بررسی وقوع رخداد تغییر اقلیم در حوضه آبریز کارده بر اساس آزمون شن

ایمان سرداریان باجگیران، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه فردوسی مشهد
فرشته مدرسی*، استادیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد(Fmodaresi@um.ac.ir)

چکیده

بیلان آب مهم‌ترین مسئله هر حوضه آبریز است که می‌تواند بر حیات موجودات، فعالیت‌های انسان و محیط‌زیست تأثیر بگذارد. در سال‌های اخیر تغییر اقلیم سبب اختلال در توازن و بیلان آب حوضه‌ها شده است؛ ازاین‌رو توجه پژوهشگران را به خود جلب کرده است. از بهترین روش‌ها برای برآورد میزان تأثیر تغییر اقلیم بر حوضه تعیین روند پارامترهای موثر بر بیلان می‌باشد. هدف از این پژوهش تعیین روند پارامترهای مهم بیلان با استفاده از آزمون شن به منظور تعیین نقش تغییر اقلیم در حوضه آبریز کارده است. مزیت استفاده از آزمون شن، بررسی وجود روند در کلاس‌های مقداری متفاوت داده‌ها از کم تا زیاد است. در این تحقیق داده‌های دمای حداقل، متوسط و حداکثر و همچنین بارش و جریان سال‌های آبی ۷۰-۱۳۶۹ تا ۹۹-۱۳۹۸ حوضه آبریز سد کارده واقع در شمال شهرستان مشهد مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمون شن برای میانگین دمای حداقل حوضه برای سه دسته مشخص شده روند کاهشی و برای میانگین دمای حداکثر حوضه برای سه دسته نیز روند افزایشی را نشان داد که نقش تغییر اقلیم که باعث وقوع تابستان‌های گرم‌تر و زمستان‌های سردتر می شود را به خوبی نشان می‌دهد. برای دو پارامتر دیگر موثر بر بیلان یعنی بارش و جریان ورودی به سد کارده نیز آزمون شن روند کاهشی را نشان داد به طوری که در دبی‌های با مقادیر زیاد ثبت شده، کاهشی معادل ۱ متر مکعب بر ثانیه وجود داشت که مقدار چشم‌گیری است و می‌تواند باعث بیلان منفی در حوضه شود.

واژه‌های کلیدی: آزمون شن، بیلان حوضه، تغییر اقلیم، روند، سد کارده.

۱. مقدمه

از اواسط قرن بیستم، افزایش قابل توجه گازهای گلخانه‌ای به ویژه دی اکسید کربن ناشی از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی و دگرگونی سطح کره زمین توسط انسان سبب تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی شده است[۱]. تغییرات اقلیمی در منطقه خاورمیانه به احتمال زیاد سبب افزایشی قابل توجه در دمای سطح زمین و کاهشی تامل برانگیز مقدار بارش به ویژه در بهار و پاییز در سده کنونی خواهد شد[۲،۳]. افزایش شدت و مدت خشکسالی و تکرار زیاد دوره‌های کم بارش در منطقه خاورمیانه احتمالا نتیجه تغییرات اقلیمی است[۴]. ایجاد تنش و وارد آمدن فشار به منابع آب‌های زیرزمینی، بالا رفتن نیاز آبی گیاهان، کاهش امنیت غذایی، تشدید روند مهاجرت از روستاها به شهرها، افزایش قحطی و فقر و مخاطرات امنیت ملی از جمله پیامدهای مخرب بروز خشکسالی می‌باشد[۵،۶،۷،۸،۹،۱۰]. یکی از اثرات مهم تغییر اقلیم ایجاد روند صعودی یا نزولی در متغیرهای اقلیمی نظیر بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر است؛ ازاین‌رو یکی از روش‌های موثر برای شناسایی وقوع رخداد تغییر اقلیم، بررسی وجود روند در متغیرهای اقلیمی است.

تاکنون برای بررسی روند در سری‌های زمانی هیدروکلیماتولوژیک از روش‌های گوناگون آماری(پارامتریک و ناپارامتریک) مانند آزمون من_کندال، آزمون T، رگرسیون خطی، آزمون Cusum، آزمون Wald–Wolfowitz، آزمون اسپیرمن و ضریب همبستگی پیرسون استفاده شده است[۱۱،۱۶].

آزمون روند من_کندال به خاطر راحتی محاسبات و عدم پیروی از توزیع آماری خاص مورد استفاده قرار می‌گیرد[۱۲و۱۳]. از طرفی به دلیل اینکه داده‌های هیدروکلیماتولوژیکی پویا هستند، آزمون من_کندال به تنهایی نمی‌تواند پاسخگو باشد و می‌بایست با روش‌های آماری و سایر مدل‌ها ترکیب شود [۱۲]. از این‌رو، شن در سال ۲۰۱۲ یک روش گرافیکی جدید به نام شن ترسیمی را برای بررسی روند ارائه کرد که دارای مزایایی نسبت به آزمون من_کندال و اسپیرمن است که می‌توان به عدم داشتن فرضیات محدودکننده در این روش اشاره کرد[۱۷]. در تحقیقی با استفاده از آزمون شن و همچنین ترکیب تبدیل موجک و آزمون من_کندال روند متغیرهای هیدروکلیماتولوژیکی در سطح دریاچه ارومیه مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان دهنده کارایی مناسب آزمون شن بود[۱۸].

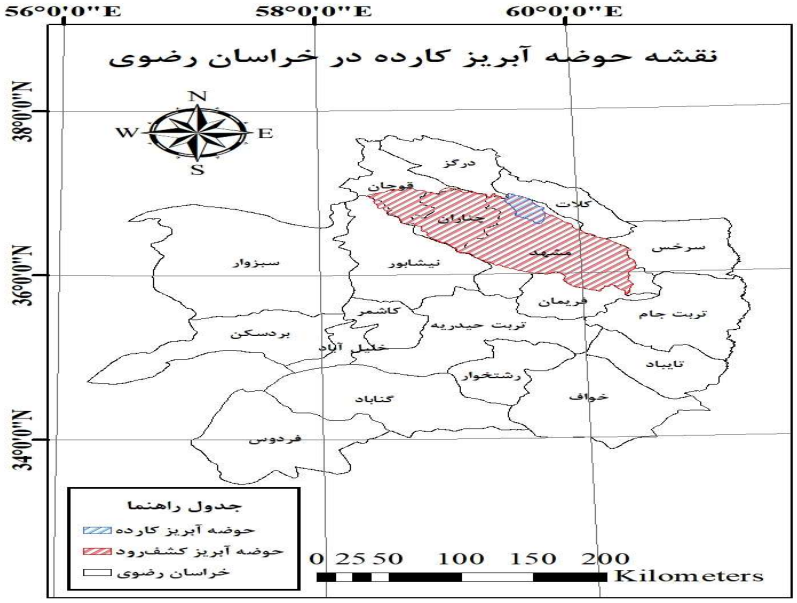
با توجه به اهمیت اثر رخداد تغییر اقلیم بر میزان آب قابل دسترس بخصوص تاثیر آن بر آورد رودخانه‌ها به مخازن سدها، و از طرفی، کارایی مناسب آزمون ترسیمی شن در بررسی وجود روند، در تحقیق حاضر، با استفاده از آزمون شن، وقوع رخداد تغییر اقلیم بر اساس متغیرهای هواشناسی و هیدرولوژیکی در حوضه آبریز سد کارده مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۲. مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه:

حوضه آبریز سد کارده با مساحتی حدود ۵۶۰ کیلومتر مربع در شمال شهر مشهد و در شرق رشته کوه‌های هزار مسجد-کپه داغ واقع شده و یکی از زیرحوضه‌های اصلی حوضه آبریز کشف‌رود محسوب می شود. حوضه آبریز کارده در مختصات ۵۹°۲۶ تا ۵۹°۴۵ طول شمالی و ۳۶°۴۰ تا ۳۶°۵۸ عرض شرقی قرار دارد و جزء نواحی کوهستانی و مرتفع شمال شهر مشهد محسوب می شود.

به طوری که حدود ۲۶۱/۶۶ کیلومتر مربع این حوضه در ارتفاعی بالاتر از ۲۰۰۰ متر واقع شده است. پایین ترین نقطه ارتفاعی حوضه آبریز در قسمت خروجی و در پایین دست آبادی کارده با ارتفاع ۱۲۰۰ متر و بالاترین نقطه ارتفاعی در شمال غرب حوضه با ارتفاع ۲۹۷۷ متر از سطح دریا می باشد. رودخانه کارده دارای حجم آورد سالیانه به میزان ۲۳/۲۱ میلیون متر مکعب بوده که سد کارده با هدف استفاده از آب این رودخانه، جهت مصارف شرب و کشاورزی بر روی آن احداث گردیده است (شکل ۱).



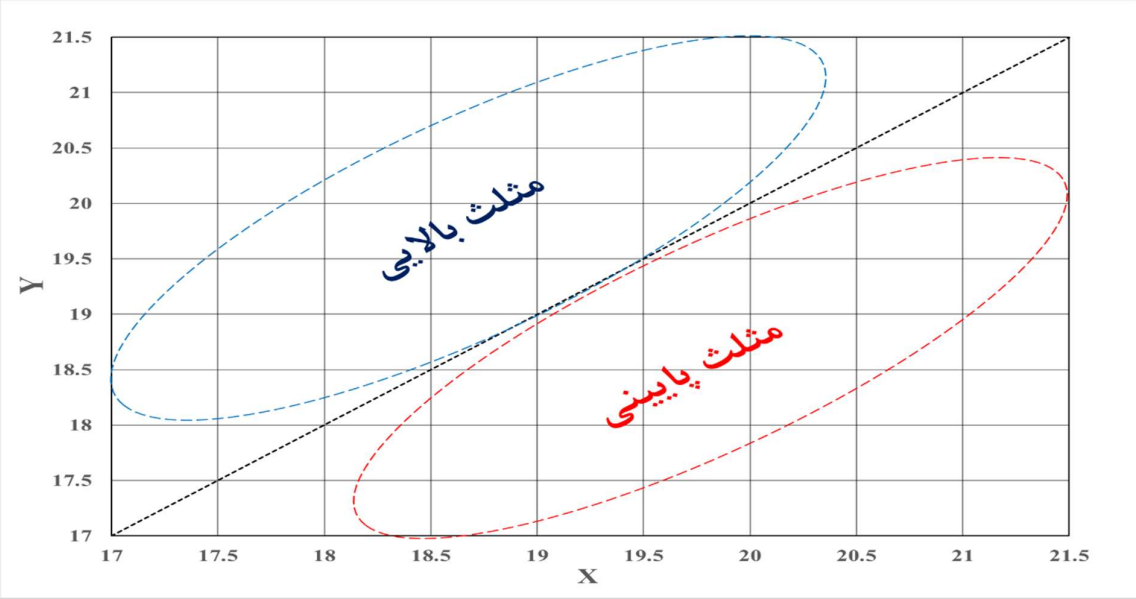
شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و جانمایی آن در استان خراسان رضوی

داده‌های مورد استفاده:

در سال‌های اخیر به دلیل افزایش دمای هوا و کاهش بارندگی، حجم آب ذخیره شده در پشت سد کاهش یافته به صورتی که کاهش آب به وضوح قابل رویت می‌باشد. از آنجایی که تغییر اقلیم و نقش آن در سال‌های اخیر باعث توجه ویژه به این مبحث شده است در این مقاله این موضوع مورد بررسی قرار می‌گیرد که کم‌آبی های این حوضه ناشی از تغییر اقلیم است یا ناشی از برداشت بی‌رویه می‌باشد. بدین منظور روند سه پارامتر مهم هیدروکلیماتولوژیکی یعنی بارش، دما (حداقل، متوسط و حداکثر) و جریان مورد بررسی قرار گرفت که برای این کار از داده‌های سال های ۱۳۶۹-۷۰ تا ۱۳۹۸-۹۹ استفاده شد.

آزمون شن ترسیمی:

در این روش ابتدا سری زمانی مورد نظر به دو سری فرعی و مساوی تقسیم می شود پس از آن هر سری بدست آمده به ترتیب صعودی مرتب می‌شوند. سپس نمودار پراکندگی ایجاد می شود تا سری اول و دوم به ترتیب به عنوان نمونه‌های محور X و Y در نظر گرفته شوند. در نهایت، خط مستقیم ۱:۱ (۴۵ درجه) از ناحیه مربع تعریف شده توسط دامنه تغییرات متغیر داده شده عبور داده می شود[۱۹]. در چنین نمودار پراکندگی، زیرمجموعه‌های بدون روند در امتداد خط ۱:۱ ظاهر می شوند. روندهای افزایشی ناحیه مثلث بالایی را اشغال می کنند و روندهای کاهشی منطقه مثلث پایینی ۱:۱ را اشغال می کنند(شکل۲).



شکل ۲. نمودار پراکندگی- آزمون شن

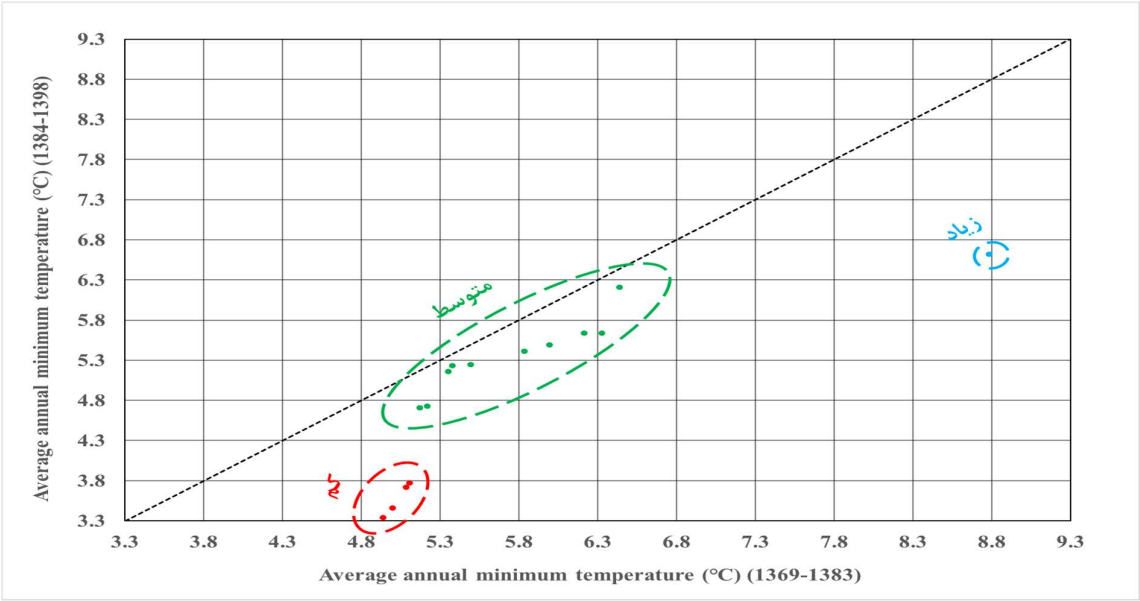
روش تحقیق:

برای انجام این پژوهش ابتدا داده های ۳۰ سال حوضه آبریز کارده جمع‌آوری شد سپس داده ها به دو سری مساوی به ترتیب صعودی تقسیم شد. پس از آن سری اول که به ترتیب صعودی مرتب شده بود به عنوان داده های محور X و سری دوم نیز به عنوان داده های محور Y در نظر گرفته شد و نمودار پراکندگی آن‌ها همراه با خط ۱:۱ در نرم افزار اکسل ترسیم شد و روند داده ها مشخص شد. همچنین برای مقایسه بهتر داده ها، داده ها به ۳ دسته کم، متوسط و زیاد تقسیم شد.

۳. یافته‌ها

یکی از نکاتی که در مطالعات تحلیل روند وجود دارد این است که آیا کاهش یا افزایشی که در مقادیر اتفاق می‌افتد در مقادیر «کم» ا ست یا «متو سط» و یا «زیاد». برای این منظور، روش نوآورانه ت شخیص روند شن[۱۷] در اینجا برای درک ویژگی‌های روند سری‌های زمانی در مقیاس سالانه استفاده شد. در واقع، این روش نشان می‌دهد که آیا تغییرات قوی در متغیرهای طبقه بندی شده وجود دارد یا خیر.

نمودار پراکندگی شن ارائه شده در شکل ۳ موقعیت نسبی مقادیر حداقل دما را در سه دسته کم، زیاد و متوسط نشان می‌دهد. همانطور که م شاهده می شود تمامی دماهای حداقل ثبت شده در حو ضه طی ۱۵ سال اخیر کاهش یافته به عبارتی سردی هوا بی شتر نمایان شده ا ست که این مورد با تغییر اقلیم کاملا در تعامل ا ست همچنین برای دماهای پایین یعنی کمتر از ۵/۱۰ درجه این تغییر محسوس‌تر است.



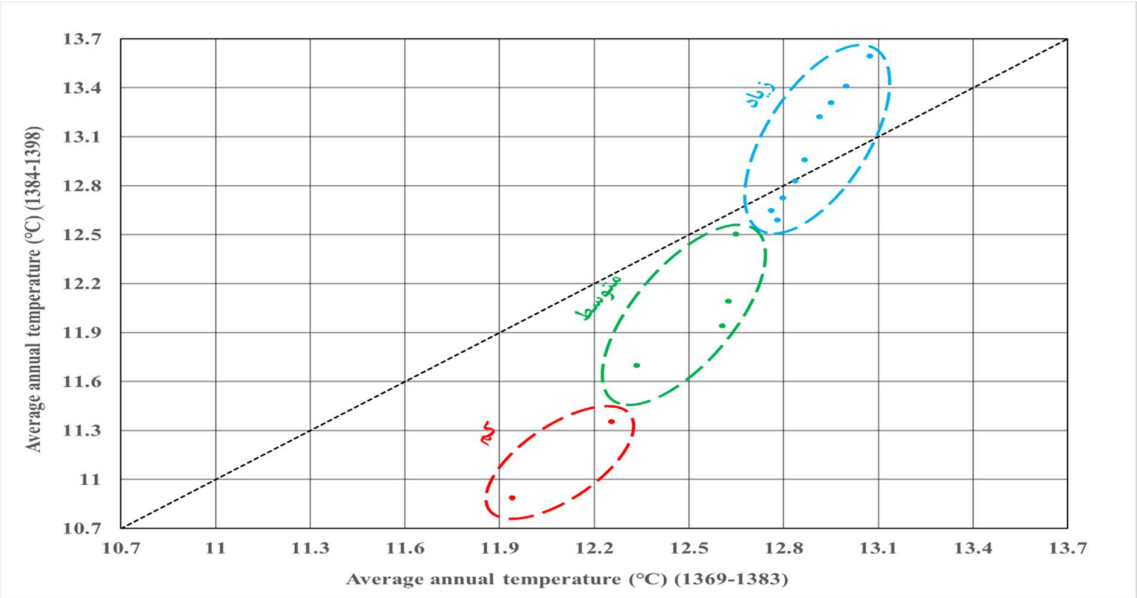
شکل ۳. آزمون شن، میانگین دمای حداقل سالانه

شکل ۴ موقعیت نسبی سه دسته دمای متوسط را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل مشخص است، دماهای قرار گرفته در دسته زیاد که متمایل به حداکثر هستند در طی ۱۵ سال اخیر افزایش یافته‌اند، دماهای دسته متوسط تغییر نکرده‌اند و دماهای دسته کم که متمایل به حداقل هستند کاهش یافته‌اند که نتایج حاصل از شکل ۳ را تایید می‌کنند.

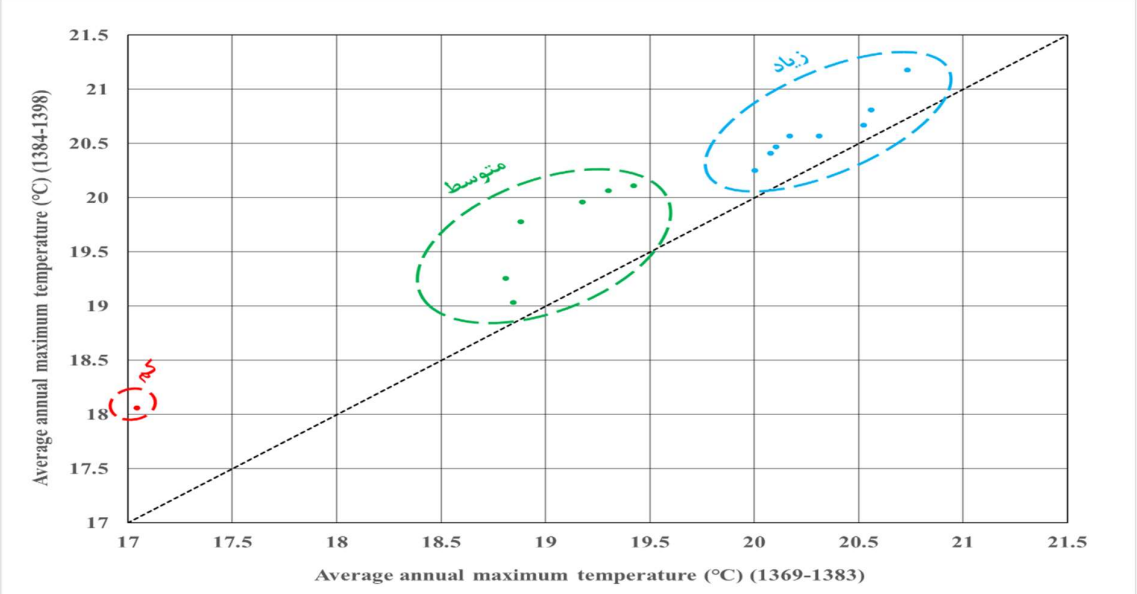
شکل ۵ نیز پراکندگی داده‌های مربوط به حداکثر دما را نشان می‌دهد که همان‌طور که با توجه به تأثیر تغییر اقلیم انتظار داریم حداکثر دماهای ثبت شده طی ۱۵ سال اخیر افزایش یافته است، این امر بر روی نمودار به خوبی نشان داده شده است به عبارتی تغییر اقلیم سبب شده است که تابستان‌های داغ‌تر و زمستان‌های سردتر در این منطقه داشته باشیم.

شکل ۶ پراکندگی مقادیر بارش را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود مقادیر بارش روند کاهشی داشته‌اند و در تمامی دسته ها از بارش‌های با مقادیر کم گرفته تا بارش‌های با مقادیر زیاد، این مقادیر کاهش یافته‌اند.

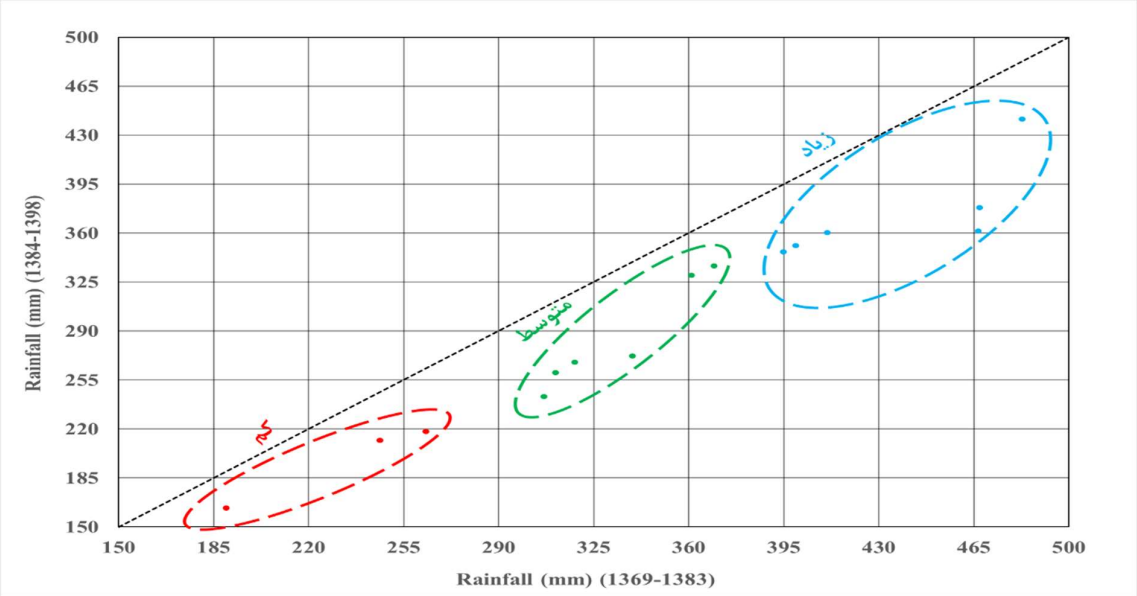
در شکل ۷ نیز مقادیر جریان ورودی به سد کارده نشان داده شده است. بر اساس این شکل می‌توان مشاهده نمود که مقادیر جریان کم، زیاد و متوسط در طی ۱۵ سال اخیر روند کاهشی به خود گرفته اند. دسته زیاد یعنی مقادیر با دبی بیشتر به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته‌اند به طوری که اختلافی در حدود ۱ متر مکعب بر ثانیه ثبت شده است که در مقیاس سالانه مقدار بسیار بزرگی به شمار می‌رود.



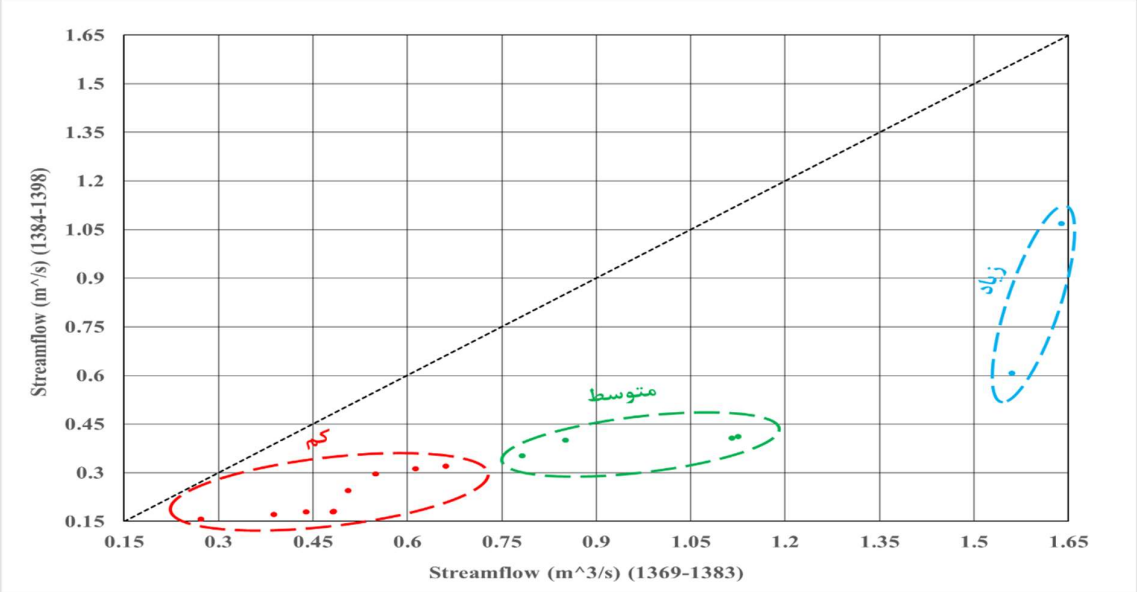
شکل ۴. آزمون شن، میانگین دمای متوسط سالانه



شکل ۵. آزمون شن، میانگین دمای حداکثر سالانه



شکل ۶. آزمون شن، میانگین بارش سالانه



شکل ۷. آزمون شن، متوسط جریان سالانه

۴. نتیجه‌گیری

تغییر اقلیم یکی از مباحث جدی امروز کشورهاست و بر تمامی متغیرهای هیدروکلیماتولوژیکی مؤثر بر بیلان آب حوضه های آبریز تأثیرگذار است. از این رو، در سال‌های اخیر پایش و پیش‌بینی تغییر اقلیم مورد توجه قرار گرفته است. یکی از راه‌هایی که در تشخیص وقوع تغییر اقلیم موثر است تعیین روند متغیرهای هیدروکلیماتولوژیکی است؛ از این نظر یافتن روش‌هایی که روند را به خوبی و با دقت مشخص کنند حیاتی می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از آزمون شن

ترسیمی به تعیین روند متغیرهای تاثیرگذار بر حوضه سد کارده که تأمین کننده آب شرب شهر مشهد است، پرداخته شد. طبق نتایج بدست آمده از این آزمون می‌توان به قطعیت گفت که تغییر اقلیم بر تمام پارامترها اثر گذاشته است به طوری که بارش و جریان که اصلی‌ترین پارامترهای هیدرولوژیکی حوضه هستند در طی ۱۵ سال اخیر کاهش یافته‌اند که سبب کاهش ذخیره سد کارده می‌شود. همچنین تغییر اقلیم سبب وقوع تابستان‌های داغ‌تر و زمستان‌های سردتر شده است که سبب افزایش تبخیر و کاهش رطوبت می‌شوند.

آزمون شن به دلیل عدم درنظرگیری فرضیات محدود کننده و سهولت کاربرد، یکی از بهترین آزمون‌های آماری برای تعیین روند است که بهتر است از آن برای بازه‌های کوچک‌تر مثلا هر ۱۰ سال یا کمتر استفاده کرد تا بتوان تمهیدات لازم را با توجه به شرایط تغییر اقلیمی صورت گرفته سریع تر اعمال کرد تا از وقوع آسیب های جدی در حوضه جلوگیری به عمل آید.

۵. سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه فردوسی مشهد به جهت تأمین بودجه و امکانات لازم برای انجام این پژوهش سپاسگزاری می شود.

مراجع

[1] Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor MM, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM. Climate Change 2013: The physical science basis. contribution of working group I to the fifth assessment report of IPCC the intergovernmental panel on climate change, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, P.1535.

[2] Chenoweth J, Hadjinicolaou P, Bruggeman A, Lelieveld J, Levin Z, Lange MA, Xoplaki E, Hadjikakou M. Impact of climate change on the water resources of the eastern Mediterranean and Middle East region: Modeled 21st century changes and implications. Water Resources Research. 2011 Jun;47(6).

[3] Evans JP. 21st century climate change in the Middle East. Climatic change. 2009 Feb;92(3):417-32.

[4] Gao X, Giorgi F. Increased aridity in the Mediterranean region under greenhouse gas forcing estimated from high resolution simulations with a regional climate model. Global and Planetary Change. 2008 Jun 1;62(3-4):195-209.

[5] Taylor RG, Scanlon B, Döll P, Rodell M, Van Beek R, Wada Y, Longuevergne L, Leblanc M, Famiglietti JS, Edmunds M, Konikow L. Ground water and climate change. Nature climate change. 2013 Apr;3(4):322-9.

[6] Wang W, Xing W, Shao Q, Yu Z, Peng S, Yang T, Yong B, Taylor J, Singh VP. Changes in reference evapotranspiration across the Tibetan Plateau: Observations and future projections based on statistical downscaling. Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2013 May 27;118(10):4049-68.

[7] Parry M, Rosenzweig C, Iglesias A, Fischer G, Livermore M. Climate change and world food security: a new assessment. Global environmental change. 1999 Oct 1;9:S51-67.

[8] Gregory PJ, Ingram JS, Brklacich M. Climate change and food security. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 2005 Nov 29;360(1463):2139-48.

[9] Bannayan M, Sanjani S, Alizadeh A, Lotfabadi SS, Mohamadian A. Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield in northeast of Iran. Field crops research. 2010 Aug 8;118(2):105-14.

[10] Sternberg T. Chinese drought, bread and the Arab Spring. Applied Geography. 2012 May 1;34:519-24.

[11] Nourani V, Nezamdoost N, Samadi M, Daneshvar Vousoughi F. Wavelet-based trend analysis of hydrological processes at different timescales. Journal of Water and Climate Change. 2015 Sep;6(3):414-35.

[12] Karpouzos DK, Kavalieratou S, Babajimopoulos C. Trend analysis of precipitation data in Pieria Region (Greece). European Water. 2010 May;30(30):30-40.

[13] Nalley D, Adamowski J, Khalil B. Using discrete wavelet transforms to analyze trends in streamflow and precipitation in Quebec and Ontario (1954–2008). Journal of hydrology. 2012 Dec 19;475:204-28.

[14] Rehman S. Long-term wind speed analysis and detection of its trends using Mann–Kendall test and linear regression method. Arabian Journal for Science and Engineering. 2013 Feb;38(2):421-37.

[15] Fathian F, Modarres R, Dehghan Z. Urmia Lake water-level change detection and modeling. Model Earth Syst Environ 2 (4): 203.

[16] Amirataee B, Zeinalzadeh K. Trends analysis of quantitative and qualitative changes in groundwater with considering the autocorrelation coefficients in west of Lake Urmia, Iran. Environmental Earth Sciences. 2016 Mar;75(5):1-0.

[17] Şen Z. Innovative trend analysis methodology. Journal of Hydrologic Engineering. 2012 Sep 1;17(9):1042-6.

[18] Nourani V, Danandeh Mehr A, Azad N. Trend analysis of hydroclimatological variables in Urmia lake basin using hybrid wavelet Mann–Kendall and Şen tests. Environmental earth sciences. 2018 Mar;77(5):1-8.

[19] Şen Z. Trend identification simulation and application. Journal of Hydrologic Engineering. 2014 Mar 1;19(3):635-42.

زمان برگزاری: آبان‌ماه ۱۴۰۱
کنفرانس ملی روش‌های کاربردی حل مسائل فنی بیلان آب کشور
National Conference on Applied Solutions
for Technical Issues in Water Balance Estimation

Investigating the occurrence of climate change in Kardeh basin based on Sen Test

Iman Sardarian Bajgiran, MSC Student, Department of Water Science and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
Fereshteh Modarresi*, Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, (Fmodaresi@um.ac.ir)

Abstract

Water balance is the most important issue of all basins that can affect the life of organisms, human activities and the environment. In recent years, climate change has produced a disruption in the water balance of basins; therefore it has attracted the attention of researchers. One of the best methods to estimate the impact of climate change on the basin is to determine the trend of parameters affecting the water balance. The purpose of this research is to detect the trends of important water balance parameters using Sen Test in order to determine the role of climate change in Kardeh basin. The advantage of using Sen Test is to check the presence of trends in classes of data with different values from low to high.In this research, the data of minimum, average and maximum temperature as well as precipitation and river flow belong to Kardeh basin located in the north of Mashhad city in the period of (1990-2020) were studied. The results achieved from Sen Test showed a decreasing trend for the average minimum temperature of the basin for the three specified classes and an increasing trend for the average maximum temperature for the three classes, which indicates the role of climate change that causes hotter summers and colder winters. For two other parameters affecting the water balance, i.e. precipitation and inflow to Kardeh reservoir, the Sen Test also revealed a decreasing trend, such that in the recorded high discharges, there was a decrease of 1 cubic meter per second, which is an impressive amount and can result in negative water balance in the basin.

Keywords: Sen Test, water balance, climate change, trend, Kardeh Dam