

تحلیل روند دمای بلند مدت ایستگاه‌های همدیدی ایران (بازه زمانی ۲۰۱۰-۱۹۶۰)

مینا میریان^۱، مصطفی کره‌پور^۲، محمد مرادی^۳، هوشنگ قائمی^۴، بهروز نصیری^۵

تاریخ وصول: ۱۳۹۶/۰۷/۲۳، تاریخ تایید: ۱۳۹۷/۰۲/۲۵

چکیده

این پژوهش به منظور شناخت رفتار بلندمدت سری‌های میانگین دمای کمینه و میانگین دمای بیشینه و همچنین شناسایی دوره‌های سرد و گرم ۳۵ ایستگاه همدیدی ایران در بازه زمانی ۱۹۶۰-۲۰۱۰ صورت گرفته است. در ابتدا جهت شناخت تغییرات دماهای کمینه و بیشینه، نقشه‌های میانگین دماهای کمینه و بیشینه و شاخص ضریب تغییرات آن‌ها با استفاده از روش کریجینگ ترسیم گردید. سپس با استفاده از آزمون آماری من - کندال معناداری روند بر روی هر کدام از ایستگاه‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد آزمون قرار گرفت. در نهایت با استفاده از احتمال‌های ۲۰ درصد بالا و پایین میانگین دماهای کمینه و بیشینه در طول دوره مطالعاتی ۵۰ ساله، دوره‌های سرد و گرم شناسایی شد. نتایج نشان می‌دهد که پراکنش و توزیع دمایی بر روی ایران در مقیاس فصلی از الگوی مشابهی پیروی می‌کند، که نشانگر رژیم منظم دمایی در منطقه است. دامنه‌ی تغییرات شبانه‌روزی در اکثر ایستگاه‌های همدیدی مورد مطالعه، به غیر از فصل زمستان که در اغلب نقاط روند کاهشی داشته است، تغییر قابل ملاحظه‌ای را نشان نمی‌دهد. روند افزایشی میانگین دماهای کمینه در فصول مختلف به ویژه در فصل زمستان نسبت به میانگین دماهای بیشینه بالاتر می‌باشد، در نتیجه می‌توان گفت که اثر میانگین دماهای کمینه در مقیاس فصلی بر روی متوسط دمای مناطق مختلف ایران در دوره مورد بررسی، بیشتر می‌باشد. بیشترین فراوانی وقوع دوره‌های سرد نیز در نیمه اول دوره مطالعاتی و بیشترین فراوانی وقوع دوره‌های گرم در نیمه آخر دوره مطالعاتی به ویژه در دهه‌ی ۲۰۰۰ می‌باشد.

کلیدواژگان: روند، دما، من - کندال، ایران.

۱. دانشجوی دکتری، گروه جغرافیا، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

۲. استادیار، گروه جغرافیا، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران، نویسنده مسئول: karampoor.m@lu.ac.ir.

۳. استادیار، گروه هواشناسی، پژوهشکده هواشناسی و علوم جوی، تهران، ایران.

۴. استاد، گروه هواشناسی، سازمان هواشناسی کشور، تهران، ایران.

۵. استادیار، گروه جغرافیا، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

مقدمه

اقلیم سامانه‌ی پیچیده‌ای است که عمدتاً می‌تواند به دلیل افزایش گازهای گلخانه‌ای در حال تغییر باشد (ناصرزاده و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۹۴). تغییر اقلیم یکی از مهمترین مسائل در حال حاضر است (IPCC, ۱۹۹۶: ۶۵). این رویداد به شکل ناهنجاری‌ها و یا نوساناتی در فراسنج‌های اقلیمی نظیر دما، بارندگی و ... ایجاد می‌گردد (حجازی زاده و همکاران، ۱۳۹۵: ۳۴). تغییرات معنی‌دار دمای کره زمین یا گرمایش جهانی به عنوان مهم‌ترین نمودهای تغییر اقلیم در قرن حاضر مورد توجه قرار گرفته است (قویدل‌رحیمی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۸۲). مطالعات زیادی نشان‌دهنده‌ی تغییر عناصر اقلیمی، بویژه بارش و دما در سطح جهانی است. مطالعات اخیر نشان داده است که سراسر جهان به طور قابل توجهی گرم شده است و افزایشی عمومی در بسامد و پایداری دماهای بالا مشاهده می‌شود (استرلینگ^۱ و همکاران، ۲۰۰۰: ۲۸۹، گی - گارسیا^۲، ۲۰۰۹: ۳۳۳، بینستون و استیفنسون^۳، ۲۰۰۴: ۱). دما را می‌توان یکی از مهم‌ترین عناصر سامانه اقلیمی دانست (عساکره و دوستکامیان، ۱۳۹۶: ۱۵۰) که تغییرات آن می‌تواند ساختار آب و هوایی هر محل را دگرگون سازد (سبحانی و گل‌دوست، ۱۳۹۵: ۲۸). از این رو بررسی روند دگرگونی‌های آن بخش بزرگی از پژوهش‌های اقلیم‌شناسی را به خود اختصاص داده است (مسعودیان و دارند، ۱۳۹۲: ۴۳). در این خصوص مطالعات بسیاری در نواحی مختلف بر روی این عنصر مهم اقلیمی صورت گرفته است. کارمیشو^۴ (۲۰۱۲)، با بکارگیری روش من - کندال نشان می‌دهد که دمای سالانه در همه مناطق به غیر از پنسیلوانیا و مین روند افزایشی قابل توجهی داشته است. کوان^۵ و همکاران (۲۰۱۴)، با استفاده از مدل‌های اقلیمی در استرالیا نشان دادند که فراوانی و دوره تداوم موج‌های گرمایی زمستانه نسبت به موج‌های گرمایی تابستانه بیشتر خواهد بود. مطالعات تورتی^۶ و دسیاتو^۷ (۲۰۰۸)، مبین آن است که میانگین دماهای کمینه و بیشینه‌ی ایتالیا در دوره ۱۹۸۱-۱۹۶۱ دارای روند منفی و در دوره ۲۰۰۴-۱۹۸۱ دارای روند مثبت می‌باشند. تحقیقات آسفر^۸ و دامروز^۹ (۲۰۰۹)، حاکی از آن است که متوسط دمای سالانه‌ی ژاپن در دوره ۲۰۰۰-۱۹۰۱ در همه‌ی ایستگاه‌ها افزایش یافته است و در مقیاس فصلی روند افزایشی دما در زمستان و تابستان در اکثر ایستگاه‌ها دیده می‌شود. فان^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۱)، آشکار نمودند که دمای سالانه یانان‌پلتیو^{۱۱} در غرب چین به میزان 0.3°C در طول دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۴ افزایش داشته است و روند افزایشی دمای کمینه شبانه به ویژه در فصل زمستان بیشتر از دمای بیشینه روزانه می‌باشد. پژوهش‌های دشکیو^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۵)، نشان می‌دهد که تغییرات معناداری در نمایه‌های دما در بازه زمانی ۲۰۱۰-۱۹۶۱ در مغولستان به ویژه در منطقه گوبی وجود دارد. آتلیگان^{۱۳} و همکاران (۲۰۱۷)، با استفاده از روش‌های آزمون من-کندال و رگرسیون خطی روند داده‌های دمایی منطقه جنوب شرق آناتولی را در طی دوره مطالعاتی ۲۰۱۵-۱۹۶۰، مورد مطالعه قرار دادند. مطالعات آن‌ها نشان می‌دهد که دماهای بیشینه

- 1 . Easterling
- 2 . Gay- Garcia
- 3 . Beniston and Stephenson
- 4 . Karmeshu
- 5 . Cowan
- 6 . Toreti
- 7 . Desiato
- 8 . Schaefer
- 9 ..Domroes
- 10 . Fan
- 11 . Yunnan Plateau
- 12 . Dashkhuu
- 13 . Atilgan

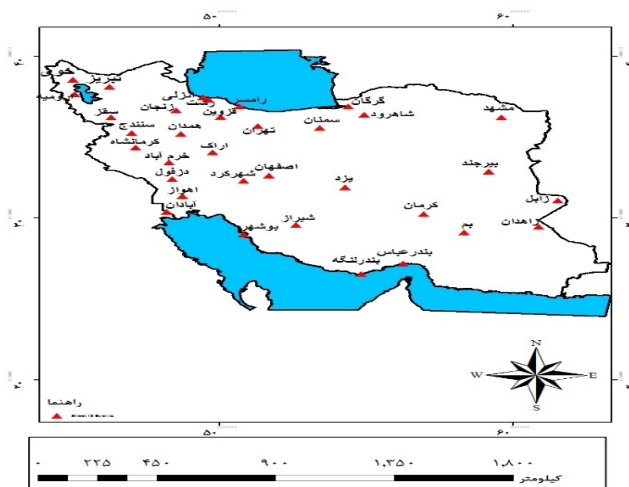
استان‌های آدیامان^۱، ماردین^۲، سیرت^۳، غازی‌عیتتاب^۴ و شانلی‌اورفه^۵، میانگین دماهای استان‌های آدیامان، باتمان^۶، غازی‌عیتتاب، کیلیس^۷، ماردین، سیرت، شانلی‌اورفه و سرناک^۸، و دماهای کمینه در استان‌های غازی‌عیتتاب، کیلیس از لحاظ آماری روندهای افزایشی قابل‌توجهی را نشان می‌دهند. سلیم^۹ و همکاران (۲۰۱۷)، با استفاده از آزمون من-کندال نشان می‌دهد که در بازه زمانی ۲۰۱۵-۱۹۶۵ روند دما در عراق افزایش قابل‌توجهی داشته است. دمای کمینه بیشتر از دمای بیشینه رشد داشته است، همچنین دماهای حدی به ویژه شب‌های گرم در تمام عراق در حال افزایش و تعداد روزهای سرد در برخی از ایستگاه‌ها در حال کاهش می‌باشد. مطالعات کاپوزی^{۱۰} و بودیلان^{۱۱} (۲۰۱۷)، با استفاده از تحلیل سری‌های زمانی اقلیمی حاکی از آن است که در مناطق مرتفع جنوب ایتالیا طی دوره ۲۰۱۵-۱۹۷۴ روند مثبتی در شدت و فراوانی امواج گرمایی مشاهده می‌شود. در مقابل، امواج سرمایی تنها از نظر شدت، روند مثبتی را نشان می‌دهند. در ایران نیز تغییرات دمایی در مقیاس‌های زمانی و فضایی متفاوتی مطالعه شده است. اکبری و مقبل (۱۳۹۱)، با استفاده از روش آماری من-کندال به این نتیجه رسیدند که در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه در ایران، پارامتر دما از روند افزایشی طی سال‌های گذشته برخوردار بوده است. اسماعیل‌نژاد و همکاران (۱۳۹۲)، در شناسایی امواج گرمایی ایران نشان دادند که موج‌های گرمایی کوتاه رخداد بیشتری داشته است و تعداد امواج گرمایی پر تداوم کمتر رخ داده است. پایان زمستان و روزهای نخستین پاییز موج‌های گرمایی بیشتر و فراوان‌تر می‌باشد. دارند (۱۳۹۲)، با بهره‌گیری از روش‌های من-کندال و رگرسیون خطی تغییرات نمایه‌های فرین دمای استان کردستان بیان می‌کند که در طی نیم سده‌ی اخیر بر روی مناطق کم‌ارتفاع و پست در بخش‌های غربی و شرقی استان روند نمایه‌های فرین گرم مثبت و روند نمایه‌های فرین سرد منفی است. بر روی بلندی‌ها و ارتفاعات در شمال و مرکز استان عکس این شرایط صادق است. عساکره و شادمان (۱۳۹۵)، با استفاده از داده‌های شبکه‌ای میانگین دمای بیشینه کشور از سال ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۶ و به‌کارگیری روش‌های آماری، روند بلندمدت شمار روزهای گرم ایران مطالعه کردند. فراوانی روزهای گرم روندی افزایشی دارد. قویدل‌رحیمی و همکاران (۱۳۹۶)، نقش ناهنجاری‌های دمایی کره زمین را در تغییرپذیری دماهای حداقل ایران را با استفاده از روش‌های آماری تحلیل کردند. نتایج بیانگر آن است که در اکثر ایستگاه‌ها تأثیرپذیری مثبت از گرمایش جهانی دیده می‌شود. با توجه به اهمیت موضوع، این پژوهش به منظور شناخت رفتار بلندمدت سری‌های میانگین دمای کمینه و میانگین دمای بیشینه و همچنین شناسایی دوره‌های سرد و گرم ایران صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی تغییرات دمایی ایران ابتدا داده‌های میانگین دمای کمینه و میانگین دمای بیشینه ایستگاه‌های همدیدی طی یک دوره ۵۰ ساله در بازه زمانی ۲۰۱۰-۱۹۶۰ از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. بعد از بررسی کیفی و کمی داده‌های اخذ شده، ۳۵ ایستگاه همدیدی با طول دوره آماری مشترک در ایران انتخاب شد (شکل ۱). برای بازسازی ایستگاه‌هایی که دارای داده‌های ناقص بودند، ابتدا همبستگی ایستگاه‌ها را با یکدیگر بدست آورده و سپس

- 1 . Adiyaman
- 2 . Mardin
- 3 . Siirt
- 4 . Gaziantep
- 5 . Şanlıurfa
- 6 . Batman
- 7 . Kilis
- 8 . Şırnak
- 9 . Saleem
- 10 . Capozzi
- 11 . Budillon

با استفاده از روش رگرسیون خطی داده‌های ناقص بازسازی شدند. جهت شناخت تغییرات دماهای کمینه و بیشینه در ابتدا نقشه‌های میانگین دمای کمینه و بیشینه و شاخص ضریب تغییرات آن‌ها با استفاده از روش کریجینگ معمولی در محیط نرم‌افزاری Arc GIS درون‌یابی شدند. دلیل اینکه از روش کریجینگ معمولی برای درون‌یابی بهره گرفته شده این است که این روش نسبت به سایر روش‌های دیگر از مقدار خطای کمتری برخوردار است (دوستکامیان و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۴۴، ریپلی ۲۰۰۴: ۱۴۶). سپس با استفاده از آزمون آماری من - کندال^۱ معناداری روند بر روی هر کدام از ایستگاه‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد آزمون قرار گرفت. بعد از آن با بکارگیری روش رگرسیون خطی بر اساس حداقل مربعات، مقادیر شیب و نرخ تغییرات بر روی هر کدام از ایستگاه‌های دارای روند محاسبه گردید. در نهایت با استفاده از احتمال‌های ۲۰ درصد بالا و پایین میانگین‌های کمینه و بیشینه در طول دوره مطالعاتی ۵۰ ساله در محیط نرم‌افزاری spss و excel، دوره‌های سرد و دوره‌های گرم شناسایی گردیدند.



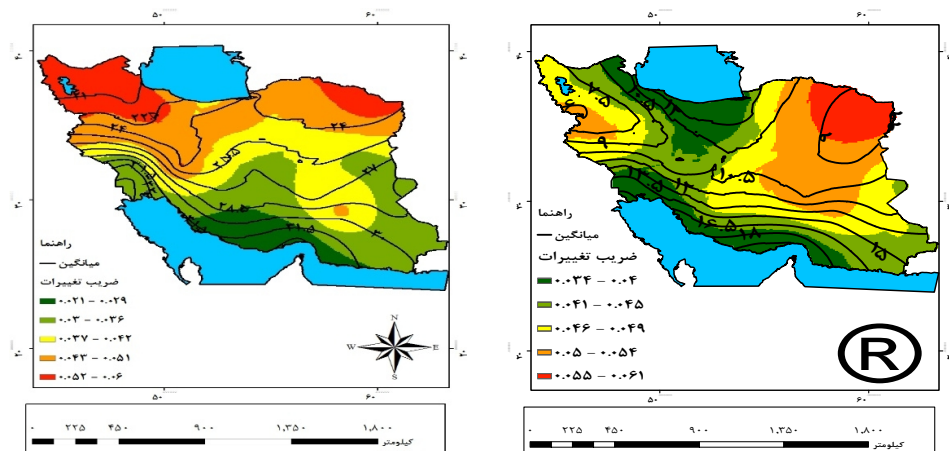
شکل ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های همدیدی مورد مطالعه. منبع: نگارنده.

یافته‌های تحقیق

به منظور توصیف وضعیت دمای کشور نقشه‌های میانگین دمای بیشینه و کمینه همراه با شاخص ضریب تغییرات آن‌ها (CV)، برای ۳۵ ایستگاه همدیدی در بازه زمانی ۱۹۶۱-۲۰۱۰ ترسیم گردید. آنگونه که در شکل‌های (۳ و ۲) نشان داده شده است، الگوهای میانگین دمای بیشینه و میانگین دمای کمینه پاییزه (سپتامبر - نوامبر) در بازه زمانی ۵۰ ساله، مشابهت‌های زیادی به غیر از مقادیر میانگین نمایش داده شده، دارند. همانطور که دیده می‌شود، نواحی شمال‌غرب و غرب و بخش‌هایی از شمال‌شرق کشور کمترین مقدار میانگین دمای بیشینه بین ۲۱ تا ۲۴ درجه و کمترین میانگین دمای کمینه بین ۶ تا ۹ درجه سلسیوس را دارا بوده‌اند. به نظر می‌رسد علت پایین بودن دما در این نواحی ورود سامانه‌های سرد عرض‌های بالا به این مناطق در این فصل از سال بوده است. لازم به توضیح است که برخی از نقاط مرتفع در نواحی شمال‌غربی بر روی میانگین دماهای کمینه و بیشینه این نواحی تأثیرگذار بوده است که در نتیجه این امر، کاهش دما نسبت به ایستگاه‌های مجاور را نشان می‌دهند. با گذر از این نواحی به سوی بخش‌های جنوب و جنوب‌غرب کشور این مقدار افزایش می‌یابد، به طوری که میانگین دمای کمینه به ۱۲ تا ۱۹/۵ و میانگین دمای بیشینه به ۲۸/۵ تا ۳۳ درجه می‌رسد. در بخش‌های مرکزی مانند ایستگاه‌های کرمان، بم و یزد به سبب کویری بودن آن‌ها، میانگین دمای کمینه و بیشینه به طور نسبی کاهش یافته است. به طوری که میانگین دمای کمینه این نواحی بین ۱۰/۵

1 . Mann-Kendall

تا ۱۳/۵ درجه و میانگین دمای بیشینه بین ۲۷ تا ۳۰ درجه متغیر است. نواحی شرقی کشور مانند ایستگاه‌های زاهدان و زابل نیز به دلیل اینکه همانند نواحی مرکزی، تحت تأثیر جریان‌های کویری قرار می‌گیرند، از میانگین دماهای کمینه و بیشینه نسبی برخوردار گردیده‌اند. نواحی شرقی نیز به مانند نواحی مرکزی میانگین دمای کمینه ۱۰/۵ تا ۱۲ درجه و میانگین دمای بیشینه در حدود ۲۹ درجه را نشان می‌دهند. در بخش‌های شمالی به دلایل عبور بیشتر سامانه‌های جوی نسبت به سایر نقاط کشور در این فصل، ابرناکی، کاهش طول روز و آفتابگیری، اختلاف دما زیاد نمی‌باشد. با گذر از نواحی شمالی به سوی نواحی جنوب کشور، به سبب کاهش سامانه‌های ورودی، افزایش طول روز نسبت به عرض‌های شمالی‌تر و دریافت انرژی بیشتر، این اختلاف افزایش می‌یابد. البته وجود رطوبت در نواحی ساحلی خلیج فارس و دریای عمان، اختلاف دمای شبانه‌روزی را تا اندازه‌ای تعدیل می‌نماید. همچنین بین نواحی غربی و شرقی در حوزه دریای کاسپین، نیز اختلاف دمایی دیده می‌شود، که بیانگر کاهش عبور سامانه‌های جوی، کاهش میزان ابرناکی و در نتیجه دریافت کمتر انرژی تابشی، و بارش در نواحی شرقی بوده است. ضریب تغییرات نشان داده شده در شکل (۳ و ۲)، نیز مؤید مسایل شرح داده شده در بالا می‌باشند. بیشترین ضریب تغییرات میانگین دمای بیشینه‌ی این فصل، در شمال‌غرب، غرب و بخش‌هایی از شمال‌شرق (بین ۰/۰۵۲ تا ۰/۰۶) و کمترین ضریب تغییرات در نواحی جنوبی در (بین ۰/۰۲۱ تا ۰/۰۳۶) مشاهده می‌گردد. بیشترین ضریب تغییرات برای میانگین دمای کمینه بین ۰/۰۵ تا ۰/۰۶ در نواحی غرب و شمال‌شرق کشور دیده می‌شود. بیشینه ضریب تغییرات ناحیه شمال‌شرق کشور از یک سو می‌تواند به سبب کاهش فراوانی سامانه‌های عبوری و نیز اثر متناوب پشته فشاری ناشی از پرفشار سرد سیبری و از سوی دیگر توسعه شهرنشینی در اطراف ایستگاه کلاتشهر مشهد در این منطقه باشد. ضریب تغییرات در نواحی مرکزی مانند کرمان، بم و یزد نیز اختلاف قابل توجهی با نواحی جنوبی ایران ندارند. به هر حال افزایش ضریب تغییرات بیانگر تغییرات بین سالانه میانگین دمایی فصل پاییز است که به سبب عوامل شرح داده شده در بالا ایجاد شده‌اند.

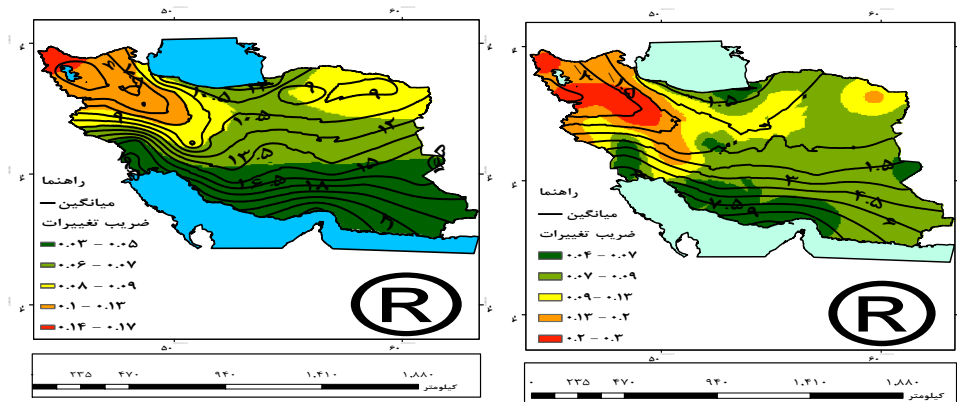


شکل ۲: میانگین و شاخص ضریب تغییرات دمای کمینه فصل پاییز در یک دوره ۵۰ ساله (۱۹۶۰-۲۰۱۰) منبع: نگارنده

شکل ۳: میانگین و شاخص ضریب تغییرات دمای بیشینه فصل پاییز در یک دوره ۵۰ ساله (۱۹۶۰-۲۰۱۰) منبع: نگارنده

با توجه به شکل‌های (۵ و ۴)، به طور کلی الگوهای نقشه‌های میانگین دمای کمینه و میانگین دمای بیشینه زمستانه و همچنین ضریب تغییرات آنها به مانند فصل پاییز، مشابهت‌های بسیاری باهم دارند و این نشانگر رژیم منظم دمایی در منطقه است. بخش‌های شمال‌غرب و غرب کشور کمترین میانگین دمای کمینه بین ۱/۵- تا ۴/۵- درجه و میانگین دمای بیشینه بین ۴/۵ تا ۱۰/۵ درجه را داشته است. این منطقه به طور متوسط در طول زمستان (دسامبر-ژانویه)، به سبب ریزش هوای سرد عرض‌های شمالی و میانی و همچنین وجود ارتفاعات، زیر پوشش برف و یخبندان می‌باشند.

به سمت نواحی جنوب، جنوب‌غرب و جنوب شرق کشور این مقادیر افزایش یافته است. همانطور که آشکاراست در این نواحی میانگین دمای کمینه فصل زمستان بین $4/5$ تا $10/5$ درجه و میانگین دمای بیشینه بین $16/5$ تا 23 درجه بوده است. نواحی مرکزی به دلیل تأثیر جریان‌های کویری و تعدیل جریان‌های جنوبی و شمالی به این مناطق از وضعیت دمایی متعادل تری نسبت به سایر نواحی بهره‌مند می‌باشد. به طوری که میانگین دمای کمینه بین 0 تا 3 درجه و میانگین دمای بیشینه بین $10/5$ تا 15 درجه متغیر می‌باشد. همچنین بیشترین ضریب تغییرات میانگین دمای بیشینه ($0/09$ تا $0/17$) و میانگین دمای کمینه ($0/13$ تا $0/3$) در نواحی شمال‌غرب و غرب کشور دیده می‌شود. مناطق جنوبی به دلیل عقب‌نشینی پرفشار جنب حاره و در نتیجه ورود جریان‌های سرد عرض‌های بالاتر به نواحی جنوبی، کاهش طول روز و دریافت کمتر انرژی تابشی، نسبت به فصل پاییز ضریب تغییرات بیشتری داشته‌اند. ضریب تغییرات میانگین دمای کمینه و میانگین دمای بیشینه در بخش‌های جنوبی، کمترین مقدار را به ترتیب $0/04$ تا $0/07$ و $0/03$ تا $0/05$ را نشان داده است.

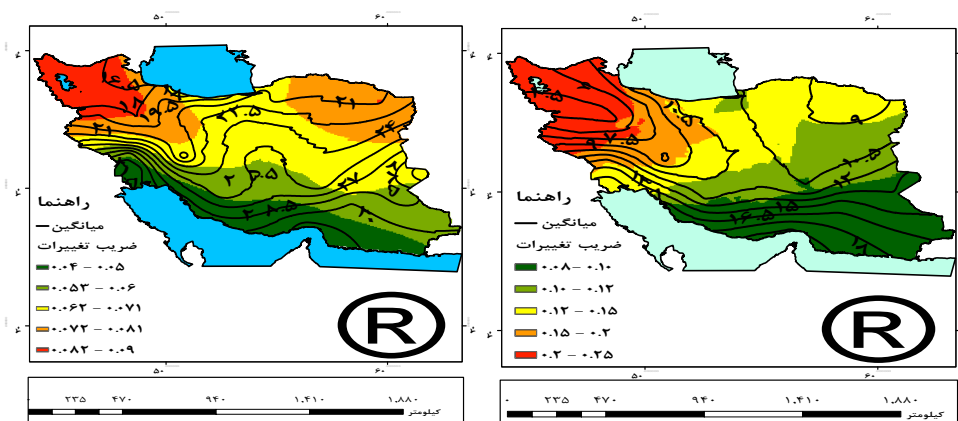


شکل ۵: میانگین و شاخص ضریب تغییرات دمای بیشینه فصل زمستان در یک دوره ۵۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۶۰). منبع: نگارنده

شکل ۴: میانگین و شاخص ضریب تغییرات دمای کمینه فصل زمستان در یک دوره ۵۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۶۰). منبع: نگارنده

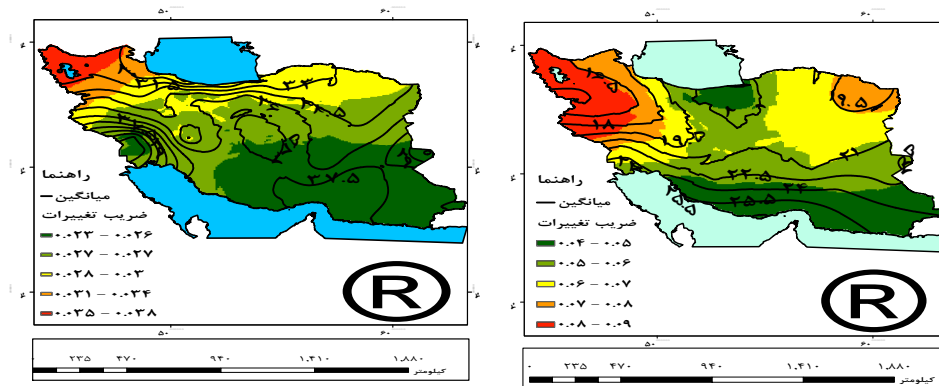
در فصل بهار نیز همانند دو فصل پاییز و زمستان الگوهای میانگین دمای کمینه و میانگین دمای بیشینه بهار و همچنین ضریب تغییرات آن‌ها تشابه زیادی با یکدیگر دارند (شکل‌های ۶ و ۷). مقدار میانگین دماهای کمینه و بیشینه به تدریج از نواحی شمال‌غربی به سوی غرب، جنوب‌غرب، جنوب، جنوب شرق و مرکز افزایش می‌یابد، اما به طور معکوس ضریب تغییرات آن‌ها کاهش می‌یابد. زیرا تغییرات بین سالانه بهار میانگین دمای کمینه و بیشینه در نواحی شمالی کشور به سبب تهاجم هوای سرد عرض‌های بالا و میانی و همچنین هوای گرم نواحی جنوبی بیش از سایر نواحی دیگر است. در این فصل، با توجه به افزایش زاویه میل خورشیدی از صفر به سوی مدار رأس‌السرطان، گسترش بیشتر پرفشار جنب حاره‌ای بر روی ایران و کمتر شدن نفوذ سامانه‌های همدیدی به عرض‌های میانی، مناطق جنوبی نسبت به شمالی از میانگین دمای کمینه و میانگین دمای بیشینه بالاتری برخوردار می‌باشند. نواحی جنوبی ایران شدیداً به مانند نواحی شمالی تحت تأثیر تهاجم توده هوای مختلف قرار نمی‌گیرند. به علاوه شدت ناپایداری در عرض‌های بالای جغرافیایی در این فصل نسبت به نواحی جنوبی افزایش دارد و به این دلیل تغییرات فصلی آن‌ها خیلی کمتر از نواحی دیگر است. همچنین میانگین دمای کمینه و بیشینه ایستگاه‌های مرکزی از حد متوسطی بین شمال و جنوب برخوردار می‌باشد. دیده می‌شود که پایین‌ترین میانگین دمای کمینه فصل بهار در نواحی شمال‌غربی و غرب به ترتیب $4/5$ تا $7/5$ درجه و پایین‌ترین میانگین دمای بیشینه بین $16/5$ تا $19/5$ درجه در بخش‌های شمال‌غرب و غرب کشور بوده است. میانگین دماهای کمینه و بیشینه به تدریج به سمت نواحی مرکزی و جنوب افزایش می‌یابد و

بیشترین مقدار آن‌ها در سواحل دریای خلیج فارس و عمان در دمای کمینه بین ۱۶/۵ تا ۱۹/۵ و بیشینه آن بین ۳۰ تا ۳۱/۳۵ درجه دیده می‌شود. متوسط دمای کمینه در نواحی مرکزی بین ۱۰/۵ تا ۱۵ و میانگین دمای بیشینه آن بین ۲۲/۵ تا ۲۷ درجه سلسیوس متغیر بوده است. بیشترین ضریب تغییرات متعلق به نواحی شمال غربی و غرب بوده است که مقادیر آن‌ها برای میانگین دماهای کمینه و بیشینه به ترتیب ۰/۲ تا ۰/۲۵ و ۰/۰۸۲ تا ۰/۰۹ می‌باشد. این مقادیر به سوی نواحی جنوبی به کمترین مقدار، بین ۰/۰۸ تا ۰/۱ برای میانگین دمای کمینه و ۰/۰۴ تا ۰/۰۵ برای میانگین دمای بیشینه می‌رسد. ضریب تغییرات فصل بهار نسبت به فصول گذشته، به سبب تغییر فصل از زمستان به تابستان و در نتیجه افزایش طول روز، ارتفاع خورشید و جذب انرژی گرمایی، از افزایش بیشتری برخوردار بوده است.



شکل ۶: میانگین و شاخص ضریب تغییرات دمای کمینه فصل بهار در یک دوره ۵۰ ساله (۱۹۶۰-۲۰۱۰) منبع: نگارنده
شکل ۷: میانگین و شاخص ضریب تغییرات دمای بیشینه فصل بهار در یک دوره ۵۰ ساله (۱۹۶۰-۲۰۱۰) منبع: نگارنده

با توجه به شکل‌های ۸ و ۹، دیده می‌شود که الگوهای میانگین دماهای کمینه و بیشینه آن در فصل تابستان همانند فصول گذشته به تدریج از سوی شمال غرب و غرب به سمت جنوب، جنوب غرب و جنوب شرق افزایش می‌یابد. گرچه نواحی جنوب شرقی در این فصل به سبب وجود شرایط مونسون، مورد تهاجم هوای موسمی قرار می‌گیرند و با ریزش باران‌های پراکنده، ولو خیلی کم و همچنین انتقال هوای مرطوب دریای عمان و شمال اقیانوس هند بر روی این نواحی، دمای این مناطق کاهش یافته و انتظار می‌رود که دمای کمینه و بیشینه کاهش داشته باشد. بنابراین انتظار می‌رود که در نواحی جنوب شرقی، حتی نسبت به سواحل خلیج فارس، کاهش دمایی در میانگین دمای کمینه و میانگین دمای بیشینه مشاهده شود؛ ولی به علت نبود داده‌های هواشناسی ۵۰ ساله در این مناطق، نمی‌توان به خوبی این پدیده را مشاهده نمود. کمترین میانگین دمای کمینه و میانگین دمای بیشینه مشاهده شده فصل تابستان در بخش‌های شمال غرب و غرب به ترتیب بین ۱۵ تا ۱۸ درجه و ۳۰ تا ۳۳ درجه بوده است. در صورتی که به تدریج به سوی مناطق مرکزی و نواحی جنوبی، میانگین دمای کمینه بین ۲۱ تا ۲۶/۵ درجه و میانگین دمای بیشینه بین ۳۶ تا ۴۵ درجه می‌رسد. ضریب تغییرات برعکس میانگین دمایی به بیشترین مقدار خود در نواحی شمال غرب و غرب به ترتیب برای میانگین دمای کمینه و میانگین دمای بیشینه به ۰/۰۸ تا ۰/۰۹ و ۰/۰۳ تا ۰/۰۳۸ و کمترین مقدار در نواحی جنوبی بین ۰/۰۴ تا ۰/۰۵ و ۰/۰۲۳ تا ۰/۰۲۶ رسیده است. هر اندازه ضریب تغییرات میانگین دمای فصلی کمتر باشد، مشخصه رژیم منظم دمایی و تحت تأثیر قرار نگرفتن توده هوای مختلف می‌باشد.



شکل ۹: میانگین و شاخص ضریب تغییرات دمای فصل به فصل تابستان در یک دوره ۵۰ ساله (۱۹۶۰-۲۰۱۰). منبع: نگارنده

شکل ۸: میانگین و شاخص ضریب تغییرات دمای کمینه فصل تابستان در یک دوره ۵۰ ساله (۱۹۶۰-۲۰۱۰). منبع: نگارنده

تحلیل آزمون من - کندال خطی

به منظور بررسی روند داده‌های میانگین دمای کمینه و بیشینه ۳۵ ایستگاه همدیدی هواشناسی در دوره آماری ۱۹۶۰-۲۰۱۰ از آزمون من-کندال خطی استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که در فصل پاییز برای میانگین دماهای کمینه در سطح اعتماد ۹۵ درصد، در ۲۷ ایستگاه همدیدی مقادیر P-value آزمون کمتر از ۰/۰۵ است. بنابراین وجود روند در این ایستگاه‌ها تایید می‌شود. در سه ایستگاه (خرم‌آباد، ارومیه و شهرکرد) روند کاهشی و در ۲۴ ایستگاه دیگر روند افزایشی بوده است. در ۸ ایستگاه دیگر مقادیر P-value آزمون بیشتر از ۰/۰۵ است، در نتیجه روند معناداری را نشان نمی‌دهند و می‌توان گفت که در این ایستگاه‌ها تغییرات میانگین دمای کمینه از نوع تصادفی می‌باشد. همچنین برای میانگین دماهای بیشینه در سطح اعتماد ۹۵ درصد، ۲۱ ایستگاه همدیدی به دلیل آن‌که مقادیر P-value آزمون آنها کمتر از ۰/۰۵ است، دارای روند معنادار می‌باشند. در چهار ایستگاه (خرم‌آباد، سقز، زنجان و شهرکرد) روند کاهشی و در ۱۷ ایستگاه دیگر روند افزایشی بوده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در سری‌های میانگین دمای کمینه و بیشینه ۱۸ ایستگاه، روند مشابهی داشته‌اند. در اکثر این ایستگاه‌ها، هر دو سری میانگین دمای کمینه و میانگین دمای بیشینه، دارای روند افزایشی می‌باشد. در نتیجه دماهای فرین هر دو سری نیز در این ایستگاه‌ها افزایش یافته است. بنابراین در این ایستگاه‌ها اختلاف دمای شبانه‌روزی چندان تغییری نکرده و در نتیجه گرادیان دما نیز بدون تغییر باقی مانده است. روند افزایشی دما برای میانگین دمای بیشینه و کمینه به ترتیب به ازای هر ۱۰ سال در بخش‌های شمال، شمال‌غرب و شمال‌شرق کشور بین ۰/۱۷ تا ۰/۳۴ و ۰/۴۳ تا ۰/۹۶ درجه، در غرب کشور بین ۰/۲۲ تا ۰/۲۴ و ۰/۲۴ تا ۰/۵۶ درجه، در جنوب، جنوب‌غرب و جنوب‌شرق بین ۰/۱۲ تا ۰/۲۸ و ۰/۲۵ تا ۰/۷۸ درجه، در نواحی مرکزی بین ۰/۲۷ تا ۰/۳۲ و ۰/۱۳ تا ۰/۸۳ درجه، در کوهپایه‌های جنوبی البرز ۰/۲ تا ۰/۳۲ و ۰/۸۳ درجه می‌باشد. به علاوه روند کاهشی دما به ازای هر ۱۰ سال برای میانگین دمای بیشینه و میانگین دمای کمینه که تنها در غرب و شمال‌غرب کشور مشاهده می‌شود به ترتیب بین ۰/۱۷ تا ۰/۳۶ درجه و بین ۰/۲۵ تا ۰/۵۲ درجه سلسیوس متغیر می‌باشد. در مجموع می‌توان گفت که در اکثر نقاط ایران در فصل پاییز هر دو سری میانگین دمای کمینه و میانگین دمای بیشینه، در سطح اعتماد ۹۵ درصد روند صعودی داشته‌اند، در نتیجه در اکثر ایستگاه‌ها به ویژه در نواحی جنوبی اختلافات دمای شبانه-روزی تغییر چندانی نداشته است و ضریب تغییرات دمایی در این مناطق بسیار کم می‌باشد. الگوی روند تغییرات دما در فصل زمستان نسبت به فصل پاییز متفاوت می‌باشد، در این فصل برای میانگین دمای بیشینه در سطح اعتماد ۹۵ درصد، اکثر ایستگاه‌ها به دلیل اینکه مقادیر p-value آزمون بالاتر از ۰/۰۵ می‌باشد، روند معناداری را نشان نمی‌دهند.

تنها ۶ ایستگاه سنندج، تبریز، ارومیه، کرمان، کرمانشاه و تهران از روند افزایشی برخوردار بوده‌اند و در دیگر ایستگاه‌ها تغییر خاصی رخ نداده است. همچنین برای میانگین دمای کمینه در سطح اعتماد ۹۵ درصد، در ۲۱ ایستگاه همدیدی مقادیر P-value آزمون کمتر از ۰/۰۵ است. در نتیجه وجود روند در این ایستگاه‌ها تایید می‌شود. نوع روند در اکثر ایستگاه‌ها به غیر از ایستگاه خرم‌آباد افزایشی بوده است. که این امر نشان می‌دهد که، مقادیر دماهای فرین میانگین دمای کمینه در این ایستگاه‌ها افزایش یافته است، در نتیجه اختلاف دمای شبانه‌روزی در اکثر مناطق کشور در فصل زمستان کم می‌شود. روند تغییرات مثبت دما به ازای هر ۱۰ سال، برای میانگین دمای بیشینه که تنها در برخی نواحی دیده شده است، بین ۰/۴۳ تا ۰/۶۱ درجه در نواحی شمال‌غرب و غرب کشور، ۰/۳۲ درجه در نواحی مرکزی و ۰/۳۳ درجه در کوهپایه‌های جنوبی البرز متغیر بوده است. در سری میانگین دمای حداقل، سیر روند افزایشی دما به ازای هر ۱۰ سال در نواحی غربی بین ۰/۳۴ تا ۰/۴۳ درجه، در نواحی شمال و شمال‌شرق بین ۰/۳۲ تا ۰/۸۷ درجه، در نواحی جنوب، جنوب‌غرب و جنوب‌شرق بین ۰/۲۲ تا ۰/۴۴ درجه، در نواحی مرکزی بین ۰/۱۸ تا ۰/۶۵ درجه و در ناحیه کوهپایه‌های جنوبی البرز بین ۰/۲۱ تا ۰/۷ درجه در نوسان است. بیشترین افزایش در روند تغییرات دمای کمینه را در ایستگاه مشهد در بخش شمال‌شرقی کشور با ۰/۸۷ درجه سلسیوس شاهد هستیم. به طور کلی دیده می‌شود که در فصل زمستان روند افزایشی دمای بیشینه در بیشتر مناطق ایران کمتر از روند افزایشی دمای کمینه بوده است. بنابراین تغییر دمای شبانه‌روزی در بیشتر نواحی ایران در طول دوره مورد مطالعه روند کاهشی داشته است. همچنین افزایش در مقادیر میانگین دمای فصل زمستان نشانگر افزایش دما و کاهش نزولات جوی در بیشتر نواحی کشور می‌باشد، که این خود به سبب گرمایش جهانی و تغییر اقلیم رخ داده است. در فصل بهار در سطح اعتماد ۹۵ درصد، مقادیر P-value آزمون در بالای ۵۰ درصد ایستگاه‌ها کمتر از ۰/۰۵ است. در نتیجه وجود روند در این ایستگاه‌ها تایید می‌شود. به عبارتی به ترتیب برای میانگین‌های کمینه و بیشینه دمای فصل بهار، تغییرات معناداری در ۲۷ و ۱۹ ایستگاه مشاهده شده است، که نسبت به فصل پیش، ایستگاه‌های بیشتری دارای روند می‌باشند. از این میان، ۱۷ ایستگاه برای سری‌های میانگین دمای کمینه و میانگین دمای بیشینه، روند تغییرات مشابهی را نشان داده‌اند، که همه این ۱۷ ایستگاه برای سری میانگین دمای کمینه به طور کامل و برای میانگین دمای بیشینه به غیر از ایستگاه بندرانزلی، روند مثبتی را نشان داده‌اند. در این ایستگاه‌ها مقدار دماهای فرین برای سری‌های میانگین دمای کمینه و بیشینه، افزایش می‌یابد و در نوسانات دمایی شبانه‌روزی آن‌ها، تغییرات قابل ملاحظه‌ای دیده نمی‌شود. در بیشتر مناطق ایران، در فصل بهار اختلاف شبانه‌روزی دما زیاد نبوده است و تنها این اختلاف در برخی از نواحی نیز نظیر بخش‌هایی از شمال، شمال‌غرب و غرب کشور زیاد و در مناطقی از جنوب‌غرب کشور کم شده است. روند دمایی به ازای هر ۱۰ سال برای میانگین دمای بیشینه و کمینه به ترتیب در نواحی غرب بین ۰/۵۲ تا ۰/۶ و ۰/۲۴ تا ۰/۴۰ درجه، در نواحی جنوب، جنوب‌غرب و جنوب‌شرق بین ۰/۲۵ تا ۰/۴۳ و ۰/۱۶ تا ۰/۷۸ درجه، نواحی مرکزی بین ۰/۱۹ تا ۰/۴۹ و ۰/۲ تا ۰/۶۱ درجه، در بخش‌هایی از شمال‌غرب و شمال‌شرق بین ۰/۲۷ تا ۰/۴۶ و ۰/۱۴ تا ۰/۶۴ درجه و در ناحیه کوهپایه‌های جنوبی البرز ۰/۳۴ و ۰/۴۰ تا ۰/۶۷ درجه افزایش داشته است. برای میانگین دمای حداقل تنها در مناطقی از غرب کشور و بخشی از شمال کشور به ترتیب نرخ کاهشی روند تغییرات دما به ازای هر ۱۰ سال بین ۰/۳۷ تا ۰/۴۶ درجه و ۰/۲۵ تا ۰/۳۴ درجه سلسیوس بوده است. آنگونه که دیده می‌شود در این فصل نیز همانند فصول پیشین روند افزایشی دمای کمینه بیشتر از دمای بیشینه می‌باشد در نتیجه متوسط دمایی در این فصل تحت تأثیر روند افزایشی دمای کمینه زیاد می‌شود. در فصل تابستان ۲۷ ایستگاه برای میانگین دمای کمینه و ۲۳ ایستگاه برای میانگین دمای بیشینه روند معناداری را نشان داده‌اند. از میان ایستگاه‌های دارای روند، ۲۰ ایستگاه روند دمایی مشابهی را برای هر دو سری میانگین دمای کمینه و میانگین دمای بیشینه نمایش داده‌اند. که شیب روند این ایستگاه‌ها اکثراً افزایشی بوده است و فقط در ایستگاه‌های سقر، بندرانزلی و شهرکرد، سیر نزولی به خود می‌گیرد. همانند فصول پیشین، اکثر ایستگاه‌های کشور، اختلاف دمای شبانه-

روزی چشمگیری نداشته‌اند. روند تغییرات دمایی به ازای هر ۱۰ سال در فصل تابستان برای میانگین دمای بیشینه و کمینه به ترتیب در برخی از نواحی شمال، شمال‌غرب و شمال‌شرق بین ۰/۲۰ تا ۰/۳۴ و ۰/۲۰ تا ۰/۹۹ درجه، در بخش‌هایی از جنوب، جنوب‌غرب و جنوب‌شرق بین ۰/۱۰ تا ۰/۶۷ و ۰/۳۲ تا ۰/۹۶ درجه، در برخی نواحی غربی بین ۰/۱۱ تا ۰/۳۹ و ۰/۲۹ تا ۰/۷۱ درجه، در مناطقی از مرکز کشور بین ۰/۲۶ تا ۰/۳۴ و ۰/۲۷ تا ۰/۴۹ درجه و در قسمت‌هایی از کوهپایه‌های جنوبی البرز بین ۰/۱۶ تا ۰/۱۹ و ۰/۵۱ تا ۰/۷۳ درجه سلسیوس افزایش داشته است. همچنین روند کاهشی تغییرات دمایی به ازای هر ۱۰ سال برای میانگین دمای بیشینه در بخش‌هایی از غرب بین ۰/۲۶ تا ۰/۳۲ درجه و در بخشی از شمال کشور ۰/۲۶ درجه و برای میانگین دمای کمینه در نواحی غربی بین ۰/۴۴ تا ۰/۴۶ درجه و در ایستگاه بندرانزلی در شمال کشور ۰/۵۸ درجه بوده است. همانطور که مشاهده می‌شود، روند تغییرات افزایشی دما در فصل تابستان در نواحی جنوبی کشور بیشتر از سایر مناطق بوده است. از آنجا که دمای میانگین تابعی از دمای کمینه و دمای بیشینه است، می‌توان گفت که در طی دوره مورد بررسی اثر میانگین دمای کمینه با فراوانی بالاتر روند افزایشی در مقیاس فصلی، نسبت به میانگین دمای بیشینه بر روی متوسط دمای مناطق مختلف ایران، بیشتر است. شاید دلیل بیشتر بودن تغییرات دمای حداقل نسبت به دمای حداکثر، تا حدود زیادی مربوط به تأثیر گازهای گلخانه‌ای است، چرا که فراوانی برداشت‌های دمای حداقل در هنگام شب و قبل از طلوع آفتاب بیشتر است. (امیدوار و خسروی، ۱۳۸۹: ۴۴).

تحلیل دوره‌های سرد میانگین دماهای کمینه و بیشینه در مقیاس فصلی

بر اساس دماهای حدی ۲۰ درصد پایین میانگین دمای کمینه‌ی فصل پاییز، در بازه زمانی ۵۰ ساله، ایستگاه‌های مورد بررسی با ۷ موج سرمایی در سال‌های ۱۹۶۱، ۱۹۶۲، ۱۹۶۴، ۱۹۶۹، ۱۹۷۳، ۱۹۷۴ و ۱۹۷۵ مواجه شده‌اند. از میان این امواج، بیشترین فراوانی را موج سرد در سال ۱۹۶۴ داشته است که ۷۴٪ مناطق مورد بررسی ایران را تحت تأثیر قرار داده است. در دماهای حدی ۲۰ درصد پایین میانگین دمای بیشینه نسبت به میانگین دمای کمینه به دلیل اینکه دما ملایم‌تر بوده، فراوانی امواج سرمایی فروکش کرده است. تنها سه موج سرمایی در این فصل نشان داده شده است که به ترتیب در سال‌های ۱۹۷۵، ۱۹۸۴ و ۱۹۹۴ رخ داده‌اند. شدیدترین این امواج، موج سرمایی سال ۱۹۹۴ است که بیش از ۶۰٪ ایستگاه‌های مورد بررسی را شامل می‌شود. این امواج سرمایی در نیمه شمالی کشور بیشترین فراوانی را داشته‌اند. به علاوه دماهای حدی ۲۰٪ پایین سری‌های میانگین دمای کمینه و بیشینه در فصل زمستان نشان می‌دهد که در این فصل ایران نسبت به فصل گذشته مورد تهاجم امواج سرمایی بیشتری قرار گرفته است. این امر بیانگر گسترش بیشتر جریان‌های سرد عرض‌های میانی به کشور می‌باشد، به گونه‌ای که دماهای بیشینه و کمینه را در این فصل تحت تأثیر قرار می‌دهند. همانطور که مشاهده می‌شود در این فصل در سری میانگین دمای کمینه ۱۰ موج سرد دمایی مشاهده می‌شود، که در سال‌های ۱۹۶۴، ۱۹۶۷، ۱۹۷۲، ۱۹۷۳، ۱۹۷۴، ۱۹۸۲، ۱۹۸۳، ۱۹۸۴ و ۱۹۸۹ به وقوع پیوسته‌اند. از میان این امواج، موج سرمایی سال ۱۹۶۴ از فراوانی بیشتری برخوردار بوده است که همه ایستگاه‌ها را در بر می‌گیرد. دماهای حدی ۲۰ درصد پایین میانگین دماهای بیشینه در فصل زمستان نیز ۷ موج سرمایی را در سال‌های ۱۹۶۴، ۱۹۷۲، ۱۹۷۴، ۱۹۸۲، ۱۹۸۴، ۱۹۸۹ و ۲۰۰۸ نشان می‌دهند. فراگیرترین آن‌ها، امواج سرمایی سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۷۴ می‌باشند که تمام ایستگاه‌های مطالعاتی را تحت نفوذ خود در می‌آورند. در مجموع می‌توان گفت که در هر دو سری میانگین دمای کمینه و بیشینه در فصل زمستان دهه‌ی ۱۹۸۰ با داشتن تعداد امواج سرمایی بیشتر، سردترین دهه بوده است. ۸ موج سرد نیز در میانگین دمای کمینه فصل بهار شناسایی شده است که در سال‌های ۱۹۶۵، ۱۹۶۷ و ۱۹۷۲، ۱۹۷۶، ۱۹۸۳، ۱۹۸۵، ۱۹۹۲ و ۱۹۹۷ به وقوع پیوسته‌اند. از میان امواج سرمایی مذکور، فراگیرترین موج در سال ۱۹۹۲ ثبت شده است که اکثر بخش‌های کشور و به عبارتی بالای ۹۲٪ ایستگاه‌های مورد بررسی را فرا گرفته است. همچنین

۱۰ موج سرمایی در دماهای حدی ۲۰ درصد پایین میانگین دمای بیشینه فصل بهار مشخص شده است که در سال‌های ۱۹۶۷، ۱۹۶۸، ۱۹۷۲، ۱۹۷۶، ۱۹۸۳، ۱۹۸۶، ۱۹۹۲، ۱۹۹۳، ۱۹۹۶، ۱۹۹۷ محدودده‌های مطالعاتی را تحت‌الشعاع قرار می‌دهند. از میان این امواج فراگیرترین موج در سال ۱۹۹۲ اتفاق افتاده است، به طوری که ۹۷٪ ایستگاه‌های مورد پژوهش را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در فصل تابستان با توجه به شرایط اقلیمی حاکم در این فصل، گستره نفوذ امواج سرمایی برای هر دو سری محدودتر شده است. در این فصل ۷ موج سرد میانگین دمای کمینه متأثر می‌سازند. این امواج در سال‌های ۱۹۶۷، ۱۹۶۸، ۱۹۶۹، ۱۹۷۲، ۱۹۷۴، ۱۹۷۸ و ۱۹۸۲ دیده می‌شوند که در این میان موج سال ۱۹۶۷، از همه فراگیرتر بوده، به گونه‌ای که ۶۹٪ ایستگاه‌ها را پوشش می‌دهد. بررسی دماهای ۲۰ درصد پایین میانگین دمای بیشینه در فصل تابستان نیز حاکی از آن است که نواحی مورد مطالعه در بازه زمانی ۵۰ ساله با ۸ موج سرمایی، مواجه بوده‌اند. این امواج در سال‌های ۱۹۶۸، ۱۹۷۲، ۱۹۷۴، ۱۹۷۸، ۱۹۸۶، ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ و ۱۹۹۶ مشاهده می‌شوند، موج سرد سال ۱۹۹۲ قوی‌تر بوده و در حدود ۸۰٪ ایستگاه‌ها را با دماهای پایین مواجه کرده است. به طور کلی می‌توان گفت که در فصل تابستان برای هر دو سری میانگین دماهای کمینه و بیشینه، در بازه زمانی ۲۰۱۰-۱۹۶۰، دهه ۱۹۷۰ از دیگر دهه‌ها سردتر بوده است.

تحلیل دوره‌های گرم میانگین دماهای کمینه و بیشینه در مقیاس فصلی

با توجه به دماهای حدی ۲۰ درصد بالای سری‌های میانگین دمای کمینه و بیشینه در فصل پاییز دوره‌های گرمایی که بیشترین فراوانی را در بازه زمانی ۵۰ ساله داشتند مشخص شدند. در فصل پاییز برای میانگین دماهای کمینه ایستگاه‌های مورد بررسی با ۶ موج گرمایی در سال‌های ۱۹۹۸، ۲۰۰۲، ۲۰۰۵، ۲۰۰۶، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ به وقوع پیوسته‌اند. موج‌های گرم سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۸ نسبت به سایر امواج درصد بیشتری از ایستگاه‌ها (حدود ۶۶٪) را در بر گرفته‌اند. در میانگین دماهای بیشینه فصل پاییز نیز ۸ موج گرمایی در سال‌های ۱۹۷۰، ۱۹۷۲، ۱۹۷۹، ۱۹۹۰، ۱۹۹۸، ۲۰۰۲، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۰ دیده می‌شود، که فراوانی این امواج نسبت به امواج دو دوره دیگر بالاتر است. آنچه‌ان که دیده می‌شود گستره عملکرد موج سال ۲۰۱۰ از همه بیشتر بوده به طوری بر ۸۹٪ ایستگاه‌های مطالعاتی تأثیر گذاشته است. در مجموع ملاحظه می‌شود که در فصل پاییز، نیمه دوم سال‌های مطالعاتی (۲۵ سال آخر) به ویژه دهه ۲۰۰۰، از نیمه اول سال‌های مطالعاتی (۲۵ سال اول) گرم‌تر بوده است. علاوه بر این همانطور که مشاهده می‌شود در این دهه دماهای کمینه بیشتر تحت تأثیر موج‌های گرمایی واقع شده‌اند. در فصل زمستان، نیز در سری میانگین دماهای کمینه، ۶ موج گرمایی محدودده‌های مطالعاتی را در سال‌های ۱۹۶۶، ۱۹۹۹، ۲۰۰۳، ۲۰۰۴، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ با دماهای بالا روبه‌رو می‌کنند. فراوانی موج سال ۱۹۶۶ از همه بیشتر می‌باشد، به گونه‌ای که ۷۷٪ ایستگاه‌ها را تحت تأثیر قرار داده است. همچنین برای میانگین دماهای بیشینه فصل زمستان نیز ۷ موج گرمایی در سال‌های ۱۹۶۶، ۱۹۸۱، ۱۹۸۷، ۱۹۹۹، ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ مشخص می‌شوند که بر دماهای بیشینه اکثر مناطق ایران اثرگذار می‌باشند. از میان آن‌ها موج گرم سال ۱۹۶۶ به عنوان فراگیرترین موج در این دوره معرفی می‌شود، آنچه‌ان که گستره مکانی آن تمام ایستگاه‌های مورد پژوهش را در بر می‌گیرد. به طور کلی در این فصل همانند فصل پیش در هر دو سری میانگین دمای کمینه و بیشینه ایستگاه‌ها دهه ۲۰۰۰ به طور مشترک از دیگر دوره‌ها گرم‌تر بوده است. مطابق با ۲۰ درصد حد بالای میانگین دماهای کمینه و بیشینه در فصل بهار، در میانگین دماهای کمینه نیز، ۵ موج گرمایی در سال‌های ۱۹۶۹، ۲۰۰۱، ۱۹۷۷، ۲۰۰۶، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ وجود دارد که از این میان موج سال ۲۰۱۰ از فراوانی بیشتری برخوردار می‌باشد و به عبارتی ۸۳٪ ایستگاه‌ها را در بر می‌گیرد. همچنین بر اساس دماهای ۲۰ درصد بالای میانگین دمای بیشینه در فصل بهار ۸ موج گرمایی مشخص شد. که در سال‌های ۱۹۷۰، ۱۹۷۷، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، ۲۰۰۱، ۲۰۰۶، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ دیده شده است. تعداد امواج گرم مشاهده شده در دهه‌ی ۲۰۰۰ از دهه‌های دیگر زیادت‌ر بوده است به گونه‌ای که در این دهه ۵ موج گرم دماهای بیشینه ایران را

کنترل می‌کنند. تمرکز این امواج در اوایل این دهه بیشتر بوده است، به علاوه این امواج نسبت به امواج دیگر از فراوانی بالاتری برخوردار هستند. موج سال ۲۰۰۸ به مراتب از فراوانی بیشتری در مقایسه با دیگر امواج برخوردار است. با توجه به نتایج ذکر شده در این فصل برای هر دو سری میانگین دمای کمینه و میانگین دمای بیشینه می‌توان گفت که در فصل بهار دهه‌ی ۲۰۰۰ با توجه به اینکه امواج گرمایی بیشتری به طور مشترک هم بر روی دماهای کمینه و هم بر روی دماهای بیشینه اثر می‌گذارند، گرم‌ترین دهه به حساب می‌آید. باید یادآور شد که در این فصل امواج گرمایی بیشتر بر روی دماهای بیشینه تأثیرگذار بوده‌اند. در فصل تابستان برای میانگین دماهای کمینه ۸ موج گرم و برای میانگین دماهای بیشینه ۵ موج گرم شناسایی شده است. برای میانگین دماهای کمینه امواج گرمایی فراگیر در سال‌های ۱۹۹۷، ۱۹۹۸ و ۱۹۹۹، ۲۰۰۵، ۲۰۰۶، ۲۰۰۷، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ مشاهده می‌شوند. فراوانی موج گرم سال ۱۹۹۸ از دیگر امواج بالاتر بوده است که در حدود ۶۳٪ ایستگاه‌های مورد بررسی را پوشش می‌دهد. موج‌های گرمایی مشخص شده برای میانگین دمای بیشینه گویای آن هستند که از تعداد این امواج نسبت به فصل پیش کاسته شده است. این امواج در سال‌های ۱۹۸۳، ۱۹۹۸، ۲۰۰۶، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ نشان داده شده‌اند. موج گرم سال ۲۰۰۶ در این دهه در مقایسه با امواج دیگر از فراوانی بیشتری برخوردار می‌باشد، به طوری که ۶۶٪ نواحی مورد بررسی را تحت الشعاع خود قرار می‌دهد. طبق مشاهدات در فصل تابستان از اواخر دهه‌ی ۱۹۹۰ امواج گرمایی در ایران افزایش پیدا کرده است و در دهه‌ی ۲۰۰۰ بیشترین رخداد امواج گرم را شاهد هستیم. بنابراین دهه‌ی ۲۰۰۰ میلادی در فصل تابستان گرم‌ترین دوره بوده است. علاوه بر آن ملاحظه می‌شود که امواج گرمایی در این فصل تأثیرگذاری بیشتری بر روی دماهای کمینه داشته‌اند.

نتایج کلی

به طور کلی نتایج حاصل از تحلیل آماری داده‌های میانگین دمای کمینه و بیشینه ۳۵ ایستگاه همدیدی در طی دوره مطالعاتی ۵۰ ساله (۱۹۶۰-۲۰۱۰) نشان می‌دهد که پراکنش و توزیع دمایی بر روی ایران در مقیاس فصلی از الگوی مشابهی پیروی می‌کند، که نشانگر رژیم منظم دمایی در منطقه است. همچنین تحلیل آزمون من-کندال گویای آن است که بالای ۸۰ درصد این ایستگاه‌ها برای هر دو سری میانگین دماهای کمینه و بیشینه دارای روند افزایشی بوده‌اند و در دامنه‌ی تغییرات شبانه‌روزی این ایستگاه‌ها، به غیر از فصل زمستان که در اکثر نقاط روند کاهشی داشته است، تغییر قابل ملاحظه‌ای دیده نمی‌شود. شایان گفتن است که در طی دوره مورد بررسی میانگین دماهای کمینه از روند افزایشی بالاتری به خصوص در فصل زمستان نسبت به میانگین دماهای بیشینه برخوردار می‌باشند. همچنین اثر میانگین دماهای کمینه با فراوانی بالاتر روند افزایشی در مقیاس فصلی نسبت به میانگین دمای بیشینه بر روی متوسط دمای مناطق مختلف ایران، بیشتر می‌باشد. از میان امواج سرمایی شناسایی شده برای سری میانگین دماهای کمینه در فصل‌های پاییز و زمستان موج سرمایی سال ۱۹۶۴، در فصل بهار موج سرد سال ۱۹۹۲ و در فصل تابستان موج سرد سال ۱۹۶۷ و برای سری میانگین دماهای بیشینه در فصل پاییز موج سرد سال ۱۹۹۴، در فصل زمستان امواج سرد سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۷۴ و در فصل‌های بهار و تابستان موج سرد سال ۱۹۹۲ به عنوان فراگیرترین امواج معرفی می‌شوند. به علاوه امواج گرم سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۸ در فصل پاییز، موج گرم سال ۱۹۶۶ در فصل زمستان، موج گرمایی سال ۲۰۱۰ در فصل بهار و موج گرم سال ۱۹۹۸ در فصل تابستان برای میانگین دماهای کمینه و موج گرم سال ۲۰۱۰ در فصل پاییز، موج گرم سال ۱۹۶۶ در فصل زمستان، موج گرم سال ۲۰۰۸ در فصل بهار و موج گرم سال ۲۰۰۶ در فصل تابستان برای میانگین دماهای بیشینه، امواجی هستند که در مقایسه با دیگر امواج، از فراوانی بالاتری برخوردار می‌باشند. بیشترین فراوانی وقوع دوره‌های سرد در نیمه اول دوره مطالعاتی و بیشترین فراوانی وقوع دوره‌های گرم در نیمه آخر دوره مطالعاتی به ویژه در دهه‌ی ۲۰۰۰ می‌باشد. نتایج به دست آمده با مطالعات کسانی چون عزیززی و

همکاران (۲۰۰۸)، اکبری و مقبل (۱۳۹۱)، اسماعیل‌نژاد و همکاران (۱۳۹۲)، سبزی‌پرور و همکاران (۱۳۹۲)، قویدل-رحیمی و همکاران (۱۳۹۶) که بیانگر افزایش روند دماهای کمینه و بیشینه به ویژه دماهای کمینه در بازه زمانی بلندمدت هستند، هم‌سو بوده است.

منابع

۱. اکبری، مهری، مقبل، معصومه، ۱۳۹۱، "مطالعه تغییرات دمایی ایران در گذشته و پیش‌بینی روند آن آتی آن"، فصلنامه جغرافیا، شماره ۲۲-۲۱، صفحه ۹۳-۸۳.
۲. اسمعیل‌نژاد، مرتضی، خسروی، محمود، علیجانی، بهلول، مسعودیان، سیدابوالفضل، ۱۳۹۲، "شناسایی امواج گرمایی ایران"، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۳۳، صفحه ۵۴-۳۹.
۳. حجازی زاده زهرا، عساکره حسین، صیادی فریبا، ۱۳۹۵، "تغییر اقلیم و توزیع زمانی- مکانی بارش در پهنه ایران زمین"، نشریه جغرافیا، شماره ۵۰، صفحه ۵۴-۳۳.
۴. دارند، محمد، ۱۳۹۲، "ارزیابی تغییرات نمایه‌های فرین دما بر روی پهنه استان کردستان طی نیم سده اخیر"، مجله مخاطرات محیطی، شماره سوم، صفحه ۹۲-۷۵.
۵. دوستکامیان، مهدی، حقیقی، اسماعیل، بور بوری، رضا، ۱۳۹۶، "واکاوی و شناسایی تغییرات مکانی پهنه‌های گرم و سرد دمایی ایران طی دوره‌های مختلف"، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره بیست و دوم، صص ۱۶۲-۱۴۲.
۶. عزیززی، قاسم، کریمی احمدآباد، مصطفی، سبک خیز، زهرا، ۱۳۸۴، "روند دمایی چند دهه اخیر ایران و افزایش CO2"، نشریه علوم جغرافیایی دانشگاه تربیت معلم، شماره ۵، صفحه ۴۳-۲۵.
۷. عساکره، حسین، دوستکامیان، مهدی، ۱۳۹۶، "بررسی الگوی نواحی هم شیب تغییرات میانگین دمای سالانه ایران"، نشریه جغرافیا و شماره ۴۷، صفحه ۱۶۲-۱۴۹.
۸. عساکره، حسین، ۱۳۹۱، "تغییر توزیع فراوانی بار شهای فرین شهر زنجان، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی"، شماره، ۵۱-۶۶.
۹. عساکره، حسین، شادمان، حسن، ۱۳۹۵، "واکاوی آماری تغییرات فراوانی و دمای روزهای گرم در ایران زمین"، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی سپهر، شماره ۱۰۰، صفحه ۱۵۶-۱۴۷.
۱۰. قویدل رحیمی، یوسف، فرج زاده اصل، منوچهر، غالی جهان، مهدی، ۱۳۹۶، "نقش ناهنجاری‌های دمایی کره زمین در تغییرپذیری دماهای حداقل ایران"، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی، شماره ۵۹، صفحه ۲۶۱-۲۴۳.
۱۱. مسعودیان، ابوالفضل، دارند، محمد، ۱۳۹۲، "شناسایی و پهنه بندی نواحی دمای فرین سرد ایران"، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، شماره دو، ۵۴-۴۳.
۱۲. ناصرزاده، محمدحسین، دوستکامیان، مهدی، بیرانوند، آذر، ۱۳۹۵، "تحلیل تغییرات الگوی درون دهه‌ای دمای ایران طی نیم قرن اخیر"، فصلنامه فضای جغرافیایی، سال شانزدهم، شماره ۵۳، از صفحه ۲۰۸-۱۹۳.
13. Atilgan, A., Tanriverdi, C., Yucel, A., Oz, H., Degirmencl, H., 2017, "Analysis of long-term temperature data using Mann-Kendall trend test and Linear Regression methods: the case of the Southeastern Anatolia region", Scientific Papers. Series A. Agronomy, Vol. LX, ISSN 2285-5785, Issn Cd-Rom 2285-5793, Issn online 2285-5807, Issn-l 2285-5785.
14. Beniston M, Stephenson DB. 2004. "Extreme climatic events and their evolution under changing climatic conditions. Global and Planetary Change 44: Pages 1-9.
15. Capozzi, V., Budillon, G., 2017, "Detection of heat and cold waves in Montevergine time series (1884-2015)", Advances in Geosciences, Volume 44, Pages 35-51.
16. Cowan, T., A. Purich, S. Perkins, A. Pezza, G. Boschat, and K. Sadler, 2014: "More Frequent, Longer, and Hotter Heat Waves for Australia in the Twenty-First Century". J. Climate, 27, 5851-5871.

17. Dashkhuu, Dulamsuren, Pil Kim, Jong, Chun, Jong Ahn, Lee, Woo-Seop, 2015, "Long-term trends in daily temperature extremes over Mongolia", *Weather and Climate Extremes* Volume 8, Pages26–33.
18. Easterling DR, Meehl GA, Parmesan C, Changnon SA, Karl TR, Mearns LO. 2000. "Climate extremes: observations, modeling and impacts". *Science* 289: 2068–2074.
19. Fan, Ze-Xin, Brauning, Achim, Thomas, Axel, Lid, Jin-Bao and Cao, Kun-Fang,2011, "Spatial and temporal temperature trends on the Yunnan Plateau (Southwest China) during 1961–2004", *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.2214
20. Gay-Garcia C, Estrada F, Sanchez A. 2009. "Global and hemispheric temperatures revisited". *Climatic Change*, Volume 94, Issue 3–4, pp 333–349
21. Ghasemi , Ahmad Reza, 2015, "Changes and trends in maximum, minimum and mean temperature series in Iran", *Atmospheric Science Letters*, Volume 16, Pages 366–372.
22. IPCC, In: Houghton, J.T., MeiraFilho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg, A. and Maskell, K. (Eds.), 1996, "Analyzing and discovering historical changes in climatic system are one of the most important requirements in climate change study" , *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge; 65 P.
23. Karmeshu, Neha, ۲۰۱۲, "Trend Detection in Annual Temperature & Precipitation using the Mann Kendall Test – A Case Study to Assess Climate Change on Select States in the Northeastern United States" , Master of Environmental Studies Capstone Projects. 47.
24. Ripley BD ,2004, spatial statistics. John Wiley & Sons, USA Pandzic, K., and T. Likso, 2005: Eastern Adriatic typical wind fieldpatterns and large-scale atmospheric conditions. *Int. J. Climate.*, 3(25), 81–98.
25. Saleem, S., Shamsuddin, S., Tarmizi, I., Eun-Sung, C., Alaa, A., 2017, "Long-term trends in daily temperature extremes in Iraq", *Atmospheric Research*, Volume 198, Pages 97-107.
26. Schaefer, D. and Domroes M., 2009," Recent climate change in Japan – spatial and temporal characteristics of trends of temperature". *Clim. Past*, 5, 13–19
27. Toreti, A., Desiato, F., 2008, "Temperature trend over Italy from 1961-2004", *Theor. Appl. Climatology*, 97: 991-1011.