



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی

سال چهاردهم، شماره‌ی ۴۶
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 پذیرش مقاله: ۹۲/۰۵/۲۷

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۰۲/۰۹

چکیده

بر هم خوردن تعادل سیستم اقلیمی ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای بر اهمیت بررسی اثر تغییر اقلیم بر روی پارامترهای هیدرولوژیکی همچون تبخیر و تعرق می‌افزاید، از سوی دیگر پیش بینی‌های اقلیمی جهت استفاده در برنامه ریزی‌های کلان کشور ضروری به نظر می‌رسند. مدل LARS-WG یکی از مشهورترین الگوهای مولد داده‌های تصادفی وضع هوا است که مقادیر تولیدی توسط مجموعه داده‌های اتمسفری شبیه‌سازی شده‌اند و به منظور بررسی اثرات تغییر اقلیم می‌توانند مورد استفاده قرار بگیرند. در این تحقیق، با استفاده از داده‌های 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 و B1 به بررسی میزان پتانسیل تبخیر و تعرق در سطح استان آذربایجان غربی پرداخته شده است. نتایج حاصل از مدل LARS-WG نشان می‌دهد در سطح استان در بازه زمانی

E-mail: Daneshfaraz@yahoo.com

۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه مراغه

E-mail: hadirazzaghpour@ymail.com

۲- کارشناس ارشد مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه

(۲۰۶۵-۲۰۶۶) نسبت به (۲۰۳۰-۲۰۱۱) میانگین مجموع پتانسیل تبخیر و تعرق، دمای متوسط، و مجموع بارش سالیانه تحت سناریوی A1B به ترتیب ۵۰/۴۰ 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 ۱/۵۷ درجه سانتی گراد افزایش، و ۴/۸۱ میلی متر در سال کاهش و تحت سناریوی B1، به ترتیب ۳۲/۴۹ میلی متر، ۱/۲۵ درجه 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 (۲۰۶۵-۲۰۶۶) 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 گلخانه‌ای 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^۴) 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.

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 ۲۰۸۰-۲۱۰۰ 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 موجودمدار^۸ (۲۰۱۰)، برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر یک مخزن چند منظوره در ابتدا جریانات موسمی را برای دو دوره آتی ۲۰۶۵-۲۰۶۶ و ۲۰۹۵-۲۰۷۵ با ریز

5-Esteghan

6-Suvignet

7- Elqui

8-Raj and Mujumdar

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 پیشینه 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 پریری واقع در شمال آمریکا از یک روش ریزمقیاس آماری ساده که توسط ویدمن^{۱۰} و همکاران (۲۰۰۳) و سالانه (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 (۲۰۰۶)، 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 ۱۶ درصد کاهش و دما از ۳/۲ تا ۴/۶ 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-

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 باشد، 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. واتقی 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، ۲۰۶۹ - ۲۰۴۶ و ۲۰۹۹ - ۲۰۷۰ و با استفاده از ریز مقیاس نمایی آماری و خروجی های مدل گردش عمومی جو HadCM3 در حوضه کشف رود مورد بررسی قرار دادند. آنها نتیجه گرفتند که دما در سه دوره پیش بینی نسبت به دوره پایه ۱۹۹۰-۱۹۶۱ افزایش خواهد یافت و میانگین سالانه بارش پیش بینی شده در دوره های مذکور تفاوت معنی داری نخواهد داشت ولی توزیع آن در فصل های مختلف تغییر خواهد کرد. بدین صورت که مقدار بارش برای ماه های زمستان و تابستان کاهش و برای ماه های 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 ۴ 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

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 v_i متناظر با احتمال π_i از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$v_i = \min\{v: P(v \text{ obs} \leq v) \geq \pi_i\} \quad i = 0, \dots, n$$

که در آن $P(v \text{ obs})$ معرف احتمال بدست آمده از داده های مشاهداتی است. برای هر متغیر اقلیمی دو مقدار P_0 و P_n به ترتیب برابر ۰ و ۱ با مقادیر متناظر $v_0 = \min\{v \text{ obs}\}$ و $v_n = \max\{v \text{ obs}\}$ 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 داده های هواشناسی دهه های 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 می شود که نتایج مربوط به ارزیابی در قسمت بحث و نتایج آورده شده است. پس از

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

منطقه و داده‌های مورد مطالعه

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

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده

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

جدول ۲- خصوصیات آماری سری داده‌های مشاهداتی مربوط به ایستگاه‌های مورد استفاده

مشخصه‌های آماری				ایستگاه
بارش ماهانه (میلی متر)		دمای متوسط (درجه سانتی گراد)		
انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	
۱۱/۴۶	۲۵/۶۰	۰/۵۳	۱۱/۵۵	ارومیه
۲۳/۸۰	۵۵/۴۲	۰/۷۹	۱۲/۳۶	پیرانشهر
۱۳/۳۱	۲۶/۵۳	۰/۸۰	۹/۴۱	تکاب
۳۸/۹۶	۷۶/۵۲	۰/۶۷	۱۲/۷۸	سردشت
۵/۶۴	۲۰/۸۹	۰/۷۵	۱۲/۳۱	خوی
۴/۹۷	۲۴/۳۵	۰/۶۵	۱۰/۵۵	ماکو
۲۱/۰۸	۳۵/۱۹	۰/۵۷	۱۳/۰۱	مهاباد

در این تحقیق علاوه بر داده‌های واقعی بارش ۷ ایستگاه مورد بررسی در استان آذربایجان غربی از سیگنال‌های هواشناسی بزرگ مقیاس نظیر مدل جفت شده جوی- اقیانوسی HadCM3 استفاده می‌شود که داده‌های این مدل از سال ۱۹۶۱ تا ۲۱۰۰ موجود بوده و تمام آنها نسبت به میانگین و انحراف معیار داده‌های بین سالهای ۱۹۶۱-۱۹۹۰ نرمال شده‌اند، به طوری که مقادیر بارش ایستگاه‌های هواشناسی به عنوان پیش‌بینی شونده در مدل‌های کوچک مقیاس مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیگنال‌های هواشناسی بزرگ مقیاس، پیش‌بینی‌کننده‌هایی هستند که شامل خروجی‌های مدل گردش عمومی HadCM3 می‌باشند، تحت سه سناریوی B1، A2، A1B مورد استفاده قرار گرفته است.

نتایج و بحث

باز تولید داده‌های اقلیمی بر اساس سناریوهای B1، A2، A1B

آزمون‌های آماری به کار گرفته شده برای مقایسه توزیع‌های احتمالاتی و ارزیابی قابلیت مدل شامل: آزمون کلموگروف- اسمیرنوف (KS) و آزمون t می‌باشد. آزمون KS روش ناپارامتری ساده‌ای است برای تعیین همگنی اطلاعات تجربی با توزیع‌های 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 می‌رود که انحراف معیار جامعه مجهول باشد. در هر یک از آزمون‌ها احتمال یکسان بودن دو توزیع مشاهداتی و محاسباتی محاسبه می‌شوند، اگر مقدار این احتمال خیلی کوچک و کمتر از سطح معنی‌داری (۰/۰۱ یا ۰/۰۵) باشد، یکسان بودن اقلیم شبیه‌سازی شده تولیدی و اقلیم

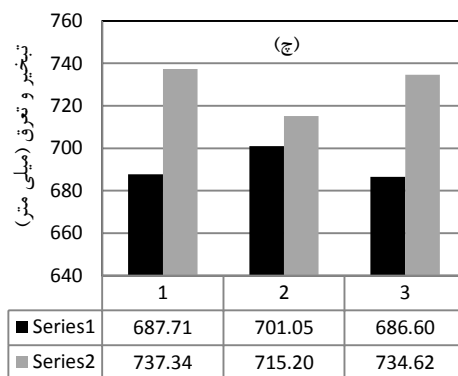
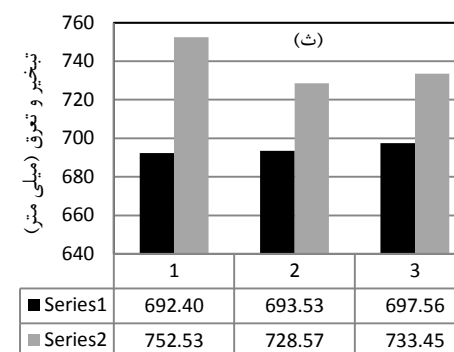
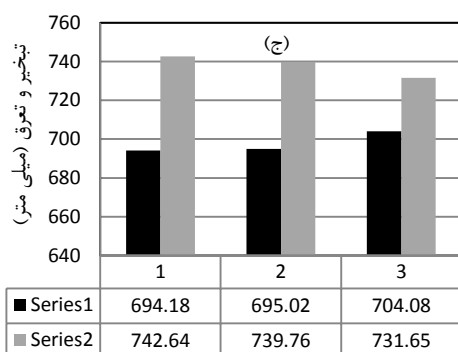
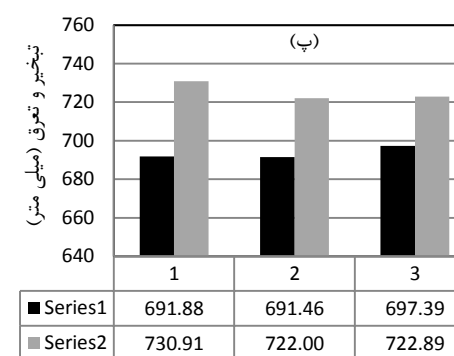
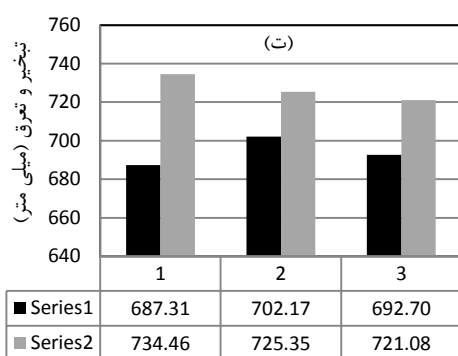
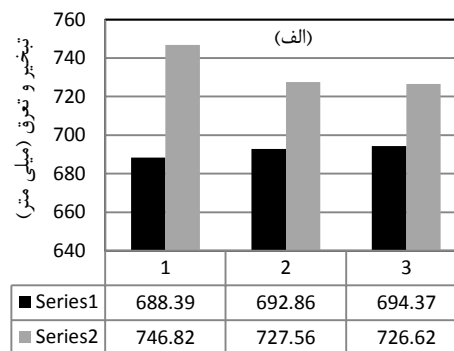
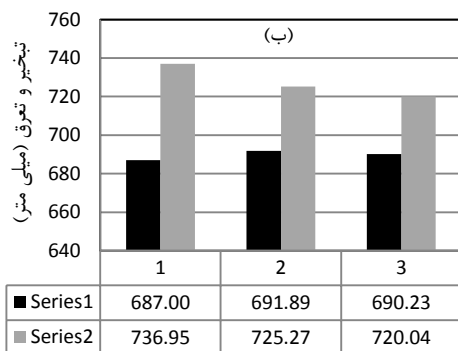
واقعی غیر محتمل خواهد بود (سمنوف و بارو، ۲۰۰۴). در ادامه نتایج حاصل از آزمون KS و t برای ایستگاه ارومیه به ترتیب در جداول (۳) و (۴) ارائه می شود. در شکل (۱) نمودار میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه برای داده های تولیدی ایستگاه های مختلف استان آذربایجان غربی به وسیله مدل LARS-WG در دو بازه زمانی (۲۰۳۰ - ۲۰۱۱) با عنوان سری ۱، (نمودارهای سیاه رنگ) و (۲۰۶۵ - ۲۰۴۶) با عنوان سری ۲، (نمودارهای خاکستری رنگ) تحت سه سناریوی A1B (نمودارهای ستون ۱)، A2 (نمودارهای ستون ۲)، B1 (نمودارهای ستون ۳)، نشان داده شده است.

جدول ۳- 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	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
دمای کمینه	آزمون ks	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱
کمینه	احتمال	۱	۰/۹۹۹	۱	۱	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹
دمای بیشینه	آزمون ks	۰/۰۵۳	۰/۱۰۶	۰/۰۵۳	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶	۰/۰۵۳	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶	۰/۰۵۳
بیشینه	احتمال	۱	۰/۹۹۹	۱	۱	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۱	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۱

جدول ۴- مقایسه مقادیر میانگین دمای کمینه و بیشینه ماهانه داده های مشاهده شده و تولید شده ایستگاه ارومیه

پارامتر	ماه											
	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
دمای کمینه	میانگین مشاهداتی	۰/۳۴	۰/۳۴	۱/۶۲	۳/۳۷	۶/۲	۹/۰۵	۱۰/۸۹	۱۰/۸۸	۹/۲۲	۶/۷۴	۲/۹۹
کمینه	میانگین تولیداتی	۰/۷۱	۰/۳۳	۱/۴	۳/۶۲	۶/۴۳	۹/۲۸	۱۱/۰۶	۱۰/۸	۹/۱۵	۶/۵۳	۲/۷۶
بیشینه	آزمون t	-۰/۷۵	۰/۰۳۱	-۰/۹۸	-۱/۱۵	-۱/۱۴	-۱/۱۳	-۰/۸۳	۰/۳۸۹	۰/۲۴۹	۰/۷۶۲	۰/۷۶
بیشینه	احتمال	۰/۴۵۹	۰/۹۷۵	۰/۳۳	۰/۲۵۷	۰/۲۵۹	۰/۲۶۴	۰/۴۰۹	۰/۶۹۹	۰/۸۰۵	۰/۴۵	۰/۴۵۱
دمای کمینه	میانگین مشاهداتی	۶/۱۲	۸/۹۴	۱۱/۷۹	۱۵/۶۳	۱۸/۸۱	۲۰/۸۱	۲۰/۷۲	۲۰/۷۲	۱۸/۰۴	۱۴/۰۷	۹/۱۱
کمینه	میانگین تولیداتی	۶/۰۴	۹/۲۹	۱۲/۰۵	۱۵/۵۱	۱۸/۴۶	۲۰/۱۶	۲۰/۶۸	۲۰/۶۸	۱۷/۶۵	۱۳/۶	۸/۹
بیشینه	آزمون t	۰/۱۶۲	-۰/۸۵	-۰/۹۰	۰/۳۱۵	۰/۸۶۷	۱/۴۲۴	۰/۱۱۴	۰/۱۱۴	۱/۴۹۸	۱/۴۶۱	۰/۷۳۵
بیشینه	احتمال	۰/۸۷۲	۰/۴۰۱	۰/۳۷۱	۰/۳۹	۰/۱۶۱	۰/۹۰۹	۰/۹۰۹	۰/۱۴۱	۰/۱۵۱	۰/۱۵۱	۰/۴۶۶



شکل ۱- میانگین مجموع تبخیر و تعرق پتانسیل سالیانه: الف) ارومیه، ب) پیرانشهر، پ) تکاب، ت) سردشت، ث) خوی، ج) ماکو، چ) مهاباد

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 (۲۰۶۵ - ۲۰۴۶) 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 (۲۰۴۶-۲۰۶۵) نسبت به (۲۰۳۰-۲۰۱۱) میانگین مجموع پتانسیل تبخیر و تعرق، دمای متوسط، و مجموع بارش سالیانه تحت سناریوی A1B به ترتیب، ۵۰/۴۰ 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 ۱/۵۷ درجه سانتی گراد افزایش، و ۴/۸۱ میلی متر در سال کاهش و تحت سناریوی B1، به ترتیب ۳۲/۴۹ میلی متر، ۱/۲۵ درجه 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 (۲۰۶۵-۲۰۴۶) 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.

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 ۴، صص ۹۵۲-۹۴۰.
- 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*، ۱۳ و ۱۴ 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 ۸-۱.
- عباسی، ف؛ ملبوسی، ش؛ بابائیان، ا؛ اثمري، 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 ۲۴ (۲)، صص ۲۳۳-۲۱۸.
- بابائیان، ا؛ نجفی نیک، ز؛ عباسی، ف (۱۳۸۸)، «ارزیابی تغییر اقلیم کشور ایران در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ میلادی با استفاده از ریز مقیاس نمایی داده های مدل گردش عمومی جو ECHO-G»، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۳، صص ۱۰۵-۱۳۵.
- خزانه داری، ل؛ عباسی، ف (۱۳۸۸)، «دور نمایی از وضعیت خشکسالی ایران طی سی سال آینده»، *مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای*، شماره ۱۲، صص ۸۳-۹۸.
- 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.

- 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. Environ. Res.* **Risk Assess.** 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.