دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

پیش‌بینی نوع و مقدار آلاینده‌های منابع آب سطحی با استفاده از مدل‌های سری زمانی (ARIMA) و مدل L-THIA (مطالعه موردی: زیرحوزه نمرود- حوزه آبخیز حبله‌رود)

زهرا پسندیده فرد[۱]، علیرضا میکاییلی تبریزی[۲]، ابوالفضل مساعدی[۳] و حسن رضائی[۴]

۱- دانشجوی دکتری محیط زیست، ارزیابی و آمایش، گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
(نویسنده مسوول: zahra_pasandidehfard@yahoo.com)
۲ و ۴- دانشیار و استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- استاد، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد
تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۵
صفحه: ۱۷۱ تا ۱۸۰

چکیده

به‌دلیل نقش مهم آلودگی غیرنقطه‌ای در مدیریت منابع آب، در این مطالعه مدل‌های سری زمانی به‌منظور پیش‌بینی پارامترهای کیفی آب و مدل L-THIA (یکی از مدل‌های آلودگی غیرنقطه‌ای) به‌منظور تخمین میزان آلاینده‌های آب استفاده شد. پژوهش حاضر با هدف مقایسه نتایج مدل L-THIA و مدل‌های ARIMA در زیرحوزه نمرود واقع در حوزه آبخیز حبله‌رود انجام شده است. در ابتدا، تغییرات کاربری از سال ۱۹۷٤ تا ۲۰۱۷ بررسی شد که نشان‌دهنده افزایش اراضی کشاورزی، توسعه شهری و جاده‌ها بود. سپس با استفاده از مدل L-THIA برای هر دو کاربری، میزان آلاینده‌ها و حجم رواناب محاسبه شد که رشد زیادی را نشان می‌داد. در نهایت، با استفاده از مدل‌های ARIMA، پارامترهای کیفی آب برای سی سال مدل‌سازی شد. در بین مدل‌های ARIMA مدلی با کمترین میزان خطا و معیار سنجش آکائیک (AIC) به عنوان مدل بهینه برای TDS و مجموع کل کاتیون و آنیون انتخاب شد. مدل‌های مطلوب برای TDS و مجموع کاتیون و آنیون به ترتیب عبارت بودند از: (۱، ۱، ۰)، (۲، ۱، ۱) و (۱، ۱، ۱). در نهایت نمودار روند و سری زمانی برای هر یک از پارامترهای مذکور رسم شد. نمودارهای روند و سری زمانی برای هر سه پارامتر افزایش را نشان داد که بیانگر افزایش میزان آلودگی بود. نتایج این مطالعه حاکی از سودمندی مدل‌های سری زمانی در مطالعات منابع آب از طریق پیش‌بینی پارامترهای کیفی آب است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی غیرنقطه‌ای، پارامترهای کیفی آب، رواناب، مدل L-THIA، مدل‌های سری زمانی

مقدمه

آب عنصری حیاتی برای توسعه اقتصادی-اجتماعی و همچنین حیات اکوسیستم است (۱۷). کمیت و کیفیت آب بر رشد و سلامت جمعیت‌های انسانی همچنین بر سلامت اکولوژیکی سیستم‌های حوزه آبخیز اثر می‌گذارد (۲۵). درک روابط متقابل بین منابع آب و تغییرات کاربری اراضی به‌منظور مدیریت پایدار منابع زیست‌محیطی بسیار مهم است (۱۵). از سوی دیگر وقوع تغییرات کاربری اراضی، پیامدهای اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی در مقیاس محلی، ناحیه‌ای و جهانی را در پی دارد (۱۴). هدف برجسته مدیریت آب، دستیابی به بهترین وضعیت در تمام منابع آب سطحی و زیرزمینی است (۱۹). در این زمینه همواره از روش‌های مختلف مدل‌سازی کیفی آب استفاده شده است که می‌توان به مدل‌های سری زمانی[۱] (ARIMA) به‌عنوان یکی از روش‌های بسیار کاربردی در جهت بررسی روند افزایش آلاینده‌های آب و همچنین پیش‌بینی میزان رشد آن در آینده اشاره کرد. از آنجا که مسئله آب و کمبود فزاینده آن یکی از مهمترین مسائل دنیای امروز به شمار می‌رود تحقیقات زیادی در ایران و سایر نقاط جهان در زمینه اثر تغییرات کاربری بر خصوصیات کمی و کیفی آب انجام شده است. در این ارتباط این پژوهش های روز به روز گسترده‌تر و عمیق‌تر می‌شوند.

والتون و همکاران (۲۷) روشی جدید را برای تعیین اثرات کاربری از داده‌های پایش کیفیت آب به وسیله مدل HSPF، در حوزه آبخیز جان استون در شمال استرالیا به کار بردند. در نهایت مقدار بارگذاری رسوبات معلق و مواد مغذی در شرایط متفاوت فصلی را تعیین نموده و سهم هر یک از کاربری‌های اصلی در این بارگذاری را مشخص نمودند. خبری و همکاران (۱۱) ارتباط بین منابع آلاینده ناشی از کاربری اراضی و کیفیت آب رودخانه زاینده رود را با استفاده از تحلیل‌های آماری ارزیابی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت آلاینده‌ها با مساحت اراضی کشاورزی اطراف هر ایستگاه و فاصله تا صنایع اطراف رودخانه مثل تصفیه‌خانه جنوب اصفهان رابطه معنی‌داری دارد. کیم و همکاران (۱۳) با استفاده از مدل L-THIA اثر تغییرات کاربری اراضی در سال‌های ۱۹۲۰ تا ۱۹۹۰ را بر کیفیت آب در حوزه آبخیز لاگون در مرکز ایالت فلوریدا بررسی کردند و نشان دادند که تغییر کاربری بین سال‌های مذکور باعث افزایش میزان رواناب و همچنین افزایش حجم رواناب شده است. میرزایی و همکاران (۱۶) نیز با استفاده از مدل L-THIA ارتباط بین منابع آلاینده آب و تغییر کاربری اراضی را در حوزه آبخیز زاینده‌رود بررسی کردند. نتایج این پژوهش بیانگر تاثیر بسیار زیاد کاربری اراضی بر افزایش آلودگی غیرنقطه‌ای بود. افروزی و زارع ابیانی (۱) با استفاده از مدل‌های فصلی ARIMA مدل‌سازی و پیش‌بینی تراز آب‌های زیرزمینی را در دشت استان همدان انجام دادند و در نهایت میزان افت تراز آب‌های زیرزمینی را نشان دادند. چیائودانی و همکاران (۴) با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره با استفاده از سری‌های زمانی بلند مدت (۲۰۰۹-۱۹۸۶) داده‌های بارندگی، سطوح

1- Auto Regressive Integrated Moving Average

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.18.1]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.171]

پیزومتریک و دبی رودخانه‌ها ارزیابی روابط آب سطحی و ارائه دهند که به عنوان ابزار مدیریتی در منابع آب به‌کار رود. دودانگه و همکاران (۵) به‌منظور بررسی اثر پارامترهای اقلیمی بر مدیریت منابع آب از سری‌های زمانی استفاده کردند. ایشان مدل‌های سری زمانی (ARIMA) را برای داده‌های رطوبت نسبی، تبخیر، سرعت باد و ساعات آفتابی مشخص کردند. سپس با استفاده از این مدل‌ها به پیش‌بینی داده‌های اقلیمی یاد شده پرداختند. نتایج حاکی از سودمندی مدل‌های سری زمانی در مطالعات منابع آب از طریق پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی و تعیین روند آن‌ها بود. فرجزاده و همکاران (۶) با استفاده از مدل‌های ARIMA و شبکه‌های عصبی، داده‌های روزانه رواناب و بارندگی دریاچه ارومیه را مدل‌سازی کردند و در نهایت برای شش سال پیش بینی را انجام دادند. سیدیان و همکاران (۲۶) دبی رودخانه را با استفاده از داده کاوی و سری زمانی پیش‌بینی کردند. در این مطالعه داده‌های دبی مربوط به سه ایستگاه حوزه آبخیز گرگانرود مورد بررسی قرار گرفت. به منظور شبیه‌سازی از روش آماری سری زمانی در قالب الگوی اتورگرسیون (AR) و داده کاوی در قالب ماشین بردار پشتیبان (SVM) به دو صورت ماهانه و هفتگی استفاده نمودند. نتایج ایشان نشان داد که دقت هر دو روش در مقیاس ماهانه بیشتر از هفتگی است.

جاویدی صباغیان و شریفی (۹) سری زمانی ۵۰ ساله مربوط به دبی متوسط سالانه یک نمونه رودخانه فرضی را انجام دادند. سپس به پیش‌بینی مربوط به ۵۰ سال آتی نیز با استفاده از مدل‌های ARIMA پرداختند.

با توجه به مطالب بیان شده بر اساس سوابق تحقیقات انجام شده مشاهده می‌شود که شناسایی و پایش کیفیت منابع آب به‌منظور شناخت از کیفیت آب متناسب با مصارف مختلف به عنوان یکی از گام‌های اصلی مدیریت کیفیت منابع آب از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (۲۴). از طرف دیگر با بررسی پژوهش‌های انجام شده در سراسر جهان اهمیت کنترل و پیش‌بینی آلاینده‌ها در منابع آب به طور چشم‌گیری قابل ملاحظه است. از این رو در این تحقیق سعی شده است تا علاوه بر بررسی اثر تغییرات کاربری بر میزان آلاینده‌های کیفی آب، روند افزایش آن از گذشته تا کنون مشخص شود و در نهایت با استفاده از مدل‌های ARIMA و L-THIA[1]، با زیرزمینی را انجام دادند. ایشان توانستند یک مدل مفهومی بررسی وضعیت کیفی منابع آب سطحی زیرحوزه نمرود واقع در حوضهٔ آبخیز حبله‌رود، میزان افزایش آلاینده‌های کیفی در سال‌های آتی پیش‌بینی شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

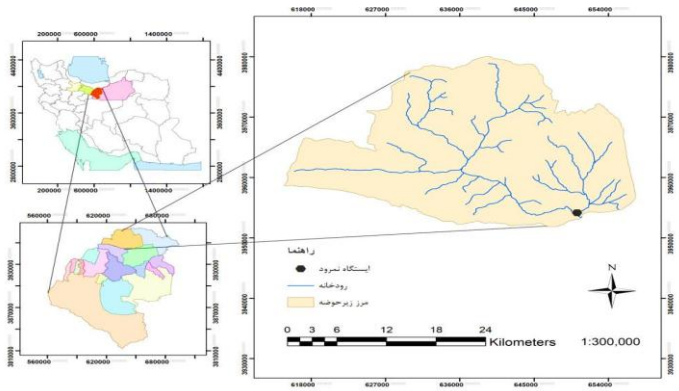
زیرحوزه نمرود در حوزه آبخیز حبله‌رود بین ´۵۲°۱۶ تا ´۵۲°۴۶ طول شرقی و بین ´۳۵°۴۱ تا بین ´۳۵°۵۷ عرض شمالی واقع شده است. وسعت این زیرحوزه ۷۶۱۷۲/۶۵ هکتار است که بیش از ۸۰ درصد آن از مراتع پوشیده شده است. این زیر حوزه در شمال شرقی استان تهران و در بخش شمالی حوزه آبخیز حبله‌رود قرار دارد. حوزه آبخیز حبله‌رود بین استان‌های تهران و سمنان واقع شده است (شکل ۱).

داده‌های مورد استفاده

برای ارزیابی کیفیت آب، باید چند پارامتر در یک دوره زمانی خاص اندازه‌گیری و مطالعه شوند (۷). به این منظور، در این مطالعه، از داده‌های کیفی مربوط به ایستگاه نمرود واقع در خروجی زیرحوزه نمرود استفاده شد. داده‌های کیفی مورد استفاده شامل مجموع کاتیون، مجموع آنیون و کل جامدات محلول (TDS) است. نقشه‌های کاربری اراضی سال ۱۹۷۴ و کاربری کنونی نیز به‌منظور بررسی تغییرات کاربری در سال‌های مذکور استفاده شد.

روش انجام پژوهش

در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار ArcMap10.2 ابتدا تغییرات کاربری از سال ۱۹۷۴ میلادی تا کنون در منطقه مورد مطالعه بررسی شد. در ابتدا با استفاده از نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۹۷۴ و ۲۰۱۰ در طرح پژوهشی ارزیابی توان اکولوژیک، اقتصادی و اجتماعی و آمایش حبله‌رود (۲)، پژوهش آغاز شد. به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی ۲۰۱۷، نقشه سال ۲۰۱۰ با مقایسه چشمی در Google Earth اصلاح شد و مساحت کاربری‌ها در محیط نرم‌افزار ArcMap10.2 برای سال‌های ۱۹۷۴ و ۲۰۱۷ محاسبه شد. سپس با استفاده از مدل L-THIA در نرم‌افزار ArcView 3.2 میزان آلودگی غیرنقطه‌ای در سال‌های مذکور بررسی شد.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Study area

1- Long Term Hydrologic Impact Analysis

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.18.1]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.171]

پس از آن، با استفاده از نرم‌افزار MINITAB سری‌های زمانی ARIMA مورد بررسی قرار گرفت و مدل‌های مناسب برای پارامترهای مجموع کاتیون‌ها، مجموع آنیون‌ها و کل جامدات محلول (TDS) تشخیص داده شد. در نهایت با استفاده از مدل‌های بهینه ARIMA برای پارامترهای مذکور پیش‌بینی میزان رشد آلاینده‌ها در آب منطقه مورد مطالعه انجام شد.

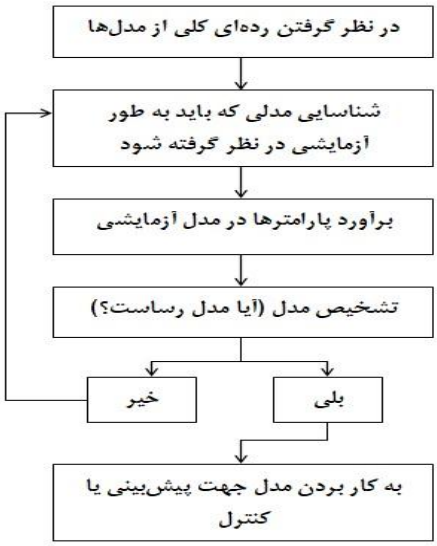
مدل L-THIA

مدل L-THIA برای تعیین میزان آلودگی غیرنقطه‌ای استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که آلودگی غیرنقطه‌ای به نوعی از آلودگی اتلاق می‌شود که از منابع غیرمتمرکز از جمله اراضی کشاورزی و سطوح آسفالته ناشی می‌شود. برای این منظور لازم است ابتدا نقشه‌های کاربری اراضی و نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک تهیه شده و سپس طبق جدولی که در فایل راهنمای این مدل ارائه شده است جدول اطلاعات توصیفی نقشه‌های کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک اصلاح شده و فایل بارندگی سی ساله منطقه نیز به صورت متنی آماده شود. مدل مذکور با استفاده از فایل متنی بارندگی، نقشه‌های اصلاح شده کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و فایل متنی cn-table (شماره منحنی) عمق رواناب و میزان آلودگی غیرنقطه‌ای را تعیین می‌کند. این مدل در محیط نرم‌افزار ArcView 3.2 قابل اجرا است.

سری زمانی

یک سری زمانی مجموعه داده‌هایی است که در فواصل زمانی مساوی و منظمی جمع‌آوری شده و بر اساس زمان اندازه‌گیری مرتب شده باشند. در موضوعات مرتبط با هیدرولوژی وقتی سری های زمانی در عمل مورد تحلیل قرار می‌گیرند، فقط مقدار محدودی داده ثبت شده یا یک نمونه وجود دارد. تمام تشخیص‌های ممکن از این فرآیند، تشکیل جامعه آماری را می‌دهند. هدف مطالعات هیدرولوژیک درک و توصیف کمی جامعه آماری و فرآیند ایجادکننده این جامعه آماری، براساس تعداد محدودی نمونه است (۹). یکی از مهمترین اهداف تحلیل سری‌های زمانی، پیش‌بینی مقادیر آینده آن است. حتی اگر هدف نهایی به الگو درآوردن سری‌های زمانی برای کنترل یک سیستم باشد، عملیات آن مبتنی بر پیش‌بینی است (۲۱).

پیش‌بینی در هیدرولوژی به معنی تخمین شرایط هیدرولوژیکی و هواشناسی در یک بازه زمانی خاص می‌باشد (۱۰).



شکل ۲- مراحل مدل‌سازی ARIMA (۱۶)

Figure 2. Steps of ARIMA modeling (16)

جهت پیش‌بینی سری‌های زمانی لازم است که رفتارهای فرآیند را با یک مدل ریاضی که قابل گسترش برای آینده است، توصیف کرد (۱۲).

استراتژی الگوسازی (مدل‌سازی)

پیدا کردن الگوهای مناسب برای سری‌های زمانی شامل چند مرحله است که بوسیله باکس و جنکینس در سال۱۹۷۶ وضع شده است.

در این روش سه مرحله عمده وجود دارد:

۱- تشخیص یا شناسایی الگو

۲- برازش الگو

۳- تشخیص درستی الگو (۲۰، ۱۲)

به منظور دستیابی به مدل بهینه سری زمانی مراحل به صورت شکل۲ طی می‌شود.

شناخت مدل آزمایشی

به‌منظور پیدا کردن مدل مناسب سری زمانی برای هر یک از پارامترهای مجموع کاتیون، آنیون و TDS[1]، ابتدا نمودار سری زمانی برای هر یک در نرم افزار MINITAB رسم شد. با توجه به نمودار سری زمانی هر یک از پارامترها ناایستایی در میانگین و واریانس، بررسی شد. یک سری زمانی را ایستا می‌نامیم هر گاه مشخصه‌های آماری آن مانند

1- Total Dissolved Solid

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.18.1]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.171]

میانگین و واریانس در طول زمان ثابت بماند. ابتدا به منظور بررسی ناایستایی در واریانس تبدیل باکس- کاکس انجام شد. با بررسی میزان لامبدا مشخص شد که مجموع کاتیون و همچنین آنیون ناایستایی واریانس دارند ولی TDS در واریانس ایستا است. میزان لامبدا برای کاتیون و آنیون نیاز به تبدیل لگاریتمی را نشان داد. پس از تبدیل لگاریتمی ناایستایی در میانگین، برای هر سه پارامتر بررسی شد. بررسی ناایستایی میانگین در هر سه پارامتر، با توجه به نمودار خود همبستگی یا acf انجام شد. نمودار acf هر سه پارامتر، ناایستایی در میانگین را نشان داد، در نتیجه تفاضل‌گیری انجام شد. برای هرسه پارامتر مرتبه تفاضل‌گیری، یک بود. سپس نمودار سری زمانی مجددا رسم شد و با رسم نمودار روند میزان افزایش یا کاهش عناصر بررسی شد.

بررسی مناسبت مدل

برای بررسی مناسب بودن مدل از دو روش که مکمل یکدیگرند استفاده می‌شود (۱۲):

۱- تجزیه و تحلیل باقیمانده‌های مدل برازش شده

۲- تجزیه و تحلیل مدل‌هایی که پارامتر بیشتری دارند.

به‌منظور تجزیه و تحلیل باقیمانده‌ها فرض نرمال بودن، استقلال و فرض ثابت بودن واریانس باقیمانده‌ها بررسی و نمودار باقیمانده‌ها در برابر زمان رسم شد و آزمون پرت-مانتو نیز به منظور آزمون فرضیه ناهمبسته بودن باقیمانده‌ها استفاده شد. در مرحله بعد به تجزیه و تحلیل مدل‌هایی که پارامتر بیشتری دارند پرداخته شد. بعد از اینکه مدل‌های مختلف بر سری زمانی آریما عبور داده شد از معیار آکائیک (AIC) برای تعیین بهترین مدل موجود استفاده شد. چگونگی محاسبه معیار آکائیک در رابطه۱ مشخص است.

$$AIC(q,p) = N\, ln(\delta_{\Sigma}^{2}) + 2(p+q) \qquad (۱)$$

که در آن N تعداد اطلاعات سری زمانی و δ واریانس خطاهای باقیمانده است (۱۰). مدل بهینه مدلی است که میزان آکائیک کمتری را نشان دهد (۱۲،۲۳).

پیش‌بینی

پس از تعیین مدل بهینه برای هر یک از پارامترهای مورد مطالعه، پیش‌بینی در یک بازه زمانی مشخص انجام می‌شود. در این تحقیق از روش پیش‌بینی باکس- جنکینز استفاده شد. این روش اساسا شامل برازش یک مدل ARIMA به داده‌ها می‌باشد. به طور کلی مدل‌های ARIMA شامل سه نوع کلی هستند: مدل‌های اتورگرسیون (AR)، مدل‌های میانگین متحرک (MA) و ترکیب مدل‌های MA و AR (مدل‌های ARIMA) (۳،۸،۲۲). پس از تعیین مدل نهایی و تعیین مرتبه تفاضلی و تعیین مرتبه هر یک از فرآیندهای اتورگرسیون (AR) و میانگین متحرک (MA) پیش‌بینی صورت می‌گیرد (۱۲).

نتایج و بحث

در این تحقیق ابتدا مساحت کاربری‌ها در نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۷۴ (۲) با نقشه کاربری حاضر در محیط نرم‌افزار ArcMap10.2 مقایسه شد که نتایج در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مقایسه مساحت کاربری‌های اصلی در نقشه کاربری اراضی ۱۹۷۴ و ۲۰۱۷

Table 1. Comparison the main land uses area in land use map of 1974 and 2017

نوع کاربری اراضی	کاربری اراضی ۱۹۷۴ (ha)	کاربری اراضی کنونی (ha)	کاربری اراضی ۱۹۷۴ (درصد)	کاربری اراضی ۲۰۱۷ (درصد)
کشاورزی	۷۶۹۳/۷۶	۱۱۹۴۹/۳۴	۱۰/۱	۱۵/۶۹
مرتع	۶۷۷۵۸/۴۹	۶۲۷۵۷/۴۷	۸۸/۹۶	۸۲/۳۸
مسکونی	۱۰/۲۶	۳۵۵/۶۰	۰/۰۱	۰/۴۸
جاده	۹۹/۰۶	۲۰۳/۵۹	۰/۱۳	۰/۲۷
سایر کاربری‌ها	۶۱۱/۰۷	۹۰۶/۶۵	۰/۸	۱/۱۸

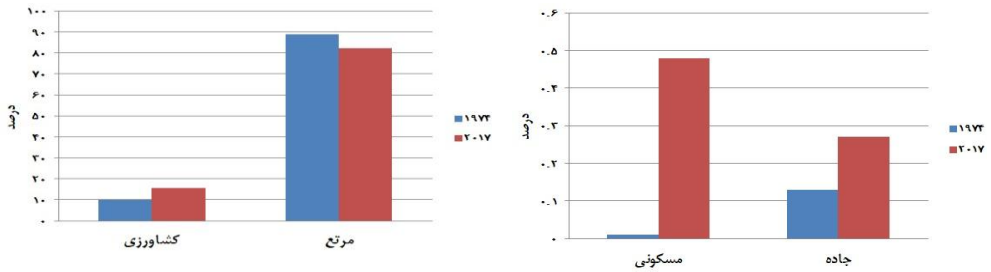
همانطور که در شکل ۳ نیز نشان داده شده است اراضی کشاورزی، جاده‌ها و مناطق مسکونی در طول دوره مورد بررسی افزایش یافته اما وسعت مراتع کاهش یافته است.

مدل L-THIA با استفاده از نقشه کاربری اراضی و نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک (شکل۴) و فایل متنی بارندگی به منظور تعیین میزان آلودگی غیرنقطه‌ای اجرا شد. نتایج این مدل برای کاربری اراضی سال ۱۹۷۴ و کاربری کنونی در شکل۵ نشان داده شده است. در این شکل میزان افزایش آلودگی غیرنقطه‌ای که به دلیل افزایش اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی و جاده‌ها می‌باشد، کاملا مشهود است. رنگ تیره در این شکل نشان‌دهنده اراضی با میزان آلودگی بسیار زیاد است و رنگ روشن اراضی با آلودگی کمتر را نشان می‌دهد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

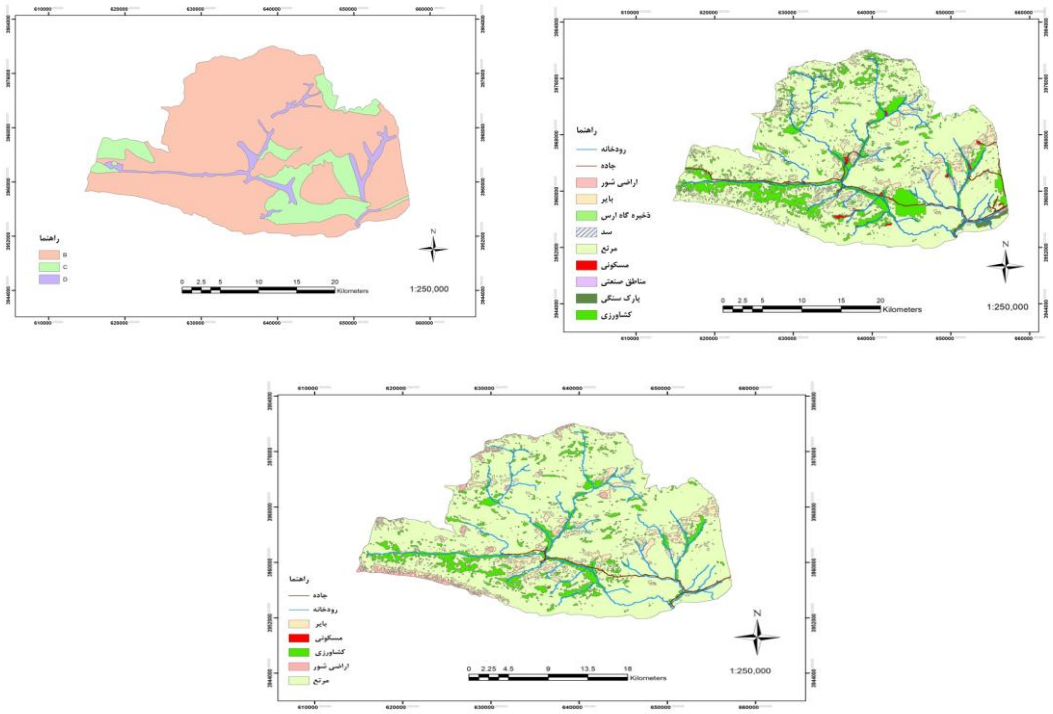
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.18.1]

[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.171]



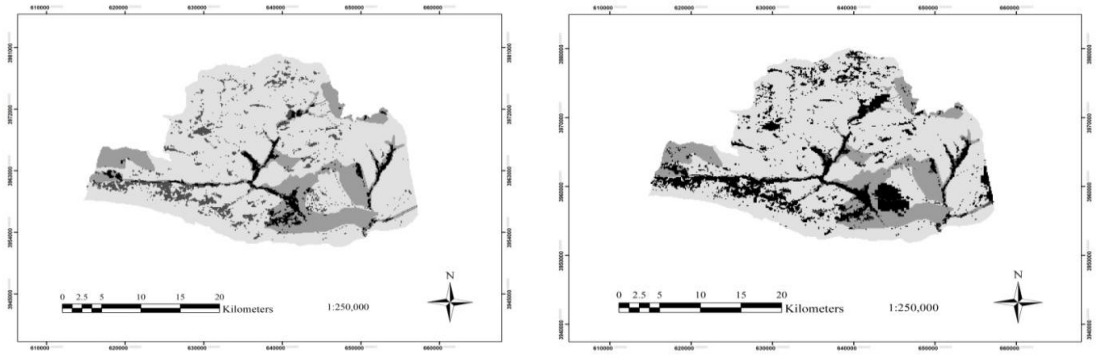
شکل ۳- مقایسه درصد مساحت کاربری‌های اصلی در سال‌های ۱۹۷۴ و ۲۰۱۷

Figure 3. Comparison the percentage of the main land uses area in the years 1974 and 2017



شکل ۴- نقشه‌های ورودی مدل L-THIA : کاربری اراضی ۲۰۱۷ (راست)، کاربری اراضی ۱۹۷۴ (چپ) و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک (پایین)

Figure 4. The input maps of L-THIA model: land use of 2017 (right) and 1974 (left) and hydrological groups of Soil

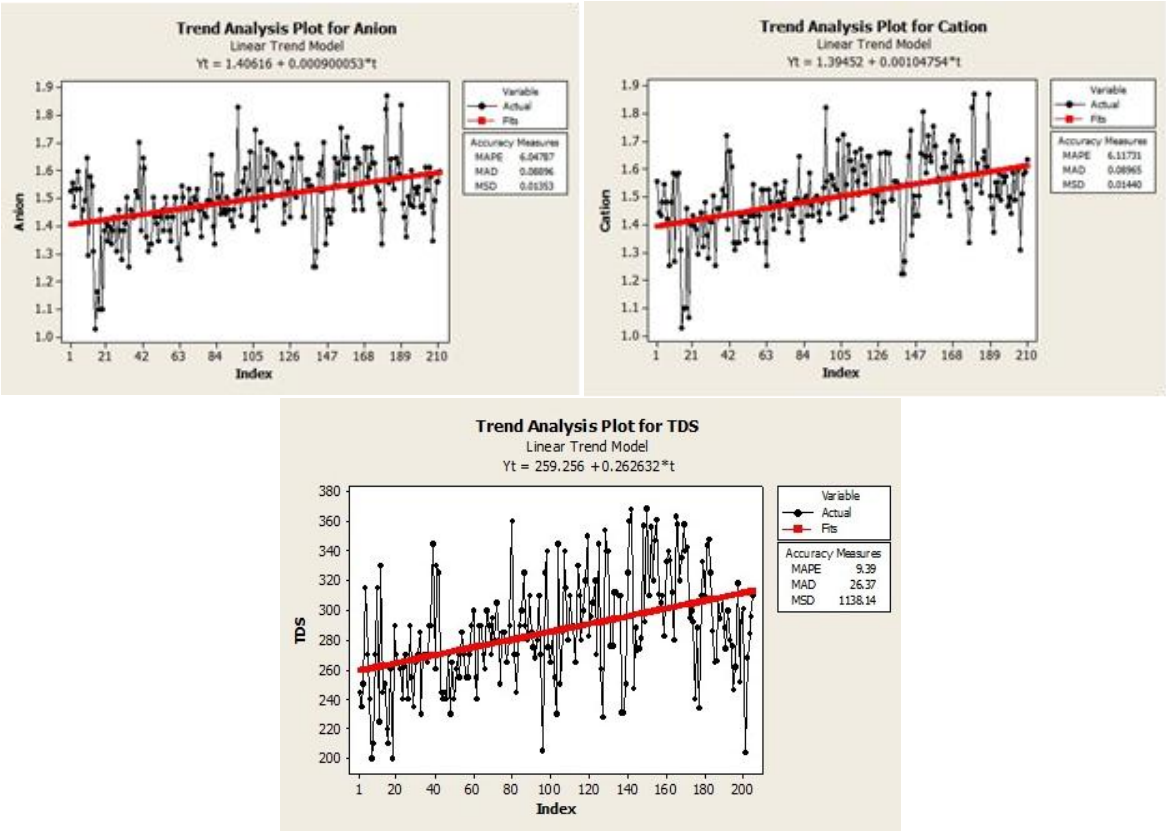


شکل ۵- نتایج حاصل از مدل L-THIA برای کاربری اراضی ۲۰۱۷ (راست) و کاربری اراضی ۱۹۷۴ (چپ)

Figure 5. The results of L-THIA model for land use of 2017 (right) and 1974 (left)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.18.1]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.171]

همانگونه که بیان شد، به‌منظور پیدا کردن مدل مناسب سری زمانی برای هر یک از پارامترهای مجموع کاتیون، آنیون و TDS، ابتدا نمودار سری زمانی و روند رسم شد (شکل ۶).



شکل ۶- نمودار روند پارامترهای مجموع کاتیون، آنیون و TDS

Figure 6. Diagrams of Trend Analysis Plot for total Cations, Anions and TDS

در این شکل نقاط سیاه نشان دهنده مقادیر واقعی پارامترها و خط قرمز نمودار روند است که با توجه به مقادیر واقعی توسط نرم‌افزار ترسم شده است. با توجه به ناایستایی واریانس مجموع کاتیون و همچنین آنیون، و واریانس ایستا در مقادیر TDS، تبدیل لگاریتمی لامبدا برای کاتیون و آنیون انجام شد. پس از تبدیل لگاریتمی، با توجه به نمودار خود همبستگی یا acf، بررسی ناایستایی میانگین در هر سه پارامتر انجام شد. نمودار acf هر سه پارامتر، ناایستایی در میانگین را نشان داد، در نتیجه تفاضل‌گیری انجام شد. برای هرسه پارامتر مرتبه تفاضل‌گیری، یک بود. سپس نمودار سری زمانی مجددا رسم شد و با رسم نمودار روند میزان افزایش یا کاهش عناصر بررسی شد. نمودار سری زمانی و روند در شکل ۶ نشان داده شده است.

پس از رسم نمودار روند، مدل برای هر یک از پارامترها تشخیص داده شد. پس از برازش مدل، باقیمانده‌ها بررسی شد و سپس مدل‌های گسترده‌تر در نظر گرفته شد تا تناسب مدل تایید شود. مدل مناسب برای مجموع کاتیون‌ها (۰،۱،۱) تشخیص داده شد.

سایر مدل‌های گسترده که بررسی شدند عبارت بودند از: (۱،۱،۱)، (۰،۱،۲)، (۱،۱،۲) و (۲،۱،۱) که دو مدل آخر با بررسی ضرایب MA و AR رد شدند (میزان ضرایب مذکور با توجه به p-value). مدل‌های تایید شده برای آنیون‌ها و همچنین TDS نیز همانند کاتیون‌ها می‌باشد که عبارتند از: (۰،۱،۱)، (۱،۱،۱) و (۰،۱،۲). سپس به‌منظور گزینش بهترین مدل، معیار آکائیک محاسبه شد که نتایج در جدول ۲ آمده است.

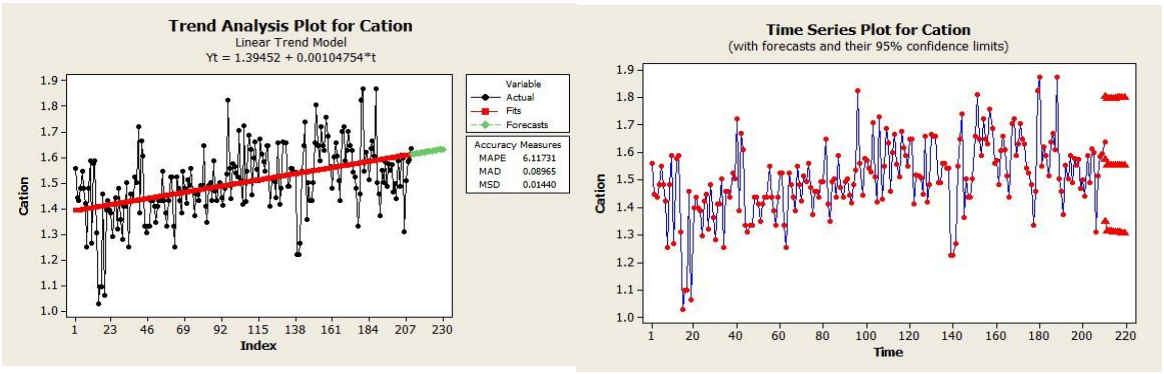
جدول ۲- مقایسه معیار آکائیک برای مدل بهینه کاتیون‌ها، آنیون‌ها و TDS

Table 2. Comparison Akaike (AIC) criterion for optimal models of Cations, Anions and TDS

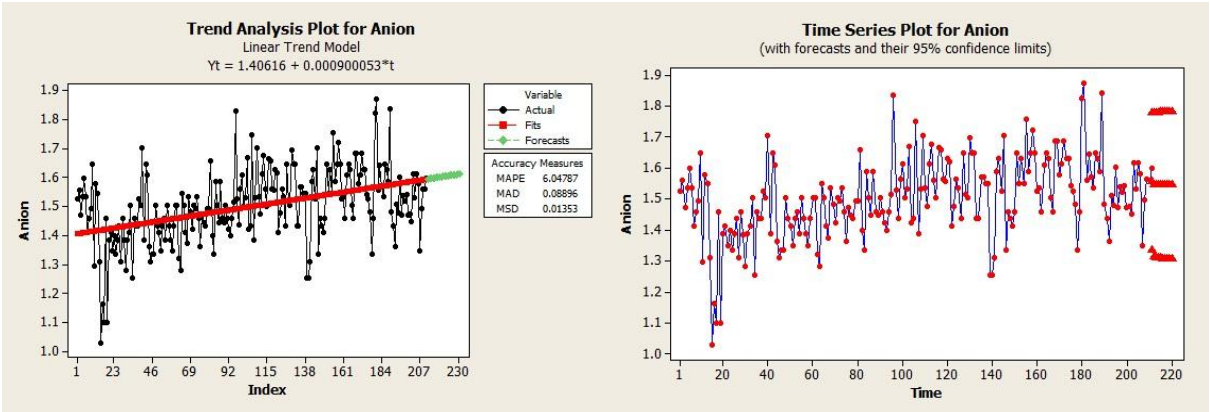
مدل ARIMA	معیار آکائیک کاتیون	معیار آکائیک آنیون	معیار آکائیک TDS
مدل ۱ (۱،۱،۰)	-۳۸۵/۳۷	-۳۹۳/۸۷	-۱۹۳/۸۷
مدل ۲ (۱،۱،۱)	-۳۸۸/۶۲	-۳۹۴/۶۶	-۱۹۳/۱۶
مدل ۳ (۲،۱،۰)	-۳۸۹/۳۰	-۳۹۴/۶۰	-۱۹۳/۲۵

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.18.1]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.171]

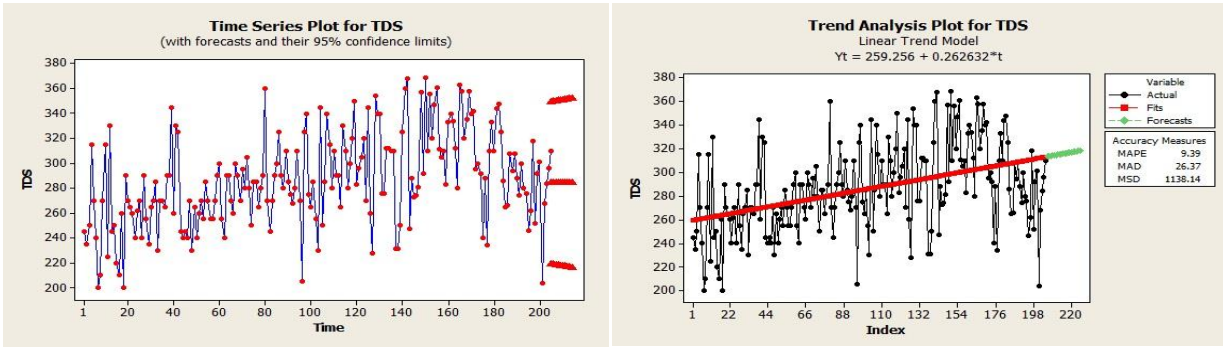
با بررسی نتایج جدول ۲ مدل مناسب برای مجموع کاتیون مدل۳ و برای مجموع آنیون‌ها مدل۲ و برای TDS مدل ۱ است. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، مدل‌های مذکور نشان‌دهنده کمترین مقادیر آکائیک در مقایسه با دو مدل دیگر هستند. با مدل‌های منتخب می‌توان میزان پارامترهای مورد بررسی را در آینده پیش‌بینی نمود. نمودارهای پیش‌بینی برای سه فاکتور کیفی آب شامل مجموع کاتیون‌ها، آنیون‌ها و TDS به ترتیب در شکل‌های ۷، ۸ و ۹ ارائه شده است. در این شکل‌ها متغییر نشان داده شده در محور طول‌ها زمان می‌باشد که واحد اندازه‌گیری آن نیز ماه است. بنابراین، در این ۳ شکل مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی سه پارامتر کیفی شامل مجموع کاتیون‌ها، آنیون‌ها و TDS در هر ماه نشان داده شده است.



شکل ۷- نمودار پیش‌بینی سری زمانی و روند برای مجموع کاتیون
Figure 7. Forecasting diagrams of Trend Analysis and Time Series Plot for total Cations



شکل ۸- نمودار پیش‌بینی سری زمانی و روند برای مجموع آنیون
Figure 8. Forecasting diagrams of Trend Analysis and Time Series Plot for total Anions



شکل ۹- نمودار پیش‌بینی سری زمانی و روند برای TDS
Figure 9. Forecasting diagrams of Trend Analysis and Time Series Plot for TDS

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.18.1]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.171]

در این تحقیق از مدل L-THIA و سری‌های زمانی به منظور تایید اثر تغییرات کاربری بر میزان آلاینده‌های کیفی آب استفاده شد. به این منظور ابتدا با استفاده از نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۷۴ در مطالعات پیشین منطقه مقایسه‌ای بین کاربری‌های مختلف اراضی در نقشه کنونی و نقشه سال ۱۹۷۴ که منابع اصلی ایجاد آلاینده‌ها هستند مانند کاربری کشاورزی، اراضی مسکونی، مناطق صنعتی و جاده‌ها و همچنین کاربری مرتع انجام شد. نتایج حاکی از افزایش اراضی کشاورزی، مسکونی، جاده‌ها و مناطق صنعتی بود که همگی بر افزایش آلاینده‌ها دلالت داشتند. از سوی دیگر نتایج اجرای مدل L-THIA نشان‌دهنده افزایش میزان آلودگی غیرنقطه‌ای در سال‌های کنونی نسبت به سال ۱۹۷۴ است که نتایج در شکل۴ آمده است. در نهایت سری‌های زمانی ARIMA نیز برای سه فاکتور کیفی آب شامل مجموع کاتیون‌ها، مجموع آنیون‌ها و کل جامدات محلول (TDS) انجام شد. پس از بررسی نمودارهای روند هر سه پارامتر، افزایش تدریجی آلاینده‌های کیفی آب تایید شد. سپس به منظور پیش‌بینی میزان آلاینده‌ها در آینده مدل بهینه برای هر یک از پارامترها با استفاده از معیار آکائیک انتخاب شد. مدل‌های بهینه نیز افزایش آتی آلاینده‌ها را تایید می‌نمایند. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان پیش‌بینی نمود در صورتی که روند تغییرات کاربری اراضی به همان صورت گذشته صورت گیرد، متاسفانه میزان آلاینده‌های کیفی آب رشد خواهد داشت. نتایج این پژوهش، تاثیر کاربری اراضی بر غلظت آلاینده‌ها در منابع آب را تایید کرد که با نتایج پژوهش‌های والتون و همکاران (۲۷)، خبری و همکاران (۱۱)، کیم و همکاران (۱۳) و میرزایی و همکاران (۱۶) نیز همخوانی دارد. از سوی دیگر نتایج این تحقیق نشان داد که مدل‌های سری زمانی در کنار مدل‌های آلودگی غیرنقطه‌ای به خوبی قادر به پیش‌بینی و مدل‌سازی آلاینده‌های آب می‌باشند. نتایج این مطالعه نیز همچون مطالعات چیائودانی و همکاران (۴)، دودانگه و همکاران (۵)، فرجزاده و همکاران (۶)، سیدیان و همکاران (۲۶) و جاویدی صباغیان و شریفی (۹) نشان‌دهنده سودمندی مدل‌های ARIMA در مدیریت منابع آب است. نتایج این پژوهش، لزوم اجرای تدابیر مدیریتی خاص جهت ارائه کاربری بهینه اراضی به منظور کاهش آلاینده‌های کیفی در منابع آب را تایید کرد. در این راستا می‌توان به اقداماتی چون احیای مراتع و ایجاد بافر در اطراف رودخانه‌ها اشاره کرد که تاثیر بسزایی در کاهش آلودگی غیرنقطه‌ای دارند.

منابع

1. Afruzi, A. and H. Zare Abyaneh. 2017. Groundwater Level Modeling and Forecasting using the Time Series Models (Case Study: The Plains of Hamadan Province). Journal of Watershed Management Research, 8(15): 102-111 (In Persian).
2. Anonymous. 2012. Assessment of Economic, Social and Environmental effects in Hablehrood watershed. 342 pp (In Persian).
3. Babamiri, O., H. Nowzari and S. Maroofi. 2017. Potential Evapotranspiration Estimation using Stochastic Time Series Models (Case Study: Tabriz). Journal of Watershed Management Research, 8(15): 137-146 (In Persian).
4. Chiaudani, A., D.D. Curzio, W. Palmucci, A. Pasculli, M. Polemio and S. Rusi. 2017. Statistical and Fractal Approaches on Long Time-Series to Surface-Water/Groundwater Relationship Assessment: A Central Italy Alluvial Plain Case Study. Water, 9(11): 850, doi: 10.3390/w9110850.
5. Dodangeh, S., J. Abedi Koupai and A. Gohari. 2012. Application of time series modeling to investigate future climatic parameters trend for water resources management purposes. Sciences and Technology Agricultural and Natural Resources, Water and Soil Sciences, 16(59): 59-74 (In Persian).
6. Farajzadeh, J., A. Fakheri Fard and S. Lotfi. 2014. Modeling of monthly rainfall and runoff of Urmia Lake Basin using "feed-forward neural network" and "time series analysis" model. Water Resources and Industry, 7(8): 38-48.
7. Faryadi, S., K. Shahedi and M. Nabatpoor. 2012. Investigation of Water Quality Parameters in Tadjan River using Multivariate Statistical Techniques. Journal of Watershed Management Research, 3(6): 75-92 (In Persian).
8. Han, P., P.X. Wang, S.Y. Zhang and D.H. Zhu. 2010. Drought forecasting based on the remote sensing data using ARIMA models. Mathematical and Computer Modelling, 51: 1398-1403.
9. Javidi Sabbaghian, R. and M. Sharifi. 2009. Random modeling application in river flow simulation and estimation of mean annual river discharge by time series analysis. International Conference on Water Resources (ICWR). 9 pp (In Persian).
10. Khazaei, M. and M.R. Mirzaei. 2013. Comparison prediction performance of monthly discharge using ANN and time series. Watershed Engineering and Management, 2(2): 74-82 (In Persian).
11. Khebri, Z., F. Nejadkoorki and H. Sodaie Zadeh. 2015. The relationship between land use vector parameters and river water quality using GIS (Case study: Zayandeh rood river). RS & GIS for Natural Resources, 6(1): 79-88 (In Persian).
12. Khorrami, M. and A. Bozorgnia. 2007. Time Series Analysis with MINITAB 14. Sokhangostar, Mashhad, Iran, 352 pp (In Persian).
13. Kim, Y., B.A. Engel, K.J. Lim, V. Larson and B. Duncan. 2002. Runoff Impacts of Land-Use Change in Indian River Lagoon Watershed. Journal of Hydrologic Engineering, 245-251.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.18.1]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.171]

14. Koomen, E., J. Stillwell, A. Bakema and H.J. Scholten. 2007. Modeling land use change, progress and application. Springer, the Netherlands, 410 pp.
15. Li, Z., X. Deng, F. Wu and S.S. Hasan. 2015. Scenario analysis for water resources in response to land use change in the middle and upper reaches of the Heihe River Basin. Sustainability, 7: 3086-3108.
16. Mirzaei, M, E. Solgi, A. Salman Mahiny. 2017. Modeling of Non-Point Source Pollution by Long-Term Hydrologic Impact Assessment (L-THIA) (Case Study: Zayandehrood Watershed) in 2015. Archives of Hygiene Sciences, 6(2): 196-205.
17. Mohammadi, M., A. Kavian and L. Gholami. 2017. Simulation of Discharge and Nitrate in Tallar Basin using SWAT Model. Journal of Watershed Management Research, 8(15): 45-60 (In Persian).
18. Moshkani, M.R. 1992. Time series analysis: forcasting and control. Shahid Beheshti university of Tehran, Tehran, Iran, 424 pp (In Persian).
19. Munafo, M., G. Cecchi, F. Baiocco and L. Mancini. 2005. River pollution from non-point sources: a new simplified method of assessment. Environmental Management, 77: 93–98.
20. Niroomand, H.A. 1999. Time series analysis. Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, Iran, 404 pp (In Persian).
21. Niroomand, H.A. 2007. Time series analysis. Univariate and Multivariate Methods. Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, Iran, 586 pp (In Persian).
22. Nury, A.H., K. Hasan and J.B. Alam. 2017. Comparative study of wavelet-ARIMA and wavelet-ANN models for temperature time series data in northeastern Bangladesh. Journal of King Saud University – Science, 29: 47-61.
23. Oliveira, J.P., J.L. Steffen and P. Cheung. 2017. Parameter Estimation of Seasonal ARIMA Models for Water Demand Forecasting using the Harmony Search Algorithm. Procedia Engineering, 186: 177–185.
24. Pirzadeh, B., M. Afsari, S.A. Hashemi Monfared and A.A. Ghaderi. 2017. Generating Artificial Water Quality Data for No-Trend Parameters in Reservoirs (Chahnimeh No.1 in Sistan). Iran-Water Resources Research, 13(2): 226-232 (In Persian).
25. Salajegheh, A., S. Razavizadeh, N. Khorasani, M. Hamidifar and S. Salajegheh. 2011. Land use changes and its effects on water quality (case study: Karkheh watershed). Environmental Studies, 37(58): 22-26.
26. Seyediyan, M., M. Soleymani and M. Kashani. 2014. Forecasting of water discharge using data analysis and time series. Ecohidrology, 1(3): 167-179 (In Persian).
27. Walton, R.S. and H.M. Hunter. 2009. Isolating the water quality response of multiple land use from stream monitoring data through model calibration. Journal of Hydrology, 378: 29-45.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.18.1]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.171]

Prediction of the Type and Amount of Surface Water Pollutants using Time Series Models (ARIMA) and L-THIA Model (Case Study: Namrood Sub-Basin, Hablehrood Watershed)

Zahra Pasandidehfard[1], Ali Reza Mikaeili Tabrizi[2], Abolfazl Mosaedi[3] and Hasan Rezaei[4]

1- Ph.D. Student of Environmental Sciences- Land use Planning, Gorgan University of Agricultural and Natural Resources (Corresponding author: Zahra_pasandidehfard@yahoo.com)
2 and 4- Associate Professor and Assistant Professor, Faculty of Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
3- Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad
Received: January 25, 2018 Accepted: August 27, 2018

Abstract

Due to the important role of non-point source pollution in water resources management, in this study time series modeling was applied to forecast water quality parameters and L-THIA model (one type of non-point source pollution models) was applied to estimate water pollutants. The purpose of this study was to compare results of L-THIA model and ARIMA models in Namrood sub-basin located in the Hablehrood watershed. At first, land use changes were studied from the years 1974 till 2017 that showed increase in agricultural lands and expansion of cities and roads. Then, using L-THIA model for both land use categories, the amount of pollutant and the volume of runoff were calculated that showed high growth. In the end, using ARIMA models were estimated water quality parameters for 30 years. Among the different ARIMA models, a model with a lowest error and akaike (AIC) criterion was selected as an optimal model for TDS, total of cations and anions. Desirable models for TDS, total of cations and anions were (0,1,1), (1,1,2) and (1,1,1), respectively. The end, diagrams of Trend Analysis and Time Series were performed for three parameters that indicated high growth in amount of pollutant. The results showed efficiency of time series modeling in water resources studies in order to forecast water quality parameters.

Keywords: L-THIA model, Non-point source pollution, Runoff, Time series models, Water quality parameters

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.19.18.1]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.19.171]