

Analysis of Heating Degree-Day Requirements in Khorasan

Farahnaz Khoramabadi¹  | Seyed Mohammad Hosseini²  | Abdolreza Kashki³ 

1. Masters Degrii Urban climate, University of Tabriz

2. Professor, Department of climatology, University of Seyed Jamallden Asadabadi

3. Professor, Department of climatology, University of Hakim Sabzevari

Article Info:

Article type:

Research Article

history:

Received: 2021/11/29

Received: 2022/1/6

Accepted: 2022/2/9

Published: 2022/6/5

Keywords:

climate change

heating degree day trend
analysis

Mann-Kendal

Khorasan

Abstract: To investigate heating requirements per degree-day with a temperature threshold of 18 degrees Celsius, data from 16 synoptic stations in Khorasan spanning 26 years (1990–2015) were utilized. Correlation analysis using a stepwise regression model and the Mann-Kendall test indicated that latitude and altitude had the highest significant correlation with heating degree-day requirements. An increase in latitude and altitude corresponded to higher heating needs. The study revealed changing boundaries of heating zones, with mountainous northern Khorasan experiencing the highest heating requirements and central and southern low-lying areas exhibiting the lowest. The trend analysis demonstrated a significant decrease in heating-degree days in colder months, indicating warming trends in northeastern Khorasan regions.

Cite this article: Khoramabadi, F., Hosseini, S. M., & Kashki, A. (2022). Analysis of Heating Degree-Day Requirements in Khorasan. *Climat Chenge and Climat Disasters*, 1(1), 150-171.

© The Author(s).

Homepage: cccd.znu.ac.ir

Publisher: University of Zanjan.





رفتارشناسی نیازهای درجه‌روز گرمایشی در ناحیه‌ی خراسان بزرگ

فرحناز خرم‌آبادی^۱ | سیدمحمد حسینی^۲ | عبدالرضا کاشکی^۳

۱. کارشناسی ارشد آب و هواشناسی شهری، دانشگاه تبریز

۲. استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیدجمال‌الدین اسدآبادی

۳. استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه حکیم سبزواری

اطلاعات مقاله: نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۰/۹/۸

بازنگری: ۱۴۰۰/۱۰/۱۶

پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۰

انتشار: ۱۴۰۱/۳/۱۵

واژگان کلیدی:

تغییر اقلیم

درجه‌روز گرمایشی

آزمون روند

من-کندال

خراسان

چکیده: به منظور واکاوی نیاز درجه‌روز گرمایشی با آستانه ۱۸ درجه سانتیگراد، داده‌های مورد استفاده شامل دمای کمینه و بیشینه ۱۶ ایستگاه همدید ناحیه‌ی خراسان بزرگ در بازه زمانی ۲۶ ساله (۱۹۹۰-۲۰۱۵) مطالعه شد. از مدل رگرسیون گام به گام برای ارتباط‌سنجی و از آزمون ناپارامتری من-کندال برای واکاوی تغییرات زمانی درجه‌روز گرمایشی استفاده شد. نتایج نشان داد که نیازهای درجه‌روز گرمایشی کمترین ارتباط را با طول جغرافیایی و بالاترین همبستگی مستقیم معنادار را با عرض جغرافیایی و ارتفاع دارد. به ازای هر ۱ درجه افزایش عرض جغرافیایی و هر ۱۰۰ متر ارتفاع، نیازهای درجه‌روز نیز افزوده می‌شود. مرزبندی پهنه‌های گرمایشی تغییر کرده است و بیشترین نیاز گرمایشی منطبق و محدود به ارتفاعات و مناطق کوهستانی نیمه شمالی خراسان و کمترین میزان در مناطق پست و کم ارتفاع مرکزی و جنوبی است. همچنین روند درجه‌روز گرمایشی در دوره‌ی سرد سال و به ویژه در ماه‌های اکتبر، فوریه، مارس کاهش معناداری یافته است. این نتایج گویای گرمایش هوا در مناطق سردسیر و شمال شرق خراسان بزرگ و به تبع آن استفاده بیشتر از وسایل سرمازا جهت خنک‌سازی محیط و آسایش اقلیمی است.

استناد: شامحمدی، زینب، یاراحمدی، داریوش، و میرهاشمی، حمید. (۱۴۰۱). تبیین نسبت امنیت غذایی و امنیت زیست محیطی با تغییر اقلیم نمونه پژوهی: شهرستان جیرفت. دگرگونی‌ها و مخاطرات آب و هوایی، (۱)، ۱۵۰-۱۷۱.

© نویسندگان .

Homepage: cccd.znu.ac.ir

ناشر: دانشگاه زنجان



مقدمه

تغییر اقلیم^۱، معادل تغییرات معنی دار آماری در میانگین دما، بارندگی، الگوهای آب و هوایی، باد، تابش و دیگر متغیرهای اقلیمی در یک دوره طولانی (چند دهه و بیشتر) است. از جمله تاثیرات تغییر اقلیم بر انرژی مصرفی می توان به اثر آن در رشد گیاهان به دلیل تغییرات درجه روز، تغییر در میزان نیاز به انرژی جهت گرمایش و سرمایش (امیدوار و همکاران، ۱۳۹۴: ۵۸) یا طراحی صحیح و مناسب تهویه مطبوع سازه ها (انتظاری و همکاران، ۱۳۹۶: ۳) اشاره کرد. یکی از اثرات بارز گرمایش جهانی، تغییر در میزان گرمایش و سرمایش محیطی ناشی از تغییرات روزانه دما است. زیرا دما، یکی از رایج ترین فراسنج هایی است که بیانگر وضعیت آب و هواشناختی یک ناحیه می باشد. بنابراین معماری ساختمان، تولید انرژی، ذوب برف، یخبندان، رشد گیاه، انرژی مصرفی برای گرمایش و سرمایش شهرهای بزرگ، سیستم های حمل و نقل و بیماری ها همگی مرتبط با ارزش نسبی دما می باشند. در این

میان، درجه روز عبارت است از اندازه گیری میانگین دمای هوا با استفاده از دمای آستانه که این آستانه های دمایی انتخاب شده برای محاسبه درجه روز سرمایش و گرمایش^۲، بستگی به اهداف ویژه ای دارد. برای نمونه درجه روز انتخابی برای آسایش انسان، ۱۸ درجه می باشد (کدی اغلو و همکاران^۳، ۱۹۹۸: ۸۳۷). مقدار نیاز به گرم کردن محیط در زمستان و سرد شدن آن در تابستان بر حسب تعریف (جمع تقاضل میانگین های روزانه دما از آستانه معین) در دوره ای مشخصی از سال است و بر حسب درجه روز بیان می شود. به عبارت دیگر، مقدار درجه روز، یک شاخص مصرف انرژی گرمایش و سرمایش محسوب می گردد (خلیلی، ۱۳۷۸: ۷) که تغییرات آن در مسائل زیست محیطی از جمله مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش محیط در آینده نقش مهمی خواهد داشت (امیدوار و همکاران، ۱۳۹۵: ۳۵۱).

امروزه به سبب اهمیت فراسنج دما در علوم محیطی، انسانی و مهندسی

³ - Kadioglu et al

¹ - Climate Change

² - Cooling Degree Days (CDD) and Heating Degree Days (HDD)

انرژی سرمایش روندی افزایشی است. پوسات و ایکیم^۸ (۲۰۱۵) در پژوهشی درجه‌روزهای گرمایش و سرمایش ترکیه را با آستانه دمایی ۱۸ درجه به عنوان میانگین دمای جهانی محاسبه کردند و بر حسب نیازهای گرمایش و سرمایش، ترکیه به چهار ناحیه بسیار سرد، سرد، نیمه سرد و معتدل پهنه‌بندی شد. بیشترین نیاز گرمایش در ناحیه بسیار سرد در ماه ژانویه و بیشترین نیاز سرمایش در ماه‌های گرم سال در ناحیه معتدل نمایان شد. کوکس و همکاران^۹ (۲۰۱۵)، در پژوهشی اثر گرمایشی جهانی بر تغییرات انرژی در نواحی مدیترانه با استفاده از مدل گردش عمومی هوا شبیه‌سازی کردند. نتایج نشان داد که میانگین روزانه دما روند افزایشی به میزان ۱ تا ۲ درجه سانتیگراد دارد که روی انرژی مصرفی سرمایش اماکن اثر بسزایی داراست.

در ایران، محاسبه درجه‌روز به دلیل تفاوت‌های دمایی ناشی از قرارگیری در عرض‌های جغرافیایی متفاوت و همچنین تنوع ارتفاعی و اقلیمی از دید

پژوهشگران شاخص‌ها و روش‌های بی-شماری که مهم‌ترین آن‌ها درجه‌روز است، ارائه کرده‌اند و با توجه به اهمیت این موضوع، پژوهش‌های بی‌شماری در این عرصه انجام شده است. به عنوان نمونه؛ جیانگ و همکاران^۴ (۲۰۱۰)، روند درجه‌روز گرمایش و سرمایش اگزینجیانگ چین را با آستانه دمایی ۱۸ محاسبه کردند. نتایج نشان داد در فصل پاییز درجه‌روز گرمایشی، روند کاهشی و در فصل تابستان، روند درجه‌روزهای سرمایش افزایش داشته است. سکورا و همکاران^۵ (۲۰۱۱)، در پژوهشی اثر تغییرات اقلیم بر مصرف انرژی گرمایش و سرمایش در نوار ساحلی اقیانوس اطلس شمالی مورد واکاوی قرار دادند. الیزابت و فدریکو^۶ (۲۰۱۳)، روند درجه-روز گرمایش در کشور آرژانتین را واکاوی کردند و بر این باورند که در مناطق ساحلی روند منفی نیاز گرمایش محیط می‌تواند به دلیل اثر رطوبت دریا بر این مناطق باشد. روسا و همکاران^۷ (۲۰۱۴)، روند درجه‌روزهای گرمایش و سرمایش را در ایتالیا بررسی کردند و معتقدند روند میزان مصرف

⁷ - Rosa et al

⁸ - Pusat & Ekmekci

⁹ - Cox et al

⁴ - Jiang et al

⁵ - Sequera et al

⁶ - Elizabeth & Federico

مصرف انرژی جهت گرمایش و سرمایش، فعالیت‌های کشاورزی، ساختمانی، آب‌شناختی و بهداشتی کاربرد دارد و پژوهش‌های متعددی در این زمینه انجام شده است که به اختصار به چند نمونه اشاره می‌شود؛ خلیلی (۱۳۷۸) در پژوهشی به بررسی نیاز گرمایش و سرمایش سالانه در گستره‌ی ایران پرداخته است و ایران از نظر سرمایشی به ۷ و از نظر گرمایشی به ۵ منطقه تقسیم کرده است. این پهنه‌بندی رابطه مستقیم با ارتفاع و عرض جغرافیایی را در ارتباط با نیاز گرمایشی و سرمایشی نشان می‌دهد. مسعودیان و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی به واکاوی درجه‌روزهای گرمایش و سرمایش در قلمرو ایران پرداختند و بر این باورند که بیشترین میزان نیاز سرمایشی در بخش‌های گرم کشور و در ماه‌های گرم و بیشترین نیاز گرمایشی در ماه‌های سرد سال و در مناطق کوهستانی مشاهده می‌گردد. رضانی و کاظم‌نژاد (۱۳۹۳)، درجه‌روز گرمایش و سرمایش ماهانه، فصلی و سالانه استان گیلان را با آستانه دمایی ۱۸/۳ تا ۲۳/۹ بررسی کرده و نشان داد که گیلان به دو پهنه کلان اقلیمی

هموار و ناهموار بخش می‌شود که در دوره‌ی گرم سال، بخش‌های هموار استان نیازمند سرمایش بالاتری هستند. بابائیان و همکاران (۱۳۹۳)، به شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم بر مصرف برق کشور با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی و برونداد مدل گردش‌عمومی‌جو پرداختند. نتایج نشان داد که میانگین دمای کشور در حال افزایش است که این امر سبب افزایش نیاز سرمایشی و در نتیجه افزایش میزان برق مصرفی می‌شود. امیدوار و همکاران (۱۳۹۴)، با پیش‌بینی نیاز سرمایش استان فارس از طریق مدل ریزمقیاس‌نمایی معتقدند که وجود روند مثبت و افزایشی دما در فصل بهار به‌ویژه در ماه‌های می و ژوئن در بیشتر نقاط استان، گرم شدن هوا را در این فصل نسبت به تابستان گویاست که هشداردهنده‌ی استفاده‌ی بیشتر از وسایل سرمازا در فصل بهار است. امیدوار و همکاران (۱۳۹۵)، به بررسی روشی نو برای پهنه‌بندی روند درجه‌روز سرمایش ماهانه کشور پرداختند و بر این باورند که بیشترین گستره‌ی مکانی دارای روند مثبت دما در ایران با نیاز سرمایش بالا در فصل بهار به ویژه ماه می می‌باشد.

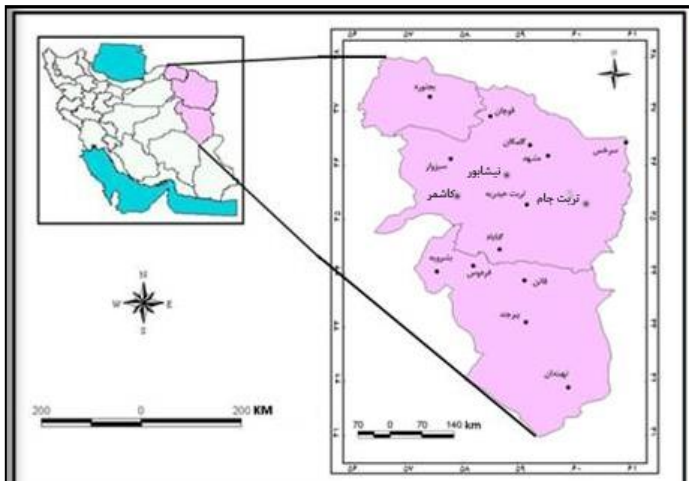
خراسان رضوی و خراسان جنوبی (ناحیه-
ی خراسان بزرگ) است. وسعت این
قلمرو حدود ۳۰۰ هزار کیلومتر مربع و
بین ۳۰ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۸ درجه
و ۱۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۵ درجه و
۲۸ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۱۴ دقیقه
طول شرقی واقع شده است. شکل ۱،
موقعیت جغرافیایی پهنه‌ی مورد بررسی
و ایستگاه‌های همدید را نشان می‌دهد.

در پژوهش حاضر سعی شده است که
به شناسایی آهنگ روند تغییرات
مکانی‌زمانی نیازهای درجه‌روز
گرمایشی با استفاده از داده‌های روزانه
در بازه زمانی ۲۶ ساله در بخش‌های
شرقی و شمال‌شرقی ایران پرداخته
شود.

۱- داده‌ها و روش‌ها

۱-۲- منطقه مورد مطالعه

پهنه‌ی مورد بررسی در این پژوهش
شامل سه استان خراسان شمالی،



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی پهنه‌ی مورد بررسی و ایستگاه‌های همدید. مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

دوره‌ی آماری مشترک ۲۶
ساله (۱۹۹۰-۲۰۱۵) از سازمان
هواشناسی کشور اخذ گردید. علت
استفاده از این دوره زمانی این است که

۲-۲- داده‌ها

در پژوهش حاضر از داده‌های روزانه
دمای کمینه و بیشینه ۱۶ ایستگاه
همدید در شمال شرق کشور، طی

برخی ایستگاه‌های مورد بررسی، حداکثر ۲۶ سال آمار دارند و برخی بیشتر از ۲۶ سال. لذا ضمن انتخاب یک دوره‌ی زمانی مشترک، بسیاری از ایستگاه‌هایی که جدیدترند و آمار طولانی‌مدت ندارند از محاسبات آماری حذف نمی‌شوند.

۲-۳- روش‌ها

ابتدا پایگاه داده‌ها در نرم‌افزار متلب با آراییه S، با ابعاد (۲۶*۹۴۹۶) تشکیل گردید که در آن سطرها، زمان (روز) و ستون‌ها، مکان (ایستگاه‌ها) هستند.

برای واکاوی زمانی مکانی نیازهای درجه‌روز گرمایشی از آستانه دمایی متوسط روزانه ۱۸ درجه سانتیگراد استفاده شده است. به این دلیل که در ایران، سازمان هواشناسی آستانه دمایی جهت محاسبه درجه‌روز گرمایشی را ۱۸ درجه تعیین کرده است. به طوری که، اگر متوسط درجه حرارت روزانه هوا از ۱۸ درجه پایین‌تر رود، احساس سرما به وجود می‌آید و باید محیط گرم شود و برعکس (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳: ۵). لازم به ذکر است دماهای آستانه‌ای که برای آسایش اقلیمی انسان پیشنهاد شده است بین ۱۸ تا ۲۸ درجه است

ولی در تبدیل این ارقام به میانگین روزانه T (درجه‌سانتگراد)، آستانه‌ها تغییر می‌یابد و با توجه به نوسان‌های دما طی شبانه‌روز تعدیل می‌گردد. بنابراین آستانه‌های دمایی برای محاسبه درجه‌روز بنا به اهداف پژوهش، گوناگون هستند. به عنوان نمونه؛ آستانه دمایی ۱۵ و ۲۴ درجه با هدف محاسبه انرژی مصرفی در ترکیه (کدی‌اوغلو و همکاران، ۱۹۹۸: ۲۶۳)؛ ۱۸ تا ۲۴ درجه با هدف آسایش انسان در اگزینجیانگ چین (جیانگ و همکاران^{۱۰}، ۲۰۱۰: ۳۴۹)؛ ۱۸ درجه برای آسایش انسان در ایران و کانادا (خلیلی، ۱۳۷۸: ۸ و تیلور و بیلر^{۱۱}، ۱۹۸۱: ۲۶۲).

درجه‌روز گرمایشی یعنی مقدار نیاز به گرم کردن محیط در دوره‌ی سرد سال را گویند که انسان جهت برقراری آسایش نیاز به گرم کردن محیط دارد. میزان نیاز درجه‌روز گرمایشی در دوره-ی معین N روزه به درجه‌روز گرمایشی یا (HDD) معروف است که طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود (رابطه ۱):

¹⁰- Taylor and Billie

⁹- Jiang et al

مقدار عرض از مبدا و $x1, x2, \dots, xp$ متغیرهای مستقل است. از این رابطه برای پهنه‌بندی مکانی نیاز درجه‌روز گرمایشی استفاده شده است. از آنجایی که شیوه درونیایی مورد استفاده می‌تواند نتایج نهایی حاصل از پژوهش را به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر خود قرار دهد به همین جهت از روش کریجینک برای دستیابی به نتایج منطقی‌تر و ارائه فضایی مناسب نیاز درجه‌روز گرمایشی استفاده شده است. همچنین در پژوهش حاضر برای واکاوی تغییرات زمانی درجه‌روز گرمایشی از آزمون ناپارامتری من-کندال استفاده گردید. معناداری آهنگ تغییرات در سطح اطمینان ۹۵ درصد ارزیابی شده است. محاسبه آزمون ناپارامتری من-کندال شامل چندگام به شرح زیر است:

الف) در گام اول ابتدا به کمک آماره S ، اختلاف بین تک تک مشاهدات (برای نمونه؛ نیاز درجه‌روز گرمایشی در ماه-های مختلف ناحیه خراسان) محاسبه گردید (رابطه ۳). (هیرچ و لک^{۱۲}، ۱۹۸۴: ۷۲۹):

$$HDD = \sum_{i=1}^n (T_{mean} - T_{base}) \quad (1)$$

که در آن؛ T_{mean} ، میانگین دمای روزانه هوا است که به صورت $(T_{MAX} - T_{MIN})/2$ تعریف می‌شود که T_{MIN} ، کمینه دما و T_{MAX} ، بیشینه دمای روزانه می‌باشند و T_{base} ، آستانه دمایی مورد استفاده برای محاسبه درجه‌روز گرمایش است.

برای بررسی ارتباط بین عرض، طول جغرافیایی و ارتفاع ایستگاه‌ها با میزان درجه‌روز گرمایشی ماهانه از مدل رگرسیون گام به گام استفاده شده است. در این مدل آماری فرض بر این است که رابطه بین متغیرهای مستقل (ارتفاع، طول جغرافیایی و عرض جغرافیایی) و متغیر وابسته (میزان نیاز درجه‌روز گرمایشی) به صورت زیر است (رابطه ۲):

$$HDD = b_0 + b_1(x_1) + b_2(x_2) + \dots + b_p(x_p) \quad (2)$$

که در آن: پارامترهای b_1, b_2, \dots, b_p ضرایب رگرسیون (شیب معادله)، b_0

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{n=1}^N \operatorname{sgn}(x_i - x_k) \quad \operatorname{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1(x_j - x_k) > 0 \\ 0. (x_j - x_k) = 0 \\ -1(x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (۳)$$

علامت، واریانس هر کدام از مشاهدات و آماره Z با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد:

که در آن؛ n تعداد کل مشاهدات، $i, j > 1$ و x_k و x_j به ترتیب مقادیر j و k سری و sgn ، تابع علامت می باشد. بعد از تعیین

$$\operatorname{Var} = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \cdot n$$

اگر > 10

$$Z = \left(\frac{s-1}{\sqrt{\operatorname{var}(s)}} \text{ if } s > 0 \right) \text{ یا } (0 \text{ if } s = 0) \text{ یا } \left(\frac{s+1}{\sqrt{\operatorname{var}(s)}} \text{ if } s < 0 \right) \quad (۴)$$

تأیید می شود که $Z < -Z_{\alpha/2}$ است. بنابراین در پژوهش حاضر در برخی ایستگاه ها روند دما مثبت (گرمایش) و در برخی دیگر از آن ها روند دما منفی (سرمايش) یا برخی دیگر خشک هستند. همچنین سطح معنی داری در این پژوهش، $\alpha = 0.05$ می باشد. بنابراین با توجه به دوطرفه بودن آزمون، مقدار Z جدول برابر $1/96$ خواهد بود (گان^{۱۳}، ۱۹۹۸: ۳۰۱۲).

۳- یافته ها و نتایج

مرحله نهایی، آزمون فرض است. فرض صفر بر عدم وجود روند و تصادفی بودن آن دلالت دارد و بدین معنی است که Z آمار معنی داری نیست (برای مثال گرمایش یا سرمايش و دوره ی تر و خشک وجود ندارد). زمانی این فرض تأیید می شود که $-Z_{\alpha/2} < Z < Z_{\alpha/2}$ باشد. 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 معنی دار است. زمانی این فرض

معنی‌دار به روش گام به گام و جهت پهنه‌بندی مکانی نیازهای درجه‌روز گرمایشی از روش کریجنگ^{۱۴} در نرم-افزار ArcGIS بهره گرفته شد ولی برای ماه‌های نوامبر، دسامبر و ژانویه به دلیل اینکه سطح معنی‌داری مدل‌های جبر خطی (رگرسیون، پیش‌گام، پس-گام و...) معنی‌دار نگردید. بدین جهت برای پهنه‌بندی نمی‌توان از مدل‌های خطی جهت نیازهای درجه‌روز گرمایشی استفاده نمود و بر همین اساس برای ماه‌های یاد شده، نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی نیاز درجه‌روز گرمایشی ترسیم نشده است.

- واکاوی رابطه نیاز درجه‌روز گرمایشی با ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی

با توجه به نتایج به دست آمده در جدول ۱، نیازهای گرمایشی کمترین ارتباط را با طول جغرافیایی دارد. همچنین عرض جغرافیایی و ارتفاع، رابطه مستقیم و معنی‌داری با نیازهای گرمایشی در برخی ماه‌های دوره‌ی سرد سال (فوریه، مارس و اکتبر) دارد. بر این اساس، نیازهای گرمایشی منطقه با افزایش ارتفاع و عرض جغرافیایی افزایش می‌یابد و بر عکس. لازم به ذکر است که برای ماه‌های اکتبر، فوریه و مارس از مدل جبری خطی

جدول ۱- مدل رگرسیونی گام به گام برای تبیین نیازهای گرمایشی. مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

ماه	HDD همبستگی	HDD ضریب تعیین	HDD رابطه رگرسیونی
اکتبر	۰/۶۸	۰/۴۶	$۸۴۵/۶۱۶ - ۲۳/۷۹۰(LAT) - ۰/۰۶۳(H)$
فوریه	۰/۹۱	۰/۲۹	$۸۳۳/۴۸۹ - ۲۹/۹۵۵(LAT) - ۰/۰۹۰(H)$
مارس	۰/۷۰	۰/۷۵	$۱۳۶۱/۳۲۴ + ۴۱/۱۰۴(LAT) - ۰/۱۰۷(H)$
سالانه	۰/۷۰	۰/۷۵	$۷۹۵۵/۳۵۶ + ۲۵۴/۵۸۶(LAT) + ۰/۶۷(H)$

^{۱۴} - Kriging

- نتایج آماره آزمون مان-کندال

است به واکاوی پراکنش مکانی نیازهای
گرماپیشی در گستره‌ی خراسان بزرگ
پرداخته شود.

در ایستگاه‌های مورد بررسی
همان‌گونه که در بخش روش‌شناسی
اشاره شد در این پژوهش سعی شده

جدول ۲- نتایج آماره آزمون مان-کندال نیاز درجه‌روز گرماپیشی به تفکیک ایستگاه‌های مورد بررسی

ماه	اکتبر	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	سالانه	ایس تگاه
P- V	Z	P- V	Z	P- V	Z	P- V	Z	
۷۵ ۰/۱	۰/۱۶۸	۲۲ ۰/۱	۱/۷۴ -۰	۴۶ ۰/۱	۱/۰۹ ۰	۵۶ ۰/۱	۱۶ ۰/۲	فوجا ن
۱۰ ۰/۱	۱/۲۶ -	۰۳ ۰/۱	۱/۸۴ -۱	۳۳ ۰/۱	۱/۴۲ -۰	۲۶ ۰/۱	۱/۶۱ -۰	بجنو رد
۵۱ ۰/۱	۰/۰۳	۰۴ ۰/۱	۱/۶۵ -۱	۱۵ ۰	۰	۲۶ ۰/۱	۱/۶۱ -۰	بیرج ند

ادامه جدول ۲- نتایج آماره آزمون مان-کندال نیاز درجه‌روز گرماپیشی به تفکیک ایستگاه‌های مورد
بررسی

۱۵ ۰/۱	۰/۰۰ -۱/۰۰	۱/۱۷ -۲	۳۱ ۰/۱	۴۸ ۰/۱	۰۲ ۰/۱	۱/۹۱ -۱	۷۰ ۰/۱	۵۵ ۰/۱	۷۰ ۰/۱	۱/۵۵ -۰	۸۹ ۰/۱	۲۷ ۱/۱	بشرو یه	
۹۳ ۰/۱	۱/۵۲ ۱	۰۵ ۰/۱	۱/۵۸ -۱	۴۳ ۰/۱	۱۶ ۰/۱	۱/۲۰ -۱	۹۳ ۰/۱	۵۲ ۱/۱	۶۶ ۰/۱	۱/۴۲ ۰	۶۱ ۰/۱	۲۹ ۰/۱	تربت حید ریه	
۰۰ ۰/۱	۱/۹۷ ۱	۵۱ ۰/۱	۱/۰۳ ۰	۶۱ ۰/۱	۲۹ ۰/۱	۵۶ ۰/۱	۱/۶۲ ۰/۱	۰۰ ۰/۱	۹۵ ۲/۱	۹۵ ۰/۱	۱/۷۱ ۱	۰۳ ۰/۱	۸۴ ۱/۱	قاین
۲۴ ۰/۱	۱/۶۸ -۰	۱۴ ۰/۱	۱/۰۷ -۱	۱۵ ۰	۰	۲۰ ۰/۱	۱/۸۱ -۰	۱۱ ۰/۱	۲۰ ۱/۱	۵۱ ۰/۱	۱/۰۳ ۰	۷۰ ۰/۱	۵۵ ۰/۱	گلم کان
۰۷ ۰/۱	۱/۴۵ -۱	۰۴ ۰/۱	۱/۷۱ -۱	۳۸ ۰/۱	۲۹ ۰/۱	۱۰ ۰/۱	۱/۲۶ -۱	۷۹ ۰/۱	۸۱ ۰/۱	۴۱ ۰/۱	۱/۲۲ -۰	۵۳ ۰/۱	۰۹ ۰/۱	مشه د

۹۰	۳۳	۱۷	۹۴	۴۱	۲۲	۱۵	۰	۰۰	۱۰	۷۶	۱۷۱	۸۸	۲۰	نیش
۱/	۱	۰/	۰۰	۰/	۰/	۰	۰	۰/	۲/	۰/	۰	۰/	۱/	ابور
۳۸	۱۲۹	۱۱	۱۲۰	۵۳	۰۹	۲۴	۱۶۸	۹۶	۷۸	۶۸	۱۴۸	۶۸	۴۸	تربت
۰/	۰۰	۰/	۰۱	۰/	۰/	۰/	۰	۰/	۱/	۰/	۰	۰/	۰/	جام
۷۹	۱۸۱	۱۰	۱۲۶	۴۷	۰۶	۱۵	۰	۹۶	۷۵	۸۲	۱۹۴	۸۵	۰۷	سبزو
۰/	۰	۰/	۰۱	۰/	۰/	۰	۰	۰/	۱/	۰/	۰	۰/	۱/	ار
۸۰	۱۸۷	۲۴	۱۶۸	۷۷	۷۴	۳۶	۱۳۵	۹۰	۳۳	۶۳	۱۳۵	۹۶	۷۸	سرخ
۰/	۰	۰/	۰	۰/	۰/	۰/	۰۰	۰/	۱/	۰/	۰	۰/	۱/	س
۰۰	۱۰۴	۴۶	۱۰۹	۷۷	۷۴	۵۶	۱۶۲	۰۰	۷۵	۰۰	۱۳۶	۹۶	۸۲	فردو
۰/	۲	۰/	۰۰	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۲/	۰/	۲	۰/	۱/	س
۹۶	۱۸۴	۱۵	۱۰۰	۵۸	۲۲	۵۱	۰۳	۰۰	۱۷	۹۶	۱۷۸	۰۰	۳۰	کاش
۰/	۱	۰/	۰۱	۰/	۰/	۰/	۰/۲	۰/	۲/	۰/	۱	۰/	۲/	مر
۹۶	۱۸۴	۴۸	۱۰۳	۶۶	۴۲	۵۱	۰۳	۰۰	۹۷	۹۷	۱۸۸	۹۷	۰۴	گنابا
۰/	۱	۰/	۰۰	۰/	۰/	۰/	۰/۲	۰/	۱/	۰/	۱	۰/	۲/	د
۰۰	۱۳۶	۴۸	۱۰۳	۶۱	۲۹	۷۵	۱۶۸	۰۰	۸۲	۰۰	۱۵۶	۰۰	۳۶	نهین
۰/	۲	۰/	۰۰	۰/	۰/	۰/	۰	۰/	۲/	۰/	۲	۰/	۲/	دان

- واکاوی تغییرات مکانی زمانی نیاز

درجه‌روز گرمایشی در ماه اکتبر

همان‌گونه که در جدول ۳ نشان داده شده است، گروه اقلیمی بسیار سرد (H1)، در بخش‌های میانی و شمالی خراسان بزرگ با سهم بالا، کمترین نیاز درجه‌روز گرمایشی به میزان ۱ تا ۴۴ درجه را به خود اختصاص داده است. ملاحظه می‌شود که به ازای هر (±۱) درجه کاهش عرض جغرافیایی و همچنین به ازای هر (±۱۰۰) متر کاهش ارتفاع، حدود ۶/۳ درجه‌روز از انرژی گرمایشی کاسته می‌شود (جدول ۱). بیشترین نیاز به

زیرا با دانستن نیازهای گرمایشی و آهنگ تغییرات آن می‌توان علاوه بر صرفه‌جویی در میزان انرژی گرمایشی ساختمان‌ها و سازه‌ها جهت تسریع برنامه‌ریزی‌های اقتصادی و زیست-محیطی در منطقه نیز اقدام نمود.

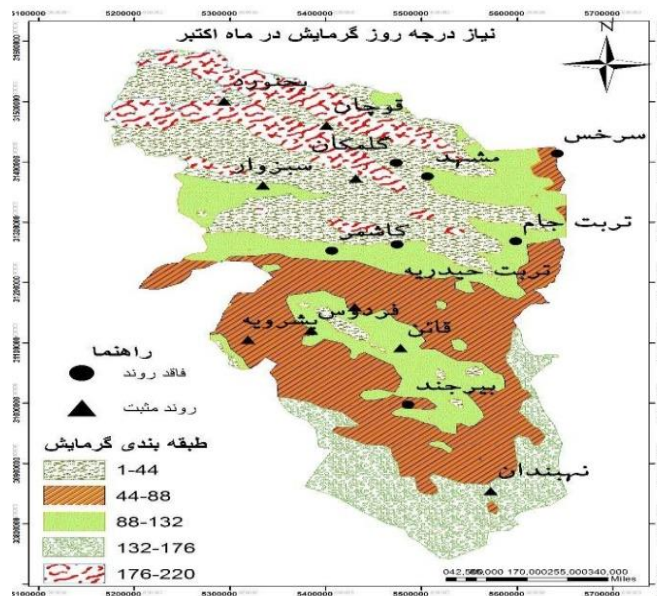
همان‌گونه که جدول ۲ نشان می‌دهد برای ۱۶ ایستگاه مورد بررسی در ناحیه خراسان، نمره Z و مقدار P -Value به تفکیک هر ایستگاه و در ماه‌های مورد بررسی، محاسبه گردیده است. ایستگاه قائن در تمام ماه‌های سال دارای نمره Z مثبت است.

بقیه ایستگاه‌های مورد مطالعه در این ماه، آهنگ افزایشی در گرمایش را تجربه می‌کنند (شکل ۲). بنابراین به نظر می‌رسد در این ایستگاه‌ها، استفاده از سیستم‌های گرمایشی به دلیل ورود سامانه اقلیمی مهاجر (مانند پرفشار سبیری) و افت نسبی دما افزایش خواهد یافت.

سیستم‌های گرمایشی و همچنین کم-ترین پهنه را، گروه اقلیمی ملایم (H5) در شمال ناحیه از آن خود نموده است. همچنین آهنگ تغییرات زمانی مکانی درجه‌روز گرمایشی در ماه اکتبر نشان می‌دهد ایستگاه‌های بیرجند، تربت‌جام، تربت‌حیدریه، گل‌مکان، بجنورد و مشهد فاقد روند هستند. این در حالی است که

جدول ۳- تخمین پهنه نیاز درجه‌روز گرمایشی در ماه اکتبر. مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

نماد گروه	گروه اقلیمی	نیاز گرمایشی	تعداد یاخته	درصد پهنه
H1	بسیار سرد	۱-۴۴	۲۶۸۲۲	۴۱/۳۴
H2	سرد	۴۴-۸۸	۱۷۵۳۹	۲۷/۰۳
H3	نیمه سرد	۸۸-۱۳۲	۱۴۸۱۷	۲۲/۸۴
H4	معتدل	۱۳۲-۱۷۶	۵۱۱۵	۷/۸۸
H5	ملایم	۱۷۶-۲۲۰	۵۹۴	۰/۹۲



شکل ۲- پراکنش مکانی و روند نیازهای درجه‌روز گرمایشی در ماه اکتبر، مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

شود. به دیگر سخن، قسمت‌های شمالی خراسان به علت عرض‌جغرافیایی و ارتفاع بالاتر همراه با توپوگرافی ناهمگون‌تر، نیاز به درجه‌روزهای گرمایشی بیشتری است. این در حالی است که بخش‌های میانی و جنوبی نیز به دلیل عرض‌جغرافیایی پایین‌تر از یک سو و همسایگی آن با دشت کویر از سوی دیگر، نیاز به درجه‌روز گرمایش کمتر و درجه‌روز سرمایشی بیشتری احساس می‌شود. در این ماه فقط در ایستگاه کاشمر، آهنگ گرمایش افزایشی است و سایر ایستگاه‌های مورد بررسی، روند معنی‌داری را نشان نمی‌دهند (جدول ۴ و شکل ۳).

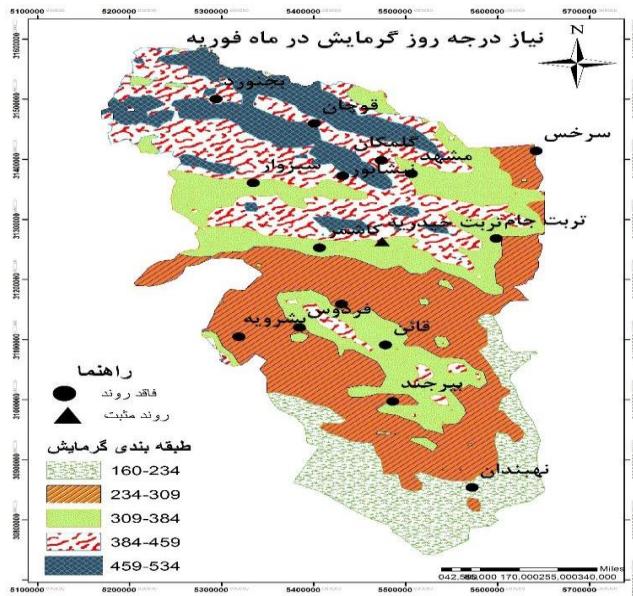
- واکاوی تغییرات مکانی‌زمانی نیاز

درجه‌روز گرمایشی در ماه فوریه

در ماه فوریه، گروه معتدل (H4) با ۷۴ درصد، بیشترین پهنه دارای نیاز به سیستم‌های گرمایشی در قسمت‌های شمالی خراسان با میزان ۳۸۴ تا ۴۵۹ درجه‌روز و پس از آن، گروه سرد با ۱۰ درصد در رتبه دوم قرار دارد. کمترین نیاز گرمایشی با حدود ۴ درصد، به گروه اقلیمی ملایم در بخش‌های جنوبی ناحیه خراسان بزرگ قرار گرفته است. بنابراین نتایج نشان می‌دهد با افزایش عرض‌جغرافیایی و ارتفاع، بایستی انرژی بیشتری برای گرمایش محیط مصرف

جدول ۴- تخمین پهنه نیاز درجه‌روز گرمایشی در ماه فوریه. مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

نماد گروه	گروه اقلیمی	نیاز گرمایشی	تعداد یاخته	درصد پهنه
H1	بسیار سرد	۱۶۰-۲۳۴	۹۰۱۷	۴/۶۳
H2	سرد	۲۴۳-۳۰۹	۱۹۶۱۲	۱۰/۰۶
H3	نیمه سرد	۳۰۹-۳۸۴	۱۴۴۸۶	۷/۴۳
H4	معتدل	۳۸۴-۴۵۹	۱۴۴۶۷۷	۷۴/۲۴
H5	ملایم	۴۵۹-۵۲۴	۷۰۹۲	۳/۶۴



شکل ۳- پراکنش مکانی و روند نیازهای درجه روز گرمایشی در ماه فوریه، مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

نیاز درجه روز گرمایشی در ماه مارس نشان می‌دهد که ایستگاه‌های بیرجند، بشرویه، گل‌مکان، سبزوار، تربت حیدریه، تربت جام، مشهد و بجنورد دارای آهنگ کاهشی و معنی دار می‌باشد. سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه فاقد روند می‌باشند (جدول ۵ و شکل ۴). به نظر می‌رسد نیمه شمالی خراسان با ژئومورفولوژی ناهمگون شرایطی را سبب شده است که در دوره سرد سال نیاز به افزایش گرمایش افزایش پیدا می‌کند. این شرایط در نیمه جنوبی به صورت عکس رخ می‌دهد.

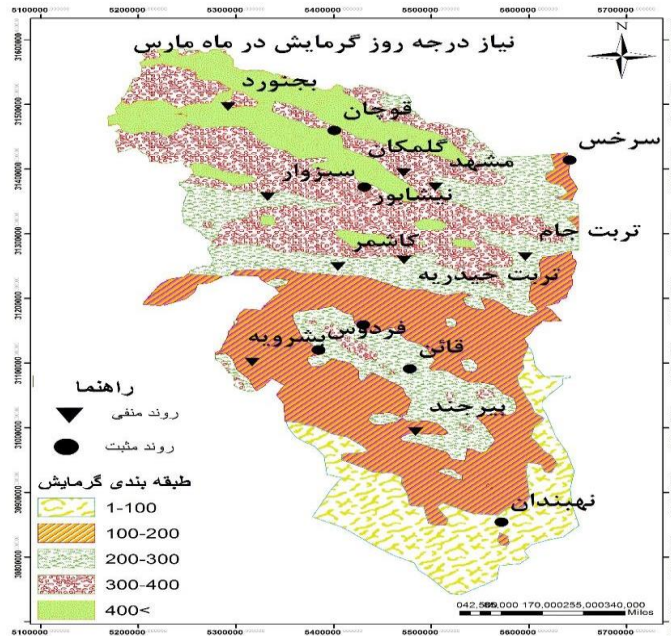
- واکاو تغییرات مکانی زمانی نیاز

درجه روز گرمایشی در ماه مارس

در ماه مارس، کم‌ترین مساحت پهنه مربوط به نواحی کوهستانی و کوهپایه-ای خراسان در گروه اقلیمی ملایم (H5) است که به میزان ۰/۹۲ درصد، بخش-های پراکنده‌ای از نیمه شمالی خراسان بزرگ را به خود اختصاص داده است. بیشترین پهنه با ۳۶ درصد در گروه H2 با میزان ۱۰۰-۲۰۰ درجه روز قرار دارد که بر بخش‌های میانی و نیمه‌ی جنوبی ناحیه منطبق شده است. همچنین روند

جدول (۵) تخمین پهنه نیاز درجه‌روز گرمایشی در ماه مارس. مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

نماد گروه	گروه اقلیمی	نیاز گرمایشی	تعداد یاخته	درصد پهنه
H1	بسیار سرد	۱-۱۰۰	۹۲۰۰	۱۴/۱۸
H2	سرد	۱۰۰-۲۰۰	۲۳۸۸۸	۳۶/۸۱
H3	نیمه سرد	۲۰۰-۳۰۰	۲۲۲۹۲	۳۴/۳۶
H4	معتدل	۳۰۰-۴۰۰	۸۹۱۱	۱۳/۷۳
H5	ملایم	۴۰۰ <	۵۹۶	۰/۹۲



شکل ۴- پراکنش مکانی و روند نیازهای درجه‌روز گرمایشی در ماه مارس، مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

- واکاوی تغییرات مکانی‌زمانی

نیاز درجه‌روز گرمایشی سالانه

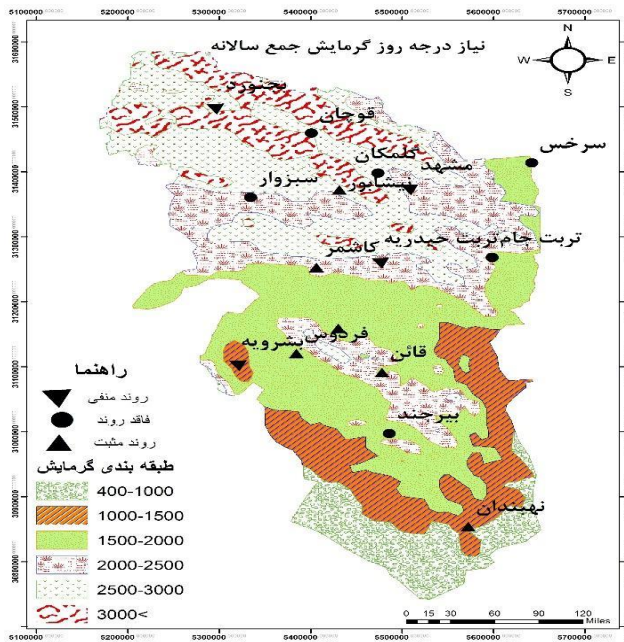
ایستگاه‌های بشرویه، بجنورد و مشهد دارای آهنگ کاهش‌ی درجه‌روز گرمایشی است لذا استفاده از سیستم‌های گرمایشی در دوره سرد سال کمتر و سرمازا بیشتر خواهد شد.

بخش‌های جنوبی و نیمه مرکزی از جمله ایستگاه‌های نه‌بندان، قائن، گل‌مکان، نیشابور، گناباد، کاشمر و فردوس دارای آهنگ افزایشی و بقیه ایستگاه‌ها فاقد روند می‌باشد. نیاز به گرمایش با ارتفاع و عرض جغرافیایی رابطه دارد. بنابراین می‌توان گستره‌ی

خراسان را به سه گروه کلی تقسیم کرد:
 ۱- نواحی شمالی با نیاز گرمایش در گروه‌های فراسرد و بسیار سرد در ایستگاه‌های بجنورد، قوچان و تربت- حیدریه. ۲- نواحی مرکزی: با بیشترین مساحت و نیاز گرمایشی در گروه‌های سرد و نسبتاً سرد شامل ایستگاه‌های سبزوار، کاشمر، مشهد، سرخس، گناباد و ... ۳- نواحی جنوبی: کم‌ترین نیاز درجه‌روز گرمایشی در گروه‌های معتدل و ملایم در ایستگاه‌های بیرجند، نهبندان، قائن و ...

جدول ۶- تخمین پهنه گستره نیاز درجه‌روز گرمایشی میانگین سالانه

نماد گروه	گروه اقلیمی	نیاز گرمایشی	تعداد یاخته	درصد پهنه
H1	فرار سرد	۴۰۰-۱۰۰۰	۵۵۸۹	۸/۶۱
H2	بسیار سرد	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۸۱۲۱	۱۲/۵۲
H3	سرد	۱۵۰۰-۲۰۰۰	۱۷۷۹۸	۲۷/۴۳
H4	نسبتاً سرد	۲۰۰۰-۲۵۰۰	۱۳۲۸۹	۲۰/۴۸
H5	معتدل	۲۵۰۰-۳۰۰۰	۱۳۲۴۵	۲۰/۴۱
H6	ملایم	۳۰۰۰<	۶۸۴۸	۱۰/۵۵



شکل (۵)، پراکنش مکانی و روند نیازهای درجه‌روز گرمایشی میانگین سالانه، مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

نتیجه‌گیری

واکاوی تغییرات زمانی مکانی درجه‌روز گرمایش جهت آگاهی از پدیده‌ی تغییر اقلیم در یک منطقه بسیار مهم و ضروری است. چرا که یکی از نشانه‌های رخداد این پدیده، نوسان‌های فراسنج اقلیمی دماست که رابطه نزدیکی با درجه‌روز دارد. نتایج حاصل از ارتباط درجه‌روز گرمایشی با طول، عرض و ارتفاع در خراسان بزرگ نشان داد که نیازهای گرمایشی کمترین ارتباط را با طول جغرافیایی و بیشترین همبستگی معنی‌دار را با عرض جغرافیایی و ارتفاع در دوره سرد سال دارد. به دیگر سخن، پراکنش نیازهای گرمایشی در منطقه مورد بررسی از عرض جغرافیایی و الگوی ناهمواری تبعیت می‌کند. بدین صورت که، بیشترین میزان نیاز به گرمایش منطبق بر ارتفاعات و مناطق کوهستانی نیمه شمالی خراسان و کمترین میزان در مناطق پست و کم ارتفاع مرکزی و جنوبی احساس می‌شود. به طوری که به ازای هر ۱ درجه افزایش عرض جغرافیایی و هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع، نیازهای درجه‌روز گرمایش نیز افزوده خواهد شد. همچنین نتایج حاصل از بررسی روند

درجه‌روز گرمایش بیانگر آن است که نیاز این فراسنج در دوره‌ی سرد سال و به ویژه در ماه‌های اکتبر، فوریه و مارس کاهش معناداری یافته است. این نتایج گویای گرم‌تر شدن هوا نسبت به میانگین دما در مناطق سردسیر شمال-شرق خراسان بزرگ می‌باشد. به دیگر سخن، مرزبندی پهنه‌های گرمایشی دچار تغییر شده است و نیاز گرمایش محدود به مناطق مرتفع کوهستانی شده است و بر مساحت پهنه‌های نیاز گرمایش اندک در مناطق جنوبی خراسان افزوده می‌شود. رخداد این گونه شرایط به تبع افزایش گرمایش جهانی و افزایش دما سبب می‌شود که در آینده نه چندان دور، استفاده از وسایل سرمازا و مصرف انرژی بیشتر جهت خنک‌سازی محیط و آسایش اقلیمی انسان افزایش یابد.

به طور کلی، کاهش نیاز درجه‌روز گرمایشی در ناحیه‌ی خراسان حتی در دوره سرد سال و استفاده بیشتر مصرف انرژی در این مناطق، انطباق نسبی با مصرف بالای انرژی در ماه‌های گرم در ساختمان (اوکتای و همکاران، ۲۰۱۱)؛ کاهش نیاز گرمایشی بین ۱۳ و ۸۷ درصد در سوئیس (کریستنسون و

همکاران، ۲۰۰۶)؛ افزایش مصرف انرژی در جنوب شرق ایران (روشن و گراب، ۲۰۱۲)؛ روند منفی درجه روز گرمایشی در چاله‌های داخلی، دامنه‌های زاگرس شمالی و جنوبی، کوهپایه‌های غرب شهرکرد، ارتفاعات ماکو و کوهپایه‌های غربی بجنورد (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳)؛ افزایش برق مصرفی در کشور (بابائیان و همکاران، ۱۳۹۳) و روند مثبت و افزایشی دما در فصل بهار، به‌ویژه در ماه‌های می و ژوئن در استان فارس (امیدوار و همکاران، ۱۳۹۴) دارد.

- منابع**
- امیدوار، ک؛ ابراهیمی، ر؛ علیزاده، ت (۱۳۹۵)، «ارائه روشی نو برای پهنه-بندی روند درجه‌روز سرمایش ماهانه کشور»، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۳، صص ۳۶۵-۳۵۱.
 - امیدوار، ک؛ ابراهیمی، ر؛ نارنگی‌فرد، م (۱۳۹۴)، «پیش‌بینی نیاز سرمایش استان فارس با کاربست داده‌های ECHO-G»، مخاطرات محیط طبیعی، شماره ۶، صص ۵۷-۷۵.
 - انتظاری، ع. ر؛ احمدی، ح؛ کرمی، م؛ احمدی، ط (۱۳۹۶)، «تحلیلی بر شرایط زیست اقلیمی و درجه‌روزهای نیاز گرمایشی و سرمایشی شهر اسلام-آباد غرب»، جغرافیا و برنامه ریزی، شماره ۵۶، صص ۲۱-۱.
 - بابائیان، ا؛ نجفی‌نیک، ز؛ زابل‌عباسی، ف؛ حبیبی نوخندان، م؛ ادب، ح؛ ملبوسی، ش (۱۳۹۳) «ارزیابی تغییر اقلیم کشور در کشور در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHO-G»، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۶، صص ۱۳۵-۱۵۲.
 - خلیلی، ع (۱۳۷۸)، «تحلیل سه بعدی درجه‌روزهای گرمایش و سرمایش در گستره‌ی ایران»، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۵۵، صص ۱۸-۷.
 - رضانی، ب؛ کاظم نژاد، ک (۱۳۹۳)، «واکاوی و اقلیم بندی مجموع میانگین نیاز(گرمایش و سرمایش) در قلمرو گیلان با تاکید بر مصرف گاز طبیعی خانوار»، چشم انداز جغرافیایی در مطالعات انسانی، شماره ۲۵، صص ۱۶-۱
 - مسعودیان، س. ا؛ ابراهیمی، ر؛ محمدی، م (۱۳۹۳)، «پهنه بندی مکانی‌زمانی نیاز گرمایش و سرمایش فصلی و سالانه ایران»، اطلاعات جغرافیایی(سپهر)، شماره ۹۰، صص ۸۳-۹۰.
 - مسعودیان، س. ا؛ ابراهیمی، ر؛ یاراحمدی، ا (۱۳۹۱)، «واکاوی مکانی-زمانی میزان روند ماهانه درجه‌روز گرمایش در قلمرو ایران زمین»، جغرافیا و توسعه ناحیه، شماره ۲۳، صص ۱۵-۱.
 - Christenson, M., Manz, A. H., Gyalistras, D., (2006), Climate Warming Impact Degree-days and Building

- China. Theoretical and applied climatology, 97: 349-360.
- Kadioglu, M., Sen, Z., Ultekin, L. (1998). Spatial heating monthly degree-day features and climatologic Patterns in Turkey. Theoretical and Applied Climatology, 64(3-4): 263-269
 - Oktay, Z., Coskun, C., Dincer, I., (2011), A new approach for predicting cooling degree-hours and energy requirements in buildings. Energy, 36(8): 4855-4863.
 - Pusat, S., Ekmekci, I. (2015). A study on degree-day regions of Turkey. Energy Efficiency, 1-8. DOI 10.1007/s12053-015-9378-7.
 - Rosa, M; Vincenzo, B; Federico, S., Luca, T. A. (2014). Heating and cooling building energy demand evaluation; a simplified model and a modified degree days approach, Theoretical and applied climatology, 96: 180-194.
 - Roshan, G., Grab, S. W., (2012), Regional Climate Energy Demand in Switzerland, Energy Conversion and Management, 47:671-686.
 - Cox, R., Martin, D., Carsten, R., Susanne, B. (2015). Simple future weather files for estimating heating and cooling demand Building and Environment, 83 (2015): 104-114.
 - Elizabeth, M., Federico, C. (2013). Variability and trends of heating degree-days in Argentina, International Journal of Climatology, 33(10): 2352-2361.
 - Gan, T., (1998), Hydro climatic trend and possible climatic warming in the Canadian prairies, water resource research, 34 (11): 3009-3015.
 - Hirsch, R. M., Slack, J. R., (1984), A Non-Parametric Trend Test for Seasonal Data with Serial Dependence, Water Resources Research, 20: 727-732.
 - Jiang, F.; Xuemei, Li.; Binggan, W., Ruji Hu, Z. (2010). Observed trends of heating and cooling degree-days in Xinjiang Province,

- regional scale energy demands. In ASME 2011 5th International Conference on Energy Sustainability, 249-257.
- Taylo, L., Billie, R. (1981), Population-Weighted Heating Degree-Days for Canada. *Atmosphere-Ocean*, 19(3): 261-268.
 -
 - Change Scenarios and Their Impacts on Water Requirements for Wheat Production in Iran, *International Journal of Plant Production*, 2: 239-265.
 - Sequera, P., Rhone, O., González, J. E., Ghebreegziabher, A. T., Bornstein, R., Lebassi, B. (2011). Impacts of climate changes in the Northern Pacific Coast on related