

## بررسی تأثیرات پدیده تغییر اقلیم بر وضعیت دمایی حوزه سد طرق مشهد

محمد تقی دستورانی، علی طالبی، عبدالمجید حیدری، سمانه پورمحمدی

mdastorani@yazduni.ac.ir

Talebisf@yazduni.ac.ir

majid.heidari89@gmail.com

s.poormohammadi@yahoo.com

دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد، ایران

استادیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد، ایران

دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه یزد، ایران

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد مدیریت بیابان دانشگاه یزد، ایران

### چکیده:

امروزه پدیده تغییر اقلیم به عنوان مسئله‌ای فراملی حائز اهمیت و مورد توجه محافل علمی و حتی سیاسی می‌باشد. بنابراین در اجرای طرح‌ها و مطالعات باید با نگاه مدیریتی، به این بخش پرداخته شود. در این مطالعه، پدیده تغییر اقلیم در حوزه سد طرق مشهد، با استفاده از مدل HadCM3 تحت دو سناریوی A2 و B2 مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از داده‌های دمای ماهانه دوره ۱۹۶۱-۱۹۹۰ و دو سناریوی A2 و B2 و نیز داده‌های دمای روزانه مشاهداتی ۱۹۶۱-۱۹۹۰ (تولید شده توسط نرم افزار Climgen)، داده‌های روزانه مربوط به دوره های آتی جهت ریز مقیاس نمائی تناسبی فراهم شدند. در نهایت، با مقایسه نتایج دو سناریو ملاحظه شد که سناریوهای A2 و B2 دمای هوا را برای دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ به ترتیب ۲/۵ و ۱/۶۱ درجه سانتیگراد و برای دوره ۲۰۶۹-۲۰۴۰ به ترتیب ۳/۶۳ و ۲/۴۶ درجه سانتیگراد بیشتر از دمای متوسط سالانه مشاهداتی (۱۰/۹۳ درجه سانتیگراد) پیش‌بینی کرده‌اند که نشان از افزایش دما در دوره‌های آتی دارد. در ضمن مقایسه تغییرات فصلی دما در آینده نیز حاکی از افزایش دما در تمام فصول دارد اما شدت آن در فصل‌های بهار و تابستان بیشتر از سایر فصول می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، مدل HadCM3، سناریوهای A2 و B2، ریز مقیاس نمائی تناسبی، نرم افزار Climgen.

### مقدمه:

کره زمین به اثر طبیعی گازهای گلخانه‌ای احتیاج دارد. اتمسفر به طور طبیعی شبیه به یک پتو (روکش) عمل می‌کند، به طوریکه قادر است به اندازه کافی انرژی خورشیدی را محبوس کند تا متوسط دمای جهانی برای زیست فراهم شود. این پتو در واقع مجموعه‌ای از چندین گاز اتمسفری است. اثر گلخانه‌ای<sup>۱</sup> طبیعی زمین یک شاخص بحرانی برای زنده ماندن و تنوع زیستی است. از زمان انقلاب صنعتی (بیش از ۲۵۰ سال پیش)، اثر گلخانه‌ای به واسطه دخالت بشر افزایش پیدا کرده است. CO<sub>2</sub>، متان و نیترات موجود در اتمسفر از سال ۱۸۹۵، به ترتیب ۳۱، ۱۵۱ و ۱۷ درصد افزایش پیدا کرده است (کسپر، ۲۰۰۹).

در اوایل قرن بیستم، Vilhelm Bjerknes نروژی اعلام کرد که فیزیک اتمسفر به قدر کافی پیشرفت کرده است که توانایی پیش‌گویی وضع هوا با استفاده از محاسبات را دارد. او در توسعه ۷ معادله که پیش‌بینی حرکات اتمسفری در مقیاس بزرگ را میسر می‌ساخت نقش داشت (رنال، ۲۰۰۰). Bjerknes، محاسبات گرافیکی بر مبنای نقشه‌های آب و هوایی را برای حل معادلات پیشنهاد داد. اگر چه روش‌های او به طور پیوسته استفاده می‌شد و تا سال ۱۹۵۰ توسعه یافتند ولی دو عامل فقدان روش‌های محاسباتی سریع و کمبود داده‌های مشاهداتی صحیح، باعث محدود شدن موفقیت او در تکنیک‌های پیش‌گویی شدند (نبرک، ۱۹۹۵). سرانجام در ادامه سیر تکاملی مدل‌های چرخش عمومی جو، دو نوآوری مهم

<sup>۱</sup> Greenhouse effect

دهه ۱۹۶۵-۱۹۷۵، مدل‌های مزدوج اقیانوس-اتمسفر و تکنیک‌های تغییرشکل طیفی، باعث به وجود آمدن پیش‌گویی‌های دقیق‌تر در این زمینه شدند.

آزمایشگاه حرکت‌های ژئوفیزیکی سیال (GFDL)<sup>۲</sup> جزء اولین گروه‌ها در زمینه مزدوج کردن مدل چرخش عمومی اتمسفری با یک مدل اقیانوسی بود. در ابتدا، مدل‌های اقیانوسی بسیار ساده، استفاده می‌شد. در سال ۱۹۶۹، منابع و برایان اولین نتایج حاصل از مدل چرخش عمومی مزدوج اقیانوس-اتمسفر (OAGCM) را منتشر کردند. اما، این مدل به صورت ایده‌آل، برای وضعیت اقیانوس-قاره استفاده می‌شد. نتایج حاصل از اولین مدل مزدوج اقیانوس-اتمسفر با شرایط واقعی در سال ۱۹۷۵ منتشر شد (منابع و همکاران، ۱۹۷۵).

اما مطالعه در زمینه تغییر اقلیم که امروزه به یک چالش مهم تبدیل شده، به طور گسترده در سراسر جهان رواج پیدا کرده است که به تعدادی از آن‌ها اشاره خواهد شد. لندریک و همکاران (۲۰۰۷) تخمین‌های دی‌های آینده رودخانه راین را با استفاده از دو سناریو بررسی کردند. در این مطالعه شبیه‌سازی‌ها، همراه با یک مدل هیدرولوژیکی برای رودخانه راین برای حال (۱۹۸۹-۱۹۶۰) و اقلیم آینده پروجکت شده (۲۰۹۹-۲۰۷۰) مورد بررسی قرار گرفت. از مدل هیدرولوژیکی Rhineflow به وسیله شبیه‌سازی داده‌های هواسنجی ۹۰ ساله همراه با مدل اقلیمی منطقه‌ای Hadrm3H برای اقلیم کنونی و آینده (سناریو انتشار A<sub>2</sub>) استفاده شد. شبیه‌سازی دی‌های کنونی واقع‌بینانه بودند مشروط به اینکه (۱) چولگی-های بارش و دمای HadCM3H تصحیح شوند و (۲) تبخیر و تعرق پتانسیل فقط از دما مشتق شود. روش‌های مختلفی برای شبیه‌سازی دی‌ها برای اقلیم آینده مورد استفاده قرار گرفتند: یکی بر مبنای خروجی مستقیم مدل از اجرای اقلیم آینده (روش مستقیم)، در حالی که دیگری بر مبنای اختلاف سری‌های زمانی HadCM3H کنونی (روش دلتا) بود. هر دو روش، واکنش مشابهی در دی میانگین سالانه با یک افزایش ۳۰٪ در زمستان و یک کاهش ۴۰٪ در تابستان را پیش‌بینی کردند. به هر حال پیش‌بینی‌های جریان‌های طغیانی به طور معنی‌داری فرق می‌کند، که این فرق به میزان ۱۰٪ در جریان-های همراه با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله در روش مستقیم و تقریباً ۳۰٪ در روش دلتا بود. شریدر و همکاران (۲۰۰۰)، تأثیرات تغییر اقلیم روی سیلاب شهری را مورد مطالعه قرار دادند. مطالعه آنها شامل ۲ بخش مدل‌سازی فراوانی سیلاب و مقدار آن تحت شرایط گرمایش جهانی و وابسته به شدت‌های بارش و دیگری استفاده از داده‌های سیلاب گلخانه‌ای برای ارزیابی تغییرات مناطق در معرض آسیب‌پذیری سیلاب یا به عبارت دیگر آسیب‌های مستقیم بود. سناریوهای مدل لایه‌ای تغییر اقلیم (GCM Slab) در ۲۰۳۰ و ۲۰۷۰ تغییرات کمی در آسیب‌پذیری شهری را نشان دادند در ضمن برای همه مطالعات موردی، شاخص‌های مدل‌سازی هیدرولوژیکی نشان از افزایش در مقدار و فراوانی رویدادهای سیلاب در شرایط دو برابر شدن CO<sub>2</sub> را داد هر چند که این تغییرات از مکانی به مکان دیگر تغییر می‌کنند. پرودهوم و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای با استفاده از یک روش ساده و تجربی بر مبنای تغییرات ماهانه مدل‌سازی، از آزمایش گازهای گلخانه‌ای HadCM2 برای بررسی تغییرات رژیم بارش، استفاده کردند. مدل پیوسته روزانه بارش-رواناب، برای ۷ حوضه کالیبره و سپس از آن برای تولید سری روزانه جریان برای دوره ۹۰-۱۹۶۱ و ۲۰۵۰ استفاده و همچنین از آنالیز پیک‌های بیشتر از آستانه برای تولید توزیع‌های فراوانی برای ۲ افق زمانی استفاده شد. اگرچه ۳ سناریو، افزایش در مقدار و فراوانی رویدادهای سیلاب را نشان می‌دهد اما نتیجه مطالعه نشان داد که اگر نسل بعدی GCM، تخمین‌های بارش را با اطمینان بیشتری تولید کنند آنگاه روش‌های مناسب‌تری برای ایجاد سناریوهای بارش با استفاده از مولدهای آب و هوایی نسبت به روش‌های تجربی به وجود خواهد آمد. لازم به ذکر است که در این تحقیق نیز با توجه به شرایط منطقه و کشور از مدل HadCM3 و سناریوهای A2 و B2 در زمینه پیش‌بینی تغییرات دما در حوزه سد طرق مشهد استفاده شد.

<sup>2</sup> The Geophysical Fluid Dynamics Laboratory

## مواد و روش‌ها :

### معرفی نرم افزار ClimGen

داده‌های روزانه هواشناسی برای کاربردهای مختلف مانند مطالعه ساختارهای هیدرولیکی، مطالعات هیدرولوژی حوزه آبخیز، تعیین تبخیر، ارزیابی آلاینده‌های خاک‌ها و اجرای مدل‌های شبیه‌سازی هواشناسی مورد نیاز هستند. بسیاری از کاربردها نیاز به دوره‌های طولانی مدت داده‌های روزانه هواشناسی برای محاسبه تغییرپذیری محیط زیست دارند. این داده‌ها معمولاً شامل کل تابش خورشید، حداکثر و حداقل درجه حرارت، بارش، حرکت باد و برخی سنجش‌ها در زمینه بخار هوا می‌باشد.

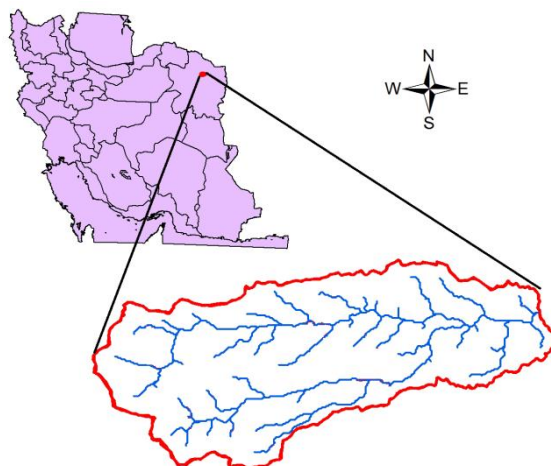
با توجه به پدیده‌هایی مانند تغییر اقلیم، توسعه روش‌های شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی لازم می‌باشد (تیلور، ۱۹۷۲). دو نوع اساسی از مولدهای هواشناسی وجود دارد که عبارتند از: ۱- مولدهای ریچاردسون (ریچاردسون، ۱۹۸۱)، (ریچاردسون و رایت، ۱۹۸۴: ۸۳) و ۲- مولدهای ترتیبی (راکسکو و همکاران، ۱۹۹۱)، (سمنوف و همکاران، ۱۹۹۸). در مولدهای نوع ریچاردسون (مانند WGEN) از فرآیند زنجیره مارکوف استفاده می‌شود که دو دوره مرطوب و خشک مشخص می‌شود و نمی‌توان توالی دوره خشک و مرطوب را مشخص نمود اما در نوع ترتیبی سعی می‌شود تا ترتیب روزهای خشک و مرطوب مدلسازی گردد. مولدهای هواشناسی که عموماً با مدل‌های شبیه‌سازی رشد و دیگر مدل‌های گیاهی استفاده می‌شوند، دامنه کاربرد وسیعی در کشاورزی یافته‌اند. این مولدها می‌توانند برای بازسازی و پر کردن خلأ آماری داده‌ها، تولید داده‌ها در مناطق بدون ایستگاه و یا برای شبیه‌سازی داده‌ها برای زمان‌های آتی به کار گرفته شوند (ماورومتیس و هنسن، ۲۰۰۱).

مدلی که به صورت گسترده در ایالات متحده آمریکا برای تولید داده‌های هواشناسی استفاده می‌شود، مدل WGEN مربوط به ریچاردسون و رایت (۱۹۸۴) می‌باشد. تاکنون مولدهای مختلفی ارائه شده است که از جمله این مولدهای هواشناسی می‌توان به WGEN، WeatherMan، TAMSIM، SIMMETEO و ClimGen اشاره کرد. تکنیکی که در مولد ClimGen به منظور تولید داده‌های درجه حرارت حداقل و حداکثر به کار می‌رود، مانند مولد WGEN است و بر این فرض است که درجه حرارت فرآیندی است که به طور ضعیف تحت تأثیر ایستگاه<sup>۳</sup> است (نصرتی و همکاران، ۱۳۸۶).

### منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی دارای مساحت ۱۳۱/۳۴ کیلومتر مربع و بین عرض جغرافیایی شمالی ۶' ۳۶° تا ۱۳' ۳۶° و طول جغرافیایی شرقی ۱۷' ۵۹° تا ۳۱' ۵۹° واقع شده است. رودخانه طرق، یکی از شاخه‌های کشف رود و مهم‌ترین تأمین کننده آب سد طرق مشهد است. سد طرق، که یک سد دو قوسی متقارن است، در ۲۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر مشهد قرار دارد (شکل ۱).

<sup>3</sup> Weakly Stationary



شکل ۱: نمائی از حوزه سد طرق مشهد

در این مطالعه از داده‌های روزانه چهار ایستگاه باران سنجی و تبخیر سنجی (کرتیان، کلاته رحمان، اولنگ اسدی و مشهد) استفاده گردید، که مشخصات آن‌ها در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های باران سنجی و تبخیرسنجی مورد استفاده

نام ایستگاه	ارتفاع ایستگاه (متر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
کرتیان	۱۲۴۰	۵۹° ۳۰' ۴۰"	۳۶° ۱۰' ۲۴"
مشهد	۹۹۰	۵۷° ۱۰' ۳۵"	۳۷° ۴۵'
اولنگ اسدی	۹۰۰	۵۹° ۴۸' ۲۸"	۳۶° ۱۵' ۱۶"
کلاته رحمان	۱۶۱۰	۵۷° ۸' ۳۹"	۳۸° ۳' ۲۳"

### روش تحقیق

ابتدا داده‌های روزانه‌ی دما ایستگاه‌هایی (ایستگاه‌های مشهد، کرتیان، اولنگ اسدی و کلاته رحمان) که داخل و اطراف حوزه می‌باشند اخذ گردید، سپس برای تست همگنی داده‌های سالانه، از روش RUNS TEST و از روش گرادیان دما - ارتفاع برای انتخاب ایستگاه شاخص که بیشترین همبستگی با متغیر دمای حوزه مورد نظر داشته باشد استفاده شد. در نهایت با محاسبه همبستگی بین داده‌های متوسط دمای ماهانه ایستگاه‌ها با داده‌های متوسط ماهانه حوزه، علی‌رغم همبستگی مناسب و نزدیک دو ایستگاه مشهد و کرتیان، ایستگاه مشهد به دلیل طولانی بودن آمار و سینوپتیک بودن، به عنوان ایستگاه شاخص شناخته و از آن برای کسب داده‌های روزانه دما، برای ارتفاع متوسط وزنی حوزه (۱۷۶۶/۷۹ متر)، در دوره پایه ۱۹۹۰-۱۹۶۱ استفاده شد. داده‌های مورد نیاز برای نرم افزار ClimGen شامل، داده‌های روزانه دما (حداکثر و حداقل) - بارش مشاهداتی (۱۹۹۰-۱۹۶۱) و داده‌های ماهانه دما (حداکثر و حداقل) - بارش سناریوهای A2 و B2 مربوط به HadCM3 در مدت مشابه یعنی دوره (۱۹۹۰-۱۹۶۱) می‌باشند. با استفاده از دو رابطه زیر، داده‌های دمای HadCM3 (سناریوهای A2 و B2) در دوره آینده (۲۰۱۰-۲۰۳۹) و (۲۰۴۰-۲۰۶۹) کالیبره شده و با مقایسه آن با داده‌های مشاهداتی، تغییرات الگوی دما در حوزه سد طرق مورد بررسی قرار گرفت.

$$\Delta T_i = \frac{T_{obs,i}}{\bar{T}_{GCM,base,i}}$$

رابطه (۱)

$$\bar{T}_{GCM,FUT,i} (cal) = \bar{T}_{GCM,FUT,i} * \Delta T_i \quad (2)$$

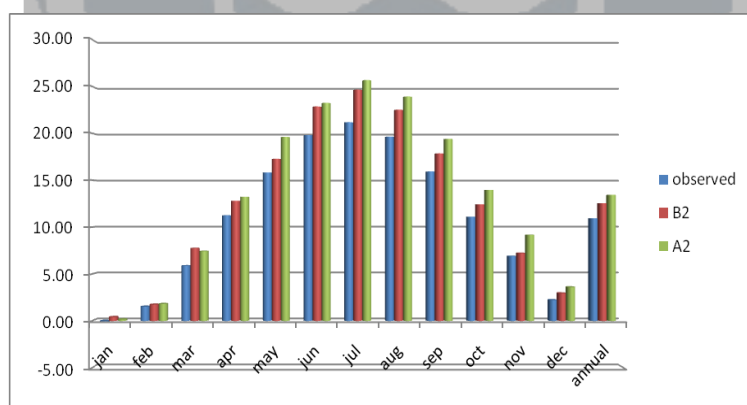
رابطه

در روابط فوق  $\Delta T_i$ ، ضریب بدست آمده از تقسیم دمای متوسط ماهانه مشاهداتی ( $\bar{T}_{obs,i}$ ) به دمای متوسط ماهانه شبیه‌سازی شده توسط مدل HadCM3 در دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) حاصل از نرم افزار ClimGen می‌باشد که در رابطه دوم برای کالیبره کردن داده‌های دمای متوسط ماهانه شبیه‌سازی شده توسط مدل HadCM3 در دوره آتی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ و ۲۰۶۹-۲۰۴۰ ( $\bar{T}_{GCM,FUT,i}$ ) استفاده شد.

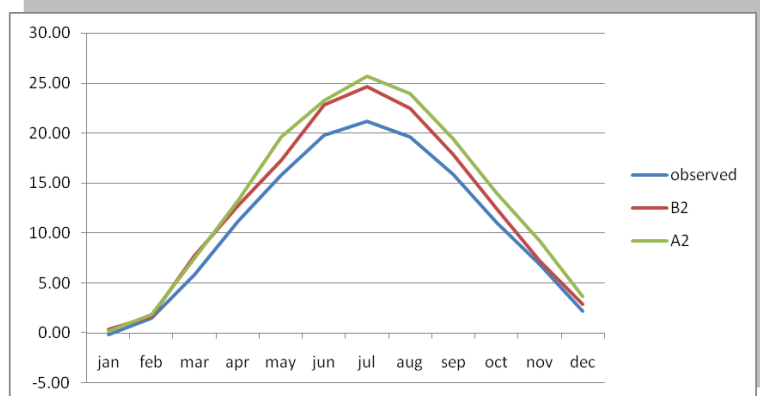
### نتایج و بحث

دوره آتی ۲۰۳۹-۲۰۱۰:

تغییرات دمای متوسط سالانه در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰، برای دو سناریو A2 و B2 نشان می‌دهد که هر دو سناریو دمای هوا را بیشتر از دمای متوسط سالانه مشاهداتی پیش‌بینی کرده‌اند. دمای متوسط سالانه برای سناریو A2 در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۱۳/۴۳ درجه سانتیگراد و دمای متوسط سالانه برای سناریو B2 در این دوره، ۱۲/۵۴ درجه سانتیگراد تخمین زده شد. در مقابل دمای متوسط سالانه مشاهداتی برای دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱، ۱۰/۹۳ درجه سانتیگراد است. با این توضیح، سناریو A2 دمای متوسط سالانه را برای دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۰/۸۹ درجه سانتیگراد بیشتر از B2 پیش‌بینی کرده است. میزان افزایش سناریو A2 و B2 برای این دوره به ترتیب، ۲/۵ و ۱/۶۱ درجه سانتیگراد می‌باشد (شکل ۲ و ۳).



شکل ۲: تغییرات دمای ماهانه سناریوهای A2 و B2 (۲۰۳۹-۲۰۱۰) و دمای متوسط ماهانه مشاهداتی



شکل ۳: نمودار خطی دمای ماهانه سناریوهای A2 و B2 (۲۰۱۰-۲۰۳۹) و دمای متوسط ماهانه مشاهداتی

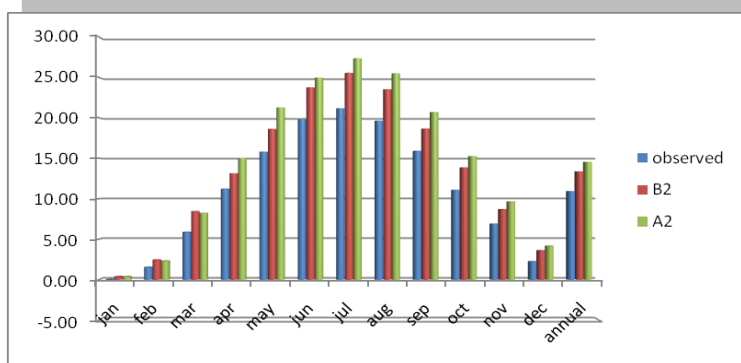
از نظر تغییرات فصلی، هر دو سناریو در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹، افزایش دما را برای تمام فصول پیش‌بینی کردند که این میزان افزایش، برای فصل‌های بهار و تابستان بیشتر از سایر فصول می‌باشد. در ضمن اختلاف دمای مشاهداتی و دمای حاصل از پیش‌بینی سناریوهای A2 و B2 برای این دوره نیز به آن اشاره شده است (جدول ۲).

جدول ۲: تغییرات فصلی داده‌های مشاهداتی و دو سناریو A2 و B2 (۲۰۱۰-۲۰۳۹)

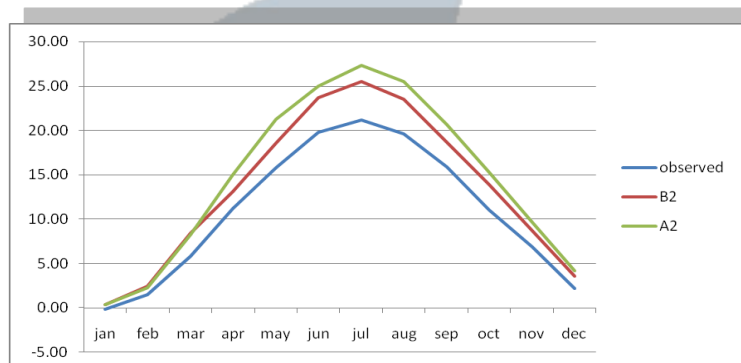
	B2 (C°)	A2 (C°)	مشاهداتی (C°)	افزایش (C°)
زمستان	۳/۱۴	۳/۳	۲/۴۳	۰/۸۷ تا ۰/۷۱
بهار	۱۸/۶۹	۱۷/۶۴	۱۵/۶۲	۳/۰۷ تا ۲/۰۲
تابستان	۲۲/۹۹	۲۱/۶۷	۱۸/۹۱	۴/۰۸ تا ۲/۷۶
پاییز	۸/۹۱	۷/۵۳	۶/۷۴	۲/۱۷ تا ۰/۷۹

#### دوره آتی ۲۰۴۰-۲۰۶۹:

تغییرات دمای متوسط سالانه در دوره ۲۰۴۰-۲۰۶۹، برای دو سناریو A2 و B2 نیز مانند دوره قبل نشان می‌دهد که دمای هوا افزایش پیدا خواهد کرد. دمای متوسط سالانه برای سناریو A2 در دوره ۲۰۴۰-۲۰۶۹، ۱۴/۵۶ درجه سانتیگراد و دمای متوسط سالانه برای سناریو B2 در این دوره، ۱۳/۳۹ درجه سانتیگراد تخمین زده شد. در مقابل دمای متوسط سالانه مشاهداتی، ۱۰/۹۳ درجه سانتیگراد است. بنابراین، سناریو A2 دمای متوسط سالانه را برای این دوره، ۱/۱۷ درجه سانتیگراد بیشتر از B2 پیش‌بینی کرده است. میزان افزایش سناریو A2 و B2 برای این دوره نسبت به دوره مشاهداتی به ترتیب، ۳/۶۳ و ۲/۴۶ درجه سانتیگراد می‌باشد (شکل ۴ و ۵).



شکل ۴: تغییرات دمای ماهانه سناریوهای A2 و B2 (۲۰۴۰-۲۰۶۹) و دمای متوسط ماهانه مشاهداتی



شکل ۵: نمودار خطی تغییرات دمای ماهانه سناریوهای A2 و B2 (۲۰۴۰-۲۰۶۹) با دمای متوسط ماهانه مشاهداتی

از نظر تغییرات فصلی هر دو سناریو در دوره ۲۰۴۰-۲۰۶۹، افزایش دما را برای تمام فصول پیش‌بینی کردند که در این دوره نیز میزان افزایش دما برای فصل‌های بهار و تابستان بیشتر از سایر فصول می‌باشد. در ضمن اختلاف دمای مشاهداتی و دمای حاصل از پیش‌بینی سناریوهای A2 و B2 برای این دوره نیز به آن اشاره شده است (جدول ۳).

جدول ۳: تغییرات دمای فصلی داده‌های مشاهداتی و دو سناریو A2 و B2 (۲۰۴۰-۲۰۶۹)

	(C°) B2	(C°) A2	مشاهداتی (C°)	افزایش (C°)
زمستان	۳/۶۴	۳/۷۵	۲/۴۳	۱/۳۲ تا ۱/۲۱
بهار	۲۰/۴۲	۱۸/۵۱	۱۵/۶۲	۴/۸ تا ۲/۸۹
تابستان	۲۴/۵۱	۲۲/۵۷	۱۸/۹۱	۵/۶ تا ۳/۶۶
پاییز	۹/۶۹	۸/۷۲	۶/۷۴	۲/۹۵ تا ۱/۹۸

از داده‌ها و اطلاعات ارائه شده در فوق می‌توان ملاحظه کرد که برای متغیر دما، سناریوی A2 دمای بیشتری نسبت به سناریوی B2 پیش‌بینی کرده است.

#### نتیجه:

نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر، روند افزایشی دما در حوزه سد طرق مشهد را نشان می‌دهد. سناریوهای A2 و B2 مربوط به مدل HadCM3، میزان افزایش دما را در دوره آتی ۲۰۳۹-۲۰۱۰، به ترتیب ۲/۵ و ۱/۶۱ درجه سانتیگراد و برای

دوره ۲۰۶۹-۲۰۴۰، به ترتیب ۳/۶۳ و ۲/۴۶ درجه سانتیگراد تخمین زدند. باید متذکر شد که تغییرات دمای هوا در خشکی‌ها طی دوره ۱۸۶۱-۲۰۰۰ و ۲۰۰۰-۱۹۰۱ به ترتیب  $0.24 \pm 0.63$  و  $0.18 \pm 0.61$  درجه سلسیوس بوده است (عساکره، ۱۳۸۶) که نتایج حاصل از این مطالعه با پدیده گرمایش جهانی مطابقت دارد. این روند تغییرات در الگوی دما، می‌تواند تأثیر منفی‌ای روی منابع هیدرولوژیکی، کشاورزی و شرایط اکولوژیکی حوزه مورد مطالعه داشته باشد. بنابراین افزایش دما ممکن است پدیده خشکسالی را تشدید و مصرف آب در بخش‌های کشاورزی و شرب را افزایش دهد (لین و همکاران، ۱۹۹۹). لذا از آنجا که تغییرات دما در آینده می‌تواند باعث تغییر در شرایط زیست محیطی منطقه شود باید راهکارهایی اتخاذ گردد که شدت اثرات منفی آن را کاسته یا سازگاری‌های لازم برای مقابله با آن صورت گیرد.

#### منابع:

- ۱- عساکره، ح. (۱۳۸۶). تغییر اقلیم، چاپ اول، انتشارات دانشگاه زنجان.
- ۲- نصرتی، ک، زهتابیان، غ، مرادی، ا، شهبازی، ا. (۱۳۸۶). ارزیابی روش شبیه‌سازی تصادفی برای تولید داده‌های هواشناسی، جغرافیایی، شماره ۶۲. پژوهش‌های
3. Casper, J.K. 2009. Greenhouse Gases: Worldwide Impacts. ISBN 978-1-4381-2740-8 (e-book)
4. Lane, M. E., P. H. Kirshen., R. M. Vogel. 1999. Indicators of impact of global climate change on U.S. water resources. ASCE, J. Water Resour. Planning and Manag. 125(4): 194-204.
5. Lenderink, G., Buishand, A., Van Deursen, W. 2007. Estimates of future discharges of river Rhine using two scenario methodologies: direct versus delta approach. Hydrol. Earth Syst. Sci., 11: 1145-1159.
6. Manabe, S., R. T. Wetherald. 1975. The effects of doubling the CO<sub>2</sub> concentration on the climate of a general circulation model. / Atmos. Sci. XXXII, 3-15. 28.
7. Mavromatis, T., J. W. Hansen, 2001. Interannual variability characteristics and simulated crop response of four stochastic weather generators. Agr. For. Meteorol. 109: 283-296.
8. Nebeker, F. 1995. Calculating the Weather: Meteorology in the 20th Century. Academic Press, New York.
9. Platzman, G. W. 1960. The spectral form of the vorticity equation. / Meteorol. 17, 653-644.
10. Prudomme, C., Reynard, N., Crooks, S. 2002. Downscaling of global climate models for flood frequency analysis : Where are we now?. Hydrol. Process, 16, 1137-1150.
11. Racsco, P., Szeidl, L., Semenov, M.A. 1991. A serial approach to local stochastic weather models. Ecological Modelling 57: 27-41.
12. Randall, D. A., 2000. General Circulation Model Development. Academic press, Colorado State university, pp:1-849.
13. Richardson, C.W. 1981. Stochastic simulation of daily precipitation, temperature and solar radiation. Water Resources Research 17: 182-190.
14. Richardson, C.W., Wright, D.A. 1984. WGEN: a model for generating daily weather variables. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-8, 83pp.
15. Schreider, S.YU., Smith, D.I., Jakeman, A.J. 2000. Climate change impacts on urban flooding. 91-115.
16. Semenov, M.A., Brooks, R.J., Barrow, E.M., Richardson, C.W. 1998. Comparison of WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climates. Climate Research 10: 95-107.
17. Taylor, C. J. 1972. A stochastic model of temperature variations at weather stations in Britain Applied Statistics, 21(3): 248-260.



## Abstract

Climate change has now become an international problem, and considerable attention is paid to this problem in scientific as well as political forums. Therefore, in design and execution of the projects it should be considered from managing point of view. In this research, climate change has been evaluated in Toroq dam watershed using HadCM3 under scenarios A2 and B2. Using monthly temperature data of 1961-1990 and the scenarios A2 and B2 as well as daily temperature data (produced by Climgen software), daily temperature data of the next decades were prepared and downscaled. Evaluation of the results indicated 2.5 and 1.61 °C increase respectively for scenarios A2 and B2 for the period 2010 to 2039, and for the period 2040 to 2069 the amount of increase is 3.63 and 2.46 °C over the mean temperature of the measured period (10.93 °C). Results also show that the increase in temperature occurs in all seasons but the amount of increase is higher in spring and summer.

