

صص ۲۵-۵۱

**چشم انداز آینده تغییرات دما و بارش در سواحل جنوبی دریای خزر****مریم کثیری\***

دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران

**مسعود گودرزی**

استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

**غلامرضا جانناز قبادی**

استادیار گروه جغرافیا، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران

**صدرالدین متولی**

دانشیار گروه جغرافیا، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۵

**چکیده**

دما و بارش به دلیل تغییرات قابل ملاحظه زمانی و مکانی از مهم ترین عناصر اقلیمی در بررسی تغییرات اقلیمی هستند و چشم انداز تغییرات آن ها در برنامه ریزی ها و مخاطرات محیطی از اهمیت زیادی برخوردار است. لذا در این پژوهش به بررسی چشم انداز آینده تغییرات دما و بارش در سواحل جنوبی دریای خزر پرداخته شد. بدین منظور از داده های مدل جهانی CanESM2 به صورت شبکه ای تحت تأثیر سه سناریوی RCP 4.5، RCP 2.6 و RCP 8.5 با کاربست مدل ریزمقیاس گردانی SDSM بهره گرفته شد و تغییرات دما و بارش به صورت ماهانه و دوره ای در سه دوره آینده (۲۰۲۱-۲۰۵۰، ۲۰۸۰-۲۰۵۱ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰) نسبت به دوره پایه (۲۰۱۸-۱۹۸۹) مورد بررسی قرار گرفت. جهت واسنجی و صحت سنجی مدل SDSM از داده های مشاهداتی ایستگاهی و داده های NCEP و همچنین شاخص های MAE، MSE، RMSE و  $R^2$  استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل SDSM توانایی لازم جهت شبیه سازی تغییرات دما و بارش در منطقه مورد مطالعه را دارد. بر اساس نتایج حاصل از خروجی مدل CanESM2، مقدار دمای حداقل و حداکثر در همه ادوار مورد بررسی و در هر دوره نسبت به دوره قبل افزایش خواهد یافت که میزان آن به طور متوسط برای دمای حداقل و حداکثر به ترتیب برابر با ۲ و ۲/۲ درجه سلسیوس نسبت به دوره پایه خواهد بود. بیشترین تغییرات دمایی نیز مربوط به نواحی غربی منطقه مورد مطالعه است. چشم انداز تغییرات بارش نیز نشان داد که به جز ایستگاه گرگان در سایر ایستگاه های مورد مطالعه میزان بارش در همه ادوار آینده نسبت به دوره پایه کاهش پیدا خواهد کرد که میزان آن به طور متوسط در طول دوره آینده (۲۰۲۱-۲۱۰۰) برابر با ۳/۶ درصد خواهد بود. بیشترین تغییرات آن نیز مربوط به نواحی مرکزی و سپس غربی منطقه مورد مطالعه است. همچنین سناریو RCP8.5 بیشترین تغییرات دما و بارش را نشان داد.

**واژگان کلیدی:** بارش، تغییر اقلیم، دریای خزر، دما، RCP، SDSM.

## مقدمه

با جدی شدن بحث تغییر اقلیم در دنیا، مطالعه پارامترها و عناصر آب‌وهوایی به صورت گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته است (رسولی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۱۲). در مطالعات اخیر به افزایش احتمالی امواج گرمایی، بارش‌های سنگین، زمستان‌های سخت و رخداد توفان‌های تابستانی بر روی خشکی‌ها به علت تغییرات اقلیمی اشاره شده است (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۵: ۱۱۰). در حال حاضر پیش‌بینی‌ها برای قرن ۲۱ افزایش گرمای جهانی ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای و هواویزها را نشان می‌دهد، این افزایش گرما تا ۲/۵ درجه سلسیوس تا اواخر قرن حاضر می‌تواند در چرخه آب و به تبع آن عناصر اقلیمی تغییر ایجاد کند (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۷: ۱۴). با توجه به آن که منابع آب در معرض خطرات ناشی از تغییرات اقلیمی قرار دارند. بررسی تغییرات دما و بارش در سال‌های آینده می‌توان راهگشای معضلاتی چون خشک‌سالی، سیلاب‌های ناگهانی، تبخیر زیاد و تخریب‌های زیست‌محیطی باشد (شائمی و حبیبی‌نوخندان، ۱۳۸۸: ۳۴). روش‌های مختلفی برای انجام این کار وجود دارد که معتبرترین آن‌ها استفاده از داده‌های مدل‌های گردش عمومی جو یا GCM هستند که در حال حاضر قوی‌ترین ابزار به منظور تولید سناریوهای اقلیمی می‌باشند. خروجی‌های این مدل‌ها دارای دقت مکانی پایینی هستند. لذا در صورتی که به طور مستقیم به عنوان ورودی مدل‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی قرار گیرند، باعث افزایش عدم قطعیت می‌شوند. به همین منظور برای افزایش دقت مکانی این داده‌ها از روش‌های ریزمقیاس گردانی استفاده می‌شود که به روش‌های آماری و دینامیکی تقسیم می‌شوند (بیشام و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۱۴: ۲۶۵۵؛ بیتس و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸: ۵۶). بر اساس بررسی‌ها جهت ریزمقیاس گردانی داده‌های اقلیمی بیشتر از روش‌های آماری استفاده می‌کنند (ویلکس<sup>۳</sup> و ویلی، ۱۹۹۹: ۳۲۹). یکی از دلایل استفاده از این مدل‌ها، عملکرد سریع و آسان آن‌ها نسبت به سایر روش‌ها است (دیبایک و کولیبالی، ۲۰۰۵: ۱۴۵؛ کلیسیبی و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۷۰۵). مدل SDSM یکی از پرکاربردترین ابزارهای ریزمقیاس گردانی آماری به حساب می‌آید (ویلبی و داوسون، ۲۰۰۷: ۱۴۷)؛ که کاربردهای بسیاری در مطالعات هواشناسی، هیدرولوژیکی، جغرافیایی و زیست‌محیطی دارد (ویلبی و هاریس<sup>۴</sup>، ۲۰۰۶: ۳)؛ در این روش از الگوهای گردش روزانه بزرگ مقیاس مانند متغیرهای رطوبت اتمسفر در مقیاس ایستگاهی استفاده می‌شود و در مواقعی که نیاز به برآورد سریع و کم‌هزینه از تغییرات اقلیمی باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد و در مورد مولدهای هواشناسی تصادفی و روش‌های توابع تغییر شکل یافته، نتایج قابل قبولی ارائه داده است (صمدی و مساح‌بوانی، ۱۳۸۷: ۴). در این راستا گودرزی و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی تغییرات دما و بارش با استفاده از مدل SDSM در کرمانشاه پرداختند. نتایج نشان داد که ابزار SDSM قادر به نشان دادن تغییرات دما و بارش است و با توجه به روش‌های آماری نتایج آن قابل قبول است. چیمما و همکاران (۲۰۱۳) به ارزیابی عملکرد مدل SDSM در برونداد داده‌های دمای حداقل در کشور پاکستان پرداختند. نتایج نشان داد که تطابق خوبی بین داده‌های واقعی و مدل شده وجود

1- Beecham et al

2- Bates et al

3- Wilks

4- Wilby and Harris

دارد. ژانگ و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر جریان رودخانه‌ای در کشور چین با استفاده از مدل ریزمقیاس گردانی SDSM و مدل جهانی CanESM2 پرداختند. نتایج نشان داد که جریان رودخانه‌ای از ماه می تا ماه ژوئن کاهش و از ماه اوت تا ماه سپتامبر نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد. لئو و همکاران (۲۰۱۷) به چشم‌انداز تغییرات دما با استفاده از مدل SDSM در استان یوننان<sup>۱</sup> در چین پرداختند. نتایج نشان داد که در اکثر دوره‌های آینده افزایش قابل توجه دما در شمال غربی و جنوب شرقی منطقه وجود دارد. بنزه و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی اثرات تغییرات اقلیمی بر بارش در حوضه رودخانه زامبزی در آفریقای جنوبی با استفاده از مدل SDSM و سناریوهای RCP<sup>۲</sup> پرداختند. نتایج نشان داد که این مدل یک روش بسیار قوی برای شبیه‌سازی بارش در این منطقه نیست. همچنین بر اساس نتایج بارش در ماه‌های مرطوب کاهش و در ماه‌های خشک افزایش می‌یابد. نیلاوار و ویکار (۲۰۱۹) به بررسی تغییرات دما و بارش تحت دو سناریوی RCP و اثرات آن بر جریان رودخانه‌ای در هند پرداختند. نتایج نشان داد که دما و بارش تحت هر دو سناریو در آینده افزایش پیدا خواهد کرد. پتان و ویکر (۲۰۲۰) تغییرات دما و بارش در حوضه بیدکین<sup>۳</sup> در هندوستان را تحت سناریوهای مختلف RCP ارزیابی کردند. نتایج نشان داد میزان دما و بارش بر اساس کلیه سناریوها افزایش می‌یابد. حیدری و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی اثرات تغییرات دما و بارش با استفاده از سناریوهای مختلف RCP در حوضه آبخیز دریاچه ارومیه پرداختند. نتایج نشان داد که در دوره‌های آبی میزان بارش کاهش و میزان دما افزایش خواهد یافت. قرمز چشمه و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی دقت ریزمقیاس گردانی مدل SDSM در شمال غرب کشور پرداختند. نتایج نشان داد که این مدل در شبیه‌سازی دما دقت مناسب‌تری نسبت به بارش دارد. المیر و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از مدل SDSM به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر پارامترهای دما و بارش در حوضه آبریز قره‌سو پرداختند. نتایج نشان دهنده افزایش دما و کاهش بارندگی در دوره آینده نسبت به دوره پایه است. نادری و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از مدل SDSM به بررسی تغییرات دما و بارش در حوضه آبخیز سیمره پرداختند. نتایج حاصل افزایش دما و کاهش بارش در حوضه مورد بررسی را نشان داد. گودرزی و همکاران (۱۳۹۷) به چشم‌انداز آبی تغییرات دما و بارش با استفاده از مدل ریزمقیاس گردانی SDSM در حوضه آبخیز دریاچه ارومیه پرداختند. بر اساس نتایج حاصل، مقدار دما و بارش در دوره آینده نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. هوشیار و همکاران (۱۳۹۷) به چشم‌انداز تغییرات دمای حداکثر با استفاده از مدل CanESM2 و ریزمقیاس گردانی SDSM در ارومیه پرداختند. نتایج نشان داد که در دوره آبی میزان دما افزایش خواهد یافت. عزیزی و همکاران (۱۳۹۸) به چشم‌انداز تغییرات دما در استان ایلام بر اساس مدل‌های گزارش پنجم پرداختند. نتایج حاکی از افزایش دماهای کمینه و بیشینه در ایستگاه‌های مورد مطالعه است. هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم در تدوین گزارش پنجم ارزیابی خود از سناریوهای جدید RCP به‌عنوان نماینده خطوط سیر غلظت‌های گوناگون گازهای گلخانه‌ای استفاده کرده است. سناریوهای جدید انتشار دارای چهار خط سیر کلیدی با نام‌های RCP2.6، RCP4.5، RCP6 و RCP8.5 می‌باشند که بر اساس میزان

1- Yunnan

2- Representative Concentration Pathways

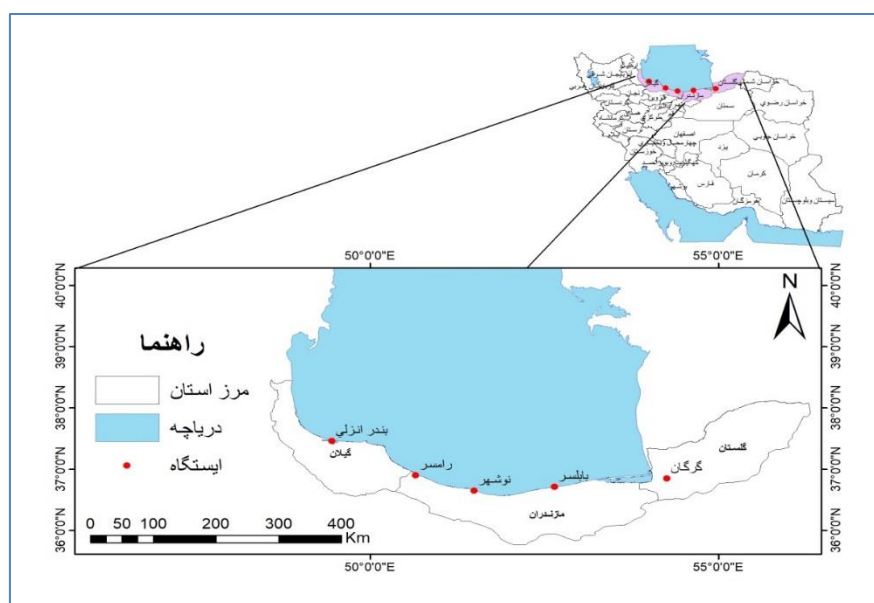
3- Bidkin

واداشت تابشی آن‌ها در سال ۲۱۰۰ نام‌گذاری شده‌اند. لذا با توجه به اهمیت تغییرات اقلیمی، در این پژوهش به چشم‌انداز آینده تغییرات دما و بارش در نوار ساحلی جنوب دریای خزر در سه دوره زمانی مختلف (۲۰۵۰-۲۰۲۱، ۲۰۸۰-۲۰۵۱ و ۲۱۰۰-۲۰۸۱) با استفاده از روش ریز مقیاس گردانی آماری SDSM و خروجی مدل جهانی CanESM2 تحت سه سناریوی واداشت تابشی (RCP) پرداخته شد.

## داده‌ها و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه ما در این پژوهش شامل ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک با دوره آماری بلند مدت در نوار سواحل جنوبی دریای خزر است که سه استان گلستان، مازندران و گیلان را در بر می‌گیرد (شکل ۱). انتخاب ایستگاه‌ها به گونه‌ای بوده است که از نظر زمانی دارای دوره آماری بلند مدت و مشترک (۲۰۱۸-۱۹۸۹) جهت بررسی تغییرات اقلیمی باشند و کمترین فاصله را با ساحل دریای خزر داشته باشند. مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه در جدول (۱) آورده شده است.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی

جدول ۱: مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (متر)
بندر انزلی	سینوپتیک	۳۷/۴۷	۴۹/۴۵	-۲۳
بابلسر	سینوپتیک	۳۶/۷۱	۵۲/۶۵	-۲۰
گرگان	سینوپتیک	۳۶/۹	۵۴/۴۱	۰
نوشهر	سینوپتیک	۳۶/۶۵	۵۱/۵	-۲۹/۹
رامسر	سینوپتیک	۳۶/۹	۵۰/۶۶	-۲۰

مأخذ: نگارندگان

## روش پژوهش

در این پژوهش داده‌های دمای حداقل، دمای حداکثر و بارش ایستگاه‌های هواشناسی منتخب به صورت روزانه، داده‌های مرکز ملی پیش‌بینی متغیرهای محیطی کانادا (NCEP) و داده‌های مدل جهانی CanESM2 تحت سه سناریوی واداشت تابشی (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5) به صورت شبکه‌ای مورد استفاده قرار گرفت. سناریوهای RCP تفاوت بین انرژی تابشی دریافتی از خورشید و انرژی بازگشتی به جو توسط زمین می‌باشد. واداشت مثبت موجب افزایش و واداشت منفی موجب کاهش دمای سیستم زمین می‌گردد (هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، ۲۰۰۷). مدل جهانی CanESM2 نیز چهارمین نسل از مدل‌های آب‌وهوایی است که توسط مرکز مدل‌سازی و تحلیل آب‌وهوای کانادا (CCCma) زیر نظر سازمان محیط‌زیست این کشور توسعه یافته است. در این مدل کل زمین به صورت  $۶۴ * ۱۲۸$  سلول شبکه‌بندی شده است که دارای شبکه‌ای با ابعاد ۱ در ۱ درجه طول و عرض جغرافیایی می‌باشد (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۵). جهت ریزمقیاس گردانی داده‌های مدل جهانی CanESM2 نیز از مدل SDSM استفاده شد. مدل SDSM یک روش نمونه‌برداری مجدد شرطی و دو مرحله‌ای جهت ریزمقیاس گردانی است (ویلی و داوسون، ۲۰۰۷: ۱۸۳) که ترکیبی از روش‌های مولدهای هواشناسی آماری و توابع تغییر شکل یافته است (تاتسومی، ۲۰۱۳: ۴۸) و به دلیل کاربردهای فراوان در مطالعات هواشناسی و هیدرولوژیکی از پرکاربردترین ابزارهای آماری جهت ریزمقیاس سازی می‌باشد (ویلی و هاریس، ۲۰۰۶: ۳). روش کار بدین صورت است که پس از دریافت داده‌ها از سایت تغییر اقلیم کانادا، مدل SDSM ابتدا متغیرهای پیش‌بینی کننده ایستگاهی (مانند دما و بارش) را با استفاده از روش‌های رگرسیونی ترکیبی و یک روش مولد هواشناسی تصادفی، کوچک مقیاس کرده و در مرحله بعد داده‌های مذکور را مجدداً تولید می‌کند. جهت واسنجی مدل در این پژوهش از داده‌های دما و بارش ایستگاهی و داده‌های NCEP در دوره پایه (۲۰۱۸-۱۹۸۹) استفاده شد. متغیرهای NCEP شامل ۲۶ متغیر اتمسفری می‌باشند که از بین آن‌ها متغیرهای مناسب انتخاب می‌شوند. این انتخاب از طریق ضریب همبستگی انجام می‌شود. داده‌های مدل مذکور به صورت آنومالی هستند که نسبت به دوره پایه، آنومالی آن‌ها محاسبه شده است. این داده‌ها برای واسنجی و طراحی روابط ریزمقیاس گردانی و داده‌های دوره ۲۰۲۱ تا ۲۱۰۰ نیز برای بررسی چشم‌انداز تغییرات اقلیمی دوره‌های آینده مورد استفاده قرار گرفت. برای این کار از مدل CanESM2 تحت سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 استفاده شد. در واقع برای انتخاب پیش‌بینی کننده‌ها، نرم‌افزار SDSM بین سری مشاهداتی روزانه منطقه و متغیرهای بزرگ مقیاس مشاهداتی منطقه (NCEP) رابطه‌ای با حداکثر ضریب همبستگی برقرار نموده و سپس با استفاده از پارامترهای به دست آمده از این رابطه، با به‌کارگیری متغیرهای بزرگ مقیاس حاصل از مدل CanESM2 و سناریوهای مختلف در دوره آتی، سری زمانی پارامتر مورد نظر را در منطقه تولید می‌کند (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۵). پس از انتخاب بهترین پیش‌بینی کننده‌ها از مجموعه متغیرهای NCEP عملیات پیش‌بینی دما و بارش برای دوره‌های مختلف (۲۰۵۰-۲۰۲۱، ۲۰۸۰-۲۰۵۱ و ۲۱۰۰-۲۰۸۱) صورت گرفت. پس از تولید داده‌های روزانه برای دوره‌های مذکور، از خروجی‌های بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر مدل میانگین‌گیری شده و میانگین ماهانه و دوره‌ای پارامترهای مذکور محاسبه شد.

سپس تغییرات آن‌ها نسبت به مقادیر میانگین دوره پایه محاسبه شده و نمودارهای تغییرات دما و بارش مربوط به هر کدام از ایستگاه‌ها ترسیم و تحلیل می‌گردد. جهت ارزیابی و تحلیل مدل ریزمقیاس گردانی SDSM در منطقه مورد مطالعه نیز از معیارهای MAE، MSE، RMSE و  $R^2$  استفاده شد.

### یافته‌های پژوهش

در مدل ریزمقیاس گردانی SDSM قبل از واسنجی کردن مدل لازم است متغیرهای مستقل جوی (NCEP) که بیشترین میزان همبستگی را با پارامترهای اقلیمی مشاهداتی دارند تعیین شوند. بر اساس نتایج حاصل، متغیرهای متوسط دما در ارتفاع دو متری سطح زمین و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بالاترین ضریب همبستگی را با دما و متغیرهای ارتفاع ژئوپتانسیل ۸۵۰ هکتوپاسکال و متوسط فشار در سطح دریا بیشترین ارتباط را با بارش نوار ساحلی دریای خزر دارند (جدول ۲).

جدول ۲: متغیرهای مستقل مورد استفاده جهت واسنجی مدل به تفکیک پارامتر اقلیمی و ایستگاه هواشناسی

ایستگاه	بارش	دمای حداقل	دمای حداکثر
بندر انزلی	متوسط فشار در سطح دریا ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال ارتفاع ژئوپتانسیل ۸۵۰ هکتوپاسکال	ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال رطوبت ویژه سطحی متوسط دما در ارتفاع دو متری	ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال رطوبت ویژه سطحی متوسط دما در ارتفاع دو متری
بابلسر	متوسط فشار در سطح دریا سرعت نصف‌النهاری سطحی ارتفاع ژئوپتانسیل ۸۵۰ هکتوپاسکال	ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال رطوبت ویژه سطحی متوسط دما در ارتفاع دو متری	ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال رطوبت ویژه سطحی متوسط دما در ارتفاع دو متری
گرگان	متوسط فشار در سطح دریا رطوبت ویژه در ۵۰۰ هکتوپاسکال متوسط دما در ارتفاع دو متری	ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال رطوبت ویژه سطحی متوسط دما در ارتفاع دو متری	ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال رطوبت ویژه سطحی متوسط دما در ارتفاع دو متری
نوشهر	متوسط فشار در سطح دریا ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال ارتفاع ژئوپتانسیل ۸۵۰ هکتوپاسکال	ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال رطوبت ویژه سطحی متوسط دما در ارتفاع دو متری	ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال رطوبت ویژه سطحی متوسط دما در ارتفاع دو متری
رامسر	متوسط فشار در سطح دریا ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال ارتفاع ژئوپتانسیل ۸۵۰ هکتوپاسکال	ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال رطوبت ویژه سطحی متوسط دما در ارتفاع دو متری	ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال رطوبت ویژه سطحی متوسط دما در ارتفاع دو متری

مأخذ: نگارندگان

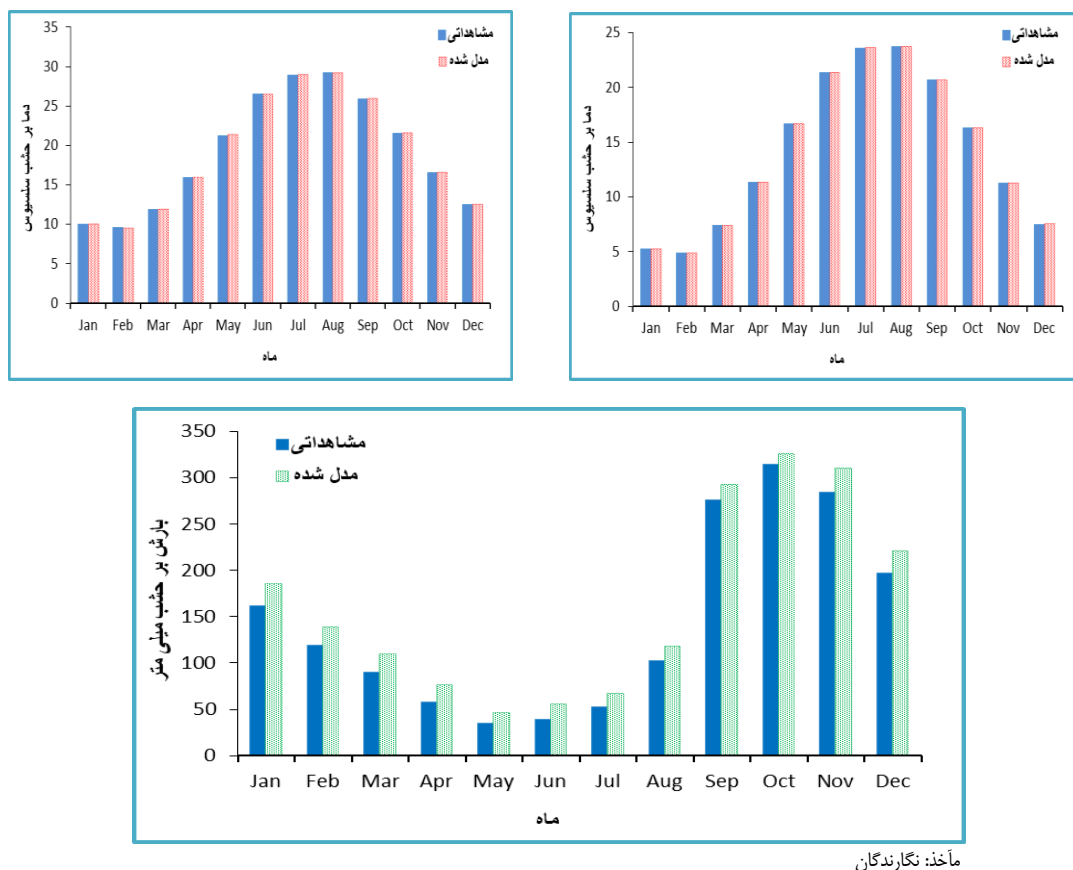
در ادامه به منظور صحت‌سنجی مدل به ارزیابی پارامترهای مدل شده با استفاده از متغیرهای NCEP و داده‌های واقعی برای دوره آماری پایه (۲۰۱۸-۱۹۸۹) پرداخته شد. نتایج حاصل نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مقادیر مدل شده و مشاهداتی ایستگاهی وجود ندارد و مقادیر همبستگی پیرسون بین داده‌های مدل شده و واقعی در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ قابل قبول می‌باشند. بررسی شاخص‌های خطا سنجی (MAE و MSE، RMSE) نیز بیانگر آن است که مدل ریزمقیاس گردانی SDSM از کار آبی لازم جهت ریزمقیاس گردانی پارامترهای مورد بررسی در سطح منطقه مورد مطالعه برخوردار

است. بر اساس نتایج حاصل، دقت مدل در ایستگاه‌ها و در پارامترهای مختلف متفاوت است به طوری که مدل در زمینه مدل‌سازی دما موفق‌تر از بارش عمل نموده است و در شبیه‌سازی بارش به‌ویژه در ماه‌های پربارش سال از دقت کم‌تری برخوردار است. این امر ناشی از پیچیده بودن فرآیند بارش و همچنین ساختار مدل‌های اقلیمی و ریزمقیاس گردانی است. در بین ایستگاه‌های مورد بررسی بیشترین خطای مدل در ارتباط با بارش مربوط به ایستگاه نوشهر با RMSE برابر با ۲۴/۵ و کمترین خطا نیز مربوط به ایستگاه گرگان با RMSE برابر با ۱۳/۱ می‌باشد. در مجموع نتایج نشان می‌دهد مدل در ایستگاه‌های کم بارش از دقت مناسب‌تری نسبت به ایستگاه‌های پر بارش برخوردار است. در زمینه مدل‌سازی دما نیز مدل در زمینه دمای حداکثر در بیشتر ایستگاه‌ها موفق‌تر از دمای حداقل عمل کرده است (جدول ۳ و شکل ۲). در این بررسی به علت تعداد زیاد نمودارهای مربوطه، فقط نتایج مربوط به ایستگاه سینوپتیک بندرانزلی به‌عنوان نمونه در این مرحله آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی پارامترهای مورد بررسی اختلاف چندانی با یکدیگر ندارند که حاکی از عملکرد مناسب مدل SDSM جهت مدل‌سازی و بررسی چشم‌انداز آینده تغییرات پارامترهای مورد بررسی است (شکل ۲).

جدول ۳: ارزیابی عملکرد مدل ریزمقیاس گردانی SDSM با استفاده از شاخص‌های مختلف

ایستگاه	پارامتر	R <sup>2</sup>	MAE	MSE	RMSE
بندر انزلی	بارش	۰/۹۹	۱۸	۳۴۴	۱۸/۵
	دمای حداقل	۰/۹۹	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۱
	دمای حداکثر	۰/۹۹	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۳
بابلسر	بارش	۰/۹۹	۱۵/۷	۲۹۴/۹	۱۷/۲
	دمای حداقل	۰/۹۹	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۸
	دمای حداکثر	۰/۹۹	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۳
گرگان	بارش	۰/۹۸	۱۲/۹	۱۷۰/۲	۱۳/۱
	دمای حداقل	۰/۹۹	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۲
	دمای حداکثر	۰/۹۹	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۳
نوشهر	بارش	۰/۹۹	۲۲/۴	۶۰۱/۴	۲۴/۵
	دمای حداقل	۰/۹۹	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۱
	دمای حداکثر	۰/۹۹	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۲
رامسر	بارش	۰/۹۹	۲۱/۷	۵۳۵/۴	۲۳/۱
	دمای حداقل	۰/۹۹	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۲
	دمای حداکثر	۰/۹۹	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۲

مأخذ: نگارندگان



شکل ۲: مقادیر مشاهداتی و مدل شده دما و بارش توسط مدل SDSM در ایستگاه بندر انزلی

پس از ارزیابی مدل ریزمقیاس گردانی و اطمینان از مناسب بودن آن به بررسی داده‌های تولید شده مدل CanESM2 برای دوره‌های آینده تحت سه سناریوی واداشت تابشی پرداخته شد. نتایج حاصل از بررسی ماهانه پارامترهای مورد بررسی در ایستگاه مطالعاتی نشان می‌دهد که بارش در دوره (۲۰۲۱-۲۰۵۰) در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه به‌جز ایستگاه گرگان بر طبق هر سه سناریوی مورد بررسی در اکثر ماه‌های سال به غیر از ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه نسبت به دوره پایه کاهش خواهد داشت و انتظار می‌رود که بارش در دوره (۲۰۲۱-۲۰۵۰) کاهش داشته باشد ولی در ایستگاه گرگان بر طبق هر سه سناریو در بیشتر ماه‌های سال میزان بارش افزایش داشته است. این وضعیت در دوره (۲۰۵۱-۲۰۸۰) برای بارش همچنان ادامه دارد و در بیشتر ایستگاه‌های مطالعاتی (بندر انزلی، نوشهر و بابلسر) و در بیشتر ماه‌های سال میزان بارش کاهش داشته است در این دوره میزان بارش در ایستگاه‌های گرگان و رامسر به‌صورت جزئی افزایش یافته است. نتایج حاصل از تغییرات ماهانه و سالانه بارش در دوره (۲۰۸۱-۲۱۰۰) نیز نشان می‌دهد که میزان بارش در این دوره نیز به‌جز ایستگاه گرگان در سایر ایستگاه‌ها و در بیشتر ماه‌های سال و بر اساس هر سه سناریوی مورد بررسی نسبت به دوره پایه کاهش خواهد داشت. بیشترین تغییرات کاهش در ایستگاه‌های مورد مطالعه نیز مربوط به ماه‌های پر بارش سال در سواحل جنوبی دریای خزر و بر اساس سناریوی RCP 8.5 است (شکل ۳). در این بخش به دلیل تعداد زیاد ایستگاه‌های مورد بررسی، فقط نتایج ماهانه و سالانه پارامترهای مورد بررسی در ایستگاه سینوپتیک بندرانزلی در دوره آینده به‌عنوان نمونه آورده شده است (شکل‌های ۳ تا ۶).

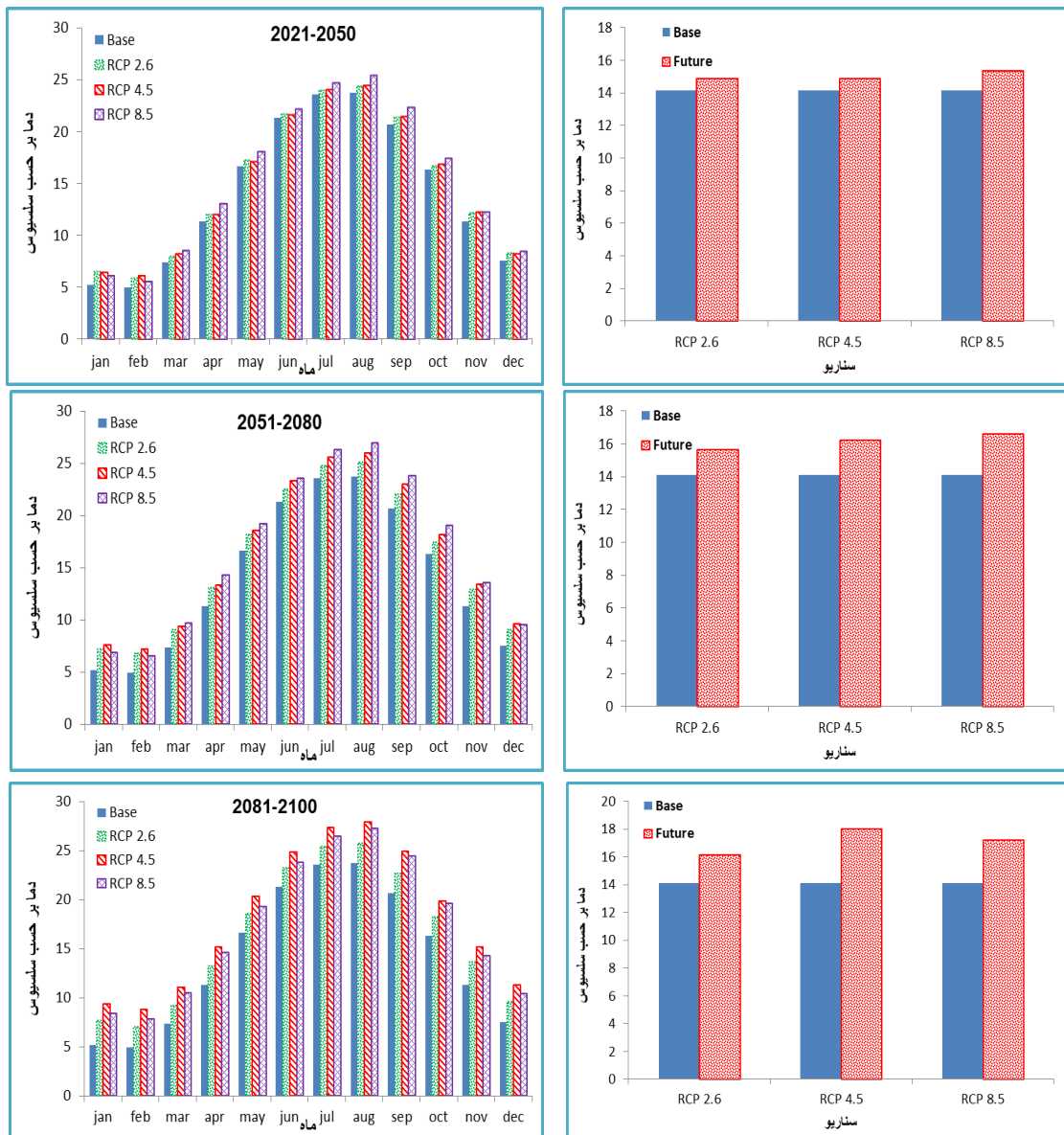




مأخذ: نگارندگان

شکل ۳: تغییرات ماهانه و سالانه بارش در ایستگاه بندر انزلی بر اساس سناریوهای مختلف در دوره‌های آینده

بررسی تغییرات میانگین ماهانه و سالانه حداقل دما نشان می‌دهد که دما بر اساس هر سه سناریو و در هر سه دوره مورد بررسی، در همه ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی و در همه ماه‌های سال افزایش خواهد داشت و میزان آن نیز در هر دوره نسبت به دوره قبل افزایش خواهد یافت به طوری که بیشترین تغییرات در پایان دوره مورد بررسی مشاهده می‌شود. بیشترین تغییرات نیز در بیشتر ماه‌های سال بر اساس سناریوی RCP8.5 و در برخی ادوار بر اساس سناریوی RCP4.5 برآورد شده است که ناشی از ویژگی‌هایی است که هر یک از این سناریوها به نمایش می‌گذارند (شکل ۴).



مأخذ: نگارندگان

شکل ۴: تغییرات ماهانه و سالانه حداقل دما در ایستگاه بندر انزلی بر اساس سناریوهای مختلف در دوره‌های آینده

چشم‌انداز تغییرات میانگین ماهانه و سالانه حداکثر دما نیز نشان می‌دهد که دمای حداکثر نیز همچون دمای حداقل بر اساس هر سه سناریو و در هر سه دوره مورد بررسی در همه ایستگاه‌های مطالعاتی و در همه ماه‌های سال افزایش خواهد یافت و بیشترین تغییرات نیز بر اساس سناریوی RCP8.5 برآورد شده است (شکل ۵).

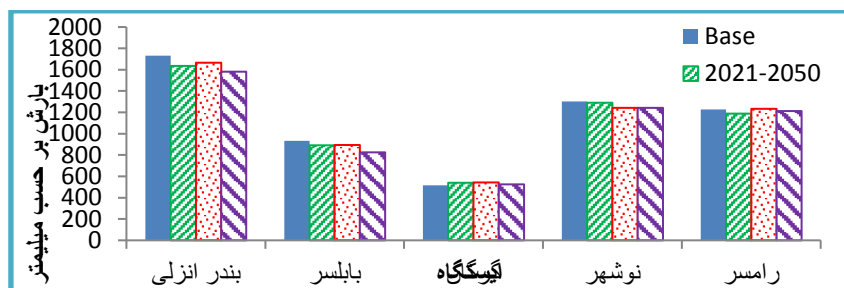


مأخذ: نگارندگان

شکل ۵: تغییرات ماهانه و سالانه حداکثر دما در ایستگاه بندر انزلی بر اساس سناریوهای مختلف در دوره‌های آینده

در مجموع بر اساس نتایج حاصل از بررسی سناریوهای مختلف، میزان بارش در دوره (۲۰۲۱-۲۰۵۰) در ایستگاه‌های بندرانزلی، بابلسر، نوشهر و رامسر به ترتیب ۵/۵، ۴/۵، ۰/۸ و ۳/۱ درصد کاهش خواهد داشت ولی در ایستگاه گرگان به میزان ۴/۷ نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. با این وجود در این دوره میزان بارش به‌طور متوسط در سواحل جنوبی دریای خزر به میزان ۲/۸ درصد کاهش پیدا خواهد کرد. بر اساس نتایج در دوره (۲۰۵۱-۲۰۸۰) میزان بارش در ایستگاه‌های گرگان و رامسر به ترتیب به میزان ۵/۳ و ۰/۴ درصد نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت و در ایستگاه‌های بندرانزلی (۳/۸ درصد)، بابلسر (۴/۴ درصد) و نوشهر (۴/۷ درصد) کاهش پیدا خواهد کرد و انتظار می‌رود میزان بارش به‌طور متوسط در این دوره نیز در سواحل جنوبی دریای خزر به میزان ۲/۴ درصد کاهش پیدا کند. نتایج حاصل از دوره (۲۰۸۰-۲۱۰۰)

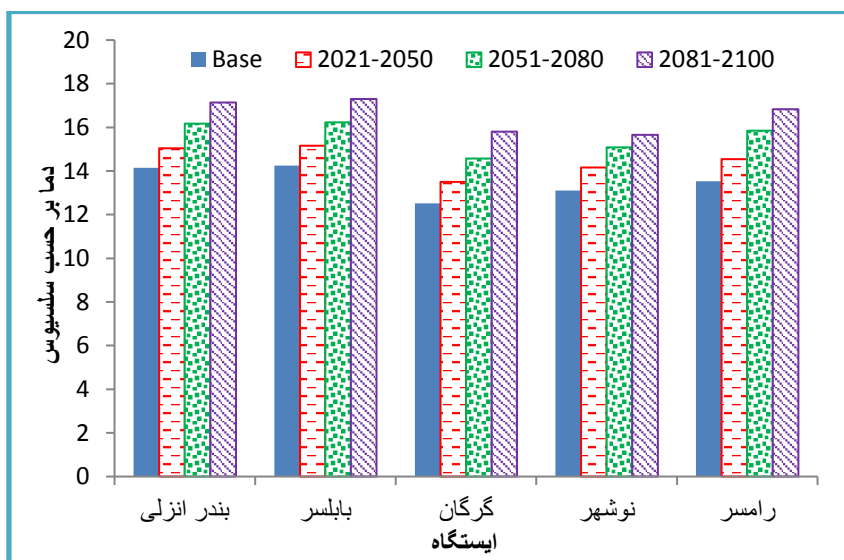
نیز نشان می‌دهد که به‌جز ایستگاه گرگان (۱/۹ درصد افزایش) در سایر ایستگاه‌های نوار ساحلی دریای خزر میزان بارش کاهش پیدا خواهد کرد که این میزان به‌طور متوسط برابر با ۵/۶ درصد نسبت به دوره پایه خواهد بود. بیشترین و کمترین میزان کاهش بارش نیز مربوط به ایستگاه بابلسر با ۱۱/۷ درصد و ایستگاه رامسر با ۱/۲ درصد است (شکل ۶).



مآخذ: نگارندگان

شکل ۶: وضعیت تغییرات بارش در دوره‌های آینده نسبت به دوره پایه در ایستگاه‌های مورد بررسی

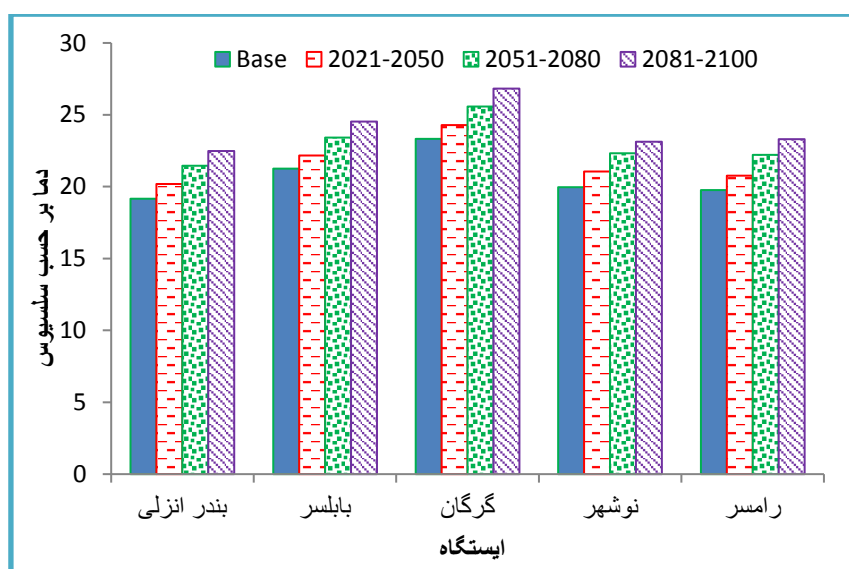
در ارتباط با پارامتر دمای حداقل، نتایج حاکی از افزایش دمای حداقل در ایستگاه‌های مورد بررسی است که این میزان در هر دوره نسبت به دوره قبل افزایش یافته است. بیشترین تغییرات دمای حداقل در منطقه مورد مطالعه مربوط به ایستگاه‌های گرگان و رامسر هر کدام با ۳/۳ درجه سلسیوس و در دوره (۲۰۸۱-۲۱۰۰) می‌باشد. کمترین تغییرات دمای حداقل نیز مربوط به ایستگاه‌های بندرانزلی و بابلسر با ۰/۹ درجه سلسیوس افزایش در دوره (۲۰۲۱-۲۰۵۰) نسبت به دوره پایه می‌باشد. بر اساس نتایج، دماهای حداقلی که در منطقه مورد مطالعه در دوره پایه اتفاق افتاده است در دوره آینده مشاهده نشده و روند گرمایشی از خود نشان داده است (شکل ۷).



مآخذ: نگارندگان

شکل ۷: وضعیت تغییرات دمای حداقل در دوره‌های آینده نسبت به دوره پایه در ایستگاه‌های مورد بررسی

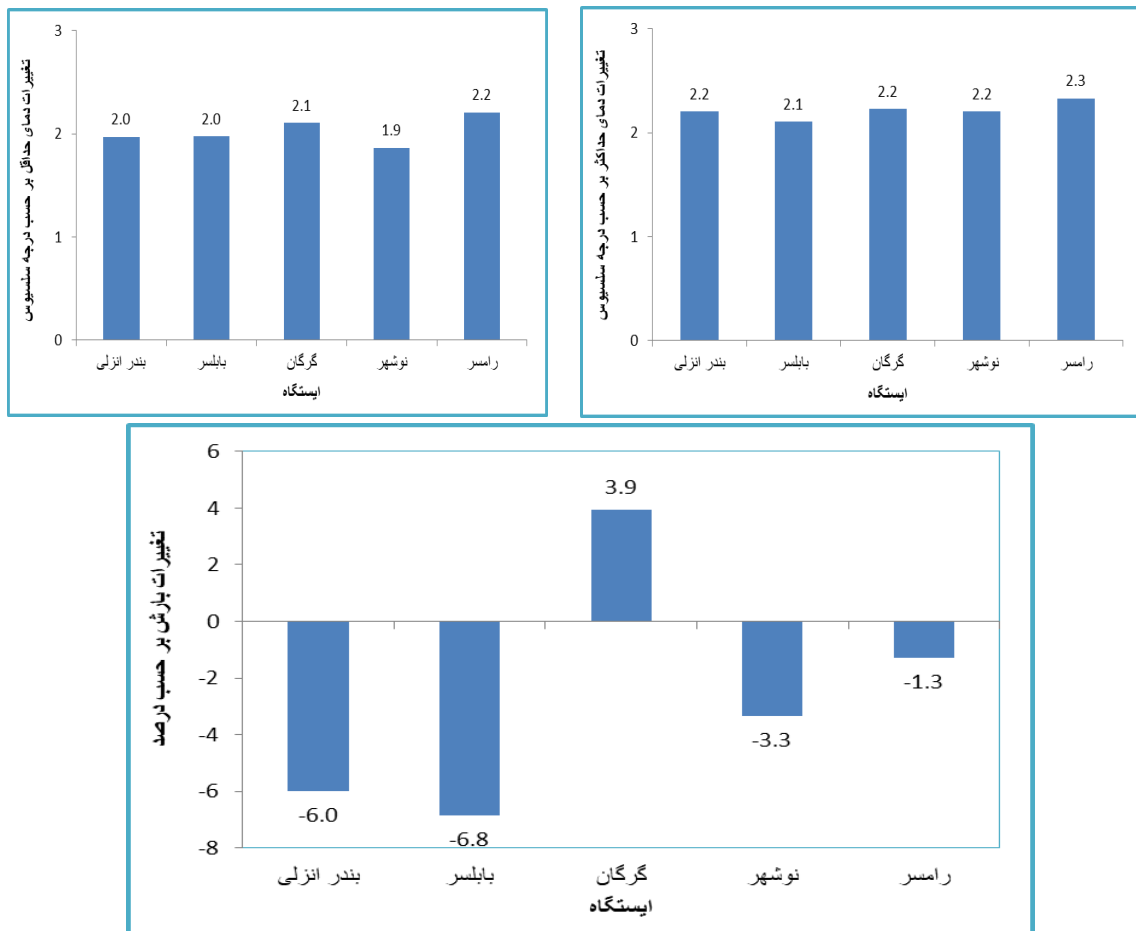
نتایج حاصل از بررسی دمای حداکثر نشان می‌دهد که دمای حداکثر نیز همچون دمای حداقل در سطح منطقه افزایش خواهد یافت که بیشترین و کمترین افزایش آن در انتهای دوره پیش‌بینی به ترتیب مربوط به ایستگاه رامسر با ۳/۵ و ایستگاه نوشهر با ۳/۱ درجه سلسیوس است. همچنین بر اساس نتایج حاصل میزان دمای حداکثر در هر دوره نسبت به دوره قبل و دوره پایه افزایش خواهد یافت (شکل ۸).



مآخذ: نگارندگان

شکل ۸: وضعیت تغییرات دمای حداکثر در دوره‌های آینده نسبت به دوره پایه در ایستگاه‌های مورد بررسی

در مجموع بر اساس نتایج حاصل، مقادیر دمای حداقل و دمای حداکثر در طی دوره مورد پیش‌بینی (۲۰۲۱-۲۱۰۰) در همه ایستگاه‌های مطالعاتی افزایش خواهد یافت و از میزان بارش نسبت به دوره پایه کاسته خواهد شد. میزان تغییرات دما و بارش در دوره پیش‌بینی شده (۲۰۲۱-۲۱۰۰) نسبت به دوره پایه در شکل (۹) آورده شده است. بر اساس نتایج حاصل، بیشترین تغییرات بارش مربوط به نواحی مرکزی و سپس غربی منطقه مورد مطالعه است. بیشترین تغییرات دمایی نیز مربوط به ایستگاه‌های نواحی غربی منطقه مورد مطالعه می‌باشد. همچنین بر اساس نتایج در سواحل جنوبی دریای خزر تغییرات دمای حداکثر بیشتر از دمای حداقل است (شکل ۹). این تغییرات کاهشی و افزایشی و عدم پیروی از تغییرات مشابه در منطقه مورد مطالعه ناشی از ویژگی‌های اقلیمی و وضعیت توپوگرافی مناطق مختلف مورد مطالعه به‌ویژه ارتفاع از سطح دریا در نوار ساحلی دریای خزر است.



مآخذ: نگارندگان

شکل ۹: میزان تغییرات پارامترهای مورد بررسی در دوره آتی (۲۰۲۱-۲۱۰۰) نسبت به دوره پایه

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی تغییرات دما و بارش در نوار ساحلی دریای خزر بر اساس مدل جهانی CanESM2 تحت تأثیر سه سناریوی واداشت تابشی RCP2.6، RCP 4.5 و RCP 8.5 پرداخته شد. جهت ریزمقیاس گردانی پارامترهای دما و بارش در منطقه مورد مطالعه نیز از مدل ریزمقیاس گردانی آماری SDSM بهره گرفته شد. پس از این که مدل برای دوره پایه (۲۰۱۸-۱۹۸۹) ارزیابی شد و بر اساس معیارهای MAE، MSE، RMSE و  $R^2$  صحت و دقت مدل تعیین شد به بررسی چشم‌انداز آینده تغییرات دما و بارش در سه دوره زمانی مختلف (۲۰۲۱-۲۰۵۰، ۲۰۵۱-۲۰۸۰ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰) نسبت به دوره پایه پرداخته شد. نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد مدل نشان داد مدل SDSM در شبیه‌سازی متغیرهای دما و بارش در دوره پایه از توانایی قابل قبولی برخوردار است اما در مقایسه با دو متغیر دما و بارش، مدل در شبیه‌سازی بارش از دقت کمتری برخوردار است که این امر ناشی از پیچیده بودن فرآیند بارش و همچنین ساختار مدل‌های اقلیمی و همچنین ناشی از روش‌های ریزمقیاس گردانی آماری است که در مدل SDSM بر مبنای رگرسیون خطی چندگانه است و بر این فرض استوار است که روابط به دست آمده با داده‌های کنونی، طی دوره‌های آینده نیز ایستا و قابل استفاده می‌باشد؛ بنابراین

در این زمینه عدم قطعیت‌هایی وجود دارد. نتایج حاصل از چشم‌انداز آینده تغییرات دما و بارش نیز نشان داد که در مجموع در نوار ساحلی دریای خزر میزان بارش کاهش و میزان دما نیز افزایش پیدا خواهد. به طوری که میزان بارش به طور متوسط در دوره (۲۰۲۱-۲۰۵۰) به میزان ۲/۸ درصد، در دوره (۲۰۸۰-۲۰۵۱) به میزان ۲/۴ درصد و دوره (۲۱۰۰-۲۰۸۰) به میزان ۵/۶ درصد نسبت به دوره پایه کاهش پیدا خواهد کرد و در مجموع به طور متوسط بلندمدت (۲۰۲۱-۲۱۰۰) در نوار ساحلی دریای خزر به میزان ۳/۶ درصد نسبت به دوره پایه کاهش خواهد یافت. بیشترین تغییرات کاهشی نیز مربوط به ماه‌های پر بارش سال است. دمای حداقل و حداکثر نیز به طور متوسط بلندمدت در سطح منطقه به ترتیب برابر ۲ و ۲/۲ درجه سلسیوس نسبت به دوره پایه افزایش پیدا خواهد بود. بیشترین تغییرات دمای حداقل مربوط به ایستگاه‌های گرگان و رامسر هر کدام با ۳/۳ درجه سلسیوس و بیشترین تغییرات دمای حداکثر نیز با ۳/۵ درجه سلسیوس مربوط به ایستگاه رامسر در انتهای دوره مورد پیش‌بینی نسبت به دوره پایه می‌باشد. بر این اساس بیشترین تغییرات دما و بارش در سواحل دریای خزر مربوط به ایستگاه‌های واقع در نواحی مرکزی و غربی منطقه مورد مطالعه است. بر اساس نتایج حاصل از خروجی مدل جهانی مورد بررسی و مدل ریزمقیاس گردانی SDSM در منطقه مورد مطالعه میزان بارش نسبت به دوره پایه کاهش خواهد یافت که این امر می‌تواند موجب کاهش ذخیره و تأمین منابع آبی در سطح منطقه گردد که به دنبال آن شرایط اقلیم کشاورزی منطقه نیز دچار تغییر می‌گردد. همچنین میزان دما افزایش پیدا خواهد کرد که موجب افزایش تبخیر و تعرق، کاهش بارش‌های برفی، کاهش دوره رشد و کاهش عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود؛ بنابراین لازم است برنامه‌ریزان مربوطه در بخش‌های مختلف، راهکارهای لازم جهت سازگاری با شرایط جدید را اتخاذ نمایند. در خصوص شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی به‌ویژه پارامتر بارش نیز پیشنهاد می‌شود سایر روش‌های ریزمقیاس گردانی و همچنین سایر مدل‌های جهانی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

## منابع

- ۱- رسولی، علی‌اکبر. رضایی بنفشه، مجید. مساح‌بوانی، علیرضا. خورشید دوست، علی محمد. قرمز چشمه، باقر (۱۳۹۳): بررسی اثر عوامل مرفو- اقلیمی بر دقت ریزمقیاس گردانی مدل LARS-WG، نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال هشتم، شماره بیست و چهارم، صص ۹-۱۸.
- ۲- شائمی، اکبر. حبیبی‌نوخندان، مجید (۱۳۸۸): گرمایش جهانی و پیامدهای زیستی اکولوژیکی، چاپ اول، مشهد، انتشارات دانشگاه فردوسی، مشهد.
- ۳- صمدی، سیده زهرا. مساح‌بوانی، علیرضا (۱۳۸۷): معرفی روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و SDSM به منظور کوچک مقیاس کردن آماری داده‌های دما و بارندگی، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز، ۹ ص.
- ۴- عزیزی، قاسم. احمدی، محمد. کردوانی، پرویز (۱۳۹۸): چشم‌انداز تغییرات دمای هوا دوره آینده بر اساس مدل‌های CMIP5 و سناریوهای واداشت تابشی (مطالعه موردی: ایستگاه‌های منتخب استان ایلام)، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، سال دوازدهم، شماره چهل و سوم، صص ۷۱-۸۸.

- ۵- عزیزی، قاسم. روشنی، محمود (۱۳۸۷): مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال، مجله، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره شصت و چهارم، صص ۲۸-۱۳.
- ۶- قرمز چشمه، یاقر. رسولی، علی‌اکبر. رضایی بنفشه، مجید. مساح‌پوانی، علیرضا. خورشیددوست، علی‌محمد (۱۳۹۳): بررسی اثر عوامل مرفو- اقلیمی بر دقت ریزمقیاس گردانی مدل SDSM، نشریه مهندسی و مدیریت آبخیز، سال ششم، شماره دوم، صص ۱۶۴-۱۵۵.
- ۷- گودرزی، مسعود. حسینی، سید اسعد. مسگری، ابراهیم (۱۳۹۵): مدل‌های آب و هواشناسی، انتشارات آذرکلک، زنجان.
- ۸- گودرزی، مسعود. صلاحی، برومند. حسینی، سید اسعد (۱۳۹۷): چشم‌انداز آتی تغییرات دما و بارش با استفاده از مدل ریزگردانی آماری (مطالعه موردی: حوزه آبخیز دریاچه ارومیه). فصل‌نامه فضای جغرافیایی، انتشارات دانشگاه آزاد اهر، سال هجدهم، شماره شصت و چهارم، صص ۶۰-۴۱.
- ۹- مالمیر، مهسا. محمدرضا پور، ام‌البینی. شریف آذری، سلمان. قندهاری، قاسم (۱۳۹۵): بررسی اثرات تغییر اقلیم بر رواناب حوضه قره‌سو با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری داده‌های مدل HadCM3 و شبکه عصبی پویا، حفاظت آب‌و خاک، سال سوم، شماره سوم، صص ۳۲۶-۳۱۷.
- ۱۰- نادری، سهراب. گودرزی، مسعود. قدمی دهنو، محمد (۱۳۹۶): اثر تغییر اقلیم بر پارامترهای اقلیمی در حوزه سیمره، علوم و مهندسی آبخیزداری، سال یازدهم، شماره سی و نهم، صص ۷۶-۶۹.
- ۱۱- هوشیار، محمود. بهروز سبحانی. حسینی، سید اسعد (۱۳۹۷): چشم‌انداز تغییرات دماهای حداکثر ارومیه با استفاده از ریز گردانی آماری خروجی مدل CanESM2. جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال بیست و دوم، شماره شصت و سه، صص ۳۲۵-۳۰۵.
- 12- Banze, F. Gue, J. Xiaotao, Sh. (2018): Impact Of Climate Change On Precipitation In Zambeze River Basin In Southern Africa. *Nature Environment And Pollution Technology*, 17 (4): 1093-1103.
- 13- Bates, B. Kundzewicz, Z.W. Wu, S. Palutik Of, J. (2008): *Climate Change And Water*. Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC), 200 P.
- 14- Beecham, S. Rashid, M. Chowdhury R.K. (2014): Statistical Downscaling Of Multi-Site Daily Rainfall In A South Australian Catchment Using A Generalized Linear Model. *International Journal Of Climatology*, 34(14): 3654-3670.
- 15- Cheema, S.B. Rasul, G. Ali, G. And Kazmi, D.H. (2013): A Comparison Of Minimum Temperature Trends With Model Projections, *Pakistan Journal Of Meteorology*, 8(15): 39-52.
- 16- Dibike, Y.B. Coulibaly, P. (2005): Hydrologic Impact Of Climate Change In The Saguenay Watershed: Comparison Of Own Scaling Methods And Hydrologic Models. *Journal Of Hydrologic*, 307: 145-163.
- 17- Goodarzi, M. Jahanbakhsh, S. Rezaee, M. Ghafouri, A. Mahdian, M H. (2011): Assessment Of Climate Change Statistical Downscaling Methods In A Single Site In Kermanshah, Iran, *American-Eurasian Journal. Agric. & Environ. Sci.* 6 (5): 564-572.
- 18- Heydari, Sh. Hosseini, S.A. Heydari, A. (2020): Investigating The Effects Of Climate Change On Stream Flows Of Urmia Lake Basin In Iran, *Modeling Earth Systems And Environment*, 1: 329-339.
- 19- IPCC. (2007): Solomon, S. D. Qin, M. Manning, Chen, M. Marquis, K.B. Avert, M. Tignor And H.L. Miller (Eds.), Summary For Policymakers, In: *Climate Change 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution Of Working Group I To The Fourth Assessment Report Of The Intergovernmental*.
- 20- Kilsby, C.G. Jones, P.D. Burton, A. Ford, A.C. Fowler, H.J. Harpham, C. James, P. Smith, A. Wilby, R.L. (2007): A Daily Weather Generator For Use In Climate Change Studies. *Environmental Modelling And Software*, 22: 1705-1719.
- 21- Liu, J. Chen, S. Li, L. Lij. (2017): Statistical Downscaling And Projection Of Future Air Temperature Changes In Yunnan Province, China, *Advances In Meteorology*, 2017: 1-11.



- 22- Nilawar, A P. Waikar, M L. (2019): Impacts Of Climate Change On Stream Flow And Sediment Concentration Under RCP 4.5 And 8.5: A Case Study In Purna River Basin, India. *Science Of The Total Environment*, 2: 2685-2696
- 23- Pathan, A. Waikar, M. (2020): Future Assessment Of Precipitation And Temperature For Developing Urban Catchment Under Impact Of Climate Change, *International Journal Of Recent Technology And Engineering (IJRTE)*, 8 (5): 3396-3404.
- 24- Tatsumi, K. Oizumi, T. Yamashiki, Y. (2013): Introduction Of Daily Minimum And Maximum Temperature Change Signals In The Shikoku Region Using The Statistical Downscaling Method By Gcms. *Hydrological Research Letters*, 7(3): 48-53.
- 25- Wilby R.L. Harris. I. (2006). A Frame Work For Assessing Uncertainties In Climate Change Impacts: Low Flow Scenarios For The River Thames, UK. *Water Resour. Res.* 42:10 P.
- 26- Wilby, R.L. Dawson. W.C. (2007): SDSM 4.2- A Decision Support Tool For The Assessment Of Regional Climate Change Impacts, SDSM Manual Version 4.2, Environment Agency Of England And Wales: Pp. 94.
- 27- Wilks, D.S. Wilby, R.L. (1999): The Weather Generation Game: A Review Of Stochastic Weather Models. *Progress In Physical Geography*, 23: Pp. 329-357.
- 28- Zhang, X. Aguilar, E. Sen soy, S. Melkonyan, H. Tagiyeva, U. Ahmed, N. Et Al. (2005). Trends In The Middle East Climate Extreme Indices From 1950 To 2003. *J. Geophysical. Res.* Pp. 110.
- 29- Zhang, Y. You, Q. Chen, Ch. Ge, J. (2016): Impacts Of Climate Change On Stream Flows Under RCP Scenarios: A Case Study In Xin River Basin, China, *Atmospheric Research*, 178–179: 521–534.