

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

فرناز دانشور وثوقی<sup>۱\*</sup>، یعقوب دین پژوه<sup>۲</sup>

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

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

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

Dinpashoh@yahoo.com

### چکیده

بررسی روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در برنامه ریزی و مدیریت پایدار منابع آب هر منطقه از اهمیت بسزایی برخوردار است. در مطالعه حاضر روند تغییرات کیفی آب زیرزمینی دشت اردبیل با توجه به اطلاعات ۳۲ ایستگاه پیژومتری در دوره 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 تخمین گر 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 معنی دار 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.

### سر آغاز

در زمینه روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی مطالعات متعددی صورت پذیرفته . Kampbell و همکاران (2003) کیفیت آب زیرزمینی اطراف دریاچه تکسوما<sup>۱</sup> را برای ۵۵ حلقه چاه در فاصله زمانی اکتبر و اوت سال ۲۰۰۰ 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 حوضه آبریز کابل (در افغانستان) در دوره 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 ناحیه تریالی<sup>۲</sup> از میر ترکیه مطالعه کردند.

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 (Daneshvar Vousoughi, et al., 2012); دانشور وثوقی و همکاران، (۱۳۹۰).

برداشت بی‌رویه را روی آبخوان گلافکوس<sup>۷</sup> واقع در غرب یونان در طول دوره آماری ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۳ مطالعه کردند. افت سطح تراز آب زیرزمینی بیشتر ناشی از کاهش بارش و برداشت‌های بی‌رویه 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 سواحل تایوان بوده است.

Bouza-Dean<sup>۸</sup> 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 تخمین گر 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<sup>۸</sup> در جنوب کشور کره را در خصوص هشت مشخصه کیفی به شرح دمای آب، PH، اکسیژن حل نشده<sup>۹</sup>، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی<sup>۱۰</sup>، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی<sup>۱۱</sup>، غلظت رسوب معلق<sup>۱۲</sup>، فسفر کل<sup>۱۳</sup> و نیتروژن کل<sup>۱۴</sup> 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

آنها از اطلاعات ۱۰ ایستگاه در دوره آماری ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۲ استفاده کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که غلظت نیتريت، 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<sup>۳</sup> واقع در شمال غرب تاسمانیا را برای ۱۰ چاه و ۲ پیژومتر 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<sup>۴</sup> جنوب سوئدان را در دوره آماری ۲۰ ساله برای ۷۷ ایستگاه پیژومتری 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 سفره گچی نیف<sup>۵</sup> در جنوب شهر از میر ترکیه را برای نمونه‌های آب زیرزمینی ۵۷ ایستگاه برای متغیرهای کیفی آب زیرزمینی شامل هدایت الکتریکی، نیترات، کلراید، سولفات، سدیم، فلزات سنگین و آرسنیک با روش آماری اسمیرنوف-کولموگروف 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 لایه آبدار گابس (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 تشکیل‌دهنده آن ارتباط داشت و مقدار فلوراید بیشتر از حد مجاز برای سلامتی بود. Lambrakis و همکاران (1997) تأثیر خشکسالی و

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 دوره آماری ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۷ با کمک نرم افزار GIS مطالعه کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که حفر چاههای متعدد و برداشت بی رویه آبهای زیرزمینی منجر به پیشروی آب شور دریای خزر به سمت مناطق ساحلی شده و در نتیجه، سختی آب افزایش یافته بود.

دیندارلو و همکاران (۱۳۸۵) کیفیت شیمیایی آب شرب بندرعباس را در سال ۱۳۸۲ با استفاده از روش توصیفی بررسی کردند. نتایج نشان داد که میزان فلئور، سولفات، کلرور، سدیم، سختی کل، هدایت الکتریکی در منابع آب زیرزمینی از حداکثر مجاز و میزان نیتريت 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 کیفی ۲۰ ایستگاه به صورت فصلی مورد مطالعه قرار دادند. آنها روش تجزیه و تحلیل 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<sup>۱۷</sup> 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 مشخصه شیمیایی در ۲۰ حلقه چاه پیزومتری و ۱۰ حلقه

زیرزمینی حوضه کتا<sup>۱۵</sup> 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 منطقه 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 جذب، 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 منطقه اوتاریو 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 مجموعه 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 دوره 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 رودخانه کرخه معرفی کردند. حسین پور (۱۳۸۱) کیفیت آب زیرزمینی منطقه لنجان 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<sup>۱۶</sup> بررسی کردند. نتایج نشان داد سختی در آب زیرزمینی افزایش داشته و آلودگی فاضلابی شدید و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی بالا در آبهای زیرزمینی

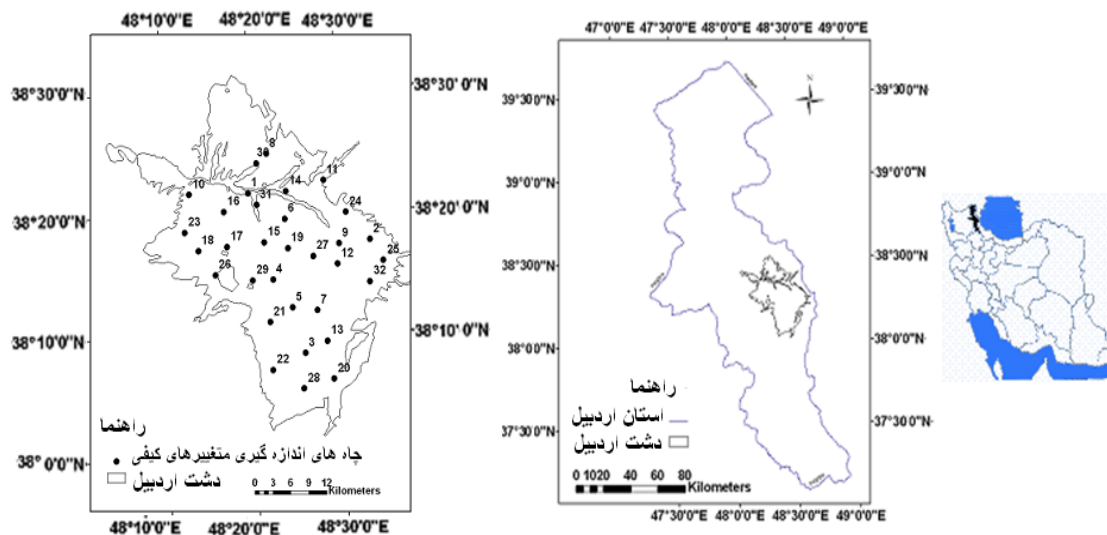
مجموع آنیون‌ها، خاصیت اسیدی، سختی کل، هدایت الکتریکی، سدیم، یون سولفات، درصد سدیم، منیزیم، مقدار مواد جامد حل شده در آب، نسبت جذب سدیم، کلسیم، پتاسیم، کلر و یون بی کربنات در ۳۲ حلقه چاه در دشت اردبیل در دو ماه از سال از سال ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۷ از سازمان آب استان اردبیل اخذ شدند. لازم به یادآوری است که متغیرهای مذکور معمولاً دو بار در سال اندازه‌گیری می‌شود که یک بار آن در ماه پرآب (معمولاً 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 همکاران 2007).

روشهای مختلفی برای مطالعه روند داده‌ها وجود دارد. در این مطالعه روند تغییرات متغیرهای کیفی آب زیرزمینی ایستگاههای پیژومتری 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.

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

منطقه 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 شماره ۱). دشت اردبیل مشرف بر ارتفاعات بخش غربی رشته کوه البرز (ارتفاعات تالش) و در امتداد دامنه شرقی سیلان 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- درجه 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،



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

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):

### شیب خط روند (تخمین گر Sen)

شاخص بسیار مفید در تخمین شیب خط روند، استفاده از روش ناپارامتری تخمین گر شیب Sen است که با  $\beta$  نمایش داده می‌شود

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، آرالوی بزرگ، پیراقوم، تازه‌کند رضآباد، جبه‌دار، سربند، سلطان‌آباد، شیخ کلخوران و کمی‌آباد اشاره کرد.

در بین متغیرهای مورد مطالعه بیشترین روند مثبت معنی‌دار 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، سلطان‌آباد، گرجان، محمودآباد، میرزا رحیم‌لو، نوشهر و یزن‌آباد و در ماه کم آب در ایستگاههای تپه-کندی، جابرلو، جیگرکندی، خلیل‌آباد، صومعه، کوزه توپراقی، گرجان، میرزا رحیم‌لو، نیار و یزن‌آباد روندهای منفی را تجربه کردند، در صورتی که در اکثر ایستگاهها روند مثبت مشاهده شد.

متغیر یون سدیم در ایستگاههای آبی بیگلو، تپه‌کندی، صومعه، قره‌لر، کرگان، گلی‌قدیم و ملایوسف در ماه پرآب و در ایستگاههای آرالوی بزرگ، خلیل‌آباد، قره‌لر، کرگان، گلی‌قدیم، محمودآباد، میرزارحیم‌لو 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، سلطان‌آباد، شریف‌آباد، صومعه، قره‌لر، کرگان، کمی‌آباد، محمودآباد، ملایوسف، میرزارحیم‌لو، نوشهر، نیار، یزن‌آباد و یونچالو و در ماه کم آب، ایستگاههای انزاب پایین، تازه‌کندرضآباد، جابرلو، جیگرکندی، سربند، سلطان‌آباد، شریف‌آباد، قره‌لر، کرگان، کمی‌آباد، گرجان، میرزارحیم‌لو و نیار روند صعودی را تجربه کردند.

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

که در آن  $\beta_{gk}$  برآوردگر شیب خط روند برای ایستگاه K ام در ماه g ام است. مقادیر مثبت  $\beta$  نشان دهنده روند افزایشی و مقادیر منفی آن مبین روند کاهش است.

### آزمون اسپیرمن<sup>۱۸</sup>

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

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

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

$$V(D) = \frac{1}{n-1} \quad (3)$$

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

$$Z_{SR} = \frac{D}{\sqrt{V(D)}} \quad (4)$$

Z به دست آمده، دارای توزیع نرمال است.

در آزمون روند، اگر قدرمطلق Z به دست 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 به ترتیب ۱/۹۶ و ۲/۳۳ است.

### تجزیه و تحلیل اطلاعات

جداول شماره (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 شماره (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 مقایسه مجموعه‌های زمانی در ماه پرآب و کم آب بیشتر

جدول شماره (۱): نتایج روند تغییرات برخی از متغیرهای کیفی آب زیرزمینی دشت اردبیل در ماه پرب آب (۱۳۷۴ تا ۱۳۸۷)

## با آزمون ناپارامتری اسپیرمن

SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Hco <sub>3</sub> <sup>-</sup>	مجموع آنیون ها	pH	TDS	TH	SAR	EC	Na%	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	مجموع کاتیون ها	ایستگاه	
۲/۵۳**	-/۱۲	۲/۲۳*	۲/۲۹**	-/۹۸	۲/۴۱**	۲/۷۳**	۱/۲۰	۲/۲۹**	-/۸۴	۲/۴۴**	۲/۹۵**	۱/۴۷	۲/۷۵**	۲/۲۷**	انزاب پایین	۱
-/۵۲	۲/۰۱*	-/۹۹	۲/۳۴**	۱/۶۵	۲/۴۴**	۲/۲۶*	-/۳۳	۲/۱۱*	-/۶۶	-/۴۵	-/۰۱	۲/۲۸*	-/۰۵	۱/۹۵	آبی بیگلو	۲
۱/۴۰	۲/۸۱**	-/۸۸	۲/۱۲*	-/۰۳	۲/۸۲**	۲/۵۸**	-/۶۶	۲/۰۷*	-/۸۹	-/۱۹	-/۹۹	۲/۱۵*	۲/۶۷**	۲/۲۱*	لرالوی بزرگ	۳
۱/۷۵	۱/۶۵	-۲/۳۱*	۱/۳۹	-/۸۶	۲/۳۹**	۱/۹۷*	-/۱۴	۱/۳۹	-/۲۳	-/۲۴	-/۶۳	۱/۷۸	۱/۸۵	۱/۳۹	آقایاقصبا ته	۴
۲/۰۰*	۲/۲۶*	۱/۴۳	۲/۵۳**	۱/۰۱	۱/۹۵*	۱/۳۶	۱/۲۹	۲/۴۷**	-/۸۳	-/۴۶	۲/۸۵**	-/۵۲	۱/۷۷	۲/۶۷**	پیراقوم	۵
۲/۹۷**	۲/۵۱**	۱/۲۰	۲/۸۵**	-/۴۲	۲/۰۱**	۱/۸۶	۱/۶۹	۲/۰۱**	-/۶۵	-/۲۴	۲/۱۵**	۱/۱۸	۲/۲۸**	۲/۰۳**	ته کندرضا آباد	۶
۱/۳۷	۱/۴۵	۱/۵۵	۱/۷۴	-/۲۲	۱/۶۴	۱/۷۴	-/۰۶	۱/۶۴	-/۵۷	-/۴۵	-/۶۶	۱/۱۱	۲/۱۹*	۱/۶۴	توپراقلو	۷
-/۳۱	۱/۹۹*	-/۱۸	-/۷۹	-/۸۷	-/۷۹	۱/۵۷	-/۰۵	-/۷۹	-/۴۹	۱/۸۵	-/۴۴	-/۶۲	۱/۹۲	-/۷۹	ته کندلی	۸
-/۶۹	۱/۳۳	۱/۴۰	۱/۳۳	۲/۲۴*	۲/۶۴**	۱/۶۶	-/۰۹	۱/۵۱	-/۰۹	-/۸۸	-/۴۰	-/۹۳	۱/۷۰	۱/۷۰	جابربلو	۹
۲/۳۶**	۱/۸۱	-/۱۶۵	۱/۸۹	-/۴۷	۲/۲۶*	-/۴۰	۱/۶۵	۱/۹۶*	-/۵۷	-/۱۴	۱/۸۹	۱/۰۴	۲/۱۴*	۱/۵۱	چبه دار	۱۰
-/۷۳	۱/۱۹	۱/۲۳	۱/۱۸	-/۹۹	۱/۱۳	۲/۰۳*	-/۱۹	۱/۱۳	-/۶۱	-/۲۱۰*	-/۴۸	-/۳۱	-/۴۶	۱/۱۸	جیگرکندی	۱۱
-/۱۶	۱/۸۷	-/۹۹	۱/۹۹*	-/۹۶	۲/۴۹**	۱/۸۸	-/۸۲	۲/۲۴*	-/۹۳	-/۲۳	-/۰۹	-/۶۶	۲/۰۴*	۲/۴۳**	خلفه لوشیخ	۱۲
-/۲۰	۱/۵۴	-/۵۷	۱/۳۸	۱/۹۴	۲/۳۶**	-/۳۱	-/۳۷	۱/۵۲	-/۲۳	-/۰۵	-/۴۰	-/۳۸	۱/۵۶	۱/۵۲	خلیل آباد	۱۳
۱/۶۰	۱/۶۶	-/۰۵	۲/۵۰**	-/۰۷	۲/۳۱*	۱/۴۱	۱/۷۰	۲/۷۳**	-/۰۵	-/۵۲	۲/۵۵**	۱/۴۲	۱/۹۳	۲/۷۳**	سریند	۱۴
۲/۸۸**	-/۰۹	-/۴۰	۲/۰۴*	-/۰۶	۲/۹۵**	-/۸۰	۱/۴۶	۲/۰۴*	۱/۰۲	-/۷۷	۲/۱۷*	-/۶۳	۲/۰۶*	۲/۰۹*	سلطان آباد	۱۵
۲/۳۰*	-/۲۹	۱/۹۳	۲/۴۵**	-/۰۰	۲/۱۷*	-/۹۹	۱/۹۸*	۲/۱۷*	-/۶۶	۱/۴۰	۲/۲۶*	۱/۱۱	-/۵۷	۲/۵۰**	شریف آباد	۱۶
-/۴۰	۲/۱۳*	-/۴۲	۱/۷۴	-/۲۰	۲/۲۷*	-/۱۹	۲/۴۵**	۱/۸۷	۲/۵۰**	-/۹۴	۲/۵۹**	-/۲۸	-/۱۶۵	۲/۰۳*	شیخ کلخوران	۱۷
-/۰۰	۲/۰۳*	-/۳۱	۱/۶۵	۱/۶۹	۲/۱۳*	۱/۷۹	-/۷۳	۱/۲۵	-/۸۰	-/۳۶	-/۱۸	۱/۶۴	-/۴۴	۱/۱۱	صومعه	۱۸
-/۷۰	-/۹۱	-/۷۵	-/۷۰	-/۱۹	۲/۱۱*	۲/۲۰*	-/۸۵	۱/۷۲	-/۸۵	-/۱۰	-/۷۸	۲/۲۰*	۲/۱۱*	۱/۷۲	قره لر	۱۹
۱/۸۳	۲/۳۳**	-/۱۸۱	۱/۵۸	۱/۴۲	۲/۰۳*	۱/۹۳	-/۹۵	۱/۵۱	-/۹۵	۱/۷۴	-/۰۵	۱/۰۲	۱/۰۵	۱/۲۶	کرکان	۲۰
۱/۹۳	۱/۸۹	-/۴۶	۲/۴۷**	-/۰۴	۲/۰۴*	-/۷۸	۲/۵۳**	۲/۴۱**	۲/۵۶**	-/۶۹	۲/۵۰**	-/۸۶	۱/۹۹*	۲/۴۱**	کمی آباد	۲۱
-/۴۴	-/۶۹	۱/۶۳	۱/۳۱	-/۰۰	۲/۲۷*	-/۰۶	۲/۰۳*	۱/۳۹	۱/۴۵	-/۰۳	۱/۷۶	-/۰۳	-/۱۲	۱/۳۹	کوزه توپراقلی	۲۲
۱/۵۶	۱/۳۴	-/۶۳	۱/۳۷	-/۵۷	۲/۹۷**	-/۰۶	۲/۸۳**	۱/۴۳	۲/۷۰**	-/۹۶	۲/۶۱**	-/۷۴	-/۷۶	-/۷۶	گرجان	۲۳
-/۲۴	۱/۶۱	۱/۷۹	۱/۸۷	-/۷۸	۲/۰۹*	۲/۰۴*	-/۸۲	۱/۸۷	-/۱۸	-/۳۹	-/۴۹	۱/۳۲	۲/۲۲*	۱/۹۸*	گلی قدیم	۲۴
۱/۰۲	۱/۲۷	۱/۹۰	۱/۸۵	-/۸۷	۱/۹۲	۱/۶۰	-/۸۷	۱/۹۲	-/۸۷	-/۴۶	۱/۱۰	-/۰۰	۲/۳۴**	۱/۹۲	محمودآباد	۲۵
-/۲۰	۱/۴۰	-/۴۵	-/۱۰	۱/۲۰	۱/۸۰	۱/۸۰	-/۲۰	-/۶۰	-/۶۰	-/۶۰	-/۲۰	۱/۶۰	۱/۴۰	۱/۶۰	ملا یوسف	۲۶
۱/۴۰	-/۱۸	-/۰۹	-/۷۰	-/۹۶	۱/۲۲	-/۰۴	-/۵۲	-/۷۰	-/۴۴	۱/۷۵	-/۲۶	-/۰۵	-/۸۴	-/۷۰	میرزازحیلو	۲۷
۱/۴۳	-/۸۴	-/۱۲	۲/۱۷*	-/۳۱	۲/۳۱*	-/۱۹	-/۲۸	۲/۳۱*	-/۲۸	-/۳۶	-/۸۵	-/۵۹	۱/۹۰	۲/۴۵**	نوشهر	۲۸
۱/۵۰	-/۷۶	۱/۱۳	۱/۲۹	-/۸۲	۱/۹۸*	۱/۹۹*	-/۶۷	۱/۲۵	-/۲۰	۱/۱۷	۱/۱۵	۱/۸۰	۱/۹۹*	۱/۲۹	نیار	۲۹
-/۲۲	-/۶۴	۱/۰۰	-/۰۲	-/۰۶	۲/۱۳*	-۲/۳۲**	۲/۴۶**	-/۷۲	۲/۳۴**	۱/۸۳	۲/۳۹**	-۲/۳۱*	۱/۳۲	-/۷۲	یزن آباد	۳۰
-/۷۱	۱/۲۷	۲/۲۳*	۱/۷۰	-/۹۰	۲/۱۷*	۱/۸۴	-/۹۰	۱/۷۰	-/۰۹	-/۴۵	-/۸۰	۱/۰۵	۲/۰۴*	۱/۵۱	ینگچه	۳۱
۲/۴۱**	۲/۲۷*	۲/۸۷**	۲/۷۶**	-/۵۸	۲/۹۰**	۲/۰۰*	۱/۳۲	۲/۷۶**	-/۸۶	۱/۰۰	۲/۱۸*	۲/۰۳*	۲/۰۳*	۲/۷۰**	یونچالو	۳۲

(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 کندهال است. ارقام پررنگ نشان دهنده معنی داری در سطح ۵ درصد یا کمتر است. ماه پرب آب (کم آب) به ماهی اطلاق می شود که تراز آب به بالاترین سطح خود می رسد (معمولا خردادماه) و ماه کم آب به ماهی اطلاق می شود که تراز آب به پایین ترین سطح خود می رسد (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 کاتیون ها و آنیون ها و کلر میلی اکیوالان در

لیتر و واحد متغیرهای TH و TDS، میلیگرم در لیتر و واحد EC میکروزیمنس بر سانتیمتر است).

جدول شماره (۲): نتایج روند تغییرات برخی از متغیرهای کیفی آب زیرزمینی دشت اردبیل در ماه کم آب (۱۳۷۴ تا ۱۳۸۷)

با آزمون ناپ ارامتری اسپایرمن

ایستگاه	مجموع کاتیون‌ها	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na%	EC	SAR	TH	TDS	PH	مجموع آنیون‌ها	Hco <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
۱	اتزاب پایین	۲/۲۰**	۳*	۲/۳۴**	-/۵۹	۱/۱۶	۲/۶۸**	۲/۰۳*	۱/۸۳	۲/۲۳**	۱/۸۳	۲/۲۲**	-/۹۱	۲/۵۳**	۲/۱۲**
۲	آبی بیگلو	۲/۰۹*	-/۸۰	۲/۰۵*	-/۰۰	-/۴۶	۱/۷۹	-/۷۸	-/۴۲	۲/۲۳*	۲/۴۶**	۲/۰۷*	۱/۲۲	۲/۱۰*	-/۲۴
۳	ارالوی بزرگ	۱/۹۸*	۲/۳۹**	۲/۳۹**	-/۰۶	-/۴۷	۱/۶۷	-/۸۶	۲/۴۳**	۲/۶۴**	-/۸۹	۱/۷۰	-/۳۵	۱/۴۲	۲/۲۷*
۴	آقباقرقصاب تپه	۲/۵۹**	۲/۴۸**	۱/۳۷	-/۵۲	-/۳۲	۲/۷۶**	-/۱۷	۲/۶۷**	۲/۷۶**	۱/۹۶	۲/۷۶**	-/۹۹	۲/۲۳*	۱/۶۰
۵	پیراقوم تازه	۲/۸۱**	۱/۷۲	۲/۹۰**	-/۳۵	-/۸۸	۲/۹۵**	۲/۵۳**	-/۸۸	۲/۹۵**	۱/۲۸	۲/۰۴**	-/۸۱	۱/۶۳	۱/۹۳
۶	کندرضا آباد	۲/۱۰**	۲/۹۰**	۲/۵۳**	۱/۰۱	-/۶۳	۲/۱۲**	۱/۴۸	۲/۸۵**	۲/۹۳**	-/۲۳	۲/۱۲**	۲/۷۵**	۲/۹۳**	۲/۸۲**
۷	توپراقلو	۱/۹۲	۱/۸۱	۱/۷۲	-/۴۳	-/۳۱	۱/۹۰	-/۷۰	۱/۴۹	۲/۳۴**	۲/۱۰*	۱/۵۷	-/۹۳	۱/۸۴	-/۷۰
۸	تپه کنوی	۰/۱۳	-/۷۳	-/۴۴	-/۵۲	-/۳۵	-/۱۳	-/۳۸	-/۶۹	-/۵۰	-/۸۲	-/۱۳	-/۵۴	-/۴۶	-/۰۷
۹	چابرو	۲/۵۰**	۱/۹۴	-/۵۶	-/۷۵	-/۰۳	۲/۲۷*	-/۴۲	۱/۸۳	۲/۴۵**	۲/۳۱*	۲/۰۳*	۱/۱۴	۱/۵۵	-/۸۵
۱۰	جبه دار	۲/۴۹**	۲/۲۵*	۱/۲۳	-/۵۲	۱/۱۵	۲/۶۴**	۲/۰۵*	۱/۳۳	۲/۶۴**	-/۳۷	۲/۶۶**	-/۰۶	۲/۲۰*	۲/۱۳*
۱۱	چیکر کنوی	۰/۷۵	-/۲۹	-/۲۶	-/۸۳	-/۲۸	۱/۰۲	-/۲۸	-/۴۶	۱/۲۱	-/۵۷	-/۹۰	۱/۶۸	-/۰۰	-/۲۴
۱۲	خلیفه لوشیخ	۱/۷۰	۱/۲۵	۱/۲۰	-/۱۴	-/۱۴	۱/۵۱	-/۱۴	۱/۶۷	۱/۹۳	۱/۰۴	۱/۳۷	-/۱۹	۱/۱۹	۲/۰۹*
۱۳	خلیل آباد	۱/۴۲	۱/۰۷	-/۳۹	-/۲۱	-/۲۱	۱/۲۲	-/۱۷	۱/۲۴	۱/۹۱	۱/۷۰	۱/۴۴	-/۸۶	-/۲۸	-/۸۰
۱۴	سرنند	۲/۴۲**	۲/۰۳*	۲/۴۴	۱/۹۲	۱/۸۴	۲/۲۷*	-/۱۷	۱/۶۶	۲/۲۷*	-/۷۰	۲/۲۷*	۱/۸۱	۱/۵۷	۲/۲۷*
۱۵	سلطان آباد	۲/۸۸**	-/۸۵	۲/۲۶*	۱/۲۴	-/۱۲	۲/۸۸**	-/۵۱	۲/۷۶**	۲/۹۳**	۱/۴۱	۲/۸۵**	-/۴۷	-/۵۴	۲/۱۲**
۱۶	شریف آباد	۲/۱۹*	-/۴۶	۲/۰۱*	۱/۶۳	-/۲۵	۲/۱۰*	-/۳۵	۱/۵۰	۲/۱۰*	-/۵۷	۲/۱۰*	-/۸۲	-/۱۸	۱/۸۴
۱۷	شیخ کلخوران	۲/۶۹**	-/۰۷	-/۱۲	-/۲۱	-/۲۱	۲/۶۹**	۱/۰۴	-/۴۵	۲/۶۹**	۲/۱۷*	۲/۶۹**	-/۱۸	۲/۳۹**	۱/۹۳
۱۸	صومعه	۱/۵۷	۱/۲۵	-/۷۹	-/۲۵	-/۰۹	۱/۵۷	-/۴۴	-/۸۲	۱/۵۷	۰/۰۹	۱/۵۷	-/۹۱	۱/۴۴	۱/۱۳
۱۹	قره لر	۱/۴۹	-/۵۳	-/۳۱	-/۲۰	-/۲۲	۱/۴۹	-/۷۹	-/۴۴	۱/۰۵	-/۵۲	۱/۴۹	-/۲۲	-/۷۵	-/۰۶
۲۰	کرگان	۲/۰۲*	۲/۳۸**	۱/۶۱	-/۲۰	-/۲۰	۲/۰۲*	-/۵۷	۲/۳۳**	۲/۳۳**	-/۲۸	۱/۹۵	-/۸۹	-/۸۱	۲/۱۲*
۲۱	کمی آباد	۲/۶۳**	۱/۵۰	-/۰۰	۱/۴۶	۲/۶۲**	۲/۵۳**	-/۰۳	۲/۰۵**	۲/۸۷**	-/۲۰	۲/۱۳*	۱/۷۸	۱/۸۹	۲/۱۶*
۲۲	کوزه توپراقی	۱/۷۶	-/۹۴	-/۵۸	-/۰۶	۱/۳۲	۲/۰۸*	-/۸۲	۲/۱۴*	۲/۱۴*	-/۳۱	۱/۳۲	۲/۳۳**	-/۱۳	-/۵۰
۲۳	گرجان	۰/۷۲	-/۴۶	-/۸۹	۱/۲۹	۱/۲۱	-/۵۲	۱/۲۹	-/۲۲	۲/۰۴*	-/۵۳	-/۵۰	-/۲۲*	۱/۱۴	-/۶۴
۲۴	گلی قدیم	۰/۵۵	۲/۱۰*	۰/۳۷	-/۰۹	-/۴۲	۱/۹۹*	-/۰۲	۲/۰۳*	۲/۰۳*	۰/۰۷	-/۸۸	-/۷۰	-/۵۴	-/۵۴
۲۵	محمودآباد	۲/۱۰*	۲/۰۴*	۲/۰۶	-/۵۲	-/۵۲	۲/۰۷*	-/۰۴	۲/۱۱*	۲/۱۱*	-/۹۶	۱/۳۳	-/۹۷*	۱/۵۶	-/۷۲
۲۶	ملا یوسف	۰/۹۶	۱/۲۱	-/۵۲	-/۱۳	-/۱۳	۱/۷۲	-/۸۳	۱/۲۱	۱/۷۲	-/۸۵	۰/۹۶	-/۷۸	۱/۴۷	۱/۴۷
۲۷	میرزاحمیدو	۰/۳۸	-/۳۳	-/۱۶	-/۱۹	-/۲۵	۱/۸۹	-/۰۶	۱/۰۷	۱/۸۹	۰/۶۱	۱/۸۹	-/۵۷	-/۴۴	۱/۶۸
۲۸	نوشهر	۰/۲۸	۱/۷۲	۰/۳۱	-/۰۹	۱/۴۶	۱/۲۴	۱/۰۸	۱/۲۸	۱/۸۹	۰/۶۱	۱/۲۱	-/۸۳	-/۰۲	۱/۰۷
۲۹	نیار	۰/۶۴	-/۰۰	-/۵۱	۱/۹۲	۱/۵۵	-/۴۵	-/۳۳	-/۱۵	۱/۰۷	۲/۱۹*	۲/۰۹*	-/۶۲	-/۱۰	۲/۵۶**
۳۰	یزن آباد	-/۷۱	-/۶۰	-/۱۸۰	-/۹۷	۱/۳۳	-/۸۲	-/۸۲	۱/۹۵	-/۸۰	۰/۹۶	-/۸۵	-/۹۹	-/۰۷	-/۴۰
۳۱	ینکجه	۱/۹۸**	۱/۷۶	۱/۵۱	-/۱۶	-/۲۲	۲/۰۳*	-/۰۵	۱/۴۱	۲/۰۳*	-/۱۷	۱/۹۸*	۱/۵۱	۱/۵۴	-/۱۳
۳۲	یوتجالو	۰/۶۶	۱/۸۷	-/۰۷	-/۱۶	-/۱۸	-/۵۷	-/۳۸	۱/۰۲	۲/۰۳*	-/۷۸	-/۵۷	-/۲۴	-/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 کنثال 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، میلی گرم در لیتر و واحد EC میکروزیمنس بر سانتیمتر است.)

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 آرالووی بزرگ، تپه‌کندی، جبه‌دار، خلیفه‌لو، خلیل‌آباد، سلطان‌آباد، شیخ‌کلخوران، قره‌لر، کرگان، گرجان، محمودآباد و میرزا رحیم‌لو روند منفی را تجربه کرد.

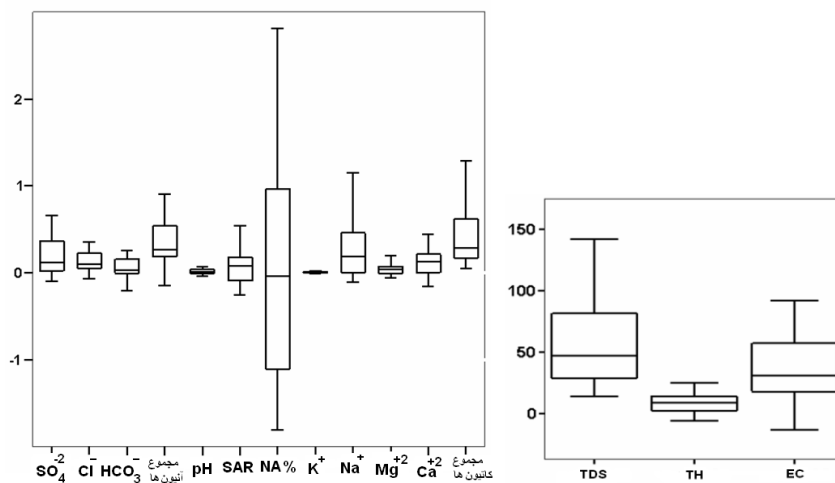
این متغیر در ماه پرآب در ۲۳ ایستگاه مثبت و در آق‌باقر، جبه‌دار، سریند، سلطان‌آباد، شیخ‌کلخوران، صومعه، کرگان، گرجان و نوشهر روند منفی داشت. یون کلر نیز در اکثر ایستگاه‌ها هم در ماه پرآب و همچنین در ماه کم آب روند صعودی را تجربه کردند. یون سولفات بجز ۵ ایستگاه هم در ماه پرآب و همچنین در ماه کم آب در بقیه 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 کم‌آب‌ترین 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 شماره (۲) نمونه‌ای از نمودار مذکور را در مورد ۱۵ متغیر کیفی آب زیرزمینی دشت اردبیل در ماه پرآب نشان می‌دهد.

درصد سدیم روندهای منفی بیشتری داشتند در ماه‌های پرآب در ایستگاه‌های انزاب پایین، آبی بیگلو، آرالووی بزرگ، آقا باقر قصاب تپه، توپراقلو، تپه‌کندی، جابرلو، جگرکندی، خلیفه‌لو شیخ، صومعه، قره‌لر، کرگان، گلی قدیم، ملایوسف و ینگجه و در ماه کم-آب در ایستگاه‌های آرالووی بزرگ، آق‌باقر، توپراقلو، تپه‌کندی، خلیفه‌لو، خلیل‌آباد، سریند، قره‌لر، کرگان، گلی قدیم، محمودآباد، ینگجه و یونجالو روندهای منفی داشتند. متغیر هدایت الکتریکی در اغلب ایستگاه‌ها بجز ایستگاه یزن‌آباد روند مثبت معنی‌دار بیشتری را تجربه کرد.

متغیر نسبت جذب سدیم در ایستگاه‌های آبی بیگلو، آرالووی بزرگ، آق‌باقر، تپه‌کندی، جابرلو، خلیفه‌لو شیخ، صومعه، قره‌لر، کرگان، گلی قدیم و ملایوسف در ماه پرآب و در ایستگاه‌های آرالووی بزرگ، توپراقلو، تپه‌کندی، خلیفه‌لو، خلیل‌آباد، قره‌لر، کرگان، گلی قدیم، محمودآباد، ینگجه و یونجالو در ماه کم آب روند منفی داشت. متغیر سختی کل آب زیرزمینی در ماه پرآب در ایستگاه‌های شیخ‌کلخوران، کمی‌آباد، گرجان، میرزارحیم‌لو و یزن-آباد و در ماه کم آب در ایستگاه‌های شیخ‌کلخوران، کمی‌آباد، گرجان، نیار و یزن‌آباد روند نزولی را تجربه کرد.

متغیر اسیدیته در ماه پرآب در ۲۳ ایستگاه مثبت و در ایستگاه‌های انزاب پایین، آق‌باقر، سلطان‌آباد، شیخ‌کلخوران، قره‌لر، کمی‌آباد، میرزارحیم‌لو، نوشهر و یزن‌آباد و در ماه کم آب در ایستگاه‌های آرالووی بزرگ، تازه‌کندرض‌آباد، سریند، شریف‌آباد،



شکل شماره (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)

کردند. روند صعودی نیز در مجموعه زمانی متغیرهای کیفی کلسیم، منیزیم، کلر و سولفات سفره گچی از میر 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 و ثوقی (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 و ثوقی 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 و کمی 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 و ثوقی 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 معنی‌دار 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

به‌طوری که 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 دهنده میانه شیب خط روند در بین تمام ایستگاهها است. قسمت پایین هر مستطیل نشان دهنده صدک ۲۵ و قسمت بالای آن نشان دهنده 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 دهنده شاخصی برای واریانس مقادیر شیب خط روند هر متغیر از صدک ۲۵ تا صدک ۷۵ است. برای متغیرهای  $\text{Na}^+$ ،  $\text{SO}_4^{2-}$ ، مجموع آنیون‌ها، درصد سدیم، مجموع کاتیون‌ها، و متغیر TDS دارای ارتفاع مستطیلی بیشتری در ماههای پرآب هستند. اما متغیرهای PH و  $\text{K}^+$  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 لایه آبدار حوضه گلافکوس غرب یونان توسط Lambrakis و همکاران (1997) برای دوره 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 حوضه آبریز کابل واقع در افغانستان نیز برای دوره آماری ۲۰۰۵-۲۰۰۱ گزارش شده است. Wahlin و Grimvall (2009) نیز روند افزایشی در PH سفره سوئدیش جنوب سودان را در دوره آماری ۲۰ ساله گزارش

5-Nif	<p>محلول (TDS) بوده است که در ایستگاه انزاب پایین واقع در شمال دشت تجربه شده است. نتایج نشان داد که روند اکثر متغیرهای 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 ایستگاههای پیژومتری وجود دارد. بررسی علت تغییرات متغیرهای شیمیایی موجود در آب زیرزمینی دشت اردبیل خارج از اهداف این مطالعه بوده و برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود.</p>
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)	

### یادداشت‌ها

- 1-Texoma
- 2-Torbali
- 3-Montagu
- 4-Swedish

### منابع مورد استفاده

- چیت سازان، م. و همکاران. ۱۳۸۸. تأثیر خشکسالی بر کمیت و کیفیت منابع آبهای زیرزمینی دشت خویس، دومین همایش ملی آثار خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، ۳۰ الی ۳۱ اردیبهشت، اصفهان، صص ۷۰ تا ۷۷.
- حسین پور، م. ۱۳۸۱. بررسی کیفیت آب زیرزمینی منطقه لنجان اصفهان، مجله دانشکده بهداشت و انستیتو بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، شماره 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، شماره 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 منطقه 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، شماره 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.
- زاق 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.
- کریمی، 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، مجله پزشکی هرمزگان سال هشتم، شماره دوم، صص ۱۰۹ تا ۱۱۶.

Bouza-Deaño R., M., Ternero-Rodríguez, A.J., Fernánde z-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 Tunisia), *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](https://doi.org/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.