مستخرج از پایان نامه

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره ده، دی ماه ۱۴۰۰(۲۱۸-۲۰۷)

بررسی آلایندگی فیزیکی-شیمیایی آب چاه در روستاهای اطراف دماوند با بهره-گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی

محدثه حدادی [۱]

مریم رفعتی [۲*]

m.rafati.env@gmail.com

مجتبی صیادی [۳]

تاریخ دریافت: ۹۹/۴/۲۹ **تاریخ پذیرش: ۹۹/۸/۲۷**

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به کمبود آب و بحران خشک سالی در چند سال اخیر، اهمیت بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی روزبه‌روز بیشتر شده است و در این راستا، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) یکی از بهترین سیستم‌هایی است که به مدیران برای تصمیم‌گیری بهینه کمک می‌کند. بنابراین، هدف این پژوهش تعیین آلایندگی و تغییرات کیفی آب چاه‌ها در روستاهای اطراف شهرستان دماوند با کمک GIS بوده است.

روش بررسی: ۱۱ حلقه چاه در روستاهای مشا، چنار شرقی، لومان، وادان، زان، آینه ورزان، جابان، سربندان، آرو، سیدآباد و اسلام‌آباد طی دوره‌های ترسالی و خشک سالی سال ۱۳۹۷ نمونه‌برداری شدند. سپس با استفاده از روش‌های درون‌یابی IDW، اطلاعات چاه‌ها را به سطح تعمیم داده و نقشه مورد نظر تهیه شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که آب موجود در چاه‌های منطقه برای مصارف شرب و کشاورزی در حد خوب است. بر اساس نقشه‌های GIS، آلوده‌ترین چاه در روستای وادان واقع شده است که میزان EC و سدیم در آن بالاتر از حد استاندارد بوده و علت آن نیز ساختار زمین-شناسی جنوب شهرستان و برداشت بی‌رویه آب این چاه است. از نظر شاخص GWQI مشخص شد که روستاهای آینه ورزان، زان و سیدآباد در هر دو دوره بررسی، به‌دلیل داشتن عدد کیفی کمتر از ۲۰ نسبت به سایر نواحی از نظر حفر چاه در آینده مناسب‌تر است.

۱- کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران.

۲- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۳- کارشناس ارشد، شرکت آب و فاضلاب روستایی استان تهران، تهران، ایران.

بحث و نتیجه‌گیری: از آن جایی که دماوند دارای اراضی کشاورزی و باغات زیادی است که به‌صورت دوره‌ای مورد سم‌پاشی قرار می‌گیرند و مصرف کودهای شیمیایی در آن زیاد است، لذا می‌توان احتمال داد که در آینده، وضعیت این چاه‌ها از حد آستانه خارج شوند، هرچند براساس نتایج این پژوهش در زمان نمونه‌برداری، وضعیت این چاه‌ها مطلوب بود.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، آلودگی، مدیریت منابع آب، شاخص GWQI، سامانه اطلاعات جغرافیایی.

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 10, January, 2022

Physicochemical Pollution of Water Wells in the Villages around Damavand by Using the Geographic Information System

Mohadeseh Hadadi [1]
Maryam Rafati [2*]
m.rafati.env@gmail.com
Zahra Mansouri [3]

Admission Date: Novamber 17, 2020 Date Received: July 19, 2020

Abstract

Background and Objective: Considering the water shortage and drought crisis in recent years, the importance of examining the quality of groundwater resources has become more important day by day, and in this regard, the Geographic Information System (GIS) is one of the best methods to help managers for optimization their decisions. Therefore, the purpose of this research was to investigate the pollution and qualitative changes in water well in villages around Damavand city by using GIS**.**

Material and Methodology: Eleven water wells were sampled in the villages of Masha, Chenar Sharghi, Luman, Wadan, Zan, Ayneh Varzan, Jaban, Sarbandan, Aro, Seyedabad, and Islamabad during wet and drought periods. Then, using IDW interpolation methods, the water well information, which is in the form of points, was generalized to the surface and map was prepared.

Findings: The results showed that the water in the wells of the studied area is good for drinking and agriculture purposes. According to GIS maps, the most polluted well is located in the village of Vadan, where EC and sodium levels are above the standard level due to the geological structure of the south of the city and the improper water abstraction of this well. In terms of the GWQI index, it was found that the villages of Aynevarzan, Zan and Seyedabad in both periods of study, due to having a quality number of less than 20, are more suitable than other areas for drilling wells in the future.

Discussion and Conclusion: Since Damavand has a lot of agricultural and orchards lands that are sprayed periodically and the use of chemical fertilizers are high, it is possible that in the future, the condition of these wells will exceed the standard threshold. However, based on the results of this study at the sampling time, the condition of these wells was suitable.

Keywords: Ground water, Pollution, Water resource management, GWQI indicator, GIS.

1- MSc, Department of Environment, Technical and Engineering Faculty, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Environment, Technical and Engineering Faculty, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. *(*Corresponding Author*)
3- MSc, Tehran Province Water and Wastewater Company, Tehran, Iran.

مقدمه

آب‌های زیرزمینی بعد از یخچال‌ها و پهنه‌های یخی، بزرگ‌ترین ذخایر آب شیرین جهان به‌حساب می‌آیند (۱). آب‌های زیرزمینی به دلایل شیرین بودن، ترکیبات سالم شیمیایی، دمای ثابت، ضریب آلودگی کمتر و سطح اطمینان بیشتر یک منبع قابل اتکا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند (۲). با افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی چالش-های بسیاری در رابطه با افت شدید و کاهش کیفیت آب در بسیاری از مناطق به وجود آمده، به‌طوری‌که در سال‌های اخیر بسیاری از کشورها به‌ویژه ایران تحت تاثیر بحران آب قرار گرفته‌اند (۳).

تاکنون پژوهش‌هایی به بررسی کیفیت آب در داخل و خارج کشور انجام شده است که برای نمونه، Ebrahimi و همکاران (۴) به بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی در زرین‌شهر اصفهان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بالا بودن غلظت پارامترهای مورد بررسی نسبت به مقدار استاندارد، نشان می-دهد که آب چاه‌های منطقه مورد مطالعه آلوده شده است. در پژوهشی در شهر تهران، کیفیت آب‌های زیرزمینی بررسی شد و به این نتیجه رسیدند که برداشت‌های بی‌رویه از چاه‌های آب و خشک سالی، همچنین ورود آلاینده‌هایی مانند سولفات و نیترات به سفره‌های آب زیرزمینی سبب افزایش میزان غلظت آلاینده‌ها و به تبع آن تاثیرات منفی بر کیفیت آب زیرزمینی شده است (۵). Saha و همکاران (۶) به بررسی مکان‌های مناسب برای احداث چاه‌های آب شرب بر اساس کیفیت آب زیرزمینی در بنگلادش پرداختند و به این نتیجه رسیدند که GIS ابزار مناسبی برای تحلیل کیفیت آب‌های زیرزمینی است. Eblin و همکاران (۷) به بررسی آلایندگی نیترات در آب‌های زیرزمینی یکی از شهرهای ساحل عاج با بهره‌گیری از GIS پرداختند و به این نتیجه رسیدند که چاه‌های مستقر در مناطق قدیمی شهر، دارای آلایندگی زیاد نیتراتی بود. Karakus (۸) به بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی در یکی از استان‌های ترکیه پرداخت و به این نتیجه رسید که به ترتیب ۹۲ درصد و ۷۷ درصد از آب چاه‌ها در فصل ترسالی و فصل خشک سالی دارای کیفیت مناسب آب می‌باشند.

در حال حاضر یکی از معضلات اصلی کشورهای در حال توسعه با توجه به گسترش جمعیت در آن‌ها، نیاز مبرم به آب برای استفاده در زیرساخت‌های آن‌ها است و کشور ما نیز از این قاعده مستثنی نیست؛ بالاخص استان تهران که به‌لحاظ وسعت جمعیت زیاد، تراکم و تنوع شرایط فرهنگی، صنعتی، اجتماعی، اقتصادی و رشد همیشگی، مسئله تأمین آب شرب سالم و بهداشتی دارای اهمیت بسیار زیاد است. از سوی دیگر، مصرف آب کشور نسبت به گذشته به سرعت در حال افزایش است. هم‌چنین، مخاطراتی همچون کاهش نزولات جوی و به دنبال آن افت تراز آب‌های زیرزمینی و بهره‌برداری بیش از حد از منابع موجود، سبب کاهش ذخایر سفره‌های آب زیرزمینی گردیده، که همین منابع آب اندک نیز به لحاظ کیفی در معرض آلاینده‌های متعدد محیط‌زیستی هستند که لازم است پیش از هرگونه عملیات اجرایی تأمین آب، بر اساس یک پژوهش مستند، کیفیت آب چاه در هر منطقه بررسی شود. باید توجه داشت که تحقیق بر روی منابع آب زیرزمینی و بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی آن‌ها و نیز ورود اطلاعات به محیط‌های نرم‌افزاری همچون GIS، زمینه مناسبی برای تامین آب سالم و بهداشتی از دیدگاه کیفی و جلوگیری از آلودگی‌های احتمالی آن‌ها و نیز صرفه‌جویی در هزینه‌های اجرایی حفر چاه‌های آب شرب جدید، پیش از هرگونه عملیات و شناسایی مناطق مستعد جهت احداث چاه‌های آب شرب ایجاد می‌نماید (۱). به‌دلیل این که مطالعات قبلی در تعداد اندک چاه یا این که یا با بررسی پارامترهای محدودی انجام شده بودند، این پژوهش به دنبال بررسی در دوره‌های ترسالی و خشک سالی و با استفاده از تعداد قابل قبولی چاه و بررسی ۱۳ پارامتر کیفی آب است. بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی بار آلایندگی و تغییرات کیفی آب چاه در روستاهای اطراف شهرستان دماوند با کمک GIS در دوره‌های ترسالی و خشک سالی بوده است.

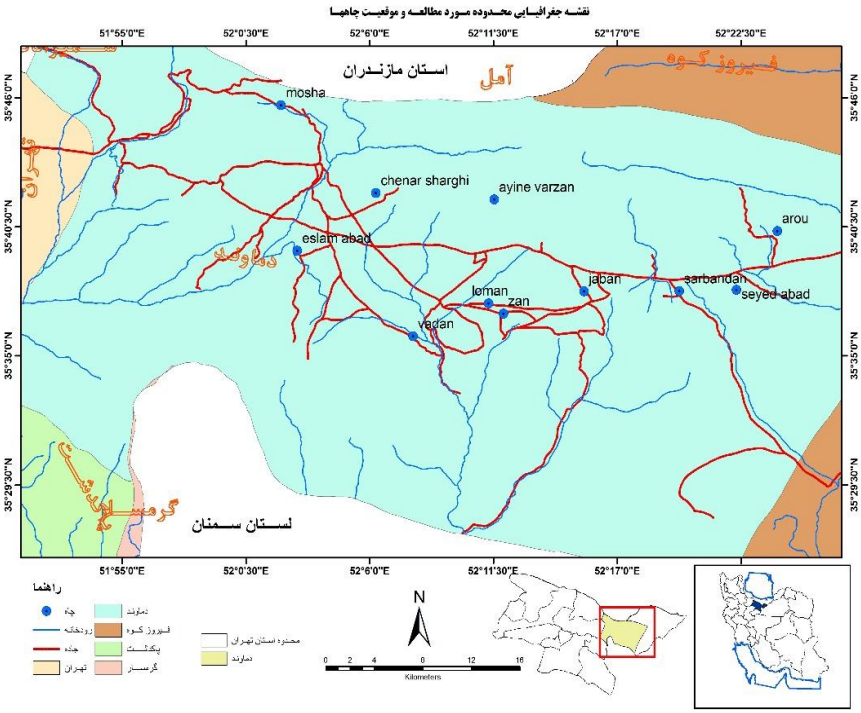
روش تحقیق

منطقه پژوهش

این پژوهش در شهرستان دماوند که یکی از شهرستان‌های استان تهران است، انجام گرفت. ارتفاع متوسط این شهر از سطح دریا ۱۹۶۰ متر و توسط چند رود مشروب می‌شود، یکی از مشرق که از دریاچه تار سرچشمه می‌گیرد و دیگری از شمال غربی که از مشا و تیزاب سرچشمه گرفته و پس از پیوستن به یکدیگر رود دماوند را تشکیل می‌دهند. جمعیت دماوند، نزدیک به ۱۲۶ هزار نفر است.

انتخاب‌چاه‌ها و نمونه‌برداری

در اولین گام اقدام به شناسایی و انتخاب روستاهایی گردید که چاه آب شرب در اراضی زراعی و پایین دست آن‌ها قرار دارند و همچنین چاه‌هایی که اطلاعات کافی از کیفیت آب شرب آن‌ها در دسترس نبود. بنابراین ۱۱ روستا (مشا، چنارشرقی، لومان، وادان، زان، آینه ورزان، جابان، سربندان، آرو، سیدآباد و اسلام-آباد) انتخاب و در هر روستا یک حلقه چاه و مجموعاً ۱۱ حلقه چاه انتخاب گردید (شکل ۱). درخواست مسئولان شرکت آب و فاضلاب روستایی استان تهران نیز یکی دیگر از دلایل انتخاب چاه‌ها بوده است.



شکل ۱- نقشه جغرافیایی محدوده مورد مطالعه و موقعیت چاه‌های آب

Figure 1. Geographical map of the study area and location of water wells

پس از انتخاب محل‌های نمونه‌برداری، نمونه‌برداری به‌صورت دستی و لحظه‌ای و با استفاده از ظروف پلی اتیلنی انجام گرفت. در ابتدا ظروف با استفاده از دترجنت و آب خام شستشو شدند و پس از آن با اسید نیتریک و آب مقطر این کار را تکرار کرده و سپس ظروف کاملاً خشک شدند. پس از آن ظروف پلی اتیلنی را با آب چاه‌های موردنظر شستشو داده و نمونه‌ها از چاه‌های مذکور برداشت شدند و نمونه‌ها برای انجام آزمایش های فیزیکی و شیمیایی آب به آزمایشگاه سازمان آب و فاضلاب روستایی منتقل گردید. نمونه‌برداری در هر دوره تنها یک بار صورت پذیرفت به این صورت که در طول دوره کم بارش (خرداد تا آخر مهر) نمونه‌برداری در اوایل مهر ماه ۱۳۹۷ صورت گرفت و در دوره پر بارش (آبان تا پایان اردیبهشت) نمونه-برداری در اواسط اسفند ماه ۱۳۹۷ صورت گرفت. در این پژوهش به بررسی ۱۳ پارامتر کیفی آب شامل آنیون‌های فلوئور، کلرور، سولفات، کربنات و نیترات، کاتیون‌ها شامل کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم و همچنین عوامل ظاهری و گوارایی

شامل سختی کل، کدورت، pH و EC پرداخته شد. کلیه آنالیزها و آزمایشات کیفیت شیمیایی نمونه‌های آب بر اساس روش استاندارد انجام گرفت (۱۰).

شاخص GWQI

شاخص *GWQI* یکی از شاخص‌های پرکاربرد پهنه‌بندی کیفیت آب است که نسبت به سایر شاخص‌ها دارای مشکلات کمتری بوده و هم چنین به دلیل سادگی و در دسترس بودن مشخصه‌های کیفی، توسط محققان زیادی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱، ۹). برای محاسبه شاخص *GWQI* برای چاه‌های آب روستاهای مورد مطالعه شهرستان دماوند در این تحقیق پارامترهای Ca^{2+}، Mg^{2+}، Na^{+}، No_3^{-}، So_4^{2-}، Cl^{-} و TDS که تقریباً بیشترین تاثیر در این چاه‌ها را داشتند، در نظر گرفته شدند. برای ارزیابی شاخص کیفی آب زیرزمینی مراحل زیر انجام گرفت:

الف) تعیین وزن نسبی هر مولفه‌ی کیفی آب زیرزمینی (GW_r): برای تعیین وزن نسبی هر مولفه از وزن‌های معمول آن‌ها (GW_i) استفاده می‌شود. دامنه‌ی وزن هر مولفه بین ۱ تا ۵ تغییر می‌کند. وزن ۱ برای مولفه‌ای که کمترین اهمیت و وزن ۵ برای مولفه‌ای که بیشتریت اهمیت را در کیفیت آب زیرزمینی دارد، در نظر گرفته می‌شود. GW_r از معادله ۱ محاسبه شد:

$$GW_r = \frac{GW_i}{\sum GW_i} \quad (۱)$$

که در آن GW_r وزن نسبی، GW_i وزن هر مولفه‌ی کیفی آب زیرزمینی، $\sum GW_i$ مجموع وزن‌های n مولفه است (۱). برای تعیین وزن هر مولفه‌ی کیفی آب زیرزمینی، این اوزان توسط کارشناسان و خبرگان تعیین شدند (جدول ۱).

جدول ۱- شاخص‌های وزنی در *GWQI*

Table 1. Weight indicators in *GWQI*

پارامترها	TDS	Cl^-	So_4^{2-}	No_3^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	جمع = $\sum GW_i$
GW_i	۴	۳	۳	۴	۳	۱	۲	۲۰
GW_r	۰/۲	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۲	۰/۱۵	۰/۰۵	۰/۱	-

ب) تعیین نسبت کیفیت برای هر شاخص (Q_i) از رابطه ۲ بهره گرفته شد:

$$Q_i = \frac{C_i}{DS_i} \times 100 \quad (۲)$$

Q_i نسبت کیفیت، C_i مقدار یا غلظت هر مولفه در هر نمونه آب بر حسب میلی‌گرم بر لیتر و DS_i استاندارد ۱۰۵۳ (آخرین تجدیدنظر مصوب سال ۱۳۸۸ سازمان ملی استاندارد ایران) برای هر مولفه بود (۱۱) (در مرجع ذکر شده از استاندارد WHO استفاده شده است).

ج) شاخص کیفی آب زیرزمینی (*GWQI*) برای هر چاه از رابطه ۳ محاسبه شد:

$$GWQI = \sum GW_r \times Q_i \quad (۳)$$

که در این معادله Q_i نسبت کیفیت و GW_r وزن نسبی است. باید توجه داشت که مقدار *GWQI* بر اساس کیفیت پارامترها برای آب شرب محاسبه شد (۱۱). بعد از محاسبه شاخص *GWQI* برای هریک از روستاها، از یک بازه عددی برای تعیین کیفیت آب و تحلیل محاسبات استفاده شد (۱۲) که بر اساس آن، دامنه *GWQI* ۲۶ تا ۵۰، نشان‌دهنده‌ی کیفیت مناسب آب، ۷۵-۵۱ بیانگر کیفیت ضعیف آب و مقادیر بیشتر از ۷۵ بیان‌گر کیفیت ضعیف و غیرقابل استفاده آب است.

تولید نقشه در محیط GIS

در ابتدا داده‌های اندازه‌گیری شده هر پارامتر وارد محیط Arc Map شدند. سپس اطلاعات چاه‌ها که به‌صورت نقطه‌ای هستند، به سطح تعمیم داده و با استفاده از درون یابی نقشه مورد نظر تهیه گردید. درون‌یابی با روش IDW بر اساس ارزش تعداد محدودی از نقاط نمونه‌برداری شده که در سطح محدود

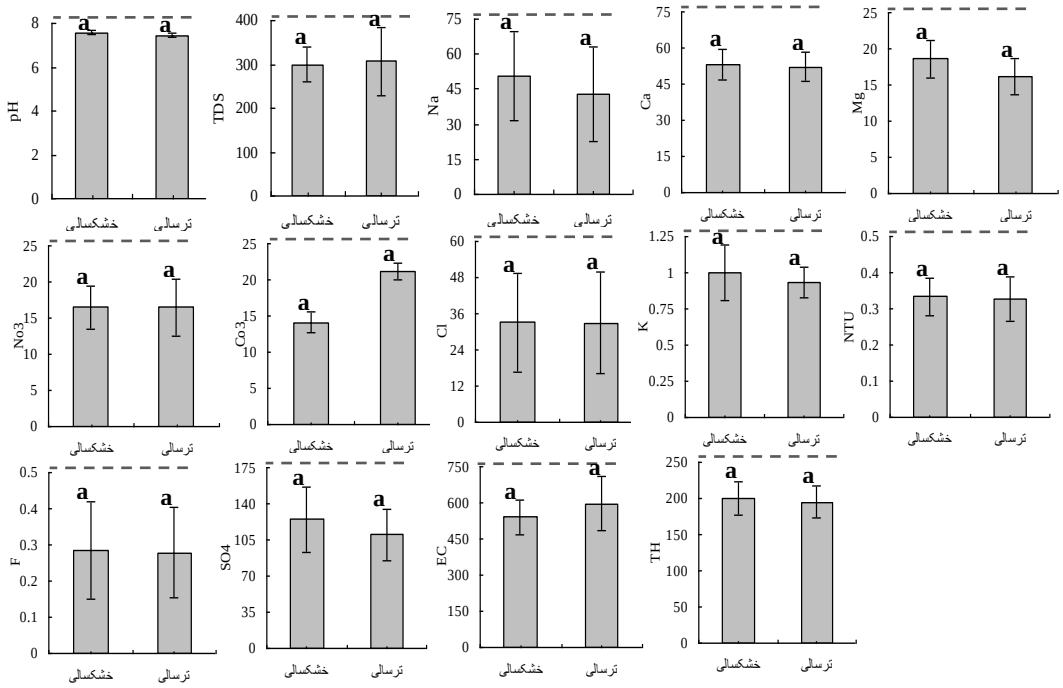
مورد مطالعه پراکنده شده‌اند، ارزش سلول‌های لایه رستر خروجی را به کمک یک رابطه آماری برآورد می‌کند. در مطالعه حاضر، به‌دلیل محدودیت حجم صفحات مجلات، تنها به ارایه نقشه‌های درون‌یابی شده درباره شاخص *GWQI* که برآیندی از کلیه پارامترهای مورد بررسی است.

تجزیه و تحلیل آماری

نرمال بودن و همگن بودن داده‌ها به‌ترتیب باتوجه به آزمون‌های کلموگروف-اسمیرنوف و لون بررسی شد. از آنجایی که داده‌های این پژوهش نرمال و همگن بودند، از آزمون‌های پارامتریک برای تجزیه‌وتحلیل استفاده شد. برای مقایسه بین میانگین هر پارامتر با اعداد استاندارد، از آزمون tتک‌نمونه بهره گرفته شد. آزمون t مستقل برای مقایسه مقدار هر پارامتر در دوره‌های خشک سالی و ترسالی استفاده شد. کلیه‌ی تجزیه‌وتحلیل‌ها آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد در نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۲) انجام گرفت. در نهایت، باتوجه به مقادیر اندازه‌گیری شده هر پارامتر، نقشه‌های GIS برای هر پارامتر به صورت جداگانه رسم شد.

یافته‌ها

نتایج نشان داد که تفاوت میانگین مقادیر پارامترهای بررسی شده مربوط به کیفیت آب در بین دو دوره خشک سالی و ترسالی معنی‌دار نیست ($p>0.05$؛ شکل ۲).



شکل ۲- مقادیر میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده کیفیت آب در روستاهای دماوند. بارها دلالت بر خطای معیار میانگین دارند. حروف مشابه نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن اختلاف میانگین بین دو دوره است. خط نقطه‌چین دلالت بر مقدار استاندارد هر پارامتر دارد. در صورت بالاتر بودن خط نسبت به بزرگترین عدد محور y، مقدار استاندارد در خارج از بازه محور ایگرگ قرار دارد.

Figure 2. Average values of measured water quality parameters in Damavand villages. Bars indicate standard error of the mean. The same letters indicate that the mean difference between the two periods is not significant. The dotted line indicates the standard value of each parameter. If the line is higher than the largest number of the y axis, the standard value is outside the y axis range.

نتایج آزمون t تک‌نمونه نشان می‌دهد که مقادیر پارامترهای مورد بررسی از بیشینه حدمجاز استانداردهای مورد بررسی در هر دو دوره مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری کمتر بوده ($p<0.05$) و وضعیت کیفیت آب روستاهای مورد بررسی دماوند مطلوب است. محاسبه و مقایسه مقادیر *GWQI* آب چاه‌های مورد مطالعه روستاهای شهرستان دماوند در جدول ۲ نمایش

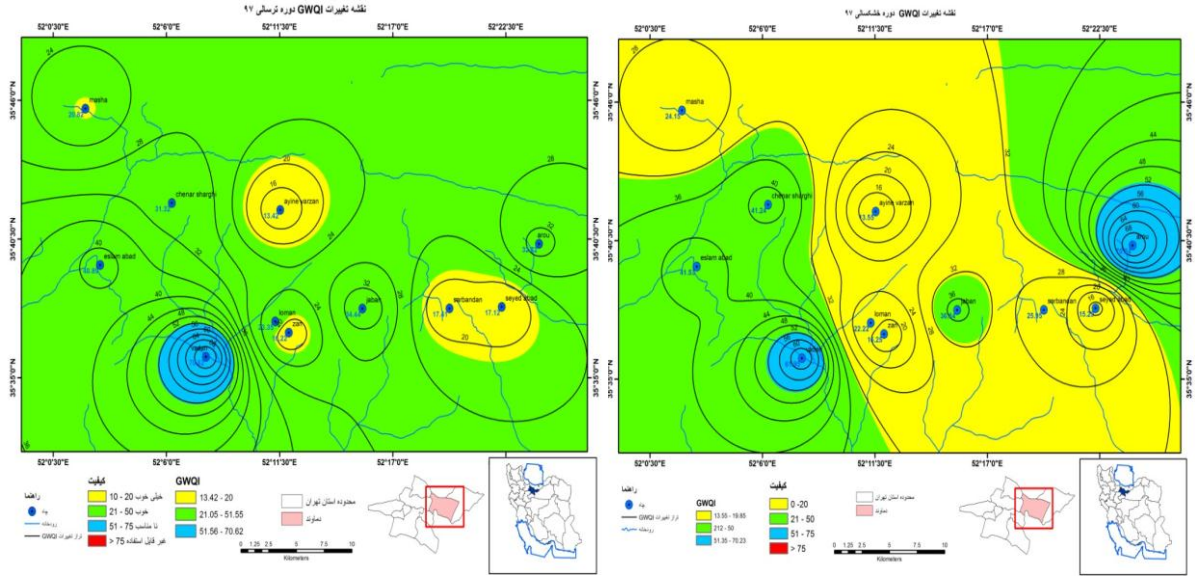
داده شده است. هرچه مقدار این شاخص کم باشد، کیفیت آب شرب مناسب‌تر است. بهترین کیفیت آب مربوط به روستای آینه‌ورزان است که در هر دو دوره مورد مطالعه، کمترین مقدار *GWQI* را به خود اختصاص داده است (جدول ۲). از سوی دیگر بدترین کیفیت آب در دوره‌های خشک سالی و ترسالی در روستاهای مورد بررسی دماوند به‌ترتیب متعلق به روستاهای آرو و وادان است (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج مقدار شاخص *GWQI* در آب‌های زیرزمینی روستاهای دماوند

Table 3. Results of *GWQI* index in groundwater of Damavand villages

روستا	خشک سالی	ترسالی
مشا	۲۴/۲	۲۰/۸
چنار شرقی	۴۱/۲	۳۱/۳
لومان	۲۲/۲	۲۳/۴
وادان	۶۲/۰	۷۰/۶
زان	۱۶/۳	۱۶/۲
آینه ورزان	۱۳/۶	۱۳/۴
جابان	۳۶/۸	۳۴/۴
سربندان	۲۶/۰	۱۷/۴
آرو	۷۰/۲	۳۲/۸
سیدآباد	۱۵/۳	۱۷/۱
اسلام‌آباد	۴۱/۵	۴۰/۹

نقشه‌های درون‌یابی شده مرتبط با شاخص *GWQI* در دوره‌های خشک سالی و ترسالی در شکل ۳ شان داده شده است که بر اساس آن‌ها، نقشه درون‌یابی شده در هر دو دوره مورد بررسی، تقریباً دارای همخوانی است.



شکل ۳- نقشه تغییرات مقدار GWQI در روستاهای دماوند در دوره خشک سالی (کم بارش) و ترسالی (پر بارش)

Figure 3. Map of changes in the amount of *GWQI* in Damavand villages during the drought period (low rainfall) and wet period (high rainfall)

بحث و نتیجه‌گیری

متوسط مقدار کلسیم آب چاه در هر دو دوره مورد بررسی حدود ۵۳ میلی‌گرم در لیتر بود که در تطابق با یافته‌های دیگر پژوهشگران در شهر گرمی اردبیل (۱۳)، در قزوین (۱۴) و در بندرعباس (۱۵) بود که همگی مقدار متوسط این عنصر را بین ۵۰ تا ۶۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آوردند. از آنجایی که کلسیم یکی از ریزمغذی‌های مورد نیاز بدن است، اندک بودن مقدار کلسیم در منابع آب زیرزمینی اکثر شهرهای کشور ایران موید نیاز به برنامه‌ریزی در خصوص تامین کلسیم مورد نیاز بدن از سایر منابع یا افزودن کلسیم به آب در تصفیه‌خانه‌های آب‌های زیرزمینی ایران است. مقدار منیزیم در این مطالعه به‌صورت متوسط حدود ۱۷ میلی‌گرم در لیتر بود که مشابه با یافته‌های دیگر پژوهشگران است (۱۶، ۱۳)؛ منیزیم نیز همانند کلسیم یکی از ریزمغذی‌های مورد نیاز بدن است و باید درباره تامین آن از سایر منابع چاره‌اندیشی کرد.

پارامتر EC یکی از مهمترین فاکتورها برای تشخیص کیفی آب برای مصارف مختلف و به خصوص کشاورزی است که در هر دو دوره مورد بررسی از حد استاندارد آب‌های شرب بسیار کمتر بود. در صورت بالا بودن مقدار EC در یک نمونه آب میزان املاح محلول در آن زیاد بوده و باعث شوری خاک می‌شود. این پارامتر شامل نمک‌های معدنی محلول در آب به صورت کاتیون-ها و آنیون‌ها است. میزان این پارامتر در طعم آب مصرفی برای شرب بسیار تاثیرگذار است (۱۷). آبی که املاح محلول آن صفر باشد (آب مقطر) برای مصارف زیستی مانند آشامیدن، شستشوی بدن و کشاورزی بسیار خطرناک است زیرا که در صورت کاهش میزان املاح محلول، خاصیت حلالیت آب افزایش می‌یابد و برای بدن بسیار خطرناک است (۱۸).

سدیم سومین یون مهم در آب و از نظر کشاورزی شاید مهم-ترین کاتیون باشد. آبیاری با آبی دارای سدیم زیاد، باعث از هم-گسیختگی ساختار خاک شده و لایه‌ای محکم و غیرقابل نفوذ از خاک را در سطح آن به وجود می‌آورد که باعث می‌شود آب به ریشه گیاهان به میزان کافی نرسیده و گیاه دچار پژمردگی و حتی مرگ شود (۱۹).

مقدار فلوراید در آب خام به‌طور معمول کمتر از ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر است (۲۰) که در این پژوهش کمتر از ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر در هر دو دوره بررسی شده بود. مقدار فلوراید به شرایط طبیعی و دمای محیط بستگی دارد. با توجه به اینکه کمبود

فلوئور باعث پوسیدگی دندان‌ها و همچنین در درازمدت باعث بیماری‌های استخوانی و مفصلی می‌شود (۲۱)، لذا توصیه می‌شود که برنامه‌ای برای افزودن فلوئور به آب آشامیدنی مناطقی که دارای کمبود فلوئور در آب آشامیدنی هستند، در دستور کار قرار گیرد.

براساس شاخص $GWQI$، طی هر دو دوره (پر بارش و کم بارش)، روستای وادان در محدوده نامناسب کیفی قرار می‌گیرد. به علت استقرار چاه بر روی کاربری زراعی دیمی، دبی پایین چاه، فقر سفره آب زیرزمینی و افزایش بار آلایندگی، افزایش شاخص $GWQI$ در محدوده کیفیت نامناسب یا بد دور از انتظار نیست. هرچند که انتظار آن بود که در فصول پر بارش، این شاخص از مقدار بیشتری برخوردار باشد که آن را می توان به آبشویی‌های سطحی ناشی از آبیاری کشاورزی و ورود نیترات موجود در کودهای کشاورزی از سطح زمین به سطح سفره نسبت داد. در نهایت براساس شکل‌های ۳ و ۴، می‌توان از نظر شاخص $GWQI$ چه به لحاظ کیفی و چه به‌لحاظ کمی مناطق مرکزی (آینه ورزان و زان) و شمال غربی (آرو) (در دوره پر بارش) شهرستان نسبت به نواحی جنوبی (وادان) و شمال شرقی (چنار شرقی) به‌عنوان نواحی مناسب‌تر پیشنهاد و در برنامه-ریزی‌های بلندمدت و میان‌مدت مورد توجه قرار دارد. همچنین می‌توان از نظر شاخص $GWQI$ چه به لحاظ کیفی و چه به لحاظ کمی مناطق مرکزی شهرستان (آینه ورزان و زان) و شرقی آن را (سیدآباد) در طی هر دو دوره پر بارش و کم بارش به دلیل داشتن عدد کیفی کمتر از ۲۰ نسبت به سایر نواحی به‌عنوان نواحی مناسب‌تر پیشنهاد داده و در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و میان‌مدت مورد توجه قرار داد.

براساس یافته‌های این پژوهش، تفاوت معنی‌داری بین کیفیت آب چاه‌های در دوره‌های ترسالی (پر بارش) و خشک سالی (کم بارش) مشاهده نشد و مقدار تمام پارامترهای مورد بررسی از بیشینه حد مجاز کمتر بود که نشان می‌دهد وضعیت کیفیت آب چاه‌های روستاهای دماوند در وضعیت مطلوبی قرار دارد. در نهایت بررسی‌ها و نتایج حاصل از آنالیزهای شیمیایی و نقشه-های GIS حاکی از آن است که در مجموع عوامل انسان‌ساز در خصوص تغییرات کیفی بر منابع آب‌های زیرزمینی از اثربخشی اندکی در این منطقه برخوردار است. با این وجود، رعایت حریم-های کیفی چاه‌های محفوره از بافت‌های مسکونی، اراضی کشاورزی و باغی به‌عنوان مهم‌ترین عامل در کاهش اثرگذاری این عوامل انسانی مطرح است. از آنجایی که آب‌های زیرزمینی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تامین آب شرب بشر به‌شمار می‌روند، لذا بررسی کیفیت و کمیت آن‌ها بسیار مهم بوده و همواره توجه محققین را به خود جلب نموده است. در صورت رعایت نکردن موازین بهداشتی در زمین‌های اطراف چاه‌ها، کمترین میزان آلودگی در آینده‌ای نه‌چندان دور می‌تواند چند برابر شود و به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر سلامت انسان اثر بگذارد. از جمله محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به هزینه زیاد آزمایش‌های کیفی آب اشاره کرد که سبب شده بود در هر فصل تنها یک نمونه آب بررسی شود. در زمان انجام این پژوهش، کیفیت آب در چاه‌های مورد بررسی در وضعیت مطلوبی قرار داشت، ولی ممکن است در آینده در صورت عدم رعایت موازین بهداشتی و محیط‌زیستی، از کیفیت آب در این چاه‌ها کاسته شود، بنابراین پایش کیفیت آب در دوره‌های سالانه در مناطق مورد بررسی پیشنهاد می‌شود تا بتوان روند درازمدت تغییرات کیفیت آب را مشاهده کرد. هم‌چنین مقایسه نتایج با شاخص‌های دیگر نیز می‌تواند در پژوهش‌های آتی در نظر گرفته شود.

References

1. Adimalla, N., and Taloor, A. K., 2020. Hydrogeochemical investigation of groundwater quality in the hard rock terrain of South India using Geographic Information System (GIS) and groundwater quality index (GWQI) techniques. Groundwater for Sustainable Development, 10, 100288.
2. Adimalla, N., and Wu, J., 2019. Groundwater quality and associated health risks in a semi-arid region of south India: Implication to sustainable groundwater management. Human and Ecological Risk Assessment: An

International Journal, 25(1-2), 191-216.

3. Chitsazan, M., Aghazadeh, N., Mirzaee, Y., and Golestan, Y., 2019. Hydrochemical characteristics and the impact of anthropogenic activity on groundwater quality in suburban area of Urmia city, Iran. Environment, Development and Sustainability, 21(1), 331-351.
4. Ebrahimi, A., Amin, M.M., Hashemi, H., Foladifard, R., and Vahiddastjerdi, M., 2011. A survey of groundwater chemical quality in Sajad Zarinshahr. Health System Research, 6: 918-928. (In Persian)
5. Nasrabadi, T., and Abasi Maedeh, P., 2013. Evaluation of Tehran city groundwater quality by WHO water quality index. Human and Environment, 11(26) 1-12. (In Persian)
6. Saha, R., Dey, N. C., Rahman, S., Galagedara, L., and Bhattacharya, P., 2018. Exploring suitable sites for installing safe drinking water wells in coastal Bangladesh. Groundwater for Sustainable Development, 7, 91-100.
7. Eblin, S. G., Konan, K. S., Mangoua, O. M. J., Nedeff, V., Sandu, A. V., Barsan, N., and Sandu, I., 2019. Nitrate pollution of groundwater based on GIS in the city of Daloa, West-central Cote d'Ivoire. Revista De Chimie), 70, 2579-2583.
8. Karakuş, C. B., 2019. Evaluation of groundwater quality in Sivas province (Turkey) using water quality index and GIS-based analytic hierarchy process. International Journal of Environmental Health Research, 29(5), 500-519.
9. Honarbakhsh, A., Tahmoures, M., Tashayo, B., Mousazadeh, M., Ingram, B., & Ostovari, Y. (2019). GIS-based assessment of groundwater quality for drinking purpose in northern part of Fars province, Marvdasht. Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua, 68(3), 187-196.
10. Baird, R.B., Eaton, A.D., and Rice, E.W., 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23rd Edition). American Water Works Association. USA, 1796 p.
11. Sharma, S., Sharma, J., Chabukdhara, M., and Nema, A. K., 2010. "Water quality assessment of river Hindon at Ghaziabad, India: Impact of industrial and urban wastewater", J. Environmental Monitoring and Assessment, 165, 101-112.
12. Reza, R., and Singh, G., 2010. Heavy metal contamination and its indexing approach for river water. International Journal of Environmental Science & Technology, 7(4), 785-792.
13. Javid, A., Ghomimaghsad, N., and Roudbari, A., 2016. Evaluation of groundwater quality with GWQI index and preparing of zoning map in GIS. Journal of Knowledge & Health, 10(4): 48-56.
14. Rahmani, Z., Khoshneviszadeh, A., and Rezaei Kalantari, R., 2014. Evaluation of Boiin Zahra drinking water quality with GWQI. Scientific Journal of Alborz Medical University, 2: 147-155.
15. Dindarliu, K., Alipoor, V., and Farshidfar, G., 2007. Evaluation of Bandar Abbas drinking water quality with GWQI. Scientific Journal of Hormozgan Medical University, 4: 57-62. (In Persian)
16. Khosravi, R., Eslami, H., Almodaresi, S.A., Heidari, M., Fallahzadeh, R.A., Taghavi, M., Khodadadi, M., and

Peirovi, R., 2017. Use of geographic information system and water quality index to assess groundwater quality for drinking purpose in Birjand City, Iran. Desalination Water Treatment, 67(1), 74-83.

17. Barzegar, R., Moghaddam, A. A., Adamowski, J., & Nazemi, A. H., 2019. Assessing the potential origins and human health risks of trace elements in groundwater: A case study in the Khoy plain, Iran. Environmental Geochemistry and Health, 41(2), 981-1002.
18. Rakib, M.A., Sasaki, J., Matsuda, H., Quraishi, S.B., Mahmud, M.J., Bodrud-Doza, M., Ullah, A.A., Fatema, K.J., Newaz, M.A. and Bhuiyan, M.A., 2020. Groundwater salinization and associated co-contamination risk increase severe drinking water vulnerabilities in the southwestern coast of Bangladesh. Chemosphere, 246: 125646.
19. Kawo, N. S., and Karuppannan, S., 2018. Groundwater quality assessment using water quality index and GIS technique in Modjo River Basin, central Ethiopia. Journal of African Earth Sciences, 147, 300-311.
20. Mirzabeygi, M., Yousefi, M., Soleimani, H., Mohammadi, A. A., Mahvi, A. H., and Abbasnia, A., 2018. The concentration data of fluoride and health risk assessment in drinking water in the Ardakan city of Yazd province, Iran. Data in Brief, 18, 40-46.
21. Keramati, H., Miri, A., Baghaei, M., Rahimizadeh, A., Ghorbani, R., Fakhri, Y., Bay, A., Moradi, M., Bahmani, Z., Ghaderpoori, M., Khaneghah, A.M., 2019. Fluoride in Iranian drinking water resources: a systematic review, meta-analysis and non-carcinogenic risk assessment. Biological Trace Element Research, 188(2): 261-273.