نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و یکم، شماره۶۲، پاییز ۱۴۰۰

ارزیابی کیفیت منابع آبی از نظر شرب، کشاورزی و صنعت در آبخوان کارستی روئین اسفراین استان خراسان شمالی

دریافت مقاله: ۹۷/۶/۹ **پذیرش نهایی**: ۹۸/۱/۲۸

صفحات: ۹۳-۷۳

محمد معتمدی راد: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
Email: m59.motamedirad@gmail.com
لیلا گلی مختاری: استادیار ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران [۱]
Email: L.mokhtari@hsu.ac.ir
شهرام بهرامی: دانشیار ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران، سبزوار، ایران
Email: sh_Bahrami@sbu.ac.ir
محمد علی زنگنه اسدی: دانشیار ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
Email: Ma.zanganehasadi@hsu.ac.ir

چکیده

منابع آب زیرزمینی مهمترین بخش از آب‌های شیرین قابل استفاده و در دسترس بشر به حساب می‌آید. پژوهش حاضر به بررسی و ارزیابی کیفیت منابع آبی حوضه کارستی روئین اسفراین می‌پردازد. بدین منظور نمونه‌برداری از منابع آب (۲۰ نمونه) به عمل آمد و کیفیت آب زیرزمینی منطقه از لحاظ شرب، کشاورزی و صنعت با استفاده از نمودار شولر، ویلکوکس و روش لانژلیه و شاخص‌های WQI[۲] و GQI[۳] مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به نتایج آنالیز نمونه‌های برداشت شده و نمودار شولر، بیشتر آب چشمه‌های منطقه در رده خوب برای شرب قرار گرفتند. نتایج حاصل از نمودار ویلکوکس نشان داد که فقط نمونه‌های S7 (چشمه زرگرا)، نمونه S6 (چشمه قرنگ زوچه) و نمونه S20 (رودخانه در خروجی حوضه)دارای آب شور ولی قابل استفاده برای کشاورزی و بقیه مناسب برای کشاورزی بودند. جدول کیفیت آب چشمه‌های منطقه از لحاظ مصارف صنعتی نیز نشان داد کلیه نمونه‌های آب منطقه به جز چشمه سنگوا که دارای آب با خاصیت رسوبگذار می‌باشد، دارای خاصیت خورنده می‌باشند. شاخص WQI نیز نشان از کیفیت مناسب تمامی نمونه‌های برداشت شده از لحاظ شرب می‌باشد و فقط آب سطحی خروجی حوضه که WQI آن بالاتر از ۵۰ می‌باشد در رده خوب قرار می‌گیرد. بررسی مکانی و پهنه‌بندی کیفیت آب شرب از شاخص GQI نیز صورت گرفت که مقدار شاخص کیفی GQI در منطقه برای نمونه‌ها از۹۳/۴۲ تا ۹۵/۸۷ متغیر بوده است. لذا می‌توان گفت هر چند که کمترین میزان کیفیت نمونه‌ها مربوط به آب سطحی خروجی حوضه می‌باشد، ولی این مقدار کیفیت نیز در رده کیفیت مناسب قرار می‌گیرد. لذا در مجموع تمامی منابع آبی منطقه مورد مطالعه از نظر استانداردهای آب آشامیدنی در رده کیفیت مناسب قرار می‌گیرند.

کلید واژگان: آب زیرزمینی، شولر ، ویلکوکس، لانژلیه، WQI، GQI.

---

۱. **نویسنده مسئول:** سبزوار، دانشگاه حکیم سبزواری، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، گروه ژئومورفولوژی

۲ - Water Quality Index

3 - groundwater quality index

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73]

مقدمه

آب به عنوان ماده حیات از دیر باز برای بشر حائز اهمیت بوده است. در طول تاریخ تمدن و شهرهای مختلفی در کنار رودها و منابع آب شیرین به وجود آمده اند. این امر موجب رونق کشاورزی و کسب کار گردیده است. از زمان انقلاب صنعتی و توسعه روز افزون شهرها و بالا رفتن جمعیت مصرف آب افزایش یافته است. با توجه به این‌که منابع آب زیرزمینی از مهمترین و ارزان‌ترین منابع آب به شمار می‌روند، شناخت صحیح و با کیفیت مناسب منابع آبی، می‌تواند در توسعه پایدار فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی یک منطقه، به ویژه درمناطق خشک و نیمه خشک، نقش بسزایی داشته باشد.

کیفیت آب زیرزمینی یکی از جنبه‌های هیدروژئوشیمیایی می‌باشد که درباره توصیف شیمیایی آب، توزیع مکانی انواع متشکله‌های شیمیایی و قابلیت مصرف آب برای اهداف مختلف مانند مصارف شرب، کشاورزی و صنعت بحث می‌نماید(آلی[1]، ۱۹۹۳: ۵). اگر زیر سطح زمین به عنوان یک سامانه در نظر گرفته شود، کیفیت آب خروجی از این سامانه تابع کیفیت آب ورودی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سامانه، زمان عبور یا توقف آب در سامانه، واکنش‌های شیمیایی بین سامانه و آب در طول مسیر حرکت و ورود و اختلاط سایر آب‌ها به سامانه است. آلودگی‌های ناشی از سازندهای زمین شناسی، چشمه‌های معدنی و منابع آب‌های شور می‌تواند باعث پایین آمدن سطح کیفی آب و آلودگی آن گردد(میسرا[2] و همکاران، ۲۰۰۹: ۳۲). بر این اساس ارزیابی کیفیت آب مهم می‌باشد. ارزیابی کیفیت آب‌های زیر زمینی چشم‌انداز روشنی به مدیران و متخصصان برای ارزیابی روند کیفیت و خطر آلودگی منابع آب می‌دهد. آب‌های زیرزمینی جهت مصارف مختلف باید دارای شاخص‌های کیفی متعددی مانند خواص فیزیکی، شیمیایی و ... باشد. به عبارتی کیفیت آب بر اساس متغیرهای فیزیکی و شیمیایی که در ارتباط با نوع استفاده از آب می‌باشند، تعریف می‌شود(بابیکر[3] و همکاران، ۲۰۰۷: ۷۰۰). یکی از این شاخص‌ها مقدار غلظت یون‌های اصلی در آب می‌باشد که حد مجاز آن توسط بهداشت جهانی[4] مشخص شده است(بابامیر و همکاران، ۱۳۹۱: ۱؛ تامپسون[5] و همکاران، ۲۰۰۷: ۸۲).

مطالعات بسیاری در نقاط مختلف جهان بر روی ارزیابی کیفیت منابع آب با استفاده از شاخص‌های WQI و GQI صورت گرفته است که از جمله می‌توان به بابیکر و همکاران(۲۰۰۷) در حوضه ناسانو ژاپن، راماکریشنا[6] و همکاران(۲۰۰۹) در تامکورتالوک هند، کومار[7] و همکاران(۲۰۱۰) در منطقه آندراپرادش هند، رضا و سینک[8](۲۰۱۰) در اوریسای هند، لاتا و رائو[9](۲۰۱۰) در ویساخپتنام هند، هریس[10] و همکاران(۲۰۱۱) در جنوب هند، وندا[11] و همکاران(۲۰۱۵) در افریقای جنوبی، هوو[12] و همکاران(۲۰۱۶) در رود زرد چین، سنر[1] و

1 - Alley
2 - Misra
3 - Babiker
4 - WHO
5 - Thompson
6 - Ramakrishnaiah
7 - Kumar
8 - Reza and Sing
9 - Latha and Rao
10 - Haris
11 - Wanda
12 - Hou

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73]

همکاران(۲۰۱۷) در رودخانه آکسو جنوب غربی ترکیه، اویید و عابد[۲](۲۰۱۷) در رودخانه الغراف عراق، وو[۳] و همکاران(۲۰۱۸) در حوضه دریاچه تایهو چین اشاره نمود.

در ایران نیز در این زمینه مطالعاتی صورت گرفته است که به عنوان نمونه می‌توان کارهای انجام گرفته توسط آریافرد و همکاران(۱۳۸۸) در دشت خواف-سنگان، رحمانی و همکاران(۱۳۹۰) در آبخوان ایذه-پیون، جوکار و همکاران(۱۳۹۰) در آهودشت، صیاد و محمدزاده(۱۳۹۱) در آبخوان درگز، عزیزی و محمد زاده در آبخوان آهودشت، بابامیر و همکاران(۱۳۹۱) در دشت دزفول- اندیمشک، نصرآبادی و همکاران(۱۳۹۲) در تهران، نیک پیمان و محمدزاده(۱۳۹۲) در آبخوان مشهد، خدابخشی و همکاران(۱۳۹۳) با استفاده از شاخص GQI در سفید دشت، دشتی برمکی و همکاران(۱۳۹۳) در آبخوان لنجانات، استواری و همکاران(۱۳۹۴) در دشت لردگان و عباسی و حیدری(۱۳۹۴) در حوضه شمالی استان ایلام را نام برد. همچنین رستم زاده و همکاران(۱۳۹۴) با استفاده از ترکیب مدل‌های زمین آماری و تصمیم‌گیری چندمعیاری، تغییرات کیفیت آب زیرزمینی قابل شرب در پهنه‌های جمعیتی دشت اردبیل را مورد بررسی قرار دادند. دبیری و همکاران(۱۳۹۵) تغییرات کیفیت آب-های زیر زمینی دشت سنگان -خواف را با استفاده از شاخص GQI ارزیابی نمودند. اصغری سراسکانرود و همکاران(۱۳۹۵) تأثیر عناصر سنگین بر کیفیت آب‌های استحصالی شهر خرم‌آباد را با استفاده از استانداردهای(ملی، سازمان بهداشت جهانی و EPA) بررسی کردند. یوسفی و نوربخش(۱۳۹۶) ارتباط متغیرهای محیطی و کیفیت آب زیرزمینی در دشت تجن استان مازندران را مدل سازی نمودند. نتایج حاکی از آن بود که مدل‌ها از اعتبار و قابلیت پیش‌بینی لازم برخوردارند و تنها ۱۴٪ از مساحت منطقه دارای کلاس کیفی متوسط و ضعیف بوده اما بیش از ۵۰٪ چاه‌های شرب در همین مساحت حفر شده‌اند. اسلامی و همکاران(۱۳۹۶) در مطالعه‌ای با هدف ارزیابی منابع آب زیر زمینی استان کرمان به کمک شاخص کیفیت آب (WQI) به این نکته اشاره نمودند که اکثر مناطق مورد مطالعه دارای شرایط نامطلوب از نظر شاخص WQI می‌باشند و نیاز به تصفیه برای مصارف آشامیدن ضروری است. حمیدیان و همکاران (۱۳۹۶) کیفیت آب زیر زمینی استان بوشهر را با استفاده از شاخص کیفی آب مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه بدست آمده حاکی از این بود که روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در استان منفی است. از آنجا که در استان خراسان شمالی و به ویژه دامنه جنوبی آلاداغ- بینالود فعالیت چندانی در زمینه ارزیابی کیفیت منابع آب صورت نگرفته است، آبخوان کارستی روئین اسفراین انتخاب و کیفیت آب زیرزمینی منطقه از لحاظ شرب، کشاورزی و صنعت با استفاده از نمودار شولر، ویلکوکس و روش لانژلیه و شاخص‌های WQI و GQI ارزیابی گردید.

1 - Şener
۲ - Ewaid and Abed
۳ - Wu

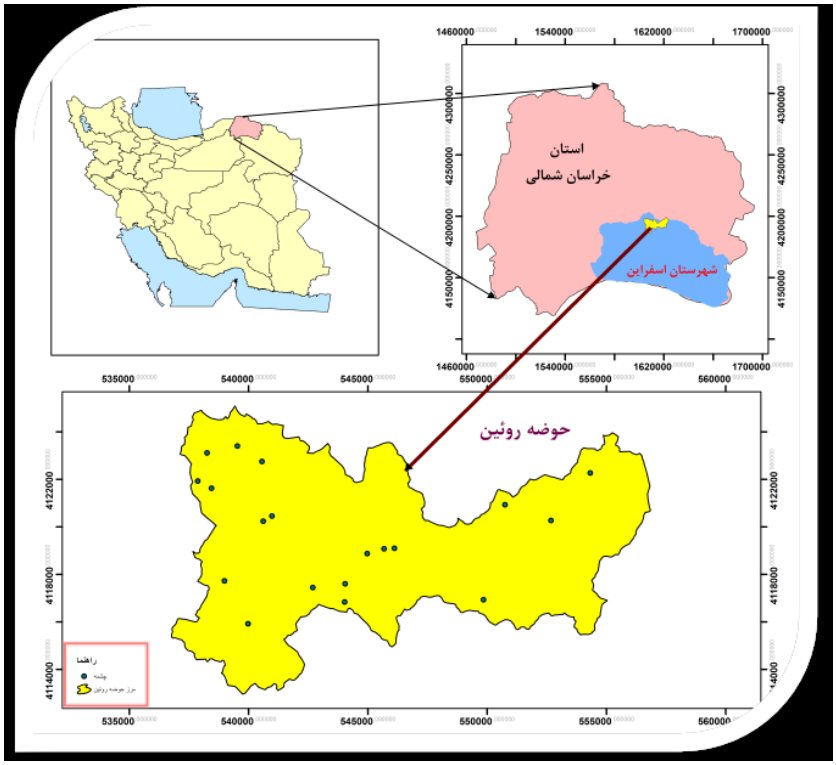
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73]

روش تحقیق

موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز روئین در شمال شهرستان اسفراین در محدوده در محدوده طول‌های "۵۲ '۲۴ °۵۷ الی "۲۵ '۳۸ °۵۷ شرقی و عرض‌های "۴۰ '۰۹ °۳۷ الی "۲۳ '۱۶ °۳۷ شمالی واقع شده است. در منطقه مطالعاتی سه روستا به نام‌های عراقی، محمودی و روئین واقعند. این منطقه از غرب به روستای کلات اسفراین، از جنوب به روستاهای امین آباد و سست و از شمال غرب به روستای پاکتل از توابع شهرستان بجنورد منتهی می‌گردد. به منظور دستیابی به منطقه مطالعاتی، پس از طی مسافت ۲۰ کیلومتر در محور ارتباطی اسفراین- بجنورد در سمت راست جاده راه ارتباطی روستای رویین واقع شده که از این نقطه پس از طی یک کیلومتر نقطه خروجی حوضه آبخیز روئین نمایان می‌شود. راه ارتباطی بین روستاهای روئین و محمودی آسفالته و از محمودی تا روئین شوسه بوده و دیگر راه‌های ارتباطی درون محدوده مطالعاتی خاکی می‌باشند که بدلیل پراکنش نامناسب، دسترسی به تمامی نقاط حوضه را با مشکل مواجهه ساخته است. حوضه مذکور در زون البرز شرقی (زون بینالود- آلاداغ) قرار دارد که در آن تنوع سنگ شناسی قابل توجهی مشهود است. در حوضه روئین تعداد ۱۳ واحد چینه سنگی و رسوبات کواترنری رخنمون یافته‌اند که به دوران اول(کامبرین و اردویسین) و دوم (ژوراسیک و کرتاسه) و سوم (پلیوسن تا عهد حاضر) تعلق دارند که شامل: سازند باروت (۰,۳۷ درصد)، سازند میلا (۰,۸۴ درصد)، واحد اردویسین شیرگشت (۰,۵۱ درصد) سازند دلیچای (۷,۳۹ درصد)، سازند شوریجه(۳,۸۱ درصد)، سازند مزدوران (۷۱,۰۱ درصد)، سازند تیرگان (۰,۵۲ درصد)، کنگلومرا و مارن نئوژن (۴,۶۷ درصد)، کنگلومرای نئوژن بالائی (۱,۲۳ درصد)، کنگلومرای جوان (۴,۷۸ درصد)، رسوبات تراس قدیم(۰,۲ درصد)، رسوبات تراس جدید (۴,۴۹ درصد) و واریزه (۰,۱۸ درصد) می‌باشند. این حوضه به لحاظ زمین ساخت کلان و تکتونیک بخشی از زون زمین ساختی آلاداغ- بینالود است که دارای چین خوردگی، گسلش و بهم ریختگی شدیدی است و گسل تراستی یا معکوس بزرگ زاویه در آنها زیاد دیده می‌شود. اقلیم حوضه بر اساس روش آمبرژه نیمه خشک سرد و با توجه به روش دومارتن نیمه خشک می‌باشد. شکل(۱) موقعیت حوضه آبریز روئین را در استان خراسان شمالی نشان می‌دهد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73]



شکل(۱). موقعیت حوضه آبریز روئین اسفراین

پس از شناسایی و تعیین محدوده حوضه آبریز روئین در دامنه جنوبی کوه‌های آلاداغ-بینالود، بر اساس نقشه‌های توپوگرافی نقشه های توپوگرافی (۱:۵۰۰۰۰حوضه آبخیز مورد مطالعه یعنی (I و II ۷۶۶۴) و نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ به نامهای درصوفیان (7464 I SE)، محمودی(7464 II NE)، سست(7564 III NW))، خطوط منحنی میزان با استفاده از نرم‌افزار GIS رقومی گردید و اطلاعات توپوگرافی مانند سطوح ارتفاعی و شیب توپوگرافی استخراج گردید. همچنین جهت استخراج اطلاعات زمین شناسی منطقه از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه استفاده گردید. سپس جهت شناخت کیفیت آب زیرزمینی منطقه مطالعاتی، ۱۹ چشمه شناسایی و از هر چشمه یک نمونه ۲۵۰ گرمی آب به روش نمونه برداری لحظه‌ای و با استفاده از ظروف شیشه‌ای قابل استرل کردن و یک نمونه آب سطحی خروجی حوضه برداشت شد. قابل ذکر است که همزمان با نمونه‌گیری، پارامترهای EC، pH و دمای آب چشمه‌ها نیز اندازه‌گیری شده است. سپس خصوصیات شیمیایی و عناصر و مواد محلول در آب زیرزمینی شامل کلسیم(Ca^{2+})، منزیم(Mg^{2+})، سدیم(Na^{+})، پتاسیم(K^{+})، کلرید(Cl^{-})،کربنات(CO_3^{2-})، بی‌کربنات(HCO^{-})، سولفات(SO_4^{2-})، هدایت الکتریکی(EC)، کل مواد جامد محلول(TDS) و سختی آب(TH) مورد بررسی قرار گرفت. جهت تعیین درجه سختی، کلیسم و منزیم از روش حجم سنجی با استفاده از EDTA، کربنات و بی‌کربنات از اسید سولفوریک ۰,۰۰۲۵ نرمال، کلر از نیترات نقره استفاده شد. همچنین جهت تعیین میزان سدیم و پتاسیم نیز از روش طیف‌سنجی با دستگاه فلم‌فتومتر و

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73]

سولفات از روش کروماتوگرافی و روش وزنی استفاده گردید. آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب، در آزمایشگاه آب شهرستان سبزوار انجام شد.

نتایج

خصوصیات شیمیایی و عناصر و مواد محلول در آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه

بررسی خصوصیات شیمیایی یک نمونه آب، مستلزم تجزیه شیمیایی آن است. تجزیه شیمیایی کامل یک نمونه آب زیرزمینی عبارت است از تعیین غلظت کلیه مواد معدنی موجود در آن.

از آن‌جایی که ترکیب مواد به نسبت وزن اکی والان گرم آن‌ها صورت می‌گیرد، بنابراین در آزمایش کامل شیمیایی یک نمونه آب وقتی که مقادیر بر حسب میلی اکی والان گرم در لیتر یا epm بیان شود، مجموع مقادیر آنیون ها و کاتیون ها باید مساوی باشد.

آب همواره به مقدار کم یا زیاد حاوی عناصر و نمک‌های محلول است، حتی آب باران نیز که وارد زمین می‌شود کاملاً خالص نیست و حاوی مقدار بسیار کمی از نمک‌های محلول است(صداقت،۱۳۸۷: ۲۶). انواع و غلظت عناصر محلول در آب زیرزمینی به سنگ‌ها و موادی که آب با آن‌ها در تماس بوده، سرعت حرکت آب، مسافتی که طی کرده و به منشأ آب بستگی دارد(صداقت،۱۳۸۷: ۲۸). علاوه بر آن بسیاری از عناصر به نسبت میزان حلالیت خود و در صورت موجود بودن در یک ناحیه، به صورت محلول در آب زیرزمینی مشاهده می‌شوند. در مطالعات کیفی منابع آب جهت اهداف مختلف تعیین مقادیر و نوع عناصر محلول در آب از اهمیت خاصی برخوردار است و از نظر کاربردی جهت تعیین نوع و تیپ آب، در طراحی سیستم‌های آبی برای پروژه‌های تأمین آب جهت مصارف شهری، صنعتی و کشاورزی کمک شایانی به متخصصان و مهندسان خواهد کرد. نتایج آنالیز شیمیایی آنها در جدول(۱) ارائه شده است. برای داشتن یک دید کلی از ترکیب شیمیایی آب چشمه‌های مورد بررسی، مقادیر میانگین، حداقل، حداکثر و انحراف از معیار تمامی نمونه‌ها نیز در جدول(۲) و شکل(۲) ارائه شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73]

جدول(۱). نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب برداشت شده از منطقه

نام چشمه	سرخ چشمه	مندک	چاله	درخت لوشی	زربیدان	قرنگ زوچه	زرگرا	چشمه کوه	زو	قره کالی	سنگوا
علائم اختصاری	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
UTM X (m)	۵۳۹۵۲۹	۵۴۰۵۶۲	۵۳۷۸۶۷	۵۳۸۴۴۴	۵۴۰۹۷۸	۵۳۸۹۸۴	۵۳۹۹۷۶	۵۴۴۰۲۸	۵۴۴۹۷۳	۵۳۸۲۵۲	۵۴۰۶۰۹
UTM Y (m)	۴۱۲۳۴۰۲	۴۱۲۲۷۵۰	۴۱۲۱۹۳۰	۴۱۲۱۶۲۸	۴۱۲۰۴۵۶	۴۱۱۷۷۲۴	۴۱۱۵۹۱۸	۴۱۱۶۸۳۵	۴۱۱۸۸۷۰	۴۱۲۳۱۱۱	۴۱۲۰۲۳۹
pH	۱۵۵۲۳	۲۵۰۲۰	۴۳۶۲۳	۴۳۶۲۳	۳۰۱۳۳	۲۳۱۹۳	۴۳۶۶۲	۴۳۴۷۳	۳۰۸۶۴	۱۴۴۲۷	۴۳۶۵۴
EC (uS/cm)	۶۱۱	۴۲۸	۴۷۷	۵۲۶	۳۷۰	۷۶۹	۹۳۵	۳۲۱	۴۰۶	۴۶۹	۵۷۸
TDS (mg/L)	۳۹۱	۲۷۴	۳۰۵	۳۳۷	۲۳۷	۴۹۲	۵۹۸	۲۰۵	۲۶۰	۳۰۰	۳۷۰
CO3-2 (meq/L)	۰	۰	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰	۰/۱	۰/۱	۰	۰/۵
HCO3- (meq/L)	۴۳۷۱۲	۴۳۶۱۹	۴۳۵۰۰	۵	۴۳۶۸۰	۴۳۵۲۸	۴۳۶۸۴	۴۳۷۰۹	۳	۴۳۵۰۰	۴۳۵۲۸
Cl- (meq/L)	۴۳۴۶۶	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۴۳۴۹۷	۴۳۴۶۶	۰/۵	۰/۳	۰/۱	۰/۳
SO4-2 (meq/L)	۰/۷۷	۴۳۴۸۲	۴۳۵۵۶	۰/۹۸	۰/۴۷	۴۳۵۲۶	۲	۴۳۶۴۷	۴۳۴۸۰	۰/۸۴	۴۳۴۸۱
Ca+2 (meq/L)	۴۳۴۷۰	۳	۴۳۴۶۷	۴۳۶۴۸	۴۳۷۰۹	۴۳۴۹۸	۴۳۴۶۹	۴۳۵۸۶	۴۳۵۲۶	۴۳۶۱۹	۴۳۷۰۹
Mg+2 (meq/L)	۴۳۶۶۶	۴۳۴۹۷	۴۳۶۴۸	۴۳۴۹۹	۴۳۷۰۹	۴۳۴۹۸	۴۳۶۸۱	۴۳۴۹۷	۴۳۶۷۸	۴۳۴۶۶	۴۳۷۰۹
Na+ (meq/L)	۰/۴۵	۰/۸۶	۴۳۶۷۸	۰/۴۵	۰/۸۶	۱۷۲۲۷	۳۴۷۰۰	۰/۸۶	۰/۴۴	۰/۴۳	۱۴۲۷۷
K+ (meq/L)	۰/۱۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۷

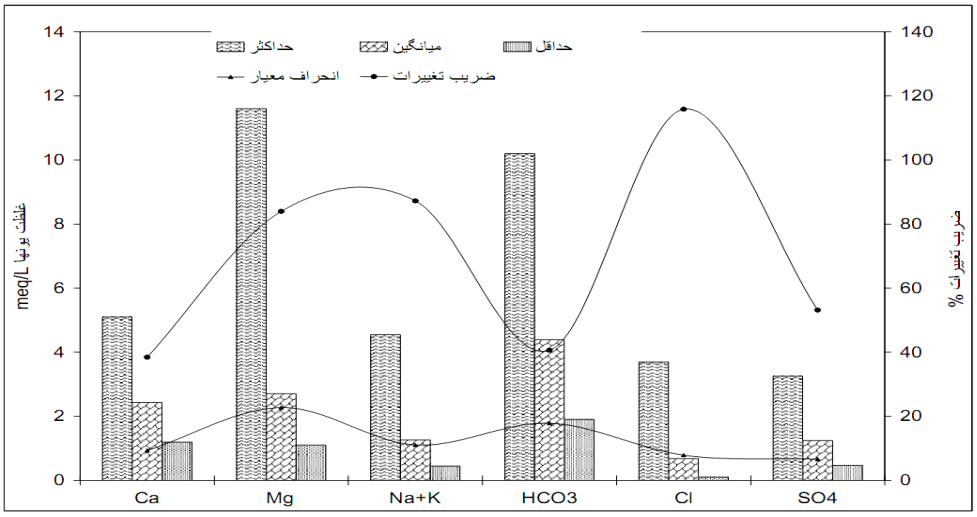
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73] [DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5] [Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]

سر چشمه	بالای میدان	تخت میرزا	سنگی کوه	چاهک	کبک	فرنگ آو	جنی	رودخانه
S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
۵۴۴۰۴۸	۵۵۰۷۴۸	۵۵۴۳۲۴	۵۲۲۶۸۱	۵۴۹۸۴۸	۵۴۶۱۱۳	۵۴۵۶۸۱	۵۴۲۶۸۷	-
۴۱۱۷۵۹۹	۴۱۲۰۹۲۸	۴۱۲۲۲۶۹	۴۱۲۰۲۶۸	۴۱۱۶۹۲۹	۴۱۱۹۰۹۴	۴۱۱۹۰۷۴	۴۱۱۷۴۴۳	-
۲۶۴۸۱	۲۷۵۷۶	۳۱۲۲۹	۲۳۱۹۳	۴۳۷۱۶	۲۶۸۴۶	۳۳۷۸۶	۲۰۲۷۱	۲۶۱۱۵
۳۸۸	۴۹۵	۳۸۵	۵۱۵	۵۴۴	۵۴۱	۴۹۰	۵۹۳	۱۶۰۵
۲۴۸	۳۱۷	۲۴۶	۳۳۰	۳۴۸	۳۴۶	۳۱۳	۳۸۰	۱۰۲۷
۰	۰	۰/۱	۰	۰/۳	۰	۰/۱	۰	۰/۲
۳	۴۳۵۲۸	۴۳۶۷۹	۴۳۶۸۰	۴۳۵۰۰	۴۳۵۸۹	۴۳۶۸۰	۴۳۵۰۰	۴۳۵۰۶
۰/۳	۰/۷	۰/۳	۰/۶	۰/۳	۰/۴	۴۳۴۶۶	۰/۵	۴۳۶۴۹
۴۳۴۸۱	۰/۵۴	۰/۸۴	۴۳۴۶۶	۴۳۷۷۰	۰/۹۳	۰/۷۳	۳۰۳۱۷	۴۳۵۴۹
۴۳۴۶۷	۴۳۷۱۰	۴۳۶۷۸	۴۳۴۹۸	۴۳۴۹۸	۴۳۶۴۷	۴۳۶۷۸	۴۳۵۲۶	۴۳۴۹۷
۴۳۷۰۹	۴۳۴۹۸	۴۳۶۷۸	۴۳۶۱۸	۴۳۵۵۷	۳	۴۳۵۵۷	۴۳۴۶۸	۱۲
۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۶۵	۴۳۵۲۵	۴۳۶۷۸	۱۸۹۹۴	۴۳۶۷۸	۱۲۵۱۰
۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۲۱

[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73] [DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5] [Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]

جدول(۲). مشخصه های آماری مؤلفه های مختلف شیمیایی نمونه‌های آب برداشت شده از منطقه (مقادیر بر حسب میلی اکی والان بر لیتر می باشند)

پارامتر	EC	T.D.S	PH	Ca	Mg	Na	K	HCO3	CO3	Cl	SO4
تعداد نمونه	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
میانگین حسابی	۵۷۲/۳	۳۶۶/۲	۷/۷۴	۲/۴۳	۲/۷۱	۱/۲۳	۰/۰۴	۴/۳۹	۰/۰۹	۰/۶۸	۱/۲۴
انحراف معیار	۲۸۰/۹۷	۱۷۹/۸۵	۰/۳۱	۰/۹۳	۲/۲۷	۱/۰۷	۰/۰۵	۱/۷۸	۰/۱۳	۰/۷۹	۰/۶۶
ضریب تغییرات (٪)	۴۹/۰۹	۴۹/۱۱	۴/۰۱	۳۸/۲۷	۸۳/۷۶	۸۶/۹۹	۱۲۵	۴۰/۵۵	۱۴۴/۴	۱۱۶/۲	۵۳/۲۳
حداکثر	۱۶۰۵	۱۰۲۷/۲	۸/۷	۵/۱	۱۱/۶	۴/۳۴	۰/۲۱	۱۰/۲	۰/۵	۳/۷	۳/۲۵
حداقل	۳۲۱	۲۰۵/۴	۷/۱۶	۱/۲	۱/۱	۰/۴۳	۰/۰۱	۱/۹	۰	۰/۱	۰/۴۷
دامنه تغییرات	۱۲۸۴	۸۲۱/۸	۱/۵۴	۳/۹	۱۰/۵	۳/۹۱	۰/۲	۸/۳	۰/۵	۳/۶	۲/۷۸



شکل(۲). نمودار خلاصه پارامترهای آماری آنالیز شیمیایی نمونه های آب

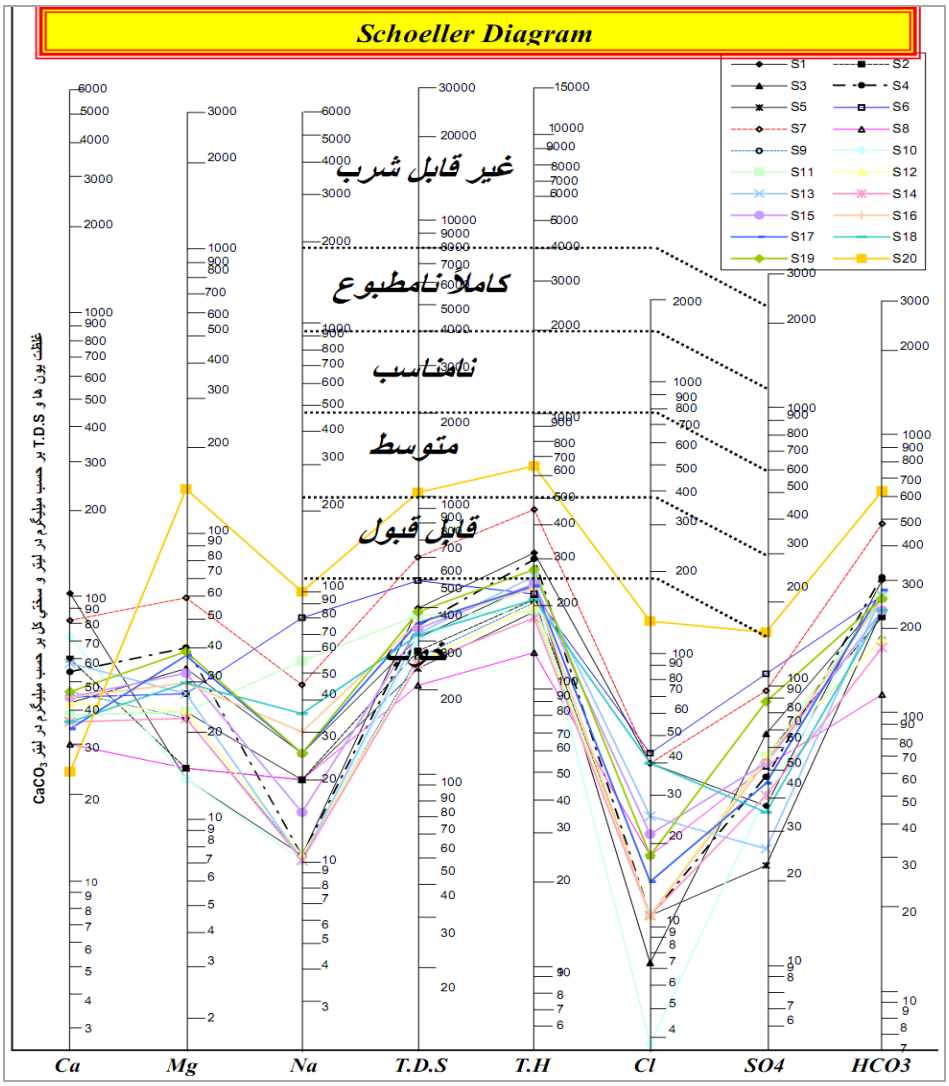
قابلیت مصرف آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

تعیین کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف مختلف به معیارها و استانداردهای کیفی آب بستگی دارد و تنـــها از طریق استـاندارد‌های موجود می‌توان آب‌های با کیفیت خوب را از آب‌های با کیفیت بد متمایز کرد. لازم به ذکر است که کیفیت امری نسبی است و استانداردهای تعیین شده از سوی سازمان‌های مختلف، بسته به شرایط اقلیمی، اقتصادی، جغرافیایی و غیره با یکدیگر تفاوت دارند. به همین علت نمی‌توان برای تمامی نقاط جهان و افراد، یک استاندارد مطلوب را تعیین نمود. در این پژوهش از نمودارهای ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی منطقه جهت مصارف شرب، کشاورزی و صنعت شامل شولر، ویلکوکس و روش لانژلیه و شاخصهای WQI و GQI استفاده شده است که در ذیل به شرح آن می‌پردازیم.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73]

ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی منطقه از لحاظ شرب

در مطالعات کیفیت آب زیرزمینی برای طبقه‌بندی آب از نظر شرب معمولا از نمودار شولر استفاده می‌شود. برای تعیین قابلیت شرب یک نمونه آب از استانداردهای مختلفی مانند موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران استفاده می‌شود. نمودار شولر بر اساس استانداردهای پیشنهادی مرکز علمی و پژوهشی جهان برای تعیین قابلیت شرب بر اساس غلظت یون‌های عمده طراحی شده است. این نمودار از نظر سرعت عمل، سهولت مقایسه و نشان دادن تعداد زیادی نمونه در ایران بیشتر معمول است. به منظور ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، نمودار شولر نمونه‌های آب منطقه را با استفاده از نرم افزار Aq.QA ترسیم و در شکل(۳) ارائه شده است. با توجه به نتایج آنالیز نمونه‌های برداشت شده و نمودار شولر آب چشمه‌های منطقه از کیفیت خوبی برخوردار می‌باشند.

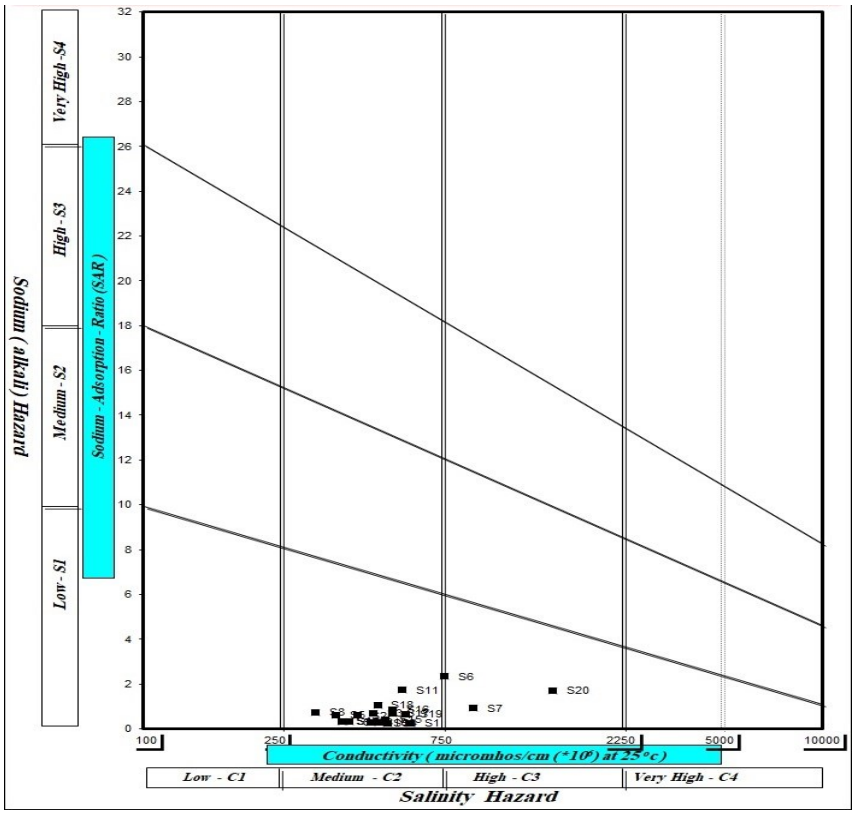


شکل(۳). نمودار شولر آب چشمه‌های منطقه مورد مطالعه

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73]

ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی منطقه از لحاظ کشاورزی

به منظور تقسیم بندی منابع آب در منطقه مورد مطالعه از نظر کیفیت آب برای آبیاری می‌توان از نمودار Wilcox استفاده نمود. این طبقه بندی که در سال ۱۹۴۸ توسط ویل کوکس ارائه گردید، در سه سال بعد یعنی ۱۹۵۱ توسط نورن تکمیل شد و امروزه روشی بسیار متداول در طبقه‌بندی آب‌ها از نظر کشاورزی است (مهدوی،۱۳۸۸: ۱۵۲). نمودار ویلکوکس براساس دو معیار SAR (خطر سدیم) و EC (خطر شوری)، آب آبیاری را به شانزده رده تقسیم بندی می‌کند، به طوری‌که آب‌های رده C1S1 بهترین و آب‌های رده C4S4 بدترین آب برای کشاورزی هستند و بقیه رده‌ها با توجه به موقعیت آن‌ها در نمودار ارزیابی می‌شوند(رستگاری مهر،۱۳۹۰: ۱۴۲). در شکل(۴) نمودار ویلکوکس نمونه‌های آب برداشت شده از منطقه مورد مطالعه ارائه شده است. ارزیابی‌ها نشان داد، بیشتر نمونه ها در محدوده C2-S1 و در رده مناسب قرار گرفته است. جدول(۴) کیفیت آب چشمه‌های منطقه از لحاظ مصارف کشاورزی را نشان می‌دهد. همانطور که در جدول(۴) مشخص است تمامی چشمه ها برای کشاورزی مناسب می باشند به این دلیل که نسبت جذب سدیم (SAR) در آن‌ها کمتر از ۳ است و از آن‌جایی که میزان هدایت الکتریکی (EC) بین ۰ تا ۱۰۰۰ در محدوده عالی و بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ میکرو موس بر سانتیمتر در محدوده خوب قرار می گیرد بجز یک نمونه که در محدوده خوب قرار دارد بقیه نمونه ها برای کشاورزی از نظر هدایت الکتریکی در محدوده عالی قرار دارند.



شکل(۴). نمودار ویلکوکس نمونه‌های آب چشمه‌های منطقه مورد مطالعه

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73]

جدول(۴). کیفیت آب چشمه های منطقه از لحاظ مصارف کشاورزی

محل نمونه‌برداری	علامت اختصاری	SAR	EC	کلاس آب	کیفیت آب برای کشاورزی
سرخ چشمه	S1	۰/۲۶	۶۱۱	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
مندک	S2	۰/۵۹	۴۲۸	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
چاله	S3	۰/۷	۴۷۷	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
درخت لوشی	S4	۰/۲۶	۵۲۶	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
زربیدان	S5	۰/۶۲	۳۷۰	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
قرنگ زوچه	S6	۲/۳۴	۷۶۹	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
زرگرا	S7	۰/۹۲	۹۳۵	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی
چشمه کوه	S8	۰/۷۴	۳۲۱	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
زو	S9	۰/۳۱	۴۰۶	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
قره کالی	S10	۰/۲۸	۴۶۹	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
سنگوا	S11	۱/۷۳	۵۷۸	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
سر چشمه	S12	۰/۳۲	۳۸۸	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
بالای میدان	S13	۰/۲۷	۴۹۵	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
تخت میرزا	S14	۰/۳۲	۳۸۵	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
سنگی کوه	S15	۰/۴۲	۵۱۵	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
چاهک	S16	۰/۸۶	۵۴۴	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
کبک	S17	۰/۷	۵۴۱	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
فرنگ آو	S18	۱/۰۵	۴۹۰	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
جنی	S19	۰/۶۶	۵۹۳	C2-S1	کمی شور – مناسب برای کشاورزی
رودخانه	S20	۱/۷۲	۱۶۰۵	C3-S1	شور - قابل استفاده برای کشاورزی

ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی منطقه از لحاظ مصارف صنعتی

به منظور بررسی کیفیت آب از نظر مصارف صنعتی مهمترین عاملی که در درجه اول اهمیت می‌بایست مد نظر قرار گیرد، PH و PHS (PH اشباع) می‌باشد (صداقت، ۱۳۸۷: ۲۹)، چرا که این عامل می‌تواند نوع آب را از نظر خورندگی یا رسوب‌گذاری مشخص نماید. همچنین برخی آنیون‌ها و کاتیون‌ها نیز دارای اثرات خورندگی یا رسوب‌گذاری بر روی تجهیزات آبکشی چاه‌ها و تاسیسات آبرسانی می‌باشند. خصوصیات شیمیایی آب‌های مصرفی در صنعت نیز بایستی به دقت بررسی شود، چون این ویژگی‌ها در طراحی خطوط آبرسانی، دستگاه‌ها و لوازم صنعتی که در ارتباط مستقیم با آب هستند از اهمیت بسزایی برخوردار است. اثرات مخرب آبها بر قطعات از لحاظ خورندگی و رسوبگذاری مواردی هستند که لازم است مورد توجه قرار گیرند.

به منظور تعیین تأثیر کیفیت آب زیرزمینی بر تأسیسات صنعتی از روش‌های تیل من، لانژلیه و غیره استفاده می‌شود. تیل‌من برای تعیین Phs تعادلی آب فرمول قلیائیت (کل/گاز کربنیک*۳/۰/۶۱* Ph=v-Log) در صورتی‌که Ph آب کمتر از Phs باشد آب خاصیت خورندگی دارد و در صورتی که بیشتر باشد خاصیت رسوبزائی دارد اما مهمترین گرافی که تاکنون برای تعیین Phs اشباع تهیه شده گراف لانژلیه می‌باشد، در این روش با توجه به مقادیر TDS و غلظت یون‌های CO_3 ,HCO_3 ,Ca و دمای آب ابتدا PH اشباع آب زیرزمینی (PHs) محاسبه می‌شود آنگاه شاخص اشباع آب زیرزمینی با استفاده از رابطه PH-PHs محاسبه می‌شود، با توجه به میزان شاخص اشباع آب زیرزمینی، وضعیت نمونه‌های آب از نظر خورندگی و رسوبگذاری مشخص

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73]

می‌شود. جدول(۵) کیفیت نمونه‌های آب چشمه‌های محدوده مورد مطالعه از نظر صنعتی را نشان می‌دهد. همانگونه که در این جدول(۵) مشاهده می‌گردد کلیه نمونه‌های آب منطقه خاصیت خورنده دارند. تنها استثناء چشمه سنگوا بوده که دارای آب با خاصیت رسوبگذار می‌باشد جدول(۵).

جدول(۵). کیفیت آب چشمه‌های منطقه از لحاظ مصارف صنعتی

علائم اختصاری	محل نمونه‌برداری	قلیائیت بر حسب CaO	Ca (mg/l)	ضریب C	PHs	PH	PHs-PH	کیفیت آب برای مصارف صنعتی
S1	سرخ چشمه	۱۵/۰۳	۱۰۲	۱۱/۲۹	۸/۱	۷/۴۲	۰/۶۸	خورنده
S2	مندک	۲۰/۱۷	۶۰	۱۱/۲۸	۸/۲	۷/۶۸	۰/۵۲	خورنده
S3	چاله	۲۵/۶۲	۴۲	۱۱/۲۸	۸/۲	۷/۶	۰/۶	خورنده
S4	درخت لوشی	۱۱/۵۲	۵۴	۱۱/۲۸	۸/۵	۷/۶	۰/۹	خورنده
S5	زربیدان	۲۰/۱۷	۳۸	۱۱/۲۷	۸/۴	۷/۸۲	۰/۵۸	خورنده
S6	قرنگ زوچه	۸۰/۹۸	۴۴	۱۱/۲۹	۷/۷	۷/۶۳	۰/۰۷	خورنده
S7	زرگرا	۴۶/۸	۸۲	۱۱/۳	۷/۷	۷/۱۶	۰/۵۴	خورنده
S8	چشمه کوه	۲۰/۱۷	۳۰	۱۱/۲۷	۸/۵	۸/۰۱	۰/۴۹	خورنده
S9	زو	۱۰/۵۱	۴۶	۱۱/۲۸	۸/۶	۷/۸۴	۰/۷۶	خورنده
S10	قره کالی	۱۰/۲۸	۷۲	۱۱/۲۸	۸/۴	۷/۳۹	۱/۰۱	خورنده
S11	سنگوا	۵۷/۷	۳۸	۱۱/۲۹	۷/۹	۸/۷	-۰/۸	رسوبگذار
S12	سر چشمه	۱۰/۷۴	۴۲	۱۱/۲۸	۸/۶	۷/۷۲	۰/۸۸	خورنده
S13	بالای میدان	۱۰/۲۳	۵۸	۱۱/۲۸	۸/۵	۷/۷۵	۰/۷۵	خورنده
S14	تخت میرزا	۱۰/۲۸	۳۶	۱۱/۲۸	۸/۷	۷/۸۵	۰/۸۵	خورنده
S15	سنگی کوه	۱۶/۹	۴۴	۱۱/۲۸	۸/۴	۷/۶۳	۰/۷۷	خورنده
S16	چاهک	۳۰/۲۹	۴۴	۱۱/۲۸	۸/۲	۸/۰۹	۰/۱۱	خورنده
S17	کبک	۲۶/۷۹	۳۴	۱۱/۲۸	۸/۳	۷/۷۳	۰/۵۷	خورنده
S18	فرنگ آو	۳۵/۳۵	۳۶	۱۱/۲۸	۸/۲	۷/۹۲	۰/۲۸	خورنده
S19	جنی	۲۶/۷۹	۴۶	۱۱/۲۹	۸/۲	۷/۵۵	۰/۶۵	خورنده
S20	رودخانه	۱۰۸/۰۱	۲۴	۱۱/۳۱	۷/۹	۷/۷۱	۰/۱۹	خورنده

بررسی کیفیت آب براساس شاخص WQI

شاخص کیفی WQI برای ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی استفاده می‌گردد(کومار و دیوا[1]، ۲۰۰۹: ۵۳). این شاخص برای اولین بار توسط Miller در سال ۱۹۸۶ به کار برده شد (هان و لیو[2]، ۲۰۰۴: ۹). برای ارزیابی

1 - Kumar and Dua
۲ - Han and Liu

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73]

شاخص فوق از مؤلفه‌های نیترات، سولفات، کلر، سدیم، منیزیم، کلسیم، سختی و مواد محلول در آب استفاده می‌گردد. شاخص فوق از طریق رابطه(۱) بدست می‌آید.

$$WQI = \sum_{I=1}^{8}(\mathrm{Wi} * \mathrm{qi})$$ رابطه(۱)

برای اندازه گیری شاخص کیفیت (qi) برای هرمؤلفه، از رابطه(۲) استفاده می‌گردد.

$$qi = \frac{Ci}{Si} * 100$$ رابطه (۲)

وزن نسبی مؤلفه‌های شیمیایی و استاندارد در جدول(۶) و طبقه بندی کیفیت آب منطقه مورد مطالعه براساس WQI در جدول(۷) آمده است. شاخص WQI برای نمونه های منطقه مورد مطالعه ارزیابی گردید جدول(۸). شاخص WQI برای نمونه‌های آب منطقه مورد مطالعه از ۱۶/۶۷ تا ۷۵/۱ به دست آمد. بررسی‌ها نشان داد، تمامی نمونه های برداشت شده از لحاظ شرب دارای کیفیت بسیار عالی برخوردار می‌باشد و فقط آب سطحی خروجی حوضه که WQI آن بالاتر از ۵۰ می‌باشد، در رده خوب قرار می‌گیرد. نمونه های فوق از چشمه ها (منابع آب زیر زمینی) برداشت گردیده و مناسب برداشت به عنوان آب معدنی می باشد.

جدول(۶). وزن نسبی مؤلفه‌های شیمیایی و استاندارد

مؤلفه شیمیایی	SO4	Cl	Na	Mg	Ca	TH	TDS
WHO	۴۵۰	۲۵۰	۲۰۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۶۰۰
وزن نسبی **Wi**	۰/۱۹۲	۰/۰۷۶	۰/۱۱۵	۰/۱۱۵	۰/۱۱۵	۰/۱۱۵	۰/۱۹۲

جدول(۷). طبقه بندی کیفیت آب منطقه مورد مطالعه براساس WQI (ساهو و سیکدار[1]، ۲۰۰۸؛ ییدانا و ییدانا[2]،۲۰۱۰)

بیش از ۳۰۰	۲۰۰ تا ۳۰۰	۱۰۰ تا ۲۰۰	۵۰ تا ۱۰۰	کمتر از ۵۰	WQI
نا مناسب	خیلی ضعیف	ضعیف	خوب	بسیار عالی	کیفیت آب

جدول(۸). ارزیابی کیفیت آب برای مصارف کشاورزی در منطقه مورد مطالعه

Sample ID	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10
WQI	۳۰/۴۶	۲۱/۴۵	۲۴/۰۹	۲۷/۰۷	۲۰/۷۳	۲۹/۰۳	۴۱/۱۹	۱۶/۶۷	۲۱/۰۳	۲۴/۱۳
Sample ID	W11	W12	W13	W14	W15	W16	W17	W18	W19	W20
WQI	۲۸/۲۱	۱۹/۷۴	۲۳/۹۲	۱۷/۹۹	۲۴/۶۱	۲۶/۳۳	۲۵/۴۱	۲۲/۱۹	۲۷/۷۶	۵۴/۱

ارزیابی کیفیت آب با استفاده از شاخص GQI با استفاده سیستم اطلاعات جغرافیایی

به منظور بررسی مکانی و پهنه بندی کیفیت آب شرب از شاخص GQI استفاده می‌گردد(بابیکر و همکاران، ۲۰۰۷: ۷۰۰). برای این کار از پارامترهای شیمیایی کلسیم، منیزیم، سدیم، کلر، سولفات و مقدار کل مواد جامد محلول استفاده گردیده است. مقادیر عددی این پارامترها را می توان به استانداردهایWHO ارتباط داد. جهت محاسبه شاخصGQI، ابتدا در محیط Arc GIS 10 داده های نقطه ای میانگین ریاضی شش پارامتر شیمیایی

1 - Sahu and Sikdar
2 - Yidana and Yidana

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73]

مذکور توسط IDW[۱] ، درون یابی گردیده و نقشه رستری غلظت تهیه گردید. سپس برای اینکه داده های متفاوت دارای یک مقیاس و معیار مشترک شون، با استفاده از از رابطه(۳) غلظت‌های هر پیکسل (Ci) در نقشه های رستری که در مرحله پیش ایجاد شده بودند، با مقدار استاندارد WHO آن متغیر (CWHO) ارتباط برقرار می‌شود.

$$C = \frac{Ci - CWHO}{Ci + CWHO}$$ رابطه(۳)

نتیجه این یکسان سازی مقیاس ها تولید شش نقشه جدید می‌باشد که ارزش پیکسل های آن ها بین (۱-) و (۱) تغییر می‌کند. سپس نقشه رتبه بندی شده تعین می گردد. در نقشه فوق غلظت ها بین ۱ تا ۱۰ درجه بندی می گردد. برای این کار از رابطه (۴) استفاده می‌گردد(بابیکر و همکاران، ۲۰۰۷: ۷۰۹).

$$\mathbf{r} = (\mathbf{0.5} \times (\mathbf{C} * \mathbf{C}) + \mathbf{4.5} \times \mathbf{C} + \mathbf{5}$$ رابطه(۴)

در نقشه رتبه بندی شده فوق، رتبه ۱ نشان از کیفیت خوب آب زیر زمینی و رتبه ۱۰ نشان از پایین بودن کیفیت آب می‌باشد. همچنین برای آنکه وضعیت کلی کیفیت آب زیرزمینی منطقه با توجه به استاندارد WHO نشان داده شود از شاخص کیفیت آب GQI استفاده می‌گردد. برای این کار از رابطه(۵) استفاده کرده و نقشه رتبه بندی شده GQI ترسیم می‌گردد(بابیکر و همکاران، ۲۰۰۷: ۷۱۰).

$$\mathbf{GQI} = \mathbf{100} - \left[\frac{\mathbf{r_1 w_1 + r_2 w_2 + \cdots + r_6 w_6}}{\mathbf{6}}\right]$$ رابطه (۵)

در این رابطه r رتبه هر پیکسل نامیده میشود و w وزن نسبی هر یک از پارامترها می باشد. برای محاسبه GQI از پارامترهای مختلف میانگین وزنی گرفته می‌شود که پارامترهای با مقدار بیشتر (تفاوت بیشتر با مقدار استاندارد) دارای وزن نسبی و در نتیجه تأثیر گذاری بیشتری می باشند. وزن نسبی هر پارامتر، به مقدار میانگین رتبه بندی آنها (r) بستگی دارد. وزن نسبی از رابطه(۶) بدست می‌آید:

$$\mathbf{w} = \mathbf{mean\ r} + \mathbf{2}$$ رابطه (۶)

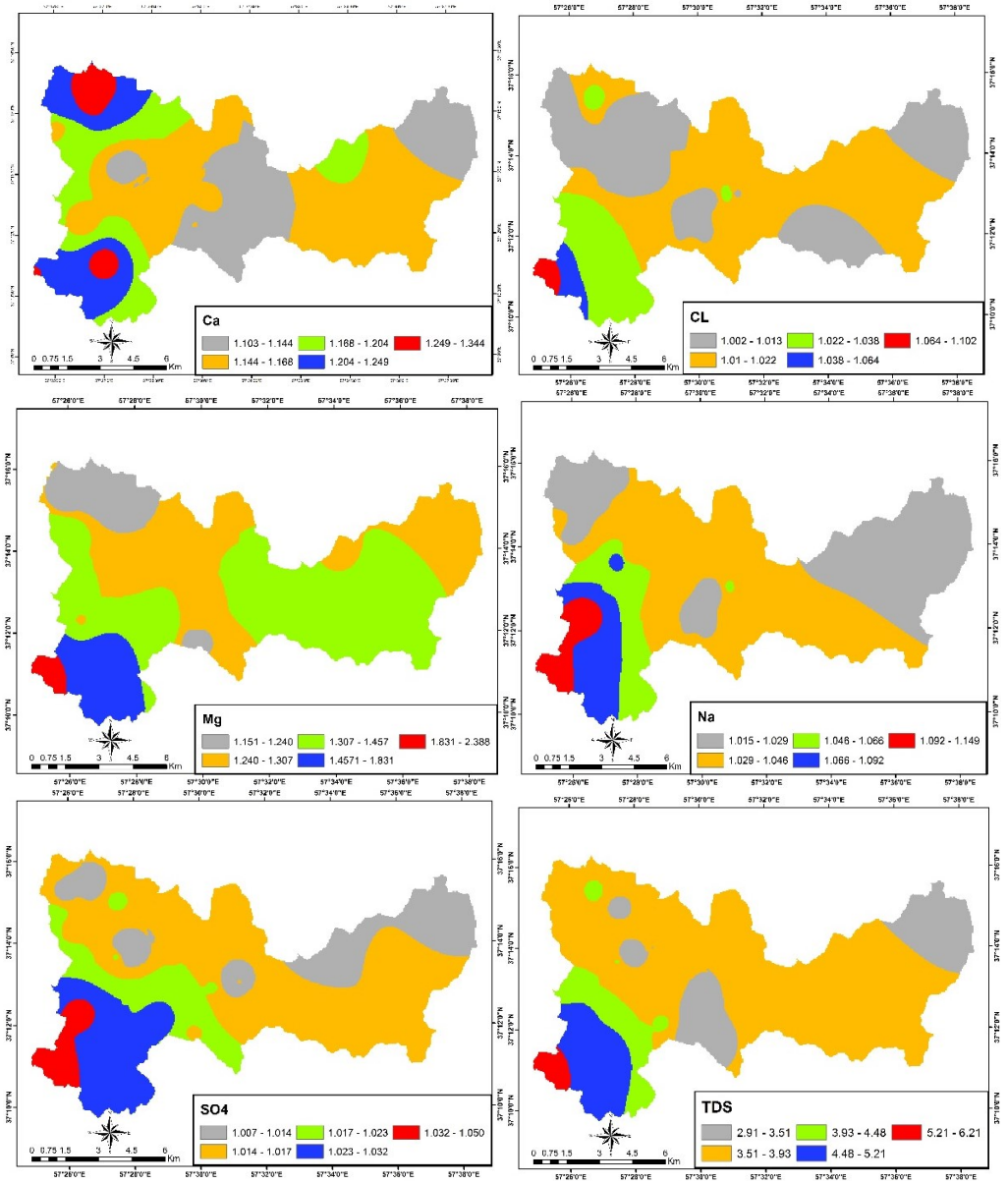
جدول(۹)کیفیت آب بر اساسGQI و شکل(۵) نقشه‌های پهنه‌بندی متغیر های ارزیابی شده را نشان می‌دهد. شکل (۶) نیز نقشه نهایی پهنه‌بندی شاخص GQI را نشان می‌دهد که بر اساس آن تمامی نمونه‌ها در رده کیفیت مناسب قرار می‌گیرند.

جدول(۹).کیفیت آب بر اساس GQI (بابیکر و همکاران، ۲۰۰۷)

کیفیت آب	مناسب	قابل قبول	متوسط	ضعیف	پایین
GQI	۹۱-۱۰۰	۷۱-۹۰	۵۱-۷۰	۲۶-۵۰	۰-۲۵

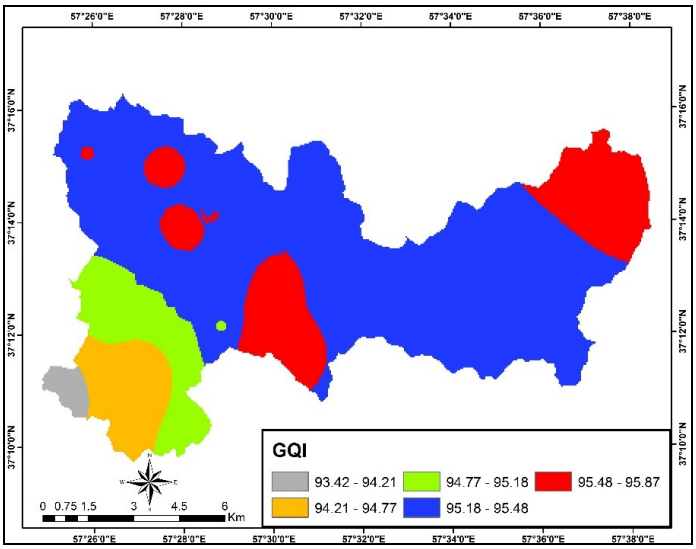
۱ - Inverse Distance Weighted

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73]



شکل(۵). نقشه پهنه‌بندی متغیر های ارزیابی شده

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73]



شکل(۶). نقشه پهنه‌بندی شاخص GQI

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج آنالیز نمونه‌های برداشت شده و نمودار شولر مربوطه، آب چشمه‌های منطقه از کیفیت بسیار خوبی برخوردار می‌باشند. بر اساس دیاگرام شولر آب اغلب این چشمه‌ها در رده خوب برای شرب قرار می‌گیرند و جهت شرب مناسب می‌باشند. فقط نمونه آب S_7 که مربوط به چشمه زرگرا می‌باشد، در رده قابل قبول قرار می‌گیرد که از کیفیت کمتری نسبت به سایر چشمه‌ها برخوردار است. آب رودخانه (S_{20}) نیز دارای کیفیت متوسط از لحاظ شرب می‌باشد. نتایج حاصل از نمودار ویلکوکس نشان می‌دهد که نمونه S_7 (چشمه زرگرا) بیشترین خطر شوری را داشته و در رده C_3S_1 قرار می‌گیرد. نمونه S_6 (چشمه قرنگ زوچه) نیز که در مرز رده‌های C_3S_1 و C_3S_2 قرار می‌گیرد، نیز نسبت به سایر نمونه‌های از کیفیت کمتری برخوردار است. آب بقیه چشمه‌ها در رده خطر متوسط شوری (C2) و خطر سدیم کم (S1) قرار می‌گیرند و کیفیت آن‌ها برای مصرف کشاورزی مناسب می‌باشد. نمونه S_{20} (رودخانه در خروجی حوضه) نیز که در رده C_3S_1 واقع شده بدترین کیفیت آب را از نظر مصرف کشاورزی دارد. بدین ترتیب آب چشمه‌های قرنگ زوچه و زرگرا، شور- قابل استفاده برای کشاورزی بوده و برای بقیه چشمه‌ها کمی شور-مناسب برای کشاورزی می‌باشد. نمونه آب رودخانه نیز شور- قابل استفاده برای کشاورزی می‌باشد.

کیفیت آب چشمه‌های منطقه از لحاظ مصارف صنعتی نیز نشان می‌دهد کلیه نمونه‌های آب منطقه خاصیت خورنده دارند. تنها استثناء چشمه سنگوا بوده که دارای آب با خاصیت رسوبگذار می‌باشد. محاسبه شاخص WQI نیز نشان می‌دهد که تمامی نمونه‌های برداشت شده از لحاظ شرب و مناسب برداشت به عنوان آب معدنی می‌باشد و فقط آب سطحی خروجی حوضه که WQI آن بالاتر از ۵۰ می‌باشد، در رده خوب قرار می‌گیرد. نتایج شاخص GQI به منظور پهنه‌بندی کیفیت آب شرب نشان می‌دهد که میزان غلظت عناصر در جنوب غربی و به ویژه خروجی حوضه دارای کیفیت کمتری می‌باشد که به دلیل تاثیرات فعالیت‌های انسانی بر

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73]

کیفیت منابع آبی می‌باشد. همچنین این امر باعث گردیده میزان غلظت TDS نیز در این بخش بالا باشد. براساس محاسبات انجام شده مقدار شاخص کیفی GQI در منطقه برای نمونه‌ها از۹۳/۴۲ تا ۹۵/۸۷ متغیر بوده است. لذا می‌توان گفت هر چند که کمترین میزان کیفیت نمونه‌ها مربوط به آب سطحی خروجی حوضه می‌باشد ولی این مقدار کیفیت نیز در رده کیفیت مناسب قرار می‌گیرد لذا در مجموع تمامی منابع آبی منطقه مورد مطالعه از نظر استانداردهای آب آشامیدنی در رده کیفیت مناسب قرار می‌گیرند. بطور کلی بر اساس ارزیابی کیفیت آب از نظر شرب، کشاورزی و صنعت با استفاده از نمودار شولر، ویلکوکس و روش لانژلیه و شاخص‌های WQI و GQI می‌توان کیفیت آب حوضه مطالعاتی را مناسب جهت شرب، کشاورزی و صنعت عنوان نمود.

منابع

استواری، یاسر، بیگی هرچگانی، حبیب الله و حشمتی، سیده سمیرا. (۱۳۹۴). **ارزیابی کیفیت شرب آبزیر زمینی دشت لردگان با استفاده از شاخص GWQI در محیط GIS** ، مجله سنجش از دور و GIS ایران، ۷(۲): ۱۲۰-۱۰۷.

اسلامی، فاطمه، شکوهی، رضا، مظلومی، سجاد، درویش متولی، محمد و سالاری، مهدی. (۱۳۹۶). **ارزیابی شاخص کیفیت آب (WQI) منابع آب زیرزمینی استان کرمان در سال ۱۳۹۴**، فصلنامه سلامت محیط و کار، ۳(۱): ۴۸-۵۸.

اصغری سراسکانرود، صیاد، دولتشاهی، زینب و پوراحمد، مهدی. (۱۳۹۵). **بررسی تأثیر عناصر سنگین بر کیفیت آب‌های استحصالی شهر خرم‌آباد با استفاده از استانداردهای (ملی، سازمان بهداشت جهانی و EPA)**، فصلنامه هیدروژئومورفولوژی،۳(۹): ۴۱-۲۱.

آریافر، احمد، دولتی ارده جانی، فرامرز، محوی، محمد رضا و کیانوش، پوریا. (۱۳۸۸). **استفاده از شاخص کیفی آب و شاخص اشباع برای ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی در دشت خواف – سنگان**، سومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، ۸-۱.

بابامیر، راضیه، چیت سازان، منوچهر و میرزایی، سید یحیی. (۱۳۹۱). **ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب با استفاده از شاخص(GQI) Groundwater Quality Index در دشت دزفول–اندیمشک**، شانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه شیراز، صص ۸-۱.

جوکار، کرامت، کلانتری، نصرالله، رحیمی، محمد حسین، رحمانی، غلامرضا و جوکار، اسماعیل. (۱۳۹۰). **ارزیابی کیفیت شرب آبخوان آهودشت با استفاده ا GQI** ، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ۹-۱.

حمیدیان، لیلا، معراجی، سید حامد، فیجانی، الهام و بطالبلویی، صدیقه. (۱۳۹۶). **ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی استان بوشهر با استفاده از شاخص کیفی آب**، مجله هیدروژئولوژی، ۲ (۱): ۴۴-۳۱.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73]

خدابخشی، نسترن، اسدا ...فردی، غلامرضا و حیدرزاده، نیما. (۱۳۹۳). **ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی آبخوان سفید دشت با استفاده از GIS و شاخصGQI**، پانزدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، دانشگاه ارومیه، ۸-۱.

دبیری، رحیم، بخشی مزده، مرجان و ملایی، حبیب. (۱۳۹۵). **مطالعات هیدروژئوشیمی و ارزیابی تغییرات کیفیت آبهای زیر زمینی دشت سنگان -خواف با استفاده از شاخص GQI**، نشریه دانش آب و خاک، ۲۶(۴,۲): ۳۲۵-۳۳۶.

دشتی برمکی، مجید، رضایی، محسن و صابری نصر، امیر. (۱۳۹۳). **ارزیابی شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GQI) در آبخوان لنجانات با استفاده سیستم اطلاعات جغرافیایی**، نشریهٔ زمین شناسی مهندسی، ۸(۲): ۲۱۲۱-۲۱۳۸.

رحمانی غلامرضا، چیت سازان، منوچهر، زارع صفت، مجتبی و کلانتری، نصراله .(۱۳۹۰). **ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت ایذه پیون از نظر شرب با استفاده از GIS** ، همایش ملی ژئوماتیک ۹۰ ، سازمان نقشه برداری کشور، ۹-۱.

رستگاری مهر، میثم. (۱۳۹۰). **مطالعه زمین‌شیمی زیست‌محیطی فلزات‌سنگین در آب و رسوبات بخشی از رودخانه زاینده‌رود (شعاع ۵۰ کیلومتری از مرکز شهر اصفهان)**، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.

رستم‌زاده، هاشم، نیکجو، محمد رضا، اسدی، اسماعیل و جعفرزاده، جعفر. (۱۳۹۴). **توان سنجی تغییرات کیفیت آب زیر زمینی قابل شرب در پهنه‌های جمعیتی دشت اردبیل با استفاده از ترکیب مدل‌های زمین آماری و تصمیم‌گیری چندمعیاری در محیط GIS** ، فصلنامه هیدروژئومورفولوژی،۱(۳): ۶۰-۴۳.

صداقت، محمود (۱۳۸۶) **زمین و منابع آب(آب‌های زیرزمینی)**، انتشارات دانشگاه پیام نور، ص ۲۸۵.

صیاد، حامد، محمد زاده، حسین و ولایتی، سعداله. (۱۳۹۰). **ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی آبخوان درگز از نظر شرب با استفاده از نمودار شولر و شاخص GQI** ، سی امین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

عباسی، ثریا و حیدری، مسعود(۱۳۹۵)، **ارزیابی پتانسیل آب زیرزمینی با استفاده از تکنیک‌های AHP و منطق فازی (مطالعه‌ی موردی حوضه ی شمالی استان ایلام)**، فصلنامه هیدروژئومورفولوژی، ۲(۶): ۷۵-۹۳.

عزیزی، فرحناز و محمدزاده، حسین. (۱۳۹۱). **پهنه‌بندی آسیب پذیری و ارزیابی تغییرات مکانی کیفیت آبخوان دشت امامزاده جعفر گچساران با استفاده از شبیه DRASTIC و شاخص GWQI** ، مجله مهندسی منابع آب، ۵(۱۳): ۱۶-۱.

مهدوی، محمد. (۱۳۸۸). **هیدرولوژی عمومی**، انتشارات علم و ادب، ص ۲۶۰.

نصرآبادی،تورج و عباسی مائده، پویان. (۱۳۹۲). **بررسی کیفیت آب زیرزمینی شهر تهران با استفاده از شاخص کیفی سازمان بهداشت جهانی**، مجله انسان و محیط زیست،۱۱(۳): ۱۲-۱.

نیک‌پیمان، وحید و محمدزاده، حسین (۱۳۹۲) **ارزیابی تغییرات مکانی کیفیت آب‌زیرزمینی دشت مشهد با استفاده از شاخص GQI** ، اولین کنفرانس ملی. مهندسی اکتشاف منابع زیرزمینی، دانشگاه شاهرود، صص۶-۱.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73]

یوسفی، حسین و نوربخش، سیده زهرا (۱۳۹۶) **مدل سازی ارتباط متغیرهای محیطی و کیفیت آب زیرزمینی در دشت تجن استان مازندران**، مجله هیدروژئولوژی، ۲(۲): ۶۷-۸۳.

Alley, W.M. (Ed.),(1993) **Regional Ground-Water Quality, Van Nostrand Reinhold**, New York.

Babiker I, Mohamed M and Hiyama T, (2007) **Assessing groundwater quality using GIS**. Water Resources Management **21**: 699-715.

Ewaid ,S.H., Abed, S.A.(2017) **Water quality index for Al-Gharraf River, southern Iraq**, Egyptian Journal of Aquatic Research **43** , 117–122.

Han G., Liu C. Q., (2004) **Water geochemistry controlled by carbonate dissolution: a study of the river waters draining karst-dominated terrain, Guizhou Province, China**, Chemical Geology, **204**, 1 – 21.

Haris H. Khan, Arina Khan, Shakeel Ahmed,(2011) "**Jerome Perrin GIS-based impact assessment of land-use changes on groundwater quality: study from a rapidly urbanizing region of South India**", Environmental Earth Sciences, Volume **63(6)**: 1289-1302.

Hou,W.,Sun,S.,Wang, M.,Li, X.,Zhang, N.,Xin, X.,Sun, L.,Li, W.,Jia, R.(2016) **Assessing water quality of five typical reservoirs in lower reaches of Yellow River, China: Using a water quality index method**, Ecological Indicators, Volume 61, Part 2, February 2016, pp 309-316.

Kumar A., Dua A., (2009) **Water quality index for assessment of water quality of river Ravi at Madhopur(India)**, Journal of Environmental Science, **8(1)** , 49-57.

Kumar, K.S., Kumar, P.S,. Babi, M.J., and Rao, H. (2010) **Assessment and mapping of ground water quality using geographical information system**. International Journal of Engineering Science and Technology, **2(11)**: 6035-6046.

Latha, S., and Rao, N. (2010) **Assessment and Spatial Distribution of Quality of Groundwater in Zone II and III, Greater Visakhapatnam, India Using Water Quality Index (WQI) and GIS**. International Journal of Environmental Science, **1 (2)**:198-212.

Misra, S. G., Dinesh Mani,(2009) **Soil Pollution, Published by S.B. Nangia,** New Delhi. 29-59.

Ramakrishnaiah C.R., Sadadhiv C. & Rangnna G., (2009) **Assessment of Water Quality Index for the Groundwater in Tumkur Taluk, Karnataka State, India**, E-Journal of Chemistry, **6(2)**: PP. 523-530.

Reza, R,. and Sing, G. (2010) **Assessment of groundwater quality status by using water quality index method in Orissa, India**. World Applied Sciences Journal, **9 (12)**: 1392-1397.

Sahu, P., Sikdar, P.K., (2008) **Hydrochemical framework of the aquifer in and around East Kolkata wetlands, West Bengal, India**. Environ. Geol. **55**: 823–835

Şener,S., Şener, E., Davraz, A.,(2017) **Evaluation of water quality usingwater quality index (WQI)method and GIS in Aksu River (SW-Turkey)**, Science of the Total Environment 584–585 , 131–144.

Thompson T, Fawell J, Kunikane S, Jackson D, Appleyard S, Callan P, Bartram J and Kingston P, (2007) **Chemical Safety of Drinking-Water: Assessing Priorities for Risk Management.** World HealthOrganization, Geneva.

Wanda, E.M.M., Mamba.B.B.,, Msagati,T.A.(2015) **Determination of the water quality index ratings of water in the Mpumalanga and North West Provinces, South Africa**, Physics and Chemistry of the Earth, PII: S1474-7065(15)00110-2.

WHO, (2008) **Guidelines for Drinking-Water Quality**. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5]
[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73]

Wu,Z., Wang, X., Chen,Y., Cai, Y., Deng,J.(2018) **Assessing river water quality using water quality index in Lake Taihu Basin, China**, Science of the Total Environment **612**:914–922.

Yidana, S.M., Yidana, A., (2010) **Assessing water quality using water quality index and multivariate analysis**. Environ. Earth Sci. 59: 1461–1573.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-11]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.62.5.5]

[DOI: 10.52547/jgs.21.62.73]