بررسی تغییرات کیفی و کمی منابع آب زیرزمینی دشت شیراز

سعید کریمی*[۱]، کاکا شاهدی[۲]، محمود حبیب نژاد[۳] و محمدرضا اشرافی[۴]

۱) کارشناسی ارشد، گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۲) استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۳) دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۴) کارشناس ارشد اداره آب منطقه‌ای استان فارس، ایران.

*** نویسنده مسئول:saeidkarimi050@gmail.com**

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۸/۰۶ **تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۲۷**

چکیده

شناخت آب از نظر کمیت، کیفیت و چگونگی حصول آن قدمی اساسی برای بهینه‌سازی مصرف است. با توجه به هیدروگراف واحد دشت شیراز در دوره آماری ۹۰-۱۳۷۲ سطح آب زیرزمینی دارای سیر نزولی بوده که به طور کلی سطح آب زیرزمینی ۵/۹۸ متر افت داشته است. همزمان با افت کمی آبخوان، کیفیت آبخوان نیز در دوره مورد مطالعه کاهش یافته است. این نتیجه در بررسی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از آزمون من-کندال تأیید می‌شود. بر اساس طبقه‌بندی آب آبیاری طبق روش ویلکوکس در حال حاضر آبخوان دشت در دو کلاس C3S1 و C4S1 قرار می‌گیرد که دارای آب شور و خیلی شور است. بر اساس طبقه‌بندی شولر نیز در حال حاضر دشت دارای آب در کلاس قابل قبول و نامناسب می‌باشد. همچنین، نتایج بررسی همبستگی نشان داد که سطح آب زیرزمینی با بهره‌برداری و عوامل کیفیت آب، دارای همبستگی معنی‌دار منفی در سطح احتمال ۹۹ درصد است و با بارش همبستگی معنی‌داری ندارد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌برداری، آزمون من-کندال، کمیت، کیفیت و دشت شیراز.

مقدمه

اهمیت آب آنقدر زیاد است که بحث در مورد آن بسیار بدیهی و در عین حال فوق‌العاده مهم می‌باشد. مهدوی (۱۳۸۱) آب‌کره را شامل اقیانوس‌ها، دریاها، یخ‌های قطبی و یخچال‌های کوهستانی، رودخانه‌ها، آب‌های زیرزمینی، بخار اتمسفر، رطوبت خاک و به‌طور کلی تمامی آب‌هایی می‌داند که به شکل‌های مختلف در کره زمین و اتمسفر آن وجود دارد. ارزیابی-های حال حاضر نشان می‌دهد که حجم کل آب‌های سطح زمین $۱/۴\times۱۰^{۹}$ کیلومتر مکعب است که ۹۷/۳ درصد از آن را آب دریا و اقیانوس تشکیل می‌دهد. تنها ۲/۷ درصد از این حجم آب شیرین است که ۷۷/۲ درصد از آن در کلاهک‌های یخی و یخچال ذخیره شده است. ۲۲/۴۰ درصد از آن را آب زیرزمینی و رطوبت خاک، ۰/۳۵ درصد در مرداب‌ها و دریاچه-ها، ۰/۰۴ درصد در اتمسفر و کم‌تر از ۰/۰۱ درصد در آبراهه‌ها جریان دارد (Bisevas and Globo, 1979). در اغلب نقاط جهان، منابع آب زیرزمینی از جمله مهم‌ترین منابع تأمین آب شرب و کشاورزی می‌باشد و منابع آب زیرزمینی به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک بسیار با اهمیت هستند (مهدوی، ۱۳۸۱). طبق نظر Roux و همکاران (۲۰۰۷) شناخت آب از نظر کیفیت و چگونگی حصول آن قدمی اساسی برای بهینه‌سازی مصرف است. ساداتی (۲۰۰۰) اشاره دارد که آب-های زیرزمینی به‌دلیل ارتباط هیدروژئولوژی با دیگر منابع آبی همواره در معرض آلودگی با روند تخریبی است. با توجه به محدود بودن منابع آب زیرزمینی و افزایش نیاز آبی جوامع بشری، ذخیره این آب‌ها رو به کاهش می‌باشد.

بر اساس تحقیقات (Almeida *et al.*, 2007) به همراه (Kumar *et al.*, ۲۰۰۷) آب‌های آلوده در آبیاری مزارع به لحاظ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی متفاوت و آثار گوناگونی در خاک‌های کشاورزی ایجاد می‌کند. به‌عنوان نمونه هر چه مقدار سدیم در آب بالاتر باشد، آب کیفیت پایین‌تری برای کشاورزی خواهد داشت. بنابراین از لحاظ کشاورزی افزایش مقدار سدیم نسبت به عناصر کلسیم و منیزیم موجب پراکندگی ذرات خاک، کاهش نفوذپذیری و قابلیت زهکشی آن می-شود. بر اساس تحقیقات قاسمی (۱۳۸۹) و صداقت (۱۳۷۲) و Fetter (۱۹۸۸) معیارهای گوناگونی مانند دیاگرام ویلکوکس و پی‌پر برای ارزیابی کیفی آب پیشنهاد شده است. از جمله مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به Fetouani و همکاران (۲۰۰۸)، Wanda و همکاران (۲۰۱۱)، جعفرزاده حقیقی‌فرد و همکاران (۱۳۸۴) و رحمانی (۱۳۸۹) اشاره کرد. در سال‌های اخیر پدیده خشکسالی باعث کاهش شدید آب‌های سطحی در کشور شده و استفاده از آب‌های زیرزمینی افزایش یافته است. این امر علاوه بر افت شدید سطح آب در سفره‌های زیرزمینی موجبات تغییر کیفیت منابع آب زیرزمینی را فراهم نموده است. لذا جهت استمرار و یا توسعه بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی برای انواع مصارف و اهداف مختلف، ضرورت دارد که اطلاعات کافی از مجموعه ویژگی‌های کمی و کیفی آبخوان مورد نظر جمع‌آوری، ذخیره، تجزیه و

تحلیل و نتیجه‌گیری شود. برای رسیدن به این هدف، بررسی روند تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی برای هر دشت ضروری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهر شیراز، مرکز استان فارس بر روی مدار ۲۹ درجه و ۳۷ دقیقه و۳۰ ثانیه عرض شمالی و نصف‌النهار ۵۲ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی قرار دارد. محدوده مورد مطالعه بخشی از حوزه آبخیز دریاچه مهارلو می‌باشد، مساحت این محدوده ۱۴۲۸ کیلومترمربع که ۸۳۹ کیلومترمربع آن را مناطق مرتفع و ۵۸۹ کیلومترمربع آن را دشت تشکیل می‌دهد. میانگین بارندگی سالیانه دشت ۳۷۸/۴ میلی‌متر و ارتفاع متوسط دشت ۱۵۴۰ متر است.

آزمون من-کندال

این روش ابتدا توسط Man (۱۹۴۵) ارائه، سپس توسط Kendall (۱۹۷۵) بسط و توسعه یافت. Turgay و Ercan (۲۰۰۵) این روش را به طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به‌کار گرفته‌اند. Younger و Casey (۲۰۰۳) نقاط قوت این روش را، مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی بیان نموده که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند و اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌شود نیز از مزایای دیگر آن است. فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. مراحل محاسبه آماره این آزمون در زیر توضیح داده شده است.

الف) محاسبه اختلاف بین مشاهدات با همدیگر و اعمال تابع و استخراج پارامتر S به شرح زیر:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} sgn(x_j - x_k)$$

رابطه ۱:

که n تعداد مشاهدات سری، x_j و x_k به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری می‌باشند. تابع علامت هم به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$\text{sgn:} \begin{cases} +1 \text{ if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 \text{ if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 \text{ if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

رابطه ۲:

ب) محاسبه واریانس توسط یکی از روابط زیر:

رابطه ۳: $Var = \frac{n(n-1)(2n+5)-\sum_{i=1}^{m} t(t-1)(2t+5)}{18} \quad if: n > 10$

رابطه ۴: $Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad if: n \leq 10$

که n تعداد داده‌های مشاهده‌ای و m معرف تعداد سری‌هایی است که در آنها حداقل یک داده تکراری وجود دارد. t نیز بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان است.

ج) استخراج آماره Z به کمک یکی از روابط زیر:

رابطه ۵: $sgn: \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{Var(s)}} \; if \; S > 0 \\ 0 \qquad\quad if \;\; S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} \; if \; S < 0 \end{cases}$

در یک آزمون دو دامنه جهت روندیابی سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد:

رابطه ۶: $|Z| = Z_{a/2}$

که α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می شود و Zα آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی-دار α می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از α/2 استفاده شده است. در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در بر گرفته می‌شود.

تحلیل عاملی

تحلیل عاملی به بررسی مهم‌ترین عوامل در روند تغییرکیفیت آب از میان متغییرهای موجود می‌پردازد. عمده‌ترین هدف استفاده از تحلیل عاملی کاهش حجم داده‌ها و تعیین بهترین متغیرهای موثر در شکل‌گیری پدیده هاست. برای اجرای روش تحلیل عاملی و به‌دست آوردن مهم‌ترین عامل از نرم افزار SPSS استفاده شد.

ترسیم نمودارها و نقشه‌های مربوطه

از آمار برداشت شده توسط اداره آب منطقه‌ای فارس برای محاسبه پارامترهای کیفی در سطوح سفره آب زیرزمینی دشت شیراز به‌منظور ترسیم نقشه‌های کیفی (ایزوشیمیایی) و کمی (هیدروگراف) مربوطه در هر سال و با استفاده از نرم-افزار ArcGIS مورد استفاده قرار گرفت.

روش طبقه‌بندی ویلکوکس

این روش کاربردی‌ترین روش برای طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی درمطالعات هیدرولوژی است. در این روش دو پارامتر شوری آب EC و نسبت جذبی سدیم SAR استفاده شده و برای هر یک محدوده‌هایی تعریف شده است. حروف C

نشان دهنده شوری و حروف S نشان دهنده قلیائیت هستند که مقادیر یک، دو، سه و چهار به‌ترتیب نشان دهنده کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد می‌باشند (جدول ۱).

جدول ۱: کیفیت و کلاس آب براساس طبقه‌بندی ویلکوکس

ردیف	نوع کیفیت آب برای کشاورزی	کلاس آب
۱	شیرین و برای کشاورزی کاملا بی‌ضرر	C1S1
۲	کمی شور و برای کشاورزی تقریبا نامناسب	C2S1, C2S2, C2S1
۳	شور و برای کشاورزی با تمهیدات مناسب	C1S3, C2S3, C3S1, C3S2, C3S3
۴	خیلی شور و مضر برای کشاورزی	C1S4, C2S4, C3S4, C4S4, C4S3, C4S2, C4S1

پایش خشکسالی

با توجه به این که در این مطالعه یکی از اهداف، بررسی اثر کاهش بارندگی و بروز خشکسالی بر کمیت و کیفیت آب زیرزمینی است اقدام به پایش خشکسالی شده است. بعد از جمع‌آوری داده‌های بارندگی دوره آماری ۴۵ ساله (۹۰-۱۳۴۵) ایستگاه سینوپتیک شهر شیراز شاخص SPI برآورد شد. همبستگی بین متغیرها نیز به روش آماری مورد بررسی قرار گرفت.

روش طبقه بندی شولر

در مطالعات هیدرولوژی برای طبقه‌بندی آب از نظر شرب معمولاً از روش شولر استفاده می‌گردد (شمسایی، ۱۳۷۶). در این روش برای هر یک از مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌ها و نیز درجه سختی آب و غیره، اعداد آستانه جداگانه‌ای در نظر گرفته شده است که با تعیین آنها در آزمایشگاه و طبقه‌بندی آنها در این روش می‌توان به درجه تناسب آن برای شرب پی‌برد (مهدوی، ۱۳۸۱). جدول ۲ نشان‌دهنده‌ی حدود آستانه برای پارامترهای مورد نظر است.

جدول ۲: پارامترهای کیفیت و کلاس آب بر اساس طبقه‌بندی شولر

ردیف	رده	TDS mg/l	TH $mg/lCaco_3$	Na^+ mg/l	Cl^- mg/l	So_4^{2-} mg/l
۱	خوب	<۵۰۰	<۲۵۰	<۱۱۵	<۱۷۵	<۱۴۵
۲	قابل قبول	۵۰۰-۱۰۰۰	۲۵۰-۵۰۰	۱۱۵-۲۳۰	۱۷۵-۳۵۰	۱۴۵-۲۸۰
۳	نامناسب	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۲۳۰-۴۶۰	۳۵۰-۷۰۰	۲۸۰-۵۸۰
۴	بد	۲۰۰۰-۴۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۴۶۰-۹۲۰	۷۰۰-۱۴۰۰	۵۸۰-۱۱۵۰
۵	استفاده در شرایط اضطراری	۴۰۰۰-۸۰۰۰	۲۰۰۰-۴۰۰۰	۹۲۰-۱۸۰۰	۱۴۰۰-۲۸۰۰	۱۱۵۰-۲۲۴۰
۶	غیر قابل استفاده	>۸۰۰۰	>۴۰۰۰	>۱۸۴۰	>۲۸۰۰	>۲۲۴۰

نتایج و بحث

نتایج تحلیل عاملی

با توجه به تعداد متغیرهای کیفی، سعی شده متغیرهایی انتخاب شوند که بیش‌تر تغییرات کیفیت آب از مجموعه پارامترها را نشان دهند. بر این اساس از تحلیل عاملی استفاده شد. با توجه به جدول ۳ که نتایج تحلیل عاملی چاه‌ها را نشان می‌دهد، تنها دو عامل اول دارای مقادیر بزرگ‌تر از یک می‌باشند و بر اساس این دو عامل مجموعا ۷۸/۹۰۸ درصد از واریانس داده‌ها توجیه می‌شود. به‌طوری که به‌ترتیب ۷۰/۰۳۰ و ۸/۸۷۷ درصد از واریانس توسط عامل‌های یک و دو توجیه می‌شوند.

جدول ۳: نتایج حاصل از تحلیل عاملی برای تعیین مهمترین عامل کیفی در چاه‌ها در دشت شیراز

	مقدار اولیه			مجموع مربعات مولفه‌های نهایی		
مؤلفه	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی
۱	۹/۸۰۴	۷۰/۰۳۰	۷۰/۰۳۰	۹/۸۰۴	۷۰/۰۳۰	۷۰/۰۳۰
۲	۱/۲۴۳	۸/۸۷۷	۷۸/۹۰۸	۱/۲۴۳	۸/۸۷۷	۷۸/۹۰۸
۳	۰/۹۶۱	۶/۸۶۳	۸۵/۷۷۱			
۴	۰/۸۶۵	۶/۱۷۸	۹۱/۹۴۹			
۵	۰/۴۶۵	۳/۳۲۱	۹۵/۲۶۹			
۶	۰/۲۱۲	۱/۵۱۴	۹۶/۷۸۳			
۷	۰/۱۵۱	۱/۰۷۷	۹۷/۸۶۰			
۸	۰/۱۰۹	۰/۷۷۹	۹۸/۶۴۰			
۹	۰/۰۸۷	۰/۶۱۹	۹۹/۲۵۹			
۱۰	۰/۰۴۵	۰/۳۲۴	۹۹/۵۸۳			
۱۱	۰/۰۳۴	۰/۲۴۵	۹۹/۸۲۸			
۱۲	۰/۰۲۴	۰/۱۷۲	۱۰۰/۰۰۰			
۱۳	۲/۷۲۸ E-۱۲	۱/۹۴۹ E-۱۱	۱۰۰/۰۰۰			
۱۴	۲/۵۴۹ E-۱۳	۱/۸۲۰ E-۱۲	۱۰۰/۰۰۰			

برای تعیین دو عامل اثرگزار در جدول ۳ از ماتریس دورانی واریماکس استفاده شده است. بیش‌ترین بار وزنی (۰/۹۷۶) برای عامل اول مربوط به پارامتر کاتیون است، لذا این پارامتر به عنوان اولین پارامتری که بیش‌ترین تغییرات کیفیت آب چاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد، در نظر گرفته شده است. و به همین ترتیب بیش‌ترین بار وزنی مربوط به پارامتر سختی‌کل (۰/۷۸۱-) می‌باشد. بنابراین دو عامل کاتیون و سختی‌کل مهم‌ترین پارامترهایی هستند که تغییرات کیفیت آب را نشان می‌دهند. نتایج آزمون من-کندال که برای عوامل کیفیت آب زیرزمینی در دوره آماری ۱۱ ساله (از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰) برای کلیه چاه‌ها و ۱۴ پارامتر مورد مطالعه، محاسبه شد. سپس معنی داری این آماره در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد مورد آزمون قرار گرفت. که با توجه به نتایج تحلیل عاملی تنها نتایج عوامل مهم کاتیون و سختی‌کل در این قسمت آورده می‌شود. عامل کاتیون در ۱۳ برداشت دارای روند معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است یعنی در ۳۱ درصد از برداشت‌ها دارای روند معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند و در ۱۸ برداشت در سطح اطمینان ۹۹ درصد

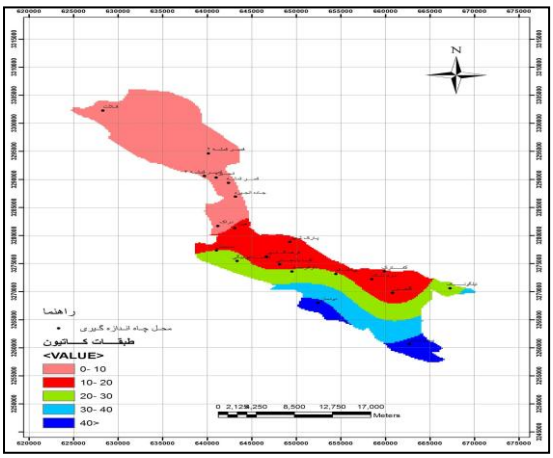
دارای روند است، یعنی ۴۳ درصد از برداشت‌ها در سطح اطمینان ۹۹ درصد دارای روند هستند. عامل سختی‌کل در ۱۴ برداشت دارای روند معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است یعنی در ۳۳ درصد از برداشت‌ها دارای روند معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند و در ۱۶ برداشت در سطح اطمینان ۹۹ درصد دارای روند است یعنی ۳۸ درصد از برداشت‌ها در سطح اطمینان ۹۹ درصد دارای روند هستند.

تهیه نقشه‌های هم‌مقدار

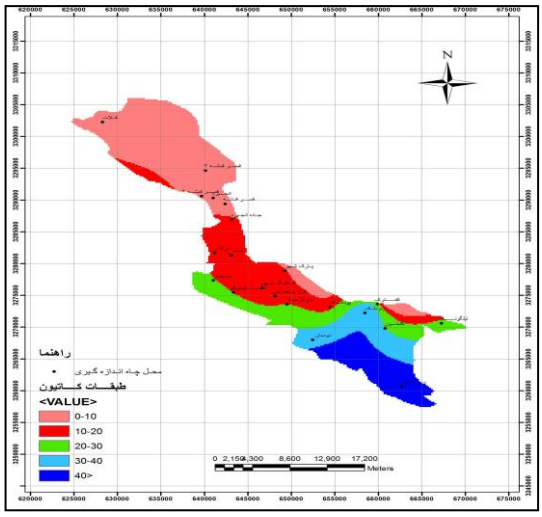
برای تهیه نقشه‌های هم‌مقدار از نرم افزار ArcGIS استفاده شد. اما در این مطالعه برای بررسی روند تغییرات کیفیت منابع آب زیرزمینی از ۱۴ پارامتر مؤثر در کیفیت آب استفاده شد که برای تهیه نقشه‌های هم‌مقدار دو پارامتر مهم کاتیون و سختی‌کل مورد بررسی قرار گرفتند و نقشه‌های آن‌ها در دو فصل بهار و پاییز تهیه شد که نتایج مربوط به این دو پارامتر در فصل بهار در زیر آمده است.

نقشه هم‌مقدار و میزان تغییرات کاتیون در فصل بهار

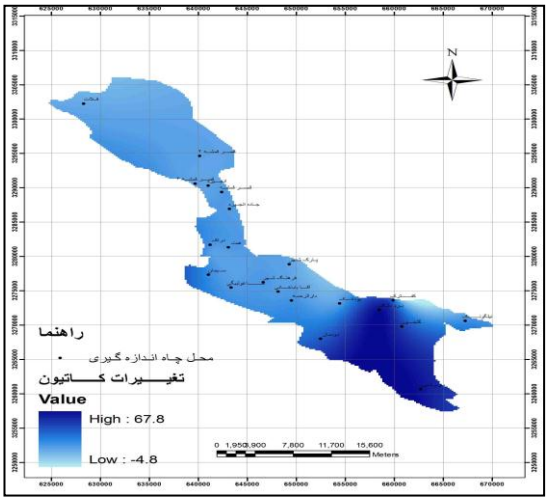
در نقشه سال ۱۳۸۰ منحنی‌ها به‌صورت موازی‌اند که کم‌ترین مقدار کاتیون در شمال دشت به مقدار ۳/۰۷ میلی-اکی‌والان در لیتر است و بیش‌ترین مقدار کاتیون در جنوب دشت و با مقدار ۵۸/۲۲ میلی‌اکی‌والان در لیتر می‌باشد. در سال ۱۳۹۰ و پایان دوره مورد مطالعه تجمع کاتیون در قسمت جنوبی و با مقدار ۷۸ میلی‌اکی‌والان در لیتر و کم‌ترین مقدار آن در شمال با مقدار ۵/۶ میلی‌اکی‌والان در لیتر می‌باشد. سپس اقدام به تهیه نقشه مقدار تغییرات کاتیون طی دوره مورد مطالعه ۹۰-۱۳۸۰ شد تا بدین طریق میزان تغییرات کاتیون مشخص شود. که در طی سال‌های ۹۰-۱۳۸۰ بیش‌ترین میزان افزایش کاتیون در جنوب دشت و با مقدار ۶۷/۸ میلی‌اکی والان در لیتر و در قسمت جنوب شرقی دشت با کاهش ۴/۶ میلی‌اکی والان در لیتر در مقدار کاتیون مواجه بوده است.



شکل ۱: ایزوکاتیون بهار سال ۱۳۸۰



شکل ۲: ایزوکاتیون بهار سال ۱۳۹۰

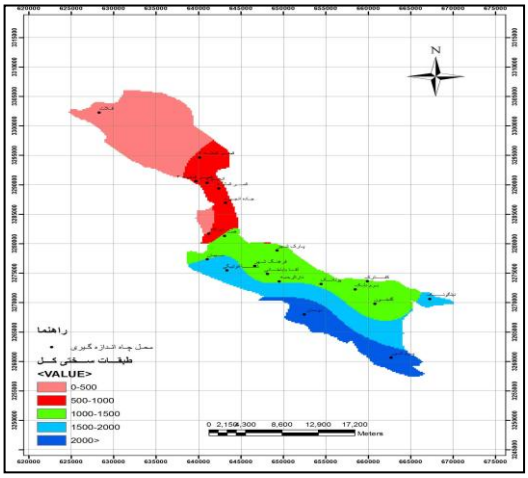


شکل ۳: تغییرات کاتیون بهاره از سال۹۰-۱۳۸۰

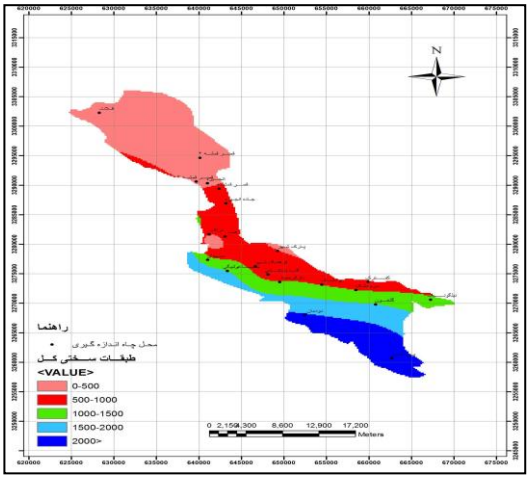
نقشه هم مقدار و میزان تغییرات سختی‌کل در فصل بهار

در نقشه سال ۱۳۸۰ منحنی‌ها به‌صورت موازی‌اند که کم‌ترین مقدار سختی کل در شمال و بخشی از قسمت‌های مرکزی دشت به مقدار۱۴۰ میلی‌گرم در لیتر است و بیش‌ترین مقدار سختی کل در جنوب دشت و با مقدار ۲۰۰۴ میلی-گرم در لیتر می‌باشد. در سال ۱۳۹۰ تجمع سختی کل در قسمت جنوبی و با مقدار ۲۴۰۲ میلی‌گرم در لیتر و کم‌ترین مقدار آن در شمال دشت و با مقدار ۱۶۸ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. سپس اقدام به تهیه نقشه مقدار تغییرات سختی کل طی دوره مورد مطالعه ۹۰-۱۳۸۰ شد تا بدین طریق میزان تغییرات سختی کل مشخص شود. که در طی سال‌های۹۰-

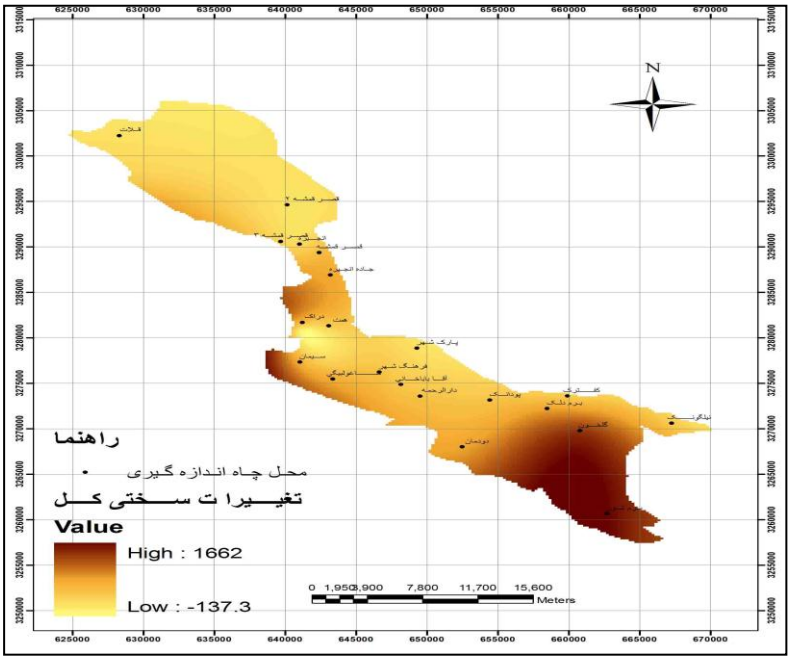
۱۳۸۰ بیش‌ترین میزان افزایش سختی کل در جنوب دشت و با مقدار تقریبی ۱۶۶۲ میلی‌گرم در لیتر و در قسمت مرکزی دشت با کاهش تقریبی ۱۳۷ میلی‌گرم در لیتر در مقدار سختی کل است.



شکل ۴: هم‌مقدار سختی‌کل بهار سال ۱۳۸۰



شکل ۵: هم‌مقدار سختی‌کل بهار سال ۱۳۹۰



شکل ۶: تغییرات سختی کل بهاره از سال۹۰-۱۳۸۰

روش ویلکوکس

با استفاده از آستانه‌های طبقه‌بندی ویلکوکس، دشت شیراز از منظر پارامترهای کیفی مهم برای آبیاری کشاورزی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و دیاگرام آن‌ها رسم شد.

جدول ۴: درصد هر یک از کلاس های طبقه‌بندی ویلکوکس در دشت شیراز

سال آماری	C4				C3				C2				C1			
	S4	S3	S2	S1	S4	S3	S2	S1	S4	S3	S2	S1	S4	S3	S2	S1
۱۳۸۰	۰	۰	۰	۹/۶	۰	۰	۰	۶۱/۸	۰	۰	۰	۲۸/۶	۰	۰	۰	۰
۱۳۸۵	۰	۰	۰	۱۹	۰	۰	۰	۶۶/۷	۰	۰	۰	۱۴/۳	۰	۰	۰	۰
۱۳۹۰	۰	۰	۰	۴۳	۰	۰	۰	۵۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

با توجه به این دو جدول بیش‌تر درصد کلاس در کل دوره مورد مطالعه مربوط به کلاس های C3S1 و C4S1 و C2S1 می‌باشد که در سال‌های پایانی دوره صد درصد کیفیت چاه‌ها در دو C3S1 و C4S1 کلاس قرار می‌گیرند و همان-طور که بر می‌آید کیفیت در طی دوره وضعیت نزولی داشته است.

جدول ۵: درصد هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی شولر در دشت شیراز

ردیف	طبقه بندی آب	سال	TDS mg/l		TH mg/lCaco$_3$		Na mg/l		Cl mg/l		So$_4$ mg/l	
			بهار	پاییز	بهار	پاییز	بهار	پاییز	بهار	پاییز	بهار	پاییز
۱	خوب	۱۳۸۰	۳۳	۲۸/۵	۲۸/۵	۲۸/۵	۸۱	۷۱	۸۱	۷۵/۸	۴۸	۳۴
		۱۳۸۵	۲۴	۱۴/۴	۱۴	۱۴	۷۱	۶۶	۷۱	۴۳	۳۸	۱۹
		۱۳۹۰	۲۴	۹/۶	۹/۲	۱۰	۵۲	۳۸/۸	۴۸	۳۸	۲۸/۶	۱۴/۲
۲	قابل قبول	۱۳۸۰	۳۸	۳۳	۳۸	۳۳	۹/۴	۱۹	۴/۸	۱۴/۲	۱۹	۲۸
		۱۳۸۵	۳۳	۴۳	۲۴	۲۴	۵	۱۹	۱۴	۳۷/۸	۱۹	۱۹
		۱۳۹۰	۲۸/۵	۲۸/۵	۱۹	۱۹	۹/۶	۴۲	۱۴	۳۸	۱۴/۳	۱۴
۳	نامناسب	۱۳۸۰	۱۹	۲۴	۱۹	۲۴	۴/۸	۰	۹/۴	۰	۱۹	۱۹
		۱۳۸۵	۲۸/۴	۳۳	۴۳	۴۸	۱۹	۵	۱۰	۹/۶	۲۸/۶	۴۳
		۱۳۹۰	۲۴	۳۸	۴۸	۴۱	۲۴	۹/۶	۲۸/۴	۱۴/۳	۳۸	۴۳
۴	بد	۱۳۸۰	۱۰	۱۴/۵	۱۴/۵	۱۴/۵	۴/۸	۱۰	۴/۸	۱۰	۱۴	۱۹
		۱۳۸۵	۹/۸	۴/۸	۱۴/۲	۱۴	۵	۱۰	۰	۴/۸	۹/۶	۱۹
		۱۳۹۰	۹/۵	۱۹/۱	۱۹	۳۰	۹/۶	۹/۶	۴/۸	۰	۱۴/۳	۲۴
۵	استفاده درشرایط اضطراری	۱۳۸۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
		۱۳۸۵	۴/۸	۴/۸	۴/۸	۰	۰	۰	۵	۴/۸	۴/۸	۰
		۱۳۹۰	۱۴	۴/۸	۴/۸	۰	۴/۸	۰	۴/۸	۹/۷	۴/۸	۴/۸
۶	غیر قابل استفاده	۱۳۸۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
		۱۳۸۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
		۱۳۹۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

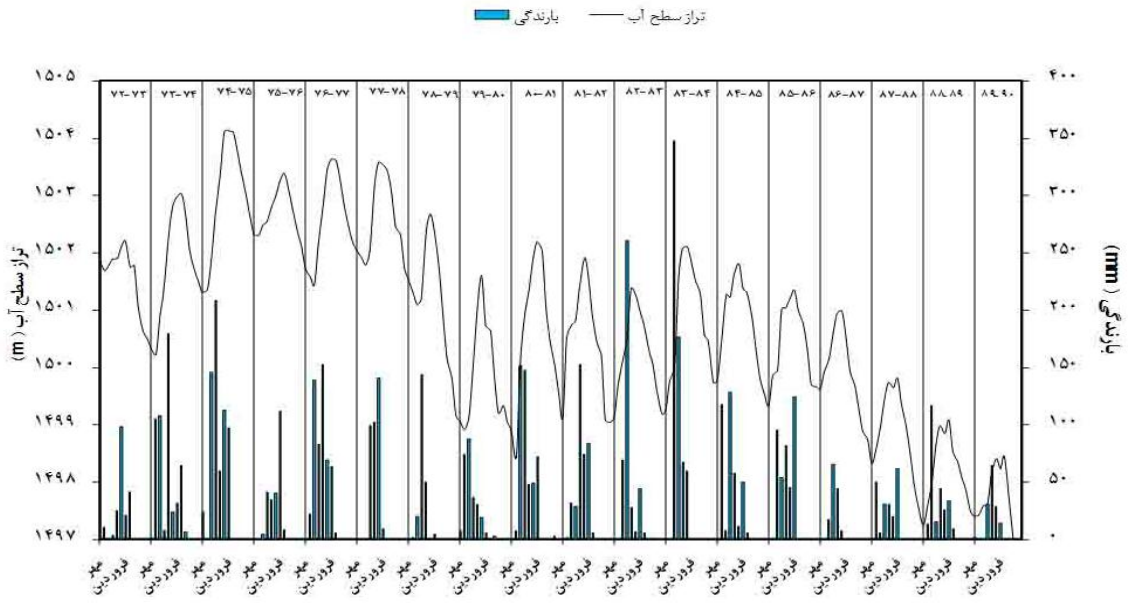
روش شولر

بر اساس جدول طبقه‌بندی شولر پنج پارامتر برای طبقه‌بندی آب شرب در نظر گرفته شده است. که این طبقه‌بندی در ابتدا، میانه و انتهای دوره و در دو فصل بهار و پاییز انجام گرفت. همان‌طور که از این جداول برمی‌آید کیفیت آب از منظر

طبقه‌بندی شولر بهبود نیافته و روند نزولی داشته است. در سال‌های ابتدایی دوره مورد مطالعه بیش‌تر کلاس‌ها در طبقه خوب و قابل قبول است اما در سال‌های انتهایی درصد کلاس خوب و قابل قبول کاهش یافته و در کلاس نامناسب و بد قرار گرفته‌اند.

رسم هیدروگراف واحد دشت شیراز

برای رسم هیدروگراف واحد دشت ابتدا داده‌های سطح آب زیرزمینی به‌صورت ماهانه از آب منطقه‌ای فارس اخذ شد. سپس در محیط Excel پایه زمانی مشترک تعیین شد. برای رسم هیدروگراف واحد سالانه در محیط نرم‌افزار GIS میانگین هر سال آماری برای کل دشت به روش تیسن محاسبه شد در نهایت هیدروگراف واحد سالانه توسط داده‌های به دست آمده رسم شد. برای به‌دست آوردن این هیدروگراف واحد از داده‌های ۲۹ چاه در بین سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۰ استفاده شد.



شکل ۷: هیدروگراف واحد دشت شیراز

با توجه به هیدروگراف واحد دشت شیراز می‌توان گفت که سطح آب زیرزمینی در دشت از یک روند خاص پیروی می‌کند به شکلی که سطح آب زیرزمینی در ابتدای دوره (شهریور ۱۳۷۲) تا انتهای دوره (شهریور ۱۳۹۰) ۵/۹۸ متر افت داشته است. بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی: طبق آماری که از اداره آب منطقه‌ای استان فارس دریافت شد نشان داد که موقعیت اغلب چاه‌ها در دشت واقع شده و با بررسی اطلاعات حاصل از مراجعات آماری به تحولات بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی منطقه پی‌برد. در جدول ۶ تعداد چاه‌ها در بین سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۰ نشان داده شده است.

جدول ۶: سوابق آماری بهره‌برداری آز آب زیرزمینی در دشت شیراز

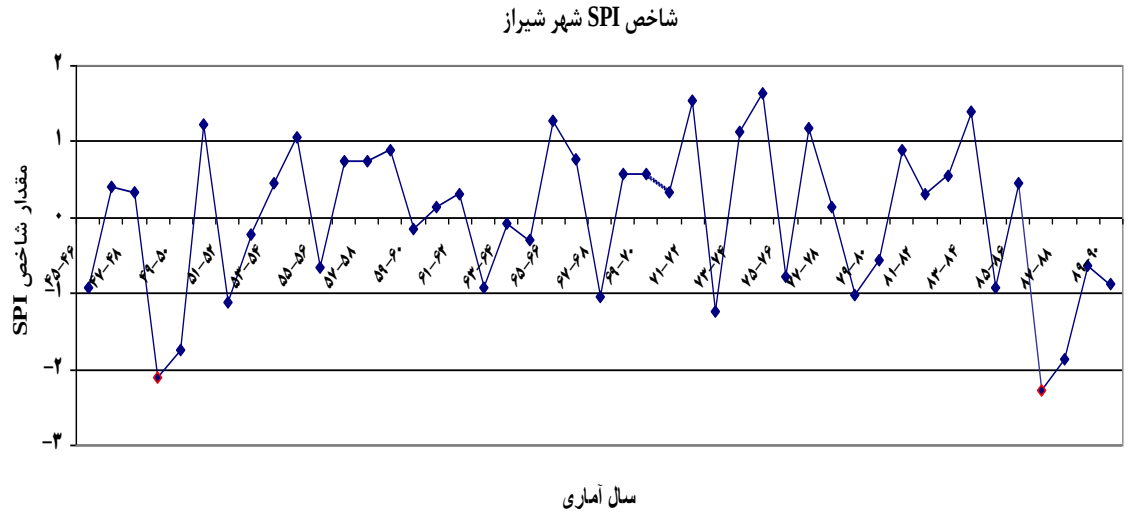
ردیف	سال آماربرداری	تعداد چاه	تخلیه چاه (میلیون متر مکعب)
۱	۱۳۶۰	۵۶۱	۴۸/۲
۲	۱۳۶۵	۸۰۳	۶۸/۹
۳	۱۳۷۰	۱۰۸۳	۹۶/۵
۴	۱۳۷۵	۱۲۶۶	۱۲۶/۸
۵	۱۳۸۰	۱۶۳۸	۱۴۶/۶
۶	۱۳۸۵	۱۸۲۵	۱۶۱/۷
۷	۱۳۹۰	۱۹۷۰	۱۷۲/۸۵

بررسی همبستگی بین متغیرها

همبستگی بین پارامترهای کمی شامل تراز سطح آب و میزان بهره‌برداری در یک پایه زمانی مشترک بررسی شد که نتایج آن در جدول ۸ آورده شده است. با توجه به این جدول بین تراز سطح آب و میزان بهره‌برداری ارتباط منفی و معنی-دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد دیده می‌شود بین تراز سطح آب و کاتیون و سختی‌کل نیز همبستگی منفی معنی‌دار به ثبت رسیده است.

نتایج پایش خشکسالی

نتایج حاصل از پایش خشکسالی با استفاده از شاخص SPI را در (جدول ۶) مشاهده می‌کنید.



شکل ۸: پایش خشکسالی با استفاده از شاخص SPI

جدول ۷: طبقه‌بندی شاخص SPI و درصد وقوع در هر طبقه از خشکسالی

ردیف	مقدار شاخص SPI	طبقه‌بندی خشکسالی	درصد وقوع
۱	۲ و بیشتر از ان	به شدت مرطوب	۰
۲	۱/۵ تا ۱/۹۹	خیلی مرطوب	۴/۴
۳	۱ تا ۱/۴۹	نسبتا مرطوب	۱۳/۳
۴	۰/۹۹- تا ۰/۹۹	نرمال	۶۲/۵
۵	۱- تا ۱/۴۹-	نسبتا خشک	۱۱
۶	۱/۵- تا ۱/۹۹-	خیلی خشک	۴/۴
۷	۲- و کمتر	به شدت خشک	۴/۴

جدول ۸: نتایج همبستگی بین متغیرها

ردیف	متغییر ها	بررسی آماری	تراز سطح آب	بارندگی	میزان بهره-برداری	سختی‌کل	کاتیون
۱	تراز سطح آب	همبستگی	۱	۰/۵۸۵	-۰/۸۲۸	-۰/۹۳۹	-۰/۹۴۴
		سطح معنی‌داری		۰/۰۵۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
		تعداد	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱
۲	بارندگی	همبستگی	۰/۵۸۵	۱	-۰/۴۹۵	-۰/۵۲۳	-۰/۵۰۹
		سطح معنی‌داری	۰/۰۵۹		۰/۱۲۲	۰/۰۹۹	۰/۱۱۰
		تعداد	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱
۳	میزان بهره برداری	همبستگی	-۰/۸۲۸	-۰/۴۹۵	۱	۰/۹۰۸	۰/۹۴۱
		سطح معنی‌داری	۰/۰۰۲	۰/۱۲۲		۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
		تعداد	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱
۴	سختی کل	همبستگی	-۰/۹۳۹	-۰/۵۲۳	۰/۹۰۸	۱	۰/۹۸۳
		سطح معنی‌داری	۰/۰۰۰	۰/۰۹۹	۰/۰۰۰		۰/۰۰۰
		تعداد	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱
۵	کاتیون	همبستگی	-۰/۹۴۴	-۰/۵۰۹	۰/۹۴۱	۰/۹۸۳	۱
		سطح معنی‌داری	۰/۰۰۰	۰/۱۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	
		تعداد	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱

نتایج حاصل از آزمون من-کندال نشان داد که عوامل کیفی در دشت هر کدام در چند چاه دارای روند هستند، البته نکته مهم و قابل توجه این است که همه آن‌ها بجز عامل اسیدیته دارای روند مثبت هستند، یعنی در طی دوره مورد مطالعه (۱۳۹۰-۱۳۸۰) کیفیت آب زیرزمینی در دشت شیراز دارای روند نزولی بوده است. در این مطالعه عوامل کیفی زیادی بررسی شد (۱۴ عامل) و بررسی هر یک از آن‌ها به صورت جداگانه موجب می‌شود که تعیین روند کلی دشت دشوار شود، لذا برای حل این مشکل از روش آماری تحلیل عاملی استفاده شد که بر اساس نتایج آن دو عامل کاتیون و سختی کل به عنوان مهم‌ترین عوامل معرفی شدند. چاه‌هایی که در سطوح اطمینان، وجود روند را نشان داده‌اند اغلب روندی مثبت دارند، یعنی در طول دوره مورد مطالعه مقدار کاتیون و سختی‌کل آب بیش‌تر شده است و در کل می‌توان گفت که کیفیت آب دارای روند نزولی بوده است. در بررسی تمامی نقشه‌های حاصل از بررسی عوامل کیفی این موضوع مشخص شد که از

شمال دشت به سمت جنوب دشت که به دریاچه نمک منتهی می‌شود بر میزان املاح افزوده می‌شود که دلیل آن را می-توان در اثر سازندها و تشکیلات زمین‌شناسی، اثر آب شور دریاچه، افزایش میزان بهره‌برداری و اثر کاهش بارندگی طی سال‌های اخیر دانست. صادقی و همکاران (۱۳۸۵)، Ettazarini (۲۰۰۶)، رهنما و همکاران (۱۳۸۸) و رحمانی و همکاران (۱۳۸۹) سازندها و تشکیلات زمین‌شناسی را عاملی اثرگزار بر کیفیت آب زیرزمینی دانستند. بر اساس نتایج حاصل از دیاگرام ویلکوکس در ابتدای دوره مورد مطالعه بیشتر دشت در سه کلاس C2S1، C3S1 و C4S1 قرار گرفته‌اند. اما در میان دوره مورد مطالعه از درصد کلاس C2S1 کاسته شده و به کلاس‌های C3S و C4S1 افزوده می‌شود و به همین شکل تا پایان دوره ادامه می‌یابد تا اینکه سهم دو کلاس C3S1 و C4S1 به ۹۰/۴ درصد می‌رسد. در حالی که در ابتدای دوره سهم این دو کلاس ۷۱/۴ درصد بوده است که بیانگر این است که کیفیت آب در طی این دوره مورد مطالعه روند نزولی داشته است. صادقی و همکاران (۱۳۸۵)، رهنما و همکاران (۱۳۸۸)، قاسمی و همکاران (۱۳۸۹)، رحمانی و همکاران (۱۳۸۹) و Wanda و همکاران (۲۰۱۱) بر اساس روش ویلکوکس آب آبیاری را برای منطقه مورد مطالعه خود طبقه‌بندی کردند که روند نزولی در کیفیت آب در مطالعات آنان نیز مشاهده شد. نتایج حاصل از دیاگرام شولر بیانگر این واقعیت است که در ابتدای دوره بیش‌تر کلاس دشت در طبقه خوب تا قابل قبول و کمتر در طبقه نامناسب و بد قرار می‌گیرند و در پایان دوره بیش‌تر در کلاس بد قرار می‌گیرند که نشان از کاهش کیفیت آب زیرزمینی در دشت شیراز دارد. جعفرزاده‌حقیقی (۱۳۸۴)، صادقی و همکاران (۱۳۸۵)، رهنما و همکاران (۱۳۸۸)، قاسمی و همکاران (۱۳۸۹) و رحمانی و همکاران (۱۳۸۹) بر اساس روش شولر آب را از نظر شرب برای منطقه مورد مطالعه خود طبقه‌بندی کردند که روند نزولی در کیفیت آب در مطالعات آنان نیز مشاهده شد. بررسی‌های حاصل از هیدروگراف دشت نشان داد که تراز سطح آب دارای یک افت محسوسی بوده است، بدین ترتیب که از سال ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۰ حدود ۵/۹۸ متر افت در تراز سطح آب در سطح دشت به وقوع پیوسته که این یافته با نتایج زحمتکش و همکاران (۱۳۸۰)، زهتابیان و همکاران (۱۳۸۱)، صادقی و همکاران (۱۳۸۵)، رهنما و همکاران (۱۳۸۸) و قاسمی و همکاران (۱۳۸۹) مطابقت داشته و با نتایج رحمانی و همکاران (۱۳۸۹) مغایرت دارد. از دلایل افت در سطح آب زیرزمینی در دشت شیراز می‌توان به افزایش بهره‌برداری در سال‌های اخیر اشاره کرد، که طبق آماری که از اداره آب منطقه‌ای شیراز اخذ شده است میزان استفاده از آب زیرزمینی در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۶۰ تقریباً ۴ برابر شده است که بدون تردید این میزان زیاد بهره‌برداری موجب افت سطح آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه شده است. با توجه به بررسی همبستگی بین بهره‌برداری و تراز سطح آب زیرزمینی یک همبستگی معنی‌دار منفی در سطح اطمینان ۹۹ درصد وجود دارد که این بدان معناست که تراز سطح آب با میزان بهره-برداری در ارتباط است و با افزایش بهره‌برداری در تراز سطح آب زیرزمینی افت مشاهده می‌شود. تراز سطح آب با کاتیون و

سختی کل نیز همین نتیجه را دارد که با افزایش افت سطح آب زیرزمینی، کیفیت آب کاهش می‌یابد. زهتابیان و همکاران (۱۳۸۱)، محمدی و همکاران (۱۳۸۲)، جعفرزاده‌حقیقی (۱۳۸۴) و Panda و همکاران (۲۰۰۷) اثر بهره‌برداری را بر افت سطح آب مؤثر دانسته‌اند که با مطالعه حاضر مطابقت داشته است. پایش خشکسالی در منطقه مورد مطالعه (جدول ۶) حاکی از این است که در طی دوره آماری مورد استفاده به‌منظور مطالعه کیفیت آب زیرزمینی، می‌توان شاهد وقوع هفت سال نرمال، یک سال مرطوب، یک سال نسبتاً خشک، یک سال خیلی خشک و یک سال به شدت خشک بود. علاوه بر این، شدیدترین خشکسالی با مقدار شاخص SPI معادل ۲/۳۳- در سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ رخ داده است. البته به این نکته نیز باید اشاره داشت که میانگین بارندگی در دشت شیراز ۳۷۸/۴ میلی‌متر است که در طی دوره مورد مطالعه در سال‌های آبی ۸۱-۱۳۸۰ تا ۸۴-۱۳۸۳ (۳ سال آبی) میزان بارندگی منطقه از میانگین بارندگی بیش‌تر بوده است و در بقیه سال‌های آبی از میانگین بارندگی پایین‌تر بوده است. قابل توضیح است که ریزش‌های جوی یکی از منابع تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی است (مهدوی، ۱۳۸۱) لذا کاهش در میزان نزولات جوی و در پی آن وقوع خشکسالی موجبات افت در سطح آب زیرزمینی در دشت شیراز را به وجود می‌آورد. سایر نتایج نشان داد که بین بارندگی و تراز سطح آب زیرزمینی یک همبستگی مثبت وجود داشته (جدول ۷)، اما این همبستگی در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد معنی‌دار نیست و این بدان معناست که تراز سطح آب فقط به بارندگی وابسته نیست و از عوامل متعددی اثر می‌پذیرد. در نتایج زحمتکش و همکاران (۱۳۸۰) و محمدی و شمسی پور (۱۳۸۲) و پاندا (۲۰۰۷) نیز خشکسالی را به‌عنوان عاملی مهم در افت سطح آب زیرزمینی معرفی کرده‌اند.

نتیجه گیری

کمیت و کیفیت آب زیرزمینی در دشت شیراز از سمت بالادست به سمت پایین‌دست دشت (ساحل دریاچه نمک) کاسته می‌شود که این نشان‌دهنده افزایش بهره‌برداری، کاهش تغذیه و اثر آب شور دریاچه نمک است، که اغلب کاهش کمیت آب زیرزمینی با تخریب کیفیت آن همراه است. به‌طور کلی، با توجه به نتایج تحقیق انجام شده مشخص شد که وضعیت کمی و کیفی آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه در حال نزول می‌باشد و هرچه به سمت جلوتر پیش می‌رویم سیر نزولی موجود و آسیب‌پذیری آبخوان‌ها افزایش یافته و با کاهش و افت بیش‌تری از سطح تراز آب‌های زیرزمینی مواجه خواهیم بود. لذا با توجه به شرایط موجود، به یک برنامه‌ریزی دقیق و مدیریت صحیح در جهت کنترل و بهبود شرایط نیاز بوده که برخی از این راهکارها در قالب پیشنهادات زیر ارائه شده است:

- مدیریت در بهره‌برداری از آب زیرزمینی (توجه به میزان برداشت و میزان تغذیه).

- مدیریت و برنامه‌ریزی در استفاده از آب‌های زیرزمینی استحصالی از طریق بازنگری در شیوه مصرف (اصلاح الگوی مصرف) و نگاه ویژه به آبیاری اراضی کشاورزی و استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری.

- ارائه طرح‌های مفید و راهکارهای مناسب به منظور تغذیه آب‌های زیرزمینی از طریق جمع‌آوری و نفوذ نزولات جوی که از آن جمله می‌توان به اجرای عملیات‌های بیولوژیکی و مکانیکی در منطقه مورد مطالعه، نظیر پخش سیلاب و ایجاد آب‌بندان اشاره نمود.

- اصلاح الگوی کشت در اراضی کشاورزی و جایگزینی محصولات زراعی دارای نیاز آبی بالا با محصولاتی که نیاز آبی پائینی داشته که این امر در نهایت می‌تواند منجر به کاهش بهره‌برداری از آبخوان‌های موجود شود.

- جلوگیری از ایجاد و حفر چاه‌های بدون مجوز و غیر مجاز در منطقه مورد مطالعه و محدود نمودن صدور پروانه و مجوز حفر چاه.

منابع

جعفرزاده‌حقیقی فرد، ن.، حسنی، ح.، زین‌الدینی میمند، ع. و حسینی، ع. (۱۳۸۴). بررسی اثرات بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی انار کرمان بر کیفیت آب زیرزمینی آب منطقه با استفاده از نمودارهای تشخیص کیفیت. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۲۴، ص‌ص ۸۶-۷۷.

رحمانی، ا. (۱۳۸۹). بررسی روند تغییرات کیفی منابع آب زیرزمینی مطالعه موردی دشت قائم شهر-جویبار، استان مازندران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

رهنما، ه. (۱۳۸۸). بررسی روند تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی مطالعه موردی دشت جوین، استان خراسان رضوی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی ساری، ۱۳۹ ص.

زحمتکش، ق.، علوی پناه، خ. و زهتابیان، غ. (۱۳۸۰). مطالعه نوسانات سفره‌های آب زیرزمینی کم عمق حاشیه پلایا (مطالعه موردی سمنان)، مجله بیابان، ۶ (۲)، ص‌ص ۳۲-۱۵.

زهتابیان، غ.، خلیل پور، ا. و جعفری، م. (۱۳۸۱). تخریب آبخوانه در اثر بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیر زمینی (مطالعه موردی دشت قنوات قم)، مجله بیابان، ۷ (۲)، ص‌ص ۱۱۹-۹۹.

ساداتی، س. و انصاری، ژ. (۱۳۷۹). تاثیر پدیده خشکسالی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی مطالعه موردی دشت اراک، چکیده مقالات دومین کنفرانس ملی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی، دانشگاه کرمان.

صادقی، س. (۱۳۸۵). بررسی وضعیت آب‌های زیرزمینی پیرامون کویر مغان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی ساری.

صداقت، م. (۱۳۷۲). زمین و منابع آب (آب‌های زیرزمینی). انتشارات دانشگاه پیام نور. تهران.

قاسمی، ع. (۱۳۸۹). بررسی تغییرات کمی و کیفی آبخوان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴ (۵)، ص‌ص ۲۸-۱۵.

محمدی، ح. و شمسی پور، ع. ا. (۱۳۸۲). تاثیر خشکسالی‌های اخیر در افت منابع آبی زیرزمینی دشت های شمال همدان، مجله پژوهش های جغرافیایی، ۴۵، ص‌ص ۱۳۰-۱۱۵.

مهدوی، م. (۱۳۸۱). هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

Almeida, C., Quintar, S. and Gonzalez, P. (2007). Assessment of Irrigation Water Qquality. A Proposal of a Quality Profile. Environ. Monit. Assess. 15(3), pp: 56-67.

Ettazarini S. (2006). Mapping of Ground Water Quality in the Turonian Aquifer of Qum Er-Rabia Basin, Morocco: a case study. Environmental Geology. 50 (3), pp: 323-330.

Fetouani, **S., Vanclooster, M. and Bendra, B. (2008).** Assessing ground water quality in the irrigated Plain of Triffa (North-east Morocco). Agricultural Water Management. 9, pp: 133-140.

Fetter, C. (1988). Applied Hydrology. Macmillan Pub. New York, pp: 43-87.

Kumar, M., Kumari, K. and Ramantadan, A.L. (2007). A Comparative Evaluation of Groundwater Suitability for Irrigation and Drinking Purposes in two Intensively Cultivated Districts of Punjab, India, Environ. Geolo. 53(3), pp: 553-574.

Panda, **D.K., Mishra, A.**, **Jena, S.K.**, **James, B.K. and Kumar, A. (2007).** the Influence of Drought and Anthropogenic Effects on Ground Water Levels in Orissa, India, Hydrology. 343, pp: 140-153.

Roux, P., Preez, C.C. and Strydo, M.G. (2007). Significance of Soil Modifiers in Naturally Degraded Vertisols of the Peninsular Indian in Redefining the Sodic Soils. Geoderma. 136(12), pp: 210-228.

Serrano, A., Mateosm, V.L. and Garsia, J.L. (1999). Trend Analysis of Monthly Precipitation over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995. Phys. Chem.24 (1), pp: 85-90.

Turgay, P. and Ercan, k. (2005). Trend Analysis in Turkish Precipitation Data. Physics and Chemistry of the Earth. 98, pp: 165-187.

Wanda, E., Monjerezi, M. and Mwatseteza, F. (2011). Hydro-Geochemical Appraisal of Groundwater Quality from Weathered Basement Aquifers in Northern Malawi. Physics and Chemistry of the Earth. 127, pp: 102-117.

Younger, P. and Casey, V. (2003). A Simple Method for Determining the Suitability of Brackish Ground Waters for Irrigation. Water lines. 22(2), pp: 11-13.

Yidana, S., Yakubo, B. and Akabzaa, T. (2010). Analysis of Groundwater Quality Using Multivariate and Spatial Analysesin the Keta Basin, Ghana. African Earth Sciences. 58, pp: 220-234.