Archive of SID

نشریه دانش آب و خاک / جلد ۲۹ شماره ۱صفحه‌های ۹۷ تا ۱۱۰ / سال ۱۳۹۸

تحلیل روند تغییرات تدریجی و سریع عوامل هیدرواقلیمی حوضه آبریز (مطالعه موردی : حوضه لیقوان چای)

رضا کنعانی[1*]، احمد فاخری فرد[2]، محمد علی قربانی[3]، یعقوب دین‌پژوه[3]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۹/۲۵

۱-دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲-استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳-دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی rezakanani@gmail.com

چکیده

در این تحقیق، تحلیل روند تغییرات تدریجی و سریع متغیرهای هیدرواقلیمی حوضه آبریز لیقوان و نیز تعیین دوره-های طبیعی (ایستا) و تغییریافته صورت گرفته است. برای این منظور، از روش من‌کندال مرسوم (MK1) و اصلاح شده (MK3) و پتیت و برای تعیین شیب خط روند از روش تخمین‌گر سن استفاده شد. نتایج نشان داد مقادیر جریان رودخانه لیقوان‌چای (در ایستگاه هروی) در همه مقیاس‌های زمانی مورد بررسی دارای روند نزولی می‌باشد. در فصل بهار، تمام متغیرهای مرتبط با بارش روند کاهشی نشان دادند. در مورد متغیرهای دمای هوا (میانگین، حداکثر و حداقل)، نتایج نشان داد که در اکثر مقیاس‌های زمانی روند افزایشی وجود دارد که این روند در ماه‌های دی تا اردیبهشت بسیار معنی-دار بود. همچنین، اختلاف دمای حداکثر و حداقل نیز روند افزایشی نشان داد. از طرفی، روند سری زمانی نم نسبی هوا نزولی (به‌ویژه در زمستان) بود. می‌توان نتیجه گرفت که ترکیب همه این تغییرات اثر معنی‌داری در کاهش رواناب خروجی حوضه داشته است. نتایج آزمون پتیت نیز نشان داد که آبدهی لیقوان‌چای (در ایستگاه هروی) دارای نقطه تغییر و شکست می‌باشد که متوسط آبدهی در دوره اخیر کاهش ۳۵ درصدی نسبت به دوره اول دارد. اغلب متغیرهای اقلیمی مورد مطالعه (مانند دما و نم‌نسبی) تغییر ناگهانی داشتند که زمان تغییر این متغیرها و نیز آبدهی حوضه در ایستگاه هروی در اواسط دهه ۱۳۷۰ می‌باشد. در رابطه با آبدهی ایستگاه لیقوان در بالادست حوضه، فرض صفر مبتنی بر وجود نقطه تغییر ناگهانی رد شد. بنابراین، در کنار عوامل اقلیمی، تاثیر عوامل انسانی نیز در کاهش رواناب حوضه (در ایستگاه هروی) موثر بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: پتیت، تخمین‌گر سن، لیقوان‌چای، متغیرهای هیدرواقلیمی، نقطه تغییر

www.SID.ir

Archive of SID

Trend Analysis of Gradual and Rapid Variations of Hydro–Climatological Factors (Case study: Lighvanchai Basin)

R. Kanani[1*], A. Fakheri-Fard[2], M.A. Ghorbani[3] and Y. Dinpashoh[3]

Received: August 23, 2017 Accepted: December 16, 2018
[1] Ph.D. student, Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, Univ. of Tabriz, Iran
[2] Prof. Dept. of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Univ. of Tabriz, Iran
[3] Associate Prof. Dept. of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Univ. of Tabriz, Iran
* Corresponding Author, Email: rezakanani@gmail.com

Abstract

In this research, gradual and rapid changes of hydro-climatological variables, trends were analyzed for the Lighvanchai basin. Also, the natural (stationary) and impacted periods were identified. For this purpose, the traditional Mann-Kendall (MK1), modified (MK3) and Pettitt methods were used and for determination of the trend line slope the Sen's estimator was used. Results showed that streamflow values of Lighvanchai River (in Hervy station) had a downward trend in the all time scales. In the spring, all precipitation related variables showed a decreasing trend. In the case of temperature variables, there was an increasing trend at the most of the studied time scales, which were significant from January to May. Furthermore, the differences between T_{max} and T_{min} showed an increasing trend. On the other hand, air relative humidity time series showed a decreasing trend (specially in winter). It could be concluded that the combination of these changes led to decreasing trend in basin runoff. The result of Pettitt test showed that the streamflow of Lighvanchai (in Hervy) had a sudden change point, so that the average discharge in the recent period had been decreased about 35% compared to the first period. Most of studied climatic variables such as air temperature and RH, had a sudden change point that the date changes of these variables and the basin discharges (at Hervy station) were occurred in the mid-1990s. Regarding the discharges of Lighvan station (upstream of basin) the null hypothesis of abrupt change point were rejected. Therefore, along with the effects of climatic factors the effectiveness of the human factors on reducing the runoff in the basin outlet at Hervy station was confirmed.

Keywords: Change point, Hydro-climatological variables, Lighvanchai, Pettitt, Sen's estimator

مقدمه

در سال‌های اخیر در اکثر مناطق جهان تغییرات عمده‌ای در حوضه‌های آبریز صورت گرفته و میزان رواناب‌ها و جریان رودخانه‌ها دچار کاهش شده و یا در برخی موارد به صورت وقوع سیلاب‌ها جریان افزایش یافته است (هوود ۲۰۱۱). موضوع کاهش میزان رواناب-ها به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک (که ایران نیز شامل این مناطق می‌باشد) یکی از چالش‌های اساسی در رابطه با مدیریت منابع آب می‌باشد. تغییرات هیدرولوژیکی بوجود آمده عمدتا ناشی از عوامل طبیعی (اقلیمی) و انسانی بوده است. تحلیل روند از جمله مهم-ترین روش‌های آماری است که به‌طور گسترده برای ارزیابی اثرات بالقوه تغییر اقلیم و سایر عوامل در نقاط مختلف جهان استفاده شده است (زو و گویی ۲۰۱۵). روند تغییرات در سری‌های زمانی به دو صورت تدریجی و یا سریع (نقطه‌ای) اتفاق می‌افتد. روند سریع یا نقطه‌ای در طول یک سری زمانی بصورت شکست یا افزایش ناگهانی دیده می‌شود که عمدتا در اثر اتفاقات و اقدامات خاص مانند احداث سازه‌های آبی رخ می‌دهد ولی روند تدریجی حاصل تغییرات جزئی در کل طول

www.SID.ir

Archive of SID

دوره آماری است. بنابراین، مطالعه هر دو برای شناخت عوامل موثر بر تغییرات منابع آب در حوضه اهمیت به-سزایی دارد. آزمون من- کندال[۱] (MK) یکی از متداول-ترین روش‌های ناپارامتریک تحلیل روند سری‌های زمانی است که برای تعیین روند تدریجی به‌کار می‌رود. آزمون ناپارامتری MK ابتدا توسط من (۱۹٤٥) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷٥) بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری زمانی بسط و توسعه یافت. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند از مزایای استفاده از این روش است(لتنماير و همکاران ۱۹۹٤). آزمون پتیت[۲] نیز یکی از روش‌های متداول برای تعیین روند سریع و تشخیص نقاط تغییر در سری‌های زمانی می‌باشد که توسط پتیت (۱۹۷۹) ارائه گردید.

در تحقیقی که توسط لی و همکاران (۲۰۰۷) در مورد تغییرات جریان رودخانه وودینگ انجام شد تست MK برای تعیین روند در دوره آماری ۱۹۹۷-۱۹٦۱ بکار رفت. نتایج نشان داد جریان سالانه روند نزولی داشته و افت ناگهانی در سال ۱۹۷۲ رخ داده است. ما و همکاران (۲۰۰۸) تغییرات جریان سالانه در ۸ زیرحوضه در رودخانه شیانگ واقع در ناحیه خشک شمال‌غربی چین در دوره آماری ٥۰ ساله گذشته را با تست MK و پتیت بررسی نمودند. نتایج نشان داد جریان سالانه پنج حوضه روند نزولی داشته است. جیانگ و همکاران (۲۰۱۱) به منظور بررسی اثرات تغییر اقلیم و فعالیت‌های انسانی بر رواناب حوضه نیمه خشک لائوهاهه در شمال چین از تست MK و روش پتیت و منحنی تجمعی مضاعف بارش- رواناب (DMCPR)[۳] استفاده نمودند. نتایج حاصل کل دوره آماری را به دوره طبیعی ۱۹۷۹-۱۹٦٤ و دوره متاثر از دخالت‌های بشری ۲۰۰۸-۱۹۸۰ تقسیم نمود. ژانگ و همکاران (۲۰۱۱) مطالعه‌ای برای بررسی اثرات اقلیم و فعالیت-های انسانی بر جریان رودخانه هون- تای در شمال شرق چین انجام دادند و برای تعیین روند روش MK بکار رفت. نتایج نشان داد که تمام ایستگاه‌ها روند نزولی در جریان سالانه دارند. تغییرات ناگهانی در حوضه هون در سال ۱۹۷۸ و در حوضه تایزی در سال ۱۹۹۸ رخ داده است. تحقیقی توسط لی و همکاران (۲۰۱٤) به‌منظور جداسازی اثرات تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی بر رواناب در حوضه رودخانه سونگوا واقع در شمال‌شرق چین صورت گرفت و برای تعیین روند آزمون MK ، t تست متحرک و DMCPR بکار برده شد. دوره ٥۰ ساله به دو سری زمانی بشرح الف) ۱۹۷٤-۱۹٦۰ که در آن کمترین فعالیت‌های انسانی بود و ب) ۲۰۰۹-۱۹۷٥ که در آن تغییر کاربری اراضی و اجرای پروژه‌های مهندسی رودخانه تشدید شده بود، تفکیک گردید. نتایج نشان داد رواناب حوضه طی ٥۰ سال گذشته کاهش دارد. روند تغییرات هیدرولوژیکی حوضه هوانگفوچوان از زیرحوضه‌های رودخانه زرد توسط شی و وانگ (۲۰۱٥) مطالعه شده و آزمون MK و پتیت به‌کار رفت و دوره های طبیعی و تغییر یافته تفکیک گردید. نتایج نشان داد هر دو پارامتر رواناب و رسوب روند کاهشی دارند. اثرات تغییر اقلیم و اقدامات انسانی بر رواناب حوضه لوان در دوره زمانی ۲۰۰۰-۱۹٥٦ توسط وانگ و همکاران (۲۰۱٦) مطالعه شد. نتایج نشان داد جریان رودخانه در مقیاس سالانه و فصلی روند نزولی دارد که در سال ۱۹۷۹ افت ناگهانی داشته است. در داخل کشور نیز مطالعاتی در این‌خصوص انجام پذیرفته است. فرخ‌نیا و مرید (۱۳۹۳) برای ارزیابی اثر بارش و دما بر روند جریان رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه آزمون‌های MK و پتیت را بکار بردند. نتایج نشان داد دما در اکثر نواحی حوضه روند افزایشی دارد. احمدی و همکاران (۱۳۹٥) به‌منظور تحلیل روند بارش نیمه شمالی کشور در نیم قرن اخیر از آزمون MK و پتیت استفاده نمودند. نتایج نشان داد بارش در ۸ ایستگاه از ۱۸ ایستگاه مورد مطالعه روند کاهشی داشته و در ٤ ایستگاه روند افزایشی دارد و زمان تغییر روند بارش سالانه در ایستگاه‌ها از سال

www.SID.ir

Archive of SID

۱۹۸۲ (در تبریز) تا ۱۹۹٤ (سقز و کرمانشاه) متغیر بوده است. از سایر بررسی‌های انجام شده می‌توان به تحقیقات ژائو و همکاران (۲۰۱۵)، زنگ و همکاران (۲۰۱٤) ژان و همکاران (۲۰۱٤) نالی و همکاران (۲۰۱۲) و دین پژوه و همکاران (۱۳۹٤) اشاره نمود. چنان‌که ملاحظه می‌گردد در اکثر تحقیقات انجام یافته پارامترهای مورد بررسی شامل جریان رودخانه و فقط بارش بوده است، ولی در تحقیق حاضر سعی شد اکثر متغیرهای اقلیمی موثر در رواناب مانند متغیرهای متعدد دمایی، نوع بارش و نم نسبی در مقیاس‌های زمانی مختلف مورد تحلیل روند قرار گیرد تا نقش عوامل موثر در کاهش رواناب حوضه با دقت و صحت بیشتری مورد مطالعه قرار گیرد.

هدف از این تحقیق، با توجه به تغییرات رواناب حوضه-های آبریز، تحلیل روند تغییرات پارامترهای هیدرواقلیمی حوضه آبریز لیقوان و تعیین دوره‌های طبیعی (دوره ایستا) و تغییریافته می‌باشد تا در ادامه تحقیقات توسط مولفین، نتایج در راستای برآورد نقش عوامل اقلیمی و انسانی در کاهش رواناب حوضه مورد استفاده قرار گیرد که در تحقیقات پیشین کمتر مورد توجه بوده است.

مواد و روش‌ها

منطقه و داده‌های مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه حوضه آبریز لیقوان‌چای می‌باشد که از حوضه‌های فرعی آجی‌چای محسوب شده و در حوضه آبریز دریاچه ارومیه واقع است. خروجی این حوضه (در محل ایستگاه هیدرومتری هروی) در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۵۵ دقیقه و طول جغرافیایی ٤٦ درجه و ۲۹ دقیقه و ارتفاع ۱۹۲۰ متر قرار دارد. مساحت حوضه ۱۸٦ کیلومتر مربع، شیب حوضه ۱٤/۱۸ درصد و طول آبراهه اصلی ۲۸/۵ کیلومتر می‌باشد. مقادیر آبدهی حوضه در این ایستگاه در دوره آماری ۱۳۹۳-۱۳٤۹ مورد بررسی روند قرار گرفتند. داده‌های اقلیمی حوضه نیز از ایستگاه معرف تبخیرسنجی لیقوان در بالادست حوضه اخذ شده و شامل متغیرهای بارش، دما (میانگین، حداکثر، حداقل، اختلاف دمای حداکثر و حداقل)، نم نسبی، و بارش برف بوده که در دوره آماری ۱۳۹۳-۱۳۵۰ مورد بررسی روند با آزمون ناپارامتری من‌کندال و پتیت در مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه قرار گرفتند. شکل ۱ موقعیت حوضه لیقوان‌چای و ایستگاه‌های آب و هواشناسی موجود را نشان می‌دهد. مشخصات آماری داده‌های مورد استفاده در این تحقیق، در جدول ۱ درج شده است

آزمون من‌کندال اصلاح شده (MK3)

شکل کلاسیک آزمون ناپارامتری من‌کندال (**MK1**) در مقالات متعدد ارائه شده و در اینجا صرف-نظر می‌گردد. آزمون اصلاح شده من‌کندال توسط حامد و رائو (۱۹۹۸) ارائه گردیده است. در این روش، اثر همه ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار از سری داده‌ها حذف - شده و برای سری‌هایی به‌کار می‌رود که ضرایب خود-همبستگی آنها حداقل در یک مورد معنی‌دار می‌باشد. برای این‌کار، ابتدا واریانس اصلاح شده یا $V(S)^*$ به-شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$V(S)^* = V(S)\frac{n}{n^*} \qquad [۱]$$

$$\frac{n}{n*} = 1 + \frac{2}{n(n-1)(n-2)}\sum_{i=1}^{n-1}(n-i)(n-i-1)(n-i-2)r_i \qquad [۲]$$

که در آن r_i ضریب خودهمبستگی با تاخیر i و n تعداد داده‌ها بوده و V(S) از رابطه ۳ قابل محاسبه است.

$$V(S) = [n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{n} t_i(t_i-1)(2t_i+5)]/18 \qquad [۳]$$

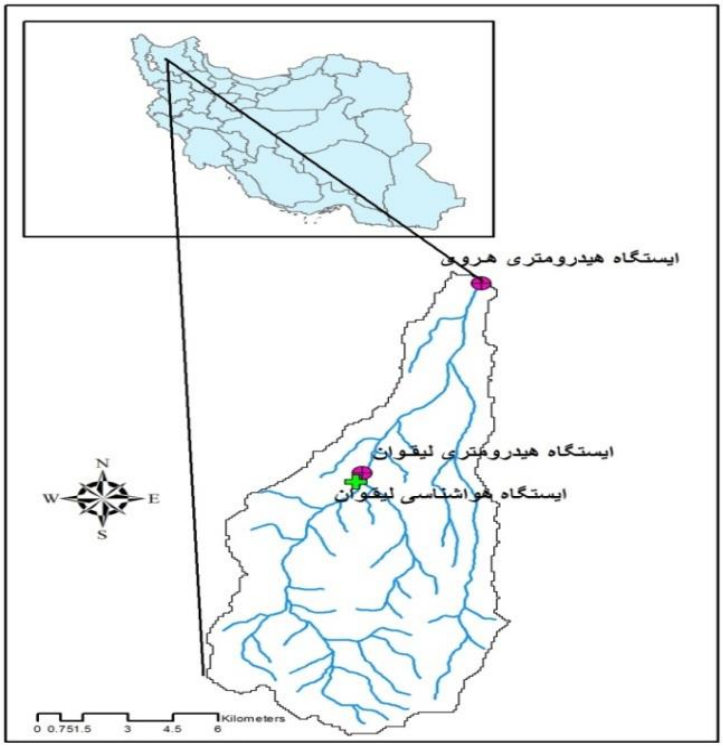
که در آن t_i گروه‌های با داده مشابه در دسته *i* ام می‌باشد. برای محاسبه آماره Z من‌کندال اصلاح شده (MK3)، V(S) با $V(S)^*$ جایگزین می‌گردد. مقدار |Z| محاسبه شده چنانکه بیشتر از ۱/٦٤، ۱/۹٦ و ۲/۳۳ باشد روند به‌ترتیب، در سطح اعتماد ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد معنی‌دار تلقی خواهد شد (دین‌پژوه و همکاران ۱۳۹٤).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مشخصات آماری داده‌های هیدرواقلیمی مورد استفاده در مقیاس سالانه.

پارامتر	دبی هروی (m^3s^{-1})	دبی لیقوان (m^3s^{-1})	بارش (mm)	دمای میانگین (° C)	دمای حداکثر (° C)	دمای حداقل (° C)	اختلاف دمای حداقل و حداکثر (° C)	نم نسبی (%)
Mean	۰/۶۰۴	۰/۷۸۹	۳۳۶/۶	۶/۸	۱۳/۲	۰/۵	۱۲/۷	۵۸/۷
Max	۱/۲۵۸	۱/۳۹۱	۵۱۶/۱	۹/۲	۱۶/۶	۳/۱	۱۶/۸	۶۹/۴
Min	۰/۲۵۴	۰/۳۶۹	۱۸۶/۷	۴/۰	۱۰/۳	-۱/۹	۱۰/۰	۴۶/۸
Stdv	۰/۲۳۴	۰/۲۳۵	۸۰/۶	۱/۲	۱/۵	۱/۲	۱/۵	۶/۶
C.V.	۰/۳۸۷	۰/۲۹۸	۰/۲۳۹	۰/۱۷۶	۰/۱۱۳	۲/۴	۰/۱۱۸	۰/۱۱۲



شکل ۱- موقعیت حوضه لیقوان‌چای و ایستگاه‌های آب‌سنجی و هواشناسی منتخب در آن.

تخمین‌گر شیب Sen

به‌منظور برآورد شیب خط روند برای هر یک از سری‌های مورد بررسی از روش تخمین‌گر شیب Sen استفاده می‌شود. مقدار شیب خط روند (β) به‌شرح زیر قابل محاسبه است:

$$\beta = \text{median}\left[\frac{x_j - x_i}{j-i}\right] \quad \forall\ (j > 1) \qquad [۴]$$

مقادیر مثبت β ، نشان‌دهنده شیب صعودی و مقادیر منفی آن شیب نزولی می‌باشد (کومار و همکاران ۲۰۰۹).

آزمون پتیت

آزمون پتیت یک تست ناپارامتری است که برای تشخیص یک نقطه تغییر در سری‌های هیدرولوژیکی یا اقلیمی با داده‌های پیوسته بکار برده می‌شود و توسط پتیت (۱۹۷۹) ارائه شده است. در این آزمون برای تعیین یک تغییر، از یک ویرایش تست دو نمونه‌ای من- ویتنی استفاده می‌کند :

$$D_{ij} = \text{Sgn}(x_i - x_j) \qquad [۵]$$

که Sgn تابع علامت است. آماره $U_{t,T}$ که معادل آماره من- ویتنی برای تست است به‌شرح زیر محاسبه می‌شود:

www.SID.ir

Archive of SID

$$U_{t,T} = \sum_{i=1}^{t}\sum_{j=i+1}^{T} D_{ij} \qquad [۶]$$

آماره $U_{t,T}$ مقادیر t در بازه $1 \le t < T$ را در بر می‌گیرد. برای آزمون از آماره فوق به‌شکل زیر استفاده می‌شود:

$$K_T = \max|U_{t,T}| \qquad [۷]$$

نقطه تغییر سریع سری در K_T قرار دارد و احتمال معنی‌داری K_T در سطح ۵ درصد با رابطه زیر تقریب شده است:

$$p \cong 2\exp\left(\frac{-6K_T^2}{T^3+T^2}\right) \qquad [۸]$$

در روابط ٦ تا ۸، T تعداد داده‌های سری زمانی است.

روند تحقیق

جهت بررسی روند، ابتدا خودهمبستگی مرتبه kام در مقیاس‌های مختلف زمانی برای تمام داده‌ها محاسبه شده و نمودار تابع خودهمبستگی (ACF) هر سری رسم گردید. با توجه به‌نتایج بدست آمده از بررسی خودهمبستگی داده‌ها، در صورت غیرمعنی‌دار بودن ضرایب خودهمبستگی در سطح ۵٪ از آزمون من-کندال مرسوم (MK1) برای بررسی روند استفاده شد و در مواردی که ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار بود، ویرایش سوم من‌کندال (MK3) بکار گرفته شد. سپس برای تعیین نقطه تغییر سریع پارامترها آزمون پتیت بکار گرفته شد. برای انجام آزمون پتیت از نرم‌افزار XLSTAT استفاده گردیده است.

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از آزمون روند من کندال بصورت مقادیر آماره Z برای متغیرهای هیدرولوژیکی و اقلیمی حوضه لیقوان در جدول (۲) ارائه شده است. در مقیاس سالانه، دبی جریان در ایستگاه هروی دارای روند نزولی و معنی‌دار در سطح ۱۰ درصد می‌باشد با این حال روندهای منفی برای همه ماه‌های سال در جدول فوق قابل مشاهده است. شدیدترین روند منفی برای تیرماه با آماره Z برابر ۳/۱۸- مشاهده شده است که در سطح ۱ درصد بسیار معنی‌دار است. بعد از تیرماه به‌ترتیب ماه‌های مرداد، اسفند و بهمن بیشترین روند منفی دبی جریان را از خود نشان دادند که همه آنها در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است. در کل ۱۲ ماه سال به جز ماه‌های فروردین، اردیبهشت و آذر سایر ماه‌ها روند نزولی معنی‌دار (حداقل در سطح ۱۰ درصد) دارا بودند. چنان‌که ملاحظه می‌گردد در مقیاس فصلی در هر چهار فصل روند معنی‌دار نزولی وجود دارد به‌طوری‌که در فصول پاییز، زمستان و تابستان در سطح ۱ درصد معنی‌دار است و در فصل بهار روند نزولی در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار می‌باشد. مقادیرشیب خط روند (بتا) نیز برای پارامترهای هیدرولوژیکی و هواشناسی حوضه لیقوان در جدول (۲) ارائه شده است. با توجه به مقادیر درج شده در این جدول می توان نتیجه گرفت که مقدار دبی جریان در همه مقیاس‌های زمانی (سالانه، فصلی و ماهانه) دارای شیب خط روند نزولی است به‌طوری‌که در مقیاس سالانه شیب خط روند معادل ۰/۰۰۷ -۰ مترمکعب در ثانیه در سال است. یعنی مقدار دبی جریان در کل طول آماری یعنی ٤٤ سال به اندازه ۰/۳۰۸ (مترمکعب در ثانیه) کاهش یافته است. در مفیاس فصلی، تندترین شیب خط روند در رابطه با مقادیر دبی ایستگاه هروی در بهار اتفاق افتاده است که در طول ٤٤ سال دوره آماری برابر ۰/٥٤٥ (مترمکعب در ثانیه) از متوسط آبدهی کم شده است. در ایستگاه لیقوان گرچه روند نزولی جریان در اکثر مقیاس‌های زمانی دیده می‌شود (به‌غیر از فروردین و اردیبهشت) ولی شدت و معنی‌داری آن کمتر از ایستگاه هروی (در پایین‌دست) می‌باشد. دلیل اختلاف دو ایستگاه فوق شاید به‌این دلیل باشد که در فاصله ایستگاه لیقوان تا هروی در پایین‌دست عوامل انسانی از جمله مصارف در کاهش رواناب نقش قابل توجهی داشته است در حالی‌که در لیقوان اثرات عوامل اقلیمی بیشتر موثر بوده است. در فصول تابستان و پاییز مقدار جریان به‌ترتیب در سطوح ۱ و ۱۰ درصد دارای روند نزولی است. میرعباسی و دین‌پژوه (۱۳۸۹) نیز در تحلیل روند تغییرات آبدهی رودخانه‌های شمال غرب

www.SID.ir

Archive of SID

ایران با روش من‌کندال نشان دادند که بطور کلی جریان سالانه در همه ایستگاه‌ها روند نزولی دارد. ولی در اینجا نتایج نشان داد نحوه تغییر جریان به‌صورت مکانی متفاوت بوده چنان‌که در بالادست و پایین‌دست حوضه مشهود می‌باشد و اثرات جداگانه عوامل اقلیمی و انسانی را نمایان می‌سازد. از طرفی، تحقیقات ایشان نشان داد در ایستگاه لیقوان (هروی مطالعه نشده است) روند فصل تابستان و سالانه مثبت می‌باشد (به‌ترتیب Z برابر ۰/۵۷ و ۰/۳۲) ولی در این تحقیق نتایج حاکی است بیشترین روند منفی فصلی در تابستان بوده و متوسط سالانه نیز روند نزولی است (Z برابر ۱/۰۳-) که دلیل این اختلاف شاید به‌علت به‌روز بودن داده‌ها باشد.

در مورد بارش، در مقیاس سالانه در حوضه لیقوان‌چای نه تنها کاهش نشان نمی‌دهد بلکه اندکی هم افزایش دارد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که کاهش معنی‌دار دبی جریان ارتباطی با مجموع بارش سالانه آن منطقه ندارد و عوامل دیگری دخالت دارد. در مقیاس ماهانه، فقط روند نزولی بارش‌های اردیبهشت در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار است و بقیه فاقد معنی‌داری می‌باشد. در مقیاس فصلی نیز فقط در فصل بهار روند کاهشی وجود دارد که فاقد معنی‌داری است و در سایر فصول (پاییز، زمستان و تابستان) در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد روند افزایشی تجربه شده است. تحقیقات دین‌پژوه و همکاران (۱۳۹٤) نشان داد در ایستگاه سینوپتیک تبریز بارش در فصل زمستان روند کاهشی دارد که اختلاف نتایج ممکن است بدلیل موقعیت مکانی و دوره آماری مورد مطالعه باشد. کاهش بارش در بهار به‌ویژه اردیبهشت از آنجا مهم می‌باشد که در سال‌های دور (اوایل دوره آماری مورد مطالعه) بارش‌های قابل توجهی در فصل بهار (از جمله بارش‌های موسوم به نیسان) نازل می‌شد و در ایجاد رواناب حوضه نقش بسزایی داشت که نتایج حاصله از بررسی روند نشان داد این‌گونه نزولات آهنگ کاهشی داشته است و بنابراین می‌توان گفت تغییرات در جزئیات بارش تاثیر-گذار بوده است.

در ارتباط با میانگین دمای سالانه نتایج روند افزایشی نشان می‌دهد ولی معنی‌داری آن نزدیک به سطح ۱۰ درصد می‌باشد. با این حال، در مقیاس ماهانه در همه ماه‌ها روند افزایشی مشاهده شد. بیشترین روند افزایشی متعلق به بهمن‌ماه بوده که در سطح ۱ درصد معنی‌دار است و پس از آن دمای ماه‌های اردیبهشت، اسفند، خرداد و تیر دارای رقم معنی‌دار و مثبت بود که در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار می‌باشند. نتایج در مقیاس فصلی نشان داد که در تمام فصول روند دمای میانگین صعودی می‌باشد به‌طوری‌که در فصول زمستان و بهار در سطح ۱ درصد معنی‌داری روند افزایشی داشته است. مقدار شیب خط روند برای این متغیر مثبت و برابر ۰/۰۳۵ درجه سانتی‌گراد در سال می‌باشد که در کل دوره آماری ٤۳ ساله برابر ۱/۵ درجه سلسیوس افزایش دمای متوسط را نشان می‌دهد. نتایج بدست آمده از بررسی روند دما در ایستگاه‌های حوضه ارومیه (عموما سینوپتیک واقع در مراکز شهرها) توسط فرخ نیا و مرید (۱۳۹۳) نیز نشان داد در اکثر نواحی دما روند افزایشی دارد. البته در آن تحقیق فقط دمای متوسط سالانه با روش MK1 مورد بررسی روند قرار گرفته ولی در این تحقیق علاوه بر آن سایر متغیرهای دمایی نیز در مقیاس‌های زمانی درون‌سالی در یک ایستگاه ارتفاعی مورد مطالعه قرار گرفت.

در ارتباط با متغیر دمای حداکثر در مقیاس سالانه در سطح ۱۰ درصد روند صعودی معنی‌دار می‌باشد. در مقیاس ماهانه نیز در تمام ماه‌های سال روند مثبت و افزایشی می‌باشد. بیشترین روند افزایشی مربوط به بهمن ماه با مقدار آماره Z مساوی ۲/۳۷ می‌باشد که در سطح ۱ درصد روند صعودی معنی‌دار است. در مقیاس فصلی ملاحظه می‌گردد در هر چهار فصل سال روند صعودی وجود دارد به‌طوری‌که در فصل زمستان و بهار در سطح ۱۰ درصد افزایش روند معنی‌دار است.

www.SID.ir

Archive of SID

در مقیاس فصلی، بیشترین شیب خط روند در زمستان بوده که در کل دوره آماری مساوی ۳/۵ درجه سلسیوس می‌باشد. به‌طور کلی می‌توان دریافت روندهای افزایشی پارامترهای دمای متوسط و دمای حداکثر در مقیاس سالانه و ماهانه عامل مهمی در راستای روند نزولی دبی جریان حوضه می‌باشند و از میان متغیرهای اقلیمی اثر تغییرات دمایی قابل توجه‌تر از بارش بوده است. در خصوص متغیر دمای حداقل نیز مشاهده می‌گردد در مقیاس سالانه روند مثبت بوده ولی فاقد معنی‌داری می‌باشد. در رابطه با متغیر اختلاف دمای حداکثر و حداقل در مقیاس سالانه روند مثبت بوده و در سطح نزدیک به ۱۰ درصد معنی‌دار است. در مقیاس ماهانه، نیز به‌غیر از ماه آبان در بقیه ماه‌ها روند مثبت بوده به‌طوری‌که در ماه‌های آذر، دی، اردیبهشت و خرداد این روند معنی‌دار می‌باشد و بیشترین روند مربوط به ماه اردیبهشت با مقدار آماره Z مساوی ۲/٦٦ می‌باشد که در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد و در ماه‌های آذر، دی و خرداد در سطح ۱۰ درصد معنی‌داری روند صعودی است. در مقیاس فصلی، در هر چهار فصل سال اختلاف دمای حداکثر و حداقل روند افزایشی دارد و در فصول زمستان و بهار این روند در سطح حدود ۱۰ درصد معنی‌دار است. در حالیکه دین‌پژوه و همکاران (۱۳۹٤) نشان دادند روند این متغیر در ایستگاه تبریز معنی‌دار نیست. در مقیاس ماهانه، بیشترین شیب خط روند مربوط به خرداد برابر ۰/۰۸۲ درجه سلسیوس در سال بوده که در کل دوره آماری مساوی ۳/۵ درجه سلسیوس افزایش را نشان می‌دهد. افزایش معنی‌دار متغیر اختلاف دمای حداکثر و حداقل به‌ویژه در فصول زمستان و بهار نشان دهنده افزایش بازه دمایی در شبانه‌روز و تاثیر آن در ذوب برف و افزایش تبخیر به‌خصوص در ماه‌های سرد سال می‌باشد که در نهایت، این موضوع در راستای کاهش رواناب حوضه معنی پیدا می‌کند. در ارتباط با متغیر نم‌نسبی در مقیاس سالانه روند منفی در ایستگاه مورد مطالعه وجود دارد ولی فاقد معنی‌داری است. بیشترین مقدار روند مربوط به ماه بهمن می باشد که مقدار آماره Z در آن برابر ۱/٥٤- بوده و روند کاهشی نزدیک به سطح معنی‌داری ۱۰ درصد دارد.

به‌منظور بررسی وجود تغییرات سریع یا نقطه‌ای در سری‌های مورد مطالعه و تعیین نقطه تغییر از آزمون پتیت استفاده شد. نتایج بدست آمده در مقیاس‌های سالانه و فصلی به‌ترتیب در جداول ۳ و ٤ ارائه شده است. در شکل ۲ نیز نحوه تغییرات نقطه‌ای برخی از پارامترهای هیدرواقلیمی حوضه لیقوان نشان داده شده است. چنان‌که از جدول ۳ ملاحظه می‌گردد سری داده‌های آبدهی لیقوان‌چای در ایستگاه هروی دارای نقطه تغییر و شکست می‌باشد و مقدار آماره p-value آزمون پتیت برابر ۰/۰۰۰٤ بوده و بسیار معنی‌دار است. دوره اول در بازه زمانی ۷٤-۱۳٤۹ تشخیص داده شده و دوره دوم از سال آبی ۷٥-۱۳۷٤ تا ۹۳-۱۳۹۲ تعیین شده است. متوسط آبدهی در دوره اول برابر ۰/۷۱٤ (m^3s^{-1}) بوده که در دوره دوم این مقدار به ۰/٤٦۰ (m^3s^{-1}) رسیده است و حاکی از کاهش ۳٥/٦ درصدی نسبت به دوره اول دارد. در رابطه با آبدهی ایستگاه لیقوان مشاهده می‌گردد وجود نقطه تغییر ناگهانی فاقد معنی‌داری بوده و رد می‌شود. بنابراین عوامل اقلیمی به تنهایی باعث افت ناگهانی جریان رودخانه در این مقطع نشده‌اند و تاثیر عوامل انسانی علاوه بر عوامل اقلیمی، در کاهش رواناب در ایستگاه هروی استنباط می‌شود چرا که این ایستگاه در پایین‌دست بوده و بیشتر تحت تاثیر عوامل انسانی است. در مقیاس فصلی، در هروی در هر چهار فصل سال نقطه شکست دیده می‌شود که در زمستان و بهار در سطح ۱ درصد و در پاییز و تابستان در سطح ٥ درصد معنی‌دار است. مقدار کاهش جریان در متوسط دوره دوم از ۲۹/٤ درصد در زمستان تا ٥۲/۷ درصد در تابستان متغیر می‌باشد. در ایستگاه لیقوان، فقط در فصل تابستان در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد شکست دیده می‌شود. تغییر نقطه‌ای

www.SID.ir

Archive of SID

رد شد، البته در فصل بهار در سطح نزدیک به ۱۰ درصد معنی‌داری تغییر وجود دارد. فصل زمستان و تابستان به‌ترتیب در سطح معنی‌داری ۱ درصد و ۵ درصد دارای نقطه تغییر هستند که شروع دوره دوم در فصل زمستان سال آبی ۸۱-۱۳۸۰ و در فصل تابستان سال آبی ۷۷-۱۳۷٦ می‌باشد. مقایسه مقادیر بارش فصلی در زمستان و تابستان در دو دوره اول و دوم به ترتیب ۲۹ و ۱۷ میلی‌متر افزایش را نشان می‌دهد که معادل ٤٦/٥ و ٥٧/٦ درصد می‌باشد.

در رابطه با دمای متوسط ملاحظه می‌گردد در سطح ۵ درصد معنی‌داری نقطه تغییر وجود دارد و دوره دوم از سال آبی ۷۸-۱۳۷۷ شروع می‌شود. میانگین دمای متوسط در دوره اول برابر ٦/٤ و در دوره دوم ۷/۵ درجه سلسیوس می‌باشد که نشان از افزایش ۱/۱ درجه سلسیوس در دوره دوم دارد. از نظر فصلی، در زمستان و بهار وجود نقطه تغییر در سطح ۵ درصد معنی‌دار است که در زمستان تغییر از سال ۷۸-۱۳۷۷ شروع شده است. مقدار افزایش دما در دوره جدید نسبت به دوره اول در زمستان و بهار به‌ترتیب برابر ۲/۱ و ۱/۲ درجه سلسیوس است. چنان‌که مشاهده می‌گردد در مقیاس سالانه، دمای حداکثر لیقوان نیز دارای نقطه تغییر می‌باشد که مقدار p-value آزمون پتیت برابر ۰/۰۰۷ بوده و بسیار معنی‌دار است. شروع دوره تغییر در سال آبی ۷۳-۱۳۷۲ بوده و مقادیر متوسط دو دوره حاکی از افزایش ۱/۵ درجه سلسیوس دمای حداکثر در دوره دوم دارد. در مقیاس فصلی، تغییر نقطه‌ای مشابه میانگین دما در زمستان و بهار وجود دارد که در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده و هر دو در سال ۷۳-۱۳۷۲ شروع شده است.

در رابطه با دمای حداقل نیز نتایج نشان داد وجود نقطه تغییر در سطح ۵ درصد معنی‌دار است و مشابه دمای متوسط سالانه شروع دوره دوم از سال آبی ۷۸-۱۳۷۷ می‌باشد . مقایسه میانگین متغیر در دو دوره نشان می‌دهد به مقدار حدود ۱/۱ درجه سلسیوس متوسط دمای حداقل نسبت به دوره اول افزایش یافته است. از نظر فصلی، به‌غیر از پاییز در بقیه فصول تغییر نقطه‌ای وجود دارد که در زمستان از سال ۷۸-۱۳۷۷ شروع شده و افزایش در میانگین دو دوره معادل ۱/۹ درجه سلسیوس است.

www.SID.ir

Archive of SID

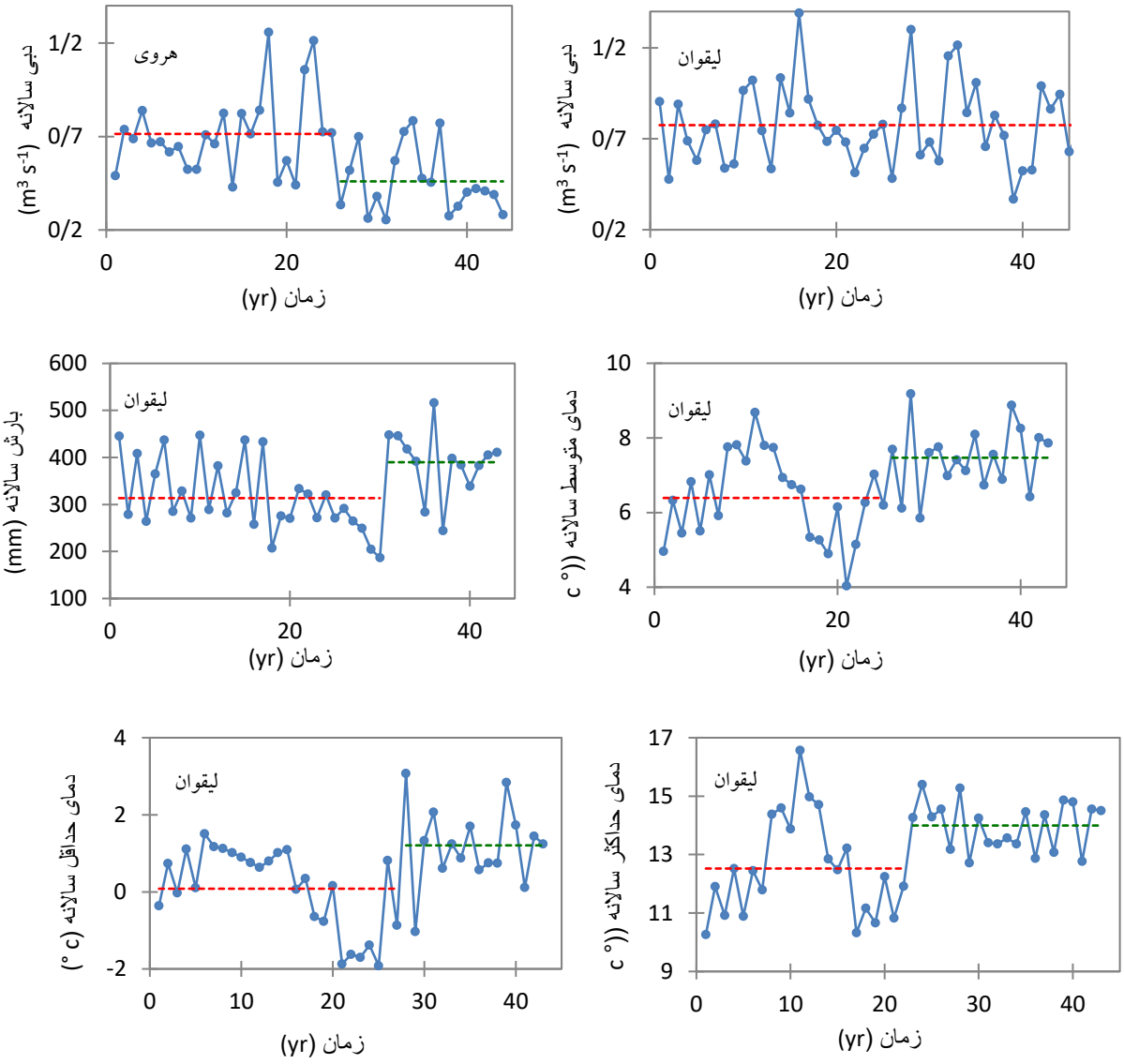
جدول۲- مقادیرآماره Z آزمون من کندال و شیب خط روند برای پارامترهای هیدرواقلیمی حوضه لیقوان.

زمان	دبی جریان هروی		دبی جریان لیقوان		بارش		دمای متوسط		دما ی حداکثر		دمای حداقل		$T_{max}-T_{min}$		نم نسبی	
	Z	شیب	Z	شیب	Z	شیب	Z	شیب	Z	شیب	Z	شیب	Z	شیب	Z	شیب
مهر	-۲/۳۱$^{+}$	-۰/۰۰۲	-۱/۷۵	-۰/۰۰۲	-۱/۳۳	-۰/۲	۰/۲۱	۰/۰۰۷	۰/۴۰	۰/۰۱۲	۰/۰۸	۰/۰۰۱	۰/۵۱	۰/۰۱۲	۰/۳۶	۰/۰۹۴
آبان	-۲/۴۵$^{++}$	-۰/۰۰۲	-۱/۱۸	-۰/۰۰۱	۱/۹۷$^{+}$	۰/۵۴	۰/۷۶	۰/۰۱۵	۰/۲۴	۰/۰۱	۰/۵۳	۰/۰۱۲	-۰/۳۷	-۰/۰۰۸	۰/۷۸	۰/۱۱۶
آذر	-۱/۲۴	-۰/۰۰۲	-۱/۵۶	-۰/۰۰۲	-۰/۷۷	-۰/۱۳۱	۰/۰۵	۰	۱/۳۴	۰/۰۲۹	-۱/۰۹	-۰/۰۱۵	۱/۶۹	۰/۰۴۲	-۱/۲۱	-۰/۱۲۳
دی	-۱/۶۶	-۰/۰۰۳	-۰/۱۲	-۰/۰۰۰۲	-۰/۹۶	-۰/۱۰۳	۱/۵۳	۰/۰۵	۱/۹۹$^{+}$	۰/۰۷۷	۰/۷۱	۰/۰۳	۱/۷۸	۰/۰۴۱	-۱/۳۳	-۰/۱۵۲
بهمن	-۲/۴۹$^{++}$	-۰/۰۰۳	-۱/۸۴	-۰/۰۰۳	۱/۶۸	۰/۳۳۸	۲/۳۵$^{++}$	۰/۰۷۶	۲/۳۷$^{++}$	۰/۰۷۹	۱/۵۲	۰/۰۵۵	۰/۸۲	۰/۰۲	-۱/۵۴	-۰/۱۴۹
اسفند	-۲/۵۸$^{++}$	-۰/۰۰۴	-۱/۰۳	-۰/۰۰۱	۱/۴۶	۰/۳۴۳	۱/۹۰	۰/۱۰۴	۱/۸۰	۰/۰۹۲	۱/۵۷	۰/۰۸۲	۰/۹۷	۰/۰۱۱	-۱/۲۱	-۰/۲۲۲
فروردین	-۱/۰۰	-۰/۰۰۳	۲/۰۰	۰/۰۰۵	۱/۱۲	۰/۲۷۵	۱/۳۵	۰/۰۳۵	۱/۷۱	۰/۰۵۲	۰/۸۵	۰/۰۱۸	۱/۲۵	۰/۰۲۸	-۰/۴۸	-۰/۱۰۵
اردیبهشت	-۰/۷۰	-۰/۰۰۳	۱/۱۲	۰/۰۰۷	-۱/۸۴	-۰/۳۱۲	۲/۲۴$^{+}$	۰/۰۵	۲/۰۹$^{+}$	۰/۰۸	۱/۱۱	۰/۰۲۷	۲/۶۶	۰/۰۴۹	-۰/۴۶	-۰/۰۷۱
خرداد	-۱/۶۷	-۰/۰۳۵	-۱/۸۳	-۰/۰۲۵	-۰/۹۵	-۰/۴۲۱	۱/۸۶	۰/۰۴	۱/۸۳	۰/۰۷۹	-۰/۰۳	۰	۱/۸۰	۰/۰۸۲	-۰/۶۰	-۰/۱۴۳
تیر	-۳/۱۸$^{++}$	-۰/۰۱۸	-۲/۱۳	-۰/۰۱۲	۱/۲۶	۰/۱۶۲	۱/۶۹	۰/۰۲۲	۱/۵۴	۰/۰۴۲	-۰/۴۰	-۰/۰۱۳	۱/۱۸	۰/۰۶۵	-۰/۰۲	۰
مرداد	-۲/۶۱$^{++}$	-۰/۰۰۷	-۲/۸۴	-۰/۰۰۸	۰/۲۸	۰	۰/۱۵	۰/۰۰۴	۰/۸۱	۰/۰۲۴	-۰/۴۷	-۰/۰۱۱	۰/۷۶	۰/۰۳۲	-۰/۰۶	-۰/۰۱۲
شهریور	-۲/۴۱$^{++}$	-۰/۰۰۴	-۲/۱۸	-۰/۰۰۳	۰/۵۹	۰/۰۲۸	۱/۰۳	۰/۰۲۲	۰/۹۶	۰/۰۳	۰/۱۹	۰/۰۰۴	۰/۲۴	۰/۰۱۸	-۰/۴۰	-۰/۱۴۱
پاییز	-۲/۳۸$^{++}$	-۰/۰۰۲۷	-۱/۷۷	-۰/۰۰۲	۱/۷۰	۰/۲۶۶	۰/۲۲	۰/۰۰۲	۱/۱۶	۰/۰۱۷	۰/۰۱	۰	۰/۷۴	۰/۰۱۲	۰/۰۸	۰/۰۱۶
زمستان	-۳/۱۲$^{++}$	-۰/۰۰۳۶	-۰/۶۸	-۰/۰۰۱	۱/۸۰	۰/۵۵	۲/۴۴$^{++}$	۰/۰۷۲	۱/۸۶	۰/۰۸۱	۱/۸۲	۰/۰۴۸	۱/۶۱	۰/۰۳۱	-۱/۶۳	-۰/۱۷۴
بهار	-۱/۸۷	-۰/۰۱۲۴	-۰/۲۹	-۰/۰۰۱	-۰/۷۶	-۰/۴۰	۲/۴۴$^{++}$	۰/۰۴۲	۱/۸۶	۰/۰۶۷	۰/۷۱	۰/۰۱۴	۱/۶۱	۰/۰۵۱	-۰/۶۰	-۰/۱۳۶
تابستان	-۳/۳۰$^{++}$	-۰/۰۰۹۵	-۲/۳۸$^{++}$	-۰/۰۰۸	۱/۷۹	۰/۴۵	۰/۵۰	۰/۰۰۹	۱/۳۹	۰/۰۳۳	-۰/۲۸	-۰/۰۰۷	۰/۶۳	۰/۰۳۲	-۰/۱۶	-۰/۰۳۵
سالانه	-۱/۷۳	-۰/۰۰۷	-۱/۰۳	-۰/۰۰۳	۰/۱۴	۰/۰۸	۱/۵۲	۰/۰۳۵	۱/۸۲	۰/۰۵۲	۰/۵۴	۰/۰۱۰	۱/۳۹	۰/۰۴	-۰/۶۱	-۰/۰۷۹

توجه: ارقام پررنگ نشان دهنده معنی‌داری روند در سطح ۱۰ درصد، علامت + و ++ نشان دهنده معنی‌داری روند به‌ترتیب در سطح ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲- تغییرات نقطه‌ای برخی از متغیرهای هیدرواقلیمی حوضه لیقوان.

ملاحظه می‌شود زمان وقوع تغییر متغیرهای دمایی تقریبا با زمان تغییر آبدهی حو.ضه همپوشانی داشته و اواسط دهه ۱۳۷۰ می‌باشد که با نتایج تحقیقات فرخ‌نیا و مرید (۱۳۹۳) نیز همخوانی دارد. پس استنباط می‌شود نقش روند افزایشی متغیرهای دمایی حوضه در کاهش آبدهی بیشتر از سایر عوامل اقلیمی بوده است.

نتایج در مورد بارش برف (عمق آب معادل برف) نشان داد وجود تغییرات نقطه‌ای معنی‌دار نمی‌باشد. شاید به‌این دلیل باشد که مقادیر بارش برف دارای تغییرات جزئی و تدریجی بوده و تغییر ناگهانی در طول دوره آماری نداشته است.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اینکه مقادیر جریان حوضه لیقوان‌چای در ایستگاه هروی در همه مقیاس‌های زمانی مورد بررسی دارای روند نزولی می‌باشد، در یک جمع‌بندی، آنچه که

www.SID.ir

Archive of SID

از بررسی روند تغییرات عوامل اقلیمی موثر در رواناب خروجی **حوضه بدست آمد**

جدول ۳- نتایج آزمون پتیت در رابطه با بررسی سالانه وجود نقطه تغییر متغیرهای هیدرواقلیمی حوضه لیقوان .

متغیر	آماره K	P-value	نقطه تغییر (شروع دوره دوم)	متوسط متغیر دوره اول	متوسط متغیر دوره دوم	مقدار تغییر دوره دوم نسبت به اول (درصد)
دبی هروی	۳۱۲	۰/۰۰۰۳$^{++}$	۷۵-۷۴	۰/۷۱٤	۰/٤٦۰	-۳۵/٦
دبی لیقوان	۱۱۰	۰/۹۳٤	-	-	-	-
بارش سالانه	۲۰٦	۰/۰۴۹$^{+}$	۸۱-۸۰	۳۱۳/۵	۳۸۹/۸	۲٤/۳
دمای متوسط	۲٤۱	۰/۰۱۴$^{+}$	۷۸-۷۷	٦/٤	۷/۵	۱/۱
دمای حداکثر	۲۵٦	۰/۰۰۷$^{++}$	۷۳-۷۲	۱۲/۵	۱٤	۱/۵
دمای حداقل	۲۳۸	۰/۰۱۶$^{+}$	۷۸-۷۷	۰/۰۸	۱/۲	۱/۱
T_{max}-T_{min}	۲۳٤	۰/۰۱۶$^{+}$	۵۸-۵۷	۱۰/۹	۱۳/۱	۲/۲
نم نسبی	۲٤٤	۰/۰۱۲$^{+}$	۸۲-۸۱	٦۰/٦	۵۳/۵	-۱۱/۷
بارش برف	۱٤۲	۰/۳٤	-	-	-	-

توجه: مقدار تغییر در متغیرهای دما بر حسب درجه سلسیوس است.

در رابطه با بارش در حوضه لیقوان در تمام مشخصه‌های بارش در فصل بهار روند کاهشی وجود دارد که بیانگر اثرات منفی آن در رواناب خروجی از حوضه می‌باشد. در مورد متغیرهای دمای هوا (میانگین، حداکثر و حداقل) نتایج نشان داد در اکثر مقیاس‌های زمانی روند افزایشی دما وجود دارد که این افزایش در ماه‌های سرد سال (دی تا اردیبهشت) با شدت بیشتری به‌وقوع پیوسته و روند صعودی بسیار معنی‌دار بود. از طرفی، بررسی تغییرات مقادیر نم‌نسبی هوا حاکی از وجود روند کاهشی (به‌ویژه در زمستان) است. نتایج آزمون پتیت نشان داد آبدهی لیقوان‌چای در ایستگاه هروی دارای نقطه تغییر و شکست می‌باشد که متوسط آبدهی در دوره اخیر کاهش ۳۵ درصدی نسبت به دوره اول دارد. عموم متغیرهای اقلیمی مورد مطالعه مانند دما و نم‌نسبی تغییر نقطه‌ای داشتند که زمان تغییر این متغیرها و نیز آبدهی حوضه در ایستگاه هروی در اواسط دهه ۱۳۷۰ می‌باشد. در رابطه با آبدهی ایستگاه لیقوان در بالادست حوضه، وجود نقطه تغییر سریع رد شد. بنابراین در کنار عوامل اقلیمی، تاثیر عوامل انسانی در کاهش رواناب در خروجی حوضه در ایستگاه هروی که در پایین‌دست قرار دارد، استنباط می‌شود. پیشنهاد می‌گردد که تعیین سهم هر یک از عوامل اقلیمی و انسانی در تغییرات حوضه مورد مطالعه قرار گیرد و در چند زیرحوضه دیگر حوضه آبریز دریاچه ارومیه نیز تحقیقات مشابه انجام گیرد تا با تعمیم نتایج به کل حوضه آبریز، یافته‌ها در راستای مدیریت پایدار منابع آب و خاک حوضه مفید واقع شود. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که در منطقه مورد مطالعه نه‌تنها کمیت منابع آب کاهش یافته بلکه بنا به گزارش دین‌پژوه (۱۳۹۵) کیفیت آب رودخانه‌های منطقه افت پیدا کرده است. از طرفی کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه مانند دشت میاندوآب بطور معنی‌دار افت پیدا کرده است زیرا EC آب زیرزمینی در هر سال ۲۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر افزوده شده است (کلاهدوزان و همکاران ۱۳۹٤).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- نتایج آزمون پتیت در رابطه با بررسی فصلی وجود نقطه تغییر متغیرهای هیدرواقلیمی حوضه لیقوان.

متغیر	آماره K	P-value	نقطه تغییر (شروع دوره دوم)	متوسط متغیر دوره اول	متوسط متغیر دوره دوم	مقدار تغییر دوره دوم نسبت به اول (درصد)
دبی هروی						
پاییز	۲۵۰	۰/۰۱۳$^{+}$	۷۸-۷۹	۰/۳۱۲	۰/۲۱۱	-۳۲/٤
زمستان	۳۰٤	۰/۰۰۱$^{++}$	۷۸-۷۹	۰/۳۹۵	۰/۲۷۹	-۲۹/٤
بهار	۲۵۹	۰/۰۰۸$^{++}$	۷۵-۷۶	۱/٦۱٦	۱/۰۷۹	-۳۳/۲
تابستان	۲۵٤	۰/۰۱۲$^{+}$	۷٤-۷۵	۰/۵٤٦	۰/۲۵۸	-۵۲/۷
دبی لیقوان						
پاییز	۱۷۵	۰/۱٦۷	-	-	-	-
زمستان	۱٤۰	۰/۳۸٤	-	-	-	-
بهار	۸۷	۰/۸۸٦	-	-	-	-
تابستان	۲۰۲	**۰/۰۷۶**	۸٤-۸۵	۰/۷۸۸	۰/٤٤۵	-٤۳/۵
بارش	۹۵	۰/۷۹۱	-	-	-	-
زمستان	۲۵۳	۰/۰۰۸$^{++}$	۸۰-۸۱	٦۰/۹	۸۹/۲	٤٦/۵
بهار	۱۸۲	۰/۱۰۷	-	-	-	-
تابستان	۲۱۷	۰/۰۳۳$^{+}$	۷٦-۷۷	۲۹/۷	٤٦/۸	۵۷/۵
میانگین دما	۱٤٤	۰/۳۱٦	-	-	-	-
زمستان	۲۳۷	۰/۰۱۷$^{+}$	۷۷-۷۸	-٤/۰	-۱/۹	۲/۱
بهار	۲۳۷	۰/۰۱۷$^{+}$	۷۵-۷۶	۸/۲	۹/٤	۱/۲
تابستان	۱٤۸	۰/۳۰۱	-	-	-	-
دمای حداکثر						
پاییز	۱۳۸	۰/۳٦۲	-	-	-	-
زمستان	۲۸٦	۰/۰۰۲$^{++}$	۷۲-۷۳	۱/۰	۳/٤	۲/٤
بهار	۲۸۰	۰/۰۰۲$^{++}$	۷۲-۷۳	۱۳/۷	۱۵/۷	۲
تابستان	۱۷۰	۰/۱٦۱	-	-	-	-
دمای حداقل	۱٤۳	۰/۳۲۵	-	-	-	-
زمستان	۲۰۲	۰/۰۵۶	۷۷-۷۸	-۹/۱	-۷/۲	۱/۹
بهار	۲۰۱	۰/۰۶	۷۹-۸۰	۲/۳	۳/٤	۱/۱
تابستان	۲٦۱	۰/۰۰۴$^{++}$	٦٤-٦۵	۱۰/۰	۸/۵	-۱/۵
نم نسبی						
پاییز	۲۰۲	**۰/۰۵۷**	٦٤-٦۵	۵۷	٦۳	۱۰/۵
زمستان	۱۹۸	**۰/۰۶۳**	۸۱-۸۲	٦۷	٦۱	-۸/۹
بهار	۲۵۰	۰/۰۰۸$^{++}$	۸۱-۸۲	٦۱	۵۱	-۱٦/٤
تابستان	۲۲۰	۰/۰۲۹$^{+}$	٦۰-٦۱	٤۲	۵۳	۲٦/۲
(T_{max}-T_{min})						
پاییز	۱۷۰	۰/۱۵۸	-	-	-	-
زمستان	۱۹۹	**۰/۰۶۶**	۷۱-۷۲	۹/۹	۱۱/۲	۱/۳
بهار	۲۷۸	۰/۰۰۲$^{++}$	۷۲-۷۳	۱۱/۲	۱۲/۹	۱/۷
تابستان	۲۳۸	۰/۰۱۴$^{+}$	۵۹-٦۰	۱٤/۵	۱۷/۲	۲/۷

توجه: مقادیر پررنگ P-value و علامت + و ++ وجود نقطه تغییر به‌ترتیب در سطح ۱۰، ۵ و ۱ درصد معنی‌دار است. مقدار تغییر در متغیرهای دما بر حسب درجه سلسیوس است.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده

Ahmadi F, Radmanesh F and Mirabbasi Najaf Abadi R, 2016. Trend Analysis of Precipitation in Northern Half of Iran during the Recent Half of the Century. Water and Soil Science (University of Tabriz) 26(1-2):207-224. (In Persian)

Dinpazhooh Y, Niazi F, Mofid H, 2015. Trend analysis and considering effect of meteorological parameters in Tabriz. Journal of Geography and Planning 19(51):145-169. (In Persian)

Dinpazhooh Y, 2016. Trend analysis of water chemical quality of East Azerbaijan rivers. Journal of Geography and Planning 20(55):105-124. (In Persian)

Farokhnia A, Morid S, 2014. Assessment of the effects of temperature and precipitation variations on the trend of river flows in Urmia lake watershed. Journal of Water and Wastewater 25(3):86-97. (In Persian)

Hamed KH and Rao AR, 1998. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. Journal of Hydrology 204: 182-196.

Hood M, 2011. Increased flooding driven by climate change. African Network of Environmental Journalists (ANEJ). https://phys.org/news/2011-02-driven-climate.html. (Accessed 16 Feb 2011)

Jiang S, Ren L, Yong B, Singh V P, Yang X and Yuan F, 2011. Quantifying the effects of climate variability and human activities on runoff from the Laohahe basin in northern China using three different methods. Hydrological Processes 25(16): 2492–2505.

Kendall MG, 1975. Rank Correlation Methods. Griffin Inc., London.

Kolahdouzan A, Dinpashoh Y, Abbaspoor D and Ghorbanian M, 2015. Study of groundwater qualitative changes trend in Miandoab plain using the Mann-Kendall method. Water and Soil Science (University of Tabriz) 25(2): 221-235. (In Persian)

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: 171-188.

Lettenmaier D P, Wood E F and Wallis J R, 1994. Hydro-Climatological trends in the Continental United States, 1944-88. Journal of Climate 7(4): 586-607.

Li F, Zhang G and Xu Y, 2014. Separating the impacts of climate variation and human activities on runoff in the Songhua River basin, northeast China. Water 6: 3320-3338.

Li L, Zhang L, Wang J, Yang J, Jiang D, Li J and Qin D, 2007. Assessing the impact of climate variability and human activities on streamflow from the Wuding River basin in China. Hydrological Processes 21: 3485–3491.

Ma Z, Kang S, Zhang L, Tong L and Su X, 2008. Analysis of impacts of climate variability and human activity on stream flow for a river basin in arid region of northwest China. Journal of Hydrology 352(3–4): 239–249.

Mann HB, 1945. Non-parameteric tests against trend. Econometrica 33: 245-259.

Mirabbasi R, Dinpashoh Y, 2010. Trend analysis of streamflow across the northwest of Iran in the recent three decades. Journal of Water and Soil-Mashhad University 24(4):757-768. (In Persian)

Nalley D, Adamowski J and Khalil B, 2012. Using discrete wavelet transforms to analyze trends in streamflow and precipitation in Quebec and Ontario (1954–2008). Journal of Hydrology 475: 204–228.

Pettitt A N, 1979. A non-parametric approach to the change-point problem. Applied Statistics 28(2): 126-135.

Shi H and Wang G, 2015. Impacts of climate change and hydraulic structures on runoff and sediment discharge in the middle Yellow River. Hydrological Processes 29(14): 3236–3246.

Wang H, Chen L and Yu X, 2016. Distinguishing human and climate influences on streamflow changes in Luan River basin in China. Catena 136: 182–188.

Xue J and Gui D, 2015. Linear and nonlinear characteristics of the runoff response to regional climate factors in the Qira River basin, Xinjiang, Northwest China. PeerJ, 3:e1104 https://doi.org/10.7717/peerj.1104.

Zeng S, Xia J and Du H, 2014. Separating the effects of climate change and human activities on runoff over different time scales in the Zhang River basin. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment 28(2): 401-413.

Zhan CS, Jiang SS, Sun FB, Jia YW, Niu CW and Yue WF, 2014. Quantitative contribution of climate change and human activities to runoff changes in the Wei River basin, China. Hydrological Earth System Science 18: 3069-3077.

Zhang Y, Guan D, Jin C, Wang A, Wu J and Yuan F, 2011. Analysis of impacts of climate variability and human activity on streamflow for a river basin in northeast China. Journal of Hydrology 410 (3–4): 239–247.

Zhao C, Liu C, Dai X, Liu T, Duan Z, Liu L and Mitrovic SM, 2015. Separation of the impacts of climate change and human activity on runoff variations. Hydrological Sciences Journal 60 (2): 234-246.

www.SID.ir