

## بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت ارسنجان با استفاده از آزمون ناپارامتریک من - کندال

محمد حسین اسکندری<sup>۱</sup>، مسعود مصباحی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد عمران آب و سازه های هیدرولیکی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ارسنجان.  
<sup>۲</sup> استادیار گروه عمران دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ارسنجان.

نام نویسنده مسئول:

محمد حسین اسکندری

### چکیده

خشکسالی از جمله حوادث مصیبت باری است که همواره خسارت های زیادی را به جوامع بشری وارد می کند و باعث کاهش بارندگی به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک می شود. از طرفی مدیریت نادرست منابع آب بخصوص برداشت بیرویه ی آب از سفره های آب زیرزمینی باعث تغییرات زیاد در تراز آب در سفره های آب زیر زمینی می شود، به همین دلیل بررسی تغییرات تراز آب های زیرزمینی امری ضروری می باشد. آزمون ناپارامتریک من - کندال یکی از روش های بررسی تغییرات تراز آب زیر زمینی است و همچنین متداول ترین روش نیز می باشد ، آزمون ناپارامتریک من - کندال تنها نوع روند تغییرات را مشخص می کند که مثلاً روند نزولی است یا صعودی اما شیب روند را مشخص نمی کند ، در آزمون ناپارامتریک من - کندال پس از مشخص کردن نوع روند به نتایج به دست آمده نیز اعتبار می دهد که آیا مثلاً این نتیجه در سطح نود و پنج درصد قابل اعتماد است یا خیر. در این مقاله به بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت ارسنجان با استفاده از آزمون ناپارامتریک من - کندال برای ماه های مختلف سال پرداخته شد و به این نتیجه رسیدیم که تراز آب زیرزمینی دشت ارسنجان در تمامی ماه ها به صورت نزولی است و یا به عبارتی دیگر سفره آب زیرزمینی ارسنجان دچار افت تراز شده است ، اما به دلیل نواسانات آن در سطوح بالا قابل اعتماد نیست.

**واژگان کلیدی:** آب زیرزمینی ، من - کندال ، دشت ارسنجان.

## مقدمه

خشکسالی یکی از پدیده های آب و هوایی و از جمله رخدادهای مصیبت باری است که همواره خسارتهای زیادی به جوامع انسانی وارد می سازد. خشکسالی یا کاهش آب قابل دسترس می تواند به صورت های گوناگون مانند کمبود بارش، کاهش دبی رودخانه ها و کاهش حجم منابع آب مشاهده گردد، خشکسالی در همه رژیم های آب و هوایی کشور با شدت و ضعف مختلف روی می دهد [1]. اصلی ترین علت بروز خشکسالی های اخیر، خشکسالی جهانی است. اثرات وحشتناک این پدیده در تمام کشورها یکسان نیست. خشکسالی محیط زیست کشورهایی را که روی کمربند خشک کره زمین قرار گرفته اند را بیشتر از سایر کشورها با بحران مواجه کرده است که متأسفانه، کشور ایران نیز در این کمربند خشک و سوزان قرار گرفته است. سی سال پیش علامت های بروز بحران با شواهد حاکی از تهدید قابل مشاهده بود اما تا بروز بحران به این علل توجه نشد. آنچه عمق این بحران را در کشور ایران بیشتر نموده عبارت است از: ۱- مدیریت غلط منابع آب در کشور که فقط مدیریت بهره برداری است، نه مدیریت حفظ و ارتقاء ذخائر زیر زمینی آب و نه مدیریت تولید آب ۲- مدیریت غلط زراعت و باغبانی در اقصی نقاط کشور و... [2]. بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی در برنامه ریزی و مدیریت پایدار منابع آب هر منطقه از اهمیت فراوانی برخوردار است. کاهش پیوسته سطح آب زیرزمینی در بسیاری از مناطق دنیا در نیمه دوم قرن اخیر مشاهده شده است که این امر باعث کاهش ذخایر آب زیرزمینی در مقیاس بزرگ شده است. این کاهش ذخایر ناشی از دو عامل بهره برداری بیش از اندازه یا کاهش تغذیه می باشد. در سال های اخیر، استفاده از آب زیرزمینی به طور پیوسته برای تامین نیازهای کشاورزی، شرب و صنعت افزایش یافته است. تغییر پارامترهای اقلیمی نیز فشار مضاعفی را برای کاهش بیش تر سطح آب زیرزمینی وارد می نماید [3]. با توجه به مطالب گفته شده در این تحقیق، به بررسی روند تغییرات تراز آب زیر زمینی در دشت ارسنجان با استفاده از روش ناپارامتریک من - کندال خواهیم پرداخت. موسوی فر و همکاران (۱۳۹۶) بررسی روند تغییرات آب زیرزمینی با استفاده از روش من - کندال و تحلیل گر شیب سن را برای دشت خانمیرزای استان چهار محال انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که افت تراز آب زیر زمینی در مرکز و نواحی شرقی منطقه بیشتر از سایر نواحی می باشد. عاشوری وهمتی (۱۳۹۳) بررسی روند تغییرات تراز آب زیر زمینی با استفاده از GIS (مطالعه موردی: دشت های ارومیه، سلماس و کهریز حوضه دریاچه ارومیه) انجام دادند و طبق نتایج آنها متوسط افت تراز در دشت های ارومیه کهریز و سلماس در ده سال گذشته به ترتیب سه، چهار و هشت متر میباشد. نگهبان و یعقوب دین پژوه (۱۳۹۵) بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در دشت تبریز را انجام دادند. صادقی نصیرآبادی، محمد؛ فرید معتمدی خیابوی و خسرو نظام خیابوی (۱۳۹۵) آشکارسازی روند تغییرات زمانی جریان با استفاده از آزمون من کندال - مطالعه موردی: رودخانه بالخلوچای اردبیل را انجام دادند و به نتایج زیر رسیدند از میان ایستگاههای موجود، ایستگاه پل الماس به دلیل وجود دادههای کامل مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که دبی رودخانه مورد مطالعه در ۹ ماه از سال در دوره ۵۵ ساله مورد بررسی دارای روند کاهش دبیو یکی از ماه ها دارای روند افزایش دبی و ۵ ماه از سال فاقد روند بودند. ولی به طور کلی دبی رودخانه کاهشی بوده است. دانشور وثوقی و شاکر (۱۳۹۷) بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی با روش ترکیبی من کندال - تبدیل موجک (مطالعه ی موردی: دشت اردبیل) را انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که تراز آب زیرزمینی دشت اردبیل در تمام پیزومتر ها روند نزولی داشته و کاهش چشمگیری داشته است. صمدی و همکاران (۱۳۹۳) بررسی روند تغییرات تراز آب زیر زمینی (مطالعه موردی: دشت ارومیه) را انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که تراز آب زیرزمینی در دشت ارومیه به طور متوسط در طول ده سال بین شانزده صدم متر و دوپست و شصت و پنج هزارم متر به ترتیب در ماه های آذر و شهریور کاهش پیدا می کند.

## منطقه مطالعاتی

دشت ارسنجان واقع در شمال شرق استان فارس با وسعت ۱۰۱/۰۶۴ کیلومتر مربع و بین طول های شرقی "53°12'52" تا "53°23'01" و عرض های شمالی "29°46'23" تا "29°56'15" واقع شده است و حوزه ی آبریز آن دریاچه طشک می باشد. متوسط ارتفاع حوزه آبخیز دشت ارسنجان تقریباً ۱۷۵۰ متر، حداکثر ۳۲۷۰ متر متعلق به قله ی دال نشین در سلسله جبال کوه خم و حداقل ارتفاع درخروجی حوزه برابر با ۱۶۰۰ متر از سطح دریا می باشد. دشت ارسنجان دارای متوسط بارندگی ۳۰۲ میلی متر در سال، متوسط دمای ۱۴/۵ درجه سانتی گراد و میانگین تبخیر و تعرق ۱۰۴۰/۵ میلی متر می باشد. دشت ارسنجان از لحاظ اقلیمی در دسته ی نیمه خشک قرار دارد. طبق گزارشات سازمان آب منطقه ای فارس، تعداد ۶۲۸ حلقه چاه با آبدی سالانه ۸۸/۲۹ میلیون متر مکعب، ۱۵ دهنه چشمه با آبدی ۲/۸۶ میلیون متر مکعب در سال، و ۹ رشته قنات با آبدی ۶/۱ میلیون متر مکعب در سال وجود دارد که در مجموع حجم تخلیه ی کل از سفره آب زیرزمینی سالانه ۹۷/۲۵ میلیون متر مکعب می باشد. شکل شماره ۱ موقعیت دشت ارسنجان در استان فارس را نشان می دهد:



## روش انجام کار

روش من-کندال ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۰) بسط و توسعه یافت. فرض صفر آزمون من-کندال 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. در این روش ابتدا اختلاف بین هر یک از مشاهدات با تمام مشاهدات پس از آن محاسبه شده و پارامتر S مطابق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

که n تعداد مشاهدات سری، و  $x_j$  و  $x_k$  به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری می‌باشند. تابع علامت sgn نیز به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = +1 \quad \text{for } (x_j - x_k) > 0 \quad (2)$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = 0 \quad \text{for } (x_j - x_k) = 0$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = -1 \quad \text{for } (x_j - x_k) < 0$$

در مرحله بعد محاسبه واریانس S توسط یکی از روابط زیر محاسبه شد:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{t=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \quad \text{for } n > 10 \quad (3)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad \text{for } n < 10 \quad (4)$$

که n و m معرف تعداد دنباله‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد. t نیز بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان در یک دنباله (تعداد گره‌ها) می‌باشد. در نهایت نیز آماره Z به کمک یکی از روابط زیر استخراج می‌شود:

$$z = \frac{S - 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \quad \text{for } S > 0 \quad (5)$$

$$z = 0 \quad \text{for } S = 0$$

$$z = \frac{S + 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \quad \text{for } S < 0$$

با فرض دو دامنه آزمون روند، فرضیه صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که شرط زیر برقرار باشد:

$$|Z| < Z_{\alpha/2} \quad (6)$$

که  $\alpha$  سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و  $Z_{\alpha}$  آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری  $\alpha$  می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون،  $\alpha/2$  استفاده شده است. در بررسی حاضر این آزمون برای سطوح اعتماد ۹۵٪ و ۹۹٪ به کار گرفته شده است. در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود، در صورتی که مقدار Z لیشتر از 2.58 باشد روند در سطح نودونه درصد معنی دار و اگر بین 1.96 و 2.58 باشد در سطح نودوپنج درصد معنی دار، در غیر اینصورت روند بدون معنی می‌باشد (من، ۱۹۴۵؛ کندال، ۱۹۷۰).

**نتایج**

پس از انجام آزمون من - کندال برای هریک از دوازده ماه سال از سال زراعی ۸۳-۸۲ تا سال زراعی ۹۷-۹۶ نتایج بدست آمده به شرح زیر می باشد.

**جدول شماره ۱- تعداد دنباله های روند در ماه های مختلف سال**

ماه	تعداد دنباله های با روند مثبت	تعداد دنباله های بدون روند	تعداد دنباله های با روند منفی	تعداد کل دنباله ها
مهر	1	0	13	14
آبان	1	0	13	14
آذر	1	0	13	14
دی	0	0	13	13
بهمن	0	0	13	13
اسفند	0	0	13	13
فروردین	0	0	12	12
اردیبهشت	1	0	12	13
خرداد	1	0	12	13
تیر	1	0	12	13
مرداد	2	0	11	13
شهریور	1	0	11	12

مطابق جدول بالا (جدول شماره ۱) تعداد دنباله ها (گره های) حاصل از sgn برای ماه های مهر، آبان و آذر جمعا ۱۴ دنباله، برای ماه های دی، بهمن، اسفند و اردیبهشت تا مرداد جمعا ۱۳ دنباله و برای ماه های فروردین و شهریور جمعا ۱۲ دنباله در هر ماه می باشد.

**جدول شماره ۲- جواب های آزمون من - کندال**

ماه	s	var	$\sqrt{\text{var}}$	z
مهر	-95	407.555	20.188	-4.65
آبان	-97	407.555	20.188	-4.76
آذر	-97	407.555	20.188	-4.76
دی	-101	407.611	20.189	-4.95
بهمن	-101	407.611	20.189	-4.95
اسفند	-103	407.611	20.189	-5.05
فروردین	-99	407.666	20.190	-4.85
اردیبهشت	-97	407.611	20.189	-4.75
خرداد	-95	407.611	20.189	-4.66
تیر	-95	407.611	20.189	-4.66
مرداد	-91	407.611	20.189	-4.46
شهریور	-95	407.666	20.190	-4.67

مطابق جدول (جدول شماره ۲) بالا انحراف معیار در تمامی ماه هاس سال منفی می باشد.

### بحث و نتیجه گیری

تراز آب زیرزمینی دشت ارسنجان از آذر ماه سال هزار و سیصد و هفتاد و یک تا شهریور ماه سال هزار و سیصد و هفت و هفت به تقریباً به میزان چهارده متر افت پیدا کرده است. میزان تغییرات تراز آب زیرزمینی در دشت ارسنجان با توجه به بارندگی در آن سال و همچنین برداشت از سفره تغییر می کند ، مثلاً در سال نود و شش ، نود و هفت به میزان تقریبی هفتاد و چهار سانتی متر کاهش پیدا کرده است در حالی که در سال نود و پنج ، نود و شش به میزان بیست و چهار سانتی متر افزایش پیدا می کند همین نوسانات تراز باعث می شود که روند تغییرات تراز آب زیرزمینی در دشت ارسنجان در سطوح بالا دارای معنی داری نباشد یا به عبارتی دیگر نتوان در سطوح نود و هشت و نود و پنج درصد به آن اعتماد کرد . در کل تغییرات تراز آب زیر زمینی دشت ار سنجان روندی نزولی دارد .

## منابع و مراجع

- [۱] عباسپور، مجید و عالیه ثابت رفتار، ۱۳۸۳، تحلیل خشکسالی های گذشته در ایران، پیشبینی خشکسالی های آینده و چالشهای پی شروی مدیریت منابع آب در برنامه توسعه چهارم کشور، پنجمین همایش ملی دو سالانه انجمن متخصصان محیط زیست ایران، تهران، انجمن متخصصان محیط زیست ایران،
- [۲] یداللهی، عباسعلی، ۱۳۹۳، علل خشکسالی سال های اخیر در ایران، اولین همایش ملی محیط زیست، دهاقان، دانشگاه پیام نور واحد دهاقان،
- [۳] افضلی، آتیکه و کاکا شاهدی، بررسی روند تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت آمل - بابل، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، سال پنجم، شماره ۱۰، پاییز و زمستان ۱۳۹۳.
- [۴] شعبانی، محمد، بررسی تغییرات کیفی آب های زیرزمینی دشت ارسنجان، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال اول، شماره ۳، بهار ۱۳۸۸.
- [۵] رقیه صمدی، جواد بهمنش و حسین رضایی، بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت ارومیه)، نشریه پژوهشهای حفاظت آب و خاک، جلد بیست و دوم، شماره چهارم، ۱۳۹۴.
- [۶] فرناز دانشور و ثوقی و رضا شاکر، بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی با روش ترکیبی من کندال - تبدیل موجک (مطالعه موردی: دشت اردبیل)، مجله محیط زیست و مهندسی آب، دوره ۴، شماره ۴، پاییز ۱۳۹۳.
- [۷] عاشوری، منیره و محمد همتی، ۱۳۹۳، بررسی روند تغییرات تراز آب زیر زمینی با استفاده از GIS مطالعه موردی: دشت های ارومیه، سلماس و کهریز حوضه دریاچه ارومیه، هشتمین کنگره ملی مهندسی عمران، بابل، دانشگاه صنعتی نوشیروانی.
- [۸] موسوی فر، سید روح اله؛ فریدون رادمنش و حیدر زارعی، ۱۳۹۶، بررسی روند تغییرات آب زیرزمینی با استفاده از روش من- کندال و تحلیل گر شیب سن (مطالعه موردی: دشت خانمیرزا واقع در استان چهارمحال و بختیاری)، دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران، شهرکرد، دانشگاه شهرکرد -انجمن هیدرولوژی ایران.
- [۹] صادقی نصیرآبادی، محمد؛ فرید معتمدی خیابوی و خسرو نظام خیابوی، ۱۳۹۵، آشکارسازی روند تغییرات زمانی جریان با استفاده از آزمون من کندال -مطالعه موردی: رودخانه بالخلوچای اردبیل، چهارمین کنفرانس علمی پژوهشی افق های نوین در علوم جغرافیا و برنامه ریزی معماری و شهرسازی ایران، تهران، انجمن توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین- انجمن علمی تخصص عمران و معماری.
- [10] Kendall, M.G., 1970, Rank Correlation Methods, 2nd Ed., New York: Hafner.
- [11] Mann, H.B., 1945, Nonparametric tests against trend, Econometrica, 13: 245-259.