

واکاوی مکانی زمانی روند شاخص گرمایش و سرمایش ماهانه در ایران

کمال امیدوار^۱، رضا ابراهیمی*^۲، مریم ملک میرزائی^۳

۱- استاد آب وهواشناسی، دانشگاه یزد

۲- دانشجوی دکتری مخاطرات جوی، دانشگاه یزد

۳- دانشجوی کارشناس ارشد محیط زیست دانشگاه یزد

(دریافت: ۹۵/۰۲/۲۲، پذیرش: ۹۵/۰۵/۱۶)

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی تغییرات فضایی درجه روزهای نیازگرمایش و سرمایش ماهانه ایران است. نخست داده‌های میانگین دمای روزانه از پایگاه داده‌های اسفزاری^۱ استخراج گردید. این پایگاه داده شامل میانگین روزانه دما از سال ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۸۳/۱۲/۲۹ بر روی یاخته‌هایی به ابعاد ۱۵×۱۵ کیلومتر در سراسر کشور است. به این ترتیب ماتریسی به ابعاد ۱۵۹۹۶×۷۱۸۷ به دست آمد که سطرهای آن بیانگر روز و ستون‌های آن بیانگر یاخته (سلول) است. سپس شاخص شدت درجه روزهای گرمایش و سرمایش با استفاده از آستانه دمایی صفر درجه سانتی‌گراد محاسبه شد. در مرحله بعد جمع ماهانه این فراسنج‌ها در ماتریسی به ابعاد ۵۲۸×۷۱۸۷ در نرم‌افزار MATLAB محاسبه گردید. روند ماهانه این فراسنج‌ها نیز در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ از طریق آزمون من‌کنندال محاسبه و در نهایت نقشه‌های روند ماهانه شدت نیاز گرمایش و سرمایش در نرم‌افزار SURFER ترسیم شد. آن چه که از نتایج این واکاوی‌ها به دست آمد بروز روند مثبت شدت گرمایش در مناطق گرم ایران می‌باشد که گواهِ بر افزایش دمای مناطق گرم ایران در ماه‌های گرم سال است. بروز روند شاخص‌های منفی شدت گرمایش در پاره‌ای از نقاط کوهستانی نیز کاهش دما در این مناطق را نمایان می‌سازد. بیشترین گستره مکانی روند مثبت شاخص شدت گرمایش نیز در ماه‌های شهریور و آبان به ترتیب در ۷۸ و ۶۹ درصد از وسعت کشور مشاهده می‌شود که خود گویای گرم‌تر شدن بیش از دو سوم از وسعت کشور طی این دو ماه است. از لحاظ شدت سرمایش نیز در ماه‌های آذر و اسفند در بلندی‌های کشور شاهد کاهش دمای هوا می‌باشیم.

کلمات کلیدی: روند، شدت گرمایش، شدت سرمایش، ایران.

مقدمه

ساختمان‌ها، تولید انرژی، ذوب برف، یخبندان، رشد گیاه، گل‌دهی، برداشت محصول، انرژی مصرفی برای گرمایش و سرمایش شهرهای بزرگ، سیستم‌های حمل و نقل و بیماری دارای کاربرد است (Borah, et al, 2015). همکاران، (۱۳۹۵). یکی از زیر شاخه‌های درجه روز، شاخص شدت گرمایش و سرمایش است. این بحث کاربردهای عمده‌ای در مسایل محیطی انسان از جمله تهیه اطلاعات مهم تنوع اقلیمی، ارائه اطلاعات برای طراحی ویژه ساختمانی در مناطق سرد و گرم و همچنین تغییرات میزان ذوب برف و یخبندان دارد (حجازی‌زاده و ناصرزاده، ۱۳۸۴). بکارگیری شاخص شدت سرمایش و شدت گرمایش در ارزیابی پراکندگی تغییرات انرژی زمین مفید بوده و کاربردهای عمده‌ای در مسایل محیطی انسان و بویژه شاخص مفیدی برای تغییرات اقلیمی است (Vargas et al, 2014). این شاخص عموماً بر اساس مشاهدات روزانه دما تعریف می‌شود که برای بسیاری از مناطق عرض‌ای بالا به آسانی در دسترس

با توجه به روند فعلی افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تشدید گرمایش جهانی برای دهه‌های آینده غیرقابل انکار است؛ به گونه‌ای که تاثیر بسزایی بر روی منابع و پدیده‌های طبیعی و انسانی دارد از آنجایی که دما یکی از عناصر اساسی شکل‌گیری اقلیم می‌باشد تغییرات آن می‌تواند ساختار آب و هوایی هر منطقه را دگرگون سازد (روشن و همکاران، ۱۳۹۰). طی چند دهه اخیر، رشد صنایع و کارخانه‌ها از یک سو و جنگل زدایی و تخریب محیط زیست از سوی دیگر باعث افزایش روزافزون تخریب طبیعت و افزایش گازهای گلخانه‌ای در سطح کره زمین شده است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۲، حجازی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۴). یکی از اثرات گازهای گلخانه‌ای تغییرات دما بویژه درجه روز است. از جمع تفاوت بین میانگین‌های روزانه دما از آستانه دمایی معین در دوره مشخصی از سال شاخصی به نام درجه روز به دست می‌آید (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳). درجه روز در بخش‌های گوناگونی نظیر معماری

نیست (Luo et al, 2014). شاخص شدت سرمایش (یخ زدگی) در واقع جمع دمای روزانه مثبت و منفی بین مرتفع‌ترین نقاط (در پائیز) و پائین‌ترین نقاط (در بهار بعدی) بروی منحنی زمان - درجه روز می‌باشد. شاخص شدت گرمایش (یخ گشائی) نیز برآورد جمع ریاضی میانگین درجه حرارت مثبت و منفی در یک ایستگاه در طول زمان معین بین دو نقطه پائین‌ترین در بهار و بالاترین در پائیز بعدی بر منحنی تجمعی زمان درجه روز است (Lucio et al, 2012, Frauenfeld, 2007).

از جمله مطالعات خارجی انجام شده در این زمینه می‌توان به Frauenfeld, et al (2007) اشاره کرد که تغییرات ذوب یخچال‌های نیمکره شمالی در قرن بیستم را با شاخص شدت سرمایش و با آستانه دمایی صفر درجه سانتی‌گراد محاسبه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که در دهه‌های اخیر تغییرات قابل توجهی در لایه‌های یخی در روسیه دیده شده است. خلیلی و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از شاخص شدت سرمایش^۱ تغییرات یخبندان را در مناطق خشک و نیمه خشک ایران برای یک دوره آماری ۱۱ ساله (۲۰۰۳-۱۹۹۲) را مورد بررسی قرار دادند، واکاوی‌ها گویای همبستگی قابل توجهی بین تغییرات شاخص سرمایش و یخبندان بود. Tonghua, et al (2007) به بررسی روند شاخص ذوب طی دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۸۷ در مغولستان پرداختند. آنان با استفاده از داده‌های میانگین روزانه دما شاخص شدت سرمایش در مغولستان را محاسبه کردند. Elizabeth (2013) روند شاخص گرمایش در کشور آرژانتین را مورد واکاوی قرار دادند. در بررسی آن‌ها داده‌های دمای حداقل و حداکثر روزانه طی دوره آماری ۲۰۰۸-۱۹۰۰ با ابعاد ۲۵×۲۵ کیلومتر میان‌یابی شد. نتایج این پژوهش گویای آن است که در مناطق ساحلی وجود روند منفی شدت گرمایش محیط می‌تواند به دلیل اثر رطوبت دریا بر این منطقه باشد. Rosa, et al (2014) روند درجه روزهای گرمایش و سرمایش در ایتالیا را مورد واکاوی قرار دادند. نتایج آن‌ها بیانگر روند افزایشی در میزان مصرف انرژی جهت سرمایش محیط است.

نکته قابل تأمل این است که در هر چهار آستانه دمایی انتخاب شده روند درجه روز سرمایش افزایش و روند درجه روز گرمایش کاهش معنی‌داری داشته است.

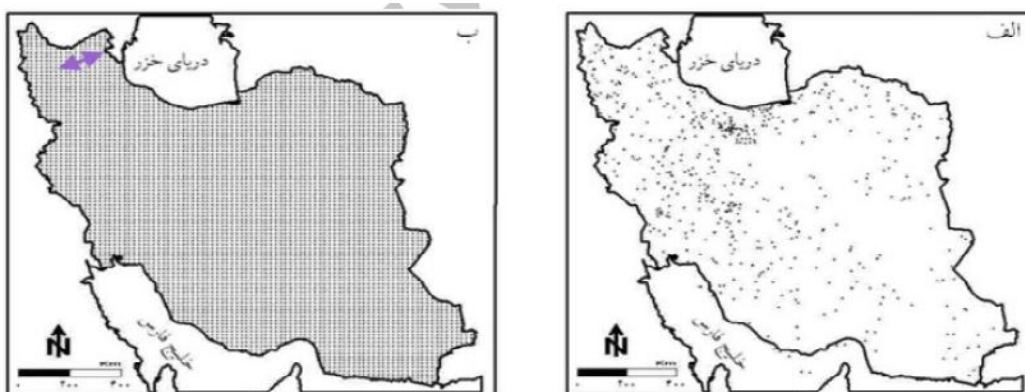
از مطالعات داخلی انجام شده در بحث تغییرات شاخص‌های گرمایش و سرمایش می‌توان به تحقیق خلیلی (۱۳۷۹)، اشاره داشت که پیشنهاد یک سیستم پهنه‌بندی اقلیمی از دیدگاه نیازهای گرمایش و سرمایش و اعمال آن بر گستره ایران را بررسی کرده است. مسعودیان و همکاران (۱۳۹۳) روند ماهانه درجه روز گرمایش ایران را مورد واکاوی قرار دادند. در این مطالعه روند و شیب روند ماهانه درجه روز گرمایش ایران، با آستانه دمایی ۱۸ درجه و با استفاده از میانگین دمای روزانه هوا، طی دوره آماری ۴۴ ساله (۱۳۸۳-۱۳۴۰) محاسبه شد. با استفاده از آزمون من‌کنندال نیز روند و شیب روند جمع ماهانه درجه روز گرمایش در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ برای هر یک از یاخته‌ها در نرم‌افزار MATLAB محاسبه گردید. نتایج نشان داد که روند مثبت نیاز گرمایشی در شمال کردستان و زنجان مربوط به فصول بهار و پاییز است.

همان‌گونه که بیان شد یکی از اثرات بارز گرمایش جهانی تغییرات دما به ویژه درجه روز است. شناخت شاخص‌های شدت گرمایش و سرمایش که در بسیاری از زمینه‌ها از جمله مصرف انرژی و رویدادهای یخبندان و ذوب یخ مؤثر می‌باشد دارای اهمیتی بسیاری است. حال آن که با توجه به اهمیت این موضوع واکاوی تغییرات این شاخص‌ها آن هم به صورت گسترده بر روی ایران انجام نشده است. لذا شناخت تغییرات مکانی زمانی این رویدادها امری ضروری است که در این مطالعه به آن پرداخته شده است.

داده‌ها و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

کشور ایران با مساحت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع میان ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۳ درجه طول شرقی واقع شده است. تعداد ایستگاه‌های سینوپتیک و کليما تولوژی که ۶۶۳ مورد می‌باشد و شبکه میان‌یابی شده با استفاده از روش میان‌یابی کریجینگ می‌باشد که شامل ۷۱۸۷ (سلول است) به ترتیب در شکل ۱ موارد الف و ب نشان داده شده است.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه (الف) شبکه بندی منظم (ب) شبکه میان یابی (منبع: نگارندگان)

که در این رابطه T_b آستانه دمایی مورد استفاده برای محاسبه درجه روز سرمایش و T_d میانگین دمای روزانه هر یاخته است (وانگ و همکاران، 2015، Borah et al).

محاسبه شاخص شدت سرمایش

جهت محاسبه شاخص شدت سرمایش ابتدا میانگین دمای روزانه را از آستانه دمایی کم می کنیم.

$$AFI = T_{\text{mean}} - T_{\text{reference}} \quad (3)$$

که در آن $T_{\text{reference}}$ آستانه دمایی و T_{mean} میانگین دمای روزانه هواست که جهت محاسبه شاخص شدت گرمایش بکار می رود (Frauenfeld, et al, 2007, wu, et al, 2011).

برای محاسبه جمع ماهانه فراسنج سرمایش نیز از رابطه (۴) زیر استفاده می شود.

$$T_b \text{ then } T_c = T_d - T_b \text{ if } T_d > D_c = \sum_{j=1}^N (T_c) \{ \text{else } T_c = 0 \} \quad (4)$$

خروجی جمع ماهانه این مقادیر طی دوره مورد مطالعه (۱۳۸۲-۱۳۴۰) در نرم افزار MATLAB در ماتریسی به ابعاد 432×7187 به دست آمد.

در مرحله بعد آزمون من کندال بر روی داده ها اعمال شد. الف) ابتدا بر اساس آماره S اختلاف بین تک تک مشاهدات (درجه روز) را با همدیگر محاسبه می کنیم.

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{i=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

ب) در این معادله $i > j$ است و n تعداد کل مشاهدات، x_j و x_k به ترتیب مقادیر z و k سری می باشد. خروجی تابع بالا علامت هر سری را به صورت زیر روشن می کند.

برای محاسبه شاخص گرمایش و سرمایش ایران به داده های میانگین روزانه دما نیاز است. داده های میانگین دمای روزانه دوره گذشته نیز از پایگاه داده های اسفزاری استخراج گردید. این پایگاه داده ها شامل میانگین روزانه دما از سال $1340/1/1$ تا $1381/12/29$ بر روی یاخته هایی به ابعاد 15×15 کیلومتر در سراسر کشور است به این ترتیب ماتریسی به ابعاد 15996×7187 به دست آمد که سطرها و ستون های آن به ترتیب بیانگر روز و یاخته می باشد.

محاسبه شاخص شدت گرمایش (ATI)

جهت محاسبه شاخص شدت گرمایش ابتدا تفاضل مقادیر آستانه دمایی و میانگین دمای هر روز محاسبه می شود.

$$ATI = T_{\text{reference}} - T_{\text{mean}} \quad (1)$$

که در این رابطه $T_{\text{reference}}$ آستانه دمایی و T_{mean} میانگین دمای روزانه هواست که جهت محاسبه شاخص شدت گرمایش مورد استفاده قرار می گیرد. در رابطه ۱ از آستانه دمایی صفر درجه که در بسیاری از پژوهش ها به آن اشاره شده استفاده شده است (Frauenfeld, et al, 2007, wu, et al, 2011).

جهت محاسبه جمع ماهانه فراسنج گرمایش نیز از رابطه ۲ استفاده می شود.

$$T_d \text{ then } T_c = T_b - T_d \text{ if } T_b > D_h = \sum_{j=1}^N (T_c) \{ \text{else } T_c = 0 \} \quad (2)$$

اثرات گرمایش جهانی بر تغییرات دما دارای اهمیت زیادی است (wu, etall, 2011).

شکل‌های ۱ تا ۱۲ تغییرات این فراسنج را طی ماه‌های مختلف سال نشان می‌دهد. در ماه فروردین گرمایش چاله‌های داخلی، جلگه خوزستان، نواحی پسرکانه‌ای دریای عمان و باریکه زاگرس جنوبی با ۵۷ درصد وسعت کشور روندی افزایشی داشته است، به عبارت دیگر بر گرمای این مناطق در این ماه افزوده می‌گردد. این در حالی است که گرمایش در بلندی‌های زاگرس مرکزی و شمالی، البرز و خراسان جنوبی با ۱۰ درصد از وسعت کشور روندی کاهش‌ی را دارا بوده است. به عبارتی در این ماه وقوع روندهای دمایی زیر صفر مشاهده شده است. بخش‌هایی از باریکه شمال غرب، شمال شرق، شرق و زاگرس جنوبی نیز با وسعت ۳۳ درصد فاقد روند بوده و میزان گرمایش آن‌ها ثابت بوده است (شکل ۱). در اردیبهشت ماه با اضافه شدن جلگه‌ها و سواحل جنوبی، بر گستره مناطق دارای روند دمایی مثبت افزوده شده و در این ماه ۶۵ درصد از مساحت ایران دارای روندی افزایشی در میزان گرمایش هوا داشته‌اند. روند منفی گرم شدگی نیز همانند ماه قبل در مناطق ذکر شده با اندکی وسعت، ۱۴ درصد گستره ایران را در بر گرفته است. بخش‌هایی از یک سوم شمالی کشور و استان کرمان نیز با وسعت ۲۱ درصد تغییری در میزان دمای خود مشاهده نکرده است (شکل ۲). گرمترین ماه‌های سال خرداد و تیر هستند که مصرف انرژی جهت سرمایش محیط و ذوب برف و یخ‌های کوهستانی در این دو ماه بالا است. بروز روند مثبت در گرمایش هوا در مناطق پست و کم‌ارتفاع کشور (نظیر چاله‌های داخلی، جلگه‌ها و سواحل جنوبی) با ۵۵ درصد وسعت، بیانگر گرم‌تر شدن هوا در مناطق گرم کشور در ماه‌های گرم سال است. اما در نوار کوهستانی مانند نواحی زاگرس مرکزی و شمالی، البرز و خراسان با ۱۴ درصد وسعت، روند شدت گرمایش منفی بوده و در این مناطق دمای هوا روندی کاهش‌ی را دارا بوده است (شکل‌های ۳ و ۴). در مرداد ماه علاوه بر مناطق پست و کم‌ارتفاع کشور و جلگه‌ها و سواحل جنوبی خلیج فارس، روند مثبت گرمایش

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1(x_j - x_k) > 0 \\ 0. (x_j - x_k) = 0 \\ -1(x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

پ) بعد از تعیین علامت، واریانس هر کدام از مشاهدات را با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌کنیم. تعداد مشاهدات باید بزرگتر از ۱۰ باشد ($n > 10$).

$$V(S) = \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} \quad (3)$$

ت). مرحله بعد محاسبه آماره Z است.

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}}} & s > 0 \\ 0 & s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}}} & s < 0 \end{cases} \quad (4)$$

ث) مرحله بعد آزمون فرض است. فرض صفر بر عدم وجود روند و تصادفی بودن آن دلالت دارد و بدین معنی است که Z آماری معنی‌داری نیست (برای مثال دما و دوره‌ی تر و خشک وجود ندارد). زمانی این فرض تأیید می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد.

$$-Z_{\alpha/2} < Z < Z_{\alpha/2} \quad (5)$$

مقادیر $Z_{\alpha/2}$ انحراف نرمال استاندارد (Z جدول) است. فرض مقابل یا فرض یک بر وجود روند دلالت دارد و بدین معنی است که Z به لحاظ آماری معنی‌دار است. زمانی این فرض تأیید می‌شود که $Z < -Z_{\alpha/2}$ است. در برخی پیمانگاه‌ها روند دما مثبت (گرمایش) و در برخی دیگر از آن‌ها روند دما منفی (سرمایش) یا برخی ماه‌ها مرطوب و برخی دیگر خشک هستند. بنابراین فرضیه‌ها در چنین مواردی دو طرفه انتخاب می‌شوند سطح معنی‌داری در این پژوهش $\alpha = 0.05$ می‌باشد بنابراین با توجه به دو طرفه بودن آزمون میزان Z جدول برابر ۱/۹۶ خواهد بود (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳). بعد از محاسبه روند نقشه‌های ماهانه این فراسنج‌ها (شدت گرمایش و سرمایش) در نرم‌افزار سورفر ترسیم شد. جهت محاسبه درصد مساحت مناطق دارای روند در هر ماه از اسکریپت نویسی در نرم‌افزار MATLAB استفاده شد.

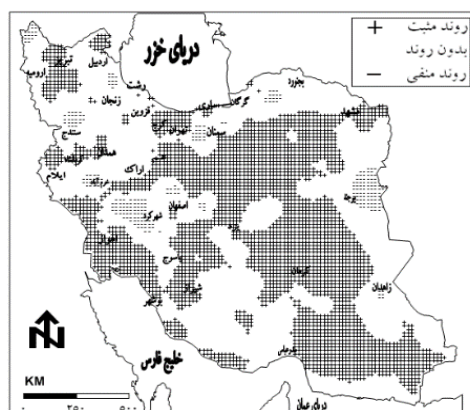
نتایج و بحث

واکاوی مکانی زمانی روند ماهانه شدت گرمایش

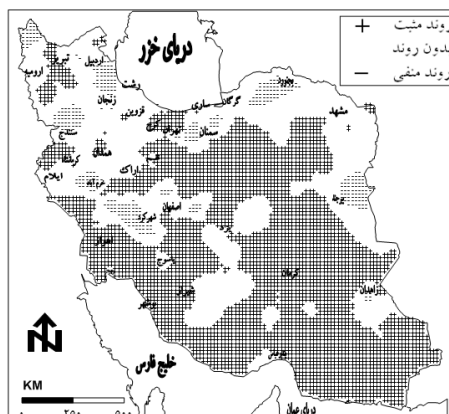
شاخص شدت گرمایش بروز دماهای بالاتر از صفر درجه سانتی‌گراد را بیان می‌کند و محاسبه این شاخص در بسیاری از برنامه‌ریزی‌ها نظیر مصرف انرژی ساختمان‌ها و محاسبه تغییرات ذوب یخ و برف در مناطق سردسیر و نیز شناسایی

در ۹ درصد کشور نمایان است (شکل ۷). دومین بیشینه گستره مکانی روند مثبت گرمایش در آبان ماه رخ داده است. در این ماه نیمه شرقی کشور و سواحل جنوبی با ۶۸ درصد وسعت، شاهد روند افزایشی در بروز دماهای بالاتر از صفر درجه سانتی گراد بوده‌اند. روند منفی گرمایش نیز منحصر به توده‌های کوهستانی زاگرس مرکزی، شمال زنجان و کردستان، شرق تهران و غرب بیرجند بوده است (شکل ۸). در آذر ماه نیمه جنوبی کشور روندی افزایشی در میزان شدت گرمایش را تجربه کرده است. نوار کوهستانی البرز و زاگرس نیز با ۱۲ درصد وسعت روندی منفی در میزان گرمایش داشته‌اند. بخش‌های شرقی و نیمه شمالی نیز با ۶۰ درصد وسعت، در این ماه فاقد روند بوده‌اند (شکل ۹). کمترین گستره مکانی مناطق دارای روند را فصل زمستان به خود اختصاص داده است، به گونه‌ای که در ماه‌های سرد سال به ویژه بهمن و اسفند در بیش از ۷۰ درصد وسعت کشور روندی مشاهده نشده است. در دی ماه چاله‌های داخلی، نوار زاگرس جنوبی و بخش‌هایی از البرز و فلات آذربایجان با ۲۶ درصد وسعت کشور دارای روندی افزایشی گرمایش بوده‌اند (شکل ۱۰). بیشترین گستره مکانی مناطقی با روند منفی شدت گرمایش نیز در اسفند ماه مشاهده شده است. در این ماه توده‌های کوهستانی البرز، زاگرس، خراسان جنوبی و زاهدان با ۲۰ درصد وسعت دارای روندی کاهش در میزان گرمایش را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۱۲).

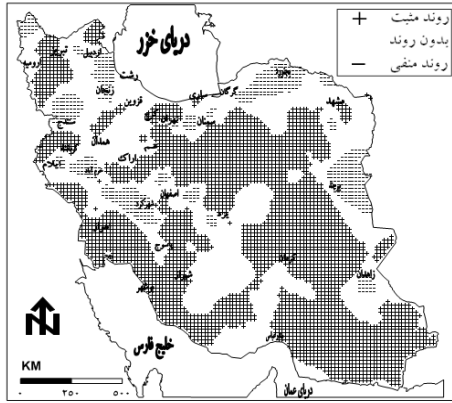
هوا جلگه‌ها و سواحل شمالی، بخش‌های مرکزی فلات آذربایجان و زاگرس شمالی را نیز با وسعت ۵۵ درصد در برگرفته است، درحالی که از شدت گرمایش هوا در سواحل دریای عمان در این ماه کاسته شده و این مناطق فاقد روند بوده است. بخش‌هایی از زاگرس مرکزی، بیرجند، بجنورد، شرق تهران، جنوب زاهدان و شمال آذربایجان با ۱۴ درصد وسعت کشور روندی کاهش در میزان دمای هوا را دارا بوده‌اند (شکل ۵). بیشترین گستره مکانی مناطق دارای روند مثبت گرمایش مربوط به شهریور ماه است. در این ماه در ۸۰ درصد وسعت کشور روند گرمایش هوا افزایشی بوده است. بلندی‌های زاگرس، آذربایجان و البرز در این ماه روندی منفی در میزان شدت گرمایش داشته‌اند (شکل ۶). از واکاوی شاخص‌های شدت گرمایش در نیمه گرم سال مشاهده می‌شود که میزان شدت گرمای مناطق پست و گرم کشور دارای روند افزایشی بوده است. به عبارت دیگر شدت گرمای مناطق گرم کشور افزایش یافته است. شاخص منفی شدت گرمایش در توده‌های کوهستانی معرف روند خنک شدگی این مناطق در نیمه گرم سال است. در مهر ماه گستره مکانی مناطق دارای روند مثبت گرمایش تا حدی کاسته شده است و روند مثبت در میزان گرمایش در این ماه بخش‌های مرکزی، چاله‌ها و باریکه توده کوهستانی زاگرس جنوبی و سواحل خلیج فارس را با ۴۸ درصد از وسعت کشور فراگرفته است. روند منفی نیز در بلندی‌های شهرکرد، لرستان، شمال کردستان و زنجان و بخش‌هایی از جنوب بجنورد و بیرجند



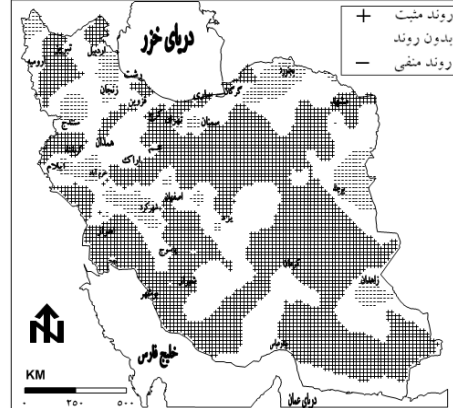
شکل ۱- شاخص شدت گرمایش ماه فروردین



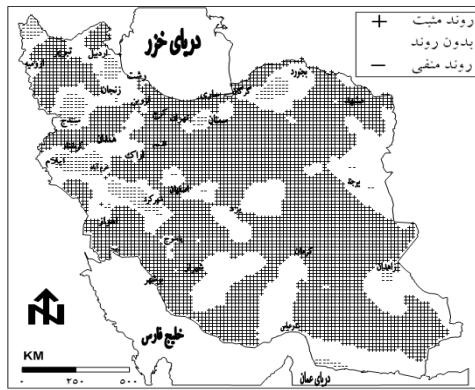
شکل ۲- شاخص شدت گرمایش ماه اردیبهشت



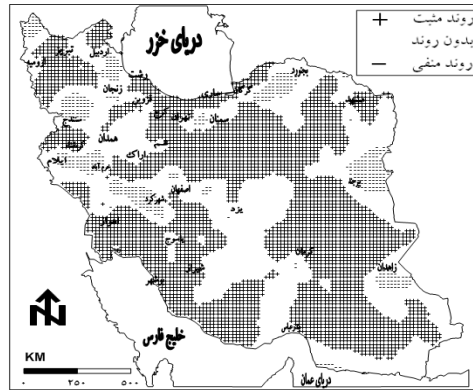
شکل ۳- شاخص شدت گرمایش ماه خرداد



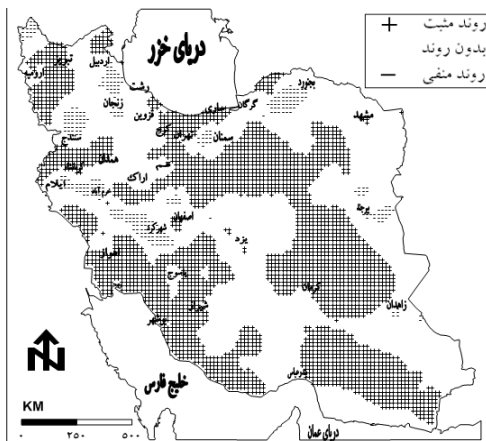
شکل ۴- شاخص شدت گرمایش ماه تیر



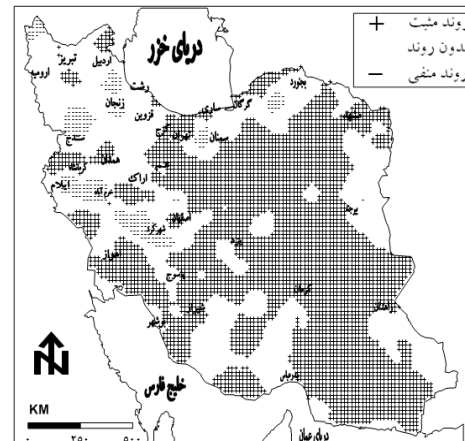
شکل ۵- شاخص شدت گرمایش ماه مرداد



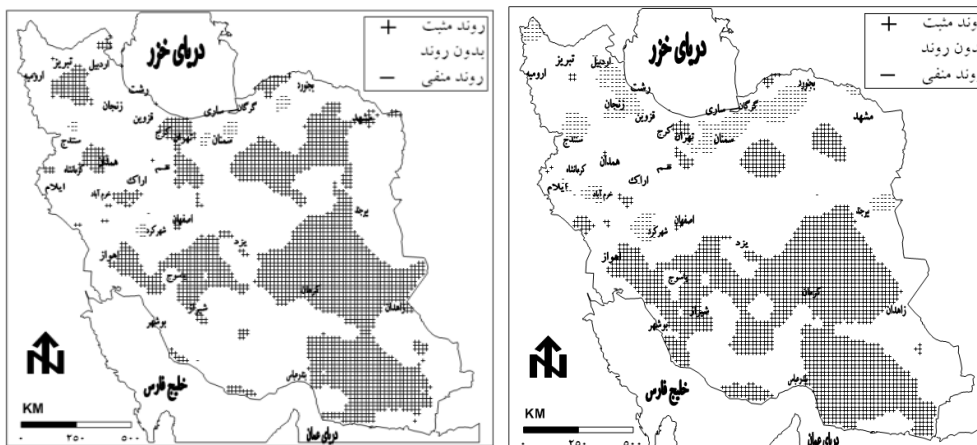
شکل ۶- شاخص شدت گرمایش ماه شهریور



شکل ۷- شاخص شدت گرمایش ماه مهر

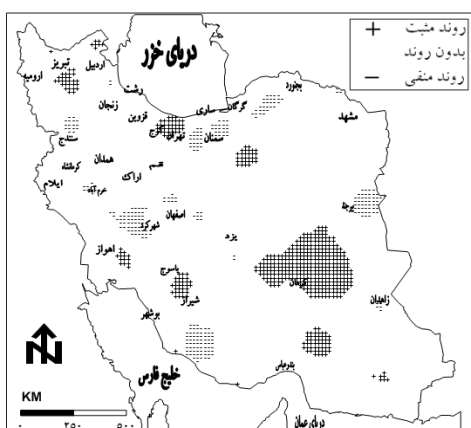


شکل ۸- شاخص شدت گرمایش ماه آبان

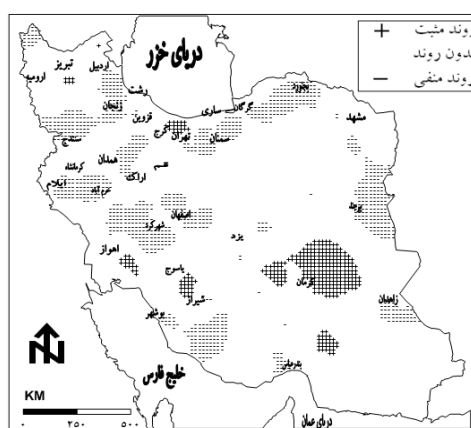


شکل ۹- شاخص شدت گرمایش ماه اذر

شکل ۱۰- شاخص شدت گرمایش ماه دی



شکل ۱۱- شاخص شدت گرمایش ماه بهمن



شکل ۱۲- شاخص شدت گرمایش ماه اسفند

شاخص گرمایش در فصل پاییز و زمستان نمایان است. همچنین از لحاظ منفی بودن این شاخص ماه‌های خرداد و تیر با ۱۴ درصد بیشترین میزان را در کشور دارا می‌باشند.

همانگونه که در جدول شماره (۱) ملاحظه می‌شود بیشترین روند مثبت شاخص گرمایش را ماه‌های اردیبهشت و شهریور به ترتیب با ۶۵ و ۷۸ درصد وسعت کشور داراست. کمترین وسعت مساحت مناطق ایران از لحاظ مثبت بودن

جدول ۱- درصد مساحت مناطق دارای روند (مثبت، منفی، فاقد روند) برای شاخص شدت گرمایش

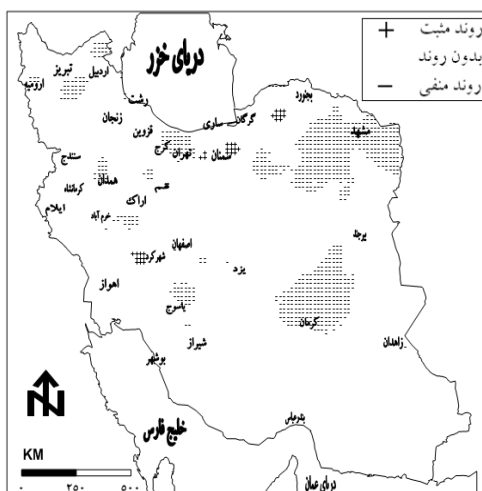
ماه های سال	روند مثبت	روند منفی	فاقد روند
فروردین	۵۷	۱۰	۳۳
اردیبهشت	۶۵	۱۴	۲۱
خرداد	۵۵/۵	۱۴/۵	۳۰
تیر	۵۵	۱۴	۳۱
مرداد	۵۴	۱۴	۳۲
شهریور	۷۸/۱۱	۸	۱۶
مهر	۴۸	۹	۶۳
آبان	۶۸	۸	۲۴
آذر	۲۸	۱۲	۶۰
دی	۲۶	۵	۶۹
بهمن	۱۰	۱۰	۸۰
اسفند	۵	۲۰	۷۵

کرمان، یاسوج، خراسان رضوی، البرز میانی و آذربایجان با ۱۴ درصد از وسعت کشور روندی منفی در میزان شدت سرمایش را دارا بوده‌اند. بیش از ۸۰ درصد از وسعت کشور در ماه‌های سرد سال از لحاظ شاخص شدت سرمایش فاقد روند بوده‌اند (شکل ۱۵). نکته قابل توجه بروز روند منفی دماهای زیر صفر درجه در مناطق سرد و کوهستانی در ماه‌های سرد سال است که این نکته گویای روند افزایش دما در مناطق سرد کشور است. این در حالی است که در اسفند ماه نیز باریکه شمالی چهارمحال و بختیاری، کردستان، البرز میانی و شمال فلات آذربایجان با ۹ درصد وسعت افزایش روند سرمایشی را تجربه کرده‌اند (شکل ۱۶).

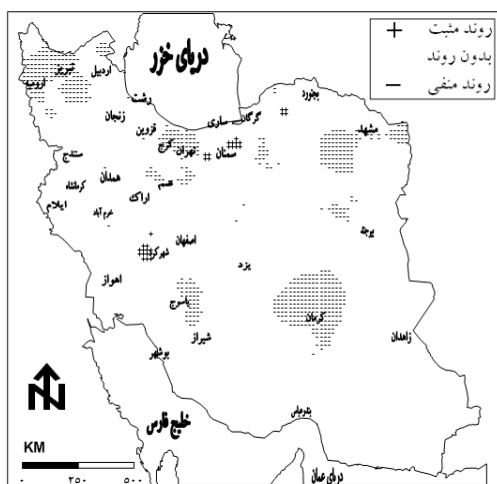
واکاوی مکانی زمانی روند ماهانه شدت سرمایش
به دلیل اثر گرمایش جهانی و تغییر میانگین دمای کره زمین میزان شدت سرمایش و به عبارتی بروز دماهای زیر صفر درجه در ایران به جز در ماه‌های سرد سال در سایر ماه‌ها مشاهده نمی‌شود. در ماه آذر روند مثبت سرمایش در باریکه کوهستانی البرز و زاگرس شمالی با ۱۱ درصد وسعت مشاهده می‌شود. میزان سرمایش در سایر مناطق کشور (۸۶ درصد) در این ماه فاقد تغییر بوده است (شکل ۱۳). در دی ماه شاخص شدت سرمایش در نوار کوهستانی خراسان رضوی، بلندی‌های زاگرس، البرز، آذربایجان و نیمه شمالی کرمان با ۱۷ درصد از وسعت کشور روندی منفی داشته‌اند، به عبارتی از شدت سرمای دی ماه در نوار سرد کشور کاسته شده است (شکل ۱۴). در بهمن ماه نیز توده‌های کوهستانی



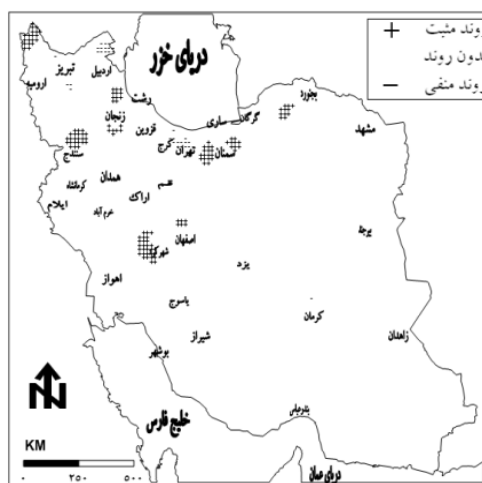
شکل ۱۳- شاخص شدت سرمایش ماه آذر



شکل ۱۴- شاخص شدت سرمایش ماه دی



شکل ۱۵- شاخص شدت سرمایش ماه بهمن



شکل ۱۶- شاخص شدت سرمایش ماه اسفند

ماه‌های مذکور فاقد روند می‌باشند به عبارتی این شاخص تغییرات چندانی در کشور نداشته است.

در جدول ۲ نیز درصد مساحت مناطق برحسب شاخص شدت سرمایش در ماه‌های سرد سال نشان داده شده است. از لحاظ میزان سرمایش بیش از ۸۰ درصد وسعت کشور در

جدول ۲- درصد مساحت مناطق دارای روند (مثبت، منفی، فاقد روند) برای شاخص شدت سرمایش

ماه های سال	روند مثبت به درصد	روند منفی به درصد	فاقد روند به درصد
آذر	۱۱	۲	۸۷
دی	۳	۱۷	۸۰
بهمن	۱	۱۴	۸۵
دسامبر	۹	۱	۹۰

نتیجه گیری

پیوسته که علاوه بر چاله‌های داخلی، جلگه‌ها و سواحل جنوبی، بخش‌هایی از توده‌های کوهستانی زاگرس، آذربایجان، سراسر رشته کوه البرز و خراسان نیز در این ماه با روند گرمایش مواجه بوده است. این نتایج با پژوهش مسعودیان و همکاران (۱۳۹۳) که گرمایش ماه‌های آخر تابستان را متذکر شده‌اند در یک راستا است. در آبان گرمایش نزدیک به ۷۰ درصد از وسعت کشور، که عمدتاً شامل چاله‌ها و کوهپایه‌های داخلی، جلگه خوزستان، دامنه‌های کوهستانی زاگرس جنوبی و کرمان را شامل می‌شود، می‌باشد، در خور توجه است. بروز روند شاخص‌های منفی شدت گرمایش در بلندی‌های زاگرس مرکزی و شمالی، البرز میانی، توده‌های کوهستانی شمال بجنورد و زنجان و نیز بخش‌های جنوبی بیرجند در اکثر ماه‌های سال کاهش دمای مناطق سرد کشور را نشان می‌دهد. از لحاظ شدت سرمایش نیز در ماه‌های آذر و اسفند در بلندی‌های کشور شاهد سردتر شدن دمای هوا می‌باشیم در حالی که بخش‌های شمالی کرمان و توده کوهستانی خراسان رضوی در ماه‌های دی و بهمن با کاهش شدت سرمایش مواجه بوده است.

منابع

۱- امیدوار، کمال ابراهیمی، رضا، نارنگی فرد، مهدی (۱۳۹۵). «پیش‌بینی نیاز سرمایش استان فارس با کاربست داده‌های EHSOM». مجله مخاطرات محیطی زاهدان. دوره ۴، شماره ۶، زمستان ۱۳۹۴، صفحه ۷۵-۵۷.

طی سال‌های اخیر سیاست آب و هوا در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای متمرکز شده است، با این حال آگاهی از تغییرات دمای هوا در اثر وقوع پدیده گرمایش جهانی در حال افزایش است. درجه روز یکی از فراسنج‌هایی است که بر حسب تغییرات میانگین روزانه هوا تغییر کرده و کاربردهای متعددی در بسیاری از زمینه‌ها از جمله در مصرف انرژی ساختمان‌ها و تغییرات ذوب برف و یخبندان داراست. در این پژوهش تغییرات مکانی زمانی شدت گرمایش و سرمایش در گستره ایران با آستانه دمایی صفر درجه مورد واکاوی قرار گرفته است. شاخص شدت گرمایش روند روزهای با دمای بالای صفر و شاخص شدت سرمایش روند روزهای با دمای زیر صفر را نشان می‌دهد. نتایج این واکاوی‌ها نشان داد که میزان شدت گرمایش (گرم شدگی هوا) در اغلب ماه‌های سال به ویژه نیمه گرم سال در دشت کویر، دشت لوت، چاله جازموریان، جلگه خوزستان، جلگه‌ها و سواحل جنوبی و پسرکرانه‌ای و نوار کوهپایه‌ای مجاور چاله‌ها روندی افزایشی داشته است. این نکته گویای گرم‌تر شدن مناطق گرم ایران طی ماه‌های گرم سال است. این نتایج با تحقیق روشن و همکاران (۲۰۱۲) که بیانگر وجود روند افزایشی در روند درجه روز (گرمایش هوا) در مناطق جنوبی و چاله‌های داخلی است، همخوانی دارد. بیشترین میزان گرمایش هوای کشور نیز در شهریور ماه به وقوع

index variations over the twentieth century". *International Journal of Climatology*, 27, 47–63.

9- Lucio, PS, Silva, AM and Serrano, AI (2012). "Changes in occurrences of temperature extremes in continental Portugal: a stochastic approach", *Meteorological Application*, Vol. 17. Pp. 404-418.

10- Rosa Mattia De, Vincenzo Bianco, Federico Scarpa, Luca A. Tagliafico. (2014). "Heating and cooling building energy demand evaluation a simplified model and a modified degree days approach".

11- 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.

12- Tonghua Wu, Qinxue Wang, Lin Zhao, Ochirbat Batkhisig, Masataka Watanabe, (2007) Observed trends in surface freezing/thawing index over the period 1987–2005 in Mongolia Cold Regions Science and Technology 69 (2007) 105–111.

13- Wu, T, Qinxue Wang, Q, Zhao, L, Batkhisig, O, Watanabe, M., (2011)., Observed trends in surface freezing/thawing index over the period 1987–2005 in Mongolia., *Jour. Cold Regions Science and Technology*., vol. 69., page. 105–111.

14- Khalili, A, Rahimi, H, Agha Shariatmadari, Z., 2007., Validation of air freezing index (AFI), for determination of frost penetration depth in typical arid and semi-arid zones of Iran., *Jour. BIABAN*, vol. 12, page. 23-31.

15- Vargas-Amelin, E., Pindado, P., 2014. The challenge of climate change in Spain: water resources, agriculture and land. *J. Hydrol.* 518, 243–249.

16- Luo, D.L., Huijun, J., Jin, R., Yang, X.G., Lü, L.Z., 2014. Spatiotemporal variations of climate warming in northern Northeast China as indicated by freezing and thawing indices. *Quatern. Int.* 349 (28), 187–195.

۲- حجازی زاده، زهرا، ناصرزاده، حسین (۱۳۸۴)، «محاسبه و تجزیه و تحلیل ساعت‌های تداوم یخبندان با استفاده از برنامه نویسی به زبان دلفی»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۶، صص ۱۳۹–۱۵۰.

۳- خلیلی، علی (۱۳۷۹). «تدوین یک سامانه جدید پهنه‌بندی اقلیمی از دیدگاه نیازهای گرمایش و سرمایش محیط و اعمال آن بر گستره ایران». فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۵. صص ۱۲۷۴۲–۱۲۷۳۴.

۴- روشن، غلامرضا، خوش‌اخلاق، فرامرزی؛ عزیزی، قاسم (۱۳۹۰)، «آزمون مدل مناسب گردش عمومی جو برای پیش‌یابی مقادیر دما و بارش ایران تحت شرایط گرمایش جهانی»، *مجله جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۰، شماره ۲۷، تابستان ۱۳۹۱.

۵- مسعودیان، سید ابوالفضل، ابراهیمی، رضا، یاراحمدی، الهام. (۱۳۹۳)، «واکاوی مکانی زمانی میزان روند ماهانه درجه روز گرمایش در قلمرو ایران زمین»، *مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، سال ۱۲.

۶- محمدی، حسین؛ خوش‌اخلاق، فرامرزی؛ محمدامین حیدری؛ مرضیه غیاث‌الحسینی، (۱۳۹۲)، «واکاوی و پیش‌یابی اثر گرمایش جهانی بر مؤلفه‌های فرین آب و هوایی آبادان»، *کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی*، سال دوم، شماره سوم، صص ۲۳–۳۵.

7- Elizabeth M., Federico C (2013). "Variability and trends of heating degree-days in Argentina". *International Journal of Climatology*, Volume 33, Issue 10, August 2013, Pages: 2352–2361.

8- Frauenfeld, O. W., Zhang, T., Mc Creight, J. L., (2007). "Northern hemisphere freezing/thawing