

## تعیین بهترین شاخص ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی استان گیلان

### مریم نوابیان

مؤلف مسئول و استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه گیلان، ma\_navabian@yahoo.com

### ثریا یوسفی

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه تهران، soraya\_yousefi@ut.ac.ir

### مهدی اسمعیلی ورکی

استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه گیلان، esmaeili.varaki@yahoo.com

### منصور قدسی

دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه آزاد مرودشت، ghodsi\_gilan@yahoo.com

### علی فاتحی

کارشناس شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان گیلان

## چکیده

داشتن منابع آب سالم پیش نیاز ضروری و اساسی برای حفظ کمیت محیط زیست و رشد و توسعه اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی کشور است. از آنجا که در سال‌های اخیر منابع آبی کشور مورد تهدید انواع آلودگی‌ها از قبیل پساب‌های صنعتی، کودها و سموم شیمیایی و فاضلاب‌های شهری قرار گرفته است، بنابراین لزوم داشتن استراتژی و برنامه مدون برای حفظ منابع آب و کنترل آلودگی‌های آن به عنوان یک مساله مهم در بخش زیربنایی کشور مطرح است. در این تحقیق با استفاده از پارامترهای کیفی آب شاخص‌های WQI، WQI<sub>american</sub> و CWQI برای آب‌های زیرزمینی محاسبه شده و کیفیت آب تعیین گردید. شاخص WQI کیفیت آب را متوسط و CWQI کیفیت آب را بد نشان داد. شاخص WQI<sub>american</sub> نیز کیفیت آب را خوب برآورد. بعد از تعیین کیفیت آب با شاخص جیل جانویک شاخصی که تغییرات آب را بهتر نشان می‌دهد تعیین گردید. در این تحقیق شاخص WQI برای بیان وضعیت کیفیت منابع آب زیرزمینی در سال‌های مختلف و شاخص CWQI جهت بیان تغییرات در ایستگاه‌های مختلف انتخاب شدند.

کلمات کلیدی: شاخص کیفی آب، استان گیلان، جیل جانویک.

## مقدمه

منابع آب زیرزمینی بزرگترین ذخیره قابل دسترسی آب شیرین در کره زمین محسوب می‌شوند. با توجه به اهمیت و کمبود این منبع ارزشمند مطالعه پیرامون این موضوع از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. شناخت کیفیت آب‌های زیرزمینی، به عنوان یکی از مهم‌ترین و آسیب‌پذیرترین منابع تأمین آب در دهه‌های اخیر، یک

امر کاملاً بدیهی است. همچنین با ازدیاد روز افزون جمعیت و در نتیجه افزایش تقاضای استفاده از آب برای مقاصد مختلفی چون کشاورزی، شرب و صنعت لزوم توسعه سرمایه‌گذاری در بخش آب امری اجتناب‌ناپذیر است (۱).

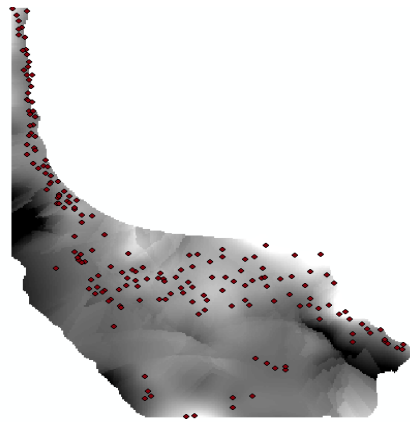
یکی از وظایف مهم متولیان آب بررسی پارامترهای کیفی آب است. همه ساله با نمونه برداری و آزمایش آبهای سطحی و زیرزمینی اطلاعات زیادی در خصوص پارامترهای کیفی نظیر اسیدیته، دما، کدورت، جامدات معلق و دیگر پارامترها (متناسب با حوزه مورد بررسی) بدست می‌آید. با توجه به اینکه حجم این قبیل داده‌ها زیاد بوده و از طرفی ابزار مناسبی برای آگاهی جامعه غیر متخصص از کیفیت آب مورد استفاده نیست. با استفاده از معادلات ریاضی ویژه داده‌های آماری جمع‌آوری شده با یکدیگر ادغام شده و یک عدد بدون بعد در محدوده ۱ تا ۱۰۰ بدست می‌آید (۲). شاخص‌های بسیاری از جمله NSFQI m، NSFQI a (کانتر ۱۹۹۶ و کیود ۲۰۰۱)، OWQI (سال ۱۹۷۹، گروه کیفی در ایالت اورگان)، DSWQI (کیود ۲۰۰۱)، WQI ارائه شده‌اند که هر یک بسته به پارامترهای مورد نیاز و ضرایب وزنی مشخص به بیان وضعیت کیفیت منابع آب می‌پردازند. این شاخص بیانگر کیفیت آبهای سطحی و زیر زمینی به عنوان منبع شرب و دیگر کاربردهای مورد نیاز انسان می‌باشد. هوشمند و همکاران ۱۳۸۶، کیفیت آب رودخانه کارون (بازه ملاتانی-اهواز) را با استفاده از شاخص‌های کیفیت آب موسسه ملی بهداشت (WQI)، ارگن (OWQI) و کانادا (CWQI) به دلیل کارایی بالاتر مورد بررسی قرار گرفت و مقدار هر شاخص در دوره آماری پنج ساله (سالهای آبی ۸۵-۸۰) بصورت فصلی در بازه ملاتانی - اهواز مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که تغییرات میزان شاخص کیفیت آب در بین ایستگاه‌ها و همچنین در طول دوره آماری ناچیز می‌باشد، همچنین در بین شاخص‌ها شاخص WQI بهترین نتیجه را نشان داد (۵). سانچز و همکاران (۲۰۰۷) شاخص WQI و کمبود اکسیژن محلول را در طول رودخانه Guadarrama و Manzanares مورد مطالعه قرار دادند. نتایج مطالعه مذکور نشان داد که شاخص WQI در ابتدای رودخانه Guadarrama دارای مقدار عددی ۷۰ (کیفیت خوب) و در انتهای آن در حدود ۶۴ (کیفیت متوسط) می‌باشد. همچنین شاخص WQI برای رودخانه Manzanares در حدود ۶۵ گزارش گردید (۷). کریستین کولیتی و همکاران ۲۰۱۰، به منظور بررسی تاثیر فعالیتهای کشاورزی بر کیفیت منابع آب، یک شاخص کیفیت آب (WQI) را با استفاده از تجزیه و تحلیل چند متغیره عاملی (MFA) توسعه داد. در این راستا در سال ۲۰۰۴ در ۶ نقطه از منابع آب موجود در حوضه مزرعه نمونه‌برداری و هشت پارامتر نترات، نیتروژن آمونیاکی، آمونیاک، فسفر کل، هدایت الکتریکی، PH، مواد معلق و کدورت را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. نتایج نشان داد آلودگی از منشاءهای کشاورزی در امتداد حوضه است. تجزیه و تحلیل عاملی نشان داد که پارامترهای آمونیاک، نیتروژن آمونیاکی و نترات بیشترین تاثیر را در تعیین WQI دارند (۶).

حیدری‌نیا و همکاران ۱۳۸۸، کیفیت آب رودخانه کارون (بازه ملاتانی تا کوت امیر) را با استفاده از شاخص کیفیت آب (NSFWQI) مورد بررسی قرار دارند و مقدار هر شاخص را برای ماههای مختلف در سال‌های ۸۶ و ۸۷ در ایستگاه‌های ملاتانی، زرگان، پل پنجم و کوت امیر محاسبه کردند. نتایج حاصله نشان داد که کیفیت آب کارون در این بازه، در رده بد می‌باشد و کارون در این بازه مورد تهدید جدی است (۳).

هدف از ارائه این تحقیق انتخاب شاخص مناسب برای ارزیابی آبهای زیر زمینی استان گیلان و اصلاح ضرایب شاخص اندازه‌گیری برای آبهای استان گیلان و دسته‌بندی کیفی آبهای زیرزمینی استان گیلان برای مصارف مختلف (شرب - کشاورزی - صنعت) و انتخاب نقاط آلوده آبهای زیرزمینی در استان است تا بتوان در مدیریت منابع آلاینده آب موفق‌تر عمل نمود.

## مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی کیفیت آبهای زیرزمینی استان گیلان و محاسبه شاخص‌های کیفی آب از آمار ۱۰ ساله (۱۳۸۱-۱۳۹۰) بیش از ۱۰۰ چاه در ۴ دشت استان گیلان شامل تالش، فومنات، آستانه-کوچصفهان و لاهیجان-چابکسر استفاده شد. نمایشی از قرارگیری چاه‌ها در استان گیلان در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱: موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای در استان گیلان

برای محاسبه کیفیت آب شاخص‌های مختلفی وجود دارند که در این مقاله با توجه به داده‌های کیفی در دسترس، از سه شاخص WQI، CWQI و WQI<sub>American</sub> بهره گرفته شد. انتخاب این شاخص‌ها بر اساس پارامترهای کیفی موجود در طرح پایش و آزمایش‌های معمول وزارت نیرو برای سنجش کیفیت آب‌های زیرزمینی استان گیلان بود. بنابراین پارامترهای سدیم، سختی کل، سولفات، اسیدیته و TDS در محاسبات بکار گرفته شدند.

#### شاخص WQI

تیواری و میسرا در سال ۱۹۸۵ شاخص WQI را با روش متفاوت و با استفاده از رابطه ۱ محاسبه نمودند که W ضریب وزنی بوده و  $q_n$  نیز از فرمول زیر بدست می‌آید.

$$WQI = \text{Antilog} \left[ \sum_{n=1}^n W_n \log_{10} q_n \right] \quad (1)$$

$$q_{ni} = \left\{ \left[ \frac{V_{\text{actual}} - V_{\text{ideal}}}{V_{\text{standard}} - V_{\text{ideal}}} \right] \times 100 \right\} \quad (2)$$

که  $V_{\text{actual}}$ ، مقادیر اندازه‌گیری شده کیفیت آب،  $V_{\text{ideal}}$ ، مقدار ایده آل پارامترهای کیفی (PH=۷) و سایر پارامترها صفر) و  $V_{\text{standard}}$ ، مقدار استاندارد پارامترهای کیفی (جدول ۱) می‌باشند. قضاوت در خصوص کیفیت آب، بر اساس مقادیر جدول ۲ انجام می‌شود.

جدول ۱- تعیین وضعیت آب با شاخص WQI

محدوده شاخص	بیان وضعیت
۹۱-۱۰۰	غیر قابل آشامیدن
۷۱-۹۰	خیلی بد
۵۱-۷۰	بد
۲۶-۵۰	خوب
۰-۲۵	عالی

جدول ۲- مقادیر ضرایب وزنی (W) و استانداردها برای شاخص WQI

پارامتر	استانداردها	ضریب وزنی
pH	۸/۵	۰/۱۴۲۸
Choloraide	۲۵۰	۰/۰۰۴۸
Sulfate	۲۵۰	۰/۰۰۴۸
Alkalinity	۱۲۰	۰/۰۱۰۱
Niitrates Total	۵۰	۰/۰۲۴۲
hardness	۳۰۰	۰/۰۰۴۰
TDS	۱۰۰۰	۰/۰۰۱۲
Sodium	۲۰۰	۰/۰۰۶۰
Fluoride	۱/۵	۰/۸۰۹

از آنجا که در این تحقیق از ۹ پارامتر مورد نیاز برای محاسبه شاخص WQI، پنج پارامتر موجود بود، بنابراین ضرایب وزنی برای دستیابی به مجموع یک به شرح زیر اصلاح شد.

جدول ۳- ضریب وزنی جدید با توجه به پارامترهای مورد استفاده

پارامتر	Na	TH	SO <sub>4</sub>	pH	TDS
وزن جدید	۰/۱۲۶	۰/۱۲۴	۰/۱۲۴۸	۰/۵۰۳۴	۰/۱۲۱۲

### شاخص CWQI

یک کمیته از کارشناسان کیفیت آب از سراسر کانادا شاخص کیفیت آب را در سال ۱۹۹۰ توسعه دادند. شاخص CWQI ابزاری ارزشمند برای ارتباط با نتایج حاصل از برنامه بزرگ و پیچیده نظارت بر کیفیت آب می باشد که از رابطه ۳ قابل محاسبه است. در این فرمول مقادیر  $F_1$ ،  $F_2$  و  $F_3$  با استفاده از فرمول های زیر بدست می آیند.

$$CWQI = 100 - \left( \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right) \quad (3)$$

$$F_1 = \left( \frac{\text{تعداد پارامترهای مردود شده}}{\text{تعداد کل پارامترها}} \right) \times 100 \quad (4)$$

$$F_2 = \left( \frac{\text{تعداد دادههای مردود شده}}{\text{تعداد کل دادهها}} \right) \times 100 \quad (5)$$

$$F_3 = \left( \frac{nse}{0.01nse + 0.01} \right) \quad (6)$$

که در این فرمول مقدار nse از رابطه ۷ بدست می آید.

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^n departur_i}{\text{تعداد کل دادهها}} \quad (7)$$

مقدار departur برای شرایطی که مقدار پارامتر از مقدار استاندارد آن بیشتر باشد از رابطه ۸ و برای شرایطی که پارامتر از مقدار استاندارد آن کمتر باشد از رابطه ۹ قابل محاسبه است.

$$departur_i = \left( \frac{\text{پارامتر مردود شده}}{\text{مقدار استاندارد}} \right) - 1 \quad (8)$$

$$department_i = \left( \frac{\text{مقدار استاندارد}}{\text{پارامتر مردود نشده}} \right) - 1 \quad (9)$$

در شاخص CWQI، بیان وضعیت کیفی آب بر اساس جدول ۴ صورت می‌گردد.

جدول ۴- تعیین وضعیت آب با شاخص CWQI

محدوده شاخص	بیان وضعیت
۹۱-۱۰۰	عالی
۷۱-۹۰	خوب
۵۱-۷۰	متوسط
۲۶-۵۰	بد
۰-۲۵	خیلی بد

#### شاخص WQI<sub>American</sub>

شاخص کیفیت آب WQI<sub>American</sub>، با استفاده از روش شاخص وزنی به منظور تعیین مناسب بودن آب‌های زیرزمینی برای مقاصد شرب محاسبه می‌شود. در این شاخص نه پارامترهای کیفیت آب شامل، PH، قلیائیت، TDS، سختی کل، سختی کلسیم، منیزیم سختی، نترات، کلرید و سولفات مورد استفاده قرار می‌گیرد.

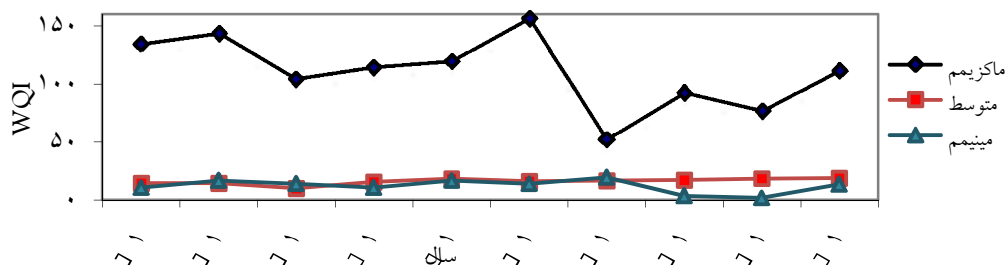
$$WQI = \left( \frac{\sum q_i W_i}{\sum W_i} \right) \quad (9)$$

$$q_i = 100(V_i/S_i) \quad (10)$$

که در این فرمول  $W_i$  وزن هر پارامتر،  $q_i$  ارزیابی کیفیت برای پارامتر  $Am$ ،  $V_i$  مقدار پارامتر اندازه‌گیری شده و  $S_i$  مقدار مجاز برای پارامتر مورد نظر می‌باشند. اگر مقدار شاخص بالای ۱۰۰ باشد کیفیت آب بد و در صورتیکه مقدار شاخص کمتر از ۱۰۰ باشد کیفیت آب خوب می‌باشد.

#### نتایج و بحث

شکل ۲ روند تغییرات حداکثر، حداقل و متوسط شاخص کیفی WQI برای آب‌های زیرزمینی استان گیلان در سال‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد.

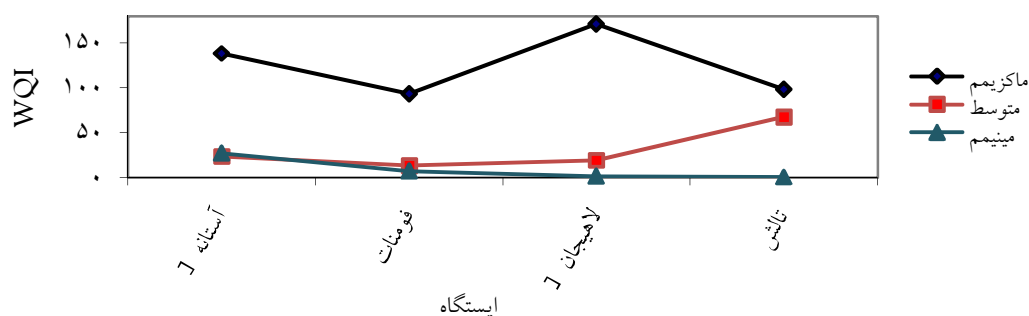


شکل ۲: مقادیر WQI بر اساس چاه‌های مورد مطالعه در سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹۰

همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، مقدار شاخص در حالت متوسط و مینیمم تقریباً یکسان و کمتر از ۲۵ بوده و در محدوده‌ی عالی قرار دارد. ولی در حالت مکزیم در اکثر سال‌ها بالاتر از ۱۰۰ بوده و غیر قابل آشامیدن می‌باشد. بر اساس این شاخص بحرانی‌ترین سال برای منابع آب زیرزمینی استان، سال ۱۳۸۶ بوده

است. این مسئله در حالی است که بهترین شاخص کیفی برای منابع آب زیرزمینی در سالهای ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ روی داده است.

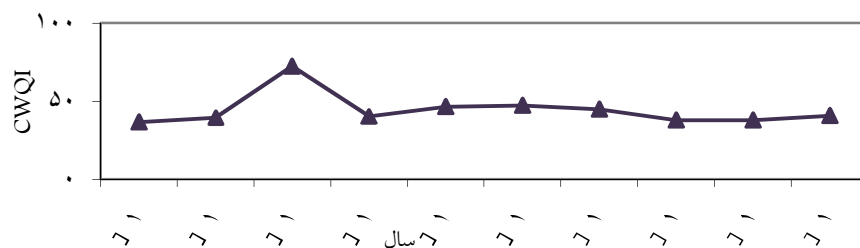
مقادیر متوسط WQI در ۴ دشت استان (شکل ۲) نشان داد که تالش با داشتن WQI بالای ۵۰ بوده و دارای وضعیت کیفی بد بوده، در حالیکه سایر دشت‌ها دارای وضعیت کیفی خوبی می‌باشد. نکته قابل ملاحظه در این است که در حالت ماکزیمم WQI دشت‌های فومنات و تالش دارای وضعیت بد بوده و ایستگاه‌های آستانه-کوچصفهان و لاهیجان-چابکسر در محدوده‌ی غیر قابل آشامیدن قرار دارند. بنابراین مطابق نتایج، اگرچه دشت تالش براساس متوسط مقادیر پارامترهای کیفی، دارای بیشترین طول مدت وضعیت نامطلوب است اما در شرایط بحران منابع آب، دشت‌های لاهیجان-چابکسر و آستانه-کوچصفهان از آسیب‌پذیری بیشتری برخوردار می‌باشد.



شکل ۳: مقادیر WQI به تفکیک دشت‌های استان گیلان

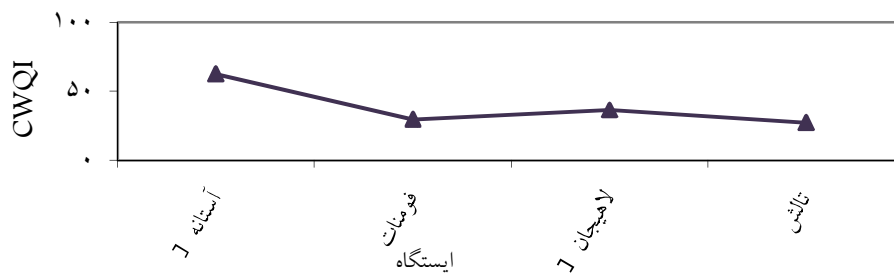
### شاخص CWQI

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، تمامی سال‌ها بجز سال ۱۳۸۳ مقدار شاخص آن کمتر از ۵۰ می‌باشد. در سال ۱۳۸۳ مقدار شاخص ۷۷ بوده و بالاترین مقدار شاخص را دارد. بر اساس این شاخص وضعیت کیفی آب‌های استان در سال ۱۳۸۳ خوب و در سایر سال‌ها از وضعیت بدی برخوردار بوده است. نتیجه حاصل از این شاخص با اثر مثبت احتمالی بارش برف سنگین استان گیلان در سال ۱۳۸۳ بر منابع آب زیرزمینی مطابقت خوبی دارد.



شکل ۴: مقادیر CWQI در دشت‌های استان گیلان در سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹۰

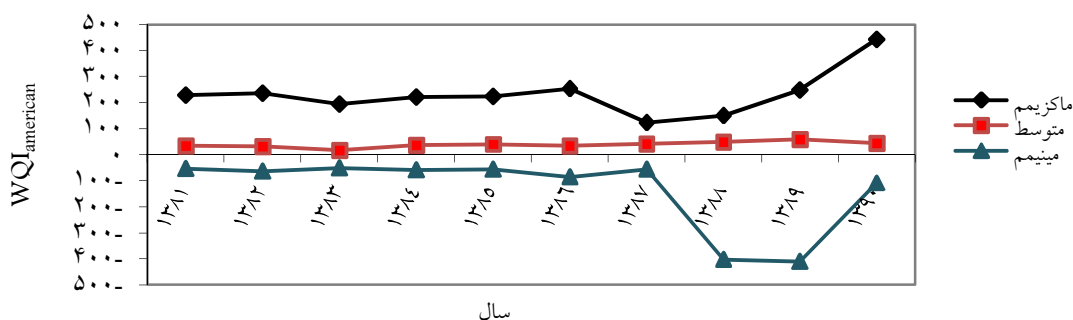
همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، مقدار شاخص در تمامی ایستگاه‌ها به جز دشت آستانه-کوچصفهان دارای مقدار کمتر از ۵۰ می‌باشد. در دشت آستانه-کوچصفهان این مقدار برابر با ۶۶ بوده و بالاترین مقدار شاخص را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین نتایج شاخص CWQI دشت‌های تالش و فومنات دارای بدترین وضعیت کیفی منابع آب زیرزمینی هستند.



شکل ۵: مقادیر شاخص CWQI در دشت‌های استان گیلان در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۱

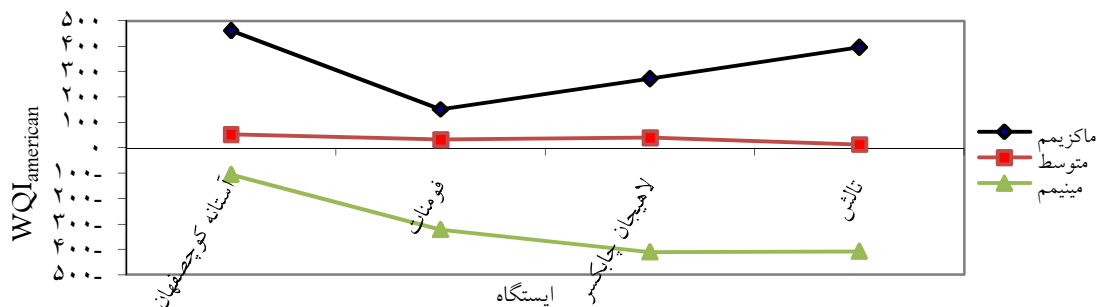
### شاخص WQI

همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، مقادیر شاخص متوسط و مینیمم کمتر از ۱۰۰ و مقدار شاخص ماکزیمم بالاتر از ۱۰۰ می‌باشند. بنابراین مطابق شاخص WQI<sub>American</sub>، در غالب سال‌ها، منابع آب زیرزمینی استان در وضعیت خوب قرار دارد. این در حالی است که مقادیر حداکثر این شاخص از سال ۱۳۸۷ روند صعودی را طی نموده و برای حداکثر مقادیر روی داده برای پارامترهای کیفی وضعیت منابع آب، بد گزارش می‌شود.



شکل ۶: مقادیر شاخص WQI<sub>American</sub> در چاه‌های استان گیلان در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۱

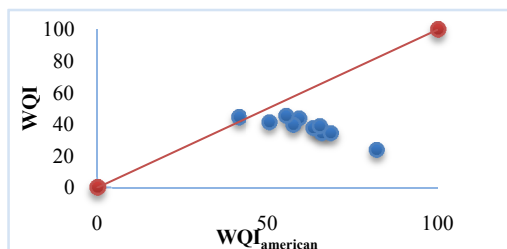
همانطور که مشاهده می‌شود تغییرات شاخص برای مقادیر متوسط و مینیمم پارامترها، کمتر از ۱۰۰ و برای مقادیر ماکزیمم در ایستگاه‌های مختلف بالاتر از ۱۰۰ می‌باشد. مقادیر شاخص برای حداقل مقادیر در پارامترهای کیفی نشان می‌دهد که دشت تالش و لاهیجان نسبت به دو دشت دیگر دارای وضعیت مناسب‌تری است. اما مقادیر حداکثر شاخص WQI<sub>American</sub>، حاکی از وضعیت نامناسب دشت آستانه - کوچصفهان و تالش در مقایسه با دو دشت دیگر است. مقادیر متوسط شاخص WQI<sub>American</sub> نیز نشان از پ، نامساعد بودن وضعیت کیفی منابع آب زیرزمینی دشت آستانه - کوچصفهان نسبت به سایر دشت‌ها دارد.



شکل ۷: مقادیر WQI\_american در دشت‌های استان گیلان در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۱

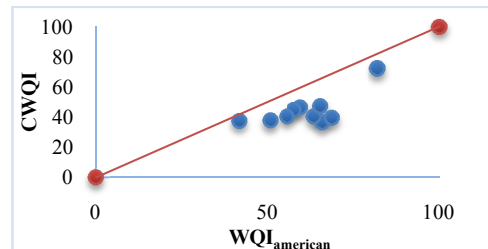
### مقایسه جیل جانویک

تفاوت نتایج حاصل از شاخص‌های مختلف، انتخاب شاخص دقیق‌تر و مناسب برای ارزیابی کیفی آب‌های زیرزمینی استان گیلان را با اهمیت می‌سازد. جهت انتخاب بهترین شاخص کیفی آب‌های زیرزمینی استان گیلان، از مقایسه جیل جانویک استفاده گردید. در این روش، شاخص‌های مورد بررسی دو به دو در مقابل همدیگر قرار گرفته و خط جداکننده‌ای محور تلاقی دو شاخص را از هم جدا می‌کند. در روش جیل جانویچ، شاخصی بهتر به حساب می‌آید که بیشتر نقاط در طرف مقابل خط جداکننده آن قرار گیرد زیرا در آن صورت مجموع و میانگین تفاوتها در این شاخص بیش از شاخص دوم است، که بیشتر نقاط در طرف آن واقع شده‌اند. (۴). شکل‌های ۷ تا ۱۲، مقایسه شاخص‌های مورد بررسی به روش جیل جانوک را نشان می‌دهد. مطابق با نتایج بدست آمده، شاخص WQI نسبت به سایر شاخص‌ها توانایی و دقت مناسب‌تری برای بیان وضعیت کیفی منابع آب استان گیلان را دارد.



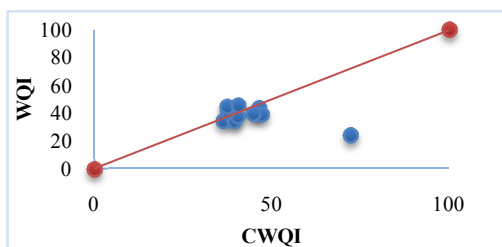
شکل ۹- مقایسه دو شاخص WQI و WQI\_american

با استفاده از روش جیل جانویک



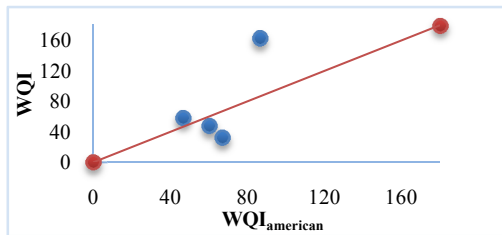
شکل ۸- مقایسه دو شاخص CWQI و WQI\_american

با استفاده از روش جیل جانویک



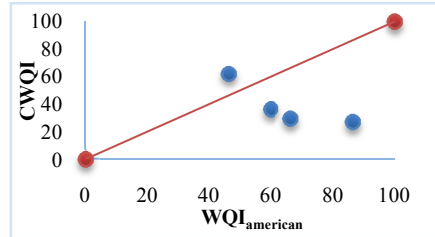
شکل ۱۰- مقایسه دو شاخص WQI و CWQI با استفاده از روش جیل جانویک





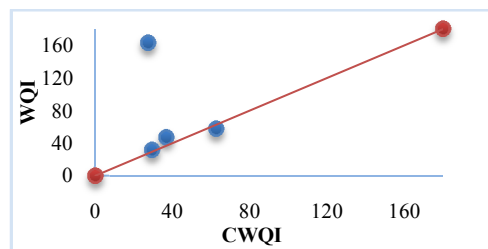
شکل ۱۲- مقایسه دو شاخص WQI و WQI<sub>american</sub>

با استفاده از روش جیل جانویک



شکل ۱۱- مقایسه دو شاخص CWQI و WQI<sub>american</sub>

با استفاده از روش جیل جانویک



شکل ۱۳- مقایسه دو شاخص WQI و CWQI با استفاده از روش جیل جانویک

## نتیجه گیری

همانطور که در نمودار شاخص WQI مشاهده شد، مقدار این شاخص در سال‌های مختلف برای مقادیر متوسط پارامترها کمتر از ۵۰ بوده و وضعیت خوب را برای سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۱ نشان داد. در دشت‌های مختلف نیز مقدار این شاخص در تمامی دشت‌ها به جز تالش وضعیت خوب را نشان داد. مقدار شاخص در ایستگاه تالش کمتر از ۸۰ بوده و وضعیت خیلی بد کیفیت را برای آشامیدن نشان داد. نمودارهای شاخص CWQI نشان داد که وضعیت آب در سال‌های مختلف مورد بررسی بجز در سال ۱۳۸۳ در وضعیت بد قرار داشت. همچنین این شاخص کیفیت آب را در دشت‌های مختلف بجز در دشت آستانه- کوچصفهان را بد گزارش نموده و دشت تالش را بدترین دشت معرفی می‌کند. شاخص WQI<sub>american</sub> دو حالت را برای کیفیت آب در نظر می‌گیرد که عبارتند از خوب یا بد. مقدار متوسط این شاخص، کیفیت آب را در سال‌ها و دشت‌های مورد بررسی، خوب گزارش نمود. نتایج نشان می‌دهد که شاخص CWQI تغییرات ایجاد شده در آب را بهتر از شاخص WQI<sub>american</sub> نشان می‌دهد. در مقایسه WQI و WQI<sub>american</sub> نیز اکثر نقاط در زیر خط جداکننده قرار گرفت و WQI نیز بهتر از WQI<sub>american</sub> بدست آمد. در مقایسه دو شاخص CWQI و WQI (شکل ۹) اکثر نقاط در سمت شاخص CWQI قرار گرفته و نشان می‌دهد که WQI تغییرات کیفی آب را در سال‌های مختلف بهتر از سایر شاخص‌ها برآورد می‌نماید. در مقایسه شاخص‌ها برای انتخاب مناسب‌ترین شاخص برای ارزیابی مکانی تغییرات کیفی منابع آب استان، شاخص‌های WQI و CWQI بهتر از WQI<sub>american</sub> عمل نموده و در نهایت در مقایسه بین دو شاخص CWQI و WQI، شاخص CWQI بهتر بوده و تغییرات آب را بهتر از سایر شاخص‌ها در دشت‌های مختلف نشان داد.

## منابع

۱. شکوهی، ر. حسین‌زاده، ا. روشنایی، ق. علیپور، م. حسین‌زاده، س ۱۳۹۰. بررسی کیفیت آب دریاچه سد آیدغوش با استفاده از شاخص کیفیت آب (NSFWQI) و بیان مواد مغذی. مجله سلامت و محیط، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران، دوره چهارم، شماره چهارم، ۴۳۹-۴۵۰.
۲. جمشیدزاده. ز. و علوی مقدم. س. ۱۳۸۶. ارزیابی کیفیت آبهای سطحی بر مبنای شاخص WQI. مجموعه مقالات همایش ملی الگوهای توسعه پایدار در مدیریت آب.
۳. حیدری‌نیا، م. ه. معاضد، ن. حسینی زارعی. ۱۳۸۸. "طبقه‌بندی کیفیت رودخانه کارون در بازه ملاثانی تا کوت امیر با استفاده از شاخص NSFWQI". هستمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز، دانشگاه شهید چمران.
۴. نیکونهاد، ع. ه. معاضد. ف. کاظم بیگی. ۱۳۸۸. "مقایسه شاخص های کیفی آب برای انتخاب بهترین شاخص در سد مخزنی کرخه"، مجله پژوهش آب ایران سال سوم شماره چهارم، بهار و تابستان ۱۳۸۸، (۶۹-۷۳).
۵. هوشمند، ع. ح. سید کابلی. م. دلقندی. ۱۳۸۶. "مطالعه وضعیت کیفی آب رودخانه ها با استفاده از شاخصهای کیفیت آب WQI، OWQI و CWQI (مطالعه موردی: بازه ملاثانی - اهواز رودخانه کارون)". نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر.
6. Christiane Coletti<sup>1</sup>, Roberto Testezlaf<sup>1</sup>, Túlio A. P. Ribeiro<sup>1</sup>, Renata T. G. de Souza<sup>1</sup> & Daniela de A. Pereira<sup>2</sup>. 2010. Water quality index using multivariate factorial
7. Sanchez E, Colmenarejo M, Vicente J, Rubio A, García M, Travieso L, Borja R. 2007. Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. Journal of Ecological Indicators. 7(2):315-28.
8. Pradyusa Samantray, Basanta K. Mishra, Chitta R. Panda and Swoyam P. Rout . 2009 Assessment of Water Quality Index in Mahanadi and Atharabanki Rivers and Taldanda Canal in Paradip Area, India. J Hum Ecol, 26(3): 153-161
9. Gartner Lee Limited. A sensitivity analysis of the Canadian Water Quality index. 2006 Canadian Council of Ministers of the Environment. A Report for CCME Prepared. PN 1355.