نشریه مهندسی اکوسیستم‌های بیابان

سال اول، شمارهٔ اول، زمستان ۱۳۹۱، صفحه ۳۹ـ۵۰

بررسی روند تغییرات زمانی سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی در یک زیست‌بوم خشک (مطالعه موردی: آبخوان دشت آسپاس)

بهرام چوبین[1*]/ آرش ملکیان[2]/ حمیدرضا قره‌چایی[3]

[1*] دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، شهر کرج، ایران

Bahram.choubin@ut.ac.ir

[2] هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، شهر کرج، ایران

[3] دانشجوی کارشناسی ارشد هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، شهر کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۱/۹/۲۰

چکیده:

در اکوسیستم‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، کمبود آب‌های سطحی موجب استفادهٔ بیشتر از منابع آب زیرزمینی شده است. سطح ایستابی در آب‌های زیرزمینی به دلیل شرایط آب و هوایی و دخالت‌های انسانی، همواره در حال نوسان بوده است. بررسی تغییرات منابع آب زیرزمینی در برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار منابع آب هر منطقه از اهمیت فراوانی برخوردار است. در این تحقیق، روند تغییرات سطح ایستابی آبخوان دشت آسپاس مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از داده‌های ماهانه سطح آب زیرزمینی ۳۰ حلقه چاه مشاهده‌ای و پیزومتری دشت برای نشان دادن نوسانات آب زیرزمینی در طی دوره آماری (۱۳۸۱ـ۱۳۸۸) استفاده شد و با به کارگیری دو آزمون غیرپارامتری من‌ـ کندال[1] و اسپیرمن، وجود روند معنی‌دار برای سری‌های زمانی ماهانه و سالانه در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد مورد ارزیابی قرار گرفت. برای هر سری زمانی شیب خط روند با استفاده از روش تخمین‌گر سن[2] محاسبه شد. نتایج نشان داد که در همهٔ ایستگاه‌ها (به جز ایستگاه‌های پهلوانی کنار زهکش و حاجی‌آباد کنار رودخانه، بابایی، کناس‌ـ سفلی و کناس سفلا) تراز آب زیرزمینی دارای روند منفی است. آزمون من‌ـ کندال نشان داد که نزدیک به ۸۳ درصد ایستگاه‌ها دارای روند منفی معنی‌دارند. بررسی شیب خط روند نشان داد که به طور متوسط تراز آب زیرزمینی دشت آسپاس ۷۳/۵ سانتی‌متر در سال افت دارد.

واژه‌های کلیدی: سطح ایستابی، آزمون من‌ـ کندال، آزمون اسپیرمن، دشت آسپاس.

1. Mann-Kendall Nonparametric test
2. Sen

مقدمه

اکوسیستم‌ها، به عنوان واحدهای کاری یکپارچهٔ مدیریتی محسوب می‌شوند. در کشور ایران، حفاظت و پویایی اکوسیستم‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل وسعت زیادشان حائز اهمیت است. بررسی روند پارامترهای هیدرولوژیکی، از الزامات اساسی در جهت مدیریت بهینهٔ منابع آب در اکوسیستم‌هاست. گرچه برای بررسی وجود روند در سری‌های هیدرولوژیک، روش‌های مختلفی وجود دارد، اما در مطالعات هیدرمتئورولوژیکی اغلب از روش‌های ناپارامتری استفاده می‌شود. به نظر می‌رسد دلیل اصلی آن، این است که آزمون‌های ناپارامتری برای سری داده‌هایی که توزیع آماری آن‌ها نرمال نیست و یا دارای داده‌های گمشده باشند، مناسب‌ترند. از بین آزمون‌های ناپارامتری، آزمون من‌ـ کندال (کندال[1]، ۱۹۷۵و من[2]، ۱۹۴۵) بهترین روش برای بررسی یکنواختی در سری داده‌ها می‌باشد (یو[3] و همکاران، ۲۰۰۲). در مباحث مربوط به هواشناسی و اقلیم‌شناسی از آزمون‌های من‌ـ کندال و اسپیرمن به طور گسترده‌ای در تشخیص روند داده‌ها استفاده شده است. ورشاویان و همکاران (۱۳۹۰)، با استفاده از آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری (رگرسیون خطی، پیرسون، اسپیرمن و من‌ـ کندال) به بررسی روند تغییرات مقادیر حدی حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در چند نمونه اقلیمی ایران پرداختند؛ نتایج روند افزایشی معنی‌دار در تمامی صدک‌ها و تعداد روزهای کمتر از صدک ۱۰ و بیشتر از صدک‌های ۹۰ و ۹۹ را نشان داد. رضایی و همکاران (۱۳۸۹)، روند بارش برف در جلگه‌های مرکزی گیلان را با استفاده از آزمون گرافیکی من‌ـ کندال مورد بررسی قرار داد، نتایج بیانگر روند مثبت و افزایشی در ایستگاه رشت و روند منفی و کاهش برف در سایر ایستگاه‌ها بود. نصری و مدرس (۱۳۸۶) در شمال شرق اصفهان، روند بارندگی را با استفاده از آزمون من‌ـ کندال و آزمون همگنی با استفاده از آزمون توالی بررسی کردند و مشخص گردید منطقهٔ مورد مطالعه از نظر بارندگی، همگن و فاقد روند است. سبزی‌پرور و شادمانی (۱۳۹۰) به تحلیل روند تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از آزمون من‌ـ کندال و اسپیرمن در مناطق خشک پرداختند؛ نتایج نشان که روند تغییرات زمانی تبخیر و تعرق مرجع، برای برخی شهرها افزایشی و برای برخی کاهشی بوده است. همچنین عملکرد دو آزمون من‌ـ کندال و اسپیرمن در بررسی روند مشابه هم بوده است. منتظری و غیور (۱۳۸۸) با اعمال آزمون ناپارامتری من‌ـ کندال بر روی ماتریس شاخص SPI[4] مشخص کردند که در ماه اردیبهشت هیچ حوضه‌ای روند معنی‌داری نشان نمی‌دهد و بالاترین روند در ٦ زیرحوضه در ماه‌های تیر و مرداد بوده است. قهرمان و قره‌خانی (۱۳۸۹)، برای تحلیل روند تغییرات زمانی سرعت باد در گسترهٔ اقلیمی ایران از دو روش غیرپارامتری من‌ـ کندال و اسپیرمن و دو روش پارامتری رگرسیون و ضریب همبستگی پیرسون استفاده کردند نتایج حاصل نشان داد در سری زمانی سالانه ۵۰ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس روش من‌ـ کندال و ٦۰ درصد بر اساس روش اسپیرمن و ۷۰ درصد از ایستگاه‌ها بر اساس روش پیرسون دارای روند بوده‌اند. در زمینهٔ روند تغییرات تراز آب زیرزمینی، مطالعات متعددی انجام شده است. پاندا[5] و همکاران (۲۰۰۷)، تأثیر خشکسالی و فعالیت‌های انسانی را روی تراز آب زیرزمینی ۱۰۰۲ ایستگاه پیزومتری ایالت اوریزا در کشور هند در دورهٔ آماری ۱۹۹٤ـ۲۰۰۳ با روش ناپارامتری من‌ـ کندال مطالعه کردند. آن‌ها گزارش دادند که ۵۹ درصد از ایستگاه‌های پیزومتری قبل از فصل مونسون و ۵۱ درصد آن‌ها بعد از فصل مذکور کاهش تراز آب زیرزمینی را تجربه کرده‌اند. کرمی و اسمعیل‌پور (۱۳۹۰) در بررسی تأثیر تغییر بارش بر روند افت سطح

1. Kendall
2. Mann
3. Yue

٤. شاخص بارندگی استاندارد

5. Panda

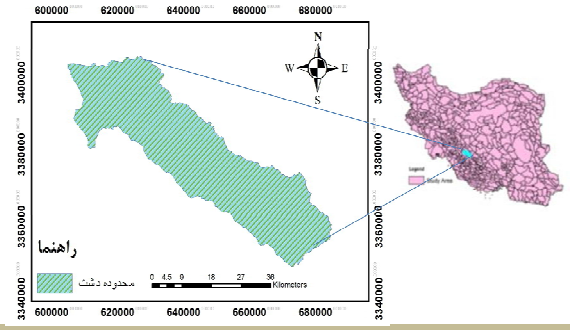
ایستابی آب‌های زیرزمینی دشت سراب با استفاده از آزمون ناپارامتری من- کندال به این نتیجه رسیدند که نقطهٔ عطف شروع تغییرات روند در همه ایستگاه‌ها برابر نیست. حجام و همکاران (۱۳۸۷)، در پژوهشی به بررسی روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه در حوزهٔ مرکزی ایران با استفاده از دو آزمون من- کندال و شیب تخمین‌گر سن[1] پرداختند و به این نتیجه رسیدند که کارآیی دو روش فوق در تحلیل روند بارندگی‌های فصلی و سالانه در بیشتر موارد شبیه هم‌اند؛ ولی کارآیی روش شیب تخمین‌گر سن در تحلیل مشاهداتی که در آن‌ها داده‌های صفر (عدم وجود بارندگی) زیاد است، بهتر از آزمون من- کندال می‌باشد. کاوون[2] و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی روند زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی در کاربری‌های مختلف پرداختند و به این نتیجه رسیدند که آزمون کندال می‌تواند برای کنترل کیفیت آب زیرزمینی در کاربری‌های مختلف به کار رود. دانشور وثوقی[3] و همکاران (۲۰۱۲)، روند آب زیرزمینی و ۱۵ عنصر هیدروژئوشیمیایی در ۳۲ ایستگاه پیزومتری در دشت اردبیل با استفاده از آزمون ناپارامتری من- کندال مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد که روند سطح ایستابی در طی دورهٔ آماری (۱۹۸۸-۲۰۰۹) تقریباً در تمام ایستگاه‌ها منفی بوده و روند مواد شیمیایی افزایشی و مثبت بوده است، که دلیل آن را فعالیت‌های انسانی در دشت اردبیل می‌دانند.

آب زیرزمینی در طی همهٔ قرون، منبع آبی مهمی بوده است. ضرورت آگاهی از چگونگی تغییرات زمانی و مکانی این متغیّر در مناطق گوناگون دارای اهمیت است. با توجه به این مهم، هدف از این تحقیق، بررسی تغییرات مکانی این متغیّر، در چاه‌های پیزومتری دشت آسپاس، با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری من- کندال و اسپیرمن بوده است، مقادیر شیب روندهای معنی‌دار نیز با استفاده از روش تخمین‌گر سن تعیین شده است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه

دشت آسپاس در شمال استان فارس و در فاصلهٔ ۴۵ کیلومتری شهرستان اقلید و در حد فاصل ۳۰ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۵۴ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی دشت آسپاس

سطح کلی منطقهٔ مورد مطالعه، حدود ۱۶۲۹ کیلومتر مربع است، که ۹۷۳ کیلومتر مربع آن را ارتفاعات و ۶۵۶ کیلومترمربع آن را دشت تشکیل می‌دهد. حداکثر ارتفاع در منطقهٔ ۳۴۰۲ متر و پست‌ترین نقطه با ارتفاع ۲۱۳۶ متر در حوالی رحمت‌آباد است. محدودهٔ مورد مطالعه از نظر ساختمان زمین‌شناسی به عنوان ناودیس طولی بین دو طاقدیس شمالی و جنوبی قرار گرفته که طاقدیس‌های عمدهٔ این دشت عبارت‌اند از: برآفتاب، در قسمت شمال و شمال شرقی حوضه که شامل کوه‌های موسی خانی، لام کال، تنگ راه، عابدینی و پلنگی است. طاقدیس جنوبی دشت آسپاس شامل کوه های پلنگی، لای سوار، ضرابی، کربلاغ و کل دروازه است. رودخانهٔ دائمی این دشت روداوجان و دیگری بالنگان است. جهت جریان آب‌های سطحی از جنوب شرق به طرف شمال غرب است. رودخانه‌های اوجان و بالنگان پس از پیوستن به یکدیگر در ادامه در خارج از حوضه به رودخانهٔ سفید می‌پیوندند و به نام رودخانهٔ کر به سد درودزن می‌ریزند (امیر احمدی و همکاران، ۱۳۹۰).

1. Sen's Estimator slope
2. Kaown
3. Daneshvar Vousoughi

آزمون ناپارامتری من- کندال

این آزمون ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) تکامل یافت. این روش به طور گسترده در مباحث هواشناسی و اقلیم‌شناسی کاربرد دارد (بارن[1] و النور[2]، ۲۰۰۲؛ گان[3]، ۱۹۹۸؛ خو[4] و همکاران، ۲۰۰۳؛ یانگ[5] و همکاران، ۲۰۰۴). فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. آزمون آماره (T) من- کندال به روش زیر محاسبه می‌شود:

$$T = \frac{4P}{n(n-1)} \qquad (۱)$$

$$P = \sum_{n=1}^{n}(n_i) \qquad (۲)$$

در معادلات فوق، T آماره کندال، N تعداد کل سال‌های آماری (۸ سال)، و P مجموع تعداد رتبه‌های بزرگ‌تر از ردیف n_i است که بعد از آن قرار می‌گیرد. در این معادلات، n شمارهٔ ردیف است که برای هر سال تعریف شده است؛ مثلاً برای شروع دوره یعنی سال ۱۳۸۱ شمارهٔ ۱ و برای پایان دوره یعنی سال ۱۳۸۸ شمارهٔ ۸ تعریف شده است. معنی‌داری آمارهٔ T نیز توسط رابطهٔ زیر آزمون می‌شود (سبزی پرور و همکاران، ۱۳۹۰).

$$T_t = \pm t_g\sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}} \qquad (۳)$$

t_g برابر با مقدار بحرانی نمرهٔ نرمال یا استاندارد (Z) با سطح احتمال آزمون است و با سطح احتمال ۹۵ درصد برای آزمون دو دامنه برابر با ۱/۶۴۵ است. در صورت اعمال این مقدار، T_t معادل ۰/۴۷± می‌شود. با توجه به مقدار بحرانی به دست آمده برای (T_t)، حالات مختلفی بدین شرح مشاهده خواهد شد: اگر ($-T_t$)< T <($+T_t$) یا ۰/۴۷- < T <۰/۴۷+ باشد، هیچ‌گونه روند مهمی در سری‌ها مشاهده نمی‌شود و سری‌ها تصادفی هستند. همچنین اگر T <($+T_t$) یا T <

۰/۴۷+ نشان‌دهندهٔ روند مثبت در سری‌ها و در صورتی که T <($-T_t$) یا T <۰/۴۷- باشد، روند منفی در سری‌ها غالب خواهد بود. در این مطالعه، آمارهٔ (T) من- کندال با استفاده از نرم‌افزار Excel و منوی XLSTAT برای سری زمانی ماهانه و سالانه محاسبه شده است.

ضریب همبستگی اسپیرمن

این ضریب در اوایل دهه ۱۹۰۰ توسط چارلز اسپرمن ابداع گردید. ضریب همبستگی اسپیرمن که آن را با P نمایش می‌دهند، همواره ۱+ و ۱- در نوسان است و از لحاظ سطح سنجش نیز ترتیبی و از نوع متقارن است.

$$P=1-\frac{6(\sum d_i^2)}{n(n^2-1)} \qquad (۴)$$

در رابطهٔ (۴)، P ضریب همبستگی اسپیرمن، n تعداد مشاهده‌ها و $\sum d_i^2$ مجموع مجذور تفاوت دو رتبه است. برای آزمون ضریب همبستگی اسپیرمن از رابطهٔ زیر، آمارهٔ t محاسبه می‌شود که بعد از مقایسهٔ آن با t جدول با درجه آزادی n-2 تصمیم‌گیری می‌شود (بی‌همتا و زارع چاهوکی، ۱۳۸۷).

$$t=\frac{p\sqrt{n-2}}{1-p^2} \qquad (۵)$$

در این آزمون، فرض صفر (H_0) یکنواختی توزیع و مستقل بودن داده‌ها و فرض مقابل (H_1) روند افزایشی و کاهشی داده‌ها در سری زمانی است (یو و همکاران، ۲۰۰۲). در این مطالعه، ضریب همبستگی اسپیرمن با استفاده از نرم‌افزار SPSS برای سری زمانی ماهانه و سالانه محاسبه شده است.

شیب خط روند (تخمین‌گر سن)

یک شاخص بسیار مفید در آزمون من- کندال شیب سن است که با β نمایش داده می‌شود و آن شیب روند یکنواخت را در سری داده‌ها نشان می‌دهد. مقدار شیب روند برای ایستگاه Kام در ماه gام با استفاده از رابطهٔ زیر برآورد می‌شود (سن، ۱۹۹۶ و تیل[6]، ۱۹۵۰):

1. Burn
2. Elnur
3. Gan
4. Xu
5. Yang
6. Theil

$$\beta_{gk} = \text{Median}\left(\frac{X_{igk}-X_{jgk}}{i-j}\right), \quad \forall 1 \le i < j \le n \qquad (۶)$$

که در آن، i و j شمارندهٔ سال است. مقادیر مثبت آن، نشان‌دهندهٔ روند افزایشی و مقادیر منفی آن، نشان‌دهندهٔ روند کاهشی است. در این روش، مقادیر پرت موجود در سری داده‌ها، اثر کمی در تعیین شیب روند دارند که مزیت و برتری اصلی آن به روش رگرسیون خطی می‌باشد (نووتنی[1] و استفان[2]، ۲۰۰۷).

نتایج

برای سری‌های زمانی ماهانه و سالانه در ابتدا آماره‌های سه آزمون من‌ـ کندال، شیب تحلیل‌گر سن و ضریب اسپیرمن محاسبه گردید؛ سپس معنی‌داری این آماره‌ها در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد مورد آزمون قرار گرفته و نتایج به همراه مقادیر آماره‌های مذکور در جداول (۱) و (۲) و (۳) و (٤) درج گردیده است.

ـ سری زمانی ماهانه

نتایج به دست آمده از اعمال آزمون آمارهٔ (T) و آمارهٔ بحرانی (T_t) من‌ـ کندال (جدول ۱)، نشان‌دهندهٔ روندهای معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد است. طبق این آزمون، در مجموع سطح ایستابی ماهانه در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه در طی دورهٔ آماری (۱۳۸۱ـــ۱۳۸۸)، دارای روند بوده است. تغییرات در اکثر ماه‌ها روند کاهشی یا منفی داشته است؛ برای مثال، در ایستگاه‌های سده، دردانه و سیربانو در تمام ماه‌ها روند کاهشی دیده می‌شود، اما ایستگاه‌های پهلوانی کنار زهکش و حاجی‌آباد کنار رودخانه، بابایی، کناس‌ـ سفلی و کناس سفلا در اکثر ماه‌ها بدون روند هستند، یا مقدار روند معنی‌دار نبوده است. تنها روند مثبت معنی‌دار در آذر ماه ایستگاه پهلوانی کنار زهکش با مقداری برابر با ۰/۵ دیده می‌شود. آزمون من‌ـ کندال نشان داد که به طور میانگین، بیشترین افت مربوط به ماه‌های خرداد و تیر است که مقدار آمارهٔ (T) آن برابر با ۰/٦۳- بوده است و از بین ایستگاه‌ها، چاه دردانه با آمارهٔ (T) برابر با ۰/۸۳- بیشترین روند منفی را داشته است. نتایج آزمون پیرسون نیز حاکی از روند کاهشی در سطح ایستابی در طول دورهٔ مورد مطالعه است، به جز ایستگاه‌های پهلوانی کنار زهکش و حاجی‌آباد کنار رودخانه و بابایی که فاقد روند معنی‌داری هستند، بقیه ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای روند منفی در ماه‌های مختلف‌اند. در این روش، هیچ‌گونه روند مثبت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. مقادیر ضریب همبستگی اسپیرمن در جدول (۲) ارائه شده است. همان‌طور که در قسمت مواد و روش‌ها ذکر شد، مقادیر شیب روندها (در ماه‌های سال) با استفاده از روش سن و سیل محاسبه گردید که در جدول (۳) ارائه شده است. از این جدول می‌توان استنباط کرد میانهٔ شیب‌ها مابین ۰/۳۵- متر در سال در ماه آذر و ۱/۱۲- متر در سال در در ماه مرداد نوسان دارد. به این ترتیب، می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط فعلی، سطح ایستابی در دشت آسپاس ۳/۵ متر تا ۱۱/۲ متر در هر دهه کاهش می‌یابد. همان‌طور که دیده می‌شود، در ایستگاه‌های پهلوانی زهکش، حاجی‌آباد کنار رودخانه و بابایی، شیب روند هم مثبت و هم منفی و کمتر از مابقی ایستگاه‌ها بوده است. همچنین ایستگاه‌های سده، دردانه و سیربانو دارای بیشترین شیب کاهشی می‌باشند، این نتایج هماهنگی بیشتر با آزمون آمارهٔ (T) دارد. شدیدترین روند کاهشی شیب برابر با ۱/۹٦- مربوط به ایستگاه کناس سفلا در شهریور ماه بوده است. همچنین بیشترین مقدار روند افزایشی در ایستگاه پهلوانی کنار زهکش با شیبی برابر با ۰/۱۳ است.

1. Novotny
2. Stefan

جدول (۱): مقدار آماره (T) آزمون من- کندال برای متغیر تراز آب زیرزمینی دشت آسپاس در طی دورهٔ آماری (۱۳۸۱-۱۳۸۸)

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	میانگین‌ایستگاه‌ها
حاجی‌آباد	۰/۲۹	-۰/۲۱	-۰/۲۹	-۰/۵۵ d	-۰/۶۴ d	-۰/۷۱ d	-۰/۵۰ d	-۰/۵۰ d	-۰/۴۳	-۰/۵۷ d	-۰/۵۰ d	-۰/۶۴ d	-۰/۴۹ d
دوراهی آسپاس سده	-۰/۲۹	-۰/۴۳	-۰/۴۳	-۰/۵۰ d	-۰/۷۱ d	-۰/۷۹ d	-۰/۶۴ d	-۰/۶۴ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۰ d	-۰/۵۰ d	-۰/۴۳	-۰/۵۴ d
ده نو کنار روستا	-۰/۲۹	-۰/۲۹	-۰/۱۴	-۰/۱۴	-۰/۳۶	-۰/۷۹ d	-۰/۵۷ d	-۰/۷۱ d	-۰/۷۹ d	-۰/۷۱ d	-۰/۵۰ d	-۰/۵۷ d	-۰/۴۹ d
دوراهی خسرو شیرین	-۰/۳۶	-۰/۴۳	-۰/۵۰ d	-۰/۵۰ d	-۰/۵۷ d	-۰/۷۱ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۰ d	-۰/۵۰ d	-۰/۵۰ d	-۰/۵۷ d	-۰/۶۹ d	-۰/۵۳ d
پل دهنو اوجان	-۰/۵۷ d	-۰/۳۳	۰/۰۰	-۰/۳۶	-۰/۲۹	-۰/۷۹ d	-۰/۵۵ d	-۰/۶۴ d	-۰/۶۴ d	-۰/۷۶ d	-۰/۳۶	-۰/۴۷ d	-۰/۴۸ d
حاجی‌آباد کنار رودخانه	۰/۲۹	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۰۷	۰/۰۷	-۰/۰۴	۰/۱۸	-۰/۳۶	-۰/۵۷ d	-۰/۵۰ d	-۰/۲۵	-۰/۱۱	-۰/۰۴
مهگان	-۰/۲۹	-۰/۵۵ d	-۰/۳۶	-۰/۵۰	-۰/۵۷ d	-۰/۷۱ d	-۰/۴۳	-۰/۴۳	-۰/۵۰ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۰ d	-۰/۵۰ d
شولان	-۰/۴۳	-۰/۳۶	-۰/۳۶	-۰/۱۴	-۰/۱۴	-۰/۵۷ d	-۰/۴۳	-۰/۷۱ d	-۰/۷۱ d	-۰/۷۱ d	-۰/۷۱ d	-۰/۷۹ d	-۰/۴۹ d
دوراهی شولان ده خیر	-۰/۷۶ d	-۰/۷۱ d	-۰/۵۰ d	-۰/۶۹ d	-۰/۲۱	-۰/۵۷ d	-۰/۴۳	-۰/۷۹ d	-۰/۷۹ d	-۰/۷۹ d	-۰/۹۳ d	-۰/۷۹ d	-۰/۶۶ d
پهلوانی کنار زهکش	۰/۴۳	۰/۳۶	۰/۵۰ a	۰/۲۱	۰/۰۷	۰/۰۰	-۰/۰۷	-۰/۲۹	-۰/۵۰ d	-۰/۴۰	-۰/۴۰	-۰/۳۶	-۰/۰۴
دوراهی پهلوانی	۰/۰۰	-۰/۴۳	-۰/۲۹	-۰/۴۳	-۰/۷۱ d	-۰/۷۹ d	-۰/۶۴ d	-۰/۷۱ d	-۰/۷۹ d	-۰/۷۹ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۰ d	-۰/۵۵ d
پاسگاه آسپاس	-۰/۲۱	-۰/۲۱	-۰/۴۳	-۰/۵۰ d	-۰/۷۱ d	-۰/۷۹ d	-۰/۶۴ d	-۰/۸۶ d	-۰/۷۱ d	-۰/۴۳	-۰/۵۰ d	-۰/۴۳	-۰/۵۴ d
بابائی	۰/۳۳	۰/۰۰	۰/۲۹	۰/۱۴	-۰/۱۴	-۰/۱۴	-۰/۱۴	-۰/۵۰ d	-۰/۴۳	-۰/۳۶	-۰/۲۱	-۰/۱۴	-۰/۱۱
ده خیر	-۰/۴۳	-۰/۵۷ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۰ d	-۰/۵۷ d	-۰/۳۶	-۰/۷۱ d	-۰/۵۰ d	-۰/۶۴ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۴ d
دوراهی بابایی	-۰/۳۶	-۰/۳۶	-۰/۳۶	-۰/۵۷ d	-۰/۷۱ d	-۰/۷۹ d	-۰/۶۴ d	-۰/۵۷ d	-۰/۷۱ d	-۰/۶۴ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۷ d
الله‌آباد	-۰/۳۶	-۰/۴۳	-۰/۴۳	-۰/۶۴ d	-۰/۷۱ d	-۰/۷۹ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۷ d	-۰/۶۴ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۷ d
شهرآشوب	-۰/۲۹	-۰/۳۶	-۰/۲۹	-۰/۴۳	-۰/۵۰ d	-۰/۷۹ d	-۰/۹۳ d	-۰/۷۹ d	-۰/۷۹ d	-۰/۷۱ d	-۰/۶۴ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۹ d
رضاآباد	-۰/۶۴ d	-۰/۶۴ d	-۰/۳۶	-۰/۷۱ d	-۰/۹۳ d	-۰/۸۶ d	-۰/۹۳ d	-۰/۶۴ d	-۰/۷۹ d	-۰/۷۱ d	-۰/۶۴ d	-۰/۶۴ d	-۰/۷۱ d
حسین آباد	-۰/۶۹ d	-۰/۶۴ d	-۰/۷۱ d	-۰/۸۶ d	-۰/۷۱ d	-۰/۶۴ d	-۰/۵۰ d	-۰/۴۳	-۰/۵۷ d	-۰/۷۱ d	-۰/۷۹ d	-۰/۸۶ d	-۰/۶۸ d
احمدآباد له دراز	-۰/۳۳	-۰/۳۶	-۰/۴۳	-۰/۵۰ d	-۰/۷۹ d	-۰/۷۱ d	-۰/۵۰ d	-۰/۵۷ d	-۰/۷۹ d	-۰/۷۹ d	-۰/۶۴ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۸ d
سیربانو	-۰/۶۴ d	-۰/۶۴ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۷ d	-۰/۷۹ d	-۰/۷۱ d	-۰/۶۴ d	-۰/۵۷ d	-۰/۷۱ d	-۰/۷۹ d	-۰/۸۶ d	-۰/۹۳ d	-۰/۷۰ d
دردانه	-۱/۰۰ d	-۰/۹۳ d	-۰/۸۶ d	-۰/۷۹ d	-۰/۶۴ d	-۰/۷۹ d	-۰/۶۴ d	-۰/۶۴ d	-۰/۸۶ d	-۰/۹۳ d	-۰/۹۱ d	-۰/۹۳ d	-۰/۸۳ d
کناس سفلا	-۰/۲۱	-۰/۲۹	-۰/۲۹	-۰/۲۱	-۰/۵۰ d	-۰/۴۳	-۰/۲۹	-۰/۴۳	-۰/۵۰ d	-۰/۵۰ d	-۰/۷۱ d	-۰/۵۷ d	-۰/۴۱
حسن‌آباد	-۰/۳۶	-۰/۳۶	-۰/۳۶	-۰/۳۶	-۰/۳۶	-۰/۵۷ d	-۰/۲۹	-۰/۷۱ d	-۰/۵۰ d	-۰/۵۷ d	-۰/۶۲ d	-۰/۷۱ d	-۰/۴۸ d
کناس	-۰/۴۳	-۰/۲۱	-۰/۲۱	-۰/۲۱	-۰/۳۶	-۰/۴۳	-۰/۳۶	-۰/۵۰ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۷ d	-۰/۸۶ d	-۰/۷۹ d	-۰/۴۶
سده	-۰/۵۰ d	-۰/۶۴ d	-۰/۶۹ d	-۰/۷۱ d	-۰/۷۹ d	-۰/۸۶ d	-۰/۷۹ d	-۰/۷۹ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۰ d	-۰/۵۷ d	-۰/۶۷ d
شهرآشوب	-۰/۳۶	-۰/۲۱	-۰/۵۰ d	-۰/۴۰	-۰/۵۰ d	-۰/۶۴ d	-۰/۴۳	-۰/۷۱ d	-۰/۷۹ d	-۰/۷۹ d	-۰/۶۴ d	-۰/۶۴ d	-۰/۵۵ d
کناس- سفلی	-۰/۱۴	-۰/۱۴	-۰/۱۴	-۰/۱۴	-۰/۳۶	-۰/۲۹	-۰/۲۹	-۰/۳۶	-۰/۵۰ d	-۰/۵۰ d	-۰/۵۰ d	-۰/۵۰ d	-۰/۳۲
لاله‌گون	۰/۲۱	-۰/۲۵	-۰/۱۴	-۰/۱۴	-۰/۲۹	-۰/۲۹	-۰/۵۰ d	-۰/۶۴ d	-۰/۶۲ d	-۰/۵۰ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۰ d	-۰/۳۹ d
احمدآباد	-۰/۲۹	-۰/۳۶	-۰/۴۳	-۰/۴۳	-۰/۴۳	-۰/۷۱ d	-۰/۴۳	-۰/۵۷ d	-۰/۶۴ d	-۰/۷۱ d	-۰/۶۴ d	-۰/۵۷ d	-۰/۵۲ d
میانگین ماه‌ها	-۰/۳۲	-۰/۳۵	-۰/۳۲	-۰/۴۰	-۰/۴۹ d	۰/۶۱ d	-۰/۴۸ d	-۰/۶۰ d	-۰/۶۳ d	-۰/۶۳ d	-۰/۵۹ d	-۰/۵۸ d	-۰/۵۰ d

A معنی‌داری روند مثبت با سطح اطمینان ۹۵ درصد و d معنی‌داری روند منفی با سطح اطمینان ۹۵ درصد

جدول (۲): مقدار آمارهٔ ضریب همبستگی اسپیرمن برای متغیر تراز آب زیرزمینی دشت آسپاس در طی دورهٔ آماری (۱۳۸۱ـ۱۳۸۸)

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
حاجی‌آباد	-۰/۳۶	-۰/۳۶	-۰/۳۶	-۰/۶۱	-۰/۶۴	-۰/۸۳*	-۰/۶۷	-۰/۶۷	۰/۶۲	-۰/۷۱*	۰/۶۴	-۰/۷۶*
دوراهی آسپاس سده	-۰/۳۶	-۰/۵	-۰/۵	۰/۶۲	-۰/۸۶*	-۰/۸۶**	-۰/۷۴*	-۰/۸۶*	-۰/۷۱*	-۰/۶۷	۰/۶۷	-۰/۶
ده نو کنار روستا	-۰/۳۳	-۰/۴۳	۰/۱۹	۰/۲۴	-۰/۴	-۰/۹۱**	۰/۶۹	-۰/۸۱*	-۰/۹۱**	۰/۸۸**	۰/۶۷	۰/۶۹
دوراهی خسرو شیرین	-۰/۴۵	-۰/۵۲	-۰/۶۴	-۰/۶۷	-۰/۶۹	-۰/۸۶*	-۰/۷۱*	-۰/۶۷	-۰/۶۹	-۰/۶۷	-۰/۷۳*	-۰/۹۸**
پل دهنو اوجان	-۰/۶۶	-۰/۴۶	-۰/۰۷	-۰/۴	-۰/۵۲	-۰/۹۱**	-۰/۶۸	-۰/۸۳*	-۰/۸۶*	-۰/۹۰**	-۰/۴۵	-۰/۶۱
حاجی‌آباد کنار رودخانه	۰/۴	۰/۴۵	۰/۵۲	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۱	۰/۳	-۰/۴۸	-۰/۶۹	-۰/۶۹	-۰/۴۹	-۰/۱۸
مهگان	-۰/۳۸	-۰/۶۷	-۰/۴۵	-۰/۶۲	-۰/۸۶*	-۰/۸۳*	-۰/۶	-۰/۶	-۰/۶۴	-۰/۶۹	-۰/۶۹	-۰/۶۷
شولان	-۰/۵۲	-۰/۴۵	-۰/۴۸	-۰/۲۶	-۰/۳۳	-۰/۷۱*	-۰/۶	-۰/۸۸*	-۰/۷۱*	-۰/۸۱*	-۰/۸۱*	-۰/۸۶**
دوراهی شولان ده‌خیر	-۰/۹۱**	-۰/۸۱*	-۰/۶۷	-۰/۸۱*	-۰/۳۶	-۰/۷۱*	-۰/۶	-۰/۹۱**	-۰/۸۶*	-۰/۹۱**	-۰/۹۸**	-۰/۹۱**
پهلوانی کنار زهکش	-۰/۴۳	-۰/۴	-۰/۶۹	۰/۳۳	۰/۲۴	۰/۰۵	-۰/۱۲	-۰/۵	-۰/۶۴	-۰/۵۹	-۰/۵۶	-۰/۴۸
دوراهی پهلوانی	-۰/۱۹	-۰/۵	-۰/۳۶	-۰/۵	-۰/۸۳*	-۰/۸۶**	-۰/۷۴*	-۰/۸۱*	-۰/۹۱**	-۰/۹۱**	-۰/۶۹	-۰/۶۲
پاسگاه آسپاس	-۰/۳۱	-۰/۳۱	-۰/۵	-۰/۶۷	-۰/۸۶	-۰/۸۶*	-۰/۷۴*	-۰/۹۳**	-۰/۸۱*	-۰/۶	-۰/۶۷	-۰/۶
بابائی	-۰/۲۵	-۰/۰۲	-۰/۳۱	۰/۱۴	-۰/۱۲	-۰/۱۷	-۰/۲۶	-۰/۶۴	-۰/۵۲	-۰/۴۸	-۰/۴	-۰/۳۱
ده خیر	-۰/۶	-۰/۶۹	-۰/۶۹	-۰/۷۱*	-۰/۶۲	-۰/۶۴	-۰/۵	-۰/۸۶**	_۰/۶۷	-۰/۷۴*	-۰/۶۲	-۰/۶۹
دوراهی بابایی	-۰/۴۵	-۰/۴۵	-۰/۴۵	-۰/۶۹	-۰/۸۳*	-۰/۸۶**	-۰/۷۴*	-۰/۶۹	-۰/۸۱*	-۰/۷۶*	-۰/۶۹	-۰/۶۹
الله‌آباد	-۰/۴	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۸۷۱*	-۰/۸۳*	-۰/۸۶**	-۰/۶۹	-۰/۶۹	-۰/۸۷۶*	-۰/۶۹	-۰/۶۹	-۰/۶۹
شهرآشوب	-۰/۳۸	-۰/۴۵	-۰/۳۸	-۰/۵	-۰/۶	-۰/۹۱**	-۰/۹۸**	-۰/۹۱**	-۰/۹۱**	-۰/۸۱*	-۰/۷۴*	-۰/۶۹
رضاآباد	-۰/۸۷۹*	-۰/۸۷۹*	-۰/۴۸	-۰/۸۸**	-۰/۹۸**	-۰/۹۵**	-۰/۹۸**	-۰/۸۷۶*	-۰/۹۱**	-۰/۸۸**	-۰/۷۹*	-۰/۸۷۹*
حسین‌آباد	-۰/۸۷۹*	-۰/۷۴*	-۰/۸۳*	-۰/۹۳**	-۰/۸۳*	-۰/۸۱*	-۰/۶۲	-۰/۶	-۰/۷۱*	-۰/۷۶*	-۰/۹۳**	-۰/۹۵**
احمدآباد له دراز	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۵۲	-۰/۶۷	-۰/۸۶*	-۰/۸۳*	-۰/۶۴	-۰/۶۹	-۰/۹۱**	-۰/۹۱**	-۰/۷۴**	-۰/۸۷۱*
سیربانو	-۰/۸۷۹*	-۰/۷۴*	-۰/۸۷۱*	-۰/۸۷۱*	-۰/۹۳**	-۰/۸۶**	-۰/۷۹*	-۰/۷۶*	-۰/۹۱**	-۰/۹۵*	-۰/۹۳**	-۰/۹۸**
دردانه	-۱/۰**	-۰/۹۸**	-۰/۹۳**	-۰/۸۶**	-۰/۸۷۹*	-۰/۹۱**	-۰/۷۴*	-۰/۸۷۹*	-۰/۹۵**	-۰/۹۸**	-۰/۹۷**	-۰/۹۸**
کناس سفلا	-۰/۳۶	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۳۶	-۰/۶۲	-۰/۶	-۰/۵۲	-۰/۶	-۰/۶۷	-۰/۶۷	-۰/۸۱*	-۰/۶۹
حسن‌آباد	-۰/۴۸	-۰/۴۵	-۰/۵۲	-۰/۵۲	-۰/۴	-۰/۶۹	-۰/۳۸	-۰/۸۱*	-۰/۵۵	-۰/۶۹	-۰/۷۲	-۰/۸۱*
کناس	-۰/۰۷	-۰/۰۴	-۰/۴	-۰/۳۶	-۰/۴۵	-۰/۵۷	-۰/۵۵	-۰/۶۲	-۰/۶۹	-۰/۷۱*	-۰/۹۵**	-۰/۹۱**
سده	-۰/۶	-۰/۸۳*	-۰/۹۱**	-۰/۸۸**	-۰/۹۱**	-۰/۹۵**	-۰/۹۱**	-۰/۹۳**	-۰/۷۱*	-۰/۷۱*	-۰/۶۷	-۰/۷۴*
شهرآشوب	-۰/۴۸	-۰/۳۶	-۰/۶۲	-۰/۵۴	-۰/۵۷	-۰/۸۷۶*	-۰/۶	-۰/۸۱*	-۰/۸۸*	-۰/۹۱*	-۰/۷۶*	-۰/۷۶*
کناس- سفلی	-۰/۲۶	-۰/۲۶	-۰/۲۶	-۰/۲۹	-۰/۴	-۰/۳۸	-۰/۵۲	-۰/۵۵	-۰/۶۷	-۰/۶۴	-۰/۶۲	-۰/۶۲
لاله‌گون	-۰/۳۱	-۰/۳۵	-۰/۲۶	-۰/۲۶	-۰/۳۶	-۰/۳۶	-۰/۶	-۰/۶۴	-۰/۸۷۲*	-۰/۶	-۰/۶۲	-۰/۶۴
احمدآباد	-۰/۳۸	-۰/۴۸	-۰/۵۵	-۰/۵۵	-۰/۵۵	-۰/۸۶**	-۰/۵۲	-۰/۸۷۶*	-۰/۸۷۹*	-۰/۸۳*	-۰/۷۴*	-۰/۷۱*

** معنی‌داری روند در سطح ۹۹ درصد و * معنی‌داری روند در سطح ۹۵ درصد

جدول (۳): مقدار آمارهٔ (β) شیب خط روند آزمون من‌ـ کندال (متر در سال) برای متغیر تراز آب زیرزمینی دشت آسپاس در طی دورهٔ آماری (۱۳۸۸ـ۱۳۸۱)

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
حاجی‌آباد	-۰/۱۱	-۰/۱۱	-۰/۰۶	-۰/۱۲	-۰/۲۲	-۰/۲۴	-۰/۲۶	-۰/۲۸	-۰/۱۹	-۰/۲۳	-۰/۱۸	-۰/۱۸
دوراهی آسپاس سده	-۰/۲۱	-۰/۲۵	-۰/۲۰	-۰/۲۴	-۰/۵۰	-۰/۶۰	-۰/۶۲	-۰/۶۸	-۰/۵۸	-۰/۴۷	-۰/۳۲	-۰/۲۸
ده نو کنار روستا	-۰/۱۹	-۰/۱۵	-۰/۰۸	-۰/۱۹	-۰/۲۴	-۰/۲۵	-۰/۳۰	-۰/۴۸	-۰/۹۳	-۰/۶۲	-۰/۴۰	-۰/۳۷
دوراهی خسرو شیرین	-۰/۶۵	-۰/۷۳	-۰/۵۲	-۰/۵۶	-۰/۹۹	-۱/۵۹	-۱/۱۲	-۰/۹۶	-۱/۱۸	-۱/۰۸	-۱/۲۵	-۰/۹۳
پل دهنو اوجان	-۰/۰۴	-۰/۰۲	۰/۰۰	-۰/۰۷	-۰/۱۲	-۰/۱۲	-۰/۱۰	-۰/۱۰	-۰/۰۸	-۰/۰۶	-۰/۰۴	-۰/۰۲
حاجی‌آباد کنار رودخانه	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۲	-۰/۱۲	-۰/۱۰	-۰/۱۰	-۰/۱۱	-۰/۰۵
مهگان	-۰/۳۱	-۰/۳۳	-۰/۳۴	-۰/۳۷	-۰/۳۴	-۰/۴۳	-۰/۶۳	-۰/۶۷	-۰/۹۰	-۱/۳۲	-۱/۶۰	-۱/۷۸
شولان	-۱/۰۹	-۰/۹۲	-۰/۲۴	-۰/۳۶	-۰/۳۶	-۰/۳۱	-۰/۳۹	-۰/۵۸	-۰/۸۹	-۱/۶۳	-۲/۰۳	-۱/۸۸
دوراهی شولان ده خیر	-۰/۲۹	-۰/۳۱	-۰/۲۳	-۰/۲۵	-۰/۲۱	-۰/۲۴	-۰/۲۳	-۰/۲۷	-۰/۳۰	-۰/۴۱	-۰/۳۹	-۰/۳۴
پهلوانی کنار زهکش	۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۶	-۰/۱۱	-۰/۱۲	-۰/۰۴	-۰/۰۴
دوراهی پهلوانی	-۰/۰۵	-۰/۳۹	-۱/۳۱	-۰/۳۳	-۰/۸۴	-۰/۸۷	-۰/۶۳	-۰/۸۰	-۰/۹۴	-۱/۱۰	-۱/۱۲	-۰/۸۲
پاسگاه آسپاس	-۰/۲۲	-۰/۱۵	-۰/۲۶	-۰/۳۰	-۰/۶۶	-۰/۷۵	-۰/۸۴	-۰/۷۲	-۰/۶۷	-۰/۳۴	-۰/۴۸	-۰/۵۴
بابائی	۰/۲۱	۰/۰۰	۰/۱۱	۰/۰۴	-۰/۰۵	-۰/۰۴	-۰/۰۵	-۰/۱۲	-۰/۱۶	-۰/۱۳	-۰/۱۲	-۰/۰۷
ده خیر	-۰/۹۸	-۰/۸۱	-۰/۶۰	-۰/۶۲	-۰/۶۷	-۰/۶۱	-۰/۳۸	-۰/۸۷	-۱/۷۷	-۱/۶۴	-۱/۹۱	-۱/۸۳
دوراهی بابائی	-۰/۴۳	-۰/۵۰	-۰/۴۱	-۰/۴۱	-۰/۸۶	-۰/۹۷	-۰/۹۵	-۱/۱۲	-۱/۱۵	-۱/۱۲	-۱/۱۳	-۱/۱۱
الله‌آباد	-۰/۳۴	-۰/۳۲	-۰/۲۴	-۰/۲۱	-۰/۳۵	-۰/۴۳	-۰/۴۳	-۰/۳۹	-۰/۴۲	-۰/۵۳	-۰/۶۵	-۰/۸۹
شهرآشوب	-۰/۷۹	-۰/۹۳	-۱/۰۰	-۱/۰۶	-۱/۰۰	-۰/۹۰	-۰/۸۷	-۱/۰۳	-۱/۳۷	-۱/۴۴	-۱/۷۱	-۱/۷۳
رضاآباد	-۰/۵۴	-۰/۶۴	-۰/۶۰	-۰/۷۰	-۰/۸۱	-۰/۹۱	-۰/۵۱	-۰/۹۸	-۰/۸۸	-۰/۹۱	-۱/۱۰	-۱/۲۱
حسین‌آباد	-۰/۷۱	-۰/۶۳	-۰/۶۵	-۰/۶۰	-۰/۵۸	-۰/۶۵	-۰/۶۷	-۰/۸۳	-۱/۱۷	-۰/۹۷	-۰/۹۷	-۰/۹۷
احمدآباد له دراز	-۰/۱۱	-۰/۱۳	-۰/۱۳	-۰/۱۶	-۰/۴۹	-۰/۳۸	-۰/۳۴	-۰/۳۳	-۰/۳۴	-۰/۳۴	-۰/۳۵	-۰/۳۹
سیربانو	-۰/۸۰	-۰/۶۳	-۰/۳۷	-۰/۳۵	-۰/۵۰	-۰/۵۵	-۰/۷۸	-۱/۰۵	-۱/۰۶	-۱/۱۱	-۱/۱۴	-۱/۰۸
دردانه	-۱/۰۲	-۱/۰۴	-۰/۹۸	-۱/۰۸	-۱/۰۳	-۱/۱۰	-۱/۲۰	-۱/۲۵	-۱/۱۳	-۱/۰۷	-۱/۲۰	-۱/۱۳
کناس سفلا	-۰/۹۹	-۰/۸۰	-۰/۵۸	-۰/۵۵	-۰/۹۵	-۰/۸۳	-۰/۷۷	-۱/۱۴	-۱/۳۱	-۱/۵۷	-۱/۶۹	-۱/۶۹
حسن‌آباد	-۰/۶۹	-۰/۹۳	-۰/۳۵	-۰/۴۱	-۰/۲۲	-۰/۳۶	-۰/۱۶	-۰/۸۴	-۱/۳۵	-۱/۰۲	-۱/۱۶	-۱/۶۲
کناس	-۱/۱۸	-۰/۷۸	-۰/۴۲	-۰/۴۷	-۰/۸۹	-۰/۹۴	-۰/۹۸	-۱/۸۱	-۱/۸۵	-۱/۷۱	-۱/۸۴	-۲/۳۹
سده	-۱/۲۵	-۱/۱۱	-۱/۱۸	-۱/۱۶	-۱/۲۲	-۱/۳۱	-۱/۴۸	-۱/۴۳	-۱/۷۱	-۱/۸۲	-۱/۹۰	-۱/۷۹
شهرآشوب	-۰/۸۸	-۰/۷۱	-۱/۰۶	-۰/۸۲	-۰/۷۸	-۰/۸۷	-۰/۹۶	-۱/۲۲	-۱/۸۴	-۱/۴۲	-۱/۴۷	-۱/۸۷
کناس‌ـ سفلی	-۰/۴۲	-۰/۳۶	-۰/۰۹	-۰/۱۹	-۰/۱۵	-۰/۳۰	-۰/۲۷	-۰/۴۱	-۰/۸۰	-۱/۱۱	-۱/۳۴	-۱/۴۸
لاله‌گون	-۰/۴۴	-۰/۵۱	-۰/۵۱	-۰/۵۰	-۰/۵۷	-۰/۵۸	-۰/۷۰	-۰/۵۸	-۰/۶۵	-۰/۹۵	-۱/۱۲	-۱/۰۱
احمدآباد	-۰/۵۵	-۰/۵۹	-۰/۸۰	-۰/۶۴	-۰/۷۷	-۰/۸۷	-۱/۰۷	-۰/۹۴	-۰/۹۴	-۱/۱۵	-۱/۲۸	-۱/۳۶
میانه	-۰/۴۳	-۰/۵۱	-۰/۳۵	-۰/۳۷	-۰/۵۳	-۰/۵۹	-۰/۶۳	-۰/۷۶	-۰/۹۱	-۱/۰۵	-۱/۱۲	-۱/۰۴

شکل (۲)، روند ماهانهٔ شیب تحلیل‌گر سن را در دو ایستگاه سده و حاجی‌آباد کنار رودخانه را نشان می‌دهد این دو ایستگاه به ترتیب دارای بیشترین و کمترین روند منفی در بین سایر ایستگاه‌های موجود در آبخوان دشت آسپاس هستند.

همان‌طور که دیده می‌شود، میزان آمارهٔ (β) آزمون من‌ـ کندال در هر دو ایستگاه روند از مهر ماه به سمت شهریور ماه در طی دورهٔ آماری (۱۳۸۸ـ۱۳۸۱) نزول پیدا می‌کند.

ـ سری زمانی سالانه

نتایج بررسی روند سالانهٔ تغییرات سطح ایستابی آبخوان

دشت آسپاس با آزمون‌های من‌ـ کندال و اسپیرمن در جدول (٤) آورده شده است. مقادیر آماره‌های (T)، (β) من‌ـ کندال و ضریب همبستگی اسپرمن محاسبه شد و معنی‌داری آن مورد آزمون واقع شد. نتایج نشان از روند نزولی سطح ایستابی در طی دورهٔ آماری (۱۳۸۱ـ۱۳۸۸) دارد. آمارهٔ (T) فقط در ایستگاه حاجی‌آباد کنار رودخانه (T=۰/۱٦۷) و بابایی (T=۰/۰۰) روند منفی را نشان نمی‌دهد، ولی در مابقی ایستگاه‌ها مقادیر این آماره منفی بوده است، به طوری که ایستگاه دردانه حداکثر مقدار منفی (T=-۱/۰۰) را به خود اختصاص داده است. شیب خط روند سن (β) در سری سالانه بین (β =۰/۰۰۹) و (β =-۱/۵۷) برای ایستگاه‌های حاجی‌آباد کنار رودخانه و مهگان قرار دارد. مقدار این آماره فقط در ایستگاه حاجی‌آباد کنار رودخانه مثبت (β =۰/۰۰۹) و نشان‌دهندهٔ روند افزایشی در سطح ایستابی است. مقادیر روش اسپیرمن نیز روند منفی را در تمامی ایستگاه‌ها نشان می‌دهد (شکل ٤).

شکل (۲): روند ماهانهٔ شیب تحلیل‌گر سن در ایستگاه سده و حاجی‌آباد کنار رودخانه در طی دورهٔ آماری (۱۳۸۱ـ۱۳۸۸)

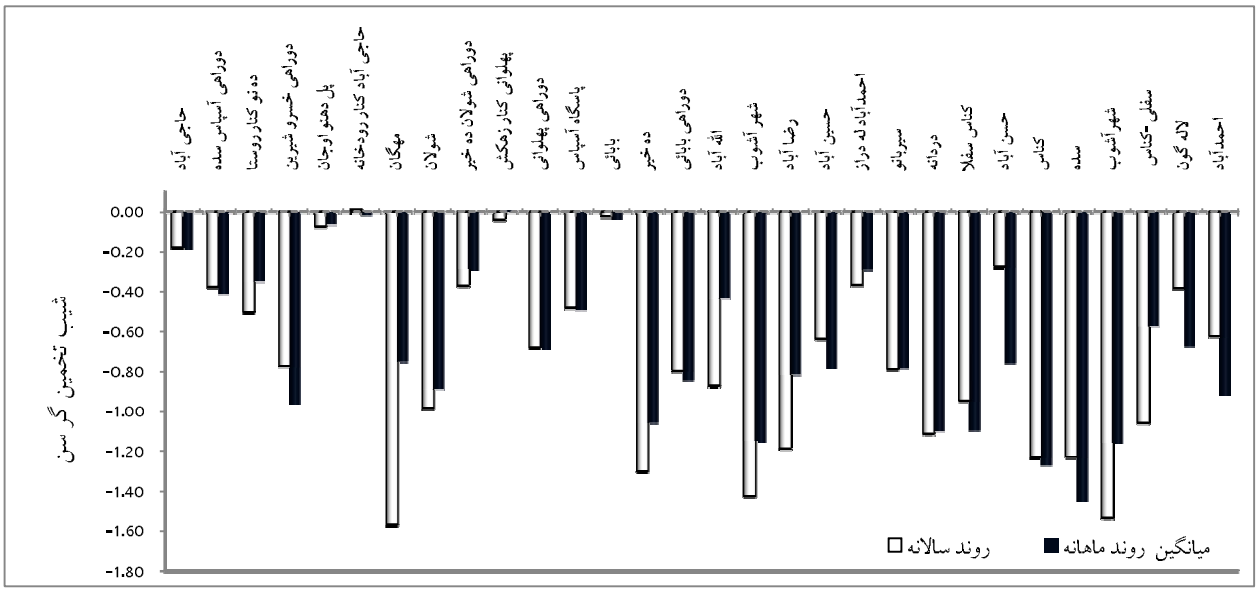
جدول (٤): مقدار آمارهٔ (T) و (β) آزمون من‌ـ کندال و ضریب همبستگی اسپیرمن برای سری سالانه متغیر تراز آب زیرزمینی دشت آسپاس (۱۳۸۱ـ۱۳۸۸)

ایستگاه	آمارهٔ (T)	آمارهٔ (β)	ضریب پیرسون	ایستگاه	آمارهٔ (T)	آمارهٔ (β)	ضریب پیرسون
حاجی‌آباد	-۰/٦٦۷ d	-۰/۱۸	-۰/٦۰۲*	الله آباد	-۰/٦۱۱ d	-۰/۸۷۳	-۰/٦٦۹*
دوراهی آسپاس سده	-۰/۵۵٦ d	-۰/۳۷۸	-۰/٦٤۵*	شهر آشوب	-۰/۷۷۸ d	-۱/٤۲۷	-۰/٦۸۷*
ده نو کنار روستا	-۰/۷۷۲ d	-۰/۵۰٤	-۰/۵۹٦	رضا آباد	-۰/٦٦۷ d	-۱/۱۸۹	-۰/۸۲۹**
دوراهی خسرو شیرین	-۰/۳۸۹	-۰/۷۷۵	-۰/٦۷٤*	حسین آباد	-۰/٦۱۱ d	-۰/٦۳۷	-۰/۷۹۲*
پل دهنو اوجان	-۰/٦٦۷ d	-۰/۰۷٤	-۰/٦۰۵*	احمدآباد له دراز	-۰/٦٦۷ d	-۰/۳٦۸	-۰/٦۹۰*
حاجی‌آباد کنار رودخانه	۰/۱٦۷	۰/۰۰۹	-۰/۰٤۹	سیربانو	-۰/۸۸۹ d	-۰/۷۸۹	-۰/۸۱۷**
مهگان	-۰/۵۵٦ d	-۱/۵۷	-۰/٦۳۳*	دردانه	-۱/۰۰۰ d	-۱/۱۱۵	-۰/۹۰٤**
شولان	-۰/۲۷۸	-۰/۹۸۵	-۰/٦۲۳*	کناس سفلا	-۰/۰۵٦	-۰/۹٤۸	-۰/۵۵۸
دوراهی شولان ده خیر	-۰/٤٤٤	-۰/۳۷	-۰/۷۸٤*	حسن‌آباد	-۰/۱٦۷	-۰/۲۷٦	-۰/۵۸٦
پهلوانی کنار زهکش	-۰/۱۱۱	-۰/۰٤	-۰/۰٦۲	کناس	-۰/۱٦۷	-۱/۲۲۹	-۰/۵۹۹
دوراهی پهلوانی	-۰/۷۲۲ d	-۰/٦۸۱	-۰/٦۵۹*	سده	-۰/۳۸۹	-۱/۲۲۹	-۰/۸۱۱**
پاسگاه آسپاس	-۰/۷۲۲ d	-۰/۴۸۲	-۰/٦٤۵*	شهرآشوب	-۰/٤٤٤	-۱/۵۳٦	-۰/٦۷۰*
بابائی	۰/۰۰۰	-۰/۰۲٤	-۰/۱۸۱	کناس‌ـ سفلی	-۰/۲۷۸	-۱/۰۵۷	-۰/٤۵٦
ده خیر	-۰/۳۳۳	-۱/۳۰۳	-۰/٦٦۹*	لاله‌گون	-۰/۱۱۱	-۰/۳۸۵	-۰/٤۷٦
دوراهی بابائی	-۰/۷۷۸ d	-۰/۷۹۸	-۰/٦۷۷*	احمدآباد	-۰/۱۱۱	-۰/٦۲٤	-۰/٦٤۳*

** معنی‌داری روند منفی در سطح ۹۹ درصد و * معنی‌داری روند منفی در سطح ۹۵ درصد

d معنی‌داری روند منفی با سطح اطمینان ۹۵ درصد

شکل (۳) روند شیب تحلیل‌گر سن را در تمامی ایستگاه‌ها برای سری سالانه و متوسط ماهانه نشان می‌دهد که روند منفی در تمامی ایستگاه‌ها مشاهده می‌شود. ایستگاه حاجی‌آباد کنار رودخانه در هر دو سری ماهانه و سالانه دارای کمترین روند منفی یا بیشترین روند مثبت (β=۰/۰۶) بوده است. ایستگاه‌های مهگان و سده به ترتیب دارای بیشترین روند منفی با مقادیر(β=-۱/۵۷) و (β=-۱/۴۵) در سری‌های سالانه و ماهانه هستند.



شکل (۳): روند شیب تحلیل‌گر سن در ایستگاه‌های مورد مطالعه برای سری‌های ماهانه و سالانه در طی دورهٔ آماری (۱۳۸۱ـ۱۳۸۸)

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه، روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در مقیاس زمانی ماهانه و سالانه در دشت آسپاس اقلید در خلال دورهٔ آماری (۱۳۸۱ـ ۱۳۸۸) با استفاده از آزمون ناپارامتری من‌ـ کندال، پیرسون و روش تخمین‌گر سن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تراز آب زیرزمینی در اغلب ایستگاه‌ها و ماه‌ها دارای روند منفی معنی‌داری بوده است. بیشترین روند منفی در ماه‌های خرداد و تیر مشاهده شد و از نظر ایستگاه، بیشترین روند منفی معنی‌دار مربوط به ایستگاه دردانه بود. روش تخمین‌گر سن نشان داد که بیشترین روند کاهشی شیب برابر با ۱/۹۶- مربوط به ایستگاه کناس سفلا در شهریور ماه بوده است. همچنین بیشترین و تنها مقدار روند افزایشی معنی‌دار در ایستگاه پهلوانی کنار زهکش با شیبی برابر با ۰/۱۳ می‌باشد، که دلیل آن را می‌توان به تغذیه از رودخانه، و قرار داشتن در نقاط زهکشی نسبت داد که مانع از افت سطح ایستابی در این ایستگاه می‌شود. میانه شیب‌ها در سری ماهانه ما بین ۰/۳۵- متر در سال در ماه آذر و ۱/۱۲- متر در سال در ماه مرداد نوسان دارد، که با چنین وضعیتی سطح ایستابی در دشت آسپاس ۳/۵ متر تا ۱۱/۲ متر در هر دهه افت خواهد داشت. نتایج بررسی سری سالانه نزدیک به نتایج سری ماهانه است، به طوری که شیب خط روند سن (β) در سری سالانه بین (β=۰/۰۰۹) و (β=-۱/۵۷) برای ایستگاه‌های حاجی‌آباد کنار رودخانه و

مهگان قرار دارد. مقایسهٔ نتایج به دست آمده از به کارگیری دو آزمون من‌ـ کندال و اسپیرمن نشان می‌دهد که مقادیر توان آزمون‌های من‌ـ کندال و اسپیرمن (نسبت تعداد موارد معنی‌دار به تعداد کل موارد مورد آزمون)، در روند سطح ایستابی به ترتیب ٤٦ و ۳۰ درصد بوده‌اند. در بیشتر موارد دو آزمون برای بررسی روند در سطح معنی‌دار ۹۵ درصد عملکرد یکسانی داشته‌اند. در مواردی که تشخیص معنی داری دو آزمون متفاوت بوده، مقادیر سطح احتمال پذیرش وجود روند از اختلاف کمی دارا بوده‌اند. این نتایج مشابه تحقیق سبزی‌پرور و شادمانی و همچنین یو و همکاران می‌باشد که در آن بر عملکرد مشابه دو آزمون من‌ـ کندال و اسپیرمن در بررسی روند، تأکید شده است (سبزی‌پرور و شادمانی،۱۳۹۰ و یو و همکاران، ۲۰۰۲). به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که سطح ایستابی در آبخوان دشت آسپاس در طی دوره آماری (۱۳۸۱ــ ۱۳۸۸) دارای روند نزولی بوده است که دلیل آن مربوط به خشکسالی‌های اخیر و کم شدن آب‌های سطحی و استفاده بیش از حد از آب‌های زیرزمینی می‌باشد.

منابع

۱. امیر احمدی، ا.، مقصودی، ا.، احمدی، ط.، ۱۳۹۰. «بررسی آثار یخچالی کواترنر و تأثیر آن بر عدم شکل‌گیری مدنیت و سکونتگاه مهم شهری در دشت آسپاس»، مجله مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال سوم، شماره ۱۰. ٦٧.

۲. بی‌همتا، م.، م. زارع چاهوکی.، ۱۳۸۷. اصول آمار کاربردی در منابع طبیعی، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۳۰۰.

۳. حجام، سهراب، خوشخو، یونس، شمس‌الدین‌وندی، رضا، ۱۳۸۷. «تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری»، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، شمارهٔ ٦٤. ۱۵۷ـ۱٦۸.

٤. رضایی، پرویز، جانبازی قبادی، غلامرضا، جعفرزاده، علیرضا، ۱۳۸۹. «روند بارش برف در جلگه مرکزی گیلان و پیامدهای ناشی از آن»، مجله چشم‌انداز جغرافیایی، سال پنجم، شمارهٔ ۱۲. ٤٧ـ٦۱.

۵. سبزی‌پرور، علی‌اکبر و مجتبی شادمانی، ۱۳۹۰. «تحلیل روند تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از آزمون من‌ــ کندال و اسپیرمن در مناطق خشک ایران»، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۵ ، شمارهٔ ٤. ۸۲۳ـ۸۳٤.

٦. سبزی‌پرور، علی‌اکبر، میرگلوی بیات، راضیه، قیامی شمامی، فرشته، ۱۳۹۰. «ارزیابی روند احتمالی تغییرات اختلاف دمای شبانه‌روزی در برخی اقلیم‌های کشور»، مجلهٔ پژوهش فیزیک ایران، جلد ۱۱، شمارهٔ ۱. ۲۷ـ۳۷.

۷. قهرمان، نوذر و قره‌خانی، ابوذر، ۱۳۸۹. «بررسی روند تغییرات زمانی سرعت باد در گسترهٔ اقلیمی ایران»، مجله آبیاری و زهکشی ایران، جلد٤، شمارهٔ ۱. ۳۱ـ٤۳.

۸. کرمی، فریبا و اسمعیل‌پور، مرضیه، ۱۳۹۰. «تأثیر تغییر بارش بر روند افت سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت سراب)»، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ۱۳و ۱٤ اردیبهشت ۱۳۹۰، ص۱ـ۸.

۹. منتظری، مجید و غیور، حسنعلی، ۱۳۸۸. «تحلیل مقایسه‌ای روند بارش و خشکسالی حوضه خزر»، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱٦، ص۷۱ـ۹۲.

۱۰. نصری، مسعود و مدرس، رضا، ۱۳۸٦. «تحلیل ناحیه‌ای خشکسالی منطقه اردستان بر اساس دو شاخص خشکسالی»، مجله پژوهش سازندگی در منابع طبیعی، شمارهٔ ۷٦، ۱٦۷ـ۱۷٦.

۱۱. ورشاویان، وحید، خلیلی، علی، قهرمان، نوذر، حجام، سهراب، ۱۳۹۰. «بررسی روند تغییرات مقادیر حدی دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در چند نمونه اقلیمی ایران»، مجله فیزیک زمین و فضا، دورهٔ ۳۷، شمارهٔ ۱، ۱٦۹ـ۱۷۹.

12. Burn, D.H., Elnur, M.A.H., 2002.12- Detection of hydrologic trends and variability, Journal of Hydrology, 255:107–122.

13-Daneshvar Vousoughi, F., Dinpashoh, Y., Aalami, M.T and Jhajharia, D., 2012.Trend analysis of groundwater using non-parametric methods, Stoch Environ Res Risk Assess, DOI 10.1007/s00477-012-0599-4

14. Gan, T.Y., 1998.14-Hydro climatic trends and possible climatic warming in the Canadian prairies, Water Resour Res 34(11):3009–3015.

15. Kaown, D., Hyun, Y., Bae, G.O., Oh, CH.W. and Lee, K.K., 2012.Evaluation of spatio-temporal trends of groundwater quality in different land uses using Kendall test, Geosciences Journal, Vol. 16, No. 1, p. 65– 75

16. Kendall, M.G., 1975.16- Rank Correlation Methods, 4th ed., Charles Griffin: London.

17. Larocque, M. ,Mangin ,A., Razack, M., Banton, O., 1998.Contribution of correlation and spectral analysis to the regional study of alargekarst aquifer (Charente, France), Journal of Hydrology, 205:217–231.

18. Mann, H.B., 1945.18- Nonparametric tests against trend, Econometrica, 13:245–259.

19. Novotny, E.V., and Stefan H.G, 2007.19-Stream flow in Minnesota: Indicator of climate change, Journal of Hydrology, 334:319-333.

20. Panda, K., Mishra, A., Jena, S. K., James, B. K., Kumar, A., 2007.The influence of drought and anthropogenic effects on groundwater levels in Orissa, India, Journal of Hydrology, 343:140-153.

21. Sen, P.K., 1966.21- Esti mates of the regression coefficients based on kendall's tau, Journal of the American Statistical Association, 63: 1379-1389.

22. Theil, H., 1950 21-A rank invariant method of linear and Polynomial regression analysis, Part3, Netherlands Akademic van wetten schappen, proceedings, 53: 1379-1412.Xu, Z.X., Takeuchi, K., Ishidaira H., 2003.

23. Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation. journal of hydrology, 279:144–150

24. Yang, D. Li. C., Hu, H., Lei, Z., Yang, S., Kusuda, T., Koike, T., Musiake, K., 2004. Analysis of water resources variability in the Yellow river of China during the last half.