دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیستم، شماره‌ی ۷۰
تابستان ۱۳۹۹، صفحات ۵۹-۳۷

علی محمد خورشیددوست[۱]
***فاطمه جعفرزاده**[۲]

پیش بینی و تحلیل تغییرات بارش سواحل جنوبی دریای خزر به منظور برنامه‌ریزی محیطی با استفاده از مدل SDSM

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۱۵

چکیده

بارش به‌عنوان مهم‌ترین عنصر اقلیمی سواحل جنوبی دریای خزر از توزیع زمانی و مکانی پیچیده‌ای برخوردار است. یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در بارش‌های جوی، تغییرات اقلیمی است. در پژوهش حاضر اثر تغییرات اقلیمی بر روی بارش سواحل جنوبی دریای خزر بررسی گردید. بدین منظور داده‌های بارش ۳۲ ایستگاه باران‌سنجی و ۷ ایستگاه سینوپتیک در طی دوره‌ی آماری ۲۰۰۱-۱۹۶۱ از وزارت نیرو و سازمان هواشناسی و داده‌های مدل اقلیمی جهانی AOGCM از سایت تغییر اقلیم آمریکا گرفته شد. همچنین داده‌های مدل Had CM3 از وب‌سایت کانادایی CCCSN اخذ گردید. داده‌ها، مورد کنترل کیفی قرار گرفت و صحت داده‌ها بررسی شد. سپس ایستگاه‌های دارای طول دوره‌ی آماری بیش از ۳۰ سال برای پژوهش انتخاب گردید. پس از آماده‌سازی داده‌ها، از مدل SDSM و سناریوهای انتشار A2 و B2 برای ریزمقیاس‌نمایی داده‌های بارش استفاده شد. مقدار خطای برآورد مدل توسط معیارهای MBE و MAE محاسبه گردید و سپس حداقل و حداکثر دقت مدل در مقیاس ماهانه ارزیابی گردید. تغییرات درصدی مقادیر بارش دوره‌ی آتی (۲۱۰۰-۲۰۰۱) نسبت به دوره‌ی پایه محاسبه گردید. نتایج یافته‌های بررسی بارش منطقه نشان می‌دهد؛ مدل NCEP در برآورد مقدار بارش انطباق بهتری با داده‌های بارش مشاهده‌ای

۱- گروه اقلیم‌شناسی گروه اقلیم‌شناسی دانشگاه تبریز.
*۲- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه تبریز. (نویسنده مسئول). E-mail: f.jafarzadeh1@gmail.com

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

دارد. برآورد بارش سناریوهای A2 و B2 به غیر از ماه‌های پربارش، نزدیک به بارش مشاهده‌ای است. بیش‌ترین خطای برآورد مدل Had CM3 بر اساس معیارهای MBE و MAE، در فصل پاییز اتفاق افتاده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، در مجموع درصد بارش دریافتی دوره‌ی آتی در فصول مختلف تغییر خواهد یافت خواهد یافت. لازم می‌نماید برنامه‌ریزی‌های دقیق و مفید برای دوره‌ی آتی، جهت استفاده‌ی صحیح از مقادیر بارش دریافتی در منطقه، با آگاهی از درصد تغییرات دوره‌ی آتی صورت گیرد.

کلید واژه‌ها: تغییرات اقلیمی، بارش، ریزمقیاس نمایی، مدل SDSM، سواحل جنوبی دریای خزر.

مقدمه

در سال‌های اخیر نوسانات شدید بارش قسمت‌های مختلف کشور را متاثر کرده است. در نواحی جنوبی دریای خزر نیز، بارش به‌عنوان یکی از پارامترهای مهم اقلیمی، تحت تاثیر نوسانات اقلیمی از جنبه‌های مختلف دچار تغییراتی شده است و از ابعاد مختلف اقلیمی، هیدرولوژیکی، اقتصادی، کشاورزی و... نیازمند بررسی‌های دقیق و مطلوب جهت برنامه‌ریزی می‌باشد (Ghayour et al., 2011: 7). مناطق اقلیمی مختلف ایران به درجات متفاوت از نوسانات اقلیمی جهانی متاثر شده‌اند. در نواحی جنوبی دریای خزر بیش‌تر بارش‌ها به‌صورت بارش‌های سنگین دریافت می‌شود، و قسمت اعظم این بارش‌ها قبل از این‌که مورد استفاده قرار گیرد، یا از دسترس خارج می‌شود و یا باعث وارد آمدن خسارات فراوان می‌شود. در حال حاضر در این منطقه بسیاری از برنامه‌ریزی‌های استفاده از منابع آب بر اساس میزان دریافت فعلی بارش صورت می‌گیرد، در صورتی که اگر در دهه‌های آتی بارش منطقه کاهش یابد بسیاری از این برنامه‌ریزی‌ها و طرح‌ها از لحاظ اقتصادی مورد تردید قرار خواهند گرفت و یا اگر بارش در این مناطق بیش‌تر از میزان دریافت فعلی باشد؛ با مطالعه دقیق می‌توان برنامه‌ریزی‌های سودمندی برای دوره‌های آتی انجام داد. در سال‌های اخیر نوسانات اقلیمی پارامترهای اقلیمی نواحی مختلف دنیا را تحت تاثیر قرار داده‌اند. موضوع مهم میزان و نحوه‌ی تاثیر نوسانات اقلیمی در این نواحی می‌باشد. برای برنامه‌ریزی‌های مفید و بسیار دقیق، مطالعه اثر نوسانات اقلیم جهت مشخص نمودن میزان اثر نوسانات اقلیمی در دهه‌های آتی با در نظر گرفتن تمام شرایط اقلیمی و با به‌کارگیری مدل‌های مناسب و سناریوهای دقیق از الزامات برنامه‌ریزی‌های آتی در این منطقه می‌باشد. لذا این پژوهش درصدد است تا اثر نوسانات اقلیم را بر روی بارش این منطقه با به‌کارگیری مدل‌های مناسب مورد ارزیابی قرار دهد. در مطالعات ارزیابی تاثیر تغییر اقلیم در سطوح منطقه‌ای، یکی از مشکلات اصلی در استفاده از مدل‌های موجود، وسعت محدوده پیش‌بینی متغیرها در این مدل‌ها (بررسی محدوده‌هایی در حدود ۵۰۰۰۰ کیلومتر مربع) است که با توجه به تغییرات توپوگرافی و اقلیم در این محدوده، نمی‌توان از نتایج حاصله مستقیما در مقیاس ایستگاهی استفاده نمود. برای رفع این نقیصه، روش‌های مختلفی جهت تولید سناریوهای اقلیمی در مقیاس منطقه‌ای ایجاد شده‌اند که به آن‌ها ریزمقیاس گردانی گفته می‌شود. ریزمقیاس نمایی به روش‌های مختلف آماری و

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

دینامیکی ممکن است. برای ریزمقیاس نمایی نیاز به انتخاب روش مناسب ریزمقیاس نمایی می‌باشد (Ghermez Cheshmeh 2013: 11). در این پژوهش از مدل آماری SDSM[۳] جهت ریزمقیاس نمایی داده‌های اقلیمی منطقه‌ی مورد مطالعه استفاده گردید. در زمینه‌ی بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی پارامترهای اقلیمی با استفاده از مدل‌های اقلیمی پژوهش‌های چندی در نقاط متعدد جهان انجام گرفته است، از آن جمله؛ Sarraf and Samadi (۲۰۱۰) در پژوهش خود، توانایی SDSM در شبیه‌سازی پیش‌بینی کننده‌های اقلیمی برای تشخیص اقلیم استان خراسان را مورد بررسی قرار دادند. دوره ۲۰۰۱-۱۹۶۱ برای ارزیابی دوره مورد مطالعه، انتخاب شد. نتیجه نشان داد که توانایی خوبی در شبیه‌سازی پیش‌بینی شونده‌ها مانند حداقل و حداکثر دما و بارش وجود دارد و تفاوت معنی‌داری با مقدار ۰/۵ خطاهای بحرانی وجود ندارد. Dehghanipour and Hasanzadeh (2011) از مدل SDSM برای ریزمقیاس نمایی بارش و دمای ایستگاه تبریز استفاده کردند و نتایج حاصل از مطالعه‌ی ایشان نشان داد که مدل MSDS[٤] توانایی مناسبی را در کوچک مقیاس نمودن داده‌های دما، تبخیر و بارش دارد. در پژوهش Sarraf (۲۰۱۳) که در رابطه با مدل‌سازی بارش در غرب و جنوب‌غربی دریای خزر انجام گرفته است، میزان بارش ماهانه، فصلی و سالانه‌ی منطقه مورد مطالعه تهیه شد. مطالعات نشان داد که بیش‌ترین اثر سیستم‌های دریای خزر روی منطقه مورد مطالعه در ماه اکتبر، نوامبر و دسامبر (فصل پاییز) است و در این مواقع باعث وقوع بارش‌های سنگین در منطقه می‌شود. (۲۰۱٤) Khorshiddoust and Ghermez cheshmeh اثرات تغییرات اقلیمی بر اقلیم ایران را با استفاده از مدل‌های ریزمقیاس نمایی مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که خطا در تخمین بارش با فاصله از مرکز شبکه رابطه معنی‌داری دارد، در حالی که خطا در حداکثر درجه حرارت به ارتفاع ایستگاه مربوط است. Dehghan and Fathian (۲۰۱٤) در ارزیابی مقایسه‌ای مدل‌های SDSM، LARS-WG[٥] و IDW[٦]، از سه مدل فوق برای ریزمقیاس کردن داده‌های دما و بارش ایستگاه پارس‌آباد استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که در مورد برآورد بارش، نتایج سه مدل فوق نتایج متفاوت قابل توجهی با هم دارند. Zolgharnein et al (۲۰۱٤) از داده‌های مدل SDSM برای ریزمقیاس‌نمایی داده‌های بارش و دما استفاده کردند. ایشان دریافتند که عملکرد SDSM در برآورد بارش و دما بهتر از lARS-WG است، به‌جز این که مدل SDSM طول دوره‌ی تر و خشک را کمی نادیده می‌گیرد. Abkar and Habibnejhad (۲۰۱٤) حساسیت مدل ریزمقیاس نمایی SDSM به داده‌های باز تحلیل شده در مناطق خشک را بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین خطای مطلق حاصل از داده‌های بازتحلیل شده‌ی مدل CGCM[۷] برای متغیرهای دمایی متوسط حداکثر و حداقل و متوسط دمای روزانه به ترتیب معادل با ۱۱ ،٤/٥ و٤/۷ برابر حالتی است که از داده‌های مدل HadCM3 استفاده می‌شود. همچنین، Jahanbakhsh et al (2019) و Taghiloo et al (2019) با استفاده از روش

4- Material Safety Data Sheet
5- Stochastic weather generator
6- Inverse Distance Weighting
7- Coupled General Circulation Model

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

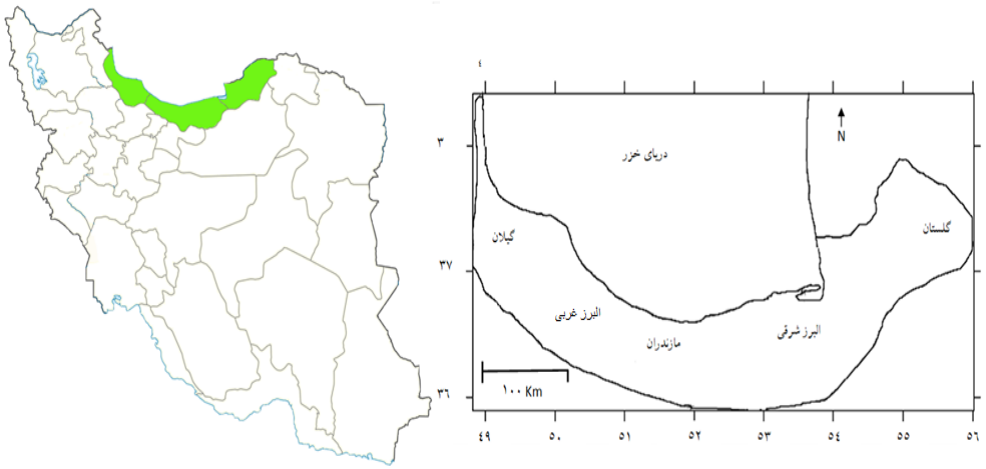
ریزمقیاس نمایی، تغییرات پارامترهای اقلیمی دما و بارش را مورد بررسی قرار دادند. Ghemchu et al (۲۰۱۵) روند کنونی و آینده‌ی بارش منطقه‌ی ووردا در اتوپیا با استفاده سناریوهای A2 و B2 مدل HADCM3 را بررسی کردند. بر اساس یافته‌های پژوهش، بارش سالانه در تمامی ایستگاه‌ها در شرایط فعلی روند افزایشی را نشان می‌دهد، در حالی‌که سناریوهای اقلیمی A2 و B2، در دوره‌ی آینده با اطمینان ۹۵ درصد، در تمامی ایستگاه‌ها کاهش محسوس بارندگی را پیش‌بینی می‌کنند. مطالعه‌ی Gutam (۲۰۱۵) که بر پایه‌ی ریزمقیاس نمایی خروجی داده‌های GCM استوار است، نتایج نشان داد که در دوره‌ی آتی، بارش‌های زمستانی در مقایسه با فصل پاییز کاهش بیش‌تری خواهد داشت. Shrestha (۲۰۱۵) تغییرات اقلیم بر روی بارش حوضه‌ی کارنالی در نپال را با استفاده از مدل SDSM، بررسی کرد. بررسی تغییرات اقلیمی برای سه دوره‌ی (۲۰۴۰-۲۰۱۱) و (۲۰۴۱-۲۰۷۰) و (۲۱۰۰-۲۰۷۱) انجام شد. مقایسه‌ی بارش میانگین سالانه، در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه، الگوی افزایشی را نشان داد. Hearth et al (۲۰۱۵) اثر تغییر اقلیم بر روی بارش منطقه‌ی ماهاولی سریلانکا را با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی SDSM بررسی کردند. بر اساس نتایج، مجموع بارش سالانه، حداکثر بارش سالانه و میانگین بارش سالانه تحت سناریوی A2 روند افزایشی را نشان می‌دهد. در مطالعه Ildormi (۲۰۱۵) اثر تغییرات آب و هوایی در تغییرات بارش حوضه آبخیز قره‌سو با استفاده از داده‌های HadCM3، تجزیه‌وتحلیل شد. نتایج نشان می‌دهد که در طول ۲۰۱۱- ۲۰۳۰ و بر اساس سناریوهای A2، B۱ و A1B میانگین بارش فصلی در تمام فصول کاهش خواهد داشت. Shukla (۲۰۱۵) مقادیر بارش را با استفاده از مدل SDSM و کالیبراسیون و اعتبارسنجی متغیرهای بزرگ‌مقیاس جوی به‌وسیله‌ی سناریوی A2 مورد مطالعه قرار داد. نتایج نشان داد که میانگین دما و بارش در دوره‌ی آتی (۲۰۹۹-۲۰۱۰) افزایش خواهد داشت. Sobhani and Babaian (۲۰۱۵) نتایج دو الگوی ریزمقیاس نمایی SDSM و LARS-WG را با در نظر گرفتن تحلیل عدم قطعیت روی بارش روزانه تحلیل کردند، نتایج کلی نشان داد که مدل SDSM توانایی بهتری در برآورد دمای دو ایستگاه تبریز و ارومیه دارد، در حالی‌که نتایج دو مدل در تخمین بارش مشابه است. (۲۰۱۵) Rezayi et al در مطالعه‌ی خود مقادیر بارش مدل بزرگ‌مقیاس جوی HADCM3 را با استفاده از روش ریزمقیاس نمایی SDSM برای منطقه‌ی کرمان برآورد کردند. با توجه به نتایج مدل SDSM، بارش سالانه‌ی ایستگاه کرمان تا سال ۲۰۹۹ کاهش می‌یابد. در پژوهش Saraf (۲۰۱٦)، مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM به‌عنوان ابزاری برای ریزمقیاس نمایی آماری داده‌های هواشناسی در منطقه‌ی گوداواری هند مورد استفاده قرار گرفته است، تمامی سناریوهای هردو مدل جهانی (GCM) و (HADCM3) افزایش بارش و دما در دوره‌های آتی را برآورد کردند. Nigatu et al (۲۰۱٦)، جهت بررسی اثر تغییرات اقلیمی بر روی موازنه‌ی آب دریاچه‌ی تانا در اتیوپی از داده‌های اقلیمی جهانی GCM و HADCM3 استفاده کردند. نتایج نشان داد؛ بر اساس هردو سناریو مقدار بارش در آینده افزایش خواهد داشت. Sarraf and Jalali (۲۰۱٦) در مطالعه‌ی خود اثر گرمایش جهانی بر اقلیم شهرهای واقع در حوضه آبریز دریاچه ارومیه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بیانگر این بود که بارش متوسط در منطقه در حدود ٤ میلی‌متر در سال کاهش یافته است. Ajamzadeh and mollyinia (۲۰۱٦) اثرات تغییر اقلیم بر رواناب و بارش حوضه‌ی فیروزآباد در

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

استان فارس را با استفاده از مدل SDSM، ریزمقیاس کردند. نتایج مدل نشانگر این بود که میزان افزایش بارش در حدود ۲ الی ۱۲ درصد می‌باشد. در مطالعه‌ای که توسط Worku (۲۰۱۶) جهت بررسی تغییرات اقلیمی و تاثیر آن بر روی بارش‌های حوضه‌ی رودخانه‌ی نیل آبی انجام شد، داده‌های بارش از مدل اقلیم جهانی (GCM) و مدل HADCM3 اخذ گردید. مدل‌ها احتمال افزایش بارش در حوضه‌ی نیل آبی در آینده را تخمین زدند. موضوع تغییر اقلیم و تاثیر آن بر روی پارامترهای اقلیمی مناطق مختلف، از مسائل اساسی مورد توجه پژوهشگران است. در مناطق مختلف دنیا پژوهش‌های مختلفی در رابطه با تعیین میزان اثر تغییرات اقلیمی در حال حاضر و پیش‌بینی مقادیر پارامترهای اقلیمی با در نظر گرفتن اثرات گسترده‌ی تغییر اقلیم انجام گرفته است. آنچه واضح است، تغییر اقلیم در مناطق مختلف اثرات متفاوتی داشته است، چنانچه در برخی از مناطق با بارش‌های شدید و در برخی مناطق با کاهش بارش و افزایش دما در ارتباط است. در این میان بررسی اثر دقیق پدیده‌ی تغییر اقلیم بر روی منطقه‌ی مورد مطالعه به لحاظ آگاهی از تغییرات آتی پارامتر بارش به‌منظور برنامه‌ریزی‌های آتی امری ضروری است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه نواحی جنوبی دریای خزر در کشور ایران است که به‌طور تقریبی بین عرض جغرافیایی ۳۶ تا ۳۸ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸/۵ تا ۵۶ درجه شرقی قرار دارد. این منطقه شامل استان‌های گیلان، مازندران و گلستان است. این محدوده در نیمه شمالی کشور ایران و نیمه جنوبی کمربند معتدله کره زمین واقع شده است. ناحیه سواحل جنوبی خزر مرطوب‌ترین ناحیه ایران به‌شمار می‌رود. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

Figure 1: Geographical location of the study area

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

در مطالعه‌ی حاضر داده‌های مورد استفاده از دو منبع اخذ گردید: ۱- داده‌های مشاهده‌ای ایستگاه از وزارت نیرو و سازمان هواشناسی: داده‌های ۳۲ ایستگاه باران‌سنجی و ۷ ایستگاه سینوپتیک از وزارت نیرو و سازمان هواشناسی اخذ گردید. داده‌ها از لحاظ صحت و دقت مورد بررسی قرار گرفتند و سپس داده‌های پرت حذف و داده‌های مفقود بازسازی گردید. در انتخاب ایستگاه‌ها، از ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی که طول دوره آماری آن‌ها حداقل ۳۰ سال می‌باشد، استفاده شد. از بین تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه، از هر استان ۳ ایستگاه انتخاب و نتایج آن‌ها در پژوهش آورده شد. در جدول (۱) مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد استفاده درج شده است.

جدول ۱- اطلاعات جغرافیایی ایستگاه‌های باران‌سنجی

Table 1- Geographic Information of Rainfall Stations

استان	ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	طول دوره
گیلان	هرابر سموش	باران‌سنجی	۵۰.۱۸	۳۶.۵۹	۸۰	۱۹۶۶-۲۰۰۱
گیلان	رشت	سینوپتیک	٤۹.٦۵	۳۷.۲	۰	۱۹۶۶-۲۰۰۱
گیلان	شاندرمن ماسال	باران‌سنجی	٤۹.۰۹	۳۷.۲۲	٦۰	۱۹۶۶-۲۰۰۱
گلستان	گرگان وشمگیر	باران‌سنجی	۵٤.٤٤	۳۷.۱۲	۱۲	۱۹٦۷-۲۰۰۱
گلستان	اینچه برون	باران‌سنجی	۵٤.٤۳	۳۷.۲۷	۱۰	۱۹۷٤-۲۰۰۱
گلستان	تمرگرگان	باران‌سنجی	۵۵.۳۰	۳۷.۲۹	۱۳۲	۱۹۶۶-۲۰۰۱
مازندران	آبلو	باران‌سنجی	۵۳.۲۹	۳٦.٦٤	۵۰	۱۹٦۹-۲۰۰۱
مازندران	گلوگاه	باران‌سنجی	۵۲.٦۵	۳٦.۳۰	۲۰۰	۱۹۶۶-۲۰۰۱
مازندران	تیرتاش	باران‌سنجی	۵۳.۷۲	۳٦.۷۲	۳۰	۱۹٦۹-۲۰۰۱

۲- خروجی مدل جهانی AOGCM: در این پژوهش از مدل HADCM3 استفاده گردید، این مدل از سایت IPCC قابل دریافت می‌باشد و شامل ۳ سری داده در برگیرنده‌ی سناریوهای A2 و B2 و داده‌های NCEP می‌باشد که در

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

قالب ۲۶ عنصر پیش‌بینی کننده‌ی اقلیمی ارایه گردیده است. داده‌های اخذ شده دارای دقت ۳/۷۵ طولی و ۲/۵ عرضی می‌باشند و جهت استفاده موقعیت سلول مورد نظر در منطقه باید مشخص گردد.

داده‌های اخذ شده‌ی مدل جهانی AOGCM به دلیل بزرگ‌مقیاس بودن در مقیاس منطقه‌ای قابل استفاده نیست و باید به‌وسیله‌ی مدل‌های ریزمقیاس نمایی، کوچک‌مقیاس گردیده و سپس مورد استفاده قرار گیرد. در این پژوهش از مدل SDSM برای ریزمقیاس نمایی داده‌های بارش استفاده گردید. مدل ریزمقیاس نمایی SDSM بر اساس روابط آماری، تکنیک‌های رگرسیون چندگانه‌ی خطی بین متغیرهای بزرگ‌مقیاس و متغیرهای اقلیمی ایستگاه‌های هواشناسی پایه‌گذاری شده است. ابتدا مدل متغیرهای پیش‌بینی کننده‌ی NCEP را کالیبره و آنالیز نموده و سپس بر اساس مدل ایجاد شده، پیش‌بینی کننده‌های GCM ها، پیش‌بینی شونده‌ی مورد نظر را شبیه‌سازی می‌نماید. در این مدل ابتدا متغیر پیش‌بینی شونده (بارش) با استفاده از روش‌های رگرسیونی ترکیبی و یک روش مولد هواشناسی تصادفی، کوچک‌مقیاس شده و سپس در محل ایستگاه مجددا تولید گردید.

مدل SDSM عمل ریزمقیاس نمایی داده های GCM را در هفت مرحله‌ی خاص و جدا به شرح زیر تقسیم می‌کند: الف- کنترل کیفیت و تبدیل داده‌ها ب- غربالگری متغیرهای پیش‌بینی‌کننده ج- کالیبره کردن مدل د- تولید داده‌های آب‌وهوا ه- تحلیل‌های آماری و- نمودارسازی برای خروج مدل ز- تولید سناریو با استفاده از پیش‌بینی‌کننده‌های مدل اقلیمی،

در مرحله‌ی کنترل کیفیت داده‌ها، کیفیت داده‌های بارش در قسمت کنترل کیفی مدل بررسی شد. سپس در بخش غربالگری مدل، از بین ۲۶ پیش‌بینی کننده، در حدود ٤ تا ٦ مورد که بیش‌ترین همبستگی را با متغیر بارش داشتند انتخاب گردید. در این قسمت از تحقیق در حدود ۵۰ درصد از متغیرهایی که رابطه‌ی معنی‌دار با متغیر بارش نداشتند حذف شدند و از ۱۲ متغیر باقی‌مانده بر اساس میزان همبستگی، ضریب R و R جزیی حدود ٤ تا ٦ متغیر به‌عنوان متغیرهای پیش‌بینی کننده انتخاب گردیدند. در این مرحله مقدار R جزیی هر یک از پیش‌بینی کننده‌ها سنجیده شده و در نهایت در رابطه با بارش پیش‌بینی کننده‌هایی انتخاب شدند که مجموع مقدار R جزیی آن‌ها بیش‌تر از ۰/۳ بود. در مرحله‌ی واسنجی مدل، پیش‌بینی کننده‌های بزرگ‌مقیاس ناحیه‌ای (مانند فشار از سطح دریا) و داده‌های مشاهده‌ای مستقل ایستگاه (بارش) با استفاده از معادله‌ی رگرسیونی خطی چند جمله‌ای و لگاریتم ساده دوجمله‌ای برای تنظیم مدل مورد استفاده قرار گرفتند. در مرحله‌ی تولید داده‌های آب‌وهوای مصنوعی، تولید داده‌ها با استفاده از متغیرهای مشاهده‌ای بزرگ‌مقیاس جوی انجام گرفت. در این مرحله داده‌ها به‌صورت سری زمانی بررسی شده و ۷۵ درصد آن برای واسنجی و ۲۵ درصد آن برای اعتبار سنجی مدل مورد استفاده قرار گرفت. پس از خلاصه‌سازی داده‌های اعتبار سنجی نمودار ماهانه‌ی هر یک از متغیرهای آماری ترسیم و اختلاف آن‌ها مورد بررسی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

قرار گرفت در صورتی‌که آماره‌های میانگین، حداکثر و واریانس مقادیر برآوردی مناسب تشخیص داده شدند، سناریوهای GCM ریزمقیاس گردیدند.

پس از اعتبارسنجی مدل بر اساس پارامترهای مدل رگرسیونی که در مرحله‌ی واسنجی مدل به‌دست آمده است، داده‌های سناریوهای مختلف GCM (HADCM3 سناریوی A2 و B2) شبیه‌سازی گردیدند. در این مرحله برای دوره‌ی حاضر و آتی سری زمانی تولید گردید. در نهایت در دوره حاضر با داده‌های مشاهده‌ای مانند بخش اعتبار سنجی عمل شد و دقت سناریوی A2 و B2 تحلیل شد؛ و برای دوره‌ی آتی نیز بر اساس دوره‌های تعریف شده توسط IPCC خلاصه‌سازی صورت گرفت.

در مرحله بعد، خصوصیات آماری دیده‌بانی و شبیه‌سازی شده توسط مدل جهت تعیین این‌که آیا تفاوت‌های آماری قابل توجهی بین این دو گروه از داده‌ها وجود دارد یا نه مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. در این بخش از پژوهش با استفاده از تست‌های آماری و پارامترهای آماری MAE[8] و MBE[9] اقدام به مقایسه میانگین‌های ماهانه هر کدام از پارامترهای هواشناسی در حالت واقعی و شبیه‌سازی شده توسط مدل SDSM گردید (فرمول ۱ و ۲).

$$MBE = \frac{1}{N}\sum(S_i - O_i)$$ فرمول (۱)

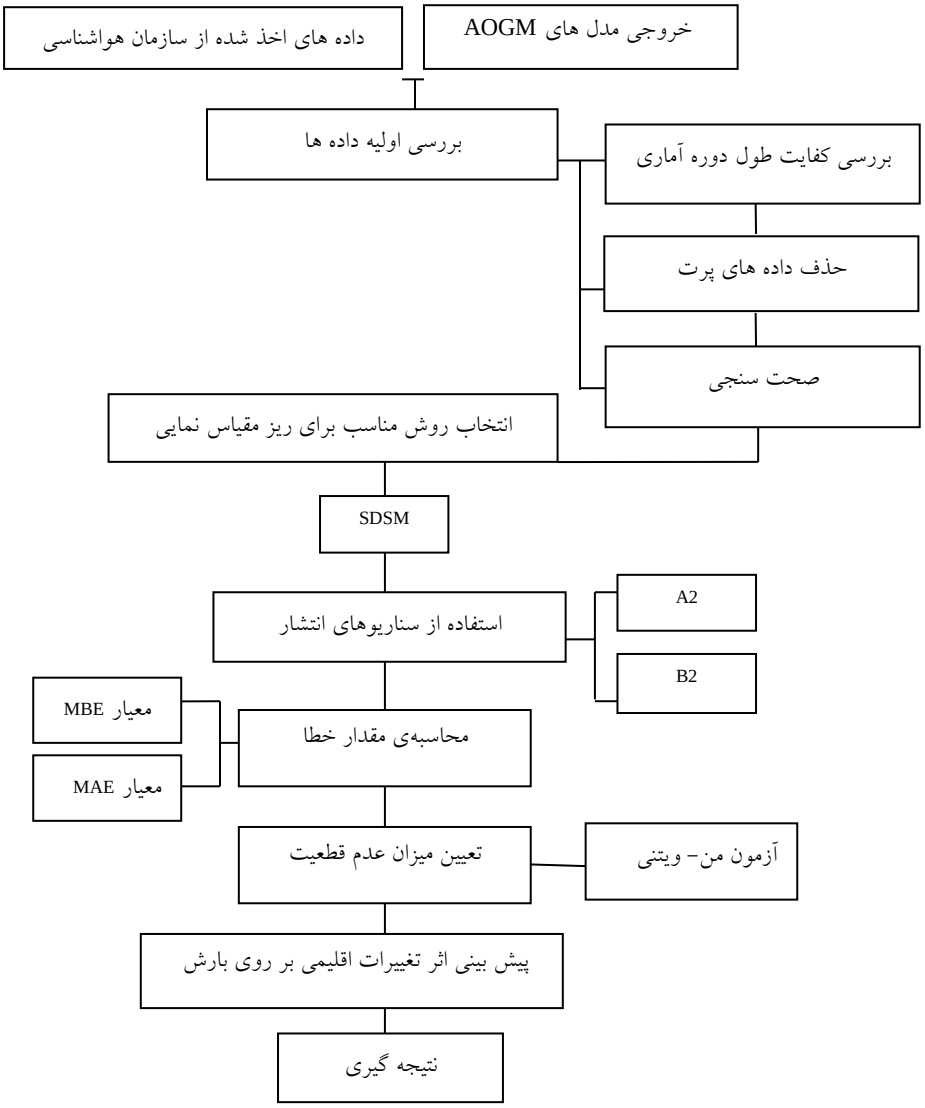
$$MAE = \frac{\sum O_i - S_i}{n}$$ فرمول (۲)

در این روابط S مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل، O نشان‌دهنده مقادیر واقعی، اندیس i ماه‌های سال و n تعداد ماه‌های سال است که برابر ۱۲ می‌باشد.

پس از محاسبه‌ی مقدار خطای محاسبه‌ی سناریوهای A2 و B2 مدل HadCM3، حداکثر و حداقل دقت مدل در فصول و ماه‌های مختلف سال با استفاده از محاسبه‌ی تعداد تکرار ماه‌هایی که حداکثر و حداقل خطا در آن‌ها به‌دست آمده بود، سنجیده شد. در مرحله‌ی آخر، درصد بارش دریافتی مشاهده‌ای در فصول مختلف محاسبه شد و با مقادیر درصدی بارش فصلی برآورد شده برای دوره‌ی آتی توسط سناریوهای مدل HadCM3 مقایسه و درصد تغییرات دوره‌ی آتی به‌دست آمد. مراحل مختلف انجام پژوهش در فلوچارت شکل (۲) آورده است.

8- Mean Absolute Error
9- Mean Basin Error

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۲: فلوچارت مراحل مطالعه

Figure 2: Flowchart of Study

یافته‌ها و بحث

خصوصیات آماری ایستگاه‌های منتخب منطقه در جدول (۲) آورده شده است که بر اساس آن بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار میانگین بارش سالانه به‌ترتیب در ایستگاه‌های هرابرسموش و اینچه برون و معادل ۱۳۲۳ و ۲۲۲ میلی‌متر محاسبه شده است. حداکثر بارش روزانه در ایستگاه رشت و معادل ۱۸۸ میلی‌متر بوده است. واریانس بارش ایستگاه هرابرسموش بیش‌تر از سایر ایستگاه‌ها است که با توجه به این‌که مقدار بارش آن نیز بیش‌تر از سایر ایستگاه‌ها بوده است مقدار واریانس به‌دست آمده پذیرفته است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

جدول ۲- خصوصیات مهم آماری ایستگاه‌های مورد مطالعه

Table 2- Statistical Information of Selected Stations

ایستگاه	واریانس	چولگی	کشیدگی	حداکثر	مجموع	میانگین بارش سالانه
هرابر سموش	۷۶۰۲۳/۸	-۰/۰۱	۱/۰۰	۱۸۰	٤٥۳٥۷	۱۳۲۳
رشت	٥۰۷۰٦/۲	-۰/۱٤	۰/۰۲	۱۸۸	٤٦۲۲٤	۱۳۰۲
شاندرمن ماسال	۳٤۰٤۷/٥	۱/۰٦	۱/٦	۱۷۷/٦	۳٤٤۰۰	۹٦۹
گرگان وشمگیر	۸٤٤۷/٥	۰/۱۳	-۰/۳۷	٦۲	۱۱۰۷٥	۳۲۱
اینچه برون	۲۱۰۱/۷	۰/٤٦	۰/۲٦	٤٦	٥٥٦۱	۲۲۲
تمر گرگان	۱۸۸٦۰/۳	-۰/۲۱	۰/٦۰	۷۰	۱۷۱۷۱	٤۹۰
آبلو	٤۳٤٥۷/٥	۰/٦۳	۱/٦۸	۹۲	۲۱٦۷۸	٦٦۷
گلوگاه	۲۲٦٤٥/۷	۰/۹٤	۱/۱۸	۱٦٥	۲۹۳۰٤	۱۱۱۰
تیرتاش	۱٥۱۰۷/۸	-۰/٤۹	۰/۷۲	۱۲۳/٥	۱۸٦٤۱	٥۷۲

در مرحله‌ی انتخاب پیش‌بینی کننده‌ها، متغیرهای پیش‌بینی‌کننده‌ای که قوی‌ترین همبستگی را داشتند، با استفاده از ایجاد همبستگی بین متغیرهای پیش‌بینی‌کننده و متغیرهای پیش‌بینی شونده، در هر ایستگاه غربالگری و انتخاب گردید (جدول ۳) که با توجه به آن، پرتکرارترین متغیرهای پیش‌بینی‌کننده در ایستگاه‌های مورد مطالعه، متغیرهای تاوایی در ۵۰۰ هکتوپاسکال (تعداد تکرار: ٦ ایستگاه)، متوسط دما در ارتفاع دو متری (تعداد تکرار: ۵ ایستگاه)، رطوبت ویژه یا نسبی در ۸۵۰ هکتوپاسکال (تعداد تکرار: ٦ ایستگاه) و ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال (تعداد تکرار: ٤ ایستگاه) بوده است.

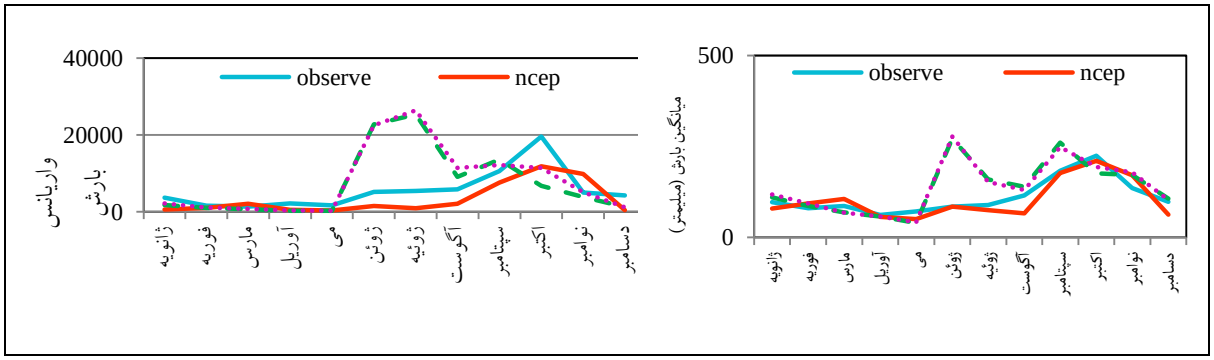
جدول ۳- پیش‌بینی کننده‌های نهایی NCEP ایستگاه‌های مورد مطالعه

Table 3- Final predictors of NCEP in Selected Stations

ایستگاه	متغیرهای پیش‌بینی کننده	مقدار R جزیی
هرابر سموش	Ncepp_faf- Ncepp_zaf- nceptempaf- Ncepp8_zaf- nceprhumaf-Ncepp5-zaf	۰/٤
رشت	Ncepp_faf- Ncepp_zaf-Nceepp5_faf	۰/٤
شاندرمن ماسال	Ncepp_faf- Ncepp_zaf- nceprhumaf- Ncepp500af-Ncepp_5faf	۰/٤
گرگان	Ncepp5_zaf- Nceptempaf- Ncepr850af- Nceprhumaf- Ncepp8zhaf	۰/٤
اینچه برون	Ncepp_uaf- Ncepp_zhaf- Nceptempaf- Ncepp8zhaf- Ncepr850af-Ncepp5_uaf	۰/۵
تمر گرگان	Ncepp5_zaf- Nceptempaf- Ncepr850af-Ncepp8zhaf	۰/٤
آبلو	Ncepp_zhaf- Ncepp5_uaf- Ncepr850af- Ncepp500af- Ncepp8zhaf-Ncepp5_zaf	۰/٤
گلوگاه	Ncepp5_faf- Nceptempaf- Ncepp500af- Ncepp8zhaf- Ncepr850af- Ncepp5_zaf	۰/٦
تیرتاش	Ncepr850af- Ncepp5_zaf- Ncepp500af- Ncepp8zhaf- Ncepp5_uaf	۰/۵

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

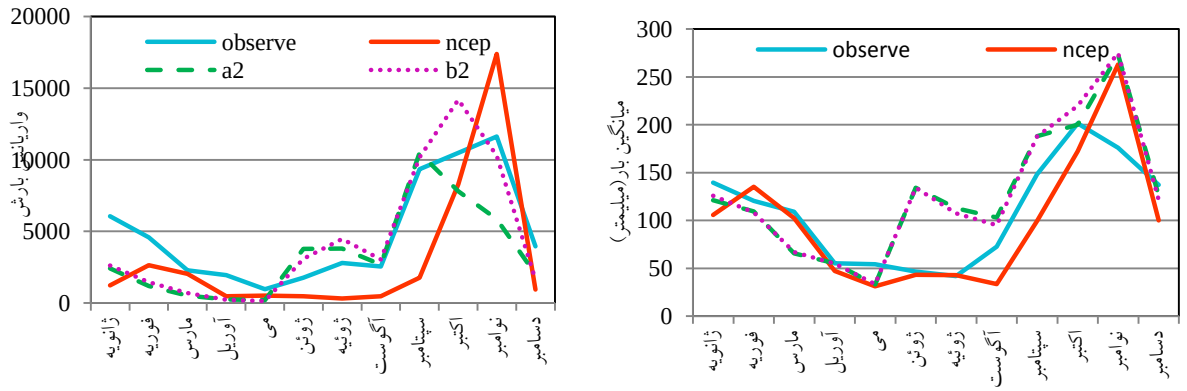
میانگین بارش مشاهده‌ای و مقادیر برآوردی مدل‌های NCEP و سناریوهای A2 و B2 مدل HadCM3 برای دوره‌ی پایه مقایسه و نتایج به‌دست آمده در قالب نمودار به تفکیک هر ایستگاه در شکل‌های (۲ تا ۱۹) آورده شده است. براساس نتایج به‌دست آمده، در ایستگاه هرابر سموش واریانس داده‌ها به غیر فصل پاییز بسیار کم و بسیار نزدیک به داده‌های مشاهداتی می‌باشد. مقادیر بارش محاسبه شده توسط مدل ,NCEP سناریوهای A2 و B2 نیز به غیر از فصول تابستان و پاییز نزدیک مقادیر مشاهده‌ای می‌باشد. در ایستگاه رشت، بارش مشاهده‌ای فصل پاییز بیش‌تر از سایر فصول است، واریانس بارش مشاهده‌ای نیز در فصل پاییز زیاد است. واریانس مدل NCEP و HadCM3 در ماه نوامبر زیاد است ولی در سایر ماه‌ها کم و مشابه داده‌های مشاهده‌ای ایستگاه است. نمودار میانگین و واریانس بارش ایستگاه شاندرمن ماسال بیانگر اینست که فصل پاییز پربارش‌ترین فصل سال است، مقدار نوسان بارش نیز در این فصل بیش‌تر از سایر فصول است. در این ایستگاه واریانس مدلNCEP در ماه‌های می، آگوست و نوامبر بیش‌تر از سایر ماه‌هاست. در اغلب ماه‌ها واریانس بسیار کم است. در ایستگاه گرگان وشمگیر، درکل بیش‌ترین بارش در فصل زمستان دریافت شده است. کم‌ترین مقدار بارش نیز در فصل تابستان رخ داده است. واریانس مدل NCEP و HadCM3 در تمامی ماه‌ها به غیر از ماه‌های پربارش فصل زمستان، بسیار اندک و داده‌ها بسیار نزدیک به داده‌های مشاهده‌ای است. در ایستگاه اینچه برون بارش محاسبه شده توسط مدل NCEP مشابه داده‌های مشاهداتی است. واریانس داده‌های برآورد شده در فصل زمستان زیاد است و به غیر از آن در سایر فصول داده‌های برآوردی بسیار نزدیک به داده‌های مشاهده‌ای است. در ایستگاه تمرگرگان نیز مقدار بارش محاسبه شده توسط هر دو سناریوی A2 و B2 به غیر از فصل زمستان در سایر فصول نزدیک به داده‌های مشاهده‌ای است. واریانس مدل در تمامی ماه‌ها بسیار اندک است. در ایستگاه آبلو بیش‌ترین مقدار بارش دریافتی در فصل پاییز رخ داده است و به همین علت نوسان بارش و هم واریانس بارش محاسبه شده نیز در این فصل زیاد است. در این ایستگاه واریانس بارش مشاهده-ای و برآوردی پس از فصل پاییز در فصل زمستان نیز زیاد است. در ایستگاه گلوگاه، واریانس داده‌های محاسبه شده توسط مدل NCEP به غیر از فصل پاییز در سایر فصول بسیار کم و مشابه داده‌های مشاهده‌ای است. در ایستگاه تیرتاش نیز، واریانس بارش در فصل پاییز و همزمان با وقوع بارش‌های فراوان، بیش‌تر از سایر فصول سال است.



شکل ۲: میانگین و واریانس بارش مشاهده‌ای و برآوردی ایستگاه هرابر

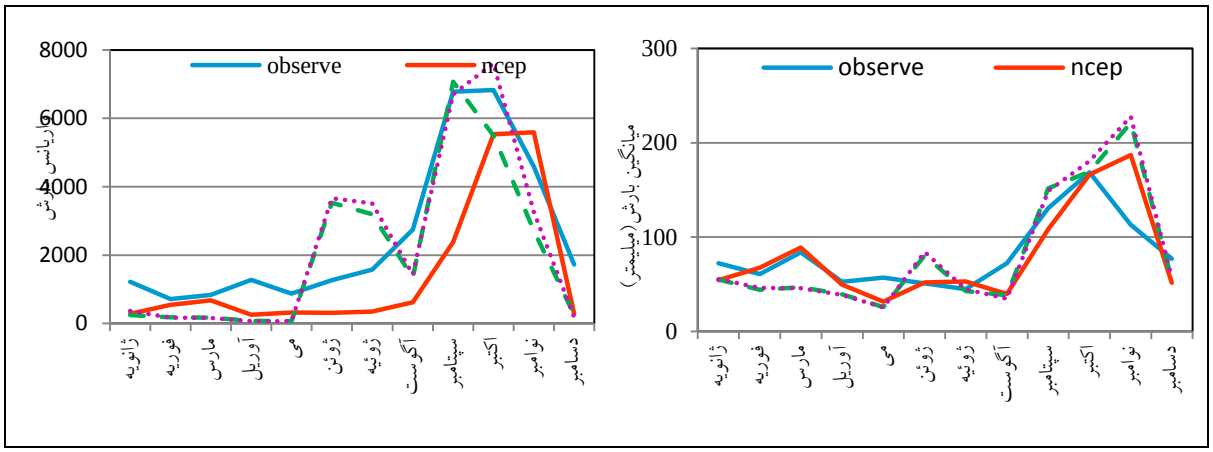
Figure 2: Mean and variance of observed and estimated precipitation of Haraber station

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]



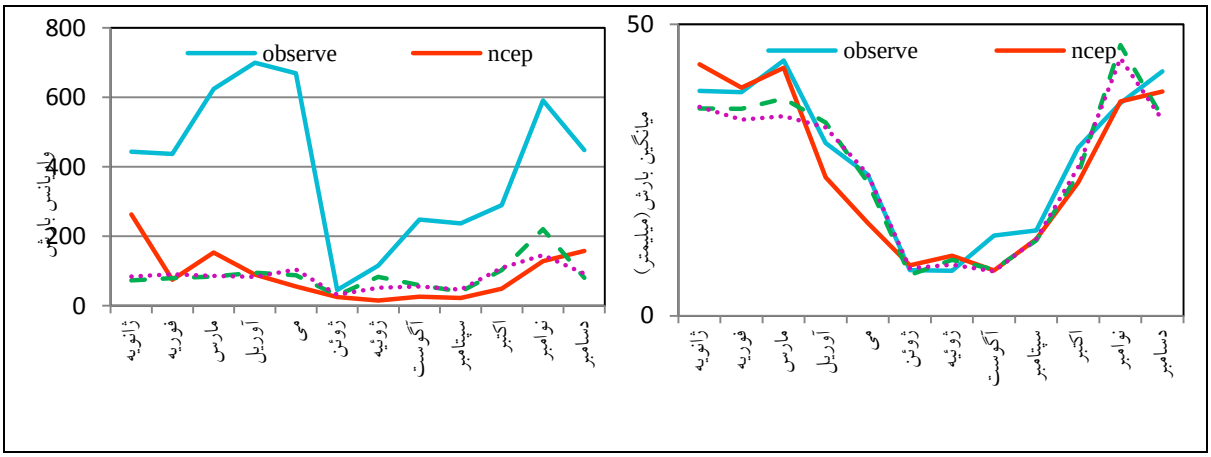
شکل ۳: میانگین و واریانس بارش مشاهده‌ای و برآوردی ایستگاه رشت

Figure 3: Mean and variance of observed and estimated precipitation of Rasht station



شکل ٤: میانگین و واریانس بارش مشاهده‌ای و برآوردی ایستگاه شاندرمن

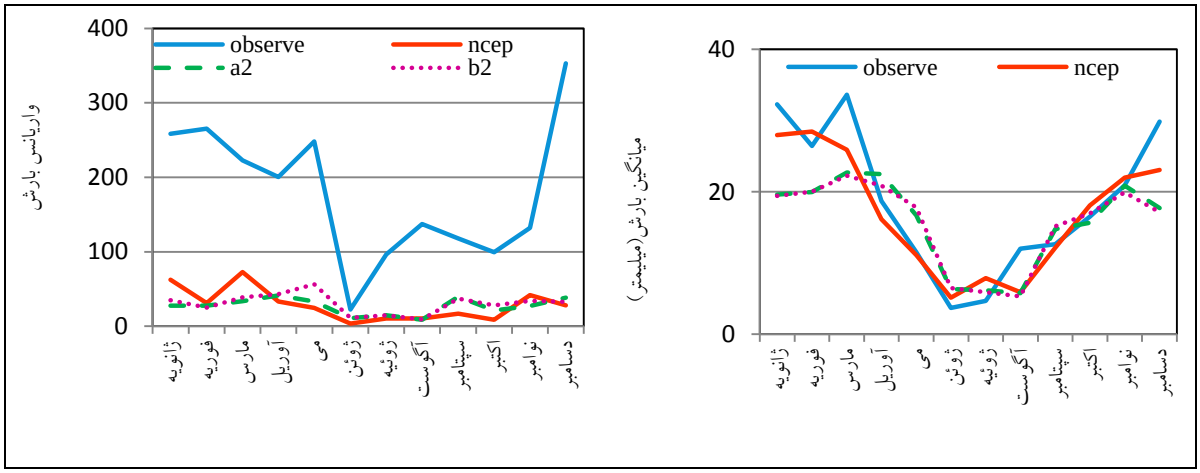
Figure 4: Mean and variance of observed and estimated precipitation of Shanderman station



شکل ۵: میانگین و واریانس بارش مشاهده‌ای و برآوردی ایستگاه گرگان

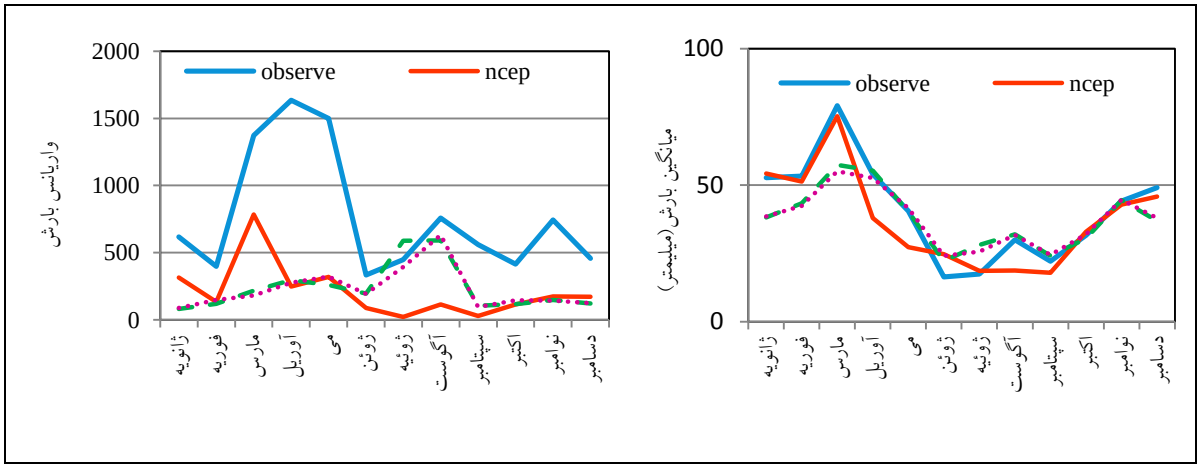
Figure 5: Mean and variance of observed and estimated precipitation of Gorgan station

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]



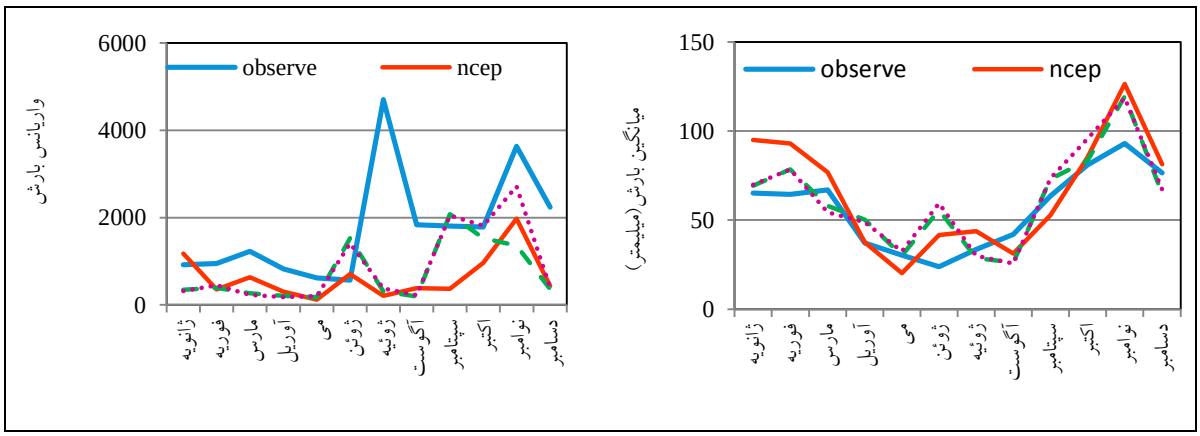
شکل ٦: میانگین و واریانس بارش مشاهده‌ای و برآوردی ایستگاه اینچه برون

Figure 6: Mean and variance of observed and estimated precipitation of Inchehbroon station



شکل ۷: میانگین و واریانس بارش مشاهده‌ای و برآوردی ایستگاه اینچه برون

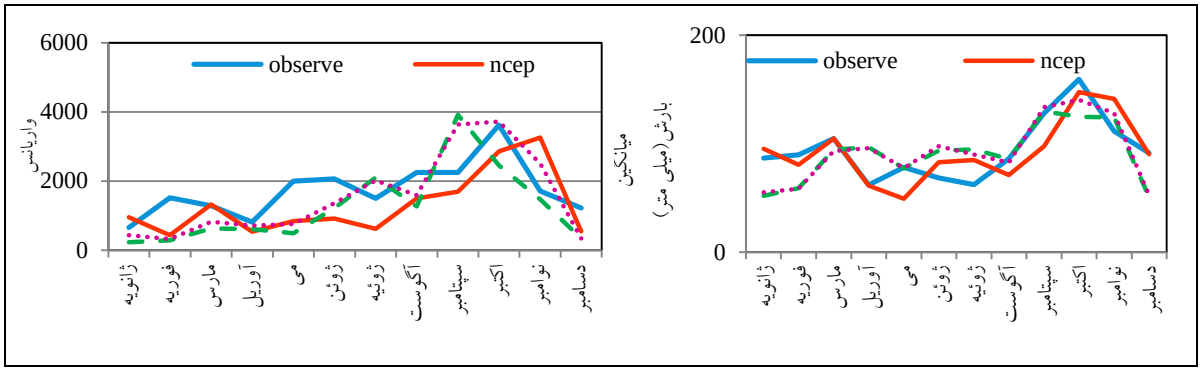
Figure 7: Mean and variance of observed and estimated precipitation of Inchehbroon station



شکل ۸: میانگین و واریانس بارش مشاهده‌ای و برآوردی ایستگاه آبلو

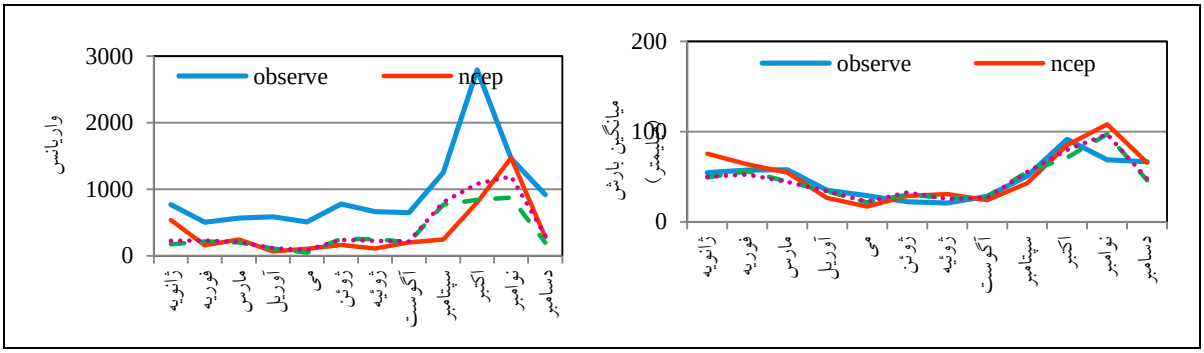
Figure 8: Mean and variance of observed and estimated precipitation of Abaloo station

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۹: میانگین و واریانس بارش مشاهده‌ای و برآوردی ایستگاه گلوگاه

Figure 9: Mean and variance of observed and estimated precipitation of Galoogah station



شکل ۱۰: میانگین و واریانس بارش مشاهده‌ای و برآوردی ایستگاه تیرتاش

Figure 10: Mean and variance of observed and estimated precipitation of Tirtash station

برای محاسبه‌ی خطا (MBE) ابتدا مجموع بارش ماهانه‌ی مشاهده‌ای و HADCM3 در هر سال استخراج گردید. سپس اختلاف بین هر یک از مدل‌ها با مشاهده‌ای محاسبه و در نهایت از خطای به‌دست آمده میانگین گرفته شد. محاسبه‌ی قدر مطلق خطا (MAE) نیز همانند محاسبه خطا صورت گرفت. فقط قدر مطلق اختلاف ماهانه دوره بین مشاهده‌ای و مدل HADCM3 در هر سال محاسبه گردید و میانگین دوره به‌عنوان قدر مطلق خطا منظور گردید. نتایج مدل‌های فوق در جدول شماره‌ی ٤ آورده شده است. مقدار خطای محاسبه‌ای مدل SDSM توسط آزمون‌های MBE و MAE در تمام ایستگاه‌های باران‌سنجی منطقه محاسبه گردید. با توجه به این‌که ترسیم نمودارهای اقلیمی هر آزمون برای تک‌تک ایستگاه‌ها (به دلیل تعدد ایستگاه‌ها) میسر نبود، لذا نتایج آزمون‌های فوق مورد تحلیل قرار گرفت و نتایج حاصل از محاسبه‌ی مقادیر خطا، به‌صورت تحلیل حداکثر و حداقل خطای ماهانه‌ی به دست آمده در هر یک از ایستگاه‌ها توسط هر دو آزمون MBE و MAE و سناریوهای A2 و B2 طبقه‌بندی گردید. همچنین تعداد تکرار هر ماه در طبقه‌بندی حداکثر و حداقل خطای ایستگاه‌ها محاسبه و هر ماه که تکرار بیش‌تری داشت به همراه تعداد تکرار ماه در تمام ایستگاه‌ها، در جدول (۵) آورده شد؛ که با توجه به آن در مجموع با توجه به نتایج معیار MBE در محاسبه‌ی خطای ایستگاه‌های مورد مطالعه، خطای برآورد سناریوی A2 در فصل پاییز زیاد بوده است. حداکثر خطا در این فصل در ماه نوامبر به‌دست آمد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

جدول ٤- خطای ماهانه‌ی برآورد متغیر اقلیمی بارش بر اساس معیارهای MAE و MBE

Table 4- Monthly Error for Estimated Rainfall MBE and MAE

استان	ایستگاه	سناریو	خطا	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
گیلان	هرابر سمعوش	A2	MBE	۱۲/۱	۹/۳	-۱٦/۳	-۳/۸	-۳۱/۳	۱۳۷	٥٥/٤	۱۷/۹	۱۱٤	-٤۳/٦	۳٦/٦	۱۱/۱
			MAE	٤۷/۲	۳۸/٦	۲۹/٤	۳۱/۳	٤٤/۸	۱۸۲	۱۰۰	۸۰/۷	۱۷۲	۱۱٤	٦٤/۸	٥٤/۳
		B2	MBE	۲٤/۹	۱٤/٤	-۱۸/۲	-٤/٦	-۲۷	۱٥۲	٤۱/۱	-۲/۷	۹۱/۸	-۱٤/۸	٤٦/٦	٤/۹
			MAE	٥۳/۹	٤۰/٤	۳٦/٥	۳٦/٤	۳۷	۱٦٥	۹٤/٤	۸٤/٤	۱٦۱	۱٤٥	۸۱/٦	٤۹
	رشت	A2	MBE	-۲۱/٦	-۱٦	-۳۸/۸	-۱٤/۱	-۳۰/۳	٥۸/۳	۱۹/۹	-۲۳/۷	۲٥/٤	۱۱/۹	۸۹/٦	-۲٤/۱
			MAE	۳۱/٤	۲٥/۱	٤۱/۷	۲٥/۷	۳۳/۲	۷۰	٤۲/۲	٤۳/۷	۹۳/۳	۷٦/٦	۱۰٥	٤۰
		B2	MBE	-۱۸/۱	-۱٦/۲	-۳۹/۳	-۱۳/٥	-۲۹/۳	٦٦/۳	۱۷/۱	-۲۹/۸	۲۲/۳	۲٦/۹	۹۲/۷	-۲٤/٤
			MAE	۳۰/۷	۲٦/۸	٤۱/۸	۲۸	۳۱/۹	۷۳/٦	٤۸/٥	٤٥/٦	۹۰/۳	۹۲/۷	۱۰۷	۳۹/۳
	شاندرمن ماسال	A2	MBE	-۱۹/۲	-۱۲/۹	-٤٦/٤	-۰/۳	-۲۰/۷	۸٤/٦	٦٥/٦	۲۳/٥	۳۸/۸	۲/۸	۹۳/۳	-۱۲/۳
			MAE	۷۰/۲	٦۱	٥۸/۹	۳۲/۲	۳٤/۲	۹۸/۲	۸۳/٦	٥٦	۱۱۳	۹٤/۲	۱۳۳	٥۹/٥
		B2	MBE	-۱٥/٤	-۱٥/۲	-٤٤/۹	-۰/٥	-۲۰/۳	۸٤/٦	٥۷/۱	۱٥/٤	٤۰/۳	۲۷/٦	۹۷/۷	-۱۹/۲
			MAE	٦۳/۲	٦۷/٤	٥۸/۸	۳٥/۸	۳۰/۹	۸۸/۷	۷٥/۷	٥٦/۱	۱۱۹	۱۲۷	۱۳۳	٥٦/۸
گلستان	گرگان وشمگیر	A2	MBE	۰/۹	-٦/۳	-٤/۱	٤/۲	-٤	۲/٥	۳/٤	-٥/۸	۱/۷	۰/۰۳	٥/٥	-۱٤/٤
			MAE	۱۱/۹	۱۷/٦	۱۷/٥	۱۷/۲	۱٦/۱	۸/٦	۱۳/٥	۹/۹	۱۲/۱	۱۳/۳	۲٤/٤	۲۰/۹
		B2	MBE	۰/۸	-۷	-٥/۱	۲/۳	-٤/٤	۳/۱	۲	-٥/۸	۲/٥	-۰/۱	٥/٥	-۱٥/۷
			MAE	۱۲/۷	۱۷/۹	۱۹	۱۷/۸	۱٦/۸	۸/۳	۱۲	۹/۸	۱۳/٤	۱٤/٤	۲۲/۱	۲۱/٤
	اینچه برون	A2	MBE	-۱۱/۸	-٤/۹	-۱۱/۲	٥/۷	٥/٥	۱	۱/۸	-٥/٥	۰/۸	-۰/۹	۰/٤	-۱۱/۲
			MAE	۱٤	۱۳/٤	۱٦/۲	۱۳	۱٤	٤/۹	٥/٦	۹	۱۱	٦/٥	۱۰	۱٥
		B2	MBE	-۱۲/۱	-٦/۲	-۱٤	۳/۷	٦/٤	۱/٥	۰/۲	-۷/٦	۲/۲	۲/۱	-۰/۱	-۱۲/۳
			MAE	۱٦/۱	۱٥/۸	۱۸/٦	۱٤/٦	۱٤/٦	٥/۳	٤/۸	۹/٥	۱۲/٤	٦/۲	۱۱/۹	۱٤/۳
	تمر گرگان	A2	MBE	-۱۳/۹	-۱۰/۸	-۲۱/۹	۱	-۲	٦	۱۱	-۲/٤	۰/٦	۰/۰٤	۰/۳	-۱۱
			MAE	۲٤	۱۸/۹	۳٥	۳٥	۲٦	۲۰/۳	۲۹	۲۱/۸	۱۹	۱۷/۷	۲٤/۷	۲٤
		B2	MBE	-۱٤/۹	-۱۲/۲	-۲٤/٦	-۲	-۰/۷	۸	۸	-۲	۰/۲	۲	۰/۸	-۱۰
			MAE	۲۳	۲۰	۳۸	۳۷	۲۹	۳۲	۲٤/۷	۲٤	۲۰	۱٥/٥	۲٥/۸	۲۱/٦
مازندران	آبلو	A2	MBE	-۱/۲	۸/۳	-۱۲	۹/٦	-۰/۹	۲۷/٦	-۹/۱	-۲۰	۷/٦	٤/٥	۳۰/۸	-۱۳/٤
			MAE	۲۹/۹	۳۰	۳٤/٤	۳۰	۲۱/۲	۳۷/۳	۳۸/۹	۳۲/۲	٤۷/٥	٤٦/۹	٥۷/٦	۳۸/٦
		B2	MBE	۰/۱	۸/٤	-۱۷	۷/۸	۱/٤	۳۳/٦	-۷/۳	-۲۰/۹	۷/۸	۲۰/۹	۱۸/۹	-۱۰/٥
			MAE	۲۸/۲	۳٥/۷	۳۳/۸	۳۱/۸	۲۱	۳۹/۹	۳۹/٦	۳۲/۹	٤۹/۳	٥۰	٥۰/۹	۳۷/٥
	گلوگاه	A2	MBE	-۳۳/۹	-۲٦/۳	-۹/٥	۳۱/۷	۰/۱	۱۹/۸	۳٤/۹	-۰/٥	۷/۷	-۲۱/۱	۱۷/۲	-۳٦/۳
			MAE	۳۷/۸	۳۷	٤۱	۳۷/۲	٤٤/۳	٤۹/۹	٥٦/۸	٤٤	٦۲/٥	٦٤/۹	۳۹/٥	٤۸/٦
		B2	MBE	-۲۸/۸	-۲۹/۳	-۱۱/۳	۳۳/۱	۱	۲٤	۲۸/۸	-٥/۹	۱۳/٤	٥	۲٦/۷	-۳٤/۱
			MAE	۳٥	٤۲/٥	۳۸/٤	٤۱/۹	٤۳	٥۳/۳	٥٥/۷	٤٥/۱	٥۸/۲	۷۳/۳	٥٥/۸	٤۱/۱
	تیرتاش	A2 B2	MBE	-٥/۷	-۲/۳	-۱۲/۱	-۱/۱	-٦/۷	٦/۷	٤/٤	-۱/٥	۲/۹	-۱۸/۷	۳۰/٥	-۱۸/۹
			MAE	۲۳/۷	۱۹/۳	۲۸/٤	۲۰/۷	۱٦/٦	۲٥/٦	۲۷	۲۲	۳۱/٥	٥۰/۸	۳۸/۱	۳۲/٤
			MBE	-٥	-٥/٤	-۱۳/۹	-۰/۹	-٦/۲	۹/۸	۳/۳	-۳/۳	۳/٤	-۷	۳۱/٥	-۱٥/۹
			MAE	۲٥/۸	۲۰/٤	۲٥/٤	۲۰/٦	۱۸/٤	۲٥/۹	۲۳/۲	۲۲	۳۱/۲	٤۸/۱	٤۳/٦	۳۱

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

جدول ۵- حداکثر و حداقل اختلاف محاسبه شده بر اساس معیار MBE و MAE در ایستگاه‌های مورد مطالعه

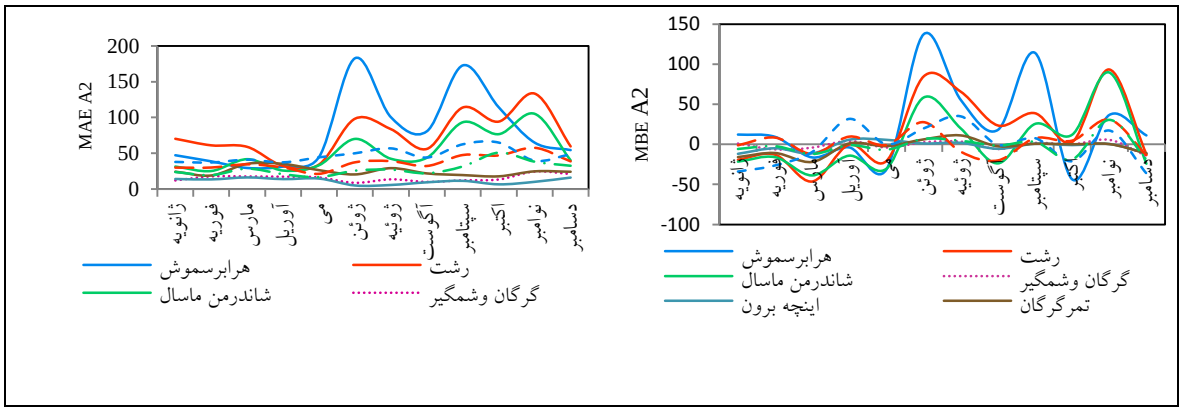
Table 5- Estimated Minimum and Maximum Error Based on MBE and MAE Indexes

		حداکثر اختلاف				حداقل اختلاف			
		سناریوی A2		سناریوی B2		سناریوی A2		سناریوی B2	
		MAE	MBE	MAE	MBE	MAE	MBE	MAE	MBE
هرابرسموش	مقدار	۱۸۲	۱۳۷	۱٦٥	۱٥۲	۲۹/٤	-۳/۸	۳٦/٤	-۲/۷
	ماه	ژوئن	ژوئن	ژوئن	ژوئن	مارس	آوریل	آوریل	آگوست
رشت	مقدار	۱۰٥	۸۹/٦	۱۰۷	۹۲/۷	۲٥/۱	۱۱/۹	۲٦/۸	-۱۳/٥
	ماه	نوامبر	نوامبر	نوامبر	نوامبر	فوریه،آوریل	اکتبر	فوریه	آوریل
شاندرمن ماسال	مقدار	۱۳۳	۹۳/۳	۱۳۳	۹۷/۷	۳۲/۲	۰/۳	۳۰/۹	۰/٥
	ماه	نوامبر	نوامبر	نوامبر	نوامبر	آوریل	آوریل	می	آوریل
گرگان وشمگیر	مقدار	۲٤/٤	-٦/۳	۲۲/۱	-٥/۸	۸/٦	۰/۰۳	۸/۳	-۰/۱
	ماه	نوامبر	فوریه	نوامبر	نوامبر	ژوئن	سپتامبر	ژوئن	اکتبر
اینچه برون	مقدار	۱٦/۲	-۱۱/۸	۱۸/٦	-۱۲/۱	٤/۹	۰/٤	٤/۸	-۰/۰۱
	ماه	مارس	ژانویه	مارس	ژانویه	ژوئن	نوامبر	ژوئیه	نوامبر
تمرگرگان	مقدار	۲۹	-۱۳/۹	۳۸	-۲٤/٦	۱۷/۷	۰/۰٤	۱٥/٥	۰/۲
	ماه	ژوئیه	ژانویه	مارس	مارس	اکتبر	اکتبر	اکتبر	اکتبر
آبلو	مقدار	٥۷/٦	۳۰/۸	٥۰/۹	۳۳/٦	۲۱/۲	-۰/۹	۲۱	۰/۱
	ماه	نوامبر	نوامبر	نوامبر	ژوئن	می	می	می	ژوئن
گلوگاه	مقدار	٦٤/۹	۳٤/۹	۷۳/۳	۳۳/۱	۳۷	۰/۱	۳٥	۱
	ماه	اکتبر	ژوئیه	اکتبر	آوریل	فوریه	می	ژانویه	می
تیرتاش	مقدار	۳۸/۱	۳۰/٥	٤۳/٦	۳۱/٥	۱۹/۳	-۱/۱	۱۸/٤	-۰/۹
	ماه	نوامبر	نوامبر	نوامبر	نوامبر	فوریه	آوریل	می	آوریل
فصل	فصل	پاییز	پاییز	پاییز	پاییز	زمستان	بهار	بهار	بهار
ماه	ماه	نوامبر	نوامبر	نوامبر	نوامبر	فوریه	آوریل	می	آوریل
تعداد	تعداد	٥	٤	٥	٤	۳	۳	۳	۳

بر اساس نتایج معیار MAE و سناریوی A2 نیز، خطای برآورد در فصل پاییز و در ماه نوامبر زیاد بوده است. حداکثر خطای برآورد سناریوی B2 با استفاده از معیارهای MBE و MAE در فصل پاییز و در ماه نوامبر به‌دست آمد. حداقل خطای هر دو سناریو با استفاده از معیارهای فوق سنجیده شد. نتایج بیانگر این است که، خطای برآورد سناریوی A2 با توجه به محاسبات معیار MBE در فصل بهار و در ماه آوریل کم‌تر از سایر فصول و ماه‌های سال بوده است. با توجه به معیار MAE نیز دقت برآورد در فصل زمستان و در ماه فوریه بیش‌تر از سایر ماه‌ها به‌دست آمد. حداقل خطای برآورد سناریوی B2 با توجه به محاسبات هر دو معیار در فصل بهار و به‌ترتیب در ماه‌های آوریل و می به‌دست آمد. مقدار خطای برآورد مدل HadCM3 با استفاده از معیارهای MBE و MAE در ایستگاه-های مورد مطالعه در منطقه محاسبه و سپس با هم مقایسه گردید، نتایج به‌دست آمده در نمودارهای ۲۰ تا ۲۳ آورده

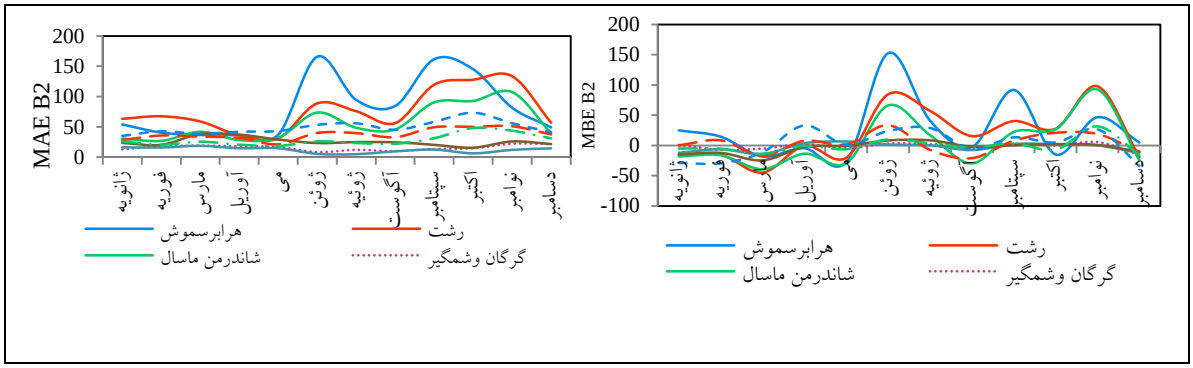
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

شده است. نتایج به‌دست آمده به‌خوبی بیانگر این است که در تمام ایستگاه‌ها در مواقعی از سال که بارش مشاهده‌ای دریافت شده زیاد بوده، مقدار خطای برآورد نیز زیاد بوده و مدل با دقت کم‌تری برآورد کرده است و نتایج هر دو معیار MBE و MAE در برآورد خطا به‌خوبی مبین این موضوع است. بدین ترتیب دقت برآورد هر دو سناریوی A2 و B2 در تمام ایستگاه‌هادر فصل پاییز کم است. در استان گلستان حداکثر میزان بارش دریافتی در فصل زمستان است، مطابق نمودار نیز حداکثر مقدار خطای برآورد مدل در ایستگاه‌های این استان در فصل زمستان مشاهده می‌شود. در ایستگاه‌های استان گیلان و مازندران از آنجایی که حداکثر بارش دریافتی در فصل پاییز است، دقت مدل نیز در این ایستگاه‌ها در فصل پاییز کم بوده است. در ایستگاه‌های استان گیلان از آنجایی که پس از فصل پاییز، مقدار بارش دریافتی فصل تابستان نیز زیاد است و از آنجایی که بیش‌تر بارش‌های این فصل به صورت بارش‌های شدید دریافت شده است، مدل توانایی تطابق کم‌تری در برآورد مقادیر بارش دوره‌ی پایه داشته است و در ایستگاه‌های شاندرمن ماسال، رشت و هرابر سموش خطای برآورد هر دو سناریو در ماه‌های فصل تابستان نیز زیاد است. همچنین با توجه به نتایج به‌دست آمده حداکثر خطا در ایستگاه‌های استان گیلان و حداقل خطا در ایستگاه‌های استان گلستان به‌دست آمد.



شکل ۱۱: مقایسه‌ی خطای برآورد سناریوی A2 توسط معیار MBE

Figure 11 :Comparison of A2 scenario estimation error by MBE and MAE indices



شکل ۱۲: مقایسه‌ی خطای برآورد سناریوی B2 توسط معیار MBE

Figure 12: Comparison of B2 scenario estimation error by MBE and MAE indices

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

درصد بارش فصلی مشاهده‌ای برای هر کدام از ایستگاه‌ها محاسبه و همراه با مقادیر درصدی محاسبه شده توسط هر دو سناریوی A2 و B2 برای دوره‌ی آتی (۲۱۰۰-۲۰۰۱) مورد مقایسه و تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. در جدول (۷) نتایج فوق به صورت درصد آورده شده است. همان‌گونه که از نتایج بر می‌آید، درصد بارش فصل پاییز در استان‌های گیلان و مازندران بیش‌تر از سایر فصول است. در استان گلستان نیز درصد بارش دریافتی فصل زمستان بیش‌تر است. مقادیر درصدی بارش دوره‌ی آتی نسبت به دوره‌ی مشاهده‌ای تغییراتی را نشان می‌دهد، از جمله بارش‌های فصل زمستان در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه کاهش خواهد یافت و بر مقدار بارش فصل پاییز افزوده خواهد شد.

جدول ٦- مقادیر درصدی بارش فصلی محاسبه شده توسط سناریوهای A2 و B2 در دوره‌ی آتی (۲۱۰۰-۲۰۰۱) و مقایسه با دوره‌ی مشاهده‌ای

Table 6- Estimated Seasonal Rain Percentage Based on A2 and B2 scenarios in Future with observed period

	هرابر سموش			رشت			شاندرمن			گرگان			اینچه برون			تمرگرگان			آبلو			گلوگاه			تیرتاش		
	مشاهده‌ای	A2 سناریوی	B2 سناریوی	مشاهده‌ای	A2 سناریوی	B2 سناریوی	مشاهده‌ای	A2 سناریوی	B2 سناریوی	مشاهده‌ای	A2 سناریوی	B2 سناریوی	مشاهده‌ای	A2 سناریوی	B2 سناریوی	مشاهده‌ای	A2 سناریوی	B2 سناریوی	مشاهده‌ای	A2 سناریوی	B2 سناریوی	مشاهده‌ای	A2 سناریوی	B2 سناریوی	مشاهده‌ای	A2 سناریوی	B2 سناریوی
زمستان	۲۰٪	۱۸٪	۱۸٪	۲۸٪	۲۱٪	۲۱٪	۲۲٪	۱۵٪	۱۵٪	۳۷٪	۳۷٪	۳۶٪	۴۱٪	۳۳٪	۳۴٪	۳۸٪	۳۳٪	۳۳٪	۲۹٪	۳۰٪	۳۰٪	۲۵٪	۲۰٪	۱۹٪	۲۹٪	۲۷٪	۲۷٪
بهار	۱۶٪	۱۸٪	۱۹٪	۱۲٪	۱۳٪	۱۳٪	۱۶٪	۱۵٪	۱۵٪	۱۹٪	۲۰٪	۲۰٪	۱۶٪	۲۴٪	۲۴٪	۲۳٪	۲۶٪	۲۶٪	۱۳٪	۱۵٪	۱۵٪	۱۸٪	۲۳٪	۲۴٪	۱۵٪	۱۵٪	۱۵٪
تابستان	۳۰٪	۳۱٪	۲۹٪	۲۰٪	۲۳٪	۲۲٪	۲۵٪	۲۴٪	۲۳٪	۱۱٪	۸٪	۸٪	۱۱٪	۱۴٪	۱۳٪	۱۴٪	۱۴٪	۱۴٪	۲۱٪	۱۴٪	۱۵٪	۲۵٪	۲۵٪	۲۵٪	۱۷٪	۱۷٪	۱۷٪
پاییز	۳۴٪	۳۳٪	۳۴٪	۴۰٪	۴۳٪	۴۴٪	۳۷٪	۴۶٪	۴۷٪	۳۳٪	۳۵٪	۳۶٪	۳۲٪	۲۹٪	۲۹٪	۲۵٪	۲۷٪	۲۷٪	۳۷٪	۴۱٪	۴۲٪	۳۲٪	۳۲٪	۳۲٪	۳۹٪	۴۱٪	۴۱٪

نتیجه‌گیری

به طور کلی مدل‌های ریزمقیاس‌گردانی در برآورد مقادیر بارش به دلیل پیچیدگی فرآیند بارش و تغییرات زمانی و مکانی آن ضعیف عمل می‌کنند. براساس نتایج به‌دست آمده، در ایستگاه‌های استان گیلان و مازندران واریانس بارش برآوردی توسط مدل HadCM3 در فصل پاییز و همزمان با دریافت حداکثر بارش در این موقع از سال زیاد بوده است و مدل از دقت کم‌تری در برآورد مقادیر بارش برخوردار بوده است. در استان گلستان با توجه به این‌که بیشینه‌ی بارش دریافتی در فصل زمستان است، دقت برآورد مدل نیز در این فصل پایین بوده است بطور کلی در تمام فصول همزمان با رخداد بارش‌های ناگهانی و افزایش نوسان بارش مشاهده‌ای، نوسان بارش‌های محاسبه‌ای توسط مدل‌های NCEP و HADCM3 نیز زیاد است. (نمودارهای ۲ تا ۱۹).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

با توجه به محاسبه‌ی حداکثر و حداقل خطای ایستگاه‌ها توسط معیارهای MBE و MAE، حداکثر خطای برآورد مدل HadCM3 توسط هر دو معیار در فصل پاییز و در ماه نوامبر به‌دست آمد. حداقل خطای برآورد نیز توسط هر دو معیار در فصل بهار و ماه‌های آوریل و می و سپس در فصل زمستان به‌دست آمد. اختلاف بارش مشاهده‌ای و برآوردی مدل HadCM3 بر اساس معیار MBE وMAE در کل ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه مقایسه گردید که بر اساس آن، حداکثر خطا در ایستگاه‌های استان گیلان و حداقل خطا در ایستگاه‌های استان گلستان به‌دست آمد. بیش‌ترین مقدار خطا در ایستگاه هرابر سموش محاسبه گردید. باتوجه به نتایج به‌دست آمده مقادیر خطا با توجه به وضعیت مورفو اقلیمی منطقه نیز قابل توجیه است (جدول ۵).

نتایج مقایسه‌ی درصدی بارش‌های مشاهده‌ای در دوره‌ی پایه با مقادیر برآوردی دوره‌ی آتی نشان داد که؛ در مجموع درصد بارش دریافتی در فصول مختلف در ایستگاه‌های مورد بررسی تغییرات محسوسی خواهد داشت، به‌طوری‌که درصد بارش دریافتی فصل زمستان از کل بارش سالانه در دوره‌ی مذکور در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه، کاهش خواهد یافت. مقدار کاهش درصد بارش در استان گیلان در حدود ۵/۵ درصد، در استان گلستان ٤/۵ درصد، در استان گلستان در حدود ۲ درصد خواهد بود. درصد بارش دریافتی فصل پاییز در تمام منطقه افزایش خواهد یافت. این مقدار در استان گیلان ٤/۵ درصد، در استان گلستان در حدود ۲ درصد و در استان مازندران در حدود ۲/۵ درصد خواهد بود. همچنین از سهم بارش‌های دریافتی فصل تابستان کاسته خواهد شد این در حالی است که سهم بارش دریافتی فصل بهار در حدود ۱/۵ درصد در استان گیلان، ۲/۵ درصد در استان گلستان و در حدود ۲/۵ درصد در استان مازندران افزایش خواهد داشت (جدول ٦). یافته‌های پژوهش بیانگر این است که در کل در برنامه‌ریزی-های آتی در منطقه، نقش عوامل اقلیمی، ازجمله درصد و مقادیر بارش حال حاضر و تغییرات آن در دوره‌های آتی باید مورد استفاده‌ی صحیح قرار گیرد. بر اساس تحلیل‌های انجام شده در پژوهش، در مجموع درصد بارش دریافتی فصل پاییز در منطقه افزایش خواهد یافت، این در حالی است که فصل پاییز پربارش‌ترین فصل منطقه است و در حال حاضر نیز مقادیر زیادی از بارش‌های دریافتی این فصل از سال، قبل از برنامه‌ریزی و استفاده‌ی صحیح از دسترس خارج می‌گردد. پس لازم می‌نماید برنامه‌ریزی‌های دقیق و مفید جهت استفاده‌ی صحیح از مقادیر بارش دریافتی و مدیریت بهینه در منطقه با استفاده از نتایج چنین پژوهش‌هایی صورت گیرد.

در ایران و در سایر مناطق دنیا نیز در رابطه با بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی بارش و سایر پارامترهای اقلیمی، با استفاده از مدل SDSM، پژوهش‌هایی انجام گرفته است. در تمام پژوهش‌های انجام گرفته، توانایی مدل SDSM در بررسی اثر تغییرات اقلیمی تایید شده است. پژوهش‌ها بیانگر انطباق خوب مدل و برآورد دقیق بارش در ماه‌ها و فصولی است که بارش به صورت یکنواخت در طول دوره‌ی معین (فصل یا سال) توزیع شده است و رویداد ناگهانی بارش اتفاق نیفتاده باشد. در صورتی که هر زمان در دوره‌ی مورد مطالعه بارش‌های دریافت شده به صورت

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

ناگهانی و خارج از روال عادی ماه یا فصل مورد نظر دریافت شده باشد مدل توانایی کم‌تری در انطباق و برآورد مقادیر بارش داشته است. این پژوهش نیز نتایج پژوهش‌های انجام گرفته‌ی قبلی را تایید می‌کند. پیشنهاد می‌شود بررسی اثرات تغییر اقلیم با استفاده از مدل‌های جهانی مانند SDSM و برآورد مقادیر بارش، با در نظر گرفتن اثر سایر عوامل، از قبیل عوامل موثر محلی نیز سنجیده شود.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

References

- Abkar, A., Habibnejad, M., Soleimani, K., Naghavi, H., (2014), "Sensitivity of SDSM downscaling model to the analyzed data in arid areas", ***Khoshk Boom Quarterly***, 2: 11-27.
- Ajamzadeh, A., Mollayinia, M., (2016), "Evaluation The Effects of Climate Change on River Runoff Fars Firozabad With Downscaling Atmospheric Circulation Model Outputs Using SDSM and LARS-WG", ***Iran Water Resourcees Research***, 12: 95-109.
- Behyar, M., Kheirandish, M., Zamanian, M., (2016), "Study of the effects of climate change on the number of days of the first autumn frost and the last spring frost in Iran using the downscaling of SDSM", ***Journal of Climate Research Shenasi***, 15: 128-117.
- Campozano, L., Tenelanda, D., Sanchez, E., Samaniego, E., Feyen, J., (2016), "Camparison of Statistical Downscaling Methods for Monthly Total Precipitation: Case study for the Paute River Basin in Southern Ecuador", ***Hindawi Publishing Corporation Advances in Meteorology***, 13: 43-52.
- Dehghan, Z., Fathian, F., Islamian, S., (2015), "Comparative evaluation of SDSM, IDW and LARS-WG models for simulation and micro-scale of temperature and precipitation", ***Journal of Soil and Water Research***, 5: 1997-1390.
- Dehghanipour, A., Hassanzadeh, M., Attari, J., Iraqinejad, Sh., (2011), "Evaluation of SDSM model capability in downscaling of precipitation, temperature and evaporation, Case study: "Tabriz Synoptic Station", ***11th National Irrigation Seminar And evaporation reduction, Kerman, Shahid Bahonar University,*** https://www.civilica.com/Paper-ABYARI11-ABYARI11_286.html.
- Gautam, N., Arora, M., Goel, N., (2015), "Prediction of Precipitation for Considering Climate Change and GCM Outputs:Satluj River", ***Journal of Ecopersia***, 4: 757-765.
- Gemechu, T., Wakbulcho, G., Rao, G., Adamu, A., (2015), "The current and Future Trend of Rainfall and Its Variability in Adami-Tulu Jidokombolocha Woreda, Central Rift Valley of Ethopia", ***Journal of Environment and Earth Scienc***, 22: 54-65.
- Ghayyur, H., Masoudian, A., Azadi, M., Nouri, H., (2011), "Temporal and spatial analysis of rainfall events on the southern coests of the Caspian Sea", ***Geographical Research Quarterly***, 100: 16772-16802.
- Hearth, H., Dayananda, R., (2015), "Climate Change Impact Precipitation in Upper Mahaweli Basin, 6th International Conference onStructural Engineering and Construction Management, (11th-13th December 2015), Candy,Sri Lanka.
- Ildormi, A., (2015), "Evaluation of the Climate Change Effects on Streem Flow Using HADCM3, ECHAM4 and Neural Network Case study: Gorganroud GHarehsou Watershed", ***Natural History England*** , 144: 124-138.
- Jahanbakhsh, S., Khorshidoust, A., Dinpajooh, Y., Sarafrozeh, F., (2014), "Trend analysis and estimation of return periods of temperature and precipitation in Tabriz", ***Journal of Geography and Planning***, 50: 133 -107.
- Jahanbakhsh, S., Tadayoni, M., Asadi, M., Dadashi, A., (2019), "Modeling and Predicting Spatial Temperature Changes in Iran Based on REGCM4 Regional Mid-Scale Model", ***Journal of Geographical Space***, 67: 79-98.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

- Karamaui, A., Ifaadassan, I., Babaqiqi, A., Messouli, M., Khebizam, A., (2016), "Analysis of the Water Supply- Demand Relationship in the Middle Draa Valley, Morocco, Under Climate Change and Socio-Economic Scenarios", ***Journal of Scientific Research and Reports***, 9: 213-22.

- Nigatu, Z., Rientjes, T., A, H., (2016), "Climate Change on Lake Tanas Water Balance, Ethopia", ***American Journal of Climate Change***, 5: 27-37.

- Pourasghar, F., Tozuka, T., Jahanbakhsh, S., Sarraf, B., Ghaem, H., & Yamagata, T., (2012), "The Interannual Precipitation Variability in the Southern Part of Iran as Linked to Large-Scale Climate Modes", ***Journa of Climate Dynamics***, 39: 2329-2341.

- Rasouli, A., Rezaei Banafsheh, M., Massah Boani, A., Khorshidoost, A., Gharmez Cheshmeh, B., (2014), "Study of the effect of morpho-climatic factors on the accuracy of Lars-WG model downscaling" ***Journal of Science and Engineering Watershed Management of Iran***, 4: 19-9.

- Rezaei Banafsheh, M., Rasouli, A., Survey of Boani, A., Khorshidoust, A., Qarem Cheshmeh, B., (2014), "Assessment of Uncertainty Due downscaling of GCM Models on Temperature and Precipitation Elements, Case Study: Lake Basin Urmia", PhD thesis, University of Tabriz.

- Rezaei, M., Nahtani, M., Moghadamnia, A., Abkar, A., Rezaei, M., (2015), "Comparison of artificial neural network and SDSM methods in downscaling the annual rainfall size simulated with HadCM3, a case study: Kerman, Ravar and Rabar", ***Water Resources Engineering Quarterly***, 24: 40-25.

- Samadi, S., Sari Sarraf, B., (2011), "SDSM Ability in Simulate Predectors for Climate Detecting over Khorasan Province", ***Procedia- Social and Behavioral Sciences***, 19: 741-749.

- Saraf, V., Regulwar, D., (2016), "Assessement of Climate Change for Precipitation and Temprature Using Statistical Downscaling Methods in Upper Godavari River Basin, India", ***Journal of Water Resource and Protection***, 8: 31-45.

- Sarraf, B., Jalali, I., Sarafrozeh, F., (2015), "Effects of global warming on the climate of cities located in Lake Urmia", ***Quarterly Journal of Urban Ecology Research***, 2: 33-48.

- Sarraf, B., Sobhani, M., Hosseini, A., (2012), "Modeling of rainfall in the west and southwest of the Caspian Sea using spatial interpolation methods in GIS environment", ***Journal of Geography and Development***, 30: 34-23.

- Shrestha, H., Bhattarai, U., Nanda, K., Adhikarid, S. M., Devkota, L., (2015), "Impact of Climate Change on Precipitation in the Karanali Basin, Nepal", ***Journal of Water and Climate Change***, 4: 422-439.

- Shukla, R., (2015), "Statistical Downscaling of Climate Change Scenarios of Rainfall and Temprature over Indira SagarCanal Cammand Area in Madhay Pradesh, India. *Proceedings of* the 2015 IEEE 14th International Conference on Machine Learning and Applications, ***IEEE Computer Society***, 313-317.

- Sobhani, B., Islahi, M., Babaian, A., (2015), "Efficiency of SDSM and LARS-WG microscale exponential models in simulating meteorological variables in the catchment area of Lake Urmia", ***Journal of Natural Geography***, 45-499.

- Taghiloo, M., Alijani, B., Asakereh, H., (2019), "Study of the efficiency of the regional climate model (RegCM) in simulating the temperature and precipitation of some selected citiesIran) Case Study: 2015-2010 Period)", ***Journal of Geographical Space***, 68: 95-110.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

- Worku, L., (2015), "***Climate Changr Impact on Variability of Rainfall Intensity in Upper Blue Nile Basin***", Ethiopia. Second NASA-GHA Workshop on Seasonal Prediction Hydro-Climatic Extremes in Greater Horn of Africa.
- Zulkarnain, H., Shamsudin, S., Harun, H., (2014), "Application of SDSM and LARS-WG for Simulating and Downscaling of Rainfall and Temprature", ***Theoretical and Applied Climatology***, 116: 243-257.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]