صص ۱۲۴-۱۰۹

بررسی تغییرات فضایی دماهای حدی در سطح ایران

اعظم تاجیک
دانشجوی دکتری تخصصی آب و هواشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
آزاده اربابی سبزواری*
دانشیار گروه جغرافیا، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۴

چکیده
پژوهش حاضر با هدف بررسی فراوانی رخدادهای فرین دمایی ایران و شناسایی تغییرات مکانی و زمانی آن‌ها انجام شده است. داده‌های مورد استفاده شامل داده‌های حداقل و حداکثر دمای روزانه طی دوره ۲۰۱۷-۱۹۸۵ برای ۷۷ ایستگاه سینوپتیک ایران است. برای محاسبه شاخص‌های فرین دمایی ایران از ۱۶ شاخص توصیه‌شده توسط گروه کارشناسی CCL/CLIVAR استفاده شد. محاسبه شاخص‌ها در محیط نرم‌افزار R و با استفاده از نرم‌افزار جانبی RclimDex انجام شد. نتایج محاسبه شاخص‌های فرین گرم و سرد نشان داد که در حالت کلی فراوانی رخداد و تغییرات مکانی فرین‌های دمایی ایران تابع موقعیت جغرافیایی، شرایط توپوگرافی و محیطی نقاط مختلف کشور ایران است؛ چراکه به جزء سواحل شمالی، در مناطق با ارتفاعات زیاد و عرض جغرافیایی بالا فراوانی شاخص‌های حدی سرد از بیشینه مقدار و شاخص‌های فرین گرم از کمینه مقدار و در مناطق پست و کم ارتفاع جنوبی با عرض جغرافیایی پایین شاخص‌های گرم از بیشینه رخداد و شاخص‌های فرین سرد از کمینه رخداد برخوردارند. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که طی دوره ۲۰۱۷-۱۹۸۵ شاخص‌های فرین گرم نسبت به شاخص‌های فرین سرد از فراوانی رخداد و گستردگی مکانی بیشتری برخوردار هستند. علاوه بر این شاخص‌های فرین گرم تداوم زمانی بیشتری نیز دارند و به همین دلیل فراوانی رخداد شاخص WSDI در سطح کشور تا ۱۰ دوره می‌رسد درحالی‌که فراوانی شاخص CSDI حداکثر به شش دوره می‌رسد. این نتایج بیانگر گرم‌تر شدن شرایط دمایی ایران و افزایش رخدادهای گرمایی بیشتر طی دوره مورد مطالعه است که می‌تواند در آینده نیز ادامه پیدا کند.

واژگان کلیدی: حداقل دمای ماهانه، حداکثر دمای ماهانه، شاخص‌های فرین دمایی، ایران.

مقدمه

طی دهه‌های اخیر بررسی تغییرات رخداده در شرایط آب و هوایی جهان یکی از مهم‌ترین مباحث جوامع علمی است. بر اساس گزارش هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم دمای کره زمین طی قرن اخیر از یک‌روند افزایشی برخوردار شده است و از اوایل دهه ۱۹۹۰ این روند افزایشی شدت بیشتری پیدا کرده است. به‌طوری‌که این دهه یکی از گرم‌ترین دهه‌ها و سال

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۲۷۷۲۹۲۳
Email: aarbabi@iiau.ac.ir

۱۹۹۸ گرم‌ترین سال هزاره گذشته می‌باشد (IPCC ۲۰۰۱). یکی از مهم‌ترین اثرات گرمایش جهانی، افزایش رویدادهای حدی در نقاط مختلف جهان است. بر اساس تعریف هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، رویدادی که احتمال وقوع آن در یک مکان و زمان مشخصی بسیار نادر باشد، رویداد حدی می‌گویند (IPCC ۲۰۰۷). احتمال وقوع این رویدادها به‌طور متوسط کمتر از ۵٪ تعریف شده است (Zhu و همکاران ۲۰۰۱). طی سال‌های اخیر رخداد متناوب رویدادهای حدی همچون؛ امواج گرما، امواج سرما، بارش‌های سنگین، توفان‌ها، سیل، خشک‌سالی در سراسر جهان گزارش شده است (Hu و همکاران ۲۰۱۲). فراوانی بالای رخدادهای حدی به همراه تغییر در شدت یا فراوانی آن‌ها به دلیل اثرات مهمی که بر محیط زندگی انسان، اکوسیستم‌های طبیعی و پیامدهای اقتصادی و اجتماعی که به دنبال دارد از اهمیت زیادی برخوردار شده است (Easterling و همکاران ۲۰۰۰، Jiang و همکاران ۲۰۱۱). با توجه به این‌که بسیاری از سیستم‌های بیولوژیکی (از جمله جوامع انسانی) نسبت به رویدادهای حدی اقلیم تا تغییر تدریجی اقلیم حساسیت بیشتری دارند (Hanson و همکاران ۲۰۰۶؛ Handmer و همکاران ۲۰۱۲) و اینکه رویدادهای حدی در زمان کوتاه و با قدرت زیاد اتفاق می‌افتد، نگرانی در ارتباط با اثرات رویدادهای حدی، مورد توجه پژوهشگران و محققان اقلیم‌شناسی و سایر رشته‌های مرتبط قرار گرفته است.

Brunetti و همکاران (۲۰۰۰) با بررسی روند حداکثر و حداقل دما در مقیاس‌های روزانه، فصلی و سالانه ایتالیا طی دوره ۱۸۶۵–۱۹۶۶ بیان کردند که روند افزایشی حداکثر و حداقل دما طی دوره موردمطالعه برای جنوب ایتالیا بیشتر از شمال آن است. Manton و همکاران (۲۰۰۱) با استفاده از ۸ شاخص حدی طی دوره ۱۹۹۸–۱۹۶۱ روند دمای جنوب شرق آسیا و جنوب اقیانوس آرام را بررسی کردند. نتایج آن‌ها بیانگر افزایش قابل‌توجه روزها و شب‌های گرم برای مناطق مورد مطالعه بود. Hundecha و Rdossy (۲۰۰۵) طی نیمه دوم قرن بیستم ۲۰۰۱–۱۹۵۸ با استفاده از داده‌های دمایی ۲۳۲ ایستگاه و داده‌های ۶۱۱ ایستگاه بارشی روند دما و بارش حدی روزانه در غرب آلمان را بررسی کردند. نتایج نشان داد که پارامترهای حداقل و حداکثر روانه دما طی دوره آماری افزایش یافته است. همچنین مشخص گردید که مقدار و شدت بارش‌های سنگین روزانه در منطقه مورد مطالعه افزایش یافته است. Rusticucci and Renom (۲۰۰۸) با استفاده از ۴ شاخص روزهای گرم، روزهای سرد، شب‌های گرم و شب‌های سرد دماهای فرین روزانه ۷ ایستگاه اروگوئه را بررسی و نشان دادند که شب‌های سرد و روزهای سرد طی دوره مورد مطالعه دارای روند کاهشی است درحالی‌که روزهای گرم و شب‌های گرم دارای روند افزایشی هستند. Im و همکاران (۲۰۱۱) طی دوره طولانی‌مدت ۲۱۰۰–۱۹۷۱ ساختار فضایی و زمانی روندهای حال و آینده کره جنوبی را با استفاده از شاخص‌های حدی اقلیمی بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که شاخص‌ها بر اساس دمای حداقل تغییر قابل‌ملاحظه‌ای به سمت گرم‌تر شدن دارند. درحالی‌که شاخص بر اساس دمای حداکثر روند قابل‌توجهی را نشان نمی‌داد. Gebrechorkos و همکاران (۲۰۱۸) تغییرات دما و بارش‌های حدی منطقه شرق آفریقا (اتیوپی، کنیا و تانزانیا) را طی دوره ۲۰۱۶–۱۹۸۱ بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مقادیر دمای حداقل و حداکثر روزانه و حداقل و حداکثر ماهانه در سطح وسیعی از شرق

آفریقا در حال افزایش است. این روند افزایشی برای شاخص‌های شب‌های حاره‌ای، روزهای تابستانی و روزهای گرم معنادار است. Hong و Ying (۲۰۱۸) ویژگی‌های دما و بارش‌های حدی چین را با استفاده از شاخص‌های ETCCDI طی دوره ۲۰۱۷-۱۹۶۱ بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که دمای حداقل و حداکثر روزانه به بیشترین مقدار و در مقابل تعداد شب‌های سرد، روزهای سرد و شاخص تداوم دوره‌های سرد به کمترین مقدار رسیده‌اند. Tan و همکاران (۲۰۱۹) رخدادهای فرین دما و بارش حوضه رودخانه مودا در اندونزی را با استفاده از شاخص‌های ETCCDI مطالعه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که در حوضه این رودخانه مقادیر بیشتر شاخص‌ها تغییر پیدا کرده است به‌طوری‌که تعداد روزها و شب‌های سرد تمایل به کاهش و تعداد روزها و شب‌های گرم تمایل به افزایش دارند.

در ایران نیز مطالعات زیادی در ارتباط با دما، روند تغییرات دما به‌صورت کلی و همچنین منطقه‌ای انجام شده است. همچنین مطالعاتی در ارتباط با رخدادهای حدی دمایی در مقیاس استانی و منطقه‌ای انجام شده است. رحیم زاده (۱۳۸۴) با استفاده از شاخص‌های حدی بارش و دما تغییرات مقادیر حدی بارش در ایران را طی دوره ۲۰۰۳-۱۹۵۱ مطالعه و نشان داد که کاهش معنی‌دار در تعداد روزهای یخبندان و افزایش شب‌های گرم به‌طور واضح اتفاق افتاده است، اما روند شاخص‌های بارش مانند دیگر نقاط دنیا از الگوی یکسانی پیروی نمی‌کنند. محمدی و تقوی (۱۳۸۴) نمایه‌های فرین دما و بارش ایستگاه تهران را طی دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۵۱ با استفاده از شاخص‌های حدی بررسی و نشان دادند که روند دمای حداکثر، حداقل و متوسط روزانه افزایشی و روند نمایه‌های فرین بارش (با شیب بسیار کم) کاهشی بوده است. ورشاویان و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی مقادیر حدی پارامترهای دمایی در چند نمونه اقلیمی ایران طی دوره ۴۴ ساله (۲۰۰۴-۱۹۶۱) نشان دادند که دمای حداقل در تمامی صدک‌ها به‌جز صدک ۹۵، روند افزایش معناداری دارد. دمای حداکثر روزانه، به‌جز صدک یکم و تعداد روزهای بیشتر از صدک ۹۰، در سایر سری‌های زمانی، روند افزایشی دارند. دمای میانگین روندی مشابه با دمای حداقل دارد. دارند (۱۳۹۳) با استفاده از ۲۷ شاخص و آزمون‌های من کندال و ورسلی تغییرات مقادیر حدی بارش و دمای ایستگاه ارومیه را طی یک دوره ۴۵ ساله (۱۹۶۱-۲۰۰۵) بررسی کرد. نتایج وی نشان داد که طی دوره موردپژوهش نمایه‌های فرین گرم روند صعودی و نمایه‌های فرین سرد روند نزولی را تجربه کرده‌اند. عیلجانی و فرج زاده (۱۳۹۴) با استفاده از ۱۶ شاخص دمایی و نرم‌افزار RClimate و من کندال تغییرات دمای فرین ۱۳ ایستگاه سینوپتیک شمال ایران را بررسی کردند. نتایج آن‌ها بیانگر کاهش فراوانی شاخص‌های سرد فرین و افزایش فراوانی شاخص‌های گرم فرین است. کوزه گران و موسوی بایگی (۱۳۹۴) با استفاده از ۲۷ شاخص مربوط به بارش و دما، رویدادهای حدی اقلیمی استان‌های خراسان رضوی و جنوبی را طی دوره ۲۰۱۲-۱۹۹۲ بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که شاخص‌های حدی گرم روند افزایشی و شاخص‌های حدی سرد در دوره مورد مطالعه روند کاهشی دارند. برنا و شاه رضایی (۱۳۹۵) رویدادهای حدی استان خوزستان را با استفاده از آزمون‌های آماری طی یک دوره ۵۰ ساله بررسی و بیان کردند که تعداد روزهای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در همه ایستگاه‌ها روندی افزایش دارد. عرفانیان و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی با استفاده از توزیع‌های آماری و تکنیک خوشه‌بندی روابط بین احتمال وقوع، تداوم و

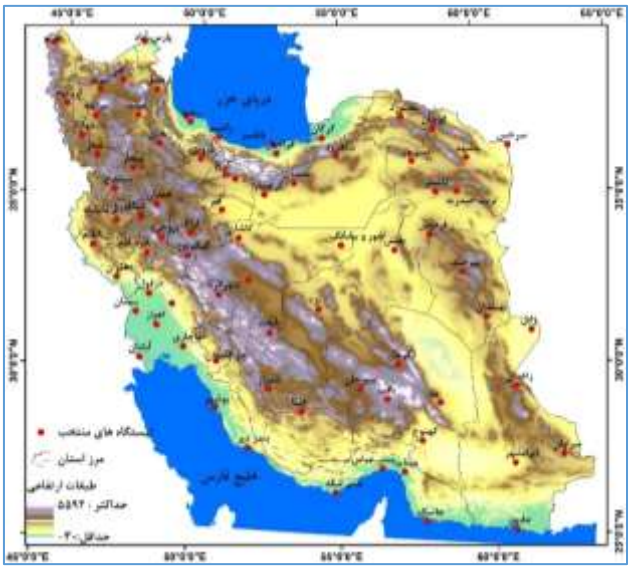
فراوانی نمایه‌های فرین اقلیمی در استان خراسان رضوی را طی یک دوره ۳۰ ساله مطالعه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که دوره‌های بازگشت خاص، فراوانی وقوع روزهای یخی در تداوم‌های بیشتر کاهش یافته است ولی در تداوم‌های کمتر مقادیر بیشتری را به خود اختصاص می‌دهند به‌عبارتی‌دیگر از شدت بیشتر برخوردار شده‌اند. همچنین می‌توان به تپژوهش‌های مشابه دیگر همچون؛ عسگری و همکاران (۱۳۸۶)، مسعودیان و دارند (۱۳۹۲)، علیجانی و همکاران (۱۳۹۱)، جهانبخش و همکاران (۱۳۹۳)، میری و رحیمی (۱۳۹۴)، کریمی و همکاران (۱۳۹۷) نیز در این زمینه اشاره کرد.

مرور مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که طی دهه‌های اخیر روند افزایش دمایی و فرین‌های آن نه‌تنها در سطح جهان بلکه حتی به میزان بیشتر در داخل ایران افزایش پیدا کرده است. با توجه به پیامدهای نامطلوب، ناهنجاری‌ها و تهدیدهای حاصل از فراوانی، تداوم و شدت این رویدادها و از طرف دیگر عدم توجه به رویدادهای حدی دمای ایران در کل کشور طی سال‌های اخیر، بررسی فرین‌های حدی دمایی ایران از اهمیت زیادی برخوردار است؛ زیرا آگاهی از فراوانی رخداد و شناخت تغییرات مکانی و زمانی رویدادهای حدی دمای ایران یکی از راهکارهای مؤثر برای انجام برنامه‌ریزی‌های لازم جهت اقدامات سازگاری در حفظ و تأمین امنیت جوامع انسانی و طبیعی است. ازاین‌رو در این پژوهش سعی بر این شده است که رویدادهای حدی دمای ایران با استفاده از شاخص‌های تعیین‌شده از سوی کارگروه شناسایی تغییرپذیری اقلیمی و با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک در مقیاس‌های مختلف زمانی شناسایی و تحلیل شوند. نتایج این پژوهش می‌تواند در اتخاذ و اجرای راهکارهای علمی مؤثر در مقابله با رویدادهای حدی در بخش‌های همچون کشاورزی، وزارت نیرو، مدیریت بحران، سازمان هواشناسی، شهرسازی و... مورداستفاده قرار گیرد.

داده‌ها و روش‌ها

داده‌ها

منطقه موردمطالعه در این پژوهش در برگیرنده کل کشور ایران است. در این پژوهش از داده‌های میانگین حداقل و حداکثر دمای روزانه ۷۷ ایستگاه سینوپتیک با پراکنش مناسب در سطح کشور ایران (شکل ۱) طی دوره ۳۲ ساله ۲۰۱۷-۱۹۸۵ استفاده شده است. استفاده از ۷۷ ایستگاه در این پژوهش ازیک‌طرف با توجه به محدودیت ارائه اطلاعات و داده‌ها از سوی سازمان هواشناسی کل کشور و از طرفی دیگر به دلیل محدودیت در تعداد ایستگاه‌های با طول دوره آماری مشترک و مناسب است. استفاده از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک به‌منظور محاسبه شاخص‌های حدی دما طی دوره ۲۰۱۷-۱۹۸۵ می‌باشد.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: موقعیت جغرافیای ایستگاه‌های منتخب و پراکنش آن‌ها در سطح ایران

روش‌ها

مطالعه حاضر با هدف بررسی فراوانی رخدادهای فرین دمایی ایران و شناسایی تغییرات مکانی و زمانی آن‌ها انجام شده است. برای رسیدن به هدف پژوهش در ابتدا با استفاده مطالعات کتابخانه‌ای، سایت‌های علمی و مقالات معتبر موجود در این زمینه، چهارچوب اولیه پژوهش تعیین شد. در ادامه داده‌های ایستگاه‌های همدیدی منتخب در سطح کشور از آرشیو سازمان هواشناسی کل کشور طی یک دوره آماری ۳۲ ساله (۱۹۸۵–۲۰۱۷) در مقیاس زمانی روزانه دریافت و در محیط نرم‌افزارهای آماری پردازش و آماده محاسبه شاخص‌های فرین دمایی شد. بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی داده‌های دریافت شده و محاسبه شاخص‌های فرین دمایی در محیط نرم‌افزار R و با استفاده از اکستنشن RclimDex انجام شد. نرم‌افزار RclimDex توسط بخش پژوهش‌های اقلیمی–هواشناسی کانادا در محیط R تهیه‌شده که منوط به نصب و راه‌اندازی برنامه‌نویسی R می‌باشد. در این نرم‌افزار قبل از محاسبه شاخص‌ها، داده‌ها توسط نرم‌افزار کنترل کیفی شده و اطلاعات نادرست مانند بزرگ‌تر یا مساوی بودن دمای حداقل از دمای حداکثر بررسی‌شده و داده‌های پرت مشخص و اصلاح می‌شود. در ادامه شاخص‌های حدی اقلیم با استفاده از داده‌های دمای حداقل و دمای حداکثر توسط نرم‌افزار RclimDex محاسبه می‌شود (کوزه‌گران و بایگی ۱۳۹۴). در این پژوهش برای محاسبه شاخص‌های حدی دما از ۱۶ شاخص استفاده شد.

شاخص‌های حدی گرم شامل تعداد روزهای تابستانی با دمای حداکثر بیش از ۲۵ درجه سانتی‌گراد (SU25)، تعداد شب‌های حاره‌ای با دمای حداقل بیشتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد (TR20)، روزهای گرم درصد روزهایی که دمای حداکثر بیش از صدک نودم باشد (TX90P)، شب‌های گرم درصد روزهایی که دمای حداقل بیشتر از صدک نودم باشد (TN90P)، شاخص طول مدت گرما تعداد روزهایی که حداقل شش روز متوالی دمای حداکثر آن‌ها بیشتر از صدک نودم

باشد (WSDI)، بیشینه ماهانه دمای حداکثر روزانه (TXx)، بیشینه ماهانه دمای حداقل روزانه (TNx) است. شاخص‌های حدی سرد شامل تعداد روزهای یخبندان (FD)، تعداد روزهای یخی با دمای حداکثر زیر صفر درجه سانتی‌گراد (ID)، روزهای سرد درصد روزهایی که دمای حداکثر کمتر از صدک دهم باشد (TX10P)، شب‌های سرد درصد روزهایی که دمای حداقل کمتر از صدک دهم باشد (TN10P)، شاخص طول مدت سرما، تعداد روزهای که حداقل شش روز متوالی دمای حداقل آن‌ها کمتر از صدک دهم باشد (CSDI)، کمینه ماهانه دمای حداکثر روزانه (TXn)، کمینه ماهانه دمای حداقل روزانه (TNn) می‌باشد. همچنین شاخص (DTR) دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما و شاخص (GSL) طول دوره رویش را نشان می‌دهند. ویژگی‌های هر شاخص در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱: لیست شاخص‌های حدی دمای توصیه‌شده توسط گروه کارشناسی CCL/CLIVAR

شاخص (Index)	معرفی شاخص (Definition)	واحد (Units)
FD	تعداد روزهای یخبندان (Days Number of Frost): ۰ °C> دمای حداقل روزانه	روز
SU25	تعداد روزهای تابستانی (Summer days): ۲۵ °C< حداکثر دمای روزانه	روز
ID	تعداد روزهای یخی (Days Number of Ice): ۰ °C> دمای حداکثر روزانه	روز
TR20	تعداد شب‌های حاره‌ای (Tropical nights): ۲۰°C< دمای حداقل روزانه	روز
TXx	بیشینه ماهانه دمای حداکثر روزانه (Maximum Tmax)	° C
TNx	بیشینه ماهانه دمای حداقل روزانه (Tmin Maximum)	° C
TXn	کمینه ماهانه دمای حداکثر روزانه (Minimum Tmax)	° C
TNn	کمینه ماهانه دمای حداقل روزانه (Minimum Tmin)	° C
GSL	طول فصل رویش	روز
TX90 P	روزهای گرم (Warm Days): درصد روزهایی که دمای حداکثر بیشتر از صدک نودم باشد.	روز
TN90 P	شب‌های گرم (Warm Nights): درصد روزهایی که دمای حداقل بیشتر از صدک نودم باشد.	روز
TX10 P	روزهای سرد (Days Cool): درصد روزهایی که دمای حداکثر کمتر از صدک دهم باشد.	روز
TN10 P	شب‌های سرد (Nights Cool): درصد روزهایی که دمای حداقل کمتر از صدک دهم باشد.	روز
DTR	دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما (Diurnal Temperature Range)	° C
CSDI	نمایه طول مدت سرما (Cold Spell Duration Index): تعداد روزهایی که حداقل شش روز متوالی دمای حداقل کمتر از صدک دهم باشد.	روز
WSDI	نمایه طول مدت گرما (Warm Spell Duration Index): تعداد روزهایی که حداقل شش روز متوالی دمای حداکثر آن‌ها بیشتر از صدک نودم باشد.	روز

نتایج

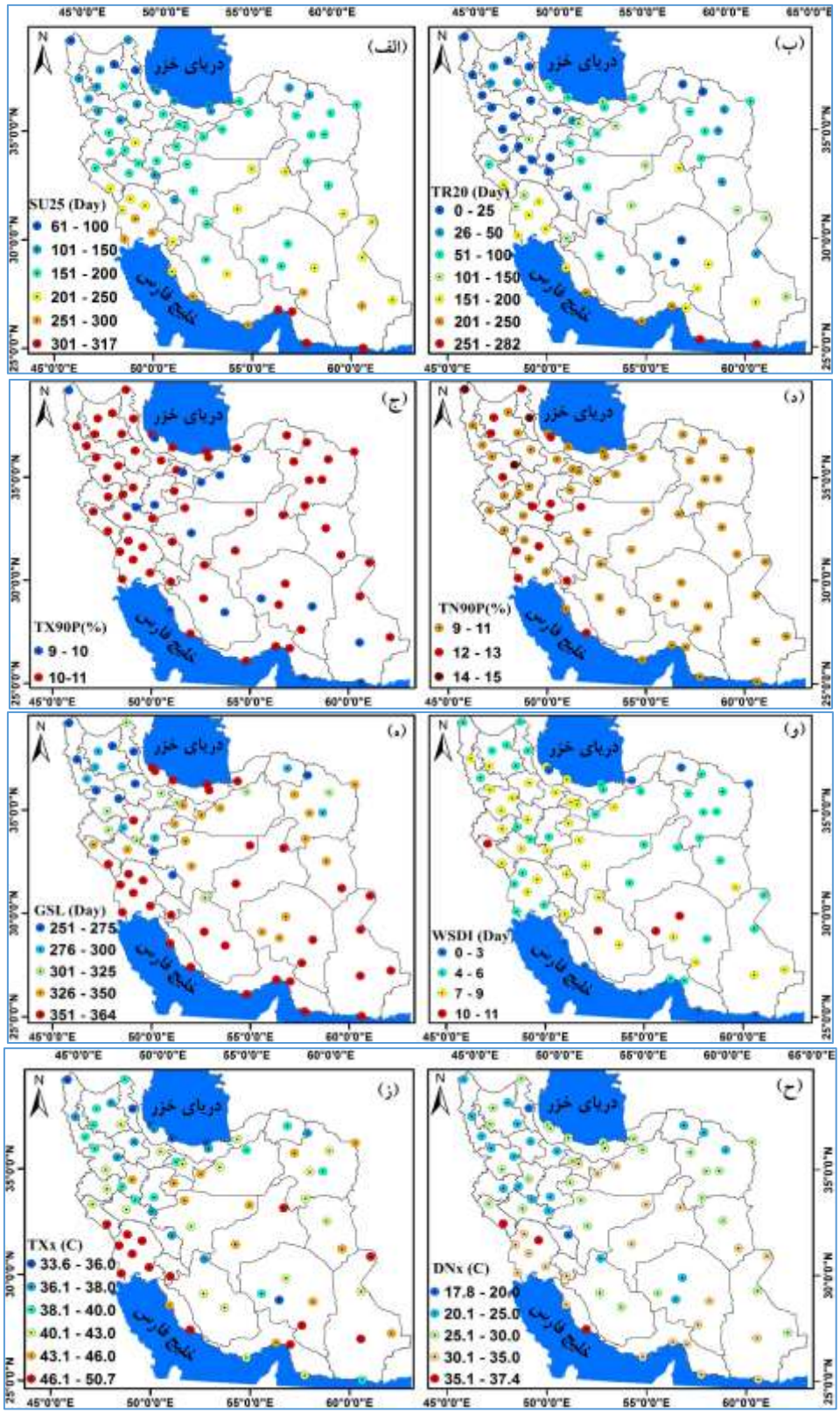
شکل (۲) میانگین رخداد فراوانی شاخص‌های فرین گرم طی دوره ۲۰۱۷-۱۹۸۵ در سطح کشور ایران را نشان می‌دهد. برای بررسی شرایط حدی گرم تعداد ۷ شاخص موردبررسی قرار گرفت. در حالت کلی، نتایج شاخص‌های گرم نشان‌دهنده، نتایج شاخص‌های گرم نشان‌دهنده تابعیت رفتاری دماهای حدی گرم از توپوگرافی و شرایط محیطی کشور ایران است. به‌طوری‌که در مناطق با ارتفاعات زیاد مقادیر این شاخص از کمترین و در مناطق پست و جلگه‌ای این شاخص‌ها از بیشینه مقدار برخوردارند. شکل (۲، الف) نتایج محاسبه شاخص تعداد روزهای تابستانی (SU25) را نشان

می‌دهد. بر اساس نتایج حاصل از این شاخص برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه روزهای با دمای بیش از ۲۵ درجه سانتی‌گراد در سطح کشور ایران ثبت می‌شود. تعداد این روزها برای نقاط کوهستانی و مرتفع ایران کمتر و در نقاط پست و جلگه‌ای از فراوانی بیشتری برخوردار است. ایستگاه‌های سواحل جنوبی کشور از بیشترین تعداد روزهای تابستانی برخوردارند و مناطق شمال غرب کشور کمترین تعداد روزهای تابستانی را دارند. مناطق جنوب غرب و جنوب شرق کشور از نظر بیشترین فراوانی روزهای گرم در رتبه دوم قرار می‌گیرند. از نظر ایستگاهی ایستگاه میناب با تعداد ۳۱۷ روز بیشترین و ایستگاه اردبیل با تعداد ۶۴ روز، کمترین تعداد روز تابستانی طی دوره مورد مطالعه را دارند. ایستگاه‌های واقع در مرکز کشور طی سال ۲۰۰ تا ۲۵۰ روز تابستانی و ایستگاه‌های واقع در شرق و غرب کشور ۱۲۵ تا ۲۰۰ روز تابستانی را طی سال تجربه می‌کنند. سواحل شمالی کشور به دلیل شرایط خاص محیطی و توپوگرافی از تعداد روزهای تابستانی کمی برخوردار است و میانگین تعداد روزهای با دمای حداکثر روزانه بیش از ۲۵ درجه سانتی‌گراد در این منطقه به ۱۰۰ تا ۱۲۵ روز در سال می‌رسد. بررسی مقادیر شاخص تعداد شب‌های حاره‌ای (دمای حداقل روزانه بیشتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد) نشان داد که مناطق جنوبی کشور به‌ویژه سواحل جنوبی از بیشترین تعداد شب‌های حاره‌ای برخوردارند. به‌طوری‌که ایستگاه جاسک با میانگین ۲۸۲ روز در سال طی دوره مورد مطالعه از بیشترین دمای حداقل روزانه بیش از ۲۰ درجه سانتی‌گراد (شب‌های حاره‌ای) برخوردار است. در مقابل مناطق شمال غرب، شمال شرق و ارتفاعات کشور کمترین فراوانی شب‌های حاره‌ای را دارا می‌باشند. کمترین مقدار این شاخص برای ایستگاه اردبیل ثبت شده است که طی دوره مورد مطالعه شب حاره‌ای نداشته است و در رتبه بعدی ایستگاه شهرکرد است که در بسیاری از سال‌های دوره مورد مطالعه شب حاره‌ای در این ایستگاه ثبت نشده است و حداکثر فراوانی رخداد شب حاره‌ای برای ایستگاه به ۲ روز در سال می‌رسد. مناطق جنوب غرب و جنوب شرق به جزء ایستگاه‌های واقع در ارتفاعات این نواحی، از تعداد شب‌های حاره‌ای بالایی برخوردارند و میانگین تعداد روزهای با دمای کمینه بیش از ۲۰ درجه سانتی‌گراد این نواحی در سال به ۲۰۰ روز در سال نیز می‌رسد. ایستگاه‌های واقع در دامنه‌های جنوبی البرز، شرق و سواحل شمالی کشور از فراوانی ۵۰ تا ۱۰۰ شب حاره‌ای در سال برخوردار هستند (شکل ۲، ب). بررسی مقادیر روزهای گرم (TX90P) طی دوره مورد مطالعه نشان داد که در سطح کشور اختلاف قابل‌توجهی از نظر این شاخص بین ایستگاه‌های مختلف وجود ندارد. به‌طوری‌که حداکثر اختلاف بین روزهای گرم در نقاط مختلف کشور بین ۱ تا ۱/۵ درصد است (شکل ۲، ج). وضعیت شاخص شب‌های گرم (TN90P) مشابه شاخص TX90P است. بر اساس این شاخص بیشتر نقاط کشور حدود ۹ تا ۱۱ درصد شب‌های گرم طی سال دارند. نکته قابل‌توجه عدم اختلاف قابل‌توجه بین ایستگاه‌های مختلف کشور از نظر فراوانی رخداد این شاخص است (شکل ۲، د).

بررسی مقادیر طول فصل رشد نشان داد که مناطق جنوبی و همچنین سواحل شمالی کشور از بیشترین طول فصل رشد و مناطق شمال غرب و ارتفاعات زاگرس از کمترین طول فصل رشد در سطح کشور برخوردارند. در سطح کشور ایستگاه سقز با ۲۵۰ روز از کمینه و ایستگاه‌های واقع در جنوب کشور مانند چابهار، بندرعباس با ۳۶۴ روز از بیشینه طول

فصل رشد برخوردارند (شکل ۲، ه). شکل (۲ و) نتایج شاخص طول مدت گرما (WSDI) را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج حاصل از محاسبه این شاخص مشخص شد که رخداد این شاخص بین ۱ تا ۱۱ روز در سطح کشور متفاوت است. نکته قابل‌توجه در رخداد این شاخص فراوانی ۷ تا ۹ روز برای بیشتر مناطق کشور است. به‌طوری‌که بیشتر ایستگاه‌های واقع در نیمه غربی و جنوبی کشور از فراوانی ۷ تا ۹ روز برخوردارند. بیشترین فراوانی این شاخص همانند بیشتر شاخص حدی گرم دیگر در نواحی جنوبی و جنوب غرب ایران و کمترین مقدار آن در قسمت‌های شمال غرب و شمال شرق ثبت شده است. از نظر نقطه‌ای ایستگاه ایلام با ۱۱ روز در سال از بیشترین و ایستگاه رشت و بوشهر با یک روز کمترین رخداد این شاخص را دارند.

محاسبه شاخص بیشینه ماهانه دمای حداکثر روزانه (TNX) طی دوره ۲۰۱۷-۱۹۸۵ نشان داد که بیشینه‌های درجه حرارت ثبت شده در قسمت‌های مختلف ایران قابل‌توجه است. کمینه این شاخص در قسمت‌های کوهستانی کشور به‌ویژه در منطقه شمال غرب، ارتفاعات زاگرس و همچنین سواحل شمالی کشور ثبت شده است. کمترین مقدار این شاخص در سواحل شمالی و برای ایستگاه بندر انزلی به مقدار ۳۳/۶۴ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. در مقابل بیشینه مقادیر این شاخص مطابق انتظار در سواحل جنوبی و نواحی جنوب غرب کشور ثبت شده است، به‌طوری‌که ایستگاه آبادان با ۵۰/۶ درجه سانتی‌گراد از بیشترین مقدار بیشینه ماهانه دمای حداکثر روزانه برخوردار است (شکل ۲، ز). محاسبه شاخص بیشینه ماهانه دمای حداقل روزانه (TNX) نیز نشان داد که کمترین مقدار این شاخص همانند شاخص TXx در نقاط کوهستانی کشور و در ارتفاعات ثبت شده است، به‌طوری‌که نواحی شمال غرب کشور، ارتفاعات زاگرس و شمال شرق از کمینه شاخص TNx برخوردارند. از نظر ایستگاهی کمترین مقدار این شاخص در ایستگاه شهرکرد با ۱۷/۸ درجه سانتی‌گراد و بیشینه مقدار آن در جنوب غرب برای ایستگاه دهلران به مقدار ۳۷/۴ و همچنین سواحلی جنوبی کشور ثبت شده است. همانند شاخص TXx نواحی جنوب غربی و جنوبی کشور به‌ویژه استان خوزستان از بیشترین مقدار این شاخص برخوردارند و مقدار این شاخص در این نواحی به بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد (شکل ۲، ح).



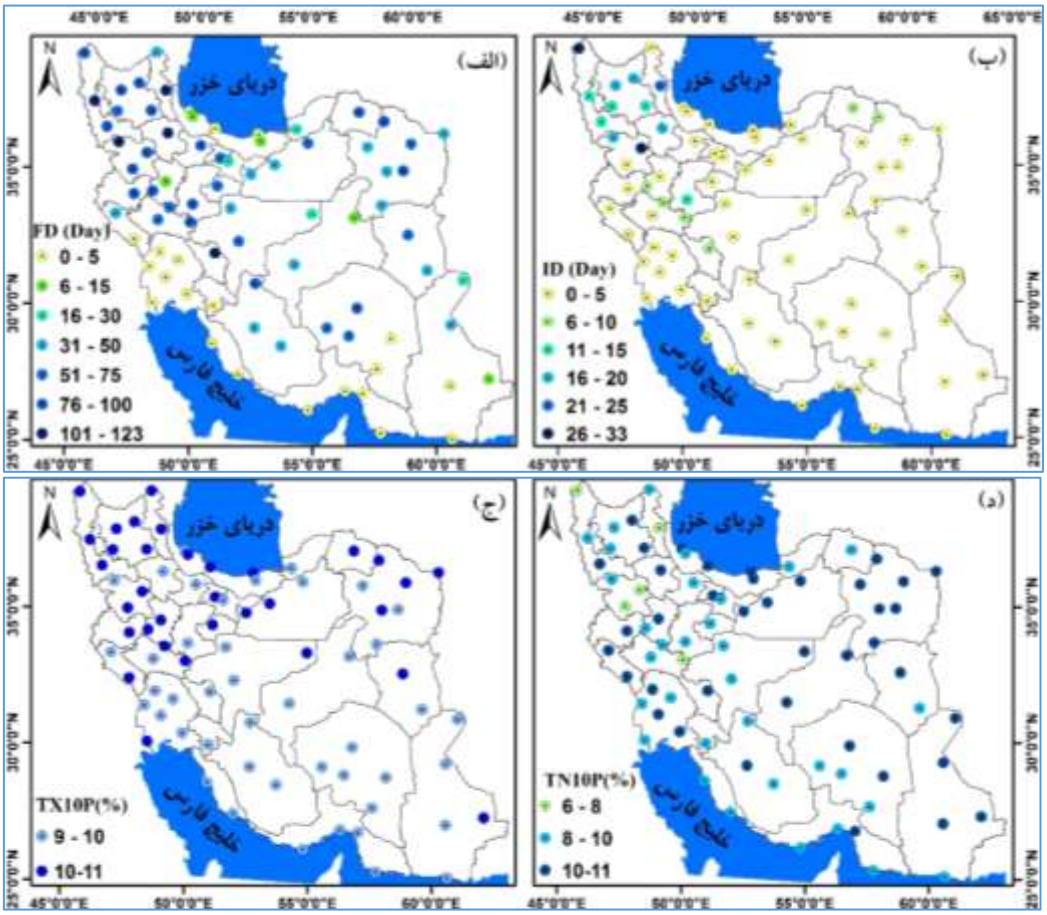
مأخذ: نگارندگان

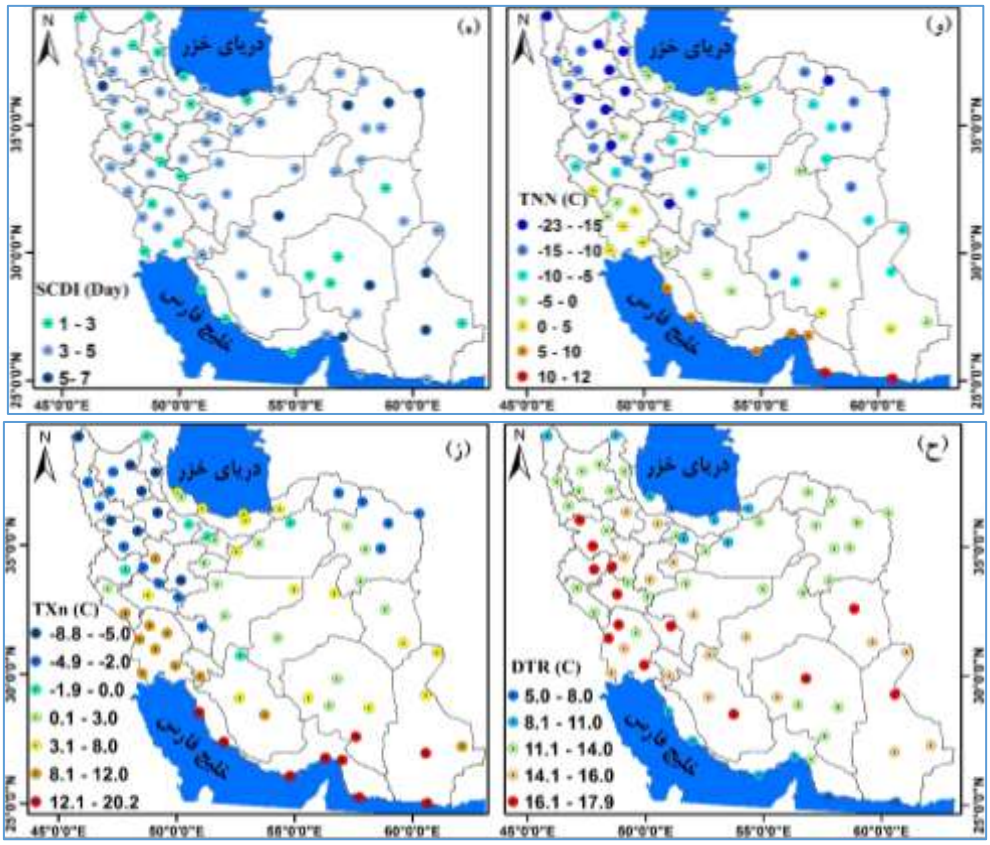
شکل ۲: میانگین رخداد مکانی شاخص‌های حدی گرم (SU25, TR20, TX90P, TN90P, GSL, WSDI, TXx, TNx) در سطح ایران طی دوره ۲۰۱۷-۱۹۸۵

شکل (۳) میانگین رخداد فراوانی شاخص‌های فرین سرد طی دوره ۲۰۱۷-۱۹۸۵ در سطح کشور ایران را نشان می‌دهد. همان‌طور که روی شکل مشخص است، در رخداد مکانی این شاخص‌ها شرایط توپوگرافی و موقعیت جغرافیای مناطق مختلف کشور نقش اصلی را ایفا می‌کنند. به‌طوری‌که بررسی مقادیر شاخص تعداد روزهای یخبندان (FD) نشان می‌دهد که در نواحی ساحلی جنوب و شمال کشور تعداد روزهای این شاخص به صفر و کمتر از ۵ روز و در نواحی مرکزی و شرقی کشور تعداد روزهای یخبندان به ۵۰ روز در سال نیز می‌رسد. بیشترین تعداد روزهای بخندان منطبق بر ارتفاعات کشور و در نواحی شمال غرب و غرب کشور و برای ایستگاه شهرکرد با تعداد ۱۲۳ روز ثبت شده است (شکل ۳، الف). بررسی مقادیر شاخص روزهای یخی (ID) بیانگر این است که در سطح کشور این شاخص از فراوانی قابل‌توجهی برخوردار نیست و مقدار این شاخص در سال برای بیشتر قسمت‌های کشور به صفر و کمتر از ۵ روز می‌رسد. بیشترین تعداد روزهای یخی در نواحی شمال غرب کشور و برای ایستگاه‌های ماکو ۳۳ روز و ایستگاه بیجار ۳۱ روز ثبت شده است. بعد از این منطقه ارتفاعات مرکزی زاگرس تعداد روزهای یخی بیشتری نسبت به سایر مناطق کشور دارند (شکل ۳، ب). در مجموع می‌توان گفت روزهای که دمای حداکثر به صفر و کمتر از آن برسد به جزء در نواحی شمال غرب کشور بسیار محدود است. شکل (۳، ج) میانگین فراوانی رخداد روزهای سرد، درصد روزهایی با دمای حداکثر کمتر از صدک دهم (TX10P) را نشان می‌دهد که بر اساس این شکل در سطح کشور ایران روزهای سرد برای تمامی نقاط کشور رخداد دارد و اختلاف قابل‌توجهی بین مناطق مختلف کشور از نظر این شاخص وجود ندارد. میانگین رخداد این شاخص در محدوده ۱۰ تا ۱۱ روز برای نقاط مختلف کشور می‌باشد که برای نواحی جنوبی و جنوبی غربی ۱۰ روز و برای سایر نقاط ۱۱ روز در سال ثبت می‌شود. بررسی مقادیر شاخص شب‌های سرد (TN10P) نیز نشان داد که تفاوت قابل‌توجهی بین مناطق مختلف کشور در رخداد این شاخص نیز همانند شاخص روزهای سرد وجود نداد و بیشتر مناطق تعداد ۱۰ شب سرد را طی سال تجربه می‌کنند (شکل ۳، د). شاخص طول مدت سرما (CSDI) تعداد روزهایی که حداقل شش روز متوالی دمای حداقل آن‌ها کمتر از صدک دهم باشد، یکی دیگر از شاخص‌های حدی سرما است که در این پژوهش موردبررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از بررسی این شاخص (شکل ۳، ه) نشان داد که بیشترین رخداد این شاخص با فراوانی ۷ دوره در سال برای ایستگاه بم و کمترین رخداد برای ایستگاه بوشهر با فراوانی ۱ دوره است. همان‌طور که روی شکل (۳، ه) مشخص است بیشتر نقاط ایران بین ۳ تا ۴ روز از فراوانی رخداد این شاخص برخوردارند. قابل‌ذکر است ایستگاه‌های با فراوانی روزهای بیشتر از ۴ روز در قسمت‌های مختلف کشور قابل‌مشاهده است و استان خراسان رضوی از بیشترین درصد فراوانی ایستگاهی از منظر این شاخص برخوردار است.

بررسی مقادیر شاخص کمینه ماهانه دمای حداقل روزانه (TNn) نشان داد که کمترین مقدار این شاخص در نقاط کوهستانی کشور و در ارتفاعات ثبت شده است، به‌طوری‌که نواحی شمال غرب کشور، ارتفاعات زاگرس و شمال شرق از کمینه شاخص TNn برخوردارند. از نظر ایستگاهی کمترین مقدار این شاخص در ایستگاه سقز با ۲۲- درجه سانتی‌گراد و بیشینه مقدار آن در سواحلی جنوبی کشور و ایستگاه جاسک با مقدار ۱۲/۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست‌آمده است (شکل ۳

و). بررسی مقادیر کمینه ماهانه دمای حداکثر روزانه (TNx) نیز نشان داد که کمینه ماهانه دمای حداکثر روزانه در قسمت‌های کوهستانی کشور به‌ویژه در منطقه شمال غرب، ارتفاعات زاگرس و گوشه شمال شرق کشور ثبت شد است. کمترین مقدار این شاخص در ایستگاه بیجار و به مقدار ۷/۸۰- درجه سانتی‌گراد به دست آمد. در مقابل بیشینه مقادیر کمینه ماهانه دمای حداکثر روزانه مطابق انتظار در سواحل جنوبی و نواحی جنوب غرب کشور ثبت شده است به‌طوری‌که ایستگاه چابهار با ۲۰/۱۸ درجه سانتی‌گراد از بیشترین مقدار کمینه ماهانه دمای حداکثر روزانه برخوردار است. در این مناطق کمینه ماهانه دمای حداکثر از مقادیر مثبت برخوردار است درحالی‌که در مناطق شمال غرب، ارتفاعات زاگرس و شمال شرق میانگین سالانه مقادیر این شاخص طی دوره مورد مطالعه منفی ثبت شده است (شکل ۳، ز).





مأخذ: نگارندگان

شکل ۳: میانگین رخداد مکانی شاخص‌های حدی سرد (FD, ID, TX10P, TN10P, SCDI, TNN, TXn) و دامنه تغییرات دمای شبانه‌روزی (DTR) در سطح ایران طی دوره ۲۰۱۷-۱۹۸۵

یکی دیگر از شاخص‌های مهم دمایی موردبررسی در این پژوهش، بررسی دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما در نقاط مختلف کشور ایران است که نتایج محاسبه این شاخص در شکل (۳، ح) نمایش داده شده است. همان‌طور که روی شکل مشخص است کمترین دامنه تغییرات دمای شبانه‌روزی در سطح کشور در سواحل شمالی و جنوبی ثبت شده است که دلیل اصلی آن وجود منابع آبی خزر در شمال کشور و خلیج‌فارس و دریای عمان در جنوب کشور و نقش تعدیل‌کننده شرایط دمایی آن‌ها است. در مقابل بیشترین دامنه تغییرات دمای شبانه‌روزی در نواحی کویری و روی ارتفاعات زاگرس قابل‌مشاهده است که دلیل اصلی این شرایط ویژگی‌های محیطی منطقه و نرخ جذب و بازتابش حرارت طی شبانه‌روز برمی‌گردد. از نظر ایستگاهی کمترین مقدار دامنه تغییرات دمای شبانه‌روزی در بندر انزلی با ۵ درجه سانتی‌گراد و بیشینه آن در ایستگاه کرمان با مقدار ۱۷/۸۶ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است (شکل ۳، ح).

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی مقادیر شاخص‌های حدی سرد طی دوره ۲۰۱۷-۱۹۸۵ نشان داد که این شاخص‌ها در سطح کشور تابعی از شرایط توپوگرافی و توزیع مکانی پارامتر حداقل دما هستند. به‌طوری‌که رخداد آن‌ها در مناطق مرتفع (مثل شمال غرب،

شمال شرق و غرب کشور) مناطقی که تحت تأثیر فرافت هوای سرد قرار دارند (مثل شمال شرق، شرق و ایران مرکزی) و مناطقی که تابش زمینی بیشتری در شب به دلیل کسب بیشتر انرژی در روز و صافی هوا و کمبود رطوبت دارند (مثل چاله‌های خشک مرکزی) بیشتر است. همچنین رخداد آن‌ها در مناطق جنوبی به دلیل ارتفاع کمتر و برخورداری از زاویه تابش عمودتر، مناطق ساحلی شمال و جنوب (به دلیل ارتفاع کم و اثرات تعدیلی دریا) کمتر است. در بین شاخص‌های سرد فرین، روزهای یخبندان یا شاخص Fd شایع‌ترین شاخص حدی سرد در کشور است که در بیشتر مناطق کشور بیش از ۴۰ روز در سال اتفاق می‌افتد و برای مناطق کوهستانی حتی به سه ماه در سال می‌رسد. رخداد این شاخص علاوه بر مناطق کوهستانی در شمال شرق و شرق کشور که تحت تأثیر نفوذ هوای سرد سیبری قرار دارند نیز شایع است. در مقابل، روزهای یخی (ID) رخداد زیادی در کشور ندارد و در بیشتر مناطق امکان وقوع آن کمتر از ۵ روز در سال است. بیشینه این شاخص در مناطق مرتفع زاگرس به ۳۰ روز در سال می‌رسد. توزیع شاخص‌های Tnn و Txn کاملاً منطبق با توزیع دمای کمینه کشور است و پایین‌ترین مقادیر آن‌ها در مناطق مرتفع و کوهستانی شمال غرب، غرب و ناحیه شمال شرقی که متأثر از فرا رفت هوای سرد است مشاهده می‌شوند. بیشینه دمایی این دو شاخص هم به جنوب و جنوب غرب کشور تعلق دارد. رخداد شاخص‌های روزهای سرد (Tx10p) و شب‌های سرد (Tn10p) تفاوت قابل‌توجهی بین مناطق مختلف کشور وجود ندارد و این دو شاخص به‌طور متوسط ۱۰ روز طی دوره ۱۹۸۵–۲۰۱۷ در مناطق مختلف کشور حادث شده‌اند. فراوانی وقوع شاخص CSDI که تداوم سرما را مورد سنجش قرار می‌دهد بیشتر متأثر از فرا رفت هوای سرد و ماندگاری آن قرار دارد.

بررسی فراوانی رخداد مکانی شاخص‌های فرین گرم در سطح کشور نشان داد که به‌طورکلی الگوی رخداد شاخص‌های فرین گرم از موقعیت جغرافیایی و شرایط توپوگرافی و محیطی کشور ایران پیروی می‌کند. به‌طوری‌که در مناطق با ارتفاعات زیاد و عرض جغرافیایی بالا مقادیر این شاخص‌ها از کمترین مقدار و در مناطق پست و کم ارتفاع جنوبی با عرض جغرافیایی پایین این شاخص‌ها از بیشینه مقدار فراوانی رخداد برخوردارند. به‌طوری‌که فراوانی رخداد شاخص‌های روزهای تابستانه (Su25) و شب‌های حاره‌ای (Tr20) به‌خوبی تأثیرپذیری از موقعیت جغرافیایی را نشان می‌دهند. فراوانی این شاخص‌ها از شمال به جنوب (همسو با کاهش عرض جغرافیایی) و از غرب به شرق (همسو با کاهش ارتفاع) افزایش می‌یابد. رخداد این دو شاخص برای نقاط کوهستانی شمال غرب، غرب و شمال شرق ایران کمتر و در نقاط پست و جلگه‌ای سواحل جنوب، جنوب غرب و جنوب شرق از بیشترین فراوانی برخوردار هستند. هرچند منطقه خزری از ارتفاع پایینی برخوردار است اما به دلیل عرض جغرافیایی بالا و ابرناکی قابل‌توجه این نقطه از کشور و اثرات تعدیلی دریا رخداد شاخص‌های گرم چندان زیاد نیست و این منطقه در گروه مناطق کمینه رخدادهای گرم قرار دارد. شاخص Su25 از شایع‌ترین شاخص‌های حدی گرم است که در تمام مناطق کشور امکان وقوع دارد. درحالی‌که رخداد شاخص Tr20 برای شمال غرب و مناطق مرتفع زاگرس در بیشتر سال‌ها صفر است. در مناطق بیشینه رخداد (سواحل جنوب) هم وقوع شاخص Su25 به‌مراتب بیشتر از Tr20 است. توزیع مکانی دو شاخص (TXx) و (TNx) به‌خوبی اثر

تعدیلی دریا و فرا رفت هوای گرم را در توزیع حداکثر دمای کشور نشان می‌دهد. کمترین مقدار این شاخص‌ها مربوط به سواحل شمال کشور و منطقه شمال غرب و شمال شرق است. شاخص ماندگاری هوای گرم (Wsdi) هم توزیعی مشابه با این دو شاخص دارد و مقدار آن به سمت جنوب و غرب بیشتری می‌شود. علت افزایش این سه شاخص در جنوب غرب کشور نسبت به شرق کشور به دلیل فرا رفت هوای گرم از سمت عربستان به سمت غرب و جنوب غرب کشور است. همچون شاخص‌های روزهای سرد (Tx10p) و شب‌های سرد (Tn10p)، در رخداد روزهای گرم (TX90P) و شب‌های گرم (TN90P) اختلاف قابل‌توجهی در سطح کشور وجود ندارد.

در مجموع می‌توان گفت که شرایط دمایی و رخداد فرین‌های دمایی در ایران از نظر مکانی تابعی از ویژگی‌های جغرافیای است که طی دوره مورد مطالعه در مناطق مختلف تمایل به افزایش دارد که این روند افزایشی با مطابق با روند افزایش دمای جهانی است؛ بنابراین برای مقابله و مدیریت صحیح در برابر اثرات ناشی از افزایش رخدادهای فرین دمایی در سطح کشور نیازمند اقدامات و تصمیم‌گیری‌های مناسب در مقیاس منطقه‌ای هستیم.

منابع

۱- رنا، رضا. حسن‌زاده، شاه رضایی. (۱۳۹۵): ارزیابی و تحلیل رویدادهای حدی آب و هوایی استان خوزستان با استفاده از روش من کندال، جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، ۶(۳)، ۷-۱۸.

۲- جهانبخش، سعید. خورشید دوست، علی‌محمد. دین‌پژوه، یعقوب. سرافروزه، فاطمه. (۱۳۹۳): تحلیل روند و تخمین دوره‌های بازگشت دما و بارش‌های حدی در تبریز، ۱۸ (۵۰)، ۱۰۷-۱۳۳.

۳- دارند، محمد. ۱۳۹۳، واکاوی تغییرات مقادیر حدی بارش و دما در ارومیه به‌عنوان نشانه‌هایی از تغییر اقلیم، حفاظت آب‌وخاک، ۲۱(۲)، ۲۹-۱.

۴- رحیم زاده، فاطمه. (۱۳۸۴): بررسی تغییرات مقادیر حدی بارش در ایران، مجله نیوار، ۳۰(۵۹)، ۷-۲۰.

۵- عرفانیان، مریم. انصاری، حسین. علیزاده، امین. بنایان اول، محمد. (۱۳۹۶): برآورد روابط فراوانی- تداوم- دوره بازگشت نمایه‌های فرین (حدی) اقلیمی در نقاط مختلف استان خراسان رضوی، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، ۳۲ (۱)، ۳۷-۵۰.

۶- عسگری، احمد. رحیم زاده، فاطمه. محمدیان، نوشین. فتاحی، ابراهیم. (۱۳۸۶): تحلیل روند نمایه‌های بارش‌های حدی در ایران، مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۳(۳)، ۴۲-۵۵.

۷- علیجانی، بهلول. روشنی، احمد. پرک، فاطمه. حیدری، روحا.... (۱۳۹۱): روند تغییرپذیری فرین‌های دما با استفاده از شاخص‌های تغییر اقلیم در ایران، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۲، ۲۸-۱۷.

۸- علیجانی، بهلول. فرج زاده، حسن. (۱۳۹۴): تحلیل روند شاخص‌های دمای فرین در شمال ایران، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۱۹ (۵۲)، ۲۵۶-۲۲۹.

۹- کریمی، مصطفی. ستوده، فاطمه. رفعتی، سمیه. (۱۳۹۷): تحلیل روند تغییرات و پیش‌بینی پارامترهای حدی دمای سواحل جنوبی دریای خزر، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۸ (۴۸)، ۷۹-۹۳.

۱۰- کوزه گران، سعیده. موسوی بایگی، محمد. (۱۳۹۴): بررسی روند رویدادهای حدی اقلیمی در شمال شرق ایران، نشریه آب و خاک، ۲۹ (۳)، ۷۵۰-۷۶۴.

۱۱- محمدی، حسین. تقوی، فرحناز. (۱۳۸۴): روند شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران، پژوهش‌های جغرافیایی، ۵۳، ۱۷۲-۱۵۱.
۱۲- مسعودیان، سید ابوالفضل. دارند، محمد. (۱۳۹۲): تحلیل همدید یخبندان‌های فراگیر و بادوام ایران، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲ (۲۴)، ۱۲۹-۱۴۰.
۱۳- میری، مرتضی، رحیمی، مجتبی. (۱۳۹۴): بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی پارامترهای دمایی در پهنه ایران، فصل‌نامه جغرافیایی سرزمین، ۱۲(۴۷): ۷۵-۶۵.
۱۴- ورشاویان، وحید. خلیلی، علی. قهرمان، نوذر. حجام، سهراب. (۱۳۹۰): بررسی روند تغییرات مقادیر حدی دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در چند نمونه اقلیمی ایران، مجله فیزیک زمین و فضا، ۳۷ (۱)، ۱۶۹-۱۷۹.

15- Brunetti, M. Buffoni, L. Maugeri, M. And Nanni, T. (2000): Trends Of Minimum And Maximum Daily Temperatures In Italy From 1865 To1996, Theoretical And Applied Climatology, 66: 49-60.
16- Easterling, D. R. Meehl, G. A. Parmesan, C. Changnon, S. Karl, T. R. Mearns, L. O. (2000): Climate Extremes: Observations, Modeling, And Impacts, Atmospheric Sciences, E289 (487): 2068-2074.
17- Gebrechorkos, S.H. Hülsmann, S. Bernhofer, C. (2018): Changes In Temperature And Precipitation Extremes In Ethiopia, Kenya, And Tanzania, International Journal Of Climatology, 39:18–30. DOI: 10.1002/Joc.5777.
18- Handmer, J. Honda, Y. Kundzewicz, Z.W. Mechler, R. (2012): Changes In Impacts Of Climate Extremes: Human Systems And Ecosystems, A Special Report Of Working Groups I And II Of The Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, And New York, NY, USA, Pp. 231-290.
19- Hanson, C.E. Palutikof, J.P. Dlugolecki, A. Giannakopoulos, C. (2006): Bridging The Gap Between Science And The Stakeholder: The Case Of Climate Change Research, Climate Research, 31:121–133.
20- Hong, Y. Ying, S. (2018): Characteristics Of Extreme Temperature And Precipitation In China In 2017 Based On ETCCDI Indices, Advances In Climate Change Research, 9: 218-226.
21- Hu, Y. Maskey, S. Uhlenbrook, S. (2012): Trends In Temperature And Rainfall Extremes In The Yellow River Source Region, China, Climatic Change, 110(1): 403-429.
22- Hundecha,Y. And Rdossy, A. (2005): Trends In Daily Precipitation And Temperature Extremes Across Western Germany In The Second Half Of The 20th Century, International Journal Of Climatology, 25: 1189–1202.
23- Im E. S. Jung I. W. Bae D. H. (2011): The Temporal And Spatial Structures Of Recent And Future Trends In Extreme Indices Over Korea From A Regional Climate Projection, International Journal Of Climatology, 31(1): 72–86.
24- IPCC, (2007): In: Solomon, S. Qin, D. Manning, M. Chen, Z. Marquis, M. Averyt, K. B. Tignor, M. Miller, H.L. (Eds.), Climate Change (2007), The Physical Science Basis. Contribution Of Working Group I To The Fourth Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom/ New York, USA.
25- IPCC, 2001, Climate Change (2001): Impacts, Adaptation And Vulnerability, Contribution Of Working Group II To The Third Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change.
26- Jiang, D. Wang, K. Li, Z. Wang, Q. (2011): Variability Of Extreme Summer Precipitation Over Circum-Bohai-Sea Region During 1961–2008, Theoretical And Applied Climatology, 104(3):501-509.
27- Manton, M.J. Della-Marta, P.M. Haylock, M.R. And Et Al. (2001): Trends In Extreme Daily Rainfall Andtemperature In Southeast Asia And The South Pacific: 1916-199. International Journal Of Climatology, 21: 269-284.

28- Rusticucci, M. And Renom, M. (2008): Variability And Trends In Indices Of Quality-Controlled Daily Temperature Extremes In Uruguay, International Journal Of Climatology, 28: 1083-1095.
29- Tan, M.L. Samat, N. Chan, N.W. Lee, A.J. Li, C. (2019): Analysis Of Precipitation And Temperature Extremes Over The Muda River Basin, Malaysia, Water, 11(2), 283; Https://Doi.Org/10.3390/W11020283.
30- Zhu, Y. Toth, Z. (2001): Extreme Weather Events And Their Probabilistic Prediction By The NCEP Ensemble Forecast System, Proceedings Of The Symposium On Precipitation Extremes: Prediction, Impact, And Responses, Albuquerque, USA.