ارزیابی داده‌های مدل‌های اقلیمی CMIP5 در مقابل داده‌های مشاهده‌ای ایران

جعفر معصوم پور سماکوش[1*]، مرتضی میری[2]، و فاطمه پورکمر[3]

[1] استادیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
[2] دکتری اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
[3] کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۲۲، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۰۴)

چکیده

با توجه به تغییرات اقلیمی رخداده آگاهی از مقدار و شدت بارش در شرایط حال حاضر و آینده به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران که همواره از کمبود آب رنج می‌برد، بسیار ضروری است. ازاین‌رو پژوهش پیش رو با هدف ارزیابی دقت داده‌های بارش مجموع مدل‌های CMIP5 طی دوره پایه (۲۰۰۵–۱۹۸۵) و همچنین داده‌های پیش‌بینی‌شده برای آینده ایران (۲۰۵۰–۲۰۰۵) تدوین شده است. در این راستا داده‌های بارش ۸ مدل (BCC-CSM1.1، CCSM4، CESM1-BGC، CESM1-CAM5، CMCC-CM، EC-EARTH، MIROC5 و MIR- CGCM3) با استفاده از آماره‌های نظیرRMSE, BIAS, EF و... بررسی شدند. نتایج حاصل از ارزیابی دقت ۸ مدل مورد مطالعه نشان داد که مدل‌های بررسی شده از توانایی بالایی در برآورد بارش کشور برخوردار نیستند و با توجه به نتایج آماره‌هایی نظیر ضریب همبستگی (r) و شیب خط (slope) از دقت متوسط تا ضعیفی برخوردارند. با وجود این مدل‌های BCC-CSM1.1 و CCSM4 نسبت به سایر مدل‌ها در پهنه ایران از دقت بالاتری برخوردار هستند. بر اساس نتایج شاخص‌هایی که میزان توافق سری‌های زمانی و اختلافات مدل‌ها را ارزیابی می‌نمایند، می‌توان گفت که گرچه مدل‌های مورد استفاده در محاسبه مقدار بارش کشور با دقت مناسب، توانایی بالایی ندارند اما به‌خوبی دوره‌های زمانی بارش را برآورد و توانایی مناسبی در تشخیص افت‌وخیزها و روندهای بارش در اکثر نقاط کشور را دارند. نتایج صحت‌سنجی بارش آینده دو مدل منتخب نیز همسو با نتایج ارزیابی داده‌های مدل می‌باشد. در مجموع صحت پیش‌بینی‌ها در نیمه شمالی (به‌جز سواحل خزر) بیش از نیمه جنوبی است. نتایج حاصل از روند بارش مدل CCSM4 تحت دو سناریو ۴.۵ و ۸.۵ نشان داد که روند تغییرات بارش آتی کشور برای هیچ منطقه‌ای معنادار نخواهد بود و شیب روند در حد ضعیف تا متوسط است. بر اساس هر دو سناریو روند بارش در جنوب شرق، شمال شرق، گوشه شمال غرب و شرق خزر منفی و در نواحی مرکزی و برخی استان‌های غربی (همدان، مرکزی و چهارمحال و بختیاری) مثبت خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: مدل‌های CMIP5، آزمون‌های آماری، روند، بارش، ایران

* نگارنده رابط: j.masoompour@razi.ac.ir

۱ مقدمه

بارش یکی از مؤلفه‌های کلیدی سامانه اقلیم است و نشان‌دهنده‌ی رابطه قوی بین جو، هیدروسفر و بیوسفر است (چن و فرونفلد، ۲۰۱۴). تغییرات بارش در اثر تغییرات اقلیمی آینده، فرآیندهای زیست‌محیطی و استفاده از منابع محیطی (جیانگ و همکاران، ۲۰۱۶) به‌ویژه منابع آب را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به وابستگی شدید تولید مواد مورد نیاز بشر به منابع آب، پیش‌بینی مطمئن بارش و منابع آبی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی پیش‌بینی شده از اهمیت بالایی برخوردار است (کوترولیس و همکاران، ۲۰۱۵). طی دهه‌های گذشته چندین گروه مطالعاتی و همچنین فعالیت‌های مشترک بین‌المللی از جمله هیئت بین کشوری تغییر اقلیم (IPCC) با استفاده از مدل‌های اقلیم جهانی، مجموعه‌ای از داده‌های پیش‌بینی شده از شرایط گذشته و آینده اقلیم جهان ارائه کرده‌اند (هیئت بین کشوری تغییر اقلیم، ۲۰۰۷؛ لیو و همکاران، ۲۰۱۴). این مدل‌ها یکی از متداول‌ترین و مناسب‌ترین روش‌ها برای ارزیابی اقلیم آینده هستند؛ زیرا مدل‌های اقلیمی ابزاری مناسب برای مطالعه‌ی سازوکار تغییرات اقلیم گذشته و آینده هستند (ژائو و همکاران، ۲۰۱۳). هم‌اکنون در سطح جهان مراکز و مدل‌های گوناگونی برای مدل‌سازی وضعیت اقلیم دهه‌های آینده کره زمین با استفاده از سناریوهای انتشار، ساختار فیزیکی و محاسباتی گوناگونی وجود دارد. شبیه‌سازی‌های مدل‌های اقلیم جهانی توسط پروژه هم‌سنج مدل جفت شده (CMIP: Coupled Model Intercomparison Project) آرشیو شده است که یکی از مهم‌ترین منابع برای بررسی شرایط آب‌وهوایی قرن بیست و یکم هستند (بارکر و هانگ، ۲۰۱۴). شبیه‌سازی‌های فاز سوم CMIP به‌طور گسترده‌ای در سطح جهان مورد بررسی قرار گرفته است و با چهارمین گزارش تغییر اقلیم هیئت بین کشوری تلفیق شده است. طی سال‌های گذشته شبیه‌سازی‌ها برای فاز پنجم پروژه CMIP به اتمام رسیده است و به‌طور گسترده در گزارش پنجم ارزیابی اقلیم جهانی توسط IPCC نمایان شده است (هیئت بین کشوری تغییر اقلیم، ۲۰۰۷؛ تیلور و همکاران، ۲۰۱۲). شبیه‌سازی‌های حاصل از مدل‌های گردش عمومی جو که بخشی از CMIP5 هستند، مبنایی برای بسیاری از نتیجه‌گیری‌های هیئت بین‌الدول در ارتباط با تغییرات اقلیمی آینده است. از این داده‌ها به‌صورت مستقیم و یا پس از ریزمقیاس‌نمایی برای ارزیابی تغییرات اقلیمی آینده در مقیاس‌های محلی و منطقه‌ای استفاده می‌شود (هیئت بین‌الدولی تغییر اقلیم، ۲۰۱۳). بر اساس مطالعات میهل و همکاران (۲۰۰۷) و تیلور و همکاران (۲۰۱۱) و (۲۰۱۲) عملکرد بهتر مدل‌ها در شبیه‌سازی فرآیندهای کلیدی خاص، یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های پروژه CMIP5 است. این شرایط سبب شده است که مطالعات زیادی با هدف‌های مختلف در سطح جهان با استفاده از داده‌های تاریخی و پیش‌بینی شده این پروژه انجام شود. تعدادی از این مطالعات به بررسی ویژگی‌های بارش آینده پرداخته‌اند. زو (۲۰۱۲) و وانگ و چن (۲۰۱۳)، شبیه‌سازی بارش آینده کل منطقه چین را با استفاده از داده‌های CMIP5 بررسی کردند. چن و سان (۲۰۱۳) با استفاده از داده‌های بارش مجموعه مدل‌های CMIP5 تحت سناریو RCP4.5 تغییرات بارش آینده مونسون‌ها در شرق آسیا را بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده‌ی افزایش بارش‌های شدید و خطرات در این منطقه است. پالازی و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از داده‌های بارش CMIP5 تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 بارش منطقه قراقوم هیمالیا را بررسی و بیان کردند که بر اساس پیش‌بینی مدل‌های CMIP5 فصل تابستان هیمالیا در قرن بیست و یکم مرطوب‌تر و با افزایش تدریجی بارش همراه است.

با وجود این، به دلیل خطا در پارامترهای مدل، ساختار مدل، متغیرهای ورودی و شرایط مرزی، عدم قطعیت

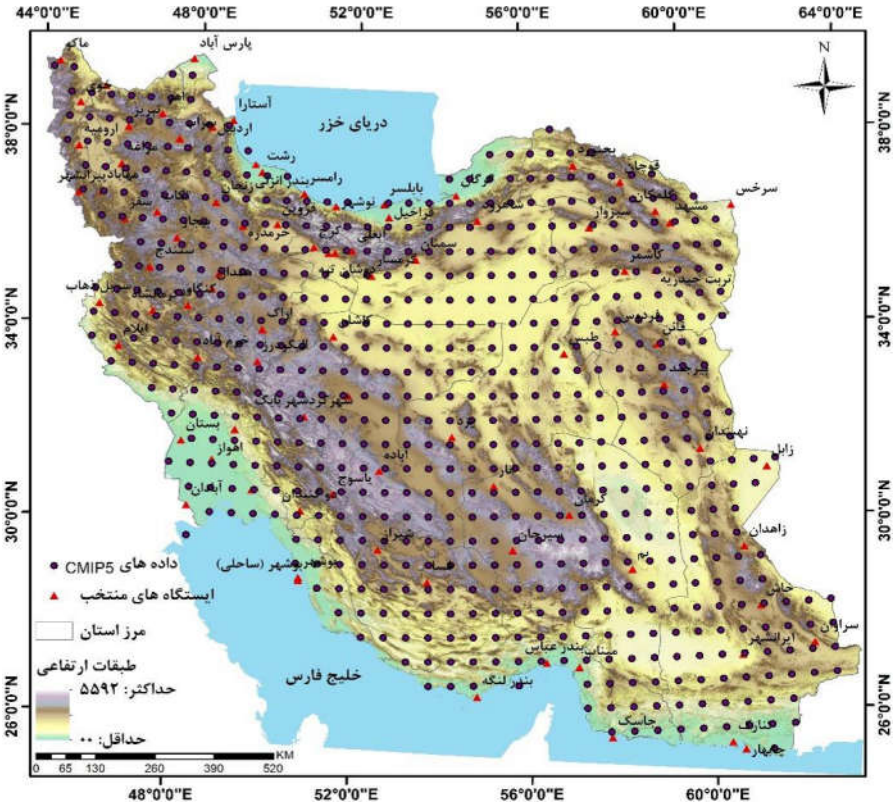
شبیه‌سازی‌های مدل اقلیمی (لیو و همکاران، ۲۰۱۴)، یکی از موضوعات مورد توجه در استفاده از نتایج این مدل‌ها است. از این‌رو مطالعات زیادی در سطح جهان به ارزیابی دقت داده‌های این مدل‌ها پرداخته‌اند. بلازکوئز و نونیز (۲۰۱۳) با مقایسه نتایج هشت مدل از WCRP-CMIP5 و WCRP-CMIP3 عدم قطعیت در پیش‌بینی‌های آب‌وهوای آینده (دما و بارش) برای آمریکای جنوبی را بررسی کردند. نتایج نشان داد که قابلیت اطمینان پیش‌بینی‌های دما در هر دو مجموعه از مدل‌ها بالاست، اما قابلیت اطمینان از پیش‌بینی‌های بارش در هر دو مجموعه داده پایین است. پرز و همکاران (۲۰۱۴) عملکرد مدل‌های CMIP5 وCMIP3 در منطقه شمال شرق آتلانتیک را ارزیابی کردند و نشان دادند که در این منطقه عملکرد فازهای سوم و پنجم CMIP متفاوت است و در هر فاز برخی از مدل‌ها از توانایی و عملکرد بهتری برخوردارند. هائیل و رنتجز (۲۰۱۵)، برای ارزیابی مدل‌های آب‌وهوایی منطقه‌ای بارش در بالادست حوزه نیل (اتیوپی)، از داده‌های بارش پیش‌بینی شده مدل MPI-ESM-LR استفاده کرده‌اند. نتایج نشان داد که مدل‌ها محدودیت کمتری در شبیه‌سازی مقدار بارش روزانه سبک (میلی‌متر ۱>) و سنگین (۱۰<میلی‌متر) دارند.

هرچند پیش‌بینی‌های مدل‌های گردش عمومی از اعتماد و قابلیت مناسبی برخوردارند، با وجود این در نظر نگرفتن برخی از ویژگی‌های مهم محیطی مانند توپوگرافی و پوشش گیاهی، سبب می‌شود که داده‌های این مدل‌ها در مقیاس‌های مختلف فضایی و زمانی نیازمند ارزیابی دقت باشند. قهرمان و همکاران (۱۳۹۵)، داده‌های تبخیر و تعرق برآوردی دو مدل مجموعه CMIP5 را با داده‌های ایستگاه مشهد طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۹۱ مقایسه کردند. نتایج نشان داد که مدل در ماه‌های گرم سال عملکرد بهتری در برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل نسبت به ماه‌های سرد سال دارند. با وجود این اهمیت، بررسی‌های انجام شده توسط نگارندگان نشان داد که در حال حاضر مطالعه‌ای برای پیش‌بینی بارش آینده کشور با استفاده از داده‌های مجموعه CMIP5 و همچنین ارزیابی دقت داده‌های بارش آنها در سطح کشور انجام نشده است. از این‌رو در مطالعه پیش رو سعی بر این شده است که با استفاده از آزمون‌های آماری دقت داده‌های بارش ۸ مدل گردش عمومی جو با دقت مکانی بالا برای پهنه ایران‌زمین ارزیابی شود. نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند سبب افزایش اعتماد بیشتر در استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو با دقت مکانی بالا در مطالعات شبیه‌سازی اقلیم فعلی و آینده و همچنین بررسی روند تغییرات آنها شود. از طرف دیگر ارزیابی داده‌های مشاهداتی در یک دوره مشخص با داده‌های شبیه‌سازی شده توسط مدل در همان دوره که تحت عنوان داده‌های تاریخی از آن یاد می‌شود، در ارائه پیش‌بینی‌های دقیق بسیار کارآمد و مفید است.

۲ داده‌ها و روش تحقیق

هدف پژوهش حاضر ارزیابی دقت داده‌های بارش مدل‌های CMIP5 با بهترین قدرت تفکیک مکانی برای سطح ایران است. برای رسیدن به این هدف از شش آزمون آماری برای مقایسه و ارزیابی دقت داده‌های بارش مدل‌های CMIP5 در برابر داده‌های مشاهده‌ای بارش ۸۸ ایستگاه همدیدی کشور استفاده شد. در ابتدا با مراجعه به آرشیو سازمان هواشناسی کل کشور داده‌های بارش ۸۸ ایستگاه همدیدی با طول دوره آماری (۳۰ ساله) ۲۰۱۴-۱۹۸۵ دریافت و پردازش شد.

همچنین داده‌های بارش مدل‌های به‌کار گرفته شده در مجموعه CMIP5 (BCC-CSM1.1، CCSM4، CESM1-BGC، CESM1-CAM5، CMCC-CM، EC-EARTH، MIROC5 و MIR- CGCM3) با قدرت تفکیک مکانی مناسب (۰/۵ درجه عرض جغرافیایی در ۰/۵ درجه طول جغرافیایی) از تارنمای ESGF (جدول ۱)



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های همدید مورد مطالعه و نقاط شبکه داده‌های CMIP5 بر روی ایران.

طی دوره تاریخی (۲۰۰۵-۱۹۸۵) و همچنین داده‌های پیش‌بینی‌شده‌ی سناریوهای RCP 4.5 (میزان غلظت CO_2 تا سال ۲۱۰۰؛ ۶۵۰ ppm و اثر گازهای گلخانه‌ای بر واداشت‌های تابشی را ۵/۴ وات بر مترمربع تخمین زده‌اند) و RCP8.5 (میزان غلظت CO_2 تا سال ۲۱۰۰؛ ۱۳۷۰ ppm و نیز اثر گازهای گلخانه‌ای بر واداشت‌های تابشی را تا ۵/۸ وات بر مترمربع تخمین زده‌اند) در دوره ۲۰۵۰-۲۰۰۶ دریافت و با استفاده از برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزارهای آماری Matlab و R پردازش شد. در تحقیق پیش رو ابتدا ارزیابی برای داده‌های شبیه‌سازی‌شده گذشته طی یک دوره آماری ۲۰ ساله ۲۰۰۵-۱۹۸۵ بر اساس داده‌های مشاهده‌ای در همین دوره از نظر دقت و در ادامه نیز داده‌های مدل‌های منتخب برای سال‌های ۲۰۰۶ الی ۲۰۱۴ طی یک دوره ۱۰ ساله بر اساس داده‌های مشاهده‌ای در ایستگاه‌های سازمان هواشناسی از منظر اعتبار انجام شده است. برای انتخاب مناسب‌ترین و نزدیک‌ترین مدل به داده‌های واقعی کشور از بین ۸ مدل پیش‌گفته؛ از شاخص‌های آماری همانند (R, R^2, NRMSE, BIAS, EF, SLOPE, IA) استفاده شد (میری، ۱۳۹۵).

ضریب تعیین (R^2) که به شکل رابطه (۱) بیان می‌شود یکی از مهم‌ترین معیارهای ارزیابی ارتباط میان دو متغیر x و y است که به‌صورت بی‌بعد نمایش داده می‌شود. این ضریب ارتباط مستقیمی با ضریب همبستگی دارد.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} O_i p_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} O_i^2 \sum p_i^2}} . \qquad (۱)$$

آماره NRMSE که به شکل رابطه (۲) نمایش داده می‌شود با تقسیم مقدار RMSE به‌دست‌آمده بر میانگین داده‌های مشاهده‌ای آن را استاندارد و به‌صورت بی‌بعد

نمایش می‌دهیم تا مقدار به‌دست‌آمده در ایستگاه‌های متفاوت را بتوان با یکدیگر مقایسه نمود.

$$NRMSE = \frac{\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(o_i - p_i)^2}}{\overline{o_i}}. \qquad (۲)$$

ضریب کارایی (EF) که به شکل رابطه (۳) نشان داده شده است در واقع بزرگی نسبی واریانس باقیمانده‌ها را در مقایسه با واریانس داده‌های مشاهده‌ای نشان می‌دهد.

$$EF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \overline{O})^2}. \qquad (۳)$$

آماره اریب (BIAS) است (۴) که میانگین تمایل مدل را در بیش‌برآورد کردن یا کم‌برآورد کردن مقادیر مشاهده‌ای نشان می‌دهد. مقدار اریب برابر با صفر نشان‌دهنده‌ی این است که مدل به‌خوبی توانسته است مقادیر مشاهده‌ای را پیش‌بینی کند. مقادیر مثبت و منفی نیز به‌ترتیب بیانگر بیش‌برآورد کردن و کم‌برآورد کردن مدل است (میری و همکاران ۱۳۹۵).

$$BIAS = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(p_i - o_i), \qquad (۴)$$

IA نمایه‌ای بدون بعد است که آن را ویلموت در سال ۱۹۸۱ عرضه کرد. این نمایه مقدار توافق بین دو سری داده‌ی مقایسه‌ای را می‌سنجد. مقدار نمایه IA بین دو عدد صفر و یک در نوسان است. اگر دو سری داده باهم توافق کامل داشته باشند، مقدار IA برابر با یک است؛ ولی اگر حاصل نمایه کمتر از یک باشد، مقدار توافق بین دو سری زمانی مقایسه شده به نسبت کمتر است (ویلموت ۱۹۸۴، روشن و همکاران ۲۰۱۲).

$$IA = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(EST - obs\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(\left|EST - \overline{obs}\right| + \left|obs - \overline{obs}\right|\right)^2}. \qquad (۵)$$

پس از انتخاب بهترین مدل و بررسی اعتبار داده‌های پیش‌بینی‌شده آن طی دوره زمانی ۲۰۰۶-۲۰۱۴، جهت نمایش روند بارش داده‌های مدل منتخب بر اساس سناریوهای RCP 4.5 و RCP 8.5 طی دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۵ از آزمون من‌کندال استفاده شده است. در نهایت، نتایج حاصل از ارزیابی آماره‌های مختلف، به‌صورت نقشه‌ها، نمودارها و جداول لازم در سطح کشور نمایش داده شده است.

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی مدل‌های مورد مطالعه.

ردیف	مدل	کشور	مؤسس	سناریوهای RCP
۱	BCC-CSM1.1(m) Wu et al (2013)	چین	Beijing Climate Center, China Meteorological Administration	۸.۵ و ۴.۵
۲	CCSM4 Meehl et al (2007)	ایالات متحده آمریکا	National Center for Atmospheric Research	۸.۵ و ۶ و ۴.۵ و ۲.۶
۳	CESM1(BGC) Hurrell et al (2013)	ایالات متحده آمریکا	National Science Foundation, Department of Energy, National Center for Atmospheric Research	۸.۵ و ۴.۵
۴	CESM1(CAM5) Hurrell et al (2013)	ایالات متحده آمریکا	National Science Foundation, Department of Energy, National Center for Atmospheric Research	۸.۵ و ۶ و ۴.۵ و ۲.۶
۵	CMCC-CM Perez et al (2014)	ایتالیا	Centro Euro-Mediterraneo per I Cambiamenti Climatici	۸.۵ و ۴.۵
۶	EC-EARTH Perez et al (2014)	محصول ۱۱ کشور	EC-EARTH Consortium	۸.۵ و ۴.۵ و ۲.۶
۷	MIROC5 Watanabe et al (2010)	ژاپن	Atmosphere and Ocean Research Institute	۸.۵ و ۶ و ۴.۵ و ۲.۶
۸	MRI-CGCM3 Perez et al (2014)	ژاپن	Meteorological Research Institute	۸.۵ و ۶ و ۴.۵ و ۲.۶

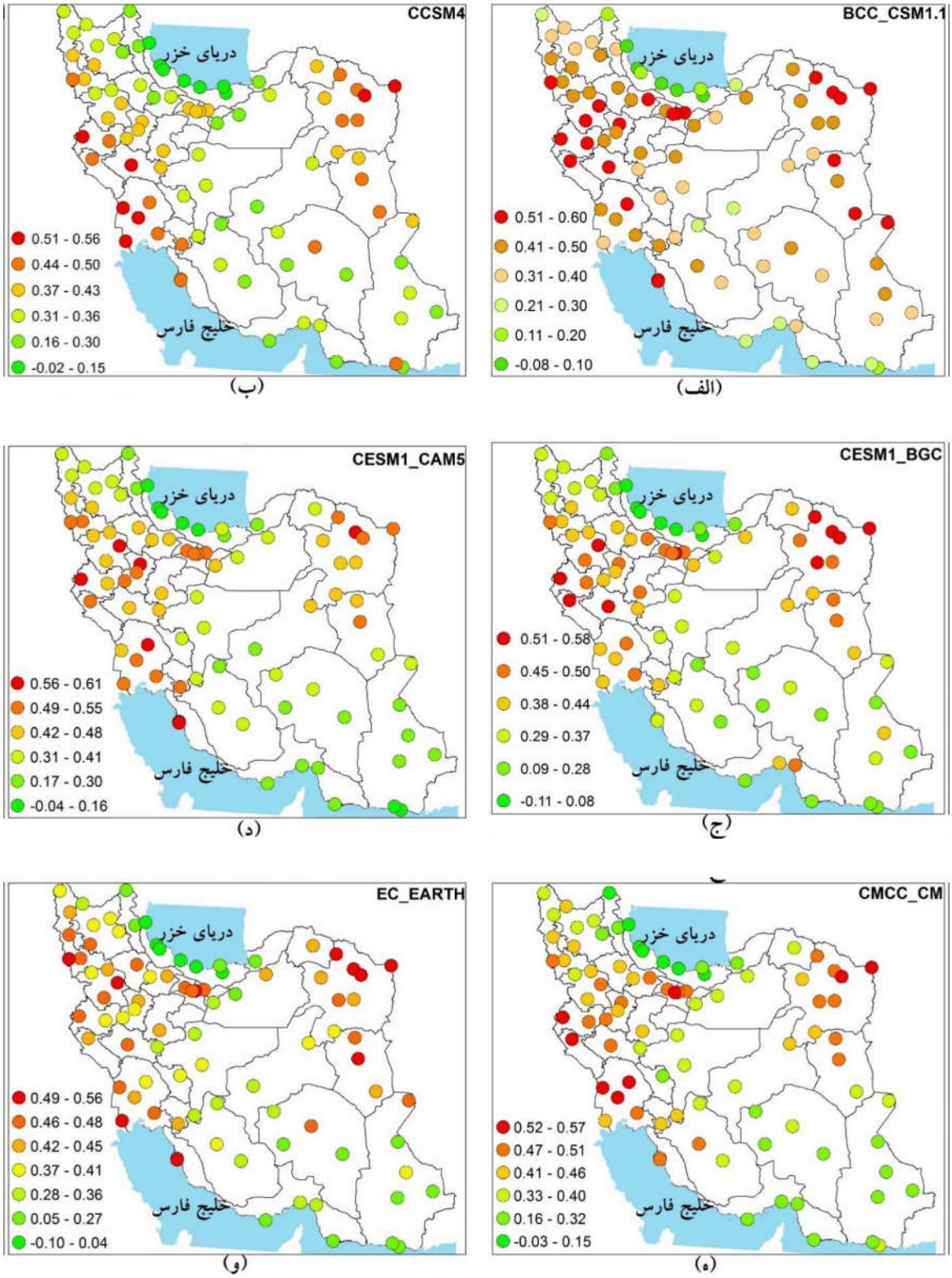
۳ نتایج

۳-۱ اعتبارسنجی مدل‌ها

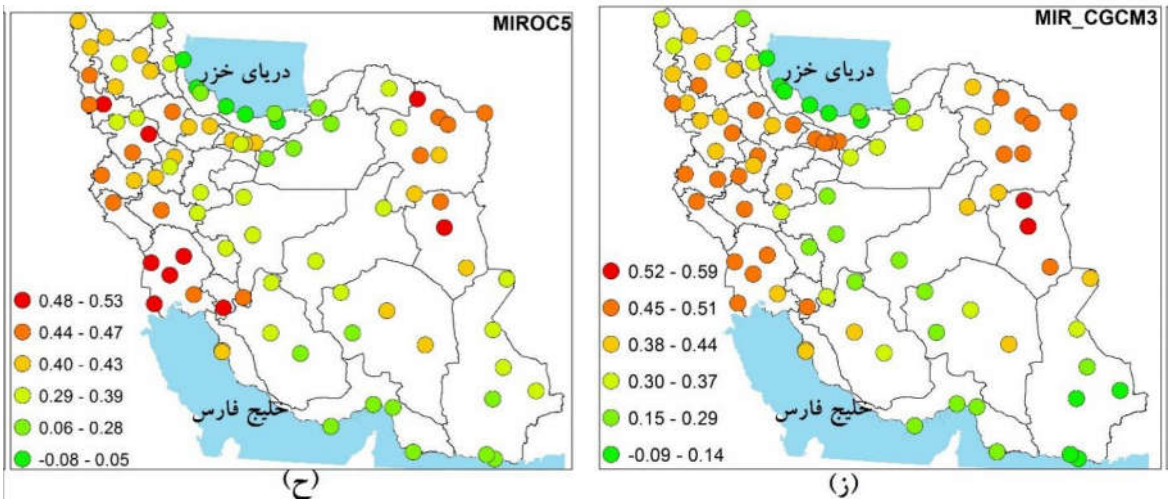
بررسی مقادیر همبستگی بین بارش محاسباتی توسط مدل‌های CMIP5 و بارش ثبت شده در ایستگاه‌های منتخب نشان‌دهنده‌ی دقت نه‌چندان مناسب این داده‌ها برای پهنه ایران است؛ زیرا میزان همبستگی در نگاه کلی برای تمامی مدل‌ها و ایستگاه‌ها کمتر از ۰/۵ می‌باشد. البته اعتبار داده‌های مدل برای ایستگاه‌های غرب و شمال غرب و همچنین شرق و شمال شرق قدری بیشتر است. به‌طوری‌که میزان همبستگی در این مناطق به‌ویژه شمال شرق بعضاً تا ۰/۶ هم افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج این شاخص، داده‌های بارش برآوردی CMIP5 در نواحی ساحلی عمان و به‌ویژه در خط ساحلی خزر نسبت به سایر مناطق ایران از اعتبار کمتری برخوردار است و مقدار ضریب r در این نواحی برای برخی مدل‌ها به کمتر از ۰/۲ می‌رسد (شکل ۲). همسو با آماره ضریب همبستگی نتایج آماره *EF* نیز گواه بر کارایی متوسط تا ضعیف مدل در برآورد بارش واقعی است. مقدار *EF* در پهنه ایران‌زمین هرچند در بعضی ایستگاه‌ها به ۱ نزدیک‌تر می‌شود، اما برای بیشتر سطح کشور از ۱ فاصله دارد. این بدان معنی است که نه‌تنها مدل‌های مذکور با قدرت تفکیک مکانی فعلی توانایی بالایی در پیش‌بینی بارش واقعی کشور ندارند، بلکه در برآورد و پیش‌بینی رخدادهای فرین بارش نیز از دقت بالایی برخوردار نیستند. به‌کارگیری شاخص‌هایی نظیر IA، BIAS و Slope که هریک به‌گونه‌ای نشان‌دهنده‌ی دقت مدل‌ها در برآورد مقدار پارامتر مورد نظر است، نشان داد که داده‌های بارش برآوردی مدل‌های منتخب مجموعه CMIP5 برای سطح ایران نسبت به مقدار بارش ثبت شده در ایستگاه‌ها همراه با بیش‌برآوردی و کم‌برآوردی است. مقایسه نتایج شاخص اریب (BIAS) بین داده‌های بارش برآوردی مدل و ایستگاه‌های زمینی نشان می‌دهد هرچند اختلافات موجود بین دو پایگاه داده در بیشتر نقاط کشور با بیش‌برآوردی همراه است، با وجود این تمامی مدل‌های منتخب در مناطق همراه با بارش زیاد به‌ویژه نواحی ساحلی خزر با کم‌برآوردی مقادیر بارش همراه هستند. به‌طوری‌که اختلافات بین بارش برآوردی مدل‌های BCC-CSM1.1، CESM1-BGC، CESM1-CAM5 و EC-EARTH با داده‌های واقعی در سواحل خزر تا حدود ۱۲۰ میلی‌متر نیز می‌رسد. محاسبه شاخص شیب خط (Slope) نشان داد که مقدار شیب خط برای درصد زیادی از ایستگاه‌ها کمتر از ۰/۵ می‌باشد که بیانگر فاصله بسیار زیاد آنها از خط رگرسیون (۱:۱) است. مقدار شیب ۰/۳ تا ۰/۵ در سطح گسترده‌ای از کشور مشاهده می‌شود و فقط در نقاطی پراکنده شیب داده‌ها به بیش از ۰/۵ رسیده است. بیشترین تناسب داده‌های مشاهداتی و محاسباتی بر اساس این شاخص برای برخی از ایستگاه‌های نیمه شرقی همچون بم قابل مشاهده است. در مجموع بررسی بارش برآوردی مدل‌های پیش‌گفته با استفاده از آزمون‌های آماری نشان داد هرچند نتایج آماره مورد استفاده در برخی مناطق ایران نشان از دقت قابل قبول مدل‌های CMIP5 دارد ولی به‌طورکلی می‌توان گفت که داده‌های بارش برآوردی این مدل‌ها با قدرت تفکیک مکانی فعلی برای سطح ایران از دقت بالایی برخوردار نیست.

۳-۲ صحت‌سنجی مدل‌ها

یافته‌های حاصل از ارزیابی دقت مدل‌های انتخابی نشان داد، هرچند ۸ مدل مورد بررسی نتایج تقریباً یکسانی را ارائه می‌دهند اما دو مدل BCC-CSM1.1 و CCSM4 نسبت به سایر مدل‌ها در پهنه ایران دقت بالاتری دارند. با توجه به محدودیت در تعداد صفحات مقاله، تنها به تفسیر نتایج مدل CCSM4 تحت دو سناریوی ۴.۵ و ۸.۵ طی دوره ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۴ با داده‌های ایستگاهی پرداخته شد.



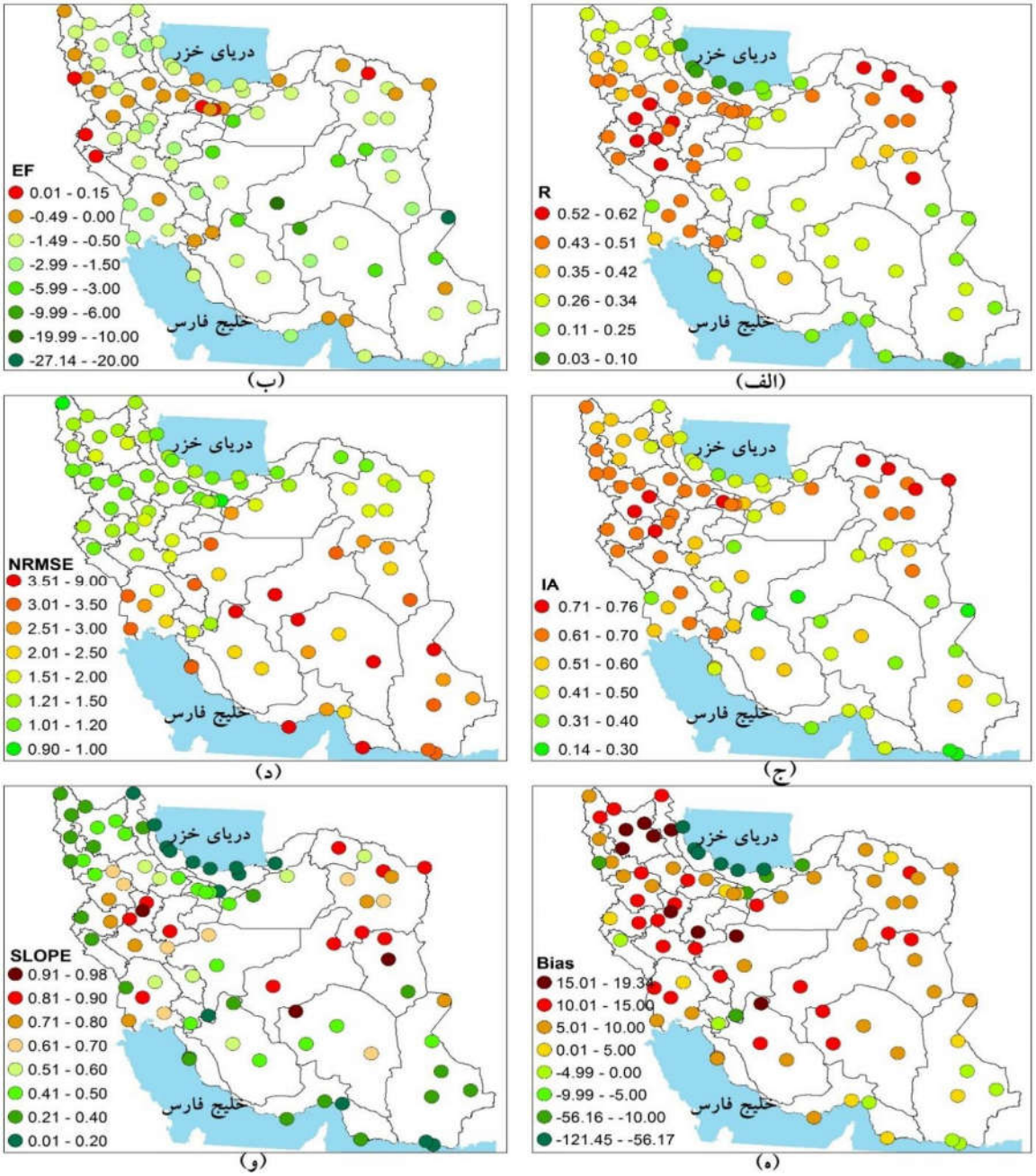
شکل ۲. نتایج آماره همبستگی برای داده‌های بارش برآوردی مدل‌های منتخب مجموعه CMIP5 در برابر داده‌های ایستگاهی.



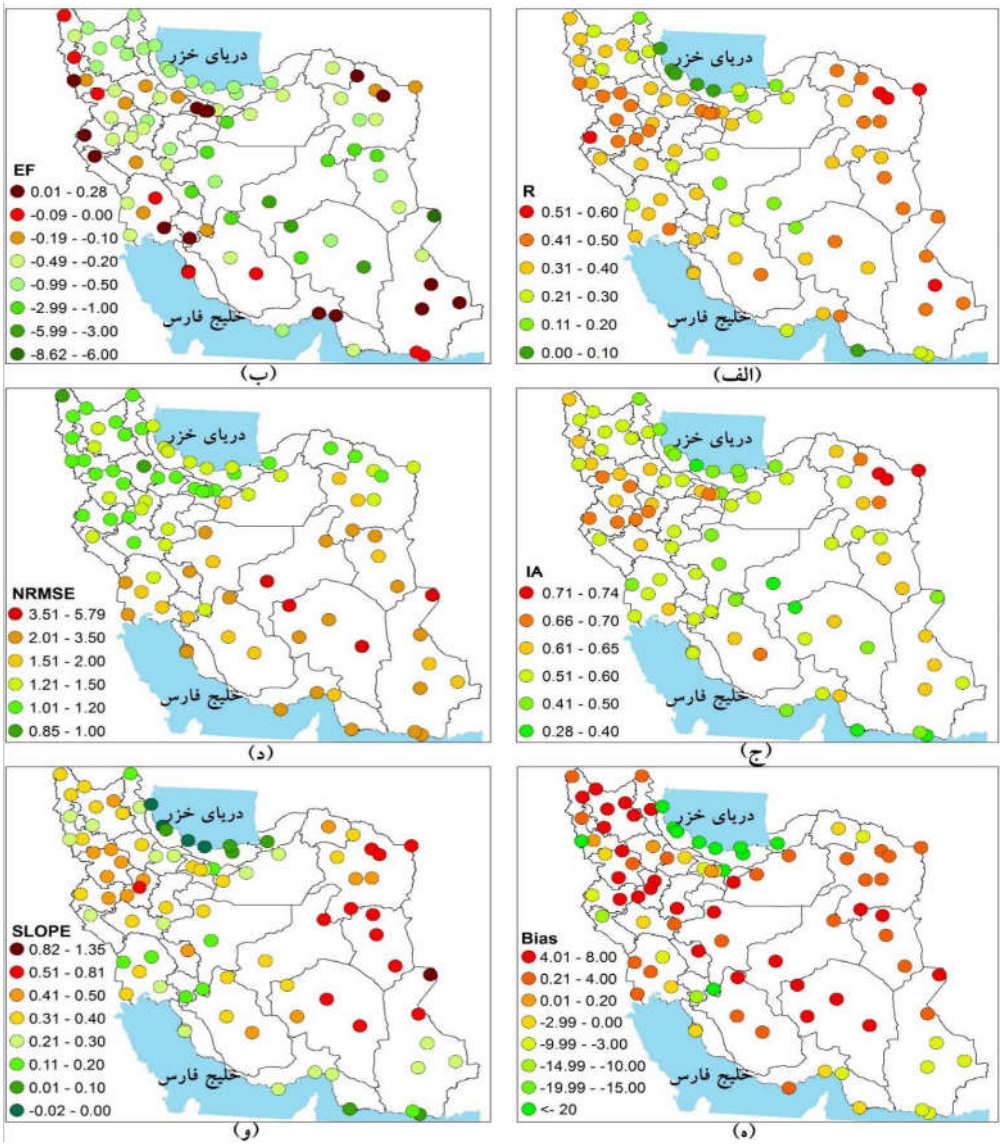
ادامه شکل ۲.

شکل‌های ۳ و ۴ نتایج مقایسه خروجی مدل CCSM4 و داده‌های ایستگاهی کشور را به‌ترتیب برای سناریوهای اشاره شده نشان می‌دهند. با توجه به نمرات ضریب همبستگی (شکل ۳-الف و ۴-الف) ارتباط دو مجموعه داده‌ها تحت هر دو سناریو چندان قوی نمی‌باشد و میزان r در اکثر نقاط کشور کمتر از ۰/۵ می‌باشد. در هر دو خروجی، صحت داده‌های مدل در نواحی شمال شرق، غرب میانه و دامنه‌های جنوبی البرز به‌طور نسبی بیش از سایر مناطق و در نواحی ساحلی کمتر از سایر قسمت‌های کشور است. سناریوی ۴.۵ بارش ایستگاه‌های شمال شرق و غرب و دشت خوزستان را بهتر برآورد نموده است درحالی‌که سناریوی ۸.۵ در سواحل جنوبی، شرق و به‌ویژه جنوب شرق کشور نتایج بهتری ارائه می‌دهد. شاخص *EF* (شکل ۳-ب و ۴-ب) تا حد زیادی همسو با نتایج ضریب همبستگی است. با توجه به فاصله زیاد نمرات این شاخص از عدد ۱ و حتی منفی بودن آن در سطح وسیعی از کشور توانایی خروجی‌های مدل CCSM4 در پیش‌بینی صحیح بارش به‌ویژه رخدادهای فرین چندان قابل‌توجه نمی‌باشد. شاخص IA (شکل ۳-ج و ۴-ج) بیانگر ارتباط قابل قبول سری‌های زمانی پیش‌بینی شده و مشاهداتی است؛ به‌طوری‌که در بیشتر نقاط مقدار شاخص بیش از ۰/۵ است. این ارتباط به‌خصوص در نواحی شمال شرق، البرز جنوبی و غرب میانه مناسب می‌باشد، زیرا مقدار توافق بیش از ۰/۶ می‌باشد. پراکنش نمرات مربع خطای استاندارد شده نشان می‌دهد (شکل ۳-ج و ۴-د) خروجی‌های مدل در نیمه شمالی کشور از دقت بالاتری نسبت به نیمه جنوبی برخوردارند. در نواحی شمالی کشور میزان NRMSE در حوالی عدد یک در نوسان است (۰/۸۵ تا ۱/۵) درحالی‌که در نیمه جنوبی بیش از ۲ بوده و حتی تا ۹ نیز افزایش می‌یابد. هرچند اختلاف بارش پیش‌بینی‌شده توسط دو سناریو و بارش مشاهداتی به‌ویژه در مناطق شمالی بسیار به هم نزدیک است اما با اندکی اختلاف سناریو ۴.۵ در مناطق شمالی و سناریوی ۸.۵ در مناطق جنوبی و مرکزی برآورد بهتری دارد. شاخص اریبی که میزان انحرافات و متعاقب آن بیش‌برآوردی و کم‌برآوردی را مورد سنجش قرار می‌دهد، بیانگر این است که (شکل ۳-ه و ۴-ه) هر دو سناریو، بارش را در اکثر مناطق ایران بیشتر از واقعیت تخمین می‌زنند زیرا پراکنش بایاس در غالب نقاط مثبت است. کم‌برآوردی بارش در جنوب شرق، سواحل عمان و به‌ویژه سواحل

خزر کاملاً قابل مشهود می‌باشد. همچنین مقادیر اریبی سناریوی ۸.۵ کمتر از سناریوی ۴.۵ است. به‌طورکلی می‌توان گفت سناریوی ۴.۵ این دو مدل برای مناطق شمال شرق، غرب تا شمال غرب و دامنه‌های جنوبی البرز نتایج مناسب‌تری ارائه می‌دهند درحالی‌که سناریوی ۸.۵ برای نواحی جنوبی به‌ویژه جنوب شرق ایران و برخی نقاط مرکزی ایران از صحت بیشتری برخوردارند.



شکل ۳. نقشه صحت‌سنجی سناریوی ۴.۵ مدل CCSM4 .

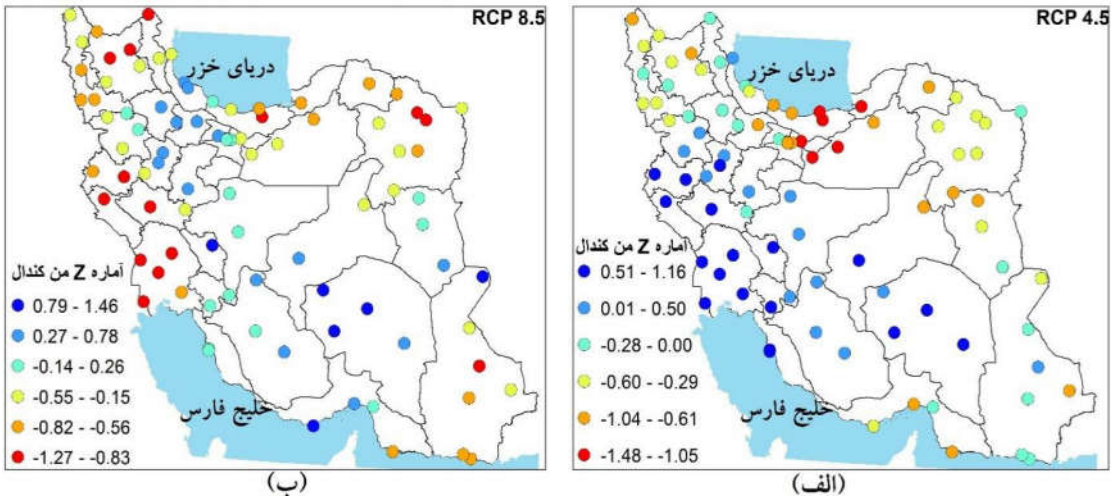


شکل ۴. نقشه صحت‌سنجی سناریوی ۸.۵ مدل CCSM4.

۳-۳ روند بارش آینده ایران

با توجه به نقش اساسی بارش در تأمین منابع آب کشور، بررسی روند تغییرات آن جهت برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب امری حیاتی است. از آنجا که گزارش‌های بین‌المللی در مورد بحران و حتی کمبود فیزیکی آب در آینده برای نقاط مختلفی از جهان به‌ویژه ناحیه خاورمیانه از جمله کشور ایران هشدار جدی داده‌اند، آگاهی از تغییرپذیری آتی این عنصر مهم اقلیمی امری ضروری است. هرچند یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که مدل‌های بررسی شده توانایی بالایی در محاسبه مقدار بارش کشور ندارند اما مقایسه سری‌های زمانی محاسباتی و مشاهداتی بیانگر انحراف اندک و توافق قابل‌قبول دو مجموع داده است. از این‌رو پیش‌بینی آتی بارش کشور توسط مدل منتخب گامی مؤثر در شناخت وضعیت بارش ایران است. شکل ۵-الف نتایج روند بارش مدل CCSM4 تحت سناریوی ۴.۵ را توسط آزمون آماری من‌کندال نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که بر اساس نمرات آزمون پیش‌گفته، تغییرپذیری آینده بارش کشور برای هیچ

ایستگاهی معنادار نمی‌باشد و شیب تغییرات بارش در حد ضعیف تا نهایتاً متوسط است. این تغییرات برای برخی نواحی کاهشی و برای برخی دیگر افزایشی است. بر اساس شکل (۵ -الف) روند بارش در مناطق واقع در دامنه‌های رشته‌کوه زاگرس (غربی و شرقی) و استان‌های خشک مرکزی (کرمان، یزد) افزایشی است. شدت این افزایش برای دامنه‌های غربی زاگرس (مسیر ورود سامانه‌های بارشی غرب و دامنه رو به باد زاگرس) بیشتر است. علاوه بر این نواحی و به‌استثنای آستارا و خاش در سایر مناطق کشور روند بارش کاهشی خواهد بود. شدت این کاهش برای شمال غرب و جنوب شرق کشور ضعیف، اما در شرق و به‌خصوص دامنه‌های جنوبی البرز و سواحل خزر (به‌جز سواحل غربی) شدیدتر است به‌طوری‌که مقدار نمره من‌کندال در برخی ایستگاه‌ها به کمتر از ۱- رسیده است. نمرات من‌کندال ایستگاه‌های ساحلی بندرعباس و جاسک نیز نزدیک به ۱- می‌باشد. روند حاصل از خروجی سناریو ۸.۵ این مدل (شکل ۵-ب) نتایج متفاوتی نشان می‌دهد. هرچند روند بارش پیش‌بینی‌شده این مدل هم برای هیچ قسمتی از کشور معنادار نیست؛ اما شیب تغییرات در برخی نقاط شدیدتر و جهت روند نیز متفاوت‌تر از سناریوی ۴.۵ می‌باشد. بر اساس این شکل روند بارش در نواحی مرکزی، شرق (خراسان جنوبی)، قسمت‌هایی از شمال غرب (زنجان) و دامنه‌های جنوبی البرز مرکزی (البرز و قزوین) مثبت است. همچنین روند افزایشی بارش در سواحل غربی خزر و منطقه هرمزگان مشاهده می‌شود. بیشترین روند افزایشی بارش در شمال استان کرمان (انار) و چهارمحال و بختیاری به چشم می‌خورد. در سایر نقاط کشور (شمال شرق، شمال غرب، سواحل خزر و دامنه‌های غربی زاگرس) روند بارش کشور کاهشی خواهد بود. اختلاف روند دو سناریو در دامنه‌های غربی زاگرس و به‌ویژه دشت خوزستان بسیار قابل‌توجه است؛ زیرا در سناریوی ۴.۵ این ناحیه از کشور از بیشترین روند مثبت برخوردار است درحالی‌که در سناریوی ۸.۵ روند بارش این ناحیه از کشور منفی است و بیشترین شدت کاهش نیز در خوزستان مشاهده می‌شود. روند کاهشی بارش در جنوب شرق، شمال شرق، گوشه شمال غرب و شرق خزر و روند افزایشی آن در نواحی مرکزی و برخی استان‌های غربی (همدان، مرکزی، چهارمحال و بختیاری) از تشابهات بارش پیش‌بینی شده آینده کشور تحت دو سناریوی مورد استفاده در این تحقیق می‌باشد.



شکل ۵. نقشه روند آتی بارش پیش‌بینی شده کشور توسط مدل CCSM4 تحت سناریوهای (الف) 4.5 و (ب) ۸.۵ .

۴ نتیجه‌گیری

بارش یکی از مؤلفه‌های اصلی چرخه آب محسوب می‌شود که آگاهی از مقدار و شناخت تغییرات آن جهت برنامه‌ریزی‌های زیست‌محیطی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که همواره از کمبود آب رنج می‌برند، بسیار ضروری است. ضرورت این آگاهی برای کشور ایران که تغییرات زمانی و مکانی بارش آن به‌واسطه تنوع و پیچیدگی توپوگرافی و گستردگی عرض جغرافیایی بسیار شدید و منابع آبی آن کاملاً وابسته به بارش می‌باشد (مسعودیان، ۱۳۹۱) دو چندان است. از این‌رو هدف مطالعه پیش رو ارزیابی دقت داده‌های بارش مجموعه مدل‌های CMIP5 در مقابل داده‌های ایستگاهی ایران با استفاده از شاخص‌های مختلف آماری است.

نتایج حاصل از ارزیابی دقت ۸ مدل مورد مطالعه نشان داد که مدل‌های بررسی‌شده از توانایی بالایی در برآورد بارش کشور برخوردار نیستند و با توجه به نتایج آماره‌هایی نظیر ضریب همبستگی (r) و شیب خط (slope) از دقت متوسط تا ضعیفی برخوردارند. به‌طوری‌که میزان ضریب همبستگی در همه مدل‌ها برای اکثر نقاط کشور کمتر از ۰/۵ می‌باشد و در بهترین حالت مقدار همبستگی به ۰/۶ می‌رسد. همچنین مشخص شد که علاوه بر اینکه دقت بارش برآوردی توسط مدل‌ها از اطمینان چندان بالایی برخوردار نیستند، توانایی ضعیفی نیز در برآورد رخدادهای فرین ایستگاهی دارند. هیدالگو و آلفارو (۲۰۱۴) نیز به این نتیجه رسیدند که اکثر مدل‌های CMIP5 توانایی پایینی در تخمین بارش نواحی مرکزی ایالات متحده دارند. از نظر منطقه‌ای نیز میزان دقت خروجی‌ها برای نواحی شمال شرق و غرب بیش از سایر نقاط کشور است. در نواحی ساحلی کشور (عمان و خزر) به‌ویژه سواحل شمالی دقت این داده‌ها بسیار پایین و عملاً غیر قابل استفاده می‌باشد. علت این امر شاید ناشی از شرایط خاص جغرافیایی و تباین‌های خشکی و آب در این مناطق باشد. دارند و همکاران، ۱۳۹۳؛ میری و همکاران، ۱۳۹۵؛ عزیزی و همکاران، ۱۳۹۵؛ رضیئی و همکاران، ۲۰۱۱ پیش‌تر به‌دقت پایین سایر پایگاه‌های داده بارش نظیر APHRODITE، CRU، TRMM، GPCC و غیره در نواحی ساحلی ایران اشاره کرده‌اند.

مقایسه نتایج ارزیابی مدل‌های منتخب نشان داد که هرچند نتایج هشت مدل انتخابی به هم نزدیک است اما مدل‌های BCC-CSM1.1 و CCSM4 نسبت به سایر مدل‌ها در پهنه ایران از دقت بالاتری برخوردار هستند. محاسبه آماره‌های مورد استفاده برای داده‌های بارش این مدل‌ها نشان داد گرچه مدل‌های مورد استفاده در محاسبه مقدار بارش کشور با دقت مناسب، توانایی بالایی ندارند اما به‌خوبی سیکل‌های زمانی بارش را برآورد و توانایی مناسبی در تشخیص افت‌وخیزها و روندهای بارش در غالب نقاط کشور دارند. مک‌سوئینی و همکاران (۲۰۱۵) نیز معتقدند که بیشتر مدل‌های CMIP5 دوره‌های زمانی بارش را مناسب برآورد می‌نمایند. همچنین مویس و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان دادند که دقت بارش مدل‌های CMIP5 در استرالیا به‌خوبی داده‌های دما نبوده و دقت آنها در حد متوسط است اما سیکل‌های بارش و روند آن را به‌خوبی تشخیص می‌دهند.

ارزیابی خروجی‌های بارش آینده ایران با استفاده از این مدل‌ها تحت سناریوهای ۴.۵ و ۸.۵ نتایج تقریباً مشابهی ارائه می‌دهند. در مجموع صحت پیش‌بینی‌ها در نیمه شمالی (به‌جز سواحل خزر) بیش از نیمه جنوبی آن است. سناریوی ۴.۵ در نواحی شمال شرق و غرب و سناریوی ۸.۵ در سواحل جنوبی و به‌ویژه جنوب شرق کشور نتایج بهتری ارائه می‌دهد. نتایج حاصل از روند بارش توسط مدل CCSM4 و تحت دو سناریوی ۴.۵ و ۸.۵ نشان می‌دهد که روند تغییرات بارش آتی کشور برای هیچ منطقه‌ای معنادار نخواهد بود و شیب روند در حد ضعیف تا متوسط است. در هر دو سناریو روند بارش در

جنوب شرق، شمال شرق، گوشه شمال غرب و شرق خزر منفی و در نواحی مرکزی و برخی استان‌های غربی (همدان، مرکزی، چهارمحال و بختیاری) مثبت خواهد بود. اختلاف قابل‌توجه روند بارش دو سناریو در دامنه‌های غربی زاگرس مخصوصاً دشت خوزستان مشهود است. در سناریوی ۴.۵ این ناحیه از بیشترین روند مثبت برخوردار است درحالی‌که در سناریوی ۸.۵ روند بارش این ناحیه منفی و بیشترین شدت کاهش نیز در خوزستان مشاهده می‌شود.

منابع

دارند، م.، ظرافتی، ه.، کفایت مطلق، ا.م، و سمندر، ر.، ۱۳۹۳، مقایسه بین پایگاه‌های داده جهانی و منطقه‌ای بارش با پایگاه بارش اسفزاری و ایستگاهی ایران زمین: تحقیقات جغرافیایی، **۳۰** (۲)، ۸۴-۶۵.

عزیزی، ق.، صفرراد، ط.، محمدی، ح.، و فرجی سبکبار، ح.، ۱۳۹۵، ارزیابی و مقایسه داده‌های بازکاوی شده بارش جهت استفاده در ایران: پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، **۴۸**(۱)، ۳۳-۴۹.

قهرمان، ن.، بابائیان، ا.، و طباطبایی، س. م.، ۱۳۹۵، ارزیابی پس پردازش بروندادهای دینامیکی مدل‌های اقلیمی در برآورد تغییرات تبخیر تعرق پتانسیل تحت سناریوهای واداشت تابشی (بررسی موردی: دشت مشهد): فیزیک زمین و فضا، **۴۲**(۳)، ۶۸۷-۶۹۶.

مسعودیان، س. ا.، ۱۳۹۱، آب‌وهوای ایران: چاپ دوم، انتشارات دانشگاه اصفهان.

میری، م.، ۱۳۹۵، واکاوی ارتباط تغییر اقلیم و زوال جنگل‌های زاگرس مطالعه موردی، منطقه‌ی ایلام: رساله دکتری، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا.

میری، م.، رضیئی، ط.، رحیمی، م.، ۱۳۹۵، ارزیابی و مقایسه آماری داده‌های بارش TRMM و GPCC با داده‌های مشاهده‌ای در ایران: فیزیک زمین و فضا، **۴۲**(۳) ، ۶۵۷-۶۷۲.

Barker, N. C., and Huang, H. P., 2014, A Comparative Study of Precipitation and Evaporation between CMIP3 and CMIP5 Climate Model Ensembles in Semiarid Regions: Journal of Climate, **27**, 3731-3749.

Blazquez, J., and Nunez, M. N., 2013, Analysis of uncertainties in future climate projections for South America, comparison of WCRP-CMIP3 and WCRP-CMIP5 models: Climate Dynamics, **41**, 1039–1056.

Chen, H., and Sun, J., 2013, Projected change in East Asian summer monsoon precipitation under RCP scenario. Springer-Verlag Wien: Meteorology and Atmospheric Physics, **121**, 55–77.

Chen, L., and Frauenfeld, O. W., 2014, A comprehensive evaluation of precipitation simulations over China based on CMIP5 multimodel ensemble projections: Journal of Geophysical Research:Atmospheres, **119** (10), 5767-5786.

Haile, A. T., and Rientjes, T., 2015, Evaluation of regional climate model simulations of rainfall over the Upper Blue Nile basin: Atmospheric Research, 161-162, 57-64.

Hidalgo, H. G., and Alfaro, E. J., 2014, Skill of CMIP5 climate models in reproducing 20th century basic climate features in central america: International Journal of Climatology, **35**, 3327-3421.

Hurrell, J. W., Holland, M. M., Gent, P. R., Ghan, S., Kay, J. E., Kushner, P. J., Lamarque, J. F., Large, W. G., Lawrence, D., Lindsay, K., Lipscomb, W. H., Long, M. C, Mahowald, N., Marsh, D. R., Neale, R. B., Rasch, P., Vavrus, S., Vertenstein, M., Bader, D., Collins, W. D., Hack, J. J., Kiehl, J., and Marshall., S., 2113, The community earth system model: a framework for collaborative research: Bulletin of the American Meteorological Society, **24**,1332–1361.

IPCC., 2007, Climate Change 2007, The Physical Science Basis, Contribution of the Working Group to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by S. Solomon et al.,: Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K. 996 p.

IPCC., 2013, Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovern-mental Panel on Climate

Wang, L., and Chen, W., 2013, A CMIP5 multimodel projection of future temperature, Precipitation,and climatological drought in China: International Journal of Climatology, **34**, 2059- 2078.

Watanabe, M., Suzuki, T., Oishi, R., Komuro, Y., Watanabe, S., Emori, S., Takemura, T., Chikira, M., Ogura, T., Sekiguchi, M., Takata, K., Yamazaki, D., Yokohata, T., Nozawa, T., Hasumi, H., Tatebe, H., and Kimoto, M., 2010, Improved climate simulation by MIROC5: mean states, variability, and climate sensitivity: Journal of Climate, **23**, 6312–6335.

Willmott, C. J., 1984, On the evaluation of model performance in physical geography In Spatial Statistics and Models, 443-460.

Wu, T., Li, W., Ji, J., Xin, X., Li, L., Wang, Z., Zhang, Y., Li, J., Zhang, F., Wei, M., Shi, X., Wu, F., Zhang, L., Chu, M., Jie, W., Liu, Y., Wang, F., Liu, X., Li, Q., Dong, M., Liang, X., Gao, Y., and Zhang, J., 2113, Global carbon budgets simulated by the Beijing Climate Center climate system model for the last century: Journal of Geophysical Research Atmospheres, **115**, 4326–4347.

Xu, Y., and Xu, C. H., 2012, Preliminary Assessment of Simulations of Climate Changes over China by CMIP5 Multi-Models: Atmospheric and Oceanic Science Letters, **5**(6), 489-494.

Zhao, L., Xu, J., and Powell, A., 2013, Discrepancies of surface temperature trends in the CMIP5 simulations and observations on the global and regional scales: Clim Past Discuss, **9**, 6161–6178.

Change [Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K. , Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., and Midgley, P. M., (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Unitesd Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

Jiang, M., Felzer, B.S., and Sahagian, D., 2016, Predictability of Precipitation over the Conterminous U.S. Based on the CMIP5 Multi-Model Ensemble: Scientific Reports, doi: 10.1038/srep29962.

Koutroulis, A. G., Grillakis, M. G., Tsanis, I. K., and Papadimitriou, L., 2015, Evaluation of precipitation and temperature simulation performance of the CMIP3 and CMIP5 historical experiments: Climate Dynamic, **47**(5–6), 1881–1898.

Lee, J. Y., and Wang, B., 2014, Future change of global monsoons in the CMIP5: Climate Dynamic, **42**, 101-11.

McSweeney, C. F., Jones, R. G., Lee, R. W., and Rowell, D. P., 2015, Selecting CMIP5 GCMs for downscaling over multiple regions: Climate Dynamics, **44**(11), 3237–3261.

Moise, A., Wilson, L., Grose, M., Whetton, P., Watterson, I., Bhend, J., Bathols, J., Hanson, L., Erwin, T., Bedin, T., Heady, C., and Rafter, T., 2015, Evaluation of CMIP3 and CMIP5 Models over the Australian Region to Inform Confidence in Projections: Australian Meteorological and Oceanographic Journal, **65**(1), 12–53.

Roshan, Gh. R., and Grab, S. W., 2012, Regional Climate Change Scenarios and Their Impacts on Water Requirements for Wheat Production in Iran: International Journal of Plant Production, **2**, 239-265.

Assessment of CMIP5 climate models with observed precipitation in Iran

Jafar Masoompour Samakosh[1*], Morteza Miri[2], and Fatemeh Porkamar[3]

[1]*Assistant professor of Climatology, Department of Geography, Razi University, Kermanshah, Iran*
[2]*Ph. D. in Climatology, Faculty of Geography, Department of Physical Geography, University of Tehran, Tehran, Iran*
[3]*M. Sc. in Climatology, Department of Geography, Razi University, Kermanshah, Iran*

(Received: 13 July 2017, Accepted: 25 November 2017)

Summary
The changes in precipitation that depend on future climatic changes highly affect environmental processes and the use of ecosystem services, especially water sources. Because providing necessary material for human beings is mostly dependent on water sources, the reliable prediction of precipitation and water sources, affected by climate change, is of considerable importance. Nowadays, there are centers and various models worldwide that simulate the state of future climate of the earth by different scenarios, e.g., the scenario of release physical and computational structure. Simulations of world climate models have been archived by CMIP project, which are regarded as one of the most important sources to study the climate condition of the 21st century. The simulations from models of general atmospheric circulation, which is a part of CMIP5, are as the basis for the conclusions of international committee related to future climatic changes. The data can be used to assess future climatic changes in local or regional scales, whether directly or after presenting downscale. Although the predictions of general circulation models are reliable enough, ignoring some important features of each region, especially developing countries and the ones with high environmental diversity like Iran, make the data of these models need accurate assessment in various spatial and temporal scales.

Therefore, the present study aims to assess the accuracy of precipitation data from eight models (BCC-CSM1.1, CCSM4, CESM1-BGC, CESM1-CAM5, CMCC-CM, EC-EARTH, MIROC5and MIR- CGCM3) of general atmosphere circulation according to high spatial accuracy for Iran applying statistical tests. Statistic indices like R, R^2, RMSE, BIAS, EF, NARMSE, SLOPE, and IA were applied to choose the most appropriate model, out of eight, up close to real data of the country.

The findings reveal that Although the models used to calculate rainfall has not high reliability, but also it is too weak to estimate the stations' extreme events. Besides, in a similar study, Hidalgo and Alfaro (2014) believe that most of the CMIP5 models have low ability to estimate the precipitation of central regions of the USA. Regionally, output accuracy for north-eastern and western regions is more than other parts of the country. Besides, the accuracy for coastal regions of Iran (Oman and Caspian) is very low and practically useless, which is due to the special geographical condition and the contrast of land and water in these regions. In fact, the assessment of future precipitation output of these models under scenario 4.5 and 8.5 presents the same findings; the correctness of predictions in northern half (except for Caspian beaches) is more than the southern half. Scenario 4.5 shows better results in northeast and west while scenario 8.5 shows better results in southern beaches, especially southeast of the country. The findings from the process of precipitation from CCSM4 model, under scenarios 4.5 and 8.5, show that the process of future precipitation changes will not be significant for any region and the slope is from weak to average.

Keywords: CMIP5 models, statistical tests, process, precipitation, Iran

[*]Corresponding author: j.masoompour@razi.ac.ir