

## ارزیابی شاخص‌های کیفی منابع آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه بر اساس شاخص کیفیت منابع آب ایران IRWQI<sub>GC</sub> و پهنه‌بندی آن

فیروزی، امیر<sup>۱</sup>؛ رضایی، حسین<sup>۲</sup>؛ محمدی اقدم، کاظم<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط‌زیست، مؤسسه آموزش عالی صبا، ارومیه

۲- دکترای علوم مهندسی آب، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۳- دکترای مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی، شرکت آب و فاضلاب روستایی استان آذربایجان غربی

firuzi.amir@yahoo.com

### خلاصه

تأمین کیفیت آب شیرین مناسب برای هر دو نیاز انسانی و زیست محیطی، یک جنبه مهم مدیریت زیست محیطی و توسعه پایدار است. هدف از بیان کیفیت آب به روش واضح، دادن یک مقدار عددی به کیفیت آب یک منبع آبی است که تعداد زیادی از عوامل را به بیان ساده‌تر تبدیل کرده و تفسیر داده‌های نظارتی را آسان می‌کند. در این پژوهش، طبق مفاد راهنمای محاسبه شاخص کیفیت منابع ایران در منابع آب‌های زیرزمینی منطقه دشت ارومیه، ابتدا نمودارهای رتبه‌بندی عوامل، با استفاده از نرم‌افزارهای مورد استفاده استخراج گردیده و سپس شاخص‌های کیفی منابع آب، محاسبه و در سال‌های مورد مطالعه با نرم‌افزارهای مورد استفاده، پهنه‌بندی گردیدند. روند نقشه‌های پهنه‌بندی که از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴ تهیه شد، نشان داد که روند شاخص کیفیت آب، رو به وخامت گذاشته و از کیفیت‌های خوب و نسبتاً خوب به کیفیت‌های نسبتاً بد و بد تنزل پیدا کرده است.

کلمات کلیدی: آب‌های زیرزمینی، پهنه‌بندی، دشت ارومیه، شاخص‌های کیفی آب ایران

### ۱. مقدمه

آب، نخستین منبع طبیعی و دارایی ملی با ارزشی است که اصلی‌ترین شکل تشکیل‌دهنده اکوسیستم است. منابع آب ممکن است به طور عمده در قالب رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، یخچال‌های طبیعی، آب باران، آب‌های زیرزمینی و سایر اشکال وجود داشته باشد. علاوه بر نیاز به آب آشامیدنی، منابع آب نقش حیاتی در بخش‌های مختلف اقتصاد مانند کشاورزی، دامداری، جنگلداری، فعالیت‌های صنعتی، تولید برق آبی، شیلات و سایر مصارف دارد. در دسترس بودن و کیفیت آب در سطح و یا داخل زمین، به دلایلی مانند افزایش جمعیت، صنعتی شدن، شهرنشینی و سایر عوامل زیست محیطی، از عوامل مهم رو به وخامت گذاشتن کیفیت آن می‌باشد. سهم کشور ما ایران از منابع آب شیرین جهان نسبت به مناطق دیگر در سطح پایین‌تری قرار دارد. در حالی که یک درصد از جمعیت جهان به ایران اختصاص دارد، سهم آن از منابع آب شیرین تنها ۰/۳٪ است و همچنین از مجموع ۳۹۷/۹ میلیارد مترمکعب بارندگی سالانه در کشور ۶۶٪ آن پیش از رسیدن به رودخانه‌ها تبخیر می‌شود. کل منابع آب تجدیدپذیر داخلی سالانه برابر ۱۲۸/۵ میلیارد مترمکعب است. و با احتساب ۹ میلیارد مترمکعب منابع آب تجدیدپذیر خارجی، حجم سالانه منابع، ۱۳۷ میلیارد مترمکعب برآورد می‌شود [۱].

با توجه به این که کیفیت آب از مهم‌ترین عوامل مشخص‌کننده به منظور کاربرد آن در مصارف آب به شمار می‌رود، انواع روش و شاخص‌های مختلفی برای مصارف مورد استفاده در شرب، کشاورزی، صنعت و سایر مصارف توسط کشورهای جهان پیشنهاد شده و مورد استفاده قرار گرفته شده است. لذا با توجه به کم شدن نزولات جوی، عدم مدیریت صحیح در خصوص برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و همچنین کنترل منابع آبی و مدیریت صحیح در خصوص نحوه استفاده از آن‌ها، اهمیت کنترل و استفاده از شاخص‌های کیفی آب را بیشتر می‌کند.

### ۲. تاریخچه طبقه‌بندی کیفیت آب

طبقه‌بندی کیفیت آب در اواسط قرن بیستم توسط هورتون [۲] در سال ۱۹۶۵ و در ایالات متحده آمریکا با انتخاب و وزن‌دهی خصوصیات کیفی آب و ارائه تابع مجموع، توسعه داده شد. سپس براون و همکارانش [۳] شاخص کیفیت آب (WQI) را به صورت وزن‌دهی به عواملی که بر اساس عوامل فردی استوار بود در سال ۱۹۷۰ توسعه دادند. پس از ایشان در سال ۱۹۸۲ استینهارت و همکارانش با اعمال شاخص جدید کیفیت محیط زیست به طور خلاصه، اطلاعات فنی در مورد وضعیت و روند آن در دریاچه‌های بزرگ اکوسیستم به کار بسته شد [۴]. راهنمای کیفیت آب توسط کارگروه شورای وزیران محیط زیست کانادا (CCME) در اواسط سال ۱۹۹۰ معرفی شده است [۶،۵]. شاخص کیفیت آب به صورت مکرر به عنوان پایه و اساس در حوزه‌های عمومی بنیاد ملی بهداشت ایالات متحده<sup>۳</sup> (NSFWQI) مورد استفاده قرار گرفته شده است، از جمله شاخص کیفیت آب فلوریدا<sup>۴</sup> (FWQI)، شاخص کیفیت آب بریتیش کلمبیا<sup>۵</sup> (BCWQI)، شاخص کیفیت آب اورگان<sup>۶</sup> (OWQI) و شاخص کیفیت آب کانادا (CCME). سپس شاخص بریتیش کلمبیا که توسط کارگروه شورای وزیران محیط‌زیست کانادا تایید شده و اصلاح گردید [۷،۸]. در کشور هند، بارگاوا پیشگام شاخص کیفیت آب شناخته می‌شود که در آن شاخص کیفیت آب به عنوان یک عدد بیان می‌شود، شماره صفر برای آب با آلودگی بسیار شدید و عدد ۱۰۰ برای آب آلوده نشده به نمایندگی از اثر یکپارچه از عوامل تقویت بار آلودگی، [۹]. در کشورهای در حال توسعه، بزرگترین چالش آن‌ها توسعه مقرون به صرفه استراتژی‌های کنترل آلودگی آب با هزینه تحلیل‌ی بوده است که به عنوان یک عامل محدودکننده با توجه به بودجه، محدود شده است. بنابراین توسط آنگلی در سال ۱۹۹۸ پیشنهاد شد که در مواقع بحرانی و ضروری چند عامل مهم برای ارزیابی شاخص کیفیت آب استفاده شود [۱۱،۱۰]. در پژوهش انجام‌یافته توسط کوودا و همکاران، تاریخچه‌ی مطالعه‌ی پارامترهای کیفی آب بر روی رودخانه‌ی سینوس در کشور برزیل با استفاده از آمار توصیفی و تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی و با روش WQI بررسی گردیده است [۱۲]. اسماعیل و همکاران شاخص کیفیت آب شاخه‌ی کلانگ از رودخانه‌ی گومباک در کشور مالزی را در طی یک دوره‌ی نه ساله، ارزیابی کرده و عوامل تأثیرگذار در روند کیفیت آن را مورد مطالعه قرار داده‌اند [۱۳]. همچنین شاخص کیفیت آب با استفاده از روش NSFQI و شاخص زیستی برای ارزیابی آلودگی دریاچه‌ی کانکاریا در احمدآباد کشور هند در مرجع [۱۴] مورد بررسی قرار گرفته است. در پژوهشی دیگر با استفاده از شاخص کیفیت آب (WQI)، جمع‌آوری نمونه‌ها، آزمایش، وزن‌دهی و رده‌بندی کیفیت آب با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی، وضعیت کیفیت آب‌های سطحی منطقه‌ی تالوکاس در گائو کشور هند مورد کنکاش قرار گرفته است [۱۵]. بسیاری از پژوهشگران شاخص کیفیت آب را برای نظارت و تجزیه تحلیل آن مورد استفاده قرار دادند [۱۸-۱۶].

## ۱-۲ شاخص کیفیت منابع آب ایران

راهنمای محاسبه شاخص کیفیت منابع آب ایران طبق گفته مدیرکل دفتر آب و خاک سازمان حفاظت محیط‌زیست، استاندارد شاخص کیفیت منابع آب ایران در حوزه منابع آب کشور در سال ۱۳۹۳ تدوین شده است. در حال حاضر این راهنما شامل چهار فصل بوده که فصل اول در بردارنده راهنمای محاسبه شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب سطحی ایران<sup>۷</sup> (IRWQI<sub>SC</sub>)، فصل دوم شامل راهنمای محاسبه شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب زیرزمینی ایران<sup>۸</sup> (IRWQI<sub>GC</sub>)، راهنمای محاسبه شاخص پارامترهای سمی کیفیت منابع آب سطحی ایران<sup>۹</sup> (IRWQI<sub>ST</sub>) در فصل سوم و در نهایت راهنمای محاسبه شاخص پارامترهای سمی کیفیت منابع آب زیرزمینی ایران<sup>۱۰</sup> (IRWQI<sub>GT</sub>) در فصل چهارم آن گنجانده شده است. در این پژوهش با توجه به موضوع تحقیق از شاخص کیفیت منابع آب زیرزمینی ایران (IRWQI<sub>GC</sub>) استفاده شده است.

<sup>1</sup> Water Quality Index

<sup>2</sup> Canadian Council of Ministers of the Environment

<sup>3</sup> National Sanitation Foundation Water Quality Index

<sup>4</sup> Florida Stream Water Quality Index

<sup>5</sup> British Columbia Water Quality Index

<sup>6</sup> Oregon Water Quality Index

<sup>7</sup> Iran Water Quality Index for Surface Water Resources-Conventional Parameters

<sup>8</sup> Iran Water Quality Index for Groundwater Resources-Conventional Parameters

<sup>9</sup> Iran Water Quality Index for Surface Water Resources-Toxic Parameters

<sup>10</sup> Iran Water Quality Index for Groundwater Resources-Toxic Parameters

## ۲-۲ شاخص کیفیت منابع آب زیرزمینی ایران (IRWQI<sub>GC</sub>)

در جدول ۱ پارامترهای پیشنهادی مورد استفاده در شاخص کیفیت منابع آب زیرزمینی ایران شامل ده عامل می‌باشد که پس از انتخاب عامل‌ها، تعیین وزن هر کدام از عامل‌ها طبق جدول ذیل، به دست آوردن مقدار شاخص برای هر عامل با استفاده از منحنی‌های رتبه‌بندی و محاسبه مقدار شاخص با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲ می‌باشد.

جدول ۱ پارامترهای شاخص کیفیت منابع آب زیرزمینی ایران (IRWQI<sub>GC</sub>) و وزن‌های آن‌ها

ردیف	پارامتر	وزن	توضیحات
۱	نیترات Nitrate (NO <sub>3</sub> )	۰/۱۵۱	میلی گرم بر لیتر
۲	کلیرم مدفوعی Fecal Coliform	۰/۱۳۴	MPN/100ml
۳	هدایت الکتریکی Electrical Conductivity (EC)	۰/۱۲۹	میکروزیمنس بر سانتیمتر
۴	سختی کل Total Hardness	۰/۱۰۳	میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم
۵	نسبت جذب سدیم sodium absorption ratio (SAR)	۰/۰۸۹	-
۶	اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی Biological Oxygen Demand (BOD <sub>5</sub> )	۰/۰۸۸	میلی گرم بر لیتر
۷	فسفات Phosphate	۰/۰۸۵	میلی گرم بر لیتر
۸	اکسیژن‌خواهی شیمیایی Chemical Oxygen Demand (COD)	۰/۰۸	میلی گرم بر لیتر
۹	پ.هاش pH	۰/۰۷۴	واحد استاندارد
۱۰	اکسیژن محلول Dissolved Oxygen (DO)	۰/۰۶۷	درصد اشباع

همان‌طور که از جدول ۱ که مربوط به وزن‌دهی پارامترهای شاخص کیفیت آب‌های زیرزمینی است، ملاحظه می‌شود، عامل‌های نیترات، کلیرم مدفوعی، هدایت الکتریکی، و سختی کل دارای بیشترین وزن بوده و مابقی عامل‌ها، به ترتیب اثربخشی کمتری در مقایسه با این چهار عامل، دارا می‌باشند. این بدین معنا است که تأثیرگذاری عامل‌ها با توجه به وزن‌های اختصاص داده شده به عوامل در تعیین شاخص کیفیت آب‌های زیرزمینی در ارتباط مستقیم می‌باشند.

$$IRWQI_{GC} = \left[ \prod_{i=1}^n I_i^{W_i} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \quad (1)$$

که در این رابطه،

$$\gamma = \sum_{i=1}^n W_i \quad (2)$$

است. در روابط فوق،  $W_i$  وزن پارامتر  $i$  ام،  $n$  تعداد پارامترها،  $I_i$  مقدار شاخص برای پارامتر  $i$  ام از منحنی رتبه‌بندی، می‌باشد. معادل توصیفی آن طبق جدول ۲ خواهد بود.

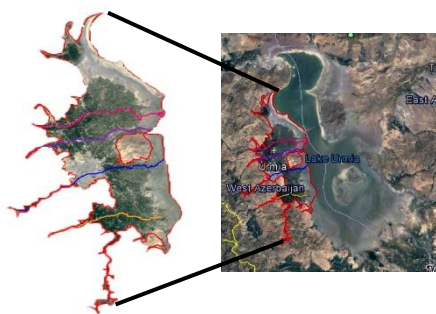
### جدول ۲ معادل توصیفی شاخص کیفیت منابع آب زیرزمینی ایران

مقدار شاخص	معادله توصیفی
کمتر از ۱۵	خیلی بد
۱۵-۲۹/۹	بد
۳۰-۴۴/۹	نسبتاً بد
۴۵-۵۵	متوسط
۵۵/۱-۷۰	نسبتاً خوب
۷۰/۱-۸۵	خوب
بیشتر از ۸۵	بسیار خوب

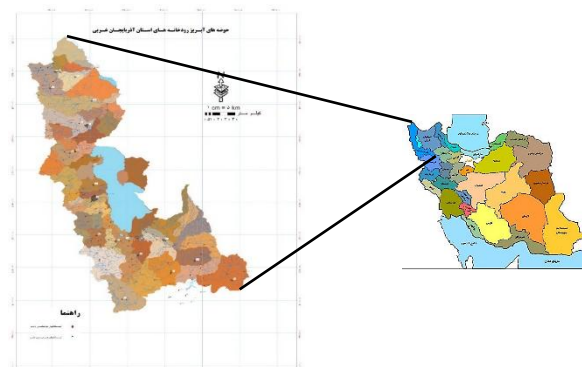
### ۳. مواد و روش‌ها

#### ۱-۳ منطقه مطالعاتی

محدوده مطالعاتی پژوهش حاضر استان آذربایجان غربی شکل ۱ و منطقه مورد مطالعه دشت ارومیه با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۳ دقیقه و ۳۹ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲ دقیقه و ۱۷ ثانیه در شمال غرب ایران با متوسط بارندگی ۳۰۴ میلی‌متر در سال، دارای اقلیم سرد و خشک می‌باشد. این دشت با مساحت ۹۸۱۰۰ هکتار در اراضی ساحلی و کم شیب ضلع غربی دریاچه ارومیه واقع شده است. منابع آب‌های سطحی دشت ارومیه را چهار رودخانه نازلوچای، شهرچای، روضه‌چای و باراندوزچای با مجموع تخلیه متوسط سالانه معادل ۸۳۰ میلیون مترمکعب و دارای دو نوع سفره آزاد و تحت فشار بوده که بیشترین وسعت دشت را سفره آزاد با مساحت ۷۶۴ کیلومترمربع تشکیل می‌دهند. در مجموع ۱۸۸۰۳ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق و ۴۶ دهنه چشمه و ۴۹ رشته قنات منابع آب زیرزمینی را تخلیه می‌نمایند که جهت جریان آب زیرزمینی از غرب به شرق می‌باشد. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و قرارگیری آن در کنار دریاچه ارومیه، به اهمیت پژوهش و ارزیابی تراز آب‌های زیرزمینی غرب دریاچه ارومیه می‌افزاید [۱۹].



شکل ۲ موقعیت دشت ارومیه و رودخانه‌های آن



شکل ۱ محدوده مطالعاتی استان آذربایجان غربی

بر اساس آمار آب‌دهی رودخانه‌های منتهی به دریاچه ارومیه، سهم رودخانه‌های ورودی از جنوب دریاچه در تأمین آب مورد نیاز آن ۶۵ درصد و سهم رودخانه آجی‌چای نیز ۱۰ درصد می‌باشد. لذا رودخانه‌های جنوبی به‌ویژه زرینه‌رود از سهم قابل ملاحظه‌ای در تأمین آب دریاچه برخوردار می‌باشد [۲۰]. در شکل ۲ محدوده مورد مطالعه دشت ارومیه مشخص شده است که با توجه به شکل فوق مشاهده می‌شود که چهار رودخانه نازلوچای، روضه‌چای، شهرچای و باراندوزچای در محدوده دشت ارومیه می‌باشند. موقعیت دشت ارومیه با استفاده از نرم‌افزار

Google Earth (Imagery Date 12/31/2016) به صورت Polygon برداشته شده و سپس موقعیت‌های مکانی ایستگاه‌های چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق نیز با استفاده از اطاعات UTM<sup>۱</sup> هر ایستگاه به صورت مجزا وارد نرم‌افزار شده و دسته‌بندی گردیدند.

### ۲-۳ روش استخراج نمودارهای شاخص‌های کیفی آب ایران

در جهت بالا بردن دقت محاسباتی، منحنی‌های رتبه‌بندی شده ارائه شده در راهنمای محاسبه شاخص‌های متداول کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی به وسیله نرم‌افزار Get Data و استخراج داده‌های مربوطه از طریق خروجی نرم‌افزار، به نرم‌افزار Excel (2013) انتقال داده شده و منحنی‌های رتبه‌بندی به صورت جز به جز ترسیم شده و معادلات مربوط به هر یک از منحنی‌های رتبه‌بندی شده با نرم‌افزار Excel (2013) استخراج گردیدند. سپس با استفاده از کدنویسی VBA<sup>۲</sup> و وارد کردن آن در محیط نرم‌افزار Excel و مرتبط نمودن آن، نحوه وارد نمودن داده‌ها در نرم‌افزار و خروجی هر یک از منحنی‌ها به صورت مجزا اعمال شده و کنترل گردیدند. سپس نمودارهای عامل‌های منحنی‌های شاخص‌های کیفی آب‌های زیرزمینی به همراه معادلات مربوطه در نرم‌افزار Excel تولید گردیدند.

### ۱-۲-۳ نحوه تعیین شاخص کیفی آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه

در خصوص داده‌های اخذ شده از سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی، امور آب شهرستان ارومیه و شرکت آب و فاضلاب روستایی آذربایجان غربی در منطقه مورد مطالعه آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه که شامل ۶۹ حلقه چاه عمیق و ۲۳ حلقه چاه نیمه عمیق بود با اطلاعات عامل‌های pH، سختی کل، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم بر اساس انجام عملیات میان‌گیری در ماه‌های نمونه‌برداری شده در طی سال‌های ۱۳۸۰ لغایت ۱۳۹۴ در نرم‌افزار Excel انجام یافته و سپس با استفاده از کد نویسی انجام شده در محیط VBA و ارتباط دادن آن با نرم‌افزار Excel، اطلاعات ورودی پارمترهای موجود در هر یک از منحنی‌های رتبه‌بندی وارد شده و خروجی شاخص‌های هر یک از پارمترها تولید شدند. سپس طبق فرمول ارائه شده در راهنمای محاسبه شاخص‌های کیفی منابع آب‌های زیرزمینی ایران مقدار (۷) با استفاده از معادله ۲ به دست آمده و سپس مقدار شاخص IRWQIGC با استفاده از معادله ۱ و ارائه فرمول در نرم‌افزار Excel استخراج شده و با استفاده از فرمول‌دهی در نرم‌افزار و تعریف محدوده‌های تعریف شده در مقادیر شاخص، معادل توصیفی شاخص کیفیت آب در هر یک از سال‌های مورد مطالعه و در ایستگاه‌های هر یک از مناطق آب‌های زیرزمینی مورد مطالعه، مشخص گردید. پس از به دست آمدن نتایج شاخص کیفیت‌های آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه (چاه‌های عمیق، نیمه عمیق، چشمه‌ها و قنات‌های) این منطقه، نقشه ترسیم شده دشت ارومیه در نرم‌افزار Google Earth (Imagery Date 12/31/2016) به صورت Polygon ترسیم و استخراج خروجی نقشه، با وارد کردن خروجی به نرم‌افزار ARC GIS (Ver. 10.3.1) یک ShapeFile تهیه شد و سپس فایل‌های ایجاد شده مجزا برای هر سال در نرم‌افزار Excel که شامل اطلاعات مربوط به نام ایستگاه‌ها، مختصات طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌ها و همچنین شاخص کیفیت آب به دست آمده بود، به ترتیب سال در نرم‌افزار ARC GIS وارد شده و ویرایش مربوط در خصوص محل قرارگیری نام ایستگاه‌ها، علائم نشانگر و رنگ بندی انجام یافت. سپس با استفاده از گزینه آنالیز داده‌های نرم‌افزار و مشخص نمودن نوع آنالیز، محدوده‌های مشخص شده برای پهنه‌بندی و رنگ‌بندی مربوطه مطابق با راهنمای محاسبه شاخص کیفیت منابع آب ایران، نقشه‌های پهنه‌بندی شاخص کیفیت آب دشت ارومیه در سال‌های آماری مورد مطالعه آب‌های زیرزمینی، با روش درون‌یابی<sup>۴</sup> IDW<sup>۵</sup> پهنه‌بندی شده و نقشه‌های مربوط به هر سال، از نرم‌افزار استخراج گردید. روش درون‌یابی IDW بر این فرض استوار است که تأثیر پدیده مورد نظر با افزایش مسافت کاهش می‌یابد به بیانی دیگر پدیده پیوسته در نقاط اندازه‌گیری نشده، بیشترین شباهت را به نزدیکترین نقاط برداشت شده دارد، لذا برای تخمین نقاط مجهول، نمونه‌های اطراف باید مشارکت بیشتری نسبت به آن‌هایی که در فاصله دورتر قرار دارند، داشته باشند. همچنین نقشه‌های پهنه‌بندی آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه که طی تحلیل اطلاعات عامل‌های مورد بررسی و شرح داده شده به

<sup>1</sup> Universal Transverse Mercator

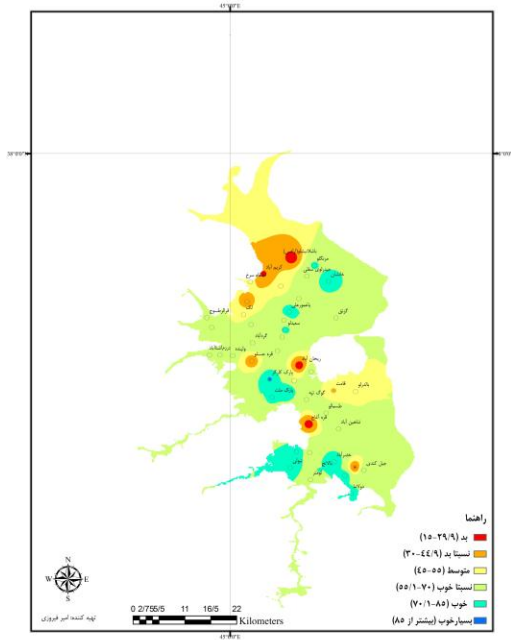
<sup>2</sup> Visual Basic Application

<sup>3</sup> Geographic Information Systems

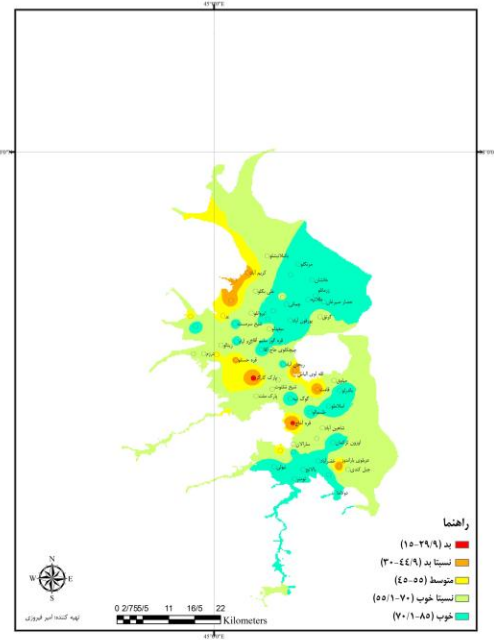
<sup>4</sup> Interpolation

<sup>5</sup> Inverse Distance Weighted

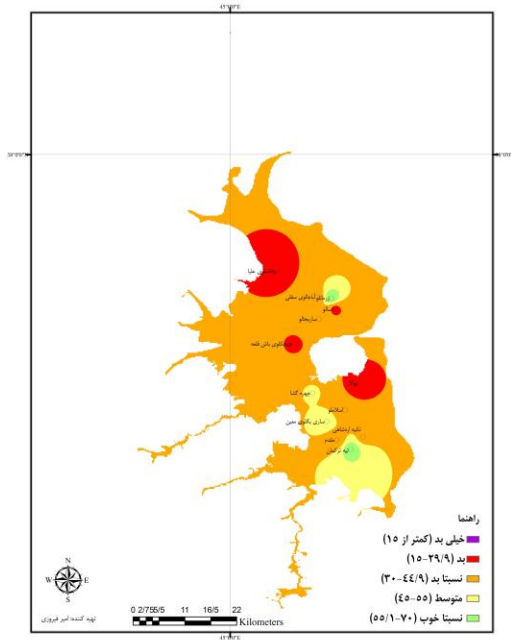
روش‌های ذکر شده در سال‌های ۱۳۸۰ لغایت ۱۳۹۴ انجام گرفته و دربرگیرنده مجموعه‌های چاه‌های عمیق و چاه‌های نیمه‌عمیق می‌باشند به شرح ذیل هستند.



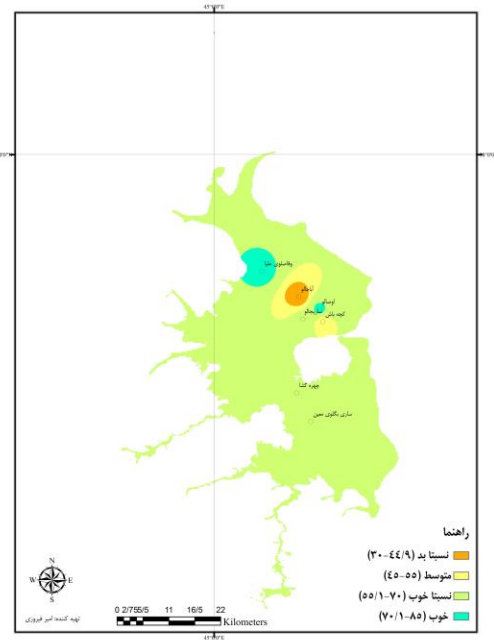
شکل ۴ نقشه‌ی پهنه‌بندی شاخص کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت ارومیه  $IRWQI_{GC}$  (چاه عمیق سال ۱۳۹۴)



شکل ۳ نقشه‌ی پهنه‌بندی شاخص کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت ارومیه  $IRWQI_{GC}$  (چاه عمیق سال ۱۳۸۰)



شکل ۶ نقشه‌ی پهنه‌بندی شاخص کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت ارومیه  $IRWQI_{GC}$  (چاه نیمه عمیق سال ۱۳۹۴)



شکل ۵ نقشه‌ی پهنه‌بندی شاخص کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت ارومیه  $IRWQI_{GC}$  (چاه نیمه عمیق سال ۱۳۸۰)

#### ۴. نتیجه‌گیری

در مقایسه و بررسی انجام شده در خصوص مقایسه جداول پارامترهای شاخص‌های کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی ملاحظه می‌شود که اولویت طبقه‌بندی پارامترهای وزندهی شده در آب‌های سطحی و زیرزمینی با توجه به نوع منابع آبی می‌باشد به عنوان مثال اولین پارامتر اولویت‌دار در شاخص کیفیت آب‌های سطحی کلیفرم مدفوعی می‌باشد در حالیکه این اولویت در شاخص کیفیت آب‌های زیرزمینی به نترات تعلق دارد. موضوع دیگر اینکه پارامترهای آمونیوم و کدورت که در شاخص کیفیت آب‌های سطحی به ترتیب دارای رتبه هفتم و نهم در وزندهی می‌باشند، جزو پارامترهای شاخص کیفیت آب‌های زیرزمینی نمی‌باشند و در مقابل پارامتر نسبت جذب سدیم (SAR) که در جدول پارامترهای وزندهی شاخص کیفیت آب‌های زیرزمینی دارای رتبه پنجم می‌باشد که جزو پارامترهای تعریف شده برای تعیین شاخص کیفیت آب‌های سطحی نمی‌باشد.

همان‌طور که در نقشه‌های پهنه‌بندی انجام شده بر روی آب‌های زیرزمینی چاه‌های عمیق با توجه به روند شاخص‌های کیفی به دست آمده، در سال‌های ۱۳۸۰ الی ۱۳۹۴، شکل‌های ۳ و ۴ ملاحظه می‌شود که برخی مناطق شمالی، شمال غربی و مرکزی دشت ارومیه به صورت عمده در طی سال‌های پهنه‌بندی شده، دارای شاخص کیفیت آب بد (به ندرت)، نسبتاً بد و متوسط در اکثر مناطقی می‌باشند که می‌توان نتیجه‌گیری نمود که برداشت آب‌های زیرزمینی بی‌رویه از این مناطق (نقاط بحرانی) انجام پذیرفته و سایر نقاط هم تحت تأثیر این مناطق قرار گرفته‌اند. در سایر مناطق دشت مورد مطالعه نیز دارای کیفیت نسبتاً خوب، خوب و به ندرت دارای کیفیت بسیار خوب می‌باشند. روند تغییرات نقشه‌های پهنه‌بندی در سال‌های مورد مطالعه نشانگر روبه پایین رفتن روند شاخص کیفیت آب را در طی این سال‌ها را نشان می‌دهد.

در مناطق پهنه‌بندی شده در خصوص چاه‌های نیمه‌عمیق نیز همین‌طور که در نقشه‌های پهنه‌بندی سال‌های مورد مطالعه (شکل‌های ۵ و ۶) ملاحظه می‌شود، شاخص کیفیت آب در مناطق شمال و محدوده مرکزی دشت ارومیه روند در سال‌های ۱۳۸۰ به بعد دارای کیفیت بد، نسبتاً بد و متوسط بوده و در سال‌های منتهی به سال ۱۳۹۴ دارای کیفیت نسبتاً بد می‌باشد که نشانگر پایین آمدن کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت ارومیه است.

#### ۵. مراجع

۱. محمد جانی، ا. و یزدانین، ن. (۱۳۹۳). تحلیل وضعیت بحران آب در کشور و الزامات مدیریت آن. فصلنامه روند ۲۱ (۶۵ و ۶۶): ۱۴۴-۱۱۷.
2. Horton, R. K. (1965). An index number system for rating water quality, *Pollution Control Federation* 37 (3), 300-306.
3. Brown, R. M., McClelland, N. I., Deininger, R. A. and Tozer, R. G. (1970). Water quality index-do we dare? *Water Sewage Works*, 117 (10), 339-343.
4. Steinhart, E. C., Schierow, J. L., and Sonzogni, C. W. (1982). Environmental Quality Index for the Great Lakes, *Water Resources* 18 (6): 1025-1031.
5. Dunn, G. W. (1995). *Trends in water quality variables at the Alberta / Saskatchewan Boundary*, Ph.D. Thesis, Alberta: The Committee on Water Quality.
6. H'ebert, S. 1996. *Development d'un indice de la quality bacteriologique et aterschimique de l'eau pour des rivi'eres du Quebec* Report of the Ministi'ere de l. Ph.D. Thesis, Quebec: Environnement et delaFaune.
7. Rocchini, R, and Swain, L. G. (1995). *The British Columbia Water Quality Index*. Ph.D. Thesis, Water Quality Branch, EP Department, Victoria: Ministry of Environment.
8. Said, A., Stevens, K. D., and Sehlke, G. (2004). An innovative index for evaluating water quality in streams, *Environ. Assess* 34 (3), 406-414.
9. Bhargava, D. S. (1983). Use of water quality index for river classification and zoning of Ganga River. *Environ. Pollut.* 6 (1), 51-67.

10. Ongley, E. (1998). Modernization of water quality programs in developing countries: issues of relevancy and cost efficiency. *Water Qual. Int.* 3 (4), 37-42.
11. Ongley, E. D. and Booty, W. G. (1999). Pollution remediation planning in developing countries: Conventional modeling versus knowledge based prediction. *Water Int.* 24, 31-38.
12. Quevedo, D. M., Figueiredo, J. A. S. and Konzen, G. B. (2015). History of water quality parameters – a study on the Sinos River/Brazil. *Brazilian Journal Of Biology* 75 (2) 1-10.
13. Zubaidah, I., Rahizah, S. and Ramlee, K. (2014). Evaluating trends of water quality index of selected Kelang River tributaries. *Environmental Engineering and Management Journal* 13 (1) 61-72.
14. Kumar, A., Sharma, M. P. (2014). Application of Water Quality Index and Diversity Index for Pollution Assessment of Kankaria Lake at Ahmedabad, India. *Civil and Environmental Engineering* 4 (3) 1-4.
15. Kamal, R. k., Singh, G. (2014). Application of Water Quality Index for Assessment of Surface Water Quality Status in Goa. *Current World Environment* 9 (3) 994-1000.
16. Suratman, S., Mohd Sailan, M. I., Hee, Y. Y., Bedurus, E. A. and Latif, M. T. (2015). A Preliminary Study of Water Quality Index in Terengganu River Basin, Malaysia. *Sains Malaysiana* 44 (1) 67-73.
17. Pathak, S. K., Prasad, Sh. and Pathak, T. (2015). Determination of water quality index River Bhagirathi in Uttarkashi, Uttarakhand, India. *Social Issues and Environmental Problems* 3 (9) 1-7.
18. Tirkey, P., Bhattacharya, T., and Chakraborty, S. (2015). Water quality indices - Important tools for water quality assessment: A review. *International Journal of Advances in Chemistry* 1 (1) 15-29.
۱۹. ساقی، م. ح، صمدی، م. ت، صادقی، ش. و میرزایی، س. (۱۳۹۴). تعیین کیفیت آب رودخانه سیلوار همدان بر اساس شاخص کیفی اورگان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). فصلنامه کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی سبزوار ۲ (۳۳): ۹۱-۱۰۳.
۲۰. رجیبی هاشجین، م، نوربخش، آ. و تجریشی، م. (۱۳۹۴). ضرورت احیای دریاچه ارومیه. گزارش کمیته منابع و مصارف ارومیه، دبیرخانه مرکزی ستاد احیای دریاچه ارومیه ۵۰-۱.