نشریه

ترویج و توسعه آبخیزداری
Extension and Development of Watershed Management

سال هشتم- شماره ۲۸- بهار ۱۳۹۹ Vol. 8, No. 28, Spring 2020

بررسی تغییرات طولانی‌مدت کیفیت و کمیت منابع آب زیرزمینی در دشت دلفان

یاسر سبزواری[1] و علی حیدر نصرالهی[2*]

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۰۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۰۹

چکیده

برداشت روزافزون از منابع آب زیرزمینی به‌عنوان مهم‌ترین منابع تأمین آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، سبب بروز مشکلات کمی و کیفی این منابع شده است. بنابراین حفظ و پایش کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی یکی از راه‌کارهای مدیریت صحیح منابع آب در این مناطق است. در پژوهش حاضر روند تغییرات کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت دلفان موردبررسی قرار می‌گیرد. برای این منظور از اطلاعات ۳۲ ساله‌ی (۱۳۹۵-۱۳۶۴) چاه‌های عمیق موجود در دشت که شامل: Ca، Mg، Na، EC، SAR، HCO3، SO4، TDS، TH، Cl و K بود و هم‌چنین اطلاعات کمی ۱۲ حلقه چاه پیزومتری برای سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹۵، استفاده گردید. برای بررسی روند تغییرات سری‌های زمانی متغیرهای کیفی از آزمون ناپارامتریک من- کندال استفاده شد. نتایج حاصل از تحلیل این آزمون نشان داد که روند تغییرات پارامترهای SAR و TH در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است و به‌طورکلی آنیون‌های منابع دشت روندی کاهشی داشته درحالی‌که کاتیون‌های این منابع دارای روندی افزایشی بوده است. بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت نشان داد که تراز آب منابع در طول دوره آماری دچار افت شده است که این افت در چاه پیزومتری سیکوند در سطح ۹۹ درصد و در چاه‌های کرم الهی، عزیزآباد و چراغ در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است.

واژه‌های کلیدی: ***آب زیرزمینی، روند تغییرات، من-کندال، دلفان***

مقدمه

منابع آب زیرزمینی، مهم‌ترین و ارزشمندترین منابع تأمین آب جهت مصارف مختلف و انواع فعالیت‌های انسانی محسوب می‌شوند [۱۸]. گذشت زمان و افزایش روزافزون جمعیت و افزایش برداشت از این منابع، علاوه بر کمبودهای کمی، مسائل کیفی را به وجود آورده است. این مسائل در مناطق خشک و نیمه‌خشک که وابستگی به این منابع بیش‌تر است قابل‌توجه‌تر است. در این مناطق به دلیل کمبود منابع آب، دسترسی به منابع باکیفیت مناسب حائز اهمیت است [۲۰، ۲۵ و ۱۲] ارزیابی کمیت و کیفیت منابع آب، علاوه بر تعیین وضعیت شیمیائی آن‌ها در بررسی‌های عمومی هیدروژئولوژی، مرغوبیت آن‌ها را در مصارف شرب، کشاورزی و صنعت تعیین می‌کند. این ارزیابی‌ها، در پروژه‌های مطالعاتی منابع آب زیرزمینی و سطحی، بررسی‌های مخازن آب، پایش‌های دورسنجی، طرح‌های توسعه منابع آب، طرح‌های اجرایی و مدیریتی، آبخیزداری و آبخوان‌داری، پروژه‌های سدسازی و سازه‌های آبی، طرح‌های آبیاری و زهکشی، بررسی‌های زیست‌محیطی و پروژه‌های آب‌رسانی و توزیع آب جایگاه ویژه‌ای داشته است. از طرف دیگر اهمیت آب برای بهداشت و توسعه به‌اندازه‌ای است که سازمان جهانی بهداشت (WHO) مهم‌ترین نارسائی قرن بیستم را عدم دسترسی همگانی به منابع آب سالم و کافی عنوان کرده است [۱۳]. به‌طورکلی کیفیت آب یک امر نسبی بوده و معرف ویژگی‌های آب است که از طریق ویژگی‌های فیزیکی و شیمیائی و زیست‌شناختی تعریف می‌شود. کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی در مقیاس‌های مکانی و زمانی عمل کرده و نمی‌توان آن را در طول زمان و مکان ثابت فرض کرد [۱۶]. ازاین‌رو برای استفاده از منابع آب زیرزمینی و استعدادیابی برای استفاده‌های آتی، بررسی تغییرات مشخصه‌های کیفی و تراز سطح آب منابع در طول زمان اهمیت می‌یابد. به‌منظور تعیین روند تغییرات زمانی از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. یکی از متداول‌ترین روش‌های غیر پارامتریک در تحلیل روند سری‌های زمانی آزمون من-کندال است [۱۷]. استاسیک و همکاران [۲۱] به بررسی روند سطح آب زیرزمینی در جنگل‌های حوزه ویلکوپولسکا پرداختند. نتایج نشان داد در جنگل ماریانکاسمنیسکا کاهش غیرمعنی‌داری در روند سطح آب رخ‌داده درحالی‌که روند سطح آب در جنگل هاتکا کاهشی و معنی‌دار بوده است. نتایج تحقیق دنیل و همکاران [۷] در حوزه ارایهازر کشور بنگلادش نشان داد که تغییرات زمانی شیمیائی آب زیرزمینی در آبخوان‌های عمیق و کم‌عمق متفاوت است. هوبن

۱- گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان
۲- گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: Email: aliheidar200@gmail.com

و همکاران [۹] به بررسی کیفیت آب زیرزمینی حوزه آبخیز کابل (افغانستان) پرداختند که نتایج نشان داد سختی آب و شوری در آب زیرزمینی این ناحیه وجود داشته و وقوع خشک‌سالی متمادی آن را تشدید کرده است. ولیم و گریمول [۲۲] روند تغییرات کیفی آب زیرزمینی سفره سویدیش جنوب سودان را در دوره آماری ۲۰ ساله برای ۷۷ ایستگاه پیزومتری با استفاده از روش نا پارامتری من-کندال بررسی کردند که نتایج نشان داد غلظت یون سولفات روند کاهشی داشته است. ملکوتیان و کرمی [۱۴]، کیفیت چاه‌های شرب دشت بم و بروات را موردبررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که روند تغییرات کیفیت آب این چاه‌ها طی سال‌های ۷۶ تا ۸۳ به این جهت که مقادیر اکثر متغیرها رو به افزایش گذاشته است، تغییراتی در جهت نامطلوب شدن کیفیت نشان می‌دهد. افضلی و شاهدی [۱] به‌بررسی روند تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت آمل-بابل پرداختند. نتایج بهبود در کیفیت را نشان داد. بیات ورکشی و فصیحی [۴] به پایش روند تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی چهار دشت استان گیلان طی یک دوره ۱۲ ساله پرداختند. نتایج حاکی از کاهش غلظت پارامترهای کیفی و بهبود کیفیت در مناطق مطالعاتی بود. رحمانی و شکوهی [۹] به بررسی ۲۳ متغیر کیفی آب زیرزمینی دشت بهار همدان پرداختند که نتایج نشان داد در وضعیت فعلی خطری از جانب فلزات سنگین متوجه آب زیرزمینی دشت نیست ولی غلظت متغیرهای آمونیوم، آمونیاک و نیترات افزایش‌یافته است. اکرامی و همکاران [۲] به بررسی روند تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان در دهه ۱۳۷۹-۱۳۸۸ پرداختند. نتایج نشان داد که سطح آب زیرزمینی در ۴ دهه اخیر روند نزولی داشته و هم‌چنین تغییرات کیفیت در بازه ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۹ دارای روند نزولی بوده است. زارع ابیانه و همکاران [۲۴] با استفاده از آزمون ناپارامتریک تخمین‌گر سن به محاسبه روند نوسانات عمق آب زیرزمینی ۲۲ حلقه چاه پیزومتری دشت ملایر در طی ۱۹ سال پرداختند. نتایج نشان داد که درمجموع روند چاه‌های پیزومتری در جهت کاهش عمق آب زیرزمینی است که بیانگر وضعیت نامطلوب حاکم بر آبخوان است. مطالعه فلاح و همکاران [۸] بر روی منابع آب زیرزمینی دشت داراب استان فارس برای بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت داراب برای دوره ۱۸ ساله صورت گرفت. نتایج حاصل از اندازه‌گیری سطح آب در ۳۹ چاه پیزومتری نشان داد که متوسط افت آب زیرزمینی در دشت داراب در طول دوره برابر ۲۷/۲ متر بوده و هم‌چنین ازنظر کیفیت، آب دشت موردمطالعه افزایش سالانه هدایت هیدرولیکی، pH و نیترات را تجربه کرده است. دانشور وثوقی و همکاران [۶] به بررسی روند تغییرات آب زیرزمینی دشت اردبیل پرداختند. نتایج نشان داد که به‌طور متوسط تراز آب در دشت اردبیل با کاهش ۱۸ سانتی‌متری در سال مواجه بوده است. با توجه به مطالعات صورت گرفته، درمی‌یابیم که لازمه‌ی مدیریت پایدار منابع آب، بررسی تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی است. دشت دلفان یکی از بکرترین مناطق استان لرستان است که به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص، مهم‌ترین منابع در دسترس در این دشت، منابع آب زیرزمینی می‌باشند. این‌رو در این پژوهش تجزیه‌وتحلیل روند تغییرات طولانی‌مدت کمیت و کیفیت این منابع موردبررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی موردمطالعه

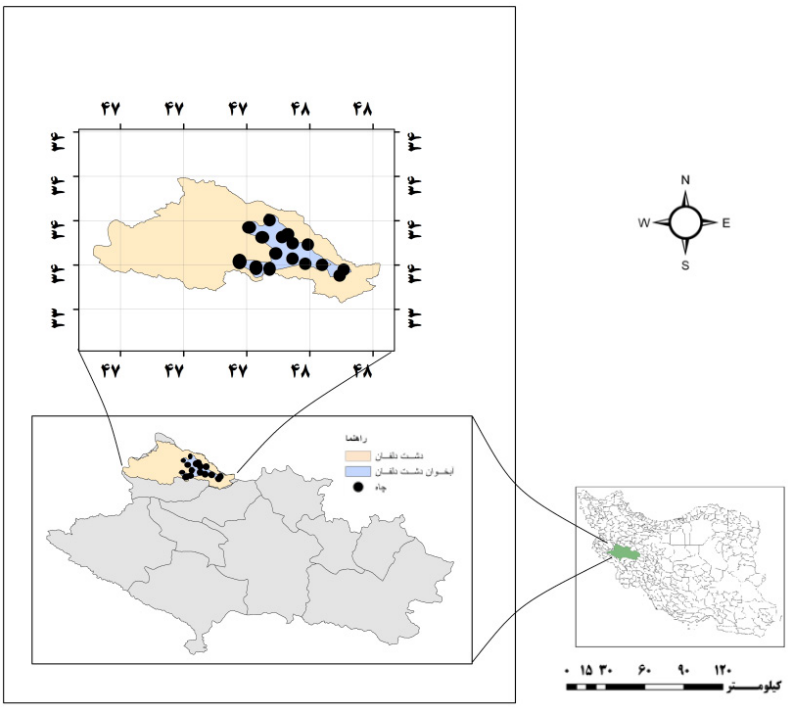
دشت دلفان در موقعیت جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه طول جغرافیایی شرقی و ۳۳ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۸ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی واقع‌شده به‌نحوی‌که گستردگی در طول ۵۲ دقیقه و در عرض ۲۸ دقیقه نشان می‌دهد در طول جغرافیایی بیش‌تری کشیده شده است که از جهت اختلاف میزان انرژی خورشیدی دریافتی فراوان نیست. این دشت با وسعت ۲۵۴۶ کیلومترمربع در ارتفاع ۱۸۵۶ متری از سطح دریا در قسمت شمال غرب استان لرستان واقع گردیده است. میزان متوسط بارش سالانه این منطقه ۵۵۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر است که دارای آب‌وهوای سرد و کوهستانی است. دلفان در شمال به کنگاور و صحنه از استان کرمانشاه، در شمال غرب به هرسین از استان کرمانشاه، در شرق به نهاوند از استان همدان، در جنوب به الشتر، در جنوب شرق به بروجرد و در جنوب غرب به کوهدشت محدود می‌شود. شکل ۱ موقعیت دشت دلفان را نشان می‌دهد.

در این پژوهش جهت بررسی روند تغییرات زمانی کیفیت و کمیت منابع آب زیرزمینی دشت دلفان از اطلاعات کیفی بازه زمانی ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۵ چهارده حلقه چاه عمیق و تراز آب ۱۵ سال (۱۳۸۱-۱۳۹۵) ۱۲ حلقه چاه پیزومتری موجود در دشت که توسط سازمان آب منطقه‌ای استان لرستان برداشت‌شده بود، استفاده گردید. دلیل انتخاب این بازه‌ی زمانی کامل بودن اطلاعات همه‌ی متغیرها بود. متغیرهای مورد بررسی شامل: Ca، Mg، Na، EC، SAR، HCO3، SO4، TDS، TH، Cl و K می‌باشند که روند تغییرات آن‌ها موردبررسی قرارگرفته است.

جدول ۱ نشان‌دهنده‌ی آمار توصیفی متغیرهای موردبررسی در بازه‌ی زمانی موردمطالعه است که دربردارنده‌ی کمترین و بیش‌ترین مقدار، میانگین، انحراف معیار، چولگی و کشیدگی برای همه‌ی متغیرها است. در حالت کلی اگر مقدار چولگی و کشیدگی داده‌ها در دامنه (۲+ تا ۲-) قرار داشته باشد، داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار هستند.

اسیدیته (pH): تعیین این متغیر در مناطق مختلف دارای اهمیت زیادی است چون میزان رسوب‌گذاری و یا خورندگی آب را نشان می‌دهد. تغییرات pH قابل‌توجه بوده و از ۶/۶۷ تا ۸/۱۱ متغیر است.

هدایت الکتریکی (EC): تغییرات شوری آب در طول مسیر جریان زیاد است. معمولاً در طول جریانات آب زیرسطحی، تبادل یونی صورت گرفته و با افزایش مقدار املاح محلول، میزان هدایت الکتریکی افزایش می‌یابد. در محل منبع تغذیه مقدار EC حداقل



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی دشت دلفان در ایران و استان لرستان

جدول ۱: آمار توصیفی متغیرهای کیفی دشت دلفان در بازه ۱۳۹۵-۱۳۶۴

	کشیدگی	چولگی	انحراف معیار	میانگین	حداکثر	حداقل	تعداد نمونه
(Na) سدیم	-۰/۱۹۷	۰/۲۶۷	۰/۰۸۴	۰/۱۶۱	۰/۳۶	۰/۰۴	۳۲
(Mg) منیزیم	۰/۵۲۸	۰/۸۳۲	۰/۲۳۲	۱/۱۱	۱/۷۶	۰/۷۵	۳۲
(K) پتاسیم	۴/۳۳	۱/۷۵	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۱۱	۰/۰۰۳	۳۲
(Ca) کلسیم	۱/۲۵	-۰/۶۱	۰/۲۴	۳/۰۴	۳/۵۲	۲/۳۶	۳۲
(HCO3) بی کربنات	۰/۴	-۰/۱۹	۰/۲	۳/۵	۳/۹	۳/۱	۳۲
(EC) هدایت الکتریکی	۷/۶	۲	۳۱	۴۲۵/۰۵	۵۵۰	۳۸۱/۲۲	۳۲
(TDS) کل جامدات محلول	۷/۶۶	۲/۰۴	۱۹/۷۷	۲۷۴/۱۳	۳۵۳/۵	۲۴۳/۹	۳۲
(SAR) نسبت جذبی سدیم	-۰/۱۷	۰/۲۴	۰/۰۵	۰/۱۲۲	۰/۲۴	۰/۰۵	۳۲
(TH) سختی کل	۱/۴	۰/۸۶	۱۲/۰۶	۲۰۷/۱۷	۲۴۳	۱۸۶/۱۸	۳۲
(pH) اسیدیته	-۰/۱	-۰/۵۲	۰/۳۶	۷/۴۴	۸/۱۱	۶/۶۷	۳۲
(SO4) سولفات	۰/۱۵	۰/۸	۰/۲	۰/۴۲	۰/۸۷	۰/۰۸	۳۲

است. حداقل میزان EC ۳۸۱/۲۲ و حداکثر آن ۵۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر است، معمولاً طبق استاندار، منابع آبی که EC بیش‌تر از ۴۰۰۰ میکرو موس دارند برای کشاورزی مضر بوده و باعث افزایش شوری خاک و تخریب محصول می‌گردد و معمولاً گیاهان مقاوم به شوری آب‌های با EC کمتر از ۷۰۰۰ میکرو موس را تحمل می‌کنند.

کل جامدات محلول (TDS): افزایش این متغیر متناسب با افزایش EC است و این دو باهم رابطه خطی دارند. حداقل مقدار TDS ۲۴۳/۸۹ میلی‌اکی‌والان در لیتر و حداکثر مقدار آن ۳۵۳/۵ میلی‌اکی‌والان در لیتر است.

بی‌کربنات (HCO3): دلیل افزایش یون بی‌کربنات تغذیه از سازندهای آهکی و کربناته است. حداقل میزان این متغیر ۳/۱ میلی‌اکی‌والان در لیتر و حداکثر آن ۶/۲ میلی‌اکی‌والان در لیتر است.

سولفات (SO4): تغییرات یون سولفات از حداقل ۰/۰۸ تا ۰/۸۷ میلی‌اکی‌والان در لیتر متغیر است.

کاتیون‌های کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg) و سدیم (Na): حداقل یون کلسیم ۲/۳۶ و حداکثر آن ۳/۵۲ میلی‌اکی‌والان در لیتر است. مقدار یون منیزیم از حداقل ۰/۷۵ تا ۱/۷۶ میلی‌اکی‌والان در لیتر متغیر است. حداکثر میزان سدیم ۰/۳۶ میلی‌اکی‌والان در لیتر و حداقل آن ۰/۰۴ میلی‌اکی‌والان در لیتر است.

نسبت‌جذبی‌سدیم (SAR): این نسبت که با محاسبه‌ی کاتیون‌های

کلسیم، منیزیم و سدیم حاصل می‌گردد بیان‌گر شوری آب است. حداقل این مشخصه در دشت دلفان ۰/۰۵ و حداکثر آن ۰/۲۴ است.

تعیین روند تغییرات کیفیت و کمیت منابع آب

تاکنون روش‌های متفاوتی برای بررسی روند سری‌های زمانی ارائه‌شده است که به‌طورکلی به سه دسته تقسیم می‌شوند: روش‌های گرافیکی، روش‌های پارامتری و روش‌های ناپارامتری. آزمون‌های ناپارامتری نسبت به الگوی توزیع داده‌ها حساسیت ندارند و اگر داده‌ها نرمال نباشند هم قابل‌استفاده هستند [۵]. لازم به ذکر است که متغیرهای کیفی، هیدرولوژیکی و هواشناسی به‌صورت استوکاستیک می‌باشند یعنی توزیع آن‌ها به‌صورت تصادفی است. لذا استفاده از روش‌های پارامتری مانند روش پیرسون برای مشخص کردن روند در این داده‌ها کار دشواری است و نتیجه حاصله چندان دقیق نخواهد بود. بنابراین از آزمون ناپارامتری من-کندال بدین منظور بهره گرفته‌شده است [۳].

آزمون من- کندال

آزمون من-کندال برای بررسی وجود یا نبود روند طی زمان برای هر سری زمانی استفاده می‌شود. این آزمون بر منطق رگرسیون خطی غیرپارامتری استوار است. نتایج این آزمون نشان می‌دهد روند افزایشی یا کاهشی قابل‌توجهی در سطح اطمینان مشخصی در روند سری زمانی متغیر وجود دارد یا خیر [۱۷]. استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال به نرمال بودن داده‌ها حساس نیست. آزمون من-کندال ابتدا توسط مان [۱۵] ارائه و سپس توسط کندال [۱۱] توسعه یافت. کاربرد این روش توسط سازمان جهانی هواشناسی توصیه گردید [۲۱]. از نقاط قوت روش من-کندال می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع خاصی پیروی نمی‌کنند، اشاره نمود. در این پژوهش جهت تعیین روند با آزمون من-کندال از نرم‌افزار اکسل استفاده گردید.

این روش برای بررسی روند داده‌ها بکار می‌رود. در این روش آماره S برای ماه g ام و ایستگاه k ام به شرح زیر محاسبه می‌گردد [۲۳]:

$$S_{gk}=\sum_{i}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n-1} sgn\,(X_{jgk}-X_{igk}),\ \forall\, i<j\le n \qquad (۱)$$

که در آن n تعداد داده‌های سری است و sgnθ تابع علامت و θ تفاضل دو مشاهده در هر یک از متغیرهای موردبررسی در سال‌های مختلف i و j بوده که به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Sgn(\theta)=\begin{cases}1 & if \quad \theta>0\\ 0 & if \quad \theta=0\\ -1 & if \quad \theta<0\end{cases} \qquad (۲)$$

من و کندال نشان دادند که وقتی $n \ge ۱۰$ باشد، آماره S تقریباً به‌طور نرمال توزیع‌شده و دارای میانگین صفر و انحراف معیار زیر است:

$$(\sigma_{gg})_k=\frac{[n(n-1)(2n+5)-\sum d(d-1)(2d+5)]}{18} \qquad (۳)$$

که در آن d تعداد داده‌های یکسان در سری زمانی است. در این روش Sgk به‌صورت زیر نرمال می‌شود:

$$S'_{gk}=S_{gk}-sgn(S_{gk}) \qquad (۴)$$

سپس آماره آزمون یا Z استانداردشده که دارای توزیع نرمال استاندارد با میانگین صفر و واریانس ۱ است، به شرح زیر به دست می‌آید:

$$Z_{gk}=\frac{S'_{gk}}{(\sigma_{gg})^{1/2}} \qquad (۵)$$

فرض صفر (فقدان روند در سطح معنی‌داری ∝) به شرطی که $-2Z1+a/ < Zgk < Z1+a/2$ باشد، پذیرفته و در غیر این صورت رد می‌شود [۳].

آزمون‌های کندال اصلاح‌شده

اگر ضریب خودهمبستگی مرتبه اول در سری داده‌ها معنی‌دار باشد، با روش پیش سفید کردن اثر خودهمبستگی از سری داده‌ها حذف می‌شود. برای انکار، ابتدا سری داده‌های جدید با توجه به شیب‌خط روند، β، به شرح زیر محاسبه می‌گردد:

$$X'_i=X_i-(\beta\times i) \qquad (۶)$$

که در آن β شیب‌خط روند است. سپس سری جدید به شرح زیر به دست می‌آید:

$$y'_{I=}X'_I-r_{1\times}X'_{i-1} \qquad (۷)$$

r1 ضریب خودهمبستگی مرتبه اول است. با افزون مجدد جمله روند، (βxi)، به سری داده‌های اخیر، سری زیر به دست آمد:

$$y_i=y'_i-(\beta\times i) \qquad (۸)$$

چنان‌چه مقدار Z بزرگ‌تر از ±۱/۹۶ باشد داده‌ها دارای روند می‌باشند و فرض صفر رد می‌شود در غیر این صورت فاقد روند است [۳].

Z: آماره توزیع نرمال استاندارد است و در یک آزمون دو دامنه بسته به سطوح اعتماد مورد آزمون می‌تواند مقادیر مختلفی به خود گیرد و S: متغیر روش من -کندال است که به نحوه محاسبه آن در بالا اشاره گردید. مقدار آماره Z برای سطوح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد به‌ترتیب برابر با ۱/۹۶ و ۲/۵۸ در نظر گرفته می‌شود.

نتایج و بحث

بررسی روند تغییرات کیفی منابع آب زیرزمینی

به‌منظور بررسی روند تغییرات سری زمانی متغیرهای کیفی منابع آب زیرزمینی دشت از تحلیل ناپارامتری من-کندال استفاده شد. جدول ۲ نشان‌دهنده‌ی مقدار آماره‌ی من- کندال برای سری زمانی متغیرهای کیفی موردبررسی است. با توجه به این جدول متغیرهای TH و SAR به دلیل این‌که دارای آماره Z بیش‌تر از ۱/۹۶ هستند در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای روند معنی‌دار می‌باشند و چون دارای علامت منفی هستند این روند کاهشی است. سایر متغیرها در دوره‌ی زمانی موردبررسی، به دلیل این‌که آماره Z آن‌ها در محدوده ±۱,۹۶ قرارگرفته است، فاقد روند معنی‌دار بوده‌اند. بااین‌وجود متغیرهای SO4، TDS، EC، HCo3 و Na به دلیل دارا بودن آماره منفی دچار روند تغییرات کاهشی بوده و در مقابل روند تغییرات متغیرهای PH، Ca، K و Mg به دلیل دارا بودن آماره مثبت، دارای افزایش

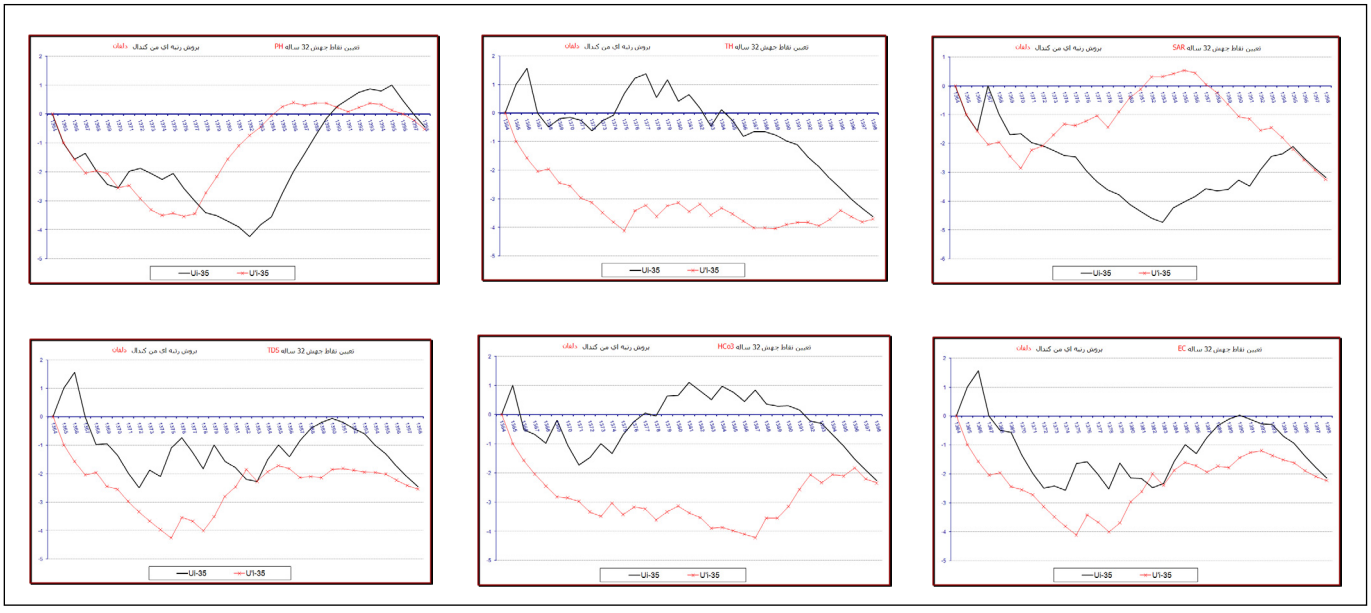
بوده است. در پژوهش بیات ورکشی و فصیحی [۴] در دشت آستانه نتایج روند نشان داد که روند pH، SO4، SAR و Na مثبت و روند HCO3، TH، Mg و K منفی بوده است که ازنظر روند pH، TH و HCO3 با نتایج این پژوهش هم‌سو ولی ازنظر روند SAR، SO4، K و Mg تناقض دارد. روند مثبت pH حاکی از قلیایی شدن کیفیت آب است که با نتایج دانشور وثوقی و دین‌پژوه [۶] و بیات ورکشی و فصیحی [۴] هم‌خوانی دارد. روند کاهشی SAR و Na بیانگر بهبود کیفیت جهت مصارف کشاورزی است. غلظت HCO3 باعث خطر سدیم در آب آبیاری می‌شود. غلظت زیاد این یون باعث ایجاد رسوب کلسیم و منیزیم از محلول خاک و درنتیجه افزایش در سطح ذرات رسی شده که خطر سدیم را افزایش می‌دهد. بنابراین کاهش HCO3 موجب کاهش رسوب‌گذاری آب می‌شود که علاوه بر کاهش خطر سدیمی خاک، در مصرف آب منطقه در صنعت و انتقال آب از لوله‌های انتقال آب نقشه بسزایی دارد.

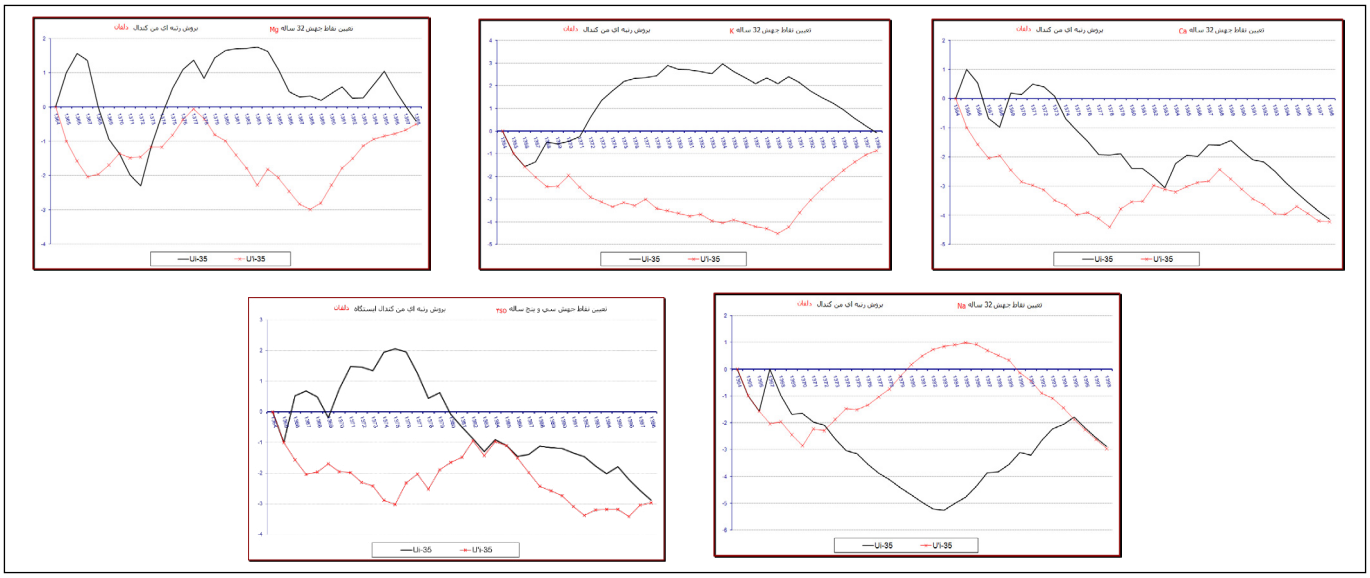
در ادامه گراف‌های مربوط به روند تغییرات ۳۲ ساله‌ی متغیرهای کیفی آورده شده است (شکل ۲). این گراف‌ها نشان‌دهنده‌ی تغییرات متغیر در سال‌های آماری موردبررسی است. در این گراف‌ها مؤلفه عمودی مربوط به مقادیر متغیر (U) و مؤلفه افقی U′ است. برای به دست آوردن U′ کافی است مقادیر متغیر را در مقابل ترتیب نزولی سال‌ها قرارداد. چنان‌چه در این گراف‌ها دو منحنی U و U′ یکدیگر را قطع نمایند نشان‌دهنده‌ی تغییر معنی‌دار در میزان متغیر در آن سال است که به این نقطه جهش گفته می‌شود و چنان‌چه دو نمودار موازی هم باشند بیانگر عدم‌تغییر معنی‌دار در دوره موردبررسی است. همان‌طور که از گراف مربوط به متغیر SAR پیداست در سال ۱۳۷۲ جهش رخ‌داده است که بعدازآن روند این متغیر کاهشی بوده است. در گراف pH در سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۰ در روند این متغیر جهش رخ‌داده است که در سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۷۸ بعد از جهش کاهش رخ‌داده درحالی‌که در ۱۳۹۰ جهش افزایشی بوده است. در گراف من- کندال Mg شاهد دو جهش در سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۷۳ هستیم که در جهش اول روند کاهشی بوده و در جهش دوم روند افزایشی بوده است. در نمودار روند تغییرات Na در سال ۱۳۷۳ دارای جهشی منفی یا کاهشی بوده است. گراف روند تغییرات EC و TDS نیز در سال ۱۳۸۲ جهشی کاهشی و در سال ۱۳۸۴ جهشی افزایشی را نشان می‌دهند.

در بررسی تغییرات کیفی منابع زیرزمینی، شاهد تغییرات متفاوت مشخصه‌های مختلف هستیم. دلیل این امر می‌تواند تبادلات شیمیائی بین آب و سازند زمین‌شناسی دشت و اثرپذیری آب زیرزمینی باشد. این تبادلات شیمیائی باعث می‌شود که آب زیرزمینی در گستره‌ی خود ناهمگن شود، چون آب زیرزمینی در حین حرکت خود به مواد مختلف برخورد کرده و مواد مختلف با مقادیر مختلف را در خود

جدول ۲: آماره Z متغیرهای کیفی

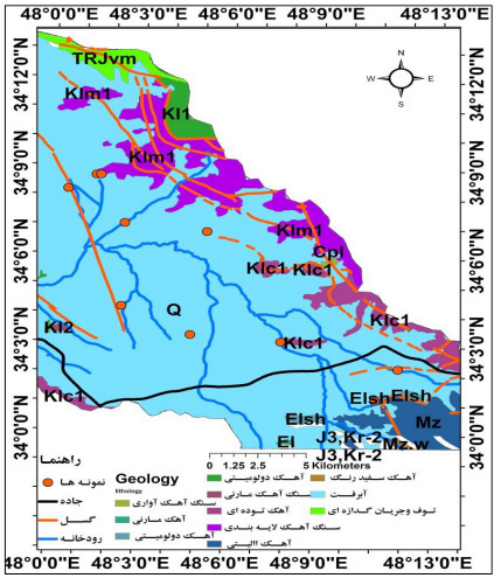
متغیر	سدیم (Na)	منیزیم (Mg)	پتاسیم (K)	کلسیم (Ca)	کربنات‌بی (HCO3)	هدایت الکتریکی (EC)	کل جامدات محلول (TDS)	نسبت جذبی سدیم (SAR)	سختی کل (TH)	اسیدیته (pH)	سولفات (SO4)
Z	-۱/۸	۱/۰۵	۰/۸	۱	-۰/۵۳	-۰/۹۲	-۱/۲۸	-۲/۵۱	-۲/۳۸	۰/۹۵	-۱/۶





شکل ۲: گراف من- کندال متغیرهای کیفی منابع آب زیرزمینی

حل می‌کند. شکل ۳ نشان‌دهنده‌ی نقشه زمین‌شناسی منطقه مطالعاتی است. در پژوهش کارخانه و همکاران که به بررسی آماری نسبت‌های یونی و شاخص‌های اشباع در تعیین منشأ املاح منابع آب زیرزمینی دشت دلفان پرداخته است، این نتیجه حاصل شد که شاخص اشباع برای کانی‌های انیدریت، آراگونیت، کلسیت، دولومیت، ژیپس و هالیت می‌توانند در حال انحلال در آب زیرزمینی منطقه باشند [۱۰].



شکل ۳: نقشه زمین شناسی دلفان [۱۰]

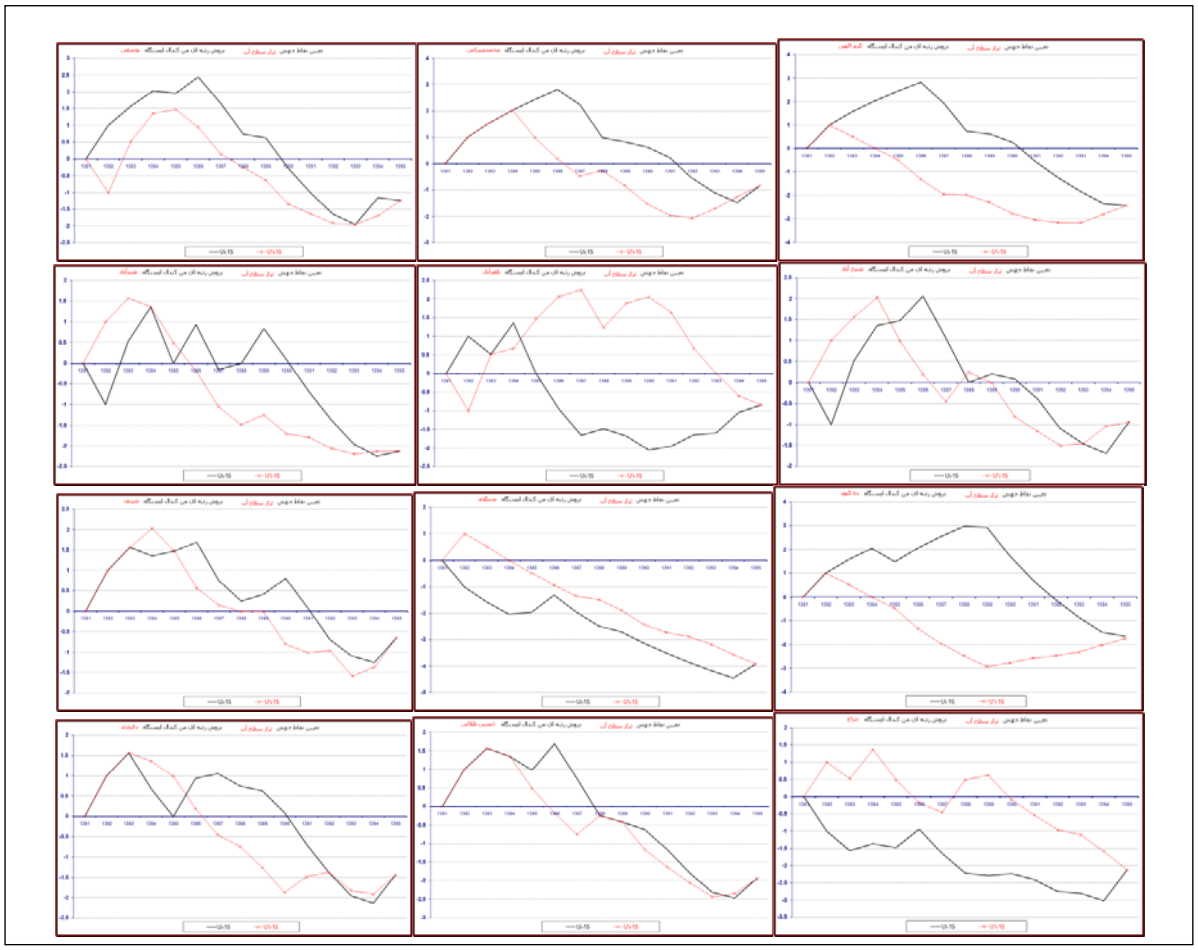
بررسی روند تغییرات کمیت منابع آب زیرزمینی

برای بررسی روند تغییرات سری زمانی ۱۵ ساله تراز منابع آب زیرزمینی، تراز آب ۱۲ حلقه چاه پیزومتری موجود در دشت مورد آزمون قرار گرفت. جدول ۳ در بردارنده آماره Z سری زمانی تراز آب چاه‌ها است. با توجه به این جدول روند تغییرات تراز چاه پیزومتری سیکوند در سطح آماری ۹۹ درصد معنی‌دار است که روند آن کاهشی است. روند تغییرات تراز چاه‌های کرم الهی، عزیزآباد و چراغ دارای روند کاهشی هستند که در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است. سایر چاه‌های دارای آماره Z در بازه ۱/۹۶± هستند که حاکی از عدم معنی‌داری روند تغییرات این چاه‌هاست. اما با توجه به منفی بودن آماره‌ی من-کندال همه چاه‌ها، روند تغییرات تراز همه چاه‌ها کاهشی بوده است. در پژوهش افضلی و شاهدی [۱] که به بررسی روند تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت آمل-بابل پرداخته شد نتایج نشان داد از ۲۷ چاه پیزومتری موردبررسی، روند در ۱۲ چاه معنی‌دار بوده که در ۳ چاه (۱۱/۱۱درصد) در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بوده که در پژوهش حاضر ۸/۳۳ درصد از چاه‌ها در این سطح معنی‌دار بوده و در ۹ چاه (۳۳/۳۳ درصد) در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بوده که در این پژوهش ۲۵ درصد چاه‌ها این شرایط را داشته است.

شکل ۴ نشان‌دهنده‌ی گراف من- کندال سری زمانی ۱۵ سال آماری تراز چاه‌های پیزومتری دشت دلفان است. همه‌ی گراف‌ها بیانگر افت تراز آب چاه‌های پیزومتری دشت در گذر زمان هستند. در گراف تراز چاه محمد میرزایی در سال ۱۳۹۴ شاهد یک جهش به‌صورت افزایشی +هستیم. در روند تغییرات تراز چاه شیخ‌آباد در سال ۱۳۸۵ جهشی افزایشی، در سال ۱۳۸۸ جهشی کاهشی، در سال ۱۳۸۹ جهش افزایشی و در سال ۱۳۹۳ جهشی به‌صورت افزایشی اتفاق افتاده است. در روند تغییرات تراز چاه ظفر آباد برای سال ۱۳۸۴ شاهد یک جهش در تغییرات هستیم که در این جهش تغییرات به‌صورت افزایشی بوده است. گراف من-کندال چاه عزیزآباد نشان‌دهنده‌ی دو جهش در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۴ است که به ترتیب افزایشی و کاهشی هستند. روند تغییرات تراز چاه شریف در سال ۱۳۸۵ دارای جهشی افزایشی بوده است. روند تغییرات تراز آب چاه حسین طلائی در سال ۱۳۹۴ جهش کاهشی

جدول ۳: آماره Z تراز چاه‌های پیزومتری

نام چاه	چراغ	حسین طلائی	دفروزند	ده کبود	سیکوند	شریف	شیخ‌آباد	ظفر آباد	عزیزآباد	کرم الهی	محمد میرزایی	یوسفی
Z	-۲/۰۸	-۱/۹۳	-۱/۴۳	-۱/۶۸	-۳/۹۱	-۰/۶۴	-۰/۹۴	-۰/۷۴	-۲/۱۳	-۲/۴۲	-۰/۸۴	-۱/۱۴



شکل ۴: گراف من- کندال متغیرهای کیفی منابع آب زیرزمینی

داشته است. روند تراز آب چاه دفروزند در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۹۲ به‌ترتیب دارای جهش‌های افزایشی و کاهشی بوده است.

نتیجه‌گیری

در ایران تحقیقات انجام‌شده بیش‌تر معطوف به مطالعه روند تغییرات برخی متغیرهای هیدرولوژیکی و هواشناسی مانند دبی و بارش بوده و به تغییرات متغیرهای کیفیت آب کم‌تر پرداخته‌شده است. از طرفی یکی از ملزومات مدیریت پایدار و صحیح منابع آب کشور که از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان بشمار می‌رود، ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی به دلیل اهمیت این منابع در این اقالیم است. در پژوهش حاضر روند تغییرات سری زمانی متغیرهای کیفی منابع آب زیرزمینی دشت دلفان برای بازه زمانی ۳۲ سال (۱۳۹۵-۱۳۶۴) موردبررسی قرار گرفت. برای این‌منظور از آزمون من- کندال استفاده شد. نتایج آزمون من- کندال نشان داد که متغیرهای:SO4، TDS، EC، HCo3، Na، SAR و TH دارای روند کاهشی بوده که تغییرات SAR و TH در سطح آماری ۹۵ درصد معنی‌دار بوده و متغیرهای: PH، Ca، K و Mg دارای روندی افزایشی بوده‌اند که روند آن‌ها معنی‌داری نبوده است. نکته جالب‌توجه کاهش غلظت آنیون‌ها و افزایش غلظت کاتیون‌های منابع آب زیرزمینی دشت دلفان است بیش‌ترین افزایش مربوط به Mg بوده است. بررسی روند تغییرات تراز آب چاه‌های پیزومتری دشت نشان داد که تراز این چاه‌ها طی دوره موردبررسی دچار افت شده که تغییرات چاه سیکوند در سطح ۹۹ درصد و تغییرات چاه‌های کرم الهی، عزیزآباد و چراغ در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است.

در پایان پیشنهاد می‌شود برای مناطق بکری مانند دشت دلفان و با توجه به کمبود آمار و اطلاعات و اهمیت مدیریت صحیح منابع آب، بررسی کیفیت منابع آب با نمونه‌برداری مستقیم مدنظر مدیران قرار گیرد. این پژوهش‌ها و طرح‌ها ساده و کم‌هزینه بوده و درعین‌حال کاربردی و اجرایی خواهند بود.

منابع

1-Afzali, A. & Shahedi, K. 2014 Investigating the process of quantitative and qualitative changes of groundwater in Amol-Babol Plain. Watershed Management Research. 5(10).

2-Akrami, M., Sharifi, Z.A. & Malekynejad, h. 2011. Investigating the process of quantitative and quantitative changes of ground water resources in Yazd-Ardakan plain in the decade of 1379-88. Journal of Research in Yazd School of Health, Year 10, Number 2 and 3, Autumn and Winter 2011. [Persian]

3-Ansari, M., Nouri, Gh. & Fotohi, S. 2016. Investigation of the process of changes in temperature, precipitation and discharge using my non-parametric Kendal test (Case study: Kajoo River Basin, Sistan and Baluchestan Province), Journal of Management of Watershed, seventh year, No. 14, pp. 152-158. [Persian]

4-Bayat Varkoshi, M. & Fasihi, R. 2017. Monitoring the Changes in Quality of Groundwater Changes in Four Plains of Guilan Province during a 12-year Period. Journal of Health and Environment, Journal of the Environmental Health Science Association of Iran. 4(10): 547-558.

5-Behmanesh, c. And Azad Talatapeh, n. 2015. Investigation of Changes in Meteorological Parameters Affecting the Urmia Climate. Journal of Geography and Planning, 19, No. 51, Spring 1394, pp. 58-41.

6-Daneshvar Vosoughi, F. & Din Pajouh. 2013. Investigating the process of underground water quality changes in Ardebil plain using Spearman method. Ecology, 38 (4), 17-28. [Persian]

7-Daniele, V., Jean, P. D. & Benoit L. 2007. A spatial analysis of structural controls on karst groundwater geochemistry at a regional scale. Journal of hydrology; 244-255.

8-Fallah, S., Ghobadinia, M., Shokrgozar, D. M. & Ghorbani, D. S. 2012. A study on sustainability of groundwater resources of Darab Plain, Iran.

9-Houben, G., Tünnermeier, T., Eqrar, N. & Himmelsbach, T. 2009. Hydrogeology of the Kabul Basin (Afghanistan), part II: groundwater geochemistry. Hydrogeology journal, 17(4), 935-948.

10-Karkhaneh, T., Sarikhani, R. & Ghasemi Dehnavi, A. 2015. Investigation of ionic ratios and saturation index in determining the source of solute of groundwater resources in Delfan Plain. Journal of Environmental Geology. 9:33.

11-Kendall, M. G. (1975). Rank Correlation Methods, Charles Griffin, London (1975).

12-Latif, M., Mousavi, S., Ofyuni, M. & Velayati, S. 2005. Investigation of Nitrate Contamination and its Origin in Groundwater of Mashhad Plain. journal of Agricultural Science and Natura Resources,12: 21-32.

13-Mahdinia, M., Dehghani, F. & Ashori, M. 2005. Investigatingof Chemical and Bacterial quality of Water Attribution Networks in Damghan area. In 8th national conference Environmental Health, Tehran, Iran.

14-Malkutian, M. & Worms, W. 2005. Change in chemical quality of groundwater resources in the Bravoat and Bam Plain between years 1376-83. Hormozgan Medical Journal, Second Year, No. 8, pp. 109-116. [Persian]

15-Mann, H. B. 1945. Nonparametric tests against trend. Econometrica: Journal of the Econometric Society, 245-259

16-Mozafarizadeh, J. 2006. Investigating the effect of geology formations on the groundwater quality-F1St Conference Environment Geology Tehran. [Persian]

17-Pasquini, A. I., Lecomte, K. L., Piovano, E. L. & Depetris, P. J. 2006. Recent rainfall and runoff variability in central Argentina. Quaternary International, 158(1), 127-139.

18-Prasad, B. G. & Narayana, T. S. 2004. Subsurface water quality of different sampling stations with some selected parameters at Machilipatnam Town.

19-Rahmani, A. Shokoohi, R. 2007. Evaluation of groundwater quality in Hamedan plain, Tenth

20-Shakerian, N., Zehtabian, G. R., Azarnivand, H. & Khosravi, H. 2011. Evaluation of desertification intensity based on soil and water criteria in Jarghooyeh

region. Desert, 16(1), 23-32.

21-Stasik, R., Korytowski, M., & Liberacki, D. 2016. Trends in groundwater level changes in small forest catchments of Wielkopolska. Journal of Ecological Engineering, 17(4), 99-106.

22-Wahlin, K. & Grimvall, A. 2010. Roadmap for assessing regional trends in groundwater quality. Environmental monitoring and assessment, 165(1-4), 217-231.

23-Yue, S. Pilon, P. Phinney, B. & Cavadias, G. 2002. The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. Hydrological processes, Volume 16, number 9:1807-1829.

24-Zare Abyane, H., Bayat Varkeshi, M., & Maruofi, S. 2012. Investigation of groundwater fluctuations in Malayer Plain. J. Soil Water Sci. 22: 2. 173-190

25-Zehtabian, G., Khosravi, H. & Ghodsi, M. 2010. High demand in a land of water scarcity: Iran. In Water and Sustainability in Arid Regions (pp. 75-86). Springer, Dordrecht.

نشریه

ترویج و توسعه آبخیزداری
Extension and Development of
Watershed Management

Vol. 8, No. 28, Spring 2020

سال هشتم- شماره ۲۸- بهار ۱۳۹۹

Abstract

Investigating the Long-Term Changes in the Quality and Quantity of Groundwater Resources (Case Study: Delfan Plain)

Y. Sabzevari[1] and A. H. Nasrollahi*[2]

Received: 2019/12/28 Accepted: 2020/01/29

The increasing use of groundwater resources as the most important sources of water supply in arid and semi-arid regions has led to quantitative and qualitative problems of these resources. Therefore, maintaining and monitoring the quantity and quality of groundwater resources is one of the strategies for proper management of water resources in these areas. In this research, the process of quantitative and qualitative changes in the groundwater resources of Delfan plain is studied. For this purpose, 32 year deep well data in the plain including: Ca, Mg, Na, EC, SAR, HCo3, SO4, TDS, TH, Cl and K, as well as information about 12 piezometric wells for Years 1381-1395. Non-parametric Mann-Kendall test was used to study the process of time series changes in qualitative parameters. The results of analysis of this test showed that the changes in SAR and TH parameters were significant at 95% confidence level and in general, the anion sources of the plain had a decreasing trend while the cations of these sources had an incremental trend. Investigating the trend of groundwater level changes in the plain showed that the water balance of the resources decreased during the statistical period, which is in the Peymmetric wells of Sikond at 99% level, and in the wormhole, Azizabad and Lazar wells at 95% Has been.

Keywords: Groundwater, Changing Procedure, Man-kendall, Delfan.

1. MSc student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University.*Corresponding Author: Tabatabaei@scwmri.ac.ir
2. Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Corresponding author, Email: aliheidar200@gmail.com