Shahid Chamran University of Ahvaz
Irrigation Sciences and Engineering (JISE) Vol. 43, No. 3, Fall 2020, Original Paper, p. 213-226

EXTENDED ABSTRACT

Determination of Suitable Areas for Groundwater Recharge in Different Geomorphological Units and Evaluation of Water Quality in Kohgiluyeh and Boyer Ahmad

E. Adeli Moghadam[1], E. Derikvand[2], H. Eslami[3], H. Ghorbanizadeh Kharrazi[4] and M. Razaz[5]

1- Ph.D. Student, Department of Civil Engineering - Water Resources Engineering and Management, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran
2*- Corresponding Author, Department of Civil Engineering - Water Resources Engineering and Management, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran *(ederikvand@yahoo.com).*
3- Department of Civil Engineering - Water Resources Engineering and Management, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.
4- Department of Civil Engineering - Water Resources Engineering and Management, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.
5- Department of Civil Engineering - Water Resources Engineering and Management, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.

Received: 12 December 2019 Revised: 14 February 2020 Accepted: 18 February 2020

Keywords: groundwater quality, artificial recharge, Geomorphology units, Fuzzy-AHP method.
DOI: 10.22055/jise.2020.31039.1875.

Introduction

Restrictions of surface water resources in arid and semiarid regions, along with increasing population and agricultural development, have led humans to exploit groundwater reserves as an important water resource. It is in arid and semi-arid regions that the change in groundwater quality caused by mismanagement of groundwater is an introduction to the degradation of water resources and other resources, both directly and indirectly.

Recently, numerous studies have been conducted on water quality with different models (Farajzadeh and Mohammadi, 2010; Kholghi and Hosseini, 2009; Mokarram et al., 2019; Taghizadeh Mehrjerdi et al., 2008).

Mehrjerdi et al. (2008) explored the application of chemical parameters such as EC, TDS, and CI in groundwater quality zoning of Ardakan-Yazd plain. Sanches (2001) and Thoradeniya et al. (2019) have also investigated water quality assessment and zoning.

Therefore, studying and evaluating the quality of groundwater and identifying suitable sites for groundwater recharge in these areas can help with proper management of water resources. The purpose of this study was to evaluate groundwater quality using fuzzy method in Kohgiluyeh and Boyer Ahmad, Iran, in different geomorphological units. In order to determine groundwater quality in the study area, parameters such as Na, electrical conductivity (EC), Ca, Mg were measured in 30 sample points.

Methodology

In order to determine water quality for agriculture, Wilcox classification method was used. Wilcox classification method and its diagrams are the most applicable method for agricultural classification of

hydrological studies. In Wilcox diagram, the horizontal axis is assigned to water salinity (EC) and the vertical axis is sodium absorption ratio (SAR).

SAR is the best criterion for estimating the hazard of sodium, which describes the rate of substitution of calcium and magnesium ions by sodium ions with the following formula:

$$SAR=Na/(Ca+Mg)^{0.5}/2 \quad (1)$$

The coordinates for water in the region are designated by the letters C for salinity and S for sodium. The values of 1, 2, 3 and 4 represent low, medium, high and very high water quality, respectively. For example, if the water is in the C1S2 region, it means that the salinity of this water is high and its sodium is moderate, or the C1S2 water is blue with low salinity and moderate sodium.

Fuzzy-AHP method

The term *fuzzy logic* was introduced with the 1965 proposal of fuzzy set theory by Zadeh (1965). In his theory of fuzzy sets, Zadeh (1965) proposed using a membership function (with a range covering the interval 0, 1) operating on the domain of all possible values. It is worth mentioning a fuzzy membership function is assigned to each input parameter.

For preparing the fuzzy map for each parameter, a definite membership function should be assigned. A membership function assigns a grade to each object ranging between 0 and 1. Value 0 means that x is not a member of the fuzzy set, while value 1 means that x is a full member of the fuzzy set. A fuzzy set is an extension of a classical set. If X is the universe of discourse and its elements are denoted by x, then a fuzzy set A in X is defined as a set of ordered pairs:

$$A = \{x, \mu A(x) \mid x \varepsilon X\} \quad (2)$$

μA(x) is called the membership function (or MF) of x in A. The membership function maps each element of X to a membership value between 0 and 1.

The Analytic Hierarchy Process (AHP) is a theory of measurement by pairwise comparisons which relies on the judgments of experts to derive priority scales (Saaty, 2008). The first step in the Analytic Hierarchy Process (AHP) is the estimation of the pertinent data, that is, the estimation of a_{ij} and W_j values of the decision matrix. This is described in the next sub-section.

The weights of importance of the criteria are also determined by using pairwise comparisons. Finally, given a decision matrix, the final priorities, denoted by A_i Analytic Hierarchy Process (AHP) of the alternatives, all the criteria combined are determined according to the following equation (3).

$$A_{AHP}^{i} = \sum_{j=1}^{N} a_{ij} w_j \ , \ for\, i = 1, 2, 3, ...M \quad (3)$$

Results and discussion

The results showed that 2.44% of the area was in poor (inappropriate) class, 15.09 in middle class, 62.95% in good class and 19.52% of the area was in very good class in terms of agricultural water quality. The results also showed that the water quality in mountain classes was higher than the plain and playa units.

Conclusion

The relationship between water quality classes and geomorphology units showed that the highest water quality belonged to the mountain unit and the lowest water quality belonged to the playa unit.

Acknowledgment

Finally, we would like to thank all contributers to this research.

References

1- Farajzadeh A., M. and Mohammadi, A.S., 2010. Groundwater Vulnerability mapping using neural fuzzy algorithm (case Case study: Zanjan province). *Iranian Remote Sensing and GIS Journal*, Third Year, Issue 1. Page 1 to 183(1) pp. 1-8. (In Persian).

2- Kholghi, M., and Hosseini, S.M., 2009. Comparison of groundwater level estimation using neuro-fuzzy and ordinary kriging. *J. of Environmental. Modelling. & Assessment, Assess*., 14, 729-737.

3- Mokarram, M., Hojati, M. and Saber, A., 2019. Application of Dempster–Shafer theory and fuzzy analytic hierarchy process for evaluating the effects of geological formation units on groundwater quality. *Environmental Science and Pollution Research,* 26(19), pp.19352-19364.

4- Saaty, T.L., 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. International *journal of services sciences*, 1(1), pp.83-98.

5- Taghizadeh Mehrjerdi, R., Zareian, M., Mahmodi, S.H. and Heidari, A., 2008. Spatial distribution of groundwater quality with geostatistic (case Case study: Yazd-Ardakan plain). *World Applied Science Journal* 4(1): 7-9.

6- Zadeh, L. A., 1965. Fuzzy sets. Information and control 8, no. 3: 338-353.

© 2020 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم و مهندسی آبیاری جلد 43، شماره‌ی3، پاییز 99، مقاله پژوهشی، ص. 226-213

بررسی کیفیت آب و مناطق مناسب برای تغذیه آب‌زیرزمینی در واحدهای مختلف ژئومورفولوژی در استان کهگیلویه و بویراحمد

عنایت اله عادلی مقدم[1]، احسان دریکوند[2*]، حسین اسلامی[3]، حسین قربانی زاده خرازی[4] و مجید رزاز[5]

1- دانشجوی دکتری گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

2*- نویسنده مسئول، گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران ederikvand@yahoo.com

3- گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

4- گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

5- گروه آبیاری و زهکشی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

دریافت: 1398/9/21 بازنگری: 1398/11/25 پذیرش: 1398/11/29

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی کیفیت آب و تعیین مناطق مناسب برای تغذیه آب‌زیرزمینی در استان کهگیلویه و بویراحمد می‌باشد. به همین منظور از داده‌های بارندگی، زمین‌شناسی، فاصله از گسل، شیب، و ارتفاع برای تعیین مناطق مستعد تغذیه آب زیرزمینی و از پارامترهایی کیفی آب مانند سدیم، هدایت الکتریکی، کلسیم، منیزیم در 30 نقطه نمونه‌برداری شده برای تعیین کیفیت آب استفاده شد. بعد از تهیه هر یک از داده‌ها، با استفاده از توابع عضویت نقشه فازی برای هر یک از پارامترهای موثر در کیفیت آب‌زیرزمینی تهیه شد. سپس با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) وزن هر یک از لایه‌ها مشخص و در نهایت در محیط GIS نقشه کیفیت آب و نقشه مناطق مستعد تغذیه آب زیرزمینی تهیه گردید. نتایج حاصل از نقشه تغذیه آب زیرزمینی نشان داد که مناطق واقع در شمال و غرب مناسب برای تغذیه آب‌زیرزمینی هستند. همچنین نتایج نشان داد که از نظر کیفیت آب 2/44 درصد از منطقه در کلاس ضعیف، 15/09 درصد در کلاس متوسط، 62/95 درصد در کلاس خوب و 19/52 درصد از منطقه در کلاس خیلی‌خوب از نظر کیفیت آب قرار گرفته و بهترین مناطق از نظر کیفیت آب در واحد کوهستان و بهترین مکان برای تغذیه آب زیرزمینی در بخش هایی از پلایا و دشت‌سر می‌باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که با توجه به عدم کیفیت آب در واحد پلایا بهتر است که برای تغذیه آب‌زیرزمینی در مکان‌های واقع در دشت‌سر اقدام شود.

کلیدواژه‌ها: تغذیه آب‌زیرزمینی، کیفیت آب، روش فازی، مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، واحدهای ژئومورفولوژی.

مقدمه

محدودیت منابع آب سطحی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به همراه افزایش جمعیت و توسعه کشاورزی، انسان‌ها را به سمت بهره‌برداری از ذخایر آب زیر زمینی سوق داده است بنابراین آب های زیر زمینی از منابع مهم بهره‌برداری از آب در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. تغییر در کیفیت آب‌های زیرزمینی مقدمه ای بر تخریب منابع آب و سایر منابع چه به صورت مستقیم و چه به صورت غیرمستقیم می‌باشد. لذا مطالعه و بررسی کیفیت آب زیرزمینی و تعیین مکان‌های مناسب برای تغذیه آب زیرزمینی در این مناطق می‌تواند به مدیریت صحیح استفاده از منابع آبی کمک نماید (Shamsai, 2002).

Zahhtabian et al. (2010) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که استفاده از روش‌های سنتی به منظور برسی کیفیت آب زیرزمینی پرهزینه و زمان‌بر می‌باشد. از این رو به منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی و پیش‌بینی کیفیت آن به کمک روش‌های ریاضی از جمله روش‌های تصمیم‌گیری چندمتغیره (AHP و FAHP) مهم به نظر می‌رسد (Jahanshahi et al., 2014). این روش‌ها به علت داشتن توانمندی‌هایی از جمله کاهش تعداد نمونه‌برداری و ارایه نتایج دقیق‌تر باعث کاهش هزینه‌ها و افزایش دقت برآوردها می‌شوند. در ایران و خارج از کشور مطالعات بسیاری در زمینه پیش‌بینی کیفیت آب‌زیرزمینی با استفاده از روش‌های مختلف صورت گرفته است که می‌توان به موارد زیر به عنوان نمونه اشاره نمود. Ahmed (2002) از روش کریجینگ به‌منظور بررسی کیفیت آب‌زیرزمینی استفاده نمود. نتایج نشان داد که روش کریجینگ دارای دقت خوب برای تخمین متغیرهای کیفیت آب مثل TDS می‌باشد. Gaus et al. (2003) غلظت آرسنیک را در آب‌های زیرزمینی بنگلادش مورد بررسی قراردادند. برای تخمین غلظت آرسنیک و تهیه نقشه پهنه بندی آن از روش کریجینگ گسسته استفاده نمودند. نتایج نشان داد که غلظت آرسنیک در منطقه مورد مطالعه بسیار بالا بوده و

میلیون‌ها نفر در معرض خطر قرار دارند. Nazari Zadeh et al. (2005) از روش زمین آمار در بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب-زیرزمینی دشت بالارود استفاده کردند. نتایج نشان داد که مدل کروی بهترین مدل برای پیش بینی هدایت الکتریکی، کلر و سولفات در منطقه مورد مطالعه بود.

Ghayoumian et al. (2007) برای مکان‌یابی مناطق مناسب تغذیه آب‌های‌زیرزمینی در حوضه آبخیز گاوبندی از شیب، نفوذپذیری سطحی، ضخامت آبرفت و کیفیت آبرفت استفاده نمودند. در این مطالعه به‌منظور تعیین مکان‌های مناسب تغذیه آب‌زیرزمینی از مدل‌های بولین و فازی استفاده نمودند. Taghizadeh Mehrjerdi et al. (2008) نقشه‌های کیفیت آب‌های زیر زمینی را برای دشت یزد ارسنجان با استفاده از مدل IDW، کریجینگ و کوکریجینگ تهیه نمودند. نتایج نشان داد که روش کریجینگ دارای دقت بالایی در تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی برای هر یک از پارامترهای موثر در کیفیت آب‌زیرزمینی منطقه مورد مطالعه می‌باشد. Kholghi و Hosseini (2009) قابلیت کریجینگ معمولی و شبکه‌های مبتنی بر سیستم ANFIS را در درونیابی سطح آب‌های‌زیرزمینی در یک سفره آزاد در شمال ایران بررسی نمودند. نتایج نشان داد که مدل ANFIS در برآورد سطح آب زیر زمینی از کریجینگ معمولی کارآمدتر است. Shabani (2009) از روش‌های زمین آمار مانند کریجینگ معمولی (OK)، کریجینگ ساده (SK) و روش میانگین عکس فاصله (IDW)، تابع شعاعی (RBF)، تخمین‌گر موضعی (LPI) و تخمینگر عام (GPI) استفاده نمود. نتایج نشان داد که روش RBF با کمترین خطا و بیشترین همبستگی، برای تخمین pH و TDS منطقه مورد مطالعه مناسب بود.

Farajzadeh و Mohammadi (2010) پهنه‌بندی آسیب پذیری کیفیت آب‌زیرزمینی به کمک الگوریتم‌های فازی-عصبی (ANFIS) در استان زنجان انجام دادند. نتایج حاصل از این الگوریتم نشان داد که مقدار خطا (RMSE) کم بوده است. به‌طوریکه بیشترین درصد پتانسیل آلودگی دشت مربوط به کلاس آسیب‌پذیری کم (74 درصد) و کمترین آن مربوط به کلاس خیلی‌بالا (1 درصد) برآورد شد. Mahdavi et al. (2010) عرصه‌های مناسب تغذیه مصنوعی سفره های آب زیرزمینی را در دشت شهرکرد را با استفاده از روش فازی انجام دادند. نتایج نشان داد که 4/79 درصد از کل حوضه آبخیز برای عملیات تغذیه مناسب می‌باشد. در کل نتایج نشان‌دهنده توانایی روش فازی به منظور تعیین مکان‌های مناسب برای تغذیه سفرهای آب‌زیرزمینی می‌باشد. Osati et al. (2012) تغییرات مکانی میزان نیترات در آب‌زیرزمینی با استفاده از زمین آمار در دشت کردان انجام دادند. پس از بررسی واریوگرام و مشخص شدن مکانی بودن تغییرات نیترات، روش‌های متعدد زمین آماری شامل IDW (با توان یک تا چهار)، کریجینگ معمولی و RBF (با پنج تابع کرنل) مورد مقایسه قرارگرفتند. در انتها، با توجه به مدل انتخابی پارامترهای کنترلی مربوطه کالیبره گردیده و نقشه‌های کاربردی هم‌تراز و نقشه خطای مربوطه، با استفاده از روش‌های مختلف در محدوده مطالعاتی تهیه شده‌اند. براساس معیارهای ارزیابی خطای برآورد، روش کریجینگ دارای کمترین خطا بوده و از دقت قابل توجهی برخوردار است.

Davoodi و Mohammadzadeh (2012) بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی آبخوان آبرفتی دشت بجنورد برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت مورد مطالعه قرار دادند. بررسی کیفیت آب‌زیرزمینی جهت مصارف فوق براساس دیاگرام شولر، دیاگرام ویل‌کاکس و ضریب اشباعیت لانژلیه با استفاده از نرم‌افزار Chemistry صورت پذیرفت. همچنین نقشه تغییرات مکانی کیفیت آب‌زیرزمینی دشت (GQI) نیز با استفاده از نرم افزار ArcGIS تهیه شد. نتایج نشان داد که کیفیت آب‌زیرزمینی دشت از نظر کشاورزی براساس دیاگرام شولر و شاخص GQI از متوسط تا قابل‌قبول متغییر است. از لحاظ کشاورزی اکثر نمونه‌ها در رده C3-S1 قرارگرفته و قابل‌استفاده هستند. همچنین از لحاظ صنعتی اکثر نمونه‌ها رسوب‌گذار بودند. Adib و Zamani (2015) تغییرات کیفیت آب‌زیرزمینی شهر دزفول را با استفاده از روش‌های زمین آمار انجام دادند. از اطلاعات مربوط به 94 چاه با بررسی پارامترهایEC, TH, TDS, Ca, Na, SAR به منظور بررسی کیفیت آب‌زیرزمینی منطقه مورد مطالعه استفاده کردند. نتایج حاصل از تهیه نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب‌زیرزمینی منطقه مورد مطالعه نشان داد که شرق و جنوب‌شرق منطقه مورد مطالعه دارای کیفیت نا مطلوبی می‌باشد که نیاز به برنامه ریزی و مدیریت بیشتر دارد. Zahhtabian و Askari (2017) از روش زمین‌آمار برای پیش‌بینی کیفیت آب‌زیرزمینی حوزه آبخیز گرمسار در استان سمنان استفاده کردند. نتایج نشان داد که روش کوکریجینگ از میان روش‌های دیگر دارای دقت بسیار بالایی بود.

Azimi et al. (2018) از روش فازی و مدل تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین وضعیت آب در جنوب غربی ایران استفاده نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد که بین افت آب‌زیرزمینی و میزان کیفیت آب‌زیرزمینی رابطه مستقیمی وجود دارد. Mokarram et al. (2019) از مدل دمپسترشافر و فازی برای تعیین کیفیت آب استفاده نمودند. نتایج نشان داد که با استفاده از مدل دمپسترشافر می‌توان نقشه‌های کیفیت آب با سطوح اطمینان مختلف تهیه نمود که برای مدیریت منطقه مفید است.

باتوجه به اهمیت موضوع در این مطالعه از روش‌های تصمیم‌گیری چندمتغیره (AHP و FAHP) به منظور تعیین کیفیت آب‌زیرزمینی استفاده شد. همچنین در این مطالعه مکان‌های مناسب برای تغذیه آب‌زیرزمینی در واحدهای مختلف ژئومورفولوژی (واحد کوهستان، دشت‌سر و پلایا) در شهرستان کهگیلویه موردبررسی قرارگرفت که از نوآوری‌های این تحقیق محسوب می‌شود. در حقیقت در این مطالعه ارتباط بین نوع لندفرم،

DOI: 10.22055/jise.2020.31039.1875

کیفیت آب‌زیرزمینی و مکان‌های مناسب برای تغذیه آب‌زیرزمینی بررسی می‌شود که این مطالعه را از مطالعات پیشین متمایز می‌نماید.

مواد و روش‌ها

منطقه مور مطالعه

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه 30/644 درجه تا 30/919 درجه شرقی و 50/540 درجه تا 50/987 درجه واقع شده‌است (شکل 1). مساحت منطقه مورد مطالعه 823 کیلومتر مربع بوده و بیشترین و کمترین ارتفاع در منطقه مورد مطالعه به ترتیب 598 و 3465 متر می‌باشد. حوزه آبخیز مورد مطالعه از نظر کشاورزی، شهری، باغات دارای اهمیت فراوانی می‌باشد. بنابراین مطالعه کیفیت آب از نظر زیرزمینی در این منطقه بسیار مهم می‌باشد که در این مطالعه مورد بررسی قرارگرفته است.

در این مطالعه با استفاده از مدل رقومی ارتفاع نقشه شیب منطقه تهیه شد و شیب منطقه در سه کلاس کمتر از یک، بین یک تا بیست و بیشتر از بیست درجه طبقه‌بندی شد. شیب صفر تا یک نشان‌دهنده واحد پلایا، شیب یک تا بیست نشان‌دهنده واحد دشت‌سر و شیب‌های بزرگتر از بیست واحد کوهستان را نشان می‌دهد که در شکل (1) نشان داده شده است (Ahmadi, 1999). با توجه به شکل (1) در منطقه مورد مطالعه سه واحد کوهستان با مساحت 89/61 کیلومترمربع، دشت‌سر با مساحت 297/37 کیلومترمربع و پلایا با مساحت 436 کیلومترمربع شناسایی شد (شکل 2).

داده‌های منطقه مورد مطالعه

به منظور تعیین مکان‌های مناسب برای تغذیه آب‌زیرزمینی از پارامترهای متعددی مانند بارندگی، زمین شناسی، فاصله از گسل، کاربری اراضی، شیب، و ارتفاع استفاده شد. داده‌های مربوط به بارندگی از اداره هواشناسی در سال 2018 تهیه شد. نقشه زمین شناسی و فاصله از گسل از سازمان زمین‌شناسی، شیب و ارتفاع با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ETM+ در سال 2018 تهیه شد.

در ادامه به منظور تعیین مکان‌های مناسب از نظر کیفیت آب پارامترهایی از قبیل قبیل سدیم (Na)، هدایت الکتریکی (EC)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg) در 30 نقطه در منطقه به طور تصادفی استفاده شد. ویژگی هر یک از این پارامترها از نظری آماری در جدول (1) آمده است.

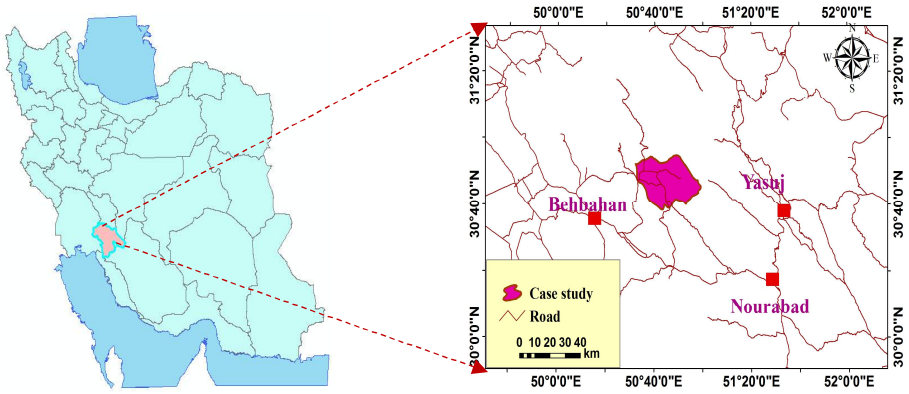

Fig. 1- Study area location
شکل 1- موقعیت منطقه مورد مطالعه

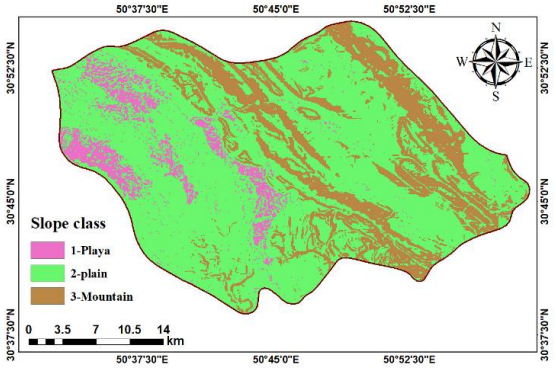

Fig. 2- Geomorphology units of the study area
شکل 2- واحدهای ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه

جدول 1- ویژگی‌های آماری فاکتورهای موثر در تعیین کیفیت آب‌زیرزمینی

Table 1- Statistical characteristics of factors affecting the groundwater quality

Parameter	Unit	Minimum	Maximum	Average	STDEV.
Ca	mg/l	0.75	31	7.13	6.59
Na	mg/l	0.04	40.2	1.57	2.6
EC	ds/m	7.31	8560	1487.19	1369.19
Mg	mg/l	0.2	34.94	3.5	3.30

روش

در این مطالعه به منظور تعیین مناطق مناسب برای تغذیه آب‌زیرزمینی و کیفیت آب، بعد از تهیه نقشه پهنه‌بندی برای هر یک از لایه‌ها، با استفاده از روش میانگین عکس فاصله (IDW) و استفاده از تابع عضویت، نقشه فازی برای هر یک از پارامترها تهیه شد. در نهایت با استفاده از روش AHP وزن‌دهی به لایه به منظور تهیه نقشه نهایی مناطق مناسب برای تغذیه آب‌زیرزمینی و کیفیت آب انجام شد. شایان ذکر است که علت استفاده از روش IDW، پراکنندگی کم ایستگاه‌ها و وسعت زیاد منطقه مورد مطالعه است. توضیحات بیشتر در مورد هر یک از روش‌ها در ادامه آمده است:

روش IDW

روش میانگین عکس فاصله (IDW) یکی از تکنیک‌های متداول در زمین آمار به منظور تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی و درون-یابی نقاط برداشت شده از منطقه در مکان می‌باشد. در این روش فرض بر این است که تأثیر نقاط بر روی یکدیگر متفاوت است. به‌طوریکه برای تعیین مناطق مجهول (اندازه گیری نشده)، نقاط نزدیک تأثیر بیشتری نسبت به نقاط دورتر در پیش بینی دارند. در واقع هر چه فاصله از مبدأ کاهش یابد تأثیر پارامتر مربوطه کمتر خواهد شد. در این مطالعه به کمک معادله زیر در محیط ArcGIS نقشه پهنه‌بندی مکان‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی و کیفیت آب‌زیرزمینی به کمک داده‌های اندازه‌گیری شده (چاه‌ها)، تعیین شد.

$$z(x_0)=\frac{\sum_{i=1}^{n} m(x_i) d_{ij}^{-r}}{\sum_{i=1}^{n} d_{ij}^{-r}} \qquad (1)$$

که $z(x_0)$ مقدار تخمینی متغیر z، $m(x_i)$ مقدار نمونه اندازه‌گیری شده در نقطه x_i و d_{ij} فاصله نقاط نمونه تا نقطه مورد نظر و r ضریبی است که وزن را بر اساس فاصله تعیین می‌نماید.

روش AHP

فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره است که توسط ساعتی در دهه 1970 ابداع گردید. این روش هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه و شاخص تصمیم‌گیری روبرو است، می‌تواند مفید باشد. شاخص‌ها می‌توانند کمی یا کیفی باشند. اساس روش AHP بر مقایسات زوجی نهفته است. در این روش تصمیم‌گیرنده با فراهم آوردن درخت سلسله مراتب تصمیم، کار خود را آغاز می‌نماید. این درخت، شاخص‌ها و گزینه‌های تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد. سپس یکسری مقایسات زوجی انجام می‌گیرد. این مقایسات وزن هر یک از فاکتورها را در راستای گزینه‌های رقیب مشخص می‌سازد. در نهایت منطق AHP به‌گونه‌ای ماتریس‌های حاصل از مقایسات زوجی را با یکدیگر تلفیق می‌سازد که تصمیم مناسب حاصل آید.

در حقیقت پارامتر وزن، پارامتر مهمی برای ارتباط دادن فاکتورهای به‌کاررفته در تغذیه آب‌زیرزمینی و کیفیت آب است. به دلیل اینکه هر یک از ویژگی‌های دارای تأثیر متفاوتی هستند، به کمک روش AHP وزن‌دهی صورت خواهد گرفت. AHP روشی است که وزن‌دهی به پارامترها را آسان می‌کند و بر مقایسه جفتی هر یک از پارامترها تکیه دارد. هر یک از فاکتورها بر اساس درجه اهمیتی که برای تغذیه و کیفیت آب دارند در محدوده‌ای از یک تا نه قرار می‌گیرند (جدول 2).

به عبارت دیگر به کمک ماتریس مقایسه زوجی طبق معادلات (2) و (3) ارزش و اهمیت هر معیار نسبت به دیگر معیارها را می‌توان مشخص نمود.

$$a_{ij}=a_{ik}.a_{kj} \qquad (2)$$

$$a_{ij}=1/a_{ji} \qquad (3)$$

که i و j و k مقادیر مربوط به ماتریس مورد بررسی، a_{ik} و aki وزن هر یک از پارامترها و a_{ji} تعداد پارامترها می‌باشد.

با توجه به روابط (5 و 6) بامقایسه دوبه‌دوی هر یک از پارامترهای موثر در تعیین کیفیت آب و تغذیه آب‌زیرزمینی، اعدادی بین یک تا نه برای آن‌ها در نظر گرفته می‌شود که با تشکیل ماتریس مقایسه زوجی برای هر یک از پارامترها ارزشی بین صفر تا یک انتخاب می‌شود.

در نهایت به منظور آماده‌سازی نقشه کیفیت آب و تغذیه زیرزمینی از معادله زیر استفاده می‌شود. طبق این معادله وزن‌های تعریف‌شده برای هر یک از پارامترها در نقشه‌های فازی تهیه‌شده ضرب می‌شود تا نقشه نهایی کیفیت آب و تغذیه آب‌زیرزمینی منطقه مورد مطالعه تهیه گردد.

 DOI: 10.22055/jise.2020.31039.1875

جدول 2- مقیاس بنیادی برای مقایسه زوجی

Table 2- Fundamental scale for paired comparison

Numerical value	Descriptive value	Description
1	Poor	Equal importance
2	Poor	-
3	Almost average	One factor is slightly more preferable than the other
4	medium	-
5	Higher importance than another	One factor is preferable to another
6	Strong	-
7	Very strong	One element is more important than another
8	Very very strong	-
9	Quite preferable	One element is much more important than another
Interaction (two-way)	When parameter i is compared to j and has one of the above values, parameter j has a reciprocal value of i	

$$\mu_A = \sum_{j=1}^{k} W_j \times \mu_{A(x)} \qquad x \varepsilon X \tag{4}$$

$$\sum_{j=1}^{k} W_j = 1 \qquad W_j > 0 \tag{5}$$

با توجه به فرمول بالا μ_A تابع عضویت هر یک از پارامترهای $\mu_{A(x)}$ که وزن مربوط به هر یک از پارامترها (W_j) در محدوده صفر تا یک است و مجموع وزن نهایی ($\sum_{j=1}^{k} W_j$) برابر با یک می‌باشد.

روش فازی

به‌منظور تعریف قوانین فازی و مهم‌ترین معیارهای کیفی در طبقه‌بندی کیفیت آب از نظر کشاورزی شوری و مقدار سدیم موجود در آن بررسی شد. زیرا این دو نه تنها بر رشد گیاه موثرند، بلکه درجه تناسب آب را از نظر آبیاری و تاثیر آن بر نفوذپذیری خاک مشخص می‌سازند. شوری با معیار هدایت الکتریکی (EC) و سدیم با معیار نسبت جذبی سدیم (SAR) سنجیده می‌شود. اما سدیم به تنهایی نمی‌تواند معیار کیفی آب به لحاظ کشاورزی قرار گیرد و بهتر آن است که تأثیر آن در ارتباط با شوری کل آب در نظر گرفته شود.

روش طبقه‌بندی ویل‌کاکس (Wilcox) و استفاده از نمودار آن کاربردی‌ترین روش برای طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی در مطالعات هیدرولوژی است. در نمودار ویل‌کاکس محور افقی شوری آب (بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر و محور عمودی نسبت جذبی سدیم (SAR) است. مقادیر شوری و SAR مربوط به هر نمونه آب در منطقه که با حروف C از نظر شوری و S از نظر سدیم مشخص می‌گردد، در نمودار ویل‌کاکس قرار می‌گیرد تا مشخص شود نمونه اندازه گیری‌شده در کدام کلاس قرار دارد. مقادیر یک، دو، سه و چهار به ترتیب نشان‌دهنده کیفیت کم، متوسط، زیاد و خیلی‌زیاد می‌باشد. براساس طبقه‌بندی ویل‌کاکس آب‌های خیلی‌خوب همگی دارای EC کمتر از 250 میکروموس بر سانتی‌متر بوده و در گروه C1S1 قرار می‌گیرند، آب‌های خوب در گروه C1S2، C2S1، C2S، آب‌های متوسط در کلاس C3S3، C1S3، C2S3، C3S2، C3S1 قرارگرفته و بقیه آنها نامناسب هستند. طبق نمودار ویل‌کاکس محور افقی به شوری آب (بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر$\times 10^6$) و EC محور عمودی به نسبت جذبی سدیم (SAR) اختصاص دارد.

در ادامه به منظور تهیه نقشه مکان‌های مناسب برای تغذیه آب‌زیرزمینی برای هر یک از پارامترها تهیه شد. به‌طوریکه با توجه به این‌که هرچه بارندگی در منطقه بیشتر و فاصله از گسل کمتر، شیب کمتر، سازند حساس‌تر به فرسایش، و ارتفاع کمتر باشد تغذیه آب زیرزمینی بهتر خواهد بود، تابع عضویت برای هر یک از پارامترها تهیه شد. بنابراین از معادله (6) برای تعیین تابع عضویت برای پارامتر بارندگی و از معادله (7) برای تعیین تابع عضویت برای زمین شناسی، فاصله از گسل، شیب، و ارتفاع استفاده شد:

$$\mu_A(x) = f(x) = \begin{cases} 0 & x \le a \\ x-a/b-a & a \prec x \prec b \\ 1 & x \ge b \end{cases} \tag{6}$$

$$\mu_A(X) = f(x) = \begin{cases} 1 & x \le a \\ b-x/b-a & a \prec x \prec b \\ 0 & x \ge b \end{cases} \tag{7}$$

طبق رابطه (6 و 7) $\mu_A(x)$ تابع عضویت، a و b حد بالا و پایین، x مقادیر هر یک از پارامترها و $\mu_{A(x)}$ مقدار تابع عضویت می‌باشد. مراحل تعیین مکان‌های مناسب برای تغذیه آب‌زیرزمینی و وضعیت کیفیت آب در واحدهای مختلف ژئومورفوژی در شکل (3) نشان داده شده است:

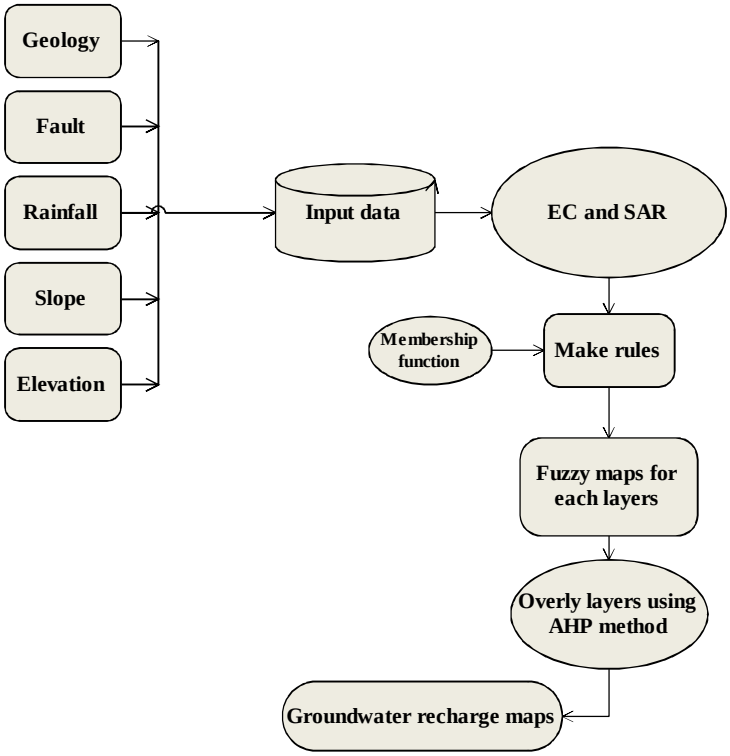

Fig. 3- Steps to determine suitable location of groundwater recharge and water quality in different geomorphological units using fuzzy method

شکل 3- مراحل تعیین مکان‌های مناسب تغذیه آب‌زیرزمینی و کیفیت آب در واحدهای مختلف ژئومورفولوژی با استفاده از روش فازی

نتایج و بحث

تعیین مکان‌های مناسب برای تغذیه آب‌زیرزمینی

در این مطالعه برای تعیین مکان‌های مناسب برای تغذیه آب‌زیرزمینی در استان کهگیلویه و بویراحمد از فاکتورهای بارندگی، زمین‌شناسی، فاصله از گسل، شیب، و ارتفاع استفاده شد. نقشه پهنه‌بندی هر یک از این پارامترها در شکل (4) نشان داده شده است. با توجه به شکل (4) مشخص می‌شود که مناطق واقع در شرق منطقه مورد مطالعه دارای ارتفاع بیشتری نسبت به مناطق غربی هستند. گسل در مناطق شرق و جنوب منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود. مناطق واقع در شرق دارای سازندهای حساس به فرسایش می‌باشد. نقشه بارندگی منطقه نشان می‌دهد که مناطق شمال و شرق دارای بارندگی بیشتری می‌باشند. نقشه شیب منطقه نشان می‌دهد که مناطق غربی منطقه مورد مطالعه دارای شیب کمتری نسبت به دیگر مناطق هستند.

بعد از تهیه هر یک از لایه‌های موثر در تعیین مناطق مستعد تغذیه آب‌زیرزمینی، با اعمال تابع عضویت روابط (7) و (6) نقشه فازی تغذیه آب‌زیرزمینی تهیه شد که در شکل (5) نشان داده شده است. با توجه به شکل (5) مشخص می‌شود که مناطق واقع در غرب و شمال منطقه مناسب برای تغذیه آب زیرزمینی می‌باشد.

 DOI: 10.22055/jise.2020.31039.1875

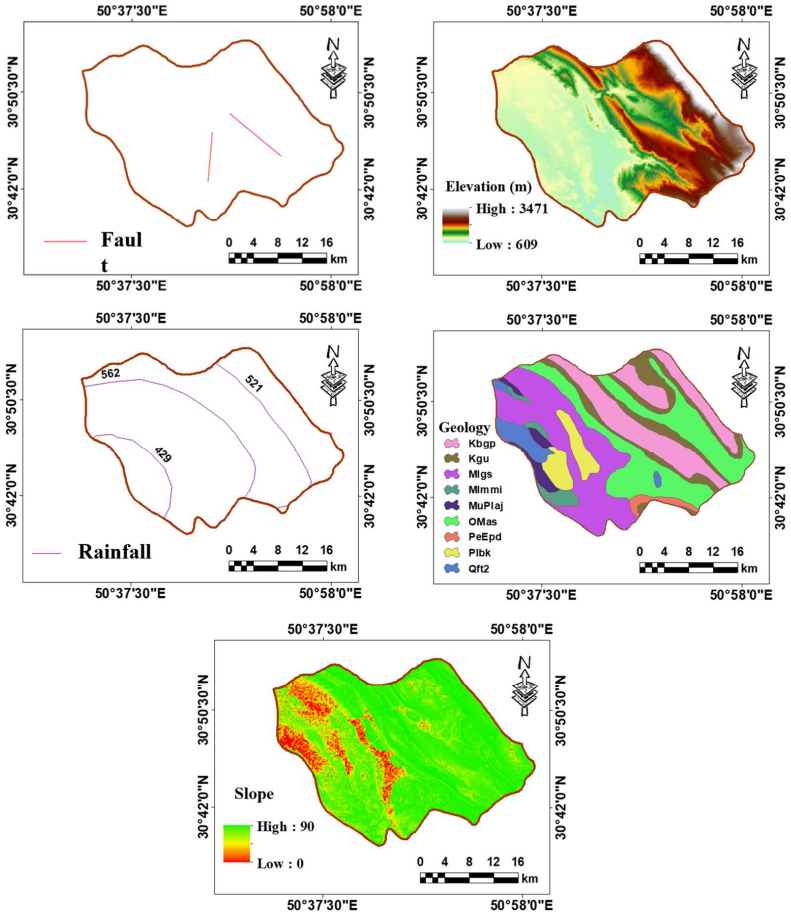

Fig. 4- Map of the effective parameters in determining suitable locations for groundwater recharge

شکل 4- نقشه پارامترهای موثر در تعیین مکان‌های مناسب برای تغذیه آب‌زیرزمینی

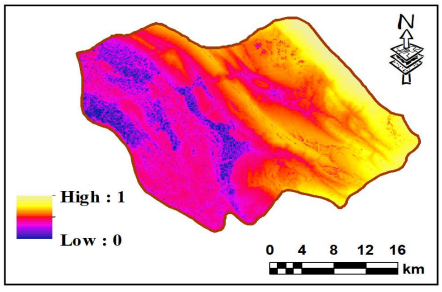

Fig. 5- Fuzzy map of suitable locations for groundwater recharge

شکل 5- نقشه فازی مکان‌های مناسب برای تغذیه آب‌زیرزمینی

تعیین مکان‌های مناسب از نظر کیفیت آب

روش IDW

در این مطالعه از داده‌های 30 نمونه که توسط اداره آب استان مورد اندازه‌گیری قرار گرفته بود، برای تعیین کیفیت آب‌زیرزمینی استفاده شد. به‌منظور تعیین کیفیت آب از پارامترهای SAR و EC به عنوان داده‌های ورودی استفاده شد. در ادامه برای تهیه نقشه پهنه‌بندی هر یک از پارامترها از روش IDW در محیط GIS استفاده شد. نقشه مربوط به هر یک از پارامترها در شکل (6) نشان داده شده است.

روش فازی

به‌منظور تهیه نقشه فازی برای پارامترهای SAR و EC از استانداردهای کیفیت آب برای کشاورزی استفاده شد و تابع عضویت برای هر یک از دو پارامتر تعریف شد (WHO) (Shobha et al., 2014). به‌طوری‌که با درنظرگرفتن حد مجاز هر یک از پارامترها و اختصاص دادن عدد صفر به مقادیر بیشتر از حد مجاز، عدد یک برای مقادیر کمتر از حد مجاز، و مقادیر بین آن

دو عدد بین صفر تا یک طبق رابطه (5) تابع عضویت محاسبه و در نهایت نقشه فازی تهیه شد (شکل 7).

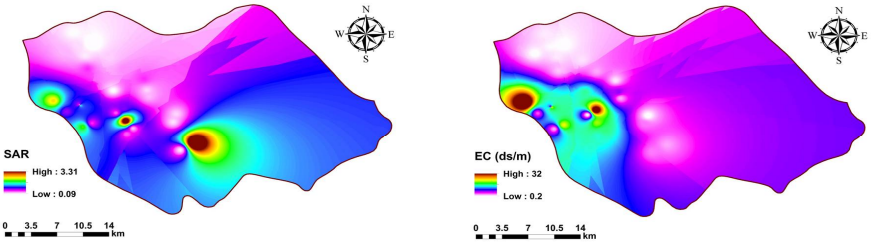

Fig. 6- Interpolation map of each layer using IDW
شکل 6- نقشه پهنه‌بندی هر یک از لایه‌ها با استفاده از IDW

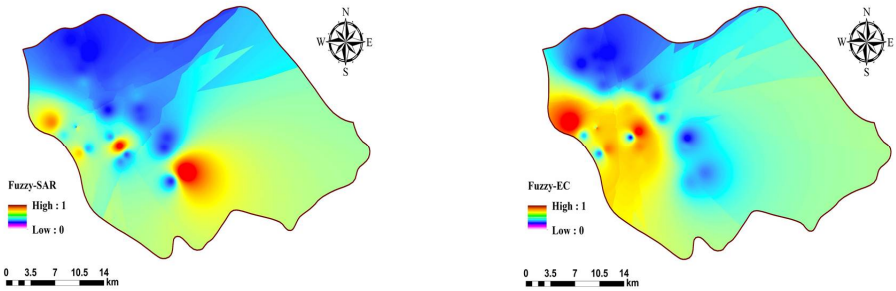

Fig. 7- Fuzzy map of the parameters affecting agricultural water quality in the study area
شکل 7- نقشه فازی هر یک از پارامترهای موثر در کیفیت آب کشاورزی منطقه مورد مطالعه

جدول 3- نتایج حاصل از ماتریس مقایسه زوجی هر یک از پارامترهای موثر در تعیین کیفیت آب کشاورزی
Table 3- Results of the pairwise comparison matrix of each of the effective parameters in determining agricultural water quality

EC	1	2	0.66
SAR	0.5	1	0.33

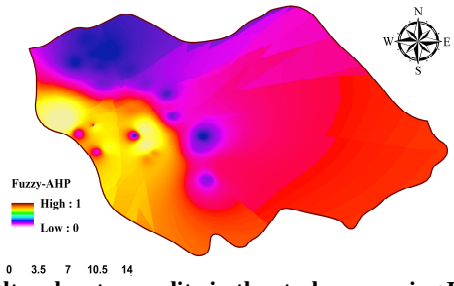

Fig. 8- Final map of agricultural water quality in the study area using Fuzzy-AHP method
شکل 8- نقشه نهایی کیفیت آب کشاورزی منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش Fuzzy-AHP

به‌منظور تهیه نقشه نهایی کیفیت آب و تعیین ارتباط بین میزان کیفیت آب و هر یک از واحدهای ژئومورفولوژی از روش AHP استفاده شد و استفاده از ماتریس مقایسه زوجی، بر اساس درجه اهمیتی که هر یک از این عناصر در تعیین کیفیت آب کشاورزی دارند، وزن هر یک از پارامترها تعیین شد. نتایج حاصل از مقایسه زوجی هر یک از این پارامترها نشان داد که شوری دارای بیشترین وزن (0/66) و SAR کمترین اهمیت (وزن 0/33) در تعیین کیفیت آب کشاورزی منطقه مورد مطالعه دارند (جدول 3).

نقشه نهایی کیفیت آب کشاورزی منطقه مورد مطالعه با ضرب کردن نقشه فازی هر یک از پارامترهای EC و SAR در وزن اختصاص‌یافته به آن‌ها طبق جدول (3) (0/66 و 0/33) تهیه شد که در شکل (8) نشان داده شده است.

بعد از تهیه نقشه نهایی فازی کیفیت آب، کیفیت آب در چهار کلاس طبقه‌بندی شد. به‌طوریکه مقادیر کمتر از 0/25، بین 0/25 تا 5 /. 0/5 تا 0/75 و بیشتر از 0/75 به‌ترتیب در کلاس‌های نامناسب، متوسط، خوب و خیلی‌خوب را نشان می‌دهند. نتایج

DOI: 10.22055/jise.2020.31039.1875

حاصل از این طبقه‌بندی در جدول (4) و شکل (9) نشان داده شده است.

جدول 4- مساحت مربوط به هر یک از کلاس ها

Table 4- Area of each class

Class	Area	
	(درصد)	(km^2)
Unsuitable	2.44	20.11
Average	15.09	124.25
Good	62.95	518.45
Very good	19.52	160.74

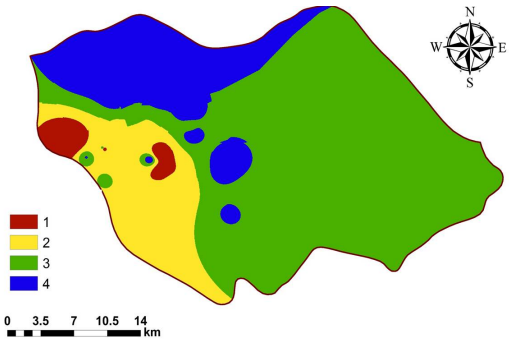

Fig. 9- Area of each water quality class

شکل 9- مساحت هر یک از کلاس‌های کیفیت آب

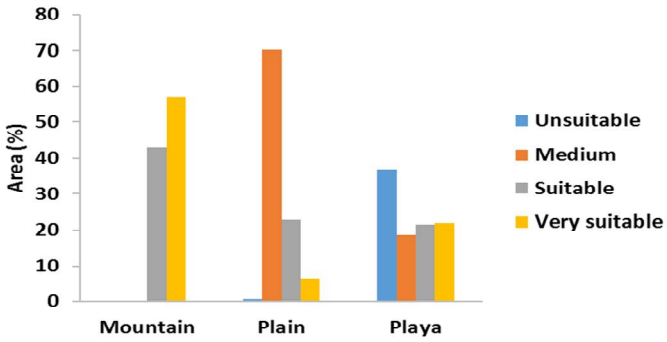

Fig. 10- Status of water quality classes in each geomorphology unit

شکل 10- وضعیت کلاس‌های کیفیت آب در هر یک از واحدهای ژئومورفولوژی

نتایج حاصل از طبقه‌بندی نقشه کیفیت آب نشان داد که 2/44 درصد از منطقه در کلاس ضعیف (نامناسب)، 15/09 درصد در کلاس متوسط، 62/95 درصد در کلاس خوب و 19/52 درصد از منطقه در کلاس خیلی‌خوب از نظر کیفیت آب کشاورزی قرارگرفته اند.

ارتباط بین واحدهای ژئومورفولوژی، کیفیت آب و مکان‌های مناسب برای تغذیه آب زیرزمینی

با توجه به شکل (10) مشخص می‌شود که در واحد پلایا کیفیت آب کشاورزی بسیار کم و دو کلاس نامناسب و متوسط در این منطقه واقع شده‌اند که علت آن شیب کم منطقه و هدایت املاح به این مناطق و کاهش کیفیت آب می‌باشد. درحالیکه مناطق واقع در واحد دشت سر و واحد کوهستان دارای کیفیت آب بهتری نسبت به واحد پلایا می‌باشند که از جمله دلایل عمده می‌توان به شیب بیشتر و نوع واحدهای زمین‌شناسی اشاره نمود. از طرف دیگر بهترین مکان برای تغذیه آب زیرزمینی در بخش‌هایی از پلایا و دشت سر تشخیص داده شده است که با توجه به عدم کیفیت آب در واحد پلایا بهتر است که تغذیه آب زیرزمینی در مکان‌های دشت سر واقع در بخش‌های شمالی و غربی منطقه انجام شود.

نتیجه‌گیری

کیفیت آب کشاورزی تاثیر بسیار زیادی بر روی کیفیت محصولات دارد. بنابراین تعیین کیفیت آب کشاورزی در مناطق مختلف مهم می‌باشد. از طرفی با تعیین کیفیت آب کشاورزی و ارتباط آن با واحدهای ژئومورفولوژی می‌توان وضعیت آب را در واحدهای مختلف تعیین نمود. با توجه به اهمیت کیفیت آب کشاورزی در منطقه مورد مطالعه در این تحقیق کیفیت آب کشاورزی به‌طور مکانی مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه از روش میانگین عکس فاصله به‌منظور پیش‌بینی پارامترهای موثر در کیفیت آب کشاورزی شامل هدایت الکتریکی و SAR، استفاده شد. نتایج حاصل از درون‌یابی نشان داد که غرب و جنوب غرب منطقه دارای مقادیر بیشتری از EC و SAR است. به‌منظور تهیه نقشه کیفیت آب، هر یک از نقشه‌های پهنه‌بندی با استفاده از روش فازی همگن شدند. در این روش با توجه به استانداردهای کیفیت آب و تعریف تابع عضویت، هر یک از پارامترها در محدوده بین صفر تا یک قرار گرفتند. به منظور همپوشانی نقشه‌ها و تهیه نقشه نهایی کیفیت آب کشاورزی از وزن‌دهی به روش AHP استفاده شد. نتایج نهایی نقشه کیفیت آب نشان داد که 2/44 درصد از منطقه در کلاس ضعیف (نامناسب)، 15/09 درصد در کلاس متوسط، 62/95 درصد در کلاس خوب و 19/52 درصد از منطقه در کلاس خیلی‌خوب از نظر کیفیت آب کشاورزی قرار گرفته‌اند. در نهایت ارتباط بین کلاس‌های کیفیت آب و واحدهای ژئومورفولوژی نشان داد که بیشترین کیفیت آب مربوط به واحد کوهستان و کمترین کیفیت آب مربوط به واحد پلایا می‌باشد. از طرف دیگر بهترین مکان برای تغذیه آب زیرزمینی در بخش‌هایی از پلایا و دشت سر تشخیص داده شده است که با توجه به عدم کیفیت آب در واحد پلایا بهتر است که تغذیه آب زیرزمینی در واحد دشت سر (بخش‌های شمالی و غربی منطقه مورد مطالعه انجام شود.

تقدیر و تشکر

در نهایت بر خود لازم می‌دانیم که نهایت تقدیر و سپاس خویش را از کلیه بزرگوارانی که در انجام این تحقیق یاری رساندند ابراز داریم.

References

1- Adib, A., Zamani, R. (2016). 'Evaluation of the Spatial Variability of Groundwater Quality Factors in The Dezful Plain Using Geostatistics Methods', *Journal of Water Resources Engineering*, 8(27), pp.1-12. (In Persian).

2- Ahmadi, H., 1988. *Applied Geomorphology*, (Volume 1, Water Erosion). University of Tehran Publications.

3- Ahmed, S., 2002. Groundwater monitoring network design: Application of geostatistics with a few case studies from a granitic aquifer in a semi-arid region. *inIn: Groundwater Hydrology*, M.M. Sherif, V.P. Singh and M. Al-Rashed (Eds.), *Balkema, Tokyo, Japan*. 2: 37-57.

4- Osati, K., Salajegheh, A., Arekhi, S. (2012). 'Spatial variation of nitrate concentrations in groundwater by Geostatistics (Case Study: Kurdan Plain)', *Journal of Range and Watershed Managment*, 65(4), pp. 461-472 (In Persian).

5- Azimi, S., Moghaddam, M.A. and Monfared, S.A.H., 2018. Spatial assessment of the potential of groundwater quality using fuzzy AHP in GIS. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(7), p.142.

6- Davoodi, F. and Mohammadzadeh, H., 2012. Evaluation of groundwater quality of Dashtbojnord alluvial aquifer for drinking, agricultural and industrial uses, *In: 8th Iranian Society of Engineering and Environmental Geology*, Mashhad, Ferdowsi University of Mashhad.

7- Farajzadeh A., M. and Mohammadi, A.S., 2010. Groundwater Vulnerability mapping using neural fuzzy algorithm (case Case study: Zanjan province). *Iranian Remote Sensing and GIS Journal*, 1.1-183(1) pp. 1-8. (In Persian).

8- Gaus, I., Kinniburgh, D.G., Talbot J.C. and Webster, R., 2003. Geostatistical analysis of arsenic concentration in groundwater in Bangladesh using disjunctive kriging. *Environmental Geology* 44, PP. 939-948.

9- Ghayoumian, J., Mohseni Saravi, M., Feiznia, S., Nouri, B. and Malekian, A., 2007. Application of GIS techniques to determine areas most suitable for artificial groundwater recharge in a coastal aquifer in southern Iran. *Jornal of Asian Earth Science* 30, PP. 346-374.

10- Jahanshahi, A., Rohi Moghaddam, A. and Dehwari, A., 2013. Evaluation of groundwater quality parameters using gis and geostatistics (Case study: Babak Plain plain aquifer). *Journal of Water and Soil Science*, 24(2), 183-197 (In Persian).

11- Kholghi, M., and Hosseini, S.M., 2009. Comparison of groundwater level estimation using neuro-fuzzy and ordinary kriging. *J. of Environmental. Modelling. & Assessment, Assess*., 14, pp, 729-737.

12- Mahdavi, A., Nouri Imamzadei, M.R., Mahdavi Najaf Ebadi, R. and Tabatabai, H., 2010. Determination of artificial nutrition areas of wastewater using fuzzy logic in Shahrekord plain. *Journal of Agricultural Science and Technology, Water and Soil Science*. 1, pp, 76-63. (In Persian).

13- Mokarram, M., Hojati, M. and Saber, A., 2019. Application of Dempster–Shafer theory and fuzzy analytic hierarchy process for evaluating the effects of geological formation units on groundwater quality. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(19), pp.19352-19364.

14- Nazari Zadeh, F., Ershadian, B. and Zand Vakili, K., 2005. Investigation of spatial changes in groundwater quality in baladar plain in Khuzestan province. *In: The first regional conference on optimal utilization of water resources in Karun and Zayandeh basins*. Shahrekord University. pp. 1236 to – 1240 . (In Persian).

15- Shabani, M., 2009. Survey of groundwater quality changes in Arsanjan plain. Quarterly *Journal of Natural Geography*, 3, page pp, 71- 82. (In Persian).

16- Shamsai, I., 2002. *Hydraulic flow of water in porous media. Amir Kabir University of Technology Publishing Center*. (In Persian).

17- Shobha, G., Gubbi, J., Krishna, S., Raghavan Lakshmikanth, K., Palaniswami, M., 2014. A novel fuzzy rule based systemforassessment ofgroundwater potability: A case study in south India. *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE)*, 15(2); pp,35-41

18- Taghizadeh Mehrjerdi, R., Zareian, M., Mahmodi, S.H. and Heidari, A., 2008. Spatial distribution of groundwater quality with geostatistic (case Case study: Yazd-Ardakan plain). *World Applied Science Journal* 4(1), pp,7-9.

19- Zahhtabian, G. and Askari, M.H., 2017. *Spatial research investigation and analysis of groundwater quality characteristics in garmsar watershed.* University of Tehran. (In Persian).

20- Zahhtabian, G., Jan Faza, A., Askari, M.H. and Nemat Allah, M.J., 2010. Distribution modeling of some chemical properties of groundwater (Case study in Garmsar watershed), *Journal of Rangeland and Wilderness*, 17(1); pp, 61-73.(In Persian).