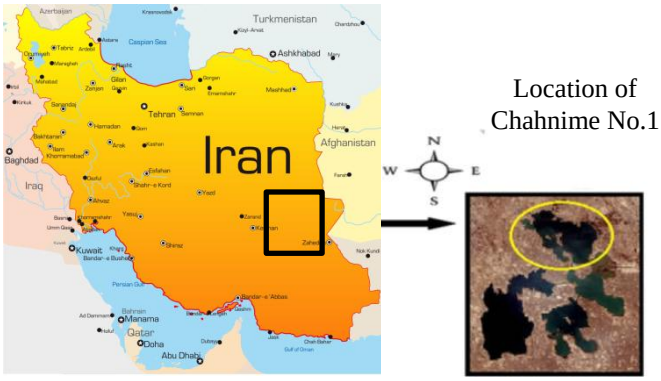


**Fig.1 – Location of Chahnime Natural Reservoirs and Chahnime No.1**

**شکل ۱- موقعیت چاه‌نیمه‌ها و چاه‌نیمه شماره ۱**

در مجموع برای هر پارامتر ۸۴ داده در فصول و اعماق مختلف جمع‌آوری شده است.

### ۳-۱- ساخت آمار پارامترهای کیفی آب با استفاده از شبکه عصبی شعاعی پایه

در این پژوهش از شبکه عصبی RBF استفاده شده است. سه پارامتر مهم در عملکرد شبکه عبارتند از: max neuron, spread, goal که اگر مقدار بهینه برای این سه پارامتر بدست آید، شبکه قادر خواهد بود بهترین پیش‌بینی را انجام دهد. مقدار بهینه این سه پارامتر با سعی و خطا و با استفاده از نرم‌افزار متلب تعیین شده است. بطور مثال، مقدار goal و spread ثابت فرض شده و نتایج در حالتی که تعداد نرون‌ها ۳۵، ۴۰ و ۵۰، بررسی شده است. سپس با ثابت فرض نمودن تعداد نرون بهینه به‌دست آمده و spread، مقدار بهینه goal تعیین شده و روند تا یافتن مقادیر بهینه نهایی ادامه می‌یابد. مبنای انتخاب مقدار بهینه، میانگین مربعات خطای نسبی کمتر، بوده است (Afsari, 2015).

### ۳-۲- ساخت آمار با روش مارکف

برای تجزیه و تحلیل‌های آماری پیشامدهایی که مستقل نبوده و به پیشامدهای قبلی خود وابسته‌اند، از زنجیره مارکف استفاده می‌شود (Bakhtiari et al., 2014). مدل مارکف سالانه با توجه به زمان فصلی به‌صورت رابطه (۱) قابل بیان است (Afsari, 2015):

(۱)

$$x_{i,j+1} = \overline{x_{j+1}} + b_i.\left(x_{i,j} - \overline{x_j}\right) + t_{i,j+1}.s_{x_{j+1}}.(1 - r_j{}^2)^{\frac{1}{2}}$$

$\bar{x}$ میانگین مقادیر مشاهده شده، x مقادیر مشاهده شده، t فاکتور تناوب و s انحراف معیار مقادیر مشاهده‌ای است. i اندیس سال، j اندیس فصل (فصل، ماه، هفته، روز و ...)، $r_j$ ضریب همبستگی داده‌های فصل j و j+1 و $b_j$ ضریب رگرسیون بوده که از رابطه (۲) بدست می‌آید:

(۲)

$$b_j = r_j\left(\frac{S_{j+1}}{S_j}\right) \quad j = 1, 2, \dots, w \quad w = \text{تعداد فصلها}$$

در گام اول برای ساخت داده‌ها به روش مارکف، توزیع احتمال داده‌های مربوط به هر پارامتر در نرم‌افزار آماری (SPSS) تعیین شده که به عنوان مثال برای دما، این توزیع از نوع لاگ نرمال بدست آمد. در گام بعد اقدام به تولید اعداد تصادفی (متناسب با توزیع مربوط به داده‌های همان پارامتر) در نرم‌افزار متلب شد و اعداد تصادفی انتخاب شده، به عنوان احتمال وقوع در نظر گرفته شدند(Afsari, 2015).

## ۴- صحت‌سنجی و تحلیل نتایج

برای صحت‌سنجی از دو پارامتر اسیدیته (pH)[۵] و ضریب هدایت الکتریکی (EC)[۶] در مخزن چاه‌نیمه شماره ۱ استفاده و ۱۲ ماه از داده‌ها برای آموزش شبکه و ۱۰ ماه برای صحت‌سنجی استفاده شد. نتایج پارامتر pH درصد خطای نسبی برای مدل RBF و زنجیره مارکف را به ترتیب ۴/۹ و ۴/۸ درصد نشان داد (شکل ۲). این خطا برای پارامتر EC به ترتیب ۴۳/۴ و ۳۹/۷ درصد و ضریب همبستگی به ترتیب ۰/۸ و ۰/۹ بدست آمد. درصد خطای مدل RBF می‌تواند بدلیل کم‌بودن تعداد داده‌های آموزش شبکه باشد. در مورد علت خطای روش مارکف نیز می‌توان به بی‌حافظه‌بودن این روش و استفاده از اعداد تصادفی اشاره‌کرد. این نتایج نشان می‌دهد که در مورد این دو پارامتر دو مدل توانایی ساخت آمار در گام‌های زمانی طولانی‌مدت را ندارند و برای ساخت آمار مفقود شده کوتاه‌مدت مناسب هستند.



www.SID.ir

Archive of SID

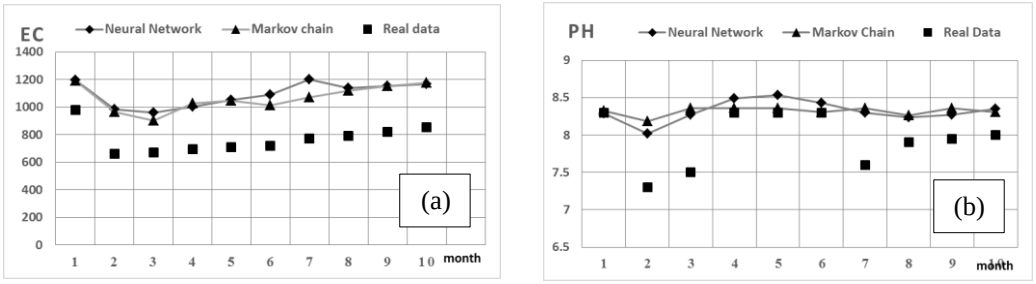


**Fig.2 – Comparison of actual and predicted data for (a): EC and (b): pH within 10 months**

**شکل ۲- مقایسه آمار واقعی و ساخته شده برای پارامتر EC و pH در مدت ۱۰ ماه**

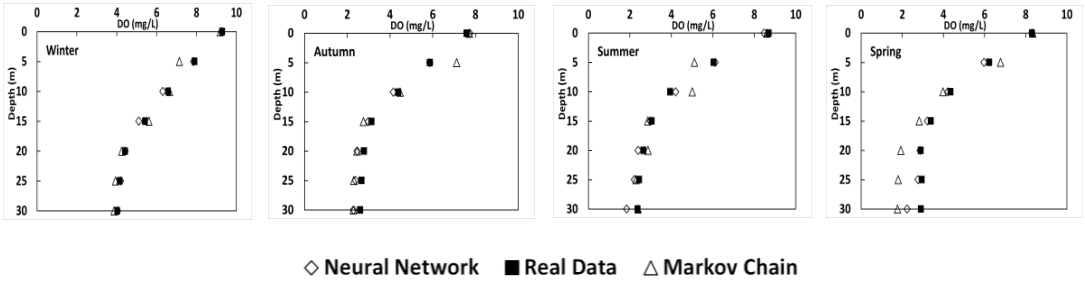


**Fig.3 – Changes in DO in different depths and seasons (*mg/L*)**

**شکل ۳- تغییرات پارامتر اکسیژن محلول در اعماق و فصول مختلف (*mg/L*)**

پس از صحت‌سنجی مدل، به پیش‌بینی پارامترهای کیفی آب در عمق در سه موقعیت مختلف از مخزن چاه‌نیمه شماره ۱ پرداخته شده است. برای پارامتر اکسیژن محلول (شکل ۳) در عمق ۵ متر، ضریب همبستگی مدل RBF و زنجیره مارکف به ترتیب ۰/۹۹ و ۰/۴ و درصد نسبی خطا به ترتیب ۱/۶ و ۱۳/۷ می‌باشد. در عمق ۱۰ متر همبستگی زنجیره مارکف نسبت به عمق ۵ متر بیشتر و درصد خطای آن کمتر شده ولی با این وجود باز هم مدل RBF رفتار بهتری در ساخت آمار نشان داده است. در دیگر اعماق نیز این روند تکرار شده و مدل RBF جواب‌های نزدیک به واقع‌تری ارائه داده است. برای دما، هر دو روش شبکه عصبی RBF و تا حدودی زنجیره مارکف توانسته‌اند همپوشانی خوبی با داده‌های واقعی ایجاد کنند. طبق جدول ۱ برای دما فقط در فصل پاییز مدلRBF توانسته درصد خطای کمتری داشته باشد و در بقیه فصول زنجیره مارکف نتایج بهتری ارائه داده، اما در مجموع میانگین درصد خطای زنجیره مارکف بیشتر از شبکه عصبی RBF می‌باشد که نشان‌دهنده قدرت بالای مدل RBF در امر پیش‌بینی است.

بهترین پیش‌بینی غلظت آمونیاک (شکل ۴) در عمق ۲۵ متر صورت گرفته و میانگین نسبی خطا برای شبکه عصبی RBF و زنجیره مارکف به ترتیب ۲۱/۲ و ۱۴/۵ درصد و ضریب همبستگی به ترتیب ۰/۹ و ۰/۸ به‌دست آمده است. آمونیاک بسیار ناپایدار است و با افزایش اکسیژن در محیط، به یون‌های نیتریت و نیترات تجزیه می‌شود به همین علت این دو مدل نتوانسته‌اند پیش‌بینی مطلوبی ارائه دهند.

تغییر غلظت فیتوپلانکتون از سطح آب تا عمق ۲۵ متر در شکل ۵ نشان می‌دهدکه اگر چه اعداد پیش‌بینی شده به وسیله مدل RBF و زنجیره مارکف همپوشانی خوبی با داده‌های واقعی ندارند، ولی نحوه تغییرات را به خوبی شناسایی کرده است.

مقایسه مقادیر زئوپلانکتون در عمق‌های مختلف به دو روش شبکه عصبی RBF و زنجیره مارکف در جدول ۲ نشان می‌دهد که به طور کلی بهترین پیش‌بینی برای این پارامتر در عمق ۱۰ متر به‌وسیله مدل RBF و در عمق ۱۵ متر به‌وسیله زنجیره مارکف صورت گرفته است. با توجه به نتایج حاصله برای پارامتر زئوپلانکتون، بهترین



www.SID.ir

Archive of SID

پیش‌بینی در فصل تابستان صورت گرفته و در مجموع می‌توان گفت در مورد این پارامتر، شبکه عصبی RBF به مراتب بهتر از زنجیره مارکف عمل کرده است.

برای پارامتر فسفر در عمق ۵ متر مدل‌های شبکه عصبی RBF و زنجیره مارکف نتایج یکسانی ارائه کرده‌اند، ولی ضریب همبستگی بسیار کمی با داده‌های واقعی دارند. در عمق ۱۰ متر خطای هر دو مدل افزایش یافته و به طور کلی در اعماق ۱۵ و ۲۵ متر و در سطح آب شبکه عصبی RBF نتایج بهتری ارائه نموده و در عمق ۲۰ متر زنجیره مارکف درصد خطای نسبی کمتری دارد.

## ۵- خلاصه و جمع‌بندی

در ایـــن پژوهش به پیش‌بینی پارامترهای کیفی بدون روند آب بـــه وسیله شبکه عصبی RBF و زنجیره مارکف در مخزن شماره ۱ چاه‌نیمه سیستان پرداخته شده است. پارامترهای مورد مطالعه عبارت بودند از اکسیژن محلول، دما، فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، آمونیاک و فسفر. با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص شد که مدل RBF و زنجیره مارکف برای پارامترهایی که مقدار و غلظت آنها وابسته به پارامترهای دیگر نیست (مثل دما و DO) پیش‌بینی خوبی ارائه می‌دهد؛ این در حالیست که برای پارامتری مثل آمونیاک که غلظت آن وابسته به اکسیژن محلول در آب است، این دو مدل نمی‌توانند همپوشانی خوبی با داده‌های واقعی ایجاد کنند و خطای مدل بالا خواهد رفت. همچنین، به‌دست‌آمدن مقادیر منفی در مدل مارکف برای پارامتر آمونیاک در فصل پاییز نشان‌دهنده یکی از ضعف‌های این مدل در داده‌سازی است.

**Table 1- Comparison of the mean error and correlation coefficient for temperature in different seasons**
**جدول ۱- مقایسه میانگین خطا و ضریب همبستگی برای پارامتر دما در فصول مختلف**

| Temperature | Markov Chain | | RBF Neural Network | |
|---|---|---|---|---|
| | Mean error | Correlation coefficient | Mean error | Correlation coefficient |
| Spring | 5.322 | 0.983 | 6.314 | 0.952 |
| Summer | 7.375 | 0.723 | 8.148 | 0.924 |
| Autumn | 13.355 | 0.56 | 6.475 | 0.947 |
| Winter | 9.741 | 0.905 | 9.919 | 0.767 |

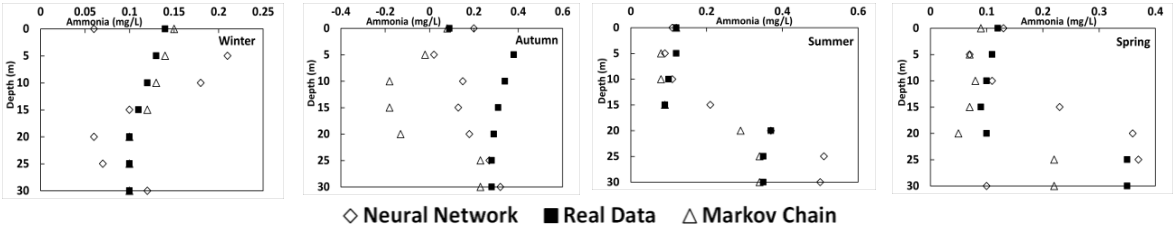


**Fig. 4- Changes in Ammonia concentrations in different depths and seasons (*mg/L*)**
**شکل ۴- تغییرات پارامتر آمونیاک در اعماق و فصول مختلف (mg/L)**

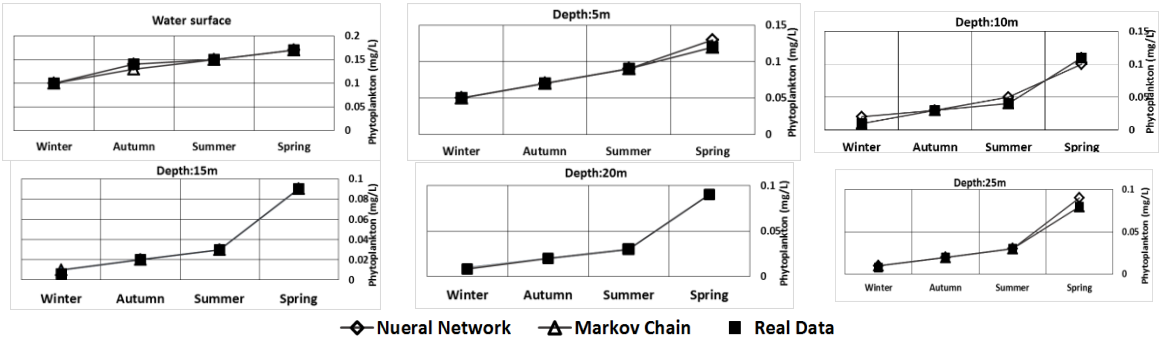


**Fig. 5- Changes in phytoplankton concentrations in different depths (*mg/L*)**
**شکل ۵- تغییرات غلظت فیتوپلانکتون در اعماق مختلف (*mg/L*)**



www.SID.ir

Archive of SID

**Table 2- Comparison of zooplankton and phosphorus in depth using neural network and Markov chain methods**

**جدول ۲- مقایسه مقادیر زئوپلانکتون و فسفر در عمق به روش‌های شبکه عصبی RBF و زنجیره مارکف**

| Depth (m) | Parameter | Zooplankton (mg/L) | | | | Phosphor (mg/L) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Method | Correlation coefficient | Mean of real data | Mean of predicated data | Mean error | Correlation coefficient | Mean of real data | Mean of predicated data | Mean error |
| 5 | RBF Model | 0.962 | 0.07 | 0.072 | 4.2 | 0.577 | 0.045 | 0.042 | 5 |
| | Markov chain | 0.92 | 0.07 | 0.065 | 8.3 | 0.577 | 0.045 | 0.042 | 5 |
| 10 | RBF Model | 1 | 0.057 | 0.057 | 0 | 0.722 | 0.05 | 0.05 | 10.4 |
| | Markov chain | 0.228 | 0.057 | 0.047 | 14.3 | 0.717 | 0.05 | 0047 | 14.2 |
| 15 | RBF Model | 0.947 | 0.045 | 0.047 | 5 | 1 | 0.052 | 0.052 | 0 |
| | Markov chain | 1 | 0.045 | 0.045 | 0 | 0.87 | 0.052 | 0.047 | 10 |
| 20 | RBF Model | 0.904 | 0.042 | 0.04 | 6.25 | 0.87 | 0.057 | 0.062 | 10 |
| | Markov chain | 0.904 | 0.042 | 0.04 | 6.25 | 0.944 | 0.057 | 0.055 | 5 |
| 25 | RBF Model | 0.944 | 0.035 | 0.037 | 12.5 | 1 | 0.062 | 0.065 | 3.57 |
| | Markov chain | 0.973 | 0.035 | 0.024 | 41.7 | .87 | 0.062 | 0.057 | 8.3 |

همچنین، نتایج نشان داد که شبکه عصبی RBF با توجه به درصد خطای کمتر و ضریب همبستگی بیشتر نسبت به زنجیره مارکف، روش مناسب‌تری برای پیش‌بینی پارامترهای کیفی آب است و زنجیره مارکف به دلیل بدون حافظه بودن و استفاده از اعداد تصادفی، در برخی موارد آماری تولید می‌کند که درصد خطای زیاد و ضریب همبستگی کمی با داده‌های اصلی دارند. در مجموع، با توجه به صحت‌سنجی دو مدل و همچنین داده‌های ساخت آمار شده، این نتیجه حاصل شد که، با توجه به این‌که پارامترهای کیفی آب بی‌روند هستند و دوره بازگشت ندارند، نمی‌توان تطویل آمار را برای این پارامترها در طولانی‌مدت توسط این دو مدل انجام داد، اما برای ساخت آمار مفقود در کوتاه‌مدت و در برداشت‌های میدانی می‌توان این دو مدل را به کار برد.

## پی‌نوشت‌ها

1-Radial Basis Function (RBF)
2-Multiple Linear Regression (MLR)
3-Artificial Neural Network (ANN)
4-Root-Mean-Square Error (RMSE)
5-potential of Hydrogen (pH)
6-Electrical Conductivity (EC)

## ۶- مراجع


Alihamzeh M and Mohammad Rezapour Tabari M (2014) Qualitative behavior identification of surface reservoir in case of sudden injection of contaminant load. Iran-Water Resources Research 10(1):39-50

Ansarifard M, Boustani F (2013) Prediction of water quality parameters in rivers by using artificial neural network. International conference on environmental planning & management (In Persian)

Bakhtiari B, Shahraki N, Ahmadi MM (2014) Estimation probability of daily precipitation by using Markov chain models in different climates of Iran. Iran-Water Resources Research 10(2):44-55 (In Persian)

Hashemi Monfared SA, Mirbagheri SA, Sadrnejad SAA (2014) Three-dimensional, integrated seasonal separate advection–diffusion model (ISSADM) to predict water quality patterns in the Chahnimeh reservoir. Environmental Modeling & Assessment 19(1):71-83

Khosravi M (2010) Temporal and spatial analysis of the stability of the Hamoon lakes. Iran-Water Resources Research 6(3):68-79 (In Persian)

Publication No. 330 (2008) Executive instruction for water quality monitoring in dams reservoirs. Ministry of energy




www.SID.ir

Archive of SID

chain and comparison with artificial intelligence, MSC thesis, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran (In Persian)

Tafarojnoruz A, Rezaeir Banis N, Izadjoo F, Asghari Pari A, Shafaei Bajestan M (2007) Water quality modelling of Kondok reservoir using Hec-5Q. 7th International River Engineering Conference, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran (In Persian)

Shakiba H (2010) Investigation and forecasting monthly and annual temperature using ANN (case study: Karaj). MSC thesis, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran (In Persian)

Afsari M (2015) Construction of artificial water quality parameters with no trend in reservoirs by means of Markov chain and comparison with artificial neural network. MsC thesis, University of Sistan and Baluchestan

Rajaee T, Rahimi Benmaran R, Jafari H (2015) Prediction of quality parameters (NO3, DO) of Karaj river using ANN, MLR, and denoising-based combined wavelet-neural network based on models. Iran. J. Health & Environment 7(4):511-530 (In Persian)

Rezaee Harooni A (2014) Construction of artificial parameters no data basins by means of Markov



www.SID.ir