نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و ششم، شماره پنجم، ۱۳۹۸
۱۱۳-۱۳۰
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2020.16571.3185

تحلیل وضعیت کیفیت و پهنه‌بندی نیترات منابع آب زیرزمینی استان البرز (دشت هشتگرد)

فرشید صفری[۱]، *افسانه شهبازی[۲] و حامد کتابچی[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد آلاینده‌های محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران،
[۲]دانشیار گروه فناوری‌های محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران،
[۳]استادیار گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۰۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۰۱

چکیده

سابقه و هدف: ورود آلاینده‌ها از طریق توسعه شهری، فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی به همراه تغییرات اقلیمی از جمله مواردی هستند که همواره بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی تأثیرگذار هستند. آب زیرزمینی از منابع ارزشمندی است که در صورت بی‌توجهی و مدیریت نامناسب می‌تواند انتقال آلاینده‌های شیمیایی توسط منابع شهری، صنعتی و کشاورزی را به همراه داشته باشد. عوامل طبیعی مانند خشک‌سالی‌ها و عوامل انسانی هم‌چون برداشت بیش‌ازحد از منابع آب زیرزمینی از عواملی هستند که موجب تغییرات کمیت و کیفیت منابع زیرزمینی می‌گردند. از جمله اثرات این عوامل می‌توان به تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت هشتگرد اشاره نمود که در طول سه دهه گذشته حدود ۱۵ متر افت داشته است. نوآوری پژوهش حاضر که آن را از مطالعات پیشین متمایز می‌سازد، به‌کارگیری هم‌زمان تصاویر ماهواره‌ای و پایش کیفیت وضعیت منابع آب است تا به این طریق شناسایی عوامل احتمالی تأثیرگذار بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی تا حدی ممکن گردد و راهکارهای حفاظت از منابع آب و خاک موردبررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش تعداد ۲٤ نمونه (از ۲٤ حلقه چاه) از نقاط مختلف دشت هشتگرد تهیه شد و غلظت پارامترهای تأثیرگذار بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی شامل نیترات، سولفات، کلسیم، سدیم، منیزیم، پتاسیم و کل مواد جامد محلول بر اساس روش استاندارد مرجع مختص به خود اندازه‌گیری گردید. سپس با استفاده از نرم‌افزارهای ArcGIS و AquaChem پهنه‌بندی (ارزیابی خطای روش‌های درون‌یابی) و تحلیل کیفیت منابع آب زیرزمینی صورت گرفت. علاوه بر این، با به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (سنجنده OLI) و نرم‌افزار ENVI تغییرات مکانی کاربری اراضی نیز بررسی شد. سپس، نتایج به‌دست آمده جهت بررسی تغییرات مکانی پارامترهای کیفی و شناسایی عوامل مؤثر بر تغییرات کیفیت منابع آب زیرزمینی مورداستفاده قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج به‌دست‌آمده از پردازش سمی‌واریوگرام و ارزیابی خطا روش‌های درون‌یابی مورداستفاده در این پژوهش برای پارامتر نیترات (۱۳۹۱-۱۳۹٤) نشان می‌دهند که نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه تأثیر بین ۰/۱۲ تا ۰/۱۷ متغیر است

* مسئول مکاتبه: a_shahbazi@sbu.ac.ir

که نشان‌دهنده پیوستگی مکانی قوی این پارامتر است. هم‌چنین، از میان روش‌های درون‌یابی، روش کریگینگ بیزی تجربی، کم‌ترین میزان ریشه میانگین مجذور خطا (۲/۹۹ میلی‌گرم بر لیتر) را دارا است. نتایج حاصل از بررسی تغییرات مکانی مقادیر نیترات در منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد نیز نشان می‌دهند، بیش‌ترین مقادیر این آلاینده (بیش از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) در محدوده کاربری شهری و صنعتی (عرب‌آباد کوه و قلعه سلیمانی) واقع گردیده است که می‌تواند ابتدا با فاضلاب‌های شهری و سپس با به‌کارگیری از کودهای نیتروژنه در کشاورزی مرتبط باشد. علاوه بر این، بررسی تغییرات مکانی سولفات و نسبت‌های یونی آب زیرزمینی در سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹٤ نشان می‌دهند که مقادیر این پارامتر در قسمت‌های واقع در اراضی باغات و کشاورزی دشت (قسمت‌های مرکزی) بیش‌تر از حدود استاندارد (بیش از ٤۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشد. هم‌چنین، علت اصلی این افزایش عوامل و واکنش‌های هیدروشیمیایی شناخته شده است.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان دادند که در حال حاضر مقادیر تعدادی از پارامترهای مؤثر در تعیین کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد از حد مجاز استانداردها فراتر رفته است. علاوه بر این، سطح آب زیرزمینی نیز در بازه زمانی مطالعاتی (۱۳۹۱-۱۳۹٤)، دچار افت (۹/۷۱ متر) چشم‌گیری شده است. به‌این‌ترتیب، توجه به تأثیر گسترده عوامل انسانی بر کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد و افت شدید سطح آب زیرزمینی، بررسی حریم‌های حفاظت کیفی از منابع آب زیرزمینی و مدیریت برداشت چاه‌های بهره‌برداری در طرح‌های آتی امری ضروری به‌نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: دشت هشتگرد، کاربری اراضی، کیفیت منابع آب زیرزمینی، نیترات

مقدمه

آب زیرزمینی در واقع فراوان‌ترین منبع قابل‌دسترس آب شیرین در دنیا است که ۹۷ درصد منابع آب شیرین دنیا را (به‌جز یخ‌های قطبی) تشکیل می‌دهد و گاهی ثروت پنهان نامیده می‌شود که وجود و اهمیت آن به‌خوبی شناخته نشده است، در نتیجه اقدامات لازم برای حفاظت و مدیریت آن با روش‌هایی ازلحاظ زیست‌محیطی پایدار یا انجام نمی‌شود یا بسیار دیر انجام می‌شود و اغلب به‌هنگام وقوع خشک‌سالی در برخی مناطق، اهمیت آن بیش‌تر مشخص می‌گردد (۱٤).

امروزه افزایش جمعیت و نیاز آب در بخش‌های مختلف کشاورزی، شرب، بهداشت، صنعت و در نهایت افزایش تولید و ایجاد پتانسیل‌های آلودگی فشار زیادی را به منابع آبی وارد نموده است (۱٦ و ۲۹). علیائی و همکاران (۲۰۱۸) اثرات توسعه شهری بر آلودگی منابع آب زیرزمینی را با استفاده از ۲۳ حلقه چاه در سطح دشت همدان مورد ارزیابی قرار دادند. پارامترهای موردسنجش از روند تغییرات نامطلوب در کیفیت منابع آب زیرزمینی (وجود نیترات و نیتریت) حکایت داشتند. نتایج این پژوهش، مدیریت بهینه در مصرف و بهره‌برداری قانونی از آب‌های زیرزمینی و هم‌چنین کنترل فاضلاب شهری را تنها راه اصولی و کارآمد برای جلوگیری از تغییرات کمی و کیفی بیان نموده است (۲۰). در مطالعه‌ای دیگر اسکندری‌دامنه و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از بررسی تصاویر ماهواره‌ای و تحلیل پارامترهای کیفی، وضعیت منابع آب زیرزمینی حوضه غرب تالاب

جازموریان را طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹٤ بررسی نمودند. نتایج این مطالعه نشان دادند که احداث سد، رها نکردن حقابه و افزایش وسعت کاربری شهری موجب تنزل کیفیت منابع آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی گردیده است (۲٦). یکی از مهم‌ترین نکات در کنترل و پیشگیری از آلودگی، شناسایی عوامل و منابع آلودگی، منابع بحرانی آلوده شده و هم‌چنین جهت حرکت آلودگی است (۸). اروین مانستر (۲۰۰۸) اثرات توسعه شهری را بر روی ورود نیترات و پرکلرات به آب‌های زیرزمینی ارزیابی نمود. در این پژوهش پس از شناسایی منابع احتمالی آلاینده‌های غیرنقطه‌ای (مانند فاضلاب مناطق مسکونی و کودهای آلی استفاده شده در چمن‌های شهری) تحلیل کیفی نمونه‌ها نیز صورت پذیرفت و تأثیرات منابع آلوده‌کننده بر کیفیت آب زیرزمینی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. نتایج نشان دادند که غلظت آلاینده‌ها در بعضی مناطق بیش‌تر از حد مجاز بوده و در صورت ورود به منابع آب زیرزمینی موجب نقض استانداردهای زیست‌محیطی می‌گردند (۹). در مطالعه‌ای دیگر بامری و همکاران (۲۰۱۵) وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی دشت بجستان را با استفاده از روش کریگینگ شاخص بررسی نمودند. نتایج نشان دادند که مقادیر EC[1] وSAR[2] در بیش‌تر چاه‌ها از حد استانداردها فراتر رفته است. ازاین‌رو اقداماتی مانند جلوگیری از استخراج چاه‌های غیرمجاز و راه‌اندازی سیستم زهکشی زیرسطحی را پیشنهاد نمودند (۱). مسلم‌زاده و همکاران (۲۰۱۱)، روش‌های زمین‌آماری پهنه‌بندی تراز آب زیرزمینی میان‌آب خوزستان را بررسی نمودند. طبق نتایج حاصل از مطالعات ایشان، روش کوکریگینگ با برآورد کم‌ترین میزان ریشه میانگین مجذور خطا (۱/۳۵ متر)، بهترین نتیجه را به‌دست داده است (۱۸).

مطالعاتی که به‌اختصار بیان گردیدند نشان دادند که عوامل انسانی، هم‌چون توسعه شهری و برداشت بیش‌ازحد منابع آب زیرزمینی موجب کاهش کمیت و کیفیت این منابع شده است. بنابراین با توجه به این مهم و اهمیت منابع آب‌های زیرزمینی، در این مطالعه سعی شده است تا به‌کارگیری روش‌های متعدد عوامل احتمالی مؤثر بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد شناسایی شده و تحلیل گردند.

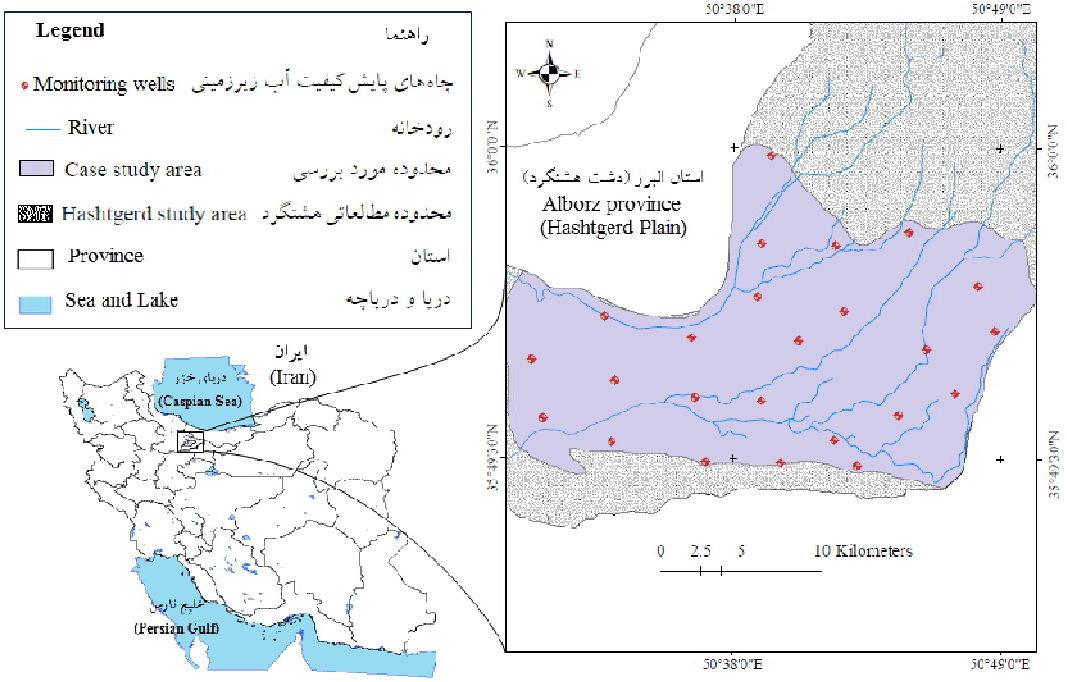
مواد و روش‌ها

معرفی محدوده مطالعاتی و روند انجام مطالعه: دشت هشتگرد و حوضه آبریز آن در رشته‌کوه البرز مرکزی در شمال ایران و در قسمت غربی البرز مرکزی در طول جغرافیائی ´۲۲ و °۵۰ تا ´۷ و °۵۱ شرقی و عرض جغرافیائی ´٤۸ و °۳۵ تا ´۷ و °۳٦ شمالی واقع شده است (شکل ۱). مساحت ناحیه دشت در این محدوده ۵۹٦/٦ کیلومترمربع است که در انتهای شمال‌غربی حوضه آبریز ایران مرکزی قرار گرفته و دارای چند رودخانه است که پرآب‌ترین آن‌ها کردان می‌باشد (۱۵). در سال‌های گذشته عوامل انسانی تأثیر بسیار زیادی بر روی کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد داشته است به‌طوری‌که تراز آب زیرزمینی در طول سه دهه گذشته حدود ۱۵ متر افت نموده است. بنابراین با توجه به اهمیت منابع آب‌های زیرزمینی، در این مطالعه سعی شده تا عوامل مؤثر بر تغییرات کمیت و کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی دشت هشتگرد شناسایی و موردتحلیل واقع شوند.

پس از شناسایی مسأله، تهیه و تحلیل اطلاعات، وضعیت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد با استفاده از روش‌های متداول (و نرم‌افزار Aquachem که توانایی ارائه گزارش‌های متعددی برای پارامترهای کیفی آب را دارد) موردبررسی قرار

1- Electrical conductivity
2- Sodium adsorption ratio

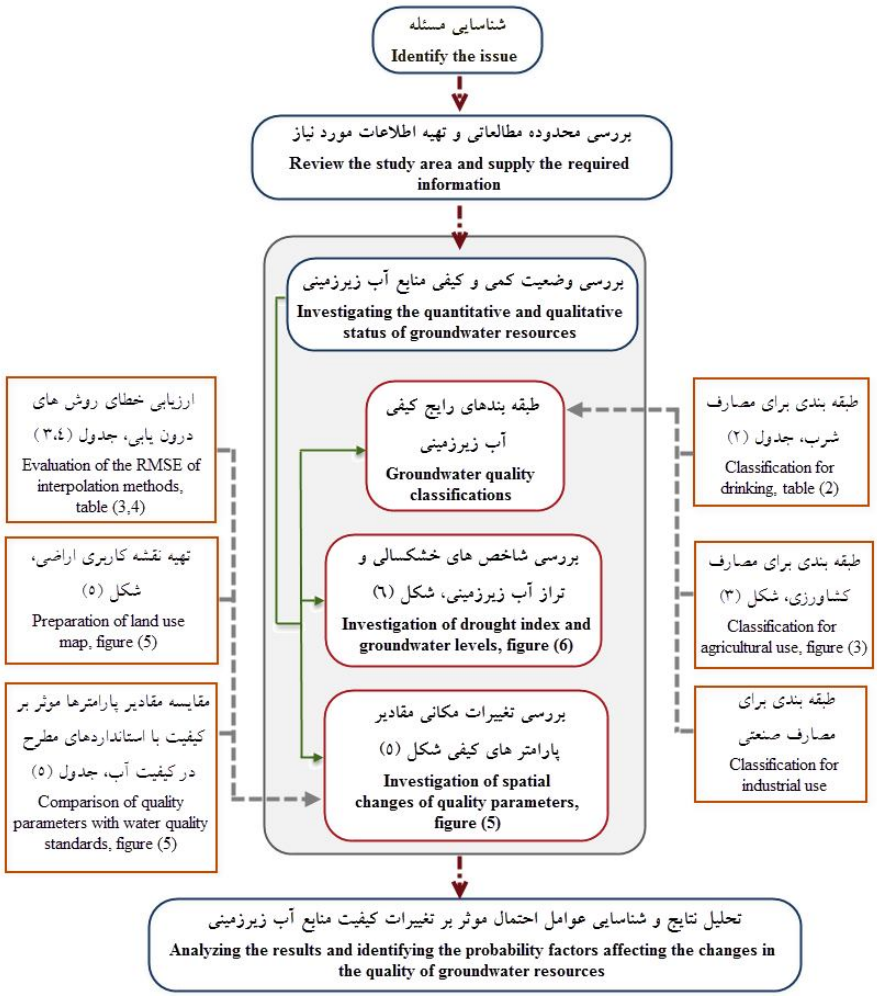
گرفته است. سپس با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS روش پهنه‌بندی مناسب برای پارامترهای کیفی (نیترات و سولفات) انتخاب شده است و با تلفیق این اطلاعات با نقشه‌های کاربری اراضی تولیدشده توسط نرم‌افزار (ENVI) تغییرات مکانی پارامترهای کیفی بررسی گردیده است. در ادامه با توجه به امکان وجود همبستگی میان پارامترهای کیفی و تراز آب زیرزمینی، وضعیت فعلی آبخوان شناسایی شد و مطالعات پیشین در این زمینه تشریح گردید تا بدین طریق امکان شناسایی عوامل احتمالی و مؤثر بر تغییرات کیفی آبخوان شناسایی گردد. نوآوری مطالعه حاضر که آن را از مطالعات پیشین متمایز می‌سازد، استفاده هم‌زمان از روش‌های کاربردی در تحلیل وضعیت کیفی منابع آب و تغییرات کاربری اراضی (با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای) می‌باشد تا بدین‌طریق همه عوامل احتمالی مؤثر بر تغییر وضعیت کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد مورد تحلیل واقع شوند (شکل ۲).



شکل ۱- محدوده مطالعاتی دشت هشتگرد، استان البرز، ایران.

Figure 1. The Study area of Hashtgerd plain, Alborz province, Iran.

سنجش پارامترهای کیفی: در این پژوهش از ۲٤ حلقه چاه پایش برای سنجش کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹٤ (به‌صورت ماهانه) استفاده گردید (شکل ۱). سپس، پارامتر نیترات از روش رنگ‌سنجی و سنجش میزان جذب نور در طول‌موج مشخص، با استفاده از دستگاه فتومتر و روش آزمایش استاندارد (NO^{-3} SMWW 4500) مورد تحلیل قرار گرفت. علاوه بر این، پارامترهای سولفات، کلسیم، منیزیم، پتاسیم و کل مواد جامد محلول نیز با روش استاندارد مرجع خود (به‌ترتیب SO_4^{2-} SMWW 4500، SMWW 3500-Ca، SMWW 2340، SMWW-3500-K، 1030) اندازه‌گیری شده است (۲۲).



شکل ۲- نمودار روند انجام مطالعه.

Figure 2. The flowchart of the study procedure.

استخراج نقشه کاربری اراضی: کاربری زمین ازجمله عواملی است که در بررسی تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی بسیار با اهمیت است (۱۰). ازاین‌رو در مطالعه حاضر با توجه به اهمیت شناخت کاربری اراضی در بررسی همپوشانی مناطق مستعد آلودگی آب‌های زیرزمینی، نقشه کاربری اراضی تهیه گردیده است. جهت تهیه نقشه کاربری اراضی، تصاویر ماهواره لندست ۸ (سنجنده OLI، مسیر ۱٦۵، ردیف ۰۳۵) تاریخ ۲۰۱۳/۸/۲۲ میلادی، تهیه گردید. سپس تصحیح اتمسفری (با الگوریتم فلش) و رادیومتریک در محیط نرم‌افزار ENVI بر روی تصاویر صورت گرفت. پس از انجام تصحیحات لازم و برش مرز، طبقه‌بندی تصاویر به شکل نظارت‌شده و با استفاده از روش حداکثر احتمال[1] انجام گردید. در حال حاضر روش حداکثر احتمال به‌عنوان یکی از روش‌های مطلوب در زمینه طبقه‌بندی نظارت‌شده تصاویر ماهواره‌ای مورداستفاده قرار می‌گیرد (۲۱ و ۲۵).

روش‌های طبقه‌بندی کیفیت آب: یکی از مهم‌ترین انواع طبقه‌بندی‌ها برای شرب طبقه‌بندی شولر است (جدول ۱)، در طبقه‌بندی شولر آب‌ها از نظر مصرف آشامیدنی به شش گروه (از خوب تا غیرقابل‌استفاده) تقسیم‌بندی می‌گردند (۲۳).

1- Maximum Likelihood

جدول ۱- طبقه‌بندی شولر برای مصارف شرب بر حسب میلی‌گرم بر لیتر.

Table 1. Schoeller classification for drinking water (mg/l).

کیفیت Quality	سختی کل TH	کل مواد جامد محلول TDS	سولفات SO_4^{2-}	کلر Cl^-	سدیم Na^+
خوب Good	<250	<500	<145	<175	<115
قابل‌قبول Permissible	250-500	500-1000	145-280	175-350	115-230
متوسط Moderate	500-1000	1000-2000	280-580	350-700	230-460
نامناسب Unsuitable	1000-2000	2000-4000	580-1150	700-1400	460-920
کاملاً نامناسب Quite Inappropriate	2000-4000	4000-8000	1150-2240	1400-2800	920-1080
غیرقابل‌شرب Non-Drinking	>4000	>8000	>2240	>2800	>1080

کیفیت آب یکی از پارامترهای مؤثر برای به حداکثر رساندن بهره‌وری محصولات کشاورزی است. از روش‌هایی که می‌تواند در طبقه‌بندی کیفیت آب برای مصارف کشاورزی مورداستفاده قرار گیرد طبقه‌بندی ویلکاکس[1] می‌باشد که، بر مبنای ارزیابی ترکیبی دو شاخص شوری و قلیائیت استوار است که اساس آن محاسبه میزان هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) است (۲۴ و ۲۸).

آب مورداستفاده در صنعت، بسته به نوع صنعت باید استانداردهای خاصی داشته باشد. شاخص اشباع لانگمیر[2] و شاخص پایداری رایزنار[3] از معیارهای طبقه‌بندی آب برای مصارف صنعتی می‌باشند که قابلیت رسوب‌گذاری یا خورنده بودن آب را مورد ارزیابی قرار می‌دهند. در این مطالعه از شاخص لانگمیر و رابطه ۱ برای طبقه‌بندی آب برای مصارف صنعتی استفاده شده است که در آن، pH، اسیدیته واقعی آب و pHs، اسیدیته اشباع آب می‌باشد. در این طبقه‌بندی، مقادیر مثبت و منفی IS به‌ترتیب نمایش‌دهنده تمایل آب نسبت به رسوب‌گذاری و خورندگی هستند (۵).

$$IS=PH-PHs \qquad (1)$$

روش‌های درون‌یابی پارامترهای کیفی: در مطالعه حاضر با به‌کارگیری روش‌های درون‌یابی زمین‌آماری[4] (کریگینگ معمولی[5]، کریگینگ بیزی تجربی[6]) و قطعی[7] (فاصله معکوس وزنی[8]) پراکنش مکانی پارامترهای کیفی (نیترات و سولفات) منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد پیش‌بینی‌شده است. سپس، با استفاده از روش اعتبارسنجی متقاطع پارامترهای هر مدل بهینه‌شده و با برآورد ریشه میانگین مجذور خطا[9] صحت نتایج ارزیابی گردید.

1- Wilcox
2- Langelier saturation index
3- Ryzner Saturation Index

4- Geostatistical
5- Ordinary Kriging
6- EBK: Empirical Bayesian Kriging
7- Deterministic
8- IDW: Inverse Distance Weighted
9- RMSE: Root Mean Square Error

روش کریگینگ یکی از روش‌های پیشرفته زمین‌آماری است که بر اساس تحلیل نیم تغییرنما[1] استوار است. نیم تغییرنما از روش‌های محاسبه تغییرات مکانی است که هدف اصلی از برقرار کردن تابع آن، شناسایی ساختار تغییرپذیری متغیر نسبت به فاصله مکانی می‌باشد (۱۲). در مطالعه حاضر پس از آزمون مدل‌های مختلف نیم‌تغییرنمای مناسب انتخاب گردید. سپس وابستگی مکانی مقادیر کیفی (نیترات و سولفات) از طریق نسبت (اثر قطعه‌ای)[2] به (حدآستانه[3] + اثر قطعه‌ای) محاسبه شد. چنان‌چه این نسبت کم‌تر از ۰/۲۵ شود، وابستگی مکانی قوی خواهد بود (۱۳).

برای انجام روش‌های زمین‌آمار، داده‌های مورداستفاده باید توزیع نرمال داشته باشند و واریانس در مکان دچار تغییرات زیادی نگردد (۱۱). بنابراین در این مطالعه نرمال بودن توزیع مقادیر پارامترهای کیفی (سولفات و نیترات) با استفاده از آزمون آماری کلموگروف- اسمیرنوف موردبررسی قرار می‌گیرد تا در صورت نیاز داده‌های استفاده شده با استفاده از روش‌های مناسب (مانند روش باکس- کاکس[4]) نرمال‌سازی گردد. در آزمون کلموگروف- اسمیرنوف فرض‌های آماری بدین‌صورت می‌باشد (٦):

فرض H_0: توزیع داده‌ها نرمال است.

فرض H_1: توزیع داده‌ها نرمال نیست.

در روش کریگینگ معمولی که در این مطالعه استفاده شده است، واریانس خطای برازش مدل حداقل می‌گردد. به‌طوری‌که می‌توان گفت بهترین برآوردکننده خطی ناریب است. با برازش یک مدل نرم تغییرپذیری مکانی به داده‌های نمونه و حداقل نمودن خطای برازش، کریگینگ ارزش‌های پایین را کم‌تر از حد واقعی و ارزش‌های بالا را بیش‌تر از حد واقعی برآورد می‌کند (۲۵).

روش کریگینگ بیزی تجربی، یکی دیگر از روش‌های درون‌یابی زمین‌آماری است که سختی‌های مربوط به ساخت یک مدل کریگینگ معتبر را خودکار می‌نماید. به‌عبارت‌دیگر این روش، پارامترهایی را که در سایر روش‌ها به‌صورت دستی تدقیق می‌شوند، در فرایند شبیه‌سازی به‌صورت خودکار برآورد می‌نماید (۱۱).

روش فاصله معکوس وزنی از روش‌های قطعی درون‌یابی است که در آن نیازی به تعیین الگوی تغییرات مکانی یعنی نیم‌تغییرنما نیست. در روش فاصله معکوس وزنی بالاترین وزن برای تخمین نقاط، به نزدیک‌ترین نقطه به نمونه داده می‌شود. بنابراین، هر نقطه اندازه‌گیری شده دارای یک اثر محلی است و با افزایش فاصله، از تأثیر آن کاسته می‌شود (۱۳).

شاخص خشک‌سالی: تاکنون مطالعات متعددی در زمینه بررسی همبستگی میان بارندگی و تغییرات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی صورت گرفته است که نشان می‌دهند متغیرهای اقلیمی هم‌چون بارندگی از عواملی هستند که همواره بر روی کمیت و کیفیت منابع آب تأثیرگذار هستند (۱۹). ازاین‌رو در این مطالعه برای بررسی شاخص خشک‌سالی از نرم‌افزار DIP[5] که، تعدادی از شاخص‌های خشک‌سالی را در خود جای داده است و سری‌های زمانی آن‌ها را در مقیاس‌های متفاوت محاسبه می‌نماید، استفاده گردیده است تا بتوان در نهایت، نتایج این مطالعه را با مطالعات پیشین مقایسه نمود. در این پژوهش شاخص بارش استانداردشده (SPI) با استفاده از نرم‌افزار DIP محاسبه گردید. این شاخص توسط Mckee و همکاران (۱۹۹۳) تدوین شد و اساس آن احتمالات بارندگی برای هر مقیاس زمانی است. برای محاسبه این

1- Semi-Variogram
2- Nugget
3- Sill
4- Box-Cox
5- Drought Indices Package

شاخص در ابتدا توزیع آماری مناسب، بر آمار بلندمدت بارندگی‌ها برازش داده می‌شود. سپس تابع تجمعی توزیع با استفاده از احتمالات مساوی به توزیع نرمال تبدیل می‌گردد، به‌طوری‌که استانداردشده و متوسط آن برای هر منطقه و دوره موردنظر صفر شود که، این توزیع معمولاً گاما در نظر گرفته می‌شود. مقادیر مثبت و منفی در کلاس‌های شاخص بارندگی استانداردشده به‌ترتیب تمایل آب‌وهوای منطقه نسبت به رطوبت و خشکی را نمایش می‌دهند (۱۷).

نتایج و بحث

در جدول ۲، درصد هر یک از طبقات شولر برای کیفیت آب زیرزمینی دشت هشتگرد در بازه زمانی ۱۳۹۱-۱۳۹٤ آورده شده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان دادند که مقادیر کل مواد جامد محلول[1] و سختی کل در نمونه‌های برداشتی سال ۱۳۹۱ الی ۱۳۹٤ در طبقه خوب قرار می‌گیرند و درصد این طبقه برای پارامترهای مذکور در سال‌های مطالعاتی تغییرات چندانی پیدا نکرده است و به بین ٤۲ تا ۵۰ درصد متغیر است. علاوه بر کل مواد جامد محلول و سختی کل، سایر پارامترها نیز غالباً در طبقه خوب قرار گرفته‌اند.

بررسی‌های صورت گرفته برای نمودار ویلکاکس نشان داد که از میان نمونه‌های برداشت‌شده، اراضی سعیدآباد، کردان، انبارتپه، حسین‌آباد قنبرآباد، دولت‌آباد اقبالیه و سنقرآباد در سال ۹٤ در طبقه C4 (نامناسب برای کشاورزی) قرار می‌گیرند (شکل ۳) بنابراین استفاده از این آب‌ها برای کشاورزی دارای مشکل می‌باشد.

نتایج حاصل از بررسی شاخص لانگمیر (IS) در نمونه‌های برداشتی سال پایانی نشان می‌دهند که مقدار این شاخص بین ۱/۸۱- و ۰/۳ متغیر است و طبق نتایج به‌دست‌آمده ۲٤ حلقه چاه در طبقه خورنده قرار می‌گیرند (PHs<۰/۳). ازاین‌رو تمایل آب به خورندگی سبب کاهش طول عمر و آسیب به تأسیسات انتقال آب می‌شود.

نتایج حاصل آزمون کلموگروف- اسمیرنوف که برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌های نیترات و سولفات صورت گرفته است، نشان دادند که فرض صفر (H_0) برای این پارامترها رد شده است و توزیع داده‌ها نرمال نیست. با توجه به این شرط که قبل استفاده از روش‌های زمین‌آماری باید داده‌ها نرمال شوند، از میان روش‌های نرمال‌سازی داده‌ها (کاکس- باکس، لگاریتمی، جذری و ...)، روش کاکس- باکس به‌منظور برآورد کم‌ترین میزان ریشه میانگین مجذور خطا انتخاب گردید.

به‌منظور تعیین الگوی مکانی سولفات و نیترات منابع آب‌های زیرزمینی دشت هشتگرد، نیم‌تغییرنمای برازش داده شده در روش‌های کریگینگ به‌دست آمد (شکل ٤). سپس پیوستگی مکانی داده‌های سولفات و نیترات با استفاده از برآورد نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه تأثیر محاسبه گردید.

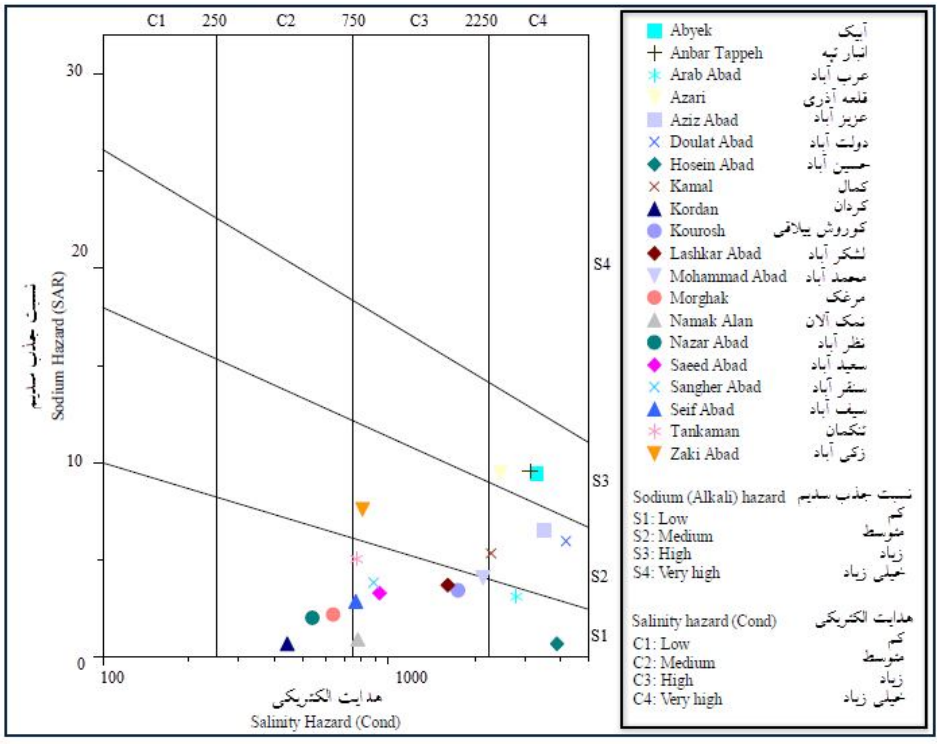
نتایج حاصل از طبقه‌بندی نظارت‌شده تصویر ماهواره‌ای لندست (با استفاده از روش حداکثر احتمال) که جهت استخراج نقشه کاربری اراضی و بررسی مناطق مستعد ایجاد آلاینده انجام شده است، در شکل ۵ آورده شده است تا به‌منظور بررسی تغییرات مکانی آلاینده‌ها مورداستفاده قرار گیرد. در این مطالعه پس از برآورد ماتریس خطا، ضریب کاپا (۰/۷٦٦) و صحت کلی طبقه‌بندی (۸۳/۲۵٪) محاسبه گردید. سایر نتایج به‌دست‌آمده از استخراج نقشه کاربری اراضی نیز بیانگر این است که قسمت عمده باغات و مناطق مسکونی شهری به‌ترتیب در قسمت میانی و ضلع شمالی آبخوان واقع شده است.

1- (TDS): Total dissolved solids

جدول ۲- بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد جهت مصارف شرب با استفاده از طبقه‌بندی شولر.

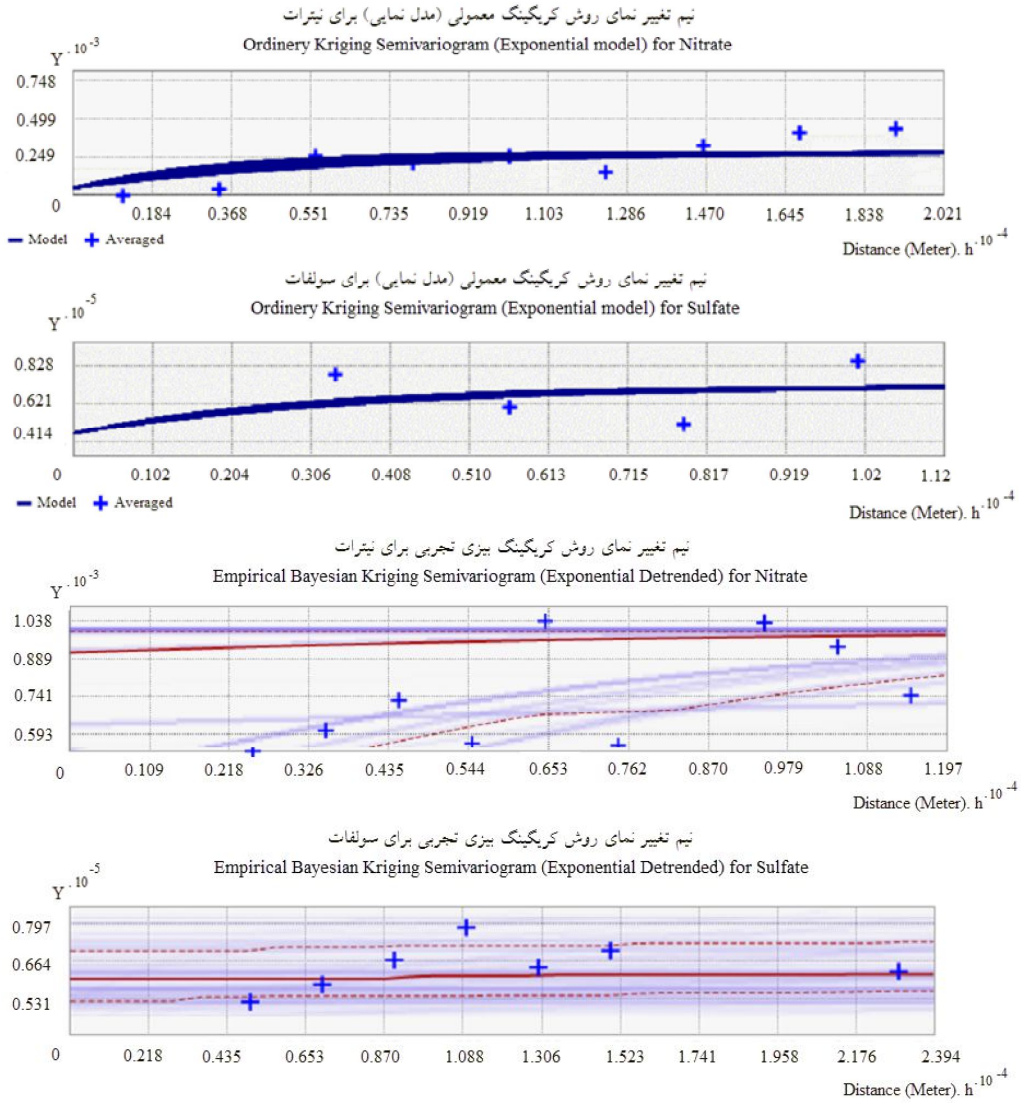
Table 2. Investigating the quality of groundwater resources of Hashtgerd Plain for drinking using Schoeller classification.

سال Year	پارامتر (میلی‌گرم بر لیتر) Parameter (mg/l)	طبقه‌بندی کیفیت آب Water quality classification					
		خوب Good	قابل‌قبول Permissible	متوسط Moderate Suitable	نامناسب Unsuitable	کاملاً نامناسب Quite Inappropriate	غیرقابل‌شرب Non Drinkning
2012	TDS	50	0	0	11.54	26.92	11.54
	TH	42.31	0	0	0	23.08	34.62
	PH	92.31	0.01	0	0	3.85	3.85
	Na	42.31	0	0	7.69	15.38	34.62
	Cl	53.85	0	0	15.38	11.54	19.23
2013	TDS	46.15	0	0	15.38	15.38	23.08
	TH	42.31	0	0	19.23	19.23	19.23
	PH	46.15	0	0	0	19.23	34.62
	Na	92.31	0.01	0	0	3.85	3.85
	Cl	42.31	0	0	7.69	15.38	34.62
2014	TDS	53.85	0	0	15.38	11.54	19.23
	TH	46.15	0	0	15.38	15.38	23.08
	PH	42.31	0	0	15.38	26.92	15.38
	Na	46.15	0	0	3.85	30.77	19.23
	Cl	88.46	3.85	0	0	0	7.69
2015	TDS	50	0	0	11.54	11.54	26.92
	TH	53.85	0	0	15.38	7.69	23.08
	PH	46.15	0	0	15.38	15.38	23.08
	Na	42.31	0	0	15.38	19.23	23.08
	Cl	46.15	0	0	3.85	26.92	23.08



شکل ۳- طبقه‌بندی ویلکاکس برای سنجش کیفیت آب جهت مصرف کشاورزی.

Figure 3. Wilcox Classification for Water Quality Assessment for Agricultural Use.



شکل ٤- نیم‌تغییرنما برای پارامترهای نیترات و سولفات.

Figure 4. Semivariogram for Nitrate and Sulfate.

جدول ۳- ارزیابی روش‌های درون‌یابی قطعی پارامترهای کیفی آب‌های زیرزمینی دشت هشتگرد.

Table 3. Evaluation of interpolation deterministic methods for groundwater quality parameter Hashtgerd Plain.

روش Method	مدل Model	پارامتر Parameter	اثر قطعه‌ای Nugget	اثر قطعه‌ای / آستانه تأثیر Sill / Nugget	ریشه میانگین مجذور خطا RMSE (mg/l)
کریگینگ معمولی Ordinary Kriging	نمایی Exponential	نیترات Nitrate	50.31	0.177	3.62
کریگینگ معمولی Ordinary Kriging	کروی Spherical	نیترات Nitrate	40.11	0.122	3.82
کریگینگ بیزی تجربی Empirical Bayesian Kriging	Exponential Deterended	نیترات Nitrate	-	-	2.99
کریگینگ معمولی Ordinary Kriging	نمایی Exponential	سولفات Sulfate	46285.7	0.64	60.98
کریگینگ معمولی Ordinary Kriging	کروی Spherical	سولفات Sulfate	59272	0.81	61.52
کریگینگ بیزی تجربی Empirical Bayesian Kriging	Exponential Deterended	سولفات Sulfate	-	-	59.99

جدول ٤- ارزیابی روش‌های درون‌یابی زمین‌آمار برای پارامترهای کیفی آب‌های زیرزمینی دشت هشتگرد.

Table 4. Evaluation of interpolation Geostatistical methods for groundwater quality parameter Hashtgerd Plain.

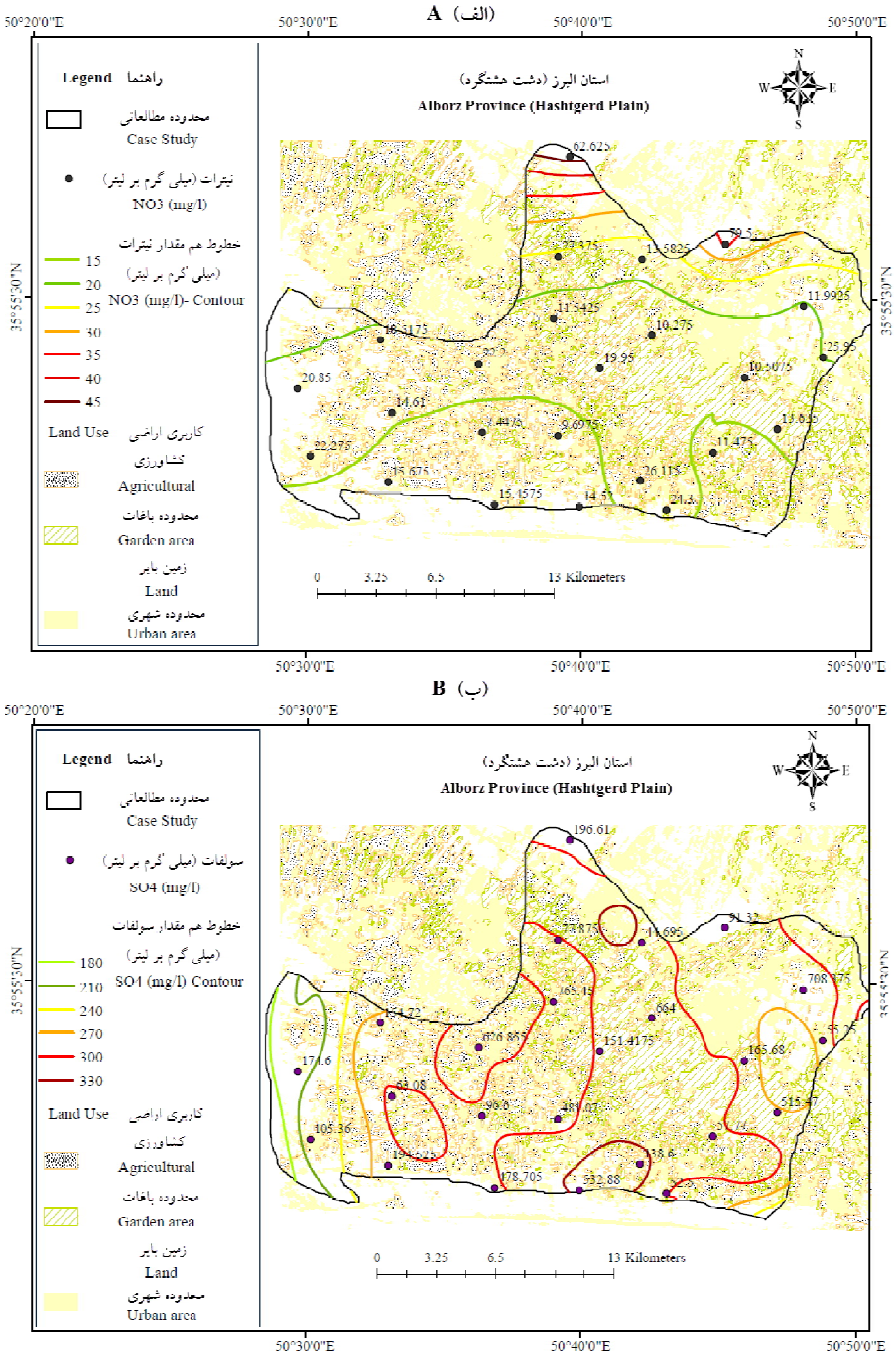
روش Method	توان Power	پارامتر Parameter	ریشه میانگین مجذور خطا (میلی‌گرم بر لیتر) RMSE (mg/l)
فاصله معکوس وزنی IDW	1.6	نیترات Nitrate	3.75
فاصله معکوس وزنی IDW	2	نیترات Nitrate	3.78
فاصله معکوس وزنی IDW	1.6	سولفات Sulfate	62.29
فاصله معکوس وزنی IDW	1	سولفات Sulfate	61.04

جدول ۳ نتایج حاصل از پردازش و تحلیل سمی‌واریوگرام‌ها را نمایش می‌دهد. نتایج به‌دست‌آمده در جدول مذکور نشان می‌دهند که سولفات و نیترات به‌ترتیب از پیوستگی مکانی ضعیف و قوی برخوردار هستند. علاوه بر این مقایسه نتایج حاصل از بررسی ریشه میانگین مجذور خطا نیز نشان دادند که روش‌های زمین‌آماری (جدول ٤) نسبت روش‌های قطعی (جدول ۳) دارای خطای برآورد کم‌تری می‌باشند. از میان روش‌هایی که برای درون‌یابی پارامترهای کیفی مورداستفاده قرار گرفته است در مجموع روش کریگینگ بیزی تجربی از دقت بیش‌تری برخوردار است. مقادیر ریشه میانگین مجذور خطا بهترین مدل برازش‌یافته برای نیترات و سولفات به‌ترتیب ۲/۹۹ و ۵۹/۹۹ میلی‌گرم در لیتر محاسبه گردیده است.

به‌این‌ترتیب در ادامه مطالعه حاضر برای بررسی توزیع مکانی مقادیر پارامتر نیترات و سولفات و ایجاد خطوط هم‌مقدار، روش کریگینگ بیزی استفاده گردید (شکل ۵). نتایج حاصل از بررسی تغییرات مکانی نیترات در منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد نشان می‌دهند، بیش‌ترین مقادیر این آلاینده (بیش از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) در محدوده کاربری شهری و صنعتی (عرب‌آباد کوه، قلعه سلیمانی) واقع گردید است که، می‌تواند ابتدا با فاضلاب‌های شهری و سپس با به‌کارگیری کودهای نیتروژنه در کشاورزی مرتبط باشد (شکل ٦). مطالعات صورت گرفته در این زمینه صحت این امر را تأیید می‌نماید (۲، ۷ و ۱۷). علاوه بر این بررسی تغییرات مکانی سولفات نیز نشان می‌دهند که مقادیر این پارامتر در قسمت‌های واقع در مناطق باغات و کشاورزی دشت (قسمت‌های مرکزی) بیش‌تر از حدود استاندارد (بیش از ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) است. جدول ۵، نتایج مقایسه مقادیر پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت هشتگرد را با استانداردهای مطرح در سنجش کیفیت آب نشان می‌دهند.

در رابطه با سولفات با توجه به قرارگیری تمرکز کاربری کشاورزی در مناطق مرکزی دشت هشتگرد (تنکمان، انبارتپه و سعیدآباد) و همپوشانی وجود کانی‌های گچی در محدوده جنوبی دشت هشتگرد (دولت‌آباد، سه‌راه زکی‌آباد، حسین‌آباد اقبالیه و سنقرآباد) نسبت‌های یونی مؤثر در افزایش غلظت سولفات موردبررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از بررسی نسبت‌های یونی میانگین مقادیر چهارساله (۱۳۹۱-۱۳۹٤) که با استفاده از نرم‌افزار AquaChem تهیه‌شده، در جدول ٦ آورده شده است. نتایج ذیل

نشان می‌دهند که، در قسمت جنوبی دشت هشتگرد انحلال سازند گچی و در قسمت‌های مرکزی عوامل و واکنش هیدرو شیمیایی که در اثر فعالیت‌های انسانی تقویت گشته‌اند از جمله عوامل مؤثر بر روی افزایش آنیون سولفات می‌باشند.



شکل ۵- بررسی تغییرات مکانی پارامترهای نیترات (الف) و سولفات (ب) آب زیرزمینی دشت هشتگرد در سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹٤.

Figure 5. Investigation of spatial variation of groundwater Nitrate (A) and Sulfate (B) parameters of Hashtgerd Plain in 2012-2015.

جدول ۵- بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد (۳، ٤ و ۲۸).

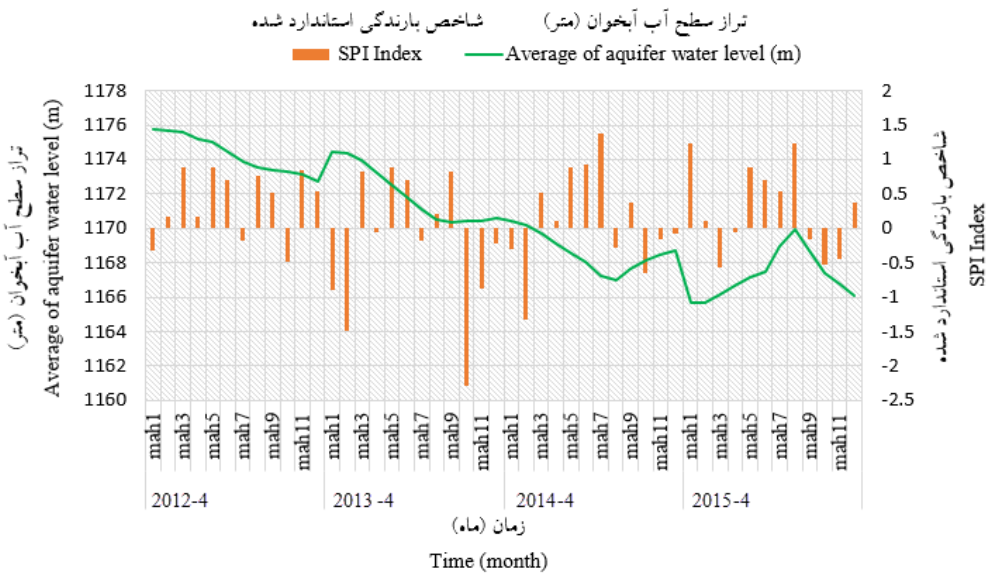
Table 5. Investigating the quality of groundwater resources of Hashtgerd Plain.

ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی Groundwater quality assessments	مقادیر Value	سختی کل (میلی‌گرم بر لیتر) TH (mg/l)	نیترات (میلی‌گرم بر لیتر) NO^-_3 (mg/l)	سولفات (میلی‌گرم بر لیتر) SO_4^{2-} (mg/l)	کل مواد جامد محلول (میلی‌گرم بر لیتر) TDS (mg/l)
میانگین غلظت چهارساله (۱۳۹٤-۱۳۹۱) Average concentration of four years 2012-2016	حداقل Minimum	62.96	6.34	33.57	184
	میانگین Average	370.4	20.71	257.11	988.4
	حداکثر مقادیر Maximum	1014.6	107	816.1	2669
استاندارد آب شرب ایران Iranian Drinking Water Quality	حد مطلوب Admissible Limit	200	-	250	1000
	حداکثر مجاز Maximum Contaminant Level	500	50	400	1500
استاندارد سازمان بهداشت جهانی World Health Organization	حد مطلوب Admissible Limit	200-100	-	250	600
	حداکثر مجاز Maximum Contaminant Level	300	50	500	1000

جدول ٦- بررسی نسبت‌های یونی آبخوان دشت هشتگرد با استفاده از میانگین مقادیر چهارساله (۱۳۹۱-۱۳۹٤).

Table 6. Examination of Ionic Ratio of the aquifer of Hashtgerd plain using Average values of four years (2012-2016).

نمونه موردبررسی Case Study	$Ca/(Ca + SO_4)$	pH	شرح فرایند Process Description
انبارتپه Anbartappe	0.297	8.19	تعویض یونی یا ته‌نشینی کلسیت Ion exchange or calcite precipitation
تنکمان Tankman	0.185	8.74	تعویض یونی یا ته‌نشینی کلسیت Ion exchange or calcite precipitation
کردان Kordan	0.272	8.19	تعویض یونی یا ته‌نشینی کلسیت Ion exchange or calcite precipitation
زکی‌آباد Zakei abad	0.464	8.23	انحلال گچ Gypsum dissolution
دولت‌آباد Doulat abad	0.533	8.00	انحلال گچ Gypsum dissolution
سعیدآباد Saeed abad	0.281	8.00	تعویض یونی یا ته‌نشینی کلسیت Ion exchange or calcite precipitation
سنقرآباد Sangher Abad	0.472	8.15	انحلال گچ Gypsum dissolution
نمک‌آلان Namakalan	0.185	8.74	تعویض یونی یا ته‌نشینی کلسیت Ion exchange or calcite precipitation
حسین‌آباد Hossein abad	0.470	8.05	انحلال گچ Gypsum dissolution



شکل ٦- هیدروگراف آبخوان دشت هشتگرد و شاخص بارندگی استانداردشده در محدوده مطالعاتی.

Figure 6. Hashtgerd aquifer hydrograph and the Standardized Precipitation Index in the study area.

در شکل ۷، هیدروگراف و شاخص خشکسالی منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد در بازه زمانی ۱۳۹۱-۱۳۹٤ محاسبه گردید است. خشکسالی و مقادیر بسیار زیاد چاه‌های بهره‌برداری (۸۱۰ حلقه چاه) از عواملی هستند که در کاهش سطح آب طی دوره زمانی مطالعه تأثیر قابل‌توجهی دارند. به‌طوری‌که مقدار افت کلی و میانگین افت سالیانه سطح تراز آب زیرزمینی در این بازه زمانی کوتاه، ۹/۷۱ متر و ۲/۰٦ متر می‌باشد. از مطالعاتی که قبلاً در این زمینه صورت گرفته است، مطالعه مرادی و نیکبخت (۲۰۱۸) است که در رابطه با تأثیر خشکسالی بر کیفیت آب زیرزمینی دشت هشتگرد است. نتایج پژوهش ذکرشده نشان دادند که شدیدترین خشکسالی آب زیرزمینی در ٤ سال آبی ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۳ روی داده است. هم‌چنین در خردادماه سال آبی ۱۳۹۲-۱۳۹۳ با شرایط خشکسالی بسیار شدید، کیفیت آب ۱٦ درصد از سطح آبخوان برای آبیاری مناسب و ۸٤ درصد نامناسب بود درحالی‌که در آذرماه همان سال آبی، ۱۰۰ درصد سطح آبخوان در طبقه نامناسب قرار می‌گیرد و به‌این‌ترتیب میان حجم منابع آب زیرزمینی و کیفیت آن یک همبستگی وجود دارد. (۱۹). بنابراین علاوه بر عوامل انسانی، تغییرات طبیعی نیز بر روی کیفیت منابع آب تأثیرگذار هستند.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش سعی شده است تا با به‌کارگیری هم‌زمان روش‌های مختلف طبقه‌بندی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد و بررسی تغییرات مکانی پارامترهای کیفی (با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای)، عوامل احتمالی مؤثر بر تغییر کیفیت منابع آب در این محدوده شناسایی و مورد تحلیل قرار گیرند. در این رابطه ازجمله فراوان‌ترین و شایع‌ترین آلاینده‌ها در منابع آب زیرزمینی نیترات می‌باشد که در اثر تشدید توسعه و فعالیت‌های انسانی مقادیر آن در تعدادی از مناطق در مطالعه حاضر از استانداردها فراتر رفته است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان دادند که مناطق شهری و صنعتی واقع در ضلع شمالی آبخوان دشت هشتگرد مستعد افزایش غلظت نیترات به

غلظتی بیش از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشند و از میان روش‌های متعدد درون‌یابی، روش کریگینگ بیزی کم‌ترین میزان ریشه میانگین مجذور خطا (۲/۹۹ میلی‌گرم بر لیتر) را به‌دست می‌دهد.

دیگر نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه نشان دادند که در سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹٤ خشک‌سالی و بهره‌برداری بیش‌ازحد از منابع آب زیرزمینی موجب افت سالیانه ۲/۰٦ متر تراز آب گردیده است؛ بنابراین با توجه به افت شدید سطح آب زیرزمینی، علاوه بر رویکرد حفاظت از حریم بهداشتی منابع آب زیرزمینی (جهت جلوگیری از ورود آلاینده‌ها)، به‌کارگیری سازوکارهایی جهت مدیریت برداشت چاه‌های بهره‌برداری امری ضروری به‌نظر می‌رسد. علاوه بر این با توجه به تأثیر گسترده توسعه شهری و کشاورزی بر روی کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت هشتگرد، پیشنهاد می‌گردد که محدودسازی مصرف کود و سموم کشاورزی (به‌خصوص در مناطق مرکزی دشت) و بررسی حریم‌های حفاظت کیفی چاه‌های آب شرب در طرح‌های مدیریتی منابع آب استان البرز موردتوجه قرار گیرد.

منابع

1. Bameri, A., Piri, H., and Ganji, F. 2015. Assessment of Groundwater Pollution in Bajestan Plains for Agricultural Purposes Using Indicator Kriging. J. Water Soil Cons. 22: 1. 211-229. (In Persian)
2. Cepuder, P., and Shukla, M.K. 2002. Groundwater Nitrate in Austria: a case study in Tullnerfeld. Nutrient Cycl. Agroecosyst. J. 64: 3. 301-315.
3. Chapman, D. 1996. Water Quality Assessments - A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring. United State America: United Nations Educational, Scientific and Cultural, Scientific and Cultural Organization. 20p.
4. Drinking water - physicochemical specifications. 2009. 5th ed. Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Pp: 7-14. (In Persian)
5. Dabrowski, W., Buchta, R., Dabrowska, B., and Mackie, R.I. 2010. Calcium Carbonate equilibria in water supply systems. Environment Protection Engineering. 36: 2.
6. Dodge, Y. 2008. The Concise Encyclopedia of Statistics. Springer, New York. NY, USA. 72p.
7. Eslami, A., and Ghadimi, M. 2013. Study of five years Nitrite and Nitrate content trends of Zanjan groundwater resources using GIS from 2006 to 2010. J. Health Field. 1: 1. 30-36. (In Persian)
8. Einlo, F., Moafi Rabori, A., Malekian, A., Ghazavi, R., and Mohseni, M. 2016. Investigating the groundwater quality of Zanjan Plain based on Drinking Standard with geostatistics Methods. Geography and Environmental Planning. 27: 62. 1-16. (In Persian)
9. Erin Munster, J. 2008. Nonpoint sources of Nitrate and Perchlorate in urban land use to groundwater [dissertation]. Stony Brook University. Suffolk County.
10. Eskandari Dameneh, H., Khosravi, H., and Abolhasani Zarjoo, A. 2019. Assessing the Effect of Land Use Changes on Groundwater Quality of Zarand Plain using Satellite Images and Geostatistical. J. Natur. Environ. Hazard. 8: 20. 67-82.
11. Farnia, E., Ghorbani, Kh., and Salarijazi, M. 2018. Evaluation of the Empirical Bayesian Kriging method in ground water level zoning. J. Water Soil Cons. 25: 1. 165-182. (In Persian)
12. Fathizad, H., and Karimi Haji, T.M. 2014. Investigation of Different Geostatiscal Algorithms for Annual rain at Eilam Province. J. Appl. Geosci. Res. 14: 35. 139-154. (In Persian)
13. Fathi-hafshjani, E., Beigi-Harchegani, H., Davodian-Dehkordi, A., Tabatabaei, S.H. 2014. Comparison of spatial interpolation methods and selecting the appropriate method for mapping of nitrate and Phosphate in the Shahrekord Aquifer. 4: 15. 51-63. (In Persian)

14. Guidelines for monitoring groundwater quality. 2012. Water and Waste Water Engineering and Technical Standards. 620. 1. (In Persian)
15. Geology, semi-detailed studies of Hashtgerd Plain. 2009. Consultiung Engineering Company Parsray ab. 2p. (In Persian)
16. Karami, L., Alimohammadi, M., and Yadegarian, L. 2018. Investigating the climate impact on chemical quality of Varamin Plain aquifer using the GIS software. Iran. J. Health Environ. 11: 2. 249-60. (In Persian)
17. Morid, S., Moghaddasi, M., Paymozd, S., and Ghaemi, H. 2005. Design of Tehran Drought Monitoring System. Tehran: Tarbiat Modarres University, Water Resources Management Company. 17p. (In Persian)
18. Moslemzadeh, M., Salarijazi, M., and Soleymani, S. 2011. Application and Assessment of Kriging and Cokriging Methods on Groundwater Level Estimation. J. Amer. Sci. 7: 7. 34-39. (In Persian)
19. Nikbakht, J., and Moradi, O. 2018. Effect of drought on Hashtgerd Plain Groundwater quality considering irrigation use. Iran Water Resource Research. 14: 4. 114-124. (In Persian)
20. Oliaei, M., Fasihi, J., Sepehrian, H., and Almassi, Z. 2018. Urban development and pollution of groundwater resources (Case study: Hamadan–Bahar Plain). Environmental Sciences. 15: 4. 101-112. (In Persian)
21. Parvar, Z., and Shayeste, K. 2017. Prediction of changes and urban development using satellite image and geographic information systems (Case study: Bojnourd). J. Environ. Stud. 43: 3. 513-527. (In Persian)
22. Standard methods for the examination of water and wastewater. 2017. American Public Health Association. Washington. Pp: 16, 197 and 124.
23. Schoeller, H. 1962. Les eaux souterraines. Masson et Cie, Paris. 642p.
24. Sedaghat, M. 2003. Ground and water resource (underground water). Payamnoor University, Tehran. 300p. (In Persian)
25. Salman Mahiny, A., and Kamyab, H.R. 2009. Applied remote sensing and GIS with Idrisi. Mehr Mahdis, Tehran. 344p. (In Persian)
26. Skandari-Damane, H., Zehtabian, GH., Salajeghe, A., Ghorbani, M., and Khosravi, H. 2018. The effect of land use on the quantity and quality of groundwater resources Jazmourian wetland. J. Range Water. Manage. 71: 3. 563-578.
27. Torabian, A., and Shahavi, S.H. 2017. Studying Iranian drinking water quality guidelines compared to the authentic world standards. J. Water Wastewater Sci. Engin. 2: 2. 3-13. (In Persian)
28. Wilcox, L.V. 1955. Classification and use of irrigation water. United States Department of Agricultural. 19p.
29. Yousefi, H., Mohammadi, M., Noorollahi, Y., and Sadatinejad, S.J. 2018. Water footprint evaluation of Tehran's crops and garden crops. J. Water Soil Cons. 24: 6. 67-85. (In Persian)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 26(5), 2020
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2020.16571.3185

Quality analysis and nitrate map of groundwater resources in Alborz province (Hashtgerd Plain)

F. Safari[1], *A. Shahbazi[2] and H. Ketabchi[3]

[1]M.Sc. Graduate of Environmental Pollutants, Dept. of Environmental Pollutants Research, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, G.C., Tehran, Iran, [2]Associate Prof., Dept. of Environmental Pollutants Research, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, G.C., Tehran, Iran, [3]Assistant Prof., Dept. of Water Resources Engineering Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: 04.26.2019; Accepted: 10.23.2019

Abstract

Background and Objectives: Discharging of pollutants produced by municipal developments, agricultural and industrial activities and climate change are among the issues affecting the quality of groundwater resources. Groundwater is one of the valuable resources that lack of proper management can transfer chemical pollutants through industrial and agricultural effluents. In relation to the influence of these factors, we can mention the changes in the groundwater level of Hashtgerd Plain which has fallen by about 15 meters over the past three decades. The innovation of this research is to use Satellite Images and monitor the quality of water resources status by identifying the factors affecting the quality of groundwater resources and studying soil and water resources conservation strategies.

Materials and Methods: In this research, 24 samples (from 24 wells) obtained from different parts of Hashtgerd plain were prepared. The concentration of effective parameters on the quality of groundwater resources, including Nitrate, Sulfate, Calcium, Sodium, Magnesium, Potassium and total dissolved solids was self-measured using the standard reference method. Then the interpolation (Error estimation of interpolation methods) and quality analysis of ground water resources were investigated by Arc Map and AquaChem software's. Land-use changes were also investigated using Landsat 8 satellite imagery (OLI sensor) and ENVI software's. Then the obtained results were used to study the spatial variation of the quality parameters and identify the factors affecting the quality of groundwater quality changes.

Results: The results obtained from the analysis semivariogram and the error estimation of the interpolation methods in this study for the nitrate parameter (1391-1394) show that the nugget effect ratio with sill from 0.12 to 0.17, indicating spatial continuity Strong is this parameter. In addition, the interpolation methods, the Empirical Bayesian Kriging method, had the lowest root mean square error (2.99 mg/l). The results of the study of spatial variations of nitrate values in Hashtgerd plain groundwater resources indicate that the highest amounts of this pollutant (more than 50 mg/l) were located in the urban and industrial users (Arab Abad kouh, Qaleh Soleimani) Which can be linked first with municipal wastewater and then with the application of nitrogen fertilizers in agriculture. In addition to the above, the study of spatial variations of sulfate and groundwater ion ratios in the years 1391-1394 show that the values of this parameter in parts of the gardens and agriculture of the plain (central parts) more it is about the standard (more than 400 mg/l). The main cause of this increase is known as Hydrochemical reactions and factors.

* Corresponding Author; Email: a_shahbazi@sbu.ac.ir

Conclusion: In general, the results of this study showed that the number of effective parameters in determining the quality of groundwater resources of Hashtgerd plain exceeds the standard limits. In addition, the groundwater level has dropped (9.71 m) during the study period (1391-1394). In addition, due to the intensive impact of human factors on reducing the quality of groundwater resources in the Hashtgerd plain and reducing groundwater levels during the study period (1391-1394), consideration the groundwater protection area and management of groundwater pumping wells is essential.

Keywords: Hashtgerd Plain, Land-use, Nitrate, Quality of groundwater resources