

بررسی تغییرات هیدروژئوشیمی آب زیرزمینی مطالعه موردی: دشت همدان-بهار

سجادفاضل توسل^{۱*}، علی احمدی^۲، مصطفی صفری کمیل^۳ و رضا دهقانی^۴

- ۱- دکترای زمین شناسی گرایش آبهای زیرزمینی، شرکت مهندسی مشاور دزآب
- ۲- کارشناس ارشد زمین شناسی گرایش آبهای زیرزمینی، شرکت مهندسی مشاور دزآب
- ۳- کارشناس ارشد زمین شناسی گرایش آبهای زیرزمینی، آب منطقه ای همدان
- ۴- دانشجوی دکتری عمران گرایش سازه های آبی دانشگاه لرستان.

چکیده

بررسی روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در برنامه ریزی و مدیریت پایدار منابع آب هر منطقه از اهمیت فراوانی برخوردار است. در این پژوهش تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در دشت همدان-بهار با استفاده از تجزیه شیمیایی نمونه های آب بدست آمده از ۲۶ حلقه چاه انتخابی در سالهای ۹۵ و ۹۶ دوره خشک و تر تحلیل شد. در این نمونه ها یونهای اصلی و متغیرهای فیزیکی آب مورد سنجش قرار گرفته است. با هدف تجزیه و تحلیل تغییرات غلظت عناصر از روش های تحلیل خوشه ای و اندیس های اشباع در کنار تحلیل آماری و بررسی گرافیکی تغییرات مکانی یونها استفاده گردید. نتایج نشان داد منابع آب دشت از نظر کیفی در سه گروه قرار داشته و با بیان منفی و کاهش کیفیت آب زیرزمینی مواجه است بگونه ای که رخساره و تیپ شیمیایی آب در این دشت از نوع (Ca-Hco3) می باشد. همچنین نتایج نشان داد به علت تاثیر بندهای تغذیه مصنوعی در مناطق تخلیه آبخوان، کیفیت آب بهتر شده است. نتایج نشان میدهند که تمام نمونه های آنالیز شده نسبت به انیدریت تحت اشباع میباشند و در حال انحلال هستند و همه نمونه ها فوق اشباع نسبت به کلسیت و دولومیت می باشند. افزایش غلظت یونهای کلسیم، منیزیم، کربنات و بیکربنات از منشاء های غیر از انحلال کلسیت و دولومیت مانند انحلال سریع ژپس و انیدریت، باعث فوق اشباع شدن نمونه های آب زیرزمینی نسبت به کلسیت و دولومیت شده است.

واژگان کلیدی: دشت همدان-بهار، هیدروژئوشیمی، اندیس اشباع، تحلیل خوشه ای.

مقدمه

مهم و ضروری می باشد. از این رو پایش کیفی منابع آب از اهمیت زیادی برخوردار است. لذا در سالهای اخیر بررسی روند تغییرات کیفیت آبهای زیرزمینی به روشهای کلاسیک آماری برای توسعه مدیریت منابع آب بکار گرفته شده که سبب گردیده است بسیاری از محققین از این روشها به عنوان بهترین گزینه جهت بررسی وجود روند یکنواخت داده ها استفاده نمایند که میتوان به موارد زیر اشاره نمود. چیت سازان و همکاران در پژوهشی تأثیر خشکسالی بر کمیت و کیفیت منابع آبهای زیرزمینی دشت خویس در شمال استان خوزستان را در محیط Arc

آب همواره به عنوان یک رکن اصلی توسعه در تحولات اقتصادی و اجتماعی هر جامعه ای مطرح بوده است. افزایش روز افزون جمعیت، احداث کارخانجات صنعتی و بالا رفتن استانداردهای زندگی موجب افزایش نیاز به منابع آب با کیفیت مناسب جهت مصارف مختلف کشاورزی، صنعت و شرب شده است. یکی از مهمترین منابع تأمین کننده آب، سفره های آب زیرزمینی می باشد که همواره تلاش شده است تا ضمن شناخت توانایی های این منابع، میزان مصرف آنها نیز مشخص گردد. کیفیت آب زیرزمینی به اندازه ای کمیت آن برای قابل استفاده بودن آن در مصارف مختلف

سختی کل روند کاهش داشتند (السی و پولات، ۲۰۱۰: ۴۴۵-۴۶۲). کتاتا و همکاران نیز با بررسی روند تغییرات برخی متغیرهای هیدروشیمیایی آب‌های زیرزمینی سفره گابس در تونس طی سال‌های آماری ۲۰۰۳-۱۹۹۵ نتیجه گرفتند که میزان شوری و سایر متغیرهای شیمیایی در جهت حرکت آب زیرزمینی در طول زمان کاهش یافته‌اند (کتاتا و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۸۷-۱۹۶). نیو و همکاران کیفیت آب زیرزمینی دشت جیانهانگ واقع در چین را با استفاده از آزمون نامتغیری مان کندال در طی دوره آماری ۱۹۹۲-۲۰۱۰ مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که در طی دوره آماری مورد نظر نترات و غلظت عناصر اصلی در طول زمان دارای روند افزایشی در جهت جریان آب زیرزمینی است (نیو و همکاران، ۲۰۱۷: ۵۴۲-۵۵۰). بررسی پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که کیفیت آب زیرزمینی در اغلب دشت‌های کشور به دلایلی از جمله افزایش برداشت آب از چاه‌ها و افت سطح آب‌های زیرزمینی کاهش یافته است. با افت شدید سطح آب و کاهش کیفیت آن در سال‌های اخیر، دشت همدان-بهار با بحران زیست محیطی مواجه شده است. هرگونه تصمیم‌گیری در مورد حل این بحران نیازمند آگاهی از کمیت و کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی دشت‌های اطراف آن می‌باشد. دشت همدان-بهار از جمله دشت‌های مهم در غرب کشور و در جنوب حوضه آبریز دریاچه ارومیه قرار دارد. از سوی دیگر با توجه به اینکه تاکنون مطالعه جامعی بر روی تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت همدان-بهار گزارش نشده است و روند کلی هیدروگراف معرف آب زیرزمینی دشت، براساس اطلاعات سطح آب زیرزمینی در طی سال‌های گذشته نزولی و نشانگر افت مداوم و کاهش ذخائر مخازن آب زیرزمینی می‌باشد در این تحقیق تلاش می‌گردد تا روند تغییرات کمی و کیفی این آبخوان مورد مطالعه قرار گیرد. همانطور که گفته شد تاکنون مطالعه مدونی بر روی هیدروژئوشیمی و تغییرات کیفی آب

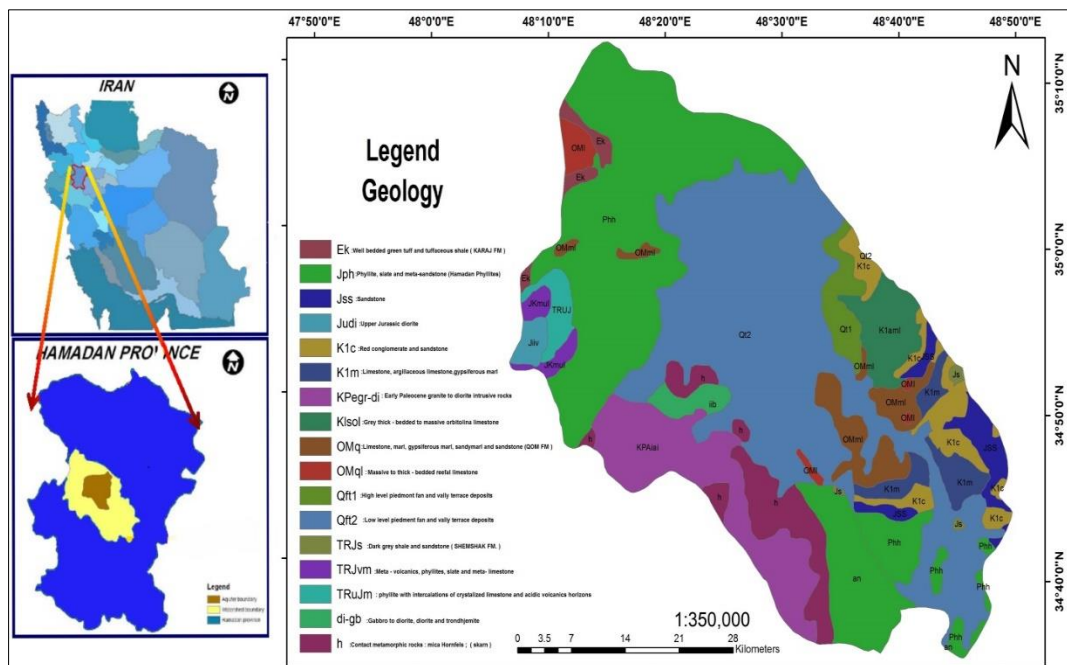
GIS مطالعه کردند، نتایج حاکی از آن بود که خشکسالی سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۸۶ در پائین آمدن کیفیت و افت تراز آب زیرزمینی مؤثر بوده است (چیت سازان و همکاران، ۱۳۸۸: ۷۰-۷۷). محمدی و همکاران جهت بررسی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت قزوین از آزمون‌های نامتغیری مان کندال استفاده نمودند و به این نتیجه دست یافتند که با افزایش افت سطح آب، مقادیر TDS و EC آب‌های زیرزمینی دشت قزوین روند نزولی داشته است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۱-۵۲). در پژوهشی دیگر دانشور و همکاران با تجزیه و تحلیل روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت اردبیل با استفاده از آزمون نامتغیری مان-کندال دریافتند که روند افزایشی شدیدی در تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در ماه پرآب در بخش مرکزی و شرقی و در ماه کم‌آب در بخش‌های مرکزی و غرب دشت اتفاق افتاده است (دانشور و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۳-۲۴). نتایج حاصل از پژوهش دین پژوه و همکاران که جهت بررسی روند کیفیت آب زیرزمینی دشت شبستر صوفیان در دوره آماری ۱۳۹۰-۱۳۷۷ از آزمون نامتغیری مان کندال استفاده نمودند نشان داد بدلیل افزایش بهره برداری از منابع آب‌های زیرزمینی به صورت حفر چاه‌های غیرمجاز، افت کیفیت آب زیرزمینی در برخی از نقاط دشت شبستر صوفیان وجود دارد (دین پژوه و همکاران، ۱۳۹۴: ۵۵-۶۹). تافیور و همکاران با بررسی روند تغییرات متغیرهای هیدروشیمیایی آب‌های زیرزمینی از میر ترکیه در دوره‌ی ۲۰۰۲-۲۰۰۱ بیان داشتند که در فصل تابستان، غلظت نیتريت، COD و غلظت یون آمونیوم بالاتر از حد استاندارد برای آشامیدن بوده است (تافیور و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۵۷-۱۶۹). السی و پولات روند تغییرات کیفیت آب سفره‌ی نیف در ترکیه را ارزیابی کردند. آنها نشان دادند که مقدار غلظت کلراید در فصول بارانی، نسبت به فصل‌های خشک کاهش داشته است و همچنین دما و نترات روند افزایشی و فسفات و

از نظر تقسیمات زمین‌شناسی کشور، محدوده مورد مطالعه جزء زون سندج - سیرجان محسوب می‌گردد و علامت مشخصه آن باتولیت گرانیتی الوند می‌باشد که هسته ارتفاعات جنوبی حوزه را تشکیل داده است. در دامنه این ارتفاعات سنگ‌های دگرگونی در مقیاس وسیعی وجود دارند. امتداد ارتفاعات محاط کننده حوزه شمالغربی - جنوبشرقی بوده و گسل‌های کوچکی با راس‌های متفاوت و بیشتر شمالی- جنوبی در منطقه اتفاق افتاده‌اند. ارتفاعات شمالغرب و غرب حوزه عمدتاً از سنگ‌های دگرگون یافته تشکیل گردیده‌اند و به صورت گسترده‌ای شامل رخساره آمفیبولیت مانند کیانیت، شیست و مرمر می‌باشند و از نظر سنی مربوط به قبل از ژوراسیک می‌باشند. شیست‌های همدان که با سطح گسترش زیاد در جنوب محدوده قرار دارند و شامل فیلیت و اسلیت‌های مربوط به ژورا سیک می‌باشند. در نواحی شرقی دشت آهک‌های اوریتولین‌دار کرتاسه و تشکیلات اولیگومیوسن با جنس آهک و مارن وجود دارند (شکل ۱).

زیرزمینی در دشت همدان-بهار در سطح کل دشت انجام نشده است. در این مطالعه کل محدوده دشت مورد بررسی قرار گرفته و تحلیل مکانی و زمانی برای پارمترهای کیفی آب زیرزمینی صورت گرفته است.

منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی همدان- بهار با وسعت ۲۴۶۳ کیلومترمربع در دامنه شمالی ارتفاعات الوند واقع شده است. وسعت ارتفاعات ۱۶۰۴ کیلومتر مربع، وسعت دشت ۸۵۹ کیلومترمربع و گسترش سطحی آبخوان اصلی دشت ۴۸۲ کیلومترمربع می‌باشد. خروجی حوضه در ناحیه شمالی آن (اراضی کوشک‌آباد) واقع و سفره آب زیرزمینی آن با دشت هکبودرآهنگ ارتباط هیدروژئولوژیکی دارد. محدوده دشت (۴۶۸ کیلومترمربع) بین طول شرقی ۱۷'، ۳۵° تا ۴۸'، ۳۳° عرض شمالی ۴۹'، ۳۴° تا ۳۵'، ۳۵° قرار گرفته است.

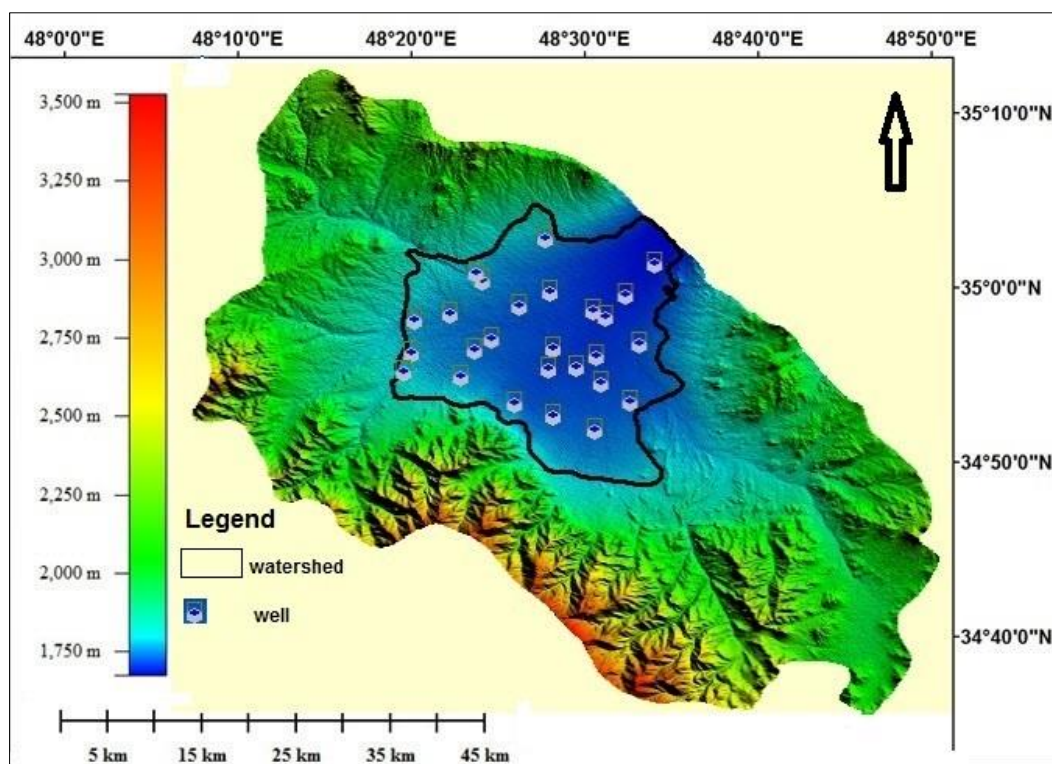


شکل ۱- موقعیت و زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق

روش‌ها و مراحل انجام کار در دو بخش خلاصه می‌گردند: عملیات صحرایی و تجزیه و تحلیل داده‌های تولید شده، لذا برای رسیدن به یک ایده مناسب، داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق شامل آماربرداری منابع آب‌های زیرزمینی، اطلاعات سطح آب زیرزمینی و نتایج نمونه برداری کیفی از آبخوان از شرکت آب منطقه‌ای همدان اخذ گردیده است. داده‌های هواشناسی نیز از سازمان هواشناسی استان همدان تهیه گردیده است. همچنین نقشه زمین شناسی با فرمت GIS تهیه و مورد استفاده قرار گرفته است. برای بررسی هیدروژئولوژی و نیز روند تغییرات کمی زمانی و مکانی آبخوان، اطلاعات مربوط به تعداد 26 حلقه چاه مشاهده‌ای

سالهای 95 و 96 مربوط به دوره خشک و تر مورد استفاده قرار گرفته است. در تمامی نمونه برداری‌ها میزان متغیرهای pH، هدایت الکتریکی EC، باقیمانده خشک TDS، سختی و کاتیونها و آنیون‌های اصلی اندازه‌گیری شده است (شکل ۲). در این مطالعه از نرم افزار (ARC GIS) برای تهیه نقشه زمین شناسی و محل قرارگیری چاه‌ها و دیگر عوارض استفاده شده است. برای درون‌یابی و رسم منحنی ترازها روش (IDW) مورد استفاده قرار گرفته است. در ادامه توسط نرم افزار (AQQA) و (PHREEQC) متغیرهای هیدروژئوشیمیایی و نمودارهای تعیین تیپ و کیفیت آب زیرزمینی تهیه شده و برای تحلیل‌های آماری از نرم افزار (SPSS) استفاده شده است.



شکل ۱- پراکندگی چاههای مورد مطالعه و نقشه سه بعدی منطقه

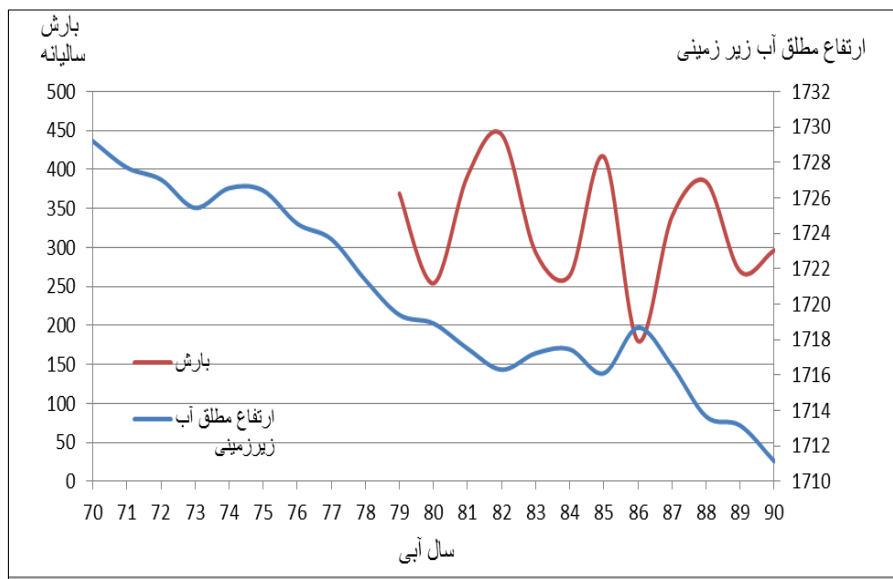
بحث و نتایج

هیدروژئولوژی منطقه مورد مطالعه: این دشت با صدها حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق، قنات و چشمه در حدود ۷۰ درصد آب شرب شهرستان همدان و ۱۰۰ درصد آب شرب شهرهای

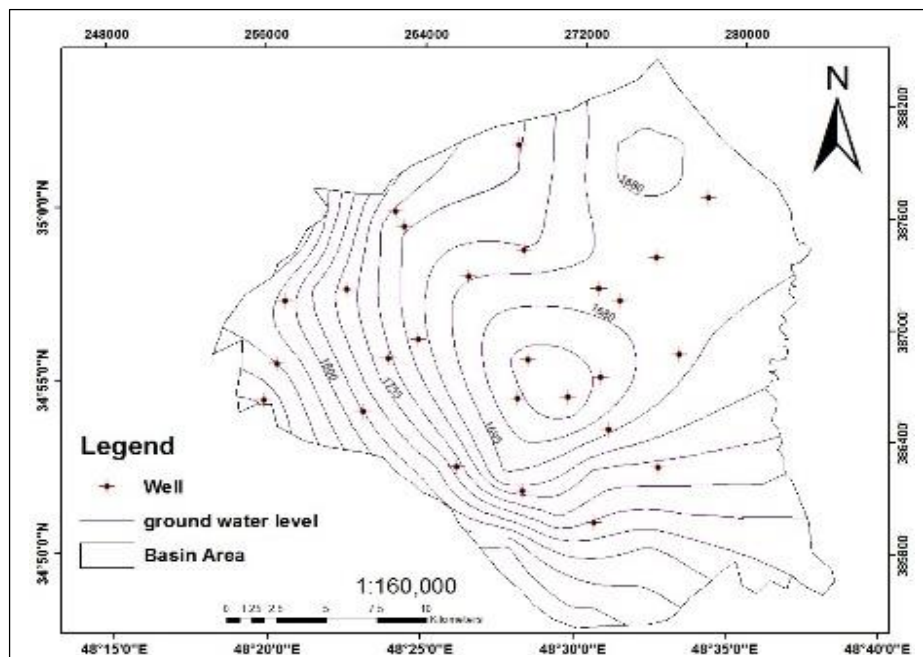
بهار، لالچین، صالح آباد، مریانج، جورقان و صدها روستای واقع در دشت را تامین می‌کند. هیدروگراف واحد آبخوان همدان- بهار که بر اساس اطلاعات ۲۰ چاه مشاهده‌ای رسم گردیده است، نشان میدهد که تعداد چاه‌ها و میزان بهره‌برداری

زیرزمینی، سطح آب زیرزمینی در قسمت مرکزی دشت که بیشترین تراکم چاه های بهره برداری نیز در این قسمت قرار دارد پایین تر از دیگر بخش های دشت می باشد. جهت جریان غالب آب زیرزمینی از اطراف به سمت نواحی مرکزی دشت می باشد که این جریان در قسمت های جنوب غربی و شمال شرقی به وضوح قابل رویت می باشد. دامنه های شمالی رشته کوه الوند نقش بسزایی در تغذیه آبخوان همدان - بهار را دارد بعبارت دیگر آبخوان مذکور از قسمت های شمالی و جنوب غربی تغذیه شده و در قسمت مرکزی تخلیه می شود.

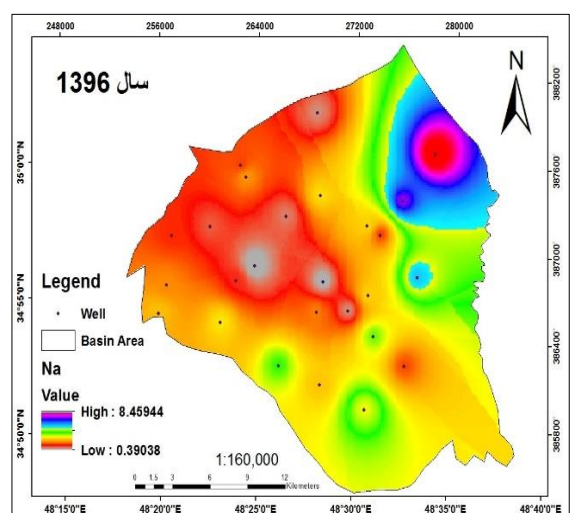
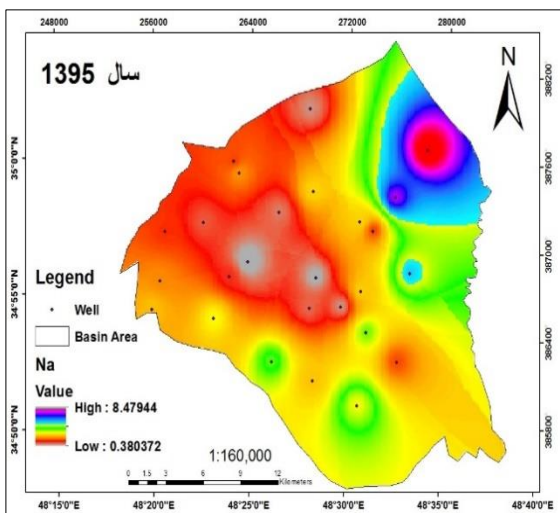
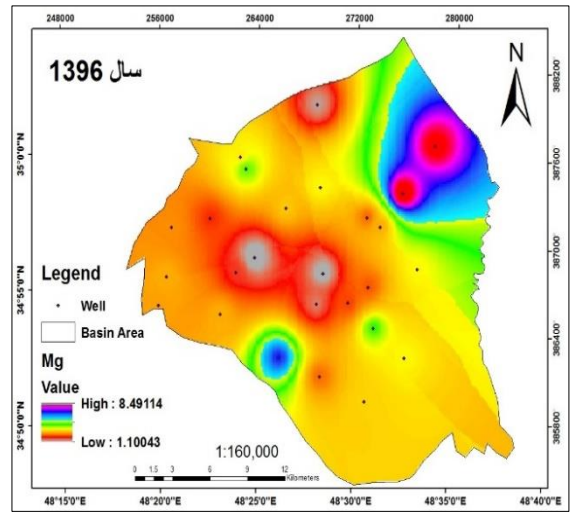
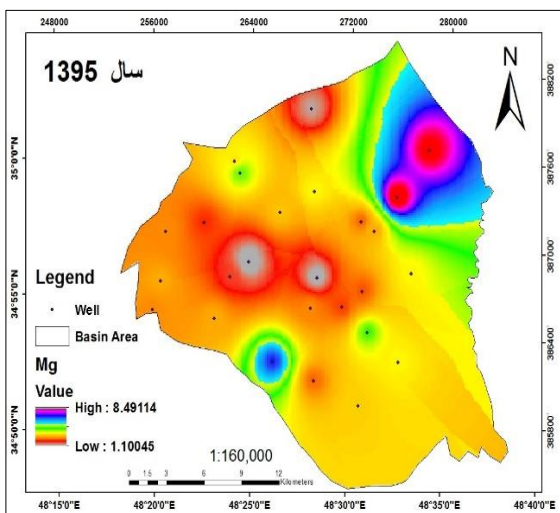
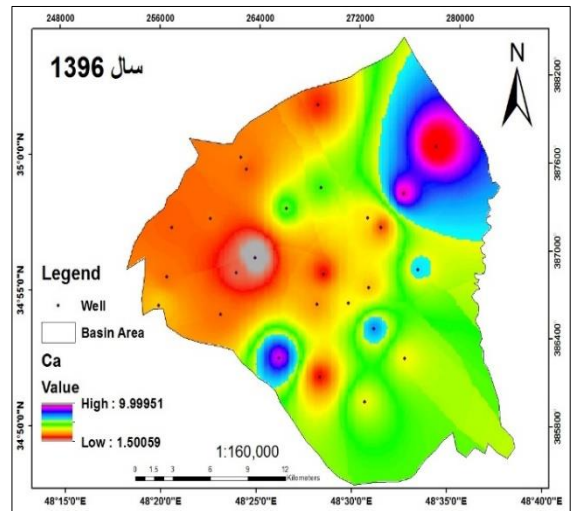
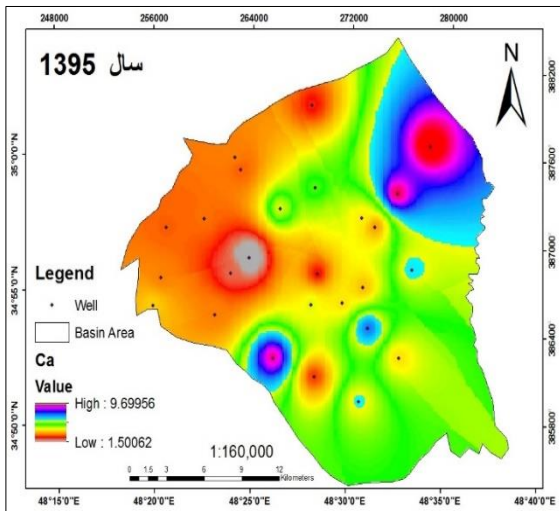
از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰ مدام در حال افزایش بوده و این منجر به کاهش مداوم سطح آب زیرزمینی در این دشت شده است به گونه ای که در طول این ۲۰ سال سطح آب زیرزمینی، در حدود ۲۰ متر کاهش داشته است. اگر چه تغییرات اندکی در میزان بارش طی سالیان اخیر در منحنی بارش دیده می شود، ولی کاهش تراز آب زیرزمینی را باید به بهره برداری مازاد از آبخوان نسبت داد. (شکل ۳). نقشه های تراز آب زیر زمینی بر اساس داده های سطح آب زیرزمینی مربوط به سال آبی ۹۱-۹۰ ترسیم گردیده است (شکل ۴). بر اساس نقشه تراز آب



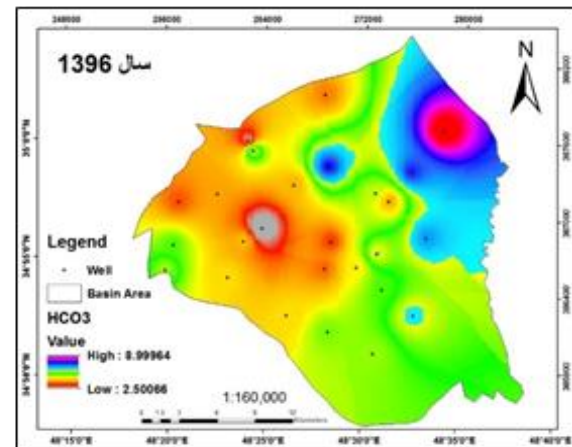
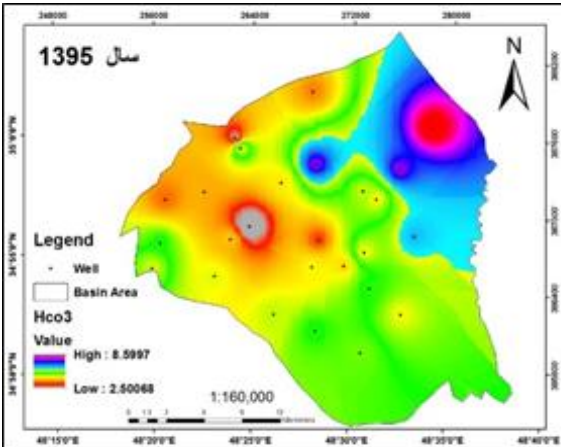
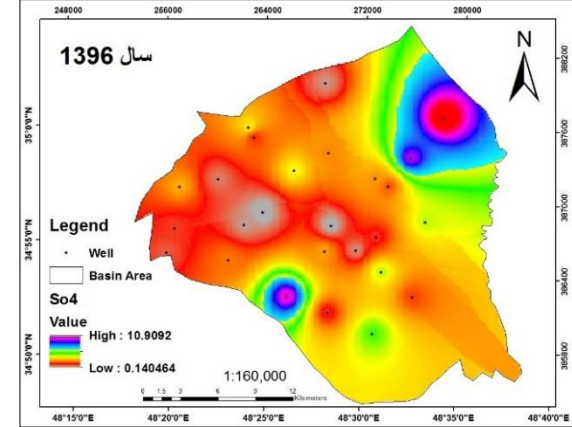
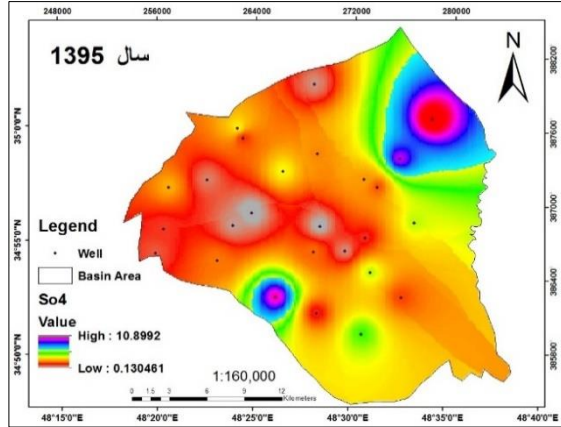
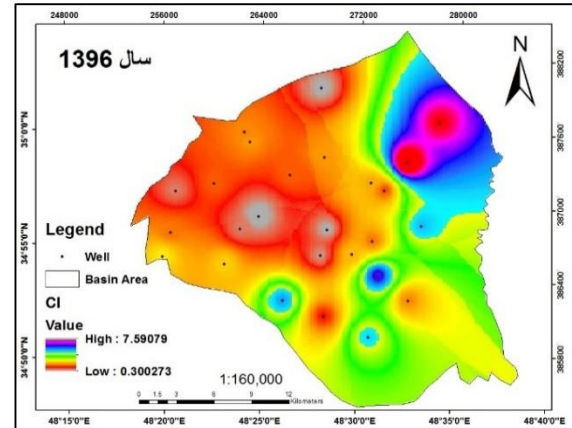
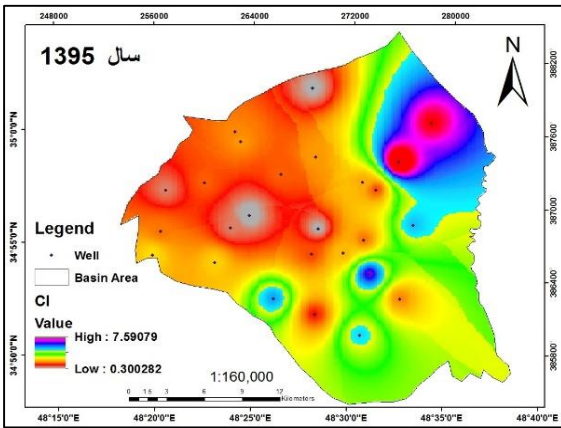
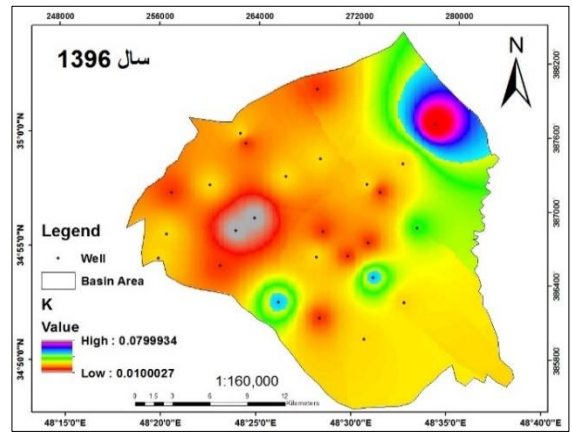
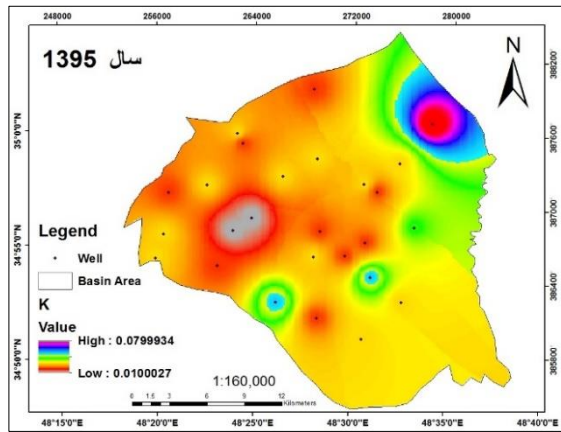
شکل ۲- هیدروگراف و منحنی میزان بارندگی معرف سطح آب زیر زمینی دشت همدان - بهار طی سالهای ۹۰-۷۰



شکل ۴- نقشه تراز آب زیرزمینی آبخوان آبرفتی همدان-بهار



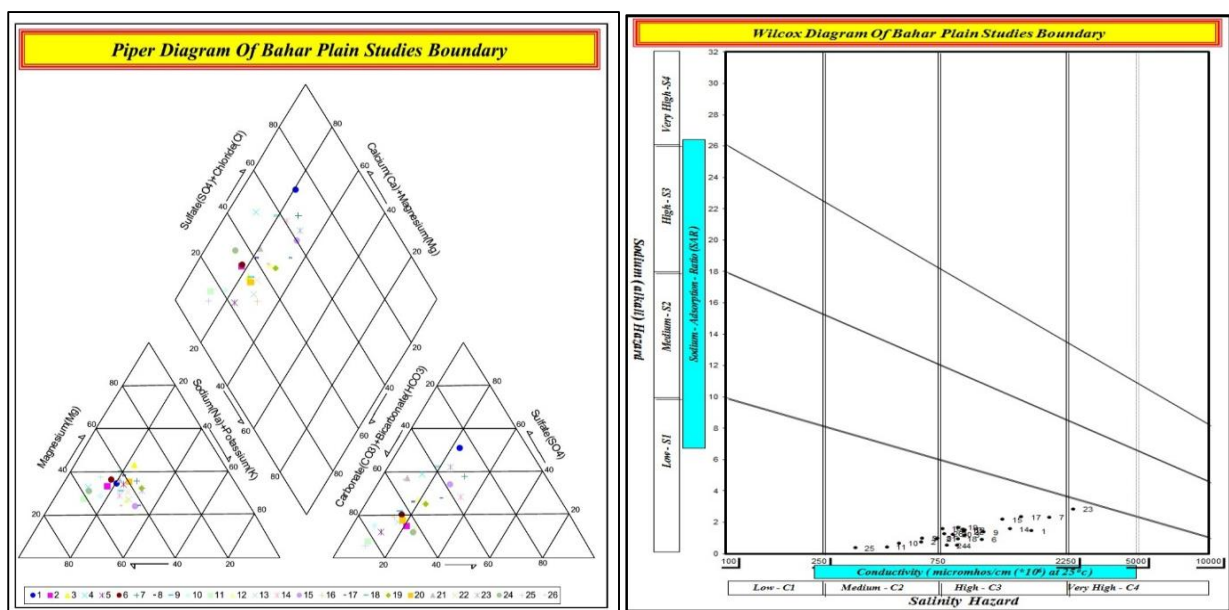
شکل ۵- نقشه تغییرات کلسیم، منیزیم و سدیم در سال ۹۵ و ۹۶ دوره تر و خشک



شکل ۶- نقشه تغییرات HCO_3, K, Cl, SO_4 در سال ۹۵ و ۹۶ دوره تر و خشک

الکتریکی توسط نرم افزار (Arc map) بصورت نقشه در آمده که از یک الگوی منظم پیروی می کند. همانطور که مشاهده می شود خطوط هم پتانسیل های EC و TDS که تا حدود زیادی بر هم منطبق هستند و یک روند افزایشی مشابه را دارند بطوری که با حرکت از مرکز دشت به اطراف و حاشیه دشت شاهد افزایش این متغیرها هستیم. بخصوص در قسمت های شمال شرقی و جنوب غربی دشت که این موضوع کاملا آشکار است و بیشترین مقدار آنها در قسمت شمال شرقی مشاهده می شود (شکل ۵)

هیدروژئوشیمی: تحلیل های هیدروژئوشیمی بر اساس نتایج آنالیز شیمیائی ۲۶ حلقه چاه انتخابی بهره برداری انجام گردیده است. در جدول ۱ و ۲ نتایج خلاصه بررسی آماری متغیرهای شیمیائی ارائه گردیده است. هدایت الکتریکی در این دشت بین ۳۹۱ تا ۲۴۹۰ میکرومhos بر سانتیمتر در تغییر است. بر اساس اطلاعات شیمیائی و دیگرام مثلثی پایپر، یون های Ca و HCO₃ یون های غالب می باشد و تیپ غالب در دشت Ca-HCO₃ می باشد. (شکل ۵). جهت تفسیر توزیع مکانی یونها مقادیر



شکل ۷- (سمت راست) دیگرام ویلکوکس برای نمایش وضعیت منابع آب زیرزمینی دشت بهار برای مصارف کشاورزی (نرم افزار Aquachem) - (سمت چپ) دیگرام پایپر برای تعیین تیپ و خساره اب زیرزمینی دشت بهار (نرم افزار Aquachem)

جدول ۱- مشخصه های آماری مولفه های مختلف شیمیایی بر حسب ppm سال ۹۵

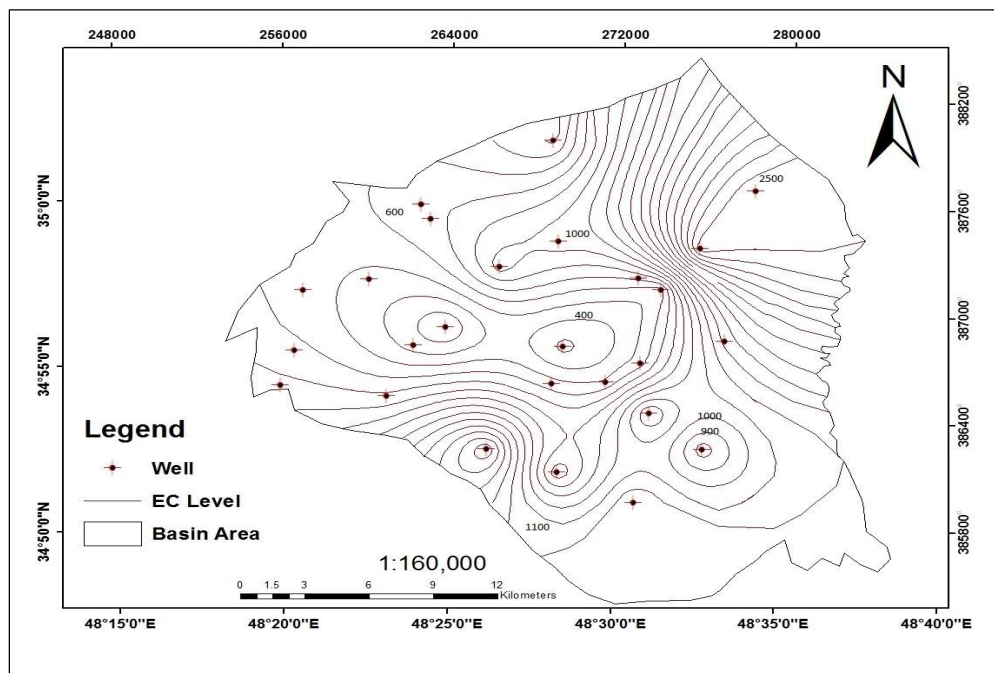
SO4	Cl	CO3	HCO3	K	Na	Mg	Ca	PH	T.D.S	EC	متغیر
67.76	57.22	4.94	203.8	0	70.08	15.39	46.47	8.35	412.91	655.41	میانگین حسابی
31.7	80.05	3.34	69.72	0	68.2	8.61	12.3	0.15	236.48	375.36	انحراف معیار
46.78	139.9	67.61	34.21	-	97.32	55.95	26.47	1.8	57.27	57.27	ضریب تغییرات %
139.2	344.4	9	451.4	0	310.5	45.6	78	8.52	1243.6	1974	حداکثر
14.4	14.2	0	146.4	0	23	9.6	32	7.96	228.06	362	حداقل
124.8	330.15	9	305	0	287.5	36	46	0.56	1015.56	1612	دامنه تغییرات

جدول ۱- مشخصه‌های آماری مولفه‌های مختلف شیمیایی بر حسب ppm سال ۹۶

متغیر	EC	T.D.S	PH	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄
میانگین حسابی	1074.35	703.72	7.62	93.92	40.29	61.26	1.13	325.41	81.65	143.02
انحراف معیار	552.24	374.07	0.26	41.92	21.64	43.47	0.56	85	66.65	133.2
ضریب تغییرات %	51.4	53.16	3.41	44.63	53.71	70.96	49.56	26.12	81.63	93.13
حداکثر	2780	1862.6	8.07	200	102	194.58	3.12	549	269.8	523.68
حداقل	346	221.44	7.14	30	13.2	8.97	0.39	152.5	10.65	6.72
دامنه تغییرات	2434	1641.16	0.93	170	88.8	185.61	2.73	396.5	259.15	516.96

می باشد با توجه به این نکته که جریان آب زیر زمینی از طرفین به مرکز می باشد و در این قسمت تراکم چاه های عمیق بالا می باشد و قاعدتا با فاصله گرفتن از مناطق تغذیه و حرکت به سمت قسمت های که تخلیه انجام می شود با کاهش کیفیت مواجه می شویم که در این مورد این قضیه صادق نمی باشد. (شکل ۵) (جدول ۳ و ۲)

یون های اصلی نیز روند مشخصی نشان می دهند. آنیون های (Cl, HCO₃) و کاتیون های (Ca, Na) در قسمت های شمال شرقی و جنوب غربی بیشترین مقدار را دارند و کمترین مقدار این یون ها در قسمت مرکزی آبخوان مشاهده می شود. با انطباق این منحنی ها بر نقشه های هم هدایت الکتریکی و TDS مشاهده می شود که قسمت مرکزی دشت برخلاف انتظار بهترین کیفیت را از لحاظ هیدروژئوشیمی آب دارا



شکل ۸- نقشه تغییرات هدایت الکتریکی

جدول ۳- ماتریس همبستگی یونهای اصلی در منابع مطالعاتی سال ۹۵

سال ۹۵	EC	TDS	PH	HCO3	CL	SO4	Ca	Mg	Na	K
EC	1.000									
TDS	1.000	1.000								
PH	-0.171	-0.168	1.000							
HCO3	0.757	0.753	-0.240	1.000						
CL	0.937	0.938	-0.289	0.671	1.000					
SO4	0.948	0.951	-0.036	0.564	0.864	1.000				
Ca	0.947	0.947	-0.201	0.687	0.913	0.927	1.000			
Mg	0.941	0.942	-0.060	0.711	0.891	0.929	0.887	1.000		
Na	0.950	0.949	-0.223	0.778	0.913	0.855	0.838	0.856	1.000	
K	0.834	0.834	-0.160	0.598	0.731	0.800	0.829	0.724	0.742	1.000

جدول ۴- ماتریس همبستگی یونهای اصلی در منابع مطالعاتی سال ۹۶

سال ۹۶	EC	TDS	PH	HCO3	CL	SO4	Ca	Mg	Na	K
EC	1									
TDS	1.000	1.000								
PH	-0.176	-0.170	1.000							
HCO3	0.775	0.767	-0.291	1.000						
CL	0.934	0.935	-0.205	0.668	1.000					
SO4	0.927	0.931	0.029	0.532	0.855	1.000				
Ca	0.954	0.954	-0.190	0.687	0.920	0.921	1.000			
Mg	0.930	0.931	0.006	0.688	0.894	0.917	0.885	1.000		
Na	0.949	0.949	-0.165	0.785	0.905	0.849	0.855	0.848	1.000	
K	0.842	0.842	-0.198	0.599	0.723	0.802	0.835	0.713	0.752	1.000

باشند. در بین ایستگاه های پایش کیفیت آب زیرزمینی، ایستگاه شماره ۲۰ که نزدیک ترین به بند سه بهار می باشد، بهترین کیفیت را دارد. آب تغذیه ای در این مکان از کیفیت بهتری نسبت به آب زیرزمینی برخوردار است. از دلایل دیگر می توان به عمق زیاد آب زیرزمینی در این مناطق نسبت به دیگر قسمت های آبخوان اشاره داشت. آب زیرزمینی در این نواحی کمتر در معرض آبهای برگشتی و آلوده ناشی از کشاورزی قرار می گیرند. با توجه به اینکه نوع سنگ کف و عمق آن در منطقه مشخص نمی باشد احتمال تغذیه توسط لایه های زیرین قابل بررسی نیست.

اندیس اشباع: نمایه های اشباع نسبت به کلسیت، دولومیت و انیدریت در نمونه های آب زیرزمینی دشت همدان-بهار

علت تغییر غیر معمول کیفیت آب: مهمترین عامل پیشنهادی بهبود کیفیت آب در قسمت مرکزی آبخوان همدان - بهار، تاثیر سایت تغذیه مصنوعی و بندها در مسیر رودخانه ها می باشد. تمامی رودخانه ها فصلی بوده و جریان آب آنها در اثر ذوب برف تامین می شود. در شکل ۵ موقعیت بند های تغذیه مصنوعی و تغییرات متناسب کیفیت آب زیرزمینی نشان داده شده است. چندین بند برای تغذیه در این قسمت از دشت وجود دارد که مهمترین آنها بند های بهار، کریم آباد و بهرام آباد می باشند. در بعضی مناطق هم در اثر برداشت ماسه از سواحل رودخانه توسط شرکت های ساختمانی حوضچه هایی ایجاد شده که در فصول مرطوب پر از آب می شوند که در مواردی دارای چندین متر عمق و بیش از یک هکتار مساحت نیز می

کلسیم، همبستگی به نسبت بالایی با سولفات دارند. در نمونه برداری، سولفات با یون کلسیم بیشترین همبستگی را نشان می‌دهد، در حالیکه در سال ۹۶ این میزان همبستگی کمتر شده است. جدول (۳ و ۴)

تحلیل خوشه‌ای: نتیجه تحلیل خوشه‌ای بر اساس غلظت یونهای اصلی، EC و TH را نشان داده است. مطابق شکل نمونه های آب زیرزمینی دشت همدان-بهار در ۳ گروه متفاوت قرار می‌گیرند. گروه‌های دوم و سوم تشابه بیشتری نشان می‌دهند و در سطح بالاتری یک دسته میشوند. بیشتر نمونه های آب در گروه شماره ۳ قرار می‌گیرند. و بعد از آن گروه ۲ تعداد بیشتری را شامل می‌شود. هر سه گروه در زیر به اختصار توضیح داده شده اند:

گروه ۱: چاه‌هایی که در خوشه شماره ۱ قرار گرفته اند شامل منابع آبی میگردند که در شمال شرقی و جنوب غربی دشت همدان-بهار واقع شده اند. چاه‌های شماره ۱-۷-۱۸ جزو این گروه می‌باشند. هدایت الکتریکی اعضاء این گروه در محدوده ۲۴۹۰ تا ۲۴۵۰ میکروموس بر سانتیمتر می‌باشد.

گروه ۲: چاه‌های شماره ۱۲-۱۱-۸-۴ می‌باشند که تقریباً متمایل به مرکز دشت می‌باشند. در گروه دوم هدایت الکتریکی منابع از ۹۳۸ تا ۳۹۱ میکروموس بر سانتیمتر می‌باشد. با کمی اغماض میتوان این گروه را دسته ای از گروه ۳ دانست.

گروه ۳: در خوشه شماره ۳ نمونه‌هایی قرار دارند که در قسمت غربی دشت واقع شده اند. چاه‌های شماره ۲-۳-۵-۶-۹-۱۰-۱۳-۱۴-۱۵-۱۷-۱۹ در این گروه قرار دارند. هدایت الکتریکی این گروه از ۱۸۹۳ تا ۱۱۴۴ میکروموس بر سانتیمتر در تغییر است. در جدول ۳ دیگر ویژگی‌های گروه‌های آب ارائه شده است.

با استفاده از نتایج مدلسازی با کد کامپیوتری PHREEQC محاسبه گردیده و در جدول ۶ و ۵ ارائه گردیده است. نتایج نشان می‌دهند که تمام نمونه‌های آنالیز شده نسبت به انیدریت تحت اشباع می‌باشند و در حال انحلال هستند. همه نمونه‌ها فوق اشباع نسبت به کلسیت و دولومیت می‌باشند. افزایش غلظت یونهای کلسیم، منیزیم، کربنات و بیکربنات از منشاء های غیر از انحلال کلسیت و دولومیت مانند انحلال سریع ژپس و انیدریت، باعث فوق اشباع شدن نمونه های آب زیرزمینی نسبت به کلسیت و دولومیت شده است. در مطالعه هیدروژئوشیمی آبخوان همدان-بهار از روش تحلیل عاملی برای شناخت عوامل و میزان تأثیرگذاری آنها بر روی ترکیب آب زیرزمینی استفاده شده است. متغیرهای مشاهده‌ای استفاده شده در مطالعات هیدروژئوشیمی شامل نتایج آنالیزهای شیمیایی آب است. تحلیل عاملی دارای سه مرحله تهیه ماتریس همبستگی از تمام متغیرها، استخراج عاملها و تفسیر نتایج است (Guler, ۲۰۰۲). به منظور بررسی هیدروژئوشیمی منابع آبی همدان-بهار از اطلاعات مربوط به دو دوره نمونه برداری خشک و تر در در سال ۹۵ و ۹۶ استفاده شده است.

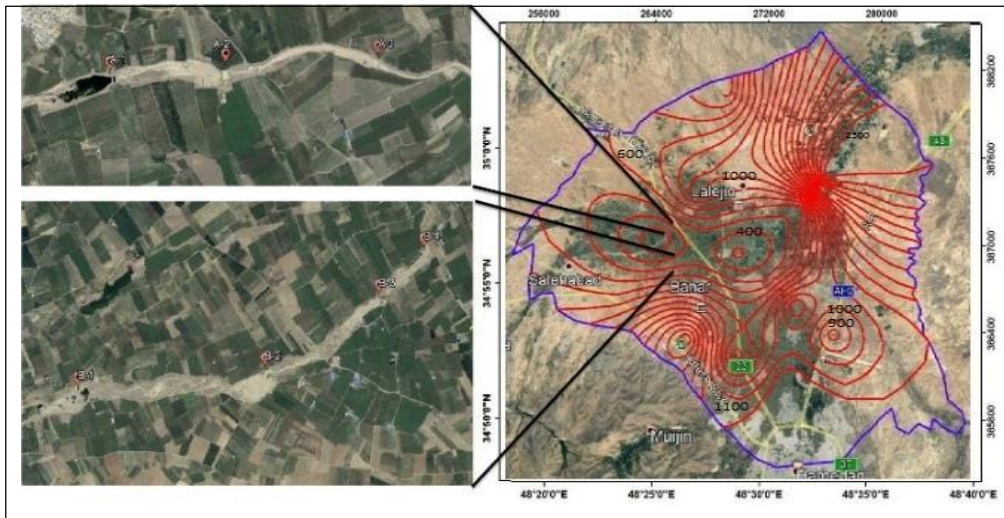
ماتریس همبستگی

اساس ماتریس همبستگی، ضریب همبستگی پیرسون می‌باشد (رابطه ۱)

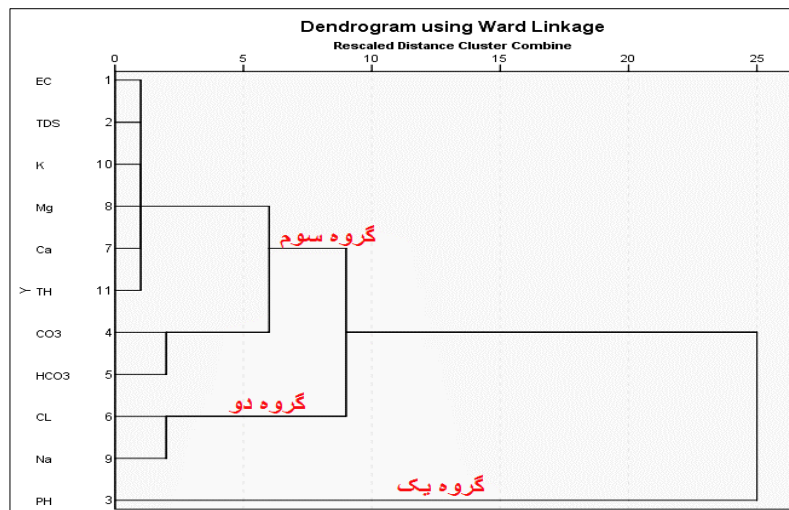
$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{(n - 1)s_1s_2}$$

x و y میزان مربوط به هر یک از متغیرها، \bar{x} و \bar{y} میانگین ریاضی همبستگی مستقیمی را نسبت به هم نشان می‌دهند.

در سال ۹۵ بیشترین این متغیرها، n تعداد داده‌ها، و متغیرهاست. براساس ماتریس همبستگی داده‌های هیدروژئوشیمی آبخوان بهار همدان برای دو دوره مختلف، یونهای عمده آبی‌ززمینی مانند منیزیم، کلرو



شکل ۹- تطابق مناطق با کیفیت آب زیرزمینی با مناطق انجام تغذیه آبخوان توسط سازه های آبی



شکل ۱۰- نتیجه تحلیل خوشه ای بر اساس غلظت یونهای اصلی، EC و TH

جدول ۲- اندیس اشباع آب نسبت به کلسیت، دولومیت

sample	SI _{ca}	SI _{do}	SI _{Anh}	sample	SI _{ca}	SI _{do}	SI _{Anh}
s1	0.42	0.91	-1.10	s11	0.59	0.86	-1.40
s2	0.10	0.16	-2.38	s12	0.33	0.62	-1.52
s3	0.17	1.27	-2.10	s13	0.63	1.22	-1.83
s4	0.71	1.33	-1.50	s14	0.39	0.98	-1.75
s5	0.26	0.49	-2.37	s15	0.71	1.40	-1.91
s6	0.42	0.84	-1.87	s16	0.51	0.98	-1.82
s7	0.72	1.42	-1.11	s17	0.56	0.80	-2.03
s8	0.44	0.91	-1.80	s18	0.59	1.23	-1.02
s9	0.46	0.75	-2.33	s19	0.52	0.86	-2.51
s10	0.39	0.82	-2.58	s20	0.57	0.93	-2.96

جدول ۳ - متغیرهای شیمیایی آب در سه خوشه اصلی

Variable	Cluster1	Cluster2	Cluster3
EC	2450-2490	391-938	114-1893
CI	284	160-260	320-813
Ca	204	48-104	114-172
Hco3	531	275-427	195-293
Mg	13-34	39-50	89-91
TH	790-880	460-595	175-385

نتیجه گیری

در این مطالعه، تغییرات متغیرهای کیفیت آب زیرزمینی دشت همدان-بهار با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده در ۲۶ حلقه چاه مشاهده ای طی سالهای ۱۳۹۶ و ۱۳۹۵ دوره تر و خشک از نظر مکانی و زمانی بررسی شدند. تغییرات زمانی کیفیت آبهای زیرزمینی دشت بهار-همدان نشان می‌دهد که یونهای اصلی در روبه افزایش است که از دلایل اصلی آن کاهش بارش و بیلان منفی حاکم بر دشت است که ناشی از برداشت بی‌رویه از آبخوان می‌باشد. تحلیل‌های مکانی نیز نشان می‌دهد که کیفیت آب در شمال شرقی آبخوان نسبت به دیگر مناطق پایین می‌باشد. نقشه‌های هم‌هدایت الکتریکی و TDS نشان می‌دهد که قسمت مرکزی دشت برخلاف انتظار بهترین کیفیت را از لحاظ هیدروژنوشیمی آب دارا می‌باشد با توجه به این نکته که جریان آب زیر زمینی از طرفین به مرکز می‌باشد و در این قسمت تراکم چاه‌های عمیق بالا می‌باشد و قاعدتاً با فاصله گرفتن از مناطق تغذیه و حرکت به سمت قسمت‌های تخلیه انتظار می‌رود کیفیت آب در این مناطق نامناسب باشد. مهمترین عامل پیشنهادی بهبود کیفیت آب در قسمت مرکزی آبخوان همدان - بهار، تاثیر سایت تغذیه مصنوعی و بندها در مسیر رودخانه‌ها می‌باشد. تحلیل خوشه‌ای بر اساس تشابه نمونه‌های آب زیرزمینی در دشت همدان-بهار، سه گروه متمایز را معرفی می‌کند. این گروه‌ها از نظر

زمان اقامت آنها در آبخوان و تحول ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی به سمت خروجی دشت از یکدیگر متفاوت می‌باشند. گروه اول با میزان EC 2450-2490 منابع با EC نسبتاً بالا را شامل می‌شوند. گروه‌های دوم و سوم که نزدیکی بیشتری به هم دارند، به سمت منطقه غربی و با تراکم کمتر در قسمت شرق دشت قرار می‌گیرند. EC منابع مشمول این دو گروه به ترتیب 391-938 و 1144-1893 می‌باشند. ترکیب شیمیایی منابع آب در محدوده (ca-Hco3) واقع گردیده است. در جهت جریان آب زیرزمینی منابع آب از یونهای Ca، Mg و Hco3 تهی و بر میزان یون SO4 افزوده می‌گردد. بررسی نمودارهای ترکیبی اجزاء محلول مختلف آب نشان می‌دهد که سکانس تکامل شیمیایی آب زیرزمینی دشت همدان-بهار در ارتباط کامل با انحلال کانیهای سولفات می‌باشد. بنحاضر انحلال سریع انیدریت، آب زیرزمینی در مناطقی از دشت از مرحله اول تکامل شیمیایی (بیکربناته) به سولفات تغییر می‌نماید.

منابع

-چیت سازان. م، میرزایی. ی، محمدی. ب، شبان. م، (۱۳۸۸)، "تأثیر خشکسالی بر کمیت و کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی دشت خویس"، دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، ۳۰ الی ۳۱ اردیبهشت، اصفهان، ۷۰-۷۷.

-دانشور و ثوقی. ف.، دین پژوه. ی.، اعلمی. م.ت.، قربانی. م.ع.، (۱۳۹۰)، "تجزیه و تحلیل روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت اردبیل با استفاده از آزمون نامتغیری مان-کندال"، نشریه مهندسی عمران و محیط زیست، شماره ۳، ص ۱۳-۲۴.

-دین پژوه. ی.، فاخری فرد. ا.، حسن پور اقدام. م.ع.، بهشتی و ایفان. و.، (۱۳۹۴)، "تحلیل روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در دشت شبستر- صوفیان"، نشریه علوم و مهندسی آبیاری، دوره ۳۸، شماره ۱، ص ۵۵-۶۹.

-محمدی. م.، محمدی قلعه‌نی. م.، ابراهیمی. ک.، (۱۳۹۰)، "تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت قزوین"، مجله پژوهش آب ایران، شماره ۸، ص ۵۲-۴۱.

-فاضل توسل. س.، منشوری. م.، (۱۳۸۸)، "طبقه بندی کیفی منابع آب دشت چهاردولی (همدان و کردستان) برای مصارف مختلف با استفاده از داده های هیدروژئوشیمی"، مجله علمی ترویجی یافته های نوین زمین شناسی کاربردی، دوره ۳، شماره ۶، ص ۲۴-۳۲.

-**Elci. A., Polat. R.(2010).** "Assessment of the statistical significance of seasonal groundwater quality change in karstic aquifer system near Izmir-Turkey", vol: 14, No:3. p:445-462.

-**Ketata.M., Hamzaoui. F., Gueddari. M., Bouhila. R., Riberio. L.(2011).**" Hydrochemical and statistical study of groundwater in Gabes- South deep aquifer (South-eastern Tunisia)", Physics and Chemistry of the Earth, vol:15, No:3.p: 187-196.

-**Niu. B., Wang. H., Hong. S., Shao. W.(2017).** "Temporal variations of groundwater quality in the Western Jiangnan Plain", China, Science of The Total Environment, Vol:578, No:1, pp:542-550

-**Tayfur. G., Kirer. T., Baba. A.(2008).** "Groundwater quality and hydrogeology chemical properties of Torbalı Region", Izmir, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, vol:24, No:8, p:157-169.

Investigation of Hydro Geochemical Changes in Groundwater Case Study: Hamedan-Bahar Plain

Sajad Fazel Tavasol^{1*}, Ali Ahmadi², Mostafa Safari Komil³ & Reza Dehghani⁴

1-PhD in Groundwater Orientation, Dezab Consulting Engineering Company

2-Groundwater majors, Dezab Consulting Engineering Company

3-Master of Geology, Groundwater, Hamedan Regional Water

4-PhD student in Civil Engineering, majoring in Water Structures, Lorestan University.

Abstract

Investigating of the changes in groundwater quality in the planning and management of water resources in each region is of great importance. In order to analyze the water quality hydro chemical analysis of 26 shallow wells has been. The major ions and the physical parameters of the water samples were measured. With the aim of analyzing the concentration changes of ions, cluster analysis methods and saturation indices along with statistical analysis and spatial graphic methods were investigated. Results indicate that this plain encounters negative budget and a decrease in the quality of groundwater; and the chemical type and facies of water in this field is (ca-Hco₃). Plain water resources are divided into three groups in terms of quality. Due to the influence of artificial recharge dams in areas of aquifer discharge, water quality has improved. All measured samples are under saturated with respect to anhydrite, and s supersaturated with respect to calcite and dolomite.

Keywords: Hamedan –Bahar plain, Hydro geochemistry, saturation index, cluster analysis