اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۳، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۵، ص ۵۱۶-۵۰۵

ارزیابی تغییرات مکانی و پهنه‌بندی کیفیت آب شرب و کشاورزی با استفاده از تکنیک زمین‌آمار و GIS

عبدالرسول زارعی[۱] و محمدجواد امیری[۲*]

۱. استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فسا

۲. استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فسا

(تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۰۹/۰۱؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۵/۱۰/۰۱)

چکیده

خصوصیات کیفی آب زیرزمینی ازجمله مؤلفه‌هایی است که ضرورت توجه به آن در برنامه‌ریزی‌های مدیریت منابع آب بسیار پراهمیت است. در این مطالعه تغییرات الگوی مکانی کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب (برمبنای روش شولر) و کشاورزی (برمبنای روش ویل‌کاکس) در دشت فسا برمبنای داده‌های سالانه (۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲) بررسی شد. در این تحقیق اقدام به پهنه‌بندی پارامترهای مؤثر در هریک از روش‌های طبقه‌بندی کیفیت آب با استفاده از روش‌های زمین‌آمار برمبنای داده‌های ۲۵ حلقه چاه در محیط GIS شد و مساحت تحت تأثیر کلاس‌های کیفی مختلف مشخص شد. سپس، با استفاده از آزمون‌های آماری غیرپارامتریک (اسپیرمن) و پارامتریک (رگرسیون خطی) تغییرات مساحت در دورهٔ بررسی‌شده ارزیابی شد. نتایج نشان داد در بحث آب شرب و کشاورزی برمبنای هر دو روش آماری، مساحت مناطق دارای کلاس‌های مناسب‌تر، در حال کاهش و مساحت مناطق دارای کلاس‌های نامناسب، در حال افزایش است. بررسی الگوی مکانی کلی کیفیت آب شرب نشان داد منطقه سه کلاس نامناسب، بد و موقتاً قابل قبول دارد که مساحت مناطق موقتاً قابل قبول در حال افزایش است هرچند این تغییر در سطح ۹۵ درصد معنادار نیست. الگوی مکانی کلی کیفیت آب کشاورزی نشان داد منطقه سه کلاس خوب، متوسط و بد دارد که مساحت مناطق با وضعیت متوسط در حال کاهش و مساحت مناطق با وضعیت بد در حال افزایش است. این تغییرات برمبنای هر دو روش آماری در سطح ۹۵ درصد معنادارند.

کلیدواژگان: آزمون‌های پارامتریک و غیرپارامتریک، زمین‌آمار، شولر، کیفیت آب زیرزمینی، ویل‌کاکس.

* نویسندهٔ مسئول

Email: mj_amiri@fasau.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

تعیین خصوصیات کیفی آب زیرزمینی برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت و همچنین ارزیابی پارامترهای مؤثر بر تغییر کیفیت آب، اهمیت زیادی دارد. عوامل عمدهٔ آلودگی آب‌های زیرزمینی، آلودگی‌های شهری، صنعتی، کشاورزی و عوامل هیدرولوژیکی هستند [۱]. با توجه به برداشت بی‌رویهٔ آب‌های زیرزمینی در ایران، به‌ویژه در استان فارس و تأثیرگذاری این امر بر کیفیت آب‌های زیرزمینی، توجه به تغییرات کیفیت آن در بعد زمان و مکان به‌خصوص درزمینهٔ مصارف شرب و کشاورزی بسیار پراهمیت است [۲]. در مناطق خشک و نیمه‌خشک که وابستگی به منابع آب زیرزمینی بیشتر است، اثر تخریبی کیفیت این منابع به‌علت ضعف طبیعی در منابع آب و خاک شدت بیشتری خواهد داشت. بنابراین، ضرورت مطالعه و بررسی کیفیت آن در این مناطق می‌تواند به مدیریت صحیح استفاده از منابع آبی کمک کند [۳]. جهانشاهی و همکارانش (۱۳۹۳) به ارزیابی دقت روش‌های درون‌یابی برای پیش‌بینی پراکنش مکانی تعدادی از شاخص‌های کیفی آب‌های زیرزمینی دشت شهر بابک واقع در غرب استان کرمان پرداختند. نتایج بررسی آنها نشان داد مدل‌های کروی، خطی و نمایی بهترین مدل نیم تغییرنماها هستند [۴]. زاهدی‌فر و همکارانش (۱۳۹۲) به بررسی تغییرات مکانی برخی ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی ۸۰ حلقه چاه دشت فسا در استان فارس شامل سختی کل آب، مقدار کل مواد جامد حل‌شده، قابلیت هدایت الکتریکی، pH، غلظت کاتیون‌ها (کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم) و آنیون‌های محلول (سولفات، کلر و بی‌کربنات) در پاییز (آبان) ۱۳۸۹ بررسی و تخمین ویژگی‌ها با به‌کارگیری روش‌های زمین‌آماری پرداختند. نتیجهٔ این بررسی نشان داد روش کریجینگ معمولی نقطه‌ای روش تخمین مناسب شناخته و نقشه‌های پهنه‌بندی نیز با استفاده از آن تهیه شد [۵]. زارعی (۱۳۹۵) به بررسی تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت فسا پرداخت و نشان داد در دورهٔ زمانی بررسی‌شده همهٔ فاکتورهای کیفی دارای روند زیادشونده هستند [۶].

روش‌های متعددی برای تعیین کیفیت آب ارائه شده است. روش‌های شولر و ویل‌کاکس، معمول‌ترین روش تعیین کیفیت آب به‌ترتیب در بحث شرب و کشاورزی هستند که طبقه‌بندی آن از نظر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، با اندازه‌گیری آنیون‌ها و کاتیون‌ها صورت می‌گیرد. در این طبقه‌بندی، پنج عامل کل نمک‌های محلول (TDS)، سختی آب (TH)، سولفات (SO_4)، کلر (Cl) و سدیم (Na) در بحث آب شرب (روش شولر) و دو عامل هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) تأثیر دارند [۷ـ ۹]. نخستین قدم پس از تعیین کیفیت آب با استفاده از این روش‌ها، انتخاب مدلی مناسب برای درون‌یابی و پهنه‌بندی داده‌هاست. در این میان، استفاده از روش‌های سنتی برای بررسی وضعیت کیفی سفره‌های آب زیرزمینی زمان‌بر و پرهزینه است. از این‌رو، روش‌های زمین‌آماری با توجه به داشتن توانمندی‌هایی چون کاهش تعداد نمونه‌برداری، کاربرد هم‌زمان و ارائهٔ برآوردهای دقیق‌تر از وضعیت مکانی متغیرها، به‌لحاظ استفاده می‌توانند سبب کاهش هزینه‌ها و افزایش دقت برآوردها شوند. در سال‌های اخیر پژوهشگران بسیاری به‌کمک روش‌های زمین‌آماری مبادرت به تهیهٔ نقشه‌های کیفی آبهای زیرزمینی کرده‌اند [۱۰ و ۱۱]. ماریا و لوئیس (۲۰۱۰) در یک بررسی زمین‌آماری برای تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی غلظت نیترات به‌دست‌آمده از شست‌وشوی کود ازته در آب زیرزمینی ۲۰ هزار هکتار از اراضی کشاورزی زیر کشت ذرت در شمال شرقی کشور پرتغال از روش تخمین زمین‌آماری کریجینگ متقاطع بهره جستند [۱۲]. شعبانی (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای با عنوان «تحلیل مکانی آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقهٔ ارسنجان» خصوصیات کیفی آب‌های این منطقه را از نظر شوری، pH، نیترات و کل نمک‌های محلول در آب با استفاده از روش‌های زمین‌آمار بررسی کرد [۱۳]. رضایی و همکارانش (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای تغییرات مکانی شاخص‌های مهم کیفیت آب زیرزمینی شامل Na، EC و SAR را در سطح استان گیلان با استفاده از آمار در ۱۳۵ حلقه چاه انتخابی مختص به شهریور سال ۱۳۸۶ با روش‌های کریجینگ معمولی و عکس مجذور فاصلهٔ بررسی و در نهایت نقشه‌های پهنه‌بندی را رسم کردن [۱۴]. تحقیقات مشابهی نیز در این زمینه صورت گرفته است [۱۵، ۱۶ و ۱۷]. در این مطالعه نیز با هدف بررسی الگوی مکانی تغییرات کیفیت آب شرب و کشاورزی در دشت فسا، داده‌های کیفی ۲۵ حلقه چاه طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲ بررسی شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

در این تحقیق سعی بر مشخص‌کردن تغییرات مساحت مناطق مختلف دارای کلاس‌های کیفیت متفاوت (در بخش کشاورزی و شرب) در بستر زمان برمبنای روش‌های آماری پارامتریک و غیرپارامتریک است. طبیعی است نتایج این بررسی می‌تواند در مدیریت درست منابع آب، مدیریت توسعهٔ کشاورزی و مدیریت مصرف آب در بخش خانگی و غیره کارایی داشته باشد.

مواد و روش‌ها

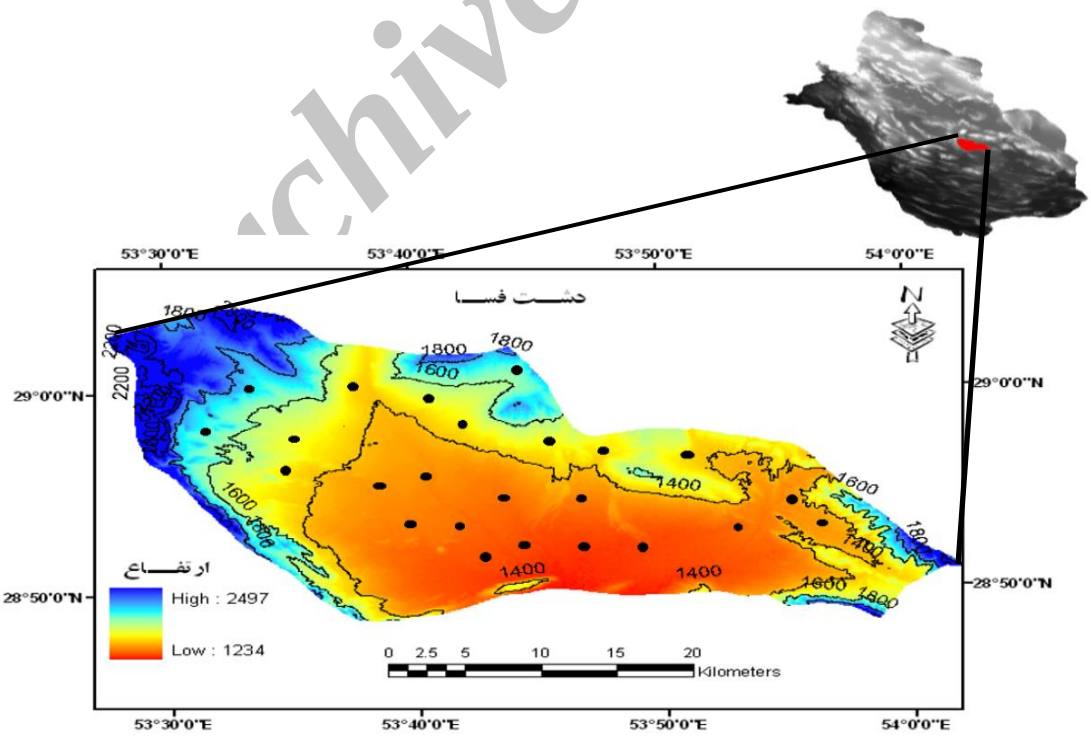
منطقهٔ مطالعه‌شده

منطقهٔ مطالعه‌شده در این تحقیق، دشت فسا واقع در طول جغرافیایی ۲۸ ۵۳ تا ۰۳ ۵۴ شرقی و عرض جغرافیایی ۴۸ ۲۸ تا ۰۳ ۲۹ شمالی به‌عنوان یکی از دشت‌های وسیع و مهم استان فارس است. این منطقه مساحتی حدود ۹۲۰۸۸۷ هکتار، متوسط بارش ۲۸۷ میلی‌متر در سال، متوسط تبخیر ۲۵۰۰ میلی‌متر در سال و متوسط دمای سالانهٔ معادل ۱۹/۳ درجهٔ سانتی‌گراد دارد [۶]. این منطقه اقلیم نیمه‌خشک (براساس روش دمارتن اصلاح‌شده) و متوسط ارتفاع ۱۸۵۰ متر از سطح دریا دارد [۶]. به‌طوری که ارتفاع آن بین ۱۲۳۴ تا ۲۴۹۷ متر به‌ترتیب در قسمت‌های جنوبی و شمالی متغیر است (شکل ۱).

روش تحقیق

انتخاب روش بررسی کلاس‌های کیفیت آب

در این مطالعه از دو روش شولر و ویل‌کاکس به‌عنوان روش‌های پرکاربرد و توصیه‌شده [۷] در راستای بررسی کیفیت آب شرب و کشاورزی استفاده شد. پارامترهای کیفی مؤثر در طبقه‌بندی شولر عبارت‌اند از TDS، TH، SO4، Cl و Na در حالی که پارامترهای کیفی مؤثر در طبقه‌بندی ویل‌کاکس دو پارامتر EC و SAR هستند. در این تحقیق از داده‌های کیفی ۲۵ حلقه چاه در دشت فسا مختص به دورهٔ زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲ برای بررسی کلاس‌های کیفیت آب شرب و کشاورزی استفاده شد. در طبقه‌بندی کیفی آب‌های شرب برمبنای روش شولر ۶ کلاس کیفیت آب ارائه می‌شود (جدول ۱)، این درحالی است در روش ویل‌کاکس آب‌های کشاورزی در ۴ کلاس کیفی طبقه‌بندی می‌شوند (جدول ۲).



شکل ۱. منطقهٔ مطالعه‌شده

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. کلاس‌بندی کیفیت آب شرب از نظر شولر [۱۱]

کلاس کیفی	شمارهٔ کلاس	TDS (میلی‌گرم بر لیتر)	TH (میلی‌گرم بر لیتر)	Na (گرم بر لیتر)	CL (گرم بر لیتر)	SO4 (گرم بر لیتر)
خوب	۱	کمتر از ۵۰۰	کمتر از ۲۵۰	کمتر از ۰/۱۱۵	کمتر از ۰/۱۷۵	کمتر از ۰/۱۴۰
قابل قبول	۲	۵۰۰ -۱۰۰۰	۲۵۰ -۵۰۰	۰/۱۱۵ -۰/۲۳۰	۰/۱۷۵ -۰/۳۵۰	۰/۱۴۰ -۰/۲۸۰
نامناسب	۳	۱۰۰۰ -۲۰۰۰	۵۰۰ -۱۰۰	۰/۲۳۰ -۰/۴۶۰	۰/۳۵۰ -۰/۷۰۰	۰/۲۸۰ -۰/۵۶۰
بد	۴	۲۰۰۰ -۴۰۰۰	۱۰۰۰ -۲۰۰۰	۰/۴۶۰ -۰/۹۲۰	۰/۷۰۰ -۱/۴۰۰	۰/۵۶۰ -۱/۱۲۰
موقتاً قابل قبول	۵	۴۰۰۰ -۸۰۰۰	۲۰۰۰ -۴۰۰۰	۰/۹۲۰ -۱/۸۴۰	۱/۴۰۰ -۲/۸۰۰	۱/۱۲۰ -۲/۲۴۰
غیر قابل شرب	۶	بیشتر از ۸۰۰۰	بیشتر از ۴۰۰۰	بیشتر از ۱/۸۴۰	بیشتر از ۲/۸۰۰	بیشتر از ۲/۲۴۰

جدول ۲. کلاس‌بندی کیفیت آب کشاورزی از نظر ویل‌کاکس [۱۱]

کلاس کیفی	شمارهٔ کلاس	SAR (درصد)	EC (میکروموس بر سانتی‌متر)
خیلی خوب	۱	کمتر از ۱۰	کمتر از ۲۵۰
خوب	۲	۱۰ -۱۸	۲۵۰ -۷۵۰
متوسط	۳	۱۸ -۲۶	۷۵۰ -۲۲۵۰
نامناسب	۴	بیشتر از ۲۶	بیشتر از ۲۲۵۰

پهنه‌بندی پارامترهای مؤثر در روش‌های شولر و ویل‌کاکس برای کلاس‌بندی کیفیت آب

در تحقیق حاضر ابتدا نرمال‌بودن توزیع داده‌های مختص به پارامترهای مؤثر در روش‌های مختلف کلاس‌بندی کیفیت آب با استفاده از آزمون کلموگراف - اسمیرنوف در محیط نرم‌افزار Easy fit بررسی شد، به‌طوری که اگر توزیع داده‌ها نرمال نباشد از روش مجذور عکس فاصله‌ها (IDW) به‌منظور درون‌یابی پارامتر مد نظر استفاده می‌شود. چنانچه توزیع داده‌ها نرمال باشد، علاوه بر این روش روش‌های دیگری مانند کریجینگ و کوکریجنگ نیز بررسی و بهترین روش (با حداقل RMS برای پهنه‌بندی پارامتر استفاده می‌شود [۱۰ و ۱۱]. به‌منظور پهنه‌بندی پارامترهای بررسی‌شده در سطح دشت، از نرم‌افزار ArcGIS 10.2 استفاده شد. در مرحلهٔ بعد، پارامترهای پهنه‌بندی‌شده برمبنای مقادیر یادشده در جدول‌های ۱ و ۲ کلاس‌بندی شد و ضمن تعیین مساحت منطقهٔ مطالعه‌شده در کلاس‌های مختلف کیفیت آب درزمینهٔ پارامتر بررسی‌شده، اقدام به تهیهٔ نقشهٔ کیفیت آب شرب و کشاورزی طی دورهٔ مورد بررسی شد. سپس با توجه به تعیین مساحت مناطق دارای کیفیت مشخص طی دورهٔ بررسی‌شده اقدام به بررسی روند تغییرات مساحت هر کلاس طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲ شد.

روش‌های آماری بررسی روند تغییرات

به‌منظور بررسی روند تغییرات مساحت تحت پوشش کلاس‌های مختلف کیفیت آب طی دورهٔ شش‌سالهٔ بررسی‌شده از روش‌های پارامتریک (رگرسیون خطی) و غیرپارامتریک (اسپیرمن) استفاده شد:

آزمون پارامتریک رگرسیون خطی

در مدل رگرسیون خطی فرض بر این است که یک رابطهٔ خطی (یا خط مستقیم) بین متغیر وابسته و متغیر مستقل وجود دارد:

$$Y = aX + b \qquad (۱)$$

که در آن Y متغیر وابسته یا مساحت تحت تأثیر کلاس کیفیت خاص، X متغیر مستقل یا زمان، b عرض از مبدأ خط رگرسیون و a شیب خط رگرسیون است.

آزمون غیرپارامتریک اسپیرمن

آزمون غیرپارامتری اسپیرمن [۱۲] ارائه شد و آمارهٔ آن براساس رابطهٔ ۲ تعیین می‌شود.

$$Z_s = D\sqrt{\frac{n-2}{1-D^2}} \qquad (۲)$$

در این آزمون چنانچه آمارهٔ Z_s بزرگ‌تر از ۲/۰۸ باشد، سری داده‌ها دارای روند تغییرات زیادشونده و معنادار در سطح ۰/۹۵ درصد و چنانچه Z_s کمتر از ۲/۰۸- باشد،

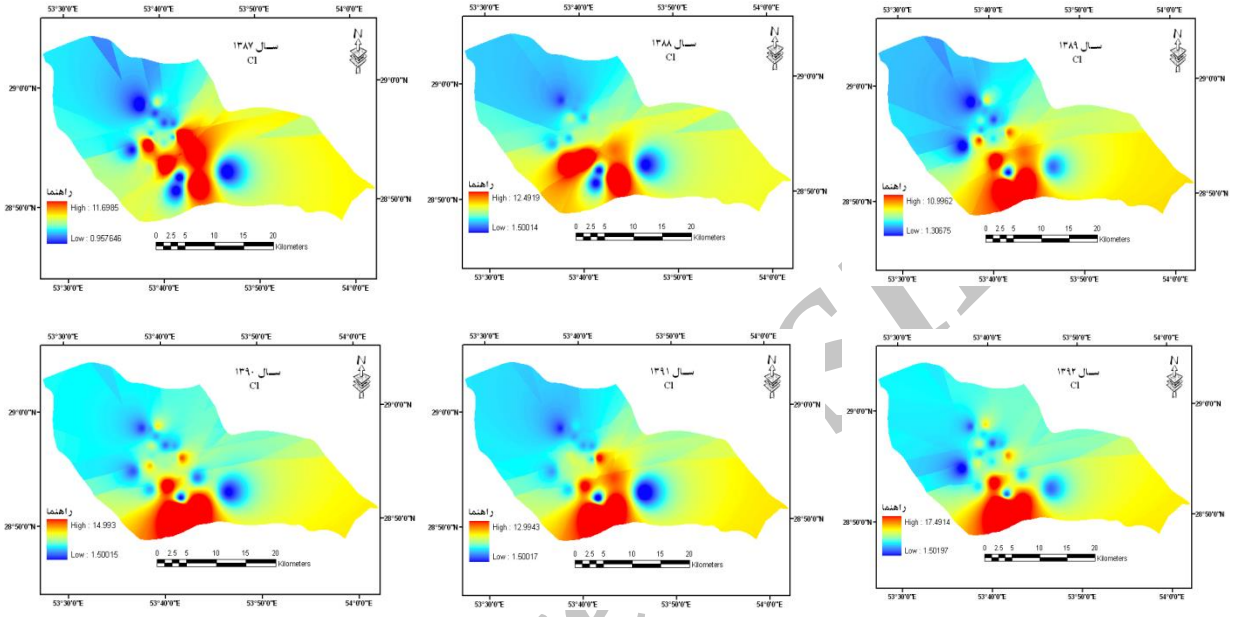
Archive of SID

www.SID.ir

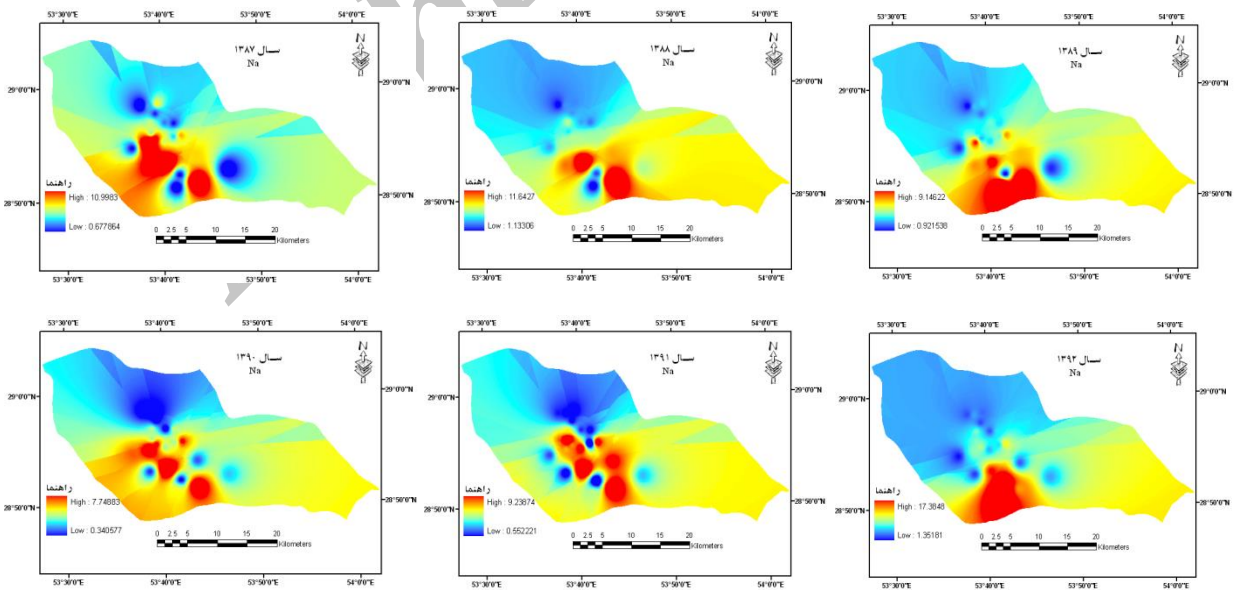
سری داده‌ها روند تغییرات کم‌شونده و معنادار در سطح ۰/۹۵ درصد دارد.

نتایج

در تحقیق حاضر با توجه به تست نرمال‌بودن توزیع داده‌های بررسی‌شده و همچنین ضریب همبستگی بین داده‌های مشاهده‌شده و پهنه‌بندی‌شده روش عکس مجذور فاصله (IDW) به‌عنوان بهترین روش پهنه‌بندی پارامترهای بررسی‌شده در سطح دشت تعیین شد. در مرحلهٔ بعد برمبنای این روش، پارامترهای بررسی‌شده طی دورهٔ زمانی مد نظر پهنه‌بندی شد (شکل‌های ۲، ۳، ۴، ۵، ۸، ۹ و ۱۰).

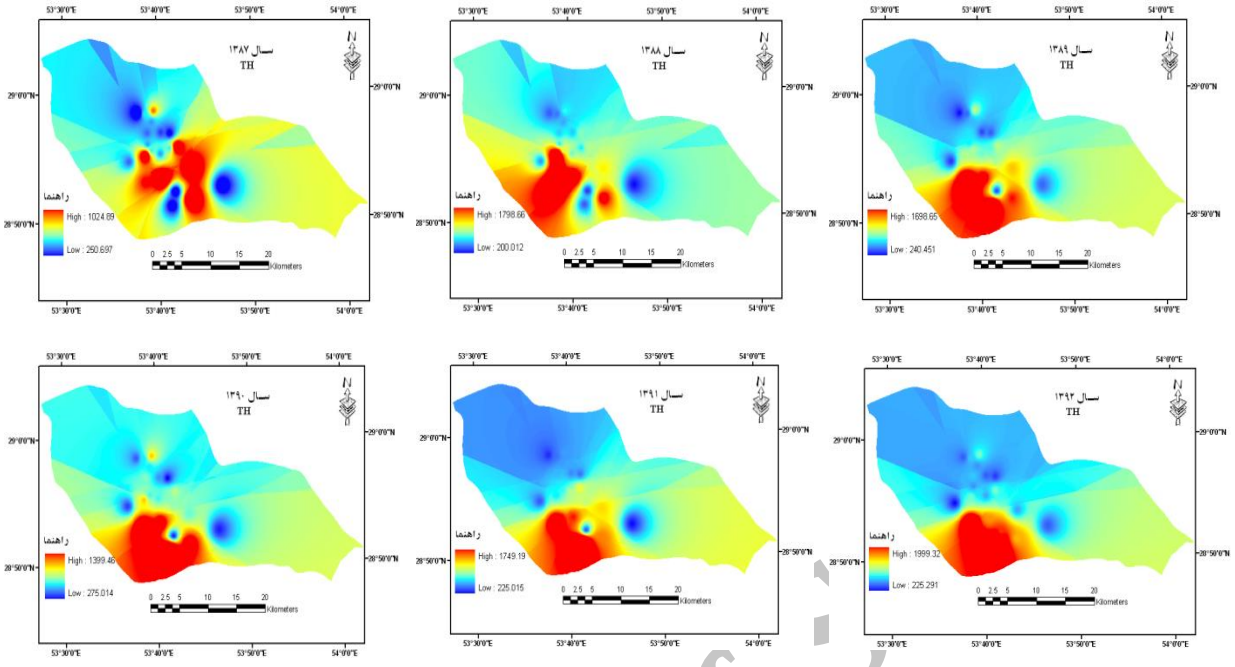


شکل ۲. نقشهٔ پهنه‌بندی الگوی مکانی کلر (CL) و تغییرات آن در دشت فسا طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲

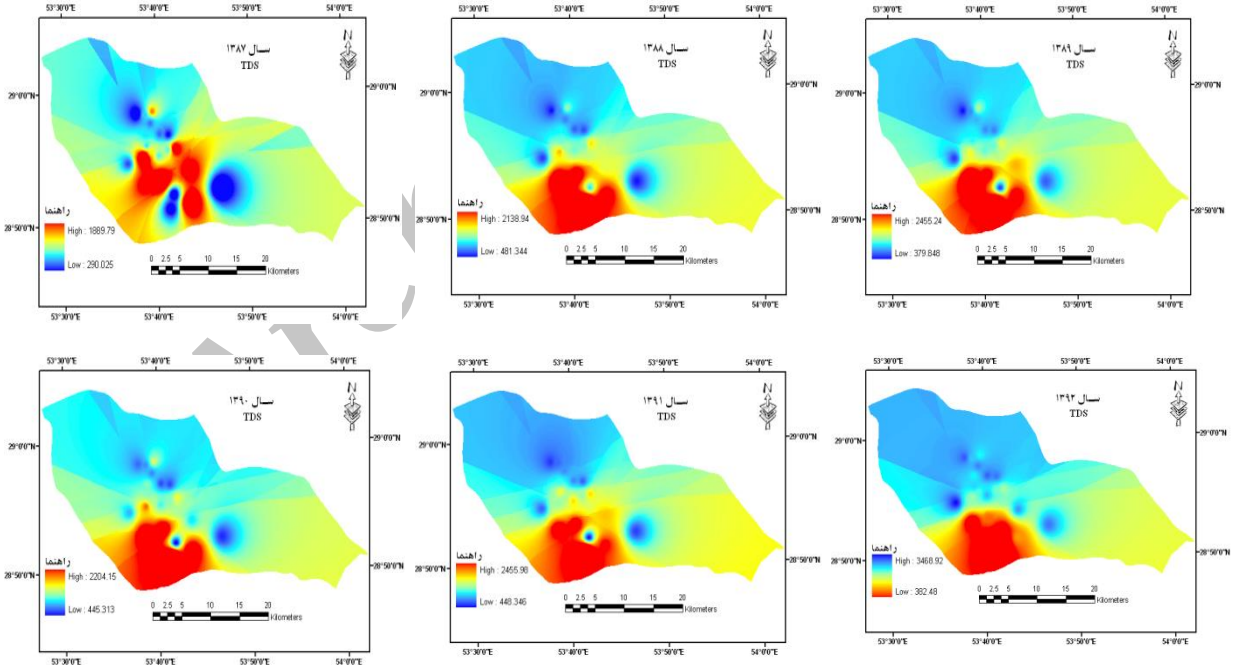


شکل ۳. نقشهٔ پهنه‌بندی الگوی مکانی سدیم (Na) و تغییرات آن در دشت فسا طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲

www.SID.ir

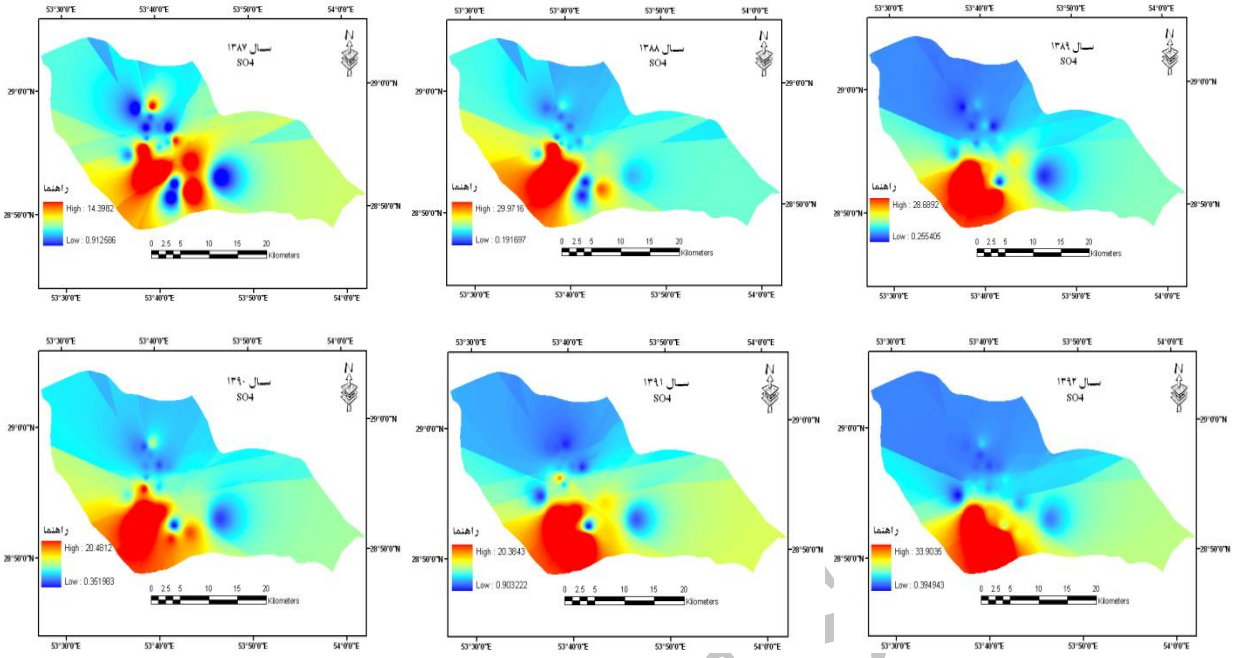


شکل ۴. نقشهٔ پهنه‌بندی الگوی مکانی سختی آب (TH) و تغییرات آن در دشت فسا طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲

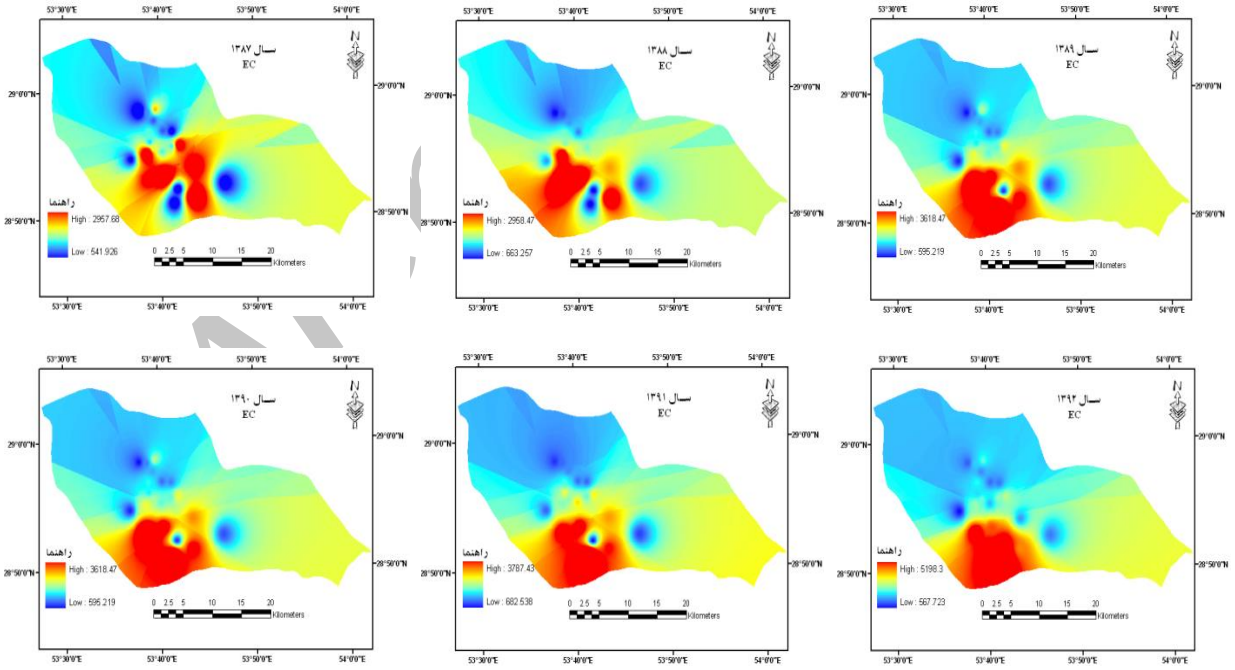


شکل ۵. نقشهٔ پهنه‌بندی الگوی مکانی کل نمک قابل انحلال (TDS) و تغییرات آن در دشت فسا طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲

www.SID.ir

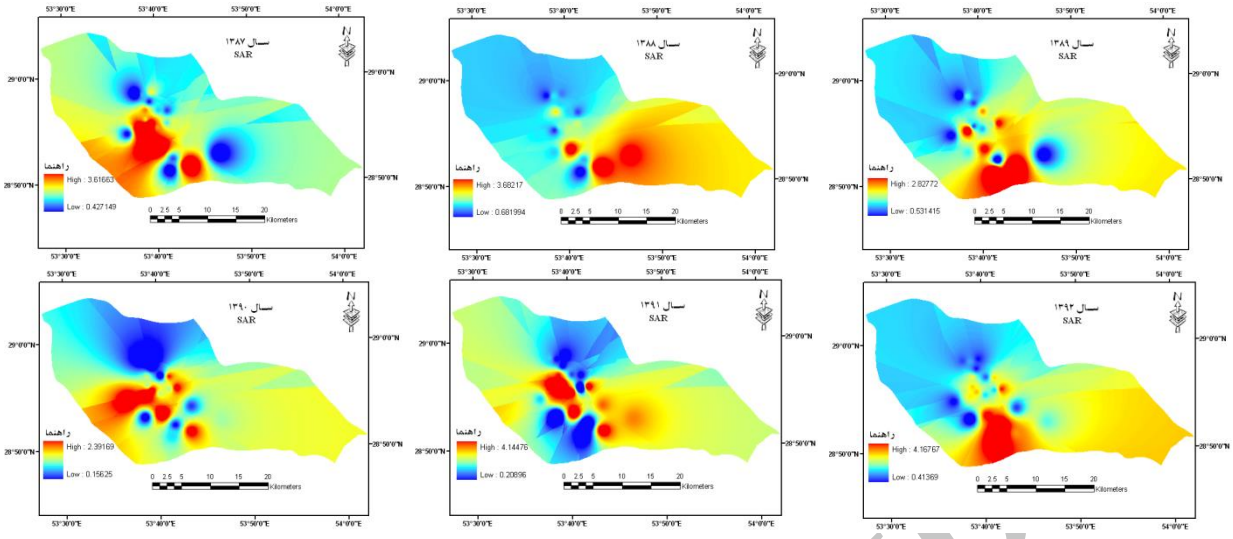


شکل ۶. نقشهٔ پهنه‌بندی الگوی مکانی سولفات (SO4) و تغییرات آن در دشت فسا طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲



شکل ۷. نقشهٔ پهنه‌بندی الگوی مکانی هدایت الکتریکی (EC) و تغییرات آن در دشت فسا طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲

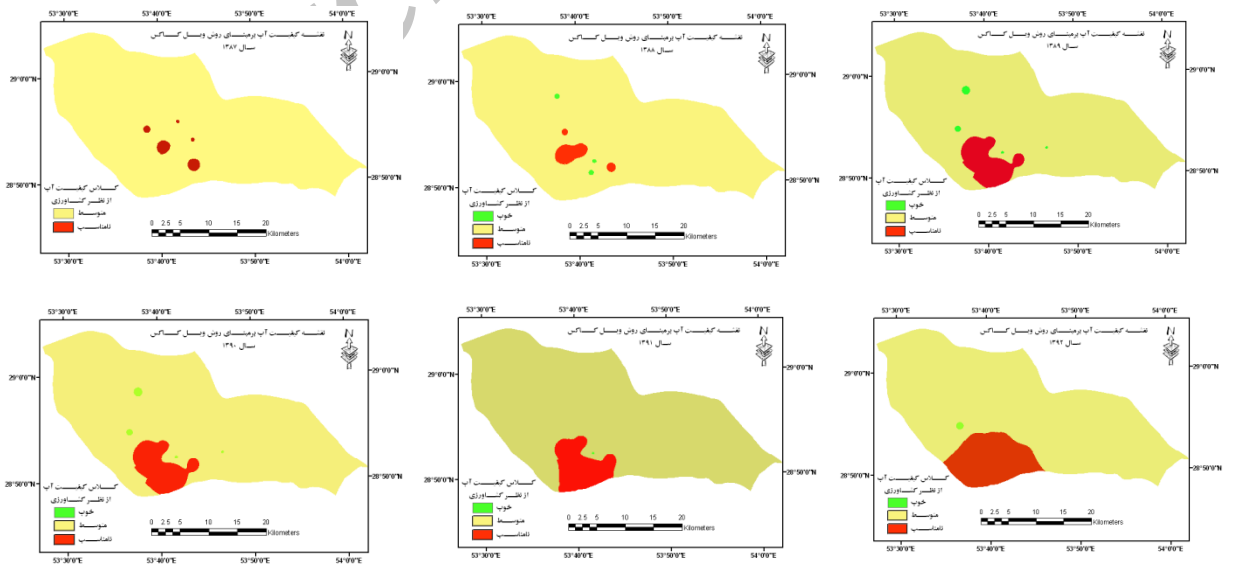
www.SID.ir



شکل ۸. نقشهٔ پهنه‌بندی الگوی مکانی نسبت جذب سدیم (SAR) و تغییرات آن در دشت فسا طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲

نتایج پهنه‌بندی پارامترهای بررسی‌شده درزمینهٔ عناصر مؤثر بر کیفیت آب شرب نشان داد منطقه برمبنای کلر طی دورهٔ بررسی‌شده، دشت فسا بیشتر در سه کلاس بد، موقتاً قابل شرب و غیرقابل شرب تقسیم می‌شود. منطقهٔ بررسی‌شده در بحث سدیم بیشتر در چهار کلاس نامناسب، بد، موقتاً قابل شرب و غیرقابل شرب کلاس‌بندی می‌شود. گزینهٔ سختی آب و همچنین کل نمک قابل انحلال منطقه در چهار کلاس خوب، قابل قبول، نامناسب و بد تقسیم می‌شود، در حالی که منطقه برمبنای سولفات پنج کلاس قابل قبول، نامناسب، بد، موقتاً قابل شرب و غیرقابل شرب دارد. در بحث عناصر مؤثر بر کیفیت آب کشاورزی مشخص شد منطقه از نظر هدایت الکتریکی سه کلاس نامناسب، متوسط و خوب دارد در حالی که از نظر پارامتر نسبت جذب سدیم منطقه در یک کلاس (خیلی خوب) کلاس‌بندی می‌شود.

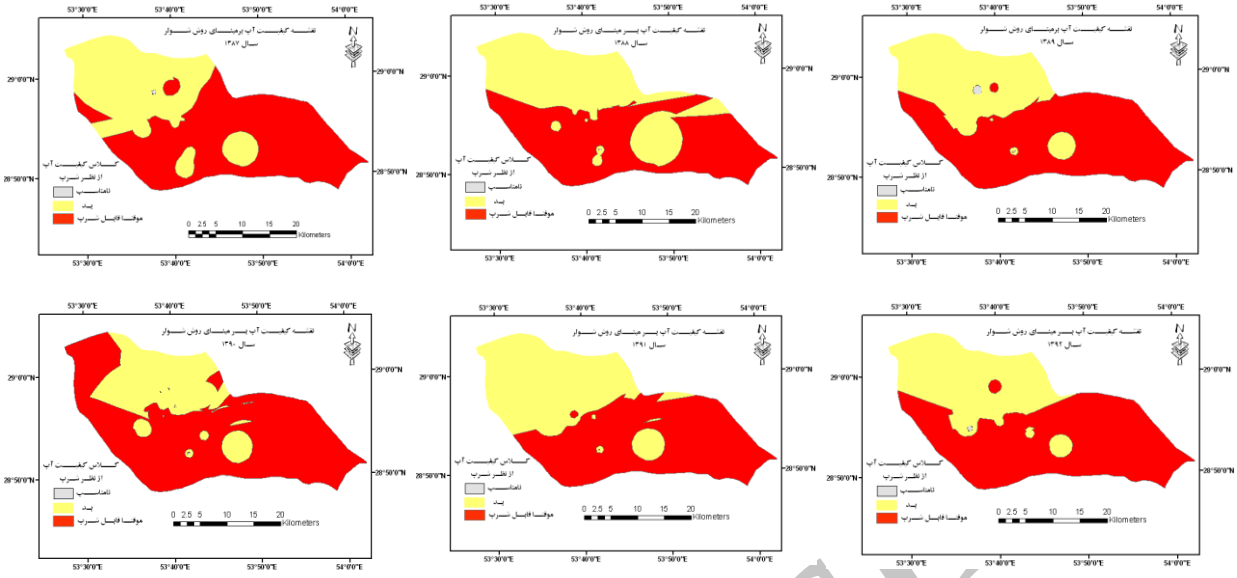
در مرحلهٔ بعد با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای مختلف مؤثر در روش‌های مختلف کلاس‌بندی آب با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.2، نقشهٔ کیفیت آب شرب و کشاورزی برای سال دورهٔ بررسی‌شده تهیه شد (شکل‌های ۹ و ۱۰).



شکل ۹. نقشهٔ پهنه‌بندی الگوی مکانی کیفیت آب کشاورزی (برمبنای روش ویل‌کاکس) و تغییرات آن در دشت فسا طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱۰. نقشهٔ پهنه‌بندی الگوی مکانی کیفیت آب شرب (برمبنای روش شولر) و تغییرات آن در دشت فسا طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲

برمبنای نقشه‌های کیفیت آب شرب تهیه‌شده در دورهٔ مد نظر مشخص شد که منطقه از نظر کیفیت آب شرب در سه کلاس نامناسب، بد و موقتاً قابل قبول کلاس‌بندی می‌شود. از نظر کیفیت آب کشاورزی دشت فسا سه کلاس وضعیت خوب، متوسط و نامناسب دارد. در مرحلهٔ بعد روند تغییرات الگوی مکانی مناطق مختلف تحت تأثیر کلاس‌های مختلف کیفیت آب از نظر شرب و کشاورزی طی دورهٔ بررسی‌شده (۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲) برمبنای روش‌های پارامتریک و غیرپارامتریک بررسی شد (جدول‌های ۳ و ۴).

جدول ۳. روند تغییرات مساحت کلاس‌های مختلف کیفیت آب از نظر شرب (روش شولر) و پارامترهای مؤثر بر آن در دشت فسا طی دورهٔ بررسی‌شده

پارامتر	روش آماری	کلاس‌های کیفیت آب شرب و پارامترهای مؤثر بر آن					
		خوب	قابل قبول	نامناسب	بد	موقتاً قابل قبول	غیرقابل شرب
CL	Zs	+++	+++	+++	-۰/۲۱۱	-۴/۹۳۱*	۴/۹۳۱*
	P	+++	+++	+++	-۰/۰۰۹۷	-۰/۳۴۸*	۰/۳۴۸*
Na	Zs	+++	+++	۰/۰۷۰	۰/۲۸۲	-۱/۱۶۲	۱/۳۶۱
	P	+++	+++	۰/۰۰۰۹	۰/۰۲۶	-۰/۲۷۷	۰/۳۰۴
TH	Zs	۰/۷۳۰	-۰/۶۵۲	-۰/۵	۲/۹۶۹*	+++	+++
	P	۰/۰۷۴	-۰/۲۰۳	-۰/۱۵۵	۰/۳۳۲*	+++	+++
TDS	Zs	-۱/۳۶۱	-۲/۹۶۹*	۲/۹۶۹*	۳/۶۲۵*	+++	+++
	P	-۰/۲۷۹	-۰/۳۳۲*	۰/۳۳۱*	۰/۳۳۹*	+++	+++
SO4	Zs	+++	۰/۰۷۰	۰/۱۴۰	-۰/۳۵۳	-۰/۲۱۱	۰/۲۱۱
	P	+++	۰/۰۰۰۹	۰/۰۱۸	-۰/۰۱۱	-۰/۰۰۹۷	۰/۰۰۹۶
کیفیت آب شرب	Zs	+++	+++	۰/۳۵۳	-۰/۶۵۲	۰/۶۵۲	+++
	P	+++	+++	۰/۰۱۲	-۰/۲۰۵	۰/۲۰۴	+++

+++ : منطقهٔ فاقد کلاس کیفیت مد نظر، Zs: آمارهٔ روش اسپیرمن، P : شیب خط رگرسیون، *: تغییرات در سطح ۹۵ درصد معنادار

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴. روند تغییرات مساحت کلاس‌های مختلف کیفیت آب از نظر کشاورزی (روش ویل‌کاکس) و پارامترهای مؤثر بر آن در دشت فسا طی دورهٔ بررسی‌شده

پارامتر	روش آماری	کلاس‌های کیفیت آب کشاورزی و پارامترهای مؤثر بر آن			
		خیلی‌خوب	خوب	متوسط	نامناسب
SAR	Zs	۰,۰۰	+++	+++	+++
	P	۰,۰۰	+++	+++	+++
EC	Zs	+++	-۰/۰۰۱	-۵/۹۱۱*	۵/۸۹۱*
	P	+++	۰,۰۰	-۰/۴۵۸*	۰/۴۴۸*
کیفیت آب کشاورزی	Zs	+++	-۰/۰۰۲۱	-۵/۷۷۲*	۵/۷۷۱*
	P	+++	۰/۰۰	-۰/۴۳۷*	۰/۴۳۶*

+++ : منطقهٔ فاقد کلاس کیفیت مد نظر، Zs: آمارهٔ روش اسپیرمن، P : شیب خط رگرسیون، *: تغییرات در سطح ۹۵ درصد معنادار

نتایج بررسی روند تغییرات مساحت تحت تأثیر کلاس‌های مختلف کیفیت آب (در حالت کلی) در بحث آب شرب نشان داد هیچ‌یک از کلاس‌های کلی کیفیت آب شرب تغییر معناداری (در سطح ۹۵ درصد) بر مبنای روش‌های رگرسیون خطی و اسپیرمن ندارند این در حالی است که برمبنای هر دو روش آماری مساحت مناطق دارای آب شرب با کلاس بد کیفیتی در حال کاهش و مساحت مناطق دارای کلاس کیفی موقتاً قابل قبول در حال افزایش است (هرچند این تغییرات معنادار نیستند). بررسی روند تغییرات مساحت تحت تأثیر کلاس‌های مختلف کیفیت آب دربارهٔ پارامترهای مؤثر در روش شولر نشان داد در همهٔ پارامترها مساحت مناطق دارای کلاس‌های کیفیت نامناسب‌تر، در حال افزایش و مساحت تحت تأثیر کلاس‌های کیفی مناسب‌تر، در حال کاهش است به‌طوری که درزمینهٔ پارامترهای کلر و سدیم و سولفات مساحت مناطق دارای وضعیت کیفی موقتاً قابل قبول برمبنای هر دو روش آماری دارای روند کم‌شونده و مساحت مناطق دارای کلاس غیرقابل شرب در حال افزایش است. تغییرات دربارهٔ کلر در سطح ۹۵ درصد معنادار است در حالی که در زمینهٔ سدیم و سولفات معنادار نیست. بررسی‌ها دربارهٔ سختی آب نشان داد مساحت مناطق دارای کلاس‌های قابل قبول و نامناسب در حال کاهش و مساحت مناطق دارای وضعیت بد به شکل معناداری دارای افزایش است. مساحت مناطق دارای کلاس قابل قبول دربارهٔ کل نمک قابل انحلال روند کاهنده (معنادار در سطح ۹۵ درصد) دارد و مساحت مناطق دارای کلاس‌های نامناسب و بد، روند زیادشونده به‌شکل معنادار دارند (جدول ۳). در بحث کیفیت آب کشاورزی نتایج نشان داد منطقه دو کلاس کیفی متوسط و بد دارد و مساحت مناطق دارای وضعیت متوسط، روند کاهشی و مساحت مناطق دارای کلاس کیفیت بد، روند زیادشونده دارند. این تغییرات در هر دو کلاس در سطح ۹۵ درصد معنادار است.

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه دسترسی به آب کافی و با کیفیت مناسب در زمان و مکان مناسب مد نظر است و هرگونه کمبود آب مانعی در جهت توسعهٔ پایدار به‌شمار می‌رود. بنابراین، هرساله سرمایه‌های کلانی برای توسعهٔ منابع آب و طرح‌های مرتبط با آن مثل سدسازی و احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی، آبخیزداری، مهار سیل و تغذیهٔ آب‌های زیرزمینی هزینه می‌شود [۱۸ و ۱۹]. سفره‌های آب زیرزمینی به‌عنوان مهم‌ترین منابع تأمین‌کنندهٔ آب با خطرات متفاوتی مانند افت سطح، کاهش میزان تغذیه به سبب نقصان بارندگی و آلاینده‌های طبیعی و غیرطبیعی روبه‌روست. از این‌رو، پایش کیفی منابع آب زیرزمینی اهمیت فراوانی دارد و تحلیل کیفیت آب یکی از قسمت‌های مهم مطالعات آب‌های زیرزمینی است. تغییر در کیفیت آب‌های زیرزمینی که معمولاً بر اثر مدیریت غلط بهره‌برداری از آب زیرزمینی رخ می‌دهد، مقدمه‌ای بر تخریب منابع آب و سایر منابع چه به‌صورت مستقیم و چه به‌صورت غیرمستقیم است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک که وابستگی به این منابع بیشتر است، اثر تخریبی به‌علت ضعف طبیعی در منابع آب و خاک شدت بیشتری خواهد داشت [۲۰ و ۲۱]. این پژوهش با هدف بررسی روند تغییرات مساحت مناطق دارای کلاس‌های مختلف کیفیت آب از نظر شرب و کشاورزی، الگوی مکانی

Archive of SID

www.SID.ir

ویژگی‌های شیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت فسا با استفاده از روش‌های زمین‌آماری برای مصرف آب شرب و کشاورزی در محیط GIS بررسی شد. در این بررسی کیفیت آب شرب برمبنای روش‌های شولر و کیفیت آب کشاورزی برمبنای روش ویل‌کاکس بررسی شدند. بدین‌منظور، از داده‌های کیفی ۲۵ حلقه چاه در دورهٔ آماری ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲ استفاده شد. نتایج این بررسی نشان داد هیچ‌یک از کلاس‌های کلی کیفیت آب شرب تغییر معناداری (در سطح ۹۵ درصد) برمبنای روش‌های رگرسیون خطی و اسپیرمن ندارند. این در حالی است که برمبنای هر دو روش آماری مساحت مناطق دارای آب شرب با کلاس بد کیفیتی در حال کاهش و مساحت مناطق دارای کلاس کیفی موقتاً قابل قبول در حال افزایش است (هرچند این تغییرات معنادار نیستند). در بحث کیفیت آب کشاورزی نتایج نشان داد منطقه دو کلاس کیفی متوسط و بد دارد و مساحت مناطق دارای وضعیت متوسط، روند کاهشی و مساحت مناطق دارای کلاس کیفیت بد، روند زیادشونده دارند، این تغییرات در هر دو کلاس در سطح ۹۵ درصد معنادار است.

در حالت کلی می‌توان گفت که علت افزایش مساحت مناطق دارای کلاس‌های کیفیت نامناسب چه در بحث شرب و چه در بحث کشاورزی در این منطقه، برداشت بیش از اندازه از آب‌های زیرزمینی و کمبود بارندگی در دهه‌های اخیر است. برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در سال‌های اخیر سبب تشدید تخریب منابع آبی دشت فسا شده است. حفر چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق و افزایش سطح زیر کشت موجب کاهش تدریجی منابع آب و شورشدن و لم‌یزرع‌شدن اراضی کشاورزی و حتی نشست خاک شده است. بنابراین، ضروری است مسئولان برای جلوگیری از تخریب کیفیت آب شرب و کشاورزی چاره‌ای بیندیشند. بدین‌منظور، پیشنهاد می‌شود در راستای کاهش برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی اقدام شود، الگوی کشت متناسب با پتانسیل منطقه اصلاح شود، سیستم‌های سنتی آبیاری با سیستم‌های جدید و دارای راندمان بالا جایگزین شود، از ارائهٔ بی‌رویهٔ مجوز حفر چاه و کف‌شکنی جلوگیری شود و با استفاده از روش‌های مختلف آبخیزداری از هدررفت آب‌های جاری و روان آب‌های ناشی از بارندگی‌ها جلوگیری شود.

منابع

[1]. Todd, DK. Ground water hydrology.2nd Ed. John Wiley and Sons, 552 p; 1980.

[2]. Nazarizadeh F, Ershadian B, Zandvakili K, Noori-Emamzadehi MR. Investigation spatial variability of groundwater quality in Balarood plain at Khuzestan province.1st conference on optimum utilization of water resources. 2006;Shahrekord.[Persian].

[3]. ZehtabianGh, Janfaza E, Mohammad asgari H,Nematollahi, MJ. Modeling of ground water spatial distribution for some chemical properties (Case study in Garmsar watershed). Iranian journal of Range and Desert Reseach. 2010; 17(1): 61-73.[Persian].

[4]. Jahanshahi A, RouhiMoghaddam E, Dehvari A. Investigating groundwater quality parameters using GIS and geostatistics (Case study: Shahr-Babakplain aquifer). 2014; 24(2): 183-197.[Persian].

[5]. Zahedifar M, Moosavi SAA, Rajabi M. 2013. Zoning the groundwater chemical quality attributes of Fasa plain using geostatistical approaches. 2013; 27(4): 812-822.[Persian].

[6]. Zarei A, Bahrami M. Evaluation of quality and quantity changes of underground water in Fasa plain, Fars (2006 - 2013). Irrigation & Water Engineering.2016; 20(24): 103-113. [Persian].

[7]. Mahdavi M, Applied hydrology. 8th edition. Tehran: University of Tehran; 2013.

[8]. Fetouani S, SbaaM, Vanclooster M,Bendra B. Assessing groundwater quality in the irrigated plain of Triffa (North-east Morocco).Agricultural Water Management. 2008; 95: 133-142.

[9]. Freeze RA, Cherry T. Groundwater, Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey, 604 p. 1979.

[10]. Habibi V, Ahmadi A,Fattahi MM. Modeling spatial variability of ground water chemical properties usinggeostatistical methods. Iran-Watershed Management Science & Engineering. 2009; 3(7): 23-34.[Persian].

[11]. Sheikh Goodarzi M, Mousavi SH, Khorasani N.Imulating spatial changes in groundwater qualitative factors using geostatistical methods (Case study: Tehran - Karaj Plain). Journal of Natural Environment, Iranian Journal ofNatural Resources. 2012; 65(1): 83-93.[Persian].

[12]. Maria PM, Luis R. Nitrate probability mapping in the northern aquifer alluvial system of the river Tagus (Portugal) using Disjunctive krriging. Science of the Total Environment. 2010; 408(5): 1021-1034.

Archive of SID

www.SID.ir

[13]. Shabani M. Investigation the variation of groundwater qualityinArsanjan plain. PhysicalGeography. 2009; 1(3): 71-82. [Persian].

[14]. Rezaei M, Davatgar N, Tajdari K, Abolpour B. Investigation the spatial variability of some important groundwater quality factors in Guilan, Iran. Journal of Water and Soil. 2010; 24(5): 932-941. [Persian].

[15]. Maghami Y, Ghazavi R, Vali AA, Sharafi S. Evaluation of spatial interpolation methods for water quality zoning using GIS Case study, Abadeh Township. Geography and Environmental Planning Journal. 2011; 42(2): 171-182. [Persian].

[16]. Moghaddam AR, Ghallehban-Tekmedash M, Esmaili K. Investigation of temporal and spatial trend of water quality parameters in view of weather fluctuations using GIS; Mashhad Plain. Journal of Water and Soil Conservation. 2013; 20(3): 211-225. [Persian].

[17]. Mohammad Aghaei M. Spatial variability of quality parameters and assessment of heavy metal danger in Qom plain. M.S. Thesis, Zabol University. Iran. [Persian].

[18]. Gaus I, Kinniburgh DG, Talbot JC, Webster R. Geostatistical analysis of arsenic concentration in groundwater in Bangladesh using disjunctive krriging. Environmental Geology. 2003; 44: 939-948.

[19]. Safari M. Determination of optimum groundwater network monitoring using geostatistics method. M.S. Thesis, TarbiatModaresol University. Iran. [Persian].

[20]. Mohammadi M, Mohammadi-Ghaleni M, Ebrahimi K. Spatial and temporal variations of groundwater quality of qazvin plain. Iran Water Research Journal. 2011; 5(8): 41-52.[Persian].

[21]. Goovaerts P. Geostatistics for natural resources evaluation, Oxford University Press, New York, 483 p. 1997.

Archive of SID

www.SID.ir