جغرافیا و توسعه شماره ۴۱ زمستان ۱۳۹۴
وصول مقاله : ۱۳۹۲/۰۲/۱۹
تأیید نهایی : ۱۳۹۳/۰۷/۲۸
صفحات : ۸۶-۶۵

بررسی و تعیین روند تغییرات پارامترهای کمّی و کیفی چشمه‌های آب گرم معدنی شهر توریستی سرعین با استفاده از آزمون ناپارامتری مان- کندال

شاهین حنیفه‌زاده‌اصل[۱]، دکتر محمد علی قربانی[۲]، دکتر حسین جباری‌خامنه‌ای[۳]

چکیده

چشمه‌های آب معدنی شهر سرعین نقش بسیار مهمی در تأمین منابع آب و همچنین رونق اقتصادی و جذب گردشگری منطقه دارد. از اینرو مطالعه روند تغییرات کمّی و کیفی آب بسیار حائز اهمیت است. در این مطالعه با استفاده از آزمون ناپارامتری مان‌کندال نسبت به بررسی و تعیین روند پارامترهای کمّی و کیفی چشمه‌های ۹ گانه‌ی آبگرم معدنی شهر سرعین واقع در شمال غرب ایران در دوره‌ی آماری ۱۳۸۹-۱۳۶۰ در ۳ سطح معنی‌داری ۱٪، ۵٪ و ۱۰٪ اقدام گردیده است. متغیّرهای مورد بررسی شامل دبی و دما با داده‌های ماهانه ۲۵ ساله و متغیّرهای اسیدیته، میزان سیلیس، هدایت الکتریکی و سختی کل با داده‌های سالانه ۳۰ ساله می‌باشد. بدین منظور ابتدا خودهمبستگی معنی‌دار مرتبه‌ی اول از سری داده‌ها حذف و سپس برای هر سری زمانی شیب خط روند با روش تخمین‌گر Sen محاسبه شد. در نهایت مطابقت کلی نسبتاً قابل قبولی با فرض اولیه تحقیق مبنی بر کاهش آبدهی و افزایش دما به دلیل گرمایش زمین در نتایج مشاهده گردید. اکثر چشمه‌ها دارای آبدهی با روند منفی معنی‌دار بودند و به عبارتی روند آبدهی چشمه‌ها کاهشی بوده است. در مورد دمای چشمه‌ها نیز۳ چشمه افزایش دما و ۲ چشمه کاهش دما داشته و سایر چشمه‌ها فاقد روند دمایی می‌باشند. اسیدیته و میزان سیلیس اکثر چشمه‌ها در ۳۰ سال دوره‌ی سالانه افزایش یافته و هدایت الکتریکی و سختی کل اکثر چشمه‌ها کاهش یافته است.

کلیدواژه‌ها: سری‌های زمانی، ضریب خودهمبستگی، چشمه‌های آبگرم سرعین، مان -کندال، شیب تخمین‌گر sen.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی عمران، مهندسی آب (نویسنده مسؤول) shahin.hanifezade@gmail.com
۲- دانشیار آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز ghorbani@tabrizu.ac.ir
۳- استادیار آمار، دانشکده ریاضی، دانشگاه تبریز h_jabbari@tabrizu.ac.ir

مقدمه

پیچیدگی شرایط زندگی دوران کنونی که موجب بروز انواع ناتوانی‌های جسمی و روحی در نیروی کار جامعه شده، دستیابی به راهکارهای مناسب برای رفع این تنگناها با کمترین هزینه را در دستور کار برنامه‌ریزان امور اجتماعی قرار داده است. یک راه‌حل مطلوب برای برخورد با این مشکلات روزافزون، توسعه‌ی جهانگردی سلامتی‌است.جهانگردی سلامتی، بویژه در مناطق دارای ویژگی‌های طبیعی شاخص، امکان توسعه دارد. تجربه نشان‌داده است که مناطق دارای چشمه‌های آب‌معدنی و آب‌های‌گرم،مناسب‌ترین فضا را برای توسعه‌ی جهانگردی سلامتی فراهم می‌سازد. خواص چشمه‌های معدنی و آب‌گرم، از دیرباز برای مردم بومی ساکن در اطراف این قبیل چشمه‌ها شناخته شده بوده است. سوابقی وجود دارد که نشان می‌دهد بشر از بیش از ۵ هزار سال پیش با فواید و اثرات درمانی این گونه آب‌ها آشنا بوده و از آنها بهره‌برداری کرده است. از طرفی آب‌های معدنی می‌توانند یکی از جاذبه‌های توریستی را فراهم آورند و از نظر اقتصادی منبع درآمد مهمی باشند.

با توجه به مطالب ذکر شده آینده از آن کسانی است که به نحو مناسبی برای آن برنامه‌ریزی کنند. آگاهی ازتغییرات دبی و دما و همچنین تغییرات کیفیت و کمّیت عناصر معدنی موجود در چشمه‌های آب گرم معدنی که در طول سالیان گذشته تحت تأثیر تغییرات جوی و طبیعی بسیاری از قبیل زلزله‌های نسبتاً شدید بوده و از طرفی بهره‌برداری‌های بسیار زیاد و گاهی بیش از حد عوامل انسانی از این چشمه‌ها لزوم مطالعه این تغییرات را مشخص می‌کند.

مطالعه‌ی این تغییرات دید بهتری را در اختیار تصمیم‌گیران منطقه برای سال‌های آینده قرار خواهد داد. از طرفی نبض حیات اقتصادی منطقه در گرو ادامه‌ی حیات همین چشمه‌های معدنی موجود در منطقه است که در واقع صنعت‌توریسم منطقه را پشتیبانی می‌کند. حال آگاهی از روند تغییرات کمّی و کیفی این چشمه‌ها و دیدی که این مطالعه نسبت به آینده به ما می‌دهد می‌تواند به نوعی تضمین‌کننده‌ی حیات اقتصادی این منطقه باشد و نگرانی مردم منطقه را در مورد آینده‌ی این چشمه‌ها کم کند. نگرانی‌هایی از قبیل احتمال کم شدن یا حتی خشک شدن این چشمه‌ها در آینده‌ی نزدیک و یا از بین رفتن خاصیت درمانی آنها به خاطر کم شدن املاح و عناصر معدنی که قطعاً از شمار توریست‌های این منطقه خواهد کاست *(جنیدی، ۱۳۵۸: ۱۸)*.

چشمه‌های آب گرم معدنی در نقاطی از زمین پدید می‌آیند که شرایط مورفولوژی، تکتونیکی، ماگمایی و جوی فراهم آمده باشد. آب معدنی آبی است که در یک کیلوگرم آن، که معمولاً از نظر حجمی معادل یک لیتر است، حداقل یک گرم مواد معدنی (به صورت آنیون و کاتیون) محلول وجود داشته باشد و اما چشمه‌های آب گرم چشمه‌های طبیعی هستند که در تمام طول سال دمای آب آن‌ها از دمای محیط بیشتر است.در اغلب موارد در مناطق آتشفشانی، آب (آب‌های زیرزمینی ذخیره شده از عوامل جوی) در حین عبور از کنار لایه‌های مذاب و یا داغ در حال سرد شدن، گرم می‌شود، سپس در حین سرد شدن مواد مذاب درونی زمین بخار آب ایجاد می‌شود که در اثر فشار همین بخار آب ایجاد شده آب به سمت بالا حرکت و به صورت چشمه‌های آب گرم در سطح زمین ظاهر می‌شود که هر چه سرعت خروج آب و یا عمق منبع آب زیرزمینی بیشتر باشد، آب دمای بالاتری خواهد داشت *(غفوری، ۱۳۶۹: ۲۵)*.

در زمینه‌ی بررسی روند تغییرات پارامترهای کمّی و کیفی چشمه‌های آبگرم معدنی، مطالعات چندانی حداقل در ایران انجام نگرفته است و شاید به جرأت می‌توان گفت هیچ بررسی در مورد این چشمه‌ها در

ایران صورت نگرفته در حالی که بخش‌های مختلف ایران دارای چشمه‌های گرم هستند و این چشمه‌ها بالاترین پتانسیل جذب گردشگر را دارند به گونه‌ای که میلیون‌ها نفر برای استفاده از این چشمه‌ها سالانه به این مناطق سرازیر می‌شوند. با این حال مطالعاتی در مورد چشمه‌های آب سرد و بررسی روند آب‌های زیرزمینی و رودخانه‌ها انجام گرفته است.

زهرا بوسیلیک و همکاران بررسی تغییرات کیفیت آب چشمه اوبا منطقه‌ی دالکی از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۸ را انجام دادند. هدف از این تحقیق بررسی تغییرات کیفیت شیمیایی چشمه‌ی گوگردی اوبا از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۸ و مطالعه‌ی کیفیت آب این چشمه از لحاظ کشاورزی و در نهایت تأثیر عملکرد عوامل‌زمین‌شناسی مانند لیتولوژی در کیفیت هیدروژئو-شیمیایی آب چشمه‌ی مورد مطالعه بود. در نهایت به این نتیجه رسیدند که کیفیت آب‌زیرزمینی نتیجه کلی فرآیندها و واکنش‌هایی است که از زمان تشکیل و تراکم آب در جو تا زمانی که آب در سطح زمین ظاهر می‌شود بر روی آن‌صورت می‌گیرد *(بوسیلیک و همکاران،۱۳۷۸: ۱۸)*.

عبدالرحیم امیریان و همکاران تحلیل روند تغییرات چهار پارامتر کیفی آب‌رودخانه مارون با استفاده از آزمون مان‌کندال را انجام دادند. بدین منظور داده‌های درازمدت کیفی آب طیّ سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۶۸ از ایستگاههای مورد نظر تهیه شده و برای بازسازی آنها از روش همبستگی بین ایستگاهها استفاده گردید. نتایج آزمون مان‌کندال نشان داد که روند تغییرات پارامترهای کیفی آب رودخانه‌ی مارون در دوره‌ی آماری ۲۰ ساله ۱۳۸۷-۱۳۶۸ در ایستگاه‌های مورد مطالعه، دارای تغییراتی با روندهای مثبت، منفی و معنی‌دار بوده‌اند *(امیریان و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۶)*.

پریساحسین‌زاده‌وهمکاران(۱۳۸۸) مقایسه‌ی روش‌های پارامتری و ناپارامتری در بررسی روند تغییرات دبی رودخانه در حوضه آبریز گاماسیاب را انجام دادند. در این مطالعه، روند تغییرات ماهانه، فصلی و سالانه دبی رودخانه و بارندگی با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری مان-کندال در حوضه‌ی آبریز گاماسیاب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که مقادیر فصلی و سالانه دبی در دوره‌ی آماری مورد مطالعه کاهش یافته است. همچنین سری زمانی بارندگی سالانه، فصول‌بهار و زمستان کاهش و داده‌های بارندگی فصل تابستان در منطقه‌ی مطالعاتی افزایش یافته است. مطالعات انجام شده در خارج از کشور نیز برای چشمه‌های‌آبگرم بسیار محدود است ولی در مورد روش آزمون مان‌کندال مطالعات مرتبط زیادی صورت گرفته است.

کایا و همکاران روند جریان آب رودخانه‌های ۲۶ حوزه در ترکیه را در یک دوره‌ی ۳۱ ساله (۱۹۹۴-۱۹۶۴) با استفاده از آزمون MK مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در حالت کلی حوزه‌های واقع در بخش‌های غربی ترکیه (هم مرز با ایران) روند کاهشی در سطح معنی‌داری ۵ درصد داشتند در حالیکه حوزه‌های واقع در شرق ترکیه در سطح ۵ درصد روند معنی‌داری نداشتند *(kaya, 2004: 128-144)*.

لینز و همکاران خصوصیات فصلی و منطقه‌ای روند جریان‌های ۴۳۵ ایستگاه هیدرومتری در ایالات متحده را در دوره‌ی آماری ۱۹۹۹-۱۹۴۰ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که روند افزایشی جریان‌های کم تا متوسط در طول دوره‌ی مذکور در دور سوم مرکز ایالات متحده تجربه شده و این روند با وسعت کمتر در قسمت‌های شرقی نواحی ساحلی نیز تجربه شده است. همچنین روندهای نسبتاً کمّی هم در سری داده‌های جریان‌های حداکثر سالانه این نواحی مشاهده شده است *(Linz, 2005: 489-501)*.

بیرسان و همکاران روند جریان میانگین ماهانه، فصلی و سالانه ۴۸ حوزه در سوئیس را با آزمون MK مطالعه کردند. نتایج آنها نشان داد که جریان سالانه به

دلیل افزایش جریان‌های فصلی در زمستان، بهار و پاییز دارای روند افزایشی بوده است. همچنین جریان حداکثر زمستانه در بیش از ۶۰ درصد ایستگاه‌های مورد بررسی روند افزایشی را تجربه کرده‌اند و جریان‌های حداقل و میانگین در فصول بهار و پاییز نیز دارای روند افزایشی بودند(*Birsan, 2005: 319-329*).

دیکسن و همکاران روند جریان ۵۶ ایستگاه هیدرومتری در غرب بریتانیا را در خلال سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۶۲ در سه دوره با آزمون‌مان-کندال مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بیشتر ایستگاه‌ها دارای روند معنی‌دار مثبت در جریان‌های حداقل و حداکثر بودند، در حالی‌که جریان‌های میانگین تقریباً فاقد روند معنی‌دار بودند (*Dixen, 2006: 33*).

وانگ و همکاران اثرات تغییرپذیری اقلیمی بر خصوصیات جریان یک حوزه در شمال غربی چین را مورد بررسی قرار دادند. آنها برای تعیین وجود روند در داده‌های جریان و متغیّرهای اقلیمی و نیز بررسی ارتباط بین آنها از آزمون KM و رگرسیون گام به گام استفاده نمودند. نتایج نشان داد که جریان بارش و تبخیر تعرق در سطح ۵ درصد در طول دوره مورد مطالعه (۲۰۰۳-۱۹۸۲) فاقد روند معنی‌دار است *(Vang, 2008: 1098)*

کومار و همکاران روند داده‌های دبی جریان آب رودخانه‌های ایندیانا واقع در ایالات متحده شامل حداقل، میانگین و حداکثرفصلی و سالانه را در ۳۱ ایستگاه هیدرومتری در یک دوره ۵۰ ساله با چهار ویرایش مختلف آزمون MK مورد بررسی قرار دادند. این آزمون‌ها شامل آزمون MK بدون در نظرگرفتن خود همبستگی داده‌ها، و شامل آزمون MK با حذف اثر خودهمبستگی مرتبه‌ی اول از داده‌ها و آزمون MK با حذف اثرهمه ضرایب خود همبستگی معنی‌دار و آزمون MK با در نظر گرفتن اثر دوام بلندمدت بود. افزون بر این نامبردگان روند داده‌های بارندگی این منطقه را نیز با چهار روش فوق به قصد بررسی ارتباط آن با روند جریان مورد آزمون قرار دادند.

نتایج نشان داد که داده‌های جریان حداکثر نسبت به داده‌های جریان حداقل در مناطق تحت زهکشی همبستگی کمتری با بارش دارند. آنها نتیجه گرفتند که زهکشی زیرزمینی سهم قابل توجهی در روند جریان آب رودخانه‌های ایالت ایندیانا ایفا می‌کند *(Kumar, 2008: 171)*.

با توجه به بررسی پیشینه مطالعه، همان‌گونه که اشاره شد مطالعه قابل اتکا و قابل استنادی نه تنها بر روی چشمه‌های آبگرم سرعین بلکه روی هیچ چشمه آبگرمی در ایران در زمینه‌ی روند تغییرات کمّیت و کیفیت این چشمه‌ها صورت نگرفته است. بنابراین اهداف اصلی مطالعه حاضر عبارتند از:

الف- بررسی و تعیین روند تغییرات پارامترهای کمّی و کیفی چشمه‌های آبگرم معدنی شهر سرعین؛

ب- محاسبه شیب تخمین‌گر sen شیب خط روند متغیّرهای کمّی و کیفی چشمه‌های آبگرم سرعین که بزرگی روند تغییرات را مشخص می‌کند.

مواد و روش‌ها

- منطقه‌ی مورد مطالعه

شهر توریستی سرعین با مساحتی بیش از ۱۲۸۰۰۰۰ متر مربع در ۴۸°۰۴´ طول جغرافیایی و ۳۸°۰۹´ عرض جغرافیایی واقع گردیده است. سرعین به علت قرار گرفتن در نواحی کوهستانی و دامنه‌های جنوب شرقی ارتفاعات‌سبلان و ارتفاع زیاد از سطح دریا حدود ۱۶۵۰ متر، دارای زمستان‌های سرد و طولانی است. حداکثر درجه حرارت متوسط این شهر ۲۵ درجه سانتی‌گراد و حداقل متوسط دمای آن ۹/۸ گزارش شده است. میزان بارندگی سالیانه آن حدود ۵۲۰ میلیمتر و متوسط رطوبت آن ۷۱٪ در طول سال می‌باشد.

با توجه به تنوع شرایط طبیعی و اقلیمی در سرعین، اختلاف دما در فصول مختلف سال زیاد است و همین امر موجب تنوع گردشگران این منطقه در فصول مختلف سال شده است و به ازای هر یک نفر جمعیّت ۱۰۰۰ نفر گردشگر در سال می‌پذیرد. سرعین مرکز چشمه‌های آبگرم در ایران است. آب‌های گرم سرعین در ردیف آب‌های کلر و بیکربناته کلسیک گازدار و خیلی گرم است و سیلیس فراوان دارد. بررسی میزان املاح و باقیمانده خشک آن‌ها نشان می‌دهد که همه‌ی این چشمه‌ها یک منشأ دارند و آب اصلی آن‌ها گرم است و از ژرفای زمین می‌جوشد و در لایه‌های بالاتر زمین مقداری کربنات کلسیم را به صورت بیکربنات کلسیم درخود حل می‌کند. استحمام در چشمه‌های سرعین دارای اثرات آرام بخش است و دردهای عصبی، رماتیسمی و عصبی مفصلی را تسکین می‌دهد. اسامی چشمه‌های مورد بررسی در این مطالعه در جدول (۱) آورده شده است.

داده‌های استفاده شده در این مطالعه نیز شامل داده‌های ماهانه ۲۵ ساله برای ۲ متغیّر اساسی دبی و دما می‌باشد، داده‌هایی که بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۶۵ به علت اهمیت بالا و به این دلیل که ماهیّت وجودی چشمه‌های آبگرم وابسته به این دو متغیّر می‌باشد، در هر ماه ثبت شده‌اند. برای متغیّرهای اسیدیته (PH)، هدایت الکتریکی (EC)، مقدار سیلیس (SI) و سختی کل بر اساس کربنات کلسیم (TH) از داده‌های سالانه‌ای (داده‌هایی که یک بار در طول سال ثبت شده‌اند) که در ۳۰ سال بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۶۰ ثبت شده‌اند استفاده می‌شود. در جدول (۲) نام متغیّرها به همراه علامت اختصاری آنها آورده شده است.

شکل ۱: موقعیت جغرافیایی شهر سرعین و نقشه شهر سرعین

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۱

جدول ۱: اسامی و مشخصات مکانی چشمه‌های آبگرم معدنی مورد بررسی در شهر سرعین

ردیف	نام	ارتفاع" متر	عرض‌جغرافیایی دقیقه، درجه	طول جغرافیایی دقیقه، درجه	مکان
۱	گاومیش‌گلی	۱۶۶۸	۳۸°۰۹´	۴۸°۰۴´	سرعین
۲	ساری‌سو	۱۶۸۰	۳۸°۰۹´	۴۸°۰۴´	سرعین
۳	قره‌سو	۱۶۷۶	۳۸°۰۹´	۴۸°۰۴´	سرعین
۴	بش‌باجیلار	۱۶۷۷	۳۸°۰۹´	۴۸°۰۴´	سرعین
۵	ژنرال	۱۶۷۸	۳۸°۰۹´	۴۸°۰۴´	سرعین
۶	پهنلو	۱۶۴۶	۳۸°۰۹´	۴۸°۰۴´	سرعین
۷	یول‌سویی	۱۶۸۹	۳۸°۰۹´	۴۸°۰۴´	سرعین
۸	قهوه‌سویی	۱۶۸۶	۳۸°۰۹´	۴۸°۰۴´	سرعین
۹	ویلادره	۱۷۸۵	۳۸°۱۰´	۴۸°۰۳´	ویلادره

مأخذ : مطالعات میدانی نگارندگان،۱۳۹۱

جدول ۲: متغیّرهای مورد بررسی چشمه‌های شهر سرعین

ردیف	نام متغیّر	واحد	علامت
۱	دبی	Lit/s	Q
۲	دما	C^o	T
۳	اسیدیته	-	PH
۴	سیلیس	mg/lit	SI
۵	هدایت الکتریکی	µmho / cm	EC
۶	سختی کل	mg/lit $Caco_3$	TH

مأخذ : مطالعات میدانی نگارندگان،۱۳۹۱

- آزمون ناپارامتری مان‌کندال (MK)

روش‌های آماری پارامتری و ناپارامتری بسیاری برای بررسی روند در سری‌های زمانی بسط داده شده‌اند که بطور گسترده توسط محققان مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند ولیکن مروری بر پیشینه موضوع نشان می‌دهد که در مطالعات‌هیدرولوژیکی اغلب از روش‌های ناپارامتری استفاده شده است. دلیل اصلی آن این واقعیت است که آزمون‌های ناپارامتری برای سری داده‌هایی که توزیع آماری آنها نرمال نیست و یا دارای داده‌های مفقود یا سانسور شده (داده‌هایی که از رقم معینی مثل z بالاتر یا پایین‌ترند) هستند، مناسب‌تر می‌باشند. روش‌های ناپارامتری برخلاف روش‌های پارامتری به داده‌های پرت حساسیت زیادی نشان نمی‌دهد. این یکی دیگر از مزایای روش‌های ناپارامتری است. همچنین غالب سری‌های زمانی مربوط به داده‌های کیفی دارای چولگی می‌باشند و از طرفی این سری‌ها ممکن است دارای ضریب خودهمبستگی معنی‌دار باشند. اغلب در سری‌های زمانی مربوط به متغیّرهای هیدرولوژیکی با این قبیل سری‌ها مواجه هستیم. شرط استفاده از این آزمون‌ها عدم وجود خود همبستگی معنی‌دار در سری زمانی داده‌ها می‌باشد. چنانچه ضریب خود همبستگی داده‌ها معنی‌دار باشد لازم است ابتدا با استفاده از روش‌های پیش سفید کردن، اثرخودهمبستگی از سری داده‌ها حذف و سپس اقدام به آزمون روند سری مورد نظر شود. از بین آزمون‌های ناپارامتری آزمون مان‌کندال MK بهترین

انتخاب برای بررسی روند یکنواخت داده‌ها می‌باشد *(Man,1945:245; kenedall,1975:118)*.

زو و همکاران و یو و همکاران توان آزمون‌های مان‌کندال و راو اسپیرمن را درمشخص‌نمودن روندهای یکنواخت در سری‌های هیدرولوژیکی با استفاده از شبیه‌سازی مونت‌کارلو بررسی‌نمودند. نتایج شبیه‌سازی کار نامبردگان گرچه نشان داده است که این دو آزمون توان یکسانی در مشخص‌کردن روند دارند. با این‌حال در بیشتر مطالعات برای تشخیص روند از آزمون مان‌کندال استفاده شده است *(Zoo,2003:144-150; Yoo,2003:596-587)*.

افزون بر این، آزمون مذکور توسط سازمان جهانی هواشناسی برای تشخیص روند در سری زمانی داده‌های محیطی توصیه شده است *(Marchetto,2012:95-101)*

آزمونMK یکی از پرکاربردترین روش‌های ناپارامتری برای تحلیل روند داده است. در آزمون مان‌کندال مرسوم هر مقدار در سری زمانی به صورت پیوسته و پشت سر هم با بقیه مقادیر سری، مورد مقایسه قرار می‌گیرد *(Dinpashoh, 2010: 422-433)*.

آماره‌ی S که حاصل جمع همه شمارش‌ها را نشان می‌دهد به صورت زیر به دست می‌آید:

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

که در آن x_i و x_j مقادیر داده‌های متوالی برای سال‌ها یا ماه‌های i و $n، j$ تعداد داده‌های سری و $\operatorname{sgn}(\theta)$ تابع علامت و θ تفاضل دو مقدار ثبت شده در هریک از متغیّرهای مورد بررسی است که به صورت زیر تعیین می‌گردد:

$$\operatorname{sgn}(\theta)=\begin{cases}+1 & \text{if} \quad \theta>0\\ 0 & \text{if} \quad \theta=0\\ -1 & \text{if} \quad \theta<0\end{cases} \qquad ۲$$

مان و کندال نشان دادند که وقتی $n\geq 8$ باشد آماره S تقریباً به صورت نرمال توزیع شده و میانگین آن صفر است و انحراف معیار آن به صورت زیر می‌باشد:

$$V(s)=\frac{n(n-1)(2n+5)-\sum_{i=1}^{n}t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \qquad ۳$$

که در آن tiها تعداد داده‌های یکسان در دسته iام می‌باشند.

آماره آزمون استاندارد Z، بصورت زیر محاسبه می‌شود:

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

آماره‌ی آزمون MK1 استاندارد شده Z از توزیع نرمال استاندارد با میانگین صفر و واریانس ۱ پیروی می‌کند. فرض صفر (عدم وجود روند در سطح معنی‌داری α) به شرطی پذیرفته می‌شود که آماره z محاسبه شده در محدوده $-Z_{1-\alpha/2}\leq Z\leq Z_{1+\alpha/2}$ قرار گیرد در غیر این صورت فرض صفر رد شده و وجود روند در سری داده‌ها اثبات می‌شود. α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود که معمولاً این آزمون برای سطوح معنی‌داری ۹۵٪ و ۹۹٪ به انجام می‌رسد.در این مطالعه سطوح معنی‌داری ۱٪، ۵٪ و ۱۰٪ مورد استفاده قرار گرفت. درصورتی‌که آماره Z مثبت باشد روند صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود. مقدار بحرانی یا همان $Z_{\alpha/2}$ برای سطوح معنی‌داری ۱٪، ۵٪ و ۱۰٪ به ترتیب برابر ۱/۶۴۵، ۱/۹۵ و ۲/۳۳ است *(Hamed, 2008: 86-94)*.

$$|Z|\geq Z_{\frac{\alpha}{2}} \qquad ۵$$

- آزمون مان کندال اصلاح شده (MK2)

اگر ضریب خودهمبستگی مرتبه اول در سری داده‌ها معنی‌دار باشد باید قبل از انجام آزمون مان کندال این خودهمبستگی از سری داده‌ها حذف شود. برای انجام این کار از روش پیش سفید کردن استفاده می‌شود. به این منظور ابتدا با محاسبه شیب خط روند، β ، روند از سری داده‌ها حذف می‌شود و در ادامه داده‌های جدید که فاقد خودهمبستگی مرتبه اول می‌باشند ، به شرح زیر تولید می‌شوند:

$$x'_i = x_i - (\beta \times i) \qquad ۶$$

که در آن β شیب خط روند است که در ادامه توضیح داده خواهد شد. بعد از اعمال رابطه فوق، ضریب خودهمبستگی مرتبه اول، سری داده‌های جدید (r_1) محاسبه می‌شود و با استفاده از آن مؤلفه خود-همبستگی مرتبه اول از سری داده‌های بدون روند با رابطه‌ی زیر حذف شده و سری باقیمانده‌ها (y'_i) به شرح زیر تولید می‌شود:

$$y'_i = x'_i - r_1 \times x'_{i-1} \qquad ۷$$

روند دوباره به سری باقیمانده‌ها با رابطه‌ی زیر اضافه می‌شود تا سری ترکیبی (y_i) به دست آید:

$$y_i = y'_i + (\beta \times i) \qquad ۸$$

آزمون مان کندال متداول روی این سری جدید انجام می‌شود و آماره z مان کندال در سطوح معنی‌داری ۱ و ۵ و ۱۰ درصد مورد محاسبه قرار می‌گیرد.

- شیب خط روند (تخمین گر sen)

یک شاخص بسیار مفید در آزمون مان‌کندال شیب sen می‌باشد که بزرگی روند یکنواخت را نشان می‌دهد. مقدار شیب روند با استفاده از شیوه‌ی ارائه شده توسط با رابطه زیر برآورد می‌شود:

$$\beta = \text{Median}\left(\frac{x_j - x_i}{j - i}\right) \forall i \langle j \qquad ۹$$

که در آن β برآوردگر شیب خط روند و x_i مقدار مشاهده شماره i ام می‌باشد و x_j مقدار مشاهده شماره jام می‌باشد.مقادیر مثبت βنشان‌دهنده‌ی روند افزایشی و مقادیر منفی آن روند کاهشی را نشان می‌دهند. این روش در مطالعات هیدرولوژیکی بطور وسیعی استفاده شده است ، در این مطالعه شیب خط روند با استفاده از روش sen محاسبه و در سطح معنی‌داری ۱۰،۵،۱ درصد مورد آزمون قرار می‌گیرد *(Til, 1950: 1359; Sen, 1968: 1397;Gadjil, 2005: 6550)*

بحث

در این مطالعه روند تغییرات پارامترهای کمّی و کیفی آب چشمه‌های آب‌گرم معدنی شهر سرعین با آزمون ناپارامتری مان‌کندال مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور ۹ چشمه از کل ۱۱ چشمه این شهر که هم‌اکنون از نظر کاربری فعال می‌باشند و نیز دارای حداقل ۲۵ سال داده در مقیاس ماهانه برای دو پارامتر بسیار مهم و تأثیرگذار در این چشمه‌ها یعنی دبی و دما در دوره‌ی آماری ۱۳۶۵-۱۳۸۹ بودند و همچنین دارای حداقل ۳۰ سال داده در مقیاس سالانه برای ۴ پارامتر دیگر مورد بررسی بودند انتخاب گردیدند.

این چشمه‌ها عبارتند از: گاومیش گلی، ساری‌سو، قره‌سو، بش‌باجیلار، ژنرال، قهوه‌سویی، یول‌سویی، پهنلو و ویلادره، در ادامه نتایج اعمال آزمون ناپارامتری مان‌کندال پس از حذف اثر ضریب خودهمبستگی معنی‌دار درجاهایی که لازم بود بر هریک از پارامترهای ۵ گانه کیفی مورد بررسی به نام‌های دما، اسیدیته، مقدار سیلیس، هدایت الکتریکی و سختی کل و یک پارامتر کمی به نام دبی چشمه‌ها ارائه می‌گردد. همچنین شیب خط روند برای هر سری از داده‌های چشمه‌ها محاسبه و نتایج مورد بحث قرار گرفته است.

- نتایج آزمون Z مان کندال برای متغیّر دبی

جدول (۳) مقادیر آماره Z مان‌کندال را برای متغیّر دبی چشمه‌های آبگرم معدنی سرعین نشان می‌دهد. از مجموع ۱۰۸ سری داده‌های ماهانه متغیّر دبی (۱۲ماه ×۹چشمه)، ۶۶ سری داده‌ی دارای روند معنی‌دار و ۴۲ سری داده فاقد روند در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد یا کمتر از آن است. از این ۶۶ آماره Z معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد،۶۲ آماره در سطح ۵ درصد و ۶۰ آماره در سطح ۱ درصد نیز معنی‌دارند ولی به دلیل گستره‌ی بیشتر سطح ۱۰درصد، اساس بررسی‌های ما بیشتر بر این سطح معنی‌داری استوار بوده است، هر چند نزدیک بودن این اعداد در سطوح معنی‌داری ۳ گانه مورد بررسی حکایت از فاصله نسبتاً زیاد آماره‌های معنی‌دار از مقادیر بحرانی دارد. از مجموع ۶۶ سری داده دارای روند معنی‌دار، ۲۵ سری دارای روند مثبت و ۴۱ سری دارای روند منفی بودند.بیشترین روند مثبت معنی‌دار مربوط به چشمه پهنلو در ماه مرداد با آماره Z= 4/539 و بیشترین روند منفی معنی‌دار مربوط به چشمه بش باجیلار در ماه خرداد با آماره Z=-5/829 می‌باشد. بیشترین تعداد روند مثبت معنی‌دار مربوط به چشمه ویلادره با ۱۲ روند که شامل همه ۱۲ماه می‌شود، است و بیشترین روند منفی معنی‌دار مربوط به چشمه‌های قره‌سو و بش‌باجیلار با ۱۲ روندمنفی می‌باشد. میانگین آماره Z برای دبی کل چشمه‌های شهرسرعین (Z_g) برای تمام ماه‌های سال فاقد روند معنی‌دار بودند، به عبارتی نتایج آزمون مان‌کندال نشان داد که هیچ موردی مبنی بر وجود روند معنی‌دار برای میانگین ماهانه کلی چشمه‌ها وجود ندارد و به این دلیل نمی‌توان اظهارنظر صریحی درباره‌ی افزایش یا کاهش کلی دبی چشمه‌های سرعین بدون تفکیک نام در ماه‌های خاصی از سال ارائه کرد. ولی با توجه به جدول، مشخص می‌شود که بیشترین تعداد روند مثبت معنی‌دار به تفکیک ماه‌ها مربوط به ماه‌های دی و شهریور با ۳ روند مثبت از ۶ روند معنی‌دارشان بود و بیشترین تعداد روند منفی معنی‌دار مربوط به ماه فروردین با ۵ روند منفی می‌باشد. در بین ماه‌ها ماه بهمن مقادیر معنی‌دار مثبت بیشتری نسبت به سایر ماه‌ها دارد که علی‌رغم عدم معنی‌دار نبودن میانگین ماهانه حتی برای این ماه، به نظر می‌آید در ماه بهمن چشمه‌های سرعین کاهش دبی کمتری نسبت به سایر ماه‌ها پیدا می‌کنند. هرچند این اظهار نظر بر اساس آزمون مان‌کندال پشتوانه محکمی ندارد. از طرفی همین اظهارنظر غیر را در مورد کاهش بیشتر دبی کلی چشمه‌ها برای ماه اسفند می‌توان ارائه داد. در مقیاس سالانه از کل ۹ چشمه مورد مطالعه تعداد ۵ چشمه دارای روند معنی‌دار در سطح ۱۰درصد هستند و ۴ چشمه دیگر فاقد روند معنی‌دار هستند. از بین ۵ چشمه دارای روند معنی‌دار در مقیاس سالانه چشمه‌های پهنلو و ویلادره دارای روند معنی‌دار مثبت در سطح ۱۰ درصد در مقیاس سالانه بودند که هر دوی این چشمه‌ها در سطوح ۱ و ۵ درصد هم همین روند معنی‌دار مثبت را دارا بودند، از بین ۵ چشمه دارای روند معنی‌دار چشمه‌های قره‌سو و بش‌باجیلار و ژنرال دارای روند منفی و معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد هستند که شدت روند منفی در این سه چشمه به قدری است که همین روند منفی معنی‌دار در سطوح ۱ و ۵ درصد نیز برقرار است. شدیدترین روند مثبت معنی‌دار در مقیاس سالانه مربوط به چشمه ویلادره با آماره Z=3/799 بوده است و شدیدترین روند منفی معنی‌دار مربوط به چشمه بش باجیلار با آماره مان کندال Z= -5/316 بوده است.

بطور کلی نتیجه می‌شود در طول دوره‌ی آماری مورد بررسی چشمه‌های پهنلو و ویلادره افزایش آبدهی و چشمه‌های قره‌سو و بش باجیلار و ژنرال کاهش آبدهی داشته‌اند که بیشترین افزایش مربوط به چشمه ویلادره و بیشترین کاهش مربوط به چشمه بش‌باجیلار

بوده است. به این ترتیب مطابقت‌نسبی با فرض ابتدایی تحقیق مبنی بر کاهش آبدهی به علت گرمایش زمین مشاهده شد.

- نتایج آزمون Z مان کندال برای متغیّر دما

جدول (۴) مقادیر آماره Z مان کندال را برای متغیّر دمای چشمه‌های آبگرم معدنی سرعین نشان می‌دهد. از مجموع ۱۰۸ سری داده‌های ماهانه دما ۵۸ سری دارای خودهمبستگی مرتبه اول معنی‌دار بودند که با مان‌کندال نوع دوم مورد بررسی قرار گرفتند و ۵۰ سری فاقد خودهمبستگی بودند که با مان‌کندال نوع اول مورد آزمون قرار گرفتند. همانگونه که در جدول مشخص است، از مجموع ۱۰۸ سری داده ۶۰ سری دارای روند معنی‌دار و ۴۸ سری داده فاقد روند معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد یا کمتر از آن بودن از مجموع ۶۰ آماره Z معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد، ۵۰ آماره در سطح ۵ درصد و ۴۲ آماره در سطح ۱ درصد نیز معنی‌دار بودند. از مجموع ۶۰ سری داده‌ی دارای روند معنی‌دار، ۳۳ سری دارای روند مثبت و ۲۷ سری دارای روند منفی بودند. بیشترین روند مثبت معنی‌دار مربوط به چشمه پهنلو در ماه اسفند با آماره $Z=4/490$ و بیشترین روند منفی معنی‌دار مربوط به چشمه بش باجیلار در ماه آبان با آماره $Z=-5/012$ بوده است. بیشترین تعداد روند مثبت معنی‌دار به تفکیک چشمه‌ها مربوط به چشمه پهنلو با ۱۲ روند که شامل همه ۱۲ ماه می‌شود است و بیشترین روند منفی معنی‌دار مربوط به چشمه‌های قره‌سو و بش باجیلار با ۱۲ روند منفی می‌باشد.

میانگین آماره Z برای کل چشمه‌های شهر سرعین (Z_g) برای تمام ماه‌های سال فاقد روند معنی‌دار بودند، به عبارتی نتایج آزمون مان‌کندال نشان داد که هیچ موردی مبنی بر وجود روند معنی‌دار برای میانگین ماهانه کلی چشمه‌ها وجود ندارد و به این دلیل نمی‌توان اظهار نظر صریحی درباره افزایش یا کاهش کلی دمای چشمه‌های سرعین بدون تفکیک نام چشمه ارائه کرد، چون میانگین ماهانه آماره‌های Z اعدادی را که به‌دست دادند قدر مطلق همه در ۱۲ ماه از حداقل مقدار بحرانی که مختص سطح معنی‌داری ۱۰ درصد و به مقدار ۱/۶۴۵ است کوچکتر بودند و فرض صفر مبنی بر عدم وجود روند را ارضا می‌کردند. ولی با توجه به جدول، مشخص می‌شود که بیشترین تعداد روند مثبت معنی‌دار به تفکیک ماه‌ها مربوط به ماه‌های اردیبهشت و شهریور با ۴ روند مثبت از ۶ روند معنی‌دارشان بوده و بیشترین تعداد روند منفی معنی‌دار مربوط به ماه‌های فروردین، تیر و اسفند با ۳ روند منفی بوده است. در بین ماه‌ها ماه بهمن مقادیر معنی‌دار مثبت بیشتری نسبت به سایر ماه‌ها دارد که علی‌رغم عدم معنی‌دار بودن میانگین ماهانه حتی برای این ماه، به نظر می‌آید در ماه بهمن چشمه‌های سرعین افزایش دمای بیشتری نسبت به سایر ماه‌ها پیدا می‌کنند. هر چند این اظهار نظر بر اساس آزمون مان‌کندال پشتوانه محکمی ندارد. از طرفی همین اظهار نظر را در مورد کاهش دمای کلی چشمه‌ها برای ماه فروردین می‌توان ارائه داد.

جدول ۳: مقادیر آماره z آزمون مان کندال برای داده‌های دبی (آبدهی) ماهانه چشمه‌های آبگرم معدنی سرعین (۱۳۶۵-۱۳۸۹)

ردیف	چشمه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	Zk
1	گاومیش	-0/23	-0/19	-0/63	-1/41	-1/08	-0/98	-0/47	-0/19	0/68	**1/66**	0/68	0/40	-0/15
2	ساری سو	**-2/60**	**-1/82**	-0/74	-0/55	-0/16	-0/35	-0/07	-0/47	-0/07	0/75	0/02	**-3/23**	-0/77
3	قره‌سو	**-3/15**	**-3/35**	**-3/53**	**-4/04**	**-3/50**	**-3/50**	**-3/92**	**-3/10**	**-4/44**	**-3/55**	**-3/10**	**-3/01**	**-3/52**
4	بش باجی	**-5/48**	**-5/68**	**-5/83**	**-5/23**	**-5/73**	**-3/99**	**-5/63**	**-4/44**	**-5/08**	**-5/73**	**-5/53**	**-5/43**	**-5/32**
5	ژنرال	**-2/36**	**-3/25**	**-2/85**	**-2/31**	-1/19	**-2/48**	**-3/10**	**-2/75**	-0/72	**-1/91**	**-2/36**	**-2/08**	**-2/28**
6	قهوه سو	0/75	0/78	1/33	0/97	1/56	**2/60**	1/56	1/06	0/57	0/12	1/36	-0/45	1/02
7	یول سو	**-2/90**	-0/97	**-2/81**	-1/31	**-2/36**	-0/88	**-1/81**	-1/37	-1/51	-0/23	-0/17	0/93	-1/28
8	پهنلو	**3/54**	**4/02**	**4/49**	**3/20**	**4/54**	**2/94**	**3/50**	**4/15**	**3/05**	**2/51**	**3/89**	-0/12	**3/31**
9	ویلادره	**4/04**	**4/04**	**3/82**	**3/80**	**4/02**	**3/75**	**3/53**	**3/94**	**3/70**	**3/28**	**3/94**	**3/75**	**3/80**
	Zg	-0/93	-0/71	-0/75	-0/77	-0/43	-0/32	-0/71	-0/35	-0/43	-0/34	-0/14	-1/03	
	روند +	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	1	
	روند-	5	4	4	3	3	3	4	3	2	3	3	4	
	بی روند	2	3	3	4	4	3	3	4	5	3	4	4	

z_k میانگین زمانی ، z_g میانگین مکانی

اعداد سیاه معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۱٪، اعداد با پس زمینه‌ی کم رنگ معنی‌دار در سطح ۵٪، اعداد با پس‌زمینه‌ی پررنگ معنی‌دار در سطح ۱۰٪

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان ،۱۳۹۱

جدول ۴: مقادیر آماره z آزمون مان کندال برای داده‌های دمای ماهانه چشمه‌های آبگرم معدنی سرعین (۱۳۶۵-۱۳۸۹)

ردیف	چشمه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	Zk
1	گاومیش	**-2/75**	-1/06	-0/02	0/02	-1/22	-0/73	-1/63	-0/47	-1/12	-0/43	-1	-1/14	-0/96
2	ساری‌سو	**3/2**	**2/6**	**2/21**	**2/19**	**2/11**	**1/81**	**1/81**	1/59	**1/89**	**2/23**	**1/81**	**2/11**	**2/13**
3	قره‌سو	**-2/83**	**-3/35**	**-2/36**	**-3/25**	**-3/35**	**-3/5**	**-2/36**	**-3/42**	**-3/5**	**-3/55**	**-3/55**	**-3/72**	**-3/23**
4	بش‌باجی	**-4/12**	**-4/64**	**-3/3**	**-4/44**	**-4/59**	**-4/62**	-3/98	**-5/01**	**-4/49**	**-4/84**	**-4/02**	**-4/09**	**-4/34**
5	ژنرال	-1/45	0	-0/67	-1/12	-0/05	0/17	0/94	-0/36	**0/07**	-0/71	-0/15	0/13	-0/27
6	قهوه‌سو	0/22	**2/31**	1/25	-0/61	1/39	**1/76**	0/34	-0/54	0/05	1/2	1/35	**1/79**	0/87
7	یول‌سو	1/32	**1/96**	**1/86**	**2/51**	**1/66**	**1/76**	0/7	1/28	1/09	**2/16**	**2/36**	1/22	**1/66**
8	پهنلو	**3/99**	**4/09**	**3/9**	**3/94**	**3/77**	**3/99**	**3/8**	**4/14**	**4/29**	**3/89**	**4/19**	**4/49**	**4/04**
9	ویلادره	-0/93	-1/6	-1/22	**-2/47**	-1/29	1/59	0/32	0	1/22	0/17	1/52	**-1/75**	-0/37
	Zg	-0/37	0/04	0/18	-0/36	-0/17	0/25	-0/01	-0/31	-0/05	0/02	0/28	-0/11	
	روند +	2	4	3	3	3	4	2	1	2	3	3	3	
	روند-	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	
	بی‌روند	4	3	4	3	4	3	5	6	5	4	4	3	

z_k میانگین زمانی ، z_g میانگین مکانی

اعداد سیاه معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۱٪، اعداد با پس‌زمینه‌ی کم رنگ معنی‌دار در سطح ۵٪، اعداد با پس‌زمینه‌ی پررنگ معنی‌دار در سطح ۱۰٪

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان ،۱۳۹۱

دمای چشمه‌های آبگرم معدنی شهر سرعین در مقیاس میانگین فصلی کلی فاقد روند معنی‌دار حتی در سطح ۱۰ درصد بود به عبارتی نتیجه‌گیری در مورد اینکه مجموعه چشمه‌های سرعین بدون تفکیک چشمه‌ها در کدام فصول سال افزایش یا کاهش دما می‌یابند با توجه به عدم معنی‌داری روند کلی آنها امکان‌پذیر نبود ولی در مقیاس سالانه از کل ۹ چشمه مورد مطالعه تعداد ۵ چشمه دارای روند معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد بودند و ۴ چشمه دیگر فاقد روند معنی‌دار بودند. از بین ۵ چشمه دارای روند معنی‌دار در مقیاس‌سالانه چشمه‌های پهنلو،یل‌سویی و ساری‌سو دارای روند معنی‌دار مثبت در سطح ۱۰ درصد در مقیاس سالانه بودند که از این بین چشمه پهنلو در سطوح ۱ و ۵ درصد هم همین روند معنی‌دار مثبت را دارا می‌باشد و چشمه ساری سو در سطح ۵ درصد هم دارای همین روند مثبت معنی‌دار است. از بین ۵ چشمه دارای روند معنی‌دار چشمه‌های قره‌سو و بش باجیلار دارای روند منفی و معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد بودند که شدت روند منفی در این دو چشمه به قدری است که همین روند منفی معنی‌دار در سطوح ۱ و ۵ درصد نیز برقرار است. شدیدترین روند مثبت معنی‌دار در مقیاس سالانه مربوط به چشمه پهنلو با آماره $z = 4/042$ بوده است و شدیدترین روند منفی معنی‌دار مربوط به چشمه بش‌باجیلار با آماره $z= -4/344$ بوده است. بطور کلی نتیجه می‌شود در طول ۲۵ سال دوره آماری مورد بررسی چشمه‌های پهنلو، یل‌سویی و ساری سو افزایش دما و چشمه‌های قره‌سو و بش باجیلار کاهش دما داشته‌اند که بیشترین افزایش مربوط به چشمه پهنلو و بیشترین کاهش مربوط به چشمه بش باجیلار بوده است. ۴چشمه دیگر فاقد روند معنی‌دار قابل نتیجه‌گیری در این مدت بوده‌اند.

- نتایج شیب خط روند برای متغیّردبی

جدول (۵) مقادیر شیب خط روند (شیب sen) را برای متغیّر اساسی دبی نشان می‌دهد. بطوری‌که از جدول استنباط می‌شود از مجموع ۱۰۸ شیب محاسبه شده ۴۰ شیب مثبت، ۵۱ شیب منفی و ۱۷ شیب مقدار صفر را اختیار کرده‌اند، که میانه شیب‌ها با مقادیری نزدیک به صفر، مابین ۰/۰۲۶- لیتر در سال در فروردین‌ماه و ۰/۰۰۸ لیتر در سال در آذرماه نوسان می‌کند. به این ترتیب هرچند نمی‌توان اظهار نظر دقیقی در مورد مقدار کلی کاهش یا افزایش آبدهی چشمه‌های سرعین بطور کلی کرد ولی نکته‌ای که از جدول شیب‌ها و میانه آن‌ها برداشت می‌شود این است که اگر از ۲ میانه مثبت ولی بسیار نزدیک به صفر شیب‌ها در آذر و دی چشم‌پوشی کنیم، سایر میانه‌ها منفی و یا صفرند که این نشانگر این است که آبدهی مجموعه چشمه‌ها اغلب کاهشی و یا ثابت بوده و کمتر شاهد افزایش آن بوده‌ایم. که در بین چشمه‌ها، بیشترین شیب منفی مربوط به چشمه بش‌باجیلار در ماه خرداد با شیب ۰/۸۰۹- لیتر در سال و بیشترین شیب مثبت مربوط به چشمه گاومیش گلی در ماه دی با شیب ۰/۲۷۶ لیتر در سال بوده است. بطوری‌که از شیب‌های چشمه‌های مختلف به‌دست می‌آید در چشمه‌های گاومیش گلی و ساری‌سو با توجه به وجود شیب‌های مثبت و منفی امکان اظهار نظر دقیق درباره میزان کاهش یا افزایش دبی وجود ندارد ولی در سایر چشمه‌ها با توجه به یکنواختی علامت شیب‌ها می‌توان به نتایجی دست پیدا کرد، از آن‌جمله در چشمه قره‌سو میانه شیب‌ها در تمامی ماه‌های سال منفی و مابین ۰/۰۲۰- و ۰/۰۲۹- لیتر در سال تغییر می‌کند.

به عبارت دیگر در چشمه قره‌سو بطور متوسط در هر ۱۰ سال آبدهی چشمه بین ۰/۲ لیتر در ماه‌های خرداد و آبان تا ۰/۲۹ لیتر در ماه آذر کاهش پیدا می‌کند. در چشمه بش‌باجیلار میانه شیب‌ها در تمامی

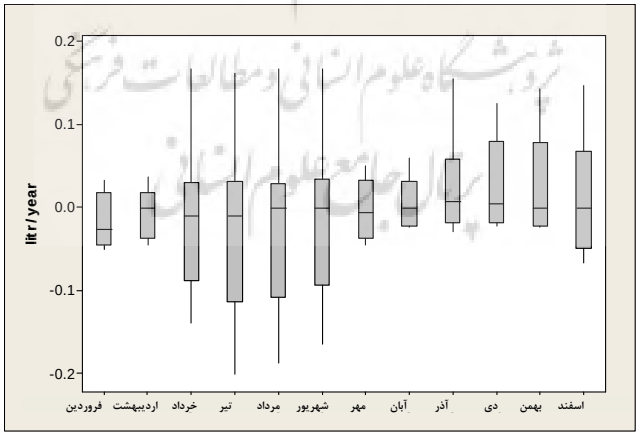
ماه‌های سال منفی و مابین ۰/۶۶۲- و ۰/۸۰۹- لیتر در سال تغییر می‌کند. به عبارت دیگر در چشمه بش باجیلار بطور متوسط در هر ۱۰ سال آبدهی چشمه بین ۶/۶ لیتر در ماه شهریور تا ۸ لیتر در ماه خرداد کاهش پیدا می‌کند، که این بیشترین کاهش آبدهی بین تمام چشمه‌ها در هر ۱۰ سال است اما برای نمونه‌های افزایشی می‌توان از چشمه پهنلو و ویلادره نام برد. در چشمه‌پهنلو میانه شیب‌ها در تمامی ماه‌های سال‌مثبت و مابین ۰/۰۲۲ و ۰/۰۶۰ لیتر در سال تغییر می‌کند. به عبارت دیگر در چشمه پهنلو بطور متوسط در هر ۱۰ سال آبدهی چشمه بین ۰/۲۲ لیتر در ماه اسفند تا ۰/۶ لیتر در ماه آبان افزایش پیدا می‌کند. در چشمه ویلادره نیز میانه شیب‌ها در تمامی ماه‌های سال مثبت و مابین ۰/۱۲۵ و ۰/۱۹۱ لیتر در سال تغییر می‌کند. به عبارت دیگر در چشمه ویلا دره بطور متوسط در هر ۱۰ سال آبدهی چشمه بین ۱/۲۵ لیتر در ماه دی تا ۱/۹۱ لیتر در ماه اردیبهشت افزایش پیدا می‌کند که این چشمه بیشترین افزایش دبی در هر ۱۰ سال را بین همه چشمه‌ها دارا بوده است.سایر چشمه‌ها علی‌رغم وجود شیب‌های صفر قابل بررسی به همین شیوه است. بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت که از نظر آبدهی تقریباً همه چشمه‌های سرعین مستقل از هم عمل می‌کنند چون با وجود افزایش در بعضی شاهد کاهش در بعضی دیگر و حتی ثابت بودن در برخی دیگریم تقریباً در تمام چشمه‌های سرعین در طول ۲۵ سال اخیر در ماه‌های مختلف سال تغییرات آبدهی وجود داشته با این حال اگر رویه همچنان در سال‌های آتی نیز به همین شکل باشد می‌توان انتظار داشت تغییرات کاهشی نسبتاً قابل اعتنایی در آبدهی اکثر چشمه‌های اصلی سرعین در طول سالیان دراز آینده مشاهده شود چون در بررسی‌ها از ۹ چشمه ۶ چشمه قطعا کاهش آبدهی داشته‌اند هرچند شاید آزمون در بعضی مواردش نتوانست جواب قطعی دهد ولی کاهش غیر قابل انکار است، در ۳ چشمه دیگر هم جز در یک مورد افزایش آبدهی بیشتر بر بستر ثابت بودن بوده تا افزایش چنانچه بیشترین کاهش ما در چشمه بش باجیلار ۶ تا ۸ برابر بیشترین افزایش ما در چشمه ویلادره بوده است، که این خود هشداری به مسؤولان منطقه است که در صورت عدم استفاده صحیح و دخل و تصرف‌های‌ناصحیح مانند یکی‌کردن چشمه‌ها، هدایت آب برای خروج از یک نقطه و امثال این‌ها منطقه را از نظر اقتصاد توریستی دچار مشکل خواهد کرد چون شاهرگ اقتصادی منطقه همین چشمه‌ها است. زلزله و سایر اتفاقات طبیعت هم گاهی توانسته آبدهی این چشمه‌ها را در حد قابل ذکری تغییر دهد. از نمونه‌های بارز این تأثیر می‌توان به افزایش بیش از ۲ برابری دبی چشمه گاومیش گلی در اثر زلزله دی ماه سال ۱۳۷۵ اشاره کرد.

جدول ۵: مقادیر شیب خط روند sen برای داده‌های دبی ماهانه چشمه‌های آبگرم معدنی شهر سرعین (۱۳۶۵-۱۳۸۹)

ردیف	چشمه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	گاومیش	-0/04	0/00	-0/14	-0/20	-0/19	-0/16	-0/04	0/00	0/08	0/28	0/11	0/11
2	ساری سو	-0/05	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/01	0/02	0/00	-0/07
3	قره سویی	-0/03	-0/03	-0/02	-0/03	-0/03	-0/02	-0/03	-0/02	-0/03	-0/02	-0/02	-0/03
4	بش باجی	-0/80	-0/79	-0/81	-0/74	-0/73	-0/66	-0/72	-0/74	-0/71	-0/70	-0/69	-0/71
5	ژنرال	-0/04	-0/05	-0/04	-0/02	0/00	-0/01	-0/03	-0/02	-0/01	-0/01	-0/02	-0/03
6	قهوه سو	0/00	0/00	0/01	0/01	0/02	0/02	0/01	0/00	0/01	0/00	0/02	0/00
7	یول سو	-0/03	-0/01	-0/01	-0/01	-0/02	0/00	-0/01	0/00	0/00	0/00	-0/01	0/00
8	پهنلو	0/03	0/04	0/05	0/05	0/04	0/05	0/05	0/06	0/04	0/03	0/05	0/02
9	ویلادره	0/18	0/19	0/17	0/16	0/17	0/17	0/17	0/15	0/16	0/13	0/14	0/15
	میانه	-0/03	0/00	-0/01	-0/01	0/00	0/00	-0/01	0/00	0/01	0/00	0/00	0/00

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

نمودار (۱) نمودار باکس ویسکر (جعبه و خط) را برای شیب خط روند دبی ماهانه چشمه‌های شهر سرعین نشان می‌دهد. در این نمودار خط موجود در وسط مستطیل‌ها میانه شیب خط روند را نشان می‌دهد. قسمت پایین هر مستطیل نشان‌دهنده‌ی صدک ۲۵ و قسمت بالای آن نشان‌دهنده صدک ۷۵ است. انتهای خطوط قائم در قسمت پایین مستطیل‌ها حداقل شیب خط روند و قسمت فوقانی آن حداکثر شیب خط روند را نشان می‌دهد.توجه به موارد مذکور در نمودار باکس ویسکر دبی به ما نشان می‌دهد. در ماه‌هایی مثل اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور که فاصله میانه تا صدک ۷۵ کمتر از فاصله نظیر تا صدک ۲۵ است، نشان می‌دهد که واریانس داده‌های پایین‌تر از میانه بیشتر از واریانس نظیر داده‌های بالاتر از میانه است. این موضوع در ۶ ماهه دوم سال بطور برعکس برقرار است.



نمودار ۱: نمودار باکس ویسکر شیب خط روند تغییرات دبی چشمه‌های آبگرم معدنی سرعین (۱۳۶۵-۱۳۸۹) *مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱*

- نتایج شیب خط روند برای متغیّردما

جدول (۶) مقادیر شیب خط روند (شیب sen) را برای متغیّر اساسی دما نشان می‌دهد. بطوری‌که از این جدول استنباط می‌شود میانه همه شیب‌ها در ماه‌های مختلف صفر است و از مجموع ۱۰۸ شیب محاسبه شده ۳۷ شیب مثبت، ۳۹ شیب منفی و ۳۲

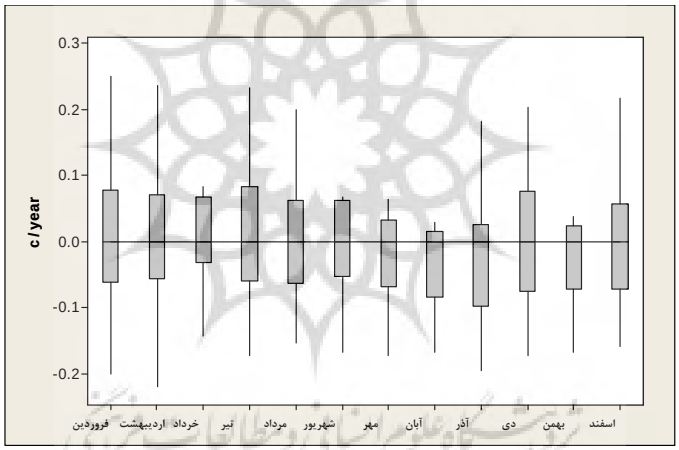
شیب مقدار صفر را اختیار کرده‌اند که در بین چشمه‌ها با روند معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد و کمتر، بیشترین شیب منفی مربوط به چشمه بش باجیلار در ماه اردیبهشت با شیب ۰/۲۱۹- درجه سانتیگراد در سال و بیشترین شیب مثبت مربوط به چشمه پهنلو در ماه شهریور با شیب ۰/۲۶۹ درجه بوده است که سایر شیب‌های این دو چشمه نیز اکثر مقادیر بزرگ منفی و مثبت شیب‌ها را اختیار کرده‌اند که این خود دلیل دیگری بر صحت نتایج آزمون مان‌کندال ما در صفحات قبل است زیرا در آن آزمون نیز همین نتایج کاهشی و افزایشی برای چشمه‌ها به دست آمده بود.با اینکه میانه شیب‌ها در هر ۱۲ ماه سال صفر بوده است ولی با توجه به مقادیر شیب برای چشمه‌ها در ماه‌های مختلف می‌توان به برخی موارد پی برد. از جمله این موارد صفر بودن شیب‌های ۲ چشمه ژنرال و قهوه‌سویی در ۱۰ماه از ۱۲ ماه سال است که نشان می‌دهد این چشمه‌ها اغلب میزان دمای ثابتی را در سال اختیار می‌کنند و کمتر کاهش یا افزایش می‌یابند.مهمترین نتیجه حاصل از جدول شیب‌ها این است که بیشترین افزایش دما را چشمه پهنلو با ۰/۱۸ تا ۰/۲۶ درجه سانتیگراد در سال (۱/۸ تا ۲/۶ درجه در هر ۱۰ سال) داشته و بیشترین کاهش دما را چشمه بش باجیلار با ۰/۱۴ تا ۰/۲۱ درجه سانتیگراد در سال (۱/۴ تا ۲/۱ درجه در هر ۱۰ سال) داشته است.برای سایر چشمه‌ها نیز به همین منوال از روی جدول می‌توان نتیجه‌گیری کرد.

نمودار (۲) نمودار باکس ویسکر (جعبه و خط) را برای شیب خط روند دمای ماهانه چشمه‌های شهر سرعین نشان می‌دهد. در این نمودار با توجه به صفر بودن میانه همه ماه‌های ما در این بررسی دمایی این خط بر خط میانه کل شیب‌ها که آن هم صفر است منطبق شده است. توجه به موارد مذکور در نمودار باکس ویسکر دما به ما نشان می‌دهد حداقل شیب مشاهده شده در ماه‌های مختلف در حدود ۰/۲۱- درجه سانتیگراد در سال و حداکثر شیب مشاهده شده در حدود ۰/۲۶ درجه در سال می‌باشد. در ماه‌هایی مثل مهر،آبان،آذر و حتی دی و بهمن و اسفند که فاصله میانه تا صدک ۷۵ کمتر از فاصله نظیر تا صدک ۲۵ است نشان می‌دهد که واریانس داده‌های پایین‌تر از میانه بیشتر از واریانس نظیر داده‌های بالاتر از میانه است. این موضوع در ۶ ماهه اول سال بطور برعکس ولی با شدت کمتر برقرار است. بطور کلی با توجه به میانه صفر در اکثر شیب‌ها می‌توان نتیجه گرفت که تقریباً تمام چشمه‌های سرعین در طول ۲۵ سال اخیر در ماه‌های مختلف سال تغییرات دمایی ناچیز و در حد صفری داشته‌اند البته این نتیجه خللی در نتیجه‌گیری آزمون مان‌کندال ما ایجاد نمی‌کند چون ما در آن آزمون به دنبال کاهش یا افزایش دما بی‌توجه به مقدار آن بودیم حال آنکه شیب‌ها در مورد مقادیر تغییر صحبت می‌کنند که ناچیزی این مقادیر نتایج ما را به صفر نزدیک کرده‌است با این‌حال اگر رویه در سال‌های آتی نیز همچنان به همین شکل باشد نمی‌توان انتظار داشت تغییرات قابل توجهی در دمای چشمه‌های سرعین در طول سالیان دراز آینده مشاهده شود. حتی زلزله و سایر اتفاقات طبیعت هم نتوانسته دمای این چشمه‌ها را در حدّ قابل ذکری تغییر دهد برخلاف تأثیری که این موضوع بر دبی چشمه‌ها داشته است.

جدول ۶: مقادیر شیب خط روند sen برای داده‌های دمای ماهانه چشمه‌های آبگرم معدنی شهر سرعین (۱۳۶۵-۱۳۸۹)

ردیف	چشمه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	گاومیش	-0/04	-0/02	0/00	0/00	-0/02	-0/01	-0/05	0/00	-0/06	0/00	-0/02	-0/02
2	ساری‌سو	0/09	0/06	0/05	0/06	0/07	0/07	0/06	0/03	0/01	0/07	0/04	0/06
3	قره‌سویی	-0/08	-0/09	-0/06	-0/08	-0/11	-0/10	-0/09	-0/17	-0/14	-0/15	-0/13	-0/13
4	بش باجی	-0/20	-0/22	-0/14	-0/17	-0/15	-0/17	-0/17	-0/17	-0/20	-0/17	-0/17	-0/16
5	ژنرال	0/00	0/00	0/00	-0/02	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
6	قهوه‌سو	0/00	0/03	0/00	0/00	0/00	0/03	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00
7	یول سو	0/06	0/08	0/08	0/10	0/05	0/06	0/00	0/00	0/04	0/09	0/01	0/05
8	پهنلو	0/25	0/24	0/25	0/23	0/20	0/27	0/25	0/23	0/18	0/20	0/23	0/22
9	ویلادره	0/00	-0/02	-0/01	-0/04	-0/01	0/00	0/00	0/00	0/01	0/00	0/01	0/00
	میانه	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00	0/00

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان،۱۳۹۱



نمودار ۲: نمودار باکس ویسکر شیب خط روند تغییرات دمای چشمه‌های آبگرم معدنی سرعین (۱۳۶۵-۱۳۸۹) *مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان،۱۳۹۱*

- نتایج آزمون Z مان‌کندال برای متغیّرهای با داده‌سالانه

جدول (۷) مقادیر آماره Z مان کندال را به ترتیب برای ۴ متغیّر اسیدیته (PH)، میزان سیلیس، هدایت الکتریکی و سختی کل که همه آنها تنها دارای داده‌های سالانه (یک بار ثبت هر سال) بودند را نشان می‌دهد. که به ترتیب تحلیل نتایج این جدول در ادامه می‌آید . یکی از مهمترین پارامترهای کیفی چشمه‌های آب گرم، اسیدیته یا همان PH آن‌ها است. این علامت نشان‌دهنده‌ی درجه‌ی اسیدی یا قلیایی یک محلول برحسب غلظت آن از لحاظ یونهای هیدروژن آزاد است. پارامتری که نقش اساسی در قابل استفاده کردن این چشمه‌ها را بازی می‌کند. اسیدی‌ترین چشمه دنیا چشمه قوتورسویی مشکین شهر است. درجه اسیدی این چشمه ۲/۷ است، چشمه‌ای که حتی رد شدن از کنارش به دلیل بوی بسیار بد گوگردش کار سختی است، و اما یکی دیگر از تمایزات چشمه‌های سرعین همین اسیدیته است. درجه اسیدی چشمه‌های سرعین بسیار متعادل و بین ۵ تا ۷ است که استفاده از چشمه‌ها را به‌راحتی میسر می‌سازد. بیشترین میانگین درجه اسیدی در ۳۰ سال دوره‌ی آماری مورد بررسی

مربوط به ساری‌سو با ۶/۵ و کمترین مربوط به ویلادره با ۵/۴ بوده است که همین فاصله اندک بین کمترین و بیشترین درجه حاکی از تبعیت چشمه‌های سرعین از بازه مشخص و برابری از PH است. و اما توجه به مقادیر Z مربوط به این متغیّر در جدول (۷) روند دار بودن همه سری‌های زمانی سالانه چشمه‌های ۹ گانه در سطوح معنی‌داری ۵ و ۱۰ درصد و رونددار بودن همه این سری‌های زمانی در سطح معنی‌داری ۱ درصد به جز چشمه‌های قهوه‌سویی و ویلادره را از نظر اسیدیته نشان داد. به عبارتی دو چشمه مذکور فقط در سطوح ۵ و ۱۰ درصد دارای روند معنی‌دار بودند و سایر چشمه‌ها در هر سه سطح مورد بررسی دارای روند معنی‌دار بودند. دیگر مطلبی که از این جدول می‌شود استنباط کرد این است که مجموع تعداد سری‌های زمانی اسیدیته که دارای روند صعودی هستند بیشتر از مقادیر نظیر با روند نزولی می‌باشد. نتایج نشان داد که تعداد ۷ سری زمانی سالانه دارای روند مثبت یا همان صعودی معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ و ۱۰ درصد بودند که در این میان فقط سری زمانی چشمه قهوه‌سویی در سطح ۱درصد فاقد روند معنی‌دار بود. از طرفی ۲ چشمه یل‌سویی و ویلا دره دارای روند منفی یا همان نزولی معنی‌دار در سطوح ۱ و ۵ و ۱۰ درصد بودند که در این میان نیز فقط چشمه ویلادره در سطح ۱ درصد فاقد روند معنی‌دار بود. به عبارتی کلی‌تر در دوره‌ی آماری ۳۰ ساله مورد بررسی برای داده‌های سالانه متغیّر اسیدیته چشمه‌های سرعین که دوره آماری بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۶۰ را شامل می‌شود، اسیدیته چشمه‌های گاومیش گلی، ساری‌سو، قره‌سو، بش باجیلار، ژنرال، قهوه‌سویی و پهنلو افزایش و اسیدیته ۲ چشمه یول سویی و ویلادره کاهش یافته است که بیشترین افزایش اسیدیته در این دوره مربوط به چشمه ژنرال و بیشترین کاهش مربوط به چشمه یول‌سویی می‌باشد. با توجه به عدم دسترسی به داده‌های ماهانه، اظهارنظر درباره‌ی مقدار افزایش یا کاهش اسیدیته چشمه‌ها در هر سال با استفاده از شیب خط روند ممکن نیست.

جدول ۷: مقادیر آماره Z مان کندال برای متغیّرهای اسیدیته ، مقدار سیلیس، هدایت الکتریکی و سختی کل چشمه‌های آبگرم معدنی سرعین (۱۳۸۹-۱۳۶۰)

	گاومیش	ساری سو	قره سو	بش باجی	ژنرال	قهوه سو	یول سو	پهنلو	ویلادره
PH	4/630*	5/510*	5/980*	4/480*	6/540*	2/044**	-3/020*	2/600*	-2/08**
Si	4/783*	4/745*	3/920*	5/440*	0/410	0/600	3/180*	2/794*	1/725***
EC	-5/870*	-4/700*	-3/240*	0/560	-4/850*	-5/940*	-5/720*	3/840*	3/750*
TH	-0/540	-0/540	-0/520	-2/400*	-4/440*	-2/750*	-5/120*	-4/200*	-4/970*

اعداد یک ستاره معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۱٪ ، دو ستاره معنی‌دار در سطح ۵٪ ، سه ستاره معنی‌دار در سطح ۱۰٪ PH اسیدیته و فاقد واحد، Si مقدار سیلیس بر حسب میلی گرم بر لیتر ، EC هدایت الکتریکی برحسب میکرو مو بر سانتیمتر، TH سختی کل بر اساس میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم *مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان،۱۳۹۱*

در مورد نتایج متغیّر مقدار میلی‌گرم در لیتر سیلیس چشمه‌ها می‌توان گفت عناصر مختلفی در چشمه‌های آبگرم معدنی شهر سرعین وجود دارد. برخلاف بسیاری از تصورات که نام چشمه‌های گرم را مترادف با عنصر گوگرد و طبیعتاً بوی بدش می‌دانند، چشمه‌های سرعین گوگرد بسیار کمّی دارند و به همین جهت است که از نظر بو و رنگ و مزه بسیار محبوب توریست‌ها می‌باشند. اما نداشتن گوگرد هیچ امتیاز منفی را متوجه این چشمه‌ها از نظر ارزش درمانی نمی‌کند چون سایر عناصر بسیار مؤثر در این

چشمه‌ها موجود است که یکی از پرمقدارترین این عناصر سیلیس است. سیلیسیم دی اکسید یا سیلیس با فرمول شیمیایی SiO_2 فراوان‌ترین ترکیب اکسیدی موجود در پوسته‌ی زمین است. سیلیس در طبیعت به‌صورت آزاد و یا به‌صورت ترکیب با سایر اکسیدها وجود دارد. در حالت خاص ماده جامد پودری سفیدرنگی با دمای ذوب ۱۶۵۰ درجه سانتیگراد و دمای جوش ۲۲۳۰ درجه سانتیگراد است. قابلیت انحلال در آب آن ۰/۰۱۲ گرم در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب است. بیشترین ترکیب معدنی شیمیایی موجود در چشمه‌های سرعین، همین ترکیب است. به عبارتی چشمه‌های سرعین سیلیس فراوان دارد. بررسی داده‌های سالانه ۳۰ سال اخیر مقدار میلی‌گرم در لیتر ترکیب سیلیس در چشمه‌های سرعین نشان داد این ترکیب یکی از پرمقدارترین ترکیبات موجود در این چشمه‌ها است. مقدار این‌ترکیب در چشمه‌های مختلف تقریباً نزدیک به هم بود، البته چشمه ویلادره کمّی کمتر از بقیه چشمه‌ها دارای این ترکیب بود. بطور کلی مقدار این ترکیب در چشمه‌ها در بازه‌ای بین ۵۸ تا ۸۵ میلی گرم در لیتر در تغییر بوده است. نکته قابل ذکر در مورد نتایج آزمون Z مان کندال این متغیّر، دارای روند بودن۷ سری زمانی سالانه چشمه‌های ۹ گانه در سطح معنی‌داری حداقل۱۰ درصد بود که از این میان چشمه ویلادره فقط در سطح ۱۰ درصد ولی بقیه ۶ چشمه در همه ۳ سطح معنی‌دار بودند ولی ۲ چشمه ژنرال و قهوه‌سویی فاقد روند معنی‌دار بودند. دیگر مطلبی که از این جدول می‌شود استنباط کرد این است که همه سری‌های زمانی برای این متغیّر دارای روند صعودی هستند. نتایج نشان داد که تعداد ۷سری زمانی سالانه دارای روند مثبت یا همان صعودی معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد بودند. به عبارتی کلی‌تر در دوره آماری ۳۰ ساله مورد بررسی برای داده‌های سالانه متغیّر مقدار میلی‌گرم در لیتر سیلیس در چشمه‌های سرعین که دوره‌ی آماری بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۶۰ را شامل می‌شود، این مقدار در چشمه‌های گاومیش گلی، ساری‌سو، قره‌سو، بش باجیلار، یول‌سویی، ویلادره و پهنلو افزایش یافته است که بیشترین افزایش در این دوره مربوط به چشمه بش باجیلار می‌باشد.ولی برای ۲ چشمه ژنرال و قهوه‌سویی به علت معنی‌دار نبودن نمی‌توان اظهار نظر صریحی کرد.

و اما هدایت الکتریکی یکی دیگر از متغیّرهای مورد بررسی ما در این تحقیق بوده است. هدایت الکتریکی یا کنداکتیویته آب نشان‌دهنده‌ی توانایی عبور جریان برق از آب است. در واقع آب‌کاملاً خالص، هادی جریان برق نیست. چون یون‌های موجود در آب باعث انتقال جریان برق می‌شوند از این رو بین هدایت الکتریکی و غلظت کل املاح در آب رابطه‌ای وجود دارد. واحد هدایت‌الکتریکی آب‌میکرو مو بر سانتی‌متر(µmho/cm) است. بررسی داده‌های سالانه ۲۵ سال اخیر مقدار هدایت الکتریکی (EC) در چشمه‌های سرعین نشان داد که اگر چشمه‌ی ویلادره را که به سبب ماهیتش و دمای کمش در زمینه هدایت الکتریکی نیز کمترین هدایت الکتریکی را دارد کنار بگذاریم،هدایت الکتریکی بقیه چشمه‌ها بین ۱۳۱۵ و ۱۵۵۰ در تغییر بوده است. بیشترین میانگین هدایت الکتریکی را در این ۳۰ سال اخیر چشمه پهنلو با ۱۴۹۵ و کمترین میانگین هدایت الکتریکی را در این ۳۰ سال اخیر چشمه‌ی ویلادره با ۴۷۱ داشته است.

نکته‌ی قابل ذکر در مورد نتایج آزمون Z این متغیّر رونددار بودن ۸ سری زمانی سالانه چشمه‌های ۹ گانه در سطح معنی‌داری حداقل ۱۰ درصد بود که از این میان همه ۸ چشمه در همه ۳ سطح معنی‌دار بودند ولی چشمه بش باجیلار فاقد روند معنی‌دار بود. دیگر مطلبی که از این جدول می‌شود استنباط کرد این است که ۶ چشمه دارای سری‌های زمانی با روند منفی

یا همان نزولی برای این متغیّر هستند و تعداد ۲ سری زمانی سالانه دارای روند مثبت یا همان صعودی معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد و یا کمتر بودند رتبه‌های روند منفی معنی‌دار که همان بیشترین کاهش‌ها را نشان می‌دهد. به عبارتی کلی‌تر در دوره آماری ۳۰ ساله مورد بررسی برای داده‌های سالانه متغیّر هدایت الکتریکی در چشمه‌های سرعین که دوره آماری بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۶۰را شامل می‌شود، این مقدار در چشمه‌های گاومیش گلی، ساری‌سو، قره‌سو، ژنرال، قهوه‌سویی و یول‌سویی،کاهش یافته است که بیشترین کاهش در این دوره مربوط به چشمه قهوه‌سویی می‌باشد. ولی برای ۲ چشمه پهنلو و ویلادره افزایش هدایت الکتریکی را در این دوره شاهد بوده‌ایم که افزایش هدایت الکتریکی چشمه پهنلو بیشتر بوده است. در مورد چشمه بش باجیلار هم به دلیل عدم معنی‌داری نمی‌توان اظهار نظر کرد.

سختی آب کیفیتی است که بر اثر وجود بیش از اندازه نمک‌های محلول کلسیم و منیزیم و تا اندازه‌ای آهن، منگنز، آلومینیوم و روی در آن پدید می‌آید و سبب می‌شود که مصرف آب بطور کلی و به ویژه در صنعت دشواری‌هایی به وجود آورد. سختی همواره از مهمترین مباحث مطرح در مورد آب‌ها بوده است که در مورد آب‌های گرم سرعین سختی کربنانی، سختی بی‌کربناتی و سختی کل بر اساس کربنات‌کلسیم مطرح است.داده‌های در دسترس فقط به‌صورت سالانه و برای سختی کل موجود بود. بررسی داده‌های سالانه ۳۰ سال اخیر مقدار سختی کل (TH) در چشمه‌های سرعین نشان داد که تقریباً همه‌ی چشمه‌ها سختی نزدیک به هم در بازه‌ی ۱۹۳ تا ۲۶۶ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم داشته‌اند. میانگین سختی کل ۳۰ ساله ۸ چشمه در مقدار تقریبی ۲۵۰ تا ۲۵۵ مشترک بودند و تنها چشمه ویلادره بود که باز هم طبق رویه‌ای که در اکثر متغیّرها از سایر چشمه‌ها مقادیر کمتری داشت در سختی نیز با میانگین ۲۰۱ همین روال را دارا بود. نکته قابل ذکر در مورد نتایج این متغیّر روند دار بودن ۶ سری زمانی سالانه چشمه‌های ۹گانه در سطح معنی‌داری حداقل ۱۰ درصد بود که از این میان همه ۶ چشمه در همه ۳ سطح معنی‌دار بودند ولی ۳ چشمه دیگر فاقد روند معنی‌دار بود. دیگر مطلبی که از این جدول می‌شود استنباط کرد این است که همه ۶ چشمه معنی‌دار دارای سری‌های زمانی با روند منفی یا همان نزولی برای این متغیّر هستند. رتبه‌های روند منفی معنی‌دار که همان بیشترین کاهش‌ها را نشان می‌دهد. به عبارتی کلی‌تر در دوره‌ی آماری ۳۰ ساله مورد بررسی برای داده‌های سالانه متغیّر سختی کل در چشمه‌های سرعین که دوره‌ی آماری بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۶۰ را شامل می‌شود، این مقدار در چشمه‌های یول‌سویی، ویلادره، ژنرال، پهنلو، قهوه سویی و بش باجیلار کاهش یافته است که بیشترین کاهش در این دوره مربوط به چشمه‌ی یول‌سویی می‌باشد. ولی برای ۳ گاومیش گلی، ساری‌سو و قره‌سو به دلیل عدم معنی‌داری نمی‌توان اظهارنظر کرد.

نتیجه

در مطالعه‌ی حاضر روند تغییرات پارامترهای کمّی و کیفی آب تعدادی از چشمه‌های آبگرم معدنی مهم و در حال استفاده شهرستان سرعین با آزمون ناپارامتری مان کندال مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور ۹ چشمه منتخب که دارای حداقل ۲۵ سال داده در مقیاس ماهانه برای ۲ متغیّر مهم دبی و دما و حداقل ۳۰ سال داده به صورت سالانه برای ۴ متغیّر دیگر بودند در دوره‌ی آماری ۱۳۸۹-۱۳۶۰ انتخاب شدند. این چشمه‌ها عبارت بودند از: گاومیش‌گلی، ساری‌سو، قره‌سو، بش‌باجیلار، ژنرال، قهوه‌سویی، یول‌سویی، پهنلو و ویلادره. سپس با اعمال آزمون ناپارامتری مان‌کندال با حذف اثر خودهمبستگی مرتبه‌ی اول برای هریک از ۶ پارامتر مورد بررسی که شامل دبی، دما، اسیدیته،

مقدار سیلیس، هدایت الکتریکی و سختی کل بودند، سری‌های زمانی مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج نشان داد که از ۹ چشمه‌ی مورد بررسی، ۵ چشمه در متغیّر دبی دارای روند بودند که در این بین آبدهی چشمه‌های قره‌سو، بش‌باجیلار و ژنرال دارای روند افزایشی و آبدهی چشمه‌های پهنلو و ویلادره دارای روند کاهشی بوده‌اند که بیشترین افزایش آبدهی را چشمه ویلادره با حدود ۰/۱۲ تا ۰/۱۹ لیتر در سال (۱/۲ تا ۱/۹ لیتر در هر ۱۰ سال) داشته است و بیشترین کاهش آبدهی را چشمه‌ی بش باجیلار با حدود ۰/۶ تا ۰/۸ لیتر در سال (۶ تا ۸ لیتر در هر ۱۰ سال) داشته است. در متغیّر دما نتایج نشان داد که ۵ چشمه دارای روند بودند که چشمه‌های ساری‌سو، یول سویی و پهنلو روند افزایشی دما و چشمه‌های قره‌سو و بش باجیلار روند کاهشی دما داشته‌اند که که بیشترین افزایش دما را چشمه پهنلو با ۰/۱۸ تا ۰/۲۶ درجه سانتیگراد در سال (۱/۸ تا ۲/۶ درجه در هر ۱۰ سال) داشته و بیشترین کاهش دما را چشمه بش باجیلار با ۰/۱۴ تا ۰/۲۱ درجه سانتیگراد در سال (۱/۴ تا ۲/۱ درجه در هر ۱۰ سال) داشته است. اسیدیته یا همان PH چشمه‌ها در همه موارد جز چشمه‌های یول‌سویی و ویلادره که روند کاهشی اسیدیته داشته‌اند دارای روند افزایشی درجه اسیدی بوده‌اند. در بررسی متغیّر مقدار سیلیس همه چشمه‌ها دارای روند افزایشی سیلیس بوده‌اند. البته چشمه‌های ژنرال و قهوه‌سویی در این زمینه فاقد روند بودند. در متغیّر هدایت الکتریکی چشمه‌های پهنلو و ویلادره دارای روند افزایشی و چشمه بش‌باجی لار فاقد روند و بقیه چشمه‌ها دارای روند کاهشی هدایت الکتریکی بوده‌اند و اما سختی کل همه چشمه‌ها بجز گاومیش گلی، ساری‌سو و قره‌سو که فاقد روند بوده‌اند دارای روند کاهشی بوده است. بطور کلی نتایج نشان داد فرض اولیه تحقیق مبنی بر کاهش آبدهی و افزایش دمای چشمه‌ها به دلیل گرمایش زمین تا حد زیادی درست بوده است با توجه به این‌مطلب پیشنهاد می‌شود تا حدامکان از دستکاری محل‌های طبیعی جوشش چشمه‌ها به‌منظور جلوگیری از کاهش آبدهی آن‌ها امتناع شود. تغییرات روند سایر چشمه‌های آبگرم‌استان نیز برای مقایسه‌ی نتایج و بررسی ارتباط این تغییرات در چشمه‌های مختلف بررسی گردند و از همه مهمتر اینکه برای بررسی دقیق‌تر به منظور آمادگی برای مقابله با هر تهدیدی که این چشمه‌ها با آن مواجه می‌شوند، حتماً نسبت به ثبت حداقل ماهانه متغیّرهای مهم اقدام شود و روند تغییرات سایر پارامترهای کیفی مانند فلزات سنگین، نیترات و غیره که در این مطالعه به دلیل عدم دسترسی به داده‌ها در نظر گرفته نشد مورد مطالعه قرار گیرد.

منابع

- امیریان، عبدالرحیم؛ مهناز جویلی (۱۳۹۰). تحلیل روند تغییرات چهار پارامترکیفی آب رودخانه‌مارون با استفاده از آزمون مان‌کندال،کنفرانس ملّی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران. دوره‌ی دوم. زنجان.
- بوسیلیک، زهرا؛ نصرالله کلانتری؛ محمدرضا کشاورزی (۱۳۷۸). بررسی تغییرات کیفیت آب چشمه گوگردی اوبا منطقه دالکی، همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دوره سوم. دانشگاه شهید چمران اهواز.
- جنیدی، محمدجواد (۱۳۵۸). چشمه‌های معدنی ایران، جلد اول.چاپ اول. تبریز. انتشارات دانشگاه تبریز.
- حسین‌زاده،پریسا؛حسین طبری؛ صفر معروفی(۱۳۸۸). مقایسه روش‌های پارامتری و ناپارامتری در بررسی روند تغییرات دبی رودخانه در حوضه آبریز گاماسیاب،سمینار بین‌المللی‌مهندسی رودخانه. دوره هشتم. دانشگاه شهید چمران اهواز.

- غفوری، محمدرضا (۱۳۶۹). شناخت آب معدنی و چشمه‌های آب معدنی ایران، جلد اول. چاپ اول. تهران. انتشارات دانشگاه تهران.
- Kahya E., and Kalayci S (2004). "Trend analysis of streamflow in Turkey". Journal of Hydrology 289: 128-144.
- Lins. H.F. Slack. J. R (2005)."Seasonal and regional characteristics of us streamflow trends in the United states from 1940 to 1999". Physical Geography 26(6), 489-501.
- Birsan, M. V., Molnar. P., Burlando, P., and pfaundler, M (2005). "Streamflow trends in Switzerland" , Journal of Hydrology, 314 (1-4), pp. 312-329
- Dixon, H., Lawler, D. M., Shamseldin, A. Y (2006). "Stremflow trends in western Britain", Geophysical Research Letters 33, L19406
- Wang S., Zhang Z., Sun G., McNulty S.G., Zhang H., Li, J., and Zhang M (2008). "Long-Term Streamflow Response to Climatic Variability in the Loess Plateau, China, JAERA Journal of the American Variability in the Loess Plateau", China, JAWRA Journal of the American Water Resources Assoiation 44, (5) 1098-1107
- Kumar S., merwade V., Kam j and Thurner K (2008). "Streamflow trends in Indiana: Effects of long term persistence", precipitation and subsurface drains. Journal of Hydrology, 374 (1-2): 171-183.
- Mann, H. B (1945). "Non-parametric test against trend" Econometrica, 13, Mathsci. Net, 245-259.
- Kenedall, MG (1975)."RankCorrelation Measures. Charles Griffin, 37, London.
- Xu, Z.X., Takeuchi, Kl, and Jshidaira, H., (2003). "Monotonic trend and step changes in Japanese" Precipitation Journal of Hydrology, 279, PP: 144-150.
- Yue, S and Hashino M (2003). "Logn term trends of annual and monthly precipitation in Japan, J. of the American water Resources Association (JAWRA)", 39(3) PP:587-596.
- Marchetto,A.and Rogora M (2012). "Trend analysis of atmospheric deposition data of statistical approaches",Atmospheric Environment 64, 2013, PP: 95-102.
- Dinpashoh, Y and Jhajharia D (2010). "Trend in refrence crop evapotranspiration over iran ", Journal of Hydrology, 399 (2011), PP: 422-433.
- Hamed,K.H (2008)."Exact distribution of the Mann Kendall trend test statistic for persistant data Hydrology, Journal of Hydrology, 365 (2009), PP: 86-94.
- Theil, H (1950). A rank invariant method of linear and polynomial regression analysis, Nederlandse Akademie van Wettenschappen Proceedings, 53, 1379-1412.
- Sen, P. K (1968). "A rank- invariant method of linear and polynomial analysis part 3", Nederlandse. Akademie van Wettenschappen Proceedings 53, 1397.
- Gadgil, A (2005). "Temperature trends in twentieth century at pune, india", Atmospheric Environment 39, 2005, PP: 6550-6556.

پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی