نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشگاه تبریز)، سال ۱۶، شمارهٔ ۳۸، زمستان ۱۳۹۰، صفحات ۱۲۲-۱۰۱

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۵/۲۵
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۸۹/۱۲/۱۶

بررسی تغییرات شوری منابع آب زیرزمینی در دشت سراب (با استفاده از نقشه‌های کیفی و GIS)

فریبا کرمی[۱]

چکیده

دشت سراب به دلیل موقعیت جغرافیایی ویژه که در بین تودهٔ آتشفشانی سبلان در شمال و رشته کوه بزقوش در جنوب قرار دارد، دارای ذخایر غنی آب‌های زیرزمینی می‌باشد. ولی این آب‌ها در مسیر حرکت از پایکوه‌های پیرامون به سمت مرکز دشت شور می‌شوند. در این راستا، مطالعه حاضر سعی دارد ضمن ارزیابی کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت سراب از نظر مصارف کشاورزی، با ترسیم پراکنش مکانی شوری آب‌های زیرزمینی، تغییرات شوری آنها را در یک دورهٔ ده ساله (۱۳۸۷-۱۳۷۸) بررسی کند. برای این منظور نتایج تجزیه شیمیایی نمونه آب ۴۵ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق، شامل پارامترهای (EC)، (SAR) و (Cl) در خرداد ماه ۱۳۷۸ و ۱۳۸۷ مقایسه شدند و با استفاده از نرم‌افزار Arc/GIS پراکنش شاخص‌های کیفی مزبور در دشت سراب با ترسیم نقشه‌های کیفی (شامل نقشه‌های هم‌ارزش EC ، SAR و Cl) نشان داده شدند. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که آب‌های زیرزمینی با شوری کم و خیلی کم به پایکوه‌های ارتفاعات اطراف دشت اختصاص دارند و به سمت مرکز و غرب دشت بر میزان شوری آنها افزوده می‌شود. همچنین تغییرات شاخص EC در منطقه مشخص می‌کند که میزان آب‌های زیرزمینی شیرین از خرداد ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۷ تنزل یافته است. در عوض در این مدت مقدار آب‌های با شوری کم ۱۴/۵ درصد افزایش نشان می‌دهد. در این دوره از آب‌های زیرزمینی شور هم در حدود ۶/۷ درصد کاسته شده و بر میزان آب‌های خیلی شور افزوده شده است.

واژگان کلیدی: تغییرات شوری، منابع آب زیرزمینی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، دشت سراب.

۱ـ دانشیار گروه پژوهش‌های جغرافیایی دانشگاه تبریز. Email:fkarami@tabrizu.ac.ir.

مقدمه

منابع آب زیرزمینی پس از یخچال‌ها، دومین منبع آب شیرین موجود در جهان هستند. نیازهای آبی حدود یک سوم جمعیت جهان به وسیلهٔ آب زیرزمینی تأمین می‌شود و بیش از ۷۰ درصد منابع آب زیرزمینی به مصرف کشاورزی می‌رسد (سبزواری، ۱۳۸۷). با افزایش جمعیت، گرایش به زندگی شهرنشینی و غیره، تقاضا برای این منابع روز به روز در حال افزایش است. از سوی دیگر، آب‌های سطحی هم بویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک به اندازهٔ کافی و به سهولت قابل دسترسی نیستند. از این‌رو آب‌های زیرزمینی با کمیت و کیفیت مناسب، منابع قابل اطمینانی برای تأمین نیازهای انسان محسوب می‌شوند (Dent, 2007, 130). توسعه کشاورزی، صنعت و غیره باعث افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی می‌شود و برداشت بی‌رویه از مخازن آب زیرزمینی موجب شده که میزان تغذیه آبخوان‌ها جوابگوی برداشت از آنها نبوده و سطح آب زیرزمینی افت نماید.

در کشور ایران ۵۵ درصد مصرف آب از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود. در حال حاضر برداشت آب زیرزمینی در کشور ۶۸ میلیارد مترمکعب است که ۶ میلیارد مترمکعب از این میزان برداشت مازاد محسوب می‌شود. این میزان برداشت مازاد به علت بروز خشکسالی در کشور ۵۰ درصد نسبت به سال‌های گذشته افزایش یافته است (روزنامه سرمایه، ۱۳۸۷). در صورت تداوم وضعیت موجود، کشور ایران بر اساس پیش‌بینی‌های انجام شده به وسیلهٔ سازمان ملل متحد، تا سال ۲۰۲۵ در فهرست کشورهایی قرار خواهد گرفت که با مسألهٔ کمبود آب مواجه هستند (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲: ۲).

امروزه در سراسر دنیا بویژه کشورهای جهان سوم، کیفیت آب‌ها به دلیل فرایندهای طبیعی و انسانی تنزل پیدا می‌کنند و منابع آب شیرین به وسیلهٔ پدیدهٔ شوری تهدید می‌شوند (Li and Zhang, 2008, 35). افزایش تدریجی درجه شوری آب زیرزمینی در دست بهره‌برداری، آغاز جدی برای شورشدن اراضی و تخریب منابع ارضی می‌باشد. کشور ایران با توجه به موقعیت خاص جغرافیایی و شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک، از نظر توسعه شوری در رتبهٔ پنجم آسیا قرار دارد (زهتابیان و سرابیان، ۱۳۸۳: ۱۶۹).

شوری، میزان غلظت مواد ارگانیکی و غیرارگانیکی حل شده در آب را نشان می‌دهد و به وسیله قابلیت هدایت الکتریکی[1] (بر حسب میکروموس برسانتی‌متر) بیان می‌شود. نوع و غلظت نـمک‌ها در آب بـه محیط، حرکت و منبع آب بستگی دارد. معمولاً بـه علت اینکه آب‌های زیرزمینی بیشتر در معرض مواد حل شدنی سازندهای زمین‌شناسی قرار می‌گیرند، از این‌رو غلظت مواد محلول در آنها زیادتر از آب‌های سطحی است (Todd, 1980: 268). آب زیرزمینی شیرین به آب‌هایی با مقادیر پایین هدایت الکتریکی اطلاق می‌شود که معمولاً از نظر ترکیبات شیمیایی، از نوع بی‌کربنات کلسیم یا سدیم می‌باشند. آب‌های زیرزمینی شیرین در بخش‌های بالادست و نواحی تغذیه آبخوان‌ها قرار دارند و با حرکت از بالادست بطرف نواحی پست، مقادیر (EC) آنها افزایش می‌یابد (Yaouti et al, 2009: 16).

دشت سراب به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص و استقرار در دامنه جنوبی تودهٔ آتشفشانی سبلان و دامنه شمالی رشته کوه بزقوش در شمال‌غرب کشور دارای مخازن غنی آب‌های زیرزمینی می‌باشد. ولی کیفیت شیمیایی آب‌های آبخوان‌های این دشت در مسیر حرکت به سمت مرکز دشت تغییر یافته و در انتهای دشت شور می‌شوند، به طوری‌که با بالا آمدن سطح آب‌های زیرزمینی، در بخش‌های مرکزی و انتهایی دشت، شوره‌زارهای وسیع بوجود آمده است. با توجه به اهمیت آب‌های زیرزمینی در این منطقه، ارزیابی کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی، شور شدن آنها و تغییرات شوری در طی زمان ضروری به نظر می‌رسد. این پژوهش سعی دارد به منظور مدیریت بهینه منابع آب، با استفاده از نتایج تجزیه شیمیایـی نمونـه آب‌های زیـرزمینی دشت سراب در مدت یـک دهه (۱۳۸۷-۱۳۷۸) و شاخص‌های کیفی شامل SAR، EC و Cl تغییرات مکانی شوری آب‌های زیرزمینی را با ترسیم نقشه‌های کیفی در محیط GIS، بررسی کند.

پیشینه پژوهش

به دلـیل اهمیت مسأله شوری مـنابع آب، در سراسر دنیا مـطالعات زیادی مانـند مارتوس و

1- Electrical Conduction (EC)

همکاران[1] (۱۹۹۹، ۷۴۵–۷۳۵)، بنت و همکاران[2] (۲۰۰۶، ۱۹۲–۱۷۸)، هرینگتون و همکاران[3] (۲۰۰۸، ۱۹–۸) و لانگفورد[4] (۲۰۰۹، ۴۹–۳۹) فرایندهای مختلف شور شدن آب‌های زیرزمینی را بررسی کرده‌اند. برای مطالعات آب‌های زیرزمینی روش‌های زیادی وجود دارد، برای مثال مک‌نیل[5] و همکاران (۲۰۰۵، ۲۰۰–۱۸۱) و منکیو و مس پلا[6] (۲۰۰۸، ۳۶۶–۳۵۵) با استفاده از روش‌های آماری مانند تحلیل خوشه‌ای و تجزیه به مولفه‌های اصلی به ارزیابی کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی استرالیا و اسپانیا پرداختند. ولی امروزه استفاده از تکنیک‌های نوین به منظور مدیریت بهینه منابع آب و پژوهش پیرامون پارامترهای کمی و کیفی لایه‌های آبدار جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. به طوری‌که تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات بی‌شمار با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) امکان‌پذیر شده است. از آنجایی که در مطالعات آب‌های زیرزمینی، ترکیب داده‌های مکانی با داده‌های توصیفی مورد نیاز می‌باشد، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) امکان انجام عملیات بر روی داده‌های مکانی و توصیفی را فراهم کرده و تجزیه و تحلیل مکانی داده‌ها را ممکن می‌سازد (Ghyoumian et al, 2007, 365).

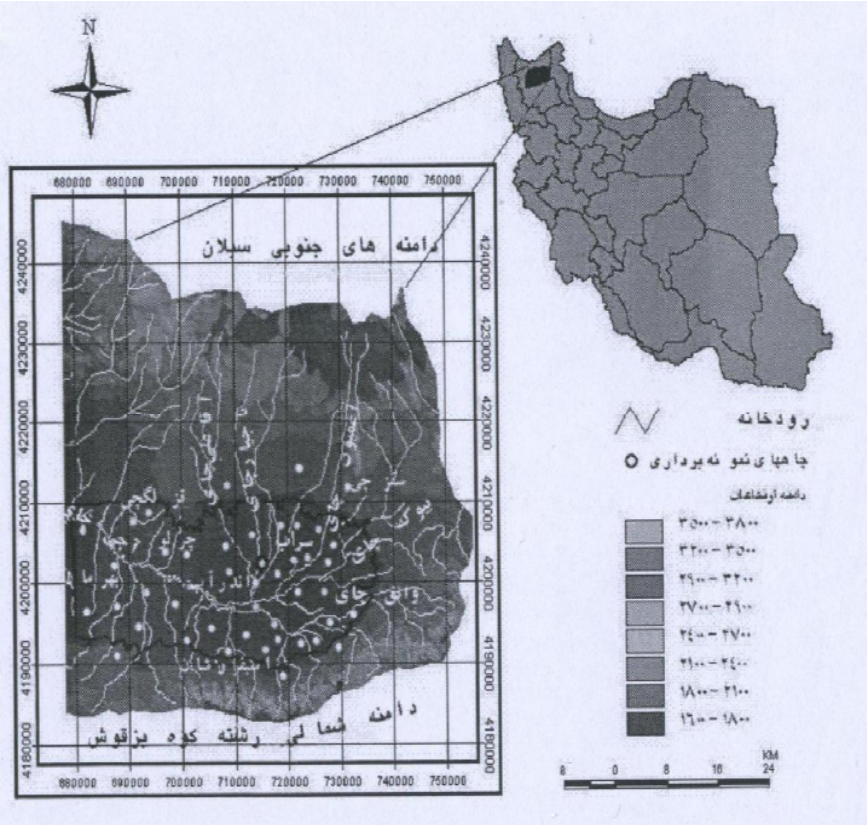
در کشور ایران به دلیل اهمیت توسعهٔ شوری و شور شدن منابع آب و خاک، مطالعات ارزنده متعددی با استفاده از روش‌های مختلف بوسیلهٔ علوی‌پناه (۱۳۸۰، ۲۳۲–۲۲۱)، زهتابیان و امیری (۱۳۸۳، ۱۲–۱)، زهتابیان و همکاران (۱۳۸۴، ۲۹۱–۲۷۹) و غیره انجام شده است. همچنین دادرسی و همکاران (۱۳۸۵، ۱۷۳–۱۸۳) روند تغییرات شوری خاک جنوب شرقی شهرستان سبزوار را با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای سامانه اطلاعات جغرافیایی(GIS) بررسی کرده‌اند. حجی‌آبادی و همکاران (۱۳۸۶، ۴۵۴ –۴۴۷) نیز با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی به تحلیل کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور پرداخته‌اند.

1- Martos
2- Bennetts
3- Harrington
4- Langford
5- McNeil
6- Mencio and Mas-Pla

در مورد منطقه شمال‌غرب کشور، جداری عیوضی (۱۳۶۱،صص ۱۳-۱) با بیان ویژگی‌های ژئومورفولوژی کویری در شمال شرق دریاچه ارومیه از تشکیل و گسترش بیابانی در شمال شرقی دریاچه ارومیه خبر می‌دهد. در زمینهٔ پتانسیل آب‌های زیرزمینی دشت سراب و بهره‌برداری بهنیه از آنها هم برخی مطالعات به وسیلهٔ سازمان‌ها و نهادهای دولتی مانند وزارت نیرو (۱۳۷۷) انجام شده است. با توجه به اهمیت منابع آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه، پژوهش حاضر سعی دارد با ترسیم نقشه شوری آب‌های زیرزمینی دشت سراب، تغییرات مکانی شوری آب‌های زیرزمینی را در یک دوره (۱۳۸۷-۱۳۷۷) بررسی کند. به این ترتیب، با شناسایی کیفیت آب‌های زیرزمینی در نواحی مختلف دشت، مدیریت و بهره‌برداری از این منابع و حفاظت از منابع آب‌های با کیفیت خوب و عالی امکان‌پذیر خواهد شد.

موقعیت جغرافیایی دشت سراب

دشت سراب با مـختصات جغرافیایی ′۱۲ °۳۸-′۴۴ °۳۷ عرض شمالی و ′۵۴ °۴۷-′۱۵ °۴۷ طول شرقی در دامنهٔ جنوبی توده آتشفشانی سبلان و دامنهٔ شمالی رشته کوه بزقوش قرارگرفته است (شکل۱). منابع آب سطحی دشت را بیوک چای، تاجیار چای، رازلیق چای، وانق چای و غیره تشکیل می‌دهند که از ارتفاعات اطراف سرچشمه می‌گیرند و بعد از روستای اندرآب بهم پیوسته و با نام آجی‌چای از شرق به غرب جریان یافته و به دریاچه ارومیه می‌ریزند. نوع اقلیم دشت براساس روش آمبرژه، نیمه خشک سرد برآورد شده است. از نظر تکتونیکی، دشت سراب یک چاله تکتونیکی است که در اثر حرکت نسبی گسل‌هایی که در این منـطقه در راستای شـرقی ـ غربی قـرار دارنـد به وجود آمده است. همچنین چین‌خوردگی سازندهای میوسن در بخش‌های میانی و غربی به صورت برآمدگی‌هایی، سطح هموار دشت را برهم زده‌اند (شکل۲). جنس آبخوان‌ها به طور عمده از نهشته‌های کواترنری شامل پادگانه‌های آبرفتی، مخروط افکنه‌ها، نهشته‌های رودخانه‌ای و غیره می‌باشند. منابع تغذیه آبخوان‌ها در منطقه اغلب آب‌های نفوذیافته از جریان‌های سطحی ارتفاعات حاشیه دشت، همچنین نفوذ از باران بر سطح دشت است.

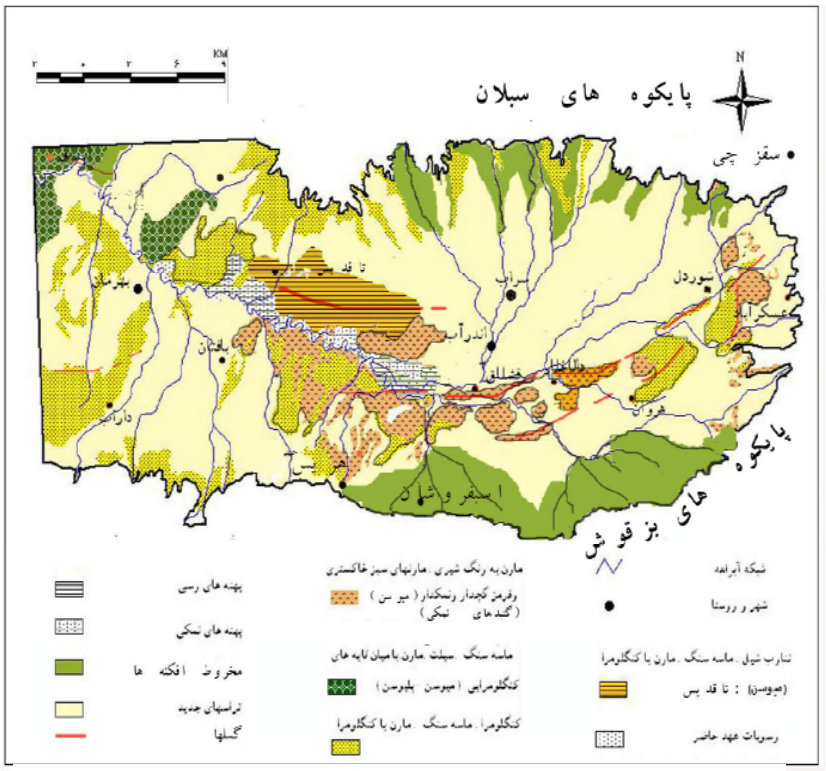


شکل (۱) نقشه موقعیت جغرافیایی دشت سراب

دشت سراب از نقطه نظر هیدروژئولوژی و بر اساس منابع تغذیه آب زیرزمینی به سه منطقه تقسیم می‌شود. منطقه سراب که به آبخوان‌های پایکوه‌های جنوبی کوهستان سبلان تعلق دارد. محدوده اسبفروشان ـ هریس، سفره‌های آب زیرزمینی پایکوه‌های شمالی رشته کوه بزقوش را شامل می‌شود و محدوده بافتان ـ ابرغان، آکیفرهای غرب دشت سراب است (شکل ۳).

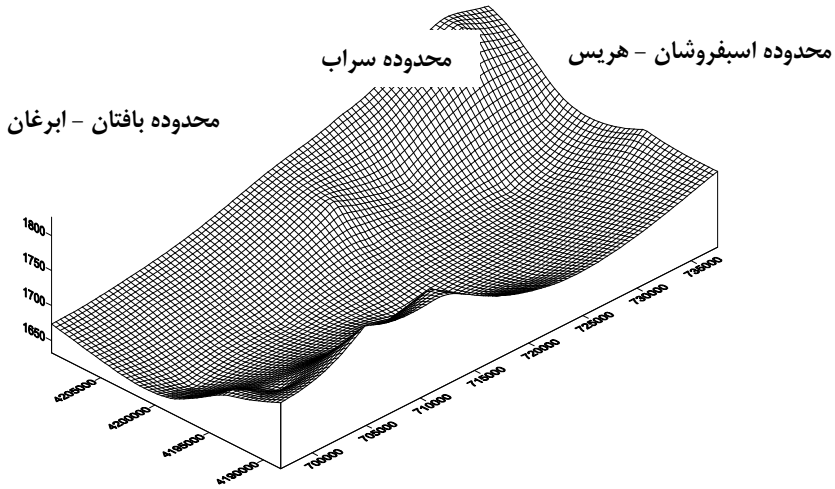
ضخامت رسوبات از دامنه‌ها به سمت مراکز دشت و مخروط افکنه‌ها افزایش می‌یابد. ضخامت آبخوان سراب در بخش‌هایی تا ۱۲۰ متر برآورد شده است. اما ضخامت لایهٔ آبدار شیرین به ندرت بیش از ۱۰۰ متر در مقاطع ژئوفیزیک دیده می‌شود. جهت جریان در این

محدوده از سمت شمال، شمال شرقی به جنوب می‌باشد (شکل ۴). بیشترین ضخامت آبرفت آبخوان اسبفروشان ـ هریس در مرز برخورد گسل با سازندهای جنوبی منطقه تا بیش از ۱۵۰ متر برآورد شده است. اما ضخامت لایه آبدار شیرین به ندرت بیش از ۱۰۰ متر در مقاطع ژئوفیزیک دیده می‌شود. سفره این آبخوان از نوع تحت فشار نشتی است که در بعضی نقاط به صورت موضعی آرتزین مشاهده می‌گردد. در محدودهٔ بافتان ـ ابرغان ضخامت آبرفت در نقاطی بیش از ۵۰ متر دیده می‌شود. جهت جریان در این محدوده از شمال و جنوب به سمت مرکز دشتک است (وزارت نیرو، ۱۳۷۷).

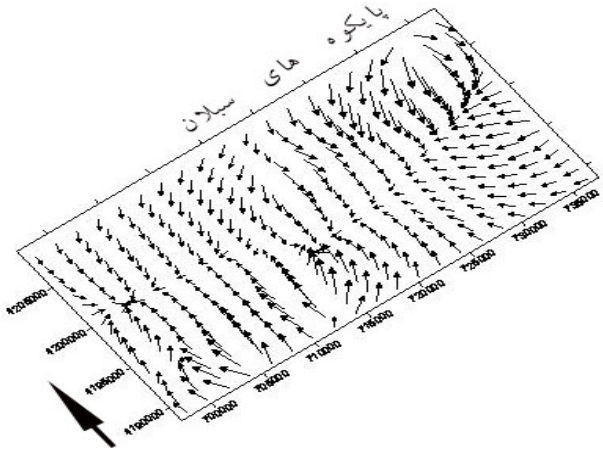


شکل (۲) نقشهٔ زمین‌شناسی دشت سراب

مواد و روش‌ها



شکل (۳) مناطق هیدروژئولوژی دشت سراب



شکل (٤) نقشه جهت آب‌های زیرزمینی آبخوان‌های دشت سراب

داده‌ها

نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس‌های ۲۵۰۰۰۰: ۱ و ۵۰۰۰۰: ۱

نقشه‌های زمین‌شناسی ۱۰۰۰۰۰: ۱ و ۲۵۰۰۰۰: ۱

نتایج تجزیه شیمیایی نمونه آب زیرزمینی ۴۵ حلقه چاه عمیق و نیمه‌عمیق، شامل پارامترهای اندازه‌گیری شده مانند کاتیون‌ها (سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم)، آنیون‌های (کربنات‌ها و بی‌کربنات‌ها، کلرید و سولفات) اصلی موجود در آب، قابلیت هدایت الکتریکی (EC)، نسبت جذب سدیم (SAR)، کلر (Cl) و غیره که داده‌های مربوطه در جدول (۱) ارائه شده است.

مواد و روش‌ها

برای بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت از نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های آب زیرزمینی در حدود ۴۵ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق (شکل ۱) مربوط به سازمان مدیریت منابع آب ایران در دورهٔ آماری (۱۳۸۷-۱۳۷۸) استفاده شد و برای ارزیابی شوری آب زیرزمینی و تغییرات آن، شاخص‌های کیفی قابلیت هدایت الکتریکی (EC)، نسبت جذب سدیم (SAR) و کلر (Cl) در خردادماه ۱۳۸۷ و ۱۳۷۸ بررسی و مقایسه شدند. برای مقایسه بهتر، نقشه‌های کیفی شاخص‌های مورد نظر در سال‌ها و فصول مورد مطالعه با بهره‌گیری از نرم‌افزار Arc/GIS از طریق روش درون‌یابی ترسیم شدند. قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، توازن غلظت یونی که صحت آزمایش‌های تجزیه شیمیایی آب‌ها را نشان می‌دهد از طریق رابطه (۱) بر روی داده‌های مورد نظر در خردادماه ۱۳۸۷ و ۱۳۷۸ انجام شد.

رابطه ۱) $Bi=\sum(CationS_{meq/l})-\sum(Anions_{meq/l})/\sum(CationS_{meq/l})+\sum(Anions_{meq/l})\times 100$

$Bi>۵$ نقص در روند آزمایش‌ها را نشان می‌دهد

$Bi>۱۰$ غیرعادی

$Bi<۵$ مطلوب بوده و ترجیح داده می‌شود. مقدار Bi در داده‌های تجزیه شیمیایی نمونه آب‌های دشت سراب در سال‌های مورد مطالعه، کمتر از ۵ بوده و صحت آزمایش‌های تجزیه

شیمیایی آب‌ها را نشان می‌دهد.

شاخص قابلیت هدایت الکتریکی(EC)، نشان‌دهندهٔ میزان مجموع نمک‌های محلول است. به عبارت دیگر، درجه شوری آب را از روی هدایت الکتریکی مـخصوص آن برحسب سانتی‌متر به واحد میلی‌موس و یا میکروموس محاسبه می‌کنند. (کردوانی،۱۳۸۶، ۴). برای بررسی پراکنش غلظت کل املاح آب زیرزمینی دشت سراب نقشه هم ارزش (EC) ترسیم شد. طبقات مختلف شوری آب آبیاری از نظر شاخص (EC) عبارتند از (Ghosh and Sharma, 2006, 433):

الف–هدایت الکتریکی ۲۵۰>میکروموس بر سانتی‌متر = شوری خیلی کم

ب– هدایت الکتریکی۷۵۰–۲۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر = شوری کم

ج– هدایت الکتریکی۲۲۵۰–۷۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر = شوری متوسط

د– هدایت الکتریکی۴۰۰۰–۲۲۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر = شور

و– هدایت الکتریکی۴۰۰۰< میکروموس بر سانتی‌متر = خیلی شور شاخص دیگری که برای سنجش کیفیت آب از نظر قلیائیت به کار می‌رود.

جدول(۱)نتایج تجزیه شیمیایی منابع آب‌زیرزمینی تعدادی از چاه‌های دشت سراب در خردادماه ۱۳۸۷

دیف	نام محل چاه	سختی کل بر حسب $CaCO_3$	SAR	%Na	میلی اکی والان در لیتر										pH	باقیمانده TDS (mg/l)	هدایت الکتریکی EC
					جمع کاتیونها	K^+	Na^+	Mg^{++}	Ca^{++}	جمع آنیونها	SO_4^-	Cl^-	HCO_3	CO_3^-			
۱	دنباران	۳۷۰	۲/۵۲	۳۹/۶	۱۲/۲۵	۰/۱۵	۴/۷	۲/۹۲	۴/۴۸	۱۲/۲۸	۱/۴۸	۴/۶۵	۶/۱۵	۰	۷/۱	۷۳۸	۱۲۳۰
۲	بهرمان	۵۶۰	۲/۶۶	۳۶	۱۷/۵۰	۰/۰۵	۶/۲۵	۵/۸	۵/۴	۱۷/۵۰	۴/۱	۷	۶/۴	۰	۷/۸	۱۰۵۲/۴	۱۷۵۴
۳	قزلگچی	۱۲۵۰	۳/۷۷	۳۴/۸	۳۸/۳۴	۰/۵۴	۱۲/۸	۶	۱۹	۳۸/۳۵	۱۶/۴	۱۶/۲۵	۵/۷	۰	۷	۲۳۰۴	۳۸۴۰
۴	گلوجه	۹۳۰	۳/۰۴	۳۳/۲	۲۷/۸۶	۰/۳۱	۸/۹۵	۷/۶	۱۱	۲۷/۸۵	۱۶/۲	۷/۲۵	۴/۴	۰	۷/۶	۱۶۷۴	۲۷۹۰
۵	چرلو	۴۹۴	۳/۸۲	۴۶/۲	۱۸/۳۶	۰/۱۸	۸/۳	۲/۲۸	۷/۶	۱۸/۳۵	۱۱/۴	۴/۵	۲/۲	۰/۲۵	۸/۳	۱۱۰۴	۱۸۴۰
۶	سقزچی	۳۰۶	۰/۸	۱۸/۶	۷/۵۲	۰/۱	۱/۳	۱/۱۲	۵	۷/۵۱	۲/۹۶	۱/۰۵	۳/۵	۰	۷/۶	۴۵۲/۴	۷۵۴

(مأخذ: سازمان مدیریت منابع آب ایران)

شاخص نسبت جذب سدیم (SAR) است که در آن نسبت کاتیون‌های محلول در آب یعنی Na، Ca، Mg و گاهی K با یکدیگر مورد توجـه قرار مـی‌گیرد. طبقات مـختلف کیفیت آب آبیاری از نظر شاخص (SAR) عبارتند از (Ghosh and Sharma, 2006, 433):

الف_ ۱۰ >SAR = درجه سدیمی خیلی کم

ب _ ۱۸– ۱۰ = درجه سدیمی کم

ج _ ۲۶– ۱۸ = درجه سدیمی متوسط

د_ ۲۶ < = درجه سدیمی زیاد، قلیایی

یکی از انواع ارزیابی‌های کیفی آب‌ها بر مبنای غلظت کلر (Cl) می‌باشد که برحسب میلی‌اکی‌والان در لیتر بیان می‌شود. طبقات مختلف شوری آب آبیاری از نظر شاخص (Cl) عبارتند از (Ghosh and Sharma, 2006: 433):

الف– غلظت کلر ۴ > میلی‌اکی‌والان درلیتر = شوری خیلی کم

ب– غلظت کلر ۷–۴ میلی‌اکی‌والان درلیتر = شوری کم

ج– غلظت کلر ۱۲–۷ میلی‌اکی‌والان درلیتر = شوری متوسط

د– غلظت کلر ۲۰–۱۲ میلی‌اکی‌والان درلیتر = شور

و– غلظت کلر ۲۰< میلی‌اکی‌والان درلیتر = خیلی *شور*

نتایج و بحث

آمار توصیفی متغیرهای هیدروشیمی

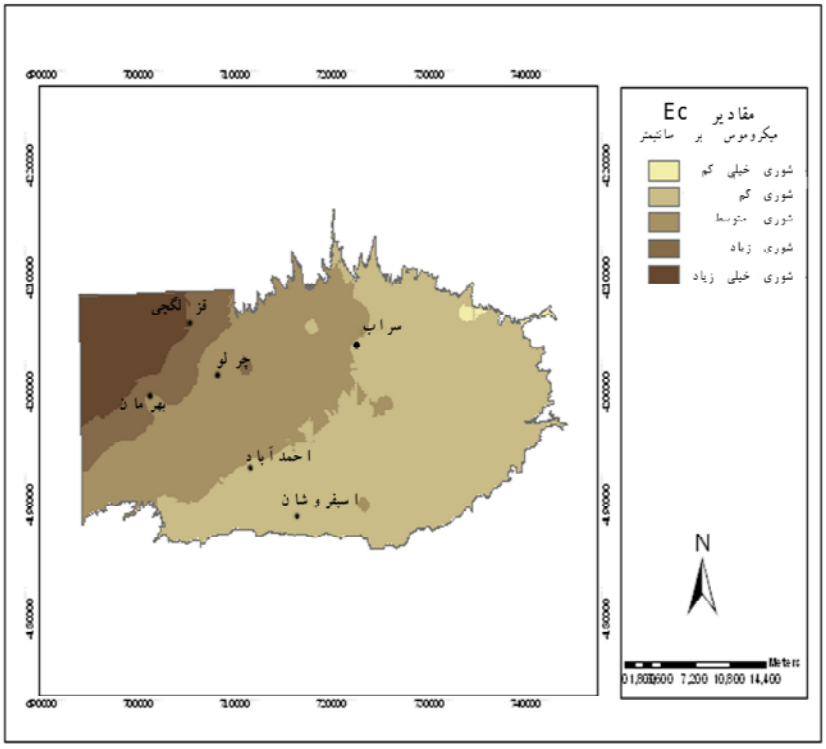
جدول (۲) مقادیر متوسط، حداقل، حداکثر و انحراف معیار متغیرهای هیدروشیمی آب‌های زیرزمینی دشت سراب را در خردادماه ۱۳۸۷ نشان می‌دهد.

به طوری که متوسط مقادیر شاخص (EC) در ۴۵ نمونه آب زیرزمینی منطقه ۸۲۷/۱۳ یکروموس بر سانتی‌متر است که در رده شوری متوسط قرار می‌گیرد. حداقل میزان شاخص (EC) در ۱۶۷ میکروموس بر سانتی‌متر و حداکثر آن ۳۸۲۰ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد. دامنه تغییرات شاخص (SAR) هم در حدود ۵/۳۹- ۰/۴ متغیر است که به آب‌های با کیفیت عالی از نظر آبیاری دلالت دارد.

تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی دشت سراب در دهه اخیر

شکل (۵) و (۶) نقشه‌های هم‌ارزش هدایت الکتریکی (EC) آب‌های زیرزمینی دشت سراب را در خردادماه سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۷۸ نشان می‌دهند. مقادیر تغییرات شوری آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در دهه گذشته هم در جدول (۳) ارائه شده است. طبق این جدول در خرداد ۱۳۷۸ مقدار آب‌های زیرزمینی با کیفیت عالی که شوری خیلی کمی دارند بیشتر (۶/۳۲ درصد) بوده که با یک روند نزولی در خرداد ۱۳۸۷ به ۰/۴۶ درصد کاهش یافته است. در عوض آب‌های با شوری کم از ۳۷/۲۶ درصد درسال ۱۳۷۸ با روند افزایشی به ۵۱/۷۸ درصد در سال ۱۳۸۷ رسیده است. در دوره زمانی مورد بررسی از آب‌های زیرزمینی شور در حدود ۶/۷۳ درصد کاسته شده و به میزان آب‌های خیلی شور هم افزوده شده است. همچنین نقشه‌های سطوح هم ارزش شاخص (EC) نشان می‌دهند که آب‌های زیرزمینی با شوری کم و خیلی کم به پایکوه‌های ارتفاعات اطراف دشت اختصاص دارند و به سمت مرکز و غرب دشت بر میزان شوری آنها افزوده می‌شود. یعنی با دور شدن از محل تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی در پایکوه‌های اطراف و با حرکت آب‌های زیرزمینی در مسیر بر غلظت املاح افزوده شده و ترکیبات آنها تغییر پیدا می‌کنند. افزایش املاح و تغییر ترکیب شیمیایی آب به دلیل تماس و عبور آب از سازندهای مختلف دشت می‌باشد. به طوری‌که میزان EC آب‌های زیرزمینی در اسبفروشان که در پایکوه‌های بزقوش قرار دارد و از لابه‌لای سنگ‌های آذرین کوهستان عبور کرده ۳۵۶ میکرموس بر سانتی‌متر بوده و ترکیب آب از نوع بی‌کربنات کلسیم است. به تدریج به طرف مرکز دشت، میزان شوری در احمدآباد تا ۴۹۲ میکرموس بر سانتی‌متر می‌رسد ولی ترکیب آن تغییر نمی‌کند. در بافتان با ۱۲۸۵ میکرموس بر سانتی‌متر املاح آب به بی‌کربنات سدیم تبدیل می‌شوند و در نهایت در

بهرمان (غرب دشت) که خروجی دشت می‌باشد، میزان شوری با ۱۷۰۴ میکرموس بر سانتی‌متر و با افزایش غلظت املاح، تیپ آب به کلرورسدیم تغییر می‌یابد. همین وضعیت افزایش املاح از پایکوه‌های سبلان تا انتهای دشت نیز ملاحظه می‌شود. به طوری که در قزلگچی میزان EC به ۳۸۴۰ میکرموس بر سانتی‌متر رسیده و ترکیب آب زیرزمینی به سولفات کلسیم تغییر می‌یابد. این افزایش املاح و تغییر ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی به دلیل تماس با سنگ‌های رسوبی میوسن و گنبدهای نمکی متشکل از مارن‌های سبز خاکستری و قرمز گچ‌دار و نمک‌دار است که در بخش مرکزی دشت سراب برونزد دارند.



شکل (۵) نقشه سطوح هم ارزش هدایت الکتریکی (EC) آب‌های زیرزمینی دشت سراب در خرداد ماه ۱۳۸۷

جدول (۲) مقادیر متوسط، حداقل، حداکثر و انحراف معیار متغیرهای هیدروشیمی‌آب‌های زیرزمینی (خرداد ۱۳۸۷)

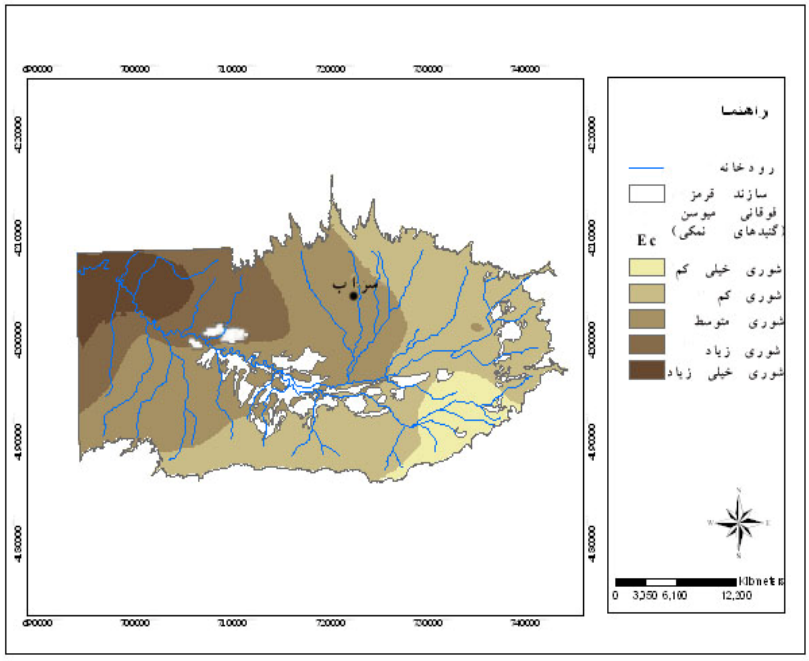
متغیرها	Ec Mic/cm	TDS Mg/l	PH	Co3 m/l	Hco3 m/l	C l m/l	So4 m/l	Ca m/l	Mg m/l	Na m/l	K m/l	SAR	TH Mg/l
میانگین	۸۲۷/۱۲	۴۹۶/۲۷	۷/۸	۰/۲۳	۳/۹	۱/۹	۲/۳۴	۴/۰۲	۱/۷۵	۲/۳۳	۰/۳	۱/۳۲	۲۸۸/۸۳
حداقل	۱۶۷	۱۰۰/۲	۶/۴	۰	/۷	/۱	/۱	/۷۲	۰/۵۴	۰/۴	/۰۱	۰/۴	۶۳
حداکثر	۳۸۲۰	۲۲۹۲	۹/۱	۰/۵	۸/۵۵	۱۵	۱۷/۲۵	۱۸	۷/۲	۱۳/۵	۰/۶۲	۵/۳۹	۱۲۵۰
انحراف معیار	۷۰۳/۳۲	۴۲۱/۹۹	۰/۵۳۸	۰/۱۷	۱/۷۵	۲/۹۹	۳/۶۴	۳/۰۲	۱/۶۲	۲/۷۲	۰/۱۱	۱/۰۴	۲۲۲/۳۳

جدول (۳) درصد آب‌های زیرزمینی دشت سراب از نظر شاخص (Ec) درخرداد ۱۳۸۷ و ۱۳۷۸

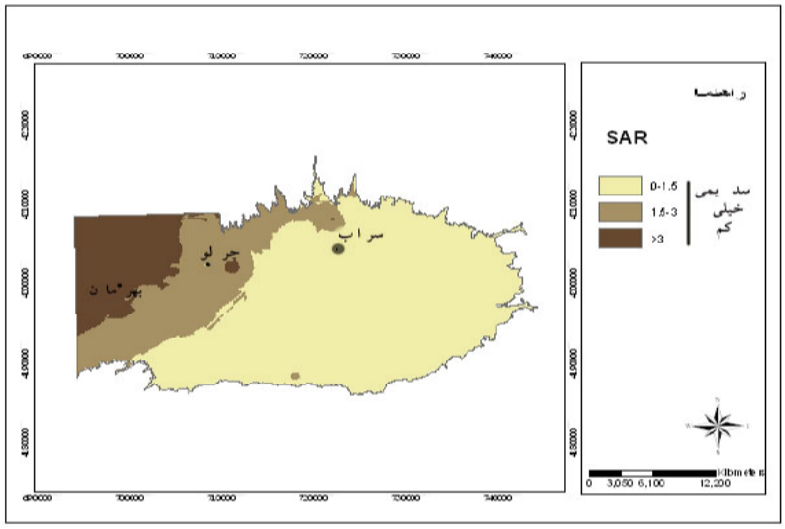
طبقه شوری	هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)	خرداد ۱۳۸۷	خرداد ۱۳۷۸
شوری خیلی کم	<۲۵۰	۰/۴۶	۶/۳۲
شوری کم	۲۵۰–۷۵۰	۵۱/۷۸	۳۷/۲۶
شوری متوسط	۷۵۰–۲۲۵۰	۳۱/۱۴	۳۵/۱
شور	۲۲۵۰–۴۰۰۰	۷/۰۹	۱۳/۸۲
خیلی شور	>۴۰۰۰	۹/۴۷	۷/۵

شکل (۷) سطوح هم ارزش شاخص (SAR) را نشان می‌دهد. معمولاً مقادیر کوچک‌تر از ۱۰ شاخص (SAR) درجه سدیمی خیلی کم آب را بیان می‌کند. شکل‌های (۷) و (۸) میزان شاخص(SAR) را در دشت سراب نشان می‌دهند. براساس این نقشه‌ها بر میزان قلیائیت آب‌های زیرزمینی از پایکوه‌های سبلان و بزقوش به سمت غرب دشت افزوده می‌شود، به طوری که حداکثر آن در غرب دشت ۵/۳ (چرلو) و ۴/۶۸ (بهرمان) می‌باشد و از این مقادیر تجاوز نمی‌کند (شکل۷). در نمونه آب چاه‌های دشت سراب در خرداد ۱۳۷۸ همین وضعیت مشاهده می‌شود (شکل۸).

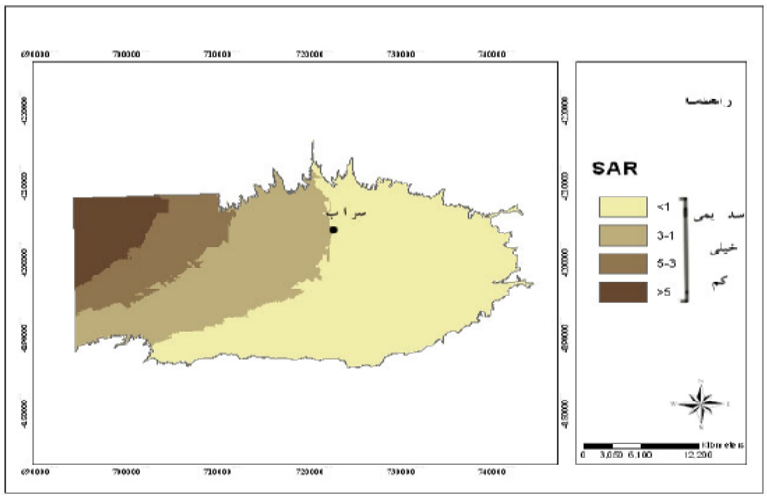
بر اساس نقشه‌های سطوح هم‌کلرآب‌های زیرزمینی (شکل‌های ۹ و۱۰)، آب‌های با غلظت کلر خیلی کم به آبخوان‌های محدوده سراب و اسبفروشان ـ هریس اختصاص دارد ولی غلظت کلر در محدوده بافتان ـ ابرغان خیلی زیاد است، این مسأله به دلیل برخورد آب با سازندهای گچ‌دار و نمک‌دار میوسن در مرکز دشت می‌باشد. همچنین از نظر غلظت کلر، بیشترین میزان آب‌های زیرزمینی در دورهٔ مطالعاتی به آب‌هایی تعلق دارد که از لحاظ کیفی، عالی هستند و برای مصارف آبیاری مناسب می‌باشند. با وجودی که در طی دههٔ گذشته بر میزان آب‌های با شوری خیلی کم ۳ درصد افزوده شده است، در مقابل میزان آب‌های زیرزمینی خیلی شور ۶ درصد افزایش یافته است (جدول ۴).



شکل (٦) نقشه سطوح هم ارزش هدایت الکتریکی (Ec) آب‌های زیرزمینی دشت سراب در خرداد ماه ۱۳۷۸



شکل (۷) نقشه سطوح هم ارزش SAR در خرداد ماه ۱۳۸۷ دشت سراب



شکل (۸) نقشه سطوح هم ارزش SAR در خرداد ماه ۱۳۷۸ دشت سراب

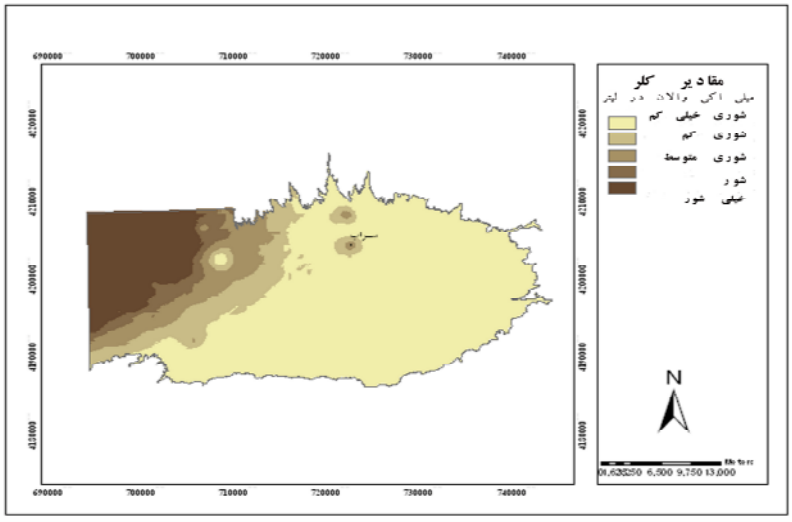
جدول (٤) درصد آب‌های زیرزمینی دشت سراب از نظر شاخص (Cl) خرداد ۱۳۸۷ و ۱۳۷۸

طبقه شوری	کلر (میلی‌اکی‌والان در لیتر)	خرداد ۱۳۸۷	خرداد ۱۳۷۸
شوری خیلی کم	<۴	۷۴/۳۱	۷۱/۳۴
شوری کم	۴-۷	۷/۶۴	۱۲/۷۴
شوری متوسط	۷-۱۲	۳/۶۵	۶/۷۷
شور	۱۲-۲۰	۳/۱۱	۳/۹۴
خیلی شور	>۲۰	۱۱/۲۸	۵/۲۱

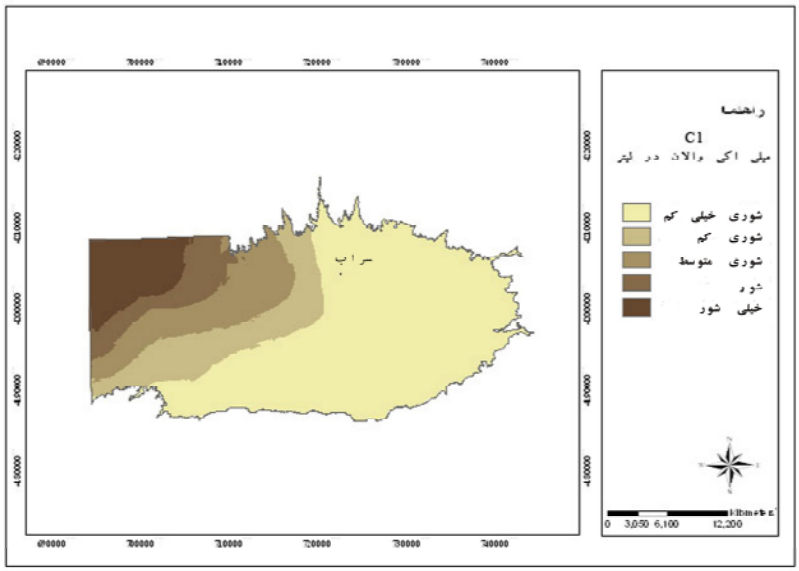
نتیجه‌گیری

تغییرات شاخص هدایت الکتریکی آب‌های زیرزمینی دشت سراب در دهه گذشته، کاهش میزان آب‌های با شوری خیلی کم و افزایش مقدار آب‌های با شوری کم را نشان می‌دهد. به‌این ترتیب مقادیر فوق تنزل کیفیت آب‌های زیرزمینی را بیان می‌کند. از سوی دیگر، با وجودی‌که از میزان آب‌های شور در ده سال گذشته کاسته شده ولی میزان آب‌های خیلی شور افزایش نشان می‌دهند.

پراکنش شاخص نسبت جذب سدیم نمونه آب‌های زیرزمینی دشت سراب هم تغییرات چندانی را مشخص نمی‌کند و مقادیر پایین شاخص، درجه سدیمی خیلی کم آب‌ها را در سفره‌های آب زیرزمینی دشت نشان می‌دهد. از این نظر آب‌های زیرزمینی دارای کیفیت عالی برای مصارف کشاورزی می‌باشد.



شکل (۹) نقشه سطوح هم ارزش کلر آب‌های زیرزمینی در خرداد ماه ۱۳۸۷ دشت سراب



شکل (۱۰) نقشه سطوح هم ارزش کلر آب‌های زیرزمینی در خرداد ماه ۱۳۷۸ دشت سراب

از نظر غلظت کلر، بیشتر آب‌های زیرزمینی منطقه در رده آب‌های با شوری خیلی کم قرار دارند. قابل ذکر است در ده سال گذشته، آب‌های با غلظت نمک خیلی زیاد در حدود ۶ درصد افزایش نشان می‌دهد.

علاوه بر عواملی (مانند کاهش بارش، وقوع خشکسالی‌های ممتد، بهره‌برداری بیش از حد و غیره) که در تغییرات زمانی شوری آب‌های زیرزمینی دشت سراب نقش دارند، تغییرات مکانی شوری آب‌ها بیشتر به دلیل وجود سازندهای زمین‌شناسی متفاوتی است که در دشت سراب و ارتفاعات اطراف وجود دارند. یعنی به علت وجود سنگ‌های آذرین در محل تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی (ارتفاعات سبلان و بزقوش)، آب‌ها دارای کیفیت عالی و خوب هستند، با دور شدن از محل تغذیه سفره‌ها و با حرکت آب‌های زیرزمینی در مسیر به سمت مرکز دشت و برخورد با سنگ‌های رسوبی ـ تبخیری و گنبدهای نمکی، در اثر انحلال نهشته‌های تبخیری، کیفیت و ترکیب شیمیایی آنها تغییر می‌یابد و به آب‌های شور از نوع سولفات سدیم و کلسیم و کلرورسدیم و غیره تبدیل می‌شوند.

منابع

۱ـ احسانی، مهرزاد؛ خالدی، هومن (۱۳۸۲)، «شناخت و ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی به منظور تأمین امنیت آبی و غذایی کشور»، ***یازدهمین همایش کمیتهٔ ملی آبیاری و زهکشی ایران***، صص ۱۸-۱.

۲ـ جداری عیوضی، جمشید (۱۳۶۱)، «کویر کبودان»، ***فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی*** ۱۸، صص ۲۸-۱.

۳ـ حجی‌آبادی، سیدحسن، اسماعیل‌نژاد، احسان، کمالی، غلامرضا، رحیمی‌پور، غلامرضا (۱۳۸۶)، «کاربرد سامانه GIS در تحلیل کیفی و کمی آب‌های زیرزمینی نیشابور»، ***مجموعه مقالات اولین کنگره زمین‌شناسی کاربردی ایران***، مشهد، ایران، صص ۴۵۴-۴۴۷.

۴ـ روزنامه سرمایه (۱۳۸۷)، [http:// www.Sarmayeh.net1387].

۵ـ زهتابیان، غلامرضا، سرابیان، لیلی (۱۳۸۳)، «بررسی علل شورشدن آب و خاک در دشت گنبد ـ آلاگل»، ***بیابان***، جلد ۹، شماره ۲، صص ۱۸۱-۱۶۹.

۶ـ زهتابیان، غلامرضا، امیری، بهرام (۱۳۸۳)، «بررسی تغییرات شوری در اراضی کشاورزی شهرستان خدابنده»، ***بیابان***، جلد ۹، شماره ۱، صص ۱۲-۱.

۷ـ زهتابیان، غلامرضا؛ احمدی، حسن؛ ترابی، سیدرضا؛ سوری، مهشید (۱۳۸۴)، «بررسی عوامل شور شدن آب و خاک در منطقه برم دامغان»، ***بیابان***، جلد۱۰، شماره ۲، صص ۲۹۱-۲۷۹.

۸ـ دادرسی، ابوالقاسم؛ یمانی، مجتبی؛ پاک‌پرور، مجتبی؛ داورزنی، زهرا (۱۳۸۵)، «بررسی روند تغییرات شوری خاک با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در ناحیه گرم و خشک شهرستان سبزوار»، ***مجله جغرافیا و توسعه***، شماره ۷، صص ۱۸۴-۱۷۳.

۹ـ سازمان مدیریت منابع آب ایران (۱۳۸۷)، ***«نتایج تجزیه شیمیایی چاه‌های نمونه دشت سراب»***، آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی.

۱۰ـ سبزواری، مهدی (۱۳۸۷)، ***«افت سطح آب زیرزمینی، یک مشکل جهانی»***، سایت خبری وزارت نیرو [www.wnn.ir].

۱۱ـ علوی‌پناه، سیدکاظم (۱۳۸۰)، «مطالعه پدیده‌های طبیعی با استفاده از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی»، مجله ***منابع طبیعی ایران***، جلد ۵۴، شماره ۳، صص۲۳۲-۲۲۱.

۱۲ـ کردوانی پرویز (۱۳۸۶)، «منابع و مسائل آب در ایران»، ***آب‌های شور***، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۳ـ وزارت نیرو (۱۳۷۷)، «***مطالعات پتانسیل آب‌های زیرزمینی دشت سراب و بهره‌برداری بهینه از آنها***»، جلد چهارم.

Bennetts, B.A., Webb, J.A., Stone, D.J., Hill, D.M. (2006), "Understanding the Salinisation Process for Groundwater in an Area of South-eastern Australia", ***Journal of Hydrology*** 323, 178-192.

Dent, D., (2007), Environment Grophyscs Mapping Salinity and Water Resources", ***International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation***, 9, 130-136.

Ghosh, N.G., Sharma, K.D. (2006), "***Groundwater Modeling and Management***", Capital Publishing Company.

Ghyoumina, J. Mohseni Saravi, M. Feiznia, S. Nouri, B and Malekian, A. (2007), Application of GIS Techniques to Determine Areas Most Suitabale for Artificial Groundwater Recharge in Southern Iran, ***Journal of Asian Earth Sciences***, Vol.30(2): 364- 374.

Harrington, N.M., Herczeg, A.L., Salle, C. 2008. Hydrological and Geochemical Processes Controlling Variation in Na, Mg, Cl, So4, Groundwater Brines, South Eastern Australia, ***Chemical Geology*** 251, 8-19.

Langford, R.P., Rose, J.M., White, D.E. (2009), "Groundwater Salinity as a Control on Development of Ealian Landscape: White Sands of New Mexico", ***Geomorphology***, 105, 39-49.

Li, S., Zhang, Q. (2008), "Geochemistry of Upper Han River Basin", Chaina, ***Applied Geochemstry***, 23, 3535-3544.

Martos. F., Bosch, A.P., Calaforra, J.M. (1999), "Hydrogeochemical Processes in an Arid Region of Europe", Almeria, SE Spain, ***Applied Geochemisrty***, 14, 735-745.

McNeil, V.H., Cox, M.E., Perda, M. (2005), "Assessment of Chemical Water Types and Their Spatial Variation Using Multi-stage Cluster Analysis", Queenland Australian, ***Journal of Hydrology***, 310, 181-200.

Mencio, A., Mas Pla, J. (2008), "Assessment by Multivariate Analysis of Groundwater Surface Interactions in Urbanized Mediterranean Streams", ***Journal of Hydrology***, 352: 355-366.

Tood, D.K. (1980), "***Groundwater Hydrology***", John wiely and Sons.

Yaouti, F., Mandour, A., Khattach, D., Benavente, J., Kaufman, O. (2009), "Salinization Prossesses in the Unconfines Aquifer of Bou-Areg (NE Morocco)", Ageostastistical, Geochemical and Tomographic Study, ***Applied Geochemistry***, 24, 16-31.