Dor: 20.1001.1.20085656.1402.16.60.3.2
صص ۱۶-۱

بررسی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت منابع آب زیرزمینی در حوضه ایزدخواست

مریم انصاری
دانش‌آموخته ژئومورفولوژی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
ایرج جباری*
دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۲/۲۲

چکیده
افزایش جمعیت جهان، تأثیرات تغییر آب و هوا و تغییرات سبک زندگی فشارهای فزاینده‌ای بر منابع آب وارد کرده و منجر به تنش آبی گسترده در بسیاری از کشورها شده است. یک راه مؤثر برای کاهش و کنترل تقلیل مداوم کیفیت آب زیرزمینی، درک تغییرات مکانی و زمانی و شناسایی منابع اصلی آلودگی است. در این پژوهش با استفاده از روش زمین‌آمار تغییرات زمانی و مکانی منابع آب زیرزمینی حوضهٔ ایزدخواست در یک بازهٔ ۱۱ ساله با توجه به‌عوامل تغییر کیفیت آب مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا روش‌های مختلف درون‌یابی با هم مقایسه شدند که روش کریجینگ با واریوگرام نمایی نتایج بهتری را برای پارامترهای کیفی آب نشان داد. نتایج این تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد که مهم‌ترین عامل در شوری منابع آب و خاک منطقه سازندهای مخرب حوضه می‌باشند. به‌طوری‌که در نقشه‌های کیفی منابع آب تمامی پارامترها میزان افزایشی را در سه نقطه نشان دادند.

واژگان کلیدی: **ژئومورفولوژی، کیفیت آب ، آب زیرزمینی، زمین‌آمار، ایزدخواست**

مقدمه

اثرات منفی افزایش جمعیت جهان، تأثیرات تغییر آب و هوا و تغییرات سبک زندگی فشارهای فزاینده‌ای را بر منابع آب وارد کرده و تنش آبی گسترده را برای بسیاری از کشورها به‌همراه آورده است (کلیک[1]، ۲۰۲۰: ۲۳۹). یک راه مؤثر برای کاهش و کنترل وخامت اوضاع کیفیت آب زیرزمینی، درک تغییرات مکانی و زمانی و شناسایی منابع اصلی آلودگی است که مستلزم برنامه‌های پایش مداوم و منظم کیفیت آب است.

در سال‌های اخیر، تکنیک‌های آماری چند متغیره (مانند تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تحلیل عاملی (FA) و امتیاز مؤلفه اصلی مطلق–رگرسیون خطی چندگانه (APCS-MLR) به‌طور گسترده برای ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۸۳۳۲۰۱۷ Email: iraj.jabbari@razi.ac.ir

[1] . Kılıç

کیفیت آب مورد استفاده قرار گرفته است (ژانگ[۱]و همکاران،۲۰۲۰: ۲). تکنیک‌های آماری چند متغیره ابزارهایی هستند که به‌طور گسترده‌ای به‌منظور درک روابط بین متغیرها و ارتباط آن‌ها با مسئله مورد مطالعه استفاده می‌شود (کلیک و یوسل[۲]،۲۰۱۸: ۷۲۷). ولی از آن‌جا که روش‌های چندمتغیره و آمار کلاسیک قادر به درنظر گرفتن توزیع مکانی پارامترهای کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی نبوده لذا از زمین‌آمار به‌عنوان تکنیکی برای این هدف استفاده می‌شود (محمدی و سلاجقه، ۱۳۹۶: ۴۹). زمین‌آمار با بهره‌گیری از موقعیت، آرایش و همبستگی داده‌ها، ساختار مکانی بین داده‌ها را تحلیل می‌کند و رابطهٔ بین آن‌ها را برای محققین مشخص می‌سازد (خسروی اقدم و همکاران، ۱۴۰۰)؛ از این‌رو با توجه به‌قابلیت بالای زمین‌آمار در علوم محیطی محققان بسیاری به بررسی پدیده‌ها و عوامل محیطی و طبیعی مانند توزیع مکانی بارش (توبیس و سالاس[۳]،۱۹۸۵؛ ذبیحی و همکاران،۱۳۹۰)، نقشه‌بندی فرسایندگی باران (شعبانی، ۱۳۹۰؛ کاویان و همکاران،۱۳۹۵)، پهنه‌بندی شدت خشک‌سالی (شعبانی، ۱۳۸۸؛ صابری و سلطانی، ۱۳۹۶) آلودگی خاک (مک گرس[۴]و همکاران،۲۰۰۴؛ اسدی کپورچال و همکاران، ۱۳۹۵)، ارزیابی و پهنه‌بندی آب‌های سطحی (امینی و سلطانی، ۱۳۹۷) و بسیاری از موضوعات دیگر با استفاده از زمین‌آمار پرداختند.

تجزیه و تحلیل‌های زمین‌آماری امکانات بیشتری را نیز برای بررسی تغییرات زمانی و مکانی منابع آب زیرزمینی و مسائل مربوط به آن فراهم کرده است. برای مثال رجیندرز[۵]و همکاران (۱۹۹۸) در هلند و الا[۶]و همکاران (۲۰۰۱) در آمریکا با استفاده از چاه‌های منطقه و روش‌های زمین‌آماری تغییرات نیترات را در منابع آب زیرزمینی مشخص کردند یا حسن[۷]و همکاران (۲۰۲۱) و راسل[۸]و همکاران (۲۰۱۹) در مناطقی از بنگلادش و الیتی[۹]و همکاران (۲۰۱۵) در مصر روش‌های زمین‌آماری را برای تغییرات فضایی عمق متوسط سالانه سطح ایستابی چاه‌های منطقه به‌کار گرفتند و مناطق آسیب‌پذیر ناشی از روند کاهشی آب زیرزمینی و بهترین مدل درون‌یابی را از این طریق شناسایی کردند.

در ایران به‌دلیل جدی بودن بحران منابع آب در نقاط مختلف کشور پژوهشگران را بر آن داشته است که در ارزیابی و بررسی تغییرات زمانی و مکانی منابع آب زیرزمینی روش‌های زمین‌آماری را ابزاری مفید و سریع برای شناسایی، ارزیابی و تصمیم‌گیری به‌کار بگیرند که تحقیقات صفری و همکاران (۱۳۹۸)، دوست محمدیان و همکاران (۱۳۹۹) و پیرزاده و اسور (۱۳۹۹) به‌ترتیب برای دشت‌های هشتگرد، سمنان و سیرجان از این دست تحقیقات می‌باشد. این روش را شاهی نژاد و دهقانی (۱۴۰۰)، نوری و همکاران (۱۴۰۱) و ربیعی و کرمی (۱۴۰۱) برای نشان دادن وضعیت بحرانی منابع آب برای

---

۱. Zhang
۲. Kilic and Yucel
۳. Tobies and Salas
۴. McGrath
۵. Rejinders
۶. Ella
۷. Hasan
۸. Rasel
۹. Elleithy

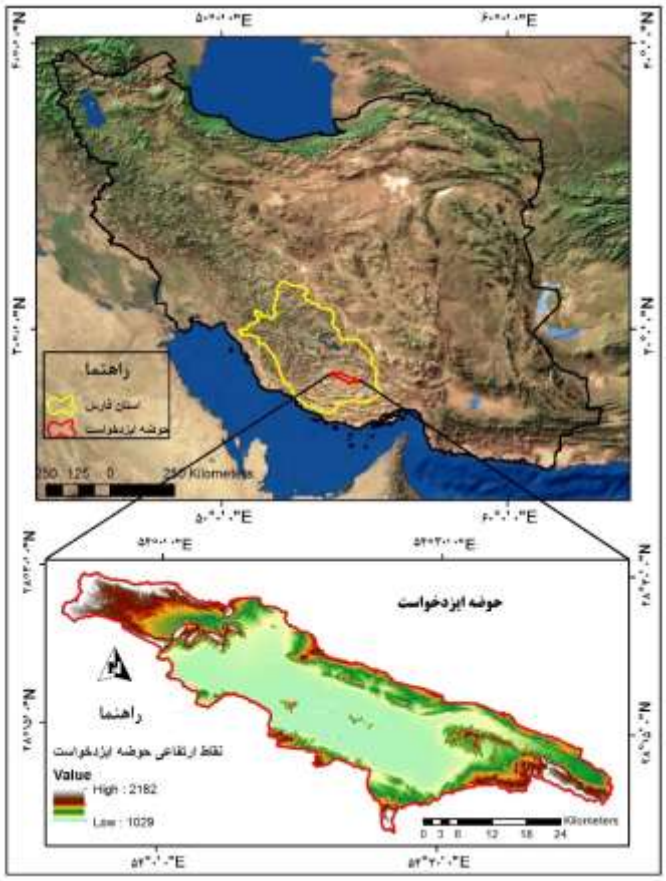
دشت‌های نورآباد، سیلاخور بروجرد و سمنان استفاده کردند و اهمیت و به توانایی روش‌های زمین‌آماری جهت این‌گونه بررسی‌ها تأکید کردند.

از آن‌جاکه در مناطق مرکزی و جنوب ایران حوضه‌های بسته‌ای وجود دارد، کمبود آب شیرین و شور شدن آب و خاک در سال‌های اخیر مانع جدی برای کشاورزی و معیشت مردم شده است، استفاده از روش‌های آماری این امکان را فراهم می‌سازد تا از آن برای بررسی تغییر کیفیت آب در این مناطق برای تسهیل در تصمیم‌گیری‌ها و مدیریت منابع آب استفاده کرد. از این رو در این پژوهش سعی شده است حوضه ایزدخواست در جنوب استان فارس، واقع در بخش مرکزی شهرستان زرین‌دشت که به‌دلیل ویژگی‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی خاص، از نظر کمی و کیفی منابع آب‌شان تغییر یافته است، برای نمونه انتخاب کرده و روش زمین‌آماری را برای بررسی تغییرات زمانی و مکانی منابع آب زیرزمینی آن در یک بازهٔ ۱۱ ساله با توجه به‌عوامل تغییر کیفیت آب به‌کار گرفت.

منطقهٔ مورد مطالعه

حوضه آبریز ایزدخواست یکی از کفه‌های بستهٔ حوضهٔ آبریز رودخانهٔ مند واقع در استان فارس می‌باشد (شکل ۱). مساحت این حوضه ۱۳۷۱/۳ کیلومتر مربع است که ارتفاعات ۸۷۹/۶ و دشت ۴۹۱/۷ کیلومتر مربع از کل مساحت حوضه را به خود اختصاص داده‌اند. حداکثر ارتفاع در حوضه ۲۱۸۲ و حداقل ارتفاع ۱۰۲۹ متر می‌باشد. این حوضه دارای میانگین بارش سالانه ۲۲۲/۱ میلی‌متر، میانگین سالانه دما ۱۹/۵درجه و متوسط تبخیر سالانه از تشتک ۲۹۵۵/۹ میلی‌متر می‌باشد.

از نظر هیدرولوژی در این حوضه رودخانهٔ دائمی وجود نداشته و کلیه جریان‌ها موقت و فصلی می‌باشند که تمامی جریان‌های سطحی منطقه به‌صورت همگرا از حاشیه به‌سمت مرکز دشت جریان یافته و در نهایت در مرکز و غرب دشت تجمع می‌یابند. در مرکز دشت آب‌های راکد پس از تبخیر، اراضی شور و غیرقابل استفاده را نمایان می‌سازند. عمده‌ترین مسیل‌های منطقه مسیل خشک آنگبینه واقع در غرب روستای دوبران، مسیل خشک چاه زبر و مسیل خشک گلکویه (گلکان) هستند (سند توسعه بلند مدت شهرستان زرین دشت، جلد اول). این جریان‌ها بر روی سازندهای مقاوم‌تر مانند آسماری جهرم که دارای شکستگی‌ها و درز و شکاف فراوان هستند بستر خود را به شکل درّه‌های ژرف V مانند تبدیل ساخته‌اند اما بر روی سازندهای سست‌تری مانند آغاجاری دارای بستری پهن هستند و اغلب آن‌ها پس از ورود به‌دشت بستر مشخصی ندارند.



مآخذ: نگارندگان

شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

داده‌ها و روش‌ها

بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی از لحاظ شرب، کشاورزی و صنعت

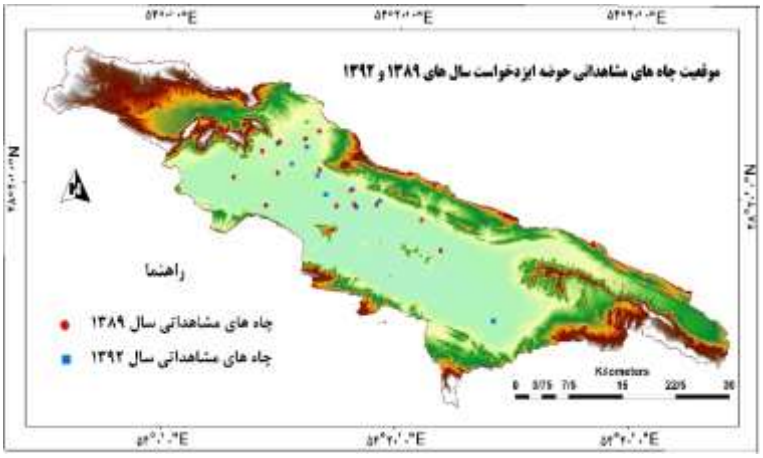
جهت بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی از لحاظ شرب، کشاورزی و صنعت از داده‌های ۲ سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۹ در محیط نرم‌افزار Chemistry استفاده شده است. به‌دلیل این‌که در سال ۱۳۸۹ از آمار ۱۴ چاه مشاهداتی استفاده شده است و از سال ۱۳۹۰ این تعداد به ۹ چاه مشاهداتی کاهش پیدا کرده است، به‌این دلیل دو سال مذکور جهت بررسی و درک بهتر تغییرات کیفی انتخاب شدند (شکل ۲). ویژگی آماری پارامترهای کیفی مربوط به دو سال مذکور مورد بررسی قرار گرفته است (جدول ۱).

جهت بررسی کیفیت آب از نظر کشاورزی از نمودار ویلکاکس[1] استفاده شد. روش طبقه‌بندی و استفاده از نمودار ویلکاکس یکی از کاربردی‌ترین روش برای طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی است. در نمودار ویلکاکس محور افقی، شوری آب (بر حسب میکرو موس بر سانتی‌متر) و محور عمودی نیز نسبت جذبی سدیم (SAR) اختصاص دارد. مختصات مربوط

۱ Wilcox

به هر آب در منطقه‌ای قرار می‌گیرد که با حروف C از نظر شوری و S از نظر سدیم مشخص می‌گردد. مقادیر هر یک از پارامترهای هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم در ۴ کلاس از یک تا چهار طبقه بندی شده است که به‌ترتیب نشان‌دهنده کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد می‌باشد. مثلاً اگر آبی در منطقه C1S2 قرار گیرد، بدان معنی است؛ که شوری این آب کم و نسبت جذبی سدیم آن متوسط است.

جهت تعیین کیفیت آب برای مصارف صنعتی، ضریب لانژالیه (SI) استفاده شده است. که در این رابطه pHm، اسیدیته واقعی آب و pHs مقدار pH آب در حالت اشباع از کربنات کلسیم می‌باشد. چنانچه SI >۰ باشد آب تمایل به پوسته‌گذاری دارد و اگر SI <۰ باشد آب خورنده بوده و اگر SI = ۰ باشد آب حالت خنثی دارد؛ برای طبقه‌بندی آب از نظر شرب معمولاً از نمودار شولر استفاده می‌شود. در نمودار شولر برای هر یک از مقادیر کاتیون‌ها (Mg،K،Na و Ca) و آنیون‌ها (SO4،Cl و HCO3) و نیز درجه سختی آب (TH) محور جداگانه‌ای در نظر گرفته شده است. با تعیین این مقادیر در آزمایشگاه و اتصال نقاط متناظرشان روی این محورها درجهٔ تناسب آب‌ها برای شرب به‌دست آمد.



مآخذ: نگارندگان

شکل ۲: موقعیت چاه‌های مشاهداتی حوضهٔ مورد مطالعه

جدول ۱: ویژگی آماری پارامترهای کیفی مربوط به چاه‌های دشت ایزدخواست

سال	پارامتر	EC	T.D.S	PH	Ca	Mg	Na	K	HCO3	Cl	SO4
---	واحد	(µS/cm)	(Mg/L)	–	(Mg/L)						
۱۳۸۹	تعداد نمونه‌ها	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴
	میانگین حسابی	۶۹۴۵/۴	۴۱۴۳/۷	۷/۰۹	۱۹/۲۱	۱۸/۷۹	۳۷/۷۶	۰/۴۵	۳/۹۳	۴۹/۷۶	۱۹/۳۱
	حداکثر	۲۰۱۵۶	۱۲۹۰۰	۷/۴۶	۵۰	۷۰	۶۱/۴۶	۱/۸۹	۵	۱۹۰/۵	۵۳/۱۷
	حداقل	۱۵۹۷/۶	۷۶۷	۶/۷۸	۴/۵	۲/۵	۱۵/۷۳	۰/۰۷	۲/۵	۵/۹۱	۶/۲۴
۱۳۹۹	تعداد نمونه‌ها	۹	۹	۹	۹	۹	۹	□۹	۹	۹	۹
	میانگین حسابی	۴۶۰۱/۱	۳۰۰۲/۹	۷/۹۸	۱۵/۷۶	۹/۴۱	۲۳/۹۵	۰/۲۷	۳/۸۸	۲۹/۹۵	۱۴/۰۹
	حداکثر	۸۴۶۹	۵۵۸۰	۸/۱۸	۲۸/۳	۱۵/۵	۵۰/۷	۰/۵۲	۴/۵	۵۷	۲۶/۶۵
	حداقل	۱۸۵۲	۱۳۹۰	۷/۷۵	۹/۵	۲/۵	۹/۸۹	۰/۱۱	۳/۳	۸/۸	۸/۴۵

مآخذ: نگارندگان

تحلیل‌های زمین‌آماری

پس از بررسی تغییرات کیفی آب از لحاظ شرب، کشاورزی و صنعت، جهت درک بهتر و دید بصری این تغییرات، پارامترهای کیفی آب درون‌یابی شدند. جهت درون‌یابی پارامترها ابتدا از بین داده‌های ۱۶ پارامتر کیفی، نخست ارتباط بین پارامترها با هم در محیط SPSS 26 به‌دست آمد و سپس پارامترهایی که بیش‌ترین همبستگی و رابطهٔ معنی‌دار با پارامتر EC داشتند انتخاب شده و مورد تجزیه و تحلیل آماری و پهنه‌بندی قرار گرفتند.

برای تحلیل‌های زمین‌آماری نخست نیم‌تغییرنمای متغیر محاسبه و تجزیه و تحلیل شد. در واقع جهت تعیین میزان ارتباط مکانی یک متغیر تصادفی در زمین‌آمار از نیم‌تغییر نما استفاده می‌شود. در این پژوهش برای ترسیم نیم‌تغییرنما از نرم‌افزار GS^+ استفاده شد. نیم‌تغییرنما کمیت برداری است که میزان ارتباط مکانی بین نقاط اندازه‌گیری شده را برحسب مربع تفاضل مقدار دو نقطه و در نظر گرفتن فاصله و جهت آن‌ها نشان می‌دهد. یک نیم‌تغییرنما، با استفاده از مقادیر معلوم، مقادیر مجهول را برآورد می‌کند. فرم محاسباتی یک نیم‌تغییرنما به‌صورت رابطه ۱ است:

$$y(h) = \frac{1}{2}\sum_i^n 1\,(\big(Z(x_i + h)\big) - Z(x_i))^2 \qquad \text{رابطهٔ ۱:}$$

که در آن $y(h)$ مقدار شبیه واریوگرام در فاصله (h)، $z(x_i+h)$ مقدار اندازه‌گیری شدهٔ متغیر در مکان (x_i+h)، $z(x_i)$ مقدار اندازه‌گیری شدهٔ متغیر در مکان x_i، n تعداد اندازه‌گیری‌های انجام شده در محدودهٔ مورد مطالعه است (بای و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۵۳).

سپس روش‌های مختلف درون‌یابی با هم مقایسه شدند و روش کریجینگ[۱]بهترین روش انتخاب و بر اساس آن نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی تهیه شد.

کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار می‌باشد و این تخمین‌گر بهترین تخمین‌گر خطی ناریب[۲]شناخته می‌شود (نس[۳]، ۲۰۰۹: ۱۰۷۳) شرط استفاده از روش کریجینگ آن است که متغیر Z دارای توزیع نرمال باشد. در صورتی‌که $z(x_i)$ مقدار اندازه‌گیری شدهٔ متغیر در مکان (x_i)، z_0 مقدار تخمین زده شدهٔ متغیر در نقطهٔ (x_0) باشد از ترکیب خطی استفاده شده است (رابطهٔ ۲).

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i\, z(x_i) \qquad \text{رابطهٔ ۲:}$$

بحث ویافته‌ها

نتایج مربوط به طبقه‌بندی ویلکاکس برای مصارف کشاورزی در کل محدودهٔ مورد مطالعه برای سال ۱۳۸۹ نشان داد که ۱۴/۲۹ درصد (دو چاه) از چاه‌های منطقه دارای کلاس C3-S2 (شور – قابل استفاده برای کشاورزی) می‌باشند. یک چاه

---

۱. Kriging

2 . Best Linear Unbiased Estimator

۳. Nas

در کلاس C3-S3 یعنی شور و قابل استفاده برای کشاورزی قرار گرفته است. یک چاه در کلاس C3-S4 یعنی خیلی شور و برای کشاورزی نامناسب قرار گرفته است. سه چاه یعنی ۲۱/۴۳ درصد از چاه‌ها در کلاس C4-S2 یعنی خیلی شور و برای کشاورزی نامناسب قرار گرفته است و در نهایت ۵۰ درصد چاه‌ها در کلاس C4-S4 قرار گرفته که خیلی شور و برای کشاورزی نامناسب می‌باشند (جدول۲). نتایج کیفیت آب ۱۴ چاه مشاهداتی نیز از نظر مصارف صنعتی نشان می‌دهد که ۱۴ چاه مشاهداتی از نظر مصارف صنعتی خورنده هستند. از نظر شرب نیز نتایج مربوط نشان داد مجموع املاح محلول آب(TDS) چاه‌های مربوط به‌دشت ایزدخواست در ۵ طبقه قرار گرفته اند. ۱۴/۲۹ درصد در طبقه قابل قبول، ۲۷/۵۷ درصد در طبقه متوسط، ۲۱/۴۳ درصد در طبقه نامناسب، ۲۱/۴۳ درصد در طبقه کاملاً نامطبوع و ۱۴/۲۹ درصد در طبقه غیر قابل شرب قرار گرفته است. سختی کل آب نیز در ۵ طبقه قرار گرفته است که ۲۱/۴۳ درصد از نمونه چاه‌های منطقه در طبقه قابل قبول، ۲۱/۴۳ درصد در طبقه متوسط، ۲۱/۴۳ درصد از نمونه‌ها در طبقه نامناسب، ۲۸/۵۷ درصد در طبقه کاملاً نامطبوع و ۷/۱۴ درصد در طبقه غیر قابل شرب قرار گرفته است. قلیایت آب در سه گروه قرار گرفته که ۱۴/۲۹ درصد در طبقه قابل قبول، ۵۰ درصد در طبقه متوسط و ۳۵/۷۱ درصد در طبقه نامناسب قرار گرفته است. از نظر نمودار شولر میزان سدیم در سه کلاس قرار گرفته است؛ که ۲۱/۴۳ درصد در طبقه متوسط، ۲۸/۵۷ درصد در طبقه نامناسب و ۵۰ درصد در طبقه کاملاً نامطبوع قرار گرفته است. مقادیر کلر نیز در ۵ طبقه قرار گرفته است که ۲۱/۴۳ درصد از نمونه چاه‌های منطقه در طبقه قابل قبول، ۲۱/۴۳ درصد در طبقه متوسط، ۲۱/۴۳ درصد از نمونه‌ها در طبقه نامناسب، ۱۴/۲۹ درصد در طبقه کاملاً نامطبوع و ۲۱/۴۳ درصد در طبقه غیرقابل شرب قرار گرفته است. مقادیر سولفات طبق نمودار شولر در ۴ طبقه قرار گرفته است که ۴۲/۸۶ درصد در طبقه متوسط، ۲۸/۵۷ درصد از نمونه‌ها در طبقه نامناسب، ۲۱/۴۳ درصد در طبقه کاملاً نامطبوع و ۷/۱۴ درصد در طبقه غیرقابل شرب قرار گرفته است (جدول ۳).

جدول ۲: درصد هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی ویلکاکس برای مصارف کشاورزی در کل محدوده در سال ۱۳۸۹

C4				C3			
S4	S3	S2	S1	S4	S3	S2	S1
۵۰	۰	۲۱/۴۳	۰	۷/۱۴	۷/۱۴	۱۴/۲۹	۰

مآخذ: نگارندگان

جدول ۳: درصد هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی شولر برای مصارف شرب در کل محدوده سال۱۳۸۹

طبقه‌بندی آب	TDS	TH	PH	Na	Cl	So4
خوب	۰	۰	۰	۰	۰	۰
قابل قبول	۱۴/۲۹	۲۱/۴۳	۱۴/۲۹	۰	۲۱/۴۳	۰
متوسط	۲۸/۵۷	۲۱/۴۳	۵۰	۲۱/۴۳	۲۱/۴۳	۴۲/۸۶
نامناسب	۲۱/۴۳	۲۱/۴۳	۳۵/۷۱	۲۸/۵۷	۲۱/۴۳	۲۸/۵۷
کاملاً نامطبوع	۲۱/۴۳	۲۸/۵۷	۰	۵۰	۱۴/۲۹	۲۱/۴۳
غیر قابل شرب	۱۴/۲۳	۷/۱۴	۰	۰	۲۱/۴۳	۷/۱۴

مآخذ: نگارندگان

کلاس‌های طبقه‌بندی ویلکاکس برای مصارف کشاورزی در کل محدوده برای سال ۱۳۹۹ نیز نشان داد که از تعداد ۹ چاه، ۸ چاه در کلاس‌های C4-S2 تا C4-S4 قرار گرفته که خیلی شور و برای کشاورزی نامناسب می‌باشند و فقط یک چاه دارای کلاس C3-S1 (شور – قابل استفاده برای کشاورزی) می‌باشند (جدول ۴). از نظر صنعتی نیز تمام چاه‌ها خورنده هستند و برای مصارف شرب نیز تعداد کلاس‌ها در هر یک از پارامترها به سه یا نهایت چهار کلاس نسبت به سال ۱۳۸۹ کاهش یافته است که عمدتاً در ردیف آب‌های نامناسب قرار می‌گیرند. به‌عنوات مثال پارامتر TDS نزدیک به ۹۰ درصد در کلاس‌های نامناسب و کاملا نامطلوب قرار دارند. تنها پارامترهای سدیم (Na) و کلر (Cl) به میزان ۱۱ درصد در کلاس قابل قبول جای گرفته‌اند (جدول ۵).

بنابراین نتایج بررسی منابع آب زیرزمینی نشان‌دهندهٔ کاهش کمیت (کاهش تعداد چاه‌های مشاهداتی منطقه از ۱۴ چاه در سال ۱۳۸۹ به ۹ چاه در سال ۱۳۹۹ به‌دلیل کاهش حجم ذخایر آب زیرزمینی و خشک شدن چاه‌ها) و کیفیت منابع آب زیرزمینی (کاهش کیفیت از نظر کشاورزی و شرب) می‌باشد.

جدول ٤: درصد هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی ویلکاکس برای مصارف کشاورزی در کل محدوده در سال ۱۳۹۹

C4				C3			
S4	S3	S2	S1	S4	S3	S2	S1
۱۱/۱	۱۱/۱	۶۶/۷	۰	۰	۰	۰	۱۱/۱

مآخذ: نگارندگان

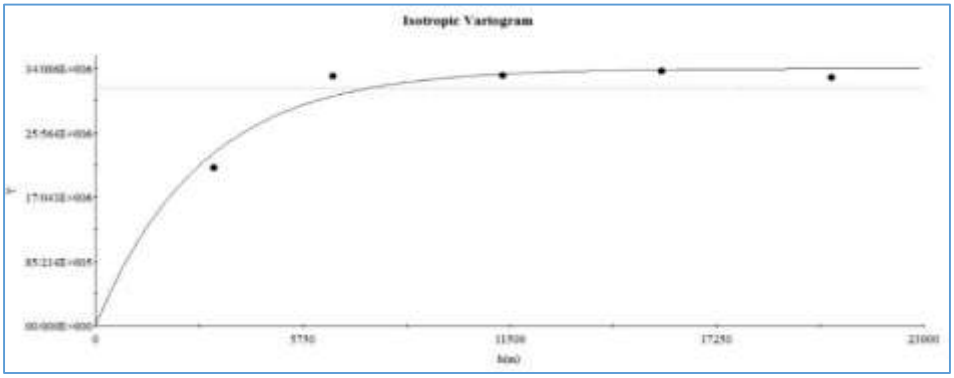
جدول ۵: درصد هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی شولر برای مصارف شرب در کل محدوده سال۱۳۹۹

طبقه بندی آب	TDS	TH	Na	Cl	So4
خوب	۰	۰	۰	۰	۰
قابل قبول	۰	۰	۱۱	۱۱	۰
متوسط	۱۱	۲۲	۲۲	۲۲	۵۶
نامناسب	۶۷	۶۷	۴۵	۴۵	۳۳
کاملاً نامطبوع	۲۲	۱۱	۲۲	۲۲	۱۱
غیر قابل شرب	۰	۰	۰	۰	۰

مآخذ: نگارندگان

برای بررسی تغییرات پارامترها از بین داده‌های ۱۶ پارامتر کیفی، آن‌هایی که بیش‌ترین همبستگی و رابطهٔ معنی‌دار با پارامتر EC داشتند، جهت تجزیه و تحلیل آماری انتخاب شدند که این پارامترها شامل هدایت الکتریکی (EC)، کل مواد جامد محلول (TDS)، نسبت جذب سدیم (SAR) ، کلر (CL)، سدیم (Na)، پتاسیم (K) و سولفات (SO_4) می‌باشند. نتایج نیم‌تغییرنما این پارامترها نشان داد که بهترین مدل برازش شده به پارامتر کیفیEC با R^2 ۰/۷۸۸ مدل نمایی می‌باشد (شکل ۳). سپس مناسب‌ترین روش جهت درون‌یابی نیز بر اساس نتایج حاصل از محاسبات کمترین میزان خطا (RMSE)

انجام شد که مربوط به روش کریجینگ با واریوگرام نمایی ارزیابی شده است که آن را مناسب‌ترین روش برای پهنه‌بندی کیفیت آب در محدوده مـورد مطالعـه معرفی می‌کند. در جدول ۶ انواع روش‌های میان‌یابی و میزان خطا مربوط به هر روش آورده شده است. براساس جدول ۶ روش کریجینگ با واریوگرام نمایی با میزان خطا RMSE ۰/۶۸ و انحراف نتایج MDE ۰/۲۱ بهترین روش شناخته شد. پس از آن روش کریجینگ با واریوگرام دایره‌ای به‌ترتیب با میزان خطا و انحراف نتایج ۰/۸۱ و ۰/۷۴ در اولویت دوم قرار گرفت. بنابراین پارامترهای کیفی انتخابی با روش کریجینگ با واریوگرام نمایی پهنه‌بندی شدند. ولی چون چاه‌ها فقط در مرکز حوضه وجود داشتند برای اغراق کمتر و صحت بیشتر مدل، پهنه‌بندی فقط در مرکز حوضه انجام شد.



مآخذ: نگارندگان

شکل ۳: واریوگرام مربوط به پارامتر EC

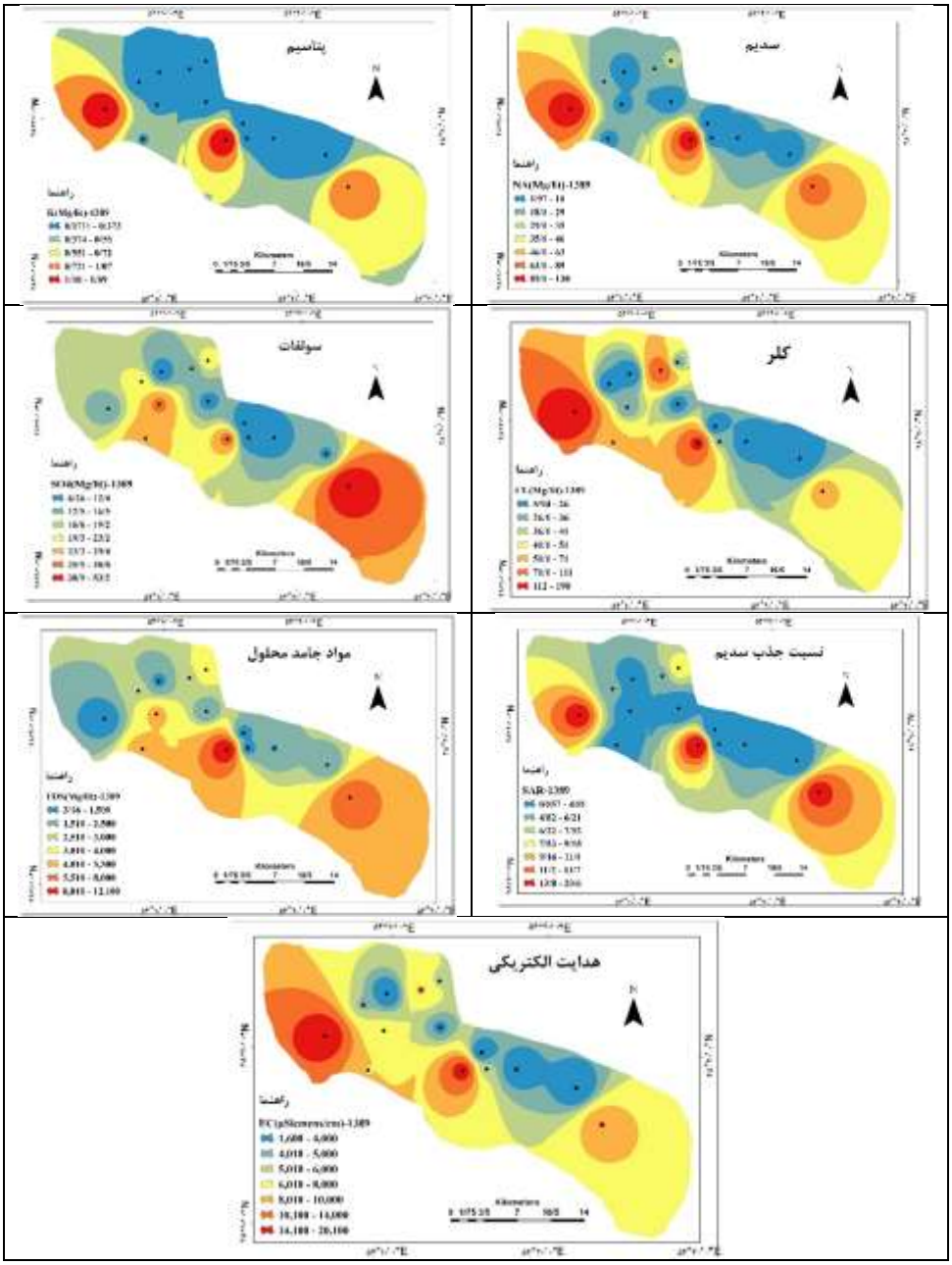
جدول ٦: تحلیل انواع روش‌های میان‌یابی

روش میان یابی	نام	میزان خطا RMSE	انحراف نتایج MDE	اولویت
Kriging_Ordinary_Exponentil	کریجینگ با واریوگرام نمایی	۰/۶۸	۰/۲۱	۱
Kriging_Ordinary_Circular	کریجینگ با واریوگرام دایره ای	۰/۸۱	۰/۷۴	۲
Kriging_Ordinary_Gaussian	کریجینگ با واریوگرام گوسن	۱/۲۱	۰/۹۹	۴
Kriging_Ordinary_ Linear	کریجینگ با واریوگرام خطی	۰/۹۸	۰/۶۷	۳
IDW	معکوس فاصله	۲/۲۴	۱/۴۵	۶
Spline_regularized	Spline منظم	۱/۲۹	۱/۰۲	۵
Spline_Tension	Spline کششی	۳/۶۵	۲/۷۹	۷

مآخذ: نگارندگان

نقشه‌های پهنه‌بندی سال ۱۳۸۹ مربوط به ۷ پارامتر انتخابی برای سال ۱۳۸۹ (شکل ۴) نشان می‌دهند که تمامی پارامترها به سمت شمال روند کاهشی را از خود نشان می‌دهند ولی پارامترهای سدیم، هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، پتاسیم و کلر در سه نقطه از حوضه یعنی در شرق، مرکز و غرب میزان افزایش بیش‌تری داشته‌اند، درصورتی‌که مواد

جامد محلول و سولفات در شرق حوضه میزان بیش‌تری را داشته‌اند اگرچه مانند پارامترهای قبلی روند خطی را با شدت کم‌تری می‌توان در آن‌ها دید.



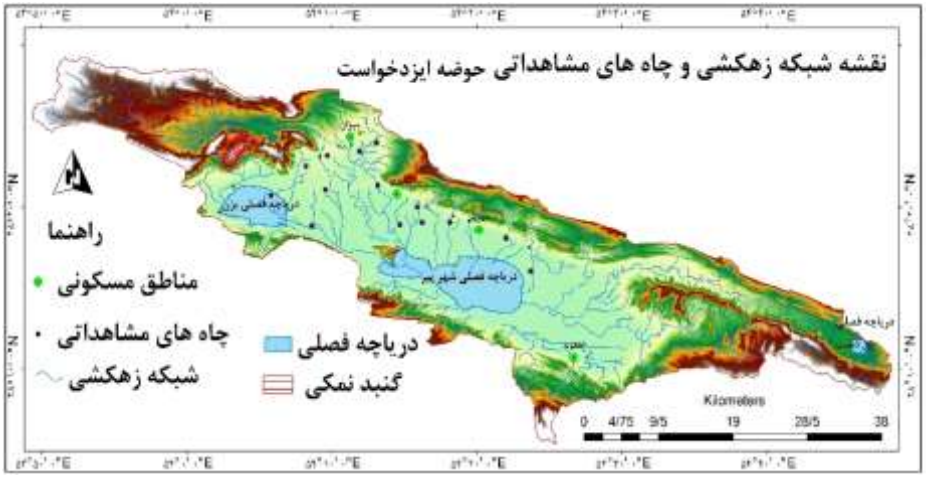
مآخذ: نگارندگان

شکل ٤: نقشه‌های پهنه‌بندی سال ۱۳۸۹

به‌صورت جزئی‌تر اگر به شکل ۴ توجه شود پارامتر پتاسیم بین مقادیر ۰/۰۷ تا ۱/۸۹ میلی گرم در لیتر متغیر بوده است که بیش‌ترین این مقدار در سه نقطه شرق، غرب و مرکز و کم‌ترین مقدار در شمال دشت می‌باشد. پارامتر سدیم نیز

با کم‌ترین مقدار ۱/۹۷ میلی‌گرم در لیتر در شـمال دشـت و بیش‌ترین مقدار ۱۳۰ در شـرق، غرب و مرکز دشـت متغیر می‌با شد. پارامترهای سولفات، کلر و ن سبت جذب سدیم نیز به‌ترتیب با حداقل مقادیر ۶/۲۶، ۵/۹۴ و ۰/۸۵۷ در شمال دشت و حداکثر مقادیر ۵۳/۲، ۱۹۰ و ۲۰/۶ در سه نقطهٔ مذکور یعنی در شرق، غرب و مرکز دشت قرار گرفته‌اند. هم‌چنین پارامتر مواد جامد محلول با مقدار حداقل ۳/۱۶ همانند دیگر پارامترها در شمال دشت مشخص شده است با این تفاوت که مقدار حداکثری این پارامتر تنها در مرکز و شرق حوضه می‌باشد و غرب حوضه را در برنمی‌گیرد. پارامتر هدایت الکتریکی نیز با حداکثر مقادیر در شـرق، غرب و مرکز حوضـه قابل روئیت اسـت؛ با این تفاوت که بیش‌ترین مقدار این پارامتر در غرب حوضه خودنمایی می‌کند.

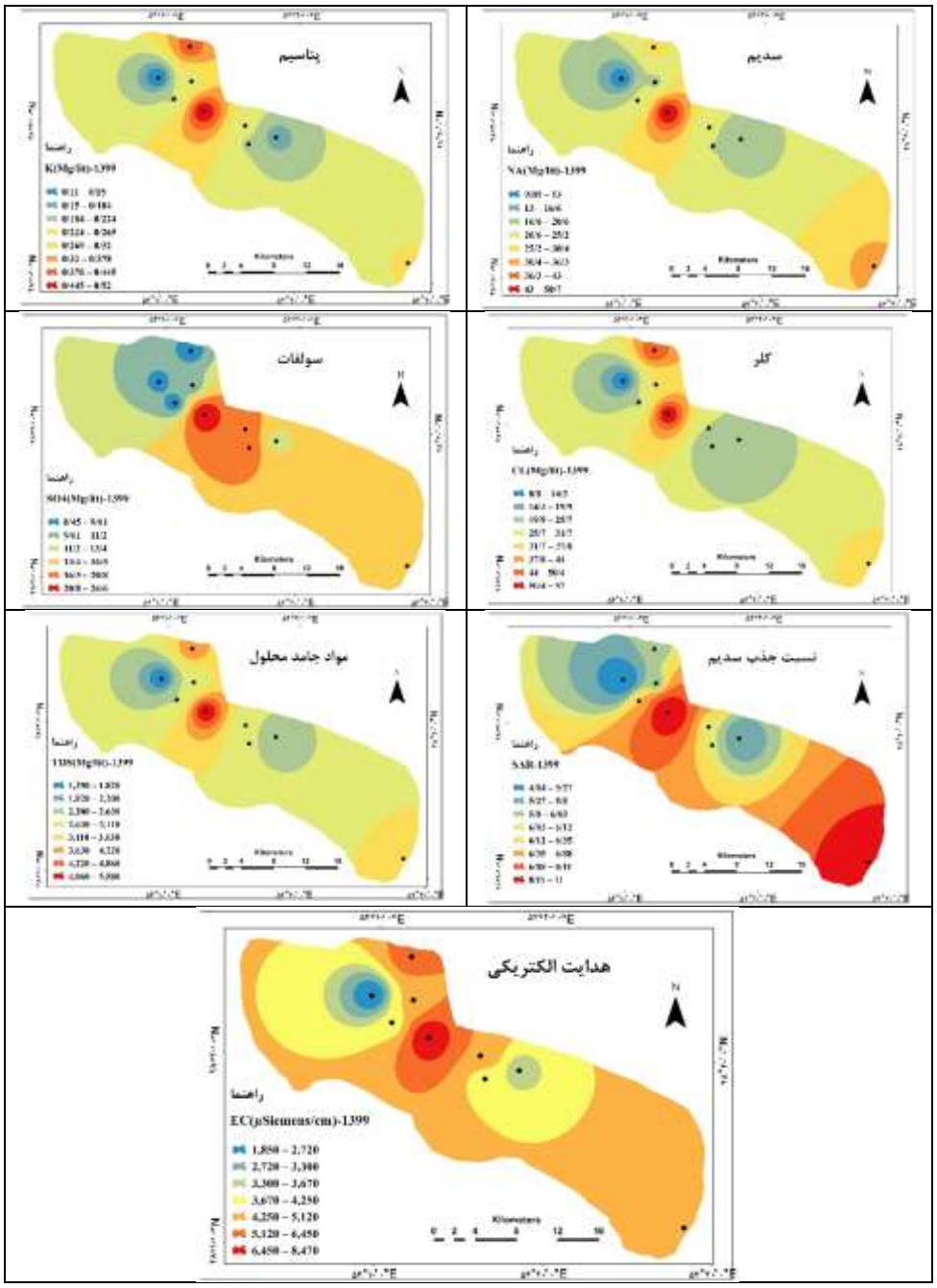
به‌طور کلی از بین این پارامترها دو پارامتر هدایت الکتریکی و کلر در غرب حوضه، مقادیر بالایی را نشان می‌دهند. از طرفی تمامی پارامترها میزان افزایشی را در سه نقطه از خود نشان داده‌اند یعنی در دریاچهٔ فصلی بزن، دریاچهٔ فصلی شهر پیر و محل خروج رودخانهٔ چاه زبر و رودخانهٔ جنوبی چاه‌زبرازکوهسـتان به سـمت دشـت (رودخانه‌های شـرقی حوضـه). به‌طوری‌که پارامترهای سولفات و مواد جامد محلول در محل خروج این رودخانه‌ها مقادیر بالایی دارند (شکل ۵).



مآخذ: نگارندگان

شکل ۵: شبکه زهکشی و دریاچه‌های فصلی حوضهٔ ایزدخواست

با توجه به این‌که سال ۱۳۸۹ تعداد چاه‌های مشاهداتی بیش‌تری در حوضه وجود دارند و از سال ۱۳۹۲ تعداد چاه‌ها کم شده است مقایسه آنها با نقشه‌های پهنه‌بندی سال ۱۳۹۹ (شکل ۶) نتایجی جدیدی را ارائه داد.



مآخذ: نگارندگان

شکل ٦: نقشه‌های پهنه‌بندی سال ۱۳۹۹

بر طبق آمار و نقشه‌های سال ۱۳۹۹ نیز مقادیر تمامی پارامترها به‌جز سولفات و مواد جامد محلول افزایش داشته‌اند. به‌عنوان مثال مقدار حداکثر پارامتر هدایت الکتریکی در غرب حوضه از ۵۵۳۰ در سال ۱۳۹۲ به ۸۵۰۰ در سال ۱۳۹۹ رسیده است یا مقدار حداکثر پارامتر کلر در سال ۱۳۹۲، ۳۸/۷ و در سال ۱۳۹۹، ۵۷ می‌باشند. با توجه به نتایج پهنه‌بندی در سال ۱۳۹۹ همهٔ پارامترها در شرق و غرب مقدار بیش‌تری نسبت به مرکز حوضه دارند. در واقع سدیم، پتاسیم، کلر و مواد جامد محلول نتایج مشابهی را از نظر توزیع مکانی از خود نشان داده‌اند. به‌طوری‌که بر اساس جهت شیب و آب‌های سطحی هم

چنین توپوگرافی منطقه می‌توان توزیع این پارامترها را تحت تأثیر گنبد نمکی موجود در غرب منطقه (شکل ۵) دانست. از طرفی دیگر چون از سال ۱۳۸۹ تا سال ۱۳۹۹ میزان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در منطقه افزایش چشم‌گیری داشته است بنابراین بسیاری از چاه‌ها در منطقه خشک شده‌اند (سازمان آب منطقه‌ای استان فارس، ۱۳۹۴) بر اساس گزارش مذکور در سال ۱۳۸۸ از تعداد ۱۶۶ چاه بهره‌برداری موجود در منطقه، ۴۳ چاه متروکه و خشک می‌باشند که این رقم در سال ۱۳۹۸ از تعداد ۳۰۲ چاه مشاهداتی به ۱۴۵ چاه متروکه و خشک رسیده است که از پایین رفتن سطح تراز در ده سال مذکور حکایت دارد. همین امر باعث کشیده شدن آب‌های شور پس از عبور از سازندهای مخرب و جمع شدن در دریاچه‌های فصلی به نقاط بالاتر شده است. به همین سبب می‌توان بر خلاف سال ۱۳۸۹ نقاط شوری را در حاشیه شمالی دشت مشاهده کرد.

با این‌حال پارامتر هدایت الکتریکی میزان افزایشی قابل توجهی را داشته است که زنگ خطری برای منابع آب زیرزمینی منطقه به‌حساب می‌آید. همچنین نسبت جذب سدیم هم توزیع مکانی همانند هدایت الکتریکی دارد که برای توزیع مکانی این دو پارامتر علاوه بر گنبد نمکی موجود در غرب حوضه (شکل ۵) سازندهای گچ‌دار موجود در شرق حوضه نیز کمک نموده است و بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی حوضه به افزایش این پارامترها و توزیع آن در سطح دشت دامن زده است. همچنین پارامتر سولفات در شرق حوضه توزیع بیش‌تری دارد که این موضوع نیز به سازندهای حاوی گچ‌در شرق حوضه و شسته شدن آن‌ها توسط دو رودخانهٔ اصلی و انتقال آن به دشت ربط دارد. چنان‌که در محل خروج رودخانهٔ چاه‌زبر و شاخهٔ جنوبی چاه‌زبر میزان مقادیر سولفات افزایش چشم‌گیری داشته است که نشان‌دهندهٔ حضور سازندهای تبخیری دارای گچ مانند مول و آغاجاری می‌باشد (انصاری و همکاران، ۱۴۰۰). شواهد نشان می‌دهد که این شیوهٔ عادی در شورشدگی خاک‌های به‌ویژه مناطق مرکزی ایران می‌باشد. برای مثال جهبذ (۱۳۷۴: ۲۶۳) که انحلال مواد و کانی‌های موجود در گنبد نمکی و نهشته‌های گچی و مارنی سازندهای مخرب در سروستان عامل اصلی کاهش کیفیت منابع آبی هستند .

به‌طور کلی افزایش مقادیر نسبت جذب سدیم، مواد جامد محلول، پتاسیم، سدیم و سولفات در چاه مشاهداتی موجود در شرق حوضه می‌باشد. ولی از بین پارامترهای مذکور، میزان هدایت الکتریکی در سال ۱۳۹۹ مقادیر نگران‌کننده‌ای را برای منطقه نشان می‌دهد. به‌طور کلی این نتایج نشان‌دهندهٔ کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی در دشت ایزدخواست طی ۱۱ سال مورد مطالعه می‌باشد؛ نتیجه‌ای که در سایر نقاط مرکزی ایران مانند دشت کرمان (محمدی و سلاجقه، ۱۳۹۶) نیز قابل مشاهده است. در این دست نیز در طی یک دورهٔ ده ساله کلر و هدایت الکتریکی تحت تأثیر سازندهای زمین‌شناسی افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که کیفیت منابع آب حوضه ایزدخواست به‌تبع سیر نزولی مقدار آب ، دچار تغییرات فاحشی شده است. به‌طوری‌که در دامنه‌های شمالی دشت که بیشتر اراضی کشاورزی مردم منطقه می‌باشد در سال ۱۳۸۹ دارای آب باکیفیت‌تری بوده است. به‌تدریج با خشک شدن چاه‌ها و محدود شدن سفره آب زیرزمینی منطقه، از کیفیت آب کاسته شده و شوری به دامنه‌های شمالی کشیده شده است که این نتایج با اطمینان بیشتری از طریق روش‌های زمین‌آماری در پهنه‌بندی پارامترهای کیفی آب به‌دست آمده است.

هم‌چنین نتایج این پژوهش نشان داد مهم‌ترین عامل در شوری منابع آب و خاک منطقه سازندهای مخرب حوضه می‌باشند، به‌طوری‌که در نقشه‌های کیفی منابع آب تمامی پارامترها میزان افزایشی را در سه نقطه از خود نشان داده‌اند یعنی در دریاچهٔ فصلی بزن، دریاچهٔ فصلی شهر پیر و محل خروج رودخانهٔ جنوبی چاه زبر از کوهستان به سمت دشت. همچنین پارامترهای سولفات و مواد جامد محلول در محل خروج این رودخانه مقادیر بالایی دارند. در غرب حوضه میزان بالای هدایت الکتریکی و کلر را می‌توان به‌وجود گنبد نمکی و ورود و تجمع آب‌های سطحی از طرف این گنبد به دریاچهٔ بزن ربط داد. به‌طوری‌که بالاترین میزان هدایت الکتریکی در چاه‌های مشاهداتی در این نقطه ثبت شده‌اند که هرچه از گنبد نمکی و دریاچه‌های فصلی به سمت ارتفاعات شمال دور می‌شویم پارامترهای کیفی آب وضعیت بهتری پیدا می‌کنند. همچنین پارامترهایی مانند سدیم که با وجود سازندهای شور افزایش پیدا می‌کنند نیز در این نقطه میزان بالایی دارند. تأثیر سازندها را در شرق حوضه نیز به‌وضوح می‌توان مشاهده کرد، زیرا در محل خروج رودخانه‌های چاه‌زبر میزان مقادیر سولفات افزایش چشم‌گیری داشته است که نشان‌دهندهٔ حضور سازندهای تبخیری دارای گچ مانند مول و آغاجاری می‌باشد و به‌شدت از بین پارامترهای مذکور، میزان هدایت الکتریکی را در سال ۱۳۹۹ با مقادیر نگران‌کننده‌ای افزایش داده است. این نتایج نشان می‌دهد که برای مدیریت منابع آب برنامه‌های بهبود کیفیت آب در این منطقه باید بر روی کاهش شوری آب متمرکز شود و برای این تمرکز نیز سرچشمه‌های شورشدگی که در این پژوهش مشخص شده است اولویت اصلی برنامه‌ریزی فضایی باید باشد.

منابع

۱- اسدی کپورچال، صفورا؛ همایی، مهدی؛ رمضان پور، حسن (۱۳۹۵): ارزیابی آلودگی خاک‌های شالیزاری استان گیلان با کادمیم با استفاده از روش‌های زمین‌آمار و GIS فصل‌نامه علوم محیطی، سال چهاردهم، شماره سوم، صص ۱۳۱-۱۴۶.

۲- امینی ولاشانی، سحر؛ سلطانی گردفرامرزی، سمیه (۱۳۹۷): ارزیابی و پهنه بندی کیفی آب های سطحی استان گیلان با استفاده از روش‌های زمین آمار، سیزدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری و سومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست با محوریت آبخیزداری و صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست، اردبیل.

۳- انصاری, مریم؛ جباری, ایرج؛ سرگردی, فرهنگ (۱۴۰۰): استفاده از شاخص‌های مورفومتریک برای شناسایی سرچشمه نمکزایی در پلایا (مطالعهٔ موردی: پلایای ایزدخواست، استان فارس). پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال دهم، شماره سوم، صص۱۳۴-۱۵۶.

۴- بای محبوبه، حقی زاده علی، طهماسبی پور ناصر (۱۳۹۷): تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از زمین آمار. فضای جغرافیایی، سال هجدهم، شماره شصت و سوم، صص ۱۴۷-۱۶۴.

۵- پیرزاده، بهاره؛ اسور، طاهره (۱۳۹۹): تحلیل تغییرات مکانی و زمانی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی به کمک روش‌های زمین آمار و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: دشت سیرجان)، نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، سال یازدهم، شماره چهل و دوم، صص ۲۶۶-۲۷۵.

۶- جهیذ، امید (۱۳۷۴): بررسی ویژگی‌های هیدروشیمیایی حوضه آبخیز سروستان با تأکید بر نقش سازندهای زمین‌شناسی، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، گروه زمین‌شناسی- آب‌شناسی، دانشگاه شیراز.

۷- خسروی اقدم، کمال؛ اسدزاده، فرخ؛ میران، ناصر؛ شعبانی روفچائی، عباس (۱۴۰۰): روش‌های علمی تحلیل پیوستگی با استفاده از زمین‌آمار، انتشارات مهر جالینوس، مشهد، چاپ دوم، ۱۹۴ ص.

۸- دوست محمدیان، امیرحسین؛ محمدی، مجید؛ امیری، مجتبی؛ کیا کیانیان، محمد (۱۳۹۹): بررسی تغییرات کمی آب‌های زیرزمینی در دشت سمنان، مجلهٔ مهندسی منابع آب، سال سیزدهم، شماره چهارم، صص ۶۱-۷۰.

۹- ذبیحی؛ علیرضا؛ سلیمانی،کریم؛ شعبانی، مرتضی؛ آبروش، صادق (۱۳۹۰): بررسی توزیع مکانی بارش سالانه با استفاده از روش‌های زمین‌آماری) مطالعه‌ی موردی: استان قم، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال چهل و سوم، شماره هفتاد و هشتم، صص ۱۰۲-۱۱۲.

۱۰- ربیعی، مبینا؛ کرمی، حجت (۱۴۰۱): تخمین تغییرات زمانی و مکانی سطح آب زیرزمینی با تلفیق مدل‌های هوشمند و روش‌های زمین‌آماری (دشت سمنان)، نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، سال دوازدهم، شماره چهل و هفتم، صص ۲۲۰-۲۴۲.

۱۲- سازمان آب منطقه‌ای استان فارس (۱۳۹۴): گزارش بیلان آب محدودهٔ مطالعاتی ایزدخواست (۲۶۴۷)، صص ۱-۶۳.

۱۳- شعبانی، محمد (۱۳۸۸)؛ ارزیابی کاربرد روش‌های زمین آمار در پهنه‌بندی شدت‌های خشکسالی استان فارس، فصل‌نامه علمی - پژوهشی مهندسی منابع آب، سال دوم، شماره سوم، صص ۳۱-۳۶.

۱۴- شاهی نژاد، بابک؛ دهقانی، رضا (۱۴۰۰): بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی با استفاده از تخمین گر آماری (مطالعه موردی: دشت نورآباد)، انسان و محیط زیست، شماره پنجاه و هفتم، صص ۲۵-۳۴.

۱۵- شعبانی، محمد (۱۳۹۰): ارزیابی روش‌های زمین آمار در تهیه نقشه فرسایندگی باران استان فارس، مهندسی و مدیریت آبخیز، سال سوم، شماره سوم، صص ۱۶۸-۱۷۶.

۱۶- صابری، عارف؛ سلطانی گردفرامرزی، سمیه (۱۳۹۶): ارزیابی روش‌های زمین‌آمار در پهنه‌بندی شدت خشک‌سالی استان آذربایجان غربی، نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، سال هفتم، شماره سوم، صص ۱۵۱-۱۶۵.

۱۷- صفری، فرشید؛ شهبازی، افسانه؛ کتابچی، حامد (۱۳۹۸): تحلیل وضعیت کیفیت و پهنه‌بندی نیترات منابع آب زیرزمینی استان البرز (دشت هشتگرد)، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد بیست و ششم، شماره پنجم، صص ۱۱۳-۱۳۰.

۱۸- کاویان، عطاالله؛ جعفریان، زینب؛ جهانشاهی، افشین؛گلشن، محمد (۱۳۹۵): نقشه‌بندی فرسایندگی باران در استان کرمان با روش‌های زمین‌آماری، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال چهل و هشتم، شماره اول، صص ۵۱-۶۸.

۱۹- محمدی، صدیقه؛ سلاجقه، علی (۱۳۹۶): بررسی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب زیرزمینی به کمک بهترین تخمین گر زمین آمار (مطالعه موردی: دشت کرمان)، مجله علوم ومهندسی آبخیزداری ایران ، سال یازدهم، شماره سی و نهم، صص ۴۹-۶۰.

۲۰- نوری، حمید؛ ایلدرومی، علیرضا؛ بخشی، مریم (۱۴۰۱): بررسی کیفیت آب زیرزمینی در شرایط تغییر اقلیم و خشک‌سالی‌های آینده در دشت سیلاخور بروجرد، فضای جغرافیایی، سال بیست و دوم، شماره هفتاد و هشت، صص ۳۱-۵۳.

21- Ella, V.B, Melvin, S.W. And Kanwar, R.S. (2001): Spatial Analysis Of No3-N Concentration In Glacial Till, Transactions Of The ASAE. American Society Of Agricultural Engineers, 44(2), 317-327.
28- Elleithy, D., Hassan, A., Hagras, M., Riad, P. (2015): Best Applicable Geostatistical Model For Interpolating Groundwater-Levels In El-Obour City, Egypt, Transactions On The Built Environment, 168(1), 435–446.
29- Hasan, K., Paul, S., Chy, T.J., Antipova, A. (2021): Analysis Of Groundwater Table Variability And Trend Using Ordinary Kriging: The Case Study Of Sylhet, Bangladesh. Applied Water Science, 11, 120, 1-12.
30- Kılıç, Z. (2020): The Importance Of Water And Conscious Use Of Water (Review Article), International Journal Of Hydrology, 4(5), 239-241.
31- Kilic, E., Yucel, N. (2018): Determination Of Spatial And Temporal Changes In Water Quality At Asi River Using Multivariate Statistical Techniques, Turkish Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences,19(9), 727-737.
32- Mcgrath, D., Zhang, C. And Carton, O.T. (2004): Geostatistical Analyses And Hazard Assessment On Soil Lead In Silver Mines Area, Ireland. Environmental Pollution, 127, 239-248.
33- Rasel, H.M., Alam, SH., Hasnat, A., Hossain, I., Hasan, M. R., Ahsan, A. (2019): Geospatial Analysis Of Groundwater Level Variations Using Kriging Method, Journal Of Engineering And Applied Science, 3(2), 21–34.
34- Rejinders, H.F.R., Van Derecht, G., Prins, H.F., Boumans, L.J.M. (1998): The Quality Of The Ground Water In The Netherlands, Journal Of Hydrology, 207: 179-188.
35- Tobies, G.Q., Salas, J.D. (1985); A Comparative Analysis Of Techniques For Spatial Analysis Precipitation, JAWRA Journal Of The American Water Resources Association, 21(3), 365 – 380.
36- Zhang, Q., Wang, L., Wang, H., Zhu, X., Wang, L. (2020): Spatio-Temporal Variation Of Groundwater Quality And Source Apportionment Using Multivariate Statistical Techniques For The Hutuo River Alluvial-Pluvial Fan, China, International Journal Of Environmental Research And Public Health ,17(3):1055, 1-17.