نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۲، خرداد - تیر ۱۳۹۷، ص. ۴۳۳-۴۲۴

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 12, Jan.-Jul. 2018, p. 424-433

بررسی تغییرات ۳۰ ساله دبی جریان رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه

محمد ناظری تهرودی[۱*]، فرشاد احمدی[۲]، کیوان خلیلی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۸

چکیده

تغییر در میزان و رژیم بارندگی از جمله مظاهر قابل توجه تغییرات اقلیمی است. کاهش یا افزایش میزان بارندگی بر بسیاری دیگر از پدیده‌های اقلیمی و محیطی مانند رواناب، سیلاب، دمای هوا، رطوبت هوا و همچنین بر بسیاری از فعالیت‌های بشری مانند کشاورزی، اقتصاد، مبارزه با فرسایش خاک و غیره اثر دارد. بنابراین بررسی روند تغییرات زمانی بارش و دبی جریان در برنامه‌ریزی و طراحی دقیق‌تر پروژه‌های آبی در آینده از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. در این مطالعه روند تغییرات دبی جریان رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه در دو مقیاس سالانه و ماهانه با استفاده از آزمون ناپارامتری من- کندال اصلاح شده (MMK) با حذف کامل ساختار خودهمبستگی مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور ۲۵ ایستگاه هیدرومتری در حوضه دریاچه ارومیه در دوره آماری ۱۳۹۲-۱۳۶۳ مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین به منظور تعیین زمان تغییر روند سری زمانی دبی جریان از آزمون ناپارامتری پتیت استفاده شد. نتایج بررسی روند تغییرات دبی ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح حوضه دریاچه ارومیه نشان داد که روند تغییرات دبی در اکثر ماه‌ها کاهشی می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز در تمامی ایستگاه‌ها روند کاهشی جریان در سطح حوضه مشهود بود. هم‌چنین روند کاهشی دبی جریان در دو فصل پاییز و زمستان شدیدتر می‌باشد. زمان تغییر روند کاهشی دبی جریان رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه نیز در بین سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۷ اتفاق افتاده است. با بررسی زمان تغییر روند داده‌های تراز سطح آب دریاچه ارومیه و دبی ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه آن مشخص گردید که کاهش تراز آب دریاچه ارومیه یک سال بعد از شکست کاهشی در داده‌های دبی رخ داده است.

واژه‌های کلیدی: آزمون پتیت (Petit Test)، دریاچه ارومیه، روند، من کندال اصلاح شده

مقدمه

شکل‌گیری یک سکونت‌گاه بیش از هر چیز وابسته به وضعیت اقلیمی آن مکان است و اگر سکونت‌گاهی شکل گرفته است به این دلیل بوده که مردم توانسته‌اند خود و فعالیت‌هایشان را با وضعیت اقلیم آن مکان سازش دهند. در دهه‌های گذشته فعالیت‌های بشر منجر به تغییرات قابل توجهی در وضعیت اقلیمی و منابع آب در سطح جهان شده است. به‌عنوان یک نتیجه، تغییرات اقلیمی ممکن است تاثیر معنی‌دار روی برخی از فرآیندهای هیدرولوژیکی نظیر بارش داشته باشد. بارش مهم‌ترین پارامتر هیدرولوژیک در تعیین نوع اقلیم یک منطقه است. کاهش یا افزایش معنی‌دار بارش و تغییرات آن همراه با افزایش دمای هوا در سطح حوضه‌های آبریز اثرات بارزی در میزان دبی رودخانه‌ها دارد. مطالعات بسیاری به‌منظور بررسی روند بلندمدت متغیرهای هیدرولوژیکی همانند دبی جریان رودخانه و بارش در نقاط مختلف جهان صورت گرفته است (Dixon et al., 2006; Lins and Slack., 2007; Yang et al., 2010; Tao et al., 2011; Khalili et al., 2016 and Zamani et al., 2018).

بررسی روند تغییرات دبی رودخانه به دلیل متأثر بودن از عوامل بارش، دما و عوامل طبیعی زمین از پیچیدگی‌های بیشتری برخوردار می‌باشد. تحقیقات گسترده‌ای در مورد بررسی روند تغییرات دبی جریان در جهان صورت گرفته است. تنوع رواناب در مناطق با آب و هوای خشک به شدت بالا است. به‌طور مثال تغییرات جزئی در دما و بارش در مناطق خشک و نیمه‌خشک باعث تغییرات زیادی در رواناب خواهد شد (Gan., 2000). درای و همکاران با بررسی روند تغییرات دبی جریان در خلیج آنگورا کاهش حدود ۱۳ درصد دبی ۴۲ رودخانه منتهی به خلیج آنگورا را برای ۳۷ سال از سال‌های ۱۹۶۴ تا ۲۰۰۰ گزارش کردند (Dery et al. 2005). استوجکوویچ و همکاران روند تغییرات ماهانه، سالانه و فصلی دبی جریان رودخانه ساوا[3] در دو ایستگاه هیدرومتری را با استفاده از آزمون من - کندال مورد بررسی

۱ و ۲ - باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران
۳- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه ارومیه
(*- نویسنده مسئول: Email: m_nazeri2007@yahoo.com)

3 - SAVA

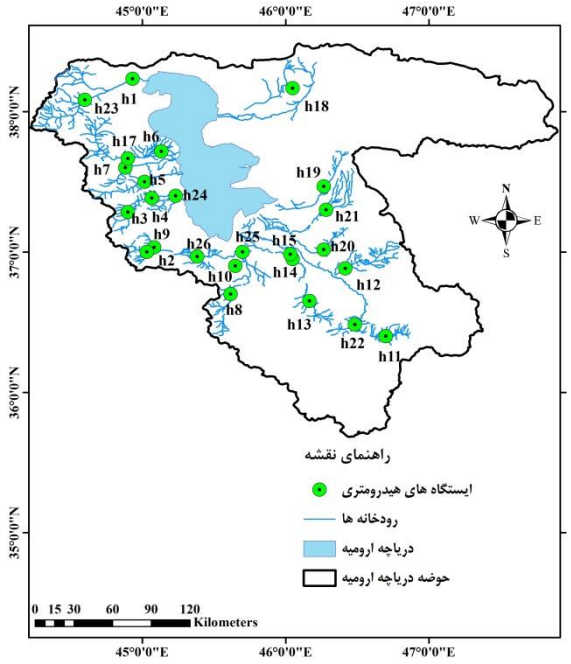
قرار دادند (Stojković et al. 2014). عبقری و همکاران روند دبی جریان ماهانه و سالانه مناطق کوهستانی واقع در غرب ایران را در دوره آماری ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۹ مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها روند کاهشی قابل توجهی را در ماه‌های اکتبر و نوامبر گزارش کردند (Abghari et al. 2013). آبیسینگها و همکاران روند تغییرات جریان رودخانه در حوضه رودخانه گمتی[1] در هند شمالی را در دوره آماری ۲۰۱۲-۱۹۸۲ مورد بررسی قرار داده و ارتباط آن را با تغییرات بارندگی و عوامل انسانی مورد تحلیل قرار دادند (Abeysingha et al. 2016). نتایج نشان‌دهنده روند کاهش جریان سالانه در حوضه مورد مطالعه به واسطه افزایش خروج آب از حوضه، افزایش دمای هوا، افزایش جمعیت و همچنین کاهش قابل ملاحظه بارندگی بارش بود.

جهت بررسی روند متغیرهای هیدرولوژیکی روش‌های پارامتری و ناپارامتری مختلفی وجود دارد که در این میان روش ناپارامتری من – کندال کاربرد گسترده‌ای داشته که برخی با در نظر گرفتن اثر خودهمبستگی اقدام به بررسی روند کردند و برخی بدون در نظر گرفتن اثر خودهمبستگی، روند تغییرات پارامترهای هیدرولوژی را بررسی کردند. با توجه به مطالب ارائه شده و همچنین با توجه به تغییرات اقلیم و تغییرات آب و هوایی در سطح حوضه دریاچه ارومیه به نظر می‌رسد بررسی تغییرات روند دبی جریان حوضه دریاچه ارومیه و همچنین بررسی زمان تغییر روند آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. در واقع اهداف مورد بررسی در تحقیق حاضر، بررسی روند تغییرات دبی جریان رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه با در نظر گرفتن اثر خودهمبستگی داخلی و توده‌های هوای ورودی به حوضه، بررسی زمان تغییر روند داده‌های مذکور و تاثیرات آن بر سطح آب دریاچه ارومیه در دوره آماری ۱۳۹۲-۱۳۶۳ می‌باشند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دریاچه ارومیه با وسعت تقریبی ۵۷۵۰ کیلومتر مربع و رقوم متوسط ۱۲۷۶ متر از سطح دریا در شمال غربی ایران قرار گرفته است. حوضه آبریز دریاچه ارومیه بین مختصات ′۱۴ -°۴۴ تا ′۵۳ -°۴۷ طول شرقی و′۴۰ -°۳۵ تا ′۳۰ -°۳۸ عرض شمالی واقع شده است. تغییرات بارندگی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۲۲۰ تا ۹۰۰ میلی‌متر و متوسط بارش ۲۶۳ میلی‌متر می‌باشد. موقعیت دریاچه ارومیه، رودخانه‌ها و ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه دریاچه ارومیه به شرح شکل ۱ ارائه شده است. در این تحقیق از داده‌های دبی ماهانه و سالانه ۳۰ ساله (۱۳۹۲-۱۳۶۳) ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در حوضه آبریز دریاچه ارومیه استفاده شد. جدول ۱ مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های هیدرومتری را نشان می‌دهد. اسامی ایستگاه‌های هیدرومتری در شکل ۱ آورده شده است. با توجه به جدول ۱، ایستگاه‌های h1 تا h26 معرف ایستگاه‌های هیدرومتری مورد بررسی در این تحقیق می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت حوضه دریاچه ارومیه و ایستگاه‌های هیدرومتری

آزمون من - کندال

در این مطالعه روند تغییرات سری‌های زمانی دبی ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در حوضه دریاچه ارومیه با آزمون ناپارامتری من-کندال مورد بررسی قرار می‌گیرد. این آزمون به‌طور وسیعی در مطالعات هیدرولوژی، کلیماتولوژی و متئورولوژی مورد استفاده قرار گرفته است. شرط لازم برای استفاده از این آزمون عدم وجود خودهمبستگی در سری زمانی داده‌ها می‌باشد، با این حال ممکن است داده‌ها دارای خودهمبستگی معنی‌دار باشند. بنابراین باید ابتدا اثر خودهمبستگی داده‌ها حذف گردد تا بتوان از آزمون من - کندال استفاده نمود. به این منظور در مطالعه حاضر به‌جای آزمون من-کندال مرسوم (MK1) از ویرایش دیگر آن شامل آزمون من-کندال با حذف کامل ساختار خودهمبستگی (MK3) استفاده شد که جهت اطلاع از آماره این آزمون به منابع (Kendall., 1975; Mann., 1945; Kumar et al., 2009; Khalili et al., 2014) مراجعه شود.

1 - Gomti

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری مورد بررسی

شماره	ایستگاه	طول جغرافیایی (m)	عرض جغرافیایی (m)	ارتفاع (m)
h1	یالغوزآغاج	۴۹۳۸۷۳	۴۲۳۱۳۳۷	۱۳۰۰
h2	اشنویه	۵۰۷۱۱۵	۴۰۹۸۲۰۳	۱۴۸۰
h3	هاشم آباد	۴۹۱۱۳۵	۴۱۲۵۹۳۹	۱۵۷۰
h4	دیزج	۵۰۶۱۹۷	۴۱۳۷۰۳۱	۱۳۲۰
h5	بند	۵۰۱۷۶۸	۴۱۵۰۳۴۲	۱۳۹۰
h6	آباجالوسفلی	۵۱۲۳۳۸	۴۱۷۴۷۵۸	۱۲۹۰
h7	کلهر	۴۸۹۴۰۷	۴۱۶۱۴۴۲	۱۵۰۰
h8	کوتر	۵۵۵۳۸۱	۴۰۶۱۷۷۲	۱۳۸۰
h9	پی‌قلعه	۵۰۳۵۵۹	۴۰۹۴۸۷۳	۱۵۰۰
h10	پل بهراملو	۵۵۷۹۱۰	۴۰۸۳۹۷۶	۱۲۸۵
h11	صفاخانه	۶۵۲۴۴۶	۴۰۲۹۶۵۸	۱۴۷۵
h12	چوبلوچه	۶۲۶۵۴۸	۴۰۸۲۵۰۲	۱۳۷۰
h13	داشبند	۶۰۴۵۷۹	۴۰۵۶۶۸۴	۱۳۵۰
h14	سیمینه	۵۹۳۴۸۷	۴۰۸۹۸۴۱	۱۲۹۰
h15	تازه‌کند	۵۹۱۶۷۱	۴۰۹۳۱۴۹	۱۲۹۰
h16	میرآباد	۴۸۷۶۱۴	۴۱۴۲۵۸۵	۱۲۵۲
h17	تپیک	۴۹۱۱۸۱	۴۰۶۹۲۰۷	۱۴۵۰
h18	آخولا	۵۹۱۹۷۵	۴۲۲۵۱۹۸	۱۳۱۰
h19	صوفی	۶۱۲۳۰۳	۴۱۴۷۷۷۰	۱۲۶۰
h20	شیرین‌کند	۶۱۲۹۷۳	۴۰۹۷۸۴۵	۱۳۸۰
h21	قشلاق امیر	۶۱۳۴۴۳	۴۱۲۸۹۲۱	۱۴۵۰
h22	ساری قمیش	۶۳۲۵۸۰	۴۰۳۸۲۰۸	۱۳۸۰
h23	چهریق	۴۶۴۹۱۹	۴۲۱۴۷۶۷	۱۶۰۰
h24	بابارود	۵۲۱۲۴۲	۴۱۳۹۲۷۴	۱۲۸۵
h25	گردیعقوب	۵۶۲۲۸۴	۴۰۹۵۱۰۱	۱۲۸۰
h26	نقده	۵۳۳۸۲۴	۴۰۹۱۶۱۲	۱۳۴۰

تخمین‌گر شیب سن

یک شاخص بسیار مفید در آزمون من-کندال شیب خط روند یا به اصطلاح شیب Sen می‌باشد که بزرگی روند یکنواخت را نشان می‌دهد. مقدار شیب روند با استفاده از شیوه ارائه شده توسط تیل و سن با رابطه زیر برآورد شد (Thiel., 1950; Sen., 1968):

$$\beta = Median\left(\frac{x_j - x_i}{j - i}\right) \quad \forall i < j \qquad (۱)$$

که در آن β برآوردگر شیب خط روند و x_j, x_i به ترتیب مقادیر مشاهداتی i ام و j ام می‌باشند. مقادیر مثبت β نشان‌دهنده روند افزایشی و مقادیر منفی آن روند کاهشی را نشان می‌دهند. این روش در مطالعات هیدرولوژیکی به‌طور وسیعی استفاده شده است. لازم به ذکر است که برآورد مقدار شیب سن جهت محاسبات آزمون من – کندال اصلاح شده مورد نیاز می‌باشد.

آزمون پتیت

آزمون پتیت آزمونی ناپارامتری است که در سال ۱۹۷۹ توسط پتیت توسعه داده شد. این روش برای پیدا کردن نقاط تغییر در یک سری زمانی به کار برده می‌شود. تست پتیت آزمونی با پایه رتبه‌ای و بدون توزیع جهت تشخیص تغییرات معنی‌دار در میانگین سری زمانی است و این موضوع زمانی اهمیت دارد که هیچ فرضیه‌ای در مورد زمان تغییر موجود نباشد. آماره آزمون پتیت به شرح زیر است (Pettitt., 1979):

ابتدا سری زمانی $U_{t,n}$ به‌صورت رابطه ۲ به دست می‌آید.

$$U_{t,n} = \sum_{i=1}^{t} \sum_{j=i+1}^{n} \mathrm{sgn}(x_j - x_i) \qquad (۲)$$

در رابطه فوق n تعداد داده‌ها و t شماره ترتیبی داده‌های سری زمانی تا نقطه تغییر و بعد از آن می‌باشد. طول دوره آماری و n تعداد داده در سری آماری است. مقدار k از رابطه ۳ محاسبه شد و با جایگزینی در رابطه ۴ آماره P به دست آمد.

$$k = \max\left|U_{t,n}\right| \qquad (۳)$$

$$P = 2 \times e^{-\frac{6k^2}{n^3+n^2}} \qquad (۴)$$

در این آزمون، فرض H0 : بیان‌گر همگنی داده‌ها و فرض H1 نشان‌دهنده عدم همگنی بوده که سال وقوع شکست در سری زمانی را نشان می‌دهد. در صورتی که مقدار P محاسبه شده کوچک‌تر از α یا مقدار سطح معنی‌داری (۰/۰۵) باشد می‌توان این نقطه تغییر را در سری، از نظر آماری معنی‌دار دانست. در واقع مقدار محاسبه شده P مقدار ریسک یا خطای رد کردن فرض H0 است که اگر این خطا از پنج درصد کمتر باشد می‌توان این تغییر را معنی‌دار دانست. در آزمون پتیت با توجه به وجود ناهمگنی می‌توان به سال شکست رسید.

نتایج و بحث

نتایج بررسی روند تغییرات ماهانه و سالانه دبی جریان در حوضه مورد مطالعه

در این مطالعه روند تغییرات داده‌های دبی ماهانه و سالانه ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از آزمون من- کندال اصلاح شده در دو مقیاس سالانه و ماهانه در دوره آماری ۱۳۹۲-۱۳۶۳ محاسبه گردید. در این بخش ابتدا نتایج بررسی روند تغییرات و در نهایت به بررسی زمان تغییر روند دبی پرداخته شد. مقادیر آماره Z بارش‌های ایستگاه‌های موجود در سطح حوضه دریاچه

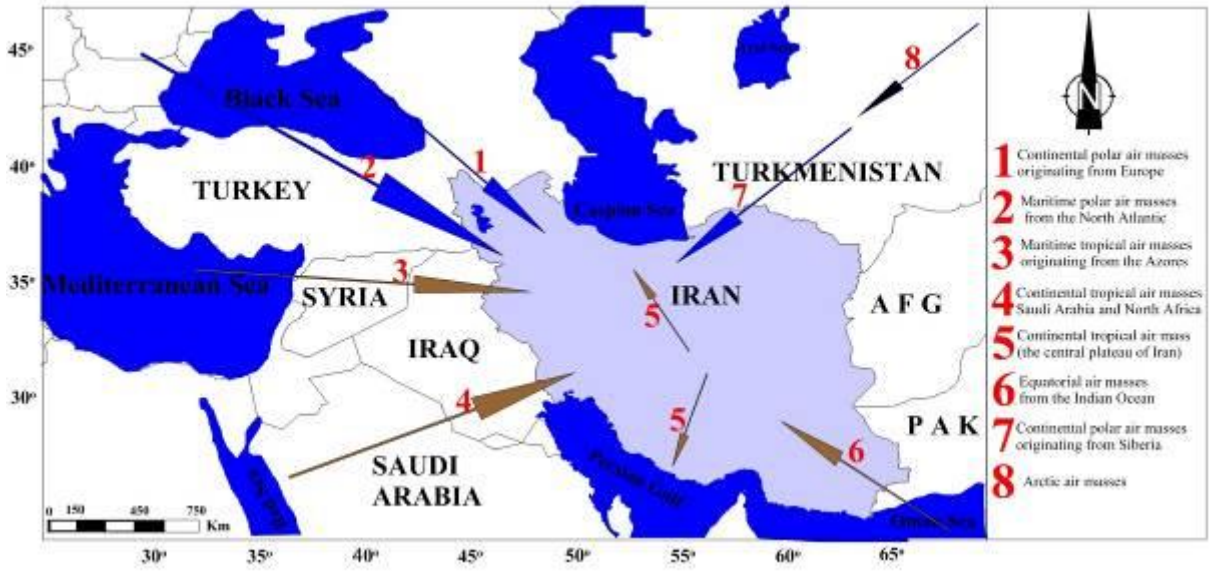
ارومیه در دو مقیاس زمانی ماهانه و سالانه محاسبه و نتایج بـه شـرح شکل‌های ۳ تا ۵ ارائه گردید. با توجه به این شکل‌ها مشاهده می‌شود که روند غالب در سری‌های ماهانه و سالانه این حوضه کاهشی است. شکل ۲ نیز توده هواهای ورودی به کشور ایران را نشان می‌دهـد. بـا توجه به شکل ۲، می‌توان تاثیرات توده‌های هوای ورودی بـه حوضـه دریاچه ارومیه را مشاهده کرد.

رونـد تغییـرات داده‌هـای دبـی جریـان (m^3/s) ایسـتگاه‌هـای هیدرومتری مورد بررسی در مقیاس زمانی ماهانه و سالانه اسـتفاده از آزمون من-کندال اصلاح شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسـی روند تغییرات ماهانه و سالانه دبی (m^3/s) ایستگاه‌های مـورد مطالعـه به شرح جدول ۲ ارائه گردید. نتایج بررسی روند تغییرات ماهانـه دبـی جریان رودخانه در ایستگاه‌های هیدرومتری مـورد مطالعـه در حوضـه دریاچه ارومیه نشان داد که در ایستگاه هیدرومتری h13 که در جنوب دریاچه ارومیه واقع شده است، تمامی ماه‌های سال بـه غیـر از بهمـن ماه دارای روند کاهشی معنی‌دار در روند داده‌های دبی ماهانه هسـتند. روند تغییرات دبی ماهانه در ماه‌های مهر و اسفند در سطح معنی‌دار ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. رونـد تغییـرات دبـی در مـاه‌هـای آذر، دی و اردیبهشت در سطح معنی‌دار ۱۰ درصد معنی‌دار می‌باشد.

در مقیاس سالانه نیز روندی معنـی‌دار در سـطح ۱۰ درصـد دارد. ماه‌های آبان، فروردین، خرداد، تیـر، مـرداد و شـهریور رونـد کاهشـی شدید در دبی ماهانه داشتند. در ایسـتگاه h14 هماننـد ایسـتگاه h13، تمامی ماه‌های سال دارای روند کاهشی می‌باشند. به غیر از مـاه‌هـای بهمن، اسفند، تیر و مرداد بقیه ماه‌ها دارای روند کاهشـی معنـی‌دار در روند دبی ماهانه هستند.

روند تغییرات دبی ماهانه در مـاه شـهریور در سـطح معنـی‌دار ۵ درصد معنی‌دار می‌باشـد. رونـد تغییـرات دبـی در مـاه‌هـای آذر، دی، اردیبهشت و خرداد در سطح معنی‌دار ۱۰ درصد معنی‌دار مـی‌باشـد. در مقیاس سالانه نیز روند معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد دارد. مـاه‌هـای مهر، دی و فروردین روند کاهشی شدید در دبی ماهانه داشتند.

در ایستگاه h22 واقع در جنوب شرق حوضه مورد مطالعـه، مـاه-های مهر، آبان، اسفند، فروردین، خرداد، تیر، مـرداد و شـهریور دارای روند غیرمعنی‌داری در دبی ماهانه دارند که سه ماه از سال (تیر، مرداد و شهریور) روندی افرایشی و بقیه کاهشی می‌باشد. روند تغییرات دبی ماهانه در ماه‌های آذر، بهمن و دی در سطح معنی‌دار ۵ درصد معنـی-دار می‌باشد. روند تغییرات دبی در ماه اردیبهشت در سـطح ۱۰ درصـد معنی‌دار می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز رونـدی معنـی‌دار در سـطح ۵ درصد دارد. در ایستگاه h23 واقع در شمال غرب حوضه مورد مطالعـه تمامی ماه‌های سال دارای روند کاهشی می‌باشند. روند تغییـرات دبـی ماهانه در ماه‌های دی، بهمـن، فـروردین، اردیبهشـت، خـرداد، تیـر و شهریور در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. روند تغییرات دبی در ماه-های مهر و مرداد در سطح معنی‌دار ۱۰ درصد معنـی‌دار مـی‌باشـد. در مقیاس سالانه نیز روندی معنی‌دار در سـطح ۵ درصـد دارد. مـاه‌هـای مهر، دی و فروردین روند کاهشی شدید در دبی ماهانه ارائه کردند.



شکل ۲- اطلس بلایای طبیعی یا توده هوای ورودی به ایران (Khalili et al. 2016)

جدول ۲ - نتایج بررسی روند تغییرات دبی (آماره Z من – کندال) ماهانه و سالانه ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در سطح حوضه دریاچه ارومیه

شماره ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
h1	-۰/۵۲	-۱/۳۴	-۱/۶۳	-۱/۷۸	-۱/۳۲	-۱/۷۵	-۱/۹۶	-۲/۴۲	-۱/۶۰	-۲/۱۴	-۱/۶۸	۰/۲۴	-۱/۹۰
h2	-۲/۳۸	-۰/۴۸	-۱/۰۱	-۱/۷۸	-۱/۹۵	-۱/۴۵	-۱/۹۹	-۱/۲۳	-۱/۸۹	-۲/۰۲	-۱/۹۴	-۲/۳۵	-۲/۶۹
h3	-۱/۲۷	-۱/۲۵	-۰/۵۷	-۰/۷۷	۰/۲۷	۱/۲۰	-۰/۴۰	-۱/۱۶	-۱/۵۳	-۱/۶۹	-۲/۷۸	-۱/۹۸	-۱/۲۰
h4	-۱/۸۲	-۲/۰۳	-۱/۶۵	-۱/۹۴	-۱/۱۸	-۰/۶۹	-۱/۳۲	-۱/۱۴	-۱/۵۱	-۲/۳۵	-۴/۶۰	-۲/۲۵	-۱/۸۳
h5	۱/۸۶	-۱/۰۲	-۱/۹۹	-۱/۹۶	-۲/۴۲	-۲/۸۹	-۲/۱۰	-۱/۹۹	-۱/۹۶	-۰/۲۵	۱/۴۶	۱/۹۳	-۱/۹۰
h6	-۱/۹۵	-۱/۸۳	-۱/۷۶	-۱/۴۸	-۱/۴۹	-۰/۷۴	-۲/۰۵	-۱/۷۵	-۱/۷۸	-۱/۹۲	-۱/۹۷	-۰/۶۶	-۱/۷۸
h7	-۲/۸۴	-۱/۹۴	-۱/۵۱	-۱/۱۸	-۰/۸۶	-۱/۱۲	-۲/۰۹	-/۰۸۱	-۱/۱۱	-۲/۴۶	-۲/۲۳	-۱/۹۰	-۱/۷۵
h8	-۱/۹۵	-۱/۹۴	-۱/۴۸	-۲/۱۵	-۱/۱۲	-۱/۳۱	-۱/۸۶	-۲/۵۱	-۳/۵۰	-۲/۵۵	-۲/۱۰	-۲/۴۱	-۲/۱۱
h9	-۲/۰۸	-۲/۳۹	-۱/۹۱	-۱/۱۴	۰/۸۲	۲/۰۰	-۱/۰۳	-۱/۵۳	-۲/۳۲	-۲/۴۳	-۲/۵۵	-۲/۵۰	-۱/۹۳
h10	-۲/۳۹	-۲/۷۸	-۱/۶۱	-۱/۳۲	-۲/۰۳	-۲/۳۴	-۲/۷۳	-۱/۷۰	-۲/۶۹	-۳/۱۷	-۱/۷۷۷	-۱/۴۴	-۲/۱۸
h11	-۲/۳۵	-۲/۲۷	-۲/۱۴	-۱/۲۵	-۱/۹۳	-۱/۷۸	-۲/۰۰	-۱/۱۱	-۲/۱۲	-۲/۶۸	-۲/۳۸	-۱/۷۰	-۱/۸۹
h12	-۲/۴۱	-۲/۵۳	-۲/۸۹	-۲/۰۰	-۰/۸۶	۰/۱۲	-۱/۰۷	-۱/۵۳	-۲/۲۵	-۲/۸۳	-۳/۵۳	-۲/۷۲	-۱/۵۰
h13	-۱/۹۳	-۳/۰۱	-۲/۱۶	-۲/۳۲	-۰/۸۷	-۱/۸۰	-۲/۷۸	-۲/۳۵	-۲/۸۸	-۳/۰۱	-۲/۷۶	-۳/۲۶	-۲/۱۲
h14	-۳/۱۵	-۲/۰۲	-۱/۹۹	-۲/۹۸	-۱/۴۱	-۱/۵۷	-۲/۸۴	-۳/۰۲	-۲/۳۸	-۱/۴۵	-۱/۴۸	-۱/۸۶	-۲/۰۹
h15	-۰/۰۳	-۲/۷۴	-۱/۹۰	-۳/۵۹	-۳/۲۳	-۲/۷۵	-۲/۲۳	-۴/۱۴	-۴/۷۶	-۳/۵۲	-۳/۶۳	-۳/۹۶	-۲/۴۴
h16	-۱/۰۹	-۲/۱۲	-۱/۵۷	-۲/۷۱	-۱/۵۱	-۱/۹۸	-۲/۱۱	-۲/۳۱	-۲/۱۲	-۱/۶۴	-۱/۱۴	-۲/۳۳	-۱/۹۱
h17	-۱/۱۹	-۱/۶۵	-۱/۵۴	-۱/۵۲	-۱/۴۵	-۰/۸۲	-۱/۲۵	-۱/۶۳	-۱/۷۳	-۱/۵۶	-۱/۳۱	-۰/۳۸	-۱/۶۰
h18	-۱/۸۶	-۲/۹۳	-۲/۳۸	-۲/۱۱	-۱/۷	-۱/۸۹	-۲/۳۳	-۲/۱۴	-۲/۱۴	-۱/۵۰	۰/۷۹	۰/۹۲	-۲/۰۴
h19	-۲/۳۷	-۱/۱۴	-۱/۵۱	-۲/۸۹	-۱/۲۸	۱/۱۶	-۲/۴۳	-۱/۰۳	-۲/۲۱	-۲/۱۱	-۱/۵۷	-۲/۳۲	-۲/۱۸
h20	-۱/۷۸	-۰/۵۲	-۱/۰۳	-۱/۰۷	-۲/۳۰	-۱/۴۹	-۱/۴۴	-۱/۸۹	-۱/۱۴	-۰/۳۰	-۰/۳۹	۰/۲۶	-۰/۷۶
h21	-۱/۹۸	-۳/۲۷	-۲/۱۱	-۲/۰۵	-۳/۲۵	-۲/۴۶	-۱/۵۰	-۱/۱۴	-۱/۵۰	-۰/۷۰	-۱/۵۷	-۰/۹۱	-۱/۵۵
h22	-۱/۴۸	-۱/۴۳	-۱/۶۲	-۱/۸۹	-۱/۶۶	-۱/۲۱	-۱/۰۳	-۲/۱۸	-۱/۱۸	۰/۳۸۰	۱۰/۹۰	-۰/۵۵	-۱/۹۵
h23	-۲/۱۱	-۱/۳۹	۰/۹۰	-۱/۵۹	-۱/۶۳	-۱/۳۷	-۱/۶۷	-۱/۷۸	-۱/۶۱	-۱/۸۳	-۲/۴۶	-۱/۹۱	-۱/۶۱
h24	-۲/۴۰	-۲/۲۸	-۱/۷۱	-۱/۷۵	-۱/۳۸	-۰/۷۶	-۲/۲۰	-۱/۱۵	-۱/۵۵	-۲/۰۴	-۳/۵۱	-۱/۸۰	-۲/۰۹
h25	-۲/۵۴	-۱/۸۷	-۱/۷۵	-۲/۳۷	-۲/۷۳	-۲/۵۱	-۲/۵۸	-۳/۰۰	-۳/۵۰	-۲/۳۱	-۲/۶۳	-۲/۶۸	-۲/۵۳
h26	-۲/۹۴	-۳/۳۸	-۲/۰۰	-۲/۱۸	-۱/۷۱	-۱/۳۳	-۱/۲۴	-۱/۶۰	-۲/۱۹	-۳/۰۸	-۳/۳۴	-۳/۵۰	-۲/۱۷

ایستگاه h7 واقع در غرب دریاچه ارومیه تمامی ماه‌های سال به غیر از آذر، دی، بهمن، اسفند، اردیبهشت و خرداد دارای روند کاهشی معنی‌دار در روند داده‌های دبی ماهانه هستند. روند تغییرات دبی ماهانه در ماه‌های آبان، شهریور، فروردین، تیر و مهر معنی‌دار می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز روندی معنی‌دار در سطح ۵ درصد دارد. ماه مهر روند کاهشی شدید در دبی ماهانه داشت. در ایستگاه h11 واقع در جنوب غرب حوضه دریاچه ارومیه تمامی ماه‌های سال دارای روند کاهشی می‌باشند. ماه‌های دی و اردیبهشت دارای روند کاهشی معنی‌دار در روند داده‌های دبی ماهانه هستند. روند تغییرات دبی ماهانه در بهمن، اسفند و شهریور در سطح معنی‌دار ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. روند تغییرات دبی در ماه‌های مهر، آبان، آذر، فروردین و خرداد در سطح معنی‌دار ۱۰ درصد معنی‌دار می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز روندی معنی‌دار در سطح ۵ درصد دارد. ماه تیر روند کاهشی شدید در دبی ماهانه داشت. در ایستگاه h5 که در غرب دریاچه ارومیه و در کنار ایستگاه‌های h6 و h7 قرار دارد، در ماه‌های مرداد و شهریور روندی افزایشی در داده‌های دبی ماهانه مشاهده می‌شود. ماه‌های آبان، تیر و مرداد روند کاهشی غیرمعنی‌داری را تجربه کردند. روند تغییرات دبی ماهانه در اکثر ماه‌ها معنی‌دار می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز روندی معنی‌دار در سطح ۵ درصد دارد. ماه اسفند روند کاهشی شدید در دبی ماهانه را نشان داد. در ایستگاه جنوب غربی دریاچه ارومیه (h15) تمامی ماه‌ها روندی کاهشی معنی‌دار را تجربه کردند. در مقیاس سالانه نیز روندی معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد دارد. بیشترین روند کاهشی در دبی ماهانه ایستگاه مورد مطالعه مربوط به اردیبهشت تا شهریور می‌باشد که فصل‌های بهار و تابستان را شامل می‌شوند. در ایستگاه هیدرومتری h8 واقع در جنوب دریاچه و جنوب ایستگاه هیدرومتری h10 تمامی ماه‌ها روندی کاهشی را تجربه کردند. در

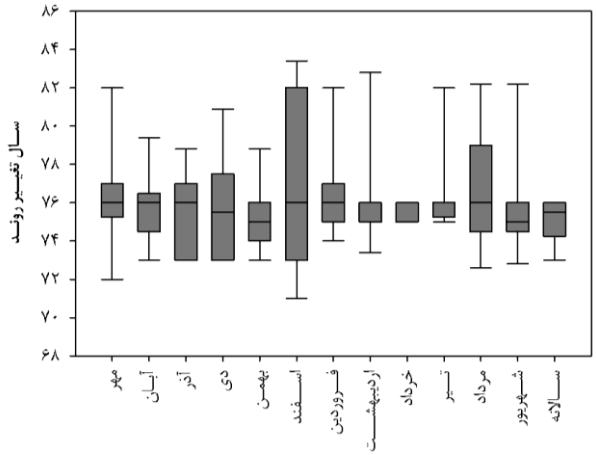
مقیاس سالانه نیز روندی معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد دارد. ماه خرداد روند کاهشی شدید در دبی ماهانه را نشان می‌دهد. بیشترین روند کاهشی در دبی ماهانه ایستگاه مورد مطالعه مربوط به ماه‌های اردیبهشت تا شهریور می‌باشد که فصل‌های بهار و تابستان را شامل می‌شوند. در ایستگاه هیدرومتری h25 واقع در جنوب دریاچه ارومیه و شمال ایستگاه هیدرومتری h10 نیز تمامی ماه‌ها روندی کاهشی را تجربه کرده‌اند. در مقیاس سالانه نیز روندی معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد دارد. بیشترین روند کاهشی در دبی ماهانه ایستگاه مورد مطالعه مربوط به ماه‌های دی تا شهریور می‌باشد که قسمتی از فصل‌های زمستان، بهار و تابستان را شامل می‌شوند. در ایستگاه h17 واقع در غرب دریاچه ارومیه نیز تمامی ماه‌ها روندی کاهشی را تجربه کردند. در مقیاس سالانه نیز روندی معنی‌دار در سطح ۵ درصد دارد. روند کاهشی شدید در این ایستگاه (h25) دیده نشد. در ایستگاه h6 واقع در غرب دریاچه ارومیه نیز تمامی ماه‌ها روندی کاهشی را تجربه کردند. در مقیاس سالانه نیز روندی معنی‌دار در سطح ۵ درصد دارد. خرداد ماه روند کاهشی شدید در دبی ماهانه را نشان می‌دهد. بیشترین روند کاهشی در دبی ماهانه ایستگاه مورد مطالعه مربوط به ماه‌های فروردین تا مرداد می‌باشد که فصل‌های بهار و تابستان را شامل می‌شوند. در ایستگاه h9 واقع در جنوب غرب دریاچه ارومیه تمامی ماه‌ها به غیر از بهمن و اسفند روندی کاهشی داشتند. دو ماه بهمن و اسفند روند افزایشی در داده‌های دبی ماهانه داشتند. در مقیاس سالانه نیز روندی معنی‌دار در سطح ۵ درصد دارد. بیشترین روند کاهشی در دبی ماهانه ایستگاه مورد مطالعه مربوط به ماه‌های خرداد تا آبان می‌باشد که فصل‌های پاییز و تابستان را شامل می‌شوند. ایستگاه h26 نیز همانند ایستگاه h9 در جنوب غرب دریاچه ارومیه واقع شده است. در این ایستگاه (h26) همانند بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه، تمامی ماه‌ها روندی کاهشی را تجربه کرده‌اند. ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت روندی کاهشی و غیرمعنی‌دار دارند و روند تغییرات دبی ماهانه در بهمن ماه در سطح معنی‌دار ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. روند تغییرات دبی در ماه‌های آذر، دی و خرداد در سطح معنی‌دار ۱۰ درصد معنی‌دار می‌باشد. در مقیاس سالانه نیز روندی معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد دارد. بیشترین روند کاهشی در دبی ماهانه ایستگاه مورد مطالعه مربوط به ماه‌های تیر تا آبان می‌باشد که فصل‌های پاییز و تابستان را شامل می‌شوند. ایستگاه جنوبی دریاچه ارومیه (h10) نیز همانند بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه، تمامی ماه‌ها روندی کاهشی را تجربه کرده است. در مقیاس سالانه نیز روندی معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد دارد. ماه‌های آبان، فروردین، خرداد و تیر روند کاهشی شدید در دبی ماهانه داشتند. در جنوب غرب دریاچه ارومیه (غرب حوضه دریاچه ارومیه) در ایستگاه h2 نیز تمامی ماه‌ها روندی کاهشی را تجربه کردند. در مقیاس سالانه نیز روندی معنی‌دار در سطح ۵ درصد دارد. بیشترین روند کاهشی در دبی ماهانه ایستگاه مورد مطالعه مربوط به ماه‌های فصل تابستان می‌شود. در ایستگاه هیدرومتری h24 واقع در قسمت غربی حوضه مورد مطالعه نیز تمامی ماه‌ها روندی کاهشی را تجربه کردند. در مقیاس سالانه نیز روندی معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد دارد. ماه مرداد شدیدترین روند کاهشی را شامل می‌شود. بیشترین روند کاهشی در دبی ماهانه ایستگاه مورد مطالعه مربوط به ماه‌های فصل تابستان و پاییز می‌شود. ایستگاه هیدرومتری h4 نیز که در غرب حوضه دریاچه ارومیه واقع شده است، در تمامی ماه‌ها روندی کاهشی را تجربه کرده‌اند. در مقیاس سالانه نیز روندی معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد دارد. همانند ایستگاه بابارود، در این ایستگاه نیز ماه مرداد شدیدترین روند کاهشی را شامل می‌شود. بیشترین روند کاهشی در دبی ماهانه ایستگاه مورد مطالعه مربوط به ماه‌های فصل تابستان می‌شود. در ایستگاه h12 اکثر ماه‌ها به غیر از اسفند روندی کاهشی را تجربه کرده‌اند. در مقیاس سالانه نیز روندی معنی‌دار در سطح ۵ درصد دارد. ماه‌های آذر، تیر، مرداد و شهریور شدیدترین روند کاهشی را شامل می‌شود. در این ایستگاه روند تغییرات دبی ماهانه در ماه اسفند افزایشی و غیرمعنی‌دار می‌باشد. در ایستگاه h3 که در غرب حوضه دریاچه ارومیه واقع شده است، نیز تمامی ماه‌ها به غیر از بهمن و اسفند روندی کاهشی را تجربه کرده‌اند. در این بین ماه‌های بهمن و اسفند افزایشی و بقیه کاهشی می‌باشند. ماه مرداد شدیدترین روند کاهشی را شامل می‌شود. در ایستگاه هیدرومتری h1 واقع در شمال غرب دریاچه ارومیه نیز تمامی ماه‌ها به غیر از ماه شهریور روندی کاهشی را تجربه کردند. در مقیاس سالانه نیز روندی کاهشی و معنی‌دار در سطح ۵ درصد دارد. بیشترین روند کاهشی در دبی ماهانه ایستگاه مورد مطالعه مربوط به ماه‌های فصل تابستان و بهار می‌شود. در این ایستگاه روند تغییرات دبی ماهانه در شهریور افزایشی و غیرمعنی‌دار می‌باشد. در آخرین ایستگاه هیدرومتری واقع در شمال شرق حوضه مورد مطالعه (h18) تمامی ماه‌ها به غیر از ماه‌های مرداد و شهریور روندی کاهشی را تجربه کرده‌اند. در مقیاس سالانه نیز روندی معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد دارد. در این ایستگاه روند تغییرات دبی ماهانه در مرداد و شهریور افزایشی و غیرمعنی‌دار می‌باشد. در ایستگاه h20 واقع در جنوب شرق دریاچه ارومیه نیز همانند ایستگاه آخولا تمامی ماه‌ها به غیر از ماه‌های مرداد و شهریور روندی کاهشی را تجربه کرده‌اند. در مقیاس سالانه نیز روندی غیرمعنی‌دار کاهشی دیده شد. در این ایستگاه روند تغییرات دبی ماهانه در مرداد و شهریور افزایشی و غیرمعنی‌دار می‌باشد. در قسمت شمالی این ایستگاه (h20) ایستگاه هیدرومتری h21 قرار دارد. در این ایستگاه (h21) تمامی ماه-ها روندی کاهشی را تجربه کردند. شدیدترین روند کاهشی نیز در ماه‌های آبان و بهمن مشاهده شد. در مقیاس سالانه نیز روندی غیرمعنی‌دار دیده شد. بیشترین روند کاهشی در دبی ماهانه ایستگاه مورد مطالعه مربوط به ماه‌های فصل پاییز و زمستان می‌شود. ایستگاه h19 نیز در جنوب شرق دریاچه ارومیه واقع شده است. در این

ایستگاه (h19) تمامی ماه‌ها به غیر از ماه اسفند روندی کاهشی را تجربه کردند. در مقیاس سالانه نیز روندی کاهشی و معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد مشاهده شد. شدیدترین روند کاهشی نیز در دی دیده شد.

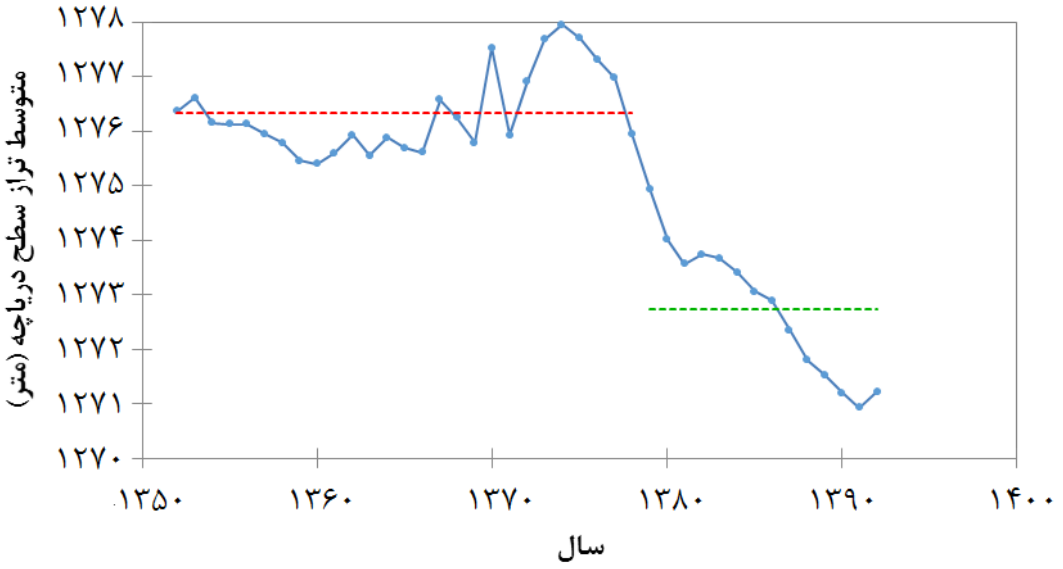
نتایج بررسی زمان تغییر روند مقادیر دبی جریان رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه

جهت بررسی زمان تغییر روند داده‌های دبی در دو مقیاس ماهانه و سالانه ایستگاه‌های مورد بررسی از آزمون پتیت استفاده و نتایج بررسی آزمون مذکور به شرح شکل ۳ ارائه گردید.

با توجه به نتایج آزمون پتیت می‌توان زمان تغییر روند را در سری زمانی ماهانه و سالانه دبی جریان رودخانه مشاهده کرد. همان‌طور که از این جدول قابل مشاهده است، زمان تغییر روند اغلب ماه‌ها بین سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۷ رخ داده است. جهت بررسی تاثیرات روند تغییرات دبی ایستگاه‌های حوضه دریاچه ارومیه بر روند تغییرات تراز سطح آب دریاچه ارومیه، زمان تغییر روند تغییرات تراز سطح آب دریاچه ارومیه با استفاده از آزمون پتیت محاسبه و نتایج به شرح شکل ۴ ارائه گردید.



شکل ۳- نمودار زمان تغییر روند داده‌های دبی ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه دریاچه ارومیه



شکل ٤- نتایج بررسی زمان تغییر روند داده‌های تراز سطح آب دریاچه ارومیه

همان‌طور که از شکل ۴ مشاهده می‌شود، زمان تغییر روند سری زمانی تراز سالانه سطح آب دریاچه ارومیه از سال ۱۳۷۸ شروع می‌شود و بعد از آن سیری نزولی را در پیش می‌گیرد. بر اساس شکل ۳، سال‌های بین ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۷ زمان تغییر روند دبی سالانه اغلب

ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه می‌باشد. نتایج نشان داد که تاثیر تغییر روند دبی ایستگاه‌های مورد مطالعه بر روی تراز سطح آب دریاچه ارومیه بعد از یک تا دو سال پدیدار شده است. ۹۳ درصد ماه‌های مورد مطالعه مربوط به ایستگاه‌های هیدرومتری دارای روند کاهشی و حدود ۷ درصد ماه‌ها روندی افزایشی دارند. از طرفی طبری و حسین‌زاده، صبوحی و همکاران، کوثری و همکاران و زارع نیستانک و همکاران نشان دادند که روند افزایشی دما در پهنه کشور ایران به ویژه در ماه‌های سرد سال وجود دارد و از این رو می‌توان تغییرات دمایی را به‌عنوان یکی از دلایل کاهش بارندگی و در پی آن کاهش دبی در منطقه مورد مطالعه دانست (Tabari and Hosseinzadeh-Talaee, 2011; Saboohi et al. 2012; Kousari et al. 2013; Zarenistanak et al. 2014). هم‌چنین نتایج نشان داد که کاهش بارش‌ها در مسیر توده هوای قطبی – قاره‌ای با منشا اروپا قرار دارد که این موضوع در تحقیقات خلیلی و همکاران نیز اشاره شده است (Khalili et al., 2016). فتحیان و همکاران نیز در تحقیقات خود روند کاهشی را در دبی حوضه دریاچه ارومیه گزارش کردند (Fathian et al., 2015).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه روند تغییرات دراز مدت (۳۰ ساله) دبی جریان ماهانه و سالانه ایستگاه‌های منتخب در حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از آزمون ناپارامتری من – کندال، پس از حذف اثر خودهمبستگی معنی‌دار، در دوره آماری ۱۳۹۲-۱۳۶۳ مورد بررسی قرار گرفت. به‌طور خلاصه نتایج حاصله به شرح زیر ارائه می‌گردد.

مناطق تحت تاثیر توده هوای قطبی – قاره‌ای با منشا اروپا که از دریای سیاه سرچشمه می‌گیرد، روندی کاهشی توده هوای باران‌زا را شامل می‌شوند. مقادیر دبی جریان اطراف دریاچه ارومیه در تمامی ماه‌ها و در مقیاس سالانه با روند کاهشی معنی‌داری مواجه بوده است. به نظر می‌رسد تجمع گازهای گلخانه‌ای، تغییر کاربری اراضی و پدیده گرمایش جهانی در حوضه دریاچه ارومیه از جمله عواملی هستند که سبب کاهش دبی در منطقه می‌گردد. تغییرات دما می‌تواند ساختار آب و هوایی را دگرگون کرده و با افزایش ظرفیت جو برای پذیرش بخار آب، رطوبت نسبی را کاهش دهد. افزایش دما علاوه بر جریان رودخانه‌ها، متغیرهای دیگری نظیر بارش، تبخیر و رطوبت نسبی را نیز تحت تاثیر قرار خواهد داد. روند کاهشی جریانات رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه نیز می‌تواند به دلیل کاهش بارندگی در منطقه باشد. نتایج بررسی روند تغییرات دبی رودخانه در حوضه دریاچه ارومیه در مقیاس سالانه نشان داد که در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه روند کاهشی دیده می‌شود.

نتایج بررسی زمان تغییر روند (آزمون پتیت) نشان داد که شکست کاهشی در جریان رودخانه دبی ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در بین سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۷ اتفاق افتاده است و روند تغییرات دبی جریان را تحت تاثیر قرار داده و سپس تراز سطح آب دریاچه ارومیه را در سال ۱۳۷۸ متاثر کرده است.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از طرح تحقیقاتی مصوب باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان با کد طرح ۹۴۰۳۵ و با عنوان بررسی روند تغییرات دبی و بارش حوضه دریاچه ارومیه می‌باشد. از این رو نویسندگان مقاله از باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان واحد دانشگاه آزاد ارومیه به خاطر تأمین هزینه‌های مالی کمال تشکر را دارند.

منابع

Abeysingha,N.S., Singh,M., Sehgal,V.K., Khanna,M., Pathak,H. 2016. Analysis of trends in streamflow and its linkages with rainfall and anthropogenic factors in Gomti River basin of North India, Theoretical and applied climatology. 123.3-4: 785-799.

Abghari,H., Tabari,H., Hosseinzadeh Talaee,P. 2013. River flow trends in the west of Iran during the past 40 years: impact of precipitation variability. Glob Planet Change. 101:52–60.

Déry,S.J, Stieglitz,M., McKenna,E.C., Wood,E.F. 2005. Characteristics and trends of river discharge into Hudson, James, and Ungava bays, 1964–2000, Journal of Climate. 18:2540-2557.

Dixon,H., Lawler,D.M., Shamseldin,A.Y. 2006. Streamflow trends inwest-ern Britain, Geophysical Research Letters. 32.19:1-7.

Fathian,F., Morid,S., Kahya,E. 2015. Identification of trends in hydrological and climatic variables in Urmia Lake basin, Iran. Theoretical and Applied Climatology. 119.3-4: 443-464.

Gan,T. 2000. Reducing vulnerability of water resources of Canadian prairies to potential droughts and possible climatic warming. Water Resources Management.14:111-135.

Kendall,M.G. 1975. Rank Correlation Measures, Charles Griffin, London.

Khalili,K., NazeriTahrudi,M., Khanmohammadi,N. 2014. Trend Analysis of Precipitation in Recent two Decades over Iran. Journal of Applied Environmental and Biological Sciences. 4(1s): 5-10.

Khalili,K., Tahoudi,M.N., Mirabbasi,R., Ahmadi,F. 2016. Investigation of spatial and temporal variability of precipitation in Iran over the last half century, Stochastic Environmental Research and

Management. 28:4319-4335

Tabari,H., Hosseinzadeh-Talaee,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.

Tao,H., Gemmer,M., Bai,Y., Su,B., Mao,W. 2011. Trends of streamflow in the Tarim River Basin during the past 50years: Human impact or climate change?. Journal of hydrology. 400.1: 1-9.

Thiel,H. 1950. A rank-invariant method of linear and polynomial analy-sis, part 3. Nederlandse Akademie van Wettenschappen, Proceedings 53:1397-1412.

Yang,C., Lin,Z., Yu,Z., Hao,Z., Liu,S. 2010. Analysis and simulation of human activity impact on streamflow in the Huaihe River basin with a large-scale hydrologic model. Journal of Hydrometeorology.11.3: 810-821.

Zamani,R., Mirabbasi,R., Nazeri,M., Gajbhiye Meshram,S., Ahmadi,F. 2018. Spatio-temporal analysis of daily, seasonal and annual precipitation concentration in Jharkhand state, India. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment. 32.4: 1085-1097.

Zarenistanak,M., Dhorde,A.G., Kripalani,R.H. 2014. Temperature analysis over southwest Iran: trends and projections. Theoretical and Applied Climatology. 116: 103-117.

Risk Assessment. 30:1205-1221.

Kousari,M.R., Ahani,H., Hendi-Zadeh,R. 2013. Temporal and spatial trend detection of maximum air temperature in Iran during 1960-2005, Global and Planetary Change. 111: 97-110.

Kumar,S., Merwade,V., Kam,J., Thurner,K. 2009. Stream flow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains. Journal of Hydrology. 374: 171-183.

Lins,H.F., Slack,J.R. 2005. Seasonal and regional characteristics of US streamflow trends in the United States from 1940 to 1999, Physical Geography. 26.6: 489-501.

Mann,H.B. 1945. Nonparametric test against trend, Econometrica. 13: 245-259.

Pettitt,A.N. 1979. A non-parametric approach to the change-point problem. Applied statistics. 126-135.

Saboohi,R., Soltani,S., Khodagholi,M. 2012. Trend analysis of temperature parameters in Iran. Theoretical and Applied Climatology. 109:529–547.

Sen,P.K. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. Journal of American Statistical Association. 63:1379-1389.

Stojković,M.A,, Prohaska,S., Plavšić, J. 2014. Multi-temporal analysis of mean annual and seasonal stream flow trends, including period-icity and multiple non-linear regression. Water Resources

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 12, Jan.-Jul. 2018, p. 424-433

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۲، خرداد - تیر ۱۳۹۷، ص. ۴۳۳-۴۲۴

Evaluation of 30 Years Changing of River Flow Discharges in Urmia Lake Basin

M. Nazeri Tahroudi[1*], F. Ahmadi[2], K. Khalili[3]
Recived: Dec.06, 2017 Accepted: Jan.08, 2017

Abstract

Changes in the amount and distribution of flow discharge are a remarkable manifestation of climate change. Reducing or increasing the amount of flow discharge affects many other climatic and environmental phenomena such as runoff, flood, humidity and also affect many human activities such as agriculture, economics, the fight against soil erosion and so on. In this study, the trend of river flow discharge in the Urmia lake basin was investigated in two annual and monthly scales using modified non-parametric Mann-Kendall test (MMK) with complete removal of the self-correlation structure. In this study, 26 hydrometric stations were surveyed in the Urmia Lake basin during the statistical period of 1984-1984. Also, a non-parametric Pettett test was used to determine the time of change in flow trend. The results of the study of the trend of the studied stations at the Urmia lake basin showed that the course of the changes in the flow of water is decreasing in most months. On a yearly scale, at all stations, there was a trend of decreasing flow at the basin level. Also, the trend of flow discharge decline is more intense in both autumn and winter. The time of change in the decreasing trend of the flow discharge in the Urmia Lake basin was also taking place between 1994 and 1998. With evaluation the time of changing in the trend of the Urmia Lake water level and its hydrometric stations found that the decreasing trend of Urmia Lake water level data occurred one year after the decreasing trend in flow data.

Keywords: Modified Kendall, Pettitt Test.Trend, Urmia Lake

1 and 2- Young Researchers and Elite Club, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran
3- Assistant Professor, Water Engineering Department, Faculty of Agricultural, Urmia University. Iran
(*- Corresponding Author Email: m_nazeri2007@yahoo.com)