پهنه بندی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت قلعه خواجه خوزستان از لحاظ مصرف کشاورزی و شرب با استفاده از استاندارد های کیفی و نرم افزار GIS

منوچهر چیت سازان، دکترای هیدروژئولوژی، استاد دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز
فاطمه بتوندی غلامپور، دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشگاه شهید چمران اهواز
حمیدرضا ماجدی،کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، کارشناس بخش مدیریت فنی و مهندسی سازمان آب و برق خوزستان

چکیده

در مطالعات آب های زیرزمینی، علاوه بر کمیت، کیفیت نیز نقش مهمی دارد. برای تعیین نوع مصرف آب زیرزمینی از لحاظ شرب وکشاورزی شناخت وضعیت هیدروشیمیایی پهنه بندی آب های زیرزمینی، کمک شایانی می کند. روش های مختلف برای تعیین کیفیت آب از لحاظ شرب و کشاورزی وجود دارد، که مهم ترین آنها استفاده از دیاگرام شولر و ویلکوکس است. در این مقاله بعد از مشخص شدن مکان های نمونه برداری در دشت قلعه خواجه، تجزیه شیمیایی آنها انجام شد، سپس نمونه با دیاگرام های شولر و ویلکوکس مقایسه و مشاهده شد که، طبق نمودار شولر نمونه های فروردین از نظر آشامیدن در رده خوب تا قابل قبول نمونه های مهر ماه در رده های خوب تا نا مناسب قرار دارند. طبق نمودار ویلکوکس نمونه های فروردین از نظر کشاورزی در رده C_2S_1 (خوب) و نمونه های مهر در رده های C_2S_1، C_3S_1 و C_4S_1 (خوب تا نا مناسب) می باشند. سپس برای درک توزیع مکانی مناطق مناسب و نامناسب، از نرم افزار Arc GIS 10استفاده و لایه‌های اطلاعاتی EC ، SAR، Ca، Cl، Mg، Na، HCO3،SO4، TDSو THبر اساس روش IDW تهیه گردید. نهایتاً، تحلیل همپوشانی به منظور تعیین محل‌های نامناسب، بر اساس نمودار ویلکوکس و شولر صورت گرفت.

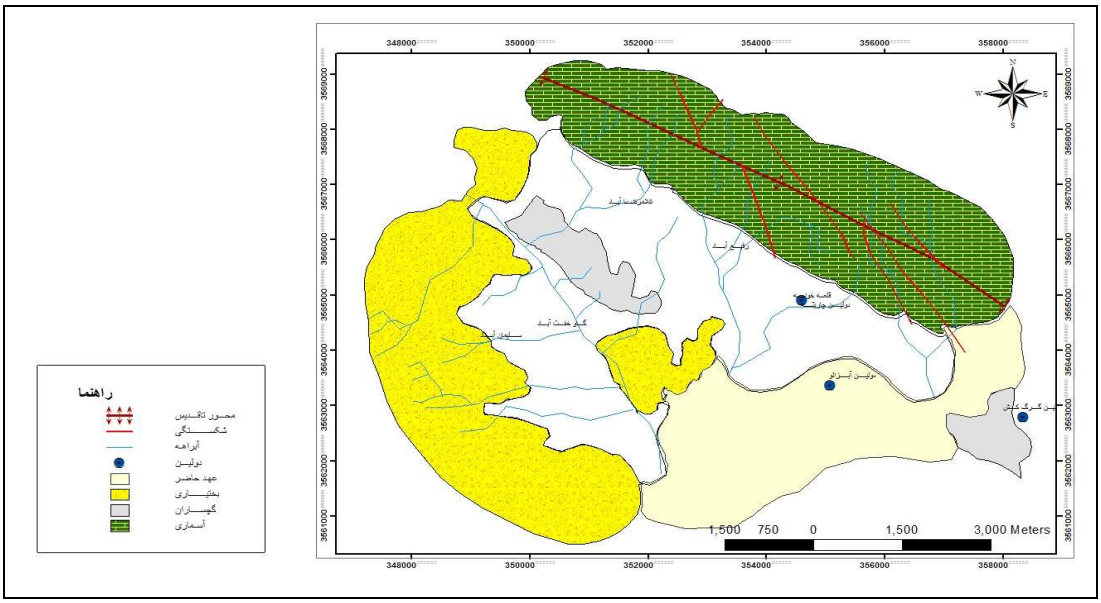
کلید واژه‌ها :*کیفیت آب از لحاظ شرب، کیفیت آب از لحاظ کشاورزی، دیاگرام شولر، دیاگرام ویلکوکس، Arc GIS 10، توزیع مکانی*

۱- مقدمه

استانداردهای کیفیت آب، قوانین و مقرراتی هستند که برای کیفیت آبی که ممکن است برای مصرف خاصی به کار رود، محدوده های ویژه ای تعیین می کند [۱]. کیفیت آب، یکی از جنبه های هیدروژئوشیمی می باشد که در باره توصیف شیمیایی آب، توزیع مکانی انواع متشکله های شیمیایی و قابلیت مصرف آن برای اهداف صنعت، کشاورزی و مصارف خانگی و شهری بحث می نماید [۲]. معمولا جهت تعیین مناسب بودن کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف مختلف، پس از نمونه گیری، آزمایشهای تجزیه شیمیایی روی نمونه ها انجام شده و با مقایسه نتایج آنها با مقادیر استاندارد، کیفیت آب جهت هر نوع مصرف مشخص می گردد [۳]. استاندارد های متفاوتی برای بررسی کیفیت آب آشامیدنی وجود دارد، یکی از این استانداردها، نمودار نیمه لگاریتمی شولر [۴] می باشد. برای تعیین کیفیت آب کشاورزی از طبقه‌بندی ویلکوکس [۵] که یکی از مهمترین طبقه‌بندی‌ها در این زمینه می‌باشد، استفاده شده است. یکی از روش های مناسب در مطالعات هیدرو شیمیایی جهت پردازش و نمایش داده های بدست آمده در یک منطقه وسیع و گسترده، ترسیم نقشه های هم ارزش پارامترهای مختلف می باشد. این نقشه ها از داده‌های جمع آوری شده در یک زمان مشابه تهیه می‌شود. توزیع نقاط نمونه برداری در یک منطقه برای مقایسه نقشه های هم میزان از اهمیت بسزایی برخوردار است [۶].

۱-۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال شرقی استان خوزستان قرار دارد. این دشت با مساحت تقریبی ۲۲ کیلومتر مربع بین طول های جغرافیایی ´ ۲۳ °۴۹ تا ´ ۲۹ °۴۹ و عرض جغرافیایی ´ ۱۴ °۳۲ تا ´ ۱۰ °۳۲ قرار دارد. طبق داده های هواشناسی استگاه اندیکا میانگین بارندگی سالانه منطقه ۵۳۹.۶ میلی متر می باشد.آبخون دشت از شمال و شمال شرقی به تاقدیس پابده (جنس رسوبات آهک آسماری)، از شرق به کنگلومرای بختیاری و از غرب و جنوب غرب به سازند گچساران و رسوبات عهد حاضر ختم می شود.در شمال غرب منطقه دارای رخنمون محلی از سازند گچساران در قسمت میانی دشت می باشد. جهت کلی جریان آب زیرزمینی منطقه از سمت شمال و شمال شرق به سمت جنوب و جنوب شرق می باشد. شکل ۱ نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

۲- مواد و روشها

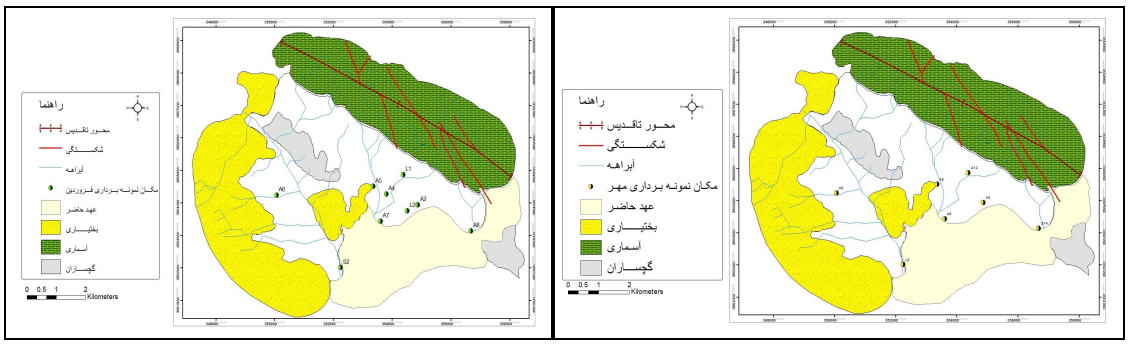
۱-۲- کیفیت آب از نظر شرب

دیاگرام شولر یکی از مهم ترین طبقه بندی ها جهت بررسی کیفیت آب از نظر شرب می باشد. دیاگرام شولر، یک دیاگرام نیمه لگاریتمی می‌باشد که غلظت یون‌های اصلی را برحسب میلی اکی والان گرم در لیتر نشان می‌دهد. در این نمودار براساس هشت پارامتر شیمیایی سدیم، کلر، سولفات، کلسیم، منیزیم، کربنات، باقیمانده خشک (TDS) و سختی، آب‌ها از نظر مصرف آشامیدنی به شش گروه شامل خوب، قابل قبول، متوسط، نامناسب، کاملاً نامطلوب و غیر قابل شرب تقسیم می‌شوند (جدول ۱).

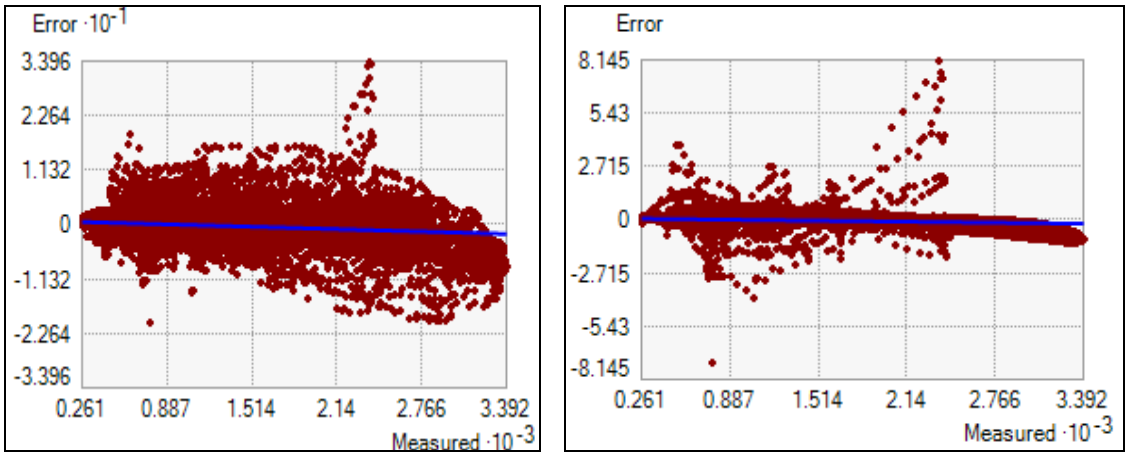
جدول ۱- معیارهای کیفیت آب شرب طبق نظر شولر (واحدها mg/l)

درجه کیفیت آب	کلسیم	منیزیوم	سدیم	کل مواد محلول	سختی کل	کلر	سولفات	بی کربنات
خوب	<۶	<۵/۸	<۴/۳	<۲۸۰	<۱۹۰	<۵/۳	<۳/۳	<۱/۸
قابل قبول	۶-۱۱/۵	۵/۸-۱۱/۶	۴/۳-۱۰/۴	۲۸۰-۵۰۰	۱۹۰-۲۵۰	۵/۳-۱۱	۳/۳-۶/۲	۱/۸-۴/۱
متوسط	۱۱/۵-۲۲/۵	۱۱/۶-۲۳/۳	۱۰/۴-۲۱/۳	۵۰۰-۱۰۰۰	۲۵۰-۶۰۰	۱۱-۲۲/۲	۶/۲-۱۲/۵	۴/۱-۷/۳
نامناسب	۲۲/۵-۴۲/۵	۲۳/۳-۴۳/۳	۲۱/۳-۴۰/۸	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۶۰۰-۱۰۰۰	۲۲/۲-۵۰/۷	۱۲/۵-۲۵	۷/۳-۱۴/۸
کاملا نامطبوع	۴۲/۵-۹۰	۸۳/۳-۴۳/۳	۴۰/۸-۸۲/۶	۲۰۰۰-۴۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۵۰/۷-۱۱۲/۶	۲۵-۴۸	۱۴/۸-۲۹/۵
غیر قابل شرب	>۹۰	>۸۳/۳	>۸۲/۶	>۴۰۰۰	>۲۰۰۰	>۱۱۲/۶	>۴۸	>۲۹/۵

برای بررسی کیفی منابع آب زیرزمینی دشت قلعه خواجه از اطلاعات کیفی فروردین و مهر ماه سال ۸۹ مه توسط سازمان آب و برق استان خوزستان تهیه شد، استفاده گردید. در مرحله بعد، داده‌های فوق به منظور بررسی تغییرات کیفی جهت مصارف شرب و کشاورزی با استفاده از نمودارهای شولر و ویلکوکس، ابتدا در محیط Excel 2007 مرتب و سپس وارد نرم افزارهای AqQa و Chemistry گردیدند. در نرم افزار GIS روش های مختلفی برای درون‌یابی وجود دارد، که مهم ترین آنها Kriging و Inverse Distance Weighting می باشد. در روش IDW ، برای تعیین مقدار ارزش هر سلول لایه رستر خروجی، از ارزش‌های نقاط نمونه برداری شده مجاور استفاده و با گرفتن میانگین از آنها، ارزش سلول خروجی را برآورد می نماید. هرچه نقاط نمونه برداری شده به مرکز سلولی که قرار است ارزش آن برآورد شود، نزدیکتر باشد آن نقطه با وزن بیشتری در محاسبه میانگین وزنی ارزش نقاط نمونه برداری شده مجاور شرکت خواهد کرد. در حقیقت وزن تاثیرگذار عکس فاصله است، روش Kriging مانند روش IDW می باشد ولی در روش Kriging وزن اعمال شده بر روی نقاط ورودی علاوه بر فاصله به نحوه چیدمان و توزیع مکانی داده های ورودی نیز بستگی دارد. تاثیر چیدمان و توزیع مکانی داده های با یک خود همبستگی مکانی بین داده ها مشخص می شود[۷]. در این مقاله با توجه به اینکه چیدمان و توزیع مکانی نقاط نمونه برداری مناسب نیست و میزان خطای روش Kriging بیشتر از روش IDW است (شکل۳)، از روش IDW برای درون یابی نقاط نمونه برداری استفاده شد. پس از اینکه داده های مورد نظر بر اساس مختصات UTM آنها در نرم افزار ArcGIS10 جانمایی شدند (شکل ۳)، از طریق منوی GeostaticalAnalyst و روش IDW بر اساس میزان تغییر پارامتر های Hco_3، SO_4، Cl، TH، TDS، Na، Mgو Ca داده ها درون یابی شدند و سپس نقشه های هم ارزش تک تک پارامترها با روش IDW و به کمک نرم افزار ArcGIS10 تهیه شد (اشکال ۴ تا ۱۱). سپس به بررسی روند پارامتر های مهم، بر اساس استاندارد شولر در سطح دشت پرداخته شد.

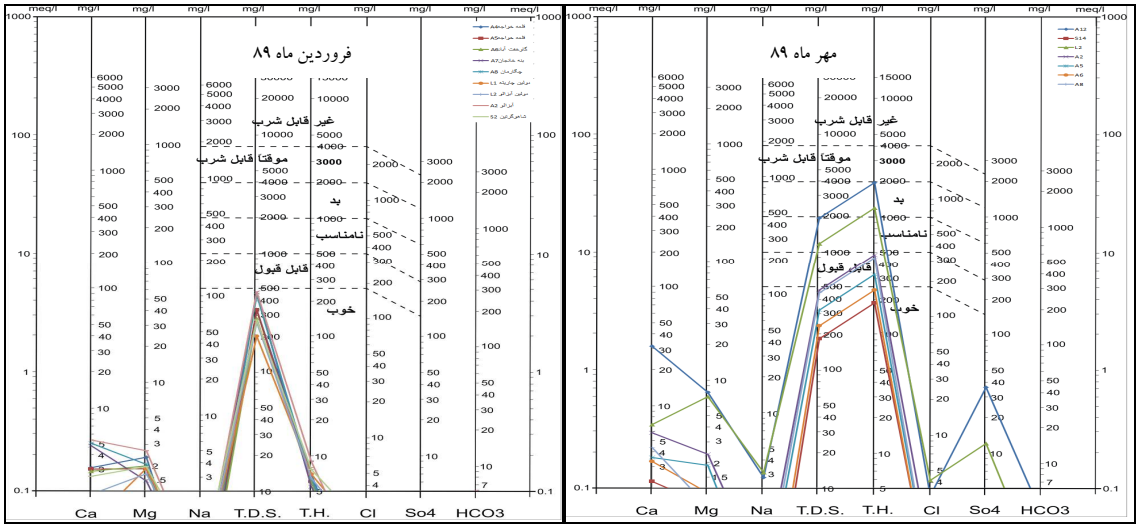


شکل ۲- مکان های نمونه برداری فرودین و مهر ماه ۸۹

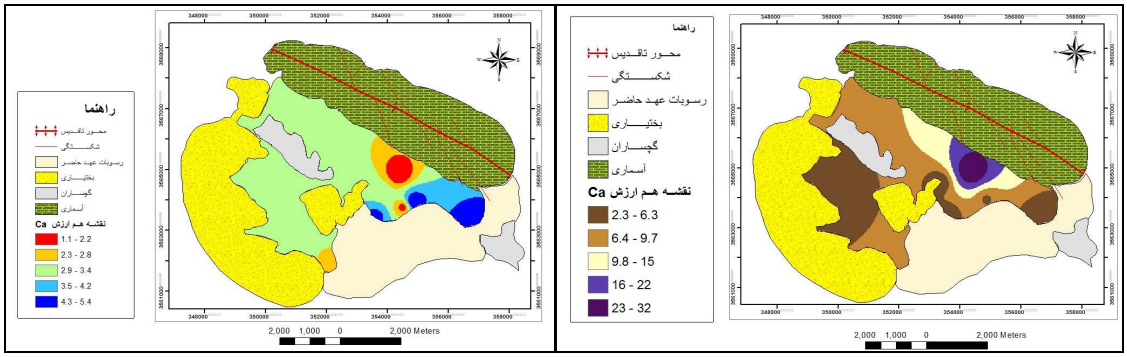


الف ب

شکل ۳- میزان خطای روش های درون یابی (الف) روش Kriging (ب) روش IDW

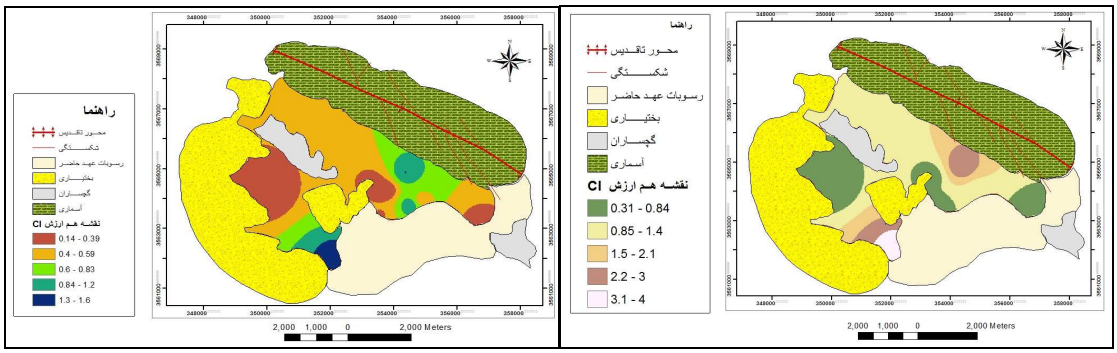


شکل ۴- دیاگرا م های شولر مکان های نمونه برداری دشت قلعه خواجه در فروردین و مهر ماه ۸۹



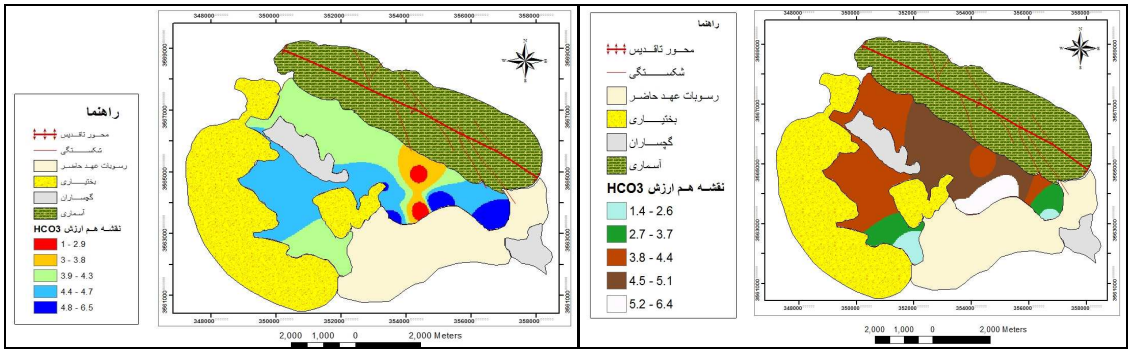
پ ت

شکل۵- نقشه های هم ارزش کلسیم (پ) مهر ماه ۸۹ و (ت) فروردین ماه ۸۹



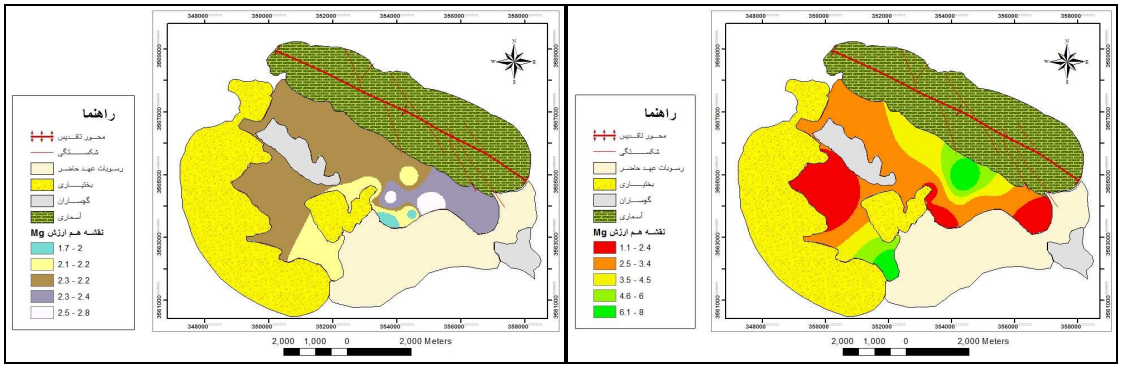
ث ج

شکل ۶- نقشه های هم ارزش کلر (ث) مهر ماه ۸۹ و (ج) فروردین ماه ۸۹



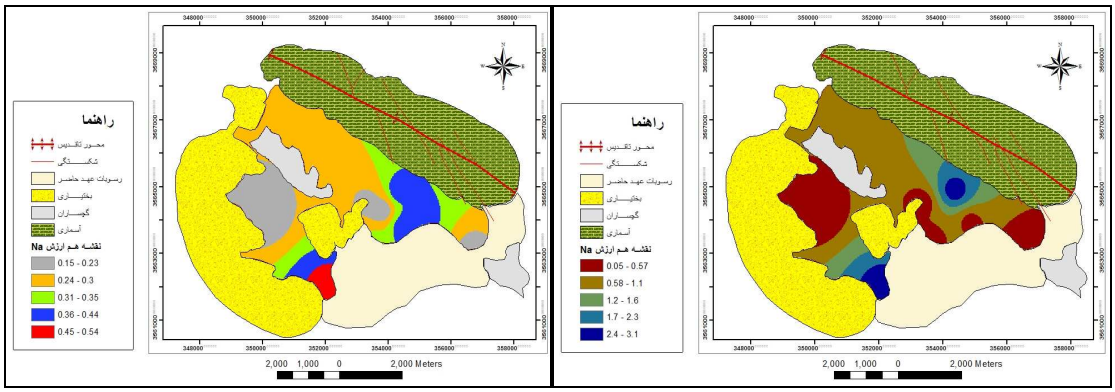
چ ح

شکل ۷- نقشه های هم ارزش بی کربنات (چ) مهر ماه ۸۹ و (ح) فروردین ماه ۸۹



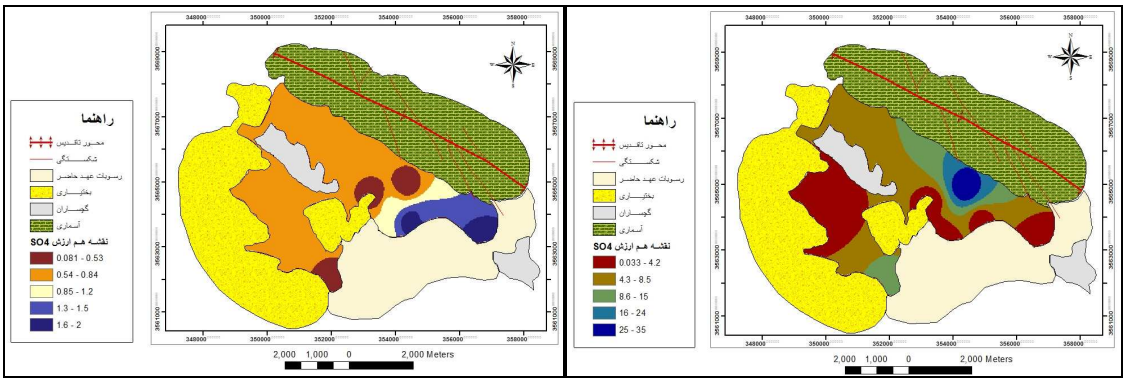
خ د

شکل۸- نقشه های هم ارزش منیزیم (خ) مهر ماه ۸۹ و (د) فروردین ماه ۸۹



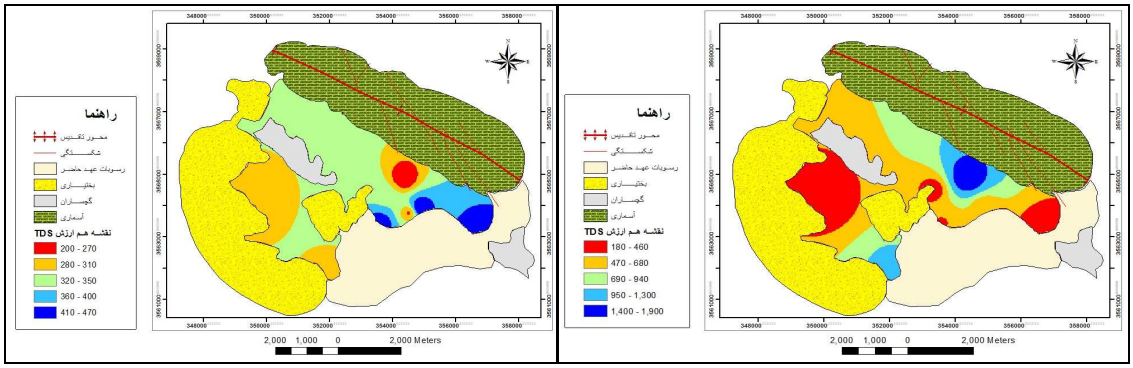
ر ذ

شکل ۹- نقشه های هم ارزش سدیم (ذ) مهر ماه ۸۹ و (ر) فروردین ماه ۸۹



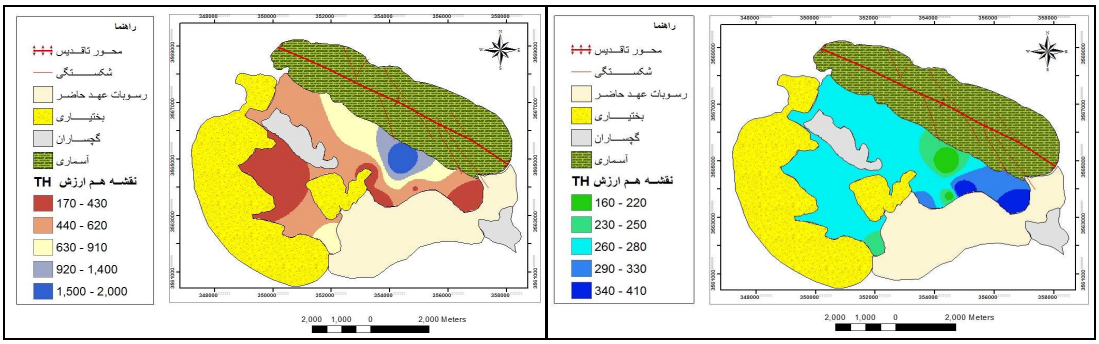
س ز

شکل ۱۰- نقشه های هم ارزش سولفات (ز) مهر ماه ۸۹ و (س) فروردین ماه ۸۹



ن ش

شکل ۱۱- نقشه های هم ارزش TDS (ش) مهر ماه ۸۹ (ن) فروردین ماه ۸۹



م و

شکل ۱۲- نقشه های هم ارزش سختی آب (م) مهر ماه ۸۹ (و) فروردین ماه ۸۹

طبق اشکال (۴ تا۱۱) و جدول (۱) از نظر میزان کلسیم همه نمونه های فروردین ما در رده خوب قرار دارند و نمونه های مهر ماه در رده های خوب تا نا مناسب قرار دارند، که فقط بخش های از نواحی شمال شرقی (زیر تاقدیس پابده) در رده متوسط تا نا مناسب قرار دارد بقیه دشت در رده خوب و قابل قبول است. از نظر میزان کلر همه نمونه های فروردین و مهر ماه در رده خوب قرار دارند. از نظر بی کربنات نمونه های فروردین ماه در رده های خوب تا متوسط قراردارند، فقط مناطق کوچکی از جنوب شرقی دشت در رده متوسط می باشد و نمونه های مهر ماه نیز در همین سه رده دسته بندی می شوند ولی اکثریت دشت دارای رده متوسط می باشد. از نظر میزان منیزیم همه نمونه های فروردین در رده خوب و نمونه های مهر در دو رده خوب و قابل قبول می باشند. از نظر میزان سدیم همه نمونه های فروردین و مهر ماه در رده خوب قرار دارند. از نظر میزان سولفات همه نمونه های فروردین در رده خوب و نمونه های مهر ماه در رده های خوب تا نامناسب قرار دارند،اکثریت دشت دارای رده های خوب تا متوسط می باشد، فقط مناطق کوچکی از جنوب شرقی دشت در رده نا مناسب است. از نظر میزان TDS همه نمونه های فروردین در دو رده خوب و قابل قبول قرار دارند و نمونه های مهر ماه در رده های خوب تا نا مناسب قرار دارند، اکثریت دشت دارای رده های خوب تا متوسط می باشد، فقط مناطق کوچکی از شمال شرقی دشت (زیر تاقدیس پابده) در رده نا مناسب است.

از نظر مقدار TH نمونه های فروردین در رده های خوب تا متوسط قرار دارد، اکثریت دشت در رده متوسط و فقط مناطق کوچکی از شمال شرقی (زیر تاقدیس پابده) در رده خوب قرار دارد، نمونه های مهر ماه خوب تا کاملا نا مطبوع قرار دارند، اکثریت دشت دارای رده های متوسط تا نا مناسب می باشد و تنها بخش کوچکی از شمال شرقی دشت (زیر تا قدیس پابده) دارای رده کاملا نا مطبوع می باشد.

۲-۲- طبقه بندی آب از نظر کشاورزی

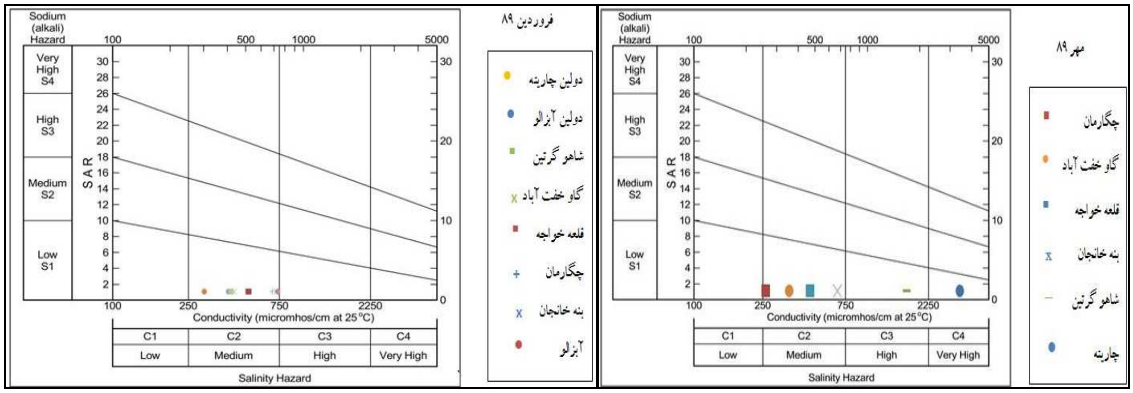
برای تعیین کیفیت آب کشاورزی از طبقه‌بندی ویلکوکس [۵] که یکی از مهمترین طبقه‌بندی‌ها در این زمینه می-باشد، استفاده شده است. در این طیقه‌بندی آب کشاورزی بر اساس میزان هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) به ۴ گروه با کیفیت عالی، خوب، متوسط و نامناسب (جدول ۲) و ۱۶ رده تقسیم‌بندی می‌شود (جدول ۳) [۸].

جدول ۲- معیارهای طبقه‌بندی آب از لحاظ کشاورزی

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

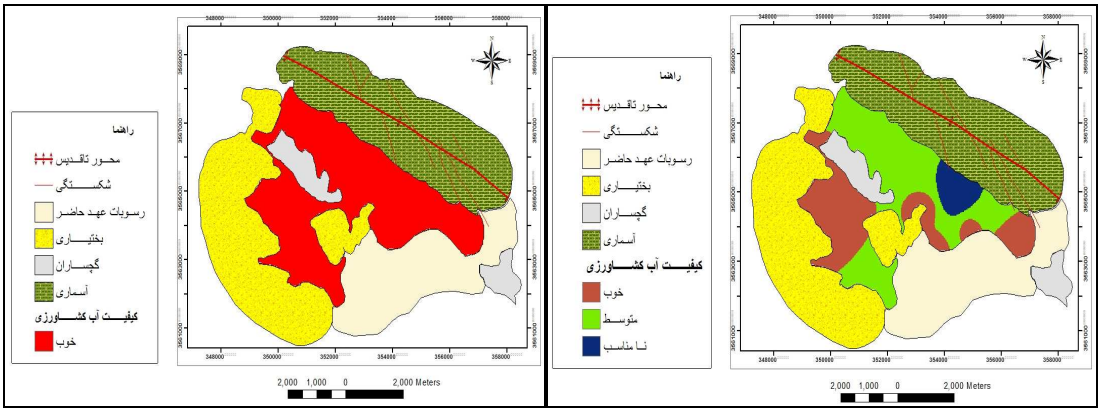
جدول ۳- رده‌هاي مختلف آب و نوع کیفیت بر اساس تقسیم بندي ویلکوکس

	رده آب	نوع کیفیت آب برای کشاورزی
۱	C_1S_1	شیرین- برای کشاورزی کاملا بی
۲	C_1S_2,C_2S_2,C_2S_1	کمی شور- برای کشاورزی تقریبا
۳	$C_1S_3,C_2S_3,C_3S_1,C_3S_2,C_3S_3$	شور- برای کشاورزی با اعمال
۴	$C_1S_4,C_2S_4,C_3S_4,C_4S_4,C_4S_3,C_4S_2,C_4S_1$	خیلی شور- مضر برای کشاورزی



شکل ۱۳- دیاگرام ویلکوکس آب‌های زیرزمینی دشت قلعه خواجه مهر و فروردین ماه ۸۹

همان طور که دیاگرام ویلکوکس (شکل ۱۲) نشان می دهد، نمونه های مربوط به فروردین ماه در رده C_2S_1 می باشند، که طبق جدول (۳) در رده دوم (کمی شور- برای کشاورزی تقریبا مناسب) قرار دارد. نمونه های مربوط به مهر ماه در سه رده C_2S_1 ، C_3S_1 و C_4S_1 می باشد، که به ترتیب طبق جدول (۳) در رده دوم (کمی شور- برای کشاورزی تقریبا مناسب)، سوم (شور- برای کشاورزی با اعمال تعمهیدات لازم مناسب) و چهارم (خیلی شور- مضر برای کشاورزی) قرار دارد. علت این تفاوت در دو دوره زمانی مقادیر متفاوت بارش در این دوره زمانی است. در کل نمونه ها از نظر کیفیت آب کشاورزی در رده خوب و متوسط قرار دارد. ولی همانگونه که در فوق بیان شد، به دلیل نبود تحلیل مکانی در این دیاگرام‌ها نمی‌توان تحلیل درستی از کل دشت داشت. بنابراین جهت تهیه مدل کیفی آب کشاورزی دشت قلعه خواجه از روش پهنه‌بندی استفاده شد. برای این کار ابتدا نقشه‌های هم ارزش EC و SAR توسط نرم افزار ArcGIS تهیه شد و سپس نقشه پهنه‌بندی کشاورزی بر اساس طبقه‌بندی ویلکوکس از تلفیق این دو نقشه به دست آمد (شکل ۱۳) [۹].



شکل ۱۴- پهنه بندی کیفیت آب از نظر کشاورزی (ه) مهر ماه ۸۹ (ی) فروردین ماه ۸۹

۳- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

بعد از مشخص کردن مکان های نمونه برداری در منطقه مورد نظر در فروردین و مهر ماه ۸۹، تجزیه شیمیایی نمونه ها صورت گرفت، پس از مرتب کردن داده ها با Excell 2007 نمونه ها توسط دیاگرام هـای شـولر و ویلکـوکس توسـط برنامه Chemistry مورد ارزیابی قرار گرفتند که برای منطقه مورد نظر نتایج ذیل حاصل شد

طبق نمودار شولر کیفیت آب آشامیدنی نمونه های فروردین ماه در رده های خوب تا قابل قبول و نمونه های مهـر مـاه در رده های خوب تا نا مناسب قرار دارند. اکثریت دشت دارای رده خوب تا قابل قبول می باشد، فقط مناطق کوچکی از شمال شرقی دشت (زیر تاقدیس پابده) به علت وجود دولین چاریته، قرارگیری در راستای جهـت جریـان و شکسـتگی های منطقه دارای کیفیت نا مناسب می باشد.

طبق نمودار ویلکوکس کیفیت آب کشاورزی نمونه های فروردین ماه رد رده خوب C_2S_1 و نمونه های مهـر مـاه در رده های خوب، متوسط و نا مناسب یعنی C_2S_1، C_3S_1 و C_4S_1 می باشد. اکثریت دشت دارای کیفیت خوب و متوسط اسـت، تنها بخش کوچکی از نواحی شمال شرقی دشت (زیر تاقدیس پابده) دارای کیفیت نا مناسب است

. تفاوت این مقادیر روی نمودار شولر و ویلکوکس در دو دوره زمانی ذکر شده، به علـت کـاهش بارنـدگی در مهـر مـاه (دوره خشک سال) می باشد.

برای تحلیل مکانی مناطق مناسب و نامناسب، از نرم افـزار Arc GIS 10 اسـتفاده شـد و لایـه‌هـای اطلاعـاتی EC ، SAR، Ca، Cl، Mg، Na، SO4،HCO3، TDSوTH با روش IDW تهیه گردیـد. در ایـن مقالـه ارجعیـت روش IDW نسبت به روش Kriging، کمتر بودن میزان خطای درون یابی می باشد.

۴- مراجع

[1] Fetter, C.W., 1999, Contaminant Hydrogeology, 2th Ed, Prentice Hall Inc., Newjersey.485P

[2] Walton, W.C., 1970, Groundwater Resource Evaluation, Mc Graw- Hill, Inc

[۳] طباطبائی، س. ح.، ۱۳۷۹، رفع آلودگی فلزات سنگین فاضلاب های شهری با استفاده از زئولیت های طبیعی ایران، سمینار دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ۳۵ صفحه

[4] Schoeller, H, 1995, Terres et eaux (Paris- Algiers), Unesco Series, Paris pp: 4-11

[5] Wilcox, L. V., 1948, The Quality of Water Irrigation Use, U. S. Department of Agricultur, Bull. 962 Washington D. C 19P

[6] Appelo, C. A. J. and D. Postma, 1994, Geochemistry Groundwater and pollution, Brookfield, 2th Balkema, Rotterdam, 536P

[۷] قدرتی، م.، ۱۳۹۱، آموزش کاربرد ArcGIS در مهندسی آب (هیدرولوژی و هیدروژئولوژی)، انتشارات سیمای دانش، چاپ دوم، تهران

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

[۹] چیت سازان، م.، بابامیر، ر.، میرزایی، س. ی.، پوراکبری، س. و محمدی بهزاد، ح.، ۱۳۹۱، بررسی و ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت نوترگی از لحاظ شرب و کشاورزی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، سی و یکمین گردهمایی علوم زمین، تهران