



دوره‌ی ۳۵، شماره‌ی ۲، شماره‌ی پیاپی ۱۳۵، تابستان ۱۴۰۱، صفحه‌های ۱۰۰-۸۸  
شناسه‌ی دیجیتال: 10.22092/WMRJ.2021.354855.1417

مقاله‌ی پژوهشی



# پژوهش‌های آب‌نخرداری

## ارزیابی تغییر اقلیم در آبخیز طشک به روش مدل‌سازی و پیش‌بینی حالت‌های ممکن

سیاوش محمدی بیگدلی

دانشجوی دکترای مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران شمال

سعید ملامسی

(نویسنده‌ی مسئول) \* استادیار علوم محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران شمال

مؤگان زعیمدار

استادیار علوم محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران شمال

مهرداد زمان‌پور

دانشیار لیمنولوژی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش، و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

\*رایانامه‌ی نویسنده‌ی مسئول: sm.malmasi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۸ تیر ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: ۲۷ مهر ۱۴۰۰

### چکیده

تأثیر تغییر اقلیم بر دریاچه‌ها یکی از مهم‌ترین دشواری‌هایی است که انسان امروزین با آن روبه‌رو است. افزایش دما، آب شدن یخ‌ها در قطب شمال، و ناپدید شدن ورقه‌های یخ در قطب جنوب از اثرهای تغییر اقلیم در کره‌ی زمین است. این پژوهش روند تغییر سنج‌های اقلیمی را در آبخیز طشک در دوره‌ی ۱۹۹۰-۲۰۲۰ ارزیابی کرد. از آزمون من-کندال در افزونه‌ی XLSTAT نرم‌افزار اکسل بهره گرفته شد. با خروجی canESM2 که یکی از مدل‌های تغییر اقلیم جفت‌شده‌ی CMIP5 است، و برپایه‌ی حالت‌های ممکن RCP 2.6 و RCP4.5 و RCP8.5 تغییر دما در بازه‌ی ۱۹۹۰-۲۰۲۰-۲۱۰۰ بر پایه‌ی داده‌های ایستگاه هم‌دید آبداد طشک ارزیابی شد. نتیجه نشان داد که در ۳۰ سال گذشته تغییر روند بارش معنی‌دار بود، ولی تغییر دما و تبخیر معنی‌دار نبود. نتیجه‌ی پیش‌بینی حالت‌های ممکن برای آینده نشان داد که میانگین بیشینه‌ی دما در سه حالت بررسی شده افزایش می‌یابد. از آن‌جا که روند کلی افزایش دما افزایشی بود، می‌توان نتیجه گرفت که روند تغییر اقلیم در تراز آبخیز جدی است.

واژگان کلیدی: آبخیز طشک، تغییر اقلیم، پیش‌بینی حالت‌های ممکن، من-کندال، canESM2

## مقدمه

کیلومتری خاورشیراز است. آبخیز آن شامل ارسنجان، سیدان، فاروق، آسپاس، دهبید، و قادرآباد است (۵۱'۴۴" تا ۵۴'۳۰" طول شرقی و ۲۹'۷" تا ۳۱'۱۵" عرض شمالی) است. مهم‌ترین منبع تأمین آب دریاچه رودهای کُر و سیوند است. رود کُر از بلندی‌های زاگرس سرچشمه می‌گیرد و با رود سیوند در دشت مرودشت در محل پل خان، می‌پیوندد که پس از آبیاری کردن دشت کربال به این دریاچه می‌ریزند. از دیگر سرچشمه‌های آب دریاچه، چشمه‌های دائمی پیرامون دریاچه و سیلاب‌های زمستانه است (عباسی و همکاران ۲۰۱۹؛ مزیدی و همکاران ۲۰۱۶).

وفاخواه و رجبی (۲۰۰۵) در ارزیابی خشک‌سالی‌های آبخیز طشک و بختگان و مهارلو نمایه‌های عدد  $Score-Z$  درصد بهنجار بارندگی، دهک‌های بارندگی، ناهنجاری بارش و بارش بمعیار آبخیز بختگان، طشک و مهارلو را بررسی کردند و از میان نمایه‌های پرشمار دهک‌های بارندگی و درصد بهنجار بارندگی هم‌زمان با سال روی داد، کمینه‌ی بارندگی، و رخ داد خشک‌سالی بسیار شدید را در همه‌ی ایستگاه‌ها گزارش کردند، که انحراف معیار کم‌تر و میانگین بیش‌تری از نمایه‌های دیگر دارد و به همین دلیل کارآیی آن برای تعیین خشک‌سالی‌های هواشناسی بیش‌تر است.

بابایان و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی اندازه‌ی بارش‌های روزانه در ۴۳ ایستگاه هم‌دید هواشناسی کشور و با شیوه‌ی ریزمقیاس‌نمایی آماری مدل مولد لارس اقلیم ایران را در دوره‌ی ۲۰۱۰-۲۰۳۹ مدل‌سازی کردند. نتیجه نشان داد که برای دهه‌ی ۲۰۲۰ بارش در کشور به اندازه‌ی ۹٪ کاهش خواهد یافت، در حالی که میانگین دمای سالانه  $0.5^{\circ}\text{C}$  افزایش خواهد یافت که در آن بیش‌ترین افزایش ماهانه‌ی دما در ماه‌های سرد سال است.

آقاچوک و همکاران (۲۰۱۴) با پیش‌تصویرهای ماهواره‌ی لندست در دریاچه‌ی ارومیه مشخص کردند که سطح دریاچه به اندازه‌ی ۸۸٪ کم‌تر شده و عملاً در راه نابودی است. با تحلیل تصویرهای ماهواره‌ی ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۴ و اندازه‌گیری تراز آب دریاچه مشخص شد که این روند در دهه‌ی گذشته شدت گرفت. دلیل‌های زیادی برای این پدیده آورده شد که عمده‌ی آن مدیریت نادرست اندوخته‌های آب است.

پکل و همکاران (۲۰۱۶) با جمع‌آوری و پردازش ماهانه و سالانه‌ی میلیون‌ها تصویر ماهواره‌ی لندست نقشه‌ی اندوخته‌های آب با کیفیت زیاد (نقطه‌ی تصویر ۳۰ متری) تهیه کردند. نتیجه‌ی این تحقیق نشان داد که از سال ۱۹۸۴ تا سال ۲۰۱۵ بیش از ۷۰٪ از آب دائمی در خاورمیانه و آسیای مرکزی از میان رفت، که بیش‌تر به دلیل دخالت انسان و مدیریت نادرست اندوخته‌های

افزایش گازهای گلخانه‌ی و پی‌رو آن گرم‌شدن جهان از دشواری‌هایی است که منجر به تغییر اقلیم می‌شود. این پدیده مستقیمانه بر عامل‌های گوناگون مرتبط با زندگی انسان تأثیرگذار است. اولین گام در بررسی این اثرها تأثیر تغییر اقلیم بر متغیرهای آن است (پناهی و خرم‌آبادی ۲۰۲۰). تغییر اقلیم از دیدگاه بسیاری از صاحب‌نظران پدیده‌ی طبیعی است که در بسامدهای زمانی بلندمدت روی داده بود، و باز روی خواهد داد (جهانبخش و همکاران ۲۰۱۰). تغییر اقلیم در هر منطقه به همراه تغییر دما سبب تغییر زمانی و مکانی بارش، اندازه‌ی تبخیر و تعرق، رطوبت خاک، و سرعت باد می‌شود. به همین دلیل، و برای برگزیدن سیاست‌های بهینه‌سازی و سازگاری با شرایط آینده، بررسی تغییر اقلیم هر منطقه در بازه‌های زمانی بسیار مهم است (مدنی و همکاران ۲۰۱۲).

با روی داد نوسان‌های پرشمار جنوبی ال نینو از جمله در سال‌های ۱۹۹۷-۱۹۹۸ مشخص شد که افت‌وخیزهای اقلیمی ممکن است باعث اختلال جدی در فعالیت اجتماعی اقتصادی جهان و آسیب‌های جانی و مالی فراوان شود. در همین حال افت‌وخیزهای اقلیمی ممکن است فرصت‌هایی در حالت B2 جهانی ایجاد کند، که تأکید بر راه‌حل‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی پایدار در تراز منطقه‌ی با افزایش مداوم جمعیت جهان دارد، اما کندتر از حالت A2 است، و ترازهای میانگین توسعه‌ی اقتصادی و سرعت آن کم‌تر از حالت‌های A1 و B1 است (IPCC، ۲۰۱۹).

اقلیم، شرایط میانگین آب‌وهوا برای محدوده و دوره‌ی خاص است. سنجه‌های اقلیمی مانند دما و بارش بر وضعیت آب دریاچه‌ها تأثیر زیادی دارد. ایران در پهنه‌بندی اقلیمی IPCC از منطقه‌های خشک و نیمه‌خشک است. بر پایه‌ی نتیجه‌ی تحلیل داده‌های ۵ ایستگاه هواشناسی ایران (IPCC ۲۰۰۷) روند تغییر بارندگی در جاهای گوناگون کشور یکسان نیست، به طوری که در مشهد و فارس افزایشی، و در تبریز و کرمانشاه به شدت کاهش‌ی است. پیش‌بینی‌های مدل گردش عمومی جو اقیانوس برای تغییر دما در جاهای گوناگون دنیا تا سال ۲۱۰۰ نشان‌دهنده‌ی آن است که ایران در محدوده‌ی تغییر دما با افزایش  $1.5^{\circ}\text{C}$  تا  $2^{\circ}\text{C}$  تا سال ۲۰۳۰، و  $4^{\circ}\text{C}$  تا  $4.5^{\circ}\text{C}$  تا سال ۲۱۰۰ است (دوبلر و همکاران ۲۰۱۲؛ IPCC ۲۰۱۶؛ زو و همکاران ۲۰۱۲).

دریاچه‌ی طشک فرونشستی میان‌کوهی است که بلندی آن‌ها از تراز دریا حدود ۱۵۵۸ متر است. این دریاچه با پهنه‌ی تقریبی ۲۸۰۰ km در شمال باختری دریاچه‌ی بختگان و ۱۶۰

این دشواری‌ها برای برنامه‌ریزی مناسب، و سازگاری با آن لازم و ضروری است. بنابراین، در این پژوهش تغییر اقلیم که یکی از مهم‌ترین عامل‌های این آسیب است ارزیابی شد.

#### مواد و روش‌ها

این پژوهش برای ارزیابی و پیش‌بینی تغییرهای اقلیمی در آبخیز طشک انجام شد، که یکی از آبخیزهای بزرگ بختگان است. دریاچه‌ی طشک و بختگان در کنار هم است، اما ورودی‌های گوناگونی دارد. آبخیز طشک  $3569 \text{ km}^2$  وسعت دارد که بسیار کوچک‌تر از آبخیز بختگان است (شکل ۱). نزدیک‌ترین ایستگاه اقلیمی به دریاچه‌ی طشک، ایستگاه آباده طشک درون آبخیز است.

بررسی محدوده‌ی اثرپذیر طرح از دید عامل‌های اقلیمی نشان می‌دهد که میانگین دمای سالانه  $11/6$  تا  $18/5$  °C است. کمینه‌ی دمای مطلق نیز  $6/5$  تا  $22$  و بیشینه‌ی آن حدود  $40/5$  °C به ثبت رسیده است، که کمینه‌ی آن ممکن است آسیب‌های جدی به منطقه بزند. دامنه‌ی تغییر دمای شبانه‌روزی در محدوده‌ی طشک گسترده نیست ( $11/8$  تا  $18$  °C) که امکان آسیب‌پذیری را کاهش می‌دهد. تغییر دما در زمستان  $1/5$  تا  $15/5$ ، در تابستان  $21/7$  تا  $29/4$  °C، در پاییز  $8/4$  تا  $15/1$ ، و در بهار  $14/7$  تا  $21/1$  °C است و نشان‌گر آن است که تغییر تدریجی است و نمی‌تواند در آسیب‌پذیری منطقه چندان مؤثر باشد (مهندسین مشاور بوم‌آباد، ۲۰۰۲). ایستگاه هم‌دید آباده طشک در آبخیز طشک ( $53^{\circ}16'46''$  طول شرقی و  $29^{\circ}56'08''$  عرض شمالی، بلندی  $1703 \text{ m}$ ) ایستگاه شاخص بود.

اقلیم محدوده با سامانه‌ی اقلیمی آمبرژه خشک و سرد است، زیرا طول دوره‌ی مرطوب حدود ۴ تا ۵ ماه است، و در ۷ تا ۸ ماه از سال خشک است، که زمان آن از شمال به جنوب و از غرب به شرق افزایش می‌یابد (مهندسین مشاور بوم‌آباد ۲۰۰۲). باد نیز از عامل‌های مؤثر بر تبخیر و در نتیجه دادوستد آب در این آبخیز است، که به‌ویژه در پژوهش‌های با هدف‌های کشاورزی، و در طراحی سازه‌های نیازداشته اهمیت ویژه‌ی دارد. سرعت میانگین باد سالانه  $1/5$  تا  $2/4 \text{ m/s}$ ، و میانگین ماهانه‌ی آن ۲ تا  $3/1 \text{ m/s}$  (در اردیبهشت) است. کم‌ترین سرعت میانگین باد ماهانه حدود ۱ تا  $1/6 \text{ m/s}$  (در آذر) است (مهندسین مشاور بوم‌آباد ۲۰۰۲).

آب بود. در همین دوره از دست رفتن آب در استرلیا و آمریکا نیز مشهود است.

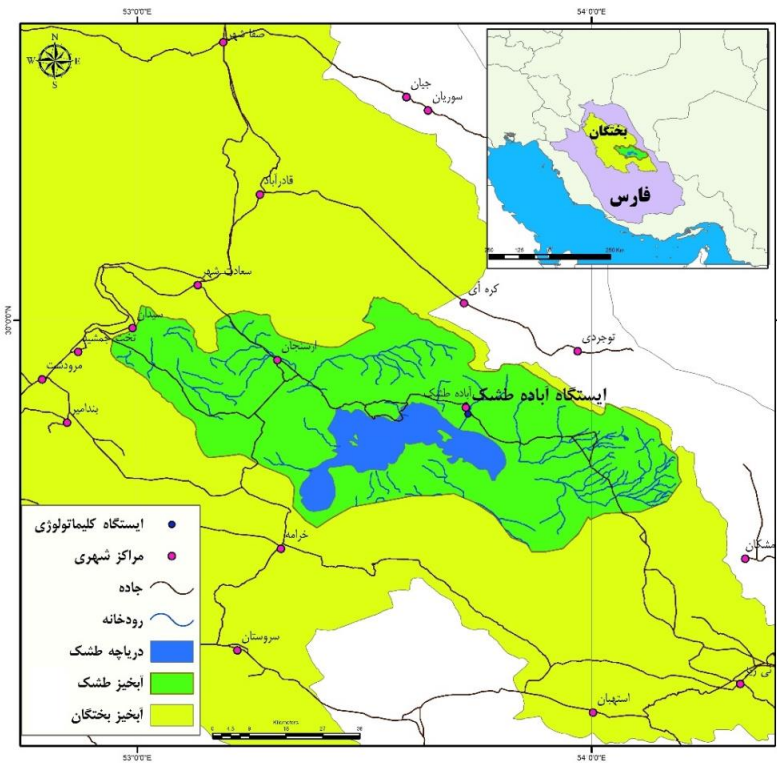
عطا امینی و همکاران (۲۰۱۶) با تصویرهای ماهواره‌ی لندست در آبخیز جنوبی دریاچه‌ی ارومیه تصویر کشت و کاربری زمین‌های پایش شده را تحلیل کردند. نتیجه نشان داد که اندازه‌ی سطح زیر کشت ۲۰٪ و آبیاری ۳۵٪ افزایش یافت. رابطه‌ی میان افزایش سطح زیر کشت در این آبخیز و کاهش سطح دریاچه‌ی ارومیه تجزیه و تحلیل شد.

طراوت و همکاران (۲۰۱۷) در پایش دریاچه‌ی ارومیه و سوان وان که تقریباً در شرایط اقلیمی مشابهی اند از ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۵ با پردازش تصویرهای لندست برای رصد کردن آب از شاخص NDWI و اصلاح (MNDWI) و برای رصد کردن کشت سبز از شاخص NDVI بهره گرفتند. نتیجه نشان داد که در این دوره سطح دریاچه‌های وان و سوان در افزایش، و دریاچه‌ی ارومیه در کاهش بود.

لیوجینیان و همکاران (۲۰۱۹) سطح آب ۹۳ دریاچه‌ی آب شور به وسعت بیش از  $20 \text{ km}^2$  را در فلات تبت از سال ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۰ با تصویرهای ماهواره‌ی لندست بررسی کردند. در مجموع سطح این دریاچه‌ها در این بازه، به‌ویژه از ۱۹۷۳ تا ۲۰۰۰ افزایش داشت. در همین دوره با پایش وضعیت رطوبت و دما مشخص شد که شرایط اقلیمی به‌سوی گرم‌شدن و افزایش رطوبت پیش می‌رود. شوری دریاچه در این دوره متناسب با گرم شدن اقلیم افزایش یافت.

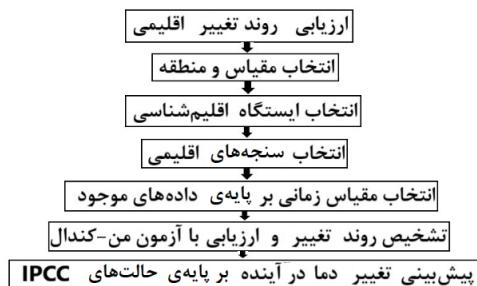
سامانه‌ی اقلیم زمین با تاثیر مهمی که بر شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیستگاه‌های طبیعی، از جمله اندوخته‌های آب و جامعه‌ها دارد، افت و خیزهایی دارد و ممکن است در مقیاس‌های زمانی گوناگون (از فصل تا قرن و حتی بیش‌تر) بررسی شود. شاهد‌های مطمئن و روبه‌رشدی هست که نشان می‌دهد انسان با افزایش دادن غلظت گازهای گلخانه‌یی در نیوار (جو) بر شرایط اقلیم تاثیر گذاشته است. اقلیم جهان با گرم‌شدن کره‌ی زمین برهم‌خورده، هرچند که شدت آن مبهم است. این یافته بر پایه‌ی مشاهده‌های تغییر دو متغیر دما (با افزایش  $0/5$  °C نسبت به سده‌ی گذشته) و غلظت دی‌اکسید کربن در جو است.

در سال‌های گذشته وضعیت اندوخته‌های آب آبخیز بختگان، طشک و کمجان که مجموعه‌ی از دریاچه‌های به‌هم پیوسته است، کاهش یافته، آبخیز خشکیده، و محیط زیست منطقه از میان رفته است. این پدیده جنبه‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی گسترده‌ی دارد که پرداختن به آن و شناسایی منشا



شکل ۱- آبخیز طشک.

گام‌های پژوهش در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- نمای جریان پژوهش.

فرض این آزمون این بود که داده‌ها تصادفی توزیع شده‌است و روند ندارد (رابطه‌ی ۱ و ۲).

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

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

آزمون آماری ناسنجه‌یی من-کندال برای بررسی تصادفی بودن داده‌ها (نبود روند) در برابر بودن روند در مجموعه‌های زمانی آبی و هواشناسی به کار برده می‌شود (زانگ و همکاران ۲۰۱۲). برتری این آزمون بر دیگر آزمون‌های تعیین روند بهره‌گیری از مرتبه‌ی داده‌ها در مجموعه‌ی زمانی بی در نظر داشتن اندازه‌ی سنج‌ها است. به دلیل این ویژگی می‌توان از این آزمون برای داده‌های با چولگی نیز بهره‌گرفت، و نیازی نیست که داده‌ها در قالب توزیع خاصی درآید (تورجای و ایکان ۲۰۰۵). برای انجام آزمون من-کندال از افزونه‌ی XLSTAT در نرم‌افزار اکسل بهره‌گیری شد.

$x_1, x_2, \dots, x_n$  مشاهده‌ها است.

و  $Z\alpha$  آماره‌ی توزیع بهنجار بمعیار در تراز معنی‌دار  $\alpha$  است که بر پایه‌ی دوطرفه بودن آزمون از  $\alpha/2$  بهره‌گیری شد. فرض صفر مبنی بر نبود روند هنگامی پذیرفته می‌شود که  $|Z| \leq Z_{\alpha/2}$  باشد، اگر نه فرض صفر رد می‌شود. تراز اطمینان به کار برده شد. روند مجموعه‌ی داده‌ها هنگامی که آماره‌ی  $Z$  مثبت و بزرگ‌تر از اندازه‌ی بحرانی باشد افزایشی، و هنگامی که منفی و کوچک‌تر باشد نزولی است (کنندال ۱۹۷۵).

در این آزمون هر داده با همه‌ی داده‌های پس از خود مقایسه می‌شود. در این مرحله می‌توان به جای بهره‌گیری از اندازه‌های اصلی داده‌ها، از مرتبه‌ی داده‌ها در مجموعه (مجموعه‌ی زمانی) بهره‌گیری کرد، و مرتبه‌ها را به همین روش مقایسه کرد. به این دلیل، این آزمون بر پایه‌ی مرتبه‌ی داده‌ها<sup>۱</sup> است. با فرض این که داده‌ها مستقل است و توزیع یک‌نواخت دارد، میانگین پراش  $S$  از رابطه‌ی ۳ و ۴ دست آمد.

$$E(S) = 0 \quad 3$$

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad 4$$

$n$  تعداد داده‌ها،  $m$  تعداد گره‌ها و  $t$  تعداد داده در هر گره است. منظور از گره این است که اگر از اندازه‌ی داده بیش‌تر از یکی باشد، این اندازه‌های مساوی یک گره تشکیل می‌دهند، و تعداد این اندازه‌های مساوی در گره  $m$  ام  $t$  است. توزیع آماره‌ی این آزمون ( $Z$ ) بهنجار است (رابطه‌ی ۵).

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad 5$$

این آزمون دوطرفه است،  $\alpha$  تراز معنی‌داری برای آزمون است،

برای بررسی و ارزیابی تأثیر تغییرهای اقلیمی ایستگاه آباد طشک در آینده از روش ریزمقیاس‌نمایی بهره‌گیری شد. برای پیش‌بینی حالت‌های ممکن از این راه سه دسته داده به کار برده شد. نخست داده‌های مشاهده‌شده در سطح ایستگاه، که باید در مقیاس زمانی روزانه باشد. از داده‌های دمایی پیشینه‌ی ایستگاه آباد طشک در بازه‌ی زمانی ۱۹۹۰-۲۰۲۰ بهره‌گیری شد. دوم، داده‌های شبکه‌ی مرکز NCEP<sup>۲</sup> / NCAR<sup>۳</sup> (در بازه‌ی زمانی ۱۹۹۰-۲۰۲۰) وابسته به NOAA<sup>۴</sup>، این داده‌ها حالت شبکه‌ی بی دارد و اندازه‌ی هر شبکه یا نقطه‌ی تصویر ۲٫۸ درجه‌ی قوسی (۸٫۳۱۰) کیلومتر است. این داده‌ها ۲۶ سنجه‌ی جوی است. سوم داده‌های مربوط به حالت‌های اقلیمی (RCP ها)<sup>۵</sup>.

از داده‌های خروجی مدل canESM2 بهره‌گیری شد که از چهارمین نسل از مدل‌های آب‌وهوایی است (مرکز مدل سازی و تحلیل آب‌وهوای کانادا، زیر نظر سازمان محیط‌زیست کانادا). در این مدل کل سطح زمین به شیوه‌ی ۶۴×۱۲۸ یاخته

جدول ۱- ویژگی‌های مدل canesm2.

مدل	دقت مکانی داده‌های اتمسفری		دقت مکانی داده‌های اقیانوسی	
	عرض جغرافیایی (درجه)	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	طول جغرافیایی (درجه)
CanESM2	۲/۷۹۰۶	۲/۸۱۲۵	۰/۹۳۰۳ و ۱/۱۴۰۷	۱/۴۰۶۲۵

غلظت‌های گوناگون گازهای گلخانه‌ی بهره برد. حالت جدید انتشار چهار گذرگاه کلیدی (RCP2.6، RCP4.5، RCP6 و RCP8.5) دارد که بر پایه‌ی اندازه‌ی واداشت تابشی در سال

شبکه بندی شد (جدول ۱) (شارون ۲۰۱۴). IPCC در تدوین گزارش پنجم ارزیابی خود (AR5) از حالت‌های ممکن جدید RCP به جای نماینده‌های گذرگاه‌های

1- Rank base  
2 - National Center Environment Prediction  
3 - National Center Atmospheric Research  
4 - National Oceanic and Atmospheric Administration  
5 - Representative Concentration Pathway

در نبود سیاست‌گذاری برای کاهش اثر و رویارویی با پی‌آمدهای اقلیم، آب‌وهوای کره زمین در راه حالت انتشار RCP 8.5 (گروه مدل‌سازی MESSAGE و موسسه IIASA، موسسه بین‌المللی تحلیل سامانه‌های کاربردی IIASA اتریش) پیش خواهد رفت، که ویژگی آن روند افزایش گازهای گلخانه‌ی است. ادامه‌ی این روند منجر به واداشت تابشی به اندازه‌ی  $8/5 \text{ W/m}^2$  در سال ۲۱۰۰ می‌شود. در این هنگام غلظت دی‌اکسید کربن به  $1000 \text{ ppm}$  می‌رسد و روند افزایشی است.

#### نتایج و بحث

برای بررسی روند تغییر اقلیم در منطقه، ایستگاه آباده طشک با داده‌های ۳۰ ساله بررسی شد. نتیجه‌ی آزمون من-کندال نشان داد که روند تغییر افزایشی دما معنی‌دار نیست (جدول‌های ۲-۵، شکل ۳).

۲۱۰۰ نام گذاری شد (شارون ۲۰۱۴).

حالت انتشار RCP2.6 (گروه مدل‌سازی IMAGE، موسسه‌ی ارزیابی‌های محیطی هلند) دربرگیرنده‌ی کم‌ترین نرخ افزایش گازهای گلخانه‌ی واداشت تابشی ناشی از آن است. واداشت تابشی در میانه‌ی این قرن به حدود  $3/1 \text{ W/m}^2$  می‌رسد و سپس کاهش می‌یابد و به  $2/6 \text{ W/m}^2$  در سال ۲۱۰۰ می‌رسد. برای رسیدن به این تراز واداشت تابشی باید گازهای گلخانه‌ی بسیار کاهش یابد. در حالت RCP4.5 (گروه مدل‌سازی MiniCAM) واداشت تابشی ناشی از گازهای گلخانه‌ی پیش از سال ۲۱۰۰ در اندازه‌ی  $4/5 \text{ W/m}^2$  ثابت می‌ماند. در حالت انتشار RCP6 (گروه مدل‌سازی AIM، موسسه‌ی ملی پژوهش‌های محیطی ژاپن) واداشت تابشی بعد از سال ۲۱۰۰ به دلیل بهره‌گیری از فن‌آوری‌های جدید و سیاست‌های کاهش گازهای گلخانه‌ی ثابت می‌ماند.

جدول ۲- ویژگی‌های آماری داده‌های دمای ایستگاه آباده طشک.

انحراف معیار	میانگین	بیشینه	کمینه	بی داده‌ی گم‌شده	داده‌ی گم‌شده	مشاهده‌ها متغیر
۱/۰۰۹	۱۸/۲۱	۲۰/۴	۱۵/۳۹	۳۰	۰	۱۶/۸

جدول ۳- نتیجه‌ی آزمون من-کندال برای دمای ایستگاه آباده طشک.

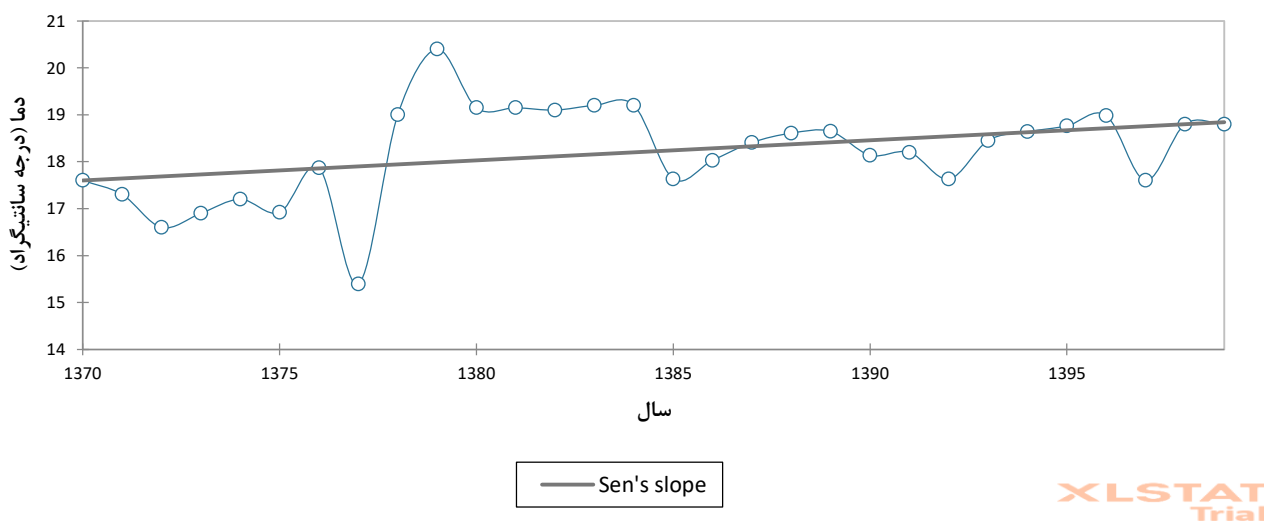
تای کندال	۰/۲۴۷
S	۱۰۷
Var(S)	۳۱۳۷/۶۶۷
p-value (Two-tailed)	۰/۰۵۸
alpha	۰/۰۵

جدول ۴- نتیجه‌ی شیب آزمون من-کندال برای دمای ایستگاه آباده طشک.

	(95%) باند بالا	(95%) باند پایین	ارزش
Slope	۰/۰۷۶	۰/۰۰۰	۰/۰۴۳
Intercept	-۱۱/۳۵۳	-۶۴/۲۱۵	-۴۱/۱۱۴

جدول ۵- چکیده‌ی سنجش‌های آزمون.

شیب سن	p-value	تای کندال	آزمون/مجموعه
۰/۰۴۳	۰/۰۵۸	۰/۲۴۷	۱۶/۸



شکل ۳- نمودار آزمون من-کندال دما در ایستگاه آباده طشک.

بارش یکی از مهم ترین سنجه های اقلیمی است که تأثیر بسیار زیادی بر تغییر اقلیم دارد. تغییر این عامل در بازه ی زمانی بررسی شده به طور کلی کاهش یافته بود. بر پایه ی نتیجه ی آزمون من-کندال روند کاهش بارش معنی دار بود (جدول ۶-۹ و شکل ۴).

جدول ۶- ویژگی های آماری داده های بارش ایستگاه آباده طشک.

انحراف معیار	میانگین	بیشینه	کمینه	بی داده مفقود	داده مفقود	مشاهده ها	متغیر
۱۲۱/۱۴۹	۲۹۶/۷۲۷	۵۲۳/۵	۷۹	۳۰	.	۳۰	۲۹۲/۵

جدول ۷- نتیجه ی آزمون من-کندال برای بارش ایستگاه آباده طشک.

تای کندال	-۰/۲۵۵
S	-۱۱۱
Var(S)	۳۱۴۱/۶۶۷
p-value (Two-tailed)	۰/۰۵۰
alpha	۰/۰۵۰

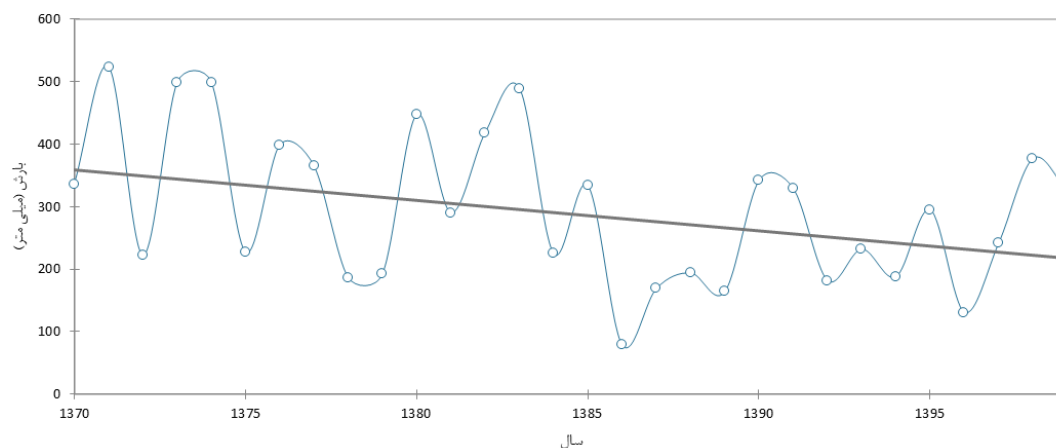
جدول ۸- نتیجه ی شیب آزمون من-کندال برای بارش ایستگاه آباده طشک.

	ارزش	باند بالا (95%)	باند پایین (95%)
Slope	-۴/۸۴۸	-۱۰/۲۲۵	-۰/۱۶۷
Intercept	۶۹۹۹/۹۲۲	۳۷۶۷/۴۶۱	۱۰۷۲۹/۵۴۱

جدول ۹- چکیده ی سنجه های آزمون.

شیب سن	p-value	تای کندال	آزمون/مجموعه
-۴/۸۴۸	۰/۰۵۰	-۰/۲۵۵	۲۹۲/۵





شکل ۴- تغییر بارش میانگین در ایستگاه آباده طشک.

روند کاهش‌ی تغییر تبخیر در دوره‌ی بررسی‌شده بر پایه‌ی آزمون من-کندال معنی‌دار نبود (جدول ۱۰-۱۳ و شکل ۵).

جدول ۱۰- ویژگی‌های آماری داده‌های تبخیر ایستگاه آباده طشک.

متغیر	انحراف معیار	میانگین	بیشینه	کمینه	بی داده‌ی گم‌شده	داده‌ی گم‌شده	مشاهده‌ها	متغیر
۲۴۵۹/۴	۳۰۵/۸۹۹	۲۶۸۱/۸	۳۱۱۰/۳	۱۸۷۹/۷	۳۰	۰	۳۰	۲۴۵۹/۴

جدول ۱۱- نتیجه‌ی آزمون من-کندال برای تبخیر ایستگاه آباده طشک..

تای کندال	۰/۲۳۷
S	۱۰۳
Var(S)	۳۱۴۱/۶۶۷
p-value (Two-tailed)	۰/۰۶۹
alpha	۰/۰۵۰

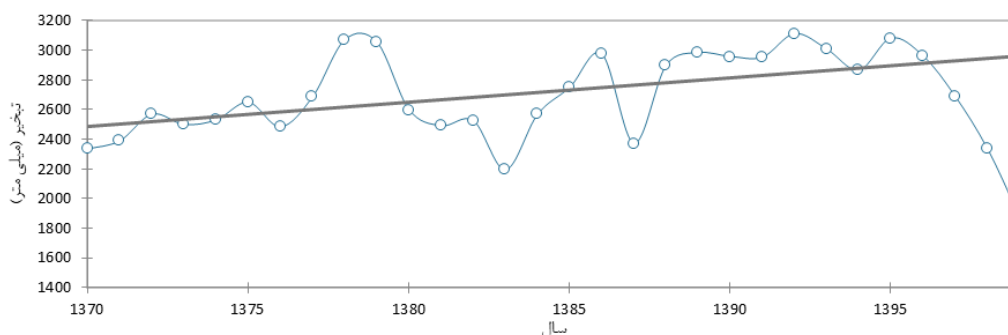
جدول ۱۲- نتیجه‌ی شیب آزمون من-کندال برای تبخیر ایستگاه آباده طشک.

	ارزش	نوار پایین (95%)	نوار بالا (95%)
Slope	۱۶/۳۶۷	-۱/۰۷۵	۲۶/۴۴۱
Intercept	-۱۹۹۳۴/۶۸۳	-۲۶۸۸۹/۵۱	-۷۸۹۵/۷۰۴

جدول ۱۳- چکیده‌ی سنجه‌های آزمون.

شیب سن	p-value	تای کندال	آزمون/مجموعه
۱۶/۳۶۷	۰/۰۶۹	۰/۲۳۷	۲۴۵۹/۴





شکل ۵- تغییر تبخیر در ایستگاه‌ها.

آن‌جا که به‌طور کلی داده‌ها هم‌خوانی داشت مدل انتخاب شده مناسب بود، و کار برای پیش‌بینی حالت‌های ممکن سنجه‌های اقلیمی ادامه یافت.

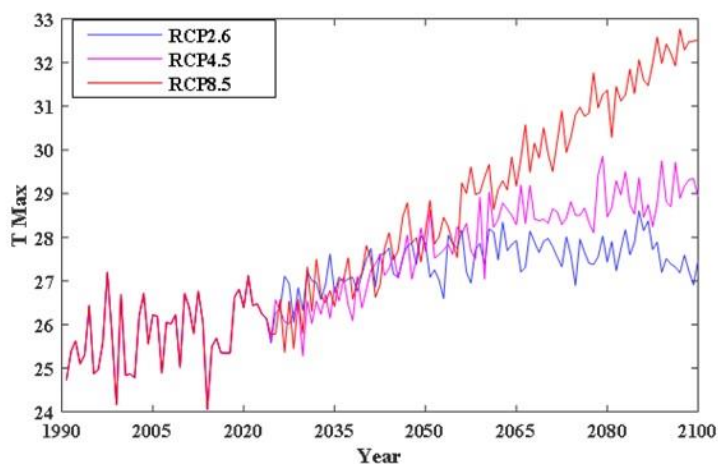
مدل برای دوره‌ی ۹۵ ساله در قرن ۲۱ (از ۲۰۰۶/۱/۱ تا ۲۱۰۰/۱۲/۳۱) و بر پایه‌ی مدل جهانی canESM2 با سه حالت rcp2.6، rcp4.5 و rcp8.5 برای ایستگاه آباد طشک تولید، و تغییر اندازه‌های شبیه‌سازی شده در حالت‌های گوناگون نسبت به دوره‌ی پایه بررسی شد. از نرم‌افزارهای SURFER (برای تبدیل پسوند داده‌ها به dat) و SDSM بهره‌گرفته شد و به‌کمک نرم‌افزار متلب و تشکیل‌دادن چهارچوب‌های آن، برنامه‌ی تاریخ‌ساز اجرا کرده‌شد، تا وضعیت دما را برای هر سه حالت بررسی کند و میانگین سالانه را بسازد.

با اضافه کردن داده‌های مشاهده‌شده‌ی پیش از سال ۲۰۲۰ به برنامه، و تهیه‌ی میانگین‌های سالانه و یکی کردن (Merg) کردن با داده‌های RCP چهارچوب دوره‌ی ۱۹۹۰ تا ۲۱۰۰ (۱۱۰ سال) تشکیل داده شد. با رسم کردن نمودار این چهارچوب (شکل ۶) روند تغییر دما برای دوره‌های آینده بررسی شد.

تغییر در روند تبخیر ایستگاه آباد طشک معنی‌دار نبود. با بررسی و مقایسه‌ی داده‌های مشاهده‌شده و داده‌های شبیه‌سازی‌شده‌ی دما در دوره‌ی پایه (۲۰۲۰ - ۱۹۹۰) برآزش مدل بر پایه‌ی متغیرهای پیش‌بینی‌کننده‌ی NCEP /NCAR بررسی و ارزیابی شد.

SDSM تنظیم شد، بازه‌ی زمانی ۲۰۲۰-۱۹۹۰ انتخاب شد، و کیفیت داده‌ها بررسی شد. بر پایه‌ی اطلاعات به‌دست‌آمده میانگین دمای بیشینه‌ی سالانه حدود  $25^{\circ}\text{C}$  است. از میان ۱۶۴۳۶ داده‌ی بررسی‌شده ۱۶۴۰۷ داده پذیرفتنی بود، و درصد خطا یا نبود داده کم‌تر از ۱۰٪ بود (پذیرفتنی). مدل بر پایه‌ی وایزی چندمتغیره برای متغیرهای پیش‌بینی‌کننده‌ی برگزیده تعیین و تنظیم شد. برای بررسی هم‌خوانی داده‌ها، با تحلیل داده‌ها در SDSM خلاصه‌ی از داده‌های مدل‌سازی شده با داده‌های مشاهده‌شده مقایسه شد.

اندازه‌ی ناهم‌آهنگی میان مدل و داده‌های مشاهده‌شده بود، که دلیل آن شناسایی فرین‌های دمایی است. این اندازه طبیعی است و به علت سختی شناسایی فرین‌های اقلیمی است. بنابراین از



شکل ۶- پیش‌بینی حالت‌های ممکن ایستگاه آباد طشک بر پایه‌ی داده‌های RCP.

آبخیز طشک بخشی از آن است.

روند کاهش بارش در سه دهه‌ی گذشته، و افزایش دما در گذشته و آینده نیز دیده شد، و نشان داد که وضعیت اندوخته‌های آب در این حوزه بحرانی‌تر خواهد شد. ایمانی و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی روند تغییرهای اقلیمی آبخیز بختگان به نتیجه‌ی همسانی دست یافتند.

میانگین بیشینه‌ی دما در سه حالت بررسی شده برای این دوره افزایش خواهد یافت. این افزایش دما در پایان دوره در RCP 2.6 و RCP 4.5 روند باثبات‌تری خواهد داشت. از آن‌جا که روند کلی دما افزایشی است، می‌توان گفت که روند تغییر اقلیم در آبخیز طشک جدی است، هرچند برای اطمینان بیش‌تر توصیه می‌شود پژوهش‌های بیش‌تری برای اندازه‌ی بارش و دمای کمینه انجام شود.

روند افزایش دما باعث افزایش تبخیر، خشک‌شدن اندوخته‌های آبی، و پی‌رو آن کاهش کمی و کیفی محصول‌های کشاورزی و کاهش کیفیت آب‌ها خواهد شد. از آن‌جا که تغییر اقلیم منطقه‌ی گریزناپذیر است، لازم است برنامه‌ریزی‌های آینده به سوی آماده‌سازی درست برای کاهش اثرهای زیان‌بار تغییر اقلیم باشد. از جمله‌ی این برنامه‌ها اصلاح نظام آبیاری، روش‌های نوین کاهش تبخیر (که در دیگر کشورها موفق بود)، بازیافت پس‌آب‌ها و بهره‌گیری دوباره از آن، و اصلاح الگوی کشت است. برای رویارویی با تغییرهای اقلیمی، این برنامه باید از هم‌اکنون در برنامه‌های آینده گذاشته شود.

### سپاس‌گزاری

به این وسیله از آقای دکتر غلامرضا قهاری عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس برای راهنمایی‌های ارزنده‌شان در این پژوهش قدردانی می‌شود.

تغییر میانگین دمای بیشینه‌ی ایستگاه آباد طشک (آبخیز طشک) در دوره‌های پایه و آینده بر پایه‌ی این حالت‌ها بررسی شد. بیشینه‌ی دمای ایستگاه آباد طشک و تغییر میانگین آن در دوره‌های آینده افزایش محسوس خواهد داشت. به‌طور کلی دمای بیشینه در سه حالت بررسی شده برای دوره‌های آینده افزایش می‌یابد (شکل ۶). در خوش‌بینانه‌ترین حالت (rcp2.6) که به واقعیت نزدیک‌تر است، دما در در بازه‌ی ۲۰۱۸ تا ۲۰۴۰ روند افزایشی، و پس از آن ثابت خواهد داشت، و میانگین دمای بیشینه از ۲۶ تا ۲۸ °C در تغییر خواهد بود. روند افزایش دما در rcp4.5 که حالت بدبینانه است مانند rcp2.6 افزایشی و باثبات خواهد بود. در بدبینانه‌ترین حالت ممکن یعنی rcp8.5 دما افزایشی خواهد بود.

### نتیجه‌گیری

در ایستگاه‌های بررسی شده در آبخیز طشک روند سنجی دما در گذشته افزایشی، و سنجی بارش کاهش‌ی بود. تغییر سنجی تبخیر در دوره کاهش بود. دلیل این کاهش تبخیر ممکن است نبود آب در دریاچه‌ها باشد، که بر اثر نبود بارش خشک شده است. آزمون من‌کنندال نشان داد که روند دمای ایستگاه آباد طشک تغییر کرده است. تغییر در ماه‌ها بیش‌تر بود و دامنه‌ی تغییر نیز بزرگ‌تر بود.

نتیجه‌ی این پژوهش در تغییر سنجی‌های اقلیمی در آبخیز طشک با نتیجه‌ی پژوهشگران دیگر هم‌سو است. تغییر اقلیم ممکن است اثر زیان‌باری بر بخش‌های زیست‌بوم داشته باشد. دما در بازه‌ی زمانی پیش‌بینی شده با حالت‌های ممکن رو به افزایش خواهد بود، که با نتیجه‌ی عباسی و همکاران (۲۰۲۰) هم‌خوانی دارد. آن‌ها تغییرهای اقلیمی و اثرهای آن را بر وضعیت اندوخته‌های آب آبخیز بختگان ارزیابی کردند، که

- Abbasi H, Delavar M, Bigdeli N. 2019. Assessing the effects of climate change on the sustainability of water resources in watersheds using water footprint indices. *Iranian Water Resources Research*, 15 (4): 259–272. (In Persian).
- ABBASI H, DELAVAR M, Bigdeli Naalbandan R. 2020. Evaluation of the effects of climate change on water resource sustainability in basins using water footprint scarcity indicators. *Iran-Water Resources Research*, 15(4): 259–272.
- AghaKouchak A, Norouzi H, Madani K, Mirchi A, Azarderakhsh M, Nazemi A, Nasrollahi N, Farahmand A, Mehran A, Hasanzadeh E. 2015. Aral Sea syndrome desiccates Lake Urmia: Call for action, *Journal of Great Lakes Research*. 41 (1): 307–311.
- babaeian E, nagafineik Z, zabolabasi F, habeibe M, Adab H, malbisei S. (2009). Climate change assessment over Iran during 2010–2039 by using statistical downscaling of ECHO-G Model. *Geography and Development Iranian Journal*, 7(16): 135–152. (In Persian).
- Boomabad Consulting Engineers. 2002. Bakhtegan Wetland Master Plan. (In Persian).
- Charron I. 2014. A guidebook on climate scenarios: Using climate information to guide adaptation research and decisions. Consortium on Regional Climatology and Adaptation to Climate Change. Ouranos, Montreal.
- Dobler C, Bürger G, Stötter J. 2012. Assessment of climate change impacts on flood hazard potential in the Alpine Lech Watershed. *Journal of Hydrology*. pp. 29–39.
- Hejazizadeh Z, Asakereh H, Sayadi F. 2016. Climate change and temporal-spatial distribution of rainfall in Iran. *Geography*, 14 (50): 33–54. (In Persian).
- Hesami A, Amini A. 2016. Changes in irrigated land and agricultural water use in the Lake Urmia Basin. *Lake and Reservoir Management*. 32 (3): 288–296.
- Imani S, Farokhnia A, Morid S, Roozbahani R. 2021. Spatio-temporal analysis of temperature and precipitation trends in Tashk-Bakhtegan Watershed. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, 52(11): 1–13.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2012. Summary for policymakers. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge. UK. and New York. NY. USA. pp. 1–19.
- Jahanbakhsh S, Hadiani M, Rezaei B, Dinpajoo Y. 2010. Modeling of climate change parameters in Mazandaran Province. 4th International Congress of Geographers of the Islamic World. Zahedan. Iran. (In Persian).
- Karamouz M, Fallahi M, Nazif S, Rahimi Farahani M. 2009. Long lead rainfall prediction using statistical downscaling and artificial neural network modeling. *Journal of Sharif University of Technology*. 16 (2): 165–171.
- Kendall G. 1975. Rank correlation methods. Charles Graffin. London.
- Li H, Mao D, Li X, Wang Z, Wang C. 2019. Monitoring 40-year lake area changes of the Qaidam Basin. Tibetan Plateau. Using Landsat Time Series. *Remote Sens*. 11(3): 343.
- Madani F, Madani L, Jahani D. 2012. A study of climate change in Ardabil Province and its effects on drought. The Third National Conference on Comprehensive Water Resources Management. Sari. (In Persian).
- Mann HB. 1945. Non-parametric tests against trend. *Econometrica* 13 (3): 245–259.
- Mazidi A, Kamaneh A, Narangi Fard M, Ebrahimi R. 2016. Investigation of the future equilibrium structure of temperature thermometers in the watershed of Tashk. Bakhtegan and Maharloo Lakes using EH5OM model. *Wetland Eco Biol*

- ogy. 8(4): 45–62. (In Persian).
- Meenu R, Rehana S, Mujumdar P. 2012. Assessment of hydrologic impacts of climate change in Tunga– Bhadra River Basin, India with HEC-HMS and SDSM. *Hydrological Processes*. 27 (11): 92–20.
- Mohammadi S, Mehdi N, Amiraslani H. 2010. Investigation of the effects of climate change on meteorological and hydrological parameters of the catchment. *The First National Conference on Applied Research in Iranian Water Resources*. pp. 23–21. (In Persian).
- Panahi A, Khorramabadi F. 1399. Evaluation of accuracy of CSIRO data and LARS-WG model in simulation of climatic variables of East Azerbaijan Province. *Climate Change and Hazards*, 1 (2): 139–163. (In Persian).
- Pekel JF, Cottam A, Gorelick N, Belward AS. 2016. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*. 540 (7633): 418–422.
- Taravat A, Rajaei M, Emadodin I, Hasheminejad H, Mousavian R, Biniyaz E. 2017. Primary satellite data sets of Land SAT 8: TM and ETM+ from Iran, Turkey and Armenia. 8 (11): 2015.
- Turgay P, Ercan K. 2005. Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes* 20 (9): 2011–2026.
- Wafakhah M, Rajabi Mansour. 2005. The effectiveness of meteorological drought indices for monitoring and evaluation of droughts in the Bakhtegan Lakes Watershed: Tashk Maharloo Biyaban. 10 (2): 369–382. (In Persian).
- WMO. 1987. World meteorological congress 10th session. Geneva. Switzerland.
- Xu YP, Zhang X, Tian Y. 2012. Impact of climate change on 24-h design rainfall depth estimation in Qiantang River Basin. *East China. Hydrol. Process*. 26 (26): 4067–4077.
- Zhang G, Xie H, Yao T, Liang T, Kang S. 2012. Snow covers dynamics of four lake basins over Tibetan Plateau using time series MODIS data (2001–2010). *Water Resources Research*. pp. 1–22.



## ***Watershed Management Research***

VOL. 35, No.2, Ser. No: 135, Summer 2022, pp. 88-100

DOI: 10.22092/WMRJ.2021.354855.1417

Research Paper



### **Evaluation of Climate Change in the Tashk River Basin with Emphasis on the Modeling and Scenario Making**

#### **Siavash Mohammadi Bigdeli**

Ph.D. student in Environmental Management, Islamic Azad University, North Tehran

#### **Saeed Malmasi**

(Corresponding Author)\* Assistant Professor of Environmental Management, Islamic Azad University, North Tehran

#### **Mozhgan Zaeemdar**

Assistant Professor of Environmental Management, Islamic Azad University, North Tehran

#### **Mehrdad Zamanpoore**

Associate Professor of Hydrobiology, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Shiraz, Iran

Corresponding Author Email: [sm.malmasi@gmail.com](mailto:sm.malmasi@gmail.com)

Received: 29 June 2021

Accepted: 19 October 2021

#### **Abstract**

Climate change in lakes and reservoirs is one of the most critical issues facing human society today. Rising temperatures, melting ice in the North Pole, and the disappearance of ice sheets in Antarctica are some of the effects of climate change on earth. The present study intends to evaluate the trend of climate parameter changes in Abadeh Tashk station in Tashk catchment area using the Mann-Kendall test and using canESM2 output, one of the paired climate change models 1CMIP5 based on RCP 2.6 scenarios. And RCP4.5 and RCP8.5 to evaluate temperature changes in the period 1990-2020-2100 temperature changes in Abadeh Tashk station. The results showed that the decreasing trend of precipitation is significant but the temperature and evaporation trends are not significant. Scenario results showed that the average maximum temperature in the three scenarios for the study period will increase. Given that the general trend of rising temperatures is on the rise, it can be said that the trend of climate change in the basin is serious.

■ **Keywords:** Can ESM2, climate change, Mann-Kendall test, scenario, making, Tashk catchment ■