

ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای و پدیده گرمایش است. بررسی‌ها نشان می‌دهند که پدیده تغییر اقلیم می‌تواند بر بخش‌های مختلف مانند منابع آب، کشاورزی، محیط‌زیست، صنعت، بهداشت و غیره، اثرات منفی برجای بگذارد [۸]. مدل‌های گردش عمومی جو (GCM)، بر اساس سناریوهای مختلف اقلیمی توسعه یافته‌اند که اثر گازهای گلخانه‌ای را شبیه‌سازی می‌کنند. این مدل‌ها می‌توانند تغییرات اقلیم آینده را پیش‌بینی کنند. یکی از ضعف‌های مدل GCM این است که برای مطالعات هیدرولوژی و منابع آب در محدوده حوزه‌های آبخیز از دقت کافی برخوردار نیستند. جهت تولید سناریوهای اقلیمی منطقه‌ای از مدل‌های چرخه عمومی، روش‌های مختلفی وجود دارد که روش‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری یکی از آن روش‌هاست ریزمقیاس‌نمایی به معنای ایجاد ارتباط بین پیش‌بینی‌کننده‌های جوی بزرگ‌مقیاس و متغیرهای پیش‌بینی‌شونده در منطقه محلی است. روش‌های ریزمقیاس‌نمایی به دو گروه عمده تقسیم می‌شوند: الف) ریزمقیاس‌نمایی دینامیکی^۳ ب) ریزمقیاس‌نمایی آماری^۱، روش ریزمقیاس‌نمایی آماری مزایای بیشتری در مقایسه با ریزمقیاس‌نمایی دینامیکی دارد. در روش ریزمقیاس‌نمایی آماری، پیش‌بینی واقعی‌تر و منطقی‌تر بر اساس رابطه آماری صورت می‌گیرد و اجرای آن نیز آسان است [۳]. دهقان‌پور و همکاران [۴] در تحقیقی به ارزیابی توان‌مندی مدل SDSM^۵ در ریزمقیاس‌نمایی بارش و دما و تبخیر در ایستگاه سینوپتیک تبریز در دوره ۲۱۰۰-۲۰۱۰ با استفاده از مدل Hadcm3 تحت سناریوی A2، پرداختند. بر اساس نتایج حاصله، مدل SDSM توانایی مناسبی در کوچک‌مقیاس نمودن داده‌های پارامترها دارد که بر اساس این مدل، کاهش بارش و افزایش تبخیر و دما، پیش‌بینی شده است. آبکار و همکاران [۱] به بررسی میزان کارایی مدل SDSM تحت مدل‌های گردش عمومی Hadcm3 و CGCM1 با استفاده از سناریوهای A2 و B2 در شبیه‌سازی شاخص‌های دمایی در مناطق خشک (منطقه شهر کرمان)، پرداختند. مهم‌ترین نتیجه‌ای که حاصل شده، این است که مدل مذکور توانایی لازم جهت شبیه‌سازی شاخص‌های دمایی را دارد. رضایی و همکاران [۹] در تحقیقی به بررسی کارایی مدل SDSM با استفاده از مدل HADCM3 و سناریوهای A2 و B2 در پیش‌بینی دما در مناطق کرمان و بم، پرداختند. تحت نتایج حاکی از آن است که این مدل در منطقه خشک نسبت به منطقه فراه خشک

ارزیابی پارامترهای دما و بارندگی با استفاده از مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM در شهرستان بیرجند

محمدحسین جهانگیر*، الیاس ریحانی^۱ و اقبال نوروزی^۲
 تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۵/۲۰

چکیده

پیش‌بینی میزان بارندگی و درجه حرارت یکی از مهمترین مسائل در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب می‌باشد. برای استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو GCM در مطالعات منابع آب لازم است که با استفاده از روش‌های مختلف آن‌ها را کوچک‌مقیاس نمود. در این تحقیق، مدل SDSM با استفاده از خروجی‌های مدل Hadcm3 اجرا گردید. بر اساس نتایج حاصل از ریزمقیاس‌سازی داده‌های SDSM، پارامترهای اقلیمی در سه دوره ۲۰ ساله تحت سناریوهای A2 و B2 از مدل Hadcm3 برای ایستگاه سینوپتیک بیرجند مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده، مقادیر درجه حرارت همبستگی بیشتری با داده‌های مشاهداتی در مقایسه با میزان بارندگی داشته‌اند که در دوره‌های اول، دوم و سوم توسط سناریو A2، درجه حرارت میانگین به ترتیب ۵/۸۲، ۸/۴۱ و ۱۴/۵۶ درصد و در سناریو B2 به ترتیب ۴/۰۸، ۹/۰۶ و ۱۱/۴۲ درصد نسبت به دوره پایه در ایستگاه سینوپتیک بیرجند افزایش می‌یابد و مقدار بارندگی سالانه برای سه دوره مورد مطالعه توسط سناریو A2 به ترتیب ۱/۴۶، ۲/۲۷- و ۸/۶۶- درصد نسبت به دوره پایه تغییر خواهد کرد و در سه دوره موردنظر بر اساس سناریو B2 نیز میزان بارندگی کاهش خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: ایستگاه سینوپتیک بیرجند، تغییر اقلیم، گازهای گلخانه‌ای، مدل‌های گردش عمومی، مدل Hadcm3.

مقدمه

امروزه یکی از مهم‌ترین و کلیدی‌ترین مباحث جهانی، تغییر اقلیم

۱- استادیار گروه انرژی‌های نو و محیط‌زیست، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران و نویسنده مسئول، Email: mh.jahangir@ut.ac.ir

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

3. Generate Circulation Models Statistical Downscaling
 4. Dynamical Downscaling
 5. Statistical Downscaling Model

و هوایی را برای بارندگی و درجه حرارت با استفاده از مدل SDSM در حوضه رودخانه تانزانیا تولید کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که پتانسیل وقوع سیل یا خشکسالی در حوضه مورد مطالعه وجود دارد و اقدامات انطباقی ضروری خواهد بود. متکیا و همکاران [7] تغییرات بارش را در گذشته و آینده با توجه به تغییرات آب و هوایی در بخش مرکزی هند، بررسی کردند. نتایج نشان داد که در سال ۲۰۲۰، تغییرات در میزان بارش، از منفی ۳۱/۹۱ تا ۲۴/۱۲ درصد و در سال ۲۰۵۰، از منفی ۱۸/۸۲ تا ۷۵/۴۸ درصد خواهد بود. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی پارامترهای اقلیمی با استفاده از مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM در شهرستان بیرجند، با برون‌داد داده‌های خروجی مدل گردش عمومی HADCM3 در دوره‌های آتی (۲۰۱۰-۲۰۲۹)، (۲۰۳۰-۲۰۴۹) و (۲۰۷۰-۲۰۵۰) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

فروده‌گاه بیرجند در شمال شهر بیرجند، در استان خراسان جنوبی واقع شده است. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، ایستگاه سینوپتیک فروده‌گاه بیرجند با طول شرقی ۵۹ درجه و ۱۷ دقیقه، عرض شمالی ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۵۰۴ متر می‌باشد. موقعیت استان خراسان جنوبی و ایستگاه سینوپتیک بیرجند در شکل ۱ نشان داده شده است. به منظور ارزیابی مدل SDSM سناریو مناسب، داده‌های ریزمقیاس شده توسط مدل با داده‌های مشاهداتی مورد بررسی قرار گرفتند. در این پژوهش، جهت تعیین سناریو مناسب مدل گردش عمومی جو Hadcm3 تحت سناریو B₂، A₂ و NCEP برای ایستگاه سینوپتیک فروده‌گاه بیرجند مورد بررسی قرار گرفت. مدل مورد نظر تحت سناریوهای مختلف با استفاده از روش ترسیمی و معیارهای آماری مرسوم میانگین مجذور مربعات (RMSE²)، ضریب تعیین R² و میانگین خطای مطلق (MAE⁴) (رابطه ۱ و ۲) بررسی شد و سناریویی که از دقت آماری بالاتری برخوردار بود، به عنوان سناریویی که با شرایط ایستگاه مورد مطالعه شباهت بیشتری دارد، انتخاب گردید. مقادیر RMSE و MAE معرف دقت هستند و به صفر نزدیک‌تر باشند، بیانگر دقت بالای مدل است. هم‌چنین نماد R² ارتباط بین داده‌های مشاهداتی و برآوردی را نشان می‌دهد که هر چه به یک نزدیک باشد، نشان دهنده ارتباط قوی بین داده‌هاست. روابط محاسبه سه پارامتر فوق به صورت زیر است:

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (S_i - O_i)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (S_i - O_i) \quad (2)$$

از کارایی بالاتر و دقت قابل قبولی برای پیش‌بینی دما برخوردار است. طائی سمیرمی و همکاران [۱۱] با استفاده از خروجی‌های مدل SDSM و مدل‌های گردش جو تحت سناریوهای A1، A2 و B1 به ریزمقیاس‌نمایی برخی پارامترها در منطقه نیشابور در دوره ۲۱۰۰-۲۰۱۰، پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که تحت سناریوی A2 در همه دوره‌های مورد مطالعه آینده، میزان داده‌های روزانه بارندگی کاهش و درجه حرارت کمینه و بیشینه افزایش می‌یابد. سبحانی و همکاران [۱۰] در پژوهشی به شبیه‌سازی متغیرهای هواشناسی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه به مقایسه مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM و LARS-WG¹ در دوره ۲۰۰۱-۱۹۹۱ پرداختند و به این نتیجه رسیده‌اند که الگوی SDSM در دو ایستگاه بررسی شده، برای کمینه و بیشینه درجه حرارت روزانه عملکرد بهتری نسبت به الگوی LARS-WG دارد، در حالی که برای بارش روزانه نتایج عملکرد دو الگو تا حدودی در دو ایستگاه مشابه بود. یعقوبی و مساح‌بوانی [۱۴] به مقایسه و ارزیابی منابع مختلف عدم قطعیت در مطالعه اثر تغییر اقلیم بر رواناب حوضه‌های نیمه‌خشک تحت سناریوهای B1، A2 و A1B در حوضه رودخانه اعظم-هرات یزد، پرداختند. نتایج حاکی از آن است که طبق هر سه سناریو درجه حرارت منطقه در دوره آتی (۲۰۱۵-۲۰۳۰)، تا ۲/۱ درجه سلسیوس افزایش و میزان بارش و توزیع زمانی آن تغییر می‌کند. ویلبای و همکاران [۱۳] از مدل SDSM برای ارزیابی اثرات تغییرات اقلیم در کانادا در دوره ۲۰۶۹-۲۰۴۰ استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که مدل SDSM موجب تسهیل و پیش‌بینی سریع، کم‌هزینه ریزمقیاس‌نمایی وضعیت اقلیمی آینده می‌شود و توانایی واسنجی و اعتبارسنجی را داراست. ضیا هاشمی و همکاران [۱۵] مقایسه‌ای بین مدل‌های LARS-WG و SDSM برای شبیه‌سازی و ریزمقیاس‌نمایی رگبار در حوضه آبخیز جنوب نیوزیلند انجام دادند که نتایج نشان داد هر دو مدل در شبیه‌سازی و پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی توانمند هستند. توکل دوانی و همکاران [۱۲] با استفاده از مدل SDSM و روش داده‌کاوی، ریزمقیاس‌نمایی آماری بارش روزانه در حوضه سفیدرود را انجام دادند و نتیجه گرفتند که در بین مدل‌های داده‌کاوی، روش مدل درختی داده‌های بارندگی روزانه را بهتر از دو مدل دیگر آماده می‌کند و پتانسیل بالایی برای شناسایی و استخراج اطلاعات اقلیمی دارد و برای ریزمقیاس‌نمایی و کالیبراسیون روش SDSM در مناطق خشک و فراخشک تنها داده‌های بارندگی کافی نیست و داده‌های دما نیز مورد نیاز می‌باشد. حسن و همکاران [۶] با استفاده از مدل SDSM و مدل LARS-WG تحقیقی را در راستای شبیه‌سازی و ریزمقیاس‌نمایی بارندگی و دما انجام دادند و نتایج حاکی از آن است که تحت سناریوی A2 و B2 در هر دو مدل، روند میانگین درجه حرارت روزانه رو به افزایش است و در مورد مقدار بارندگی، در مدل SDSM نسبت به مدل LARS-WG، مقدار تغییرات سالانه بیش‌تر است. آرون موندال و همکاران [۲] سناریوهای تغییرات آب

2. Root Mean of Square Error
3. Coefficient of Determination
4. Mean of Absolute Error

1. Long Ashton Research Station-Weather Generator

۳- کالیبره کردن مدل ۴- تولید مدل هواشناسی ۵- آنالیز آماری
 ۶- خروجی گرافیکی مدل ۷- تولید سناریوهای اقلیمی. سناریوهای
 انتشار گروه SRES شامل سناریوی A1، A2، B1 و B2 می‌باشد که از
 بین آن‌ها، از سناریوهای A2 و B2 در این پژوهش استفاده شده است.
 این سناریوها، به تشریح ارتباط بین عوامل مؤثر از انتشار گازهای
 گلخانه‌ای و گردوغبار در مقیاس جهانی و منطقه‌ای می‌پردازند، به
 صورتی که هر سناریو به طور مجزا نشان دهنده گسترش عوامل
 مختلف محیطی، اجتماعی، تکنولوژیکی و اقتصادی مؤثر از تغییرات
 این گازها می‌باشد. سناریو A2 محتمل‌ترین سناریوی انتشار است که
 معرف عوامل اقتصادی- اجتماعی در مقیاس منطقه‌ای می‌باشد [۵].

نتایج

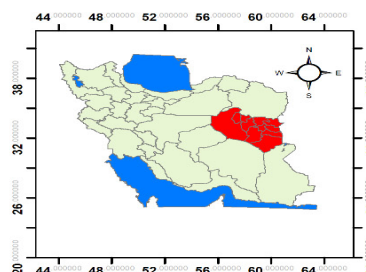
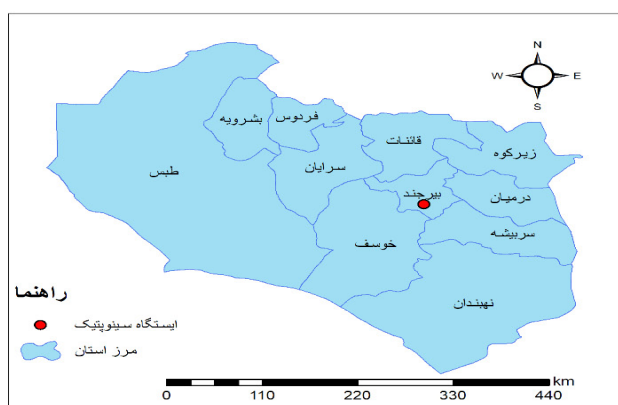
ابتدا با استفاده از مدل SDSM، پیش‌بینی کننده‌های منتخب
 پارامترهای اقلیمی انتخاب گردید. دو پارامتر نهایی بزرگ مقیاس

$$R^2 = \left[\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})(O_i - \bar{O})}{\sigma_S - \sigma_O} \right]^2 \quad (3)$$

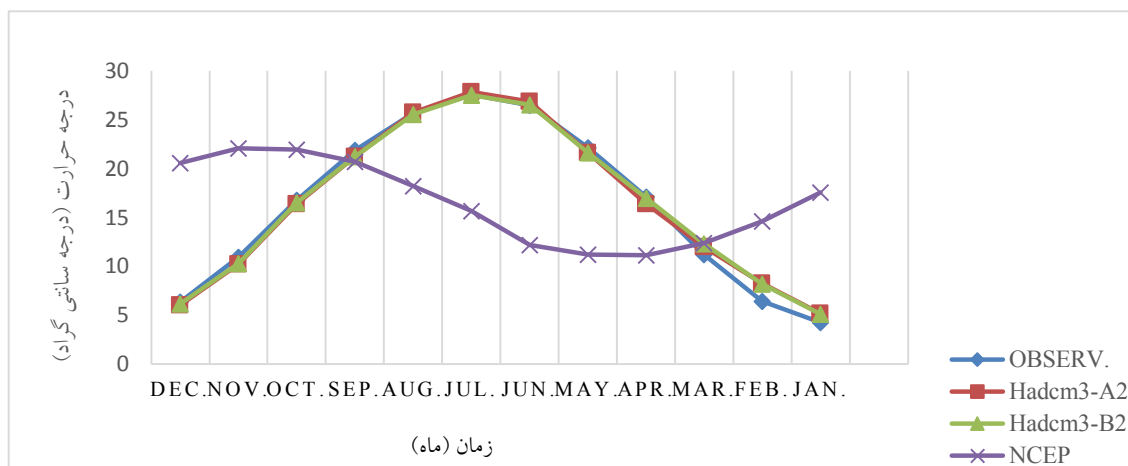
در روابط فوق، پارامتر O_i داده‌های مشاهداتی و S_i داده‌های
 برآورد شده و σ واریانس است.

معرفی مدل SDSM

مدل SDSM توسط ویلبای و همکاران [۱۳] در سال ۲۰۰۲
 میلادی توسعه داده شد. مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM از
 دو روش تولید داده‌های آب و هوایی غیرقطعی و روش رگرسیونی
 قطعی تشکیل شده است. این مدل در مطالعات زیست‌محیطی،
 هیدرولوژیکی و هواشناسی کاربرد گسترده‌ای در دنیا داشته است.
 مراحل ریزمقیاس نمایی متغیرهای اقلیمی در این مدل عبارت‌اند از:
 ۱- کنترل کیفیت داده‌ها ۲- انتخاب بهترین متغیرهای پیش‌بینی کننده



شکل ۱: موقعیت استان خراسان جنوبی و ایستگاه سینوپتیک فرودگاه بیرجند



شکل ۲: نتایج حاصل از مقادیر شبیه‌سازی شده و مقادیر مشاهده‌ای درجه حرارت متوسط ماهانه در سال پایه (۲۰۰۱-۱۹۶۱)

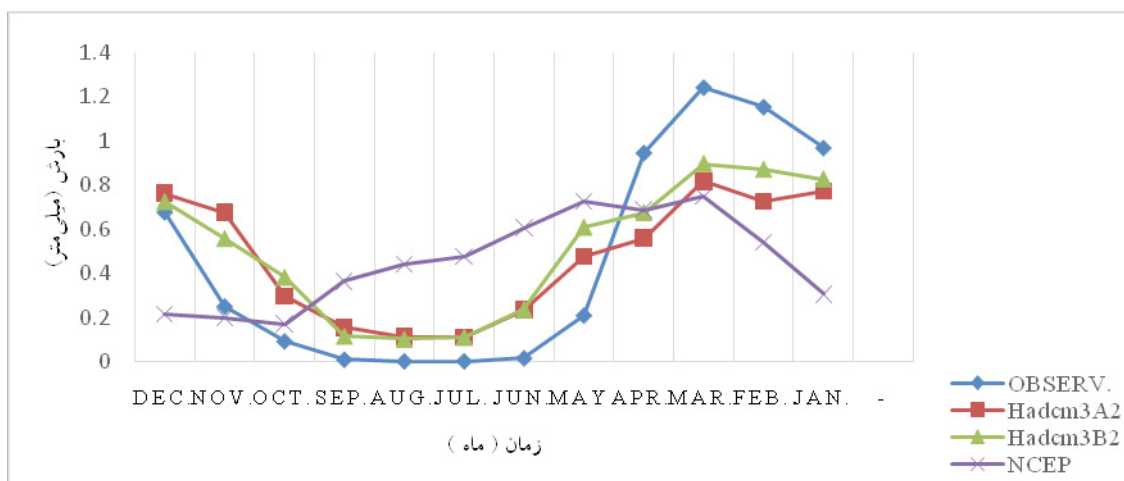
برای درجه حرارت میانگین روزانه و نه پارامتر نهایی بزرگ مقیاس برای بارش انتخاب شدند. نتایج پیش‌بینی کننده‌های منتخب نهایی در جدول ۱ ارائه شده است.

برای ارزیابی مدل با استفاده از روش ترسیمی، بررسی‌های موردنیاز صورت گرفت و بین داده‌های مشاهداتی ۴۰ ساله متوسط درجه حرارت و بارش در دوره پایه ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۱ با داده‌های شبیه‌سازی شده درجه حرارت و بارش توسط مدل، مقایسه‌ای صورت

گرفت. نتایج حاصل در اشکال ۲ و ۳ زیر ارائه شده است. بر اساس نتایج حاصله، توانمندی مدل در راستای شبیه‌سازی موردنظر مورد تأیید است. با توجه به نتایج حاصل از شکل ۲ و شکل ۳، سناریو A2 و B2، تطابق بیشتری با شرایط اقلیمی دوره پایه دارند. برای اطمینان بیشتر، علاوه بر روش ترسیمی، معیارهای آماری (RMSE، R² و MAE) نیز محاسبه گردید که نتایج حاصل در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج حاصل از ریزمقیاس‌سازی مدل SDSM، پارامترهای بارندگی و درجه حرارت متوسط در سه دوره بیست

جدول ۱: پیش‌بینی کننده‌های منتخب جهت کوچک مقیاس کردن آماری درجه حرارت میانگین روزانه و بارش در ایستگاه سینوپتیک فرودگاه بیرجند

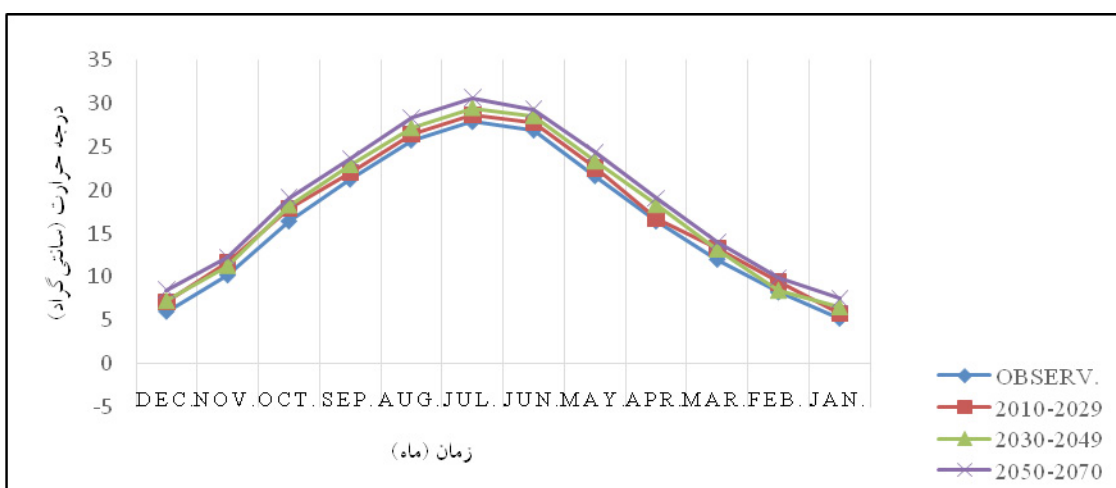
متغیر	پیش‌بینی کننده‌های منتخب	پیش‌بینی کننده‌های منتخب
متوسط درجه حرارت روزانه	500 hPa meridional velocity	سرعت نصف‌النهاری در ۵۰۰ hPa
	Mean temperature at 2m	میانگین درجه حرارت در ارتفاع ۲ متری
	Surface airflow strength	مقاومت جریان هوای سطحی
	Surface zonal velocity	سرعت مداری سطحی
	Surface meridional velocity	سرعت نصف‌النهاری سطحی
بارش	500 hPa zonal velocity	سرعت مداری در ۵۰۰ hPa
	500 hPa vorticity	حالت گردابی در ۵۰۰ hPa
	Relative humidity at 850 hPa	رطوبت نسبی در ۸۵۰ hPa
	Near surface relative humidity	رطوبت نسبی سطح



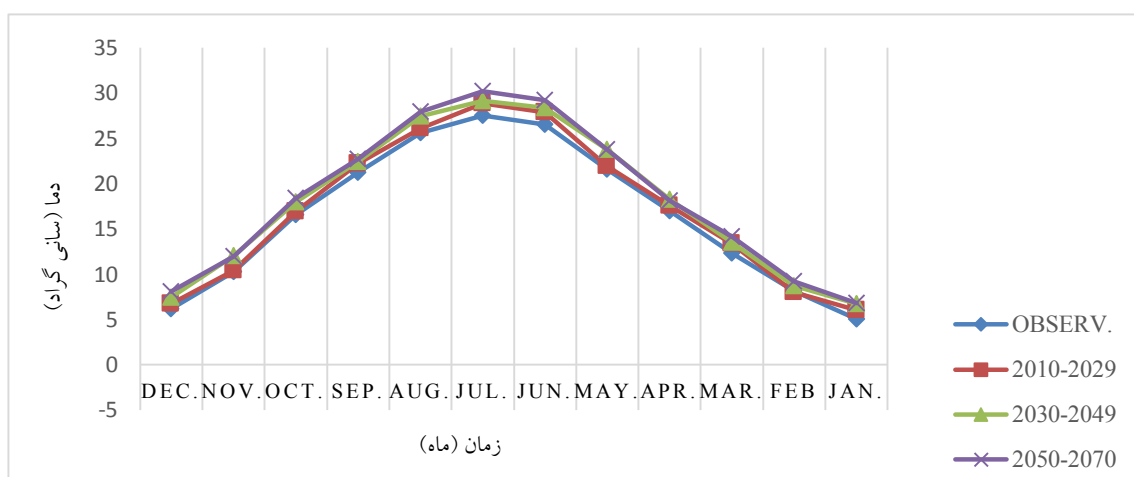
شکل ۳: نتایج حاصل از مقادیر شبیه‌سازی شده و مقادیر مشاهده‌ای بارش در سال پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۱)

جدول ۲: معیارهای ارزیابی مدل گردش عمومی جو (Hadcm3) در مقایسه با مقادیر مشاهداتی

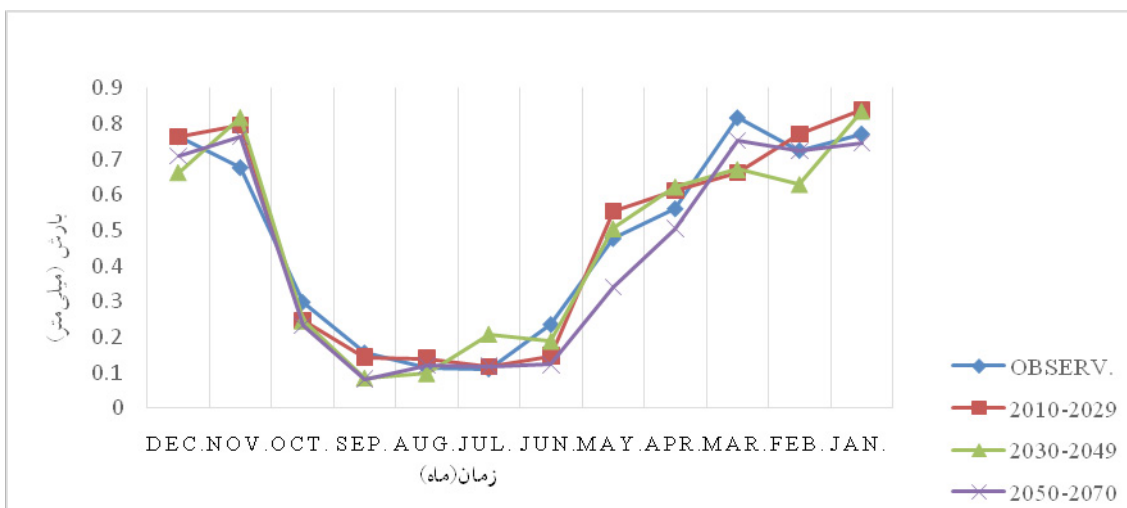
بارش			درجه حرارت			مدل‌های گردش عمومی جو
MAE	R ²	RMSE	MAE	R ²	RMSE	
۰/۱۵۳	۰/۷۳۸	۰/۲۳	۰/۷۷۱	۰/۹۸۱	۱/۰۱۱	سناریو A2
۰/۱۷۴	۰/۷۱۸	۰/۲۶۳	۰/۷۷۵	۰/۹۸۵	۱/۷۱۱	سناریو B2
۰/۱۸۰	۰/۵۷۴	۰/۱۶۳	۱/۳۸۹	۰/۹۵۴	۱/۸۱۳	NCEP



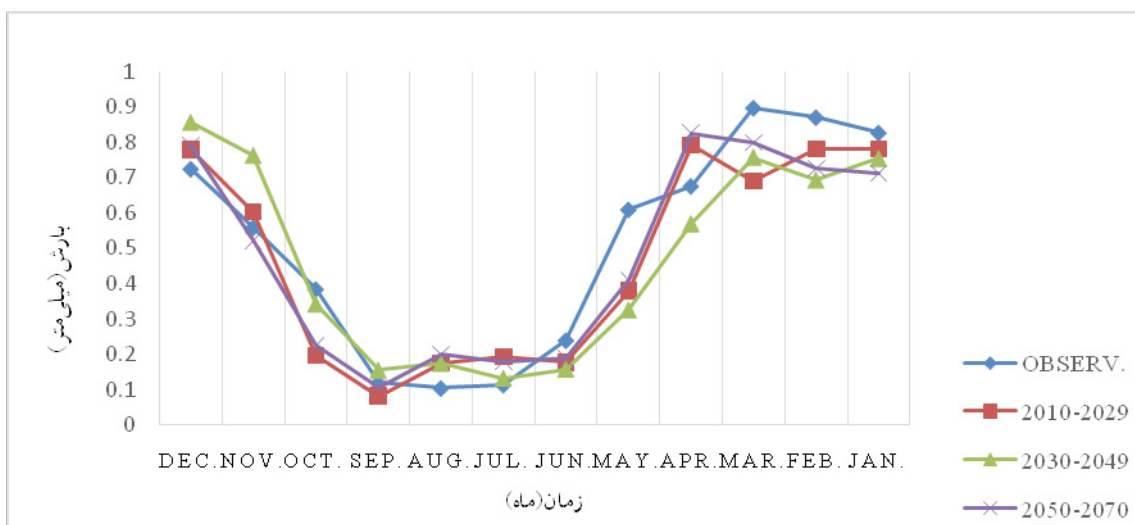
شکل ۴: درجه حرارت متوسط پیش‌بینی شده در سه دوره موردنظر مدل Hadcm3 تحت سناریوی A2



شکل ۵: درجه حرارت متوسط پیش‌بینی شده در سه دوره موردنظر مدل Hadcm3 تحت سناریوی B2



شکل ۶: بارندگی پیش‌بینی شده در سه دوره موردنظر مدل Hadcm3 تحت سناریوی A2



شکل ۷: بارندگی پیش‌بینی شده در سه دوره موردنظر مدل Hadcm3 تحت سناریوی B2

ساله (۲۰۱۰-۲۰۲۹)، (۲۰۳۰-۲۰۵۹) و (۲۰۶۰-۲۰۸۰) تحت سناریوهای A2 و B2 از مدل Hadcm3، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از پیش‌بینی در شکل‌های ۴، ۵، ۶ و ۷ ارائه شده است. پس از پیش‌بینی درجه حرارت متوسط و بارندگی برای سه دوره (۲۰۱۰-۲۰۲۹)، (۲۰۳۰-۲۰۵۹) و (۲۰۶۰-۲۰۸۰)، با مقایسه بین مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهده‌ای، تغییرات درجه حرارت متوسط و بارندگی برای سه دوره تحت سناریو A2 و B2 بررسی شده است که نتایج حاصل به طور اختلاف میانگین ماهانه مقادیر مشاهداتی و میانگین ماهانه مقادیر پیش‌بینی شده در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است. میزان تغییرات دما تحت سناریو A2 در دوره اول افزایش

۰،۰۹۵، در دوره دوم افزایش ۱/۴ و در دوره سوم افزایش ۲/۴ میانگین درجه سانتی‌گراد در همه ماه‌های سال پیش‌بینی شده است. همچنین پیش‌بینی می‌شود که میزان تغییرات دما تحت سناریو B2 در دوره اول افزایش ۰،۰۶۷، در دوره دوم افزایش ۱/۵ و در دوره سوم افزایش ۱/۹ میانگین درجه سانتی‌گراد در کلیه ماه‌های سال باشد. میزان تغییرات میانگین بارندگی پیش‌بینی شده تحت سناریو A2 در دوره اول افزایش ۰،۰۸۹۶، در دوره دوم کاهش ۰،۱۳۱ و در دوره سوم کاهش ۰،۴۹۴ میلی‌متر بارندگی از میانگین همه ماه‌های سال است و نتایج میزان تغییرات میانگین بارندگی تحت سناریو A2 در دوره اول کاهش ۰،۹۴۹، در دوره دوم کاهش ۰،۴۹۴ و در دوره سوم کاهش

جدول ۳: تغییرات مقادیر میانگین ماهانه درجه حرارت و بارندگی در سه دوره نسبت به دوره پایه تحت سناریوی A2

ماه	۲۰۲۹-۲۰۱۰		۲۰۴۹-۲۰۳۰		۲۰۷۰-۲۰۵۰	
	درجه حرارت میانگین	بارندگی	درجه حرارت میانگین	بارندگی	درجه حرارت میانگین	بارندگی
ژانویه	۰/۵۵	۰/۰۶۸	۱/۲۹	۰/۰۶۵	۲/۲۸	-۰/۰۲۶
فوریه	۱/۱۷	۰/۰۴۵	۰/۱۷	-۰/۰۹۴	۱/۶۶	-۰/۰۰۱
مارس	۱/۳۲	-۰/۱۵	۱/۱۶	-۰/۱۴۴	۲/۰۱	-۰/۰۶۴
آوریل	۰/۲۹	۰/۰۵	۱/۸۶	۰/۰۶۲	۲/۶۳	-۰/۰۵۶
می	۰/۹۱	۰/۰۷۶	۱/۶۷	۰/۰۲۸	۲/۷۲	-۰/۱۳۶
ژوئن	۰/۹۱	-۰/۰۹	۱/۶۶	-۰/۰۴۶	۲/۴۱	-۰/۱۱۳
جولای	۰/۸۱	۰/۰۰۵	۱/۵۸	۰/۰۹۷	۲/۷۷	۰/۰۰۷
آگوست	۰/۷۱	۰/۰۳	۱/۴	-۰/۰۱۷	۲/۵۷	۰/۰۰۴
سپتامبر	۰/۷۸	-۰/۰۱۲	۱/۶۷	-۰/۰۰۷	۲/۴۱	-۰/۰۷۳
اکتبر	۱/۴۶	-۰/۰۵۱	۱/۸۴	-۰/۰۵۲	۲/۷۱	-۰/۰۶۷
نوامبر	۱/۴۲	۰/۱۱۹	۱/۰۸	۰/۱۴	۲/۱۱	۰/۰۸۶
دسامبر	۱/۱۳	-۰/۰۰۰۴	۱/۱۹	-۰/۱	۲/۴۹	-۰/۰۵۴

جدول ۴: تغییرات مقادیر میانگین ماهانه درجه حرارت و بارندگی در سه دوره نسبت به دوره پایه تحت سناریو B2

ماه	۲۰۲۹-۲۰۱۰		۲۰۴۹-۲۰۳۰		۲۰۷۰-۲۰۵۰	
	درجه حرارت میانگین	بارندگی	درجه حرارت میانگین	بارندگی	درجه حرارت میانگین	بارندگی
ژانویه	۰/۹۷	-۰/۰۴۶	۱/۶۴	-۰/۰۰۷	۱/۷۰	-۰/۱۱
فوریه	-۰/۱۷	-۰/۱	۰/۵۶	-۰/۱۷	۱/۰۳	-۰/۱۴
مارس	۱/۰۶	-۰/۲۰۶	۱/۲۶	-۰/۱۴	۱/۹	-۰/۰۹
آوریل	۰/۶۱	۰/۱۱	۱/۲۷	-۰/۱۱	۱/۱۷	۰/۱۴
می	۰/۳۴	-۰/۲۳	۲/۱۶	-۰/۲۸	۲/۱۴	-۰/۲
ژوئن	۱/۳	-۰/۰۶۱	۱/۸۲	-۰/۰۸۱	۲/۶۴	-۰/۰۵
جولای	۱/۳۳	۰/۰۷۹	۱/۶۱	۰/۰۱۸	۲/۶۲	۰/۰۶
آگوست	۰/۵۱	۰/۰۷۱	۱/۸۶	۰/۰۰۷	۲/۳۶	۰/۰۹
سپتامبر	۱/۰۱	-۰/۰۳۷	۱/۲۴	۰/۰۳۶	۱/۵۲	-۰/۰۱
اکتبر	۰/۳۴	-۰/۱۸	۱/۴۲	-۰/۰۴۲	۱/۸۹	-۰/۱۶
نوامبر	۰/۱۵	۰/۰۴۴	۱/۷۵	۰/۲۰۳	۱/۶۷	-۰/۰۳
دسامبر	۰/۵۹	۰/۰۵۵	۱/۳	۰/۱۳	۱/۹۳	۰/۰۶

درجه حرارت برای ایستگاه سینوپتیک بیرجند پرداخته شد و جهت پیش‌بینی‌های موردنظر از مدل SDSM استفاده گردید. ابتدا پیش‌بینی‌کننده‌های منتخب برای پیش‌بینی وضعیت اقلیمی در دوره‌های آتی، انتخاب شدند. بعد از ارزیابی مدل با روش‌های آماری و ترسیمی، سناریوهای A2 و B2 به‌عنوان سناریوهای مناسب پیش‌بینی برای

۰/۴۴ میلی‌متر بارندگی از میانگین کل ماه‌های سال را نشان می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله، به شبیه‌سازی و پیش‌بینی دو متغیر اقلیمی بارندگی و

Reduction, Kerman Province, University of Shahid Bahonar. (in Persian).

5. Golmohammadi, M. and Massah Bavani, A. 2010. The Perusal of Climate Change Impact on Drought Intensity and Duration. *Journal of Water and Soil*, 25(2): 315-326. (in Persian)

6. Hassan, z., Shamsudin, S. and Harun, S. 2014. Application of SDSM and LARS-WG for simulating and downscaling of rainfall and temperature. *Journal Theoretical and Applied Climatology*, 116(1-2): 243-257.

7. Metekiya, M., Gulacha, D. M. and Mulungu, M, M. 2016. Generation of climate change scenarios for precipitation and temperature at local scales using SDSM in Wami-Ruvu River Basin Tanzania. *Journal of Physics and Chemistry of the Earth Parts*, 100(2): 62-72.

8. Mozafari, GH. and Shafiei, Sh. 2015. Drought prediction and spatial analysis of Yazd province during the period 2030-2011 using general atmospheric circulation models. *International Conference on Architecture, Urbanism, Civil, Art and the Environment; Future Horizons, A Look at the Past*, Tehran. (in Persian)

9. Rezaei, M., Nohtani, M., Abkar, A., Rezaei, M. and Mirkazehi Rigi, M. 2014. Performance Evaluation of Statistical Downscaling Model (SDSM) in Forecasting Temperature Indexes in Two Arid and Hyper Arid Regions(Case Study: Kerman and Bam) *Journal of Watershed Management Research*, 10(5): 117-131. (in Persian)

10-Sobhani, B., Eslahi, M. and Babaeian, M. 2015. Efficiency of Statistical Downscaling Models of SDSM and LARS-WG in the Simulation of Meteorological Parameters in Lake Urmia Basin. *Journal of Natural Geographic Research*, 47(4): 499-516. (in Persian)

11. Taei Semiromi, S., Moradi, H.R. and Khodaghohi, M. 2014. Simulation and prediction some of climate variable by using multi line SDSM and Global Circulation Models (Case study: Bar Watershed Nayshabour). *Journal of Management System*, 12(2): 1-15. (in Persian)

12. Tavakol-Davani, H., Nasser, a. M. and Zahraie, B. 2013. Improved statistical downscaling of daily precipitation using SDSM platform and data-mining methods. *International Journal of Climatology*, 33: 2561-2578.

13. Wilby, R.-L., Dawson, C.-W. and Barrow, E. 2002. Sdsm -a decision support tool for the assessment of regional

ایستگاه مطالعاتی انتخاب شدند. داده‌های درجه حرارت همبستگی بیش‌تری با داده‌های مشاهداتی در مقایسه با داده‌های بارندگی داشته‌اند. بر اساس نتایج حاصله، مدل SDSM در شبیه‌سازی مقادیر بارندگی و درجه حرارت برای ایستگاه سینوپتیک بیرجند توانمند بود. پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی بارندگی و درجه حرارت با استفاده از سناریو A2 و B2 که تطابق بیش‌تری با شرایط اقلیمی پایه داشتند، صورت گرفت. این پیش‌بینی‌ها برای سه دوره مختلف صورت گرفت و از مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل با مقادیر مشاهده‌ای، میزان تغییرات بارندگی و درجه حرارت برای سه دور ۲۰ ساله با استفاده از سناریو A2 و B2، ارائه گردید. بر طبق سناریوی A2 درجه حرارت در دوره اول افزایش ۵/۸۲٪، در دوره دوم و دوره سوم افزایش ۸/۴۱٪ و ۱۴/۵۶٪ و بر طبق سناریوی B2 درجه حرارت در دوره اول ۴/۰۸٪ و در دوره دوم افزایش ۹/۰۶٪ و در دوره سوم افزایش ۱۱/۴۲٪ درجه حرارت و بر طبق سناریوی A2 در دوره اول افزایش ۱/۴۶٪ و در دوره‌های دوم و سوم به ترتیب ۲/۲۷٪ و ۸/۶۶٪ کاهش بارندگی و بر طبق سناریوی B2 در هر سه دوره به ترتیب ۸/۰۶٪، ۷/۲۸٪ و ۷/۲۱٪ کاهش بارندگی در ایستگاه سینوپتیک بیرجند پیش‌بینی شد. مطابق نتایج در دوره سوم سناریوی A2 بیش‌ترین درجه حرارت اتفاق خواهد افتاد. برای ایستگاه سینوپتیک بیرجند با نزدیک شدن به اواخر قرن ۲۱، روند افزایشی درجه حرارت و روند کاهشی بارندگی در همه دوره‌ها به غیر از دوره اول سناریو A2، مشاهده می‌شود.

منابع

1. Abkar, A., Habib Nejad, M., Solymani, K. and Taghavi, H. 2013. Investigating Efficiency SDSM Model to Simulate Temperature Indexes in Arid and Semi-arid Regions. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 14(4): 1-17. (in Persian)

2. Arun Mondal, n., Deepak, K., and Sananda, K. 2016. Change in rainfall erosivity in the past and future due to climate change in the central part of India. *Journal of International Soil and Water Conservation Research*, 4(3): 186-194.

3. Chu, J. T., Xia, J., Xu, C. Y., and Singh, V. P. 2010. Statistical downscaling of daily mean temperature, pan evaporation and precipitation for climate change scenarios in Haihe River, China. *Journal of Theoretical and Applied Climatology*, 99: 149-161.

4. Dehghan Pour, A., Hasan Zadeh, M. J., Atari, J. and Araghi Nejad, Sh. 2011. Assessment of SDSM Model Microscales Measurement of Precipitation, Temperature and Evaporation (Case Study: Synoptic Station of Tabriz). Eleventh General Irrigation Seminar and Evaporation

15. Zia Hashmi, M., shamseldin, A. and Melville, B. 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.

climate change impacts. *Environmental Modelling and Software*, 17: 147-159.

14. Yaghobi, M. and Massah Bavani, A. 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 Iran Water Resources Research*, 11(3): 113-130. (in Persian)



Abstract

Assessment of Thermal and Rainfall Parameters using SDSM Downscaling Model in BirjandM. H. Jahangir*¹, E. Ryhani² and E. norozi²

Received: 2018/03/04 Accepted: 2019/08/11

Predicted rainfall and temperature is one of the most important issues in the planning and management of water resources. To use General Circulation Models GCM models in the study of water resources, it is necessary to use different methods to make them as small scale. In this study, The SDSM model was run using outputs of Hadcm3 models. Based on the results of downscaling data of SDSM model two climatic parameters in three period of 20 years under scenarios A2 and B2 of the Hadcm3 model, were evaluated for Birjand synoptic stations. Based on the results, the temperature values are more correlated to observe data were compared with Rainfall amounts that is in The period of 2029-2010, 2059-2030 and 2080-2060 by Scenario A2, Average temperature, respectively, 5.82, 8.41 and 14.56 percent and according to scenario B2, respectively, 4.08, 9.06 and 11.42 percent, Increase compared to the baseline Birjand synoptic station. And the amount of annual rainfall for the three scenarios studied by A2, respectively, +1.46, -2.27 and -8.66 percent compared to the baseline will change. In a given period based on the B2 scenario will also reduce the amount of rainfall.

Keywords: Station synoptic of birjand, Climate change, Greenhouse gases, General circulation models, Hadcm3 model

1. Assistance professor, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran, Corresponding author, Email: mh.jahangir@ut.ac.ir

2. M.Sc. student of Ecohydrology, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran