تاثیر خشکسالی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت ابهر

***دکتر شوکت مقیمی[۱]**

****دکتر همایون مقیمی[۲]**

*****دکتر ام السلمه بابایی[۳]**

چکیده

آب زیرزمینی بخشی از چرخه ی آب را تشکیل می دهد و منبع قابل اطمینانی برای تامین آب مورد نیاز انسان است. خشکسالی ها مهمترین پدیده آب و هوایی هستند که این منابع را تحت تأثیر خود قرار می دهند. این مطالعه برای مدیریت بهینه ی منابع آب زیر زمینی در دشت ابهر، به بررسی تاثیر خشکسالی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت فوق می پردازد تا تغییرات کیفیت شیمیایی آب های زیرزمینی را در مواقع تداوم خشکسالی ها پیگیری نماید. یکی از بهترین مقیاس ها برای ارزیابی خشکسالی و اثرات آن بکارگیری شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI است. در این تحقیق به منظور تعیین دوره های خشکسالی از داده های بارش ۵ ایستگاه دوره ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۷ استفاده شد و برای بررسی کیفیت شیمیایی آب های زیرزمینی نتایج تجزیه شیمیایی نمونه های آب ۲۷ حلقه چاه استفاده شد. نقشه های هم ارزش Cl, TDS, EC و Na با استفاده از سامانه ی اطلاعات جغرافیایی جهت بیان تغییرات کیفی تهیه شد. نتایج نشان داد با توجه به کاهش بارندگی، میانگین کل عناصر و مواد در آبهای زیرزمینی طی دوره مورد نظر ۲۰ تا ۲۵ درصد در آب افزایش یافته است. بدیهی است علاوه بر عامل طبیعی که خشکسالی است عوامل انسانی نظیر افزایش جمعیت، تغییر کاربری اراضی، افزایش کارخانه ها، افزایش استفاده از کود شیمیایی و سموم دفع آفات در این تغییر کیفیت آب نقش زیادی داشته است. ادامه این روند کاهش بارندگی و برداشت بیش از اندازه می تواند وضعیت این دشت را به حالت بحرانی نزدیک نماید.

کلمات کلیدی: پهنه بندی، شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI)، شاخص Cl, TDS, EC و Na، خشکسالی، دشت ابهر

---

* عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

** عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور

***عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور f_babaee@pnu.ac.ir or o.babaee@gmail.com

تاریخ دریافت : ۹۱/٤/۳ تاریخ پذیرش : ۹۱/۹/۲

مقدمه

تامین آب چالشی بزرگ در توسعه پایدار کشورها محسوب می شود و کشور ما ایران از نظر وضعیت آب در شرایط بحرانی قرار دارد و سهم ما از کل منابع آب تجدید شونده تنها ۳۶/ درصد است و تا سال ۲۰۲۵ میلادی (۱۴۰۴ شمسی) بشدت از کم آبی رنج خواهد برد. با توجه به رشد سریع جمعیت و مصرف روزافزون و کاهش آن مشکلات مربوط به آب تشدید خواهد شد. کاهش میزان آب، افزایش آلودگی ها و کیفیت آب نیز در ایجاد آسایش و رفاه انسانها نقش تعیین کننده و مهم دارد. اگر نگاهی به آمار مصرف آب در کشور بیاندازیم عمق فاجعه را بیشتر درک خواهیم کرد، زیرا در حال حاضر بیش از ۵۲ درصد مصرف آب کشور از طریق آبهای زیر زمینی است پس شاید بتوان گفت میزان آب و املاح موجود در آن یا به عبارتی کیفیت آب دغدغه مردم و مسولین در آینده خواهد بود. دشت ابهر رود نیز به عنوان یکی از دشت های ایران از این امر مستثنی نیست. اگر به مشکلات فوق وقوع پدیده خشکسالی را بیفزاییم اهمیت این مسئله بیشتر نمود خواهد داشت.

خشکسالی یکی از پدیده های آب و هوایی و از جمله رخدادهای است که هر ساله خسارت های زیادی را باعث می شود. اثرات این پدیده، صرفاً به نواحی خشک و نیمه خشک محدود نمی شود. بلکه خشکسالی هم در نواحی مرطوب به وقوع می پیوند و باعث کمبود آب می گردد (Dracup et al, ۱۹۸۰). از آنجا که منابع آب زیر زمینی از مهمترین منابع تامین کنندهٔ آب شیرین می باشد و در بسیاری از روستاها و جوامع کوچک تنها منبع آب قابل شرب آب زیر زمینی است بنابراین مدیریت بهینه این منابع در دوره های خشکسالی امری ضروری به نظر می رسد(Canter, ۱۹۸۷). Bhuiyan et al (۲۰۰۶) از شاخص بارش استاندارد، سطح آب استاندارد و شرایط پوشش گیاهی مبتنی بر داده های زمینی و سنجش از دور روند خشکسالی منطقه آراوالی[۴] در هند را مورد مطالعه قرار دادند. نقشه های که با استفاده از SPI در محیط GIS بدست آمده اند نشان داد که خشکسالی هواشناسی به صورت تصادفی در منطقه در برخی از فصول و سال ها رخ داده است. اما نقشه های خشکسالی با استفاده از SWI که در محیط GIS فراهم شده موقعیت تنش سفره های آبی که از زمانی به زمان تغییر کرده و به صورت متناوب از شرق به غرب و برعکس نوسان داشته اند را نشان می دهد. Germer (۲۰۰۸) در پژوهشی به بررسی تغییرات ماهانه بارش، سیل، خشکسالی و رواناب در حوضه رودخانه یانگ تسه چین پرداخت. وی آمار روزانه ۱۳۷ ایستگاه را از سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۴ مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که در این دوره زمانی در بخش های بالایی حوضه میزان رواناب رو به افزایش بوده و در بخش های میانی حوضه تعداد پدیده های خشکسالی روند افزایشی داشته است. در این زمینه می توان به پژوهش (Brutsaert, ۲۰۱۰) در نیمه ی شرقی ایالات متحده اشاره کرد که نتایج آن نشان دهنده ی

---

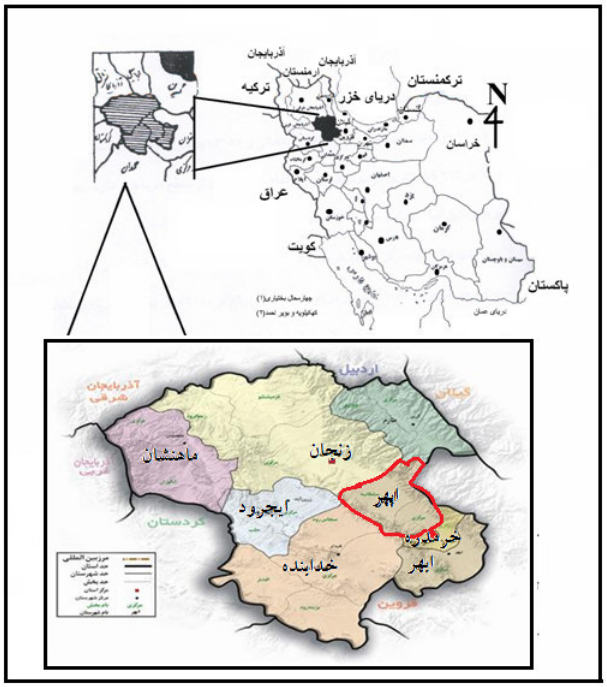
[۴] . Aravalli

روند افزایشی در ذخیره آب زیرزمینی در محدوده ی کوچکی در اوهایو و مناطق بالادست حوضه می سی سی پی و روند کاهشی بلند مدت در اکثر مناطق به ویژه در شمال نیوانگلند و جنوب خلیج اتلانتیک بوده است. عبدی و همکاران (۱۳۸۷) کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی دشتهای مهم استان زنجان را بر اساس استانداردهای آبیاری اراضی کشاورزی مطالعه کرده اند.. بر اساس نتایج این مطالعه بجز موارد خاص مشکل عمده ای از نظر کیفیت آب آبیاری در طول دوره (۱۳۸۵-۱۳۶۹) مشاهده نشده، آبهای زیرزمینی استان دارای طبقه بندی S۱-C۲ و S۱-C۳ و از کیفیت خوب تا متوسط برای مصارف کشاورزی برخوردار است. مومن پور و همکاران (۱۳۸۷) خشکسالی و تاثیر آن بر کیفیت منابع آب سطحی حوضه سیروان-زیر حوضه خلیج فارس را مطالعه کرده اند که در این پژوهش عناصر و ترکیب های مختلف آب از نظر کمی و کیفی در شرایط خشکسالی مطالعه گردیده است نتیجه آن نشان داده که در اثر خشکسالی مقدار EC به میزان ۷ درصد افزایش یافته است و از نظر نسبت جذب سدیم ۳۵ درصد افرایش صورت گرفته است. حسنی زارع و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی اثرات خشکسالی سال آبی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ بر کمیت و کیفیت منابع آب در استان خوزستان پرداخته اند و نتیجه گرفتند که با توجه به شرایط کم آبی و خشکسالی کیفیت آب نزول یافته زیرا میزان شوری و املاح آب افزایش یافته است و از نظر توزیع مکانی میزان املاح آب از بالا دست به طرف پایین رود زیاد شده است به گونه ای که در مقایسه با سالهای قبل ۱/۵ تا ۳/۵ برابر افزایش یافته است. ناصری (۱۳۸۷) به روشهای زمین آمار به ارزیابی کیفی منابع آب زیرزمینی دشت رخ (تربت حیدریه) و دریافته وجود سازندهای تبخیری میوسن و ائوسن در ناحیه مرکزی و جنوبی دشت بر کاهش کیفیت آب زیر زمینی اثر گذاشته، و نتیجه گرفته که خشکسالی های دوره ای در منطقه، میزان بهره برداری از آب زیرزمینی را افزایش داده و آب شور را از قسمت زیرین به سمت بالا حرکت داده و باعث افزایش میزان هدایت الکتریکی و در نتیجه شور شدن و کاهش کیفیت آب زیرزمینی منطقه شده است. داور پناه (۱۳۸۷) کیفیت شیمیایی منابع آب دشت ابهر را بررسی نموده و نتیجه گرفته است، علیرغم بیلان منفی آبهای زیرزمینی، وقوع خشکسالی های متناوب و مستمر در سالهای اخیر و استقرار صنایع مختلف با آلودگی های تبعی خود و ازدیاد مصرف کودهای شیمیایی، خوشبختانه تغییری در کاهش کیفیت شیمیایی منابع آبهای زیرزمینی این دشت بوجود نیامده است و مشکل عمده این دشت کاهش سطح آبهای زیرزمینی است. خزانه داری و همکاران (۱۳۸۹) روند خشکسالی در ایران طی ۳۰ سال آینده (۲۰۳۹-۲۰۱۰) را با استفاده از مدل (GCM, LARS-WG) انجام داده اند که نتایج آن تایید همخوانی دو شاخص DI و SPI جهت بررسی روند خشکسالی است و نشان دهنده افزایش خشکسالی در ۳۰ سال آینده و وقوع تغییر اقلیم در منطقه ایران می باشد. دانشور وثوقی و دین پژوه (۱۳۹۱) روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت اردبیل با استفاده از روش اسپیرمن را مطالعه کردند که نتایج نشان داد روند تغییرات غلظت تمام متغیرهای کیفی آب در همه ایستگاهها افزایشی است و در بین متغیرها بیشترین روند مثبت معنی دار متعلق به متغییر TDS است و در حالت کلی کیفیت آب

زیرزمینی دشت طی سالهای اخیر از افت شدیدی برخوردار بوده است. نکته شایان ذکر آن است که بیش از نیمی از آب مصرفی کشور از طریق منابع آب زیرزمینی تامین می شود، در نتیجه بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی به عنوان یک فاکتور با ارزش در تامین آب ضروری است. دشت ابهر با وجود اهمیت آب زیرزمینی در تامین آب شرب و کشاورزی مطالعهٔ چندانی به ویژه از نظر کیفیت آب و نیز تاثیر خشکسالی در آن صورت نگرفته است. انجام چنین پژوهشی می تواند به مسولان در برنامه ریزی کمک نماید و از طریق آموزش و تبلیغات در بین مردم فشار بر آبهای زیرزمینی و خسارت وارده را به حداقل برساند.

منطقه مورد مطالعه

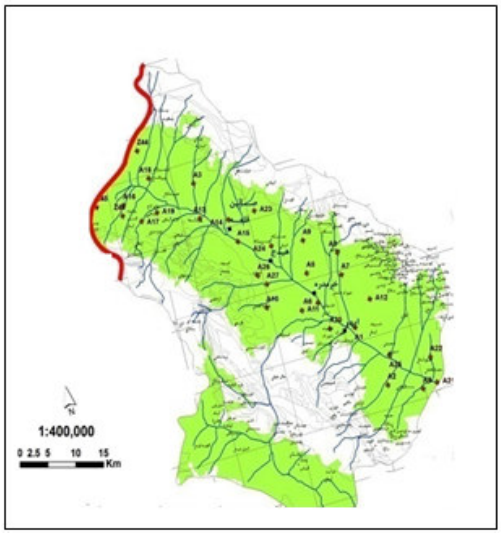
محدوده مطالعاتی در استان زنجان و در شمال غربی فلات مرکزی ایران قراردارد. این استان از شرق به استان قزوین، از جنوب به استان همدان، از جنوب غرب به استان کردستان، از غرب به استان آذربایجان غربی، از شمال غرب به استانهای اردبیل و آذربایجان شرقی و از شمال به استان گیلان محدود می شود (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی استان زنجان و حوضه آبریز ابهررود

داده ها و روش تحقیق

به منظور پهنه بندی اثر خشکسالی ها بر وضعیت کیفی منابع آب زیرزمینی محدوده ابهر از بارش سالانه ۵ ایستگاه اقلیمی از سال ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۶ و داه های کیفی ۲۷ حلقه چاه مشاهده ای در دو مقطع زمانی سال ۱۳۸۵ و سال ۱۳۸۸[۵] که دارای پراکندگی مناسبی در سطح دشت ابهر می باشند، استفاده شده است و روند تغییرات برخی پارامترهای کیفی مانند (هدایت الکتریکی، مقدار مواد جامد حل شده در آب، میزان سدیم، میزان کلر و نسبت جذب سدیم) مورد مقایسه قرار گرفته و با کمک ماژول زمین آمار در نرم افزار GIS پهنه بندی گردید. در این منطقه برای نشان دادن خشکسالی ها و تاثیر آن بر منابع آب زیرزمینی از شاخص SPI در بلند مدت (۱۲ و ۲۴ ماهه) استفاده شد. زیرا SPI بلند مدت خشکسالی را بهتر منعکس می کند و با مطالعه سیلها و منابع آب سطحی و زیر زمینی مرتبط است (حجازی زاده و جوی زاده، ۱۳۸۹: ۲۳۲).



شکل ۲: نقشه موقعیت چاههای انتخابی جهت نمونه برداری کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت ابهر

جدول ۱: تجزیه شیمیایی نمونه های منابع انتخابی محدوده ابهر (سال ۱۳۸۵ و ۱۳۸۸)

ردیف	محل نمونه	X(UTM)	Y(UTM)	۱۳۸۵				۱۳۸۸			
				EC	TDS	Na^+	Cl	EC	TDS	Na^+	Cl
۱	ابهر	۳۴۱۸۰۵	۴۰۰۱۹۰۳	۶۴۲	۴۱۷	۲,۸۸	۱,۱۳	۹۲۲	۵۶۰	۲,۹	۱,۳۵
۲	سجین	۳۴۴۶۱۵	۳۹۹۳۱۱۵	۴۹۱	۳۱۹	۱,۱۸	۰,۴	۶۰۲	۳۶۰	۱,۰۶	۰,۴۷
۳	چرگر	۳۲۳۰۱۲	۴۰۲۷۰۳۸	۳۷۵	۲۴۴	۱,۳۶	۰,۳۹	۴۵۵	۲۸۰	۱,۴۲	۰,۳
۴	حصار	۳۴۹۷۱۱	۳۹۹۱۲۵۱	۹۶۰	۶۲۴	۵,۶۲	۱,۴	۸۲۶	۵۰۰	۲,۵۸	۰,۹۷

[۵] . چون خشکسالی ها در این دوره اتفاق افتاده و داده های این دوره هم در دسترس بود مورد آنالیز قرار گرفته است.

۵	خرمدره	۳۳۶۵۶۷	۴۰۱۰۸۹۵	۳۱۸	۲۰۷	۰,۹۲	۰,۳۴	۴۰۴	۲۵۰	۱,۰۹	۰,۳۶
۶	خرمدره	۳۳۷۱۷۹	۴۰۰۶۵۷۴	۵۸۷	۳۸۲	۱,۴۶	۰,۶۹	۶۵۳	۳۹۰	۱,۵۳	۰,۵
۷	خرمدره	۳۴۱۶۳۲	۴۰۰۹۳۳۳	۱۰۴۷	۶۸۰	۲,۰۸	۱,۴	۴۴۴	۲۷۰	۱,۲۸	۰,۴۴
۸	خلج	۳۴۱۷۹۷	۴۰۱۲۳۹۰	۴۳۹	۲۸۵	۰,۹۷	۰,۵۵	۶۱۲	۳۸۰	۱,۷۹	۰,۴۴
۹	خلیفه لو	۳۳۷۱۲۵	۴۰۱۵۳۱۳	۳۲۳	۲۱۰	۰,۷۷	۰,۴۵	۴۲۲	۲۶۰	۱,۱۲	۰,۳۹
۱۰	سوگهر	۳۲۹۴۷۳	۴۰۰۷۹۷۳	۵۹۳	۳۸۵	۲,۸۸	۰,۵۷	۶۷۶	۴۱۰	۲,۲	۰,۵۸
۱۱	رحمت	۳۳۴۵۵۰	۴۰۰۶۲۱۲	۵۶۸	۳۶۹	۲,۲۴	۰,۸۵	۷۷۶	۴۷۰	۲,۵۸	۰,۸۶
۱۲	شناط	۳۴۴۹۴۴	۴۰۰۵۰۴۷	۱۰۸۲	۷۰۳	۴,۴	۰,۷۸	۲۱۲۰	۱۲۶۰	۵,۶۷	۲,۸۷
۱۳	صایین	۳۲۲۷۲۷	۴۰۲۲۲۳۶	۴۳۳	۴۷۶	۱,۸	۰,۸۱	۶۵۴	۴۰۰	۲,۲۹	۱,۰۵
۱۴	صایین	۳۲۶۹۰۹	۴۰۲۰۹۴۰	۴۱۱	۲۶۷	۱,۳۶	۰,۵۲	۴۳۹	۲۷۰	۱,۳۵	۰,۴۱
۱۵	صایین	۳۲۷۵۰۸	۴۰۱۷۷۱۰	۶۵۹	۴۲۸	۱,۵۸	۰,۶۱	۷۴۸	۴۵۰	۱,۹	۰,۷۵
۱۶	عمیدآباد	۳۱۱۹۶۱	۴۰۲۶۹۵۰	۱۰۴۱	۶۷۷	۶,۶۸	۱,۹۸	۱۳۸۸	۸۶۰	۵,۷	۱,۴۹
۱۷	عمیدآباد	۳۱۴۰۵۸	۴۰۲۴۱۵۵	۹۳۹	۶۱۰	۴,۵۵	۱,۲۷	۱۱۳۵	۷۲۰	۴,۴	۱,۱
۱۸	عمیدآباد	۳۱۶۵۸۹	۴۰۲۹۴۴۹	۵۴۲	۳۵۲	۲,۶۸	۰,۷۸	۶۷۲	۴۲۰	۳,۰۳	۰,۵
۱۹	عمیدآباد	۳۱۶۶۲۴	۴۰۲۴۶۸۷	۷۹۵	۵۱۷	۴,۲۵	۰,۸۹	۱۱۳۸	۷۲۰	۴,۴	۱,۱
۲۰	فنوش	۳۳۸۰۴۶	۴۰۰۲۷۶۶	۶۸۶	۴۴۶	۲,۵	۰,۹۵	۸۳۸	۵۰۰	۲,۴۳	۰,۸۸
۲۱	قروه	۳۵۱۹۶۸	۳۹۹۱۵۵۳	۶۲۹	۴۰۹	۱,۷۲	۰,۷۸	۸۰۶	۴۹۰	۱,۹۸	۰,۵۸
۲۲	قمچی	۳۵۱۸۵۲	۳۹۹۵۱۰۱	۱۱۰۷	۷۱۹	۶,۰۵	۲,۲۸	۱۱۷۲	۷۴۰	۴,۷۷	۱,۳۸
۲۳	گاو دره	۳۳۱۰۱۲	۴۰۲۱۱۰۶	۳۷۳	۲۴۲	۰,۸۲	۰,۳۴	۴۷۱	۲۸۰	۰,۹۶	۰,۰۳۶
۲۴	نصیرآباد	۳۳۲۲۸۸	۴۰۱۵۸۲۱	۳۷۲	۲۴۲	۰,۹۲	۰,۵۱	۴۳۲	۲۶۰	۱,۱۵	۰,۹۴
۲۵	نورین	۳۴۵۹۱۶	۳۹۹۶۹۸۳	۶۴۲	۴۱۷	۲,۴۲	۱,۱۱	۵۷۴	۳۵۰	۱,۶۷	۰,۳۶
۲۶	هیدج	۳۲۹۳۰۶	۴۰۱۲۵۱۴	۵۷۶	۳۷۴	۳,۱۸	۰,۷۳	۶۸۴	۴۲۰	۳,۰۳	۰,۷۲
۲۷	هیدج	۳۳۰۳۴۷	۴۰۱۱۰۰۴	۴۴۰	۲۸۶	۰,۹۷	۰,۳۸	۶۳۱	۳۸۰	۱,۹	۰,۶۱

جدول ۲: طبقات خشکسالی بر اساس مقادیر مختلف SPI

طبقه خشکسالی	مقادیر SPI	طبقه خشکسالی	مقادیر SPI
خشکسالی ملایم	۰ تا ۰/۹۹-	خشکسالی شدید	۱/۵- تا ۱/۹۹-
خشکسالی متوسط	۱- تا ۱/۴۹-	خشکسالی بسیار شدید	۲- و کمتر

روش های زمین آمار به جهت منظور نمودن ساختار مکانی داده ها و ویژگی های جغرافیایی مانند عرض و طول جغرافیایی از دقت و اهمیت بالایی برخوردارند(مدنی، ۱۳۷۳، ۹۷). این روشها با استفاده از واریوگرام وضعیت تغییرات منطقه ای و محلی(McBratney and Webster ۱۹۸۶) را با هم در نظر

می گیرند. در بین روشهای زمین آمار روش کریجینگ معمولی (Ordinary Kriging) به جهت ساده بودن و انطباق بهتر با شرایط ایران انتخاب شده است. که در این پژوهش با استفاده از روش زمین آمار (کریجینگ معمولی) به پهنه بندی کیفی منابع آب زیر زمینی پرداخته شده است (علیجانی و بابایی ، ۱۳۸۸: ۱۱۶).

یافته های تحقیق

آبهای زیرزمینی مهمترین منبع تامین کنندهٔ آب جهت فعالیت های کشاورزی ، صنعتی و شرب دشت ابهر می باشد. حجم عمده از استخراج آب زیرزمینی را چاههای عمیق و نیمه عمیق بر عهده دارند و نقش قنوات و چشمه ها در این راستا ناچیز است.

منطقه مورد مطالعه از نظر آب زیرزمینی غنی می باشد. زیرا رسوبات آبرفتی دشت ابهر از نظر خصوصیات هیدرودینامیکی(هدایت هیدرولیکی، ضریب ذخیره و ضریب آبگذری) و تخلخل موثر، از وضعیت نسبتاً خوبی برخوردار است. در نتیجه نزولات جوی و بدنبال آن آبهای جاری به راحتی به آبخوان دشت نفوذ می کنند.

جهت بررسی تاثیر خشکسالی ها بر آبهای زیرزمینی دشت ابهر ابتدا با استفاده از شاخص SPI تعداد خشکسالی ها در دو بازه ۱۲ و ۲۴ ماهه برای پنج ایستگاه از سال ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۶ محاسبه شد که نتایج آن در جدول شماره ۲ آورده شده است.

جدول ۳: فراوانی خشکسالی های حادث شده در دوره آماری ۱۳۸۶-۱۳۵۰ در دو بازه ۱۲ و ۲۴ ماهه

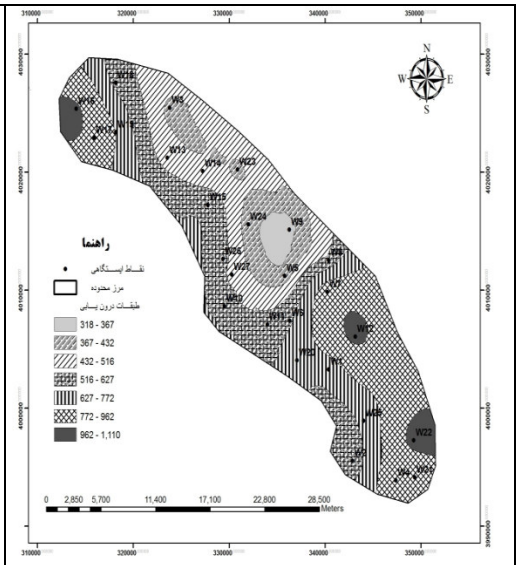
بازه زمانی	طبقات SPI	ارهان	صائین قلعه	ضیاآباد	قروه	کینه ورس	جمع کل SPI
بازه ۱۲ ماهه	خشکسالی بسیار شدید	۷	۱۹	۱۴	۲۰	۱۵	۴۳۲
	خشکسالی شدید	۳۴	۸	۲۰	۱۶	۲۶	۴۳۲
	خشکسالی متوسط	۳۲	۲۷	۴۸	۴۰	۳۹	۴۳۲
	خشکسالی ضعیف	۱۳۴	۱۵۶	۱۰۷	۱۰۹	۱۱۲	۴۳۲
جمع طبقات SPI		۲۰۷	۲۱۰	۱۸۹	۱۸۵	۱۹۲	جمع کل SPI
بازه ۲۴ ماهه	خشکسالی بسیار شدید	۱	۱۲	۷	۱۴	۱۹	۴۲۰
	خشکسالی شدید	۲۵	۱۰	۲۴	۳۲	۲۲	۴۲۰
	خشکسالی متوسط	۵۳	۴۲	۵۹	۳۹	۲۳	۴۲۰
	خشکسالی ضعیف	۱۲۵	۱۲۰	۹۲	۸۳	۱۳۶	۴۲۰
جمع طبقات SPI		۲۰۴	۱۸۴	۱۸۲	۱۶۸	۲۰۰	

در جدول شماره ۲ فراوانی خشکسالی های حادث شده در دوره آماری ۱۳۸۶-۱۳۵۰ در دو بازه ۱۲ و ۲۴ ماهه را نشان می دهد. در بازه ۱۲ ماهه تنها ۴ درصد خشکسالی های بسیار شدید و ۸ درصد خشکسالی ها شدید بوده است. با توجه به جدول ملاحظه می شود در این بازه ۲۴ ماهه تنها ۲/۵ درصد خشکسالی های بسیار شدید و ۶ درصد خشکسالی ها شدید بوده است. با توجه به جدول شماره ۲ ملاحظه می شود از ۴۳۲ مورد SPI، کمترین خشکسالی بسیار شدید در ایستگاه ارهان و بیشترین در ایستگاه قروه و صائین قلعه حادث شده است. در بازه ۲۴ ماهه از ۴۲۰ مورد SPI، کمترین خشکسالی بسیار شدید در ایستگاه ارهان و بیشترین در ایستگاه کینه ورس حادث شده است. در طول دوره آماری ۴۹ درصد دوره دچار خشکسالی است. با بررسی طبقات SPI بدست آمده نتیجه شده که از کل دوره در پنج ایستگاه مورد مطالعه بیشترین مدت خشکسالی از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶ می باشد. در محدوده مطالعاتی شدیدترین خشکسالی ها در ایستگاه ضیاآباد، سال ۱۳۷۷، کینه ورس، سال ۱۳۷۸، صایین قلعه ، سال ۱۳۸۲، ارهان و قروه مربوط به سال ۱۳۸۶ است. نتیجه این خشکسالی ها نه تنها افت سطح آب زیرزمینی بلکه تغییر کیفیت آب در محدوده در دشت ابهر رود می باشد.. حال با توجه به تاثیر خشکسالی در درازمدت بر آبهای زیرزمینی به بررسی کیفی آبهای زیرزمینی در سال ۱۳۸۵ و ۱۳۸۸ پرداخته شده است.

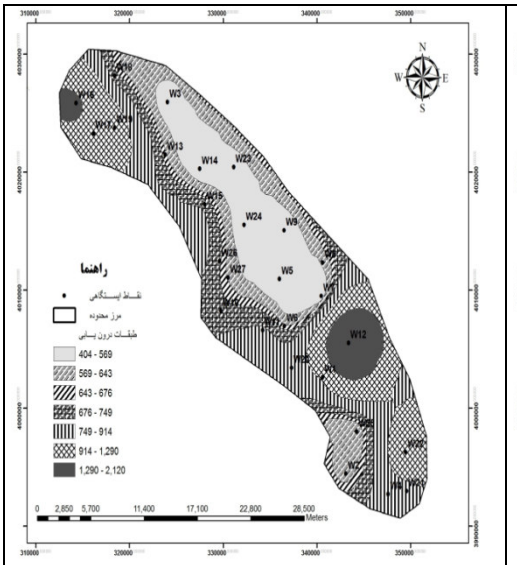
به منظور بررسی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آبهای زیرزمینی نقشه های هم میزان ترسیم شده است که عبارتند از:

نقشه های هم ارزش هدایت الکتریکی (Ec) ۱۳۸۵ و ۱۳۸۸: بر اساس مقادیر هدایت الکتریکی حداکثر میزان املاح در حوضه ابهر در سال ۱۳۸۸ در محدوده جنوب شرقی با هدایت الکتریکی بیش از ۱۸۰۰ µS/cm مشاهده شده است حال آنکه این مقدار در همین محدوده در سال ۱۳۸۵، حدود۱۱۰۰ µS/cm بوده است. با توجه به فاکتورهای آماری حداقل هدایت الکتریکی در سال ۱۳۸۵ ۳۱۸ µS/cm و حداکثر آن ۱۱۰۷ µS/cm است در صورتیکه در سال ۱۳۸۸ حداقل هدایت الکتریکی ۴۰۴ و حداکثر آن ۲۱۲۰ µS/cm است. نقشه های هم ارزش باقیمانده خشک یا TDS ، براساس نمونه های اخذ شده از منابع انتخابی محدوده ابهر در سال ۱۳۸۸ مشخص میگردد که محدوده ابهر با توجه به میزان باقیمانده خشک به دو قسمت تقسیم می گردد. در منطقه جنوب شرقی دشت تا خرمدره میزان TDS از ۵۰۰ تا بیش از ۱۲۰۰ میلی گرم در لیتر می رسد. در مرکز دشت تا مرز شمال شرقی ابهر میزان TDS بین ۲۷۰ تا ۴۲۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. به همین ترتیب منحنی ۵۰۰ از مرز دو محدوده گذشته و محدوده ای در اطراف شهر سلطانیه تا یوسف‌آباد را پوشش می‌دهد. نقشه‌های باقیمانده خشک و هدایت الکتریکی و کلر با همدیگر مطابقت داشته و اثر سازندهای تبخیری را در نمونه آبها نشان می‌دهند. ضمناً در مقایسه با سال ۱۳۸۵ این مقادیر افزایش یافته است.رابطه معادله هدایت الکتریکی با مقدار مواد جامد حل شده در آب (TDS) در سال ۱۳۸۵ برابر با ۰/۶۲۵X+۲۲/۶۳

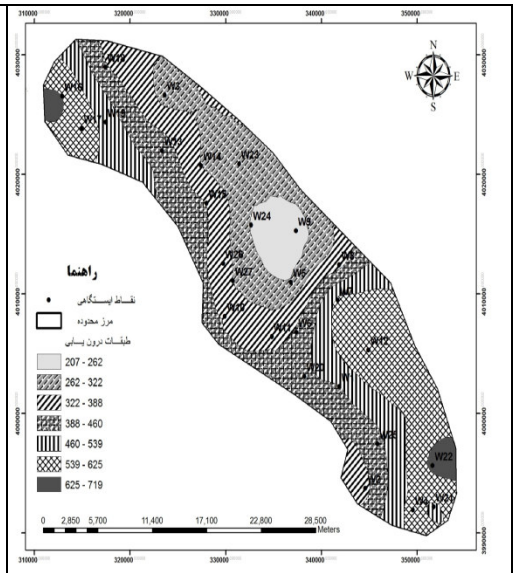
Y= ضریب همبستگی ۹۵٪ و در سال ۱۳۸۸برابر با Y=۰/۶۰۷X+۲/۵۶۹ و ضریب همبستگی ۹۹٪ مشخص گردید. نقشه های هم ارزش کلر (Cl): این نقشه ها نشان می دهند که میزان کلر در سال ۱۳۸۸ در محدوده جنوبی دشت ابهر از شمال خرمدره تا قروه بالا بوده و منحنی ۱/۴ میلی اکی والان بر لیتر این منطقه را پوشش می دهد. در حالیکه در همین محدوده در سال ۱۳۸۵ ، ۹۸/ میلی اکی والان بر لیتربوده است. نقشه های هم ارزش سدیم (Na):): این نقشه ها نشان می دهند که میزان سدیم در سال ۱۳۸۸ در محدوده جنوبی دشت ابهر از شمال خرمدره تا قروه افزایش یافته که علت آن بر اثر فعالیت های انسان و آلاینده ها بوده و از شمال خرمدره به طرف محل تغذیه به دلیل سازندهای زمین شناسی(پلاژیوکلازهای سدیم دار) می باشد. نقشه های هم ارزش نسبت جذب سدیم یا هم (SAR): نیز مؤید همان الگوی طرح شده در نقشه های قبل می باشد. بر این اساس میزان SAR در جنوب دشت ابهر تقریباً بالا بوده و در ابتدای دشت به ۲/۷ می رسد. این میزان تا شمال ابهر ۱/۶ بوده و سپس در محدوده میانی دشت عمدتاً کمتر از ۱ و در حاشیه غربی دشت به ۲/۵ می رسد. در محدوده غرب عمید آباد میزان نسبت جذب سدیم بیش از ۳ می‌باشد. منحنی ۲ با گذر از مرز دو محدوده وارد دشت زنجان شده و با چرخشی در محدوده سلطانیه گذر و به انتها می رسد.



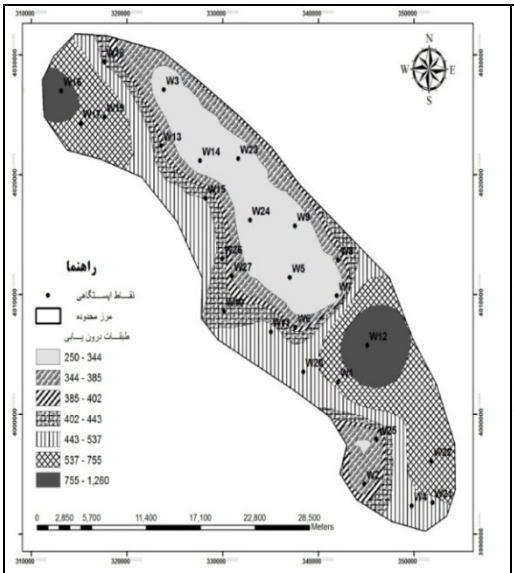
نقشه های هم ارزش هدایت الکتریکی (Ec) ۱۳۸۵



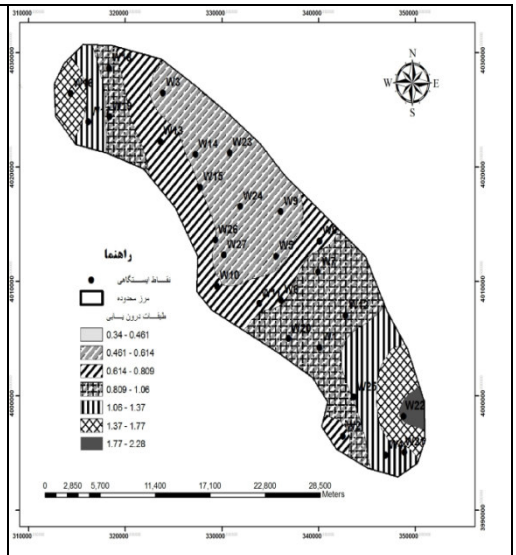
نقشه های هم ارزش هدایت الکتریکی (Ec) ۱۳۸۵



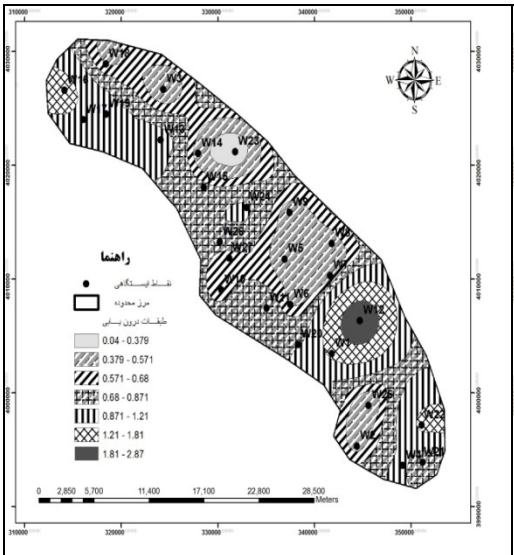
نقشه های هم ارزش باقیمانده خشک (TDS): ۱۳۸۵



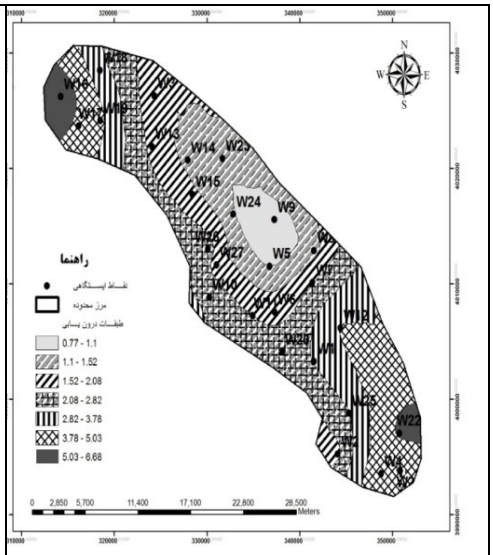
نقشه های هم ارزش باقیمانده خشک (TDS): ۱۳۸۵



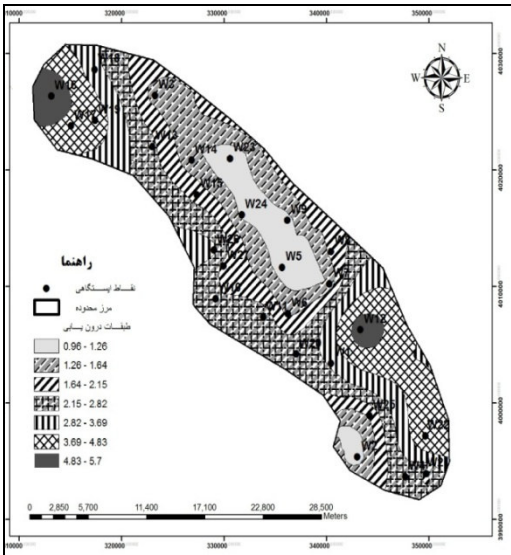
نقشه های هم ارزش کلر (Cl): ۱۳۸۵



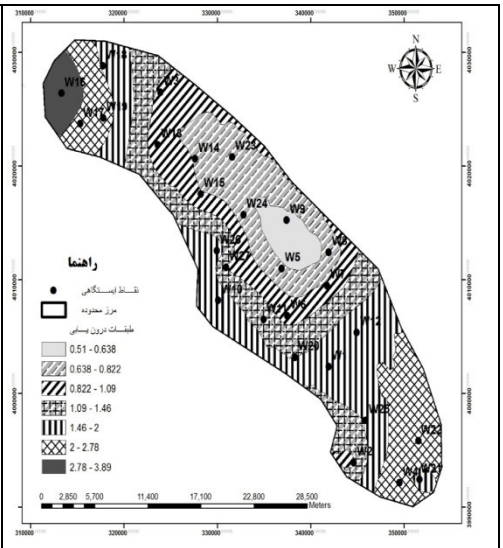
نقشه های هم ارزش کلر (Cl): ۱۳۸۸



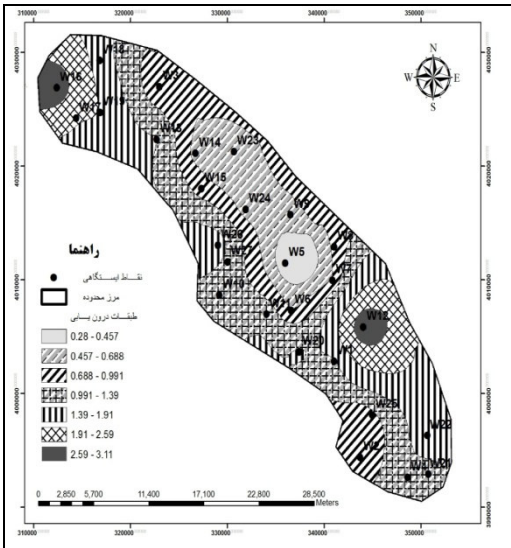
نقشه های هم ارزش سدیم (Na): ۱۳۸۵



نقشه های هم ارزش سدیم (Na): ۱۳۸۸



نقشه های هم ارزش نسبت جذب سدیم (SAR): ۱۳۸۵



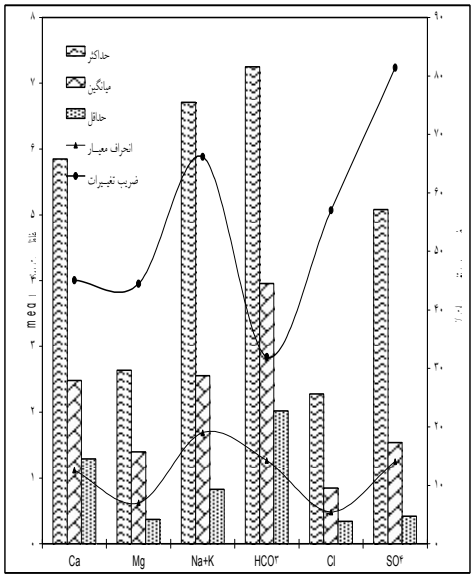
نقشه های هم ارزش نسبت جذب سدیم (SAR): ۱۳۸۸

وضعیت نمونه‌های آماری

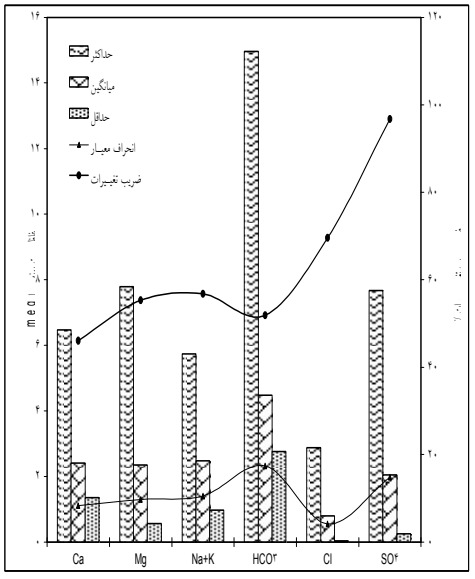
جهت مقایسه، مقادیر کلاسه و مشخصه های آماری مولفه های مختلف شیمیایی حوضه ابهر در سال ۱۳۸۵ و ۱۳۸۸ در نمودار شماره ۱ آورده شده است. دامنه تغییرات در نمونه‌های انتخابی ابهر ،کاتیون‌ها یون

کلسیم از ۲۷/۲ تا ۱۲۹/۴ ppm ، یون منیزیم از ۶/۷۲ تا ۹۳/۴۸ ppm ، یون سدیم از ۲۲/۸ تا ۱۳۱/۱ ppm و یون پتاسیم از ۰/۳۹ تا ۲/۳۴ ppm در تغییر هستند. در آنیون‌ها یون بی‌کربنات از ۱۶۸/۳۶ تا ۹۱۲/۵۶ ppm ، یون کلر از ۱۰/۶۵ تا ۱۰۱/۸۹ ppm و یون سولفات از ۱۲ تا ۳۶۸/۱۶ ppm متغییر است. میزان هدایت الکتریکی در منابع انتخابی ابهر بین ۴۰۴ تا ۲۱۲۰ میکروزیمنس می‌باشد. در املاح موجود حداقل دامنه تغییرات مربوط به پتاسیم (۱/۹۵) و حداکثر آن مربوط به بی‌کربنات (۷۴۴/۲) می‌باشد. همچنین میزان حداقل ضریب تغییرات مربوط به کلسیم (۴۶/۰۴) و حداکثر آن در سولفات (۹۶/۷۷) می‌باشد.

تمام نمونه‌ها دارای درصد خطای محاسبات کمتر از ۱ درصد هستند.



نمودار پارامترهای آماری نمونه های آب زیرزمینی ۱۳۸۵



نمودار پارامترهای آماری نمونه های آب زیرزمینی ۱۳۸۸

نتیجه گیری

خشکسالی می تواند بر کیفیت منابع آب زیر زمینی اثر گذار بوده و باعث افزایش میزان املاح آب گردد. عدم تغذیه سفره آبدار از رودخانه ها و کاهش تغذیه از وردیهای زیرزمینی، آب بارندگی و دیگر پارامترهای تغذیه سفره آبدار، باعث کاهش تجدید منابع آب زیرزمینی و افزایش زمان ماندگاری و نتیجتاً بالارفتن املاح و ناخالصیهای آب زیرزمینی می گردد. آنالیز آماری از نظر زمانی و مکانی با استفاده از نمونه گیریها و همچنین کاربرد نرم افزار GIS نشان می دهند که روند تغییرات فاکتورهای

کیفی در ارتباط با نقش خشکسالی در تغییرات کیفی آبهای در طی سالهای ۱۳۸۵ تا سال ۱۳۸۸ مشهود است. در این تحقیق در پی آن بودیم که رابطه بین خشکسالی و کیفیت آبهای زیرزمینی را بررسی نمائیم بدین جهت از بین روشهای مختلف تعیین خشکسالی روش SPI را به علت کمی بودن و سادگی کار انتخاب نمودیم که با بررسی طبقات SPI بدست آمده نتیجه شده از کل دوره مورد مطالعه بیشترین مدت خشکسالی از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶ می باشد. در محدوده مطالعاتی شدیدترین خشکسالی ها در ایستگاه ضیاآباد، سال ۱۳۷۷، کینه ورس، سال ۱۳۷۸، صایین قلعه ، سال ۱۳۸۲، ارهان و قروه مربوط به سال ۱۳۸۶ است. عدم تغذیه سفره آبدار از رودخانه ها و کاهش تغذیه از ورودیهای زیرزمینی به دلیل خشکسالی، باعث کاهش تجدید منابع آب زیرزمینی و افزایش زمان ماندگاری و نتیجتاً بالارفتن املاح و ناخالصیهای آب زیرزمینی می گردد. با توجه به تجزیه شیمیایی نمونه های منابع انتخابی محدوده ابهر در سالهای ۱۳۸۵ و ۱۳۸۸ و مشخصه های آماری مولفه های مختلف شیمیایی نمونه های چاههای انتخابی ابهر در همین مقاطع زمانی مشاهده می گردد با افت سطح آب زیرزمینی غلظت عناصر و مواد موجود در آبها در تمام سطح دشت۲۰ تا ۲۵ درصد افزایش یافته است، از علل این تغییر می توان به عامل طبیعی یعنی خشکسالی و عوامل انسانی نظیر افزایش جمعیت، نیاز به غذا، ارتقاء سطح بهداشت و رفاه اجتماعی، توسعه مناطق شهری، صنعتی و کشاورزی اشاره کرد که پیامد آن تغییر کیفیت منابع آب زیر زمینی دشت ابهر رود می باشد و پیش بینی می شود این روند همچنان افزایش یابد. همچنین به نظر می‌رسد آنچه که باعث افت کیفیت آب در محدوده دشت ابهر شده است بیشتر نتیجه وجود سازندهای تبخیری در این منطقه بوده است.از طرفی دیگر این نکته را نباید دور از نظر داشت در یک حوضه آب زیر زمینی مقدار نمک های محلول از محل تغذیه به طرف محل تخلیه به تدریج افزوده می شود.با توجه به تجزیه شیمیایی نمونه های منابع انتخابی محدوده ابهر در سالهای ۱۳۸۵ و ۱۳۸۸ و مشخصه های آماری مولفه های مختلف شیمیایی نمونه های چاههای انتخابی ابهر در همین مقاطع زمانی مشاهده می گردد با افت سطح آب زیرزمینی غلظت عناصر و مواد موجود در آبهای زیرزمینی در تمام سطح دشت افزایش یافته است. آبخوانهای زیرزمینی از نظر تخلیه آب برای کشاورزی مخصوصاً با افزایش چاههای غیر مجاز با برداشت بیش از حد مواجه بوده در نتیجه سطح آبخوانها در این مدت افت زیادی داشته و یکی از دلایل شوری آب شده است. همچنین شسته شدن املاح براثر فرونشست عمقی از مزارع کشت شده بصورت آلودگی غیر نقطه ای با منبع نامشخص، مقادیر قابل توجهی از نمکها را وارد آب زیرزمینی کرده و منجر به تغییر کیفیت آب زیرزمینی در دشت ابهر شده است. نکته ای که در اینجا حائز اهمیت است بر پایه مطالعات هواشناسی قریب به ۷۰ درصد مجموع حجم بارشها به شکل تبخیر و تعرق از دسترس خارج می گردد. از طرف دیگر شیوه های نامناسب آبیاری به خصوص شیوه غرقابی موجب می شود میزان املاح شسته شده از بخش سطحی خاک به آبهای زیرزمینی انتقال یابد علاوه براین استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی در افزایش غلظت املاح نقش مهمی دارند.

قدردانی و تشکر
لازم به یادآوری است که این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی با حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی بوده است که بدین وسیله مراتب تشکر از معاونت پژوهشی اعلام می گردد.

منابع

حجازی زاده، زهرا و سعید جوی زاده (۱۳۸۹) مقدمه بر خشکسالی و شاخص های آن، تهران، سمت.
حسنی زارع، نادر و همکاران (۱۳۸۷) "اثرات خشکسالی سال آبی ۸۷-۸۶ بر کمیت و کیفیت منابع آب در استان خوزستان " تبریز: سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.
خزانه داری، لیلی، منصوره کوهی، فاطمه زابل عباسی، شهزاد قندهای و شراره ملبوسی (۱۳۸۹) بررسی روند خشکسالی در ایران طی ۳۰ سال آینده (۲۰۳۹-۲۰۱۰)، تهران، چهارمین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم.
دانشور وثوقی، فرناز و یعقوب دین پژوه (۱۳۹۱) بررسی روند تغییرات کیفیت آب زیر زمینی دشت اردبیل با استفاده از روش اسپیرمن، مجله محیط شناسی، سال ۳۸، شماره ۴، ۱۷-۲۸.
داورپناه، غلامرضا (۱۳۸۷) بررسی کیفیت شیمیایی منابع آب دشت ابهر، تبریز: سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.
عبدی، پرویز و همکاران (۱۳۸۷) بررسی کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی دشتهای مهم استان زنجان بر اساس استانداردهای آبیاری اراضی کشاورزی، تبریز: سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.
علیجانی، بهلول و ام السلمه بابایی، ۱۹۸۸، **تحلیل فضایی خشکسالی های کوتاه مدت ایران،** دانشگاه پیام نور مجله جغرافیا و برنامه ریزی منطقه ای. ۱۲۱-۱۰۹.
مدنی حسن، ۱۳۷۳، مبانی زمین آمار، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تفرش
مومن پور، عرفان و همکاران (۱۳۸۷) خشکسالی و تاثیر آن بر کیفیت منابع آب سطحی مطالعه موردی حوضه سیروان-زیر حوضه خلیج فارس، تبریز: سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.
ناصری، حمیدرضا (۱۳۸۷) ارزیابی کیفی منابع آب زیرزمینی دشت رخ (تربت حیدریه) با استفاده از روش های زمین آمار، فصل نامه علمی و پژوهشی جغرافیایی سرزمین، شماره ۱۷، ۷۳-۸۴.

Bhuiyan C., Singh R.P., Kongan F.N., (۲۰۰۶) :Monitoring Drought Dynamics in the Aravalli Region (India) using Different Indices based on Ground and Remot Sensing data, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, vol. ۸ : ۲۸۹-۳۰۲.
McKee, T. B. Doesken NJ and Kleist J. ۱۹۹۳. The relationship of drought Frequency and duration to time scales, ۸th conference on Applied Climatology, ۱۷-۲۲.
Germer, Marco (۲۰۰۸), Seasonal precipitation changes in the wet season and their influence on flood/drought hazards in the Yangtze River Basin, China, Quaternary International, Volume ۱۸۶, Issue ۱, ۱ August ۲۰۰۸, Pages ۱۲-۲۱

Brutsaert, W., (٢٠١٠) “Annual Drought Flow and Ground Water Storage Trends in the Eastern Half of the United States During the Past two- Third Century, Springer, No. ١٠٠, pp. ٩٣- ١٠٣.
Canter, L. W., (١٩٨٧) “Groundwater Quality Protection. Lewispublications, Inc, Chelsea,MI
Dracup .J.A,et,al (١٩٨٠) On the definition of Drought, water Resource Res. ١٦ (٢) pp ٢٩٧-٣٠٢.