Archive of SID

مجله علمی – پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران

Iran – Watershed Management Science & Engineering

سال چهارم – شماره‌ی ۱۰ – بهار ۱۳۸۹

Vol. 4, No. 10, Spring 2010

گزارش فنی

# ارزیابی شبکه‌ی ایستگاههای سنجش کیفیت آب سطحی رودخانه‌ی گرگانرود استان گلستان

حسن آذرم‌دل[۱]، رئوف مصطفی‌زاده[۲] و اکبر قاسمی[۳]

تاریخ دریافت: ۸۸/۵/۲۴ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱/۱۷

## چکیده

**توسعه‌ی ایستگاههای اندازه‌گیری کیفیت آب‌های سطحی، یکی از عامل‌های اساسی در مدیریت کیفی منابع آبی می‌باشد. هدف از این پژوهش، ارزیابی شبکه‌ی پایش کیفیت آب سطحی و تعیین ایستگاهها و پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مهم در برآورد تغییرات سالانه‌ی کیفیت آب، در حوزه‌ی آبخیز گرگانرود استان گلستان است. برای دسته‌بندی ایستگاههای پایش از تحلیل خوشه‌ای و برای تعیین ایستگاهها و پارامترهای مهم سنجش کیفیت آب از روش تحلیل مولفه‌های اصلی در شبکه‌ی پایش استفاده شده است. نتایج بدست آمده از تجزیه و تحلیل آمار ۱۹ ایستگاه پایش در یک دوره‌ی زمانی ۱۲ ساله نشان داد که در مولفه‌ی نخست، ایستگاههای تقی‌آباد، شیرآباد و نوده نقشی کم‌تر در توجیه تغییرات سالانه‌ی پارامترهای کیفیت آب رودخانه‌ی گرگانرود دارند. سختی، EC، TDS و $So_4$ پارامترهای اصلی کیفیت در مولفه‌ی نخست و pH و کربنات در مولفه‌ی دوم، در سنجش تغییرات کیفیت منابع آب سطحی منطقه‌ی مورد مطالعه، اهمیتی بیش‌تر دارند.**

۱- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- نویسنده‌ی مسئول و دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس raoofmostafazadeh@yahoo.com

۳- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد جنگلداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

***واژه‌های کلیدی: ارزیابی، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی، تحلیل خوشه‌ای و گرگانرود، تحلیل مولفه‌های اصلی و شبکه‌ی پایش کیفیت آب.***

## مقدمه

پایش تغییرات مکانی و زمانی کیفیت منابع آب از مهم‌ترین اولویت‌های حفاظت محیط زیست و از عامل‌های مهم در دستیابی به توسعه‌ی پایدار در بیش‌تر جوامع است، بویاسی اوغلو و همکاران [۴]. هزینه‌ی بالای احداث شبکه‌ی ایستگاههای سنجش کیفیت آب، طراحی بهینه‌ی آن‌ها برای استخراج بیش‌ترین داده‌های مفید را ضروری می‌سازد، استروبل و روبیلارد [۱۰]. روش‌های آماری چند متغیره، شیوه‌ای برای استخراج داده‌های پنهان در بررسی تغییرات کیفیت شیمیایی منابع آب است، التمیر و السنجری [۳]. نوری و همکاران [۲] اهمیت ایستگاههای پایش کیفی رودخانه‌ی کارون در یک دوره‌ی آماری دو ساله را با استفاده از آنالیز مولفه‌های اصلی و آنالیز فاکتور، مورد ارزیابی قرار دادند و ۱ ایستگاه از مجموع ۸ ایستگاه، به عنوان ایستگاه فرعی معرفی شد. رزمخواه [۱]، با کاربرد روش‌های تشخیص الگو در ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب رودخانه‌ی کر نتیجه گرفت که می‌توان سهم منابع آلاینده در تغییرات زمانی و مکانی داده‌های هر ایستگاه را تعیین نمود. یووانگ [۷]، با ارزیابی شبکه‌ی پایش کیفیت آب سطحی رودخانه‌ی جونز[۴] ایالت فلوریدا، در یک دوره‌ی آماری سه ساله، دریافت که با هدف کاهش هزینه، می‌توان تعداد ایستگاههای سنجش کیفیت آب را از ۲۲ ایستگاه، به ۱۹ ایستگاه کاهش داد. سوجکا و همکاران [۹]، با مقایسه‌ی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب در ۸ ایستگاه سنجش کیفیت رودخانه‌ی مالاولنا[۵] ، در کشور لهستان، پارامترهای مهم در

[4] - Johns

[5] - Mała Wełna



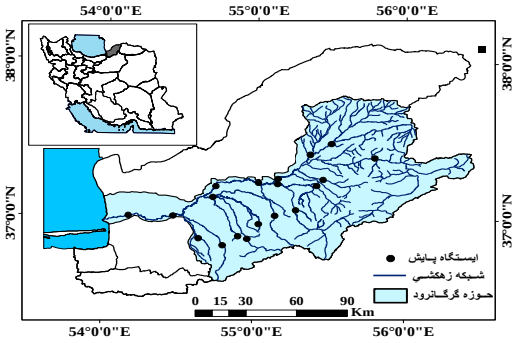
www.SID.ir

Archive of SID

تعیین تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب را معرفی نمودند. ژانگ و همکاران [۱۱]، روش‌های تحلیل خوشه‌ای، آنالیز تشخیصی[1] و تحلیل مولفه‌های اصلی را بمنظور بررسی ۱۳ پارامتر کیفیت آب در ۱۸ ایستگاه روی رودخانه‌ی دالیاو[2] کشور چین بکار بردند و مناطق موثر افزایش آلودگی در شبکه‌ی پایش را معرفی نمودند. آلاینده‌های نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای در رودخانه‌ی گرگانرود، کاهش کیفیت آب و تهدید سلامت جوامع آبزی رودخانه و دریای خزر را موجب می‌شود. اهداف اصلی این پژوهش، ارزیابی شبکه‌ی ایستگاههای سنجش کیفیت آب و تعیین پارامترهای اساسی سنجش کیفیت آب رودخانه‌ی گرگانرود در استان گلستان در یک دوره‌ی آماری ۱۲ ساله است.

## مواد و روش‌ها

در آبخیز گرگانرود که مساحتی نزدیک به ۴۸ درصد سطح استان گلستان دارد، ۱۷ سرشاخه‌ی اصلی جریان دارد. در این پژوهش، پارامترهای کیفیت آب شامل $Na^{+2}$، $Ca^{+2}$، $K^{+}$، $Mg^{+2}$، $So_4^{-2}$، $Cl^{-}$، $HCO3^{-}$، pH، EC، TDS و TH در ۱۹ ایستگاه بکار گرفته شدند. اندازه‌گیری داده‌های کیفیت شیمیایی آب به صورت ماهانه بوده و دوره‌ی آماربرداری از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶ انتخاب شدند. شکل(۱)، موقعیت منطقه و پراکنش ایستگاههای سنجش کیفیت آب مورد مطالعه نمایش می‌دهد.




**شکل ۱- موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه و ایستگاههای پایش کیفیت آب سطحی**

با استفاده از تحلیل خوشه‌ای، ایستگاههای پایش بر اساس داده‌های سنجش کیفیت گروه‌بندی شدند، کوالکووسکی و همکاران [۶]. برای تعیین میزان اهمیت ایستگاهها و پارامترهای پایش کیفی منابع آب در شبکه‌ی پایش آبخیز مورد مطالعه، از تحلیل مولفه‌های اصلی در نرم‌افزار SPSS.15 استفاده شد، یووانگ [۷] و اسمیت [۸]. سپس روابط رگرسیونی پارامترهای کیفیت آب با درنظرگرفتن تمامی ایستگاهها و حذف ایستگاههای غیر اصلی تجزیه و تحلیل شدند، یووانگ [۷].

## نتایج

مقادیر میانه‌ی داده‌های کیفیت آب در ایستگاههای مورد مطالعه در شکل( ۲ ) و ( ۳ ) ارایه شده است.

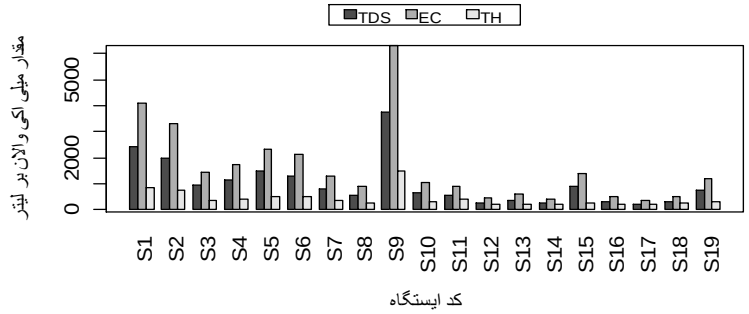
مقایسه‌ی مکانی داده‌های کیفیت آب در دوره‌ی آماری نشان می‌دهد که در ایستگاههایی که به صورت متوالی روی رودخانه‌ی گرگانرود قرار دارند، از بالادست به سمت پایین شبکه‌ی زهکشی (ایستگاههای کد ۱، ۲، ۹، ۵ و ۶)، مقادیر میانه‌ی داده‌ها افزایش می‌یابد (شکل ۲ و ۳)، در حالی که این مقادیر در ایستگاههای واقع در سرشاخه‌ها کم‌تر است؛ این موضوع را می‌توان با افزایش اثر تجمعی آلاینده‌ها و عامل‌های موثر در تغییر کیفیت آب تحلیل نمود. در خصوص تغییر زمانی داده‌ها، باید اشاره شود که ارتباط نزدیکی بین تغییر دبی رودخانه‌ها با غلظت مواد محلول در فصل‌های گوناگون سال وجود دارد و در بیش‌تر ایستگاهها مقدار اندازه‌گیری شده‌ی پارامترهای $Na^{+2}$ ، $Cl^{-}$ و $So_4^{-2}$ با افزایش دبی، کاهش نشان می‌دهد.

در تحلیل خوشه‌ای، ایستگاههای سنجش کیفیت آب مورد مطالعه در دو دسته قرار گرفتند که ایستگاههای حاجی‌قوشان، سدگرگان، گنبد، آق‌قلا، بصیرآباد و تقی‌آباد بیش‌ترین شباهت را با یکدیگر داشتند. نتایج تحلیل مولفه‌های اصلی نشان داد که ۳ مولفه‌ی نخست در مجموع، ۹۵/۴۷ درصد واریانس کل داده‌ها را توجیه می‌کنند. مقادیر ضرایب ایستگاههای پایش پس از چرخش واریماکس، در هر مولفه ارایه شده است (جدول ۱).

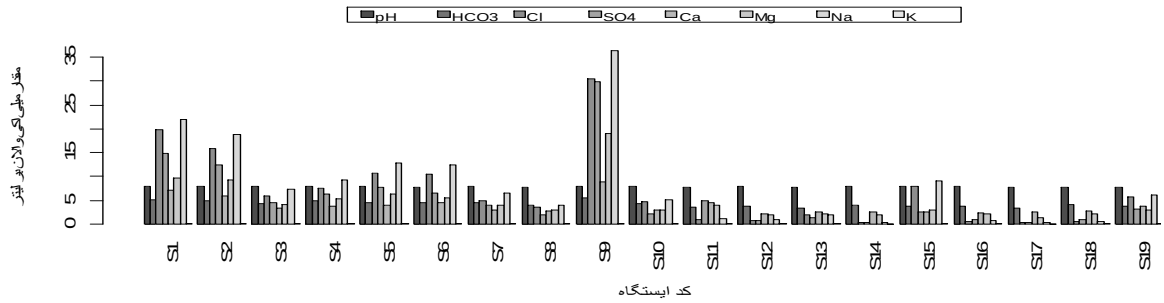
[1] - Discernment Analysis
[2] - Daliao


www.SID.ir

Archive of SID




**شکل ۲- مقادیر میانه‌ی پارامترهای TDS، EC و TH در ایستگاههای مورد مطالعه**




**شکل ۳- مقادیر میانه‌ی پارامترهای کیفیت آب در ایستگاههای مورد مطالعه**

**جدول ۱- ضرایب ایستگاههای سنجش کیفیت آب در هر مولفه پس از چرخش واریماکس**

| کد ایستگاه | ایستگاه | مولفه‌ی ۱ | مولفه‌ی ۲ | مولفه‌ی ۳ |
|---|---|---|---|---|
| S1 | آق‌قلا | -۰/۵۴۷ | -۰/۷۶۹ | -۰/۱۰۵ |
| S2 | بصیر آباد | -۰/۵۹۲ | -۰/۷۴۲ | -۰/۲۵۱ |
| S3 | قزاقلی | ۰/۹۱۴ | ۰/۲۳۵ | ۰/۲۸۵ |
| S4 | گنبد | ۰/۹۶۶ | ۰/۲۱۱ | ۰/۱۰۴ |
| S5 | حاج قوشان | ۰/۴۹۵ | -۰/۲۹۹ | ۰/۷۸۵ |
| S6 | سد گرگان | -۰/۳۳۴ | -۰/۹۲۵ | -۰/۰۸۹ |
| S7 | تمر | ۰/۹۱۱ | ۰/۳۹۶ | ۰/۰۹۰ |
| S8 | تنگراه | ۰/۲۹۸ | ۰/۹۰۸ | ۰/۲۰۹ |
| S9 | باغ سالیان | -۰/۸۴۱ | ۰/۲۹۴ | -۰/۳۲۹ |
| S10 | آراز کوسه | ۰/۹۸۳ | ۰/۰۳۱ | ۰/۱۲۹ |
| S11 | سرمو | -۰/۷۷۹ | -۰/۳۹۱ | -۰/۳۳۹ |
| S12 | گالیکش | ۰/۵۴۴ | ۰/۷۸۶ | ۰/۲۶۵ |
| S13 | لزوره | -۰/۸۳۸ | -۰/۲۱۶ | ۰/۴۲۳ |
| S14 | کبودوال | ۰/۴۴۶ | ۰/۷۸۴ | -۰/۳۹۰ |
| S15 | نوده | ۰/۲۱۲ | ۰/۱۹۶ | ۰/۹۰۵ |
| S16 | رامیان | ۰/۶۸۵ | ۰/۶۵۰ | ۰/۲۵۶ |
| S17 | شیرآباد | -۰/۱۳۲ | ۰/۹۸۱ | ۰/۰۶۹ |
| S18 | تقی‌آباد | ۰/۰۱۸ | -۰/۴۶۲ | -۰/۸۷۱ |
| S19 | زرین گل | -۰/۸۵۶ | -۰/۴۸۸ | -۰/۱۰۴ |


www.SID.ir

Archive of SID

بر اساس نتایج جدول (۱) ایستگاههای آق‌قلا، بشیرآباد، قزاقلی و گنبد به عنوان ایستگاههای مهم در شبکه‌ی پایش کیفیت آب سطحی آبخیز گرگانرود می‌باشند. مقادیر ضرایب پارامترهای کیفیت آب پس از چرخش واریماکس، در دو مولفه‌ی استخراج شده در جدول (۲) ارایه شده است.

**جدول ۲- ضرایب چرخش‌یافته‌ی پارامترهای کیفیت آب سطحی رودخانه‌ی گرگانرود**

| پارامتر | مولفه‌ی ۱ | مولفه‌ی ۲ |
|---|---|---|
| TDS | ۰/۹۸۵ | ۰/۱۶۲ |
| EC | ۰/۹۸۷ | ۰/۱۴۷ |
| pH | ۰/۰۵۶ | ۰/۹۸۴ |
| $HCO3^-$ | ۰/۸۱۸ | ۰/۴۷۵ |
| $Cl^-$ | ۰/۹۷۲ | ۰/۱۷۱ |
| $So4^{-2}$ | ۰/۹۸۴ | ۰/۰۸۴ |
| $Ca^{+2}$ | ۰/۹۸۲ | -۰/۰۵۳ |
| $Mg^{+2}$ | ۰/۹۸۱ | ۰/۱۱۲ |
| $Na^{+2}$ | ۰/۹۷۲ | ۰/۱۸۸ |
| $K^+$ | ۰/۸۴۷ | ۰/۳۵۲ |
| $TH^*$ | ۰/۹۸۹ | ۰/۰۶۳ |

بر اساس نتایج، پارامترهای سختی، EC، TDS و $So_4$ پارامترهایی هستند که بیش‌ترین واریانس تغییرات کیفیت آب سطحی را در رودخانه‌ی گرگانرود توجیه می‌کنند.

## بحث و نتیجه‌گیری

مشخص‌نمودن تغییرات کیفیت آب سطحی، یکی از جوانب مهم ارزیابی اثرات طبیعی و انسانی بروز آلودگی‌های نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای است. در این پژوهش، روش تحلیل مولفه‌های اصلی، بمنظور تجزیه و تحلیل مجموعه‌ای وسیع از داده‌های کیفیت آب ایستگاههای پایش رودخانه‌ی گرگانرود، مورد استفاده قرار گرفت. بررسی تغییر آبدهی رودخانه‌ها با غلظت مواد محلول نشان می‌دهد که با افزایش دبی در بیش‌تر ایستگاهها، میزان یون‌های $Na^{+2}$ ، $Cl^-$ و $So_4^{-2}$ کاهش بسیار زیادی پیدا می‌کند. بر اساس نتایج تجزیه‌ی عامل‌های اصلی، پارامترهای سختی، EC، TDS و $So_4$ در مولفه‌ی نخست پارامترهایی هستند که بیش‌ترین واریانس تغییرات کیفیت آب را در رودخانه‌ی گرگانرود توجیه می‌نمایند. با توجه به امکان استفاده از کودهای شیمیایی و افزایش آنیون‌ها و کاتیون‌ها، می‌توان اهمیت و ارتباط پارامترهای EC، TDS و $So_4$ را با تغییرات آن‌ها در شبکه‌ی نمونه‌برداری، در اثر فعالیت‌های انسانی توجیه نمود. هم‌چنین، پارامترهای pH و $HCO3^-$ در مولفه‌ی دوم، پارامترهای اصلی بشمار می‌روند. در این مورد، می‌توان به تاثیرپذیری کیفیت آب رودخانه‌ای از آب‌های زیرزمینی و حل‌شدن عناصر در رسوبات و تاثیر آلاینده‌های کشاورزی اشاره نمود، رزمخواه [۱]. در این باره، انجام مطالعه‌ی دقیق منشاء، ارتباط و تاثیر تشکیلات زمین‌شناسی و کاربری اراضی بر کیفیت آب رودخانه‌ی گرگانرود در مطالعات آینده پیشنهاد می‌گردد.

نتایج تحلیل مولفه‌های اصلی در ایستگاهها تا حد نسبتاً زیادی با نتایج تحلیل خوشه‌ای در یک راستاست، بدین ترتیب که از ۴ ایستگاه اصلی معرفی شده، ۳ ایستگاه آق‌قلا، بصیرآباد و گنبد در یک خوشه قرار گرفته‌اند که با یافته‌های پژوهش کوالکووسکی و همکاران [۶] در خصوص قرارگیری ایستگاههای معرفی شده به وسیله‌ی تحلیل مولفه‌های اصلی در گروههای مشابه در تحلیل خوشه‌ای در یک راستاست. بهبود ضریب تبیین روابط رگرسیونی نشان می‌دهد که نتایج تحلیل مولفه‌های اصلی در تعیین ایستگاههایی با ضریب تاثیر بیش‌تر قابل اعتماد می‌باشد که با اظهارات یووانگ [۷] مبنی بر بهبود ضریب تبیین با حذف ایستگاههایی با اهمیت کم‌تر، مطابقت دارد. بر این اساس، افزایش دقت و دفعات نمونه‌برداری در ایستگاههای شاخص و با اهمیت‌تر این رودخانه، جهت ثبت دقیق داده‌های کیفیت آب پیشنهاد می‌گردد. بر اساس نتایج پژوهش، امکان بهبود کارایی شبکه‌ی پایش با کاهش تعدادی از ایستگاهها (از ۱۹ به ۱۶) در مجموعه مورد بررسی وجود دارد. به بیان دیگر، در صورت وجود محدودیت‌های اقتصادی، می‌توان ضمن کاهش هزینه‌ی ثبت داده‌ها ارزش اطلاعاتی آن‌ها را نیز حفظ نمود، ولی باید اشاره نمود که نتایج ارایه شده براساس ایستگاههای دارای آمار کامل شبکه‌ی پایش در دوره‌ی مورد مطالعه است و می‌توان در آینده ایستگاههای دیگری را نیز در نظر گرفت و دوباره مورد ارزیابی قرار داد. در مجموع یافته‌های این پژوهش نتایج دالال و همکاران [۵] و ژانگ و همکاران [۱۱] را در خصوص کارایی و اهمیت


www.SID.ir

روش‌های مورد استفاده در تجزیه و تحلیل‌ها مورد تایید قرار می‌دهد. در پژوهش‌های آتی، پیشنهاد می‌شود که تغییرات زمانی پارامترهای کیفیت آب سطحی (سالانه و ماهانه) در شبکه‌ی پایش مورد بررسی قرار گیرد.

## منابع


۱- رزمخواه، ه. ۱۳۸۵. کاربرد تکنیک‌های تشخیص الگو در ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب رودخانه، مطالعه‌ی موردی رودخانه‌ی کر. مجموعه مقالات هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه. دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱۵ صفحه

۲- نوری، ر.، کراچیان، ر.، خدادای دربان، ا. و شکیبایی نیا، ا. ۱۳۸۶. ارزیابی اهمیت ایستگاههای پایش کیفی رودخانه با استفاده از آنالیز مولفه‌های اصلی و آنالیز فاکتور، مطالعه‌ی موردی: رودخانه‌ی کارون. فصلنامه‌ی آب و فاضلاب اصفهان. شماره‌ی ۶۳، صفحات ۶۰ تا ۶۹.

3- Al-tamir, M. and Al-sanjari, M. 2006. Interpretation of Water Quality parameters for Tigris River Using Principal Components Analysis.

4- Boyacioglu, H., Boyacioglu, H. and Gunduz, O. 2005. Application of factor analysis in the assessment of surface water quality in Buyuk Menderes river basin. Journal of European Water (EWRA), 10: 43-49.

5- Dalal, S.G., Shirodkar, P.V., Jagtap, T.J., Naik, B.J. and Rao, G.S. 2009. Evaluation of significant sources influencing the variation of water quality of Kandla creek, Gulf of Katchchh, using PCA. Journal of Environmental Monitoring Assessment.

6- Kowalkowski, T., Zbytniewski, R., Szpejna, J. and Buszewski, B. 2006. Application of chemometrics in river water classification, Journal of Water Research. 40: 744 –752.

7- Ouyang, Y. 2005. Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. Journal of Water Research. 39: 2621–2635.

8- Smith, L. 2002. A tutorial on Principal Components Analysis. 27p.

9- Sojka, M., Siepak, M., Zioła, A., Frankowski, M., Murat-Błażejewska, S. and Siepak, J. 2007. Application of multivariate statistical techniques to evaluation of water quality in the Mała Wełna River (Western Poland). Journal of Environmental Monitoring Assessment.147:159–170.

10- Strobl, R.O., Robillard, P.D., Shannon, R.D., Day. R.L. and Mc Donnnel, A.J. 2006. A water quality monitoring network design methodology for the selection of critical sampling points, Part 1. Journal of Environmental Monitoring and Assessment 112:137–158.

11- Zhang, Y., Guo, F., Meng, W. and Wang, X. 2009. Water quality assessment and source identification of Daliao river basin using multivariate statistical methods. Journal of Environmental Monitoring Assessment.152:105–121.





Archive of SID
www.SID.ir