

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۷، پاییز ۱۳۹۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۲۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۰۹

صفحات: ۶۸ - ۵۳

بررسی عدم قطعیت مدل‌ها و سناریوهای تغییر اقلیم در برآورد دما، بارش و تبخیر و تعرق منطقه نیشابور

مصطفی یعقوب زاده^{۱*}، مهدی امیرآبادی زاده^۲، سیدحسام سیدکابلی^۳

چکیده

تغییر اقلیم نه تنها باعث افزایش دما می‌شود بلکه با تغییر در چرخه بارش جهانی منجر به تغییرات زمانی و مکانی الگوهای بارش می‌شود. در این تحقیق تاثیر پدیده تغییر اقلیم بر دما، بارش و تبخیر و تعرق منطقه نیشابور را با در نظر گرفتن عدم قطعیت مدل‌های AOGCM و سناریوهای انتشار در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹ بررسی شد. بدین منظور در ابتدا مقادیر دمای کمینه، دمای بیشینه و بارش ۱۰ مدل AOGCM تحت سناریوهای A2 و B1 در دوره آتی و دوره پایه (۲۰۱۱-۱۹۹۲) تهیه شده و سپس توسط مدل LARS-WG کوچک مقیاس شدند. تبخیر و تعرق مرجع نیز به روش فائو پنمن مانیتث برای مدل‌ها و سناریوهای تغییر اقلیم محاسبه شد. نتایج نشان‌دهنده افزایش دما و تبخیر و تعرق در ماه‌های گرم و کاهش بارش در ماه‌های سرد است. سپس قطعیت ماهانه پارامترهای دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تبخیر و تعرق بررسی شد. دما و تبخیر و تعرق در ماه‌های گرم و بارش در ماه‌های سرد دارای قطعیت کمتری نسبت به بقیه ماه‌ها خواهد بود. همچنین نتایج عدم قطعیت مدل‌ها و سناریوهای انتشار در برآورد پارامترها نشان داد، مدل‌های NCARPCM و HADCM3 در برآورد دمای کمینه و بیشینه و مدل‌های CGCM3T47 و GFDLCM2 در برآورد بارش به ترتیب دارای بهترین و کمترین قطعیت برای دو سناریو می‌باشند. عدم قطعیت مدل‌های AOGCM در برآورد تبخیر و تعرق مرجع نیز مشخص می‌کند که بیشترین قطعیت در تخمین تبخیر و تعرق مرجع برای هر دو سناریو در نتایج مدل GISS-ER مشاهده شد. همچنین سناریو A2 عملکرد بهتری نسبت به سناریو B1 در تخمین تبخیر و تعرق در منطقه مورد مطالعه دارد.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، عدم قطعیت، مدل‌های AOGCM، سناریو انتشار، تبخیر و تعرق مرجع.

^۱-استادیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه بیرجند (نویسنده مسئول)

^۲-استادیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه بیرجند

^۳-استادیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول

M.yaghoobzadeh@birjand.ac.ir

M.amirabadizadeh@birjand.ac.ir

Hesamkaboli@yahoo.com

مقدمه

گرمایش جهانی ناشی از گازهای گلخانه‌ای موجب تغییراتی در متغیرهای اقلیمی مختلف نظیر دما، بارش، رطوبت هوا و تابش خورشیدی شده است. گرمایش جهانی شرایط خشکی را در نواحی خشک جهان با افزایش تبخیر و تفرق مرجع و افزایش بیابان زدایی تشدید خواهد کرد (گویال^۱، ۲۰۰۴). اگر چه در حال حاضر احتمالاتی نظیر افزایش در میانگین دما با درجه اطمینان پذیری بالایی امکان‌پذیر می‌باشند ولی تعیین تغییر در سایر پارامترهای اقلیمی نظیر بارش، ابرناکی، رطوبت و سرعت باد و همچنین کمی کردن پارامترهایی نظیر رطوبت خاک و تبخیر خصوصاً در مقیاس ناحیه‌ای بسیار مشکل می‌باشد. با افزایش درجه حرارت انتظار می‌رود که قدرت تبخیرکنندگی هوا یا تبخیر و تفرق مرجع افزایش یابد و در نتیجه نیاز آبی گیاهان بطور مستقیم تحت تاثیر پارامترهای اقلیمی و تغییرات آن خواهد بود. افزایش درجه حرارت از یک سو و کاهش احتمالی بارش از طرف دیگر باعث بوجود آمدن شرایط پیچیده اقلیمی در ایران به ویژه در مناطق گرم و خشک خواهد شد (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۹). تغییر اقلیم نه تنها باعث افزایش دما می‌شود بلکه با تغییر در چرخه بارش جهانی منجر به تغییرات زمانی و مکانی الگوهای بارش می‌شود (ادهیکاری و نجات‌هاشمی^۲، ۲۰۱۶). مطالعاتی نیز در زمینه تاثیر تغییر اقلیم بر دما، بارش و تبخیر و تفرق در سطح جهان صورت گرفته است برای مثال، رودریگز^۳ و همکاران (۲۰۰۷) اثرات تغییر اقلیم بر روی نیاز آبی را مدل‌سازی و پهنه‌بندی کردند. نتایج حاصل از مدل‌سازی نیاز آب آبیاری، یک افزایش کلی بین ۱۵ تا ۲۰ درصد در نیاز آبیاری فصلی تا سال ۲۰۵۰ میلادی را بسته به موقعیت و نوع کشت که با تغییرات زمان تقاضا هماهنگ شده باشد، نشان می‌دهد.

شهید^۴ و همکاران (۲۰۱۱) اثر تغییر اقلیم بر تغییر نیاز آب آبیاری مزرعه برنج در شمال شرقی بنگلادش را ارزیابی کردند. نتایج آنها نشان داد که تغییر محسوس در کل نیاز آب آبیاری در اثر تغییر اقلیم اتفاق نیفتاده است و فقط در استفاده روزانه آب آبیاری، میزان افزایشی بوجود می‌آید که باعث افزایش پمپاژ آب در فصل خشک خواهد شد و سطح آب زیرزمینی به خطر می‌افتد. تامپسون و همکاران (۲۰۱۴) تبخیر و تفرق پتانسیل را با استفاده از ۶ مدل موجود در مدل MIKE SHE را برای دوره آبی برآورد کردند. نتایج همه مدل‌ها افزایش تبخیر و تفرق را برای همه مدل‌ها باتوجه به افزایش دما برآورد کردند. میرصانع و همکاران (۱۳۹۰) از نه مدل AOGCM و دو روش ریز مقایسه‌سازی تناسبی و سه مدل برآورد نیاز آبی پنمن مانتیس اصلاح شده، جنس هیز و هارگریوزسامانی برای برآورد نیاز آبی گیاهان دشت قزوین در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ نیاز آبی گیاهان منطقه افزایش می‌یابد به گونه‌ای که با احتمال ۵۰٪ این افزایش در روش تناسبی ۴۰٪ و در روش SDSM ۳۰٪ می‌باشد. اشرف و همکاران (۱۳۹۰) نیز در تحقیقی داده‌های مدل گردش عمومی جو HADCM3 طبق سه سناریوی B1، A2 و A1B تایید شده IPCC را با استفاده از مدل LARS-WG5، ریزمقیاس کردند و مقادیر

1- Goyal
2- Adhikari & Nejadhashemi
3- Rodríguez
4- Shahid

ماهانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی، تبخیر و تعرق مرجع و بارش موثر استان خراسان رضوی در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ را شبیه‌سازی نمودند. نتایج آنها نشان داد که نیاز آبی چغندر قند در ۲۰ سال آینده در اغلب شهرستان‌های استان خراسان رضوی نسبت به دوره کنونی متفاوت خواهد بود. سلیمانی ننادگانی و همکاران (۱۳۹۱) نیز در تحقیقی اثر تغییر اقلیم بر تاریخ کشت، طول دوره رشد و تبخیر و تعرق گندم در دوره‌های آبی در منطقه بهشهر را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که درجه حرارت در تمامی ماه‌های سال افزایش، دوره زمانی مناسب برای کاشت گندم بین ۹ تا ۲۷ روز افزایش و طول دوره رشد گیاه بین ۴ تا ۱۴ روز کوتاه‌تر خواهد شد.

تحقیقات با مدل‌های GCM مختلف و سناریو انتشار مختلف انجام شده است ولی اینکه کدام مدل‌ها نتایج نزدیک به یکدیگر ارائه می‌دهند می‌تواند از اهمیت زیادی برخوردار باشد. به همین منظور قطعیت مدل‌ها، سناریوهای انتشار توسط محققان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. از آن جمله می‌توان انصاری و همکاران (۱۳۹۳) و پورحسین و مساح بوانی (۱۳۹۴) و قرمزچشمه و همکاران (۱۳۹۴) در مورد عدم قطعیت بردما و بارش و وزنیکی^۱ و همکاران (۲۰۱۵) در مورد نیاز آبی اشاره کرد. وزنیکی و همکاران از نرم افزار SWAT برای ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر روی نیاز آبی و عملکرد پنبه و سویا در حوضه رودخانه کالامازو استفاده کردند. آنها از ۱۰ مدل GCM و ۴ سناریو انتشار برای دوره‌های آبی ۲۰۳۹-۲۰۲۰ و ۲۰۷۹-۲۰۶۰ استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد با تغییر به سمت آینده‌های دورتر از قطعیت نیاز آبی کاسته می‌شود. عباس‌نیا و همکاران (۱۳۹۵) تغییرات دمای حداکثر روزانه بر روی کشور ایران در دو دوره زمانی (۲۰۴۱-۷۰ و ۲۰۷۱-۹۹) و بر اساس خروجی دو مدل گردش عمومی جو HADCM3 و CGCM3 تحت سناریوهای انتشار موجود (B2, B1, A1B, A2) مورد بررسی قرار دادند. آنها از مدل SDSM برای ریزمقیاس نمودن داده‌های دما در ۷ ایستگاه کشور استفاده کردند. در تحلیل عدم قطعیت مربوط به مدل سناریوها مشخص شد که مدل CGCM3 تحت سناریو B1 در بین مدل‌ها و سناریوهای مختلف بهترین عملکرد را در شبیه‌سازی دمای آینده داشته است.

اگرچه تاکنون تحقیقات خوبی در زمینه اثر تغییر اقلیم بر دما، بارش و تبخیر و تعرق انجام شده است ولی در مورد بررسی عدم قطعیت مدل‌های AOGCM و سناریوهای انتشار تحقیقات اندکی یافت می‌شود. لذا در این تحقیق عدم قطعیت مدل‌ها و سناریوهای انتشار در تخمین دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تبخیر و تعرق مرجع به دو صورت بررسی ماهانه و بررسی مدل‌ها و سناریوها انجام شده است.

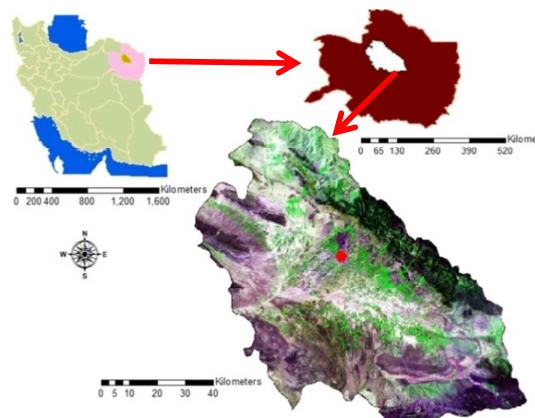
داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق از داده‌های ایستگاه سینوپتیک نیشابور استفاده شده است. ایستگاه از نظر موقعیت جغرافیایی در مختصات ۵۸°۴۸' طول شرقی و ۳۶°۱۶' عرض شمالی قرار دارد. آب و هوای منطقه نیمه خشک و خشک، متوسط

1- Woznicki

درجه حرارت آن ۱۲ درجه سانتیگراد و میزان بارندگی آن بطور متوسط برای کل دشت ۲۹۲ میلی متر گزارش شده است. میزان تبخیر بعلت بالا بودن درجه حرارت هوا زیاد بوده و متوسط آن برای کل منطقه ۲۳۳۵ میلی متر در سال است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در سطح استان خراسان رضوی و کشور ایران

مدل‌های و سناریوهای اقلیمی مورد استفاده

در این تحقیق جهت تولید سناریوهای اقلیمی از ده مدل AOGCM و دو سناریو انتشار A2 و B1 استفاده شده است. مشخصات مدل‌های AOGCM مورد استفاده در این تحقیق در جدول (۱) مشخص شده است. داده‌های دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش، تشعشع، رطوبت نسبی و سرعت باد توسط این مدل‌ها و سناریوها ایجاد و توسط مدل LARS-WG ریزمقیاس می‌شوند. تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از روش پنمن مانیتث و بوسیله دما، بارش، سرعت باد، رطوبت نسبی هوا و تشعشع محاسبه شده و بنابراین تغییرات این پارامترهای هواشناسی در دوره آتی بر روی تبخیر و تعرق اثر می‌گذارد. در این تحقیق، دوره پایه به دلیل در دسترس بودن داده‌های ایستگاه سینوپتیک نیشابور برابر ۱۹۹۲-۲۰۱۱ در نظر گرفته شده است. همچنین، برای نشان دادن قطعیت مدل و سناریوهای تغییر اقلیم از باندهای جعبه‌ای (باکس پلات) استفاده شد.

جدول ۱: مشخصات مدل‌های AOGCM مورد استفاده در این تحقیق (IPCC, AR4, 2007)

نام مدل	گروه موسس و کشور	قدرت تفکیک در اتمسفر	قدرت تفکیک در اقیانوس	سناریو های انتشار
HadCm3	UK	2.5°×3.75°, L19	1.25°×1.25°, L20	A2,B1,A1B
ECHAM5/MPI-OM	Germany	T63 (~1.9° x 1.9°) L31	1.5° x 1.5° L40	A2,B1,A1B
CSIRO-MK3.5	Australia	T63 (~1.9° x 1.9°) L18	0.8° x 1.9° L31	A2,B1,A1B
GFDL-CM2.0	USA	2.0° x 2.5° L24	0.3°-1.0° x 1.0°	A2,B1,A1B
GISS-ER	USA	4° x 5° L20	4° x 5° L13	A2,B1,A1B
BCCR-BCM2.0	Norway	T63 (1.9° x 1.9°) L31	0.5°-1.5° x 1.5° L35	A2,B1,A1B
MIROC3.2 medres	Japan	T106 (~1.1° x 1.1°) L56	0.2° x 0.3° L47	A2,B1,A1B
CGCM3 (T47)	Canada	T47 (~2.8° x 2.8°) L31	1.9° x 1.9° L29	A2,B1,A1B
NCARPCM	USA	T42 (4/1° x 4/1°) L26	0.3°-1° x 1° L40	A2, A1B, B1
INMCM3	Russia.	5° x 4° L21	2.5°×2°, L33	A2, A1B, B1

کوچک مقیاس کردن

مدل LARS-WG یکی از پرکاربردترین مدل‌ها برای کوچک مقیاس کردن داده‌های هواشناسی و تولید داده‌های هواشناسی روزانه دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تشعشع آفتابی برای داده‌های دوره پایه و آتی است (سمنوف^۱، ۲۰۰۸). در بوداپست طی سال ۱۹۹۱ LARS-WG نسخه اولیه عنوان بخشی از پروژه ارزیابی ریسک‌های کشاورزی در کشور مجارستان ابداع شد. هدف اصلی از اجرای این روش، غلبه بر محدودیت‌های روش زنجیره مارکف در موقع بارش بود. کارایی این مدل توسط سمنوف در سال ۱۹۹۸ در ۱۸ ایستگاه هواشناسی واقع در آمریکا، اروپا و آسیا مورد ارزیابی قرار گرفته است (کوهی و ثنایی نژاد، ۱۳۹۲).

نتایج و بحث

جدول (۲) میانگین دمای کمینه، بیشینه، بارش روزانه و تبخیر و تعرق برای ماه‌های مختلف سال طی دوره پایه و بر اساس دو سناریوی A2 و B2 را نشان می‌دهد. بیشترین متوسط و کمترین دمای ماهیانه در ماه‌های ژوئیه و ژانویه اتفاق می‌افتد. متوسط دمای کمینه سناریو B1 و دوره پایه برای سه ماه کمتر از صفر درجه سانتیگراد است در حالی که سناریو A2 فقط یک ماه دمای کمتر از صفر درجه دارد. همچنین این جدول مشخص می‌کند در همه ماه‌ها، متوسط دما برای سناریو A2 بیشتر از B1 و در هر دو سناریو بیشتر از دوره پایه می‌باشد. متوسط دمای بیشینه نیز از ۹/۷۹ و ۸/۴۴ در ماه ژانویه تا ۳۸/۷ و ۳۶/۸ در ماه ژوئیه به ترتیب برای دو سناریو A2 و B1 تغییر پیدا می‌کند. این در حالی است که دمای بیشینه از ۷/۰ تا ۳۴/۸ برای دوره پایه تغییر می‌یابد. در مورد مقادیر متوسط روزانه بارش در ماه نیز در جدول مشخص شد که در ماه‌های گرم سال مانند جولای و آگوست مقدار بارش تقریباً صفر خواهد بود و بیشترین مقدار بارندگی روزانه در ماه، در ماه‌های مارس و ژانویه میلادی اتفاق خواهد افتاد. همچنین در بعضی از ماه‌های گرم سال میانگین روزانه بارش در ماه برای دو سناریو A2 و B1 بیشتر از دوره پایه بیشتر است که به دلیل حجم کم بارش در این ماه‌ها تأثیری بر میزان میانگین روزانه بارش در سال نخواهد داشت. تقریباً در بیشتر ماه‌های سال، میانگین بارش روزانه در ماه برای دوره پایه از دو سناریو A2 و B1 کمتر است و این روند کاهش بارش برای دوره آتی ۲۰۸۰-۲۰۹۹ را نشان می‌دهد. همچنین در ماه‌های آوریل و می تا سپتامبر مقادیر میانگین دوره پایه از میانگین دوره آتی بیشتر و در ماه‌های سرد مقادیر دوره آتی از دوره پایه بیشتر خواهند شد. بنابراین انتظار می‌رود دوره آینده دور (۲۰۸۰-۲۰۹۹)، دوره کم‌بارش تری نسبت به حال باشد. دلغندی (۱۳۹۱) نیز دوره آینده دور را دوره کم‌بارش تری نسبت به زمان حال تخمین زد.

تبخیر و تعرق جزء اصلی بیلان آب و تعیین‌کننده مقدار آب مورد نیاز برای گیاهان می‌باشد. جدول (۲) مشخص می‌کند تبخیر و تعرق مرجع در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹ نسبت به دوره پایه به علت گرم شدن هوا بیشتر می‌شود. در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹ نسبت به دوره پایه در سناریو A2، بیشترین تفاوت نسبت به سناریو B1 وجود دارد و برآورد شده است

1- Semenov

ماه‌های ژوئن و ژوئیه در بین ماه‌ها، بیشترین مقدار تبخیر و تعرق و ماه‌های ژانویه و دسامبر کمترین مقدار تبخیر و تعرق روزانه در ماه را نسبت به دوره پایه داشته باشند. همچنین در هر دو سناریو انتشار مقادیر تبخیر و تعرق روزانه در دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ نسبت به دوره پایه افزایش بیشتری خواهند داشت.

جدول ۲: متوسط دمای کمینه ماهیانه و تغییرات دما براساس دوره پایه و دو سناریو A2 و B1 از دوره آتی

سالبانه	دسامبر	نوامبر	اکتبر	سپتامبر	اوت	ژوئیه	ژوئن	مه	آوریل	مارس	فوریه	ژانویه	ماه	
													سناریو	متغیر
۱۰/۵۵	۱/۱۴	۵/۴۱	۱۰/۲	۱۵/۵	۲۰/۱	۲۲/۰	۲۰/۴	۱۶/۳	۱۱/۲	۵/۴۱	-۰/۶۹	-۱/۸	A2	Tmin
۸/۶۸	-۰/۳۱	۳/۳۷۵	۷/۹۲	۱۳/۲	۱۷/۸	۱۹/۸	۱۷/۸	۱۴/۱	۹/۱۵	۴/۴۳	-۰/۱۲	-۳	B1	Tmin
۶/۸	-۱/۶۳	۱/۶۴	۶/۲۷	۱۰/۶۳	۱۵/۴	۱۷/۵	۱۵/۵	۱۱/۵	۷/۶۹	۲/۴۶	-۱/۴۳	-۴	A2	Tmax
۲۶/۱۳	۱۳/۷	۱۹/۸	۲۷/۹۷	۳۴/۲	۳۸/۱	۳۸/۸	۳۷/۸	۳۳/۱	۲۷/۲	۲۰	۱۳/۱۱	۹/۷۹	B1	Tmax
۲۴/۲۳	۱۲/۲۶	۱۷/۸۲	۲۵/۹۸	۳۲/۳۲	۳۶/۰۲	۳۶/۸	۳۵/۳	۳۰/۷	۲۴/۶	۱۸/۴	۱۲/۱	۸/۴۴	A2	P
۲۲/۰۸	۹/۹۷	۱۵/۹	۲۴/۰۲	۲۹/۸۲	۳۳/۸	۳۴/۸	۳۳/۱	۲۷/۸	۲۲/۵	۱۶	۱۰/۲۴	۷	B1	P
-۰/۵۳۵	-۰/۶۱	-۰/۸۹	-۰/۱۶	-۰/۰۷۳	-۰/۰۰۲	-۰/۰۳	-۰/۱۹	-۰/۳۵	-۰/۷۵	۱/۱۵	۱/۰۵	۱/۱۶	A2	ET
-۰/۵۳۶	-۰/۵۳	-۰/۷۳	-۰/۱۳	-۰/۰۸۲	-۰/۰۲۸	-۰/۰۴	-۰/۱۴	-۰/۵۳	-۰/۸۶	۱/۲۱	۱/۰	۱/۰۵	B1	ET

اگر به مقدار افزایش دما در دوره آتی نسبت به دوره پایه برای دو سناریو نیز توجه شود مشخص می‌گردد که متوسط دمای کمینه ماهیانه برای سناریو A2 از ۲/۱۲ تا ۴/۹ و برای سناریو B1 از ۰/۹۸ تا ۲/۵۹ تغییر می‌کند (جدول ۳). همچنین با توجه به جدول (۳) مشخص می‌شود بیشترین تفاوت دوره آتی و پایه برای دمای بیشینه در ماه مه برای هر دو سناریو و کمترین تفاوت در ماه ژانویه برای سناریو A2 و ژانویه و فوریه برای سناریو B1 اتفاق می‌افتد. همچنین متوسط سالبانه تفاوت دمای دوره آتی نسبت به دوره پایه برای سناریو A2 دوبرابر سناریو B1 می‌باشد. این امر بحرانی بودن سناریو A2 نسبت به B1 در روند افزایش دما در آینده را نشان خواهد داد. جدول نیز با نشان دادن درصد تغییرات نسبی بارش برای ماه‌های سال و برای دو سناریو مشخص می‌کند در بیشتر ماه‌های سال بارش نسبت به دوره پایه کمتر خواهد شد که این کاهش بارش در ماه‌های پر بارش فوریه تا می برای مناطق خشک و نیمه خشک که بیشتر بارندگی در این ماه‌ها اتفاق می‌افتد می‌تواند زمینه خشکسالی‌های شدید را در منطقه مورد تحقیق فراهم کند. همچنین در ماه‌های گرم تا ۵۸ درصد در مقدار تبخیر و تعرق برای سناریو A2 و ۳۸ درصد برای سناریو B1 در ماه می ممکن است افزایش مقدار وجود داشته باشد و برعکس در ماه‌های سرد ممکن است تبخیر و تعرق در دوره آتی از دوره پایه کمتر شود ولی آنچه مهم است متوسط سالانه تبخیر و تعرق برای سناریو A2 و B1 به ترتیب حدود ۳۵ و ۲۱ درصد افزایش را نشان می‌دهد. لی^۱ همکاران (۲۰۱۲)، نیز افزایش ۷ درصدی تبخیر و تعرق مرجع را برای

1-Li

دوره ۲۰۴۱ و ۱۲ درصدی را برای دوره ۲۰۷۰ در چین گزارش کردند. در نتایج ابراهیم‌پور^۱ و همکاران (۲۰۱۳) و بابائیان و کوهی (۱۳۹۱) نیز افزایش تبخیر و تعرق برای دوره آتی پیش‌بینی شد.

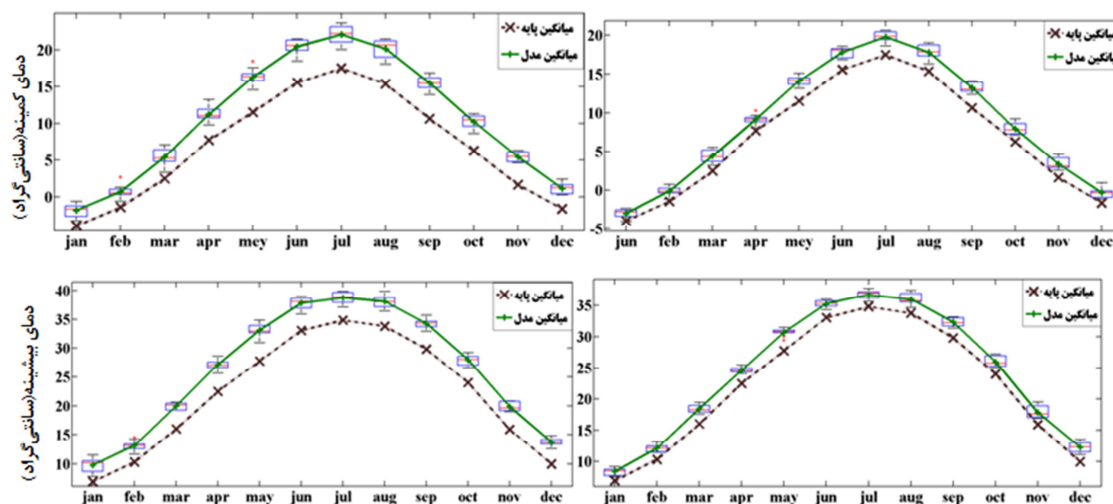
جدول ۳: تغییرات پارامترهای اقلیمی در دوره آتی نسبت به دوره پایه براساس سناریوهای انتشار A2 و B1

سالیانه	دسامبر	نوامبر	اکتبر	سپتامبر	اوت	ژوئیه	ژوئن	مه	آوریل	مارس	فوریه	ژانویه	ماه	
													سناریو	متغیر
۳/۷۵	۲/۷۸	۳/۷۷	۳/۹۳	۴/۸۴	۴/۷۷	۴/۵۷	۴/۹	۴/۷۷	۳/۵۲	۲/۹۴	۲/۱۲	۲/۱۵	A2	Tmin
۱/۸۹	۱/۳۲	۱/۷۳	۱/۶۵	۲/۶۱	۲/۴۶	۲/۳۱	۲/۲۵	۲/۵۹	۱/۴۶	۱/۹۶	۱/۳۱	-۰/۹۸	B1	Tmin
۴/۰۵	۳/۷۳	۳/۹۳	۳/۹۵	۴/۴۳	۴/۳	۳/۹۵	۴/۷۳	۵/۳۵	۴/۶۸	۴/۰۱	۲/۷۷	۲/۷۹	A2	Tmax
۲/۱۵	۲/۲۸	۱/۹۲	۱/۹۶	۲/۵۱	۲/۲۴	۱/۹۸	۲/۲۳	۲/۹۳	۲/۱۲	۲/۴۵	۱/۷۶	۱/۴۴	B1	Tmax
-۱۵/۰	-۲۷/۴	۳۹/۹۸	۸/۲۵	۹۴/۸۹	-۶۳	-۴۱	۲۵/۷	-۴۱	-۳۲/۶	-۲۶/۲	-۱۸/۰	۲/۴۳	A2	P
-۱۴/۹	-۳۷/۲	۱۵/۵۷	-۱۳/۲	۱۱۸	۵۲۶	-۲۳	-۵/۸	-۱۲	-۲۲/۴	-۱۵/۸	-۲۲/۳	-۷/۶	B1	P
۳۴/۷۶	۰/۳۳	۱۳/۹۹	۳۸/۹۷	۲۹/۳۶	۳۰/۱	۲۹/۷	۴۱/۰	۵۸/۳	۵۱/۵	۳۱/۰۸	۱۲/۸۵	۱/۱	A2	ET
۲۰/۶۲	-۱۱/۶	-۲/۲۳	۲۳/۶۷	۱۹/۲	۱۹/۶	۱۹/۰	۲۵/۶	۳۸/۰	۲۷/۴	۱۶/۶	۱/۱۶	-۷	B1	ET

عدم قطعیت ماهانه پارامترهای اقلیمی و تبخیر و تعرق

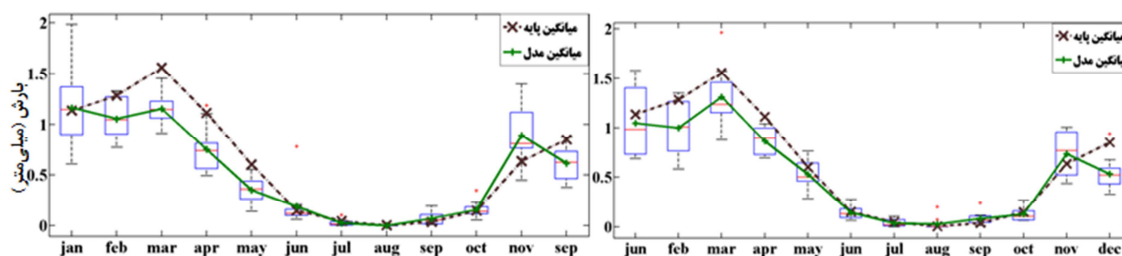
در آینده و با گرم شدن تدریجی هوا، در ماه‌های مختلف تغییرات کم تا زیاد دما اتفاق خواهد افتاد. شکل (۲) دامنه تغییرات دمای کمینه و بیشینه را برای دو سناریو A2 و B1 برای ماه‌های مختلف سال نشان می‌دهد. دامنه تغییرات دمای کمینه در ماه‌های سرد مانند دسامبر و فوریه کم و برای ماه‌های گرم مانند آگوست برای هر دو سناریو زیاد است. در مورد دمای بیشینه نیز قطعیت برآورد در ماه‌های سرد دسامبر و فوریه برای سناریو A2 و آوریل بیشتر از ماه‌های دیگر است. این امر نشان می‌دهد مدل‌های GCM در ماه‌های گرم مقادیر تغییرات بیشتر دمای کمینه و بیشینه و در ماه‌های سرد تغییرات کمتر را برآورد می‌نمایند. همچنین تفاوت ماهانه دما در دوره آتی ۲۰۸۰-۲۰۹۹ با دوره پایه در ماه‌های گرم از آوریل تا اکتبر بیشتر می‌شود. در مقایسه سناریوها نیز سناریو A2 نسبت به سناریو B1 تفاوت بیشتری بین مقادیر دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹ و دوره پایه نشان می‌دهد. هوشمند و خردادی (۱۳۹۳) نیز تغییرات بیشتر دمای بیشینه برای سناریو A2 را نسبت به B1 برآورد کردند. در حالت کلی سناریوها، گرم شدن هوا در آینده دور و در فصل گرم تابستان را برآورد کردند. تقریباً همه محققان افزایش درجه حرارت و گرم شدن هوا را برای آینده تخمین زدند (چونگ^۲ و همکاران (۲۰۱۱) و نوکس^۳ و همکاران (۲۰۱۰)).

1- Ebrahimpour
2- Chung
3- Knox



شکل ۲: بررسی ماهانه دامنه تغییرات روزانه دمای کمینه (بالایی) و بیشینه (پایینی) در دوره آبی نسبت به دوره پایه براساس سناریو A2 (سمت چپ) و B1 (سمت راست)

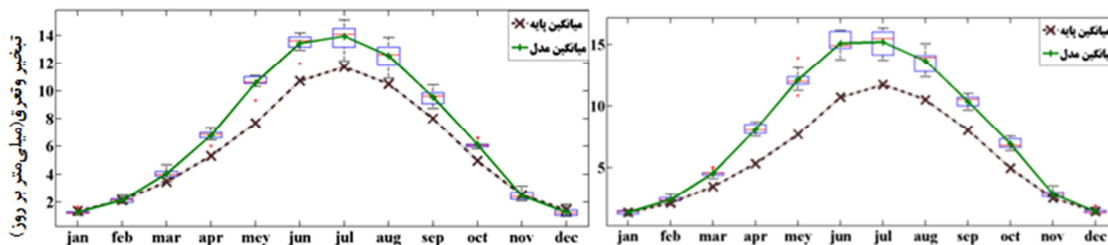
دامنه تغییرات بارش برای ماه‌های مختلف سال برای دوره آبی مشخص می‌کند در ماه‌های گرم علاوه بر اینکه بارش کاهش می‌یابد عدم قطعیت مدل‌ها در برآورد بارش کاهش می‌یابد. تفاوت میانگین پایه و میانگین مدل نیز در ماه‌های سال برای سناریو A2 نسبت به B1 بیشتر است. نکته جالب توجه این است که در ماه نوامبر مقادیر میانگین بارش مدل‌ها از پایه بیشتر است یا به عبارتی بارش در این ماه نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد. در بین ماه‌ها، ژانویه به دلیل داشتن بیشترین پهنای باند دارای کمترین قطعیت در برآورد بارش برای هر دو سناریو A2 و B1 می‌باشد.



شکل ۳: بررسی ماهانه دامنه تغییرات بارش روزانه در دوره آبی نسبت به دوره پایه براساس سناریو A2 (سمت چپ) و B1 (سمت راست)

پهنای باندهای جعبه‌ای، عدم قطعیت تبخیر و تعرق مرجع مدل‌های GCM برای دو سناریو A2 و B1 مشخص می‌کند. مشابه دمای کمینه و بیشینه، تبخیر و تعرق مرجع در ماه‌های گرم مانند ژولای به دلیل دارا بودن پهنای باند بیشتر دارای کمترین قطعیت می‌باشند و این قطعیت در ماه‌های سرد بیشتر می‌شود. همچنین بیشتر بودن تفاوت میانگین پایه و مدل‌ها برای سناریو A2 نسبت به B1 نشان می‌دهد مقادیر تبخیر و تعرق مرجع برای مدل‌های تحت

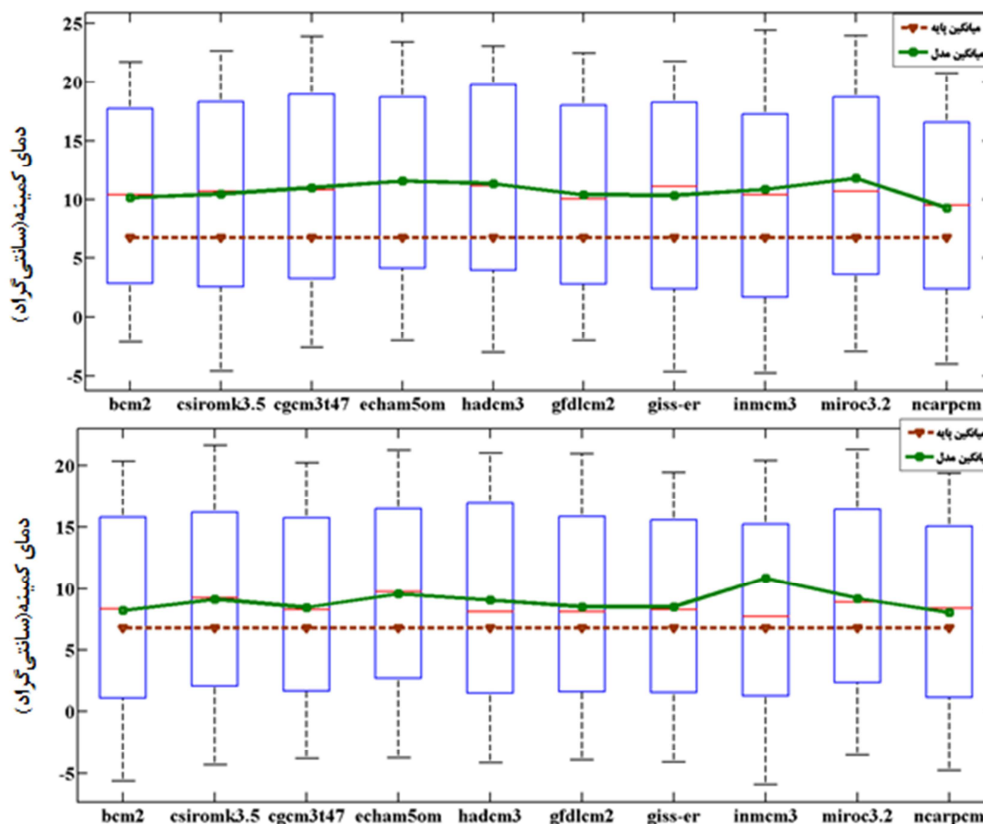
سناریو A2 بیشتر افزایش می‌یابد. مزایا و همکاران (۲۰۱۲) نیز سناریو A2 را نسبت به B1 افزایش دما و تبخیر و تعرق و کاهش بارش برآورد کردند.



شکل ۴: بررسی ماهانه دامنه تغییرات تبخیر و تعرق مرجع روزانه در دوره آتی نسبت به دوره پایه براساس سناریو A2 (سمت چپ) و B1 (سمت راست)

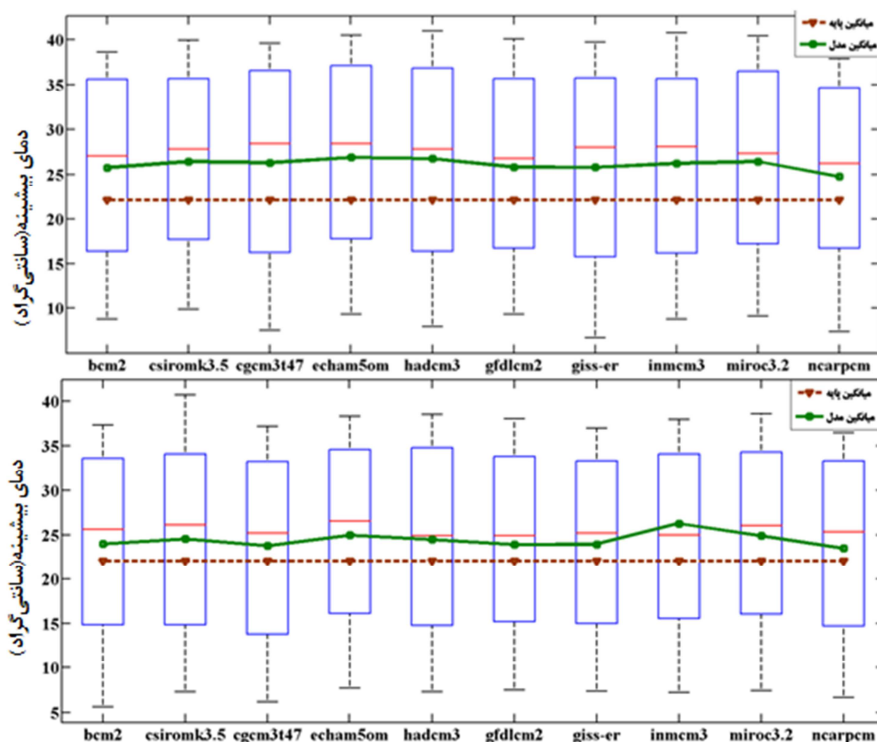
عدم قطعیت مدل‌های AOGCM در برآورد پارامترهای اقلیمی

مقایسه میانگین نمودار جعبه‌ای دمای کمینه ده مدل سری چهارم با دوره پایه (baseline) برای سناریو A2 نشان می‌دهد که دمای کمینه در دوره آتی ۲۰۸۰-۲۰۹۹ نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد. مدل‌ها، دارای قطعیت تقریباً برابری در برآورد دمای کمینه می‌باشد. با این وجود مدل‌های NCARPCM و HADCM3 به ترتیب دارای کمترین و بیشترین عدم قطعیت در برآورد دمای کمینه برای دو سناریو می‌باشند. همچنین در بین مدل‌ها در سناریوهای A2 و B1، مدل‌های MIROC3.2 و INMCM3 دارای میانگین دمای کمینه بالاتری نسبت به مدل‌های دیگر برای دو سناریو A2 و B1 می‌باشد. میانگین دمای کمینه برای مدل‌ها برای سناریو B1 نسبت به A2 کمتر است.



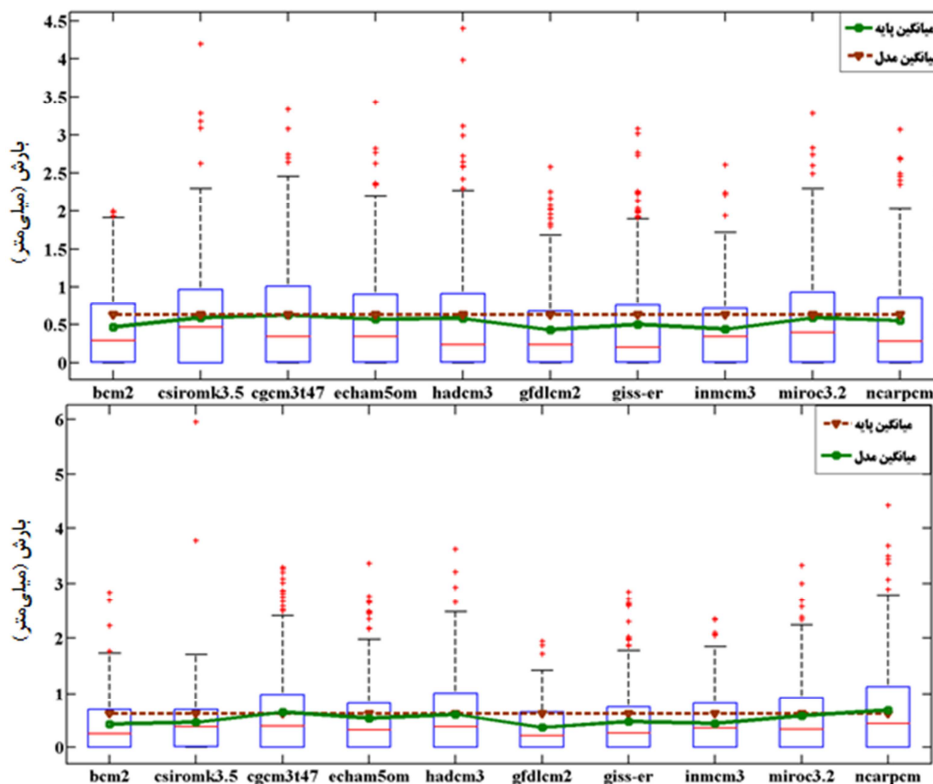
شکل ۵: نمودار جعبه‌ای دمای کمینه روزانه مدل‌های GCM براساس دو سناریو A2 (بالایی) و B1 (پایینی)

روند تغییرات دمای بیشینه برای ده مدل AOGCM و دوره پایه برای سناریو A2 نشان می‌دهد که دمای بیشینه برای دوره آتی ۲۰۸۰-۲۰۹۹ نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد (شکل ۶). در بین مدل‌ها مدل CSIROMK3.5 و NCARPCM دارای عدم قطعیت کمتری نسبت به مدل‌های دیگر می‌باشند. همچنین حداقل دمای بیشینه برای دوره پایه به کمتر از صفر درجه سانتیگراد می‌رسد در حالی که برای دوره آتی مقادیر دمای بیشینه از حداقل ۵ درجه شروع می‌شود. روند تغییرات دمای بیشینه برای سناریو B1 نیز مشابه سناریو A2 می‌باشد با این تفاوت که مقادیر دمای بیشینه در سناریو B1 نسبت به سناریو A2 کمتر است. همچنین در مقایسه میانگین دماهای بیشینه، مدل INMCM3 نسبت به مدل‌های دیگر بیشترین مقدار را دارا می‌باشد.



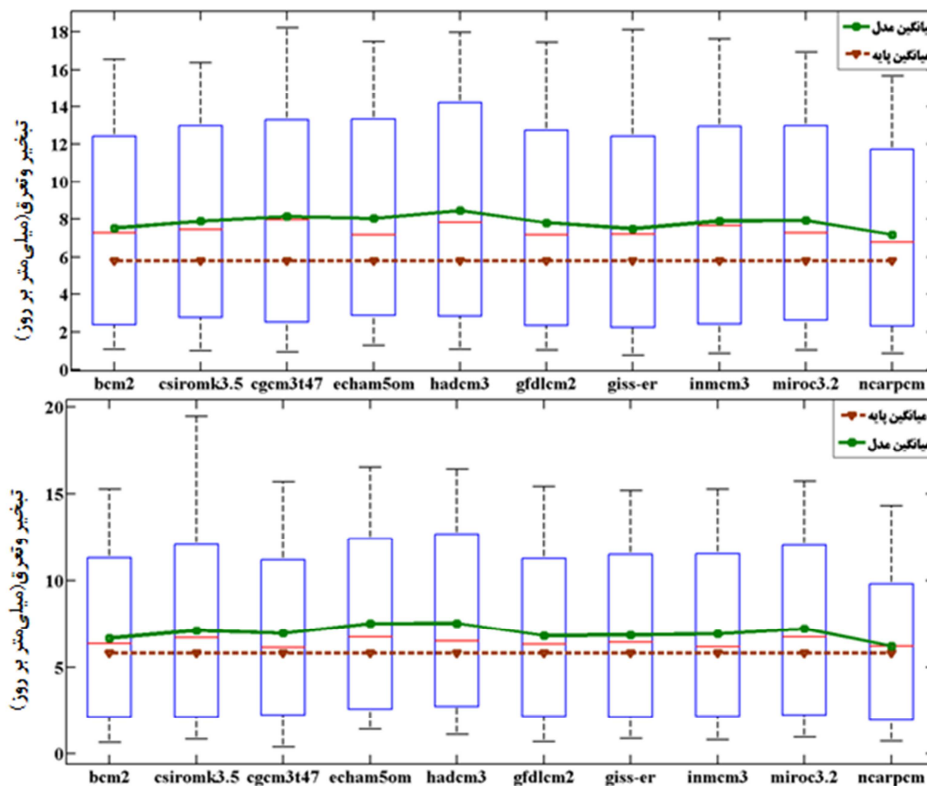
شکل ۶: نمودار جعبه‌ای دمای بیشینه روزانه مدل‌های GCM بر اساس دو سناریو A2 (بالایی) و B1 (پایینی)

شکل (۷) عدم قطعیت مدل‌های AOGCM با دو سناریو A2 و B1 را برای دوره آبی نشان می‌دهد. برای سناریو A2 مدل‌های CGCM3T47 و MIROC3.2 نسبت به مدل‌های دیگر به دلیل داشتن ضخامت باند بیشتر از قطعیت کمتری برخوردارند و مدل GFDLCM2 دارای بهترین قطعیت در بین مدل‌های می‌باشد. همچنین این شکل مشخص می‌کند میانگین داده‌های بارش روزانه در ماه از مقدار میانه داده‌ها خیلی بیشتر است و این به دلیل اختلاف زیاد مقدار بارش در زمستان و تابستان در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در شکل سناریو B1 نیز مشخص است مدل‌های HADCM3، CGCM3T47 و NCARPCM دارای کمترین قطعیت و به دلیل ضخامت باند بیشتر و مدل‌های GFDLCM2، CSIROMK3.5 و BCM2 دارای بیشترین قطعیت به دلیل ضخامت باند کمتر می‌باشند. بنابراین در مجموع دو سناریو، مدل GFDLCM2 دارای کمترین عدم قطعیت یا بیشترین قطعیت در برآورد بارش می‌باشند. همچنین برای هر دو سناریو، مقادیر میانگین نسبت به میانگین پایه مدل‌های GFDLCM2 و BCM2 در برابر مدل‌های دیگر کمتر است.



شکل ۷: نمودار جعبه‌ای بارش روزانه مدل‌های GCM براساس دو سناریو A2 (بالایی) و B1 (پایینی)

عدم قطعیت مدل‌های AOGCM در برآورد تبخیر و تعرق مرجع مشخص می‌کند که کمترین عدم قطعیت در تخمین تبخیر و تعرق مرجع برای هر دو سناریو در مدل GISS-ER و بیشترین عدم قطعیت برای مدل‌های HADCM3 و CSIROMK3.5 به ترتیب برای سناریو A2 و B1 مشاهده شد. همچنین مقادیر تبخیر و تعرق برای مدل‌ها نشان می‌دهد که مدل HADCM3 در سناریو A2 و مدل CSIROMK3.5 در سناریو B1 دارای بیشترین مقادیر تبخیر و تعرق برای دوره آتی ۲۰۸۰-۲۰۹۹ خواهند بود. عدم قطعیت سناریوهای A2 و B1 برای ده مدل AOGCM نشان می‌دهد سناریو A2 عدم قطعیت بیشتری نسبت به سناریو B1 به دلیل ضخامت بیشتر باند دارد. همچنین این نمودار مشخص می‌کند مقادیر تبخیر و تعرق مرجع در سناریو A2 نسبت به B1 بیشتر و مقادیر این دو سناریو نیز نسبت به دوره پایه بیشتر می‌باشد.



شکل ۸: نمودار جعبه‌ای تبخیر و تعرق مرجع روزانه مدل‌های GCM بر اساس دو سناریو A2 (بالایی) و B1 (پایینی)

نتیجه‌گیری

در این تحقیق سعی شد علاوه بر برآورد دما و بارش و تبخیر و تعرق، عدم قطعیت‌های ممکن در تخمین هریک از این پارامترها بصورت بررسی ماهانه و بررسی مدل‌ها و سناریوهای انتشار با استفاده از نمودار باکس پلات مورد بررسی قرار گرفت. در مورد دمای بیشینه و کمینه مشخص شد بیشترین متوسط دمای ماهیانه در ماه ژوئیه اتفاق می‌افتد و کمترین دما در ماه ژانویه اتفاق می‌افتد. بیشترین تفاوت دوره آبی و پایه برای دمای بیشینه در ماه مه برای هر دو سناریو و کمترین تفاوت در ماه ژانویه برای سناریو A2 و ژانویه و فوریه برای سناریو B1 اتفاق می‌افتد. همچنین متوسط سالیانه تفاوت دمای دوره آبی نسبت به دوره پایه برای سناریو A2 دوبرابر سناریو B1 می‌باشد. این امر بحرانی بودن سناریو A2 نسبت به B1 در روند افزایش دما در آینده را نشان خواهد داد. بیشترین مقدار بارندگی روزانه در ماه، در ماه‌های مارس و ژانویه میلادی اتفاق خواهد افتاد. در بیشتر ماه‌های سال بارش نسبت به دوره پایه کمتر خواهد شد که این کاهش در ماه‌های پر بارش فوریه تا مه برای مناطق کم بارشی مانند ایران که بیشتر بارندگی در این ماه‌ها اتفاق می‌افتد می‌تواند زمینه خشکسالی‌های شدید را در منطقه فراهم کند. تبخیر و تعرق مرجع در دوره آبی نسبت به دوره پایه به علت گرم شدن هوا بیشتر می‌شود. ماه‌های ژوئن و ژوئیه در بین ماه‌ها، بیشترین مقدار

تبخیر و تعرق و ماه‌های ژانویه و دسامبر کمترین مقدار تبخیر و تعرق روزانه در ماه را نسبت به دوره پایه داشته باشند.

مدل‌های GCM در ماه‌های گرم مقادیر تغییرات بیشتر دمای کمینه و بیشینه و در ماه‌های سرد تغییرات کمتر را برآورد می‌نمایند. در مقایسه سناریوها نیز سناریو A2 نسبت به سناریو B1 تفاوت بیشتری بین مقادیر دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ و دوره پایه نشان می‌دهد. در ماه‌های گرم علاوه بر اینکه بارش کاهش می‌یابد عدم قطعیت مدل‌ها در برآورد بارش کاهش می‌یابد. در بین ماه‌ها، ژانویه به دلیل داشتن بیشترین پهنای باند دارای بیشترین عدم قطعیت در برآورد بارش برای هر دو سناریو A2 و B1 می‌باشد. تبخیر و تعرق مرجع نیز در ماه‌های گرم مانند ژولای به دلیل دارا بودن پهنای باند بیشتر دارای بیشترین عدم قطعیت می‌باشند و این عدم قطعیت در ماه‌های سرد کمتر می‌شود. مدل‌های NCARPCM و HADCM3 به ترتیب دارای کمترین و بیشترین عدم قطعیت در برآورد دمای کمینه و بیشینه برای دو سناریو می‌باشند. همچنین در بین مدل‌ها در سناریوهای A2 و B1، مدل‌های MIROC3.2 و INMCM3 دارای میانگین دمای بالاتری نسبت به مدل‌های دیگر برای دو سناریو A2 و B1 می‌باشد. برای سناریو A2 و B1، مدل‌های CGCM3T47 و GFDLCM2 نسبت به مدل‌های دیگر بهترین و بدترین عملکرد در بین مدل‌های دیگر در برآورد بارش می‌باشد. همچنین برای هر دو سناریو، مقادیر میانگین بارش مدل GFDLCM2 نسبت به میانگین پایه نسبت به مدل‌های دیگر کمتر است. عدم قطعیت مدل‌های AOGCM در برآورد تبخیر و تعرق مرجع مشخص می‌کند که کمترین عدم قطعیت در تخمین تبخیر و تعرق مرجع برای هر دو سناریو در مدل GISS-ER و بیشترین عدم قطعیت برای مدل HADCM3 برای سناریو A2 و بیشترین عدم قطعیت در مدل‌های CSIRO3.5 در سناریو B1 مشاهده شد. همچنین مقادیر تبخیر و تعرق برای مدل‌ها نشان می‌دهد که مدل HADCM3 در سناریو A2 و مدل CSIRO3.5 در سناریو B1 دارای بیشترین مقادیر تبخیر و تعرق برای دوره آتی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ خواهند بود. همچنین سناریو A2 عدم قطعیت بیشتری نسبت به سناریو B1 به دلیل ضخامت بیشتر باند در تخمین تبخیر و تعرق دارد.

منابع

- اشرف، بتول؛ موسوی بایگی، محمد؛ کمالی، غلامعلی؛ داوری کامران (۱۳۹۰). پیش بینی نیازآبی چغندر قند در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ با استفاده از داده‌های اقلیمی شبیه سازی شده توسط مدل ریزمقیاس کننده LARS-WG (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی). نشریه آب و خاک. دوره ۲۵، شماره ۵، صص ۱۱۹۶-۱۱۸۴.
- انصاری، حسین؛ خدیوی، مهدی؛ صالح نیا، نسرین؛ بابائیان ایمان (۱۳۹۳). بررسی عدم قطعیت مدل LARS تحت سناریوهای A1B، A2 و B1 در پیش بینی بارش و دما (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک مشهد). مجله آبیاری و زهکشی ایران، دوره ۸، شماره ۴، صص ۶۷۲-۶۶۴.
- بابائیان، ایمان؛ کوهی منصوره (۱۳۹۱). ارزیابی شاخص‌های اقلیم کشاورزی تحت سناریوهای تغییر اقلیم در ایستگاه‌های منتخب خراسان رضوی. مجله آب و خاک، دوره ۲۶، شماره ۴، صص ۹۶۷-۹۵۳.
- پورعلی حسین، سیده شیما؛ مساح بوانی علیرضا (۱۳۹۲). تحلیل مخاطره و ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر دما و بارش استان آذربایجان شرقی دوره ۲۰۱۳-۲۰۲۲. مجله فیزیک زمین و فضا. دوره ۳۹، شماره ۴، صص ۲۰۸-۱۹۱.

- دلقدنی، مهدی (۱۳۹۱). ارزیابی اثرات ریسک تغییر اقلیم بر عملکرد گندم و ارائه راهکارهای سازگاری با آن (مطالعه موردی: جنوب دشت خوزستان). رساله دکتری آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱۹۹ صفحه.
- سلیمانی ننادگانی، مجید، پارسى نژاد، مسعود، عراقى نژاد، شهاب؛ مساح بوانى علیرضا (۱۳۹۱). بررسی رخداد تغییر اقلیم و تاثیر آن بر زمان کشت، طول دوره رشد و نیاز آبی گندم زمستانه (مطالعه موردی: بههر). مجله پژوهش آب ایران. شماره ۱۰، صص ۲۰-۱۰.
- قرمزچشمه، باقر؛ رسولی، علی اکبر؛ رضائی بنفشه، مجید؛ مساح بوانی، علیرضا؛ خورشید دوست علی (۱۳۹۴). بررسی عدم قطعیت مدل شبکه عصبی مصنوعی در ریزمقیاس گردانی Hadcm3 با روش فاصله اطمینان بوت استراپ، مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، دوره ۷، شماره ۳، صص ۳۱۶-۳۰۶.
- عباس نیا، محسن؛ طاووسی، تقی؛ خسروی، محمود؛ توروس حسین (۱۳۹۵). تحلیل دامنه عدم قطعیت تغییرات آینده دمای حداکثر روزانه بر روی ایران با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۵، شماره ۹۷، صص ۴۳-۲۹.
- علیزاده، امین؛ سیاری، نسرين؛ حسامی کرمانی، مسعودرضا؛ بنایان اول، محمد؛ فرید حسینی علی (۱۳۸۹). بررسی مرجع اثرات تغییر اقلیمی بر منابع و مصارف آب کشاورزی (مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه کشف رود). مجله آب و خاک. شماره ۲۴، دوره ۴، صص ۸۳۵-۸۱۵.
- کوهی، منصوره؛ ثنایی نژاد حسین (۱۳۹۲). بررسی سناریوهای تغییر اقلیم بر اساس نتایج حاصل از دو روش ریزمقیاس گردانی آماری برای متغیر تبخیر-تعرق مرجع در منطقه ارومیه. مجله آبیاری و زهکشی ایران. دوره ۷، شماره ۴، صص ۵۷۴-۵۵۹.
- میرصانع، مریم سادات؛ سهرابی ملایوسف، تیمور؛ مساح بوانی، علیرضا؛ بذرافشان جواد (۱۳۹۰). بررسی عدم قطعیت مدل های AOGCM و روش های ریزمقیاس سازی مربوط به تغییر اقلیم در شبیه سازی نیاز آبی گیاهان (مطالعه موردی: دشت قزوین). چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران.
- هوشمند، دلرام؛ خردادى محمدجواد (۱۳۹۳). بررسی عدم قطعیت مدل‌های AOGCM و سناریوهای انتشار در برآورد پارامترهای اقلیمی (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک مشهد)، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۱۱، صص ۹۲-۷۷.
- Adhikari, U. Nejadhashemi, A. P. (2016). Impacts of Climate Change on Water Resources in Malawi, *Journal of Hydrologic Engineering*, 21(11):1084-0699.
- Chung, S. O., Rodriguez-Diaz, J.A., Weatherhead, E.K., Knox, J.W (2011). Climate change impacts on water for irrigation paddy rice in South Korea, *Irrigation, and Drainage*. 60: 263-273.
- Ebrahimpour, M., Ghahreman, N., Orang, M. (2013). Assessment of Climate Change Impacts on Reference Evapotranspiration and Simulation of Daily Weather Data Using SIMETA W. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 140(2):1-10.
- Goyal, R.K. (2004). Sensitivity of evapotranspiration to global warming: A case study of arid zone of Rajasthan (India). *Agricultural Water Management*. 69: 1-11.
- IPCC-TGICA. (2007). General guidelines on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment. eds. Carter, T.R., Version 2, 71p. Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Assessment.
- Knox, J.W., Rodriguez-Diaz, J.A., Nixon, D.J., Mkhwanazi, M. (2010). preliminary assessment of climate change impacts on sugarcane in Swaziland. *Agricultural Systems*. 103, PP: 63-72.
- Li, Zh., Zheng, F.L., Liub, W.Zh. (2012). Spatiotemporal characteristics of reference evapotranspiration during 1961-2009 and its projected changes during 2011-2009 on the Loess Plateau of China. *Agricultural and Forest Meteorology*. 154- 155: 147- 155.
- Meza, F.J., Daniel, S., Wilks, D.S., Gurovich, L., Bambach, N. (2012). Impacts of Climate Change on Irrigated Agriculture in the Maipo Basin, Chile: Reliability of Water Rights and Changes in the Demand for Irrigation. *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 138, No. 5. 421-430
- Rodriguez-Diaz, J.A., Weatherhead, E.K.W., Knox, J., Camacho, E. (2007). Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain. *Reg Environmental Change*. 7:149-159.
- Semenov, M.A. (2008). Extreme impacts of climate change on wheat in England and Wales. *Asp Application Biological*. 88:37-38.
- Shahid, S. (2011). Impact of climate change on irrigation water demand of dry season Boro rice in northwest Bangladesh. *Climatic Change*, 105: 433-453.

- Thompson, J.R., Green, A.J., Kingston, D.G. (2014). Potential evapotranspiration-related uncertainty in climate change impacts on river flow: An assessment for the Mekong River basin. *Journal of Hydrology* 510:259–279.
- Woznicki, S. A., Nejadhashemi, A. P., Parsinejad, M. (2015). Climate change and irrigation demand: Uncertainty and adaptation, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 3: 247–264.

Uncertainty analysis onto models and emission scenarios of climate change for projection of the temperature, precipitation, and evapotranspiration in the Neyshabour area

Mostafa Yaghoobzadeh^{*1}, Mehdi Amirabadizadeh², Hesam Seyed Kaboli³

Received: 16-02-2017

Accepted: 30-05-2017

Abstract

Climate change is not only caused the rise in temperature but also changes in the global precipitation cycle, which leads to variation in spatial and temporal precipitation patterns. In this study, climate change impacts were investigated on temperature, precipitation, and evapotranspiration of Neyshabour plane with the uncertainty of AOGCM models and emissions scenarios in the future period (2080-2099). First, the minimum and maximum temperature and precipitation for ten models of AOGCM under scenarios A2 and B1 in the future period and the baseline period of 1992-2011 were prepared and then downscaled by using of LARS_WG model. The reference evapotranspiration was calculated by FAO-Penman-Monteith method for all models and emission scenarios. The result showed that the value of evapotranspiration and temperature during the warm months were increased and the value of precipitation was decreased during the cold months. Also, monthly uncertainty was investigated for minimum and maximum temperature, precipitation, and evapotranspiration. The temperature and evapotranspiration in the warm months and precipitation in the cold months have less uncertainty than the other months. Also, the results of uncertainty analysis for models and emission scenarios are showed that NCARPCM and HADCM3 models in the estimation of minimum and maximum temperature, CGCM3T47as well as GFDLCM2 models in the estimation of precipitation have the best uncertainty results based on the two scenarios, respectively. The uncertainty analysis of AOGCM models determined that the best of uncertainty in the estimation of reference evapotranspiration for two scenarios is observed in the result of GISS-ER model. Also, the A2 scenario has the better function than the B1 scenario in the estimation of evapotranspiration parameter.

Keywords: Climate change, Uncertainty Analysis, AOGCM models, emissions scenarios, reference evapotranspiration.

^{1*}- Assistant Professor of water engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

Email: M.Yaghoobzadeh@birjand.ac.ir

²- Assistant Professor of water engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

³- Assistant Professor, Faculty of Civil Engineering, Jondishapur University of Technology, Dezful, Iran.