

بررسی اثرات محتمل تغییر اقلیم در طراحی و اجرای سامانه‌های سطوح آبیگر با استفاده از اطلاعات گزارش ششم هیئت بین‌الدولی تغییر اقلیم

ام البنین بذرافشان^{*}، مریم عباس زاده

^{*}۱- استادیار، گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، رایان‌نامه:

bazrafshan1361@gmail.com

۲- دانشجوی دکترای آبخیزداری، گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، رایان‌نامه:

m65.abbz@gmail.com

چکیده

اطلاع از روند تغییرات اقلیمی برای اجرای پروژه‌های حفاظت از منابع آب و خاک ضروری می‌باشد. هیئت IPCC به تازگی گزارش ششم تغییر اقلیم را منتشر کرده است که در آن پارامترهای اقلیمی تا انتهای قرن شبیه‌سازی شده‌اند. در این پژوهش بررسی اقلیم آینده حوزه آبخیز رودخانه میناب نشان داد که متوسط بارش در دوره سی ساله (۲۰۵۰-۲۰۲۰) نسبت به دوره ۲۵ ساله (۱۹۸۹-۲۰۱۴) در همه سناریوها افزایش می‌یابد. همچنین بیشترین افزایش دمای بیشینه تا ۷/۵ درصد و دمای کمینه تا ۱۲/۹ درصد مشاهده خواهد شد. به علت افزایش محتمل میزان و شدت بارش در دوره‌های آتی در حوزه آبخیز رودخانه میناب نیاز است برای انجام اقدامات حفاظت از منابع آبی و خاکی، ابعاد سازه‌های سطوح آبیگر بزرگتر و جنس مواد مورد استفاده مقاوم‌تر در نظر گرفته شود. همچنین به علت افزایش دما در اقلیم آینده در این حوزه حساسیت گونه‌های گیاهی به دما باید در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: سناریوهای مسیرهای اجتماعی و اقتصادی مشترک، ریزمقیاس نمایی، پروژه ISIMIP، سامانه‌های آبیگر

۱- مقدمه

سناریوهای تغییر اقلیم احتمال تغییرات آب و هوایی آینده در نتیجه فعالیت‌های انسانی (انتشار گازهای گلخانه‌ای، شیمیایی، آتروسول و تغییرات کاربری اراضی) که سازگار با تغییرات اقتصادی-اجتماعی هستند را توصیف می‌کنند. سناریوهای تغییر اقلیم به علت شبیه‌سازی‌های متفاوتی از آینده ممکن، امکان ارزیابی تغییرات آتی در سیستم‌های اقلیمی، تأثیراتش بر روی جوامع و اکوسیستم‌ها و ایجاد راه‌کارهایی برای مقابله و یا سازگاری با این تغییرات را فراهم می‌آورند. سناریوهای اقلیم محصول نشست‌های هیئت بین‌دولتی تغییرات اقلیم^۱ IPCC هستند. این هیئت یک بخش بین‌الدولی در سازمان ملل متحد می‌باشد که وظیفه آن

¹ the Intergovernmental Panel on Climate Change

افزایش اطلاعات علمی در خصوص تغییر اقلیم بوجود آمده تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی می‌باشد. مدل‌های اقلیمی در سراسر دنیا بوسیله گروه‌های مدلسازی کننده مختلف و از طریق افزایش برزرگنمایی مکانی بیشتر، فرایندهای فیزیکی و چرخه‌های بیوشیمیایی جدیدتر، در حال به روز رسانی هستند. این گروه‌های مدلساز به روزرسانی‌هایشان را تقریباً با برنامه زمانبندی انتشار گزارش‌های IPCC هماهنگ می‌کنند که نتیجه انتشار خروجی‌های شبیه‌سازی شده بسیاری از مدل‌ها می‌باشد. این تلاش‌های هماهنگ کننده، بخشی از پروژه‌های مقایسه مدل جفت شده یا CMIP^۲ می‌باشد. اولین گروه از سناریوهای تغییر اقلیم در فاز سوم پروژه‌های مقایسه مدل جفت شده یا، CMIP3 تولید شدند [۱]. پس از آن سناریوهایی ابداع شد که تأثیرات تغییر اقلیم بر روی اجتماع و راه‌های سازگاری با آن مطرح شد و کم‌کم سناریوهای Representative Concentration Pathways (RCPs) ابداع شدند، که شامل ۴ مسیر از نتایج مختلف تغییرات کاربری اراضی و انتشار گازهای آلوده کننده محیطی و گلخانه‌ای تا سال ۲۱۰۰ هستند. این سناریوها پایه‌ای برای خروجی مدل‌های اقلیمی در CMIP5^۳ بودند و گزارش پنجم IPCC نیز بر پایه آن‌ها نوشته شده است [۲]. در حال حاضر پروژه CMIP6 در جریان است که خروجی چندین مدل اقلیمی بر پایه سناریوهایی را مهیا می‌کند که با نگرانی‌های اجتماعی مرتبط با تعدیل، سازگاری یا تأثیرات تغییرات اقلیمی مرتبط هستند. خروجی این مدل‌ها بر اساس سناریوهای SSPs^۴ هستند که ارتباط نزدیکی با سناریوهای RCP^۵ دارد [۳].

بررسی داده‌های اقلیمی در اجرای پروژه‌های حفاظت آب و خاک بسیار حائز اهمیت است. به منظور طراحی و اجرای سازه‌های آبخیز به خصوص در دوره‌های بلند مدت که تأثیر تغییرات اقلیمی پررنگ‌تر است باید اطلاعات دقیقی در خصوص برخی از پارامترهای اقلیمی مانند میزان بارش و دما در اختیار باشد [۴]. به منظور ایجاد پوشش گیاهی برای پروژه‌های حفاظت از خاک اطلاع از تغییرات دمایی آینده در انتخاب نوع گونه گیاهی برای منطقه مورد نظر، تأثیرگذار است. برخی از گونه‌های گیاهی نسبت به تغییرات دمایی و یا بارشی حساس‌تر هستند و احتمالاً انتخاب آن‌ها برای اجرای برخی از پروژه‌های حفاظت خاک در دهه‌های آینده چالش‌هایی را بوجود خواهد آورد. لذا اطلاع از سازوکار جدیدترین گزارش‌های تغییر اقلیم و نحوه‌ی کسب داده‌های اقلیمی دوره‌های زمانی آتی با دقت مناسب می‌تواند در طراحی و اجرای بسیاری از پروژه‌های حفاظت آب و خاک مثمر‌تر باشد.

^۲ the Coupled Model Intercomparison Projects

^۳ the Coupled Model Intercomparison Projects phase 5

^۴ the Shared Socioeconomic Pathways

^۵ Representative Concentration Pathway

در این پژوهش به معرفی سناریوهای گزارش ششم هیئت IPCC پرداخته شده و روش‌های معمول برای افزایش دقت مدل‌های اقلیمی در مقیاس‌های کوچک‌تر منطقه‌ای مورد بحث قرار گرفته است. همچنین در ادامه پایگاه داده‌ای معرفی می‌شود که داده‌های مدل‌های مختلف اقلیمی در سناریوهای گزارش ششم را بصورت سهل‌الوصول در اختیار قرار می‌دهد. در قسمت نتایج، به عنوان نمونه اطلاعات اقلیمی (بارش، دمای بیشینه و کمینه) یکی از حوزه‌های استان هرمزگان به نام حوزه آبخیز رودخانه میناب بصورت دو دوره ۲۵ ساله (از ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۴) از ایستگاه سینوپتیک حوزه و ۳۰ ساله (از ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰) از پایگاه داده‌ای ذکر شده اخذ و بصورت میانگین طولانی مدت مقایسه شده است. همچنین اثرات تغییرات اقلیمی در طراحی سازه‌های حفاظت از آب و خاک مانند سامانه‌های سطوح آبیگر باران، مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

۲- روش کار

۲-۱- بررسی سناریوهای SSPs

سناریوهای SSPs تغییرات جهانی-اقتصادی پیش‌بینی شده در دنیا تا سال ۲۱۰۰ هستند. در واقع آن‌ها سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای تحت سیاست‌های مختلف آب و هوایی را بیان می‌کنند. این سناریوها شامل ۵ مورد زیر می‌باشد:

• SSP1 پایداری (پیمودن جاده سبز)

• SSP2 یک جاده متوسط

• SSP3 رقابت منطقه‌ای (یک جاده صخره‌ای)

• SSP4 نابرابری (یک جاده تقسیم شده)

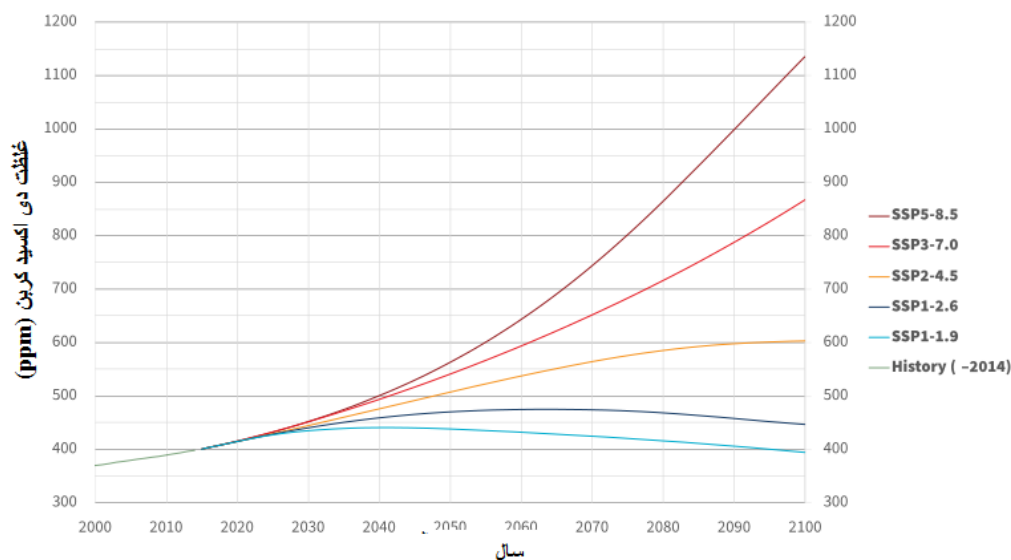
• SSP5 توسعه با سوخت فسیلی (در بزرگراه)

این سناریوها برای نگارش گزارش ششم^۶ تغییر اقلیم که گزارش کلی آن در مارچ ۲۰۲۳ منتشر شده، مورد استفاده قرار گرفته است. در این گزارش بیان شده که دمای متوسط کره زمین در بازه زمانی ۲۰۲۰-۲۰۱۱ نسبت به بازه زمانی ۱۹۰۰-۱۸۵۰ به میزان ۱/۰۹ درجه سانتیگراد گرم‌تر شده است. انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از فعالیت‌های گسترده انسانی تا سال ۲۰۱۹ به میزان $59 \pm$ GtCO₂-eq^۷ رسیده است که حدود ۱۲ درصد بالاتر از سال ۲۰۱۰ و ۵۴ درصد بیشتر از سال ۱۹۹۰ می‌باشد که شامل بیشترین میزان دی‌اکسید کربن حاصل از سوخت‌های فسیلی و فعالیت‌های صنعتی و بعد از آن متان و گازهای فلوئوردار است که شروع رشد این گازها از دهه ۱۹۹۰ بوده است. در سال ۲۰۱۹ تقریباً ۷۹ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش انرژی، صنعت، حمل و نقل و ساختمان‌سازی بوده و ۲۲ درصد از کشاورزی، جنگلکاری و دیگر کاربری‌های اراضی بوده است [۳]. غلظت گازهای گلخانه‌ای در سناریوهای بدبینانه و متوسط رو به بدبینانه می‌تواند تا بیشتر از ۸۰۰ و ۱۱۰۰ پی پی ام، افزایش یابد (شکل ۱). گزارش ششم IPCC خروجی‌های دمایی پنج سناریو که در قالب SSP هستند را بررسی می‌کند (جدول ۱). این خروجی‌ها بر اساس میزان سطوح مورد انتظار نیروی تابشی^۸ تا سال ۲۱۰۰ می‌باشد (۱/۹ تا ۸/۵ وات بر مترمربع).

^۶ IPCC Sixth Assessment Report

^۷ در گزارش ششم این واحد معادلی برای میزان دی‌اکسید کربن با در نظر گرفتن گرم شدن بالقوه جهانی تا افق ۲۱۰۰ بیان شده است.

^۸ Radiative Forcing



شکل (۱) - غلظت دی اکسید کربن اتمسفر در سناریوهای مختلف تغییر اقلیم. شکل از منبع [۵] استخراج شده است.

جدول (۱) - میزان تغییرات دمایی در سناریوهای مختلف SSP (منظور از GHG^1 ، گازهای گلخانه‌ای می‌باشد). این جدول از منبع [۶] استخراج شده است.

SSP	Scenario	Estimated warming (2041–2060)	Estimated warming (2081–2100)	Very likely range in °C (2081–2100)
SSP1-1.9	very low GHG emissions: CO ₂ emissions cut to net zero around 2050	1.6 °C	1.4 °C	1.0 – 1.8
SSP1-2.6	low GHG emissions: CO ₂ emissions cut to net zero around 2075	1.7 °C	1.8 °C	1.3 – 2.4
SSP2-4.5	intermediate GHG emissions: CO ₂ emissions around current levels until 2050, then falling but not reaching net zero by 2100	2.0 °C	2.7 °C	2.1 – 3.5
SSP3-7.0	high GHG emissions: CO ₂ emissions double by 2100	2.1 °C	3.6 °C	2.8 – 4.6
SSP5-8.5	very high GHG emissions: CO ₂ emissions triple by 2075	2.4 °C	4.4 °C	3.3 – 5.7

گزارش ششم IPCC احتمال رخداد این سناریوها را تخمین نزده است، اما شرایط اقلیمی آینده را با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف SSPs پیش‌بینی نموده است. بطور کلی در دوره‌های آینده در اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای انسان ساخت سیستم‌های مختلف آب و

⁹ Greenhouse gases

هوایی دچار تغییرات عمده‌ای می‌شود بطوری‌که احتمال رخداد وقایع حدی مانند بارش‌های مانسونی، سیل، آب و هوای بسیار خشک یا بسیار مرطوب افزایش خواهد یافت.

۲-۲- مروری بر روش‌های ریزمقیاس‌نمایی مدل‌های CMIP6

مدل‌های اقلیمی جهانی^{۱۰} (GCM) برای درک اقلیم جهانی و ارزیابی تغییرات پارامترهای اقلیمی در مقیاس بزرگ بسیار حائز اهمیت هستند. اما مدل‌های اقلیمی جهانی با عدم قطعیت و اریب‌های زیادی روبرو هستند. این عدم قطعیت‌ها ناشی از معادلات ریاضی پیچیده مدل‌ها، مقیاس‌های مکانی بزرگ، شرایط ابتدایی مدل، فرایندهای واسنجی و سناریوهای مختلف است، که کاربرانشان را برای مطالعات اقلیمی مقیاس کوچک‌تر منطقه‌ای محدود می‌کند. به منظور برطرف شدن این مشکل و افزایش دقت مدل در مقیاس‌های منطقه‌ای یا محلی تکنیک‌های ریزمقیاس‌نمایی (آماري و دینامیکی) توسعه پیدا کرده‌اند [۷]. مدل‌های ریزمقیاس‌کننده دینامیکی از فاکتورهای فیزیکی (مانند توپوگرافی) منطقه مورد نظر استفاده می‌کنند تا داده‌های اقلیمی با دقت بالا از مدل‌های GCM استخراج نمایند. به علت پیچیدگی‌ها، نیاز به محاسبات گوناگون و عدم قطعیت‌های متعدد، کمتر از این روش برای تهیه داده‌های منطقه‌ای استفاده می‌شود. در مقایسه با مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی دینامیکی، مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری روش محاسباتی جامع‌تر و مؤثرتری برای تهیه داده‌های اقلیمی در سناریوهای متفاوت می‌باشد. علاوه بر آن این مدل‌ها با خطاها و عدم قطعیت‌های کمتری همراه هستند که استفاده از آن‌ها را در مقیاس منطقه‌ای مناسب‌تر می‌کند.

مطالعات صورت گرفته در زمینه استفاده از مدل‌های CMIP در حال افزایش است و در سراسر دنیا برای مطالعات و پیش‌بینی‌های مرتبط با اقلیم از آن‌ها بهره گرفته می‌شود. مدل SDSM^{۱۱} یک مدل آماری برای ریزمقیاس‌کردن خروجی مدل‌های GCM می‌باشد. این مدل ترکیبی از مولد آب و هوایی و مدل رگرسیونی می‌باشد و در مطالعات بسیاری مورد استفاده گردیده است [۸]. مدل LARSE-WG یکی از مولدهای آب و هوایی آماری برای تولید متغیرهای اقلیمی با دقت مناسب در مقیاس منطقه‌ای می‌باشد. این مدل از توزیعات احتمالاتی برای مدل‌سازی متغیرهای آب و هوایی استفاده می‌کند. علاوه بر آن در این مدل، دوره‌های زمانی تر و خشک، بارش روزانه و سری‌های تشعشع خورشیدی بر اساس توزیع‌های نیمه تجربی که در آن بازه‌ها بصورت مساوی بین مقادیر حداکثر و حداقل ماهانه تقسیم شده‌اند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش دیگر، روش‌های ریزمقیاس‌نمایی تجربی است که محبوبیت آن‌ها به خصوص در مطالعاتی که نیاز به تجزیه و تحلیل خروجی‌های چندین مدل GCM است، در حال افزایش است. در این مدل‌ها تابع‌های انتقالی تجربی ساده واسنجی می‌شوند و سپس برای تنظیم داده‌های مشاهداتی و یا خروجی‌های اولیه مدل‌های اقلیمی و یا برای تولید داده‌های اقلیمی سناریوهای آینده در مقیاس منطقه‌ای مورد استفاده قرار خواهند گرفت. این مدل‌ها به ۴ دسته‌ی: ۱- مدل‌های برپایه میانگین‌گیری که میانگین شبیه‌سازی‌های داده‌های اقلیمی را با داده‌های مشاهداتی مطابقت می‌دهد. ۲- روش‌های برپایه واریانس پیشرفته‌تر هستند و علاوه بر میانگین، واریانس‌های دو گروه داده را نیز مطابقت می‌دهند. ۳- روش نقشه‌برداری چارکی، در این روش چارک‌های موجود در داده‌های مدل با نقشه‌برداری از چارک‌های داده‌های مشاهده‌ای تصحیح می‌شوند. ۴- روش تصحیح چارکی نیز مانند روش پیشین می‌باشد، با این تفاوت که هیچ تحولی در توزیع مدل‌سازی شده در طول زمان رخ نمی‌دهد [۹]. در بسیاری از مطالعات اقلیمی از روش نقشه‌برداری چارکی استفاده شده است. همچنین برای کاهش عدم قطعیت خروجی مدل‌ها از چندین مدل میانگین حسابی و یا وزنی گرفته می‌شود [۱۰].

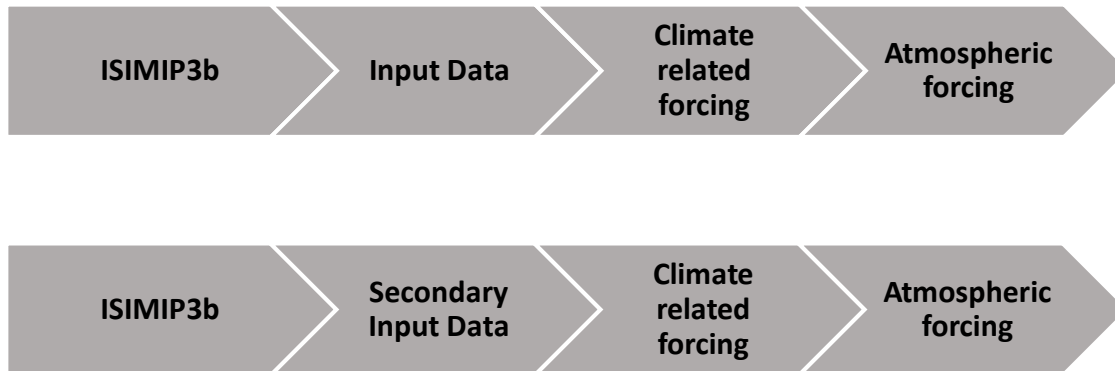
¹⁰ Global Climate Models

¹¹ Statistical Down Scaling Model

۳-۲- تهیه داده‌های اقلیمی آینده از سایت ISIMIP^{۱۲}

داده‌های اقلیمی مربوط به زمان‌های آینده از سایت پروژه ISIMIP دانلود شدند [۱۱]. پروژه ISIMIP fast track بین ژانویه ۲۰۱۲ تا ژانویه ۲۰۱۳ آغاز گردید. در طول این پروژه یک روند مدلسازی معمول طراحی شد و شبیه‌سازی‌ها بر اساس آن صورت گرفت و در نهایت خروجی‌ها در یک آرشیو مرکزی ذخیره گردید. داده‌های شبیه‌سازی شده از این پروژه بصورت رایگان در دسترس هستند. پایگاه داده‌ای اقلیمی ISIMIP بازه زمانی ۱۹۶۰ تا ۲۰۹۹ بصورت شبکه‌بندی‌هایی با بزرگنمایی $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ (مربعی با طول‌هایی به اندازه 0.5° درجه جغرافیایی) را پوشش می‌دهد، در صورت نیاز خروجی مدل‌ها درونیابی شده‌اند. بر روی همه داده‌ها فرایند تصحیح اریبی^{۱۳} صورت گرفته است تا از تطابق آماری بلند مدت داده‌های شبیه‌سازی شده با داده‌های مشاهداتی اطمینان حاصل شود. این پروژه تأثیر اقلیم را در ۶ بخش (میزان دسترسی به آب، سیل در رودخانه‌ها، سیل سواحل، کشاورزی، اکوسیستم‌ها و تولید انرژی) با در نظر گرفتن سناریوهای SSPs مورد بررسی قرار می‌دهد.

دستیابی به این داده‌ها در https://data.isimip.org/search/simulation_round/ISIMIP3b/tree/ISIMIP3b امکان‌پذیر می‌باشد. داده‌ها در دو مسیر



بارگذاری شده‌اند که مسیر اول شامل ۵ مدل اقلیمی:

GFDL-ESM4	IPSL-CM6A-LR	MPI-ESM1-2-HR	MRI-ESM2-0	UKESM1-0-LL
-----------	--------------	---------------	------------	-------------

و مسیر دوم دربرگیرنده داده‌های ده مدل اقلیمی می‌باشد:

CanESM5	CNRM-CM6-1	CNRM-ESM2-1	EC-Earth3	GFDL-ESM4
IPSL-CM6A-LR	MIROC6	MPI-ESM1-2-HR	MRI-ESM2-0	UKESM1-0-LL

¹² Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison project

¹³ bias-corrected

بعد از انتخاب مدل مورد نظر امکان انتخاب داده‌ها در دوره تاریخی (Historical) و یا آینده در سناریوهای خوش‌بینانه (SSP12)، متوسط رو به بدبینانه (SSP370) و سناریو بدبینانه (SSP585) وجود دارد. بعد از انتخاب سناریو مورد نظر، داده‌های مختلف اقلیمی مانند بارش (pr)، دمای بیشینه (tasmax)، دمای کمینه (tasmin) و دیگر متغیرها را می‌توان انتخاب نمود. پس از انتخاب گزینه‌های مختلف، این پایگاه داده‌ای امکان دانلود داده‌های مختلفی را فراهم می‌کند که پس از انتخاب داده می‌توان در قسمت Configure download محدوده داده‌ها را با انتخاب دوره زمانی، مکانی، مختصات جغرافیایی و یا کشور مورد نظر تنظیم نمود. داده‌های اقلیمی دانلود شده به فرمت netCDF هستند که این داده‌ها ی رستری به علت حاوی بودن تاریخ و طول و عرض جغرافیایی چند بعدی‌اند. در نرم افزار GIS با دستور Make netCDF table view این فایل‌ها را باز نمود و با Exort (خروجی) گرفتن از آن‌ها می‌توان داده‌ها را در فرمت text ذخیره نمود.

۳- نتایج بررسی تغییرات اقلیمی بر طراحی سامانه‌های آبریز باران

بر اساس روش ذکر شده، به عنوان نمونه اقلیم ایستگاه سینوپتیک حوزه بزرگ آبخیز میناب تا سال ۲۰۵۰ از سایت ISIMIP در سناریوهای خوش‌بینانه (SSP12)، متوسط رو به بدبینانه (SSP370) و سناریو بدبینانه (SSP585) استخراج گردید. به منظور استخراج داده‌های آینده از مدل کانادایی CanESM5 استفاده گردید. داده‌های اقلیمی استخراج شده برای این پژوهش شامل دمای کمینه، بیشینه و بارش می‌باشد که همان‌گونه که ذکر شد، داده‌ها ریزمقیاس شده‌اند و عدم قطعیت داده‌های موجود در آرشیو سایت ISIMIP عدم قطعیت‌ها و خطاهای آن‌ها برطرف شده است و می‌توان برای منطقه جغرافیایی مورد نظر با دقت کافی از آن‌ها استفاده نمود. با میانگین‌گیری داده‌های بارش، دمای بیشینه و دمای کمینه در دو دوره پایه (۱۹۸۹-۲۰۱۴) و دوره آینده (۲۰۳۰-۲۰۵۰) اثرات تغییر اقلیم تا سال ۲۰۵۰ مورد بررسی قرار گرفت. اطلاع از تغییرات آینده این متغیرهای اقلیمی می‌تواند در طراحی و اجرای سامانه‌های سطوح آبریز باران بسیار کمک کننده باشد. جدول ۲ درصد تغییرات بارش را نشان می‌دهد که در تمامی سناریوها افزایش بارش دیده می‌شود بطوریکه در سناریو SSP370 درصد تغییرات متوسط بارش سی سال آینده تا ۴۸ درصد افزایش می‌یابد. این مسئله در طراحی سازه‌های استحصال کننده رواناب می‌تواند تأثیرگذار باشد و بدیهی است ابعاد بزرگتری برای اجرای سامانه‌های آبریز نیاز است در نظر گرفته شود و یا جنس مواد مورد استفاده در اجرای سازه‌ها باید مقاوم‌تر شود چون احتمالاً شدت بارش‌ها نیز در آینده افزایش خواهد یافت. همچنین جدول ۲ نشان می‌دهد میزان دمای کمینه و بیشینه نیز در تمام سناریوها افزایش خواهد یافت که این تغییرات افزایشی در دمای کمینه بیشتر از دمای بیشینه مشاهده می‌شود و باعث می‌شود فاصله دمایی بین دمای بیشینه و کمینه افزایش یابد که می‌تواند رشد برخی از گونه‌های گیاهی حساس را تحت تأثیر قرار دهد. تغییرات افزایشی دما می‌تواند بر روی انتخاب گونه‌های گیاهی که در داخل سامانه‌های آبریز کاشته می‌شود نیز تأثیرگذار باشد. ایجاد پوشش گیاهی در داخل سامانه‌های سطوح آبریز باران مانند هلالی‌ها، پیتینگ و یا بندهای خاکی می‌تواند اثرات حفاظتی مضاعفی بر روی منابع آبی و خاکی داشته باشد. اما همان‌گونه که در سناریوهای مختلف گزارش ششم دیده می‌شود افزایش دمای بیشینه تا ۷/۵ درصد و دمای کمینه تا ۱۲/۹ درصد افزایش خواهد یافت. افزایش دما در ایستگاه سینوپتیک مورد بررسی می‌تواند انتخاب پوشش گیاهی آینده در دوره‌های آتی را تحت تأثیر قرار دهد و باید از گونه‌های مقاوم‌تر به درجه حرارت بالاتر برای تثبیت خاک استفاده نمود.

جدول (۲) - مقایسه میانگین پارامترهای اقلیمی در دوره آینده (۲۰۲۱-۲۰۵۰) با دوره پایه (۱۹۸۹-۲۰۱۴) در حوزه آبخیز رودخانه میناب

داده‌های هواشناسی	مقادیر میانگین در دوره پایه (۱۹۸۹-۲۰۱۴)	مقادیر میانگین دوره آینده (درصد تغییرات) برای دوره (۲۰۲۰-۲۰۵۰)		
		SSP126	SSP370	SSP585
بارش (mm/year)	۲۰۴	۲۴۸ (+۲۱%)	۳۰۳ (+۴۸%)	۲۴۶ (+۲۰%)
دمای بیشینه (°C)	۳۳/۸	۳۸/۴ (+۴/۵%)	۳۶/۲ (+۷/۳%)	۳۶/۴ (+۷/۵%)
دمای کمینه (°C)	۲۱	۲۲/۶ (+۸%)	۲۳/۵ (+۱۲/۹%)	۲۳/۶ (+۱۲/۶%)

۴- بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش سازوکار گزارش ششم هیئت بین دولتی تغییرات اقلیم (IPCC) مورد بررسی قرار گرفت و اشاره شد که در حال حاضر پروژه CMIP6 خروجی چندین مدل اقلیمی بر پایه سناریوهای SSPs را مهیا می‌کند. این سناریوها وضعیت‌های مختلفی از گازهای گلخانه‌ای و شرایط مختلف اقتصادی اجتماعی تا انتهای قرن را توصیف می‌کنند که حالت‌های متفاوتی از توسعه پایدار تا وضعیت مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی را دربر می‌گیرد. همچنین در ادامه به اهمیت ریزمقیاس‌نمایی مدل‌های اقلیمی بخصوص با روش‌های آماری برای افزایش دقت آن‌ها در پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی اشاره گردید و برای سهولت کار پایگاه داده‌ای ISIMIP معرفی شد که داده‌های اقلیمی در سناریوهای مختلف در دسترس هستند و براحتی از این داده‌ها در مطالعات اقلیمی می‌توان استفاده نمود. در نهایت با کمک این فرایندها امکان مقایسه مقادیر میانگین پارامترهای اقلیمی بارش، دمای بیشینه و دمای کمینه حوزه آبخیز رودخانه میناب در دوره پایه (۱۹۸۹-۲۰۱۴) و دوره آینده (۲۰۲۰-۲۰۵۰) فراهم شد. اطلاع از این تغییرات برای تصمیم‌گیران حوزه‌های آبخیز بسیار ضروری می‌باشد زیرا به عنوان مثال به علت افزایش احتمالاً میزان و شدت بارش در دوره‌های آتی در حوزه آبخیز رودخانه میناب برای انجام اقدامات حفاظت از منابع آبی و خاکی باید ابعاد سازه‌ها بزرگتر و جنس مواد مورد استفاده مقاوم‌تر در نظر گرفته شود. همچنین به علت افزایش دما در اقلیم آینده در این حوزه حساسیت گونه‌های گیاهی به دما باید در نظر گرفته شود و با انتخاب گونه‌های گیاهی سازگار با تغییرات اقلیمی در اجرای پروژه‌های حفاظت از آب و خاک مانند احداث سامانه‌های سطوح آبگیر باران بازبینی‌هایی صورت گیرد.

منابع

- [1] Meehl G, Covey C, Delworth T, Latif M, McAvaney B, Mitchell J, Stouffer R, and Taylor K. The WCRP CMIP3 multimodel dataset, B. Am. Meteorol. Soc., 88: 1383–1394, 2007.
- [2] IPCC: Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by: Stocker T. F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S. K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., and Midgley P. M., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp., 2013.
- [3] O'Neill BC et al. The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6. Geoscientific Model Development 9:3461–3482, 2016.

[4] سلیمی مستعلی ف، حافظ پرست مودت م، سرگردی ف. شبیه سازی و بهینه سازی تغییر حجم آبگیر سد هرسین بر اثر حالت‌های ممکن اقلیمی. پژوهش‌های آبخیزداری، ۳۴(۴)، ۷۳-۵۳، ۱۴۰۰.

[5] Meinshausen M., Nicholls Z. R. J., Lewis J., Gidden M. J., Vogel E., Freund M., Beyerle U., Gessner C., Nauels A., Bauer N., Canadell J. G., Daniel J. S., John A., Krummel P. B., Luderer G., Meinshausen N., Montzka S. A., Rayner P. J., Reimann S., . . . Wang R. H. J. The shared socio-economic pathway (SSP) greenhouse gas concentrations and their extensions to 2500. *Geoscientific Model Development*, 13(8), 3571–3605. 2020. <https://doi.org/10.5194/gmd-13-3571-2020>

[6] IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.

[7] Khan N, Shahid S, Ahmed K, Ismail T, Nawaz N, & Son M. Performance assessment of general circulation model in simulating daily precipitation and temperature using multiple gridded datasets. *Water*; 10(12), 1793, 2018. <https://doi.org/10.3390/w10121793>

[8] Wilby, R. L., Dawson, C. W., & Barrow, E. (2004). sdm – A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. *Environmental Modelling & Software*, 17(2), 145–157. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(01\)00060-3](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(01)00060-3)

[9] Wang L, Ranasinghe R, Maskey S, van Gelder P. H. A. J. M, & Vrijling J. K. Comparison of empirical statistical methods for downscaling daily climate projections from CMIP5 GCM's: A case study of the Huai River Basin, China: *International Journal of Climatology*; 440 36(1): 145–164, 2016. <https://doi.org/10.1002/joc.4334>

[10] سرابی، م، دستورانی، م. ت، زرین، آ. بررسی تاثیر تغییرات اقلیمی آینده بر وضعیت دما و بارش (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سد طرق مشهد)، مجله هواشناسی و علوم جو، ۳(۱)، ۸۳-۶۳، ۱۳۹۹.

[11] Warszawski L, Frieler K, Huber V, Piontek F, Serdeczny O, & Schewe J. The inter-sectoral impact model intercomparison project (ISI-MIP): project framework. *Proceedings of the National Academy of Sciences*; 111(9): 3228-3232, 2014.

Investigating the possible effects of climate change on the design and implementation of catchment surface systems using information from the sixth report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

Ommolbanin Bazrafshan^{*}, Maryam Abbaszadeh

1-Associated professor, Natural resources and agricultural Faculty, Hormozgan University, bazrafshan1361@gmail.com

2-Ph.D Student in watershed management engineering, Hormozgan University, m65.abbz@gmail.com

Abstract

Knowing about the climate change process is necessary for the implementation of water and soil resources protection practices. The IPCC has recently published the sixth climate change report, in which climate parameters are simulated until the end of the century. In this study, the investigation of the future climate of the Minab River watershed showed that the average precipitation in the thirty-year period (2020-2050) will increase compared to the 25-year period (1989-2014) in all scenarios. In addition, the highest increase in maximum temperature up to 7/5% and minimum temperature up to 12/9% will be observed. Due to the possible increase in the amount and intensity of precipitation in the Minab river watershed in the coming years, it is necessary to consider the dimensions of the catchment surface structures to be larger and the materials used to be more resistant in order to protect water and soil resources. Also, due to the increase in temperature in the future climate in this area, the sensitivity of plant species to temperature should be considered.

Key words: The Shared Socioeconomic Pathways, Downscaling, ISIMIP project, Water catchment systems