

بررسی روند حجم خشکی رودخانه با استفاده از آزمون نقاط چرخش، من-کندال و اسپیرمن (مطالعه موردی: رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه)

محمد ناظری تهرودی: دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
کیوان خلیلی: استادیار مهندسی آب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
جواد بهمنش: دانشیار مهندسی آب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران *

وصول: ۱۳۹۲/۱۲/۶ پذیرش: ۱۳۹۳/۴/۴، صص ۳۲۸-۳۱۳

چکیده

مولفه روند از مهم‌ترین عوامل ناپایداری در سری‌های زمانی است. از آنجا که ایستا بودن داده‌ها یکی از پارامترهای مهم در تحلیل سری‌های زمانی است، لذا قبل از تحلیل سری‌های زمانی لازم است که عواملی مثل مولفه روند که سبب ناپایداری سری زمانی می‌شوند، شناسایی و حذف گردند. در این مطالعه با استفاده از داده‌های دبی روزانه ۹ رودخانه حوضه دریاچه ارومیه در دوره آماری ۱۳۶۹-۱۳۹۸، سری زمانی حجم آورد خشکی ۱ تا ۶۰ روزه رودخانه‌های مذکور با استفاده از روش سال میانگین استخراج گردید. سپس الگوی تغییرات داده‌های حجم خشکی در مدت دوام‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که همبستگی بالایی بین داده‌های حجم خشکی در مدت دوام‌های مختلف وجود دارد و حجم خشکی یک روزه رودخانه‌ها به عنوان نماینده سایر مدت دوام‌ها انتخاب گردید. روند تغییرات حجم خشکی ۱ روزه رودخانه‌ها با استفاده از سه آزمون نقاط چرخش، اسپیرمن و من-کندال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دهنده برتری روش من-کندال و اسپیرمن نسبت به آزمون نقاط چرخش بود. همچنین نتایج آزمون‌های اسپیرمن و من-کندال نشان دهنده روند افزایشی خفیف در ۴ ایستگاه از ۹ رودخانه حوضه دریاچه ارومیه بود که می‌توان این ایستگاه‌ها را تقریباً بدون روند در نظر گرفت. در ۵ ایستگاه روند افزایشی چشمگیر قابل رویت بود.

کلمات کلیدی: روند، من-کندال، نقاط چرخش، اسپیرمن، دریاچه ارومیه

مقدمه

است. هدف از تحلیل روند این است که وجود و یا عدم وجود سیر صعودی یا نزولی در سری داده از نظر آماری بررسی گردد. وان‌بله و هوگس (۱۹۸۴) همگنی روند کیفیت آب رودخانه را در یک منطقه با روش غیرپارامتری مان-کندال مورد بررسی قرار دادند که نقطه عطفی در مطالعات روند در هیدرولوژی بود. لثنمایر و همکاران (۱۹۹۴) الگوی روند دبی

یکی از عوامل ناپایداری در یک سری زمانی روند است. روند عبارت از افزایش یا کاهش یکنواخت در داده‌های یک سری زمانی است. یکی از مثال‌های روند در طبیعت، افزایش یا کاهش متوسط ماهیانه بارش یک منطقه بر اثر تغییرات اقلیم است. روند به طور کلی به دو روش پارامتری و غیرپارامتری قابل مطالعه

بلژیک را مطالعه کرده و مشاهده نمودند که داده‌های دبی متوسط سالانه و فصلی رودخانه‌ها در قرن اخیر به شدت روند افزایشی داشته است. در حالی که انتظار می‌رفت در این منطقه دبی حداکثر روزانه در زمستان افزایش یابد، دبی‌های حداقل تابستان افزایش نشان داده است. کایا و کالایچی^۸ (۲۰۰۴) روند دبی جریان رودخانه‌های ۲۶ حوضه آبخیز در کشور ترکیه را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که در بیشتر حوضه‌های ترکیه روند جریان رودخانه‌ها کاهشی بوده و نتیجه گرفتند که این روند کاهشی می‌تواند به دلایلی نظیر کاهش در میزان بارندگی و افزایش درجه حرارت هوا باشد. بیرسان^۹ و همکاران (۲۰۰۴) روند تغییرات جریان رودخانه‌های سوئیس را بررسی کرده و به روابطی بین افزایش جریان رودخانه و افزایش بارندگی و درجه حرارت هوا دست یافتند. هم چنین نتایج این مطالعه نمایانگر روند افزایشی در رواناب سالانه و جریان حداکثر سالانه بوده و بین روند جریان رودخانه و میانگین ارتفاع حوضه و عمق متوسط خاک همبستگی زیادی مشاهده گردید. وانگ^{۱۰} و همکاران (۲۰۰۵) روند رودخانه‌های غرب اروپا را با روش من - کندال^{۱۱} مورد بررسی قرار دادند. کارلا^{۱۲} و همکاران (۲۰۰۸) روند تغییرات جریان رودخانه‌های امریکا را بررسی کردند. نتایج تحقیق این دانشمندان حاکی از آن است که در رودخانه می‌سی‌سی‌پی روند تغییرات دبی روزانه افزایشی بوده و در دیگر مناطق امریکا روند کاهشی

جریان رودخانه را در بالادست حوضه مورد بررسی مطالعه کردند. تورکس^۱ و همکاران (۱۹۹۵) آزمون‌های مختلف غیر پارامتری^۲ را جهت تعیین روند در داده‌های ۶۳ ساله میانگین درجه حرارت ترکیه به کار بردند. هم چنین تورکس (۱۹۹۶) با استفاده از داده‌های میانگین سالانه درجه حرارت ایستگاههای تبخیرسنجی ترکیه، روند افزایش درجه حرارت را در این مناطق مشاهده نمود. ژانگ^۳ و همکاران (۲۰۰۱) و بورن و النور^۴ (۲۰۰۲) روند جریان رودخانه‌های کانادا را مورد آزمون و تحلیل قرار دادند. بورن و النور (۲۰۰۲) با استفاده از متغیرهای هیدرولوژیکی موثر در چرخه آبی برای ۲۴۸ حوضه از رودخانه‌های کانادا رابطه بین این متغیرها با جریان رودخانه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق با استفاده از روش مان-کندال نشان داد که جریان حداکثر سالانه رودخانه‌ها در جنوب کانادا روند کاهشی و در شمال آن روند افزایشی دارند هم چنین جریان ماهانه رودخانه‌ها در ماههای مارس و آوریل به دلیل ذوب برف روند افزایشی و در ماه جون روند کاهشی دارند. در ماه اکتبر نیز در شرق و شمال افزایش و در غرب روند کاهشی از خود نشان می‌دهند. لینز و اسلک^۵ (۱۹۹۹) و مک کابه و ولوک^۶ (۲۰۰۲) روند جریان رودخانه‌های امریکا را با در نظر گرفتن تغییرات اقلیمی بررسی کردند. دی ویت^۷ و همکاران (۲۰۰۱) روند تغییرات داده‌های دبی جریان رودخانه‌های

1 - Turkes

2 - Nonparametric

3 - Zhang

4 - Burn and Elnur

5 - Lins and Slack

6 - McCabe and Wolock

7 - De Wit

8 - Kahya and Kalayci

9 - Birsan

10 - Wang

11 - Mann- Kendall

12 - Karla

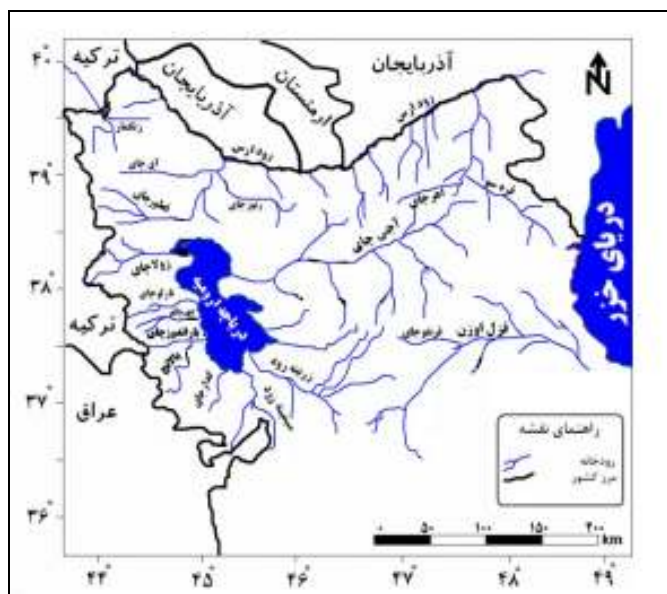
در مقادیر دبی روزانه جریان رودخانه‌ها وجود دارد. بیرسان و همکاران (۲۰۰۸) در نیمه دوم قرن بیستم روند جریان رودخانه‌های ۶۰ حوضه رومانی را در دوره‌های آماری ۳۰، ۴۰ و ۵۰ ساله مورد بررسی قرار داده و به روابطی بین روند جریان رودخانه با تغییرات بارش و درجه حرارت و خصوصیات فیزیکی حوضه نظیر مساحت، ارتفاع و شیب متوسط حوضه، تراکم آبراهه، ضریب شکل حوضه، میانگین عمق خاک و دیگر متغیرها دست یافتند. طبری و همکاران (۲۰۱۱) روند داده‌های ماهانه، فصلی و سالانه حداقل و حداکثر درجه حرارت را برای غرب ایران مورد بررسی قرار دادند که در اکثر ایستگاه‌ها روند افزایشی گزارش گردید. دین پژوه و همکاران (۲۰۱۱) تبخیر و تعرق گیاه مرجع را در غرب کشور مورد بررسی قرار دادند و در اکثر ایستگاه‌ها روند افزایشی را مشاهده کردند. خلیلی و همکاران (۲۰۱۴) روند تغییرات بارش ایران را در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۹۰ با استفاده از آزمون‌های اسپیرمن و من-کندال مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که هر دو آزمون اسپیرمن و من-کندال نتایج یکسان ارائه می‌کنند. خلیلی و همکاران (b ۲۰۱۴)، روند تغییرات دمای ۳۰ ایستگاه سینوپتیک ایران را در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۵۱ مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که ۴۶/۷ درصد ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای روند کاهشی، ۶ درصد ایستگاه‌ها دارای روند افزایشی خفیف و بقیه ایستگاه‌ها تقریباً بدون روند هستند. همچنین آن‌ها

نشان دادند که تفاوتی بین دو آزمون اسپیرمن و من-کندال وجود ندارد. ناظری تهرودی و همکاران (۱۳۹۲) جهت ارزیابی مدل‌های ARIMA و PARMA جهت پیش‌بینی و مدل‌سازی بیشترین سرعت باد ایستگاه سینوپتیک سنندج، از آزمون من-کندال برای بررسی روند داده‌های بیشترین سرعت باد استفاده کردند. با توجه به کاهش عمق روز به روز دریاچه ارومیه، نگرانی‌های متعددی در مورد حیات و بقای دریاچه ارومیه شکل گرفته است. لذت علاوه بر تصمیم‌گیری در مورد راه‌کارهای احیای دوباره دریاچه ارومیه، عوامل موثر در کاهش عمق این دریاچه نیز باید شناسایی و چاره‌اندیشی شود. بررسی حجم دبی، حجم خشکی و دوره بازگشت این حجم، می‌تواند یکی از راه‌کارهای پیشگیرانه و کنترل شونده در جهت جلوگیری از کاهش عمق و حتی راه‌کاری برای احیای این حوضه باشد. لذا بررسی روند حجم خشکی رودخانه‌های این حوضه می‌تواند از اهمیت بالایی برخوردار باشد.

روش‌شناسی تحقیق

منطقه مورد مطالعه

در این مطالعه از داده‌های دبی روزانه (m^3/s) رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه در محدوده استان آذربایجان غربی استفاده گردیده است. در شکل (۱) و جدول (۱) موقعیت و دوره آماری این رودخانه‌ها آورده شده است.



شکل ۱- موقعیت رودخانه‌های حوزه دریاچه ارومیه (ناظری تهرودی و همکاران، ۱۳۹۲ب)

جدول ۱- مشخصات آماری سری زمانی جریان رودخانه‌های حوزه دریاچه ارومیه (منبع: بخش مطالعات سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی)

آذربایجان غربی									موقعیت
زولاچای	سیمینه‌رود	باراندوزچای	نازلوچای	شهرچای	گادارچای	روضه‌چای	مه‌بادچای	زربنه رود	رودخانه
چهریق‌علیا	تازه‌کند	دبج	تپیک	بند ارومیه	نقده	پل ازبک	کوتر	ساری‌قمیش	ایستگاه
۱۳۶۹-۸۹	۱۳۶۹-۸۹	۱۳۶۹-۸۹	۱۳۶۹-۸۹	۱۳۶۹-۸۹	۱۳۶۹-۸۹	۱۳۶۹-۸۹	۱۳۶۹-۸۹	۱۳۶۹-۸۹	دوره آماری
۵/۳۹	۷/۵۵	۷/۸۸	۱۱/۵	۵/۱۵	۱۳/۲	۱/۳۶	۶/۱۷	۴۹/۲۸	متوسط دبی
دبی روزانه (m ³ /s)									مقیاس

انتخاب بیشترین حجم خشکی (منفی‌ترین) پیوسته ۱ تا n روزه، دوام‌های خشکی ۱ تا n روز استخراج می‌گردد. بعد از استخراج مدت دوام‌های خشکی ۱ تا n روزه، سال‌های فاقد داده خشکی، با استفاده از روش رگرسیون یا روش‌های درون‌یابی تصحیح و تکمیل می‌شود (بشارت و همکاران، ۲۰۱۴).

(۱)

$$دبی\ هر\ روز\ سال = \frac{دبی\ هر\ روز\ سال + 55 \times 365 + 54 \times 365}{دبی\ هر\ روز\ سال + 55 \times 365 + 54 \times 365}$$

سال میانگین یکم هر ماه تعداد سال

استخراج مدت دوام‌های خشکی

در این مطالعه، جهت به دست آوردن حجم خشکی رودخانه با استفاده از داده‌های دبی روزانه، از روش سال میانگین استفاده شده است.

مدت دوام‌های خشکی از سری زمانی داده‌های دبی روزانه ایستگاه‌های مورد مطالعه به صورت زیر استخراج می‌گردد که ابتدا سال میانگین برای هر ۳۶۵ روز سال با استفاده از رابطه (۱) که با فرض یکم مهرماه آورده شده است، محاسبه می‌شود. سپس دبی روزانه از مقدار سال میانگین همان روز کم شده و با

آنالیز روند

در این رابطه S ، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (۳)$$

که در آن x_i و x_j داده‌های متوالی،

$$\text{sgn}(q) = \begin{cases} +1, & q > 0 \\ 0, & q = 0 \\ -1, & q < 0 \end{cases}$$

N و $\theta = (x_j - x_i)$

تعداد داده‌های مشاهداتی آماری است.

میانگین آماره S صفر بوده و انحراف معیار S

(σ_S) به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

(۴)

$$\sigma_S = \sqrt{\frac{1}{18} [N(N-1)(2N+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)]}$$

که در آن t_i تعداد داده‌های یکسان در دسته i ام بوده

که داده‌ها در آن تکراری می‌باشد. در شرایطی که

تعداد نمونه از ۱۰ بزرگتر باشد، مقدار متغیر نرمال و

استاندارد Z از رابطه زیر بدست می‌آید (داگلاس^۵ و

همکاران، ۲۰۰۰).

(۵)

$$Z = \begin{cases} (S-1)/\sigma_S & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ (S+1)/\sigma_S & \text{if } S < 0 \end{cases}$$

با توجه به آزمون آماری دوطرفه کای اسکوتر،

اگر $X^2 = \sum_{j=1}^P Z_j^2 - P\bar{Z}^2$ در سطح معنی‌داری

معین α باشد، فرض صفر (H_0) پذیرفته شده و

روند وجود ندارد. مقدار P برای سری ماهانه ۱ تا ۱۲

می‌باشد. مقادیر مثبت S روند صعودی و مقادیر

منفی نیز روند نزولی را نشان می‌دهند. مطالعات نشان

بعد از استخراج حجم خشکی با مدت دوام مورد نظر،

داده‌های استخراج شده از نظر روند تغییرات در طی

دوره آماری با استفاده از آماره من-کندال مورد بررسی

قرار گرفت.

مبنای کلیه روشهای آماری مطرح نمودن دو فرضیه

صفر (H_0) و یک (H_1) است. فرضیه صفر مبتنی بر

عدم وجود روند در سری زمانی است و حکم بر

تصادفی بودن داده‌های سری دارد. متقابلاً پذیرش

فرضیه یک (H_1) به منزله وجود روند معنی داری در

سری داده‌ها بوده که در صورت رد شدن فرضیه صفر

، پذیرفته می‌شود

آزمون من - کندال (MK)

کندال^۱ (۱۹۳۸) متغیر τ را جهت اندازه‌گیری

رابطه همبستگی بین x و y ارائه کرد و من^۲ (۱۹۴۵) با

با استفاده از آزمون کندال یکی از متغیرها را مولفه

زمانی در نظر گرفت تا وجود روند را در سری داده‌ها

مورد آزمون قرار دهد. این آزمون را به صورت MK

نیز نشان می‌دهند. در این آزمون فرض صفر (H_0)

این است که مجموعه مشاهدات

نمونه $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ مستقل از هم بوده و به صورت

تصادفی توزیع شده و در نتیجه روند در بین داده‌ها

وجود ندارد. در حالی که فرض مخالف (H_1) بیانگر

وجود روند در داده‌ها می‌باشد (یو^۳ و همکاران،

۱۹۹۳). آزمون آماری MK به صورت زیر است:

$$\tau = 2S/[N(N-1)] \quad (۲)$$

1 -Kendall

2 -Mann

3 -Yu

4 - Tie

5 - Douglas

غیرپارامتری است. فرض صفر این آزمون، یکنواختی توزیع و مستقل بودن داده‌ها در سری زمانی است و فرض مقابل آن روند افزایشی یا کاهش‌ی داده‌ها در سری زمانی است. مقدار آماره t با مقدار بحرانی حاصله از جدول که با لحاظ نمودن درجه آزادی $n-2$ و سطح معنی‌داری ۵ درصد به دست آمده، مقایسه می‌گردد.

$$p = 1 - \frac{1 - 6\hat{a} (tu_i - u_i)^2}{(nu^3 - nu)} \quad (9)$$

که در آن، p : ضریب همبستگی اسپیرمن، tu_i : رتبه‌آمین داده مشاهداتی u_i ، nu : تعداد داده‌های آموزشی و $\hat{a} (tu_i - u_i)^2$: مجموع مجذور تفاوت دو رتبه می‌باشد. p دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس $V(p) = \frac{1}{(nu - 1)}$ می‌باشد. آماره اسپیرمن به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Z_s = \frac{p}{\sqrt{V(p)}} \quad (10)$$

Z_s دارای توزیع نرمال می‌باشد. با توجه به سطح معنی‌داری ۹۵ درصد، اگر $|Z_s| > 1/96$ باشد، فرض صفر رد شده و سری زمانی پارامتر مورد مطالعه دارای روند معنی‌دار است (یو و همکاران، ۲۰۰۲).

بحث اصلی

داده‌های خشکی‌های رودخانه‌ها با استفاده از روش میانگین و داده‌های روزانه دبی منطقه مورد مطالعه استخراج و تا مدت دوام ۶۰ روزه تصحیح و تکمیل شد. برای نمونه، نتایج حاصل از محاسبه حجم خشکی دو رودخانه شهرچای و زربینه رود به شرح شکل‌های زیر است.

داده که وجود همبستگی متوالی^۱ در سری زمانی سبب تغییر واریانس S در آزمون من - کندال و افزایش امکان عدم روند خواهد بود (ون استورچ^۲، ۱۹۹۵). همچنین این روش برای سری داده‌هایی که در آنها خاصیت تناوب یا فصلی^۳ وجود ندارد مناسب است و برای داده‌هایی نظیر دبی ماهانه جریان و مقیاس زمانی کوچکتر که در آنها تناوب وجود دارد، می‌توان از روش کندال فصلی استفاده کرد (هیرش^۴ و همکاران، ۱۹۸۲ و هیرش و اسلک^۵، ۱۹۸۴).

مولفه روند با استفاده از آزمون نقاط چرخش

$$E(p) = \frac{2(N-2)}{3} \quad (6)$$

$$Var(p) = \frac{16N-29}{90} \quad (7)$$

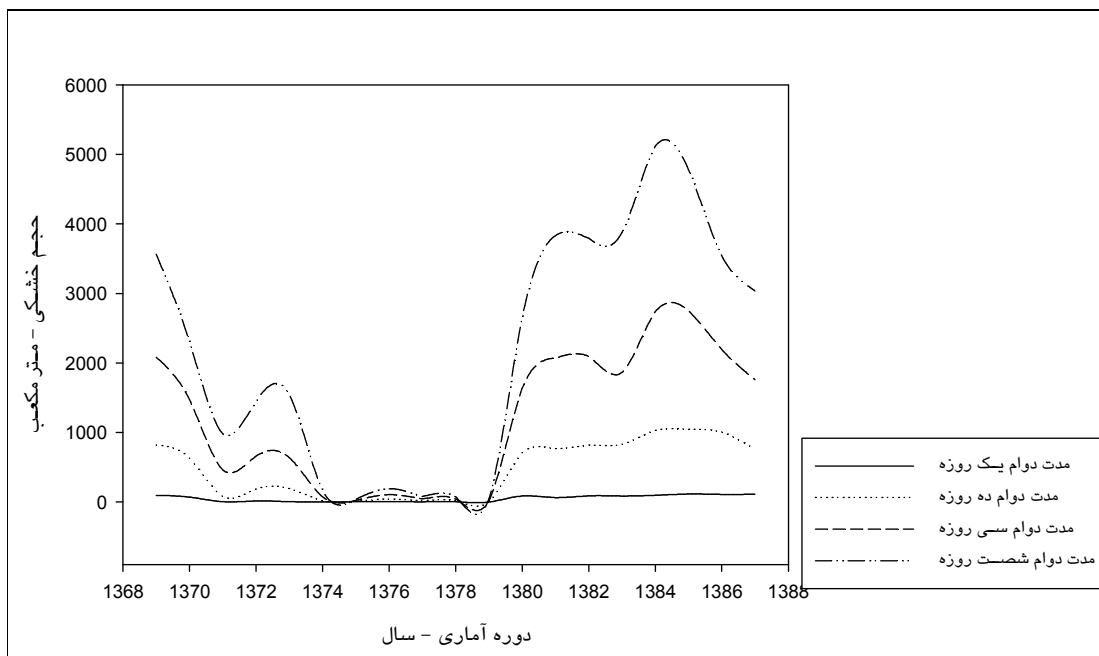
$$z = \frac{[P-E(p)]}{[Var(p)]^{0.5}} \quad (8)$$

که در این معادلات P تعداد نقاط چرخش و $Var(p)$ واریانس P است. نقطه چرخش به حالتی گفته می‌شود که هر عدد هم از عدد ماقبل و هم از عدد ما بعد خود بزرگتر باشد و یا آنکه هر عدد هم از عدد ماقبل خود و هم از عدد مابعد خود کوچکتر باشد. مقدار z را در سطح معنی‌دار ۵ درصد آزمایش می‌کنیم و چنان چه بین $-1/96$ و $+1/96$ باشد، داده‌ها فاقد روند می‌باشند (صفوی، ۱۳۸۸).

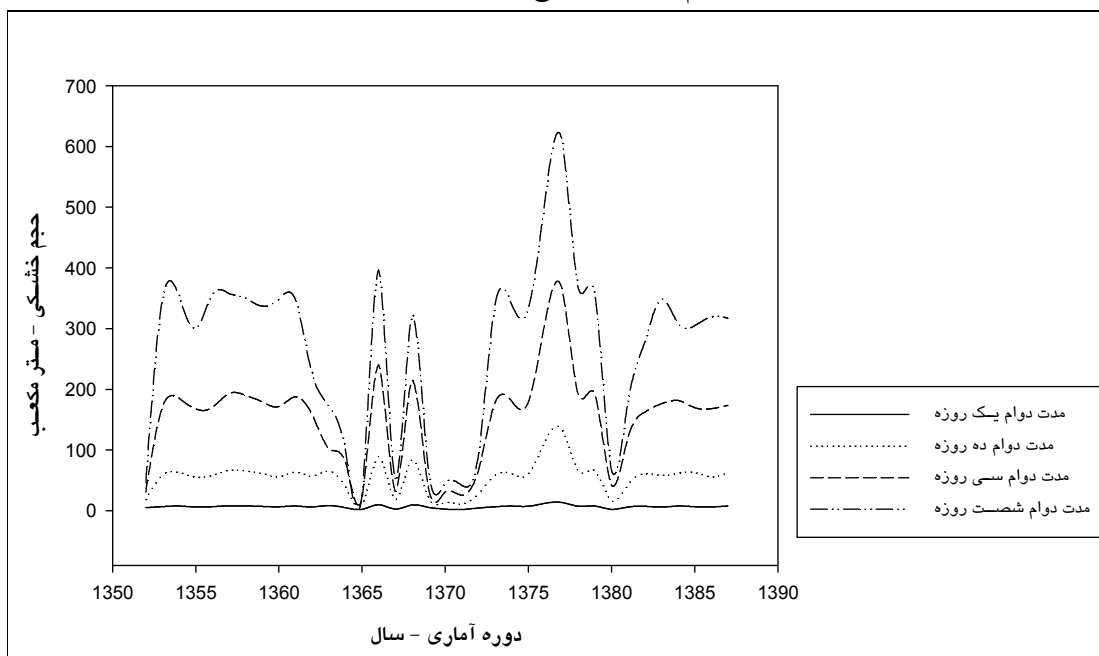
آزمون اسپیرمن^۶

آزمون اسپیرمن در اوایل دهه ۱۹۰۰ میلادی توسط چارلز اسپیرمن توسعه داده شد (یو و همکاران، ۲۰۰۲). آزمون اسپیرمن مشابه من کندال یک آزمون

-
- 1 - Serial correlation
 - 2 - Von Storch
 - 3 - Seasonality
 - 4 - Hirsch
 - 5 - Hirsch and Slack
 - 6 - Spearman



شکل ۲- حجم خشکی استخراج شده رودخانه زیرینه رود



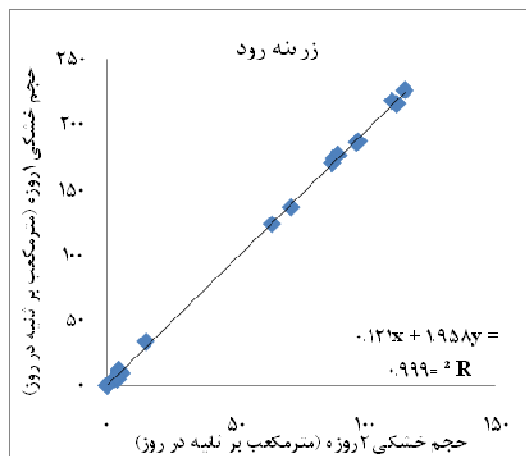
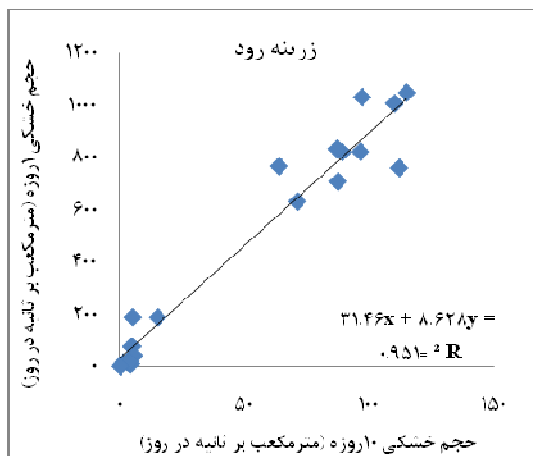
شکل ۳- حجم خشکی استخراج شده رودخانه شهرچای

می‌توان روند یکی از مدت دوام‌ها را بررسی کرد و به سایر مدت دوام‌ها، این روند را تعمیم داد. همچنین این موضوع را می‌توان با استفاده از آزمون PCA و یا محاسبه همبستگی بین مدت دوام‌های مختلف، بررسی

همان‌طور که از شکل‌های (۲) و (۳) مشخص است حجم خشکی‌های مورد نظر در طول مدت دوام‌های متفاوت، دارای تناوب خاصی است و تقریباً الگویی مشخص در تمام مدت دوام‌ها رعایت شده است. لذا

رودخانه زرینه رود آورده شده است.

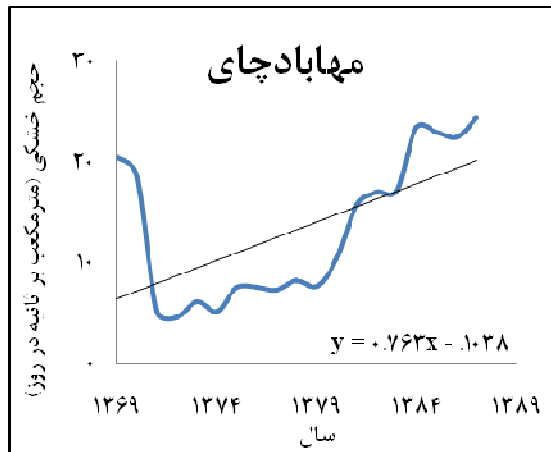
کرد. در زیر نمودار همبستگی داده‌های حجم خشکی یک روزه با مدت دوام دو روزه و ده روزه برای



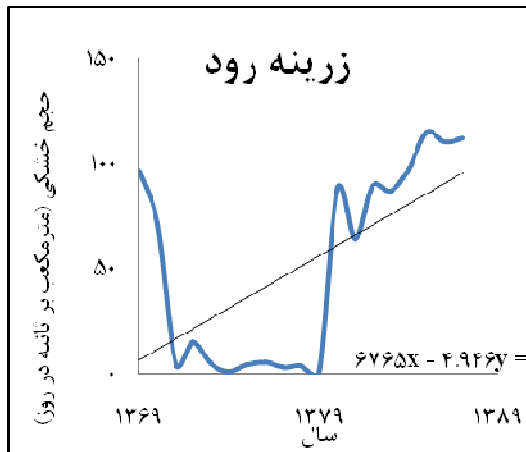
شکل ۴- نتایج بررسی همبستگی مدت دوام‌های حجم خشکی رودخانه زرینه رود

حوضه دریاچه ارومیه به شرح شکل‌های ۵ تا ۱۳ است.

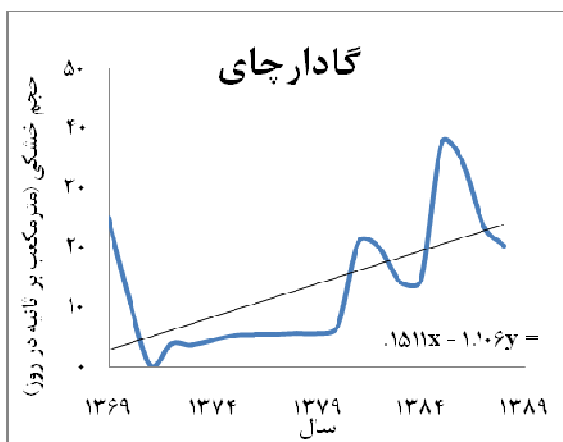
نمودارهای مدت دوام حجم خشکی یک روزه استخراج شده از داده‌های دبی روزانه رودخانه‌های



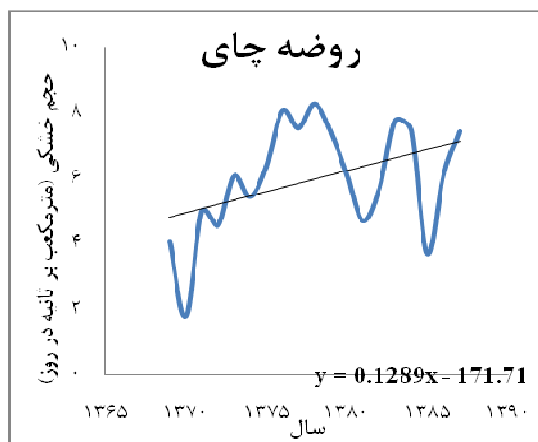
شکل ۶- حجم خشکی یک روزه رودخانه مهاباد چای



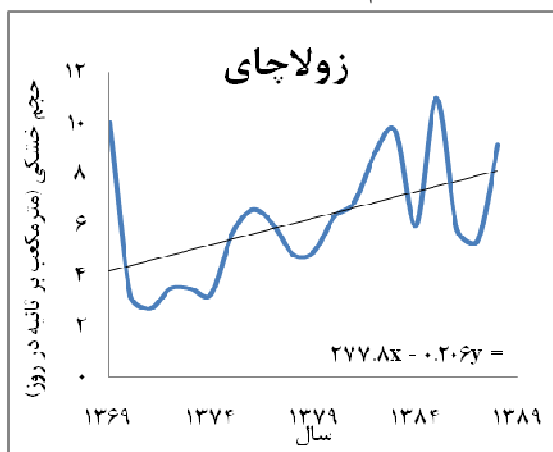
شکل ۵- حجم خشکی یک روزه رودخانه زرینه رود



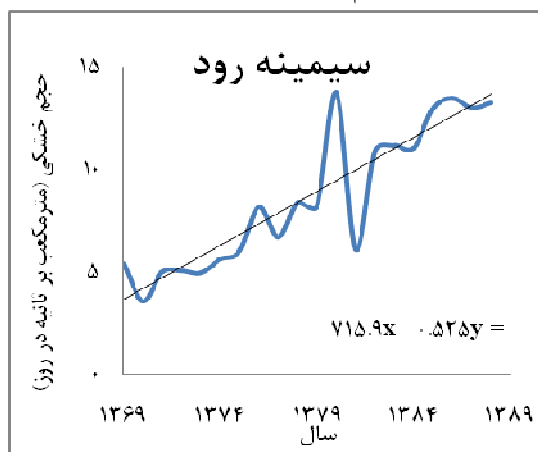
شکل ۸- حجم خشکی یک روزه رودخانه گادارچای



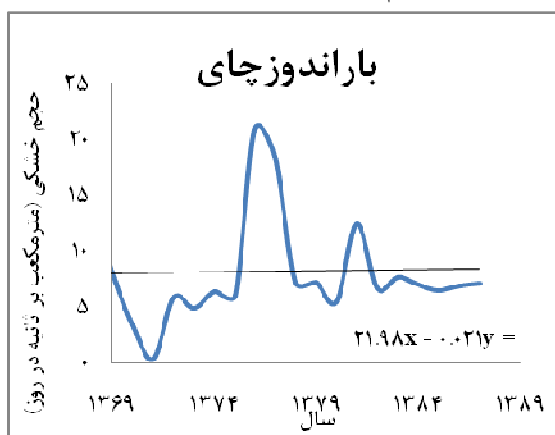
شکل ۷- حجم خشکی یک روزه رودخانه روضهچای



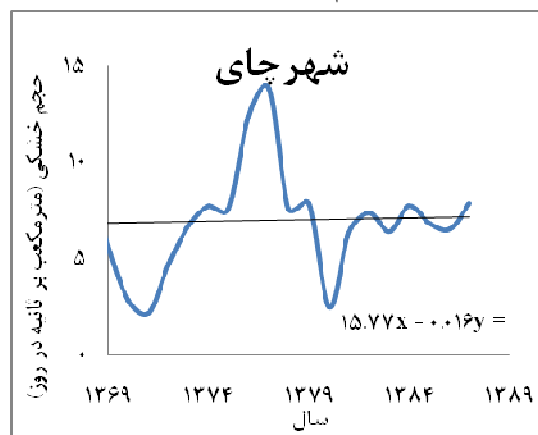
شکل ۱۰- حجم خشکی یک روزه رودخانه زولاچای



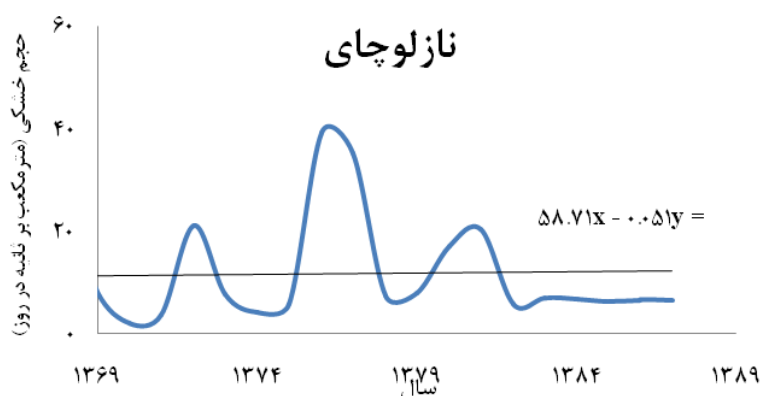
شکل ۹- حجم خشکی یک روزه رودخانه سیمینه رود



شکل ۱۲- حجم خشکی یک روزه رودخانه باراندوزچای



شکل ۱۱- حجم خشکی یک روزه رودخانه شهرچای



شکل ۱۳- حجم خشکی یک روزه رودخانه نازلوچای

بعد از انتخاب مدت دوام یک روزه حجم خشکی به عنوان مدت دوام نماینده سایر مدت دوام‌ها، روند این ارومیه مورد بررسی قرار گرفت. فرض صفر محاسبات مدت دوام با استفاده از آزمون‌های من-کندال و نقاط چرخش، برای تمام رودخانه‌های حوضه دریاچه

عدم وجود روند در سطح معنی دار است.

جدول ۲- نتایج آزمون من-کندال

رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه (آذربایجان غربی)					
فرض H0	Equation	Statistics value	p-value	correlation coefficient	رودخانه
قبول	$Y = -7558.7 + 5.532X$	۲/۰۹۹۱۳۴۲۹	۰/۰۳۵۸	۰/۳۵۷	زربینه رود
رد	$Y = -1502.1 + 1.098X$	۳/۹۸۰۲۷	۶/۹۵۲۶۹	۰/۵۷۹	مه‌بادچای
رد	$Y = 126.86 - 0.890E-01X$	۳/۰۲۵۶۶	۰/۰۰۲۴	۰/۱۲۳	روضه‌چای
رد	$Y = -1058.7 + 0.7750 X$	۳/۶۲۵۶۴۷	۰/۰۰۰۲۹	۰/۴۷۴	گادارچای
قبول	$Y = 2.3076 + 0.333E-02X$	۰/۱۷۷۰۷۱	۰/۸۵۹۴	۰/۰۲۲	شهرچای
قبول	$Y = 5.4195 + 0.2073E-01X$	۰/۴۰۸۶۲۶	۰/۶۸۲۸۳۱	۰/۰۴۹	نازلوچای
قبول	$Y = 4.4871 + 0.305E-01X$	۲/۱۳۲۵۷۸	۰/۰۳۲۹۷	۰/۱۱۰	باراندوزچای
رد	$Y = -730.67 + 0.5360 X$	۳/۸۵۲۷۷	۰/۰۰۴۳	۰/۷۵۸	سیمینه رود
رد	$Y = -321.51 + 0.2375 X$	۳/۵۳۰۶۵	۰/۰۱۱۴۰	۰/۴۱۶	زولاچای

جدول ۲- نتایج نقاط چرخش

رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه (آذربایجان غربی)					
فرض H0	Z	P	Var(P)	E(P)	رودخانه
قبول	۰/۹۵۳۴	۱۳	۳/۰۵۵۵۶	۱۱/۳۳۳۳	زرینه رود
قبول	-۰/۷۶۲۷۷	۱۰	۳/۰۵۵۵۶	۱۱/۳۳۳۳	مهابادچای
قبول	۰/۳۸۱۳۸	۱۲	۳/۰۵۵۵۶	۱۱/۳۳۳۳	روضه‌چای
رد	-۳/۳۳۶۶۷	۶	۳/۲۳۳۳	۱۲	گادارچای
قبول	۰/۵۵۶۱۲	۱۳	۳/۲۳۳۳	۱۲	شهرچای
قبول	-۱/۶۶۸۳۸	۹	۳/۲۳۳۳	۱۲	نازلوچای
قبول	-۰/۶۷۶۰۵	۲۱	۶/۰۷۷۷۸	۲۲/۶۶۶۷	باراندوزچای
قبول	۰/۱۳۵۲۰۹	۲۳	۶/۰۷۷۷۸	۲۲/۶۶۶۷	سیمینه رود
قبول	-۱/۰۸۱۶۷	۲۰	۶/۰۷۷۷۸	۲۲/۶۶۶۷	زولاچای

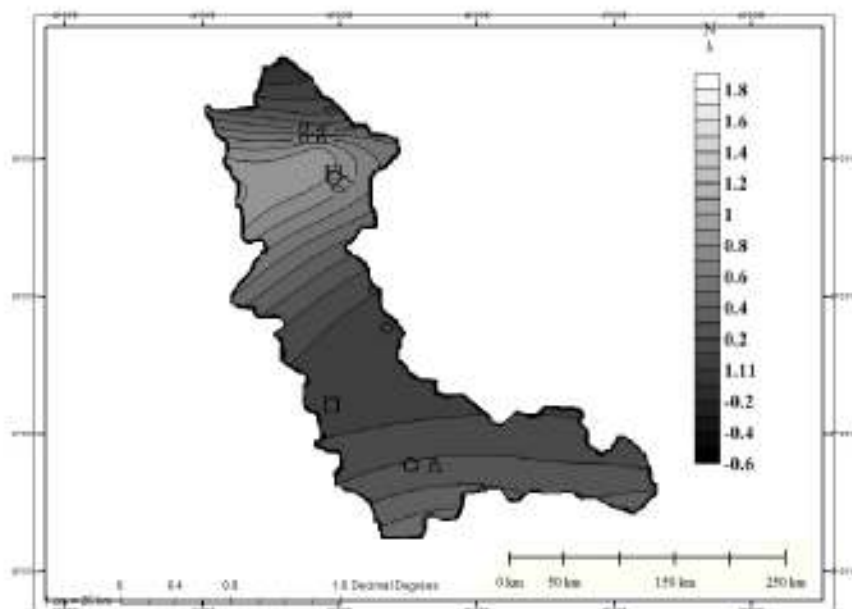
چرخش مشاهده شد. جهت بررسی و مقایسه دقیق‌تر روند داده‌های مذکور، از روش اسپیرمن استفاده شد. نتایج بررسی روند داده‌ها به مذکور به روش اسپیرمن به شرح جدول ۳ ارائه گردید.

بعد از بررسی روند حجم خشکی رودخانه‌های منتهی به دریاچه ارومیه واقع در استان آذربایجان غربی با استفاده از دو روش من-کندال و نقاط چرخش، دوگانگی نتایج در دو روش من-کندال و نقاط

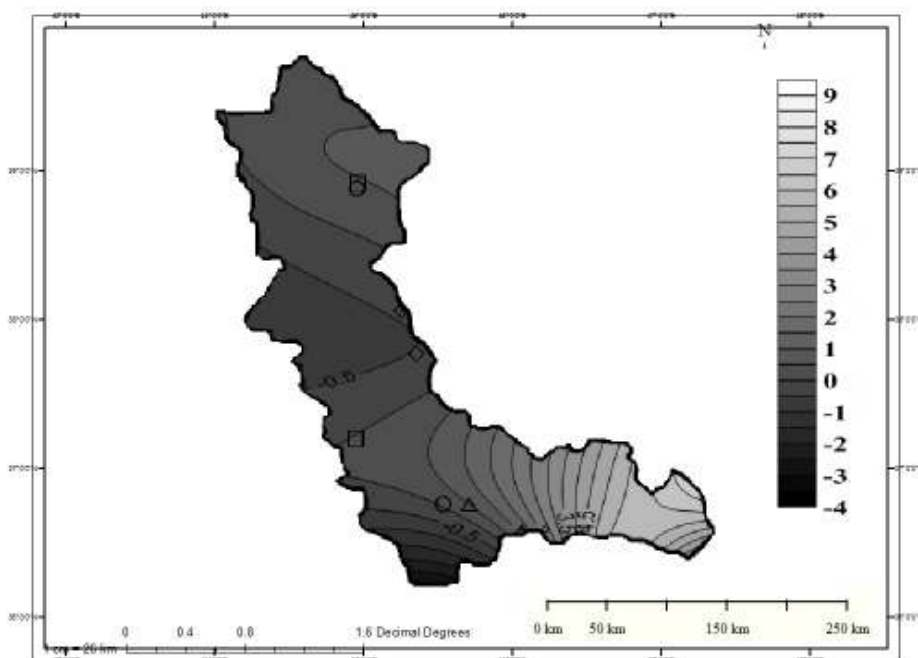
جدول ۳- نتایج آزمون اسپیرمن

رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه (آذربایجان غربی)				
فرض H0	Z	tu	Tr	رودخانه
رد	۲/۰۶۲	۲/۰۹۹	۰/۵۳۳	زرینه رود
رد	۳/۶۸۷	۳/۳۷۴	۰/۶۳۳	مهابادچای
قبول	۳/۰۶۰	۳/۰۶۷	۰/۳۷۷	روضه‌چای
رد	۳/۵۳۲	۳/۵۳۲	۰/۶۴۰	گادارچای
قبول	۰/۱۹۴	۰/۱۴۹	۰/۰۰۸	شهرچای
قبول	۰/۴۶۷	۰/۴۶۲	۰/۰۷۹	نازلوچای
قبول	۲/۰۶۳	۲/۰۶۱	۰/۱۷۹	باراندوزچای
رد	۳/۹۰۱	۸/۵۷۲	۰/۸۹۶	سیمینه رود
قبول	۳/۴۵۴	۳/۴۵۴	۰/۵۰۰	زولاچای

با استفاده از نتایج حاصل از آزمون من-کندال، شیب و ضریب روند برای کل منطقه مورد مطالعه پهنه‌بندی و به صورت شکل‌های ۱۴ و ۱۵ ارائه شد.



شکل ۱۴- پهنه‌بندی ضرایب روند آزمون من-کندال



شکل ۱۵- پهنه‌بندی شیب ضریب معادله روند

نتیجه‌گیری

هدف از آزمون روند این است که وجود و یا عدم وجود سیر صعودی یا نزولی در سری داده‌ها بررسی گردد (وانگ و همکاران ۲۰۰۵). روش‌های پارامتری نسبت به روش‌های غیرپارامتری توان بیشتری در آزمون روند دارند ولی با توجه به این که در روش‌های پارامتری فرضیاتی نظیر نرمال بودن، ایستایی و مستقل بودن داده‌ها از هم وجود داشته و ممکن است این فرضیات برای متغیرهای هیدرولوژیکی درست نباشد، از روش غیرپارامتری من-کندال (MK) که کاربرد بیشتری در مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی نیز داشته و نیازی به مفروضات مذکور ندارد، استفاده شده است (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۱). در ضمن روش‌های غیرپارامتری جهت بررسی روند از روش‌های پارامتری حساسیت کمتری نسبت به مقادیر پرت دارند. همچنین آزمون غیرپارامتری را می‌توان برای سری زمانی بدون در نظر گرفتن خطی یا غیرخطی بودن روند، به کار برد. فرض اساسی در روش MK عدم معنی داری ضریب خودهمبستگی در بین داده‌هاست (وانگ و همکاران، ۲۰۰۵).

نتایج استخراج حجم خشکی رودخانه‌های حوضه دریچه ارومیه نشان از یکسان بودن الگوی تغییرات حجم خشکی در مدت دوام‌های مختلف داشت. به طوری که همبستگی بالایی بین داده‌های مدت دوام-های مختلف بدست آمد. از این رو بررسی روند در

یکی از مدت‌دوام‌ها جهت تعمیم به سایر مدت دوام‌ها کافی است. مدت دوام یک روزه جهت بررسی روند به عنوان نماینده سایر مدت دوام‌ها انتخاب شد. نتایج حاصل از بررسی روند با استفاده از آزمون نقاط چرخش، نشان داد که بیشتر رودخانه‌های حوضه دریچه ارومیه دارای حجم خشکی یک روزه بدون روند می‌باشند که این موضوع با توجه به نمودارهای حجم خشکی یک روزه رودخانه‌های منتهی به دریچه ارومیه در مقابل در مقابل دوره آماری، رد می‌شود و می‌توان این نمودارها را به عنوان مثال نقض در مورد آزمون نقاط چرخش در نظر گرفت. در مقابل نتایج آزمون من-کندال روند افزایشی غیر معنی‌دار در داده-های حجم خشکی رودخانه‌های مهابادچای، روضه-چای، گادارچای، سیمینه رود، زولاچای و روضه‌چای و روند افزایشی معنی‌دار در داده‌های حجم خشکی رودخانه‌های زرینه‌رود، باراندوزچای، شهرچای و نازلوچای گزارش کرد. در این روش، هیچ روند کاهشی گزارش نشد. نمودارهای حجم خشکی رودخانه‌ها نیز روند افزایش را نشان می‌دهند. همچنین با توجه به شکل‌های ۵ تا ۱۳ و شیب خط روند در این شکل‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که آزمون من-کندال نتایج واقعی تری نسبت به آزمون نقاط چرخش ارائه می‌کند. با توجه به نتایج نمودار داده‌های حجم خشکی رودخانه‌ها، آزمون من-کندال و نقاط چرخش، می‌توان نتیجه گرفت که روش نقاط چرخش، روش مناسبی برای بررسی روند داده‌های

باد. همایش ملی پژوهش‌های کاربردی در علوم و مهندسی.

ناظری تهرودی، م. عباس‌زاده افشار، م. ناظری تهرودی، ز. خلیلی، ک. b ۱۳۹۲. مقایسه روش‌های زمین آمار در درون‌یابی سطح ایستابی (مطالعه موردی: حوضه دریاچه ارومیه). پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.

Besharat, S, Khalili, K. Nazeri Tahrudi, M. 2014. Evaluation of SAM and Moments methods for estimation of log Pearson type III parameters (Case Study: daily flow of rivers in Lake Urmia basin). Journal of Applied Environmental and Biological Sciences. ISSN (Online): 2090-4215. 4(1s)24-32, 2014.

Birsan, M. Molnar, P. Burlando, P. and Pfaundler, M. 2004. Streamflow trends in Switzerland. Geophysical Research Abstracts, 6: 05810.

Birsan, M. Zaharia, L. Branescu, E.0020Chendes, V. 2008. Trends in Romanian Stream flow over the second half of the 20th Century. Geophysical Research Abstracts, 10: EGU 2008 – A – 10880: 1607 – 7962.

Burn, D.H. and Hag Elnur, M.A. 2002. Detection of Hydrologic trends and variability, Journal of Hydrology, 255: 107-122.

De Wit, M.J.M. 2001. Effect of climate change on the hydrology of the river Meuse. report 104, Wageningen University Environmental Sciences, Netherlands.

Dinpashoh, Y., Jhajharia, D., Fakheri-Fard, A., Singh, V. P. and E. Kahya. 2011. Trends in reference crop

حجم خشکی رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه نیست. جهت بررسی دقیق‌تر و نتیجه‌گیری بهتر، آزمون اسپیرمن نیز به لیست روش‌های بررسی روند اضافه گردید. آزمون اسپیرمن نیز نتایج آزمون نقاط چرخش را رد کرد. نتایج دو روش من-کندال و اسپیرمن بسیار مشابه بود و روند یکسان ارائه کرد.

با استناد به شکل‌های ۵ تا ۱۳ و با استفاده از نتایج آزمون‌ها من-کندال و اسپیرمن، روند افزایشی خفیف در داده‌های حجم خشکی رودخانه‌های زربینه رود، شهرچای، نازلوچای و باراندوزچای حوضه دریاچه ارومیه مشاهده شد که می‌توان داده‌های حجم خشکی این رودخانه‌ها را تقریباً بدون روند در نظر گرفت. در رودخانه‌های زولاچای، سیمینه رود، گادارچای، روضه‌چای و مهابادچای روند افزایشی در داده‌های حجم خشکی قابل رویت بود. همچنین نتایج نشان دهنده روند افزایشی داده‌های مذکور در شمال غرب دریاچه بود که این موضوع نشان‌دهنده روند کاهشی در داده‌های دبی روزانه این منطقه است.

منابع

سغوی، ح. ۱۳۸۸. هیدرولوژی مهندسی، انتشارات ارکان دانش. ویرایش دوم.

ناظری تهرودی، م. خلیلی، ک. ناظری تهرودی، ز. شهنازی، م. ۱۳۹۲. ارزیابی مدل‌های ARIMA و PARMA جهت مدل‌سازی و پیش‌بینی سرعت

- Lettenmaier, D.P., Wood, A.W., Palmer, R.N., Wood, E.F. and Stakhiv, E.Z. 1999. Water resources implications of global warming, A U.S. regional perspective, *Clim. Change*, 43: 537-579.
- Lins, H.F. and Slack, J.R. 1999. Streamflow trends in United States, *Geophysical Research Letters*, 26(2): 227-230.
- Mann, H.B. 1945. Nonparametric test against trend, *Econometrica* 13: 245-259.
- McCabe, G.J. and Wolock, D.M., 2002. A Step increase in Streamflow in the conterminous United States, *Geophysical Research Letters*, 29 (24): 2185.
- Tabari, H. and P. Hosseinzadeh-Talaei. 2011. Recent trends of mean maximum and minimum air temperatures in the western half of Iran. *Journal of Meteorological Atmosphere Physics*, 111: 121-131.
- Turkes, M, UtKu, M.S. and Kolic, G. 1995. Variations and trends in annual mean air temperature in Turkey with respect to climatic variability, *International Journal of Climatology*, 15: 557-569.
- Turkes, M. 1996. Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey, *International Journal of Climatology*, 16: 1057-1076.
- Van Belle, G. and Hughes, J.P. 1984. Nonparametric tests for trend in water quality, *Water Resources Research*, 20(1): 127-136.
- Von Storch, H., 1995. Misuses of Statistical analysis in climate research, In: *Analysis of climate variability: Applications of statistical techniques, evapotranspiration over Iran. Journal of Hydrology*, 399: 422-433.
- Douglas, E.M., Vogel, R.M., Kroll, C.N. 2000. Trends in floods and low flow in the United States: impact of spatial correlation. *Journal of Hydrology*, 240: 90-105.
- Hirsch, R.M. and Slack, J.R. 1984. A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resources Research*, 20(6): 727-732.
- Hirsch, R.M., Slack, J.R. and Smith, R.A. 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data, *Water Resources Research*, 18(1): 107-121.
- Kahya, E. and Kalayci, S. 2004. Trend analysis of streamflow in Turkey, *Journal of Hydrology*, 289: 128-144.
- Karla, A., Piechota, T.C., Davies, R. and Tootle, G.A. 2008. Changes in U.S. Streamflow and Western U.S. Snowpack, *Journal of Hydrologic Engineering ASCE*, 13:156-163.
- Kendall, M.G. 1938. A new measure of rank correlation, *Biometrika* 36: 81-93.
- Khalili, K. Esfandiary, S. Khanmohammadi, N. Nazeri Tahrudi, M. Half-Century Air Temperature Trends in Iran, 2014b. *Journal of Middle East Applied Science and Technology (JMEAST)*. ISSN (Online): 2305-0225. Issue 8(4), May 2014, pp. 208-213.
- Khalili, K. Nazeri Tahrudi, M. Khanmohammadi, N. Trend Analysis of Precipitation in Recent two Decades over Iran. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*. ISSN (Online): 2090-4215. 4(1s)5-10, 2014.

- in 20th century, IWA International Conference on Water Economics, Statistics and Finance, Rethymno, Greece.
- Yu, Y.S., Zou, S., Whittemore, D. 1993. Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas. *Journal of Hydrology*, 150: 61-80.
- Yue, S., Pilon, P., and Cavadias G., "Power of the Mann-Kendall and Spearman's tests for detecting monotonic trends in hydrological series", *Journal of hydrology*, 259, pp.254-271, 2002.
- Zhang, X., Harvey, K.D., Hogg, W.D. and Yuzyk, R., 2001. Trends in Canadian Streamflow. *Water Resources Research*, 37 (4): 987-998.
- (Storch HV and Navarra a Eds), Springer Verlag, New York, pp. 11-26.
- Wang W., Van Gelder P. H. A. J. M., Vrijling J. K., and Ma J. 2005b. Testing and modelling autoregressive conditional heteroskedasticity of streamflow processes. *Nonlinear. Processes Geophys.*, 12, 55-66, doi:10.5194/npg-12-55.
- Wang, C.T., Gupta. V.K. and Waymire, E., 1981. A geomorphologic synthesis of nonlinearity in surface runoff. *Water Resour. Res.*, 19 (3):545-554.
- Wang, W., Van Gelder P.H.A.J.M. and Vrijling, J.K. 2005. Trend and stationary analysis for streamflow processes of rivers in Western Europe