

پیش بینی وضعیت تغییرات اقلیم آینده در حوزه آبخیز تجن

فاطمه رجائی*^۱

*۱ - دانشکده علوم، دانشگاه زنجان

*ایمیل نویسنده مسئول: Rajaei_Fatemeh@znu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۰۶

چکیده

با توجه به تغییرات اقلیمی ۳۰ ساله اخیر در حوزه آبخیز تجن، لزوم بررسی وضعیت اقلیم آینده آن‌ها ضروری می‌باشد. در این تحقیق، آمار دمای بیشینه، دمای کمینه و بارش ۱۴ مدل از مجموعه مدل‌های گردش عمومی جو (General Circulation Models (GCMs)) تحت دو سناریو RCP2.5 و RCP8.5 در دو بازه زمانی ۲۰۴۰-۲۰۱۴ به عنوان دوره آینده و بازه ۱۹۹۳-۲۰۱۳ به عنوان دوره پایه، استخراج شد. در ادامه، ۶ مدل EC-EARTH، GISS-EC-EARTH، MIROC-ESM-CHEM، MIROC-ESM، MPI-ESM-MR، و نیز ۳ مدل GISS-E2-R، MIROC-ESM، E2-R برای بارش مناسب تشخیص داده شد. در همه ایستگاه‌ها به جز ایستگاه ساری، پشرت و دشت ناز، تغییرات حداقل و حداکثر دمای سالانه، در جهت افزایش دما خواهد بود. بیشترین افزایش دما مربوط به مدل MIROC-ESM-CHEM و کمترین افزایش توسط مدل GISS-E2 و EC-EARTH پیش‌بینی شده است. بیشترین افزایش دمای حداقل سالانه به میزان ۱/۶ درجه در ایستگاه سفیدچاه و بیشترین افزایش دمای حداکثر در ایستگاه پشرت (۲/۲ درجه سانتی‌گراد) خواهد بود. بیشترین افزایش میانگین دمای ماهانه، در ماه می و کمترین افزایش در ماه مارس پیش‌بینی می‌شود. همچنین، نتایج بارش فصلی، کاهش بارندگی در بهار، پاییز و زمستان و افزایش بارندگی در تابستان را نشان داد. قابل ذکر است، تغییر الگوی بارش از فصل پاییز به فصل تابستان پیش‌بینی گردید. این تغییرات باطبع بر رژیم جریان و رودخانه و زمان دبی پیک، تشدید چرخه آب، سیلاب‌های بزرگ، تعداد و شدت وقایع حدی سیل و خشکسالی، عملکرد محصولات کشاورزی و غیره تاثیر گذار خواهد بود.

کلمات کلیدی

"تغییر اقلیم"، "حوزه آبخیز تجن"، "ریزمقیاس‌نمایی"، "مدل بهینه"

۱- مقدمه

پیامدهای تغییرات اقلیمی یکی از چالش‌های مهم انسان در هزاره سوم است، که منشا اصلی آن افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو کره زمین است. بررسی‌ها نشان می‌دهد در خوش‌بینانه‌ترین حالت در دوره‌های آتی میزان گازهای گلخانه‌ای حتی با اعمال سیاست‌های کاهش گازها، افزایش خواهد یافت (IPCC, 2018). اگر چه هر گونه تغییر در میزان غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر زمین، باعث بر هم خوردن تعادل بین اجزا سیستم اقلیم کره زمین می‌شود. اما این که در آینده چه مقدار از این گازها توسط جوامع بشری وارد اتمسفر زمین شده و به تبع آن چه وضعیتی برای سیستم اقلیم کره زمین رخ خواهد داد، معین و قطعی نیست. بنابراین تحت سناریوهای مختلفی بررسی شده است. این سناریوها به دو دسته سناریوهای اقلیمی و سناریوهای غیراقلیمی تقسیم می‌شوند. در حال حاضر از روش‌های مختلفی برای تولید سناریوهای اقلیمی در دوره‌های آتی استفاده می‌شود. این روش‌ها عبارتند از: تولید سناریوهای مصنوعی، استفاده از داده‌های گذشته متغییر اقلیمی منطقه و استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو. هر چند مدل‌های چرخش عمومی جو منبعی برای پیش‌بینی‌های اقلیمی آینده هستند اما تفکیک مکانی خروجی این مدل‌ها خیلی بزرگ است تا بتوان از آن در مطالعات اثرات کوچک مقیاس استفاده کرد (Ahmed et al., 2013). دو رویکرد برای ریزمقیاس‌سازی خروجی‌های مدل‌های GCM وجود دارد ریز مقیاس‌نمایی دینامیک و ریز مقیاس‌نمایی آماری. (Penet al., 2021). در مطالعه ای، شش منطقه پاکستان شامل پاکستان شمالی (NP)، منطقه مونسون (MR)،

خیبر پختونخوا (KP)، جنوب پنجاب (SP)، بلوچستان و سند با مدل‌های CMIP5 و GCMs تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 بررسی شد. نتایج نشان‌دهنده افزایش دما در NP (۴/۸ درجه سانتیگراد)، KP (۴/۶ درجه سانتیگراد) و MR (۴/۵ درجه سانتیگراد) بود. بیش‌تر مناطق در پاکستان افزایش در بارندگی سالانه و حوادث شدید بارشی با بیش‌ترین افزایش در MR، KP و NP و کمترین افزایش در سند را نشان داد. با وجود افزایش میزان بارش، تعداد روزهای خشک متوالی (CDD) افزایش و روزهای مرطوب متوالی (CWD) کاهش نشان داد که می‌تواند باعث ایجاد شرایط خشکسالی به ویژه در سند شود (Ali et al., 2015). همچنین در تحقیق Anjum و همکاران (۲۰۱۹)، شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی در غرب و شمال پاکستان نشان داد، در مقایسه با دوره پایه (۲۰۱۰-۲۰۱۰)، خروجی تمام مدل‌های GCM افزایش قابل توجهی در میانگین دمای سالانه خواهند داشت. همچنین تعدادی از مدل‌ها روند کاهشی و تعدادی افزایش بارندگی را پیش‌بینی نمودند (Anjuma et al., 2015). مطالعه Almazroei و همکاران (۲۰۱۷)، دما و بارش را به صورت فصلی و سالانه و بر اساس داده‌های گزارش پنجم تغییر اقلیم برای منطقه‌ی شبه جزیره عربی برآورد نمودند. نتایج برای بخش شمالی و جنوبی شبه جزیره، تحت سناریو RCP ۴/۵ و RCP ۸/۵ به ترتیب کاهش و افزایش بارش را تخمین زده است. در مطالعه دیگری در جزیره بورتو، تغییرات احتمالی در الگوی بارندگی با استفاده از مدل‌های CMIP5 و چهار سناریوی RCP صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که پیش‌بینی بارش‌های سالانه در آینده

پذیرفت. نتایج پیش‌بینی نشان داد افزایش دمای کمینه و بیشینه بلندمدت سالانه نسبت به دوره پایه، تحت سناریوی های A2 و A1B، به میزان ۱/۳ و ۰/۲ درجه سانتی‌گراد رخ خواهد داد و بارش، در اکثر فصول سال در دوره های آتی افزایش خواهد داشت (پیرمردیان و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین در مطالعه دلقتدی و مؤذن (۱۳۹۵) بارش و دمای ماهانه ۲۱ ایستگاه سینوپتیک در دو دوره‌ی آتی (۲۰۱۶-۲۰۴۵ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹)، تحت سناریوی‌های انتشار محاسبه شد. نتایج نشان داد در هر دو دوره‌ی آتی، افزایش دما در ماه‌های تابستان نسبت به ماه‌های زمستان بیشتر است. در دوره‌ی آتی نخست همه سناریوی‌های انتشار افزایش دمای یکسانی (حدود ۱ تا ۱/۵ درجه) را پیش‌بینی نمودند و نیز تغییرات بارش در این دوره در ایستگاه‌های مختلف چشم‌گیر نبود؛ اما در دوره‌ی آتی ۲۰۷۰-۲۰۹۹، سناریوی A2 بیشترین افزایش دما و سناریوی B1 کمترین افزایش دما را پیش‌بینی کرد. در این دوره انتظار می‌رود تحت سناریوی A2 دمای متوسط سالانه‌ی کشور در مناطق مرکزی و حاشیه‌ی دریای خزر حدود ۳/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و در دیگر مناطق تا حدود ۴/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش یابد (دلقتدی و همکاران، ۱۳۹۵). در تحقیق دیگری، موسوی و همکاران (۱۳۹۵) اثرات بلندمدت تغییر اقلیم بر تغییرات مکانی و زمانی بارش در سطح کشور تحت سناریوهای A1B، A2 و B1 تا سال ۲۱۰۰ بررسی نمودند. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که تغییر اقلیم باعث افزایش غیریکنواخت بارش در دو مقیاس مکانی و زمانی در بخش اعظم کشور خواهد شد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین عباسی و همکاران (۱۳۹۱) به ارزیابی تغییر اقلیم ایران در دهه‌های آینده ۲۰۲۵ تا ۲۱۰۰ میلادی با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی داد‌های گردش عمومی جو پرداختند. تحلیل مکانی نتایج مدل HadCM نشان می‌دهد که در دهه‌های آینده، استان‌های مازندران، گلستان، خراسان شمالی، شمال خراسان رضوی، سمنان، تهران و بخش‌هایی از قزوین و گیلان با افزایش بارش مواجه خواهند شد، در حالی که مدل ECHAM4 برای مناطق مذکور کاهش بارش را پیش‌بینی کرده است. در هر حال، در هر دو مدل، تمامی استان‌های کشور با افزایش دما مواجه‌اند (عباسی و همکاران، ۱۳۹۲). آن‌گونه که در تحقیقات ارائه شده مشخص شده است انتخاب مدل‌های AOGCM می‌تواند نتایج را با تغییرات گسترده بیان کند؛ بنابراین در این تحقیق سعی شده است برای انتخاب مدل مناسب‌تر، اکثر مدل‌های گزارش پنجم تغییر اقلیم برای برآورد پارامترهای بارش، دمای کمینه و دمای بیشینه در دوره‌ی آتی استفاده شود. همچنین مقادیر و عدم قطعیت پارامترهای هواشناسی برای آن‌ها محاسبه و بهترین مدل با عدم قطعیت کمتر جهت بررسی وضعیت اقلیم آینده مورد بررسی قرار گیرد. این در حالی است که اکثر مطالعات صورت پذیرفته به ارزیابی تعداد محدودی مدل‌های اقلیمی و عدم قطعیت پرداخته‌اند. از طرف دیگر، در این مطالعه برعکس دیگر مطالعات اقلیمی، اطلاعات تمامی ایستگاه‌های تبخیر سنجی، بارانسنجی، کیلیماتولوژی و سینوپتیک مستقر در محدوده مطالعاتی جهت افزایش دقت در پیش‌بینی اقلیم آینده استفاده شده است.

به دلیل تأثیر فصل و بارش‌های موسمی بر ساحل جزیره در حال افزایش و بعد از آن کاهش خواهد بود (Saadi et al., 2017). از طرفی طبق تحقیقات هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) انتظار می‌رود در عرض‌های میانی از جمله کشور ایران به دنبال اثرات تغییر اقلیم شاهد افزایش دما، تبخیر و کاهش بارندگی باشیم و پژوهش‌های صورت پذیرفته در ایران نیز موید این امر هستند. در تحقیق یعقوب زاده و همکاران (۱۳۹۹) تعداد ۳۵ مدل GCM برای هر یک از متغیرهای دمای کمینه، دمای بیشینه و بارش شد. بهترین مدل‌های GCM از بین مدل‌های تغییر اقلیم در دوره‌های آتی مشخص شد. نتایج نشان داد که مدل M-NorESM1 به دلیل دارا بودن مقدار RMSE برابر ۰/۰۹۱ و مدل R-E2-GISS نیز با دارا بودن مقدار PBIAS پایین می‌تواند مدل انتخابی مناسب برای تحقیقات در مورد بارش باشد. در مورد دمای بیشینه و دمای کمینه نیز به ترتیب مدل GISS-E2-R با مقدار RMSE برابر ۰/۶۶۴ و مدل CSIROMKMK3 با داشتن مقادیر RMSE برابر ۰/۷۷۸ بیش‌ترین شباهت را به داده‌های ایستگاه سینوپتیک بیرجند را نشان داد (۹). همچنین مطالعه رضایی و همکاران (۱۳۹۸) با بررسی تغییرپذیری بارش و دما در ایستگاه‌های سینوپتیک کاشان و خوروبابانک در استان اصفهان، براساس مدل HadCM3 نشان داد که در هر دو ایستگاه، مقادیر دما و بارش شبیه‌سازی شده تطابق نزدیکی با مقادیر مشاهداتی داشتند، ولی عمل کرد فرآیند ریزمقیاس‌نمایی در پیش‌بینی بارش در دوره‌های واسنجی و اعتبارسنجی، نسبت به پیش‌بینی دما پایین‌تر بود. نتایج نشان داد دمای میانگین در ایستگاه کاشان، ۰/۴، ۱ و ۲/۱۶ درجه سانتی‌گراد در دوره‌های ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۶۹-۲۰۹۹ میلادی نسبت به دوره پایه ۱۹۸۷-۲۰۰۱ افزایش می‌یابد. از طرفی، نتایج، کاهش دمای میانگین، در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، سپتامبر و دسامبر و افزایش دما در سایر ماه‌ها را نشان داد. نتایج در ایستگاه خوروبابانک نیز نشان داد که درجه حرارت به طور مداوم در منطقه، افزایش خواهد یافت. همچنین متوسط بارش سالانه، تحت سناریو A2، در بازه ۲۰۷۹-۲۰۹۹، در مقایسه با دوره مشاهداتی افزایش می‌یابد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۸). در مطالعه دیگر، رزاقیان و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی وضعیت اقلیم آینده حوزه بابلرود را با استفاده از داده‌های مدل‌های گردش عمومی جو HadCM3 و G-ECHO و نیز با کارگیری نرم‌افزار WG-LARS جهت ریزمقیاس‌نمایی، برای دوره‌ی زمانی ۲۰۶۵-۲۰۴۶ مورد ارزیابی قرار دادند. بر پایه یافته‌های این پژوهش، نرم‌افزار G-ECHO نسبت به نرم‌افزار HadCM3 تحت سناریو A1B، بارش کمتر و دمای بیشتر را پیش‌بینی کرد. بارش در حوضه آبخیز بابلرود در دوره‌ی مربوطه، ۵۲- تا ۱۷+ درصد متغیر خواهد بود. همچنین، این تغییرات با افزایش بارش در ماه‌های پر بارش و کاهش شدید بارندگی در ماه‌های کم‌بارش تابستان همراه خواهند بود. در مطالعه‌ی دیگر به منظور پیش‌بینی دمای کمینه و بیشینه، تابش و بارش، ابتدا عملکرد ۱۵ مدل مختلف گردش عمومی جو در ایستگاه سینوپتیک شهر رشت، ارزیابی و سپس ریزمقیاس‌نمایی آماری هر کدام از مدل‌ها توسط مدل WG-LARS انجام

محدوده واقع شده‌اند. منطقه مورد مطالعه دارای میانگین سالانه دما حدود ۱۵ درجه سلسیوس با آب و هوای معتدل و مرطوب، میانگین و بارش ۸۳۴ میلی‌متر در سال است (et al., 2017 Rajaei).

• روش تحقیق

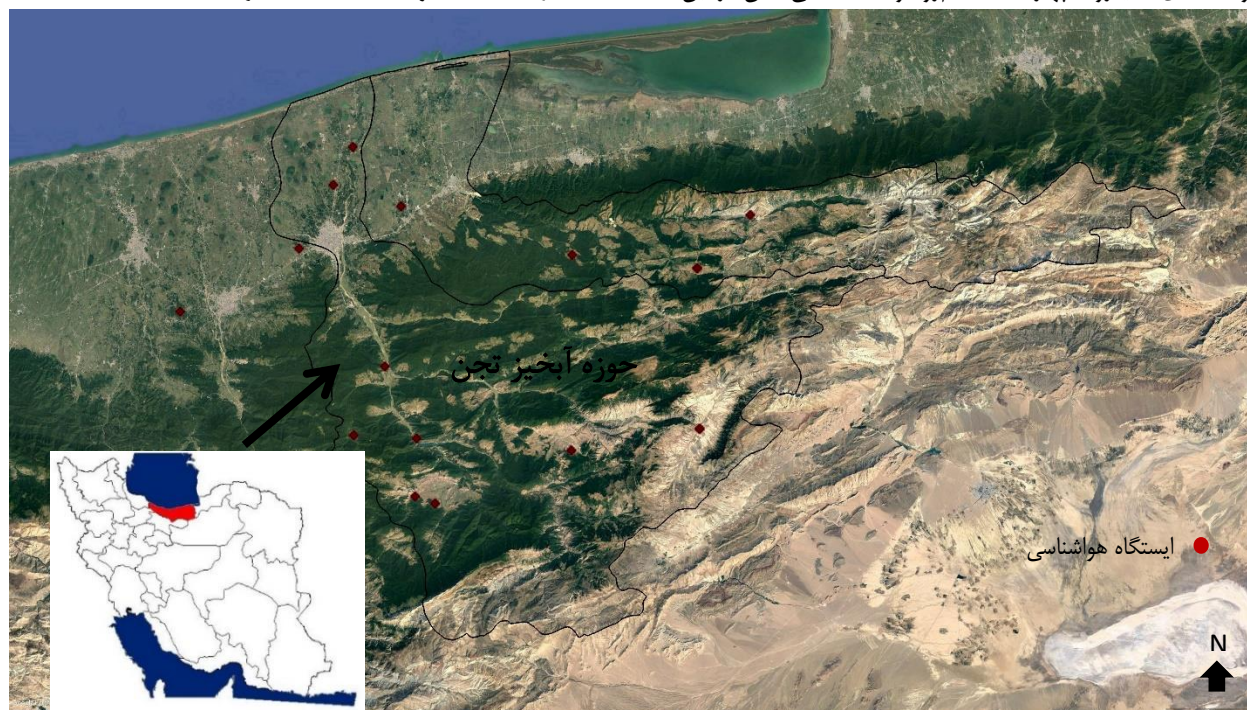
از نیازهای اولیه تحقیقات اقلیمی، اطلاعات دما و بارش مشاهداتی در محدوده طرح است. لذا آمار ۲۰ ایستگاه هواشناسی منطقه در بازه زمانی ۲۰۱۳-۱۹۸۵ میلادی برای تخمین دمای حداکثر، حداقل و بارش ماهانه بررسی شده است. همان‌طور که پیش از این نیز گفته شد در حال حاضر معتبرترین ابزار جهت تولید سناریوهای اقلیمی، مدل‌های AOGCM هستند. در این تحقیق، از خروجی ۱۴ مدل AOGCM تحت دو سناریوی انتشار RCP2.5 و RCP8.5، مربوط به پنجمین گزارش ارزیابی IPCC استفاده شده است. این مجموعه داده از طریق مرکز توزیع داده که توسط IPCC در سال ۱۹۹۸ شکل گرفته، قابل دسترسی است. جهت دسترسی به داده‌ای مربوط به منطقه در دور های پایه و آینده، با وارد کردن مختصات مکانی موقعیت مورد نظر و همچنین طول آماری مورد نیاز، سری‌های زمانی دما و بارش در دوره پایه (۱۹۸۵-۲۰۰۵) و دوره آینده (۲۰۱۴-۲۰۴۰) این متغیرها به دست آمد. مشخصات این مدل‌ها در جدول ۱ آورده شده است. سپس برای بررسی عمل‌کرد مدل‌ها در شبیه‌سازی دما و بارش منطقه، میانگین ماهانه دوره پایه از خروجی مدل‌ها با مقادیر مشاهداتی و دوره آینده مقایسه شد. برای ایجاد سناریوی تغییر اقلیم در هر مدل AOGCM مقادیر "اختلاف" برای دما و "نسبت" برای بارندگی بین میانگین ساله در دوره‌های آبی و دوره شبیه‌سازی شده پایه توسط همان مدل برای هر سلول از شبکه محاسباتی بدست آورده شد. سپس سناریوهای تغییر اقلیم در دوره آبی (نسبت به دوره پایه، به صورت جداگانه برای مدل‌های مختلف AOGCM تحت دو سناریوی انتشار RCP2.5 و RCP8.5 ایجاد گردید.

مطالعات طی ۵۴ سال گذشته در ایستگاه بابلسر در استان مازندران، افزایش متوسط دمای سالانه حدود ۱/۴ درجه سانتیگراد و و میزان کاهش نزولات جوی گذشته به مقدار ۶/۵ میلی‌متر را نشان می‌دهد (جعفری، ۱۳۸۷). از طرف دیگر، جدیدترین مطالعات انجام شده در حوزه تالار در استان مازندران توسط Maghsood و همکاران (۲۰۱۹) افزایش میزان بارش سالانه، تغییر در الگوی و شدت بارش را در اقلیم آینده پیش‌بینی کردند که می‌تواند تبعات مختلفی از جمله فراوانی سیل، افزایش تنش خشکی و مقاومت کم گیاهان به امراض و بیماریها، تغییر الگوی کشت گیاهان و افزایش خشکسالی را به همراه داشته باشد. از این‌رو، بررسی جامع و نظام‌مند تغییرات اقلیمی در سال‌های آینده با هدف مطالعه رفتارهای منطقه‌ای و پیش‌بینی تأثیرات آن‌ها به منظور ارائه راهکارهای مناسب و متناسب برای تصمیم‌سازان جهت انجام برنامه‌ریزی مطمئن و منسجم ضروری است. از این‌رو، جهت پیش‌بینی دمای کمینه و بیشینه و بارش حوزه‌های آبخیز تجن در افق ۲۰۴۰-۲۰۱۴ ابتدا عمل‌کرد ۱۵ مدل مختلف گردش عمومی جو تحت دو سناریو RCP ۲/۵ و RCP ۸/۵ در ۲۰ ایستگاه هواشناسی، ارزیابی و سپس ریزمقیاس آماری هر کدام از مدل‌ها توسط مدل LARS انجام پذیرفت تا خروجی مدل‌های عددی را تا مقیاس ایستگاه مدل کنند.

۲- روش انجام تحقیق

• منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر، حوزه آبخیز تجن (۴۰۰۰ کیلومتر مربع) می‌باشد که توسط کوه‌های البرز در جنوب و دریای خزر در شمال احاطه و در استان مازندران واقع شده است (شکل ۱). از لحاظ جغرافیایی منطقه مورد مطالعه بین طول جغرافیایی ۵۳° ۰۴' ۵۷" تا ۵۳° ۱۸' ۲۶" و عرض جغرافیایی ۳۶° ۰۹' ۱۷" - ۳۶° ۲۹' ۴۹" واقع شده است. رودخانه‌های سفیدرود، چهاردانگه، ظالم‌رود و شاخه اصلی تجن در این



شکل ۱ - منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- مشخصات مدل‌های مورد استفاده در این تحقیق

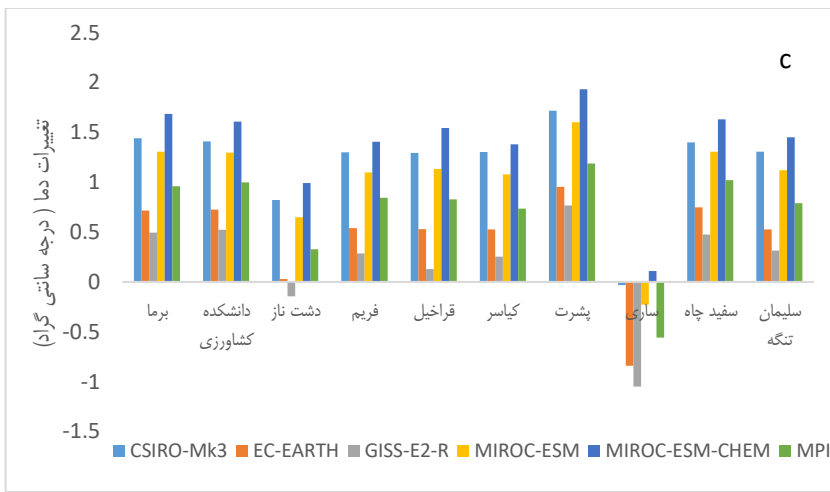
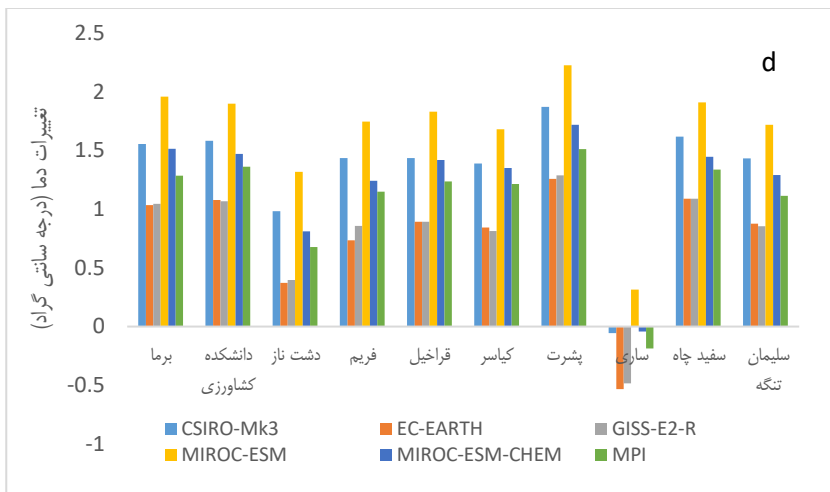
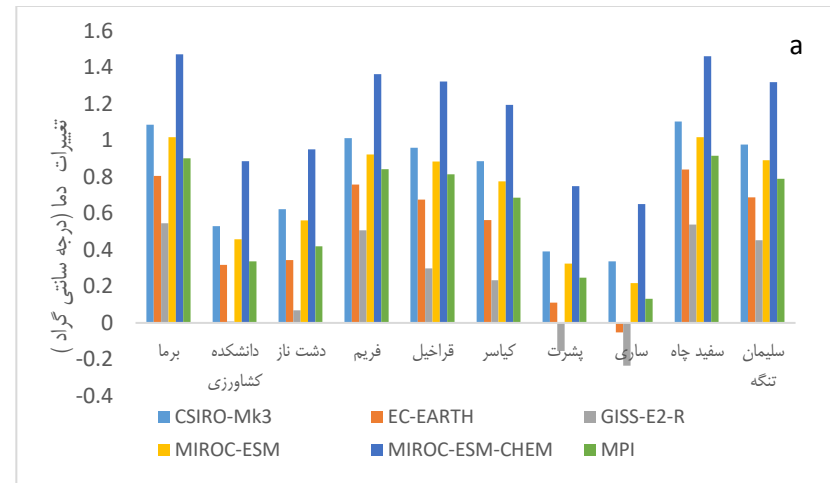
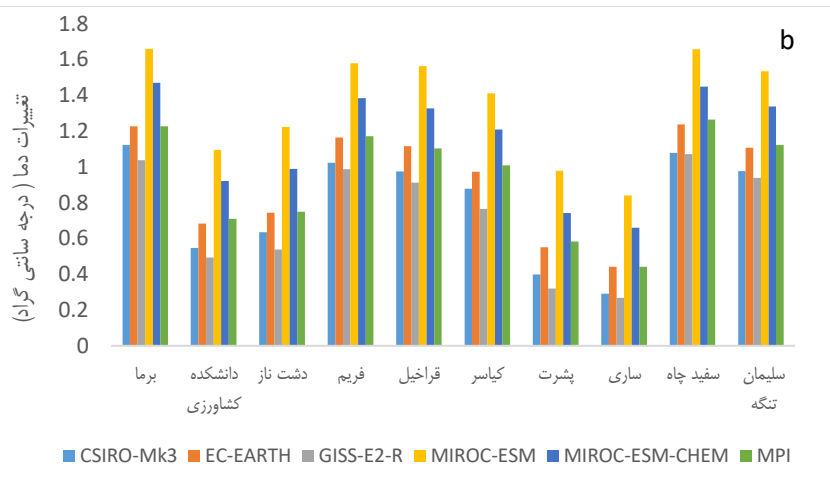
نام مدل	دقت مکانی مدل (عرض و طول)	نام مرکز تحقیقاتی
CSIRO-Mk3.6.0	1.87 x 1.86	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization/Queensland Climate Change Centre of Excellence-Australia
EC-EARTH	1.13 x 1.12	Consortium published at Irish Centre for High-End Computing-Netherlands/Ireland
FIO-ESM	2.81 x 2.79	The First Institute of Oceanography, SOA-China
GFDL-CM3	2.5 x 2	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory-USA
GFDL-ESM2G	2 x 2	
GISS-E2-H	2.5 x 2	NASA Goddard Institute for Space Studies-USA
GISS-E2-R	2.5 x 2	
HadGEM2-AO	1.88 x 1.25	National Institute of Meteorological Research, Korea Meteorological Administration-South Korea
HadGEM2-ES	1.88 x 1.25	Meteorological Office Hadley Centre-UK
IPSL-CM5A-LR	3.75 x 1.89	Institute Pierre Simon Laplace-France
IPSL-CM5A-MR	2.5 x 2.5	
MIROC5	1.4 x 1.4	Atmosphere and Ocean Research Institute (The University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology-Japan
MIROC-ESM	2.81 x 2.79	
MIROC-ESM-CHEM	2.81 x 2.79	
MPI-ESM-LR	1.87 x 1.86	Max Planck Institute for Meteorology-Germany
MPI-ESM-MR	1.87 x 1.86	
NorESM1-M	2.5 x 1.89	Bjerknes Centre for Climate Research, Norwegian Meteorological Institute-Norway

ESM-MR برای دما و ۳ مدل EC-EARTH، GISS-E2-R، MIROC-ESM برای بارش مناسب تشخیص داده شد که ایراد وارد بر مدل‌های مردود مربوط به تغییرات بسیار زیاد دمای ماهانه دوره آتی نسبت به دوره پایه بود. به منظور ارزیابی مدل‌های AOGCM در شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی، اطلاعات دوره آتی مدل‌های مذکور تحت دو سناریو ۲/۵ و ۸/۵، با اطلاعات دوره مشاهداتی در ایستگاه‌های مختلف هواشناسی حوزه‌های آبخیز تجن مقایسه شد. همان‌طور که در شکل شماره ۲ نشان داده شده است، در همه ایستگاه‌ها به جز ایستگاه ساری، پشرت و دشت ناز تغییرات حداقل و حداکثر دمای سالانه در تمام مدل‌ها تحت هر دو سناریو، در جهت افزایش دما خواهد بود. بیش‌ترین افزایش دمای مربوط به مدل MIROC-ESM-CHEM و کم‌ترین افزایش دما توسط مدل‌های GISS-E2 و EC-EARTH پیش‌بینی شده است. بیش‌ترین افزایش دمای حداقل سالانه مدل‌های AOGCM تحت سناریو ۲ به میزان ۱/۴ درجه سانتی‌گراد و تحت سناریو ۸ به میزان ۱/۶ درجه به ترتیب در ایستگاه‌های برما و سفیدچاه پیش‌بینی شد. بیش‌ترین افزایش دمای حداکثر تحت سناریو ۸ و ۲ به ترتیب در ایستگاه پشرت (۲/۲ درجه سانتی‌گراد) و ایستگاه برما (۱/۹ درجه سانتی‌گراد) خواهد بود. قابل ذکر است تغییرات الگوی دما، تحت سناریو ۸ در همه ایستگاه‌ها با شدت بیشتری خواهد بود (شکل ۲).

مدل‌های مختلف آماری و دینامیکی برای شبیه‌سازی و تبدیل در مقیاس ریز، مدل‌های GCM ابداع شده‌اند که قادرند خروجی مدل‌های عددی را تا مقیاس ایستگاه مدل کنند. WG-LARS یکی از معروف‌ترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضع هوا است که برای تولید مقادیر بارش، تابش، درجه حرارت در یک ایستگاه برای اقلیم حاضر و آینده به کار می‌رود. این مدل برای مدل‌سازی متغیرهای هواشناسی توزیع آماری پیچیده‌ای را بکار می‌برد. این مدل، ماهیت مدل‌های پیش‌بینی‌کننده را ندارد. بلکه قادر به تولید یک سری داده‌های هواشناسی با مشخصه‌های آماری مشابه دوره اقلیمی می‌باشد که از سه بخش اصلی کالیبراسیون، ارزیابی و ایجاد داده‌های هواشناسی تشکیل شده است (Ahamdi et al., 2021).

۳- نتایج و بحث

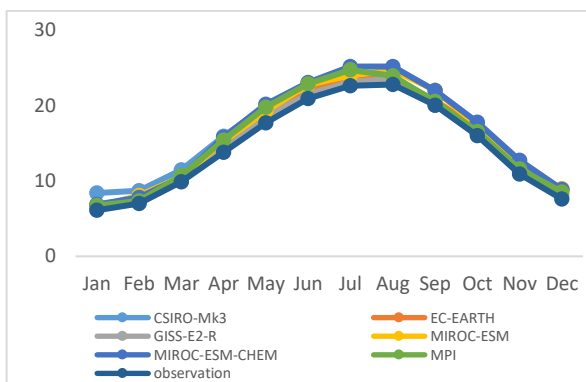
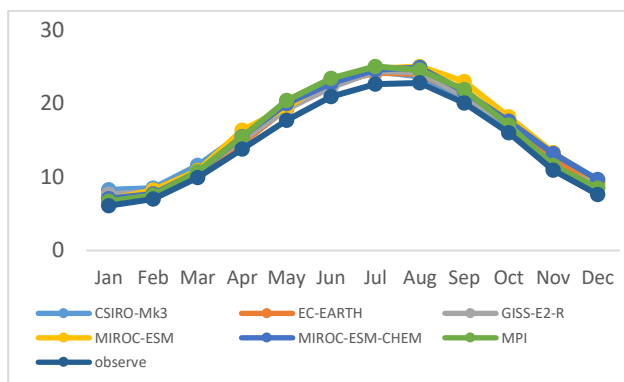
همان‌طور که در بخش مواد و روش‌ها مطرح گردید، آمار دمای بیشینه، دمای کمینه و بارش ۱۴ مدل از مجموعه مدل‌های AOGCM در بازه زمانی ۲۰۴۰-۲۰۱۴ به عنوان دوره آینده و بازه ۱۹۹۳-۲۰۱۳ به عنوان دوره پایه، استخراج شد. روش تشخیص مناسب بودن مدل‌های مذکور، تغییرات دما و بارش دوره آتی نسبت به دوره پایه مدل‌ها خواهند بود. در این تحقیق از ۱۴ مدل نام‌برده، ۶ مدل EC-EARTH، GISS-E2-R، MIROC-ESM، MIROC-ESM-CHEM، MPI-



شکل ۲ - تغییرات حداقل دمای سالانه داده‌های مشاهداتی نسبت به مدل‌های AOGCM تحت سناریوی انتشار ۲ و ۸ (a, b) و تغییرات حداکثر دمای سالانه مدل‌های AOGCM نسبت به دوره مشاهداتی تحت سناریو ۲ و ۸ (c, d)

غربی برخلاف منطقه شرقی خشکتر خواهد شد. بیشترین افزایش بارندگی در شرق کالیمانتان در سالهای ۲۰۷۰-۲۰۹۹ و بیشترین کاهش در کالیمانتان غربی در سالهای ۲۰۱۰-۲۰۳۹ پیشبینی شد (Almazrouei et al., 2017). مقایسه ماهانه‌ی دمای میانگین مدل‌های AOGCM و داده‌های مشاهداتی، در همه ماه‌ها، تحت سناریو ۲، به جز سپتامبر (پیش‌بینی شده با مدل GISS-E2 افزایش دما را نشان می‌دهد. در ماه‌های می، جولای و سپس در ماه‌های اگوست و ژانویه بیشترین افزایش دما و نیز کمترین افزایش دما در ماه مارس و سپس در ماه فوریه و سپتامبر مشاهده شد. همچنین این مقایسات تحت سناریو ۸ نشان داد بیشترین افزایش دما در ماه می (۲/۶ درجه سانتی‌گراد با مدل MIROC-ESM) و سپتامبر (۲/۹ درجه سانتی‌گراد با مدل MIROC-ESM) و کمترین افزایش (۰/۱ درجه سانتی‌گراد با مدل EC-EARTH) در ماه مارس خواهد بود (شکل ۳).

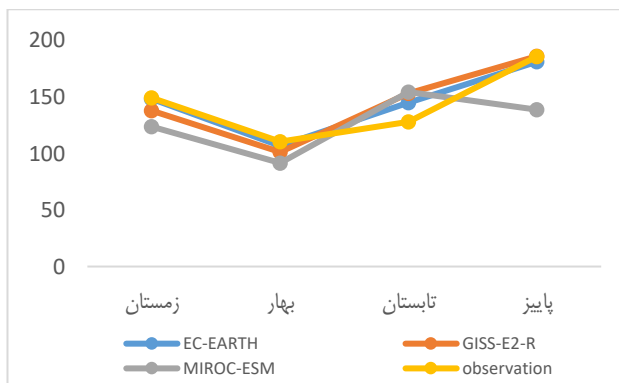
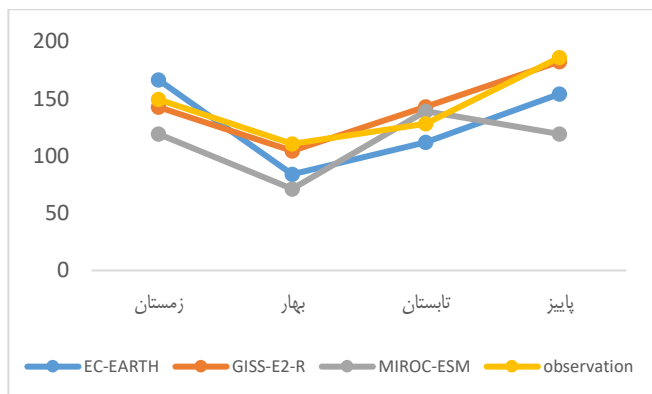
همچنین با توجه به اینکه ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی در ارتفاعات مختلف قرار داشتند ارتباط بین میزان تغییرات دما و اختلاف ارتفاعی بررسی گردید اما همبستگی معنی‌داری یافت نشد. چنان که نتایج نشان می‌دهد در بین ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی، تغییرات دمای حداقل و حداکثر تحت هر دو سناریو، در ایستگاه‌های برما و سفید چاه محسوس‌تر خواهند بود که می‌تواند احتمالاً به دلیل موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد بررسی باشد. این دو ایستگاه در اراضی مرتعی مرتفع، در شرقی‌ترین بخش استان مازندران قرار دارند. در تایید این مورد می‌توان به مطالعه Saadi و همکاران (۲۰۱۷) در خصوص بررسی مدل‌های GCM جهت پیش‌بینی تغییرات الگوی مکانی و زمانی بارندگی در جزیره بورنئو اشاره نمود. در این مطالعه تغییرات پیش‌بینی شده در میزان بارندگی نشان داد که الگوی بارندگی و تغییرات در بورنئو متأثر از تغییرات فصل موسمی، موقعیت‌های جغرافیایی و اراضی منطقه است. به‌طوری‌که، منطقه ساحلی



شکل ۳ - مقایسه میانگین دمای ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه با مدل‌های AOGCM تحت سناریو ۲ و ۸ (از راست به چپ)

سناریو ۸ در هر سه مدل EC-EARTH, GISS-E2 و MIROC-ESM برای دوره زمانی آتی کاهشی و تحت سناریوی ۲، مدل MIROC-ESM روند کاهشی و دو مدل دیگر به میزان جزئی افزایش بارندگی را نشان می‌دهند. قابل ذکر است، الگوی بارش نیز تحت اثرات تغییر اقلیم در حوزه آبخیز تجن متفاوت خواهد بود، به طوری که بیشترین مقدار بارش از زمستان و پاییز به تابستان تحت سناریوی ۲ و ۸ تغییر پیدا کرده است (شکل ۴).

نتایج بارش فصلی مدل‌های AOGCM تحت هر دو سناریو نشان می‌دهد در بهار، پاییز و زمستان کاهش بارندگی و در تابستان افزایش بارندگی خواهیم داشت. البته میزان تغییرات تحت هر سناریو متفاوت است. بیشترین درصد کاهش بارندگی، تحت سناریو ۲ در فصل بهار به مقدار ۲۸ درصد و تحت سناریو ۸ به میزان ۶۵ درصد است. از طرف دیگر، بیشترین افزایش بارندگی در فصل تابستان تحت سناریو ۲ و ۸ به ترتیب به مقدار ۵۰ و ۷ درصد، پیش‌بینی شده است. همچنین میانگین بارش سالانه تحت



شکل ۴ - تغییرات بارش فصلی مدل‌های AOGCM تحت سناریوی ۲ و ۸ نسبت به دوره مشاهداتی (از راست به چپ)

دلیل عدم پیش‌بینی مناسب، و یا تخفیف در شدت وقایع طبیعی، شاهد افزایش حوادث غیر مترقبه مذکور در استان‌های شمالی کشور بوده‌ایم به طوری که سیل سال ۱۳۸۷ در حوزه آبخیز نکا بیانگر این موضوع می‌باشد. حوزه آبخیز تجن به دلیل داشتن شیب زیاد و بارندگی شدید از جمله مناطق مستعد سیل ناگهانی هستند و نتیجه این تحقیق می‌تواند در اطلاع از شدت بارش‌ها و رویداد سیل در دوره آینده مفید واقع شود. همچنین، باید توجه شود گرم شدن هوا علاوه بر تأثیری که بر سیمای کشاورزی و منابع طبیعی منطقه خواهد داشت، مشکلات زیست محیطی نیز برای گونه‌های گیاهی و جانوری خواهد نمود. براساس مطالعات صورت گرفته، ممکن است با افزایش دما و خشک شدن عرصه، جنگلهایی که در حال حاضر تحت فشار تنش‌های محیطی از قبیل انبوهی، آفات و بیماریها و شرایط جوی می‌باشند، توان تحمل تنش‌های اضافی تغییرات اقلیم را نداشته باشند. براساس نتایج بدست آمده در تحقیق جعفری همکاران (۱۳۸۷)، طی نیم قرن گذشته اقلیم جنگلهای منطقه خزری گرم‌تر شده است. از آنجا که رژیم حرارتی نقش تعیین کننده‌ای در توزیع و پراکنش گیاهان به عهده دارد، بنابراین حدوث تغییرات قطعی در میزان دما به ویژه گرم شدن اکوسیستمهای جنگلی باعث تغییراتی در ترکیب جوامع گیاهی و نیز پراکنش منفرد آنها خواهد شد. معمولاً با افزایش هر ۱۰۰ متر ارتفاع، میزان دما به مقدار یک درجه سانتیگراد کاهش پیدا می‌کند. در منطقه مورد مطالعه، با توجه به اینکه درجه حرارت بیش از یک درجه افزایش را نشان می‌دهد، گرایش رویش در پوشش گیاهی حدود صد متر به سمت ارتفاعات بالاتر حرکت خواهد نمود. از طرف دیگر، اکوسیستمهای جنگلی خزری که در شیبهای شمالی سلسله کوههای البرز قرار دارند و از سمت فوقانی نیز تحت تأثیر جریان گرم و خشکی که از سمت شیبهای جنوبی آن را متأثر می‌نماید، شرایط حساس تری دارند؛ به ویژه اینکه در محدوده مورد مطالعه مناطق حساس زیست محیطی مانند مناطق حفاظت شده دودانگه، چهاردانگه و پارک ملی بولا واقع شده است که نشان از اهمیت زیستگاه‌های طبیعی منطقه مورد مطالعه می‌باشد. بنابراین این تحقیق زمینه ساز تحقیقات بسیاری در زمینه‌های مختلف از جمله پیامدهای تغییرات اقلیم بر منابع آبی، بهره‌وری آب، عملکرد محصول، تأثیر بر شبکه‌های آبیاری، تأثیر بر پراکنش گونه‌های گیاهی جنگل‌های هیرکانی و غیره می‌باشند که می‌تواند در مدیریت و کاهش پیامدهای اقلیمی مفید واقع شود.

دستاوردهای این تحقیق در زمینه تغییر اقلیم و تأثیر آن بر متغیرهای هواشناسی، اعم از بارش و دماهای کمینه و بیشینه در سال‌های آتی، مطابقت بسیار خوبی با نتایج سایر پژوهش‌گران دارد، به طوری که اکثر آنها بر کاهش بارش و افزایش دماهای کمینه و بیشینه در دوره‌های مورد پیش‌بینی تأکید دارند. از جمله یافته‌های پژوهش رزاقیان و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از دو مدل G- ECHO و HadCM3 تحت سناریو A1B، میزان بارش کمتر و دمای بیشتر را پیش‌بینی نموده است. همچنین مطالعه لکزاییان پور و همکاران (۲۰۱۶) در حوضه آبخیز دریاچه ارومیه در سالهای ۲۰۴۱ تا ۲۰۷۱ نشان داد مقدار بارندگی تحت هر دو سناریوی انتشار مورد بررسی در فصول زمستان و بهار کاهش و در فصول تابستان و پاییز افزایش خواهد یافت. کاربرد مدل HadCM3 در حوضه نشان داد که مقدار درجه حرارت در دوره ۲۰۴۱-۲۰۷۰ میلادی، به مقدار ۱/۲ و ۱/۱ درجه سانتی‌گراد به ترتیب تحت سناریوهای A2 و B2 افزایش خواهد یافت (۱۸). تحقیقی دیگر، در حوضه آبخیز گرگان‌رود با استفاده از مدل‌های اقلیمی HadCM3، CGCM1 و CSIRO-Mk3.6.0 نیز نشان داد که بارندگی سالانه حوضه آبخیز به میزان ۳/۲ تا ۶/۷ درصد کاهش می‌یابد. همچنین، دمای کمینه ۲/۳ تا ۹/۳ درجه سانتی‌گراد، و دمای بیشینه از ۳/۶ تا ۹/۸ در سناریوهای مختلف تغییر خواهد داشت (آذری و همکاران، ۱۳۹۲). با تحلیل صورت گرفته در بالا به طور کلی می‌توان بیان داشت از مهم‌ترین تغییرات در حوزه آبخیز تجن، تغییر الگوی بارش فصلی و افزایش دما در فصول گرم سال می‌باشد. این تغییرات باطبع بر رژیم جریان رودخانه و زمان دبی پیک، تشدید چرخه آب، تغییر در خصوصیات بارش، تغییر در مقدار و زمان ظهور رواناب، وقوع خشکسالی، سیلاب‌های بزرگ و تغییر در میزان تبخیر و تعرق نیز تأثیر گذار خواهد بود. همچنین حوزه آبخیز تجن به عنوان قطب‌های کشاورزی کشور از اهمیت زیادی در توسعه کشور برخوردارند. با توجه به این که دوره کاهش جریان رودخانه با دوره رشد گیاه و نیاز آبی محصولات در حوضه منطبق است، می‌تواند باعث کاهش تولید در بخش کشاورزی و زراعت حوضه شود. بنابراین یافته‌های این تحقیق با تأثیر بر برنامه‌ریزی‌های کلان وابسته به اقلیم منطقه در آینده‌های نه چندان دور، برای برآورد تغییرات در منابع آب سطحی و زیرزمینی حوضه، تغییرات در عمل‌کرد محصولات کشاورزی و مرتعی و وضعیت پدیده‌های حدی اقلیمی نظیر تعداد و شدت وقایع حدی سیل و خشک‌سالی و آگاهی بخشی به هنگام، مناسب و متناسب بسیار مؤثر خواهد بود، کما اینکه در سالیان اخیر، به

منابع

- آذری، م، مرادی، ح، ثقفیان، ب، ۱۳۹۲. ارزیابی اثرات هیدرولوژیکی تغییرات آب و هوایی در حوزه آبخیز گرگانرود، مجله آب و خاک، شماره ۲۷، ص ۵۴۷-۵۳۷.
- پیرمیرادیان، ن، هادی نیا، چ، افشار زاده، ا، ۱۳۹۵. پیش بینی حداقل و حداکثر دما، تابش و بارش در ایستگاه سینوپتیک رشت تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم، مجله جغرافیا و برنامه ریزی، شماره ۲۰ (۵۵)، ص ۲۹-۴۴.
- جعفری، م، ۱۳۸۷. تحقیق و تجزیه و تحلیل عوامل تغییر اقلیم طی پنجاه سال گذشته در جنگلهای منطقه خزر، مجله تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، شماره ۲ (۱۶)، ص ۳۱۴-۳۲۶.

- دلقدی، م.، موذن زاده، ر.، ۱۳۹۵. بررسی تغییرات مکانی و زمانی بارش و دما در ایران در شرایط تغییر اقلیم با در نظر گرفتن عدم اطمینان مدل‌های AOGCM و سناریوهای انتشار، مجله اکوهیدرولوژی، شماره ۳ (۳)، ص ۳۳۱-۳۳۳.
- رضایی، م.، ۱۳۹۸. ارزیابی تأثیر تغییرات آب و هوایی بر میزان بارندگی و تغییرات دما (مطالعه موردی: ایستگاه های کاشان و خوروبابانک)، مجله اکوسیستم خشک، شماره ۹ (۱)، ص ۸۳-۹۱.
- رزاقیان، ح.، شهریاریف غ.، ۱۳۹۶. مقایسه دو مدل HadCM3 و G-ECHO در ارزیابی تغییرات اقلیمی حوزه آبخیز بابل رود، مجله مهندسی منابع آب، شماره ۳، ص ۲۵-۳۵.
- عباسی، ف.، بابائیان، ا.، آسماری، م.، برهانی، ر.، ۱۳۹۱. ارزیابی تغییرات آب و هوایی ایران در دهه های بعدی (۲۱۰۰-۲۰۲۵) با استفاده از مقیاس نمایی داده های مشابه گردش هوا، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱، ص ۲۲۹-۲۰۵.
- لکزیان پور، ج.، محمدرضا پور، ج.، مالیر، و.، ۱۳۹۵. ارزیابی اثرات تغییرات اقلیمی بر رواناب رودخانه نازلوچه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه مجله جغرافیا و توسعه ایران، شماره ۱۴ (۴۲)، ص ۱۸۳-۱۹۸.
- موسوی، س.، کاراندیش، ف.، طبری، ح.، ۱۳۹۵. تغییرات زمانی و مکانی بارش در ایران تحت تأثیر تغییرات اقلیمی تا سال ۲۱۰۰. ۱۳۹۵، آبیاری و مهندسی آب، شماره ۲۵، ص ۱۵۲-۱۶۵.
- یعقوب زاده، م.، ۱۳۹۹. انتخاب بهترین مدل تغییر اقلیم در برآورد متغیرهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک بیرجند، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، شماره ۵، ص ۶۸-۷۸.
- Ahmed, K., et al. 2013. Statistical downscaling and bias correction of climate model outputs for climate change impact assessment in the U.S. Northeast, Glob. Planet. Climate Change, Vol.100, P. 320-332 .
- Ahmadi, M., et al. 2021. Evaluation of the effect of climate change on maize water footprint under RCPs scenarios in Qazvin plain, Iran. Agricultural Water Management, Vol. 254, P. 106969
- Ali, Sh., et al. 2019. Assessment of climate extremes in future projections downscaled by T multiple statistical downscaling methods over Pakistan. Atmos. Res, Vol. 222, P. 114-133.
- Anjuma, M., et al. 2019. Simulation of the projected climate change impacts on the river flow regimes under CMIP5 RCP scenarios in the westerlies dominated belt, northern Pakistan. Atmos. Res, Vol. 227, P. 233-248.
- Almazroui, M., et al. 2017. Assessing the robustness and uncertainties of projected changes in temperature and precipitation in AR5 Global Climate Models over the Arabian Peninsula. Atmos. Res, Vol. 194, P. 202-213.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2018. The physical science basis.
- Rajaei R., et al. 2017. Surface drainage nitrate loading estimate from agriculture fields and its relationship with landscape metrics in Tajan watershed. Paddy Water Environ, Vol. 15, P. 541-552.
- Pen, Q., et al. 2021. Forecast of the hydropower generation under influence of climate change based on RCPs and Developed Crow Search Optimization Algorithm. Energy Rep, Vol. 7, P. 385-397.
- Sa'adi, et al. 2017. Projection of spatial and temporal changes of rainfall in Sarawak of Borneo Island using statistical downscaling of CMIP5 models. Atmos. Res, Vol. 197 (15), P. 446-460

Forecast of the future climate in Tajan watershed

Fatemeh Rajaei^{1*}

1- Associate Professor, Faculty of Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Email Address: Rajaei_Fatemeh@znu.ac.ir

Introduction

Impact of climate change is one of the major human challenges in the third millennium, the main source of which is the increase in greenhouse gases in the Earth's atmosphere. But how much of this gas will enter the Earth's atmosphere by human societies in the future, and consequently what will happen to the Earth's climate system, is not certain. Therefore, a comprehensive and systematic review of climate change in the coming years with the aim of studying regional behaviors and predicting their effects is necessary to provide appropriate and appropriate solutions for decision makers to carry out reliable and coherent planning. Therefore, in order to predict the minimum and maximum temperatures and precipitation of Tajan watersheds in the period 2040-2014, first, the efficiency of 14 different models of general atmospheric circulation under two scenarios of 2.5 RCP and 8.5 RCP in 20 meteorological stations was evaluated and then the statistical downscaling of each model was performed by LARS model.

Methodology

Data set of AOGCM models is accessible through the Data Distribution Center established by the IPCC in 1998. To access data related to the region in the base and future periods, by entering the spatial coordinates of the desired location as well as the required statistical length in the base period (1985-2005) and Future period (2014-2040) were obtained. The Characterize of these models are given in Table 1. Then, to evaluate the efficiency of the models in simulating the temperature and precipitation of the region, the monthly average of the base period from the output of the models was compared with the observed values and the future period. To create a climate change scenario in each AOGCM model, the values of "difference" for temperature and "ratio" for rainfall between the average year in future periods (2040-2014) and the base period (1985-2005) for each cell were obtained from the computational network. Then climate change scenarios in the future period (compared to the base period, separately for different AOGCM models were created under two emission scenarios RCP2.5 and RCP8.5. In this study, the WG-LARS model was used for Downscaling, which is able to produce a series of meteorological data with statistical characteristics similar to the climatic period, which consists of three main parts: calibration, evaluation and meteorological data.

Result

In this research, out of 14 mentioned models, 6 models EC-EARTH, GISS-E2-R, MIROC-ESM, MIROC-ESM-CHEM, MPI-ESM-MR for temperature and 3 models EC-EARTH, GISS-E2 -R, MIROC-ESM was detected for suitable precipitation. The reason for the rejected models was due to the large changes in the monthly temperature of the future period compared to the base period. In all stations except Sari station, Pesharat and Dasht-e Naz, the minimum and maximum annual temperatures will increase in all models under both scenarios. The highest temperature increase is predicted for MIROC-ESM-CHEM model and the lowest temperature increase is predicted by GISS-E2 and EC-EARTH models. The highest annual minimum temperature increase of AOGCM models under scenario 2 was predicted to be 1.4 ° C and under scenario 8 was predicted to be 1.6 ° C at Burma and Sefidchah stations, respectively. The maximum maximum temperature increase under scenarios 8 and 2 will be in Peshart station (2.2 ° C) and Burma station (1.9 ° C), respectively. It is noteworthy that the temperature pattern changes under scenario 8 will be more intense in all stations (Figure 2). Also, due to the fact that the meteorological stations were located at different altitudes, the relationship between the rate of temperature changes and altitude difference was investigated, but no significant correlation was found. As the results show, among the meteorological stations under study, the minimum and maximum temperature changes under both scenarios will be more noticeable in Burma and Sefid Chah stations, which may be due to the geographical location of the stations. These two stations are located in the highland lands of watershed, in the easternmost part of Mazandaran

province. The monthly comparison of the average temperature of the AOGCM models and the observational data, in all months, under scenario 2, except September (predicted by the GISS-E2 model) shows the temperature increase. In May, July, then in August and January, the highest temperature increase was observed, and the lowest temperature increase was observed in March, followed by February and September. Also, these comparisons under scenario 8 showed the highest temperature increase in May (2.6 ° C with MIROC-ESM model) and September (2.9 ° C with MIROC-ESM model) and the lowest The increase (0.1 ° C with the EC-EARTH model) will be in March (Figure 3). The results of seasonal precipitation of AOGCM models under both scenarios show that in spring, autumn and winter there will be a decrease in precipitation and in summer an increase in precipitation. Of course, the amount of change varies under each scenario. The highest percentage of rainfall decrease is 28% under scenario 2 in spring and 65% under scenario 8. On the other hand, the highest increase in rainfall in summer under scenarios 2 and 8 is projected at 50 and 7%, respectively. Also, the average annual rainfall under Scenario 8 in the three models EC-EARTH, GISS-E2 and MIROC-ESM for the next time period shows a decreasing trend. It is noteworthy that the precipitation pattern will also change under the effects of climate change, so that the maximum amount of precipitation has changed from winter and autumn to summer under scenarios 2 and 8 (Figure 4).

Conclusion

With the above analyzes, in general, it can be said that one of the most important changes in the Tajan watersheds is the change in the seasonal rainfall pattern and the increase in temperature in the warm seasons. These natural changes will also affect the river flow regime and peak discharge time, intensification of water cycle, change in precipitation characteristics, change in runoff amount and time, occurrence of drought, major floods and change in evapotranspiration rate. Also, Tajan watersheds as the agricultural center of the country are of great importance in the development of the country. Due to the fact that the reduction of river flow coincides with the period of plant growth and water needs of crops in the basin, it can reduce production in the agricultural sector of the basin. Therefore, the findings of this study affect the macro-planning related to the climate of the region, to estimate changes in surface and groundwater resources of the basin, changes in the performance of agricultural and rangeland products and the status of extreme climatic phenomena such as the number And the severity of flood and drought events and timely awareness will be very effective, as in recent years, due to lack of proper forecasting, or a reduction in the severity of natural disasters, we have witnessed an increase in the aforementioned events in the northern provinces of the country. Also, since the thermal regime plays a decisive role in the distribution of plants, the impact of definite changes in temperature, especially the warming of forest ecosystems, will cause changes in the composition of plant communities and their individual distribution. Usually, with increasing altitude every 100 meters, the temperature decreases by one degree Celsius; In particular, environmentally sensitive areas such as Dudangeh, Chahardangeh and Bola National Park are located in the study area, which shows the importance of natural habitats in the study area. Therefore, this research is the basis for many studies in various fields, including the consequences of climate change on water resources, water efficiency, crop yield, impact on irrigation networks, impact on the distribution of plant species in Hyrcanian forests, etc., which can be Manage and reduce climatic consequences to be useful.

Keywords

Climate change;Tajan watershed; Downscaling; Best model.