



تملیل هیدروشیمیایی و آماری آلودگی منابع آب زیرزمینی دشت میداود-سرله به لحاظ آلودگی به نیترات

منوچهر چیت‌سازان^{۱*}، فدیجه آق‌باراریان^۲، سعادت رستگارزاده^۳

(۱) گروه زمین شناسی، دانشکده‌ی علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز

(۲) شرکت مهندسی مشاور دز آب، مهندسی رودخانه، بخش زمین شناسی

(۳) گروه شیمی، دانشکده‌ی علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز

*عاهده دار مکاتبات

هکیده

در این تحقیق آلودگی ناشی از نیترات آب‌های زیرزمینی در دشت میداود-سرله واقع در شمال شرق استان خوزستان مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. به دلیل تأمین آب شرب و کشاورزی این دشت از آب‌های زیرزمینی منطقه، منابع زیرسطحی موجود در آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. در این تحقیق به دو موضوع، بررسی غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی و همبستگی آن با یون‌های دیگر و عمق سطح ایستابی و همچنین شناسایی عوامل احتمالی ایجادکننده‌ی آلودگی پرداخته شد. در راستای این مطالعه ابتدا از منابع آب زیرزمینی موجود در دشت میداود-سرله در فصل تر و خشک نمونه‌برداری و یون‌های اصلی و فرعی از جمله نیترات توسط روش یون کروماتوگرافی آنالیز گردیدند. نتایج حاصل نشان داد که میانگین غلظت نیترات در فصل مرطوب بیشتر از میانگین آن در فصل خشک می‌باشد، در تمامی نمونه‌های فصل تر و در ۳۱ درصد نمونه‌های فصل خشک میزان نیترات بیشتر از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر (حد مجاز: ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) است که از لحاظ بهداشتی مؤید آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات می‌باشد. علل آلودگی توسط روش‌های آماری نیز مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که توزیع داده‌های نرمال، همبستگی پیرسون بین نیترات و پارامترهای دیگر (یون‌های اصلی و هدایت الکتریکی) منفی و اختلاف بین میانگین غلظت نیترات منابع آب دشت در دو فصل مرطوب و خشک معنی‌دار می‌باشد. همبستگی بین سطح ایستابی و عمق چاه با میزان نیترات نیز منفی می‌باشد. همچنین تحلیل منطقه‌ای غلظت نیترات نشان داد که اختلاف بین میانگین غلظت نیترات در دو زون شمالی و مرکزی ناچیز بوده اما این اختلاف بین دو زون مذکور و زون جنوبی دشت قابل ملاحظه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: توزیع نرمال، دشت میداود-سرله، نیترات، همبستگی پیرسون، کروماتوگرافی.

Hydrochemical and statistical analysis of Nitrate pollution of groundwater in Meydavod-Sarleh plain

M. Chitsazan¹, Kh. Aghbarararian², S. Rastegarzadeh³

- 1) Department of Geology, College of Sciences, Shahid Chamran University, Ahvaz, I. R. Iran
- 2) DEZAB Consulting Engineers
- 3) Department of Chemistry, College of Sciences, Shahid Chamran University, Ahvaz, I. R. Iran

Abstract

In the present study, nitrate pollution of groundwater in the Meydavod-Sarleh plain in the north east of Khuzestan province is considered. The rural population of the plain get their drinking water supply from an unconfined aquifer. Two main objectives of this study are: (1) groundwater nitrate pollution assessment and (2) its correlation with other ions and water table depth. Identification of probable sources of nitrate pollution, also, has been considered in this article. For assessing the extent of nitrate pollution, all water resources were sampled in wet and dry seasons. The water samples were analysed for major ions, including nitrate by Ion chromatography method. The results showed that the average nitrate concentration in wet season was higher than the average nitrate concentration in dry season. Also, the nitrate concentration in all samples was more than the permissible level (10mg/l). The causes of groundwater pollution were surveyed by statistical methods. The results showed that the distribution of data was normal; the Pearson correlation between nitrate concentration and other parameters (major ions and EC) was negative and different. The difference between the average nitrate concentration in wet season and dry season was significant. The correlation between well depth and water table depth with nitrate concentration also was negative. The zonation analysis of nitrate concentration showed that the difference between the average nitrate concentration of the northern zone of the aquifer and central zone was small, but that the difference between the average nitrate concentration of these two zones and the southern zone was significant.

Key words: ion chromatography, Meydavod-Sarleh plain, Nitrate, normal distribution, Pearson correlation.

۱- مقدمه

آبشویی شده از زمین‌های کشاورزی تحت تأثیر عوامل طبیعی نظیر نوع خاک و شرایط آب و هوایی می‌باشد. در دشت میداود-سرله ویژگی‌های خاص منطقه مورد مطالعه، مؤید این مطلب است که آبخوان این منطقه پتانسیل آلودگی به نیترات را دارد. از طرف دیگر، فعالیت‌های شدید کشاورزی و استفاده‌ی بیش از حد از کودهای شیمیایی و حیوانی و همچنین آبیاری زیاد برنج احتمال آلودگی آب‌های زیرزمینی توسط نیترات را در دشت مذکور افزایش داده است. به همین دلیل در این مطالعه احتمال آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت میداود-سرله مورد بررسی قرار گرفته است. نمونه‌برداری‌های اولیه وجود نیترات را در آب‌های زیرزمینی به اثبات رساند و پس از آن سعی گردید تا با نمونه‌برداری از تمام منابع آب (چاه‌های آب، چشمه‌ها و رودخانه)، توزیع و تغییرات آلودگی نیترات در آب‌های زیرزمینی دشت مذکور توسط روش‌های هیدروشیمیایی و آماری مورد مطالعه قرار گیرد.

دشت مورد نظر بخشی از محدوده‌ی مطالعاتی میداود-دالون در ۴۷ کیلومتری شرق رامهرمز و ۱۳ کیلومتری جنوب روستای میداود از توابع شهرستان باغملک در شمال شرق استان خوزستان می‌باشد. طول جغرافیایی آن ۴۸° ۴۹' تا ۴۹° ۵۵' شرقی و عرض جغرافیایی آن ۲۱° ۳۱' تا

در ایران آلودگی آب‌های زیرزمینی توسط نیترات باعث افزایش ریسک زوال کیفیت آب‌های زیرزمینی خصوصاً در مناطق حومه‌ی شهرها گردیده است. غلظت یون نیترات در آب‌های زیرزمینی یکی از پارامترهای مهم برای ارزیابی کیفیت آب محسوب می‌شود، به طوری که اگر غلظت آن بیش از ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر باشد، از نظر شرب غیراستاندارد و موجب بروز بیماری‌های مختلف در انسان و دام می‌شود.

تحقیقات متعددی در دنیا بر روی آلودگی نیترات در منابع آب زیرزمینی صورت گرفته که از آن جمله می‌توان به (Hill 1982) (Spruill et al. 2002)

(Hu et al. 2005) (Pa checo & Carbrera 1997) و در ایران به (کلانتری ۱۳۸۰) و (ناصری و علیجانی ۱۳۸۱) اشاره کرد که در طی تحقیقات خود نیترات موجود در آب زیرزمینی را به منابع گوناگون نظیر فرونشست مواد آلی و غیرآلی، کودهای حیوانی، پساب‌های خانگی و صنعتی ارتباط داده‌اند. کودهای شیمیایی در مناطق کشاورزی به عنوان عامل اصلی آلودگی نیترات مورد ملاحظه قرار گرفته‌اند. میزان نیترات

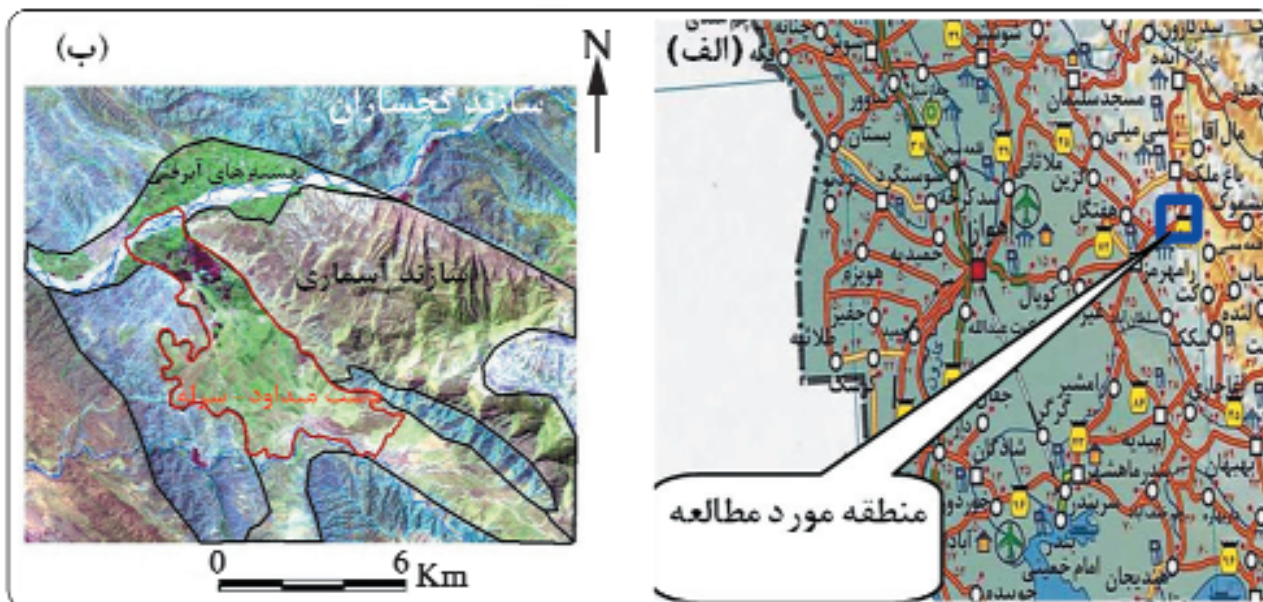
۳۱°۲۴' شمالی (۳۹۶۰۲۰ تا Y: ۳۸۱۱۵۹ و ۳۴۷۱۹۴۷ تا X: ۳۴۶۴۷۹۱) است. تصویر ۱-الف موقعیت و راه‌های ارتباطی محدوده‌ی مورد مطالعه را در استان خوزستان نشان می‌دهد.

۲- زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی

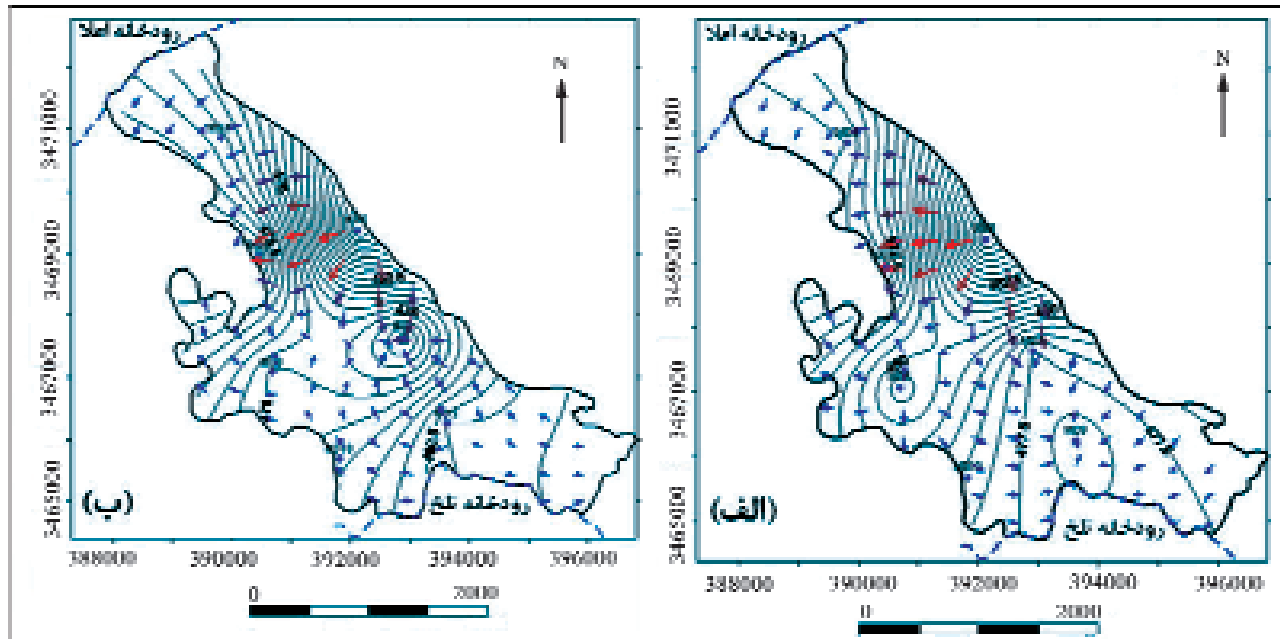
دشت میداود- سرله قسمتی از زاگرس چین‌خورده را تشکیل می‌دهد که متشکل از تاقدیس‌ها و ناودیس‌های متعددی است. دشت مورد مطالعه یکی از ناودیس‌های آن به شمار می‌رود که توسط رسوبات حاصل از فرسایش فیزیکی سنگ‌های آهکی آسماری که در کوه گردکی رخنمون دارند، پر شده است. در دامنه‌ی کوه، قطعه سنگ‌هایی که به شکل واریزه‌های کوهی فرسایش یافته‌اند قابل مشاهده است. محل‌کنونی دشت قبل از تشکیل واریزه‌های کوهی به شکل تپه ماهور در یک محدوده‌ی نسبتاً عمیق بوده که لایه‌های گچی و مارنی سازند گچساران در آن رخنمون داشته‌اند. لایه‌های گچی که بر روی لایه‌های آهکی سازند آسماری قرار دارند توسط واریزه‌های کوهی به تدریج پوشیده شده‌اند. به عبارت دیگر سنگ کف این دشت را لایه‌های گچی و مارنی سازند گچساران تشکیل می‌دهند. اما این سنگ‌ها به مرور زمان بر اثر فرسایش فیزیکی سنگ‌های آهکی آسماری و تشکیل واریزه‌های کوهی (Slop Sediment) مدفون شده‌اند. پیمایش و اندازه‌گیری‌های صحرائی، همچنین نقشه‌های زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی موجود، وجود سازندهای ذکرشده در دشت مورد مطالعه و اطراف آن را تأیید

می‌نمایند. سازندها به ترتیب از قدیم به جدید شامل: سازندهای شیلی و مارنی پابده-گورپی، سنگ آهک‌های درز و شکاف‌دار آسماری، سازند تبخیری گچساران، آبرفت‌های عهد حاضر و نهشته‌های سخت شده‌ی رودخانه‌ای مرکب از سازندهای قدیمی موجود در منطقه می‌باشد. در قسمت‌های مرتفع، آهک‌های رسی تیره‌رنگ گروه بنگستان (ایلام-سروک) متعلق به اواخر دوران دوم (کرتاسه‌ی بالایی) مشاهده می‌شوند (درویش زاده ۱۳۸۱). تصویر ۱-ب موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه را از نظر زمین‌شناسی عمومی نشان می‌دهد.

چاه‌های حفاری شده در دشت نشان می‌دهند که ضخامت واریزه‌های کوهی، بیش از صد متر و از قطعات ریز و درشت واریزه‌ای تشکیل شده‌اند از لحاظ هیدروژئولوژیکی، رسوبات دشت، آبخوان آزادی را تشکیل می‌دهند. آن رسوبات در برخی از مناطق به علت ناهمسانی و ناهمگنی به صورت نیمه محصور ظاهر می‌شوند. با وجود آن، می‌توان در کل دشت، آبخوان را به صورت آزاد در نظر گرفت که دارای یک سطح پتانسیومتری یکنواخت است. جهت جریان آب‌های زیرزمینی در فصل تر عمدتاً از شرق به سمت غرب و از شمال به سمت جنوب (از سمت دامنه کوه سفید به رودخانه تلخ) می‌باشد (تصویر ۲-الف)، اما در فصل خشک جهت جریان آب زیرزمینی در منطقه‌ی شمال شرق از شرق به غرب و در منطقه‌ی میانی و جنوبی از شمال به جنوب و در بخشی از منطقه‌ی جنوبی از شرق به غرب و از سمت رودخانه‌ی تلخ به سمت دشت می‌باشد (تصویر ۲-ب).



تصویر ۱-الف موقعیت و راه‌های ارتباطی محدوده‌ی مورد مطالعه، (ب) موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی عمومی



تصویر ۲- الف- نقشه سطح آب زیرزمینی دشت میداود-سرله، در فصل تر سال آبی ۸۳-۸۴
ب- نقشه سطح آب زیرزمینی دشت میداود-سرله در فصل خشک سال آبی ۸۳-۸۴

۳- مواد و روش‌ها

نمونه برداری از منابع آب دشت مورد مطالعه در دو دوره صورت گرفت، مرحله ی نخست در اسفند ۱۳۸۳ و به عنوان شاخص فصل تر و دیگری در شهریور ۱۳۸۴ به عنوان شاخص فصل خشک. در مرحله ی نخست از تعداد پنج چشمه، یک چاه و یک رودخانه نمونه برداری شد. به دلیل خاموش بودن چاه‌ها در فصل مرطوب امکان نمونه‌گیری از چاه‌های دیگر وجود نداشت. در دوره ی دوم از پنج چشمه، هفت چاه و یک رودخانه نمونه برداری شد. سپس نمونه‌ها برای انجام آنالیزهای شیمیایی به آزمایشگاه گروه زمین‌شناسی دانشگاه چمران انتقال یافت. در آزمایشگاه ابتدا مقدار ضریب هدایت الکتریکی و پی‌اچ (EC, pH) نمونه‌ها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. مقدار نیترات نمونه‌ها از طریق روش یون کروماتوگرافی و با استفاده از دستگاه متراوهم (Metrohm) مدل Compact IC 761 ساخت کشور سوئیس، مورد سنجش قرار گرفت.

در این مقاله با استفاده از روش‌های ترسیمی و آماری، نمونه‌های مختلف آب به گروه‌های مجزا از هم طبقه‌بندی می‌شوند. برای تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار اس پی اس ۱۳ (SPSS.13) و مینیتاب (Minitab) و از تکنیک آماری چند متغیره (Multivariate statistical technique) (تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی cluster) (Hierarchical) و روش تحلیل واریانس (statistical technique)

(Multivariate) استفاده گردید. یون‌های اصلی کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کلر، سولفات، بی‌کربنات و نیترات (Ca, Mg, Na, K, Cl, SO₄, HCO₃, NO₃) و پارامترهای پی‌اچ، سختی کل، کل مواد جامد سخت و ضریب هدایت الکتریکی (PH, TH: Total Hardness, TDS: Total Dissolved Solid, EC) به عنوان متغیرهای آماری داده‌های شیمیایی نمونه‌های آب دشت میداود-سرله در دوره ی مرطوب و خشک انتخاب گردید.

۳-۱- غربال‌گری داده‌ها (Data Screening)

هدف از غربال‌گری داده‌ها، ارزیابی توزیع خصوصیات هر متغیر در مجموعه داده‌ها می‌باشد. خواص فیزیکی و شیمیایی با استفاده از تمایل مرکزی (Central tendency) (میانگین و میانه)، پراکندگی (Dispersion) (انحراف معیار، واریانس، اسکینوس و کورتوسیس) و نمایش ترسیمی (دیگرام پراکنش، دیگرام پایپر و نمودار جعبه‌ای) ارزیابی گردید و بر اساس آن‌ها تصمیم‌گیری در مورد نیاز به استاندارد کردن داده‌ها و حذف داده‌های پرت صورت گرفت. غربال‌گری داده‌ها نشان داد که اکثر داده‌های مورد استفاده در این تحقیق دارای چولگی مثبت می‌باشند، به همین دلیل بر داده‌ها یک تابع لگاریتمی اعمال شد تا توزیع نرمال به صورت بهتری بر آن‌ها برآزش گردد. سپس داده‌ها با استفاده از رابطه‌ی زیر به صورت

استاندارد در آمدند:

گروه آب‌های خیلی سخت قرار می‌گیرند. میانگین مقدار هدایت الکتریکی و کل مواد جامد سخت (بیش از ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، در اکثر موارد نشانگر وجود آب‌هایی با شوری زیاد در دشت مذکور می‌باشد.

$$Z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s}$$

که در رابطه‌ی فوق:

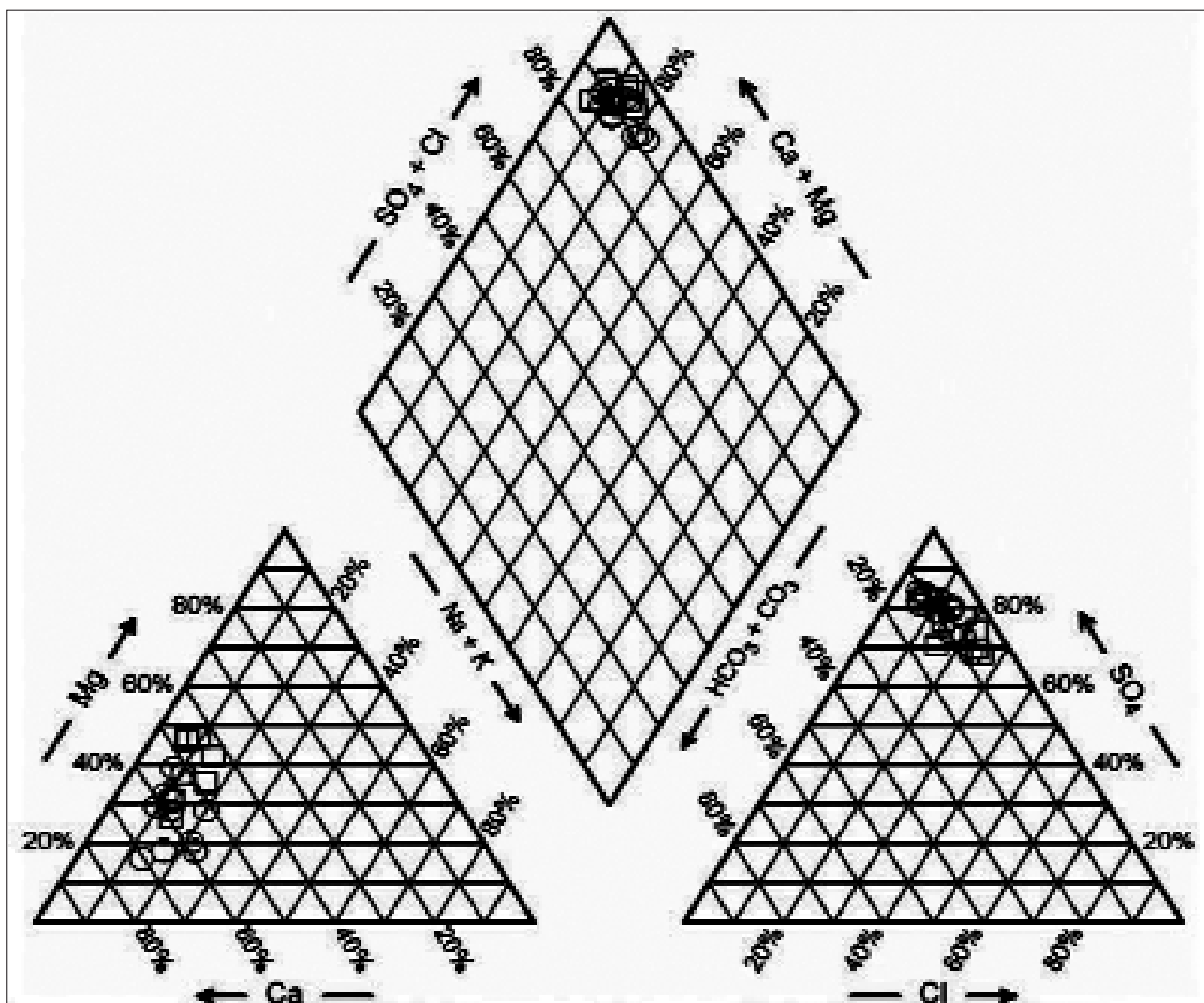
نمودار پایپر نمونه‌های آب در دو فصل خشک و تر وجود دو رخساره‌ی هیدروشیمیایی سولفات-کلسیک و سولفات منیزیک و یک مسیر تکامل ژئوشیمیایی را در دشت نشان می‌دهد (تصویر ۳). کیفیت آب‌های موجود در دشت مذکور از لحاظ کشاورزی در اکثر موارد مناسب و از لحاظ شرب با توجه به کمبود آب در منطقه قابل قبول می‌باشد.

Z_i ، عدد استاندارد نمونه‌ی i ، مقدار نمونه \bar{x} ، میانگین و S انحراف معیار نمونه است، به این ترتیب هر متغیر دارای وزن مساوی در تحلیل‌های آماری خواهد بود. در صورت عدم استاندارد کردن داده‌ها فواصل نزدیک داده‌ها در تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی، تحت تأثیر داده‌های بزرگتر قرار می‌گیرند (Berry 1995).

نتایج آنالیز شیمیایی بر حسب پارامترهای آماری در دو فصل مرطوب و خشک نشان می‌دهد که میانگین پی‌اچ دشت در فصل تر و خشک به ترتیب برابر ۷/۷۸ و ۷/۷۵ می‌باشد که نوع آب را تا حد کمی قلیایی نشان می‌دهد. مقدار میانگین سختی کل (CaCO_3) در تمامی نمونه‌ها از مقدار ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشتر بوده و بنابراین در

۳-۲- آلودگی نترات

نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های جمع‌آوری شده از منابع آب دشت میداود-سرله از لحاظ غلظت نترات طی دو فصل مرطوب و



تصویر ۳- نمودار پایپر نمونه‌های آب دشت میداود-سرله در دو فصل نمونه‌گیری (علامت مربع: فصل تر، علامت دایره: فصل خشک)

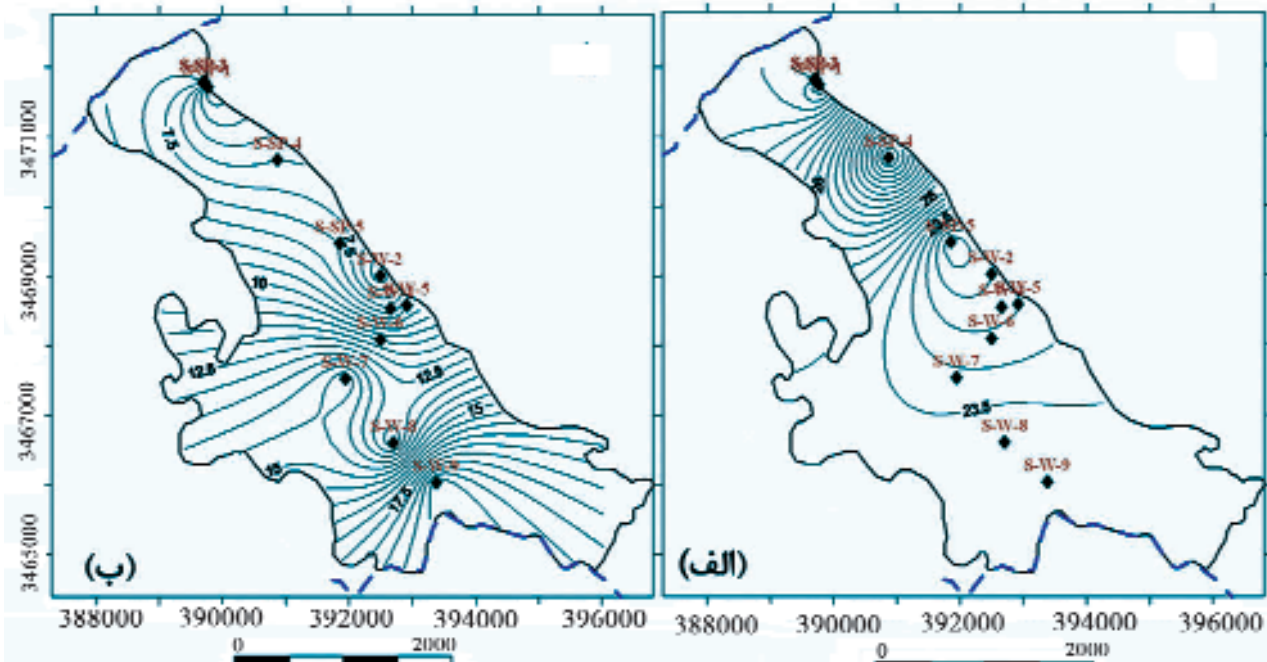
می‌باشد، البته نشت از فاضلاب روستایی نیز مزید بر علت می‌گردد.

۳-۲-۱- نقشه‌ی هم‌ارزش نیترات

نقشه‌ی هم‌ارزش نیترات آبخوان آبرفتی دشت میداود-سرله در دو فصل نمونه‌برداری در دشت میداود-سرله در تصویر ۴ نشان داده شده است. همچنان که مشاهده می‌گردد، تمرکز خطوط هم‌مقدار نیترات در فصل مرطوب بیشتر از فصل تر است و این امر نشان دهنده‌ی افزایش نسبی غلظت نیترات در این فصل می‌باشد. نوع پراکندگی نیترات در فصل خشک به دلایل زیر می‌باشد:

در بخش شمالی و حاشیه‌ی شرقی دشت که محل تغذیه‌ی آن می‌باشد، غلظت نیترات نسبتاً پایین است. دو دلیل برای کم بودن غلظت نیترات در این بخش وجود دارد. اول این که کیفیت آب ورودی به دشت نسبتاً خوب است و کیفیت چاه‌هایی که در بخش شمالی و مرکزی قرار گرفته‌اند تأیید کننده‌ی این مطلب است. دلیل دوم این که چون جهت جریان آب زیرزمینی در مرکز دشت در فصل خشک، از شمال به جنوب است، و از طرفی مساحت زمین‌های کشاورزی که پساب آن‌ها می‌تواند وارد آبخوان شود، در بخش‌های جنوبی بیشتر است، بنابراین بخش شمالی آبخوان، کمتر در معرض خطر پساب‌های کشاورزی قرار دارد. اما در بخش مرکزی دشت، علاوه بر زمین‌های کشاورزی، دفع فاضلاب‌های مصارف خانگی و فضولات دامی روستاهای بخش

خشک نشان می‌دهد که متوسط غلظت آن در دو فصل به ترتیب عبارت است از: ۲۳/۷۵ میلی‌گرم در لیتر در فصل تر و ۹/۳۸ میلی‌گرم در لیتر برای فصل خشک و حداکثر غلظت نیترات آب‌های زیرزمینی دشت میداود-سرله در این مطالعه در نمونه‌ی SP-4 و در فصل مرطوب معادل ۳۲ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که علت این امر را می‌توان به این صورت تشریح نمود، که کوددهی نیتروژنه به زمین‌های زراعی برنج و گندم در منطقه‌ی میداود-سرله در نیمه‌ی دوم بهمن صورت می‌گیرد، کود نیتروژنه عمدتاً جهت رشد رویش (سبزینه) گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. کود نیتروژنه مورد استفاده برای زراعت گندم و برنج عمدتاً اوره می‌باشد. فرایند اصلی سبب افزایش نیترات آب‌های زیرزمینی میداود-سرله، اکسیداسیون آمونیوم ناشی از فروشویی سریع کودهای غیرآلی اعمال شده بر زمین‌های کشاورزی می‌باشد. تولید آمونیوم کودهای اعمال شده در بهمن ماه بر روی زمین‌های زراعی در طی اسفند به صورت نیترات از زون خاک به سطح ایستابی فروشویی می‌گردد و از طرفی افزایش نزولات جوی در فصل مرطوب باعث افزایش فروشویی و به دنبال آن افزایش غلظت نیترات در فصل مرطوب می‌گردد. علت افزایش غیرطبیعی نیترات در نمونه‌ی مربوط به چشمه‌ی دوگچه در فصل تر، واقع شدن این چشمه در مرکز روستای دوگچه و تمرکز زمین‌های کشاورزی و فعالیت‌های دامداری در روستا و اطراف چشمه



تصویر ۴- الف- نمودار هم‌ارزش نیترات فصل تر، ب. فصل خشک، بر حسب (mg/l)

آبخوان گردد. همچنین همجوار بودن دشت مورد مطالعه با منطقه‌ی کارستی و سیستم‌های کارستی نیز می‌تواند دلیلی برای انتقال مستقیم آلودگی به درون آبخوان باشد.

رابطه‌ی عمق سطح ایستابی - غلظت نیترات برای آبخوان آبرفتی دشت میداود - سرله به صورت کاملاً خطی و واضح نمی‌باشد. علت آن وجود ضخامت‌های مختلف منطقه‌ی اشباع و وجود یک لایه سیلت رسی با ضخامت‌های متفاوت بر روی آبخوان است که باعث شده تا نرخ‌های تغذیه‌ی آب و انتقال نیترات به آبخوان در مناطق مختلف دشت متفاوت باشد.

۳-۴- تحلیل آماری داده‌های هیدروشیمی

پیوندهای آماری (Statistical association) لزوماً باعث ایجاد رابطه‌ی علت و معلولی نمی‌شوند اما می‌توانند اطلاعاتی را به صورت فرمت فشرده در اختیار قرار دهند تا بتوان با استفاده از آن‌ها تحلیل کامل داده‌ها را انجام داد. همچنین پیوندهای آماری می‌توانند به تولید پیش فرض‌هایی برای تفسیر فرایندهای هیدروشیمیایی کمک کنند (Douglas 2003). به عنوان مثال مشاهده‌ی ارتباطی معنادار بین یون کلسیم و منیزیم در نمونه‌ی آب یک رودخانه می‌تواند بیانگر یک منشاء واحد مثل ژئیس برای این دو یون باشد، البته این نتیجه‌گیری همیشه با درصدی عدم قطعیت همراه است و ممکن است این حدس کاملاً اشتباه باشد و این ارتباط به دلیل اکسیداسیون پیریت بوده باشد (Drever 1982).

نتایج حاصل از آزمون کمروگروف اسمیرنوف (Smirnov

مرکزی نیز مزید بر علت شده و باعث افزایش غلظت نیترات در بخش‌های مرکزی نسبت به بخش شمالی دشت شده است. ولی در بخش‌های شمالی دشت، کاهش شدید غلظت نیترات مشاهده می‌شود که علت اصلی آن کاهش عمق سطح آب در این بخش می‌باشد. کاهش عمق از عواملی است که می‌تواند سبب فعال شدن دینیتریفیکاسیون شود. (Pawar & Shaikh 1995)

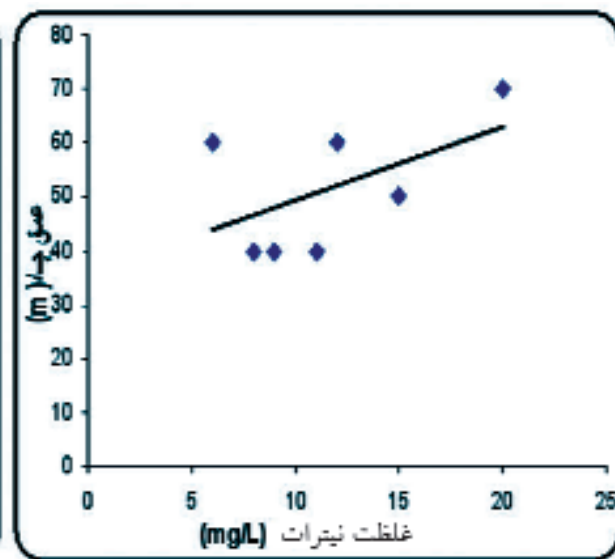
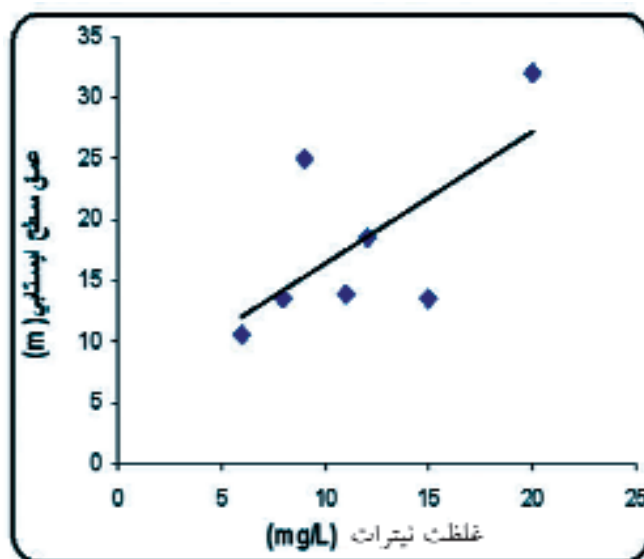
۳-۳- نمودار دو متغیره‌ی عمق چاه و سطح ایستابی

در برابر غلظت نیترات

در نمودار دو متغیره‌ی غلظت نیترات در مقابل عمق و غلظت نیترات در مقابل سطح ایستابی آبخوان آبرفتی دشت میداود - سرله (تصویر ۵) تاحدودی می‌توان رابطه‌ی مستقیم بین عمق آب، عمق سطح ایستابی و غلظت نیترات را مشاهده نمود که این امر تأییدکننده‌ی نقش دینیتریفیکاسیون در اعماق کم می‌باشد.

تحقیقات انجام گرفته توسط محققین از جمله دوگلاس (Douglas 2003) نشان داده که به همراه افزایش عمق، غلظت نیترات کاهش می‌یابد (افزایش دینیتریفیکاسیون)، اما در منطقه‌ی مورد مطالعه این امر برعکس می‌باشد که علت آن احتمالاً مربوط به انتقال مستقیم آلودگی از سطح زمین از طریق مسیرهای معین به درون آبخوان قبل از گذشتن کامل از منطقه‌ی غیر اشباع می‌باشد.

برای مثال در منطقه‌ی مورد مطالعه، احداث نامناسب جدار چاه‌ها می‌تواند باعث انتقال آلودگی حاوی نیترات از سطح زمین و از طریق فاصله‌ی بین لوله‌ی جدار چاه و دیواره‌ی چاه‌ها به درون



تصویر ۵- نمودار دو متغیره‌ی نیترات در مقابل سطح ایستابی (شهریور ۱۳۸۴)

نشانه‌گر نقش انحلال دولومیت در افزایش غلظت کلسیم موجود در آب می‌باشد. یون کلر علاوه بر سدیم با یون‌های کلسیم و پتاسیم نیز ارتباط خطی مستقیم دارد، این یون با یون بی‌کربنات همبستگی خاصی ندارد ولی با یون منیزیم یک رابطه‌ی معکوس دارد.

همچنان که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد بین ضریب هدایت الکتریکی و یون‌های کلسیم، سولفات، سدیم و کلر همبستگی وجود دارد و از این میان بالاترین همبستگی میان ضریب هدایت الکتریکی با یون‌های کلسیم و سولفات وجود دارد که این مطلب بیانگر نقش نمک‌های سولفات کلسیم و کلرید سدیم مثل ژپس و هالیت در افزایش ضریب هدایت الکتریکی و از این میان نقش پررنگ‌تر سولفات کلسیم نسبت به سایر کانی‌ها می‌باشد.

یون نیترا با تمامی پارامترها به جز پارامتر پی‌اچ و یون منیزیم دارای رابطه‌ی معکوس می‌باشد که علت این امر کوددهی زمین‌های کشاورزی در فصل‌تر و افزایش غلظت نیترا در این فصل برخلاف یون‌های دیگر می‌باشد.

۳-۱۴-۱- تحلیل آماری داده‌ها در زمان

با توجه به این که نمونه برداری از منابع آب دشت میداود- سرله در دو فصل مرطوب و خشک صورت گرفته است، بنابراین بررسی این که آیا اختلاف معنی‌داری در غلظت‌های میانگین پارامترهای مختلف بین دو فصل وجود دارد یا خیر اهمیت ویژه‌ای دارد. به این منظور و با علم به این مطلب که تمامی متغیرها دارای توزیع نرمال هستند، آزمون Test-T مورد استفاده قرار گرفته است و در جدول ۳ ارائه گردیده است.

با توجه به قابل قبول بودن خطای ۵ درصد ($\alpha=0/05$)، مقادیر محاسباتی بیش از سطح معنی‌داری، بیانگر این مطلب است که بین میانگین پارامترهای مورد مطالعه در دو فصل، به جز یون نیترا هیچ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. این امر همچنان که پیشتر بیان

جدول ۳- نتایج آزمون Test-T، مقایسه‌ی بین میانگین فصل تابستان و زمستان

متغیر	Sig.	اختلاف معنی‌دار	متغیر	Sig.	اختلاف معنی‌دار
Ca	0/402	وجود ندارد	Cl	0/899	وجود دارد
Mg	0/494	وجود ندارد	SO ₄	0/177	وجود ندارد
Na	0/735	وجود ندارد	NO ₃	0/000	وجود ندارد
K	0/422	وجود ندارد	EC	0/326	وجود ندارد
HCO ₃	0/551	وجود ندارد	PH	0/516	وجود ندارد

test-Kolmogrov) در جدول ۱ نشان می‌دهد که غلظت یون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کلر، سولفات، بی‌کربنات و نیترا (Ca, Mg, Na, K, Cl, SO₄, HCO₃, NO₃) دارای توزیع نرمال هستند و پی‌اچ تنها در سطح $\alpha < 0/01$ از توزیع نرمال تبعیت می‌کند.

جدول ۱- نتایج آزمون S-K، جهت تعیین نوع توزیع متغیرها

متغیر	Sig.	توزیع	متغیر	Sig.	توزیع
Ca	0/274	نرمال	Cl	0/207	نرمال
Mg	0/756	نرمال	SO ₄	0/632	نرمال
Na	0/354	نرمال	NO ₃	0/412	نرمال
K	0/503	نرمال	EC	0/902	نرمال
HCO ₃	0/179	نرمال	PH	0/033	نرمال در سطح $\alpha < 0/01$

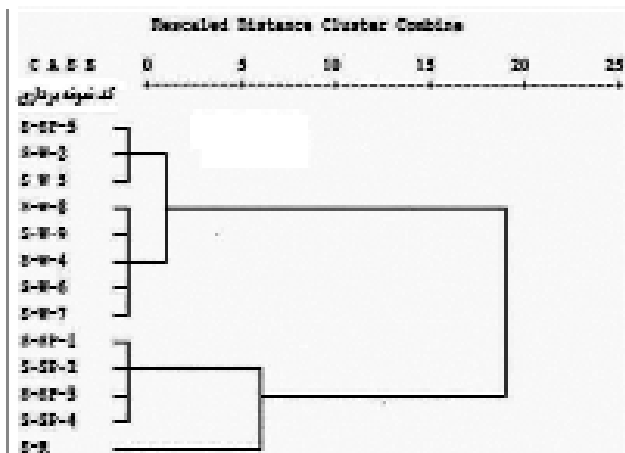
همبستگی بین متغیرها به دلیل این که تمام متغیرها دارای توزیع نرمال هستند، برای تعیین میزان همبستگی (Correlation) بین متغیرهای مختلف از ضریب همبستگی پیرسون (Pearson correlation coefficient) استفاده شده است. ماتریس همبستگی بین متغیرهای مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است.

به‌طورکلی مشاهده می‌گردد که بیشترین مقدار همبستگی بین یون‌های کلر و سدیم و برابر با 0/966 می‌باشد. پس از آن رابطه‌ی سولفات با کلسیم دارای بیشترین همبستگی است که مقدار آن برابر 0/954 می‌باشد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که نمک‌های هالیت (NaCl) و ژپس (CaSO₄.nH₂O)، مهمترین منشاء یون‌های محلول در آب می‌باشند. همبستگی بالای بین بی‌کربنات و منیزیم

جدول ۲- ماتریس همبستگی بین متغیرهای مختلف

	PH	EC	NO ₃	SO ₄	Cl	HCO ₃	K	Na	Mg	Ca
Mg										-0/123
Na									-0/331	0/653**
K								0/633**	-0/42	0/21
HCO ₃							-0/462*	-0/13	0/51*	0/12
Cl						0/013	0/515*	0/97**	-0/27	0/7**
SO ₄					0/58**	0/11	0/221	0/56**	0/19	0/96**
NO ₃				-0/33	-0/11	-0/61**	-0/171	-0/104	0/13	-0/32
EC			-0/27	0/95**	0/79**	0/69	0/368	0/77**	0/01	0/94**
PH		-0/7**	0/17	-0/63**	-0/69**	-0/71	-0/248	-0/63**	0/33	0/75**
TDS	-0/35	0/4	0/14	0/40	0/25	0/15	0/287	0/28	0/9	0/36

(**) همبستگی در سطح معنی‌داری 0/01، (*) همبستگی در سطح معنی‌داری 0/05



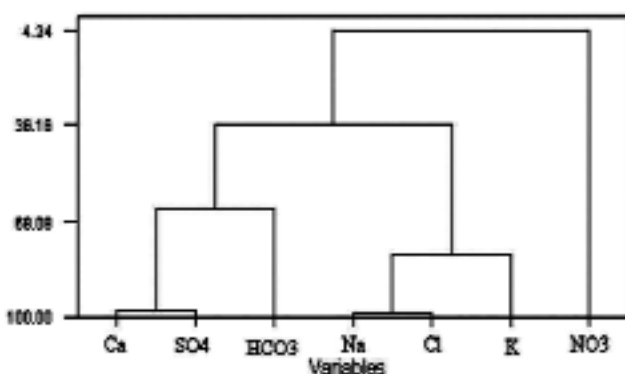
تصویر ۶- درخت‌واره نگار تشابه نمونه‌های آب زیرزمینی در منطقه‌ی مورد مطالعه نسبت تشابه گروه‌های اول و دوم بیشتر از گروه‌های سوم و چهارم می‌باشد. بیشتر نمونه‌ها در دسته‌ی اول قرار دارند. در زیر به اختصار چهار گروه تفسیر می‌شوند (جداول ۴، ۵ و ۶):

گروه اول: شامل نمونه‌های چشمه‌ی سرله و چاه‌های شماره‌ی دو و پنج می‌باشد. این گروه با کیفیت نامناسب تری نسبت به گروه دوم مشخص می‌شود.

گروه دوم: این گروه شامل نمونه‌های چاه شماره‌ی ۴، ۶، ۷، ۸ و ۹ می‌باشد. بهترین کیفیت آب در منطقه‌ی مورد مطالعه مربوط به نمونه‌های این گروه می‌باشد.

گروه سوم: این گروه نمونه‌های مربوط به چشمه‌ی برم جمال ۱، ۲ و ۳ و چشمه‌ی دوگچه را شامل می‌شود. این گروه با کیفیت نامناسب تر در مقایسه با گروه اول و دوم و کیفیت بهتر از گروه چهارم مشخص می‌گردد.

گروه چهارم: این گروه تنها یک عضو داشته و مربوط به رودخانه‌ی اعلا می‌باشد. به دلیل سطحی بودن منبع آب و تأثیرپذیری سریع و زیاد آن از کاهش نزولات جوی، افزایش دما و متعاقب آن تبخیر زیاد و همچنین منشاء گرفتن این رودخانه از مناطق بالادست و



تصویر ۷- درخت‌واره نگار متغیرها (یون‌های اصلی)

گردید با توجه به کوددهی زمین‌های کشاورزی در بهمن ماه و انعکاس تأثیر آن بر غلظت نیترات در فصل تر نمونه برداری، این نتیجه قابل پیش بینی می‌باشد. این مطلب علاوه بر آن بیانگر آن است که منبع ایجاد نیترات عاملی غیر از عوامل درون آبخوان بوده و منشاء خارجی دارد که همان کودهای نیتراته سطحی می‌باشد.

۳-۱۴-۲- تحلیل آماری داده‌ها در مکان

تکنیک‌های آماری نظیر تحلیل خوشه‌ای (Cluster analysis)

می‌توانند ابزاری قوی جهت تحلیل داده‌های شیمی آب در اختیار قرار دهند. با استفاده از این تکنیک‌ها می‌توان داده‌های کیفیت آب را مورد آزمون قرار داده و مشخص کرد که آیا می‌توان نمونه‌ها را به گروه‌های هیدروشیمیایی متمایز که از لحاظ زمین‌شناسی یا آماری معنی دار هستند گروه‌بندی کرد یا خیر. بررسی نظری تکنیک آنالیز خوشه‌ای خارج از بحث این مقاله می‌باشد و تنها به فرضیات این روش که شامل هم‌واریانسی و توزیع نرمال متغیرهاست اشاره می‌گردد. همان‌طور که قبلاً اشاره گردید برای آن که داده‌ها دارای وزن مساوی باشند باید آن‌ها را به صورت لگاریتمی و سپس استاندارد درآورد. در این تحقیق از روش تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی استفاده گردید و نمونه‌ها براساس مقایسه‌ی پارامتر چندگانه‌ی نمونه‌های گوناگون، مقایسه و با توجه به تشابه با یکدیگر گروه‌بندی گردیدند و برای اتصال زیرگروه‌ها از روش وارد (Ward method) استفاده گردید. پس از انجام تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی (HCA) داده‌ها به گروه‌های متفاوت تقسیم شده و نتیجه به صورت درخت‌واره نگار (Dendrogram) نمایش داده می‌شود (Davis 1986).

برای تهیه‌ی درخت‌واره نگار نمونه‌های آب دشت میداود-سرله از آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب در فصل خشک (به دلیل کامل تر بودن نمونه‌گیری نسبت به فصل تر و و حذف عوامل محیطی مانند بارندگی و یکنواخت بودن شرایط آبخوان در فصل خشک) و روش تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی، بر اساس تمامی متغیرها استفاده گردید. درخت‌واره نگار تشابه نمونه‌های آب دشت میداود-سرله در تصویر ۷ ارائه شده است.

در این تصویر دو دسته‌ی متمایز دیده می‌شود، این دو دسته را می‌توان به چهار گروه مشابه تقسیم کرد. گروه اول و دوم را می‌توان در یک دسته و گروه‌های سوم و چهارم را در دسته دیگر قرار داد.

جدول ۴- نتایج آمار توصیفی نمونه‌های گروه اول

آمار توصیفی	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	EC	PH
حدأقل	۱۷۰	۵۰	۲۵	۱۱	۱۰۷	۳۲	۵۴۰	۶	۱۳۹۱	۷/۸
حدأكثر	۱۷۴	۵۱	۳۴	۱۹	۱۰۷	۳۴	۵۹۴	۹	۱۴۹۸	۷/۸
میانگین	۱۷۱/۳۳	۵۰/۳۳	۳۰/۳۳	۱۵/۶۷	۱۰۷	۳۳	۵۶۵/۶۷	۷/۶۷	۱۴۲۷	۷/۸
میانه	۱۷۰	۵۰	۳۲	۱۷	۱۰۷	۳۳	۵۶۳	۸	۱۳۹۱	۷/۸
انحراف استاندارد	۲/۳۱	۰/۵۸	۴/۷۳	۴/۱۶	۰/۰۰	۱/۰۰	۲۷/۰۹	۱/۵۳	۶۱/۷۸	۰/۰۰

می‌باشند (جدول ۷).
برای تعیین اختلاف بین سه گروه، از آنالیز واریانس و آزمون چندگانه‌ی LSD (Least significant difference) استفاده گردید که نتایج آن در جدول ۸ نشان داده شده است. حدأقل میانگین یک گروه در مورد پارامترهای کلسیم، سدیم، کلر، سولفات و ضریب هدایت الکتریکی و پ‌هاش (Ca, Na, Cl, SO₄, EC, pH) از میانگین دیگر گروه‌ها متفاوت بوده و میانگین پارامترهای دیگر در

جدول ۷- نتایج آزمون ANOVA بر روی سه گروه از لحاظ همگنی واریانس‌ها

متغیر	Sig.	همگنی واریانس	متغیر	Sig.	همگنی واریانس
Ca	۰/۲۵۸	وجود دارد	Cl	۰/۰۱۳	در سطح ۰/۰۱ وجود دارد
Mg	۰/۰۸۷	وجود دارد	SO ₄	۰/۶۹۹	وجود دارد
Na	۰/۰۵۳	وجود دارد	NO ₃	۰/۱۳۶	وجود دارد
K	۰/۸۶	وجود دارد	EC	۰/۸۲۵	وجود دارد
HCO ₃	۰/۰۵۱	وجود دارد	PH	۰/۴۸	در سطح ۰/۰۱ > وجود دارد

جدول ۸- نتایج آنالیز واریانس بر روی سه گروه از لحاظ شباهت گروه‌ها

متغیر	Sig.	شباهت گروه‌ها	متغیر	Sig.	شباهت گروه‌ها
Ca	۰/۰۰۰	**	Cl	۰/۰۴۴	**
Mg	۰/۰۹۱	*	SO ₄	۰/۰۰۰	**
Na	۰/۰۱۳	**	NO ₃	۰/۱۹۱	*
K	۰/۵۸۸	*	EC	۰/۰۰۰	**
HCO ₃	۰/۹۹۳	*	PH	۰/۰۴۲	**

** حدأقل میانگین یک گروه، متفاوت از میانگین دیگر گروه‌ها است، * تمام گروه‌ها دارای میانگین مشابه هستند.

همه گروه‌ها مشابه می‌باشد.

با توجه به نتایج آنالیز واریانس، در جدول ۹ اختلاف معنی‌داری بین میانگین غلظت یون بی‌کربنات، نیترات و پتاسیم در هیچ یک از گروه‌ها مشاهده نمی‌گردد. میانگین غلظت یون سولفات و همچنین ضریب هدایت الکتریکی تمام گروه‌ها با هم متفاوت و دارای اختلاف معنی‌داری هستند.

در مورد یون‌های کلسیم، سدیم و کلر، میانگین غلظت یون‌های مذکور تنها در بین گروه اول و دوم هیچ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و بین بقیه‌ی گروه‌ها اختلاف معنی‌دار است. در مورد عامل پی‌اچ تنها بین گروه دوم و سوم اختلاف معنی‌دار است و بین بقیه‌ی گروه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. به‌طور کلی می‌توان گفت گروه‌های اول و دوم نسبت به گروه سوم متفاوت می‌باشند، که با

جدول ۵- نتایج آمار توصیفی نمونه‌های گروه دوم

آمار توصیفی	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	EC	PH
حدأقل	۱۷۸	۶۱	۲۵	۱۲	۹۸	۳۲	۵۴۰	۶	۱۳۹۱	۷/۸
حدأكثر	۲۳۸	۸۱/۰۶	۶۸	۱۴	۱۲۲	۳۴	۵۹۴	۹	۱۴۹۸	۷/۸
میانگین	۱۹۷/۸	۷۴/۲۱	۳۶/۶۶	۱۲/۸	۱۰۹/۲	۳۳	۵۶۵/۶۷	۷/۶۷	۱۴۲۷	۷/۸
میانه	۱۸۱	۸۰	۳۷	۱۳	۱۰۷	۳۳	۵۶۳	۸	۱۳۹۱	۷/۸
انحراف استاندارد	۲۶/۵۰	۸/۸۸	۹/۷۱	۰/۸۴	۰/۰۰	۱/۰۰	۲۷/۰۹	۱/۵۳	۶۱/۷۸	۰/۰۰

جدول ۶- نتایج آمار توصیفی نمونه‌های گروه سوم

آمار توصیفی	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	EC	PH
حدأقل	۱۸۰	۴۴	۶۶	۱۶	۷۸	۹۸	۶۲۲	۵	۱۹۲۶	۷/۶
حدأكثر	۲۶۲	۶۰	۱۰۱	۲۸	۱۱۷	۱۸۵	۷۸۶	۸	۲۰۳۳	۷/۸
میانگین	۲۴۰/۷۵	۵۱/۷۵	۸۳/۲۵	۲۲	۱۰۲/۲۵	۱۳۶	۷۲۹/۷۵	۷	۱۹۷۹	۷/۷۵
میانه	۲۶۰/۵۰	۵۱/۵	۸۳	۲۲	۱۰۷	۱۰۳/۵	۷۵۵/۵	۷/۵	۱۹۷۹	۷/۸
انحراف استاندارد	۴۰/۵۱	۷/۱۴	۱۸/۸۲	۵/۴۸	۱۶/۸۴	۴/۶۶	۷۵/۹۴	۱/۴۱	۶۱/۷۷۶	۰/۱۰۰

گذر از میان سازندهای مسیر و پدیده‌ی اختلاط در آن، این منبع آب به تنهایی در یک گروه قرار گرفته است. به همین دلیل در مقایسات آماری بعدی از این گروه صرف‌نظر شده و مقایسه بین سه گروه باقی‌مانده انجام می‌گیرد.

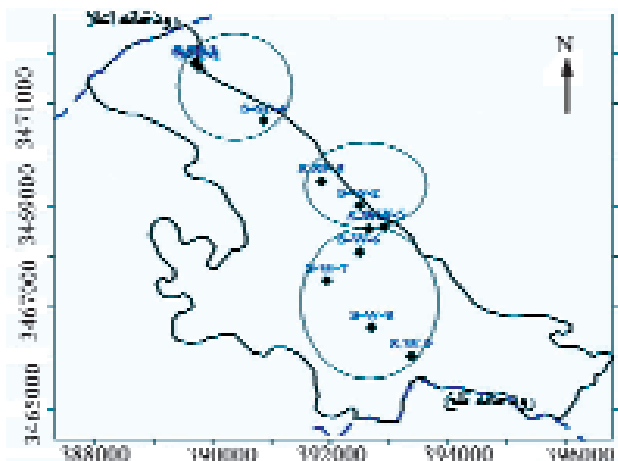
۳-۱۴-۳- آنالیز واریانس

(ANOVA: Analysis of variance)

برای تعیین اختلاف بین سه گروه، از آنالیز واریانس با استفاده از نرم افزار اس پی اس اس استفاده شد، برای این کار ابتدا گروه‌ها از لحاظ تست همگنی واریانس‌ها در درون هر گروه مورد بررسی قرار گرفتند. برای همه متغیرها در درون گروه‌ها، واریانس‌ها، همگن

(تصویر ۸)، روند افزایشی و کاهش غلظت یون نیترات در منابع آب دشت میداود- سرله از متغیرهای دیگر مستقل بوده و عمدتاً متأثر از زمان کوددهی می باشد. از این رو به منظور مشاهده ی زون بندی و مقایسه ی آن ها تحلیل های آماری مکانی نیترات به صورت مستقل و تنها بر اساس یون نیترات انجام می گیرد. بر این اساس، دشت مورد مطالعه به سه زون شمالی، مرکزی و جنوبی تقسیم شده و سپس بین سه گروه حاصل، مقایسه آماری انجام می گیرد که در زیر به اختصار سه گروه تفسیر شده اند (جداول ۱۰، ۱۱ و ۱۲).

گروه اول: شامل نمونه های چشمه ی برم جمال یک، دو، سه و چشمه ی دوگچه می باشد. گروه دوم: این گروه شامل نمونه های چشمه ی سرله و چاه های شماره ی پنج و چهار می باشد. گروه سوم: این گروه شامل چاه های شماره ی شش، هفت، هشت و نه می باشد. در اینجا لازم به ذکر است که در این مقایسه از نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های فصل خشک به دلیل کامل تر بودن، کاهش نزولات جوئی و پدیده ی انحلال و بالتبع همگن تر بودن منابع آب استفاده گردید.



تصویر ۸- زون بندی دشت میداود- سرله بر اساس مساحت زمین های کشاورزی و عمق سطح ایستابی

جدول ۱۰- نتایج آمار توصیفی نمونه های گروه اول

آمار توصیفی	مینیم	ماکزیم	میانگین	میانه	انحراف استاندارد
NO ₃	۵	۸	۷	۷/۵	۱/۴۱

جدول ۱۱- نتایج آمار توصیفی نمونه های گروه دوم

آمار توصیفی	مینیم	ماکزیم	میانگین	میانه	انحراف استاندارد
NO ₃	۶	۹	۷/۷۵	۸۰	۱/۲۵

جدول ۱۲- نتایج آمار توصیفی نمونه های گروه سوم

آمار توصیفی	مینیم	ماکزیم	میانگین	میانه	انحراف استاندارد
NO ₃	۱۱	۲۰	۱/۴۵	۱۳/۵	۱/۴۱

درخت واره نگار نیز مطابقت دارد و همچنین اختلاف بین گروه اول و دوم کمتر می باشد، همچنان که از نتایج آزمون مقایسه گروه ها مشاهده می گردد.

نمونه های منابع آب دشت میداود- سرله در فصل خشک در سه زون شمالی، حاشیه ی مرکزی و جنوبی قابل تفکیک می باشند که از این میان گروه دوم یا زون جنوبی (داخلی) دشت دارای بهترین کیفیت و گروه های اول و سوم به ترتیب دارای کیفیت نامناسب تری می باشند که این امر بیانگر آن است که آب های ورودی که از زون های شمالی و حاشیه ی مرکزی وارد دشت می گردند دارای کیفیت نامناسب تری نسبت به منابع آب موجود در بخش داخلی دشت می باشند و قرارگیری گروه های اول و دوم در یک دسته با توجه به نزدیکی آن ها از لحاظ موقعیت جغرافیایی قابل پیش بینی می باشد. کیفیت نامناسب آب های تغذیه ای احتمالاً به دلیل منشاء گرفتن آن ها از سازند آهک آسماری تاقدیس کوه سفید در مرز غربی دشت و همچنین تغذیه ی دشت در بخش های شمالی به وسیله ی رودخانه ی اعلا می باشد.

۳-۵- بررسی مکانی تغییرات غلظت نیترات

با توجه به نتایج آنالیزهای آماری همچنین درخت واره نگار نمونه

جدول ۹- مقایسه ی میانگین سه گروه بر اساس آنالیز واریانس

گروه دوم	گروه سوم	Mg	گروه دوم	گروه سوم	Ca
۰/۱۱۸*	۰/۰۰۰	گروه اول	۰/۰۴۲	۰/۴۸۳*	گروه اول
	۰/۰۰۰	گروه دوم		۰/۱۱۵*	گروه دوم
گروه دوم	گروه سوم	K	گروه دوم	گروه سوم	Na
۰/۴۷۹*	۰/۰۰۷	گروه اول	۰/۹۱۲*	۰/۴۵۷*	گروه اول
	۰/۰۱۲	گروه دوم		۰/۳۳۹*	گروه دوم
گروه دوم	گروه سوم	Cl	گروه دوم	گروه سوم	HCO ₃
۰/۹۲۸*	۰/۹۱۱*	گروه اول	۰/۴۲۴*	۰/۰۲۰	گروه اول
	۰/۹۸۰*	گروه دوم		۰/۰۴۸	گروه دوم
گروه دوم	گروه سوم	PH	گروه دوم	گروه سوم	SO ₄
۰/۰۰۲*	۰/۰۰۰	گروه اول	۰/۱۲۶*	۰/۳۴۰*	گروه اول
	۰/۰۰۰	گروه دوم		۰/۰۱۵	گروه دوم
گروه دوم	گروه سوم	NO ₃	گروه سوم	گروه سوم	EC
۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	گروه اول	۰/۱۳۰*	۰/۹۱۳*	گروه اول
	۰/۰۰۰	گروه دوم		۰/۱۲۶*	گروه دوم

* هیچ اختلاف معنی داری بین میانگین گروه ها وجود ندارد. بقیه ی مقادیر بیانگر اختلاف معنی دار بین گروه ها می باشند.

۳-۵-۱- آنالیز واریانس

برای تعیین اختلاف بین سه گروه، از آنالیز واریانس با استفاده از نرم افزار اسپ پی اس اس استفاده شده است. برای این کار ابتدا گروه‌ها از لحاظ تست همگنی واریانس‌ها در درون هر گروه مورد بررسی قرار گرفتند و مشاهده گردید که غلظت نیترات در درون گروه‌ها، دارای واریانس‌های همگن می‌باشد ($P=0/096$).

برای تعیین اختلاف بین سه گروه، از آنالیز واریانس و تست LSD استفاده گردید که نتایج نشان می‌دهد میانگین یک گروه از میانگین دیگر گروه‌ها متفاوت می‌باشد ($P=0/005$).

با توجه به نتایج آنالیز واریانس، مشاهده می‌گردد که اختلاف معنی داری بین میانگین غلظت یون نیترات در بین گروه اول و سوم و همچنین بین گروه دوم و سوم وجود دارد و بین گروه‌های اول و دوم اختلاف معنی داری وجود ندارد (جدول ۱۳)، که این امر همچنان که در تفسیر نمودار هم ارزش نیترات عنوان گردید به دلیل عمق کم سطح ایستابی در بخش‌های شمالی و مرکزی دشت و فعال شدن فرایند دنیتریفیکاسیون و افزایش سطح زیر کشت زمین‌های کشاورزی و فروشویی پساب‌های کشاورزی در بخش‌های جنوبی دشت می‌باشد.

جدول ۱۳- مقایسه‌ی میانگین سه گروه بر اساس آنالیز واریانس

گروه سوم	گروه دوم	NO ₃
۰/۰۰۳	۰/۴۰۷*	گروه اول
۰/۱۰۵		گروه دوم

* هیچ اختلاف معنی دار بین میانگین گروه‌ها وجود ندارد.

بقیه‌ی مقادیر بیانگر اختلاف معنی دار بین گروه‌ها می‌باشند.

۴- نتیجه‌گیری

بررسی‌های انجام شده بر روی منابع آب دشت میداود- سرله موید وجود آبخوانی از نوع آزاد می‌باشد. آنالیزهای کیفی انجام گرفته بر روی منابع آب دشت، نوع آب را تا حد کمی قلیایی نشان داده است، از لحاظ سختی جزء آب‌های خیلی سخت قرار دارد و هدایت الکتریکی بالای آب‌ها نشانگر وجود آبی با شوری زیاد در دشت می‌باشد. نمودار پائین نمونه آب‌های منابع دشت وجود دو رخساره‌ی هیدروشیمیایی سولفات-کلسیک و سولفات-کلسیک (منیزیک) و یک مسیر تکامل ژئوشیمیایی را در دشت نشان می‌دهد. بررسی میزان نیترات موجود در منابع آب زیرزمینی دشت

میداود- سرله در دو بخش بررسی هیدروشیمیایی و آماری بیانگر این مطالب است که منابع آب دشت میداود- سرله از نظر میزان نیترات برای مصارف شرب در محدوده‌ی مجاز (۴۵ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد ولی از نظر بهداشتی آلوده و بیش از حد مجاز جهانی (۱۰ میلی‌گرم در لیتر) قرار دارد. میانگین غلظت نیترات در فصل مرطوب بیش از مقدار معادل آن در فصل خشک می‌باشد که علت آن کوددهی زمین‌های کشاورزی در بهمن ماه و فروشویی آن‌ها و انعکاس آن در اسفندماه می‌باشد.

رابطه‌ی بین میزان نیترات در آب زیرزمینی و سطح ایستابی در دشت میداود- سرله یک رابطه‌ی تقریباً خطی و مستقیم می‌باشد که به واسطه‌ی تنوع لیتولوژی و دانه‌بندی بی‌نظمی‌هایی می‌یابد. نقشه‌ی هم مقدار نیترات در دشت نیز بر اساس بافت مصرفی و عمق سطح آب در دشت، افزایشی شمالی- جنوبی را نشان می‌دهد.

بررسی‌های آماری غلظت نیترات نیز نتایج زیر را در بر دارد: متغیر نیترات در دشت توزیع نرمال و یون نیترات با اکثر پارامترها رابطه‌ی معکوس دارد. این مطلب موید روند افزایش و کاهش غلظت نیترات بر خلاف یون‌های دیگر است. علت آن، استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی، آبدهی زیاد زمین‌های کشاورزی در فصل کشاورزی (بهمن ماه) و انعکاس تأثیر آن بر غلظت نیترات در فصل مرطوب، به صورت افزایش غلظت یون نیترات در برابر کاهش غلظت یون‌های دیگر در این فصل می‌باشد. بررسی‌های مکانی غلظت نیترات در سه زون شمالی، مرکزی و جنوبی، از اختلاف معنی دار میانگین غلظت نیترات در بین زون شمالی و مرکزی با زون جنوبی حکایت می‌کند که با توجه به مساحت زیاد زمین‌های کشاورزی و همچنین عمق زیاد سطح ایستابی و کاهش فرایند دنیتریفیکیشن در این بخش از دشت، قابل پیش‌بینی می‌باشد.

۵- پیشنهادات

پیشنهاد می‌گردد به کشاورزان منطقه نحوه‌ی صحیح کودپاشی و آبیاری آموزش داده شود تا مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی و آبیاری بی‌رویه سبب آلوده شدن بیشتر آبخوان نگردد. علاوه بر آن پیشنهاد می‌گردد در مراحل مختلف حفر و تجهیز چاه‌های منطقه، دقت لازم اعمال گردد تا امکان نشت مستقیم و آلودگی آبخوان، کاهش یابد.

مراجع

- درویش‌زاده، ع.، ۱۳۸۱، زمین‌شناسی ایران، انتشارات نشر امروز، ۹۰۱ص.
- ناصری، ح.، ۱۳۸۰، بررسی هیدروشیمیایی آبخوان قره سو در دشت گرگان، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- ناصری، ح. ر.، علیجانی، ف.، ۱۳۸۱، مطالعه‌ی هیدروژئوشیمی و آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت ایذه، واحد تحقیقات و استانداردهای مهندسی آب، سازمان آب و برق خوزستان.
- Berry, J. K., 1995**, "Spatial reasoning for effective GIS", *GIS work books, Fort Collins, Colorado, Wiley and Sons Pub., 208p.*
- Davis, J. C., 1986**, "Statistical and data analysis in geology", *2nd Ed.: Wiley and Sons Pub., New York, 646p.*
- Drever, J. I., 1982**, "The geochemistry of natural waters", *3 Ed. Cliffs. N. J., Prentice Hall, Englewood, 388p.*
- Douglas, A., 2003**, "Clearwater plateau Nitrate ground water data, Analysis Data Idaho County, Idaho", *Ground water Technical Report # 20, Dept of Environmental Quality, 70p.*
- Hill, A. R., 1982**, "Nitrate distribution in the ground water at the Alliston region of Ontario, Canada", *Ground water, Vol. 20: 696-720.*
- Hu, K., Huang, Y., Li, H., Li, B., Chen, D. & Edlin, R., 2005**, "Special variability of shallow groundwater level, electrical conductivity and nitrate concentration, and risk assessment of nitrate contamination in North China plain", *Environ. Int., Vol. 31 (6): 896-903.*
- Pa checo, J. & Carbrera, A., 1997**, "Ground water contamination by Nitrate in the Yucatan Peninsula, Mexico", *Hydrogeol. J., Vol. 5 (2): 47-53.*
- Pawar, N. J. & I. J., Shaikh, 1995**, "Nitrate pollution of ground water from shallow basaltic aquifer, Deccan trap hydrologic province, India", *Environ. Geol., Vol. 25: 197-204.*
- Spruill, T. B., Showers, W. J. & How, S. S., 2002**, "Application of classification-Three methods to identify Nitrate sources in ground water", *J. Environ. Qual., Vol. 31: 1538-1549.*