# تعیین حجم آب قابل برداشت ماهانه از رودخانه زهره به منظور تأمین آب شرب شهرستان هندیجان

سید سعید نبوی[۱]، رئوف مصطفی‌زاده*[۲]، رقیه آسیابی‌هیر[۳]، زینب حزباوی[۴]

تاریخ ارسال:۱۳۹۶/۰۲/۰۷
تاریخ پذیرش:۱۳۹۵/۰۹/۰۴

## چکیده

ارزیابی روند تغییرات دبی رودخانه در مدیریت منابع آب بهره‌برداری از آن به منظور مصارف گوناگون امری مهم است. در این مطالعه روند تغییرات دبی رودخانه زهره در سه ایستگاه پل‌فلور، خیرآباد و دهملا با استفاده از آزمون‌های من-کندال و تخمین‌گر سن در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۴ مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین به منظور ارزیابی تغییرات مقادیر و پراکنش دبی رودخانه در ایستگاه‌های مطالعه شده از نمودار جعبه‌ای استفاده گردید. به‌منظور تعیین حجم آب قابل برداشت به‌صورت ماهانه از رودخانه جهت تأمین آب شرب شهرستان هندیجان، با استفاده از فرمول Tennant جریان زیست‌محیطی تعیین گردید و از دبی جریان رودخانه ثبت شده در ایستگاه دهملا که نزدیک‌ترین ایستگاه به شهرستان هندیجان است، کسر شد. نتایج حاکی از آنست که در تمام ایستگاه‌ها ماه‌های فروردین و اردیبهشت دارای بالاترین حجم دبی در طول سال می‌باشند. هم‌چنین در دو ایستگاه خیرآباد و پل‌فلور در فصل بهار بیش‌ترین حجم دبی رودخانه محاسبه گردید. این در حالی است که در ایستگاه دهملا در فصل زمستان، با تفاوت اندکی، حجم آب رودخانه نسبت به فصل بهار بیش‌تر است. از طرفی طبق آزمون من-کندال و سن، در تمای فصول روند کاهشی در میزان دبی رودخانه مشاهده شد و بیش‌ترین شیب روند کاهش در فصل بهار رخ داده است. نمودارهای حاصل از آزمون‌های من-کندال و سن نیز نشان‌دهنده وجود روند کاهشی در میزان دبی سالانه در کلیه ایستگاه‌های مطالعه شده است. در نهایت مشخص گردید که ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند جزء ماه‌های پرآب و مناسب جهت برداشت از رودخانه برای تأمین آب آشامیدنی می‌باشد. در مقابل ماه‌های خرداد، تیر و تا حدود قابل توجهی مرداد و شهریور، حجم آبی به منظور برداشت باقی نمی‌ماند و آب پایه موجود در رودخانه به منظور حفظ محیط‌زیست رودخانه و اکوسیستم وابسته به آن، باید حفظ گردد.

**واژه های کلیدی: تامین آب شرب، آبدهی ماهانه، آزمون روند، تغییرات دبی، جریان زیست‌محیطی.**

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، گروه آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران، ایران، ۰۹۳۸۸۵۹۶۹۹۱، saeidgpzn@gmail.com
[۲] استادیار گروه منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۰۹۱۴۴۸۱۵۷۴۳ raoofmostafazadeh@uma.ac.ir (نویسنده مسئول)
[۳] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، گروه منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۰۹۳۹۵۱۲۳۲۹۳، roghaye.asiabi@gmail.com
[۴] دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، گروه آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران، ایران، ۰۹۱۶۶۰۸۴۰۰۲، hazbavi.zeinab@gmail.com

## مقدمه

در جهان با افزایش نیاز آبی بشر، فشار بر منابع آبی افزایش یافته است. این موضوع در کشورهای خشکی مانند ایران بسیار جدی‌تر است (Dyson et al.,2003). ارزیابی کمیت منابع آب[1] یکی از گام‌های اساسی در بهینه‌سازی مصرف است. رودخانه به عنوان یکی از منابع اصلی تأمین آب می‌تواند برای مصارف کشاورزی، شرب و صنعت مورد استفاده قرار گیرند. در دهه اخیر مفهوم رژیم طبیعی جریان، به عنوان یک الگو جهت حفظ و نگهداری رودخانه پدید آمده است (Poff et al.,1997). برای تعیین میزان آب قابل برداشت از رودخانه باید به جریان زیست محیطی[2] توجه ویژه‌ای نمود (کریم‌زادگان و همکاران، ۱۳۸۷). جریان زیست محیطی به تخصیص آب در مکان و زمان مشخص گفته می‌شود که عمدتاً در یک رودخانه رها می‌شود تا سلامت رودخانه و جامعیت[3] اکوسیستم‌هایی که به وسیله جریان رودخانه‌ها پایدار نگه داشته شده‌اند را مدیریت کند (Panella and Hirji.,2003). در ادامه نمونه‌ای از مطالعات صورت گرفته در زمینه ارزیابی دبی رودخانه‌ها در داخل و خارج از کشور، ارائه شده است. حجام و همکاران (۱۳۸۶)، به بررسی روند تغییرات بارندگی فصلی و سالانه ۴۸ ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی در طول دوره آماری ۱۳۵۰ تا ۱۳۷۹، با استفاده از دو آزمون ناپارامتری من-کندال و تخمین‌گر شیب Sen پرداختند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که دو روش مورد استفاده نتایج مشابهی ارائه داده‌اند و وجود روند کاهشی و معنی‌دار توسط هر دو آزمون، در برخی از سری‌های زمانی مورد مطالعه مشاهده شد و هم‌چنین روند افزایشی و معنی‌دار بصورت توأم توسط آزمون‌ها مورد تأیید قرار نگرفت. فتاحی و مقدم (۱۳۸۸)، روند تغییرات کمی منابع آب حوضه آبخیز استان قم را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که در مجموع، روند تغییرات منابع آب استان قم، از لحاظ کمی دارای افت شدیدی است. حجم آب‌های خروجی از این حوضه تا قبل از احداث دو سد ۱۵ خرداد و غدیر ساوه، ۲۶۱ میلیون‌مترمکعب بوده، در حالی که بعد از احداث دو سد به ۶۶ میلیون مترمکعب تقلیل یافته و آب ورودی توسط رودخانه‌های قمرود و قره‌چای به حوضه آبخیز استان قم به حداقل ممکن کاهش یافته است. معروفی و طبری (۱۳۹۰)، روند تغییرات سالانه، فصلی و ماهانه دبی رودخانه مارون را با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری من-کندال و سن و هم‌چنین تحلیل رگرسیونی مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که دبی سالانه در همه ایستگاه‌ها، دارای روند نزولی بوده است. تحلیل سه آزمون انجام شده بر روی دبی‌های فصلی بیانگر آن بود که مقادیر دبی فصل‌های بهار و زمستان، کاهش و فصل تابستان افزایش یافته است. شایان و همکاران (۱۳۹۲)، در مطالعه‌ای به بررسی روند تغییرات دبی حوضه آبریزمند پرداختند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که بیش‌ترین میزان دبی در ایستگاه‌های مورد مطالعه مربوط به دی تا اسفند بوده است. هم‌چنین تحلیل روند دبی براساس مدل سری زمانی بیانگر روند کاهشی دبی در حوضه آبریز مند (استان هرمزگان) بوده است. عبدی و همکاران (۱۳۹۳)، نیاز زیست‌محیطی رودخانه زرینه‌رود در محدوده مطالعاتی پایین‌دست سد بوکان تا محل ورود به دریاچه ارومیه با چهار روش Tennant، Tessman، مدل ذخیره رومیزی (DRM)[4] و انتقال منحنی تداوم جریان[5] (FDC Shifting) برآورد کردند. نتایج حاصل نشانگر آن بود که نیاز زیست‌محیطی رودخانه زرینه‌رود معادل ۳۳ درصد دبی متوسط سالانه می‌باشد.Jiang et al (2007) ، روند تغییرات بارندگی و دبی رودخانه را در حوضه رودخانه یانگ‌تسه در دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج آن‌ها یک روند مثبت معنی‌دار را در داده‌های بارندگی فصل تابستان نشان داد. هم‌چنین نتایج آن‌ها نشان داد که دبی رودخانه در بیش‌تر ایستگاه‌ها در دوره آماری ۴۰ ساله به طور معنی‌داری افزایش یافته است. Xu et al (2008)، با استفاده از آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری، روند تغییرات دما، بارش و دبی را در

[1]. Assessing Quantity of Water Resources
[2]. Environmental Flow
[3]. Integrity
[4]. Desktop Reserve Model
[5]. Flow Duration Curve Shifting

حوضه آبریز تاریم در چین مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که سری‌های زمانی دما دارای روند معنی‌دار افزایشی بوده و داده‌های بارش نیز افزایش یافته است. اگرچه سری‌های زمانی دبی در سراب رودخانه دارای روند افزایشی معنی‌داری بوده ولی در بیش‌تر مسیر رودخانه، این روند کاهشی بوده است. هم‌چنین Peng و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی به روند تغییرات دبی حوضه رودخانه زرد، طی سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۵ پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که کاهش میزان دبی از سال ۱۹۸۵ در اکثر نقاط حوضه شروع شده، که ناشی از کاهش بارش‌ها و اجرای اقدامات حفاظتی در راستای مدیریت رواناب در حوضه مذکور بوده است.

در محدوده شهرستان هندیجان ۳۰ روستا وجود دارد که تمامی این روستاها مشکل آب شرب دارند به‌طوری که چهار روستا در این شهرستان چندین سال است که آب شرب ندارند. هم‌چنین ۲۶ روستای آن آب شرب مقطعی دارند. در این پژوهش سعی بر آنست که با استفاده از آزمون من-کندال و سن روند تغییرات دبی آب رودخانه زهره بررسی شود. هم‌چنین تحلیل آمار به ثبت رسیده به‌وسیله نمودار جعبه‌ای، میزان حجم و ماه‌های مناسب جهت بهره‌برداری از آب رودخانه در طول دوره آماری ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۴ تعیین گردد.

## روش تحقیق

### تعیین روند تغییرات دبی

به منظور تعیین روند، در سری مقادیر دبی رودخانه زهره طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۴ از آزمون ناپارامتری من-کندال و سن استفاده شد. با استفاده از آزمون من-کندال، تغییرات داده‌ها مشخص می‌گردد. این روش به طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به‌کار گرفته می‌شود. فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. آماره S برای آزمون من-کندال از طریق رابطه زیر به‌دست می‌آید (Zhang و همکاران، ۲۰۱۵: ۱۱۰).

$$S=\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n} sign\left(x_i-x_j\right) \qquad (۱)$$

برای متغیرهای تصادفی مستقل و دارای توزیع یکنواخت و بدون گره (دو یا چندین داده با مقادیر عددی مساوی) میانگین و واریانس S بصورت زیر است:

$$E(S)=0 \quad and \quad Var(S)=\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}=\sigma^2 \qquad (۲)$$

اگر تعداد داده‌های یک سری بیش ار ۱۰ عدد باشد S از توزیع نرمال تبعیت خواهد کرد و مقدار معیار آماری استاندارد (Z) به‌صورت زیر خواهد بود:

$$Z_s=\left[\frac{S-1}{\sigma}\ if\ S>0,\ 0\ if\ S=0,\ \frac{S+1}{\sigma}\ if\ S<0\right] \qquad (۳)$$

بنابراین در یک آزمون دوطرفه برای تشخیص روند اگر مقدار Zs بزرگتر یا مساوی Z جدول باشد در سطح اعتماد α فرض صفر رد خواهد شد. در این آزمون‌ها فرض صفر (H0)، یکنواختی توزیع و مستقل بودن داده‌ها در سری زمانی است و فرض مقابل (H1)، روند افزایشی یا کاهشی است. در این روش داده‌ها به ترتیب زمان وقوع مرتب می‌شوند و هر داده با تمام داده‌های پس از خود مقایسه می‌شود (Hallbert et al.,2012). آزمون سن، توسط سن (۱۹۶۸) ارائه شده و از تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی بهره می‌گیرد. مزایای برشمرده شده برای آزمون من کندال برای این روش نیز صادق است (معروفی و طبری، ۱۳۹۰). فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد. پذیرش فرض یک و یا به عبارت دیگر رد فرض صفر، دال بر وجود روند در سری زمانی داده‌ها می‌باشد. اساس این روش بر محاسبه یک شیب میانه برای سری زمانی و قضاوت نمودن در مورد معنی‌داری شیب بدست آمده در سطوح اطمینان مختلف می‌باشد (Salmi et al., 2002).

### تحلیل تغییرات ماهانه و فصلی دبی جریان

به منظور ارزیابی تغییرات دبی جریان در مقیاس ماهانه و فصلی آمار دبی رودخانه زهره، از نمودار جعبه‌ای استفاده شد. نمودار جعبه‌ای به کمک معیارهای مرکزی و پراکندگی، موقعیت مجموعه داده‌ها را به شکلی بسیار گویا و مفید ارائه می‌دهد. این نمودار

انجام مقایسه بین چند مجموعه داده را به آسانی امکان‌پذیر می‌سازد. میانه، چارک‌های اول و سوم و کم‌ترین و بیش‌ترین اندازه مقادیر مشاهده شده را مقایسه می‌نماید. با استفاده از این نمودار می‌توان مرکزیت، پراکندگی و چولگی داده‌ها را تفسیر نمود.

**۲-۳ تعیین حجم آب قابل برداشت از رودخانه**

هدف از ارزیابی میزان دبی آب رودخانه، بدست آوردن میزان دبی آبی است که می‌توان در طول سال جهت تأمین آب آشامیدنی از جریان رودخانه بهره‌برداری نمود. به‌منظور تعیین میزان حجم آب قابل برداشت برای تأمین آب آشامیدنی، داده‌های ثبت شده ایستگاه هیدرومتری دهملا در فاصله ۳۰ کیلومتری شهرستان هندیجان، به‌عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه استفاده شد. پس از ارزیابی روند تغییرات آبدهی جریان رودخانه، به‌منظور بدست آوردن آب قابل برداشت در طول سال (بصورت ماهانه) از جریان رودخانه، از رابطه ۴ استفاده شده است:

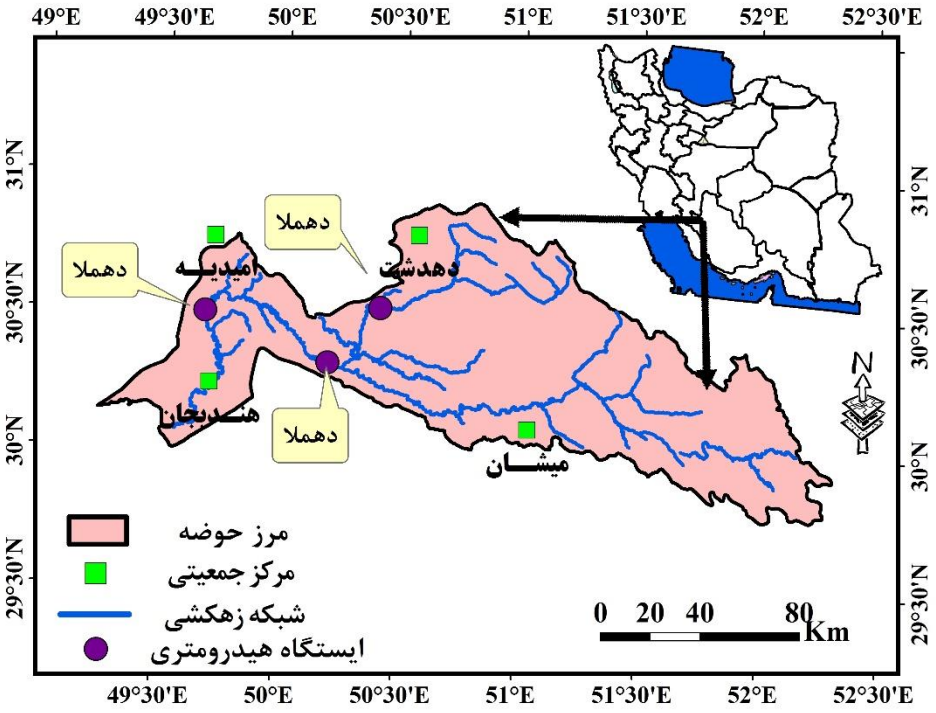
$$EW= Q-EF \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن، EW میزان آب قابل برداشت جهت تأمین آب آشامیدنی، Q دبی ماهانه و EF جریان زیست‌محیطی رودخانه می‌باشد.

برای تعیین جریان زیست محیطی رودخانه از روش Tennant استفاده گردید. سطح قابل قبول از این روش با توجه به دستورالعمل ابلاغ شده وزارت نیرو معادل ۳۰ درصد دبی متوسط سالانه برای فروردین تا شهریور (به‌عنوان دوره کم‌آبی) و ۱۰ درصد دبی متوسط سالانه برای مهر تا اسفند (به‌عنوان دوره پرآبی) می‌باشد (نظریان، ۱۳۹۴). دلیل انتخاب این روش برای تعیین نیاز آبی رودخانه، تشابه و همزمانی دوره پرآبی و کم‌آبی منطقه مورد مطالعه با دستورالعمل ابلاغ شده وزارت نیرو است.

**محدوده و قلمرو پژوهش**

حوضه آبریز رودخانه زهره در محدوده شهرستان هندیجان می‌باشد و رودخانه زهره در استان خوزستان با مساحت حوضه حدود ۱۷۵۰ کیلومترمربع و طول ۴۹۰ کیلومتر یکی از طولانی‌ترین و بزرگترین رودخانه‌های ایران است (احتشامی و شریفی، ۱۳۸۷). هندیجان در جنوب‌شرقی استان خوزستان و در۷۰ کیلومتری جنوب‌شرقی بندر ماهشهر و در شمال خلیج فارس در ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه عرض جغرافیایی و ۴۹ درجه و ۴۳ دقیقه طول شرقی شهرستان اهواز قرار دارد. در حوزه رودخانه زهره ۲۶ ایستگاه هیدرومتری وجود دارد که در این پژوهش با توجه به اینکه نزدیک‌ترین ایستگاه‌ها به شهرستان هندیجان مدنظر است، از داده‌های دبی ماهانه سه ایستگاه دهملا، خیرآباد و پل‌فلور استفاده گردید (شکل۱). در شکل ۱ ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه مشخص گردیده است. به‌منظور بررسی کمیت آب رودخانه زهره در طول دوره آماری ۱۳۷۵-۱۳۹۴، از داده‌های مربوط به دبی ماهانه ثبت شده در ایستگاه‌های هیدرومتری پل فلور، خیرآباد و دهملا استفاده شد. در انتخاب طول دوره آماری و کفایت داده‌ها سعی شده است که از حداکثر داده‌ها استفاده شود. به‌منظور رفع نواقص موجود در داده‌های ثبت شده طی سال‌های ۹۰ تا ۹۴ ایستگاه دهملا از رابطه همبستگی در ماه‌های مختلف میان ایستگاه دارای نواقص آماری و نزدیک‌ترین ایستگاه به ایستگاه هیدرومتری مذکور استفاده گردید (ساداتی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۹ و رحمتی و همکاران، ۱۳۸۹). قابل ذکر است که استفاده از روش مذکور توسط موسسه محیط زیست کانادا و نیز سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده در در بازسازی داده‌های دبی توصیه شده است (Simonovic, 1995).

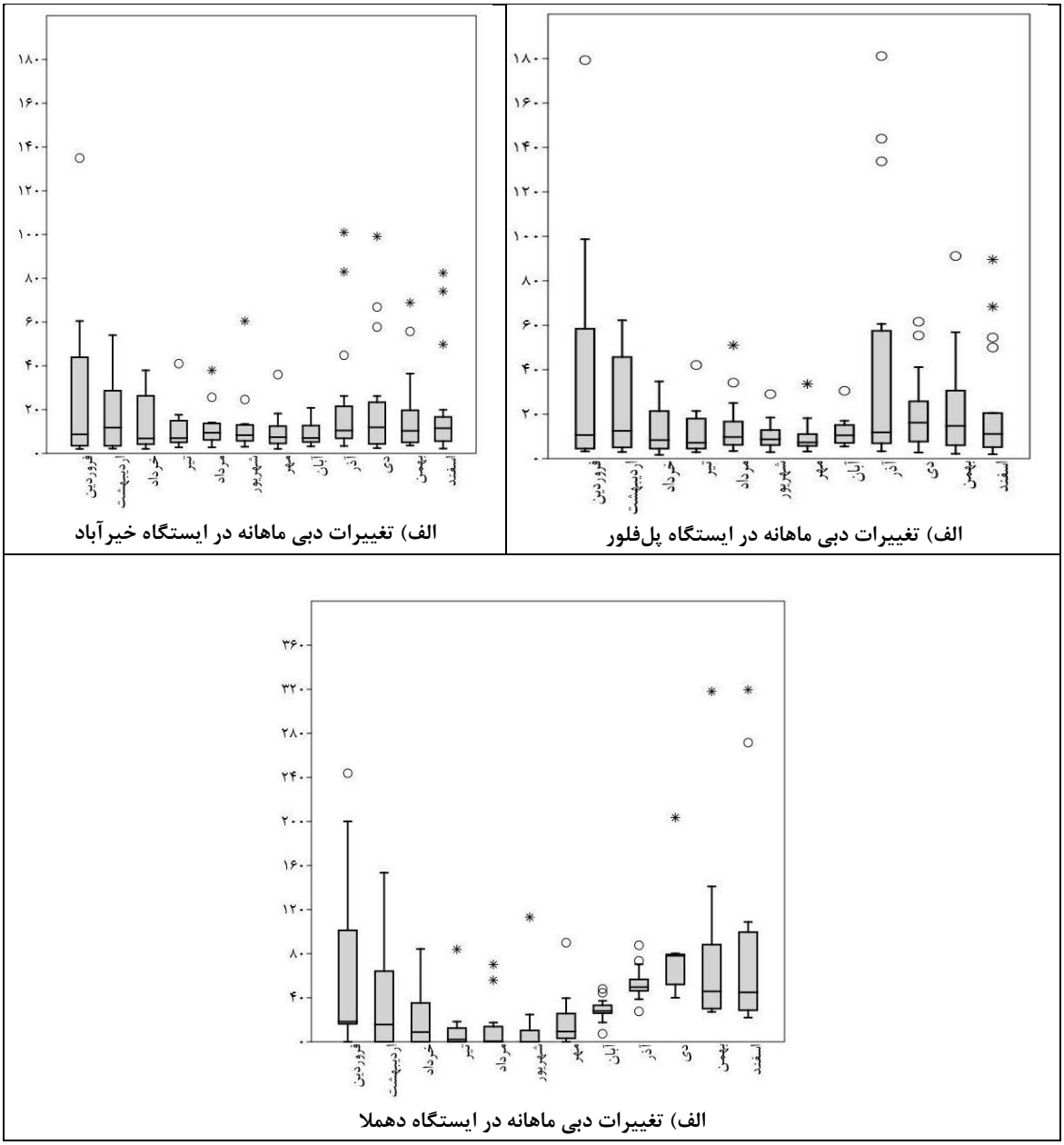



**شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های هیدرومتری در رودخانه زهره**

## - نتایج و بحث

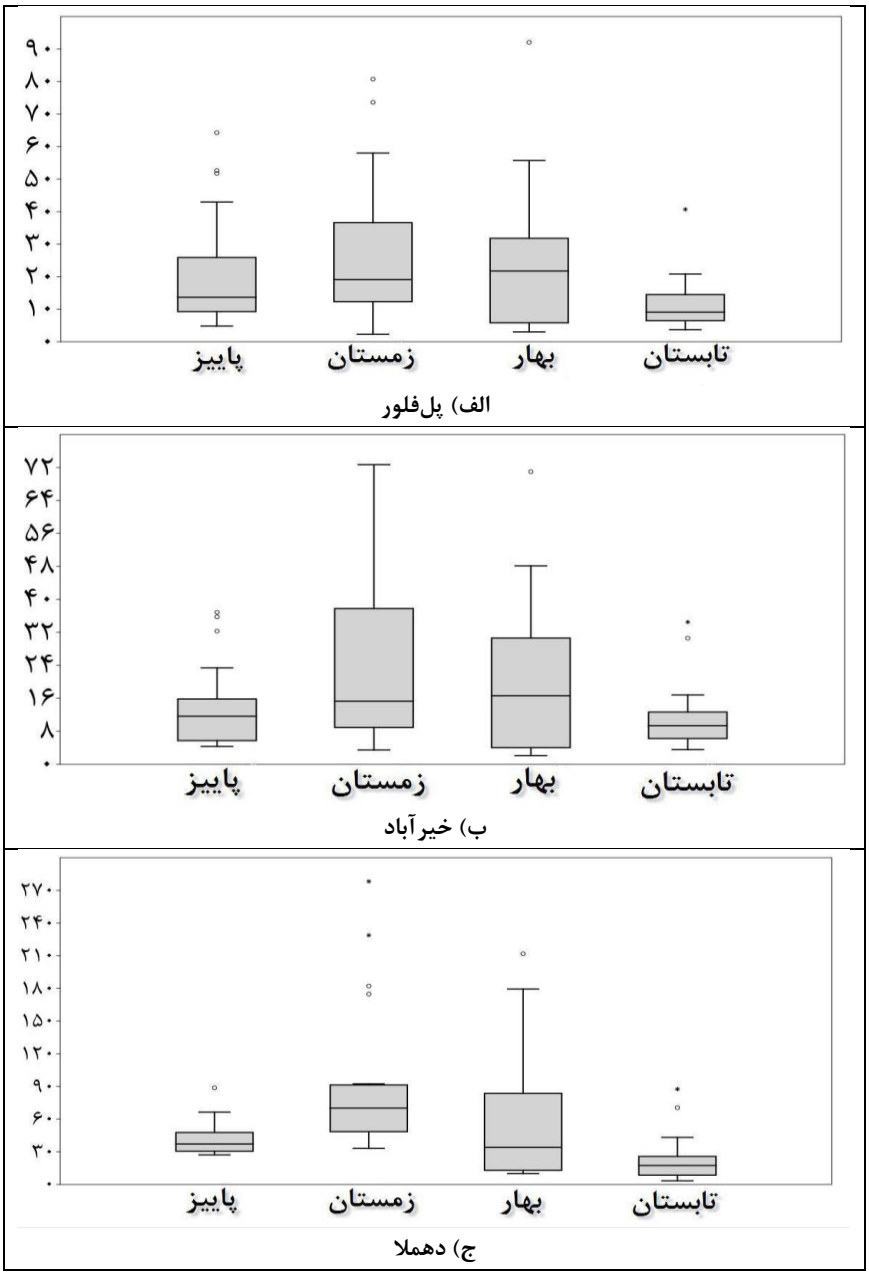
### تغییرات ماهانه، فصلی و سالانه دبی در طول دوره آماری

ارزیابی دبی ماهانه در ۳ ایستگاه دهملا، خیرآباد و پل‌فلور به وسیله نمودار جعبه‌ای نشان می‌دهد که در ایستگاه‌های مطالعاتی مقادیر دبی در ماه‌های فروردین و اردیبهشت دارای بیش‌ترین دامنه تغییرات و نیز بالاترین مقدار دبی می‌باشند. آنچه که در ۳ ایستگاه‌ها مشترک به نظر می‌آید آنست که دامنه تغییرات میزان دبی در ماه‌های تیر تا آبان بسیار پایین است و از ماه آذر افزایش حجم دبی آغاز شده و در ماه فروردین به اوج خود رسیده و از اردیبهشت روند کاهشی در میزان دبی مشاهده شده است (شکل ۳).



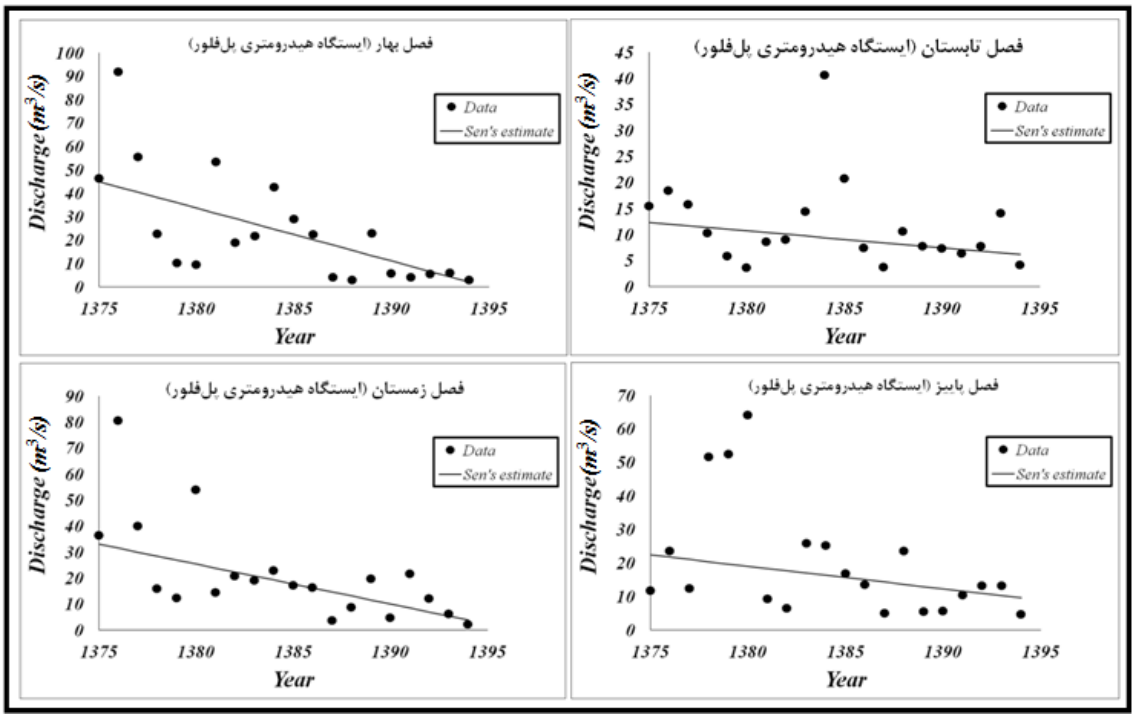

**شکل ۳- نمودار جعبه‌ای تغییرات دبی ماهانه رودخانه زهره در ایستگاه‌های مطالعاتی**

تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به دبی رودخانه زهره در فصول مختلف در سه ایستگاه پل‌فلور، خیرآباد و دهملا نشانگر آنست که در دو ایستگاه خیرآباد و پل‌فلور در فصل بهار بیش‌ترین مقدار دبی رودخانه مشاهده شده است. این در حالی است که در ایستگاه دهملا در فصل زمستان با تفاوت اندکی دبی رودخانه نسبت به فصل بهار بیش‌تر است (شکل ۴). اما پراکندگی آمار دبی فصلی، در بهار بیش‌تر از زمستان می‌باشد. از طرفی در تمامی ایستگاه‌ها در فصل تابستان کم‌ترین میزان دبی رودخانه به ثبت رسیده است.

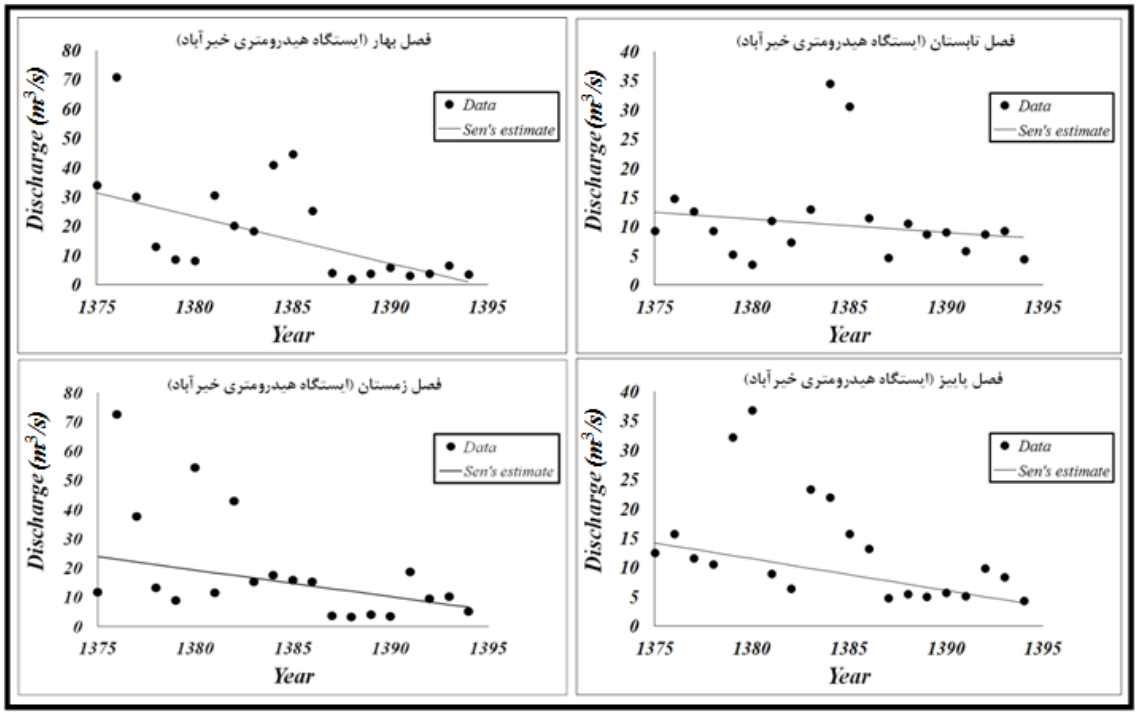



**شکل ۴- نمودار جعبه‌ای تغییرات فصلی دبی رودخانه زهره در ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب**

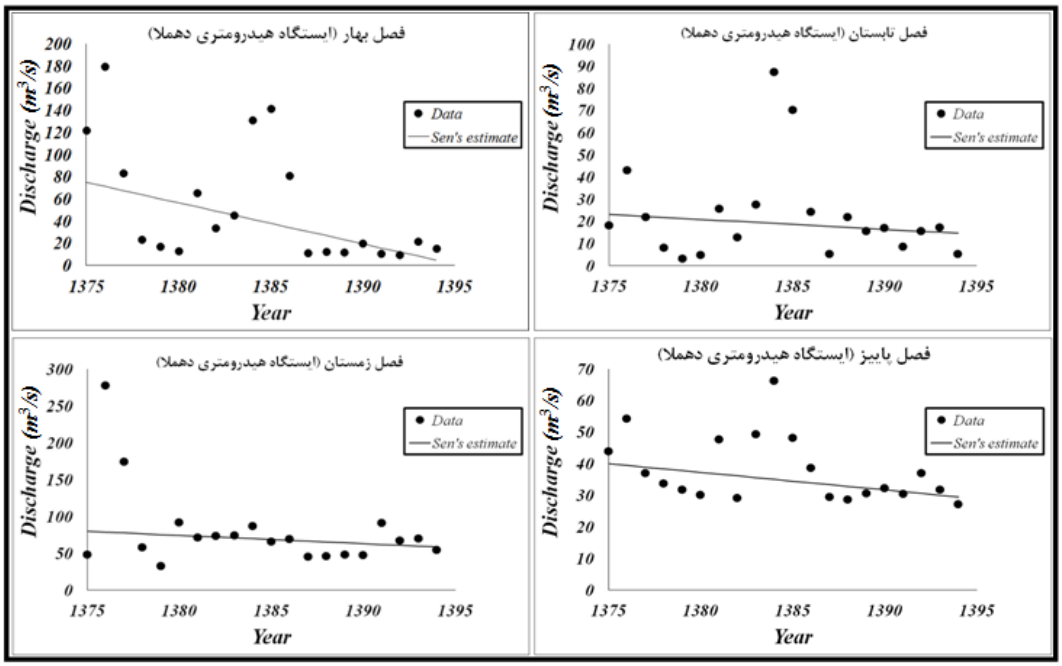
شکل‌های ۵، ۶ و ۷ نشان می‌دهد که ایستگاه‌های پل‌فلور، خیرآباد و دهملا دارای روند کاهشی دبی رودخانه در تمامی فصول می‌باشند. هم‌چنین فصل بهار دارای بیش‌ترین شیب روند کاهشی در تمامی ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه بوده است.




شکل۵- تحلیل روند فصلی دبی در طول دوره آماری در ایستگاه هیدرومتری پل‌فلور




شکل۶- تحلیل روند فصلی دبی در طول دوره آماری در ایستگاه هیدرومتری خیرآباد




**شکل ۷- تحلیل روند فصلی دبی در طول دوره آماری در ایستگاه هیدرومتری دهملا**

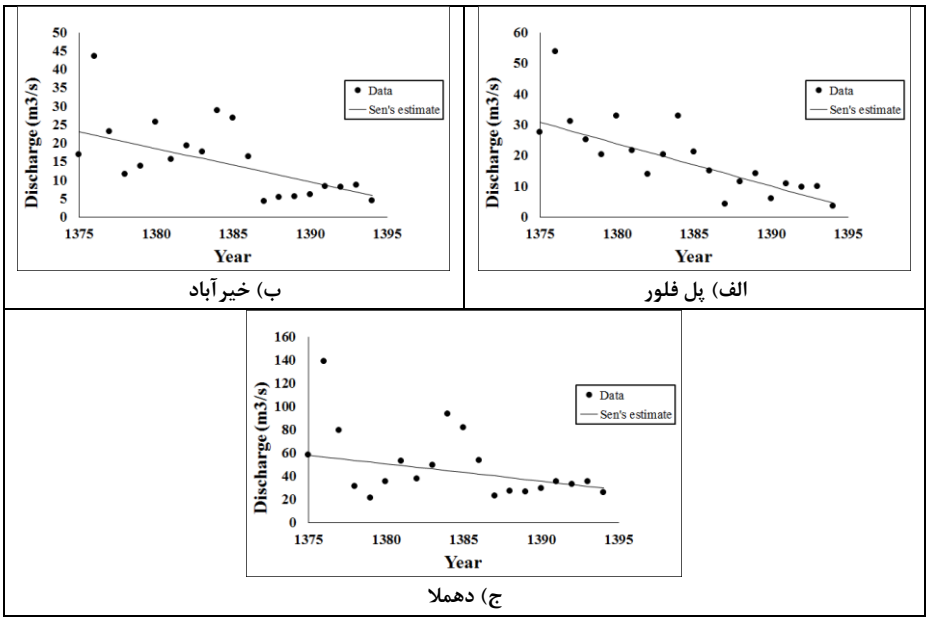
نتایج آزمون‌های من-کندال و سن برای دبی فصول مختلف در طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۴ در سه ایستگاه مورد مطالعه، در جدول ۱ ارئه شده است. نتایج دو آزمون نشانگر وجود روند نزولی در دبی جریان رودخانه در تمامی فصول می‌باشد. این روند کاهشی با سطح اعتماد ۹۹ درصد، در فصل بهار، در ایستگاه‌های خیرآباد و پل‌فلور، در پاییز، در ایستگاه خیرآباد و در فصل زمستان در ایستگاه پل‌فلور قابل مشاهده است. هم‌چنین روند کاهشی با سطح اعتماد ۹۵ درصد، در فصل‌های بهار و پاییز در دهملا، فصل زمستان در خیرآباد و فصل پاییز در پل‌فلور مشاهده می‌گردد.

**جدول ۱- نتایج مقدار آماره آزمون من-کندال (Z) و سن (Q) برای دبی‌های فصلی در ایستگاه‌های دهملا، خیرآباد و پل‌فلور**

| ایستگاه | بهار | | تابستان | | پاییز | | زمستان | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Z | Q | Z | Q | Z | Q | Z | Q |
| دهملا | -۲/۵۶* | -۳/۶۹ | -۰/۸۱ | -۰/۴۴ | -۱/۹۱* | -۰/۵۵ | -۱/۰۷ | -۱/۱۱ |
| خیرآباد | -۳/۰۱** | -۱/۶۰ | -۱/۴۰ | -۰/۲۲ | -۲/۷۵** | -۰/۵۴ | -۲/۱۷* | -۰/۹۰ |
| پل‌فلور | -۳/۲۱** | -۲/۲۵ | -۱/۵۲ | -۰/۳۲ | -۱/۹۷* | -۰/۶۷ | -۲/۸۹** | -۱/۵۳ |

*وجود روند در سطح ۹۵ درصد؛** وجود روند در سطح ۹۹ درصد

نمودارهای حاصل از آزمون‌های من-کندال و سن نشان‌دهنده وجود روند کاهشی در میزان دبی سالانه می‌باشد که بیش‌ترین شیب کاهش در ایستگاه پل‌فلور و کم‌ترین شیب کاهش در ایستگاه دهملا قابل مشاهده است (شکل ۸).




**شکل۸- تحلیل روند سالانه دبی در ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه زهره (۱۳۹۴-۱۳۷۵)**

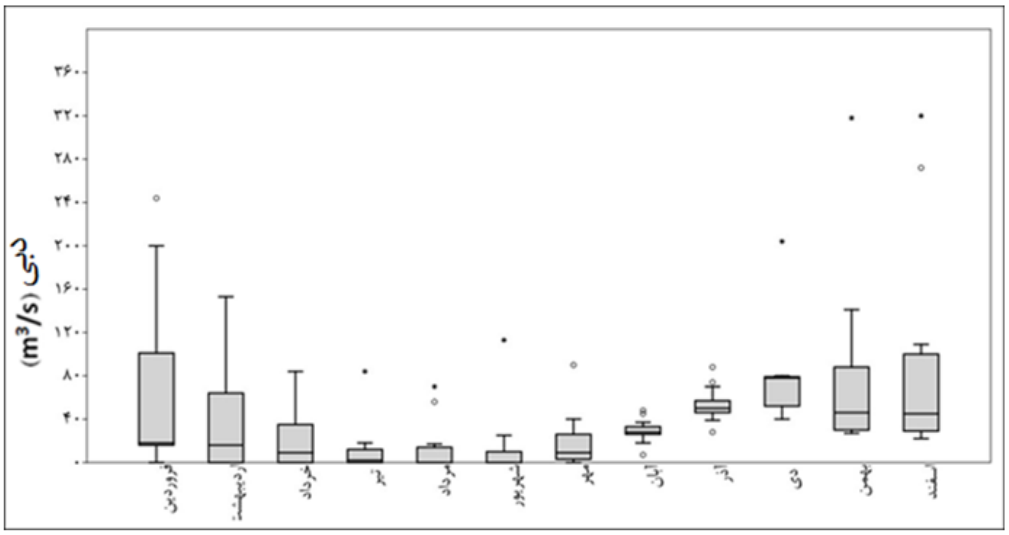
آماره‌های مربوط به دو آزمون ناپارمتری مورد استفاده در این پژوهش و ارائه شده در جدول ۲، روند کاهشی دبی رودخانه در طی ۲۰ سال گذشته را تأیید می‌نماید. این روند نزولی در پل‌فلور در سطح اعتماد ۹۹ درصد و در ایستگاه‌های خیرآباد و دهملا در سطح اعتماد ۹۵ درصد می‌باشد.

**جدول ۲- نتایج مقدار آماره آزمون‌من-کندال (Z) و سن (Q) برای دبی‌های سالانه در ایستگاه‌های دهملا، خیرآباد و پل‌فلور**

| ایستگاه | Z | Q |
|---|---|---|
| دهملا | -۱/۷۲* | -۱/۴۷ |
| خیرآباد | -۲/۴۳* | -۰/۹۱ |
| پل‌فلور | -۳/۹۹** | -۱/۳۸ |

*وجود روند در سطح ۹۵ درصد؛** وجود روند در سطح ۹۹ درصد

در نهایت پس از کسر جریان زیست محیطی (۲۴ مترمکعب بر ثانیه، برای ماه‌های فروردین تا شهریور، ۸ مترمکعب بر ثانیه، برای ماه‌های مهر تا اسفند) از میزان دبی ثبت شده در ایستگاه دهملا، میزان دبی آب قابل برداشت از رودخانه به‌منظور تأمین آب آشامیدنی به صورت ماهانه مشخص گردید (شکل۹). نتایج حاکی از آنست که ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند جزء ماه‌های پرآب و مناسب جهت برداشت از رودخانه برای تأمین آب آشامیدنی می‌باشد، در مقابل در ماه‌های مهر، فروردین و اردیبهشت میزان حجم آب قابل برداشت محدود است. در ماه‌های گرم سال شامل خرداد، تیر و تا حدود قابل توجهی مرداد و شهریور ماه نیز حجم آبی به منظور برداشت باقی نمی‌ماند و آب پایه موجود در رودخانه به‌منظور حفظ محیط زیست رودخانه و اکوسیستم وابسته به آن باید حفظ گردد.




**شکل۹- نمودار جعبه‌ای تغییرات دبی آب قابل برداشت از رودخانه زهره جهت تأمین آب آشامیدنی در ماه‌های مختلف (۱۳۹۴-۱۳۷۵)**

## نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از تحلیل آمار مربوط به داده‌های دبی در سه ایستگاه، خیرآباد، پل‌فلو و دهملا، دبی سالانه در همه ایستگاه‌ها، دارای روند نزولی بوده است که با نتایج به‌دست آمده در پژوهش Xu و همکاران (۲۰۰۴) و معروفی و طبری (۱۳۹۰) همخوانی دارد و با نتایج Jiang و همکاران (۲۰۰۷) که به این نتیجه رسیده بودند که در اکثر ایستگاه‌ها میزان دبی روند افزایشی داشته، متفاوت است. از طرفی، در ایستگاه‌های خیرآباد و پل‌فلور در فصل بهار، میزان دبی بالاتری به ثبت رسیده است. دلیل این امر را می‌توان به قرارگیری ایستگاه‌های مذکور در رودخانه خیرآباد مربوط دانست که دبی آن در فصل بهار ناشی از ذوب برف زمستانه در ارتفاعات کوه خامی می‌باشد. با این وجود، نتایج آزمون‌های من کندال و سن، نشان‌دهنده وجود شیب بیش‌تر در روند نزولی دبی رودخانه در سه ایستگاه مورد مطالعه، در فصل بهار می‌باشد که با نتیجه به‌دست آمده در مطالعه معروفی و طبری (۱۳۹۰) همخوانی دارد. نتیجه به‌دست آمده می‌تواند برای مدیران ذی‌ربط حائز اهمیت باشد که با وجود سهم بیش‌تر حجم آب رودخانه در فصول بهار و پاییز، سیر نزولی میزان دبی رودخانه نیز در این ماه‌های به ظاهر پرآب رخ می‌دهد که به‌نوعی وجود شرایط بحرانی در میزان حجم آب جاری رودخانه زهره را نشان می‌دهد. ایستگاه دهملا در ۳۰ کیلومتری شهرستان هندیجان واقع شده است. قابل ذکر است که وجود سدهای مخزنی کوثر و خیرآباد در بالادست منطقه، جریان طبیعی رودخانه را تغییر خواهد داد، اما تحلیل‌های ارائه شده بر روی آمار مشاهداتی ایستگاه‌های هیدرومتری انجام شده است که اثر سدهای مذکور در جریان رودخانه‌ای درنظر گرفته شده است. بر اساس نتایج آزمون روند، دبی رودخانه در طی دوره مورد مطالعه در هر سه ایستگاه پل‌فلور، خیرآباد و دهملا دارای روند کاهشی معنی‌دار است که بر لزوم بهره‌برداری صحیح و برنامه‌ریزی مناسب استفاده از آب در رودخانه‌های مذکور تاکید دارد. بر اساس نتایج، میزان آبدهی در ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند امکان برداشت از رودخانه برای تأمین آب آشامیدنی را فراهم می‌نماید. این در حالی است که ماه‌های مهر، فروردین و اردیبهشت میزان حجم آب قابل برداشت دارای محدودیت است. میزان آبدهی ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور رودخانه فاقد جریان مازاد برای برداشت بوده و حفظ جریان رودخانه و حیات اکولوژیک آن ضروری خواهد بود. هم‌چنین میزان پراکنش مقادیر دبی و حجم آب رودخانه در فصل بهار در این ایستگاه بیش‌تر از سایر فصول است و بهره‌برداری از آب رودخانه در فصل بهار توصیه می‌شود. به‌منظور دستیابی به

میزان دبی آب قابل برداشت برای مصرف شرب و براساس ارزیابی آمار ثبت شده در ایستگاه دهملا مشخص گردید با توجه به خشکسالی‌های اخیر و به دنبال آن برای حفظ اکوسیستم وابسته به رودخانه زهره، در ماه‌های گرم سال (خرداد تا آبان) به هیچ عنوان نباید حجم آبی از رودخانه برداشت گردد.

## منابع

احتشامی، م و ع. شریفی. ۱۳۸۷. ارایه مدل اجزاء محدود به منظور بررسی کمی و کیفی آبخوان شهر ری، علوم خاک و آب، دوره ۲۲، شماره ۲، ص ۲۷۰-۲۵۷. تهران.

حجام، س.، ی. خوشخو و ر. شمس‌الدین‌وندی. ۱۳۸۷. تحلیل روند تغییرات بارندگی فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۴۰، شماره ۶۴، ص ۱۶۸-۱۵۷. تهران.

رحمتی، ه.، پرهمت، ج.؛ دانش‌کار آراسته، پ.، حیدری‌زاده، م. ۱۳۸۹. تخمین آبدهی و همگن‌بندی حوضه‌های آبخیز فاقد آمار شمال‌غرب کشور با استفاده از منحنی رشد منطقه‌ای (استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، ایلام و کردستان). مهندسی آبیاری و آب. سال ۱، شماره ۱، ص ۵۶-۴۵. کرمان

ساداتی‌نژاد، ج.، نقدی.، شایان‌نژاد، م. ۱۳۸۹. کاربرد روش رگرسیون خطی فازی در برآورد داده‌های ناقص دبی سالانه ایستگاه‌های هیدرومتری و مقایسه آن با سایر روش‌های متداول. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. جلد ۱۷، شماره ۴. ص ۸۶-۶۷. گرگان

شایان، س.، غ. زارع، م. یمانی، م. شریفی‌کیا و م. سلطان‌پور. ۱۳۹۲. تحلیل روند تغییرات آماری دبی و رسوب حوضه آبریزمند و کاربرد آن در برنامه‌ریزی محیطی. دوفصلنامه ژئومورفولوژی کاربردی ایران، دوره ۱، شماره ۲. ص ۵۰-۳۷. تهران.

عبدی، ر.، م. یاسی، ر. اسکوئی‌سکوتی و ا. محمدی. ۱۳۹۳. ارزیابی نیاز زیست محیطی رودخانه زرینه رود با روش‌های هیدرولوژیکی، مهندسی و مدیریت آبخیز، دوره ۶، شماره ۳. تهران.

فتاحی، م و م. رضا مقدم. ۱۳۸۸. بررسی روند تغییرات کمی و کیفی منابع آب حوزه آبخیز استان قم، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ص ۱۲-۱. گرگان.

کریم‌زادگان، ح.، ر. ارجمندی، س.م. منوری و ش. نائیجی. ۱۳۸۷. تجزیه و تحلیل اقتصادی تأمین نیاز آبی زیست‌محیطی رودخانه هراز در طرح شبکه آبیاری و زهکشی دشت هراز استان مازندران. علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۰، شماره ۳. ص ۱۰۴-۹۳. تهران.

معروفی، ص و ح. طبری. ۱۳۹۰. آشکاری روند تغییرات دبی رودخانه مارون با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارمتری، تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۶، ص ۱۴۶-۱۲۵. اصفهان.

نظریان، س و ب. فریدگیگلو. ۱۳۹۴. بررسی کیفیت شیمیایی آب و روند تغییرات پارامترهای کیفی در محل ایستگاه نوده رودخانه گرگان‌رود استان گلستان، مهندسی آبیاری و آب، دوره ۴، شماره ۱۰، ص ۶۱-۵۷. تهران.

Ashabokov, B.A., Bischokov, R.M. and Derkach, D.V., 2008. Study of changes in the regime of atmospheric precipitation in the Central Northern Caucasus. *Russian Meteorology and Hydrology*, *33*(2), pp.125-129.

Constantin, D.M. and Vătămanu, V.V., 2015. Considerations upon the dryness and drought phenomena in the Caracal Plain, Romania. *Scientific Papers Series-Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, *15*(1), pp.119-122.

Dyson, M., G. Bergkamp., and J. Scanlon. 2003. The essentials of environmental flows. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, Earth System Science, pp.861-876.

Halbert, K., Nguyen, C.C., Payrastre, O. and Gaume, E., 2016. Reducing uncertainty in flood frequency analyses: A comparison of local and regional approaches involving information on extreme historical floods. *Journal of Hydrology*, 541, pp.90-98.

Hirji, R. and Panella, T., 2003. Evolving policy reforms and experiences for addressing downstream impacts in World Bank water resources projects. *River Research and Applications*, *19*(5-6), pp.667-681.

Jiang, T., Su, B. and Hartmann, H., 2007. Temporal and spatial trends of precipitation and river flow in the Yangtze River Basin, 1961–2000. *Geomorphology*, *85*(3), pp.143-154.

Khosravi, K., Mirzai, H. and Saleh, I., 2013. Assessment of Empirical Methods of Runoff Estimation by Statistical test (Case study: BanadakSadat Watershed, Yazd Province). *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, *1*(3), pp.30-46.

Peng. G., X. Zhang, X. Mu, F. Wang, R. Li, X. Zhang, 2010, Trend and change-point analyses of streamflow and sediment dischargein the Yellow River during 1950–2005, Hydrological Sciences Journal. 55(2), pp. 275- 285.

Poff, N.L., J.D. Allan, M.B. Bain, J.R. Kar and K.L. Prestegaard. 1997. The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. Bio Science, 47,pp. 769-784.

Salmi, T., 2002. *Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates-the Excel template application MAKESENS*. Ilmatieteen laitos.

Simonovic, S.P., 1995. Synthesizing missing streamflow records on several Manitoba streams using multiple nonlinear standardized correlation analysis, *Hydrological Sciences Journal*, 40(2), pp 183-203.

Xu, Z.X., Chen, Y.N. and Li, J.Y., 2004. Impact of climate change on water resources in the Tarim River basin. *Water Resources Management*, *18*(5), pp.439-458.

Zhang, A., Zheng, 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: Regional Studies*, *3*, pp.106-124.

# Determining the monthly utilizable water volume from Zahre River to secure drinking water of Handijan city

**Seyed Saied Nabavi [1], Raoof Mostafazadeh *[2], Roghayeh Asiabi-hir [3], Zeinab Hazbavi[4],**

**Abstract**

Assessment of river flow variation and trends is important in surface water resources management and utilization. In this study, the changes of Zahre river flow regime was assessed in Polfloor, Kheirabad, and Dehmola gauge stations using Mann-Kendall, Sen-estimator in monthly time scale, quarterly and annually during the years 1996 to 2015. The Tennant method was used to determine the environmental flow requirement, and subtracted from the recorded river flow data of the Dehmola station (adjacent to Handijan city), the volume of water taken from the river for drinking water supply of the Handijan city were determined at monthly scale. Results indicate that the flow amount in April and May had the highest volume at all stations during the year. Also, the Polfloor and Kheirabad stations had the greatest volume of discharge in spring season. While, the high river flow discharge of Dehmola station was observed in winter season. According the Mann-Kendall and Sen`s estimator the decreasing trend were observed in almost all seasons, and the steepest decreasing trend slope occurred in the spring. The results of Mann-Kendall and Sen`s estimator tests also suggest a decreasing trend in the annual flow discharge at all studied stations. Finally it was realized that the November, December, January, February and March are the wet months and suitable for water withdrawal/harvesting to supply drinking water from the river. In contrast, the summer months of June, July, August and September are low flow months and there is no water to exploit, and the base flow of the river should be maintained to support and protect the river environment and its dependent ecosystems.

**Key words: Drinking water supply, Monthly water yield, Trend test, Discharge variations, Environmental flow**

[1] M.Sc in Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran, roghaye.asiabi@gmail.com

[2] Assistant Professor, Dept. of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran (Corresponding author: raoofmostafazadeh@uma.ac.ir)

[3] M.Sc in Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran, saeidgpzn@gmail.com

[4] Ph.D in Watershed Management Engineering and Sciences, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran, hazbavi.zeinab@gmail.com