Archive of SID

اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۶، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۸، ص ۳۹-۲۹

بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر پارامترهای کیفی آب در زیرحوضه‌های حوضهٔ آبخیز حبله‌رود با استفاده از آنالیزهای چندمتغیرهٔ آماری و مدل‌های سری زمانی (ARIMA)

زهرا پسندیده‌فرد[۱]، علیرضا میکائیلی تبریزی[۲*]، ابوالفضل مساعدی[۳]، حسن رضائی[۴]

۱. دانشجوی دکتری محیط زیست، ارزیابی و آمایش، دانشکدهٔ شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲. دانشیار، دانشکدهٔ شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳. استاد، دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

۴. استادیار، دانشکدهٔ شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت ۱۳۹۷/۰۲/۳۱؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۷/۰۸/۱۰)

چکیده

پژوهش حاضر، با هدف بررسی تأثیرات تغییر کاربری بر کیفیت منابع آب سطحی در زیرحوضه‌های حوضهٔ آبخیز حبله‌رود پی‌ریزی شد. به این منظور، با استفاده از آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) و آنالیز فاکتور (FA)، متغیر TDS به عنوان فاکتور شاخص کیفی آب انتخاب شد. در ادامه، با استفاده از مدل‌های سری زمانی (ARIMA) پارامتر شاخص کیفی آب (TDS) برای سی سال مدل‌سازی شد و در بین مدل‌های ARIMA، مدلی با کمترین میزان معیار سنجش آکائیک به عنوان مدل بهینه برای پارامتر شاخص انتخاب شد. مدل‌های مطلوب برای زیرحوضه‌های بنکوه، دلیچای، گورسفید، کیلان، نمرود، مرزداران و تنگه‌رامه به‌ترتیب (۲،۱،۰)، (۱،۰،۰)، (۲،۱،۱)، (۴،۱،۰)، (۱،۱،۰)، (۱،۱،۱) و (۱،۱،۱) تعیین شد. نتایج مدل‌های سری زمانی نشان داد سه زیرحوضهٔ نمرود، کیلان و گورسفید بیشترین میزان افزایش TDS را به خود اختصاص داده‌اند. سپس، کاربری اراضی در زیرحوضه‌های یادشده بررسی شد که نشان‌دهندهٔ بیشترین مساحت اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی و جاده‌ها در این زیرحوضه‌ها بود. از سوی دیگر، مناطق صنعتی نیز متعلق به زیرحوضه‌های کیلان و نمرود بود. نتایج تحقیق حاضر بیان‌کنندهٔ سودمندی مدل‌های سری زمانی و آنالیزهای چندمتغیرهٔ آماری در بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر پارامترهای کیفی منابع آب است.

کلیدواژگان: آنالیز اجزای اصلی، آنالیز فاکتور، مدل‌های سری زمانی، معیار آکائیک.

*نویسندهٔ مسئول

Email: amikaeili@gau.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مسئلهٔ آب و کمبود فزایندهٔ آن یکی از مسائل مهم دنیای امروز به شمار می‌رود. از این رو، مدیریت جامع حوضهٔ آبخیز با تأکید بر بررسی تأثیرات محیط زیستی مدیریت منابع آب، می‌تواند تأثیر بسزایی در استفادهٔ بهینه از منابع آب داشته باشد. بخشی از مدیریت جامع حوضه به خصوصیات کیفی و کمی منابع آب مربوط می‌شود. کیفیت آب از عوامل مهم برای سلامت انسان و موجودات زنده در سطح حوضه و خارج از آن است. از این‌رو، پایش کیفیت منابع تأمین‌کنندهٔ آب از جمله رودخانه‌ها، با توجه به خشکسالی‌های اخیر و توسعهٔ شهری و روستایی یکی از وظایف مهم در حیطهٔ مدیریت محیط زیست محسوب می‌شود [۱]. از سوی دیگر، با پیشرفت صنایع، افزایش جمعیت و عدم کنترل مناسب محیط زیستی، خطرات زیادی از نظر آلودگی آب‌ها به وجود آمده است. درک روابط متقابل بین منابع آب و تغییرات کاربری اراضی به‌منظور مدیریت پایدار منابع محیط زیستی بسیار مهم است [۲]. طرح‌ریزی کاربری، عنصر مهمی در روش مدیریت جامع حوضهٔ آبخیز است که نه فقط بر فرایندهای محیط زیستی، همچون فرسایش بستر رودخانه و خاک، غلظت رسوبات و مواد مغذی در رودخانه، کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی در یک حوضهٔ آبخیز تأثیر می‌گذارد، بلکه بر توسعهٔ اقتصادی و اجتماعی در یک منطقه هم اثرگذار است [۳ و ۴]. از این رو، پرداختن به جنبه‌های کمی و کیفی منابع آب در مدیریت جامع حوضهٔ آبخیز امری ضروری است.

تا کنون مطالعات زیادی به‌منظور بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر کیفیت منابع آب با استفاده از پارامترهای کیفی آب (مانند آنیون‌ها، کاتیون‌ها، TDS، EC و pH) انجام شده است که در هر یک از آنها جنبهٔ خاصی مد نظر بوده است. از جمله مطالعات یادشده می‌توان موارد زیر را بیان کرد:

کیتیا و موتوآ [۵] اثر تغییر کاربری اراضی را بر میزان رواناب، رسوبات و کیفیت آب رودخانهٔ نایروبی واقع در کنیا ارزیابی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد پارامترهای کیفی آب تغییرات فصلی دارند. از طرفی، کاهش آلودگی در پایین‌دست رودخانه مشهود بود که ناشی از خودپالایی رودخانه طی فصل مرطوب است و در بین کاربری‌های اراضی منطقهٔ مطالعه‌شده، کاربری صنعتی مهم‌ترین منبع آلودگی فلزات سنگین است. سلاجقه و همکارانش [۶] تأثیرات تغییر کاربری را در حوضهٔ آبخیز کرخه در ایران ارزیابی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد اراضی کشاورزی، جنگلی، مراتع و باغ‌ها کاهش و اراضی بایر و شهری افزایش داشته است و هم‌زمان با این تغییرات، افت شدیدی در کیفیت آب مشاهده می‌شود. کشت‌کار و همکارانش [۷] رابطهٔ بین کاربری اراضی و کیفیت آب سطحی در فلات مرکزی ایران را با استفاده از آمار چندمتغیره ارزیابی کردند. در پژوهش یادشده از آنالیز آماری چندمتغیره PCA (آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی) استفاده شد. یافته‌های این تحقیق تأیید کرد که مهم‌ترین دلیل مشکل کیفیت آب، گسترش اراضی شهری است که شدت افزایش فعالیت‌های انسانی را بیان می‌کند.

هوانگ و همکارانش [۸] تأثیرات کاربری اراضی بر کیفیت آب در آبخیز دریاچهٔ چاوهیو بر مبنای داده‌های پایش کیفیت آب و داده‌های مربوط به تصاویر ماهواره از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ را ارزیابی کردند. آنها نشان دادند همبستگی منفی قابل قبولی بین اراضی جنگلی و مراتع و آلودگی آب وجود دارد و نواحی مسکونی نیز تأثیرات منفی بر کیفیت آب دارد. به این معنا که با افزایش وسعت اراضی جنگلی و مرتعی، میزان آلودگی آب کاهش و با افزایش مناطق مسکونی میزان آلودگی آب افزایش می‌یابد.

یکی از روش‌های پیش‌بینی فرایندهای پویا و تصادفی در سری‌های زمانی ایستا، استفاده از تحلیل سری زمانی است [۹]. نمودارهای سری زمانی ابزار مفیدی برای بررسی تغییرات یون‌های موجود در آب در زمان‌های مختلف یک منطقه‌اند [۱۰]. محققان به‌منظور پیش‌بینی کیفیت منابع آب سطحی، مطالعات متعددی انجام داده‌اند.

ژانگ و همکارانش [۱۱] با استفاده از مدل‌های سری زمانی و شبکهٔ عصبی به پیش‌بینی کیفیت آب دریاچهٔ چاگان پرداختند. در این مطالعه دو فاکتور اصلی کیفی آب شامل نیتروژن و فسفر کل بررسی شد. نتایج بیان‌کنندهٔ افزایش غلظت نیتروژن کل بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱ بود، اما غلظت فسفر کل تغییر درخور توجهی را نشان نداد. الیوریا و همکارانش [۱۲] مدلی را برای پیش‌بینی مصرف روزانهٔ آب ارائه دادند. این مدل بر مبنای مدل‌های سری زمانی ARIMA بود. آنها برای تخمین پارامترهای مدل سری زمانی از الگوریتم HS استفاده کردند و نشان دادند مدل‌سازی ARIMA به‌منظور پیش‌بینی مصارف روزانهٔ آب سودمند است. از سوی دیگر، الگوریتم HS نیز برای تخمین پارامترهای مدل ARIMA مفید

www.SID.ir

Archive of SID

است. با توجه به سوابق تحقیق یادشده مبنی بر تأثیر اساسی کاربری اراضی بر کیفیت آب و استفاده از مدل‌های سری زمانی در پیش‌بینی کیفیت آب و با توجه به مشکلات اساسی مربوط به کمیت و کیفیت آب در ایران، در مطالعهٔ حاضر سعی شده است با استفاده از روش‌های آنالیز آماری و سری زمانی، رابطهٔ بین کاربری اراضی و آلودگی آب طی زمان در زیرحوضه‌های مختلف حوضهٔ آبخیز حبله‌رود تعیین شود.

مواد و روش‌ها

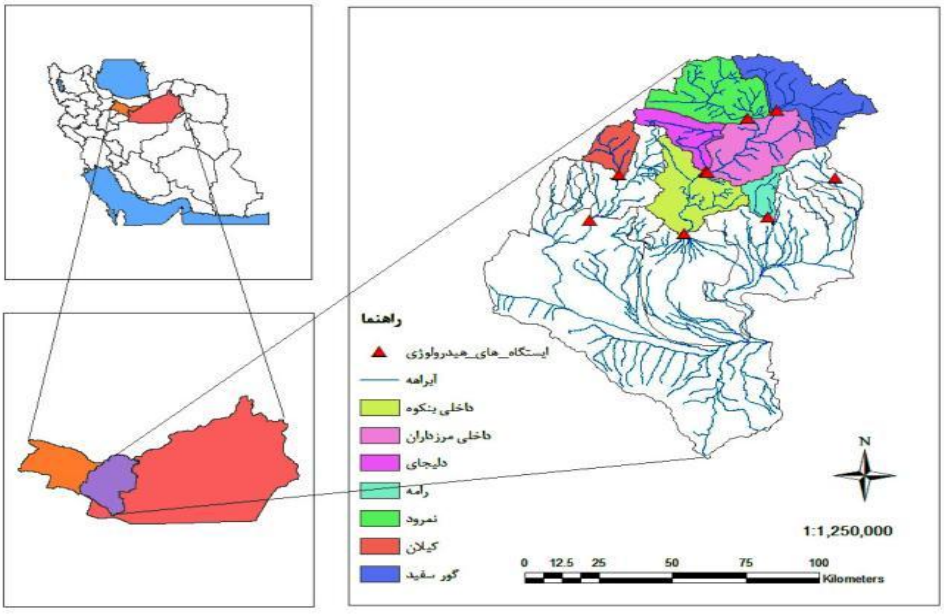
منطقهٔ مطالعه‌شده

منطقهٔ مطالعه‌شده در پژوهش حاضر بخشی از حوضهٔ آبخیز حبله‌رود واقع در استان‌های تهران و سمنان است که در مختصات ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۸ دقیقهٔ طول شرقی و ۳۴ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۷ دقیقهٔ عرض شمالی واقع شده است و مساحت این حوضه ۱۲۶۶۲۱۵ هکتار است. این حوضهٔ آبخیز شامل ۱۸ زیرحوضه به نام‌های ایچ، ایوانکی، داخل حوضه‌ای حبله‌رود، داخل حوضه‌ای ده نمک، داخلی بنکوه، داخلی مرزداران، دلیجای، تنگه‌رامه، سنگاب، شهرک صنعتی، عبدالله‌آباد، نمرود، چنداب، کولیک، کیلان، گرمسار، گروس و گورسفید است (شکل ۱).

در بین این زیرحوضه‌ها، نُه زیرحوضه ایستگاه هیدرومتری دارند که عبارت‌اند از: ایچ، ایوانکی، داخلی بنکوه، داخلی مرزداران، دلیچای، رامه، نمرود، کیلان و گورسفید. از این تعداد نیز زیرحوضه‌های ایچ و ایوانکی به دلیل کمبود اطلاعات از مطالعه حذف شدند و مقایسهٔ هفت زیرحوضهٔ دیگر انجام شد که در شکل ۱ فقط زیرحوضه‌های یادشده به صورت متمایز در نقشه و راهنما نشان داده شده است. مساحت کل زیرحوضه‌های مطالعه‌شده ۳۷۱۲۶۸ هکتار است.

روش بررسی

در پژوهش حاضر از داده‌های کیفی ایستگاه‌های هیدرومتری در زیرحوضه‌های داخلی بنکوه، داخلی مرزداران، دلیچای، تنگه‌رامه، نمرود، کیلان و گورسفید استفاده شد. این داده‌ها مربوط به سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۰ است. کاربری اراضی زیرحوضه‌های یادشده نیز به‌منظور بررسی اثر تغییرات کاربری در پارامتر شاخص کیفی استفاده شد. علاوه بر این داده‌ها، نقشه‌های کاربری اراضی هفت زیرحوضهٔ یادشده نیز به‌منظور تعیین اثر کاربری بر میزان پارامترهای کیفی بررسی شد.



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ مطالعه‌شده در ایران و استان‌های تهران و سمنان

www.SID.ir

Archive of SID

در مطالعهٔ حاضر با استفاده از نرم‌افزار MINITAB، ابتدا با استفاده از آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی [1](PCA) و آنالیز فاکتور [2](FA) و با استفاده از نُه فاکتور کیفی آب شامل: سدیم، منیزیم، کلسیم، سولفات، کلر، بی‌کربنات، pH، Ec و tds پارامتر کیفی شاخص انتخاب شد. سپس، با استفاده از پارامتر شاخص مدل‌های سری زمانی [3](arima) بررسی شده و مدل مناسب هر زیرحوضه به همراه تابع مدل ارائه شد. در نهایت، پیش‌بینی روند و میزان آلایندهٔ شاخص در هر زیرحوضه انجام شد. سپس، با استفاده از نرم‌افزار arcgis 10.5 نقشه‌های کاربری این زیرحوضه‌ها بررسی شده و مساحت هر کاربری در تمامی زیرحوضه‌ها مشخص شد. در انتها، نتایج به‌دست‌آمده از مساحت کاربری‌های اراضی و همچنین مدل arima مقایسه شد و زیرحوضه‌های بحرانی به لحاظ ایجاد آلایندهٔ کیفی شاخص شناسایی شد.

آنالیزهای چندمتغیرهٔ استفاده‌شده در تحقیق حاضر شامل pca و fa است. قبل از هر گونه عملیات آماری ابتدا نرمال‌سازی داده‌های کیفی آب (شامل نه فاکتور) به شیوهٔ box-cox صورت گرفت و داده‌های پرت و گمشده اصلاح شد. سپس، از آنالیزهای چندمعیاره شامل آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) و آنالیز فاکتور (FA)، استفاده شد تا از بین نه فاکتور کیفی آب، پارامتر شاخص کیفیت انتخاب شود. پارامتر شاخص با حذف همبستگی‌های موجود بین پارامترها مشخص می‌شود. برای این منظور، ابتدا آنالیز اجزای اصلی در زیرحوضه‌ها انجام شد تا تعداد اجزای اصلی که بیش از ۸۰ درصد تغییرات واریانس را منجر می‌شوند، مشخص شود.

به‌منظور مدل‌سازی سری زمانی برای هر یک از زیرحوضه‌ها، ابتدا ایستایی واریانس و سپس ایستایی میانگین بررسی شد. در مرحلهٔ بعد با توجه به نتیجه و در صورت نیاز، تبدیلات لازم و تفاضل‌گیری انجام شد. سپس، با استفاده از نمودار خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی (acf و pacf) نوع مدل ARIMA تشخیص داده شد. پس از برازش مدل، باقی‌مانده‌ها بررسی شدند. برای تجزیه و تحلیل باقی‌مانده‌ها، فرض نرمال‌بودن، استقلال و فرض ثابت‌بودن واریانس باقی‌مانده‌ها بررسی شده و نمودار باقی‌مانده‌ها در برابر زمان رسم شد. آزمون پرت مانتو نیز به‌منظور آزمون فرضیهٔ همبسته‌نبودن باقی‌مانده‌ها استفاده شد. در مرحلهٔ بعد، مدل‌های گسترده‌تر در نظر گرفته شد تا تناسب مدل تأیید شود. در مدل‌های گسترده، با بررسی ضرایب MA و AR (میانگین متحرک و اتورگرسیون) و با توجه به میزان p-value تعدادی از مدل‌ها تأیید شدند که در نهایت با استفاده از معیار آکائیک مدل بهینه برای هر زیرحوضه تعیین شد و تابع مدل هم به دست آمد. به این ترتیب که مدلی با کمترین میزان معیار آکائیک، مدل بهینه است.

آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)

آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نوعی روش آماری است که برای تعیین اجزائی استفاده می‌شود که ترکیبات خطی از متغیرهای اصلی‌اند. در PCA مجموعه‌ای از متغیرهای همبستهٔ p به مجموعه‌های کوچک‌تری از طرح‌ها یا ساختارهای فرضی غیر همبسته که اجزای اصلی نام دارند (PC_S)، تبدیل می‌شوند. به‌منظور این هدف از ماتریس کوواریانس یا ماتریس همبستگی استفاده می‌شود. در PCA جزء اصلی نخستین، ترکیبی خطی است از متغیرهایی با حداکثر واریانس و بیشترین تغییرپذیری مجموعه داده‌های اصلی، جزء دوم ترکیبی خطی است با بزرگ‌ترین تغییرپذیری بعدی که بر اجزای نخستین و سایر مؤلفه‌ها عمود است [۱۳]. معادلهٔ آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) به‌صورت رابطهٔ ۱ است [۱۴].

$$Z_{ij} = pc_{i1}x_{1j} + pc_{i2}x_{2j} + \ldots + pc_{im}x_{mj} \qquad (1)$$

که Z معدل اجزا، pc بارگذاری اجزا، x مقدار اندازه‌گیری‌شدهٔ متغیر، i تعداد اجزا، j تعداد نمونه و m تعداد کل متغیرها است. در ادامه، برای سهولت تفسیر از آنالیز فاکتور استفاده شد.

آنالیز فاکتور (FA)

آنالیز فاکتور به‌عنوان تکنیک کاهش داده در دو مرحله شامل استخراج و چرخش فاکتورها انجام می‌شود. هدف اصلی مرحلهٔ نخست، استخراج فاکتورهای گوناگونی است که به وسیلهٔ PCA معرفی می‌شوند. در مرحلهٔ دوم، چرخش فاکتورها به وسیلهٔ کاهش فاکتورهای نتیجه‌شده از PCA، نمایش قابل فهم‌تر و بسیار ساده‌تر از داده‌های اولیه می‌دهد [۱۵]. آنالیز فاکتور برای توضیح همبستگی بین مشاهدات و فاکتورهای اولیه به کار می‌رود که مستقیم قابل تشخیص نیستند [۱۶].

1. Principal Component Analysis
2. Factor Analysis
3. Auto Regressive Integrated Moving Average

www.SID.ir

Archive of SID

سری زمانی

مهم‌ترین هدف از تجزیه و تحلیل یک سری زمانی، یافتن مدلی است که بتواند بر اساس مشاهدات موجود، اندازهٔ کمیت را در چند واحد زمانی آینده پیش‌بینی کند. برای این منظور، مدل‌های متعددی ارائه شده‌اند، از جمله پرکاربردترین این مدل‌ها، مدل AR (خودهمبسته)، MA (میانگین متحرک) و ARIMA (خودهمبسته- میانگین متحرک) هستند [۱۷ــ ۲۰]. مدل‌های سری زمانی در تجزیه و تحلیل‌های اقتصاد و محیط زیست کاربرد فراوانی دارند [۲۱]. بیشتر سری‌های زمانی مطالعه‌شده در هیدرولوژی به‌صورت احتمالی‌اند [۲۲].

برازش مدل

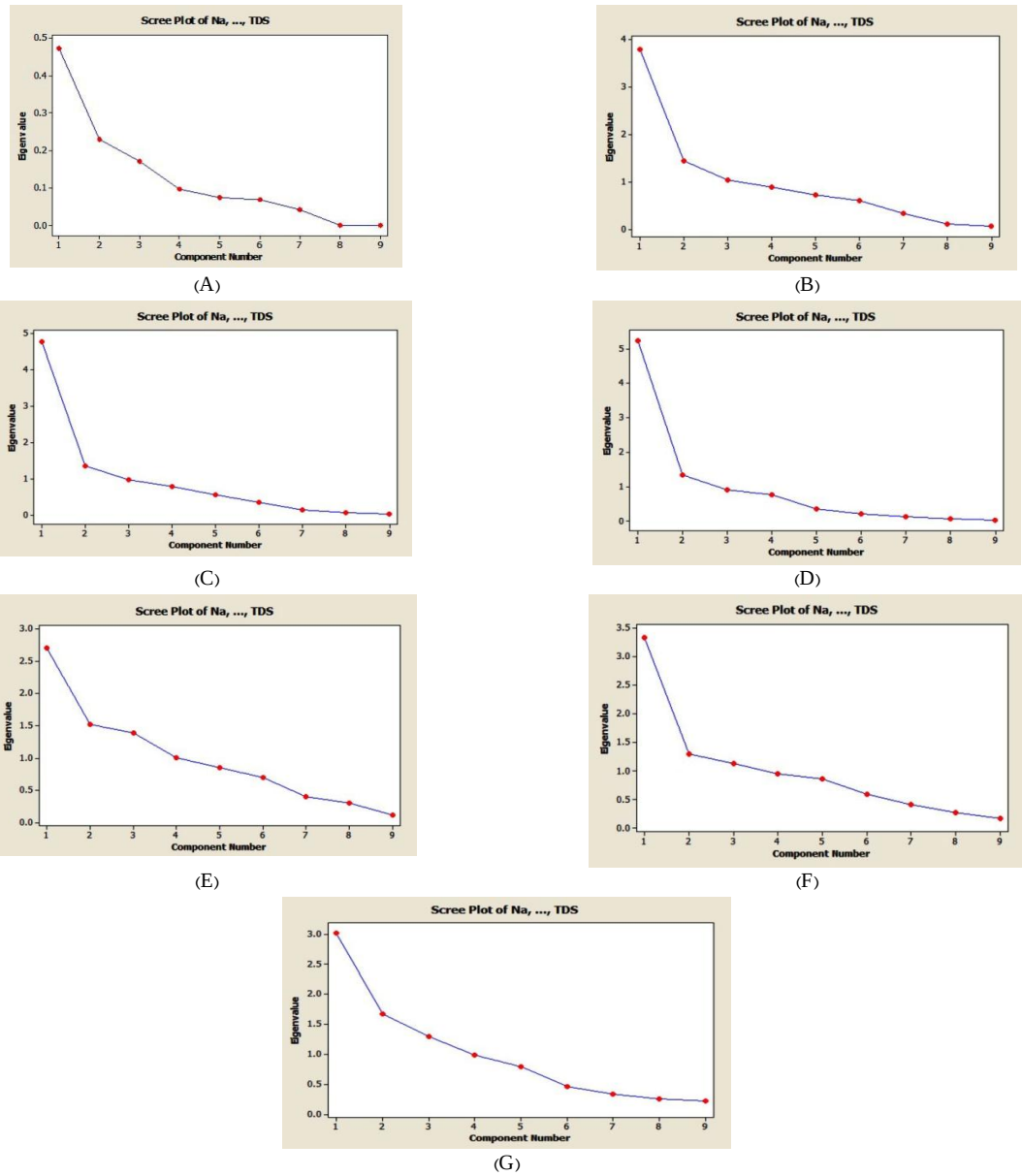
به‌طور کلی، برای برازش یک مدل سری زمانی بر مجموعه‌ای از مشاهدات، سه مرحلهٔ اساسی باید طی شود [۲۳ و ۲۴]:

۱. شناخت مدل

۲. برآورد ضرایب مدل

۳. ارزیابی صحت مدل

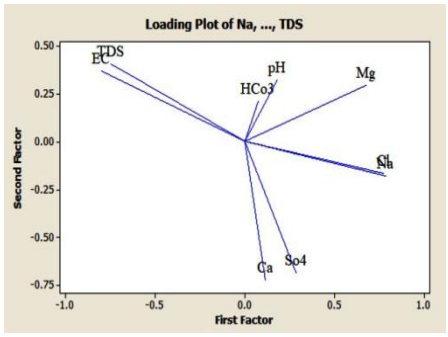
بعد از برازش مدل، با استفاده از مدل بهینه می‌توان در بازه‌ای خاص پیش‌بینی پارامتر مد نظر در آینده را انجام داد.



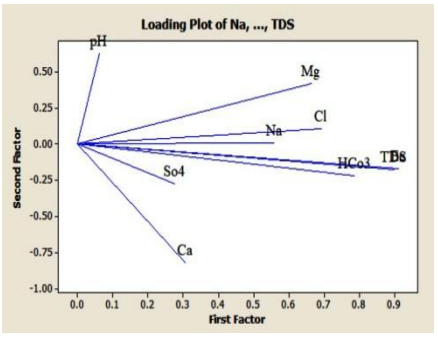
شکل ۲. نمودار آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) برای زیرحوضه‌های بنکوه (A)، دلیچای (B)، گورسفید (C)، کیلان (D)، نمرود (E)، مرزداران (F) و تنگه‌رامه (G)

www.SID.ir

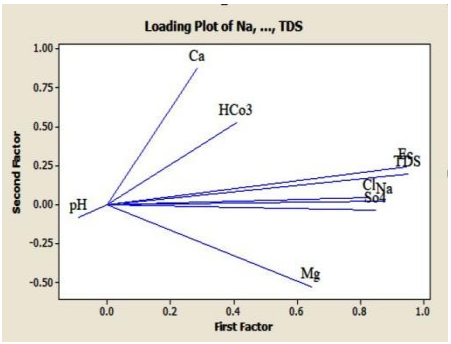
Archive of SID



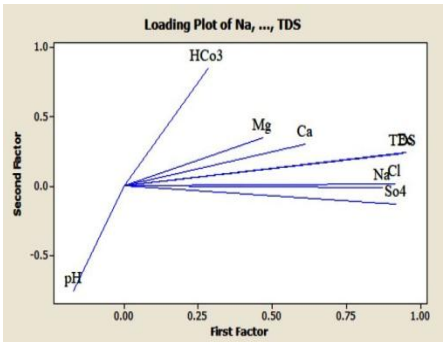
(A)



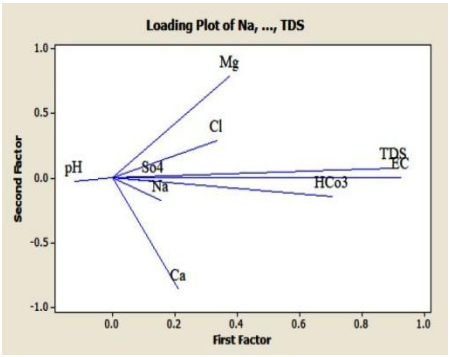
(B)



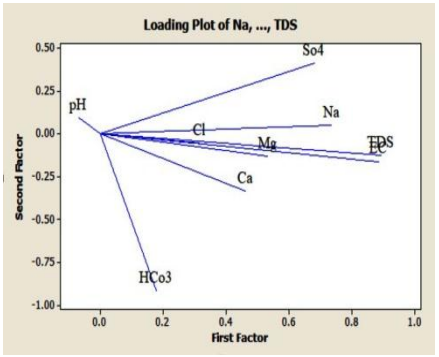
(C)



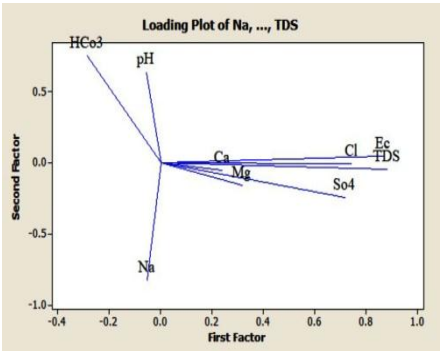
(D)



(E)



(F)



(G)

شکل ۳. نمودار آنالیز فاکتور برای زیرحوضه‌های بنکوه (A)، دلیچای (B)، گورسفید (C)، کیلان (D)، نمرود (E)، مرزداران (F) و تنگه‌رامه (G)

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌ها

نتیجهٔ آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای تمامی زیرحوضه‌ها نشان‌دهندهٔ حضور چهار جزء در ایجاد بیش از ۸۰ درصد تغییرات واریانس بود. پس از اجرای آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (شکل ۲)، با استفاده از چهار جزء، آنالیز فاکتور انجام شد. نتایج آنالیز فاکتور در زیرحوضه‌های مطالعه‌شده در شکل ۳ نشان داده شده است. همان طور که در شکل ۳ نیز آمده است، در تمامی زیرحوضه‌ها دو پارامتر کیفی EC و TDS به عنوان فاکتور شاخص، بیشترین تأثیر را بر کیفیت آب داشته و با یکدیگر کاملاً هم‌پوشانی دارند که نشان‌دهندهٔ همبستگی زیاد این دو فاکتور است. بنابراین، می‌توان یکی از دو پارامتر یادشده را در مدل‌سازی سری زمانی به کار برد. در تحقیق حاضر از پارامتر TDS به عنوان فاکتور شاخص استفاده شد.

در ادامه با استفاده از این فاکتور، مدل‌سازی سری زمانی برای هر یک از زیرحوضه‌ها انجام شد. در جدول ۱ توابع مدل‌های بهینهٔ مدل‌سازی سری زمانی آمده است.

در شکل ۴ نتایج پیش‌بینی وضعیت روند TDS برای تمامی زیرحوضه‌ها نشان داده شده است. در این نمودار خط قرمز نشان‌دهندهٔ نمودار روند است و بخش سبزرنگ آن، پیش‌بینی روند را نشان می‌دهد.

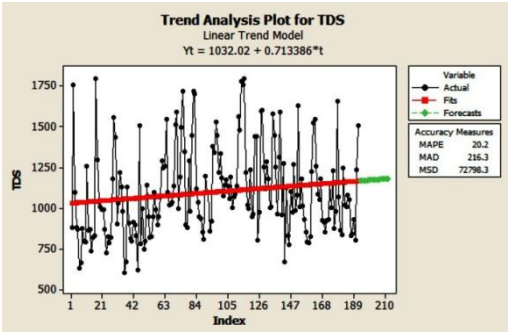
پس از این مرحله، مساحت کاربری‌های ایجادکنندهٔ آلاینده‌های کیفی آب شامل کشاورزی، مناطق صنعتی، مناطق مسکونی و جاده‌ها محاسبه شد. در مقابل، مساحت کاربری مرتع که تا حد زیادی از حجم رواناب و میزان آلودگی آب‌های سطحی می‌کاهد نیز محاسبه شد. نتیجه با نمودار میله‌ای و به‌صورت مقدار درصد از کل مساحت کاربری (هکتار) در منطقهٔ مطالعه‌شده در شکل ۵ نشان داده شده است.

جدول ۱. مدل‌های مناسب سری زمانی (ARIMA) برای پیش‌بینی TDS در هر یک از زیرحوضه‌ها

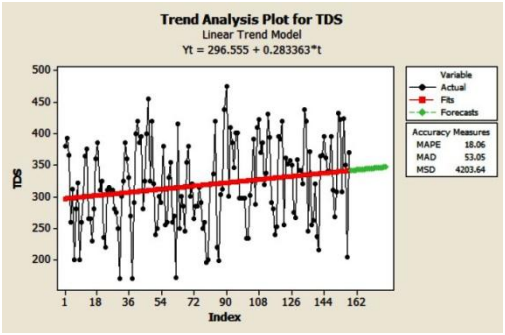
نام زیرحوضه	مدل‌های مناسب	مقدار معیار آکائیک	تابع مدل بهینه
بنکوه	(۲، ۱، ۰)	-۲۱۹۲/۹۲	$X_t = X_{t-1} + Z_t - 0.6127\, Z_{t-1} + 0.3029\, Z_{t-2}$
	(۱، ۱، ۱)	-۲۱۸۸/۸۸	
دلیچای	(۱، ۰، ۰)	-	$X_t = 215.674 + 0.3248\, X_{t-1} + Z_t$
گورسفید	(۲، ۱، ۰)	۴۵۵/۸۳	$X_t = 0.5447\, X_{t-1} + Z_t - 1.1843\, Z_{t-1} + 0.2215\, Z_{t-2}$
	(۲، ۱، ۱)	۴۵۰/۴۵	
کیلان	(۴، ۱، ۰)	-	$X_t = -0.3666\, X_{t-1} - 0.2689\, X_{t-2} - 0.3606\, X_{t-3} - 0.4050\, X_{t-4} + Z_t$
نمرود	(۱، ۱، ۰)	-۱۹۳/۸۷	$X_t = X_{t-1} + Z_t - 0.9036\, Z_{t-1}$
	(۱، ۱، ۱)	-۱۹۳/۱۶	
	(۲، ۱، ۰)	-۱۹۳/۲۵	
مرزداران	(۱، ۱، ۰)	۲۹۳/۸۲۵	$X_t = 0.2499\, X_{t-1} + Z_t - 0.9721\, Z_{t-1}$
	(۱، ۱، ۱)	۲۸۹/۳۵۹	
	(۲، ۱، ۰)	۲۹۱/۲۵۴	
	(۲، ۱، ۱)	۲۹۱/۲۰۸	
تنگه‌رامه	(۱، ۱، ۰)	۲۴۱	$X_t = 0.3976\, X_{t-1} + Z_t - 0.9836\, Z_{t-1}$
	(۲، ۱، ۰)	۲۳۹/۰۳	
	(۱، ۱، ۱)	۲۳۸/۳۸	
	(۲، ۱، ۱)	۲۳۸/۷۵	

www.SID.ir

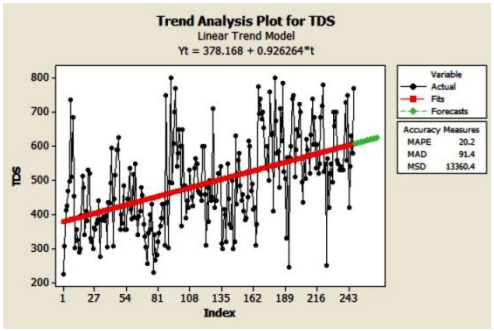
Archive of SID



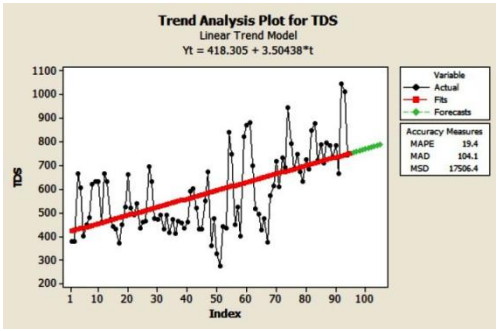
(A)



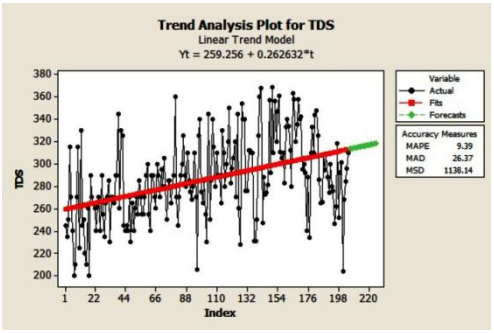
(B)



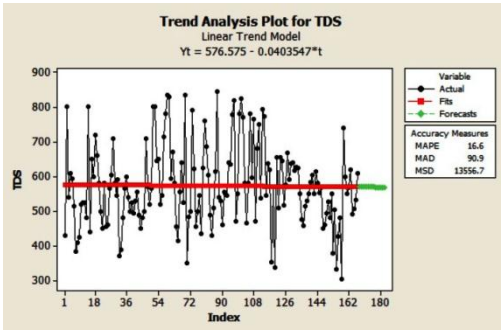
(C)



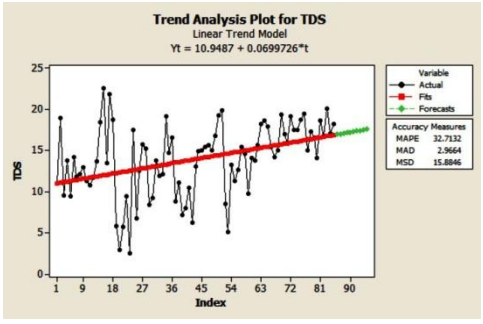
(D)



(E)



(F)

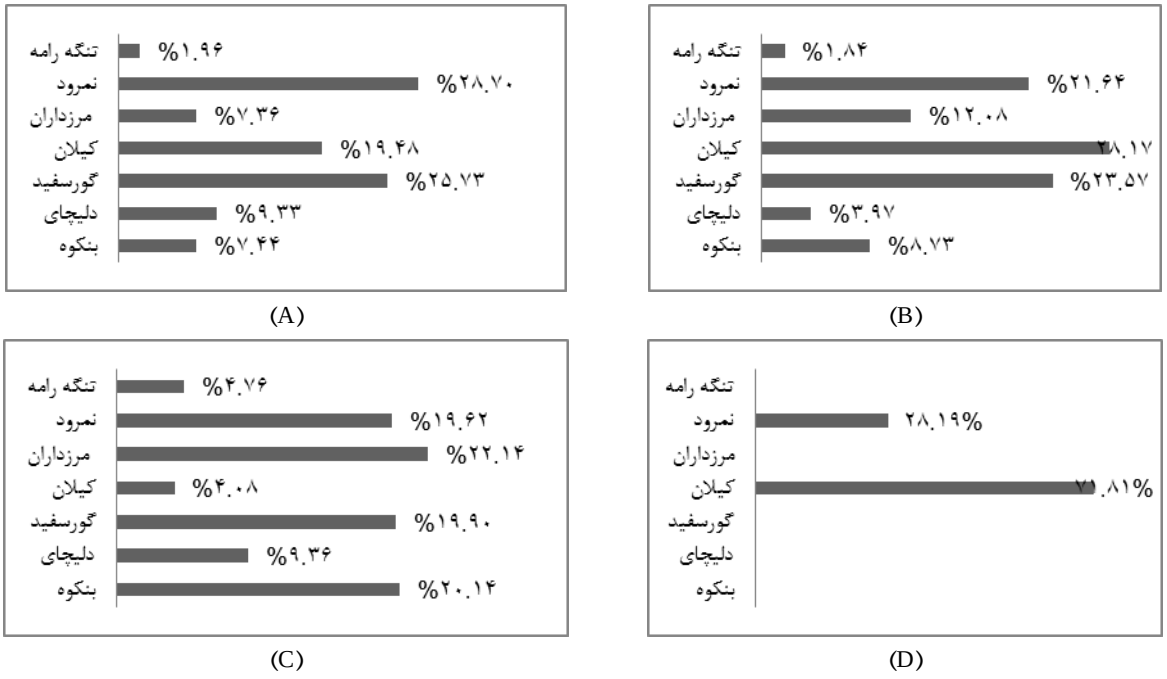


(G)

شکل ۴. نمودار پیش‌بینی وضعیت روند مقادیر TDS در زیرحوضه‌های بنکوه (A)، دلیچای (B)، گورسفید (C)، کیلان (D)، نمرود (E)، مرزداران (F) و تنگه‌رامه (G)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵. نمودار وسعت کاربری اراضی کشاورزی (A)، مناطق مسکونی و جاده‌ها (B)، مراتع (C) و مناطق صنعتی (D) در زیرحوضه‌های منطقهٔ مطالعاتی

بحث و نتیجه‌گیری

یکی از عوامل مهم در پایداری توسعهٔ یک منطقه، فراهم‌بودن آب مناسب و باکیفیت برای مصارف مختلف است. در مدیریت جامع حوضهٔ آبخیز به‌خصوص در مناطقی که با کمبود شدید آب مواجه‌اند، حفظ کیفیت آب از ارکان اصلی برنامه‌ریزی است. از میان عوامل مؤثر بر کیفیت آب، کاربری اراضی کاکرد بسیار مهمی دارد. از این‌رو، در تحقیق حاضر به بررسی اثر کاربری اراضی بر کیفیت منابع آب پرداخته شد. ابتدا، آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) و آنالیز فاکتور (FA) انجام شد (شکل‌های ۲ و ۳). با بررسی نمودار آنالیز فاکتور از بین نُه پارامتر کیفی آب شامل HCO_3, Mg, Ca, pH TDS, EC, Na, Cl و SO_4، پارامتر کیفی TDS به‌عنوان پارامتر شاخص انتخاب شد (شکل ۳). سپس، مدل‌سازی سری‌های زمانی (ARIMA) برای زیرحوضه‌های منطقه و با استفاده از پارامتر شاخص انجام شد و انتخاب مدل بهینهٔ ARIMA برای هر زیرحوضه با توجه به مقدار معیار آکائیک صورت پذیرفت (جدول ۱). در مرحلهٔ بعد، نمودارهای پیش‌بینی روند TDS برای هر یک از زیرحوضه‌ها رسم شد (شکل ۴). با توجه به نمودارهای پیش‌بینی روند TDS (شکل ۴)، در سه زیرحوضهٔ نمرود، کیلان و گورسفید، تغییرات TDS، شیب بسیار تندی را نشان می‌دهد که بیان‌کنندهٔ روند فزایندهٔ TDS در حال حاضر و آینده است. بررسی کاربری اراضی (شکل ۵) نشان داد سه زیرحوضهٔ یادشده بیشترین اراضی کشاورزی و مسکونی و جاده‌ها را به خود اختصاص داده‌اند و فقط در دو زیرحوضهٔ نمرود و کیلان مناطق صنعتی مشاهده می‌شود. نکتهٔ درخور توجه دیگر، نمودار روند در زیرحوضهٔ مرزداران است که میزان نسبتاً ثابتی از غلظت TDS را نشان می‌دهد (شکل ۴). همان طور که در شکل ۵ نیز مشهود است، بیشترین میزان مراتع مربوط به همین زیرحوضه است و از طرف دیگر میزان اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی و جاده‌ها در این زیرحوضه کمتر از سه زیرحوضهٔ پیشین است. این نتایج تأثیر کاربری اراضی بر کیفیت منابع آب سطحی را بیان می‌کند که مطالعات سلاجقه و همکارانش [۶]، کشت‌کار و همکارانش [۷]، هوانگ و همکارانش [۸] و کیتیا و موتوآ [۵] نیز تأییدی بر این موضوع است.

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد به طور کلی مناطق مسکونی و جاده‌ها، با افزایش حجم رواناب (به‌دلیل افزایش سطوح نفوذناپذیر و آسفالته) و انتقال آلاینده‌ها به پایین‌دست، اراضی کشاورزی (به‌دلیل انتقال بخشی از

www.SID.ir

Archive of SID

سموم و کودها به منابع آب) و مناطق صنعتی (به‌علت تولید مواد شیمیایی مضر و انتقال آنها به منابع آب)، منابع اصلی آلاینده‌های کیفی در منابع آب سطحی منطقه محسوب می‌شوند و از سوی دیگر، مراتع به‌صورت ضربه‌گیر عمل می‌کنند و کارکرد بسیار مهمی در کاهش میزان آلاینده‌ها دارند. کشت‌کار و همکارانش [۷] نیز گسترش توسعهٔ شهری را به‌عنوان مهم‌ترین عامل کم‌شدن کیفیت آب معرفی کردند. همچنین، هوانگ و همکارانش [۸] رابطهٔ معناداری بین میزان اراضی جنگلی و مرتعی و مناطق مسکونی با کیفیت آب یافتند و به تأثیر اراضی جنگلی و مراتع در ارتقای کیفی آب اشاره کردند. کیتیا و موتوآ [۵] نیز به اهمیت تأثیر مناطق صنعتی در کم‌شدن کیفیت آب پرداختند. از سوی دیگر، نتایج مطالعهٔ حاضر نیز همانند نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش ژانگ و همکارانش [۱۱] سودمندی مدل‌سازی ARIMA را در مدل‌سازی کیفی منابع آب تأیید می‌کند. ژانگ و همکارانش [۱۱] با استفاده از مدل‌های سری زمانی به پیش‌بینی کیفیت آب دریاچهٔ چاگان پرداختند.

نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد آنالیزهای چندمتغیرهٔ آماری شامل آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) و آنالیز فاکتور (FA) به‌درستی آلایندهٔ شاخص را در هفت زیرحوضهٔ مطالعه‌شده مشخص کرد و مدل‌های ARIMA نیز، روند رشد آلایندهٔ شاخص را به‌درستی نشان دادند. پیشنهاد می‌شود از سری‌های زمانی با استفاده از تکنیک‌های آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و آنالیز فاکتور به‌منظور مدل‌سازی و پیش‌بینی کیفیت آب در سایر حوضه‌های آبخیز کشور استفاده شود.

منابع

[1].Khebri Z, Nejadkoorki F, Sodaie Zadeh H. The relationship between land use vector parameters and river water quality using GIS (case study: Zayandehrood river). RS & GIS for Natural Resources. 2015; 6(1): 79- 89. [Persian]

[2]. Li Z, Deng X, Wu F, Hasan SS. Scenario analysis for water resources in response to land use change in the middle and upper reaches of the Heihe river basin. Sustainability. 2015; 7: 3086-3108.

[3]. Qi H, Altinakar MS. A conceptual framework of agricultural land use planning with BMP for integrated watershed management. Environmental Management. 2011; 92: 149-155.

[4]. Strobl RO, Robillard PD. Network design for water quality monitoring of surface freshwaters: A review. Environmental Management. 2008; 87: 639–648.

[5]. Kithiia SM, Mutua FM. Impacts of land-use changes on sediment yields and water quality within the Nairobi river subbasins, Kenya. Sediment Dynamics and the Hydromorphology of Fluvial Systems. 2006; 306: 582-588.

[6]. Salajegheh A, Razavizadeh S, Khorasani N, Hamidifar M, Salajegheh S. Land use changes and its effects on water quality (case study: Karkheh watershed). Environmental Studies. 2011; 37(58): 22-26.

[7]. Keshtkar AR, Mahdavi M, Salajegheh A, Ahmadi H, Sadoddin A, Ghermezcheshmeh B. Exploring the relationship between land use and surface water quality using multivariate statistics in arid and semi-arid regions. Desert. 2011; 16: 33-38.

[8]. Huang J, Zhan J, Yan H, Wu F, Deng X. Evaluation of the impacts of land use on water quality: a case study in the Chaohu lake basin. Scientific World Journal. 2013: 1-7.

[9]. Jamali B, Ebrahimi K. Time series forecasting of Sefidrood river water quality using linear stochastic models. Journal of Agricultural Engineering Research. 2011; 12(3): 31 – 44. [Persian]

[10]. Ghassemi Dehnavi A, Sarikhani R, Hosseini H, Ahmadnejad Z, Ebrahimi B. Qualitative and quantitative evaluation of surface waters using statistical analysis in Azna river, Lorestan. Jornal of Environment and Water Engineering. 2017; 2(4): 306 – 321. [Persian]

[11]. Zhang L, Zhang GX, Li RR. Water quality analysis and prediction using hybrid time series and neural network models. Journal of Agricultural Science and Technology. 2016; 18(4): 975-983.

[12]. Oliveira JP, Steffen JL, Cheung P. Parameter estimation of seasonal ARIMA models for water demand forecasting using the Harmony Search Algorithm. Procedia Engineering. 2017; 186: 177 – 185.

[13]. Zare Garizi A, Sheikh V, Sadoddin A, Salman Mahiny A. Assessment of seasonal variations of chemical characteristics in surface water using multivariate statistical methods. IJEST. 2011; 8(3): 581-592.

www.SID.ir

Archive of SID

[14]. Satheeshkumar P, Khan B. Identification of mangrove water quality by multivariate statistical analysis methods in Pondicherry coast, India. Environmental Monitoring and Assessment. 2011; 184(6): 3761–3774.

[15]. Zarei H, Pourreza Bilondi M. Factor analysis of chemical composition in the Karoon river basin, southwest of Iran. Applied Water Science. 2013; 3(4): 753–761.

[16]. Singovszka E, Balintova M. Application factor analysis for the evaluation surface water and sediment quality. Chemical Engineering Transactions. 2012; 26: 183- 188.

[17]. Babamiri O, Nowzari H, Maroofi S. Potential evapotranspiration estimation using stochastic time series models (case study: Tabriz). Journal of Watershed Management Research. 2017; 8(15): 137-146. [Persian]

[18]. Chen J, Boccelli DL. Demand forecasting for water distribution systems. Procedia Engineering. 2014; 70: 339- 342.

[19]. Han P, Wang PX, Zhang SY, Zhu DH. Drought forecasting based on the remote sensing data using ARIMA models. Mathematical and Computer Modelling. 2010; 51: 1398- 1403.

[20]. Nury AH, Hasan K, Alam JB. Comparative study of wavelet-ARIMA and wavelet-ANN models for temperature time series data in northeastern Bangladesh. Journal of King Saud University – Science. 2017; 29(1): 47–61.

[21]. Imai C, Armstrong B, Chalabi Z, Mangtani P, Hashizume M. Time series regression model for infectious disease and weather. Environmental Research. 2015; 142: 319- 327.

[22]. Sveinsson OG, Salas JD, Lane WL, Frevert DK. Progress in stochastic analysis, modeling, and simulation. Hydrology Days. 2003; 7: 165-175.

[23]. Khazayi M, Mirzaei MR. Climatic variables prediction using time series analysis of Zohre watershed. Journal of Applied research in Geographical Sciences. 2014; 14(34): 233-250. [Persian]

[24]. Khorrami M, Bozorgnia A. Time series analysis with MINITAB 14. 2nd ed. Mashhad, Iran: Sokhangostar; 2007. 352p. [Persian]

www.SID.ir