

Assessment of groundwater quality in Bushehr province using water quality index

Leila Hamidian¹, Seyyed Hamed Meraji², Elham Fijani³, Sedigheh Battaleb-Looie^{*3}

Abstract

Groundwater resources in Bushehr province aquifers are strongly affected by the factors of agricultural wastewater, closeness to sea, high salinity, and lying over oil and gas fields. Therefore, it seems to be important to evaluate groundwater quality in the study area. In this study, 360 water samples from different parts of the province were collected from wells, during 1387-1390. Cations and anions as well as chemical parameters were analyzed. Water Quality Index (WQI) and other effective chemical parameters were calculated. Ground water quality index (GWQI) map in the study area reveals that groundwater quality order is as Jam>Dashtestan>Dashti. Quality of water in Jam meets the highest quality among all and Kangan city has non-suitable drinking water. In general, groundwater quality in Bushehr province do not meet the water quality standards for some quality parameters and therefore it needs to be managed in Bushehr province.

Keywords: Aquifer, Bushehr province, Groundwater quality index, WQI.

Received: 2016/04/27
Accepted: 2016/08/23

ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی استان بوشهر با استفاده از شاخص کیفی آب

لیلا حمیدیان^۱، سید حامد معراجی^۲، الهام فیجانی^۳
صدیقه بطالبویی^{*۳}

چکیده

منابع آب زیرزمینی در آبخوان‌های استان بوشهر به شدت تحت تأثیر عواملی نظیر نزدیکی به دریا، شوری بالا، قرارگیری بر روی منابع عظیم نفت و گاز و همچنین پساب کشاورزی قرار دارند. بنابراین لزوم ارزیابی وضعیت کیفی آب امری ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش با آزمایش و تعیین پارامترهای شیمیایی نمونه آب‌های برداشتی از چاه‌های آب شرب در استان بوشهر در طی مهر و موم‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰، شاخص‌های کیفی آب (WQI) و سایر پارامترهای شیمیایی مؤثر محاسبه شد. تعداد ۳۶۰ نمونه آب در مهر و موم‌های ۸۷ تا ۹۰ (۴ دوره)، از چاه‌های مورد بهره‌برداری در نقاط مختلف استان جمع‌آوری شد. با رسم منحنی‌های هم شاخص کیفی آب زیرزمینی، نمایی واضح از کیفیت آب در شهرستان‌های مختلف استان بوشهر به دست آمد. بر این اساس، آب در شهرستان جم بهترین کیفیت را دارد و پس از آن به ترتیب شهرستان دشتستان و شهرستان دشتی قرار می‌گیرند. شهرستان کنگان در مقایسه، نامناسب‌ترین کیفیت آب را دارا می‌باشد. به‌طور کلی، روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در استان بوشهر در طی مهر و موم‌های مورد مطالعه منفی است و مدیریت منابع آب زیرزمینی در استان بوشهر ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: آبخوان، استان بوشهر، شاخص کیفی آب زیرزمینی.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۲/۰۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۰۲

1- Msc, Rural water and waste water organization of Bushehr.
2- PhD. Civil engineering dept., Engineering faculty, Persian Gulf University.
3- PhD. School of Geology. University of Tehran.
4- PhD. Dept of Environment. School of Marine natural resources
E-mail: sblooie@gmail.com
*- Corresponding Author

- کارشناس ارشد، موسسه آب و فاضلاب روستایی بوشهر.
۲- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه خلیج فارس.
۳- استادیار، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران.
۴- استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر.
*- نویسنده مسئول

مقدمه

امروزه با توسعه شهرها و کارخانه‌ها، تولید و دفع بیشتر مواد زائد در خاک، سبب انتقال زیاد آلاینده‌ها به منابع آب زیرزمینی می‌شود، که این پدیده به دلیل فرآیند بسیار کند کاهش و حذف آلاینده در خاک و آب زیرزمینی، سلامت انسان‌ها و گیاهان را در معرض خطر جدی قرار داده است. لذا اطلاع از میزان آلودگی، نحوه گسترش آلودگی و پایش دائمی آن در آبخوان‌ها می‌تواند از وقوع بحران جلوگیری نماید. ارزیابی وضعیت کیفی آب جهت مصارف خاص، از اهداف اصلی مطالعات زیست‌محیطی و پایش کیفیت آب در هر مکان می‌باشد که می‌تواند مدیران و برنامه ریزان را در جهت استفاده ایمن از آبخوان‌ها و کنترل آلودگی و حذف آن یاری رساند. در مطالعات زیست‌محیطی، شاخص کیفی آب (WQI)، یک ابزار ریاضیاتی است که از آن جهت تبدیل تعداد زیاد داده‌های کیفی آب به یک عدد که نشان‌دهنده تراز کیفیت آب است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عبارتی دیگر، توسعه اندیس‌های کیفی آب، اقدامی اساسی جهت برنامه‌ریزی کاربری اراضی و مدیریت منابع آب می‌باشد.

هنگامی که آب‌های زیرزمینی آلوده می‌شود، کیفیت آن از طریق متوقف کردن منبع آلودگی دوباره بازسازی نمی‌شود (امام‌کریشنا و همکاران، ۲۰۰۹). بنابراین لازم است پایش منظم بر کیفیت آب‌های زیرزمینی صورت گیرد. شاخص کیفیت آب (WQI) یکی از مؤثرترین ابزار برای برقراری ارتباط اطلاعات در مورد کیفیت آب و شاخصی مهم برای ارزیابی و مدیریت آب‌های زیرزمینی می‌باشد. استفاده از شبکه‌های بررسی و پایش آب زیرزمینی در آبخوان‌هایی که جهت استفاده‌های خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند امری ضروری و حیاتی تلقی می‌شود (استریگر و همکاران، ۲۰۰۶). تاکنون مطالعات زیادی در راستای توسعه شاخص‌های کیفی آب‌های زیرزمینی در سطح دنیا انجام پذیرفته است. بکمان و همکاران (۱۹۹۸) در مطالعه خود الگویی جدید جهت توسعه شاخصه‌های ارزیابی کیفی آب‌های زیرزمینی از منظر آلودگی‌های ورودی ارائه نموده و از این شاخص جهت بررسی وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی منطقه‌هایی در جنوب غربی فنلاند و نیز منطقه‌ای در مرکز اسلوواکی استفاده نموده‌اند. در مطالعات مشابه یک شاخص کیفی دربرگیرنده نه

پارامتر جهت ارزیابی کیفی ده چاه آرتزین در منطقه داکلا واقع در غرب مصر انجام شد (سلطان، ۱۹۹۹). بکمان و همکاران، (۱۹۹۸) بررسی وضعیت کیفی آب‌های منطقه دالماتیا واقع در کرواسی با استفاده از شاخص‌های کیفی به‌منظور ارزیابی آب‌های سطحی و زیرزمینی انجام شد (ستمبوک-گیلجانویچ، ۱۹۹۹). استیگر و همکاران (۲۰۰۶) به‌منظور بررسی اثر فعالیت‌های کشاورزی در تغییر مشخصات شیمیایی و قابلیت شرب آب‌های زیرزمینی در دو منطقه از کشور پرتغال، از شاخص کیفی آب‌های زیرزمینی توسعه‌یافته بر اساس روش پیشنهادی خود استفاده نموده است.

بانگ - یاکوبو و همکارانش در سال ۲۰۰۹ شاخص کیفی آب را برای بخش شمالی منطقه ولتا در غنا به دست آوردند. آن‌ها در کار خود از ۶۷ نمونه برای تعیین اندیس کیفی آب زیرزمینی استفاده نمودند. پارامترهای در نظر گرفته‌شده شامل EC ، Na ، pH ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، SO_4^{2-} ، NO_3^- ، Cl^- و F^- می‌باشد آن‌ها برای محاسبه اندیس به هر پارامتر شیمیایی بر اساس تأثیری که بر سلامتی یک وزن (wi) داده می‌شود. پارامترهای هدایت الکتریکی، سدیم و فلوئور به دلیل تأثیر بالای آن‌ها در کیفیت آب بیشترین وزن را از مقدار ۵ دارا می‌باشند (بانوگ-یاکوبو و همکاران، ۲۰۰۹).

سعیدی و معراجی (۲۰۰۹) روشی نوین در محاسبه اندیس‌های کیفی آب زیرزمینی ارائه نمودند که سادگی کاربرد آن از مهم‌ترین مزیت آن اعلام شده است. آن‌ها از این روش جهت تعیین اندیس کیفی آب زیرزمینی دشت قزوین و رسم نقشه کیفیت آب بر مبنای مطلوبیت و نزدیکی کیفیت آب این دشت به کیفیت آب‌های معدنی، استفاده نمودند. راجانکار و همکارانش در سال ۲۰۰۹ ارزیابی شاخص کیفیت آب برای آب‌های زیرزمینی در منطقه ماهاراشترا هند را با استفاده از اندیس کیفی آب انجام دادند. در این پژوهش برای محاسبه WQI، از پارامترهای مختلف شامل BOD ، DO ، کولیفرمها، نیترات، pH ، تغییرات دما، TDS ، فسفات و کدورت، در نظر گرفته شده است. آن‌ها از بیست و دو سایت در فصول مختلف نمونه‌برداری نمودند و با استفاده از نرم‌افزار محاسبه WQI ارائه شده توسط بنیاد ملی بهداشت (NSF)، اندیس‌های کیفی آب را برای چاه‌های مختلف به دست آوردند. شاخص محاسبه شده دارای محدوده مقدار از ۰ تا

۱۰۰ برای "آب با کیفیت نامناسب" تا "آب با کیفیت عالی" می‌باشد.

حسینی و همکاران در سال ۱۳۹۱ در تحقیقی به ارائه یک شاخص جامع کیفی برای آب‌های زیرزمینی بر پایه منطق فازی بر اساس خصوصیات مختلف کیفی آب پرداختند. آن‌ها نشان دادند که شاخص کیفی آب پیشنهاد شده توسط این مطالعه می‌تواند به عنوان ابزار جامعی برای نشان دادن کیفیت واقعی آب به‌ویژه در زمانی که با اهداف مصارف انسانی همراه باشد، مورد استفاده قرار گیرد.

زارع ابیانه در سال ۱۳۹۲، در تحقیقی با هدف مدل‌سازی تغییرات کیفی آب زیرزمینی دشت همدان - بهار با روش‌های زمین آماری انجام داد. ایشان در این تحقیق پارامترهای هدایت الکتریکی املاح محلول (EC)، pH، قلیائیت (SAR) و باقی‌مانده جامد املاح (TDS) را برای آب زیرزمینی مورد مطالعه قرار داد.

نصرآبادی و عباسی مائده در سال ۱۳۹۲، به بررسی کیفیت آب زیرزمینی شهر تهران با استفاده از شاخص کیفی سازمان بهداشت جهانی پرداختند. آن‌ها جهت مشخص نمودن معدل شاخص کیفی آب زیرزمینی شهر تهران در دو سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱، تعداد ۷۱ حلقه چاه در شهر تهران انتخاب نمودند و با توجه به نتایج آزمایش‌ها، عدد شاخص کیفیت آب زیرزمینی با روش سازمان بهداشت جهانی تعیین شد. مقایسه نتایج عدد شاخص در دو سال نشان داد که میزان کیفیت در سال ۱۳۹۱ کمتر از سال ۱۳۹۰ بود. همچنین مشخص گردید نقاط شرقی و جنوبی‌تر شهر تهران دارای مقدار عدد شاخص بالاتری می‌باشند که بیان‌گر کیفیت پایین آب جهت مصرف شرب خواهد بود.

دشتی برمکی و همکاران در سال ۱۳۹۳ به ارزیابی شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GQI) در آبخوان لنجان با استفاده سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند. آن‌ها اطلاعات فیزیکی و شیمیایی ۶۶ نمونه آب از این دشت را مورد ارزیابی قرار دادند و نتایج کیفی را از مقایسه ویژگی‌های کیفی استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) و استاندارد تحقیقات صنعتی ایران (ISIRI) به دست آوردند.

عابری و همتی در سال ۱۳۹۳، تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی دشت دهگلان استان کردستان را با استفاده

از شاخص کیفی (GWQI) مورد ارزیابی قرار دادند. در این تحقیق نقشه پهنه‌بندی تغییرات مکانی کیفیت آب‌های زیرزمینی به کمک این شاخص از تلفیق ۱۰ پارامتر (TH, TDS, EC, pH, SO₄, NO₃, CL, Mg, Na, Ca) مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی تهیه شده است.

عسگری و همکاران در سال ۱۳۹۴ به بررسی ویژگی‌های کیفیت شیمیایی و تعیین پتانسیل خوردگی شبکه آب آشامیدنی شهر بوشهر پرداختند. نتیجه تحقیق نشان‌دهنده خورنده بودن آب در شبکه شهر بوشهر می‌باشد.

اصغری مقدم و همکاران در سال ۱۳۹۴، به ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت مهربان با استفاده از روش‌های شاخص کیفی آب زیرزمینی (GQI) و فازی- شاخص کیفی آب زیرزمینی (FGQI) بر اساس استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO) و استاندارد تحقیقات صنعتی ایران (ISIRI) پرداختند.

مسعودی و همکاران در سال ۱۳۹۴، به منظور تعیین تغییر کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت کاشان از دو شاخص افت آب زیرزمینی و هدایت الکتریکی (EC) بهره گرفتند. در این تحقیق ابتدا هیدروگراف‌های تراز آب با روش تیسن و بر پایه داده‌های چاه‌های پیژومتری ترسیم شدند و سپس نقشه خطوط هم افت، هم ارتفاع و هم EC با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی ترسیم شدند.

استان بوشهر بدلیل موقعیت جغرافیایی خاص و آب و هوای گرم و خشک، دسترسی آن به آب شرب بهداشتی محدود است و تامین آن بیشتر از طریق خطوط لوله خارج از استان صورت می‌گیرد. ولی با این وجود، در بسیاری مناطق که هزینه انتقال آب به آنجا توجیه اقتصادی نداشته، ناچار به استفاده از منابع آب زیرزمینی می‌باشد. منابع آب زیرزمینی در آبخوانهای استان بوشهر بشدت تحت تاثیر عواملی نظیر نزدیکی به دریا و مشکل شوری، قرارگیری بر روی منابع عظیم نفت و گاز و مشکل آلودگی نفتی، وجود پالایشگاه‌های پارس جنوبی و کارخانجات متعدد و مشکل پسابهای آن‌ها، و وجود زمینهای وسیع کشاورزی و نخلستانها و مشکل نفوذ سموم و کودها، قرار دارد. بنابراین لزوم ارزیابی وضعیت کیفی آب با استفاده از روش‌های نوین، امری ضروری به نظر می‌رسد.

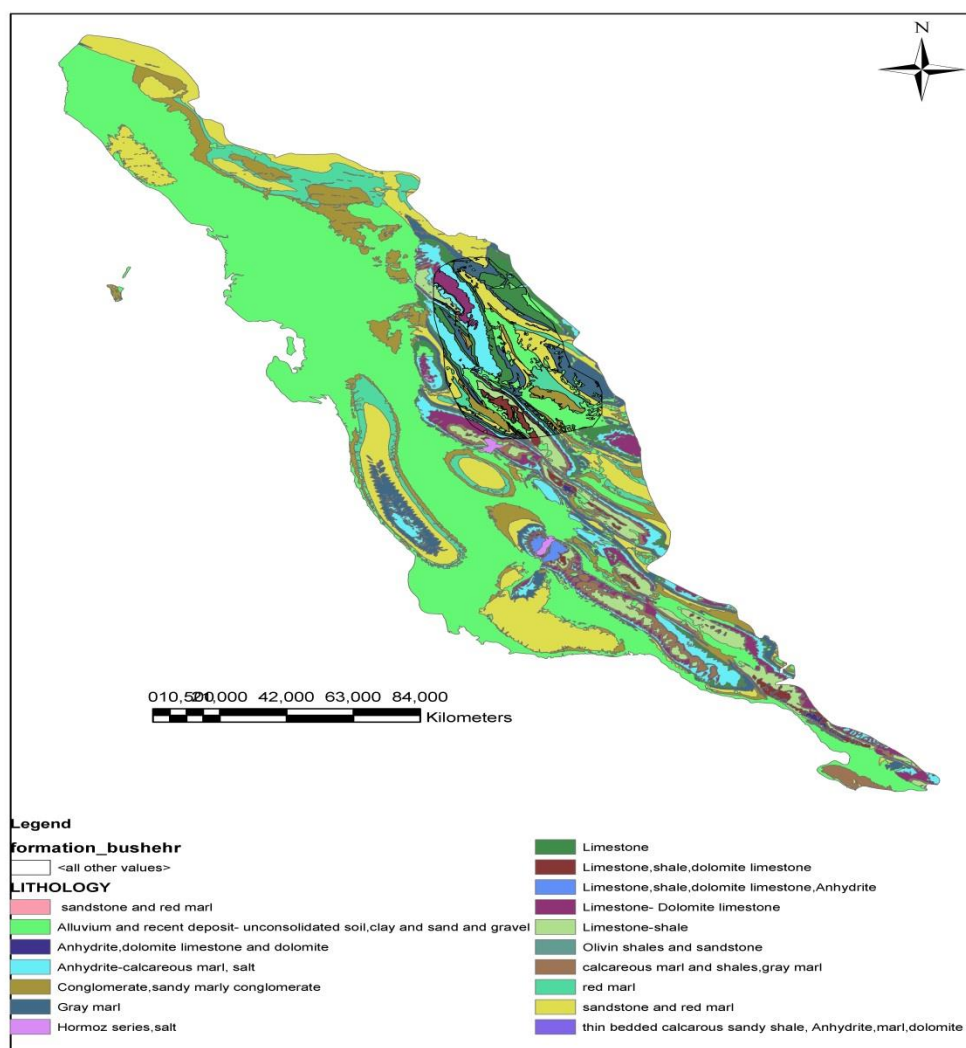
مواد و روش‌ها

اقلیم و زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

استان بوشهر از استان‌های جنوبی ایران است که در حاشیه خلیج فارس قرار دارد. این استان به علت قرار گرفتن در ساحل استراتژیک خلیج فارس، صادرات واردات دریایی، صنعت صیادی، وجود ذخایر نفت و گاز (پارس جنوبی و شمالی)، کشاورزی و نخلداری و وجود نیروگاه هسته‌ای از اهمیت راهبردی و اقتصادی برخوردار است؛ آب و هوای استان گرم و خشک و در نواحی ساحلی گرم و مرطوب است. حداکثر دمای مطلق آن ۵۲/۵ درجه سانتیگراد و حداقل آن

۱- درجه و دمای متوسط سالانه استان ۲۵/۷ درجه می‌باشد. میانگین بارش ۲۲۰ میلی‌متر است.

منطقه مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی در کمربند چین‌خورده زاگرس قرار دارد (علوی، ۲۰۰۴). اشتوکلین (۱۹۶۸). چین‌خوردگی‌های این حوضه عموماً از روند چین‌خوردگی‌های زاگرس (شمال غرب- جنوب شرق) تبعیت می‌کند. قدیمترین سازندهایی که در این منطقه رخمون دارند متعلق به گروه خامی و جدیدترین آن آبرفت‌های عهد حاضر می‌باشد (آقنابتی، ۱۳۸۳. درویش‌زاده، ۱۳۸۳. مطیعی، ۱۳۷۲) (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه سنگ شناسی استان بوشهر (Battaleb-Looie et al, 2012).

جمع‌آوری شد (شکل ۲). در محل نمونه‌برداری، پس از دو بار شستشوی بطری پلی اتیلنی با نمونه، حدود ۱/۵ لیتر آب برای تجزیه کاتیونی و آنیونی برداشت گردید. pH، دما و EC و Eh هر نمونه در محل به کمک یک دستگاه pH متر کالیبره شده (مدل (ELE-160) اندازه‌گیری و ثبت شد. به‌منظور جلوگیری از تبخیر نمونه‌های آب ضمن اطمینان از بسته بودن درب بطری‌ها، همه آن‌ها در یک جعبه پر از یخ قرار داده شدند و نمونه‌ها جهت آنالیز به آزمایشگاه منتقل شدند. مختصات جغرافیایی هر نمونه نیز به کمک دستگاه GPS ثبت گردید. موقعیت نمونه‌های گرفته شده در شکل ۱ نشان داده شده است. در کلیه مراحل نمونه‌برداری سعی بر آن بود که نمونه‌برداری بر طبق روش‌های استاندارد (انجمن بهداشت عمومی آمریکا، ۱۹۹۸) انجام گیرد.

سازندهای زمین‌شناختی منطقه از قدیم به شرح زیر است:

گروه خامی شامل سازندهای سورمه، هیث و فلهیان-گدوان-داریان است که لیتولوژی انیدرید، شیل‌های خاکستری، سنگ آهکی رسی در این گروه وجود دارد؛ گروه بنگستان شامل سازندهای آهکی کژدمی، سَرُوک و ایلام می‌باشد؛ مارن‌های خاکستری سازند گورپی؛ شیل آهک رسی سازند پابده، آهک سازند آسماری؛ گروه فارس شامل ژپس و انیدرید سازند گچساران؛ مارن میشان و ماسه سنگ آغاچاری می‌باشد؛ کنگلومرای سازند بختیاری؛ رسوبات کواترنر

نمونه‌برداری

تعداد ۳۶۰ نمونه آب در مهر و موم‌های ۸۷ تا ۹۰ (۴ دوره)، از چاه‌های مورد بهره‌برداری در نقاط مختلف استان



شکل ۲- موقعیت نقاط نمونه‌برداری و پراکندگی آن‌ها در مناطق مختلف استان بوشهر.

روش‌شناسی

شاخص کیفی آب یکی از مؤثرترین ابزارهای موجود جهت به دست آوردن اطلاعات جامعی از کیفیت آب زیرزمینی است.

(تیواری و میشر، ۱۹۸۵، سینگ، ۱۹۹۲، سوبا رائو، ۱۹۹۷، میشر و پاتل، ۲۰۰۱، نیک و پورهیت، ۲۰۰۱)، روش علمی توسعه داده شده جهت ایجاد و ساخت شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی توسط اشتایگر و همکاران (۲۰۰۶ b) قالب سه مرحله اصلی تشریح گردیده است. به اعتقاد ایشان فرآیند ساخت شاخص‌های کیفی برای آب‌های زیرزمینی مشابه سایر شاخص‌های کیفی، شامل سه مرحله استانداردسازی، انتخاب، و تجمیع پارامترهای درگیر می‌باشد. مرحله انتخاب، شامل انتخاب تعدادی از پارامترهای کیفی آب متناسب با هدف موردنظر می‌باشد. مرحله استانداردسازی نیز شامل توسعه یک منحنی رتبه‌بندی تجربی برای هر یک از پارامترهای انتخاب شده می‌باشد که گویای نوع رابطه میان هر یک از متغیرها با خرده شاخص‌های بی‌بعد مربوطه خواهد بود. این منحنی‌های تجربی معمولاً نتیجه مطالعات فردی و منطقه‌ای بوده که به دلیل تعداد بالای فاکتورهای تاثیرگذار، همواره با عدم قطعیت‌هایی همراه هستند. در مرحله سوم مقادیر خرده شاخص به دست آمده در مرحله قبل از طریق یک عملگر ریاضی یا یکی از روش‌های میانگین‌گیری حسابی، هندسی و یا هارمونیک و با توجه به وزن نسبی مجزای هر پارامتر، در نهایت در یک پارامتر تجمیع یافته و پارامتری مجزا تحت عنوان شاخص کیفی آب را حاصل خواهند نمود. در آخر با رسم منحنی‌های هم‌اندیس می‌توان وضعیت کیفی آبخوان را بیان و تفسیر نمود. محاسبه شاخص کیفی آب شامل سه مرحله زیر است (تیواری و میشر، ۱۹۸۵، سینگ، ۱۹۹۲):

(۱) در مرحله اول، به هریک از پارامترها با توجه به اهمیت نسبی آن‌ها در کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب، وزنی (wi) اختصاص می‌دهیم. سپس، وزن نسبی (Wi) را با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌کنیم:

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad [1]$$

به‌طوری که n تعداد پارامترهاست.

(۲) محاسبه نرخ کیفی (qi) برای هر پارامتر به‌صورت نسبتی از غلظت آن به مقدار استاندارد بر اساس سازمان بهداشت جهانی (۲۰۰۹) با استفاده از فرمول زیر:

$$q_i = \left(\frac{C_i}{S_i} \right) \times 100 \quad [2]$$

به‌طوری که Ci غلظت هر پارامتر شیمیایی در هر نمونه آب برحسب میلی‌گرم بر لیتر و Si مقدار استاندارد آن در آب شرب بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی است.

(۳) محاسبه شاخص کیفی آب با استفاده از فرمول زیر:

$$WQI = \sum_{i=1}^n W_i q_i \quad [3]$$

در نهایت، مقادیر WQI در پنج دسته "آب با کیفیت عالی" تا "آب نامناسب برای آشامیدن" دسته‌بندی می‌شود. در روش به کار گرفته شده در این پژوهش (سعیدی و همکاران، ۲۰۰۹) نسبت غلظت‌های مشاهده شده مربوط به تعدادی از پارامترهای اصلی به حداکثر غلظت مجاز برای کیفیت آب استاندارد، به عنوان مقدار استاندارد پارامترها در نظر گرفته شده است. به‌منظور تجمیع تمام مقادیر استاندارد شده در یک پارامتر، به هر پارامتر یک وزن اختصاص داده می‌شود. جهت استخراج اندیس کیفی آب زیرزمینی، روش مشابه بر روی تعدادی نمونه آب که از نظر کیفیت و سلامتی مناسب باشند، تکرار می‌شود. در این تحقیق از آب‌های معدنی به عنوان یک نمونه آب سالم استفاده شده است. اگر نمونه‌های آب خواص مشابه یا نزدیک به مشخصات آب معدنی را داشته باشند، می‌توان آن را به عنوان آب سالم در نظر گرفت.

نتایج و بحث

بر اساس روش به کار گرفته شده در این پژوهش (سعیدی و همکاران، ۲۰۰۹) در مرحله اول که مرحله انتخاب می‌باشد می‌بایست پارامترهای مهم مربوط به سلامت آب زیرزمینی انتخاب گردند. در این مرحله پارامترهای K, Na, F, HCO3, NO3, NO2, PO4, pH, Cl, Fe, SO4, Ca, Mg, TDS, Turbidity, Total Hardness, Total Alkalinity، به

ج) ضرایب وزنی کلی

پارامتر	ضریب وزنی w_i	وزن نسبی W_i
Ca	۸	0.087912088
Mg	۱۰	0.10989011
Na	۵	0.054945055
K	۱	0.010989011
F	۱۰	0.10989011
Cl	۵	0.054945055
SO ₄	۱۰	0.10989011
NO ₃	۹	0.098901099
NO ₂	۸	0.087912088
EC	۷	0.076923077
TDS	۷	0.076923077
Turbidity	۴	0.043956044
TH	۶	0.065934066
Fe	۱	0.010989011
کل	۹۱	۱

جهت مقایسه اندیس‌های محاسبه شده با نمونه‌های

آب معدنی و لمس بهتر اندیس‌ها، روش مشابه محاسبه اندیس را برای نمونه آب‌های معدنی موجود تکرار نموده و اندیس کیفی این آب‌ها محاسبه می‌شود. با مقایسه اندیس کیفی چاه‌های مشاهداتی با نمونه‌های آب معدنی، کیفیت آب از نظر ترکیبات معدنی به سه دسته پایین، مناسب و زیاد تقسیم می‌شود.

به این منظور، سیزده نمونه آب معدنی موجود در بازار ایران انتخاب گردیده و بر اساس مقادیر درج‌شده بر روی بطری هر محصول، مشخصات و پارامترهای شیمیایی و فیزیکی آن‌ها استخراج گردیده است. مطابق با روش‌ها و ضرایب وزنی بکار رفته برای نمونه آب‌های زیرزمینی، برای نمونه‌های آب‌های معدنی نیز اندیس‌های کیفی و پارامترهای شیمیایی آب محاسبه گردیده و در جدول ۲ آورده شده است.

عنوان پارامترهای تاثیرگذار در سلامت آب در نظر گرفته شدند. در مرحله دوم که استانداردسازی پارامترها می‌باشد، مقدار متوسط هر پارامتر در نمونه‌های مختلف برداشت شده از هر چاه، بر حداکثر مقدار استاندارد توصیه شده تقسیم می‌شوند. در مرحله آخر، جهت محاسبه اندیس کیفی آب، باید حاصل جمع وزنی تمام پارامترهای کیفی را برای هر نمونه بر اساس اهمیتی که هر پارامتر در کیفیت سلامت آب دارند، محاسبه شوند. جدول ۱ مقادیر وزن هر پارامتر را نشان می‌دهد که بر اساس قضاوت کارشناسی ارائه شده است.

با توجه به پارامترهای کیفی در نظر گرفته شده در این پژوهش، بر اساس نوع پارامترها، شاخص کیفی کلی برای کاتیون‌ها، آنیون‌ها و پارامترهای فیزیکی و شیمیایی استخراج شده است. پس از محاسبه شاخص کیفی برای هر چاه، می‌توان منحنی‌های هم شاخص را بر روی نقشه منطقه پیاده کرد. شکل‌های ۱-۳ تا ۴-۳ نقشه‌های هم شاخص کلی کیفی آب را برای مهر و موم‌های آماری ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ در آبخوان بوشهر نشان می‌دهد.

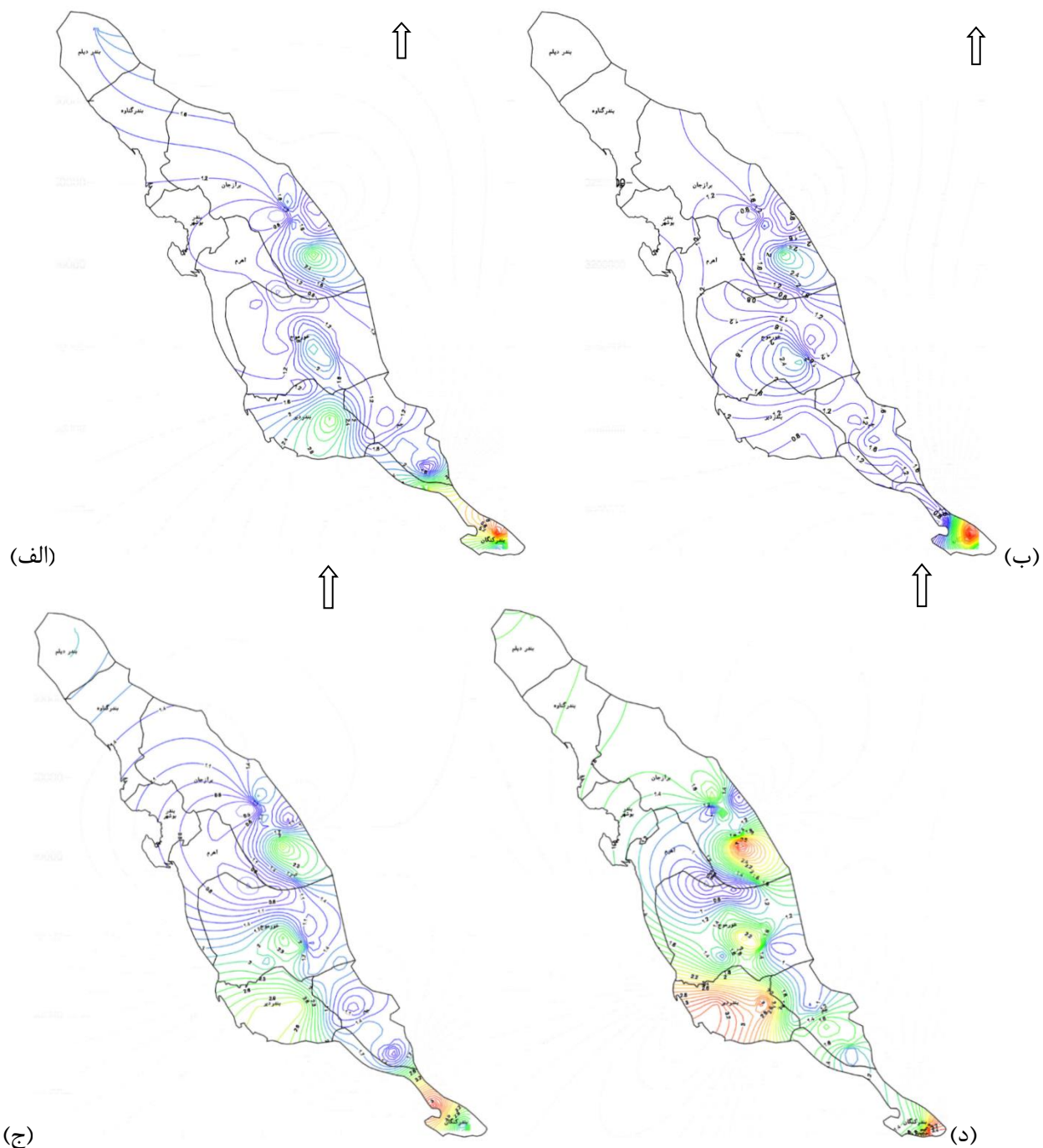
جدول ۱- وزنه‌ای پارامترهای مختلف در محاسبه شاخص کیفی آب.

الف) ضرایب وزنی کاتیون‌ها

پارامتر	wi	ضریب وزنی	Wi	وزن نسبی
کلسیم	Ca2+	8	0.333333333	
منیزیم	Mg2+	10	0.416666667	
سدیم	Na+	5	0.208333333	
پتاسیم	K+	1	0.041666667	
مجموع		24	1	

ب) ضرایب وزنی آنیون‌ها

پارامتر	wi	ضریب وزنی	Wi	وزن نسبی
فلوئور	F ⁻	10	0.238095238	
کلرور	Cl ⁻	5	0.119047619	
سولفات	SO ₄ ²⁻	10	0.238095238	
نیترات	NO ₃ ⁻	9	0.214285714	
نیتريت	NO ₂ ⁻	8	0.19047619	
مجموع		42	1	



شکل ۳- منحنی‌های هم شاخص کیفی آب زیرزمینی. الف) سال ۱۳۸۷، ب) سال ۱۳۸۸، ج) سال ۱۳۸۹، و د) سال ۱۳۹۰.

هر دسته از کیفیت آب را نشان می‌دهد. با مشخص شدن این معیارها، می‌توان برای هر نمونه آب، کیفیت آن را بر مبنای کیفیت آب معدنی تعیین کرد. هر چه که شاخص‌ها به شاخص‌های آب معدنی نزدیک‌تر و کمتر باشد، آن آب دارای کیفیت بهتری است و شاخص‌های بیشتر نشان‌دهنده کیفیت پایین آب زیرزمینی است.

جدول ۳- معیار تعیین بازه برای هر دسته از کیفیت آب بر اساس استاندارد WHO.

دسته کیفی	استاندارد WHO		
	کاتیون	آنیون	کلی
آب			
پایین	$WQI < 0.1$	$WQI < 0.035$	$WQI < 0.1$
مناسب	$0.1 \leq WQI \leq 1.2$	$0.035 \leq WQI \leq 0.27$	$0.1 \leq WQI \leq 0.5$
بالا	$WQI > 1.2$	$WQI > 0.27$	$WQI > 0.5$

دسته‌بندی کیفی آب زیرزمینی برای همه نمونه‌ها در مهر و موم‌های ۸۷ تا ۹۰ انجام گرفت که به عنوان نمونه جدول ۴ دسته کیفی آب زیرزمینی را برای مناطق انتخابی در سال ۹۰ نشان می‌دهد. شکل ۳ نمودار روند تغییر کیفیت آب برای مناطق مختلف در مهر و موم‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است از سال ۸۷ تا ۹۰ کیفیت آب روند کاهشی داشته و بررسی عوامل تأثیرگذار ضروری به نظر می‌رسد.

جدول ۲- شاخص کیفی آب‌های مختلف بر اساس استاندارد WHO.

ردیف	نام آب معدنی	استاندارد WHO		
		کاتیون	آنیون	کلی
1	دماوند	0.334	0.09	0.21
2	واتا	0.103	0.087	0.119
3	اکواپریم	0.169	0.063	0.124
4	پلور	0.137	0.035	0.103
5	عالیس	0.239	0.132	0.23
6	بیشه	0.341	0.097	0.24
7	پارس	0.237	0.117	0.194
8	آپا	0.176	0.117	0.156
9	گوهرنگ	0.312	0.127	0.227
10	کوه‌دشت	0.753	0.093	0.35
11	برد	1.226	0.149	0.506
12	دسانی	0.654	0.231	0.337
13	زمزم	1.132	0.268	0.492
	حداقل	0.103	0.035	0.103
	میانگین	0.447	0.124	0.253
	حداکثر	1.226	0.268	0.506
	انحراف معیار	0.3772	0.0638	0.13242

بر اساس شاخص‌های تعیین شده برای آب‌های معدنی، کیفیت آب از نظر ترکیبات معدنی به سه دسته پایین، مناسب و بالا تقسیم می‌شود. جدول ۳ معیار تعیین بازه برای

جدول ۴. طبقه‌بندی کیفی نمونه‌های آب انتخابی منطقه مورد مطالعه در سال ۹۰.

ردیف	شهرستان	نام چاه	مختصات چاه		استاندارد WHO			طبقه اندیس
			X	Y	کاتیون	آنیون	کلی	
1	جم	فرودگاه	633408	3078571	1.695	0.664	1.026	بالا
2	جم	ریز	605758	3102487	1.362	0.648	0.902	بالا
3	جم	پشت فنس	634481	3076898	1.601	0.852	1.111	بالا
4	جم	چاه آهکی	629835	3078060	1.919	0.711	1.157	بالا
5	جم	شهر خاص گندمزار	615871	3093498	2.818	1.419	1.873	بالا
6	جم	شهید ارزاقی	633285	3078396	1.535	0.615	0.958	بالا
7	جم	علی آباد	630452	3000624	2.564	1.120	1.608	بالا

جدول ۴- ادامه: طبقه‌بندی کیفی نمونه‌های آب انتخابی منطقه مورد مطالعه در سال ۹۰.

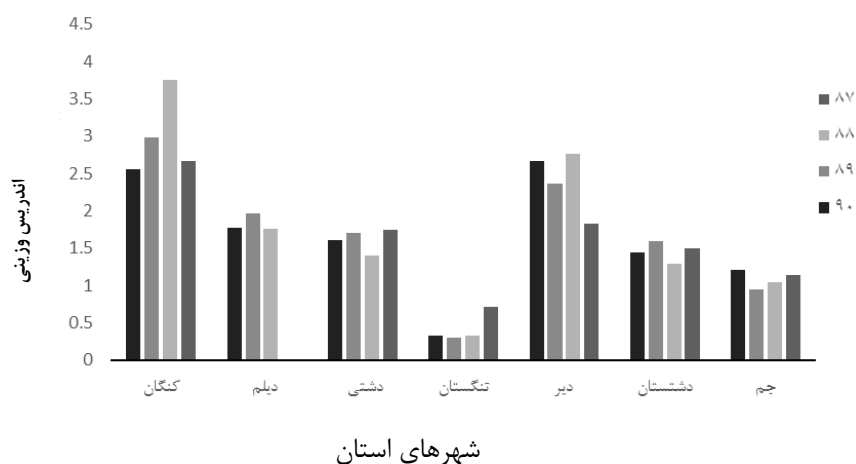
ردیف	شهرستان	نام چاه	مختصات چاه		استاندارد WHO			طبقه اندیس
			X	Y	کاتیون	آنیون	کلی	
8	جم	تشان ۱	608975	3102132	1.576	0.637	0.983	بالا
9	جم	چاه شهرک	631872	3077876	1.436	0.583	0.906	بالا
10	جم	بهرباغ	632211	3080171	2.443	1.199	1.626	بالا
11	جم	دولنگه داخلی-بهارستان	633392	3078587	1.531	0.642	0.975	بالا
12	جم	انارستان	605849	3101575	1.964	0.890	1.263	بالا
13	دیر	آبدان ۲	575212	3106875	4.085	2.118	2.843	بالا
14	دیر	تنگ دوراهک	595974	3095568	1.750	1.046	1.273	بالا
15	دیر	تنگ دوراهک	595757	3095741	1.526	0.907	1.105	بالا
16	دیر	بردخون	547609	3106136	5.536	2.360	3.341	بالا
17	دیر	آبدان ۱	575393	3107045	6.815	2.642	4.072	بالا
18	دیر	آبدان ۲	575212	3106876	5.302	1.442	2.797	بالا
19	دیر	آبدان ۱	575393	3107046	5.350	2.269	3.274	بالا
20	دیلیم	زیدون شماره ۴	428960	3354370	2.162	1.168	1.545	بالا
21	دیلیم	زیدون شماره ۱	428960	3354372	2.399	1.196	1.642	بالا
22	دیلیم	زیدون شماره ۲	429120	3354419	2.390	1.180	1.644	بالا
23	دیلیم	شماره ۲ زیدون	429120	3354418	2.823	1.170	1.878	بالا
24	دیلیم	شماره ۳ زیدون	429061	3354387	2.647	1.165	2.195	بالا
25	دیلیم	شماره ۴ زیدون	428960	3354371	2.498	1.103	1.760	بالا
26	کنگان	شماره ۳ - سه‌موی جنوبی	681467	3026343	5.448	1.948	3.462	بالا
27	کنگان	چاه مبارک	677253	3028547	2.757	0.996	1.638	بالا
28	تنگستان	خائیز شماره ۳	540030	3183259	0.603	0.234	0.365	مناسب
29	تنگستان	خائیز	540030	3183258	0.706	0.252	0.414	مناسب
30	تنگستان	گشی	541846	3182563	0.511	0.131	0.299	مناسب
31	تنگستان	گشی	541846	3182564	0.476	0.140	0.273	مناسب
32	دشتستان	بوشکان	571355	3182974	1.631	0.710	1.029	بالا
33	دشتستان	رود فاریاب	545971	3235926	3.345	1.397	2.105	بالا
34	دشتستان	پرجونک	552181	3220569	1.797	0.904	1.217	بالا
35	دشتستان	تلخ آب	546072	3228445	0.834	0.241	0.460	مناسب
36	دشتستان	تنگ ارم ۱	550461	3224597	2.977	1.715	2.139	بالا
37	دشتستان	چاه شماره ۱ تنگ زرد	547640	3198918	2.156	1.000	1.443	بالا
38	دشتستان	تنگ ارم (۳)	550506	3224036	2.055	1.086	1.464	بالا
39	دشتستان	طلحه	552401	3185716	1.228	0.719	0.909	بالا
40	دشتستان	دهرود علیا	561123	3211571	2.385	1.346	1.703	بالا

جدول ۴- ادامه: طبقه‌بندی کیفی نمونه‌های آب انتخابی منطقه مورد مطالعه در سال ۹۰.

ردیف	شهرستان	نام چاه	مختصات چاه		استاندارد WHO			طبقه اندیس
			X	Y	کاتیون	آنیون	کلی	
41	دشتستان	دهرود سفلی	562436	3207286	5.531	2.635	3.580	بالا
42	دشتستان	چاه شماره ۱ تنگ زرد	547640	3198917	1.815	1.112	1.360	بالا
43	دشتستان	چاه شماره ۲ تنگ ارم	550506	3224036	3.376	1.527	2.444	بالا
44	دشتستان	چاه شماره ۲ تنگ زرد	547559	3197969	2.164	1.141	1.642	بالا
45	دشتستان	چاه شماره ۳ تنگ زرد	547640	3198918	2.718	1.338	1.809	بالا
46	دشتستان	بوشکان	571355	3182974	1.397	0.737	0.983	بالا
47	دشتستان	امامزاده	573189	3185900	3.044	1.400	2.038	بالا
48	دشتستان	رود فاریاب	545971	3235925	3.387	1.467	2.116	بالا
49	دشتستان	پرجونک	552181	3220569	2.280	1.025	1.440	بالا
50	دشتستان	درنگ	559418	3179072	0.517	0.257	0.368	مناسب
51	دشتستان	خون	552505	3195245	2.383	1.107	1.512	بالا
52	دشتستان	تنگ ارم	550461	3224597	2.779	1.215	1.701	بالا
53	دشتستان	تلخ آب	546072	3228445	0.748	0.204	0.416	مناسب
54	دشتستان	خیرک	559920	3235344	0.755	0.339	0.490	مناسب
55	دشتستان	جمیله	551354	3247151	2.288	0.908	1.403	بالا
56	دشتستان	کفتارو	665880	3222643	1.034	0.520	0.685	مناسب
57	دشتستان	درنگ	559418	3179072	0.802	0.252	0.444	مناسب
58	دشتستان	دهرود سفلی	562436	3207286	4.955	2.500	3.334	بالا
59	دشتستان	شلدان (شماره ۱)	571204	3183336	1.525	0.752	1.040	بالا
60	دشتستان	شلدان (شماره ۲)	561123	3211572	1.715	0.879	1.166	بالا
61	دشتستان	دهرود علیا	561123	3211571	2.819	1.523	2.336	بالا
62	دشتستان	چاه شماره ۱ شلدان	571204	3183337	1.850	0.807	1.208	بالا
63	دشتستان	چاه شماره ۲ شلدان	571355	3182974	1.789	0.824	1.480	بالا
64	دشتستان	چاه شماره ۲ تنگ زرد	547559	3197969	2.005	0.985	1.489	بالا
65	دشتستان	چاه شماره ۲ هرود علیا	561123	3211570	2.780	1.647	1.982	بالا
66	دشتستان	چاه شماره ۳ تنگ زرد	547640	3198918	2.547	1.288	1.777	بالا
67	دشتستان	جمیله	551354	3247150	2.380	1.017	1.499	بالا
68	دشتی	حناشور	579781	3144531	1.328	0.686	0.918	بالا
69	دشتی	سنا	559039	3147842	3.330	1.407	2.083	بالا
70	دشتی	کنارپندک	575257	3156341	2.119	0.982	1.373	بالا
71	دشتی	کشتو	561884	3155874	2.578	1.162	1.720	بالا
72	دشتی	باغان	586710	3118649	2.409	1.075	1.568	بالا
73	دشتی	کردلان	579361	3124592	2.285	1.086	1.503	بالا
74	دشتی	لاور شرقی	555969	3164370	2.239	1.078	1.525	بالا
75	دشتی	درویشی	575310	3141222	3.398	1.713	2.372	بالا
76	دشتی	چاهگاه	562762	3149203	3.767	1.706	2.445	بالا
77	دشتی	بادوله	552182	3135805	1.359	0.656	0.976	بالا
78	دشتی	درویشی	575310	3141222	3.257	1.728	2.313	بالا

جدول ۴- ادامه: طبقه‌بندی کیفی نمونه‌های آب انتخابی منطقه مورد مطالعه در سال ۹۰.

ردیف	شهرستان	نام چاه	مختصات چاه		استاندارد WHO			طبقه اندیس
			X	Y	کاتیون	آنیون	کلی	
79	دشتی	کردلان	579361	3124592	2.229	1.032	1.441	بالا
80	دشتی	باغان	586710	3118649	2.410	1.294	1.666	بالا
81	دشتی	دهوک	577418	3152849	1.608	0.908	1.971	بالا
82	دشتی	دهوک	577418	3152849	1.852	0.800	1.429	بالا
83	دشتی	کشتو	561884	3155874	2.709	1.390	1.843	بالا
84	دشتی	لاور	555969	3164370	2.301	1.080	1.495	بالا
85	دشتی	سنا	559039	3147842	3.284	1.615	2.185	بالا
86	دشتی	دهوک	577418	3152849	1.658	0.861	1.224	بالا
87	دشتی	سهو	570313	3161936	1.984	0.739	1.220	بالا
88	دشتی	سرمک	583721	3148585	1.724	0.696	1.088	بالا
89	دشتی	سهو	570313	3161936	1.920	0.770	1.191	بالا
90	دشتی	شنبه	575368	3141130	1.978	1.169	1.453	بالا
91	دشتی	شنبه	575368	3141130	2.422	1.200	1.690	بالا
92	دشتی	چاهگاه	562762	3149203	3.758	1.825	2.908	بالا
93	دشتی	کناربندک	575257	3156341	1.893	0.829	1.213	بالا
94	دشتی	حناشور	579781	3144531	1.292	0.583	0.871	بالا



شکل ۳- نمودار روند تغییر کیفیت آب برای مناطق مختلف در مهر و موم‌های مورد مطالعه.

مختلف استان در مهر و موم‌های ۸۷ تا ۹۰ صورت گرفت. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت کیفیت آب زیرزمینی به‌طور کلی روند کاهشی داشته و در اغلب چاه‌ها نمونه آب‌های برداشتی از کیفیت نامطلوب برخوردار می‌باشند.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف ارزیابی وضعیت کیفیت آب در استان بوشهر با استفاده از شاخص‌های کیفی آب انجام شد. به این منظور، دسته‌بندی کیفی آب زیرزمینی برای مناطق

کنفرانس هیدرولیک ایران، تبریز، دانشگاه تبریز-
گروه مهندسی آب،

نصرآبادی، ت.، عباسی مائده پ.، ۱۳۹۲. بررسی کیفیت آب
زیرزمینی شهر تهران با استفاده از شاخص کیفی
سازمان بهداشت جهانی. مجله انسان و محیط
زیست، دوره ۱۱، شماره ۳ (۲۶-پیاپی ۳۷)، صفحه ۱-
۱۲.

مسعودی، ر.، زهتابیانف غ.، احمدی، ح.، ملکیان، آ.، ۱۳۹۴.
ارزیابی روند تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی
دشت کاشان. مجله مدیریت بیابان، دوره ۳، شماره
۵، ۶۸-۸۰.

حسینی، ق.، محوی، ا.، نصری، س.، عربعلی بیک، ح.، یونسیان،
م.، قریبی، ح.، ۱۳۹۱. طراحی شاخص کیفی آب‌های
زیرزمینی با استفاده از منطق فازی. مجله سلامت و
بهداشت اردبیل. دوره ۳، شماره ۱. ۱۸-۳۱.

آقائباتی، ع.، ۱۳۸۳. زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان
زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ۵۸۶.
درویش زاده، ع.، ۱۳۸۵. زمین شناسی ایران، انتشارات
دانشگاه امیرکبیر. ۴۲۱.

مطیعی، ه.، ۱۳۷۲. چینه شناسی زاگرس، انتشارات سازمان
زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

Alavi, M., 2004. Regional Stratigraphy of the Zagros fold-
thrust belt of Iran and its proforeland evolution.
Amer. J. Sci., 304, 1-20.

Backman, B., Bodis, D., Lahermo, P., Rapant, S., &
Tarvainen, T., 1998. Application of a
groundwater contamination index in Finland and
Slovakia. Environ Geol., 36(1-2), 55-64.

Banoeng-Yakubo, B., Yidana, S. M., Emmanuel, N.,
Akabzaa, T., Asiedu, D., 2009. Analysis of
groundwater quality using water quality index
and conventional graphical methods: the Volta
region, Ghana. Environ Earth Sci, 59, 867-879.

Battaleb-Looie, S., Moore, F., Jafari, H., Jacks, G.,
Ozsvath, D., 2012. Hydrogeochemical evolution
of groundwaters with excess fluoride
concentrations from Dashtestan, South of Iran.
Environ Ear Sci, 67, 1173.

EPA., 1998. National environmental methods index. EPA
methods 340.1, 340.2, and 340.3. U.S.
Environmental Protection Agency.

Mishra, P.C., & Patel, R.K., 2001. Study of the pollution
load in the drinking water of Rairangpur, a small
tribal dominated town of North Orissa. Ind J of
Environ and Ecop, 5(2), 293-298.

نکته قابل توجه در تغییر کیفیت آب زیرزمینی در طی مهر و
موم‌های مختلف شهرستان جم می‌باشد که با وجود کیفیت
مناسب آب در مهر و موم‌های ۸۷ تا ۸۹، به یک‌باره در سال
۱۳۹۰ کیفیت آب بسیار نامناسب شده است. مقایسه کیفیت
آب در شهرستان‌های مختلف، نشان می‌دهد که آب در
شهرستان جم بهترین کیفیت را دارد و پس از آن به ترتیب
شهرستان دشتستان و شهرستان دشتی قرار می‌گیرند.
شهرستان کنگان در مقایسه نامناسب‌ترین کیفیت آب را دارا
می‌باشد. جهت تداوم این تحقیق پیشنهاد می‌شود بررسی
عوامل مؤثر بر آلودگی آب‌های زیرزمینی در هر منطقه از استان
بوشهر مورد مطالعه قرار گیرد و راهکارهای اصلاحی ارائه شود.
همچنین می‌توان اثر راهکارهای اصلاحی را با تحقیق مشابه در
مهر و موم‌های بعد نیز مورد مطالعه قرار داد.

منابع

زارع ابیانه، ح.، ۱۳۹۲. تحلیل مکانی پارامترهای کیفی منابع
آب زیرزمینی دشت همدان-بهار. مجله جغرافیا و
مخاطرات محیطی، دوره ۲، شماره ۸، ۶۵-۸۶.

دشتی برمکی، م.، رضایی، م.، و صابری نصر، ا.، ۱۳۹۳.
مطالعات هیدروژئوشیمی و ارزیابی تغییرات کیفیت
آب‌های زیرزمینی دشت سنگان-خواف با استفاده
از شاخص GQI. دانش آب و خاک، دوره ۸، شماره
۲، ۲۱۲۱-۲۱۳۸.

عسگری، ق.، رماوندی، ب.، طرلانی آذر، م.، فدایی نوبندگانی،
ا.، بریزی، ز.، ۱۳۹۴. بررسی کیفیت شیمیایی و
شاخص‌های خوردنگی و رسوب‌گذاری شبکه آب
آشامیدنی شهر بوشهر. مجله طب جنوب. ۱۸
(۲)، ۳۵۳-۳۶۱.

اصغر اصغری مقدم، ا.، جوانمرد ز.، ودیعتی م.، نجیب م.،
۱۳۹۴. ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت
مهربان با استفاده از روش‌های GQI و FGQI. مجله
هیدروژئومورفولوژی، دوره ۱، شماره ۲، بهار ۱۳۹۴،
۷۹-۹۸.

عابری، پ.، همتی، م.، ۱۳۹۳. بررسی وضعیت کیفیت آب
زیرزمینی با استفاده از شاخص کیفی آب زیرزمینی
GWQI: مطالعه موردی دشت دهگلان، سیزدهمین

- index as an assessment and communication tool in agroenvironmental policies– Two Portuguese case studies. J of Hydrol (Amsterdam), 327, 578–591.*
- Stigter, T. Y., Ribeiro, L., & Carvalho Dill, A. M. M., 2006b. Evaluation of an intrinsic and a specific vulnerability assessment method in comparison with groundwater salinisation and nitrate contamination levels in two agricultural regions in the south of Portugal. *J of Hydro*, 14(1–2), 79–99.
- Stocklin, J., 1968. Structural history and tectonics of Iran; a review. *AAPG Bulletin*, 52(7), 1229–1258.
- SubbaRao, N., 1997. Studies on water quality index in hard rock terrain of Guntur district, Andhra Pradesh, India. *National Seminar on Hydrology of Precambrian Terrains and hard rock areas*, 129-134.
- Tiwari, T.N., & Mishra, M.A., 1985. A preliminary assignment of water quality index of major Indian rivers. *IndJ of Environ Proc*, 5, 276-279.530.
- Naik, S., & Purohit, K.M., 2001. Studies on water quality of river Brahmani in Sundargarh district. Orissa. *Indian Journal of Environment and Ecoplan*, 5(2), 397-402.
- Ramakrishnaiah, C. R., Sadashivaiah, C., and G., Ranganna, G., 2009. Assessment of water quality index for the groundwater in Tumkur Taluk, Karnataka State, India. *E-J of Chem*, 6(2), 523-530.
- Saeedi, M., Ozeair, A., Sharifi, F., Hamed Meraji., 2009. Development of groundwater quality index, Springer Science, *Journal of Environ Monit Assess*, 163(1-4).327-335.
- Singh, D.F., 1992. Studies on the water quality index of some major rivers of Pune, Maharashtra. *ProcAcad Environ Biol*, 1(1), 61-66.
- Soltan, M. E., (1999). Evaluation of groundwater quality in Dakhla Oasis (Egyptian Western Desert). *Environ Moni and Assess*, 57(2), 157–168.
- Stambuk-Giljanovic, N., 1999. Water quality evaluation by index in Dalmatia. *Wat Res*, 33(16), 2440– 3423.
- Stigter, T. Y., Ribeiro, L., & Carvalho Dill, A. M. M., 2006a. Application of a groundwater quality