

تحلیل مکانی و زمانی پارامترهای کیفی منابع آب سطحی در منطق کویری و بیابانی (مطالعه موردی: حوضه جنوب سیستان و بلوچستان)

پارسا حقیقی^۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۰۲

چکیده

یکی از چالش‌های اصلی و مهم مدیریت آب کشور در آینده در چگونگی حل و فصل مسائل مدیریت کیفیت آب می‌باشد. پایش و تحلیل کیفی منابع آب از نظر بعد مکانی و زمانی امری مهم به نظر می‌رسد. روش تحقیق از نوع تحلیلی - توصیفی و کاربردی می‌باشد؛ که با استفاده از اطلاعات کیفی ۷ ایستگاه هیدرومتری از سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳ مربوط به حوضه جنوب بلوچستان، تحلیل روند با استفاده از آزمون من - کندال (سطح اطمینان ۹۵ درصد) و پهنه‌بندی پارامترهای کیفی به روش کریجینگ صورت گرفته و با توجه به خروجی‌های مربوط به تحلیل روند در ایستگاه تخت - ملک پارامترهای مجموع املاح محلول، مجموع کاتیون، مجموع آنیون، سولفات، سدیم، منیزیم، هدایت الکتریکی، کربنات، کلسیم و درصد سدیم روند معنی‌دار صعودی به همراه کاهش کیفیت آب را داشته است. ایستگاه کهیر نیز پارامترهای نسبت سدیم قابل جذب، منیزیم و کلر روندی معنادار و صعودی داشته است. نقشه پهنه‌بندی پارامترهای کیفی منطقه نیز نشان می‌دهد که میزان سولفات در قسمت‌های غربی حوضه وضعیت مطلوب‌تری داشته، قلیائیت تقریباً در تمامی منطقه در حد متوسط، میزان پارامترهای سدیم و منیزیم نیز در قسمت‌های غربی حوضه کمتر از نواحی شرقی منطقه است. میزان بی‌کربنات و درصد سدیم هر چه از جنوب حوضه به سمت شمال حرکت می‌کنیم این مقدار افزایش داشته است. در مجموع پهنه‌بندی مجموع آنیون و کاتیون نشان از افزایش این دو فاکتور از شرق به سمت غرب حوضه است؛ بنابراین قسمت‌های شرقی حوضه وضعیت مطلوب‌تری نسبت به نواحی غربی داشته‌اند. با توجه به مقادیر موجود، کیفیت آب بر اساس سختی کل در ایستگاه‌های اسفند، باهوکلان، پیشین و پیردان نسبتاً سخت می‌باشد و ایستگاه‌های اسفندک - سراوان، تخت ملک و سیردان مشکلی از لحاظ سختی نداشته و در طبقه سبک قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: تحلیل مکانی و زمانی، جنوب بلوچستان، کیفیت آب، منابع آب سطحی.

مقدمه

سرزمین پهناور ایران در منطقه فرونشینی توده‌های هوا در چرخه آب و هوایی نیمکره شمالی زمین قرار گرفته است، به همین دلیل بیش از دوسوم از پهنه کشور دارای آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. توزیع زمانی و مکانی بارش و منابع آب یکی از ویژگی‌های آب‌وهوایی کشور می‌باشد. امروزه آب به‌عنوان یکی از عوامل بهبود و رشد اقتصادی جوامع به شمار می‌آید، لذا مدیریت بهینه منابع آب، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین برنامه‌های کشورها محسوب می‌شود. کیفیت آب‌های سطحی در مناطق مختلف به دلیل تنوع سازندها و ساختارهای زمین‌شناسی و عوامل هیدروژئولوژیکی تغییرات متفاوتی را در بردارد. شناخت و بررسی کیفیت منابع آب در مدیریت و استفاده بهینه از آن از اهمیت بالایی برخوردار است. بررسی تغییرات فصلی کیفیت آب‌های سطحی، جنبه مهمی در ارزیابی تغییرات موقتی آلودگی رودخانه‌ها بر اثر منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای طبیعی و انسانی می‌باشد (اویانگ و همکاران، ۲۰۰۶). از اوایل حیات بشری به علت نیاز به آب برای زندگی، رودخانه‌ها و آب‌های جاری مورد توجه بوده‌اند برای بهره‌گیری از منابع آب، شهرها و مراکز صنعتی و کشاورزی و به‌طور کلی تمدن‌ها در نزدیکی رودخانه‌ها شکل گرفتند؛ اما با پیشرفت صنعت و فناوری، بشر شروع به نابودی طبیعت کرد. درزمینه آب‌های سطحی و زیرزمینی به علت افزایش روزافزون جمعیت و رشد انواع آلودگی‌ها، شرایط کیفی رودخانه‌ها و آبخوان‌ها هرروز نامناسب‌تر می‌شود. به همین دلیل، به‌منظور نظارت و مدیریت کیفی این منبع طبیعی باید از روش‌هایی استفاده شود که با صرف کمترین زمان و هزینه بتوان به این اهداف دست پیدا کرد. پهنه‌بندی کیفی آب حوضه آبریز مهم‌ترین مرحله در مدیریت کیفیت منابع آب است. همچنین شناخت کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی برای مصارف شرب، صنعتی و کشاورزی امری اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد (عسکری و همکاران، ۲۰۰۱). مطالعات زیادی بر روی منابع آب سطحی انجام گرفته است که در ذیل به تعدادی از آن اشاره خواهد شد. حقیقی و

همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی به بررسی آنالیز پارامترهای کیفی آب جهت مصارف مختلف شرب، کشاورزی و صنعت رودخانه سیوند پرداخت که نتایج نشان داد کیفیت آب از نظر شرب خوب و قابل قبول و سختی کل در هر دو ایستگاه تنگه بلاغی و دشتبان آب از نوع سخت و خیلی سخت می باشد. از نظر کشاورزی هر دو ایستگاه در اکثر سالها کمی شور ولی مناسب برای کشاورزی بوده که ۸۷٫۵٪ نمونه‌ها در گروه C2S1 و ۱۲٫۵٪ در گروه C3S1 قرار گرفت و کیفیت آب بر اساس Na% خوب و از نظر میزان کربنات سدیم اضافی (RSC) مناسب بوده و برای بررسی کیفیت آب برای مصارف صنعتی با توجه به شاخص اشباع لانژلیه (LSI) در اکثر نمونه‌ها خورنده و در تعدادی رسوب‌گذار بوده است. با توجه به نمودار پایپر تیپ غالب آب برای هر دو ایستگاه، بیکربناته و رخساره غالب کلسیک و غلظت غالب آنیون‌ها و کاتیون‌ها برای هر دو ایستگاه به ترتیب $(HCO_3 > Cl > SO_4)$ ، $(Ca > Mg > Na + K)$ هست و نحوه توسعه تیپ و رخساره غالباً توسعه انتقالی است. سلیمانی ساردو و همکاران (۱۳۹۲) به ارزیابی کیفیت آب و روند تغییرات پارامترهای کیفی رودخانه چم انجیر خرم‌آباد توسط روش‌های گرافیکی از قبیل نمودارهای ویلکاکس، شولر و پایپر پرداختند در این مطالعه نمودار پایپر تیپ کیفی آب را از نوع کلسیم منیزیمی معرفی نمودند. براساس دیاگرام شولر تمام نمونه‌ها مربوط به آب رودخانه چم انجیر در دسته خوب و قابل قبول از نظر شرب قرار داشته و مانعی از نظر شرب ندارند. همچنین نمودار ویلکاکس نشان داد که اثر نمونه‌ها در کلاس کمی شور قرار گرفته و برای کشاورزی مناسب می باشند. فرید گیگلو و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی تغییرات کیفیت آب رودخانه زرین‌گل استان گلستان پرداختند. در این مطالعه با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های موجود طی سال‌های آبی ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۶ با ترسیم نمودارها پایپر، شولر، ویلکوکس، دروو، گیس و استیف، آنالیز کیفی آب صورت پذیرفت و برای مقایسه تیمارها از تجزیه واریانس ANOVA، برای آزمون تفاوت در بین سال‌های آماری از LSD و برای تعیین روند در داده‌ها از آزمون من کندال استفاده شد. نتایج نشان داد که رودخانه زرین گل مربوط به تیپ آب‌های شور مزه بوده و از نظر شرب در حد متوسط به پایین قرار دارد و عوامل جاده‌سازی و حفر معادن را کاهش کیفیت آب رودخانه ارزیابی کردند. شکری (۱۳۹۳) برای

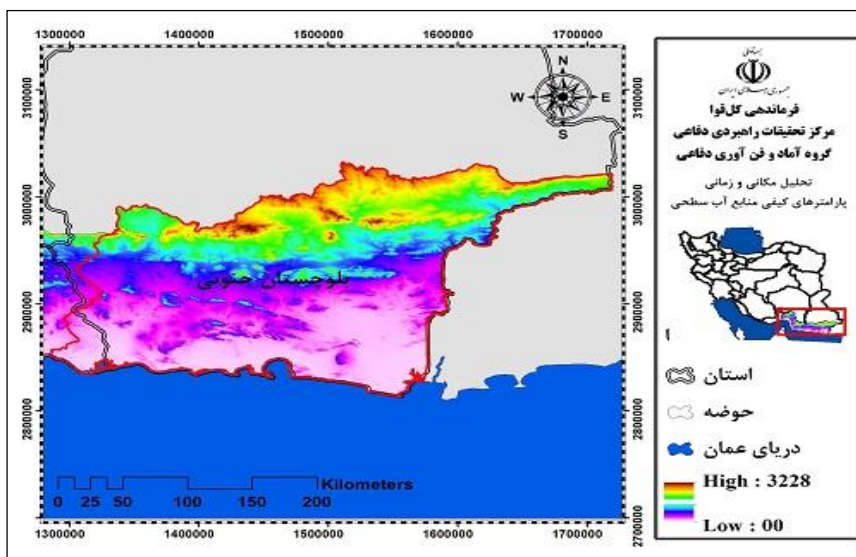
بررسی کیفیت شیمیایی آب رودخانه گرگر از روش‌های گرافیکی و تحلیل آماری چند متغیره استفاده کرد، در این تحقیق از داده‌های ایستگاه‌های شوشتر و بند قیر طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۲ استفاده و نمودارهای پایپر و ویلکوکس ترسیم شد و برای روند یابی داده‌ها از آزمون من کندال بهره بردند، همچنین برای بررسی ساختار همبستگی و ارتباط میان متغیرها از روش آنالیز مؤلفه اصلی (PCA) استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که تیپ آب شور بوده و کیفیت آن برای کشاورزی مطلوب می‌باشد و مهم‌ترین پارامترهای کیفیت آب برای رودخانه گرگر، پارامترها SAR، SO₄ و HCO₃ است. باردواج و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی کیفیت آب رودخانه کتی گانداک هند با استفاده از آنالیز مؤلفه اصلی (PCA) برگ خریدهایی از قبیل درجه شیب، ضعف زهکشی، تبادل یونی، شدت استفاده از حاصلخیزکننده‌ها، آلودگی‌های خانگی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که آب در بعضی مناطق، به دلیل افزایش قلیائیت، برای استفاده‌های شرب و آبیاری مناسب نیست. لوکاس (۲۰۱۰) برای بررسی کیفیت و کمیت آب سطحی در رودخانه پینیوس یونان داده‌های رواناب ماهانه ۱۵ ایستگاه و داده‌های کیفیت آب شش ایستگاه را براساس استانداردهای ملی، اروپایی و بین‌المللی بررسی کرد. نتایج نشان داد که کیفیت آب رودخانه در یک محدوده متوسط می‌باشد و آب رودخانه باید با احتیاط برای آبیاری استفاده شود. فن و همکاران (۲۰۱۰) به ارزیابی کیفیت آب رودخانه پارل چین با استفاده از فن‌های آماری چندمتغیره پرداختند. در این مطالعه از آنالیزهای مؤلفه اصلی (PCA) و خوشه‌ای (CA) استفاده کردند. آنالیز مؤلفه اصلی (PCA) نشان داد چهار پارامتر اول ۸۵/۵۲ درصد و ۸۹/۲۵ درصد از تغییرات را در مجموعه داده‌های شمال و غرب رودخانه توجیه و سه پارامتر اول ۸۴/۶۳ درصد از تغییرات در مجموعه داده‌های شرق رودخانه را توجیه می‌کند. آنالیز خوشه‌ای (CA) کیفیت آب منطقه را به چهار گروه: ۱- آلودگی شدید ۲- آلودگی متوسط ۳- آلودگی کم ۴- آلودگی زیاد تقسیم‌بندی کرد. در نهایت بیان شد که آنالیزهای فوق ابزار مناسب برای ارزیابی کیفیت آب و مدیریت منابع آب می‌باشند؛

بنابراین در این تحقیق تحلیل مکانی و زمانی پارامترهای کیفی منابع آب سطحی مربوط به حوضه جنوب بلوچستان آورده شده است.

روش تحقیق

موقعیت منطقه مورد مطالعه

موقعیت منطقه مورد نظر مربوط به حوضه جنوب بلوچستان می‌باشد؛ که تشکیل شده از ۱۲ زیر حوضه که مساحت تحت پوشش و نام هر یک از زیر حوضه ارائه شده است. یکی از خشک‌ترین و بی‌آب‌ترین حوضه‌های ایران به‌شمار می‌آید، این حوضه تحت تأثیر بارندگی‌های نامنظم، حالت سیلابی دارند و در تمام فصل‌های سال، خشک و بی‌آب هستند. حوضه آبریز جنوب بلوچستان که مجموع رودخانه‌های بین سدیچ و مرز پاکستان را دربرمی‌گیرد، بانام اختصاری رایج - باهو کلات شناخته شده است. این حوضه در منتهی‌الیه جنوب شرقی ایران واقع شده و مجموع جریان آن‌ها به دریای عمان می‌ریزد. از شمال محدود به حوضه آبریز هامون جازموریان و حوضه آبریز مشکیل بوده، از غرب به حوضه آبریز سدیچ و از شرق با پاکستان هم‌مرز بوده و در جنوب نیز سواحل دریای عمان واقع شده است. مساحت حوضه آبریز مذکور برابر ۴۸۵۵۱ کیلومترمربع بوده که در حدود ۷۶ درصد آن را مناطق کوهستان و ۲۴ درصد بقیه را دشت و کوهپایه تشکیل داده است. شهرهای چابهار، کنارک، نیک شهر، قصرقند در این حوضه قرار دارد. در این مطالعه با در نظر گرفتن ۱۵ سال داده‌های کیفی مربوط به ایستگاه‌های هیدرومتری از سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳ تغییرات مکانی و زمانی پارامترهای کیفی جنوب بلوچستان مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل شماره ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

جدول شماره ۱- مشخصات زیر حوزه‌های مطالعاتی

ردیف	زیر حوزه	مساحت به هکتار
۱	پی بشک	۵۶۸۱۲/۶۶۲
۲	لاش (زرآباد)	۲۷۱۴۱۳/۹۷۷
۳	بنت - هنگام	۵۹۸۰۶۲/۱۰۰
۴	فتوج	۱۰۸۱۰۲/۹۳۲
۵	بندینی - بیر	۲۱۸۷۴۸/۲۶۶
۶	کھیر	۲۷۱۶۴۲/۶۷۲
۷	نیکشهر	۲۲۳۹۲۳/۸۲۲
۸	سرگان - طیس	۲۰۹۱۷۳/۷۳۶
۹	تیسکوفان - چاه‌بهار	۱۰۹۸۲۷/۵۶۲

ردیف	زیر حوضه	مساحت به هکتار
۱۰	باهوکلات - نگور	۵۹۶۴۳۵/۴۹۱
۱۱	پیرسهراب - عورکی	۵۲۱۹۴۹/۶۹۶
۱۲	قصرقند	۳۷۸۸۷۵/۱۴۱

در این تحقیق به منظور تحلیل روند پارامترهای کیفی از آزمون من - کندال استفاده شد و به منظور پهنه‌بندی پارامترهای کیفی و پایش کیفی پارامترها از نرم‌افزار ARC GIS استفاده شده است. پهنه‌بندی روشی مناسب برای نمایش داده‌ها کیفیت آب یا اطلاعاتی مانند روند تغییرات پارامترها در قالب یک نقشه می‌باشد. داده‌ها یا اطلاعات می‌توانند به صورت مجزا و با استفاده از علائم مختلف یا به صورت پیوسته و با استفاده از رنگ‌های مختلف بر روی نقشه نشان داده شوند. در صورتی که هدف نمایش داده‌ها یا اطلاعات به صورت پیوسته باشد، لازم است با استفاده از روش‌های مناسب آماری یا زمین‌آمار مقادیر پارامترها در فواصل بین نقاط نمونه‌برداری درون‌یابی شود. بدین منظور روش‌های مختلفی وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به وزن‌دهی معکوس فاصله، کریجینگ، حداقل انحناء، اصلاح شده شپرد، همسایگی طبیعی، نزدیک‌ترین همسایه، رگرسیون چندجمله‌ای، توابع پایه شعاعی، مثلث‌بندی با درون‌یابی خطی، میانگین متحرک داده‌های متریک و چندجمله‌ای محلی اشاره کرد. در این تحقیق از روش کریجینگ استفاده شده است. کریجینگ عبارت است از یک روش برآورد زمین‌آمار که بر پایه میانگین متحرک وزن‌دار استوار می‌باشد. به طوری که می‌توان گفت این روش بهترین برآورد کننده خطی نااریب می‌باشد. این برآورد کننده به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$Z^*(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن $Z^*(x_i)$ عیار برآوردی، λ_i ، وزن یا اهمیت کمیت وابسته به نمونه i ام و $Z(x_i)$ مقدار متغیر اندازه‌گیری شده می‌باشد. این نوع کریجینگ را کریجینگ خطی می‌نامند. زیرا ترکیب خطی از n داده است که شرط استفاده از این برآورد کننده این است که متغیر Z دارای توزیع

نرمال باشد. در غیر این صورت یا باید از کریجینگ غیرخطی استفاده کرد و یا اینکه به نحوی توزیع داده‌ها را نرمال نمود. مهم‌ترین قسمت کریجینگ، تعیین وزن‌های آماری $i\lambda$ می‌باشد که جهت ناریب بودن برآوردها، این اوزان بایستی به نحوی تعیین گردد که مجموع آن‌ها برابر ۱ گردد. یکی از شاخص‌های کیفیت آب آشامیدنی، سختی آن هست که بر مبنای کربنات کلسیم موردسنجش قرار می‌گیرد. بیشترین سختی آب مربوط به یون‌های کلسیم و منیزیم بوده و سختی کل برحسب میلی‌گرم بر لیتر از رابطه‌های (۲ و ۳) به دست می‌آید.

$$\text{رابطه (۲)} \quad \text{TH} = \text{Ca} \times \frac{\text{وزن معادل Ca CO}_3}{\text{وزن معادل Ca}} + \text{Mg} \times \frac{\text{وزن معادل Ca CO}_3}{\text{وزن معادل Mg}}$$

$$\text{رابطه (۳)} \quad \text{TH} = ۲/۴۹۷ \text{ Ca}^{++} + ۴/۱۱۵ \text{ Mg}^{++}$$

که مقدار Ca و Mg به میلی‌گرم در لیتر است. در این تحقیق سختی موقت و سختی کل مربوط به ایستگاه‌های کیفی منطقه آورده شده است.

یافته

روش‌های متفاوتی پارامتری و ناپارامتری برای تعیین روند وجود دارد؛ که در این مطالعه از آزمون ناپارامتری من-کندال در سطح اطمینان ۹۵ درصد برای بررسی روند پارامترهای کیفی استفاده شده است. همان‌طور که از جدول شماره (۲) مشخص است، میزان تغییرات پارامترهای کیفی مربوط به حوضه جنوب بلوچستان برای درصد سدیم، روندی کاهشی و پارامترهای کلسیم، کلر، هدایت الکتریکی، منیزیم، مجموع آنیون، مجموع کاتیون و مجموع املاح محلول روندی افزایشی داشته است؛ که در ادامه مربوط به سایر ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه آورده شده است. لازم به ذکر است افزایش پارامترهای کیفی باعث کاهش کیفیت آب در منطقه مورد مطالعه شده است.

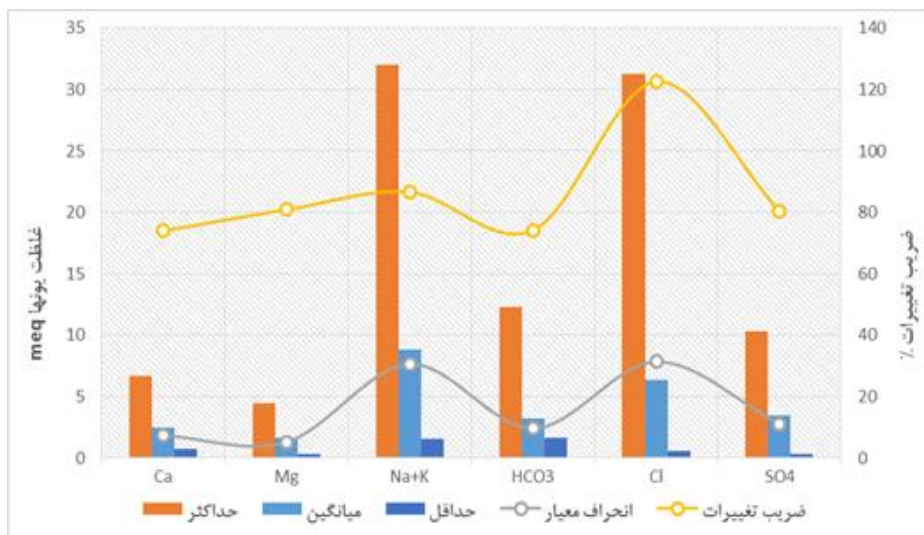
جدول شماره (۲) میزان تغییرات پارامترهای کیفی مربوط به حوضه جنوب سیستان و بلوچستان

پارامتر	روند تغییرات پارامترهای کیفی
درصد سدیم	روند کاهشی
کلسیم	روند افزایشی
کلر	روند افزایشی
کربنات	ثابت
هدایت الکتریکی	روند افزایشی
بی کربنات	ثابت
منیزیم	روند افزایشی
سدیم	ثابت
قلیابیت	ثابت
سدیم تبادلی	ثابت
سولفات	ثابت
مجموع آنیون	روند افزایشی
مجموع کاتیون	روند افزایشی
مجموع املاح محلول	روند افزایشی

جدول شماره (۳) مشخصات پارامترهای کیفی منطقه مورد مطالعه

پارامتر	EC	T.D.S	PH	Ca	Mg	Na	K	HCO3	CO3	Cl	SO4
میانگین حسابی	۱۳۳۵	۷۸۶/۷۸	۷/۵۱	۱۶/۱	۸۸۷	۶۰/۰	۳۳/۶	۲۳/۳	۶۰/۰	۵۳/۶	۳۳/۳
انحراف معیار	۱/۴۲۵	۸۷۸/۷	۳/۴۳	۱/۵	۱/۳	۷/۶۶	۷۰/۰	۲/۴۱	۵۰/۰	۳/۷۷	۲/۸۵
ضریب تغییرات (درصد)	۷۴/۰۴	۷۳/۲۵	۶۳/۰۶	۱۳/۷۱	۵۰/۷۵	۳۳/۳۳	۱۳۳/۳۳	۷۳/۳۸	۱۵۰	۸۲/۲۷	۱۶/۰۸۱
حداکثر	۴۰۸۵	۲۶۱۴۳	۲۴/۲	۱۶/۶	۴۳/۳	۳۲/۰۳	۳۳/۰	۱۲/۳	۵۰/۲۹	۳۱/۳	۱۰/۰۱
حداقل	۴۰۷	۲۶۰	۷/۵۸	۱۶/۰	۶۳/۰	۱/۵۹	۰	۱/۶۹	۰	۶/۰	۶۳/۰
مد	۲۳۰۹	۱۳۶۹/۴	۸/۱۴۶	۳/۵۴۰۱	۶۳/۰	۷۸/۷۵	۰	۲/۹۷۳	۰	۳۳/۴۱	۵۷۲۳۳
میانه	۹۸۰	۶۲۷/۲	۸/۰۸	۱۷/۹	۱	۵/۶۵	۰	۲/۷۶	۰	۵/۲/۵	۲/۱/۳
دامنه تغییرات	۷۸۶۸	۳۳۵۴/۳	۱۶/۶۳	۵۶۹	۸۰/۷	۳۳/۴۴	۳۳/۰	۱۰/۶۱	۵۰/۲۹	۸۰/۷	۴۶/۶
چولگی	۱/۴۶	۱/۴۹	۱/۴	۱/۰۸	۱/۱	۱/۱/۷	۱/۲۸	۳/۱۱	۱/۵۱	۷/۸	۱/۱۵۱

(تمامی مقادیر میلی اکی والان بر لیتر و TDS برحسب میلی گرم بر لیتر و مقادیر EC برحسب میکروموس بر سانتی متر)



شکل شماره (۲) مشخصات مربوط به پارامترهای کیفی

در این تحقیق از داده‌های ایستگاهی هیدرومتری منطقه مورد مطالعه جهت تجزیه و تحلیل داده‌های کیفی و کمی استفاده شده است. مشخصه‌های آماری مؤلفه‌های مختلف شیمیایی برحسب میلی اکسی‌والان بر لیتر برای سال ۹۳ در جدول شماره (۳) آورده شده است. مقادیر TDS برحسب میلی گرم بر لیتر و مقادیر EC برحسب میکروموس بر سانتی متر می‌باشد.

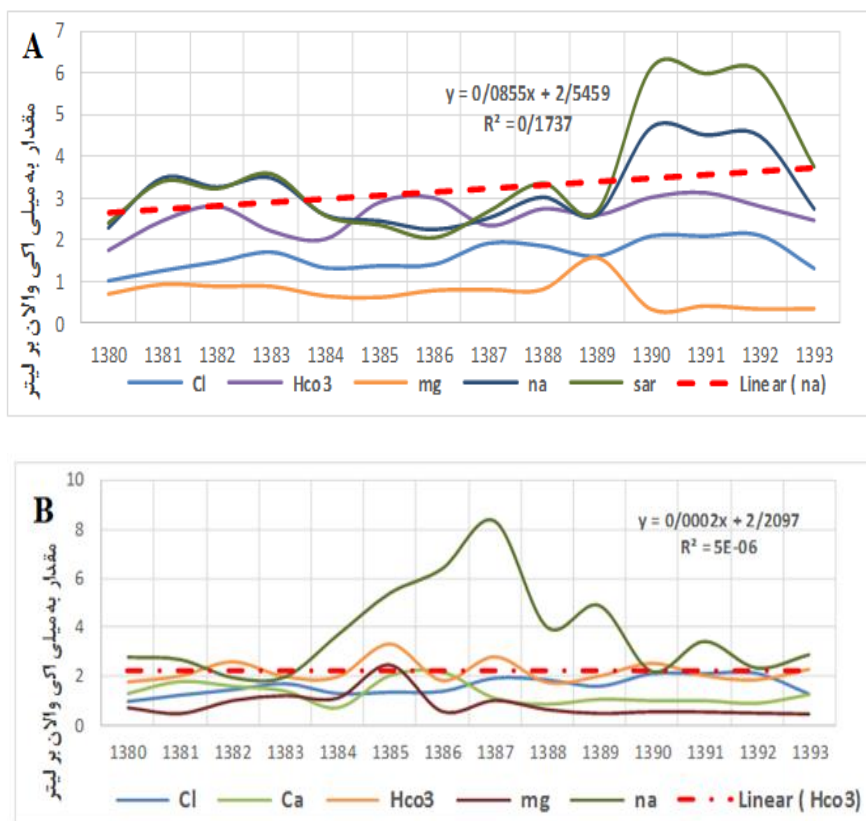
پارامترهای اقلیمی و کیفی در مقیاس زمان و مکان به دلایل زیادی تغییر می‌کنند که باید نحوه تغییرات آن‌ها براساس مشاهدات و با بهره‌گیری از روش‌های آماری تعیین شود. آزمون من کندیال جزو متداول‌ترین و پرکاربردترین روش‌های ناپارامتری تحلیل روند سری‌های زمانی به‌شمار می‌روند با استفاده از این روش تغییرات داده‌ها شناسایی، نوع و زمان آن مشخص می‌گردد. در جدول شماره (۴) روند پارامترهای کیفی ایستگاه‌های هیدرومتری باهوکلالت و تخت ملک ارائه شده است.

جدول ۴- روند پارامترهای کیفی ایستگاه‌های هیدرومتری کهپر و تخت ملک

ایستگاه هیدرومتری تخت - ملک				ایستگاه هیدرومتری باهوکلالت			
پارامتر	فاکتور Z	معنی داری	شیب خط سن	پارامتر	فاکتور Z	معنی داری	شیب خط سن
درصد سدیم	-۳/۷	***	-۰/۲۴۷	درصد سدیم	۲-۱/۲		-۰/۳
کلسیم	۲/۲۵	*	۰/۰۴۸	کلسیم	۴-۰/۱		۹-۰/۰۰
کلر	۱/۸۱	+	۰/۱۷	کلر	۹۱/۷	+	۰۶۰/۱
کربنات	-۲/۳۷	*	۰/۶۰	هدایت الکتریکی	۲۶۱/		۶۲/
هدایت الکتریکی	۲/۰۱	*	۲۳/۲	منیزیم	۸۲/۱	*	۹۰/۰۳
بی کربنات	-۲/۱۰	*	-۰/۰۳۶	سدیم	۰۲-۱/		۵-۰/۱
منیزیم	۲/۸۸	**	۰/۰۳۴	قلیابیت	۰/۰۰		۰/۰۰۰
سدیم	۱/۷۴	+	۰/۱۲۴	سدیم تبادلی	۱۵۱/	+	۶۰/۱۵
قلیابیت	۱/۴۰		۰/۰۰۴	سولفات	۴۲-۱/		-۰/۱۰۲
سدیم تبادلی	۰/۴۴		۰/۰۰۸	مجموع آنیون	۴۳-۱/		۴-۰/۲۴

سولفات	۲/۶۵	**	۰/۰۹۰	مجموع کاتیون	۴۹۷-۰/	۲۱-۰/۲
مجموع آنیون	۲/۰۹	*	۰/۲۱۳	مجموع املاح محلول	۲۵-۰/	-۶/۴
مجموع کاتیون	۱/۹۱	+	۰/۲۰۸	کربنات	-۲,۱	۰/۶
مجموع املاح محلول	۲/۰۸	*	۴/۵۲	بی کربنات	-۱,۱۲	-۰/۰۳

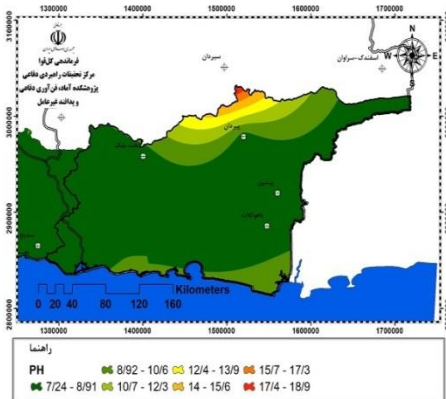
با توجه به جدول شماره (۴) می‌توان برداشت نمود که در ایستگاه هیدرومتری تخت-ملک پارامترهای مجموع املاح محلول، مجموع کاتیون، مجموع آنیون، سولفات، سدیم، منیزیم، هدایت الکتریکی، کربنات، کلسیم و درصد سدیم روند معنی‌دار صعودی داشته‌اند و تغییرات این پارامترهای کیفی در منطقه رو به افزایش و کاهش کیفیت آب را طی کرده است. در ایستگاه هیدرومتری باهوکلالت نیز پارامترهای نسبت سدیم قابل جذب، منیزیم و کلر روندی معنادار و صعودی داشته است.



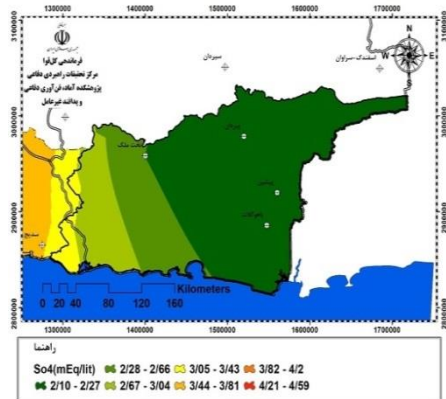
شکل شماره (۳) تغییرات پارامترهای کیفی (A) ایستگاه تخت _ ملک (B) ایستگاه باهوکلالت

همان‌طور که در شکل شماره (۳) مشخص است اکثر پارامترهای کیفی ایستگاه تخت _ ملک دارای روند صعودی بوده است و ایستگاه هیدرومتری باهوکلالت در اکثر پارامترهای کیفی بدون روند و تغییراتی زیادی در طول زمان نداشته است. با توجه به اینکه نمونه‌برداری از تمام نقاط محدوده مطالعاتی مقدور نیست، روش‌های پهنه‌بندی ابزار قدرتمندی در تخمین

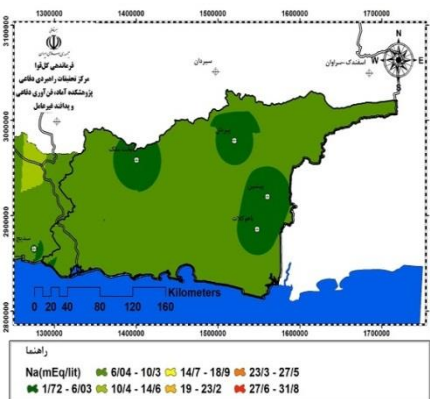
داده‌ها بر مبنای تغییرات مکانی است. در این تحقیق پهنه‌بندی پارامترهای کیفی مربوط به منطقه مورد مطالعه آورده شده است.



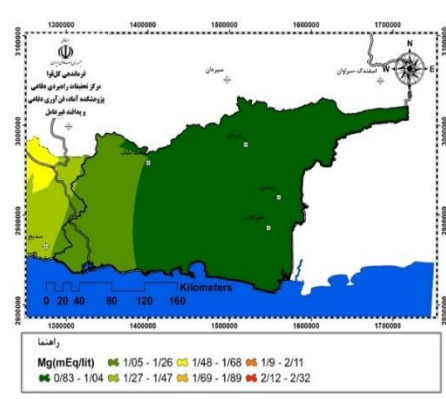
پهنه‌بندی پارامتر قلیایت



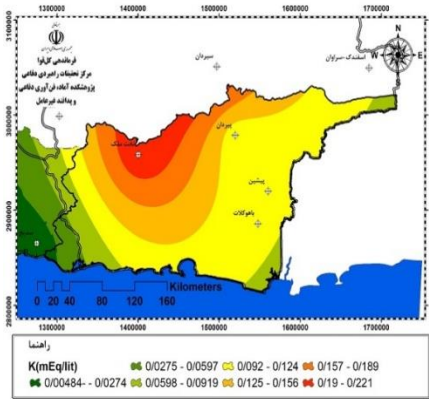
پهنه‌بندی پارامتر سولفات



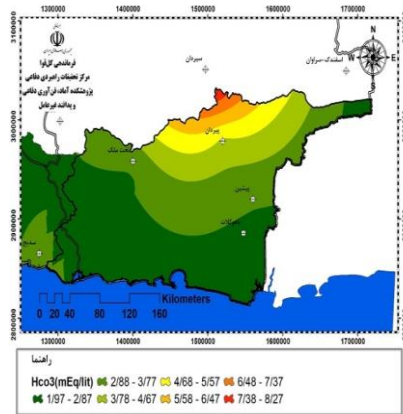
پهنه‌بندی پارامتر سدیم



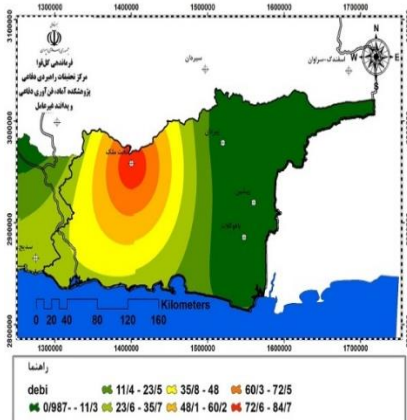
پهنه‌بندی پارامتر منیزیم



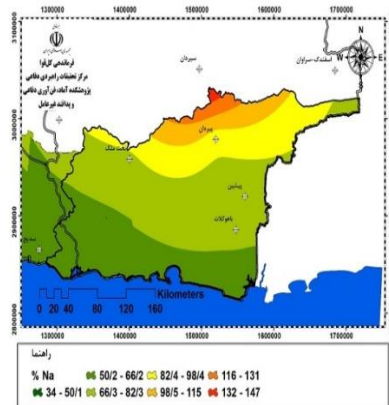
پهنه‌بندی پارامتر پتاسیم



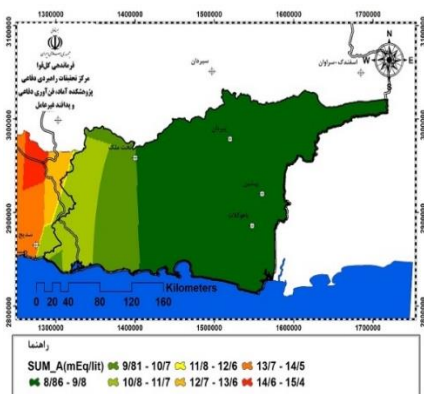
پهنه‌بندی پارامتر بی‌کربنات



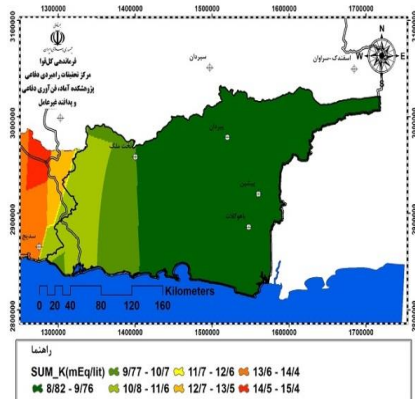
پهنه‌بندی پارامتر تغییرات آب سطحی



پهنه‌بندی پارامتر درصد سدیم



پهنه‌بندی پارامتر مجموع آنیون



پهنه‌بندی پارامتر مجموع کاتیون

شکل شماره (۴) پهنه‌بندی پارامترهای کیفی مربوط به منطقه مورد مطالعه

پهنه‌بندی سولفات نشان می‌دهد که میزان این پارامتر در قسمت‌های غربی حوزه وضعیت مطلوب‌تری داشته است و کلیتاً تقریباً در تمامی منطقه در حد متوسط بوده، میزان پارامترهای سدیم و منیزیم نیز در قسمت‌های غربی حوزه کمتر از نواحی شرقی منطقه بوده است. میزان بی‌کربنات و درصد سدیم هر چه از جنوب حوزه به سمت شمال حرکت می‌کنیم این مقدار افزایش داشته است. در مجموع پهنه‌بندی مجموع آنیون و کاتیون نشان از افزایش این دو فاکتور از شرق به سمت غرب حوزه بوده است. بنابراین پهنه‌بندی کیفی سال ۱۳۹۳ نشان می‌دهد که قسمت‌های شرقی حوزه وضعیت مطلوب‌تری نسبت به نواحی غربی داشته‌اند.

کیفیت آب بر اساس سختی کل و موقت

در جدول شماره (۵) کیفیت آب بر اساس سختی کل و موقت برای ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه مورد مطالعه آورده شده است. با توجه به مقادیر موجود کیفیت آب بر اساس سختی کل در ایستگاه‌های اسفند، باهوکلان، پیشین و پیردان نسبتاً سخت می‌باشد و ایستگاه‌های اسفندک-سراوان، تخت ملک و سیردان مشکلی از لحاظ سختی نداشته و در طبقه سبک قرار گرفته است.

جدول شماره (۵) کیفیت آب بر اساس سختی

محل نمونه برداری	سختی کل (TH)	سختی دائم	سختی موقت	کیفیت آب بر اساس سختی کل
اسفند	۸۹/۹۴	۰	۸۹/۹۴	نسبتاً سخت
اسفندک-سراوان	۵۷/۱۹	۰	۵۷/۱۹	سبک
باهوکلات	۹۷/۶۶	۰	۹۷/۶۶	نسبتاً سخت
تخت ملک	۵۳/۷۳	۰	۵۳/۷۳	سبک
پیشین	۷۹/۵۵	۰	۷۹/۵۵	نسبتاً سخت
سیردان	۲۹۳/۶۴	۰	۲۹۳/۶۴	سخت
پیردان	۸۷/۲۴	۰	۸۷/۲۴	نسبتاً سخت

سختی دائم یا سختی غیرکربناتی^۱ شامل سختی بدون نمک‌های بی‌کربناتی (مانند کلرید، سولفات و غیره) می‌باشد. سختی موقت یا سختی کربناتی^۲ شامل بی‌کربنات کلسیم و منیزیم است و از تفاوت سختی کل (TH) و سختی دائم بدست می‌آید. بنابراین با توجه به جدول شماره (۴) میزان سختی کل با سختی موقت برابر بوده است.

^۱Noncarbonated Hardness^۲Carbonated Hardness

نتیجه گیری

در شرایط اقلیم خشک و نیمه خشک کشور و کمبود منابع آب شیرین، حساسیت نسبت به کیفیت آب رودخانه‌ها و عوامل مؤثر بر آن‌ها، ضروری است و مهم‌ترین عوامل مؤثر در توسعه پایدار یک آبخیز، فراهم بودن منابع آب مناسب از نظر کمی و کیفی می‌باشد. در این مطالعه با در نظر گرفتن ۱۵ سال داده‌های کیفی مربوط به ایستگاه‌های هیدرومتری از سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳ تغییرات مکانی و زمانی پارامترهای کیفی حوزه جنوب بلوچستان مورد بررسی قرار گرفته است. آمار و اطلاعات موجود مربوط به ۷ ایستگاه هیدرومتری اسفند، اسفندک-سراوان، باهوکلالت، تخت ملک، پیشین، سیردان و پیردان می‌باشد. با توجه به خروجی‌های مربوط به تحلیل روند در ایستگاه هیدرومتری تخت-ملک پارامترهای مجموع املاح محلول، مجموع کاتیون، مجموع آنیون، سولفات، سدیم، منیزیم، هدایت الکتریکی، کربنات، کلسیم و درصد سدیم روند معنی‌دار صعودی داشته‌اند و تغییرات این پارامترهای کیفی در منطقه رو به افزایش و کاهش کیفیت آب را طی کرده است. در ایستگاه هیدرومتری کهیر نیز پارامترهای نسبت سدیم قابل جذب، منیزیم و کلر روندی معنادار و صعودی داشته است. پس از تهیه نقشه پهنه‌بندی پارامترهای کیفی منطقه مورد مطالعه می‌توان برداشت نمود؛ که میزان سولفات در قسمت‌های غربی حوزه وضعیت مطلوب‌تری داشته است و قلیائیت تقریباً در تمامی منطقه در حد متوسط بوده، میزان پارامترهای سدیم و منیزیم نیز در قسمت‌های غربی حوزه کمتر از نواحی شرقی منطقه بوده است. میزان بی‌کربنات و درصد سدیم هر چه از جنوب حوزه به سمت شمال حرکت می‌کنیم این مقدار افزایش داشته است. در مجموع پهنه‌بندی مجموع آنیون و کاتیون نشان از افزایش این دو فاکتور از شرق به سمت غرب حوزه بوده است. بنابراین پهنه‌بندی کیفی سال ۱۳۹۳ نشان می‌دهد که قسمت‌های شرقی حوزه وضعیت مطلوب‌تری نسبت به نواحی غربی داشته‌اند. با توجه به مقادیر موجود کیفیت آب بر اساس سختی کل در ایستگاه‌های اسفند، باهوکلالت، پیشین و پیردان نسبتاً سخت می‌باشد و ایستگاه‌های اسفندک-سراوان، تخت ملک و سیردان مشکلی از لحاظ سختی نداشته و در طبقه سبک قرار گرفته است.

منابع

حقیقی، پارسا؛ نوحه‌گر، احمد و نادری، سهراب (۱۳۹۵)، آنالیز پارامترهای کیفی آب جهت مصارف مختلف شرب، کشاورزی و صنعت (مطالعه موردی رودخانه سیوند)، دهمین کنگره پیشگامان پیشرفت، تهران، مرکز الگوی اسلامی ایرانی پیشرفت.

سلیمانی ساردو، مجتبی؛ عباسعلی، ولی؛ قضاوی، رضا و سعیدی گراغانی، حمیدرضا (۱۳۹۲) تابستان)، آنالیز و روندیابی پارامترهای کیفیت شیمیایی آب؛ مطالعه موردی رودخانه چمانجیر خرم‌آباد، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، شماره دوازدهم، سال سوم.

شکری، ساناز (۱۳۹۳). بررسی تأثیر انواع آلاینده‌ها بر روی کیفیت آب کارون در بازه شوشتر- بندر قیر و شبیه‌سازی کیفی با استفاده از مدل QUAL2KW. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، آبیاری زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشکده شهید چمران اهواز.

فریدگیگلو، بهنام؛ نجفی‌نژاد، علی؛ مغانی بیله‌سوار، وحید و غیاثی، اصغر (۱۳۹۲). «بررسی تغییرات کیفیت آب رودخانه زرین‌گل استان گلستان»، مجله پژوهش‌های حفاظت آب‌و‌خاک، جلد ۲۰، شماره اول، ۷۷-۹۵.

میرعباسی نجف‌آبادی، رسول و دین‌پژوه، یعقوب (۱۳۸۹). «تحلیل روند تغییرات جریان آب رودخانه‌های شمال غرب ایران در سه دهه اخیر»، مجله آب‌و‌خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، جلد ۳۴، شماره ۴، ۷۶۸-۷۵۷.

Askari Marnani, S., Chitsazan, M., & Mirzayi, Y. (۲۰۰۱). Investigation of Water Quality in Firoozabad Sub-Chachment in View of Domestic and Agricultural Usage using GIS. P1-8, the 8 th International Congress on River Engineering, Shahid Chamran University, Iran.

- Fan, x., B. Cui., H. Zhao., Z. Zhang. Zhang& H. (۲۰۱۰). Assessment of river water quality in pearl river delta using multivariate statistical techniques. Environmental Sciences, 2:1220 - 1۲۳۴.
- Loukas, A. (2010). Surface water quantity & quality nassessment in Poinos river. Thessally, Greece. Desalination, 250: 266 - 2۷۳.
- Ouyang, Y., P. Nkedi-Kizza, Q.T. Wu, D. Shinde & Huang, C.H. (2006). Assessment of seasonal variations in surface water quality. Water Research, 40(20), 3800-3810
- Shokuhi R., Hosinzadeh E., Roshanaei G., Alipour M., Hoseinzadeh S. (2012) Evaluation of Aydughmush Dam Reservoir Water Quality by National Sanitation Foundation Water Quality Index . Iranian Journal of Health and Environment NSF-WQI, vol.4, 439-450.

