2026, 2(3): 69-76

JAER

Journal of Animal Environmental Reaserch

Journal homepage: http://www.journalaer.com

Research Article

Assessment of Groundwater Quality in Gorgan Using the Groundwater Quality Index (GWQI)

Kazem Babaei Ziyarati [1], Behzad Rahnama [2*], Eisa Hajiradkouchak [2], Hasan Nasrollahzadeh Saravi [2], Ali Shahbazi [3]

[1]*Department of Environmental Engineering, Golestan Higher Education Institute, Gorgan, Iran*
[2]*Caspian Sea Ecology Research Center, Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran*
[3]*University of Tehran, Tehran, Iran*

Key Words

Groundwater
Water quality
Drinking water
Water resources

Abstract

Introduction: Water quality is a fundamental factor that influences all dimensions of ecosystems as well as public health. Numerous researchers emphasize that the provision of safe drinking water, proper sanitation, and efficient management constitute the three essential pillars of community health.

Materials & Methods: the present study aimed to evaluate the groundwater quality index (GWQI) of rural drinking water resources in Gorgan County. A total of 13 sampling stations under the supervision of the Rural Water and Wastewater Company were investigated over a three-year period (2016-2018) to identify temporal trends in groundwater quality. Water samples were analyzed at the laboratories of the Rural Water and Wastewater Company and Golestan Institute of Higher Education using standard analytical methods. The GWQI index was employed to compare groundwater quality across the studied villages.

Results: Results revealed that Kaloo village exhibited the lowest GWQI value (37.41, classified as excellent), whereas Ghal'eh Mahmoud village showed the highest (277.39, classified as very poor). Overall, 49% of the groundwater samples were categorized as excellent, 46% as good, and 5% as poor to very poor in terms of drinking suitability. The findings highlight that groundwater in Ghal'eh Mahmoud requires treatment with respect to several chemical parameters, including hardness, turbidity, chloride, and sulfate. Concentrations of iron and fluoride in all drinking water sources remained below permissible limits. Nevertheless, the observed increase in certain parameters in recent years suggests the potential infiltration of wastewater, likely associated with the north-to-south topographic gradient of the region.

Conclusion: In recent years, the increase in certain parameters indicates the potential infiltration of wastewater, likely influenced by the north-to-south slope of the area. This issue requires more comprehensive investigations.

Article info

* Corresponding Author's email:
rahnama.behzad@gmail.com

Received: 22 May 2025
Reviewed: 24 June 2025
Revised: 27 August 2025
Accepted: 4 October 2025

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-14]

مقاله علمی - پژوهشی

ارزیابی کیفیت آب‌های زیر زمینی شهرستان گرگان با شاخص کیفی آب زیرزمینی (GWQI)

کاظم بابایی‌زیارتی[۱]، بهزاد رهنما[۲]، عیسی حاجی‌رادکوچک[۲]، حسن نصراله‌زاده ساروی[۲]، علی شهبازی[۳]*

[۱] گروه مهندسی محیط زیست، مؤسسه آموزش **عالی** گلستان، گرگان، ایران

[۲] پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

[۳] دانشگاه تهران، تهران، ایران

کلمات کلیدی

آب زیرزمینی
کیفیت آب
آب شرب
منابع آب

چکیده

مقدمه: کیفیت آب عامل مهمی است که تمام جنبه‌های اکوسیستم و بهداشت تحت تأثیر قرار می‌دهد. بسیاری از محققان و پژوهشگران معتقدند که تامین آب سالم، دفع بهداشتی و مدیریت بهینه، سه محور سلامت را تشکیل می‌دهند.

مواد و روش‌ها: این پژوهش با هدف بررسی شاخص کیفی آب زیرزمینی بر روی منابع آب شرب روستاهای تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب روستایی شهرستان گرگان شامل ۱۳ ایستگاه جهت‌بررسی روند تغییرات‌داده‌های کیفیت آب‌روستاهای شهرستان گرگان در یک‌دوره سه ساله ۱۳۹۸ تا ۱۳۹۶ انجام شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه شرکت آب و فاضلاب روستایی و موسسه آموزش عالی گلستان به‌روش استاندارد متد اندازه‌گیری شد. جهت مقایسه کیفیت آب‌های زیرزمینی از شاخص کیفی (GWQI) استفاده شد.

نتایج: نتایج نشان داد میزان این شاخص برای روستای کلو کم‌ترین میزان ۳۷/۴۱ با کیفیت‌عالی و روستای قلعه محمود بیش‌ترین میزان ۲۷۷/۳۹ با کیفیت خیلی ضعیف می‌باشد. یعنی نمونه‌های آب زیرزمینی از نظر آشامیدن، ۴۹٪ در کلاسه عالی، ۴۶٪ خوب و ۵٪ در کلاسه ضعیف و خیلی ضعیف قرار گرفت. با توجه به نتایج منبع آب زیر زمینی قلعه محمود از لحاظ پارامترهای شیمیایی شامل سختی، کدورت، کلراید و سولفات مورد تصفیه قرار گیرند. آهن و فلوراید در تمام منابع آب شرب کم‌تر از حد استاندارد می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری: در سال‌های اخیر، افزایش برخی پارامترها نشان‌دهنده احتمال نفوذ فاضلاب است که به‌احتمال زیاد تحت تأثیر شیب شمالی به جنوبی منطقه قرار دارد. این موضوع نیازمند بررسی‌ها و مطالعات جامع‌تری است.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
rahnama.behzad@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱ خرداد ۱۴۰۴
تاریخ داوری: ۳ تیر ۱۴۰۴
تاریخ اصلاح: ۵ شهریور ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۲ مهر ۱۴۰۴

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-14]

مقدمه

تحلیل کیفیت آب یکی از موضوعات کلیدی در مطالعات منابع آب زیرزمینی بوده (۱) و بررسی کیفیت آب زیرزمینی نقشی اساسی در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب، بهداشت عمومی و حتی سیاست‌های زیست‌محیطی ایفا می‌کند (۲). کمبود آب آشامیدنی سالم می‌تواند پیامدهای نامطلوبی بر سلامت جامعه و امید به زندگی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه داشته باشد (۱، ۲). آب زیرزمینی در معرض آلودگی ناشی از فعالیت‌های انسانی گوناگون نظیر کاربری‌های مسکونی، شهری، صنعتی، تجاری و کشاورزی است؛ عواملی که می‌توانند به شکل مستقیم یا غیرمستقیم بر کیفیت این منابع اثرگذار باشند (۳). آلودگی آب زیرزمینی نه‌تنها منجر به افت کیفیت آب آشامیدنی می‌شود، بلکه پیامدهایی هم چون از دست رفتن منابع، افزایش هزینه‌های تصفیه و جایگزینی و نیز تهدید سلامت عمومی را به‌دنبال دارد (۴). از این رو، پایش و ارزیابی مستمر کیفیت آب برای پیشگیری از آلودگی‌های میکروبی و شیمیایی و نیز تضمین دسترسی ایمن و پایدار به آب آشامیدنی، امری حیاتی است (۴). کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب، از منظر پذیرش مصرف‌کننده، سلامت عمومی و پایداری شبکه‌های آبرسانی اهمیت ویژه‌ای دارد (۵). در ترکیب آب، مجموعه‌ای از یون‌ها و ترکیبات شیمیایی حضور دارند که هر یک می‌توانند بر کیفیت نهایی اثرگذار باشند. بررسی دقیق آنیون‌ها و کاتیون‌ها نه‌تنها ویژگی‌های اصلی آب را مشخص می‌کند بلکه امکان شناخت سایر خصوصیات شیمیایی آن را نیز فراهم می‌سازد (۶). از میان مهم‌ترین پارامترهای شیمیایی می‌توان به فلوئور، کلراید، سدیم، سولفات، آهن، سختی کل و کل جامدات محلول اشاره کرد (۷). برای ارزیابی کیفیت آب، شاخص‌های متعددی توسط پژوهشگران ارائه شده که غالباً مبتنی بر استانداردهای سازمان جهانی بهداشت (WHO) هستند. به عنوان نمونه، شاخص WQI با در نظر گرفتن ۱۲ پارامتر شامل pH، سختی کل، کلسیم، منیزیم، بیکربنات، کلراید، نیترات، سولفات، کل جامدات محلول، آهن، منگنز و فلوراید محاسبه می‌شود. این شاخص عددی در بازه‌ای از صفر تا بی‌نهایت تعریف شده و هرچه مقدار آن بیش تر باشد، کیفیت آب نامطلوب‌تر ارزیابی می‌گردد (۸). در میان شاخص‌های موجود، شاخص GWQI (Ground-water Quality Index) کاربرد گسترده‌تری دارد، چراکه در مقایسه با سایر مدل‌ها از سادگی، سهولت دسترسی و دقت بیش‌تری برخوردار است (۹). این شاخص بر اساس مقادیر پارامترهایی هم‌چون کل جامدات محلول، کلراید، کلسیم، pH، منیزیم، سولفات و سدیم محاسبه می‌شود و ماهیتی کاهشی دارد؛ بدین معنا که با افزایش سطح آلودگی، مقدار شاخص کاهش می‌یابد (۱۰). در ایران، Nabizadeh و همکاران، نرم‌افزار محاسبه شاخص GWQI را برای منابع آب زیرزمینی توسعه دادند که بر مبنای استاندارد ۱۰۵۳ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی طراحی شده بود (۱۱). با توجه به اهمیت روزافزون این موضوع، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی کیفیت منابع آب شرب روستاهای شهرستان گرگان بر اساس شاخص GWQI انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه یک مطالعه مقطعی (Cross Sectional) با رویکرد توصیفی تحلیلی می باشد که به‌مدت ۳ سال بر روی منابع آب زیرزمینی روستاهای شهرستان گرگان انجام شد. برای این منظور، عملیات نمونه‌برداری از آب تمامی این چاه‌ها به‌مدت سه سال به صورت شش ماه یک‌بار و در فاصله زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ از طریق خروجی چاه صورت گرفت. جمعیت مورد مطالعه منابع آب شرب روستاهای تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب روستایی شهرستان گرگان است که ۱۳ روستا بصورت تصادفی انتخاب شد که در جدول ۱ نشان داده شده است.

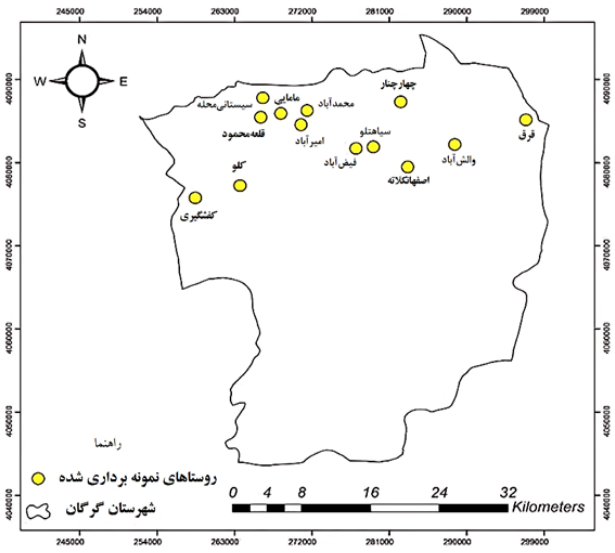
جدول ۱: مشخصات منابع آب شرب روستایی شهرستان گرگان

Table 1: Characteristics of rural drinking water sources in Gorgan County

Row	County	Section	Village (Water Supply Complex)	Source Type
1	Gorgan	Central	IsfahanKalate	well
2	Gorgan	Central	Amirabad	well
3	Gorgan	Baharan	Chaharchenar	well
4	Gorgan	Central	Siahtelo	well
5	Gorgan	Central	Sistanimahaleh	well
6	Gorgan	Central	Feizabad	well
7	Gorgan	Baharan	Ghorogh	well
8	Gorgan	Central	Ghalehmahmoud	well
9	Gorgan	Central	Kafshgiri	well
10	Gorgan	Central	Kalou	well
11	Gorgan	Central	Mamamei	well
12	Gorgan	Central	Mohammadabad	well
13	Gorgan	Baharan	Valeshabad	well

موقعیت جغرافیایی منطقه: شهر گرگان در بخش جنوبی استان گلستان واقع شده است. این شهرستان از قسمت شمال به شهرستان‌های آق قلا و ترکمن و از جنوب به استان سمنان و از شرق به شهرستان علی آباد و از غرب به شهرستان کردکوی محدود می‌شود. وسعت شهرستان گرگان ۱۶۱۵/۲ کیلومترمربع (۷/۹۱ درصد از مساحت استان) می‌باشد و براساس تقسیمات کشوری سال ۸۹ از دو بخش مرکزی و بهاران و سه شهر گرگان، سرخنکلاته، جلین و قرق پنج دهستان و ۹۸ روستا تشکیل شده است.

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-14]



شکل ۱: موقعیت مکانی منابع آب مورد مطالعه

Figure 1: Location of the studied water sources

داده‌های مورد استفاده: جهت بررسی روند تغییرات داده‌های کیفیت آب روستاهای شهرستان گرگان در یک دوره سه ساله با همکاری از شرکت آب و فاضلاب روستایی و موسسه آموزش عالی بهاران گرفته شد. نمونه‌ها طبق روش استاندارد (جدول ۲) در آزمایشگاه شرکت آب و فاضلاب روستایی به روش استاندارد متد اندازه گیری شد. حجم نمونه‌برداشت شده از هرکدام از منابع تامین حدود یک لیتر بود که در ظروف پلاستیکی یک لیتر برداشت و در کنار یخ به سرعت به آزمایشگاه شرکت آب و فاضلاب روستایی استان گلستان منتقل شد.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها: با توجه به‌ماهیت داده‌ها و رویکرد مطالعه، شاخص‌های مرکزی و پراکندگی برای متغییرهای وابسته مورد محاسبه قرار گرفت. نمودارها و شاخص مورد نظر توسط نرم‌افزار فرمول‌نویسی شده Excel رسم و تجزیه و تحلیل آماری نیز از نرم‌افزار spss16 محاسبه شد.

محاسبه شاخص کیفی آب: از پرکاربردترین شاخص جهت پهنه‌بندی کیفی آب‌ها شاخص GWQI(Ground Water Quality Index) است که نسبت به سایر شاخص‌ها یا مدل‌ها مشکلات کم‌تری داشته و به‌دلیل راحتی و قابل دسترسی آسان در مطالعات دانشمندان و محققان استفاده می‌گردد (۹). روش تعیین شاخص بر پایه مقادیر شاخص‌های جامدات محلول کل، کلرور، کلسیم، pH، منیزیم، سولفاتو سدیم می‌باشد و این شاخص از مدل شاخص با مقیاس کاهشی است یعنی با مقدار آلودگی رابطه معکوس داشته که با افزایش مقدار آلودگی آب، مقدار شاخص کاهش می‌یابد (۱۰).

جدول ۲: روش اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب

Table 2: Method for measuring water quality parameters

Row	Factors	Method or device of measurement
1	pH	Lovibond Multi-Parameter pH Meter
2	Electrical conductivity	Lovibond Multi-Parameter Conductometer
3	Alkalinity	Titration with acid
4	Hardness	Titration with EDTA
5	Total dissolved solids	Gravimetry
6	Turbidity	Nephelometer (turbidimeter)
7	Fluoride	Spadance-Spectrophotometry Method
8	Chloride	Mohr argentometry
9	Sulfate	Turbidometry-Spectrophotometry
10	Nitrate	Spectrophotometry
11	Calcium	Volume measurement
12	Magnesium	Volume measurement
13	Iron	Volume measurement
14	Manganese	Persulfate volume measurement
15	Ammonium	Spectrophotometry
16	Sodium	Photometric film

در ایران Nabizadeh و همکاران، شاخص GWQI و نرم‌افزار آن‌را برای منابع آب‌های زیرزمینی براساس استاندارد ۱۰۵۳ موسسه استاندارد تحقیقات صنعتی طراحی نمودند. در این مطالعه از نرم‌افزار طراحی شده توسط Nabizadeh و همکاران، جهت محاسبه شاخص استفاده شد (۱۱). برای محاسبه شاخص کیفی آب ابتدا باید وزن پارامترهای مورد مطالعه مشخص کرد. برای مشخص کرد وزن هر پارامتر از رابطه زیر استفاده می‌شود:

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

که در آن W_i وزن نسبی و w_i وزن پارامتر و n تعداد پارامترها می‌باشد.

پس از محاسبه وزن ها در مرحله بعد محدود کیفی از رابطه زیر مشخص می‌گردد:

$$q_i = \frac{C_i}{S_i} \times 100$$

که در آن Ci مقدار پارامتر و Si مقدار استاندارد آن می‌باشد.

سپس میزان شاخص کیفی از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$SI_i = W_i \times q_i$$

$$GWQI = \sum SI_i$$

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-14]

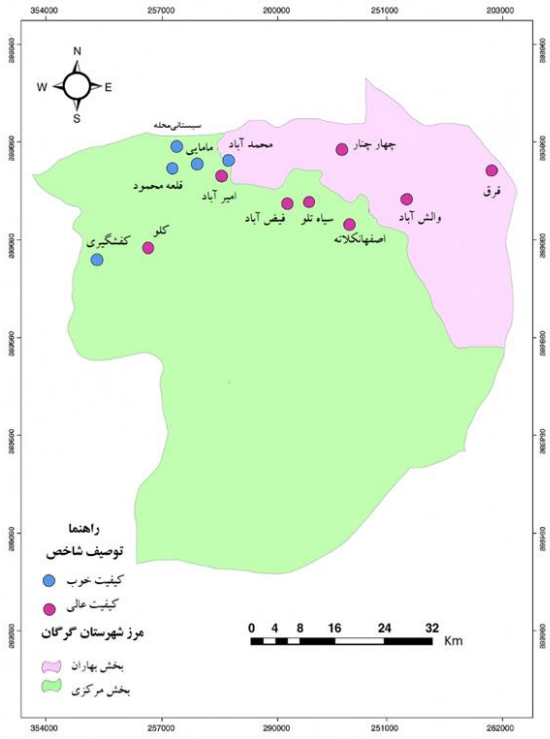
نتایج

بررسی شاخص GWQI: پارامترهای مورد استفاده و وزن آن‌ها و میزان استاندارد براساس استاندارد ۱۰۵۳ سازمان ملی استاندارد در جدول ۳ نشان داده شده است. شاخص عددی GWQI در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۳: پارامترهای معیار، وزن فاکتورها و حدود مجاز برای تنظیم کردن شاخص GWQI

Table 3: Criteria parameters, factor weights and allowable limits for adjusting the GWQI index

Criterion parameter	Weight	Allowed limits
pH	4	6.5-8.5
Calcium	2	300
Magnesium	2	30
Chloride	3	250
TDS	4	1000
Fluoride	4	1.5
Manganese	4	0.1
Nitrate	5	50
Iron	4	0.3
Sulfate	4	250
Ammonium	3	1.5
Sodium	3	200
Turbidity	4	5



شکل ۲: موقعیت جغرافیایی منابع آب با کیفیت عالی و خوب در سال ۱۳۹۴

Figure 2: Geographic location of excellent and good quality water resources in 2015

جدول ۴: تقسیم‌بندی کیفیت آب زیرزمینی بر اساس مقادیر GWQI

Table 4: Classification of groundwater quality based on GWQI values

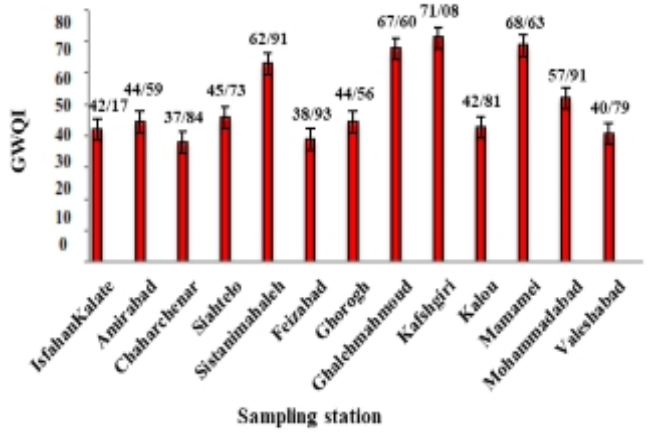
GWQI value`	Description
Less than 50	Excellent
50-100	Good
100-200	Poor
200-300	Very poor
More than 300	Undrinkable

همان‌طورکه جدول ۵ نشان می‌دهد میزان شاخص GWQI منابع آب آشامیدنی روستاهای گرگان در سال ۹۴ بین ۴۲/۱۷ تا ۶۷/۶۰ می‌باشد که دارای کیفیت عالی تا خوب می‌باشد. هیچ‌کدام از منابع آب در محدوده ضعیف قرار نگرفتند. از ۱۳ روستا مورد مطالعه هشت روستا شامل منابع آب با کیفیت عالی و پنج روستا شامل منابع آب با کیفیت خوب برای شرب می‌باشد.

جدول ۵: مقدار شاخص GWQI منابع آب شرب روستایی شهرستان گرگان در سال ۱۳۹۴

Table 5: GWQI index value of rural drinking water resources in Gorgan County in 2015

Village (water supply complex)	Index value	Description
IsfahanKalate	17.42	Excellent
Amirabad	44.59	Excellent
Chaharchenar	37.84	Excellent
Siahtelo	45.73	Excellent
Sistanimahaleh	62.91	Good
Feizabad	38.93	Excellent
Ghorogh	44.56	Excellent
Ghalehmahmoud	67.60	Good
Kafshgiri	71.08	Good
Kalou	42.81	Excellent
Mamamei	68.63	Good
Mohammadabad	51.91	Good
Valeshabad	40.79	Excellent

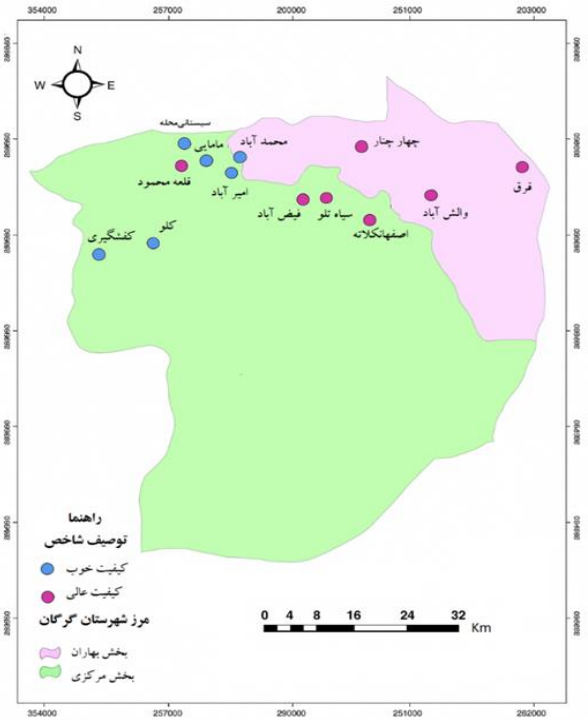


شکل ۳: مقدار شاخص GWQI منابع آب شرب روستایی شهرستان گرگان در سال ۱۳۹۴

Figure 3: GWQI index value of rural drinking water resources in Gorgan County in 2015

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-14]

همان‌طورکه جدول ۶ نشان می‌دهد میزان شاخص GWQI منابع آب آشامیدنی روستاهای گرگان در سال ۹۵ بین ۳۸/۹۸ تا ۲۷۷/۳۹ می‌باشد که دارای کیفیت عالی، خوب و خیلی ضعیف می‌باشد. هیچ کدام از منابع آب در محدوده غیرقابل شرب قرار نگرفتند. از ۱۳ روستا مورد مطالعه ۷ روستا شامل منابع آب با کیفیت عالی و ۵ روستا شامل منابع آب با کیفیت خوب و یک روستا (قلعه محمود) دارای کیفیت خیلی ضعیف (با شاخص کیفی ۲۷۷/۳۹) برای شرب می‌باشد.



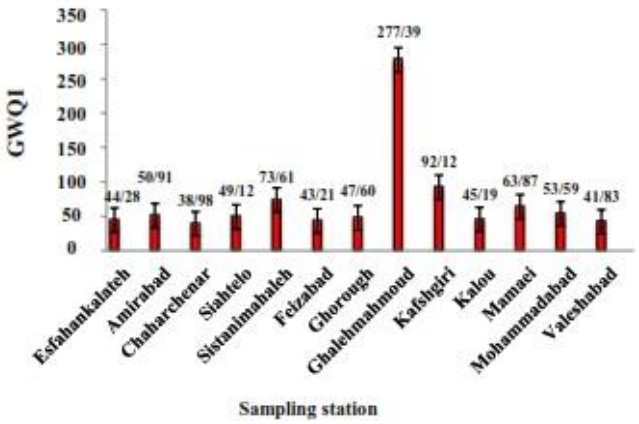
شکل ۴: موقعیت جغرافیایی منابع آب با کیفیت های مختلف سال ۱۳۹۵

Figure 4: Geographical location of water resources with different qualities in 2016

جدول ۶: مقدار شاخص GWQI منابع آب شرب روستایی شهرستان گرگان در سال ۱۳۹۵

Table 6: GWQI index value of rural drinking water resources in Gorgan County in 2016

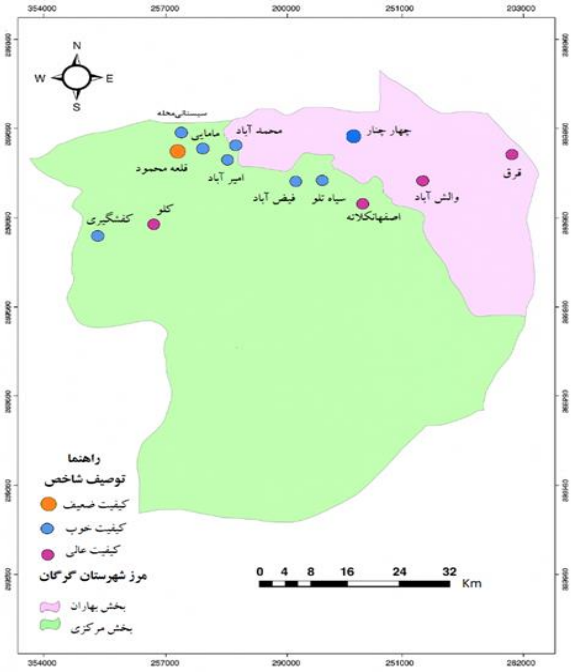
Village (water supply complex)	Index value	Description
IsfahanKalate	44.28	Excellent
Amirabad	50.91	Good
Chaharchenar	38.98	Excellent
Siahtelo	49.12	Excellent
Sistanimahaleh	73.61	Good
Feizabad	43.21	Excellent
Ghorogh	47.60	Excellent
Ghalehmahmoud	277.39	Very poor
Kafshgiri	92.12	Good
Kalou	45.19	Excellent
Mamamei	63.87	Good
Mohammadabad	53.59	Good
Valeshabad	41.83	Excellent



شکل ۵: مقدار شاخص GWQI منابع آب شرب روستایی شهرستان گرگان در سال ۱۳۹۵

Figure 5: GWQI index value of rural drinking water resources in Gorgan County in 2016

همان‌طورکه جدول ۷ نشان می‌دهد میزان شاخص GWQI منابع آب آشامیدنی روستاهای گرگان در سال ۹۶ بین ۳۷/۲۱ تا ۱۵۵/۱۹ می‌باشد که دارای کیفیت عالی، خوب و ضعیف می‌باشد. هیچ‌کدام از منابع آب در محدوده خیلی ضعیف قرار نگرفتند. از ۱۳ روستا مورد مطالعه چهار روستا شامل منابع آب با کیفیت عالی و هشت روستا شامل منابع آب با کیفیت خوب و یک روستا (قلعه محمود) دارای کیفیت ضعیف (با شاخص کیفی ۱۵۵/۱۹) برای شرب می‌باشد.



شکل ۶: موقعیت جغرافیایی منابع آب با کیفیت های مختلف سال ۱۳۹۶

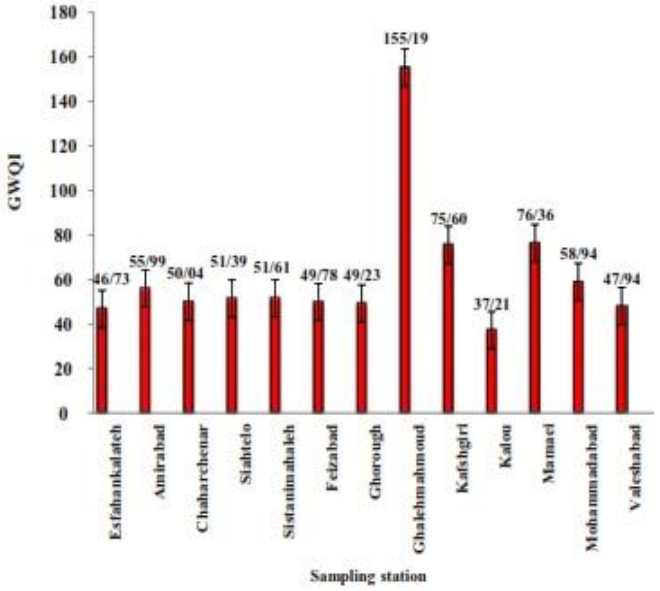
Figure 6: Geographical location of water resources with different qualities in 2017

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-14]

جدول ۷: مقدار شاخص GWQI منابع آب شرب روستایی شهرستان گرگان در سال ۱۳۹۶

Table 7: GWQI index value of rural drinking water resources in Gorgan County in 2017

Village (water supply complex)	Index value	Description
IsfahanKalate	46.73	Excellent
Amirabad	55.99	Good
Chaharchenar	50.04	Good
Siahtelo	51.39	Good
Sistanimahaleh	51.61	Good
Feizabad	50	Good
Ghorogh	49.23	Excellent
Ghalehmahmoud	155.19	Poor
Kafshgiri	75.60	Good
Kalou	37.21	Excellent
Mamamei	76.36	Good
Mohammadabad	58.94	Good
Valeshabad	47.94	Excellent



شکل ۷: مقدار شاخص GWQI منابع آب شرب روستایی شهرستان گرگان در سال ۱۳۹۶

Figure 7: GWQI index value of rural drinking water resources in Gorgan County in 2017

بحث

این مطالعه مقطعی با رویکرد توصیفی تحلیلی می‌باشد که به‌مدت ۳ سال برروی منابع آب زیرزمینی روستاهای شهرستان گرگان انجام شد. دسترسی به‌منابع آب آشامیدنی سالم در بسیاری از کشورهای دنیا به‌خصوص در نواحی روستایی مساله‌ای مهم می‌باشد. سازمان جهانی بهداشت گزارش نمود که سالانه ۱/۱ میلیارد نفر در جهان به‌منابع مطمئن آب سالم دسترسی ندارند (۱۲). بدین منظور این مطالعه با هدف بررسی کیفیت پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و تعیین کیفیت شاخص (GWQI) آب شرب روستاهای شهر گرگان صورت گرفت. با توجه به این که مطالعات کمی در زمینه بررسی فیزیکی شیمیایی آب‌های زیرزمینی در روستاهای شهر گرگان صورت گرفته است این مطالعه سعی دارد اطلاعاتی در این زمینه به‌ما آشکار سازد. که براین اساس کمیت ناکافی، ارزیابی و نظارت بر کیفیت آب ها برای جلوگیری از آلودگی و اشاعه بیماری‌های منطقه از آب و برای اطمینان از استفاده مداوم و ایمن از این منابع برای شرب بررسی شد. تغییرات نیترات و کل جامدات محلول در آب‌های شرب زیرزمینی دشت همدان نشان داد که براساس نتایج به‌دست آمده در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در مورد نیترات، میانگین سالیانه ۳۸/۰۹ میلی گرم در لیتر بوده که بالاتر از استاندارد می‌باشد و کل جامدات محلول در حد استاندارد بوده است. نتایج مطالعات این پژوهش طی سه سال نشان دادکه میانگین نیترات ۱۴/۲۶ و میانگین کل جامدات محلول (TDS) ۶۴۶/۶۸ میلی گرم در لیتر رو به افزایش بوده که کل جامدات محلول بالاتر از استاندارد جهانی و نیترات دارای حداکثر استاندارد مجاز می‌باشد (۱۳). بررسی ارزیابی شاخص کیفیت آب (WQI) منابع آب زیرزمینی استان کرمان نشان داد که اکثر مناطق مورد مطالعه دارای شرایط نامطلوب می‌باشند. اما نتایج مطالعه این پژوهش در ارزیابی شاخص کیفی (GWQI) منابع آب زیرزمینی روستاهای شهرستان گرگان نشان داد اکثر مناطق دارای شرایط مطلوب می‌باشند (۱۴). تعیین بهترین شاخص ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی استان گیلان، با استفاده از شاخص‌های (WQI، WQI American و CWQI) برای آب‌های زیرزمینی محاسبه شد که شاخص WQI کیفیت آب را متوسط، CWQI کیفیت آب را بد و شاخص WQI American نیز کیفیت آب را خوب نشان داد (۱۵). در تحقیق انجام شده با استفاده از شاخص (GWQI) وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی شهرستان گرمی، که نتایج بیانگر این بود که میزان شاخص GWQI در محدوده ۴۱/۳۷ تا ۴۴/۸۶ بوده و کیفیت آب در محدوده خوب می‌باشد. میزان شاخص GWQI برای چاه ارانچی، کم‌ترین (۴۱/۳۷) مقدار عدد بوده که نشان‌دهنده بالاترین کیفیت آب و این مقدار برای چاه گوده کهریز، بیش‌ترین مقدار (۴۴/۸۶) بوده که نشان‌دهنده کیفیت پایین آب می‌باشد. در مقایسه با آن نتایج این پژوهش نشان داد که مقدار شاخص (GWQI) در روستاهای گرگان بین ۳۷/۲۱ تا ۲۷۷/۳۹ می‌باشد و آب مناطق مورد مطالعه در محدوده عالی، خوب، ضعیف و خیلی ضعیف قرار دارد. هم‌چنین این شاخص برای روستای کلو، کم‌ترین میزان (۳۷/۴۱) با کیفیت عالی و روستای قلعه محمود، بیش‌ترین میزان (۲۷۷/۳۹) با کیفیت خیلی‌ضیف می‌باشد (۱۰). کیفیت آب در نتایج مطالعه‌ای محدوده حوضه Ratmao-Pathri Rao در کشور هندوستان با استفاده از شاخص (WQI) نشان داد که از نمونه‌های

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-14]

آب زیرزمینی ۴۹ درصد در کلاسه عالی، ۴۶ درصد خوب و ۵ درصد در کلاسه خیلی بد از نظر آشامیدن قرار دارند (۱۶). در تحقیقی که به بررسی کیفی آب شرب زیرزمینی آبخوان Hantebet درشمال Ethiopia با روش (WQI) با استفاده از پارامترهای شامل: pH، سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، کلرید، بی کربنات، سولفات، نیترات، جامدات جامد محلول، نتایج نشان داد، تغییرات شاخص WQI در نمونه‌های آب زیرزمینی، در محدوده ۵۴/۴۱ درصد تا ۸۶/۲۴ درصد قرار داشته و تمام نمونه‌های آب زیرزمینی در محدوده خوب بوده و به‌منظور شرب در سطح مناسب می‌باشند. در مطالعات این پژوهش با شاخص (GWQI) از ۱۳ پارامتر: pH، کلسیم، منیزیم، کلرور، TDS، فلوراید، منگنز، نیترات، آهن، سولفات، آمونیوم، سدیم و کدورت استفاده شده است (۱۷). نتایج مطالعه با مطالعات Sadeghi و همکاران در منطقه مورد مطالعه انجام شده است (۱۹) مطابقت دارد. نتایج این مطالعات نشان داد که استفاده از کودهای شیمیایی و سموم بر میزان کیفیت آب تأثیر گذاشته و در سال‌های اخیر باعث کاهش کیفیت منابع آب شده است (۱۸، ۱۹). نتایج مطالعه حاضر در طی سه سال ۱۳۹۶-۱۳۹۴ نشان داد که ۴۸ درصد از نمونه‌های آب زیرزمینی در رده عالی، ۴۸ درصد در رده خوب و ۴ درصد در رده ضعیف و خیلی ضعیف از نظر آشامیدن قرار دارد که تنها یک روستا را در بر می‌گیرد که آب شرب این روستا قبل از مصرف باید کنترل و از خطرات آلودگی محافظت شود. میانگین کدورت در منابع آب نشان می دهد که کدورت در چند سال کاهش و افزایش یافته است. با توجه به تحقیق سه سال اخیر در مورد شاخص GWQI در روستاهای مورد مطالعه نتایج به‌دست آمده نشان می دهد تغییرات چشمگیری در بعضی فاکتورها داشته است. این امر سبب می‌شود نیاز به پایش و رسد منابع روستایی باید به‌طور پیوسته مورد بررسی قرار گیرد. لذا احتمال نفوذ کود شیمیایی کشاورزی به آب‌های زیر زمینی و نفوذ فاضلاب‌ها با توجه به شیب منطقه از شمال به جنوب می‌باشد. که روستاهای مورد مطالعه از جمله اصفهانکلاته، امیرآباد، چهارچنار، سیاهتلو، فیض آباد، قرق، مامایی، محمدآباد و والش آباد را در بر می‌گیرد. در یک بررسی با عنوان ارزیابی کیفیت آب قره‌سو با استفاده از شاخص IRWQIsc توسط Hajiradkouchak و همکاران با توجه به تحقیق انجام شده، پیشنهاد دادند که منابع آلاینده ورودی به رودخانه قره‌سو از ابتدا تا انتهای رودخانه مشخص گردد و کیفیت میکروبی از نظر میکروارگانیسم‌های پاتوژن و کیفیت شیمیایی از لحاظ عناصر فلزات سنگین و سموم بررسی و رودخانه به‌صورت دوره زمانی مشخص جهت تعیین وضعیت کیفی طبق دستورالعمل پایش شود (۲۰). هم‌چنین کیفیت آب روستاهای قلعه محمود، سیستانی محله، کفشگیری و کلو در سال ۹۶ رو به بهبود بوده است که می‌تواند به علت دفع بهداشتی فاضلاب ها و کم تر استفاده کردن کودهای کشاورزی در بالا دست باشد. از ۱۳ روستا مورد مطالعه در سال ۹۴ هشت روستا شامل منابع آب با کیفیت عالی و پنج روستا شامل منابع آب با کیفیت خوب می‌باشد. در سال ۹۵ هفت روستا شامل منابع آب با کیفیت عالی، پنج روستا شامل منابع آب با کیفیت خوب و یک روستا قلعه محمود دارای کیفیت خیلی ضعیف برای شرب (میزان شاخص بالای ۲۰۰) می‌باشد. در سال ۹۶ چهار روستا شامل منابع آب با کیفیت عالی، هشت روستا شامل منابع آب با کیفیت خوب و یک روستا قلعه محمود دارای کیفیت ضعیف برای شرب (میزان‌شاخص بالای ۱۰۰) می‌باشد. به‌طورکلی در طی ۳ سال نتایج‌نشان‌داد میزان شاخص GWQI منابع آب آشامیدنی روستاهای گرگان بین ۳۷/۲۱ تا ۲۷۷/۳۹ می‌باشد که با این شاخص کیفیت آب برای روستای کلو در سال ۹۶ کم‌ترین میزان ۳۷/۲۱ با (کیفیت عالی) و روستای قلعه محمود در سال ۹۵ بیش‌ترین میزان ۲۷۷/۳۹ با (کیفیت‌خیلی ضعیف) مشخص شد. یعنی نمونه‌های آب زیرزمینی از نظر آشامیدن، ۴۹٪ در کلاسه عالی، ۴۶٪ خوب و ۵٪ در کلاسه ضعیف و خیلی ضعیف قرار گرفت که تنها یک روستا را در بر می‌گیرد، آب‌شرب این روستا قبل از مصرف باید کنترل و از خطرات آلودگی محافظت شود و هیچ‌کدام از منابع آب در محدوده غیرقابل شرب قرار نگرفتند.

نتیجه‌گیری کلی: نتایج‌حاصل از بررسی ۳ ساله‌شاخص کیفیت آب‌زیرزمینی (GWQI) در روستاهای شهرستان گرگان طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ نشان داد که مقدار این شاخص در دامنه‌ای بین ۳۹/۲۱ تا ۲۷۷/۳۹ متغیر بوده است. بر اساس طبقه‌بندی انجام‌شده، ۴۹ درصد از کل نمونه‌ها در رده عالی، ۴۶ درصد در رده خوب و ۵ درصد در رده ضعیف و خیلی ضعیف قرار گرفتند. به‌طورکلی در این دوره تنها یک روستا (قلعه محمود) دارای کیفیت نامطلوب بود و سایر روستاها کیفیت مناسب تا عالی را نشان دادند. این نتایج نشان دهنده‌وضعیت نسبتاً مطلوب منابع آب زیرزمینی در اغلب روستاهای مورد بررسی است، هرچند تغییرات مشاهده‌شده در برخی نقاط اهمیت توجه به مدیریت و پایش مستمر را برجسته می‌سازد. در سال ۱۳۹۴ نتایج نشان داد که از ۱۴ روستای مورد مطالعه، هشت روستا دارای کیفیت عالی و پنج روستا دارای کیفیت خوب بودند و شاخص GWQI در این سال بین ۳۹/۲۱ تا ۱۳۰/۳۸ متغیر بود. در سال ۱۳۹۵ کیفیت آب روستاها در دامنه‌ای بین ۴۰/۰۴ تا ۲۷۷/۳۹ قرار گرفت و کاهش محسوسی در برخی نقاط مشاهده شد؛ به‌ویژه روستای قلعه محمود که شاخص کیفیت آن از مرز ۲۰۰ فراتر رفت و در رده بسیار ضعیف قرار گرفت. در سال ۱۳۹۶ کیفیت آب در محدوده ۴۳/۲۶ تا ۲۳۳/۵۹ قرار داشت که براساس آن پنج روستا در رده عالی، هفت روستا در رده خوب و یک روستا (قلعه محمود) در رده ضعیف دسته‌بندی شدند. این روند نشان داد که هرچند

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-14]

کیفیت کلی منابع آب نسبتاً پایدار باقی مانده است، اما نوسانات سالانه در برخی مناطق وجود داشته که بیانگر تأثیر مستقیم عوامل محیطی و انسانی بر کیفیت آب زیرزمینی است. بررسی دقیق‌تر تغییرات بین سال‌ها نشان داد که کیفیت آب در روستاهای کفشگیری، کلو و سیستانی‌محله در سال ۱۳۹۶ نسبت به سال‌های قبل بهبود یافته است. این بهبود می‌تواند ناشی از کاهش مصرف کودهای شیمیایی، بهبود نسبی مدیریت فاضلاب یا تغییر در الگوهای آبیاری و بارندگی در این سال باشد. در مقابل، روستای قلعه محمود در تمامی سال‌ها شرایط نامناسبی داشت و کیفیت آب آن از ضعیف تا بسیار ضعیف در نوسان بود. علت اصلی می‌تواند به نبود سیستم جمع‌آوری و دفع مناسب فاضلاب، مصرف بی‌رویه کودهای ازته و هم‌چنین شرایط هیدروژئولوژیک منطقه مربوط باشد که امکان نفوذ آلاینده‌ها به سفره‌های آب زیرزمینی را افزایش داده است. نوسانات مشاهده‌شده در کیفیت آب‌نشان‌دهنده تأثیر سه عامل کلیدی است: ۱) مصرف کودها و سموم کشاورزی که به‌ویژه بر افزایش نیترات و کل جامدات محلول اثرگذار است؛ ۲) نبود سیستم‌های جمع‌آوری و دفع بهداشتی فاضلاب که در بسیاری از روستاها منجر به نفوذ مستقیم پساب به آبخوان‌ها می‌شود؛ و ۳) ویژگی‌های جغرافیایی و هیدروژئولوژیک منطقه که با توجه به شیب زمین و شرایط نفوذپذیری خاک، امکان انتقال و تجمع آلاینده‌ها را فراهم می‌سازد. در این میان، نقش کشاورزی و استفاده مداوم از کودهای شیمیایی بیش از سایر عوامل برجسته بوده است. بنابراین، یافته‌های این تحقیق علاوه بر نشان‌دادن وضعیت موجود، اهمیت مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی را نیز تأکید می‌کند. برای جلوگیری از کاهش کیفیت آب و تأمین پایدار آب شرب روستاها، پیشنهاد می‌شود اقداماتی نظیر کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جایگزینی آن با کودهای آلی، ایجاد و توسعه سیستم‌های دفع بهداشتی فاضلاب روستایی، کنترل آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و پایش مستمر کیفیت آب در سطح منطقه در دستور کار قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله از پایان نامه کارشناسی‌ارشد با عنوان بررسی روند تغییرات کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب شرب روستاهای شهر گرگان با شاخص کیفی آب زیرزمینی (GWQI) از مؤسسه آموزش عالی گلستان و بهاران استخراج گردیده‌است. هم‌چنین از اساتید پژوهشکده اکولوژی دریای خزر کمال تشکر داریم.

منابع

1. **Nasseri, S. and Ghaneian, M., 2002.** Quality management of lakes and rivers. First ed. Tehran: Nas. 10-80. (In Persian)
2. **Pourzamani, H.R., Kargar, M. and Mahmoudian, H., 2011.** Environmental Healeh Book. First ed, Esfahan: Danesh Pajoohan Barin. 31-70. (In Persian)
3. **Chapman, D., 1996.** Water Quality Assessments, 2nd ed, London: Published by E. & F.N. Spon. 50-550.
4. **Bitton, G., 2005.** Wastewater microbiology, 3rd ed, Canada: published by John Wiley and Sons. 15-110.
5. **Drinking water –Microbiological specifications (ISIRI 1011). 2007.** Institute of Standards and Industrial Research of Iran, 6th.Revision. (In Persian)
6. **Drinking water-Physical and chemical specifications, (ISIRI 1053). 2009.** Institute of Standards and Industrial Research of Iran, 5th.Revision. ICS:13.060.020. http://mboh.umsha.ac.ir/uploads/fiziki_shimiyai. pdf. (In Persian)
7. **Kawamura S. 2000.** Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities, 2nd ed, Canada: John Wiley & Sons Inc. 10-120.
8. **Ramakrishnaiah, C., Sadashivaiah, C. and Ranganna, G., 2009.** Assessment of water quality index for the groundwater in Tumkur Taluk, Karnataka State, India. *Journal of Chemistry*. 6(2): 523-530.
9. **Tomaszkiewicz, M., AbouNajm, M. and El-Fadel, M., 2014.** Development of a ground water quality index for seawaterintrusion in coastal aquifers. *Environmental Modelling & Software.* 57: 13-26.
10. **Javid, A., Ghomimaghsad, N. and Roudbari, A., 2016.** Evaluation of Groundwater Quality with GWQI Index and Preparing of Zoning Map in GIS. *Journal of Knowledge & Health.* 10(4):48-56.
11. **Nabizadeh R, Amin MV, Alimohammadi M, Naddafi K, Mahvi AH, Yousefzadeh S. 2013.** Development of innovative computer software to facilitate the setup and computation of water quality index. *Journal of Environmental Health Science and Engineering.* 11(1): 19-28.
12. **World Health Organization. 2006.** World in danger of missing sanitation target; drinking-water target also at risk, new report shows. Geneva: WHO.
13. **Ehsani, H.R., Javid, A. and Hasani, A., 2007.** Investigation of the process of changes of nitrate and total soluble solids in groundwater drinking water of Hamedan-Bahar plain using Geographic Information System (GIS). 10th *National* Congress on Environmental Health. (In Persian)
14. **Eslami, F., Shokoohi, R., Mazloomi, S., Darvish Motevalli, M. and Salari, M., 2017.** Evaluation of Water Quality Index (WQI) of Groundwater Supplies in Kerman Province. *Occupational and Environmental Health*. 3(1): 48-58.
15. **Tavabian, M., Yousefi, S., Vareki, M. and Ghodsi, M., 2014.** Determine the Best Indicator of Groundwater Quality Assessment in Guilan Province. The first National Conference on Challenges on Water Resources and Agriculture. Khorasgan Azad University. 1-10. (In Persian)
16. **Gebrehiwot, A.B., Tadesse, N. and Jigar, E., 2011.** Aplication of Water Quality Index to Assess Suitablity of Groundwater Quality for Drinking Purposes in Hantebet watershed, Tigray, Northern Ethiopia. *Journal of Food and Agriculture Science.* 1(1): 22-30.
17. **Al-hadithi, M., 2012.** Application of Water Quality Index to Assess Suitablity of Groundwater Quality for Drinking Purposes in Ratmao- PathriRao watershed, Haridwar District India. *Journal of Scientific and Industrial Research.* 26: 395-402.
18. **Arsham, A., Sadeghi, M. and Sadeghi, M., 2018.** Evaluation of the Physicochemical Properties of Water in AqQala City (Golestan Province), 2005-2015. *Journal of Environment and Health Sustain Development.* 3(1): 454-463. dor: 20.1001.1.24766267.2018.3.1.5.6 (In Persian)
19. **Sadeghi, M., Bay, A., Bay, N., Soflaie, N., Mehdinejad, M. and Mallah, M., 2015.** The effect of agriculture drainage on water quality of the Zaringol in Golestan Province by the water quality index. *Research in Environmental Health.* 1(3): 177-185. (In Persian)
20. **Hajiradkouchak, E., Rahnama, B., Nasrollahzadeh Saravi, H., Shahbazi, A., Raeiji, R. and Babaei Ziyarati, K., 2024.** Water quality assessment of Qarasu River using IRWQIsc index. *Journal of Engineering Geology.* 18(3): 365-381. (In Persian)

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-06-14]