

تحلیل روند تغییرات آبدهی رودخانه‌های استان همدان

علی اکبر مجیدی^{۱*}، مهدی رادفر^۲، رسول میرعباسی نجف‌آبادی^۳ و صفر معروفی^۴

چکیده

تحلیل و بررسی روند تغییرات دبی رودخانه‌ها در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب بسیار حائز اهمیت است. در این پژوهش، روند تغییرات دبی آب رودخانه‌های استان همدان در سه مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه با استفاده از آزمون ناپارامتری، آزمون من‌کندال پس از حذف اثر کلیه ضرایب خودهمبستگی بررسی شد. بدین منظور، داده‌های دبی ماهانه ۱۷ ایستگاه هیدرومتری در دوره آماره یکسان (۹۲-۱۳۶۳) در نظر گرفته شد. برای بررسی شیب خط روند از برآوردگر شیب Sen استفاده شد. همچنین با استفاده از آزمون پتیت سال وقوع تغییر ناگهانی در سری‌های زمانی دبی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که در مقیاس سالانه، تمامی ایستگاه‌ها روند منفی داشته که نیمی از آنها در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار و شدیدترین روند منفی معنی‌دار متعلق به ایستگاه بوجین با آماره $Z = -3/28$ بود. بیشترین شیب منفی خط روند در مقیاس سالانه متعلق به ایستگاه آران معادل $0/36$ مترمکعب بر ثانیه در سال بود. در مقیاس ماهانه بیشترین تعداد ایستگاه با روند منفی معنی‌دار (در سطح ۱۰ درصد) متعلق به ماه فروردین بود. در حالت کلی روند تغییرات رواناب غالب رودخانه‌های استان در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد نزولی بودند. نتایج آزمون پتیت نشان داد که در اکثر ایستگاه‌ها و بین سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۷۸ تغییر ناگهانی در روند رواناب سالانه رخ داده است.

واژه‌های کلیدی: آزمون پتیت، استان همدان، برآوردگر شیب Sen، دبی جریان، روند، من - کندال.

ارجاع: علی اکبر مجیدی ع.ا. رادفر م.، میرعباسی نجف‌آبادی ر. و معروفی ص. ۱۳۹۷. تحلیل روند تغییرات آبدهی رودخانه‌های استان همدان. مجله پژوهش آب ایران. ۳۰: ۲۷-۳۸.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۴- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان.

* نویسنده مسئول: majidialikbar@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۲۴

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، خشکسالی و کاهش منابع آبی با تغییرپذیری اقلیم تشدید می‌شود. در سال‌های اخیر، تأثیر توأمان تغییر اقلیم و عوامل اقتصادی-اجتماعی باعث تشدید فرآیندهای بیابان‌زایی از دیدگاه منابع آب شده است که نمونه بارز آن در خشکی تالاب‌ها و دریاچه‌های کشور مشهود است. تغییرات اقلیمی در عصر حاضر یکی از چالش‌های مهم زیست‌محیطی است. درک ما از تأثیرات بشر روی محیط، به ویژه آن‌هایی که در ارتباط با گرم شدن ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای هستند، نشان می‌دهد که تعدادی از پارامترها به احتمال زیاد در حال تغییر هستند. بر اساس گزارش‌های علمی، متوسط دمای هوای سطح زمین طی قرن بیستم در حدود ۰/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است (طبری و همکاران، ۲۰۱۱). افزایش دمای هوا می‌تواند منجر به تغییرات در روند برخی از مؤلفه‌های چرخه هیدرولوژی از جمله بارش و در نتیجه جریان آبراه‌های در نقاط مختلف جهان شود (میرعباسی و دین‌پژوه، ۱۳۸۹). به همین دلیل در دهه‌های اخیر مطالعات زیادی در رابطه با روند تغییرات متغیرهای مختلف هواشناسی و هیدرولوژیکی انجام شده است (احمدی و رادمنش، ۱۳۹۳؛ موندال و همکاران، ۲۰۱۴ و صادقی و حذباوی، ۲۰۱۵). برای بررسی وجود روند در سری‌های هیدرولوژیکی اغلب از روش‌های ناپارامتری^۱ استفاده می‌شود. آزمون‌های ناپارامتری^۲ برای سری داده‌هایی که توزیع آماری آن‌ها نرمال نیست یا دارای داده‌های بریده شده باشند، مناسب‌تر هستند (میرعباسی و دین‌پژوه، ۱۳۹۱). هرش و همکاران (۱۹۸۴) دلایل استفاده از آزمون‌های ناپارامتری را در مطالعات مربوط به روند به طور مبسوط شرح داده‌اند. شرط استفاده از این آزمون‌ها، عدم وجود ضریب خودهمبستگی معنی‌دار در سری زمانی داده‌ها می‌باشد. اثر وجود خودهمبستگی را در تحلیل روند با روش‌های ناپارامتری حامد و رائو (۱۹۹۸) ارزیابی کردند. آن‌ها روابط تئوری برای حذف اثر خودهمبستگی معنی‌دار را ارائه و از روش پیشنهادی برای بررسی روند داده‌های بارش و جریان استفاده کردند. نتایج نشان داد که در تحلیل روند، استفاده از آزمون من-

کندال^۳ (MK) با حذف اثر خودهمبستگی نسبت به آزمون من- کندال کلاسیک نه تنها از دقت بیشتری برخوردار است، بلکه از توان آزمون نیز کاسته نمی‌شود. روند جریان آب رودخانه‌ها به طور گسترده‌ای در نقاط مختلف دنیا برای مطالعه روندهای هیدرولوژیک بلندمدت و آثار احتمالی تغییر اقلیم بر منابع آب بررسی شده‌است. فرخ‌نیا و مرید (۱۳۹۳) با استفاده از آزمون من- کندال روند تغییرات جریان رودخانه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه را بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که تغییرات دما و بارش تأثیر مستقیمی بر تغییرات معنی‌دار جریان و رودخانه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه داشته است، به طوری که در نظر گرفتن تغییرات این مؤلفه‌ها، می‌تواند منجر به نتایج کاملاً متفاوتی در تشخیص وجود و معنی‌داری روند در دبی شود. نساجی زواره و همکاران (۱۳۹۳) روند تغییرات آبدهی رودخانه کسلیان واقع در استان مازندران را با استفاده از آزمون من- کندال بررسی کردند. نتایج این پژوهش‌گران نشان‌دهنده وجود روند کاهشی در جریان رودخانه کسلیان بوده و زمان آغاز تغییرات آبدهی این رودخانه در سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۴ رخ داده است. مریانجی و همکاران (۱۳۸۷) روند تغییرات رودخانه یلفان در استان همدان و همچنین پارامترهای دما و بارش را در یک بازه آماری سی ساله مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که داده‌های دما در مقیاس سالانه دارای روند افزایشی معنی‌داری بوده است؛ در حالیکه در داده‌های بارش و دبی این ایستگاه روند معنی‌داری مشاهده نشد. عبقری و همکاران (۲۰۱۳) روند تغییرات آبدهی رودخانه‌های غرب کشور را با استفاده از آزمون من- کندال بررسی کردند. نتایج نشان داد که در اغلب ایستگاه‌ها روند کاهشی مشاهده شده و ماه‌های اکتبر و نوامبر با کاهش آبدهی روبه‌رو بودند. بیرسان و همکاران (۲۰۱۴) نیز از آزمون من- کندال به منظور مطالعه روند تغییرات جریان رودخانه‌های کشور رومانی استفاده کردند. ژانگ و همکاران (۲۰۱۵) آزمون من- کندال را در بررسی روند تغییرات جریان حوضه آبریز رودخانه هی^۴ چین به کار برده و کاهش آورد رودخانه‌های حوزه را با تغییرات متغیرهای هواشناسی (بارش و دما) و عوامل انسانی مرتبط دانستند. مطالعات مشابهی در نقاط مختلف جهان در این

3- Mann Kendall
4- The Heihe River Basin

1- Non parametric methods
2- Non parametric tests

methods) تحلیل روند، فرضیاتی نظیر نرمال بودن، ایستایی و مستقل بودن متغیرها وجود داشته و این فرضیات اغلب برای متغیرهای هیدرولوژیکی اعتبار ندارد، معمولاً از روش‌های ناپارامتری استفاده می‌شود. روش‌های ناپارامتری برای بررسی روند نسبت به روش‌های پارامتری حساسیت کمتری به مقادیر حدی دارند. همچنین آزمون‌های ناپارامتری را می‌توان برای سری‌زمانی داده‌ها، بدون در نظر گرفتن خطی یا غیرخطی بودن روند به کار برد (خلیلی و همکاران، ۱۳۹۱). از معروف‌ترین آزمون‌های ناپارامتری روند، آزمون من- کندال (من)، ۱۹۴۵ و کندال، ۱۹۷۵ است. به طور کلی آزمون من- کندال دارای چهار ویرایش است که دین‌پژوه و همکاران (۲۰۱۴) آن را شرح داده‌اند. در این پژوهش، از ویرایش سوم این آزمون که اثر خودهمبستگی داده‌ها را به طور کامل حذف می‌کند، استفاده شد.

آزمون من- کندال مرسوم (MK)

این روش که فرم کلاسیک آزمون من- کندال است، در بسیاری از مطالعات مورد استفاده قرار گرفته است. اگر تعداد داده‌های سری زمانی در دوره مورد بررسی n باشد، ابتدا آماره S به شرح زیر محاسبه می‌شود:

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

که در آن، x_j مقدار داده j ام، n طول دوره آماری و $\text{sgn}(q)$ تابع علامت است که به صورت زیر تعریف می‌شود:

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

به ازای $n \geq 8$ آماره S دارای توزیع نرمال و میانگین آن برابر صفر و واریانس آن به شرح زیر است:

$$\text{Var}(S) = \frac{n - (n-1)(2n+5) - C}{18} \quad (3)$$

که در آن، C عاملی مربوط به تصحیح واریانس است و در صورتی که داده‌های تکراری متوالی در سری داده‌ها وجود داشته باشد، از معادله زیر محاسبه و در واریانس اعمال می‌شود:

$$C = \sum_{i=1}^m t_i(t_i - 1)(2t_i - 5) \quad (4)$$

زمینه انجام شده است (احمد و همکاران، ۲۰۱۵؛ چاتوپادهیای و ادواردز، ۲۰۱۶؛ یان و همکاران، ۲۰۱۶). شایان ذکر است که روند تغییر دبی و داده‌های هواشناسی در برخی موارد به یک دوره خاص زمانی مربوط می‌شود. یکی از روش‌های شناسایی نقاط جهش در سری زمانی داده‌ها آزمون پتیت است که در سال‌های اخیر در مطالعات مختلفی به کار رفته است (قاسمی، ۱۳۹۳؛ یه و همکاران، ۲۰۱۵؛ انکا و همکاران، ۲۰۱۵؛ پینگال و همکاران، ۲۰۱۶). بررسی روند تغییرات آورد رودخانه‌ها می‌تواند در تحلیل و برنامه‌ریزی‌های آبی برای هر منطقه نقشی مؤثر و حیاتی داشته باشد. از پیشینه پژوهش چنین به نظر می‌رسد که تاکنون مطالعه جامعی روی تغییرات آورد رودخانه‌های استان همدان با حذف اثر ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار انجام نشده است؛ بنابراین هدف در این پژوهش، بررسی روند جریان آب رودخانه‌های استان همدان در سه مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه با آزمون من- کندال اصلاح شده (MMK) (با حذف کامل اثر خودهمبستگی داده‌ها) است.

مواد و روش‌ها

داده‌ها و منطقه مورد مطالعه

استان همدان در گستره‌ای به مساحت ۱۹۴۹۳ کیلومتر مربع و در غرب ایران واقع شده است. گستردگی این استان به طور تقریبی از عرض جغرافیایی ۳۴ تا ۳۶ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ تا ۴۹ درجه شرقی است. استان همدان از جمله استان‌های کوهستانی، مرتفع، سرد و بادخیز غرب کشور محسوب می‌شود. میانگین بارش و تبخیر سالانه در استان به ترتیب برابر با ۳۱۰ و ۲۱۰۰ میلی‌متر است. در این پژوهش، برای بررسی روند تغییرات آبدی رودخانه‌های استان همدان از داده‌های ماهانه ۱۷ ایستگاه هیدرومتری با طول دوره آماری ۳۰ سال (۱۳۹۱-۱۳۶۲) استفاده شده است. در شکل ۱ و جدول ۱ به ترتیب موقعیت مکانی و مشخصات ایستگاه‌های منتخب نشان داده شده است.

تحلیل روند

هدف از آزمون روند، این است که وجود یا عدم وجود سیر صعودی یا نزولی معنی‌دار در سری داده‌ها مشخص شود. با توجه به این که در روش‌های پارامتری (Parametric)

آماره Z آزمون من- کندال اصلاح شده در معادله (۵)،
 $V(S)$ با $V(S)^*$ جایگزین شود. مقدار آماره Z به
 دست آمده از معادله فوق با Z استاندارد نرمال در سطح
 معنی داری α مقایسه می‌شود.

محاسبه شیب خط روند با روش تخمین گر سن

در آزمون من- کندال شیب خط روند سری داده‌ها با
 روش تخمین گر Sen^۲ بر اساس رابطه ناپارامتری زیر
 محاسبه می‌شود:

$$b = \text{Median} \left[\frac{X_j - X_i}{j - i} \right] (\forall j > i) \quad (۸)$$

که در آن، β برآوردگر شیب خط روند و X_i, X_j
 به ترتیب مقادیر مشاهداتی i ام و j ام هستند. مقادیر مثبت
 (منفی) β نشان‌دهنده روند افزایشی (کاهشی) در سری
 داده‌هاست (میرعباسی و دین‌پژوه، ۱۳۹۱).

آزمون پتیت^۳

آزمون پتیت (۱۹۷۹) یک روش ناپارامتری است که نیاز
 به برازش هیچ توزیعی روی سری داده‌ها ندارد و برای
 مشخص کردن تغییرات ناگهانی در سری داده‌ها به کار
 می‌رود. در این آزمون زمان وقوع جهش ناگهانی در سری
 داده‌ها به شیوه‌ای تعیین می‌شود که به واسطه این نقطه،
 سری زمانی به دو گروه با مشخصات آماری مختلف تقسیم
 می‌شود. برای به دست آوردن آماره آزمون پتیت به ترتیب
 زیر عمل می‌شود:

$$U_{t,n} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (۹)$$

که در آن، t طول دوره آماری و n تعداد داده در سری
 آماری است. تابع sgn همان تابع علامت است. سپس
 مقدار K به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$K = \max_t [U_{t,n}] \quad (۱۰)$$

و K به دست آمده از معادله بالا در فرمول زیر جایگزین
 می‌شود تا مقدار P به دست آید:

$$p = 2 \cdot e^{-\frac{6k^2}{n^3+n^2}} \quad (۱۱)$$

در صورتی که مقدار P محاسبه شده کوچک‌تر از مقدار
 سطح معنی داری (۰/۰۵) باشد، می‌توان این نقطه تغییر در
 سری را از نظر آماری معنی دار دانست.

که در آن، t_i تعداد داده‌های یکسان در دسته i ام است.
 در نهایت آماره آزمون MK یا Z به شکل زیر محاسبه
 می‌شود:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (۵)$$

فرض صفر (عدم وجود روند) به شرط
 $-Z_{1-a/2} \leq Z \leq Z_{1-a/2}$ پذیرفته می‌شود و در غیر این
 صورت، H_0 رد و فرض مخالف آن، یعنی وجود روند
 پذیرفته می‌شود (دین‌پژوه و همکاران، ۲۰۱۴).

آزمون من- کندال اصلاح شده^۱ (MMK)

فرض اصلی در بیشتر مطالعات تحلیل روند با استفاده از
 آزمون من- کندال، بر این است که داده‌های نمونه
 خودهمبستگی معنی داری ندارند؛ با این حال ممکن است
 برخی سری‌های هیدرولوژیکی دارای ضریب خودهمبستگی
 معنی دار باشند (دین‌پژوه و همکاران، ۲۰۱۴). چنانچه یک
 سری دارای ضرایب خودهمبستگی مثبت باشد، احتمال
 این که آزمون من- کندال وجود روند را در این سری
 نشان دهد، افزایش می‌یابد. در این صورت فرض صفر،
 مبنی بر عدم وجود روند، رد می‌شود؛ در حالیکه حقیقت
 این است فرض صفر نباید رد شود (میرعباسی و دین‌پژوه،
 ۱۳۹۱). آزمون اصلاح شده من- کندال را حامد و راثو
 (۱۹۹۸) ارائه و کومار و همکاران (۲۰۰۹) برای تحلیل
 روند رودخانه‌های هند به کار بردند. در این روش، اثر همه
 ضرایب خودهمبستگی معنی دار از داده‌ها حذف می‌شود و
 برای سری‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که ضرایب
 خودهمبستگی آن‌ها در یک یا چند مورد معنی دار باشند.
 در این روش، ابتدا واریانس اصلاح شده $V(S)^*$ ، به صورت
 زیر محاسبه می‌شود:

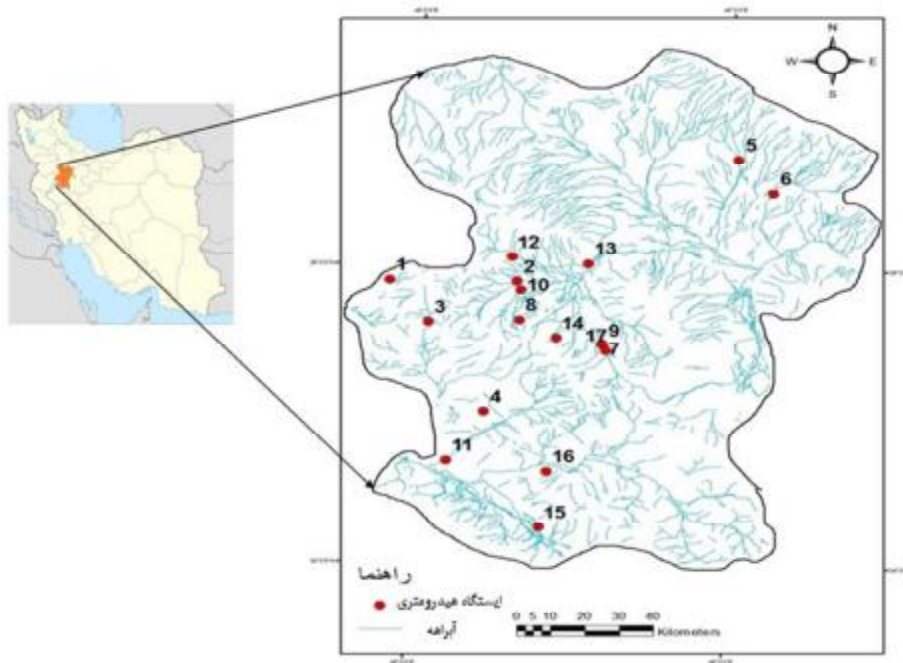
$$V(S)^* = V(S) \frac{n}{n^*} \quad (۶)$$

$$\frac{n}{n^*} = 1 + \frac{2}{n(n-1)(n-2)} \quad (۷)$$

که در آن، r_i ضریب خودهمبستگی با تأخیر i است و
 $V(S)$ از معادله (۳) تخمین زده می‌شود. برای محاسبه

2- Sen's estimator
 3- Pettitt test

1- Modified Mann-Kendall



شکل ۱- موقعیت مکانی ایستگاه‌های منتخب

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب در استان همدان (۱۳۹۱-۱۳۶۲)

ردیف	نام رودخانه	ایستگاه	عرض جغرافیایی		طول جغرافیایی		میانگین دبی سالانه	ارتفاع
			دقیقه	درجه	دقیقه	درجه		
۱	خرم رود	آران	۲۵	۳۴	۵۵	۴۷	۹/۰۳	۱۴۴۰
۲	بهادریگ	بهادریگ	۵۸	۳۴	۲۰	۴۸	۱/۷۷	۱۸۰۰
۳	شهاب	بوجین	۴۸	۳۴	۰۲	۴۸	۰/۹۹	۱۶۱۱
۴	گزندر	پل علی آباد	۳۰	۳۴	۳۰	۴۸	۱/۱	۲۰۹۸
۵	خمیگان	خمیگان	۲۲	۳۵	۰۱	۴۹	۰/۶۳	۱۸۶۹
۶	زهران	زهران	۱۵	۳۵	۰۸	۴۹	۰/۶	۱۷۶۶
۷	خروجی سد	سد اکباتان	۴۵	۳۴	۳۶	۴۸	۱/۷۷	۱۹۳۵
۸	مریانج	سولان	۴۹	۳۴	۲۵	۴۸	۰/۹۳	۱۹۱۰
۹	ایرو	شاخه دوم سد	۴۲	۳۴	۳۴	۴۸	۰/۵۶	۲۱۳۲
۱۰	صالح آباد	صالح آباد	۵۸	۳۴	۲۰	۴۸	۱/۸	۱۷۸۶
۱۱	تویسرکان	فیروزان	۲۱	۳۴	۰۷	۴۸	۳/۷۵	۱۴۵۰
۱۲	قره آغاج	قره آغاج	۰۲	۳۵	۱۸	۴۸	۰/۵۶	۱۸۷۹
۱۳	سیمینه رود	کوشک آباد	۰۱	۳۵	۳۳	۴۸	۵/۹۳	۱۶۹۸
۱۴	عباس آباد	تقسیم آب	۴۶	۳۴	۲۷	۴۸	۱/۴۱	۲۰۸۸
۱۵	گاماسیاب	وراینه	۰۷	۳۴	۲۴	۴۸	۸/۷۸	۱۷۶۰
۱۶	آب ملایر	وسج	۱۹	۳۴	۱۳	۴۸	۴/۶۱	۱۵۲۸
۱۷	آبشینه	یلفان	۴۳	۳۴	۳۶	۴۸	۳/۳۲	۱۹۸۰

نتایج و بحث

در جدول ۲ نتایج بررسی روند دبی رودخانه‌های استان همدان (شامل دوازده سری در مقیاس ماهانه، چهار سری در مقیاس فصلی و یک سری در مقیاس سالانه) برای هر یک از ۱۷ ایستگاه مورد مطالعه پس از حذف اثر همه ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار نشان داده شده‌است. همان‌گونه که از این جدول می‌توان استنباط کرد، همه ۱۷ ایستگاه مورد مطالعه در مقیاس سالانه دارای روند منفی بودند که از این تعداد، روند بیش از نیمی از ایستگاه‌ها معنی‌دار بود. شدیدترین روند منفی متعلق به رودخانه شهاب در محل ایستگاه بوجین در غرب استان بود. روند دبی میانگین رواناب سالانه ایستگاه‌های وراینه، قره آغاج و بوجین در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه منفی و بسیار معنی‌دار (در سطح ۱ درصد) بودند. همچنین روند دبی میانگین رواناب سالانه ایستگاه‌های فیروزان، کوشک آباد و وسج منفی و در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند. افزون بر این، در مقیاس سالانه روند منفی معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد برای ایستگاه‌های آران، خمیگان و زهتران مشاهده شد.

در مقیاس فصلی نیز دبی جریان بیشتر رودخانه‌های مورد مطالعه در استان روند منفی را تجربه کرده‌اند. در مقیاس فصلی، تعداد چهل مورد آماره Z من- کندال از کل ۶۸ مورد آماره مربوط به ۱۷ ایستگاه مورد مطالعه، روند منفی معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد یا کمتر تجربه کرده‌اند. شدیدترین روند منفی در مقیاس فصلی، متعلق به ایستگاه کوشک‌آباد با آماره $Z = -۴/۳۳$ بوده که در فصل تابستان اتفاق افتاده است. پس از کوشک‌آباد، به ترتیب ایستگاه‌های زهتران، وراینه، محل تقسیم آب، فیروزان، وسج، خمیگان، بوجین، آران و بهادریگ شدیدترین روند منفی را در سطح معنی‌داری ۱ درصد داشته‌اند. به گونه‌ای که از جدول ۲ استنباط می‌شود، فصل تابستان بحرانی‌ترین فصل از نظر کاهش آب رودخانه‌های استان همدان است. در فصول تابستان و زمستان بیشترین تعداد ایستگاه (۱۰ مورد) روند نزولی معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد یا کمتر را تجربه کرده‌اند. در این فصل‌ها شدیدترین روند متعلق به ایستگاه کوشک‌آباد با آماره $Z = -۴/۳۳$ و پس از آن ایستگاه‌های محل تقسیم آب، فیروزان، زهتران، وراینه، آران و وسج، روند منفی معنی‌دار را در سطح یک درصد تجربه کرده‌اند. علاوه بر این، ایستگاه‌های بوجین، سولان،

یلفان و قره‌آقاج روند منفی معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد تجربه کرده‌اند. باید متذکر شد که ایستگاه‌های سد اکباتان و خمیگان دارای روند مثبت معنی‌دار را در سطح یک درصد و ایستگاه صالح‌آباد دارای روند مثبت معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد در فصل تابستان بوده‌اند. در پاییز، کمترین روند نزولی معنی‌دار نسبت به سایر فصول مشاهده شد که بیشترین روند نزولی منفی متعلق به ایستگاه زهتران با آماره $Z = -۳/۸۶$ بود و ایستگاه‌های بعد به ترتیب وراینه، خمیگان، بوجین، وسج و فیروزان در سطح یک درصد و ایستگاه آران در سطح ۵ درصد دارای روند منفی معنی‌دار بودند. در این فصل تنها ایستگاه سد اکباتان روند مثبت معنی‌دار در سطح یک درصد تجربه کرده‌است. در فصل زمستان از ۱۷ ایستگاه موجود ۱۰ ایستگاه دارای روند منفی معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد تجربه کرده‌اند که از این بین به ترتیب ایستگاه‌های زهتران، وراینه، وسج و خمیگان در سطح یک درصد معنی‌دار بودند و ایستگاهی با روند مثبت معنی‌دار مشاهده نشد. در فصل بهار ایستگاه وسج روی رودخانه آب ملایر شدیدترین روند منفی معنی‌دار با $Z = -۳/۳۵$ را به خود اختصاص داد و بعد از آن ایستگاه‌های آران، قره آقاج، فیروزان و وراینه در سطح یک درصد معنی‌دار و ایستگاه‌های کوشک آباد، خمیگان و محل تقسیم آب دارای روند منفی معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) بودند. همچنین ایستگاه بوجین روند منفی معنی‌داری (در سطح یک درصد) را تجربه کرده است.

در مقیاس ماهانه، از بین ۲۰۴ آماره Z (۱۲*۱۷) فقط ۱۵ مورد روند مثبت معنی‌داری (در سطح ۱۰ درصد) را نشان دادند و تعداد ۱۰۲ مورد دارای روند نزولی معنی‌دار (در سطح ۱۰ درصد) و ۸۷ مورد بدون روند معنی‌دار بودند. شدیدترین روند منفی معنی‌دار مربوط به ایستگاه کوشک‌آباد در تیر ماه با $Z = -۴/۴۵$ اتفاق افتاد. که در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. بیشترین روند نزولی معنی‌دار در مقیاس ماهانه را ماه فروردین به خود اختصاص داده است که از بین ۱۷ ایستگاه مورد بررسی، ۱۱ ایستگاه دارای روند نزولی معنی‌دار (در سطح ۱۰ درصد) بودند. بعد از ماه فروردین، شهریورماه با تعداد ۱۰ ایستگاه در رده دوم قرار دارد و ماه‌های دی، بهمن، اسفند و مرداد با تعداد ۹ ایستگاه با روند نزولی معنی‌دار رده‌های بعدی را به خود اختصاص داده‌اند. از بین ۱۵ آماره Z که روند مثبت

نتایج بررسی معروفی و طبری (۱۳۹۰) حاکی از روند کاهشی تغییرات دبی تمامی ایستگاه‌های رودخانه مارون در استان خوزستان برای ماه‌های اسفند، فروردین، اردیبهشت و خرداد بود. کایا و کالایسی (۲۰۰۴) نیز روند نزولی را برای جریان آب رودخانه‌های غرب ترکیه گزارش کردند که با نتیجه مطالعه حاضر کاملاً همخوانی دارد.

گئوتام و آچاریا (۲۰۱۲) نیز وجود روند نزولی در رواناب حوضه رودخانه کارنالی- ماهاکالی در کشور نپال را گزارش دادند. میرعباسی و دین پژوه (۱۳۸۹) نیز روند تغییرات دبی رودخانه‌های شمال غرب ایران را در سه دهه اخیر نزولی گزارش دادند.

در مطالعه حاضر، نقاط شکست رواناب‌های ایستگاه‌های مختلف با استفاده از آزمون پتیت مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۴ آورده شد. با توجه به جدول ۴ در اکثر ایستگاه‌ها نقطه تغییر ناگهانی در دهه ۷۰ و بین سال‌های آبی ۷۵-۱۳۷۴ و ۷۸-۱۳۷۷ رخ داده است که بیشتر آن‌ها در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنی‌دار نیستند. در ایستگاه‌های آران، تقسیم آب و وراینه نقطه شکست در سال آبی ۸۶-۱۳۸۵ اتفاق افتاد که در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار بود. شکل‌های ۲ و ۳ تغییر ناگهانی را در سری زمانی رواناب ایستگاه‌های زهران و وسج نشان می‌دهد. در این شکل‌ها خط‌های نقطه‌چین، میانگین قبل و بعد از تغییر ناگهانی را نمایش می‌دهند.

با توجه به اینکه دبی عاملی وابسته به خصوصیات مختلفی از جمله متغیرهای هواشناسی است، روند تغییرات بارش در چندین ایستگاه مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج نشان داد روند بارش در اکثر ایستگاه‌های مورد ارزیابی غیرمعنی‌دار و حتی در برخی موارد روندی صعودی داشتند، بنابراین، نمی‌توان روند نزولی رواناب در ایستگاه‌های استان همدان را ناشی از کاهش بارش دانست و به نظر می‌رسد دلیل اصلی روند کاهشی رواناب در این استان، افزایش برداشت آب از رودخانه‌ها در سال‌های اخیر باشد. همچنین روند منفی معنی‌دار رواناب در فصل تابستان ممکن است به دلیل تغییر نوع بارش‌ها از برف به باران و کاهش ذخایر برفی در این استان باشد؛ به گونه‌ای که در فصل تابستان تغذیه رودخانه‌ها از ذوب برف کاهش می‌یابد.

معنی‌دار داشتند، بالاترین روند مربوط به ماه مرداد برای ایستگاه سد اکباتان بود و همچنین سد اکباتان بیشترین تعداد سری با روند مثبت معنی‌دار را (۸ سری از بین ۱۵ سری ماهانه، فصلی و سالانه) به خود اختصاص داده بود. شدیدترین روند نزولی معنی‌دار در ماه مهر متعلق به ایستگاه زهران با آماره $Z = -3/39$ بود. شدیدترین روند منفی معنی‌دار در ماه‌های آبان و اردیبهشت متعلق به ایستگاه وسج بود که آماره Z من- کندال در این ماه‌ها به ترتیب برابر $-3/26$ و $-2/36$ بود. در ماه‌های آذر، دی و بهمن، ایستگاه‌های وراینه، خمیگان و سولان به ترتیب با آماره‌های $Z = -3/87$ ، $Z = -2/57$ و $Z = -2/70$ شدیدترین روند منفی معنی‌دار را تجربه کردند. در ماه اسفند ایستگاه‌های کوشک‌آباد و زهران شدیدترین روند معنی‌دار نزولی با آماره $Z = -2/68$ را به خود اختصاص دادند. در ماه‌های فروردین و شهریور، ایستگاه فیروزان شدیدترین روند منفی معنی‌دار به ترتیب با آماره $-2/82$ و $Z = -3/15$ را تجربه کردند. در ماه خرداد شدیدترین روند منفی معنی‌دار متعلق به ایستگاه آران با آماره $Z = -3/03$ بود. شدیدترین روند نزولی معنی‌دار در ماه‌های تیر و مرداد متعلق به ایستگاه کوشک‌آباد روی رودخانه سیمینه‌رود بود که آماره Z من‌کندال در این ماه‌ها به ترتیب $-4/45$ و $-4/09$ بود.

در جدول ۳ مقادیر شیب خط روند داده‌های جریان ماهانه، فصلی و سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان همدان نشان داده شده است.

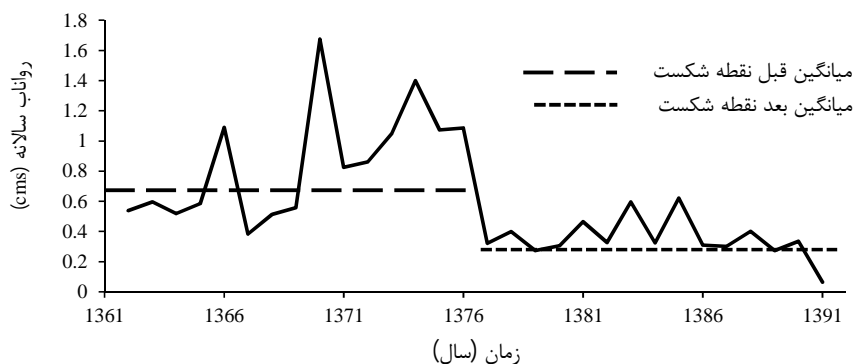
آن‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، فراوانی شیب‌های منفی به مراتب بیشتر از فراوانی مانند شیب‌های مثبت است. بیشترین شیب منفی خط روند در مقیاس سالانه متعلق به ایستگاه آران معادل $0/36$ مترمکعب بر ثانیه در سال است. ایستگاه‌های وراینه و کوشک‌آباد پس از این ایستگاه به ترتیب بیشترین شیب خط روند منفی را به خود اختصاص داده‌اند. در مقیاس ماهانه هم بیشترین شیب منفی خط روند را ایستگاه آران معادل $2/02$ متر مکعب بر ثانیه در ماه مهر داشته است و پس از آن هم ایستگاه‌های آران و کوشک‌آباد در ماه فروردین قرار دارند. در مقیاس سالانه تمام ایستگاه‌های موجود دارای شیب منفی خط روند هستند. مقادیر شیب‌های خط روند در مقیاس فصلی (بجز فصل تابستان) غالباً منفی است.

ادامه جدول ۲ -

سال	فصلی				مقیاس زمانی													
	تابستان	بهار	زمستان	پاییز	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	استگاه	ردیف
۱۳۶۰	-۰.۲۰	-۰.۷۰	-۰.۴۰	-۰.۹۰	-۰.۱۰	-۰.۲۰	-۰.۴۰	-۰.۱۵	-۰.۴۹	۱/۱۶۰	-۰.۶۴	-۰.۲۴	-۰.۲۶	-۰.۲۰	-۰.۴۰	۲/۰.۲۰	آران	۱
۱۳۷۰	-۰.۱۰	-۰.۶۰	-۰.۲۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	بهدارنگ	۲
۱۳۸۰	-۰.۲۰	-۰.۳۰	-۰.۳۰	-۰.۳۰	-۰.۲۰	-۰.۱۰	-۰.۲۰	-۰.۲۰	-۰.۳۰	-۰.۰۵	-۰.۳۰	-۰.۳۰	-۰.۳۰	-۰.۳۰	-۰.۳۰	-۰.۳۰	بوجین	۳
۱۳۹۰	-۰.۱۰	-۰.۴۰	-۰.۲۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۲۰	-۰.۲۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	پل علی آباد	۴
۱۴۰۰	-۰.۱۰	-۰.۵۰	-۰.۳۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۳۰	-۰.۴۰	-۰.۴۰	-۰.۳۰	-۰.۳۰	-۰.۲۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	خمیگان	۵
۱۴۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۴۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۴۰	-۰.۴۰	-۰.۲۰	-۰.۲۰	-۰.۲۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	زهتران	۶
۱۴۲۰	-۰.۱۰	-۰.۱۳	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	سداکیتان	۷
۱۴۳۰	-۰.۱۰	-۰.۴۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۳۰	-۰.۲۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	سولان	۸
۱۴۴۰	-۰.۱۰	-۰.۲۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۲۰	-۰.۲۰	-۰.۲۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	شاخه دوم سد	۹
۱۴۵۰	-۰.۱۰	-۰.۱۱	-۰.۳۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۳۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۲۰	-۰.۲۰	-۰.۲۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	صالح آباد	۱۰
۱۴۶۰	-۰.۱۰	-۰.۳۱	-۰.۲۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۶۸	-۰.۱۰	-۰.۲۰	-۰.۲۰	-۰.۲۰	-۰.۲۰	-۰.۱۰	فیروزان	۱۱
۱۴۷۰	-۰.۱۰	-۰.۴۰	-۰.۲۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۳۰	-۰.۱۰	-۰.۲۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	قره آقاج	۱۲
۱۴۸۰	-۰.۱۰	-۰.۵۷	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۴۵	-۰.۱۰	-۰.۳۰	-۰.۳۰	-۰.۳۰	-۰.۳۰	-۰.۳۰	-۰.۱۰	کوشک آباد	۱۳
۱۴۹۰	-۰.۲۰	-۰.۷۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	محل تقسیم آب	۱۴
۱۵۰۰	-۰.۲۵	-۰.۳۲	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۳۰	-۰.۳۵	-۰.۴۰	-۰.۳۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	ورایمه	۱۵
۱۵۱۰	-۰.۱۰	-۰.۳۲	-۰.۳۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۷۱	-۰.۳۷	-۰.۲۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	وسج	۱۶
۱۵۲۰	-۰.۱۰	-۰.۱۴	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	-۰.۱۰	بلغان	۱۷

جدول ۴- نتایج آزمون Pettit در تشخیص نقطه شکست در سری دبی سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه (سال آبی ۶۳-۶۲ الی ۹۱-۹۰)

ردیف	ایستگاه	سال آبی نقطه شکست	میانگین قبل از نقطه شکست (m^3/s)	میانگین بعد از نقطه شکست (m^3/s)	سطح معنی‌داری
۱	آران	۱۳۸۵-۸۶	۱۰/۵۱	۳/۰۸	۰/۹۹
۲	بهدر بیگ	۱۳۷۴-۷۵	۱/۲۴	۲/۴۷	۰/۷۶
۳	بوجین	۱۳۷۶-۷۷	۱/۲۶	۰/۷۱۹	۰/۶۵
۴	پل علی آباد	۱۳۶۷-۶۸	۰/۶۹۸۶	۱/۱۸	۰/۳۶
۵	خمیگان	۱۳۸۴-۸۵	۰/۷۵	۰/۲۳	۰/۹۹
۶	زهتران	۱۳۷۶-۷۷	۰/۸۵	۰/۳۶	۰/۸۰
۷	سد اکباتان	۱۳۷۳-۷۴	۲/۵۸	۱/۲۳	۰/۵۵
۸	سولان	۱۳۷۴-۷۵	۱/۱۷	۰/۷۵	۰/۸۰
۹	شاخه دوم سد	۱۳۷۶-۷۷	۰/۶۵	۰/۴۶	۰/۵۹
۱۰	صالح آباد	۱۳۷۶-۷۷	۲/۳۲	۱/۳	۰/۸۸
۱۱	فیروزان	۱۳۸۵-۸۶	۴/۵۳	۰/۶۱	۰/۹۹
۱۲	قره آجاج	۱۳۷۷-۷۸	۰/۷۹	۰/۲۹	۰/۹۴
۱۳	کوشک آباد	۱۳۷۶-۷۷	۵/۹۳	۳/۷۳	۰/۹۰
۱۴	تقسیم آب	۱۳۸۵-۸۶	۱/۵۵	۰/۸۷	۰/۸۵
۱۵	وراینه	۱۳۸۵-۸۶	۹/۷۵	۴/۹۲	۰/۹۵
۱۶	وسج	۱۳۷۶-۷۷	۷/۶۱	۱/۳۰	۰/۹۹
۱۷	یلغان	۱۳۷۶-۷۷	۳/۸	۲/۸۳	۰/۶۹



شکل ۲- تغییر در سری زمانی رواناب ایستگاه زهتران



شکل ۳- تغییر در سری زمانی رواناب ایستگاه وسج

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، روند تغییرات دبی آب رودخانه‌های استان همدان در سه مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه بررسی شد. روش مورد استفاده در این مطالعه، آزمون من-کندال پس از حذف اثر کلیه ضرایب خودهمبستگی است. برای بررسی شیب خط روند از آزمون برآوردگر Sen استفاده شد. برای بررسی داده‌ها دوره آماری یکسان سال‌های آبی ۶۳-۶۲ تا ۹۲-۹۱ در نظر گرفته شد. در حالت کلی جریان آب رودخانه‌های منطقه مورد مطالعه در دوره زمانی مورد بررسی، دارای روند نزولی بود. در مقیاس سالانه تمامی ایستگاه‌ها روند منفی داشتند که نیمی از آن‌ها در سطح ۱۰ درصد یا کمتر معنی‌دار بودند. در مقیاس ماهانه بیشترین تعداد ایستگاه با روند منفی معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد یا کمتر به ترتیب در ماه‌های فروردین، شهریور، دی، بهمن، اسفند، و مرداد مشاهده شد. با این حال، در دیگر ماه‌های سال نیز روند معنی‌دار در تعدادی از ایستگاه‌ها وجود داشت. در حالت کلی فقط ۱۵ مورد آماره Z از ۲۰۴ مورد، دارای روند مثبت معنی‌دار بودند و نیمی از آماره‌ها در این مقیاس دارای روند نزولی معنی‌دار بودند (در سطح ۱۰ درصد یا کمتر).

بررسی نقاط شکست رواناب ایستگاه‌های مورد بررسی با آزمون پتیت نشان داد که در اکثر ایستگاه‌ها نقطه تغییر ناگهانی در دهه ۷۰ و بین سال‌های آبی ۷۵-۱۳۷۴ و ۷۸-۱۳۷۷ رخ داده است که بیشتر آنها در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنی‌دار نبودند.

با توجه به وابستگی دبی به خصوصیات هواشناسی، بررسی روند بارندگی چندین ایستگاه در سطح استان نشان داد که نمی‌توان روند نزولی رواناب در ایستگاه‌های استان همدان را ناشی از کاهش بارش دانست و به نظر می‌رسد دلیل اصلی روند نزولی رواناب در این استان، افزایش برداشت جریان‌های رودخانه‌ای و تغییر نوع بارش‌های زمستانه از برف به باران باشد.

مهم‌ترین عواقب کاهش آبدی رودخانه‌ها، کمبود آب کافی و سالم برای مصارف مختلف کشاورزی، شرب و صنعت در استان همدان است. این کاهش آب باعث استفاده بیش از حد از منابع آب‌های زیرزمینی می‌شود که خود این مسئله موجب کاهش سطح آب‌های زیرزمینی و آلوده شدن آب رودخانه‌ها خواهد شد. در پایان توصیه می‌شود که با صرفه‌جویی در مصرف آب و به ویژه استفاده

از سیستم‌های آبیاری تحت فشار میزان نیاز آبی کاهش داده شود تا منطقه در آینده دچار کمبود آب نشود. همچنین علت اصلی کاهش آب رودخانه‌ها بررسی و برطرف شوند.

سپاس‌گزاری

کمال تشکر را از شرکت آب منطقه‌ای استان همدان به دلیل فراهم کردن اطلاعات و داده‌ها دارم.

منابع

۱. احمدی ف. و رادمنش ف. ۱۳۹۳. بررسی روند تغییرات متوسط دمای ماهانه و سالانه نیمه شمالی کشور در نیم قرن اخیر. نشریه آب و خاک. ۲۸(۴): ۸۵۵-۸۶۵.
۲. خلیلی ک. احمدی ف. بهمنش ج. و وردی‌نژاد و. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر روی دمای هوا و جریان رودخانه شهرچای واقع در غرب دریاچه ارومیه با استفاده تحلیل روند و ایستایی. علوم و مهندسی آبیاری. ۳۵(۴): ۹۷-۱۰۸.
۳. فرخ‌نیا ا. و مرید س ۱۳۹۳. ارزیابی اثر تغییرات بارش و دما بر روند جریان رودخانه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه. نشریه آب و فاضلاب. ۲۵(۳): ۸۶-۹۷.
۴. قاسمی ا. ۱۳۹۳. بررسی تغییرات فراوانی بارش‌های شدید شمال غرب کشور در نیم قرن اخیر به وسیله آزمون پتیت. همایش ملی راهکارهای پیش روی بحران آب در ایران و خاورمیانه. اسفند ۱۳۹۳. شیراز. مرکز همایش‌های علمی همایش نگار.
۵. مریانجی ز. معروفی ص. و عباسی ح. ۱۳۸۷. آشکارسازی روند تغییرات دبی و روابط آن با پارامترهای هواشناسی در حوضه یالغان همدان با استفاده از آزمون غیرپارامتریک Mann_Kendall. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب. مهر ۱۳۸۷. ایران. تبریز.
۶. معروفی ص. و طبری ح. ۱۳۹۰. آشکارسازی روند تغییرات دبی رودخانه مارون با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۶(۲): ۱۲۵-۱۴۶.

20. Kumar S. Merwade V. Kam J. and Thurner K. 2009. Streamflow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains. *Journal of Hydrology*. 374(1-2): 171-183.
21. Mann H. B. 1945. Non-parametric tests against trend. *Econometrica*, 13, MathSci Net, pp: 245-259
22. Mondal A. Khare D. and Kundu S. 2014. Spatial and temporal analysis of rainfall and temperature trend of India. *Theoretical and Applied Climatology*. 122(1-2):143-158.
23. Nka B. N. Oudin L. Karambiri H. Paturel J. E. and Ribstein P. 2015. Trends in floods in West Africa: analysis based on 11 catchments in the region. *Hydrology. Earth System. Science*. 19: 4707-4719.
24. Pettitt A. N. 1979. A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied Statistics*. 28(2): 126-135.
25. Pingale S. M. Khare D. Jat M. and Adamowski K. 2016. Trend analysis of climatic variables in an arid and semi-arid region of the Ajmer District, Rajasthan, India. *Journal of Water and Land Development*. 28(1-3): 3-18.
26. Sadeghi S. H. R. and Hazbavi Z. 2015. Trend analysis of the rainfall erosivity index at different time scales in Iran. *Natural Hazards*. 77(1): 383-404.
27. Tabari H. and Hosseinzadeh-Talae P. 2011. Recent trends of mean maximum and minimum air temperatures in the western half of Iran. *Journal of Meteorological Atmosphere Physics*. 111: 121-131.
28. Yeh C. F. Wang J. Yeh H. F. and Lee C. H. 2015. Spatial and Temporal Streamflow Trends in Northern Taiwan. *Water*. 7: 634-651.
29. Yuan L. Yang G. Li H. and Zhang Z. 2016. Spatio-Temporal Variation Analysis of Precipitation during 1960-2008 in the Poyang Lake Basin, China. *Journal of Modern Hydrology*. 6: 115-127.
30. Zhang A. Zhe C. Wang S. and Yao Y. 2015. Analysis of streamflow variations in the Heihe River Basin, northwest China: Trends, abrupt changes, driving factors and ecological influences. *Journal of Hydrology*. 3: 106-124
۷. میرعباسی ر. و دین‌پژوه ی. ۱۳۹۱. تحلیل بارش‌های شمال‌غرب ایران در نیم قرن گذشته. *مجله علوم و مهندسی آبیاری*. ۳۵(۴): ۵۹-۷۳.
۸. میرعباسی ر. و دین‌پژوه ی. ۱۳۸۹. تحلیل روند تغییرات آبدهی رودخانه‌های شمال‌غرب ایران در سه دهه اخیر. *نشریه آب و خاک*. ۲۴(۴): ۷۵۷-۷۶۸.
۹. نساجی زواره م. خورشید دوست ع. م. رسولی ع. ا. و سلاجقه ع. ۱۳۹۳. بررسی روند آبدهی رودخانه کسلیان. *علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*. ۸-۱: (۲۴)۸.
10. Abghari H. Tabari H. and Talae P. H. 2013. River flow trends in the west of Iran during the past 40 years: Impact of precipitation variability. *Global and Planetary Change*. 101: 52-60.
11. Ahmad I. Tang D. Wang T. F. Wang M and Wagan B. 2015. Precipitation Trends over Time Using Mann-Kendall and Spearman's rho Tests in Swat River Basin, Pakistan. *Advances in Meteorology*. Article ID 431860. doi.org/10.1155/2015/431860
12. Birsan M. V. Zaharia L. Chendes V. and Branescu E. 2014. Seasonal trends in Romanian streamflow. *Hydrological Processes*. 28: 4496-4505
13. Chattopadhyay S. and Edwards D. R. 2016. Long-term trend analysis of precipitation and air temperature for Kentucky, United States. *Journal of Climate*. 4(10). doi:10.3390/cli4010010
14. Dinpashoh Y. Mirabbasi R. Jhajharia D. Zare Abianeh H. and Mostafaeipour A. 2014. Effect of short term and long-term persistence on identification of temporal trends. *Journal of Hydrologic Engineering*. 19(3): 617-625.
15. Gautam M. R. and Acharya K. 2012. Streamflow trends in Nepal. *Hydrological Sciences Journal*. 57(2): 344-357
16. Hamed K. H. and Rao A. R. 1998. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*. 204: 182-196.
17. Hirsch R. M. Slack J. R. and Smith R. A. 1984. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research*. 18(1): 107-121.
18. Kahya E. and Kalayci S. 2004. Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology*. 289: 128-144.
19. Kendall M. G. 1975. Rank Correlation Measures. Charles Griffin, London.