دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال شانزدهم، شماره‌ی ۵۶
زمستان ۱۳۹۵، صفحات ۱۶۸-۱۵۱

محمد محمدلو[۱]
علی حقی زاده[۲]
حسین زینی وند[۳]
ناصر طهماسبی پور[٤]

ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر روند تغییرات دما و بارندگی حوضه‌ی آبخیز باراندوزچای در استان آذربایجان‌غربی با استفاده از مدل‌های چرخش عمومی جو

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۲/۲۳

چکیده

تغییراقلیم از دیدگاه بسیاری از صاحب‌نظران یک پدیده‌ی طبیعی است که در توالی‌های زمانی بلندمدت به‌وقوع می‌پیوندد. تأثیر فعالیت‌های بشری سبب تشدید اثرات پدیده تغییر اقلیم، شدت روند تغییرات و تغییر بازه‌ی زمانی توالی تغییرات اقلیمی می‌شود. در بررسی تغییر اقلیم می‌توان از پارامترهای هواشناسی به‌عنوان شاخص‌های تغییر اقلیم استفاده نمود. هدف از این پژوهش شبیه‌سازی پیامدهای تغییر اقلیم بر روی دما و بارندگی حوضه‌ی آبخیز باراندوزچای است. ابتدا داده‌های اقلیمی دوره‌ی پایه از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۰۹ میلادی به‌صورت روزانه فراهم شد. سپس با استفاده از الگوی LARS-WG اقدام به ریزمقیاس‌نمایی داده‌های حاصل از مدل‌های GCM منتخب گردید و داده‌های روزانه اقلیمی تا سال ۲۰٤۰ میلادی تولید گردید. در نهایت اقدام به بررسی و آنالیز روند تغییرات دما و بارش برای حوضه‌ی مورد مطالعه گردید. نتایج پژوهش نشان داد که در دوره‌های آتی مولفه دما نسبت به دوره‌ی پایه افزایش خواهد یافت. طوری که در دو مدل GCM مورد استفاده در این مطالعه و ۵ سناریوی انتشار

۱- کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، ایران.
۲- استادیار گروه مهندسی آبخیزداری ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، ایران. E-mail: haghizadeh.a@lu.ac.ir
۳- دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، ایران.
٤- استادیار گروه مهندسی آبخیزداری ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، ایران.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

گازهای گلخانه‌ای، این افزایش دیده می‌شود. نتایج نشان داد که میزان بارندگی در دوره‌ی آتی به میزان قابل‌توجهی افزایش خواهد یافت. ولی با این حال تغییر در الگوی زمانی بارندگی‌ها مشاهده می‌گردد. میانگین سالانه بارندگی دوره‌ی پایه ۲۸۷/۳۷ میلی‌متر است و این میزان برای دوره‌ی آتی و دو سناریوی A1B و A2 مدل CNRMCM3 به‌ترتیب برابر ۳۲٤/۵۵ و ۳۵٦/۲۸ میلی‌متر و برای سه سناریوی A1B و A2 و B1 مدل IPSLCM4 به‌ترتیب برابر با ۳۲۰/٤٤ و ۳۳۳/٦ و ۳۲٤/٦۳ میلی‌متر خواهد بود که بیش‌ترین افزایش را سناریوی A2 مدل CNRMCM3 با میزان ٦۸/۹۱ میلی‌متر نسبت به دوره‌ی پایه خواهد داشت. هر چند که در بعضی از سناریوها کاهش بارندگی مشاهده می‌گردد. با این حال افزایش بارندگی در اکثر سناریوهای مورد مطالعه این مدل‌ها مشاهده می‌گردد ولی افزایش دما می‌تواند این افزایش بارندگی را با افزایش میزان تبخیر و تعرق و افزایش نیاز آبی گیاهان خنثی نماید. از طرف دیگر با توجه به این‌که بارندگی‌در فصل زمستان کاهش خواهد یافت، میزان برف باریده شده در منطقه که منبع مهم ذخیره آب‌های زیرزمینی می‌باشد، کاهش خواهد یافت.

کلیدواژه‌ها: مدل‌های GCM، LARS-WG، تغییراقلیم، حوضه‌ی باراندوزچای، ریزمقیاس‌نمایی

مقدمه

انجام پژوهش‌های مرتبط با تغییر اقلیم برای آمادگی هر چه بیش‌تر جهت سازگاری با این پدیده و نیز کاهش هزینه‌های خسارات بار ناشی از این تغییرات بسیار ضروری می‌باشد. پدیده‌ی تغییر اقلیم که ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه گاز دی‌اکسیدکربن در جو می‌باشد، باعث تغییراتی در رژیم بارش، میزان رواناب، سرعت باد، تابش‌خورشیدی رسیده به سطح زمین و دمای هوا می‌شود. توجه به تغییرات اقلیمی در سال‌های اخیر به‌علت پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و خسارات مالی مربوط به رویدادهای جوی اهمیت زیادی پیدا کرده است (محمدی و تقوی، ۱۳۸٤: ۱۵۱). تبعات منفی این پدیده برای بشر تا آنجا می‌تواند مخرب باشد که در بین ده عامل تهدیدآمیز برای بشر در قرن بیست و یکم، مانند فقر، سلاح‌های هسته‌ای، کمبود غذا و.... پدیده تغییر اقلیم مقام اول را به‌خود اختصاص داده است (هیئت بین‌الدول تغییر آب‌وهوا[5]، ۲۰۰۷) طبق گزارش‌های هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم اگر در حال حاضر انتشار تمامی گازهای گلخانه‌ای در سطح کره زمین متوقف شود، پدیده تغییر اقلیم تا اواخر قرن بیست و یکم ادامه خواهد داشت که این امر به‌دلیل عمر ماندگاری ۱۵۰ ساله دی‌اکسیدکربن به‌عنوان مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای در جو زمین می‌باشد (هیئت بین‌الدول تغییر آب‌وهوا، ۲۰۰۷). از این‌رو مهم‌ترین وظیفه جوامع علمی کشورها در برخورد با این پدیده، بررسی اثرات تغییر اقلیم بر سیستم‌ها و جنبه‌های مختلف زندگی بشر و ارائه راه‌کارهای تطبیقی در مقابله با تبعات منفی این پدیده در دوره‌های آتی می‌باشد. روش‌های مختلفی برای شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی در دوره‌های آتی وجود دارد که معتبرترین آن‌ها استفاده از خروجی مدل‌های گردش عمومی اقیانوس–جو

5- IPCC

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

(AOGCM[6]) می‌باشند (لندر[7]، ۲۰۰۶: ۴۹۰). باید توجه داشت که در صورت استفاده از روش مناسب و معتبر در ریزمقیاس نمایی خروجی مدل‌های گردش عمومی جو، این مدل‌ها ابزار مناسبی برای پیش‌بینی وقایع اقلیمی و حدی هستند، از سوی دیگر این مدل‌ها قادر به تولید سری‌های زمانی طولانی‌مدت هستند که می‌توان به کمک آن‌ها به آنالیز تغییرات احتمالی وقایع حدی در دوره‌های آینده نیز پرداخت (لوکاس[8]، ۲۰۰۸: ۲۵). پیش‌بینی‌های اقلیمی و ارزیابی تغییر اقلیم با مشکلاتی نظیر برآورد سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای و سایر آلاینده‌ها در دهه‌های آتی، بزرگ‌مقیاس بودن تفکیک مکانی و زمانی الگوهای گردش عمومی جو و نظایر آن مواجه است. نظر بر اهمیت موضوع تغییر اقلیم در سال‌های اخیر، مطالعات زیادی در این زمینه صورت پذیرفته است که به بعضی از آن‌ها اشاره می‌گردد. جانسون[9] و همکاران، ۱۹۹۶:۱۸۸۸)، دو مدل مختلف به نام‌های USCLIMATE و TECLIGEN را برای تولید داده‌های هواشناسی و پیش‌بینی آب‌وهوایی در نیوزلند به‌کار بردند. در پژوهش دیگری پیامدهای هیدرولوژی تغییر اقلیم به‌وسیله مدل‌های[10] GCM و یک مدل کوچک‌مقیاس نمایی آنالوگ در جنوب انگلستان آزمون شد (الشمی[11]، ۲۰۰۵: ۱۵). ویلبی[12] و همکاران (۲۰۰۱:۷۸۰)، مدل[13] SDSM را برای ریزمقیاس‌نمایی اطلاعات بارش و دما با استفاده از روش‌های آماری ابداع کردند. اشرف و همکاران (۱۳۹۰)، در تحقیقی روند تغییرات پارامترهای اقلیمی مشهد در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ را با استفاده از داده‌های شبیه‌سازی شده مدل LARS-WG[14] بررسی نموده و نتایج حاصل نشان از توانمندی بالای این مدل مولد داده‌های هواشناسی در تولید داده‌های روزانه پارامترهای اقلیمی داشت.

میلر[15] (۲۰۱۴: ۷۷۸)، با در نظر گرفتن شرایط تغییر اقلیم در حوضه‌های رودخانه‌های ایالت کالیفرنیای آمریکا پیش‌بینی کردند که پایان قرن حاضر ذوب برف هر سال زودتر آغاز می‌گردد و ذخایر برف زمستانه به میزان ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. آندره روس[16] (۲۰۰۹)، در مطالعه‌ای با عنوان مهندسی اقلیم و ریسک سرعت تغییر اقلیم، با استفاده از مدل اقلیمی MAGICC SCENGEN آهنگ تغییرات دما را برای دهه‌های آینده برآورد کردند. ویلبی[17] و همکاران (۲۰۱۳:۱۷۱۶) نشان دادند که مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM بهتر می‌تواند سناریوهای تغییر اقلیم دوره‌ی آینده را از طریق ایجاد ارتباط آماری بین مدل‌های GCM و عناصر آب‌وهوای منطقه‌ای، پیش‌بینی کند.

6- Atmospheric-Ocean General Circulation Model
7- Leande
8- Loukas
9- Johnson et al
10- General Circulation Model
11- Statistic Downscaling Model
12- Willby et al
13- Statistic Downscaling Model
14- Long Ashton Research Station Weather Generator
15- Miller
16- Andrew Ross
17- Willby et al

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

عباسی و همکاران به پیش‌بینی تغییرات اقلیمی خراسان جنوبی در دوره‌ی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری خروجی مدل ECHO-G پرداختند. نتایج کلی بررسی‌ها برای دوره‌ی مذکور حاکی از افزایش ٤ درصدی بارش در استان، کاهش تعداد روزهای یخبندان و افزایش میانگین سالانه دما در حدود ۰/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که بیش‌ترین افزایش دما مربوط به فصل زمستان به میزان یک درجه سانتی‌گراد خواهد بود (عباسی و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۱۸).

مهدی‌زاده و همکاران بررسی تغییر اقلیم بر میزان بارش در حوضه سد گلستان را با استفاده از مدل CGCM و برای دو سناریوی A2 و B1 برای بازه زمانی ۲۰۲۱ تا ۲۰۵۰ و ۲۰۷۱ تا ۲۱۰۰ با یک روش ریزمقیاس نمایی شبکه عصبی انجام دادند. نتایج نشان داد که میزان بارندگی‌ها در فصل پاییز و زمستان افزایش و در بهار و تابستان کاهش می‌یابد (مهدی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰: ١٤) را مورد مطالعه قرار دادند.

لازار و ویلیامز[18] (۲۰۰۸: ۲۱۹)، در مطالعه‌ای تأثیرات تغییراقلیم ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای را بر کمیت و میزان تراکم برف و همچنین تغییرات زمانی وقوع بهمن در منطقه کوهستانی Aspen را در سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۱۰۰ بررسی کردند. در مطالعه مذکور برای ارزیابی تغییرات اقلیمی دما و بارش از خروجی پنج مدل گردش عمومی جو استفاده شد.

کارآموز و همکاران (۲۰۰۹: ١٦٨)، با استفاده از خروجی مدل HadCM3 تأثیر روش‌های کوچک‌مقیاس کردن را بر بارش در جنوب‌شرقی ایران بررسی نمودند. روش‌های مورد استفاده، روش رگرسیون چند متغیره، شبکه عصبی پرسپترون چندلایه و شبکه عصبی المان می‌باشد. نتایج نشان داد که روش رگرسیون چند متغیره نتایج بهتری نسبت به روش شبکه عصبی خواهد داشت. همچنین در پژوهشی که توسط ژائو و همکاران[19] (۱۲۰:۲۰۰۵)، در آفریقای جنوبی انجام گردید، واکنش متغیرهای اقلیمی این منطقه به افزایش گازهای گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش از خروجی سه مدل چرخش عمومی و سناریوی B2 استفاده گردید. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که تا پایان قرن ۲۱، بارندگی در بیش‌تر مناطق جنوبی، به میزان ۸/۲ درصد کاهش خواهد یافت.

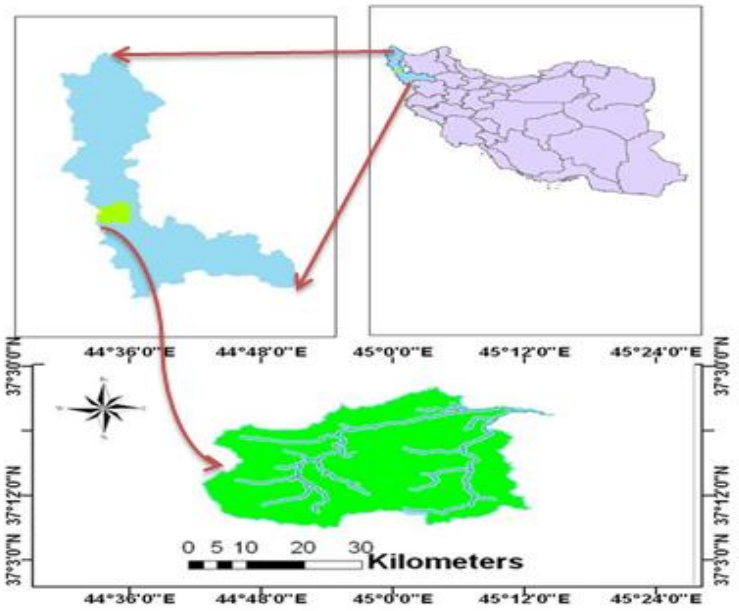
هدف از انجام این مطالعه ارزیابی اثرات تغییراقلیم بر روند تغییرات دما و بارندگی در دوره‌های آتی تحت تأثیر سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای در حوضه آبخیز باراندوزچای استان آذربایجان‌غربی است. در این پژوهش ابتدا عملکرد مدل LARS-WG در ریزمقیاس نمایی داده‌های حاصل از مدل‌های گردش عمومی جو مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. سپس اقدام به شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی دما و بارش دوره‌ی آتی تا سال ۲۰٤۰ میلادی با ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل‌های گردش عمومی جو، تحت دو مدل GCM منتخب برای حوضه‌ی آبخیز باراندوزچای گردیده و در نهایت روند تغییرات پارامترهای اقلیمی دما و بارندگی مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرد.

18- Lazar and Williams
19- Zhao et al

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

منطقه مورد مطالعه

حوضه‌ی آبخیز باراندوزچای در شمال‌غرب کشور بین دریاچه ارومیه و مرز ایران و کشورهای عراق و ترکیه واقع شده است. گستردگی جغرافیایی این حوضه از ٤٤ درجه و ٤٥ دقیقه تا ٤٥ درجه و ١٤ دقیقه طول شرقی و ٣٧ درجه و ٦ دقیقه تا ٣٧ درجه و ٢٩ دقیقه عرض شمالی است. مساحت حوضه‌ی آبخیز باراندوزچای برابر ١٠٨٨ کیلومترمربع است. (شکل ١) وضعیت منطقه و حوضه‌ی آبخیز مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ١: موقعیت حوضه آبخیز باراندوزچای در استان آذربایجان غربی و ایران

مدل‌های چرخه عمومی جو

در خصوص مدل‌سازی اقلیمی دوره‌های آتی، روش‌های مختلفی وجود دارد که جامع‌ترین این روش‌ها، مدل‌های گردش عمومی جو[٢٠] (GCM) هستند. مدل‌های GCM قادر به شبیه‌سازی چرخه عمومی جو بوده و می‌توانند برای شبیه‌سازی جو–اقیانوس با مقیاس‌های گوناگون به‌کار گرفته شوند. هدف این مدل‌ها شبیه‌سازی همه ویژگی‌های سه‌بعدی آب‌وهوا می‌باشد. از این‌رو این مدل‌ها جامع‌ترین مدل‌های جوی برای پیش‌بینی وضعیت آینده می‌باشند. مدل‌های اقلیمی براساس نوع و میزان دقت تقسیم‌بندی می‌گردند. این مدل‌ها از مقیاس‌های کوچک شامل آب‌وهوای یک منطقه تا مقیاس‌های بزرگ شامل تغییرات اقلیم در مقیاس‌های قاره‌ای را شامل می‌شوند. هرچند مدل‌های بزرگ‌مقیاس کلی بوده و نشان‌دهنده تغییرات عمومی می‌باشند، اما استفاده از مدل‌های در مقیاس کوچک برای کاربردهای منطقه‌ای و تبدیل نتایج مدل‌های GCM به پدیده‌های منطقه‌ای لازم است. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در مطالعات مربوط به مدل‌های گردش عمومی جو، بزرگ‌مقیاس بودن مکانی متغیرهای شبیه‌سازی شده است. لذا

20- General Circulation Model

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

خروجی‌های حاصل از این مدل‌ها، در مقیاس ایستگاهی و حتی حوضه آبخیز قابل استفاده نیستند. بنابراین لازم است که خروجی‌های این مدل‌ها ریزمقیاس گردند. ریزمقیاس نمایی داده‌های حاصل از مدل‌های گردش عمومی جو معمولاً به دو روش آماری و دینامیکی صورت می‌گیرد (بابائیان و همکاران، ۱۳۸٦). روش‌های دینامیکی جزء روش‌های هزینه‌بر بوده و نیاز به سامانه‌های پردازش موازی دارند. معتبرترین روش دینامیکی-آماری است. در این روش ابتدا برونداد مدل گردش عمومی به روش دینامیکی ریزمقیاس می‌شود سپس خروجی‌ها به روش‌های آماری واسنجی و اصلاح می‌شوند.

سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای

گازهای عمده در جو زمین شامل دی‌اکسید کربن، متان و بخارآب، نقش طبیعی را در حفظ گرمای جو زمین ایفاء می‌کنند. انرژی خورشیدی که وارد جو زمین می‌گردد، غالب آن مجدداً از سطح زمین و اقیانوس‌ها بازتابش می‌یابد. گازهای گلخانه‌ای مقداری از گرما را گرفته و مانع خروج آن از جو می‌شود. این مسأله باعث می‌شود دمای سطح زمین به شکل معقولی در یک دوره طولانی‌مدت افزایش یابد. با توجه به عدم قطعیت دوره‌های آینده، سناریوهای زیادی برای انتشار گازهای گلخانه‌ای و رشد اقتصاد و جمعیت در دوره‌های آتی در نظر گرفته می‌شود. خصوصیات سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای مورد استفاده در این مطالعه در (جدول ۱) آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات سناریوهای انتشار A1B، A2 و B1 (http://climate.mihanblog.com)

سناریوی انتشار	ویژگی
A1B	رشد سریع اقتصادی، بیشینه رشد جمعیت در نیمه قرن و پس ازآن روند کاهشی، رشد سریع فناوری‌های نوین و مؤثر
A2	رشد سریع جمعیت جهان، اقتصاد ناهمگن و همسو با شرایط منطقه‌ای در سراسر جهان،
B1	همگرایی جمعیت در سطح جهان، تغییر در ساختار اقتصاد، کاهش مواد آلاینده و معرفی منابع فناوری پاک و موثر

معرفی مدل LARS- WG

الگوی LARS-WG یکی از روش‌های آماری ریزگردانی جهت شبیه‌سازی داده‌های روزانه بارش، تابش، بیشینه و کمینه دمای یک ایستگاه از داده‌های مدل‌های GCM است. ابتدا داده‌ها باید در سطح نقطه و یا حوضه آبخیز ریزمقیاس گردند. الگوهای مصنوعی مولد پارامترهای هواشناسی الگوهای عددی هستند که خروجی الگوهای گردش عمومی جو را با استفاده از روش‌های آماری به نحوی ریزگردانی می‌کنند که به مقدار واقعی در مقیاس ایستگاهی بسیار شباهت دارد. در این مدل (LARS-WG) از توزیع‌های آماری نیمه‌تجربی استفاده شده است که برآورد دما براساس سری‌های فورینه انجام می‌گیرد و دمای بیشینه و کمینه روزانه به‌صورت فرآیندهای تصادفی با میانگین و انحراف معیارهای روزانه که به وضعیت‌تر یا خشک روز مورد نظر وابسته‌اند، الگوسازی می‌شود. سری

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

فورینه مرتبه سوم برای شبیه‌سازی میانگین و انحراف معیار درجه حرارت‌های فصلی به‌کار می‌رود (سیمونو[21] و همکاران، ۱۹۹۸). به‌دلیل نبود ایستگاه سینوپتیک در داخل حوضه آبخیز باراندوزچای، در این مطالعه از میانگین وزنی داده‌های دو ایستگاه سینوپتیک ارومیه و پیرانشهر برای مطالعه حوضه آبخیز باراندوزچای استفاده می‌گردد. ابتدا با استفاده از روش وزن‌دهی، بین خروجی ۹ مدل گردش عمومی جو مورد استفاده در این مطالعه (از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۰۹ میلادی) و داده‌های دیدبانی دوره پایه (از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۰۹ میلادی)، دو مدل که بیش‌ترین ضریب وزنی را دارند، (بیش‌ترین مطابقت را با دوره گذشته داشتند) انتخاب گردیده و برای شبیه‌سازی دوره آتی از خروجی آن‌ها استفاده می‌گردد. سپس اقدام به ارزیابی عملکرد مدل LARS-WG برای تولید پارامترهای اقلیمی مورد مطالعه می‌گردد. پس از اطمینان از دقت عملکرد مدل، اقدام به تولید سری‌های زمانی روزانه پارامترهای اقلیمی دوره آتی با استفاده از سناریوهای مختلف دو مدل برتر می‌گردد. در نهایت روند تغییرات دما و بارندگی در دوره آتی نسبت به دوره پایه ارزیابی می‌گردد.

یافته‌ها و بحث

در این مطالعه، چون هیچ ایستگاه سینوپتیکی در داخل حوضه‌ی مورد مطالعه وجود نداشت، لذا به اجبار از ایستگاه‌های اطراف حوضه استفاده گردید. بدین صورت که با استفاده از روش تیسن پلیگون، ابتدا تأثیر هر یک از ایستگاه‌های سینوپتیک ارومیه، مهاباد و پیرانشهر را بر روی حوضه‌ی آبخیز باراندوزچای به‌دست آوردیم. فاصله‌ی حوضه‌ی آبخیز مورد مطالعه با ایستگاه سینوپتیک ارومیه ۲۲ کیلومتر، با ایستگاه پیرانشهر ۵۱ کیلومتر و با ایستگاه مهاباد ٦۳ کیلومتر است. با توجه به تیسن مربوط بین سه تا ایستگاه، ایستگاه مهاباد به‌دلیل فاصله زیاد با حوضه‌ی باراندوزچای، نمی‌تواند تأثیری بر روی میانگین وزنی پارامترهای هواشناسی حوضه‌ی آبخیز داشته باشد. ایستگاه ارومیه به‌دلیل نزدیکی، بیش‌ترین تأثیر با ضریب ۰/۸۹ و ایستگاه پیرانشهر تأثیر ۰/۱۱ را در میانگین وزنی دارا می‌باشند. پارامترهای هواشناسی مربوط به دو ایستگاه با استفاده از رابطه‌ی ۱ به‌دست آمده و برای ورود به مدل LARS-WG آماده گردید.

$$W = \frac{(P_A S_A + P_B S_B)}{S_T}$$ رابطه (۱)

که در آن P_A و P_B به‌ترتیب ضرایب وزنی ایستگاه‌های ارومیه و پیرانشهر و S_A و S_B مساحت مربوط به ایستگاه ارومیه و پیرانشهر هستند. S_T مساحت کل حوضه می‌باشد. مقادیر مربوط به P_A و P_B به‌ترتیب برابر با ۰/۸۹ و ۰/۱۱ در نظر گرفته می‌شود. مقدار S_T هم برابر یک است. W وزن نهایی پارامتر اقلیمی مربوط به حوضه‌ی آبخیز باراندوزچای جهت استفاده در مدل LARS-WG می‌باشد. ناگفته نماند این روش ممکن است موجب تعدیل بارش‌های حدی در حوزه باراندوزچای گردد چرا که هرگونه میانگین‌گیری بارش چنین تبعاتی را در رفتار بارش

21- Semenov

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

حوضه خواهد داشت. باتوجه به عدم قطعیت مطالعات تغییراقلیم و خروجی حاصل از مدل‌های GCM مختلف، انتخاب بهترین مدل GCMای که با منطقه سازگار است، برای کاهش عدم قطعیت ضروری است. در این مطالعه برای انتخاب بهترین مدل GCM، از بین ۹ مدل بررسی شده موجود در جدول ۱، ابتدا با استفاده از روش وزنی بین خروجی مدل‌های GCM و داده‌های مشاهداتی دوره‌ی پایه برای حوضه آبخیز باراندوزچای (از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۰۹)، دو مدل که بیش‌ترین وزن را دارند، انتخاب می‌شوند. با توجه به ضرایب وزنی مدل‌های مورد مطالعه که با استفاده از رابطه ۲ به‌دست می‌آید و مقایسه آن‌ها با یکدیگر مشاهده می‌گردد که مدل‌های CNRMCM3 و IPSLCM4 دارای بیش‌ترین ضرایب وزنی هستند. یعنی با توجه به داده‌های دوره دیدبانی و خروجی حاصل از مدل‌های GCM مختلف برای همین دوره که در سایت محیط‌زیست کشور کانادا برای این منطقه و دوره زمانی مورد نظر موجود است، این دو مدل دارای بیش‌ترین شباهت و نزدیکی با گذشته‌ی حوضه آبخیز باراندوزچای می‌باشند و لذا در این مطالعه از این دو مدل برای مطالعات دوره آتی و کاهش عدم قطعیت استفاده می‌گردد. مدل CNRMCM3 دارای دو سناریوی A1B و A2 و مدل IPSLCM4 دارای سه سناریوی A1B، A2 و B1 در نرم‌افزار LARS-WG هستند.

رابطه‌ی (۲) $\frac{1}{(\mathrm{ABS}(\Delta \mathrm{T}(\mathrm{GCM}))}$

رابطه (۲) بیانگر عکس قدرمطلق اختلاف مقادیر پارامترهای اقلیمی مشاهده شده در ایستگاه مورد مطالعه، با مقادیر به‌دست آمده از مدل‌های GCM مختلف برای منطقه مورد مطالعه در دوره‌ی پایه ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ میلادی می‌باشد. که در نهایت مقادیر به‌دست آمده، برای مدل‌های مختلف و به ازاء تمام سال‌ها را باهم جمع نموده و فراوانی نسبی برای هر سال به‌دست می‌آید که با میانگین‌گیری از آن به ازاء تمام سال‌ها، وزن هر مدل به‌دست می‌آید. (جدول ۲) نتایج حاصل از وزن ۹ مدل GCM و انتخاب بهترین مدل برای مطالعات اقلیمی در حوضه‌ی آبخیز باراندوزچای را نشان می‌دهد.

جدول ۲- ضرایب وزنی مدل‌های GCM مورد مطالعه برای حوضه‌ی آبخیز باراندوزچای

نوع مدل	ضریب وزنی
BCM2	۰/۰٦۱۸
CNRMCM3	۰/٤٤٥۱
FGOALS	۰/۱٦٦۰
GFDLCM2.1	۰/۱۰٦٤
HADCM3	۰/۰۳۷۵
HADGEM	۰/۰۷٤٤
IPSLCM4	۰/۲٤٦۹
ECHO-G	۰/۱۵۱۵
NCARPCM	۰/۰۷٤۲

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

ارزیابی عملکرد مدلLARS-WG

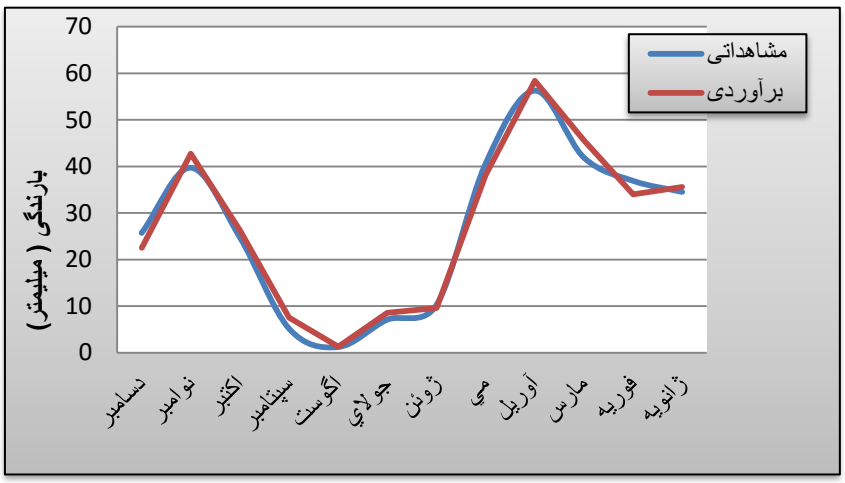
این مدل از سه بخش واسنجی، ارزیابی و تولید داده‌های هواشناسی دهه‌های آتی تشکیل گردیده است. در مرحله‌ی ارزیابی و عملکرد مدل با استفاده از آماره‌های ضریب تبیین (R^2)، میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین خطای مطلق (MAE) که به‌ترتیب به‌صورت روابط ۳ و ٤ و ٥ می‌باشند، اقدام به ارزیابی عملکرد مدل در دوره‌ی پایه گردید. نتایج ارزیابی مدل LARS-WG در (جدول ٤) آمده است.

رابطه‌ی (۳)
$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})(Y_i-\bar{Y})\right]^2}{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\bar{X})^2 \sum_{i=1}^{n}(Y_i-\bar{Y})^2}$$

رابطه‌ی (٤)
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-Y_i)^2}{n}}$$

رابطه‌ی (٥)
$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}|X_i-Y_i|}{n}$$

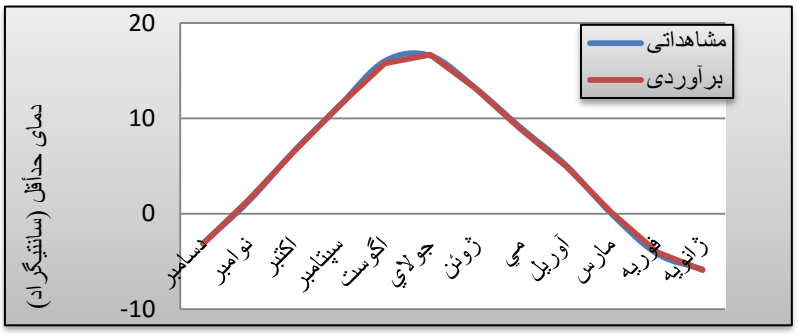
در این روابط X_i و Y_i به‌ترتیب iامین داده واقعی (مشاهده شده) و شبیه‌سازی شده (توسط مدل)، $\bar{X}$و $\bar{Y}$ میانگین کل داده‌های X_i و Y_i ، و n تعداد کل نمونه‌های مورد ارزیابی می‌باشند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های دو جامعه (داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده) با آزمون T بیانگر عملکرد قابل قبول مدل است (در سطح معنی‌داری ۰/۹۵ درصد). نتایج حاصل از عملکرد مدل LARS-WG در مقایسه میانگین‌های ماهانه در شبیه‌سازی فرآیند بارش در (شکل ۲) قابل مشاهده است. همچنین نتایج گرافیکی مقایسه میانگین‌ها، ناشی از عملکرد مدل LARS-WG در شبیه‌سازی دمای حداقل و حداکثر ماهانه به‌ترتیب در (اشکال ۳ و ٤) نشان داده شده است.



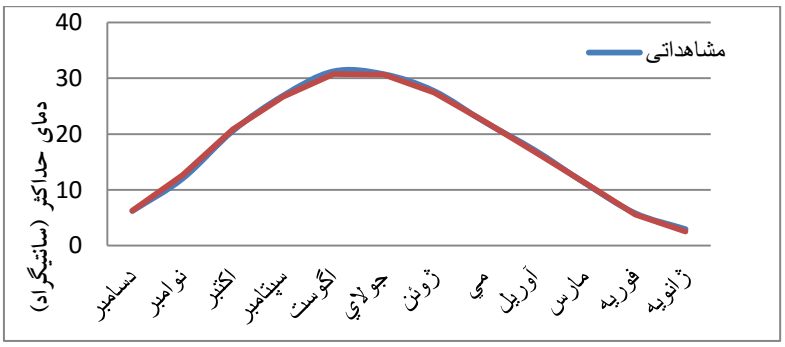
شکل ۲: ارزیابی عملکرد مدل LARS- WG در شبیه‌سازی میانگین‌های بارندگی

(شکل ۲) عملکرد مدل LARS-WG را درشبیه‌سازی فرآیند بارش نشان می‌دهد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]



شکل ۳: ارزیابی عملکرد مدل LARS- WG در شبیه‌سازی میانگین‌های دمای حداقل



شکل ٤: ارزیابی عملکرد مدل LARS- WG در شبیه‌سازی میانگین‌های دمای حداکثر

جدول ۳- ارزیابی معنی‌داری مدل LARS- WG در میانگین ماهانه پارامترهای اقلیمی با استفاده از آزمون T در سطح اطمینان ۹۵ درصد در شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی

ماه	بارندگی	دمای حداقل	دمای حداکثر
ژانویه	۰/٤۳۱	۰/۸٥٤	۰/۱۳۳
فوریه	۰/۹٦	۰/۸۸۹	۰/۲۷٤
مارس	۰/۸٦۹	۰/٦٤۳	۰/۷۹۹
آوریل	۰/٥۷٥	۰/۸٥۳	۰/۹۷۹
می	۰/٤۱٦	۰/۳۸	۰/۷۹٥
ژوئن	۰/٤٤۹	۰/۹٥۹	۰/۲٤۸
جولای	۰/۸۷۲	۰/۹۳۷	۰/٥۳۷
اگوست	۰/۳٤۹	۰/۱۱۹	۰/۰۷۸
سپتامبر	۰/۷٥۹	۰/۹٦۲	۰/٥٤٤
اکتبر	۰/٥۱۳	۰/٥۹۱	۰/٦۷٦
نوامبر	۰/٦٤۹	۰/٥٤٥	۰/۰۹۹
دسامبر	۰/۷۹۱	۰/٦٤۹	۰/٥٦٥

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

با توجه به نتایج حاصل از (جدول ۳)، برای تمام ماه‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد، مقادیر Pvalue به‌دست آمده بیش‌تر از $\alpha=0.05$ می‌باشند. لذا بین میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. این نتایج عملکرد بسیار خوب مدل LARS-WG را در شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی نشان می‌دهد.

جدول ٤- نتایج حاصل از ارزیابی و صحت‌سنجی عملکرد مدل LARS-WG برای حوضه آبخیز باراندوزچای

ضرایب عملکرد	دمای حداقل	دمای حداکثر	بارندگی
R^2	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹٤
RMSE	۰/۱۲۱	۰/۳	۳/۳۱
MAE	۰/۱۰۵	۰/۲۵	۲/٤۷

همان‌گونه که در (جدول ٤) مشاهده می‌گردد، مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG در شبیه‌سازی داده‌های دمایی و بارندگی در منطقه‌ی مورد مطالعه دارای دقت بالایی است. نتایج حاصل از آزمون اسمیرنوف-کولموگروف در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد نیز حاکی از عملکرد خوب این مدل در منطقه‌ی مورد مطالعه بود. نتایج گرافیکی مقایسه میانگین‌های ماهانه همان‌گونه که در (اشکال ۲ و ۳ و ٤) نشان داده شده است، نشان‌دهنده عملکرد خوب مدل در شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی است.

مدل LARS-WG دارای سه دوره زمانی پیش‌بینی برای آینده است. اولین دوره پیش فرض مدل‌سازی دوره آتی در این مدل از سال ۲۰۱۱ تا سال ۲۰۳۰ میلادی است. در این مطالعه پیش‌بینی با استفاده از دوره پیش فرض (۲۰۳۰-۲۰۱۱) و به تعداد ۳۰ انجام گردید. درواقع در مرحله‌ی بعدی اقدام به تولید داده‌های اقلیمی برای دوره آینده (از سال ۲۰۱۱ تا سال ۲۰٤۰) می‌گردد.

(جداول ۵ و ٦) میانگین تغییرات دمای حداقل و حداکثر دوره پایه (۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ میلادی) نسبت به دوره آتی را (۲۰۱۱ تا ۲۰٤۰ میلادی) نشان می‌دهند. با توجه به نتایج حاصل از (جدول ۵)، تغییرات دمای حداقل ماهانه در خوشبینانه‌ترین سناریو نیز روند افزایشی دارد. در مجموع تحت سناریوی A1B مدل CNRMCM3، تغییرات دمای حداقل بیش‌ترین افزایش را از خود نشان می‌دهد. تغییرات دمای حدأکثر ماهانه در اکثر ماه‌ها و سناریوها مثبت بوده و در مجموع بیش‌ترین افزایش در تغییرات میانگین دمای حدأکثر ماهانه مربوط به سناریوی A1B مدل IPSLCM4 است.

در (جدول ۷) تغییرات بارش ماهانه دوره‌ی پایه نسبت به دوره‌ی آتی در حوضه‌ی آبخیز باراندوزچای مشاهده می‌گردد. در مجموع بیش‌ترین افزایش در میزان میانگین بارندگی‌های دوره آتی، تحت سناریوی A2 مدل CNRMCM3 مشاهده می‌گردد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

جدول ۵- تغییرات دمای حداقل ماهانه دوره‌ی آتی (۲۰۱۱-۲۰۴۰) نسبت به دوره‌ی پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۹) در حوضه‌ی آبخیز باراندوزچای برحسب درجه سانتی‌گراد

ماه	مدلCNRMCM3		مدل IPSLCM4		
	سناریوی A1B	ستاریوی A2	سناریوی A1B	ستاریوی A2	سناریوی B1
ژانویه	۰/۱٤	۰/۵	۰/۷٤	۰/۳۹	۰/۲۹
فوریه	۰/۷۱	۲/٤۹	۱/۱۲	۰/٦۹	۰/۵۵
مارس	۰/۹	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/٤۵	۰/٤۷
آوریل	۰/۸۷	۰/۸٤	۰/۵۹	۰/۲۹	۰/۳٤
می	۱/۳٤	۰/۷٤	۰/۳٤	۰/٤۳	۰/۳۸
ژوئن	۵/۹	۰/۷۱	۰/۳۹	۰/٦۹	۰/٦۷
جولای	۰/۸۳	۰/٦۹	۰/٦٤	۰/۸۱	۰/۹۸
اگوست	۰/٦۳	۰/۵	۰/۵۸	-۰/۳۹	۰/۸٦
سپتامبر	۰/۸٤	۰/۸۳	۰/۸٦	۰/۷۹	۱
اکتبر	۰/۵۲	۰/٦٤	۰/۷	۰/٤۹	۰/٦۳
نوامبر	۰/٦۳	۰/۹۱	۰/۹۹	۰/۷	۰/۷۸
دسامبر	۰/۱۳	۰/۵	۰/٦٦	۰/۳۵	۰/۳۷

جدول ٦- تغییرات دمای حداکثر ماهانه دوره‌ی آتی (۲۰۱۱-۲۰۴۰) نسبت به دوره‌ی پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۹) در حوضه‌ی آبخیز باراندوزچای برحسب درجه سانتی‌گراد

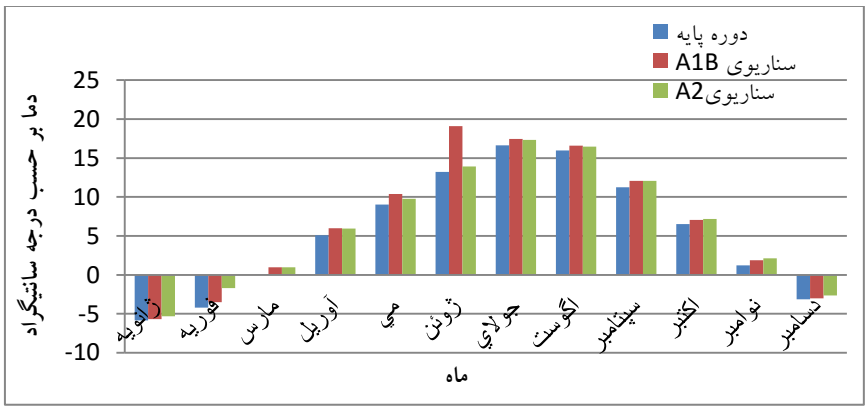
ماه	مدل CNRMCM3		مدل IPSLCM4		
	سناریوی A1B	ستاریوی A2	سناریوی A1B	ستاریوی A2	سناریوی B1
ژانویه	-۰/۱۸	۰/۱۸	۰/٤۲	۰/۰۷	-۰/۰۳
فوریه	۰/۲۵.	۰/۱۸	۰/٦٦	۰/۲۳	۰/۱
مارس	۰/۷	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۲٦	۰/۲۷
آوریل	۰/۷۳	۰/۷	۰/٤٤	۰/۱۳	۰/۱۹
می	۰/۹۹	۰/۹۵	۰/۵۵	۰/٦٤	۰/۵۹
ژوئن	-٤/۸۵	۰/۵۱	۰/۱۷	۰/۵۲	۰/٤۸
جولای	۰/٦٤	۰/٤	۰/۳٦	۰/٦۲	۰/۷
اگوست	۰/۲۵	۰/۱۹	۰/۲٤	-۰/۷۳	۰/۵۲
سپتامبر	۰/٤۳	۰/٤۳	۰/٤٦	۰/۳۸	۰/۵۹
اکتبر	۰/۹۸	۱/۱	۱/۱٦	۰/۹٤	۱/۰۸
نوامبر	۱/۱۷	۱/٤۵	۱/۵۳	۱/۲۳	۱/۳۱
دسامبر	۰/۲۹	۰/٦۸	۰/۸۳	۰/۵۲	۰/۵۵

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

جدول ۷- تغییرات بارش ماهانه دوره‌ی آتی (۲۰۱۱-۲۰۴۰) نسبت به دوره‌ی پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۹) در حوضه‌ی آبخیز باراندوزچای برحسب میلی‌متر

ماه	مدل CNRMCM3		مدل IPSLCM4		
	سناریوی A1B	ستاریوی A2	سناریوی A1B	ستاریوی A2	سناریوی B1
ژانویه	-٤/١٧	-١/٦	-٢/٩٤	-٠/٨٥	-١/٧٥
فوریه	-٧/٥٦	-٥/٧٦	-٥/٢٣	-٣/٢	-٤/٢٢
مارس	٢/٥٣	٤/٥٣	٤/٩٧	٧/٩٨	٥/٨٩
آوریل	-٣/٠٧	٣/١٤	١/٢٣	٢/٧٧	١/٨٢
می	-١٠/٧	-٧/٨٩	-٨/٢١	-١٠/٥١	-٨/٥٧
ژوئن	٠/٩٥	١/٨٤	٠/٩٨	-٠/٣٨	٠/٣٢
جولای	٢/٥٢	١/٩٨	١/٧٢	١/٦٩	٠/٧١
اگوست	-٠/٠١	-٠/٠٩	-٠/١٢	-٠/٠٦	-٠/٢
سپتامبر	٣/١٢	٤/٠٢	٢/١٥	٢/٤٨	٢/٤١
اکتبر	٦/١٦	١١/٤٢	٢/٢٤	٣/٤٤	٣/٨٤
نوامبر	١٤/٦١	٢٢/٢٩	٥/٧٤	٦/٨	٦/٣٢
دسامبر	-٢/١٢	٠/٥	-٣/٩٨	١/٥٥	-٣/٨٣

با توجه به نتایج به‌دست آمده از (جداول ۵ تا ۷) ، در دوره آتی افزایش دمای هوا در فصول پاییز و زمستان نسبت به بهار و تابستان بیش‌تر می‌گردد و این افزایش می‌تواند تا نزدیک ۱ درجه سانتی‌گراد باشد. تغییرات بارش ماهانه (دوره‌ی پایه نسبت به دوره‌ی آتی) در ماه‌های ژانویه، فوریه، می، اگوست و دسامبر تحت مدل CNRMCM3 و دو سناریوی A1B و A2 و مدل IPSLCM4، تحت سه سناریوی A1B و A2 و B1 منفی خواهد بود. یعنی در دوره‌ی آتی در این ماه‌ها میزان بارندگی کاهش خواهد یافت و این کاهش تحت سناریوی A1B در دو مدل مذکور و ماه می بیش‌تر از سایر ماه‌ها می‌باشد. (اشکال ۵ تا ۱۰)، میانگین‌های ماهانه دمای حداقل، دمای حداکثر و بارندگی دوره گذشته (پایه) نسبت به دوره آینده را برای تمام ماه‌ها نشان می‌دهند. همچنین میزان تغییرات ناشی از تأثیر تغییر اقلیم بر پارامترهای مذکور، تحت تأثیر تغیراقلیم نشان داده شده است.

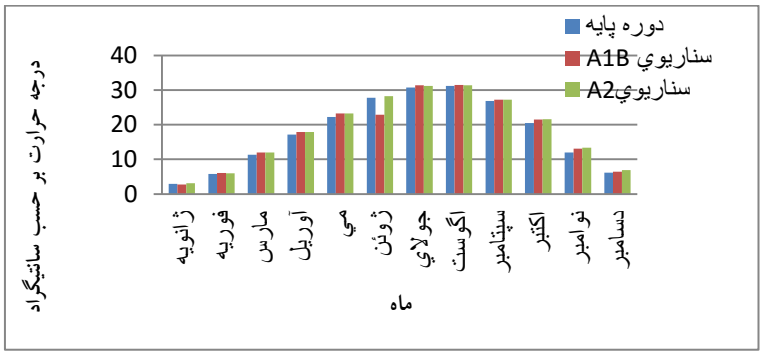


شکل ۵: میانگین دمای حداقل دوره‌ی پایه (۱۹۹۲- ۲۰۰۹) و مدل CNRMCM3 تحت تاثیر دو سناریوی A1B و A2

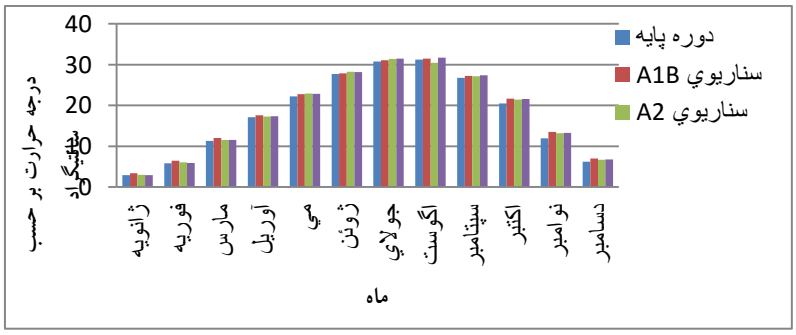
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]



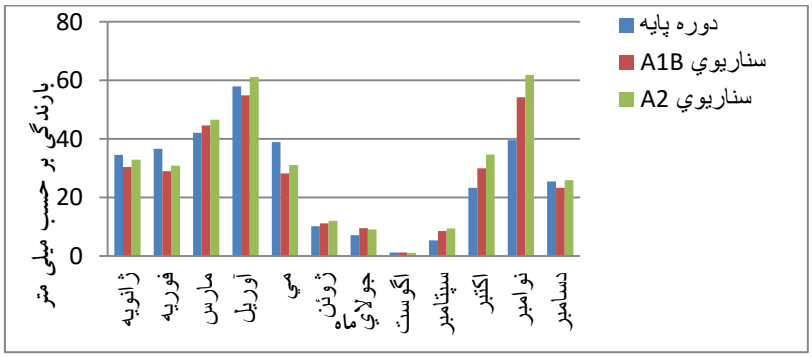
شکل ٦: میانگین دمای حداقل دوره‌ی پایه (۱۹۹۲- ۲۰۰۹) و مدل IPSLCM4 تحت تاثیر سه سناریوی A1B و A2 و B1



شکل ۷: میانگین دمای حداکثر دوره‌ی پایه (۱۹۹۲- ۲۰۰۹) و مدل CNRMCM3 تحت تاثیر دو سناریوی A1B و A2

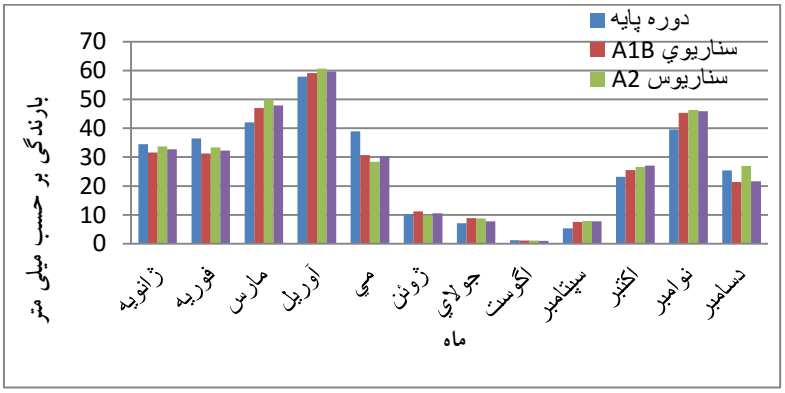


شکل ۸: میانگین دمای حداقل دوره‌ی پایه (۱۹۹۲- ۲۰۰۹) و مدل IPSLCM4 تحت تاثیر سه سناریوی A1B و A2 و B1



شکل ۹: میانگین بارندگی دوره‌ی پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۹) و مدل CNRMCM3 تحت تاثیر دو سناریوی A1B و A2

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]



شکل ۱۰: میانگین بارش دوره‌ی پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۹) و مدل IPSLCM4 تحت تاثیر سه سناریوی A1B و A2 و B1

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، تغییرات دمای حداقل و حداکثر دوره‌ی پایه نسبت به دوره‌ی آتی در حوضه‌ی آبخیز باراندوزچای در تمام ماه‌ها و سناریوهای دو مدل CNRMCM3 و IPSLCM4 مثبت است. بدین معنی که دماهای حداقل و حداکثر در دوره‌ی آتی نسبت به دوره‌ی پایه افزایش خواهد یافت. به‌طوری که این تغییرات در ماه نوامبر بیش‌ترین مقدار خواهد بود. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این مطالعه می‌توان به این نتیجه رسید که در دوره آتی افزایش دمای هوا در فصول پاییز و زمستان نسبت به بهار و تابستان بیش‌تر می‌گردد و این افزایش می‌تواند تا نزدیک ۱ درجه سانتی‌گراد باشد. تغییرات بارش ماهانه (دوره‌ی پایه نسبت به دوره‌ی آتی) در ماه‌های ژانویه، فوریه، می، اگوست و دسامبر تحت مدل CNRMCM3 و دو سناریوی A1B و A2 و مدل IPSLCM4، تحت تأثیر سه سناریوی A1B و A2 و B1 منفی خواهد بود. یعنی در دوره‌ی آتی در این ماه‌ها میزان بارندگی کاهش خواهد یافت و این کاهش تحت سناریوی A1B در دو مدل مذکور و ماه می بیش‌تر از سایر ماه‌ها می‌باشد. در ماه‌های مارس، ژوئن، جولای، سپتامبر و اکتبر میزان تغییرات مثبت می‌باشد. یعنی میانگین بارندگی در این ماه‌ها نسبت به دوره‌ی پایه افزایش خواهد یافت. آنچه که مسلم است این است که میانگین سالانه بارندگی تحت تمام سناریوهای دو مدل مورد مطالعه افزایش خواهد یافت، به‌طوری که میانگین سالانه دوره‌ی پایه ۲۸۷/۳۷ میلی‌متر است و این میزان برای دوره‌ی آتی و دو سناریوی A1B و A2 مدل CNRMCM3 به‌ترتیب برابر ۳۲٤/۵۵ و ۳۵٦/۲۸ میلی‌متر و برای سه سناریوی A1B و A2 و B1 مدلIPSLCM4 به‌ترتیب برابر با ۳۲۰/٤٤ و ۳۳۳/٦ و ۳۲٤/٦۳ میلی‌متر خواهد بود که بیش‌ترین افزایش را سناریوی A2 مدل CNRMCM3 با میزان ٦۸/۹۱ میلی‌متر (۲٤ درصد) نسبت به دوره‌ی پایه خواهد داشت. از طرف دیگر افزایش دما در فصول رویش گیاهی (فصول بهار و تابستان) می‌تواند تأثیرات منفی زیادی بر روی چرخه رویش نباتی و کشاورزی منطقه بگذارد و چرخه خواب درختان و رویش گیاهی را مختل نماید. علاوه بر این با افزایش دما، میزان تبخیر و تعرق بیش‌تر شده و نیاز آبی موجودات زنده بیش‌تر می‌گردد و این مسأله می‌تواند کل اکوسیستم طبیعی را مختل نموده و هرگونه افزایش بارشی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

را کم اثر نماید. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد در فصل بهار میزان بارندگی‌ها کاهش قابل‌توجهی خواهد دارد. با توجه به روند تغییرات دما در دوره‌های آتی و گرم شدن فصل زمستان و پاییز، آنچه که می‌تواند اهمیت زیادی داشته باشد، تغییر الگوی بارش است. به‌طوری‌که رژیم بارش در فصل زمستان در حوضه‌ی آبخیز مورد مطالعه که بیشتر به‌صورت برفی است و به‌عنوان منبع ذخیره‌ای مناسبی برای آب‌های زیرزمینی منطقه می‌باشد، به‌دلیل افزایش دما تغییر نموده و به بارن تبدیل می‌گردد که نیازمند مطالعات بیش‌تر و دقیق‌تری در این زمینه می‌باشد ولی آنچه که مسلم است تغذیه منابع آب‌های زیرزمینی عمدتاً از طریق ذوب تدریجی برف انجام می‌شود تا باران. از طرف دیگر با کاهش قابل توجه میزان بارندگی در فصل رویش گیاهی و به خصوص بهار این مشکل حادتر می‌گردد. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، در کل برای فصول تابستان و پاییز افزایش میزان بارندگی‌ها پیش‌بینی می‌گردد. هر چند افزایش بارندگی در سناریوهای مورد مطالعه این مدل‌ها مشاهده می‌گردد ولی افزایش دما می‌تواند این افزایش بارندگی را با افزایش میزان تبخیر و تعرق و افزایش نیاز آبی گیاهان خنثی نماید. نظر بر اهمیت پدیده‌ی تغییراقلیم و غیرقابل انکار بودن این پدیده در دوره‌های آتی، لزوم برنامه‌ریزی جامع و کاربردی برای حفظ اکوسیستم حوضه‌ی آبخیز مورد مطالعه ضروری است. با توجه به این‌که رودخانه باراندوزچای یکی از رودخانه‌های مهم تغذیه‌کننده دریاچه ارومیه است و نظر بر بحران دریاچه ارومیه و اهمیت استراتژیک این حوضه‌ی آبخیز، مدیریت منابع آب این حوضه بیش از بیش ضروری می‌باشد. لذا توصیه می‌گردد که جهت مدیریت صحیح و اصولی برای توسعه پایدار منطقه، اقدامات مدیریتی مناسبی جهت حفاظت از منابع آب‌وخاک در دوره‌های آتی صورت پذیرد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

منابع

- اشرف، ب؛ موسوی بایگی، م؛ کمالی، غ؛ داودی، ک (۱۳۹۰)، «بررسی روند تغییر پارامترهای اقلیمی مشهد در دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ با استفاده از داده‌های شبیه‌سازی توسط مدل LARS-WG»، مجموعه مقالات نخستین کنفرانس ملی هواشناسی و مدیریت آب کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی تهران، صص ۱۲۹-۱۲۳.

- بابائیان، ا؛ نجفی‌نیک، ز؛ حبیبی نوخندان، م؛ زابل عباسی، ف؛ ادب، ح؛ ملبوسی، ش (۱۳۸٦)، «مدل‌سازی اقلیم ایران در دوره‌ی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری خروجی مدل ECHO-G»، کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم بر مدیریت منابع آب.

- عباسی، ف؛ لبوسی، ش؛ بابائیان، ا؛ اثمری، م؛ برهانی، ر (۱۳۸۹)، «پیش‌بینی تغییرات اقلیمی خراسان جنوبی در دوره‌ی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری خروجی مدل ECHO-G»، ***نشریه آب‌وخاک*** (علوم و صنایع کشاورزی)، شماره ۲، صص ۲۳۳-۲۱۸.

- محمدی، ح؛ تقوی، ف (۱۳۸٤)، «روند شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران»، ***پژوهش‌های جغرافیایی***، شماره ۵۳، صص ۱۷۲-۱۵۱.

- مهدی‌زاده، ص؛ مفتاح حلقی، م؛ قاسمی، س؛ مساعدی، ا (۱۳۹۰)، «بررسی تأثیر تغییراقلیم بر میزان بارش در حوضه سد گلستان»، ***مجله پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک***، شماره ۱۸، صص ۱۷-۱.

- Karamouz, M., Fallahi, M., Nazif, S., Rahimi Farahani, M., (2009), "Long Lead rainfall prediction using statistical downscaling and artificial neural network modeling", ***Journal of Sharif University of Technology***, 16: 165-171.

- "Climate change in Western ski areas: Potential changes in the timing of wet avalanches and snow quality for the Aspen ski area in the years 2030 and 2100, ***Cold Regions Science and Technology***, 51: 219-228.

- Andrew, R. L., Damon, M. H., (2009), "Climate engineering and the risk of rapid climate change", ***Environmental Research Letters***, 4 [on line]: http://climate.mihanblog.com, (October-December) 1/4/2009.

- Elshamy, M. E., Wheater., H. S., Gedney, N., Hunting C., (2005), "Evaluation of the rainfall component of weather generator for climate change studies", ***Journal of Hydrology***, 326:1-24.

- IPCC., (2007), "Summary for Policymakers", in: Solomon, S., Qin, D., M., Manning, Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., Miller, H., (eds.) Climate Change: The Physical Science Basin, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental", Core Writing Team, Pachauri, R. K. and Reisinger, A., (Eds.), Geneva, Switzerland. pp104.

- Johnson, G. L., Hanson, C. L., Hardegree, S. P., Ballard, E. B., (1996), "stochastic weather simulation: overview and analysis of two commonly used models", ***J. Applied Meteorology*** 35: 1878-1896.

- Leander, R., Bouishan, T. A., (2006), "Resampling of regional climate model output for the simulation of extreme river flows", ***Journal of Hydrology***, 323: 487-496.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]

- Loukas, A., Vasiliades, L., Tzabiras, J., (2008), "Climate change effects on drought severity", ***Geosci***, 17: 23-29.
- Miller, N, l., (2004), "Potential impacts of climate change on California hydrology", ***J. of the American Water Resources Association (JAWRA)***, 39 (4):771-784.
- Samadi, Z., Masah Bavani, A., Mahdavi, M., (2007), "Study of regression downscaling methods effect on river flow regime", Workshop on Climate Change Effects On Water Resources Management, Tehran, Iranian national committee.
- Semenov, M. A., Brooks, R. J., Barrow, E. M., Richardson, C.W., (1998), "Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators in diver's climates", ***Climate Research***, 10: 14-30.
- Wilby, R. L., Dawson, C.W., (2013), "The statistical downscaling model :insights from one decade of application", ***International Journal of Climatology***, 33 (7): 1707–1719.
- Willby, R. L, Dawson, C.W., Barrow, E, M., (2001), "SDSM Version 3.1 –A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts, Department of Computer Science, Loughborough University**,** Environment Agency of England and Wales.
- Zhao, Y., Camberlin, P., Richard, Y., (2005), "Validation of a coupled GCM and projection of summer rainfall change over South Africa, using a statistical downscaling method", ***Climate Research***, 28: 109-122.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-01]