

بررسی روند گذشته و پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی در منطقه سمیرم

راضیه صبوچی^{*}، حسین بارانی^۲، مرتضی خداقلی^۳، احمد عابدی سروسستانی^۴ و اصغر طهماسبی^۵
^۱ دانشجوی دکتری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲ دانشیار، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳ دانشیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران، ^۴ دانشیار، دانشکده مدیریت کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و ^۵ استادیار، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۵

چکیده

یکی از مهمترین پدیده‌هایی که در سال‌های اخیر منابع طبیعی و به‌ویژه جوامعی که معیشت آن‌ها در ارتباط با آن است را تحت تأثیر قرار داده، تغییر اقلیم است. همچنین، پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی به‌منظور دستیابی به تغییرات آینده و در نظر گرفتن سازگاری‌هایی برای رویارویی با تغییرات اقلیمی مورد توجه پژوهشگران است. بنابراین، در این بررسی، با هدف تحلیل روند گذشته و پیش‌بینی متغیرهای بارش، میانگین دمای کمینه و بیشینه به‌ترتیب از آزمون ناپارامتریک من-کندال و مدل گردش عمومی جو HadCM3 استفاده شد. به این منظور، داده‌های خروجی مدل گردش عمومی جو HadCM3 با سه سناریو تغییر اقلیم A1B، A2 و B1 با استفاده از مدل LARS-WG در منطقه سمیرم ریزمقیاس شد. نتایج نشان داد، متغیرهای دمایی (میانگین، میانگین بیشینه و میانگین کمینه) در شش ایستگاه مورد بررسی در فصل زمستان، پاییز و در بازه سالانه روند افزایشی داشته، در فصول بهار و تابستان متغیرهای دمایی مختلف روند متفاوتی نشان می‌دهند و متغیر بارش در بازه سالانه در بیشتر ایستگاه‌ها روند منفی نشان می‌دهد. همچنین، نتایج پیش‌بینی دمای کمینه حاکی از آن است که دمای کمینه در طول قرن ۲۱ با هر سه سناریو مورد بررسی عموماً افزایش پیدا می‌کند و بیشترین افزایش میانگین دمای کمینه نسبت به دوره فعلی در ماه نوامبر با بیش از ۰/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش مشاهده می‌شود. پیش‌بینی دمای بیشینه نشان‌دهنده تغییر در آستانه دمای بیشینه و گرم‌تر شدن قرن حاضر در تمام ماه‌های سال به‌جز ژانویه است و بارش در تمام ماه‌ها به‌جز ماه ژوئن و سپتامبر با استفاده از هر سه سناریو افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، من-کندال، ریزمقیاس‌سازی، سناریوهای اقلیمی، HadCM3

مقدمه

مسائلی است که دائماً مطرح بوده است. به‌طور کلی، از انواع مختلف آثار تغییر اقلیم می‌توان افزایش دمای کمینه، افزایش دمای بیشینه، کاهش دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما، تغییر در الگوی بارش را نام برد. کمتر شدن فراوانی روزهای سرد، تداوم موج‌های گرمایی،

امروزه تغییر اقلیم به وضوح مشاهده می‌شود، به‌نحوی که مقدار بعضی از پارامترهای اقلیمی در حال افزایش و برخی دیگر در حال کاهش هستند. مثلاً افزایش دما در طول زمان یا کاهش بارندگی از جمله

ذکر شده در بالا نیاز به تغییراتی در راه‌کارها، زیرساخت‌ها و فعالیت‌های مربوط به مدیریت آب دارد. بنابراین، تأثیرات تغییرات اقلیمی بر منابع آبی نیز باید شناخته شده و مورد ارزیابی قرار گیرد تا در آینده بتوان آن‌ها را تحت کنترل قرار داد (Chapanniere و Smakhtin، ۲۰۰۶؛ Kallache و همکاران، ۲۰۰۵).

با توجه به اهمیتی که تغییر اقلیم بر ساختار محیط کره زمین و ساکنین آن دارد، تلاش در راستای شناخت هر چه بیشتر چگونگی رخدادهای تغییر اقلیم امری مسلم است. این ضرورت به‌ویژه در زمان فعلی که بحث گرم شدن جهانی به یک مسئله جدی تبدیل شده، آشکار می‌شود. در این زمینه مطالعات بسیاری در سطح جهانی و ملی در ارتباط با بررسی روند گذشته و پیش‌بینی آینده اقلیم انجام شده که در سطح ملی می‌توان به مطالعات Salahi و همکاران (۲۰۱۷)، Goodarzi و همکاران (۲۰۱۷)، Nazeri و همکاران (۲۰۱۶)، Tahroudi و همکاران (۲۰۱۶)، Salahi (۲۰۱۶)، Taei و همکاران (۲۰۱۵)، Semiroimi و همکاران (۲۰۱۴)، Gharekhani و همکاران (۲۰۱۲)، Modarres و Khodaghali (۲۰۰۹) و در سطح جهانی به مطالعات Niguse Beyene (۲۰۱۶)، Rauf و همکاران (۲۰۱۶)، Thenmozhi و Kottiswaran و Sarkar (۲۰۱۶)، Disse و Mekonnen (۲۰۱۶)، Osman و همکاران (۲۰۱۴)، Saboohi و همکاران (۲۰۱۲) و Soltani و همکاران (۲۰۱۱) اشاره کرد. Nazeri Tahroudi و همکاران (۲۰۱۶) روند تغییرات ایستگاهی و منطقه‌ای بارش در سطح کشور را بررسی کردند. نتایج روند در هر دو مقیاس ایستگاهی و منطقه‌ای، روند کاهشی را در شمال غرب تأیید کرد. در مقیاس منطقه‌ای روند کاهشی معنی‌دار در مناطق شمال غرب، نیمه مرکزی و جنوب غرب کشور، روند کاهشی غیر معنی‌داری در مناطق غربی ایران و روند افزایشی غیر معنی‌دار در مناطق شمالی و حاشیه دریای خزر مشاهده شد.

Salahi و همکاران (۲۰۱۶) اقلیم حوضه دریاچه ارومیه را تا سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی کردند. نتایج نشان داد، بارش ۸/۲۲ درصد کاهش و دما ۳/۱ درصد نسبت به دوره پایه افزایش داشته است. Taei Semiroimi و همکاران (۲۰۱۵) به‌منظور پیش‌بینی تغییرات برخی

وقوع سیل و شرایط حدی دیگر از جمله آثار زیان‌بار گرمایش جهانی است (Rahimzadeh و همکاران، ۲۰۰۵).

تغییرات اقلیمی و گرم شدن جهانی همچنین بر برف، تگرگ، طوفان، شبنم شبانه، سیل، بارش سنگین، خشکسالی، گرما و سرما در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌های بخش کشاورزی و مدیریت آب، محیط زیست، رفاه انسان، سامانه‌های اجتماعی و اقتصادی تأثیر زیادی دارد. به‌دلیل اهمیت موضوع، کشورها در ابعاد ملی، منطقه‌ای، قاره‌ای و بین‌المللی آن را تجزیه و تحلیل می‌کنند (Rahimzadeh و همکاران، ۲۰۰۵؛ Domroes و Tantawi، ۲۰۰۵). به‌همین منظور، شناسایی و آشکارسازی تغییرات اقلیمی و یافتن علل این تغییرات از اهمیت زیادی برخوردار است.

به‌طور کلی، دمای هوا در ۱۰۰ سال اخیر حدود یک درجه سانتی‌گراد افزایش داشته که البته افزایش دمای کمینه بیش از افزایش دمای بیشینه بوده است (Vose و همکاران، ۲۰۰۵). تغییر دمای هوا باعث تغییرات عمده در رفتارهای اقلیمی کره زمین شده، تغییرات مشهودی را در میزان و الگوی بارش، میزان تابش مستقیم خورشید، میزان پراکنش نور خورشید (که در فتوسنتز مؤثر است) و ابرناکی ایجاد نموده است (Babaei Fini و همکاران، ۲۰۱۴). هیئت بین‌المللی تغییر اقلیم پیش‌بینی می‌کند که تا سال ۲۱۰۰، میانگین جهانی دمای سطح زمین بین ۱/۸ تا چهار درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. با افزایش از ۱/۵ تا ۲/۵ درجه سانتی‌گراد، انتظار می‌رود که تقریباً ۲۰ تا ۳۰ درصد از گونه‌های گیاهی و حیوانی در خطر انقراض قرار گیرد و همچنین، اثرات نامطلوبی بر امنیت غذایی در کشورهای در حال توسعه خواهد داشت (FAO، ۲۰۰۷). همچنین، تغییرات اقلیمی بر سیل، خشکسالی، اکوسیستم‌های طبیعی، جامعه و اقتصاد نیز مؤثر هستند (Oxoz و Bayazit، ۲۰۰۳).

با توجه به این‌که شرایط اقلیمی در تمام دنیا در حال تغییر می‌باشد، باعث به‌وجود آوردن نگرانی‌هایی در مورد تأثیرات این تغییرات شده است، به‌ویژه تغییرات در شدت/فراوانی وقایع در حدی است که باعث به‌وجود آوردن سیل شده است. سازگاری موارد

پیش‌بینی آینده آن، مطالعه‌ای در منطقه سمیرم انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی: شهرستان سمیرم با مساحت ۵۲۲۴۰۰ هکتار در ۱۶۵ کیلومتری جنوب استان اصفهان با مختصات جغرافیایی $۱۷^{\circ} ۵۱'$ تا $۰۳' ۵۲^{\circ}$ طول شرقی و $۴۲' ۳۰^{\circ}$ تا $۵۱' ۳۱^{\circ}$ عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). ارتفاع متوسط این شهرستان در حدود ۲۴۰۰ متر از سطح دریا است. در مجموع، سمیرم منطقه‌ای کوهستانی بوده که از شرقی‌ترین زبانه‌های زردکوه بختیاری آغاز شده و تا دامنه‌های دنا ادامه می‌یابد. این شهرستان ۹/۴ درصد مساحت استان اصفهان را شامل می‌شود و از نظر موقعیت قرارگیری در حاشیه جنوب شرقی رشته کوه‌های زاگرس واقع شده است.

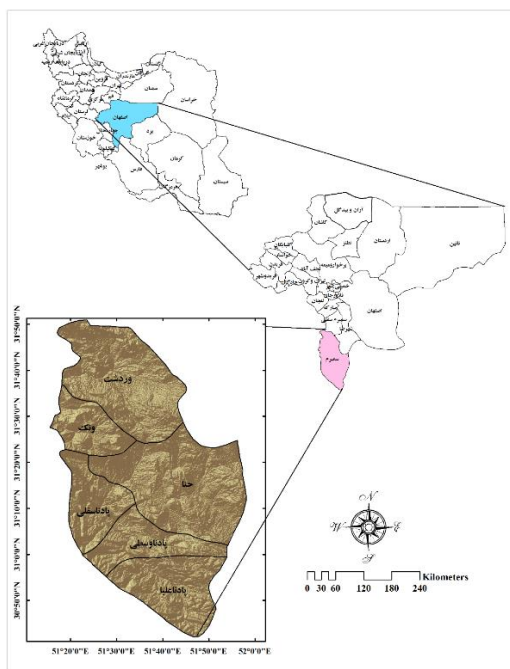
پایگاه داده‌های اقلیمی: به منظور تشکیل پایگاه داده‌های اقلیمی از ایستگاه‌های سینوپتیک و کليما تولوژی در داخل و مجاور منطقه سمیرم استفاده شد. این ایستگاه‌ها ضمن داشتن طول آماری قابل توجه از کمترین داده گمشده نیز برخوردارند (جدول ۱). داده‌های اقلیمی مورد بررسی شامل بارش، میانگین دما، میانگین دمای بیشینه، میانگین دمای کمینه در مقیاس ماهانه و سالانه است.

روش پژوهش: در این پژوهش، با استفاده از داده‌های اقلیمی بارش و دمای ایستگاه‌های نزدیک و واقع در منطقه مطالعاتی که از عوامل مهم در تغییر اقلیم هستند، روند عوامل اقلیمی مرتبط با دما و بارش بررسی شد، زیرا عوامل مرتبط با دما و بارش از مهمترین عوامل هواشناسی در تعیین نقش و پراکندگی سایر عناصر اقلیمی و نیز از شاخص‌های مهم در طبقه‌بندی‌های اقلیمی به شمار می‌رود (Alizadeh و همکاران، ۲۰۱۱). از آنجایی که بارش به‌خصوص از نوع برف در ذخیره آبی یک منطقه بسیار مؤثر است و عمده خشکسالی‌های اتفاق افتاده در سال‌های اخیر در مناطق مختلف در اثر تغییر نوع بارش (از برف به باران) بوده و نه کاهش کلی بارش، بنابراین، بررسی این پارامتر از اهمیت بالایی برخوردار است (Ziyaeian و Hassan Alizadeh، ۲۰۰۴). روند

از متغیرهای اقلیمی از مدل ریزمقیاس‌سازی LARS-WG و خروجی‌های مدل HADCM3 تحت سناریوهای مختلف در حوضه بار نیشابور استفاده کردند. نتایج نشان داد که سناریوهای A1، A2 و B1 نتایج تقریباً مشابهی مبنی بر کاهش بارش و افزایش تابش، دمای کمینه و دمای بیشینه در دوره‌های آتی دارد. به‌عنوان مثال، نتایج حاصل از سناریوی A2 حاکی از افزایش میانگین سالانه دمای بیشینه و کمینه تقریباً به‌صورت یکسان و به میزان ۱/۱، ۳/۲ و ۴/۶ درجه سانتی‌گراد، افزایش تابش به میزان ۰/۰۷ و ۰/۳۰ و ۰/۳۳ میلی‌ژول در متر مربع در روز و کاهش بارش به میزان ۱۶/۴، ۱۷/۶ و ۳۱/۹ درصد به‌ترتیب در این دوره‌ها نسبت به دوره پایه است. Khosravanian و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند، بر اساس برآورد مدل LARS-WG برای سناریوهای A2، A1B و B1 در دوره‌های ۲۰۱۱-۲۰۳۰ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ میانگین دمای حوزه آبخیز قره‌سو به میزان ۰/۵۶ تا ۴/۰۴ درجه سلسیوس افزایش و مقدار بارش نیز در مقایسه با دوره پایه به میزان ۱۰/۲۸ تا ۲۳/۷۱ درصد افزایش یافته است. همچنین، در مقیاس جهانی، Osman و همکاران (۲۰۱۴) مقدار بارش سالانه را با استفاده از مدل LARS-WG در عراق برای دوره‌های زمانی ۲۰۱۱-۲۰۳۰، ۲۰۴۶-۲۰۶۵ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ ریزمقیاس‌سازی کردند. نتایج نشان داد، دوره‌های دسامبر-فوریه و سپتامبر-نوامبر افزایش روند بارش دارند و روند کاهشی در ماه‌های مارس، آوریل و مه در آینده مشاهده می‌شود. Saboohi و همکاران (۲۰۱۲) روند دما را در ۳۵ ایستگاه سینوپتیک مطالعه نمودند و نشان دادند که ۷۱، ۶۶ و ۴۰ درصد از ایستگاه‌ها در میانگین دما، میانگین دمای بیشینه و کمینه سالانه به‌ترتیب روند معنی‌داری را نشان می‌دهند و این نتایج همچنین، بیانگر آن است که اقلیم در ایران خصوصاً در بهار در حال گرم شدن است.

به‌طور کلی، مطالعات بالا حاکی از افزایش پارامترهای دمایی در دنیا است، اما پارامتر بارش در بعضی نقاط جهان در حال افزایش و در برخی نقاط کاهش یافته است. در مجموع الگوی بارش در کل دنیا در حال تغییر است. بنابراین، در این بررسی، به‌منظور بررسی روند گذشته متغیرهای اقلیمی دما و بارش و

- عوامل اقلیمی مرتبط با دما و بارش به شرح زیر
 بررسی شد.
 - جمع‌آوری داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های دارای
 آمار بلندمدت سازمان هواشناسی
 - بررسی روند عوامل اقلیمی مرتبط با دما و بارش
 با استفاده از آزمون ناپارامتریک من-کندال



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی در ایران و استان اصفهان

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی منتخب

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول (درجه)	عرض (درجه)	ارتفاع (متر)	طول دوره آماری
سمیرم	سینوپتیک	۵۱/۵۵	۳۱/۴۷	۲۴۵۹/۹	۲۰۰۲-۲۰۱۶
حمزوی حنا	کلیماتولوژی	۵۱/۷۰	۳۱/۱۵	۲۲۷۴/۰	۱۹۹۱-۲۰۱۶
امام قیس	کلیماتولوژی	۵۱/۳۰	۳۱/۷۳	۲۱۹۵/۰	۱۹۵۸-۲۰۱۶
همگین	کلیماتولوژی	۵۱/۴۵	۳۱/۵۵	۲۶۰۰/۰	۱۹۶۴-۲۰۱۶
بروجن	سینوپتیک	۵۱/۳۰	۳۱/۹۸	۲۲۶۰/۰	۱۹۸۸-۲۰۱۶
یاسوج	سینوپتیک	۵۱/۵۵	۳۰/۷۰	۱۸۱۶/۳	۱۹۸۷-۲۰۱۶

مدل ارائه شده به وسیله هیئت بین‌المللی تغییر اقلیم (IPCC) و روش‌های ریزمقیاس^۱ لارس^۲ استفاده شد. کوچک مقیاس کردن داده‌های اقلیمی: یکی از ضعف‌های مدل GCM بزرگ بودن مقیاس مکانی متغیرهای اقلیمی شبیه‌سازی شده است. یکی از راه‌کارهای فائق آمدن بر نقیصه تفکیک مکانی کم این مدل‌ها استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری است. روش‌های مختلفی برای کوچک مقیاس کردن متغیرهای اقلیمی وجود دارد که از جمله این مدل‌ها

به این ترتیب، روند داده‌های اقلیمی و تغییر اقلیم در طولانی‌مدت تعیین شد و نقشه‌های مربوطه با استفاده از روش میان‌یابی کریجینگ ترسیم شد. سپس، روند پارامترهای اقلیمی نظیر دما و بارش پیش‌بینی شد. در این رابطه، پیش‌بینی بارش و دما و عوامل تأثیرگذار بر این پدیده‌ها، نقش مؤثری در راستای تعیین اقلیم و تغییرات آن و همچنین، اخذ تصمیمات دقیق‌تر در زمینه‌های کشاورزی، اقتصادی و اجتماعی ایفا خواهد کرد (Alizadeh و همکاران، ۲۰۱۱). به منظور پیش‌بینی پارامترهای بارش و دما، از

¹ Down scaling

² LARS-WG

زمستان، ماه‌های مه، اکتبر و دسامبر کاهش یافته، روند بارش در تمام ماه‌های سال از روند معنی‌داری پیروی نمی‌کند (جدول ۵). با توجه به این‌که ایستگاه بروجن ارتفاعی برابر با ۲۲۶۰ متر دارد و جز مناطق مرتفع محسوب می‌شود، افزایش میانگین دما خصوصاً در فصول بهار و پاییز و افزایش میانگین دمای کمینه و بیشینه در فصل زمستان سبب ذوب زودهنگام برف در منطقه شده، با توجه به کاهش بارش در این منطقه کوهستانی موجب ایجاد مشکلات زیادی در ذخیره آب می‌شود. به‌طور کلی، افزایش دمای شبانه و روزانه به همراه کاهش بارش می‌تواند آثاری زیان‌باری از جمله کاهش ریزش برف و ذوب شدن زودهنگام آن را به‌دنبال داشته باشد که این مسئله باعث تبخیر و تعرق بیشتر شده و بر روی نیاز آبی گیاهان تأثیرگذار است.

در ایستگاه امام قیس، میانگین دما در تمام ماه‌ها به‌جز مه، ژوئن، ژوئیه و اوت مثبت بوده و روند در ماه‌های ژانویه و ژوئن معنی‌دار است (جدول ۲). میانگین دمای بیشینه در این ایستگاه در تمام ماه‌ها به‌جز دسامبر، ژانویه و مارس منفی بوده، در ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت روند معنی‌دار است (جدول ۳). همچنین، بررسی روند دمای میانگین کمینه نشان داد که این متغیر در تمام ماه‌های سال روند مثبت معنی‌دار دارد (جدول ۴). متغیر بارش در این ایستگاه در فصل زمستان (ژانویه، فوریه و مارس) و ماه‌های آوریل، نوامبر و دسامبر مثبت است و این روند در ماه‌های فوریه، ژوئن، ژوئیه، اوت و دسامبر معنی‌دار است (جدول ۵). نتایج نشان‌دهنده افزایش دمای روزانه و کاهش دمای شبانه در منطقه بوده، با وجود افزایش بارش در فصول زمستان و پاییز سبب تأمین آب مورد نیاز بخش کشاورزی شده و تا حدودی اثرات افزایش درجه حرارت را می‌تواند تعدیل کند.

ایستگاه همگین در بخش شمالی ایستگاه سمیرم واقع شده، دارای ارتفاعی برابر با ۲۳۹۹ متر بوده که از مناطق مرتفع است. در این ایستگاه میانگین دما در طی دوره مشاهداتی به‌جز در ماه‌های مارس و نوامبر روند افزایشی داشته، روند در تمام ماه‌ها به‌جز ژانویه، مارس، آوریل، نوامبر و دسامبر معنی‌دار است (جدول ۲). میانگین دمای بیشینه در بیشتر ماه‌ها صعودی

LARS-WG^۱ است که برای ریزمقیاس‌نمایی از روش‌های آماری استفاده می‌کند. این مدل یکی از معروف‌ترین نوع مولد داده‌های تصادفی وضع هوا است و برای تولید مقادیر بارش، تابش، درجه حرارت بیشینه و کمینه روزانه در یک ایستگاه به‌کار می‌رود (Racsko و Szeidl، ۱۹۹۱؛ Semenov و Brooks، ۱۹۹۹). با استفاده از مدل یاد شده مقادیر مقدار بارش، تابش، درجه حرارت بیشینه و کمینه روزانه در ایستگاه سمیرم از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ تعیین و در نهایت برای بررسی عملکرد مدل LARS-WG از آزمون‌های آماری (آزمون t، آزمون تحلیل واریانس یا f و آزمون خی دو)، رسم نمودار و نمایه‌های آماری (RMSE، RSQ، MAE^۳، NSE^۴ و PBISE^۵) استفاده شد (Salahi، ۲۰۱۶؛ Taei Semiroمی، ۲۰۱۳).

نتایج و بحث

بررسی روند متغیرهای اقلیمی: جدول ۲ نشان می‌دهد که میانگین دما در ایستگاه بروجن در تمام فصول به‌جز زمستان (ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس) در حال کاهش بوده، در ماه‌های فوریه، ژوئن، ژوئیه، اوت، سپتامبر و نوامبر روند منفی معنی‌دار وجود دارد. همچنین، میانگین دمای کمینه در ماه‌های اوت و نوامبر و میانگین دمای بیشینه در ماه دسامبر روند نزولی نشان می‌دهد و در بقیه ماه‌ها متغیر دمایی روند افزایشی دارد. روند میانگین دمای بیشینه در فصل زمستان (ژانویه، فوریه و مارس)، ژوئن و اکتبر و میانگین دمای کمینه در تمام ماه‌ها به‌جز ژانویه، اوت، نوامبر و دسامبر روند معنی‌داری دارد (جدول ۳ و ۴). Arvin و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که میانگین دمای کمینه در ایستگاه بروجن به استثنای دو ماه ژانویه و نوامبر روند افزایشی دارد و بیشینه دما نیز در بیشتر ماه‌های سال در حال افزایش بوده که نتایج این مطالعه را تأیید می‌کند. مقدار بارش نیز در فصل

^۱ Long Ashton Research Station Weather Generator

^۲ Root Mean Square Error

^۳ Determination Coefficient

^۴ Mean Absolute Error

^۵ Nash-Sutcliffe Efficiency

^۶ Percent Bias

(جدول ۵). میانگین دما در بیشتر ماه‌ها در هر دو ایستگاه حمزوی حنا و سمیرم روند افزایشی دارد که به همراه کاهش بارش به‌ویژه در فصول زمستان و پاییز که اوج بارش‌ها بوده، سبب کم‌آبی و تغییر الگوی بارش در منطقه شده است و بارش‌ها بیشتر در فصولی که مورد نیاز گیاهان نیست، می‌بارد و با تبدیل برف به باران سبب کاهش آب زیرزمینی شده، باعث شده است منطقه سمیرم که سرزمین هزارچشمه بود، با خشک‌شدن و کاهش شدید دبی آب در منطقه مواجه شوند که بخش کشاورزی و باغات این منطقه را با مشکلات زیادی روبه‌رو کرده است. بسیاری از باغات در بخش شمالی منطقه خشک شده، اما حضور کوه برافراشته دنا در منطقه جنوبی سمیرم سبب شده است که تا حدودی کاهش بارش با برف‌هایی که بر کوه دنا وجود دارد، تعدیل شود و رودخانه ماربر رگ حیاتی برای این منطقه باشد.

در ایستگاه یاسوج که در بخش جنوبی منطقه سمیرم واقع شده، میانگین دما در تمام ماه‌ها به‌جز فصل زمستان (ژانویه، فوریه و مارس) و ماه اکتبر نزولی بوده، در ماه‌های فوریه، مارس، اوت، سپتامبر و نوامبر روند معنی‌دار است (جدول ۲). میانگین دمای بیشینه در تمام ماه‌ها به‌جز ماه نوامبر صعودی بوده، در ماه‌های فوریه، مارس، ژوئن و ژوئیه روند معنی‌دار است (جدول ۳). Noori و Ebrahimi Tabar (۲۰۰۹) در بررسی که در ایستگاه تبخیرسنجی دشت روم واقع در ۲۰ کیلومتری شهر یاسوج طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۷ انجام دادند، مشخص شد، بیشینه هوا در حال کاهش است، ضمن این‌که هیچ روند افزایشی معنی‌داری با آزمون من-کندال مورد تأیید قرار نگرفت. به‌نظر می‌رسد که تفاوت در نتایج به‌دست آمده به‌علت یکسان نبودن ایستگاه‌ها و تفاوت در دوره آماری باشد. همچنین، روند دمای کمینه در این ایستگاه در تمام فصول به‌جز زمستان (ژانویه، فوریه و مارس) روند نزولی است و در ماه‌های سپتامبر، نوامبر و دسامبر روند معنی‌داری نشان می‌دهد (جدول ۴). در ارتباط با مقدار بارش، روند این متغیر در تمام ماه‌ها به‌جز آوریل، اوت و نوامبر روند نزولی بوده و در ماه نوامبر روند معنی‌دار است (جدول ۵).

بوده، روند در ماه آوریل معنی‌دار است (جدول ۳). همچنین، میانگین دمای کمینه برخلاف دو متغیر اشاره شده در تمام ماه‌ها به‌جز فوریه و ژوئیه منفی است و در ماه‌های آوریل، نوامبر و دسامبر روند معنی‌داری دارد (جدول ۴). اما متغیر بارش در تمام ماه‌ها به‌جز فوریه و آوریل روند نزولی داشته، روند در ماه‌های مه، ژوئن، ژوئیه و اکتبر معنی‌دار است (جدول ۵). این ایستگاه از مناطق مرتفع بوده که بارش‌ها بیشتر به‌صورت برف بوده می‌باشد، اما افزایش دمای روزانه باعث ذوب زودهنگام برف در ارتفاعات شده، ذخیره آبی چشمه‌ها را کاهش داده، سبب خشک شدن بسیاری از چشمه‌ها در این مناطق شده است.

ایستگاه سمیرم و حمزوی حنا دو ایستگاه واقع در منطقه سمیرم است و به‌ترتیب دارای ارتفاع ۲۴۵۹/۹ و ۲۲۷۴ هستند. میانگین دما در ایستگاه حمزوی حنا در تمام ماه‌ها به‌جز آوریل، مه، ژوئن، ژوئیه و نوامبر روند صعودی دارد و در ماه اکتبر روند معنی‌دار است و روند میانگین دما در ایستگاه سمیرم نیز در تمام ماه‌ها به‌استثنای ماه‌های مارس، اوت، اکتبر و نوامبر مثبت است و روند معنی‌دار در هیچ‌کدام از ماه‌ها مشاهده نمی‌شود (جدول ۲). میانگین دمای بیشینه در فصل پاییز (اکتبر، نوامبر و دسامبر) و ماه‌های آوریل و اوت در ایستگاه حمزوی حنا و در فصل تابستان (ژوئیه، اوت و سپتامبر) و ماه‌های آوریل، مه، اکتبر و نوامبر در ایستگاه سمیرم روند منفی دارد و در ماه مارس بدون روند است که این روندها در ایستگاه حمزوی حنا در ماه‌های ژانویه و نوامبر و در ایستگاه سمیرم در ماه اوت معنی‌دار است (جدول ۳).

روند میانگین دمای کمینه در فصل زمستان (ژانویه، فوریه و مارس)، فصل تابستان (ژوئیه، اوت و سپتامبر) و ماه‌های مه، ژوئن در ایستگاه حمزوی حنا منفی بوده، در ایستگاه سمیرم به‌جز در ماه‌های ژانویه و فوریه که بدون روند است و در بقیه ماه‌های سال روند منفی است (جدول ۴). روند مقدار بارش در ماه‌های ژانویه، مارس، آوریل، ژوئیه، اکتبر و دسامبر در ایستگاه حمزوی حنا نزولی بوده که در ماه دسامبر معنی‌دار است و در ایستگاه سمیرم روند مقدار بارش در ماه‌های ژانویه، فوریه، آوریل، ژوئیه، نوامبر و دسامبر منفی است و در ایستگاه ژانویه روند معنی‌دار است

جدول ۲- مقدار آماره من-کندال متغیر میانگین دما در ایستگاه‌های منتخب

ایستگاه	بروجن	امام قیس	همگین	حمزوی حنا	سمیرم	ياسوج	ماه
ژانویه	۱/۱۱	۲/۰۴*	۱/۳۵	۱/۵۱	۱/۲۹	۰/۸۲	
فوریه	۱/۹۷*	۱/۶۵ ⁺	۲/۲۹*	۱/۳۲	۰/۸۹	۲/۱۱*	
مارس	۱/۲۲	۱/۶۲	-۰/۰۶	۱/۴۳	-۰/۶۹	۲/۲۱*	
آوریل	-۰/۸۴	۱/۸۷ ⁺	۱/۲۶	-۱/۱۴	۰/۳۰	-۰/۳۹	
مه	-۰/۹۸	-۰/۰۳	۲/۰۹*	-۰/۴۰	۰/۲۰	-۰/۴۳	
ژوئن	-۲/۱۹*	-۲/۱۱*	۴/۹۶**	-۰/۴۵	۰/۷۹	-۰/۱۴	
ژوئیه	-۲/۰۴**	-۱/۹۳ ⁺	۴/۵۵**	-۰/۰۵	۰/۴۰	-۱/۲۵	
اوت	-۳/۴۰*	-۱/۵۴	۴/۱۰**	۰/۰۵	-۱/۲۹	-۱/۹۶*	
سپتامبر	-۲/۰۱*	۱/۳۰	۴/۰۵**	۱/۵۶	۰/۴۰	-۲/۳۶*	
اکتبر	-۱/۸۲ ⁺	۱/۹۲ ⁺	۴/۰۰**	۲/۲۵*	-۰/۸۴	۰/۱۱	
نوامبر	-۳/۴۳**	۱/۰۹	-۰/۴۷	-۱/۱۳	-۰/۱۰	-۲/۱۸**	
دسامبر	-۱/۴۱	۱/۹۱ ⁺	۰/۱۱	۰/۱۸	۱/۴۸	-۰/۶۱	
سالانه	-۱/۵۲	۱/۳۱	۳/۸۰**	۰/۴۷	۰/۵۹	-۰/۱۸	

** معنی‌داری در سطح یک درصد، * معنی‌داری در سطح پنج درصد و ⁺ معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد

جدول ۳- مقدار آماره من-کندال متغیر میانگین دمای بیشینه در ایستگاه‌های منتخب

ایستگاه	بروجن	امام قیس	همگین	حمزوی حنا	سمیرم	ياسوج	ماه
ژانویه	۲/۵۷*	۰/۷۹	۱/۰۸	۲/۵۳*	۱/۰۹	۱/۸۹	
فوریه	۳/۳۲**	-۰/۰۸	۱/۷۹ ⁺	۱/۶۶ ⁺	۰/۴۰	۳/۴۴**	
مارس	۲/۷۲**	۰/۲۱	-۱/۳۱	۱/۴۸	-۰/۸۹	۳/۲۵**	
آوریل	۱/۱۱	-۰/۲۵	-۲/۳۶*	-۰/۷۹	۰/۰۰	۱/۰۰	
مه	۱/۸۴ ⁺	-۱/۳۴	-۱/۲۸	۰/۷۹	-۰/۲۵	۱/۵۷	
ژوئن	۲/۶۳**	-۳/۰۱**	۰/۸۱	۰/۷۷	۰/۴۰	۳/۰۰**	
ژوئیه	۱/۵۰	-۲/۹۰**	۱/۰۴	۰/۴۸	-۰/۱۵	۲/۶۰**	
اوت	-۰/۳۴	-۳/۱۴**	۰/۰۳	-۰/۱۶	-۲/۱۸*	۱/۳۲	
سپتامبر	۰/۷۵	-۱/۸۸ ⁺	۱/۳۸	-۱/۱۶	-۱/۴۸	۱/۳۷	
اکتبر	۱/۹۷*	-۰/۹۵	۱/۷۷ ⁺	-۰/۲۱	-۱/۷۸ ⁺	۱/۷۵ ⁺	
نوامبر	-۰/۹۰	-۱/۶۸ ⁺	-۱/۳۴	-۲/۱۸*	-۰/۶۹	-۱/۰۷	
دسامبر	۰/۶۶	۰/۷۵	-۰/۶۸	۱/۰۰	۱/۱۹	۱/۰۳	
سالانه	۲/۷۶**	-۱/۲۱	۰/۳۲	۱/۴۱	-۰/۴۰	۳/۶۴**	

** معنی‌داری در سطح یک درصد، * معنی‌داری در سطح پنج درصد و ⁺ معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد

مثبت است و این روند از شمال منطقه به سمت جنوب منطقه افزایش می‌یابد و در حوالی ایستگاه سمیرم متغیر میانگین دمای بیشینه سالانه بی‌روند است (شکل ۳). متغیر میانگین دمای کمینه در بخش جنوبی منطقه و در حوالی ایستگاه سمیرم روند منفی نشان می‌دهد و در دیگر بخش‌ها روند مثبت مشاهده

در بازه سالانه در حاشیه بخش‌های جنوبی، جنوب شرقی و شرق روند منفی در متغیر میانگین دما مشاهده می‌شود. همچنین، مقدار روند میانگین دما از بخش‌های جنوبی به سمت شمال غربی منطقه افزایش می‌یابد (شکل ۲). روند میانگین دمای بیشینه در تمامی نقاط به جز در حاشیه شمالی منطقه سمیرم

شد، متغیر مقدار بارش در این بازه در بیشتر ایستگاه‌ها روند منفی نشان می‌دهد و این روند در بخش‌های شمالی منطقه مثبت است و با حرکت به سمت بخش جنوبی مقدار روند منفی شده و بزرگ‌ترین مقدار روند منفی در اطراف ایستگاه سمیرم مشاهده می‌شود (شکل ۵).

می‌شود. همچنین، بیشترین مقدار روند در بخش شمالی منطقه سمیرم وجود دارد (شکل ۴). به‌طور کلی، متغیرهای دمایی (میانگین دما، میانگین دمای بیشینه و میانگین دمای کمینه) در فصل زمستان، پاییز و در بازه سالانه روند افزایشی داشته، در فصول بهار و تابستان متغیرهای دمایی مختلف روند متفاوتی نشان می‌دهند. در بررسی سالانه متغیر بارش مشخص

جدول ۴- مقدار آماره من-کندال متغیر میانگین دمای کمینه در ایستگاه‌های منتخب

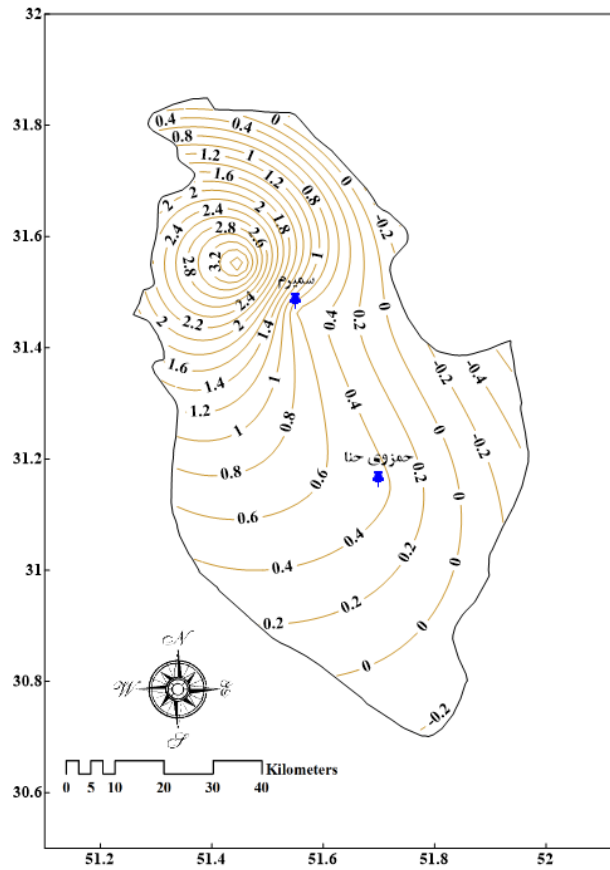
ایستگاه	بروجن	امام قیس	همگین	حمزوی حنا	سمیرم	ياسوج
ژانویه	۱/۵۶	۲/۷۸**	-۰/۵۰	۰/۱۰	۱/۵۸	۰/۲۱
فوریه	۲/۳۸*	۳/۱۸**	۰/۷۱	۰/۱۶	۰/۰۰	۰/۹۶
مارس	۲/۷۲**	۲/۹۶**	-۱/۶۷ ⁺	۰/۵۰	-۰/۹۹	۰/۴۶
آوریل	۲/۲۹*	۴/۱۴**	-۲/۰۵*	-۱/۷۶ ⁺	-۰/۶۹	-۱/۳۷
مه	۳/۵۵**	۴/۰۶**	-۱/۶۵ ⁺	۰/۱۷	-۰/۱۰	-۱/۰۵
ژوئن	۳/۶۶**	۴/۶۴**	-۰/۶۵	۰/۹۴	-۰/۳۰	-۰/۹۵
ژوئیه	۲/۷۴**	۳/۹۷**	۰/۶۳	۰/۳۴	-۰/۲۵	-۱/۴۸
اوت	۱/۵۰	۳/۴۰**	-۰/۷۷	-۰/۰۵	-۲/۳۸*	-۱/۸۶ ⁺
سپتامبر	۳/۸۸**	۵/۳۴**	-۰/۷۳	۱/۹۳ ⁺	-۰/۸۴	-۲/۰۲*
اکتبر	۲/۸۵**	۴/۲۸**	-۰/۸۵	-۰/۵۰	-۱/۴۴	-۱/۴۸
نوامبر	۰/۳۶	۴/۴۶**	-۲/۵۰*	-۰/۳۷	-۰/۷۹	-۲/۲۱*
دسامبر	-۱/۰۱	۳/۲۹**	-۲/۱۴*	-۰/۸۲	۰/۷۹	-۲/۰۷*
سالانه	۳/۸۸**	۴/۸۸**	-۱/۰۳	۰/۶۷	-۰/۶۹	-۱/۶۱

** معنی‌داری در سطح یک درصد، * معنی‌داری در سطح پنج درصد و ⁺ معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد

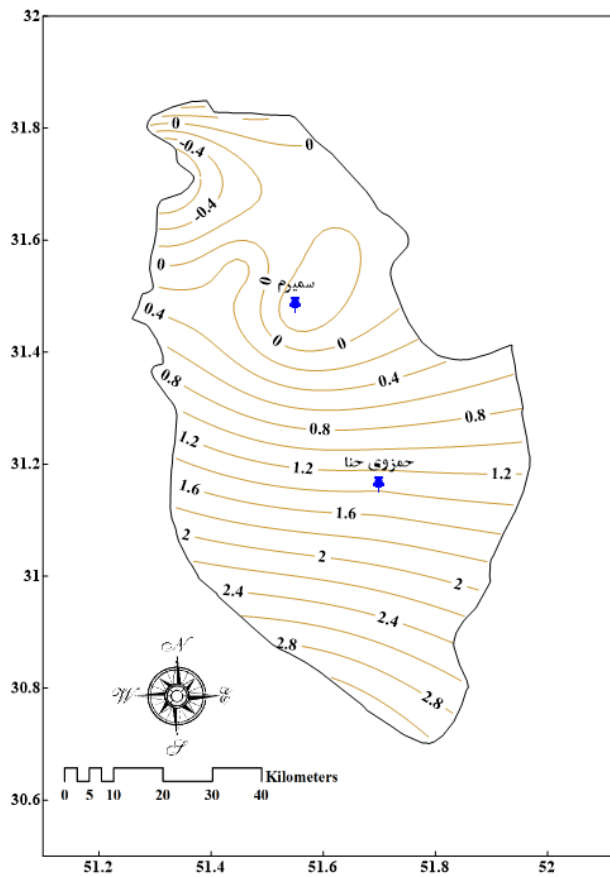
جدول ۵- مقدار آماره من-کندال متغیر مقدار بارش در ایستگاه‌های منتخب

ایستگاه	بروجن	امام قیس	همگین	حمزوی حنا	سمیرم	ياسوج
ژانویه	-۱/۶۵ ⁺	۱/۴۱	-۰/۱۷	-۱/۴۹	-۲/۲۸*	-۰/۶۱
فوریه	-۰/۰۹	۲/۳۵*	۰/۷۰	۰/۲۴	-۰/۳۰	-۱/۶۶ ⁺
مارس	-۰/۹۹	۱/۱۶	-۰/۰۹	-۱/۱۰	۰/۴۰	-۰/۹۳
آوریل	۰/۸۸	۰/۳۰	۰/۵۴	-۰/۲۵	-۱/۷۸ ⁺	۰/۴۵
مه	-۰/۱۷	-۰/۶۶	-۲/۵۷*	-۰/۷۹	۱/۸۴ ⁺	-۰/۲۳
ژوئن	۰/۳۶	-۲/۷۵**	-۲/۴۹*	۰/۰۰	۰/۶۰	-۰/۵۱
ژوئیه	۰/۰۰	-۲/۴۰*	-۲/۵۰*	-۱/۲۰	-۱/۸۴ ⁺	-۰/۲۶
اوت	۱/۱۷	-۳/۵۷**	-۱/۹۳ ⁺	۰/۰۰	۰/۶۴	۱/۸۹ ⁺
سپتامبر	۱/۲۳	-۱/۱۵	-۰/۲۱	۰/۰۰	۰/۱۸	-۰/۳۳
اکتبر	-۰/۵۸	-۱/۹۴ ⁺	-۲/۵۰*	-۰/۵۱	۱/۸۳ ⁺	-۰/۶۲
نوامبر	۰/۸۶	۰/۷۵	۰/۰۰	۱/۳۰	-۰/۱۰	۲/۱۴*
دسامبر	-۰/۳۲	۲/۰۹*	-۰/۴۴	-۲/۳۴*	-۰/۹۹	-۰/۷۹
سالانه	-۰/۰۶	۲/۲۸**	۰/۴۴	-۰/۳۷	-۱/۴۸	-۱/۱۴

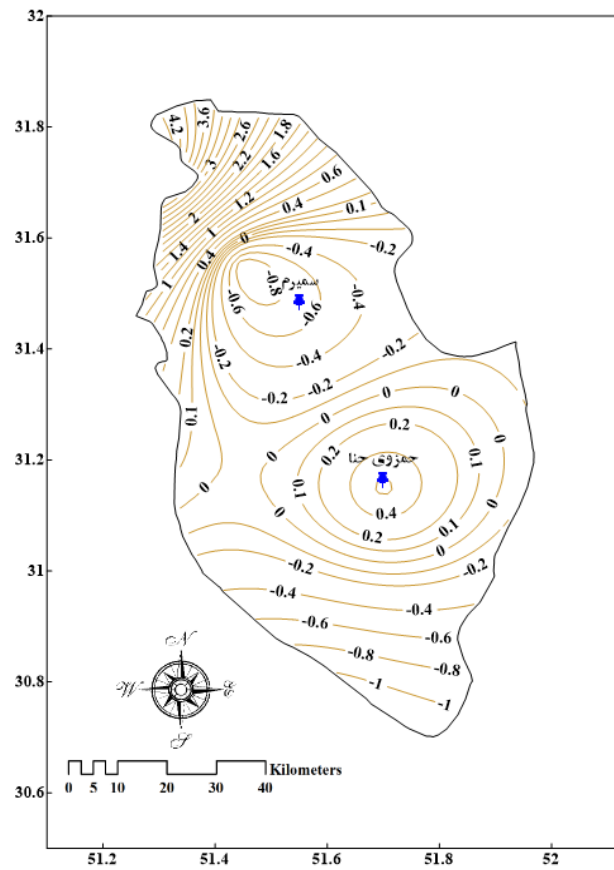
** معنی‌داری در سطح یک درصد، * معنی‌داری در سطح پنج درصد و ⁺ معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد



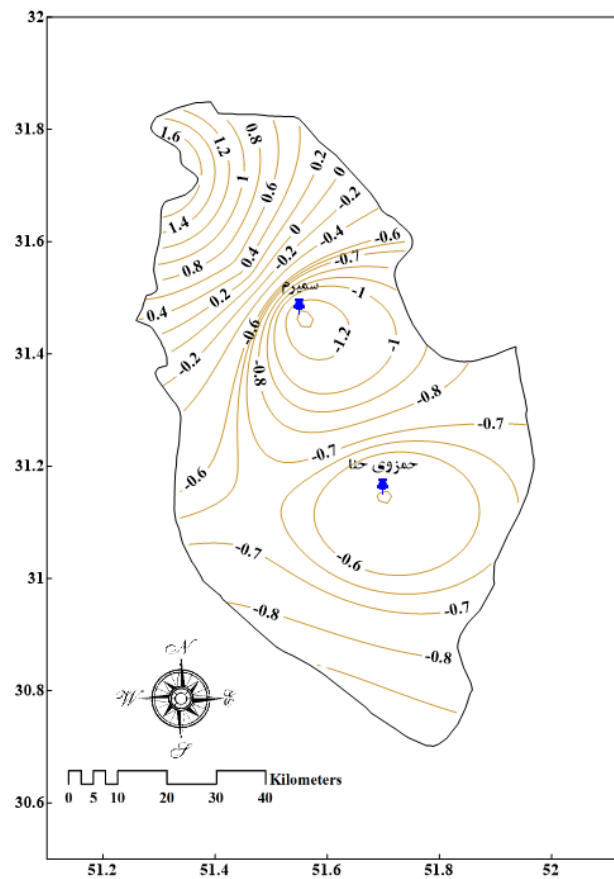
شکل ۲- نقشه خطوط همروند میانگین دمای سالانه در منطقه سمیروم



شکل ۳- نقشه خطوط همروند میانگین دمای بیشینه سالانه در منطقه سمیروم



شکل ۴- نقشه خطوط هم‌روند میانگین دمای کمینه سالانه در منطقه سمیرم

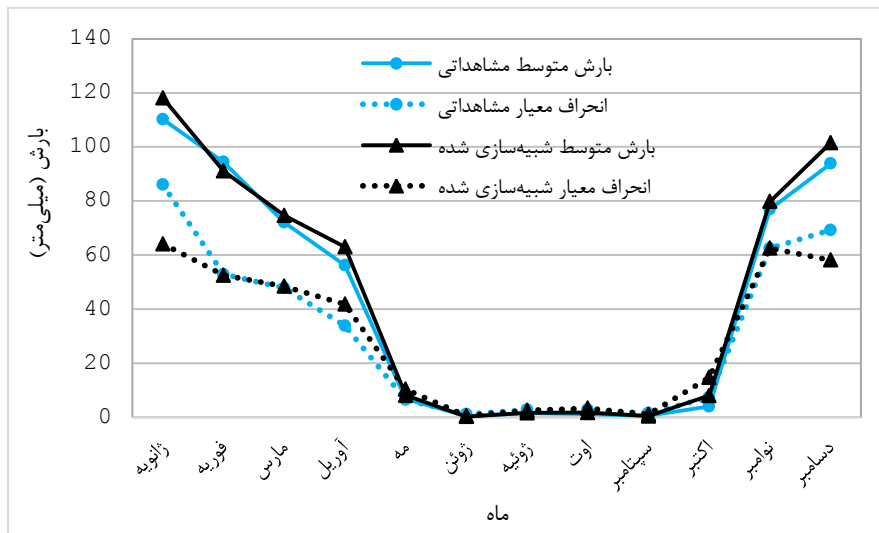


شکل ۵- نقشه خطوط هم‌روند بارش سالانه در منطقه سمیرم

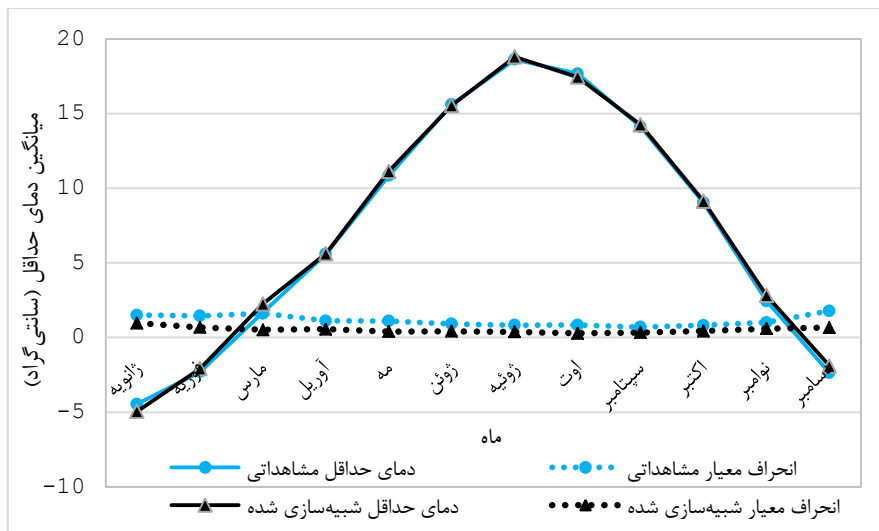
پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی

ارزیابی مدل با استفاده روش ترسیمی: یکی از مزایای روش گرافیکی ارزیابی سریع و چشمی است. نتایج حاکی از دقت خوب مدل در مدل‌سازی داده‌های بارش، کمینه دما و بیشینه دما است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، انحراف معیار مقادیر شبیه‌سازی

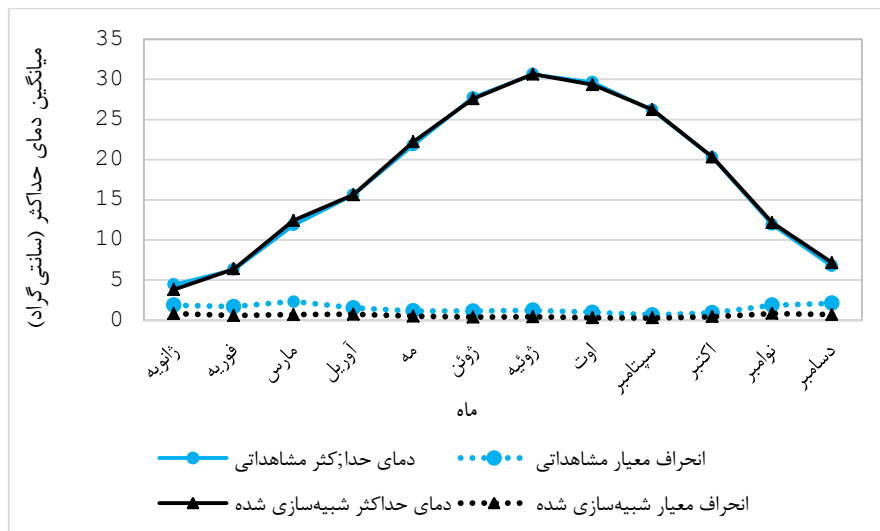
بارندگی نسبت به مقادیر دیده‌بانی شده در بعضی از ماه‌ها بیشتر است، زیرا بارندگی یکی از تغییرپذیرترین متغیرهای اقلیمی بوده، همچنین، بارش دارای عدم پیوستگی زمانی است، اما مقادیر دیده‌بانی شده و شبیه‌سازی شده کمینه و بیشینه دما بر هم منطبق است (شکل ۶، ۷ و ۸).



شکل ۶- مدل‌سازی بارش ماهانه ایستگاه سمیرم با مدل LARS-WG



شکل ۷- مدل‌سازی کمینه دمای ماهانه ایستگاه سمیرم با مدل LARS-WG



شکل ۸- مدل‌سازی پیشینه دمای ماهانه ایستگاه سمیرم با مدل LARS-WG

مدل توانمندی مناسبی برای شبیه‌سازی میانگین دمای کمینه ماهانه در تمام ماه‌ها دارد و میانگین دمای بیشینه مدل شده، دیدبانی در تمام ماه‌ها از یک جامعه آماری هستند و مدل توانایی مناسبی برای شبیه‌سازی میانگین دمای بیشینه در تمام ماه‌ها دارد که با مطالعات Abbasi و همکاران (۲۰۱۲)، Babaeian و Najafi Nik (۲۰۰۶)، Ashraf و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد.

ارزیابی مدل با استفاده از معیارهای آماری: جدول ۸ نتایج حاصل از ارزیابی مدل از طریق این پارامترهای آماری را نشان می‌دهد.

ارزیابی مدل با استفاده از آزمون‌های آماری: مطابق جدول ۶، مدل‌سازی بارش در تمام ماه‌ها قابل قبول است و بین مقادیر بارش واقعی و شبیه‌سازی شده تفاوتی وجود ندارد، اما نتایج آزمون F نشان می‌دهد که در ماه‌های ژوئن، سپتامبر، اکتبر و نوامبر واریانس بارش واقعی و شبیه‌سازی شده با یکدیگر متفاوت هستند. این امر حاکی از عدم اطمینان بالا به بارش‌های فصل یاد شده بود، زیرا بارش از تغییر پذیرترین داده‌ها است و دارای عدم پیوستگی زمانی است که با مطالعات Taei Semiromi و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت می‌کند. همچنین، مطابق جدول ۷، نتایج ارزیابی میانگین دمای کمینه نشان می‌دهد،

جدول ۶- مقادیر متغیرهای اقلیمی واقعی، شبیه‌سازی شده بارش و مقدار آماره F و t

متغیر	ماه	دیده‌بانی		شبیه‌سازی شده		آزمون t		آزمون F	
		متغیر	انحراف معیار	متغیر	انحراف معیار	مقدار آماره	P value	مقدار آماره	P value
بارش (میلی‌متر)	ژانویه	۱۱۰/۲	۸۶/۰۲	۱۲۲	۵۵/۹	-۰/۵۶	۰/۶	۲/۴	۰/۰۵
	فوریه	۹۴/۴	۵۲/۸	۸۸/۵	۴۹/۱	-۰/۳۵	۰/۷	۱/۲	۰/۷
	مارس	۷۲/۰۵	۴۷/۸	۸۸/۵	۵۲/۴	-۰/۹۷	۰/۳	۱/۲	۰/۷
	آوریل	۵۶/۲	۳۳/۸	۶۰/۷	۳۶/۸	-۰/۳۷	۰/۷	۱/۲	۰/۷
	مه	۶/۷	۶/۴	۷/۳	۸/۹	-۰/۲۳	۰/۸	۱/۹	۰/۲
	ژوئن	۰/۵	۱/۱	-۰/۳	۰/۶	۰/۸۸	۰/۴	۳/۴	۰/۰۰۴
	ژوئیه	۱/۵	۲/۷	۱/۳	۲/۴	۰/۱۷	۰/۸	۱/۲	۰/۶
	اوت	۱/۱	۲/۷	۱/۸	۳/۱	-۰/۶۷	۰/۵	۱/۳	۰/۷
	سپتامبر	۰/۵	۱/۵	-۰/۳	۰/۹	۰/۴۴	۰/۶	۲/۶	۰/۰۳
	اکتبر	۳/۹	۷/۳	۱۰/۹	۱۹/۱	-۱/۲	۰/۲	۶/۸	۰/۰۰۲
	نوامبر	۷۶/۹	۶۲/۵	۶۶	۳۷/۱	۰/۷۵	۰/۴	۲/۸	۰/۰۲
	دسامبر	۹۳/۸	۶۹/۲	۹۹/۷	۶۲/۱	-۰/۲۸	۰/۸	۱/۲	۰/۶

جدول ۷- مقادیر متغیرهای اقلیمی واقعی، شبیه‌سازی شده دما و مقدار آماره t

متغیر	ماه	دیده‌بانی		شبیه‌سازی شده		آزمون t
		متغیر	انحراف معیار	متغیر	انحراف معیار	
میانگین دمای حداقل (درجه سانتی‌گراد)	ژانویه	-۴/۵	۱/۵	-۵/۱	۰/۷	۲/۱
	فوریه	-۲/۳	۱/۴	-۲/۴	۰/۷	۰/۲
	مارس	۱/۷	۱/۶	۲/۲	۰/۶	-۱/۸
	آوریل	۵/۶	۱/۱	۵/۵	۰/۵	۰/۲
	مه	۱۰/۸	۱/۱	۱۱/۰۲	۰/۴	-۰/۸
	ژوئن	۱۵/۶	۰/۹	۱۵/۶	۰/۴	۰/۲
	ژوئیه	۱۸/۶	۰/۸	۱۸/۹	۰/۳	-۱/۶
	اوت	۱۷/۷	۰/۸	۱۷/۵	۰/۳	۱/۱
	سپتامبر	۱۴/۱	۰/۷	۱۴/۲	۰/۳	-۰/۵
	اکتبر	۹/۰۴	۰/۸	۸/۹	۰/۴	۰/۳
	نوامبر	۲/۴	۱	۲/۸	۰/۷	-۱/۲
	دسامبر	-۲/۴	۱/۸	-۱/۹	۰/۶	-۱/۲
	ژانویه	۴/۴	۱/۹	۳/۸	۰/۷	۱/۸
	فوریه	۶/۳	۱/۷	۶/۳	۰/۷	-۰/۲
	مارس	۱۱/۸	۱/۳	۱۲/۳	۰/۸	-۱/۱
	میانگین دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد)	آوریل	۱۵/۶	۱/۵	۱۵/۵	۰/۹
مه		۲۱/۸	۱/۱	۲۲	۰/۵	-۰/۹
ژوئن		۲۷/۷	۱/۱	۲۷/۷	۰/۴	۰/۲
ژوئیه		۳۰/۶	۱/۲	۳۰/۶	۰/۳	۰/۰۱
اوت		۲۹/۶	۰/۹	۲۹/۳	۰/۳	۱/۳
سپتامبر		۲۶/۲	۰/۷	۲۶/۱	۰/۲	۰/۴
اکتبر		۲۰/۳	۰/۹	۲۰/۲	۰/۶	۰/۲
نوامبر		۱۱/۹	۱/۸	۱۲/۲	۰/۷	-۰/۸
دسامبر		۶/۷	۲/۱	۷/۰۵	۰/۶	-۰/۸
۰/۴						

جدول ۸- ارزیابی متغیرهای ورودی مدل LARS-WG با استفاده از معیارهای آماری

متغیر اقلیمی	RMSE	NSE	MAE	PBIAS	R ²
بارش	۴/۲	۰/۹۹	۲/۵	-۰/۰۶	۰/۹۹
میانگین دمای حداقل	۰/۳۱	۱	۰/۱۳	-۰/۰۲	۰/۹۹
میانگین دمای حداقل	۰/۳۲	۱	۰/۰۶	۰	۰/۹۹

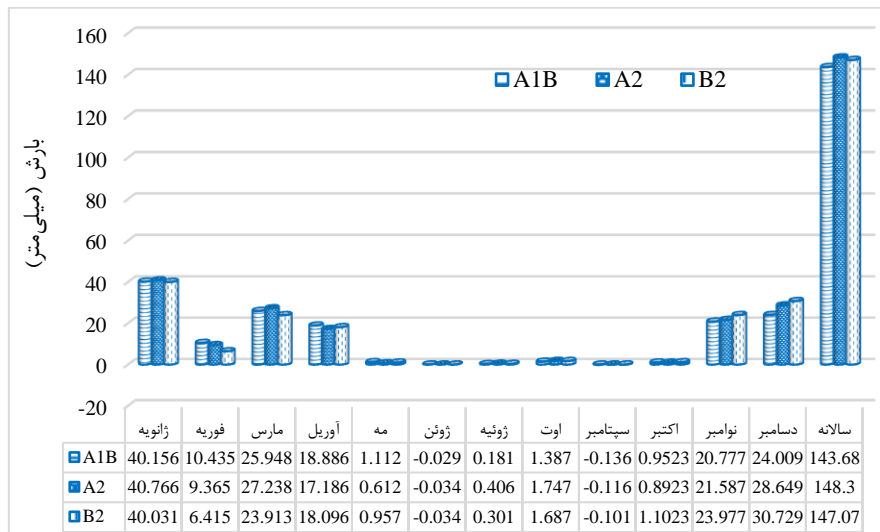
بررسی تغییرات متغیرهای مورد مطالعه: پس از آن‌که داده‌های مورد نیاز با مدل Hadcm3 تحت سناریوهای A1B، A2 و B2 تولید شد، تغییرات بارش، میانگین دمای کمینه و میانگین دمای بیشینه در دوره پیش‌بینی (۲۰۳۰-۲۰۱۱) نسبت به دوره پایه (۲۰۰۲-۲۰۱۰) مورد مقایسه قرار گرفت.

با توجه به نتایج شکل ۹، مشخص شد که در طول قرن ۲۱ بارش در تمام ماه‌ها به جز ماه ژوئن و سپتامبر با استفاده از هر سه سناریو افزایش می‌یابد. بیشترین افزایش بارندگی مربوط به ماه ژانویه است. به طوری که

بر طبق جدول ۸ مقادیر RMSE و MAE به صفر نزدیک می‌باشد که نشان‌دهنده دقت بالای مدل است، مقدار R² حاکی از ارتباط بین مقدار داده مشاهداتی و برآورد شده بوده و به یک نزدیک است که نشان‌دهنده ارتباط قوی بین دو گروه است. ضریب NSE بین صفر تا یک است و در بهترین حالت برابر با یک است و PBIAS به صفر نزدیک است که نشان‌دهنده دقت بالای مدل در برآورد متغیر مورد نظر است. بنابراین، نتایج حاصل از معیارهای آماری هم حاکی از دقت بالای مدل در تولید داده‌های اقلیمی است.

Khosravian و همکاران (۲۰۱۵) نیز در بررسی خود در حوضه قره‌سو استان گلستان نشان دادند مقدار بارش در مقایسه با دوره پایه به میزان ۱۰/۲۸ تا ۲۳/۷۱ درصد افزایش می‌یابد.

در این ماه بارش بیش از ۴۰ میلی‌متر نسبت به دوره پایه (۲۰۱۰-۲۰۰۲) افزایش می‌یابد. همچنین، در بازه سالانه بارش افزایش بیش از ۱۴۰ میلی‌متر در مقایسه با دوره پایه نشان می‌دهد، به‌طوری که



شکل ۹- تغییرات بارش ایستگاه سمیرم طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ نسبت به وضعیت فعلی

Ghahreman (۲۰۰۵) روند مثبت در ایستگاه‌های یزد، اصفهان و بخش‌های شمالی و مرکزی خراسان را نشان دادند و پیش‌بینی کردند که بیشتر مناطق در سال‌های آینده با افزایش دما روبه‌رو خواهند بود.

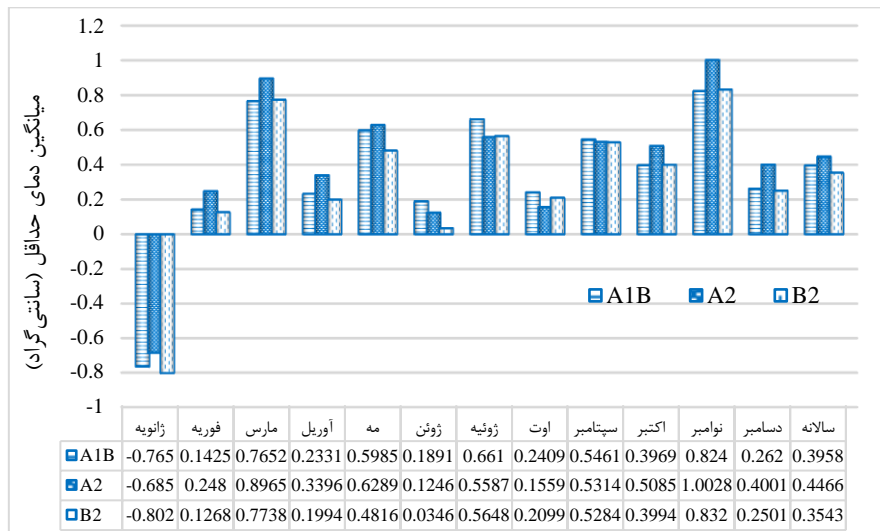
در مجموع، بررسی روند گذشته متغیرهای اقلیمی نشان می‌دهد، منطقه سمیرم در طی ۱۶ سال تغییرات بسیاری داشته است و بارش به مانند گذشته در این منطقه نیست. همچنین، کاهش بارش در فصول پاییز و زمستان به همراه تغییر الگوی بارش از برف به باران و افزایش دما سبب به‌وجود آمدن شرایط بسیار دشوار برای بهره‌برداران مراتع و خصوصاً عشایر شده است، زیرا به‌دلیل گرمای هوا و عدم بارش برف در منطقه ذخایر آب زیرزمینی بسیار کاهش یافته و بسیاری از چشمه‌ها در منطقه خشک و یا کم آب شده است و سرزمین هزارچشمه به مانند گذشته دیگر نیست. همچنین، با وجود افزایش بارش در بعضی فصول، افزایش دما و افزایش شدت بارش باعث کاهش راندمان بارندگی برای گیاهان شده و با وجود افزایش ماهانه و مجموع بارندگی، کمبود آب محسوس‌تر است. در پیش‌بینی‌های انجام شده نیز مشخص شد که مقدار

همان‌طور که در شکل ۱۰ مشخص است، دمای کمینه در طول قرن ۲۱ با هر سه سناریو مورد بررسی عموماً افزایش پیدا می‌کند، به‌طوری که تعداد ماه‌های گرم نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد، اما در ماه ژوئن میانگین دمای کمینه نسبت به دوره پایه کاهش می‌یابد و سبب افزایش سرما در بدو زمستان می‌شود. همچنین، بیشترین افزایش میانگین دمای کمینه نسبت به دوره فعلی در ماه نوامبر با بیش از ۰/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش مشاهده می‌شود. یکی از علائم تغییر در اقلیم یک منطقه تغییر در آستانه‌ها و یا حد‌ها است. در مورد متغیر دما، دمای کمینه و بیشینه آستانه‌هایی هستند که تغییر در این آستانه‌ها تغییرات شدیدی بر روی اکوسیستم می‌گذارد.

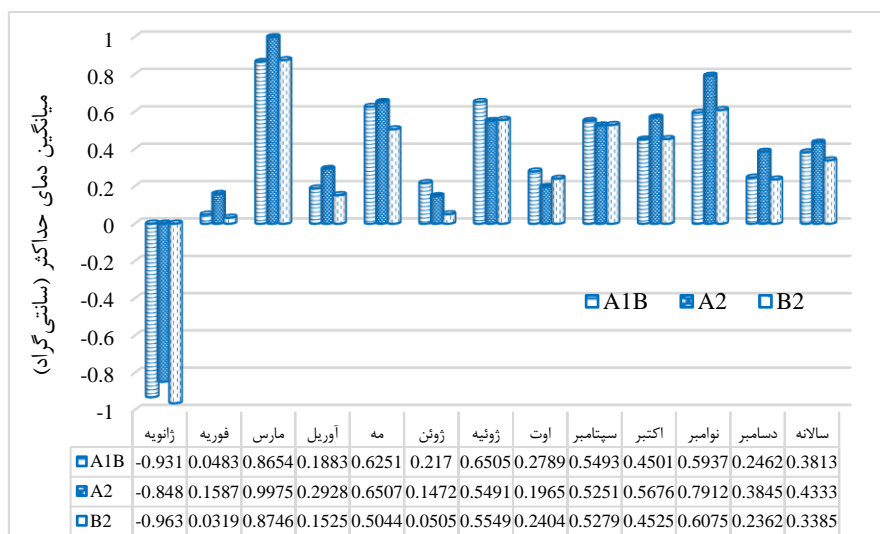
شکل ۱۱، نشان‌دهنده تغییر در آستانه دمای بیشینه و گرم‌تر شدن قرن حاضر در تمام ماه‌های سال به‌جز ژانویه است. با توجه به این شکل مشخص می‌شود، بیشترین افزایش در میانگین دمای بیشینه در ماه مارس و با بیش از ۰/۸ درجه سانتی‌گراد است و در ماه ژانویه کاهش بیش از ۰/۶ درجه سانتی‌گراد دیده می‌شود، به‌طوری که Shirgholami و

چشمه‌های سمیرم به برف کوه دنا بستگی دارد و اگر افزایش دما سبب ذوب شدن زود هنگام برف شود، در آینده‌ای نه‌چندان دور خشک شدن تنه‌ها رودخانه جاری یعنی رودخانه ماربر قطعی خواهد بود.

بارش، میانگین دمای کمینه و بیشینه در طی دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ افزایش خواهد یافت، اگرچه بارش افزایش می‌یابد، اما افزایش دما در این منطقه صدمات جبران‌ناپذیری را می‌تواند به‌وجود آورد، زیرا پویایی



شکل ۱۰- تغییرات میانگین دمای کمینه ایستگاه سمیرم طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ نسبت به وضعیت فعلی



شکل ۱۱- تغییرات میانگین دمای بیشینه ایستگاه سمیرم طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ نسبت به وضعیت فعلی

لایه‌های بالایی خاک و ...، توجه به روند درجه حرارت به همراه روند دیگر عوامل اقلیمی می‌تواند کمک شایانی به بخش اقتصادی و کشاورزی نماید.

حتی بخش کشاورزی و باغات واقع در پادناي سمیرم نیز با خطر خشک شدن مواجه خواهند بود. بنابراین با توجه به آثار منفی افزایش درجه حرارت در سطح آب زیرزمینی، رطوبت خاک، میزان آب در

منابع مورد استفاده

1. Abbasi, F., L. Babaeian, Sh. Malboosi, M. Asmari and L.G. Mokhtari. 2012. Evaluation of climate change in Iran during coming decades (2025-2100) using downscaling method. *Geographical Research*, 104: 205-230.
2. Abtahi, S.M., A. Seif and M. Khosroshahi. 2014. Assessment of temperature and precipitation trends in Kashan Namak lake basin during the last half-century. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 21(1): 1-12.
3. Alizadeh, A., M. Erfanian and H. Ansari. 2011. Investigation of effective teleconnection on precipitation and temperature, case study: Mashhad synoptic station. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 5(2): 176-185.
4. Arvin, A.A., A. Ghangherme and D. Hajipoor. 2016. Investigation of several climatic parameters in Charmahal and Bakhtiari Province. *Journal of Applied Researches in Geographical Science*, 41: 153-176 (in Persian).
5. Ashraf, B., A. Alizadeh, M. Mousavi Baygi and M. Bannayan Awal. 2014. Verification of temperature and precipitation simulated data by individual and ensemble performance of five AOGCM models for north east of Iran. *Journal of Water and Soil*, 28(2): 253-266 (in Persian).
6. Babaeian, E. and Z. Najafinik. 2006. Introduction and evaluation of LARS-WG for modeling of climatic parameters in Khorasan Province during (1961-2003). *Nivar*, 31(62-63): 49-65 (in Persian).
7. Babaei Fini, O., E. Ghasemi and E. Fatahi. 2014. Investigation the effect of climate change on extreme precipitation indices trend in Iran. *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*, 3: 85-103 (in Persian).
8. Chapanniere, A. and V. Smakhtin. 2006. A review of climate change scenarios and preliminary rainfall trend analysis in the Oum Er Rbia Basin, Morocco. *International Water Management Institute, Sri Lanka*.
9. Domroes, M. and A. El-Tantawi. 2005. Recent temporal and spatial temperature changes in Egypt. *International Journal of Climatology*, 25: 51-63.
10. FAO. 2007. Adaptation to climate change in agriculture, forestry and fisheries: perspective, framework and priorities. *FAO, Rome*.
11. Gharekhani, A., N. Ghahreman and J. Bazrafshan. 2012. Trend analysis of pan evaporation in different climates of Iran. *Watershed Management Research (Pajouhesh and Sazandegi)*, 98: 85-97 (in Persian).
12. Goodarzi, M., H. Ahmadi and S.A. Hosseini. 2017. Examination of relationship between teleconnection indexes on temperature and precipitation components, case study: Karaj Synoptic Stations. *Iranian Journal of Eco-Hydrology*, 3:641-651 (in Persian).
13. Kallache, M., H.W. Rust and J. Kropp. 2005. Trend assessment applications for hydrology and climate research. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 12: 201-210.
14. Khosravianian, J., M. Onagh, M. Goodarzi and S.A. Hejazi. 2015. Application of LARS-WG model in forecast of climatic parameters in Gharesoo Basin of Golestan Province. *Journal of Geography and Planning*, 53: 93-115.
15. Nazeri Tahroudi, M., K. Khalili and F. Ahmadi. 2016. Spatial and regional analysis of precipitation trend over Iran in the last half of century. *Journal of Water and Soil*, 30 (2): 643-654 (in Persian).
16. Niguse Beyene, A. 2016. Precipitation and temperature trend analysis in Mekelle city, Northern Ethiopia, the case of Illala meteorological station. *Earth Science and Climate Change*, 7(1): 1-6.
17. Noori, Gh.R. and E. Ebrahimi Tabar. 2009. Trend analysis of maximum temperature in Kohgilooye and Boyoorahman using Mann-Kendall test, case study: Dashe room station. *Geographic Notion*, 6(42): 76-95 (in Persian).
18. Mekonnen, D.F. and M. Disse. 2016. Analyzing the future climate change of upper Blue Nile River Basin (UBNRB) using statistical down scaling techniques. *Hydrology and Earth System Sciences, Discussions*, Doi: 10/5194.
19. Modarres, R. and M. Khodaghali. 2009. Local analysis of precipitation trend in Esfahan Province. 2nd National Conference of Drought Effect and Management Methods, Isfahan.
20. Osman, Y., N. Al-Ansari, M. Abdellatif, S.B. Aljawad and S. Knutsson. 2014. Expected future precipitation in central Iraq using LARS-WG stochastic weather generator. *Engineering*, 6: 948-959.
21. Oxoz, B. and M. Bayazit. 2003. The power of statistical tests for trend detection. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 27: 247-251.
22. Racsco, P. and L. Szeidl. 1991. A serial approach to local stochastic weather models. *Ecological Modelling*, 57: 27-41.
23. Rahimzadeh, F., A. Fatahi and S.F. Hosseini Dastak. 2005. Evaluation of variability of climate with applying statistical methods in Iran. *Iran Water Resources Research*, 2(1): 61-73 (in Persian).

24. Rauf, A., M.S. Rafi, I. Ali and U. Wali Muhammad. 2016. Temperature trend detection in upper Indus basin by using Mann-Kendall test. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, 1(4): 5-13.
25. Saboohi, R., S. Soltani and M. Khodaghohi. 2012. Trend analysis of temperature parameters in Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 109: 529-547.
26. Safeinezhad, J. 1996. *Nomads of central Iran*. Tehran, Sepehr Publisher, 736 pages.
27. Salahi, B. 2016. Forecasts and analysis of light and heavy frost occurrence in Ardebil Province using output of LARS-WG. *Journal of Earth Science Researches*, 27: 1-27 (in Persian).
28. Salahi, B., M. Goodarzi and S.A. Hosseini. 2017. Predicting the temperature and precipitation changes during the 2050s in Urmia Lake Basin. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 8(4): 425-438 (in Persian).
29. Sarkar, J., J.R. Chicholikar and L.S. Rathore. 2015. Predicting future changes in temperature and precipitation in arid climate of Kutch, Gujarat: analyses based on LARS-WG model. *Current Science*, 109(10 and 11): 2084-2093.
30. Shirgholami, H. and B. Ghahreman. 2005. Trend analysis of mean annual temperature in Iran. *Agriculture and Natural Resources*, 1: 9-23 (in Persian).
31. Semenov, M.A. and R.J. Brooks. 1999. Spatial interpolation of the LARS-WG stochastic weather generator in Great Britain. *Climate Research*, 11(2): 137-148.
32. Soltani, S. and R. Saboohi. 2011. Rainfall and rainy days trend in Iran. *Climatic Change*, 110: 187-213.
33. Taei Semiromi, S. 2013. Evaluation of climate change impacts on groundwater reserves using hydrograph recession curve analysis in Neyshabur Bar Watershed. MSc Thesis, 118 pages.
34. Taei Semiromi, S., H.R. Moradi and M. Khodaghohi. 2015. Predicted changes in some of climate variables using downscale model LARS-WG and output of HADCM3 model under different scenarios. *Watershed Engineering and Management*, 7(2): 145-156 (in Persian).
35. Thenmozhi, M. and S.V. Kottiswaran. 2016. Analysis of rainfall trend using Mann-Kendall test and the Sen's slope estimator in Udumalpet of Tirupur district in Tamil Nadu. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 6(2): 131-138.
36. Vose, R.S., D. Wuertz and T.C. Peterson. 2005. An inter-comparison of trends in surface air temperature analysis at the global, hemispheric and grid-box scale. *Geophysical Research Letters*, 32: 1-4.
37. Ziyaeian, S. and A.Sh. Hassan Alizadeh. 2004. Investigation of kind and trend of precipitation in Zanjan city. 2nd National of Water and Soil Resources, Agricultural Department, Shiraz University, 12 and 13 May.

Investigation of previous trend and prediction of climate parameters in Semirrom region

Razieh Saboohi^{*1}, Hossein Barani², Morteza Khodaghali³, Ahmed Abedi Sarvestani⁴ and Asghar Tahmasebi⁵

¹ PhD Student, Faculty of Range Land and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, ² Associate Professor, Faculty of Range Land and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, ³ Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Isfahan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran, ⁴ Associate Professor, Faculty of Agriculture Management, Gorgan University of Agriculture and Natural Resources, Gorgan, Iran and ⁵ Assistant Professor, Faculty of Geographical Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

Received: 05 March 2017

Accepted: 26 August 2017

Abstract

Climate change is one of the most important phenomena in recent years that effects on natural resources and especially the communities whose livelihoods is relation to it. Prediction of climate parameters for monitoring future changes and adaptation to climate change have been concerned by researchers. In order to analysis previous trend and prediction of precipitation, mean minimum and maximum temperature, non-parametric Mann-Kendall test and General Circulation Models, HadCM3, were used, respectively. The output data of HadCM3 was downscaled under three defined scenarios of climate change namely A1B, A2 and B1 using LARS-WG model in Semirrom region. Results showed that temperature parameters (mean, mean minimum and mean maximum) had increased trend in winter and autumn seasons and annual scale in six studied stations. Temperature parameters showed different trend in spring and summer seasons and the annual precipitation is showed negative trend in most of the stations. Also, results of minimum temperature prediction showed that minimum temperature will generally increase with three scenarios during 21 century. The maximum increase in mean minimum temperature compared to the current period, is observed in November with more than 0.8 °C increase. Prediction the maximum temperature represents a change in the maximum temperature threshold and warming in all months of the year this century, except January and precipitation will expect to increase in all months except June and September based on three scenarios.

Keywords: Climate change, Climate scenarios, Downscale, HadCM3, Mann-Kendall

* Corresponding author: razieh_saboohi@yahoo.com