Archive of SID

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران
دانشگاه تهران، تهران
۲۶ و ۲۷ بهمن‌ماه ۱۳۹۵

1099P-NWWCE

تحلیل روند افت تراز آب زیرزمینی در دشت ارومیه

سحر حسنی[۱]، یعقوب دین‌پژوه[۲]
۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، رشته مهندسی منابع آب دانشگاه تبریز
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه تبریز

Ghazalhassani321@yahoo.com

خلاصه

در این مطالعه با توجه به آمار ۵۱ چاه مشاهداتی دشت ارومیه، روند تغییرات آب زیرزمینی بررسی شد. از داده‌های تراز آب در دوره آماره ۱۳۹۴-۱۳۸۰ و از آزمون من‌کندال اصلاح شده و نیز شیب خط روند سن استفاده شد. نتایج نشان داد که همه ضرایب خودهمبستگی حداقل در یک مورد در سطح ۱۰٪ معنی‌داری بودند قدر مطلق آماره Z پس از اصلاح آن تا حدودی کاهش یافت. با توجه به نتایج، افت تراز آب زیرزمینی در ۳۴ ایستگاه در سطح ۱۰٪ معنی‌دار بود؛ که از بین آن‌ها می‌توان به ایستگاه‌های کریم‌آباد، قهرمانلوی‌علیا و مقدم اشاره کرد. ایستگاه‌های پشت پلیس‌راه مهاباد، قره‌گوزسلیم‌آقا و عربلوی‌باراندوز نیز روند منفی (α=۰/۰۵) داشتند. نتایج حاکی از منفی بودن شیب خط روند در اکثر ایستگاه‌ها بود. تندترین شیب منفی ۰/۰۹- متر در ماه (ساعتلوی‌بیگلر) بدست آمد. در حالت کلی می‌توان نتیجه گرفت که تراز آب زیرزمینی دشت ارومیه با شیب تندی در حال نزول است.

کلمات کلیدی: آب زیرزمینی، دشت ارومیه، من‌کندال، تخمین‌گر سن.

۱. مقدمه

آب یکی از عناصر طبیعی است که کلیه موجودات زنده از جمله انسان به‌طور مستمر در هر زمان و مکانی به آن نیازمند است. آب‌های زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده نیازهای آب در کشور ما محسوب می‌شود. حوضه دریاچه ارومیه یکی از کانون‌های ارزشمند فعالیت‌های کشاورزی و دامداری در ایران بشمار می‌رود. بهره‌برداری‌های بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در ایران (به‌ویژه در دشت ارومیه) در سال‌های اخیر باعث افت تراز آب زیرزمینی شده است. روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در نقاط مختلف جهان و ایران به‌طور وسیعی مطالعه شده است. مثلاً [1] گرلس و همکاران (۱۹۹۴) نوسانات تراز آب زیرزمینی را در کشور هلند تحلیل نمودند. [۲] زحمتکش و همکاران (۱۳۸۰) نوسانات سفره‌های آب زیرزمینی کم‌عمق حاشیه پلایا در سمنان را برای ۱۰ چاهک در سال آبی ۲۰۰۰ – ۱۹۹۹ بررسی نمودند. [۳] بیضایی و محمدی (۱۳۸۲) اثر خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی دشت نیشابور را بررسی کردند. [۴] عزیزی و روشنی (۱۳۸۷) روند منفی در سطح آب زیرزمینی دشت قزوین را معلول فعالیت‌های انسانی دانسته است. [۵] دانشور وثوقی و همکاران (۱۳۹۰) رفتار تراز آب زیرزمینی را تحت تأثیر خشکسالی دو دهه اخیر مورد مطالعه قرار داده و روند تراز آب زیرزمینی ۳۲ ایستگاه پیزومتری در منطقه دشت اردبیل را در دوره آماری ۲۰۰۸ – ۱۹۸۸ با آزمون ناپارامتری من‌کندال مورد بررسی قرار دادند. [۶] فلاح و همکاران (۱۳۹۱) مطالعه‌ای بر روی منابع آب زیرزمینی دشت داراب استان فارس و تغییرات سطح آب زیرزمینی باری دورهٔ ۱۸ ساله ۲۰۱۰ – ۱۹۹۳ انجام دادند. [۷] وهاب‌زاده و دلاور (۱۳۹۲) با توجه به هیدروگراف واحد دشت فیروزآباد در شرق و غرب رودخانه در دوره آماری سال آبی ۱۳۷۲-۱۳۷۱ تا ۱۳۹۰-۱۳۸۹ علی‌رغم تغییراتی که با بارندگی سالانه دیده شد به‌طور کلی روند تراز آبخوان به‌شدت نزولی است. [۸] خورانی و خواجه (۱۳۹۳) تأثیر خشکسالی‌ها بر سطح آب زیرزمینی و برآورد تأخیر زمانی خشکسالی در دشت داراب را بررسی نموده‌اند. [۹]کلاهدوزان و همکاران (۱۳۹۴) روند تراز آب زیرزمینی ۳۳ چاه پیزومتری در مقیاس ماهیانه در منطقهٔ دشت نجف‌آباد در دورهٔ آماری ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۱ با آزمون ناپارامتری من‌کندال بررسی شد. [10]پاندا و همکاران (۲۰۰۷) تأثیر خشکسالی و فعالیت‌های انسانی را روی تراز آب زیرزمینی ۱۰۰۲ ایستگاه پیزومتری ایالت اوریزا در کشور هند در دوره آماری ۲۰۰۳ – ۱۹۹۴ با روش ناپارامتری من‌کندال مطالعه نمودند. [11]جان و همکاران (۲۰۰۷) تأثیر شدت و توزیع بارش را روی نوسانات

www.SID.ir

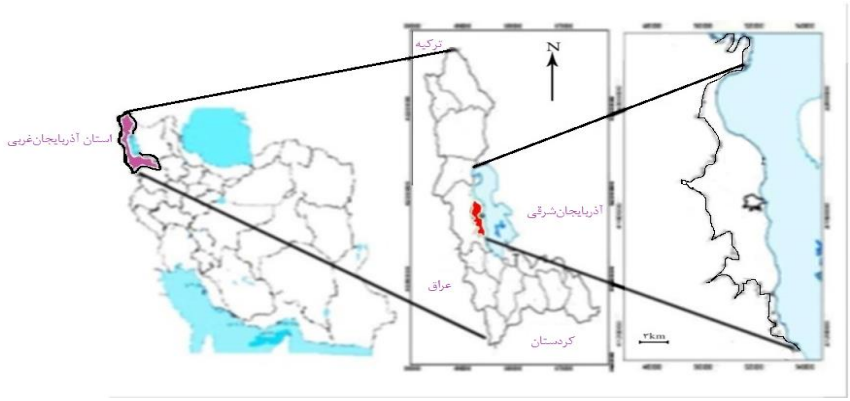
Archive of SID

تراز آب زیرزمینی در تایوان مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها از داده‌های چاه پیزومتری دونهر در مرکز تایوان و ۷ ایستگاه باران سنجی استفاده کردند. نتایج نشان داد که تراز آب زیرزمینی وابستگی خطی با بارش دارد. [12] لی و همکاران (۲۰۰۷) دلایل تغییر تراز آب زیرزمینی را در شهر دائگو کره در دوره آماری ۲۰۰۳ – ۱۹۹۹ بررسی نمودند. آن‌ها تأثیر بارش، پمپاژ چاه‌های اطراف و ساخت تونل مترو را روی تراز آب زیرزمینی با روش مان‌کندال مطالعه کردند. [13] زانگ و همکاران (۲۰۰۹) الگوی مکانی و زمانی مقادیر حداقل و حداکثر تراز آب زیرزمینی در ناحیه دلتای رودخانه پرل چین را با روش مان‌کندال و روش پیش سفید کردن شناسایی کردند. [14] شهید و هازریکا (۲۰۰۹) تأثیر خشکسالی بر آب زیرزمینی در شمال‌غربی منطقه بنگلادش را مورد بررسی قرار دادند، نتایج آن‌ها نشان داد که سطح آب زیرزمینی در ٪ ۴۲ از این منطقه کاهش یافته است. [15] نادریان‌فر و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای تحت عنوان بررسی روند تغییرات نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور مشخص کردند که روند شیب سطح آب زیرزمینی دشت در دوره ۲۰۰۶ – ۱۹۹۳ منفی بوده و در سطح ۵٪ معنی‌دار می‌باشد. [16] اکرامی و همکاران (۲۰۱۱) روند تغییرات کیفی و کمی منابع آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان را در دوره آماری ۲۰۰۹ – ۲۰۰۰ بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که سطح آب زیرزمینی در ۴ دهه اخیر دارای روند نزولی بوده و متوسط افت سطح ایستابی حدود ۵ متر در سال می‌باشد. دشت ارومیه یکی از نواحی بسیار حاصلخیز در حوضه دریاچه ارومیه بوده که در سال‌های گذشته بدلیل خشکسالی‌های متوالی و طولانی مدت از یک طرف و استفادهٔ نامعقول از منابع آب (به‌ویژه آب‌های زیرزمینی) در خطر نابودی کامل سفره‌های آبدار قرارگرفته است. بررسی روند افت در تراز سطح ایستابی چاههای مشاهداتی در کل دشت ارومیه می‌تواند به‌عنوان اولین گام در شناخت علت اصلی مشکل محسوب شود. هدف این مقاله بررسی روند تغییرات تراز سطح ایستابی در چاههای مشاهداتی دشت ارومیه را با روش علمی مان‌کندال می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه دشت ارومیه است که در غرب دریاچه ارومیه واقع شده است. این حوضه، یکی از زیرحوضه‌های شش گانه اصلی کشور می‌باشد و یکی از بزرگترین حوضه‌های آبریز داخلی (بسته) ایران محسوب می‌شود. بخش‌هایی از سه استان آذربایجان‌شرقی، آذربایجان‌غربی و کردستان در این حوضه واقع شده است. دریاچه ارومیه در کانون حوضه بوده و محل تجمع رواناب‌های سطحی و پساب فاضلاب شهرها و کارخانجات در کل حوضه می‌باشد. بخش اعظم منابع آب‌های سطحی دشت ارومیه را چهار رودخانه نازلوچای، شهرچای، روضه‌چای و باراندوزچای با مجموع تخلیه متوسط سالیانه معادل ۸۳۰ میلیون‌مترمکعب تشکیل داده و دارای دو سفره آزاد و تحت فشار بوده که بیش‌ترین وسعت دشت را سفره آزاد با مساحت ۷۶۴ کیلومترمربع تشکیل می‌دهد. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این مطالعه تعداد ۵۱ ایستگاه مشاهداتی واقع در دشت ارومیه (۱۳۹۴-۱۳۸۰) استفاده شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه یا دشت ارومیه

www.SID.ir

Archive of SID

۲-۲- روش های مورد استفاده

آزمون ناپارامتری مان-کندال به‌طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند بکار گرفته می‌شود. فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. روش ناپارامتری مان-کندال شامل چهار ویرایش متمایز به شرح زیر است : الف) مان-کندال مرسوم (MK۱)، ب) مان-کندال پس از حذف اثر ضریب خودهمبستگی مرتبه اول (MK۲)، ج) مان-کندال پس از حذف کامل ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار (MK۳)، د) مان-کندال با لحاظ کردن ضریب هارست (MK۴). در این بررسی نیز داده‌ها با استفاده از آزمون مان-کندال MK1 و MK۳ مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. در ابتدا مقدار آماره S محاسبه گردید که به ازای $n \geq ۸$ (n تعداد داده‌ها) آماره S دارای توزیع نرمال است. آماره Z نیز با استفاده از مقادیر S در بازه‌های (s=0 , s>0 , s<0) محاسبه می گردد. در این بررسی با این آزمون سطوح اعتماد ۹۵ ٪ و ۹۹ ٪ بکار گرفته شده است. درصورتی که آماره Z مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در غیر این صورت روند سری نزولی در نظر گرفته می‌شود. ضریب خودهمبستگی معنی‌دار، ضریبی است که مقدار آن از حدود اطمینان خارج شده باشد. در این صورت برای آن‌ها مقادیر Z اصلاح شده (MK۳) محاسبه شد. مقادیر شیب خط روند یا β برای هریک از ایستگاه‌ها به روش تخمین‌گر سن مورد محاسبه قرار گرفت.

آزمون MK۱ (مان-کندال مرسوم) :

برای انجام این آزمون ابتدا پارامتر S به شرح زیر است :

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} \operatorname{sgn}(x_j - x_k) \qquad (۱)$$

که در آن n تعداد داده‌های سری، i و j اندیس سال، x_i داده در زمان i ام و x_j داده در زمان j ام می‌باشند. $\operatorname{sgn}(x_i - x_i)$ تابع علامت بوده و به صورت زیر تعریف می‌شود :

$$\operatorname{sgn}(x_i - x_j) = \begin{cases} 1 & x_i > x_j \\ 0 & x_i = 0 \\ -1 & x_i < x_j \end{cases} \qquad (۲)$$

آماره S به ازای $n \geq ۸$ دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس به شرح زیر است :

$$\operatorname{var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \qquad (۳)$$

استخراج آماره ی Z یا MK به کمک یکی از روابط زیر :

$$Z = \begin{cases} \dfrac{S-1}{\sqrt{\operatorname{var}(S)}} & \text{if} \quad S > 0 \\ 0 & \text{if} \quad S = 0 \\ \dfrac{S+1}{\sqrt{\operatorname{var}(S)}} & \text{if} \quad S < 0 \end{cases} \qquad (۴)$$

در یک آزمون دو دامنه جهت روندیابی سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد :

$$|Z| \leq Z_{\frac{\alpha}{2}} \qquad (۵)$$

که α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می شود و Z_α آماره توزیع نرمال استاندارد درسطح معنی‌دار α می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از $\alpha / ۲$ استفاده شده است. در این بررسی با این آزمون سطوح اعتماد ۹۵ ٪ و ۹۹ ٪ بکار گرفته شده است. درصورتی که آماره Z مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود.

اگر $|Z| > ۱/۶۴۵$ باشد روند معنی‌دار است در سطح ۱۰ ٪

اگر $|Z| > ۱/۹۶$ باشد روند معنی‌دار در سطح ۵ ٪

اگر $|Z| > ۲/۳۳$ باشد روند معنی‌دار در سطح ۱ ٪

www.SID.ir

Archive of SID

$$r_k = \frac{\frac{1}{n-k}\sum_{i=1}^{n-k}(x_i - \bar{x})(x_{i+k} - \bar{x})}{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \qquad (۶)$$

اگر r در بازه بین $\frac{-1-1.96\sqrt{n-2}}{n-2} < r_k \leq \frac{-1+1.96\sqrt{n-2}}{n-2}$ قرار بگیرد معنی‌دار نیست.

آزمون MK۳ :

در این آزمون اثرات تمامی ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار از سری زمانی حذف می‌شود و در ابتدا باید واریانس اصلاح شود که به شرح زیر می‌باشد:

$$V(S)^* = V(S) * \frac{n}{n^*} \qquad (۷)$$

که مقدار $\frac{n}{n^*}$ از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$\frac{n}{n^*} = 1 + \frac{2}{n(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{n-1}(n-i)(n-i-1)(n-i-2)r_i \qquad (۸)$$

که در آن n تعداد داده‌ها و r ضریب خودهمبستگی مرتبه i ام که از فرمول محاسبه می‌شود. پس از محاسبه مقدار n/n* آنرا در فرمول واریانس اصلاح شده جایگذاری می‌کنیم تا مقدار جدید V(S) بدست آید آنگاه V(S(جدید را در رابطه مان کندال به جای واریانس قبلی گذاشته و Z جدید را محاسبه می‌کنیم و مقادیر جدید Z برای معنی‌داری بدست می‌آید.

شیب خط روند با روش تخمین‌گر سن neS :

در آزمون MK شیب خط روند، β، با روش تخمین‌گر سن Sen از رابطه ناپارامتری زیر بدست می‌آید :

$$\beta = Median\left[\frac{x_j - x_i}{j - i}\right] \qquad (۹)$$

مقدار مشاهده iام می‌باشد. مقادیر مثبت و منفی β نشان‌دهنده روند x_i که در آن β برآوردگر شیب خط روند و کاهشی سری افزایشی و کاهشی سری داده‌هاست (سن، ۱۹۶۸).

۳. نتایج و بحث

جدول۱ مقادیر آماره‌های Z مان‌کندال MK۱ و MK۳ و β شیب خط روند را برای تراز آب ایستگاه‌های دشت ارومیه در مقیاس ماهانه نشان می‌دهد. در مقیاس ماهانه سری زمانی تراز آب زیرزمینی برای همه ایستگاه‌ها دارای خودهمبستگی معنی‌دار بوده است بنابراین مقادیر Z اصلاح شده‌ی ماهانه (MK۳) برای هریک از آن‌ها محاسبه و در ستون پنجم جدول ۱ درج گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ – مقادیر S و Z ماهانه مان کندال(MK1) و Z اصلاح شده ماهانه (MK3) و مقادیر β

ردیف	نام ایستگاه	مقدار S ماهانه	مقدار Z ماهانه MK1	مقدار Z اصلاح شده ماهانه MK3	β شیب خط روند ماهانه (متر بر ماه)
۱	نازلو	-۱۹۹۶	-۳/۶۳	-۱/۳۵	-۰/۰۱
۲	جنیزه	-۶۴۷۷	-۸/۵۰	-۲/۱۸*	-۰/۰۵
۳	درزم	-۱۱۳۵	-۱/۴۷	-۰/۵۰	-۰/۰۱
۴	ولینده	۶۳۲۲	۸/۲۹	۲/۰۷*	۰/۰۱
۵	ساعتلوی بیگلر	-۷۹۴۹	-۱۰/۴۳	-۲/۳۰*	-۰/۰۹
۶	خانقاه سرخ	۱۶۹۷	۲/۲۰	۱/۰۵	۰/۰۰
۷	ازرلو	-۶۱۰۳	-۸/۰۱	-۲/۲۴*	-۰/۰۲
۸	کریم آباد	-۱۱۵۱۹	-۱۵/۷۹	-۳/۳۱**	-۰/۰۳
۹	قره گوز سلیم آقا	-۶۴۷۹	-۸/۷۲	-۲/۴۶**	-۰/۰۵
۱۰	شاه میرزاکندی	-۴۷۴۷	-۶/۱۷	-۲/۰۶*	-۰/۰۰
۱۱	قشلاق شکور	-۶۶۵۷	-۸/۶۶	-۲/۲۷*	-۰/۰۲
۱۲	باشلانبشلو	۲۲۳۱	۲/۹۷	۰/۷۸	۰/۰۰
۱۳	پشت پلیس‌راه مهاباد	-۸۵۰۹	-۱۱/۰۷	-۲/۵۵**	-۰/۰۳
۱۴	دانقرالو	-۴۴۶۶	-۵/۸۱	-۲/۰۶*	-۰/۰۰
۱۵	کاروانسرا	-۱۴۱۴	-۱/۸۵	-۰/۹۸	-۰/۰۰
۱۶	یورقون آباد	-۲۶۴۷	-۳/۴۴	-۱/۵۸	-۰/۰۰
۱۷	شیرآباد	-۳۶۰۲	-۴/۶۸	-۱/۵۹	-۰/۰۱
۱۸	قره آغاج	۶۳۹	۰/۸۳	۰/۲۵	۰/۰۰
۱۹	ساعتلوی باراندوز-به به لر	-۳۳۳۳	-۴/۳۳	-۱/۹۴	-۰/۰۰
۲۰	قهرمانلوی علیا	۹۳۱۹	۱۲/۱۲	۲/۸۲**	۰/۰۱
۲۱	شمس حاجیان	-۳۶۱۱	-۴/۶۹	-۲/۰۱*	-۰/۰۰
۲۲	عبداله کندی	-۵۰۸۷	-۶/۶۱	-۱/۷۸	-۰/۰۰
۲۳	طلاتپه	-۱۱۲۳	-۱/۴۶	-۰/۶۳	-۰/۰۰
۲۴	گزنق	-۱۹۰۵	-۲/۵۴	-۰/۹۲	-۰/۰۰
۲۵	سپرغان	-۲۲۱۷	-۲/۸۸	-۰/۹۲	-۰/۰۰
۲۶	اصالو	-۸۲۹	-۱/۰۷	-۰/۵۳	-۰/۰۰
۲۷	باراندوز	-۵۳۱۵	-۷/۶۹	-۲/۳۷**	-۰/۰۲
۲۸	دیدان علیا	-۵۴۷۳	-۷/۹۲	-۲/۳۲*	-۰/۰۱
۲۹	تپه مهکی	-۴۱۰۲	-۵/۹۳	-۲/۱۰*	-۰/۰۲
۳۰	دولاما	-۶۰۵۵	-۸/۷۶	-۲/۳۶**	-۰/۰۳
۳۱	مقدم	-۶۵۳۸	-۹/۴۶	-۲/۵۷**	-۰/۰۳
۳۲	تازه کند اردشاهی	-۲۷۴۸	-۳/۹۷	-۱/۸۳	-۰/۰۱
۳۳	طسمالو	-۶۰۸۴	-۸/۸۱	-۲/۲۸*	-۰/۰۲
۳۴	بیلان	-۵۶۶۳	-۸/۲۰	-۱/۹۷*	-۰/۰۳
۳۵	امام زاده	-۵۳۱۵	-۷/۶۹	-۲/۱۹*	-۰/۰۱
۳۶	یوالار	-۳۶۸	-۰/۵۳	-۰/۲۰	-۰/۰۰
۳۷	کلیساکندی	-۴۴۸۳	-۶/۴۹	-۱/۶۸	-۰/۰۱
۳۸	جارچیلو	-۱۹۲۹	-۲/۷۹	-۱/۳۵	-۰/۰۰
۳۹	شورکند	-۵۰۳۶	-۷/۲۹	-۲/۲۷*	-۰/۰۱
۴۰	عسگرآباد تپه	-۴۷۵۴	-۶/۸۸	-۲/۲۹*	-۰/۰۱
۴۱	جهادکشاورزی	-۳۰۴۵	-۴/۴۰	-۱/۲۰	-۰/۰۱
۴۲	کوکیا	-۲۶۶۵	-۳/۸۵	-۱/۸۹	-۰/۰۲
۴۳	گوی تپه	-۵۴۱۸	-۷/۸۴	-۱/۸۳	-۰/۰۲
۴۴	اوچ اولر	-۴۰۸۹	-۵/۹۲	-۲/۱۶*	-۰/۰۱
۴۵	طالب آباد	-۳۸۵۴	-۵/۵۸	-۲/۲۲*	-۰/۰۱
۴۶	کردلر	۷۰۴	۱/۰۱	۰/۳۷	۰/۰۰
۴۷	توپراق قلعه	-۱۷۶۵	-۲/۵۵	-۱/۰۹	-۰/۰۰
۴۸	میرشکارلو	-۲۹۳۰	-۴/۲۴	-۱/۷۷	-۰/۰۱
۴۹	پولادلو	-۳۹۴۶	-۵/۷۱	-۲/۱۵*	-۰/۰۱
۵۰	عربلوی باراندوز	-۵۳۸۶	-۷/۷۹	-۲/۳۹**	-۰/۰۱
۵۱	ایگدیر	-۵۲۱۷	-۷/۵۵	-۲/۲۸*	-۰/۰۱

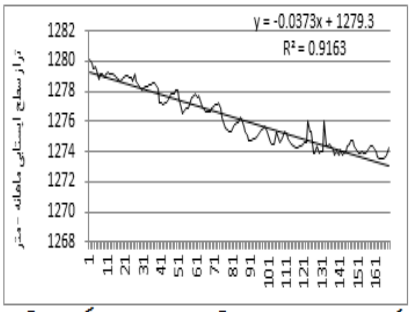
توجه: اعداد پررنگ نشان دهنده معنی‌داری در سطح ۱۰٪، علامت * نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵٪ و علامت ** نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱٪ هستند.

نتایج نشان داد که ضرایب خودهمبستگی همه سری‌ها در یک یا چند مورد دارای معنی‌داری در سطح ۱۰٪ بودند. به عنوان مثال شکل ۱ سری‌های خودهمبستگی ۴ ایستگاه را در مقیاس ماهانه نشان می‌دهد. بنابراین، از ویرایش اصلاح شده روش مان‌کندال یعنی MK3 نیز استفاده شد. به‌طوری که از شکل ۱ می‌توان دریافت در ایستگاه کردلر مقادیر ضرایب خودهمبستگی برای شماره‌ی تأخیر ۱۳-۱۰ و ۴-۱ از حد اطمینان خارج شده است. این نشان می‌دهد که خودهمبستگی داخلی در سری تراز آب این ایستگاه وجود دارد و بنابراین، لازم است از آماره‌ی مان‌کندال اصلاح شده استفاده شود.

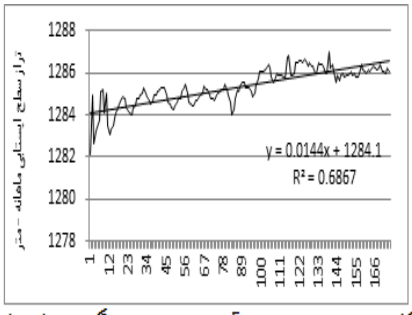
www.SID.ir

Archive of SID

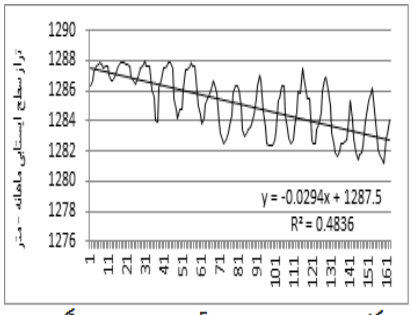
بنابراین، با توجه به اینکه همه‌ی ایستگاه‌های مورد بررسی در یک یا چند شماره‌ی تأخیر دارای ضریب خودهمبستگی معنی‌دار بوده‌اند از آماره‌ی MK۳ استفاده شد. به طوری که از جدول۱ می‌توان استنباط کرد پس از اصلاح آماره‌ی Z برای ضرایب خودهمبستگی مقدار آماره از نظر قدر مطلق کاهش یافته است. در این جدول برای آماره‌های معنی‌دار در سطح ۱۰٪ ارقام به صورت پررنگ دیده شده‌اند (اعداد با قدر مطلق بزرگتر از ۱/۶۴). همچنین ارقام معنی‌دار در سطح ۵٪ (اعداد با قدر مطلق بزرگتر از ۱/۹۶)، دارای یک ستاره در کنار ارقام نشان داده شده‌اند. به همین ترتیب آماره‌های معنی‌دار در سطح ۱٪ یعنی اعداد بزرگتر از ۲/۳۳، با دو ستاره در کنار ارقام مشاهده می‌شوند. به طوری که از جدول۱ می‌توان فهمید با توجه به آماره‌ی Z در ویرایش MK۳ تعداد ۳۴ ایستگاه در سطح ۱۰٪ معنی‌دار هستند. همچنین در سطح ۵٪ تعداد ۲۶ ایستگاه دارای روند معنی‌داری می‌باشند. افزون بر این، تعداد ۸ ایستگاه در سطح ۱٪ دارای روند بسیار معنی‌داری می‌باشند. از بین ایستگاههایی که روند منفی بسیار معنی‌داری داشتند می‌توان به ترتیب به ایشتگاههای ۱-کریم آباد، ۲- قهرمانلوی علیا و ۳- مقدم به ترتیب با آماره‌های Z ۳/۳۱-، ۲/۸۲- و ۲/۵۷- مطابق شکل‌های ۲،۳ و ۴اشاره نمود. افزون بر این، برخی از ایستگاههایی که دارای روند منفی معنی‌دار در سطح ۱٪ بوده‌اند به‌ترتیب عبارتند از : ۱- پشت پلیس‌راه مهاباد، ۲- قره‌گوز سلیم آقا، ۳- عربلوی باراندوز، ۴- باراندوز، ۵- دولاما و ۶- دیدان علیا. به‌طوری که از جدول۱ ستون آخر می‌توان استنباط کرد مقادیر شیب خط روند در مقیاس ماهانه به‌جز در تعداد معدودی از ایستگاه‌ها در بقیه منفی می‌باشد. تندترین شیب منفی ۰/۰۹- متر در ماه برای ایستگاه ساعتلوی‌بیگلر بدست آمده است و مفهوم آن این است که در هر ماه از سال تراز سطح ایستابی در حدود ۹ سانتی‌متر افت می‌کند. به‌عبارت بهتر، در هر ۱۰ سال تراز سطح آب در ایستگاه ساعتلوی‌بیگلر ۰/۹ متر افت می‌کند که این نشان‌دهنده برداشت بی‌رویه از آبخوان دشت ارومیه می‌باشد. (۱۰۸ = ۰/۹ × ۱۲۰) در هر ۱۰ سال.



شکل ۲- نمودار تغییرات تراز آب زیرزمینی در ایستگاه کریم‌آباد.



شکل ۳- نمودار تغییرات تراز آب زیرزمینی در ایستگاه قهرمانلوی‌علیا.



شکل ۴- نمودار تغییرات تراز آب زیرزمینی در ایستگاه مقدم

نتایج مشابهی برای سایر ایستگاه‌های دشت ارومیه حاصل شد. در حالت کلی چنین نتیجه گرفته شد که تراز آب زیرزمینی در آبخوان دشت ارومیه به‌طور شدیدی در حال نزول است. این نشان می‌دهد که وضعیت آبخوان دشت ارومیه در آینده‌ی نزدیک به شرایط بحرانی تبدیل خواهد شد. زیرا پمپاژ بی‌رویه از چاهها هماهنگی با مقدار تغذیه‌ی آب زیرزمینی از طریق باران را ندارد. به‌عبارت بهتر، برداشت آب در این دشت به مراتب بیشتر از تغذیه‌ی آب زیرزمینی است. بنابراین می توان گفت که زنگهای خطر در این منطقه برای ما به صدا در آمده است و لازم است هرچه سریعتر نسبت به جلوگیری از وقوع بحران با تعطیل کردن پمپاژ برخی چاهها و کاهش دبی برخی دیگر اقدام عاجل مبذول گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

۴. مراجع

1. Gehreles, J.C., Van Geer, F.C. and De Vries, J.J. (1994). Decomposition of groundwater level fluctuations using transfer modeling in an area with shallow to deep unsaturated zones. *Journal of Hydrology*, 157, pp. 105-138.

۲. زحمتکش، ق. علوی پناه، ک. زهتابیان، غ. (۱۳۸۰)، مطالعه نوسانات سفره های آب زیرزمینی کم عمق حاشیه پلایا مطالعه مورد سمنان، مجله بیابان، جلد ششم، شماره ۲، صفحه های ۱۵ تا ۳۰،

۳. بیضایی، ع. محمدی، ح. (۱۳۸۲)، بررسی اثرات خشکسالیهای اخیر بر منابع آب زیر زمینی دشت نیشابور، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد جغرافیایی طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

۴. عزیزی، ق. روشنی، م. (۱۳۸۷)، مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای‌خزر به روش مان-کندال، پژوهش‌های جغرافیایی شماره ۶۴، صفحات ۲۸ – ۱۳.

۵. دانشور وثوقی، ف. دین‌پژوه، ی. تقی‌اعلمی، م. (۱۳۹۰)، تأثیر خشکسالی بر تراز آب زیر زمینی در دو دهه اخیر مطالعه موردی: دشت اردبیل، نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۱، شماره ۴.

۶. فلاح، س. قبادی‌نیا، م. شکرگزار دارابی، م. قربانی دشتکی، ش. (۱۳۹۱)، بررسی پایداری منابع آب زیرزمینی دشت داراب استان فارس، مجله پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۲۶، شماره ۲،

۷. وهاب‌زاده، ق. دلاور، ح. (۱۳۹۲)، بررسی روند تغییرات کیفی و کمی منابع آب زیرزمینی مطالعه موردی دشت فیروزآباد، استان فارس، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده کشاورزی و علوم‌طبیعی، دانشگاه ساری.

۸. خورانی، ا. خواجه، م. (۱۳۹۳)، بررسی هم‌زمانی روند خشکسالی و افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت داراب، مجله برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره ۱۸، شماره ۲.

۹. کلاهدوزان، ع. دین‌پژوه، ی. میرعباسی‌نجف‌آبادی، ر. اسدی، ا. دربندی، ص. (۱۳۹۴)، تأثیر خشک شدن زاینده‌رود بر تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت نجف آباد در دو دهۀ اخیر، تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۶، شماره ۱.

10. Panda, K., Mishra, A., Jena, SK., James, BK., Kumar, A., (2007). The influence of drought and anthropogenic effects on groundwater levels in Orissa, India. *Journal of Hydrology*, 343, pp. 140-153.

11. Jan, C-D., Chen, T-H., Lo, W-C., (2007). Effects of rainfall intensity and distribution on groundwater level fluctuations. *Journal of Hydrology*, 332, pp. 348-360.

12. Lee, JY., Yi, MJ., Moon, SH., Cho, M., Won, JH., Ahn, KH., and Lee, JM., (2007). Causes of the changes in groundwater levels at Daegu, Korea: the effect of subway excavations. Bull Eng Geol Environ, 66, pp. 251-258.

13. Zhang, W., Yan, Y., Zheng, J., Li, L., Dong, X., and Cai, H., (2009). Temporal and spatial variability of annual extreme water level in the Pearl River Delta region, China. *Journal of the Global and Planetary Change*, 69, pp. 35-47.

14. Shahid, S., and Hazarika, MK., (2009). Groundwater drought in the northwestern districts of Bangladesh, *Journal of Water Resources Management*, 24. Pp.1989-2006.

15. Naderianfar, M., Ansari, H., Ziaei, A., and Davari, K., (2011). Investigation of trend of groundwater level fluctuations changes in Neyshabuor watershed under different climatic conditions. *Journal of Irrigation Water Engineering*, 3, pp. 21-37. (In Persian)

16. Akrami M., Sharifi Z., and Ekhtesasi M., (2011). Investigation of groundwater resources in Yazd-Ardakan Plain in decade of 2000-2009. *Journal of Department of hygiene in Yazd*, 10, pp.82-91. (In Persian)

www.SID.ir