

# ارزیابی سالیانه مولفه‌های اقلیمی در دوره‌های آتی با استفاده از گزارش پنجم (مطالعه موردی):

## حوزه آبخیز زشک-ابرده شهرستان طرقبه-شاندیز

محدثه رحیم پور<sup>۱</sup>، سید محمد تاجبخش<sup>۲</sup>، هادی معماریان<sup>۳</sup>، امیرحسین آقاخانی افشار<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری دانشگاه بیرجند

<sup>۲</sup> استادیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه بیرجند

<sup>۴</sup> دکترای عمران، گرایش سازه‌های هیدرولیکی، دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تبریز

tajbakhsh.m@birjand.ac.ir  
hadi\_memarian@birjand.ac.ir  
a.h.aghakhani@tabrizu.ac.ir

### چکیده

چرخه هیدرولوژی در حوزه رودخانه‌ها و منابع آب قابل دسترس در مناطق خشک و نیمه خشک جهان به شدت تحت تاثیر تغییرات اقلیم و افزایش بیش از حد انتشار گازهای گلخانه‌ای قرار دارند. به گونه‌ای که در سال‌های اخیر، افزایش دمای ناشی از انتشار بیش از حد گازهای گلخانه‌ای سبب ایجاد یک ناهنجاری در سیستم اقلیم کره زمین گردیده است. در این مقاله سعی شده مولفه‌های اقلیمی دما و بارش در منطقه زشک-ابرده با استفاده از گزارش پنجم تحلیل شود. در این تحقیق مدل MIROC-ESM از بین مدل‌های مستخرج از جدیدترین گزارش هیئت بین‌الدول (گزارش پنجم)، که بر اساس معیارهای ارزیابی نش-ساتکلیف، درصد آریبی و ضریب تعیین که بیشترین انطباق را با داده‌های مشاهداتی از خود نشان دادند، انتخاب گردید. تغییرات اقلیم آینده توسط چهار سناریو جدید انتشار (RCPs) به نام‌های RCP2.6، RCP4.5، RCP6.0 و RCP8.5 و تحت سه بازه‌ی زمانی آینده نزدیک (۲۰۴۲-۲۰۱۴)، آینده میانی (۲۰۷۱-۲۰۴۲) و آینده دور (۲۱۰۰-۲۰۷۲) مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند. به منظور تحلیل تغییرات مولفه‌های اقلیمی از آزمون آماره من-کندال استفاده گردید. نتایج حاصل از آزمون من-کندال، نشان داد که مولفه‌ی بارش تغییرات کاهشی که از نظر آماری معنی دار نمی‌باشد، پیروی می‌کند و درجه حرارت متوسط روند افزایشی معنی داری از خود نشان داد. به طور کلی این نتایج نشان می‌دهد که مقادیر درجه حرارت و بارش تا انتهای قرن ۲۱ در حوزه زشک-ابرده به ترتیب افزایشی و کاهشی خواهد بود. روند افزایش پارامترهای اقلیمی دما می‌تواند بر روی میزان تبخیر و تعرق و همچنین بارش برف در آینده در منطقه تأثیرگذار باشد. بنابراین میزان رواناب نیز دستخوش تغییر و کاهش خواهد شد. و تأثیر تخریبی تغییر اقلیم بر اکوتوریسم حوزه نیز تأثیرگذار است.

کلمات کلیدی: بارش، درجه حرارت، رواناب، تغییر اقلیم، سناریو انتشار، گزارش پنجم، هیئت بین الدول

#### ۱-مقدمه

نیاز انسان به انرژی و به تبع آن مصرف انواع سوخت‌های فسیلی، افزایش شدید تولید گازهایی مثل دی اکسید کربن را در جو به دنبال داشته است. رشد سریع فعالیت‌های صنعتی و در نتیجه، افزایش گازهای گلخانه‌ای در چند دهه اخیر، باعث برهم خوردن تعادل اقلیمی کره زمین شده است که به آن تغییر اقلیم اطلاق می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که این پدیده می‌تواند بر سیستم‌های مختلف شامل منابع آب، کشاورزی، محیط زیست، صنعت و اقتصاد، اثرات منفی داشته باشد (صمدی و همکاران، ۱۳۸۷). امروزه به دلیل افزایش تمرکز گازهای گلخانه‌ای، گرمایش جهانی احتمالاً تأثیرات چشمگیری در میزان بارش و فرآیندهای رواناب و منابع آبی داشته است (کو و همکاران، ۲۰۱۵ و پرواز و همکاران، ۲۰۱۵). به عنوان مثال در قرن گذشته، میانگین درجه حرارت جهانی به  $0/۸۵$  درجه سلسیوس افزایش یافته است (هیأت بین الدول تغییر اقلیم، ۲۰۱۴). بنابراین بارش به عنوان یک عامل کلیدی در تغییر در فرکانس و دامنه چرخه هیدرولوژیکی، عواقب جدی در تحولات اجتماعی، اقتصادی و کشاورزی می‌تواند داشته باشد (نجفی و همکاران، ۲۰۱۵). در نتیجه، میانگین متغیرهای اقلیمی به خصوص مولفه‌های دما، بارش در مقیاس سالانه یا فصلی، نقش غالبی را در چرخه هیدرولوژی بازی نموده و معمولاً به عنوان یک شاخص برای ارزیابی تغییر اقلیم مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنابراین، ارزیابی این کمیت‌ها تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم، ضروری به نظر می‌رسد که این مولفه‌ها ذاتاً از یک عدم اطمینان برخوردار بوده و اغلب تصمیم‌گیرندگان استنباط آنها را سخت می‌دانند (چابرت و همکاران، ۲۰۱۳). در دهه‌های اخیر، ارزیابی طرح‌های آینده‌ای از این مولفه‌ها توسط مدل‌های جهانی اقلیم صورت پذیرفته است (هیأت بین الدول تغییر اقلیم، ۲۰۰۷). مدل‌های گردش عمومی جو به عنوان مدل‌های عددی که فرآیندهای فیزیکی جو را نشان می‌دهند، می‌توانند اقلیم حاضر را شبیه‌سازی و شرایط اقلیم آینده را تحت سناریوهای مختلف، پیش‌بینی نمایند (هیئت بین الدول تغییر اقلیم، ۱۹۹۰ و میاو و همکاران، ۲۰۱۳). نسل جدیدی از مدل‌های گردش عمومی که در تهیه گزارش ارزیابی پنجم هیئت بین الدول تغییر اقلیم استفاده گردید تحت عنوان پروژه دورن مقایسه‌ای مدل‌های جفت شده<sup>۲</sup> شناخته شده است. مجموعه‌ای از آزمایشات نظیر شبیه‌سازی‌های قرن ۲۰ و پروژه‌های اقلیمی قرن ۲۱ تحت سناریوهای جدید انتشار با عنوان نماینده خط سیر غلظت گازهای گلخانه‌ای، مدل‌های گزارش پنجم را تشکیل می‌دهند (موس و همکاران، ۲۰۱۰). مطالعات تغییر اقلیم در حوزه‌های آبخیز ایران توسط مدل‌های اقلیمی با وضوح بالا و به ویژه توسط مدل‌های گزارش پنجم و تحت سناریوهای جدید انتشار امری ضروری به نظر می‌رسد. هدف از این مطالعه تجزیه و تحلیل روند ماهانه مولفه‌های اقلیمی دما و

بارش در حوزه آبخیز زشک-ابرده بر اساس مدل گزارش پنجم هیأت بین الدول و تحت سناریوهای جدید انتشار با استفاده از روش آزمون غیرپارامتری من-کندال می‌باشد. آزمون فوق یک از متداولترین آزمون‌ها جهت بررسی و شناسایی تغییرات اقلیم در دوره‌های زمانی می‌باشد. در این مقاله پیش بینی‌های آتی در سه بازه‌ی زمانی آینده نزدیک (۲۰۱۴-۲۰۴۲)، متوسط (۲۰۷۱-۲۰۴۳) و دور (۲۱۰۰-۲۰۷۲) در مقایسه با دوره تاریخی (۲۰۰۵-۱۹۹۲) صورت پذیرفت.

## ۱- مواد و روش‌ها

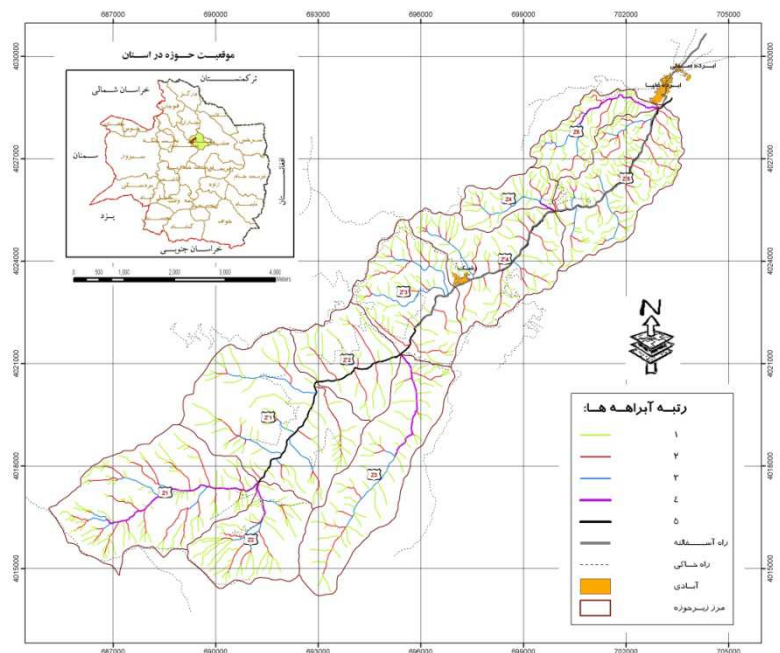
### ۱-۲- خصوصیات منطقه مطالعاتی

حوزه آبخیز زشک - ابرده با مساحتی در حدود ۹۲۲۵/۹ هکتار در محدوده شهرستان طرنبه- شانندیز و بخش شانندیز واقع شده است. شیب متوسط حوزه ۵۲/۴۶ درصد و طول حوزه ۲۱/۵۳ کیلومتر می‌باشد (جدول شماره ۱). از روستاهای داخل حوزه می‌توان به دو روستای زشک و حیطه اشاره کرد که تقریباً در مرکز آن واقع شده‌اند. این حوزه دارای یک خروجی هیدرولوژیک است که بر روی روستای ابرده قرار دارد. از لحاظ وضعیت قرار گیری حوزه زشک - ابرده در حوزه‌های آبخیز بزرگ نیز، این حوزه جزء آبخیز کشف رود بوده و کل رواناب آن از خروجی بالادست روستای ابرده علیا خارج می‌گردد. راه دسترسی به منطقه از طریق جاده آسفالته مشهد - شانندیز بوده که پس از طی مسافت حدوداً ۲۵ کیلومتر از مشهد به خروجی حوزه مورد نظر می‌رسیم. لازم به ذکر است که راه دسترسی تا روستای زشک آسفالته بوده و کلیه راه‌های موجود در حوزه خاکی می‌باشند. موقعیت جغرافیایی این حوزه به طول ۳۹° ۴' ۵۹" تا ۱۳° ۱۶' ۵۹" و عرض ۱۵° ۱۶' ۳۶" تا ۲۳° ۱۲' ۳۶" می‌باشد (شکل ۱).

جدول شماره ۱- خصوصیات فیزیوگرافی حوزه

نام حوزه	مساحت (Km <sup>2</sup> )	ارتفاع حداقل (متر)	ارتفاع حداکثر (متر)	طول حوزه (Km)	شیب متوسط (%)
حوزه زشک - ابرده	۹۲/۲۸	۱۴۲۹	۳۲۶۱	۲۱/۵۳	۵۲/۴۶

متوسط بارندگی سالانه حوزه آبخیز زشک با ارتفاع متوسط ۲۲۳۵ متر ۴۰۰ میلی‌متر می‌باشد. بیشترین بارندگی ماهانه با ۷۱ میلیمتر و ۶۵ میلیمتر در ماه‌های فروردین و اردیبهشت ماه اتفاق می‌افتد که هرکدام حدوداً ۱۸ و ۱۶ درصد از کل بارش را به خود اختصاص می‌دهند و ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور خشک‌ترین ماه‌های سال می‌باشند که مقدار باران آنها ناچیز است (مهندسین مشاور آبخیز گستر شرق، ۱۳۹۳).



شکل ۱- نقشه پایه حوزه آبخیز زشک-ابرده همراه با موقعیت حوزه در استان

شصت و یک مدل اقلیمی به منظور شبیه‌سازی دوره‌های زمانی پایه و آینده در گزلهش پنجم هیئت بین الدول تغییر اقلیم بکار رفته است که از بین آنها، مدل MIROC-ESM برای تحقیق حاضر انتخاب گردید.

بر خلاف گزارش ویژه سناریوهای انتشار استفاده شده در مدل‌های گزارش ارزیابی چهارم، گزارش ارزیابی پنجم از نماینده خطوط سیر غلظت گازهای گلخانه‌ای استفاده می‌کند که در جدول ۳ اطلاعات آنها ارائه شده است. سناریوهای جدید انتشار بر اساس سطح واداشت تابشی تا سال ۲۱۰۰ میلادی بنا نهاده شده‌اند. این سناریوها شامل چهار سناریو با نام‌های RCP2.6، RCP4.5، RCP6.0 و RCP8.5 می‌باشند (وان<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۱). به عنوان مثال در RCP2.6، که کمترین RCP می‌باشد، در آن کل واداشت تابشی تا سال ۲۰۵۰ میلادی به اوج خود یعنی ۳ وات بر مترمربع خواهد رسید و بعد از آن روند کاهشی را دنبال می‌کند. در سناریوی RCP4.5، که یک سناریوی ثابت با افزایش نیروی واداشت تابشی کل تا سال ۲۰۷۰ میلادی و با غلظت‌های پایدار بعد از سال ۲۰۷۰ میلادی می‌باشد. همچنین سناریوی RCP8.5، به طور مداوم در حال افزایش نیروی واداشت تابشی ۱ انتهای قرن ۲۱ و تقریباً برابر ۸/۵ وات بر مترمربع می‌باشد (زو<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۲).

<sup>3</sup> Vann  
<sup>4</sup> Xo

جدول ۳- چهار سناریو انتشار نماینده خطوط سیر غلظت های گوناگون گازهای گلخانه ای

سناریو Scenario	واداشت تابشی Radiative Forcing	غلظت دی اکسید کربن (قسمت در میلیون) Co2 (ppm)
RCP2.6	حداکثر مقدار آن ۳ وات بر متر مربع و سپس کاهش می یابد	۴۹۰ قبل از سال ۲۱۰۰ و سپس کاهش می یابد
RCP4.5	۴/۵ وات بر متر مربع و بعد از سال ۲۱۰۰ ثابت می ماند	۶۵۰ و بعد از سال ۲۱۰۰ ثابت می ماند
RCP6.0	۶/۵ وات بر متر مربع و بعد از سال ۲۱۰۰ ثابت می ماند	۸۵۰ و بعد از سال ۲۱۰۰ ثابت می ماند
RCP8.5	بیشتر از ۸/۵ وات بر متر مربع در سال ۲۱۰۰	۱۳۷۰ تا سال ۲۱۰۰

مدل های گردش عمومی جو یک فرصت مناسب را برای پیش بینی اقلیم آینده تحت خطوط سیر مختلف یا سناریوهای واداشت تابشی فراهم می آورد. این مدل ها دارای وضوح نسبتا پایین بوده و برای مطالعات در سطح منطقه و محلی مناسب نمی باشد. بنابراین، خروجی این مدل ها به منظور استفاده در مقیاس منطقه ای بایستی ریز مقیاس شوند. ریزمقیاس نمایی به منظور تجزیه و تحلیل روند هیدرولوژیکی منطقه ای به دو رویکرد دینامیکی و آماری تقسیم بندی می شوند. در این تحقیق از روش ریزمقیاس نمایی آماری استفاده گردید که خود شامل روش های مختلفی می باشد که از آن جمله می توان به روش جداسازی فضایی تصحیح اریبی<sup>۵</sup> (BCSD) و روش آنالوگ های ساخته شده تصحیح شده اریبی<sup>۶</sup> (BCCA) اشاره نمود (احمد<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). روش جداسازی فضایی تصحیح اریبی در سه مرحله انجام می پذیرد. در مرحله اول اصلاح انحراف آماری شبیه سازی های مولفه های بارش و درجه حرارت در مقیاس شبکه مدل های گردش عمومی جو و در گام زمانی ماهانه محاسبه می گردد. در مرحله دوم، ریزمقیاس نمایی فضایی از شبکه مدل های گردش عمومی به شبکه مورد نظر (محلی یا منطقه ای) انجام می پذیرد و در مرحله سوم خروجی ها با مقیاس های ماهانه به مقیاس زمانی روزانه به طور موقت جداسازی می گردند (برک<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). در این تحقیق به منظور ریزمقیاس نمایی داده های بارش و درجه حرارت از روش جداسازی فضایی تصحیح اریبی استفاده گردید. بنابراین، تمامی خروجی های مدل گزارش پنجم با استفاده از تکنیک به شبکه هایی با قدرت تفکیک-پذیری ۰/۵ درجه به منظور مقایسه دقیق بین داده های شبیه سازی و مشاهداتی، ریزمقیاس گردیدند. پس از ریزمقیاس نمایی داده های اقلیمی، با توجه به مختصات ایستگاه مشاهداتی زشک-ابرد در گام نخست با استفاده از نرم افزار ArcGIS داده های تاریخی چهار ایستگاه در مجاورت ایستگاه مرجع (ایستگاه مشاهداتی

5 Bias Correction Spatial Disaggregation

<sup>1</sup> Bias Corrected Constructed Analogs

<sup>2</sup> Ahmed

<sup>8</sup> Break

زشک) با فواصل نیم درجه استخراج گردید. در گام دوم، اطلاعات تاریخی ایستگاه مرجع و با در اختیار داشتن اطلاعات چهار ایستگاه اطراف آنها به کمک روش‌های درون‌یابی خطی و فاصله وزنی معکوس، حاصل گردید و در گام نهایی، با استفاده از میانگین‌گیری به روش چند ضلعی تیسن به صورت وزن‌دهی مکانی-مساحتی داده‌ها استخراج گردیدند. اعتبار سنجی مدل با استفاده از ضرایب نش-ساتکلیف (NS) و ضریب تبیین ( $R^2$ ) مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند.

$$NS = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (x_{obs,t} - y_{model,t})^2}{\sum_{t=1}^T (x_{obs,t} - \bar{x}_{obs})^2}$$

$$R^2 = \left\{ \frac{\sum_{t=1}^T (x_{obs,t} - \bar{x}_{obs}) * (y_{model,t} - \bar{y}_{model})}{\left[ \sum_{t=1}^T (x_{obs,t} - \bar{x}_{obs})^2 \right]^{0.5} * \left[ \sum_{t=1}^T (y_{model,t} - \bar{y}_{model})^2 \right]^{0.5}} \right\}^2$$

از آنجا که هدف از انجام روش BCSD تجزیه و تحلیل روند تغییرات بارش و دما در مدل گزارش پنجم (MIROC-ESM) می‌باشد، لذا از آزمون غیر پارامتری من-کندال استفاده گردید. آزمون فوق یک روش آماری است که به طور گسترده‌ای برای تشخیص روند تغییرات در پارامترهای هیدرولوژیکی و هواشناسی مورد استفاده قرار می‌گیرد. آزمون من-کندال به عنوان یک آزمون غیر پارامتری برای تشخیص روند توسط من<sup>۹</sup> و به عنوان یک آزمون توزیع آماری برای تست روند غیر خطی و نقطه عطف توسط کندال<sup>۱۰</sup> فرموله گردید (کندال، ۱۹۵۵- من، ۱۹۵۴) که در این آزمون پارامتر S به صورت زیر تعریف می‌گردد (معماریان<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۵):

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(X_j - X_i) \quad (1)$$

$$\text{sgn}(X_j - X_i) = \begin{cases} +1, & (X_j - X_i) > 0 \\ 0, & (X_j - X_i) = 0 \\ -1, & (X_j - X_i) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

در روابط فوق  $X_i$  و  $X_j$  داده‌های مربوط به نقطه ام و لام می‌باشند. آزمون آماری  $Z_c$  به صورت رابطه زیر بیان می‌گردد که مقادیر افزایشی یا کاهشی برای  $Z_c$  نشان دهنده‌ی یک روند رو به بالا یا رو به پایین می-

<sup>3</sup> Mann

<sup>4</sup> Kendall

<sup>5</sup> Memarian

باشد.  $\alpha$  سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و اگر  $Z_c$  از آماره توزیع نرمال استاندارد بیشتر باشد روند تغییرات قابل ملاحظه و معنی‌دار می‌باشد.

$$Z_c = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

### ۳- نتایج و بحث

نتایج تجزیه و تحلیل روند تغییرات فصلی مولفه‌های اقلیمی در حوزه مطالعاتی این تحقیق با استفاده از آزمون من-کندال انجام پذیرفت که نتایج آن در جداول زیر ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج تحلیل روند آزمون آماره من-کندال برای سناریو انتشار RCP2.6

Trend	P	Tau	دوره زمانی	پارامترهای اقلیمی
↓	۰/۲۹۲	-۰/۰۴۲	آینده نزدیک	بارش
↓	۰/۷۹۵	-۰/۰۰۹	آینده میانی	
↓	۰/۱۶۶	-۰/۰۴۴	آینده دور	
↑	۰/۰۷۵	۰/۰۲۷	آینده نزدیک	دما متوسط
↑	۰/۰۹۲	۰/۰۱۵	آینده میانی	
↑	۰/۰۳۷	۰/۰۳۵*	آینده دور	

جدول ۲- نتایج تحلیل روند آزمون آماره من-کندال برای سناریو انتشار RCP4.5

Trend	P	Tau	دوره زمانی	پارامترهای اقلیمی
↓	۰/۳۰۲	-۰/۰۳۴	آینده نزدیک	بارش
↓	۰/۱۰۳	-۰/۰۴۹	آینده میانی	
↓	۰/۲۰۱	-۰/۰۶۱	آینده دور	
↑	۰/۰۱۵	۰/۰۳۳*	آینده نزدیک	دما متوسط
↑	۰/۰۱۸	۰/۰۲۲*	آینده میانی	
↑	۰/۴۴۰	۰/۰۱۷	آینده دور	

جدول ۳- نتایج تحلیل روند آزمون آماره من-کندال برای سناریو انتشار RCP6.0

Trend	P	Tau	دوره زمانی	پارامترهای اقلیمی
↓	۰/۵۵۹	-۰/۰۲۵	آینده نزدیک	بارش
↓	۰/۳۶۵	-۰/۰۳۲	آینده میانی	
↓	۰/۸۶۵	-۰/۰۰۳	آینده دور	
↑	۰/۹۹	۰/۰۰۹	آینده نزدیک	دما متوسط
↑	۰/۰۱۴	۰/۰۳۴*	آینده میانی	
↑	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۷۵*	آینده دور	



جدول ۴- نتایج تحلیل روند آزمون آماره من-کندال برای سناریو انتشار RCP8.5

Trend	P	Tau	دوره زمانی	پارامترهای اقلیمی
↓	۰/۲۷۳	-۰/۰۵۲	آینده نزدیک	بارش
↓	۰/۴۱۸	-۰/۰۲۵	آینده میانی	
↓	۰/۲۸۶	-۰/۰۴۰	آینده دور	
↑	۱	۰/۰۲۲	آینده نزدیک	دما متوسط
↑	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۶۳*	آینده میانی	
↑	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۹۱	آینده دور	

\*نشان دهنده معنی دار بودن روند است

تجزیه و تحلیل روند سالانه مدل‌های گزارش پنجم تحت چهار سناریو انتشار و در سه دوره زمانی آینده در مقایسه با دوره مشاهداتی برای مولفه‌های اقلیمی در جداول بالا ارائه شده است (اطلاعات داده‌های آینده استخراج و درون یابی گردید). بررسی تغییرات در مولفه‌های اقلیمی به کمک آزمون من-کندال صورت گرفت. با توجه به آماره آزمون من-کندال و Pvalue، تغییرات برای مولفه بارش در سناریوها کاهش یافته است اما روند آن به لحاظ آماری در سطح ۵٪ معنی دار نیست. و به منظور درک مناسب از نحوه تغییرات بارش سالانه، نتایج در سه دوره زمانی ارائه شده است. در جداول بالا در دوره زمانی آینده نزدیک، آینده میانی و آینده دور در مدل MIROC-ESM(RCP2.6) تغییرات کاهش یافته اما روند آن به لحاظ آماری در سطح ۵٪ معنی دار نیست. و همچنین در دوره زمانی آینده نزدیک، آینده میانی و آینده دور در مدل MIROC-ESM(RCP4.5,6.0,8.5) نیز تغییرات کاهش یافته اما روند آن به لحاظ آماری معنی دار نیست، مشاهده گردید. به طور کلی نمودارها و جداول تغییرات کاهش یافته بدون روند معنی دار را در مولفه‌های بارش در سرتاسر منطقه مطالعاتی از خود نشان دادند. مقایسه بین مقادیر بارش برای دوره‌های آینده و مشاهداتی در سناریوهای انتشار مختلف، نشان داد که مقادیر بارش تا انتهای قرن ۲۱ در حوزه آبخیز زشک-ابرده کاهش خواهد یافت. جداول بالا نیز تغییرات درجه حرارت متوسط را نشان می‌دهد که دارای روند مثبت معنی دار می‌باشند. در

دوره زمانی آینده نزدیک و آینده میانی در مدل MIROC-ESM(RCP2.6) تغییرات افزایشی اما روند آن به لحاظ آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست. و در آینده دور در مدل MIROC-ESM(RCP2.6) روند افزایشی معنی‌داری مشاهده شد. و در آینده دور در مدل MIROC-ESM(RCP4.5) تغییرات افزایشی اما روند آن معنی‌دار نیست. در آینده‌های میانی و دور در مدل MIROC-ESM(RCP6.0) روند افزایشی معنی‌دار مشاهده گردید. در آینده میانی در مدل MIROC-ESM(RCP8.5) روند افزایشی معنی‌دار و در آینده نزدیک و دور تغییرات افزایشی اما روند آن به لحاظ آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست.

#### ۴- نتیجه گیری

با تحلیل روند داده های برون داد BCS D مشخص شد که بارش در سناریوهای انتشار گزارش پنجم مدل MIROC-ESM دارای تغییرات کاهشی است اما روند آن به لحاظ آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست. در ارتباط با مولفه درجه حرارت می توان گفت که در کل سناریوهای انتشار روند معنی‌دار افزایشی را نشان می‌دهد. همچنین تغییرات دمای حداقل سناریوهای انتشار RCP2.6 برای آینده نزدیک و دور و در سناریو انتشار RCP4.5 برای آینده نزدیک و میانی و در سناریو انتشار RCP6.0 برای آینده نزدیک، میانی و دور روند افزایشی معنی‌داری را نشان می‌داد. تغییرات رواناب در سناریوهای انتشار RCP4.5 برای آینده میانی و دور و در سناریوی انتشار RCP8.5 برای آینده دور از روند معنی‌دار کاهشی تبعیت می‌کند. رواناب در بازه زمانی آینده نزدیک در سناریو انتشار RCP4.5 و در آینده‌های نزدیک و میانی در سناریو انتشار RCP8.5 دارای تغییرات کاهشی است اما روند آن به لحاظ آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست. به طور کلی این نتایج نشان می‌دهد که مقادیر درجه حرارت، بارش و رواناب تا انتهای قرن ۲۱ در حوزه زشک-آبرده به ترتیب افزایشی، کاهشی و خواهد بود. روند افزایش پارامترهای اقلیمی دما و به خصوص دمای حداقل می-تواند بر روی میزان تبخیر و تعرق و همچنین بارش برف در آینده در منطقه تأثیر گذار باشد. بنابراین میزان رواناب نیز دستخوش تغییر و کاهش خواهد شد.

#### منابع

صمدی، ز.، مساح بوانی، ع.ر.، ۱۳۸۷. معرفی روش شبکه عصبی مصنوعی و SDSM به منظور کوچک مقیاس کردن آماری داده‌های دما و بارندگی، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.

- Ahmed K.F., Wang G., Silander J., Wilson A.M., Allen J.M., Horton, R., and Anyah R. 2013. Statistical downscaling and bias correction of climate model outputs for climate change impact assessment in the U.S. northeast. *J Global Planet Change*. 100:320-332.
- Brekke L., Thrasher B.L., Maurer E.P. and Pruitt T. 2013. Downscaled CMIP3 and CMIP5 Climate Projections: Release of Downscaled CMIP5 Climate Projections, Comparison with Preceding Information, and Summary of User Needs. U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Technical Service Center, Denver, Colorado, p116.
- Cuo L., Zhang Y., Zhu F. and Liang L. 2015. Characteristics and changes of streamflow on the Tibetan Plateau: a review. *J Hydrol: Reg. Stud*. 2:49–68.
- IPCC. 1990. *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment (1990)*. Cambridge Univ. Press: Cambridge, UK.
- IPCC. 2014. *Climate Change 2014 Synthesis Report. Summary for Policymakers*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Retrieved December 18, 2014, from [www.ipcc.ch/pdf/assessment report/AR5/syr/SYR\\_AR5\\_SPMcorr1.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment%20report/AR5/syr/SYR_AR5_SPMcorr1.pdf).
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Exit EPA Disclaimer Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (ed.) by M.L. Parry et al. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- Kendall M.G. 1955. *Rank Correlation Methods*. Griffin. London.
- Mann H.B. 1945. Nonparametric tests against trend. *J Econometrica*. 13(3):245-259.
- Memarian, H., BALASUNDRAM, S. K., ABBASPOUR, K. C., TALIB, J. B., SUNG, C. T. B., & SOOD, A. M. (2015). Integration of analytic hierarchy process and weighted goal programming for land use optimization at the watershed scale. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 38(2), 139-158.
- Miao C.Y., Duan Q.Y., Sun Q.H. and Li J.D. 2013. Evaluation and application of Bayesian multi-model estimation in temperature simulations. *J Prog Phys Geog*. 37:727–744.
- Moss R., Edmonds J. and Hibbard K. et al. 2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *J Nature*. 463(7282):747–756.
- Najafi M.R., Zwiers F.P. and Gillett N.P. 2015. Attribution of Arctic temperature change to greenhouse-gas and aerosol influences. *J Nat Clim Change*. 5(3):246–249.

- Pervez M.S. and Henebry G.M. 2015. Assessing the impacts of climate and land use and land cover change on the freshwater availability in the Brahmaputra River basin. *J Hydrol: Reg. Stud.* 3:285–311.
- Van Vuuren D.P., Edmonds J. and Kainuma M. et al 2011. The representative concentration pathways: an overview. *J Climatic Change.* 109:5–31.
- Xu C.H. and Xu Y. 2012. The Projection of Temperature and Precipitation over China under RCP Scenarios using a CMIP5 Multi-Model Ensemble. *Atmospheric and Oceanic Science Letters.* 5(6):527–533.