

# ORIGINAL ARTICLE

## ***Variation of PhysicoChemical Quality of Groundwater Watershed in Gharehsou during 2003-2012***

Mohammad Soltanian<sup>1</sup>,  
Abdollah Dargahi<sup>2</sup>,  
Fatemeh Asadi<sup>2</sup>,  
Ali Ivani<sup>3</sup>,  
Parastoo Setareh<sup>2</sup>,  
Elaheh Setareh<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah , Iran

<sup>2</sup> MSc in Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

<sup>3</sup> MSc in Remote Sensing and Geographical Information System, Islamic Azad University, Kermanshah Science and Research Branch, Kermanshah, Iran

<sup>4</sup> MSc Student in Biostatistics, Student Research Committee, Faculty of Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

(Received September 2, 2014 ; Accepted January 17, 2015)

### **Abstract**

**Background and purpose:** Geographic information system (GIS) and appropriate statistical method for management and analysis of groundwater has been growing rapidly. New devices and information support system has a significant role in management of water resources, especially in limited and valuable water resources. The aim of this study was to evaluate the changes in the physicochemical quality of groundwater watershed in Gharehsou during a ten year period (2003-2012).

**Materials and methods:** The results of water physicochemical parameters analysis were obtained from the regional water authority. The annual average of parameters were determined using descriptive statistics in SPSS Ver.16 by applying Friedman Test and MEASURE with significant level  $\alpha= 0.05$ . The annual parameters changes were compared and zoning of different parameters for groundwater quality of gharasoo watershed was determined through ArcGIS9.3 software.

**Results:** The results showed that physicochemical parameters had an increasing trend during the first five years while in the next five years despite annual fluctuations a decreasing trend was observed. No significant correlation was found in annual variation of potassium, calcium, chloride, and conductivity ( $P > 0.05$ ). Geographically, density and high concentration of chemical compounds in groundwater was seen more in north west, west and south west areas. The most increases of cation and anion concentrations were observed between 2005-2008.

**Conclusion:** The results showed that most of the groundwater watershed contained bicarbonate, and the changes in chemical composition of groundwater watershed depended on rain fall, water harvesting, and type of soil.

**Keywords:** Groundwater, geographic zoning, Gharehsou

J Mazandaran Univ Med Sci 2015; 25(121): 275-287 (Persian).

## بررسی تغییرات کیفیت فیزیکوشیمیایی آب زیرزمینی حوزه آبخیز قره سو در یک دوره زمانی ده ساله ۹۱-۸۲

محمد سلطانیان<sup>۱</sup>  
عبدالله درگاهی<sup>۲</sup>  
فاطمه اسدی<sup>۲</sup>  
علی ایوانی<sup>۳</sup>  
پرستو ستاره<sup>۲</sup>  
الهه صالح<sup>۳</sup>

### چکیده

**سابقه و هدف:** استفاده از سیستم‌های اطلاعاتی جغرافیایی (GIS) و به موازات آن روش‌های آماری مناسب جهت مدیریت و تحلیل منابع آب زیرزمینی به سرعت رو به رشد بوده است. بهره‌گیری از این چنین ابزارهای جدید و سیستم‌های پشتیبان پردازش اطلاعات می‌تواند نقش به سزاگی در مدیریت کنترل منابع، به خصوص منابع محدود آب که بسیار با ارزش و حیاتی به شمار می‌روند، داشته باشد. هدف اصلی از این مطالعه بررسی تغییرات کیفیت فیزیکوشیمیایی آب زیرزمینی حوزه آبخیز قره سو در یک دوره زمانی ده ساله ۹۱-۸۲ است.

**مواد و روش‌ها:** اطلاعات مربوط به آزمایش پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب از شرکت سهامی آب منطقه‌ای کسب گردید. با استفاده از آمار توصیفی، میانگین سالیانه غلظت پارامترهای مختلف محاسبه و سپس با استفاده از نرم‌افزار SPSS-Ver.16 و با کمک آزمون‌های آماری Friedman Test و MEASURE\_1 با سطح معناداری  $\alpha=0.05$ ، نسبت به مقایسه تغییرات سالیانه پارامترها اقدام و به موازات آن با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS9.3 ArcGIS9.3 پهنابندی جغرافیایی پارامترهای مختلف به لحاظ تعیین تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی حوزه آبخیز قره سو انجام گردید.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که در طی سال‌های مورد بررسی، در پنج سال اول، پارامترهای فیزیکوشیمیایی دارای روندی افزایشی و در پنج سال بعدی، ضمن نوسانات سالیانه، در مجموع روند کاهشی داشته است. با توجه به آزمون‌های آماری موردن استفاده، تغییرات سالیانه بین پارامترهای پتانسیم، کلسیم، کلرید و هدایت الکتریکی تفاوت معنی داری وجود نداشت ( $p>0.05$ ). از نظر جغرافیائی، تراکم و غلظت بالای ترکیبات شیمیایی موجود در آب زیرزمینی در شمال غرب، غرب و جنوب غربی حوزه متتمرکز شده است. بیشترین افزایش کاتیون‌ها و آئیون‌ها، مربوط به سال‌های ۱۳۸۴-۸۷ می‌باشد.

**استنتاج:** نتایج این مطالعه نشان داد که بیشتر آب‌های زیرزمینی سطح حوزه آبخیز از جنس بی‌کربناته می‌باشد. تغییرات میزان ترکیبات شیمیایی آب‌های زیرزمینی حوزه آبخیز تابع، میزان ریزش‌های جوی، میزان برداشت آب و جنس خاک می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** آب زیرزمینی، پهنابندی جغرافیایی، حوزه قره سو

### مقدمه

آب به عنوان یک منبع قابل تجدید همواره به عنوان یک رکن اصلی توسعه مطرح بوده است. با

E mail: f\_asadi56@yahoo.com

**مؤلف مسئول: فاطمه اسدی**- کرمانشاه: دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، دانشکده بهداشت

۱. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

۲. کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

۳. کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، واحد علوم و تحقیقات کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

۴. دانشجوی کارشناسی ارشد آمار زیستی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۶/۱۱ تاریخ ارجاع چهت اصلاحات: ۱۳۹۳/۹/۱۲ تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۰/۲۷

تغییرات ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب‌های زیرزمینی، نقشی ارزنده را در فرایند تصمیم‌گیری و مدیریت استفاده و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی ایفا می‌کند<sup>(۸)</sup>. روش‌هایی گوناگون برای مطالعه و پنهان‌بندی تغییرات ویژگی‌های آب‌های زیرزمینی وجود دارد که هر کدام از آن‌ها بسته به شرایط منطقه و وجود آمار و داده‌های کافی دارای دقت‌هایی گوناگون می‌باشند. از جمله روش‌های میان‌یابی جهت تهیه نقشه‌های تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌توان به روش‌های زمین آمار کریجینگ و کوکریجینگ و روش‌های معین مانند روش عکس فاصله، فاصله نرمال و غیره نام برد. انتخاب روش مناسب پنهان‌بندی و تهیه نقشه تغییرات ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی گامی اساسی و مهم در مدیریت منابع آبی منطقه به شمار می‌رود. در سال‌های اخیر مطالعاتی در زمینه پنهان‌بندی خواص کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی انجام شده است. از جمله Kresic (۱۹۷۷) روش کریجینگ را به عنوان بهترین و قوی‌ترین ابزار برای درون‌یابی داده‌های اندازه‌گیری شده آب زیرزمینی معرفی نموده است<sup>(۹)</sup>. Gaus و همکاران (۲۰۰۳) به بررسی غلظت آرسنیک در آب‌های زیرزمینی بنگلادلش پرداخته‌اند. در این مطالعه از داده‌های ۳۵۳۴ چاه استفاده شده است. داده‌های به دست آمده نشان دهنده چولگی بالا در داده‌های آرسنیک می‌باشد. برای برآورد غلظت و تهیه نقشه احتمال، از روش کریجینگ گستته استفاده گردیده است. نتایج نشان داده‌اند که در منطقه مورد مطالعه ۳۵ میلیون نفر در معرض غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر آرسنیک و ۵۰ میلیون نفر در معرض غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر بوده است<sup>(۱۰)</sup>. Barcae و Passarella (۲۰۰۸) جهت تهیه نقشه خطر نیترات در دشت مادنا در ایتالیا از روش کریجینگ گستته و روش‌های شیوه‌سازی استفاده نموده است. نتایج نشان داده که روش کریجینگ گستته برای مطالعه خطر تخریب کیفیت آب‌های زیرزمینی مناسب است<sup>(۱۱)</sup>. استان کرمانشاه از

زیادی به منابع آب زیرزمینی وارد شده است<sup>(۱)</sup>. مقایسه سرانه کل منابع آب شیرین قابل دسترسی در بین مناطق جهان متفاوت است، به طوری که بیش از یک میلیارد نفر از جمعیت جهان آب سالم ندارند و منشاء ۸۰ درصد بیماری‌ها در کشورهای در حال توسعه، آب ناسالم و بی کیفیت می‌باشد<sup>(۲)</sup>. اهمیت آب برای بهداشت و توسعه به اندازه‌ای است که سازمان جهانی بهداشت (WHO) مهم‌ترین نارسایی قرن بیستم را عدم دسترسی همگان به بهسازی و آب آشامیدنی سالم و کافی عنوان کرده است<sup>(۳)</sup>.

وجود برخی املاح در آب، برای سلامتی انسان ضروری است ولی مقدار بیش از حد مجاز برخی از آن‌ها سلامتی انسان را به خطر می‌اندازد<sup>(۴)</sup>. به طور کلی کیفیت آب یک امر نسبی است و معرف ویژگی‌های آب است و از طریق ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و زیست‌شناسی تعریف می‌شود، کیفیت آب‌های زیرزمینی در مقیاس‌های مکانی و زمانی عمل کرده و نمی‌توان خواص آن را در طول زمان و مکان ثابت فرض کرد<sup>(۵)</sup>. نتایج تحقیق در حوزه اراضی هازر کشور بنگلادش نشان داد که تغییرات زمانی ترکیبات شیمیایی آب زیرزمینی در آبخوان‌های عمیق و کم عمق متفاوت است<sup>(۶)</sup>. Fetouani و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه کیفیت آب زیرزمینی دشت‌های تحت کاربری کشاورزی منطقه تریفا در شمال شرق مراکش از نظر میزان نیترات آمونیوم و آلودگی‌های باکتریولوژیکی، از روش کریجینگ معمولی برای مطالعه و پنهان‌بندی نقشه کیفی آب‌های زیرزمینی استفاده نموده است. نتایج آن‌ها نشان دهنده تغییرات معنی‌دار در مقایسه با مطالعات قبلی بوده است. آن‌ها بیان نمودند که اگر هیچ نوع برنامه دراز مدت بازدارنده صورت نگیرد، توسعه اراضی کشاورزی در این مناطق باعث تخریب کیفیت آب‌های زیرزمینی خواهد شد<sup>(۷)</sup>. تهیه نقشه تغییرات املاح می‌تواند گامی مهم در بهره‌برداری صحیح از منابع آب باشد. افزون بر آن نقشه‌های



تصویر شماره ۲: موقعیت حوزه آبخیز قره سو در نقشه کرمانشاه

سرچشمه اصلی رودخانه قره سو، روانسر واقع در ۴۵ کیلومتری شمال غربی کرمانشاه است. این رودخانه با جهت شمال غربی به جنوب شرقی جریان پیدا می‌کند و در ۲۵ کیلومتری کرمانشاه رودخانه مرگ و شاخه‌های فرعی آن به قره سو می‌پیوندد و با مسیر پر پیچ و خم در سطح دشت جریان یافته و در نزدیکی روستای قزانچی رودخانه رازآور به آن متصل می‌شود. این رودخانه با یک شیب آرام از داخل شهر کرمانشاه عبور کرده و در نزدیکی فرمان بار رودخانه گاماسیاب می‌پیوندد. در بسیاری از نقاط حاشیه این رودخانه گیاهان مختلفی رشد کرده که به زیبائی آن جلوه خاصی داده است. بخش اعظمی از منابع آب حوزه آبخیز قره سو جهت آب شرب شهرهای حوزه آبخیز مصرف می‌شود و قسمتی نیز صرف مصارف کشاورزی می‌گردد. در این پژوهش به منظور بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی در منطقه، پارامترهای نمونه‌برداری شده شامل: کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، بی‌کربنات، کلرید، سولفات، pH و EC مربوط به دوره ده ساله (۹۱-۸۲) از شرکت آب منطقه‌ای استان کرمانشاه تهیه شد. نمونه‌گیری‌ها بر اساس دستورالعمل وزارت نیرو هر ۶ ماه یک بار و از هر منبع، ۲ بار در سال نمونه‌برداری و آزمایش به عمل آمد. است که میانگین نتایج لحظه شده است (۱۲). این داده‌ها مربوط به ۲۳ ایستگاه شامل چاه‌های عمیق، نیمه‌عمیق، قنات و چشمه‌های در دست

مناطق نسبتاً پرآب کشور محسوب می‌شود. لکن وقوع خشکسالی‌های پی در پی و به دنبال آن برداشت بی‌رویه از سفره آب زیرزمینی به عنوان اصلی‌ترین منبع تامین آب، موجب افت شدید سطح ایستابی و تغییر در کیفیت آب گردیده است.

هدف از این مطالعه، بررسی تغییرات مکانی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی حوزه آبخیز قره سو از نظر پارامترهای همانند  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , pH و TDS تهیه نقشه این تغییرات از طریق پهن‌بندی GIS می‌باشد. به طوری که بتوان با استفاده از این نتایج برنامه‌ریزی صحیحی نسبت به بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی منطقه و تعیین نقاط با کیفیت، جهت استحصال آب و نیز مناطق بحرانی و غیر قابل شرب تدوین نمود.

## مواد و روش‌ها

استان کرمانشاه شامل دو حوزه بزرگ آبریز کرخه علیا و سیروان می‌باشد. حوزه آبریز کرخه علیا (حوزه آبریز داخلی) شامل ۱۵ زیر حوزه اصلی می‌باشد که در مرکز و شرق استان شامل شهرستان‌های کرمانشاه، اسلام‌آباد غرب، کنگاور، جوانرود (بخش روانسر)، صحنه و هرسین است. آب رودخانه‌های آن به رودخانه سیمره می‌ریزد. حوزه آبخیز قره سو با مساحت ۳۸۴۸۳۰ کیلومتر مربع و زیر مجموعه حوزه آبریز کرخه می‌باشد ( تصاویر شماره ۱ و ۲).



تصویر شماره ۱: موقعیت استان کرمانشاه در نقشه ایران

جهت تهیه نقشه‌های همپتانسیل آب‌های زیرزمینی، ۵ نقطه به عنوان نقاط کنترلی در نظر گرفته شد که با سه روش SPLINE, IDW, KRIGING دورنیابی انجام گرفت. با توجه به این که در میان این سه روش، روش کریجینگ کم ترین درصد خطأ (RMS) را داشت، این روش انتخاب شد. روش کریجینگ با پارامترهای زیر انتخاب گردید (۱۳):

Kriging Method: Ordinary

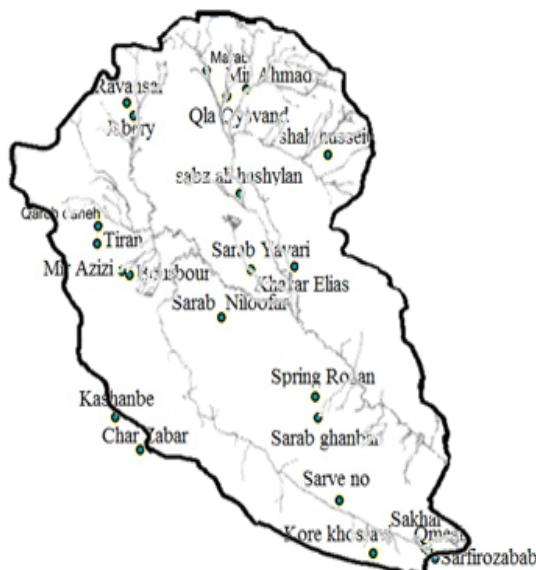
Semivariogram: Spherical

Search Radius: Variable

Number Of Points: 12

با استفاده از آمار توصیفی، میانگین سالیانه غلظت‌های پارامترهای مختلف محاسبه و سپس با استفاده از نرم افزار SPSS-Ver.16 و آزمون آماری  $\alpha=0.05$  Friedman Test و MEASURE\_1 با معنی‌داری  $a=0.05$  نسبت به مقایسه تغییرات سالیانه پارامترها اقدام گردید.

بهره‌برداری می‌باشد. در تصویر شماره ۳ موقعیت این ایستگاه‌ها را در حوزه قره سو ارائه گردیده است. مشخصات نقاط نمونه‌برداری در جدول شماره ۱ ارائه گردیده است.



تصویر شماره ۳: موقعیت چاه‌های نمونه‌برداری شده

## یافته‌ها

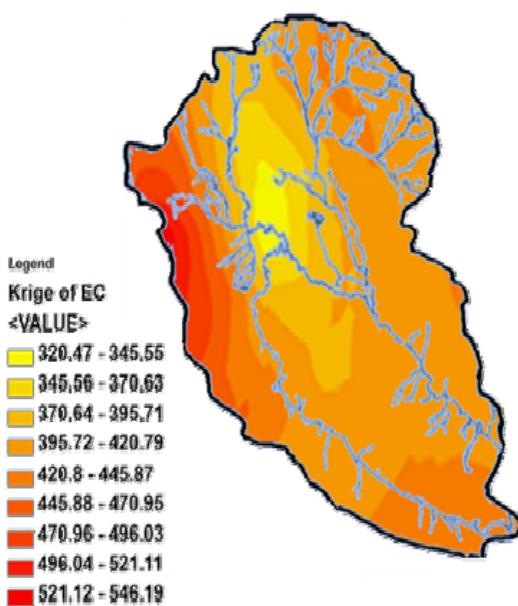
در سرتاسر حوزه آبخیز قره‌سو، چهار آبخوان آزاد (دشت کامیاران، دشت روانسر، دشت ماهیدشت و دشت کرمانشاه) گسترش یافته است. به علت ناهمواری سنگ کف و وجود نواحی تغذیه این آبخوان‌ها همگن نبوده و از نظر آبدی نیز وضع یکسانی ندارند. ضخامت لایه‌های آبدی متغیر بوده و از ۸۰ تا ۱۱۰ متر نوسان دارد. بیش ترین ضخامت لایه آبدی حوزه آبخیز قره‌سو مربوط به سفره‌های آب زیرزمینی منطقه روانسر با ضخامت ۱۱۰ متر و کم ترین آن مربوط به دشت کامیاران با ۸۰ متر ضخامت می‌باشد. نتایج آزمایشات مربوط به حداقل، حداکثر و میانگین مقادیر مربوط به پارامترهای فیزیکو شیمیایی آب زیرزمینی حوزه آبخیز قره‌سو طی دوره ۱۰ ساله در جدول شماره ۲ ارائه گردیده است. بر اساس نتایج در خصوص هدایت الکتریکی، تغییرات آن در طول ده سال از شرق به غرب حوزه افزایش نشان می‌دهد. بیش ترین میزان هدایت الکتریکی

جدول شماره ۱: مشخصات نقاط نمونه‌برداری

محل	نوع آب زیرزمینی	نوع مصرف	قات	چشم روستان
۳۷۹۶۶۱۸	۶۸۷۸۷۲	شرب	قات	چشم روستان
۳۸۱۷۱۲۱	۶۸۳۹۶۷	شرب	چشم	حضر الیاس
۳۸۱۶۶۲۰	۶۷۵۷۲۴	کشاورزی-صنعتی	چشم	سراب یاوری
۳۷۹۳۳۱۲	۶۸۸۴۱۶	شرب	چشم	سراب قبر
۳۸۲۸۵۷۲	۶۷۳۶۲۳	کشاورزی	چشم	سری‌علی - هشیلان
۳۸۰۹۱۱۶	۶۷۰۱۴۱	کشاورزی	چشم	سراب نیلوفر
۳۸۱۵۱۱۴	۶۵۷۲۵۰	کشاورزی	چشم	بوربور
۳۸۱۶۴۲۱	۶۵۱۳۲۷	کشاورزی	چشم	میراعزی
۳۸۲۳۴۷۴	۶۴۶۸۲۱	کشاورزی	چشم	قره دانه
۳۸۴۰۸۶۱	۶۵۳۵۷۵	شرب	چشم	چابری
۳۸۲۹۲۹۰	۶۵۲۲۴۸	کشاورزی-شرب	چشم	روانسر
۳۸۱۶۶۹۰	۷۳۱۲۱۶	شرب	چشم	بابارسول
۳۸۲۰۷۱۹	۶۴۶۶۶۳۴	شرب	چشم	تیران
۳۸۴۵۰۴۲	۶۷۴۹۰۶	شرب	چشم	قلعه قیسوند
۳۸۴۳۹۴۴	۶۷۱۱۷۶	شرب	چشم	میراحمد
۳۸۳۴۷۱۱	۶۹۰۲۷۱	شرب	چشم	شاه حسین
۳۸۴۷۸۷۲	۶۶۷۷۷۷	شرب	چشم	ماراب
۳۸۰۲۹۴	۶۹۴۲۶۷	کشاورزی-شرب	چشم	سرنو
۳۷۷۱۱۱۷	۷۱۰۵۶۱	کشاورزی-شرب	چاه	سرفیروزآباد
۳۷۷۲۸۳۶	۷۰۸۵۷۱	شرب	چاه	سخر
۳۷۷۲۱۰۲	۷۰۹۴۲۵	شرب	چاه	قمش
۳۷۷۱۹۶۷	۶۹۸۸۳۰	شرب	چشم	کوره خرسوی
۳۷۹۳۳۹۰	۶۵۰۰۹۹	شرب	چشم	کاشبه
۳۷۸۸۲۶۲	۶۵۴۰۰۲	شرب	چشم	چهارزبر

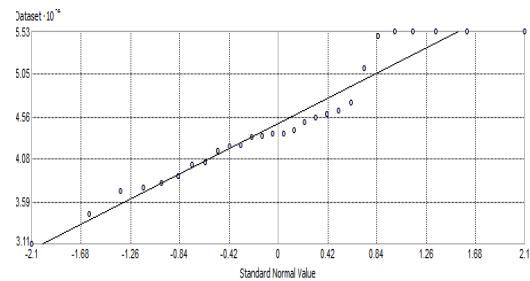
جدول شماره ۲: حداقل، حداکثر و میانگین پارامترهای کیفی آب زیرزمینی حوزه آبخیز قره سو

TDS	EC	pH	SO <sub>4</sub>	ClO	Co3	Na	Mg	Ca	K	حال	سال
۱۴۷/۴۲	۲۵۸	۷	۴/۸	۵/۶۶	۱۷/۵	۰/۶۹	۳	۳۴	۲/۳۳	حداقل	۱۳۸۲
۴۷۷	۷۱۰	۸/۱۵	۳۲/۱۶	۲۹/۸۷	۲۹۷/۵	۲۳	۳۵/۴	۱۱۴	۶/۹۵	حداکثر	
۲۴۵/۰۳	۳۹۵/۹۲	۷/۶۶	۱۳/۷	۱۳/۴۸	۱۶۹/۸۸	۶/۰۵	۱۲/۶۸	۵۷/۷۴	۴/۱۲	میانگین	
۱۴۳	۴/۰۴	۷/۱	۲/۸۸	۷/۷۳	۸۹/۵	۸۷/۵	۴/۲	۶	۱/۸۳	حداقل	۱۳۸۳
۴۶۰	۶۶۶	۸/۲	۱۵۱/۲	۲۸/۳۲۵	۲۲۰	۲۱۵	۲۵/۲	۱۱۴	۵/۵۱	حداکثر	
۲۵۹/۷۵	۴۰۷/۰۸	۷/۶۸	۲۰/۰۶	۱۴/۲۶	۱۶۴/۲۷	۱۶۵/۸۳	۱۴/۴۳	۵۴/۳۶	۳/۸۸	میانگین	
۱۷۷	۲۷۷	۷/۴	۰/۴۸	۶/۱۸	۱۱۲/۵	۱۱۷/۵	۴/۲	۳۶	۲/۸۳	حداقل	۱۳۸۴
۳۸۲	۹۷۹	۸/۳	۱۵۰/۲۴	۳۷/۰۸	۴۶۰	۴۶۵	۹۰	۱۳۳/۲	۷/۹۶	حداکثر	
۲۵۸/۷۵	۴۳۵/۷۹	۷/۹	۲۲/۸۶	۱۴/۹۷	۱۷۵/۳۱	۱۷۹/۳۲	۱۵/۵	۵۶/۲۵	۴/۸۵	میانگین	
۱۸۰	۲۸۶	۷/۱۵	۴/۸	۷/۷۷۵	۱۲۸	۱۲۵	۱/۰۸	۴۰/۸	۲/۹۶	حداقل	۱۳۸۵
۴۷۷	۹۷۹	۸	۱۳۵/۳۶	۴۸/۹۳	۲۳۸	۲۴۲/۵	۲۷	۱۹۶	۱۱/۷۶	حداکثر	
۲۹۷/۴	۴۴۲/۷۹	۷/۸۸	۳۰/۴۸	۱۷/۶۶	۱۷۹/۱۳	۱۸۱/۲۱	۱۲/۲۷	۷۱/۳۱	۴/۶۳	میانگین	
۱۷۹	۲۸۵	۷/۲	۴/۸	۶/۷	۱۰	•	۷/۲	۳۵/۴	۲/۵۹	حداقل	۱۳۸۶
۸۸۲	۱۰۸۷	۸/۰۵	۷۰/۰۸	۱۹/۵۷	۳۲۰	۳۳۷/۵	۵۹/۴	۸۶	۵/۸۷	حداکثر	
۳۳۳/۷۵	۴۶۹/۷	۸	۲۷/۴۴	۱۲۷/۸	۱۹۷/۸۹	۱۹۸/۷۲	۲۱/۱۶	۵۶/۰۲	۳/۹۷	میانگین	
۱۶۴	۳۲۵	۷	۳/۸۷	۵/۶۶	۱۱۵	۱/۱۵	۳/۲۴	۳۷/۶	۲/۵۵	حداقل	۱۳۸۷
۸۳۰	۱۲۴۶	۸/۱	۴۱/۷۶	۳۵/۰۲	۲۸۲	۱۸/۱۷	۳۰	۸۳/۴	۱۱/۵	حداکثر	
۲۳۳/۲۵	۴۷۶/۹۲	۷/۶۷	۱۸/۶۲	۱۵/۲۷	۱۷۷/۶۸	۸/۴	۱۵/۵۸	۵۴/۴۸	۵/۵۹	میانگین	
۱۹۲	۲۶۱	۷/۰۹	۴/۸	۸/۷۵۵	۹۰	۱/۳۸	۵/۴	۲۴	۲/۷	حداقل	۱۳۸۸
۴۶۶	۷۱۷	۸/۰۱	۴۰/۳۲	۳۶/۰۵	۲۷۰	۱۴/۹۵	۲۵/۲	۷۱/۶	۱۲/۶۵	حداکثر	
۲۸۲/۷۵	۴۵۰/۲۹	۷/۶۵	۱۷/۸۸	۱۵/۷۵	۱۶۷/۶	۷/۵۵	۱۵/۸	۴۶/۷۸	۵/۱۶	میانگین	
۱۳۲	۲۱۰	۷/۱	۴/۸	۵/۱۵	۸۰	۲/۳	۶/۷۲	۲۱	۲/۹۹	حداقل	۱۳۸۹
۳۸۱	۹۲۲	۸/۱	۱۲۷/۶۸	۵۱/۵	۲۳۷/۵	۱۲۰/۷	۳۰/۱۲	۹۸	۶/۹۱	حداکثر	
۲۲۴/۹۶	۴۱۸/۲۸	۷/۹۳	۱۸/۵۶	۱۶/۷	۱۵۵/۲۵	۷/۰۵	۱۲/۵۶	۵۱/۵	۴/۰۹	میانگین	
۹۹	۲۵۰	۷/۴۹	۴/۸	۷/۷۷۵	۸۳	۱/۳۸	۹	۲۴	۲/۸۲	حداقل	۱۳۹۰
۴۸۸	۸۶۹	۸/۲۶	۹۸/۴	۳۷/۰۸	۲۴۰	۱۱/۹۶	۱۶/۲۳	۱۰۳/۶	۷/۰۶	حداکثر	
۲۴۲/۵۵	۴۱۵/۸۴	۷/۸	۲۳/۷۸	۱۵/۰	۱۴۷/۶۳	۵/۴۳	۱۳/۱۱	۵۶/۷۳	۴/۱۸	میانگین	
۱۷۳	۲۲۱	۷/۱	۳/۳۶	۷/۷۷۵	۹۲/۵	۱/۳۸	۱/۴۴	۴۴	۳/۴۷	حداقل	۱۳۹۱
۴۰۲	۷۵۱	۸/۴۲	۱۰۱/۲۸	۲۲/۶۶	۲۳۶/۵	۱۲/۶۵	۲۶/۶۷	۱۲۰/۴	۷/۳	حداکثر	
۲۳۹/۰۵	۳۹۱/۶۳	۷/۶۶	۱۷/۳۴	۱۳/۲۸	۱۷۲	۵/۱۴	۱۲/۳۲	۶۱/۱	۴/۳۸	میانگین	



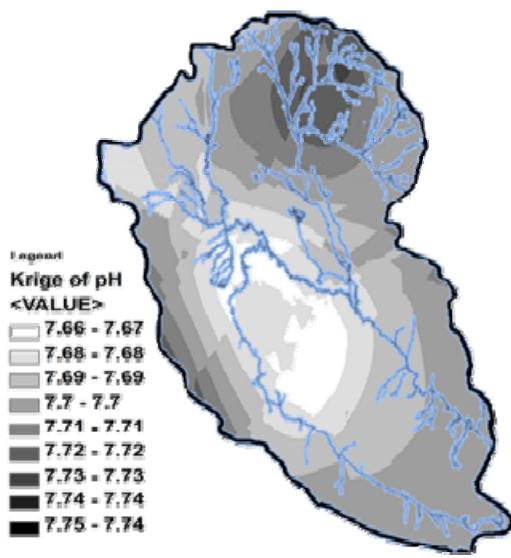
تصویر شماره ۴: توزیع مکانی تغییرات ده ساله هدایت الکتریکی

در شمال غرب حوزه آبخیز (منطقه بوربور، تیران و حاشیه) دیده می شود. که میزان آن در سال ۱۳۸۷ به ۱۲۹۶  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$  رسیده است. میانگین میزان هدایت الکتریکی  $407 \mu\text{mhos}/\text{cm}$  است که با مقدار اندازه گیری شده در قسمه و حواشی (جنوب شرقی) آن برابر است (تصویر شماره ۴، نمودار شماره ۱).

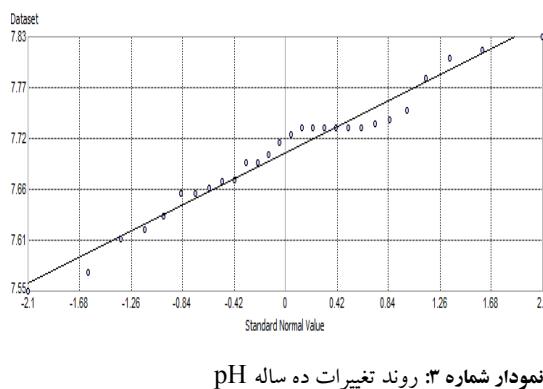


نمودار شماره ۱: روند تغییرات تغییرات ده ساله هدایت الکتریکی

می باشد. هر چه از حاشیه حوزه به طرف قسمت های مرکزی حوزه پیش برویم، از میزان pH کاسته می شود. به طور کلی میزان pH در سطح حوزه آبخیز تغییرات چندانی نداشته است. ولی در طول دوره ده ساله، pH به میزان کمی افزایش یافته است (تصویر شماره ۶، نمودار شماره ۳).



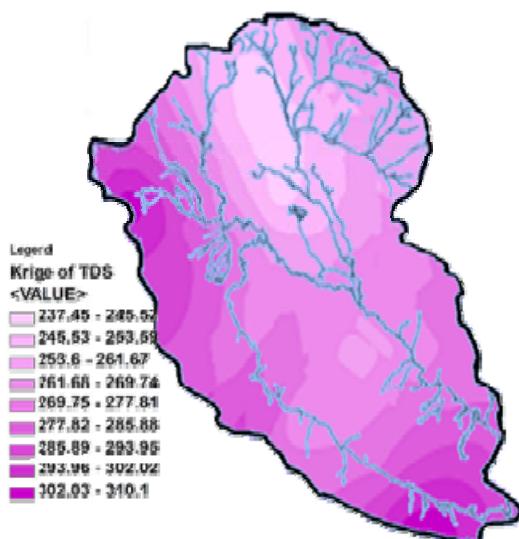
تصویر شماره ۶: توزیع مکانی تغییرات ده ساله pH



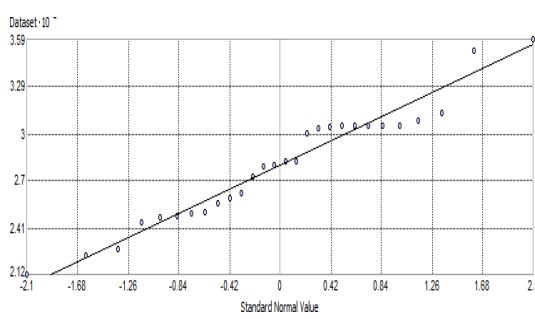
#### بر اساس آزمون آماری MEASURE\_1 Test

تفاوت میزان تغییرات pH در دوره ده ساله معنادار می باشد ( $p = 0.002$ ). میزان بی کربنات در آب های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از  $17/5 \text{ mg/l}$  تا  $460 \text{ mg/l}$  در نوسان بود که حداقل آن در سال  $86$  مربوط به دشت روانسر (بابا رسول و حواشی) بود (تصویر شماره ۷، نمودار شماره ۴).

بر اساس آزمون آماری MEASURE\_1 Test تفاوت میزان تغییرات هدایت الکتریکی در دوره ده ساله معنادار نیست ( $p = 0.247$ ). روند تغییرات میزان کل جامدات محلول در طول دوره ده ساله، اگر چه حداقل مقدار آن در شمال و شمال غرب حوزه مشاهده می شود، اما حداقل آن از شمال دشت کامیاران، دشت کامیاران، دشت کرمانشاه و در حاشیه سرشاخه های رودخانه های راز آور، رودخانه قره سو و حاشیه این رودخانه ها ملاحظه می شود (تصویر شماره ۵ نمودار شماره ۲).

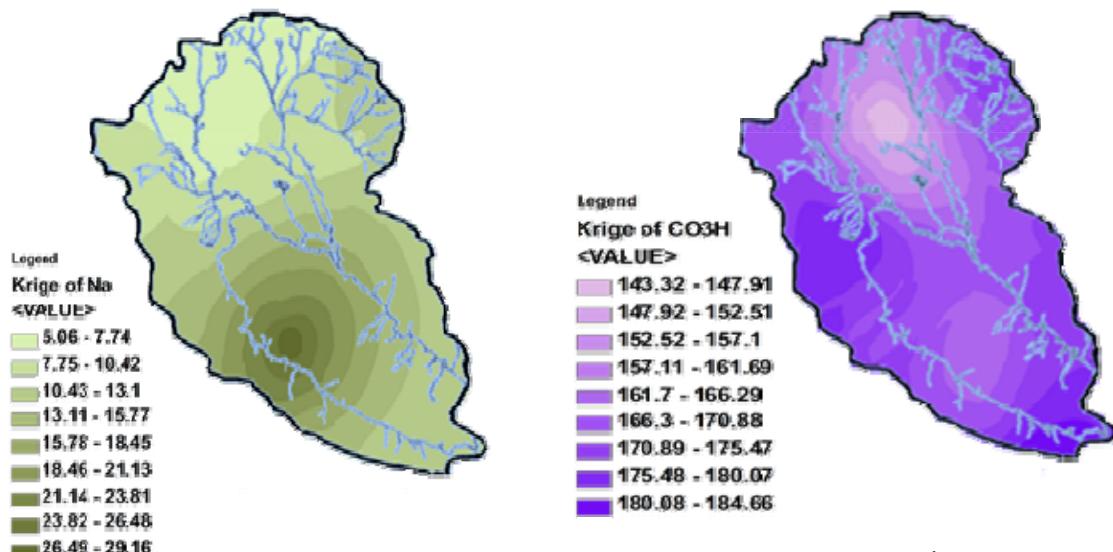


تصویر شماره ۵: توزیع مکانی تغییرات ده ساله کل جامدات محلول



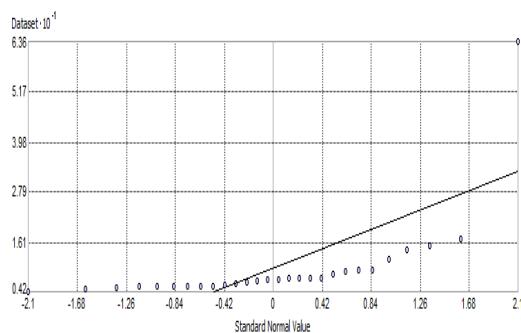
نمودار شماره ۲: توزیع مکانی تغییرات ده ساله کل جامدات محلول

بر اساس آزمون آماری Friedman Test تفاوت میزان تغییرات کل جامدات محلول در دوره ده ساله معنی دار می باشد ( $p = 0.001$ ). میزان pH در شمال شرق و غرب حوزه مقدار اندکی بیشتر از سطح کل حوزه

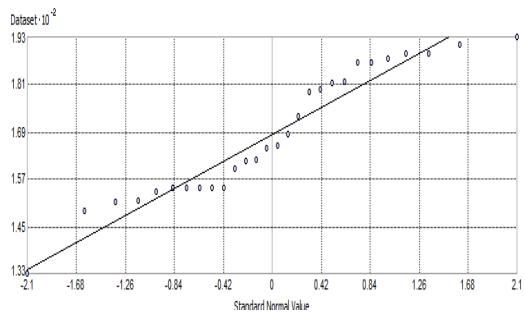


تصویر شماره ۷: توزیع مکانی تغییرات ده ساله بی کربنات

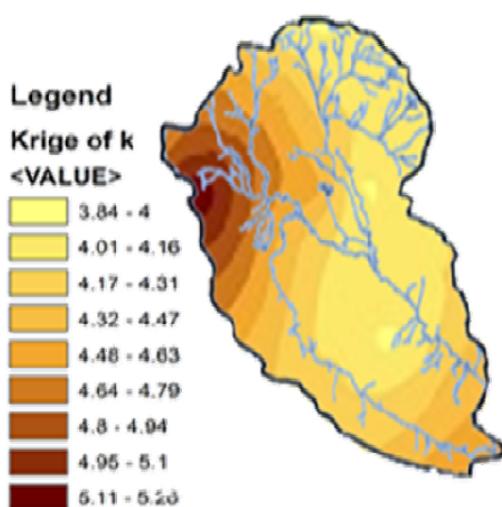
تصویر شماره ۸: توزیع مکانی تغییرات ده ساله سدیم



نمودار شماره ۵: روند تغییرات ده ساله سدیم



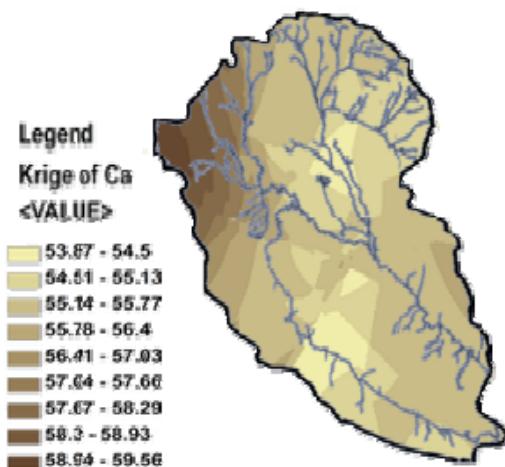
نمودار شماره ۴: روند تغییرات ده ساله بی کربنات



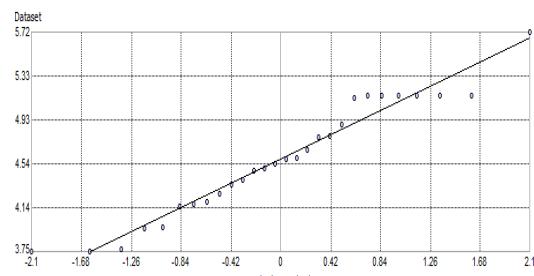
تصویر شماره ۹: توزیع مکانی تغییرات ده ساله پتاسیم

بر اساس آزمون آماری Friedman Test تفاوت میزان تغییرات بی کربنات در دوره ده ساله معنی دار می باشد ( $p=0.003$ ). حداکثر مقدار سدیم به میزان ۵۷۵ mg/l در سراب قبرس کرمانشاه در سال ۱۳۸۴ و حداقل آن مربوط به بابرسول و قره دانه از توابع روانسر به میزان ۰/۶۹ mg/l در سال ۱۳۹۰ بود (تصویر شماره ۸). نمودار شماره ۵.

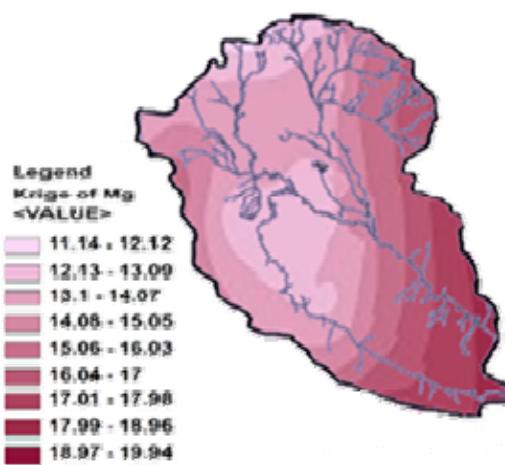
بر اساس آزمون آماری Friedman Test تفاوت میزان تغییرات سدیم در دوره ده ساله معنی دار می باشد ( $p<0.001$ ). حداکثر مقدار پتاسیم به میزان ۱۲/۶۵ mg/l در سال ۱۳۸۸ مربوط به بابا رسول روانسر و حداقل مقدار آن به میزان ۱/۸۳ mg/l در سرفیروزآباد از توابع ماهیدشت در سال ۱۳۸۳ بود (تصویر شماره ۹). نمودار شماره ۶.



تصویر شماره ۱۰: توزیع مکانی تغییرات ده ساله کلسیم

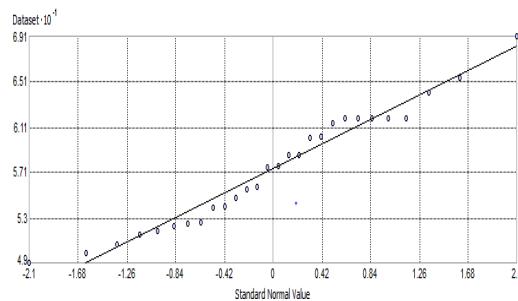


نمودار شماره ۶: روند تغییرات ده ساله پتاسیم



تصویر شماره ۱۱: توزیع مکانی تغییرات ده ساله منیزیم

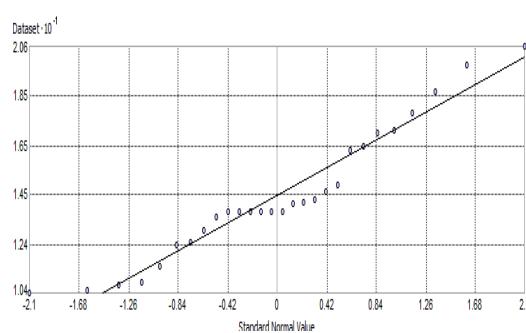
بر اساس آزمون آماری Friedman Test تفاوت میزان تغییرات پتاسیم در دوره ده ساله معنی دار نمی باشد ( $p=0.109$ ). تغییرات کلسیم و منیزیم در سطح حوزه آبخیز در طول دوره ده ساله تقریباً مشابه می باشد. اگرچه تغییرات مکانی این دو عنصر در سطح حوزه به صورتی است که مانند سایر ترکیبات شیمیایی آب های زیرزمینی حوزه، بیشترین میزان این دو عنصر در شمال غرب حوزه آبخیز متتمرکز شده است، اما میزان متوسط این دو عنصر در شمال شرق، شرق، غرب و جنوب غربی حوزه نیز متراکم شده است (تصاویر شماره ۱۰ و ۱۱، نمودار شماره ۷ و ۸).



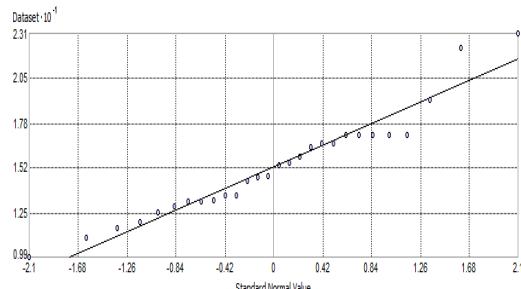
نمودار شماره ۷: روند تغییرات ده ساله کلسیم

بر اساس آزمون آماری Friedman Test تفاوت میزان تغییرات کلسیم در دوره ده ساله معنی دار نمی باشد ( $p=0.075$ ). هم چنین بر اساس آزمون آماری Friedman Test تفاوت میزان تغییرات منیزیم در دوره ده ساله معنی دار می باشد ( $p=0.001$ ). حداکثر سولفات آب های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه  $151 \text{ mg/l}$  مربوط به منطقه روانسر و جابری در سال ۸۶ بوده است (تصویر شماره ۱۲، نمودار شماره ۹).

بر اساس آزمون آماری Friedman Test تفاوت میزان تغییرات سولفاتات در دوره ده ساله معنی دار می باشد ( $p=0.004$ ). حداکثر کلرید مربوط به قره دانه و میرعزیزی از توابع روانسر در سال ۸۵ با  $52 \text{ mg/l}$  می باشد و



نمودار شماره ۸: روند تغییرات ده ساله منیزیم

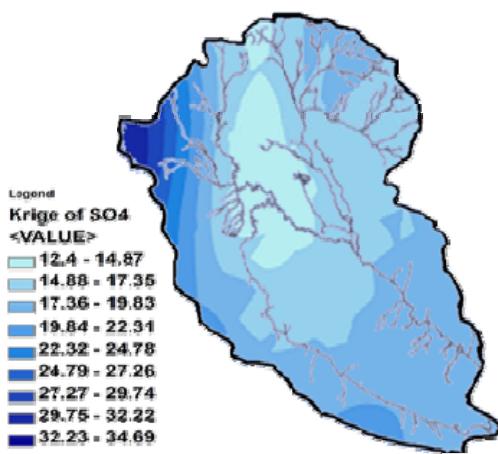


نمودار شماره ۱۰: روند تغییرات ده ساله کلرید

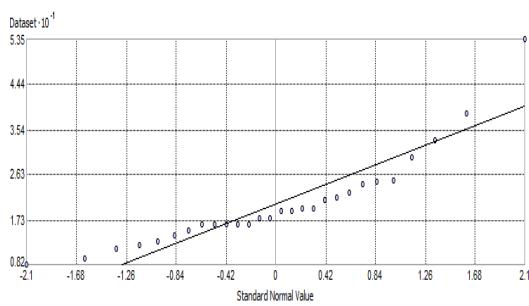
حداقل آن  $0.1 \text{ mg/l}$  مربوط به دشت کامیان در سال ۸۶ بوده است (تصویر شماره ۱۳، نمودار شماره ۱۰). بر اساس آزمون آماری Friedman Test تفاوت میزان تغییرات کلرید در دوره دهساله معنادار نمی‌باشد ( $p = 0.464$ ).

## بحث

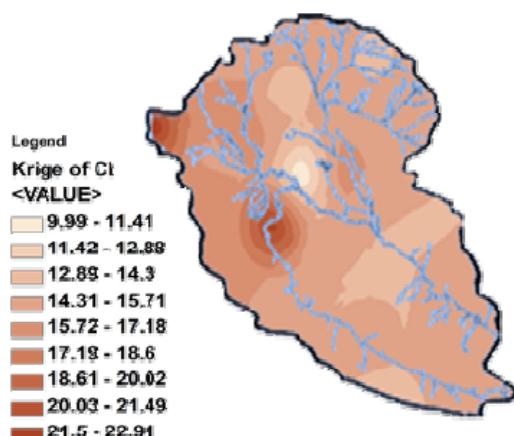
پهنه‌بندی آب‌های زیرزمینی از نظر کیفیت اولین قدم در شناسایی گستره جغرافیایی آلودگی‌ها به شمار می‌آید. نقشه‌های پراکنش خصوصیات شیمیایی نقش ارزنده در فرایند تصمیم‌گیری ایفا می‌نمایند<sup>(۱۴)</sup>. میزان بارندگی نقش زیادی در میزان تغییرات هدایت الکتریکی دارد. به نحوی که در سال ۸۷ که بالاترین میزان تغییرات هدایت الکتریکی وجود داشته است، متوسط میزان بارندگی از  $291 \text{ mm}$  تجاوز نکرده است. درحالی که در سال ۱۳۸۳ که متوسط میزان بارندگی  $495/3 \text{ mm}$  گزارش شده است، میزان هدایت الکتریکی به طور چشمگیری کاهش داشته است. بر اساس یافته‌های مطالعه زرولی و همکاران (۱۳۹۱) میزان هدایت الکتریکی در سال‌های کم باران روند افزایشی را نشان داده است، که علت آن را کاهش سطح آب زیرزمینی و ورود املاح خاک به آب ذکر نموده است<sup>(۱۵)</sup>. می‌توان اذعان داشت که میزان آب‌های سطحی حوزه در کاهش غلظت مواد محلول تاثیر بهسزایی دارد. تغییرات میزان بی‌کربنات در سطح حوزه آبخیز تابع میزان ریزش‌های جوی می‌باشد به نحوی که طی سال‌های ۸۲-۸۶ که میزان بارش کم بوده، میزان بی‌کربنات افزایش نشان می‌دهد. ولی از سال ۸۶ که میزان بارندگی‌ها اندکی افزایش نشان داده است، میزان بی‌کربنات نیز به تدریج کاهش یافته به نحوی که در سال ۹۰ که حداقل میزان بارندگی در حوزه اتفاق افتاده بی‌کربنات به حداقل مقدار رسیده است. اما تغییرات مکانی آن در سطح



تصویر شماره ۱۲: توزیع مکانی تغییرات ده ساله سولفات



نمودار شماره ۹: روند تغییرات ده ساله سولفات



تصویر شماره ۱۳: توزیع مکانی تغییرات ده ساله کلرید

بالایی از کلرید در حوزه آبخیز مشاهده می شود که یک نقطه در غرب حوزه که مشابهی با افزایش سایر پارامترها در این نقطه دارد و یک نقطه نیز در جنوب غربی حوزه مشاهده می شود که با سایر پارامترها تطابق چندانی ندارد. غلظت کلرید تابع کیفیت خاک شناسی و زمین شناسی حوزه آبخیز می باشد. افزایش متوسط کلرید در حواشی نقاط مرزی حوزه آبخیز مانند سایر پارامترهای شیمیایی تابع توپوگرافی حوزه می باشد که نقاط مرزی حوزه نسبت به مناطق مرکزی در ارتفاعات بالاتری قرار دارد.

نتایج اغلب مطالعات حاکی از روند مثبت متغیرهای کیفی آب زیرزمینی در دیگر نقاط مختلف ایران و جهان است. افزایش یون کلر در لایه آبدار حوزه گلافکوس غرب یونان متوسط (Lambrakis ۱۹۹۷) برای دوره آماری ۱۳۹۳-۹۰ گزارش شده است (۱۶). کمبل (۲۰۰۳) نیز روند افزایشی غلظت سولفات در فاصله زمانی اکبر و اوست ۲۰۰۰ را برای آب چاههای اطراف دریاچه تکسومای ایالات متحده گزارش نمودند (۱۷). نتایج دانشور و ثوقي (۱۳۸۹) نشان داد که روند تغییرات غلظت تمام متغیرهای کیفی آب در همه ایستگاههای افزایشی است. روند مثبت معنی دار در سطح ۵ درصد برای متغیرهای کیفی در ماه پرآب برای ۲۳ درصد و در ماه کم آب سال برای ۱۹/۵ درصد از مجموعه ها گزارش گردید (۱۸).

ریاحی بختیاری و همکاران (۱۳۹۲) از اطلاعات ماهیانه پارامترهای  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{qPH}$ ,  $\text{EC}$ ,  $\text{TDS}$ ,  $\text{SAR}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_2$  سختی دائم طی سالهای ۹۰-۹۱ استفاده شده و نتایج نشان داد که بیشتر پارامترها دارای همپوشانی بودند. در این میان  $\text{qPH}$ ,  $\text{TDS}$ ,  $\text{NO}_3^-$  و  $\text{SO}_4^{2-}$  به عنوان پارامترهای بهینه معرفی شدند که توانستند ۹۶/۹۴ درصد تغییرات واریانس جامعه مورد مطالعه را توصیف نمایند (۱۹).

رزولی و همکاران (۱۳۹۲)، تغییرات زمانی و مکانی غلظت نیترات و نیتریت منابع آب آشامیدنی شهرستان کهگیلویه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) را بر روی ۱۸ منبع آب شرب مورد بررسی قرار

حوزه نشان می دهد که تقریباً تمام آب های زیرزمینی حوزه آبخیز از جنس بی کربنات است. اگر چه حداقل میزان بی کربنات در جنوب غربی حوزه و در ناحیه ماهیدشت مشاهده می گردد (که به دلیل برداشت بیش از حد از آب های زیرزمینی است) اما در سایر دشت های حوزه تغییرات چندانی ملاحظه نمی شود. میزان سدیم و پتانسیم در سال هایی که بارندگی کاهش داشته است، باشد بیشتری نسبت به سایر عناصر افزایش یافته است. به نحوی که در سال های ۸۳-۸۶ روند کاملاً افزایشی است. ولی خوشبختانه در سال های ۸۷ به بعد به دلیل اندکی افزایش در میزان بارندگی ها، مقدار سدیم کاهش نسبتاً چشگیری داشته است. در سطح حوزه بیش ترین مقدار سدیم در سرچشم رودخانه مرک و دشت های حاشیه آن (شرق ماهیدشت) دیده می شود. این موضوع به دلیل مرتفع بودن اراضی این ناحیه چنین برداشت بی رویه آب های زیرزمینی در این ناحیه است. تغییرات ده ساله سولفات مشابه تغییرات سایر کاتیون ها و آنیون های موجود در آب های زیرزمینی سطح حوزه آبخیز است. میزان متوسط سولفات در سطح حوزه کم و پراکنده مکانی آن تقریباً در سطح حوزه ثابت است. اگر چه در حواشی حوزه و در نقاط مرتفع میزان سولفات اندکی نسبت به سایر نقاط حوزه بیشتر می باشد که به دلیل مسائل زمین شناختی منطقه می باشد.

میزان تغییرات کلرید در طول دوره ده ساله به نحوی است که در سال های ۸۲-۸۵ به تدریج افزایش نشان داده است. یک کاهش مقطوعی در سال ۸۵ مشاهده می شود که مربوط به افزایش میزان بارندگی می باشد. از سال ۸۶ تا سال ۹۰ مجدداً سیر افزایشی و سپس در سال ۹۱ کاهش نشان می دهد که این تغییرات با تغییرات میزان بارندگی در حوزه متناسب می باشد و این خود نشان می دهد که هم تغییرات کلرید و هم سایر پارامترهای شیمیایی تابع ذخیره آب در آبخوان های حوزه می باشد.

در ارتباط با توزیع مکانی کلرید در سطح حوزه ذکر این نکته ضروری است که دو منطقه با غلظت

بخش‌های مرکزی حوزه و دشت‌های حاشیه رودخانه تابع میزان آب‌های سطحی منطقه است. تغییرات میزان ترکیبات شیمیایی آب‌های زیرزمینی حوزه آبخیز تابع، میزان ریزش‌های جوی، میزان برداشت آب و جنس خاک می‌باشد. با توجه به تپوگرافی حوزه آبخیز نقاط مرزی حوزه که ارتفاع بیشتری نسبت به سطح کل حوزه دارد، غلظت متوسط ترکیبات شیمیایی بیشتر است. ساختار خاک‌شناسی و زمین‌شناسی حوزه آبخیز در افزایش بعضی از پارامترها از قبیل پتانسیم، کلرید و سولفات نقش داشته باشد.

## سپاسگزاری

نویسنده‌گان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر و تقدیر خود را از مدیریت آب منطقه‌ایی استان کرمانشاه و همچنین آقای مهندس وحدتی و خانم مهندس امیری کارشناس آب‌های زیرزمینی و سطحی، شرکت آب منطقه‌ای استان به جهت همکاری در اجرای این تحقیق ابراز نمایند.

دادند. نتایج نشان داد که همبستگی مستقیمی بین سال و افزایش غلظت نیترات وجود دارد. هم‌چنین بر اساس نتایج میزان نیترات روند افزایشی داشته و در بعضی قسمت‌ها در حال افزایش یافتن بیش از استاندارد بوده است که زمین‌شناسی منطقه و کشاورزی را از مهم‌ترین عوامل این روند افزایشی ذکر نموده‌اند.<sup>(۲۰)</sup> نتایج مطالعه دیانتی (۱۳۹۲) بر روی کیفیت شیمیایی (نیترات، فلوراید، سختی و هدایت الکتریکی) و میکروبی آب آشامیدنی مناطق شهری شهرستان سوادکوه نشان داد که میزان سختی، هدایت الکتریکی و pH در نمونه‌های آب در حد مطلوب، میزان فلوراید پایین‌تر از استاندارد و میزان نیترات و نیتریت در کلیه نمونه‌ها پایین‌تر از استاندارد بوده است.<sup>(۲۱)</sup>

در پایان می‌توان نتیجه‌گیری کرد که نتایج این مطالعه نشان داد که بیش تر آب‌های زیرزمینی سطح حوزه آبخیز از جنس بی‌کربناته می‌باشد. تراکم و غلظت بالای ترکیبات شیمیایی موجود در آب‌های زیرزمینی سطح حوزه در شمال غرب، غرب و جنوب غربی حوزه متوجه شده است. کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی

## References

1. Sedaghat M. Earth & Water Resources (Groundwater). Tehran: Payame noor university publication; 2008. (Persian).
2. Malakotian M, Karami A. Chemical quality change of the underground water resources of Bam and Baravat plain between 1997-2003. Hormozgan Medical Journal 2004; 8(2): 109-116.
3. Mahdinia M, Dehghani F, Ashori M. Investigating of Chemical and Bacterial quality of Water Attribution Networks in Damghan area. 8<sup>th</sup> national conference Environmental Health, Tehran, Iran 2005. (Persian).
4. Samaei MR, Ebrahimi A, Ehrampoosh MH. A Study of the Physical and Chemical Quality of Potable Water in Yazd. Journal of Tolooebehdasht 2007; 20: 50-57 (Persian).
5. Mozafarizadeh J, Chitsazan M. Investigating the effect of geology formations on the groundwater quality. 1<sup>st</sup> Conference Environment Geology. Tehran; 2006. (Persian).
6. Valdes D, Jean PD, Dupont B, Laignel B, Ogier, Leboulanger, Mahler BJ. A spatial analysis of structural controls on karst groundwater geochemistry at a regional scale. Journal of Hydrology 2007; 340(3-4): 244-255.
7. Fetouani S, Sbaa M, Vanclooster M, Bendra, B. Assessing ground water quality in the irrigated plain of Triffa (North-east Morocco). Agr Water Manage 2008; 95(2):

- 133-142 (Persian).
8. Terrado M, Barcelo D, Tauler R. Identification and distribution of contamination sources in the Ebro river basin by chemometrics modeling coupled to geographical information systems. *Talanta* 2006; 70(4): 691-704.
  9. Kresic N. Hydrogeology and Groundwater Modeling. New Jersey: Lewis Publishers; 1997.
  10. Gaus I, Kinniburgh DG, Talbot JC, Webster R. Geostatistical analysis of arsenic concentration in groundwater in Bangladesh using disjunctive kriging. *Environ Geol* 2003; 44: 939-948.
  11. Barcaei E, Passarella G. Spatial evaluation of the risk of groundwater quality degradation: A comparison between disjunctive kriging and geostatistical simulation. *Environ Monit Assess* 2008; 137(1-3): 261-273.
  12. Instruction sequences sampled water supplies. Water and Wastewater Engineering. Water Quality Policy Council. 2000. Available at: [http://ssu.ac.ir/cms/fileadmin/user\\_upload/Daneshkadaha/dbehdasht/behdash\\_t\\_mohit/water\\_standard/sampling\\_frequency.pdf](http://ssu.ac.ir/cms/fileadmin/user_upload/Daneshkadaha/dbehdasht/behdash_t_mohit/water_standard/sampling_frequency.pdf). Accessed May 2, 2012.
  13. Childs C. Interpolating surfaces in ARCGIS spatial analyst. *Arcuser* 2004; 32-35.
  14. Freeze RA, Cherry JA. Groundwater. New Jersey: Prentice-Hall, Inc; 1979.
  15. Zazouli MA, Ghollou MA. Survey of chemical quality (Nitrate, Fluoride, Hardness, Electrical Conductivity) of drinking water in Khoy city. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2013; 23(2): 80-84 (Persian).
  16. Lambrakis NJ, Voudouris KS, Tiniakos LN, Kallergis GA. Impacts of simultaneous action of drought and overpumping on Quaternary aquifers of Glafkos basin (Patras region, western Greece). *Environmental Geology* 1997; 29(3): 209-215.
  17. Campbell DH, An YJ, Jewell KP, Masoner JR. Groundwater quality surrounding Lake Texoma during short-term drought condition. *Environ Pollut* 2003; 125(2): 183-191.
  18. Daneshvar Vousoughi F, Dinparshoh Y, Aalami M. Effect of Drought on Groundwater Level in the Past Two Decades (Casestudy: Ardebel Plain). *Water and Soil Science* 2011; 21(4): 165-179.
  19. Mirzaei M, Riahi-Bakhtiari A, Salman-Mahini A, Gholamali fard M. Analysis of the physical and chemical quality of Mazandaran province (Iran) rivers using multivariate statistical methods. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2014; 23(108): 41-52 (Persian).
  20. Zazouli MA, Barafrashteh Pour M, BarafrashtehPour Z, Ghalandari V. Temporal and Spatial Variation of Nitrate and Nitrite Concentration in Drinking Water Resource in Kohgiluyeh County Using Geographic Information System. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2014; 23(109): 258-263 (Persian).
  21. Dianati Tilaki RA, Rasouli Z. Reviewing the Chemical Quality (Nitrate, Fluoride, Hardness, Electrical Conductivity) and Bacteriological Assessment of Drinking Water in Sardrooh, Iran, during 2010-2011. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2013; 23(104): 51-55 (Persian).