Original Article

Journal of Aquifer and Qanat

Autumn And Winter 2024, Vol. 4, No. 2, pp 103-114

10.22077/jaaq.2024.7330.1064

Investigating Spatial and Temporal Changes of Quantitative Parameters of Underground Water Resources Using Inverse Distance Weighting Interpolation Method (Case Study: Mashhad Plain)

Seyede Zahra Hoseini[1] | Ali Shahidi[2,✉] | Hannan Hanafi[3]

1. Bachelor Student, Department of Sciences and Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand Birjand, Iran.
2. Associate Professor, Department of Sciences and Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand Birjand, Iran.
3. Ph.D. Student, Department of Sciences and Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand Birjand, Iran.

✉Corresponding Author: A47sh@yahoo.com

Received:
20 February 2024
Accepted:
18 March 2024
Published:
19 March 2024

Keywords:
Groundwater level, Mashhad Plain Aquifer, interpolation, IDW.

Extended abstract

Introduction

The management of water resources, especially groundwater in arid and semi-arid regions, is of particular importance. Inaccuracy of recognition and indiscriminate exploitation in the following prospects will lead to irreparable damage such as a sharp and irreversible drop in the underground water level, a decrease in the flow rate of wells and canals, and changes in the pattern of groundwater flow. According to the investigations, the analysis of changes in the underground water level of Mashhad Plain in 2018 was not studied and this study was observed among the researchers. For this purpose, this research, to investigate the spatial changes and the underground water level of Mashhad Plain in Razavi Khorasan province using the underground water level monitoring network (observation wells) in the 11-year statistical period (2011-2021) with the help of weighted interpolation method. Inverse distance decimation (IDW) was discussed.

Materials and methods

The catchment area of Qara Qom is a mountainous region, so 35% of it is plain and the rest includes highlands and Mahor hills. The maximum height of the basin at Binaloud Peak is 3249 meters the minimum at the outlet is 880 meters and its average height is 1800 meters above sea level. The Mashhad plain, which is a part of this basin, has an area of 9910 square kilometres, of which 3776 square kilometres are plains and 6133 square kilometres are highlands.

Cite this article: Shahidi, A., Hoseini, S.Z., & Hanafi, H. (2024). Investigating Spatial and Temporal Changes of Quantitative Parameters of Underground Water Resources Using Inverse Distance Weighting Interpolation Method (Case Study: Mashhad Plain). *Journal of Aquifer and Qanat Title*, 4 (2), 103-114. DOI: http//doi.org/10.22077/jaaq.2024.7330.1064

Copyright: © 2024 by the authors. Licensee Journal of Aquifer and Qanat. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

To carry out this research, the statistics of observation wells from 2011-2021 during two five-year periods were examined. Using Excel 2017 software, statistical data were first sorted; Then the representative hydrograph of the 11 years of the Mashhad Plain aquifer was drawn using equation (1).

$$h_T = \frac{\sum h_i \times A_i}{A_T} \quad (1)$$

First, using ArcMap 10.8 software, the observation wells were classified and the area (A_i) of each one was obtained, then the groundwater level (h_i) of each observation well was multiplied by its area and averaged and divided by The main purpose of hydrograph drawing is to obtain the groundwater level changes using ArcMap 10.8 software with the average water level observed in the relevant statistical period and with the help of IDW zoning maps of the period. 11-year, first and second five-year and 11-year underground water level map has been drawn.

Results and discussion

To prepare maps of the groundwater level, the information from 62 observation wells was entered into ArcMap 10.8 software and interpolated using the inverse distance weighting method. The maps of the groundwater level show that the groundwater level of the studied area was 10-80 meters in the first five years and 10-100 meters in the second five years.

The representative hydrograph of the aquifer of the study area of Mashhad Plain has been measured and drawn using the monthly statistics of the underground water level in 62 observation wells where the height of the reference point is known from the open sea level. The underground water level has a downward trend during the 11 years. The water level drop in this aquifer in April 2010 compared to March 1400 was 3.56 meters, which shows an average annual drop of 0.33 meters (Figure 1).

Fig 1. Hydrograph of the Mashhad Plain aquifer (11-year period).

Conclusion

Akbari and Jargeh (2018) in a research reached the results that factors such as drought, decrease in rainfall, increase in population and illegal well drilling are effective in the process of underground water drop in Mashhad Plain. In this research, spatial and temporal changes in the quantitative parameters of Mashhad plain underground water were evaluated. The results obtained by using maps and representative hydrographs in this research show that the depth of reaching the underground water level in Mashhad Plain increases by 0.33 meters every year.

Therefore, due to the importance of this plain in the economy and the livelihood of the residents, it is necessary to adopt appropriate solutions for this problem, such as valuing water as the most valuable substance in nature, preventing the harvesting of unauthorized wells, and preventing the development of gardens in the headlands. rivers, preserving the bed and sanctity of rivers as the best bed for feeding the aquifer, changing irrigation methods and the pattern of cultivation and saving water in the agricultural sector, using treated sewage water and replacing it with the agricultural sector, promoting the culture of correct use of water, It can improve unfavourable conditions to some extent.

مقاله پژوهشی

مجله
آبخوان و قنات

دوره چهارم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۲، صفحات ۱۱۴ - ۱۰۳

jaaq.2024.7330.1064.10.22077

بررسی تغییرات مکانی و زمانی پارامتر کمی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش میان‌یابی وزن دهی فاصله معکوس (مطالعه موردی: دشت مشهد)

سیده زهرا حسینی[۱]، علی شهیدی [۲]✉، حنان حنفی [۳]

۱. دانشجوی کارشناسی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۲. دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۳. دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

✉نویسنده مسئول: A47sh@yahoo.com

چکیده

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۹
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۲/۲۹

مدیریت منابع آب به‌ویژه آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت خاصی برخوردار است. عدم شناخت صحیح و بهره‌برداری بی‌رویه در این مناطق خسارت جبران‌ناپذیر مانند افت شدید و غیر قابل برگشت سطح آب زیرزمینی، کاهش دبی چاه‌ها و قنوات، تغییرات الگوی جریان آب زیرزمینی را به‌دنبال خواهد داشت. در این پژوهش، به بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی آبخوان دشت مشهد، واقع در استان خراسان رضوی، با استفاده از شبکه پایش سطح آب زیرزمینی، در دوره آماری یازده ساله (۱۴۰۰-۱۳۹۰)، به‌کمک روش میان‌یابی وزن‌دهی فاصله معکوس (IDW) پرداخته شد. بدین‌منظور آمار ۶۲ حلقه چاه مشاهده‌ای در طی دو دوره آماری پنج ساله (۱۳۹۵-۱۳۹۰ و ۱۴۰۰-۱۳۹۵) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد رسیدن به عمق آب زیرزمینی در این آبخوان برای دوره زمانی تعیین شده به طور متوسط در پنج سال اول ۰/۳۶ متر و در پنج سال دوم ۰/۳۲ متر افزایش یافته است که بخش‌های مرکزی، جنوب شرقی و شمال غربی بیش‌ترین میزان برای رسیدن به سطح آب زیر زمینی را دارند. همچنین، هیدروگراف معرف آبخوان مشهد نشان می‌دهد در طی دوره ۱۱ ساله عمق آب زیرزمینی به طور متوسط سالانه ۰/۳۳ متر با کاهش مواجه شده است.

کلیدواژه‌ها:
عمق آب زیرزمینی، آبخوان دشت مشهد، شبکه پایش سطح آب زیرزمینی، وزن‌دهی فاصله معکوس.

مقدمه

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 Soleimani, 2017). افت سطح آب زیرزمینی به‌واسطه برداشت بدون جایگزین مشکل‌هایی مانند خشک شدن چاه‌های آب، نشست زمین، افت کیفیت آب و افزایش هزینه‌های پمپاژ و استحصال آب را به‌دنبال دارد (De Souza and Da Silva, 2014). وقوع خشکسالی‌های متناوب و طولانی نوسانات زیاد آب و هوایی و سوء مدیریت بر منابع آب زیرزمینی سبب تشدید کمبود در منابع آب های سطحی و زیرزمینی شده است (Bebran and Honarbakhsh, 2014). به عقیده (Khoshhal et al., 2017) برداشت بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی منجر به افت آب آبخوان و کاهش حجم آن و از دست رفتن توان نگهداری آب و آسیب پذیری تمام سازندها و ساختگاه‌های آبخوان می‌گردد. از این‌رو مدیریت منابع آب باید هر چه بیشتر مورد توجه سیاست‌گزاران قرار گیرد تا همگام با توسعه پایدار کشاورزی و صنعت بتوان از ادامه روند کنونی افت سطح آب و فرونشست زمین جلوگیری کرد (Khorasani and Haddad, 2019). بدین‌منظور در زمینه روند تغییرات تراز آب زیرزمینی با استفاده از روش های میان‌یابی پژوهش‌های متعددی انجام شده است. Beizaei and Mohammadi (2003) در پژوهشی علت اصلی افت سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور را برداشت بی‌رویه آب برای مصارف کشاورزی عنوان کردند. (Shahid and Hazarika, 2009) با بررسی اثر خشک سالی بر منابع آب‌زیرزمینی در شمال غربی بنگلادش اعلام کردند که افزایش برداشت آب زیرزمینی برای آبیاری در فصل‌های خشک و بازگشت خشکسالی‌ها از عوامل افت سطح آب زیرزمینی در این منطقه می‌باشند. در مطالعه‌ای (Zangeneh and Shafiei, 2017) به بررسی خشک سالی و افت آب زیرزمینی دشت نورآباد ممسنی با استفاده از GIS پرداختند؛ نتایج این پژوهش نشان دهنده آن است که بیش‌ترین وضعیت خشک‌سالی مربوط به سال ۱۳۸۸ ۱۳۸۷ بوده و نقش عامل انسانی در کاهش میزان افت آب زیرزمینی آشکار است به‌طوری که میزان حفر چاه‌ها از سال ۱۳۸۳ نسبت به سال ۱۳۸۸ به‌مراتب افزایش یافته است. Hu et al. (2009) طی پژوهشی به بررسی تغییرات مکانی سطح آب زیرزمینی در شمال دشت چین با استفاده تکنیک زمین آمار، روش کریجینگ و تهیه نقشه‌های هم پهنه سطح آب زیرزمینی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان دهنده آن است که در مقایسه با سال ۱۹۹۰ سطح آب زیرزمینی دشت چین ۶ متر افت داشته است.

Ahmadi and Sedghamiz (2007) در مطالعه‌ای با استفاده از روش‌های کریجینگ و کو کریجینگ به بررسی عمق آب زیرزمینی در دشت داراب فارس پرداختند و نشان دادند روش کو کریجینگ نسبت به سایر روش‌ها در اغلب نقاط از قابلیت بالایی برخوردار است. Mohamadi et al. (2012) در پژوهشی به‌منظور بررسی تغییرات زمانی و مکانی سطح آب‌زیرزمینی دشت کرمان در طی یک دوره ده ساله ۱۳۸۵-۱۳۷۵ از روش‌های زمین آمار استفاده کردند و نشان دادند که واریوگرام مدل گوسی به عنوان بهترین مدل برازش شده به ساختار فضایی داده‌ها و روش عکس فاصله (IDW) به توان دو در ابتدای دوره و عکس فاصله به توان چهار در انتهای دوره بهترین روش میان‌یابی عامل سطح آب می‌باشد. نتایج حاصل از پژوهش Azareh et al. (2014) که از روش‌های زمین آمار جهت تجزیه وتحلیل تغییرات مکانی و زمانی سطح آب‌زیرزمینی دشت گرمسار در طی سال ۹۱-۱۳۸۰ استفاده نمودند نشان داد که روش کریجینگ جهت پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی از عملکرد قابل قبولی برخوردار است همچنین نتایج نشان دهندهٔ متوسط افت ۳/۵ متر سطح آب زیرزمینی در کل دشت طی ۱۰ سال گذشته است، که علت اصلی آن کاهش بارندگی و پمپاژ بیش از حد آب زیرزمینی برای کشاورزی طی این دوره بوده است. Akbari et al. (2009) از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای بررسی افت سطح آب‌زیرزمینی آبخوان دشت مشهد استفاده کردند. آن‌ها مهم‌ترین عوامل کاهش سطح آب زیرزمینی این دشت را پدیده خشک‌سالی، برداشت بی رویه ازدیاد جمعیت افزایش سطح زیر کشت و تعداد زیاد چاه‌های برداشت دانستند هم‌چنین نتایج نشان دهنده آن است که در بخش‌های مرکزی و غربی آبخوان دشت مشهد، سطح آب زیرزمینی حدود ۳۰ متر کاهش یافته است. با توجه به پژوهش‌های صورت‌گرفته و ذکر این نکته که

استان خراسان رضوی در بین استان‌های ایران بالاترین رتبه در بیلان منفی را داشته و سالانه حدود ۱۲۸۰ میلیون مترمکعب کسری مخزن دارد و همچنین از طرفی دیگر مهم‌ترین منبع تأمین‌کننده آب بخش‌های مختلف نواحی مجاور خود می‌باشد، اهمیت تجزیه و تحلیل تغییرات زمانی و مکانی سطح آب زیرزمینی و اقدامات مدیریتی جهت استفاده بهینه و بهبود کمیت آب آن ضروری است و دشت مشهد نیز از این قاعده مثتثنی نمی‌باشد. باتوجه به بررسی‌های صورت‌گرفته، تجزیه و تحلیل تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت مشهد از سال ۱۳۸۸ مطالعه نشده و خلأ این مطالعه در بین پژوهش‌ها مشاهده گشت. به همین منظور در این پژوهش به بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی دشت مشهد واقع در استان خراسان رضوی با استفاده از شبکه پایش سطح آب زیرزمینی (چاه های مشاهده‌ای) در دوره آماری یازده ساله (۱۴۰۰-۱۳۹۰) به‌کمک روش میان‌یابی وزن دهی فاصله معکوس (IDW) پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

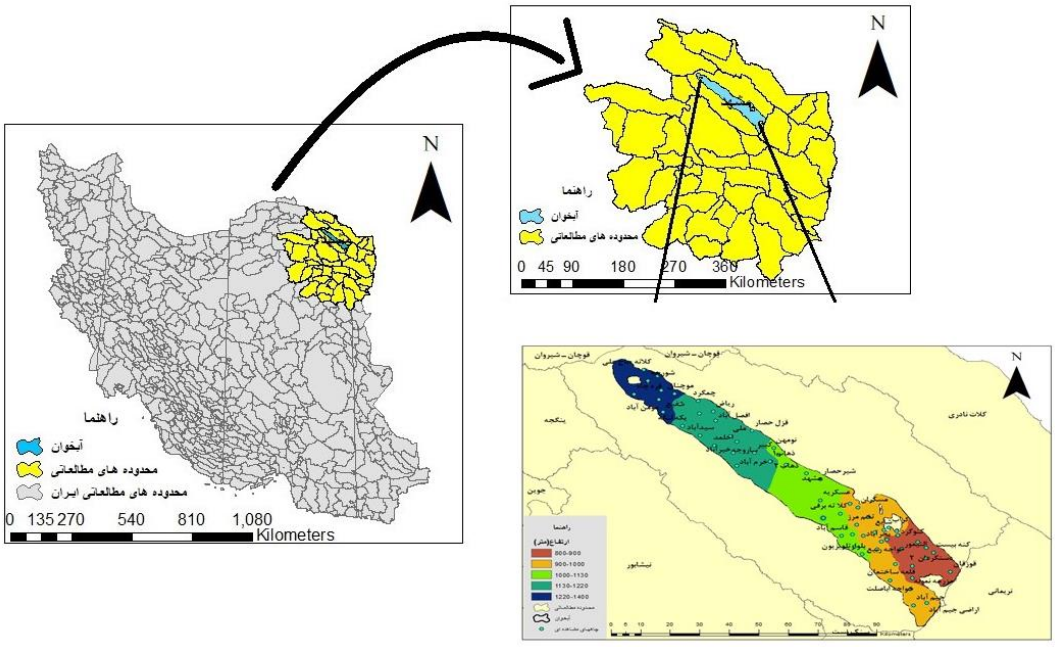
منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز قره قوم منطقه‌ای کوهستانی است، به‌طوری‌که ۳۵ درصد آن دشت و بقیه شامل ارتفاعات و تپه‌ماهور می باشد. حداکثر ارتفاع حوضه در قله بینالود ۳۲۴۹ متر و حداقل در محل خروجی ۸۸۰ متر و ارتفاع متوسط آن ۱۸۰۰ متر از سطح دریا است دشت مشهد که بخشی از این حوضه می‌باشد دارای وسعت ۹۹۱۰ کیلومترمربع که ۳۷۷۶ کیلومتر مربع را دشت و ۶۱۳۳ کیلومترمربع ارتفاعات تشکیل می‌دهد. موقعیت جغرافیایی آبخوان دشت مشهد و اطلاعات بارندگی محدوده مورد نظر به ترتیب در جدول شماره ۱ و شکل شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. تفکیک کوه و دشت در حوضه آبریز مشهد.

Table 1. Classification of mountains and plains in the Mashhad watershed.

محدوده مطالعاتی مشهد	مساحت (کیلومترمربع)	درصد (٪)	بارش (میلی‌متر)
دشت	۳۷۷۶	۳۸/۱۱	۱۰۴
ارتفاعات	۶۱۳۳	۶۱/۸۹	۲۰۴
مجموع	۹۹۱۰	۱۰۰	۳۰۸



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محدوده و آبخوان مورد مطالعه.

Fig 1. Geographic location of the study area and aquifer.

باتوجه به جدول شماره ۱، دشت مشهد با متوسط بارندگی ۱۰۴ میلی‌متر در مناطق پست و ۲۰۴ میلی‌متر در ارتفاعات در اقلیم نیمه خشک قرار گرفته است. این دشت از نظر ژئومورفولوژی به صورت یک فرورفتگی است که بین ارتفاعات هزار مسجد در شمال و کوه‌های بینالود در جنوب قرار گرفته.

روش انجام پژوهش

به‌منظور انجام این پژوهش آمار چاه‌های مشاهده‌ای از سال ۱۴۰۰-۱۳۹۰ طی دو دوره پنج ساله مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از نرم‌افزار Excel 2017 ابتدا داده‌های آماری مرتب سازی شدند؛ سپس هیدروگراف معرف دوره ۱۱ ساله آبخوان دشت مشهد با استفاده از رابطه (۱) ترسیم شده است.

$$h_T = \frac{\sum h_i \times A_i}{A_T} \quad (1)$$

ابتدا با استفاده از نرم‌افزار ArcMap10.8 چاه‌های مشاهده‌ای تیسن‌بندی‌شده و مساحت (A_i) هر کدام به دست آمده است سپس تراز آب زیرزمینی (h_i) هر چاه مشاهده‌ای در مساحت خودش ضرب شده است و برای هر گام زمانی (ماهانه) میانگین‌گیری و تقسیم بر مساحت کل آبخوان شده (A_T) است. هدف اصلی از ترسیم هیدروگراف به‌دست آوردن روند تغییرات تراز آب زیرزمینی است. با استفاده از نرم‌افراز ArcMap10.8 با میانگین سطح آب هر چاه مشاهده‌ای در دوره آماری مربوطه و به‌کمک روش درون یابی IDW نقشه‌های پهنه‌بندی سطح آب‌زیرزمینی دوره ۱۱ ساله، پنج ساله اول و دوم و نقشه تراز آب‌زیر زمینی ۱۱ ساله، ترسیم شده است.

روش میان‌یابی

روش وزن دهی فاصله معکوس

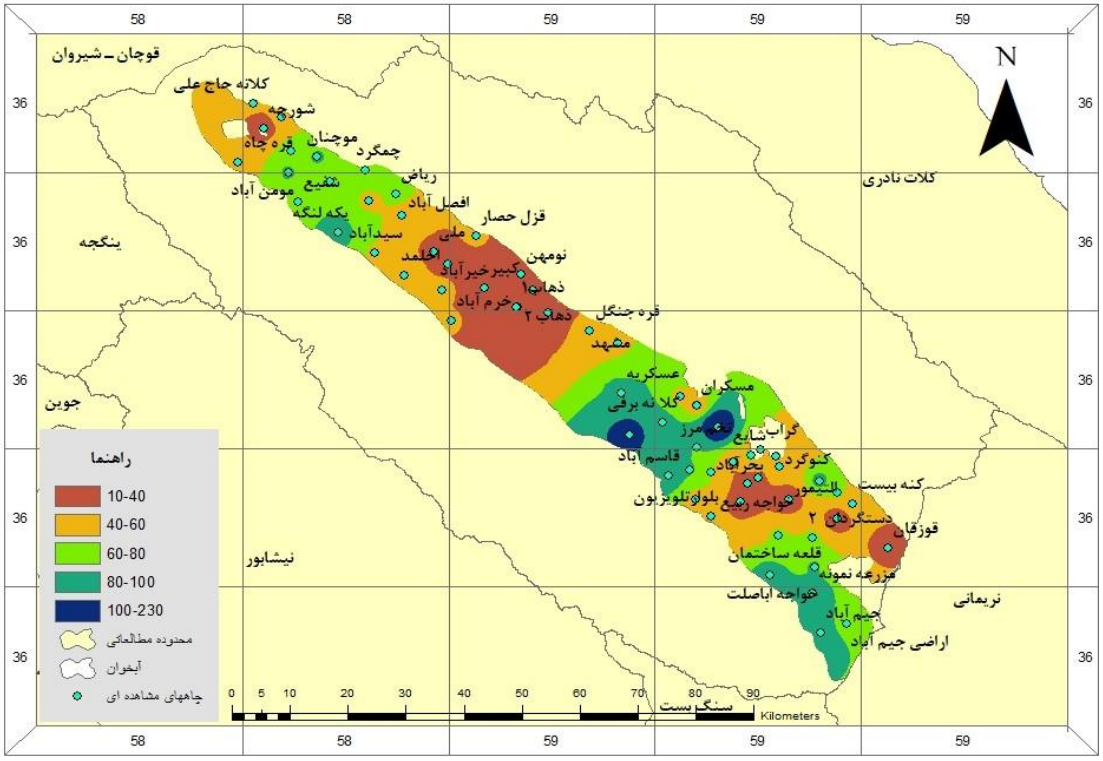
در روش وزن‌دهی معکوس (IDW) برای هر یک از نقاط اندازه‌گیری شده براساس فاصله بین آن نقطه تا نقطه مجهول، وزنی در نظر گرفته می‌شود. سپس این اوزان توسط توان وزن‌دهی کنترل می‌شود، به‌طوری‌که توان‌های بزرگ تر اکثر نقاط دورتر از نقطه برآورد را کاهش داده و توان‌های کوچک‌تر وزن‌ها را به‌طور یکنواخت‌تری بین نقاط هم‌جوار توزیع می‌کنند. باید توجه داشت که این روش بدون توجه به موقعیت و آرایش نقاط، فقط فاصله آن‌ها را در نظر می گیرد یعنی نقاطی که دارای فاصله یکسانی از نقطه برآورد هستند دارای وزن یکسانی می‌باشند (Mehrjardi et al., 2008).

نتایج و بحث

جهت تهیه نقشه‌های هم‌پهنه سطح آب زیرزمینی اطلاعات ۶۲ حلقه چاه مشاهده‌ای وارد نرم‌افزار ArcMap10.8 گردیده و به‌کمک روش وزن‌دهی معکوس فاصله درون‌یابی شده است. نقشه‌های هم‌پهنه سطح آب‌زیرزمینی نشان می دهد که سطح آب‌زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در پنج سال اول ۸۰-۱۰ متر و پنج سال دوم ۱۰۰-۱۰ متر بوده است؛ نواحی قاسم‌آباد، تخم‌مرز، در پنج سال اول و جیم‌آباد، اراضی جیم‌آباد و خواجه اباصلت در پنج سال دوم بیش‌ترین میزان افت سطح آب زیرزمینی را دارند (شکل ۲ و ۳).

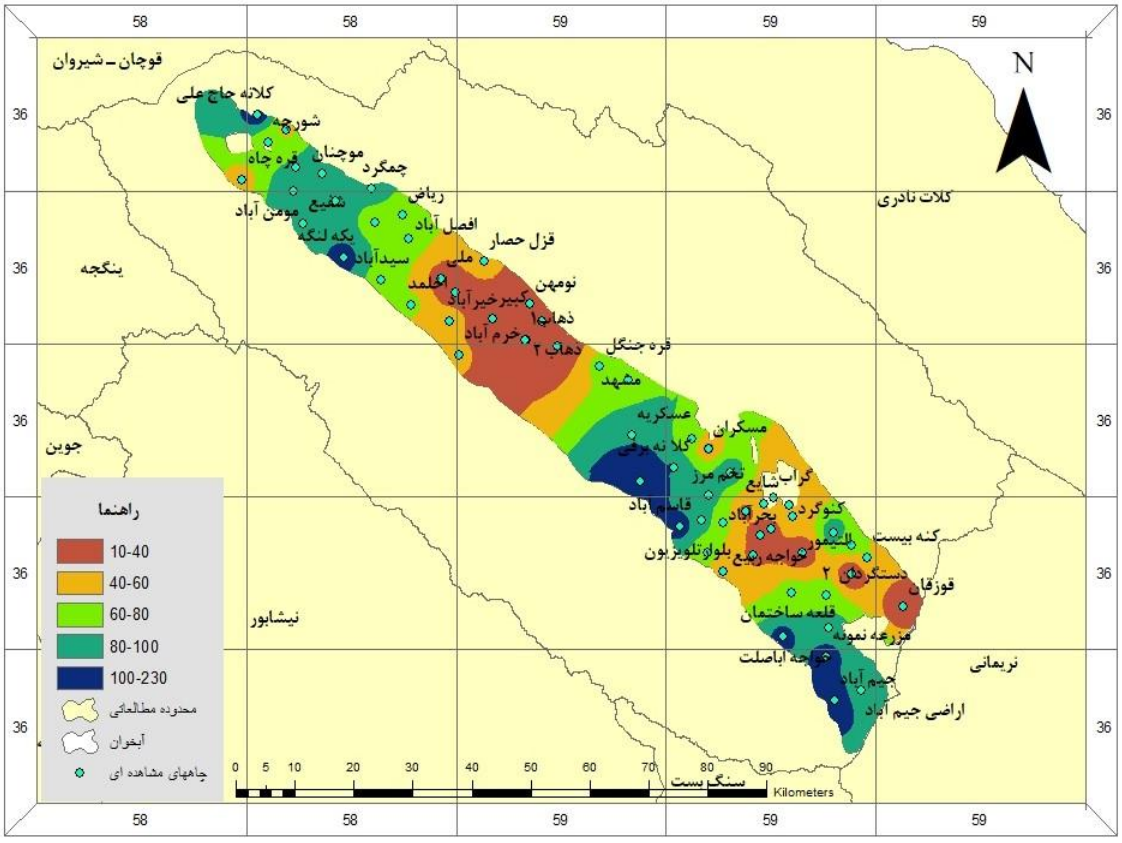
به‌منظور بررسی وضعیت عمق آب زیرزمینی، نقشه پهنه بندی عمق آب زیرزمینی برای دوره آماری ۱۳۹۰-۱۴۰۰ تهیه شده است که مقدار میانگین عمق آب‌زیرزمینی ۹۰-۹ متر برای کل آبخوان به‌دست آمده است (شکل ۴). نقشه تهیه شده طی دوره ۱۱ ساله بیانگر این مطلب است که میزان سطح آب‌های زیرزمینی در آبخوان دشت مشهد با افت چشم‌گیری روبه‌رو شده است. این میزان افت در بخش های مرکزی، جنوب شرقی و شمال غربی دشت قابل توجه است. به عنوان مثال در بخش شمال غربی آبخوان عمق زیاد و در عین حال وسعت کم می‌باشد.

جهت عمومی حرکت جریان آب زیرزمینی از سمت شمال غرب به سمت جنوب شرق بوده، در نواحی شمال غرب حداکثر مقدار تراز آب زیرزمینی ۱۲۶۰ متر، در جنوب شرق حداقل مقدار ۸۶۰ متر و میانگین ۱۰۶۰ متر را دارا می‌باشد. در شمال غرب و جنوب شرق فواصل جریان نزدیک به هم است که نشان دهنده بالا بودن شار جریان عبوری می‌باشد؛ و در میانه آبخوان به سمت شمال غرب که شار کم است خطوط تراز آب‌زیرزمینی دارای فواصل بیشتری است (شکل ۵).



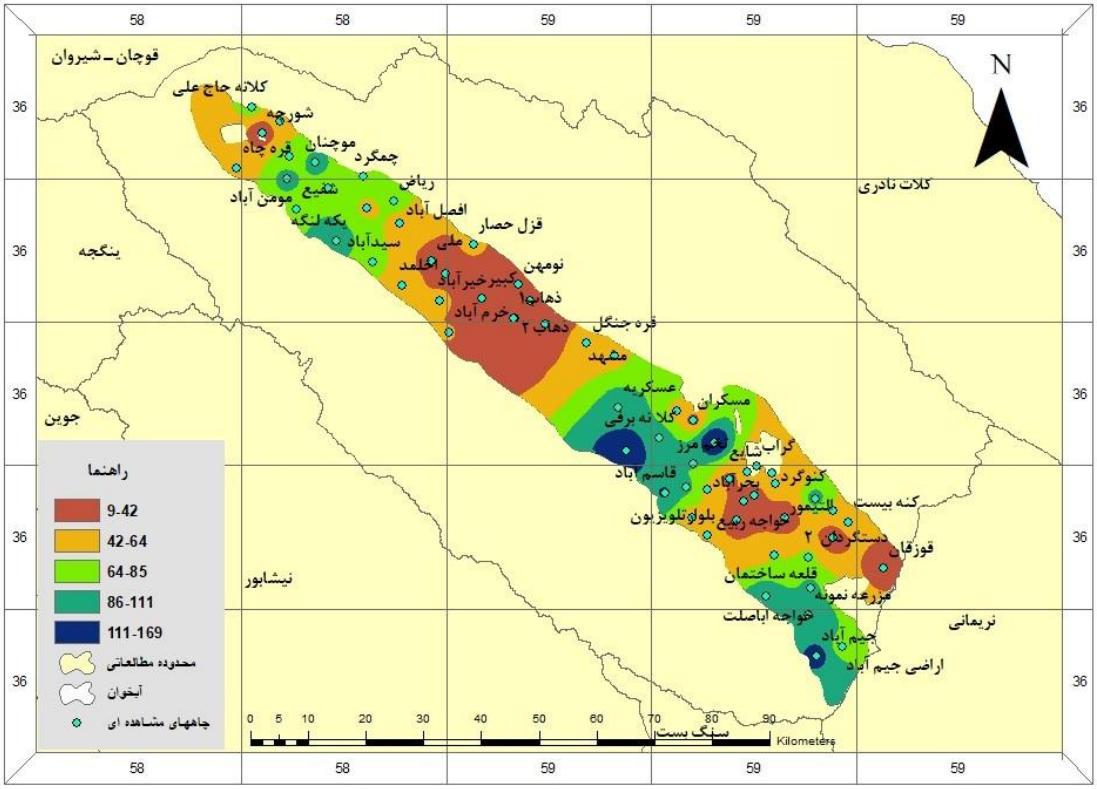
شکل ۲. نقشه پهنه‌بندی عمق آب زیرزمینی پنج سال اول (۱۳۹۵-۱۳۹۰).

Fig 2. Map of groundwater depth zonation for the first five years (2012-2017).



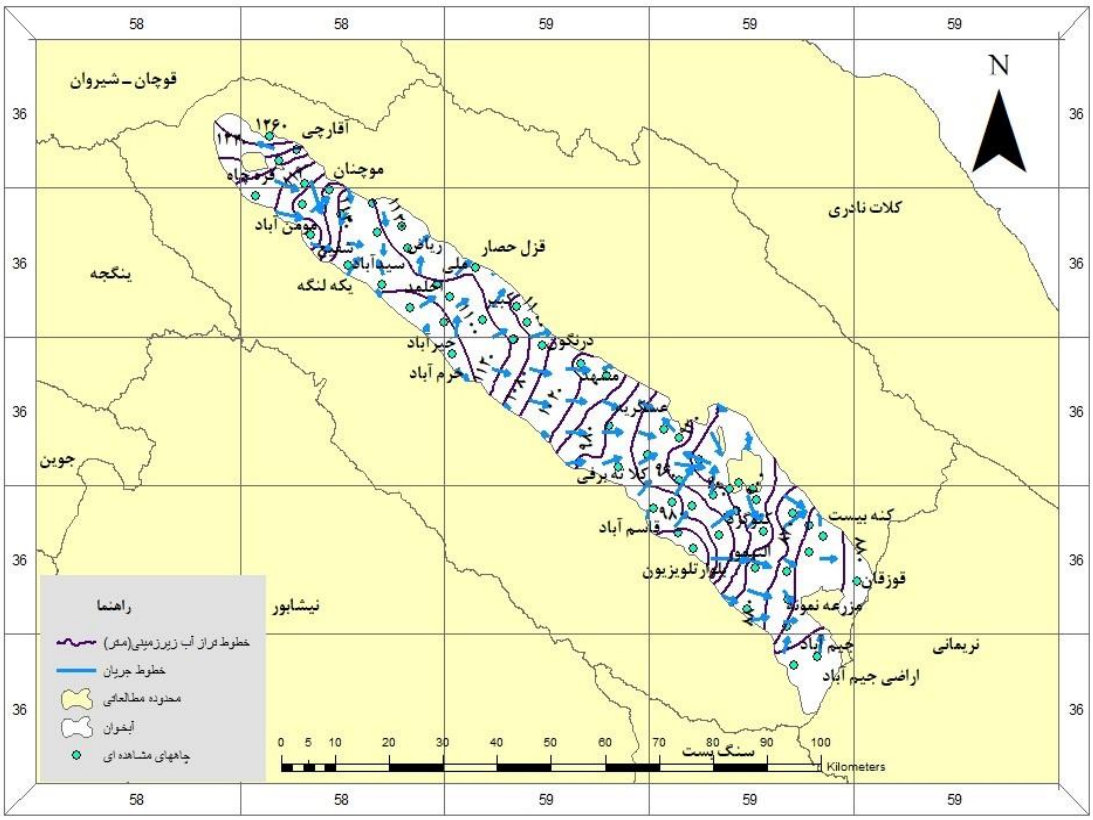
شکل ۳. نقشه پهنه‌بندی عمق آب زیرزمینی پنج سال دوم (۱۴۰۰-۱۳۹۵).

Fig 3. Map of groundwater depth zonation for the second five years (2012-2017).



شکل ۴. نقشه پهنه‌بندی عمق آب زیرزمینی کل دوره ۱۱ ساله.

Fig 4. Map of groundwater depth zonation for the entire 11-year period.



شکل ۵. نقشه خطوط تراز و جریان آب زیرزمینی.

Fig 5. Map of contour lines and groundwater flow.

هیدروگراف معرف آبخوان محدوده مطالعاتی دشت مشهد با استفاده از آمار ماهانه سطح آب زیرزمینی در ۶۲ حلقه چاه مشاهده‌ای که ارتفاع نقطه نشانه آن‌ها از سطح دریای آزاد مشخص می‌باشد، اندازه‌گیری و ترسیم گردیده است. تراز آب زیرزمینی در طی دوره ۱۱ ساله دارای روند نزولی است. افت تراز آب در این آبخوان در فروردین ۱۳۹۰ نسبت به اسفند ۱۴۰۰ میزان ۳/۵۶ متر بوده که متوسط افت سالانه ۰/۳۳ متر را نشان می‌دهد (شکل ۶).

شکل۶. هیدروگراف معرف آبخوان دشت مشهد (دوره زمانی ۱۱ ساله).

Fig 6. Hydrograph of the Mashhad Plain aquifer (11-year period).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش تغییرات مکانی و زمانی پارامتر کمی آب زیرزمینی دشت مشهد ارزیابی شد. نتایج به‌دست آمده با استفاده از نقشه‌ها و هیدروگراف معرف در این پژوهش نشان می‌دهد که به طور متوسط سالانه ۰/۳۳ متر عمق رسیدن به سطح آب‌زیرزمینی در دشت مشهد افزایش پیدا می‌کند. بنابراین با توجه به اهمیت این دشت در اقتصاد و معاش ساکنین، لازم است راهکارهای مناسبی برای این مشکل اتخاذ گردد مواردی مانند، ارزش نهادن به آب به عنوان با ارزش‌ترین ماده موجود در طبیعت، جلوگیری از برداشت از چاه‌های غیرمجاز، جلوگیری از توسعه باغ‌ها در سرشاخه‌های رودخانه‌ها، حفظ بستر و حریم رودخانه‌ها به عنوان بهترین بستر برای تغذیه آبخوان، تغییر روش‌های آبیاری و الگوی کشت و صرفه‌جویی آب در بخش کشاورزی، استفاده از پساب تصفیه شده فاضلاب و جایگزینی آن با بخش کشاورزی، ترویج فرهنگ استفاده صحیح از آب، می‌تواند تا حدودی شرایط نامناسب را بهبود بخشد.

منابع

Ahmadi, S. H., & Sedghamiz, A. (2008). Application And Evaluation of Kriging And Cokriging Methods on Groundwater Depth Mapping. *Environmental Monitoring And Assessment*, *138*, 357-368.

Bari, Morteza, Jarge, M.R., & Madani Sadat, H.. (2009). Assessment Of Decreasing Of Groundwater-Table Using Geographic Information System (Gis) (Case Study: Mashhad Plain Aquifer). *Journal Of Water And Soil Conservation (Journal Of Agricultural Sciences And Natural Resources), 16(4)*, 63-78. [In Persian]

Azareh, A., Rafiei Sardoii, E., Nazari Samani, A. A., Masoudi, R., & Khosravi, H. (2014). Study on spatial and temporal variations of groundwater level in Garmsar Plain. *Desert Management*, *2*(3), 11-20. [In Persian]

Bebran, S. and Honarbakhsh, N. (2014). The critical water situation in the world and Iran, *Journal of Strategy*. 16(48), 193-212. [In Persian]

Beizaei, A., & Mohammadi, H. (2003). Investigating the recent drought effects on groundwater resources in the Nishabour Plain. Master's thesis, Department of Geography, University of Tehran. [In Persian]

De Souza, E. V., & Da Silva, M. C. (2014). Management system for improving the efficiency of the use of water systems water supply. *Procedia Engineering*, *70*, 458-466.

Haddad, A., & Khorasani, E.. (2019). Groundwater Level Changes Effect On The Subsidence In Semnan Plain. *Geosciences, 28(112)*, 181-190. [In Persian]

Hu, K., Huang, Y., Li, H., Li, B., Chen, D., & White, R. E. (2005). Spatial variability of shallow groundwater level, electrical conductivity and nitrate concentration, and risk assessment of nitrate contamination in North China Plain. *Environment International*, *31*(6), 896-903.

Khoshhal, J., Ghayour, H. and Moradi, M. (2017). The effect of drought on groundwater in the water basin Dehgolan- Kurdistan. *Natural Geography Research*. *44(79)*, 19-36. [In Persian]

Mehrjardi, R. T., Jahromi, M. Z., Mahmodi, S., & Heidari, A. (2008). Spatial distribution of groundwater quality with geostatistics (case study: Yazd-Ardakan plain). *World Applied Sciences Journal*, *4*(1), 9-17.

Mohamadi, S., Salajegheh, A., Mahdavi, M., & Bagheri, R. (2012). An investigation on spatial and temporal variations of groundwater level in Kerman plain using suitable geostatistical method (During a 10-year period). [In Persian]

Rahimi, M., & Solaimani, K.. (2017). Remote Sensing And Gis-Based Assessment Groundwater Potential Zones Mapping Using Multi-Criteria Decision Making Technique. *Iranian Journal Of Watershed Management Science And Engineering, 10(35)*, 27-38. [In Persian].

Shahid, S., & Hazarika, M. K. (2010). Groundwater drought in the northwestern districts of Bangladesh. *Water resources management*, *24*, 1989-2006.

Zangeneh Asadi, M. A., & Shafiei, N. (2017). *Simultaneous investigation of drought and groundwater depletion in the Noorabad Mamassani plain using GIS*. Second Iran Hydrology Conference, 1-15. [In Persian]