

بررسی تغییرات بلندمدت سالانه و فصلی کیفیت آب رودخانه (مطالعه موردی: رودخانه الشتر)

یاسر سبزواری، آرین حیدری مطلق و علی حیدر نصرالهی

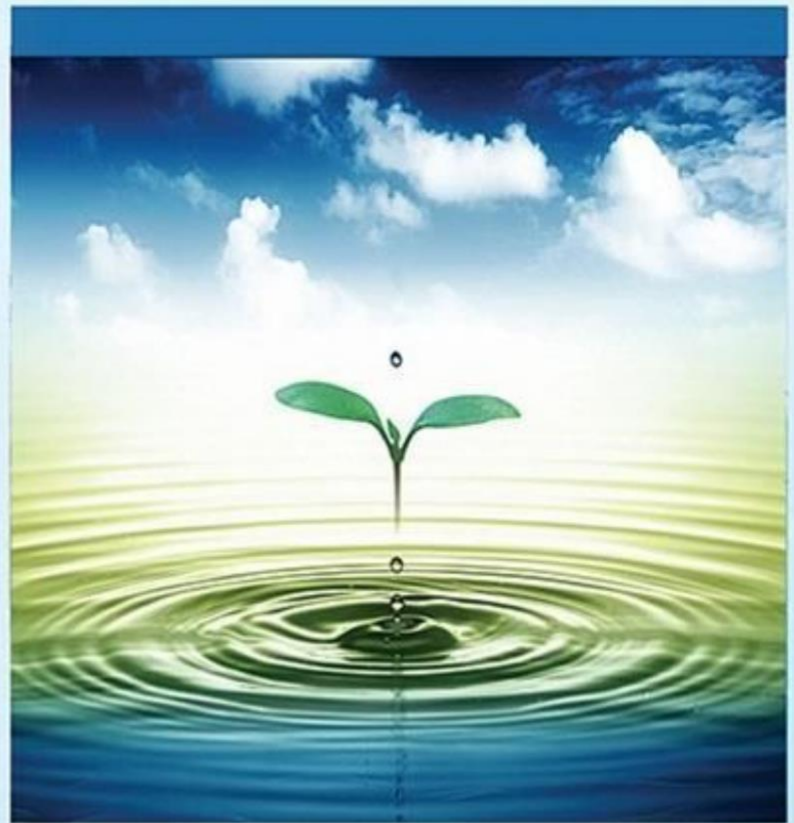
دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، صفحات ۲۹۲-۳۰۳

Vol. 5(4), Winter 2020, 292 – 303

DOI: 10.22034/jewe.2019.179360.1315

Investigating the Long-Term Annual and  
Seasonal Changes in River Quality (Case  
Study: Aleshtar River)

Sabzevari Y., Heidari Motlagh A. and  
Nasrolahi A. H.



[www.jewe.ir](http://www.jewe.ir)

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله: سبزواری ی.، حیدری مطلق آ.، و نصرالهی ع. ح. (۱۳۹۸). بررسی تغییرات بلندمدت سالانه و فصلی کیفیت آب رودخانه (مطالعه موردی: رودخانه الشتر). محیط زیست و مهندسی آب، دوره ۵، شماره ۴، صفحات: ۲۹۲-۳۰۳.

**Citing this paper:** Sabzevari Y., Heidari Motlagh A. and Nasrolahi A. H. (2020). Investigating the long-term annual and seasonal changes in river quality (case study: Aleshtar River). Environ. Water Eng., 5(4), 292-303. DOI: 10.22034/jewe.2019.179360.1315

## بررسی تغییرات بلندمدت سالانه و فصلی کیفیت رودخانه (مطالعه موردی: رودخانه الشتر)

یاسر سبزواری<sup>۱\*</sup>، آرین حیدری مطلق<sup>۱</sup> و علی حیدر نصر الهی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

<sup>۲</sup> استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

\*نویسنده مسئول: [yasersabzevari1511@gmail.com](mailto:yasersabzevari1511@gmail.com)

### مقاله اصلی

تاریخ دریافت: [۱۳۹۸/۰۱/۲۹]

تاریخ بازنگری: [۱۳۹۸/۰۸/۱۴]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۸/۰۹/۱۰]

### چکیده

گسترش شهرنشینی و فعالیتهای صنعتی و کشاورزی در حاشیه رودخانه الشتر و به دنبال آن تخلیه پسابها به منابع آب باعث آلودگی آب به وسیله آلایندههای مختلف شده است. در این پژوهش به ارزیابی روند تغییرات بلندمدت کیفیت آب رودخانه الشتر به صورت فصلی و سالانه پرداخته شد. برای انجام این پژوهش، از دادههای ثبت شده کیفیت آب در ایستگاه هیدرومتری سراب صید علی واقع در خروجی حوضه رودخانه الشتر از سال ۱۳۴۸ تا ۱۳۹۷ استفاده شد. جهت تجزیه و تحلیل، ۱۱ متغیر کیفی آب انتخاب شد. برای بررسی روند تغییرات از آزمون من-کندال استفاده شد. نتایج نشان داد که الگوی تغییرات پارامترها در مقیاسهای سالانه و فصلی مشابه هم بوده است، طوری که غلظت پارامترهای  $\text{HCO}_3$ ،  $\text{Na}$ ،  $\text{pH}$  و SAR کاهش و غلظت عناصر  $\text{Ca}$ ،  $\text{Mg}$ ،  $\text{TH}$ ،  $\text{TDS}$ ،  $\text{EC}$ ،  $\text{Cl}$  و  $\text{SO}_4$  افزایش داشت. در دوره‌ی سالانه، روند تغییرات تمامی پارامترهای کیفی به جز  $\text{Na}$  در سطح آماری ۹۹٪ معنی دار بوده است. در فصول تابستان روندهای افزایشی شدیدتر و روندهای کاهش‌ی ملایم‌تر رخ داد؛ به طوری که شدیدترین افزایش غلظت در این فصل اتفاق افتاده است. این در حالی است که در فصل زمستان نتایج برخلاف تابستان رخ داده است. در فصل بهار نسبت به فصل پاییز در اغلب پارامترهای کیفی، روندهای کاهش‌ی بیش‌تر و افزایشی کم‌تر بوده است. دلیل این امر این است که در این منطقه در فصل بهار، ذوب برف‌های زمستانه از ارتفاعات اتفاق می‌افتد و باعث افزایش جریان‌ات سطحی و کاهش نسبی غلظت‌ها می‌شود.

واژه‌های کلیدی: الشتر؛ رودخانه؛ روند؛ کیفیت؛ من-کندال.

## ۱- مقدمه

کندال است Pasquini et al. 2006; Behmanesh et al. 2016; Adeli et al. 2018).

افزون بر این، آزمون مذکور توسط سازمان جهانی هواشناسی برای تشخیص روند در سری داده‌های محیطی توصیه شده است (Yue et al. 2006). محققان زیادی در پژوهش‌های خود به بررسی روند تغییرات کیفی منابع آب پرداخته‌اند که در ذیل به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌گردد.

Anderson et al. (2010) با اشاره به ارتباط قوی بین اکوهیدرولوژی و کیفیت بوم‌شناسی رودخانه‌ها، تغییرات کیفیت آب رودخانه‌ی اسکاتلند را با استفاده از آزمون من-کندال بررسی کرده که نتایج حاصل از تعیین مقدار روند، ضمن تأکید بر پیچیدگی و گستردگی عوامل تأثیرگذار بر متغیرهای کیفیت آب، دلالت بر تأثیر تغییر اقلیم بر کیفیت آب رودخانه‌ی اسکاتلند داشت. Mei et al. (2014) به ارزیابی روند و تغییرپذیری زمانی و مکانی کیفیت آب‌های سطحی بین روستا و شهر پرداختند، نتایج نشان داد که از بین متغیرهای بررسی شده، روند تغییرات متغیرهای نیترات و هدایت الکتریکی با استفاده از آزمون من-کندال، در طول دوره‌ی آماری ۱۱ ساله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ کاهش یافته و شاخص‌های کیفیت آب نشان‌دهنده‌ی غلظت بیش‌تر آلاینده‌ها در آب شهری نسبت به حومه‌ی شهر و روستا به دلیل تراکم جمعیت بوده است.

Boyacioglu and Boyacioglu (2008) روند تغییرات کلرید، نیترات، سدیم، سولفات و مجموع مواد محلول را در هفت ایستگاه در آبخیز تاهتالی ترکیه با استفاده از آزمون-های نا پارامتری من-کندال و تخمین گر شیب-سن را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بیانگر کاهش غلظت اکثر عناصر مذکور، در آب رودخانه بود. Kauffman and Belden (2010) کیفیت آب ۳۰ رودخانه آمریکا را در فاصله زمانی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۵ میلادی تجزیه و تحلیل کردند. آن‌ها با استفاده از آزمون من-کندال فصلی به این نتیجه رسیدند که کیفیت آب در ۶۹٪ ایستگاه‌ها ثابت باقی مانده و یا بهبود پیدا کرده است.

Deilam et al. (2012) به پژوهشی در مورد روند تغییرات کیفی آب رودخانه گرگان رود با استفاده از آزمون

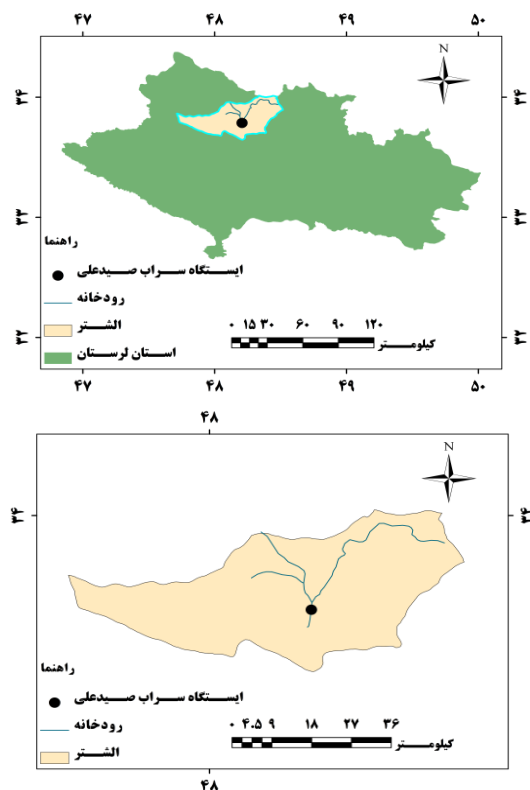
آب بعد از هوا مهم‌ترین ماده‌ی موردنیاز موجودات زنده است و از منابع مهم محیط زیست به‌شمار می‌آید که زندگی و سلامت همه‌ی موجودات زنده بدان بستگی دارد. در سه دهه‌ی پایانی قرن بیستم نگرانی‌هایی در خصوص کیفیت آب به‌صورت گسترده‌ای احساس شده است، طوری که در حال حاضر اهمیت کیفیت آب به‌اندازه‌ی کمیت آن است. آلودگی آب نه‌تنها کیفیت آب را تحت تأثیر قرار می‌دهد بلکه سلامت انسان، توسعه‌ی اقتصادی و رفاه اجتماعی را نیز تهدید می‌کند (Milovanovic 2007).

شناخت کیفیت آلاینده‌ها، تعیین و بررسی تغییرات زمانی و مکانی آلاینده‌ها از مهم‌ترین مؤلفه‌هایی مطالعات کیفی منابع آب می‌باشد (Rahbari et al. 2006). عمده منابع آلاینده آب‌های سطحی شامل منابع نقطه‌ای مانند زه‌کش‌های کشاورزی، پساب‌های شهری و صنعتی و منابع گسترده مانند زه‌آب‌های کشاورزی می‌باشند. با توجه به اهمیت آب و اثراتی که آلودگی آن می‌تواند بر سلامت انسان و بوم‌سازگان طبیعی داشته باشد، پایش کیفیت آب از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (Nouri et al. 2007).

در بین منابع آب‌های سطحی، رودخانه‌ها به دلیل طول زیاد و عبور از مناطق مختلف شهری و صنعتی از پتانسیل بیش‌تری برای آلودگی برخوردار هستند. این موضوع در مناطقی که شهرها و صنایع بزرگ در نزدیک رودخانه‌ها قرار داشته و رودخانه تأمین‌کننده اصلی نیازهای آبی می‌باشند، به‌منظور حفظ سلامت عمومی، بیش‌تر موردتوجه قرار گرفته است.

یکی از مهم‌ترین راه‌حل‌ها جهت کاهش اثرات منفی آلودگی، اتخاذ تدابیر مدیریت مناسب جهت کنترل کیفی آب و استعدادیابی برای استفاده‌های آتی، بررسی تغییرات مشخصه‌های کیفی منابع در طول زمان اهمیت می‌یابد. به‌منظور تعیین روند تغییرات زمانی از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود (Shrestha and kazama 2007). به‌طورکلی این روش‌ها را می‌توان در سه دسته شامل روش‌های گرافیکی، روش‌های پارامتریک و روش‌های ناپارامتریک تقسیم کرد. یکی از متداول‌ترین روش‌های غیر پارامتریک در تحلیل روند سری‌های زمانی آزمون من-

ایستگاه سراب صیدعلی در خروجی حوضه واقع شده است. شکل (۱) موقعیت حوضه سراب صیدعلی را در استان و کشور نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز سراب صیدعلی

Fig. 1 Geographical location of the catchment area of Sarab Seyed Ali

در پژوهش حاضر، به منظور بررسی تغییرات بلندمدت کیفیت حوضه آبخیز الشتر، از اطلاعات ۵۰ ساله (دوره‌ی زمانی ۱۳۴۸-۱۳۹۷) ایستگاه هیدرومتری سراب صیدعلی که توسط سازمان آب منطقه‌ای لرستان برداشت شده است، استفاده شد. این اطلاعات شامل کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، سدیم (Na)، کلر (Cl)، سولفات (SO<sub>4</sub>)، سختی کل (TH)، نسبت جذب سدیم (SAR)، هدایت الکتریکی (EC)، جامدات محلول کل (TDS)، بی-کربنات (HCO<sub>3</sub>) و اسیدیته (pH) می‌باشد.

## ۲-۲- آزمون من-کندال

آزمون من-کندال (Man-Kendall) یکی از متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به‌شمار می‌رود. این آزمون به دو روش: الف-

من-کندال پرداختند. نتایج این تحقیق نشان‌دهنده‌ی روندهای معنادار مربوط به متغیرهای کیفی آب سالانه به-خصوص در قسمت شرقی حوضه بود. ZareGarazi et al. (2011) با بررسی روند تغییرات بلند مدت متغیرهای کیفی آب رودخانه چهل چای در استان گلستان با آزمون من-کندال نشان دادند که هفت پارامتر مورد بررسی دارای روند افزایشی معنی‌داری می‌باشند. Soleimani et al. (2012) در مطالعه‌ای به بررسی روند متغیرهای شیمیایی کیفیت آب رودخانه چمنجیر خرم‌آباد پرداختند. آن‌ها در مطالعه خود از آزمون نا پارامتری من-کندال بهره بردند و نشان دادند که باوجود روند نزولی در متغیرهای اسیدیته و دبی جریان سایر پارامترهای موردبررسی از قبیل هدایت الکتریکی، بی‌کربنات، کلر، کلسیم، منیزیم و کل جامدات محلول دارای روند صعودی و معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹٪ بودند که این تغییرات کاهش کیفیت آب و افزایش مواد محلول را تأیید می‌کند.

Dinpazhoh (2016) تغییرات پارامترهای کیفی آب تعدادی از رودخانه‌های استان آذربایجان شرقی را با استفاده از آزمون من-کندال مورد بررسی قرارداد. بدین منظور ۱۰ ایستگاه انتخاب و روند تغییرات ۱۳ پارامتر کیفیت آب رودخانه تحلیل شد. شیب روند هر مؤلفه نیز در دوره آماری با روش تخمین گر شیب سن محاسبه شد. نتایج نشان داد که در ایستگاه‌ها روند غلظت یون‌های مثبت و هدایت الکتریکی افزایشی می‌باشد. بررسی منابع مختلف نشان می‌دهد که در رودخانه‌های مختلف وضعیت پارامترهای کیفی با گذشت زمان دست‌خوش تغییرات زیادی گردیده است. از این‌رو هدف از انجام این پژوهش بررسی تغییرات طولانی مدت کیفیت رودخانه الشتر به-صورت سالانه و فصلی طی دوره آماری ۵۰ ساله است که برای این منظور از آزمون من-کندال استفاده شد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز سراب صیدعلی در شهر الشتر واقع در شمال استان لرستان قرار دارد. مختصات جغرافیایی این حوضه ۳۳° ۵۲' عرض شمالی و ۴۸° ۱۲' طول شرقی می‌باشد و

3. Total Dissolved Solids

1. Total Hardness

2. Electrical Conductivity

$$Z_{gk} = \frac{S'_{gk}}{(\sigma_{gg})^{1/2}} \quad (5)$$

که، چنانچه مقدار  $Z$  بزرگتر از  $\pm 1/96$  باشد داده‌ها دارای روند می‌باشند و فرض صفر رد می‌شود در غیر این صورت فاقد روند است.  $Z$  آماره توزیع نرمال استاندارد می‌باشد و در یک آزمون دو دامنه بسته به سطوح اعتماد مورد آزمون می‌تواند مقادیر مختلفی به خود گیرد و  $S$  پارامتر روش من-کندال است که به نحوه محاسبه آن در بالا اشاره گردید. مقدار آماره  $Z$  برای سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹٪ به ترتیب برابر با  $1/96$  و  $2/58$  در نظر گرفته می‌شود. برای ترسیم گراف من-کندال دو دنباله  $U$  و  $U^*$  در برابر هم ترسیم می‌شوند. دنباله  $U$  مقادیر سری زمانی پارامتر و دنباله  $U^*$  همان مقادیر پارامتر در برابر ترتیب برعکس زمان می‌باشند. برای تعیین روند و نقاط جهش (تغییر ناگهانی در روند)،  $U$  نسبت به محور  $x$  و  $U^*$  نسبت به محور  $y$  ترسیم می‌گردند.

### ۳- یافته‌ها و بحث

جدول (۱) دربردارنده‌ی اطلاعات آمار توصیفی پارامترهای موردبررسی می‌باشد که نشان‌دهنده‌ی کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار، میانگین، انحراف معیار، چولگی و کشیدگی برای همه‌ی پارامترها می‌باشد. در حالت کلی اگر مقدار چولگی و کشیدگی داده‌ها در دامنه  $(-2$  تا  $2)$  قرار داشته باشد، داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار هستند.

#### ۳-۱- آمار توصیفی پارامترهای کیفی موردبررسی

بر اساس جدول (۱)، تغییرات pH قابل توجه بوده و از  $6/98$  تا  $8/24$  متغیر می‌باشد. حداقل میزان EC،  $226$  و حداکثر آن  $748/5$  dS/m می‌باشد معمولاً طبق استاندارد، منابع آبی که EC بیش‌تر از  $4000$  dS/m دارند، برای کشاورزی مضر بوده و باعث افزایش شوری خاک و تخریب محصول می‌شود. معمولاً گیاهان مقاوم به شوری آب‌های با EC کم‌تر از  $7000$  dS/m را تحمل می‌کنند. حداقل مقدار TDS  $142$  و حداکثر مقدار آن  $506/5$  می‌باشد. حداقل میزان یون  $HCO_3$   $2/17$  و حداکثر آن  $4/3$  meq/l است. تغییرات یون  $SO_4$  از حداقل  $0/06$  تا  $1/38$  meq/l متغیر می‌باشد. حداقل یون Ca  $1/3$  و حداکثر آن  $3/90$  meq/l می‌باشد. مقدار یون Mg از

آزمون آماره  $Z$  و ب- آزمون نموداری قابل انجام است. مطالعات مختلف انجام‌شده با استفاده از این روش حاکی از اهمیت و کاربرد فراوان آن در تحلیل روند سری‌های زمانی می‌باشد (Khalili and Bazrafshan 2004). آزمون من-کندال ابتدا توسط (Mann 1945) ارائه و سپس توسط (Kendall 1975) توسعه یافت. کاربرد این روش توسط سازمان جهانی هواشناسی توصیه گردید، همچنین این روش برای آزمون فرض تصادفی بودن توالی داده‌ها در مقابل روند استفاده می‌گردد (Hejam et al. 2008). از نقاط قوت روش من-کندال می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع خاصی پیروی نمی‌کنند، اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است (Khalili and Bazrafshan 2004).

در این روش آماره  $S$  برای ماه  $g$  ام و ایستگاه  $k$  ام با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد:

$$S_{gk} = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n-1} \text{sgn}(X_{jgk} - X_{igk}), \forall i < j \quad (1)$$

که در آن  $n$  تعداد داده‌های سری می‌باشد و  $\text{sgn}\theta$  تابع علامت و  $\theta$  تفاضل دو مشاهده در هر یک از پارامترهای موردبررسی در سال‌های مختلف  $i$  و  $j$  بوده که به‌صورت رابطه (۲) تعریف می‌شود:

$$\text{Sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{if } \theta > 0 \\ 0 & \text{if } \theta = 0 \\ -1 & \text{if } \theta < 0 \end{cases} \quad (2)$$

من و کندال نشان دادند که وقتی  $n \geq 10$  باشد، آماره  $S$  تقریباً به‌طور نرمال توزیع‌شده و دارای میانگین صفر و انحراف معیار به‌صورت رابطه (۳) است:

$$(\sigma_{gg})_k = \frac{[n(n-1)(2n+5) - \sum d(d-1)(2d+5)]}{18} \quad (3)$$

که در آن  $d$  تعداد داده‌های یکسان در سری زمانی می‌باشد. در این روش  $S_{gk}$  به‌صورت رابطه (۴) نرمال می‌شود:

$$S'_{gk} = S_{gk} - \text{sgn}S_{gk} \quad (4)$$

سپس آماره آزمون یا  $Z$  استانداردشده که دارای توزیع نرمال استاندارد با میانگین صفر و واریانس ۱ است، به‌شرح رابطه (۵) به‌دست می‌آید:

حداقل ۰/۵۷ تا ۲/۲۵ meq/l متغیر است. حداکثر میزان Na ۱/۲۵ و حداقل آن ۰/۰۵ meq/l می‌باشد. حداقل مقدار SAR ۰/۰۳ و حداکثر آن ۰/۸۶ می‌باشد. پارامتر TH معمولاً به صورت مجموع غلظت یون‌های Ca و Mg بر حسب mg/l به دست می‌آید. بنابراین، اگر غلظت این کاتیون‌ها بر حسب mg/l باشد TH بر حسب رابطه (۶)

$$TH = 2/5 \times Ca^{2+} + 4/1 \times Mg^{2+} \quad (۶)$$

حداقل مقدار یون Cl ۰/۲ و حداکثر آن ۰/۹ mg/l می‌باشد.

جدول ۱- آمار توصیفی پارامترهای کیفی مورد بررسی

Table 1 Descriptive statistics qualitative parameters examined

پارامتر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	چولگی	کشیدگی
TDS(meq/l)	260.6	70.3	142	506.5	0.4	1.4
EC(dS/m)	411.8	109.4	226	784.5	0.4	1.28
pH	7.79	0.32	6.89	8.35	-1.01	0.91
HCO <sub>3</sub> (meq/l)	3.37	0.79	1.25	4.45	-0.73	-0.34
Cl(meq/l)	0.40	0.14	0.19	0.9	1.28	2.33
SO <sub>4</sub> (meq/l)	0.39	0.25	0.06	1.38	1.94	4.45
Ca(meq/l)	2.7	0.67	1.3	3.9	-0.52	-0.78
Mg(meq/l)	1.15	0.39	0.57	2.25	0.66	0.05
Na(meq/l)	0.27	0.19	0.05	1.35	3.76	20.9
SAR	0.2	0.13	0.03	0.86	2.83	14.28
TH(mg/l)	192.7	46.24	95	247.5	-0.68	-0.94

دارا بودن آماره‌ی من-کندال (Z) مثبت، دارای روندی افزایشی بوده‌اند که این روند افزایشی در سطح اطمینان ۹۹٪ ( $Z > 2.57$ ) معنی‌دار بوده است. در طرف مقابل، چون آماره‌ی Z پارامترهای HCO<sub>3</sub>، Na، SAR و pH منفی بوده است، لذا روند تغییرات آن‌ها به صورت کاهش می‌باشد که روند کاهش Na معنی‌دار نبوده لیکن روند کاهش HCO<sub>3</sub>، SAR و pH در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی‌دار است.

### ۳-۳- بررسی روند تغییرات سالانه کیفیت

به منظور بررسی روند تغییرات سری زمانی پارامترهای کیفی رودخانه از تحلیل ناپارامتریک من-کندال استفاده شد. جدول (۲) نشان‌دهنده‌ی مقدار آماره‌ی من-کندال برای سری زمانی سالانه و فصلی پارامترهای کیفی مورد بررسی می‌باشد. با توجه به نتایج این تحلیل، مشخص شد که روند تغییرات پارامترهای TDS، EC، Cl، SO<sub>4</sub>، Ca، TH و Mg در بازه زمانی ۱۳۴۸ تا ۱۳۹۶ به دلیل

جدول ۲- مقدار آماره‌ی من-کندال سالانه و فصلی پارامترهای کیفی

Table 2 Quantitative Man-Kendall Statistics of Qualitative Parameters

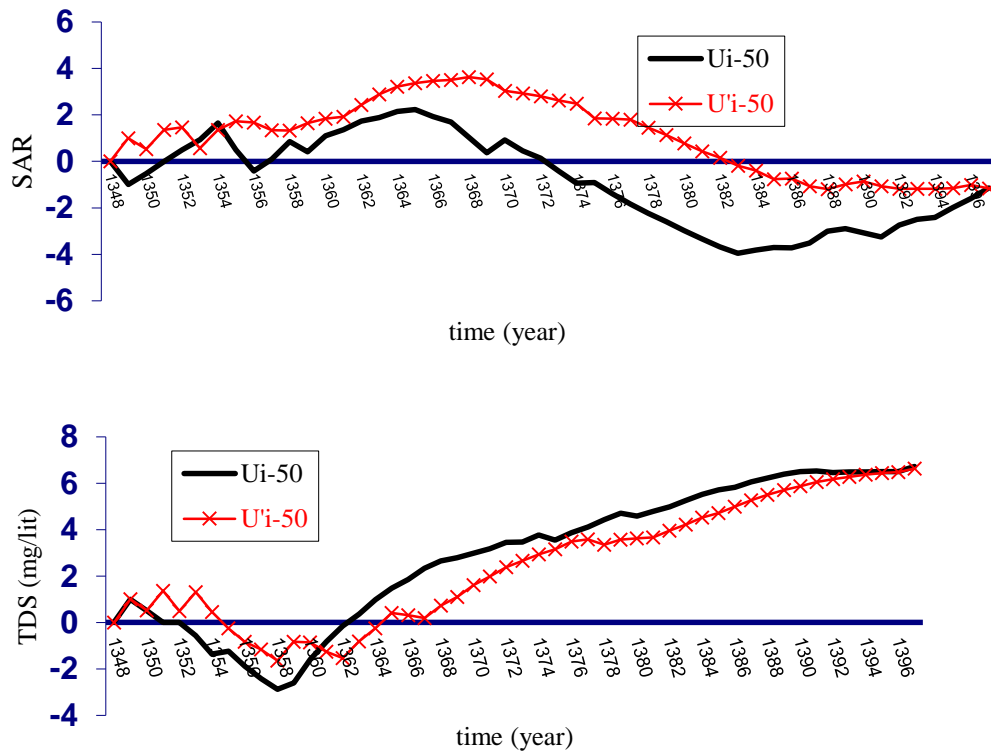
پارامتر	TH	SAR	Na	Ca	SO <sub>4</sub>	Cl	HCO <sub>3</sub>	pH	EC	TDS	Mg
سالانه	4.75	-4.19	-1.07	3.50	3.01	3.76	-4.01	-2.76	5.05	5.19	3.84
بهار	2.01	-1.08	-1.85	3.81	2.46	2.56	-4.87	-1.84	3.25	4.68	3.28
تابستان	3.86	-0.99	-1.08	4.16	3.17	3.44	-2.56	-0.05	4.94	5.28	4.69
پائیز	3.90	-0.88	-1.85	3.9	1.67	1.60	-3.75	-1.04	3.95	4.73	3.47
زمستان	2.36	-3.9	-2.74	2.36	1.32	1.22	-3.92	-1.17	3.13	4.2	2.72

روند Ca کاهش یافته که از نظر روند Ca، SAR و Na با نتایج پژوهش حاضر مطابقت ندارد. ولی از نظر سایر پارامترها با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. از بین این

ZareGarazi et al. (2011) در بررسی روند متغیرهای کیفی رودخانه چهل چای دریافتند که طی ۴ دهه، روند SAR، EC، TDS، Cl، K، Na و SO<sub>4</sub> افزایشی بوده و

کاهش یافته می‌شود. در حالی که در روند تغییرات TDS در سال ۱۳۶۰ جهشی با به‌صورت افزایشی رخ داده است. شکل (۳) نشان دهنده نمودار من-کندال پارامترهای TDS و  $\text{HCO}_3^-$  می‌باشد. با توجه به این نمودارها، در روند TDS در سال‌های ۱۳۵۵ و ۱۳۶۱ جهش‌های افزایشی و در سال ۱۳۵۶ جهشی به‌صورت کاهش رخ داده است.

پارامترها، قوی‌ترین روند افزایشی مربوط به TDS و قوی‌ترین روند کاهش می‌باشد. شکل (۲)، نمودار من-کندال مربوط به دو پارامتر TDS و SAR را نشان می‌دهد. بر اساس این نمودار روند TDS افزایشی و روند SAR کاهش می‌باشد. در روند SAR در سال ۱۳۵۴ و ۱۳۵۲ دو جهش با حاکمیت به ترتیب افزایشی و



شکل ۲- نمودار من-کندال پارامترهای TDS و SAR در دوره‌ی ۵۰ ساله

Fig. 2 Man-Kendall diagrams for TDS and SAR parameters in the 50-year period

روند بقیه پارامترها معنی‌دار نبوده است. در بین همه‌ی پارامترها، قوی‌ترین روند مثبت مربوط به TDS و قوی‌ترین روند منفی مربوط به  $\text{HCO}_3^-$  می‌باشد (شکل ۳).

### ۳-۳-۲- روند تغییرات تابستانه

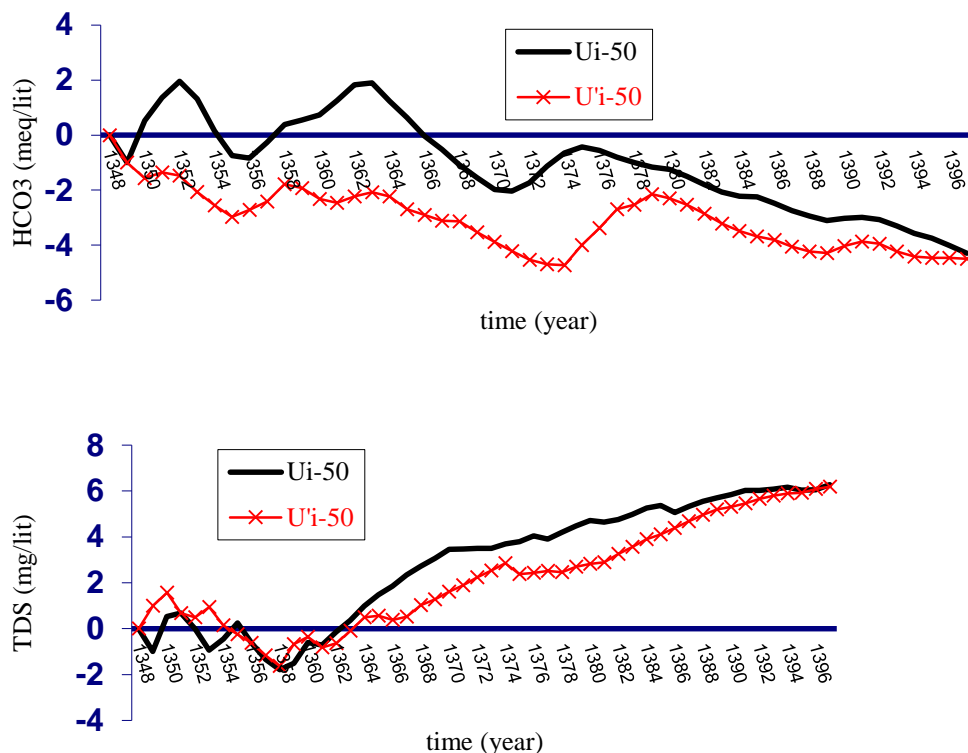
جدول (۲) نشان‌دهنده‌ی آماره z تابستانه پارامترهای کیفی رودخانه الشتر می‌باشد. طبق این جدول، الگوی تغییرات پارامترهای کیفی همانند فصل بهار می‌باشد با این تفاوت که روند افزایشی پارامترها، شدیدتر و روند کاهش آن‌ها ملایم‌تر رخ داده است. دلیل این امر این است که در تابستان این منطقه نزولات جوی وجود نداشته و کاهش دبی را در پی دارد و از طرفی فعالیت کشاورزی افزایش یافته و از مواد شیمیایی و کودها بیشتر استفاده می‌شود.

### ۳-۳-۳- بررسی روند تغییرات فصلی کیفیت

برای بررسی روند تغییرات پارامترهای کیفی رودخانه الشتر به‌صورت فصلی، میانگین ماه‌های هر فصل برای هر سال گرفته شد و سپس مورد آزمون من-کندال قرار گرفت.

### ۳-۳-۱- بررسی روند تغییرات بهاره

جدول (۲) دربردارنده‌ی آماره‌ی من-کندال پارامترهای کیفی رودخانه الشتر در فصل بهار طی ۵۰ سال گذشته می‌باشد. بر اساس این جدول روند  $\text{HCO}_3^-$ ، pH، SAR و Na به‌صورت کاهش یافته بوده که روند منفی  $\text{HCO}_3^-$  در سطح ۹۹٪ معنی‌دار بوده است. در مقابل روند سایر پارامترها افزایشی بوده که روند Ca، Mg، TDS و EC در سطح ۹۹٪ و روند  $\text{SO}_4$ ، Cl، TH در سطح ۹۵٪ معنی‌دار است.



شکل ۳- نمودار من-کندال بهاره پارامترهای TDS و  $\text{HCO}_3$  در دوره ۵۰ ساله

Fig. 3 Spring Man-Kendall chart of TDS and  $\text{HCO}_3$  parameters in the 50-year period

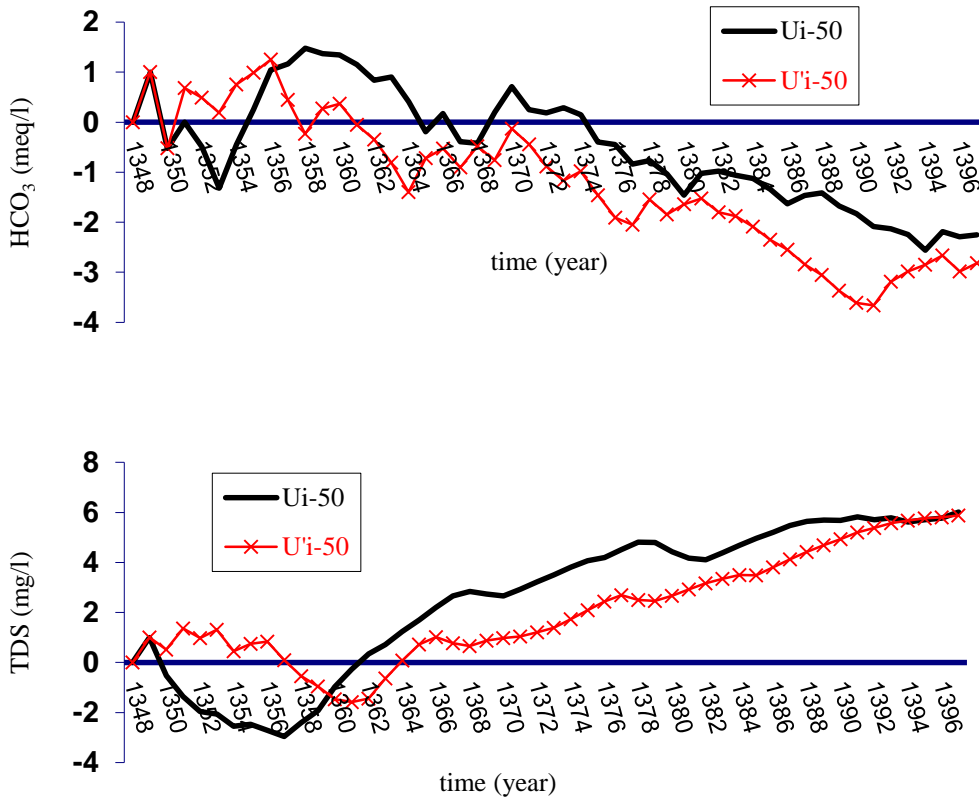
خود به ارتباط بین میزان جریان و غلظت پارامترها اشاره کرده‌اند و بیان داشتند افزایش دبی در فصول با نزولات جوی بیش‌تر، باعث کاهش غلظت پارامترها می‌شوند. بر اساس این نتایج نیز روند،  $\text{HCO}_3$ ، pH، Na و SAR منفی بوده که کاهش pH، Na و SAR معنی‌دار نیست، ولی  $\text{HCO}_3$  در سطح ۹۹٪ معنی‌دار می‌باشد. این در حالی است که غلظت  $\text{Ca}$ ،  $\text{Mg}$ ،  $\text{TH}$ ،  $\text{EC}$ ،  $\text{Cl}$  و  $\text{SO}_4$  دچار افزایش شده است که افزایش  $\text{Ca}$ ،  $\text{Mg}$ ،  $\text{TH}$  و  $\text{TDS}$  و  $\text{EC}$  در سطح ۹۹٪ معنی‌دار است؛ مانند فصول گذشته شدیدترین روند افزایشی و کاهش به ترتیب مربوط به  $\text{TDS}$  و  $\text{HCO}_3$  می‌باشد. گراف من-کندال پارامترهای  $\text{TDS}$  و  $\text{HCO}_3$  (شکل ۵) نشان می‌دهد که در سال ۱۳۵۸ و ۱۳۶۸ جهش‌هایی به صورت کاهش و در سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۹۴ جهش‌های افزایشی در روند  $\text{HCO}_3$  و همچنین در سال ۱۳۵۴ جهشی کاهش و در سال ۱۳۵۵ جهشی افزایشی در روند  $\text{TDS}$  رخ داده است.

ZareGarazi et al. (2011) نیز در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند. روند افزایشی  $\text{Ca}$ ،  $\text{Mg}$ ،  $\text{TH}$ ،  $\text{TDS}$ ،  $\text{EC}$ ،  $\text{Cl}$  و  $\text{SO}_4$  در سطح ۹۹٪ و روند کاهش  $\text{HCO}_3$  در سطح ۹۵٪ معنی‌دار است. همچون فصل بهار، شدیدترین روند افزایشی و کاهش به ترتیب مربوط به  $\text{TDS}$  و  $\text{HCO}_3$  می‌باشد. با توجه به گراف من-کندال  $\text{TDS}$  و  $\text{HCO}_3$  (شکل ۴)، جهشی افزایشی در سال ۱۳۵۶ در روند  $\text{HCO}_3$  و در سال ۱۳۶۰ در روند  $\text{TDS}$  مشاهده می‌شود.

### ۳-۳-۳- روند تغییرات پائیزه

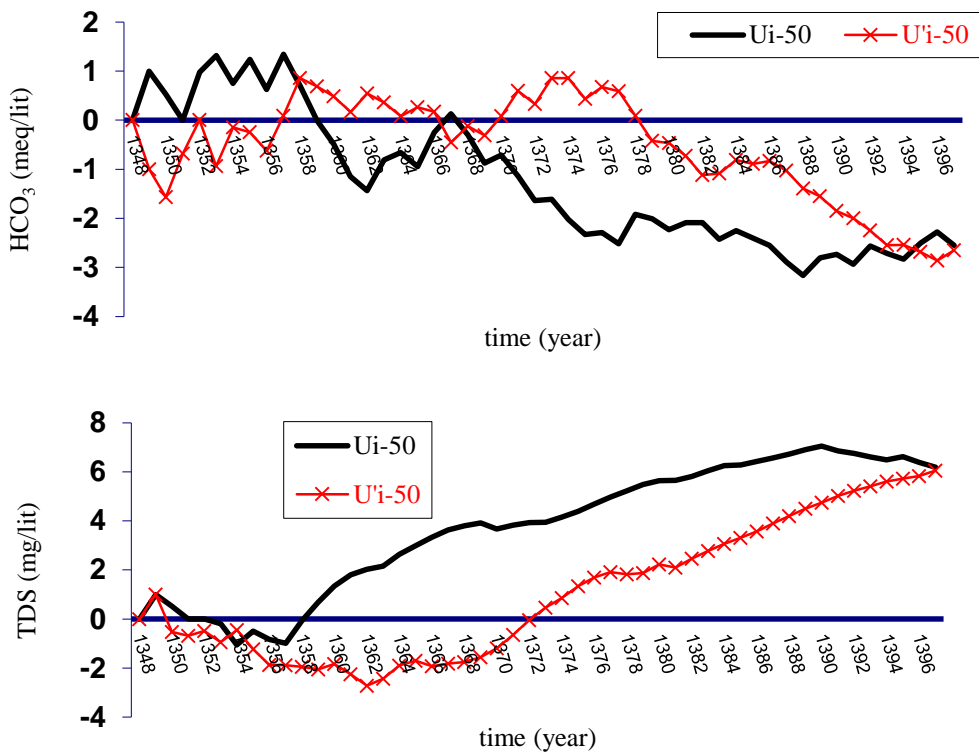
جدول (۲) مقادیر آماره من-کندال مشخصات کیفی رودخانه الشتر برای فصل پائیز را نشان می‌دهد. در فصل پائیز نسبت به فصل بهار در اغلب پارامترهای کیفی، روندهای کاهش کم‌تر و افزایشی بیش‌تر بوده است. دلیل این امر این است که در این منطقه در فصل بهار، ذوب برف‌های زمستانه از ارتفاعات اتفاق می‌افتد و باعث افزایش جریان‌ات سطحی و کاهش نسبی غلظت‌ها می‌شود. Nazarian and FaridGiglo (2015) نیز در پژوهش





شکل ۴- نمودار من-کندال تابستانه پارامترهای TDS و HCO<sub>3</sub> در دوره ۵۰ ساله

Fig. 4 Summer Man-Kendall charts of TDS and HCO<sub>3</sub> parameters in the 50-year period



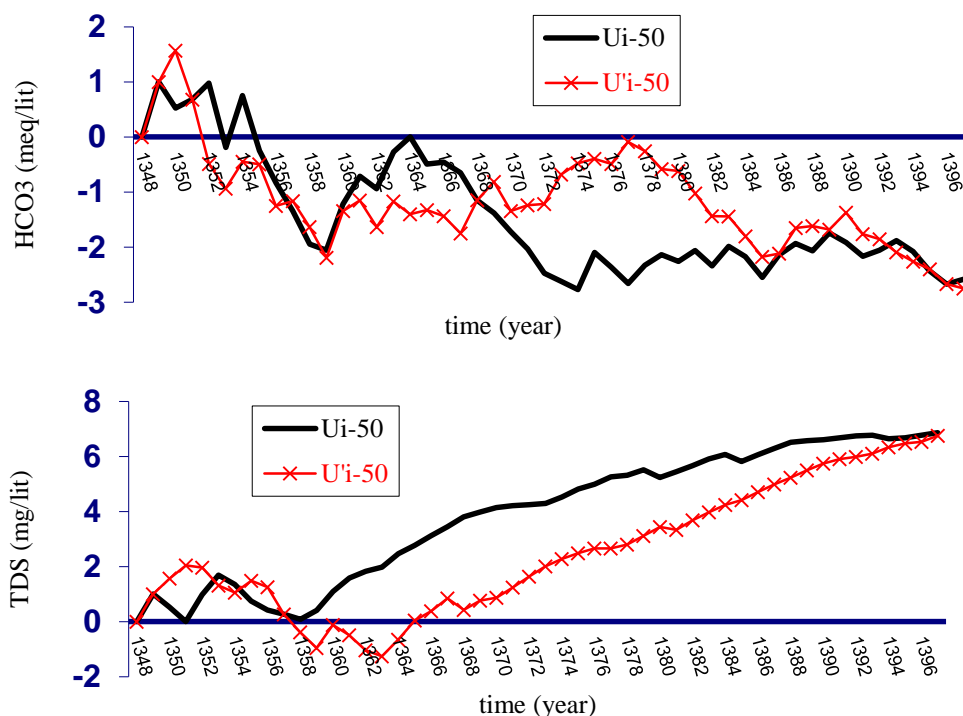
شکل ۵- نمودار من-کندال پاییزی پارامترهای TDS و HCO<sub>3</sub> در دوره ۵۰ ساله

Fig. 5 Autumn Man-Kendall charts of the TDS and HCO<sub>3</sub> parameters in the 50-year period

۳-۳-۴- روند تغییرات زمستانه

فصل مانند سایر فصل‌ها قوی‌ترین روند مثبت مربوط به TDS و قوی‌ترین روند منفی مربوط به  $HCO_3$  بوده است. گراف من-کندال شکل (۶) نشان می‌دهد که در سال ۱۳۵۲ و ۱۳۹۳ جهش افزایشی و در سال‌های ۱۳۵۸ و ۱۳۶۸ جهش کاهش‌ی در روند  $HCO_3$  رخ داده است. در گراف مربوط به TDS جهشی به صورت افزایشی در سال ۱۳۵۳ و جهش کاهش‌ی در سال‌های ۱۳۵۵ و ۱۳۵۸ مشاهده می‌شود (شکل ۶).

جدول (۲) دربردارنده مقادیر z پارامترهای کیفی در فصل زمستان می‌باشد. در این فصل نیز روند SAR, PH, Na و  $HCO_3$  کاهش‌ی بوده که این کاهش در سطح ۹۹٪ معنی‌دار شده و در این فصل نسبت به فصل پیش، روندهای کاهش‌ی شدیدتر و روندهای افزایشی ملایم‌تر بوده است. دلیل این امر، زمستان‌های پربرف و باران این منطقه و زیاد بودن جریانات سطحی می‌باشد. در این



شکل ۶- نمودار من-کندال زمستانه پارامترهای TDS و  $HCO_3$  در دوره ۵۰ ساله

Fig. 6 Winter Man-Kendall diagram of TDS and  $HCO_3$  parameters in the 50-year period

۲- در دوره ۵۰ ساله، روند تغییرات تمامی پارامترهای کیفی به جز Na در سطح آماری ۹۹٪ معنی‌دار بوده است.  
۳- روند تغییرات در فصل‌های مختلف نشان داد که فصول گرم‌تر سال، روندهای افزایشی شدیدتر و روندهای کاهش‌ی ملایم‌تر رخ داده بود.  
۴- شدیدترین افزایش در فصل تابستان اتفاق افتاده است. در طرف مقابل در فصل زمستان غلظت‌ها کاهش بیشتری یافته است.

با توجه به دست‌نخورده بودن منطقه مطالعاتی و نیاز به مطالعات بیشتر در این زمینه، پیشنهاد می‌شود از روش‌ها

۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه، روند تغییرات پارامترهای کیفی حوضه آبریز سراب صیدعلی به صورت فصلی و سالانه مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور از آزمون من-کندال استفاده شد. نتایج آزمون بیانگر افت کیفیت رودخانه الشتر طی ۵ دهه‌ی گذشته بوده است. بررسی‌ها نشان داد که الگوی تغییرات پارامترها در مقیاس‌های سالانه و فصلی مشابه هم بوده است.

۱- غلظت پارامترهای  $HCO_3$ , Na, pH و SAR دچار کاهش و غلظت  $SO_4$ , Cl, EC, TDS, TH, Ca, Mg افزایش یافته است.

## References

- Adeli B., Mohammadi Kongrani H., Sa'doddin A., Bazrafshan A. and Armin M. (2018). Qualitative and quantitative evaluation of groundwater aquifers using the WQI method and the Man-Kendall test (case study: Sarkhoon-Hormozgan province). *Ecohydro.* 5(3), 801-811 [In Persian].
- Alizadeh A. (2009). Drip irrigation (principles and application). Second edition, Astan Quds Razavi Publishing House, Imam Reza University. 493 p. [In Persian].
- Anderson H. B., Futter M., Oliver I., Redshaw J. and Harper A. (2010). Trends in Scottish river water quality. Scottish Environment Protection Agency. 178 p.
- Behmanesh J., Samadi R. And Rezaei H. (2016). Investigating the process of underground leveling (A case study: Urmia Plain). *J. Water Soil Conserv. Studies*, 22(4), 67-84 [In Persian].
- Boyacioglu H. and Boyacioglu H. (2008). Investigation of temporal trends in hydro chemical quality of surface water in western Turkey. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 80, 469-474.
- Deilam M. and Rouhani H. (2012). Trend of drought stress and water quality changes in Gorgan Rood River. *Proc. 2012, 7<sup>ed</sup> Int. Conf. on Engineering and Land Management Watershed Management.* University of Isfahan Techno. 2012 [In Persian].
- Dinpazhoh Y. (2016). Analyzing the chemical quality of water in the rivers of East Azarbaijan Province. *J. Geog. Plan.*, 20(55), 124-105 [In Persian].
- Hejam S., Skhoshkho Y. and Shams Al-Din Vrindi R. (2008). Analyzing the trend of seasonal and annual rainfall variations of several selected stations in the center of Iran using non-parametric methods. *Geog. Res.*, 40(64), 168-157 [in Persian].
- Kauffman G. J. and Belden A. C. (2010). Water quality trends (1970 to 2005) along Delaware streams in the Delaware and Chesapeake Bay watersheds, USA. *Water Air Soil Pollut.*, 208, 345-375.
- Khalili A. S. and Bazrafshan C. (2004). An analysis of the changes in annual, seasonal, and monthly rainings in five Iranian old stations in the past one seventeen and sixteen years, *Desert*, 9(1), 25-25 [In Persian].
- Mei K., Liao L., Zhu Y., Lu P., Wang Z., Dahlgren R. A. and Zhang M. (2014). Evaluation of spatial-temporal variations and trends in surface water quality across a rural-suburban-urban interface. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 21(13), 8036-8045.
- Milovanovic M. (2007). Water quality assessment and determination of pollution sources along the Axios/Vardar River, Southeastern Europe. *Desal.*, 213(1-3), 159-173.
- Nazarian S. and FaridGiglo B. (2015). Chemical quality survey and trends of water quality parameters at nodeh station of Gorganroud River, Golestan Province of Iran. *J. Irrig. Water Eng.*, 5(19), 81-91 [In Persian].
- Nouri R., Kerachian R., Khodadadi Darban A. and Shakibaei Nia A. (2007). Assessment of importance of water quality monitoring stations using principal components analysis and factor analysis: a case study of the Karoon River. *Water Wastewater*, 18(3) 60-9 [In Persian].
- Pasquini A. I., Lecomte K. L., Piovano E. L. and Depetris, P. J. (2006). Recent rainfall and runoff variability in central Argentina. *Quat. Inter.* 158(1), 127-139.
- Rahbari K., Nabavi M. and Mobed P. (2006). Investigating different biological evaluation methods and biodiversity in water quality and calculating the variability indices of the Karun River bedding from Malasani to Darkhuin. *Proc. 2066, 7<sup>ed</sup> Int. Conf. on River Engineering*, Shahid

Chamran University of Ahvaz, 12 pages.  
[In Persian].

Shrestha S. and Kazama F. (2007). Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. *Environ. Model. Software*, 22(4), 464-475.

Soleimani Sardou M., Vali A. H., Gazavif R. and Saeedi G. (2012). Analyzing the process of water quality parameters. Case study of Chamanjir River, Khorramabad. *Irrig. Water Eng.*, 12, 95-12 [In Persian].

Yue S., Pilon P. and Cavadias G. (2002). Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *J. Hydrol.*, 259, 254-271.

Zare Garazi A., Saad al-Din S. and Mahini A. S. (2011). Long term study of water quality variables in Chehel Chay River (Golestan Province). *Iran. J. Water Res.*, 6(10), 155-165 [In Persian].

## Investigating the Long-Term Annual and Seasonal Changes in River Quality (Case Study: Aleshtar River)

Yaser Sabzevari<sup>1\*</sup>, Aryan Heidari Motlagh<sup>1</sup> and Aliheidar Nasrolahi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>M.Sc. Student, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

<sup>2</sup>Assist. Professor, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

\*Corresponding author: [leilarahimvand@gmail.com](mailto:leilarahimvand@gmail.com)

### Original Paper

Received: August 17, 2019

Revised: October 28, 2019

Accepted: December 01, 2019

### Abstract

The expansion of urbanization along with industrial and agricultural activities on the banks of the Alshar River and subsequent discharge of wastewater into water sources have caused water contamination by various pollutants. In this study, seasonal and annual changes in the long-term water quality changes in the Alshar River were evaluated. For this purpose, water quality data used were recorded at the Sarab Sayyed Ali hydrometric station located at the outlet of the Alshar River from 1970 to 2018. For analysis, 11 water quality variables were selected. Man-Kendall test was used to examine the trend of changes. The results showed that the patterns were similar for changes in parameters at both annual and seasonal scales, with decreasing concentrations of HCO<sub>3</sub>, Na, pH and SAR and increasing concentrations of Mg, Ca, TH, TDS, EC, Cl, and SO<sub>4</sub>. In the annual period, the trend of change of all qualitative parameters except Na was statistically significant at 99% level. During the summer seasons, there were more intense upward and slower downward trends, with the strongest increase in concentration during this season. However, in the winter, the results were in contrary with the summer. In most of the qualitative parameters, the decreasing and increasing trends were higher in spring than in autumn. The reason for this could be attributed to the fact that winter snow melting from the altitudes occurs in the spring, causing increased surface currents and a relative decrease in concentrations.

**Keywords:** Aleshtar; Man-Kendall; Quality; River; Trend.