نشریه دانش آب و خاک / جلد۲۵ شماره۲ صفحه‌های ۲۲۱ تا ۲۳۵/ سال ۱۳۹۴

بررسی روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت میاندوآب با استفاده از روش مان- کندال

علی کلاهدوزان[1*]، یعقوب دین پژوه[2]، داریوش عباسپور[3]، محمد قربانیان[4]

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۶/۰۲

[1و3]- دانشجویان کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[2]- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[4]- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران

[*] مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی :iuttaw91@ms.tabrizu.ac.ir

چکیده

روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت میاندوآب طی سال‌های (۱۳۹۱- ۱۳۸۱) (برای دوره‌های پر آب و کم آب) با استفاده از آزمون ناپارامتری مان- کندال اصلاح شده برای ضریب خودهمبستگی مرتبه اول تحلیل شد. نتایج نشان داد که از مجموعه ۲۵ ایستگاه نمونه‌برداری آب و برای ۱۴ متغیر کیفی مورد بررسی، برای دوره پر آب، ۵۸ درصد از مشاهده‌ها دارای روند صعودی، ۳۲ درصد روند نزولی و ده درصد بدون روند (در سطح معنی‌داری ۵ درصد) بودند. این ارقام برای دوره کم آب به‌ترتیب ۶۱، ۳۲ و ۷ درصد در سطح معنی‌داری ۵ درصد بود. از بین مشاهده‌های دوره پر آب روند صعودی معنی‌دار (در سطح ۱۰ درصد) برای ۲۳/۷ درصد از مشاهده‌ها و روند نزولی معنی‌دار برای ۶/۳ درصد از مشاهده‌ها به‌دست آمد. در ۷۰ درصد از مشاهده‌ها روند معنی‌داری (در سطح ۱۰ درصد) مشاهده نشد. برای ماه کم آب ۲۲ درصد سری‌ها روند صعودی معنی‌دار، ۱۰ درصد روند نزولی معنی‌دار و ۶۸ درصد بدون روند معنی‌دار بودند. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین روند صعودی متغیرهای کیفی متعلق به غرب و جنوب دشت (در دوره پر آب) بود. با افت سطح آب روند صعودی در متغیرهای کیفی مانند SAR و EC هم در شرق دشت مشاهده شد. نتایج تخمین‌گر شیب سن نشان داد که روند تغییرات هر دو پارامتر EC و SAR برای هر دو دوره پر آب و کم آب در حال افزایش است، به‌طوری‌که در خصوص پارامتر EC در دوره پر آب مقدار آن در هر سال حدود ۲۰ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر افزایش داشته است.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، آزمون مان کندال، تخمین‌گر سن، خودهمبستگی، متغیرهای کیفی

Archive of SID

www.SID.ir

Study of Groundwater Qualitative Changes Trend in Miandoab Plain Using the Mann- Kendall Method

A Kolahdouzan[1*], Y Dinpashoh[2], D Abbas Poor[3], M Ghorbanian[4]

Received: 22 February 2014 Accepted: 24 August 2014
[1,3-] M.Sc Students, Dept. of Water Eng., Faculty of Agriculture, Univ. of Tabriz, Iran
[2-] Assoc. Prof., Dept. of Water Eng., Faculty of Agriculture, Univ. of Tabriz, Iran
[4-] M.Sc Student, Dept. of Irrigation and Reclamation Eng., Agriculture College, Univ. of Teran, Iran
*Corresponding Author, Email: iuttaw91@ms.tabrizu.ac.ir

Abstract

Groundwater qualitative changes trend of Miandoab Plain (in the wet and dry periods) in the period of 1992-2012 was analyzed using the non-parametric modified Mann-Kendall test for lag-1 autocorrelation cofficient. The results showed that among the 25 sampling stations for 14 water qualitative variables, about 58% of the series had significant ($P \leq 5\%$) increasing trend. Also 32% of them showed significant decreasing trends. The remaining 10% of the series exhibited no trend at the 5% significant level. In the case of the wet period 23.7% of the series exhibited upward significant trend and 6.3% of the series had significant decreasing trend at the 5% level. About 70% of the series showed no trend (at 10% significant level). In the dry period, 22% of the series had significant increasing trend (at 10% level), 10% with decreasing trends and 68% of them had no significant trends. The results showed that in the wet period, the steepest increasing trends of groundwater qualitative variables were observed in the west and southern part of the Miandoab Plain. The declination of groundwater level led to increasing trends for water qualitative parameters in the eastern part of the plain. The results of Sen's slope estimator showed that, the EC and SAR had increasing trends for the both dry and wet periods. For example, the trend line slope of the groundwater EC for the wet period was equal to 20 µS cm^{-1} $year^{-1}$.

Keywords: Autocorrelation, Groundwater, Mann-Kendall test, Qualitative variables, Sen's estimator

Archive of SID

مقدمه

افزایش جمعیت و نیاز بیشتر به آب شیرین و مواد غذایی و همچنین افزایش سطح بهداشت عمومی ازیک‌طرف و کاهش و پراکندگی ریزش‌های جوی و کاهش منابع آب‌های سطحی موجب شده که با افزایش برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی از طریق حفر چاه-های غیرمجاز، سطح آب‌های زیرزمینی در اغلب دشت‌های کشور کاهش یابد. برای مثال، کاهش سطح آب‌های زیرزمینی در برخی از مناطق ساحلی مازندران منجر به پیشروی آب شور به‌سمت مناطق ساحلی و افزایش هدایت الکتریکی آب چاه‌ها شده است (دیانتی تیکلی و فلاح ۱۳۸۸). تحقیقات نشان می‌دهد که افزایش افت سطح آب‌های زیرزمینی بر کیفیت آب سفره آبی تأثیر به‌سزایی دارد. بنابراین انجام یک مطالعه درزمینه شناخت و بررسی کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و مناطق آسیب‌پذیر و حساس در برنامه‌ریزی‌های آتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (گیتی ۱۳۷۹، ملکوتیان و کرمی ۱۳۸۳).

www.SID.ir

درزمینه روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در داخل و خارج از کشور تحقیقات متعددی انجام‌شده است. مطالعاتی بر روی تغییرات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی به‌ترتیب در ازمیر ترکیه، در حوضه آبریز کابل در افغانستان، دره کاتماندو نپال، سفره نیف در ترکیه، سفره گابس در تونس انجام‌شده است. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که در اغلب دشت‌ها آب‌های زیرزمینی با افت سطح آب و کاهش کیفیت در طی زمان همراه بوده است (تایفور و همکاران ۲۰۰۸، کانل و همکاران ۲۰۰۸، هوبن و همکاران ۲۰۰۹، الچی و پولات ۲۰۱۰، کتاتا و همکاران ۲۰۱۱). در داخل کشور نیز رزاق منش و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از مدل‌های PMWIN و MT3D روند تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت تبریز؛ چیت‌سازان و همکاران (۱۳۸۸) تأثیر خشکسالی بر کمیت و کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی دشت خویس در شمال استان خوزستان را بررسی کردند. همچنین محمدی و همکاران (۱۳۹۰) تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت قزوین، دانشور وثوقی و همکاران (۱۳۹۰) تأثیر خشکسالی بر تراز آب زیرزمینی دشت اردبیل با استفاده از آزمون ناپارامتری مان کندال؛ مصلح و هاشمی (۱۳۹۱) در دشت دزفول- اندیمشک و دانشور وثوقی و دین‌پژوه (۱۳۹۱) روند تغییرات کیفیت آب دشت اردبیل با استفاده از مدل اسپیرمن را بررسی نمودند.

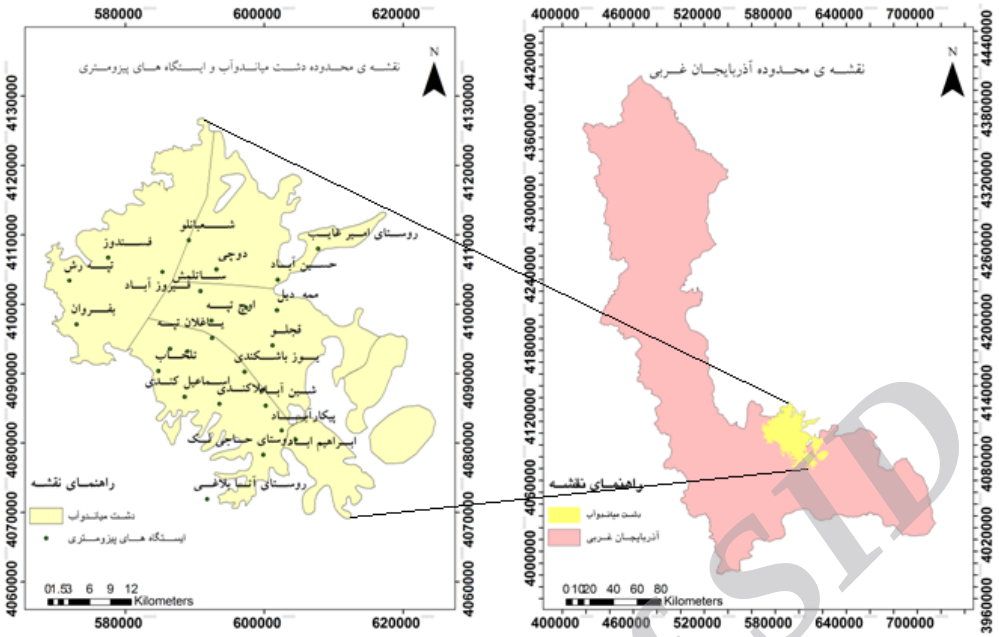
بررسی پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که کیفیت آب زیرزمینی در اغلب دشت‌های کشور به دلایلی ازجمله افزایش برداشت آب از چاه‌ها و افت سطح آب های زیرزمینی کاهش‌یافته است. با افت شدید سطح آب دریاچه ارومیه و کاهش کیفیت آب آن (شورتر شدن) در سال‌های اخیر، این دریاچه با بحران زیست‌محیطی و خطر نابودی مواجه شده است. هرگونه تصمیم‌گیری در مورد حل این بحران نیازمند آگاهی از کمیت و کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی دشت‌های اطراف آن هست. دشت میاندوآب ازجمله دشت‌های استان آذربایجان غربی و در جنوب حوضه آبریز دریاچه ارومیه قرار دارد که رودخانه‌های سیمینه‌رود و زرینه‌رود که در این دشت جریان دارند، بیش از ۵۰ درصد حجم آب ورودی به دریاچه ارومیه را تشکیل می‌دهند. تاکنون مطالعه جامعی بر روی تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت میاندوآب گزارش نشده است. هدف از این مطالعه بررسی تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت میاندوآب با استفاده از روش ناپارامتری مان–کندال (MK) هست.

مواد و روش‌ها

دشت میاندوآب در جنوب شرق دریاچه ارومیه در محدوده طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی واقع‌شده است. طبق داده‌های گرفته‌شده از آب منطقه‌ای میاندوآب و نتایج محاسبات میانگین دوره ۳۵ ساله مقادیر کمینه مطلق، میانگین و بیشینه مطلق درجه حرارت هوا در ایستگاه تازه کند (به‌عنوان ایستگاه معرف دشت) به‌ترتیب ۲۳/۵-، ۱۱/۵ و ۴۱/۵ درجه سلسیوس هست. ماه خرداد پرآب‌ترین ماه سال (ماهی که تراز آب زیرزمینی به بالاترین سطح خود می‌رسد) و ماه شهریور کم آب‌ترین ماه سال (ماهی که تراز آب زیرزمینی به پایین‌ترین سطح خود نزول می‌کند) هست. کمینه، بیشینه و متوسط بارش سالانه در دشت میاندوآب به‌ترتیب برابر ۱۱۷/۵، ۴۰۶ و ۲۷۰/۱ میلی‌متر در دوره آماری ۴۱ ساله (۱۳۹۱- ۱۳۵۱) هست. متوسط تبخیر از تشت سالانه ۱۴۳۱/۵ میلی‌متر و تبخیر تعرق به‌روش پنمن مانتیث ۱۲۰۵ میلی‌متر در سال هست. بهره‌برداری آب‌های زیرزمینی در این دشت از طریق چاه، قنات و چشمه هست که بیشترین حجم برداشت آب زیرزمینی از طریق چاه‌ها انجام می‌شود. شیب زمین و شیب جریان آب زیرزمینی از سمت شرق به غرب هست. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی دشت میاندوآب در استان آذربایجان غربی و چاه‌های نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه و ایستگاه‌های پیزومتری موردمطالعه.

داده‌های کیفی آب زیرزمینی برای ۱۴ متغیر شامل مجموع کاتیون‌ها، مجموع آنیون‌ها، pH (خاصیت اسیدی)، TH (سختی کل)، EC (هدایت الکتریکی)، Na^{+} (سدیم)، SO_4^{2-} (یون سولفات)، %Na (درصد سدیم)، Mg^{2+} (منیزیم)، TDS (مقدار مواد جامد حل‌شده در آب)، SAR (نسبت جذب سدیم)، Ca^{2+} (کلسیم)، Cl^{-} (کلر) و HCO_3^{-} (یون بی‌کربنات) در ۲۳ چاه نیمه عمیق و دو قنات (روستای امیر غایب و آتابلاغی) در دشت میاندوآب در دو نوبت از سال به‌مدت یازده سال (۱۳۹۱- ۱۳۸۱) از سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی اخذ شد. لازم به یادآوری است که متغیرهای مذکور معمولاً دو بار در سال اندازه‌گیری می‌شوند که یک‌بار آن در ماه پرآب (ماهی که تراز آب زیرزمینی به بالاترین سطح خود می‌رسد) و یک‌بار آن‌هم در ماه کم آب (ماهی که تراز آب زیرزمینی به پایین‌ترین سطح خود نزول می‌کند) هست. در این مطالعه، جهت بررسی روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در ماه خرداد (ماه پرآب) و ماه شهریور (ماه کم آب) از روش ناپارامتری مان- کندال (مان ۱۹۴۵ و کندال ۱۹۷۵) استفاده شد. شرط لازم برای استفاده از آزمون ناپارامتری مان- کندال نداشتن ضریب خودهمبستگی معنی‌دار در سری زمانی داده‌ها است (کومار و همکاران ۲۰۰۹). به‌همین دلیل پس از حذف اثر خودهمبستگی[1] از آزمون مان-کندال[2] اصلاح‌شده (MK2) استفاده گردید. در این روش نیازی به بازسازی داده‌های گمشده نیست، بنابراین، داده‌های ناقص در این مطالعه بازسازی نشدند.

آزمون مان- کندال (MK)

این آزمون ابتدا توسط مان (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) توسعه یافت. کاربرد این روش توسط سازمان جهانی هواشناسی توصیه گردید. این روش برای آزمون فرض تصادفی بودن توالی داده‌ها در مقابل وجود روند استفاده می‌گردد (پاندا و همکاران ۲۰۰۷). از نقاط قوت روش مان-کندال می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع خاصی پیروی نمی‌کنند، اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی ازسری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است. فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری

[1]- Auto-correlation
[2]- Mann- Kendall test

Archive of SID

www.SID.ir

داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها هست. آماره Z این آزمون توسط رابطه زیر تعیین گردید:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{V(S)}} & \text{for } s > 0 \\ 0 & \text{for } s = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{V(S)}} & \text{for } s < 0 \end{cases} \quad [۱]$$

که در آن آماره S و واریانس آن به‌شرح زیر به‌دست آمد:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} sgn(x_j - x_i) \quad [۲]$$

در رابطه فوق $sgn(x)$ تابع علامت بوده و به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$sgn(x) = \begin{cases} 1 & \text{for } x > 0 \\ 0 & \text{for } x = 0 \\ -1 & \text{for } x < 0 \end{cases} \quad [۳]$$

$$V(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{m} t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad [۴]$$

فرض صفر (فقدان روند در سطح معنی‌داری α) به شرطی پذیرفته می‌شد که قدر مطلق آماره Z از مقدار متغیر استاندارد در سطح معنی‌داری α کوچک‌تر می‌شد و در غیر این صورت فرض صفر رد و فرض مخالف (وجود روند در سطح معنی‌داری α) پذیرفته می‌شد.

آزمون مان- کندال اصلاح‌شده (MK2)

اگر ضریب خودهمبستگی مرتبه اول معنی‌دار باشد، با روش پیش سفید کردن اثر خودهمبستگی از سری داده‌ها حذف می‌شد (پارتال و کایا ۲۰۰۶، کومار و همکاران ۲۰۰۹). برای این کار ابتدا سری داده‌های جدید با توجّه به شیب‌خط روند، β، به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$X_i' = X_i - (\beta * i) \quad [۵]$$

که در آن β شیب‌خط روند، i شمارنده سال هست. این شیب بعداً (رابطه ۸) شرح داده‌شده است. اینک سری جدیدی به شرح زیر به‌دست می‌آید:

$$y_i' = X_i' - r_1 * X_{i-1}' \quad [۶]$$

با افزودن مجدد جمله روند، $(\beta * i)$، به سری داده اخیر، سری جدیدی به‌صورت زیر به‌دست آمد:

$$y_i = y_i' + (\beta * i) \quad [۷]$$

آماره Z مان‌کندال برای سری جدید با استفاده از روابط بالا و نرم‌افزار آماده MATLAB محاسبه شد. لازم به ذکر است که در آزمون روند اگر قدر مطلق Z به‌دست‌آمده بزرگ‌تر از ۱/۶۴۵، ۱/۹۶ و ۲/۳۳ باشد، به‌ترتیب روند تغییرات در سطح ده، پنج و یک درصد معنی‌دار هست. به‌دلیل اهمیت کیفیت آب زیرزمینی نتایج بر مبنای سطح معنی‌داری ۱۰ درصد تحلیل شد.

شیب‌خط روند (تخمین‌گر سن): یک شاخص بسیار مفید در آزمون MK شیب سن هست که با β نمایش داده می‌شود و آن شیب روند یکنواخت را در سری داده‌ها نشان می‌دهد. مقدار شیب روند با استفاده از رابطه ۸ برآورد شد (سن ۱۹۶۸) :

$$\beta_k = Median\left(\frac{X_{jk} - X_{ik}}{j-i}\right), \forall 1 \le i < j \le n \quad [۸]$$

که در آن β_k برآوردگر شیب‌خط روند برای ایستگاه k ام هست. مقادیر مثبت β نشان‌دهنده روند افزایشی و مقادیر منفی آن نشان‌دهنده روند کاهشی است. با توجه به اهمیت بیشتر شوری و نسبت جذب سدیم در آب‌های زیرزمینی نقشه روند تغییرات مکانی و نمودار باکس ویسکر شیب تخمین‌گر سن برای این پارامترها در ماه پرآب و کم آب تهیه و مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج و بحث

نتایج آزمون مان- کندال اصلاح‌شده برای ماه پر آب

جدول ۱ مقادیر آماره Z مان- کندال (MK2) در خصوص متغیرهای کیفی آب زیرزمینی شامل مجموع کاتیون‌ها، مجموع آنیون‌ها، pH (خاصیت اسیدی)، TH (سختی کل)، EC (هدایت الکتریکی)، Na^{+} (سدیم)، SO_4^{2-} (یون سولفات)، %Na (درصد سدیم)، Mg^{2+} (منیزیم)، TDS (مجموع مواد جامد حل‌شده در آب)، SAR (نسبت جذب سدیم)، Ca^{2+} (کلسیم)، Cl^{-} (کلر) و HCO_3^{-} (یون بی‌کربنات) برای ماه‌های پر آب را نشان می‌دهد. نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که در ماه پر آب روند مثبت تغییرات کیفی آب زیرزمینی برای اکثر ایستگاه‌ها به‌خصوص ایستگاه‌های غرب و جنوب غربی دشت میاندوآب وجود داشت. بیشترین روند مثبت معنی‌دار (در سطح ۱۰ درصد) تغییرات کیفی آب زیرزمینی برای متغیر so_4^{2-} (یون سولفات) در ده ایستگاه در ماه‌های پر آب هست.

بیشترین روند منفی معنی‌دار (در سطح ۱۰ درصد) برای ماه‌های پر آب در سه ایستگاه (پیکار آباد، ساتلمش و ممه دیل) و برای متغیر بی‌کربنات (HCO_3^{-}) و هدایت الکتریکی (EC) حاصل گردید (جدول ۱). البته باید در نظر داشت که روند تغییرات برای این سه متغیر کیفی، در اغلب ایستگاه‌ها مثبت است (جدول ۱) و در این سه ایستگاه (به‌دلیل اثر تزریق آب شیرین رودخانه سیمینه‌رود) روند منفی معنی‌داری مشاهده گردید. مقایسه مقادیر Z برای ماه‌های پرآب نشان می‌دهد که بیشترین مقدار مثبت روند تغییرات برابر ۳/۲۷ و ۳/۲۲ مربوط به متغیرهای کیفی مجموع آنیون‌ها و شوری آب زیرزمینی در ایستگاه بفروان در شمال غربی دشت میاندوآب در ساحل دریاچه ارومیه هست (جدول ۱). در ماه پرآب مجموع کاتیون‌ها در پنج ایستگاه بفروان، اسماعیل کندی، ابراهیم آباد، فسندوز و قجلو واقع در غرب و جنوب دشت میاندوآب روند مثبت معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد داشت و در اطراف رودخانه سیمینه رود (ایستگاه پیکارآباد، شین آباد و ساتلمش) روند تغییرات منفی بود. برای مجموع آنیون‌ها نیز چنین روندی مشاهده شد، ولی تعداد و شدت تغییرات هم در روند مثبت و هم در روند منفی تغییرات بیشتر بود (جدول ۱).

بیشترین مقدار افزایش و کاهش یون کلسیم در ماه پر آب به‌ترتیب در ایستگاه تلخاب در جنوب غربی دشت و ایستگاه حسین آباد جعفر آباد در شرق دشت میاندوآب به‌دست آمد. در ایستگاه‌های فسندوز، بفروان، ملاکندی نیز روند معنی‌دار (در سطح ۱۰ درصد) افزایش یون کلسیم و در ایستگاه پیکار آباد (حوضه تأثیر سیمینه‌رود) روند منفی معنی‌دار برای متغیر یون کلسیم حاصل گردید. نتایج آزمون مان- کندال (MK2) برای متغیر یون منیزیم نشان می‌دهد که روند افزایش این یون طی ده سال در غرب و جنوب دشت میاندوآب (ایستگاه‌های فسندوز، بفروان، اسماعیل کندی و تلخاب) بیشتر از مرکز و شرق این دشت هست. یون سدیم در ایستگاه‌های بفروان، ابراهیم آباد، دوچی، فیروز آباد، یاغلان تپه، قجلو، اسماعیل کندی، حسین آباد روند صعودی معنی‌دار (در سطح ۱۰ درصد) داشت (این ایستگاه‌ها در کل دشت میاندوآب پراکنده می‌باشند).

بیشترین مقدار افزایش درصد سدیم (Na٪) در ایستگاه دوچی در شمال شرقی دشت بود. در ایستگاه-های فیروزآباد، بفروان، ممه دیل، حسین آباد، اسماعیل کندی، تپه رش و یاغلان تپه روند صعودی معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد مشاهده گردید. بیشترین روند نزولی درصد سدیم در ماه پرآب در ایستگاه فسندوز در غرب دشت بود. نسبت جذب سدیم (SAR) در ۹ ایستگاه بفروان، اسماعیل کندی، فیروز آباد، ملاکندی، ابراهیم آباد، دوچی، یاغلان تپه، ممه دیل و قجلو روند صعودی معنی‌داری داشت، ولی در هیچ ایستگاهی روند کاهشی نسبت جذب سدیم معنی‌دار نشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مقادیر آماره Z مان- کندال اصلاح‌شده (MK2) متغیرهای کیفی آب زیرزمینی دشت میاندوآب (۱۳۹۱-۱۳۸۱) در ماه پر آب.

ایستگاه	مجموع کاتیون‌ها	TH	SAR	Na%	Na^{+}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	مجموع آنیون‌ها	SO_4^{2-}	Cl^{-}	HCO_3^{-}	pH	TDS	EC
ابراهیم آباد	۲/۱۰*	۱/۰۲	۲/۰۲*	۱/۱۵	۲/۴۹**	۱/۴۸	۱/۰۱	۱/۸۷	۲/۴۱**	۱/۷۹	-۰/۶۳	۱/۰۲	۲/۵۷**	۲/۵۷**
اسماعیل کندی	۲/۳۱*	۱/۷۷	۲/۶۵**	۱/۷۷	۱/۷۷	۱/۹۸*	۱/۴۶	۲/۱۹*	۱/۸۹	۲/۴۰**	۰/۰۰	۰/۲۱	۲/۴۰**	۲/۴۰**
اوج تپه	۰/۵۴	۰/۳۶	۰/۷۲	۱/۶۱	۰/۱۸	۰/۱۸	-۰/۰۹	۰/۱۸	۰/۰۰	-۰/۱۸	۰/۴۵	۰/۰۰	۰/۵۴	۰/۵۴
بفروان	۲/۶۸**	۲/۵۰**	۲/۶۸**	۲/۱۸*	۲/۶۸**	۲/۶۵**	۲/۱۰*	۳/۲۷**	۲/۶۸**	۲/۴۹**	۱/۴۸	۰/۵۵	۳/۲۲**	۳/۲۲**
پیکارآباد	-۱/۹۵	-۲/۱۱*	-۰/۹۳	۰/۰۰	-۱/۵۶	-۲/۶۵**	-۱/۸۷	-۲/۳۴**	-۲/۰۲*	-۲/۱۰*	-۱/۹۵	۰/۰۸	-۲/۰۲*	-۲/۰۲*
تازه کند	۰-/۷۰	-۰/۰۸	-۱/۲۵	-۰/۷۸	-۱/۲۵	۰/۰۰	-۰/۳۱	-۰/۶۲	-۱/۳۳	-۰/۱۶	-۰/۳۹	-۰/۵۵	-۰/۷۸	-۰/۷۸
تپه رش	-۲/۴۰**	-۲/۴۰**	۰/۰۰	۱/۷۷	-۱/۶۷	-۲/۴۰**	-۱/۵۶	-۲/۸۲**	-۰/۳۱	-۲/۶۱**	۰/۲۱	۱/۲۸	-۲/۱۰*	-۲/۱۰*
تلخاب	۱/۵۶	۲/۱۸*	-۰/۱۶	-۰/۷۸	۰/۷۰	۱/۸۰	۲/۲۶*	۲/۱۸*	۲/۱۸*	۱/۸۰	-۰/۸۶	-۱/۰۹	۱/۵۶	۱/۵۶
حسین آباد	۰/۷۲	-۰/۵۴	۱/۶۱	۱/۷۹	۱/۷۷	-۱/۰۷	۰/۰۰	۰/۸۱	۰/۶۳	۰-/۱۰	۰/۱۸	۰/۰۰	۱/۰۷	۱/۰۷
حسین آباد جعفر آباد	-۰/۳۱	-۱/۵۶	۱/۰۹	۰/۷۸	-۰/۲۳	-۰/۹۳	-۲/۳۲*	-۱/۴۰	-۰/۹۳	۰/۰۰	-۱/۳۲	۰/۵۵	۰/۰۰	۰/۰۰
دوچی	۰/۱۸	-۱/۲۵	۱/۹۸*	۲/۵۰**	۱/۹۸*	-۱/۵۲	-۱/۲۵	۰/۵۴	۱/۹۷*	-۱/۲۵	۱/۱۶	۲/۸۲**	۰/۰۰	۰/۰۰
روستای آتا بلاغی	۰/۹۸	۱/۱۷	۰/۰۰	-۰/۱۸	۰/۵۴	-۰/۷۲	۱/۱۶	۰/۷۲	۰/۸۱	۰/۹۰	۰/۴۵	۱/۸۰	۰/۱۸	۰/۱۸
روستای امیر غایب	-۰/۳۶	-۰/۸۱	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۶۳	-۰/۳۶	-۰/۸۱	۰/۱۸	-۱/۲۶	۰/۰۰	۰/۳۶	-۰/۰۹	-۰/۰۹	-۰/۰۹
روستای حاجی لک	۰/۶۳	۰/۴۵	۰/۳۶	۰/۰۰	۰/۴۵	۰/۸۱	۰/۰۹	۱/۰۷	۱/۷۹	-۰/۱۸	۰/۲۷	-۰/۳۶	۱/۴۳	۱/۴۳
ساتلمش	-۰/۹۸	-۱/۳۴	۰/۰۰	۰/۳۶	-۰/۳۶	-۰/۷۲	-۰/۸۹	-۱/۲۵	-۰/۳۶	۰/۰۰	-۱/۷۹	۰/۱۸	-۱/۷۰	-۱/۷۰
شعبانلو	۱/۳۵	۰/۰۰	۱/۴۳	۱/۰۷	۱/۳۴	-۰/۵۴	۰/۰۰	۰/۶۳	۰/۰۹	۰/۳۶	۰/۰۰	-۱/۶۲	۲/۳۳**	۲/۳۳**
شین آباد	-۰/۸۱	-۰/۳۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۸	-۰/۹۸	-۰/۲۷	-۰/۱۸	-۰/۷۲	-۰/۰۹	۰/۳۶	-۱/۱۷	-۰/۵۴	-۰/۵۴
فسندوز	۱/۹۸*	۲/۶۱**	-۰/۹۴	-۱/۷۷	۰/۷۳	۲/۸۲**	۲/۱۰*	۲/۱۹*	۲/۴۶**	۱/۹۸*	-۰/۷۳	-۰/۱۰	۱/۹۸*	۱/۹۸*
فیروز آباد	۰/۸۹	۰/۵۴	۲/۳۳**	۲/۳۳**	۱/۹۷*	۰/۷۲	۱/۰۷	۱/۱۷	۱/۷۰	۰/۷۲	۰/۷۲	۱/۰۷	۱/۲۵	۱/۲۵
قجلو	۱/۷۹	۰/۳۹	۱/۷۱	۰/۷۸	۱/۷۹	۰/۷۰	-۰/۶۲	۱/۲۵	۱/۷۹	۱/۰۱	۰/۲۳	۱/۱۷	۱/۷۱	۱/۷۱
گزالان	۱/۴۳	۱/۶۱	۰/۸۹	۰/۰۰	۱/۵۲	۱/۵۲	۱/۲۶	۱/۰۷	۱/۱۶	۱/۶۱	-۰/۴۵	۰/۳۶	۱/۷۹	۱/۷۹
ملاکندی	۰/۰۰	۱/۹۵	۲/۰۲*	۰/۱۶	۰/۰۰	۱/۴۰	۱/۹۵	۱/۹۷*	۲/۱۵*	۱/۵۶	۱/۱۷	۰/۳۹	۲/۴۹**	۲/۴۹**
ممه دیل	۰/۳۱	-۱/۴۸	۱/۸۷	۱/۸۷	۱/۰۹	۰/۳۱	-۱/۴۰	-۰/۱۶	۰/۰۸	۱/۷۹	-۲/۱۰*	۱/۶۴	۰/۵۵	۰/۵۵
یاغلان تپه	۰/۰۰	-۰/۶۲	۱/۸۷	۱/۷۱	۱/۸۰	۰/۰۰	-۰/۴۷	-۰/۱۶	-۰/۲۳	-۱/۴۰	۱/۶۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
یوز باشکندی	-۰/۲۳	۰/۰۸	۰/۴۷	۰/۳۱	-۰/۰۸	۱/۰۹	-۰/۳۱	۰/۰۰	۰-/۰۸	۰/۰۰	-۰/۳۱	-۰/۳۱	-۰/۲۳	-۰/۲۳

توجه: ارقام پررنگ نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ده درصد و علامت * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

سختی کل آب در پنج ایستگاه فسندوز، بفروان، تلخاب، ملا کندی و اسماعیل کندی در غرب و جنوب دشت روند صعودی معنی‌دار داشت و این روند در سمت شرق دشت میاندوآب نزولی بود. مقدار بی‌کربنات در ۱۲ ایستگاه روند صعودی داشت، ولی این روند در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار نبود. در ایستگاه‌های ممه دیل، پیکار آباد و ساتلمش روند نزولی بی‌کربنات در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار شد. مقدار یون کلر در شش ایستگاه در غرب و جنوب به‌طور معنی‌داری افزایش‌یافته است و فقط در دو ایستگاه روند نزولی این متغیر کیفی معنی‌دار بوده است. در ایستگاه‌های یوز یاشکندی، ساتلمش، حسین‌آباد و جعفرآباد مقدار این متغیر تغییری در طی یک دوره ده ساله نداشته است. برای یون سولفات (SO_4^{2-}) روند مشابهی مشاهده گردید، ولی شدت روند افزایش میزان یون سولفات بیشتر و روند نزولی آن کمتر بوده است. اسیدیته (pH) در ۱۲ ایستگاه روند صعودی و در ۱۰ ایستگاه روند نزولی داشت که در دو ایستگاه دوچی (مرکز دشت) و ایستگاه روستای آتابلاغی (جنوبی‌ترین ایستگاه) مقدار تغییرات به‌طور معنی‌داری (در سطح یک و ده درصد) افزایشی بود. مقدار اسیدیته در سه ایستگاه یاغلان تپه، اوج تپه و حسین آباد تغییری نداشته است.

نتایج آزمون مان-کندال اصلاح‌شده برای ماه کم آب

مقایسه مقادیر Z محاسبه‌شده برای ماه کم آب در جدول ۲ با مقادیر Z در ماه پر آب (جدول ۱) نشان می‌دهد که تغییرات کیفی آب زیرزمینی در ماه کم آب نیز مشابه ماه پر آب، در بیشتر مناطق دشت روندی صعودی (ولی با سطح معنی‌داری کمتر) داشته است. بیشترین روند صعودی معنی‌دار (در سطح ۱۰ درصد) کیفیت آب زیرزمینی در ماه کم آب برای متغیر کیفی یون سدیم (Na^+) در هشت ایستگاه و بیشترین روند نزولی معنی‌دار (در سطح ۱۰ درصد) برای متغیر یون کلسیم (Ca^{2+}) و برای هفت ایستگاه در شرق دشت (زیر حوضه‌های سیمینه‌رود و زرینه‌رود) بود. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که در ماه کم آب اسیدیته آب زیرزمینی (pH) در ۲۰ ایستگاه از دشت روند صعودی داشت و فقط در سه ایستگاه یاغلان تپه، یوزباشکندی و تلخاب این روند منفی بود. بیشترین صعود متغیرهای کیفی (مقدار مثبت آماره Z مان- کندال برابر ۳/۴۴) در ماه کم آب در ایستگاه اسماعیل کندی در جنوب دشت برای مجموع کاتیون‌ها و بیشترین روند نزولی برای متغیر یون کلسیم در ایستگاه دوچی در مرکز دشت میاندوآب بود. مجموع کاتیون‌ها در هفت ایستگاه اسماعیل کندی، فیروز آباد، فسندوز، قجلو، بفروان، حسین آباد و ممه دیل، روندی صعودی معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد داشت. مقایسه مجموع کاتیون‌ها در ماه کم آب و پر آب نشان می‌دهد که در ماه کم آب روند صعودی به‌دلیل کاهش جریان در رودخانه‌های سیمینه‌رود و زرینه‌رود در این ماه بیشتر شده و نه‌تنها در بخش‌های غربی و جنوبی دشت، بلکه در برخی از ایستگاه‌های شرقی نیز روند تغییرات کاتیون‌ها صعودی بوده است (جدول ۲). مقایسه مقدار مجموع آنیون‌ها در دو ماه کم آب و پر آب نشان می‌دهد روند افزایش این متغیر در ماه کم آب نسبت به ماه پر آب کاهش داشته است و تغییرات مکانی چندان قابل‌توجه نیست ولی شدت افزایش یا کاهش در ایستگاه‌های اندازه‌گیری متفاوت بوده است. بیشترین مقدار روند صعودی یون کلسیم در ماه کم آب در ایستگاه اسماعیل کندی (جنوب) بود و در ایستگاه‌های فیروز آباد و بفروان نیز معنی‌دار (در سطح ۱۰ درصد) شد. درحالی‌که در ماه پر آب بیشترین میزان افزایش این یون در ایستگاه تلخاب (جنوب غربی) هست. این نشان می‌دهد که روند صعودی تغییرات کلسیم از بخش غربی دشت در ماه پر آب به‌سمت جنوب و مرکز ادامه می‌یابد. برای یون منیزیم نیز چنین روندی برای ماه‌های پر آب و کم آب مشاهده شد.

تغییرات درصد سدیم (Na٪) در ماه کم آب برای ایستگاه‌های دوچی، روستای حاجی لک، تازه کند و فیروز آباد روند صعودی معنی‌دار (در سطح ۱۰ درصد) داشت. بیشترین روند نزولی درصد سدیم در ایستگاه تلخاب بود که ازنظر آماری معنی‌دار نشد. مقایسه نتایج جدول ۱ و ۲ نشان می‌دهد که طی دهه اخیر درصد سدیم در ماه کم آب نسبت به ماه پر آب

Archive of SID

www.SID.ir

تغییرات کمتری داشته است. نسبت جذب سدیم (SAR) در ماه کم آب در پنج ایستگاه دوچی، روستای حاجی لک، قجلو، بفروان و فیروز آباد روند صعودی معنی‌داری داشت و در ایستگاه یاغلان تپه (مرکز دشت) و تلخاب (در جنوب) این روند به‌طور معنی‌داری (در سطح ۱۰ درصد) نزولی بود. در ایستگاه یاغلان تپه و هشت ایستگاه دیگر دشت میاندوآب برای ماه پر آب روند تغییرات نسبت جذب سدیم صعودی و معنی‌دار بود. مقدار سدیم (Na^+) در ماه‌های کم آب و پر آب روندی مشابه (از نظر مکان) داشت ولی مقدار و سطح معنی‌داری تغییرات متفاوت بود. در ماه کم آب تغییرات غلظت یون سدیم در ایستگاه‌ها بیشتر است.

در ماه کم آب روند تغییرات بی‌کربنات در آب زیرزمینی دشت میاندوآب برای ۱۸ ایستگاه نزولی (در ۴ ایستگاه معنی‌دار) و پنج ایستگاه صعودی غیر معنی‌دار و در دو ایستگاه بدون تغییر بود. به‌طورکلی روند تغییرات بی‌کربنات در ماه کم آب نزولی‌تر از ماه پر آب شده است. بیشترین روند منفی تغییرات یون بی‌کربنات در ماه کم آب در مرکز و جنوب دشت و در ماه پر آب در مرکز و شرق دشت هست. در ماه پر آب بیشترین روند صعودی تغییرات بی‌کربنات در ایستگاه یاغلان تپه بود، درحالی‌که در این ایستگاه در ماه کم آب بیشترین روند نزولی یون بی‌کربنات مشاهده شد. سختی کل آب (TH) در ایستگاه اسماعیل کندی، فسندوز، فیروز آباد و بفروان واقع در غرب و جنوب غربی دشت افزایش معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد داشت. در ماه کم آب یون سولفات (SO_4^{2-}) در هفت ایستگاه روند صعودی معنی‌داری داشت. روند افزایشی یون سولفات در ماه پر آب بیشتر (در ده ایستگاه معنی‌دار شد) از ماه کم آب بود. روند تغییرات یون کلر در ماه کم آب مشابه ماه پر آب بود، ولی تعداد ایستگاه‌های بیشتری روند صعودی این یون را داشت. مجموع مواد معلق در آب (TDS) و هدایت الکتریکی آب زیرزمینی (EC) در ماه کم آب در هفت ایستگاه و در ماه پر آب در هشت ایستگاه افزایش معنی‌داری داشت. در ماه پر آب بیشترین روند افزایش این متغیرها در قسمت غرب و جنوب غربی و در ماه کم آب در اطراف رودخانه سیمینه‌رود و شمال دشت روند نزولی بود.

شکل ۲ نقشه‌های تغییرات مکانی روند شوری (هدایت الکتریکی) و نسبت جذب سدیم (SAR) آب زیرزمینی دشت میاندوآب در ماه‌های پرآب و کم آب را نشان می‌دهد. نتایج این شکل نشان می‌دهد که طی دهه اخیر در ماه پرآب روند صعودی افزایش شوری آب زیرزمینی در جنوب و غرب دشت (سمت دریاچه ارومیه) افزایش‌یافته است. درحالی‌که در ماه کم آب روند صعودی کمتر بوده ولی جبهه شوری به‌سمت غرب و شمال غرب دشت پیش رفته است. علت این امر می‌تواند خشک شدن دریاچه ارومیه و کاهش جریانات رودخانه سیمینه‌رود و اثرگذاری آن و همچنین افت سطح آب‌های سطحی در دو رودخانه سیمینه‌رود و زرینه‌رود در ماه کم آب درنتیجه افزایش شوری هست. مقایسه نقشه‌های تغییرات نسبت جذب سدیم نشان می‌دهد که روند تغییرات نسبت جذب سدیم در ماه پرآب اندکی بیشتر از ماه کم آب بوده و در مرکز دشت از روند صعودی بیشتری برخوردار است. در شکل‌های ۲ تا ۴ برای ماه پر آب و به‌ویژه برای EC به‌خوبی نشان داده می‌شود که در ساحل دریاچه ارومیه روند تغییرات به‌شدت صعودی بوده است.

نمودار باکس و ویسکر (شکل ۶) نشان می‌دهد که میانه تغییرات برای ماه پر آب به‌میزان ۲۰ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر افزایش‌یافته که در طول ده سال ۲۰۰ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر به هدایت الکتریکی آب زیرزمینی این دشت افزوده‌شده است که می‌تواند به‌علت خشک شدن دریاچه ارومیه باشد و برای ماه خشک این مقدار ۱۳/۷۵ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر هست. همچنین میانه این تغییرات در ماه پر آب به‌علت زه‌دار بودن اراضی در غرب دشت بیشتر از ماه کم آب است. مقدار چارک اول تغییرات در هر دو ماه منفی بوده است و برای چارک سوم نیز در هر دو ماه مثبت و فاصله و واریانس تغییرات چارک‌ها در ماه پر آب بیشتر از ماه کم آب بود. با توجه به نقشه منطقه در ایستگاه‌های جنوب و جنوب شرقی و مرکز دشت، شدت تغییرات کمتر و در ایستگاه‌های شمال و شمال غربی و

Archive of SID

www.SID.ir

به‌خصوص ساحل دریاچه ارومیه شدت این تغییرات بیشتر است که در این ایستگاه‌ها مقدار تغییرات از مقدار میانه بیشتر است و با سرعت بیشتری به هدایت الکتریکی آب زیرزمینی این ایستگاه‌ها اضافه‌شده است.

نمودار باکس ویسکر مربوط به متغیر SAR نشان می‌دهد میانه تغییرات برای ماه پر آب ۰/۱۴۸ برای ماه کم آب در حدود ۰/۰۵۷ در سال است (شکل ۳). این مقادیر نشان می‌دهد که مقدار SAR هر ده سال ۱/۴۸ واحد برای ماه پر آب و ۰/۵۷ واحد برای ماه کم آب افزایش‌یافته است. بنابراین کیفیت آب زیرزمینی در دشت مذکور به‌تدریج ازنظر متغیر نسبت جذب سدیم کاهش‌یافته است و در ماه کم آب کیفیت آب بهتر از ماه پرآب است. فاصله صدک‌های ۲۵ و ۷۵ در ماه کم‌آب کمتر از ماه پرآب هست. بنابراین تغییرات شیب خط روند برای ۵۰ درصد ایستگاه‌ها در ماه پرآب بیشتر از ماه کم‌آب هست. همچنین نتایج شکل ۳ نشان می‌دهد که واریانس تغییرات SAR برای ماه کم آب بیشتر است درصورتی‌که فاصله چارک اول و سوم برای ماه پرآب بیشتر است که نشان‌دهنده تغییرات بیشتر در ماه پرآب است.

به‌طورکلی کیفیت آب زیرزمینی در دشت میاندوآب در طی دهه اخیر (۱۳۹۱- ۱۳۸۱) کاهش‌یافته است که میزان افت کیفیت آب زیرزمینی دشت مورد مطالعه در ماه پرآب بیشتر از ماه کم آب هست. وجود جریانات رودخانه‌ای (زرینه‌رود، سیمینه‌رود و مردوق چای) در شرق دشت میاندوآب و افت سطح آب زیرزمینی در برخی از مناطق دشت بالا بودن لایه غیرقابل نفوذ و سطح آب زیرزمینی در برخی از مناطق دیگر (غرب)، همچنین وجود سازندهای آهکی (سازند قم)، واحدهای آهکی- مارنی کرتاسه و ژوراسیک و واحد دولومیتی سازند سلطانیه به‌عنوان عمده‌ترین سازندهای دشت و همچنین خشک شدن دریاچه ارومیه و کمبود آورد رودخانه‌های این حوضه می‌تواند بر روند این تغییرات مؤثر باشد. اصغری مقدم و همکاران (۱۳۸۱) با رفتارسنجی کیفی از منابع آب زیرزمینی سطحی دشت دلتای زرینه‌رود شامل اندازه‌گیری مقادیر عناصر اصلی، فلزات سنگین و عناصر کمیاب، در چهار نوبت فصلی سال آبی ۱۳۸۸- ۱۳۷۷ و اندازه‌گیری هم-زمان کمی از سطوح آب سفره آب زیرزمینی سطحی و دبی آب‌های سطحی منطقه نشان دادند که در مناطقی که بافت خاک دانه‌ریز بوده و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی تنها از طریق بستر آبرفتی رودخانه‌های جاری صورت می‌گیرد، مدیریت نامناسب و برداشت بی‌رویه آب سطحی منجر به افت کیفیت منابع آب زیرزمین سفره‌های سطحی و توسعه آلودگی آن‌ها می‌گردد. احدنژاد روشتی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت باروق (هم‌جوار با دشت میاندوآب) نشان دادند. که وجود سازندهای دورود و روته بامیان لایه‌هایی ازشیل‌های نمکی در منطقه، برداشت بیش‌ازحد از منابع آب زیرزمینی و تغذیه آب‌های زیرزمینی دشت از آب رودخانه قوری-چای در قسمت شرق دشت سبب شده است که از شرق به غرب میزان هدایت الکتریکی افزایش پیدا کند. دانشور وثوقی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی تغییرات کیفی آب زیرزمینی دشت اردبیل نشان دادند که در ماه پر آب در ۲۳ درصد مشاهده‌ها روند صعودی معنی‌دار و در ماه کم آب در ۱۹/۵ درصد از مشاهده‌ها روند نزولی معنی‌دار بود. دشت اردبیل سالانه به‌طور متوسط ۲۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر هدایت الکتریکی آب زیرزمینی این دشت اضافه می‌شود که این رقم با یافته-های ما برای دشت میاندوآب یکسان است. اکرامی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی روند تغییرات کمی کیفی آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان به این نتیجه رسیدند که سطح آب زیرزمینی در ۴ دهه اخیر از روند نزولی برخوردار بوده و متوسط افت سطح ایستابی، حدود ۰/۵ متر در سال هست. هم‌چنین نتایج حاصل از تغییرات کیفیت آب در دهه اخیر نشان داد که با افزایش تکرار خشک‌سالی و افت شدید سفره آب زیرزمینی، کیفیت آب زیرزمینی، خصوصاً در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۹ دارای روند نزولی و پارامتر هدایت الکتریکی دارای روند افزایشی بوده است. اکرامی و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که در طی۵۰ سال اخیر، تکرار وقوع خشک‌سالی اقلیمی در دهه اخیر نسبت به چهار دهه گذشته، ۴ برابر شده است و به‌دلیل خشک‌سالی، افزایش جمعیت، برداشت بی‌رویه و توسعه صنعتی آب‌های زیرزمینی این منطقه از نظر کمیت و کیفیت دارای روند نزولی شده‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir

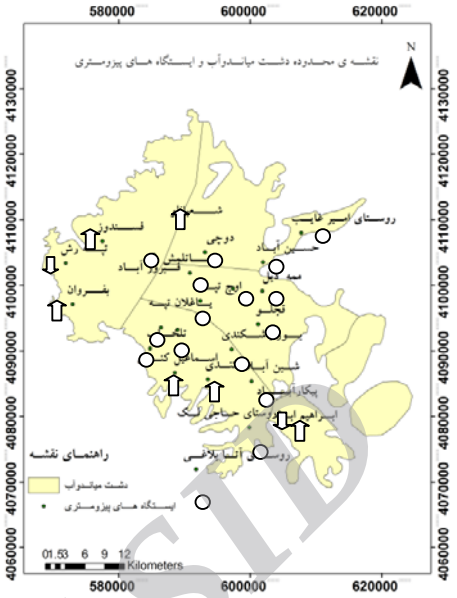
جدول۲- مقادیر آماره Z من- کندال اصلاح‌شده (MK2) متغیرهای کیفی آب زیرزمینی دشت میاندوآب (۱۳۹۱-۱۳۸۱) در ماه کم آب

ایستگاه	مجموع کاتیون ها	TH	SAR	Na%	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	مجموع آنیون‌ها	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	pH	TDS	EC
ابراهیم آباد	۰/۹۴	۰/۱۰	۱/۱۵	۰/۵۲	۲/۲۰*	۱/۶۸	-۰/۱۰	۱/۸۸	۲/۶۱**	۱/۱۵	-۰/۷۳	۰/۰۰	۱/۷۷	۱/۷۷
اسماعیل کندی	۳/۴۴**	۳/۲۳**	۲/۳۳**	-۰/۳۶	۲/۸۲**	۳/۰۲**	۲/۲۰*	۳/۰۲**	۲/۵۰**	۳/۰۲**	۰/۳۶	۰/۳۶	۳/۲۲**	۳/۲۳**
اوج تپه	۰/۸۱	۰/۶۳	۰/۹۹	۰/۲۷	۰/۸۱	۰/۹۹	۰/۸۱	۱/۱۷	۱/۸۹	۱/۰۸	-۰/۶۳	۰/۶۴	۱/۳۵	۱/۳۵
بفروان	۲/۳۳**	۱/۸۸	۱/۹۷*	۱/۲۵	۲/۱۵*	۲/۰۷*	۱/۷۹	۲/۱۵*	۲/۷۸**	۲/۰۷*	۰/۰۹	۰/۰۰	۲/۵۰**	۲/۵۰**
پیکارآباد	-۱/۶۱	-۲/۳۳**	۰/۰۰	۰/۵۴	-۰/۸۱	-۱/۴۳	-۱/۰۷	-۱/۴۳	-۰/۴۵	-۲/۲۴*	-۰/۱۸	۰/۸۹	-۱/۷۹	-۱/۷۹
تازه کند	-۱/۹۷*	-۱/۷۰	۰/۱۸	۱/۷۹	-۰/۸۹	-۱/۴۳	-۱/۷۰	-۱/۸۰	-۰/۸۱	-۱/۶۱	-۰/۹۸	۰/۴۵	-۱/۵۲	-۱/۵۲
تپه رش	-۱/۶۱	-۰/۸۷	-۰/۷۳	۱/۵۶	-۱/۹۸*	۰/۰۰	-۱/۸۶	-۱/۶۱	-۱/۷۷	-۱/۶۱	۰/۱۰	۱/۱۵	-۱/۳۶	-۱/۳۶
تلخاب	-۰/۳۶	۰/۹۸	-۱/۷۹	-۱/۶۱	-۰/۸۹	۰/۶۳	۰/۷۲	-۰/۲۷	-۰/۱۸	۰/۱۸	-۱/۷۰	۱/۷۰-	۰/۱۸	۰/۱۸
حسین آباد	۱/۸۹	۰/۹۴	۱/۵۶	۰/۳۱	۱/۸۲	۱/۵۶	-۱/۶۸	۰/۹۴	۰/۸۴	۰/۸۳	-۰/۱۰	۱/۵۶	۰/۹۴	۰/۹۴
حسین آباد جعفر آباد	-۰/۱۸	-۰/۰۹	۰/۰۰	۰/۱۸	-۰/۷۲	۰/۱۸	-۰/۰۹	۰/۰۰	۰/۸۱	-۰/۵۴	۰/۲۷	۰/۸۱	۰/۰۰	۰/۰۰
دوچی	-۲/۱۵*	-۲/۱۹*	۰/۱۸	۳/۰۴**	-۰/۷۲	-۱/۸۹	-۲/۸۲**	-۱/۹۷*	-۰/۴۵	-۲/۶۸**	-۰/۲۷	۱/۹۷*	-۱/۹۷*	-۱/۹۷*
روستای آتا بلاغی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۱	۰/۰۰	-۰/۳۲	۰/۴۲	۰/۰۰	-۰/۶۳	-۰/۱۱	-۱/۰۷	۰/۰۰	۱/۶۸	۰/۲۱	۰/۲۱
روستای امیر غایب	-۱/۵۶	-۱/۷۷	-۱/۳۶	۱/۳۶	۰/۵۲	-۱/۰۶	-۲/۳۵**	-۱/۳۶	-۰/۸۴	۰/۴۲	۰/۹۴	۱/۴۷	-۰/۸۴	-۰/۸۴
روستای حاجی لک	-۰/۹۰	-۱/۴۳	۲/۲۴*	۲/۴۲**	۱/۶۱	-۰/۳۶	-۱/۸۸	-۰/۵۴	۱/۱۶	۰/۵۵	-۱/۹۷*	۰/۸۹	۰/۱۸	۰/۱۸
ساتلمش	۰/۳۶	۰/۰۰	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۴۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۸۹	۱/۰۷	-۰/۴۵	۰/۰۰	۲/۰۶*	۰/۵۴	۰/۵۴
شعبانلو	۰/۳۶	۰/۰۰	۰/۷۲	۰/۳۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۶۳	۰/۴۵	-۰/۱۸	-۰/۵۴	۲/۰۶*	۰/۱۸	۰/۱۸
شین آباد	-۱/۶۱	-۱/۷۰	۰/۱۸	۰/۰۰	۰/۳۶	-۰/۹۸	-۱/۸۰	-۱/۰۷	-۰/۸۱	۰/۰۹	-۰/۹۸	۲/۱۶*	-۰/۷۲	-۰/۷۲
فسندوز	۲/۶۱**	۲/۸۶**	۱/۰۷	-۱/۲۵	۲/۴۰**	۲/۴۰**	۱/۶۱	۲/۸۲**	۱/۸۸	۲/۳۳**	-۰/۸۹	۰/۲۷	۳/۰۲**	۳/۰۲**
فیروز آباد	۲/۶۱**	۲/۴۰**	۱/۷۷	۱/۷۷	۲/۴۰**	۳/۰۲**	۱/۷۹	۲/۴۰**	۲/۰۷*	۲/۴۰**	-۰/۸۹	۱/۷۰	۲/۸۲**	۲/۸۲**
قجلو	۲/۵۰**	۰/۵۲	۲/۱۰*	۱/۳۶	۲/۳۵**	-۰/۱۰	۲/۱۰*	۲/۶۰**	۱/۲۵	۱/۴۶	۱/۶۱	۲/۵۰**	۲/۵۰**	۲/۵۰**
گزالان	۰/۵۴	۰/۱۸	۱/۴۳	-۰/۱۸	۱/۰۷	۰/۰۰	-۰/۳۶	۰/۵۴	۱/۱۷	۰/۵۴	-۱/۷۰	۰/۲۷	۰/۶۱	۰/۰۰
ملاکندی	۱/۶۱	۰/۱۸	۰/۰۰	-۰/۷۲	۱/۷۹	۰/۷۲	۰/۱۸	۰/۷۲	۱/۰۷	۰/۱۸	-۰/۳۶	۰/۶۳	۱/۰۷	۱/۰۷
ممه دیل	۱/۷۷	-۰/۳۱	۱/۵۶	۱/۵۶	۱/۹۸	۱/۳۶	-۰/۷۳	۱/۵۶	۰/۸۳	۲/۴۰**	-۱/۳۶	۱/۶۷	۲/۶۲**	۲/۶۲**
یاغلان تپه	۱/۰۷	-۱/۷۹	۰/۸۹	۱/۶۱	-۱/۰۷	-۰/۸۹	-۲/۱۵*	-۱/۴۳	-۲/۶۸**	-۰/۰۹	۰/۵۴	-۱/۲۵	-۱/۲۵	-۱/۲۵
یوز باشکندی	-۱/۳۴	-۰/۵۴	-۱/۰۷	-۰/۷۲	-۱/۰۷	۰/۰۹	-۰/۵۴	-۱/۴۳	-۰/۲۷	-۰/۰۹	-۱/۷۰	۰/۹۸	-۱/۱۶	-۱/۱۶

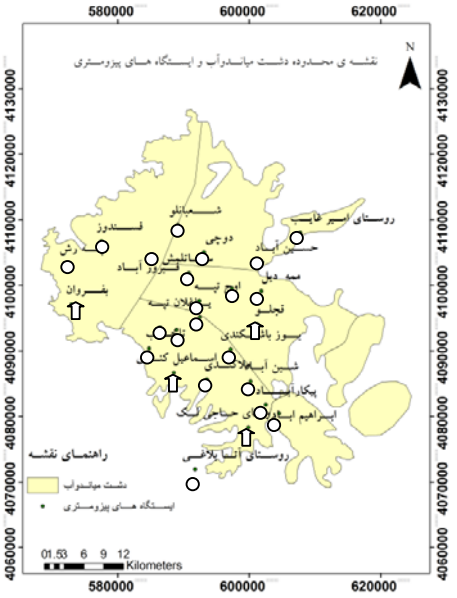
توجه: ارقام پررنگ نشان دهنده معنی‌داری در سطح ده درصد و علامت * و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد هست.

Archive of SID

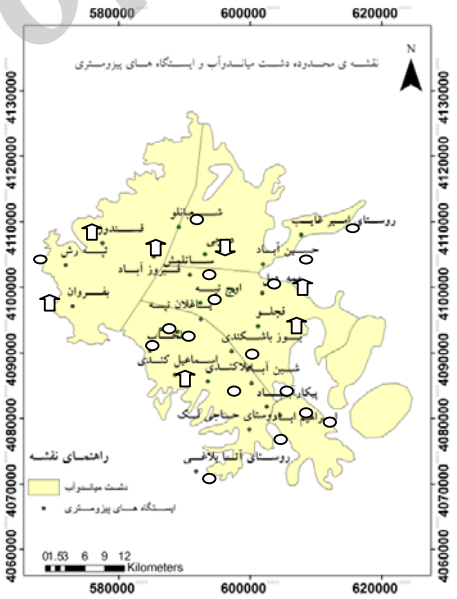
www.SID.ir



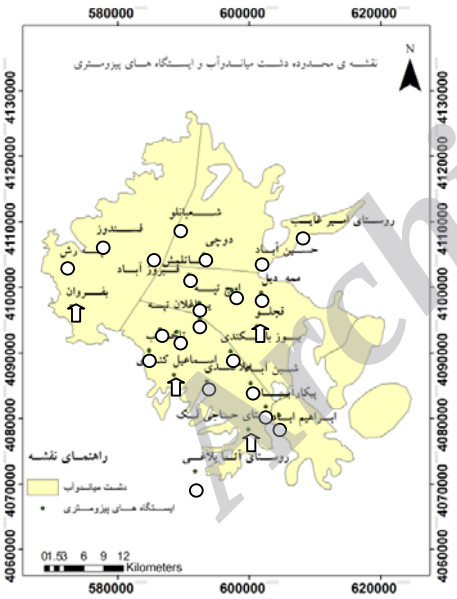
شکل ۲- نقشه روند تغییرات هدایت الکتریکی (EC) آب زیرزمینی در ماه پر آب در دشت میاندوآب.



شکل ۳- نقشه روند تغییرات برای نسبت جذب سدیم (SAR) برای ماه پرآب.



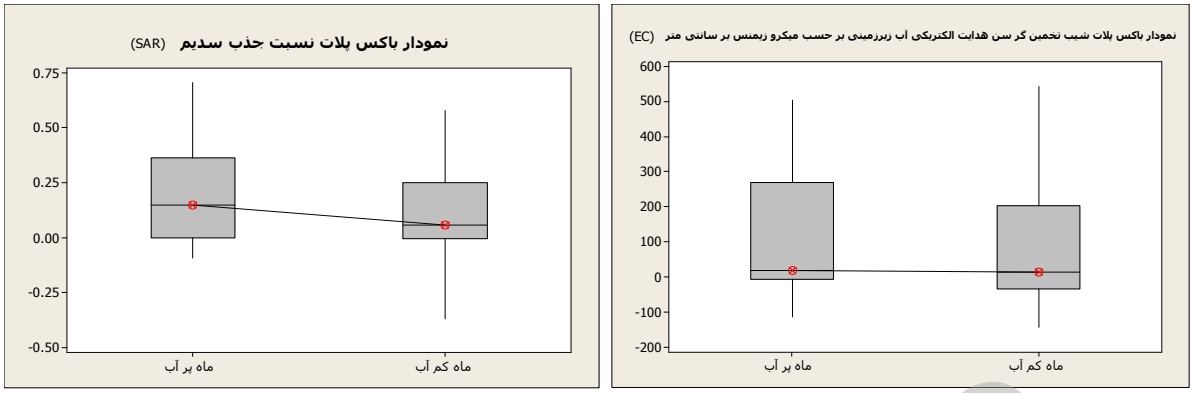
شکل ۴- نقشه روند تغییرات برای هدایت الکتریکی (EC) برای ماه کم آب.



شکل ۵- نقشه روند تغییرات برای نسبت جذب سدیم (SAR) برای ماه کم آب.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۶ – نمودار باکس و ویسکر شیب خط روند متغیرهایEC(سمت راست) و SAR (سمت چپ) در دشت میاندوآب.

قاسمی و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی پارامترهای کیفی در دشت همدان- بهار به این نتیجه رسیدند که علی‌رغم عدم معنی‌داری زمانی در سطح یک درصد، کاهش کیفیت آب در طول زمان به خاطر کاهش حجم ذخایر آبخوان صورت پذیرفته است.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اهمیت بررسی روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در دشت‌های کشور در این مطالعه روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت میاندوآب برای ۱۴ متغیر کیفی و طی یک دوره ده ساله (۱۳۹۱- ۱۳۸۱) برای ماه‌های پر آب و کم آب بررسی گردید. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در ماه پر آب بیشترین افزایش صعودی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی در جنوب و غرب دشت میاندوآب و بیشترین روند نزولی در قسمت شرق و شمال دشت مشاهده گردید. در ماه‌های کم آب با کاهش سطح آب زیرزمینی علاوه بر مناطق غربی قسمتی از شرق دشت نیز تحت تأثیر کاهش کیفیت آب زیرزمینی قرارگرفته است. از بین مشاهده‌های ماه پر آب، روند صعودی معنی‌دار (در سطح ۱۰ درصد) برای ۲۳/۷ درصد از مشاهده‌ها و روند منفی برای ۶/۳ درصد از مشاهده‌ها به‌دست آمد. در ۷۰ درصد از مشاهده‌ها هیچ تغییر معنی‌داری (در سطح ۱۰ درصد) نبود. برای ماه کم آب ۲۲ درصد روند صعودی معنی‌دار، ۱۰ درصد روند نزولی معنی‌دار و ۶۸ درصد بدون روند معنی‌دار بودند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که میزان افت کیفیت آب زیرزمینی در ماه پر آب کمی بیشتر از ماه کم آب هست. همچنین از نقشه‌های تغییرات مکانی روند می‌توان استنباط کرد که کیفیت آب زیرزمینی در ساحل دریاچه ارومیه به‌ویژه برای شوری و در ماه پر آب به‌شدت تحت تأثیر قرار گرفته است. پیشنهاد می‌شود با توجه به روند کاهش کیفیت آب زیرزمینی دشت میاندوآب طی دهه ۱۳۹۱-۱۳۸۱ به‌خصوص در جنوب و غرب دشت، بررسی جامعی بر روی علل افت کیفیت آب صورت گیرد.

منابع مورد استفاده

احدنژاد روشتی ا، اصغری مقدم ا و صدیق ح، ۱۳۹۱. بررسی عوامل مؤثر بر کیفیت منابع آبی زیرزمینی دشت باروق. صفحه‌های ۱۱۰ تا ۱۲۱. اولین همایش زمین‌شناسی فلات ایران. مرکز بین‌المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، ۱۰ تا ۱۱ اسفند، کرمان.

Archive of SID

www.SID.ir

اصغری مقدم ا، علیپور ص و همتی ع، ۱۳۸۱. ارزیابی مدیریت نامناسب آب‌های سطحی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی سطحی دشت میاندوآب. صفحه‌های ۸۰ تا ۹۲. ششمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، ۵ تا ۷ شهریور، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان.

اکرامی م، شریفی ذ، ملکی نژاد ح و اختصاصی م،۱۳۹۰. بررسی تغییرات مکانی منابع آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان در دهه ۱۳۷۹– ۱۳۸۸. مجله طلوع بهداشت، سال ۱۰، شماره ۲، سال دهم، صفحه‌های ۸۲ تا ۹۱.

چیت‌سازان م، میرزایی ی، محمدی بهزاد ح، شبان م، غفاری ح و موسوی ف، ۱۳۸۸. تأثیر خشکسالی بر کمیت و کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی دشت خویس. صفحه‌های ۷۰ تا ۷۷. دومین همایش ملّی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن. ۳۰ الی ۳۱ اردیبهشت، اصفهان.

دانشور وثوقی ف، دین‌پژوه ی، اعلمی مت و قربانی مع، ۱۳۹۰. تجزیه‌وتحلیل روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت اردبیل با استفاده از آزمون ناپارامتری مان- کندال. نشریه مهندسی عمران و محیط زیست، جلد ۴۰، شماره ۳، صفحه‌های ۲۸ تا ۳۷.

دانشور وثوقی ف و دین‌پژوه ی، ۱۳۹۱. بررسی روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت اردبیل با استفاده از روش اسپیرمن. مجله محیط‌شناسی، سال ۳۸، شماره ۴، صفحه‌های ۱۷ تا ۲۸.

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

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

گیتی ع، ۱۳۷۹. بررسی افت آب‌های زیرزمینی دشت ورامین و رابطه آن با کیفیت آب‌ها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

محمدی م، محمدی قلعه‌نی م و ابراهیمی ک، ۱۳۹۰. تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت قزوین. مجله پژوهش آب ایران، شماره ۸، صفحه‌های ۴۱ تا ۵۲.

ملکوتیان م و کرمی ا، ۱۳۸۳. بررسی روند تغییرات کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی دشت بم و بروات طی سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۷۶. مجله پزشکی هرمزگان سال ۸، شماره ۲، صفحه‌های ۱۰۹ تا ۱۱۶.

مصلح ل و هاشمی سح، ۱۳۹۱. تحلیل روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی مطالعه موردی، دشت دزفول-اندیمشک. صفحه های ۹۱ تا ۱۰۹. اولین همایش ملی جریان و آلودگی آب. اول تا دوم اردیبهشت ماه، دانشگاه تهران، تهران.

قاسمی ع، زارع ابیانه ح، شهسوار ا و یعقوبی کیکله ب، ۱۳۸۹. بررسی تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت همدان – بهار. گیاه و زیست بوم، پاییز، سال ۶، شماره ۲۳، صفحه‌های ۱۰۹ تا ۱۲۷.

Elci A, Polat R, 2011. Assessment of the statistical significance of seasonal groundwater quality change in karstic aquifer system near Izmir-Turkey. Environmental Monitoring and Assessment 172(1-4):445-462.

Houben G, Tunnermeier T, Eqrar N and Himmelsbach T, 2009. Hydrogeology of the Kabul Basin (Afghanistan), part I: groundwater geochemistry. Hydrogeology Journal 17: 935–948.

Kannel PR, Lee S and Lee Y.S, 2008. Assessment of spatial–temporal patterns of surface and ground water qualities and factors influencing management strategy of groundwater system in an urban river corridor of Nepal. Journal of Environmental Management. 86: 595–604.

Kendall MG, 1975. Rank Correlation Measures. Charles Griffin, London.

Ketata M, Hamzaoui F, Gueddari M, Bouhila R and Riberio L, 2010. Hydrochemical and statistical study of groundwater in Gabes-South deep aquifer (South-eastern Tunisis). Physics and Chemistry of the Earth 36: 187- 196.

Kumar S, Merwade V, Kam J and Thurner K, 2009. Streamflow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains. Journal of Hydrology 374:171-183.

Archive of SID

www.SID.ir

Mann HB, 1945. Non-parametric test against trend. Econometrica 13, Mathsci Net, p. 245-259.

Partal T and Kahya E, 2006. Trend analysis in Turkish precipitation data. Hydrological Processes 20(9): 2011-2026.

Panda K, Mishra A, Jena SK, James BK and Kumar A, 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 the regression coefficient based on Kendall's tau, Journal of the American Statistical Association. 63(324): 1379–1389.

Tayfur G, Kirer T and Baba A, 2008. Groundwater quality and hydrogeochemical properties of Torbalı Region, Izmir, Turkey. Environmental Monitoringand Assessment 146(1): 157-169.

Archive of SID

www.SID.ir