

پایش زمانی و مکانی کیفیت منابع آب زیرزمینی در دشت‌های جنوبی استان فارس جهت استفاده در سیستم‌های آبیاری

نادر پیرمردیان^{۱*}، کریم حجازی جهرمی^۲، سید امیر شمس نیا^۳ و نعیم شهیدی^۴

چکیده

آب زیرزمینی به عنوان یکی از منابع اساسی تأمین آب برای مصارف گوناگون از جمله کشاورزی، شرب و صنعت مطرح است. در پژوهش حاضر دشت‌های جنوبی استان فارس جهت پایش زمانی و مکانی تغییرات کیفی آب زیرزمینی انتخاب گردید. تعداد ۸۳ حلقه چاه مربوط به دشت‌های فراشبند، قیروکارزین، لار، لامرد، مهر و خنج انتخاب و روند تغییرات کیفی آب زیرزمینی در دوره زمانی ۸۵-۸۴ تا ۸۹-۸۸ به کمک شاخص‌های کیفی مانند EC، SAR، pH، Cl، Na و Mg بررسی شد. پایش زمانی شاخص‌های EC و SAR به ترتیب حاکی از افزایش ۵۰ تا ۲۵۰ درصدی و ۲۲ تا ۶۶/۷ درصدی این شاخص‌ها بود که دلیل عمده آن کاهش بارش و وقوع خشکسالی و افزایش بهره‌برداری در دوره‌های اخیر بوده است. بر اساس نتایج حاصل از پهنه‌بندی، پراکنش مکانی پارامترهای مورد بررسی حاکی از بحرانی بودن وضعیت آب زیرزمینی جهت آبیاری در دشت‌های لار، لامرد و بخش وسیعی از دشت‌های خنج و مهر است و البته بخش‌های باقیمانده دشت‌های خنج و مهر و نیز دشت فراشبند در مرز بحران قرار دارند. بنابراین استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار در این مناطق نیاز به اعمال تدابیر مدیریتی دارد.

واژه‌های کلیدی: زمین آمار، سیستم‌های آبیاری، کیفیت آب زیرزمینی

مقدمه

آلودگی، فشار زیادی به منابع آب وارد شده است. از آنجا که منابع تجدید شونده آب در هر اقلیم، ارقام نسبتاً ثابتی هستند از اینرو باید سیاست‌ها و روش‌های اتخاذ شده در جهت حفظ و مصرف بهینه از این منابع ساماندهی گردد (ابراهیمی، ۱۳۸۰).

ایران با واقع شدن در ناحیه خشک و نیمه خشک جهان دارای میانگین سالیانه ۲۵۰ میلی‌متر بارندگی با توزیع زمانی و مکانی نامناسب است به حدود یک سوم بارندگی سالیانه جهان است. رژیم ریزش‌های ایران نشان می‌دهد که اکثر بارش‌ها در فصل زمستان بوده لذا در اکثر موارد تأمین نیازها در فصول غیر بارشی از منابع زیرزمینی تأمین می‌گردد. در حال حاضر، به علت برداشت بیش از حد آب از سفره‌های زیرزمینی کشور، بسیاری از قنوت و چشمه‌ها، خشک و یا در معرض خشکی قرار دارند. حجم منابع آب زیرزمینی نیز به علت برداشت‌های بی رویه به شدت رو به کاهش است. کاهش حجم آب‌های زیرزمینی از یک سو و رشد منابع و فعالیت‌های انسانی از سوی دیگر موجب کاهش کیفیت منابع آب می‌گردد (هاشمی نژاد و کریمی، ۱۳۸۵). لزوم مطالعه و بررسی کیفی آن در این مناطق می‌تواند به مدیریت صحیح استفاده از منابع آب کمک نماید. همچنین، مصرف آب با کیفیت نامطلوب علاوه بر کاهش محصول خصوصیات فیزیکی

استفاده بهینه از منابع آب یکی از مهمترین مسائل مطرح در توسعه پایدار به شمار می‌آید. گرچه در ابتدا در بحث توسعه پایدار تنها بهره‌برداری از منابع قابل تجدید مطرح بود ولی امروزه در مفهوم آن بهره‌برداری بهینه از تمامی منابع جای دارد. آب به عنوان یک منبع قابل تجدید همواره به عنوان یک رکن اصلی توسعه مطرح بوده است. با افزایش جمعیت و افزایش نیاز آب در بخش‌های مختلف کشاورزی، شرب، بهداشت و صنعت و نهایتاً افزایش تولید و ایجاد پتانسیل‌های

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

*-نویسنده مسئول: (Email: npirmorad@yahoo.com)

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، شیراز، ایران.

۳- عضو هیات علمی گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، شیراز، ایران.

۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، شیراز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۴/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۱۰

پهنه‌بندی خطرپذیری کشت برنج با توجه به کیفیت آب زیرزمینی انجام شد. نتایج پژوهش مذکور نشان داد از نظر شاخص SAR، کیفیت آبهای زیرزمینی استان در مجموع مناسب است ولی از نظر هدایت الکتریکی کیفیت آبهای زیرزمینی استان خصوصاً در مناطق مرکزی و مرکزی متمایل به شرق همجوار با دریا پایین بوده و می‌تواند پایداری تولید برنج در این مناطق را به خطراندازد (Pirmoradian et al., 2010).

مطالعه‌ای که در دره نیل مصر صورت گرفت بیان کرد به منظور جلوگیری از مشکلات سیستم آبخیزداری در این منطقه، یکپارچگی کیفی و طرح مدیریت پایدار برای منابع آب زیرزمینی احتیاج است. در مطالعه مذکور مدل‌های GIS پایه یک ابزار کارآمد برای تلفیق فرمول‌سازی و طرح مدیریت پایدار بود (Mohamed et al., 2005). در تحقیقی در منطقه کاداپای هند کاهش ممتد سطح آب زیرزمینی، خشک شدن چاه‌ها و مسائل کیفی آب را نتیجه بهره‌برداری بی‌رویه منابع آب زیرزمینی در زمینه‌های کشاورزی، صنعت و تأمین آب دام می‌دانند (Rama Krishna, 2000).

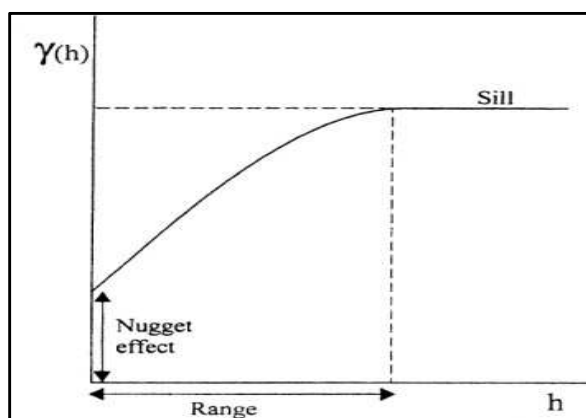
در سالیان اخیر حرکتی مستمر از تحقیقات صرفاً تئوری به سمت تحقیقات کاربردی به خصوص در پردازش اطلاعات برای مسائلی که یا برای آنها راه حلی موجود نیست و یا براحتی قابل حل نیستند، آغاز شده است. پیشگامان تئوری‌های زمین آمار هوپر و واترمایر بودند که روی معادن طلا کار می‌کردند. اولین مقاله در این زمینه توسط واترمایر در سال ۱۹۱۹ منتشر شد که در آن لزوم بکارگیری میانگین وزنی به جای میانگین حسابی بیان شده بود. در ضمن شباهت بین مقادیر نمونه‌ها به عنوان تابعی از فاصله نمونه‌ها ارزیابی شد که این ارتباط پایه اصلی علم زمین آمار را تشکیل می‌دهد. در زمین آمار برخلاف آمار کلاسیک نمونه‌های مجاور تا فاصله معینی به هم وابسته‌اند. این همبستگی توسط ابزاری به نام نیم تغییرنا بررسی می‌شود و در اصل اساس زمین آمار بر تعریف نیم تغییرنا استوار است (مدنی، ۱۳۶۹). در تعریف نیم تغییرنا می‌توان از تعریف واریانس استفاده نمود. واریانس، وابستگی متقابل مقادیر دو نقطه به فاصله h را نشان می‌دهد. در زمین آمار واریانس توزیع اختلاف‌ها وقتی نقاط وابستگی زیادی با یکدیگر دارند، اندک است و ویژگی مهم نیم تغییرنا در این است که در جهات مختلف می‌توان آنها را رسم نمود و روندها را شناسایی نمود. برای استفاده از آن، لازم است ابتدا مدل تئوریک به داده‌ها برازش داده شود و سپس از مدل نیم تغییرنا به دست آمده، در فرآیند تخمین استفاده گردد (حسنی پاک، ۱۳۷۷).

خاک را نیز از بین می‌برد که نتیجه آن بایر شدن اراضی است. ورود آلاینده‌ها به سیستم منابع آب می‌تواند سبب بروز اثرات زیستی زیان‌آوری بر کیفیت آب پایین دست گردد. مدیریت کیفی آب از مهمترین مسائل و دغدغه‌های روز است که باید به دقت و با استفاده از روش‌های نو و کارآمد بررسی و ارزیابی گردد (علیزاده، ۱۳۷۷). متأسفانه برای کشورهای فقیر و در حال توسعه معمولاً هزینه‌های زهکشی خاک برای مبارزه با شوری و تأمین آب شیرین برای شستشوی املاح بسیار سنگین است. مهمترین مسائلی که در اثر مصرف آبهای نامناسب ایجاد می‌شود، شامل شور شدن ثانویه خاک‌ها، کاهش نفوذپذیری و سمیت املاح است که هرکدام به نوعی به رشد و تولید محصولات کشاورزی صدمه می‌زند. لذا کنترل کیفیت منابع آب لازمه یک کشاورزی فاریاب موفق است. بنابراین انجام پایش مستمر و کسب آگاهی از وضعیت کمی و کیفی آنها شرایط بهره‌برداری بهینه و پایدار از این منابع را فراهم خواهد نمود (کلانتری، ۱۳۸۰). با توجه به بحران آب پیش‌بینی می‌شود در صورتی که روند کنونی مصرف ادامه یابد تا سال ۲۰۲۵ از هر سه نفر جمعیت کره زمین دو نفر از آنها در مناطق بحران زده از آب زندگی کنند (Bos et al., 2009).

بر این اساس سعی می‌شود تا با بکارگیری ابزارهای عددی و رایانه‌ای نسبت به شناخت و مدل نمودن کیفیت منابع آب در سطح گسترده اقدام گردد. یکی از بهترین روش‌های بررسی کیفیت آب زیرزمینی استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای پهنه‌بندی و آنالیز داده‌های آب زیرزمینی در هر منطقه است (Hudak, 1999; 2000; 2001; Hudak & Sanmanee, 2003).

در بررسی کیفیت آب مطالعات مختلفی انجام گرفته است. مطالعات انجام گرفته روی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی استان تهران با استفاده از روش‌های زمین آماری نشان داد که کیفیت آب زیرزمینی در این ناحیه در حد مطلوبی از لحاظ کشاورزی و شرب قرار دارد. بنابراین، عدم مدیریت صحیح این منبع حیاتی در دراز مدت آترا از لحاظ کیفی دچار بحران خواهد نمود (دلبری و همکاران، ۱۳۸۹). در مطالعه‌ای به منظور استفاده بهینه و حفظ و ارتقاء کیفیت آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی در دشت ملایر و با استفاده از پهنه‌بندی کشاورزی بر اساس طبقه‌بندی ویلکوکس نتایج به دست آمده نشان داد که با برنامه‌ریزی‌های درازمدت از ورود آلاینده‌های مختلف نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای موجود در منطقه، به خصوص آلاینده‌های ناشی از ورود فاضلاب‌های تصفیه نشده صنعتی و شهری به داخل منابع آب زیرزمینی باید جلوگیری شود (غفوری کسبی و همکاران، ۱۳۸۹). در پژوهشی در استان گیلان، مقایسه روش‌های درون‌یابی در

تجزیه نمود. اجرای روش کریجینگ جهت پهنه‌بندی و شبیه‌سازی مکانی در محیط GIS نیاز به تعدادی پارامتر دارد. این پارامترها شامل واریانس ساختار فضایی^۱، واریانس تصادفی بدون ساختار^۲، سقف نیم تغییرنا^۳ و دامنه تأثیر^۴ است. پارامترهای مذکور از نیم تغییرنا^۳ حاصل، قابل استخراج هستند. شکل ۱ اجزای یک نیم تغییرنا را نشان می‌دهد (قهرودی تالی، ۱۳۸۴).



شکل ۱- اجزای یک نیم تغییرنا

شیوه‌های مختلفی برای درون‌یابی تغییرات مکانی وجود دارد. در این میان کریجینگ روش درون‌یابی پیشرفته‌ای است که برای داده‌هایی که دارای روند موضعی تعریف شده‌ای باشند، مناسب است. این روش با کمترین واریانس تخمین، فرآیند درون‌یابی را انجام داده و میزان خطای آن تابع مشخصات تغییرنا است. پس از مشخص نمودن مدل نیم تغییرنا^۳ مناسب، باید مولفه‌های تغییرپذیری را

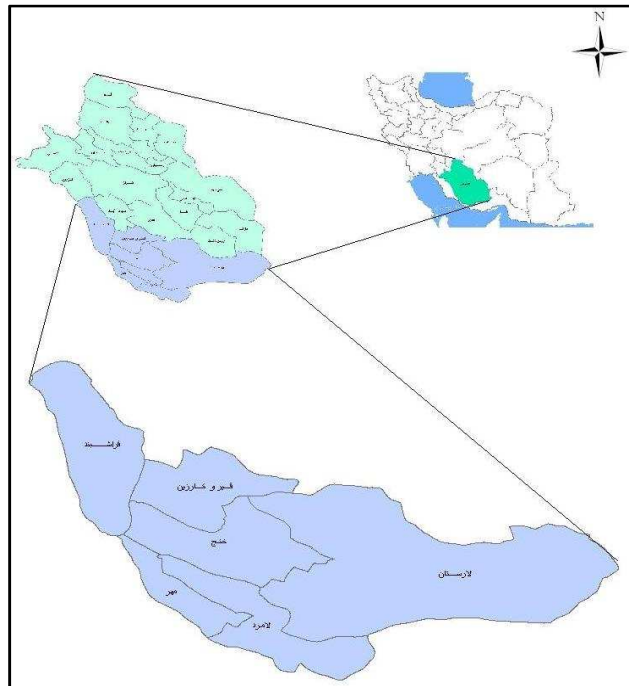
مهر، لار و لامرد است. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است. در ابتدا با توجه به مساحت منطقه تعداد ۸۳ حلقه چاه پیژومتری که توسط شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس برای بررسی وضعیت سطح ایستایی آب و کیفیت شیمیایی دشت بر اساس اصول علمی و آماری حفر شده است، انتخاب گردید. بازدیدهای صحرائی و نقشه‌های جغرافیایی، زمین شناسی و توپوگرافی منطقه نشان داد که با توجه به پراکندگی چاه‌ها در سطح دشت نمونه‌های انتخابی به نحوی است که وضعیت آب‌های زیرزمینی منطقه را مشخص می‌کند. به منظور ارزیابی پتانسیل کیفی منابع آب زیرزمینی برای استفاده در سیستم‌های آبیاری و روند تغییر شاخص‌های کیفی از اطلاعات آزمایشگاه آب شرکت آب منطقه‌ای فارس در دشت‌های جنوبی در دوره زمانی ۸۵-۸۴ تا ۸۹-۸۸ استفاده گردید.

با توجه به وجود خشکسالی‌های شدید در استان فارس و همچنین اهمیت کیفیت آب و افت منابع آب زیرزمینی مساله تعیین کیفیت آب جهت مصارف کشاورزی دارای اهمیت ویژه‌ای است. لذا هدف اصلی در این پژوهش پایش تغییرات زمانی و مکانی کیفیت منابع آب زیرزمینی در دشت‌های جنوبی استان فارس و بررسی امکان استفاده از این منابع در سیستم‌های آبیاری است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه دشت‌های جنوبی استان فارس است که بین طول شرقی ۱۵' ۵۲° و ۲۰' ۵۴° و عرض شمالی ۳۰' ۲۷° و ۵۰' ۲۸° واقع شده و شامل دشت‌های فراشبند، قیروکارزین، خنج،



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

روش پژوهش

در این تحقیق به منظور بررسی روند تغییرات و ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی منطقه برای مصارف کشاورزی، در فاصله زمانی سال ۸۴-۸۵ تا ۸۹-۸۸ از هر چاه در هر فصل حداقل یک نمونه تقریباً در میانه هر فصل تهیه و نسبت به اندازه گیری پارامترهای SAR ، EC ، pH ، Cl ، Na و Mg اقدام شد. سپس میانگین هر پارامتر برای هر چاه در هر سال تعیین و روند تغییرات میانگین در سالهای مختلف مقایسه گردید. در این تحقیق از طبقه بندی ویلکوکس برای بررسی کیفیت آب از نظر آبیاری استفاده شد.

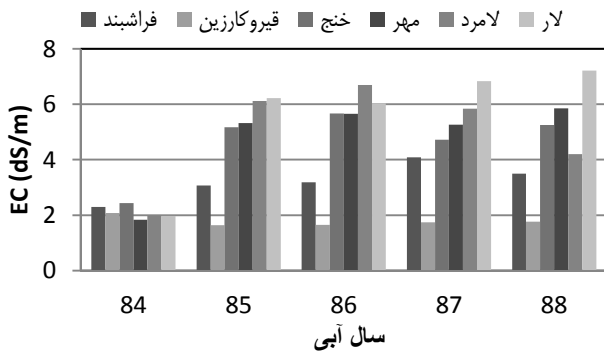
با هدف ارزیابی تغییرات مکانی و برای تهیه نقشه ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی، ابتدا در راستای تحلیل به روش کریجینگ و تعیین مدل نیم تغییرنمای مناسب و پارامترهای آن، داده‌های مربوط به مشخصات جغرافیایی و پارامترهای کیفیت آب، بعنوان ورودی به نرم‌افزار GS^+ داده شد. در این نرم افزار با اعمال مدل مورد نظر و مقایسه آماری نیم تغییرنماها، مناسب‌ترین

نیم تغییرنما مشخص شد. نتایج حاصل به نرم‌افزار ArcGIS 9.3 انتقال داده شد و بر اساس روش کریجینگ نقشه‌های پهنه‌بندی وضعیت کیفی آب زیرزمینی در دشت‌های مورد مطالعه تهیه و روند تغییرات بررسی گردید.

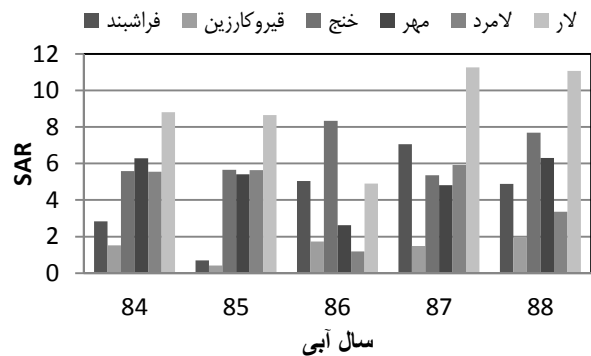
نتایج و بحث

بررسی تغییرات زمانی پارامترهای کیفی

از مهمترین پارامترهای مؤثر در کیفیت آب کشاورزی هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیمی (SAR) است. با توجه به اهمیت این دو پارامتر و عدم مشاهده تغییرات محسوس نسبت به زمان در دیگر پارامترهای برداشت شده، بررسی تغییرات زمانی فقط برای پارامترهای مذکور صورت گرفت. براین اساس و با استفاده از آمار کسب شده، روند تغییرات میزان SAR و EC در طول دوره مورد مطالعه برای ایستگاه‌های مختلف به ترتیب در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.



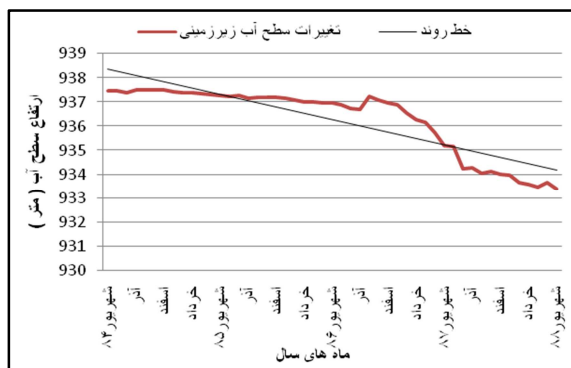
شکل ۴- تغییرات شوری در دشت‌های جنوبی استان فارس



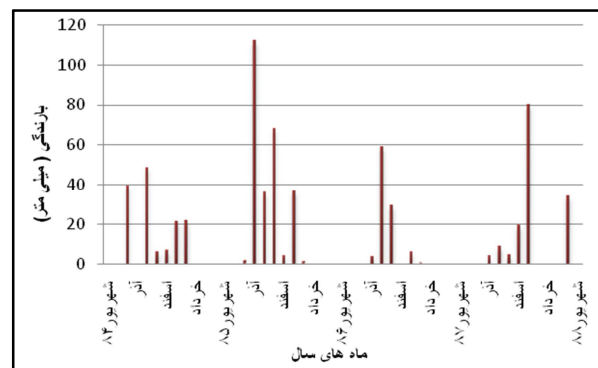
شکل ۳- تغییرات نسبت جذب سدیمی در دشت‌های جنوبی استان فارس

مطالعه به طور نمونه برای دشت لار به ترتیب در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، سطح آب زیرزمینی در این دشت به ویژه از اواخر سال ۱۳۸۶ به بعد با افت زیادی مواجه شده است به طوری که برای دوره مورد مطالعه این افت حدود ۴ متر بوده است. همچنین روند افزایش بهره‌برداری از آب زیرزمینی برای دشت‌های مورد مطالعه در شکل ۷ نشان داده شده است. بر این اساس، تعداد چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در حال بهره‌برداری در منطقه مورد مطالعه در سال آخر مطالعه نسبت به سال ۱۳۸۴ حدود ۴۲ درصد افزایش داشته است. موارد فوق در نقاط دیگری از کشور نیز گزارش شده است. به عنوان مثال در پژوهشی مربوط به دشت ابهر به منظور بررسی کمیت منابع آب زیرزمینی نشان داده شد که سطح آب زیرزمینی به دلیل وقوع خشکسالی و برداشت بی‌رویه با حدود ۱۵/۷ متر افت همراه بوده است (عبدی نژاد، ۱۳۸۹).

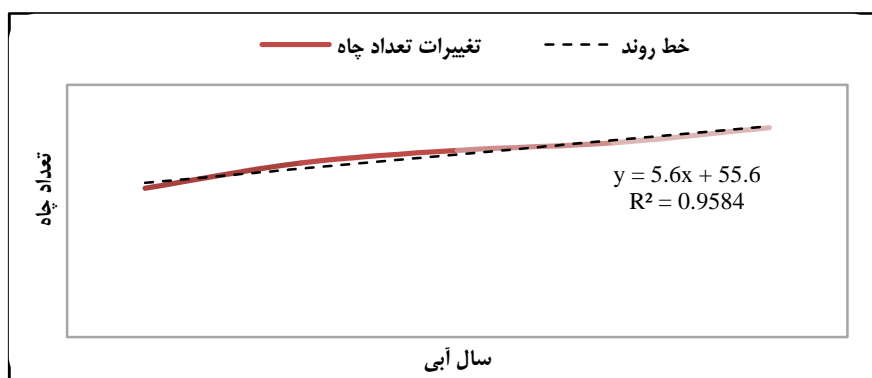
همانطور که مشاهده می‌گردد به جز دشت قیروکارزین که تغییرات محسوسی در مقدار EC و SAR نسبت به زمان در این دشت مشاهده نمی‌شود، در بقیه دشت‌ها روند افزایشی حداقل یکی از شاخص‌های کیفی مذکور را شاهد هستیم. مقدار EC در دشت‌های فراشبند، خنج، مهر، لامرد و لار در سال ۱۳۸۸ نسبت به سال ۱۳۸۴ به ترتیب ۵۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۱۰۰ و ۲۵۰ درصد افزایش نشان می‌دهد. این روند آینده نگران کننده‌ای برای کیفیت آب زیرزمینی منطقه متصور می‌کند. مقدار SAR برای سال ۱۳۸۸ نسبت به سال ۱۳۸۴ در دشت‌های فراشبند، خنج و لار به ترتیب ۶۶/۷، ۳۳/۳ و ۲۲ درصد افزایش داشته است در حالی که برای دشت‌های دیگر تغییرات محسوس نبود. از دلایل عمده این افت کیفیت می‌توان به کاهش نزولات جوی و وقوع خشکسالی، روند افزایشی برداشت از آب زیرزمینی و به تبع آن افت سطح آب زیرزمینی اشاره نمود. در این راستا، مقادیر بارش و نوسانات سطح ایستابی در طول سال‌های



شکل ۶- نوسانات سطح ایستابی در طول دوره آماری برای دشت لار



شکل ۵- مقادیر بارش در طول دوره آماری برای دشت لار



شکل ۷- روند تغییرات بهره‌برداری از چاه‌های عمیق و نیمه عمیق دشت‌های جنوبی استان فارس

کیفی در دشت‌های جنوبی استان فارس، ابتدا تحلیل نیم تغییرنمای مدل کریجینگ برای هر کدام از پارامترهای مورد مطالعه انجام گرفت. پس از رسم نیم تغییرنما با استفاده از نرم‌افزار GS^+ بر اساس ضریب همبستگی و درصد واریانس تصادفی بودن ساختار که از نسبت واریانس تصادفی بدون ساختار به سقف نیم تغییرنما به دست می‌آید، مدل مناسب تعیین شد. بر این اساس مناسب‌ترین نیم تغییرنما جهت هر کدام از شاخص‌های کیفی با توجه به بیشترین ضریب همبستگی و کمترین درصد واریانس تصادفی بدون ساختار تعیین و در جدول ۲ نشان داده شده است. پس از تعیین نیم تغییرنمای مناسب و استخراج مولفه‌های تغییرپذیری، اطلاعات وارد محیط GIS گردید و بر اساس مدل کریجینگ نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه گردید. نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای کیفی منطقه مورد مطالعه در شکل‌های ۸ تا ۱۳ نشان داده شده است.

به منظور بررسی وضعیت کیفی منابع آب زیرزمینی دشت‌های مورد مطالعه از دیدگاه آبیاری، طبقه‌بندی کیفی با توجه به مقادیر متوسط پارامترهای EC و SAR در هر سال و بر اساس طبقه‌بندی ویلکوکس انجام شد (جدول ۱). با توجه به نتایج، به جز دشت قیروکارزین که وضعیت کیفی آب از نظر آبیاری در حد متوسط قرار دارد، در بقیه موارد کیفیت آب زیرزمینی برای آبیاری مناسب نیست. این مسئله با توجه به اینکه منبع عمده آب آبیاری در استان فارس، آب زیرزمینی است، به ویژه زمانی که روش‌های آبیاری تحت فشار مورد استفاده قرار گیرد، نگرانی‌های بیشتری را به لحاظ فنی و اقتصادی به دنبال خواهد داشت.

پهنه‌بندی و تحلیل‌های زمین آماری

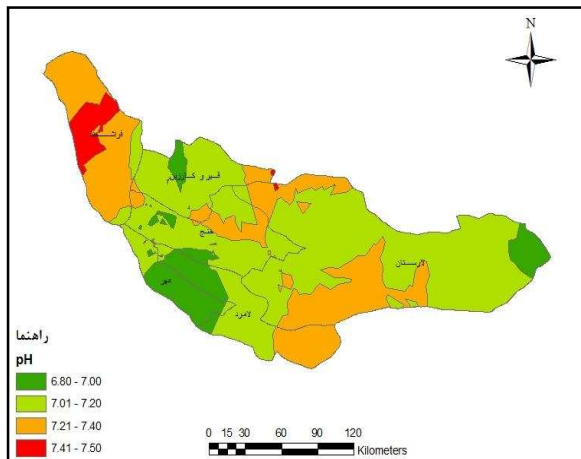
به منظور پهنه‌بندی و بررسی روند تغییرات مکانی پارامترهای

جدول ۱- مقادیر پارامترهای کیفی و طبقه بندی کیفیت آب زیرزمینی در دشت‌های مورد مطالعه در دوره زمانی سال‌های ۸۵-۸۴ تا ۸۹-۸۸

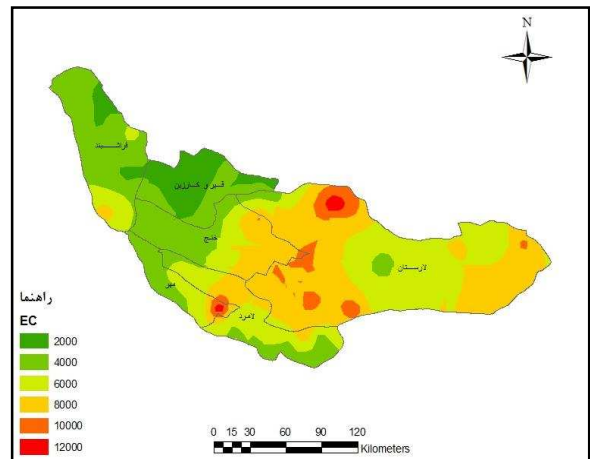
نام دشت	زمان	EC	SAR	رده کیفیت آب	کیفیت آب آبیاری
فراشوند	84	2289.95	2.82	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
	85	3067.20	0.69	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
	86	3181.11	5.04	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
	87	4085.89	7.06	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
	88	3492.75	4.89	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
فیروزکوه	84	2076.98	1.52	C3-S1	کیفیت آب برای آبیاری در حد متوسط است
	85	1642.01	0.41	C3-S1	کیفیت آب برای آبیاری در حد متوسط است
	86	1646.53	1.72	C3-S1	کیفیت آب برای آبیاری در حد متوسط است
	87	1739.82	1.48	C3-S1	کیفیت آب برای آبیاری در حد متوسط است
	88	1760.35	1.95	C3-S1	کیفیت آب برای آبیاری در حد متوسط است
سج	84	2431.49	5.59	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
	85	5166.75	5.65	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
	86	5662.33	8.33	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
	87	4721.40	5.35	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
	88	5250.17	7.69	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
مهر	84	1829.03	6.28	C3-S1	کیفیت آب برای آبیاری در حد متوسط است
	85	5323.11	5.41	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
	86	5650.89	2.62	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
	87	5255.11	4.82	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
	88	5853.89	6.30	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
لاورد	84	1979.14	5.54	C3-S1	کیفیت آب برای آبیاری در حد متوسط است
	85	6109.20	5.64	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
	86	6685.60	1.19	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
	87	5838.20	5.92	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
	88	4204.50	3.35	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
چ	84	1966.38	8.81	C3-S1	کیفیت آب برای آبیاری در حد متوسط است
	85	6217.28	8.65	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
	86	6027.50	4.89	C4-S1	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
	87	6833.47	11.26	C4-S2	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست
	88	7208.63	11.06	C4-S2	کیفیت آب برای آبیاری مناسب نیست

جدول ۲- مدل بهینه نیم تغییرنا جهت شاخص‌های کیفی مورد مطالعه

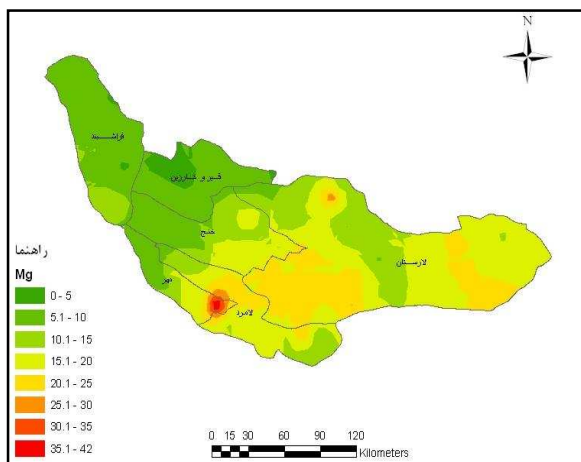
نام پارامتر	نیم تغییر نمای مناسب
EC	نمایی
pH	نمایی
Na	نمایی
Mg	نمایی
Cl	نمایی
SAR	کروی



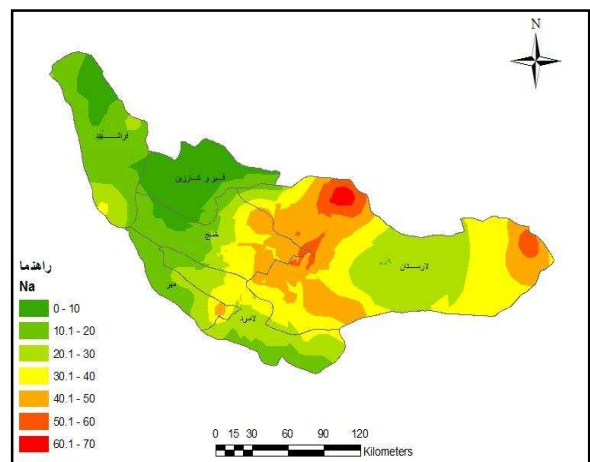
شکل ۹- نقشه تغییرات pH در دشت‌های جنوبی استان فارس



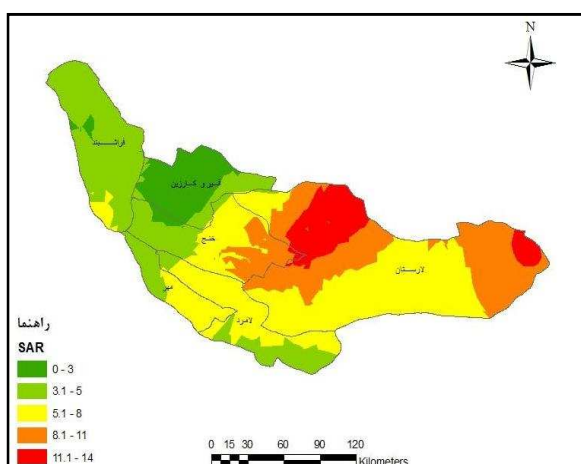
شکل ۸- نقشه تغییرات هدایت الکتریکی (EC) در دشت‌های جنوبی استان فارس



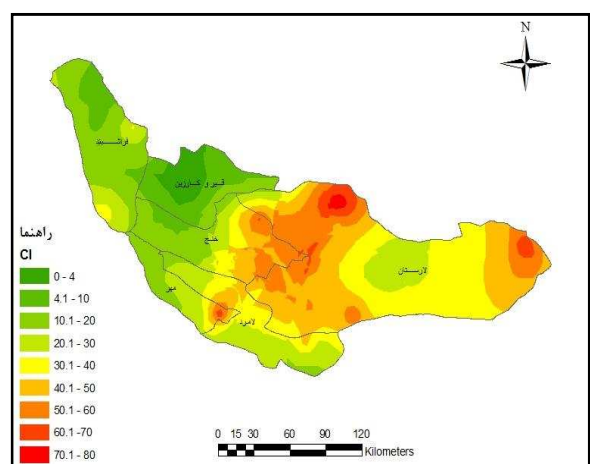
شکل ۱۱- نقشه تغییرات غلظت منیزیم (Mg) در دشت‌های جنوبی استان فارس



شکل ۱۰- نقشه تغییرات غلظت سدیم (Na) در دشت‌های جنوبی استان فارس



شکل ۱۳- نقشه تغییرات نسبت جذب سدیم (SAR) در دشت‌های جنوبی استان فارس



شکل ۱۲- نقشه تغییرات غلظت کلراید (Cl) در دشت‌های جنوبی استان فارس

صفر تا ۵ میلی اکی والان بر لیتر عنوان شده است (Ayers & Westcot, 1994). بر این اساس و با توجه به شکل ۱۱ فقط بخش کوچکی از آب زیرزمینی منطقه در دشت قیروکارزین دارای محدوده غلظت قابل قبول است و بقیه قسمت‌های منطقه به ویژه دشت‌های لار، لامرد و خنج از این حیث در وضعیت بحرانی قرار دارند.

- **غلظت کلراید:** غلظت مجاز این عنصر در آب آبیاری کمتر از ۱۰ میلی اکی والان بر لیتر و در آبیاری بارانی کمتر از ۳ میلی اکی والان بر لیتر توصیه شده است (Ayers & Westcot, 1994). بنابراین مطابق شکل ۱۲ فقط منابع آب زیرزمینی در بخش‌هایی از دشت‌های قیروکارزین و فرشبند در محدوده مجاز از نظر غلظت کلر در آب آبیاری قرار دارند و از نظر استفاده از سیستم آبیاری بارانی با منبع آب زیرزمینی فقط بخشی از دشت قیروکارزین قابل توصیه است.
- **نسبت جذب سدیمی:** با توجه به شکل ۱۳ شرایط بحرانی از نظر SAR به طور عمده در منابع آب زیرزمینی دشت لار و با شدت کمتر در بخش‌هایی از دشت خنج، لامرد و مهر قابل مشاهده است.

نتیجه‌گیری

افت کیفیت آب آبیاری سبب ایجاد نگرانی و بروز صدمات به کشاورزی پایدار می‌گردد. بر این اساس پایش کیفی منابع آب آبیاری از اهمیت خاصی برخوردار است. در این پژوهش پایش تغییرات زمانی شاخص‌های EC و SAR در منابع آب زیرزمینی دشت‌های جنوبی استان فارس نشان داد که به جز دشت قیروکارزین، مقدار EC در بقیه دشت‌ها در طول سال‌های مورد مطالعه بین ۵۰ تا ۲۵۰ درصد افزایش داشته است. این افزایش برای SAR بین ۲۲ تا ۶۶/۷ درصد به دست آمد. نتایج طبقه‌بندی کیفی منابع آب زیرزمینی دشت‌های منطقه نیز در بیشتر موارد بیانگر نامناسب بودن این منابع جهت آبیاری اراضی است. از این رو شرایط کنونی کیفیت منابع آب زیرزمینی جهت آبیاری، بحرانی است و با ادامه این روند شرایط آینده کاملاً نگران کننده خواهد بود. بررسی‌های مشابهی در خصوص کیفیت منابع آب زیرزمینی در برخی مناطق کشور مانند حوضه دریاچه ارومیه (رستمی،

با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی و با تکیه بر جداول طبقه‌بندی کیفیت آب آبیاری ارائه شده توسط فائو (Ayers & Westcot, 1994)، تحلیل مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت‌های مورد مطالعه را به تفکیک پارامترهای کیفی، می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

- **هدایت الکتریکی:** از نظر EC و با توجه به شکل ۸، منابع آب زیرزمینی در نیمه شمال غربی منطقه مورد مطالعه شامل دشت‌های قیروکارزین، فرشبند و بخشی از دشت‌های خنج و مهر در شرایط مناسب تا متوسط جهت آبیاری قرار دارند. بخش عمده دشت لار و قسمت‌های وسیعی از دشت‌های خنج و لامرد از این نظر در شرایط بحرانی قرار دارند.
- **اسیدیته:** با توجه به شکل ۹ در بخش وسیعی از منطقه مقدار pH آب زیرزمینی بین ۶/۸ تا ۷/۲ یعنی حدود اسیدیته خنثی در نوسان است. در بقیه قسمت‌های منطقه مقدار pH به سمت قلیائیت میل می‌کند و در بخشی از دشت فرشبند به حداکثر خود یعنی حدود ۷/۵ می‌رسد.
- **غلظت سدیم:** از نظر اثر غلظت سدیم بر نفوذپذیری خاک، و بر اساس شکل ۱۰ فقط بخش‌هایی از منابع آب زیرزمینی دشت لار و فقط بخش کوچکی از دشت خنج دارای غلظت سدیم بالای ۴۰ میلی اکی والان بوده و در صورت استفاده جهت آب آبیاری می‌تواند بر نفوذپذیری خاک تاثیرگذار باشد. از نظر اثر سمیت یون سدیم با توجه به غلظت مجاز ۹ میلی اکی والان در آبیاری سطحی (Ayers & Westcot, 1994)، فقط منابع آب زیرزمینی دشت قیروکارزین و بخشی از دشت فرشبند در این محدوده قرار می‌گیرند. بنابراین برای بقیه مناطق در صورتی که آب زیرزمینی تنها منبع تأمین آب آبیاری باشد، بروز مشکل سمیت یون سدیم دور از انتظار نیست. در صورت استفاده از سیستم آبیاری بارانی و با توجه به تماس مستقیم آب با برگ‌های گیاه مقدار مجاز یون سدیم در آب آبیاری به ۳ میلی اکی والان کاهش می‌یابد (Ayers & Westcot, 1994). بر این اساس به نظر می‌رسد برای کل منطقه مورد مطالعه در صورت استفاده از سیستم آبیاری بارانی با منبع آب زیرزمینی، اثر سمیت یون سدیم قابل انتظار است و با افزایش غلظت سدیم تشدید خواهد شد.
- **غلظت منیزیم:** غلظت قابل قبول این عنصر در آب آبیاری بین

چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران.

رستمی، ر. ۱۳۸۹. بررسی جنبه‌های زیست محیطی استفاده از آب بر روی دریاچه ارومیه با استفاده از GIS و RS. چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست دانشگاه تهران، تهران.

عبدی نژاد، پ. ۱۳۸۹. بررسی کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت ابهر. چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران.

علیزاده، ا. ۱۳۷۷. کیفیت آب در آبیاری. انتشارات دانشگاه امام رضا.

غفوری کسبی، م.، بانژاد، ح. و سبزی پرور، ع. ا. ۱۳۸۹. بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت ملایر با استفاده از GIS با تاکید بر مصارف کشاورزی. چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران.

قهرودی تالی، م. ۱۳۸۴. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در محیط سه بعدی (GIS سه بعدی در ArcGIS). انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تربیت معلم.

کلانتری، ن. ۱۳۸۰. ارزیابی کیفیت آب رودخانه مارون. مجموعه مقالات بیستمین گردهمایی علوم زمین، تهران.

مدنی، ح. ۱۳۶۹. زمین آمار (ترجمه). انتشارات صنعت فولاد.

هاشمی نژاد، ه. و کریمی، ا. ۱۳۸۵. بررسی افت کیفیت آب‌های زیرزمینی در واحدهای هیدرولوژیکی نجف‌آباد و اصفهان. اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری بهینه از منابع آب حوزه‌های کارون و زاینده‌رود، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد.

Ayers, R. S. and Westcot, D. W. 1994. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Papers, NO. 29.

Bos, M.G., Kselik, R. A. L., Allen, R. G. and Molden, D. J. 2009. Water Requirements for Irrigation and the Environment. Springer.

Hudak, P. F. 1999. Chloride and nitrate distributions in the Hickory Aquifer, Central Texas, USA. Environment International. 25(4): 393-401.

۱۳۸۹) و دشت ابهر (عبدی نژاد، ۱۳۸۹) انجام شده و نتایج بیانگر شرایط بحرانی این منابع جهت استفاده در سیستم‌های آبیاری است. به منظور پایش مکانی کیفیت منابع آب زیرزمینی منطقه، پهنه‌بندی شاخص‌های کیفی نیز برای دشت‌های مورد مطالعه انجام شد. در فرآیند پهنه‌بندی، مدل بهینه نیم‌تغییرنما جهت پارامترهای EC، Na، Mg، Cl و pH مدل نمایی و برای SAR مدل کروی به دست آمد. بر اساس نتایج حاصل از پهنه‌بندی، پراکنش مکانی پارامترهای سدیم، کلراید، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم حاکی از بحرانی بودن وضعیت آب زیرزمینی جهت آبیاری در دشت‌های لار، لامرد و بخش وسیعی از دشت‌های خنج و مهر است و البته بخش‌های باقیمانده دشت‌های خنج و مهر و نیز دشت فراشبند در مرز بحران قرار دارند. استفاده از سیستم آبیاری بارانی، در صورت امکان ارتقاء کیفیت آب آبیاری با استفاده از روش تلفیق منابع سطحی و زیرزمینی، فقط در بخشی از دشت قیروکارزین قابل توصیه است. در صورت استمرار روند بهره‌برداری کنونی، با توجه به وجود شرایط بحرانی در منطقه و به منظور حفظ آبخوان و جلوگیری از وضعیت نابسامان کیفی، بایستی مدیریت بهره‌برداری بهینه جایگزین مدیریت کنونی شود. در این راستا به طور کلی استفاده از راهکارهای حفاظتی جهت تغذیه آبخوان، استفاده از تلفیق منابع آب سطحی و زیرزمینی جهت آبیاری، اعمال الگوهای کشت مناسب با توجه به نیاز آبی پایین و سازگار با اقلیم منطقه و همچنین سعی در افزایش راندمان آبیاری پیشنهاد می‌شود.

مراجع

ابراهیمی، پ. ۱۳۸۰. بررسی و ارزیابی مدیریت عرضه و تقاضای آب شرب در شرایط خشکسالی اصفهان. مجله آب و محیط زیست، شماره‌های ۴۸ و ۴۹، ص ۸۹ تا ۹۸.

حسنی پاک، ع. ا. ۱۳۷۷. زمین آمار (ژئواستاتستیک)، انتشارات دانشگاه تهران.

دلبری، م.، ادغانی، آ.، شیفته صومعه، ب. و میرعمادی، س. ر. ۱۳۸۹. بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی استان تهران جهت مصارف شرب و کشاورزی با استفاده از روشهای زمین آماری.

- western Nile delta. *Water Resources Management*. 19(5): 585-604.
- Pirmoradian, N., Rezaei, M., Davatgar, N., Tajdari, K. and Abolpour, B. 2010. Comparing of interpolation methods in rice cultivation vulnerability mapping due to groundwater quality in Guilan, north of Iran. *International Conference on Environmental Engineering and Applications (ICEEA)*. Sep. 10 – 12. Singapore.
- Rama Krishna, R. M. N., Janardhana, R. Y., Venkatararami, R. and Reddy, T. V. K. 2000. Water resources development and management in the Cuddaph District. *India Environmental Geology*. Pp: 3-9.
- Hudak, P. F. 2000. Regional trends in nitrate content of Texas groundwater. *Journal of Hydrology*. 228, 37–47.
- Hudak, P. F. 2001. Water hardness and sodium trends in Texas Aquifers. *Environmental Monitoring and Assessment*. 68, 177–185.
- Hudak, P. F. and Sanmanee, S. 2003. Spatial patterns of nitrate, chloride, sulfate, and fluoride concentrations in the Woodbine Aquifer of North-Central Texas. *Environmental Monitoring and Assessment*. 82, 311–320.
- Mohamed, D., Darwish, M. and El-Kady, M. 2005. GIS-Based groundwater management model for

Temporal and Spatial Monitoring of Ground Water Quality in Southern Plains of Fars Province to Use in Irrigation Systems

N. Pirmoradian^{1*}, K. Hejazi Jahromi², S.Amir Shamsnia³ and N. Shahidi⁴

Abstract

Groundwater is considered as one of the most important sources for supplying various usages of water, containing agriculture, drinking and industry. In this study, the southern plains of Fars province were selected to temporal and spatial monitoring of groundwater quality. For plains of Farashband, Ghirokarzin, Lar, Lamerd, Mohr and Khonj the 83 wells were selected and the variations of groundwater quality in period of 2006 to 2010 using qualitative indices such as EC, SAR, pH, Cl, Na and Mg was investigated. The temporal monitoring showed an increase in EC and SAR by 50 to 250% and 22 to 66.7%, respectively, due to the decrease of rainfall, drought occurrence and groundwater over-use. Due to the mapping results, the spatial variations of qualitative indices showed that the groundwater quality in Lar, Lamerd, Khonj and Mohr plains is at the critical conditions. Therefore, using of pressurized irrigation systems need to consider of managing plan.

Keywords: Geostatistics, Groundwater Quality, Irrigation Systems

Received: July-8-2014

Accepted: November-1-2014

1-Assistant Professor of Water Engineering Department, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran. (*Corresponding author: npirmorad@yahoo.com)

2- Post Graduate Student of Irrigation and Drainage and Member of Young Researcher's Club, Shiraz Branch, Islamic Azad University; Email address: Karim_hejazi@yahoo.com

3-Department of Water Engineering, Shiraz Branch, Islamic Azad University; Email address: ashamsnia_82@yahoo.com

4-Post Graduate Student of Water Resource Engineering and Member of Young Researcher's Club, Shiraz Branch, Islamic Azad University; Email address: Shahidi_naeem@yahoo.com