

## روندیابی کیفی رودخانه‌های سلیمان تنگه، کردخیل، ریگ‌چشمه مازندران بکمک آزمون ناپارامتری من کندال

محمد سالاریان

دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی فردوسی مشهد، salarian\_mohammad@yahoo.com

آزاده جمشیدی

دانشجوی کارشناسی ارشد سازه آبی تبریز، jamshidi.azade@yahoo.com

امین علیزاده

استاد گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد، alizadeh@gmail.com

### چکیده

بهره‌برداری از منابع آب طبیعی مستلزم شناخت کمیت و به ویژه کیفیت آن می‌باشد. زیرا منابع آب دریافت‌کنندگان نهایی آلودگی به دست آمده از فعالیت‌های مختلف انسانی هستند. شناسایی روند، همچنین اطلاعات ارزشمندی را جهت ادراک تأثیر عوامل اقلیمی و انسانی و برهم‌کنش این عوامل در سطح آبخیز فراهم می‌آورد. در پژوهش حاضر از داده‌های ثبت شده ۹ متغیر کیفی طی ۳۵ سال (۱۳۵۰-۱۳۸۵) در ایستگاه هیدرومتری سلیمان تنگه، کردخیل، ریگ‌چشمه از حوضه آبریز رودخانه تجن در استان مازندران استفاده شد. نتایج تعیین روند با استفاده از آزمون ناپارامتریک من-کندال نشان داده است که در مقیاس سالانه، مقادیر pH در سطح ۰.۹۹٪ برای هر دو رودخانه سلیمان تنگه و ریگ‌چشمه و در سطح ۰.۹۵٪ برای رودخانه کردخیل روند صعودی داشته و نیز مقادیر SAR برای ریگ‌چشمه روند صعودی و مقادیر Ca برای کردخیل روند نزولی داشته است. در مقیاس ماهانه تنها در ریگ‌چشمه مقادیر  $HCO_3$  و Ca در سطح ۰.۹۵٪ به ترتیب دارای روند صعودی و نزولی بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: اقلیم، آبخیز، رودخانه تجن، من کندال، SAR

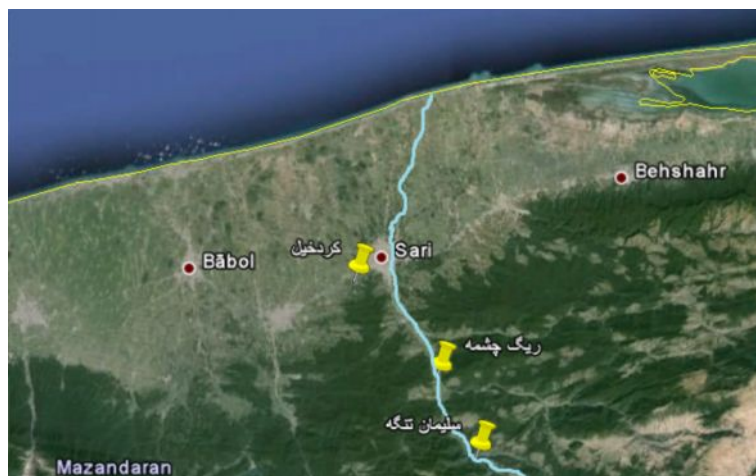
### مقدمه

در پی بروز تغییرات اقلیمی و دخالت‌های گسترده انسان در محیط زیست توجه زیادی به مدیریت پایدار منابع آب در سطح جهان معطوف شده است (مبیک، ۲۰۰۳). ورود پساب‌های صنعتی و شهری و زه‌آب‌های کشاورزی، تغییر کاربری اراضی و عدم مدیریت صحیح عوامل آلاینده از جمله عوامل مؤثر در وضعیت کیفی آب رودخانه‌ها می‌باشند (ابطحی و نجفی، ۱۳۸۷). خصوصیات کیفی آب از مؤلفه‌هایی است که ضرورت در نظر گرفتن آن در مدیریت منابع آب و همچنین ارزیابی سلامت حوضه-های آبخیز و اعمال تغییرات مدیریتی کاملاً ثابت شده است (خادم و کالوراچی، ۲۰۰۶). اما در کشور ایران به ندرت مورد عنایت قرار گرفته می‌شود (گاریزی و همکاران، ۱۳۹۱). تشخیص روند بلند مدت کیفیت آب رودخانه‌ها جهت پی بردن به تغییرات به وقوع پیوسته در گذشته و پیش‌بینی آینده از اهمیت بسزایی برخوردار است. شناسایی روند همچنین اطلاعات

ارزشمندی را جهت درک تأثیر عوامل اقلیمی و انسانی و بر هم کنش این عوامل در سطح آبخیز فراهم می‌آورد. به زبان آماری تجزیه و تحلیل روند به منظور تشخیص این مطلب است که سری داده‌های مشاهداتی یک متغیر تصادفی، فارغ از تغییرات تصادفی و محدود، در طول زمان در حال کاهش یا افزایش بوده و یا اینکه توزیع احتمالی آن با زمان تغییر نیافته باشد (روزنکرانتز، ۱۹۸۷). تاکنون روش‌های متعددی جهت بررسی سری‌های زمانی ارائه شده‌اند که به سه دسته کلی: روش‌های گرافیکی، روش‌های آماری پارامتری و روش‌های ناپارامتری تقسیم می‌شوند. اولین گام در انتخاب روش تجزیه و تحلیل، توجه به ماهیت داده‌هاست. وجود داده‌های ثبت نشده، داده‌های پرت، توزیع غیر نرمال اغلب با چولگی مثبت، تغییرات فصلی، خود همبستگی مثبت و وابستگی زیاد مقادیر کیفیت آب به سایر متغیرها مانند دبی جریان، دما، بارش و هدایت هیدرولیکی از جمله مهمترین خصوصیات سری زمانی داده‌های کیفیت آب است که باید در انتخاب روش مناسب تحلیل روند مورد بررسی قرار گیرد (هلسل و هیرش، ۲۰۰۲). بویاسیگو (۲۰۰۸) روند تغییرات کلرید، نیترات، سدیم، سولفات و مجموع مواد محلول را در هفت ایستگاه در آبخیز تاهتالی ترکیه با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال و تخمین گر شیب‌سنج مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان دهنده کاهش غلظت اکثر عناصر مذکور، در آب رودخانه بوده است. گلجان و همکاران (۲۰۰۹)، به تعیین تیپ کیفی آب رودخانه‌های شهرستان نور پرداختند. بدین منظور نمونه برداری به صورت فصلی از سه ایستگاه بالادست، میان‌دست و پایین دست سه رودخانه (لاویج‌رود، گلندرود و سبزه‌رود) در یک بازه زمانی ۶ ماهه انجام شد و سپس با آنالیز داده‌های اندازه‌گیری شده و بر اساس دیاگرام پایپر به این نتیجه رسیدند که آب هر سه رودخانه در فصل‌های پربابی و کم‌ابی از نوع منیزیم-بی‌کربنات می‌باشد همچنین شاخص کیفیت کل در سه ماهه اول و دوم به ترتیب بیانگر کیفیت بد و متوسط بوده است. کافمن و بلدن (۲۰۱۰)، کیفیت آب ۳۰ رودخانه آمریکا را در فاصله زمانی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۵ میلادی مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج آزمون من-کندال فصلی بیانگر ثبات کیفیت آب در ۶۹٪ ایستگاه‌ها بود. دیلم و روحانی (۱۳۹۰)، روند ۶ سری زمانی سالانه از متغیرهای مهم کیفیت آب و دبی در ۷ ایستگاه کنترل در رودخانه گرگان رود را از سال ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۸ با استفاده از آزمون من-کندال مورد بررسی قرار دادند. نتایج کلی روندهای معنی‌دار مربوط به متغیرهای کیفیت آب سالانه بخصوص در قسمت شرقی حوزه را نشان داد. گاریزی و همکاران (۱۳۹۱)، به روندیابی تغییرات بلند مدت متغیرهای کیفیت آب رودخانه چهل چای استان گلستان را با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری من-کندال و من-کندال فصلی پرداختند. طبق نتایج بدست آمده، هفت متغیر (سدیم، کلرید، SAR، سولفات، پتاسیم، EC و TDS) روند افزایشی معنادار، چهار متغیر بدون روند و تنها یک متغیر (بی‌کربنات) روند کاهشی معناداری داشتند. گیگلو و همکاران (۱۳۹۲)، تغییرات کیفیت آب رودخانه زرین گل (استان گلستان) را مورد مطالعه قرار دادند. بدین منظور از نمودارهای پایپر، شولر، ویلکوکس، دروو، گیس و استیف جهت آنالیز کیفی آب استفاده شد. همچنین برای مقایسه تیمارها از تجزیه واریانس ANOVA، برای آزمون تفاوت در بین سال‌های آماری از LSD و برای تعیین روند در داده‌ها از آزمون من-کندال استفاده شد. نتایج نشان داد آب رودخانه زرین‌گل مربوط به تیپ آب‌های شورمزه بوده و به سمت کلریده میل می‌کند. همچنین آب این رودخانه از نظر شرب در حد متوسط به پایین ارزیابی شد که در کلاس  $C_1S_1$  قرار گرفته و برای آبیاری زمین‌های درشت بافت و با زه‌کشی خوب مناسب می‌باشد. در پژوهش حاضر از داده‌های ثبت شده ۹ متغیر کیفی طی ۳۵ سال (۱۳۵۰-۱۳۸۵) در ایستگاه هیدرومتری سلیمان تنگه، کردخیل، ریگ‌چشمه از حوضه آبریز رودخانه تجن در استان مازندران بمنظور تعیین و تحلیل روند کیفی آب رودخانه با استفاده از آزمون ناپارامتریک من-کندال استفاده شده است.

## معرفی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبریز رودخانه تجن با مساحت کل ۴۰۱۵/۸۸ کیلومتر مربع در محدوده ۵۲° ۵۰' تا ۵۴° ۱۰' طول شرقی و ۳۵° ۳۵' تا ۳۶° ۵۰' عرض شمالی قرار گرفته و از شمال به دریای خزر، از شرق و شمال شرقی به حوزه رودخانه نکا، از جنوب شرق به حوزه رودخانه سلطان میدان، از جنوب به دامنه‌های شمالی رشته کوه البرز در منطقه شهمیرزاد، از غرب و شمال غرب به حوزه رودخانه سیاهرود و از جنوب غرب به حوزه تالار در منطقه پل سفید رود، زارم رود، دودانگه، چهاردانگه و لاجیم تقسیم گردیده و با توجه آبریز تجن به شش زیر حوزه به نام‌های شیرین رود، سفید رود، زارم رود، دودانگه، چهاردانگه و لاجیم تقسیم گردیده و با توجه به مختصات هر یک از این زیر حوزه ها، طول آبراهه اصلی برای رودخانه تجن معادل ۱۵۵ کیلومتر محاسبه گردیده است. (شکل ۱). در این تحقیق، از داده‌های ثبت شده متغیرهای کیفیت آب شامل کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، سدیم (Na)، کلرید (Cl)، بی‌کربنات (HCO<sub>3</sub>)، سولفات (SO<sub>4</sub>)، هدایت الکتریکی (EC)، اسیدیته (pH)، نسبت جذب سدیم (SAR)، استفاده شده است.



شکل (۱): موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در حوضه تجن

## آزمون من-کندال<sup>۱</sup>

آزمون من-کندال یکی از متداولترین روش‌های ناپارامتری تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به شمار می‌رود (حجام و همکاران، ۱۳۸۷). کندال (۱۹۳۸) متغیر  $\tau$  را جهت اندازه‌گیری رابطه بین  $X$  و  $Y$  ارائه کرد و من (۱۹۴۵) با استفاده از آزمون کندال و با در نظر گرفتن یکی از متغیرها به عنوان زمان، روند را مورد آزمون قرار داد (خلیلی و همکاران، ۱۳۸۹). از نقاط قوت روش من-کندال می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی‌ای که از توزیع خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره نمود. اثر پذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است (حجام و همکاران، ۱۳۸۳). فرض صفر در آزمون دال بر عدم وجود روند قابل مشاهده در سطح معناداری مشخص در سری داده‌ها و پذیرش فرض یک به معنی رد فرض صفر و به عبارتی وجود روند در سری زمانی داده‌ها می‌باشد. آزمون آماری MK به شرح زیر می‌باشد:

ابتدا داده‌ها به ترتیب زمان وقوع مرتب می‌شوند و هر داده با تمام داده‌های قبل از خود بدون در نظر گرفتن تأثیر توزیع آن‌ها مقایسه می‌شود.

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

<sup>1</sup> Mann-Kendall(MK)

که در آن :

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

و N تعداد سال‌های آماریست. برای تعداد سالهای آماری کمتر از ۱۰ سال، آماره  $\tau$  آزمون و واریانس  $\sigma_s$  از روابط زیر بدست می‌آیند:

$$\tau = \frac{2S}{N(N-1)} \quad (3)$$

$$\sigma_s = \frac{n-(n-1)(2n+5)}{18} \quad (4)$$

و برای  $N > 10$  خواهیم داشت:

$$\text{Var}(s) = \frac{n-(n-1)(2n+5)-\beta}{18} \quad (5)$$

و  $\beta$  برابر است با:

$$\beta = \sum_{t=1}^m t(t-1)(2t-5) \quad (6)$$

که n تعداد داده‌های مشاهده‌ای و m معرف تعداد سری‌هائی که در آنها حداقل یک داده تکراری وجود دارد. و t بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش برابر می‌باشد. چنانچه تعداد نمونه بیش از ۱۰ عدد باشد، s از توزیع نرمال تبعیت خواهد کرد و مقدار آماری توزیع نرمال استاندارد Z به صورت زیر خواهد بود:

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (7)$$

در یک آزمون دو دامنه‌ای جهت تشخیص روند در سطح احتمال  $\alpha$ ، چنانچه  $|Z| \leq Z_{\alpha/2}$  باشد، فرض صفر پذیرفته شده و روندی وجود نخواهد داشت. آماره Z بزرگتر از ۱/۹۶ و ۲/۵۸ به ترتیب روند معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد بوده و در صورت مثبت بودن آماره z، روند سری داده‌ها صعودی و در غیر اینصورت روند نزولی می‌باشد. به منظور بررسی وجود روند در داده‌های کیفی رودخانه تجن مربوط به مقادیر کیفی SAR، EC، PH،  $\text{HCO}_3$ ،  $\text{SO}_4$ ، Ca، Mg و Na در سه ایستگاه سلیمان‌تنگه، کردخیل و ریگ‌چشمه، در گام اول مقادیر متغیرهای کیفی رودخانه به صورت سالانه و ماهانه از سال آبی ۱۳۵۱ تا ۱۳۸۵ (۳۶ سال) در نظر گرفته شد و سپس با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال در نرم افزار SPSS وجود یا عدم وجود روند مورد تحلیل قرار گرفت. لازم به ذکر است مقادیر متوسط ماهانه متغیرهای کیفی رودخانه به این صورت که برای هر ماه، میانگین مقادیر از سال ۱۳۵۱ تا ۱۳۸۵ محاسبه و به عنوان مقدار کمیت مورد نظر در آن ماه در دوره آماری در نظر گرفته شد.

## تحلیل نتایج

جداول ۱ و ۲ به ترتیب بیان‌کننده نتایج حاصل از آزمون من-کندال در بررسی سالانه و ماهانه می‌باشند. مطابق با جدول ۱، روند معناداری برای مقادیر PH آب رودخانه در هر سه ایستگاه هیدرومتری با افزایش سال‌های آماری تا سال ۱۳۸۵ دیده شده است. این روند برای دو ایستگاه سلیمان‌تنگه و ریگ چشمه در سطح معناداری ۹۹ درصد ( $\alpha = 0.01$ )، و برای ایستگاه کردخیل در سطح معناداری ۹۵ درصد ( $\alpha = 0.05$ ) قابل مشاهده است. همچنین با توجه به مثبت بودن آماره  $\tau$  آزمون، این روند صعودی می‌باشد.

مثبت بودن آماره  $\tau$  در سطح معناداری ۹۵ درصد حاصل از روندیابی مقادیر SAR رودخانه تجن در ایستگاه هیدرومتری ریگ

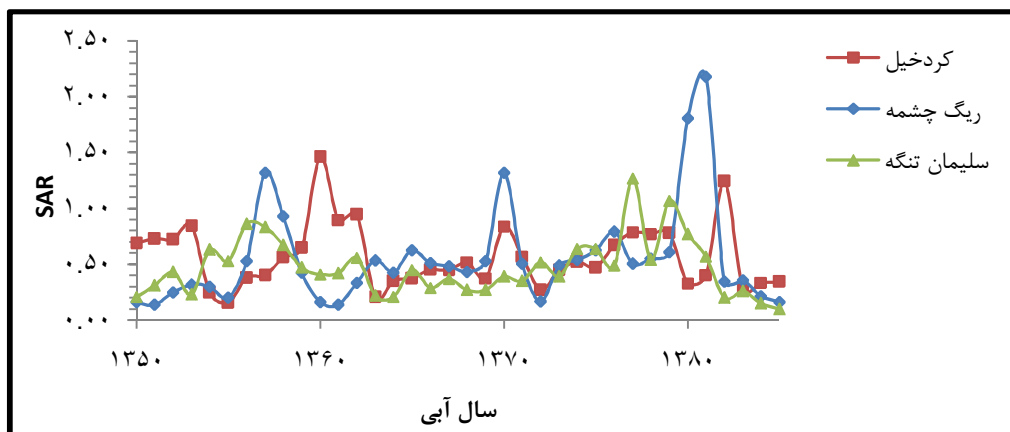
چشمه نشانگر وجود روند صعودی در میزان این مقادیر نسبت به سال‌های آماری می‌باشد. همچنین نتایج روند نزولی معناداری را بین مقادیر مربوط به Ca رودخانه در ایستگاه کردخیل نشان می‌دهد. به همین ترتیب نتایج ذکر شده در جدول ۲، روند صعودی را بین مقادیر ماهانه متغیرهای کیفی  $HCO_3$  و Ca رودخانه در سطح معناداری ۹۵ درصد نشان داده است. به منظور تطابق نتایج حاصل از آزمون من - کندال، نمودارهای روند پارامترهای کیفی SAR، EC،  $HCO_3$ ، PH و Ca رودخانه تجن در سه ایستگاه هیدرومتری مورد مطالعه مطابق اشکال ۱ تا ۵ ارائه شده است. پر واضح است که روند صعودی PH در همه ایستگاه‌ها و SAR در ایستگاه ریگ چشمه در بررسی سالانه متغیرهای کیفی و روند صعودی  $HCO_3$  و Ca در بررسی ماهانه ایستگاه ریگ چشمه و همچنین روند نزولی دیده شده در مقادیر سالانه پارامتر کیفی Ca ایستگاه کردخیل، در نمودار قابل مشاهده است.

جدول (۱): نتایج روندیابی سالانه مقادیر کیفی رودخانه تجن با آزمون ناپارامتری من - کندال

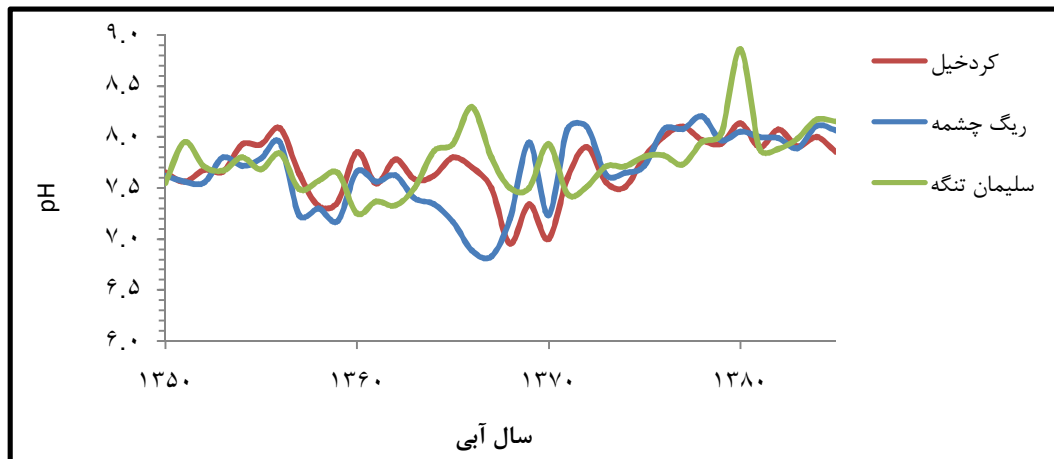
ایستگاه	آزمون من - کندال	SAR	EC	PH	$HCO_3$	Cl	So4	Ca	Mg	Na
سلیمان تنگه	P-value	۰/۸۴۹	۰/۷۱۳	۰/۰۰۲	۰/۵۱۳	۰/۸۷	۰/۸۰۶	۰/۸۲۷	۰/۳۷۶	۰/۹۷۸
	Tau	-۰/۰۲۲	۰/۰۴۳	۰/۳۶۵**	-۰/۰۷۶	-۰/۰۱۹	۰/۰۲۹	-۰/۰۲۵	۰/۱۰۴	-۰/۰۰۳
	روند	ندارد	ندارد	صعودی	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد
کردخیل	P-value	۰/۶۵۳	۰/۷۱۳	۰/۰۳۲	۰/۴۷	۰/۱۱۱	۰/۴۸۷	۰/۰۱۷	۰/۰۹۷	۰/۴۰۶
	Tau	-۰/۰۵۳	۰/۰۴۳	۰/۲۶۲*	-۰/۰۸۴	-۰/۱۸۷	-۰/۰۸۱	-۰/۲۷۸*	۰/۱۹۴	-۰/۰۹۷
	روند	ندارد	ندارد	صعودی	ندارد	ندارد	ندارد	نزولی	ندارد	ندارد
ریگ چشمه	P-value	۰/۰۳۲	۰/۴۷	۰/۰۰۴	۰/۸۳۸	۰/۷۵۴	۰/۳۹	۰/۱۷۷	۰/۳۰۷	۰/۱۷۷
	Tau	۰/۲۵۱*	۰/۰۸۴	۰/۳۴**	-۰/۰۲۴	۰/۰۳۷	۰/۱۰۱	-۱/۵۸	۰/۱۲	۰/۱۵۸
	روند	صعودی	ندارد	صعودی	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد

\*\*معناداری در سطح ۹۹ درصد

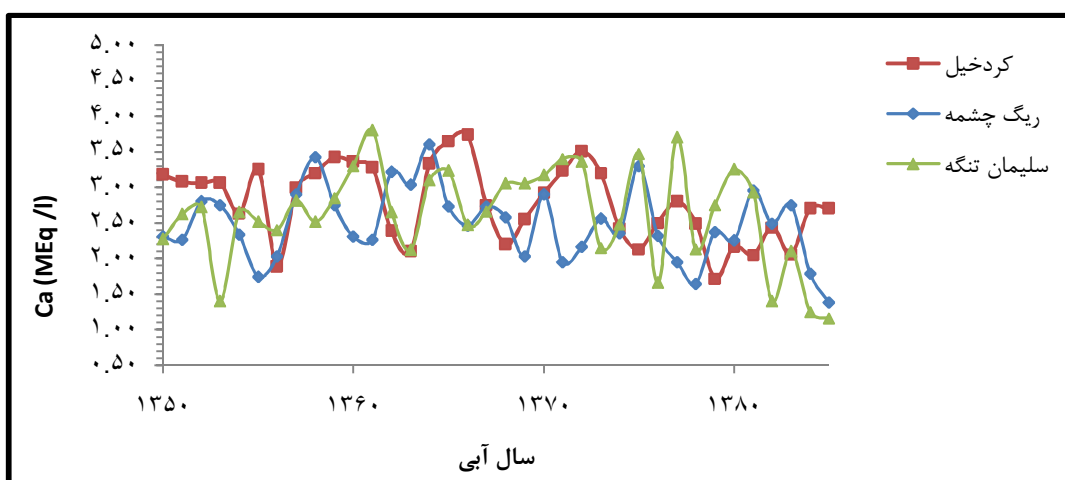
\*معناداری در سطح ۹۵ درصد



شکل (۲): منحنی روند متوسط سالانه SAR در ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه تجن



شکل (۳): منحنی روند متوسط سالانه pH در ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه تجن



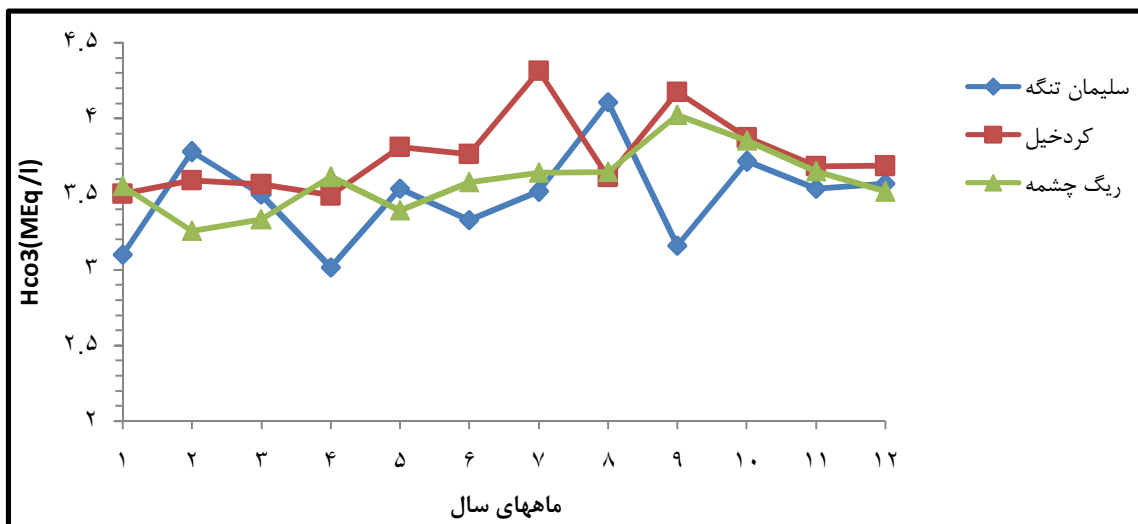
شکل (۴): منحنی روند متوسط سالانه Ca در ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه تجن

جدول (۲): نتایج روندیابی ماهانه مقادیر کیفی رودخانه تجن با آزمون ناپارامتری من - کندال

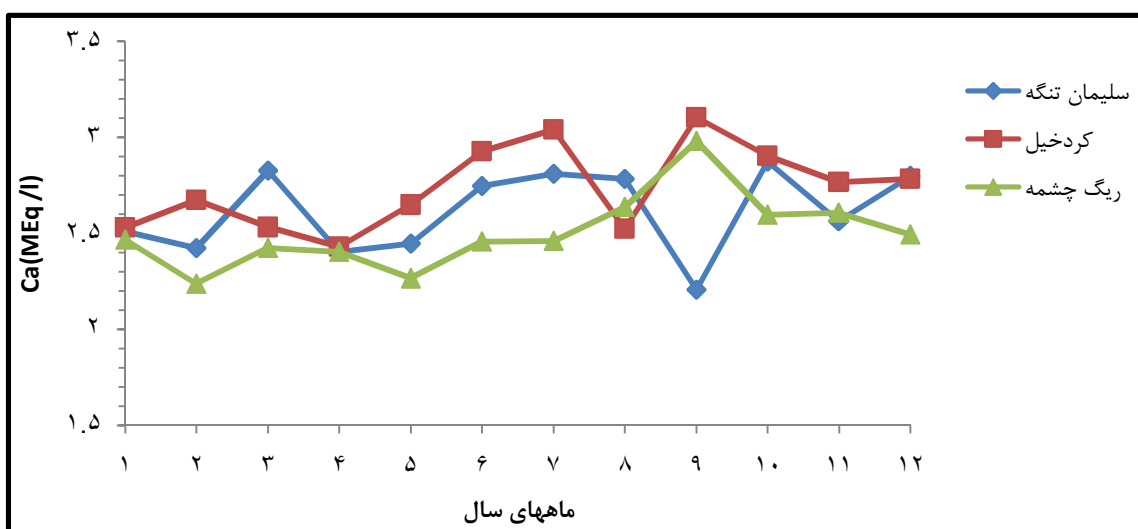
ایستگاه	آزمون من - کندال	SAR	EC	PH	Hco3	Cl	So4	Ca	Mg	Na	K
سلیمان تنگه	P-value	۰/۲۷۳	۰/۸۹۱	۱	۰/۲۷۳	۰/۷۸۴	۰/۴۹۳	۰/۳۳۷	۰/۶۸۱	۰/۳۳۷	۰/۷۸۴
	Tau	-۰/۲۴۲	۰/۰۳	۰/۰۰۰	۰/۲۴۲	-۰/۰۶۱	-۰/۱۵۲	۰/۲۱۲	۰/۰۹۱	-۰/۲۱۲	۰/۰۶۱
	روند	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد
کردخیل	P-value	۰/۱۷	۰/۱۳۱	۰/۴۱۱	۰/۱	۰/۶۸۱	۰/۶۸۱	۰/۱۳۱	۰/۷۸۴	۰/۳۳۷	۰/۱۳۱
	Tau	۰/۳۰۳	۰/۳۳۳	۰/۱۸۲	۰/۳۶۴	۰/۰۹۱	۰/۰۹۱	۰/۳۳۳	-۰/۰۶۱	۰/۲۱۲	۰/۳۳۳
	روند	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد	ندارد
ریگ چشمه	P-value	۰/۶۸۱	۰/۲۱۷	۰/۶۸۱	۰/۰۲	۱	۰/۴۱۱	۰/۰۲۸	۰/۶۸۱	۰/۶۸۱	۰/۳۳۷
	Tau	۰/۰۹۱	۰/۲۷۳	۰/۰۹۱	۰/۵۱۵*	۰/۰۰۰	۰/۱۸۲	۰/۴۸۵*	۰/۰۹۱	۰/۰۹۱	۰/۲۱۲
	روند	ندارد	ندارد	ندارد	صعودی	ندارد	ندارد	صعودی	ندارد	ندارد	ندارد

\*\*معناداری در سطح ۹۹ درصد

\*معناداری در سطح ۹۵ درصد



شکل (۵): منحنی روند متوسط ماهانه HCO<sub>3</sub> در ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه تجن



شکل (۶): منحنی روند متوسط ماهانه Ca در ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه تجن

## نتیجه‌گیری

نتایج تحلیل روند داده‌های ثبت شده ۱۳ متغیر کیفی طی ۳۵ سال (۱۳۵۰-۱۳۸۵) در ایستگاه هیدرومتری سلیمان تنگه، کردخیل، ریگ‌چشمه از حوضه آبریز رودخانه تجن در استان مازندران با استفاده از آزمون ناپارامتریک من-کندال نشان داده است که در مقیاس سالانه، مقادیر pH در سطح ۹۹٪ برای هر دو رودخانه سلیمان تنگه و ریگ‌چشمه و در سطح ۹۵٪ برای رودخانه کردخیل روند صعودی داشته و نیز مقادیر SAR برای ریگ چشمه روند صعودی و مقادیر Ca برای کردخیل روند نزولی داشته است. در مقیاس ماهانه تنها در ریگ‌چشمه مقادیر HCO<sub>3</sub> و Ca در سطح ۹۵٪ به ترتیب دارای روند صعودی و نزولی بوده‌اند. با توجه به شرایط اکوهیدرولوژیک منطقه مورد بررسی، تمهیداتی جهت جلوگیری از روند تنزل کیفیت آب رودخانه پیشنهاد می‌شود: مدیریت از اراضی زراعی با انجام اقداماتی نظیر تغییر نوع محصول یا اعمال تناوب زراعی مناسب و...؛ جلوگیری از ورود فاضلاب‌های مسکونی و سایر آلاینده‌های انسانی به رودخانه؛ با این وجود پیشنهاد میشود سایر ارزیابی‌ها نظیر آلودگی به فلزات سنگین، عناصر سمی، سموم آفت کش، کودورت، وجود مواد آلی، آلودگی به فاضلاب خانگی و غیره مطابق استانداردهای موجود انجام شود.

- ۱- ابطحی، ا.، و نجفی، پ.، ۱۳۸۷، ارزیابی مشخصات کیفی رودخانه زاینده رود در استان اصفهان، یازدهمین همایش ملی بهداشت محیط زاهدان.
- ۲- حجام، س.، خوشخو، ی. و شمس الدین وندی، ر.، ۱۳۸۷، تحلیل روند تغییرات بارندگی فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری، پژوهش جغرافیایی، جلد ۴۰، شماره ۶۴، ص ۱۶۸-۱۵۷.
- ۳- خلیلی، ع و بذرافشان، ج.، ۱۳۸۳، تحلیل روند تغییرات بارندگی سالانه، فصلی و ماهانه پنج ایستگاه قدیمی ایران در یکصد و شانزده سال گذشته، بیابان، جلد ۹، شماره ۱، ص ۳۳-۲۵.
- ۴- دیلم، م. و روحانی، ح.، ۱۳۹۰، روند تغییرات رواناب و کیفیت آب سطحی در رودخانه گرگانرود، مجموعه مقالات هفتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری، ۷ و ۸ اردیبهشت ماه، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۵- فرید گیگلو، ب.، نجفی نژاد، ع.، مغانی بیله‌سوار، و. و غیائی، ا.، ۱۳۹۲، بررسی تغییرات آب رودخانه زرین گل استان گلستان، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد بیستم، شماره ۱، ص ۹۵-۷۷.
- ۶- گاریزی زارع، آ.، سعدالدین، م.، بردی شیخ، و.، سلمان ماهینی، ع.، ۱۳۹۱، مجله پژوهش آب ایران، سال ششم، شماره ۱۰، ص ۱۶۵-۱۵۵.
- 7- Boyacioglu H. and Boyacioglu H., 2008, Investigation of temporal trends in hydrochemical quality of surface water in western Turkey, Bull, Environ, Contam, Toxicol., 80:469-474.
- 8- Goljan, F., Karbasi, A., Hajizade, Z., and Bidhendi, N., 2009, Determination of water quality class in Noor river, J. Water Res., 14p. (In Persian)
- 9- Helsel D.R. and Hirsch R.M., 2002, Statistical Methods in Water Resources, Chapter A3, Techniques of Water-Resources Investigations of the United State Geological Survey, Book.
- 10- 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.
- 11- Khadem, I.M., and Kaluarachi, J.J., 2006, Water quality modeling under hydrologic variability and parameter uncertainty using erosion-scaled export coefficients., J. Hydrol. (In Persian).
- 12- Meybeck M., 2003, Global analysis of river systems: from earth system controls to anthropocene syndromes, Philosophical Transactions of the Royal Society of London., B 358, 1935-1955.
- 13- Rosenkrantz W., 1987, Introduction to probability and statistics for scientists, McGraw-Hill Science, Singapore., 576pp.