نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال پنجم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷.

صفحات ۱ تا ۲۲

شرایط و مخاطرات اقلیمی آیندهٔ ایران در تحقیقات اقلیمی

مصطفی کریمی[۱]، استادیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران.

سیف اله کاکی، دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران.

سمیه رفعتی، استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه سید جمال الدین اسدآبادی، اسدآباد، ایران.

دریافت مقاله : ۱۳۹۷/۰۱/۱۸ پذیرش نهایی:۱۳۹۷/۰۶/۲۳

چکیده

شرایط شکننده، متغیر و گاه مخاطره آمیز اقلیم کنونی ایران پیش‌بینی آینده آن را بسیار ضروری اما سخت نموده است. پیش‌بینی شرایط اقلیم آینده بوسیله مدل‌های گردش کلی جو مورد استفاده تحقیقات متعددی به هدف تدقیق محلی نتایج قرار گرفته است. یکی از پرکاربردترین این روش‌ها، ریزمقیاس نمایی آماری است. این روش در مطالعات اقلیمی به طور گسترده استفاده شده اما تاکنون نتواسته بیان روشنی از شرایط اقلیم آینده ایران به نمایش بگذارد. در پژوهش حاضر با هدف تعیین دورنمای شرایط اقلیمی آینده در ایران، تحقیقات انجام گرفته در زمینه‌ی ریزمقیاس نمایی آماری خروجی مدل‌های گردش عمومی جو-اقیانوس برای بررسی فراسنج‌های بارش و دما تحت سناریوهای انتشار مختلف، گردآوری گردید. با روش تحلیل توصیفی-محتوا و مقایسهٔ نتایج، دید جامعی از اقلیم آینده، مخاطرات آن و بویژه تغییر اقلیم در ایران ارایه گردد. در نهایت با توجه به تفاوت‌های اقلیمی-جغرافیایی سرزمین ایران، نتایج حاصل به طور جداگانه در ۶ منطقه بررسی گردید. در منطقهٔ شمال غرب تغییرات بارش کاهشی، کاهشی-نوسانی و کاهشی-انتقالی و دما افزایشی و در منطقهٔ غرب و جنوب غرب تغییرات بارش کاهشی، کاهشی-نوسانی و افزایشی و تغییرات دما افزایشی پیش‌بینی شده است. منطقهٔ جنوب و جنوب شرق دارای تغییرات کاهشی، کاهشی-نوسانی، نوسانی و افزایشی-نوسانی بارش و تغییرات افزایشی دما خواهد بود. در منطقهٔ شرق و شمال شرق تغییرات بارش نوسانی و کاهشی-نوسانی و تغییرات دما افزایشی-نوسانی است. در منطقهٔ سواحل شمالی، تغییرات بارش کاهشی و افزایشی-نوسانی و دما افزایشی و افزایشی-نوسانی و منطقهٔ جنوب البرز و مرکز ایران نیز دارای تغییرات کاهشی، نوسانی، افزایشی-نوسانی بارش و تغییرات افزایشی دما خواهند بود. با توجه به روند کاهشی بارش و روند افزایشی دما در درصد بسیار بالایی از پهنه سرزمین ایران، رخداد مخاطرات اقلیمی و محیطی ناشی از آن همانند امواج گرمایی، خشکسالی و سیل نیز می‌تواند در آینده افزایش یابد.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، مخاطرات اقلیمی، ریزمقیاس نمایی آماری، مدل گردش عمومی جو، ایران.

[۱] - نویسنده مسئول: Email: mostafakarimi@ut.ac.ir

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]

مقدمه

در گذشته تغییرات آب و هوایی الگوی زندگی انسان‌ها را تغییر می‌داد اما امروزه انسان‌ها با فعالیت‌هایشان موجب تغییراتی در آب و هوای جهان شده‌اند. تغییر اقلیم یکی از چالش‌هایی است که بشر در قرن بیست و یک با آن مواجه است و به عنوان یک تهدید بالقوه، محیط‌های طبیعی و انسان‌ساخت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزایش ۰/۵ درجهٔ سانتی‌گراد دما در اروپای غربی، ۰/۴۱ درجه سانتی‌گراد در آمریکا، ۱/۲۳ درجه سانتی‌گراد در روسیه و ۱/۳ درجه سانتی‌گراد در شرق سیبری (Jones, 1998)، افزایش ۲ درجه سانتی‌گراد دمای شبانه‌روزی ایران در صد سال (مسعودیان، ۱۳۸۳) و افزایش میانگین دمای کمینه در یک دهه برای تهران تا حد ۰/۶۸ درجه سانتی‌گراد (بیدختی و سعادت‌آبادی، ۱۳۸۲)؛ نشان دهندهٔ این است که عواملی (انسانی و طبیعی) اقلیم کرهٔ زمین را دچار تغییر می‌کنند. به طور کلی میانگین دمای جهانی طی ۱۰۰ سال گذشته $0/74^{\circ}C$ افزایش یافته است و افزایش دماهای کمینه و دماهای زمستانی سریع‌تر از دماهای بیشینه و دماهای تابستانی بوده است (IPCC, 2013). شواهد تغییر روند بارش در اثر فعالیت‌های انسانی نسبت به مورد افزایش دما کمتر متقاعد کننده است. به طور کلی، بارش در عرض‌های بالا افزایش و در عرض‌های پایین کاهش یافته است، اما تغییرپذیری بارش تقریبا در کل جهان افزایش یافته است (Asseng et al., 2016). در گزارش IPCC [1] افزایش حوادث اقلیمی و هواشناسی فرین مثل خشکسالی، سیل، سیکلون و امواج گرما پیش‌بینی شده است که اثرات شدیدی بر سیستم‌های طبیعی و انسانی در سرتاسر جهان دارد (Tambo, 2016 به نقل از IPCC 2014). وجود این شرایط در کشوری مانند ایران که دارای حساسیت اکولوژیکی می‌باشد، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر وضعیت منابع آب، کشاورزی، انرژی، گردشگری و شرایط زیست اقلیمی می‌گذارد و لزوم مطالعه در این زمینه را به وجود می‌آورد. محققین معتقدند، معتبرترین ابزار برای بررسی پدیده تغییر اقلیم، استفاده از متغیرهای اقلیمی شبیه‌سازی شده به وسیله مدل‌های جفت شده گردش عمومی جو – اقیانوسی می‌باشد (IPCC, 1995). اطلاع از وضعیت اقتصادی-اجتماعی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر زمین که با عنوان سناریوهای انتشار[2] بیان می‌شوند از ورودی مورد نیاز مدل‌های جفت شده گردش عمومی جو – اقیانوس می‌باشد. تحقیقات نشان داده است که مدل‌های گردش عمومی، تغییرات فراسنج‌های اقلیمی مانند دما و بارش را در بعُد زمان و مکان در مقیاس جهانی به خوبی پیش‌بینی کرده (Koukidis & Berg, 2009) و قادر به شبیه‌سازی چرخهٔ عمومی جو و جو-اقیانوس با مقیاس‌های گوناگون هستند اما قدرت تفکیک مکانی پایین این مدل‌ها یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در مطالعات مربوط به آن‌ها است. بنابراین خروجی این مدل‌ها در مقیاس ایستگاه قابل استفاده نمی‌باشد (محمدلو و همکاران،۱۳۹۳)؛ به همین منظور دانشمندان برای رفع این مشکل روش‌های متعددی ابداع نموده‌اند که به این روش‌ها ریزمقیاس نمایی[3]می‌گویند و اصول تمام آن‌ها بر پایهٔ برقراری ارتباط بین متغیرهای مدل‌های گردش عمومی جو (رطوبت، فشار هوا، باد و ...) به عنوان متغیر مستقل و متغیرهای اقلیمی (بارش، دما و ...) به عنوان متغیرهای وابسته در مقیاس منطقه‌ای، محلی و حتی نقطه‌ای می‌باشد (آبکار و همکاران، ۱۳۹۲). برای ریزمقیاس نمایی اغلب از دو روش دینامیکی و آماری استفاده می‌شود. روش‌های آماری نسبت به روش‌های دینامیکی به پارامترهای کمتری نیاز دارند و بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. در روش آماری ابتدا همبستگی آماری بین خروجی مدل‌های گردش عمومی جو در گذشته با داده‌های دورهٔ آماری ایستگاه هواشناسی واقع در شبکهٔ مدل

[1]- Intergovernmental Panel on Climate Change
[2]- Emissions Scenarios
[3]- Down Scalling

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]

اقلیمی بدست می‌آید و سپس این همبستگی به دورهٔ مورد مطالعه در آینده تعمیم داده می‌شود و در صورتی که نتایج قابل قبول باشد برای سناریوهای آینده نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (بابائیان و نجفی‌نیک، ۱۳۸۵)؛ اما باید توجه داشت که این نتایج با عدم قطعیت همراه است. عدم قطعیت به معنی نبود یا کمبود اطلاعات درباره وضعیت موجود و یا نتایج یک فرآیند می‌باشد و در مدل‌ها تفاوت بین نتایج مدل و مقادیر اندازه‌گیری شده است که می‌تواند ناشی از کمبود اطلاعات، تغییرپذیری مدل و پارامترهای آن، وجود خطا در داده‌ها و ... باشد. برای تخمین‌هایی که براساس ریزمقیاس نمایی خروجی مدل‌های گردش عمومی می‌باشند، سطوح مختلف عدم قطعیت مربوط به، مدل‌های گردش عمومی یا تنوع درون مدلی، تغییرپذیری سناریو یا درون سناریو، درک مختلف از مدل‌های گردش عمومی (تنوع بین مدلی) و عدم اطمینان به روش‌های ریزمقیاس‌نمایی است (انصاری و همکاران، ۱۳۹۳). از مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری می‌توان به SDSM[1]، LARS-WG[2]، ASD[3]، CLIM-GEN[4]، USCLIMATE، MET&ROLL و SimClim اشاره کرد که با دو رویکرد عرضه شده‌اند. رویکرد نخست استفاده از مولدهای تصادفی آب و هوایی براساس الگوهای سری زمانی-سری فوریه می‌باشد و رویکرد دوم بهره‌گیری از الگوهای رگرسیونی یا تابع انتقال است. یکی از مدل‌های ریزمقیاس نمایی که براساس رویکرد الگوهای سری زمانی و سری فوریه می‌باشد، الگوی آماری LARS-WG می‌باشد (سبحانی و اصلاحی، ۱۳۹۴). این مدل مقادیر بارش، تابش و دمای بیشینه و کمینه را برای دوره‌های طولانی مدل‌سازی می‌کند. مدل‌سازی بارش و احتمال وقوع آن با روش توزیع نیمه تجربی و زنجیرهٔ مارکف، مدل‌سازی تابش بر اساس توزیع نیمه تجربی و مدل‌سازی دما نیز با استفاده از سری فوریه انجام می‌شود. (سبحانی و فاطمی نیا، ۱۳۹۳). مدل دیگر که براساس ترکیبی از دو رویکرد سری زمانی-سری فوریه و الگوهای رگرسیونی یا تابع انتقال پایه‌ریزی شده مدل SDSM می‌باشد که در هفت مرحله خروجی مدل گردش عمومی را براساس داده‌های روزانه در منطقه مورد نظر ریزمقیاس می‌کند (سبحانی و اصلاحی، ۱۳۹۴) و نتایج مناسب به شدت به انتخاب بهترین متغیرهای پیش‌بینی کننده بستگی دارد. (دهقان وهمکاران، ۱۳۹۴). یکی دیگر از مدل‌های آماری، مدل Clim-Gen است که قابلیت برآورد پارامترهای بارندگی، دما، تابش خورشیدی، نقطه شبنم، رطوبت نسبی و سرعت باد را دارد. در این مدل رخداد بارندگی روزانه با استفاده از روش زنجیرهٔ مارکف شبیه‌سازی می‌شود که اساس کار آن دوره‌های خشک و مرطوب است و برآورد میزان بارش نیز با استفاده از توزیع ویبول (حجارپور و همکاران، ۱۳۹۳) و براساس این دو فرض اساسی که؛ اولاً وضعیت بارندگی در یک روز معین فرایندی از زنجیره مارکوف مرتبه اول است و دوماً مقدار بارندگی در روزهای بارانی از تابع توزیع احتمال مناسب تبعیت می‌کند، انجام می‌شود. تولید داده‌های دمای کمینه و حداکثر از روش زنجیره مارکف و شبیه‌سازی تابش کلی خورشید نیز به کمک داده‌های دمای حداکثر و کمینه و با استفاده از معادله پیشنهادی بریستو[5] و کامپل[6] انجام می‌شود (بذرافشان و همکاران، ۱۳۸۸). مدل دیگر که ترکیبی از مولدهای تصادفی آب و هوا و روش‌های ریزمقیاس نمایی مبتنی بر رگرسیون است و باعث ایجاد سناریوهای تک سایت از متغیرهای آب و هوایی سطحی تحت واداشت‌های اقلیم حاضر و آینده می‌شود، نرم افزار ریزمقیاس‌نمایی آماری (ASD) است (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۲)؛ که از مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM الهام گرفته است. در این مدل انتخاب متغیرهای غالب به صورت خودکار و با استفاده از دو روش رگرسیون گام به گام و

[1]- Statistical DownScaling Model
[2]- Long Ashton Research Station Weather Grneration
[3]- Automated Regression-Based Statistical Downscaling Tool
[4]- Climatic Data Generator
[5]- Bristow
[6]- Campbell

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]

همبستگی جزئی صورت می‌گیرد در حالی که در SDSM این مرحله توسط کاربر و با قضاوت او انجام می‌شود (تورینی و حسامی‌کرمانی، ۱۳۹۳). امروزه کاربرد مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری در مطالعات اقلیم و تغییرات آن بسیار گسترده است و تحقیقات فراوانی در سطح دنیا و ایران با استفاده از آن‌ها انجام شده است. با مدل LARS-WG در سطح جهان برای مثال می‌توان به تحقیقات Semenov (2010)، Hashmi et al. (2011)، Chen et al. (2012) و Dumont (2016) و در ایران به تحقیقات اعتمادی و همکاران (۱۳۹۴)، طائمی‌سمیرمی و همکاران (۱۳۹۴) و عساکره و شاه‌منصوری (۱۳۹۵) اشاره کرد. مدل SDSM را Koukidis and Berg (2009)، Zhoafi et al. (2011) و Rashid and Mukands (2014) و در ایران صمدی نقاب و همکاران (۱۳۹۰) ، آبکار و همکاران (۱۳۹۳) و رضایی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقات‌شان به کار برده‌اند. از مدل ASD در سطح دنیا Hessami et al. (2008) و در تحقیقات داخلی سلطان‌پور و حسامی (۱۳۸۸) علیزاده و همکاران (۱۳۹۲)، صالح‌نیا و همکاران (۱۳۹۳)، زینتی و حسامی (۱۳۹۳) و نازلی و حسامی (۱۳۹۳) استفاده کرده‌اند. تحقیقات Stockle et al. (2001)، Kou et al. (2007) وTimothy et al. (2016) و در ایران تحقیقات بذرافشان و همکاران (۱۳۸۸)، حجارپور و همکاران (۱۳۹۳) و ساری‌صراف و همکاران (۱۳۹۴) نمونه‌های استفاده از مدل Clim-Gen هستند. به دلیل اهمیت بحث تغییر اقلیم و اطلاع از شرایط اقلیم آینده، و مهم‌تر از آن شرایط حدی و مخاطره آمیز آن مطالعات بی‌شماری در سطح بین‌المللی و داخلی در این خصوص صورت گرفته است. با در نظر گرفتن بررسی‌های متعدد با استفاده از مدل‌های ریزمقیاس نمایی آماری مختلف در داخل کشور و برآورد پارامترهای اقلیمی در دوره‌های آینده که گاه نتایج ناهمگونی نیز در پی داشته، پژوهش حاضر سعی دارد با مطالعه جامع تحقیقات منتشر شده و در دسترس، ضمن بررسی روش‌های مورد استفاده و استخراج تشابهات و تضادهای نتایج این تحقیقات، دیدی جامع از اقلیم آینده ایران در ارتباط با شرایط دما و بارش و روند احتمال رخداد مخاطرات اقلیمی آینده با توجه به نتایج به دست آمده از آن‌ها ارایه نماید.

داده‌ها و روش کار

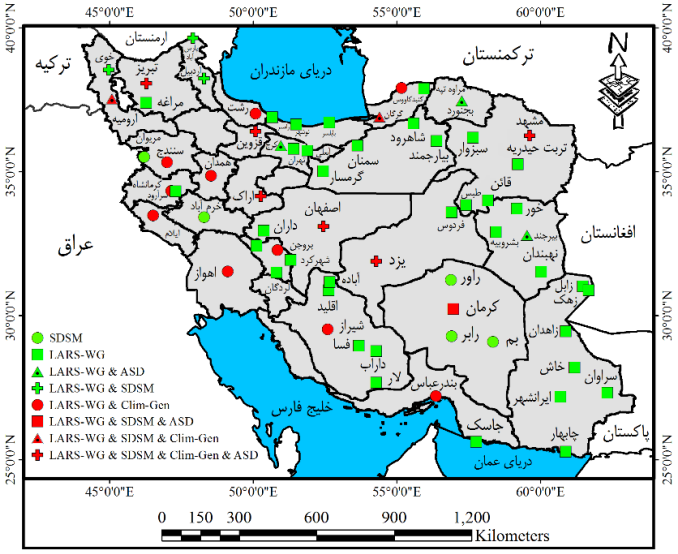
محدودهٔ مورد مطالعه در این پژوهش سرزمین ایران است که دخالت عوامل متعدد جغرافیایی و قرارگیری در محل گذار سامانه گردش جو باعث تنوع اقلیمی در سرتاسر آن شده است. به دلیل این تنوع اقلیمی و اهمیت بحث اقلیم و تغییرات آن در ایران، بررسی نتایج ریزمقیاس نمایی آماری فراسنج‌های اقلیمی بارش و دما در ۶ ناحیه جغرافیایی انجام پذیرفت. این بررسی با هدف دستیابی به یک دید جامع از شرایط اقلیمی به ویژه تغییر اقلیم در ایران می‌باشد که علی‌رغم تحقیقات مختلف، تاکنون یک روشنگری کاملی از آن بدست نیامده است. بنابراین تحلیل توصیفی-محتوایی و قیاس نتایج تحقیقات (۷۵ مورد) ریزمقیاس نمایی آماری در شبیه‌سازی فراسنج‌های اقلیمی منتخب با مدل‌های ریزمقیاس نمایی آماری LARS-WG، SDSM، ASD و Clim-Gen (جدول۱) در محدوده سرزمینی ایران (شکل۱) انجام شد. گرچه تحقیقات در زمینه پژوهش بیش از این تعداد می باشد ولی در این مطالعه فقط تحقیقاتی که به مطالعه بارش و دما پرداخته اند و همچنین پوشش کاملی از محدوده سرزمینی ایران را به دست دهند انتخاب گردیده اند. سپس با انتخاب این تحقیقات، تغییرات عناصر دما و بارش به صورت جداگانه در هر منطقه بررسی و نتایج آن‌ها در پیش‌بینی اقلیم آیندهٔ ایران با تأکید بر تغییرات اقلیمی در محدوده‌های منتخب ارایه گردیده است. سناریوهای انتشار استفاده شده و همچنین خروجی مدل‌های گردش عمومی مورد استفاده در مطالعات انجام گرفته در جدول (۲) ارائه شده است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]

جدول۱: مدل‌های ریزمقیاس نمایی آماری و فراوانی استفاده از آن‌ها در مناطق مختلف ایران

منطقه / مدل	جنوب البرز و مرکز	شرق و شمال شرق	جنوب و جنوب شرق	غرب و جنوب غرب	شمال غرب	سواحل شمالی	مجموع
LARS-WG	۸	۵	۳	۱۰	۱۱	۷	۴۴
SDSM	۱	۱	۸	۲	۵	۱	۱۸
Clim-Gen	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۷
ASD	۲	۱	۲	**	۱	**	۶



شکل۱: منطقهٔ مورد مطالعه و مدل‌های مورد استفاده

جدول۲: مطالعات ریزمقیاس نمایی انجام شده با استفاده از خروجی مدل‌های گردش عمومی تحت سناریوهای مختلف

مدل ریز مقیاس آماری	مدل بزرگ مقیاس	فراوانی	سناریو	فراوانی
LARS-WG	$HADCM_3$	۲۷	A_1B	۲۰
	$MIHR, ECHO\text{-}G, MPEH_5$	۲		
	$IPCM_4$	۶	A_2	۲۳
	$BCM_2, INCM_3$	۴	B_1	۱۷
	$GFCM_{21}$	۳	A_1	۳
	$NCCCSM$	۵		۱
	$CCSM_4, FGOALS, CSMK_3, HADGEM, GIAOM, CGMR, NCPCM$	۱	$RCP_{4.5}$	
SDSM	HADCM3	۱۵	B_1	۲
	$CGCM_1$	۳	A_2	۱۴
	$CGCM_3$	۱	A_1 B_2	۸ ۱
ASD	$HADCM_3$	۲	A_2	۳
	$CGCM_3$	۱		
Clim-Gen	$HADCM_2$	۱	A_1BAIM	۱

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]

شرح و تفسیر نتایج

در این پژوهش به جهت سهولت و دسته‌بندی نتایج و با توجه به نواحی جغرافیایی-اقلیمی، رویکرد منطقه‌ای برای ارایه یافته‌ها در نظر گرفته شده است. با توجه به این‌که از برون‌داد مدل‌های گردش عمومی مختلف و سناریوهای انتشار مختلف در هر کدام از تحقیقات ریزمقیاس نمایی استفاده شده است و همچنین به دلیل دخالت عوامل محلی، نتایج حاصل در هر ناحیهٔ جغرافیایی-اقلیمی دارای تفاوت می‌باشند. این نتایج نشان‌دهندهٔ تغییرات افزایشی، کاهشی، نوسانی[۱]، کاهشی-نوسانی[۲]، افزایشی-نوسانی[۳] کاهشی-انتقالی[۴] در بارش و تغییرات افزایشی و افزایشی-نوسانی دما برای دوره‌های آینده خواهد بود.

- **منطقهٔ شمال غرب**

منطقه شمال غرب شامل استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل و زنجان است. وضعیت اقلیم آیندهٔ منطقه با توجه به مطالعات صورت گرفته توسط برخی مدل‌ها که در تعدادی از ایستگاه‌های منطقه انجام شده، بررسی شد. از خصوصیات اقلیمی این منطقه دماهای پایین و نزول بخشی از بارش به شکل برف می‌باشد. تغییرپذیری عناصر اقلیمی باعث می‌شود تا فصولی که دارای بیشترین میزان بارندگی هستند در دوره‌های آینده با کاهش بارش روبرو شوند و بالعکس. این وضعیت در این منطقه که عمدهٔ بارش آن به شکل برف می‌باشد، باعث تغییراتی در رژیم بارشی آن خواهد شد. به طور مثال در ایستگاه ارومیه در دورهٔ ۲۰۹۹-۲۰۱۱ میلادی بارش فصل بهار کاهش می‌یابد و بارش پاییزه با افزایش روبرو خواهد شد. یعنی بارندگی دورهٔ پایه که بهاری می‌باشد به فصل پاییز منتقل می‌شود (بهمنش و همکاران، ۱۳۹۴). ایستگاه‌های خوی، مهاباد و ماکو نیز برای دورهٔ مذکور دارای تغییرات افزایشی دما و کاهشی بارش خواهند بود (بیگلی و همکاران، ۱۳۹۵) با تغییر رژیم بارندگی، ممکن است بارش‌ها به صورت حدی ببارد که باعث افزایش چند برابری خسارات می‌گردد، بطوری‌که در ایستگاه تبریز در دورهٔ ۲۰۴۰-۲۰۱۱ میلادی امکان رخداد این وضعیت در حالت افزایشی وجود دارد (ساری‌صراف و همکاران، ۱۳۹۴) و یا ممکن است تا سال ۲۰۹۹ میلادی بارش کاهشی یا نوسانی باشد که احتمالاً در اثر تغییر در مقدار رطوبت هوا بر اساس گرمایش جهانی می‌باشد (صالح‌پور و همکاران، ۱۳۹۲؛ محسنی‌ساروی و همکاران، ۱۳۹۲؛ تورینی و حسامی، ۱۳۹۳). در ایستگاه مراغه نیز در دورهٔ ۲۰۳۰-۲۰۱۱ بارش افزایش خواهد یافت، اما در دوره‌های ۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ کاهشی خواهد بود. مقدار دما نیز در هر سه دورهٔ مذکور به طور تدریجی افزایش خواهد یافت (غریب‌دوست و همکاران، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶). در حوضهٔ آجی چای در استان آذربایجان شرقی در دورهٔ ۲۰۱۱-۲۰۵۵ میلادی اگرچه در بعضی از ماه‌ها بارندگی افزایشی است، اما میانگین کلی بارش کاهش خواهد یافت که بیش‌ترین کاهش در فصل تابستان است. دما نیز با افزایش روبرو خواهد شد که به وقوع و تشدید خشکسالی کمک خواهد کرد (ثانی‌خانی و همکاران، ۱۳۹۲). در ایستگاه‌های اردبیل، خوی و ارومیه نیز بارش دورهٔ ۲۰۹۹-۲۰۱۱ میلادی افزایش خواهد یافت (صالح‌پور و همکاران، ۱۳۹۲). گرچه تغییرات فصلی و ماهانه می‌تواند ناشی از تغییرات شرایط جوی باشد، ولی نقش عوامل مرفو-اقلیمی نیز اثرگذار است. عوامل جوی، توده‌های ورودی و همچنین توپوگرافی باعث می‌شود تا مدل‌ها در هر یک از ایستگاه‌ها با دقت متفاوتی برآورد نمایند. در مواقعی مانند فصل تابستان

[۱]- نوسانی: تغییرات کاهشی و افزایشی می‌باشد که در بلندمدت نیز به همین صورت ادامه خواهد داشت.

[۲]- کاهشی-نوسانی: تغییرات کاهشی و افزایشی می‌باشد که در بلندمدت با تغییرات کاهشی بارش یا دما همراه خواهد بود.

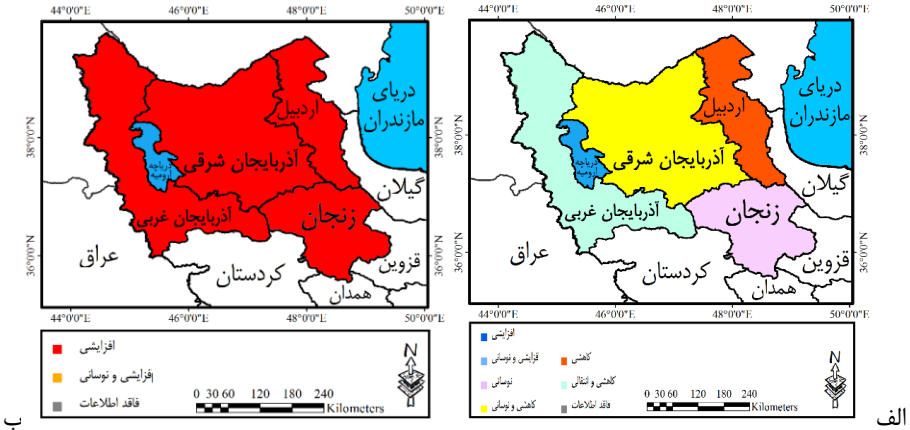
[۳]- افزایشی-نوسانی: تغییرات کاهشی و افزایشی می‌باشد که در بلندمدت با تغییرات افزایشی بارش یا دما همراه خواهد بود.

[۴]- کاهشی-انتقالی: تغییرات کاهشی می‌باشد که در بلندمدت با جابجایی ماه و فصل اوج بارش یا دما همراه خواهد بود.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]

که پایداری جو بیشتر است، شبیه‌سازی دما دقت بیشتری دارد و در ماه‌های سرد خطای بالاتری را نشان می‌دهد. همچنین دقت شبیه‌سازی دمای بیشینه ایستگاه‌های کم ارتفاع نسبت به ایستگاه‌های مرتفع بیش‌تر است. این موضوع ناشی از این است که در ارتفاعات تغییرات دمای بیشینه بالا بوده و از بی‌نظمی بیش‌تری برخوردار است (رسولی و همکاران، ۱۳۹۳). در ایستگاه اردبیل و در دورهٔ ۲۰۴۰-۲۰۱۱ میلادی بیش‌ترین افزایش دما در فصول گرم و سرد می‌باشد و فصول انتقالی کم‌ترین افزایش را دارند که باعث می‌شود نسبت به ایستگاه‌های مجاور سردترین ایستگاه باشد (قانقرمه و روشن، ۱۳۹۱). در ایستگاه زنجان و در دورهٔ ۲۰۴۶-۲۰۶۵ بارش در برخی فصول دارای تغییرات افزایشی و در برخی فصول دارای تغییرات کاهشی خواهد بود و این نشان از رفتار نوسانی بارش در این ایستگاه است. دما نیز با افزایش روبرو خواهد شد (سبحانی و همکاران، ۱۳۹۶). مرور نتایج ریزمقیاس نمایی در این منطقه نشان داد که با احتساب شرایط مختلف، عمدهٔ تغییرات بارش به صورت کاهشی و یا انتقال پیک بارش‌ها از یک فصل به فصل دیگر خواهد بود. همچنین با تغییر رژیم بارندگی، رخداد بارش‌های حدی افزایش می‌یابد. تغییرات دمایی نیز علی رغم وجود نوسانات، افزایشی خواهد بود (شکل۲).



شکل۲: تغییرات بارش (الف) و دما (ب) برآورد شده در اقلیم آینده در منطقهٔ شمال غرب کشور

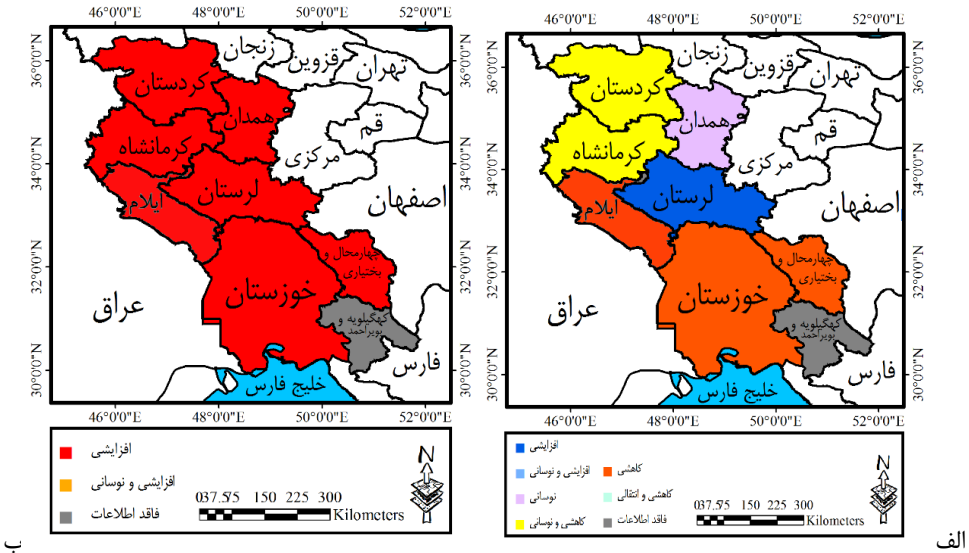
- **منطقهٔ غرب و جنوب غرب**

در این منطقه استان‌های کردستان، کرمانشاه، لرستان، همدان، ایلام، خوزستان، چهارمحال بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد قرار دارند. در حوضهٔ شهری مریوان و حوضهٔ آبخیز دریاچهٔ زریبار[۱] برای دورهٔ ۲۰۴۰-۲۰۱۱ میلادی دما دارای روند افزایشی و بارش حوضه دارای یک روند کاهشی در طول زمان است و رواناب حوضه نیز به دلیل افزایش دما، کاهش و تغییر رژیم و نوع بارش، کاهش خواهد یافت (قادری و کریمی، ۱۳۹۳). از آنجا که بارندگی دارای مقادیر گسسته است، این عدم پیوستگی در دقت نتایج شبیه‌سازی اثرگذار است، بطوری‌که در ایستگاه کرمانشاه تغییرات بارندگی در دورهٔ ۲۰۹۹-۲۰۱۱ میلادی چندان منظم نمی‌باشد و نوسان کاهشی-افزایشی خواهد داشت. برخلاف بارش، دمای کمینه و حداکثر سالانه افزایشی و تا حدودی منظم خواهد بود (رجبی و شعبانلو، ۱۳۹۲). در ایستگاه همدان برای دورهٔ ۲۰۴۰-۲۰۱۱ میلادی دمای میانگین افزایش می‌یابد و بارش در بعضی ماه‌ها کاهشی و در بعضی افزایشی خواهد بود (زارع ابیانه و همکاران، ۱۳۹۴). در ایستگاه‌های شهرکرد و اهواز نیز تغییرات بارش دورهٔ ۲۰۹۹-۲۰۱۱ میلادی کاهشی (علیزاده و

[۱]- به کردی: Zrêbar, Zrêwar

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]

همکاران، ۱۳۹۲) و در دورهٔ ۲۰۴۰-۲۰۱۱ ایستگاه شهرکرد دارای رفتار نوسانی بارش خواهد بود (خورانی و جمالی، ۱۳۹۵). تغییرات دما نیز افزایشی خواهد بود (اخوان و دلاور، ۱۳۹۵). همچنین در برخی دیگر از ایستگاه‌های استان خوزستان برای دورهٔ ۲۰۲۵-۲۰۱۰ میلادی، بارش دارای روند کاهشی و دما افزایشی خواهد بود (بندری خلف‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۲). میانگین ماهانهٔ بارش، دمای کمینه و بیشینه در ایستگاه‌های سنندج (خلیلی اقدم و همکاران، ۱۳۹۱). و خرم‌آباد (ناصری و همکاران، ۱۳۹۳) با افزایش روبرو می‌شود و حوضهٔ ابرلاق همدان نیز بارش نوسان خواهد داشت (محتشم زاده و همکاران، ۱۳۹۳). در ایستگاه‌های خرم آباد، الیگودرز و بروجرد برای دورهٔ ۲۰۵۵-۲۰۱۱ میلادی نیز بارش و دما دارای تغییرات افزایشی خواهند بود (نصیری و یارمرادی، ۱۳۹۶). همچنین در ایستگاه‌های الشتر، نورآباد، پلدختر، کوهدشت، دورود، ازنا، الیگودرز، بروجرد و خرم‌آباد، مقدار بارش در دورهٔ ۲۰۳۰-۲۰۱۱ افزایش خواهد یافت (پروانه و همکاران، ۱۳۹۴). در ایستگاه سرارود کرمانشاه نیز برای دورهٔ ۲۰۴۰-۲۰۱۱ میلادی دمای کمینه و بیشینه با افزایش روبرو می‌شود که این افزایش در ماه‌های سرد سال بیشتر خواهد بود، اما بارندگی روند کاهشی داشته و اوج بارش‌ها به ابتدای فصل سرد جابجا خواهد بود (محمدی و همکاران، ۱۳۹۳). شرایط در ایستگاه‌های کرمانشاه، کنگاور و سرپل ذهاب در دورهٔ ۲۰۹۹-۲۰۱۱ نشان از گرم‌تر شدن این ایستگاه‌ها دارد (صلاحی و همکاران، ۱۳۹۶). در ایستگاه ایلام نیز بارش دارای تغییرات کاهشی و دما دارای تغییرات افزایشی خواهد بود (محمدی و همکاران، ۱۳۹۴). در ایستگاه-های این منطقه به طور نسبی عمدهٔ تغییرات بارش کاهشی و نوسانی می‌باشد که در برخی ماه‌ها کاهش و برخی دیگر افزایش دارد و تنها در ایستگاه خرم‌آباد افزایش بارندگی پیش‌بینی شده است، اما تغییرات دما در تمام ایستگاه‌ها افزایشی خواهد بود (شکل۳).



شکل۳: تغییرات بارش (الف) و دما (ب) برآورد شده در اقلیم آینده در منطقهٔ غرب و جنوب غرب کشور

- **منطقهٔ جنوب و جنوب شرق**

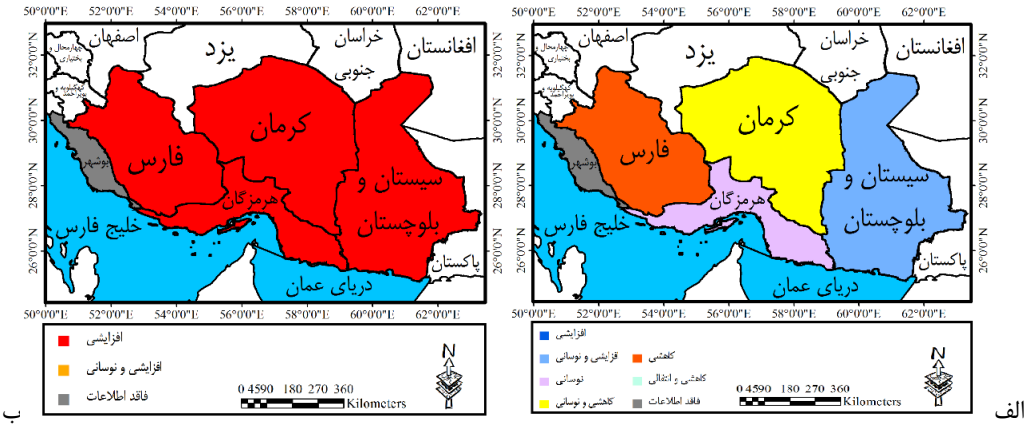
منطقه جنوب و جنوب شرق به لحاظ وسعت بخش وسیعی از کشور را در برگرفته و استان‌های سیستان و بلوچستان، کرمان، هرمزگان، بوشهر و فارس در این منطقه قرار دارند. دمای نسبتا بالا و بارندگی کم، ویژگی ذاتی بخشی وسیعی از این منطقه است. در برخی از ایستگاه‌های منطقه، افزایش دمای ایستگاه‌های مناطق خشک داخلی بیشتر از مناطق ساحلی است که دلیل آن احتمالاً ناشی از ظرفیت گرمایی بیشتر آب و آثار تعدیلی بخار آب موجود در آن در مقایسه با

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]

مناطق دور از سواحل است. افزایش دما به همراه افزایش بیش‌تر ظرفیت رطوبت جو در ایستگاه‌های خشکی باعث شده تا میزان بارش ناشی از شرایط همرفتی در دورهٔ ۲۰۹۹-۲۰۱۱ افزایش یابد (حمیدیان‌پور و همکاران، ۱۳۹۵). در منطقهٔ جاسک نیز برای دورهٔ مذکور دمای کمینه در انتهای فصل بهار و ابتدای پاییز و دمای بیشینه در ابتدای فصول پاییز و زمستان و انتهای فصل بهار کم‌تر از مقادیر مشاهداتی پیش‌بینی شده است. بارش نیز در ماه‌های گرم افزایش می‌یابد و در ماه‌های سرد کاهش شدید خواهد داشت (اعتمادی و همکاران، ۱۳۹۴). بنابراین دارای رفتار نوسانی است. در ایستگاه بندرعباس در دورهٔ ۲۰۴۰-۲۰۱۱ بارش دارای تغییرات نوسانی خواهد بود (خورانی و جمالی، ۱۳۹۵). با توجه به موقعیت ایستگاه در شبکه داده‌های مدل‌های جهانی و ابعاد این شبکه‌ها، دقت ریزمقیاس‌نمایی فراسنج‌های اقلیمی متفاوت می‌باشد (آبکار و همکاران، ۱۳۹۳) و چون در مناطق با مقیاس متوسط عوامل محلی دخالت دارند که در مدل‌های گردش عمومی لحاظ نمی‌شوند، این امر باعث می‌شود در هنگام ریزمقیاس کردن خروجی این مدل‌ها شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی دقت مناسب نداشته باشد. برای مثال در ایستگاه همدید کرمان در دورهٔ ۲۱۰۰-۲۰۱۱ دمای کمینه مطلق به خوبی شبیه‌سازی نشده است. این می‌تواند ناشی از موقعیت جغرافیایی ایستگاه، راکد بودن هوا و نشست آن در شب‌های سرد زمستان باشد که باعث می‌شود این پارامتر بیش از آن که از شرایط جهانی و منطقه‌ای تبعیت کند، از شرایط محلی ایستگاه (به دلیل رخ دادن در ساعات اولیهٔ صبح) تأثیر بپذیرد (آبکار و همکاران، ۱۳۹۳)، اما دمای بیشینه و میانگین دما در تمام ماه‌های سال برای دورهٔ مذکور افزایشی خواهد بود و دمای کمینه در بعضی موارد روند کاهشی دارد. همچنین افزایش دما در ماه‌های گرم بیش‌تر از ماه‌های سرد می‌باشد و بارندگی روند یکسانی ندارد (زینتی و حسامی، ۱۳۹۳) که می‌توان گفت میزان بارندگی همین دوره در ایستگاه‌های کرمان، بم، راور و رابر از روند کاهشی برخوردار است و تفاوت محسوسی با شرایط فعلی دارد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴)؛ اما دما در تمام ماه‌های سال افزایش خواهد یافت (رضایی و همکاران، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴؛ نشاط و سجادی بمی، ۱۳۹۵). در استان سیستان و بلوچستان در دورهٔ ۲۰۳۰-۲۰۱۱ میلادی افزایش دمای فصل سرد سال بیش‌تر از سایر فصل‌ها می‌باشد و تمامی مناطق این استان با افزایش دما مواجه خواهند بود که بیش‌ترین افزایش دما در نواحی شرقی، جنوبی و شمالی استان رخ می‌دهد. میانگین بارش در اول پاییز و اواخر زمستان کاهش می‌یابد و در سایر ماه‌های سال بیش‌تر از نرمال خواهد بود (مظفری و همکاران، ۱۳۹۴) و حتی ایستگاهی مانند زاهدان با افزایش کلی این مقدار در دورهٔ ۲۰۹۹-۲۰۱۱ مواجه خواهد شد (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۲). در برخی از ایستگاه‌های استان فارس نیز در دورهٔ ۲۰۹۹-۲۰۱۱ دمای کمینه و بیشینه افزایش خواهد یافت که بیش‌ترین میزان افزایش در ایستگاه آباده و کمترین میزان در ایستگاه لار می‌باشد (عینی نرگسه و همکاران، ۱۳۹۴). به طور کلی به دلیل وسعت زیاد منطقه و شرایط جغرافیایی متفاوت در این منطقه و وجود سواحل و همچنین ارتفاعات، شرایط اقلیمی این منطقه متفاوت می‌باشد، به طوری که برخی از ایستگاه‌ها با افزایش بارش و برخی با کاهش و نوسان آن مواجه هستند. تغییرات دما نیز همانند دیگر بخش‌های کشور افزایشی خواهد بود (شکل۴).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]



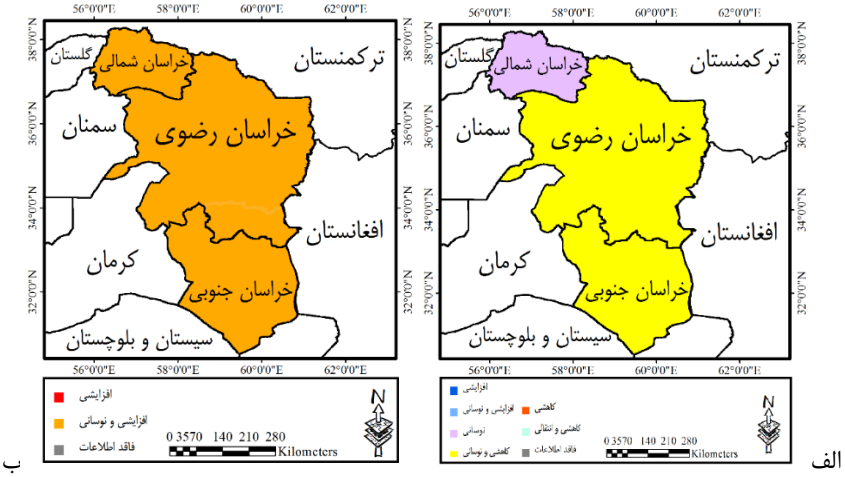
شکل۴: دورنمای تغییرات بارش (الف) و دما (ب) در منطقهٔ جنوب و جنوب شرق کشور

- **منطقهٔ شرق و شمال شرق کشور**

استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی در این منطقه قرار دارند. در ایستگاه مشهد، پیش‌بینی بارش و دما در دورهٔ ۲۰۴۰-۲۰۱۱ میلادی با استفاده از سه مدل و سه سناریو تقریباً یکسان بوده است، اما به طور کلی دما روند افزایشی خواهد داشت و تغییرات بارش نیز عمدتاً نشان دهندهٔ عدم قطعیت مدل‌ها می‌باشد (انصاری و همکاران، ۱۳۹۳) که در برخی ماه‌های سال شاهد افزایش در میانگین بارش و در برخی ماه‌ها شاهد کاهش آن خواهیم بود. تغییرات دمای کمینه و بیشینه نیز تا سال ۲۰۹۹ دارای روند افزایشی خواهد بود (صالح‌نیا و همکاران، ۱۳۹۳). در ایستگاه‌های سبزوار، بیرجند و مشهد مقدار بارش، دمای کمینه و بیشینه کاهشی خواهد بود، اما در ایستگاه تربت حیدریه، در برخی از ماه‌ها کاهش و برخی افزایش خواهد داشت (بابائیان و نجفی‌نیک، ۱۳۸۵). با توجه به این‌که دما تغییرپذیری کم‌تری نسبت به بارندگی دارد و کم‌تر تحت تأثیر بی هنجاری‌های زمانی قرار می‌گیرد، می‌توان انتظار داشت که داده‌های دما مدل شده (درمقایسه با داده‌های بارندگی) همبستگی بهتری با داده‌های مشاهده‌ای داشته باشند (طائمی‌سمیرمی و همکاران، ۱۳۹۳). علاوه بر این، باید به نقش عوامل بیرونی مانند توپوگرافی نیز بر روی نتیجهٔ مدل‌سازی توجه کرد. در شهرهای قائن و بیرجند در دورهٔ ۲۰۶۰-۲۰۱۱ میانگین دمای کمینه و بیشینه افزایش کم‌تری خواهد داشت و بارش آن‌ها نیز با کاهش کم‌تری روبرو خواهد شد. اما به طور کلی در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه دما دارای یک روند افزایشی و نوسانی می‌باشد (سبحانی و فاطمی‌نیا، ۱۳۹۳). نتایج شبیه‌سازی‌های انجام شده در این منطقه از کشور نشان داد که رفتار بارش در دهه‌های آینده کاهشی و کاهشی-نوسانی می‌باشد و دما در بیش‌تر موارد دارای تغییرات افزایشی-نوسانی می‌باشد (شکل۵).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]



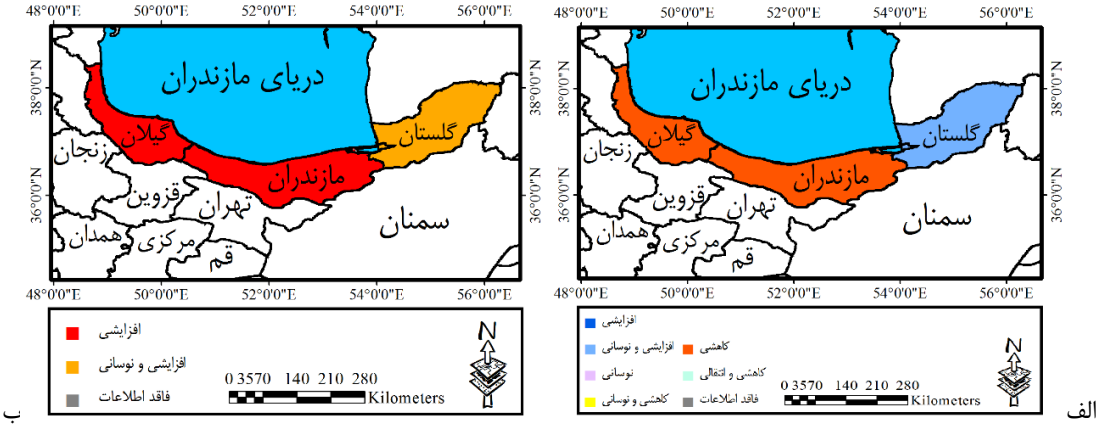
شکل۵: دورنمای تغییرات بارش (الف) و دما (ب) در منطقهٔ شرق و شمال شرق کشور

- **منطقهٔ سواحل شمالی**

در این محدوده استان‌های گلستان، مازندران و گیلان به عنوان استان‌های ساحلی شمال کشور قرار دارند. مجاورت با دریا و محصور شدن بین دریا و ارتفاعات باعث گردیده تا شرایط اقلیمی در این منطقه پیچیده‌تر از دیگر نواحی ایران بوده و تقویم زمانی رخداد بارش و بعضی ویژگی‌های دمایی با بقیه کشور متفاوت باشد. شرایط بارشی در شرق، مرکز و غرب این منطقه متفاوت از یک‌دیگر است. به طور کلی کارایی مدل‌ها در شبیه‌سازی داده‌های روزانه ضعیف است و باید توجه داشت که هدف طراحان این مدل‌ها پیش‌بینی و شبیه‌سازی داده‌ها در مقیاس زمانی بلندمدت بوده است و اگر مدل‌ها توانایی شبیه‌سازی داده‌ها در مقیاس زمانی کم‌تر را نداشته باشند، ضعف آن‌ها محسوب نمی‌شود (حجارپور و همکاران، ۱۳۹۳). در حوضهٔ تمر استان گلستان و برای دورهٔ ۲۰۶۵-۲۰۴۶ تغییرات دمای کمینه نسبت به دمای بیشینه بیش‌تر می‌باشد و تغییرات (افزایش) دمای متوسط هوا در دوره آتی بیش‌تر تحت تأثیر افزایش دمای کمینه خواهد بود. به طور کلی با افزایش دما، میزان تبخیر افزایش خواهد یافت. میزان ساعات آفتابی نیز کاهش خواهد یافت که این نتیجه نیز منطبق با افزایش اَبرناکی آسمان و به تبع آن افزایش بارندگی است (دوستی و همکاران، ۱۳۹۲). در ایستگاه گرگان نیز در دو دورهٔ ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ میلادی بارش و دما دارای تغییرات افزایشی خواهند بود (خسروانیان و همکاران، ۱۳۹۴). در استان مازندران و در دورهٔ ۲۰۴۰-۲۰۱۱ میلادی در فصل زمستان بارندگی افزایش و در فصل تابستان کاهش بیش‌تری خواهد داشت، اما به طور کلی میزان بارندگی کاهش می‌یابد. میانگین دما نیز افزایشی خواهد بود (حق‌طلب و همکاران، ۱۳۹۲). در ایستگاه‌های استان گلستان، گرچه میانگین پارامترهای اقلیمی دارای نوسان ماهانه هستند، اما میانگین بارش به جز ایستگاه گرگان، در سایر ایستگاه‌ها کاهش خواهد یافت. میانگین کمینه و بیشینه دما نیز در برخی ایستگاه‌ها مانند گنبدکاووس کاهش و در برخی دیگر مانند گرگان افزایشی می‌باشد (مشکواتی و همکاران، ۱۳۸۹). در حوضهٔ گرگان‌رود و در دورهٔ ۲۰۴۰-۲۰۱۱ بارندگی کاهش و دما افزایش خواهد یافت (شفایی و همکاران، ۱۳۹۲) و در منطقه تجن نتایج نشان‌دهندهٔ کاهش در مقدار بارندگی و افزایش در مقدار دما در دورهٔ ۲۱۰۰-۲۰۱۱ میلادی است (شیدائیان و همکاران، ۱۳۹۳). اما در ایستگاه بابلسر نتایج حاصل از پیش‌بینی شدت بارش دورهٔ ۲۰۴۰-۲۰۱۱ میلادی نشان دهنده افزایش مقادیر شدت بارش تحت تأثیر تغییر اقلیم برای آینده خواهد بود (بختیاری و همکاران، ۱۳۹۳) و در ایستگاه رامسر نیز مقادیر بارش، دمای کمینه و بیشینه افزایشی خواهد بود (تیرگرفاخری و آرزومندی، ۱۳۹۴). در ایستگاه رشت در دورهٔ ۲۰۴۲-

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]

۲۰۱۳ و ۲۰۷۲-۲۰۴۲ دما افزایشی خواهد بود و بارش نیز در بعضی فصول دارای تغییرات افزایشی و بعضی فصول دارای تغییرات کاهشی خواهد بود (پیرمرادیان و همکاران، ۱۳۹۵). در دورهٔ ۲۱۰۰-۲۰۱۱ نیز در ایستگاه رشت بارش دارای تغییرات تقریبا یکنواخت خواهد بود (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۲). عمده تغییرات دما در این منطقه افزایشی و نوسانی و تغییرات بارش نیز نوسانی و کاهشی می‌باشد (شکل۶).



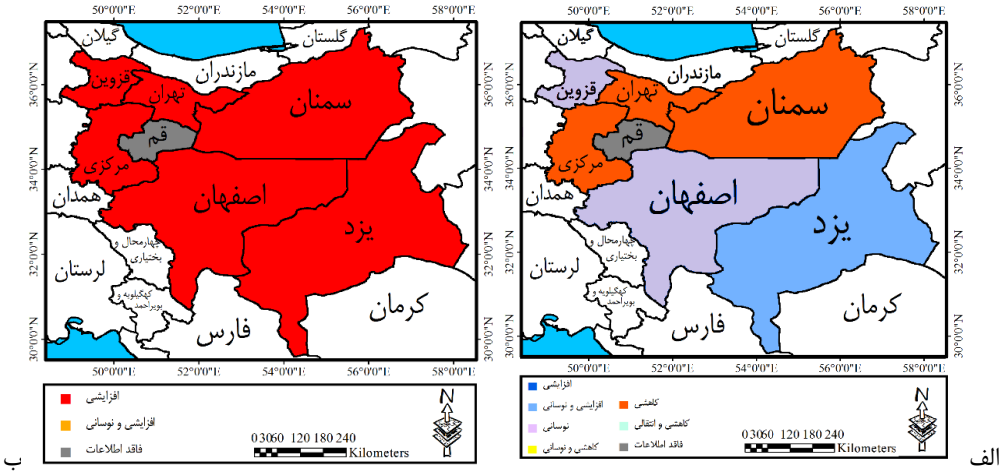
شکل۶: دورنمای تغییرات بارش (الف) و دما (ب) در منطقهٔ سواحل شمالی کشور

- **منطقهٔ مرکزی و دامنه‌های جنوب البرز**

در پایکوه‌های البرز استان‌های قزوین، تهران، سمنان (و به تازگی البرز) قرار دارند و در پایین‌تر از این منطقه، استان‌های قم، مرکزی، اصفهان و یزد به سمت مناطق مرکزی کشور گسترش یافته‌اند. این منطقه محدودهٔ وسیعی از کشور را در برگرفته است. اگر در فرآیند شبیه‌سازی فراسنج‌ها مانند بارش در چند ماه اختلاف معنی‌دار وجود داشته باشد، درصورتی که این خطا در ماه‌های خشک سال باشد، قابل چشم پوشی است. از طرف دیگر نمی‌توان به بارش‌های فصل تابستان اطمینان کرد و این امر باعث می‌شود در ماه‌هایی که بارش آن‌ها کم است شبیه‌سازی بارش دقت نداشته باشد (طائمی سمیرمی و همکاران، ۱۳۹۴). در حوضهٔ آبخیز اسکندری در استان اصفهان دما و بارش طی دورهٔ ۲۰۳۰-۲۰۱۱ میلادی دارای روند افزایشی خواهند بود و باعث می‌شود که بارش‌ها به صورت حدی باریده و به سمت فصل گرم جابجا شوند که در نتیجه نسبت بارش‌های مایع به کل بارش سالانه افزایش خواهد یافت (بحری و همکاران، ۱۳۹۴). در ایستگاه اصفهان در دورهٔ ۲۱۰۰-۲۰۱۱ بارندگی روزانه افزایشی خواهد بود (بذرافشان و همکاران، ۱۳۸۸) و در ایستگاه رودشت اصفهان نیز طی دورهٔ ۲۰۳۰-۲۰۱۱ میانگین بارش سالانه، مجموع بارش سالانه و متوسط دمای روزانه افزایش خواهد یافت (آبابایی و همکاران، ۱۳۸۹). در ایستگاه نایین نیز در دورهٔ ۲۰۶۰-۲۰۱۱ میلادی دما و بارش افزایشی خواهد بود، اما در دیگر ایستگاه‌ها دما افزایشی و بارش کاهشی خواهد بود (صلاحی و همکاران، ۱۳۹۳). در استان سمنان میزان بارش در قسمت‌های شرق، مرکز و شمال کاهش و دمای کمینه و بیشینه نیز در سمت شرق و شمال این استان برای دورهٔ ۲۰۳۰-۲۰۱۱ افزایش قابل توجهی خواهد داشت (حجازی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴). در ایستگاه اراک دما تا دورهٔ ۲۰۳۰-۲۰۱۱ افزایشی خواهد بود (عساکره و شاه-منصوری، ۱۳۹۵) و در دورهٔ ۲۰۹۹-۲۰۱۱ نیز دما با افزایش و بارش با کاهش روبه رو خواهد شد (ثانی‌خانی و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین پیش‌بینی تغییرات احتمالی بارش مؤثر دورهٔ ۲۱۰۰-۲۰۱۱ میلادی نشان داد که میزان بارش و به دنبال آن میزان بارش مؤثر ایران با کاهش روبروست. به طوری‌که ایستگاه‌هایی مانند اراک و تهران با کاهش بارش روبه رو خواهند بود. برخی ایستگاه‌ها مانند قزوین در برخی از ماه‌های سال با افزایش میزان بارش مؤثر همراه خواهند بود و حتی ایستگاهی

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]

مانند یزد با افزایش کلی این مقدار مواجه خواهد شد و این امر خود دلیلی بر تغییر در مقادیر حدی بر اثر تغییر اقلیم در کرۀ زمین است (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین بارش استان یزد بجز در ماه اکتبر، در سایر ماه‌های سال بیش‌تر از نرمال خواهد بود (مظفری و شفیعی، ۱۳۹۳)؛ درحالی که تحقیق دیگری در ایستگاه یزد حاکی از کاهش بارش در همه ماه‌ها به خصوص در فصل بهار و زمستان و افزایش میانگین دما در مقایسه با دوره حاضر می‌باشد که بیش‌ترین افزایش ماهانه دما مربوط به ماه‌های سرد سال است (روحی‌پناه و همکاران، ۱۳۹۲). در استان تهران نیز کاهش بارندگی و افزایش دما برای دورۀ ۲۱۰۰-۲۰۱۱ میلادی پیش‌بینی شده است که می‌توان گفت گرمایش جهانی در میزان رطوبت اثر دارد و در بعضی مناطق باعث افزایش بارندگی و در مناطق دیگر باعث کاهش آن می‌شود (تورینی و حسامی، ۱۳۹۳). با توجه به وسعت زیاد منطقه، تغییرات بارشی دارای تنوع زیادی می باشد. تغییرات دمایی نیز دارای روند افزایشی می‌باشد (شکل۷).

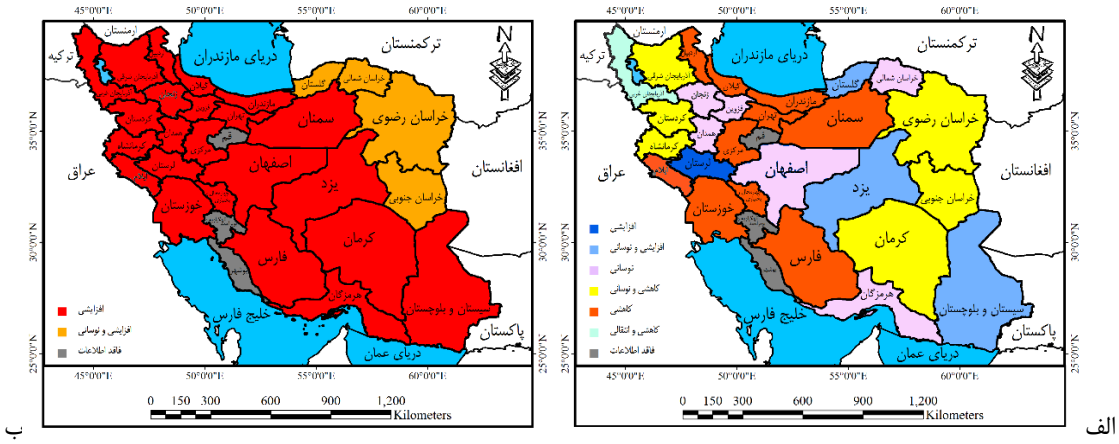


شکل۷: دورنمای تغییرات بارش (الف) و دما (ب) در جنوب البرز و منطقۀ مرکزی کشور

شرایط اقلیم آیندۀ ایران و روند تغییر اقلیم با استفاده از نتایج تحقیقات ریزمقیاس نمایی آماری برای ۶ ناحیۀ اقلیمی-جغرافیایی متفاوت در سراسر ایران بررسی شد. با توجه به تفاوت موجود میان مدل‌های گردش عمومی جو-اقیانوس که هر کدام از سناریوهای انتشار مختلفی نیز استفاده می‌کنند، نتایج تحقیقات برای مناطق مختلف نیز متفاوت می‌باشد. به این منظور شرایط پیش‌بینی شده در هریک از تحقیقات در ۶ گروه کاهشی-افزایشی،کاهشی-افزایشی با نوسان و انتقالی تقسیم‌بندی و در نقشه‌های پهنه‌بندی شده ارایه شد. از آن‌جایی‌که بارش دارای رفتار نوسانی بوده و پیوستگی زمانی ندارد، مدل‌ها اکثراً دما را بهتر از بارش شبیه‌سازی کرده‌اند. بررسی نتایج تحقیق برای مناطق اقلیمی-جغرافیایی ۶ گانۀ ایران در دوره‌های زمانی ۳۰ ساله از سال ۲۰۱۱ تا سال ۲۰۹۹ میلادی نشان داد که در منطقۀ شمال‌غرب ایران بارش دارای تغییرات کاهشی، کاهشی-نوسانی و کاهشی-انتقالی خواهد بود. تغییرات انتقالی باعث انتقال اوج بارش‌ها از یک فصل (سرد) به فصل دیگر (گرم) خواهد شد. پیامد این جابجایی در این منطقه که رژیم بارشی آن به صورت برف است، تغییر رژیم بارش‌ها از حالت برفی به بارانی-برفی یا بارانی می‌باشد، که ممکن است فراوانی رخداد سیل را دست‌خوش تغییر کند. دما نیز در این منطقه دارای تغییرات افزایشی خواهد بود. که می‌تواند منجر به رخداد دماهای فرین گرم گردد. در منطقۀ غرب و جنوب‌غرب ایران در بخش‌های شمالی منطقه، بارش دارای تغییرات نوسانی و کاهشی-نوسانی خواهد بود. در بخش‌های میانی این منطقه، تغییرات به صورت افزایشی و در بخش جنوبی تغییرات کاهشی خواهد بود. تغییرات دما نیز در سراسر این منطقه نشان‌دهندۀ روند افزایشی دما خواهد بود. با درنظر گرفتن رفتار بارش و دما در این منطقه می‌توان انتظار افزایش وقوع

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]

موج‌های گرمایی و تشدید شرایط خشکی را داشت. منطقهٔ جنوب و جنوب‌شرق در مجاورت سواحل جنوب کشور قرار دارد. در این منطقه تغییرات بارش کاهشی، کاهشی-نوسانی، نوسانی و افزایشی-نوسانی برآورد گردیده است. دما نیز همانند دیگر مناطق کشور دارای تغییرات افزایشی خواهد بود. با در نظر گرفتن شرایط فعلی و آینده و افزایش نوسانات، انتظار می‌رود که وقوع بارش تصادفی‌تر ولی با شدت بیش‌تر باشد که احتمال رخداد سیل و خشکسالی آن بیش‌تر خواهد شد، همچنین رفتار دما مانند منطقه جنوب‌غرب با افزایش امواج گرمایی همراه باشد. در منطقهٔ شرق و شمال‌شرق کشور شرایط دمایی و بارشی متفاوت از دیگر مناطق می‌باشد. در این منطقه بارش در بخش‌های میانی و جنوبی دارای تغییرات کاهشی-نوسانی و در بخش شمالی دارای تغییرات نوسانی خواهد بود. تغییرات دمایی نیز در این منطقه به صورت افزایشی و نوسانی خواهد بود. این تفاوت ها در برآورد شرایط آینده پیش‌بینی شرایط اقلیمی را در این منطقه دشوار نموده است. در منطقهٔ سواحل شمالی به دلیل مجاورت با دریا و ارتفاعات اطراف، شرایط اقلیمی فعلی نیز دارای پیچیدگی خاص بوده و متفاوت از دیگر نواحی ایران می‌باشد. تغییرات بارش در بخش‌های غربی و میانی این منطقه نشان از کاهش بارش برای دوره‌های آینده و در بخش شرقی آن حاکی از تغییرات افزایشی-نوسانی خواهد بود. دمای این منطقه نیز در بخش شرقی دارای تغییرات افزایشی-نوسانی و دربخش‌های غربی و میانی دارای تغییرات افزایشی خواهد بود. منطقهٔ مرکزی و پای‌کوه‌های جنوب البرز بخش وسیعی از کشور را در بر گرفته و تراکم ایستگاه‌ها در آن پایین می‌باشد. در این منطقه بارش در بخش‌جنوبی منطقه دارای تغییرات افزایشی-نوسانی و نوسانی و در بخش‌های میانی دارای تغییرات کاهشی خواهد بود. در بخش شمال‌غربی این منطقه نیز تغییرات بارش نوسانی خواهد بود. دما نیز همانند دیگر مناطق ایران دارای تغییرات افزایشی خواهد بود.



شکل۸: دورنمای تغییرات بارش (الف) و دمای (ب) ایران

به طور کلی می توان گفت که تغییرات بارندگی در سرزمین ایران در بیش‌تر مناطق به صورت کاهشی (بخش‌هایی از شمال و جنوب‌غرب ایران) و کاهشی-نوسانی (بخش‌هایی از شرق و شمال‌غرب ایران) خواهد بود و در مناطقی نیز تغییرات افزایشی (استان لرستان)، نوسانی (استان‌های هرمزگان، اصفهان، خراسان شمالی، قزوین و همدان)، افزایشی-نوسانی (استان‌های سیستان و بلوچستان و یزد) و کاهشی-انتقالی (آذربایجان غربی) مورد انتظار است. در حالی که دما در اکثر مناطق دارای تغییرات افزایشی و در برخی مناطق (شمال‌شرق و شرق ایران) افزایشی-نوسانی خواهد بود (شکل۸). اما دما در ایران به تبعیت از شرایط جهانی، در آینده با افزایش روبه‌رو می‌شود که مقدار آن در مناطق مختلف به دلیل اثرگذاری شرایط محلی متفاوت خواهد بود. اما تغییرات بارش بسیار پیچیده خواهد بود و امکان رخداد تغییرات آن در تمام حالات ممکن وجود دارد. موارد ذکر شده موید این مطلب است

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]

که وقوع شرایط حدی رطوبتی (خشک تر شدن و وقوع خشکسالی های بیشتر، وقوع سیل، بارش ها شدید و کوتاه مدت، ....) و دمایی (گرم تر شدن فصل گرم، افزایش دمای فصل سرد و وقوع موج های گرمایی و تبخیر بیش‌تر....) باعث افزایش رخداد مخاطرات آب و هوایی خواهد شد.

نتیجه گیری

با توجه به احتمال رخداد تغییرات اقلیمی و عواقب مخاطره‌آمیز آن که در عصر کنونی نیز شاهد آن هستیم، کاربرد مدل‌های گردش عمومی جو که یکی از ابزارهای ارزیابی اقلیم آینده است، بسیار مورد توجه بوده است. اما این مدل‌ها در مناطق با مقیاس کوچک عمل‌کرد مناسبی ندارند، زیرا قدرت تفکیک آن‌ها پایین است. بنابراین روش‌هایی (آماری و دینامیکی) برای ریزمقیاس کردن خروجی این مدل‌ها با استفاده از مقادیر مشاهداتی متغیرهای اقلیمی در ایستگاه‌ها به کار گرفته می‌شود. با وجود این‌که تحقیقات فراوانی در ارتباط با شرایط رخداد تغییراقلیم و شرایط اقلیمی آینده ایران انجام گرفته است، اما به دلیل این که تحقیقات پراکنده و در پهنه های مجزا و در زمان‌های متفاوت صورت گرفته تاکنون نتیجهٔ روشنی از این مطالعات در ارتباط با شرایط اقلیم آینده به خصوص تغییر اقلیم در ایران حاصل نشده است. این تحقیق به هدف بررسی تغییر اقلیم آیندهٔ ایران با استفاده از نتایج تحقیقات حاصل از مدل‌های ریزمقیاس نمایی آماری که از خروجی مدل‌های گردش عمومی جو و سناریوهای انتشار مختلف استفاده می‌کنند، انجام شد. نتایج به دست آمده از این پژوهش‌ها حاکی از رفتار همگن افزایشی دما در طی سال های آینده در سراسر کشور به جز منطقه شمال شرق بود گرچه نرخ این افزایش در مناطق مختلف گاها متفاوت برآرد گردیده است اما مهم افزایش دمای آینده و گرم تر شدن شرایط آب و هوایی است. در مقابل دما، بارش رفتاری ناهمگن در پهنه سرزمینی از خود نشان خواهد داد. گرچه در بعضی از مناطق (مرکز، جنوب شرق و غرب) رفتاری افزایشی که بیشتر نوسانی است دیده می شود ولی در اکثر مناطق میزان بارش کاهش خواهد یافت. با در نظر گرفتن تمام جوانب رفتار پیچیده سامانه اقلیم و عدم قطعیت پیش بینی‌ها، این نتایج مؤید این مطلب است که شرایط اقلیمی آینده گرم‌تر و خشک‌تر از شرایط فعلی خواهد شد. با توجه به این موضوع می‌توان انتظار داشت وقوع خشکسالی‌ها و شرایط خشکی و با توجه به رفتار فعلی بارش و تغییر آن به سمت رخداد کمتر ولی شدیدتر، مخاطرات هیدرولوژیکی (سیل) نیز افزایش یابد.

در این مطالعه سعی بر این بوده کلیتی از نتایج بررسی‌های تغییر اقلیم در آینده با کاربرد روش‌های آماری ریزمقیاس‌نمایی خروجی‌های مدل‌های گردش عمومی جو ارائه شود. ارائه تصویری از آن‌چه که تاکنون انجام شده گام مهمی در طرح پرسش‌ها و بررسی چالش‌های جدید است. به نظر می‌رسد عاملی مهم برای سد راه پیشرفت سریع و به هنگام در زمینه‌ی موضوع مهمی همانند تغییر اقلیم و پیامدهای آن که می‌تواند بر آینده‌ی کشور تاثیر مهمی داشته باشد، پراکندگی کارهای تحقیقاتی انجام شده و تا حد زیاد تکراری بودن برخی از این تحقیقات است که گاه با عدم توجه به نتایج کارهای پیشین در تعیین اهداف مهم پیش آمده است و به نبود تسلسل و هماهنگی در بین کارهای تحقیقاتی در این حوزه منجر شده است. بنابراین در این مقاله سعی شد گامی هرچند کوچک در این راستا برداشته شود.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]

منابع

آبابایی، بهنام؛ تیمور سهرابی، فرهاد میرزایی، وحید رضاوردی نژاد و بختیار کریمی. ۱۳۸۹. اثر تغییراقلیم بر عملکرد گندم و تحلیل ریسک ناشی از آن (مطالعهٔ موردی: منطقه رودشت اصفهان). *مجله دانش آب و خاک*، **۳**: ۱۳۵-۱۵۰.

آبکار، علی‌جان؛ محمود حبیب نژاد، کریم سلیمانی و هرمزد نقوی. ۱۳۹۳). بررسی میزان کارایی مدل SDSM در شبیه سازی شاخص‌های دمایی مناطق خشک و نیمه خشک. *فصلنامه مهندسی آبیاری و آب*، **۱۴**: ۱-۱۷.

آبکار، علی‌جان؛ محمود حبیب نژاد، کریم سلیمانی و هرمزد نقوی. ۱۳۹۳. حساسیت مدل ریزمقیاس نمایی SDSM به داده‌های بازتحلیل شده در مناطق خشک. *دو فصلنامه خشک بوم*، **۲**: ۱۱-۲۶.

اخوان، سمیرا و نسرین دلاور. ۱۳۹۵. ارزیابی دقت داده‌های CFSR و مدل LARS-WG در شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی استان چهارمحال و بختیاری. *فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، **۲**: ۳۲۱-۳۳۴.

اعتمادی، هانا؛ محمد شریفی‌کیا، سیده‌زهرا صمدی، عباس اسماعیلی‌ساری و افشین دانه‌کار. ۱۳۹۴. شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی آینده در منطقه جاسک و تأثیر آن بر جنگل‌های حرا. *فصلنامه جغرافیا و توسعه*، **۴۱**: ۸۷-۱۰۴.

انصاری، حسین؛ مهدی خدیوی، نسرین صالح نیا و ایمان بابائیان. ۱۳۹۳. بررسی عدم قطعیت مدل LARS تحت سناریوهای A1B، A2 و B1 در پیش‌بینی بارش و دما (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک مشهد). *نشریهٔ آبیاری و زهکشی ایران*، **۴**: ۶۶۴-۶۷۲.

بابائیان، ایمان و زهرا نجفی نیک. ۱۳۸۵. معرفی و ارزیابی مدل LARS-WG برای مدل سازی پارامترهای هواشناسی استان خراسان، دوره ی آماری (۲۰۰۳-۱۹۶۱). *دو فصلنامه نیوار (علمی-ترویجی)*، **۶۳-۶۲**: ۶۵-۴۹.

بحری، معصومه؛ محمدتقی دستورانی و مسعود گودرزی. ۱۳۹۴. بررسی خشکسالی‌های دهه ۲۰۳۰-۲۰۱۱ تحت اثر تغییر اقلیم، مطالعه موردی: حوزه آبخیز اسکندری، استان اصفهان، *نشریه مهندسی و مدیریت آبخیز*، ۲: ۱۵۷-۱۷۱.

بختیاری، بهرام، شیدا پورموسوی و نسرین سیاری. ۱۳۹۳. بررسی اثر تغییر اقلیم بر منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی بارش ایستگاه بابلسر طی دورهٔ زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱. *نشریه آبیاری و زهکشی*، **۴**: ۶۹۴-۷۰۴.

بذرافشان، جواد؛ علی خلیلی، عبدالحسین هورفر، صدیقه ترابی و سهراب حجام. ۱۳۸۸. بررسی و مقایسه عملکرد دو مدل ClimGen و LARS-WG در شبیه‌سازی متغیرهای هواشناسی در شرایط مختلف اقلیمی ایران. *فصلنامه تحقیقات منابع آب ایران*، **۱**: ۴۴-۵۷.

بیدختی، علی اکبر؛ عباسعلی رنجبر و عباس سعادت آبادی. ۱۳۸۳. مطالعهٔ اثر اقلیمی جزیرهٔ گرمایی تهران، مجموعه مقالات سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان.

بیگلی، زینب؛ مجید منتصری، یدالله بلیانی، اسماعیل جوکار و علی بیات. ۱۳۹۵. پیش‌بینی تغییرات اقلیمی آذربایجان غربی با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری خروجی مدل HADCM3 و ارزیابی اثرات آن بر خشکسالی استان. *اندیشه جغرافیایی*، **۱۵**: ۹۳-۱۱۶.

پروانه، بهروز؛ هنگامه، شیراوند و فاطمه درگاهیان. ۱۳۹۵. پیش‌بینی وضعیت خشکسالی استان لرستان طی دورهٔ ۲۰۳۰-۲۰۱۱ با استفاده از ریزمقیاس نمایی خروجی ۴ مدل گردش عمومی جو. *فصلنامه جغرافیایی سرزمین*، **۴۵**: ۱-۱۳.

پیرمرادیان، نادر؛ حسین هادی‌نیا و افشین اشرف‌زاد. ۱۳۹۵. پیش‌بینی دمای کمینه و بیشینه، تابش و بارش در ایستگاه رشت تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم. *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، **۵۵**: ۲۹-۴۴.

تورینی، نازلی و مسعودرضا حسامی‌کرمانی. ۱۳۹۳. پیش‌بینی تغییرات اقلیمی با استفاده از الگوریتم نرو-فازی (مطالعه موردی: ایستگاه‌های تهران و تبریز). *فصلنامه مهندسی عمران شریف*، **۱**: ۱۳۹-۱۴۷.

تیرگرفاخری، فاطمه و لیلا آرزومندی. ۱۳۹۴. پیش بینی اثر تغییر اقلیم بر دما و بارش شهر رامسر با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی، سومین همایش بین المللی مهندسی محیط زیست و منابع آب، تهران، ایران

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]

ثانی‌خانی، هادی؛ محمدرضا گوهردوست و مرتضی صادقی. ۱۳۹۵. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر رواناب حوزه آبخیز قره‌چای در استان مرکزی. *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*، **۱۳**: ۱۲-۲۲.

ثانی‌خانی، هادی؛ یعقوب دین پژوه، سعید پوریوسف، سروین زمانزاد قویدل و صولتی، بهاره. ۱۳۹۲. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر رواناب حوضه‌های آبریز (مطالعه موردی: حوضهٔ آبریز آجی چای در استان آذربایجان شرقی). *نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)*، **۶**: ۱۲۳۴-۱۲۲۵.

حجارپور، امیر؛ مرضیه یوسفی و بهنام کامکار. ۱۳۹۳. آزمون دقت شبیه‌سازهای Clim-Gen و WeatherMan، LARS-WG در شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی سه اقلیم مختلف (گرگان، گنبد و مشهد). *فصلنامه جغرافیا و توسعه*، **۳۵**: ۲۰۱-۲۱۶.

حجازی زاده، زهرا؛ سیدمحمد حسینی و علیرضا کربلائی‌درئی. ۱۳۹۴. شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی استان سمنان با سناریوهای مدل گردش جو (HADCM3). *فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی*، **۱۵**: ۱-۲۴.

حق طلب، نفیسه؛ محسن گودرزی؛ مجید حبیبی‌نوخندان، احمدرضا یاوری و حمیدرضا جعفری. ۱۳۹۲. مدلسازی اقلیم استان‌های تهران و مازندران با استفاده از مدل اقلیمی LARS-WG و مقایسه تغییرات آن در جبهه‌های شمالی و جنوبی البرز مرکزی. *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست*، **۱**: ۳۷-۴۹.

حمیدیان‌پور، محسن؛ محمد باعقیده و محسن عباس‌نیا. ۱۳۹۵. ارزیابی تغییرات دما و بارش جنوب شرق ایران با استفاده از ریزمقیاس نمایی خروجی مدل‌های مختلف گردش عمومی جو در دورهٔ ۲۰۹۹-۲۰۱۱. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، **۱**: ۱۰۷-۱۲۳.

خسروانیان، جهانتاب؛ مجید اونق، مسعود گودرزی و سیداسدالله حجازی. ۱۳۹۴. کاربرد مدل LARS-WG در پیش بینی پارامترهای هواشناسی حوضه قره‌سو استان گلستان. *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، **۵۳**: ۹۳-۱۱۵.

خلف آبادی، وحیده بندری؛ علیرضا شکیبا، و فریدون عظیمی. ۱۳۹۲. پیش‌یابی رژیم بارش و دمای خوزستان با مدل‌های گردش عمومی جو، *فصلنامه جغرافیای طبیعی*، **۱۹**: ۵۹-۷۰.

خلیلی اقدم، نبی؛ ابولفضل مساعدی، افشین سلطانی و بهنام کامکار. ۱۳۹۱. ارزیابی توانایی مدل LARS-WG در پیش بینی برخی از پارامترهای جوی سنندج. *مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، **۴**: ۸۵-۱۰۲.

خورانی، اسداله و زهرا جمالی. ۱۳۹۵. اثر تغییر اقلیم بر شدت و مدت خشکسالی در ایستگاه‌های خشک و نیمه خشک (بندرعباس و شهرکرد) تحت مدل HADCM3. *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، **۵۷**: ۱۱۵-۱۳۱.

دهقان، زهره؛ فرشاد فتحیان و سعید اسلامیان. ۱۳۹۴. ارزیابی مقایسه‌ای مدل‌های SDSM، IDW و LARS-WG برای شبیه‌سازی و ریزمقیاس کردن دما و بارش. *نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)*، **۵**: ۱۳۷۶-۱۳۹۰.

دوستی، مریم؛ محمود حبیب‌نژاد روشن، کاکا شاهدی و میرحسن میریعقوب زاده. ۱۳۹۲. بررسی شاخص‌های اقلیمی حوضه آبخیز تمر، استان گلستان در شرایط تغییر اقلیم با کاربرد مدل LARS-WG. *مجله فیزیک زمین و فضا*، **۴**: ۱۷۷-۱۸۹.

رجبی، احمد و سعید شعبانلو. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات چند شاخص اقلیمی در خروجی مدل گردش جهانی NCCCSM مطالعه موردی: کرمانشاه (ایران). *مجله پژوهش آب ایران*، **۱۳**: ۴۱-۴۹.

رسولی، علی‌اکبر؛ مجید رضایی‌بنفشه، علیرضا مساح‌بوانی، علی‌محمد خورشیددوست و باقر قرمزچشمه. ۱۳۹۳. بررسی اثر عوامل مرفو-اقلیمی بر دقت ریزمقیاس گردانی مدل LARS-WG. *نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*، **۲۴**: ۹-۱۸.

رضایی زمان، مصطفی و علی افزوری .۱۳۹۴. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات و ارائه راهبرد تغییر الگوی کشت (مطالعه موردی: حوضه سیمینه رود). *نشریه حفاظت منابع آب و خاک*، **۴**: ۵۱-۶۳.

رضایی زمان، مصطفی؛ سعید مرید و مجید دلاور. ۱۳۹۲. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر متغیرهای هیدروکلیماتولوژی حوضه سیمینه رود. *نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)*، **۶**: ۱۲۴۷-۱۲۵۹.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]

رضایی، مریم؛ محمد نهتانی، علی‌جان آبکار، معصومه رضائی و مهری میرکازهی ریگی. ۱۳۹۳. بررسی کارایی مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM در پیش بینی پارامترهای دمایی در دو اقلیم خشک و فراخشک (مطالعه موردی: کرمان و بم). *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*، ۱: ۱۱۷-۱۳۱.

رضایی، مریم؛ محمد نهتانی، علیرضا مقدم نیا، علی‌جان آبکار و معصومه رضایی. ۱۳۹۴. مقایسه روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و SDSM در ریزمقیاس کردن اندازه‌ی بارش سالانه‌ی شبیه سازی شده با HadCM3. *مجله مهندسی منابع آب*، **۲۴**: ۲۵-۴۰.

رضایی، مریم؛ محمد نهتانی، علیرضا مقدم نیا، علی‌جان آبکار و معصومه رضایی. ۱۳۹۳. بررسی کارایی مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM در پیشبینی بارش در دو اقلیم خشک و فراخشک (مطالعه موردی: کرمان و بم). *نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)*، ۴: ۸۳۶-۸۴۵.

روحی پناه، فاطمه؛ سیدمجید میررکنی و علیرضا مساح بوانی. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات دما و بارش ایستگاه همدیدی شهرستان یزد در دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ میلادی به کمک مدل ریزمقیاس نمائی SDSM، اولین همایش ملی جغرافیا، شهرسازی و توسعه پایدار، تهران، دانشکده صنعت هوایی.

روشن، غلامرضا؛ علیرضا خواجه شکوهی و محمد سعید نجفی. ۱۳۹۱. دورنمای تخمین انرژی مورد استفاده برای گرمایش و سرمایش سکونتگاه‌های انسانی در اقلیم آینده (مطالعه موردی: استان‌های شمالغرب کشور). *فصلنامه نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی*، **۱**: ۶۳-۷۷.

زارع ابیانه، حمید؛ محمد قبائی‌سوق و ابوالفضل مساعدی. ۱۳۹۴. پایش خشکسالی بر مبنای شاخص بارش- تبخیر و تعرق استاندارد شده (SPEI) تحت تأثیر تغییر اقلیم. *نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)*. **۲**: ۳۹۲-۳۷۴.

زینتی، نسیم و مسعودرضا حسامی کرمانی. ۱۳۹۳. مقایسه دو روش نرو فازی و ASD در پیش بینی تغییرات اقلیمی (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک کرمان). *نشریه هواشناسی کشاورزی*، **۱**: ۱-۱۶.

ساری صراف، بهروز؛ سعید محمودی، سعید زنگنه و زهرا پاشایی. ۱۳۹۴. پایش و پیش بینی ترسالی و خشکسالی تبریز با استفاده از مدل Clim-Gen و شاخص SPI. *فصلنامه هیدروژئومورفولوژی*، **۲**: ۶۱-۷۸.

سبحانی، بهروز و فخری سادات فاطمی نیا. ۱۳۹۳. مدل‌سازی فراسنج‌های اقلیمی استان خراسان جنوبی. *فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، **۳**: ۳۱۱-۳۳۲.

سبحانی، بهروز؛ مهدی اصلاحی و ایمان بابایان. ۱۳۹۴. کارایی الگوهای ریزمقیاسنمایی آماری SDSM و LARS-WG در شبیه سازی متغیرهای هواشناسی در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه. *فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، **۴**: ۴۹۹-۵۱۶.

سبحانی، بهروز؛ مهدی اصلاحی و بابایان، ایمان. ۱۳۹۶. مقایسهٔ رو ش‌های ریزمقیاس نمایی آماری مدل‌های تغییر اقلیم در شبیه سازی عناصر اقلیمی در منطقهٔ شمال غرب ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، **۲**: ۳۰۱-۳۲۵.

شفائی، امیرحسین؛ شهاب عراقی نژاد و مساح بوانی. ۱۳۹۲. بررسی تأثیرات تغییر اقلیم بر بهره برداری از مخازن سطحی حوضهٔ گرگانرود. *فصلنامه مدیریت آب و آبیاری*، **۲**: ۴۳-۵۸.

شیدائیان، مجید؛ میرخالق ضیاءتبار احمدی و رامین فضل‌اولی. ۱۳۹۳. تأثیر تغییر اقلیم بر نیاز خالص آبیاری و عملکرد محصول برنج (مطالعه موردی: دشت تجن). *نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)*، ۶: ۱۲۸۴-۱۲۹۷.

صالح پور جم، امین؛ محسن محسنی‌ساروی، جواد بذرافشان و شهرام خلیقی‌سیگارودی. ۱۳۹۲. بررسی اثر تغییر اقلیم بر ویژگی‌های خشکسالی دورهٔ آتی با کاربرد مدل گردش عمومی جو HadCM3 (مطالعه موردی: شمال غربی ایران). *فصلنامه مرتع و آبخیزداری*، **۴**: ۵۳۷-۵۴۸.

صالح نیا، نسرین؛ امین علیزاده و نسرین سیاری. ۱۳۹۳. مقایسه دو مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG و ASD در پیش بینی بارش و دما تحت شرایط تغییر اقلیم و در وضعیت‌های آب و هوایی متفاوت. *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، **۲**: ۲۳۳-۲۴۵.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]

صلاحی، برومند؛ فخری‌سادات فاطمی‌نیا و سیدمحمد حسینی. ۱۳۹۳. ارزیابی تغییرات اقلیمی آینده استان اصفهان با استفاده از مدل‌های BCM2 و HADCM3 در محیط ریزگردان LARS-WG. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، **۱۶**: ۵۵-۷۱.

صلاحی، برومند؛ مهدی عالی‌جهان؛ سعیده عینی و جعفر درخشی. ۱۳۹۶. پیش‌بینی تاریخ‌های شروع و پایان یخبندان-های سبک و سنگین استان کرمانشاه بر اساس برونداد مدل‌های اقلیمی Bcm2 و Hadcm3 با بهره‌گیری از ریزگردان LARS-WG. *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، **۵۹**: ۱۷۵-۱۹۵.

صمدی نقاب، سینا؛ علی‌محمد خورشیددوست، مجید حبیبی نوخندان و فاطمه زابل‌عباسی.۱۳۹۰. بکارگیری مدل SDSM جهت ریزمقیاس نمایی داده‌های GCM بارش و دما (مطالعه موردی: پیش بینی‌های اقلیمی ایستگاهی در ایران). *نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی*، **۵ و ۶**: ۵۷-۶۸.

طائی سمیرمی، سیاوش؛ حمیدرضا مرادی و مرتضی خداقلی. ۱۳۹۳. شبیه سازی و پیش بینی برخی از متغیرهای اقلیمی توسط مدل چندگانه خطی SDSM و مدل‌های گردش عمومی جو (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بار نیشابور). *فصلنامه انسان و محیط زیست*، **۱**: ۱-۱۵.

طائی سمیرمی، سیاوش؛ حمیدرضا مرادی و مرتضی خداقلی. ۱۳۹۴. پیش‌بینی تغییرات برخی از متغیرهای اقلیمی با استفاده از مدل ریزمقیاس سازی LARS-WG و خروجی‌های مدل HADCM3 تحت سناریوهای مختلف. *نشریه مهندسی و مدیریت آبخیز*، **۲**: ۱۴۵-۱۵۶.

عساکره، حسین و بهرام شاه منصوری. ۱۳۹۵. بررسی و پیش بینی تغییرات دمای ایستگاه اراک براساس مدل ریزمقیاس نمایی آماری. *فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، **۲**: ۱۹۳-۲۱۲.

علیزاده، امین و غلامعلی کمالی. ۱۳۸۱. اثرت تغییر اقلیم بر افزایش مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، **۲و۳**: ۱۸۹-۲۰۱.

علیزاده، امین؛ نسرین صالح نیا، نسرین سیاری، مائده نصیری فیلاورگانی و کامران داوری. ۱۳۹۲. پیش بینی تغییرات احتمالی بارش مؤثردر پهنه‌های اقلیمی ایران برای زراعت گندم (طی دوره ۹۰ ساله آینده). *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، **۴**: ۵۷۵-۵۸۴.

عینی نرگسه، حامد؛ رضا دیهیم فرد، سعید صوفیزاده، مسعود حقیقت و امید نوری. ۱۳۹۴. پیش بینی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد گندم آبی استان فارس با استفاده از مدل APSIM. *نشریه تولید گیاهان زراعی*، **۴**: ۲۰۳-۲۲۴.

غریب‌دوست، مسعود؛ محمدعلی قربانی و ایمان فروزنده شهرکی. ۱۳۹۵. برآورد میزان تأثیر تغییر اقلیم بر بارش-رواناب حوضهٔ آبخیز صوفی چای. *مجلهٔ مهندسی منابع آب*، **۲۹**: ۱۷-۲۹.

غریب‌دوست، مسعود؛ محمدعلی قربانی و عطیه حسینی‌زاده. ۱۳۹۶. تاثیر تغییر اقلیم بر بارش رواناب حوضه آبریز صوفی چای. *علوم و مهندسی آبیاری*، **۲**: ۸۹-۱۰۱.

قادری، ناصح و مصطفی کریمی. ۱۳۹۳. پیش بینی بار آلودگی TN و TP به منابع آب در فرآیند تغییر اقلیم با مدل‌های SDSM و AQUALM. *فصلنامه علوم و مهندسی محیط زیست*، **۵**: ۲۹-۴۴.

قانقرمه، عبدالعظیم و غلامرضا روشن. ۱۳۹۱. دورنمای اثر گرمایش جهانی بر دگرگونی‌های مؤلّفه دما در نواحی شمال غرب ایران. *فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، **۴**: ۶۱-۸۰.

گودرزی، مسعود؛ برومند صلاحی و سیداسعد حسینی. ۱۳۹۴. ارزیابی عملکرد مدل‌های ریز مقیاس گردانی LARS-WG و SDSM در شبیه سازی تغییرات اقلیمی حوضه آبریز دریاچه ارومیه. *نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*، **۳۱**: ۱-۲۲.

محتشم زاده، روح الله؛ سجاد مشعلی، بهروز دهقانزاده و حسین قربانی‌زاده خرازی. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر الگوی بارش حوزه ابرلاق همدان، همایش ملی تغییرات اقلیم و مهندسی توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی، همدان، مرکز آموزش جهاد کشاورزی استان همدان.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]

محمدلو، محمد؛ علی حقی‌زاده، حسین زینی‌وند و ناصر طهماسبی‌پور. ۱۳۹۳. ارزیابی آثار تغییر اقلیم بر روند تغییرات رواناب حوضهٔ آبخیز باراندوزچای در استان آذربایجان غربی با استفاده از مدل‌های چرخش عمومی جو. *فصلنامه اکوهیدرولوژی*، **۱**: ۲۵-۳۴.

محمدی، الهام؛ حجت‌اله یزدان‌پناه و فریبا محمدی. ۱۳۹۳. بررسی رخداد تغییر اقلیم و تأثیر آن بر زمان کاشت و طول دورهٔ رشد گندم دوروم (دیم) مطالعهٔ موردی: ایستگاه سرارود کرمانشاه. *فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، **۲**: ۲۳۱-۲۴۶.

محمدی، حسین؛ کرمی، زینب و ملکی‌پور موسی (۱۳۹۳) پیش بینی تغییرات اقلیمی استان ایلام و تاثیرات آن بر توسعه پایدار محیط زیست، اولین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه ریزی، معماری و شهرسازی.

مسعودیان، سیدابوالفضل. ۱۳۸۳. اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب کشور، مجموعه مقالات سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان.

مشکواتی، امیرحسین؛ محمد کردجزی و ایمان بابائیان. ۱۳۸۹. بررسی و ارزیابی مدل لارس در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی استان گلستان در دوره ۲۰۰۷-۱۹۹۳ میلادی. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، **۱۹**: ۸۱-۹۶.

مظفری، غلامعلی و شهاب شفیعی. ۱۳۹۳. پیش بینی و تحلیل فضایی استان یزد در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ میلادی با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو، همایش بین المللی معماری، شهرسازی، مهندسی عمران، هنر و محیط، ایران، تهران، دانشکده هنر و معماری.

مظفری، غلامعلی؛ شهاب شفیعی و زهرا تقی زاده. ۱۳۹۳. ارزیابی شرایط خشکسالی در استان سیستان و بلوچستان طی (۱۴۱۰-۱۳۹۱) با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو. *فصلنامه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*، **۹۳**: ۱۰۱-۱۱۴.

ناصری، سمانه؛ حمید نوری و حسین زینی‌وند. ۱۳۹۳. آشکار سازی تغییر اقلیم شهر خرم آباد با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری داده‌های مدل HADCM3، دومین همایش ملی کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران، موسسه آموزش عالی مهر اروند.

نشاط، علی و یاسمین سجادی‌بمی. ۱۳۹۵. پیش‌بینی تاثیر تغییر اقلیم بر فراسنج دما با استفاده از نرم افزار گردش عمومی جو HADCM3 (مطالعه موردی: کرمان و بم). *مجله مهندسی منابع آب*، **۳۰**: ۵۱-۶۲.

نصیری، بهروز و زهرا یارمرادی. ۱۳۹۶. پیش بینی تغییرات پارامترهای اقلیمی استان لرستان در ۵۰ سال آتی با استفاده از مدل HADCM3. *فصلنامه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*، **۱۰۱**: ۱۵۴-۱۴۳.

Asseng, S., Zhu, Y., Wang, E., Zhang, W. 2016. Crop modeling for climate change impact and adaptation. Genetic improvementand agronomy. DOI: 10.1016/B978-0-12-417104-6.00020-0

Chen, H.; J. Guo, Z. Zhang, and C.Y. Xu. 2012. Prediction of temperature and precipitation in Sudan and South Sudan by using LARS-WG in Future. *Theoretical and Applied Climatology*, **3-4**: 363-375.

Dumont, B.; B. Basso, B. Bodson, J.P. Destain, and M.F. Destain. 2016. Assessing and modeling economic and environmental impact of wheat nitrogen management in Belgium. *Environmental Modelling & Software*, **25**: 184-196.

Hashmi, M.Z.; A.Y. Shamseldin, and B.W. Melville. 2011. Comparison of SDSM and LARS-WG for simulation and downscaling of extreme precipitation events in a watershed. *Stochastic environmental research and risk assessment*, **4**: 475-484.

Hessami, M.; P. Gachon, T. Ouarda, and A. St-Hilaire. 2008. Automated regression-based statistical downscaling tool. *Environmental Modelling & Software*, **6**: 813-834.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1995. Impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific technical analyses. *Cambridge University Press*, 878 pages.

IPCC, 2013. Climate Change 2013 The Physical Science Basis. Contribution of Working Group Ito the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., et al. (eds). Cambridge, UK and New York, USA.

Jones, P.D. 1998. It was the best of times, it was the worst of times. *Science*, **280**: 544-545.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]

Kou, X.; J. Ge, Y. Wang, and C. Zhang. 2007. Validation of the weather generator Clim-Gen with daily precipitation data from the Loess Plateau China. *Journal of Hydrology*. **3**: 347-357.
Koukidis, E.N.; and A.A. Berg. 2009. Ensitivity of statistical downscaling model (SDSM) to reanalysis products. *Atmosphere –ocean*, **1**: 1-18.
Rashid, M.; and B. Mukands. 2014. Future changes in extreme temperature events using the statistical downscaling model (SDSM) in the trans-boundary region of the Jhelum river basin. *Weather and climate extremes*, **6**: 56-66.
Semenov, M.; 2010. LARS-WG 5: quick start, LARSWG5: a stochastic weather generator for climate change impact assessments. *Centre for mathematical and computational biology rothamsted research*, Harpenden, Herts, **AL5** 2JQ UK.
Stockle, C.O.; P. Steduto, and R.G. Allen. 1998. Estimating daily and daytime mean VPD from daily maximum, VPD. 5thCongress of the European Society of Agronomy, Nitra, the Slovak Republic.
Stockle, C.O.; R., Nelson, M. Donatelli, and F. Castellvi. 2001. Clim-Gen: a flexible weather generation program, in: proceedings of the second international symposium on modelling cropping systems, July 16-18, Florence, Italy, pp. 229-230.
Tambo, J.A. 2016. Adaptation and resilience to climate change and variability in north-east Ghana. International Journal of Disaster Risk Reduction. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.04.005
Timothy, J.; O. Craig, J. Wallace, C. Harris, M. Thomas, and D. Melvin., 2016. Pattern scaling using Clim-Gen: monthly resolution future climate scenarios including changes in the variability of precipitation. *Climate Change*, **3**: 353-369.
WHO. 2003. The health impacts of 2003 summer heat-waves. Briefing note for the delegations of the fifty-third session of the WHO (World Health Organization) Regional Committee for Europe.
Zhaofi, L.; Z. Xu., P.C. Stephen., G. Charles, and L. Liu. 2011. Evaluation of two statistical down scaling models for daily precipitation over an arid basin in chine. *Royal Meteorogical Mociety*, **13**: 2006-2020.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-01]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.1]