Research Paper

Evaluating Groundwater Resources Potential in Herat-Marvast Plain Using a Combined Method of Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Logic

Ali Azareh[1*]

[1] Associate Professor, Department of Geography, University of Jiroft, Kerman, Iran

10.22125/IWE.2023.168322

Received:
October 15, 2021
Accepted:
December 27, 2021
Available online:
April 18, 2023

Keywords:
Aquifer, Geographic Information System, Remote Sensing, Site selection, Weighting.

Abstract

Herat-Marvast plain is one of the most important agricultural regions in Yazd province and water exploitation from this aquifer is done for agricultural purposes. In recent years, declining groundwater level in the Herat-Marvast aquifer has led to increase in groundwater salinity and groundwater quality decrease. Therefore, the purpose of this study is to map groundwater potential in Herat-Marvast plain during 1996-2017 using effective factors in feeding groundwater aquifers, using Fuzzy-AHP method and GIS. To this end, layers including altitude, slope, geology, land use, average annual rainfall and temperature, drainage density and groundwater level were used to evaluate groundwater resources. These maps were weighted based on pairwise comparison using analytic hierarchy process. By applying the calculated weight of each criterion, the map of factors was prepared according to its importance on finding groundwater potential and then based on overlapping layers, the final map of groundwater potential was prepared by Fuzzy-AHP method. The results obtained from investigating the groundwater resources potential showed that 7.6, 17.74, 25.1, 18.85 and 30.61% of the area were located in very low, low, medium, high and very high potential zones, respectively. In general, according to the results, in the study area, alluvial plains and areas with low altitude and slope had the highest potential for groundwater formation and regions with hard rock formations and with high altitude and slope had the lowest potential for groundwater extraction.

[*] **Corresponding Author:** Ali Azareh
Address: Department of Geography, University of Jiroft, Kerman,Iran
Email: aliazareh@ujiroft.ac.ir
Tel: +344334 7061

1. Introduction

Herat-Marvast plain is one of the most important agricultural regions in Yazd province and water exploitation from this aquifer is done for agricultural purposes. In recent years, declining groundwater level in the Herat-Marvast aquifer has led to increase in groundwater salinity and groundwater quality decrease. One of the strategies of water resources management is to identify water areas with different potentials and exploit them according to their capacity. There are the different methods for site selection and prioritizing the suitable sites for groundwater exploitation. The use of Geographic Information System (GIS) technique alongside decision-making methods provides a powerful spatial decision-making tool to evaluate groundwater potential. Therefore, the purpose of this study is to evaluate groundwater potential in Herat-Marvast plain based on effective factors on feeding groundwater aquifers, using Fuzzy-AHP method and GIS.

2. Materials and Methods

This study evaluates groundwater potential in Herat-Marvast plain using a combined method of analytic hierarchy process and fuzzy logic. In this regard, factors including geomorphology (altitude and slope), geology, land use, climate (average annual rainfall and temperature) and hydrology (drainage density and groundwater level) were used to evaluate groundwater potential. The relative magnitudes of factors and their weights was estimated through pair-wise comparisons and individual experts' experiences. Also, these information layers were classified and fuzzified in the GIS environment. Then, the overlap of the layers was done by multiplying the weight obtained using the AHP method by the fuzzy layers in ArcGIS 7. Finally, the groundwater potential map was prepared and classified into five class including the regions with very low potential, low, moderate potential, high potential, very high potential based natural break method.

3. Results

The evaluation of criteria for site selection of groundwater resources, according to expert opinions and hierarchical analysis, showed that the highest and lowest weight was allocated to the groundwater level and temperature, respectively. After weighting and fuzzification of maps, these layers were overlaid in GIS. The results obtained from investigating the groundwater resources potential in Herat- Marvast plain showed that 7.6, 17.74, 25.1, 18.85 and 30.61% of the area were located in very low, low, medium, high and very high potential zones, respectively. The regions with high potential are the most suitable areas for exploiting groundwater resources. In general, according to the results, in the study area, alluvial plains and areas with low altitude and slope had the highest potential for groundwater formation and regions with hard rock formations and with high altitude and slope had the lowest potential for groundwater extraction.

4. Discussion and Conclusion

The study of effective factors on site selection of groundwater showed that old alluvial sediments and salt marshes have the highest weight and these areas can have a high potential for groundwater storage. In the map of elevation and slope, due to the more infiltration of water into the earth layers, more weight is given to the regions with lower elevation and slope because groundwater tends to accumulate in areas with the lowest topographic slope which is consistent with the results of Vaezihir et al. (2016) and Soori et al. (2017). The study of groundwater level in the study area showed that the eastern parts of the region had more groundwater potential due to lower depth to the groundwater table. Therefore, the groundwater level is closer to the ground surface and the possibility of groundwater extraction in these regions is higher. In the land use map, due to the provision of favorable conditions for water infiltration to greater depths, the most weight was given to agricultural lands and the least weight was given to residential lands. Regions with agricultural land use are mainly found in lowlands and alluvial plains, which indicate adequate groundwater reservoirs. The study of river networks in the study area showed that all surface rivers in this area lead to alluvial regions located in the eastern part of the area, which has the lowest height and slope. Therefore, it can be expected that the existence of areas with higher drainage density is a factor to feed the sedimentary structures in these areas and subsequently increase their water supply, which is consistent with the results of Soori et al. (2017) in the Romeshgan plain. Rainfall is higher in areas with higher altitudes (in the western parts of the region) and also the temperature is lower in these areas. It is expected that if other conditions are favorable, there will be

more groundwater resources in rainy and low temperature areas due to greater water infiltration and lower evaporation. However, in the study area, due to the fact that these areas have a high slope and high altitude and also, the drainage density in these areas is lower. Therefore, these regions are not appropriate for groundwater extraction. According to the results, 49.45 % of the area were located in high and very high potential zones. These regions have been located in alluvial plains and areas with low altitude and slope in the eastern parts of the study area. The results indicated the positive effect of the combined method of hierarchical analysis and fuzzy on the identification of areas with high groundwater potential.

5. Six important references

1) Kaliraj, S., N. Chandrasekar and N. S. Magesh. 2014. Identification of potential groundwater recharge zones in Vaigai upper basin, Tamil Nadu, using GIS-based analytical hierarchical process (AHP) technique. Arabian Journal of Geosciences, 7(4): 1385-1401.
2) Rahman, A. 2008. A GIS based DRASTIC model for assessing groundwater vulnerability in shallow aquifer in Aligarh, India. Applied geography, 28(1): 32-53.
3) Saaty, T. L. 1994. "How to make a decision: the analytic hierarchy process", Interfaces, 24(6): 19-43.
4) Saaty, T. L. 2004. Decision making—the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). Journal of systems science and systems engineering, 13(1): 1-35.
5) Sener, E. and A. Davraz. 2013. Assessment of groundwater vulnerability based on a modified DRASTIC model, GIS and an analytic hierarchy process (AHP) method: the case of Egirdir Lake basin (Isparta, Turkey). Hydrogeology Journal, 21(3): 701-714.
6) Vadiati, M., A. Asghari-Moghaddam, M. Nakhaei, J. Adamowski and A. H. Akbarzadeh. 2016. A fuzzy-logic based decision-making approach for identification of groundwater quality based on groundwater quality indices. Journal of Environmental Management, 184: 255-270.

6. Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال سیزدهم. شماره پنجاه و یک . بهار ۱۴۰۲

ارزیابی پتانسیل منابع آب زیرزمینی دشت هرات-مروست با استفاده از روش ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی

علی آذره[1*]

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۰۷/۲۳
تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۱۰/۰۶

مقاله پژوهشی

چکیده

دشت هرات و مروست، یکی از مهم‌ترین قطب‌های کشاورزی استان یزد بوده و تقریبا تمامی آب استحصال شده از این آبخوان، جهت مصارف کشاورزی استفاده می‌گردد. در سال‌های اخیر، افت سطح آب زیرزمینی آبخوان هرات و مروست، باعث پیش‌روی آب شور و افت کیفیت آب زیر زمینی شده است. بنابراین هدف از این پژوهش پهنه‌بندی مناطق پتانسیل آبی در دشت هرات و سلسله مروست در دوره ۲۰۱۷-۱۹۹۶ با استفاده از عوامل موثر در تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، با استفاده از روش تحلیل مراتبی فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد. از این‌رو از لایه‌های اطلاعاتی شامل ارتفاع، شیب، زمین شناسی، کاربری اراضی، میانگین بارندگی و دمای سالانه، تراکم زهکشی و سطح آب زیر زمینی، جهت پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی استفاده شدند. این نقشه‌ها با استفاده از مقایسه زوجی به روش سلسله مراتبی وزن‌دهی گردید. با اعمال وزن محاسبه شده هر معیار، نقشه عوامل با توجه به اهمیت آن در پتانسیل یابی آب زیرزمینی تهیه و سپس نقشه نهایی پتانسیل آب زیرزمینی با هم‌پوشانی به روش سلسله مراتبی فازی تهیه گردید. نتایج به دست آمده از پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی نشان می‌دهد که به ترتیب ۷/۶، ۱۷/۷۴، ۲۵/۱، ۱۸/۸۵ و ۳۰/۶۱ درصد از مساحت منطقه در پهنه‌های پتانسیلی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار دارد. به طورکلی بر طبق نتایج، در منطقه مورد مطالعه، دشت‌های آبرفتی و مناطق با شیب توپوگرافی کم دارای بیش‌ترین پتانسیل تشکیل منابع آب زیرزمینی بوده و مناطق دارای تشکیلات زمین‌شناسی سخت با ارتفاع و شیب بالا دارای کم‌ترین پتانسیل جهت استخراج آب زیرزمینی می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: آبخوان، سیستم اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور، مکان یابی، وزن‌دهی.

[1] دانشیار، گروه جغرافیا، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران. (نویسنده مسئول). aliazareh@ujiroft.ac.ir

مقدمه

منابع آب زیرزمینی، یکی از منابع طبیعی مهم برای استفاده در مصارف خانگی، کشاورزی و صنایع است. امروزه به دلیل رشد جمعیت، گسترش کشاورزی و صنعت، تقاضای استفاده از آب زیرزمینی به‌طور چشم‌گیری افزایش یافته است. تغییرات آب وهوایی، خشکسالی¬های پی درپی و خطر آلودگی آب‌های سطحی درنتیجه فعالیت‌ها ی انسانی و صنعتی، از دیگر عوامل مهم در علاقه بشر به استفاده از منابع آب زیرزمینی محسوب می‌شود (صداقت، ۱۳۸۵). با این حال استفادۀ بدون برنامه‌ریزی از آب‌های زیرزمینی تعادل تغذیۀ طبیعی سفره‌های آب را مختل می‌کند. تجمع و حرکت آب‌های زیرزمینی در یک منطقه تابع عوامل مختلفی نظیر زمین‌شناسی، تکتونیک، نوع خاک، ویژگی-های ژئومورفولوژیکی منطقه، الگوی زهکشی و کاربری زمین و ارتباط بین این عوامل است (قربانی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۶)

ارزیابی پتانسیل آب زیرزمینی می‌تواند به عنوان خط راهنما مفید برای طراحان جهت مشخص‌کردن سیاست-های مناسب آب زیرزمینی استفاده گردد (بیابانی و همکاران، ۱۳۹۹). به علت وجود عوامل متعدد دخیل در امر پتانسیل‌یابی و نیاز به بررسی توام معیارهای ارزیابی شده (در قالب نقشه)، سیستم اطلاعات جغرافیایی[2] ابزار کارآمدی جهت پردازش داده‌های مکانی مختلف است. استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در کنار روش‌های تصمیم گیری ابزار قدرتمند تصمیم‌گیری مکانی را فراهم می‌کند (Kaliraj et al. 2014, Sener and Davraz, 2013). آنالیز تصمیم گیری مکانی فرآیندی است که طی آن داده های جغرافیایی (داده های ورودی) ترکیب و به یک تصمیم (داده‌های خروجی) تبدیل می شوند. پژوهش-های متعددی به مکان یابی و پتانسیل یابی منابع آب با استفاده از روش های تصمیم گیری و GIS پرداخته شده که به تعدادی از آنها اشاره می‌گردد.

سوری و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای به پتانسیل-یابی منابع آب زیرزمینی دشت رومشگان با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی پرداختند. نتایج به دست آمده از پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی نشان داد که به ترتیب ۷/۳۷، ۱۰/۱۲، ۲۲/۲۵، ۲۰/۴۶ و ۳۹/۷۹ درصد از مساحت منطقه در پهنه‌های با پتانسیل خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار دارد.

مهدوی و اخوان (۱۳۹۷) در پژوهشی به مکان‌یابی و اولویت‌بندی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی بر اساس، منطق بولین، روش هم‌پوشانی و منطق فازی در دشت همدان- بهار پرداختند. در روش اول هر یک از نقشه‌ها بر اساس منطق بولین طبقه‌بندی و با عملگر AND تلفیق شدند. ۲۶ درصد از منطقه مناسب تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی دشت همدان- بهار تشخیص داده شد. سپس با استفاده از روش هم‌پوشانی، مناطق مناسب به‌دست آمده از منطق بولین، به سه زیر گروه تقسیم شدند. ۰/۵۳درصد مناسب و ۲۱درصد متوسط، ولی هیچ منطقه‌ای با تناسب خیلی‌مناسب حاصل نشد. در روش سوم لایه‌ها بر مبنای منطق فازی امتیازدهی و با حاصل‌ضرب فازی ترکیب شدند که ۲/۲۵درصد خیلی‌مناسب، ۷/۷۱درصد مناسب و ۱۶/۷۶درصد متوسط تشخیص داده شد. پاپی و همکاران (۱۳۹۹) به مکان‌یابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی با روش سلسله مراتبی-فازی در استان تهران پرداختند. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که ۶/۲ درصد از مساحت کل منطقه برای اجرای طرح تغذیه مصنوعی آب های زیرزمینی بسیار مناسب و ۱۵/۷۵ درصد مناسب است. مناطق بسیار مناسب عمدتا در قسمت های شرقی استان قرار گرفته‌اند که دارای سازندهای زمین شناسی مناسب، فاصله کم تا رودخانه، کاربری غالب مرتعی و کشاورزی هستند و همچنین، سطح عمق آب زیرزمینی در آن ها بسیار پایین بوده و روند نزولی داشته است. نورالهی و ذاکر نیری (۱۳۹۷) در پژوهشی به مکان‌یابی احداث سازه‌های پخش سیلاب برای تغذیۀ منابع آب‌های زیرزمینی با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره در حوضۀ شهرک صنعتی اشتهارد پرداختند. نتایج بیان‌کنندۀ آن است که ۱۰/۴۰ درصد مناطق دارای

[2] Geographic Information System (GIS)

توان زیاد و ۸/۰۶ درصد با توان مناسب هستند و در مجموع می‌توان برای ۱۸/۴۶ درصد از حوضه در اولویت اول برنامه‌ریزی کرد و در مرحلهٔ دوم مناطق با توان متوسط برابر با ۲۰/۰۴ درصد از حوضه قابل برنامه‌ریزی است.

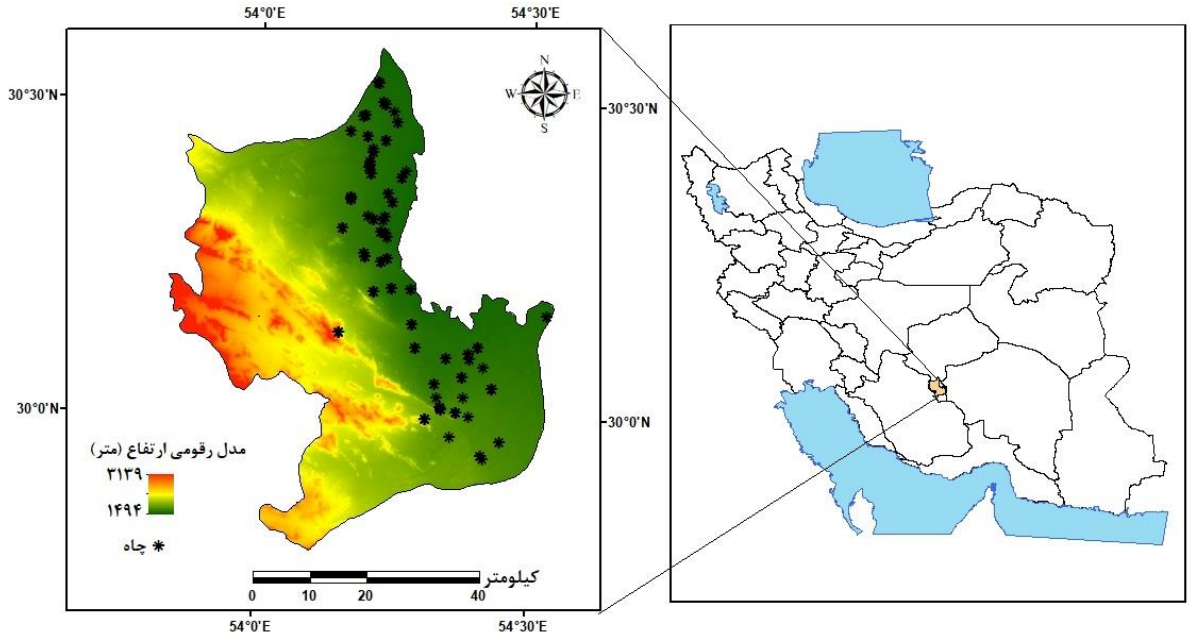
کردوانی و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی به مکان یابی مناطق مناسب جهت تغذیه مصنوع زیرزمینی آبهای دشت شهریار پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که عرصه های با تناسب بالا جهت اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی اغلب در شیب کمتر از ۳ درصد و نزدیک رودخانه چیتگر قراردارند. بهاروند و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای به پتانسیل سنجی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های سنجش‌ازدور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و سلسله‌مراتبی فازی در حوزهٔ آبریز خرم‌آباد پرداختند. نتایج حاصله نشان داد که به ترتیب ۵/۴ و ۴/۹ درصد از مساحت منطقه در پهنه‌های فاقد پتانسیل و پتانسیل بالا قرار دارند. بیش‌ترین پتانسیل تشکیل منابع آب زیرزمینی در سازندهای آهکی و کنگلومراهای کواترنری واقع شده است.

بررسی مرور منابع نشان دهنده این نکته مهم است که پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین راهکارها در مدیریت بهینه از منابع آب است. مدیریت و جلوگیری از تشدید مشکلات در منابع آب، از طریق اکتشاف و بهره برداری متناسب با پتانسیل منابع آب زیرزمینی است. ازسویی دیگر روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به دلایل سادگی و همچنین استفاده از نظریات و تجربیات کارشناسان، درصورتی‌که با منطق فازی ترکیب گردد، کاربرد بسیار مناسبی در ارزیابی پتانسیل منابع آب دارد. دشت هرات و مروست، یکی از مهم‌ترین قطب‌های کشاورزی استان یزد بوده و تقریبا تمامی آب استحصال شده از این آبخوان، جهت مصارف کشاورزی استفاده می‌گردد. در سال‌های اخیر، افت سطح آب زیرزمینی آبخوان هرات و مروست، باعث پیش‌روی آب شور و افت کیفیت آب زیر زمینی شده است. از این‌رو یکی از راهکارهای مدیریتیهدف از این پژوهش پهنه‌بندی مناطق پتانسیل آبی در دشت هرات و مروست در دوره ۲۰۱۷-۱۹۹۶ با استفاده از عوامل موثر در تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دشت هرات و مروست با وسعت ۲۹۰۵/۸ کیلومتر مربع در جنوب استان یزد واقع گردیده است. این دشت از شمال به شهرستان مهریز از شمال غرب به شهرستان ابرکوه از شرق به شهرستان شهربابک (استان کرمان) از غرب به شهرستان بوانات (استان فارس) و از جنوب به شهرستان نی‌ریز (استان فارس) هم‌مرز می‌باشد. این دشت در جنوبی‌ترین نقطه استان یزد و حد فاصل استان‌های فارس و کرمان و در ارتفاع متوسط ۲۳۱۹ متر از سطح دریا قرار گرفته‌است. متوسط دما و بارش سالانه منطقه مورد مطالعه، به ترتیب ۱۷/۵ درجه سانتی گراد و ۸۲/۵ میلی متر می‌باشد. کاربری‌های اراضی موجود در این دشت شامل اراضی مرتعی، کشاورزی، بایر، شوره زار، جنگلی، بیشه زار، سنگلاخی و شهری می‌باشند. این دشت مهم-ترین قطب کشاورزی استان یزد محسوب می‌شود که در آن محصول پسته، کشت غالب منطقه بوده و آبیاری آن بیش‌تر وابسته به منابع آب زیر زمینی و چاه‌های موجود در منطقه می‌باشد. در سال‌های اخیر به دلیل بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی این دشت جهت مصارف کشاورزی، سطح آب زیرزمینی این دشت به شدت کاهش یافته است. شکل۱، موقعیت منطقه مورد مطالعه و چاه-های بهره برداری را در ایران و استان یزد نشان می‌دهد.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق

در این پژوهش به منظور پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی در محدوده دشت هرات و مروست از معیارهای ژئومورفولوژی (ارتفاع و شیب)، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، اقلیمی (میانگین بارندگی و دمای سالانه)، هیدرولوژیکی (تراکم زهکشی و سطح آب زیرزمینی) استفاده شده است. لایه‌های استفاده شده در این پژوهش، از مهم‌ترین عوامل موثر بر آب زیرزمینی بوده و در اکثر مطالعات پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (سوری و همکاران، ۱۳۹۶؛ واعظی هیر و همکاران، ۱۳۹۷). از این‌رو، به منظور تهیه نقشه پتانسیل-یابی منابع آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، ابتدا نقشه عوامل مؤثر در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی تهیه و طبقه بندی شد. در نهایت با استفاده از روش فازی-سلسله مراتبی، نقشه پتانسیل منابع آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه تهیه گردید. فلوچارت مراحل انجام پژوهش در شکل (۲) نشان داده شده است.

داده‌های گردآوری شده

لایه‌های استفاده شده جهت پتانسیل‌یابی منابع آب زیر زمینی به شرح زیر می‌باشند:

ارتفاع و شیب: ارتفاع و شیب یکی از مهم‌ترین فاکتورهای توپوگرافی هستند که نقش مهمی در کنترل عواملی مانند سیل‌خیزی و نفوذ پذیری داشته و در تعیین پتانسیل آب‌های زیرزمینی دارای اهمیت بالایی می‌باشد (Rahman, 2008). در این مطالعه، با استفاده از رقومی سازی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری در GIS، مدل رقومی ارتفاع ۳۰*۳۰ متر تهیه شد و نقشه ارتفاع و شیب منطقه از آن استخراج گردید.

آبراهه: در منطقه مورد مطالعه، علاوه بر بارش، آبراهه-ها مهم‌ترین منبع تغذیه آب زیرزمینی هستند. به منظور تهیه نقشه تراکم زهکشی آبراهه‌ها، شبکه آبراهه‌ها از روی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه مورد مطالعه مشخص و در محیط نرم افزار ArcGIS رقومی شد. در نهایت نقشه تراکم زهکشی با استفاده از دستور *line density* در در محیط نرم افزار ArcGIS تهیه گردید.

زمین شناسی: در این پژوهش نقشه سنگ شناسی منطقه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان زمین شناسی کشور استفاده گردید.

کاربری اراضی: نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۲۱ منطقه مورد مطالعه براساس تصاویر لندست ۸ و روش طبقه بندی نظارت شده بیشینه درست نمایی[3] تهیه گردید و به هشت دسته اراضی مرتعی، کشاورزی، بایر، شوره‌زار، جنگلی، بیشه‌زار، سنگلاخی و شهری طبقه‌بندی شد.

بارندگی و دما: به منظور تهیه نقشه بارش و دما منطقه از آمار بارندگی و دمای سالانه ایستگاه هواشناسی مروست، هرات و ایستگاه‌های مجاور در طول دوره ۲۰۱۷-۱۹۹۶ استفاده شده و با استفاده از روش درون یابی کریجینگ نقشه بارش و دمای منطقه مورد مطالعه تهیه گردید.

سطح آب زیرزمینی: در این پژوهش نقشه سطح آب زیرزمینی دشت با استفاده از درون‌یابی بین سطح آب زیرزمینی از ۱۶ چاه مشاهداتی در سطح منطقه تهیه شده است.

تعیین ارزش معیارها براساس روش تحلیل سلسله مراتبی

با توجه به این‌که معیارهای اقلیمی و محیطی جهت تعیین پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی فراوان بوده و نیز دارای اهمیت یکسانی نمی‌باشند، لذا برای ارزیابی دقیق‌تر و تصمیم‌گیری لازم است تا اهمیت نسبی معیارها مشخص گردد. در این پژوهش از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی که یکی از مدلهای چند معیاره تصمیمگیری است، برای اولویت بندی عوامل مؤثر بر پتانسیلیابی آب زیرزمینی استفاده شده است. روش تحلیل سلسله مراتبی یکی از پرکاربردترین رتصمیم گیری چند معیاره است که توسط ساعتی در سال ۱۹۳۱ معرفی شد (Saaty, 1994). در تحلیل سلسله مراتبی روش کار بدین صورت است که ابتدا به منظور تعیین ارجحیت عوامل مختلف و تبدیل آن‌ها به مقادیر کمی از قضاوت‌های شفاهی (نظر کارشناسی) بر مبنای مقایسات زوجی استفاده می‌شود، به طوری‌که تصمیم گیرنده ارجحیت یک عامل را نسبت به علل دیگر به صورت جدول (۱) در نظر گرفته و این قضاوت‌ها را به مقادیر کمی بین ۱ الی ۹ تبدیل می‌نماید. سپس نتایج این مقایسات، برای محاسبه شاخص ناسازگاری به نرم افزارExpert Choice وارد می‌شود. اگر شاخص محاسبه شده کمتر از ۰/۱ باشد نتایج قابل قبول بوده و در غیر این صورت باید دوباره در وزن‌دهی تجدید نظر شود.

جدول(۱): مقادیر ترجیحی مقایسات زوجی (Saaty, 2004)

درجه اهمیت	تعریف
۱	اهمیت یکسان
۳	اهمیت متوسط
۵	اهمیت زیاد
۷	اهمیت خیلی زیاد
۹	کاملاً مهم
۸ و۶ و ۴و ۲	مقادیر متوسط

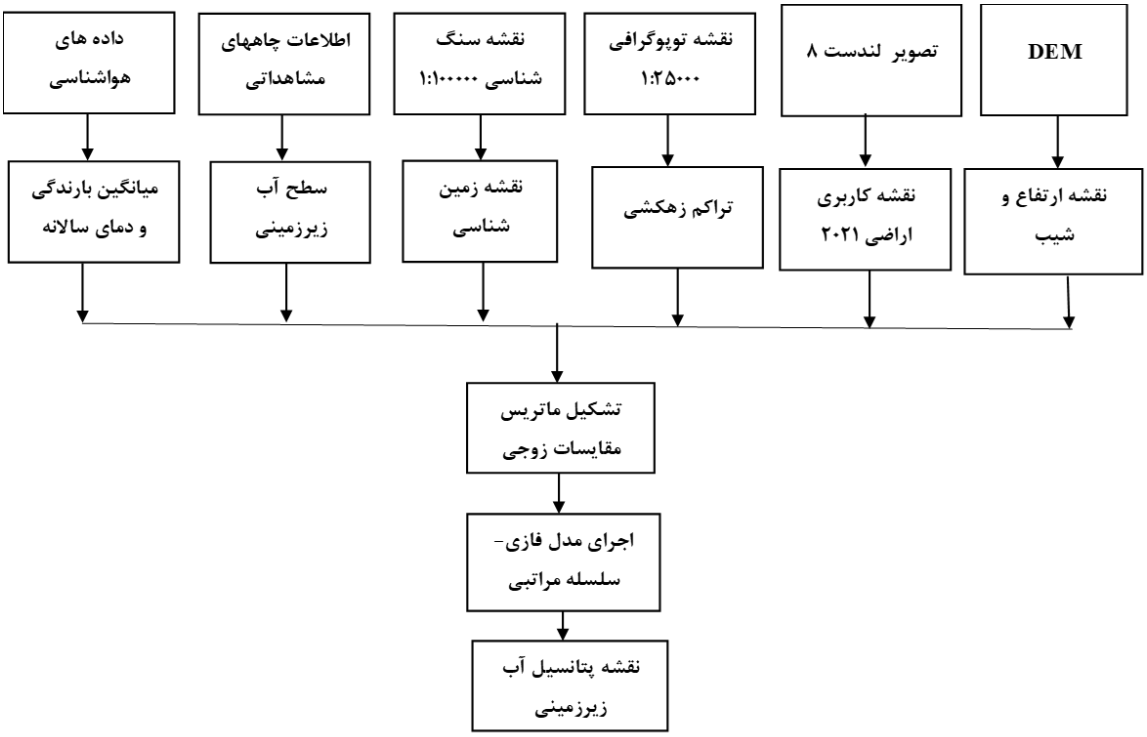
فازی‌سازی و تلفیق لایه‌ها

در این مرحله درجه عضویت فازی بر اساس توابع عضویت تعیین و نقشه فازی هر یک از عوامل تهیه می‌گردد به عبارتی استاندارد سازی لایه‌ها صورت می گیرد. فازی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی براساس هدف و درجه اهمیت آن صورت می‌گیرد. فازی سازی یعنی لایه‌ها را براساس اهمیتی که دارند در محدوده صفر تا ۲۵۵ یا صفر تا یک قرار دادن، به این صورت‌که لایه‌هایی که بیش‌ترین اهمیت را دارند در فازی‌سازی بیش‌ترین مقدار را دریافت می‌نمایند.

تئوری فازی شامل تمام تئوری‌هایی است که از مفاهیم اساسی مجموعه‌های فازی یا توابع عضویت استفاده

[3] Maximum Likelihood

می کند. به بیان لطفی زاده برای مشخص شدن اعضاء یک مجموعه می‌بایست تابع عضویت تعریف شود (Vadiati et al. 2016). یکی از اساسی‌ترین مباحث در تئوری فازی بحث تابع عضویت و چگونگی تعریف آن است. اساس اختلاف روش‌های فازی با روش‌های دیگر، در تعریف تابع عضویت است. در تعریف تابع عضویت می‌توان گفت که درجه تعلق عناصر مجموعه مرجع به زیر مجموعه‌های آن است و به صورت $\mu c(X)$ نمایش داده می‌شود.



شکل (۲): فلوچارت مراحل انجام تحقیق

نتایج

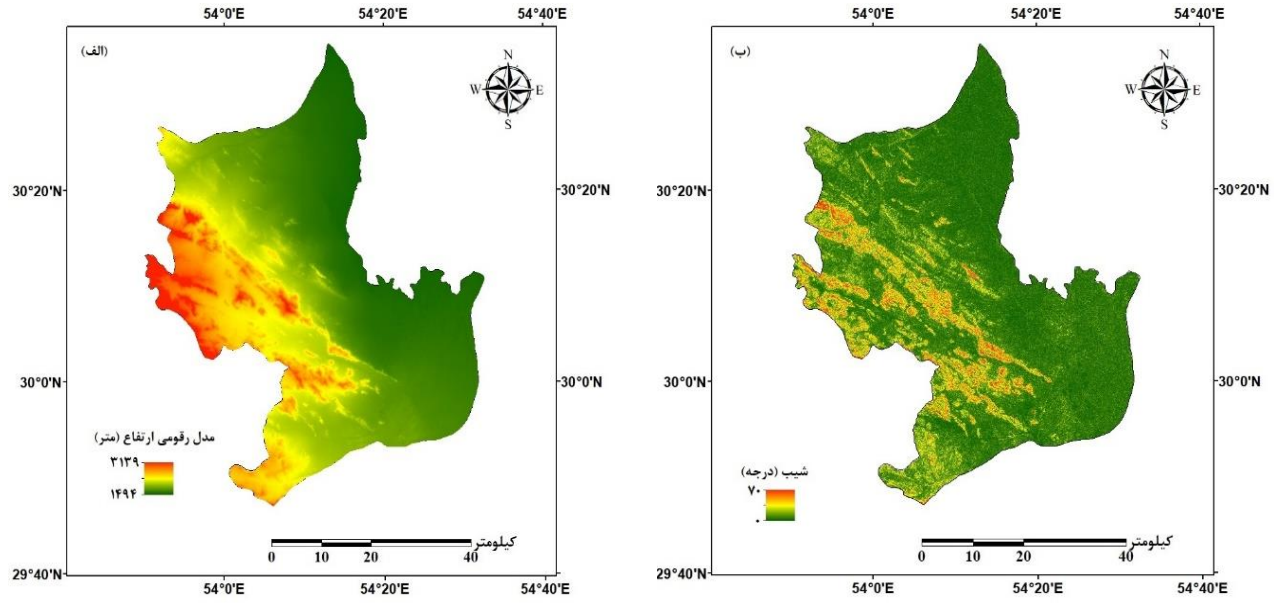
عوامل موثر در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی در شکل (۳) نشان داده شده است. به‌طور کلی در طبقات مختلف شیب و ارتفاع (شکل ۳الف و ۳ب) آب زیرزمینی تمایل دارد که در مناطق با کم‌ترین شیب توپوگرافی تجمع یابد. بررسی شبکه آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه (شکل ۳ج) به وضوح نشان می‌دهد که تمامی جریانات سطحی موجود در این محدوده به بخش‌های آبرفتی موجود در قسمت شرقی منطقه که دارای کم‌ترین ارتفاع و شیب می‌باشد، منتهی می‌شود. ازاین‌رو، به مناطق با تراکم زهکشی بالاتر، وزن بالاتری نسبت به مناطق با تراکم زهکشی کمتر تعلق می‌گیرد. براساس نقشه ارتفاعی منطقه، کم‌ترین ارتفاعات در قسمت‌های شرقی منطقه (دشت‌های آبرفتی) واقع شده است و از آنجایی‌که جهت حرکت آب‌های زیرزمینی از ارتفاعات بیش‌تر به مناطق پست‌تر می‌باشد، بنابراین این مناطق دارای بیش‌ترین وزن بوده و انتظار می‌رود بیش‌ترین ذخیره آب زیرزمینی در این مناطق وجود داشته باشد. بررسی تشکیلات زمین‌شناسی در محدوده مورد مطالعه (شکل ۳د) نشان می‌دهد که در قسمت‌های شرقی منطقه که توسط رسوبات آبرفتی عهد حاضر، رسوبات آبرفتی قدیمی و کفه-های نمکی پوشیده است، می‌تواند پتانسیل بالای ذخیره و انتقال آب زیرزمینی وجود داشته باشد. جدول ۲ خصوصیات سنگ شناسی منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. بررسی نقشه کاربری اراضی نیز نشان می‌دهد که مناطق با کاربری اراضی کشاورزی، بیش‌ترین وزن و مناطق با کاربری مسکونی کمترین وزن تعلق گرفته است (شکل ۳ه و جدول۳). بر طبق شکل ۳و، بارندگی در مناطق با ارتفاعات بالاتر (در قسمت‌های غربی منطقه) بیش‌تر بوده و هم چنین دما نیز در این نواحی کم‌تر می-

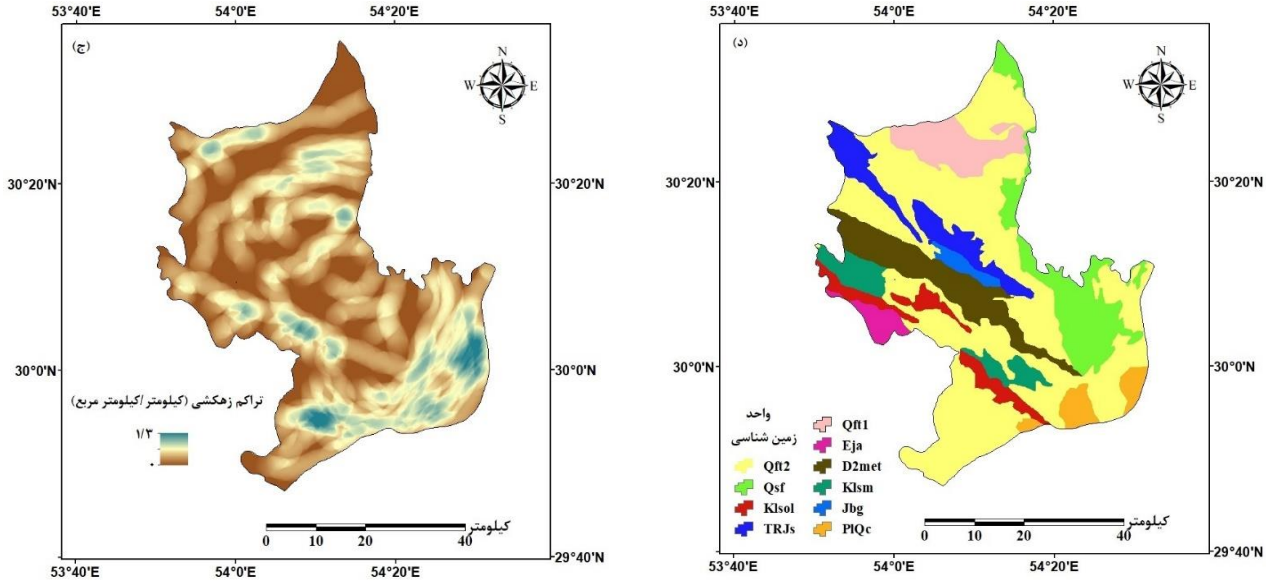
باشد (شکل۳ح). اما با توجه به مساعد بودن سایر شرایط در قسمت‌های شرقی منطقه مورد مطالعه، بیش‌ترین وزن به نواحی با دمای بیش‌تر و بارش کم‌تر تعلق گرفته است.

در نقشه سطح آب زیرزمینی (شکل۳ز و جدول ۳)، به مناطق دارای عمق تا سطح ایستابی کمتر، بیش‌ترین وزن تعلق گرفته است و قسمتهایی شرقی منطقه از پتانسیل تامین آب بیش‌تری برخوردار است.

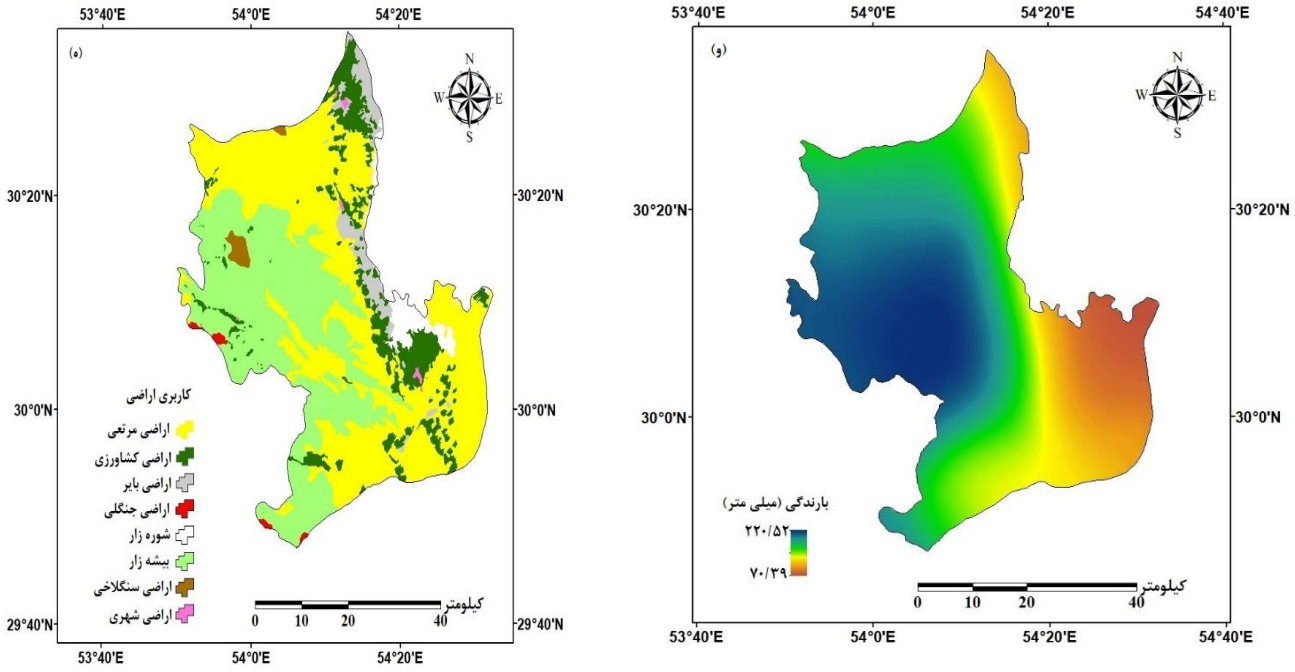
جدول (۲): خصوصیات سنگ شناسی منطقه مورد مطالعه

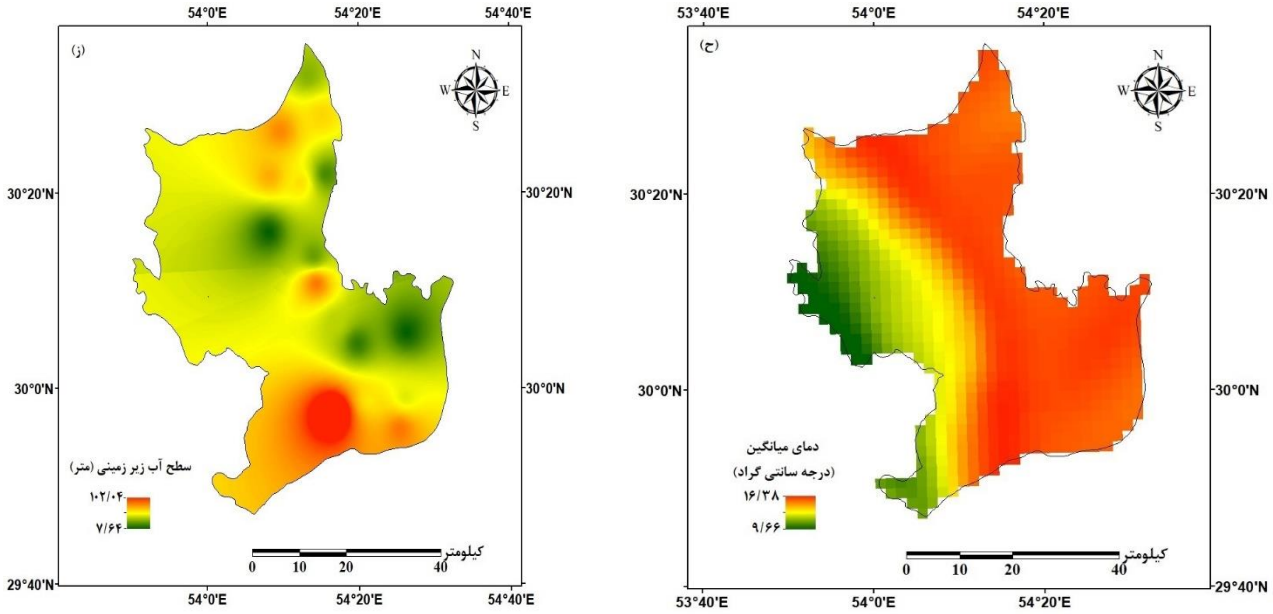
سن سازند	توصیف سازند	واحد زمین شناسی
کواترنری	آبرفت‌های جوان	Qft2
کواترنری	کفه‌های نمکی	Qsf
تریاس-ژوراسیک	ماسه سنگ و شیل خاکستری تیره (سازند شمشک)	TRJs
کواترنری	آبرفت‌های قدیمی	Qft1
ائوسن	آهک دلومیتی (سازند جهرم)	Eja
دونین	تناوب سنگ مرمر ، میکاشیست، آمفیبولیت و کوارتزیت	D2met
ژوراسیک	ماسه سنگ و شیل سیلتی سبز رنگ پریده (سازند بغمشاه)	Jbg
کرتاسه پیشین	سنگ آهک اربیتولین دار خاکستری ضخیم	Klsol
کرتاسه پیشین	مارن، شیل ، سنگ آهک شنی و دولومیت شنی	Klsm
پلیوسن-کواترنری	کنگلومرای آبرفتی، کنگلومرای کوهپایه‌ای، ماسه سنگ	PlQc





شکل (۳): نقشه لایه های اطلاعاتی استفاده شده در مطالعه الف) ارتفاع ب) شیب ج) تراکم زهکشی د) زمین شناسی





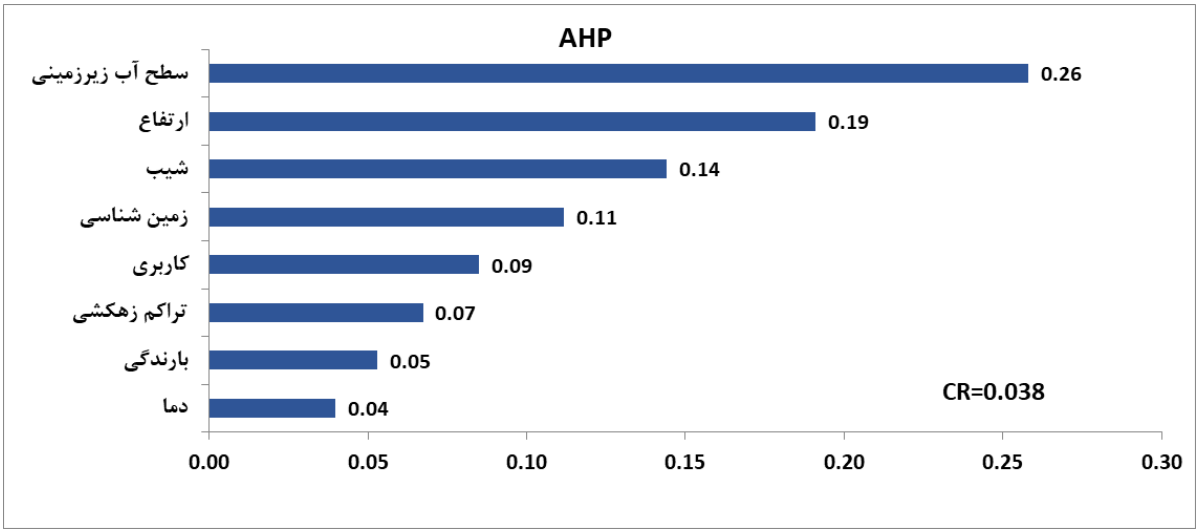
ادامه شکل (۳):نقشه لایه های اطلاعاتی استفاده شده در مطالعه ه) کاربری اراضی و) بارندگی ز) سطح آب زیرزمینی ح) دمای میانگین

در روش تحلیل سلسله مراتبی-فازی، با مقایسه زوجی (براساس جدول۱) عوامل دو به دو با هم مقایسه و نتایج به‌دست آمده به منظور محاسبه وزن‌های هر یک از فاکتورهای استفاده شده به نرم افزار Expert Choiceانتقال داده شد. جدول ۳ مقایسات زوجی فاکتورهای استفاده شده برای پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. ارزیابی معیارها جهت پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی، بر طبق نظرات کارشناسی و تحلیل سلسله مراتبی، نشان داد که معیار سطح آب زیرزمینی، ارتفاع و شیب نسبت به سایر عوامل از نظر تاثیر بر مکان‌یابی آب زیرزمینی در مکان اول قرار گرفته و به ترتیب با وزن ۰/۲۶، ۰/۱۹ و ۰/۱۴ دارای بیش‌ترین وزن بودند (شکل ۴). هم چنین دو عامل دما و بارش در الویت آخر قرار گرفته و دارای کم‌ترین وزن می‌باشند.

جدول(۳): مقایسات زوجی فاکتورهای استفاده شده برای پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی

	سطح اب	زیرزمینی	ارتفاع	شیب	زمین شناسی	کاربری اراضی	تراکم زهکشی	بارندگی	دما	وزن
سطح اب زیرزمینی	۱		۲	۳	۳	۴	۴	۵	۵	۰/۲۶
ارتفاع			۱	۲	۳	۳	۴	۴	۴	۰/۱۹
شیب				۱	۲	۳	۳	۴	۴	۰/۱۴
زمین شناسی					۱	۲	۳	۳	۴	۰/۱۱
کاربری اراضی						۱	۲	۳	۳	۰/۰۹
تراکم زهکشی							۱	۲	۳	۰/۰۷
بارندگی								۱	۲	۰/۰۵
دما									۱	۰/۰۴

بر طبق نتایج، نرخ ناسازگاری به دست آمده براساس روش سلسه مراتبی کمتر از ۰/۱ و برابر با ۰/۰۳۸ می باشد که نشان‌دهنده کارایی مناسب این روش در اولویت‌بندی معیارها جهت پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی می‌باشد (شکل ۴).



شکل (۴): وزن و ضریب اهمیت هر لایه در پتانسیل یابی آب زیرزمینی در دشت هرات و مروست

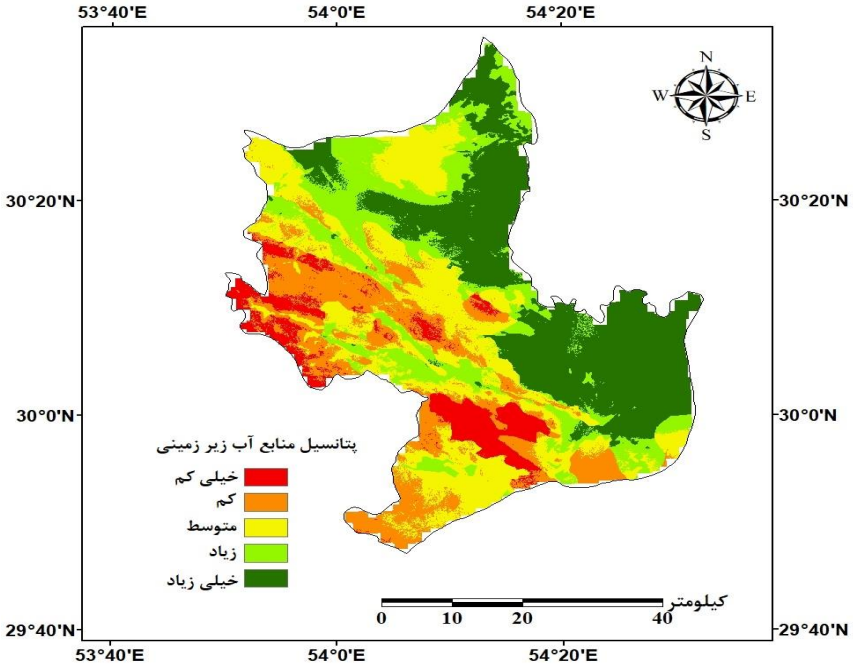
پس از تعیین وزن معیارها، جهت فازی سازی نقشه هر یک از عوامل موثر در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی، از توابع عضویت فازی استفاده شد (جدول ۴). در پهنه-بندی منابع آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه، پیکسل‌هایی که دارای ارتفاع، شیب، بارندگی و سطح آب زیرزمینی خیلی کم‌تری بودند، دارای عضویت‌دهی بالایی بوده و از ارزش بیش‌تری برخوردار بودند، از این‌رو برای فازی سازی این لایه‌ها از تابع Ms small استفاده گردید. هم‌چنین، پیکسل‌هایی که دارای تراکم زهکشی و دمای میانگین خیلی زیادی بودند، از ارزش بیش‌تری برخوردار بوده و در نتیجه برای فازی سازی این لایه‌ها، از تابع عضویت فازی Ms large استفاده گردید.

جدول (۴):توابع عضویت استفاده شده برای فازی‌سازی نقشه‌های عوامل مؤثر بر پتانسیل یابی منابع آب زیر زمینی

متغیر	بیشترین درجه عضویت	کمترین درجه عضویت	تابع عضویت استفاده شده
ارتفاع (متر)	۱۶۷۶-۱۴۹۴	۳۱۳۹-۲۳۹۳	Ms small
شیب (درجه)	۰-۵	۶۹/۳۷ - ۳۰	Ms small
تراکم زهکشی (کیلومتر/کیلومتر مربع)	۰/۷ – ۱/۰۳	۰/۰۱۴ - ۰	Ms large
زمین شناسی	Qft2	Klsm	User-defined
کاربری اراضی	اراضی کشاورزی	اراضی شهری	User-defined
بارندگی (میلی متر)	۱۰۱/۷۰۱ - ۷۰/۴	۲۲۰/۱۵۲ - ۱۹۲/۸	Ms small
دمای میانگین (درجه سانتی گراد)	۱۶/۱۳۸ – ۱۵/۰۹	۱۰/۹۹۸ -۹/۶	Ms large
سطح آب زیر زمینی (متر)	۳۰/۷۲۲ – ۷/۶	۱۰۲/۷۰۴ - ۷۰/۹	Ms small

در نهایت جهت تهیه نقشه پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی به روش تلفیقی سلسله مراتبی و فازی، نقشه‌های فازی هر یک از عوامل در وزن‌های به‌دست آمده برای آن‌ها بر اساس قضاوت کارشناسی ضرب و نقشه تمام عوامل هم‌پوشانی داده شدند. شکل ۵ نقشه پتاسیل منابع آب زیرزمینی دشت هرات و مروست تهیه شده با استفاده از روش سلسله مراتبی- فازی را نشان می‌دهد.

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که به ترتیب۷/۶، ۱۷/۷۴، ۲۵/۱، ۱۸/۸۵ و ۳۰/۶۱ درصد از مساحت منطقه در پهنه‌های پتانسیلی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار دارد (شکل ۵).



شکل (۵): نقشه پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی در محدوده دشت هرات و مروست

بحث و نتیجه‌گیری

افزایش بی‌رویه جمعیت و توسعه صنایع در جوامع بشری، انسان را نسبت به تأمین منابع آبی مورد نیاز ملزم نموده و تعیین مکان‌های مناسب استحصال آب، همواره یکی از مهم‌ترین چالش‌های مورد بحث در این امور بوده است. منابع آب زیرزمینی همواره یکی از مهم‌ترین و مطمئن‌ترین منابع آبی در مناطق خشک و نیمه خشک است و استحصال آب از این منابع نسبت به اقلیم‌های دیگر اهمیت ویژه‌ای دارد و مدیریت و بهره‌برداری بهینه این منابع بدون شناخت آن‌ها ممکن نیست. در مکان‌یابی محل‌های مناسب جهت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی که هدف این تحقیق می‌باشد، عوامل و متغیرهایی دخالت دارند که این متغیرها به نسبت تاثیر در پتانسیل‌یابی منابع آب دارای اولویت‌های وزنی متفاوتی می‌باشند. ارزیابی معیارها جهت پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی، بر طبق نظرات کارشناسی و تحلیل سلسله مراتبی، نشان داد که معیار سطح آب زیرزمینی، ارتفاع و شیب نسبت به سایر عوامل از نظر تاثیر بر مکان‌یابی آب زیرزمینی در مکان اول قرار گرفته و به‌ترتیب با وزن ۰/۲۶، ۰/۱۹ و ۰/۱۴ دارای بیش‌ترین وزن بودند. هم‌چنین دو عامل دما و بارش در الویت آخر قرار گرفته و دارای کمترین وزن می‌باشند. در نقشه زمین‌شناسی، به رسوبات آبرفتی قدیمی و کفه‌های نمکی بیش‌ترین وزن تعلق گرفته و در این مناطق می‌تواند پتانسیل بالای ذخیره و انتقال آب زیرزمینی وجود داشته باشد. در نقشه طبقات

ارتفاعی و شیب به دلیل نفوذ حجم بیشتر آب به لایه‌های زمین، به طبقات با ارتفاع و شیب کمتر وزن بیش‌تری تعلق می‌گیرد زیرا در این مناطق آب زیرزمینی تمایل دارد در مناطقی با کم‌ترین شیب توپوگرافی تجمع یابد. به این ترتیب امکان اکتشاف آب در مناطقی با شیب کم‌تر بسیار بیش‌تر از مناطقی با شیب زیاد می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه، مناطق مستعد اکتشاف آب زیرزمینی می‌تواند دارای شیب ۵-۰ درجه و ارتفاعات کم باشد که عمدتاً در مناطق آبرفتی و قسمت شرقی منطقه واقع شده اند که با نتایج واعظی‌هیر و همکاران (۱۳۹۷) و سوری و همکاران (۱۳۹۶) مطابقت دارد. بررسی سطح آب زیر زمینی در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که قسمت‌های شرقی منطقه از پتانسیل تامین آب بیش‌تری برخوردار است، زیرا هرچه عمق تا سطح ایستابی کم‌تر باشد، سطح آب زیرزمینی به سطح زمین نزدیکتر و امکان استخراج آب زیر زمینی در این نواحی بیش‌تر است. در نقشه کاربری اراضی به دلیل فراهم شدن شرایط مطلوب برای نفوذ آب به اعماق بیشتر به اراضی کشاورزی بیش‌ترین وزن و به اراضی مسکونی کم‌ترین وزن تعلق گرفته است. مناطق با کاربری اراضی کشاورزی، اصولاً در مناطق کم شیب و دشت‌های آبرفتی یافت می‌شوند که نشان دهنده ذخایر مناسب آب زیرزمینی می‌باشند. بررسی شبکه آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه مطالعه، نشان می‌دهد که تمامی جریانات سطحی موجود در این محدوده به بخش‌های آبرفتی موجود در قسمت شرقی منطقه که دارای کم‌ترین ارتفاع و شیب می‌باشد منتهی می‌شود. از این رو، می‌توان انتظار داشت که وجود مناطق با تراکم زهکشی بالاتر نیز عاملی جهت تغذیه ساختارهای رسوبی موجود در این مناطق و به دنبال آن بالا بردن ذخیره آبی آن‌ها شود که با نتایج سوری و همکاران (۱۳۹۶) در دشت رومشگان مطابقت دارد.. بارندگی در مناطق با ارتفاعات بالاتر (در قسمت‌های غربی منطقه) بیش‌تر بوده و هم‌چنین دما نیز در این نواحی کمتر می‌باشد. انتظار می‌رود که در صورت مساعد بودن سایر شرایط، در مناطق پرباران و با دمای پایین با توجه به نفوذ بیش‌تر آب و پایین بودن تبخیر، منابع آب زیر زمینی بیش‌تری وجود داشته باشد. اما در منطقه مورد مطالعه با توجه به اینکه این مناطق دارای شیب زیاد و ارتفاع بیش‌تری می‌باشند و هم‌چنین تراکم زهشکی در این مناطق پایین‌تر می‌باشد. بنابراین این امر نمی‌تواند در این منطقه صدق کند.

نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که به ترتیب ۷/۶، ۱۷/۷۴، ۲۵/۱، ۱۸/۸۵ و ۳۰/۶۱ درصد از مساحت منطقه در پهنه‌های پتانسیلی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار دارد که مناطق با پتانسیل بالا مناسب‌ترین مناطق برای بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی می‌باشند. به طورکلی بر طبق نتایج، در منطقه مورد مطالعه، دشت‌های آبرفتی و مناطق با شیب توپوگرافی کم دارای بیش‌ترین پتانسیل تشکیل منابع آب زیرزمینی بوده و مناطق دارای تشکیلات زمین‌شناسی سخت با ارتفاع و شیب بالا دارای کم‌ترین پتانسیل جهت استخراج آب زیرزمینی می‌باشند. نتایج حاکی از تأثیر مثبت روش تلفیقی سلسله مراتبی و فازی بر شناسایی مناطق با احتمال وجود آب زیرزمینی است. با توجه‌به اینکه این روش در تعیین پتانسیل یک حوضه از نظر منابع آب زیرزمینی جزء فناوری‌های نوین محسوب می‌گردد، می‌تواند راهبردی مناسب در ارتقاء شیوه‌های سنتی و کاهش هزینه‌های مرتبط با آن باشد. یکی از محدودیت‌های تحقیق، مبتنی بودن نتایج تحقیق بر مبنای نظرات کارشناسی می‌باشند. از این‌رو پیشنهاد می‌گردد که در مطالعات آتی از روش‌های پیشرفته‌تر از قبیل روش‌های داده کاوی جهت پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی استفاده گردد.

منابع

بهاروند، س.، و. امیری امرایی و س. سوری. ۱۳۹۹. پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های سنجش‌ازدور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و سلسله‌مراتبی فازی مطالعهٔ موردی: حوزهٔ آبریز خرم‌آباد، فصلنامه جغرافیا و توسعه، دوره ۱۸، شماره ۶۰، ص ۱۸۱-۲۰۰.

بیابانی، ل.، آ. ملکیان و ب. اکبرپوربناب. ۱۳۹۹. ارزیابی پتانسیل منابع آب زیرزمینی حوزه آبخیز صوفی چای با استفاده از مدل‌های نسبت فراوانی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، نشریه هیدروژئومورفولوژی، سال هفتم، شماره ۲۲، ص ۶۵-۴۳.

پاپی، ر.، س. حمزه و م. سلیمانی. ۱۳۹۹. مکانیابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی با روش Fuzzy AHP در استان تهران. نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، سال دوازدهم، شماره ۱، ص ۲۹۷-۲۸۲.

سوری، س.، س. بهاروند و و. امیری. ۱۳۹۶. پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: دشت رومشگان). فصلنامه زمین شناسی محیط زیست، سال یازدهم، شماره ۴۰، ص ۲۶-۱۱.

صداقت، م.، ۱۳۸۵. زمین و منابع آب (آبهای زیرزمینی). انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران، چاپ پنجم، ص ۱۸۸-۱.

قربانی نژاد، س.، م. دانش فر، ا. رحمتی، ف. فلاح، ع. حقی‌زاده و ن. ۱۳۹۶. پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی دشت ازنا-الیگودرز با استفاده از متغیرهای محیطی و مدل نسبت فراوانی. نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۸، شماره ۲، ص ۷۸-۶۲.

کردوانی، پ.، ف. اسدیان و م. ح. فلاح. ۱۳۹۹. مکان یابی مناطق مناسب جهت تغذیه مصنوعی دشت شهریار با رویکرد بهبود وضعیت آب های زیر زمینی با استفاده از مدل منطق بولین، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۲۰، شماره ۵۹، ص ۱۷-۱.

مهدوی، ع. و س. اخوان. ۱۳۹۷. مکان‌یابی و اولویت‌بندی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی بر اساس، منطق بولین، روش هم‌پوشانی و منطق فازی. نشریه علمی آبیاری و زهکشی ایران، دوره ۱۲، شماره ۵، ص ۱۲۶۵-۱۲۵۳.

نورالهی، د. و م. ذاکر نیری. ۱۳۹۷. مکان‌یابی احداث سازه‌های پخش سیلاب برای تغذیهٔ منابع آب‌های زیرزمینی با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره (مطالعهٔ موردی:حوضهٔ شهرک صنعتی اشتهارد)، نشریه اکوهیدرولوژی، سال پنجم، شماره۴، ص ۱۳۸۴-۱۳۷۱.

واعظی هیر، ع.، م. وفادار و و. آقایی. ۱۳۹۷. پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی موجود در واحدهای کارستی و سازند سخت کوه مورو-صوفیان با به‌کارگیری روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره AHP،SAW و F-AHP. فصلنامه علمی پژوهشی فضای جغرافیایی، سال هجدهم، شماره ۶۴، ص ۲۳۴-۲۱۵.

Kaliraj, S., N. Chandrasekar and N. S. Magesh. 2014. Identification of potential groundwater recharge zones in Vaigai upper basin, Tamil Nadu, using GIS-based analytical hierarchical process (AHP) technique. Arabian Journal of Geosciences, 7(4): 1385-1401.

Rahman, A. 2008. A GIS based DRASTIC model for assessing groundwater vulnerability in shallow aquifer in Aligarh, India. Applied geography, 28(1): 32-53.

Saaty, T. L. 1994. "How to make a decision: the analytic hierarchy process", Interfaces, 24(6): 19-43.

Saaty, T. L. 2004. Decision making—the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). Journal of systems science and systems engineering, 13(1): 1-35.

Sener, E. and A. Davraz. 2013. Assessment of groundwater vulnerability based on a modified DRASTIC model, GIS and an analytic hierarchy process (AHP) method: the case of Egirdir Lake basin (Isparta, Turkey). Hydrogeology Journal, 21(3): 701-714.

Vadiati, M., A. Asghari-Moghaddam, M. Nakhaei, J. Adamowski and A. H. Akbarzadeh. 2016. A fuzzy-logic based decision-making approach for identification of groundwater quality based on groundwater quality indices. Journal of Environmental Management, 184: 255-270.

Evaluating Groundwater Resources Potential in Herat-Marvast Plain Using a Combined Method of Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Logic

Ali Azareh[1*]

Abstract

Herat-Marvast plain is one of the most important agricultural regions in Yazd province and water exploitation from this aquifer is done for agricultural purposes. In recent years, declining groundwater level in the Herat-Marvast aquifer has led to increase in groundwater salinity and groundwater quality decrease. Therefore, the purpose of this study is to map groundwater potential in Herat-Marvast plain during 1996-2017 using effective factors in feeding groundwater aquifers, using Fuzzy-AHP method and GIS. To this end, layers including altitude, slope, geology, land use, average annual rainfall and temperature, drainage density and groundwater level were used to evaluate groundwater resources. These maps were weighted based on pairwise comparison using analytic hierarchy process. By applying the calculated weight of each criterion, the map of factors was prepared according to its importance on finding groundwater potential and then based on overlapping layers, the final map of groundwater potential was prepared by Fuzzy-AHP method. The results obtained from investigating the groundwater resources potential showed that 7.6, 17.74, 25.1, 18.85 and 30.61% of the area were located in very low, low, medium, high and very high potential zones, respectively. In general, according to the results, in the study area, alluvial plains and areas with low altitude and slope had the highest potential for groundwater formation and regions with hard rock formations and with high altitude and slope had the lowest potential for groundwater extraction.

Keywords: Aquifer; Geographic Information System; Remote Sensing; Site Selection; eighting.

[1] Associate Professor, Department of Geography, University of Jiroft, Kerman, Iran (Corresponding author).
aliazareh@ujiroft.ac.ir.