



Research Paper

Evaluation of the Quantitative and Qualitative Potential of Groundwater Resources in Jiroft Plain using GIS and Analytical Hierarchy Process Model

Mohammad Faryabi^{1*}

¹Assist. Professor, Department of Ecological Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran

Article information

Received: October 26, 2021

Revised: December 19, 2021

Accepted: December 21, 2021

Keywords:

Analytical Hierarchy Process
GIS
Groundwater Potential
Jiroft Plain

*Corresponding author:
faryabi@ujiroft.ac.ir



Abstract

In this research, the aquifer potential of Jiroft Plain was investigated in terms of quantity and quality. For this purpose, the groundwater potential index and the groundwater quality index were calculated using the hierarchical analysis process. Related parameters were used to calculate the groundwater potential index. The groundwater quality index was also calculated according to the amount of dissolved solids in the groundwater, the total hardness, and the concentration of sodium, sulfate, and chloride ions. Finally, using the capabilities of the geographic information system, maps of the quantitative and qualitative potential of groundwater were prepared. Based on the obtained results, Jiroft Plain was divided into three categories, good, medium, and poor, in terms of quantitative potential, which accounted for 42, 32, and 26% of the area of the plain, respectively. From the point of view of qualitative potential, Jiroft plain is divided into four areas: unsuitable, poor, acceptable, and good, which cover 2, 11, 27, and 60% of the area of Jiroft plain, respectively. Based on the results of this research, the best groundwater potential is observed in the middle part of the plain and the weakest groundwater potential is observed in its eastern and southern margins. In terms of quality potential, except for the south and southwest parts of the plain, the quality potential of groundwater is suitable in other parts.

© Authors, Published by **Environment and Water Engineering** journal. This is an open-access article distributed under the CC BY (license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Introduction

In recent decades, the improper management of water resources in Iran has caused the crisis of water shortage and environmental problems such as the salinization of aquifers and land subsidence. Evaluation of the groundwater potential is a vital factor for the optimal management of groundwater resources. Water level and quality data are important to assess the status of the aquifer's balance. Groundwater

potential maps are mainly used as an indicator of groundwater availability. However, information on groundwater quality is also needed for the proper management of aquifers.

Groundwater quantitative aspects are mostly considered for the identification of groundwater potential zones, while both quantitative and qualitative aspects should be considered in the potential evaluation. Groundwater quality status depends on the factors such as aquifer geological



conditions, physiography, soil type, pumping rate, recharge rate, and land use types. Groundwater qualitative parameters such as total dissolved solids, total hardness, sodium ion, sulfate ion, and chloride ion are important for groundwater suitability assessment. In this study, a methodology is proposed for the identification of groundwater zones both in terms of quantity and quality based on the analytic hierarchy process (AHP).

Materials and Methods

To investigate the evaporation rate, the soils were The study area is Jiroft plain in the south of Kerman province. This plain is one of the most important agricultural production areas in Iran. The Jiroft plain groundwater potential indexes (groundwater potential index and groundwater quality index) are identified based on the analytic hierarchy process. The capabilities of geographical information systems (GIS) have also been used for this purpose. The groundwater potential index (GWPI) can be calculated as:

$$GWPI = \sum_{i=1}^n R_i W_i \quad (1)$$

Where, R and W represent the rate and weight of the desired parameter (i), respectively.

In GWPI calculation, geology, groundwater depth, groundwater recharge, rainfall, land use, soil, slope, elevation, drainage density, and fault density are considered as influencing parameters.

The groundwater quality index (GWQI) can also be calculated as:

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

Where, R and W indicate the rate and weight of the parameter (i), respectively. Factors included in GWQI vary depending on total dissolved solids, total hardness and concentration of sodium, sulfate, and chloride ions.

The final groundwater potential index map and groundwater quality index map were prepared in GIS environment.

Results

The GWPI and GWQI maps are shown in Fig. 1. According to Fig. 1a, the Jiroft plain has been classified into three groundwater potential zones. These zones are good, moderate, and poor and cover 401.2, 498, and 663 Km² of the study area, respectively. As shown in Fig. 2b, the Jiroft plain has been classified into four quality zones. These zones are very poor, poor, acceptable, and good

covering 31, 178.4, 424.9, and 946.8 km² of the Jiroft plain area, respectively.

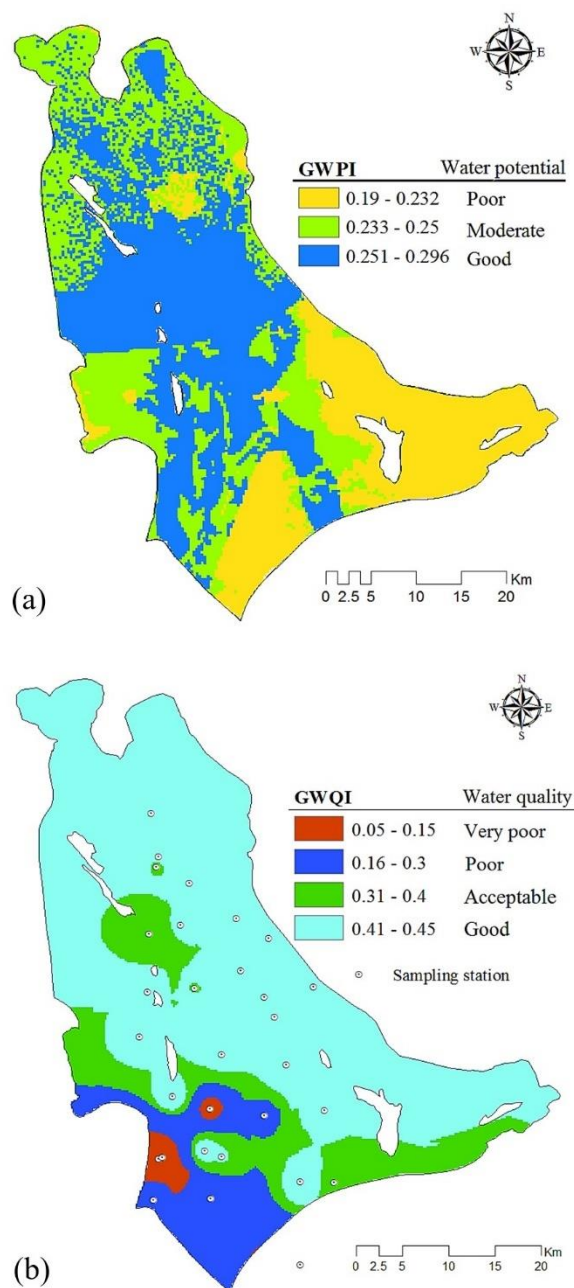


Fig. 1 a) groundwater potential index map and b) groundwater quality index map

Wells discharge data, aquifer transmissivity, and the amount of groundwater fluctuations were used to validate the resulting GWPI and GWQI maps. The highest measured discharge is related to the wells located in the middle parts of Jiroft Plain. There is a direct relationship between the aquifer transmissivity and the groundwater potential index ($R^2 = 0.49$). The groundwater potential index has an inverse relationship with the amount of groundwater fluctuations. The abovementioned contents indicate the efficiency

of the models used in this study to evaluate the groundwater potential of the Jiroft plain.

Conclusion

The results of this study showed that the middle part of the Jiroft plain has the most suitable groundwater potential and a poor groundwater potential is observed in the east and south of the plain. The groundwater quality potential is suitable in a large part of the north and center of the plain. And, the groundwater has a poor and very poor potential in the south of the study area. The existence of fine-grained sediments in the southern part of the plain has reduced the quantitative and qualitative groundwater potential.

The study results showed that the quantitative and qualitative potential of groundwater can be assessed using available data and geographical

information system capabilities. Monitoring well data along with groundwater potential and groundwater quality index maps reveals the aquifer potential. Moreover, this study shows that decision-makers need to consider both groundwater quantity and quality aspects for the optimal management of groundwater resources. The methodology of this paper is generic in nature. It can be properly modified for other groundwater quality parameters based on local groundwater quality and pollution situations.

Data Availability

The data used in this research are presented in the text.

Conflicts of Interest

The author of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.



ISSN: 2476-3683

محیط زیست و مهندسی آب

Homepage: www.jewe.ir

مقاله پژوهشی

ارزیابی پتانسیل کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت جیرفت با استفاده از GIS و مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی

محمد فاریابی*

استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ دریافت: [۱۴۰۰/۰۸/۰۴]

تاریخ بازنگری: [۱۴۰۰/۰۹/۲۸]

تاریخ پذیرش: [۱۴۰۰/۰۹/۳۰]

واژه‌های کلیدی:

پتانسیل آب زیرزمینی

دشت جیرفت

فرایند تحلیل سلسله مراتبی.

GIS

*نویسنده مسئول:

faryabi@ujiroft.ac.ir

در این پژوهش پتانسیل آبخوان دشت جیرفت از لحاظ کمی و کیفی بررسی شد. بدین منظور شاخص پتانسیل آب زیرزمینی و شاخص کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی محاسبه شدند. برای محاسبه شاخص پتانسیل آب زیرزمینی از پارامترهای مرتبط استفاده شد. شاخص کیفیت آب زیرزمینی نیز با توجه به مقدار جامدات محلول در آب زیرزمینی، سختی کل و غلظت یون‌های سدیم، سولفات و کلراید محاسبه شد. در نهایت با استفاده از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشه‌های شاخص پتانسیل کمی و کیفی آب زیرزمینی تهیه شد. بر اساس نتایج به دست آمده دشت جیرفت از لحاظ پتانسیل کمی به سه رده خوب، متوسط و ضعیف تقسیم‌بندی شد که به ترتیب ۴۲، ۳۲ و ۲۶٪ از مساحت دشت را به خود اختصاص دادند. از دیدگاه پتانسیل کیفی نیز دشت جیرفت به چهار منطقه نامناسب، ضعیف، قابل قبول و خوب تقسیم‌بندی شده که به ترتیب ۲، ۱۱، ۲۷ و ۶۰٪ از مساحت دشت جیرفت را تحت پوشش قرار می‌دهند. بر اساس نتایج این پژوهش، بهترین پتانسیل آب زیرزمینی در بخش میانی دشت و ضعیف‌ترین پتانسیل آب زیرزمینی در حاشیه شرقی و جنوبی آن مشاهده می‌شود. از لحاظ پتانسیل کیفی، به جز بخش‌های جنوب و جنوب غربی دشت، پتانسیل کیفی آب زیرزمینی در سایر بخش‌ها مناسب است.

۱- مقدمه

زمین مواجه شوند. بنابراین ارزیابی پتانسیل آب زیرزمینی و بهره‌برداری بهینه متناسب با تغذیه آبخوان‌ها جهت مدیریت پایدار این منابع بسیار ضروری می‌باشد. اتخاذ تصمیمات بهینه مدیریتی برای بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی بدون آگاهی از پتانسیل کمی و کیفی این منابع امکان‌پذیر نیست. تعیین پتانسیل منابع آب زیرزمینی روشی معمول برای ارزیابی کمی آبخوان‌ها است (Dhar et al. 2015). از آنجایی که فناوری‌های سنجش از دور به طور مستقیم قادر به

منابع آب زیرزمینی به دلیل افت سطح آب، کاهش کیفیت، تأثیرپذیری از تغییرات اقلیمی ناشی از گرمایش جهانی و تغییر نظام بارش و رخداد خشک‌سالی‌های ممتد و متوالی از چالش‌های مهم توسعه هستند (Rahimi and Solaimani 2017). مدیریت غیراصولی منابع آب در کشور ایران در دهه‌های اخیر باعث شده تا بسیاری از شهرهای ایران با بحران کمبود آب و پیامدهای ناشی از برداشت غیر بهینه از منابع آب زیرزمینی مانند شور شدن آبخوان‌ها و فرونشست



اصلاح شده پتانسیل آب‌یرزمینی را ارائه کردند. براساس نتایج این پژوهشگران در مناطق با داده‌های کم، ترکیب پارامترهای موجود مانند بارندگی، شیب، تراکم آبراهه‌ها، زمین‌شناسی و ژئوفیزیک روشی مناسب برای تعیین پتانسیل آبخوان‌ها است. (Barua et al. (2021) نیز پتانسیل آب‌یرزمینی پنج حوضه تحت تأثیر کشاورزی در هندوستان را با استفاده از پارامترهایی مانند شیب، زمین‌شناسی، نوع آبخوان، تراکم آبراهه‌ها، شاخص پوشش گیاهی، بارندگی، خاک و شاخص توپوگرافی بررسی کردند. این پژوهشگران نتایج کار خود را با استفاده از داده‌های نوسانات زمانی تراز آب‌یرزمینی اعتبارسنجی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که در مناطق با پتانسیل آب‌یرزمینی ضعیف، نوسانات تراز آب‌یرزمینی بیشتر است.

کیفیت آب‌یرزمینی توسط عواملی مانند زمین‌شناسی، فیزیوگرافی، نوع خاک و میزان تغذیه آبخوان مشخص می‌شود. بسیاری از پژوهشگران از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی برای ارزیابی کیفیت آب‌یرزمینی استفاده کرده‌اند. (Asghari Moghadam et al. (2015) کیفیت آب‌یرزمینی دشت مهربان را با استفاده از شاخص کیفیت آب‌یرزمینی و سیستم اطلاعات جغرافیایی مطالعه کردند. نتایج این پژوهش نشان داد آب‌یرزمینی از نظر کیفیت، بین رده‌های کاملاً نامطلوب تا مناسب قرار می‌گیرند. (Sarbaz et al. (2018) کیفیت آب‌یرزمینی دشت مشهد را با به‌کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های آماری چند متغیره بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که سازندهای زمین‌شناسی تأثیر مهمی بر روی کیفیت آب‌یرزمینی داشته‌اند. همچنین نتایج تحلیل عاملی نشان داد که پارامترهای هدایت الکتریکی و مجموع جامدات محلول از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت آب‌یرزمینی هستند. (Ram et al. (2021) با استفاده از شاخص کیفیت آب‌یرزمینی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، کیفیت آب‌یرزمینی در سنگ‌های گرانیته در حوضه آندراپرادش هندوستان را مطالعه کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که آب‌یرزمینی در این منطقه کیفیت مناسبی نداشته و باید در مقابل آلاینده‌های طبیعی و انسانی تحت محافظت قرار گیرد. اغلب پژوهش‌هایی که به‌منظور ارزیابی پتانسیل آب‌یرزمینی تاکنون انجام شده‌اند، تنها جنبه‌های کمی را در نظر گرفته‌اند. در صورتی‌که در ارزیابی پتانسیل آب‌یرزمینی باید هم

شناسایی منابع آب‌یرزمینی نیستند، از معیارهای سطحی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای مانند زمین‌شناسی، خاک، کاربری اراضی و ... برای تعیین پتانسیل آب‌یرزمینی استفاده می‌شود. داده‌های سطح آب و نتایج آنالیز کیفی آب‌یرزمینی نیز دو مؤلفه مهم در تعیین وضعیت آبخوان‌ها هستند.

در زمینه ارزیابی پتانسیل کمی منابع آب‌یرزمینی در سال‌های گذشته مطالعات متعددی انجام شده است. (Rao et al. (2009) برای ارزیابی پتانسیل آب‌یرزمینی در بخشی از هندوستان از سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند. (Seif and Kargar (2011) پتانسیل منابع آب‌یرزمینی در دشت سیرجان را با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که منابع آب‌یرزمینی در رسوبات درشت‌دانه دوران چهارم و مخروطه‌افکنه‌ها، پتانسیل بیشتری از لحاظ آب‌یرزمینی دارند. (Etishree et al. (2013) در پژوهشی با استفاده از سنجش‌ازدور، سامانه اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، پتانسیل آب‌یرزمینی در منطقه یونائو^۱ کشور هندوستان را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد حدود ۱۶٪ از مساحت منطقه دارای پتانسیل خوب و خیلی خوب از نظر تأمین آب‌یرزمینی می‌باشد. (Rahimi and Solaimani (2017) با به‌کارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های پشتیبان تصمیم‌گیری اقدام به پهنه‌بندی پتانسیل آب‌یرزمینی دشت دهگلان کردند. در این پژوهش از پارامترهایی مانند لیتولوژی، نفوذپذیری خاک، تراکم زهکشی، تراکم گسل، شیب و طبقات ارتفاعی استفاده شد. نتایج این مطالعه با استفاده از پارامترهای قابلیت انتقال آبخوان و دبی چاه‌ها اعتبارسنجی گردید. نتایج این مطالعه حاکی از توانایی مدل‌های مورد استفاده در پهنه‌بندی پتانسیل آب‌یرزمینی است. (Owolabi et al. (2020) پتانسیل آب‌یرزمینی حوزه بوفالو^۲ در آفریقای جنوبی را با استفاده از سنجش‌ازدور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل تحلیل سلسله‌مراتبی ارزیابی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که بهترین پتانسیل آب‌یرزمینی مربوط به مناطق دارای درز و شکاف فراوان در سنگ‌ها است. (Shahinuzzaman et al. (2021) پتانسیل آبخوانی در کشور بنگلادش را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی کردند. این پژوهشگران شاخص

¹Yunao²Buffalo

دشت جیرفت دره‌ای گسلی و فروافتاده است. جهت شیب دشت از شمال به جنوب و میانگین شیب آن در حدود 7 m/km است. سطح دشت هموار و پوشش طبیعی گیاهی آن کم است. این منطقه از نظر اقلیمی دارای آب و هوایی نیمه‌خشک بوده و متوسط بارندگی سالانه آن 170 mm است (Barkhori et al. 2017). دشت جیرفت دارای رودخانه‌های دائمی شامل رودخانه هلیل، رودخانه شور، زهکش چیل و چندین رودخانه فصلی است. آب نفوذ یافته از مخروط افکنه‌های بخش شمالی دشت جیرفت نقش بسیار مهمی در تغذیه آبخوان دارد. با اینکه آبخوان دشت جیرفت در بخش میانی دارای یک سفره تحت فشار است، اما در شرایط حاضر به دلیل وجود حفاری‌های زیاد، فشار آرتزین کاهش زیادی یافته است و آبخوان به صورت یکپارچه در نظر گرفته می‌شود (Shahidasht and Abbasnejad 2011).

۲-۲- روش پژوهش

در این پژوهش برای ارزیابی پتانسیل کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت جیرفت از دو شاخص مهم استفاده شده است: شاخص پتانسیل آب زیرزمینی (GWPI) و شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GWQI).

۲-۲-۱- شاخص پتانسیل آب زیرزمینی

شاخص پتانسیل آب زیرزمینی که بر جنبه‌های کمی آب زیرزمینی تأکید دارد، با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$GWPI = \sum_{i=1}^n R_i W_i \quad (1)$$

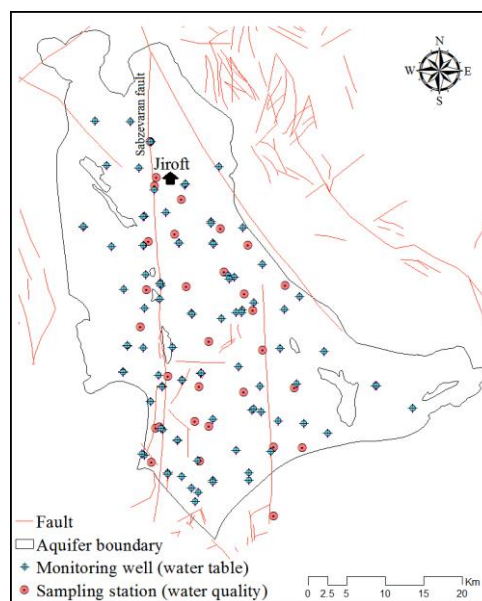
که، R و W به ترتیب نشان‌دهنده امتیاز و وزن پارامتر موردنظر (i) هستند. با توجه به پژوهش‌های انجام شده قبلی و داده‌های موجود در منطقه مورد مطالعه، پارامترهایی مانند زمین‌شناسی، عمق تا سطح آب زیرزمینی، میزان تغذیه، میزان بارندگی، کاربری اراضی، بافت خاک، تراکم آبراهه، شیب، ارتفاع و تراکم گسل برای محاسبه شاخص پتانسیل آب زیرزمینی در نظر گرفته شدند. این پارامترهای با توجه به نظرات کارشناسان شرکت آب منطقه‌ای، اساتید شاغل در دانشگاه‌های جنوب استان کرمان و مقالات داخلی و خارجی اولویت‌بندی شدند. سپس وزن و امتیاز پارامترهای مختلف با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی محاسبه و تعیین گردید (جدول ۱). در ادامه نحوه تهیه هر کدام از پارامترهای به کاررفته در ارزیابی پتانسیل آب زیرزمینی ارائه شده است.

جنبه‌های کمی و هم جنبه‌های کیفی آب در نظر گرفته شود (Dhar et al. 2015). در این مطالعه علاوه بر ارزیابی پتانسیل کمی آب زیرزمینی، از یک شاخص کیفی نیز برای ارزیابی پتانسیل کیفی آب زیرزمینی استفاده شده است. برای تعیین میزان تأثیر پارامترهای مؤثر بر پتانسیل کمی و کیفی آب زیرزمینی نیز از روش تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

دشت جیرفت بخشی از حوضه غربی جازموریان است که بین طول‌های جغرافیایی $57^{\circ} 15'$ و $58^{\circ} 17'$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $28^{\circ} 12'$ و $29^{\circ} 13'$ شمالی، در جنوب استان کرمان قرار گرفته است (شکل ۱). مساحت دشت جیرفت 2247 km^2 و ارتفاع آن از سطح دریا بین 450 تا 800 m متغیر است. این دشت یکی از قطب‌های کشاورزی ایران بوده و از نظر تولید محصولات زراعی و باغی در کشور رتبه سوم را داراست.



شکل ۱- موقعیت و وضعیت عمومی منطقه مورد مطالعه
Fig. 1 Location and general map of study area

جدول ۱- وزن ها و امتیازات تعیینی و نرمال شده پارامترهای بکار رفته برای ارزیابی پتانسیل آب زیرزمینی

Table 1 Assigned and normalized weights of the parameters for groundwater potential assessment

Parameter	Normalized Weight	Class	Rate Assigned	Normalized rate
Geology	0.15	Recent alluvium	9	1.00
Depth to groundwater (m)	0.11	5.9-27	9	0.43
		27.1-37	7	0.33
		37.1-67.1	5	0.24
		4-6	3	0.20
Recharge (Piscopo index)	0.13	6-8	5	0.33
		8-9	7	0.46
		110-120	5	0.25
Rainfall (mm/year)	0.09	120.1-130	7	0.35
		130.1-158.1	8	0.40
		Agricultural land	8	0.36
Land use	0.15	Grassland	6	0.27
		Bare land	5	0.23
		Residential area	3	0.14
		Sandy and silty loam	7	0.47
Soil	0.11	Sandy and silty clay	5	0.33
		Clay	3	0.20
Drainage density (km/km ²)	0.09	0- 0.5	8	0.50
		0.5-1	5	0.31
		1-1.4	3	0.19
Slope (degree)	0.06	0-2	8	0.42
		2.1-5	6	0.32
Elevation (m)	0.06	5.1-44.2	5	0.26
		456-633	8	0.39
		633.1-712	7	0.31
Fault density (km/km ²)	0.06	712.1-1314	6	0.29
		0-0.1	3	0.20
		0.1-0.4	5	0.33
		0.4-0.8	7	0.47

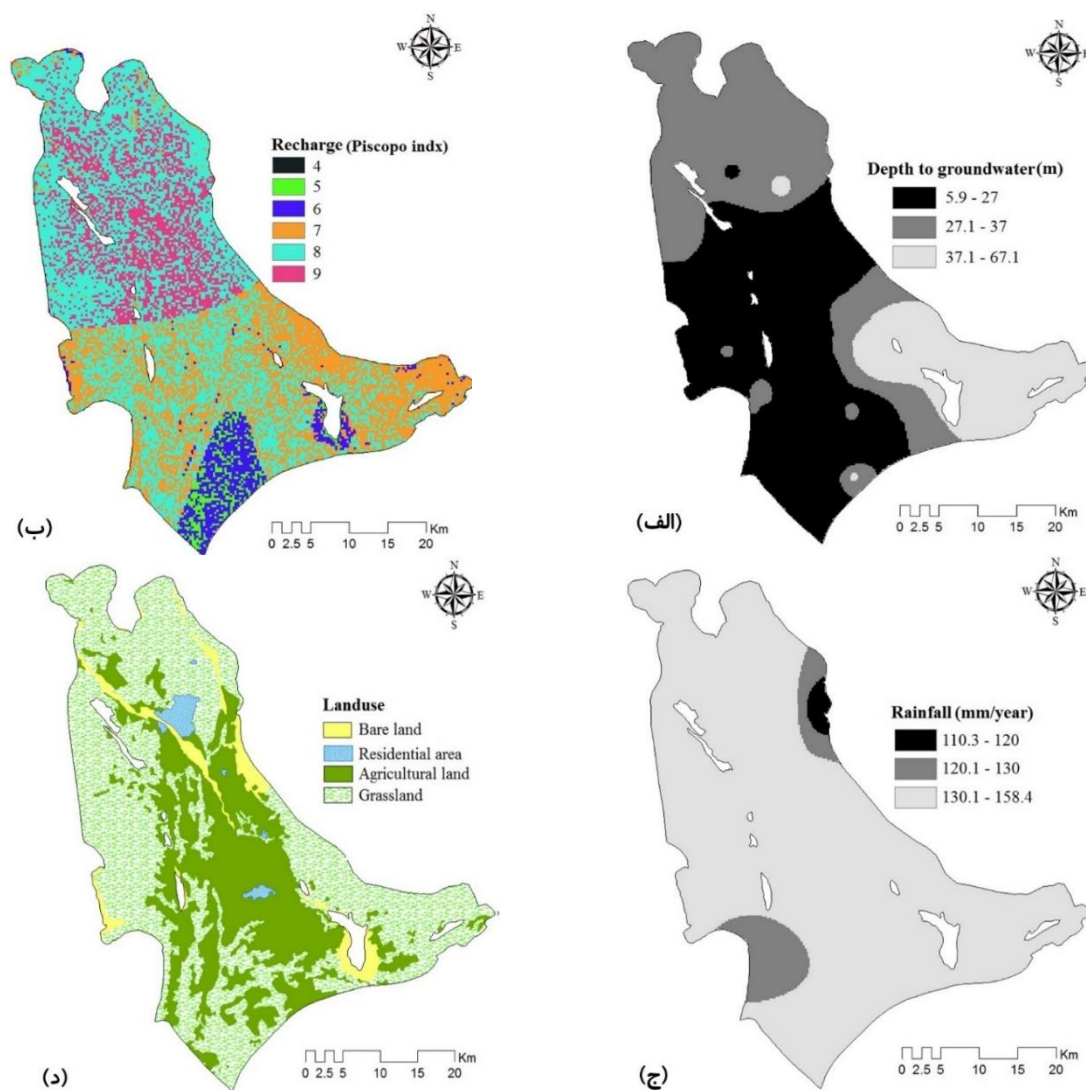
لایه‌های متداخل و درهم شکل گرفته‌اند (Abbasnejad 2008).

۲-۱-۲-۲- عمق تا سطح آب زیرزمینی

عمق تا سطح آب، زمان و میزان نفوذ آب به درون آبخوان را کنترل می‌کند. برای تهیه لایه عمق تا سطح آب زیرزمینی از داده‌های چاه‌های مشاهده‌ای موجود در دشت جیرفت استفاده شده است. موقعیت این چاه‌ها در شکل (۱) ارائه شده است. ۶۳ چاه مشاهده‌ای در منطقه مورد مطالعه وجود دارد که عمق آب در آن‌ها به صورت ماهانه اندازه‌گیری می‌شود. با استفاده از داده‌های این چاه‌ها، میانگین عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی در یک دوره ده‌ساله (۱۳۹۰-۹۹) محاسبه شده است. به این ترتیب لایه میانگین عمق تا سطح آب زیرزمینی تهیه شده است (شکل ۲ الف).

۲-۱-۲-۱- زمین‌شناسی

منطقه مورد مطالعه عمدتاً توسط آبرفت پوشیده شده است. مطالعات ژئوفیزیک و حفاری‌های انجام شده نشان می‌دهد که ضخامت این رسوبات آبرفتی در بعضی از نقاط دشت به بیش از ۲۰۰ m می‌رسد. وجود مسیل‌ها و مخروط افکنه‌های متعددی که از ارتفاعات شمالی، شرقی و غربی به طرف دشت امتداد دارند، نقش مهمی در تغذیه آبخوان دارد. در مرکز دشت، سطوح همواری به چشم می‌خورد که باید آن‌ها را سطوح کفه‌ای (پلایا) در نظر گرفت. به طور کلی رسوبات دشت جیرفت شامل سنگ‌ریزه‌های بستر رودخانه‌ها، مواد پادگانه‌ای، رسوبات بادی، سیلابی و مخروط افکنه‌ای هستند و به صورت



شکل ۲ نقشه‌های: الف) عمق آب‌زیرزمینی، ب) تغذیه، ج) بارندگی و د) کاربری زمین
Fig. 2 Maps of: a) groundwater depth, b) recharge, c) rainfall, and d) landuse

(۲) مقدار تغذیه = میزان (شیب + بارندگی + نفوذپذیری خاک)

برای تهیه لایه تغذیه، ابتدا لایه‌های شیب، بارندگی و نفوذپذیری تهیه و سپس بر اساس معیارهای جدول (۲) رتبه‌بندی شدند. سپس لایه‌های مذکور همپوشانی شده و در نهایت لایه تغذیه به دست آمد (شکل ۲ ب).

۲-۱-۲-۲ تغذیه

برآورد میزان تغذیه آب‌زیرزمینی یکی از مهم‌ترین چالش‌های پژوهشگران منابع آب است. در این پژوهش جهت تخمین میزان تغذیه آبخوان از روش پیسکوپو استفاده شده است. در این روش با استفاده از پارامترهای شیب، میزان بارندگی و میزان نفوذپذیری خاک، پتانسیل تغذیه با استفاده از رابطه (۲) به دست می‌آید (Piscopo 2001).

جدول ۲- امتیازها و وزن‌ها برای محاسبه تغذیه در منطقه مورد مطالعه (Piscopo 2001, Al-Adamat et al. 2003).

Table 2 Recharge ratings and weightings for the study area (Piscopo 2001, Al-Adamat et al. 2003).

Slope (%)		Rainfall (mm/yr)		Soil Permeability		Recharge	
Range	Rate	Range	Rate	Range	Rate	Range	Rate
< 2	4	> 850	4	High	5	11-13	10
2-10	3	700-850	3	Moderate to high	4	9- 11	8
10-33	2	500-700	2	Moderate	3	7-9	5
> 33	1	< 500	1	Low	2	5-7	3
				Very low	1	3-5	1

۲-۲-۴-۴- بارندگی

تغییرات مکانی بارندگی، کمیت و کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای تهیه لایه بارندگی از آمار ایستگاه‌های باران‌سنجی موجود در دشت جیرفت و اطراف آن در یک دوره ۲۰ yr (۱۳۸۰-۹۹) استفاده شده است. میانگین بارندگی سالانه در منطقه مورد مطالعه بین ۱۱۰ تا ۱۵۰ mm/yr متغیر است (شکل ۲ ج).

۲-۲-۵- کاربری اراضی

نوع کاربری زمین تأثیر زیادی بر تراز و کیفیت آب‌زیرزمینی دارد، زیرا کاربری‌های مختلف باعث مصارف متفاوتی از آب‌زیرزمینی می‌شوند (Asghari Sarasekanrood et al. 2021). نوع کاربری اراضی دشت جیرفت با توجه به نقشه کاربری اراضی تهیه شده توسط اداره کل منابع طبیعی جنوب استان کرمان، تعیین شده است (شکل ۲ د). مهم‌ترین کاربری‌های دشت جیرفت عبارت‌اند از زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی، اراضی مرتعی و اراضی فاقد پوشش گیاهی.

۲-۲-۶- خاک

خاک خاستگاه اصلی محصولات کشاورزی است. خصوصیات خاک مانند اندازه دانه‌ها و بافت آن نقش مهمی در میزان تغذیه و کیفیت آب‌زیرزمینی دارد. نقشه بافت خاک دشت جیرفت در شکل (۳- الف) ارائه شده است. مهم‌ترین انواع خاک در این منطقه عبارت‌اند از: لوم ماسه‌ای و سیلتی، رس ماسه‌ای و سیلتی و رس.

۲-۲-۷- شیب

شیب یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده میزان نفوذ آب به داخل خاک است. هر چه شیب کمتر باشد، آب فرصت بیشتری برای نفوذ به درون خاک دارد. نقشه شیب دشت جیرفت از مدل رقومی- ارتفاعی آن استخراج شده است (شکل ۳ ب). شیب زمین در بخش عمده‌ای از دشت جیرفت کمتر از ۲ درجه است.

۲-۲-۸- ارتفاع

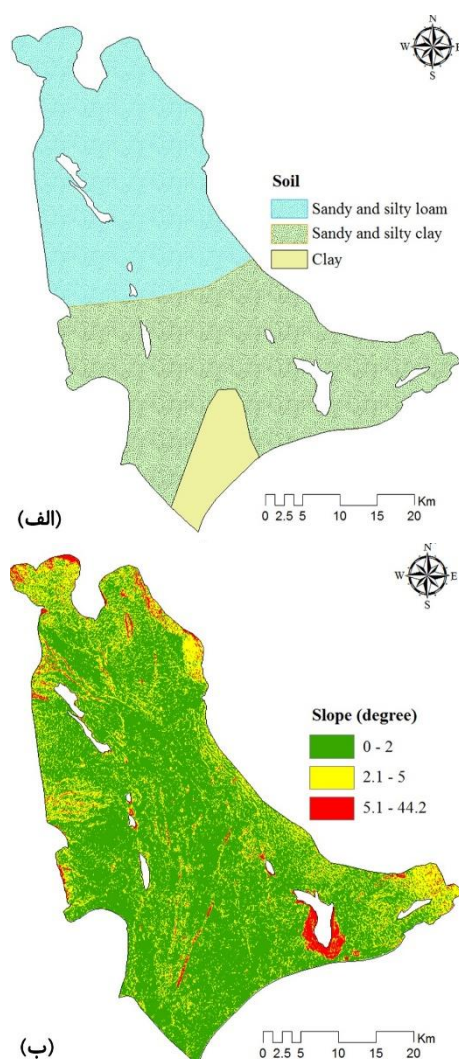
مناطق پست معمولاً توسط واحدهای زمین‌شناسی نرم‌تر پوشیده می‌شوند، بنابراین آب بیش‌تری در این مناطق به داخل زمین نفوذ می‌کند (Dhar et al. 2015). ارتفاع دشت جیرفت بین ۴۵۶ تا بیش از ۱۰۰۰ m نسبت به سطح دریا متغیر است. برای تهیه لایه ارتفاع از مدل رقومی- ارتفاعی استفاده شده است (شکل ۳ ج).

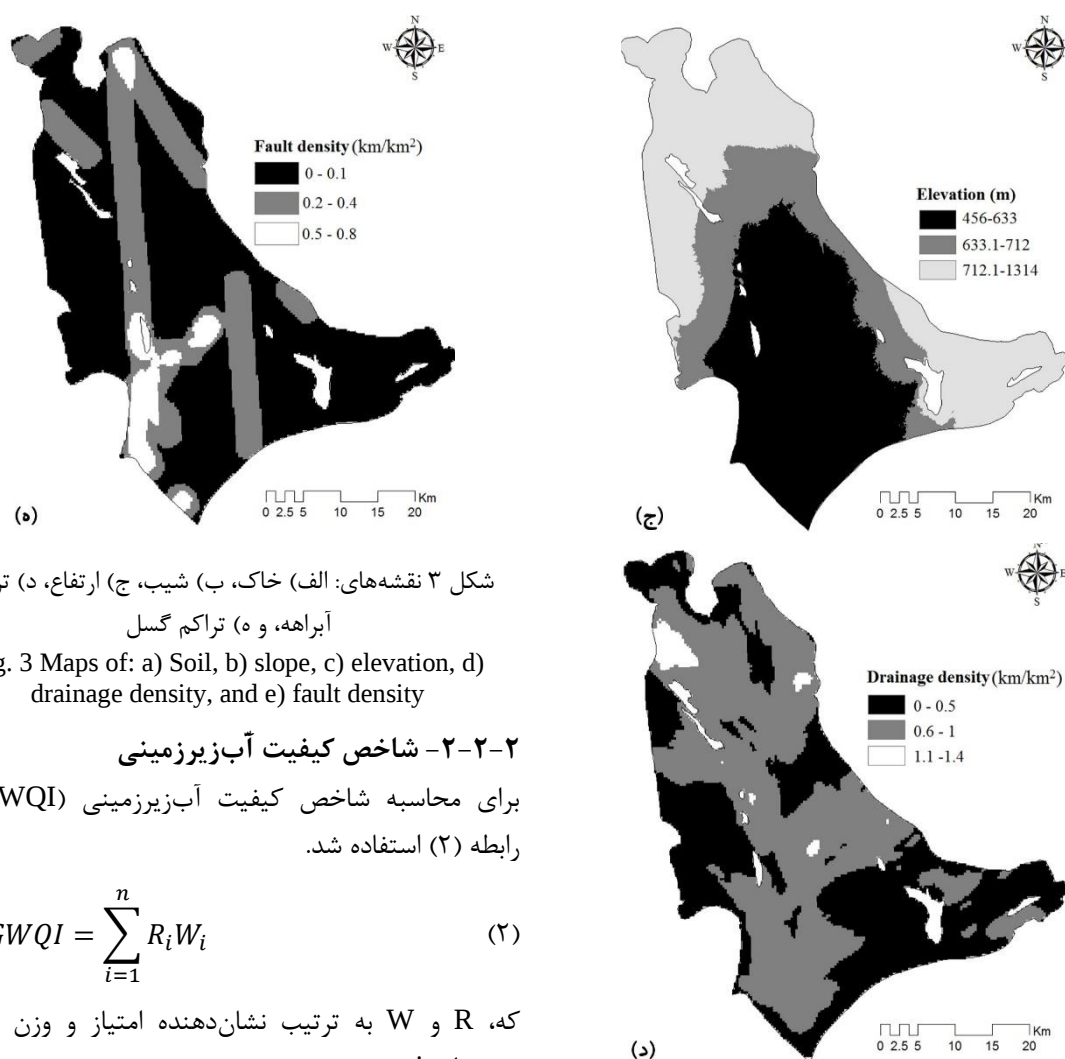
۲-۲-۹- تراکم آبراهه‌ها

تراکم آبراهه‌ها نشان‌دهنده جنس و میزان نفوذپذیری سطحی واحدهای زمین‌شناسی است (Prasad et al. 2008). هر چه تراکم آبراهه‌ها بیشتر باشد، قابلیت ایجاد رواناب بیشتر بوده و احتمال تغذیه آب‌زیرزمینی کمتر است. با استفاده از فایل رقومی آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه، نقشه تراکم آبراهه‌ها تهیه و در شکل (۳ د) ارائه شده است.

۲-۲-۱۰- تراکم گسل

شکستگی‌ها (درزها، شکاف‌ها و گسل‌ها) یکی از عوامل ثانویه افزایش نفوذپذیری در واحدهای زمین‌شناسی هستند. گسل-های موجود در دشت جیرفت با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای شناسایی شده‌اند. شکل (۳- ه) نشان‌دهنده تراکم گسل‌های منطقه مورد مطالعه است.





شکل ۳ نقشه‌های: الف) خاک، ب) شیب، ج) ارتفاع، د) تراکم
آبراهه، و ه) تراکم گسل

Fig. 3 Maps of: a) Soil, b) slope, c) elevation, d)
drainage density, and e) fault density

۲-۲-۲- شاخص کیفیت آب زیرزمینی

برای محاسبه شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GWQI) از
رابطه (۲) استفاده شد.

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

که، R و W به ترتیب نشان‌دهنده امتیاز و وزن پارامتر
موردنظر (i) هستند.

جدول ۳- وزن‌ها و امتیازات نرمال شده پارامترهای بکار رفته در محاسبه شاخص کیفیت آب زیرزمینی

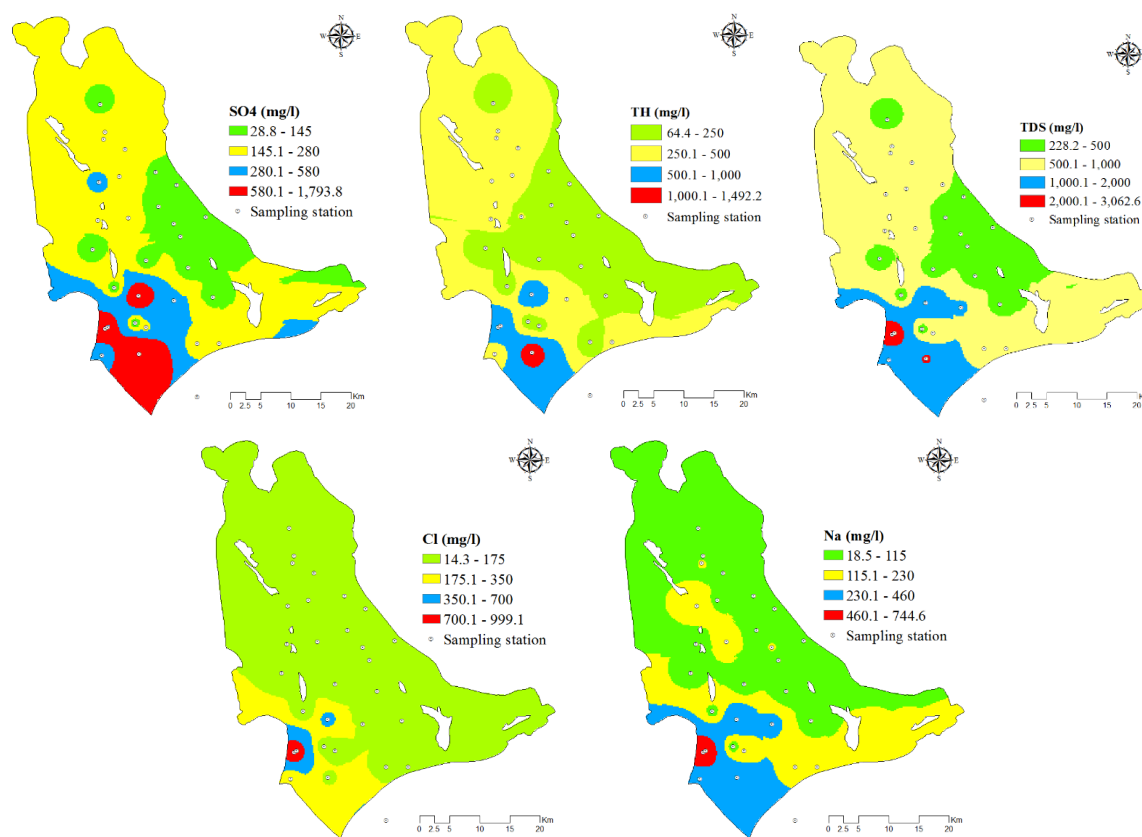
Table 3 Normalized weights and rates for the individual features for water quality index

Parameter	Normalized Weight	Class	Rate Assigned	Normalized rate
TDS (mg/l)	0.18	<500	9	0.45
		500-1000	7	0.35
		1000-2000	3	0.15
		>2000	1	0.05
TH (mg/l)	0.12	<250	9	0.45
		250-500	7	0.35
		500-1000	3	0.15
		>1000	1	0.05
Na ⁺ (mg/l)	0.25	<115	9	0.45
		115-230	7	0.35
		230-460	3	0.15
		>460	1	0.05
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	0.16	<145	9	0.45
		145-280	7	0.35
		280-580	3	0.15
		>580	1	0.05
Cl ⁻ (mg/l)	0.28	<175	9	0.45
		175-350	7	0.35
		350-700	3	0.15
		>700	1	0.05

شده است. برای تعیین وزن و امتیاز هر یک از این پارامترها از مدل تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است (جدول ۳).

برای تهیه لایه‌های مربوط به پارامترهای کیفی آب‌زیرزمینی از نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب جمع‌آوری شده توسط شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان در تابستان ۱۳۹۹ استفاده شده است. محل این نمونه‌ها در شکل (۱) نشان داده شده است. لایه‌های مربوط به پارامترهایی که در محاسبه شاخص کیفی آب‌زیرزمینی استفاده شده‌اند نیز در شکل (۴) ارائه شده‌اند. با توجه به شکل (۴)، در مورد همه پارامترهای کیفی آب‌زیرزمینی، نامناسب‌ترین وضعیت در بخش جنوبی دشت مشاهده می‌شود. آب‌زیرزمینی در بخش‌های مرکزی و شمالی دشت کیفیت مناسبی دارد.

با توجه به وضعیت کیفی آب‌زیرزمینی، پارامترهای بکار رفته در تعیین شاخص کیفیت آب نیز متفاوت هستند. معروف‌ترین روشی که برای تعیین کیفیت آب به‌کاربرده می‌شود، طبقه‌بندی Schoeller است. این طبقه‌بندی یک روش استاندارد برای ارزیابی کیفیت آب بوده و از گذشته تاکنون برای بررسی کیفیت آب در مناطق مختلف دنیا مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش پارامترهایی مانند مجموع مواد جامد محلول، سختی کل و غلظت یون‌های سدیم، کلراید و سولفات برای تعیین کیفیت آب به کار گرفته می‌شوند (Schoeller 1977). در این مطالعه نیز از همین پارامترها برای ارزیابی پتانسیل کیفی آب‌زیرزمینی استفاده



شکل ۴- توزیع مکانی پارامترهای کیفی آب‌زیرزمینی

Fig. 4 Spatial distribution of groundwater quality parameters

ترتیب برابر با 498 ، $401/2$ و 663 km^2 است. بهترین پتانسیل کمی آبخوان دشت جیرفت در بخش میانی آن مشاهده می‌شود. در این مناطق آبراهه‌های اصلی وجود دارند. رودخانه هلیل‌رود نیز از بخش میانی دشت عبور کرده و باعث تغذیه آب‌زیرزمینی می‌شود (Shojaheidari 2007). بنابراین امکان تغذیه آبخوان توسط آب‌های سطحی در این

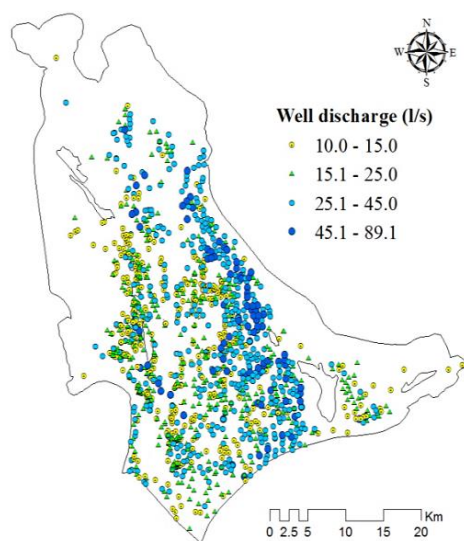
۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- پتانسیل کمی آبخوان

نقشه شاخص پتانسیل آب‌زیرزمینی دشت جیرفت در شکل (۵) نشان داده شده است. با توجه به این نقشه، دشت جیرفت از نظر پتانسیل کمی به سه منطقه با پتانسیل ضعیف، متوسط و خوب تقسیم شده است. مساحت این رده‌ها به

آب زیرزمینی در این مناطق ضعیف باشد. این موضوع مؤید مطالعات (Saranyan and Seif and Kargar (2011) و Saravanan (2020) در مورد دلایل کاهش پتانسیل آب زیرزمینی است.

براساس نتایج این پژوهش، معیارهای زمین‌شناسی و توپوگرافی تأثیر زیادی بر پتانسیل آب زیرزمینی دارند. Rahimi (2012) نیز پارامترهای ژئومورفولوژی و سنگ-شناسی را به عنوان مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر در ارزیابی پتانسیل منابع آب زیرزمینی معرفی کرده است.

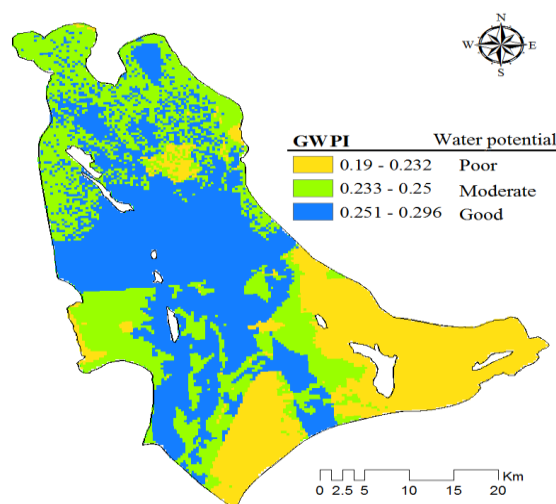


شکل ۶- توزیع مکانی دبی چاه‌های بهره‌برداری
Fig. 6 Spatial distribution of well discharge

۳-۱-۱- اعتبارسنجی مدل

برای بررسی صحت نتایج این پژوهش از داده‌های متعددی شامل دبی چاه‌های بهره‌برداری، ضریب قابلیت انتقال آبخوان و نوسانات زمانی تراز آب زیرزمینی کمک گرفته شده است. اندازه‌گیری دبی چاه‌ها توسط شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان انجام شده است. شکل (۶) پراکندگی مکانی میزان دبی چاه‌های بهره‌برداری را نشان می‌دهد. بیشترین دبی اندازه‌گیری شده مربوط به چاه‌هایی است که در بخش‌های میانی دشت جیرفت واقع شده‌اند. این موضوع نتایج حاصل از ارزیابی پتانسیل آب زیرزمینی را تأیید می‌کند. با توجه به شکل (۶)، چاه‌های با دبی بیش از ۲۵ l/s اغلب در بخش‌های مرکزی دشت واقع شده‌اند. دبی چاه‌ها در این مناطق در برخی موارد به بیش از ۸۰ l/s می‌رسد. با توجه به شکل (۶)، چاه‌های با دبی بیش از ۴۵ l/s عمدتاً در راستای گسل‌های اصلی منطقه (با امتداد تقریباً شمالی جنوبی) قرار گرفته‌اند. این موضوع مؤید نقش این گسل‌ها در تغذیه آبخوان دشت

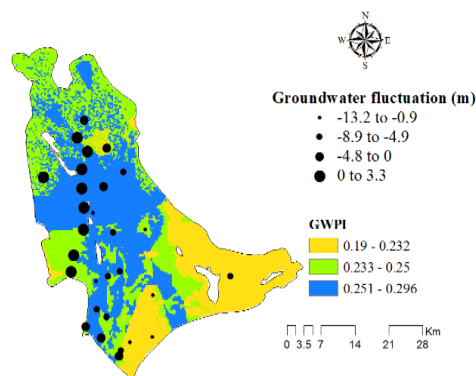
مناطق بیشتر است. این مورد با نتایج مطالعات Saraf and Chaudhary (2004) مبنی بر تأثیر آبراهه‌های اصلی در تغذیه و پتانسیل آب زیرزمینی مطابقت دارد. شیب زمین در بخش میانی دشت جیرفت عمدتاً کمتر از دو درجه است. این شیب کم باعث افزایش تغذیه آبخوان توسط رواناب‌های سطحی خواهد شد. در بخش‌های میانی دشت، علاوه بر آبخوان آزاد سطحی، آبخوان تحت فشار نیز وجود دارد. در برخی مناطق این آبخوان به صورت چندلایه است. رسوبات تشکیل دهنده آبخوان در بخش مرکزی دشت عمدتاً از ماسه، سیلت، گراول و رس تشکیل شده‌اند. این رسوبات دارای نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی خوبی هستند. در این مناطق ضخامت آبرفت نیز زیاد بوده و به ۲۰۰ m هم می‌رسد. این شرایط باعث ایجاد پتانسیل خوب آب زیرزمینی شده است. این مورد با مطالعات Rahimi and Solaimani (2017) مطابقت دارد.



شکل ۵- نقشه پتانسیل آب زیرزمینی دشت جیرفت
Fig. 5 Groundwater potential map of Jiroft plain

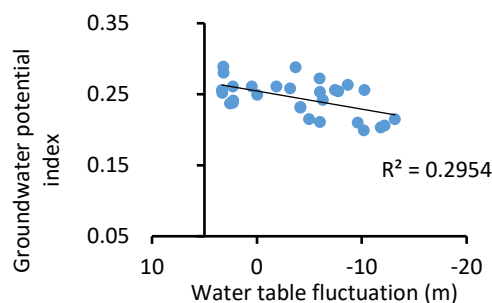
ضعیف‌ترین پتانسیل آب زیرزمینی در بخش‌های جنوبی و جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌شود. شیب زمین در بخش جنوب شرقی دشت نسبت به سایر مناطق آن بیشتر است. خاک این مناطق نیز ریزدانه است. خاک در بخش جنوب شرقی از نوع رس سیلتی و ماسه‌ای و در بخش جنوبی از نوع رسی است. بنابراین میزان نفوذ آب سطحی در این بخش‌ها کمتر از سایر بخش‌های دشت است. ضخامت رسوبات آبرفتی تشکیل دهنده آبخوان در بخش جنوب شرقی، کمتر از سایر مناطق دشت است. در بخش جنوبی نیز رسوبات تشکیل دهنده آبخوان عمدتاً شامل لایه‌های ضخیم رسی هستند. عوامل مذکور سبب شده‌اند که پتانسیل

یکی از پارامترهایی که می‌توان برای بررسی پتانسیل آبریززمینی از آن استفاده کرد، میزان نوسانات تراز آبریززمینی است، زیرا میزان این نوسانات با پتانسیل آبریززمینی رابطه‌ای معکوس دارد. در مناطق با پتانسیل آبریززمینی ضعیف میزان نوسانات تراز آبریززمینی بیشتر است (Barua et al. 2020). برای بررسی میزان نوسانات آبریززمینی آبخوان دشت جیرفت از داده‌های عمق برخورد به سطح آبریززمینی چاه‌های مشاهده‌ای در یک دوره زمانی ۱۰ yr (۱۳۹۰-۹۹) استفاده شده است. میزان نوسان سطح آبریززمینی در این دوره زمانی، بین ۱۳- تا ۳/۳ m متغیر است (شکل ۹). نوسانات مثبت تراز آبریززمینی در مناطقی مشاهده می‌شود که پتانسیل آبریززمینی بهتر است. شکل (۱۰) نمودار دومتغیره شاخص پتانسیل آبریززمینی در محل چاه‌های مشاهده‌ای و میزان نوسانات سطح آب را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود رابطه معکوسی بین این دو پارامتر مشاهده می‌شود. Barua et al. 2020 نیز در مطالعه پتانسیل آبریززمینی غرب بنگال نتایج مشابهی را ارائه کردند.



شکل ۹- تغییرات مکانی نوسانات تراز آبریززمینی و شاخص پتانسیل آبریززمینی

Fig. 9 Spatial variation of groundwater fluctuations and groundwater potential index

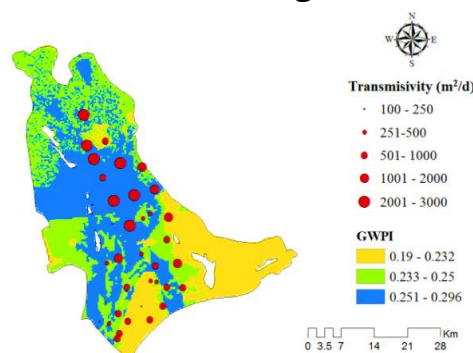


شکل ۱۰- نمودار دومتغیره شاخص پتانسیل آبریززمینی و میزان نوسانات تراز آبریززمینی

Fig. 10 Bivariate diagram of groundwater potential index and groundwater fluctuations

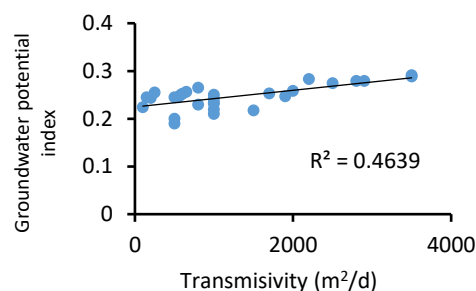
جیرفت است. بنابراین حضور این گسل‌ها و عملکرد مثبت هیدرولیکی آن‌ها باعث بهبود پتانسیل کمی آبخوان شده است. (Mehrabi and Pourkhosravani 2019) نیز در مطالعات خود بر تأثیر مثبت گسل‌ها در افزایش دبی چاه‌ها تأکید کرده‌اند.

مهم‌ترین ضریب هیدرودینامیکی آبخوان، که نشان‌دهنده پتانسیل آبدی آن است، ضریب قابلیت انتقال می‌باشد (Nadjla et al. 2021). شکل (۷) توزیع مکانی ضریب قابلیت انتقال آبخوان در دشت جیرفت را نشان می‌دهد. مقادیر این ضریب با توجه به نتایج آزمون پمپاژ محاسبه شده است. میزان ضریب قابلیت انتقال آبخوان بین ۱۰۰ تا m^2/d (بیش از $2000 m^2/d$) در بخش مرکزی آن و حداقل آن (کمتر از $500 m^2/d$) در بخش جنوبی دشت مشاهده می‌شود (Shojaheidari 2007). شکل (۸) نمودار دومتغیره شاخص پتانسیل آبخوان و ضریب قابلیت انتقال آن را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل (۸) رابطه مستقیمی بین این دو پارامتر وجود دارد. این مورد مؤید مطالعات Rahimi and Solaimani (2017) می‌باشد.



شکل ۷- تغییرات مکانی ضریب قابلیت انتقال آبخوان و شاخص پتانسیل آبریززمینی

Fig. 7 Spatial variation of aquifer transmissivity and groundwater potential index



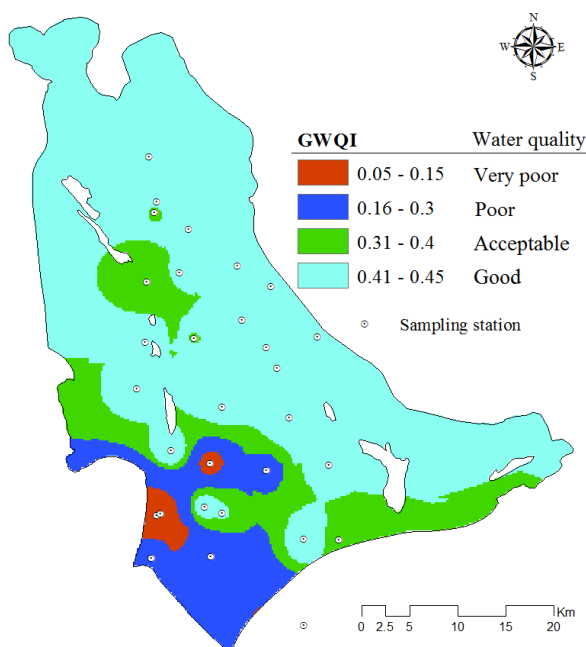
شکل ۸- نمودار دومتغیره شاخص پتانسیل آبریززمینی و ضریب قابلیت انتقال آبخوان

Fig. 8 Bivariate diagram of groundwater potential index and aquifer transmissivity

۳-۲- پتانسیل کیفی آبخوان

دشت جیرفت از لحاظ پتانسیل کیفی به چهار بخش خیلی ضعیف، ضعیف، قابل قبول و خوب تقسیم شده (شکل ۱۱)، که این رده‌ها به ترتیب ۳۱، ۱۷۸/۴، ۴۲۴/۹ و ۹۴۶/۸ Km² از مساحت دشت را به خود اختصاص داده‌اند.

مناسب‌ترین وضعیت کیفی آب زیرزمینی دشت جیرفت در بخش شمالی و مرکزی آن مشاهده می‌شود. در این مناطق خاک دارای بافت درشت (لوم رسی و سیلتی) است. آبخوان نیز از رسوبات درشت‌دانه تشکیل شده است. جهت جریان آب زیرزمینی نیز از حاشیه‌های شمالی و شرقی به سمت مرکز و جنوب دشت است. بنابراین انتظار می‌رود که آب زیرزمینی کیفیت خوبی در بخش‌های شمالی و مرکزی دشت داشته باشد.



شکل ۱۱- نقشه شاخص کیفیت آب دشت جیرفت

Fig. 11 Groundwater quality index map of Jiroft plain

کیفیت آب زیرزمینی در بخش جنوبی و جنوب غربی دشت نامناسب است. بخش جنوبی دشت جیرفت عمدتاً شامل رسوبات ریزدانه رسی و سیلتی است و به‌عنوان خروجی آبخوان عمل می‌کند. وجود رسوبات ریزدانه و عملکرد هیدرولیکی این منطقه به‌عنوان منطقه تخلیه آبخوان، باعث کاهش پتانسیل کیفی آن شده است. رسوبات ریزدانه باعث افزایش زمان ماندگاری آب در آبخوان و در نتیجه افزایش غلظت املاح آب می‌شوند. به‌طور طبیعی نیز غلظت املاح محلول در آب در محل خروج آب زیرزمینی از آبخوان افزایش

می‌یابد. Najafzadeh et al. 2015 نیز حرکت آب زیرزمینی در رسوبات ریزدانه را به‌عنوان یکی از دلایل افزایش املاح آب زیرزمینی معرفی کرده‌اند. حضور گسل بزرگ سبزه‌واران در این منطقه نیز کیفیت آب زیرزمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این گسل رسوبات تخییری شامل (گچ و نمک) را به سمت بالا حرکت داده است. تماس این رسوبات با آب باعث افزایش املاح محلول در آب زیرزمینی و تخریب کیفی آن می‌شود. این موضوع مؤید مطالعات Alijani et al. 2018 و Arjmand et al. 2019 مبنی بر نقش گسل‌ها در تخریب کیفیت آب زیرزمینی است.

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش پتانسیل کمی و کیفی آبخوان دشت جیرفت در جنوب استان کرمان ارزیابی شد. مهم‌ترین دستاوردهای این پژوهش به شرح زیر است:

۱- از لحاظ کمی، بخش میانی دشت جیرفت مناسب‌ترین پتانسیل آب زیرزمینی را دارد. ضعیف‌ترین پتانسیل آب زیرزمینی نیز مربوط به حاشیه شرقی و جنوبی دشت است. عمق نسبتاً زیاد برخورد به آب زیرزمینی، ضخامت کم آبخوان، شیب زیاد زمین در بخش شرقی دشت و وجود رسوبات ریزدانه به‌خصوص در بخش جنوبی، مهم‌ترین دلایل ایجاد پتانسیل ضعیف آب زیرزمینی در این مناطق است.

۲- از دیدگاه کیفیت آب زیرزمینی، به‌جز بخش‌های جنوب و جنوب غربی دشت، پتانسیل کیفی آب زیرزمینی مناسب است. وجود رسوبات ریزدانه در بخش جنوبی یکی از دلایل مهم تخریب کیفی آب زیرزمینی است. بخش جنوبی دشت محل انتهایی مسیر عبور آب زیرزمینی در آبخوان است و به‌عنوان خروجی آبخوان عمل می‌کند. مهم‌ترین دلیل افزایش املاح آب و کاهش کیفیت آب زیرزمینی در این منطقه همین موضوع است. البته عملکرد گسل سبزه‌واران نیز در تخریب کیفی آب نقش دارد.

۳- چاه‌های با دبی بالا اغلب در بخش میانی دشت قرار گرفته‌اند. بیشترین میزان ضریب قابلیت انتقال نیز در بخش میانی مشاهده می‌شود. میزان نوسانات سطح آب زیرزمینی نیز رابطه معکوسی با شاخص پتانسیل آب زیرزمینی دارد. این موارد مؤید نتایج حاصل از مدل ارائه شده برای ارزیابی پتانسیل آبخوان است.

یکی از فاکتورهای مهم در ارزیابی پتانسیل آب‌زیرزمینی، برآورد صحیح میزان تغذیه آبخوان است. از آنجاکه مؤلفه‌های متعددی (مانند نزولات جوی، آب‌های سطحی، آب برگشتی کشاورزی) در تغذیه آب‌زیرزمینی نقش دارند، توصیه می‌شود تا روشی استاندارد جهت تخمین میزان تغذیه آبخوان به‌منظور استفاده در مدل‌های ارزیابی پتانسیل آب‌زیرزمینی توسعه داده شود.

دسترسی به داده‌ها

داده‌ها حسب درخواست، از طرف نویسنده مسئول از طریق ایمیل قابل ارسال می‌باشند.

تضاد منافع نویسندگان

نویسنده این مقاله اعلام می‌دارند که، هیچ‌گونه تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

۴- در ارزیابی پتانسیل آب‌زیرزمینی علاوه بر جنبه‌های کمی، توجه به جنبه‌های کیفی آب نیز ضروری است، زیرا میزان مناسب بودن آب برای مصرف‌کنندگان هم تحت تأثیر کمیت و هم تحت تأثیر کیفیت آن قرار می‌گیرد.

با استفاده از داده‌ها و اطلاعات اولیه (مانند زمین‌شناسی، عمق آب‌زیرزمینی، شیب، بارندگی، داده‌های کیفی) همراه با قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌خوبی می‌توان پتانسیل کمی و کیفی منابع آب‌زیرزمینی را ارزیابی کرد. داده‌های پایشی چاه‌های بهره‌برداری همراه با نقشه‌های پتانسیل آب‌زیرزمینی و شاخص کیفی آب‌زیرزمینی، مناطق دارای پتانسیل خوب آب‌زیرزمینی را مشخص خواهند کرد. نتایج این پژوهش راهنمای مناسبی جهت تصمیم‌گیری در سازمان‌های متولی آب مانند شرکت سهامی آب منطقه‌ای جهت ارزیابی وضعیت موجود و مدیریت منابع آب خواهد بود. نقشه‌های پتانسیل کمی و کیفی تهیه شده در این پژوهش می‌تواند مبنای مناسبی برای مدیریت بهینه بهره‌برداری و توسعه آبخوان دشت جیرفت باشد.

References

- Abbasnejad, A. (2008). Assessing the flooding susceptibility of Halilroud watershed using GIS. Shahid Bahonar University of Kerman, 255 pp. [In Persian].
- Al-Adamat, R., Foster, I. and Baban, S. (2003). Groundwater vulnerability and risk mapping for the Basaltic aquifer of the Azraq basin of Jordan using GIS, remote sensing and DRASTIC. Appl. Geogr., 23, 303-324. DOI:10.1016/j.apgeog.2003.08.007
- Alijani, F., Nasser, H., Amirafzali, M. and Shamsi, A. (2018). Effect of Doroud fault on hydrogeology of Doroud-Boroujerd alluvial aquifer, Lorestan province. Iran Water Resour. Res., 14(2), 163-173 [In Persian].
- Arjmand, M.R., Kangi, A. and Hafezi Moghadas, N. (2019). The effect of Tous fault on groundwater resources in northern parts of Mashhad plain. Iran J. Earth. Sci., 11(3), 205-214. DOI: 10.30495/IJES.2019.667380
- Asghari Moghadam, A., Javanmard, Z., Vadiati, M. and Najib, M. (2015). Evaluating the quality of Mehraban plain groundwater resources using GQI and FGQI methods. Hydrogeomorphol., 2(2), 79-98. DOI:20.1001.1.23833254.1394.2.2.5.4 [In Persian].
- Asghari Sarasekanrood, S., Ghale, E. and Ebadi, E. (2021). Investigation of land use changes and its relationship with groundwater level (Case study: Ardabil plain). RS. GIS. Nat. Res., 12(1), 86-106. DOI:20.1001.1.26767082.1400.12.1.5.6 [In Persian].
- Barkhori, S., Mahdavi, R., Zehtabian, Gh. and Gholami, H. (2017). Investigating temporal and spatial changes trend of groundwater quality indices (Case Study: Jiroft plain). Iran J. Range Desert Res., 25 (2), 355-365. DOI: 10.22092/IJRDR.2018.116847 [In Persian].
- Barua, S., Mukhopadhyay, B.P. and Bera, A. (2020). Delineating groundwater potential zones of agriculture dominated landscapes using GIS based AHP techniques: a case study from Uttar Dinajpur district, West Bengal. Environ. Earth Sci., 79, 302. DOI:10.1007/s12665-020-09053-9
- Dhar, A., Sahoo, S. and Sahoo, M. (2015). Identification of groundwater potential zones considering water quality aspect. Environ. Earth Sci., 74, 5663-5675. DOI:10.1007/s12665-015-4580-7
- Etishree, A., Rajat, A., Garg, R.D. and Garg, P.K. (2013). Delineation of groundwater



- potential zone: An AHP/ANP approach. *J. Earth Sys. Sci.*, 122(3), 887-898. DOI:10.1007/s12040-013-0309-8
- Mehrabi, A. and Pourkhosravani, M. (2019). Relationship between groundwater resources and quaternary faults of Sirjan plain using weight of evidence method. *Geogr. Res.*, 34(2), 175-182. DOI: 10.29252/geores.34.2.175 [In Persian].
- Nadjla, B., Abdellatif, D. and Assia, S. (2021). Mapping of the groundwater vulnerability to saline intrusion using the modified GALDIT model (Case: the Ain Temouchent coastal aquifer, (North-Western Algeria)). *Environ. Earth Sci.*, 80, 319. DOI:10.1007/s12665-021-09614-6
- Najafzadeh, H., Zehtabian, G., Khosravi, H. and Golkarian, A. (2015). The effect of climatic and geology parameters on groundwater resources quantitative and qualitative (Case study: Mahvelat). *Iran J. Ecohydrology*, 2(3), 325-336. DOI:10.22059/IJE.2015.57301 [In Persian].
- Owolabi, S. T., Madi, K., Kalumba, A.M., Ahmed, M. K. and Israel, R.O. (2020). A groundwater potential zone mapping approach for semi-arid environments using remote sensing (RS), geographic information system (GIS), and analytical hierarchical process (AHP) techniques: a case study of Buffalo catchment, Eastern Cape, South Africa. *Arab. J. Geosci.*, 13, 1184. DOI:10.1007/s12517-020-06166-0
- Prasad, R. K., Mondal, N. C., Banerjee, P., Nandakumar, M. V. and Singh, V. S. (2008). Deciphering potential groundwater zone in hard rock through the application of GIS. *Environ. Geol.*, 55(3), 467-475. DOI:10.1007/s00254-007-0992-3
- Piscopo, G. (2001). Groundwater vulnerability maps, explanatory notes, Castlereagh Catchment, NSW. Available online at: <http://www.dlwc.nsw.gov.au/care/water/groundwater/reports>. Accessed 20, November 2012.
- Rahimi, D. (2012). Mapping of groundwater potential zone in shirkurd plain. *Geogr. Environ. Plann.*, 22(44), 127-142. DOI:10.1007/s12085362.1390.22.4.8.5 [In Persian].
- Rahimi, M. and Solaimani, K. (2017). Remote sensing and GIS based assessment of groundwater potential zones mapping using multi-criteria decision making technique. *Iran Water Manage. Sci. Eng.*, 10 (35), 27-31. DOI:10.1007/s12085362.1390.22.4.8.5 [In Persian].
- Ram, A., Tiwari, S.K., Pandey, H.K., Chaurasia, A. K., Singh, S. and Singh, Y.V. (2021). Groundwater quality assessment using water quality index (WQI) under GIS framework. *Appl. Water Sci.*, 11, 46. DOI:10.1007/s13201-021-01376-7
- Rao, P. J., Harikrishna, P., Srivastav, S. K., Satyanarayana, P. V. V. and Rao, B. B. D. (2009). Selection of groundwater potential zones in and around Madhurwada Dome, Visakhapatnam District- a GIS approach. *J. Indian Geophys. Union*, 13(4), 191-200.
- Saraf, A. K. and Chaudhary, P. R. (2004). Integrated remote sensing and GIS for groundwater exploration and identification of artificial recharges sites. *Int. J. Remote Sens.*, 19(10), 1825-1841. DOI:10.1080/014311698215018
- Saranya, T. and Saravanan, S. (2020). Groundwater potential zone mapping using analytical hierarchy process (AHP) and GIS for Kancheepuram District, Tamilnadu, India. *Model. Earth Syst. Environ.* DOI:10.1007/s40808-020-00744-7
- Sarbazi, M., Feiznia, S. and Mahdavi, M. (2018). Study of groundwater quality of Mashhad aquifer using GIS and multivariate statistical techniques. *J. Range. Watershed Manage.*, 71(3), 645-657. DOI:10.22059/JRWM.2018.101446.715 [In Persian].
- Schoeller, H. (1977). Geochemistry of groundwater. In: *Groundwater studies- An international guide for research and practice*. UNESCO, Paris, 15, 1-18.
- Seif, A. and Kargar, A. (2011). Groundwater potential zone mapping using Geographical Information Systems and Analytical Hierarchy Process; Case study: Sirjan plain. *Nat. Geog.*, 4(12), 75-90 [In Persian].
- Shahidasht, A. R. and Abbasnejad, A. (2011). Evaluation of the environmental impacts of aquifer depletion in Jiroft plain and prediction



- of the future status. Iran Water Resour. Res., 7(1), 77-81 [In Persian].
- Shahinuzzaman, M., Haque, M. N. and Shahid, S. (2021). Delineation of groundwater potential zones using a parsimonious concept based on catastrophe theory and analytical hierarchy process. Hydrogeol. J., 29, 1091–1116. DOI:10.1007/s10040-021-02322-2
- Shojaheidari, R. (2007). Effect of agricultural activities on groundwater of Jiroft plain. MSc dissertation, Shahid Beheshti University of Tehran, Tehran, Iran. 160 pp.

How to cite this paper:

Faryabi, M. (2022) Evaluation of the quantitative and qualitative potential of groundwater resources in Jiroft Plain using GIS and analytical hierarchy process model. Environ. Water Eng., 8(3), 564–580. DOI: 10.22034/JEWE.2021.299503.1610
