ارزیابی و پهنه‌بندی کیفیت آب‌های زیرزمینی با استفاده از تلفیق مدل AqQA و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: دشت کامیاران)

حسین صالحی[۱]، علی حقی زاده*[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری-گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری- دانشکده کشاورزی-دانشگاه لرستان
ho.salehi67@gmail.com

[۲] استادیار گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری- دانشکده کشاورزی- دانشگاه لرستان
alihaghi20@gmail.com

(تاریخ دریافت تیر۱۳۹۴، تاریخ تصویب آذر ۱۳۹۴)

چکیده

آب‌های زیرزمینی در قیاس با آب‌های سطحی دارای مزیت‌های مختلفی مانند کیفیت بالاتر و آلودگی کمتر هستند. مطالعه کمیت و کیفیت این منابع و رابطه خاص آن با ویژگی‌های سطح زمین، کمترین و حداقل تلاش در مورد حفاظت از این منابع ارزشمند خواهدبود. هدف از این پژوهش ارزیابی کیفی آب‌های زیرزمینی دشت کامیاران می باشد که ۱۱ محل نمونه‌برداری دارد که شامل چشمه چاه عمیق و نیمه عمیق می‌باشند بررسی هیدروشیمی نمونه آب‌ها با استفاده از داده‌های به دست آمده از آنالیز کیفی آب به صورت نمودارهای پایپر، شولر، ویل‌کوکس، گیبس و دررو در نرم افزار AqQA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌است و مورد تحلیل آماری با آزمون LSD و آزمون ANOVA قرارگرفت و در نهایت به‌وسیله سامانه اطلاعات جغرافیایی با روش زمین آماری کریجینگ مورد پهنه‌بندی قرار گرفت. نتایج به‌دست‌آمده از دیاگرام پایپر نشان داده‌است که تیپ آب ایستگاه‌های مورد مطالعه Ca-SO4 و Cl-Mg می‌باشد آب منطقه مورد مطالعه توسط دیاگرام شولر برای شرب در حد مناسب و دیاگرام ویلکوکس C2S1 قرار دارد که تیپ مناسب برای کشاورزی می‌باشد و دیاگرام گیبس نشان داده‌است که تحت تاثیر فرسایش سازندهای منطقه می‌باشد، دیاگرام دررو نشان می‌دهد که TDS کمتر از ۴۵۰ میلی‌گرم بر لیتر است و خطر شوری و خطر منیزیم در منطقه پایین است. دلیل وجود آب باکیفیت مناسب دشت مورد مطالعه شامل وجود کانی‌های دولومیت و نیز عدم وجود کارخانه ها و فاضلاب‌های شهری و روستایی و استفاده بهینه مردم منطقه از منابع آب است.

واژگان کلیدی: سیستم اطلاعات جغرافیایی،کیفیت آب‌های زیر زمینی، کریجینگ، AQQA، آزمونLSD

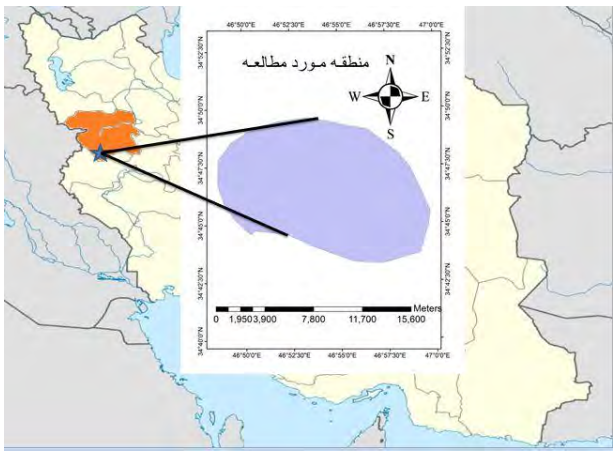
* نویسنده رابط

۱- مقدمه

آب‌های زیرزمینی در قیاس با آب‌های سطحی دارای مزیت های مختلفی مانند کیفیت بالاتر و آلودگی کمتر هستند اهمیت مطالعه بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی به دلیل اینکه معمولاً بدون تصفیه مورد شرب و آبیاری قرار می‌گیرند بسیار فراوان است. برای تعیین مناسب بودن کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف مختلف، از روش‌های مختلفی استفاده می‌گردد که یکی از این روش‌ها، طبقه‌بندی به روش فائو می‌باشد. این روش که درسال ۱۹۷۶ ارائه گردیده است بر آثار بلند مدت کیفیت آب بر تولید محصول، شرایط خاک و مدیریت مزرعه تأکید دارد[۲]. امروزه با پیشرفت صنایع، جمعیت و عدم کنترل مناسب محیط زیستی، خطرات زیادی از نظر آلودگی آب‌ها به‌وجود آمده است[۳]. همچنین شناخت کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی برای مصارف شرب، صنعتی و کشاورزی امری اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. شناخت نقاط آلوده و آلاینده‌های منطقه باعث استفاده بهینه و مناسب از آب در مصارف مختلف می‌گردد. در این راستا، به‌کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به علت ارائه تصویری صحیح از وضعیت کیفی منابع آب امری ضروری می‌نماید تا به کمک آن بتوان هر گونه تصمیم‌گیری مدیریتی که آثار زیست‌محیطی آن به صورت مستقیم و یا غیرمستقیم متوجه حوضه آب‌ریز باشد را با آگاهی بیش‌تری اتخاذ کرد GIS کاربرد فراوانی در پایش و طبقه‌بندی کیفی آب حوضه‌ها داشته و توانایی تحلیل و بررسی اطلاعات درحجم زیاد را فراهم می‌نماید. علاوه بر این، به کمک این ابزار امکان دست‌یابی به روابط دقیق‌تر برای ارتباط میان پارامترهای کیفی منابع آب و پارامترهای مؤثر در حوضه وجود دارد[۴]. افزایش کشاورزی تا حد زیادی وابسته به وجود منابع آب کافی و با کیفیت مناسب است. بنابراین شناخت کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و آسیب-پذیرترین منابع تأمین آب در دهه‌های اخیر یک امر کاملا بدیهی است [۵]. تغییرات کاربری اراضی، بهره‌برداری بیش از حد خاک، استفاده مداوم از منابع آب سطحی و زیرزمینی و استفاده از مواد شیمیایی در کشاورزی (کودها و آفت‌کش‌ها) اثرات منفی معنی‌داری بر محیط‌زیست دارد[۶]. مطالعه کمیت و کیفیت این منابع و رابطه خاص آن با ویژگی‌های سطح زمین، کمترین و حداقل تلاش در مورد حفاظت از این منابع ارزشمند خواهد بود[۷]. چانگ روند تغییرات کیفی برخی از رودخانه‌های جنوب کره را مورد مطالعه قرار داد و به کمک GIS توانست این روند زمانی را بررسی و تحلیل کرده، روابطی بین کاربری اراضی منطقه و پارامترهای کیفی آب رودخانه پیشنهاد دهد[۸]. یتیک مدل کیفی آب رودخانه را توسط نرم‌افزاری بر پایه GIS واسنجی کرده است، در نهایت یک نرم افزار در محیط GIS برای مدل‌سازی کیفیت آب ارائه شده است[۹]. یانگ و جن با استفاده از GIS کیفیت آب را در شبکه رودخانه یووا در آمریکا پیش‌بینی کرده و روابطی برای آن ارائه کرده‌اند، نتایج آن‌ها نشان داد که در پیش‌بینی کیفیت آب رودخانه رگرسیون مکانی دقت بیش‌تری نسبت به روش‌های سنتی حداقل مربعات دارند [۱۰]. موضوع آلودگی آب‌ها نه‌تنها در کشورهای صنعتی بلکه در کشورهای درحال توسعه نیز مطرح است. تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی و شورشدن منابع آب در حال حاضر خطری بزرگ در راه توسعه کشاورزی کشور به‌خصوص در اراضی خشک است. [۱]. هدف از مطالعه حاضر، ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت کامیاران توسط روش‌های گرافیکی موجود در نرم افزار AqQA می‌باشد که در نهایت توسط سامانه اطلاعات جغرافیایی مورد پهنه‌بندی قرار می‌گیرد.

۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه به مساحت ۱۴۵۳ هکتار در جنوب شهر کامیاران واقع است و موقعیت آن ۳۴ درجه و۴۰ دقیقه شمالی و ۴۵درجه و ۵۰ دقیقه شرقی می‌باشد کامیاران یکی از شهرهای استان کردستان است که در ۶۵ کیلومتری جنوب سنندج و ۵۰ کیلومتری شمال استان کرمانشاه قرار دارد منطقه مورد مطالعه درمجموع ۱۰ روستا است که شامل روستاهای الک، باتمان، توبره‌ریز، خانم‌آباد، سرچم، شیروانه، گنبدبالا، ماراب و ورمهنگ است که محل نمونه-برداری در این روستاها قرار دارد. (شکل شماره ۱)



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

۲-۱- روش تحقیق

پارامترهای شیمیایی کیفیت آب شامل سولفات، کلر، منیزیم، نیترات، کربنات، بی‌کربنات، کلسیم، سدیم، پتاسیم، شوری، PH و غلظت مواد محلول در منطقه مورد مطالعه طبق شکل ۲ از شرکت آب منطقه‌ای استان کردستان از ۱۱ ایستگاه که مربوط به سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۱ می‌باشد و ۲۷۶ نمونه برای هر پارامتر از ایستگاه‌ها به دست آمد،که توسط نرم افزار AqQA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نمودارهای پاپیر، شولر، ویلکوکس، گیبس و دررو برای آنالیز کیفی برای سال های آماری ترسیم و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نمودار گیبس برای تعیین تاثیر تبخیر و تعرق بر کیفیت آب منطقه مورد مطالعه[۱۲]. نمودار دررو برای تعیین نوع و منشأ آب رودخانه که اساس آن مقادیر کاتیون‌ها وآنیون‌ها عمده آب بر حسب بر حسب درصد می‌باشد[۱۳] و نمودار شولر برای بررسی قابلیت شرب آب رودخانه ترسیم شدند[۱۵]. هم‌چنین یکی از شاخصه‌های کیفیت آب آشامیدنی، سختی آن می‌باشد که برمبنای کربنات کلسیم مورد سنجش قرار می‌گیرد. یکی از روش‌های متداول در تعیین تیپ (رخساره هیدروشیمی) آب، استفاده از نمودار پاپیر می‌باشد[۱۷]. بر اساس نمودار پاپیر ۸ رخساره شیمیایی قابل تشخیص است. از این ۸ رخساره می توانند در ۳ نوع (تیپ) اصلی قرار گیرند آب‌های شیرین، آب‌های شورمزه، آب‌های ترکیبی. مهمترین معیارهای کیفی در طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی، شوری و مقدار سدیم موجود در آن می‌باشد زیرا این دو نه‌تنها بر رشد گیاه موثرند، بلکه در جهت مناسب آب را از نظر آبیاری و تأثیر آن بر نفوذپذیری خاک مشخص می‌سازند. شوری با معیارهای هدایت الکتریکی (EC) و سدیم با یکی از معیارهای نسبت جذب سدیم (SAR) یا درصد سدیم محلول (SSP) و یا درصد سدیم قابل تبادل (ESP) سنجیده می‌شود. استانداردهای از پیش تعیین شده آب شرب در کشورهای مختلف، بسته به شرایط اقتصادی، اقلیمی، غذایی و جغرافیایی با هم متفاوت است. برای مقایسه تیمارها از روش تجزیه و تحلیل واریانس ANOVA در محیط نرم‌افزار SPSS استفاده شد و برای نشان دادن میانگین‌های پارامترهای که در بین سال‌های آماری با هم تفاوت معناداری داشتند آزمون LSD به‌کار گرفته‌شد. در آزمون LSD یکی از گروه‌ها را به عنوان شاهد در نظر می‌گیرند تا سایر گروه‌ها را بر اساس آن بسنجند. این گروه می‌تواند گروه اول و یا گروه آخر باشد. در اینجا ایستگاه الک به عنوان گروه کنترل در نظر گرفته‌شد و با تک تک ایستگاه‌ها از نظر میزان پارامترهای مربوطه مقایسه آماری شد.

۲-۱-۱- روش درون‌یابی مکانی (پهنه‌بندی)

امروزه به طور وسیعی از روش‌های درون‌یابی مکانی برای پیش‌بینی و تعیین تغییرات مکانی کیفیت منابع آب استفاده می‌شود.کریجینگ عبارت از یک روش برآورد زمین‌آماری است که بر پایه میانگین متحرک وزن‌دار استوار می‌باشد. به طوری که می‌توان گفت بهترین برآوردکننده خطی نااریب می‌باشد برای طبقه‌بندی کیفیت آب برای شرب و کشاورزی معیارهای طبقه‌بندی شولر (جدول۱) و ویلکوکس (جدول۲) مورد استفاده قرارگرفت. پس از استخراج نقشه‌های پهنه‌بندی برای تمام پارامترها، حوضه از نظر کیفیت آب به ترتیب در بخش‌های شرب و کشاورزی طبقه‌بندی گردید.

جدول ۱- معیارهای کیفیت آب شرب طبق نظر شولر (واحدها mg/l)

کیفیت	Na^+	Cl^-	SO4	TDS	TH
خوب	۱۱۵>	۱۷۵>	۱۴۵>	۵۰۰>	۲۵۰>
قابل قبول	-۱۱۵ ۲۳۰	-۱۷۵ ۳۳۰	-۱۴۵ ۲۸۰	-۵۰۰ ۱۰۰۰	-۲۵۰ ۵۰۰
متوسط	-۲۳۰ ۴۶۰	-۳۵۰ ۷۰۰	-۲۸۰ ۵۸۰	-۱۰۰۰ ۲۰۰۰	-۵۰۰ ۱۰۰۰
نامناسب	-۴۶۰ ۹۲۰	-۷۰۰ ۱۴۰۰	-۵۸۰ ۱۱۵۰	-۲۰۰۰ ۴۰۰۰	-۱۰۰۰ ۲۰۰۰
کاملاً نامطلوب	-۹۲۰ ۱۸۴۰	-۱۴۰۰ ۲۸۰۰	-۱۱۵۰ ۲۲۴۰	-۴۰۰۰ ۸۰۰۰	-۲۰۰۰ ۴۰۰۰
غیر قابل شرب	۱۸۴۰<	۲۸۰۰<	۲۲۴۰<	۸۰۰۰<	۴۰۰۰<

جدول ۲- رده‌های مختلف آب و نوع کیفیت بر اساس تقسیم بندی ویلکوکس(singhal, 1999)

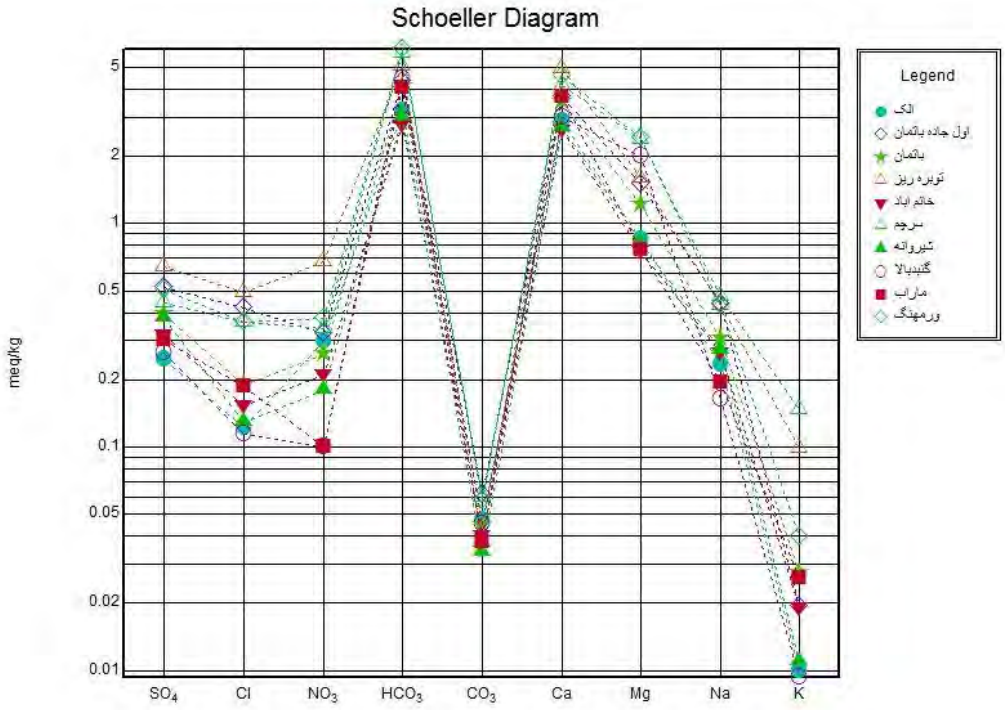
کیفیت آب	EC میکروزیمنس برسانتی متر	رده	SAR	رده
عالی	۲۵۰>EC	C1	۱۰>SAR	S1
خوب	۷۵۰>EC>۲۵۰	C2	۱۸>SAR>۱۰	S2
متوسط	۲۲۵۰>EC>۷۵۰	C3	۲۶>SAR>۱۸	S3
نامناسب	۲۲۵۰>EC	C4	۲۶<SAR	S4

۳-یافته‌ها

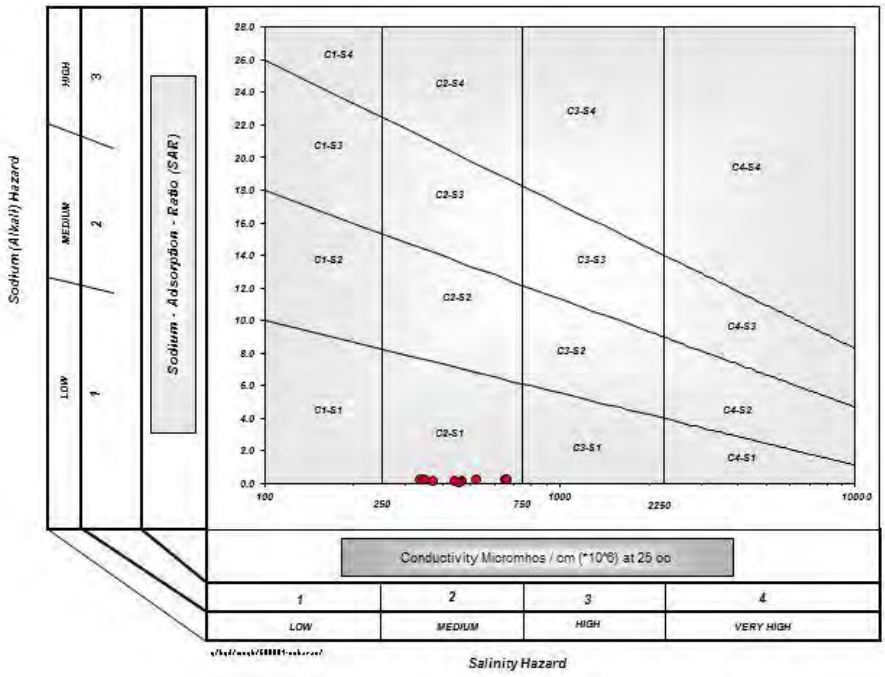
بررسی هیدروشیمی نمونه آب‌ها با استفاده از داده‌های به‌دست آمده از آنالیز کیفی آب که در جدول ۳ ارایه شده به‌صورت نمودارهای پایپر، شولر، ویل‌کوکس، گیبس و دررو، مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفته‌است. بر اساس دیاگرام شولر تمام نمونه‌های مربوط به آب منطقه مورد مطالعه در دسته مناسب قرار گرفته‌اند (شکل۳). طبق نمودار ویل‌کوکس، تمام ایستگاه‌ها در کلاس آب‌های خوب می‌باشند (شکل۴). با توجه به تجمع نمونه‌ها در نمودار گیبس می‌توان نتیجه گرفت درطول دوره آماری کیفیت شیمیایی آب منطقه مورد مطالعه تحت تاثیر هوازدگی تشکیلات زمین‌شناسی قرار دارد شکل شماره (۵). در بررسی نقشه زمین‌شناسی دشت کامیاران می‌توان دریافت که جنس بیش از ۹۰ درصد ناحیه مورد مطالعه دولومیت و شیل می‌باشند دولومیت از کانی‌های کربناته می‌باشد، در تشکیل سنگ‌های کربناته فرآیندهای بیولوژیکی و شیمیایی تأثیرگذار هستند. غالب آهک‌ها از ته‌نشست غیر آلی $CaCO_3$ از آب دریا انجام می گیرند. ماده معدنی دولومیت با فرمول شیمیایی $CaMg(CO_3)_2$ در سه جهت رخ کامل دارد. اکثر دولومیت‌ها به رنگ‌های خاکستری مایل به کرم و سفید مایل به خاکستری یافت می‌شوند ولی برخی با رنگ‌های دیگری مانند سفید، زرد، سبز و سیاه هم دیده شده‌اند. این کانی دارای وزن مخصوص۲/۶ گرم بر سانتیمتر مکعب، سختی آن ۴ـ۳/۵ و دارای جلای شیشه‌ای یا مرواریدی می‌باشد. عناصر تشکیل‌دهنده دولومیت عمدتا اکسید منیزیم (MgO) و آهک (CaO) می‌باشد ولی ممکن است عناصر دیگری چون اکسیدهای آهن، سدیم و پتاسیم نیز در ساختمان آنها یافت شود (شکل شماره ۶).

جدول ۳- نتایج سنجش‌های شیمیایی (یون ها بر حسب میلی اکی والان بر لیتر ، TDS برحسب میلی‌گرم بر لیتر و EC برحسب میکروزیمنس بر سانتی‌متر)

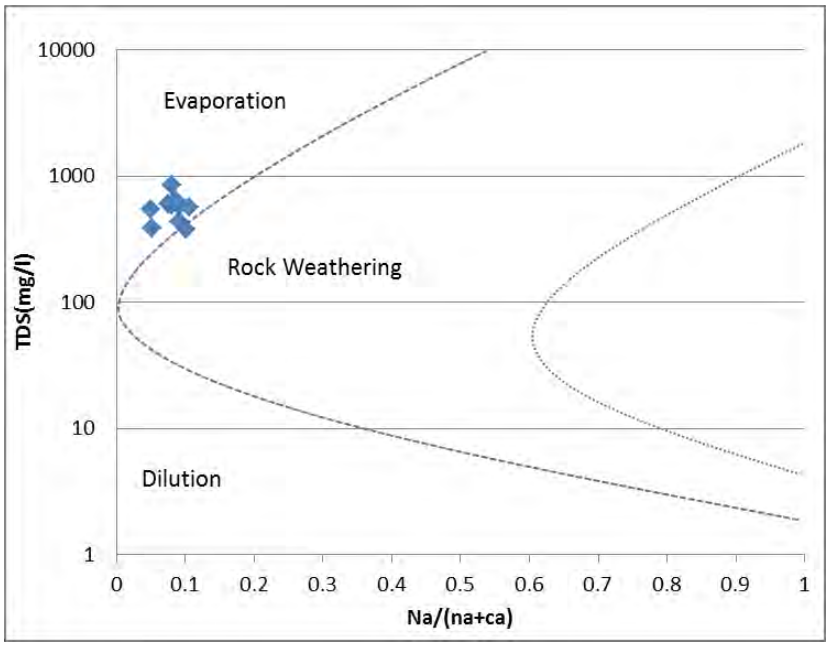
پارامتر محل	Ca	Mg	Na	K	Hco3	So4	Cl	TDS	EC	ph	Co3	No3
الک	۲/۹	۰/۸	۰/۲	۰/۰۱	۳/۲	۰/۲	۰/۱	۲۳۵	۳۶۹	۸/۱	۰/۱	۰/۳
اول جاده باتمان	۳/۷	۱/۵	۰/۴	۰/۰۲	۴/۴	۰/۵	۰/۴	۳۳۲	۵۱۹	۸/۱	۰/۰۴	۰/۳
باتمان	۳/۵	۱/۲	۰/۳	۰/۰۳	۴/۲	۰/۴	۰/۲	۲۹۶	۴۶۲	۸	۰	۰/۳
توبره‌ریز	۴/۹	۱/۶	۰/۴	۰/۱	۵/۳	۰/۶	۰/۵	۴۲۱	۶۵۶	۷/۸	۰/۰۱	۰/۷
خانم‌اباد	۲/۶	۰/۸	۰/۳	۰/۰۲	۲/۸	۰/۳	۰/۲	۲۱۲	۳۳۴	۸/۱	۰/۰۷	۰/۲
سرچم	۴/۲	۲/۴	۰/۵	۰/۱۵	۵/۹	۰/۴	۰/۴	۴۱۷	۶۴۸	۷/۹	۰/۰۴	۰/۳
شیروانه	۲/۷	۰/۸	۰/۳	۰/۰۱	۳/۱	۰/۴	۰/۱	۲۱۹	۳۴۶	۸	۰/۱	۰/۲
گنبدبالا	۳	۲	۰/۲	۰/۰۱	۴/۵	۰/۳	۰/۱	۲۹۰/۹	۴۵۴	۸	۰/۰۲	۰/۱
ماراب	۳/۷	۰/۸	۰/۲	۰/۰۳	۴/۱	۰/۳	۰/۲	۲۸۲	۴۴۱	۷/۹	۰	۰/۱



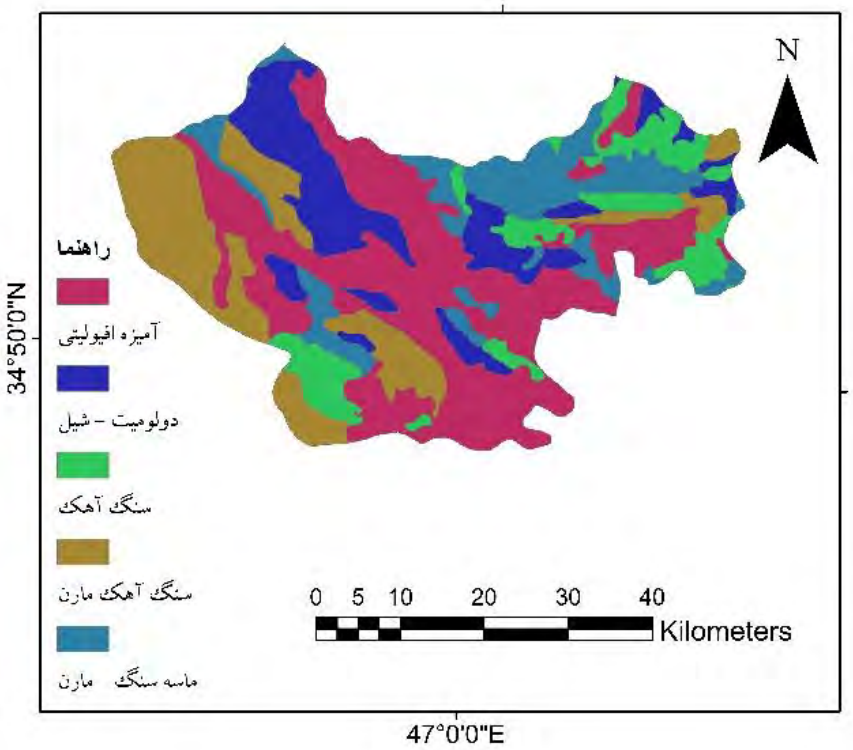
شکل۳- نمودار شولر برای ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه



شکل ۴- نمودار ویلکوکس برای ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه



شکل ۵- نمودار گیبس برای ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه



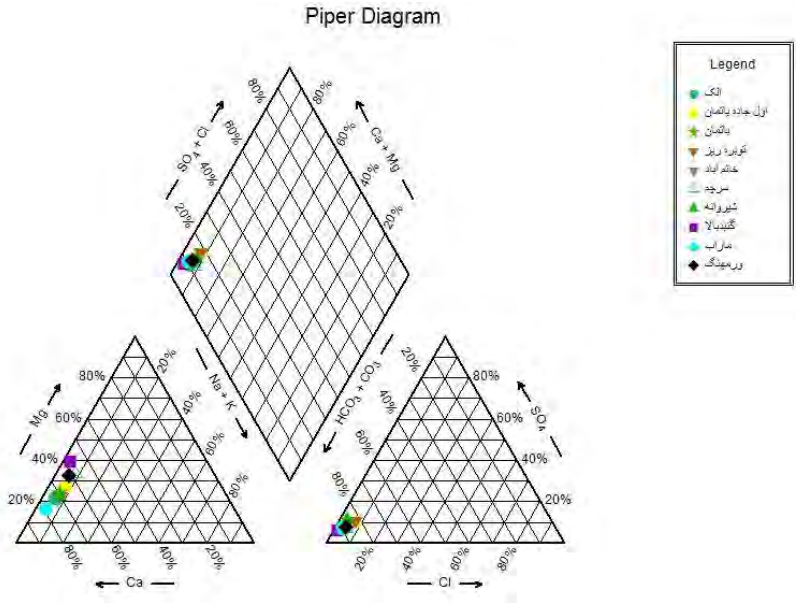
شکل ۶- نقشه زمین شناسی شهرستان کامیاران

۳-۱- تعیین تیپ و رخساره آب رودخانه زرین گل (نمودارهای پایپرو دورو):

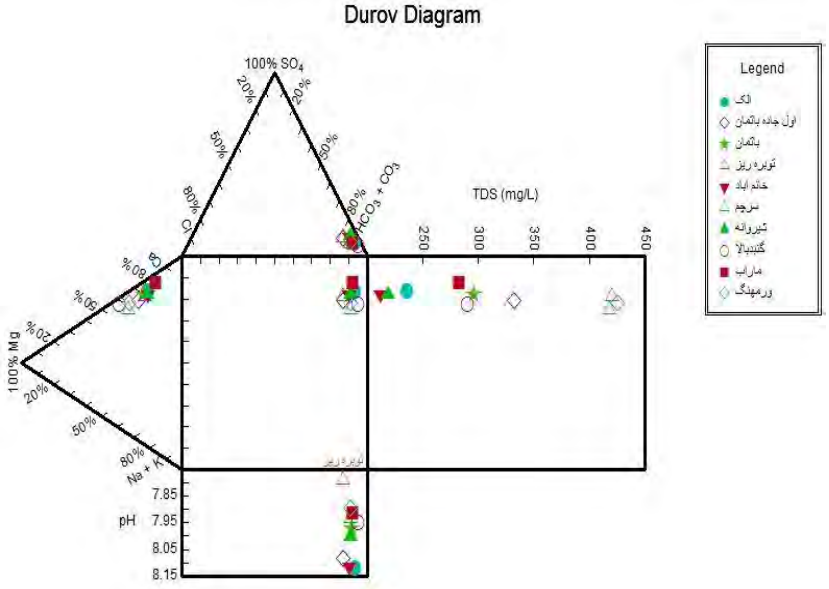
تمرکز نمونه‌ها در دیاگرام پایپر (شکل۷) نشان‌دهنده این مطلب است که آب منطقه مورد مطالعه در رخساره ۱ قرار گرفته که مربوط به تیپ آب های شیرین می‌باشد به منظور تکمیل اطلاعات به‌دست آمده از نمودار پایپر از نمودار دورو استفاده شده‌است. برای تعیین نوع و منشأ آب رودخانه می‌توان از نمودار دورو استفاده کرد (شکل۸) که اساس این نمودار مقادیر کاتیون و آنیون‌های عمده آب (بر حسب درصد) می‌باشد. همان طور که سیر تکاملی نمودار نشان می‌دهد، تیپ آب در منطقه مورد مطالعه از نوع

کربناته است. همچنین مستطیل سمت راست نمودار نمایانگر میزان املاح کم آب منطقه مورد مطالعه می‌باشد که حد نسبتاًپایین TDS این موضوع را تصدیق می‌کند.

میزان آب منطقه‌مورد مطالعه نیز به سمت قلیایی تمایل می‌کند.

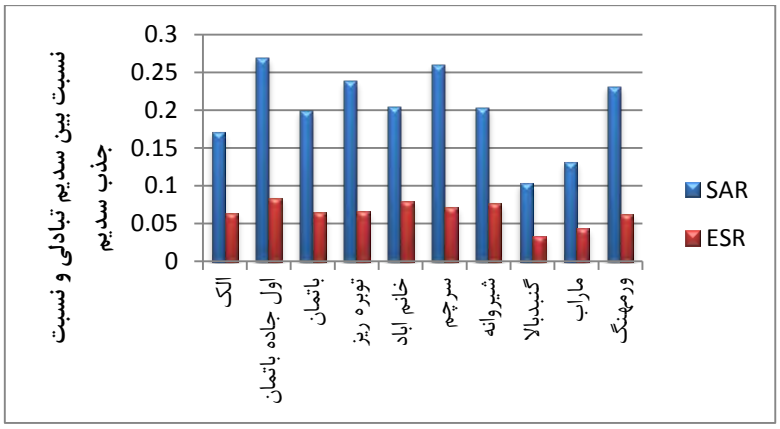


شکل ۷- نمودار پایپر برای ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه

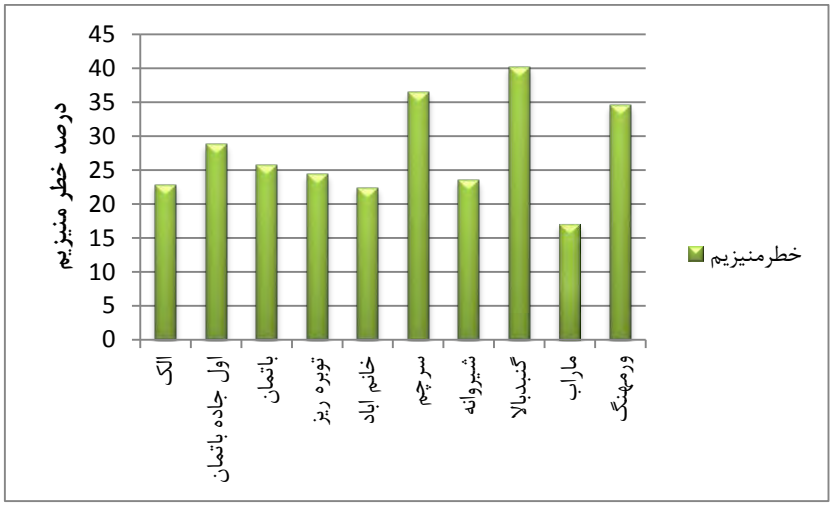


شکل ۸- نمودار دروو برای ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه

نسبت بین سدیم تبادلی و نسبت جذب سدیم میزان کمتر از ۰/۳ را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد (شکل۹). میزان سختی در منطقه مورد مطالعه بین ۱۵۰ تا ۳۵۰ میلی گرم بر لیتر است که این میزان جزء آب‌های با سختی متوسط و زیاد محسوب می‌گردد (جدول ۴). از شکل ۱۰ کاملاً مشخص است که احتمال خطر منیزیم در ایستگاه‌های مختلف در حد مناسب (کمتر از ۵۰ میلی اکی-والانت بر لیتر) قرار دارند.



شکل ۹ - نسبت بین سدیم تبادلی و نسبت جذب سدیم



شکل۱۰- تغییرات درصد خطر منیزیم در سال‌های آماری

جدول ۴- نتایج خواص شیمیایی آب ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه توسط نرم افزار AqQA

ایستگاه	تیپ	TDS (میلی-گرم برلیتر)	EC (میلی‌موس بر سانتی‌متر)	خطرشوری	SAR	ESR	خطرمنیزیم	TH (میلی‌گرم‌برلیتر)
الک	Ca-HCo3	۲۳۵	۳۶۹	مناسب	۰/۱۷۱	۰/۰۶۳	۲۲	۱۸۵
اول جاده باتمان	Ca-HCo3	۳۳۲	۵۱۹	مناسب	۰/۲۶۹	۰/۰۸۴	۲۸/۸	۲۵۸/۸
باتمان	Ca-HCo3	۲۹۶	۴۶۲	مناسب	۰/۱۹۹	۰/۰۶۵	۲۵/۷	۲۳۴/۸
توبره‌ریز	Ca-HCo3	۴۲۱	۳۲۴	مناسب	۰/۲۳۸	۰/۰۶۶	۲۴/۴	۳۲۴/۹
خانم‌اباد	Ca-HCo3	۲۱۲	۳۳۴	مناسب	۰/۲۰۴	۰/۰۷۹	۲۲/۴	۱۶۷/۹
سرچم	Ca-HCo3	۴۱۷	۶۴۸	مناسب	۰/۲۶	۰/۰۷۲	۳۶/۴	۳۲۷/۳
شیروانه	Ca-HCo3	۲۱۹	۳۴۶	مناسب	۰/۲۰۳	۰/۰۷۷	۲۳/۵	۱۷۵
گنبدبالا	Ca-HCo3	۲۹۰	۴۵۴	مناسب	۰/۱۰۳	۰/۰۳۳	۴۰/۲	۲۴۷
ماراب	Ca-HCo3	۲۸۲	۴۴۱	مناسب	۰/۱۳۱	۰/۰۴۴	۱۷	۲۲۲
ورمهنگ	Ca-HCo3	۴۲۵	۶۶۰	مناسب	۰/۲۳۱	۰/۰۶۲	۳۴/۵	۳۴۷

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس‌ها نشان می‌دهد که در تمامی پارامترها اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود دارد (sig<0.05) (جدول شماره ۵). برای مقایسه پارامترهای کیفی سال‌های مختلف با ایستگاه مبنای الک از روش مقایسه میانگین LSD با سطح اعتماد ۵ درصد استفاده شده‌است. نتایج آزمون LSD نشان می‌دهد که یون پتاسیم جز در توبره‌ریز و سرچم اختلاف معناداری با ایستگاه مبنا دارند، درصد سدیم در ایستگاه‌های باتمان، توبره‌ریز و ورمهنگ دارای اختلاف معناداری با ایستگاه مبنا هستند. کلسیم در ایستگاه‌های خانم‌اباد ، شیروانه و گنبد بالا اختلاف معناداری با ایستگاه مبنا دارند. منیزیم در ایستگاه‌های خانم‌اباد، شیروانه، ماراب اختلاف معناداری با ایستگاه مبنا دارند. سدیم ایستگاه‌های خانم‌اباد، شیروانه و ماراب دارای اختلاف معناداری با ایستگاه مبنا هستند. TDS ایستگاه‌های خانم‌اباد و شیروانه دارای اختلاف معناداری با ایستگاه مبنا هستند. Ph فقط ایستگاه خانم‌اباد اختلاف معناداری با ایستگاه مبنا دارد. EC, Th در ایستگاه‌های خانم‌اباد وشیروانه اختلاف معناداری با ایستگاه مبنا دارند. CO3 فقط ایستگاه خانم‌اباد اختلاف معناداری با ایستگاه مبنا دارد. HCO3 فقط ایستگاه شیروانه اختلاف معناداری با ایستگاه مبنا دارد. Cl ایستگاه‌های خانم‌اباد، شیروانه و گنبدبالا اختلاف معناداری با ایستگاه مبنا دارند. SO4 ایستگاه‌های خانم‌اباد، شیروانه، گنبدبالا و ماراب اختلاف معناداری با ایستگاه مبنا دارند. بقیه پارامترها اختلاف معناداری با ایستگاه مبنا ندارند (جدول۶).

جدول ۵- آزمون تجزیه واریانس پارامترهای کیفی آب برای ایستگاه‌های مختلف

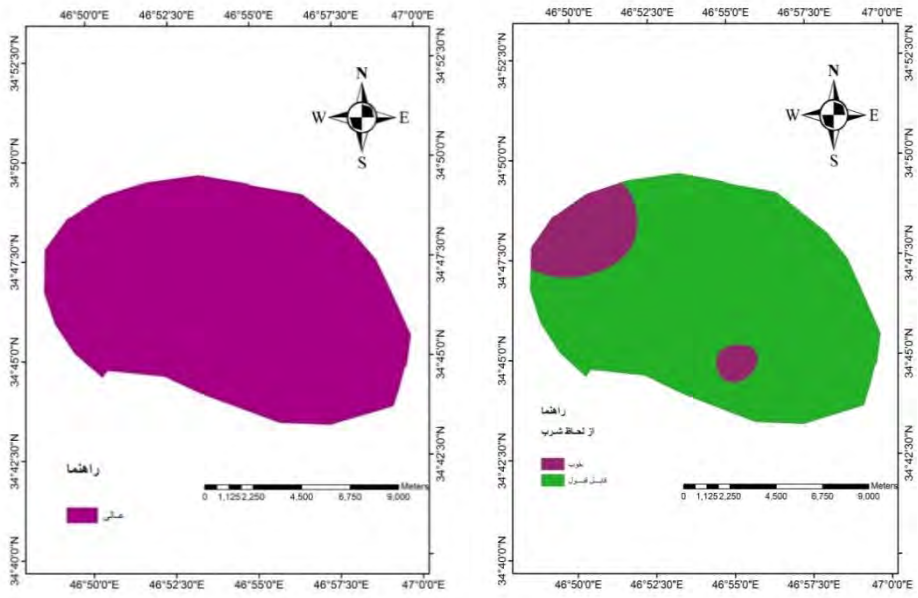
یون	So4	Cl	HCO3	CO3	PH	TDS	K	Na	Mg	Ca	درصدNa	TH	SAR	EC
F	۱۱/۸	۴۲	۷۲	۵	۱۲	۶۷	۱۵	۶۱	۲۴/۷۹	۴۷/۵۱	۲۷/۶	۶۰/۲	۴۹/۳	۶۸/۹
sig	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

جدول ۶- نتیجه آزمون LSD با انتخاب ایستگاه الک به عنوان شاهد

یون	شاهد / SIG	اول جاده باتمان	باتمان	توبره‌ریز	خانم‌اباد	سرچم	شیروانه	گنبدبالا	ماراب	ورمهنگ
TH	الک	۰	۰	۰	۰/۱۰۸	۰	۰/۵۳۷	۰	۰	۰
SAR	الک	۰	۰/۰۰۱	۰	۰	۰	۰/۰۱	۰	۰	۰
EC	الک	۰	۰	۰	۰/۰۷۴	۰	۰/۳۹۷	۰/۰۰۱	۰	۰
SO4	الک	۰	۰/۰۰۲	۰	۰/۱۲	۰	۰/۰۵۳	۰/۷۶۶	۰/۲۶	۰
Cl	الک	۰	۰/۰۱۴	۰	۰/۲۷۲	۰	۰/۸۵	۰/۸۲۹	۰/۰۱۸	۰
HCO3	الک	۰	۰	۰	۰/۰۱۶	۰	۰/۵۶۴	۰	۰	۰
CO3	الک	۰/۰۰۵	۰	۰	۰/۱۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰	۰
PH	الک	۰/۰۱۱	۰	۰	۰/۹۱۹	۰	۰/۰۳۶	۰/۰۰۱	۰	۰
TDS	الک	۰	۰	۰	۰/۰۶۵	۰	۰/۳۶۶	۰/۰۰۱	۰	۰
K	الک	۰/۵۰۳	۰/۲۲۲	۰	۰/۵۲۹	۰	۰/۹۶۴	۰/۹۶۹	۰/۲۵۸	۰/۰۴۳
Na	الک	۰	۰	۰	۰/۰۶۳	۰	۰/۱۳۲	۰/۰۰۲	۰/۰۳۲	۰
Mg	الک	۰	۰	۰	۰/۳۲۳	۰	۰/۸۹۹	۰	۰/۳۲۴	۰
Ca	الک	۰	۰	۰	۰/۰۸۱	۰	۰/۴۰۸	۰/۵۷۴	۰	۰
%Na	الک	۰	۰/۳۸۵	۰/۲۶۵	۰	۰/۰۴	۰/۰۰۱	۰	۰	۰/۹۵۶

دیاگرام شولر کیفیت آب شرب را نشان داد با این حال در این دیاگرام پارامترهای شیمیایی بصورت منفرد در نظر گرفته‌شده‌اند و نتایج حاصل از آن قابل تعمیم به کل دشت نمی‌باشند. از این‌رو، برای درک توزیع فضایی مناطق مناسب و نامناسب، روش پهنه‌بندی مکانی در نرم افزار Arc GIS 10 به روش کریجینگ برای هر کدام از پارامترهای هیدروشیمیایی مذکور به‌صورت مجزا و تلفیقی انجام گرفت. بررسی نقشه پهنه‌بندی شرب منطقه مورد مطالعه نیز نشان

می‌دهد قسمت‌های قابل توجهی از منطقه مورد مطالعه دارای کیفیت خوب می‌باشد. جهت تهیه مدل کیفی آب کشاورزی منطقه مورد مطالعه نیز از روش پهنه‌بندی استفاده شد. برای این کار ابتدا نقشه‌های هم ارزش EC و SAR تهیه شد و سپس نقشه پهنه‌بندی کشاورزی بر اساس طبقه‌بندی ویلکوکس از تلفیق این دو نقشه به‌دست آمد. همانطور که نقشه پهنه‌بندی آب کشاورزی نشان می‌دهد، تمامی نواحی منطقه مورد مطالعه دارای کیفیت خوب و مناسبی از لحاظ کشاورزی بوده است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- نقشه پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه از لحاظ آبیاری(سمت راست) و شرب(سمت چپ)

۴-بحث و نتیجه‌گیری

آب منطقه مورد مطالعه در تیپ آب‌های شیرین می‌باشد که دلیل آن می‌تواند عدم وجود آلاینده کننده‌ها و نیز زمین شناسی منطقه و خاک منطقه مورد مطالعه که آهکی می‌باشد تیپ آب در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه Ca – HCO3 می‌باشد که تابع زمین‌شناسی منطقه که بیشتر آن دولومیت می‌باشد قراردارد. نتایج حاصل از دیاگرام شولر نشان‌داد کیفیت آب جهت شرب در حد مناسب قرار دارد و نیز دیاگرام ویلکوکس نشان داده‌است که کیفیت آب منطقه درجهت کشاورزی بسیار عالی می‌باشد که یکی از اصلی‌ترین دلایل آن می‌تواند استفاده بهینه مردم منطقه و نیز کم بودن اثرات تبخیر وتعرق در منطقه باشد. نمودار گیبس نشان داد که کیفیت آب منطقه تحت تاثیر فرسایش سازندهای زمین‌شناسی قرار دارد در دیاگرام پایپر تجمع یون‌ها در محل Ca-Mg , CO3- HCO3 می‌باشد که نشان‌دهنده کربناته بودن آب منطقه مورد مطالعه می‌باشد، دیاگرام پایپر نشان داد که میزان TDS منطقه کمتر از ۴۵۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد همچنین نشان می‌دهد که آب منطقه مورد مطالعه دارای Ph قلیایی می باشد، نمودار میزان خطر منیزیم نشان داده است که تمامی آب‌ها دارای خطر منیزیم کمتر از ۵۰ میلی اکی والانت بر لیتر است که این میزان جهت آب آبیاری بسیار مناسب هستند. آزمون تجزیه واریانس را در جهت اینکه میزان اختلاف میان پارامترها تعیین شود انجام گردید که نشان داد اختلاف معناداری بین پارامترها وجود ندارد و این نشان می‌دهد که تغییر و تحولات یون‌ها در منطقه مورد مطالعه دارای شرایط نسبتا یکسانی بوده است. چون مدل انتخاب شده قادر نبود تحلیلی مکانی داشته باشد پس از روش درون‌یابی استفاده گردید که حاصل آن نشان داد که در تمامی منطقه مورد مطالعه بجز در مناطقی معدود کیفیت آب در جهت شرب در حد مناسب بوده است و در جهت استفاده برای کشاورزی تمامی منطقه مورد مطالعه دارای کیفیتی عالی می‌باشد. این مطالعه نشان می‌دهد که مدل مورد استفاده به‌خوبی می‌تواند کیفیت آبزیرزمینی را ارزیابی نمایند و استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌تواند به‌طور مناسبی پهنه‌بندی نماید. دلیل وجود آب باکیفیت مناسب دشت مورد مطالعه شامل وجود کانی های دولومیت و نیز عدم وجود کارخانه ها و فاضلاب‌های شهری وروستایی و استفاده بهینه

مردم منطقه از منابع آب است. پیشنهاد می‌گردد در جهت استفاده آب منطقه نهایت برنامه ریزی صورت گیرد تا بتوان در جهت استفاده از آب منطقه در سال‌های متمادی مشکلی در جهت کمبود آب و کیفیت منطقه رخ ندهد.

مراجع

[۱] م. مهدوی، ۱۳۸۴.جلد۲، دانشگاه تهران، ص۴۳۷.

[2] Ayers. R. S. and D.W.Westcot. Water quality for agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Irrig. and Drain, 1985. Paper No.29.

[3] Singhal,B.B.S., and R.P.Gupta. Applied Hydrogeology of Fractured Rocks, Kluwer Academic Publ., Netherland. 1999.

[۴] م، عسکری، م، چیت‌سازان و ی، میرزایی.۱۳۸۰. ارزیابی کیفی آب در زیرحوضه‌ی فیروزآباد جهت کشاورزی و شرب با استفاده از GIS. هشتمین همایش بین‌المللی مهندسی رودخانه؛ دانشگاه شهید چمران.ص۱-۸.

[5] Ferguson, L., J.A. Poss, S.R. Grattan, C.M. Grieve, D. Wang, C. Wilson, T.J. Donovan and C. T. Chao.Pistachio root stocks influence scion growth and ion relations under salinity and boron stress. J. Amer. Soc. Hort.Sci. 2002.127(2):194-199.

[6] Vito, F. U.; Raffaele, G. & Nicola, L. A Fuzzy Knowledge-Based Decision Support System for Groundwater Pollution Risk Evaluation. Environmental Management.2003. Vol. 73:197-189.

[7] Rizzo, D. M. and J.M. Mouser. Evaluation of geostatistics for combined hydrochemistry and microbial community fingerprinting at waste disposal site. Critical transitions in water and environmental resources management. Proc. World Water and Environ. Resour. Cong. 2004.

[8] Thomas, A. & Tellam, J. Modelling of recharge and pollutant fluxes to urban groundwaters. Science of the Total Environment 2004. Pp:158-179.

[9] Chang, H. Spatial analysis of water quality trends in the Han River basin, South Korea. Water Resources, 2008. 42: 3285-3304.

[10] Yetik, M.K., Yüceer, M., Berber, R., and Karadurmus, E. River water quality model verification through a GIS based software. P 1-6, ADCHEM 2009 IFAC Symposium on Advanced Control of Chemical Processes, July 12-15, Istanbul-Turkey. 2009.

[11] Yang, X., and Jin, W. GIS-based spatial regression and prediction of water quality in river networks: A case study in Iowa. J. Environ. Manage. 2010. 91: 1934-1951.

[12] Rockware AqQA Software Version AQC10664. http://www.rockware.com,2011.

[13] Gibbs, R.J. Mechanisms controlling world water chemistry, Science 1090-1088.

[14] Durov, S. Geometriceskij metod v gidrochimii. Rostovskoje kniznoje izdatelstvo, Rostov.USSR. ;Geometrical methods in hydrochemistry. 1959.

[15] Stiff, H. A.,Jr. The interpretation of chemical water analaysis by means of patterns. J. Petr. Technology. V.3, no. 10;1951,pp,15-17.

[16] Schoeller, H. La classification geochimique des eaux. LASH Publication no. 64, Gen. Assembly of Berkeley 1963. V . 4, pp. 16-24.

[17] Wilcox LV. Classification and use of irrigation waters. USDA Circ. 969, Washington, DC.1955.

[18] Piper, A.M. Agraphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis, Trans. Am. Geophys. Union.1944; 25: 914-923