



"گزارش فنی"

پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی دما و بارش توسط مدل چندگانه خطی SDSM (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک تهران)

محمدحسین جهانگیر^۱، نسیمه امرایی^۲ و اقبال نوروزی^۳

۱- استادیار دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران، (نویسنده مسوول: mh.jahangir@ut.ac.ir)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی اکوهیدرولوژی، دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران

تاریخ ارسال: ۹۵/۱۱/۰۹ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۹/۱۶

صفحه: ۳۰۳ تا ۳۱۱

چکیده

یکی از ایراداتی که به مدل‌های GCM وارد است، بزرگ‌بودن مقیاس مکانی متغیرهای اقلیمی شبیه‌سازی شده می‌باشد که در این صورت برای مطالعات هیدرولوژیکی و منابع آب از دقت کافی برخوردار نیستند. بنابراین می‌بایست آن‌ها را از طریق روش‌های مختلف کوچک مقیاس نمود؛ سپس با استفاده از خروجی‌های ریزمقیاس‌نمایی‌شده این مدل‌ها اثرات اقلیم در مطالعات هیدرولوژیکی مورد ارزیابی قرار گیرد. لذا در این پژوهش به منظور بررسی اثر تغییر اقلیم در مقیاس ایستگاهی از مدل آماری SDSM استفاده شده است. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل مقادیر روزانه بارش و دما ایستگاه سینوپتیک تهران، داده‌های باز تحلیل NCEP و خروجی‌های دو مدل HadCM3 (داده‌های نسل سوم مدل جهانی اقلیم تحت سناریوی A2 و B2) و CanESM2 تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 می‌باشد. میزان بارش و دما تحت مدل HadCM3 برای سه دوره (۲۰۳۱-۲۰۰۱)، (۲۰۶۱-۲۰۳۲) و (۲۰۹۱-۲۰۶۲) پیش‌بینی و با دوره پایه مورد مقایسه قرار گرفته است. با توجه به پارامترهای آماری، تحت سناریوهای A2 و B2 برای مقادیر بارش و دما به ترتیب برابر: $(R^2=0/61, MAE=4/3, RMSE=1/48)$ و $(Nash=0/86, MAE=0/413, RMSE=0/127, R^2=0/99)$ مشاهده شد. در دوره ۲۰۳۱-۲۰۰۱، ۲۰۶۱-۲۰۳۲ و ۲۰۹۱-۲۰۶۲، میانگین بارش به ترتیب ۰/۱، ۰/۴، ۰/۱ میلی‌متر نسبت به دوره پایه کاهش و میانگین دما نیز به ترتیب برابر ۴/۹، ۴/۷ و ۴/۷ سانتی‌گراد نسبت به دوره پایه در ایستگاه مورد مطالعه افزایش می‌یابد. خروجی مربوط به مدل CanESM2 نشان داد؛ که میزان دما تحت سناریوهای RCP روندی افزایشی داشته و میزان بارش تغییرات نامنظم در ماه‌ها و فصول مختلف داشته است.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، ریزمقیاس‌نمایی، سناریو، مدل‌های GCM، مدل HADCM3

مقدمه

دمای سطح زمین از اواسط قرن ۱۹ تاکنون روند افزایشی داشته است. در این دوره، سه دهه اخیر گرم‌ترین سال‌ها را به‌خود اختصاص داده‌اند. این روند افزایشی در دمای کره زمین و همچنین تغییر در خصوصیات فیزیکی جو اشاره به تغییرات اقلیمی دارد. امروزه مدل‌های گردش عمومی جو قوی‌ترین ابزار برای تولید سناریوهای اقلیمی می‌باشند. خروجی‌های این مدل‌ها دارای دقت مکانی پایینی هستند. لذا در صورتی که خروجی این مدل‌ها مستقیماً به‌عنوان ورودی مدل‌های هیدرولوژیکی قرار گیرد باعث افزایش عدم قطعیت می‌شود. برای ریزمقیاس‌نمایی داده‌های اقلیمی از بین روش‌های مختلف، بیشتر از مدل‌های آماری استفاده می‌کنند. یکی از دلایل استفاده از این مدل‌ها عملکرد سریع و آسان این روش‌ها می‌باشد. از جمله مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرد مدل SDSM می‌باشد.

ویلی و همکاران (۲۱) به ارزیابی منطقه‌ای اثرات تغییر اقلیم با استفاده از مدل SDSM در تورنتو کانادا پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مدل SDSM عملکرد مناسبی را نشان نمی‌دهد و ممکن است در نسخه‌های بالاتر این مدل نتایج بهتری حاصل شود. سجاد خان و همکاران (۱۴) به مقایسه روش‌های ریزمقیاس‌نمایی SDSM، LARS-WG و شبکه عصبی (ANN) از راه آزمون‌های عدم

قطعیت برای مولفه‌های بارش روزانه، کمینه و بیشینه دمای روزانه پرداختند. براساس نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، روش SDSM بیشترین کارایی و روش ANN کمترین کارایی را داشت و روش LARS-WG در حد وسط قرار گرفت. کارآموز و همکاران (۱۰) به بررسی پیش‌بینی بلندمدت بارش با استفاده از مدل‌های آماری ریزمقیاس‌نمایی (SDSM) و مدل‌سازی شبکه‌های عصبی پرداختند و دریافتند که نتایج به‌دست آمده از مدل SDSM بهتر از مدل شبکه عصبی بوده است. چو و همکاران (۵) ارزیابی‌هایی در زمینه مدل SDSM در شبیه‌سازی دمای هوا، تبخیر، بارش و برخی رویدادهای حدی دما و بارش در یک سری از ایستگاه‌های هواشناسی در حوضه رودخانه‌های چین انجام داده‌اند که نتایج نشان‌دهنده قابلیت مناسب این مدل در ریزمقیاس‌نمایی بارش، دما و تبخیر بود. صمدی‌نقاب و همکاران (۱۵) مقاله‌ای را در به‌کارگیری مدل SDSM جهت ریزمقیاس‌سازی داده‌های GCM بارش و دما در پیش‌بینی اقلیمی ایستگاهی در ایران انجام دادند. نتایج نشان داد که پارامترهای به‌کار برده شده به‌خوبی توسط مدل SDSM ریزمقیاس شده‌اند و به‌طور کلی مدل توانمندی مدل‌سازی و ریزمقیاس‌سازی اقلیم دوره گذشته در ایستگاه‌های تحت مطالعه را دارا می‌باشد. دهقانی‌پور و همکاران (۷) در مقاله‌ای به بررسی و ارزیابی توانمندی مدل SDSM در ریزمقیاس‌نمایی بارش، دما و

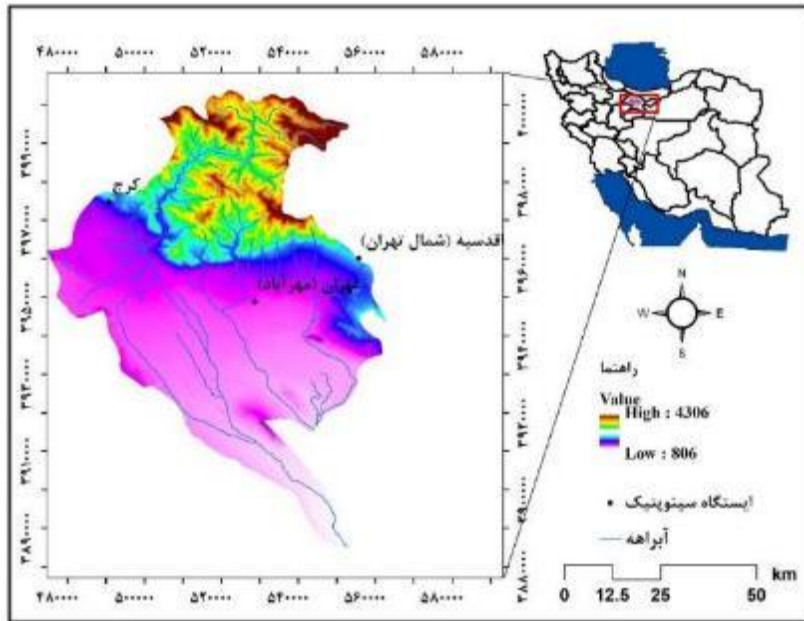
همکاران (۴)، در تحقیقی به بررسی و تحلیل اثر تغییر اقلیم بر رژیم بارش‌های حداکثری حوزه سیل برگردان غرب در سه افق زمانی ۲۰۳۶، ۲۰۶۰ و ۲۰۹۰ بر اساس داده‌های گزارش ارزیابی پنجم IPCC و تحت سناریوی RCP8.5 پرداختند. نتایج مدل‌سازی‌های صورت‌گرفته در مجموع حاکی از افزایش مقدار بارش در دوره‌های زمانی آینده است. همچنین نتایج حاصل از تحلیل بارش‌های حدی حوزه نیز نشان می‌دهد که با حرکت به سمت آینده دور مقدار و شدت بارش‌های حداکثر سالانه برای یک دوره بازگشت معین افزایش می‌یابد. آبکار و همکاران (۱) به بررسی تحت عنوان حساسیت مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM به داده‌های باز تحلیل‌شده در مناطق خشک پرداختند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد استفاده از داده‌های بازتحلیل شده مدل HadCM3 به منظور شبیه‌سازی سه شاخص دمایی، حداکثر، حداقل و متوسط درجه حرارت در مقیاس روزانه نتایج بهتری را حاصل کرده است. بیشترین CGCM داده‌های بازتحلیل‌شده مدل به شاخص دمایی حداکثر درجه SDSM حساسیت مدل حرارت روزانه است. یعقوبی و مساح بوانی (۲۳) در مقاله‌ای به بررسی تأثیر پدیده تغییر اقلیم بر رواناب حوزه رودخانه اعظم هرات، در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۵ میلادی با لحاظ نمودن خطای مربوط به پارامترهای تنظیم مدل بارش رواناب و عدم قطعیت دو مدل بارش رواناب IHACRES و HEC-HMS، سناریوهای اقلیمی A1B، A2 و B1 حاصل از مدل‌های AOGCM و دو مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری LARS-WG و SDSM پرداخته‌اند و نتایج حاکی از آن است که در واسنجی مدل SDSM، برای بارش و دمای ماکزیمم و مینیمم متغیرهای بزرگ مقیاس ارائه شده که با تجزیه و تحلیل سالانه و آنالیز بخشی به‌دست آمد، بالاترین همبستگی را نشان دادند. لذا در این پژوهش به‌منظور بررسی اثر تغییر اقلیم و پیش‌بینی متغیرهای دما و بارش در مقیاس ایستگاهی از مدل آماری SDSM استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر بر روی ایستگاه سینوپتیک تهران انجام گرفته است. این ایستگاه در موقعیت طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۴ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه قرار دارد و ارتفاع از سطح دریا در این ایستگاه ۱۹۷۵/۵ متر و دارای اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد. شکل (۱) موقعیت ایستگاه سینوپتیک تهران (مهرآباد) را نشان می‌دهد.

تبخیر در ایستگاه سینوپتیک تبریز پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که مدل SDSM توانایی مناسبی در کوچک مقیاس کردن داده‌های بارش، دما و تبخیر دارد. هاشمی و همکاران (۸) به مقایسه دو مدل SDSM و LARS-WG در شبیه‌سازی دوره بازگشت بارش‌های حدی در اقلیم حاضر و آینده پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند که هر دو مدل توانایی خوب و مشابهی در شبیه‌سازی بارش حدی دارند. کوهی و همکاران (۱۱) در بررسی ریزمقیاس‌نمایی آماری و ارائه سناریوهای آتی رویدادهای حدی بارش در حوضه کشف رود به این نتیجه رسیدند که در بین روش‌های ریزمقیاس‌نمایی، SDSM بهترین روش برای پژوهش‌های مرتبط با تغییر اقلیم است و همچنین با محاسبه نمایه‌های حدی بارش، الگوهای تغییر بارش روزانه و نمایه‌های حدی طی دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ میلادی بررسی شد که چنین نتایجی امکان مطالعه اثرات هیدرولوژیکی تحت تاثیر تغییر اقلیم آتی حوضه کشف رود را فراهم می‌سازد. شفائی و همکاران (۱۶) بررسی تاثیرات تغییر اقلیم بر بهره‌برداری از مخازن سطحی حوضه گرگانرود با استفاده از روش SDSM برای ریزمقیاس‌سازی داده‌های هواشناسی بارش و دما، انجام دادند. نتایج حاصل از صحت‌سنجی در همه ایستگاه‌های بررسی شده، تطابق قابل‌قبولی را بین داده‌های تاریخی و داده‌های ریزمقیاس‌شده توسط مدل SDSM را نشان می‌دهد. علیزاده و زهرایی (۲) به مقایسه مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری در شبیه‌سازی بارش روزانه در ایستگاه سد لتیان پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند که مدل SDSM در شبیه‌سازی میانگین و انحراف معیار بارش موفق‌تر عمل کرده است. طائی سمیرمی و همکاران (۱۹) به بررسی شبیه‌سازی و پیش‌بینی برخی از متغیرهای اقلیمی توسط مدل چندگانه خطی SDSM و مدل‌های گردش عمومی جو در حوزه آبخیز بار نیشابور پرداخته‌اند و نتایج حاصل از ریزمقیاس‌سازی مدل SDSM نشان داد که در بین مدل‌های Hadcm3 و CGCM 1 و سناریوهای A1، A2 و B2 مدل Hadcm3 تحت سناریوی A2 دقت آماری بالاتری در تولید داده‌های اقلیمی دارد.

رضائی و همکاران (۱۳) بررسی را با موضوع کارایی مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری (SDSM) در پیش‌بینی پارامترهای دمایی در دو اقلیم خشک و نیمه‌خشک کرمان و بم انجام دادند که نتایج حاکی از آن است که در برآورد میزان دمای بیشینه و میانگین کرمان دارای کارایی و دقت بیشتری نسبت به ایستگاه سینوپتیک بم بوده ولی در مجموع مدل عملکرد مناسب و رضایت بخشی را در دو منطقه داشته است. بینش و

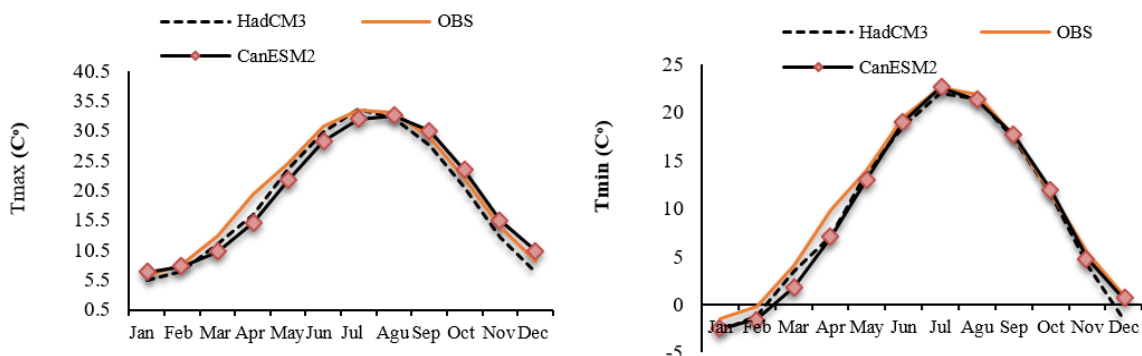


شکل ۱- موقعیت ایستگاه سینوپتیک تهران (مهرآباد)
Figure 1. Position of the Synoptic Station of Tehran (Mehrabad)

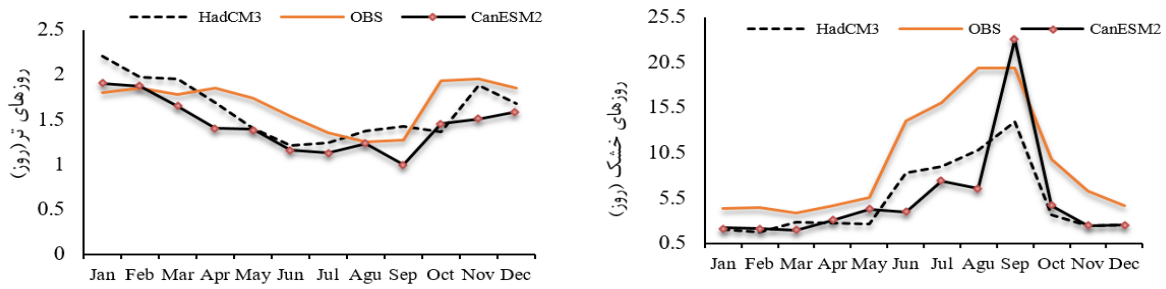
آینده در شکل‌های ۴ تا ۷ نشان داده شده است. به‌طور متوسط در سناریو A2، در دوره‌های اول، دوم و سوم در مورد بارش به‌ترتیب حدود ۴/۹، ۴/۷ و ۴/۵ میلی‌متر نسبت به دوره پایه کاهش و در مورد دما به‌ترتیب حدود ۰/۱، ۰/۴ و ۰/۱ سانتی‌گراد نسبت به دوره پایه افزایش را نشان می‌دهد. تحت سناریو B2 در دوره‌های زمانی ذکر شده در مورد بارش به‌ترتیب حدود ۴/۴، ۴/۱ و ۴/۰ میلی‌متر کاهش و در مورد دما به‌ترتیب حدود ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۲ سانتی‌گراد نسبت به دوره پایه افزایش را نشان می‌دهد. تغییرات بارندگی و دما ایستگاه سینوپتیک تهران در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه شده است.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به مرحله واسنجی در شکل‌های (۳ و ۲) نشان می‌دهد؛ که مدل SDSM به‌خوبی دمای کمینه و بیشینه را ارزیابی کرده و نسبت به بارش نتایج مناسب‌تری داشته است. با بررسی مقادیر جدول (۱) می‌توان با توجه به آماره‌های ارزیابی دریافت؛ که مدل‌های HadCM3 و CanESM2 تدوین شده با استفاده از متغیرهای بزرگ مقیاس در برآورد میزان دمای کمینه و بیشینه ماهانه ایستگاه سینوپتیک تهران بیانگر کارایی بالای مدل در اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد. بارش و دمای ماهانه برآوردی ایستگاه تهران در دوره پایه و



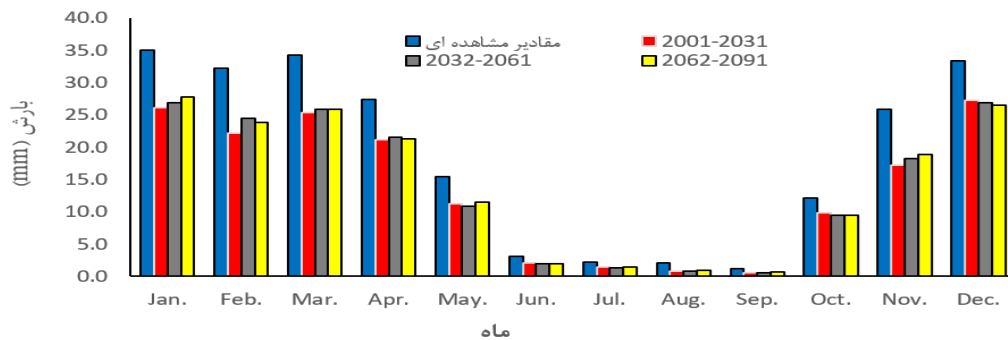
شکل ۲- مقایسه دمای کمینه و بیشینه ماهانه مشاهداتی و شبیه‌سازی شده توسط دو مدل HadCM3 و CanESM2 در دوره واسنجی
Figure 2. Comparison of the minimum and maximum monthly observation temperatures simulated by the HadCM3 and CanESM2 models during the calibration period



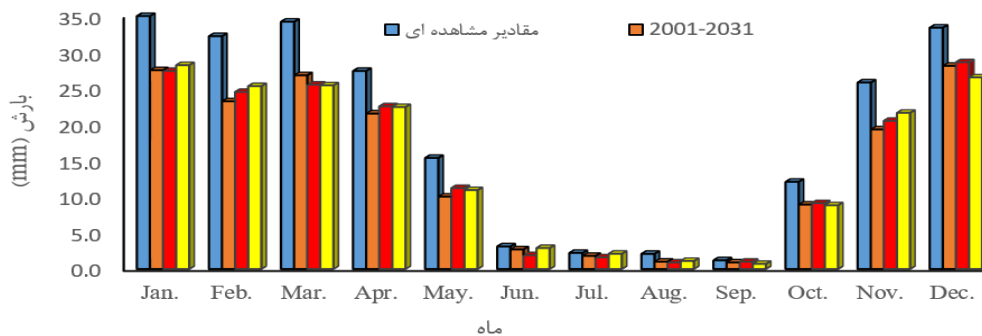
شکل ۳- مقایسه روزهای تر و خشک، ماهانه مشاهداتی و شبیه‌سازی شده توسط دو مدل HadCM3 و CanESM2 در دوره واسنجی
Figure 3. Comparison of wet and dry days, monthly observation and simulated by HadCM3 and CanESM2 models during calibration period

جدول ۱- محاسبه معیارهای آماری ارزیابی کارایی مدل‌های HadCM3 و CanESM2
Table 1. Calculation of statistical criteria for the performance evaluation of HadCM3 and CanESM2 models

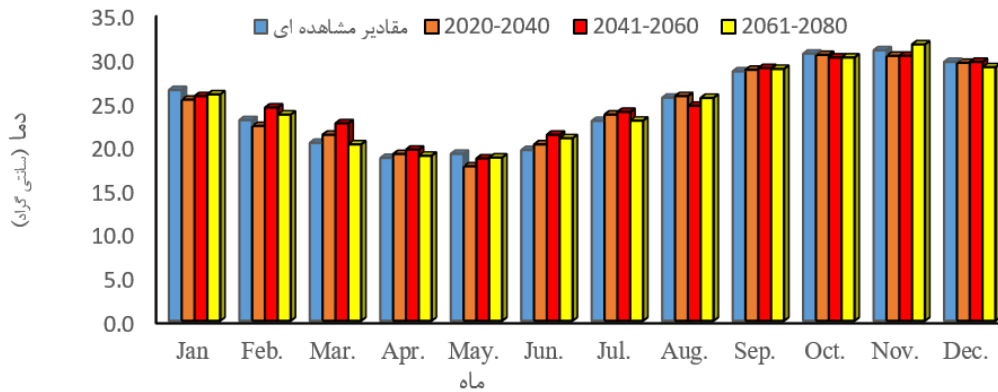
SDSM				متغیر	مدل
NSE	R ²	RMSE	MAE		
۰/۸۶	۰/۶۱	۱/۴۸	۴/۳	بارش	HadCM3
۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۱۲۷	۰/۴۱۳	دمای متوسط	
۰/۸۵	۰/۶۵	۲/۶۶	۳/۴۴	بارش	CanESM2
۰/۷۸	۰/۹۶	۰/۷۸	۱/۳۶	دمای کمینه	
۰/۶۷	۰/۹۵	۰/۶۴	۰/۹۷	دمای بیشینه	



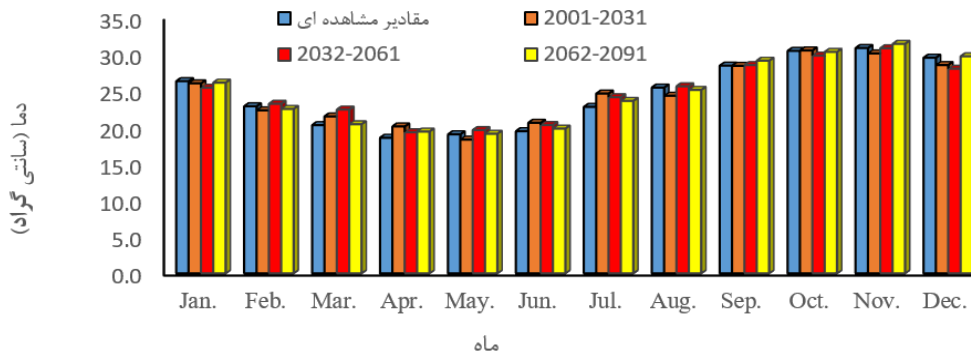
شکل ۴- مقایسه میزان بارش مشاهداتی و شبیه‌سازی شده دوره‌های آبی ایستگاه تهران توسط سناریو A2
Figure 4. Comparison of observed and simulated precipitation rates of Tehran's future stations by A2 scenario



شکل ۵- مقایسه میزان بارش مشاهداتی و شبیه‌سازی شده دوره‌های آبی ایستگاه تهران توسط سناریو B2
Figure 5. Comparison of observed and simulated precipitation in future periods of Tehran station by B2 scenario



شکل ۶- مقایسه میزان دما (متوسط) مشاهداتی و شبیه‌سازی شده دوره‌های آتی ایستگاه تهران توسط سناریو A2
Figure 6. Comparison of observed and simulated temperature (average) of future periods of Tehran station by A2 scenario



شکل ۷- مقایسه میزان دما (متوسط) مشاهداتی و شبیه‌سازی شده دوره‌های آتی ایستگاه تهران توسط سناریو B2
Figure 7. Comparison of observed (simulated) temperature (simulated) temporal periods of Tehran station by B2 scenario

جدول ۲- تغییرات بارندگی ایستگاه سینوپتیک تهران در دوره آتی (پیش‌بینی شده تحت سناریو A2 و B2)
Table 2. Rainfall variation of Tehran synoptic station in the upcoming period (predicted under scenario A2 and B2)

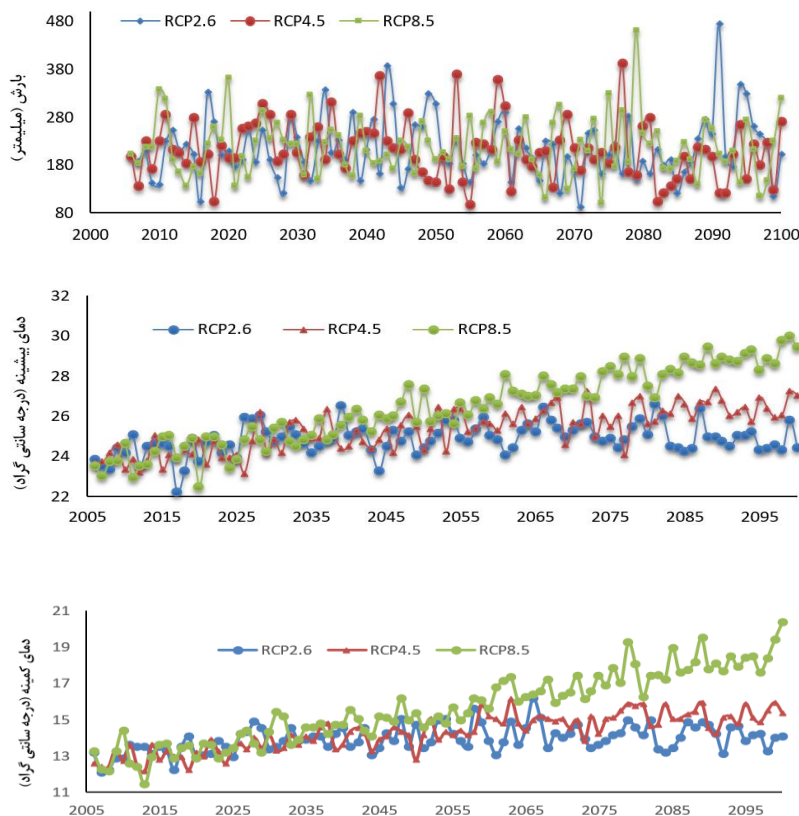
۲۰۹۱-۲۰۶۲		۲۰۶۱-۲۰۳۲		۲۰۳۱-۲۰۰۱		دوره پایه ۱۹۶۱-۲۰۰۱	
B2	A2	B2	A2	B2	A2	بارندگی (mm)	ماه
۲۸/۲	۲۷/۱	۲۷/۴	۲۷/۶	۲۷/۵	۲۷/۲	۳۵/۰	ژانویه
۲۸/۳	۲۸/۵	۲۸/۵	۲۸/۱	۲۸/۲	۲۸/۴	۳۲/۲	فوریه
۳۲/۴	۳۲/۲	۳۲/۵	۳۲/۷	۳۲/۸	۳۲/۳	۳۴/۲	مارس
۲۶/۴	۲۵/۹	۲۶/۵	۲۶/۴	۲۵/۶	۲۵/۶	۲۷/۴	آوریل
۲۴/۹	۲۵/۹	۲۴/۲	۲۴/۸	۲۴/۰	۲۵/۱	۱۵/۴	می
۳/۱	۳/۶	۲/۹	۳/۰	۲/۷	۲/۷	۳/۱	ژوئن
۲/۱	۲/۲	۱/۶	۱/۵	۱/۸	۱/۸	۲/۲	ژوئیه
۱/۷	۱/۸	۱/۸	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۲/۱	اوت
۰/۷	۰/۷	۰/۹	۱/۱	۰/۹	۰/۸	۱/۲	سپتامبر
۸/۸	۸/۴	۸/۸	۸/۲	۸/۹	۸/۴	۱۲/۱	اکتبر
۲۰/۶	۲۰/۶	۲۱/۵	۱۹/۳	۲۲/۳	۲۰/۵	۲۵/۸	نوامبر
۳۴/۵	۳۴/۲	۳۴/۶	۳۳/۳	۳۴/۱	۳۴/۲	۳۳/۴	دسامبر
۲۱۱/۷	۲۱۱/۱	۲۱۱/۲	۲۰۷/۴	۲۱۱/۰	۲۰۸/۲	۲۲۴/۰	سالانه

جدول ۳- تغییرات دما ایستگاه سینوپتیک تهران در دوره آتی (پیش بینی شده تحت سناریو A2 و B2)
 Table 3. Temperature variation of Tehran synoptic station in the upcoming period (predicted under scenario A2 and B2)

۲۰۹۱-۲۰۶۲		۲۰۶۱-۲۰۳۲		۲۰۳۱-۲۰۰۱		دوره پایه ۱۹۶۱-۲۰۰۱	
B2	A2	B2	A2	B2	A2	دما (سانتی گراد)	ماه
۲۶/۱	۲۵/۸	۲۵/۴	۲۵/۶	۲۶/۰	۲۵/۲	۲۶/۳	ژانویه
۲۲/۵	۲۳/۵	۲۳/۲	۲۴/۳	۲۲/۳	۲۲/۲	۲۲/۹	فوریه
۲۰/۴	۲۰/۱	۲۲/۴	۲۲/۵	۲۱/۵	۲۱/۲	۲۰/۳	مارس
۱۹/۴	۱۸/۸	۱۹/۳	۱۹/۵	۲۰/۱	۱۹/۰	۱۸/۶	آوریل
۱۹/۱	۱۸/۶	۱۹/۶	۱۸/۵	۱۸/۳	۱۷/۶	۱۹/۰	می
۱۹/۸	۲۰/۸	۲۰/۳	۲۱/۲	۲۰/۶	۲۱/۱	۱۹/۵	ژوئن
۲۳/۶	۲۲/۸	۲۴/۱	۲۳/۸	۲۴/۶	۲۳/۵	۲۲/۸	ژوئیه
۲۵/۱	۲۵/۴	۲۵/۶	۲۴/۵	۲۴/۳	۲۵/۶	۲۵/۴	اوت
۲۹/۱	۲۸/۷	۲۸/۵	۲۸/۸	۲۸/۴	۲۸/۶	۲۸/۴	سپتامبر
۳۰/۳	۳۰/۰	۲۹/۸	۳۰/۰	۳۰/۵	۳۰/۳	۳۰/۴	اکتبر
۳۱/۴	۳۱/۵	۳۰/۸	۳۰/۲	۳۰/۱	۳۰/۲	۳۰/۸	نوامبر
۲۷/۹	۲۸/۹	۲۸/۰	۲۹/۵	۲۸/۵	۲۹/۴	۲۹/۵	دسامبر
۲۴/۷	۲۴/۶	۲۴/۸	۲۴/۹	۲۴/۶	۲۴/۵	۲۴/۵	متوسط سالانه

افزایشی در فصول مختلف داشته است ولی روند کلی تغییرات دما افزایشی بوده است، که با تحقیقات انجام گرفته همخوانی دارد (۱۵).

شکل (۸) نیز مقادیر محاسبه شده بارش و دمای کمینه و بیشینه را نشان می دهد. که نشان از گرمتر شدن ایستگاه سینوپتیک تهران در دهه های آتی می باشد. همان طور که در شکل مشخص هست مقادیر بارش تغییرات کاهشی و



شکل ۸- تغییرات بارش و دمای کمینه و بیشینه تحت سناریوهای RCP
 Figure 8. Changes in rainfall and minimum and maximum temperatures under RCP scenarios

تغییر اقلیم می‌تواند باعث تغییرات زمانی و مکانی متغیرهای اقلیمی شود. در این پژوهش دوره‌های سالانه ۳۰ ساله که از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۳۱ (دوره اول)، ۲۰۳۲ تا ۲۰۶۱ (دوره دوم) و ۲۰۶۲ تا ۲۰۹۱ (دوره سوم) برای پیش‌بینی انتخاب شده است که تحت مدل HadCM3 و سناریوی A2 بارندگی (در دوره اول ۷/۰۵ درصد، در دوره دوم ۷/۴ و در دوره سوم ۵/۷ درصد کاهش) و دما (در دوره اول صفر درصد، در دوره دوم ۱/۶ درصد و در دوره سوم ۰/۴ درصد افزایش) و تحت سناریوی B2 بارندگی (در دوره اول ۵/۸ درصد، در دوره دوم ۵/۷ درصد و در دوره سوم ۵/۵ درصد کاهش) و دما (در دوره اول ۰/۴ درصد، در دوره دوم ۱/۲ درصد و در دوره سوم ۰/۸ درصد افزایش) تغییر کرده است و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، در طول قرن حاضر دما رو به افزایش و بارش رو به کاهش است و هرچه به اواخر قرن نزدیک‌تر می‌شویم این شرایط تشدید می‌شود که این دلیل بر جدی‌بودن وضعیت تغییر اقلیم در ایستگاه مورد مطالعه می‌باشد. تغییرات مدل CanESM2 تحت سناریوهای RCP نشان داد که میزان تغییرات دما در سه دوره مورد بررسی و اکثر فصول روند افزایشی داشته است؛ که نشان از گرم‌تر شدن ایستگاه سینوپتیک تهران در دهه‌های آتی می‌باشد. اما مقادیر بارش تغییرات کاهشی و افزایشی در فصول مختلف داشته است.

در پژوهش انجام شده اقدام به شبیه‌سازی و پیش‌بینی برخی از متغیرهای اقلیمی با استفاده از مدل چندگانه خطی SDSM در ایستگاه سینوپتیک تهران شد. در این تحقیق از مدل HADCM3 تحت سناریوهای A2 و B2 براساس پارامترهای آماری مشخص شد که مدل HADCM3 تحت سناریو B2 در مورد بارش و تحت سناریو A2 در مورد دما تطابق بیشتری با شرایط اقلیمی ایستگاه در دوره پایه دارد. نتایج مربوط به دو مدل HadCM3 و CanESM2 نشان داد؛ دو مدل با دقت خوبی قادر به پیش‌بینی پارامترهای دمایی برای ایستگاه سینوپتیک تهران است. مقایسه سناریوهای گزارش چهارم (A2، B2) و گزارش پنجم (RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5) نشان داد که میزان دما برای هر دو سری سناریو روندی افزایشی برای ایستگاه سینوپتیک تهران داشته است. میزان تغییرات بارش در ماه‌های مختلف تغییرات متفاوتی داشته است.

داده‌های درجه حرارت همبستگی بهتری با داده‌های مشاهداتی در دو مدل HadCM3 و CanESM2 در مقایسه با داده‌های بارندگی داشته‌اند، این بدان علت است که تغییرپذیری دما نسبت به بارندگی کمتر است و دما یک پارامتر با توزیع احتمالی نرمال می‌باشد. بارندگی یک متغیر گسسته است بنابراین حل مشکل همبستگی در توسعه مدل‌های تغییر اقلیم در آینده می‌بایست مدنظر قرار گیرد.

منابع

1. Abkar, A.J., M. Habibnezhad, K. Suleymani and H. Naghavi. 2015. Sensitivity of the statistical downscaling model (SDSM) to reanalysis data in arid areas. *Journal of arid Biome*, 4(2): 11-27 (In Persian).
2. Alizadeh, H. and B. Zahraei. 2013. A comparison of statistical downscaling models for simulation of daily precipitation. 16th Conference of Iran Geophysics, Tehran, Iran, 128-132 pp (In Persian).
3. Binesh, N., M.H. NikSokhan and A. Sarang. 2018. Analysis of Climate Change Impact on Extreme Rainfall Events in the West Flood Diversion catchment of Tehran. *Journal of Watershed Management Research*, 9(17): 226-234 (In Persian).
4. Chu, J.T., J. Xia, C.Y. Xu and V.P. Singh. 2010. Statistical downscaling of daily mean temperature, pan evaporation and precipitation for climate change scenarios in Haihe River. *Journal of Theoretical and Applied Climatology*, 99(1-2): 149-161.
5. Dehghanipoor, A.H., M.J. Hassanzadeh, J. Atari and Sh. Araghnejad. 2011. SDSM capability evaluation model downscaling of precipitation, temperature and evaporation of Tabriz synoptic stations. 11th General Irrigation Seminar and Evaporation Reduction, Shahid Bahonar, Kerman, Iran, 101-110 pp (In Persian).
6. Hashemi, M.Z., A.Y. Shamseldin and B.W. Melville. 2011. Comparison of SDSM and LARS-WG for simulation and Downscaling of extreme precipitation events in a watershed. *Journal of Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 25(4): 475-484.
7. Karamouz, M., M. Fallahi, S. Nazif and M. Rahimi Farahani. 2009. Long lead rainfall prediction using statistical downscaling and artificial neural network modeling. *Journal of Civil Engineering*, 16(2): 165-172 (In Persian).
8. Kouhi, M., M. Mousavi Baygi, A.R. Farid Hosseini, S.H. Sanaei Nejad and H. Jabbari Nooghabi. 2012. Statistical Downscaling of Extremes of precipitation and construction of their future scenarios in the Kashfroud Basin. *Journal of Climate Research*, 12(3): 35-53 (In Persian).
9. Sajjad Khan, M., P. Coulibaly and Y. Dibike. 2006. Uncertainty Analysis of Statistical Downscaling Methods. *Journal of Hydrology*, 319(1-2): 357-382.
10. Samadi Neghab, S., M. Habibi Nokhandan and F. Zabol Abbasi. 2013. Using dsdm model to downscaling precipitation and temperature GCM data for study station climate predictions over Iran. *Journal of Climate Research*, 5(2): 57-68 (In Persian).
11. Shafaei, A.H., Sh. AraghiNejad and A.R. Massah Bavani. 2014. Assessment of climate change impacts on operation of Gorgan Rud basin's dams. *Journal of Water and Irrigation Management*, 3(2): 43-58 (In Persian).

12. Taei Semiromi, S., H.R. Moradi and M. Khodagholi. 2014. Evaluation change in nayshabour bar river flow under differents climate change scenarios. *Journal of Humans and the Environment*, 12(2): 1-19 (In Persian).
13. Wilby, R.L., C.W. Dawson and E.M. Barrow. 2002. Sdsm a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. *Journal of Environmental Modelling and Software*, 17(2): 147-159.
14. Yaghobi, M. and A.R. MassahBavani. 2016. Comparison and evaluation of different sources of uncertainty in the study of climate change impact on runoff in semi-arid basins (case study: azam harat river basin). *Journal of Water resources research*, 11(3): 113-130 (In Persian).
15. Yaghobi, M. and A.R. MassahBavani. 2013. Investigating the impact of climate change on runoff in semi-drought Basins: A case study (azam Harat Basin). First conference on climate change and twoards sustainable future, Tehran, Iran, 77-89 pp (In Persian).

"Technical Report"

Predicting Variables Climate, Temperature and Precipitation by Multiple Linear the Model SDSM (Case Study: Tehran Synoptic Station)

Mohammad Hosein Jahangir¹, Nasibeh Amrai² and Eghbal Norozi³

1- Assistant Professor, Renewable Energies and Environment Dep., Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran

2 and 3- M.Sc. Student, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran

Received: 28 January, 2017 Accepted: 7 December, 2019

Abstract

One criticism that has been leveled GCM models, large spatial scale is the simulated climate variables in which case for hydrological studies and water resources are not sufficiently accurate. So designing them through different methods of small scale. Then, using downscaled-exposed Output, these new models in hydrologic studies evaluated the effects of climate of the downscaling methods; statistical methods by the performance of most interest to hydrologists are quick and easy. The aim of this study was to evaluate the effect of climate change on a scale of SDSM station of the statistical model is used. The data used in this study included daily temperature and precipitation values synoptic station in Tehran, open data and analysis NCEP Output HadCM3 (data for third generation global climate model under A2 and B2) for the base period (1961-2001) respectively. Precipitation and temperature for three terms (2001-2031), (2032-2061) and (2062-2091) was predicted and compared with the base period. According to the statistical parameters, under the A2 and B2 scenarios for temperature and precipitation amounts, respectively: (RMSE = 1.48, MAE = 4.3, R2 = 0.99 and Nash = 0.86) and (RMSE = 0.127, MAE = 0.413, R2 = 0.99 and Nash = 0.99) was observed. The results showed that during 2031-2001, 2061-2032 and 2091-2062, the average rainfall respectively 0.1, 0.4 and 0.1 mm compared to the baseline decreased and the average temperature of respectively 4.9, 4.7 and 4.7 °C over the period in the study, increases base station.

Keywords: Climate Change, Downscaling, Model Hadcm3, Models Gcm, Scenario