Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:05 IRDT on Saturday May 30th 2026

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

سال چهاردهم، شماره‌ی۴۶
تابستان ۱۳۹۳، صفحات ۲۱۱-۱۹۹

رسول دانش فراز[۱]
هادی رزاق پور[۲]

ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق پتانسیل در استان آذربایجان غربی

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۰۲/۰۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۰۵/۲۷

چکیده

بر هم خوردن تعادل سیستم اقلیمی ناشی از افزایش گازهای گلخانه ای بر اهمیت بررسی اثر تغییر اقلیم بر روی پارامترهای هیدرولوژیکی همچون تبخیر و تعرق می افزاید، از سوی دیگر پیش بینی های اقلیمی جهت استفاده در برنامه ریزی های کلان کشور ضروری به نظر می رسند. مدل LARS-WG یکی از مشهورترین الگوهای مولد داده های تصادفی وضع هوا است که مقادیر تولیدی توسط مجموعه داده های اتمسفری شبیه سازی شده اند و به منظور بررسی اثرات تغییر اقلیم می توانند مورد استفاده قرار بگیرند. در این تحقیق، با استفاده از داده های مشاهداتی بارش، دمای کمینه و بیشینه، ساعات آفتابی منطقه در دوره پایه و به کمک نوسانات اقلیمی حاصل از مدل گردش عمومی HadCM3 تحت سناریوهای انتشار A1B، A2 وB1 به بررسی میزان پتانسیل تبخیر و تعرق در سطح استان آذربایجان غربی پرداخته شده است. نتایج حاصل از مدل LARS-WG نشان می دهد در سطح استان در بازه زمانی

۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه مراغه E-mail: Daneshfaraz@yahoo.com
۲ -کارشناس ارشد مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه E-mail: hadirazzaghpour@ymail.com

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:05 IRDT on Saturday May 30th 2026

(۲۰۶۵-۲۰٤٦) نسبت به (۲۰۳۰-۲۰۱۱) میانگین مجموع پتانسیل تبخیر و تعرق، دمای متوسط، و مجموع بارش سالیانه تحت سناریوی A1B به ترتیب ۵۰/٤۰ میلی متر و ۲/۱۳ درجه سانتی گراد افزایش، و ۱۱۳/۸۹ میلی متر در سال کاهش، و تحت سناریوی A2، به ترتیب ۳۰/۸۲ میلی متر و ۱/۵۷درجه سانتی گراد افزایش، و ٤/۸۱ میلی متر در سال کاهش و تحت سناریوی B1، به ترتیب ۳۲/٤۹ میلی متر، ۱/۲۵درجه سانتی گراد و ۳۳/۰۷ میلی متر در سال افزایش خواهد داشت. نتایج حاکی از بحرانی بودن وضعیت منطقه تحت سناریوهای A2 و A1B به ترتیب برای دو دوره (۲۰۳۰-۲۰۱۱) و (۲۰۶۵-۲۰٤٦) می باشد.

کلید واژه ها: تغییر اقلیم، تبخیر و تعرق، آذربایجان غربی، مدل LARS–WG.

مقدمه

بر هم خوردن تعادل سیستم اقلیمی ناشی از افزایش گازهای گلخانه ای بر اهمیت بررسی اثر تغییر اقلیم بر روی پارامترهای هیدرولوژیکی همچون میزان تبخیر و تعرق می افزاید، از سوی دیگر پیش بینی های اقلیمی جهت استفاده در برنامه ریزی های کلان کشور ضروری به نظر می رسند. پیدایش مدل های گردش عمومی (GCM[۳]) و منطقه ای (RCM[٤]) این امکان را به وجود آورده است تا محققان بتوانند وضع هوا و اقلیم را در مقیاس های زمانی بلند مدت بررسی نمایند، به طوری که استفاده از این مدل ها به عنوان معتبرترین ابزار جهت مطالعات تغییر اقلیم می باشند. از طرفی دیگر خروجی این مدل ها دارای دقت مکانی و زمانی کافی برای مطالعات تاثیر تغییر اقلیم بر سیستم های هیدرولوژیکی نمی باشد، لذا استفاده از روش های ریز مقیاس نمایی مناسب می تواند نتایج حاصل از مطالعات تغییر اقلیم را معتبرتر سازد. از جمله مدل های ریز مقیاس نمایی می توان به مدل LARS-WG اشاره نمود. این مدل یکی از مشهورترین الگوهای مولد داده های تصادفی وضع هوا است که برای ایجاد سناریوهای اقلیم روزانه در یک ایستگاه خاص برای تولید مقادیر بارش، دما، تابش خورشیدی، تبخیر و تعرق پتانسیل تحت شرایط اقلیم پایه و آینده به کار می رود. در دهه های اخیر در زمینه مدل سازی اقلیمی مطالعات بسیار وسیعی در سطح منطقه ای و جهانی صورت پذیرفته که در ادامه به تعدادی از آنها اشاره می شود.

3-General Circulation Models
4-Regional Circulation Models

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:05 IRDT on Saturday May 30th 2026

ضرغامی و همکاران (۲۰۱۱)، تغییرات آب و هوایی شش ایستگاه سینوپتیک در استان آذربایجان شرقی را با استفاده از مدل HadCM3 و سه سناریوی انتشار A1B، A2 و B1 با افق‌های ۲۰۲۰، ۲۰۵۵ و ۲۰۹۰ با مولد تصادفی آب و هوای LARS-WG ریز مقیاس کرده و نتیجه گرفتند که بر اساس سناریو A2 در نیمه این قرن متوسط دمای سالانه ۲/۳ درجه سانتیگراد افزایش و بارش سالانه ۳ درصد کاهش خواهد یافت. استگان [۵](۲۰۱۱)، در مرحله اول با استفاده از ۱۵ مدل گردش عمومی جو تغییرات پیش بینی شده بارش و دمای ماهانه را گرد آوری نمودند. تغییرات در دما به طور یکنواخت بود ولی در مورد بارش حالت پایداری نداشت. و در مرحله بعد جهت ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر حوضه دریاچه تانا در اتیوپی با استفاده از ابزار SWAT به تبدیل تغییرات دما و بارش روزانه به تغییرات جریان و سایر مولفه های هیدرولوژیکی پرداختند. نتایج آنها به طور اختصاصی تحت سناریو انتشار A2 در چهار مدل از نه مدل گردش عمومی نشانگر کاهش معنی دار جریان سالانه در بازه ی زمانی ۲۱۰۰-۲۰۸۰ بود. سوویگنت و همکاران[۶] (۲۰۱۰)، عملکرد مدل ریز مقیاس نمایی آماری SDSM تحت سناریوهای A2 و B2 مدل گردش جو HadCM3 را مورد ارزیابی قرار دادند. از آنجایی که در مناطق کوهستانی خشک وقوع پتانسیل تغییر اقلیم و کاهش منابع آب شیرین زیاد است لذا، بالا دست حوضه خشک الکیو[۷] واقع در شیلی برای مطالعه در خصوص تغییرات فصلی بارش و دما انتخاب شده است. دمای حداقل و حداکثر برای روندهای خطی و نیز پدیده های حدی به دقت مورد شبیه سازی قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که روش SDSM از دقت قابل قبولی برای شبیه سازی بارش برخوردار نیست که یکی از دلایل می تواند تغییرات بین فصلی باشد. هاشمی و همکاران (۲۰۱۰)، توانایی هر دو مدل SDSM و LARS-WG برای شبیه سازی فرکانس بارش های حداکثر حاصل از شرایط فعلی حوضه کلوتا در جنوب نیوزیلند را مورد ارزیابی قرار دادند. علاوه بر این، داده های مربوط به شرایط آینده حاصل از ریز مقیاس نمایی مدل های گردش عمومی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از شبیه سازی نشان می دهد که هر دو مدل از توانایی قابل قبولی برای شبیه سازی مقادیر حداکثر بارش برخوردار است. بنابراین، با اطمینان می توان از این مدل ها برای مطالعه تغییر اقلیم مورد استفاده قرار داد. راج و موجومدار [۸] (۲۰۱۰)، برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر یک مخزن چند منظوره در ابتدا جریانات موسمی را برای دو دوره آتی ۲۰۶۵- ۲۰٤٦ و ۲۰۹۵- ۲۰۷۵ با ریز

5-Esteghan
6-Suvignet
7- Elqui
8-Raj and Mujumedar

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:05 IRDT on Saturday May 30th 2026

مقیاس نمودن خروجی های سه مدل گردش عمومی تحت سه سناریوی مختلف تولید نمودند. سپس در جهت کاهش اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد مخزن، سیاست بهره برداری بهینه ای را بوسیله برنامه ریزی دینامیک استوکستیک بعنوان سیاست جایگزین بکار گرفتند. هدف این سیاست بیشینه نمودن قابلیت اطمینان عملکردهای آبیاری، کنترل سیلاب و تولید برقابی یک مخزن چند منظوره بود و بیشترین وزن به ماکزیمم کردن قابلیت اطمینان تولید نیرو داده شد. نتایج تحقیق آنها نشان داد با کمی فداکاری در مورد قابلیت اطمینان آبیاری و کنترل سیلاب می توان قابلیت اطمینان و تولید برقابی را تحت سناریو های آتی افزایش داد. با این حال، مشخص گردید که تولید نیرو نمی تواند به میزان فعلی بازگردانده شود که بخشی از آن بدلیل افزایش بیش از حد تقاضای آبیاری می باشد. لی و همکاران [۹](۲۰۱۰)، به منظور مطالعه اثرات پتانسیلی تغییر اقلیم بر میزان رواناب و عملکرد بهره برداری مخزن در حوضه پرایری واقع در شمال آمریکا از یک روش ریزمقیاس آماری ساده که توسط ویدمن[۱۰]و همکاران (۲۰۰۳) و سالاته (۲۰۰۵) توسعه یافته بود در جهت تولید داده های بارش و دمای روزانه محلی استفاده نمودند. همچنین برای تمرکز بیشتر روی شناخت ساختار و رفتار تأمین آب فرض نمودند که میزان تقاضا تا ۱۰۰ سال آینده ثابت باقی خواهد ماند. نتایج حاصل از شبیه سازی ها به روش دینامیک سیستم نشان داد تغییرات ممکن است رخدادهای جریان پیک بیشتر و منابع آب فراوان تری را ایجاد نماید. بعلاوه نتایج تحقیق انها حاکی از قابلیت اطمینان بالای قوانین بهره برداری فعلی در شرایط خشکسالی و سیلاب بوده است. مساح بوانی و مرید (۲۰۰٦)، تاثیر تغییر اقلیم در دو دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ را بر منابع آبی حوضه زاینده رود مورد بررسی قرار دادند. آنها برای ارزیابی تغییر اقلیم بر روی جریان رودخانه ورودی به مخزن چادگان خروجی های مدل گردش عمومی جو، مدل HadCM3 را بر روی دو پارامتر بارش و دمای ماهانه تحت دو سناریوی A2 و B2 و برای دوره های زمانی انتخاب شده به مقیاس محلی ریز مقیاس نمایی کردند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که برای هر دو دوره میانگین بارش سالانه کاهش و دما افزایش پیدا می کند بدین صورت که، بارش از ۱۰ تا ۱٦ درصد کاهش و دما از ۳/۲ تا ٤/٦ درجه سانتی گراد برای سناریوهای A2 و B2 به ترتیب افزوده خواهد شد. اشرف و همکاران (۱۳۹۰)، داده های مدل گردش عمومی جو HadCM3 را با به کارگیری مدل LARS-WG طبق سه سناریو A2، B1 و A1B ریز مقیاس نمودند و تغییرات فصلی بارش، دمای کمینه و بیشینه و ساعت آفتابی استان خراسان رضوی را در دوره ۲۰۳۰-

9-Ley
10-Videman

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:05 IRDT on Saturday May 30th 2026

۲۰۱۱ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که میزان بارش در سه فصل پاییز، زمستان و بهار در تمام شهرهای استان به استثنای تربت جام که در هر سه فصل مذکور و نیز کاشمر که در پاییز دارای روند کاهشی می باشند، افزایش خواهد یافت. دمای کمینه در همه فصول و طبق هر سه سناریو مذکور در غالب شهرستان ها دارای روند افزایشی است، تنها استثنای این مورد نیز در شهرستان سرخس و در فصل پاییز بر مبنای سناریوی A1B رخ داده است. در رابطه با دمای بیشینه و ساعت آفتابی به طور کلی می توان گفت در ۲۰ سال آتی دمای بیشینه افزایش و ساعت آفتابی کاهش می یابد. واثقی و همکاران (۱۳۹۰)، به منظور بررسی رواناب حوضه قره سو در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰، از خروجی دما و بارش شبیه سازی شده توسط مدل های AOGCM، تحت دو سناریوی انتشار A2 و B1 استفاده نمودند. در ابتدا متغیرهای دما و بارش توسط مدل LARS-WG برای منطقه مورد نظر ریز مقیاس شده و سری های زمانی بلند مدت دما و بارش روزانه برای دوره آتی تولید گردید سپس، با معرفی سری های زمانی دما و بارش ریز مقیاس شده به مدل بارش – رواناب IHACRES، سری های زمانی بلند مدت رواناب روزانه در دوره آتی حاصل شد. تغییرات رواناب برای هر دو سناریوی انتشار نشان داد، در فصل زمستان و تابستان افزایش و در پاییز کاهش رواناب رخ خواهد داد. این در حالی است که میزان رواناب در بهار تقریباً بدون تغییر خواهد ماند. علیزاده و همکاران (۱۳۸۹)، تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش را تحت سناریوی A2 و برای سه دوره ۲۰۳۹- ۲۰۱۰، ۲۰٦۹ - ۲۰٤٦ و ۲۰۹۹- ۲۰۷۰ و با استفاده از ریز مقیاس نمایی آماری و خروجی‌های مدل گردش عمومی جو HadCM3 در حوضه کشف رود مورد بررسی قرار دادند. انها نتیجه گرفتند که دما در سه دوره پیش بینی نسبت به دوره پایه ۱۹۹۰- ۱۹٦۱ افزایش خواهد یافت و میانگین سالانه بارش پیش‌بینی شده در دوره‌های مذکور تفاوت معنی داری نخواهد داشت ولی توزیع آن در فصل های مختلف تغییر خواهد کرد. بدین‌صورت که مقدار بارش برای ماه‌های زمستان و تابستان کاهش و برای ماه‌های پائیز و بهار افزایش خواهد یافت. عباسی و همکاران (۱۳۸۹)، در مطالعه ای با استفاده از خروجی های مدل گردش عمومی جو و LARS-WG وضعیت خشکسالی استان خراسان جنوبی را در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ بررسی نموده اند. طبق نتایج حاصل از این تحقیق، میزان بارش منطقه ٤ درصد افزایش خواهد یافت. بابائیان و همکاران (۱۳۸۸)، در تحقیقی ارزیابی تغییر اقلیم کشور ایران در دهه ۲۰۲۰ را با استفاده از ریز مقیاس نمایی آماری داده های مدل گردش عمومی جو ECHO-G انجام دادند. بر اساس این گزارش در دهه ۲۰۲۰ میزان بارش کل کشور به طور متوسط ٪۹ کاهش می یابد و میانگین دما حدود ۰/۵ درجه سلسیوس افزایش خواهد داشت. خزانه داری و عباسی (۱۳۸۸)، وضعیت خشکسالی کشور ایران را طی سی سال آینده با

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:05 IRDT on Saturday May 30th 2026

استفاده از شبیه سازی های صورت گرفته توسط مدل LARS-WG مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر افزایش خشکسالی های ایران طی دهه ۲۰۲۵ می باشد.

مواد و روش ها

مدل LARS-WG

مدل LARS-WG مولد آب و هوایی بر پایه روش سری ها است که می تواند به منظور شبیه سازی داده های هواشناسی در یک ایستگاه تحت شرایط اقلیمی فعلی و آتی استفاده شود. این مولد با استفاده از داده های آب و هوایی مشاهداتی در یک ایستگاه مفروض، پارامترهای توزیع های احتمالاتی متغیرهای آب و هوایی و نیز با دست یابی به رابطه بین آنها، داده های مربوط به دوره آینده را تولید می کند. در واقع هدف اصلی از کاربرد و ایجاد مدل LARS-WG برای برطرف نمودن محدودیت های زنجیره مارکف است. هرچند که زنجیره مارکف یک روش مرسوم برای مدل سازی پدیده بارش می باشد ولی قادر نیست حداکثر طول دوره خشکسالی را مدل سازی نماید، در حالی که این پارامتر در ارزیابی محصولات کشاورزی بعضی مناطق دنیا از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. این مجموعه پارامترها با انتخاب تصادفی مقادیر از توزیع های مناسب برای تولید سری های زمانی با طول دلخواه مورد استفاده قرار می گیرد، برای این منظور هر متغیر اقلیمی v، مقدار vi متناظر با احتمال pi از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$vi = \min\{v:P(v\ obs \le v) \ge pi\} \qquad i = 0, \dots, n$$

که در آن P(v obs) معرف احتمال بدست آمده از داده های مشاهداتی است. برای هر متغیر اقلیمی دو مقدار P0 و Pn به ترتیب برابر ۰ و ۱ با مقادیر متناظر $v0 = \min\{v\ obs\}$ و $vn = \max\{v\ obs\}$ ثابت می باشند (راسکووسمنوف، ۱۹۹۹).

فرآیند مدل سازی به کمک مدل LARS-WG از سه بخش اصلی تشکیل شده که عبارتند از: واسنجی، ارزیابی و تولید یا شبیه سازی داده‌های هواشناسی دهه‌های آینده. نیاز اساسی مدل در مرحله واسنجی، فایلی است که مشخص کننده رفتار اقلیم در دوره گذشته می باشد. ارزیابی مدل LARS-WG با مقایسه بین داده های گذشته و داده های تولید شده توسط مدل انجام می‌شود که نتایج مربوط به ارزیابی در قسمت بحث و نتایج آورده شده است. پس از

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:05 IRDT on Saturday May 30th 2026

اطمینان از صحت نتایج ارزیابی و قابلیت مدل LARS-WG در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی، اقدام به اجرای مرحله سوم یا شبیه سازی داده های تبخیر و تعرق پتانسیل، دمای متوسط، و بارش در دو دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۶۵-۲۰۴۶ انجام گرفته شده است.

منطقه و داده های مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق استان آذربایجان غربی واقع در شمال غرب ایران و حد فاصل عرض شمالی ′۵۸ °۳۵ تا ′۴۶ °۳۹ و طول شرقی ′۰۳ °۴۴ تا ′۲۳ °۴۷ می باشد. استان دارای سه حوزه آبریز دریاچه ارومیه، رودخانه ارس، رودخانه زاب کوچک می باشد که با احتساب دریاچه ارومیه حدود ۶۶۰۴۳ کیلومتر مربع مساحت دارد. ایستگاههای سینوپتیک مورد مطالعه در این تحقیق به ترتیب ایستگاه های ارومیه، پیرانشهر، تکاب، سردشت، خوی، ماکو، و مهاباد به دلیل داشتن آمار مشاهداتی بالای ۲۰ سال جهت انجام فرآیند مدل سازی انتخاب شده اند. مشخصات ایستگاههای مورد استفاده در جدول (۱) و خصوصیات آماری سری داده های مشاهداتی مربوط به ایستگاه های مختلف استان در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه های مورد استفاده

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (متر)
ارومیه	سینوپتیک فرودگاهی	۳۷º ۳۲´ N	۴۵º ۰۵´ E	۱۳۱۵/۹
پیرانشهر	سینوپتیک	۳۶º ۴۰´ N	۴۵º ۰۸´ E	۱۴۵۵
تکاب	سینوپتیک	۳۶º ۲۴´ N	۴۷º ۰۶´ E	۱۸۱۷/۲
سردشت	سینوپتیک	۳۶º ۰۹´ N	۴۵º ۲۹´ E	۱۵۵۶/۸
خوی	سینوپتیک فرودگاهی	۳۸º ۳۳´ N	۴۴º ۵۸´ E	۱۱۰۳
ماکو	سینوپتیک	۳۹º ۲۰´ N	۴۴º ۲۶´ E	۱۴۱۱/۳
مهاباد	سینوپتیک	۳۶º ۴۶´ N	۴۵º ۴۳´ E	۱۳۸۵

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:05 IRDT on Saturday May 30th 2026

جدول ۲- خصوصیات آماری سری داده های مشاهداتی مربوط به ایستگاه های مورد استفاده

	مشخصه های آماری			
ایستگاه	دمای متوسط (درجه سانتی گراد)		بارش ماهانه (میلی متر)	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
ارومیه	۱۱/۵۵	۰/۵۳	۲۵ /۶۰	۱۱/٤٦
پیرانشهر	۱۲/۳٦	۰/۷۹	۵۵/٤۲	۲۳/۸۰
تکاب	۹/٤۱	۰/۸۰	۲٦/۵۳	۱۳/۳۱
سردشت	۱۲/۷۸	۰/٦۷	۷٦/۵۲	۳۸ /۹٦
خوی	۱۲/۳۱	۰/۷۵	۲۰/۸۹	۵ /٦٤
ماکو	۱۰/۵۵	۰/٦۵	۲٤/۳۵	٤/۹۷
مهاباد	۱۳/۰۱	۰/۵۷	۳۵ /۱۹	۲۱/۰۸

در این تحقیق علاوه بر داده های واقعی بارش ۷ ایستگاه مورد بررسی در استان آذربایجان غربی از سیگنال های هواشناسی بزرگ مقیاس نظیر مدل جفت شده جوی- اقیانوسی HadCM3 استفاده می شود که داده های این مدل از سال ۱۹٦۱ تا ۲۱۰۰ موجود بوده و تمام آنها نسبت به میانگین و انحراف معیار داده های بین سالهای۱۹٦۱-۱۹۹۰نرمال شده اند، به طوری که مقادیر بارش ایستگاه های هواشناسی به عنوان پیش بینی شونده در مدل های کوچک مقیاس مورد استفاده قرار می گیرد. سیگنال های هواشناسی بزرگ مقیاس، پیش بینی کننده هایی هستند که شامل خروجی های مدل گردش عمومی HadCM3 می باشند، تحت سه سناریوی A1B، A2، B1 مورد استفاده قرار گرفته است.

نتایج و بحث

باز تولید داده های اقلیمی بر اساس سناریوهای A1B ، A2 ، B1

آزمون های آماری به کار گرفته شده برای مقایسه توزیع های احتمالاتی و ارزیابی قابلیت مدل شامل: آزمون کلموگروف- اسمیرنوف (KS) و آزمون t می باشد. آزمون KS روش ناپارامتری ساده ای است برای تعیین همگنی اطلاعات تجربی با توزیع های آماری منتخب بوده، و آزمون t برای مقایسه میانگین، و ارزیابی یکسان بودن و یا یکسان نبودن میانگین نمونه با میانگین جامعه در حالتی بکار می رود که انحراف معیار جامعه مجهول باشد. در هر یک از آزمون ها احتمال یکسان بودن دو توزیع مشاهداتی و محاسباتی محاسبه می شوند، اگر مقدار این احتمال خیلی کوچک و کمتر از سطح معنی داری (۰/۰۱ یا ۰/۰۵) باشد، یکسان بودن اقلیم شبیه سازی شده تولیدی و اقلیم

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:05 IRDT on Saturday May 30th 2026

واقعی غیر محتمل خواهد بود (سمنوف و بارو، ۲۰۰٤). در ادامه نتایج حاصل از آزمون KS و t برای ایستگاه ارومیه به ترتیب در جداول (۳) و (٤) ارائه می شود. در شکل (۱) نمودار میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل سالیانه برای داده های تولیدی ایستگاه های مختلف استان آذربایجان غربی به وسیله مدل LARS-WG در دو بازه زمانی (۲۰۳۰ – ۲۰۱۱) با عنوان سری۱، (نمودارهای سیاه رنگ) و (۲۰٦۵ – ۲۰٤٦) با عنوان سری۲، (نمودارهای خاکستری رنگ) تحت سه سناریوی A1B (نمودارهای ستون۱)، A2 (نمودارهای ستون۲)، B1 (نمودارهای ستون۳)، نشان داده شده است.

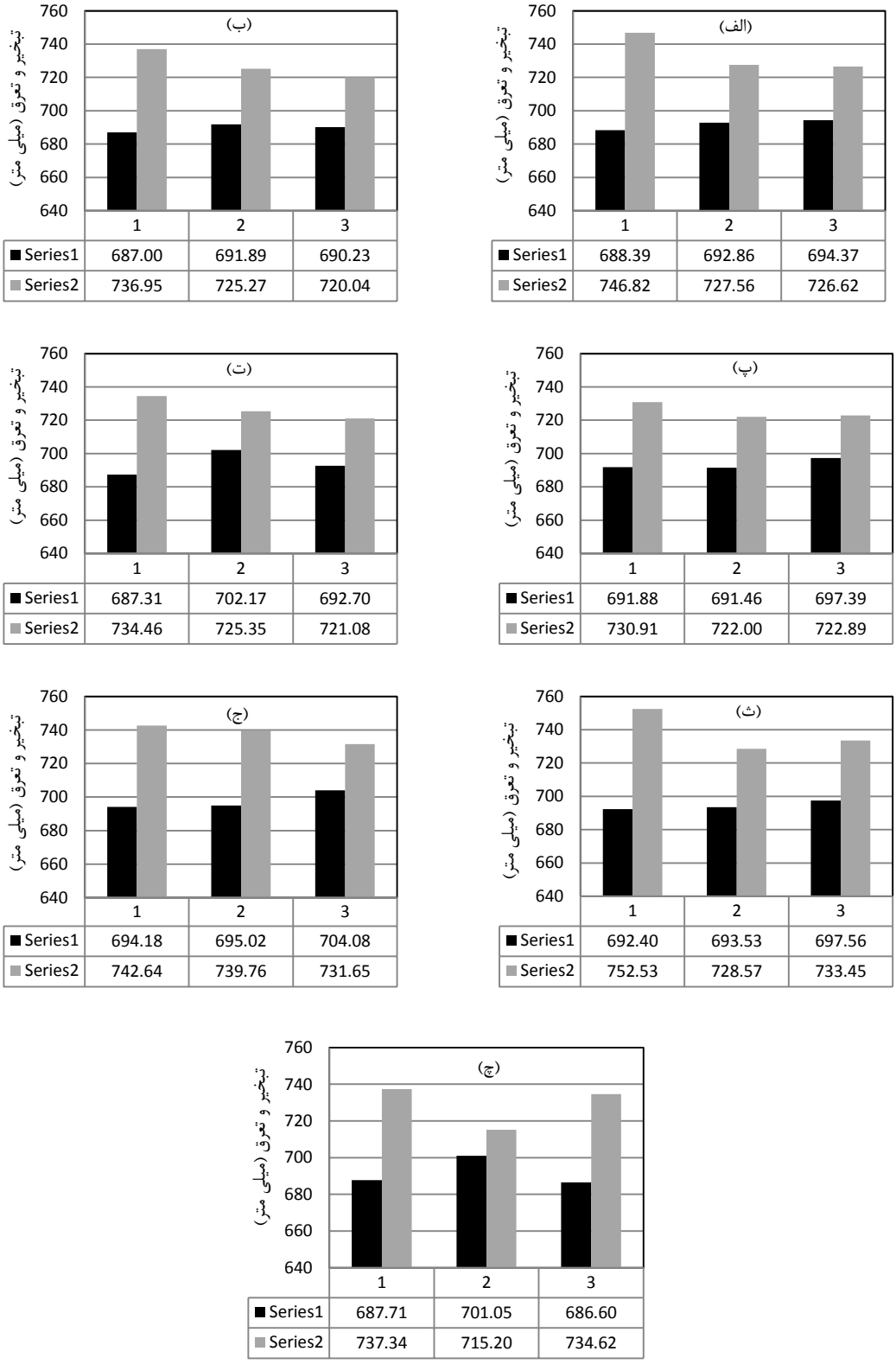
جدول۳- نتایج آزمون کلموگروف اسمیرنوف (KS) برای توزیع های دمای کمینه و بیشینه مشاهداتی و تولید شده ایستگاه ارومیه

پارامتر		ماه											
		ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
دمای کمینه	آزمونks	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱
	احتمال	۱	۰/۹۹۹	۱	۱	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹
دمای بیشینه	آزمونks	۰/۰۵۳	۰/۱۰٦	۰/۰۵۳	۰/۰۵۳	۰/۱۰٦	۰/۱۰٦	۰/۱۰٦	۰/۰۵۳	۰/۱۰٦	۰/۱۰٦	۰/۱۰٦	۰/۰۵۳
	احتمال	۱	۰/۹۹۹	۱	۱	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۱	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۱

جدول٤- مقایسه مقادیر میانگین دمای کمینه و بیشینه ماهانه داده های مشاهده شده و تولید شده ایستگاه ارومیه

	ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
دمای کمینه	میانگین مشاهداتی	۰/۳٤	۰/۳٤	۱/٦۲	۳/۳۷	٦/۲	۹/۰۵	۱۰/۸۹	۱۰/۸۸	۹/۲۲	٦/۷٤	۲/۹۹	۱/۲۷
	میانگین تولیداتی	۰/۷۱	۰/۳۳	۱/٤	۳/٦۲	٦/٤۳	۹/۲۸	۱۱/۰٦	۱۰/۸	۹/۱۵	٦/۵۳	۲/۷٦	۱/۱۸
	آزمون t	-۰/۷۵	۰/۰۳۱	-۰/۹۸	-۱/۱۵	-۱/۱٤	-۱/۱۳	-۰/۸۳	۰/۳۸۹	۰/۲٤۹	۰/۷٦۲	۰/۷٦	۰/۲۰۳
	احتمال	۰/٤۵۹	۰/۹۷۵	۰/۳۳	۰/۲۵۷	۰/۲۵۹	۰/۲٦٤	۰/٤۰۹	۰/٦۹۹	۰/۸۰۵	۰/٤۵	۰/٤۵۱	۰/۸٤
دمای بیشینه	میانگین مشاهداتی	٦/۱۲	۸/۹٤	۱۱/۷۹	۱۵/٦۳	۱۸/۸۱	۲۰/۸۱	۲۰/۷۲	۲۰/۷۲	۱۸/۰٤	۱٤/۰۷	۹/۱۱	٦/۷۱
	میانگین تولیداتی	٦/۰٤	۹/۲۹	۱۲/۰۵	۱۵/۵۱	۱۸/٤٦	۲۰/۱٦	۲۰/٦۸	۲۰/٦۸	۱۷/٦۵	۱۳/٦	۸/۹	٦/۷۷
	آزمون t	۰/۱٦۲	-۰/۸۵	-۰/۹۰	۰/۳۱۵	۰/۸٦۷	۱/٤۲٤	۰/۱۱٤	۰/۱۱٤	۱/٤۹۸	۱/٤٦۱	۰/۷۳۵	-۰/۱۷
	احتمال	۰/۸۷۲	۰/٤۰۱	۰/۳۷۱	۰/۳۹	۰/۱٦۱	۰/۹۰۹	۰/۹۰۹	۰/۱٤۱	۰/۱۵۱	۰/۱۵۱	۰/٤٦٦	۰/۸٦۹

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:05 IRDT on Saturday May 30th 2026



شکل۱- میانگین مجموع تبخیر و تعرق پتانسیل سالیانه: الف) ارومیه، ب) پیرانشهر، پ) تکاب، ت) سردشت، ث) خوی، ج) ماکو، چ) مهاباد

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:05 IRDT on Saturday May 30th 2026

نتیجه گیری

تبخیر و تعرق پتانسیل بعنوان یکی از مهمترین پارامترهای هیدرولوژیکی از دیر باز مورد توجه محققین قرار گرفته و نتایج تحلیل فرآیند این پارامتر در مدیریت منابع آب نقش اساسی دارد. از طرفی دیگر، لحاظ نکردن تاثیر تغییر اقلیم در مسائل دید نادرستی در تصمیم گیری های مدیریت منابع آب و محیط زیست به وجود می آورد، از اینرو در این تحقیق سعی شد فرآیند تبخیر و تعرق پتانسیل همراه با تاثیر تغییر اقلیم بررسی شود. برای این منظور میزان تبخیر و تعرق پتانسیل در سالهای آتی در سطح استان آذربایجان غربی برای دو دوره زمانی (۲۰۳۰ – ۲۰۱۱) و (۲۰٦۵ – ۲۰٤٦) بوسیله مدل گردش عمومی HadCM3 تحت سه سناریوی A1B، A2، B1 رده بندی شده است. نتایج حاصل از این رده بندی نشان می دهد در سطح استان در بازه زمانی (۲۰٦۵-۲۰٤٦) نسبت به (۲۰۳۰–۲۰۱۱) میانگین مجموع پتانسیل تبخیر و تعرق، دمای متوسط، و مجموع بارش سالیانه تحت سناریوی A1B به ترتیب، ۵۰/٤۰ میلی متر و ۲/۱۳ درجه سانتی گراد افزایش، و ۱۱۳/۸۹ میلی متر در سال کاهش، و تحت سناریوی A2، به ترتیب ۳۰/۸۲ میلی متر و ۱/۵۷درجه سانتی گراد افزایش، و ٤/۸۱ میلی متر در سال کاهش و تحت سناریوی B1، به ترتیب ۳۲/٤۹ میلی متر، ۱/۲۵درجه سانتی گراد و ۳۳/۰۷ میلی متر در سال افزایش خواهد داشت. نتایج حاکی از بحرانی بودن وضعیت منطقه تحت سناریوهای A2 و A1B به ترتیب برای دو دوره (۲۰۳۰–۲۰۱۱) و (۲۰٦۵- ۲۰٤٦) می باشد. بررسی صورت گرفته توسط این تحقیق، ضرورت مدیریت بهینه منابع آب جهت به حداقل رسانیدن اثرات ناشی از پدیده تغییر اقلیم را نه تنها در سطح استان بلکه در کل کشور را نشان می دهد.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:05 IRDT on Saturday May 30th 2026

منابع

– اشرف، ب؛ موسوی بایگی، م؛ کمالی، غ؛ داوری، ک (۱۳۹۰)، « پیش بینی تغییرات فصلی پارامترهای اقلیمی در ۲۰ سال آتی با استفاده از ریز مقیاس نمایی آماری داده های مدل HadCM3 (مطالعه موردی : استان خراسان رضوی)»، ***نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)***، جلد ۲۵ ، شماره ٤ ، صص ۹۵۲-۹٤۰ .

– واثقی، ر؛ مساح بوانی، غ؛ مشکواتی، ا؛ خ. رحیم زاده، ف (۱۳۹۰)، «بررسی رواناب حوضه تحت تاثیر سناریوهای انتشار A2 و B1 با در نظر گرفتن اثر دسته جمعی (ensemble) مدل های AOGCM»، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، ۱۳و۱٤ اردیبهشت ۱۳۹۰، دانشگاه صنعتی امیر کبیر ، تهران.

– علیزاده، م. محمدی، ع (۱۳۸۹)،« ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر دما و بارش در حوضه کشف رود»، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، صص ۱-۸.

– عباسی، ف؛ ملبوسی، ش؛ بابائیان، ا؛ اثمری، م؛ برهانی، ر (۱۳۸۹)، «پیش بینی تغییرات اقلیمی خراسان جنوبی در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ میلادی با استفاده از مدل LARS-WG»، ***نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)***، شماره ۲٤ (۲)، ص ۲۳۳- ۲۱۸.

– بابائیان، ا؛ نجفی نیک، ز؛ عباسی، ف (۱۳۸۸)، «ارزیابی تغییر اقلیم کشور ایران در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی با استفاده از ریز مقیاس نمایی داده های مدل گردش عمومی جو ECHO-G»، ***جغرافیا و توسعه***، شماره ۱۳، ص ۱۵۲-۱۳۵.

– خزانه داری، ل؛ عباسی، ف (۱۳۸۸)، «دور نمایی از وضعیت خشکسالی ایران طی سی سال آینده»، ***مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای***، شماره ۱۲، ص ۹۸-۸۳.

- Zarghami, M. Hasanzadeh, Y. Babaeian, A. Kanani, R., (2011), " Study of climate change and its impact on the drought in East Azarbaijan Province". First national conference on applied research of water resources of Iran, Kermanshah.

- Steghan, M., (2011), "Evaluation of Climate Change Impacts on Lake Tana Basin in the Ethiopia using SWAT". ***Hydrological Sciences Journal***. 50(1): 40-63.

- Souvignet, M. Gaese, H. Ribbe, L. Kretschmer, N. and Oyarzun, R., (2010), "Statistical downscaling of precipitation and temperature in north-central Chile: an assessment of possible Climate change impacts in an arid Andean watershed", ***Hydrological Sciences Journal***. 55(1): 41-57.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 14:05 IRDT on Saturday May 30th 2026

- Hashmi, M.Z., Shamseldin, A.Y. and Melville, B.W., (2010), "Comparison of SDSM and LARS-WG for simulation and Downscaling of extreme precipitation events in a watershed. Stoch. Eviron. Res". ***Risk Asess***. 25:475-484.

- Raj, M. Mujumedar, A., (2010), "Evaluation of climate change on a multipurpose reservoir". ***Journal of Hydrology***. 374:294-306.

- Ley,R., (2010), "Evaluation the potential impacts of climate change on runoff and reservoir operation performance Prayry basin in the North America". ***Watwr Resource Research***. 17:1273-1285.

- Massah Bavani, A.R. and Morid, S., (2006), "Impact of Climate Change on the water resources of Zayahdeh rud Basin". ***Journal of Sciences and Technology Agriculture and Nature Resources***. 9(4) : 28-40

- Rasco, p. Szeidl, L. and Semenov, M.A., (1999), "A serial approach to local stochastic models". ***J.Ecological Modeling***, 57,27-41.

- Semenov, M.A. and Barrow, E.M., (2002), " LARS-WG a stochastic weather generator for use in Climate impact studies". User s manual, Version 3.0.