محیط شناسی، سال سی و هشتم، شمارهٔ ٤، زمستان ۹۱، صفحهٔ ۱۷ ۲۸

بررسی روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت اردبیل با استفاده از روش اسپیرمن

فرناز دانشور وثوقی[۱*]، یعقوب دین پژوه[۲]

۱-کارشناسی ارشد رشته عمران آب، دانشکدهٔ عمران دانشگاه تبریز.

۲-دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تبریز Dinpashoh@yahoo.com

تاریخ دریافت : ۹۱/۲/۹ تاریخ پذیرش: ۹۱/۶/۱۸

چکیده

بررسی روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار منابع آب هر منطقه از اهمّیت بسزایی برخوردار است. در مطالعه حاضر روند تغییرات کیفی آب زیرزمینی دشت اردبیل با توجه به اطلاعات ۳۲ ایستگاه پیزومتری در دورهٔ آماری ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۷ با آزمون ناپارامتری اسپیرمن مورد بررسی قرار گرفت. متغیرهای هیدروژئوشیمیایی مورد بررسی شامل متغیرهای مجموع کاتیون‌ها، مجموع آنیون‌ها، خاصیت اسیدی (PH)، سختی کل (TH)، هدایت الکتریکی (EC)، سدیم (Na^{+})، یون سولفات (So_4^{2-})، درصد سدیم (Na)، منیزیم (Mg^{2+})، مقدار مواد جامد حل شده در آب (TDS)، نسبت جذب سدیم (SAR)، کلسیم (Ca^{2+})، پتاسیم (K^{+})، کلر (Cl^{-}) و یون بی کربنات (HCO_3^{-}) است. متغیرهای مذکور معمولاً دو بار در سال (ماه پرآب و ماه کم آب) اندازه‌گیری می‌شود. شیب خط روند برای یکایک متغیرها با روش تخمین‌گر سن (Sen) محاسبه شد. نتایج نشان داد که روند تغییرات غلظت تمام متغیرهای کیفی آب در همه ایستگاهها افزایشی بوده است. در بین متغیرها، بیشترین روند مثبت معنی دار در هر یک از دو ماه متعلق به متغیر TDS بوده است و متغیرهای مجموع آنیون‌ها، مجموع کاتیون‌ها، سدیم، هدایت الکتریکی، TDS، کلسیم و سولفات‌ها نیز دارای بیشترین مجموعه‌های معنی‌دار مثبت در اکثر ایستگاهها بوده‌اند. میانه شیب خط روند برای تمام متغیرها مثبت بود. در حالت کلی نتایج تحقیق نشان داد که کیفیت آب زیرزمینی این دشت طی سالهای اخیر از افت شدیدی برخوردار بوده و این روند تغییرات در قسمت‌های شمال، مرکز و شرق به طور چشمگیری افزایشی بوده است.

کلید واژه

تحلیل روند، کیفیت آب زیرزمینی، متغیرهای هیدروشیمیایی، دشت اردبیل، آزمون اسپیرمن.

سرآغاز

بررسی روند تغییرات کیفی آب زیرزمینی در هر منطقه از اهمیت فراوانی برخوردار است. افزایش روز افزون جمعیت، احداث بی وقفه کارخانه‌های صنعتی و بالارفتن سطح بهداشت در دهه‌های اخیر از یک طرف و دفع فاضلاب‌های صنعتی، شهری، کشاورزی و بروز خشکسالی‌ها از طرف دیگر، کمیت و کیفیت آبهای زیرزمینی را تحت تأثیر منفی قرار داده است. برای بررسی روند تغییرات مشخصه‌های هیدروژئولوژیکی مانند مواد شیمیایی محلول در آب زیرزمینی روشهای زیادی وجود دارد. از بین این روشها، روشهای ناپارامتری بیشتر مورد توجه و استفاده محققان بوده است (دانشور وثوقی و همکاران،۱۳۹۰; Daneshvar Vousoughi, et al.,2012).

در زمینه روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی مطالعات متعددی صورت پذیرفته . Kampbell و همکاران (2003) کیفیت آب زیرزمینی اطراف دریاچه تکسوما[۱] را برای ۵۵ حلقه چاه در فاصله زمانی اکتبر و اوت سال۲۰۰۰ مطالعه کردند. نتایج حاکی از این بود که غلظت یون‌های نیترات، فسفات، آمونیوم، نیتروژن و کلراید در طول دوره‌های خشکسالی افزایش یافته است. Houben و همکاران (2009) کیفیت آب زیرزمینی را در حوضهٔ آبریز کابل (در افغانستان) در دورهٔ آماری ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵ بررسی کردند. آنها نشان دادند که سختی آب و شوری در آب زیرزمینی این ناحیه وجود داشته و وقوع خشکسالی متمادی آن را تشدید کرده بود. Tayfur و همکاران (2008) روند تغییرات متغیرهای هیدروشیمیایی آب زیرزمینی را با روشهای آزمایشگاهی در ناحیهٔ تربالی[۲] ازمیر ترکیه مطالعه کردند.

نویسنده مسئول: تلفن:۰۹۱۴۱۵۳۳۲۹۶ fdaneshvar.vousoughi@gmail.com

آنها از اطلاعات ۱۰ ایستگاه در دورهٔ آماری ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۲ استفاده کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که غلظت نیتریت، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و غلظت یون آمونیوم بالاتر از حد استاندارد برای آشامیدن در فصل تابستان بود.

Holz (2009) تغییرات فصلی در کیفیت آب زیرزمینی حوضه آبریز مونتگو[۳] واقع در شمال غرب تاسمانیا را برای ۱۰ چاه و ۲ پیزومتر در ۷ ایستگاه در سال ۲۰۰۴ بررسی کرد. نتایج نشان داد میزان غلظت نیترات برای تمام ایستگاهها قبل از شروع بارش‌های زمستانی از ۲۰ تا ۱۰۰۰ برابر افزایش یافته بود. در این ناحیه غلظت یون آمونیوم بالا و بیش از حد مجاز برای آشامیدن بود. مواد معدنی نیز از خود، روندی را نشان ندادند.

Wahlin & Grimvall (2009) روند تغییرات کیفی آب زیرزمینی سفره سویدیش[۴] جنوب سودان را در دورهٔ آماری ۲۰ ساله برای ۷۷ ایستگاه پیزومتری با روش ناپارامتری مان کندال مطالعه کردند. نتایج حاکی از وجود روند کاهشی در مقدار غلظت یون سولفات بود ولی در غلظت یون‌های قلیایی روندی مشاهده نشد. Elci & Polat (2010) روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی سفرهٔ گچی نیف[۵] در جنوب شهر ازمیر ترکیه را برای نمونه‌های آب زیرزمینی ۵۷ ایستگاه برای متغیرهای کیفی آب زیرزمینی شامل هدایت الکتریکی، نیترات، کلراید، سولفات، سدیم، فلزّات سنگین و آرسنیک با روش آماری اسمیرنف-کولموگرف و روش t تست ارزیابی کردند.

این محققان نشان دادند که مقدار غلظت کلراید در فصول بارانی نسبت به فصل‌های خشک کاهش داشت. پارامترهای دما و نیترات افزایش روند و فسفات و سختی کل کاهش روند را نشان دادند.

Ketata و همکاران (2010) روند تغییرات متغیرهای هیدروشیمیایی آب زیرزمینی از جمله شوری، PH، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کلر، سولفات، بی کربنات و عوامل و پدیده‌های حاکم بر آن را در لایهٔ آبدار گابس[۶](جنوب شرقی تونس) برای ۹ چاه در دوره آماری ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۳ با نرم افزار GIS بررسی کردند. نتایج نشان داد میزان شوری و سایر متغیرهای شیمیایی در طول زمان تغییر کمی کرده و در جهت حرکت آب زیرزمینی روند کاهشی داشت. وضعیت شیمیایی آبخوان بیشتر به جنس سنگ‌های تشکیل-دهنده آن ارتباط داشت و مقدار فلوراید بیشتر از حد مجاز برای سلامتی بود. Lambrakis و همکاران (1997) تأثیر خشکسالی و برداشت بی‌رویه را روی آبخوان گلافکوس[۷] واقع در غرب یونان در طول دورهٔ آماری ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۳ مطالعه کردند. افت سطح تراز آب زیرزمینی بیشتر ناشی از کاهش بارش و برداشت‌های بی رویه بوده است. تحلیل شیمیایی متغیرهای هیدروشیمیایی نشان داد پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی روند کاهشی ثابتی را در اثر افزایش کلراید از خود نشان داد. Liu و همکاران (2003) روش تحلیل فاکتور را برای ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی در ناحیه تایوان برای ۱۳ پارامتر هیدروشیمیایی انجام دادند. آنها نشان دادند اضافه برداشت از آب زیرزمینی دلیل اصلی شوری و آلودگی آرسنیک آب زیرزمینی در مناطق سواحلی تایوان بوده است.

Bouza-Dean˜o و همکاران (2008) روند کیفیت آبهای سطحی را برای ۳۴ متغیر شیمیایی و شیمیایی-فیزیکی در سطح رودخانه ابرو تحلیل کردند. آنها برای تعیین ضریب هم بستگی بین متغیرهای کیفی از ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده کردند. نامبردگان برای مطالعه روند متغیرهای مورد بحث از آزمون‌های ناپارامتری مان کندال فصلی و تخمین‌گر شیب سن بهره گرفتند. نتایج نشان داد که در رودخانه مذکور در طول زمان به طور کلی غلظت یون‌های سولفات کاهش یافته و لیکن افزایش در مقدار PH آب از سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۴ مشاهده شده بود.

Chang (2008) الگوهای مکانی روند تغییرات کیفی آب ۱۱۸ ایستگاه حوضه رودخانه هان[۸] در جنوب کشور کره را در خصوص هشت مشخصهٔ کیفی به‌شرح دمای آب، PH، اکسیژن حل نشده[۹]، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی[۱۰]، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی[۱۱]، غلظت رسوب معلق[۱۲]، فسفر کل[۱۳] و نیتروژن کل[۱۴] با استفاده از آزمون ناپارامتری مان کندال فصلی در دوره آماری ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۲ بررسی کردند.

نتایج آنها نشان داد که روند متغیر دمای آب، غیرمعنی‌دار بوده ولی در مورد متغیر TN اکثر ایستگاهها روند افزایشی را تجربه کرده‌اند. برای متغیرهای دیگر که شامل DO، BOD، COD، PH، SS و TP بودند، برخی ایستگاهها روند افزایشی و پاره‌ای دیگر روند کاهشی نشان داده‌اند. افزون بر این تقریباً نیمی از ایستگاهها روند معنی داری را در مورد متغیرهای اخیر نشان نداده‌اند.

در مناطق شهری روند افزایش آلودگی آب برای همه متغیرها جز متغیر PH دیده شد. نامبردگان نتیجه گرفتند که توپوگرافی و جنس خاک در تغییرات مکانی روند متغیرهای مربوط به دمای آب، pH و DO مؤثر بودند. Yidana و همکاران (2010) کیفیت آب

زیرزمینی حوضه کتا[15] واقع در کشور غنا را با استفاده از روشهای رگرسیون چندگانه و تحلیل مکانی بررسی کردند. آنها دریافتند که شوری، نیترات و فلوراید آب زیرزمینی منطقهٔ مذکور دارای غلظت بالایی بوده است. ایشان علت را به پیشروی آب دریا، تزریق فاضلاب خانگی و زه آب کشاورزی به خاک منطقه دانستند. آنها نتیجه گرفتند که مشخصه نسبت سدیم جذبی، تغییرات فصلی ضعیف را که ناشی از پیشروی آب دریا بوده است تجربه کرده است. Yue و همکاران (2002) آزمون مان-کندال و اسپیرمن را برای تشخیص روند در مجموعه دادههای هیدرولوژیکی جریان آبراهه منطقهٔ اونتاریو برای ۲۰ حوضه استفاده کردند.

نتایج نشان داد که قدرت آزمونها بستگی به سطح معنیداری، مقدار روند، اندازه مجموعه زمانی مورد بررسی و مقدار تغییرات متغیر در داخل مجموعهٔ زمانی دارد و اکثر ایستگاهها روند کاهشی را در جریان آبراهه تجربه کردند.

در ایران نیز مطالعات پراکندهای در ارتباط با روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی انجام شده است. اغلب این مطالعات حاکی از افت کیفیت آب زیرزمینی در دشتهای مختلف ایران بوده است. Khazaei و همکاران (2006) روند تغییرات متغیرهای هیدروژئوشیمیایی آبخوان دشت زاهدان و تأثیر فعالیتهای انسانی را بر روی کیفیت آن در دورهٔ آماری ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۰ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که غلظت مجموع کاتیونها و آنیونها افزایش و میزان متغیر EC در برخی مناطق تا ۷۵۰۰ میکروموس بر سانتیمتر طی ۲۵ سال افزایش داشته و غلظت یون نیترات به مقادیر غیر مجاز در مناطق شهری رسیده بود.

چیت سازان و همکاران (۱۳۸۸) تأثیر خشکسالی را بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت خویس در شمال استان خوزستان در محیط ArcGIS مطالعه کردند. نتایج حاکی از آن بود که خشکسالی سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۷ در پایین آمدن کیفیت و افت تراز آب زیرزمینی مؤثر بوده است. آنها بحرانیترین ناحیه دشت را بخشهای بالادست آبخوان و در مجاورت رودخانهٔ کرخه معرفی کردند. حسین پور (۱۳۸۱) کیفیت آب زیرزمینی منطقهٔ لنجانات اصفهان را برای بعضی از مشخصههای شیمیایی آب از جمله مجموع آنیونها، مجموع کاتیونها و فلزات سنگین در چهار فصل سال برای ۱۶ حلقه چاه با استفاده از روش توصیفی[16] بررسی کردند. نتایج نشان داد سختی در آب زیرزمینی افزایش داشته و آلودگی فاضلابی شدید و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی بالا در آبهای زیرزمینی اطراف نواحی صنعتی در سطح چشمگیری بوده است. دیانتی تیلکی و فلاح (۱۳۸۸) روند تغییرات هدایت الکتریکی (EC) و سختی آبهای زیرزمینی مناطق ساحلی شهرستان ساری را برای دورهٔ آماری ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۷با کمک نرم افزار GIS مطالعه کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که حفر چاههای متعدد و برداشت بی رویهٔ آبهای زیرزمینی منجر به پیشروی آب شور دریای خزر به سمت مناطق ساحلی شده و در نتیجه، سختی آب افزایش یافته بود.

دینداولو و همکاران (۱۳۸۵) کیفیت شیمیایی آب شرب بندرعباس را در سال ۱۳۸۲ با استفاده از روش توصیفی بررسی کردند. نتایج نشان داد که میزان فلوئور، سولفات، کلرور، سدیم، سختی کل، هدایت الکتریکی در منابع آب زیرزمینی از حداکثر مجاز و میزان نیتریت و کلسیم فراتر از حد مطلوب بود. رحمانی و شکوهی (۱۳۸۶) کیفیت آب زیرزمینی دشت بهار همدان را برای ۲۳ پارامتر کیفی، فیزیکی، شیمیایی و باکتریولوژیکی در مقیاس ماهانه برای یکسال بررسی کردند.

نتایج نشان داد که در وضعیت فعلی خطری از جانب فلزات سنگین متوجه آب زیرزمینی دشت نیست ولی غلظت متغیرهای آمونیوم، آمونیاک و نیترات افزایش یافته است. رزاق منش و همکاران (۱۳۸۵) برای بررسی کمی و کیفی آبهای زیرزمینی دشت تبریز از مدلهای PMWIN و D3MT استفاده کردند. نتایج مدل مطالعاتی آنها نشان داد که افزایش برداشت در طولانی مدت باعث افت سطح ایستابی و افزایش شوری آب زیرزمینی در ۱۶ سال آینده خواهد شد. فرشادی و همکاران (۱۳۸۸) کیفیت آب زیرزمینی دشت نورآباد ممسنی را برای ۱۷ متغیر کیفی۲۰ ایستگاه بهصورت فصلی مورد مطالعه قرار دادند. آنها روش تجزیهوتحلیل خوشهای و تحلیل عاملی را بکار بردند. نتایج حاکی از این بود که آب چاهها با قطر دهانه بزرگ دارای آلودگی میکروبی بودهاند.

کرمی (۱۳۸۸) روند تغییرات شوری آب زیرزمینی سراب را مطالعه کرد. ایشان از روشهای آماری چند متغیره مانند تجزیه به مؤلفههای اصلی[17] و تحلیل خوشهای استفاده کرد. نتایج نشان داد کیفیت آب زیرزمینی در جهت جریان از دامنه ارتفاعات اطراف به سمت دشت شورتر شده و در مرکز دشت به دلیل بالا بودن سطح ایستابی، شورهزارها را بوجود آورده بود.

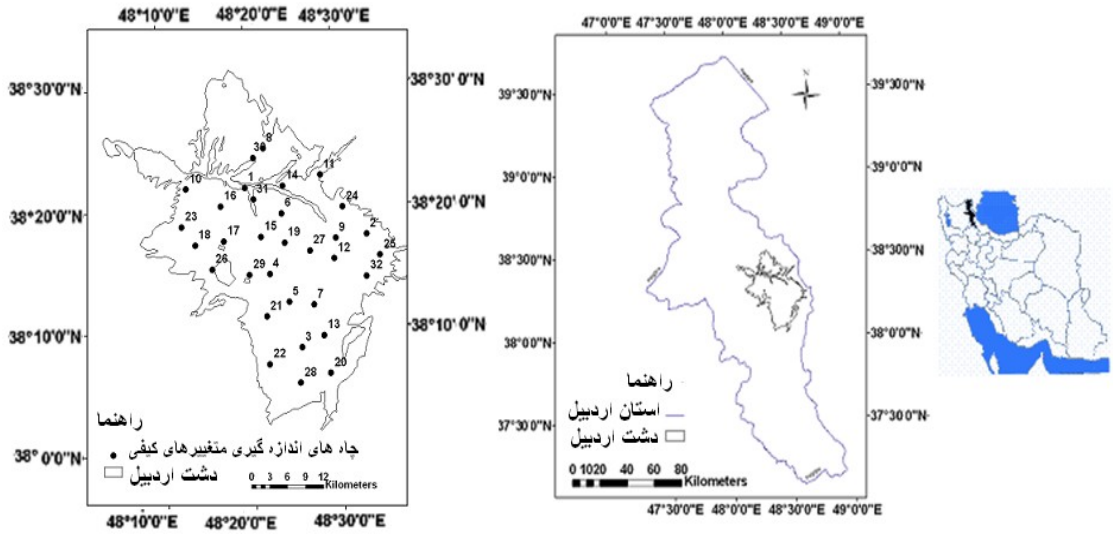
ملکوتیان و کرمی (۱۳۸۳) روند تغییرات کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی دشت بم و بروات را برای سالهای ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۳ برای ۱۲ مشخصهٔ شیمیایی در ۲۰ حلقه چاه پیزومتری و ۱۰ حلقه

چاه آب شرب بررسی کردند. آنها از طبقه‌بندی‌های شولر و ویلکوکس به منظور طبقه‌بندی کیفیت آب بهره گرفتند و روند تغییرات کیفیت شیمیایی آب را نامطلوب تشخیص داده‌اند. با این حال، آب منطقه هنوز برای آشامیدن و آبیاری استفاده می‌شود. هدف اصلی این مطالعه بررسی روند تغییرات برخی از متغیرهای کیفی آب زیرزمینی دشت اردبیل با روش ناپارامتری اسپیرمن است.

روشهای مورد استفاده

منطقهٔ مورد مطالعه، دشت اردبیل در شمال غربی ایران واقع شده است. این دشت در عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی قرار گرفته است (شکل شمارهٔ ۱). دشت اردبیل مشرف بر ارتفاعات بخش غربی رشته کوه البرز (ارتفاعات تالش) و در امتداد دامنه شرقی سبلان قرار دارد. مساحت آن حدود ۹۹۰ کیلومتر مربع است. متوسط بارش سالانه در ایستگاه سینوپتیک اردبیل حدود ۳۰۴ میلیمتر است. در این دشت اردیبهشت پر باران‌ترین ماه سال است. میانگین دمای سالانه در ایستگاه اردبیل ۹ درجه سانتیگراد، حداقل دمای ثبت شده ۳۳/۸- درجهٔ سانتیگراد، متوسط تعداد روزهای یخبندان ۱۳۰ روز در سال است و یکی از نواحی سردسیر ایران محسوب می‌شود. داده‌های کیفی آب زیرزمینی برای ۱۵ متغیر شامل متغیرهای مجموع کاتیون‌ها، مجموع آنیون‌ها، خاصیت اسیدی، سختی کل، هدایت الکتریکی، سدیم، یون سولفات، درصد سدیم، منیزیم، مقدار مواد جامد حل شده در آب، نسبت جذب سدیم، کلسیم، پتاسیم، کلر و یون بی کربنات در ۳۲ حلقه چاه در دشت اردبیل در دو ماه از سال از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۷ از سازمان آب استان اردبیل اخذ شدند. لازم به یادآوری است که متغیرهای مذکور معمولاً دو بار در سال اندازه‌گیری می‌شود که یک بار آن در ماه پرآب (معمولا خرداد ماه یا ماهی که تراز آب زیرزمینی به بالاترین سطح خود می‌رسد) و یک بار آن هم در ماه کم آب (مهرماه، یا ماهی که تراز آب زیرزمینی به پایین‌ترین سطح خود نزول می‌کند) است.داده‌های ناقص در این مطالعه بازسازی نشدند (Panda و همکاران2007).

روشهای مختلفی برای مطالعهٔ روند داده‌ها وجود دارد. در این مطالعه روند تغییرات متغیرهای کیفی آب زیرزمینی ایستگاههای پیزومتری با آزمون ناپارامتری اسپیرمن مورد بررسی قرار گرفت. از مزایای اصلی روشهای ناپارامتری این است که وجود داده‌های پرت نتیجه روند داده‌ها را کمتر از روشهای مشخصه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزون بر این، برای مجموعه داده‌هایی که طول آنها کم و توزیع آماری آنها نرمال نیست، و یا دارای داده‌های گم‌شده‌اند، مناسب‌تر هستند.



شکل شمارهٔ (۱): موقعیت جغرافیایی دشت اردبیل و چاههای مشاهداتی مورد مطالعه.

شیب خط روند (تخمین گر Sen)

شاخص بسیار مفید در تخمین شیب خط روند، استفاده از روش ناپارامتری تخمین‌گر شیب Sen است که با β نمایش داده می‌شود و آن شیب روند یکنواخت را در مجموعه داده‌ها نشان می‌دهد. مقدار شیب روند با استفاده از رابطه زیر برآورد می‌شود (Sen, 1968; Hirsch, 1982):

$$\beta_{gk} = Median\left(\frac{X_{igk}-X_{jgk}}{i-j}\right), \quad \forall\ 1 \le i < j \le n \qquad (۱)$$

که در آن β_{gk} برآوردگر شیب خط روند برای ایستگاه K ام در ماه g ام است. مقادیر مثبت β نشان دهندهٔ روند افزایشی و مقادیر منفی آن مبین روند کاهشی است.

آزمون اسپیرمن[18]

آزمون اسپیرمن یکی دیگر از آزمون‌های ناپارامتری است که برای تخمین روند داده‌ها مورد استفاده واقع می‌شود. برای انجام این آزمون ابتدا داده‌ها به‌ترتیب صعودی مرتب شدند و به هرکدام رتبه از ۱ تا n به‌ترتیب داده شد. سپس داده‌ها بشکل تاریخی در نظر گرفته شده‌اند و رتبه‌های هرکدام در مقابل آنها درج شد. این رتبه‌ها با $R(X_i)$ نشان داده شد. آنگاه مقدار آماره D برای مجموعه داده‌ها از رابطه زیر به‌دست آمد (Yue , et al., 2002).

$$D = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{n}[R(X_i)-i]^2}{n(n^2-1)} \qquad (۲)$$

D دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس زیر است.

$$V(D) = \frac{1}{n-1} \qquad (۳)$$

آماره اسپیرمن با Z_{SR} مشخص شده و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Z_{SR} = \frac{D}{\sqrt{V(D)}} \qquad (۴)$$

Z به‌دست آمده، دارای توزیع نرمال است.

در آزمون روند، اگر قدرمطلق z به‌دست آمده بزرگتر از عدد ۱/۶۴۵ باشد، فرض صفر مبنی بر عدم وجود روند در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد رد می‌شود و بر عکس فرض مخالف مبنی بر وجود روند در بین داده‌ها پذیرفته می‌شود. برای سطح معنی‌داری ۵ درصد و ۱ درصد، عدد مذکور به‌ترتیب ۱/۹۶ و ۲/۳۳ است.

تجزیه و تحلیل اطلاعات

جداول شمارهٔ (۱ و ۲) به ترتیب آماره Z حاصل از تحلیل روند تغییرات کیفی آب زیرزمینی را با استفاده از آزمون ناپارامتری اسپیرمن برای ماه پرآب و کم آب نشان می‌دهد. همان‌گونه که از جداول شمارهٔ (۱ و ۲) استنباط می‌شود روند تغییرات متغیرهای شیمیایی آب زیرزمینی در دشت اردبیل در خصوص ۳۷/۹۲ درصد از مجموعه‌های زمانی در ماههای پرآب و ۳۴/۳۸ درصد از مجموعه زمانی در ماههای کم آب معنی‌دار (در سطح ۱۰ درصد یا کمتر) بوده است. در مقایسهٔ مجموعه‌های زمانی در ماه پرآب و کم آب بیشتر مجموعه‌های معنی‌دار در ماه پرآب دیده شد. در میان ۱۵ متغیر کیفی آب زیرزمینی متغیرهای پتاسیم و درصد سدیم روندهای منفی بیشتری را در اکثر ایستگاهها به خود اختصاص دادند. شدت روند در قسمت‌های شمال، مرکز و شرق دشت اردبیل در مقایسه با دیگر بخش‌های این دشت بیشتر بوده است. از این دست می‌توان به ایستگاههای انزاب پایین، آبی بیگلو، آراللوی بزرگ، پیراقوم، تازه‌کند رضاآباد، جبه‌دار، سربند، سلطان‌آباد، شیخ کلخوران و کمی‌آباد اشاره کرد.

در بین متغیرهای مورد مطالعه بیشترین روند مثبت معنی دار در هر یک از دو ماه پرآب و کم آب متعلق به متغیر TDS بوده است و متغیرهای مجموع آنیون‌ها، مجموع کاتیون‌ها، سدیم، هدایت الکتریکی، کلسیم و سولفات‌ها بیشترین مجموعه‌های معنی‌دار را در اکثر ایستگاهها به خود اختصاص داده بودند. متغیر مجموع کاتیون‌ها در اکثر ایستگاهها بجز ایستگاههای شیخ کلخوران، کوزه توپراقی و گرجان در ماه پرآب و ایستگاه یزن‌آباد در ماه کم‌آباد روند مثبت داشته است.

متغیر یون کلسیم در اغلب ایستگاهها بجز ایستگاههای شیخ کلخوران، کوزه توپراقی و گرجان در ماه پرآب و ایستگاه آبی بیگلو در ماه کم آب روند مثبت داشت. یون منیزیم در ماه پرآب در ایستگاههای جیگرکندی، سلطان آباد، گرجان، محمودآباد، میرزا رحیم لو، نوشهر و یزن آباد و در ماه کم آب در ایستگاههای تپه-کندی، جابرلو، جیگرکندی، خلیل آباد، صومعه، کوزه توپراقی، گرجان، میرزا رحیم لو، نیار و یزن آباد روندهای منفی را تجربه کردند، در صورتی که در اکثر ایستگاهها روند مثبت مشاهده شد.

متغیر یون سدیم در ایستگاههای آبی بیگلو، تپه کندی، صومعه، قره لر، کرگان، گلی قدیم و ملایوسف در ماه پرآب و در ایستگاههای آراللوی بزرگ، خلیل‌آباد، قره لر، کرگان، گلی قدیم، محمودآباد، میرزارحیم لو و یزن‌آباد در ماه کم آب روند نزولی را تجربه کردند. متغیر یون پتاسیم بیشترین روندهای منفی را در اغلب ایستگاهها داشته است. در ماه پرآب، ایستگاههای انزاب پایین، تپه‌کندی، سربند، سلطان اباد، شریف‌آباد، صومعه، قره لر، کرگان، کمی‌آباد، محمودآباد، ملایوسف، میرزارحیم لو، نوشهر، نیار، یزن‌آباد و یونجالو و در ماه کم آب، ایستگاههای انزاب پایین، تازه کندرضاآباد، جابرلو، جیگرکندی، سربند، سلطان آباد، شریف آباد، قره‌لر، کرگان، کمی‌آباد، گرجان، میرزارحیم لو و نیار روند صعودی را تجربه کردند.

جدول شمارة (۱): نتايج روند تغييرات برخي از متغيرهاي كيفي آب زيرزميني دشت اردبيل در ماه پرآب (۱۳۷۴ تا ۱۳۸۷) با آزمون ناپارامتري اسپيرمن

	ایستگاه	مجموع کاتیون‌ها	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Na%	EC	SAR	TH	TDS	pH	مجموع آنیون‌ها	Hco_3^{-}	Cl^{-}	SO_4^{2-}
۱	انزاب پایین	۳/۲۷**	۲/۷۵**	۱/۴۷	۲/۹۵**	۲/٤٤**	-۰/۸۴	۳/۲۹**	۱/۲۰	۲/۷۳**	۳/٤۱**	-۰/۹۸	۳/۲۹**	۲/۳۲*	۰/۱۲	۲/۵۳**
۲	آبی بیگلو	۱/۹۵	۰/۰۵	۲/۲۸*	-۰/۰۱	-۰/۴۵	-۱/٦٦	۲/۱۱*	-۱/۳۳	۲/۲٦*	۲/٤٤**	۱/٦۵	۲/۳٤**	۰/۹۹	۲/۰۱*	-۰/۵۲
۳	ارالوی بزرگ	۲/۲۱*	۲/٦۷**	۲/۱۵*	۰/۹۹	-۰/۱۹	-۰/۸۹	۲/۰۷*	-۰/۶۶	۲/۵۸**	۲/۸۲**	۰/۰۳	۲/۱۲*	۰/۸۸	۲/۸۱**	۱/۴۰
۴	آقاباقرقصاب تپه	۱/۳۹	۱/۸۵	۱/۷۸	۰/۶۳	-۰/۲۴	-۱/۲۳	۱/۳۹	-۰/۱۴	۱/۹۷*	۲/۳۹**	-۰/۸۶	۱/۳۹	-۲/۳۱*	۱/٦۵	۱/۷۵
۵	پیراقوم	۲/٦۷**	۱/۷۷	۰/۵۲	۲/۸۵**	-۱/۴۶	۰/۸۳	۲/٤۷**	۱/۲۹	۱/۳۶	۱/۹۵*	۱/۰۱	۲/۵۲**	۱/۴۳	۲/۲٦*	۲/۰۰*
۶	تپه کندرضا آباد	۳/۰۲**	۲/۳۸**	۱/۱۸	۳/۱۵**	-۰/۲۴	۰/۶۵	۳/۰۱**	۱/٦۹	۱/۸٦	۳/۰۱**	۰/۴۲	۲/۸۵**	۱/۲۰	۲/۵۱**	۲/۹۷**
۷	توپراقلو	۱/۶۴	۲/۱۹*	۱/۱۱	۰/۷۶	-۰/۴۵	-۰/۵۷	۱/۶۴	۰/۰۶	۱/۷٤	۱/۶۴	۰/۲۲	۱/۷٤	۱/۵۵	۱/۴۵	۱/۳۷
۸	تپه کندی	۰/۷۹	۱/۹۲	۰/۶۲	-۰/۴۴	۱/۸۵	-۱/۴۹	۰/۷۹	-۱/۰۵	۱/۵۷	۰/۷۹	۰/۸۷	۰/۷۹	۰/۱۸	۱/۹۹*	-۱/۳۱
۹	جابرلو	۱/۷۰	۰/۹۹	۰/۹۳	۰/۴۰	-۰/۸۸	-۰/۰۹	۱/۵۱	-۰/۰۹	۱/٦٦	۲/٦٤**	۲/۲٤*	۱/۳۳	۱/۴۰	۱/۲۳	-۰/۶۹
۱۰	جبه دار	۱/۵۱	۲/۱٤*	۱/۰۴	۱/۸۹	-۱/۱۴	۰/۵۷	۱/۹٦*	۱/٦۵	۰/۴۰	۲/۲٦*	۰/۴۷	۱/۸۹	-۱/٦۵	۱/۸۱	۲/۳٦**
۱۱	جیگرکندی	۱/۱۸	۰/۴۶	-۰/۳۱	۰/۴۸	-۲/۱۰*	-۰/۶۱	۱/۱۳	۰/۱۹	۲/۰۳*	۱/۱۳	۰/۹۹	۱/۱۸	۱/۲۳	۱/۱۹	۰/۷۳
۱۲	خلیفه لوشیخ	۲/٤۳**	۲/۰٤*	۰/۶۶	۰/۰۹	-۱/۲۳	-۰/۹۳	۲/۲٤*	-۰/۸۲	۱/۸۸	۲/٤۹**	۰/۹۶	۱/۹۹*	۰/۹۹	۱/۸۷	-۰/۱۶
۱۳	خلیل آباد	۱/۵۲	۱/۵۶	۰/۳۸	۰/۴۰	-۱/۰۵	۰/۲۳	۱/۵۲	۰/۳۷	۰/۳۱	۲/۳٦**	۱/۹٤	۱/۳۸	۰/۵۷	۱/۵۴	۰/۲۰
۱۴	سربند	۲/۷۳**	۱/۹۳	۱/۴۲	۲/۵۵**	۰/۵۲	۰/۱۰۵	۲/۷۳**	۱/۷۰	۱/۴۱	۲/۳۱*	۰/۱۷	۲/۵۰**	-۰/۱۰۵	۱/٦٦	۱/۶۰
۱۵	سلطان آباد	۲/۰۹*	۲/۰٦*	-۰/۶۳	۲/۱۷*	۰/۷۷	۱/۰۲	۲/۱۰٤*	۰/۸۰	۱/۴۶	۲/۹۵**	-۰/۶۰	۲/۱۰٤*	-۱/۴۰	-۰/۱۰۹	۲/۸۸**
۱۶	شریف آباد	۲/۵۰**	۰/۵۷	۱/۱۱	۲/۲٦*	۱/۴۰	۰/۶۶	۲/۱۷*	۱/۹۸*	۰/۹۹	۲/۱۷*	۰/۰۰	۲/۴۵**	۱/۹۳	۰/۲۹	۲/۳۰*
۱۷	شیخ کلخوران	۲/۰۳*	-۱/٦۵	۰/۲۸	۲.۵۹**	-۰/۹۴	۲/۵۰**	۱/۸۷	۲/٤۵**	-۱/۱۹	۲/۲۷*	-۰/۲۰	۱/۷٤	-۰/۴۲	۲/۱۲*	۰/۴۰
۱۸	صومعه	۱/۱۱	۰/۴۴	۱/۶۴	-۱/۱۸	۰/۳۶	-۱/۸۰	۱/۲۵	-۱/۷۳	۱/۷۹	۲/۱۳*	۱/٦۹	۱/٦۵	-۰/۳۱	۲/۰۳*	۰/۰۰
۱۹	قره لر	۱/۷۲	۲/۱۱*	۲/۲۰*	-۰/۷۸	۰/۱۰	-۱/۸۵	۱/۷۲	-۱/۸۵	۲/۲۰*	۲/۱۱*	-۰/۱۹	۰/۷۰	۰/۷۵	۰/۹۱	۰/۷۰
۲۰	کرگان	۱/۲۶	۱/۰۵	۱/۰۲	-۱/۰۵	۱/۷٤	-۱/۹۵	۱/۵۱	-۱/۹۵	۱/۹۳	۲/۰۲*	۱/۴۲	۱/۵۸	۱/۸۱-	۲/۳۳**	۱/۸۳
۲۱	کمی آباد	۲/٤۱**	۱/۹۹*	-۰/۸۶	۲/۵۰**	۰/۶۹	۲/۵٦**	۲/٤۱**	۲/۵۳**	-۰/۷۸	۲/۰٤*	-۰/۰۴	۲/٤۷**	۰/۴۶	۱/۸۹	۱/۹۳
۲۲	کوزه توپراقی	۱/۳۹	-۰/۱۳	۰/۰۳	۱/۷٦	-۰/۰۳	۱/۴۵	۱/۳۹	۲/۰۲*	۰/۰۶	۲/۲۷*	۰/۰۰	۱/۳۱	۱/۶۳	۰/۶۹	-۰/۴۴
۲۳	گرجان	۰/۷۶	-۰/۷۶	-۱/۷٤	۲/٦۱**	-۰/۹۶	۲/۷۰**	۱/۴۳	۲/۸۲**	-۱/۰۶	۲/۹۷**	۰/۵۷	۱/۳۷	-۰/۶۳	۱/۳۴	۱/۵۶
۲۴	گلی قدیم	۱/۹۸*	۲/۲۲*	۱/۳۲	-۰/۴۹	-۰/۳۹	-۱/۱۸	۱/۸۷	-۰/۸۲	۲/۰٤*	۲/۰۹*	۰/۷۸	۱/۸۷	۱/۷۹	۱/۶۱	-۰/۲۴
۲۵	محمودآباد	۱/۹۲	۲/۳٤**	-۱/۰۰	۱/۱۰	۰/۴۶	۰/۸۷	۱/۹۲	۰/۸۷	۱/۶۰	۱/۹۲	۰/۸۷	۱/۸۵	۱/۹۰	۱/۲۷	۱/۰۲
۲۶	ملا یوسف	۰/۶۰	۱/۴۰	۱/۶۰	-۱/۲۰	۰/۶۰	-۱/۶۰	۰/۶۰	-۱/۲۰	۱/۸۰	۱/۸۰	۱/۲۰	۰/۱۰	۰/۴۵	۱/۴۰	۰/۲۰
۲۷	میرزارحیملو	۰/۷۰	۰/۸۴	-۱/۰۵	۰/۲۶	۱/۷۵	۰/۴۴	۰/۷۰	۰/۵۲	-۰/۰۴	۱/۲۲	-۰/۹۶	۰/۷۰	۰/۰۹	۰/۱۸	۱/۴۰
۲۸	نوشهر	۲/٤۵**	۱/۹۰	-۰/۵۹	۰/۸۵	۰/۳۶	۰/۲۸	۲/۳۱*	۰/۲۸	۰/۱۹	۲/۳۱*	-۰/۳۱	۲/۱۷*	-۰/۱۲	۰/۸۴	۱/۴۳
۲۹	نیار	۱/۲۹	۱/۹۹*	۱/۸۰	۱/۱۵	۱/۱۷	۰/۲۰	۱/۲۵	۰/۶۷	۱/۹۹*	۱/۹۸*	۰/۸۲	۱/۲۹	۱/۱۳	-۰/۷۶	۱/۵۰
۳۰	یزن آباد	۰/۷۲	۱/۳۲	-۲/۳۱*	۲/۳۹**	۱/۸۳	۲/۳٤**	-۰/۷۲	۲/٤٦**	-۲/٦۲**	۲/۱۳*	-۰/۰۶	-۰/۰۲	۱/۰۰	۰/۶۴	۰/۲۲
۳۱	ینگجه	۱/۵۱	۲/۰٤*	۱/۰۵	۰/۸۰	-۰/۴۵	-۰/۰۹	۱/۷۰	۰/۹۰	۲/۱۸٤	۲/۱۷*	۰/۹۰	۱/۷۰	۲/۲۲*	۱/۲۷	۰/۷۱
۳۲	یونجالو	۲/۷۰**	۲/۰۳*	۲/۰۲*	۲/۱۸*	۱/۰۰	۰/۱۶	۲/۷٦**	۱/۳۲	۲/۰۰*	۲/۹۰**	۰/۵۸	۲/۷٦**	۲/۸۷**	۲/۲۷*	۲/٤۱**

(توجه: اعداد پررنگ در سطح ۱۰ درصد، با یک ستاره در سطح ۵ درصد و با دو ستاره در سطح ۱ درصد معنی دار هستند ارقام متن جدول مقادیر آماره Z مان کندال است. ارقام پررنگ نشان دهندهٔ معنی‌داری در سطح ۵ درصد یا کمتر است. ماه پرآب (کم آب) به ماهی اطلاق می‌شود که تراز آب به بالاترین سطح خود می‌رسد (معمولا خردادماه) و ماه کم آب به ماهی اطلاق می‌شود که تراز آب به پایین‌ترین سطح خود می‌رسد (معمولا مهرماه).

در این جدول

PH اسیدیته آب زیرزمینی،

EC هدایت الکتریکی،

SAR نسبت جذب سدیم،

TDS کل مواد محلول و TH سختی کل آب زیرزمینی است.

PH، SAR و درصد سدیم بدون واحد بوده و واحد کلسیم، منیزیم، پتاسیم، بی‌کربنات، سولفات، سدیم، مجموع کاتیون‌ها و آنیون‌ها و کلر میلی‌اکیوالان در لیتر و واحد متغیرهای TH و TDS، میلیگرم در لیتر و واحد EC میکروزیمنس بر سانتیمتر است).

جدول شمارة (۲): نتايج روند تغييرات برخي از متغيرهاي كيفي آب زيرزميني دشت اردبيل در ماه كم آب (۱۳۷۴ تا ۱۳۸۷) با آزمون ناپارامتري اسپيرمن

	ایستگاه	مجموع کاتیون‌ها	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Na%	EC	SAR	TH	TDS	PH	مجموع آنیون‌ها	Hco_3^{-}	Cl^{-}	SO_4^{2-}
۱	انزاب پایین	۳/۲۰**	۲*	۰/۵۵	۲/۳٤**	۰/۵۹	۱/۱۶	۲/٦۸**	۲/۰۲*	۱/۸۳	۳/۲۳**	۱/۸۳	۳/۲۲**	۰/۹۱	۲/۵۳**	۳/۱۲**
۲	آبی بیگلو	۲/۰۹*	- ۰/۸۰	۰/۴۸	۲/۰۵*	۰/۰۰	۰/۴۶	۱/۷۹	۰/۷۸	۰/۴۲	۲/۲۳*	۲/٤٦**	۲/۰۷*	۱/۲۲	۲/۱۰*	۰/۲۴
۳	ارالوی بزرگ	۱/۹۸*	۲/۳۹**	۰/۵۳	-۰/۰۶	-۰/۵۳	-۱/۴۷	۱/٦۷	-۰/۸۶	۲/٤۳**	۲/٦٤**	-۰/۸۹	۱/۷۰	-۱/۳۵	۱/۴۲	۲/۲۷*
۴	آقاباقرقصاب تپه	۲/۵۹**	۲/٤۸**	۱/۳۷	۱/۸٤	-۰/۵۲	-۰/۳۲	۲/۷٦**	۰/۱۷	۲/٦۷**	۲/۷٦**	۱/۹٦	۲/۷٦**	۰/۹۹	۲/۲۳*	۱/۶۰
۵	پیراقوم	۲/۸۱**	۱/۷۲	۰/۱۸	۲/۹۰**	-۰/۳۵	۱/۸۸	۲/۹۵**	۲/۵۳**	۰/۸۸	۲/۹۵**	۱/۲۸	۳/۰٤**	۰/۸۱	۱/۶۳	۱/۹۳
۶	تازه کندرضا آباد	۳/۱۰**	۲/۹۰**	۲/۵۳**	۱/۷۷	۱/۰۱	۰/۶۳	۳/۱۲**	۱/۴۸	۲/۸۵**	۲/۹۳**	-۰/۲۳	۳/۱۲**	۲/۷۵**	۲/۹۳**	۲/۸۲**
۷	توپراقلو	۱/۹۲	۱/۸۱	۱/۷۲	۰/۳۱	-۱/۴۳	-۱/۳۱	۱/۹۰	-۰/۷۰	۱/۴۹	۲/۳٤**	۲/۱۰*	۱/۵۷	۰/۹۳	۱/۸٤	۰/۷۰
۸	تپه کندی	۰/۱۳	۰/۷۳	-۰/۴۴	۰/۰۶	-۰/۵۲	-۰/۳۵	۰/۱۳	-۰/۳۸	۰/۶۹	۰/۵۰	۰/۸۲	۰/۱۳	-۰/۵۴	۰/۷۶	-۱/۰۷
۹	جابرلو	۲/۵۰**	۱.۹٤	-۰/۵۶	۰/۷۵	۰/۰۳	۰/۶۰	۲/۲۷*	۰/۴۲	۱/۸۳	۲/٤۵**	۲/۳۱*	۲/۰۲*	۱/۱۴	۱/۵۵	۰/۸۵
۱۰	جبه دار	۲/٤۹**	۲/۲۵*	۱/۲۳	۲/۳۳**	-۰/۵۲	۱/۱۵	۲/٦٤**	۲/۰۵*	۱/۳۳	۲/٦٤**	۰/۲۷	۲/٦۷**	-۱/۰۶	۲/۲۰*	۲/۱۳*
۱۱	جیگرکندی	۰/۷۵	۰/۲۹	-۰/۳۶	۰/۲۵	۰/۸۳	۰/۲۸	۱/۰۲	۰/۲۸	۰/۷۶	۱/۲۱	۰/۵۷	۰/۹۰	۱/٦۸	۰/۰۰	-۰/۲۴
۱۲	خلیفه لوشیخ	۱/۷۰	۱/۳۵	۱/۲۰	۰/۰۲	-۱/۷۹	-۰/۱۴	۱/۵۱	-۰/۱۴	۱/۴۷	۱/۹۳	۱/۰۴	۱/۳۷	-۱/۱۹	۱/۱۹	۲/۰۹*
۱۳	خلیل آباد	۱/۴۲	۱/۰۷	-۰/۳۹	-۰/۴۸	-۰/۲۱	-۱/۲۰	۱/۳۲	-۱/۱۷	۱/۲۴	۱/۹۱	۱/۷۰	۱/۴۴	-۰/۸۶	-۱/۲۸	۰/۸۰
۱۴	سربند	۲/٤۳**	۲/۰۳*	۰/۴۴	۱/۹۲	۱/۸٤	-۰/۱۷	۲/۲۷*	۰/۹۶	۱/٦٦	۲/۲۷*	-۰/۷۰	۲/۲۷*	۱/۸۱	۱/۵۷	۲/۲۷*
۱۵	سلطان آباد	۲/۸۸**	۰/۸۵	۲/۲٦*	۳/۰۵**	۱/۲۴	۰/۱۲	۲/۸۸**	۰/۵۱	۲/۷٦**	۲/۹۲**	۱/۴۱	۲/۸۵**	-۰/۴۷	۰/۵۴	۳/۱۲**
۱۶	شریف آباد	۲/۱۹*	۰/۴۶	۲/۰۱*	۱/۶۳	۲/۲۵*	۰/۳۵	۲/۱۰*	۰/۳۵	۱/۵۰	۲/۱۰*	-۰/۵۷	۲/۱۰*	۰/۸۷	-۰/۱۸	۱/۸٤
۱۷	شیخ کلخوران	۲/٦۹**	۰/۰۷	۰/۱۲	۲/۵۰**	-۰/۲۱	۱/۰۴	۲/٦۹**	۱/۰۴	-۰/۴۵	۲/٦۹**	۲/۱۷*	۲/٦۹**	-۱/۱۸	۲/۳۹**	۱/۹۳
۱۸	صومعه	۱/۵۷	۱/۲۵	-۰/۷۹	۰/۸۷	-۱/۲۵	-۰/۰۹	۱/۵۷	۰/۴۴	۰/۸۲	۱/۵۷	۰/۰۹	۱/۵۷	۰/۹۱	۱/۴۴	۱/۱۳
۱۹	قره لر	۱/۴۹	۱/۸۱	۰/۵۳	-۰/۳۱	۰/۲۰	-۱/۲۲	۱/۴۹	-۰/۷۹	۱/۴۰	۱/۰۵	-۰/۵۲	۱/۴۹	-۰/۲۲	۰/۷۵	۰/۹۶
۲۰	کرگان	۲/۰۲*	۲/۳۸**	۱/۶۱	-۱/۲۰	۰/۴۰	-۲/۱٤*	۲/۰۲*	-۱/۵۷	۲/۳۹**	۲/۳۳**	-۰/۳۸	۱/۹۵	-۰/۸۹	۰/۸۱	۲/۱۲*
۲۱	کمی آباد	۲/٦۲**	۱/۵۰	۰/۰۰	۲/۸۷**	۱/۴۶	۲/٦۲**	۲/۵۳**	۳/۰۵**	-۰/۰۳	۲/۸۷**	-۰/۲۰	۲/۱۳*	۱/۷۸	۱/۸۹	۲/۱٦*
۲۲	کوزه توپراقی	۱/۷٦	۰/۹۴	-۰/۵۸	۲/۲۰*	-۰/۰۶	۱/۳۲	۱/۴۶	۲/۰۸*	۰/۸۲	۲/۱٤*	۰/۳۱	۱/۳۲	۲/۳۳**	۰/۱۳	۰/۵۰
۲۳	گرجان	۰/۷۲	-۰/۴۶	-۰/۸۹	۱/۲۹	۰/۵۱	۱/۲۱	۰/۵۲	۱/۲۹	-۱/۲۲	۲/۱۰٤*	۰/۵۳	۰/۵۰	-۲/۲۰*	۱/۱۴	۰/۶۴
۲۴	گلی قدیم	۰/۵۵	۲/۱۰*	۰/۳۷	-۰/۹۸	-۰/۰۹	-۱/۴۲	۰/۵۳	-۱/۰۲	۱/۹۹*	۲/۱۰۲*	۰/۶۷	۰/۰۷	۰/۸۸	-۰/۷۰	-۰/۵۴
۲۵	محمودآباد	۲/۱۰*	۲/۰٤*	۰/۲۶	-۰/۵۲	۰/۰۰	-۱/۸۱	۲/۰۷*	-۱/۰۴	۲/۲۰*	۲/۱۱*	-۰/۹۶	۱/۳۳	-۱/۹۷*	۱/۵۶	۰/۷۲
۲۶	ملا یوسف	۰/۹۶	۱/۲۱	۰/۵۲	۱/۷۲	-۰/۱۳	۰/۴۵	۰/۹۶	۰/۸۳	۱/۲۱	۱/۷۲	-۱/۸۵	۰/۹۶	۰/۷۸	-۰/۰۶	۱/۴۷
۲۷	میرزارحیملو	۰/۳۸	۰/۷۳	-۰/۱۶	-۰/۰۶	۱/۵۰	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۰۶	۰/۴۸	۱/۰۷	۱/۸۹	۰/۳۸	-۰/۵۷	-۰/۴۴	۱/٦۸
۲۸	نوشهر	۰/۲۸	۱/۷۲	۰/۳۱	۰/۰۵	-۰/۰۹	۱/۴۶	۰/۲۴	۱/۰۸	۰/۳۸	۱/۸۹	۰/۶۱	۰/۲۱	۰/۸۳	-۱/۰۲	۱/۰۷
۲۹	نیار	۰/۶۴	۰/۰۰	-۰/۵۱	۰/۸۵	۱/۹۲	۱/۵۵	۰/۴۵	۰/۹۳	-۰/۱۵	۱/۰۷	۲/۱۹*	۲/۰۹*	۰/۶۲	۰/۱۰	۲/۵٦**
۳۰	یزن آباد	-۰/۷۱	۰/۶۰	-۰/۶۷	-۰/۹۷	-۱/۸۰	۱/۳۳	-۰/۸۲	۰/۸۲	-۱/۸۰	۱/۹۵	۰/۹۶	-۰/۸۵	۰/۹۹	-۱/۰۷	-۰/۴۰
۳۱	ینگجه	۱/۹۸**	۱/۷٦	۰/۵۲	۱/۵۱	-۱/۱۶	-۰/۴۲	۲/۰۳*	-۰/۰۵	۱/۴۱	۲/۰۳*	۰/۱۷	۱/۹۸*	۱/۵۱	۱/۵۴	-۱/۱۳
۳۲	یونجالو	۰/۶۶	۱/۸۷	۰/۰۷	۰/۳۶	-۱/۱۶	-۱/۱۸	۰/۵۷	-۰/۳۸	۱/۰۲	۲/ ۰۳*	۰/۷۸	۰/۵۷	۰/۲۴	۰/۵۹	۱/۸۹

(توجه: اعداد پررنگ در سطح ۱۰ درصد، با یک ستاره در سطح ۵ درصد و با دو ستاره در سطح ۱ درصد معنی دار هستند.

ارقام متن جدول مقادیر آماره Z مان کندال است. ارقام پررنگ نشان‌دهنده معنی داری در سطح ۵ درصد یا کمتر است. ماه پرآب(کم آب) به ماهی اطلاق می‌شود که تراز آب به بالاترین سطح خود می‌رسد (معمولا خردادماه) و ماه کم آب به ماهی اطلاق می‌شود که تراز آب به پایین‌ترین سطح خود می‌رسد (معمولا مهرماه).

در این جدول

PH اسیدیته آب زیرزمینی،

EC هدایت الکتریکی،

SAR نسبت جذب سدیم،

TDS کل مواد محلول و TH سختی کل آب زیرزمینی است.

PH، SAR و درصد سدیم بدون واحد بوده و واحد کلسیم، منیزیم، پتاسیم، بی کربنات، سولفات، سدیم، مجموع کاتیون‌ها و آنیون‌ها و کلر میلی اکی‌والان در لیتر و واحد متغیرهای TH و TDS، میلی‌گرم در لیتر و واحد EC میکروزیمنس بر سانتیمتر است.).

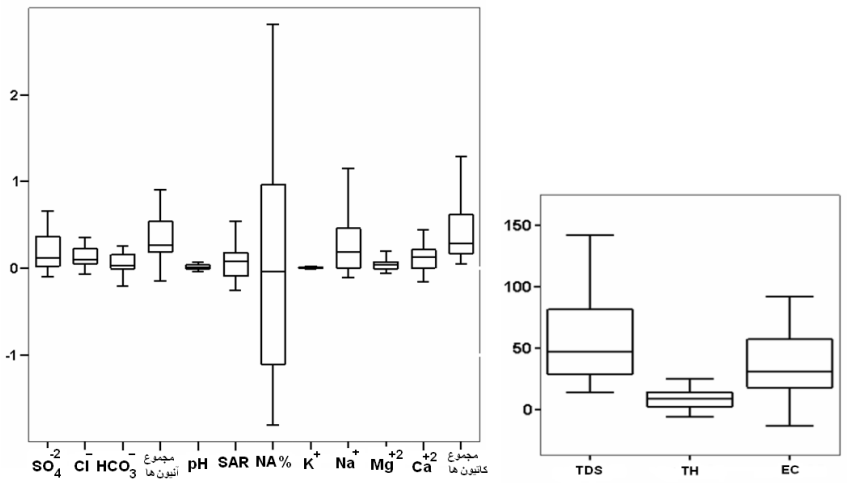
درصد سدیم روندهای منفی بیشتری داشتند در ماههای پرآب در ایستگاههای انزاب پایین، آبی بیگلو، آراللوی بزرگ، آقا باقر قصاب تپه، توپراقلو، تپه‌کندی، جابرلو، جگرکندی، خلیفه لو شیخ، صومعه، قره لر، کرگان، گلی قدیم، ملایوسف و ینگجه و در ماه کم-آب در ایستگاههای آراللوی بزرگ، آقاباقر، توپراقلو، تپه کندی، خلیفه لو، خلیل آباد، سربند، قره لر، کرگان، گلی قدیم، محمودآباد، ینگجه و یونجالو روندهای منفی داشتند. متغیر هدایت الکتریکی در اغلب ایستگاهها بجز ایستگاه یزن آباد روند مثبت معنی دار بیشتری را تجربه کرد.

متغیر نسبت جذب سدیم در ایستگاههای آبی بیگلو، آراللوی بزرگ، آقاباقر، تپه کندی، جابرلو، خلیفه لوشیخ، صومعه، قره لر، کرگان، گلی قدیم و ملایوسف در ماه پرآب و در ایستگاههای آراللوی بزرگ، توپراقلو، تپه کندی، خلیفه لو، خلیل آباد، قره لر، کرگان، گلی قدیم، محمودآباد، ینگجه و یونجالو در ماه کم آب روند منفی داشت. متغیر سختی کل آب زیرزمینی در ماه پرآب در ایستگاههای شیخ کلخوران، کمی آباد، گرجان، میرزارحیم لو و یزن-آباد و در ماه کم آب در ایستگاههای شیخ کلخوران، کمی آباد، گرجان، نیار و یزن آباد روند نزولی را تجربه کرد.

متغیر اسیدیته در ماه پرآب در ۲۳ ایستگاه مثبت و در ایستگاههای انزاب پایین، آقاباقر، سلطان آباد، شیخ کلخوران، قره لر، کمی آباد، میرزارحیملو، نوشهر و یزن آباد و در ماه کم آب در ایستگاههای آراللوی بزرگ، تازه کندرضاآباد، سربند، شریف آباد، قره‌لر، کرگان، گرجان و محمودآباد روند منفی مشاهده شد. روند منفی متغیر مجموع آنیون‌ها فقط در ماه پرآب در ایستگاه یزن‌آباد مشاهده شد. یون بی‌کربنات در ماه کم آب در ۲۰ ایستگاه روند مثبت و در ایستگاههای آراللوی بزرگ، تپه کندی، جبه دار، خلیفه‌لو، خلیل آباد، سلطان آباد، شیخ کلخوران، قره‌لر، کرگان، گرجان، محمودآباد و میرزا رحیملو روند منفی را تجربه کرد.

این متغیر در ماه پرآب در ۲۳ ایستگاه مثبت و در آقاباقر، جبه‌دار، سربند، سلطان آباد، شیخ کلخوران، صومعه، کرگان، گرجان و نوشهر روند منفی داشت. یون کلر نیز در اکثر ایستگاهها هم در ماه پرآب و همچنین در ماه کم آب روند صعودی را تجربه کردند. یون سولفات بجز ۵ ایستگاه هم در ماه پرآب و همچنین در ماه کم آب در بقیه ایستگاهها روند مثبت داشت.

در حالت کلی، می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به روند مثبت اغلب متغیرهای مورد مطالعه، کیفیت آب زیرزمینی دشت اردبیل در طول دوره آماری افت پیدا کرده است. در پرآب‌ترین ماه، مرکز و شرق دشت و در کم آب‌ترین ماه، مرکز و غرب دشت اوضاع بحرانی‌تری را از نظر کیفیت آب تجربه کرده‌اند. برای درک بهتر تغییرات شیب متغیرهای کیفی آب زیرزمینی در دشت اردبیل نمودارهای باکس ویسکر در خصوص تمام متغیرهای کیفی در ماه پرآب و کم آب رسم شد. شکل شمارهٔ (۲) نمونه‌ای از نمودار مذکور را در مورد ۱۵ متغیر کیفی آب زیرزمینی دشت اردبیل در ماه پرآب نشان می‌دهد.



شکل شمارهٔ (۲): نمودارهای باکس ویسکر برای شیب خط روند متغیرهای کیفی آب زیرزمینی در ماه پرآب دشت اردبیل.

(توجه: واحد شیب خط روند هر متغیر معادل واحد آن متغیر در سال است)

به‌طوری‌که از این نمودارها می‌توان استنباط کرد میانه همه شیب‌های خط روند تغییرات متغیرهای کیفی آب زیرزمینی در ماه پرآب (بجز متغیرهای یون پتاسیم و PH شیب خط روند صفر دارند) مثبت است. این نشان می‌دهد که به‌طور یکنواخت هر سال مقداری (با توجه به میانه) به غلظت متغیرهای موجود در آب زیرزمینی دشت اردبیل افزوده می‌شود یعنی غلظت مواد شیمیایی مورد بررسی در دشت اردبیل زیاد شده است.

به عبارت بهتر، کیفیت آب زیرزمینی در دشت اردبیل در زمان سیر نزولی دارد. در این نمودارها، پاره خط موجود در داخل مستطیل‌ها نشان دهندهٔ میانه شیب خط روند در بین تمام ایستگاهها است. قسمت پایین هر مستطیل نشان دهندهٔ صدک ۲۵ و قسمت بالای آن نشان دهندهٔ صدک ۷۵ است.

انتهای خطوط قائم در قسمت پایین، حداقل شیب خط روند مشاهده شده در بین ایستگاهها و در قسمت فوقانی آن حداکثر شیب نظیر را نشان می‌دهد. در ماه پرآب نیز دامنه تغییرات شیب خط روند، متغیرهای درصد سدیم و TDS گسترده است. ارتفاع مستطیل‌ها نشان دهندهٔ شاخصی برای واریانس مقادیر شیب خط روند هر متغیر از صدک ۲۵ تا صدک ۷۵ است. برای متغیرهای Na%، SO_4^{2-}، مجموع آنیون‌ها، درصد سدیم، مجموع کاتیون‌ها، Na^+ و متغیر TDS دارای ارتفاع مستطیلی بیشتری در ماههای پرآب هستند. اما متغیرهای PH و K^+ دارای دامنه شیب خط روند کوچکتری هستند.

یافته‌ها و بحث

مشابه دشت اردبیل، نتایج اغلب مطالعات حاکی از روند مثبت متغیرهای کیفی آب زیرزمینی در دیگر نقاط مختلف جهان و ایران است. افزایش یون کلر در لایهٔ آبدار حوضه گلافکوس غرب یونان توسط Lambrakis و همکاران (1997) برای دورهٔ آماری ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۳ گزارش شده است. Kampbell و همکاران (2003) نیز روند افزایشی غلظت سولفات در فاصله زمانی اکتبر و اوت ۲۰۰۰ را برای آب چاههای اطراف دریاچه تکسومای ایالات متحده گزارش کردند.

روند صعودی شوری و سختی در آب زیرزمینی حوضهٔ آبریز کابل واقع در افغانستان نیز برای دورهٔ آماری ۲۰۰۵-۲۰۰۱ گزارش شده است. Wahlin و Grimvall (2009) نیز روند افزایشی در PH سفرهٔ سویدیش جنوب سودان را در دورهٔ آماری ۲۰ ساله گزارش کردند. روند صعودی نیز در مجموعه زمانی متغیرهای کیفی کلسیم، منیزیم، کلر و سولفات سفره گچی ازمیر ترکیه در نتایج Elci و Polat.(2010) دیده شده است.

کرمی (۱۳۸۸) نیز در مورد آب زیرزمینی دشت سراب افزایش شوری را گزارش کرده است. در این دشت نیز همانند دشت اردبیل بهره‌برداری بیش از حد از آب چاهها از عوامل مؤثر در افت کمی و کیفی آبهای زیرزمینی دشت تشخیص داده شد.

نتایج دانشور وثوقی (۱۳۸۹) نشان داد که روند تغییرات غلظت تمام متغیرهای کیفی آب در همه ایستگاهها افزایشی است. روند مثبت معنی‌دار در سطح ۵ درصد برای متغیرهای کیفی در ماه پرآب برای ۲۳% و در ماه کم آب سال برای ۱۹/۵% از مجموعه‌ها مشاهده شد. وی همچنین افت کیفی آب زیرزمینی در ماه پرآب در بخش‌های مرکزی و شرقی دشت و در ماه کم آب در بخش‌های مرکزی و غربی دشت را گزارش کردند. دانشور وثوقی و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که مقدار شیب خط روند تغییرات EC در ماه کم آب بیشتر از ماه پرآب است. این نشان می‌دهد که شوری آب در فصل پرآب کمتر از مقدار متناظر در فصل کم آب است. نامبردگان نتایج مشابهی برای مؤلفه‌های SAR، TDS و بی‌کربنات به دست آوردند. آنها نتیجه گرفتند بجز دو ایستگاه یزن آباد وکمی اباد که با توجه به روش "ویلک کس" دارای آب نامناسب برای کشاورزی است، سایر ایستگاههای دشت اردبیل دارای آب با کیفیت مناسب برای کشاورزی است. ایشان نشان دادند که وضعیت کیفی آب برای مصارف کشاورزی بجز در نواحی شمال و جنوب غرب دشت اردبیل در سایر نواحی دارای وضعیت بهتری است (دانشور وثوقی و همکاران ۲۰۱۲).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در منطقه دشت اردبیل برای ۱۵ متغیر کیفی در دو ماه از سال (ماه پرآب و ماه کم آب) در خلال سالهای ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۷ با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری اسپیرمن تعیین شد.

نتایج نشان داد که روند اغلب متغیرهای کیفی آب زیرزمینی در غالب ایستگاههای دشت اردبیل مثبت بوده است. بیشترین تعداد روندهای مثبت معنی دار در خصوص تمام متغیرهای کیفی مورد بررسی در دشت اردبیل در ماه پرآب مشاهده شد. شدیدترین روند مثبت در ماه کم آب (آماره Z معادل ۳/۴۱) مربوط به کل مواد

محلول (TDS) بوده است که در ایستگاه انزاب پایین واقع در شمال دشت تجربه شده است. نتایج نشـان داد کـه رونـد اکثـر متغیرهـای کیفی لایه آبدار آب زیرزمینی دشت اردبیل مثبت بوده است.

به این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که افت کیفی آب چاههای دشت اردبیل در تمام ایسـتگاههای پیزومتـری وجـود دارد. بررسـی علت تغییرات متغیرهای شـیمیایی موجـود در آب زیرزمینـی دشـت اردبیل خارج از اهداف این مطالعه بوده و برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود.

یادداشت‌ها

1-Texoma
2-Torbali
3-Montagu
4-Swedish
5-Nif
6-Gabes
7-Glafkos
8-Han
9- Dissolved Oxygen
10- Biochemical Oxygen Demand
11- Chemical Oxygen Demand
12- Suspended Sediment
13- Total Phosphorus
14- Total Nitrogen
15-Keta
16-Explanation Method
17- Principal Component Analysis
18- Spearman's rho (SR)

منابع مورد استفاده

چیت سازان، م. و همکاران. ۱۳۸۸. تأثیر خشکسالی بر کمیت و کیفیت منابع آبهای زیرزمینی دشت خویس، دومین همایش ملّی آثار خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، ۳۰ الی ۳۱ اردیبهشت، اصفهان، صص۷۰ تا ۷۷.

حسین پور، م. ۱۳۸۱. بررسی کیفیت آب زیرزمینی منطقهٔ لنجانات اصفهان، مجلهٔ دانشکدهٔ بهداشت و انستیتو بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، شمارهٔ چهارم، صص ۳۱ تا ۴۰.

دانشوروثوقی، ف. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی (کمی و کیفی) دشت اردبیل و ارائه راهکارهای منطقی برای مقابله با این تهدیدات، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته مهندسی آب، استادان راهنما: دکتر محمدتقی اعلمی و دکتر یعقوب دین پژوه، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز.

دانشوروثوقی، ف. و همکاران. ۱۳۹۰. تجزیه و تحلیل روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت اردبیل با استفاده از آزمون ناپارامتری مان-کندال، نشریه مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه تبریز، جلد ۴۰، شمارهٔ ۳، زمستان ۱۳۸۹ و بهار ۱۳۹۰، صص ۱۳ تا ۲۳.

دیانتی تیلکی، ر. ع. و فلاح، ف. ۱۳۸۸. بررسی روند هدایت الکتریکی و سختی آبهای زیرزمینی در منطقهٔ ساحلی شهرستان ساری، دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران. ۱۲ تا ۱۴ آبان، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده بهداشت، صص ۱۰۸۴ تا ۱۰۹۷.

دیندارلو، ک.، علیپور، و. و فرشیدفر، غ. ر. ۱۳۸۵. کیفیت شیمیایی آب شرب بندرعباس، مجله پزشکی هرمزگان، شمارهٔ اول، صص ۵۷ تا ۶۲.

رحمانی، ع.ر. و شکوهی، ر. ۱۳۸۶. بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت همدان بهار، دهمین همایش ملی بهداشت محیط، ۸ الی ۱۰ آبان، همدان، صص ۲۹۸ تا ۳۰۷.

رزاق منش، م.، سالمی، ت. و سراج، م. ۱۳۸۵. بررسی کمی و کیفی آبهای زیرزمینی دشت تبریز، همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، ۱۲ الی ۱۴ اردیبهشت، دانشگاه شهید چمران اهواز، صص ۵۳۴ تا ۵۴۳.

فرشادی، م.، طالب بیدختی، ن. و یوسفی، م. ۱۳۸۸. بررسی و اندازه گیری کیفیت آب زیرزمینی دشت نورآباد ممسنی، دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران. ۱۲ الی ۱۴ آبان ماه، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران، دانشکده بهداشت، صص ۱۲۶۸ تا ۱۲۸۵

کرمی، ف. ۱۳۸۸. بررسی روند و علل شوری آب زیرزمینی و آثار ژئومورفیک آن در دشت سراب، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، دانشگاه تبریز.

ملکوتیان، م. و کرمی، ا. ۱۳۸۳. بررسی روند تغییرات کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی دشت بم و بروات طی سالهای ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۳، مجلهٔ پزشکی هرمزگان سال هشتم، ، شمارهٔ دوم، صص ۱۰۹ تا ۱۱۶.

Bouza-Dean˜o R., M., Ternero-Rodr?´guez, A.J.„Ferna´ndez-Espinosa .2008. Trend study and assessment of surface water quality in the Ebro River (Spain), Journal of Hydrology, 361: 227–239, doi:10.1016/j.jhydrol.2008.07.048.

Chang,H. 2008. Spatial analysis of water quality trends in the Han River basin, South Korea, Water Research, 42: 3285 – 3304, doi:10.1016/j.watres.2008.04.006.

Daneshvar Vousoughi,F., et al .2012. Trend analysis of groundwater using nonparametric methods (case study: Ardabil plain), Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, doi: 10.1007/s00477-012-0599-4.

Elci,A., R.,Polat .2010. Assessment of the statistical significance of seasonal groundwater quality change in karstic aquifer system near Izmir-Turkey, Springer Science+Business Media B. VDOI 10.1007/s10661-010-1346-2.

Hirsch,R.M., J.R., Slack, R.A.,Smith .1982. Techniques for trend analysis for monthly water quality data, Water Resour Res, 18(1):107–121.

Holz,G.K. 2009. Seasonal variation in groundwater levels and quality under intensively drained and grazed pastures in the Montagu catchment, NW Tasmania, Agricultural Water Management, 96: 255-266.

Houben,G., et al .2009. Hydrogeology of the Kabul Basin (Afghanistan), part II: groundwater geochemistry, Hydrogeology Journal, 17: 935–948.

Kampbell,D.H., et al .2003. Groundwater quality surrounding Lake Texoma during short-term drought condition, Journal of Environmental Pollution, 125: 183-191.

Ketata,M., et al. .2010. Hydrochemical and statistical study of groundwater in Gabes-South deep aquifer (South-eastern Tunisis), Physics and Chemistry of the Earth, doi: 10.1016/j.pce.2010.02.006.

Khazaei,E., et al .2006. Hydrochemical changes over time in the Zahedan aquifer, Iran, Environmental Monitoring and Assessment, 114: 123-143.

Lambrakis,N.J., et al .1997. Impacts of simultaneous action of drought and overpumping on Quaternary aquifers of Glafkos basin (Patras region, western Greece), Environmental Geology, 29: 209-215.

Liu,C.W., K.H.,Lin, Y.M.,Kuo .2003. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan, The Science of the Total Environment, 313:77–89, doi:10.1016/S0048-9697(02)00683-6.

Panda,K., et al .2007. The influence of drought and anthropogenic effects on groundwater levels in Orissa, India, Journal of Hydrology, 343: 140-153.

Sen,PK. 1968. Estimates of regression coefficients based on Kendall’s tau, J Am Stat Assoc, 63, 1379–1389.

Tayfur,G., T.,Kirer, A.,Baba .2008. Groundwater quality and hydrogeochemical properties of Torbalı Region, Izmir, Turkey, Environ. Monit. Assess., 146: 157-169.

Wahlin,K., A.,Grimvall .2009. Roadmap for assessing regional trends in groundwater quality, Springer Science+Business Media B. V. DOI 10.1007/s10661-009-0940-7.

Yidana,S.M., et al .2010. Analysis of groundwater quality using multivariate and spatial analyses in the Keta basin, Ghana, J African Earth Sci., doi:10.1016/j.jafrearsci.2010.03.003.

Yue,S., P.,Pilon, G.,Cavadias .2002. Power of Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series, Journal of Hydrology, 259: 254-271.