

**Evaluating the spatial segregations of underground water resources quality  
(case study: Dolat Abad, Dashtab, Soltani and Soghan stricts in Kerman)**

**Mohsen Purkhosravani, Halabian, Amirhossein**

Assistance Professor, Department of Geography and urban planning, Shahid Bahonar University of Kerman,  
Kerman, Iran

pourkhosravani@uk.ac.ir

Associate Professor, Department of Geography, Payame Noor University, Tehran, Iran

halabian\_a@yahoo.com

**Abstract**

The specific climatic and geomorphological conditions of arid and semi-arid regions, has made the underground water resources as the main resource of water supply in these regions. Accordingly, managing these water resources requires accurate evaluation of quality and quantity of water reservoirs, its access range (availability) in each region, and recognizing the environmental processes that govern these resources. In this research the quality of underground water resources in DolatAbad, Dashtab, Soghan and Soltani have been studied. Meanwhile, the difference between various quality indices have been measured and compared quantitatively. The results of variance analyze, prove significant difference between various indices. The results of mean comparing test for error likelihood less than ( $\alpha < 0.01$ ) for each above indices, separate the underground resources of various regions in diverse groups. According to EC, TDS, CL, SO<sub>4</sub>, Mg, Na, SAR and TH indices, the underground water resources of Dolat Abad and Dashtab, place in group one, and Soghan and Soltani regions take place in group two. Also, according to Ca index, the underground water resources of studied regions, were categorized in 3 various groups. Group one, including Soltani and Soghan regions, group two including DolatAbad region, and group three including Dashtab district. Also, placing the underground water resources of all districts in one group according to Hco<sub>3</sub> index, indicates that there isn't significant difference for quality of underground water resources in studied regions, according to Hco<sub>3</sub> index. the analysis test of correlation between various indices for measuring the quality of underground water resources in the studied regions, indicates the maximum correlation existed in likelihood level of %1 between underground water level and PH indices.

**Key words:** Underground Waters, Index, Variance analysis, Duncan Test, Water Quality, Kerman

فصلنامه علمی-پژوهشی برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)

سال ششم، شماره سوم، (پیاپی ۲۲)، پاییز ۱۳۹۵

تاریخ وصول: ۹۶/۰۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۲۷

صص: ۹۷- ۱۱۲

## ارزیابی افتراق‌های فضایی کیفیت منابع آب زیرزمینی

(مطالعه موردی: بخش‌های دولت‌آباد، دشتاب، سلطانی و صوغان در استان کرمان)

محسن پورخسروانی<sup>۳</sup>، امیرحسین حلییان<sup>\*۲</sup>

۱- استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

۲- دانشیار، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

### چکیده

وضعیت ویژه اقلیمی و ژئومورفولوژیکی مناطق خشک و نیمه‌خشک موجب شده است که منابع آب زیرزمینی، منبع اصلی تأمین آب این مناطق تلقی شوند. بر اساس این، مدیریت منابع آبی یادشده مستلزم ارزیابی دقیق کمیت و کیفیت ذخیره‌های آبی، میزان دسترسی به آن‌ها در هر منطقه و شناخت فرایندهای محیطی حاکم بر آنهاست. در پژوهش حاضر، ضمن بررسی و مطالعه کیفیت منابع آب زیرزمینی بخش‌های دولت‌آباد، دشتاب، صوغان و سلطانی در استان کرمان، اختلاف بین شاخص‌های کیفی مختلف به شکل کمی اندازه‌گیری و مقایسه شده است. نتایج آنالیز واریانس، اختلاف معنادار بین شاخص‌های مختلف را نشان می‌دهند. نتایج آزمون مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال خطای کمتر از یک درصد ( $\alpha < 0.01$ ) برای هر یک از شاخص‌ها، منابع آب زیرزمینی بخش‌های مختلف را در گروه‌های متمایزی تفکیک می‌کنند؛ به طوری که بر اساس شاخص‌های EC، TDS، Cl، SO<sub>4</sub>، Mg، Na، SAR و TH، منابع آب زیرزمینی بخش‌های دولت‌آباد و دشتاب در گروه اول و بخش‌های صوغان و سلطانی در گروه دوم قرار می‌گیرند. بر اساس شاخص Ca، منابع آب زیرزمینی بخش‌های مطالعه‌شده در سه گروه مختلف قرار می‌گیرند: گروه اول شامل بخش‌های سلطانی و صوغان، گروه دوم شامل بخش دولت‌آباد و گروه سوم شامل بخش دشتاب. همچنین، قرارگرفتن منابع آب زیرزمینی همه بخش‌ها در یک گروه بر اساس شاخص HCO<sub>3</sub> نشان می‌دهد که تفاوت معناداری در کیفیت منابع آب زیرزمینی مناطق مطالعه‌شده بر اساس شاخص یادشده مشاهده نمی‌شود. آزمون

آنالیز همبستگی بین شاخص‌های مختلف سنجش کیفیت منابع آب زیرزمینی در مناطق مطالعه شده، بیشترین میزان همبستگی را در سطح احتمال یک درصد بین شاخص‌های pH و سطح آب زیرزمینی نشان می‌دهد.

**واژه‌های کلیدی:** آب‌های زیرزمینی، شاخص، تحلیل واریانس، آزمون دانکن، کیفیت آب، کرمان

## مقدمه

وضعیت ویژه اقلیمی و ژئومورفولوژیکی مناطق خشک و نیمه خشک موجب شده است که منابع آب زیرزمینی، منبع اصلی تأمین آب این مناطق تلقی شوند. ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی، مقیاسی است از تناسب آن به عنوان منبع آبی برای مصرف‌های انسانی و حیوانی، آبیاری، اهداف صنعتی و ... و بنابراین، هدف، تعریف کیفیت آب نیست بلکه استفاده مطلوب از آب در جامعه مدنظر متخصصان است (دستی برمکی و همکاران، ۱۳۹۳). در نتیجه، مدیریت این منابع آبی مستلزم ارزیابی دقیق کمیت و کیفیت ذخیره‌های آبی، میزان دسترسی به آن‌ها در هر منطقه و شناخت فرایندهای محیطی حاکم بر آنهاست. مفهوم توسعه پایدار آب، تأمین نیاز جمعیت فعلی بدون اثر منفی بر توانایی تأمین نیازهای نسل‌های آینده است (Bithas, 2008) و از این رو، افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی در مناطق خشک و بیابانی باعث کاهش ذخیره‌های این منابع آبی و مهم‌تر، کاهش کیفیت آن‌ها شده است. تغییر کمیت و کیفیت آب، تهدیدی اساسی در راه توسعه و پایداری محیطی این مناطق است. همچنین، کیفیت آب‌های زیرزمینی در مقیاس زمانی و مکانی عمل می‌کند و ویژگی‌های آن طی زمان و مکان، ثابت فرض نمی‌شوند و بنابراین، آگاهی از کمیت و کیفیت این منابع آبی و همچنین تهیه نقشه‌هایی هنگام تغییرات شوری و املاح، گام مهمی در بهره‌برداری صحیح از منابع آب هستند (حیدری علمدارلو و همکاران، ۱۳۹۴).

ایران در منطقه خشک و نیمه خشک قرار گرفته و از این رو، شاخص بحران آب در آن به مراتب نامطلوب‌تر از شاخص متوسط دنیا است. اگرچه حدود یک درصد مردم جهان در ایران زندگی می‌کنند و سهم آن‌ها از کل منابع آب شیرین تجدیدشونده دنیا حدود ۰/۳۶ درصد است، کشورهای جهان فقط ۴۵ درصد منابع مطلوب خود را استفاده کرده‌اند و کشور ما حدود ۶۶ درصد ذخیره‌های آب شیرین خود را مصرف کرده است (خواجه و همکاران، ۱۳۹۳). از این رو، پژوهشگران پژوهش‌های گسترده‌ای درباره منابع آبی انجام داده‌اند؛ از جمله زینالی و همکاران (۱۳۹۵) ضمن بررسی تأثیر خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی بر ویژگی‌های کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی دشت مرند با استفاده از شاخص‌های SPI، SWI و روش‌های آماری بیان کردند که تغییر کیفیت آب در سطح وسیعی از دشت مرند بر اثر افزایش سطح زیرکشت و افزایش برداشت اتفاق افتاده است. قاسمی دهنوی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای با عنوان «ارزیابی کیفی و کمی آب‌های سطحی با استفاده از آنالیز آماری در رودخانه ازناي لرستان» با استفاده از نمودارهای پایپر، شولر و ویلکاکس نتیجه گرفتند که با توجه به نمودار شولر، کیفیت آب از نظر شرب در حد خوب و مقبولی است و نتایج نمودار پایپر، تیپ آب‌های بی‌کربناته را در این رودخانه نشان می‌دهند. اوسطی و نحوی‌نیا (۱۳۹۵) ضمن ارزیابی تغییرات مکانی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت بیرجند با روش‌های زمین آماری نتیجه گرفتند که بر اساس طبقه بندی فائو، آب زیرزمینی آبخوان دشت بیرجند برای

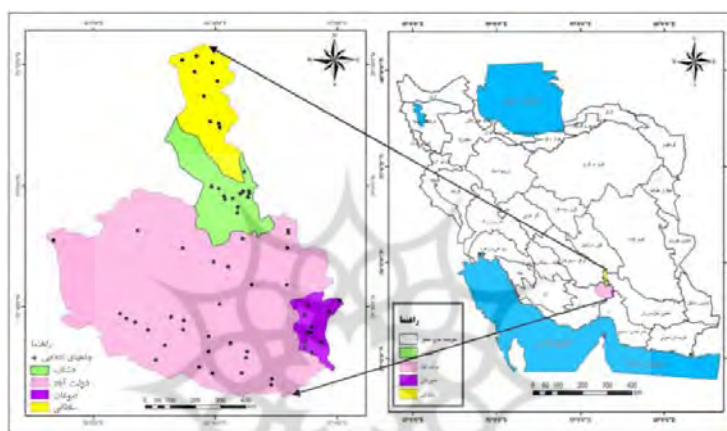
مصرف‌های کشاورزی از نظر SAR، کلر و بی کربنات دارای محدودیت زیاد، از نظر شوری دارای محدودیت کم و از نظر اسیدیته بدون محدودیت است. ملایی توانی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه وضعیت فعلی کیفیت آب آشامیدنی در شهرستان شاهرود با استفاده از پرسش‌نامه و تحلیل‌های آماری نتیجه گرفتند که نمونه‌های آب آزمایش شده از نظر پارامترهای میکروبی و فیزیکوشیمیایی در محدوده استاندارد ملی ایران (۱۰۵۳) قرار دارند و فقط میزان عنصر کلر کمتر از استاندارد ملی است. صاحب جلال و همکاران (۱۳۹۲) ضمن بررسی تغییرات زمانی و مکانی شاخص‌های کیفی آب‌های زیرزمینی دشت بهادران مهریز با روش زمین آماری کریجینگ بیان کردند که آب‌های زیرزمینی در ۴۸ درصد منطقه مطالعه شده در کلاس محدودیت شدید و در ۵۲ درصد آن در کلاس محدودیت متوسط تا کم قرار دارند. همچنین Poyraz و Taspinar (۲۰۱۴) ضمن بررسی غلظت فلزهای سنگین در منابع آب منطقه صنعتی مرمه ترکیه با روش PCA نتیجه گرفتند که غلظت فلزهای سنگین در نمونه‌های آب آشامیدنی از محدوده استاندارد سازمان بهداشت جهانی تجاوز نمی‌کند، اگرچه غلظت مس و وانادیم برخی نمونه‌ها در آستانه آلودگی است. Gong و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی مقدار آرسنیک موجود در منابع آب زیرزمینی منطقه تگزاس با روش‌های زمین آمار نتیجه گرفتند که انتخاب روش مناسب درون‌یابی، ویژگی‌های چاه‌های نمونه‌برداری و پراکنش مناسب شبکه نمونه‌برداری از جمله عوامل مؤثر بر درون‌یابی دقیق‌تر مقادیر آرسنیک این منابع آبی هستند. Carroll و همکاران (۲۰۱۳) ضمن بررسی نقش کاربری اراضی و عوامل فصلی در تخریب کیفیت آب نشان دادند که تأثیر کاربری اراضی و عوامل فصلی بر تنوع کیفیت آب سطحی و زیرزمینی با توجه به گونه‌های آلوده‌کننده متفاوت است. Dash و همکاران (۲۰۱۰) هنگام تهیه نقشه‌های مختلف فضایی از عمق و کیفیت آب زیرزمینی به این نتیجه رسیدند که نقشه‌های مکانی و احتمالی تهیه شده به مدیران و سیاست‌گذاران منابع آب در توسعه دستورکار مدیریت کارآمد منابع آب زیرزمینی برای مصرف‌های کشاورزی و آشامیدنی منطقه دهلی هند کمک خواهد کرد. Demir و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی تغییرات مکانی عمق و شوری آب زیرزمینی مناطق کشاورزی شمال ترکیه نتیجه گرفتند که امکان شوری منابع آب در قسمت شرقی منطقه مطالعه شده بیشتر است و این قسمت زه‌کشی ضعیفی دارد. Elci و همکاران (۲۰۰۹) ضمن ارزیابی مکانی و زمانی شاخص کیفی و ویژگی‌های هیدرولوژیکی آب در حوضه کارستیک در غرب ترکیه به این نتیجه رسیدند که فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی بر تغییرات مکانی و زمانی پارامترهای کیفی آب مؤثر هستند. Dhar و همکاران (۲۰۰۸) ضمن بررسی منابع آب زیرزمینی در منطقه کوین اوسیز بیان کردند که شبیه‌سازی دینامیکی زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی با روش زمین آمار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نتایج مقبولی در پی خواهد داشت. Fetouani و همکاران (۲۰۰۸) کیفیت آب زیرزمینی دشت آبی تریفا در شمال شرق مسکو را بررسی کردند و بحرانی بودن کیفیت آب منطقه یادشده را نشان دادند. به‌طور کلی، آب‌های زیرزمینی بخش مهمی از اکوسیستم تجدیدشدنی منابع آب هستند که مدیریت نامناسب بهره‌برداری به کاهش کیفیت آن‌ها و تخریب مستقیم و غیرمستقیم سایر منابع منجر می‌شود (زهتاییان و همکاران، ۱۳۸۹). در سال‌های اخیر، آگاهی و باور محافل ملی و بین‌المللی به واقعیت‌های زمانی و مکانی، توجه به پایداری و مدیریت منابع آب به‌عنوان منبعی حیاتی را از موضوعی فرعی به مسئله‌ای محوری و مهم تبدیل کرده است (بریم‌نژاد، ۱۳۸۳).

با توجه به اینکه وجود فناوری‌های جدید و افزایش تقاضا در سال‌های اخیر به اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی و ایجاد معضلات فراوان زیست‌محیطی در منطقه مطالعه‌شده منجر شده است، پژوهش حاضر می‌کوشد ویژگی‌های کیفی منابع آب زیرزمینی مناطق مطالعه‌شده را ارزیابی و مقایسه کند.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مطالعه‌شده

محدوده مطالعه‌شده شامل بخش‌های دولت‌آباد، دشتاب، سلطانی و صوغان است که بین طول‌های ۵۵ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی و عرض‌های ۲۸ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی در جنوب استان کرمان و در مرز این استان با استان هرمزگان قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل ۱ - موقعیت مناطق مطالعه‌شده

پژوهش حاضر بر روش‌های توصیفی و تحلیلی با اتکا بر بازدیدهای میدانی مبتنی است. ابتدا، داده‌های کیفی ۶۲ چاه از سازمان آب منطقه‌ای استان کرمان گرفته و سپس، اختلاف‌های بین میانگین شاخص‌های گوناگون با نرم‌افزار spss و از راه آزمون آنالیز واریانس آزموده شد. همچنین، با آزمون‌های مقایسه میانگین‌ها، منابع آب زیرزمینی بخش‌های دولت‌آباد، دشتاب، سلطانی و صوغان در استان کرمان بر اساس شاخص‌های هدایت الکتریکی (EC)، نسبت جذبی سدیم (SAR)، کل املاح محلول (TDS)، کلر، منیزیم، سدیم، کلسیم، سولفات ( $SO_4$ ) و بی‌کربنات ( $HCO_3$ ) گروه‌بندی شدند؛ به این منظور، از آزمون مقایسه میانگین دانکن در سطح احتمال خطای یک درصد ( $\alpha=0/01$ ) استفاده شد. داده‌های هدایت الکتریکی بر حسب میکروموس، کل املاح محلول بر حسب میلی‌گرم بر لیتر و سایر پارامترها بر حسب میلی‌اکی‌والان در لیتر هستند. پهنه‌بندی پارامترهای مختلف به روش IDW و با نرم‌افزار Arc GIS انجام شد.

### تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش

همان‌طور که شکل (۲) نشان می‌دهد، تقریباً همه چاه‌های نمونه‌برداری در سازندهای آبرفتی و رسی قرار دارند. از نظر زمین‌شناسی، این منطقه منشأ تکتونیکی دارد که در اواخر پلیوسن در اثر حرکات اپیروژنی پدید آمده است. دشت صوغان در شرق حوضه آبریز و دشت دولت‌آباد با امتداد تقریبی شمال‌غرب و جنوب‌شرق جداکننده دو واحد



دارد و فقط بین تعداد کمی از شاخص‌ها تفاوت معنادار وجود ندارد. پس از آنکه جدول آنالیز واریانس، اختلاف بین شاخص‌ها را نشان داد، برای بررسی تمایزها و تشابه‌های کیفیت منابع آب در بخش‌های مختلف دشت دولت‌آباد، آزمون مقایسه میانگین دانکن برای شاخص‌های مختلف انجام شد و نتایج که در جدول‌های (۲) تا (۱۲) دیده می‌شوند، گروه‌های مختلف بخش‌ها را بر اساس شاخص‌های یادشده نشان می‌دهند.

جدول- ۱: نتایج آنالیز واریانس برای شاخص‌های مختلف کیفیت منابع آب زیرزمینی در محدوده مطالعه‌شده

| شاخص             | عوامل        | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | مقدار f | سطح معناداری |
|------------------|--------------|--------------|------------|----------------|---------|--------------|
| E.C              | بین گروه‌ها  | ۱/۶۱۵E۷      | ۳          | ۵۳۸۱۷۲۱/۸۸۳    | ۵/۶۸۰   | ۰/۰۰۲        |
|                  | داخل گروه‌ها | ۵/۴۹۵E۷      | ۵۸         | ۹۴۷۴۰۷/۲۱      | .....   | .....        |
|                  | مجموع        | ۷/۱۰۹E۷      | ۶۱         | .....          | .....   | .....        |
| pH               | بین گروه‌ها  | ۳/۷۴۴        | ۳          | ۱/۲۵۸          | ۲۷/۷۶۸  | ۰/۰۰۰        |
|                  | داخل گروه‌ها | ۲/۶۲۸        | ۵۸         | ۰/۰۴۵          | .....   | .....        |
|                  | مجموع        | ۶/۴۰۲        | ۶۱         | .....          | .....   | .....        |
| T.D.S            | بین گروه‌ها  | ۶۸۲۲۰۳/۱۰۹   | ۳          | ۲۲۷۴۰۱۰/۰۳۶    | ۵/۶۸۰   | ۰/۰۰۲        |
|                  | داخل گروه‌ها | ۲/۳۲۲ E ۷    | ۵۸         | ۴۰۳۷۷/۴۸۴      | .....   | .....        |
|                  | مجموع        | ۳/۰۰۴ E ۷    | ۶۱         | .....          | .....   | .....        |
| HCO <sub>3</sub> | بین گروه‌ها  | ۴/۰۹۸        | ۳          | ۱/۳۶۶          | ۱/۵۳۷   | ۰/۲۱۵        |
|                  | داخل گروه‌ها | ۵۱/۵۴۹       | ۵۸         | ۰/۸۸۹          | .....   | .....        |
|                  | مجموع        | ۵۵/۶۴۷       | ۶۱         | .....          | .....   | .....        |
| Cl               | بین گروه‌ها  | ۲۷۱/۱۲۲      | ۳          | ۹۰/۳۷۴         | ۵/۷۷۱   | ۰/۰۰۲        |
|                  | داخل گروه‌ها | ۹۰۸/۲۵۴      | ۵۸         | ۱۵/۶۶۰         | .....   | .....        |
|                  | مجموع        | ۱۱۷۹/۳۷۵     | ۶۱         | .....          | .....   | .....        |
| SO <sub>4</sub>  | بین گروه‌ها  | ۴۹۶/۶۳۲      | ۳          | ۱۶۵/۵۴۴        | ۶/۹۵۸   | ۰/۰۰۰        |
|                  | داخل گروه‌ها | ۱۳۷۹/۹۳۸     | ۵۸         | ۲۳/۷۹۲         | .....   | .....        |
|                  | مجموع        | ۱۸۷۶/۵۷۰     | ۶۱         | .....          | .....   | .....        |
| Ca               | بین گروه‌ها  | ۶۷/۱۹۵       | ۳          | ۲۲/۳۹۸         | ۴/۴۴۳   | ۰/۰۰۷        |
|                  | داخل گروه‌ها | ۲۹۲/۴۱۲      | ۵۸         | ۵/۰۴۲          | .....   | .....        |
|                  | مجموع        | ۳۵۹/۶۰۷      | ۶۱         | .....          | .....   | .....        |
| Mg               | بین گروه‌ها  | ۷۰/۹۷۶       | ۳          | ۲۳/۶۵۹         | ۴/۱۳۰   | ۰/۰۱۰        |
|                  | داخل گروه‌ها | ۲۳۲/۲۳۳      | ۵۸         | ۵/۷۲۸          | .....   | .....        |
|                  | مجموع        | ۴۰۳/۲۰۹      | ۶۱         | .....          | .....   | .....        |
| Na               | بین گروه‌ها  | ۵۸۸/۷۲۷      | ۳          | ۱۹۶/۲۴۲        | ۷/۹۸۳   | ۰/۰۰۰        |
|                  | داخل گروه‌ها | ۱۴۲۵/۶۹۹     | ۵۸         | ۲۴/۵۸۱         | .....   | .....        |
|                  | مجموع        | ۲۰۱۴/۴۲۶     | ۶۱         | .....          | .....   | .....        |
| S.A.R            | بین گروه‌ها  | ۱۰۰/۵۰۵      | ۳          | ۳۳/۵۰۲         | ۱۰/۷۵۶  | ۰/۰۰۰        |
|                  | داخل گروه‌ها | ۱۸۰/۶۵۵      | ۵۸         | ۳/۱۱۵          | .....   | .....        |
|                  | مجموع        | ۲۸۱/۱۵۹      | ۶۱         | .....          | .....   | .....        |
| TH               | بین گروه‌ها  | ۵۶۶۸۵۶/۰۰۳   | ۳          | ۱۸۸۹۵۲/۰۰۱     | ۴/۱۰۵   | ۰/۰۱۰        |
|                  | داخل گروه‌ها | ۲۶۶۹۹۹۱/۱۷۴  | ۵۸         | ۴۶۰۳۴/۳۳۱      | .....   | .....        |
|                  | مجموع        | ۳۲۳۶۸۴۷/۱۷۷  | ۶۱         | .....          | .....   | .....        |

نتایج جدول (۲)، منابع آب زیرزمینی بخش‌های مختلف منطقه مطالعه شده را بر اساس شاخص EC تقسیم‌بندی می‌کند. نتایج این جدول نشان می‌دهند که در گروه اول، بخش‌های دولت‌آباد و دشتاب، در گروه دوم، بخش صوغان و در گروه سوم، بخش سلطانی قرار می‌گیرند. بنابراین، چهار بخش در سه گروه مختلف قرار دارند.

جدول-۲: نتایج مقایسه میانگین شاخص EC بر اساس آزمون دانکن

| زیرگروه‌ها بر اساس $\alpha=0.01$ |         | تعداد | بخش       |
|----------------------------------|---------|-------|-----------|
| ۲                                | ۱       |       |           |
| ۱/۶۳۳۲ E ۳                       |         | ۲۹    | دولت‌آباد |
| ۱/۵۹۸۷ E ۳                       |         | ۱۳    | دشتاب     |
|                                  | ۴۶۸۷۷۷۸ | ۹     | سلطانی    |
|                                  | ۵۸۶۵۴۵۵ | ۱۱    | صوغان     |

نتایج جدول (۳) نشان می‌دهند که بر اساس شاخص pH، بخش‌های دولت‌آباد و دشتاب در گروه یک، بخش صوغان در گروه دو و بخش سلطانی در گروه سه قرار می‌گیرند.

جدول-۳: نتایج مقایسه میانگین شاخص pH بر اساس آزمون دانکن

| زیرگروه‌ها بر اساس $\alpha=0.01$ |        |        | تعداد | بخش       |
|----------------------------------|--------|--------|-------|-----------|
| ۳                                | ۲      | ۱      |       |           |
|                                  |        | ۷/۴۶۹۰ | ۲۹    | دولت‌آباد |
|                                  |        | ۷/۶۳۰۸ | ۱۳    | دشتاب     |
| ۸/۱۸۸۹                           |        |        | ۹     | سلطانی    |
|                                  | ۷/۷۹۰۹ |        | ۱۱    | صوغان     |

نتایج جدول (۴)، تقسیم‌بندی کیفیت آب زیرزمینی بخش‌های مختلف بر اساس شاخص TDS را نشان می‌دهد؛ به این ترتیب که بخش‌های مختلف در دو گروه قرار می‌گیرند: گروه اول شامل بخش‌های سلطانی و صوغان و گروه دوم شامل بخش‌های دولت‌آباد و دشتاب.

جدول-۴: نتایج مقایسه میانگین شاخص TDS بر اساس آزمون دانکن

| زیرگروه‌ها بر اساس $\alpha=0.01$ |          | تعداد | بخش       |
|----------------------------------|----------|-------|-----------|
| ۲                                | ۱        |       |           |
| ۱/۰۶۱۶ E ۳                       |          | ۲۹    | دولت‌آباد |
| ۱/۰۳۹۲ E ۳                       |          | ۱۳    | دشتاب     |
|                                  | ۳۰۴/۵۵۵۶ | ۹     | سلطانی    |
|                                  | ۳۸۱/۴۵۴۵ | ۱۱    | صوغان     |

نتایج جدول (۵) نشان می‌دهند که بر اساس شاخص  $\text{HCO}_3$  بین کیفیت منابع آب زیرزمینی بخش‌های مختلف منطقه مطالعه شده تفاوت معناداری وجود ندارد و قرار گرفتن همه بخش‌های مطالعه شده در یک گروه دلیلی بر این ادعا است.



جدول- ۵: نتایج مقایسه میانگین شاخص  $HCO_3$  بر اساس آزمون دانکن

| زیرگروه‌ها بر اساس $\alpha=0/01$ |        | تعداد | بخش       |
|----------------------------------|--------|-------|-----------|
| ۲                                | ۱      |       |           |
|                                  | ۲/۸۰۹۱ | ۱۱    | صوغان     |
|                                  | ۳/۳۸۲۸ | ۲۹    | دولت‌آباد |
|                                  | ۳/۵۲۳۱ | ۱۳    | دشتاب     |
|                                  | ۳/۵۷۷۸ | ۹     | سلطانی    |

نتایج جدول (۶)، تمایز دو گروه منابع آب زیرزمینی را بر اساس شاخص Cl نشان می‌دهند؛ گروه اول شامل بخش‌های سلطانی و صوغان و گروه دوم شامل بخش‌های دولت‌آباد و دشتاب است.

جدول- ۶: نتایج مقایسه میانگین شاخص Cl بر اساس آزمون دانکن

| زیرگروه‌ها بر اساس $\alpha=0/01$ |        | تعداد | بخش       |
|----------------------------------|--------|-------|-----------|
| ۲                                | ۱      |       |           |
|                                  | ۰/۶۷۷۸ | ۹     | سلطانی    |
|                                  | ۱/۶۸۱۸ | ۱۱    | صوغان     |
| ۵/۶۴۸۳                           |        | ۲۹    | دولت‌آباد |
| ۵/۶۹۲۳                           |        | ۱۳    | دشتاب     |

بر اساس نتایج جدول (۷)، منابع آب زیرزمینی در بخش‌های مختلف منطقه مطالعه شده بر اساس شاخص  $SO_4$  در دو گروه متفاوت قرار می‌گیرند: منابع آب زیرزمینی بخش‌های سلطانی و صوغان در گروه یک و منابع آب زیرزمینی بخش‌های دولت‌آباد و دشتاب در گروه دو.

جدول- ۷: نتایج مقایسه میانگین شاخص  $SO_4$  بر اساس آزمون دانکن

| زیرگروه‌ها بر اساس $\alpha=0/01$ |        | تعداد | بخش       |
|----------------------------------|--------|-------|-----------|
| ۲                                | ۱      |       |           |
|                                  | ۰/۵۲۲۲ | ۹     | سلطانی    |
|                                  | ۱/۶۶۳۶ | ۱۱    | صوغان     |
| ۶/۰۷۹۳                           |        | ۲۹    | دولت‌آباد |
| ۸/۵۰۷۷                           |        | ۱۳    | دشتاب     |

در جدول (۸)، منابع آب زیرزمینی بخش‌های مختلف بر اساس شاخص Ca طبقه‌بندی شده‌اند؛ نتایج این جدول نشان می‌دهند که منابع آب زیرزمینی بخش‌ها بر اساس شاخص Ca در سه گروه متفاوت قرار می‌گیرند: بخش‌های سلطانی و صوغان در گروه اول، بخش دولت‌آباد در گروه دوم و بخش دشتاب در گروه سوم.

جدول- ۸: نتایج مقایسه میانگین شاخص Ca بر اساس آزمون دانکن

| زیرگروه‌ها بر اساس $\alpha=0/01$ |        |        | تعداد | بخش       |
|----------------------------------|--------|--------|-------|-----------|
| ۳                                | ۲      | ۱      |       |           |
|                                  |        | ۱/۳۵۴۵ | ۹     | سلطانی    |
|                                  |        | ۲/۴۲۲۲ | ۱۱    | صوغان     |
|                                  | ۳/۷۱۷۲ |        | ۲۹    | دولت‌آباد |
| ۴/۳۳۰۸                           |        |        | ۱۳    | دشتاب     |

طبق نتایج جدول (۹)، منابع آب زیرزمینی بخش‌های مختلف بر اساس شاخص Mg در دو گروه متفاوت قرار می‌گیرند: بخش‌های سلطانی و صوغان در گروه اول و بخش‌های دولت‌آباد و دشتاب در گروه دوم.

جدول- ۹: نتایج مقایسه میانگین شاخص Mg بر اساس آزمون دانکن

| زیرگروه‌ها بر اساس $\alpha=0/01$ |        | تعداد | بخش       |
|----------------------------------|--------|-------|-----------|
| ۲                                | ۱      |       |           |
|                                  | ۱/۶۱۱۱ | ۹     | سلطانی    |
|                                  | ۲/۹۲۷۳ | ۱۱    | صوغان     |
| ۳/۷۰۰۰                           |        | ۲۹    | دولت‌آباد |
| ۴/۶۳۱۰                           |        | ۱۳    | دشتاب     |

نتایج جدول (۱۰)، تمایز دو گروه منابع آب زیرزمینی را بر اساس شاخص Na نشان می‌دهند؛ گروه اول شامل بخش‌های سلطانی و صوغان و گروه دوم شامل بخش‌های دولت‌آباد و دشتاب است.

جدول- ۱۰: نتایج مقایسه میانگین شاخص Na بر اساس آزمون دانکن

| زیرگروه‌ها بر اساس $\alpha=0/01$ |        | تعداد | بخش       |
|----------------------------------|--------|-------|-----------|
| ۲                                | ۱      |       |           |
|                                  | ۱/۱۳۳۳ | ۹     | سلطانی    |
|                                  | ۱/۸۷۲۷ | ۱۱    | صوغان     |
| ۶/۷۶۲۱                           |        | ۲۹    | دولت‌آباد |
| ۹/۶۹۲۳                           |        | ۱۳    | دشتاب     |

نتایج جدول (۱۱) نشان می‌دهند که منابع آب زیرزمینی بخش‌های مختلف بر اساس شاخص SAR در دو گروه مختلف قرار می‌گیرند: گروه اول شامل منابع آب زیرزمینی بخش‌های سلطانی و صوغان و گروه دوم شامل منابع آب زیرزمینی بخش‌های دولت‌آباد و دشتاب.

جدول- ۱۱: نتایج مقایسه میانگین شاخص SAR بر اساس آزمون دانکن

| زیرگروه‌ها بر اساس $\alpha=0/01$ |        | تعداد | بخش       |
|----------------------------------|--------|-------|-----------|
| ۲                                | ۱      |       |           |
|                                  | ۰/۷۸۸۹ | ۹     | سلطانی    |
|                                  | ۱/۲۸۱۸ | ۱۱    | صوغان     |
| ۳/۲۹۳۱                           |        | ۲۹    | دولت‌آباد |
| ۴/۳۶۱۵                           |        | ۱۳    | دشتاب     |

بر اساس نتایج جدول (۱۲)، منابع آب زیرزمینی بخش‌های مختلف بر اساس شاخص TH در دو گروه متفاوت قرار می‌گیرند: بخش‌های سلطانی و صوغان در گروه اول و بخش‌های دولت‌آباد و دشتاب در گروه دوم.

جدول- ۱۲: نتایج مقایسه میانگین شاخص TH بر اساس آزمون دانکن

| زیرگروه‌ها بر اساس $\alpha=0/01$ |          | تعداد | بخش       |
|----------------------------------|----------|-------|-----------|
| ۲                                | ۱        |       |           |
|                                  | ۲۰۱/۶۶۶۷ | ۹     | سلطانی    |
|                                  | ۲۱۴/۰۹۰۹ | ۱۱    | صوغان     |
| ۴۰۱/۵۳۸۵                         |          | ۲۹    | دولت‌آباد |
| ۴۱۷/۴۱۳۸                         |          | ۱۳    | دشتاب     |

نتایج جدول (۱۳) نشان می‌دهند که در سطح احتمال کمتر از یک درصد، بهترین همبستگی بین شاخص‌های pH و سطح آب و پس از این شاخص‌ها، بین شاخص‌های pH و سطح زیرکشت در منطقه مطالعه شده برقرار است. بر اساس این، هرچه میزان برداشت بیشتر باشد و سطح آب زیرزمینی پایین‌تر رود، pH آب بیشتر و ویژگی آب، بازی می‌شود.

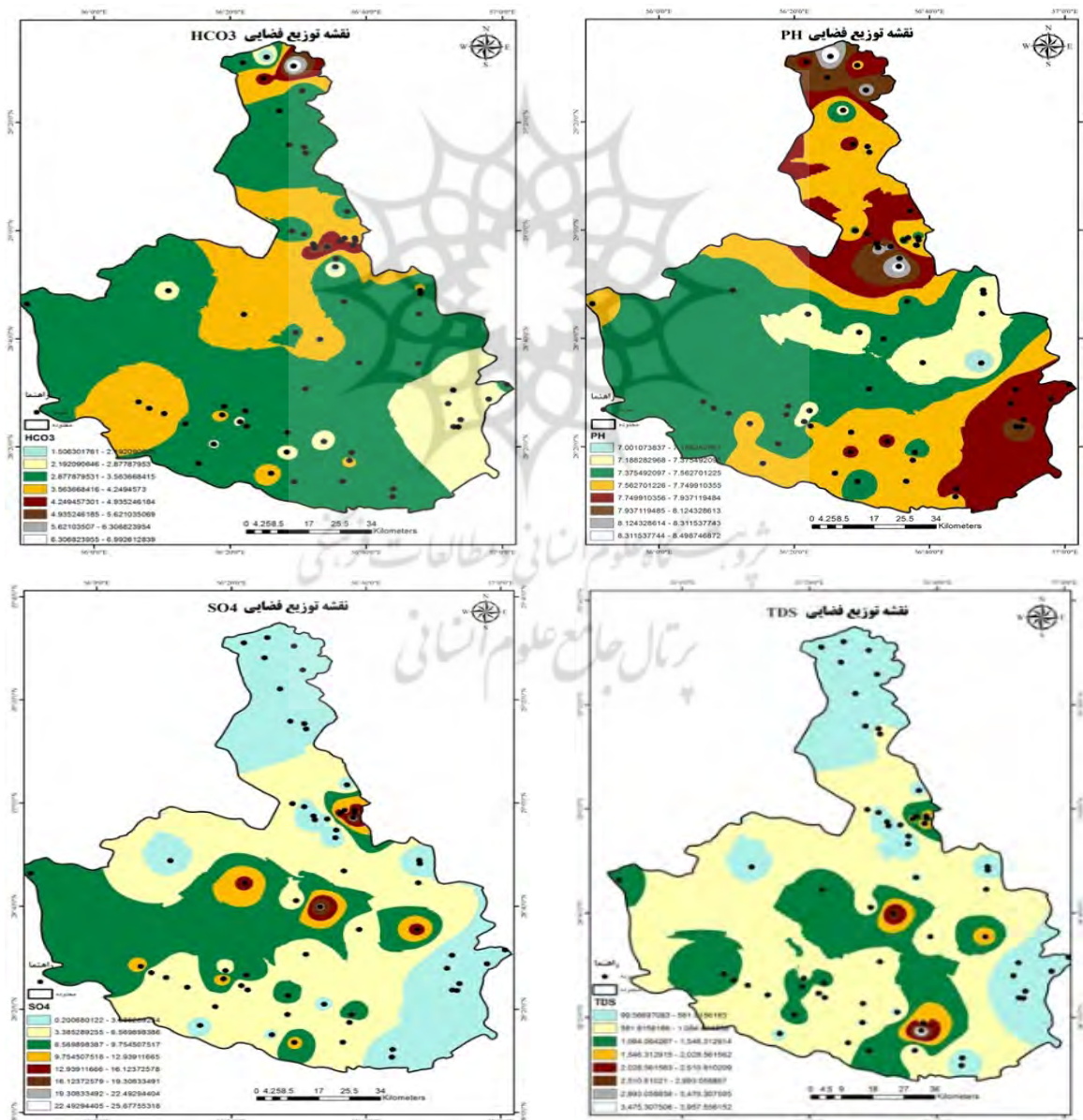
جدول-۱۳: نتایج آنالیز همبستگی بین شاخص‌های مختلف

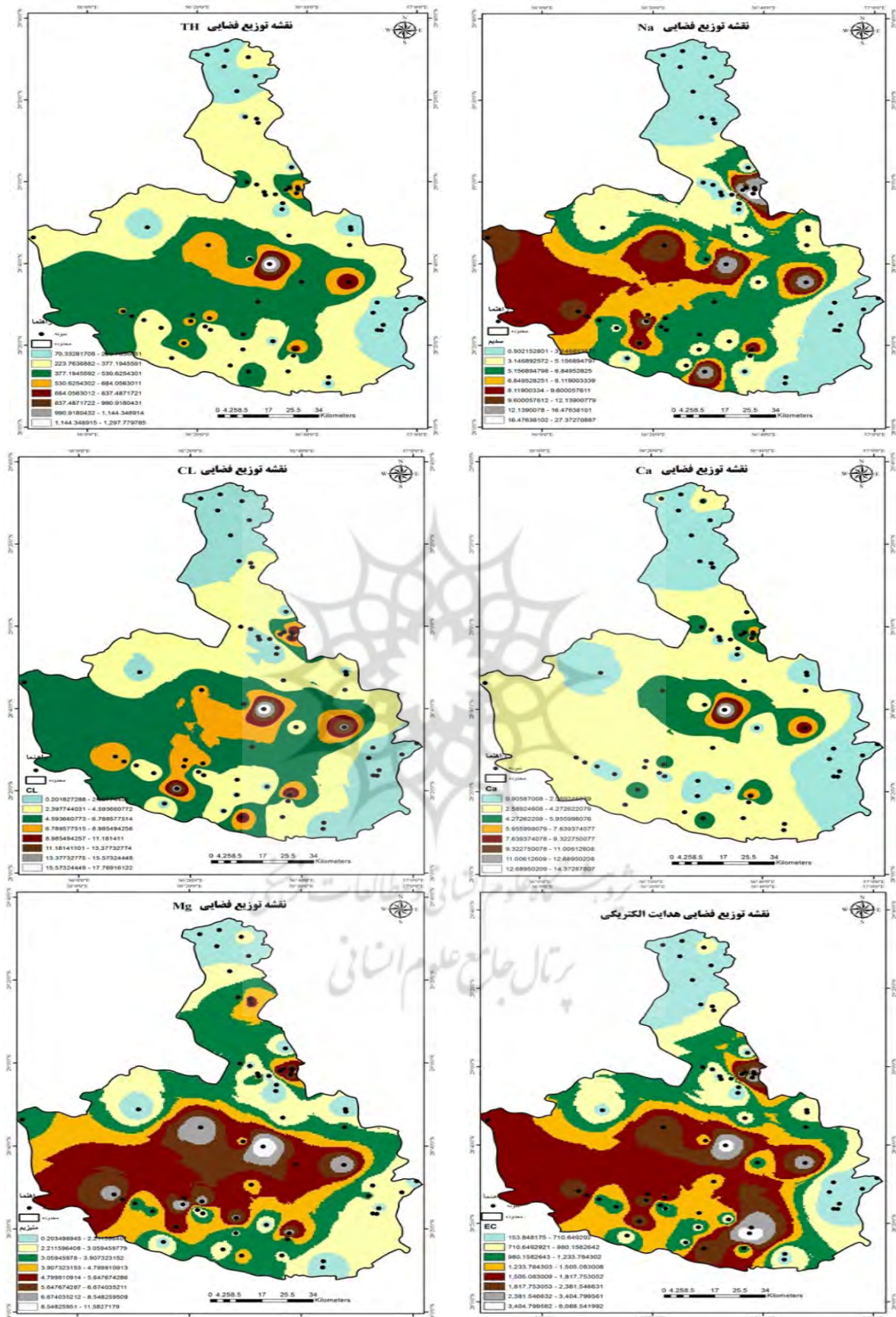
| شاخص             | نتایج        | عمق چاه  | تخلیه سالانه | دمای آب  | سطح زیرکشت | دبی       | سطح آب   |
|------------------|--------------|----------|--------------|----------|------------|-----------|----------|
| EC               | ضریب همبستگی | ۰/۰۴۳    | -۰/۱۲۴ **    | -۰/۰۸۱   | -۰/۱۰۵ *   | -۰/۱۵۷ ** | ۰/۰۵۲    |
|                  | سطح معناداری | ۰/۳۹۴    | ۰/۰۰۷        | ۰/۰۷۷    | ۰/۰۲۷      | ۰/۰۰۱     | ۰/۲۵۸    |
|                  | تعداد        | ۴۷۴      | ۴۷۴          | ۴۷۴      | ۴۷۴        | ۴۷۴       | ۴۷۴      |
| pH               | ضریب همبستگی | ۰/۱۱۹ ** | ۰/۱۰۸ *      | -۰/۱۱۸ * | ۰/۲۱۳ **   | ۰/۱۹۴ **  | ۰/۲۳۱ ** |
|                  | سطح معناداری | ۰/۰۱۰    | ۰/۰۱۹        | ۰/۱۱۰    | ۰/۰۰۰      | ۰/۰۰۰     | ۰/۰۰۰    |
|                  | تعداد        | ۴۷۴      | ۴۷۴          | ۴۷۴      | ۴۷۴        | ۴۷۴       | ۴۷۴      |
| T.D.S            | ضریب همبستگی | ۰/۰۲۷    | -۰/۱۴۰       | -۰/۴۲۵ * | -۰/۰۶۷     | -۰/۱۱۶    | -۰/۰۹۸   |
|                  | سطح معناداری | ۰/۸۸۴    | ۴۵۱          | ۰/۱۰۷    | ۰/۷۲۶      | ۰/۵۳۵     | ۰/۶۰۰    |
|                  | تعداد        | ۴۶۷      | ۴۶۷          | ۴۶۷      | ۴۶۷        | ۴۶۷       | ۴۶۷      |
| HCO <sub>3</sub> | ضریب همبستگی | ۰/۱۶۸    | -۰/۲۰۹       | -۰/۱۶۵   | -۰/۲۵۴     | -۰/۳۱۱    | -۰/۳۱۱   |
|                  | سطح معناداری | ۰/۳۶۵    | ۰/۲۵۸        | ۰/۳۷۵    | ۰/۱۷۶      | ۰/۰۸۹     | ۰/۰۸۹    |
|                  | تعداد        | ۴۶۷      | ۴۶۷          | ۴۶۷      | ۴۶۷        | ۴۶۷       | ۴۶۷      |
| Cl               | ضریب همبستگی | -۰/۱۱۵   | ۰/۱۶۸        | -۰/۳۵۵ * | ۰/۲۱۶      | ۰/۲۳۱     | -۰/۳۰۸   |
|                  | سطح معناداری | ۰/۵۳۷    | ۰/۳۶۵        | ۰/۰۵۰    | ۰/۲۵۲      | ۰/۲۱۲     | ۰/۰۹۲    |
|                  | تعداد        | ۴۶۷      | ۴۶۷          | ۴۶۷      | ۴۶۷        | ۴۶۷       | ۴۶۷      |
| SO <sub>4</sub>  | ضریب همبستگی | -۰/۰۰۸   | ۰/۰۰۷        | -۰/۲۴۴   | ۰/۰۹۶      | ۰/۱۲۰     | -۰/۲۶۳   |
|                  | سطح معناداری | ۰/۹۶۴    | ۰/۹۶۹        | ۰/۱۸۶    | ۰/۶۱۳      | ۰/۵۲۱     | ۰/۱۵۲    |
|                  | تعداد        | ۴۶۷      | ۴۶۷          | ۴۶۷      | ۴۶۷        | ۴۶۷       | ۴۶۷      |
| Ca               | ضریب همبستگی | -۰/۰۴۴   | -۰/۰۱۸       | -۰/۳۲۰   | ۰/۰۷۸      | ۰/۱۰۳     | -۰/۳۸۴   |
|                  | سطح معناداری | ۰/۸۱۴    | ۰/۹۲۴        | ۰/۰۸۰    | ۰/۶۸۳      | ۰/۵۸۳     | ۰/۰۵۵    |
|                  | تعداد        | ۴۶۷      | ۴۶۷          | ۴۶۷      | ۴۶۷        | ۴۶۷       | ۴۶۷      |
| Mg               | ضریب همبستگی | -۰/۰۳۱   | ۰/۰۸۷        | -۰/۲۷۰   | ۰/۱۷۲      | ۰/۱۶۱     | -۰/۳۱۹   |
|                  | سطح معناداری | ۰/۸۷۰    | ۰/۶۴۲        | ۰/۱۴۲    | ۰/۳۶۵      | ۰/۳۸۸     | ۰/۰۸۰    |
|                  | تعداد        | ۴۶۷      | ۴۶۷          | ۴۶۷      | ۴۶۷        | ۴۶۷       | ۴۶۷      |
| Na               | ضریب همبستگی | ۰/۲۱۴    | ۰/۱۴۸        | ۰/۱۵۰    | ۰/۰۷۱      | ۰/۱۲۱     | ۰/۱۲۱    |
|                  | سطح معناداری | ۰/۲۴۷    | ۰/۴۲۶        | ۰/۴۲۰    | ۰/۷۰۷      | ۰/۵۱۷     | ۰/۵۱۷    |
|                  | تعداد        | ۴۶۷      | ۴۶۷          | ۴۶۷      | ۴۶۷        | ۴۶۷       | ۴۶۷      |
| SAR              | ضریب همبستگی | ۰/۱۴۳    | -۰/۱۸۳       | -۰/۱۳۵   | -۰/۰۶۵     | -۰/۱۴۱    | ۰/۱۳۷    |
|                  | سطح معناداری | ۰/۲۶۷    | ۰/۱۶۵        | ۰/۳۰۹    | ۰/۶۳۰      | ۰/۲۸۷     | ۰/۲۹۴    |
|                  | تعداد        | ۴۶۷      | ۴۶۷          | ۴۶۷      | ۴۶۷        | ۴۶۷       | ۴۶۷      |
| TH               | ضریب همبستگی | ۰/۰۸۶    | -۰/۱۴۲       | -۰/۱۵۶   | -۰/۱۱۵     | -۰/۰۵۶    | -۰/۱۳۰   |
|                  | سطح معناداری | ۰/۵۰۸    | ۰/۲۸۴        | ۰/۲۳۹    | ۰/۳۹۲      | ۰/۶۷۶     | ۰/۳۱۷    |
|                  | تعداد        | ۴۶۷      | ۴۶۷          | ۴۶۷      | ۴۶۷        | ۴۶۷       | ۴۶۷      |

\*\* ارتباط معنادار در سطح خطای کمتر از ۰/۰۱

\* ارتباط معنادار در سطح خطای کمتر از ۰/۰۵

برای دستیابی به الگوی فضایی شاخص‌های بحث شده نسبت به پهنه‌بندی پارامترهای مختلف در محدوده مطالعه شده اقدام شد. شکل (۳)، توزیع فضایی پارامترهای مختلف را در منطقه مطالعه شده نشان می‌دهد. به‌طور کلی، وجود سازندهای شور و چشمه آب گرم در حوزه که حاوی ترکیبات گوگردی زیادی است و همچنین، ماهیت دشت‌های داخل حوزه که دشت‌هایی تبخیری با خاک شور و املاح زیاد هستند، سبب شده‌اند کیفیت آب هنگام جریان پایه املاح زیادی داشته باشد. بنابراین مطابق شکل (۳)، از ابتدای مخروط افکنه به سمت نواحی مرکز و خروجی به میزان املاح اضافه می‌شود، به‌شکلی که هدایت الکتریکی چاه‌ها افزایش می‌یابد. طبق نقشه پهنه‌بندی pH منطقه مطالعه‌شده، بیشترین میزان pH به دشت‌های سلطانی و دشتاب مربوط است و وجود سازندهای آهکی در این بخش منطقه از دلایل آن است. از سویی، بیشترین میزان باقیمانده املاح جامد در بخش‌های جنوبی دشت دولت‌آباد است که از دلایل اصلی آن، وجود رسوبات ریزدانه در این بخش از حوزه است. در کل، مقدار پارامترهای محاسبه‌شده به سمت مرکز و جنوب منطقه مطالعه‌شده افزایش می‌یابد (شکل ۳).





شکل - ۳. نقشه توزیع فضایی پارامترهای اندازه‌گیری شده

## نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر، افزایش تقاضا و به تبع آن افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی مشکلات زیست‌محیطی بسیاری را در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایجاد کرده است. به طور طبیعی، محدودیت منابع آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک باعث کاهش کمی و کیفی منابع آب و خاک می‌شود. بنابراین، پایداری منابع آب از دو جنبه کیفی و کمی بررسی می‌شود (فلاح و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۶۲).

در پژوهش حاضر، کیفیت منابع آب زیرزمینی بخش‌های مختلف استان کرمان بررسی شد. نتایج پژوهش نشان می‌دهند که بر اساس شاخص‌های EC، TDS، Cl، SO<sub>4</sub>، Mg، Na، SAR و TH، منابع آب زیرزمینی بخش‌های مطالعه‌شده در دو گروه متفاوت قرار می‌گیرند: گروه اول شامل بخش‌های دولت‌آباد و دشتاب و گروه دوم شامل بخش‌های صوغان و سلطانی و کیفیت منابع آب زیرزمینی دو گروه بر اساس شاخص‌های یادشده تفاوت معناداری دارد. همچنین، بر اساس شاخص Ca، منابع آب زیرزمینی بخش‌های مطالعه‌شده در سه گروه مختلف قرار می‌گیرند: گروه اول شامل بخش‌های سلطانی و صوغان، گروه دوم شامل بخش دولت‌آباد و گروه سوم شامل بخش دشتاب. از نظر شاخص HCO<sub>3</sub>، تفاوت معناداری در کیفیت منابع آب زیرزمینی مناطق مطالعه‌شده مشاهده نمی‌شود و قرارگرفتن همه بخش‌ها در یک گروه، مؤید آن است. همچنین، آزمون آنالیز همبستگی بین شاخص‌های مختلف سنجش کیفیت منابع آب زیرزمینی در مناطق مطالعه‌شده، بیشترین میزان همبستگی را در سطح احتمال یک درصد بین شاخص‌های pH و سطح آب زیرزمینی نشان می‌دهد. بررسی‌های انجام‌شده در منطقه مطالعه‌شده نشان می‌دهند که حداکثر ارتفاع کوه‌های شمال دشت، ۳۸۴۵ متر (کوه خبر) و حداکثر ارتفاع ارتفاعات جنوبی، ۱۵۶۱ متر است؛ از این رو، ارتفاعات شمالی سرچشمه ریزش‌های جوی بیشتری هستند و نقش مهم تری در تغذیه سفره آب زیرزمینی دشت مدنظر دارند. گسل‌هایی سبب اوج‌گیری این کوه‌ها شده‌اند که به شکل دسته گسل یا سیستم گسلی در محدوده بین دشت و کوه وجود دارند. بیشتر این گسل‌ها، بسیار جوان و از نوع معکوس هستند و باید آن‌ها را از نوع فعال در نظر گرفت. از نظر آب‌شناسی، این گسل‌ها نقش بسیار مهمی در تغذیه دشت‌های دولت‌آباد و صوغان ایفا می‌کنند؛ به این ترتیب که آب‌هایی که در مناطق کوهستانی اطراف دشت در سنگ‌ها نفوذ می‌کنند از طریق این سطوح گسلی به عمق می‌روند و سرانجام توسط گسل‌های پنهان حاشیه دشت به داخل سفره آب زیرزمینی تزریق می‌شوند. وجود دو گنبد نمکی و چشمه آب گرم در منطقه که ترکیبات گوگردی زیادی دارد و نیز ماهیت دشت‌های داخل حوزه که دشت‌هایی تبخیری با خاک شور و املاح زیاد هستند، موجب شده‌اند کیفیت آب هنگام جریان پایه دارای املاح زیادی باشد. به طور کلی، از ابتدای مخروط افکنه به سمت نواحی مرکز و خروجی به میزان املاح اضافه می‌شود به شکلی که هدایت الکتریکی چاه‌ها از ۳۹۵ تا ۸۱۶۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر متغیر است.

## سپاسگزاری

از سازمان آب منطقه‌ای استان کرمان سپاسگزاری می‌شود که داده‌های کمی و کیفی آن سازمان را برای انجام پژوهش حاضر در اختیار گذاشته است.

## منابع

- ۱- اوسطی، خالد، نحوی‌نیا، محمدجواد (۱۳۹۵)، تغییرات مکانی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت بیرجند از نظر مصارف کشاورزی، محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۲، شماره ۱، صص ۲۵-۳۶.
- ۲- بریم‌نژاد، ولی (۱۳۸۳)، تحلیل پایداری در مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی با استفاده از برنامه ریزی کسری، مطالعه موردی: استان کرمان، مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۶۳، صص ۱۶-۲.
- ۳- حیدری علمدارلو، اسماعیل، اکرامی، محمد، نسب‌پور، سحر (۱۳۹۴)، بررسی زمانی و مکانی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت یزد- اردکان با استفاده از زمین‌آمار، پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، شماره ۶، صص ۷۰-۶۳.
- ۴- خواجه، محمد، بذرافشان، ام‌البنین، وقار فرد، حسن، اسماعیل‌پور، یحیی (۱۳۹۳)، بررسی کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی در دشت پریشان، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، شماره ۴، صص ۹۶-۷۱.
- ۵- دشتی برمکی، مجید، رضایی، محسن، صابری نصر، امیر (۱۳۹۳)، ارزیابی شاخص کیفیت آب زیرزمینی در آبخوان لنجان‌ات با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، زمین‌شناسی مهندسی، شماره ۲، صص ۲۱۳۸-۲۱۲۱.
- ۶- زینالی، بتول، فریدپور، مجتبی، اصغری سراسکانرود، صیاد (۱۳۹۵)، بررسی تأثیر خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی بر ویژگی‌های کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت مرند)، مدیریت حوزه آبخیز، سال ۷، شماره ۱۴، صص ۱۸۷-۱۷۷.
- ۷- زهتابیان، غلامرضا، جان‌فزا، علی، محمدعسکری، حمید، نعمت‌الهی، محمدجواد (۱۳۸۹)، مدل‌سازی توزیع مکانی برخی از خصوصیات شیمیایی آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گرمسار)، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، شماره (۱) ۱۷، صص ۷۳-۶۱.
- ۸- شاهی‌دشت، علیرضا، عباس‌نژاد، احمد (۱۳۸۹)، مدیریت منابع آبی، چالش‌ها و راهکارها (مطالعه موردی: استان کرمان)، چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، زاهدان، صص ۱۳-۱.
- ۹- صاحب‌جلال، احسان، دهقانی، فرهاد، طباطبایی‌زاده، منیرالسادات (۱۳۹۲)، تغییرات زمانی و مکانی شاخص‌های کیفی آب‌های زیرزمینی با استفاده از روش زمین‌آماري کریجینگ (مطالعه موردی: دشت بهادران مهریز)، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، شماره ۶۵، صص ۶۱-۵۱.
- ۱۰- فلاح، سیف‌الله، قبادی‌نیا، مهدی، شکرگذار دارابی، محسن، قربانی دشتکی، شجاع (۱۳۹۱)، بررسی پایداری منابع آب زیرزمینی دشت داراب استان فارس، پژوهش آب در کشاورزی، شماره ۲، صص ۱۷۲-۱۶۱.
- ۱۱- قاسمی دهنوی، آرتمیس، ساریخانی، رامین، حسینی، سیده‌حدیث، احمدنژاد، زینب (۱۳۹۵)، ارزیابی کیفی و کمی آب‌های سطحی با استفاده از آنالیز آماری در رودخانه ازنا لرستان، محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۲، شماره ۴، صص ۳۰۶-۳۲۱.

۱۲- ملایی توانی، سکینه، گودینی، حاتم، مهرعلی، عزیز، شریفی عرب، غلامعلی، آشوری، شهربانو، علیان نژاد، نسرین (۱۳۹۵)، بررسی وضعیت فعلی کیفیت آب قابل شرب عرضه شده در سیستم توزیع و نقش شرکت آب و فاضلاب و وجود شبکه توزیع در بهبود کیفیت آن (مطالعه موردی: شهرستان شاهرود)، مجله مهندسی بهداشت محیط، سال ۳، شماره ۴، صص ۳۱۱-۲۹۸.

- 13- Bithas, K. (2008), **The sustainable residential water use: Sustainability, efficiency and social equity. The European experience**, Ecological Economics, 68, 221-229.
- 14- Carroll, S., Liu, A., Dawes, L., Hargreaves, M., Goonetilleke, A. (2013), **Role of land use and seasonal factors in water quality degradations**, Water Resources Management, Vol. 27, Issue 9, pp. 3433-3440.
- 15- Demir, Y., Sahin, S., Güler, M., Cemek, B., Günal, H., Arslan, H. (2009), **Spatial variability of depth and salinity of groundwater under irrigated Ustifluents in the Middle Black Sea Region of Turkey**, Environmental Monitoring and Assessment, 158, 279-294.
- 16- Dash, G. P., Sarangi, A., Singh, D. K. (2010), **Spatial variability of groundwater depth and quality parameters in the national capital territory of Delhi**, Environmental Management, Vol. 45, Issue 3, pp. 640-650.
- 17- Dhar, R. K., Zheng, Y., Stute, M, et al. (2008), **Temporal variability of groundwater chemistry in shallow and deep aquifers of Araihaazar, bangladesh**, Journal of contaminat hydrology, 99(1-4): 97-111.
- 18- Elci, A., Gunduz, O., Simsek, C. (2009), **Spatial and temporal assessment of groundwater quality indicators and hydrogeological characterization of a Karstic aquifer in western Turkey**, at: <http://kisi.deu.edu.ir>.
- 19- Fetouani, M., Sbaa, M., Vanclooster, B., Bendra, (2008), **Assessing ground water quality in the irrigated plain of Triffa (northeast Morocco)**, Agricultural Water Management 95.
- 20- Gong G., Mattevada S., O'Bryant S. E. (2014), **Comparison of the accuracy of kriging and IDW interpolations in estimating groundwater arsenic concentrations in Texas**, Environmental Research, 130, 59-69.
- 21- Poyraz, B., Taspinar, F. (2014), **Analysis, Assessment and Principal Component Analysis of Heavy Metals in Drinking Waters of Industrialized Region of Turkey**, International Journal of Environmental Research, 8(4), 1261-1270.





پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی