ستاد محیط زیست و توسعه پایدار شهرداری تهران
سازمان حفاظت محیط زیست
وزارت صنعت،معدن و تجارت دفتر HSE
دانشکده محیط زیست
انجمن مهندسی محیط زیست ایران
ششمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست
The 6th National Conference & Exhibition on Environmental Engineering
تهران- ۱۳۹۱

پیش بینی روند تغییرات پارامترهای کیفی رودخانه سفید رود با استفاده از مدل آماری ARIMA

مینا رنجبر [1](دانشجوی کارشناسی ارشد، آلودگی های محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن)
Ranjbar1390@yahoo.com
فرید غلامرضا فهیمی عضو هیئت علمی گروه محیط زیست ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن
محمدرضا خالدیان عضو هیئت علمی گروه مهندسی آب ، دانشگاه گیلان
خسرو تاجداری کارشناس ارشد شرکت آب منطقه ای گیلان، دفتر مطالعات پایه

چکیده:

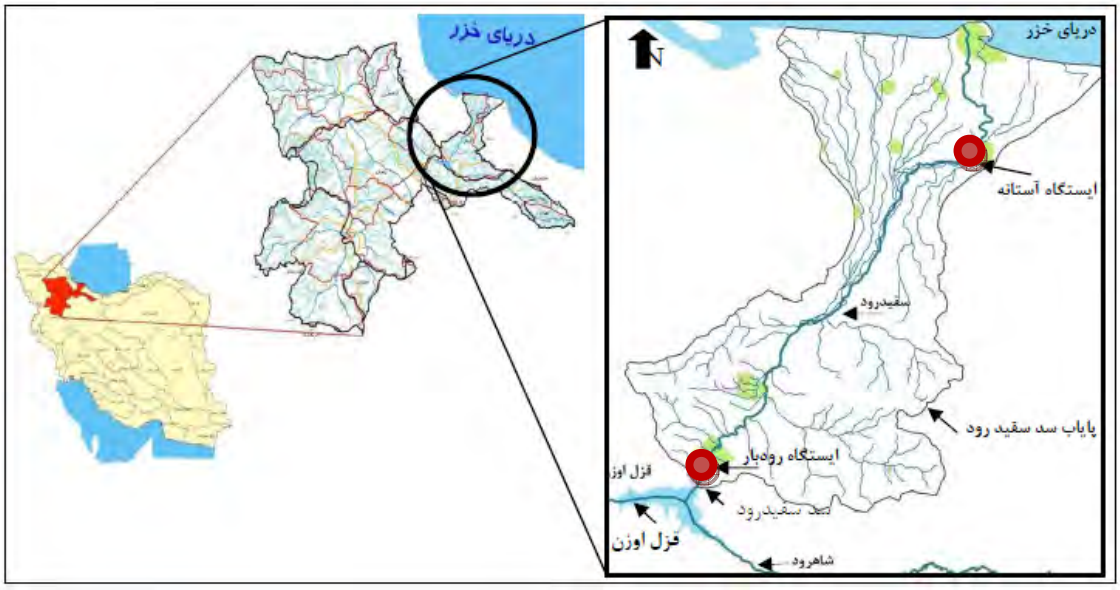
آب از مهم ترین منابع طبیعی جهان است و رودخانه ها یکی از مهم ترین منابع آب قابل دسترس انسان هستند که آلودگی این منابع یکی از مشکلات اصلی زیست محیطی در قرن اخیر بوده است. بنابراین اطلاع از روند کیفی آبهای سطحی در طول زمان و پیش بینی این روند این امکان را فراهم میکند تا ضمن استفاده از آن در موارد مختلف ، شیوه های مدیریتی صحیح اتخاذ شود تا کمترین آسیب به این منابع در آینده وارد شود. رودخانه سفید رود بعنوان بزرگترین رودخانه شمال کشور محسوب میشود که به دلیل افزایش نیاز آبی در بخش های کشاورزی ، صنعت و غیره و نیز افزایش آلودگی وارد شده توسط این مصارف دستخوش تغییرات زیادی قرارمی گیرد. در این تحقیق مقایسه روند تغییرات زمانی پارامترهای DO, NO3 دو ایستگاه آستانه و منجیل رودخانه سفیدرود در سال آماری ۲۰۱۰ مورد مطالعه قرار گرفت و سپس از مدل ARIMA(2,0,0) برای پیش بینی روند این تغییرات بطور جداگانه در هر ایستگاه استفاده شد.همبستگی مقادیر واقعی و برازش شده برای هر پارامتر به ترتیب ۸۵٪ ،۷۴٪ در ایستگاه آستانه و ۷۸٪ ،۸۰٪ در ایستگاه منجیل می باشد. برای تست پیش بینی انجام شده نیز از داده های سال ۲۰۱۱ برای ایستگاه آستانه و سال ۲۰۱۲ برای ایستگاه منجیل استفاده شد که تاکید بر عملکرد خوب مدل ارائه شده داشت.

کلمات کلیدی:

رودخانه سفید رود ، سری زمانی، بررسی روند، ARIMA

۱. مقدمه:

رودخانه ها ازجمله اکوسیستمهای مهم آبی هستند که بدلیل ویژگیهای منحصربفرد اکولوژیک اهمیت بسزایی ازلحاظ کشاورزی ، زیست محیطی ، شیلاتی ، اقتصادی و غیره دارند. زیرا این اکوسیستمها با سرچشمه گرفتن از نواحی مرتفع و عبور از نواحی جلگه ای و درنهایت ورود به تالابها ، دریاچه ها ، دریاها و اقیانوسها مناطق وسیعی را تحت تاثیر قرارداده ، ضمن اینکه خود نیز تحت تاثیر قرارمی گیرند. امروزه یکی از نابسامانی های موجود در سطح جهان آلودگی این منابع باارزش می باشد و ضرورت توجه و کنترل آلودگی وارده به آنها در مدیریت منابع آبی اهمیت ویژه ای یافته است ، بطوری که در برنامه ریزی های کاربردی از این منابع مهم اقتصادی در آینده نقش بسزائی دارد. حوضه آبریز رودخانه سفیدرود در شمال غرب ایران و در محل تلاقی رشته کوههای البرز ،زاگرس قرار داشته و دارای دو سر شاخه اصلی است.سرشاخه شاهرود در جهت جنوب شرقی- شمال غربی و سرشاخه قزل اوزن که جهت جنوب به شمال جریان داشته که سرشاخه های سفید رود را تشکیل می دهند.پایاب سد سفید رود (شکل ۱) با مساحتی حدود ۲۸۳۵ کیلومتر مربع بعد از سد سفید رود شروع شده و حدود ۱۱۵ کیلومتر و عبور از شهرهای رودبار ، رستم آباد ، توتکابن ، آستانه اشرفیه و کیاشهر به دریای خزر میریزد. جریان آب تنظیمی از سد سفید رود در محدوده شبکه آبیاری سفیدرود توزیع شده و اراضی شالیزاری زیردست را آبیاری می نماید. حدود ۸۰٪ آب مورد نیاز ۲۳۰۰۰ هکتار از شالیکاری های استان گیلان از طریق شبکه آبیاری سفیدرود تامین می شود. کاربری اراضی زیردست سد در مجاور این رودخانه ، علاوه بر کاربری های مسکونی پراکنده ، از کیلومتر صفر الی ۱۸ مرتع و از کیلومتر ۱۸ الی ۱۱۸ زراعت آبی می باشد. (کرباسی، ۱۳۷۸) هدف از انجام این تحقیق استفاده از سری های زمانی برای پیش بینی پارامترهای کیفی یاد شده رودخانه سفید رود و ارائه مدل پیش بینی برای آینده می باشد.



شکل ۱- موقعیت کلی منطقه مورد مطالعه

معمولاً برای تحلیل یک سری زمانی تغییراتی که نتیجه چهار مولفه اصلی اند، به صورت زیر در نظر گرفته می شوند (ویسی پور،۱۳۸۹): روند، تغییرات فصلی، تغییرات دوره ای، تغییرات نامنظم.

در مبحث آبشناختی همانند بارندگی و رواناب با فرآیندهای تصادفی سروکار داریم .مجموعۀ متغیرهای فرآیند تصادفی ممکن است وابسته و یا مستقل از هم باشند. اگر فقط مقادیر غیر صفر مد نظر باشد، سری از نوع غیر متناوب و در غیر این صورت متناوب می باشد . پارامترهای کیفی رودخانه بصورت روزانه، ماهانه و سالانه از این نوع سری هستند . از طرف دیگر اگر قوانین احتمال حاکم بر فرآیند در طول زمان تغییر نکند، سری از نوع ایستا می باشد و این ایستایی می تواند در میانگین، واریانس و کوواریانس تعریف شود . به طور نمونه در مباحث هیدرولوژی، تغییرات جوی زمین در یک دورۀ نامعلوم مانند وقوع سال های پر باران و به دنبال آن خشکسالی های پی در پی موجب می شود تا سری زمانی پارامترهای کیفی نا ایستا شود . یکی از شرایط اولیه استفاده از داده ها در مباحث سری زمانی، ایستا بودن آنهاست، در غیر این صورت باید نا ایستایی ، رفع شود. در جهت مدل‌سازی از سری‌های زمانی، در اغلب موارد متخصصان از انواع متنوع مدل‌های ریاضی و آماری بهره می‌گیرند بطوریکه همبستگی‌های موجود ما بین زمان و مشاهدات مد نظر است (نیرومند، بزرگ نیا؛ ۱۳۸۱). مدل‌های سری زمانی عبارتند از: مدل‌های بر مبنای ایستا:

مدل تصادفی خود همبسته ((AR(p)): اساس این مدل بر پایۀ زنجیرۀ مارکف در زنجیرۀ زمانی بنا شده است.

مدل میانگین متحرک ((MA(q)): در این مدل متغیر در زمان t از روی مقدار تصادفی همان لحظه به علاوۀ q برابر مقدار تصادفی مربوط به زمان‌های قبل از t برآورد می‌شود.

مدل خود همبسته _ میانگین متحرک ((ARMA(p,q)): هر گاه دو مدل قبلی در یکدیگر ادغام شوند.مدل خود همبسته- میانگین متحرک ایجاد می شود.

مدل خود همبسته _ میانگین متحرک تلفیق شده ((ARIMA(p,d,q)): از آنجا که برای استفاده از مدل‌های فوق باید فرآیند ایستایی برقرار باشد، از این رو باکس و همکاران (۱۹۹۴) در شرایط ناایستایی، مدل ARIMA را با در نظر گرفتن مرتبۀ تفاضلی ارائه نمودند.

مدل خود همبسته _ میانگین متحرک تلفیق شدۀ فصلی (P,D,Q) SARIMA(p,d,q) : هر گاه در یک سری بعد از هر فاصله زمانی مشخص (S) شباهت‌هایی پیدا شود، سری دارای رفتار فصلی یا تناوبی با دورۀ تناوب S می‌شود.

مطالعات مختلفی به منظور پیش بینی کیفیت آب رودخانه از طریق روشهای تصادفی در تجزیه و تحلیل سری زمانی توسط محققین مختلف انجام شد. دوردو (۲۰۰۹) غلظت بور را در ۵ ایستگاه هیدرولوژی رودخانه بویوک مندرس ترکیه با استفاده از مدلهای ARIMA و SARIMA به مدت ۳۶ ماه پیش بینی کرد. بن یحیی و همکاران(۲۰۰۷) سری زمانی هفتگی حداکثر دمای رودخانه Deschutes را با استفاده از مدل خود همبسته (AR) و خود همبسته دوره ای (PAR) مدلسازی کردند . کورنچ و همکاران(۲۰۰۵) با اندازه گیری پارامترهای پتاسیم ، سدیم ، کلر ، منیزیم ، کلسیم ، دما ، سولفات ، pH و SAR عملکرد دو روش SARIMA و توماس- فیرینگ را در پیش بینی کیفیت آب و جریان رودخانه در ایستگاه پایش دوروجاسو واقع در رودخانه سیرلماک ترکیه مطالعه کردند. راگاوان و فرناندز (۲۰۰۶) با استفاده از مدل پارامترهای تنظیمی فصلی ARIMA در نرم افزار SAS روند طولانی مدت کیفیت آب چند رودخانه را که به طور تصادفی انتخاب شده پش بینی کنند. احمد و همکاران(۲۰۰۱) از مدل ARIMA برای پیش بینی کیفیت اب رودخانه گنگس در هند به منظور مدیریت صحیح حوضه آن رودخانه استفاده کرده و نتیجه گرفتند که در زمان مناسب می توان اقدامات لازم را برای کاهش آلاینده ها در محدوده مجاز استاندارد بعمل آورد. حسن زاده و همکاران(۲۰۰۸) تجزیه و تحلیل سری زمانی ، توزیع فراوانی و پیش بینی

غلظت SO_2 را برای دوره ۲۰۰۵-۲۰۰۰ در پنج ایستگاه هیدرومتری شهر تهران با استفاده از مدل ARMA مورد مطالعه قرار دادند. و همچنین هالتینر و سالاس (۱۹۸۸) از یک مدل ARMA(1,1) فصلی در مدل سازی دومتغیره جریان ماهانه در رودخانه های یامپا و وایت 1 در شمال غربی کالیفرنیا استفاده کردند . آنها پارامترهای مدل را از دو روش حداکثر درستنمایی و گشتاورها به دست آورده و با یکدیگر مقایسه کردند. دودانگه و کوپایی (۱۳۹۰) با استفاده از مدل های باکس-جنکینز سری زمانی ماهانه جریان رودخانه پلدختر را بررسی کردند و مدل $ARIMA(2,0,2)(2,0,0)_{12}$ را به عنوان بهترین مدل برای پیش بینی جریان آن رودخانه انتخاب کردند.

۲. مواد و روشها:

با توجه مطالب گفته شده روش انجام تحقیق ما پایه ای آماری دارد و بر مبنای استفاده از مدل های سری زمانی می باشد . چون پارامترهای کیفی نظیر DO ، NO_3 با توجه به زمان اتفاق می افتند و شواهد نشان می دهد که بین مقادیر قبلی داده ها و مقادیر بعدی ارتباطی (وابستگی) وجود دارد لذا بهترین گزینه برای تحلیل داد ه ها انتخاب روش های سری زمانی می باشد. در این تحقیق روش ARIMA غیر فصلی می باشد (مدل خود همبسته - میانگین متحرک تلفیق شده ARIMA(p,d,q)).
مدل های AR در ترکیب با مدل های MA، مدل عمومی سری ARIMA را تولید می کنند. مدل ARIMA برای سری زمانی ایستا کاربرد دارد.باکس و جنکینز مدل ARIMA را برای سریهای زمانی غیرایستا توسعه دادند.(باکس ۱۹۷۶) اگر یک سری زمانی پس از d مرتبه تفاضل گیری مرتبه یک ، سری های زمانی غیر ایستا به سری های زمانی ایستا تبدیل می شوند. اگر یک سری زمانی پس از d مرتبه تفاضل گیری مرتبه اول ایستا و سپس توسط فرآیند ARIMA(p,q) مدل سازی شود ، در این صورت سری زمانی اصلی سری زمانی خود همبسته میانگین متحرک فصلی ARIMA(p,d,q) خواهد بود که در آن p تعداد جملات خود رگرسیون ، q تعداد جملات میانگین متحرک و d تعداد دفعات تفاضل گیری مرتبه اول برای ایستا شدن سری زمانی می باشد. هدف این مدل شناسایی و تعیین یک مدل آماری است که بتوان آن را مدل تولید کننده داده های نمونه واقعی از فرآیند تصادفی تعبیر کرد. در صورتی که مدل ARIMA برای پیش بینی استفاده شود می بایست ویژگی های این مدل در طی زمان ثابت باشد. بنابراین دلیل نیاز به سری زمانی ایستا این است که هر مدلی که از این سری های بدست آید را می توان ثابت دانسته و مبنای معتبری برای پیش بینی به شمار آورد.(ویسی پور ،۱۳۸۹).
معادله عمومی مدل ARIMA(p,d,q) را می توان به صورت رابطه (۲) ارایه داد که در آن p، d و q مقادیر صفر و یا مثبت هستند.(میشرا،۲۰۰۵) و φ (B) و $\boldsymbol{\theta}$ (B) بترتیب چند جمله ای های از مرتبه p و q هستند.(دوردو،۲۰۰۹) رابطه (۳) و (۴) بترتیب مدل AR(p) و MP(q) را نشان می دهند.

$$\varphi(B)\nabla^d z_t = \theta(B)a_t \quad (۱)$$

$$\varphi(B) = (1 - \varphi_1 B - \varphi_2 B^2 - \cdots \varphi_p B^p) \quad (۲)$$

$$\theta(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \cdots \theta_q B^q) \quad (۳)$$

مدل سازی زمانی شامل سه مرحله تشخیص، تخمین مدل و کنترل تشخیصی می باشد.(دوردو، ۲۰۰۹) در مرحله تخمین مدل، با استفاده از ضریب تبیین کفایت مدل را تخمین میزنیم.

(۴)

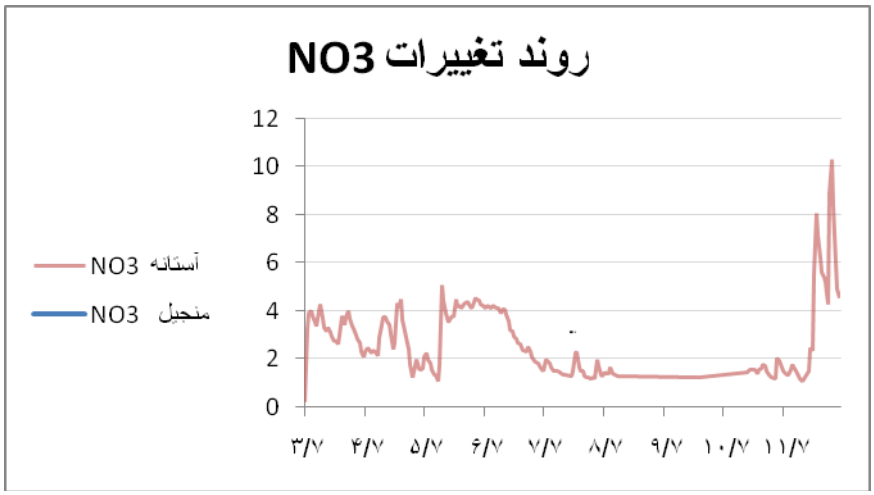
$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Y(t)-\hat{Y}(t))^2}{\sum(Y(t)-\bar{Y})^2}$$

جامعه آماری شامل اندازه مقدار NO_3، DO در ایستگاه های آستانه و منجیل رودخانه سفیدرود می باشد که از سازمان آب منطقه ای گیلان تهیه شد و حجم نمونه هم تمام داده های روزانه عناصر کیفی ذکر شده موجود درسال آبی ۲۰۱۰ می- باشد که توسط دستگاه HACH LANGE هر ۳۰ دقیقه یکبار ثبت شده است.

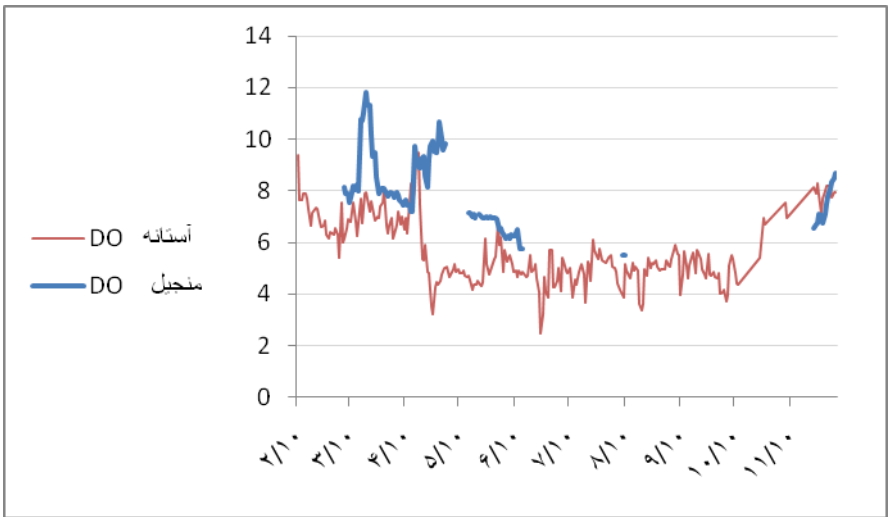
شیوه تجزیه و تحلیل داده ها به این صورت می باشد که بعد از میانگین گیری روزانه از داده ها در نرم افزار Excel به بررسی روند تغییرات زمانی در دو ایستگاه پرداخته می شود ،سپس نرمال بودن توزیع داده ها سنجیده میشود و در صورت لزوم دادههای پرت حذف شده و سر انجام با استفاده از نرم افزار آماری SPSS مدل سری زمانی مورد نظر به داده ها برازش می شود و در پایان بعد از آزمون مدل با ضریب تبیین (R^2) ،کفایت مدلها برای پیش بینی پارامترهای کیفی تعیین می شود وسپس با استفاده از داده های دو ماه از سال ۲۰۱۱ برای ایستگاه آستانه و ۴ ماه از سال ۲۰۱۲ برای ایستگاه منجیل مدل های بدست آمده تست میشود. به طور کلی در این تحقیق بر اساس داده های سال ۲۰۱۰ ، مقدار پارامترهای ذکر شده را برای ۵ سال آینده پیش بینی میکنیم.

۳. نتایج

شکل های (۳) ،(۴) به ترتیب روند تغییرات زمانی پارامترهای مورد نظر را در دو ایستگاه آستانه و منجیل نشان میدهد. نمودار بر اساس میانگین روزانه دادهها در سال ۲۰۱۰ تهیه شده است. بریدگی های موجود دراین نمودارها نشان دهنده دوره هایی است که در آنها داده ها ثبت نشده است. جداول (۱) ،(۲) ، (۳) ،(۴) مربوط به مدلسازی پارامترهای NO_3، DO در دو ایستگاه آستانه و منجیل با مدل ARIMA(2,0,0) می باشد. و شکل (۵)،(۶)،(۷)،(۸) هم نمایانگر نمودار سری زمانی پارامترهای یادشده است.



شکل ۳- روند تغییرات NO_3 در ماههای ۷ تا ۱۱ سال ۲۰۱۰



شکل ۴- روند تغییرات DO در ماههای ۲ تا ۱۱ سال ۲۰۱۰

جدول 1 – پارامتراهای DO آستانه ، مدل ARIMA(2,0,0)

				Estimate	SE	t	Sig.
DO Astaneh-Model_1	No Transformation	Constant		5.769	.376	15.340	.000
		AR	Lag 1	.779	.063	12.312	.000
			Lag 2	.122	.064	1.909	.057

$B_0 = (1 - 0 .779 – 0.122) * 5.769$

$X_t=0.571131 +0 .779X_{t-1} + 0 .122X_{t-2}$

جدول ۲– پارامتراهای DO منجیل، مدل ARIMA(2,0,0)

				Estimate	SE	t	Sig.
DO Manjil Model _1	No Transformation	Constant		7.630	.523	14.576	.000
		AR	Lag 1	.809	.092	8.799	.000
			Lag 2	.091	.092	.990	.324

$B_0 = (1 - 0 .809– 0.091) * 7.630$
$X_t=0. 763+0 .809X_{t-1} +0 .091X_{t-2}$

جدول ۳ – پارامتراهای NO_3 آستانه ، مدل ARIMA(2,0,0)

				Estimate	SE	t	Sig.
NO_3 Astanh-Model-1	No Transformation	Constant		2.661	.335	7.934	.000
		AR	Lag 1	1.042	.073	14.325	.000
			Lag 2	-.129	.073	-1.753	.081

$B_0 = (1 -1.042+ 0.129) * 2.661$

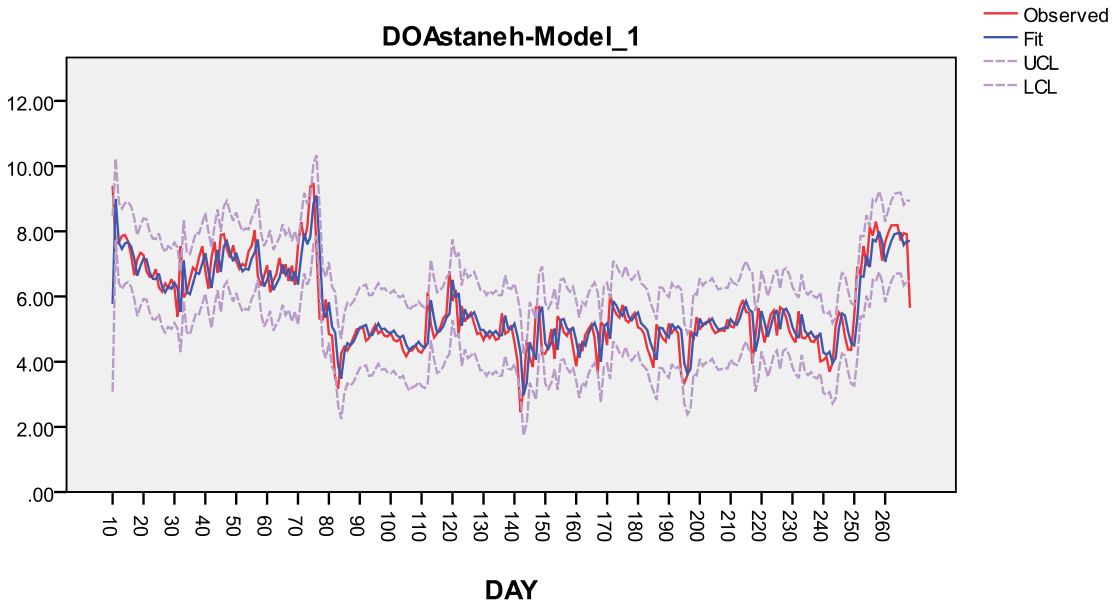
$X_t=0.231 +1.042X_{t-1} - 0.129X_{t-2}$

جدول ۴– پارامتراهای NO_3 منجیل، مدل ARIMA(2,0,0)

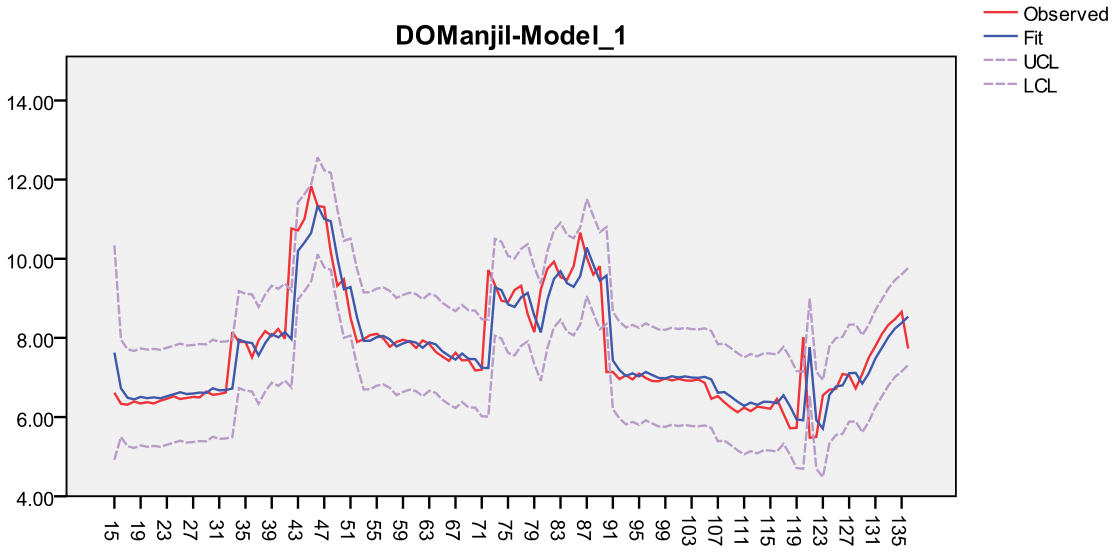
				Estimate	SE	t	Sig.
NO_3 Manjil-Model_1	No Transformation	Constant		3.367	.385	8.757	.000
		AR	Lag 1	.739	.091	8.109	.000
			Lag 2	.050	.091	.550	.584

$B_0 = (1 - 0.739 – 0.050) * 3.367$

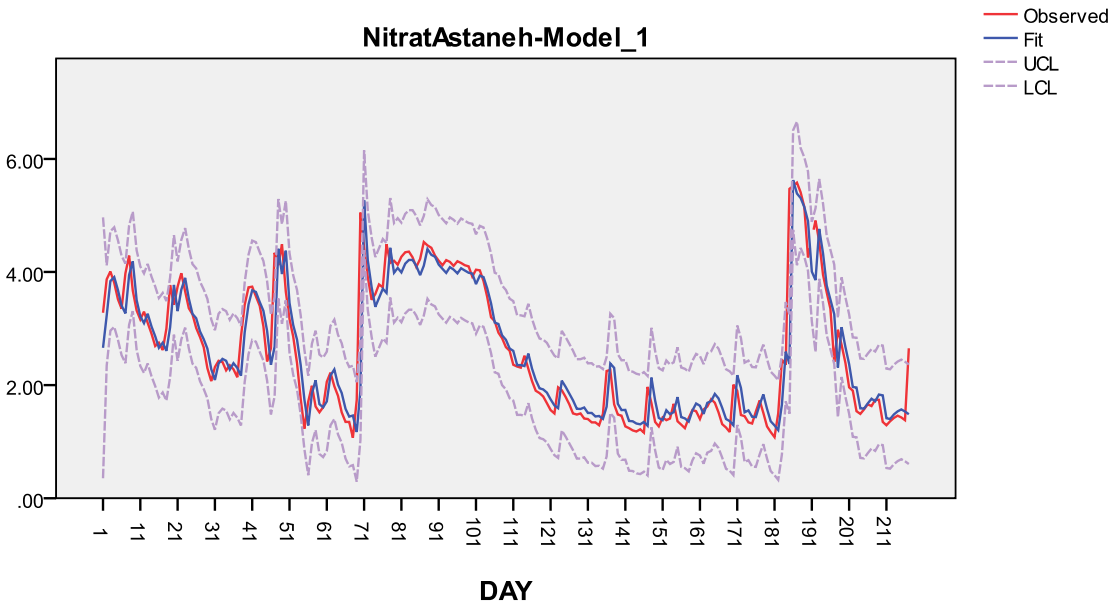
$X_t=0.710 + 0.739\, X_{t-1}+ 0.050X_{t-2}$



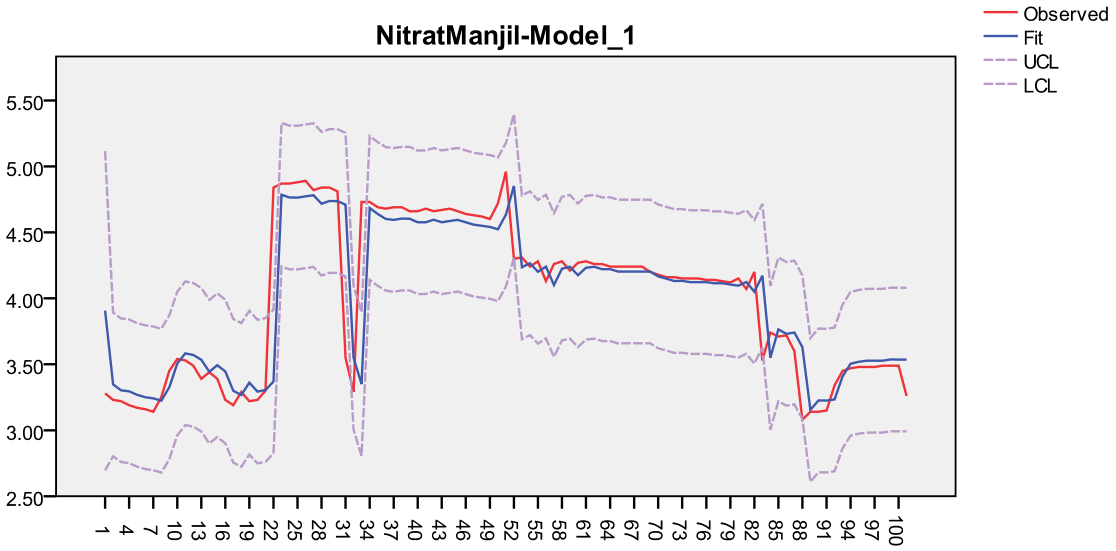
شکل ۵- نمودار سری زمانی DO آستانه



شکل۶- نمودار سری زمانی DO منجیل



شکل۷- نمودار سری زمانی NO_3 آستانه



شکل ۸- نمودار سری زمانی NO_3 منجیل

۴. بحث و نتیجه گیری:

فعالیت میکرو ارگانیسم ها با تغییرات دمای پاییز و زمستان، در افزایش و کاهش DO تاثیر دارد. نتایج بدست آمده بیانگر این است که میزان اکسیژن محلول در آب در زمستان به دلیل کاهش دما ،افزایش جریان و تلاطم آب و همچنین کاهش تبخیر ، افزایش داشته است و از آنجایی که املاح در میزان DO اثرات متفاوتی دارند و اگر میزان املاح در آب بالا رود ، میزان اکسیژن مولکولی محلول در آن کاهش می یابد (جایگزینی املاح با اکسیزن ملکولی) در نتیجه با توجه به وجود آلودگی بیشتر در بهار و پاییز ، مقدار DO در هر دو ایستگاه کاهش می یابد. در بازه های مورد بررسی میزان DO برای تمامی روزهای ثبت شده در ایستگاه منجیل فراتر از حد مجاز استاندارد EPA (۴ میلی گرم در لیتر) می باشد و درصورتیکه در ایستگاه آستانه در بسیاری از روزهای ماه آپریل تا اکتبر شاهد کاهش DO از حد مجاز استاندارد میباشیم . در مجموع بیلان کل DO در رودخانه سفیدرود مطلوب تشخیص داده شد که با مشاهدات اقبالی ۱۳۸۹ مطابقت دارد. از آنجا که رودخانه سفید رود با معضل ورود انواع پساب های کشاورزی و فاضلاب صنعتی مواجه است کاهش میزان DO در طول مسیر رودخانه از بالادست به سمت پایین دست مشاهده می شود که بررسی انجام شده با نتایج میرمشتاقی ۱۳۹۰ برابری دارد. وجود مقادیر بالای آنیون نیترات در ایستگاه منجیل ، حاکی از وجود نقش آلاینده های قدیمی تر(کودهای کشاورزی) در محدوده ایستگاه مورد نظر می باشد .در بین کودهای شیمیایی، کود اوره بالاترین میزان مصرف را در کشاورزی ایران دارد .در شمال کشور نیز از این کود به میزان بالا استفاده می شود . کود اوره نیز پس از تجزیه به آمونیاک، آمونیوم، نیتریت و نیترات تبدیل می شود .فراتر رفتن میزان نیترات از1 میلی گرم در لیتر بیانگر آلودگی آب است.*(Klavins, 2000)*. غلظت نیترات و دیگر ترکیبات نیتروژنی به عواملی چون فرسایش، آلودگی های ناشی از مصرف بی رویه کود و سموم در کشاورزی بستگی دارد *(Izquierdo et al,1997)*.سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا(EPA) حد مجاز نیترات در آبهای سطحی را ۱۰ میلی گرم بر لیتر اعلام کرد.همانطور که از شکل شماره ۳ پیداست میزان نیترات در ماه های مارس و آپریل در ایستگاه منجیل بیش از ایستگاه آستانه

می باشد . از ماه جولای تا اوایل نوامبر میزان NO_3 آستانه به شکل نسبتا یکنواخت در پایینترین حد خود قرار دارد . در اواخر ماه نوامبر تغییرات رو به رشدی در میزان NO_3 مشاهده می شود. بطور کلی میزان NO_3 در هر دو ایستگاه پایینتر از حد مجاز استاندارد EPA می باشد به غیر از اواخر ماه نوامبر در ایستگاه آستانه که مقدار نیترات برای چند روز و به میزان کمی بیش از حد استاندارد اندازه گیری شده است. برای پیش بینی سری زمانی پارامترهای یاد شده از مدل ARIMA(2,0,0) استفاده شد. ضریب تبیین ۸۰٪ DO در ایستگاه منجیل و ۷۶٪ در ایستگاه آستانه حکایت از دقت و نیکویی برازش مدل انتخاب شده دارد . همچنین ضریب تبیین برای پارامتر NO_3 بعد از حذف نویز ها در ایستگاه آستانه ۸۵٪ و در ایستگاه منجیل ۷۸٪ برازش شد که حکایت از دقت نسبتاً خوب مدل انتخابی دارد. برای تست مدل برای ایستگاه آستانه از داده های روزانه سه ماه اول سال ۲۰۱۱ در ایستگاه آستانه استفاده شد و R^2 مدل با دادههای جدید برای DO ۷۶٪ و برای NO_3 ۹۶٪ برازش شد.و تست مدل در ایستگاه منجیل از داده های روزانه ۴ ماه اول ایستگاه منجیل استفاده شد و R^2 مدل با داده های جدید برای DO ۸۰٪ و برای NO_3 ۹۷٪ برازش شد که نشان از عملکرد خوب مدل های ارایه شده دارد.

۵. منابع:

۱-آشگر طوسی, ش ,.۱۳۸۲ ، پیش بینی وقوع خشکسالی در استان خراسان , پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- اقبالی شمس آباد، پ. معماریابی ،م. معطر ،ف. ۱۳۸۹،بررسی عناصر سنگین کروم،کادمیوم، سرب و مواد آلی در سفید رود با نگرشی بر منشا زمین ساختاری آنها.مجله علمی-تخصصی تالاب ،شماره ۳،ص۳۹.

۳-جهانبخش اصل، س، ترابی، س،.۱۳۸۳، بررسی و پیش بینی تغییرات دما و بارش در ایران، مجلهٔ تحقیقات جغرافیایی، شمارهٔ ۱۹ ، ص ۱۲۵-۱۰۴.

۴-رمضانی،ن،۱۳۸۰ ،تحلیل و پیش بینی خشکسالی ها و ترسالی های استان مازندران، سپایان نامهٔ کارشناسی ارشد جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم، گروه جغرافیا.

۵-کرباسی، ع. شهبازی ،ا.۱۳۸۷.بررسی کیفیت آب رودخانه های استان گیلان . مجله تحقیقات پیشرفته ، شماره ۵.

عساکره،ح ,.غیور ح ,. ۱۳۸۲ , تغییرات دمایی کره زمین طی سده گذشته، خلاصه مقالات سومین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم، اصفهان، پاییز ۸۲.

۶-مالمیر ،م ۱۳۸۵. پیش بینی سری های زمانی کم آبی های رودخانه. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۷-میرمشتاقی،م. امیرنژاد،ر.خالدیان،م.۱۳۹۰ ، بررسی کیفیت آب رودخانه سفیدرود و پهنه بندی آن با استفاده از شاخص های کیفی NSFWQI و OWQI ، فصلنامه علمی-پژوهشی تالاب، ص ۳۴-۲۳.

نیرومند، ح .بزرگ نیا، ا.۱۳۸۱ ،ترجمه مقدمه ای بر تحلیل سری های زمانی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ دوم.

۸-ویسی پور،ح.معصوم پور،ج. صحنه،ب.یوسفی،ی.۱۳۸۹،تحلیل پیش بینی روند بارش و دما با استفاده ازمدل های سری زمانی آریما،فصل نامه علمی پژوهشی جغرافیا،ص ۸۰-۶۶ .

9-Ahmad,s.,khan,I., and parida,B.P.2001. performance of stochastic appoachaches for forcasting river water quality.water,35,4261-4266.

10-Durdu,O.2009.,Stochastic approaches for time series forecasting of boron:a case study of Western Turkey.Environmental Monitoring and Assessment,687-701,DOI:1007/s10661-009-1208-y.

11-Izquierdo, C., Usero, J. and Gracia, I., 1997. Speciation of heavy metals in sediments from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. Marine Pollution Bulletin, 34(2), 123-128.

12-Klavins, M. and et al., 2000. Heavy metals in rivers of Latvia. The Science of the Total Environment, 262, 175-183.
13-Kuruc,A,Yureki,k,and Cervik,O.2005.Performance of two stochastic approaches for forecasting water quality and streamflow data from Yesilirmal River,Turkey.Environmental Modelling & Software,20,1195-1200.
14-Ragavan,A.J.,and Fernadez,G.C.2006.Modelling water quality trend in long time series Proceeding of SAS Users Grop Meeting (SUGI 31), , March 2006,san Francisco,USA, paper 205-31.
15-Mishra ,A.K.,& Desai , V. R.2005.Drought forecasting using stochastic models. Stochastic Environmental Research and Risk Assesment,19,326-339.