

## بررسی کیفیت شیمیایی آب شرب روستاهای شهرستان دیواندره با تاکید بر غلظت نترات

افشین ملکی<sup>۱</sup>، هیوا دارایی<sup>۲</sup>، حسن امینی<sup>۳</sup>، پگاه بهمنی<sup>۳</sup>

۱. دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران. (مؤلف مسئول)، تلفن: ۰۸۷۱-۶۶۲۶۹۶۹

maleki43@yahoo.com

۲. مربی، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران.

۳. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، شرکت آب و فاضلاب روستایی استان کردستان، سنندج، ایران

### چکیده

**مقدمه:** امروزه افزایش غلظت ترکیبات مختلف و به ویژه آلاینده در آب‌های طبیعی به خصوص منابع آب زیرزمینی، باعث ایجاد نگرانی‌هایی شده است. نترات به عنوان یکی از شاخص‌های شیمیایی آلودگی آب از دیرباز مورد توجه بوده است. هدف از این مطالعه تعیین خصوصیت شیمیایی آب شرب و تغییرات نترات در آب شرب روستاهای شهرستان دیواندره بود.

**روش بررسی:** این تحقیق، یک مطالعه توصیفی-تحلیلی به منظور تعیین کیفیت آب شرب ۳۰ روستا در شهرستان دیواندره بود. تعداد ۶۰ نمونه طی دو مرحله از منابع تامین آب برداشت شد و طبق روش استاندارد آنالیز گردید. جهت تحلیل نتایج از روش‌های آمار توصیفی، نمودارهای پایپر، شولر و آزمون ویلکاکسون استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که به غیر از نترات در تعدادی از منابع، غلظت سایر پارمترهای کیفی مورد بررسی کمتر از حد مجاز می‌باشد. میانگین غلظت نترات طی مرحله اول نمونه‌برداری (فصل کم آبی) در منابع تامین آب  $25/61 \pm 26/13$  میلی گرم در لیتر بود. به همین ترتیب میانگین غلظت نترات طی مرحله دوم نمونه‌برداری (فصل پر آبی) در منابع تامین آب  $29/80 \pm 28/47$  میلی گرم در لیتر بود. بر اساس نمودار شولر کیفیت آب از لحاظ شرب بین خوب تا متوسط متغیر می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** اگر چه میانگین غلظت نترات در ۸۰ درصد نمونه‌ها از حد استاندارد کشوری کمتر است، اما تداوم روند کنونی به ویژه در بخش فعالیت‌های کشاورزی و استفاده کنترل نشده از منابع آب زیرزمینی در امر کشاورزی سبب تغییر و کاهش کیفیت آب خواهد شد. لذا نظارت بر فعالیتهای کشاورزی و مصرف کود، ضروری به نظر می‌رسد.

**واژه‌های کلیدی:** پایش کیفی آب، منابع آب، شاخص کیفیت آب، نترات

وصول مقاله: ۹۲/۱۰/۷ اصلاحیه نهایی: ۹۲/۱۲/۳ پذیرش: ۹۲/۱۲/۱۰

### مقدمه

منابع آب زیرزمینی بهترین و در اکثر مناطق ایران تنها منبع تامین کننده آب شرب و کشاورزی به حساب می‌آیند. ترکیب شیمیایی منابع آب زیرزمینی تابعی پیچیده از متغیرهای فراوانی از جمله شرایط هیدروژئولوژیکی، تکامل هیدروشیمیایی آب در جهت حرکت آن در مخزن، شرایط و ساختارهای

زمین‌شناسی منطقه، تبخیر از سطح ایستابی و فعالیت‌های انسانی در منطقه است. بنابراین کیفیت آب زیرزمینی به طور عمده توسط دو عامل طبیعی و انسانی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۱). در کنار مباحث کمی و شناسایی سفره‌های آب زیرزمینی مناسب جهت تأمین آب مورد نیاز شرب، کشاورزی و صنعت، موضوع کیفیت آب و مسئله آلودگی این منابع به نترات و سایر عناصر سمی نیز

بایستی مد نظر قرار گیرد که در اکثر موارد ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌باشند.

افزایش غلظت نیترات در منابع آب در سال‌های اخیر به لحاظ افزایش تولید فاضلاب‌ها و گسترش فعالیت‌های کشاورزی و توسعه شهرنشینی رو به افزایش گذاشته است (۲). نیتروژن به اشکال مختلف در طبیعت یافت می‌شود، زیرا می‌تواند حالت‌های اکسیداسیون متفاوتی را به خود بگیرد. در فاضلاب نیتروژن به طور عمده به شکل آلی، آمونیاک و نیترات یافت می‌شود (۳). آب‌ها به طور طبیعی و در صورت عدم آلودگی محتوی مقدار کمتر از یک میلی‌گرم در لیتر نیترات هستند. در نقاط مختلف دنیا در بسیاری از آب‌های زیرزمینی، افزایش مقادیر نیترات به دلیل توسعه فعالیت‌های کشاورزی مشاهده و گزارش شده است. بالا بودن غلظت نیترات در آب، نشان‌دهنده وقوع آلودگی است که گاه منشأ آلودگی میکروبی نیز می‌تواند به دنبال داشته باشد (۴). با این حال متداولترین منبع ورود نیترات به منابع آب شامل؛ کاربرد کود شیمیایی و کودهای حیوانی در کشاورزی، پساب سپتیک تانک‌ها، پساب تصفیه خانه‌های فاضلاب، تجزیه بقایای حیوانی و گیاهی در زمین، دفع غیر بهداشتی مواد زاید جامد و استفاده از چاه‌های جذبی برای دفع فاضلاب است. در بعضی شرایط حتی غلظت‌ها ممکن است به صدها تا هزاران میلی‌گرم در لیتر نیز برسند (۲). به همین دلیل مطالعات زیادی در خصوص بررسی منابع آب و آلودگی آب‌های زیرزمینی در مناطق مختلفی از جهان در حال اجراست. در مطالعه‌ای در منطقه راجستان هند، غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی بین ۷۰ تا ۷۰۰ میلی‌گرم در لیتر گزارش شد (۵). و یا در مطالعه‌ای که در راولپندی پاکستان بر روی ۱۶۹ حلقه چاه انجام شد، نشان داد که غلظت نیترات در ۴۰ درصد از نمونه‌ها بالاتر از حد استاندارد مجاز بوده است (۶). در تحقیق دیگری در سال ۲۰۰۸ دلتای کارشینای هند، اندازه‌گیری مقدار نیترات ۷۹ چاه نشان داد که غلظت نیترات در ۳۹ درصد از چاه‌ها بیشتر از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود (۷). مطالعات بررسی

کیفیت آب زیرزمینی در تعدادی از شهرهای کشور از جمله تهران، اراک و مشهد نشان داده که غلظت نیترات در آب تعدادی از منابع تامین آب بیش از حد استاندارد مجاز بوده است (۸). در مطالعه‌ای که بر روی آب زیرزمینی دشت بهار همدان انجام شد، مشخص گردید که مقدار نیترات بین ۷ تا ۱۲۲ میلی‌گرم در لیتر متغیر است (۹).

آنچه مسلم است برخی از اجزا و آلاینده‌های موجود در آب ممکن است اثرات نامطلوبی همچون سرطان‌زایی، نقص عضو مادرزادی، بیماری‌های قلبی-عروقی، فشار خون و اثر بر سیستم‌های عصبی را به دنبال داشته باشد (۱۱) و (۱۰). نیترات نیز یکی از این عوامل شیمیایی است که می‌تواند سلامت آب شرب را تحت تأثیر قرار دهد و باعث ایجاد عوارض و اثرات سوء بهداشتی در مصرف‌کننده شود (۱۲). نیترات به عنوان آخرین مرحله اکسیداسیون ترکیبات نیتروژن‌دار محسوب می‌شود و به عنوان یکی از شاخص‌های شیمیایی آلودگی آب به فاضلاب‌ها و پسماندهای جامد مورد توجه است (۱۳ و ۱۲). در صورتیکه غلظت نیترات بالاتر از حد استاندارد باشد، مصرف چنین آبی برای کودکان (به خصوص کمتر از ۳ ماه) مخاطره‌آمیز بوده و سبب بروز نوعی بیماری تحت عنوان متهموگلوبینمیا می‌گردد (۱۴ و ۴). همچنین در دستگاه گوارش انسان نیتريت حاصل از احیای نیترات توسط باکتری‌ها با آمین‌های نوع دوم و سوم ترکیب شده و تشکیل نیتروز آمین‌های سرطان‌زا را می‌دهد (۱۵). علاوه بر نوزادان، زنان باردار، افراد مسن و افرادی که دارای اختلال در دستگاه گوارشی از نوع کم بودن خاصیت اسیدی در محیط معده هستند نیز در معرض خطرات دریافت بیش از حد نیترات قرار دارند. نگرانی در مورد وجود یون نیترات در آب‌های زیرزمینی بیش از آن که به دلیل سمیت آن باشد به این دلیل است که این یون شاخص آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌باشد. بر خلاف بسیاری از عامل‌های فیزیکی و شیمیایی که در صورت افزایش غلظت آنها در آب از طریق ایجاد طعم و مزه قابل تشخیص است یون

نیتراحت حتی در غلظت‌های بیش از حد مجاز باعث ایجاد طعم و مزه در آب نمی‌شود (۱۶). لذا توجه به مخاطرات بهداشتی نیتراحت و نیتريت در آب شرب، سازمان جهانی بهداشت مقدار رهنمودی نیتراحت در آب آشامیدنی را ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بر حسب نیتراحت و بر این مبنا یک مقدار رهنمودی مشروط برای نیتريت به میزان ۳ میلی‌گرم در لیتر پیشنهاد نموده است. حداکثر غلظت نیتراحت طبق استاندارد کشور ایران نیز همین مقدار تعریف شده است (۱۷).

لذا با توجه به موارد فوق و از آنجاکه منابع عمده تامین آب شرب روستایی شهرستان دیواندره، منابع آب زیرزمینی بوده و با توجه به گستره فعالیت‌های کشاورزی در منطقه و استفاده از انواع کودها و سموم دفع آفات نباتی و همچنین احتمال آلودگی بعضی از منابع آب زیرزمینی منطقه به نیتراحت، این مطالعه با هدف ارزیابی کیفیت شیمیایی و بررسی مقدار نیتراحت در منابع آب زیرزمینی تعدادی از روستاهای شهرستان دیواندره صورت پذیرفت.

### روش بررسی

این تحقیق یک مطالعه توصیفی-تحلیلی است که با هدف تعیین غلظت پارامترهای شیمیایی در آب آشامیدنی تعدادی از منابع تامین آب شرب روستایی شهرستان دیواندره (۳۰ روستای تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب روستایی استان کردستان) صورت گرفت. جمعیت مورد مطالعه تعدادی از روستاهای دیواندره (۳۰ روستا) است که تحت پوشش شرکت آب و فاضلاب روستایی استان کردستان می‌باشند. پارامترهای فیزیکی و شیمیایی منابع تامین آب شرب روستاهای مورد بررسی با استفاده از مناسبترین تجهیزات آزمایشگاهی تعیین شدند. تعداد ۶۰ نمونه به حجم یک لیتر در طی دو مرحله شامل فصل کم آبی ۱۳۹۱ و فصل پر آبی ۱۳۹۲ بر اساس دستورالعمل موجود در کتاب روش‌های استاندارد برای آزمون‌های آب و فاضلاب برداشت شد (۱۸). در تمام مراحل نمونه‌برداری، نمونه‌ها تحت شرایط استاندارد به آزمایشگاه منتقل و تا زمان انجام

آزمایشات در یخچال نگهداری شدند. پارامترهای کدورت، درجه حرارت نمونه، هدایت الکتریکی و pH بلافاصله و در محل نمونه‌برداری تعیین شدند. در خصوص تعیین سولفات، فسفات، نیتراحت، نیتريت، کلرید، فلوراید، کلسیم و منیزیم از دستگاه یون کروماتوگراف (Metrohm 882 compact IC plus)، سدیم، لیتیم و پتاسیم از دستگاه فلم‌فوتومتر (Jenway PFP 7) استفاده شد. تمام آزمایشات مربوط به متغیرهای مورد نظر طبق روش‌های استاندارد برای انجام آزمایشات آب و فاضلاب (کتاب استاندارد متد ۲۰۰۵) و روش‌های متداول آزمایشگاهی موجود در آزمایشگاه‌های آب و فاضلاب گروه بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کردستان انجام شد (۱۸).

به منظور مقایسه میانگین نتایج دو مرحله اول و دوم از نرم‌افزار SPSS استفاده شد و با توجه به توزیع غیر نرمال داده‌ها از آزمون ناپارامتری ویلکاکسون استفاده شد. برای تعیین همبستگی بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. به منظور شناخت تغییرات کیفی آب زیرزمینی در مناطق مختلف سفره آب زیرزمینی حدوده مطالعاتی نتایج آنالیز شیمیایی در دوره‌های نمونه برداری توسط نرم‌افزار Rock Work مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با استفاده از این نتایج نسبت به تعیین تیپ آب زیرزمینی و ارزیابی آن در مصارف مختلف شرب، کشاورزی و صنعت اقدام گردید. ضمناً به منظور بررسی تغییرات مکانی نیتراحت، نقشه GIS توسط برنامه Arc GIS تهیه شد.

### نتایج

نتایج کیفیت شیمیایی آب، حاصل از آنالیز نمونه‌ها در هر فصل در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. میانگین غلظت نیتراحت طی مرحله اول نمونه‌برداری (فصل کم آبی) در منابع تامین آب  $25/61 \pm 26/13$  میلی‌گرم در لیتر است، که کمترین آن مربوط به روستای زرینه با مقدار  $0/526$

میلی گرم در لیتر و بیشترین غلظت مربوط به روستای قلعه روتله با مقدار ۱۱۳/۶۵ میلی گرم در لیتر است. به همین ترتیب میانگین غلظت نیترات طی مرحله دوم نمونه برداری (فصل پر آبی) در منابع تامین آب  $29/80 \pm 28/47$  میلی گرم در لیتر است، که کمترین آن مربوط به روستای دوزخ دره با مقدار ۱/۵ میلی گرم در لیتر و بیشترین غلظت مربوط به روستای قلعه روتله با مقدار ۱۲۹/۸۵ میلی گرم در لیتر است. شکل ۱ نمودار پایپر نمونه های آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه در طی دو مرحله بررسی و شکل ۲ نقشه هم

غلظت نیترات را در طی دو مرحله نمونه برداری نشان می دهد. جدول ۳ بر اساس نمودارهای شولر نمونه های آب روستاهای مورد مطالعه در دو مقطع زمانی بدست آمده و نشان دهنده وضعیت آب از لحاظ شرب است. مقدار ضرایب همبستگی بین یونها با کمک آزمون پیرسون محاسبه و نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است. مطابق با آزمون ویلکاکسون به منظور مقایسه غلظت نیترات در طی دو مرحله بررسی، مقدار ضریب Z و p به ترتیب برابر ۲/۵۶- و ۰/۰۱ بدست آمد.

جدول ۱- کیفیت شیمیایی آب روستاهای مورد مطالعه در فصل کم آبی

| ردیف          | روستا        | کلسیم (mg L <sup>-1</sup> ) | منیزیم (mg L <sup>-1</sup> ) | سدیم (mg L <sup>-1</sup> ) | نتاسیم (mg L <sup>-1</sup> ) | کلرید (mg L <sup>-1</sup> ) | فلوراید (mg L <sup>-1</sup> ) | سولفات (mg L <sup>-1</sup> ) | نیترات (mg L <sup>-1</sup> ) | pH      | رسانایی الکتریکی (μS cm <sup>-1</sup> ) | کل جامدات محلول (mg L <sup>-1</sup> ) | سختی کل (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> ) | قلیابیت کل (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> ) |
|---------------|--------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------|-----------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| ۱             | حیدریدمه بان | ۱۲۲                         | ۲۲/۳                         | ۳۵                         | ۸                            | ۲۷/۱۶۹                      | ۰/۳۶۸                         | ۱۷/۲۵۲                       | ۵۱/۴۴۲                       | ۷/۲۲    | ۱۰۵۰                                    | ۶۹۰                                   | ۳۹۲                                             | ۳۴۱                                                |
| ۲             | کانی چای     | ۷۳/۵                        | ۴/۸۶                         | ۱۲                         | ۰/۴                          | ۲/۹۹۴                       | ۰/۲۶۷                         | ۶/۳۱۲                        | ۶۲/۷۶۰                       | ۷/۵۱    | ۵۱۰                                     | ۳۵۰                                   | ۲۰۰                                             | ۱۵۶                                                |
| ۳             | کسن نزان     | ۸۱/۶                        | ۱۴/۶                         | ۱۶                         | ۰/۳                          | ۱۳/۱۳۷                      | ۰/۲۸۰                         | ۶/۰۶۱                        | ۳۹/۷۳۹                       | ۷/۶۲    | ۶۵۰                                     | ۴۵۲                                   | ۲۶۰                                             | ۲۳۵                                                |
| ۴             | زوبینه       | ۹۷/۸                        | ۲۴/۳                         | ۵۰                         | ۰/۹                          | ۲۵/۴۱۰                      | ۰/۲۵۰                         | ۲۵/۷۱۰                       | ۰/۵۲۶                        | ۷/۰۵    | ۹۹۰                                     | ۶۵۱                                   | ۳۴۰                                             | ۳۴۸                                                |
| ۵             | کلکان        | ۱۱۷/۵                       | ۱۷/۵                         | ۴۵                         | ۲۲/۸                         | ۴۰/۴۷۵                      | ۰/۲۱۴                         | ۷۹/۱۲۷                       | ۵۱/۱۰۵                       | ۷/۳۸    | ۱۰۷۰                                    | ۷۱۰                                   | ۳۶۰                                             | ۲۷۸                                                |
| ۶             | کانی سفید    | ۸۱/۶                        | ۱۱/۷                         | ۲۱                         | ۰/۲                          | ۷/۷۹۸                       | ۰/۲۲۱                         | ۹/۷۷۷                        | ۶۵/۸۰۰                       | ۷/۵     | ۶۴۵                                     | ۴۴۰                                   | ۲۴۸                                             | ۱۹۵                                                |
| ۷             | قلعه روتله   | ۱۳۱                         | ۱۹/۵                         | ۲۲                         | ۳/۹                          | ۳۸/۵۲۶                      | ۰/۱۸۸                         | ۲۵/۴۹۳                       | ۱۱۳/۶۵۰                      | ۷/۲۶    | ۱۰۰۶                                    | ۷۱۰                                   | ۴۰۰                                             | ۲۹۵                                                |
| ۸             | گاوشله       | ۱۰۶                         | ۲۱/۴                         | ۴۸                         | ۳/۷                          | ۲۸/۸۸۱                      | ۰/۱۸۷                         | ۲۰/۵۵۹                       | ۵/۳۲۹                        | ۷/۳۸    | ۱۰۱۰                                    | ۶۶۰                                   | ۳۴۸                                             | ۳۵۲                                                |
| ۹             | دره اسب      | ۱۰۶                         | ۲۵                           | ۷۸                         | ۴/۷                          | ۷۵/۲۲۹                      | ۰/۲۹۹                         | ۴۹/۳۹۰                       | ۱۳/۴۳۵                       | ۷/۸     | ۱۱۸۰                                    | ۷۷۱                                   | ۳۶۲                                             | ۳۴۴                                                |
| ۱۰            | جعفر آباد    | ۱۰۴                         | ۲۱/۴                         | ۳۹                         | ۲                            | ۱۸/۸۶۰                      | ۰/۳۲۴                         | ۱۹/۵۱۲                       | ۵/۷۳۸                        | ۷/۳     | ۹۴۰                                     | ۶۳۱                                   | ۳۴۸                                             | ۳۵۲                                                |
| ۱۱            | رشید آباد    | ۹۴/۶                        | ۹/۷                          | ۱۵                         | ۳/۱                          | ۴/۶۰۶                       | ۰/۲۶۷                         | ۲۰/۱۸۵                       | ۶۱/۴۷۸                       | ۷/۴۵    | ۶۸۲                                     | ۴۶۰                                   | ۲۷۲                                             | ۲۱۰                                                |
| ۱۲            | کوله         | ۱۰۴                         | ۱۸/۵                         | ۳۴                         | ۳/۵                          | ۱۶/۳۷۵                      | ۰/۲۴۰                         | ۴۱/۲۳۰                       | ۶/۲۱۴                        | ۷/۸۱    | ۹۰۱                                     | ۶۰۰                                   | ۳۳۲                                             | ۳۱۰                                                |
| ۱۳            | قنجر         | ۸۳/۲                        | ۱۰/۷                         | ۲۲                         | ۰/۷                          | ۵/۲۳۳                       | ۰/۳۰۶                         | ۷/۲۳۱                        | ۲۹/۱۱۰                       | ۷/۹۸    | ۶۴۷                                     | ۴۴۰                                   | ۲۴۸                                             | ۲۳۴                                                |
| ۱۴            | کچک          | ۱۱۱                         | ۶/۸                          | ۱۹                         | ۰/۴                          | ۲/۶۰۲                       | ۰/۲۶۷                         | ۹/۶۳۸                        | ۵/۸۳۳                        | ۷/۴۴    | ۷۳۱                                     | ۴۹۰                                   | ۳۰۰                                             | ۲۸۷                                                |
| ۱۵            | کول          | ۶۵/۳                        | ۱۶/۵                         | ۱۱                         | ۱/۳                          | ۲/۴۶۷                       | ۰/۱۳۹                         | ۸/۴۹۷                        | ۵/۵۴۹                        | ۷/۸۷    | ۵۵۸                                     | ۳۷۱                                   | ۲۲۸                                             | ۲۱۷                                                |
| ۱۶            | دوزخ دره     | ۵۷                          | ۴/۹                          | ۹                          | ۰/۵                          | ۱/۰۲۸                       | ۰/۱۴۲                         | ۵/۶۶۷                        | ۳/۱۴۰                        | ۷/۹۹    | ۳۹۶                                     | ۲۶۱                                   | ۱۶۰                                             | ۱۵۵                                                |
| ۱۷            | قرل بلاغ     | ۶۵                          | ۹/۷                          | ۹                          | ۰/۶                          | ۱/۴۹۰                       | ۰/۱۳۸                         | ۶/۴۴۵                        | ۲/۹۲۳                        | ۸/۰۴    | ۴۸۰                                     | ۳۳۵                                   | ۲۰۰                                             | ۱۹۳                                                |
| ۱۸            | هزار کاتیان  | ۸۹/۷                        | ۴/۹                          | ۱۸                         | ۳/۲                          | ۱۴/۹۴۷                      | ۰/۱۴۳                         | ۱۷/۲۱۴                       | ۳/۷۳۹                        | ۷/۹     | ۶۲۲                                     | ۴۱۵                                   | ۲۴۰                                             | ۲۲۱                                                |
| ۱۹            | زاغه علیا    | ۹۷/۸                        | ۱۹/۵                         | ۱۶                         | ۲/۸                          | ۶/۸۰۶                       | ۰/۱۶۸                         | ۱۷/۰۸۱                       | ۱۰/۸۴۲                       | ۷/۸۵    | ۷۸۹                                     | ۵۳۰                                   | ۳۲۰                                             | ۲۹۵                                                |
| ۲۰            | زاغه سفلی    | ۱۰۱                         | ۲۳/۳                         | ۱۹                         | ۱                            | ۹/۶۵۲                       | ۰/۲۲۹                         | ۱۳/۳۵۱                       | ۱۰/۳۱۱                       | ۷/۹۳    | ۸۵۱                                     | ۵۵۹                                   | ۳۴۴                                             | ۳۲۰                                                |
| ۲۱            | نساره علیا   | ۸۳/۲                        | ۲۲/۳                         | ۴۲                         | ۳/۴                          | ۲۵/۴۵۷                      | ۰/۲۵۸                         | ۲۷/۶۸۷                       | ۲۰/۵۱۶                       | ۷/۸     | ۸۶۲                                     | ۵۶۵                                   | ۲۹۶                                             | ۲۷۵                                                |
| ۲۲            | قلعه ریحانه  | ۷۶/۷                        | ۲۲/۳                         | ۱۰                         | ۰/۳                          | ۱۲/۵۲۶                      | ۰/۱۵۶                         | ۱۷/۹۳۲                       | ۴۶/۵۱۱                       | ۷/۸     | ۶۶۹                                     | ۴۳۳                                   | ۲۸۰                                             | ۲۰۷                                                |
| ۲۳            | کهریزه       | ۱۰۶                         | ۴/۹                          | ۳۲                         | ۰/۲                          | ۵/۲۰۳                       | ۰/۳۵۶                         | ۳/۵۳۲                        | ۲۷/۱۱۲                       | ۷/۸۹    | ۷۷۱                                     | ۵۳۱                                   | ۲۸۰                                             | ۲۸۹                                                |
| ۲۴            | سر قلعه      | ۴۹                          | ۱۴/۶                         | ۴۸                         | ۰/۹                          | ۴/۲۸۲                       | ۰/۲۳۸                         | ۱۰/۰۳۹                       | ۲۳/۴۹۹                       | ۸       | ۶۲۵                                     | ۴۲۲                                   | ۱۸۰                                             | ۲۲۶                                                |
| ۲۵            | برکه         | ۶۸/۵                        | ۱۲/۶                         | ۴۴                         | ۰/۴                          | ۵/۸۰۹                       | ۰/۳۵۴                         | ۱۰/۱۴۹                       | ۲۶/۶۲۷                       | ۷/۹     | ۶۸۹                                     | ۴۷۱                                   | ۲۲۰                                             | ۲۵۰                                                |
| ۲۶            | آغا جری      | ۴۹                          | ۱۴/۶                         | ۴۷                         | ۱/۱                          | ۴/۸۲۱                       | ۰/۳۱۷                         | ۶/۲۲۶                        | ۲۰/۴۰۴                       | ۸/۱     | ۶۸۵                                     | ۴۶۵                                   | ۲۸۰                                             | ۲۸۰                                                |
| ۲۷            | باغچه        | ۱۰۶                         | ۲۱/۴                         | ۷۸                         | ۱/۸                          | ۱۹/۳۳۵                      | ۰/۲۳۴                         | ۳۵/۵۷۰                       | ۱۷/۳۵۲                       | ۷/۸۵    | ۱۱۴۰                                    | ۷۸۲                                   | ۳۴۸                                             | ۴۲۰                                                |
| ۲۸            | دالان        | ۱۰۳                         | ۱۹/۵                         | ۸۳                         | ۵                            | ۳۰/۲۱۸                      | ۰/۲۳۶                         | ۷۱/۰۵۴                       | ۱۴/۸۹۴                       | ۷/۸۱    | ۱۱۴۵                                    | ۷۸۴                                   | ۳۳۲                                             | ۳۴۹                                                |
| ۲۹            | احمد آباد    | ۸۱/۶                        | ۱۲/۶                         | ۲۱                         | ۰/۶                          | ۶/۲۷۳                       | ۰/۳۱۳                         | ۹/۹۲۱                        | ۲۱/۳۳۷                       | ۷/۹     | ۶۶۲                                     | ۴۴۹                                   | ۲۵۲                                             | ۲۴۷                                                |
| ۳۰            | آله دره علیا | ۵۲                          | ۱۹/۵                         | ۱۱                         | ۰/۳                          | ۳/۳۳۸                       | ۰/۱۶۹                         | ۱۴/۲۲۸                       | ۱۷/۲۰۱                       | ۷/۹     | ۵۱۱                                     | ۳۲۴                                   | ۲۰۸                                             | ۱۸۰                                                |
| استاندارد ملی | حداکثر مطلوب | ۳۰۰                         | ۳۰                           | ۲۰۰                        | -                            | ۲۵۰                         | ۰/۵-۱/۵                       | ۲۵۰                          | -                            | ۸/۵-۶/۵ | -                                       | ۱۰۰۰                                  | ۲۰۰                                             | -                                                  |
|               | حداکثر مجاز  | -                           | -                            | ۲۰۰                        | -                            | ۴۰۰                         | ۱/۵                           | ۴۰۰                          | ۵۰                           | ۹-۶/۵   | -                                       | ۱۵۰۰                                  | ۵۰۰                                             | -                                                  |

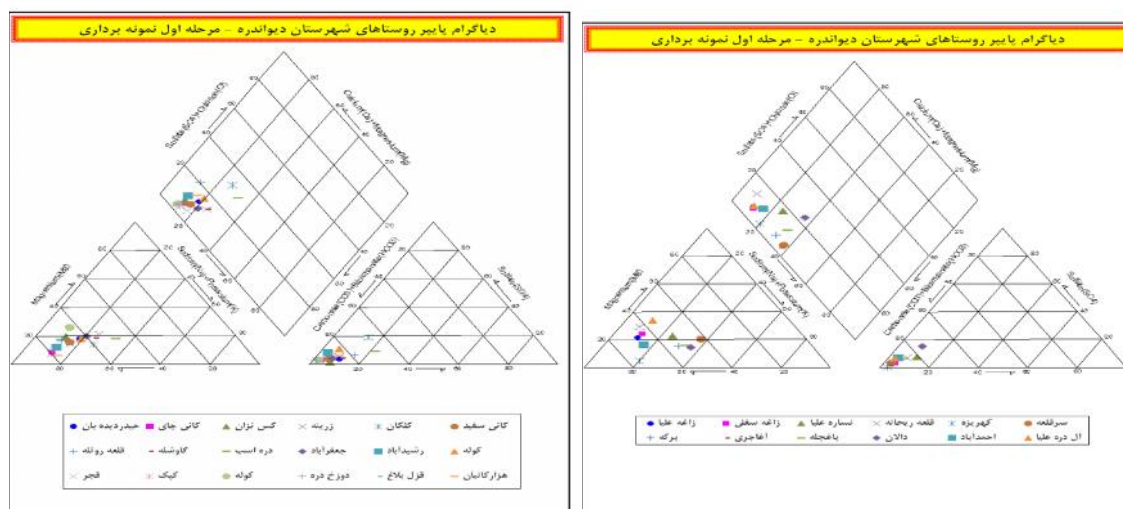
جدول ۲- کیفیت شیمیایی آب روستاهای مورد مطالعه در فصل پر آبی

| ردیف             | روستا           | کلسیم<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | منیزیم<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | سدیم<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | پتاسیم<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | کلرید<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | فلوراید<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | سولفات<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | نترات<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | pH          | رسانایی<br>الکتریکی<br>(μS cm <sup>-1</sup> ) | کل<br>جامدات<br>محلول<br>(mg L <sup>-1</sup> ) | سختی کل<br>(mg L <sup>-1</sup><br>CaCO <sub>3</sub> ) | قلیائیت<br>کل<br>(mg L <sup>-1</sup><br>CaCO <sub>3</sub> ) |
|------------------|-----------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| ۱                | حیدریدبان       | ۸۹/۸                           | ۱۹/۴                            | ۳۳                            | ۷                               | ۱۷/۸۲                          | ۰/۷۳۰                            | ۲۴/۰۹                           | ۵۵/۱                           | ۷/۹۱        | ۸۳۶                                           | ۵۶۰                                            | ۳۰۰                                                   | ۲۸۶                                                         |
| ۲                | کانی چای        | ۴۹/۸                           | ۴/۸                             | ۱۲                            | ۰/۲                             | ۲/۸۸                           | ۰/۶۱۳                            | ۶/۳۵                            | ۷۲/۴۸                          | ۷/۸۹        | ۳۹۹                                           | ۲۷۵                                            | ۱۴۴                                                   | ۱۱۵                                                         |
| ۳                | کسن نزان        | ۷۱/۸                           | ۱۴/۶                            | ۱۶                            | ۰/۲                             | ۱۳/۴۱۹                         | ۰/۵۳۹                            | ۱۱/۰۷                           | ۴۶/۴۶                          | ۷/۸۱        | ۵۹۹                                           | ۴۰۵                                            | ۲۳۶                                                   | ۱۹۵                                                         |
| ۴                | زورینه          | ۹۰/۲                           | ۲۱/۷                            | ۴۷                            | ۱                               | ۲۶/۵۴                          | ۰/۳۵۷                            | ۲۶/۶۶                           | ۲/۶۶                           | ۷/۰۵        | ۹۱۳                                           | ۶۰۲                                            | ۳۱۰                                                   | ۳۱۳                                                         |
| ۵                | کلکان           | ۱۲۵/۷                          | ۱۷                              | ۳۷                            | ۱۳/۴                            | ۳۰/۵۸                          | ۰/۵۳۶                            | ۷۰/۰۰                           | ۶۱/۴۵                          | ۷/۵۶        | ۱۰۵۱                                          | ۷۰۴                                            | ۳۰۸                                                   | ۲۸۴                                                         |
| ۶                | کانی سفید       | ۵۶/۷                           | ۱۶/۸                            | ۱۶                            | ۰/۲                             | ۹/۴۷                           | ۰/۴۷۱                            | ۸/۵۹                            | ۷۸/۴۸                          | ۷/۶۱        | ۵۲۸                                           | ۳۵۵                                            | ۲۰۴                                                   | ۱۴۶                                                         |
| ۷                | قلعه روتله      | ۱۰۰                            | ۲۱/۱                            | ۲۴                            | ۵/۷                             | ۳۴/۵۷                          | ۰/۴۰۴                            | ۳۶/۲۴                           | ۱۲۹/۸۵                         | ۷/۷۲        | ۸۶۹                                           | ۵۸۵                                            | ۳۳۶                                                   | ۱۶۷                                                         |
| ۸                | گاوشله          | ۸۹                             | ۱۷                              | ۴۱                            | ۳/۲                             | ۲۱/۴۶                          | ۰/۳۹۰                            | ۲۰/۹۵                           | ۴/۹۹                           | ۷/۷۵        | ۸۴۵                                           | ۵۶۶                                            | ۲۸۸                                                   | ۳۰۳                                                         |
| ۹                | دوره اسب        | ۱۰۰                            | ۱۷                              | ۶۴                            | ۴                               | ۵۶                             | ۰/۴۶۱                            | ۳۳/۸۹                           | ۴/۷۱                           | ۷/۸۱        | ۱۰۱۲                                          | ۶۸۰                                            | ۳۱۵                                                   | ۳۲۸                                                         |
| ۱۰               | جعفر آباد       | ۱۰۲                            | ۱۹/۹                            | ۳۸                            | ۱/۸                             | ۲۰/۷۶                          | ۰/۴۸۳                            | ۱۳/۱۱                           | ۷/۸۰                           | ۷/۹۰        | ۹۲۴                                           | ۶۱۹                                            | ۳۳۲                                                   | ۳۳۶                                                         |
| ۱۱               | رشید آباد       | ۹۲/۲                           | ۸/۷                             | ۱۴                            | ۲/۷                             | ۵/۵۵                           | ۰/۴۱۵                            | ۲۲/۱۱                           | ۶۵/۲۵                          | ۷/۱۵        | ۶۴۹                                           | ۴۳۵                                            | ۲۶۱                                                   | ۱۸۸                                                         |
| ۱۲               | کوله            | ۷۱/۸                           | ۱۷/۵                            | ۳۴                            | ۲/۵                             | ۱۷/۰۱                          | ۰/۴۳۸                            | ۲۵/۱۸                           | ۳/۷۴                           | ۷/۷۱        | ۷۱۵                                           | ۴۷۴                                            | ۲۴۸                                                   | ۲۵۴                                                         |
| ۱۳               | قجر             | ۶۲/۸                           | ۱۶                              | ۲۶                            | ۰/۷                             | ۴/۸۱                           | ۰/۳۹۵                            | ۱۱/۵۰                           | ۲۰/۰۱                          | ۸/۱۱        | ۶۱۲                                           | ۴۱۱                                            | ۲۲۰                                                   | ۲۲۱                                                         |
| ۱۴               | کپک             | ۶۴/۴                           | ۱۷                              | ۲۳                            | ۰/۴                             | ۶/۲۲                           | ۰/۳۵۱                            | ۱۵/۰۳                           | ۳/۹۷                           | ۷/۹۷        | ۶۱۶                                           | ۴۱۲                                            | ۲۲۸                                                   | ۲۳۰                                                         |
| ۱۵               | کول             | ۶۶/۵                           | ۸/۵                             | ۱۰                            | ۰/۴                             | ۲/۳۰                           | ۰/۴۱۱                            | ۶/۴۱                            | ۶/۱۱                           | ۷/۹۱        | ۴۹۴                                           | ۳۳۶                                            | ۱۹۸                                                   | ۱۹۷                                                         |
| ۱۶               | دوزخ دره        | ۵۳                             | ۹/۷                             | ۸                             | ۰/۳                             | ۱/۵۲                           | ۰/۴۰۹                            | ۴/۷۹                            | ۱/۵۰                           | ۷/۸۰        | ۴۰۸                                           | ۲۷۶                                            | ۱۷۰                                                   | ۱۶۴                                                         |
| ۱۷               | قزل باغ         | ۶۴                             | ۹/۲                             | ۸                             | ۰/۷                             | ۲/۵۱                           | ۰/۲۸۵                            | ۷/۸۹                            | ۵/۸۵                           | ۷/۶         | ۴۷۵                                           | ۳۱۸                                            | ۱۹۵                                                   | ۱۸۱                                                         |
| ۱۸               | هزار کانیان     | ۷۱/۴                           | ۱۵/۸                            | ۱۶                            | ۳/۱                             | ۱۳/۵                           | ۰/۳۰۱                            | ۱۶/۳۰                           | ۵/۹۴                           | ۷/۸۵        | ۶۱۴                                           | ۴۱۱                                            | ۲۴۰                                                   | ۲۱۷                                                         |
| ۱۹               | زاغه علیا       | ۱۰۲                            | ۱۴/۶                            | ۱۶                            | ۲/۲                             | ۸/۷۳                           | ۰/۲۴۴                            | ۱۱/۲۴                           | ۷/۳۸                           | ۷/۷۰        | ۷۷۱                                           | ۵۲۰                                            | ۳۱۰                                                   | ۲۹۱                                                         |
| ۲۰               | زاغه سفلی       | ۱۰۰                            | ۱۸/۲                            | ۲۴                            | ۱/۲                             | ۱۱/۰۸                          | ۰/۴۰۳                            | ۱۲/۲۱                           | ۸/۵۶                           | ۷/۸۱        | ۸۲۱                                           | ۵۴۹                                            | ۳۲۰                                                   | ۳۱۰                                                         |
| ۲۱               | نساره علیا      | ۷۳/۸                           | ۱۳/۳                            | ۴۷                            | ۴                               | ۲۱/۲۲                          | ۰/۴۰۰                            | ۲۸/۹۱                           | ۲۴/۷۰                          | ۷/۶۲        | ۷۵۱                                           | ۵۰۳                                            | ۲۳۶                                                   | ۲۳۳                                                         |
| ۲۲               | قلعه ریحانه     | ۷۲                             | ۲۱                              | ۹                             | ۰/۷                             | ۱۱/۵۱                          | ۰/۲۴۴                            | ۲۰/۱۲                           | ۵۳/۲۴                          | ۷/۷         | ۶۲۷                                           | ۴۲۰                                            | ۲۶۳                                                   | ۱۸۹                                                         |
| ۲۳               | کهریزه          | ۶۸/۵                           | ۱۶/۴                            | ۳۵                            | ۰/۱                             | ۵/۸۵                           | ۰/۳۶۵                            | ۱۱/۱۳                           | ۲۹/۱۴۹                         | ۷/۵۱        | ۶۶۹                                           | ۴۵۵                                            | ۲۲۸                                                   | ۲۴۵                                                         |
| ۲۴               | سرقلعه          | ۴۵                             | ۱۰                              | ۳۹                            | ۰/۹                             | ۴/۱۱                           | ۰/۵۴۱                            | ۱۱/۲۶                           | ۲۳/۱۰                          | ۸/۱         | ۵۱۷                                           | ۳۵۱                                            | ۱۵۱                                                   | ۱۸۴                                                         |
| ۲۵               | برکه            | ۶۳/۲                           | ۱۰/۹                            | ۴۰                            | ۰/۴                             | ۶/۴۹                           | ۰/۴۸۲                            | ۹/۱۵                            | ۲۸/۹۳                          | ۷/۹۱        | ۶۲۵                                           | ۴۲۵                                            | ۲۰۰                                                   | ۲۲۸                                                         |
| ۲۶               | آغاجری          | ۴۶                             | ۱۲/۱۵                           | ۵۳                            | ۱                               | ۵/۰۰                           | ۰/۴۵۵                            | ۵/۳۹                            | ۲۲/۰۰                          | ۷/۸         | ۶۱۵                                           | ۴۲۰                                            | ۱۶۳                                                   | ۲۲۷                                                         |
| ۲۷               | باغچله          | ۶۹/۷                           | ۱۹/۴                            | ۷۷                            | ۱/۲                             | ۱۴/۷۶                          | ۰/۴۵۸                            | ۴۶/۲۱                           | ۲۰/۵۰                          | ۷/۷۰        | ۹۲۰                                           | ۶۱۶                                            | ۳۰۰                                                   | ۳۰۱                                                         |
| ۲۸               | دالان           | ۹۹/۵                           | ۱۸/۵                            | ۸۰                            | ۴/۱                             | ۲۳/۲۲                          | ۰/۴۹۰                            | ۸۲/۲۲                           | ۱۶/۶۲                          | ۷/۷۲        | ۱۱۰۰                                          | ۷۳۷                                            | ۳۲۰                                                   | ۳۲۸                                                         |
| ۲۹               | احمد آباد       | ۶۳/۲                           | ۱۰/۹                            | ۱۸                            | ۰/۲                             | ۲/۳۵                           | ۰/۲۹۶                            | ۷/۲۰                            | ۲۳/۶۷                          | ۸/۱۴        | ۵۲۸                                           | ۳۵۴                                            | ۲۰۰                                                   | ۱۹۴                                                         |
| ۳۰               | آله دره علیا    | ۴۹                             | ۹/۷                             | ۱۲                            | ۰/۲                             | ۲/۳۵                           | ۰/۴۰۶                            | ۱۲/۰۰                           | ۲۰/۰۰                          | ۷/۸۵        | ۴۰۹                                           | ۲۷۵                                            | ۱۶۰                                                   | ۱۳۹                                                         |
| استاندارد<br>ملی | حداکثر<br>مطلوب | ۳۰۰                            | ۳۰                              | ۲۰۰                           | -                               | ۲۵۰                            | -۱/۵<br>۰/۵                      | ۲۵۰                             | -                              | -۸/۵<br>۶/۵ | -                                             | ۱۰۰۰                                           | ۲۰۰                                                   | -                                                           |
|                  | حداکثر<br>مجاز  | -                              | -                               | ۲۰۰                           | -                               | ۴۰۰                            | ۱/۵                              | ۴۰۰                             | ۵۰                             | -۹<br>۶/۵   | -                                             | ۱۵۰۰                                           | ۵۰۰                                                   | -                                                           |

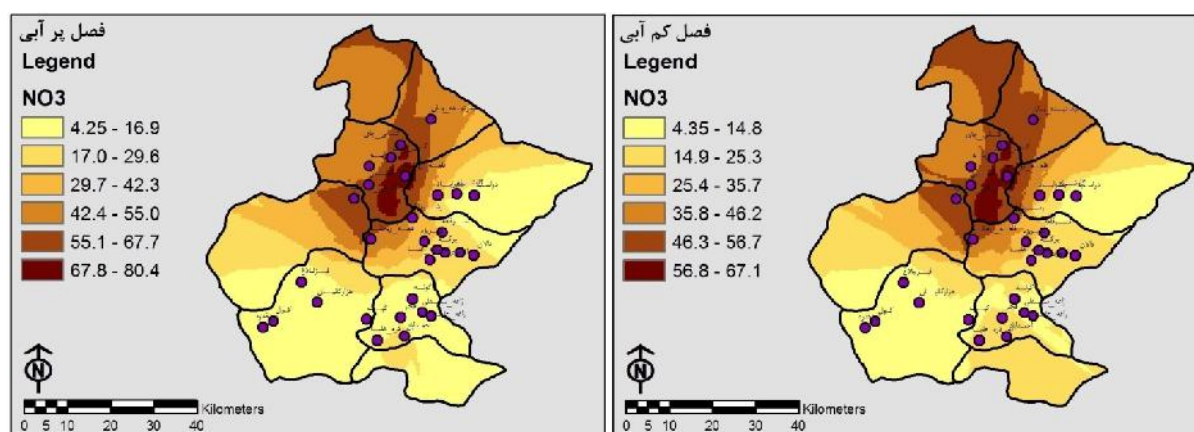
جدول ۴- ضراب همستگی داده‌های مربوط به تجزیه شیمیایی آب روستاهای مورد بررسی

|                  | Ca                   | Mg                   | Na                   | K                    | HCO <sub>3</sub>     | Cl                  | SO <sub>4</sub>     | NO <sub>3</sub>     | TH                   | TDS                 | EC                  | pH |
|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----|
| Ca               | □                    |                      |                      |                      |                      |                     |                     |                     |                      |                     |                     |    |
| Mg               | □/□□□ <sup>ns</sup>  | □                    |                      |                      |                      |                     |                     |                     |                      |                     |                     |    |
| Na               | □/□□□ <sup>ns</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □                    |                      |                      |                     |                     |                     |                      |                     |                     |    |
| K                | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>ns</sup>  | □/□□□ <sup>ns</sup>  | □                    |                      |                     |                     |                     |                      |                     |                     |    |
| HCO <sub>3</sub> | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>ns</sup>  | □                    |                     |                     |                     |                      |                     |                     |    |
| Cl               | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □                   |                     |                     |                      |                     |                     |    |
| SO <sub>4</sub>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup> | □                   |                     |                      |                     |                     |    |
| NO <sub>3</sub>  | □/□□□ <sup>ns</sup>  | -□/□□□ <sup>ns</sup> | -□/□□□ <sup>ns</sup> | □/□□□ <sup>ns</sup>  | -□/□□□ <sup>ns</sup> | □/□□□ <sup>ns</sup> | □/□□□ <sup>ns</sup> | □                   |                      |                     |                     |    |
| TH               | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup> | □/□□□ <sup>**</sup> | □/□□□ <sup>ns</sup> | □                    |                     |                     |    |
| TDS              | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup> | □/□□□ <sup>**</sup> | □/□□□ <sup>ns</sup> | □/□□□ <sup>**</sup>  | □                   |                     |    |
| EC               | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup> | □/□□□ <sup>**</sup> | □/□□□ <sup>ns</sup> | □/□□□ <sup>**</sup>  | □/□□□ <sup>**</sup> | □                   |    |
| pH               | -□/□□□ <sup>**</sup> | -□/□□□ <sup>ns</sup> | -□/□□□ <sup>ns</sup> | -□/□□□ <sup>ns</sup> | -□/□□□ <sup>ns</sup> | -□/□□□ <sup>*</sup> | -□/□□□ <sup>*</sup> | -□/□□□ <sup>*</sup> | -□/□□□ <sup>**</sup> | -□/□□□ <sup>*</sup> | -□/□□□ <sup>*</sup> | □  |

ns: Non- significant



شکل ۱- نمودار پایپر منابع آب روستاهای مورد بررسی شهرستان دیواندره



شکل ۲- نقشه هم غلظت و پراکندگی نیترات در منابع آب روستایی شهرستان دیواندره در طی فصول کم آبی و پر آبی

## بحث

درصد به ترتیب خیلی آلوده و کمی آلوده به حساب می‌آیند و در مرحله دوم نمونه‌برداری نیز ۲۳/۳ درصد و ۴۶/۷ درصد منابع به ترتیب در گروه خیلی آلوده و کمی آلوده به قرار می‌گیرند.

یافته‌های مطالعه در خصوص نیترات موید این است که پراکندگی غلظت یون نیترات بر خلاف یون نیتريت دارای تغییرات گسترده‌ای است. نتایج حاصل نشان داد در اکثر نمونه‌ها میزان غلظت نیترات در فصل پر آبی بیشتر از فصل کم آبی است. از جمله دلایل این مسئله افزایش فعالیت‌های کشاورزی (افزایش مصرف کود و تولید فاضلاب) نسبت به فصل پاییز است که با نتایج مطالعات انجام شده در شهرهای سمنان و کاشان نیز مطابقت دارد (۱۹ و ۸). در همین راستا بالا بودن غلظت نیترات در آبهای زیرزمینی مناطق کشاورزی دشت بهار همدان (۱۲۲ میلی گرم در لیتر) و در منطقه کشاورزی راجستان هند (۷۰ تا ۷۰۰ میلی گرم در لیتر) نقش و تاثیر فعالیت‌های کشاورزی را در افزایش نیترات در آب تایید می‌نماید (۹ و ۵). طبق آزمون مشخص شد که اختلاف معنی‌داری بین غلظت یون مذکور در دو مرحله نمونه‌برداری و به عبارت دیگر بین دو فصل کم آبی و پر آبی وجود دارد ( $p < 0.01$ ). دلیل عمده این اختلاف همان طور که اشاره شد مربوط به افزایش فعالیت‌های کشاورزی در منطقه در فصل پر آبی و به دنبال افزایش مصرف کود و سموم مختلف است، که نهایتاً آب برگشتی و

باتوجه به نتایج مرحله اول بررسی، در ۲۰ درصد از منابع تامین آب روستاها، شامل روستاهای حیدر دیده‌بان، کانی‌چای، کلکان، کانی‌سفید، قلعه روتله و رشیدآباد غلظت نیترات بیش از مقدار استاندارد مجاز نیترات مطابق با استاندارد ۱۰۵۳ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و همچنین رهنمود سازمان جهانی بهداشت است. به همین صورت در بین نتایج مرحله دوم بررسی نیز، در ۲۳/۳ درصد از منابع تامین آب روستاها، شامل روستاهای حیدر دیده‌بان، کانی‌چای، کلکان، کانی‌سفید، قلعه روتله، رشیدآباد و قلعه ریحانه، غلظت نیترات بیش از استاندارد فوق‌الذکر است. بر اساس یک تقسیم‌بندی، آبهای زیرزمینی از نظر محتوای نیترات در آنها به سه دسته خیلی آلوده (نیترات بیش از ۴۵ میلی گرم در لیتر)، آلوده (نیترات بین ۲۰ تا ۴۵ میلی گرم در لیتر) و کمی آلوده (نیترات کمتر از ۲۰ میلی گرم در لیتر) تقسیم می‌گردند (۸). با توجه به این تقسیم‌بندی غلظت نیترات در منابع آب روستاهای کسنزان، کهریزه، سرقلعه، برکه، آغاجری، احمدآباد، قجر، نسا، علیا و باغچه در طی هر دو مرحله نمونه‌برداری بین ۲۰ تا ۴۵ میلی گرم در لیتر است. طبق این معیار ۳۰ درصد منابع تامین آب روستاها آلوده محسوب می‌گردد. به همین ترتیب در مرحله اول نمونه‌برداری از کل منابع مورد بررسی ۲۰ درصد و ۵۰

زه آب‌های کشاورزی واجد ترکیبات نیتروژن سبب افزایش نیترات در منابع آبی منطقه شده است. آب برگشتی کشاورزی تاثیر زیادی در تخریب کیفیت آب زیرزمینی دارد که اثر آن در مناطق گرم و خشک بیشتر می‌باشد. تبخیر از آب‌های برگشتی کشاورزی که می‌تواند حاوی املاح حل شده کودها نیز باشند باعث می‌شود که املاح موجود در آن‌ها افزایش یافته که این املاح در حین نفوذ به زمین در قشر بالایی خاک به جا گذاشته می‌شوند. با آبیاری بعدی یا بارندگی این املاح به آب زیرزمینی انتقال می‌یابند و باعث کاهش کیفیت آب زیرزمینی می‌شوند. مطالعات نشان می‌دهد که دلیل عمده افزایش غلظت نیترات در آب زیرزمینی، می‌تواند آب برگشتی کشاورزی و فاضلاب‌های خانگی در چاه‌های جذبی باشد (۱۴).

با توجه به نقشه هم غلظت نیترات (شکل ۲) ملاحظه می‌شود که بیشترین غلظت نیترات در طی دو مرحله نمونه‌برداری مربوط به نواری از مرکز دشت به سمت قسمت شمالی منطقه می‌باشد که مطابق نقشه مذکور غلظت نیترات آن بالاتر از استانداردهای کشوری و بین‌المللی است. این مناطق بیشترین زمین‌های کشاورزی و تجمع جمعیت را شامل می‌شود. بنابراین، کاربرد کودهای نیترا ته در این مناطق عامل مهمی در افزایش غلظت یون نیترات در آب است. کشاورزی بودن منطقه و مصرف کودهای حیوانی و شیمیایی و دفع غیر اصولی فاضلاب‌های تولیدی ناشی از آن، در افزایش غلظت نیترات در منابع آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی تاثیرگذار است. در بسیاری از آب‌های زیرزمینی افزایش مقادیر نیترات به دلیل توسعه فعالیت‌های کشاورزی مشاهده شده است. به عنوان مثال در منطقه دلتای کارشینای هند، محتوای نیترات ۷۹ نمونه از چاه‌های آب زیرزمینی در سال ۲۰۰۸ اندازه‌گیری شد و مشخص شد که غلظت نیترات در ۳۹ درصد از نمونه‌ها بیشتر از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بود، که فراتر از حد قابل قبول نیترات در آب آشامیدنی است و در نهایت دلیل اصلی بالا بودن غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی این نواحی استفاده از کودهای

نیتروژنه برای اهداف کشاورزی بیان شده است (۷). علاوه بر فعالیت‌های کشاورزی، فعالیت‌های صنعتی و فاضلاب‌های ناشی از آنها نیز در آلودگی منابع آب زیرزمینی به انواع آلاینده‌ها از جمله نیترات موثر هستند.

به هر حال با توجه به تعدد راه‌های ورود نیترات به آب‌های زیرزمینی در مناطق مختلف، تعیین منشأ آن معمولاً مشکل است. با این حال طبق گفته هان و لیو فعالیت‌های کشاورزی و استفاده از کودهای شیمیایی می‌تواند به عنوان یک منبع مهم سبب افزایش غلظت آنیون‌های سولفات، فسفر، کلر و سدیم و به خصوص نیترات در منابع آب شود. این فاکتورها می‌توانند مرتبط با کل جامدات محلول باشند و نشان‌دهنده‌ی اثر فعالیت‌های انسانی بر آب‌های زیرزمینی باشند. به عبارت بهتر اگر رابطه‌ی این یونها با کل جامدات محلول معلوم شود و همبستگی نشان دهد، می‌تواند دلالت بر فعالیت‌های انسانی در تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی باشد (۲۱ و ۲۰).

مشخص است که همبستگی بسیار خوبی بین کل جامدات محلول و آنیون‌ها در نمونه‌های آب زیرزمینی روستاهای مورد مطالعه وجود دارد (جدول ۴). که بیانگر این مطلب است که نیترات موجود در آب‌های زیرزمینی منطقه بیشتر در اثر فعالیت‌های انسانی به این آب‌ها اضافه شده‌اند. اگرچه برای تعیین سهم فعالیت‌های کشاورزی در آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات باید، نوع محصولات، نیاز آنها به کودهای شیمیایی، استفاده بهینه از کودهای افزوده شده به زمین‌های زراعی و نوع آبیاری زمین‌های کشاورزی نیز مورد بررسی قرار گیرد. همچنین نتایج مطالعه نشان می‌دهد که مقادیر یون نیتريت در آب تمامی مناطق مورد بررسی از مقادیر استاندارد پیشنهادی پایین‌تر است. دلیل آن نیز می‌تواند ناپایدار بودن این آنیون و تبدیل سریع آن در طبیعت به یون نیترات باشد. بالا بودن غلظت یون نیترات در عین پایین بودن غلظت یون نیتريت گویای این واقعیت است که آلودگی موجود به تازگی و به صورت لحظه‌ای اتفاق نیفتاده، بلکه این افزایش در طی



خاصی را برای مصرف کننده سبب نمی‌شود، اما مصارف صنعتی آن را محدود می‌نماید و تداوم روند افزایش سختی در آینده ممکن است مصارف شرب آب را دستخوش تغییر نماید.

بررسی تواتر یونی، تیپ و رخساره آب و نحوه توسعه آن در روستاهای مورد مطالعه نشان داد که آنیون غالب در تمامی منابع مورد بررسی بی‌کربنات و کاتیون غالب نیز کلسیم است. لذا تیپ در تمامی نمونه‌ها بی‌کربنات کلسیک است. بر اساس تحلیل حاصل از نرم‌افزار Rock Work مشخص شد که جنس سنگ بستر مخزن در روستاهای مورد مطالعه عمدتاً آهک، دولومیت و فلدسپات است. گسترش سنگ‌های کربنات در منطقه مورد مطالعه و انحلال کانی‌های کربنات منشأ اصلی یون‌های کلسیم و منیزیم در این آب‌ها می‌باشد. غلظت بالای یون بیکربنات در این آب‌ها نیز، ناشی از فرسایش و هوازدگی کانی‌های کربنات و سیلیکات می‌باشد. بر اساس نمودارهای شولر (ارائه نشده است) و جدول ۳، نمونه‌های آب روستاهای مورد مطالعه در دو مقطع زمانی در گروه ۳ قرار می‌گیرند و از نمونه‌های خوب تا متوسط متغیر می‌باشند. مشخص است که تمامی نمونه‌ها (۱۰۰ درصد) از لحاظ سدیم، کلرید و سولفات در رده خوب قرار دارند. که با جنس سنگ‌های سازندهای منطقه همگونی دارد با توجه به استفاده قابل توجه از منابع آبی منطقه در امر کشاورزی و کشاورزی بودن منطقه، یکی از مباحث عمده در مطالعات کیفیت آب، بررسی کیفی آب از لحاظ معیارهای کشت می‌باشد. جهت تعیین کیفیت آب زیرزمینی از لحاظ مصارف کشاورزی از دیاگرام‌های ویکلوکس (نمودار ارائه نشده است) استفاده شد. که بر اساس آن در مرحله اول بررسی ۵۳/۳۳ درصد نمونه‌ها و در مرحله دوم ۶۰ نمونه‌ها در کلاس C2-S1 قرار دارند که از لحاظ کیفیت به عنوان آب‌های کمی شور و مناسب برای کشاورزی طبقه‌بندی می‌گردند. به همین ترتیب ۴۶/۶۷ درصد و ۴۰ درصد به ترتیب مربوط به مراحل اول و دوم بررسی در کلاس C3-S1 قرار می‌گیرند که از لحاظ

سال‌های متمادی رخ داده است و در صورت عدم اعمال کنترل‌های لازم این روند ادامه خواهد داشت. لذا با توجه به مخاطرات بهداشتی ناشی از غلظت بالای نیترات بر سلامتی مصرف کنندگان، لازم است ضمن کنترل وضعیت منابع آب شرب نسبت به تصفیه یا حذف منابع آب دارای آلودگی به نیترات از چرخه بهره‌برداری و جایگزینی با منابع آب مناسب‌تر اقدام گردد. بدین منظور علاوه بر ارایه برنامه‌های عملی باید تمهیدات مؤثری در کنترل آلودگی آب شرب مناطق تحت مطالعه در دراز مدت، هم چون تلاش در جهت تدوین برنامه‌های منظم و مدون جهت بررسی روند تغییرات، اتخاذ شود. همچنین نظارت بر کودهای مصرفی در کشاورزی منطقه، برنامه‌ریزی جهت کنترل فاضلاب‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی و گسترش شبکه‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌ها در مناطق روستایی از مهمترین راهکارهای عملی جهت کنترل غلظت آنیون نیترات در منابع تامین کننده آب آشامیدنی مناطق روستایی دیواندره می‌باشد. ضمناً کودهای ازته بخاطر داشتن خصوصیات ویژه نقش بیشتری در آلودگی منابع آب و خاک دارند. زیرا نیتروژن دارای پتانسیل بیشتری برای تخریب کیفیت آب‌های زیرزمینی است و فرآیند حرکت آب و آبشویی نیترات در پروفیل خاک نیز بسیار پیچیده است. بنابراین سرنوشت نیتروژن در سیستم خاک-آب-گیاه نه فقط به دلیل استفاده در سیستم‌های بیولوژیکی، بلکه به دلیل آلودگی آب‌های زیرزمینی قابل اهمیت می‌باشد و لذا مصرف این نوع از کودها بایستی کنترل و محدود گردد (۱۵ و ۱۴).

نتایج بررسی سختی آب نشان داد که تمام سختی موجود از نوع سختی موقت است و سختی دائم وجود ندارد و ثانیاً در مرحله اول آب ۴۳/۳ درصد از منابع کاملاً سخت و ۵۶/۷ درصد مابقی سخت است. به همین ترتیب در مرحله دوم نیز، آب ۳۳/۳ درصد از منابع کاملاً سخت و ۶۷/۷ درصد مابقی سخت است. به هر حال هر چند مقادیر سختی در منابع آب مورد بررسی کمتر از استاندارد توصیه شده است و مشکلات

### نتیجه گیری

در این مطالعه مشخص شد که به جز نترات، سایر خصوصیات کیفی آب از لحاظ شرب مناسب و در حد استانداردهای توصیه شده می باشد. اما تدوام روند کنونی به ویژه در بخش فعالیتهای کشاورزی و استفاده کنترل نشده از منابع آب زیرزمینی در امر کشاورزی سبب تغییر و کاهش کیفیت آب خواهد شد. با توجه به مخاطرات بهداشتی ناشی از غلظت بالای نترات بر سلامتی مصرف کنندگان، نظارت بر کودهای مصرفی در کشاورزی منطقه، برنامه ریزی جهت کنترل فاضلابهای خانگی، صنعتی و کشاورزی و گسترش شبکههای جمع آوری و تصفیه فاضلابها در مناطق روستایی از مهمترین راهکارهای عملی جهت کنترل غلظت نترات در منابع تامین کننده آب آشامیدنی مناطق روستایی دیواندره می باشد.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله لازم می دانند که از واحد آموزش و پژوهش استانداری کردستان و معاونت محترم تحقیقات دانشگاه کردستان که شرایط را برای انجام این مطالعه فراهم نمودند، همچنین از جناب آقای دکتر کمال امانی، عضو محترم هیئت علمی دانشگاه کردستان و کارشناسان دانشکده بهداشت به خاطر مساعدت هایی که در اجرای مطالعه داشتند، تشکر و قدردانی نمایند.

کیفیت به عنوان آبهای شور و قابل استفاده برای کشاورزی طبقه بندی می گردند. در تمامی نمونه ها کیفیت بر اساس درصد سدیم خوب تا عالی می باشد و شرایط تر و خشک تاثیر مهمی بر تغییر کیفیت از این لحاظ نداشته است. بر این اساس معیار کربنات سدیم باقیمانده نیز کیفیت آب در ۹۶/۷ درصد از نمونه ها مناسب و در ۳/۳ درصد قابل قبول است. بررسی کیفیت آب از لحاظ مصارف صنعتی نشان داد که در مرحله اول مطالعه، کیفیت آب از لحاظ مصارف صنعتی به این صورت است که ۶/۷ درصد نمونه ها متعادل، ۳۰ درصد رسوبگذار و ۴۳/۳ درصد خورنده است و در مرحله دوم نیز، ۳/۳ درصد نمونه ها متعادل، ۳۰ درصد رسوبگذار و ۶۶/۷ درصد خورنده است. ضرایب همبستگی میان پارامترهای شیمیایی مختلف اندازه گیری شده در روستاهای مورد بررسی نشان داد که بیشترین همبستگی بین بی کربنات و کلسیم وجود دارد که در تایید این موضوع نیز طبق نمودار پایپر که تیپ و رخساره آب را بی کربناته کلسیک معرفی نمود، مهمترین ترکیب شیمیایی آب بی کربنات کلسیم خواهد بود. با توجه به وجود سایر کاتیون ها و آنیون ها در آب و ضریب همبستگی بین آنها، دیگر ترکیبات شیمیایی موجود (بسته به شرایط و نسبت های خاص کلسیم به منیزیم و سدیم به کلسیم در هریک از منابع مورد بررسی) شامل سولفات کلسیم، کلرید کلسیم، بی کربنات منیزیم، سولفات منیزیم، کلرید منیزیم، بی کربنات سدیم، سولفات سدیم، کلرید سدیم و کلرید پتاسیم می باشد.

### References

1. Chan HJ. Effect of landuse and urbanization on hydrochemistry and contamination of groundwater from Taejon area, Korea. J Hydrol 2001; 253: 194–210.
2. Kraft GJ, Stites W. Nitrate impacts on Groundwater from irrigated vegetable systems in a humid North-Central US sand plain. AgrEcosystEnviron 2003; 100: 63-74.
3. Yazdanbakhsh AR. Phosphorus and nitrogen removal from municipal wastewater. 1st ed. Tehran: Fardabeh Publication. 2002. p.20-21.
4. Hammer MJ. Water and Wastewater Technologies. 7th ed. Pearson Prentice Hall, USA. 2011. p.1-528.

5. Batheja K, Sinha AK, Seth G. Nitrate and fluoride contaminations in groundwater of churu block, Rajasthan. *J Indian Water Works Ass* 2008; 40: 45-9.
6. Kazmi SS, Alikhan S. Level of nitrate and nitrite contents in drinking water of selected samples received at Afpgmi, Rawalpindi. *Pak J Physiol* 2005; 1: 1-4.
7. Mondal N, Saxena V, Singh V. Occurrence of elevated nitrate in groundwaters of Krishna delta, India. *Environ SciTechnol* 2008; 2: 265-71.
8. Miranzadeh M, Mostafaii G, Jalali A. A study to determin the nitrate of water wells and distribution network in Kashan during 2004-2005. *KAUMS J* 2006; 10: 39-45.
9. Jalali M, Kolahchi Z. Nitrate concentration in groundwater of Bahar area, Hamadan. *J Water Soil Sci* 2005; 19: 194-202.
10. Gibson RS, Vanderkooy PS, McLennan CE, Mercer NM. Contribution of tap water to mineral intakes of Canadian preschool children. *Arch Environ Health* 1987; 42: 165-9.
11. Neri LC, Johanson HL, Hewitt D, Marier J, Langer N. Magnesium and certain other element and cardiovascular disease. *Sci Total Environ* 1985; 42: 49-75.
12. Mahvi AH. Health and aesthetic aspects of water quality. 1st ed. Tehran: Balgostar Publication, 1996. p.55-56.
13. Mohamadi H, Yazdanbaksh A, Sheikhmohammadi A, Bonyadinejad G, Alinejad A, Ghanbari G. Investigation of nitrite and nitrate in drinking water of regions under surveillance of ShahidBeheshti University of Medical Sciences in Tehran province, Iran. *Health Syst Res* 2011; 7: 782-9.
14. Spellman FR, Stoudt ML. Environmental Science: Principles and Practices. Scarecrow Press, Inc. USA. 2013. p.471-576.
15. World Health Organisation. Guidelines for drinking water quality. 4th ed, WHO, Geneva, Switzerland. 2011. p.398-403.
16. United States Environmental Protection Agency. National primary drinking water regulations, drinking water contaminants. USA. 2009.
17. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Drinking water: Physical and chemical specifications. 5th revision. 2008.
18. APHA, AWWA, WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. American Public Health Association, Washington DC. 2005. p.1-1368.
19. Fallah S, Mehdinia M, Abasi A. Evaluation nitrate and nitrite concentration in Semnan city drinking water sources in 2002. *J Guilan U Med Sci* 2006; 15: 1-6.
20. Han G, Liu C-Q. Water chemistry controlled by carbonate dissolution: a study of the river water draining karst-dominated terrain, Guizhou province, China. *ChemGeol* 2004; 204: 1-21.
21. Jalali M. Geochemistry characterization of groundwater in an agricultural area of Razan, Hamadan, Iran. *Environ Geol* 2009; 56: 1479-88.