پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۴، شماره‌ی ۴، زمستان ۱۳۹۱
صص. ۸۰-۶۱

دورنمای اثر گرمایش جهانی بر دگرگونی‌های مؤلّفه‌ی دما در نواحی شمال‌غرب ایران

عبدالعظیم قانقرمه ـ استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه گلستان
غلامرضا روشن *ـ استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه گلستان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۰۸/۰۹ تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۱۱/۲۹

چکیده

تغییرات مؤلّفه‌ی دما، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر اقلیمی در نواحی شمال‌غرب ایران با نوسان‌های زمانی ـ مکانی قابل ملاحظه، نقش عمده‌ای در چگونگی بهره‌برداری از توان‌های محیطی، کشاورزی و زراعت آن برعهده دارد. پیش‌بینی رخداد حوادثی همچون تنش‌های گرمایی، سوزبادها و تغییرات در آستانه‌های دمای مورد نیاز برای رشد گیاهان، ضرورت شناخت صحیح شرایط جوّی و به‌دنبال آن، ارائه‌ی راهکار مناسب برای مبارزه با بلایای جوّی و ترسیم خوشه‌های مؤلّفه‌ی دمای این منطقه را برای برنامه‌ریزان آشکار می‌کند. در این پژوهش برای مقایسه‌ی دوره‌ی پایه (مشاهداتی) با داده‌های پیش‌یابی‌شده (شبیه‌سازی شده)، نخست آمار دمای روزانه‌ی (حداقل، متوسّط و حداکثر) هفت ایستگاه اردبیل، قزوین، همدان، کرمانشاه، سنندج، ارومیه و تبریز، طیّ یک دوره‌ی ۳۰ ساله (۱۹۹۰-۱۹۶۱) تهیّه و از سوی دیگر با داده‌های شبیه‌سازی‌شده‌ی ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۰ که به‌وسیله‌ی مدل گردش عمومی جو HadCM3 و سناریوی A1 تولید و با استفاده از مدل LARS-WG ریز مقیاس شده، مورد مقایسه قرار گرفتند. روش مقایسه‌ی مؤلّفه‌ی دمای روزانه در قالب خوشه‌های مختلف و بر اساس روش خوشه‌بندی، در چارچوب شش خوشه‌ی توافقی برای تمام ایستگاه‌ها و دوره‌های مورد مطالعه انجام گرفت. ازجمله نتایج این پژوهش، افزایش مجموع میانگین دمای سالانه‌ی هفت ایستگاه مورد مطالعه به‌میزان ۰/۹۴ درجه سلسیوس برای سال‌های پیش‌یابی‌شده نسبت به دوره‌ی پایه‌ی ۱۹۹۰-۱۹۶۱ است.

کلیدواژه‌ها: *ریزمقیاس نمایی، خوشه‌بندی، رژیم دما، شمال‌غرب ایران.*

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۷۱۳۵۰۳۰۵
E-mail: ghr.roshan@gu.ac.ir

مقدمه

یکی از چالش‌های پیش روی بشر در قرن حاضر، تغییر اقلیم است. در چند دهه‌ی اخیر در سطح جهان، پدیده‌هایی چون وقوع سیلاب‌های مخرّب، گرما و سرماهای پیش‌بینی‌نشده، خشکسالی‌های مکرّر، بالا آمدن سطح آب دریاها، شیوع آفات و بیماری‌های گیاهی، کاهش ضخامت لایه‌ی اُزن، گرم‌شدن زمین و ذوب یخچال‌های دائمی با سرعت‌های گوناگون، در حال رخ دادن است. چنین رخدادهایی به طرح موضوع تغییر اقلیم و تشدید مخاطرات اقلیمی منجر شده است. از سوی دیگر، چگونگی مدیریت حوادث و مخاطرات طبیعی از مسائل مورد توجّه است که در گذشته دولت‌ها در مقابله با یک حادثه و بلایای پس از آن، توجّه کمتری به کسب آمادگی، کاهش آثار، پیش‌بینی و پیش‌آگاهی به‌موقع و اِعمال مدیریت خطر داشتند. در صورتی‌که به‌کارگیری مدیریت خطر بلایا که مدیریت راهبردی مؤثّری است، موجب کاهش خسارات مخاطرات طبیعی می‌شود (گزارش سازمان هواشناسی، ۱۳۸۹).

آثار منفی پدیده‌ی گرم‌شدن زمین بر بخش‌های مختلف، مانند منابع آب، کشاورزی محیط زیست و مانند آن، موجب شده است که طیّ سال‌های اخیر، چندین نشست در سطح سران کشورها در ارتباط با موضوع تغییراقلیم برگزار شود. هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم IPCC[1] گزارش داد که متوسّط دمای کره‌ی زمین در قرن بیستم (۱۹۰۱ تا ۲۰۰۰) به‌میزان ۰/۲ ± ۰/۶ درجه سلسیوس افزایش یافته است. این در حالی است که غلظت دی‌اکسیدکربن از 280ppm به 370ppm افزایش یافته است (IPCC, 2007 ؛ روشن و گرب[2]، ۲۰۱۲: ۲۶۷). در این گزارش آمده است، شواهد قوی و جدیدی وجود دارد که نشان می‌دهد عمده گرمایش ثبت‌شده‌ی کره‌ی زمین در پنجاه سال گذشته، ناشی از فعّالیّت انسانی است. علائمی وجود دارد که نشان می‌دهد تغییر اقلیم بر سامانه‌های طبیعی و انسانی تأثیر گذاشته است (IPCC, 2007). به‌احتمال بسیار زیاد، آهنگ گرمایش کره‌ی زمین با سرعت زیادی طیّ قرن ۲۱ نیز وجود خواهد داشت. مراکز پژوهشی و تصمیم‌گیر بایستی تلاش‌های خود را روی مطالعه و پیش‌آگاهی برای کاهش آثار سوء اقلیمی، هم در بُعد کاهش اثرات و هم در بخش سازگاری متمرکز کنند.

به‌هرحال با توجّه به گفتمان گرمایش جهانی و نقش آن در افزایش (و گاهی کاهش مؤلّفه‌ی دما) در نواحی مختلف دنیا، مطالعات گسترده‌ای انجام گرفته است. ازجمله این مطالعات، می‌توان به کار نیدویز[3] و همکاران (۱۹۹۶) اشاره کرد. آنها در پروژه‌ی پژوهشی خود به این نتیجه رسیدند که روند دمای شب و روز در نواحی مرکز و جنوب‌شرق اروپا رو به افزایش است. گریسر[4] و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه‌ی بررسی تغییرات دمای سالانه برای یک دوره‌ی صدساله در شرق و غرب اروپا به این نتیجه رسیدند که نواحی غرب اروپا، روند کاهشی و در شرق آن، روند دمای سالانه به‌صورت افزایشی است.

همچنین از مطالعات انجام‌شده در نواحی جنوب‌شرق آسیا، می‌توان به کار کاوتایری[5] و همکاران (۱۹۹۶) در مورد

1. Intergovernmental Panel on Climate Change
2.Grab
3. Niedzwiedz
4. Grieser
5. Koutyari

ارزیابی تغییرات روند بارش و دمای هند اشاره کرد. ین[1] (۱۹۹۹) در پروژه‌ی پژوهشی خود روی نوسان‌های مؤلّفه‌ی دمای زمستانی در نواحی شمالی چین، به این نتیجه رسید که عامل اصلی بی‌نظمی‌های دما در این منطقه، مربوط به سامانه‌ی گردش جوّی برون‌حارّه است. همچنین زانگ[2]، به‌دلیل اهمّیّت دو مؤلّفه‌ی دما و بارش، پژوهش جامعی روی روند نوسان‌های این دو مؤلّفه در کانادا انجام داد. سالینجر[3] (۱۹۹۵)، در مقاله‌ای به بررسی تغییرات دمای شبانه و روزانه‌ی نواحی جنوب‌غرب اقیانوس آرام تمرکز کرد. یو[4] و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از داده‌های صدساله‌ی مؤلّفه‌ی سالانه و ماهانه‌ی دما، تغییرات این دو متغیّر را برای سرتاسر ژاپن مورد واکاوی قرار دادند. آنها با به‌کارگیری روش من‌کندال به این نتیجه رسیدند که تغییرات دمای سالانه از ۰/۵ درجه در سال ۱۹۰۰ به ۲/۸ درجه سلسیوس در سال ۱۹۹۶ افزایش یافته است. جدای از مطالعات مربوط به نواحی مختلف دنیا، ازجمله پژوهش‌های داخلی، می‌توان به مقاله‌ی عزیزی و روشنی (۱۳۸۷) در زمینه‌ی تغییرات دما در ایستگاه‌های جنوبی دریای خزر اشاره کرد. نتایج این پژوهش گویای روند معنادار و افزایشی حداقل دما و وجود روند کاهشی برای مؤلّفه‌ی حداکثر دما است. همچنین محمّدی و تقوی (۱۳۸۶)، روند دما و بارش‌های فرین را برای ایستگاه همدید تهران مورد واکاوی قرار دادند. از دیگر مطالعات جامع در زمینه‌ی ارزیابی تغییرات روند دما در سرتاسر ایران، می‌توان به کار مسعودیان (۱۳۸۶) اشاره کرد، اما آنچه امروزه به‌عنوان یکی از دغدغه‌های پژوهشگران آب و هواشناس و علوم مربوطه است، شبیه‌سازی و پیش‌یابی اثر گرمایش جهانی بر دگرگونی مؤلّفه‌ی دما در دهه‌های آتی است تا بر اساس شناخت صحیح از این تغییرات، بتوانند آثار زیان‌بار آن را کاهش دهند.

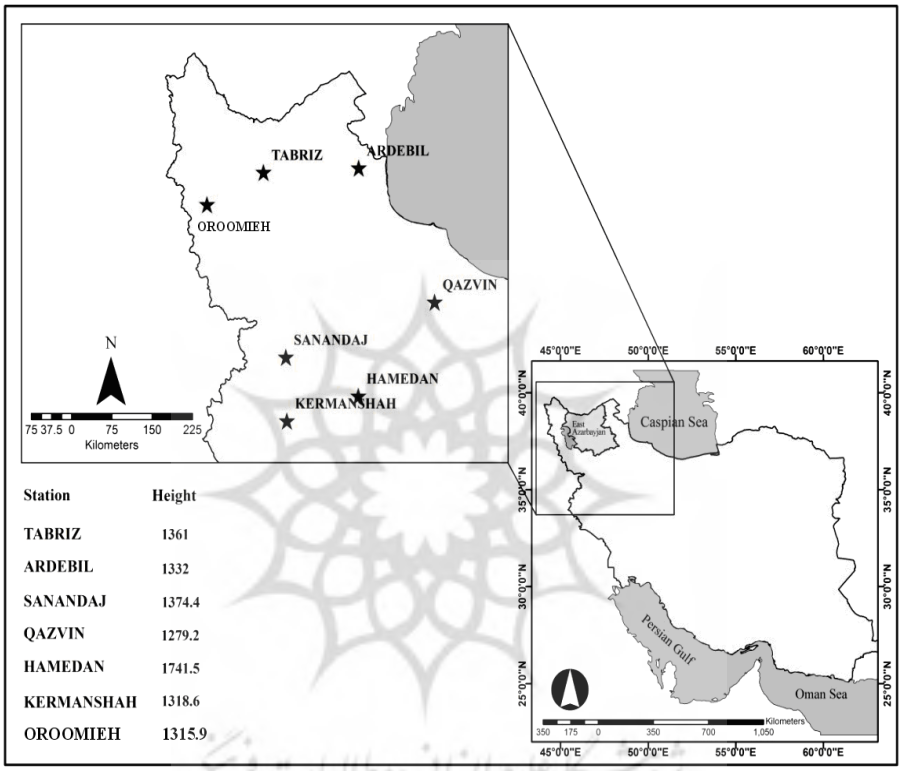
آنچه مهم است اینکه اغلب این پیش‌یابی‌های اقلیمی، بر اساس تغییرات عمومی جو بر مبنای شبیه‌سازی مدل‌های گردش عمومی جو بیان می‌شود. با توجّه به وضوح مکانی کم مدل‌های گردش عمومی جو و نیاز به سخت‌افزارهای قوی و زمان‌بر بودن ریزمقیاس‌نمایی پویشی، مدل‌های آماری تولیدکننده‌ی داده‌های جوّی نوآوری شدند (روشن و همکاران، ۲۰۱۲). این مدل‌ها با استفاده از خروجی مدل‌های GCM و به‌کارگیری طرح فرضی[5] خاصّ مدل تولیدکننده‌ی داده‌های جوّی، داده‌های گردش عمومی در مقیاس بزرگ را به مقیاس خُردتر تبدیل می‌کنند (سیمینوف[6] و بارو، ۲۰۰۲). مهم‌ترین نقطه‌ی قوّت این مدل‌ها ارزان بودن، سرعت بالا و امکان استفاده از آنها بدون نیاز به اَبَررایانه‌ها و یا رایانه‌های بسیار سریع است. ازجمله‌ی این مدل‌های آماری می‌توان به LARS-WG اشاره کرد که در این پژوهش از آن استفاده شده است.

محدوده‌ی مورد مطالعه

تنوّع اقلیم در ایران، به‌دلیل ویژگی‌های گوناگونی است که از آن میان می‌توان به گستردگی عرض جغرافیایی، امتداد کوهستان‌ها، تغییرات چشم‌گیر ارتفاعات و درنهایت، موقعیّت سرزمین ایران نسبت به دریاها و گستره‌های آبی مجاور یا دور اشاره کرد (علیجانی، ۱۳۷۵). در یک دیدگاه کلّی، مقادیر دمای ایران از شمال به جنوب و از غرب به شرق افزایش

1. Yin
2. Zhang
3. Salinger
4. Yue
5. Scenario
6. Semenov

می‌یابد. به‌گونه‌ای که بالاترین دماها در نواحی جنوبی کشور و پایین‌ترین آنها، در نیمه‌ی شمالی مشاهده می‌شوند. این وضعیّت در تمام متغیّرهای مربوط به دما، مانند بالاترین دمای روز و پایین‌ترین دمای شب یا متوسّط روزها نیز مشهود است. علّت این ویژگی، وجود ارتفاعات در شمال و غرب و شمال‌غرب ایران و کاهش تدریجی زاویه‌ی تابش به سمت شمال است (علیجانی، ۱۳۷۵). در این پژوهش ناحیه‌ی شمال‌غرب ایران به‌عنوان محدوده‌ی مورد مطالعه انتخاب شده است (شکل شماره‌ی ۱).



Station	Height
TABRIZ	1361
ARDEBIL	1332
SANANDAJ	1374.4
QAZVIN	1279.2
HAMEDAN	1741.5
KERMANSHAH	1318.6
OROOMIEH	1315.9

شکل ۱. نقشه‌ی موقعیّت ایستگاه‌های منتخب در شمال‌غرب ایران

مواد و روش‌ها

اجرای این پژوهش دارای دو مرحله‌ی اساسی است. نخست، ریزگردانی داده‌های GCM تحت طرح های فرضی انتشار و سپس خوشه‌بندی مؤلّفه‌ی دمای روزانه بر مبنای دو دوره‌ی زمانی، مشاهداتی (۱۹۹۰-۱۹۶۱) و دوره‌ی پیش‌یابی (۲۰۴۰-۲۰۱۰) و درنهایت، مقایسه‌ی این دو دوره با یکدیگر. گفتنی است، دوره‌ی ۱۹۹۰-۱۹۶۱ از سوی سازمان هواشناسی جهانی، به‌عنوان دوره‌ی بهنجار[1] در نظر گرفته شده است.

ریزگردانی داده‌های مدل گردش عمومی جو با استفاده از مدل LARS-WG

در این پژوهش برای ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو موسوم به HadCM3 برمبنای طرح فرضی A1، از مدل نرم‌افزاری LARS-WG ، نسخه‌ی ۵/۱۱ استفاده شده است که یکی از پُرکاربردترین مدل‌های مولّد

1. Normal

داده‌های تصادفی وضع هوا است. این مدل برای تولید مقادیر روزانه‌ی بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش یا ساعت آفتابی در یک ایستگاه، تحت شرایط اقلیم پایه و آینده به‌کار می‌رود. به‌طور کلّی، تولید داده توسّط مدل LARS-WG در سه مرحله صورت می‌گیرد که عبارتند از: واسنجی داده‌ها، ارزیابی داده‌ها و تولید داده‌های هواشناسی برای دوره‌ی آینده (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۳۷). در این مقاله برای اعتبارسنجی مدل LARS در بازتولید داده‌های هواشناسی دما که مؤلّفه‌ی اصلی این پژوهش است، از داده‌های شش ایستگاه همدید تبریز، اردبیل، کرمانشاه، همدان، سنندج، ارومیه و قزوین، در محدوده‌ی شمال‌غرب ایران برای یک دوره‌ی بیست‌ساله (از ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۸) استفاده شده است که برای کوتاه‌نویسی، تنها نمودار ایستگاه قزوین آورده شده است (شکل شماره‌ی ۲). گفتنی است که با استفاده از آماره‌های ضریب تعیین (R^2)، جذر میانگین مربّعات خطا (RMSE) و میانگین خطای مطلق (MAE)، اقدام به ارزیابی و مقایسه‌ی داده‌های تولید شده توسّط مدل و داده‌های واقعی (مشاهداتی) موجود در دوره‌ی ۲۰۰۸-۱۹۸۰ شد که این نوع اعتبارسنجی در کارهای مشابه نیز انجام شده است (روشن و همکاران، ۲۰۱۳) (جدول شماره‌ی ۱). باید گفته شود که این مقایسه، برای حداقل و حداکثر مطلق دمای روزانه در این سری زمانی انجام شده است. درنهایت، پس از اعتبارسنجی مدل LARS، با استفاده از داده‌های پایه (۲۰۰۸-۱۹۸۹)، دوره‌ی آماری ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۰ شبیه‌سازی شد. برای کسب اطلاعات و توضیحات بیشتر در مورد مدل LARS، می‌توانید به این منابع مراجعه کنید (سیمینوف و بارو، ۱۹۹۷؛ سیمینوف و همکاران، ۱۹۹۸؛ جانسون و همکاران، ۱۹۹۶؛ بابائیان و کوآن[1]، ۲۰۰۵؛ لاولس و سیمنوف، ۲۰۰۵؛ سجّادخان[2] و همکاران، ۲۰۰۲ ؛ کاین[3] و همکاران، ۲۰۰۴؛ سیمینوف، ۲۰۰۷؛ یویی پینگ[4] و همکاران، ۲۰۱۲).

خوشه‌بندی بازه‌های دمای روزانه

برای خوشه‌بندی مؤلّفه‌ی دمای روزانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه، فرایندهای زیر انجام شده است.

در گام نخست پس از شبیه‌سازی متوسّط دمای روزانه با استفاده از مدل گردش عمومی جو، این داده‌ها به‌وسیله‌ی مدل LARS-WG ریزمقیاس شدند. لازم به توضیح است که این فرایند برای دوره‌ی زمانی ۲۰۴۰-۲۰۱۱ انجام شد، اما منظور از دوره‌ی پایه، سری زمانی داده‌های روزانه از سال ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ است. اما چگونگی آماده‌سازی این داده‌ها برای خوشه‌بندی این‌گونه است که پایگاهی از داده‌های دمای روزانه‌ی هفت ایستگاه مورد نظر، از تاریخ ۱۹۶۱/۱/۱ تا ۱۹۹۰/۱۲/۳۱ گردآوری شد. این کار برای داده‌های روزانه و پیش‌یابی (شبیه‌سازی) شده از تاریخ ۲۰۱۱/۱/۱ تا ۲۰۴۰/۱۲/۳۱ نیز تکرار شد.

سپس داده‌ها به کمک نرم‌افزار Matlab و در ماتریسی با آرایش P (تعداد روزها بر روی سطرها و متغیّر دمای بهینه روی ستون‌ها)، مورد پردازش و واکاوی آماری قرار گرفت. گفتنی است که این فرایند برای هر ایستگاه جداگانه انجام شد.

1. Kwon
2. Sajjad Khan
3. Qian
4. Yue-Ping

در ادامه، بر اساس فواصل اقلیدسی میان الگوهای مؤلّفه‌ی متوسّط دمای روزانه، به‌کمک روش ادغام وارد[1]، فرایند تحلیل خوشه‌ای انجام گرفت، اما به‌دلیل محدودیت حجم مقاله از آوردن دارنمای خوشه‌بندی مؤلّفه‌ی روزانه دمای ایستگاه‌ها خودداری شده است. از آنجاکه هدف این پژوهش مقایسه‌ی تغییرات محدوده‌های دما برای دو دوره‌ی مشاهداتی و پیش‌یابی است، بنابراین با این رویکرد، برای هر دوره‌ی مطالعاتی، شش خوشه با بیشترین تجانس درونی مؤلّفه‌ی دما انتخاب شد.

در گام بعد برای هر خوشه ویژگی‌های آماری، شامل شدّت (میانگین، حداکثر، حداقل)، فراوانی خوشه، مقادیر همبستگی پیرسون و ارزش معناداری[2] برای هر دو دوره‌ی ۱۹۹۰-۱۹۶۱ و ۲۰۴۰-۲۰۱۱ به‌صورت جداگانه محاسبه شد (جدول شماره‌ی ۲)، به‌گونه‌ای که امکان مقایسه‌ی ویژگی‌های هر خوشه‌ی دما برای این دو دوره فراهم باشد. همچنین درصد فراوانی مؤلّفه‌ی دمای روزانه در دو دوره‌ی مشاهداتی و پیش‌یابی‌شده، برای هر شش خوشه به‌صورت ماهانه نشان داده شده است (شکل شماره‌ی ۴).

یافته‌های پژوهش

مقایسه و اعتبارسنجی داده‌های شبیه‌سازی شده با داده‌های مشاهداتی

نتایج به‌دست‌آمده از اعتبارسنجی نشان می‌دهند که در تمام ایستگاه‌ها، سطوح معناداری از سطح بالایی برخوردار بوده و حداقل خطا بین داده‌های شبیه‌سازی‌شده و واقعی از کمترین میزان برخوردار است (جدول شماره‌ی ۱). در ادامه به‌دلیل پرهیز از درازنویسی، تنها خروجی حداکثر و حداقل مطلق دمای روزانه‌ی ایستگاه تبریز، برای داده‌های تجربی و شبیه‌سازی‌شده در بازه‌ی ۲۰۰۸-۱۹۸۹ ارائه شده است (شکل شماره‌ی ۲).

شکل۲. مقایسه‌ی داده‌های واقعی و شبیه‌سازی شده‌ی حداکثر و حداقل مطلق دمای روزانه برای بازه‌ی زمانی ۲۰۰۸-۱۹۸۰ در ایستگاه تبریز

1. Ward
2. P. value

جدول ۱. مقادیر آماری برای ارزیابی مدل LARS-WG برای ایستگاه‌های مورد مطالعه در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۸-۱۹۸۰

ایستگاه‌ها	ارزش‌های آماری	حداقل مطلق دما	حداکثر مطلق دما
تبریز	R^2	۱/۰۰	۱/۰۰
	RMSE	۱/۱۶	۰/۴۴
	MAE	۰/۸۲	۰/۱۶
کرمانشاه	R^2	۰/۹۹	۱.۰۰
	RMSE	۱/۷۲	۰/۵۹
	MAE	۱/۱۰	۰.۴۲
قزوین	R^2	۰/۹۹	۱/۰۰
	RMSE	۰/۷۹	۰/۸۲
	MAE	۰/۳۵	۰/۳۲
اردبیل	R^2	۰/۹۹	۰/۹۹
	RMSE	۱/۵۱	۰/۷۹
	MAE	۰/۹۰	۰/۳۳
سنندج	R^2	۰/۹۹	۱/۰۰
	RMSE	۱/۳۶	۰/۷۷
	MAE	۰/۸۲	۰/۴۲
همدان	R^2	۱/۰۰	۱/۰۰
	RMSE	۱/۹۱	۰/۴۴
	MAE	۱/۳۸	۰/۱۲
قزوین	R^2	۱/۰۰	۱/۰۰
	RMSE	۱/۱۶	۰/۶۶
	MAE	۰/۶۰	۰/۰۵
ارومیه	R^2	۰/۹۹	۰/۹۹
	RMSE	۰/۶۶	۱/۱۶
	MAE	۰/۰۵	۰/۶۰

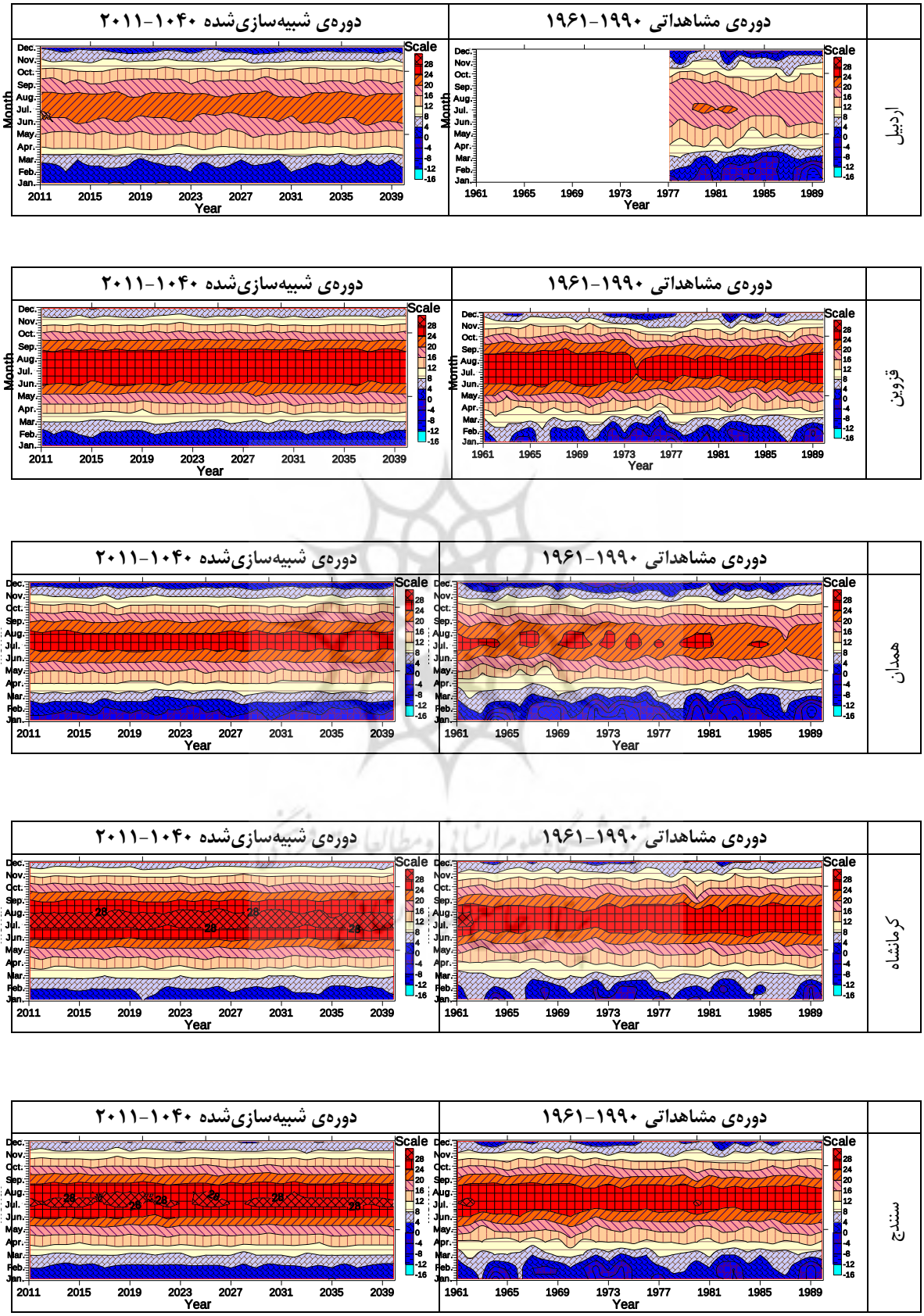
مقایسه‌ی مقادیر دما در دو دوره‌ی مشاهداتی و پیش‌یابی (خروجی مدل)

نتایج خروجی ماهانه و سالانه‌ی مقادیر دما (هم‌دما یا همچند دما) برای دوره‌ی پیش‌یابی‌شده، نسبت به دوره‌ی مشاهداتی در شکل شماره‌ی ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود، در ایستگاه اردبیل دمای هوا هم در

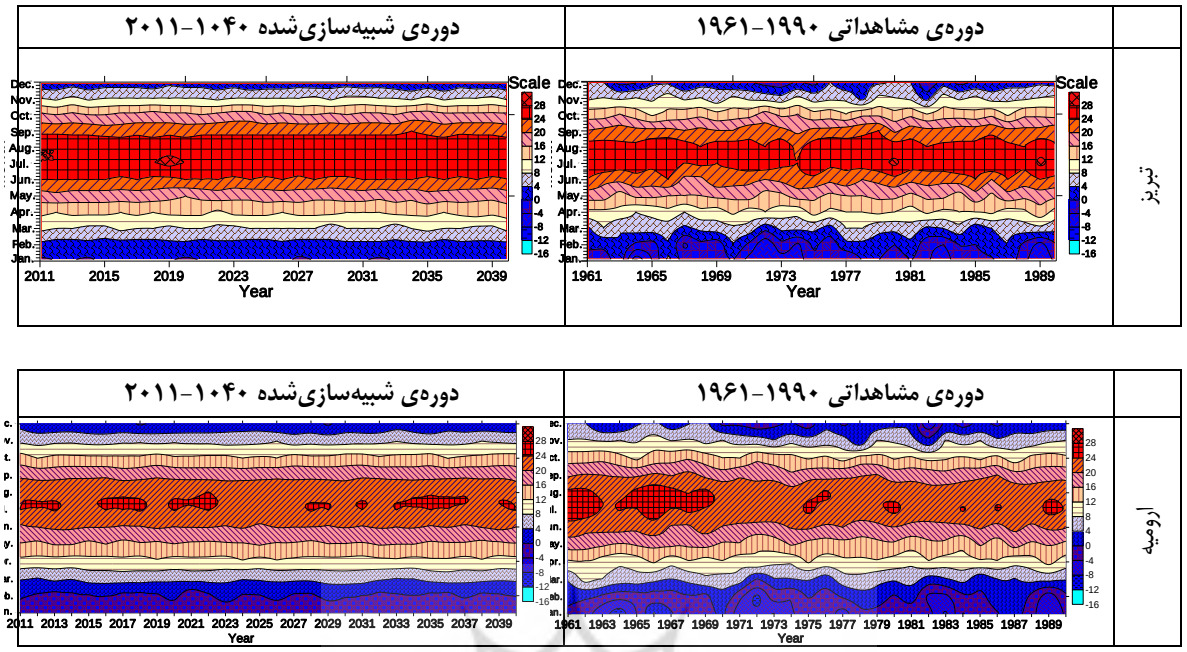
دوره‌ی گرم سال (جون، جولای و آگوست) و هم در دوره‌ی سرد سال (ژانویه و فوریه) نسبت به سایر ماه‌های دوره‌ی پیش‌یابی (آینده) افزایش خواهد داشت، در حالی‌که در فصول انتقالی کمترین افزایش رخ خواهد داد. بر این اساس کمترین افزایش دما در ماه‌های نوامبر، دسامبر و مارس مشاهده می‌شود. در ایستگاه قزوین (شکل شماره‌ی ۳) دیده می‌شود که مقادیر دما در دو دوره‌ی مشاهداتی و پیش‌یابی، کمترین تفاوت را دارند؛ ولی با وجود این، تغییرات افزایشی جزئی در آنها دیده می‌شود که میزان آن کمتر از ۱ درجه سلسیوس خواهد بود. همچندهای دمای واقعی در دوره‌ی مشاهداتی با افت‌وخیزهای شدیدتری نسبت به دوره‌ی پیش‌یابی (آینده) دیده می‌شوند و دلیل آنکه مدل‌ها اغلب در محدوده‌ی نرمال داده‌ها، پیش‌بینی و پیش‌یابی (آینده‌نگری) را انجام می‌دهند. بنابراین مقادیر دما در دوره‌ی پیش‌یابی‌شده نسبت به دوره‌ی مشاهداتی هموارتر خواهند بود و از این‌رو، برای پیش‌یابی رخدادهای فرین، در ابتدا نیاز به آزمون همبستگی بین داده‌های بهنجار و رخدادهای فرین و استخراج معادله‌ی وایازی مربوطه با درجه معناداری مناسب است (خوش اخلاق، ۱۳۸۹).

به‌همین شیوه مقایسه‌ی نمودار همچند دما (ماه ـ سال) در ایستگاه همدان نیز نشان می‌دهد که در دهه‌های آتی میزان دما افزایش خواهد یافت که این افزایش در دوره‌ی سرد سال (ژانویه و فوریه) بیشتر از ماه‌های دیگر خواهد بود (شکل شماره‌ی ۳). در ایستگاه کرمانشاه رژیم دمای آینده متفاوت از ایستگاه‌های دیگر است، به‌طوری‌که مشاهده می‌شود، بیشترین میزان افزایش دما در ماه‌های می، جون، جولای، آگوست و سپتامبر رخ خواهد داد. برای ایستگاه سنندج نیز مقایسه‌ی دو دوره نشان می‌دهد که بازه‌های دما در دو دوره متفاوت از هم است و مانند سایر ایستگاه‌ها، دمای هوا در آینده نسبت به دوره‌ی مشاهداتی افزایش خواهد داشت که این افزایش در ماه‌های فوریه و جون بیشتر از ماه‌های دیگر است. دمای هوای سنندج، به‌ویژه در ماه‌های ژانویه و فوریه‌ی دوره‌ی مشاهداتی در برخی سال‌ها کاهش‌های خیلی شدید را نمایش می‌دهد. نمودار همچند دمای ایستگاه تبریز حاکی از آن است که تغییرات دما در دوره‌ی مشاهداتی با افت‌وخیزهای زیادی همراه بوده است، در حالی‌که برای دهه‌های پیش‌یابی شده همانند سایر ایستگاه‌ها، دما در ماه‌های مختلف در بازه‌ی هموارتری قرار می‌گیرد. در این ایستگاه بیشترین میزان افزایش دما در آینده در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و اکتبر رخ خواهد داد. به‌هرحال در ایستگاه ارومیه، بیشترین تغییرات افزایشی دما بر اساس داده‌های شبیه‌سازی‌شده، مربوط به ماه‌های فصل زمستان است که در این بین، دو ماه ژانویه و فوریه بیشترین مقادیر افزایش دما را تجربه خواهند کرد.

جمع‌بندی مقایسه‌ای همچندهای ماه ـ سال این ایستگاه‌های منتخب (شکل شماره‌ی ۳) بیان می‌کند که کمترین میزان تغییرات دمایی در آینده در ایستگاه قزوین و بیشترین افزایش، در ایستگاه اردبیل رخ خواهد داد. مقایسه‌ی روند دما در ماه‌های مختلف نیز نشان می‌دهد، روندهای افزایشی در ماه‌های مختلف ایستگاه‌ها از نظم خاصّی پیروی نمی‌کند، اما گویای این واقعیّت است که بیشترین افزایش در دوره‌ی گرم برای ماه جون و دوره‌ی سرد، در ماه‌های ژانویه و فوریه رخ خواهد داد. نتیجه‌گیری نهایی این مقایسه حاکی از آن است که رژیم دما در شمال‌غرب در دوره‌ی پیش‌یابی تغییرات افزایشی خواهد داشت و به‌واسطه‌ی افزایش مشخّص دمای ماه جون، تابستان نسبت به شرایط فعلی سریع‌تر آغاز می‌شود (شکل شماره‌ی ۳).



شکل۳. تغییرات متوسّط دمای روزانه در دو دوره‌ی زمانی مشاهداتی و پیش‌یابی‌شده



ادامه‌ی شکل۳. تغییرات متوسّط دمای روزانه در دو دوره‌ی زمانی مشاهداتی و پیش‌یابی‌شده

ارزیابی دگرگونی خوشه‌بندی‌های مختلف دما بر اساس گرمایش جهانی

بعد از شبیه‌سازی مقادیر دمای روزانه و خوشه‌بندی دماها در قالب تجانس درونی برای دو دوره‌ی مشاهداتی و پیش‌یابی‌شده، نتایج آماری به‌دست‌آمده در جدول شماره‌ی ۲ ارائه شد. نتایج نشان می‌دهند که به‌ترتیب مقادیر معیّن دما از خوشه‌ی اوّل به‌سمت خوشه‌ی ششم رو به افزایش هستند. به‌گفته‌ی دیگر، خوشه‌ی اوّل به روزهای دوره‌ی سرد و خوشه‌ی ششم به روزهای دوره‌ی گرم سال مربوط است. بررسی اوّلیّه‌ی نتایج نشان می‌دهد که پایین‌ترین میانگین دما به مقدار ۳/۸- درجه سلسیوس، مربوط به ایستگاه همدان بوده و به‌ترتیب ایستگاه‌های تبریز، اردبیل، ارومیه، سنندج، قزوین و کرمانشاه با میانگین دماهای ۲/۶- ، ۱/۹۶- ، ۱/۹۳- ، ۰/۵- ، ۰/۱۸ و ۲/۱ درجه سلسیوس در خوشه‌ی اوّل، در مقایسه با یکدیگر قرار می‌گیرند. اما نکته‌ی جالب توجّه اینکه میانگین دما در خوشه‌ی اوّل برای دوره‌ی پیش‌یابی‌شده، بیانگر افزایش دما برای تمامی ایستگاه‌ها در این خوشه است. به‌ترتیب، میانگین دما برای این خوشه در ایستگاه‌های ارومیه به ۱/۰۲-، همدان به ۰/۱۴- ، اردبیل به ۰/۸ و تبریز به ۱/۵ درجه سلسیوس تغییر یافته است. همچنین این مقادیر برای قزوین، سنندج و کرمانشاه به‌ترتیب ۲/۱ ، ۲/۶ و ۲/۹ درجه سلسیوس خواهد بود (جدول شماره‌ی ۲). این افزایش دما برای خوشه‌ی ششم (تابستان) نیز رخ داده است؛ ولی نکته‌ی شایان توجّه، کاهش میانگین دما (۴/۴ درجه‌ای) دمای ایستگاه اردبیل، برای دوره‌ی پیش‌یابی‌شده، نسبت به دوره‌ی مشاهداتی در خوشه‌ی ششم (دوره‌ی گرم) است. روند تغییرات دما برای داده‌های پیش‌یابی‌شده در خوشه‌ی ششم با آماره‌ی ($P = ۰/۶۴۰$ و $r = ۰/۰۸$)، گویای تصادفی بودن این تغییرات در اردبیل است (جدول شماره‌ی ۲). در ایستگاه‌های دیگر، به‌ترتیب بیشترین افزایش دمای محاسبه‌شده از اختلاف دمای پیش‌یابی‌شده نسبت به مشاهداتی، به‌میزان ۲/۴، ۲/۴، ۲/۱۴، ۲/۱۲، ۲/۱ و ۰/۲۲درجه سلسیوس برای ایستگاه‌های سنندج، کرمانشاه، همدان، قزوین، تبریز و ارومیه مشاهده می‌شود. اگرچه این نکته حائز اهمّیّت است که آماره‌ها برای روند تغییرات دما در

خوشه‌ی ششم برای اکثر ایستگاه‌ها براساس داده‌های پیش‌یابی، روند معناداری را نشان نمی‌دهند (جدول شماره‌ی ۲).

در ارزیابی تغییرات معناداری روند متوسّط دمای روزانه، برای خوشه‌های مختلف بر مبنـای دو دوره‌ی مشـاهداتی و پیش‌یابی، مشاهده می‌شود که برای دوره‌ی آماری پایه در ایسـتگاه اردبیـل، خوشـه‌هـای اوّل بـا آمـاره‌ی (P = ۰/۰۲۶؛ r = −۰/۵۹)، پنجم با آماره‌ی (P = ۰/۰۰۰؛ r = −۰/۸۱) و ششم با آماره‌ی (P = ۰/۰۰۷؛ r = −۰/۶۸) روند کاهشـی دمـا را نشان می‌دهند، اما در ایستگاه قزوین خوشه‌ی دوم با آماره‌ی (P = ۰/۰۳۲؛ r = −۰/۳۹)، سوم با آمـاره‌ی (P = ۰/۰۲۳؛ r = −۰/۴۱)، پنجم با آماره‌ی (P = ۰/۰۰۴؛ r = −۰/۵۰) و ششم با آماره‌ی (P = ۰/۰۱۲؛ r = −۰/۴۵) و در ایستگاه همـدان خوشه‌ی ششم بـا آمـاره‌ی (P = ۰/۰۷۱؛ r = −۰/۳۳)، همچنـین سـنندج دو خوشـه‌ی پـنجم بـا آمـاره‌ی (P = ۰/۰۶۱؛ r = −۰/۳۴) و ششم با آماره‌ی (P = ۰/۰۰۱؛ r = −۰/۵۵) نیز بر اساس سری زمانی دهه‌های گذشته، روند کاهشی دما را نمایش می‌دهند. برای ایستگاه ارومیه نیز به‌جـز خوشـه‌ی یکـم، رونـد معنـادار افـزایش دمـا بـرای سـایر خوشـه‌هـای دوم (P = ۰/۰۷۴؛ r = −۰/۳۳)، سـوم (P = ۰/۰۱۷؛ r = −۰/۴۳)، چهـارم (P = ۰/۰۲۱؛ r = −۰/۴۱)، پـنجم (P = ۰/۰۰۰؛ r = −۰/۶۰) و ششم (P = ۰/۰۰۰؛ r = −۰/۵۹) مشاهده می‌شود. باوجود این، برای خوشه‌های سوم با آماره‌ی (P = ۰/۰۰۰؛ r = ۰/۵۹) و پنجم با آماره‌ی (P = ۰/۰۷۲؛ r = ۰/۳۳) در کرمانشاه و خوشه‌ی پنجم با آمـاره‌ی (P = ۰/۰۸۸؛ r = ۰/۳۲) در تبریز، روند معنادار افزایش دما برای دوره‌ی مطالعاتی ۱۹۹۰–۱۹۶۱ ملاحظه می‌شـود (جـدول شـماره‌ی ۲). از سـوی دیگر، همان‌گونه که پیش از این گفته شد، براساس داده‌های پیش‌یابی‌شده برای اردبیل، روند معنادار دمای روزانـه بـرای هیچ‌یک از خوشه‌ها دیده نمی‌شود و برای خوشه‌های دما در ایستگاه‌های همدان و تبریز نیـز چنـین اسـت. بـاوجود ایـن موضوع، در خوشه‌ی چهارم با آماره‌ی (P = ۰/۱۰۰؛ r = −۰/۳۰) و ششم با آمـاره‌ی (P = ۰/۰۱۷؛ r = −۰/۸۱) در ایسـتگاه قزوین، به‌ترتیب کاهش و افزایش معنادار تغییرات رونـد روزانـه‌ی دمـا وجـود دارد (جـدول شـماره‌ی ۳). بـرای ایسـتگاه کرمانشاه بر مبنای دوره‌ی زمانی ۲۰۴۰–۲۰۱۱، تنها روند معنادار افزایشی دما برای خوشه‌ی پنجم بـا آمـاره‌ی (P = ۰/۰۷۲؛ r = ۰/۳۳) و برای ایستگاه ارومیه این روند معنـادار افزایشـی دمـا بـرای خوشـه‌ی سـوم (P = ۰/۰۹۶؛ r = ۰/۳۰) مشـاهده می‌شود و در ایستگاه سنندج برای خوشه‌ی اوّل با آماره‌ی (P = ۰/۰۹۳؛ r = −۰/۳۱)، تغییرات معنادار کاهشی دمـا دیـده می‌شود (جدول شماره‌ی ۲). ارزیابی فراوانی روزهای دوره‌ی مشاهداتی در قالب خوشه‌بندی شش‌گانه، نشان می‌دهد کـه در ایستگاه‌های اردبیل، قزوین، همدان، کرمانشاه، و سنندج بیشترین فراوانی روزها در خوشه‌ی ششم است، درحالی‌کـه در ایستگاه کرمانشاه در خوشه‌ی اوّل، ارومیه خوشه‌ی چهارم و تبریز در خوشه‌ی سوم دیده می‌شود. اما در داده‌هـای دوره‌ی پیش‌یابی‌شده، بیشترین فراوانی ایستگاه‌های قزوین، همدان، سنندج، ارومیه و تبریز در خوشه‌ی اوّل دیده می‌شود که این جابه‌جایی، می‌تواند در نوع خود شایان توجّه باشد؛ زیرا با وجود افزایش مقادیر دمای بیشـینه در دوره‌ی پـیش‌یـابی‌شـده، بیشترین رخداد فراوانی دما مربوط به خوشه‌ی اوّل است. این موضوع به‌طور دقیق وارون آن چیزی است که در داده‌هـای مشاهداتی دیده می‌شود؛ زیرا برای دوره‌ی مشاهداتی، مقادیر حداکثری دما (خوشه‌ی ششم) از فراوانی بیشتری نسبت بـه دیگر خوشه‌ها برخوردار هستند. در هر صورت، نتیجه‌ی این واکاوی نشانگر حسّاسیّت بیشتر خوشـه‌ی اوّل (دوره‌ی سـرد) به گرم‌شدن دمای هوا نسبت به خوشه‌های دوره‌ی گرم است و به‌گفته‌ی دیگر، رژیم دمـا در مـاه‌هـای گـرم نسـبت بـه افزایش دمای جهانی، مقاومت و ثبات بیشتری را از خود نشان می‌دهد.

جدول ۲. مقادیر ارزش‌های آماری مؤلّفه متوسط دما در خوشه‌های شش‌گانه در دو دوره‌ی گذشته و آینده

ایستگاه‌ها	خوشه‌ها	متوسّط درجه حرارت برحسب سانتی‌گراد						درصد فراوانی		P.value		R	
		دوره‌ی شبیه‌سازی‌شده			دوره‌ی مشاهداتی			دوره‌ی شبیه‌سازی‌شده	دوره‌ی مشاهداتی	دوره‌ی پایه	دوره‌ی آینده	دوره‌ی پایه	دوره‌ی آینده
		حداقل	حداکثر	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین						
اردبیل	۱	−۱۰/۱۵	۱۰/۹۵	۰/۷۶	−۲۲/۹	۱۲	−۱/۹۶	۱۸/۰۸	۱۹/۴۵	۰/۰۲۶**	۰/۱۵۳	−۰/۵۹	−۰/۲۷
	۲	−۹/۳	۱۵	−۴/۷۵	−۱۷/۶	۱۴	۱/۴۵	۱۵/۰۷	۹/۰۴	۰/۵۵۴	۰/۴۳۲	−۰/۱۷	۰/۱۵
	۳	−۳/۴۵	۱۷/۱	۰/۱۸	−۸	۲۰	۵/۸۹	۶/۸۵	۱۴/۵۲	۰/۲۱	۰/۹۲۱	−۰/۳۶	۰
	۴	۰/۹۵	۲۱/۴۵	۳/۹۵	−۱۰	۲۰/۵	۱۰/۵	۱۸/۰۸	۱۵/۳۴	۰/۱۷۴	۰/۲۵۲	−۰/۳۸	−۰/۲۱
	۵	۵/۷۵	۲۶/۸۵	۹/۲۳	۱/۱	۲۴	۱۳/۹۷	۱۳/۴۲	۱۲/۶	۰/۰۰۰***	۰/۵۹۲	−۰/۸۱	−۰/۱
	۶	۱۱/۲	۲۸/۹۵	۱۳/۲۱	۷	۲۷	۱۷/۶۵	۲۸/۴۹	۲۹/۰۴	۰/۰۰۷**	۰/۶۴	−۰/۶۸	۰/۰۸
قزوین	۱	−۸/۱۵	۱۲/۰۵	۲/۱۱	−۱۶	۱۳	۰/۱۸	۲۱/۱	۹/۸۶	۰/۳۵۶	۰/۶۰۴	−۰/۱۷	۰/۱
	۲	−۵/۰۵	۱۵/۲۵	۶/۷	−۱۲/۲	۱۳/۵	۲/۶۱	۱۲/۸۸	۱۲/۳۳	۰/۰۳۲**	۰/۹۸۹	−۰/۳۹	−۰/۰۱۴
	۳	−۰/۳۵	۱۹/۸	۱۰/۹۱	−۷/۵	۱۹/۵	۷/۲۳	۱۰/۴۱	۱۵/۰۷	۰/۰۲۳**	۰/۵۸۵	−۰/۴۱	۰/۱
	۴	۶/۷۵	۲۴/۵۵	۱۶/۴۹	۰/۵	۲۴/۲	۱۳/۶۲	۲۰/۲۷	۲۱/۶۴	۰/۱۳۷	۰/۱۰۰*	−۰/۲۸	−۰/۳
	۵	۱۴/۶۵	۳۰/۹۵	۲۳/۳۶	۱۰/۵	۲۶	۱۹/۳۴	۲۰/۲۷	۱۱/۲۳	۰/۰۰۴**	۰.۷۶۵	−۰/۵	−۰/۰۵
	۶	۲۰/۷	۳۳/۳۵	۲۷/۰۷	۱۴	۳۳	۲۴/۹۵	۱۵/۰۷	۲۹/۸۶	۰/۰۱۲**	۰/۰۱۷**	−۰/۴۵	۰/۴۳
همدان	۱	−۱۵/۶	۹/۸۵	−۰/۱۴	−۲۳/۵	۱۱	−۳/۸۹	۲۳/۵۶	۱۰/۶۸	۰/۹۷۳	۰/۸۲۷	۰/۰۱	−۰/۰۳
	۲	−۱۰/۰۵	۱۶/۵	۶/۷۹	−۲۰/۶	۱۲/۵	−۰/۸	۲۰/۸۲	۱۱/۷۸	۰/۳۴۷	۰/۲۳۸	−۰/۱۸	−۰/۲۲
	۳	۴	۲۲/۵	۱۲/۹۷	−۱۲	۱۹	۵/۷۶	۱۵/۰۷	۲۲/۷۴	۰/۳۹۴	۰/۷۰۲	−۰/۱۶	−۰/۰۷
	۴	۷/۲	۲۵/۳	۱۷/۳	۰	۲۰/۸	۱۲/۲۴	۱۰/۹۶	۱۵/۶۲	۰/۱۲	۰/۷۱۱	۰/۲۹	−۰/۰۶
	۵	۱۱/۸۵	۲۸/۴	۲۱/۳۲	۰	۲۵	۱۷/۱۹	۱۳/۴۲	۱۵/۳۴	۰/۹۸۷	۰/۲۲۵	۰/۰۱	۰/۲۳
	۶	۱۸/۶	۳۰/۷	۲۴/۹۹	۰	۳۰	۲۲/۸۵	۱۶/۱۶	۲۳/۸۴	*۰/۰۷۱	۰/۳۵۷	−۰/۳۳	−۰/۱۷
کرمانشاه	۱	−۱۱/۹	۱۱/۸۵	۲/۹	−۱۸/۵	۱۵	۲/۱۸	۱۵/۳۴	۱۹/۷۳	۰/۶۲	۰/۲۹۷	−۰/۰۹	−۰/۱۹
	۲	−۴/۱۵	۱۵/۸	۶/۸۴	−۴/۲	۲۰/۵	۷/۱	۱۷/۲۶	۱۸/۶۳	۰/۷۸۹	۰/۶۸۳	۰/۰۴	۰/۰۸
	۳	۱/۵۵	۱۸/۹	۱۱/۴۲	۰	۲۲	۱۲/۶۸	۱۲/۰۵	۱۶/۴۴	۰/۰۰۰***	۰/۹۱۹	۰/۵۹	−۰/۰۱
	۴	۷	۲۵/۵	۱۶/۶۷	۰	۲۸/۵	۱۷/۵۱	۱۷/۵۳	۱۳/۹۷	۰/۳۴۵	۰/۴۳۵	۰/۱۸	−۰/۱۴
	۵	۱۵/۲	۳۱/۷	۲۳/۷۳	۰	۲۹	۲۲/۰۹	۲۲/۱۹	۱۳/۱۵	۰/۰۷۲*	۰/۰۷۲*	۰/۳۳	۰/۳۳
	۶	۲۴/۵	۳۵/۱	۲۸/۸۴	۰	۳۴/۲	۲۶/۴۴	۱۵/۶۲	۱۸/۰۸	۰/۷	۰/۷۹۲	۰/۰۷	−۰/۰۴

$R = Pearson\ correlation;\ P: Significance\ value;\ Trends\ are\ significant\ with\ *P < 0/10;**P < 0/05;***P < 0/0۱;\ SD: Standard\ deviation;$

ادامه‌ی جدول ۲. مقادیر ارزش‌های آماری مؤلّفه متوسط دما در خوشه‌های شش‌گانه در دو دوره‌ی گذشته و آینده

ایستگاه‌ها	خوشه‌ها	متوسّط درجه حرارت برحسب سانتی‌گراد						درصد فراوانی		P.value		R	
		دوره‌ی مشاهداتی			دوره‌ی شبیه‌سازی‌شده								
		میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	دوره‌ی مشاهداتی	دوره‌ی شبیه‌سازی‌شده	دوره‌ی پایه	دوره‌ی آینده	دوره‌ی پایه	دوره‌ی آینده
سنندج	۱	−۰/۵۱	۱۱	−۲۱/۵	۲/۶۸	۱۶/۲	−۱۳/۵	۱۲/۳۳	۲۵/۲۱	۰/۸۷۹	۰/۰۹۳*	۰/۰۱	−۰/۳۱
	۲	۳/۱۸	۱۶/۵	−۱۴/۸	۸/۷۲	۱۸/۹	−۱/۵۵	۱۵/۶۲	۱۶/۷۱	۰/۴۱۳	۰/۹۰۶	−۰/۱۵	−۰/۰۱
	۳	۷/۳۱	۱۸/۵	−۷/۵	۱۳/۷۷	۲۱/۴۵	۴/۲۵	۱۰/۶۸	۱۱/۷۸	۰/۲۹۸	۰/۱۴۷	−۰/۱۹	−۰/۲۷
	۴	۱۲/۵۷	۲۲	−۱	۱۷/۵۴	۲۴/۵	۹/۸۵	۲۰	۱۱/۲۳	۰/۷۶	۰/۷۰۴	۰/۰۵	+۰/۰۷
	۵	۱۹	۲۷/۵	۰	۲۲/۸۹	۳۱/۲۵	۱۴/۷	۱۶/۷۱	۱۷/۸۱	۰/۰۶۱*	۰/۳۱۲	−۰/۳۴	−۰/۱۹
	۶	۲۵/۴۹	۳۵/۵	۰	۲۷/۹۷	۳۳/۸۵	۲۱/۱۵	۲۴/۶۶	۱۷/۲۶	۰/۰۰۱**	۰/۹۷۶	−۰/۵۵	+۰/۰۱
تبریز	۱	−۲/۶۶	۱۱/۸	−۱۹	۱/۴۶	۱۰/۵	−۷/۹۵	۱۰/۴۱	۲۵/۷۵	۰/۷۴۸	۰/۹۳	۰/۰۵	−۰/۰۱
	۲	۱/۲	۱۳/۵	−۱۳	۷/۳۶	۱۴/۲۵	−۲/۷۵	۱۷/۲۶	۱۱/۷۸	۰/۵۸۷	۰/۹۰۵	−۰/۱۰	−۰/۰۱
	۳	۸/۶۶	۱۹/۴	−۵/۵	۱۲/۲۹	۲۰/۳	۳/۵۵	۲۴/۳۸	۱۳/۷	۰/۲۹۲	۰/۵۹۴	۰/۲۰	+۰/۱۱
	۴	۱۵/۸۹	۲۵/۲	۰	۱۷/۲۸	۲۳/۶	۸/۸۵	۱۳/۹۷	۱۳/۷	۰/۸۱۶	۰/۵۰۵	۰/۰۳	−۰/۱۲
	۵	۲۰/۷۹	۳۰/۵	۰	۲۳/۱	۳۱/۳	۱۳/۴	۱۳/۴۲	۱۸/۹	۰/۰۸۸*	۰/۷۲	۰/۳۲	+۰/۰۶
	۶	۲۵/۵	۳۳/۵	۰	۲۷/۶۱	۳۳/۵۵	۲۰	۲۰/۵۵	۱۶/۱۶	۰/۵۶۲	۰/۶۷۶	۰/۱۱	−۰/۰۸
ارومیه	۱	−۱/۹۳	۱۴	−۱۵/۳	−۱/۰۲	۹/۴	−۱۲/۸	۱۸/۰۸	۲۰/۵۵	۰/۹۳۷	۰/۴۱۴	۰/۰۱۵	−۰/۱۵۵
	۲	۲/۲۱	۱۳/۵	−۱۱	۴/۶۶	۱۳/۵۵	−۷/۷	۹/۵۹	۱۷/۸۱	۰/۰۷۴*	۰/۱۹۵	−۰/۳۳۰	۰/۲۴۴
	۳	۶/۱۷	۱۶	−۹/۴	۱۰/۳۹	۱۸/۲۵	۲/۶۵	۱۲/۶۰	۱۳/۹۷	۰/۰۱۷***	۰/۰۹۶*	−۰/۴۳۲	۰/۳۰۹
	۴	۱۲/۱۴	۲۴	−۴	۱۵/۱۹	۲۴/۴۵	۶/۵۵	۲۲/۴۷	۱۶/۱۶	۰/۰۲۱**	۰/۷۶۴	−۰/۴۱۹	۰/۰۵۷
	۵	۱۸/۹۴	۳۰	۸	۱۹/۸۴	۲۶/۸۵	۱۰/۷	۲۰/۲۷	۱۵/۶۲	۰/۰۰۰***	۰/۱۶۷	−۰/۶۰۹	−۰/۱۳۶
	۶	۲۳/۴۰	۳۳/۶	۱۱	۲۳/۶۲	۲۸/۶۵	۱۷/۵۵	۱۶/۹۹	۱۵/۸۹	۰/۰۰۰***	۰/۶۹۹	−۰/۵۹۱	۰/۰۷۴

$R = Pearson\ correlation;\ P: Significance\ value;\ Trends\ are\ significant\ with\ *P < 0/10;**P < 0/05;***P < 0/0۱;\ SD: Standard\ deviation;$

بررسی فراوانی خوشه‌بندی‌های مختلف آستانه‌های دمایی با توجّه به مقیاس زمانی ماهانه

این بخش روی فراوانی آستانه‌های مختلف دما، برای ماه‌های دوازده‌گانه متمرکز شده است. محاسبات و نتایج مربوط به این قسمت، می‌تواند دید مناسب‌تری به پژوهشگران و مدیران در عرصه‌ی کشاورزی ارائه دهد که بر مبنای آن، بتوانند تغییرات آستانه‌های درجه حرارت برای فصول و دوره‌های زمانی مختلف را مشاهده کنند.

آنچه از مقایسه‌ی سری زمانی داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده نتیجه می‌شود، به‌ترتیب در ایستگاه اردبیل نشان می‌دهد که در خوشه‌ی یکم، سه ماه ژانویه، فوریه و دسامبر برای هر دو دوره‌ی مطالعاتی، درصدی از فراوانی‌ها را به خود اختصاص داده‌اند؛ اما برای دوره‌ی شبیه‌سازی‌شده بر فراوانی روزهای رخداد ماه دسامبر افزوده شده و از فراوانی فوریه کاسته شده است، در خوشه‌ی دوم بر مبنای داده‌های شبیه‌سازی‌شده مشاهده می‌شود که بر فراوانی فوریه افزوده و از دسامبر کاسته شده و برای نخستین‌بار در نوامبر ۱۰/۹درصد روزها به این خوشه اختصاص یافته‌اند. تنها تغییر قابل توجّه در خوشه‌ی شماره‌ی سوم، حذف ماه آوریل از محدوده‌ی حرارتی این خوشه با توجّه به تغییر اقلیم آینده است. در خوشه‌ی چهارم، تنها تغییر قابل توجّه افزایش چند درصدی فراوانی روزها برای نوامبر است. در خوشه‌ی پنجم به‌طور مشترک برای نخستین‌بار در ماه‌های آوریل و ژوئن ۶/۱ درصد و در خوشه‌ی ششم در ماه می به‌میزان ۲/۸ درصد از فراوانی روزها وارد آستانه‌ی دمایی این خوشه‌ها شده‌اند (شکل شماره‌ی ۴).

اما در قزوین با توجّه به افزایش دما برای دهه‌های آینده، برای نخستین‌بار ۲۴/۶ درصد از روزهای ماه دسامبر در محدوده‌ی دمایی این خوشه قرار می‌گیرند، در خوشه‌ی دوم برای دو ماه مارس و نوامبر، به‌ترتیب ۴۴/۶ درصد و ۲۷/۶درصد از روزها برای نخستین‌بار در آستانه‌ی دمایی خوشه‌ی دوم قرار خواهند گرفت. همچنین در خوشه‌ی سوم، روزهای ماه دسامبر از آستانه‌ی دمایی این محدوده خارج و ماه آوریل با ۱۴/۸ درصد جایگزین آن شده است. در خوشه‌ی چهارم، دو ماه نوامبر و می از آستانه‌ی دمایی این خوشه خارج، اما بر درصد فراوانی دو ماه می و اکتبر به‌ترتیب با مقادیر ۳۲/۴ و ۴۱/۸ درصد افزوده شده است. در مورد خوشه‌ی پنجم برای دو ماه جولای و آگوست، برای نخستین‌بار به‌ترتیب درصدی از روزها به‌میزان ۱/۳ و ۸/۱۱ درصد وارد آستانه‌ی دمایی این خوشه شده و در ژوئن و سپتامبر درصدها افزایشی و برای می کاهشی بوده است (شکل شماره‌ی ۴).

در همدان با توجّه به دوره‌ی آماری ۲۰۴۰-۲۰۱۱، نسبت به دوره‌ی پایه ۱۹۹۰-۱۹۶۱، مهم‌ترین تغییرات در خوشه‌ی یکم، اختصاص یافتن ۳۳/۷ درصد از روزهای ماه دسامبر برای نخستین‌بار به درون آستانه‌های دمایی این خوشه است و در خوشه‌ی دوم برای نخستین‌بار ماه‌های آوریل، اکتبر و نوامبر با درصدهای فراوانی ۱۰/۵درصد، ۳/۹ و ۳۹/۴ درصد، وارد محدوده‌ی حرارتی این خوشه شده‌اند و دو ماه مارس و آوریل از آستانه‌ی دمایی آن خارج شده‌اند. در خوشه‌ی سوم، مارس، نوامبر و دسامبر از آستانه‌ی دمایی این خوشه خارج و می با ۲۲/۵ درصد فراوانی روزها، وارد این آستانه‌ی دمایی شده است. از تغییرات مهمِّ خوشه‌ی چهارم، خارج‌شدن روزهای ماه آوریل از آستانه‌ی دمایی این خوشه و وارد شدن ماه‌های ژوئن و سپتامبر با درصدهای فراوانی ۷/۵ و ۲۷/۵درصد به خوشه‌ی شماره‌ی چهار است. در خوشه‌ی پنجم، روزهای دو ماه می و اکتبر از آستانه‌ی حرارتی این خوشه خارج شده‌اند و در دو ماه آگوست و سپتامبر، درصد بیشتری از روزها به این خوشه

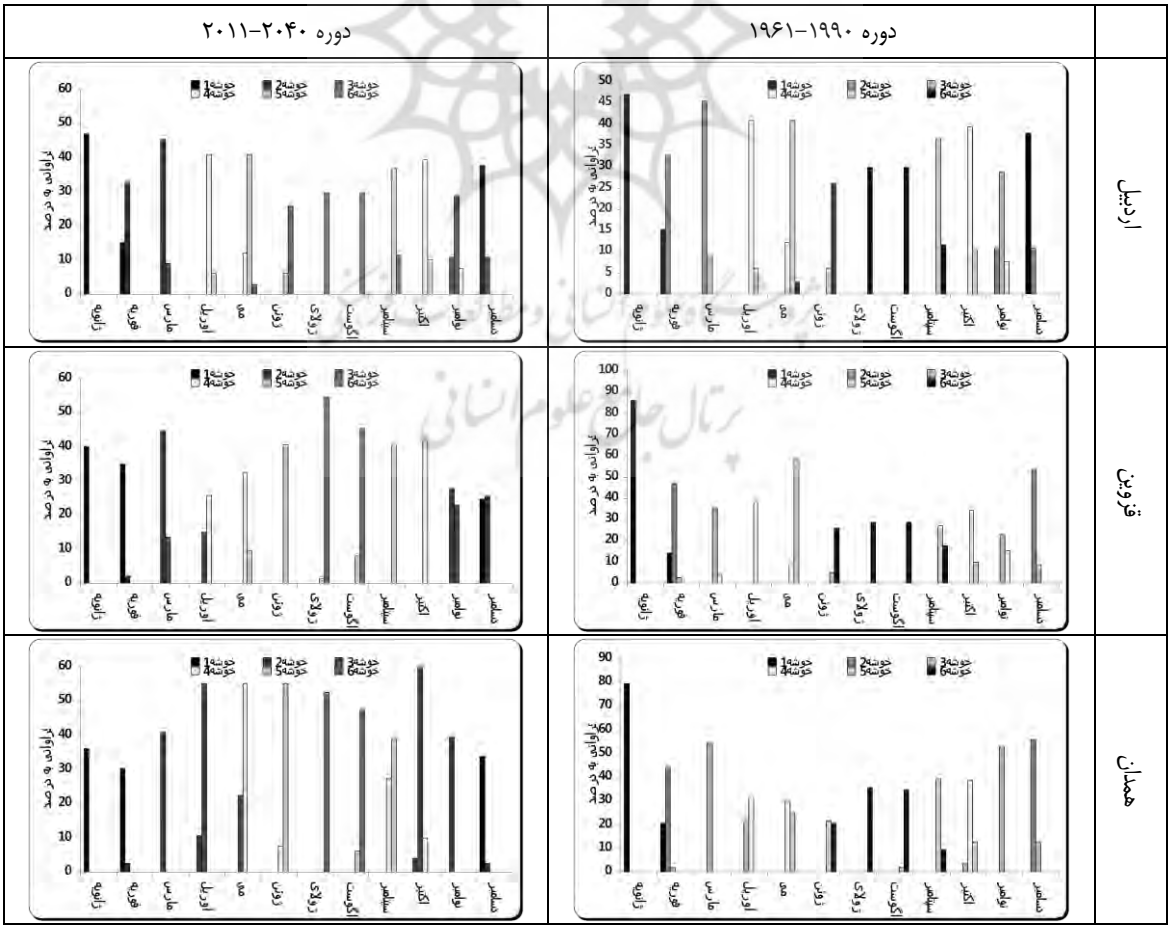
اختصاص یافته‌اند. درنهایت برای خوشه‌ی ششم، تنها موارد شاخص خارج شدن دو ماه ژوئن و سپتامبر از آستانه‌ی حرارتی این خوشه هستند (شکل شماره‌ی ۴).

در کرمانشاه نتایج بر مبنای فراوانی رخداد روزهای مختلف، بر اساس مقیاس زمانی ۱۲ ماه آشکار می‌کنند که در دسامبر و فوریه، درصد فراوانی روزها برای خوشه‌ی یکم کاهش‌یافته و این فراوانی برای ژانویه با ۵۵/۳ درصد افزایش یافته است. در خوشه‌ی دوم ازجمله نمونه‌های شاخص، وارد شدن روزهای ماه فوریه با ۱۵/۷ درصد برای نخستین‌بار به آستانه‌ی حرارتی این خوشه‌ی مطالعاتی و خارج‌شدن روزهای ماه آوریل از این آستانه است. در خوشه‌ی شماره سه، دو ماه می و اکتبر از این خوشه خارج و ماه مارس برای نخستین‌بار با رخداد ۱۲/۵ درصد از فراوانی روزها، وارد آستانه‌ی آسایش حرارتی این محدوده شده است. برای خوشه‌ی چهارم روزهای ماه آوریل با ۲۸/۱ درصد برای نخستین‌بار در دوره‌ی مطالعاتی ۲۰۴۰–۲۰۱۱ وارد آستانه‌ی حرارتی خوشه‌ی چهارم شده و ماه سپتامبر با توجّه به تغییر اقلیم آینده از این خوشه خارج خواهد شد. تغییرات ماهانه‌ی خوشه‌ی پنجم برای دهه‌های آینده آشکار می‌کند که ماه‌های می، جولای، آگوست و اکتبر، به‌ترتیب با فراوانی‌های ۱۳/۵، ۱/۲، ۴/۹ و ۶/۱ درصد وارد آستانه‌ی حرارتی خوشه‌ی پنجم شده و تنها تغییر شاخص برای خوشه‌ی ششم، خارج‌شدن روزهای ماه ژوئن از آستانه‌های حرارتی این کلاستر است (شکل شماره‌ی ۴).

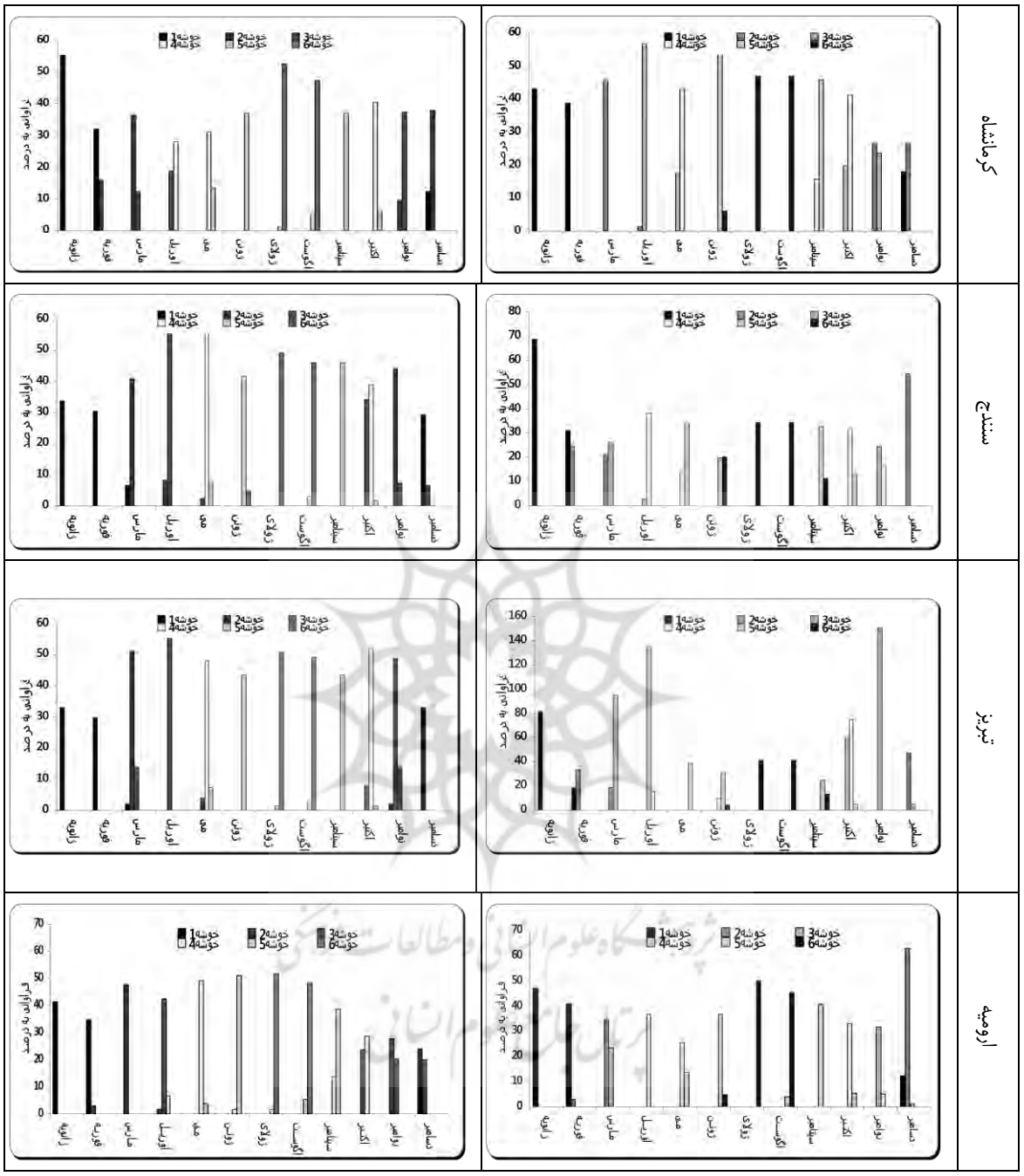
در سنندج تأثیر گرمایش جهانی بر آستانه‌ی حرارتی، سبب‌شده که در خوشه‌ی یکم درصد فراوانی‌ها برای ماه ژانویه در دهه‌های آینده کاهش یابد و دو ماه مارس و دسامبر با درصدهای ۶/۵ و ۲۹/۳ درصد، برای نخستین‌بار وارد خوشه‌ی شماره یک شوند. در خوشه‌ی دوم، ماه فوریه با توجّه به گرمایش جهانی از محدوده‌ی این خوشه حذف شده است و ماه نوامبر با فراوانی ۴۴/۶ درصد وارد آستانه‌ی حرارتی خوشه‌ی مذکور شده است. در خوشه‌ی سوم، ازجمله نکات بارز، افزایش فراوانی‌ها برای ماه آوریل است، اما از سوی دیگر، مارس از محدوده‌ی این خوشه حذف شده و روزهای ماه اکتبر با ۳۴/۱ درصد برای نخستین‌بار درون آستانه‌ی حرارتی خوشه‌ی سوم قرار می‌گیرد. در خوشه‌ی چهارم، دو ماه نوامبر و آوریل از آستانه‌ی آسایش حرارتی خوشه‌ی چهارم خارج شده‌اند و از دیگر تغییرات می‌توان به افزایش فراوانی روزها برای ماه می با ۶۰/۹ درصد اشاره کرد. در خوشه‌ی پنجم تغییرات متفاوتی دیده می‌شود که مهم‌ترین آن وارد شدن حدود ۳/۰۸درصد از روزهای ماه آگوست به درون خوشه‌ی مربوطه است. در خوشه‌ی ششم ماه سپتامبر برای دهه‌های آینده از این محدوده‌ی حرارتی حذف خواهد شد و ملاحظه می‌شود که روزهای بیشتری از دو ماه جولای و آگوست با درصدهای ۴۹/۲ و ۴۶ درصد درون محدوده‌ی دمایی این خوشه قرار خواهند گرفت (شکل شماره‌ی ۴).

در ایستگاه تبریز تغییرات ماهانه‌ی فراوانی‌ها نشان می‌دهند که با توجّه به دهه‌های آینده، پراکندگی خوشه‌ی یک در درون ماه‌های بیشتری رخ داده است. ازجمله این ماه‌ها می‌توان به مارس، نوامبر و دسامبر اشاره کرد که برای نخستین‌بار درون این آستانه‌ی حرارتی قرار گرفته‌اند. در خوشه‌ی دوم، فوریه و دسامبر از محدوده‌ی حرارتی خوشه خارج شده و ۴۸/۸درصد از روزهای ماه نوامبر به این محدوده‌ی حرارتی اختصاص یافته است. در خوشه‌ی سوم، ماه می با ۴ درصد به درون آستانه‌ی حرارتی این خوشه وارد و در خوشه‌ی چهارم، آوریل و ژوئن از درون خوشه‌ی مذکور خارج شده‌اند و می با ۴۸ درصد جایگزین آنها شده است. در خوشه‌ی پنجم، جولای و آگوست، به‌ترتیب با ۱/۴ و ۲/۹ درصد به درون محدوده‌ی دمایی این خوشه افزوده و همین دو ماه برای خوشه‌ی ششم بسیار تقویت شده‌اند (شکل شماره‌ی ۴).

برای ایستگاه ارومیه، مقایسه‌ی درصد ماهانه‌ی فراوانی‌ها برای دو دوره‌ی مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده نشان می‌دهد که در خوشه‌ی یکم، بیشترین درصد فراوانی‌ها برای دو دوره‌ی مورد نظر مربوط به سه ماه ژانویه، فوریه و مارس و در آینده نیز، همین توزیع با تغییراتی در درصد فراوانی برای ماه‌های مذکور تکرار می‌شود. برای خوشه‌ی دوم، بر مبنای داده‌های مشاهداتی، فراوانی روزها در سه ماه فوریه، مارس و دسامبر تمرکز یافته که بر اساس سری زمانی شبیه‌سازی‌شده، این فراوانی بین ماه‌های بیشتری، ازجمله مارس، فوریه، آوریل، نوامبر و دسامبر توزیع شده است. در خوشه‌ی سوم، سری زمانی داده‌های مشاهداتی نشان می‌دهد که تعداد کمتری از ماه‌ها که شامل مارس، نوامبر و دسامبر بوده در این خوشه قرار گرفته‌اند، اما خوشه‌بندی حاصل از سری زمانی داده‌های شبیه‌سازی‌شده، نشان‌دهنده‌ی این است که دو ماه مارس و دسامبر از محدوده‌ی این خوشه خارج و دو ماه دیگر آوریل و اکتبر جایگزین آنها شده‌اند. مهم‌ترین تغییرات رخ داده برای داده‌های شبیه‌سازی‌شده نسبت به سری زمانی مشاهداتی در خوشه‌ی چهارم، شامل ثبات سه ماه آوریل، می و اکتبر، نسبت به دوره‌ی مشاهداتی و اضافه‌شدن دو ماه جون و سپتامبر به این خوشه برای دهه‌های آینده است. تنها تغییر رخ داده برای خوشه‌ی پنجم در دهه‌های آینده، اضافه‌شدن ماه جولای به جمع ماه‌های می، جون، آگوست و سپتامبر بوده و در خوشه‌ی ششم، نتایج گویای این حقیقت است که مجموع فراوانی‌ها برای هر دو دوره‌ی مطالعاتی مورد نظر، همچنان در دو ماه جولای و آگوست تمرکز یافته است (شکل شماره‌ی ۴).



شکل ۴. تغییرات ماهانه درصد فراوانی خوشه‌های ششگانه براساس وضعیت موجود و تغییراقلیم آینده



ادامه‌ی شکل ۴. تغییرات ماهانه‌ی درصد فراوانی خوشه‌های شش‌گانه براساس وضعیّت موجود و تغییراقلیم آینده

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی و شناخت عناصر و فراسنج‌های اقلیمی یک منطقه، می‌تواند در برنامه‌ریزی و آمایش سرزمین نقش عمده‌ای ایفا کند. ازجمله نتایج قابل تأمل در این پژوهش بر مبنای تغییرات دمای ماهانه، اینکه برای تمام ایستگاه‌ها، محدوده‌های دمای ماهانه افزایش خواهد یافت. اگرچه در مقایسه‌ی داده‌های ماهانه برای هر دو دوره‌ی مطالعاتی، ماه جولای و ژانویه به‌ترتیب به‌عنوان گرم‌ترین و سردترین ماه سال، از لحاظ رتبه‌بندی در مقایسه با ماه‌های دیگر سال تغییری نداشته‌اند، اما میانگین

کلّی دمای ژانویه برای منطقه‌ی شمال‌غرب ایران به‌طور متوسط، از ۱/۲۷- درجه برای دوره‌ی مشاهداتی به ۰/۸۶- درجه سلسیوس در دوره‌ی پیش‌یابی تغییر خواهد کرد که برای جولای این تغییر از ۲۴/۲ درجه به ۲۵/۱۲ درجه سلسیوس خواهد بود. از نظر ایستگاهی بیشترین افزایش میانگین دمای سالانه با ۲/۳ درجه برای اردبیل و کمترین آن با ۰/۲۲درجه برای ارومیه رخ خواهد داد. همچنین نتایج نشان می‌دهند که بر اساس دوره‌ی آماری دهه‌های گذشته، بیشترین میانگین سالانه‌ی دما با ۱۳/۹ درجه برای قزوین و کمترین آن با ۹/۱ درجه سلسیوس برای اردبیل بوده است. در دوره‌ی پیش‌یابی‌شده گرم‌ترین ایستگاه با میانگین دمای سالانه‌ی ۱۵/۶ درجه ایستگاه کرمانشاه و سردترین همچنان ایستگاه اردبیل با میانگین ۱۱/۳ درجه خواهد بود. میانگین دمای سالانه‌ی هفت ایستگاه مورد مطالعه به‌میزان ۰/۹۴درجه سلسیوس برای دوره‌ی پیش‌یابی‌شده نسبت به دوره‌ی پایه ۱۹۹۰-۱۹۶۱ است. در ارزیابی فراوانی مقادیر دما در دوره‌ی مشاهداتی که بر مبنای خوشه‌های شش‌گانه انجام گرفت، به‌جز ایستگاه کرمانشاه در خوشه‌ی اوّل، ارومیه در خوشه‌ی چهارم و تبریز در خوشه‌ی سوم که به‌ترتیب بیشترین درصد فراوانی را با ۱۹/۷، ۲۲/۴۷ و ۲۴/۳ درصد دارند، در باقی ایستگاه‌ها، بیشترین فراوانی روزها متعلّق به خوشه‌ی ششم است. اما در داده‌های شبیه‌سازی‌شده، بیشترین تمرکز فراوانی داده‌های دما را در مورد ایستگاه‌های قزوین، همدان، سنندج، ارومیه و تبریز برای خوشه‌ی اوّل نشان می‌دهد که این جابه‌جایی می‌تواند در نوع خود قابل توجّه باشد؛ زیرا با وجود افزایش بازه‌های دما در دوره‌ی پیش‌یابی‌شده، بیشترین رخداد فراوانی محدوده‌های دما مربوط به خوشه‌ی اوّل است. این موضوع وارون آن چیزی است که داده‌های مشاهداتی نشان می‌دهند؛ زیرا برای دوره‌ی مشاهداتی، مقادیر بازه‌های دمایی خوشه‌ی ششم از فراوانی رخداد بیشتری نسبت به دیگر خوشه‌ها برخوردار بوده‌اند. همچنین ملاحظه‌ی تغییرات فراوانی ماهانه در مورد بازه‌های دما، نتایج متفاوتی را نشان می‌دهد که از بارزترین این نتایج، گسترش زمانی بازه‌های دمایی خوشه‌ی پنجم برای ماه‌های بیشتری در طول روزهای سال است. ازجمله ویژگی‌های دیگر منطقه، وجود تغییرات افزایشی شدید دما است که در برخی موارد به‌صورت کاهشی نسبت به دوره‌ی بهنجار مشاهداتی (۱۹۹۰-۱۹۶۱) است، اما روند تغییرات یا جابه‌جایی فصلی دما، نوسان قابل چشمگیری را نشان نمی‌دهد.

به‌طورکلی مقایسه بین ایستگاه‌های منتخب در منطقه حاکی از آن است که مقادیر بازه‌ی دما در دو ایستگاه اردبیل (در خوشه‌های دوم تا ششم)، ارومیه (یکم تا ششم) و کرمانشاه (خوشه‌های دوم تا چهارم) در آینده افزایش خواهد یافت، در حالی‌که در سایر موارد در ۳۰ سال آینده، بازه‌های دما کاهش خواهد داشت.

منابع

بابائیان، ایمان؛ نجفی نیک، زهرا؛ زابل عباسی، فاطمه؛ حبیبی نوخندان، مجید؛ ادب، حامد و ملبوسی، شراره. ۱۳۸۸، **ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره‌ی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHO-G**، مجلّه‌ی جغرافیا و توسعه، شماره ۱۶، صص. ۱۵۲- ۱۳۵.

خوش اخلاق، فرامرز. ۱۳۸۹، **جزوه‌ی درسی گرم شدن زمین**، دوره‌ی دکترای اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

عزیزی، قاسم و روشنی، محمود. ۱۳۸۷، **مطالعه‌ی تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من ـ کندال**، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره۶۴، صص. ۲۸-۱۳.

علیجانی، بهلول. ۱۳۷۵، **آب و هوای ایران**، چاپ اول، انتشارات دانشگاه پیام نور. تهران.

گزارش بلایای طبیعی، ۱۳۸۹، پژوهشکده‌ی اقلیم شناسی، سازمان هواشناسی، تهران.

محمدی، حسین و تقوی، فرحناز. ۱۳۸۴، **روند شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران،** پژوهش‌های جغرافیـایی، شـماره ۵۴، صص. ۱۷۲-۱۵۱.

مسعودیان، ابوالفضل. ۱۳۸۳، **بررسی روند دمای ایران در نیم سده‌ی گذشته،** مجلّه‌ی جغرافیا و توسعه، شماره ۵۴، صص. ۴۵-۲۹.

Alijani, B., 1995, **Climate of Iran**, Payame Noor Press, Tehran.

Azizi, GH., Rowshani, M., 2008**, Studying the Climate Changes in the Southern Coasts of the Caspian Sea based on Man-Condal Method,** Geographic Studies, Vol. 64, PP. 13-28.

Babaeian, I., Kwon, W.T., 2005, **Climate Change Assessment Over Korea Using Stochastic Daily Data, Proceeding of the First Iran–Korea Joint Workshop on Climate Modelling**, Climate Research Institute, Mashhad, Iran.

Babaeian, I., Najafi, Z., ZabulAbbasi, F., Habibi Nokhandan, M., Adab, H., Malbosi, SH., 2010, **Climate Change Assessment over Iran During 2010-2039 by Using Statistical Downscaling of ECHO- G Model,** Geography Development, Vol.16, PP. 135-152.

Barriopedro, D., Fischer, E.M., Luterbacher, J., Trigo, R.M., Garcia-Herrera, R., 2011, **The hot Summer of 2010: Redrawing the Temperature Record Map of Europe**, Science, Vol.332, PP. 220-224.

Grieser, J., Tromel, S., Schonwiese, C.D., 2002, **Statistical Time Series Decomposition into Signification Components and Application to European Temperature**, Theatrical Apply Climatology, Vol.71, PP.171-183.

Hosseini, M., Mollafilabi, A., Nassiri, M., 2008, **Spatial and Temporal Patterns in Saffron (Crocus Sativus L.) Yield of Khorasan Province and Their Relationship with Long Term Weather Variation**, Iranian Journal Field Crop Research, Vol.6, PP.79-88.

Johnson, G.L., Hanson, C.L., Hardegree, S.P., Ballard, E.B., 1996, **Stochastic Weather Simulation: Overview and Analysis of Two Commonly Used Models,** Journal Applied Meteorology, Vol. 35, PP. 1878-1896.

Khoshakhlagh, F., 2010**, Global Warming,** Lectures for Ph.D. Students of Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran.

Koocheki, A., Nassiri, M., 2008, **Impacts of Climate Change and CO_2 Concentration on Wheat Yield in Iran and Adaptation Strategies**, Iranian Journal Field Crop Research, Vol. 6, PP. 139-153.

Koutyari, U.C., Singh, V.P., 1996, **Rainfall and Temperature Trends in India**, Hydrological Processes, Vol. 10, PP. 357-372.

Lawless, C., Semenov, M.A., 2005, **Assessing Lead-time for Predicting Wheat Growth Using a Crop Simulation Model**, Agricultural Forest Meteorology, Vol. 135, PP. 302-313.

Masoudian, A., 2005, **Study of Iran Temperature in the Recent Half-Century,** Geographic Studies, Vol. 54, PP. 29-45.

Meehl, G.A., Tebaldi, C., 2004, **More Intense, More Frequent, and Longer Lasting Heat Waves in the 21st Century**, Science, Vol. 305, PP. 994-997.

Mohammadi, H., Taghavi, F., 2005, **Temperature and Rain Limit Indexes Trend in Tehran,** Geographic Studies, Vol. 54, PP.151-172.

Niedzwiedz, T., Ustrnul, Z., Szalai, S., Weber, Ro., 1996, **Trends of Maximum and Minimum Daily Temperatures in Central and Southeastern Europe**, International Journal of Climatology, Vol. 16, PP. 765-782.

Qian, B.D., Gameda, S., Hayhoe, H., De Jong, R., Bootsma, A., 2004, **Comparison of LARSWG and AAFC-WG Stochastic Weather Generators for Diverse Canadian Climates**, Climate Research, Vol. 26, PP. 175-191.

Report of Natural Hazard in Climatology Institude, 2010, Meteorology Organization, Tehran.

Roshan, Gh. R., Grab, S.W., 2012, **Regional Climate Change Scenarios and Their Impacts on Water Requirements for Wheat Production in Iran**, International Journal of Plant Production, Vol. 2, PP. 239-265.

Roshan, Gh.R., Abdol-Azim Ghanghermeh, A., Nasrabadi, T., Meimandi, J.B., 2013, **Effect of Global Warming on Intensity and Frequency Curves of Precipitation, Case Study of Northwestern Iran,** Water Resour Manage, DOI 10.1007/s11269-013-0258-7.

Roshan, Gh.R., Orosa, J., Nasrabadi, T., 2012, **Simulation of Climate Change Impact on Energy Consumption in Buildings, Case Study of Iran,** Energy Policy, Vol. 49, PP. 731-739.

Sajjad Khan, M., Coulibaly, P., Dibike, Y., 2006, **Uncertainty Analysis of Statistical Downscaling Methods**, Journal of Hydrology, Vol. 319, PP. 357-382.

Semenov, M.A., 2007, **Developing of High-resolution UKCUP02-based Climate Change Scenarios in the UK**, Agricultural Forest Meteorology, Vol. 144, PP.127-138.

Semenov, M.A., Barrow, E.M., 1997, **Use of a Stochastic Weather Generator in the Development of Climate Change Scenarios**, Climate Change, Vol. 35, PP. 397-414.

Semenov, M.A., Barrow, E.M., 2002, **LARS-WG a Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies, User's Manual**, Version3.0, http://www.rothamsted.ac.uk/mas-models/download/LARS-WG-Manual.pdf.

Semenov, M.A., Brooks, R.J., Barrow, E.M., Richardson, C.W., 1998, **Comparison of the WGEN and LARS-WG Stochastic Weather Generators in Diverse Climates**, Climate Research, Vol. 10, PP. 95-107.

Yin, Z.Y., 1999, **Winter Temperature Anomalies of the North China Plain and Macro Scale Extra Tropical Circulation Patterns,** International Journal of Climatology, Vol. 19, PP. 291-308.

Yue, S., Hashino, M., 2003, **Temperature Trends in Japan: 1900-1996**, Theatrical Apply Climatology, Vol. 75, PP. 15-27.

Yue-Ping, X., Zhang, X., Tian, Y., 2012, **Impact of Climate Change on 24-h Design Rainfall Depth Estimation in Qiantang River Basin, East China**, Hydrological Process, Vol. 26, No. 26, PP. 4067-4077.

Zarghami, M., Abdi, A., Babaeian, I., Hassanzadeh, Y., Kanani, R., 2011, **Impacts of Climate Change on Runoffs in East Azerbaijan, Iran**, Global Planet Change, Vol. 78, PP.137-146.

Zhang, X., Vincent, L.A, Hogg, W.D., Niitsoo, A., 2000, **Temperature and Precipitation Trends in Canada During the 20th Century,** Atmosphere Ocean, Vol. 38, PP. 395-429.

An Analysis of Global Warming Effect on the Temperature Variations in the Northwest of Iran

Ghanghermeh A.A.
Assistant Prof., Dep. of Geography, Golestan University
Roshan GH. R. *
Assistant Prof., Dep. of Geography, Golestan University

Received: 30/10/2012 Accepted: 17/02/2013

Extended Abstract

Introduction

Climate as a complex system is changing due to an increase in atmospheric concentration of greenhouse gases produced by human activities, according to IPCC reports, leading to global warming. Assessing the climatic characteristics and identifying the climatic elements and parameters of a region can have a major role in land use planning and the management of that region. Variations in the component of temperature, as one of the most important climatic elements in the North West region of Iran, with significant spatial and temporal fluctuations, have a major role in the environmental management, road transportations, agriculture farming. So dealing with climatic change requires strategies for future adaptation. One of the most common methods for assessing the future climate is using the general atmosphere circulation models. A group of these models provide useful information about the atmosphere's reaction to the increase in the concentration of greenhouse gases. Considering the low spatial clarity of the general atmosphere circulation models and the need for powerful software as well as the great amount of time that dynamic downscaling consumes, the statistical models were taken into consideration. These models change the general circulation data from large scales to smaller ones and use the output of GCM models and other special scenarios of the model that generate meteorological data.The most important advantages of these models include their inexpensive, high speed and capability of being used without the need of supercomputers. One of these statistical models is LARS-WG that we used in this paper to simulate tempreture for future in North West of Iran.

Methodology

The method of this research consists of two fundamental stages: first, downscaling the GCM data under the propagation scenario and the second step involves the clustering the daily temperature based on the past (1961-1990) and future periods (2011-2040) and comparison between these two periods. In the first stage of this research, for the statistical downscaling of

*E-mail: ghr.roshan@gu.ac.ir Tel: 09171350305

the atmosphere general circulation model HadCM3 data based on the A1 scenario, the LARS-WG model, the 5.11 version was used, as one of the most famous models in generating random weather data. In this article, for evaluating the validation of the LARS-WG model in reproducing the meteorological data of temperature as the main component, data of the seven synoptic stations of Tabriz, Ardebil, Kermanshah, Hamedan, Sanandaj, Oroomieh, and Qazvin, in the North West of Iran for a 20-year period 1989-2008 were used. Note that by using statistics of the determination coefficient (R^2), Root Mean Square Error (RMSE) and the Mean of Absolute Error (MAE), data evaluation produced by the model and the real data (observations) was done in the 1980-2008 period. In the second part of the research, the method of comparison of daily temperature components in different clusters, and based on the clustering approach within 6 conventional clusters for all the stations and the studied periods, was performed.

Results and Discussion

Although the comparison of monthly data for the two studied periods, July and January as the hottest and coldest months of the year respectively, had no changes in ranking compared with other months: the total average temperature of Jan has been changed -1.27 °C for the observational period and -0.86 °C for the future, on the other hand, the average of time series of the observational data were 24.2°C in July which will reach 25.12°C with the occurrence of climate change. Evaluations show that as a result of global warming, the maximum increase in the average annual temperature is seen 2.30°C for Ardebil and the minimum 0.22°C for Oroomeih. The results show that based on the statistical period of the past decades, the maximum average annual temperature is observed 13.94°C for Qazvin and the minimum 9.05°C for Ardebil. Although these conditions will change in the future and the warmest station will be Kermanshah, with the average annual temperature 15.64°C, it will be Ardebil station that will be presented as the coldest station with the average of 11.35°C.

Conclusion

Among the results of this research, the overall mean annual temperature increase for 7 studied stations was at the rate 0.94° C for the predicted years compared to the basic period 1961-1990. In evaluating the frequency of the thermal thresholds of the observational period which was done based on the scale of the six clusters, in most of studied stations, the highest frequency of days belongs to the sixth cluster. But the simulated data show the maximum concentration of the thermal data frequency for the first cluster in the case of Qazvin, Hamedan, Sanandaj, Oroomeih, and Tabriz stations.

In general, comparison between different stations in this area shows that the thermal thresholds of two stations namely Ardebil (in the clusters two to six), Oroomeih (First to Six) and Kermanshah (the clusters two to four) will be increased, while in other cases the thermal threshold will be decreased in the next 30 years. Therefore, one of the practical results of this

research is its application in the agriculture. Based on the results of this research, we can conclude that the length of the crop growth period will be increased due to an increase in threshold and extension of warm periods. But it is obvious that the outcomes of warming and the lengthening of the growth season will have more serious consequences like the increase in water demand due to longer warm season, evaporation and perspiration increase in the growth of some crops and sometimes vegetation water stress, changing the planting time, development and disorder in adjustment of North West region.

Keywords: Downscaling, Clustering, Thermal threshold, Northwest of Iran.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی