نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۳، شماره ۶۷، بهار ۱۳۹۸، صفحات ۲۸۶-۲۶۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۱۶ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۱۱/۰۵

واکاوی زمانی- مکانی درجه روز سرمایشی در شمال شرق ایران

عبدالرضا کاشکی [۱]

سید محمد حسینی [۲]

فرحناز خرم آبادی [۳]

چکیده

گرمایش جهانی، یکی از مشکلات کنونی و آتی بشر است که می‌تواند بر فعالیت‌های کشاورزی، حمل‌ونقل، منابع آب، تولید انرژی، معماری، نیازهای گرمایشی و سرمایشی، فنولوژی گیاه و ... اثرگذار باشد. در این پژوهش، برای واکاوی زمانی- مکانی نیاز درجه‌روز سرمایشی از داده-های روزانه دمای کمینه و دمای بیشینه ۱۶ ایستگاه همدید شمال‌شرق کشور در بازه‌ی زمانی۲۰ ساله(۱۹۹۶- ۲۰۱۵) استفاده شده است. نخست ماتریس داده‌ها در نرم‌افزار متلب با آرایه S به ابعاد(۱۶*۷۰۳۵) تشکیل گردید که در آن سطرها، بیانگر زمان (روز) و ستون‌ها، بیانگر مکان(ایستگاه‌ها) هستند و در نهایت، درجه‌روز سرمایشی در هر ماه محاسبه و نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی در ArcGIS ترسیم شد. نتایج نشان داد که همبستگی معنی‌دار و معکوس میان ارتفاع و عرض جغرافیایی با نیازهای درجه‌روز سرمایشی در همه ماه‌های گرم سال برقرار است به‌گونه‌ای که با افزایش این دو عامل اقلیمی، نیاز به سرمایش در ایستگاه‌های شمالی منطقه‌ی خراسان کاسته شده و با کاهش این دو در نواحی جنوبی خراسان بر میزان نیاز سرمایشی و مصرف انرژی جهت خنک‌شدن و آسایش فیزیولوژیکی انسان افزوده می‌شود. همچنین برحسب نیاز درجه‌روز سرمایشی، ناحیه خراسان را می‌توان به شش گروه اقلیمی تقسیم کرد. بیشترین نیاز سرمایشی با بیش از ۵۰۰

۱ـ استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار.

۲ـ استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه سید جمال الدین اسدآبادی، همدان(نویسنده مسئول) Email: h.climate@sjau.ac.ir

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز.

درجه‌روز در مناطق جنوبی و کم‌ارتفاع منطقه به ویژه در ماه‌های ژوئن و ژوئیه(خرداد و تیر) و گروه اقلیمی بسیارگرم واقع شده است. بالاترین پهنه نیاز درجه‌روز سرمایشی در ماه آوریل و مه با ۲۷/۵ درصد مربوط به گروه اقلیمی نیمه گرم؛ در ژوئن با ۲۴/۵ درصد؛ ژوئیه با ۲۳/۷ درصد؛ اوت با ۲۲/۴ درصد و در سپتامبر با ۲۲/۵ درصد به گروه اقلیمی‌گرم و به میانه‌ی خراسان تعلق دارد. همچنین بررسی روند نیازهای سرمایشی حاکی از این است که در دوره‌ی گرم سال این روند در ایستگاه‌های مورد بررسی دارای نوسان‌های متعدد است. فقط در ایستگاه قائن برخلاف سایر ایستگاه‌ها در همه ماه‌ها، آهنگ کاهشی در نیازهای سرمایشی مشاهده می‌شود.

واژگان کلیدی: روند مان–کندال، درجه‌روز سرمایشی، شمال‌شرق، ایران.

مقدمه

فعالیت‌های اخیر انسان، باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای در هواسپهر شده است. بیشترین افزایش گازهای گلخانه‌ای مربوط به دی‌اکسید کربن می‌باشد. این افزایش سبب می‌شود که امواج مادون سرخ ساطع‌شده از زمین، بیش از پیش توسط گازهای گلخانه‌ای جذب شوند و باعث گرم‌تر شدن کره زمین گردند. با این‌حال، آگاهی از آسیب‌پذیری آب‌وهوا و انطباق نیازهای بخش انرژی در برابر اثرات ناشی از انتشار این گازها در حال افزایش است. بنابراین یکی از پیامدهای مصرف سوخت‌های فسیلی به‌ویژه دی‌اکسید کربن در دهه-های اخیر، افزایش گازهای گلخانه‌ای است که منجر به بروز پدیده تغییر اقلیم شده است(امیدوار و همکاران، ۱۳۹۴: ۵۸). از جمله تأثیرات تغییر اقلیم بر انرژی مصرفی می‌توان به اثر آن در میزان نیاز به انرژی جهت گرمایش و سرمایش اشاره داشت(مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳: ۲). یکی از اثرات بارز گرمایش جهانی، تغییر در میزان نیاز گرمایش و سرمایش محیط ناشی از تغییرات روزانه دما می‌باشد. در طی ماه‌های گرم سال مصرف بالای انرژی جهت سرمایش محیط و در ماه‌های سرد سال مصرف بالای انرژی جهت گرمایش محیط یکی از معضلات بسیاری از کشورهاست(اوکتای و همکاران[1]، ۲۰۱۱: ۴۸۵۵). یکی از مهم‌ترین شاخص‌های آماری– آب و هوایی مرتبط با مدیریت انرژی، درجه–

[1]- Oktay et al

روز است که بیانگر شدت و مدت دمای محیطی می‌باشد(وی و همکاران[1]، ۲۰۱۷: ۴۹۴) درجه-روز در واقع، اندازه‌گیری میانگین دمای هوا است. مقدار نیاز به گرم کردن محیط در زمستان(نیاز گرمایشی) و سرد کردن آن در تابستان(نیاز سرمایشی) برحسب تعریف«جمع تفاضل‌های میانگین‌های روزانه دما از آستانه معین در دوره‌ی مشخصی از سال» است و برحسب درجه‌روز بیان می‌شود. به دیگر سخن؛ درجه‌روز، تفاضل میان دمای روزانه هوا با دمای آستانه انتخابی است. اگر جواب این تفاضل مثبت باشد، نیاز به سرد کردن محیط و اگر جواب به‌دست‌آمده از این تفاضل منفی باشد، نیاز به گرم کردن محیط وجود دارد (مسعودیان و همکاران،۱۳۹۱: ۲۱). این در حالی است که در شرایط تشدید گرمایش جهانی، مصرف بالای انرژی نه‌تنها در ماه‌های گرم، بلکه برخی ماه‌های منتهی به این فصول را نیز در برمی‌گیرد (اوکتای و همکاران، ۴۸۵۶:۲۰۱۱).

مبانی نظری

با توجه به موقعیت جغرافیایی شمال‌شرق ایران که در قلمرو تأثیرپذیری سامانه‌های کلان‌مقیاس اقلیمی مانند پرفشار سیبری، بادهای ۱۲۰ روزه و جریان‌های غربی قرار دارد، می‌توان این‌گونه اذعان داشت که این قلمرو علاوه بر داشتن تنوع اقلیمی از اثرات گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی نیز برخوردار است. اطلاق نام منطقه‌ی شمال‌شرق یا منطقه‌ی خراسان، صرفاً یک مفهوم جغرافیایی داشته و اغلب محققین و پژوهشگران با هر دو نام آشنایی کافی دارند. بنابراین تنوع شرایط اقلیمی، تنوع درجه‌روز سرمایشی(CDD)[2] و گرمایشی(HDD)[3] را به دنبال دارد.

در زمینه نیازهای گرمایشی و سرمایشی در کشورهای مختلف جهان و ایران پژوهش-های گوناگونی صورت گرفته است که به اختصار به چند مورد اشاره می‌شود. نخست مفهوم درجه- روز که ابتدا توسط توماس[4] (۱۹۵۲)، مورد استفاده قرار گرفت. وی بر این باور بود که داده‌های دمای روزانه باید دارای یک توزیع نرمال باشند چرا که این توزیع برای به دست

1 . Way et al
2 . Cooling Degree Days
3 . Heating Degree Days
4 . Thomas

آمدن رابطه میان میانگین دمای روزانه هوا و میزان درجه‌روز مورد نیاز برای گرمایش و سرمایش استفاده می‌شود. کریستنسون و همکاران[۱] (۲۰۰۶)، با استفاده از درجه‌روز، اثر گرم شدن هوای کره زمین بر انرژی مورد نیاز ساختمان‌ها را در سوئیس مورد بررسی قراردادند و با محاسبات سناریوهای آزمایشی معتقدند که با کاهش نیاز گرمایشی بین ۱۳ و ۸۷ درصد، نیازهای سرمایشی شتاب مثبت در طول قرن ۲۰ و ۲۱ پیدا کرده است. سکورا و همکاران[۲] (۲۰۱۱)، اثر تغییر اقلیم بر مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی را در نوار ساحلی اقیانوس اطلس مورد واکاوی قراردادند. روشن و گراب[۳] (۲۰۱۲) به واکاوی اثر تغییر اقلیم بر مصرف انرژی(گرمای و سرمایش) در ایران پرداختند و بر این باورند که حتی با شبیه‌سازی نیازهای گرمایشی و سرمایشی در دوره‌های ۲۰۲۵ و۲۰۵۰، مقدار مصرف انرژی در جنوب شرق ایران رو به افزایش می‌باشد. مورشد[۴] (۲۰۱۲)، در پژوهشی به توسعه یک معادله برای محاسبه درجه‌روز از داده‌های دمای روزانه از طریق بررسی رابطه بین درجه‌روز و دمای متوسط سالانه از ۵۵۱۱ نقطه در سراسر جهان، با استفاده روابط غیرخطی چندگانه پرداخت. نتایج نشان داد که رابطه بسیار قوی بین دمای سالانه و درجه‌روز وجود دارد. الیزابت و فدریکو[۵] (۲۰۱۳)، روند درجه‌روز گرمایش در کشور آرژانتین را مورد واکاوی قراردادند. نتایج پژوهش گویای آن است که در مناطق ساحلی وجود روند منفی نیاز گرمایش محیطی می‌تواند به دلیل اثر رطوبت دریا بر این منطقه باشد. بورا و همکاران[۶] (۲۰۱۵)، به واکاوی درجه‌روزهای گرمایش و سرمایش در نواحی مختلف هند پرداختند و نشان دادند که با افزایش میانگین دمای روزانه در برخی مناطق، میزان نیاز سرمایش و گرمایش به‌تبع آن تغییر می‌کند. آتلیگان و همکاران[۷] (۲۰۱۶) در پژوهشی نشان دادند درجه‌روز، هم نیاز مقدار انرژی یک ساختمان را بیان می‌کند و هم ارتباط بین دمای داخلی ساختمان با دمای هوای بیرونی که در آن ساختمان واقع شده است را مطرح می‌کند.

---

1 . Christenson et al
2 . -Sequera
3 . Roshan and Grab
4 . Mourshed
5 . Elizabet and Federico
6 . Borah et al
7 . Atilgan et al

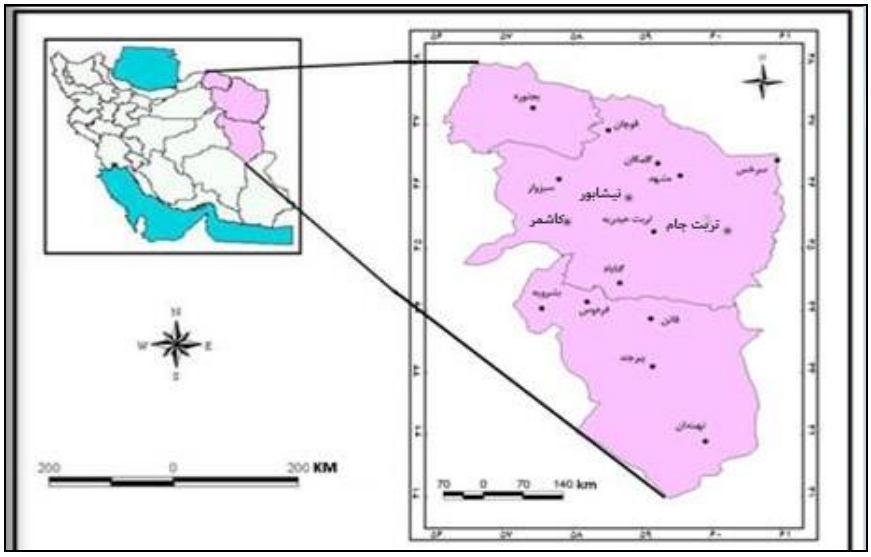
در زمینه درجه‌روز گرمایشی و سرمایشی پژوهش‌های پراکنده‌ای در کشور ایران نیز صورت گرفته است. به‌عنوان نمونه؛ رمضانی‌گورابی و کاظم‌نژاد (۱۳۹۰)، بر اساس روش گیونی و برآورد درجه‌روز سرمایشی و گرمایشی در مناطق کوهستانی مشخص نمودند که ماه‌های اردیبهشت و آذر به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار نیاز به گرمایش را دارا می‌باشند. حلیمی و همکاران (۱۳۹۳)، به ارزیابی و دقت سنجی درون‌یابی مکانی در برآورد نیازهای گرمایشی و سرمایشی ایران پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که این سه مدل درون‌یابی می‌تواند در شناسایی مناطق مختلف کشور ازلحاظ نیازهای سرمایشی و گرمایشی به‌عنوان شاخص اقلیمی، معرف پتانسیل مصرف انرژی مفید باشد. مسعودیان و همکاران (۱۳۹۳)، به واکاوی مکانی- زمانی میزان روند ماهانه درجه‌روز گرمایش در ایران پرداختند و بر این باورند که در فصل بهار و پاییز، روند مثبت نیاز گرمایشی در شمال کردستان و زنجان نمایان است. روند منفی نیز در چاله‌های داخلی، دامنه‌های زاگرس شمالی و جنوبی، کوهپایه‌های غرب شهرکرد، ارتفاعات ماکو و کوهپایه‌های غربی بجنورد مشاهده می‌شود. رمضانی‌گورابی و کاظم نژاد (۱۳۹۳)، میانگین مجموع درجه‌روز گرمایش و سرمایش ماهانه، فصلی و سالانه استان گیلان را با آستانه دمایی بین۱۸/۳ الی ۲۳/۹ محاسبه کردند، نتایج حاصل از واکاوی نقشه‌ها در سطح منطقه، بیانگر بخش‌بندی گیلان به دو پهنه کلان اقلیمی، هموار و ناهموار است. در نیمه گرم سال، بخش هموار استان نیازمند سرمایش بالاتری است. بابائیان و همکاران (۱۳۹۳)، به شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم بر مصرف برق کشور در دوره ۲۱۰۰-۲۰۱۱ با استفاده از ریزمقیاس نمایی برونداد مدل گردش عمومی جو پرداختند، نتایج آن‌ها نشان داد که میانگین دمای کشور در دوره‌های۲۰۱۱- ۲۰۴۰،۲۰۴۱- ۲۰۷۰-و۲۰۷۱-۲۱۰۰ در مقایسه با دوره پایه ۱۹۹۰- ۱۹۶۱ افزایش‌یافته است. این افزایش دما موجب می‌شود میزان برق مصرفی افزایش یابد. امیدوار و همکاران(۱۳۹۴) در پژوهشی به پیش‌بینی نیاز سرمایشی استان فارس از طریق مدل ریزمقیاس نمایی *RegCM4* پرداختند و به این نتیجه رسیدند 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 نشان می‌دهد که نویددهنده استفاده از وسایل سرمازا در آینده در فصل بهار است. انتظاری و همکاران(۱۳۹۶)، به بررسی تحلیل شرایط زیست‌اقلیمی و درجه‌روزهای نیاز گرمایشی و

سرمایشی اسلام‌آباد غرب پرداختند و بر این باورند که واقع‌شدن این منطقه در اقلیم سـرد و نیمه سرد، نیاز ۲۰۷ درجه‌روز سرمایش و ۲۲۷ درجه‌روز گرمایش را ضروری می‌داند.

از آنجا که هر نوع برنامه‌ریزی اعم از مدیریت مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش ساختمان و فعالیت‌های کشاورزی که در طی مراحل مختلف رشد گیاه نیاز به درجه‌روزهای مشخصی دارند، شناخت این فراسنج ضروری به نظر می‌رسد و از این دیدگاه، بررسی و مطالعه مکانی–زمانی این فراسنج می‌تواند راهگشای برنامه‌ریزی‌های ملی، منطقه‌ای و محلی باشد. بنابراین در پژوهش حاضر سعی شده است علاوه بر پهنه‌بندی مکانی درجه‌روز سرمایشی در شمال‌شرق ایران، آهنگ زمانی تغییر نیازهای سرمایشی در این منطقه مورد واکاوی قرار گیرد. زیرا هدف اصلی از انجام این‌گونه پژوهش‌ها، شناخت پهنه‌های نیاز درجه‌روز سرمایشی جهت استفاده بهینه از انرژی است.

مواد و روش‌ها

محدوده‌ی مورد بررسی در این پژوهش، منطبق بر مرزهای جغرافیایی سه استان خراسان‌شمالی، خراسان‌رضوی و خراسان‌جنوبی(ناحیه‌ی خراسان) است که با وسعت حدود ۳۰۰ هزار کیلومترمربع 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 محدوده مورد بررسی و ایستگاه‌های همدید را نشان می‌دهد.



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی محدوده موردبررسی و ایستگاه‌های همدید

در این پژوهش، از دمای کمینه و بیشینه روزانه ۱۶ ایستگاه همدید شمال شرق کشور طی بازه زمانی مشترک ۲۰ ساله (۱۹۹۶-۲۰۱۵) که از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید، استفاده شد. علت استفاده از این دوره زمانی این است که برخی ایستگاه‌های موردبررسی، حداکثر ۲۰ سال آمار دارند و برخی بیشتر از ۲۰ سال. لذا ضمن انتخاب یک دوره زمانی مشترک، بسیاری از ایستگاه‌هایی که جدیدترند و آمار طولانی‌مدت ندارند، از محاسبات آماری حذف نمی‌شوند. در بیشتر مطالعات انجام گرفته شده توسط محققان از آستانه دمایی متفاوت طبق اهداف پژوهش برای محاسبه درجه‌روز استفاده شده است(جدول۱).

جدول (۱): آستانه‌های دمایی و علل انتخاب آن برای محاسبه درجه‌روز سرمایشی و گرمایشی(منبع: مسعودیان و همکاران،۱۳۹۳: ۴)

پژوهشگران	آستانه‌های دمایی	کاربرد و علل انتخاب
کدی اوغلو و همکاران[1] (۱۹۹۹)	۱۵ و ۲۴ درجه	آستانه دمایی ۲۴ درجه به‌عنوان دمای بیشینه و دمای ۱۵ درجه میانگین دمای کشور ترکیه، محاسبه انرژی مصرفی
خلیلی(۱۳۷۹)	۱۸ درجه	میانگین دمای کشور
بلدیز و سوسااغلو[2] (۲۰۰۷)	۲۴،۱۸،۲۰ درجه	محاسبه انرژی موردنیاز صنایع
جیانگ و همکاران[3] (۲۰۱۰)	۱۸ تا ۲۴ درجه	دمای ۱۸ درجه به‌عنوان آسایش انسان و دمای ۲۴ درجه به‌عنوان دمای بیشینه
تیلور و بیلر[4](۱۹۸۱)	۱۸درجه	آستانه دمای برای آسایش انسان

در ایران، سازمان هواشناسی کشور آستانه دمایی جهت محاسبه درجه‌روز سرمایشی گرمایشی را به ترتیب ۲۱ و ۱۸ درجه تعیین کرده است. به طوری که، اگر متوسط درجه حرارت روزانه هوا از ۲۱ درجه تجاوز کند، سبب افزایش دما و در نتیجه نیاز به سردکردن محیط خواهد بود و چنانچه دمای هوا از ۱۸ درجه پایین‌تر رود، احساس سرما به وجود می-آید و باید محیط گرم شود(مسعودیان و همکاران،۱۳۹۳). لذا در پژوهش حاضر، برای واکاوی زمانی– مکانی نیازهای درجه‌روز سرمایشی از آستانه دمای روزانه ۲۱ درجه‌سلسیوس استفاده شده است. بنابراین درجه‌روز سرمایشی یعنی روزهایی که دمای هوا بالاتر از دمای آستانه ۲۱ درجه بوده و انسان جهت برقراری آسایش نیاز به سردکردن محیط دارد. با این تفاسیر، میزان نیاز درجه‌روز سرمایش در دوره‌ی معین N روزه، به درجه‌روز سرمایش یا (CDD) معروف است که این‌گونه محاسبه می‌شود(مسعودیان و همکاران،۱۳۹۳: ۵):

[1]-Kadioglu et al
[1]- Bildiz and Sosaoglu
[2]-Jiang et al
[3]-Taylor and Billie

$$CDD = \sum_{i=1}^{n} (Tmean - Tbase)$$ رابطه(۱)

که در آن؛ T_{mean} میانگین دمای هوای روزانه می‌باشد که به‌صورت $T_{mean}=(T_{max}+T_{min})/2$ تعریف می‌شود. که T_{min} و T_{max} به ترتیب کمینه دمای روزانه و بیشینه دمای روزانه می‌باشد و T_{base}، پایه‌ها و آستانه دمایی مورد استفاده برای محاسبه درجه‌روز سرمایش است. برای بررسی ارتباط بین عرض، طول جغرافیایی و ارتفاع ایستگاه‌ها با میزان درجه‌روز سرمایشی ماهانه از مدل رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شده است. در این مدل آماری فرض بر این است که رابطه بین متغیرهای مستقل(ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی) و متغیر وابسته(میزان نیاز درجه‌روز سرمایشی ماهانه) به‌صورت زیر است(رابطه ۲):

$$CDD=b_0+b_1(x_1) +b_2(x_2) +...+b_p (x_p)$$ رابطه ۲

که در آن: پارامترهای $b_1,b_2,...,b_p$، ضرایب رگرسیون(شیب معادله)، b_0 مقدار عرض از مبدأ و $x_1,x_2,...,x_p$ متغیرهای مستقل است. برای ارائه توزیع فضایی نیاز درجه‌روز سرمایشی از روش کریجینگ جهت پهنه‌بندی استفاده شد.

در پژوهش حاضر همچنین برای واکاوی آهنگ تغییرات زمانی درجه‌روز سرمایشی از آزمون مان‌کندال استفاده گردید. آزمون روند، چندین دهه است که توسط آب‌شناسان و پژوهشگران جهت شناسایی رفتار متغیرهای آب‌شناسی و هواشناسی مانند بارش، دما و... استفاده می‌شود(چن و همکاران[1]، ۲۰۰۷: ۲۸۵۶). ابتدا مان(*Mann*) در سال ۱۹۴۵ این آزمون را ارائه کرد و سپس توسط کندال(*Kendall*) به‌صورت آزمون آماری بسط و گسترش یافت. این آزمون بدون توجه خطی یا غیرخطی بودن روند، جهت شناسایی معنی‌داری روند به لحاظ آماری هر سری زمان کاربرد دارد. محاسبه آزمون مان-کندال شامل چند گام به شرح زیر است:

[1] - Chen et al

ابتدا بر اساس آماره(S) اختلاف بین تک‌تک مشاهدات(برای نمونه نیاز درجه‌روز CDD در ماه‌های مختلف بر روی قسمت‌های شمال‌شرق کشور) محاسبه گردید و خروجی این تابع، علامت هر سری را روشن می‌کند(رابطه ۳). (هیرچ و لک[1]، ۱۹۸۴: ۷۲۹):

$$S=\sum_{k=1}^{n-1}\sum_{n=1}^{N}\operatorname{sgn}(xi-xk)\quad \operatorname{sgn}(xj-xk)=\begin{cases}+1(xj-xk)>0\\ 0.(xj-xk)=0\\ -1(xj-xk)<0\end{cases}$$ رابطه ۳

که در آن؛ $i>j$ ، n تعداد کل مشاهدات، x_j و x_k به ترتیب مقادیر j و k سری و sgn، تابع علامت می‌باشد. بعد از تعیین علامت، واریانس هرکدام از مشاهدات و آماره Z با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد:

اگر $n>10$،
$$Var=\frac{n(n-1)(2n+5)-\sum_{i=1}^{m}t(t-1)(2t+5)}{18}$$
رابطه۴
$$Z=\left(\frac{s-1}{\sqrt{var(s)}}\ \text{if}\ s>0\right)\ \text{یا}\ (0\ \ \text{if}\ \ s=0)\ \text{یا}\ \left(\frac{s+1}{\sqrt{var(s)}}\ \text{if}\ s<0\right)$$

مرحله نهایی، آزمون فرض است. فرض صفر بر عدم وجود روند و تصادفی بودن آن دلالت دارد و بدین معنی است که Z آمار معنی‌داری نیست(برای مثال گرمایش یا سرمایش و دوره‌ی تر و خشک وجود ندارد). زمانی این فرض تأیید می‌شود که $-Z_{a/2}<Z<Z_{a/2}$ باشد. مقادیر $Z_{a/2}$ 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 $Z<-Z_{a/2}$ است. بنابراین در پژوهش حاضر در برخی پیمانگاه‌ها روند دما مثبت(گرمایش) و در برخی دیگر از آن‌ها روند دما منفی(سرمایش) یا برخی دیگر خشک هستند. در نتیجه، فرضیه‌ها در چنین مواردی دوطرفه انتخاب می‌شوند. همچنین سطح معنی‌داری در این پژوهش، α=۰/۰۵ می‌باشد. بنابراین با توجه به دوطرفه بودن آزمون، مقدار Z جدول برابر ۱/۹۶ خواهد بود(گان[2]،۱۹۹۸: ۳۰۱۲).

[1] - Hirsch and Slack
1- Gan

یافته‌ها و بحث

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

در این پژوهش پس از استخراج نیازهای سرمایشی ایستگاه‌ها، به بررسی ارتباط بین متغیرهای مستقل(ارتفاع، عرض و طول جغرافیایی ایستگاه‌ها) و متغیر وابسته(نیاز سرمایشی ایستگاه‌ها) پرداخته شده است. بر اساس یافته‌های پژوهش، نیازهای سرمایشی کمترین رابطه را با طول جغرافیایی و رابطه معکوس و معنی‌داری میان ارتفاع و عرض جغرافیایی با نیازهای سرمایشی در تمامی ماه‌های گرم سال از آوریل تا سپتامبر(فروردین تا شهریور) نمایان است. به‌گونه‌ای که با افزایش ارتفاع و عرض جغرافیایی نیازهای سرمایشی کاسته شده و همچنین با کاهش ارتفاع و عرض جغرافیایی بر میزان آن افزوده می‌شود(جدول ۲). ملاحظه می‌شود که ضریب همبستگی و ضریب تعیین بالا در همه مدل‌ها، بیانگر نقش و اهمیت دو پارامتر ذکرشده در مدل است.

جدول(۲): مدل رگرسیونی گام‌به‌گام برای تبیین نیازهای سرمایشی

ماه	همبستگی CDD	ضریب تعیین CDD	رابطه رگرسیونی CDD
آوریل	۰/۹۱	۰/۸۳	۱۰۶۳/۵۷ -۱۵/۸۰(LAT) -۰/۰۵(H)
مه	۰/۸۵	۰/۹۲	۱۷۴۵/۵۹ -۴۲/۰۹(LAT) -۰/۱۴(H)
ژوئن	۰/۹۱	۰/۸۴	۲۱۷۰/۱۴ -۴۹/۷۲(LAT) -۰/۱۸(H)
ژوئیه	۰/۸۰	۰/۸۹	۱۹۰۸/۸۶ -۴۲/۲۸(LAT) -۰/۱۸(H)
اوت	۰/۹۰	۰/۸۱	۱۹۰۸/۸۶ -۴۲/۲۸(LAT) -۰/۱۸(H)
سپتامبر	۰/۹۳	۰/۸۶	۲۵۳۱/۶۲ -۳۴/۷۳(LAT) -۰/۱۲(H)

- نتایج آماره آزمون مان-کندال در ایستگاه‌های مورد بررسی

همان‌گونه که جدول ۳ نشان می‌دهد برای ۱۶ ایستگاه مورد بررسی در ناحیه خراسان، نمره Z و مقدار $P\text{-}Value$ به تفکیک هر ایستگاه در دوره‌ی گرم سال محاسبه گردیده است. ایستگاه‌هایی مانند قوچان، قائن و گناباد در تمام ماه‌های گرم‌سال دارای نمره Z منفی و ایستگاه گلمگان در تمام ماه‌های دوره‌ی گرم سال دارای نمره مثبت است.

جدول (۳): نتایج آماره آزمون مان-کندال نیاز درجه‌روز سرمایشی به تفکیک ایستگاه‌های موردبررسی

ماه	آوریل		مه		ژوئن		ژوئیه		اوت		سپتامبر	
ایستگاه	Z	P-V	Z	P-V	Z	P-V	Z	P-V	Z	P-V	Z	P-V
قوچان	-۱/۹۹	۰/۰۰	-۰/۷۴	۰/۷۷	-۰/۰۹	۰/۵۳	-۱/۰۰	۰/۸۴	-۲/۵۶	۰/۰۰	-۲/۴۹	۰/۰۰
بجنورد	-۲/۱۹	۰/۰۰	۱/۱۶	۰/۱۲	۲/۴۹	۰/۰۰	۲/۳۰	۰/۰۰	-۰/۲۹	۰/۶۱	-۱/۰۰	۰/۸۴
بیرجند	۰/۴۸	۰/۳۱	۰/۱۲	۰/۴۴	۱/۲۰	۰/۱۱	۰/۸۷	۰/۱۹	۰/۰۳	۰/۴۸	-۱/۴۹	۰/۹۳
بشرویه	۰/۹۴	۰/۱۷	۱/۶۵	۰/۰۴	۲/۳۰	۰/۰۰	۱/۹۱	۰/۰۲	۱/۰۰	۰/۱۵	-۰/۷۴	۰/۷۷
تربت‌حیدریه	۰/۵۸	۰/۲۸	۱/۲۹	۰/۰۹	۲/۷۵	۰/۰۰	۱/۸۴	۰/۰۳	۱/۰۷	۰/۱۴	-۱/۶۵	۰/۹۵
قاین	-۱/۶۸	۰/۹۵	-۱/۷۱	۰/۹۵	-۱/۳۹	۰/۹۱	-۲/۸۲	۰/۰۰	-۲/۳۶	۰/۰۰	-۳/۷۹	۰/۰۰
گلمکان	۰/۰۳	۰/۴۸	۱/۳۹	۰/۰۸	۲/۷۵	۰/۰۰	۲/۴۹	۰/۰۰	۱/۰۰	۰/۱۵	۱/۳۳	۰/۹۰
مشهد	۰/۰۶	۰/۴۷	۱/۵۸	۰/۰۵	۲/۵۶	۰/۰۰	۲/۶۲	۰/۰۰	۱/۰۰	۰/۱۵	-۰/۹۴	۰/۸۲
نیشابور	۰/۸۵	۰/۸۰	۰/۶۸	۰/۷۵	۰	۰/۵	-۰/۹۰	۰/۸۱	-۱/۸۴	۰/۹۶	-۳/۱۴	۰/۰۰
تربت جام	-۰/۰۳	۰/۵۱	۱/۳۹	۰/۰۸	۲/۳۰	۰/۰۰	۰/۸۱	۰/۲۰	۰/۹۴	۰/۱۷	۰/۸۷	۰/۸۰
سبزوار	-۰/۷۴	۰/۷۷	۱/۰۰	۰/۱۵	۱/۰۷	۰/۱۴	۱/۶۵	۰/۰۴	-۰/۷۱	۰/۷۶	-۱/۲۰	۰/۸۸
سرخس	-۱/۰۷	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۳۸	-۰/۰۳	۰/۵۱	-۱/۳۳	۰/۹۰	-۲/۱۷	۰/۰۰
طبس	۱/۰۷	۰/۱۴	۱/۶۵	۰/۰۴	۱/۸۴	۰/۰۳	۱/۲۶	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۴۴	-۱/۳۳	۰/۹۰
فردوس	۰/۹۴	۰/۸۲	-۱/۲۰	۰/۸۸	-۱/۹۴	۰/۹۷	-۲/۱۰	۰/۰۰	-۲/۳۶	۰/۰۰	-۳/۸۶	۰/۰۰
کاشمر	-۰/۳۸	۰/۶۵	۰/۰۳	۰/۴۸	۰/۲۲	۰/۴۱	-۰/۰۹	۰/۵۳	-۱/۵۲	۰/۹۳	-۲/۸۵	۰/۰۰
گناباد	-۱/۲۶	۰/۸۹	-۰/۵۵	۰/۷۰	-۱/۴۵	۰/۹۲	-۲/۴۳	۰/۰۰	-۲/۴۳	۰/۰۰	-۳/۰۸	۰/۰۰
نهبندان	۰/۵۸	۰/۹۴	۰/۹۰	۰/۸۱	-۱/۲۰	۰/۸۸	-۱/۷۲	۰/۹۵	-۲/۴۹	۰/۰۰	-۳/۲۴	۰/۰۰

- **نتایج تخمین درصد پهنه نیاز درجه‌روز سرمایشی در گروه‌های اقلیمی**

برای منطقه‌ی شمال‌شرق کشور، درصد پهنه‌های دارای نیاز سرمایشی در هر ماه و در گروه‌های شش‌گانه اقلیمی مشخص گردید(جدول ۴). بیشترین پهنه دارای نیاز به سرمایش در ماه‌های آوریل و مه با ۲۷/۵ درصد مربوط به گروه اقلیمی نیمه‌گرم با ۳۰۰ تا ۴۰۰ درجه-روز؛ در ژوئن با ۲۴/۵ درصد؛ در ژوئیه با ۲۳/۷ درصد؛ در اوت با ۲۲/۴ درصد و در سپتامبر با ۲۲/۵ درصد به گروه اقلیمی گرم با ۴۰۰ تا ۵۰۰ درجه‌روز تعلق دارد. اما گروه اقلیمی بسیارگرم در ماه ژوئن و ژوئیه(خردادماه و تیرماه) با بیش از ۵۰۰ درجه‌روز و به ترتیب ۱۲/۲ و ۱۱/۴ درصد، بیشترین نیاز سرمایشی در منطقه مورد بررسی را به خود اختصاص داده است. به‌طورکلی در این منطقه گروه اقلیمی نیمه‌گرم و گرم، بیشترین درصد مساحت پهنه اما با درجه‌روز کمتر را به خود اختصاص داده است. گروه اقلیمی بسیارگرم با مساحت و یاخته‌های کمتر، اما بیشترین نیاز سرمایشی در منطقه را دارا می‌باشد.

جدول(۴): تخمین درصد پهنه نیاز درجه‌روز سرمایشی به تفکیک گروه‌های اقلیمی

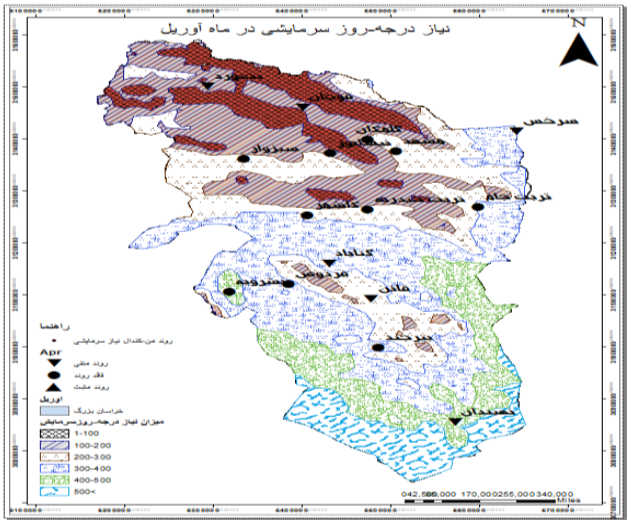
نماد گروه	نام اقلیمی	میزان نیاز سرمایشی	آوریل		مه		ژوئن	
			تعداد یاخته	درصد پهنه	تعداد یاخته	درصد پهنه	تعداد یاخته	درصد پهنه
C1	بسیار سرد	۱-۱۰۰	۶۰۰۱	۹/۵۹	۵۹۰۹	۹/۴۵	۳۶۴۶	۵/۸۳
C2	سرد	۱۰۰-۲۰۰	۱۲۹۵۲	۲۰/۷۱	۱۳۰۱۸	۲۰/۸۱	۸۶۴۵	۱۳/۸۲
C3	نیمه سرد	۲۰۰-۳۰۰	۱۳۹۸۸	۲۲/۳۷	۱۴۱۲۱	۲۲/۵۸	۱۳۳۲۰	۲۲/۳۶
C4	نیمه گرم	۳۰۰-۴۰۰	۱۷۱۸۹	۲۷/۴۹	۱۷۱۸۹	۲۷/۴۸	۱۵۳۲۰	۲۱/۳۰
C5	گرم	۴۰۰-۵۰۰	۷۳۴۲	۱۱/۷۴	۷۳۴۲	۱۱/۶۸	۱۵۳۰۲	۲۴/۴۷
C6	بسیار گرم	بیشتر از ۵۰۰	۵۰۵۶	۸/۰۸	۵۰۵۶	۸/۹۷	۷۶۲۹	۱۲/۲۰

ادامه جدول(۴): تخمین درصد پهنه نیاز درجه‌روز سرمایشی به تفکیک گروه‌های اقلیمی

نماد گروه	نام اقلیمی	میزان نیاز سرمایشی	ژوئیه		اوت		سپتامبر	
			تعداد یاخته	درصد پهنه	تعداد یاخته	درصد پهنه	تعداد یاخته	درصد پهنه
C1	بسیار سرد	۱-۱۰۰	۳۶۵۶	۵/۷۵	۶۸۸۶	۱۱/۰۱	۷۰۰۷	۱۰/۷۹
C2	سرد	۱۰۰-۲۰۰	۸۹۹۳	۱۴/۱۵	۱۱۰۷۰	۱۷/۷۰	۱۱۵۴۷	۱۷/۷۹
C3	نیمه سرد	۲۰۰-۳۰۰	۱۴۵۵۷	۲۲/۹۱	۱۳۶۷۸	۲۱/۸۷	۱۴۲۴۹	۲۱/۹۵
C4	نیمه گرم	۳۰۰-۴۰۰	۱۴۰۴۰	۲۲/۱۰	۱۳۶۲۳	۲۰/۱۸	۱۳۱۳۳	۲۰/۲۳
C5	گرم	۴۰۰-۵۰۰	۱۵۰۵۸	۲۳/۷۰	۱۴۰۳۲	۲۲/۴۴	۱۴۵۹۸	۲۲/۴۹
C6	بسیار گرم	بیشتر از ۵۰۰	۷۲۲۴	۱۱/۳۷	۴۲۳۹	۶/۷۷	۴۳۵۳	۶/۷۰

- **تحلیل پراکندگی مکانی و روند تغییرات زمانی نیاز درجه‌روز سرمایشی در ماه آوریل**

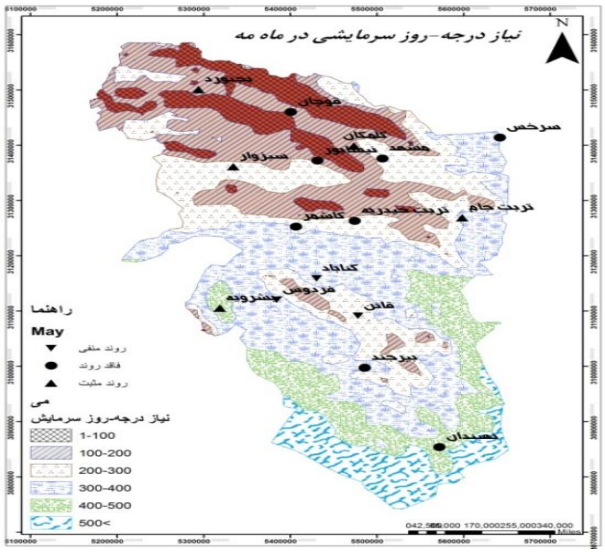
همان‌گونه که در جدول ۴ و شکل ۲ مشاهده می‌شود، بالاترین درصد پهنه نیاز سرمایشی در این ماه با حدود ۲۷/۵ درصد و ۳۰۰ تا۴۰۰ واحد درجه‌روز در بخش‌های جنوبی‌تر و شرقی ناحیه خراسان قرار دارد. این در حالی است که پهنه بسیارگرم با بیش از ۵۰۰ واحد درجه‌روز اما مساحت کمتر(۸ درصد)، در منتهی‌الیه جنوبی منطقه قرار دارد زیرا در این مناطق به علت داشتن اقلیم گرم و نیمه‌گرم، همسایگی با کویرلوت، ارتفاع پست‌تر و عرض‌جغرافیایی پایین‌تر نیازهای سرمایشی بیشتری احساس می‌شود. نواحی شمالی خراسان به علت ارتفاعات زیاد و عرض‌جغرافی بالاتر، کمترین میزان مصرف انرژی را برای خنک-کردن محیط و آسایش فیزیولوژیکی انسان نیاز دارند. ایستگاه‌های بجنورد، قائن، قوچان، نهبندان و سرخس در این ماه دارای آهنگ کاهشی درجه‌روز سرمایشی به علت افت دما در ماه آوریل هستند. لذا میزان مصرف انرژی جهت خنک‌سازی محیط و انسان کاهش می‌یابد و بر عکس، نیازهای گرمایشی محیط و آسایش دمایی انسان افزایش خواهد یافت.



شکل (۲): پهنه‌ها و روند نیازهای درجه‌روز سرمایشی ماه آوریل

- **تحلیل پراکندگی مکانی و روند تغییرات زمانی نیاز درجه‌روز سرمایشی در ماه مه**

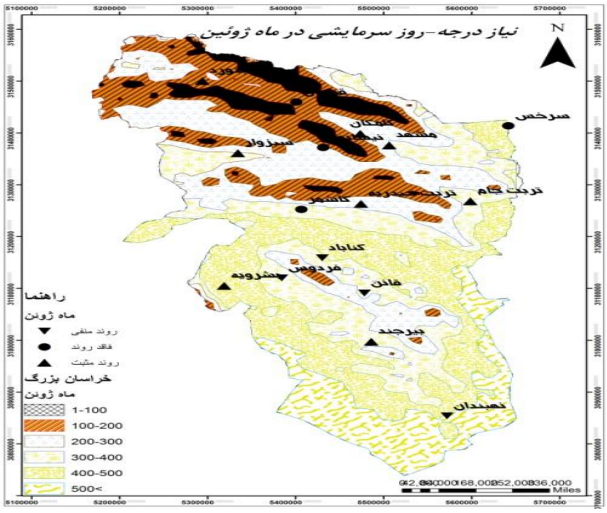
واکاوی پراکندگی و روند درجه‌روز سرمایشی در ماه مه(جدول ۴ و شکل ۳) نشان می-دهد که در این ماه مانند ماه آوریل، بیشترین درصد پهنه‌ی نیاز سرمایشی در گروه اقلیمی نیمه گرم با حدود ۲۷/۵ درصد و۳۰۰ الی۴۰۰ درجه‌روز در نواحی جنوبی و میانی منطقه قرار دارد. همچنان در این ماه، بیشترین نیاز درجه‌روز با بیش از ۵۰۰ واحد ولی با کمترین مساحت(نزدیک به ۸ درصد)، در جنوب خراسان به علت عرض‌جغرافی پایین‌تر و ارتفاع کمتر واقع شده است. در ایستگاه‌های بجنورد، بشرویه، گلمکان، سبزوار و تربت‌جام نیاز به سیستم‌های سرمایشی افزایش پیدا می‌کند درحالی‌که در ایستگاه‌های قائن، گناباد و فردوس در شمال خراسان‌جنوبی نیاز به سیستم‌های سرمایشی کاهش می‌یابد. زیرا در این ایستگاه‌ها وجود توپوگرافی پراکنده و ارتفاعات نسبتاً بلند، نیاز سرمایشی را کاهش می‌دهد و سبب افزایش مصرف انرژی جهت گرم‌شدن محیط می‌شود. در سایر ایستگاه‌های مورد بررسی، روند معنی‌داری در نیازهای سرمایشی مشاهده نمی‌شود.



شکل (۳): پهنه‌ها و روند نیازهای درجه‌روز سرمایشی ماه مه

- **تحلیل پراکندگی مکانی و روند تغییرات زمانی نیاز درجه‌روز سرمایشی در ماه ژوئن**

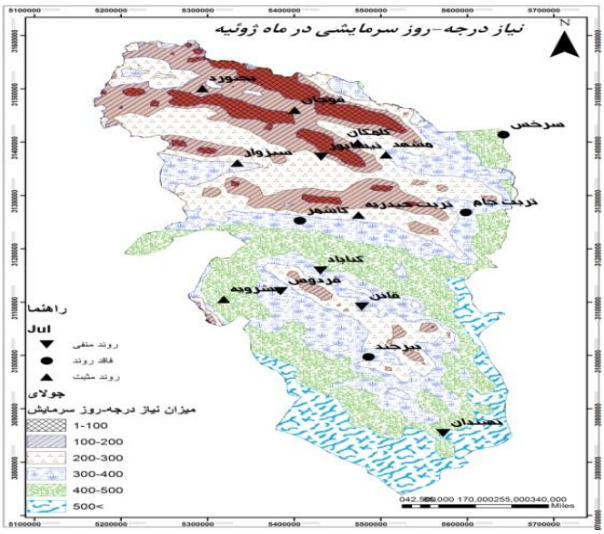
همان‌گونه که در شکل(۴) مشاهده می‌شود، بیشترین نیاز سرمایشی در این ماه با ۱۲/۲ درصد در گروه اقلیمی بسیارگرم با بیش از ۵۰۰ واحد درجه‌روز به صورت یک کمربند در حاشیه جنوبی و شرقی منطقه خراسان در همسایگی مناطق کم‌ارتفاع با اقلیم بسیارگرم و خشک واقع شده است. بنابراین نیاز به سیستم‌های خنک‌کننده و مصرف انرژی افزایش می‌یابد. همچنین گروه اقلیمی گرم، بیشترین درصد پهنه نیاز به سرمایش منطقه را به میزان ۴۰۰–۵۰۰ درجه‌روز با مساحت حدود ۲۴/۵ درصد به صورت یک کمربندپراکنده، بخش‌های میانی و شرقی منطقه خراسان به خود اختصاص داده است(جدول ۴). بخش‌های شمالی این منطقه با مساحت نزدیک به ۶ درصد که منطبق بر ارتفاعات زیاد و عرض جغرافیایی بالاتر هستند، از خنکی نسبی برخوردارند و کمترین نیاز سرمایشی و احتمالاً بیشترین نیاز گرمایشی را از آن خود کرده‌اند. به طور کلی نقش ارتفاع، عرض جغرافیایی و پراکنش توپوگرافی در نیاز سرمایشی یا گرمایشی شمال‌شرق ایران بسیار مهم و قابل توجه است.



شکل (۴): پهنه‌ها و روند نیازهای درجه‌روز سرمایشی ماه ژوئن

- **تحلیل پراکندگی مکانی و روند تغییرات زمانی نیازدرجه‌روز سرمایشی در ماه ژوئیه**

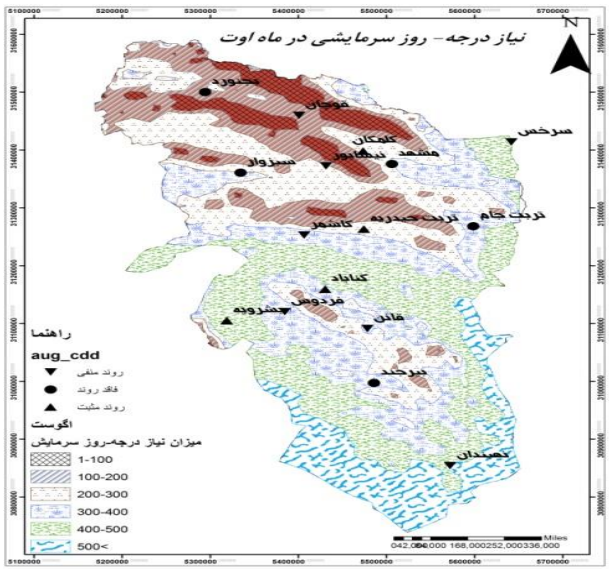
همان‌گونه که جدول ۴ و شکل ۵ نشان می‌دهند مانند ماه ژوئن، گروه اقلیمی بسیارگرم با ۱۱/۴ درصد بیشترین نیاز به سرمایش را با بیش از ۵۰۰ واحد درجه‌روز قسمت‌های منتهی‌الیه جنوب خراسان به صورت یک کمربند در شرق منطقه به خود اختصاص داده است. همچنان کمترین میزان نیاز به سرمایش با حدود ۶ درصد در نواحی شمالی ناحیه خراسان منطبق بر عرض جغرافیای بالاتر و ارتفاع زیادتر قرار دارد. بزرگ‌ترین درصد پهنه‌ی نیاز به سرمایش با میزان ۴۰۰-۵۰۰ واحد درجه‌روز با ۲۳/۷ درصد در گروه اقلیمی گرم و در نواحی میانی و شرقی منطقه قرار دارد. نیاز به استفاده از سیستم‌های خنک‌کننده در ایستگاه‌های بجنورد، تربت‌حیدریه، سبزوار، قوچان، مشهد، بشرویه و گلمکان رو به افزایش است، یعنی نیاز به استفاده از انرژی جهت سرمایش افزایش می‌یابد. همچنین در ایستگاه-های نیشابور، فردوس، قائن، گناباد و نهبندان نیاز به استفاده از سیستم‌های سرمایشی کاهش می‌یابد.



شکل (۵): پهنه‌ها و روند نیازهای درجه روز سرمایشی ماه ژوئیه

- **تحلیل پراکندگی مکانی و روند تغییرات زمانی نیاز درجه‌روز سرمایشی در ماه اوت**

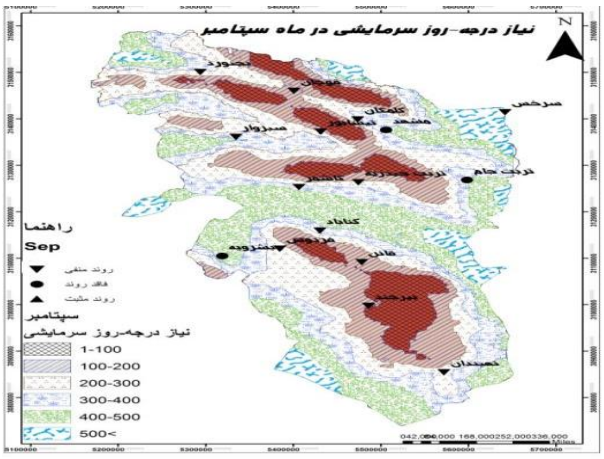
بیشترین درصد پهنه نیاز به سرمایش در ماه اوت، در گروه اقلیمی گرم با میزان ۴۰۰ الی۵۰۰ درجه‌روز قرار دارد که شامل ایستگاه‌های همدید نهبندان، گناباد، بیرجند است که تقریباً ۲۲/۴ درصد از مساحت منطقه خراسان را در برگرفته است. اما بخش‌های جنوبی و شرقی منطقه در حالی که کمتر از ۷ درصد از مساحت پهنه را به خود اختصاص داده‌اند، اما بیشترین نیاز به سرمایش را از آن خود نموده است. بخش‌های شمالی منطقه خراسان به دلیل عرض جغرافیایی بالا و ارتفاع زیاد، کمترین نیاز را به سرمایش در دوره‌ی گرم سال به خود اختصاص داده است که حدود ۱۱ درصد را شامل می‌گردد. در این ماه، نیازهای سرمایشی ایستگاه‌های تربت‌حیدریه، بشرویه، گناباد و گلمکان دارای آهنگ افزایشی می-باشد. درحالی‌که در ایستگاه‌های همدید فردوس، قائن، قوچان، نهبندان، نیشابور، سرخس و کاشمر دارای آهنگ کاهشی است(جدول ۴ و شکل ۶).



شکل (۶): پهنه‌ها و روند نیازهای درجه روز سرمایشی ماه اوت

- تحلیل پراکندگی مکانی و روند تغییرات زمانی نیاز درجه-روز سرمایشی در ماه سپتامبر

با نزدیک‌شدن به دروه‌ی سردسال و پایان فصل تابستان، از میزان درجه‌روز سرمایشی کاسته خواهد شد و به نیازهای گرمایشی در منطقه افزوده می‌گردد. به طوری که در ماه سپتامبر تقریباً در تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی از شمال تا جنوب و از شرق تا غرب، آهنگ کاهشی در نیازهای سرمایشی مشاهده می‌شود. این بدین معنی است که به آهستگی دما در منطقه‌ی مورد بررسی در حال کاهش است. فقط در ایستگاه‌های بشرویه، تربت‌جام و مشهد روند معنی‌داری در نیازهای سرمایشی وجود دارد(شکل ۷). گروه اقلیمی گرم، بیشترین درصد پهنه نیاز به سرمایش را با مساحت ۲۲/۵ درصد در بخش‌های پراکنده و در سرتاسر ناحیه خراسان به خود اختصاص داده است. این در حالی است که همچنان گروه اقلیمی بسیارگرم با بیش از ۵۰۰ درجه‌روز، بیشترین نیاز به مصرف انرژی جهت سرمایش را به خود اختصاص داده است. این پهنه با مساحت ۶/۷ درصد به صورت لکه‌هایی پراکنده و متمرکز در نواحی مرزی منطقه‌ی مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل (۷): پهنه‌ها و روند نیازهای درجه-روز سرمایشی ماه سپتامبر

نتیجه‌گیری

امروزه یکی از نشانه‌های تغییراقلیم، تغییر در فراسنج‌های اقلیمی از جمله دماست که رابطه نزدیکی با درجه‌روز(سرمایش یا گرمایش) یک منطقه دارد. بنابراین هدف اصلی پژوهش حاضر، واکاوی زمانی- مکانی نیاز درجه‌روز سرمایش در ناحیه‌ی خراسان است. نتایج حاکی از این است که با توجه به رابطه‌ی نیاز درجه‌روز سرمایش با ارتفاع و عرض-جغرافیایی، همبستگی معنی‌دار و معکوس میان این دو عامل آب و هوایی با درجه‌روز سرمایش در تمام ماه‌های گرم سال استنباط می‌شود؛ به‌گونه‌ای که با افزایش ارتفاع و عرض‌جغرافیایی، نیاز به سرمایش در ایستگاه‌های شمالی منطقه‌ی خراسان کاسته شده و با کاهش این دو در نواحی جنوبی خراسان بر میزان نیاز سرمایشی و مصرف انرژی جهت خنک‌شدن و آسایش فیزیولوژیکی انسان افزوده می‌شود. همچنین ناحیه خراسان را از نظر درجه‌روز سرمایشی می‌توان به شش گروه اقلیمی مجزا تفکیک نمود. گروه‌های اقلیمی نیمه‌گرم و گرم، بیشترین درصد پهنه‌ی نیاز سرمایشی این منطقه را با ۲۰۰ الی۵۰۰ درجه-روز در ماه نشان می‌دهند. به‌طوری‌که بیشترین درصد نیاز درجه‌روز سرمایشی در ماه آوریل و مه با ۲۷/۵ درصد مربوط به گروه اقلیمی نیمه‌گرم؛ در ژوئن با ۲۴/۵ درصد؛ ژوئیه با ۲۳/۷ درصد؛ اوت با ۲۲/۴ درصد و در سپتامبر با ۲۲/۵ درصد به گروه اقلیمی گرم و در بخش‌های میانی خراسان تعلق دارد. حال آن‌که، گروه اقلیمی بسیارگرم با بیش از ۵۰۰ درجه‌روز و یاخته‌های کمتر، بیشترین نیاز به سرمایش به ویژه در ژوئن و ژوئیه(خردادماه و تیرماه) به خود اختصاص داده است. این شرایط عموماً در بخش‌های منتهی‌الیه جنوبی خراسان و شرق منطقه مشاهده می‌شود. این بخش‌ها در همسایگی کویرلوت، اقلیم گرم و نیمه‌گرم با ارتفاع کم و عرض‌جغرافیایی پایین واقع شده است. همچنین محاسبه آهنگ تغییر درجه‌روز سرمایش در شمال‌شرق نشان می‌دهد که در دوره‌ی گرم سال این روند در ایستگاه‌های مورد بررسی دارای نوسان‌های متعدد است. اما در ایستگاه قائن برخلاف سایر ایستگاه‌ها در همه ماه‌ها، آهنگ کاهشی در نیازهای سرمایشی مشاهده می‌شود. بنابراین نتایج این پژوهش با شتاب مثبت نیازهای سرمایشی در کشور سوئیس(کریستنسون و همکاران، ۲۰۱۶)؛ افزایش مقدار مصرف انرژی در جنوب‌شرق ایران(روشن و گراب، ۲۰۱۲)؛ نیاز

سرمایشی بالا در نواحی کم‌ارتفاع گیلان(رمضانی‌گورابی و کاظم‌نژاد، ۱۳۹۳)؛ استفاده از وسایل سرمازا در فصل بهار استان فارس(امیدوار، ۱۳۹۴) و روند مثبت درجه‌روز گرمایشی در غرب کشور و درجه‌روز سرمایشی در کوهپایه‌های غربی ایران(مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳) انطباق دارد.

منابع

- امیدوار، کمال؛ ابراهیمی، رضا؛ نارنگی فرد، مهدی(۱۳۹۴). «پیش‌بینی نیاز سرمایش استان فارس با کار بست داده های EH5OM»، ***مخاطرات محیط طبیعی***، شماره ۶، ۷۵-۵۷.

-انتظاری، علیرضا؛ احمدی، حمزه؛ کرمی، مختار؛ طالب، احمدی(۱۳۹۶). «تحلیلی بر شرایط زیست اقلیمی و درجه‌روزهای نیاز گرمایشی و سرمایشی شهر اسلام‌آباد غرب»، ***جغرافیا و برنامه ریزی***، شماره ۵۹، ۲۱-۱.

-بابایان، ایمان؛ نجفی‌نیک، زهرا؛ زابل‌عباسی، فاطمه؛ مجید حبیبی نو خندان؛ ادب، حامد؛ ملبوسی، شراره(۱۳۹۳). «ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده های مدل گردش عمومی جو ECHO »، ***جغرافیا و توسعه***، شماره۱۶، ۱۳۵-۱۵۲.

-حلیمی، منصور؛ تخت اردشیر، اشرف؛ بختی رستمی،شاه(۱۳۹۳). «ارزیابی و دقت سنجی روش های درون یابی مکانی در برآورد نیاز های گرمایشی و سرمایشی ایران»، ***پژوهش های اقلیم شناسی***، شماره ۱۳ و۱۴، ۶۵-۵۵.

-خلیلی، علی(۱۳۷۹)، «تحلیل سه بعدی درجه روزهای گرمایش و سرمایش در ایران»، ***تحقیقات جغرافیایی***، شماره ۵۵ و ۵۴، ۷-۱۸.

-رمضانی‌گورابی، بهمن؛ کاظم نژاد، زهرا(۱۳۹۰). «رابطه بین توسعه پایدار معماری محیطی طراحی اقلیمی در مناطق کوهستانی. مطالعه موردی: شهرک ماسوله»، ***امایش***، شماره۱۴، ۳۸-۲۱.

-رمضانی گورابی، بهمن؛ کاظم‌نژاد، زهرا(۱۳۹۳). «واکاوی اقلیم‌بندی مجموع میانگین نیاز گرمایش و سرمایش در قلمرو گیلان با تاکید بر مصرف گازطبیعی خانوار»، ***چشم‌انداز جغرافیایی***، شماره ۲۵، ۱۶-۱.

-مسعودیان، سید ابوالفضل؛ ابراهیمی، رضا؛ علیجانی، بهلول(۱۳۹۱). «تحلیل فضایی تغییرات زمانی-مکانی درجه روز سرمایش ماهانه ایران»، ***پژوهش های اقلیم شناسی***، شماره ۱۲، ۳۴-۲۰.

-مسعودیان، سید ابوالفضل؛ ابراهیمی، رضا؛ یاراحمدی، الهام(۱۳۹۳). «واکاوی مکانی-زمانی میزان روند ماهانه درجه روز گرمایش در قلمرو ایران زمین»، ***جغرافیا و توسعه ناحیه ای***، شماره ۲۳، ۱۵-۱.

-مسعودیان، سید ابوالفضل؛ ابراهیمی، رضا؛ محمدی، منیره(۱۳۹۳). «پهنه‌بندی مکانی-زمانی نیاز گرمایش و سرمایش فصلی و سالانه ایران»، ***فصلنامه اطلاعات جغرافیایی***، شماره۹۰،

-Atilgan, A., yucel, A., oZ, H., Saltuk, B., (2016), Determination of Heating and Cooling Degree-days for Broiler Breeding in the Tigris basin, ***Scientific Papers***, 20: 2285-2290.

-Bildiz, I., Sosaoglu, B., (2007), Spatial distributions of heating, cooling, and industrial degree-days in Turkey. ***Theoretical and Applied Climatology***, 90(3-4): 249–261.

-Borah, P., Singh, M. K., Mahapatra, S., (2015), Estimation of degree-days for different climatic zones of North-East India, ***Sustainable Cities Society***, 14:70-81.

-Chen, L., Xiuqi, G., Shuai, L., (2007), Impacts of climate warming on heating energy consumption and southern boundaries of severe cold and cold regions in China. Springer, 2854-2858.

-Christenson, M., Manz, A. H., Gyalistras, D., (2006), Climate Warming Impact Degree-days and Building Energy Demand in Switzerland, ***Energy Conversion and Management***, 47:671-686.

-Elizabeth, M., Federico, C., (2013), Variability and trends of heating degree-days in Argentina, ***International Journal of Climatology,*** 33: 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., Li, X., Wei, B., Hu, R., Li, Z., (2009), Observed trends of heating and cooling degree-days in Xinjiang Province, China. ***Theoretical And Applied Climatology***, 97(3-4):349-360.

-Kadioglu, M., Z. Sen, L. Gultekin., (1999), Spatial Heating Monthly Degree-Days Features and Climatologic Patterns in Turkey, ***Theoretical And Applied Climatology***, 64:263-269.

-Mourshed, M., (2012), Relationship between annual mean temperature and degree-days, ***Energy And Buildings***, 54: 418-425.

-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.

-Roshan, G., Grab, S. W., (2012), Regional Climate 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 regional scale energy demands. 5th International Conference on Energy Sustainability American Society of Mechanical Engineers, 249-257.

-Taylo, L., Billie, R. (1981), Population-Weighted Heating Degree-Days for Canada. ***Atmosphere- Ocean,*** 19(3): 261-268.

-Thomas, H. S. C., (1952), Seasonal degree day's statistics for the United States. ***Monthly Weather Review***, 80: 43–149.

-Way, R. G., Lewkowicz, A. G., Bonnaventure, P. P., (2017), Development of moderate-resolution gridded monthly air temperature and degree-day maps for the Labrador-Ungava region of northern Canada, ***International Journal of Climatology***, 37(1): 493-508.