

مدل‌سازی درجه ساعت گرمایش (HDH) سپیده دم مناطق خشک و بیابانی داخلی ایران

کمال امیدوار، استاد آب و هواشناسی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه یزد، ایران
رضا ابراهیمی، دانش‌آموخته دکتری مخاطرات آب و هوایی، دانشگاه یزد، ایران
الهام مهدوی نژاد، دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه یزد، ایران

چکیده

هدف از این پژوهش، مدل‌سازی دورنمای نیاز انرژی سپیده دم (ساعت ۶/۳۰ به وقت تهران) هفت استان قزوین، قم، مرکزی، اصفهان، یزد، فارس و کرمان (مناطق خشک و بیابانی داخلی ایران) است. به این منظور داده‌های مدل دینامیکی EH50M تحت سناریو انتشار A1B برای دوره زمانی ۲۰۱۵/۰۱/۱ تا ۲۰۵۰/۱۲/۳۱ برای ساعت 03Z از مرکز فیزیک ماکس پلانک بارگیری گردید. در گام بعدی برای ریزمقیاس‌نمایی داده‌های خروجی مدل نامبرده از مدل REGCM4 استفاده شد و داده‌های مدل با تفکیک مکانی 0.27×0.27 درجه قوسی و آرایه‌ای به ابعاد 13410×705 خروجی گرفته شد. پس از محاسبه درجه ساعت گرمایش (HDH) از نظریه فرکتال به منظور ارزیابی دورنمای رفتار خودتشابهی این فراسنج آب و هوایی استفاده شده است. نتایج نشان داده است که بیشینه نیاز درجه ساعت گرمایش سپیده دم در مناطق خشک و بیابانی داخلی کشور با ۵۹۵ درجه ساعت در دی ماه و کمینه آن نیز با ۲۱ درجه ساعت در تیر ماه اتفاق خواهد افتاد. نتایج حاصل از هندسه فرکتالی نیز نشان داده است درجه ساعت گرمایش سپیده دم در مناطق خشک و بیابانی داخلی ایران رفتاری همچون یک سامانه غیر خطی حساس دارد که در ماه‌های ابتدایی و انتهایی سال بیشتر دارای تغییرات بلند مدت و فصل تابستان دارای رفتار کوتاه مدت است. ارزیابی روند و شیب روند نیز نشان داده است که در اکثر ماه‌های سال از مقدار درجه ساعت گرمایش سپیده دم کاسته خواهد شد.

کلمات کلیدی: درجه ساعت گرمایش (HDH)، مدل EH50M، مدل REGCM4، نظریه فرکتال، مناطق خشک و بیابانی ایران.

مقدمه

شهر نشینی، افزایش درآمد و حساسیت خدمات انرژی به این دو مورد در اقتصادهای نوظهور عمدتاً مسیر تقاضای جهانی انرژی و اثرات زیست محیطی مرتبط با آن را طی دهه‌های آینده تعیین خواهند کرد (چاتورودی و همکاران؛ ۲۰۱۴). از آنجایی که افزایش درآمد، تقاضای انرژی را افزایش می‌دهد، از این رو باید شاهد کسب و کارهای خرید و فروش انرژی بود (گرتلر و همکاران؛ ۲۰۱۳). بر این اساس ارزیابی و پیش درآمدی مناسب می‌تواند چراغ راهی برای مدیریت بهینه مصرف انرژی در فردای نه چندان دور باشد. در همین راستا روش‌های واکاوی، تخمین و پیش بینی مصرف انرژی (در فضاهای باز و بسته) بسیاری تاکنون از سوی محققان ارائه شده است که جزئیات آنها را می‌توان در پژوهش‌های (کاسکن^۱؛ ۲۰۱۰؛ ژائو و ماگوئولس؛ تیان^۲؛ ۲۰۱۳، فومو^۳؛ ۲۰۱۴) جستجو کرد. در این بین ایوم و همکاران (۲۰۱۲) پنج متغیر بنیادین محرک در مصرف انرژی را به این شرح معرفی کرده‌اند: ۱- رشد جمعیت، ۲- رشد اقتصادی، ۳- شهر نشینی، ۴- سرانه زمین و ۵- تقاضا ساخت و ساز خدمات بخش انرژی. موارد پنج گانه نامبرده توسط چاتورودی و همکاران (۲۰۱۴) به شکل مدل ارائه گردید و امروزه خط و مش پژوهش‌های بسیاری را تشکیل داده است.

دگرگونی‌های آب و هوایی و گرمایش کره زمین به نگرانی عمده‌ای تبدیل شده است و تهدید بالقوه‌ای برای زیست بوم و محیط زیست است. هیأت بین‌الدول تغییرات آب و هوایی (IPCC) پیش بینی کرده است افزایش دما که از دهه ۱۹۶۰ میلادی شروع شده تا ۲۱۰۰ میلادی افزایش ۱/۸ تا ۴ درجه سانتی گراد تحت سناریوهای مختلف انتشار

¹ Chaturvedi et al

² Gertler et al

³ Coskun

⁴ Zhao and Magoules

⁵ Tian

⁶ Fumo

⁷ Eom et al

⁸ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

تجربه خواهد کرد. همچنین تغییر در درجه حرارت، رطوبت، باد و تابش آفتاب به احتمال زیاد در سال های آتی به دلیل انتشار گاز CO₂ نیز افزایش بیشتری خواهد داشت (کارل^۱؛ ۲۰۰۹). دگرگونی های آب و هوایی تاثیر زیادی در بخش انرژی خواهد داشت؛ چرا که انرژی مورد نیاز برای گرمایش و سرمایش به دلیل دگرگونی در شرایط فضای باز شناور خواهد بود (روزنتال و همکاران^۲؛ ۱۹۹۵؛ ردهی^۳؛ ۲۰۰۹). انرژی مصرفی در چهار بخش اصلی تقسیم می شود: ۱- صنعتی، ۲- ساختمان (مسکونی/تجاری)، ۳- حمل و نقل و ۵- کشاورزی. بخش ساختمان یکی از بزرگترین بخش های مصرف انرژی است که در بسیاری از کشورها انرژی مورد نیاز برای گرمایش و سرمایش در این بخش بالاترین سهم از مقدار کل را به خود اختصاص می دهد (باکوس^۴؛ ۲۰۰۰؛ ال-سانا و زدان^۵؛ ۲۰۰۲). از این رو روشن است که حفاظت موثر از انرژی در بخش ساختمان نقش مهمی در جهت کاهش مصرف انرژی بازی می کند. در این راستا شناسایی و منطقه بندی انرژی آن هم در گام ساعتی در آینده می تواند رهگشای مسائل بسیاری به منظور مدیریت انرژی پایدار باشد.

کارآمدترین روش ممکن به منظور برآورد مصرف انرژی در فضای باز/ بسته محاسبه درجه ساعت است. با توجه به پیشرفت در اندازه گیری و تولید پایگاه های داده ها روزآمد بهنجارترین روش به منظور مدیریت مصرف انرژی ارائه یک برنامه ساعتی در اوقات مختلف روز است؛ چرا که انرژی مصرفی در ساعات خاصی از شبانه روز به اوج می رسد، پس ارائه برنامه ساعتی می تواند رهاورد مناسب تری را در مدیریت مصرف انرژی به همراه داشته باشد.

¹ Karl

² Rosenthal et al

³ Radhi

⁴ Bakos

⁵ Al-Sanea & Zedan

در ایران بر اساس نتایج آمارگیری از مصرف حامل‌های انرژی (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰) در بخش خانوار در مناطق شهری ۱۵/۴۱ میلیون خانوار شهری وجود دارد که در ۱۴/۷۸ میلیون واحد مسکونی زندگی می‌کنند. خانوارهای شهری کشور ۷۷/۱ درصد از کل زیربنای واحدهای مسکونی خود را در ماه‌های سرد سال و ۶۷/۷ درصد از کل زیربنای واحد مسکونی خود را در ماه‌های گرم سال، گرم می‌کنند. در این میان بخاری گازی با ۸۰/۵ درصد در میان وسایل گرمایشی سهم عمده‌ای از وسایل و امکانات گرمایشی را در بین خانوارهای شهری به خود اختصاص می‌دهد. در این پژوهش هفت استان قزوین، قم، مرکزی، اصفهان، یزد، فارس و کرمان که محدوده جغرافیایی مناطق خشک و بیابانی داخلی ایران را تشکیل می‌دهند، انتخاب شده و دورنمای نیاز درجه ساعت گرمایش سپیده دم آن مورد واکاوی قرار گرفته است. بر اساس گزارشات مرکز آمار کشور در سال ۱۳۹۰ هجری خورشیدی ۳۵۲۰۵۶۹ هزار واحد مسکونی معمولی (آپارتمانی و غیر آپارتمانی) در مناطق شهری این ۷ استان قرار دارد که غریب به ۲۳ درصد از کل واحد مسکونی شهری کشور را در بر می‌گیرد. مجموع کل زیر بنای این واحد مسکونی ۴۳۲۲۲۴۷۳۹ متر مربع است که از این مقدار ۳۲۱۲۴۲۴۹۸ متر مجموع زیربناهایی را شامل می‌شود که نیاز به گرمایش دارند (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰)، از این رو ضرورت دارد که برنامه کامل و جامع درجه ساعت گرمایش برای دورنمای این منطقه مهم از ایران تدوین گردد تا بتوان گامی مهم برای توسعه پایدار و اشتغال در بخش انرژی کشور برداشت. مطالعات درجه ساعت در سال‌های اخیر به جهت پیشرفت رایانه‌ها، مدل‌ها، پایگاه‌های داده و ثبت روزآمد و دقیق‌تر داده‌ها در پیمونگه‌های آب و هواشناسی رشد قابل توجهی داشته است، اما با این وجود پیشینه قوی در این خصوص حتی در سطح جهانی وجود ندارد و مطالعات موجود در کشور نیز بسیار اندک است و بیشتر درجه روز را به جهت در دسترس بودن و سهولت محاسبه مورد توجه قرار داده‌اند.

گاتمن و لهمن^۱ (۱۹۹۲) در ارزیابی روش‌های برآورد درجه ساعت چهار روش را مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که مدل‌های درجه ساعت، نتایج بهتری نسبت به درجه روز ارائه می‌کنند و این تفاوت برای فصولی انتقالی سرد و گرم بیشتر نمود می‌یابد. تغییرات درجه حرارت، طول دوره رشد، درجه گرمایش و شاخص‌های انجماد برای شمال اروپا در قطب شمال برای دوره ۱۹۰۰ تا ۲۰۵۰ پژوهشی است که فورلند و همکاران^۲ (۲۰۰۴) آن را مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که با گرمایش هوا طول درجه گرمایش کاهش نسبی می‌یابد و فصل طول دوره رشد در دهه‌های آینده افزایش می‌یابد. دووین و گامپونیا^۳ (۲۰۰۷) به برآورد ساعتی درجه گرمایش و سرمایه‌های و پیامدهای آن برای ایستگاه فرودگاه تاک واشنگتن^۴ ایالات متحده آمریکا را برای دوره ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۵ میلادی مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که بین نیاز گرمایش روزانه و ساعتی یک اختلاف ۳/۱ درصدی وجود دارد. دومبایسی^۵ (۲۰۱۰) به پیش‌بینی مصرف انرژی با استفاده شبکه عصبی مصنوعی در دنیزلی^۵ ترکیه پرداخت، وی شبکه عصبی را برای مصرف انرژی ماه فوریه سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۷ میلادی آموزش داد و به این نتیجه رسید که بهترین برآورد با ۲۹ نرون و ضریب تعیین ۰/۹۹ برای پیش‌بینی ساعتی مصرف انرژی گرمایشی است. ون هترن^۶ (۲۰۱۳) به شبیه‌سازی روند دما در عصر مدرن و هزاره گذشته با استفاده تابع فرکتال و واکنش آب هوایی آن پرداخت و به این نتیجه رسید که فعل و انفعالات انسانی، تولید گازهای گلخانه‌ایی و ذرات معلق در هواسپهر نقش تعیین‌کننده‌ایی در تغییرات دمایی داشته‌اند. پیش‌بینی آب و هوایی نیاز گرمایش و ارزیابی بار انرژی پژوهشی است که دال و همکاران^۷ (۲۰۱۷)

^۱ Guttman & Lehman

^۲ Førland et al.

^۳ Dubin & Gamponia

^۴ ashington's Tac airport

^۵ Denizli

^۶ Van Hateren

^۷ Dahl et al.

بدان پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند که عدم قطعیت نتایج حاصل از پیش بینی به شکل قابل توجهی متفاوت است و بهبود کنترل درجه حرارت بهینه سازی شده با عدم قطعیت آب و هوایی می‌تواند از عرضه بیشتر دما و کاهش تلفات انرژی کاست. همان طور که گفته شد، بخش اعظم پژوهش‌های نیاز گرمایش و سرمایش در ایران درجه روز را مورد توجه قرار دادند و تنها پژوهش درجه ساعت ایران توسط امیدوار و همکاران (۱۳۹۵) انجام شده است. نامبردگان به واکاوی اثر گرمایش جهانی بر درجه ساعت‌های گرمایش و سرمایش ماهانه ایران با استفاده از مدل EH5OM برای دوره زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۵۰ میلادی پرداختند. نتایج پژوهش آنان نشان داده است که ایران برحسب درجه ساعت گرمایش و سرمایش به پنج پهنه اقلیمی کوهستانی، کوهپایه‌های داخلی، چاله‌ها، کوهپایه‌های بیرونی و سواحل دریای خزر و در نهایت سواحل و جلگه‌های جنوبی قابل تقسیم است.

در این پژوهش با توجه به اهمیت مصرف انرژی جهت گرمایش محیط به شناخت تغییرات زمانی - مکانی درجه ساعت گرمایش سپیده دم مناطق خشک و بیابانی داخلی ایران (قزوین، قم، مرکزی، اصفهان، یزد، فارس و کرمان) در دهه‌های آینده و ناحیه بندی مناطق از لحاظ نیاز به انرژی گرمایشی مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج این پژوهش می‌تواند گامی موثر برای توسعه اقتصاد کشور از طریق صرفه‌جویی در منابع عظیم انرژی و راهگشای برنامه‌ریزی‌های ملی، منطقه‌ای و محلی برای اصلاح الگوهای مصرف انرژی باشد.

روش تحقیق

الف) داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش به منظور مدل‌سازی دورنمای اثر گرمایش جهانی بر نیاز گرمایشی درجه ساعت (HDH)^۱ سپیده دم در هفت استان قزوین، قم، مرکزی، اصفهان، یزد،

^۱ Heating Degree Hours (HDH)

فارس و کرمان (شکل ۱)؛ از میانگین دمای روزانه پایگاه داده EH50M استفاده گردید. EH50M یک مدل گردش کلی جو - اقیانوس! از سری پنجم مدل گردش عمومی جو با هسته دینامیکی (ECHAM)، پروژه اقلیمی T63 برای ۳۱ سطح جو تا نزدیک ۱۰ هکتوپاسکال موجود بوده که در موسسه پلانک به صورت روزانه از تاریخ ۱۹۶۰/۰۱/۰۱ تا ۲۱۰۰/۱۲/۳۱ تحت سناریو A1B پنل بین‌المللی تغییر اقلیم^۲ تولید شده‌اند (روکتر و همکاران، ۲۰۰۶؛ ریچارد و کیم، ۲۰۰۸؛ امیدوار و همکاران، ۱۳۹۴). بر این اساس این سناریو با واقعیت موجود و آینده نزدیک همخوانی بیشتری دارد و نتایج حاصل از آن را می‌توان با اطمینان بیشتری مورد بحث قرار داد. با توجه به اینکه این پژوهش بعد منطقه‌ای دارد و مدل‌های گردش عمومی هوا سپهر کل سیاره زمین را در برمی‌گیرند، از این رو قادر به آشکارسازی رفتار آب و هوا در مقیاس محلی و منطقه‌ای نیستند، بنابراین داده‌های ساعتی دمای هوا (03Z) در نسخه چهارم مدل اقلیم منطقه‌ای (RegCM4) برگرفته از مرکز فیزیک نظری عبدالسلام (ایتالیا) ریز مقیاس شدند. در رهیافت حاضر خروجی مدل آب و هوا جهانی برای تعیین شرایط مرزی فراسنج با زمان در مرزهای یک سامان^۳ محدود که در آن هواسپهر با یاخته‌هایی به ابعاد ۲۰ تا ۵۰ کیلومتر مدل شده است مورد استفاده قرار می‌گیرد (احمدی و داداشی رودباری، ۱۳۹۵). داده‌های خروجی مدل ریز گردانی شده با ابعاد ۲۷×۲۷/۲۷. درجه قوسی است که حدوداً یاخته‌هایی با ابعاد ۳۰×۳۰ کیلومتر را پوشش می‌دهند. داده‌های دمای هوای ساعت ۶:۳۰ صبح به وقت محلی (03Z) در بازه زمانی ۳۶ ساله (۲۰۱۵-۲۰۵۰) در آرایه‌ای با ابعاد ۱۳۱۴۰×۷۰۵ استخراج شد. در این آرایه ۱۳۱۴۰ معرف ساعت 03Z (۶:۳۰ صبح به وقت تهران) برای هر روز و ۷۰۵ تعداد یاخته‌های ۲۷×۲۷/۲۷. درجه قوسی هستند (شکل ۱ نقشه بند انگشتی میانی سمت چپ).

¹ AOGCM

² International panel of climate change

³ Region

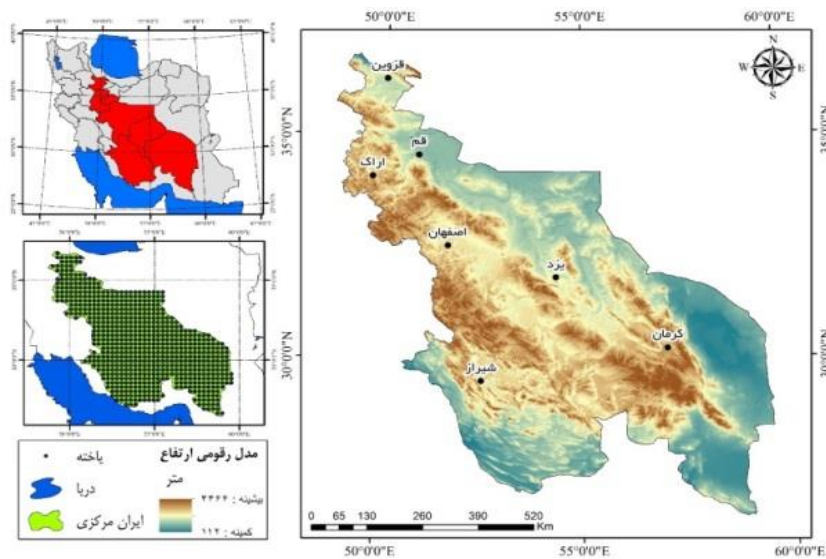
ب) محاسبه دورنمای نیاز درجه ساعت گرمایش (HDH) سپیده دم (ساعت ۶/۳۰ به وقت تهران)

جهت محاسبه درجه ساعت گرمایش (HDH) از معادله (۱) استفاده گردید.

$$HDH = \sum_{n=s}^k (T_{base} - T_n) \quad (1)$$

$$if (T_{base} - T_n); 0 \leq k \leq 24 \quad (2)$$

T_{base} آستانه دمایی مورد استفاده برای محاسبه درجه ساعت گرمایش (۱۸/۳) درجه سانتی‌گراد برای مقدار متوسط ایران، T_n دمای ساعتی هرروز/ هر یاخته است. (کاسکن، ۲۰۱۰؛ مورتیس و همکاران، ۲۰۱۴).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور به همراه مدل رقومی ارتفاعی و یاخته‌های خروجی مدل REGCM4

¹ Coskun

² Moustris and et al.

ج) محاسبه بعد فرکتالی^۱

فرکتال شاخه‌ایی از هندسه است که پدیده‌ها و اجسام پیچیده و نامنظم را مورد مطالعه قرار می‌دهد و معتقد است که اجسام و پدیده‌های طبیعی از بعدهای صحیح، منظم و گسسته پیروی نمی‌کنند، بلکه دارای بعدهای اعشاری، نامنظم و پیوسته است (میرکتولی و همکاران، ۱۳۹۳). در واقع هندسه اقلیدسی زبان دقیقی برای تفسیر اشکال طبیعی نمی‌باشد و بر عکس آن فرکتال از فرآیندهای پویا به وجود می‌آید. در حقیقت هندسه فرکتال تصویر ریاضی از بی‌نظمی است (سالینگروس، ۱۳۹۰).

به منظور درک بهتر از رفتار مکانی نیاز درجه ساعت گرمایش، خودتشابهی درجه ساعت گرمایش سپیده دم مورد ارزیابی قرار گرفت تا بتوان نقش عوامل مکانی و تغییرات زمانی را نیز مورد آزمون قرار داد. برای توصیف خودتشابهی در هندسه فرکتال، از بعد فرکتالی استفاده می‌شود. این عدد بین ۱ تا ۲ متغیر است و نشان دهنده تغییرات کوتاه تا بلند مدت دامنه متغیر در مکان یا زمان است. هر قدر این عدد به ۱ نزدیکتر باشد، نشان دهنده تغییرات بلند مدت دامنه‌ی متغیر و هر چه به عدد ۲ نزدیک‌تر باشد، نشان دهنده تغییرات کوتاه مدت متغیر است. زمانی که بحث سری زمانی باشد بعد فرکتالی یک سری توصیف کننده، رابطه بین واریانس اختلاف مقادیر مورد بررسی که در فاصله ای مشخص از یکدیگر واقع شده‌اند و مقیاس فاصله زمانی خواهد بود. ابعاد فرکتال در واکاوی دگرگونی‌های فضایی به شرح رابطه ۳ محاسبه می‌شود (ترزی و کایا، ۲۰۰۸).

$$D = \frac{[\log N(2^{-(k+1)}) - \log N(2^{-k})]}{[\log 2^{k+1} - \log 2^k]} = \log_2 [N(2^{-(k+1)}) / N(2^{-k})] \quad (3)$$

در رابطه فوق 2^k اندازه شبکه، N تعداد هر شبکه، D بعد فرکتال و K اعداد طبیعی هستند (قرخلو و زنگنه شهرکی، ۱۳۸۸).

¹ Fractal

² Terzi & Kaya

د) محاسبه روند و شیب روند

به منظور ارزیابی روند درجه ساعت گرمایش سپیده دم مناطق خشک و بیابانی داخلی ایران از آزمون ناپارامتریک من-کندال^۱ نیز استفاده شده است. این آزمون ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) تکامل یافت. این روش نیز همانند آزمون شیب خط سنس در مباحث علوم محیطی به طور گسترده‌ای کاربرد دارد (داداشی رودباری و همکاران، ۱۳۹۴). در آزمون من-کندال نمره Z از رابطه (۴) محاسبه می‌گردد:

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

جهت برآورد شیب روند در سری زمانی فرین‌های سرد ایران از روش ناپارامتریک سنس^۲ استفاده شده است. این روش نیز ابتدا توسط تیل (۱۹۵۰) ارائه و سپس توسط سن (۱۹۶۸) بسط و گسترش داده شد. روش حاضر همانند دیگر روش‌های ناپارامتریک همچون من-کندال بر تحلیل تفاوت بین مشاهدات سری زمانی استوار است (داداشی رودباری و همکاران، ۱۳۹۴). این روش زمانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که روند موجود در سری زمانی یک‌روند خطی باشد. این بدین معناست که $f(t)$ در معادله (۵) برابر است با:

$$f(t) = Qt + B \quad (5)$$

که Q ، شیب خط روند و B ، مقدار ثابت است. جهت محاسبه شیب خط روند یعنی Q ، ابتدا بایستی شیب بین هر جفت داده مشاهداتی، با استفاده از معادله (۶) محاسبه گردد:

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad (6)$$

که $j > k$ است. در این معادله x_j و x_k به ترتیب داده‌های مشاهداتی در زمان‌های j و k است. با توجه به حجم بالای روابط از ارائه جزئیات پرهیز گردید شرح کامل

¹Mann-Kendall

²Sen's Slope Estimator Nonparametric Method

محاسباتی روش‌های من-کندال و شیب سنس توسط داداشی رودباری و همکاران (۱۳۹۴) ارائه شده است که می‌توان به آن منبع رجوع کرد.

نتایج و بحث

برخی از مشخصه‌های رایج آماری در آب و هواشناسی برای درجه ساعت گرمایش سپیده دم مناطق خشک و بیابانی داخلی ایران در جدول (۱) ارائه شده است. از آنجایی که میانگین تخمینی از متغیر است که احتمال وقوع آن در آینده بیشتر از هر مقدار دیگری خودنمایی می‌کند، از این رو بایسته است این مشخصه آماری را نخست مورد ارزیابی قرار داد. دورنمای نیاز گرمایشی هفت استان مورد بررسی مبتنی بر برونداد مدل دینامیکی EH50M نشان داده است که بیشینه میانگین نیاز درجه ساعت گرمایش سپیده دم در دی ماه و کیمنه آن در تیر ماه اتفاق می‌افتد. فروردین ماه که هنوز ویژگی یک دوره گرم را به خود نگرفته است دارای بیشینه نیاز گرمایشی در فصل بهار با $338/705$ درجه ساعت است پراکنش نگار فروردین که به عنوان نماینده فصل بهار ارائه شده است (۲-الف) بخوبی نمایانگر این امر است و بخش اعظم یاخته‌های مناطق خشک و بیابانی داخلی داخلی ایران دارای نیاز گرمایشی بین 300 تا 500 درجه ساعت برای سپیده دم در این منطقه از کشور هستند. همان‌طور که در نمودار نیز پیداست، پس از عبور از 200 درجه ساعت گرمایشی، بخش اعظم یاخته‌ها در نیمه بالایی نمودار قرار گرفته‌اند. چارک اول و سوم که در جدول نیز ارائه شده‌اند نیز همین امر را تأیید می‌کنند، به طوری که در فروردین ماه تنها یک چهارم از مساحت منطقه مورد مطالعه، گرمایشی کمتر از 242 درجه ساعت در سپیده دم نیاز دارند. از اردیبهشت‌ماه میانگین نیاز گرمایشی درجه ساعت سپیده دم کاهش می‌یابد، به طوری که در خرداد ماه به 56 درجه ساعت می‌رسد. در دوره گرم سال به دلیل استقرار پرفشار آזור و به تعبیت از آن گرمایش بی دررو از یک سو و پایداری هوا و افزایش موج‌های کوتاه تابشی دریافتی نیاز گرمایشی به شدت کاهش می‌یابد. به طوری که میانگین درجه ساعت گرمایشی سپیده دم در تیر به 21 ، در مرداد به 33 و

شهریور به ۹۹ درجه ساعت خواهد رسید. کمینه درجه ساعت در هر سه ماه تابستان صفر خواهد بود، به عبارتی دیگر مناطق شرقی و جنوبی استان کرمان، بخش اعظم استان فارس و بخش‌های شمالی استان یزد فاقد نیاز گرمایشی برای سپیده دم هستند. بیشینه درجه ساعت گرمایش تابستانه افزایش خواهد بود، به طوری که در تیر ماه ۱۴۴ درجه ساعت، مرداد ۱۷۰ درجه ساعت و در به شهریور ۲۷۲ درجه ساعت خواهد رسید. افزایش درجه ساعت سپیده دم از جهت شرق به غرب به سبب تمرکز کوهستان‌ها در رشته کوه سراسری زاگرس است، همچنین کاهش نیاز گرمایش سپیده دم به سمت جنوب منطقه به دلیل نزدیک شدن به استوا و افزایش زاویه تابش خورشید و رطوبت جوی ناشی از خلیج فارس است. همان‌طور که پراکنش نگار مرداد ماه به عنوان نماینده فصل تابستان آمده است (۲-ب) بخش اعظم یاخته‌های مطالعاتی نیاز گرمایشی پایینی را برای سپیده دم دارند، به طوری که سه چهارم از مساحت کل مناطق خشک و بیابانی داخلی نیاز گرمایشی کمتر از ۵۳ درجه ساعت برای سپیده دم خواهند داشت. بیشینه نیاز گرمایش مرداد ماه که ۱۷۰ درجه ساعت به دست آمده‌است، همان‌طور که در پراکنش نگار به روشنی آمده، تنها یک یاخته به این مقدار رسیده است که آن هم در ارتفاعات جنوبی استان اصفهان بوده است. بخش جنوب شرقی و جنوب منطقه مورد مطالعه در دوره گرم سال متاثر از کم فشار گنگ است این کم فشار که از اردیبهشت ماه شروع به فعالیت می‌کند، در تیر ماه به نهایت فعالیت خود رسیده و در پایان فصل تابستان نیز اثرات آن به حداقل ممکن می‌رسد. اثر این کم فشار را بر نیاز گرمایش سپیده دم را می‌توان در نواحی جنوب شرق و جنوب ایران یافت. با شروع فصل سرد در ایران و تأثیر از سامانه‌های جوی گوناگون نیاز گرمایش سپیده دم نیز دچار تغییرات بنیادین نسبت به دوره گرم سال خواهد شد، البته شایان ذکر است که رفتاری در مقدار کمینه نیاز گرمایش سپیده دم مناطق خشک و داخلی مشاهده نمی‌شود و این مشخصه آماری همچنان عدد صفر را نشان می‌دهد. در مهر ماه با شروع فعالیت پرفشار سبیری تا فروردین ماه که فعالیت آن فروکش می‌کند و ایجاد سرماهای شدید در ایران نیاز گرمایش نیز به تبع آن افزایش می‌یابد، به

طوری که اصفهان، اراک و قزوین بیشینه نیاز گرمایشی را به خود اختصاص داده‌اند. پراکنش نگارهای ترسیم شده نیز موید همین امر است که به طوری که بخش اعظم یاخته‌های مورد مطالعه در کران بالای نمودار جایابی کرده‌اند. به منظور ارزیابی دقیق‌تر مکانی نیاز گرمایشی درجه ساعت در مناطق خشک و بیابانی داخلی مهر ماه به عنوان نماینده گزینش گردید. همان‌طور که در پراکنش نگار این ماه پیداست (۲-ج) نیاز گرمایشی سپیده دم در این ماه بشکل تغییراً یکنواخت توزیع شده است یاخته‌هایی با نیاز گرمایشی ۲۵۰ تا ۴۰۰ درجه ساعت بخش اعظم نمودار را به خود اختصاص داده‌اند و پس از آن از حجم یاخته‌های موجود در نمودار به سمت نیاز گرمایشی پایین کاسته می‌شود. در این ماه نیمی از منطقه مورد مطالعه نیازمند نیاز گرمایشی بین ۱۷۰ تا ۲۷۵ درجه ساعت هستند. به عبارتی تنها یک چهارم از مناطق خشک و بیابانی داخلی نیاز گرمایشی کمتر از ۱۷۰ درجه ساعت دارد. با شروع فصل زمستان و عمیق‌تر شدن فرود مدیترانه و درست در زمانی که بادهای غربی تمام ایران را فرا گرفته‌اند و سامانه‌های غربی هوای ناپایدار را برای ایران به ارمغان آورده‌اند، شاهد کاهش شدید دما در کشور هستیم. مرکز ایران نیز به جهت آن که منابع آبی و پوشش گیاهی چندانی ندارد به سرعت دمای خود را از دست داده و دمای هوا به شدت کاهش می‌یابد به طوری که شاهد افزایش میانگین و سایر مشخصه‌های درجه ساعت گرمایش سپیده دم خواهیم بود. میانگین نیاز درجه ساعت گرمایش سپیده دم استان قزوین، قم، مرکزی، اصفهان، یزد، فارس و کرمان در دی به ۵۹۵، بهمن ۵۶۶ و اسفند به ۴۵۶ درجه ساعت خواهد رسید. دی ماه که بیشینه نیاز درجه ساعت گرمایش را به خود اختصاص داده است، به عنوان نماینده فصل زمستان انتخاب شد. پراکنش نگار این ماه بخوبی نشان می‌دهد (۲-د) که بخش اعظم یاخته‌ها دارای نیاز درجه ساعت بیش از ۶۰۰ هستند و مناطقی با کمتر از ۴۵۰ درجه ساعت گرمایشی تنها به صورت چند یاخته خودنمایی می‌کنند. بیشینه نیاز گرمایشی نیز دی ماه با ۷۲۶ درجه ساعت گرمایش رخ می‌دهد و در این ماه تنها یک چهارم از مساحت این

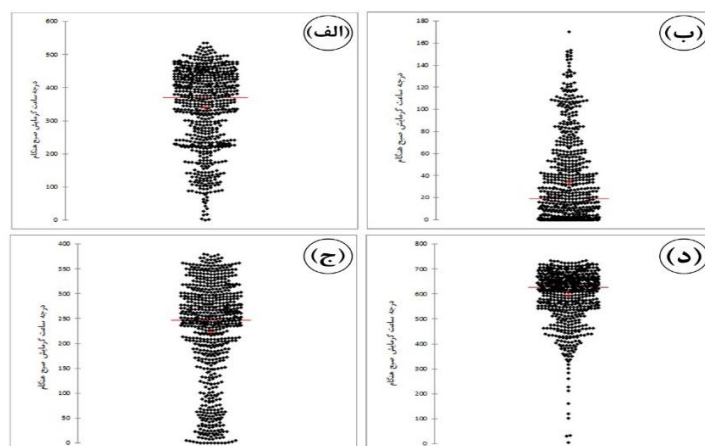
منطقه نیاز گرمایشی کمتر از ۵۵۱ درجه ساعت گرمایش نیاز دارند و سه چهارم مابقی منطقه نیاز گرمایشی بیشتر از ۵۵۱ درجه ساعت نیازمند می باشند.

جدول ۱. مشخصات آماری دورنمای نیاز درجه ساعت گرمایشی سپیده دم مناطق خشک

و بیابانی داخلی (ساعت 03Z)

آماره/ ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
کمینه	۰/۳۴۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
بیشینه	۵۳۵/۱۲۰	۳۴۳/۱۷۲	۲۰۹/۷۷۲	۱۴۴/۷۹۶	۱۷۰/۱۷۶	۲۷۲/۱۴۷
دامنه تغییرات	۵۳۴/۷۷۸	۳۴۳/۱۷۲	۲۰۹/۷۷۲	۱۴۴/۷۹۶	۱۷۰/۱۷۶	۲۷۲/۱۴۷
چارک اول	۲۴۲/۱۸۴	۵۵/۳۱۳	۱/۸۱۰	۰/۰۰۶	۱/۱۰۰	۳۳/۷۳۴
چارک سوم	۴۳۷/۷۲۷	۲۴۸/۴۲۲	۹۸/۰۳۷	۳۱/۳۲۸	۵۳/۱۸۰	۱۵۲/۲۲۸
میانگین	۳۳۸/۷۰۵	۱۵۸/۳۵۰	۵۶/۲۷۶	۲۱/۰۶۷	۳۳/۶۱۹	۹۹/۸۴۰
آماره/ ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
کمینه	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۴/۶۹۴	۲۵/۸۹۸	۱۳/۹۹۵
بیشینه	۳۷۹/۵۱۸	۵۰۹/۸۵۷	۶۲۹/۷۷۹	۷۳۴/۶۶۰	۷۲۶/۲۳۰	۶۲۴/۳۵۵
دامنه تغییرات	۳۷۹/۵۱۸	۵۰۹/۸۵۷	۶۲۹/۷۷۹	۷۲۹/۹۶۶	۷۰۰/۳۳۲	۶۱۰/۳۶۰
چارک اول	۱۷۰/۸۷۳	۳۳۹/۴۰۰	۴۷۳/۹۶۵	۵۵۱/۰۴۴	۵۰۴/۰۴۸	۳۸۲/۶۹۸
چارک سوم	۲۹۵/۵۴۱	۴۵۲/۸۹۴	۵۷۳/۵۶۴	۶۶۴/۷۹۱	۶۴۷/۲۷۵	۵۴۰/۸۱۵
میانگین	۲۲۳/۳۸۲	۳۷۸/۷۹۰	۵۰۶/۰۲۶	۵۹۵/۱۶۲	۵۶۶/۰۸۸	۴۵۶/۷۵۳

جدول (۲) همبستگی دورنمای نیاز درجه ساعت گرمایشی را با مشخصه‌های جغرافیایی ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی ارائه داده است. نتایج نشان داده است که درجه ساعت گرمایش سپیده دم با ارتفاع همبستگی چندانی ندارد؛ چرا که در طول شب سطح زمین به شکل یک سطح همدم و همگن عمل می‌کند، از سوی دیگر تابش‌های کوتاه حذف و دمای هوا تابعی از تابش بلند خروجی است.



شکل ۲. پراکنش نگار درجه ساعت نیاز گرمایشی سپیده دم مناطق خشک و بیابانی داخلی، الف) نماینده فصل بهار (فروردین)؛ ب) نماینده فصل تابستان (مرداد)؛ ج) نماینده فصل پاییز (مهر)؛ د) نماینده فصل زمستان (دی)

در این بین ۸ ماه (۴ ماه دوره گرم سال و ۴ ماه دوره سرد سال) از سال همبستگی مثبت نیاز درجه ساعت گرمایش را با ارتفاع نشان دادند و ۴ ماه فروردین، اردیبهشت، بهمن و اسفند همبستگی منفی را با درجه ساعت گرمایش نشان داده‌اند. همبستگی‌های ارائه شده برای سه ماه فصل تابستان به مراتب قوی از ۹ ماه دیگر بود است. از آنجا که ضریب همبستگی پیرسون از نسبت کوواریانس نمونه دو متغیر به حاصل ضرب دو انحراف استاندارد به دست می‌آید و یکی از کاربردهای کواریانس شرح و تفسیر تلاطم است، از این رو، این آماره جدای از مقدار همبستگی (خطی) می‌تواند توضیح مناسبی برای سایر رفتارهای آماری دورنمای نیاز درجه ساعت گرمایشی سپیده دم استان‌های قزوین، قم، مرکزی، اصفهان، یزد، فارس و کرمان باشد. در عین حال باید توجه داشت که $r_{dem\ HDH} = 0$ لزوماً به این مفهوم نیست که ارتفاع (DEM) و نیاز درجه ساعت گرمایش سپیده دم (HDH03z) هیچ رابطه‌ایی با هم ندارند، بنابراین می‌توان ادعان داشت که دو سنجه نامبرده رابطه خطی با هم ندارند؛ چرا که ضریب همبستگی فقط رابطه خطی را

اندازه‌گیری می‌کند. بر این اساس نیاز درجه ساعت گرمایش سپیده دم دارای یک رابطه غیر خطی و احتمالاً پیچیده است و عواملی همچون شیب، وجه شیب، جهت‌گیری دامنه‌ها، عوارض بیوفیزیکی سطح زمین و ده‌ها و یا شاید صدها عامل دیگر در این خصوص دخیل باشند. نکته‌ای دیگر که در خصوص همبستگی‌های ارائه شده شایان توجه است و شاید بتوان آن را یکی از عوامل اصلی کاهش ضریب همبستگی عنوان کرد، میانگین‌گیری داده باشد. هنگامی که میانگین بازه‌های کوچک‌تر در یک بازه زمانی بزرگتر قرار می‌گیرد و به جای داده‌های روزانه از داده‌های ماهانه استفاده شود و یا اینکه به جای داده‌های ماهانه از داده‌های سالانه استفاده شود، قسمتی از اطلاعات مربوط به بازه‌های کوچک حذف می‌شود و به تبعیت از آن مقدار حاصل از همبستگی نیز قسمتی از واقعیت را حذف می‌کند. نکته دیگری که می‌توان بدان اشاره کرد، حساس بودن چند یاخته دور افتاده در این روش است که به شدت از مقدار همبستگی می‌کاهد. بیشینه همبستگی سپیده دم نیاز گرمایشی با عرض جغرافیایی است؛ چرا که نقش این مشخصه جغرافیایی با آفتاب‌گیری بسیار بالاست. فصول بهار و زمستان بیشینه همبستگی را ارائه داده‌اند و پس از فصل پاییز و تابستان قرار دارند. طول جغرافیایی نیز همبستگی خوبی را با درجه ساعت نیاز گرمایشی سپیده دم ارائه داده است در بین فصول، فصل بهار همبستگی معکوس و قوی را با طول جغرافیایی ارائه داده است و در بین ماه‌های مورد مطالعه مرداد کمینه همبستگی معکوس و اردیبهشت بیشینه همبستگی معکوس را ارائه داده است.

جدول (۳) بعد فرکتالی محاسبه شده برای درجه ساعت گرمایش سپیده دم را ارائه داده است. این ضریب بین ۱ و ۲ متغیر است که مبین تغییرات کوتاه مدت و بلند مدت دامنه متغیر در مکان و زمان است. بر این اساس هر چه این عدد به مقدار ۱ نزدیکتر باشد، نشان دهنده تغییرات بلند مدت دامنه‌ی متغیر و هر چه به ۲ نزدیکتر باشد، نشان دهنده تغییرات کوتاه مدت متغیر است.

جدول ۲. همبستگی دورنمای نیاز درجه ساعت گرمایشی سپیده دم مناطق خشک و بیابانی داخلی (ساعت 03Z) با ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی ($P-Value < 0.05$)

شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	آماره/ ماه
۰/۱۱۵	۰/۱۵۸	۰/۱۱۲	۰/۰۰۵	-۰/۰۴۳	-۰/۰۴۶	ارتفاع
-۰/۲۴۹	-۰/۱۸۲	-۰/۲۸۴	-۰/۵۲۷	-۰/۵۹۴	-۰/۵۵۱	طول جغرافیایی
۰/۴۸۴	۰/۲۶۵	۰/۲۹۴	۰/۵۶۸	۰/۷۰۸	۰/۷۳۹	عرض جغرافیایی
اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	آماره/ ماه
-۰/۰۲۷	-۰/۰۰۱	۰/۰۴۴	۰/۰۴۰	۰/۰۵۳	۰/۰۹۷	ارتفاع
-۰/۴۷۳	-۰/۴۰۸	-۰/۲۷۳	-۰/۲۴۹	-۰/۲۳۴	-۰/۲۰۶	طول جغرافیایی
۰/۷۴۲	۰/۷۰۷	۰/۶۴۴	۰/۶۶۷	۰/۶۶۵	۰/۶۰۸	عرض جغرافیایی

همان‌طور که در جدول (۳) نیز آمده است، در تابستان بعد فرکتالی به مقدار بیشینه خود رسیده است، به طوری که در دو ماه تیر و مرداد شاخص نزدیک به عدد ۲ است، از این رو بعد فرکتالی افزایش یافته و این افزایش نشان دهنده تغییرات کوتاه مدت متغیر است، به تبع آن خطای استاندارد نیز افزایش یافته و ضریب تعیین نیز کاهش زیادی را نشان داده است. کاهش ضریب تعیین در فصل تابستان نشان دهنده واقعیت‌های نهفته آب و هوایی نیاز گرمایش درجه ساعت در مناطق خشک و بیابانی داخلی است؛ چرا که این مشخصه آماری مقدار پراش مشترک متغیرها را نیز ارائه می‌دهد. یکی از دلایل افزایش مقدار بعد فرکتالی را می‌توان همدمایی بالای دما در این فصل عنوان کرد. ذکر این نکته ضروری است که ساختار فرکتالی تحت قراردادهای از پیش تعریف شده ظاهر نمی‌شوند، بلکه این ساختار از تعدادی قوانین عملکردی همچون بهینه سازی تبادل منابع از طریق سطوح تماس و ارتباط پیروی می‌کند، از این رو می‌توان این گونه این اصل را برای دورنمای نیاز درجه ساعت گرمایش عنوان کرد که نیاز درجه ساعت گرمایش سپیده دم در مناطق خشک و بیابانی داخلی همانند سامانه غیر خطی حساس نسبت به شرایط آغازین خود عمل می‌کند؛ چرا که آب و هوا سامانه پیچیده و غیر خطی است و از

سنجه‌های گوناگون و بر هم کنش‌های متفاوتی تشکیل شده است. ماه‌های فروردین، اردیبهشت، بهمن و اسفند بعد فرکتالیشان به مقدار ۱ نزدیک‌تر است، بنابراین مبتنی بر منطق فرکتال این چهار ماه دارای تغییرات بلند مدت در دامنه نیاز درجه ساعت گرمایش سپیده دم هستند. با مقایسه جدول (۲) و جدول (۳) اولین وجه مشترکی که بیش از پیش خودنمایی خواهد کرد، همبستگی بالای نیاز درجه ساعت گرمایش و سپیده دم و مقدار پایین بعد فرکتالی است، از این رو بر این اساس می‌توان ابراز داشت که تأثیر پذیری بالای درجه ساعت گرمایش از عرض جغرافیایی، نمایانگر آفتاب‌گیری و طلوع خورشید می‌باشد و این ارتباط سامانه‌ایی نشان دهنده تغییرات بلند مدت دامنه‌ایی است. در ماه‌های مهر و خرداد رفتاری تغییرنا مشابیه در بعد فرکتالی از خود نشان داده‌اند و آبان تا دی نیز با مقدار فرکتالی ۱/۵ و ضریب تعیین بین ۰/۸۶۰ و ۰/۸۹۲ دارای رفتای مشابیه هستند.

جدول ۳. بعد فرکتالی دورنمای نیاز درجه ساعت گرمایشی سپیده دم مناطق خشک و

بیابانی داخلی (ساعت 03Z)

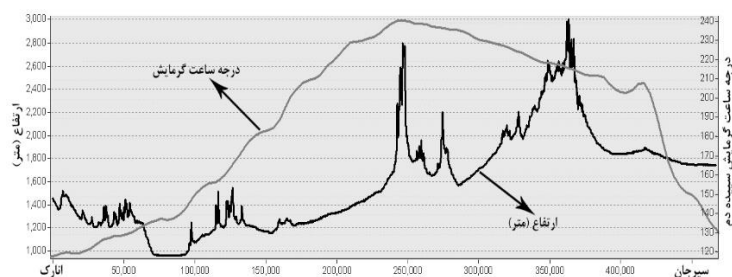
شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	آماره/ ماه
۱/۷۵۸	۱/۹۴۸	۱/۹۶۲	۱/۶۴۷	۱/۴۶۸	۱/۴۲۶	بعد فرکتالی
۰/۶۱۳	۴/۲۷۴	۵/۱۳۳	۰/۲۳۴	۰/۱۰۳	۰/۰۷۴	خطای استاندارد
۰/۵۴۰	۰/۰۲۹	/۰۲۰	۰/۸۷۶	۰/۹۶۷	۰/۹۸۱	ضریب تعیین
اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	آماره/ ماه
۱/۴۴۶	۱/۴۹۱	۱/۵۷۰	۱/۵۵۴	۱/۵۶۷	۱/۶۴۳	بعد فرکتالی
۰/۰۸۰	۰/۱۰۸	۰/۲۰۷	۰/۲۰۱	۰/۲۳۹	۰/۳۶۱	خطای استاندارد
۰/۹۷۹	۰/۹۶۵	۰/۸۹۲	۰/۸۹۵	۰/۸۶۰	۰/۷۴۷	ضریب تعیین

همان‌طور که پیشتر نیز مورد بحث و بررسی قرار گرفته است، در این پژوهش نیاز گرمایش سپیده دم استان‌های فارس، کرمان، یزد، اصفهان، قم، اراک و قزوین مورد واکاوی قرار گرفت. همان‌گونه که در شکل (۴-الف) مشاهده می‌شود، در ماه فروردین

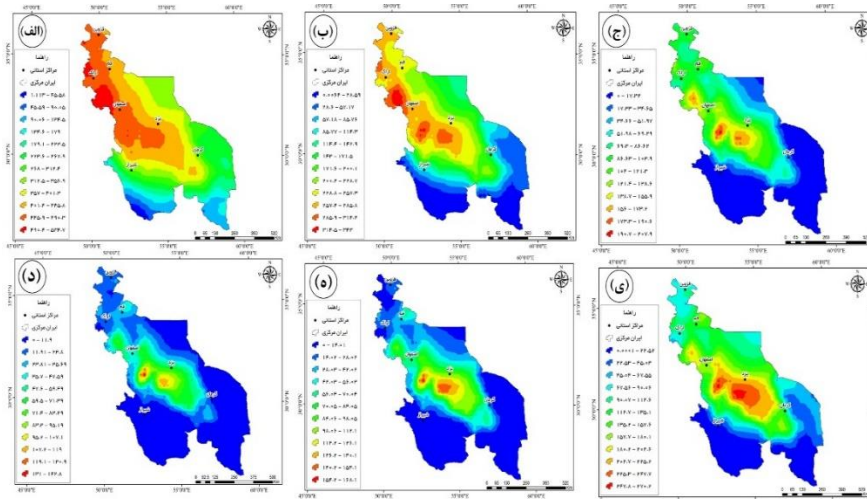
نیاز گرمایش این پهنه از کشور بسیار متغیر است، به گونه‌ای که فرا سنج گرمایش در غرب اصفهان (میمه و فریدونشهر) و شهر اراک با ۵۳۰ درجه ساعت بیشینه و بخش‌های جنوبی فارس (لارستان و لامرد) و کرمان (جیرفت) با ۴۵ درجه ساعت نیاز گرمایش به ترتیب بیشینه و کمینه این فراسنج را به خود اختصاص می‌دهند، به نظر می‌رسد در این ماه دو عامل مهم عرض جغرافیایی و تغییرات ارتفاع نقش بسیار بارزی در میزان نیاز این فراسنج ایفا کنند؛ چرا که هر چه از سمت نوار کم ارتفاع و پست به سمت نوار کوهپایه‌ای و کوهستانی پیشروی کنیم، نیاز گرمایش برحسب افزایش ارتفاع و عرض جغرافیایی تغییر می‌کند. در ماه اردیبهشت (۴-ب) با تغییرات شرایط دمایی نیاز گرمایش ساعتی نسبت به فروردین کاهش ۲۰۰ درجه ساعتی داشته و به طور میانگین به میزان ۳۴۰ درجه ساعت خواهد رسید. بخش‌های کم ارتفاع و پست در نوار جنوبی و شرقی محدوده مورد مطالعه نیاز گرمایش ساعتی بالنسبه کمتر و یک‌دست تری را به نسبت مناطق غربی و شمالی دارا هستند، در این ماه بخش‌های جنوبی و غربی اصفهان، جنوب یزد و شمال اراک با نیاز گرمایش ۳۴۰ درجه ساعت سردترین نقاط که مصرف انرژی در این مناطق جهت گرمایش محیط بالا می‌باشد. در ماه خرداد (شکل ۴-ج) نیاز گرمایش به کمترین میزان خود در فصل بهار خواهد رسید. در این ماه نوار یک‌سوم جنوبی با نیاز گرمایش ۱۷ درجه سانتی‌گراد در سپیده دم کمینه میزان انرژی گرمایشی را داراست و همچنین این منطقه دارای همگنی نسبی از لحاظ نیاز به این فراسنج می‌باشد. این در حالی است که بخش‌های ارتفاعی در این ماه از لحاظ نیاز گرمایش دارای تنوع زیادی است. بیشینه گرمایش ساعتی را نوار کوهپایه‌ای زاگرس به‌ویژه در استان‌های اصفهان، مرکزی و قزوین دارا می‌باشند که میزان این فرا سنج بین ۲۷۰-۶۹ درجه ساعت در نوسان است. نیاز گرمایش چاله‌های داخلی و خوربیبانک نیز به مانند مناطق جنوبی بوده و از کمینه میزان نسبت به مناطق حاشیه خود برخوردار می‌باشد.

در ماه‌های تیر (شکل ۴-د) و مرداد (شکل ۴-ه) نوار غربی، شرقی، جنوبی و شمالی مناطق خشک و بیابانی داخلی از کمترین گرمایش ساعتی بین ۰ تا ۱۴ درجه ساعت

برخوردار است. این در حالی است که منطقه مرکزی بین کرمان، یزد و اصفهان میزان گرمایش بیشتری نسبت به سایر نقاط داشته و این فراسنج در نوار زاگرس جنوبی به‌ویژه در جنوب اصفهان و بخصوص یزد به میزان ۱۶۰ درجه ساعت در این برهه زمانی خواهد رسید. در شهریورماه (شکل ۴-ی) به‌تبع تغییرات در الگوهای هواپه‌ری نیاز گرمایش نسبت به ماه‌های دیگر فصل تابستان در نوار کوهستانی و کوهپایه ای زاگرس و نوار مرکزی کشور در استان‌های یزد، اصفهان و کرمان افزایش نسبی داشته است. این افزایش بخصوص برای جنوب شرقی شهر یزد بواسطه ارتفاعات شیرکوه با ۴۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریاهای آزاد می‌باشد. نقش ارتفاع را در شهریور ماه به وضوح می‌توان در برش عرضی انارک-سیرجان مشاهده کرد (شکل ۳) در این نمودار سمت راست مبین درجه ساعت گرمایش سپیده دم برش عرضی انارک-سیرجان و سمت راست ارتفاع از سطح دریا را نشان می‌دهد، همان‌طور که پیداست با افزایش ارتفاع نیاز درجه ساعت گرمایش نیز بیشینه شده است و پس از آن در فاصله ۳۶۰ کیلومتری به بعد نیاز درجه ساعت گرمایش نیز همگام با ارتفاع کاهش یافته است. نیاز گرمایش نوار غربی، جنوبی و جنوب شرقی منطقه به‌مانند ماه‌های قبل بوده و از کمینه نیاز گرمایش در این ساعت از روز برخوردار هستند که نقش اثر تعدیلی رطوبت دریا یکی از عوامل عمده تغییرات کم این فراسنج در منطقه جنوبی می‌تواند باشد. بیشینه نیاز گرمایش را نیمه جنوبی اصفهان و یزد و غرب کرمان به میزان ۲۷۰-۲۴۷ درجه ساعت دارا هستند.



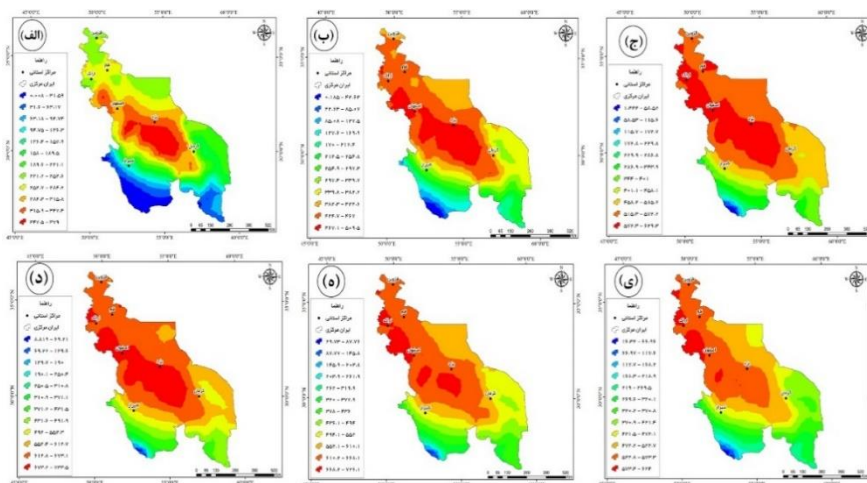
شکل ۳. نمیرخ ارتفاع- نیاز درجه ساعت گرمایش سپیده دم انارک تا سیرجان



شکل ۴. نیاز درجه گرمایش سپیده دم مناطق خشک بیابانی؛ الف) فروردین، ب) اردیبهشت، ج) خرداد، د) تیر، ه) مرداد، ی) شهریور

در مهرماه (شکل ۵-الف) مدار پایین تر از ۲۹ درجه شمالی درجه ساعت از کمترین نیاز گرمایش ساعتی برخوردار است. این فراسنج در نوار کوهستانی هزار و لاله زار در استان کرمان، تا کوه های کرکس و شیرکوه در یزد، ارتفاعات غرب استان اصفهان شامل دنباله زرد کوه و ارتفاعات جنوب استان شامل دنباله رشته کوه دنا مقدار بیشینه خود را دارد. در ماه آبان (شکل ۵-ب) پیش کوه های زاگرس به همراه تمامی بخش های شمال مدار ۳۰ درجه شمالی شمال استان های یزد، کرمان، اصفهان، قم، مرکزی و قزوین درجه ساعت گرمایش بیش از ۳۳۰ درجه ساعت از بیشینه نیاز گرمایش ساعتی برخوردار هستند. مناطق جنوبی یزد و غرب اصفهان با ۵۰۰ درجه ساعت نیاز گرمایش در یک پهنه قرار می گیرند. در آذر (شکل ۵-ج) ماه منطقه مورد مطالعه را از لحاظ نیاز گرمایش به دو ناحیه ۱-کوهستانی، ۲-کوهپایه ای و چاله های داخلی و بیرونی قابل پهنه بندی است. نوار کوهستانی دارای بیشینه و چاله های داخلی و مناطق مجاور نوار ساحلی دارای کمینه نیاز گرمایش در ساعت مذکور می باشند.

بیشینه گرمایش ساعتی سپیده دم در فصل زمستان و ماه‌های دی (شکل ۵-۵-د) و بهمن (شکل ۵-۵-ه) است. در دی‌ماه، بلندی‌های اصفهان، یزد و کرمان با ۷۳۰ درجه ساعت بالاترین میزان را در طول ماه‌های سال داراست. دشت‌های داخلی و مناطق کوهپایه‌ای نیز در این بازه زمانی با ۶۰۰ درجه ساعت نمایان هستند. تغییرات شدید نیاز گرمایش در نوار جنوبی گویای تغییرات ارتفاعی، عرض جغرافیایی و محتوی رطوبت هواسپهری می‌باشد. پس از دی ماه بیشینه گرمایش ساعتی مناطق خشک و بیابانی داخلی ایران را ماه بهمن و با کمی تعدیل اسفند (شکل ۵-۵-ی) دارا هستند. بهمن ماه مناطق شمالی اراک با ۷۲۶ درجه ساعت بیشینه نیاز گرمایشی درجه ساعت سپیده دم را به خود اختصاص داده است همین منطقه در اسفند ماه نیز به همراه مناطق شمال شرقی اصفهان بیشینه شاخص را تشکیل داده‌اند.



شکل ۵. نیاز درجه ساعت گرمایش سپیده دم مناطق خشک و بیابانی داخلی؛ (الف) مهر، (ب) آبان، (ج) آذر، (د) دی، (ه) بهمن، (ی) اسفند

وجود روند کاهشی یا افزایشی در درجه ساعت به معنای دگرگونی در مصرف انرژی خواهد بود. جهت شناسایی روندهای کاهشی یا افزایشی درجه ساعت گرمایش سپیده دم مناطق خشک و بیابانی داخلی از دو روش ناپارامتریک برآورد کننده شیب سنس و من-کندال استفاده گردید (جدول ۴) در این جدول آماره Z روند و آماره Q شیب روند است. نتایج حاصل از ارزیابی روند نشان داده است که در فصل بهار تمامی ایستگاه به جز شیراز در فروردین و قزوین در خرداد ماه بقیه ایستگاه درجه ساعت گرمایش سپیده دم روند کاهشی داشته است، اما از بین روندهای کاهشی تنها قزوین در اردیبهشت ماه در سطح $\alpha = 0.1$ معنی دار بوده است، به طوری که هر ساله $1/63$ درجه ساعت از نیاز درجه ساعت گرمایش در این ماه کاسته می شود. در بین ماه های فصل بهار اردیبهشت ماه بیشینه روند و شیب روند کاهشی را به خود اختصاص داده است، به طوری که به جز اصفهان سایر ایستگاه های منتخب هر ساله بیش از یک درجه ساعت از نیاز گرمایشی شان کاسته می شود. در فصل تابستان به جز یزد و قزوین در مرداد ماه بقیه ایستگاه ها دارای روند و شیب روند منفی هستند که در این بین کرمان فقط در سطح $\alpha = 0.1$ معنی دار بوده است و سالیانه $0/68$ درجه ساعت از نیاز گرمایشی درجه ساعت کاسته می شود. در فصل پاییز نیز به غیر از یزد که در هر سه ماه فصل پاییز روند افزایشی را نشان داده است، همچنین قزوین در آبان ماه و کرمان و اصفهان در خرداد ماه روند افزایشی را نشان داده اند که در هیچ یک از سطوح آماری این روند معنی دار نبوده اند، بقیه ایستگاه ها روند کاهشی داشته اند. در فصل زمستان دی ماه روند برای تمامی ایستگاه ها کاهشی بوده که تنها اراک و قزوین در سطح $\alpha = 0.05$ معنی دار بوده اند و سالیانه $1/80$ و $1/59$ درجه ساعت از نیاز گرمایشی شان کاسته می شود. در بهمن ماه شرایطی روند درجه ساعت مناطق خشک و بیابانی داخلی نسبت به ماه های دیگر دگرگونی قابل توجهی را نشان داده است، به طوری که چهار ایستگاه منتخب کرمان، یزد، اصفهان و قم روند افزایشی درجه ساعت گرمایش را نشان داده اند که در این بین روند یزد در سطح $\alpha = 0.1$ معنی دار بوده است و سالیانه $1/83$ درجه ساعت بر نیاز گرمایشی این منطقه در این ماه از سال افزوده

می‌شود. اسفند ماه نیز به غیر از ایستگاه اصفهان در سایر ایستگاه‌ها روند درجه ساعت گرمایش سپیده دم کاهشی بوده است.

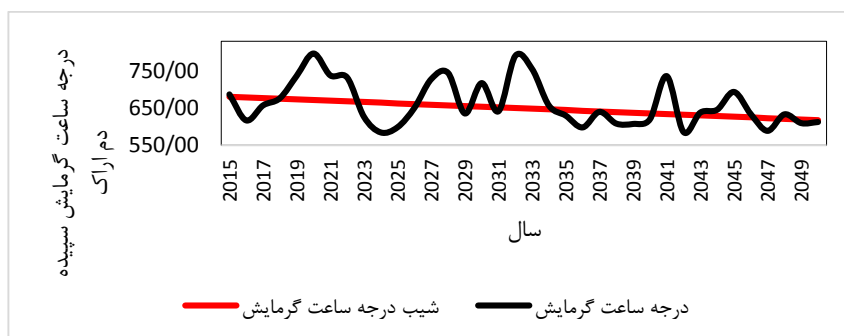
جدول ۴. نتایج حاصل از آزمون سنس و من-کندال برای درجه ساعت گرمایش سپیده دم

مناطق خشک و بیابانی داخلی

ماه	فروردین		اردیبهشت		خرداد		تیر		مرداد		شهریور	
	Z	Q	Z	Q	Z	Q	Z	Q	Z	Q	Z	Q
ایستگاه / آماره												
شیراز	۰/۰۱	۰/۱۱	-	-	-	-	-	۰/۰۰	-	-	-	-
کرمان	۰/۶۴	۰/۹۵	۱/۲۳	۱/۱۳	۰/۷۹	۰/۳۵	۱/۷۸	۰/۶۸	۰/۱۲	۰/۲۶	۱/۵۸	۱/۲۳
یزد	۰/۲۹	۰/۵۲	۱/۱۹	۱/۳۵	۰/۰۸	۰/۰۶	۱/۳۰	۱/۷۲	-	-	۱/۱۲	۰/۹۶
اصفهان	۰/۲۹	۰/۴۸	۰/۹۱	۰/۹۰	۰/۵۳	۰/۵۱	۱/۲۱	۰/۹۸	۰/۲۶	۰/۳۶	۱/۲۴	۱/۱۴
اراک	۰/۵۰	۰/۵۷	۱/۱۳	۱/۱۴	۰/۶۷	۰/۳۶	۱/۲۳	۰/۱۴	۱/۱۶	۱/۳۲	۱/۰۸	۰/۹۰
قم	۰/۲۰	۰/۳۴	۱/۵۴	۱/۳۷	۰/۱۸	۰/۱۴	۱/۴۰	۰/۷۹	۰/۲۳	۰/۲۴	۱/۰۲	۰/۷۶
قزوین	۱/۵۴	۱/۴۶	۱/۸۷	۱/۶۳	-	۰/۲۳	-	۰/۱۸	-	۰/۱۲	-	-
ماه	مهر		آبان		آذر		دی		بهمن		اسفند	
ایستگاه / آماره	Z	Q	Z	Q	Z	Q	Z	Q	Z	Q	Z	Q
شیراز	۱/۵۱	۱/۲۹	۰/۶۷	۰/۷۱	۰/۴۰	۰/۲۱	۱/۲۴	۰/۸۹	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۵۳	۰/۶۳
کرمان	۰/۵۹	۰/۶۰	۰/۱۲	۰/۳۶	۰/۴۵	۰/۳۹	۰/۲۶	۰/۳۲	۱/۴۶	۱/۷۳	-	-
یزد	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۷۸	۱/۲۰	-	-	۱/۶۸	۱/۸۳	۰/۱۰	۰/۱۷
اصفهان	۰/۶۷	۰/۸۱	۰/۲۶	۰/۳۶	۰/۶۷	۰/۴۵	۰/۲۳	۰/۳۱	۱/۵۴	۱/۱۹	۰/۰۰	۰/۰۱
اراک	۱/۵۹	۲/۰۴	۱/۱۶	۱/۳۲	۱/۵۴	۰/۸۱	۲/۲۵	۱/۸۰	۰/۵۶	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۲۸
قم	۰/۷۸	۰/۷۹	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۱۵	۰/۹۹	۱/۰۰	۰/۶۹	۰/۹۱	-	-
قزوین	۱/۴۸	۱/۸۹	۰/۱۲	۰/۱۵	-	-	-	-	-	-	-	-
	۱/۴۸	۱/۸۹	-	-	۱/۹۵	۱/۱۷	۲/۰۳	۱/۵۹	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۶۷	۰/۷۲

دو شکل (۶) و (۷) درجه ساعت گرمایش سپیده دم ایستگاه‌های منتخب اراک (معنی داری کاهشی در سطح ۰/۰۵) و یزد (معنی داری افزایشی در سطح ۰/۱ درصد) را به عنوان نماینده های کمینه و بیشینه روند و شیب روند را طی دوره آماری (۲۰۵۰-۲۰۰۵ میلادی) ارائه داده اند. همان طور که در جدول (۴) نیز آمده است در ایستگاه نماینده اراک از میزان درجه ساعت گرمایش سپیده دم هر ساله نزدیک به ۲ درجه ساعت (۱/۸۰ درجه ساعت) تحت سناریو انتشار AIB کاسته می‌شود، به طوری که این مقدار برای سال شروع مطالعه حاضر (۲۰۱۵ میلادی) ۶۸۷/۳۱ درجه ساعت در سال پایانی مطالعه پیش رو به ۶۱۲/۸۰ درجه ساعت گرمایش خواهد رسید. بر این اساس می‌توان معادله درجه ساعت گرمایش سپیده دم را برای ایستگاه نماینده اراک به این شکل ارائه داد.

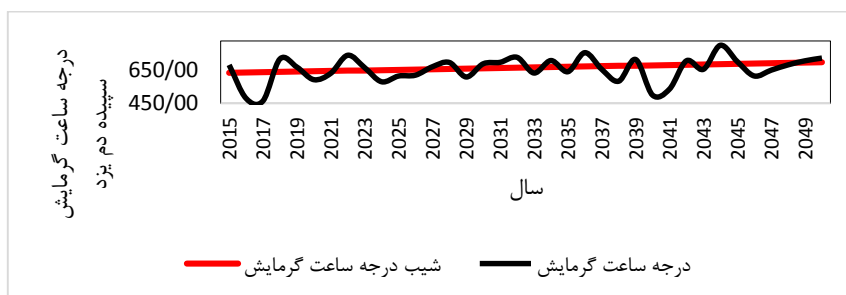
$$f(36) = -1.800(2050 - 2010) + 680.98$$



شکل ۶. وضعیت درجه ساعت گرمایش سپیده دم اراک و برازش روش سنس بر سری زمانی دی ماه

شکل (۷) سری زمانی درجه ساعت گرمایش سپیده دم ایستگاه یزد را به همراه شیب روند با روش سنس را ارائه داده است. ارزیابی نمودار حاضر تحت سناریو منتخب نشان داده است که در سال آغازین مطالعه درجه ساعت گرمایش ۶۸۴/۱۶ و سال پایانی به ۷۲۵/۶۸ درجه ساعت گرمایش رسیده است به عبارت دیگر ۴۱/۵۲ درجه ساعت بر نیاز

گرمایشی در ایستگاه یزد در سال پایانی نسبت به سال آغازین مورد مطالعه افزوده خواهد شد. همچنین معادله درجه ساعت گرمایش سپیده دم را برای ایستگاه نماینده یرد به این شکل $f(36) = -1.83(2050 - 2010) + 635.19$ می توان ارائه داد.



شکل ۷. وضعیت درجه ساعت گرمایش سپیده دم یزد و برازش روش سنس بر سری زمانی بهمن ماه

کاهش مقادیر درجه ساعت در ماه‌های فصل گرم سال و حتی فصول سرد همچون پاییز دور از انتظار نیست، چرا که با افزایش متوسط دمای هوا طبیعتاً از مقدار درجه ساعت‌های گرمایش کاسته خواهد شد که این مقدار بسته به شرایط مکانی دارای شدت و ضعف‌هایی خواهد بود، اما روند افزایشی درجه ساعت‌های گرمایش سپیده دم چهار ایستگاه منتخب کرمان، یزد، اصفهان و قم در فصل زمستان با توجه آنچه گفته شد و پدیده گرمایش جهانی شاید کمی دور از انتظار باشد، اما با گرمایش زمین و صعود گرما به سمت هواسپهر گرداب‌های قطبی را شکل می‌دهد که باعث چرخش جریان هوا در ارتفاعات بالا می‌شود که در نتیجه آن جریان هوا شدید (باد) در اطراف مناطق قطبی ایجاد می‌شود که این چرخش هوا باعث گسیل شدن آب و هوای سرد مناطق قطبی به سمت مناطق مرکزی کره زمین می‌شود که یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش درجه ساعت گرمایش سپیده دم در فصل زمستان در دهه‌های آینده می‌باشد، به عبارت دیگر می‌توان ابراز داشت که با شدت یافتن پدیده گرمایش جهانی باید شاهد زمستان‌های سخت‌تر بود که این امر در سال‌های

اخیر نمود آشکاری یافته است که می‌توان به زمستان شدید سال ۱۳۸۶ و برف‌های بی‌سابقه زمستان ۱۳۹۵ هجری خورشیدی اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

یکی از فراسنج‌های تحت دما درجه ساعت است که در بسیاری از زمینه‌ها از جمله معماری، ساختمان و مدیریت مصرف انرژی جهت گرمایش دارای کاربرد می‌باشد. بسیاری از محققین در مطالعات خود بیان داشتند که درجه ساعت نسبت به فراسنج درجه روز دارای قابلیت بهتری برای محاسبه به ویژه جهت مشخص کردن میزان مصرف انرژی جهت گرمایش محیط می‌باشد. در این مقاله برای اولین بار به منظور ارزیابی سامان‌مند تاثیر دگرگونی‌های آب و هوایی در درجه ساعت گرمایش سپیده دم (ساعت ۶/۳۰ به وقت تهران) مناطق خشک و بیابانی داخلی مبتنی بر برون‌داد مدل EH50M برای دوره ۲۰۱۵ تا ۲۰۵۰ میلادی انجام شده است. به این منظور داده‌های مدل دینامیکی EH50M از مرکز فیزیک ماکس پلانک برای دوره ۲۰۱۵/۰۱/۰۱ تا ۲۰۵۰/۱۲/۳۱ میلادی به صورت دیدبانی‌های ۳ ساعته (۸ بار در روز) تحت سناریو A1B پنل بین‌المللی تغییر اقلیم (IPCC) بارگیری گردید. در گام بعدی داده‌های ساعتی دمای هوا در ساعت 03Z در نسخه چهارم مدل اقلیم منطقه‌ای (RegCM4) برگرفته از مرکز فیزیک نظری عبدالسلام (ایتالیا) در یاخته‌ای به ابعاد ۲۷×۲۷/۲۷. درجه قوسی ریزمقیاس شدند و آرایه‌ای با ابعاد ۱۳۱۴۰×۷۰۵ تولید گردید. سپس درجه ساعت گرمایش (HDH) سپیده دم مناطق خشک و بیابانی داخلی محاسبه گردید در نهایت برای خودتشابهی و تغییرات زمانی کوتاه / بلند مدت درجه ساعت گرمایش سپیده دم از نظریه فرکتال بهره برده شد و بعد فرکتالی هر ماه حساب شد.

نتایج پژوهش نشان داده است بیشینه میانگین نیاز درجه ساعت گرمایش سپیده دم مناطق خشک و بیابانی داخلی در دی ماه و کمینه آن در تیر ماه اتفاق می‌افتد، بیشینه نیاز گرمایشی فصل بهار با ۳۳۸ درجه ساعت در فروردین رخ می‌دهد. در دوره گرم سال به

دلیل استقرار پرفشار آזור نیاز گرمایشی در مناطق خشک و بیابانی داخلی به شدت کاهش می‌یابد، به طوری که در تیر به ۲۱، در مرداد به ۳۳ و شهریور به ۹۹ درجه ساعت خواهد رسید. با شروع فصل سرد و تنوع سامانه‌های هابی که ایران را تحت تاثیر قرار می‌دهند نیاز گرمایش درجه ساعت سپیده دم نیز افزایش می‌یابد، همچنین در فصل زمستان با تسلط بادهای غربی نیاز گرمایش در کشور به مقدار بیشینه خود در دی ماه به مقدار ۵۹۵ درجه ساعت خواهد رسید. به جهت مکانی منطقه بین یزد، اصفهان و اراک به دلیل تغییرات شدید ارتفاعی و عدم پوشش گیاهی و همچنین چون دمای هوا تابعی از تابش‌های بلند خروجی است و به دلیل فقر شدید رطوبتی هوا سپهر در منطقه مناطق خشک و نیمه خشک در این ساعت از روز نیاز درجه ساعت گرمایشی بیشتری خواهند داشت. همچنین کاهش درجه ساعت گرمایش در مناطق جنوب و جنوب غربی به جهت به دلیل نزدیک شدن به خط استوا و افزایش زاویه تابش خورشید و رطوبت جوی ناشی از خلیج فارس است. نتایج همبستگی ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی با نیاز درجه ساعت گرمایش سپیده دم نشان داده است عرض جغرافیایی بخصوص در فصول بهار و زمستان بیشینه همبستگی را داشته‌اند که نشان دهنده تاثیر بالای آفتاب‌گیری بر تغییرات مکانی درجه ساعت یاز گرمایش سپیده دم در مناطق خشک و بیابانی داخلی است. در نهایت بعد فرکتالی برای نیاز درجه ساعت گرمایش سپیده دم نشان داده است که این فراسنج آب و هوایی همچون یک سامانه غیر خطی حساس عمل می‌کند. بر این اساس ماه‌های فروردین، اردیبهشت، بهمن و اسفند دارای تغییرات بلند مدت و در فصل تابستان دارای تغییرات کوتاه مدت خواهد بود.

نتایج حاصل از روند و شیب روند برای هفت ایستگاه منتخب نشان داده است که روند غالب کاهش است، به طوری که در سال‌های آتی باید شاهد کاهش درجه ساعت گرمایش سپیده دم در مناطق خشک و بیابانی داخلی بود، اما در فصل زمستان بخصوص بهمن ماه این امر به شکل دیگری خودنمایی خواهد کرد، به طوری که روند درجه ساعت گرمایش افزایشی خواهد بود که به عبارت دیگر دگرگونی‌های آب و هوایی به عنوان

موتور محرکی برای زمستان های سخت تر خواهد شد. نتایج این پژوهش با نتایج امیدوار و همکاران (۱۳۹۵) که به واکاوی اثر گرمایش جهانی بر درجه ساعت های گرمایش و سرمایش ماهانه ایران پرداخته اند، همراستاست، از این رو می توان اذعان داشت که نتایج پژوهش در سطح بالایی قابل انطباق با شرایط آب و هوایی پیش رو در کشور است. نتایج این پژوهش و می تواند به بهینه سازی انرژی، محدودیت های مالی و اقتصادی کمک شایان توجهی نماید. همچنین معرفی پایگاه داده پیش رو، دقت و همخوانی بالای آن با شرایط آب و هوایی مناطق خشک و بیابانی داخلی می تواند پاسخ گوی عدم سازگاری الزامات اقتصادی در سطوح ملی و خرد با یکدیگر، نبود اطلاعات، عدم دسترسی به فناوری های کارآمد و ضعف دانش فنی در زمینه بهینه سازی انرژی و محیط زیست باشد. در پایان پیشنهاد می شود به حمایت از ایجاد و گسترش شبکه های تخصصی در زمینه خدمات انرژی و محیط زیست و ایجاد شبکه اطلاعات انرژی مرجع برای هم افزایی توانمندی های علمی-تخصصی دایر گردد تا به نحوی کارا تر بتوان به مدیریت، پایش و پیش بینی انرژی مورد نیاز کشور پرداخت.

منابع

- احمدی، محمود و عباسعلی داداشی رودباری (۱۳۹۵)، دستورالعمل اجرایی ریز پیمانه نمایی آماری سری های روزانه آب و هوا، انتشارات نوید مهر، تهران، ۱۸۴ ص.
- امیدوار، کمال و رضا ابراهیمی و احمد مزیدی، (۱۳۹۵)، واکاوی اثر گرمایش جهانی بر درجه ساعت های گرمایش و سرمایش ماهانه ایران، برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره ۲۰، شماره ۲، صص ۶۴-۴۱.
- امیدوار، کمال، و رضا ابراهیمی و عباسعلی داداشی رودباری و مریم ملک میرزایی، (۱۳۹۴)، واکاوی زمانی-مکانی فرین های سرد ایران تحت تأثیر گرمایش جهانی به منظور کاهش مخاطرات، دانش مخاطرات، دوره ۲، شماره ۴، صص ۴۲۳-۴۳۷.

- داداشی رودباری، عباسعلی و غلامعباس فلاح قاله‌ری و مختار کرمی و محمد باعقیده، (۱۳۹۴)، تحلیل تغییرات بارش حوضه آبریز هراز با استفاده از روش‌های آماری و تکنیک تحلیل طیفی، هیدروژئومورفولوژی، شماره ۷، صص ۵۹-۸۶.
- سالی‌نگروس، نیکاس انجلوس، (۱۳۹۰)، تئوری شبکه ای و شهر فراکتال (دیدگاه‌های نوین در زمینه برنامه ریزی شهری) ترجمه سیدکوروش سرورزاده و علیرضا اشتیاقی، انتشارات نوید شیراز، شیراز، ۱۴۴ص.
- شمسی‌پور، عملی اکبر، (۱۳۹۳). مدل‌سازی آب و هوایی نظریه و روش، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۲۷۸ص.
- قرخلو، مهدی و سعید زنگنه شهرکی، (۱۳۸۸). شناخت الگوی رشد کالبدی-فضای شهر با استفاده از مدل‌های کمی، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دوره ۲۰، شماره ۲، صص ۱۹-۴۰.
- مرکز آمار ایران (۱۳۹۰). نتایج آمارگیری از مصرف حامل‌های انرژی در بخش خانوار در نقاط شهری-۱۳۹۰، انتشارات مرکز آمار ایران، تهران.
- میرکتولی، جعفر، رضا بارگاهی و سیده زهرا عقیلی، (۱۳۹۳)، تبیین ابعاد استفاده از هندسه فرکتال در تحلیل‌های جغرافیا و برنامه ریزی شهری، مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال چهارم، شماره ۱۴، صص ۵۵-۸۲.
- Al-Sanea, S. A., & Zedan, M. F. (2002). Optimum insulation thickness for building walls in a hot-dry climate. *International Journal of Ambient Energy*, 23(3), 115-126.
- Bakos, G. C. (2000). Insulation protection studies for energy saving in residential and tertiary sector. *Energy and buildings*, 31(3), 251-259.
- Chaturvedi, V., Eom, J., Clarke, L. E., & Shukla, P. R. (2014). Long term building energy demand for India: Disaggregating end use energy services in an integrated assessment modeling framework. *Energy Policy*, 64, 226-242.
- Coskun, C. (2010). A novel approach to degree-hour calculation: indoor and outdoor reference temperature based degree-hour calculation. *Energy*, 35(6), 2455-2460.

- Coskun, C. (2010). A novel approach to degree-hour calculation: indoor and outdoor reference temperature based degree-hour calculation. *Energy*, 35(6), 2455-2460.
- Dahl, M., Brun, A., & Andresen, G. B. (2017). Using ensemble weather predictions in district heating operation and load forecasting. *Applied Energy*, 193, 455-465.
- Dombaycı, Ö. A. (2010). The prediction of heating energy consumption in a model house by using artificial neural networks in Denizli–Turkey. *Advances in Engineering Software*, 41(2), 141-147.
- Dubin, J. A., & Gamponia, V. (2007). Mid-Range, Average, and Hourly Estimates of Heating Degree Days: Implications for Weather Normalization of Energy Demand. *The Energy Journal*.
- Eom, J., Clarke, L., Kim, S. H., Kyle, P., & Patel, P. (2012). China's building energy demand: Long-term implications from a detailed assessment. *Energy*, 46(1), 405-419.
- Førland, E. J., Skaugen, T. E., Benestad, R. E., Hanssen-Bauer, I., & Tveito, O. E. (2004). Variations in thermal growing, heating, and freezing indices in the Nordic Arctic, 1900–2050. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 36(3), 347-356.
- Fumo, N. (2014). A review on the basics of building energy estimation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 53-60.
- Gertler, P., Shelef, O., Wolfram, C., & Fuchs, A. (2013). How pro-poor growth affects the demand for energy (No. w19092). National Bureau of Economic Research.
- Guttman, N. B., & Lehman, R. L. (1992). Estimation of daily degree-hours. *Journal of Applied Meteorology*, 31(7), 797-810.
- Karl, T. R. (2009). *Global climate change impacts in the United States*. Cambridge University Press.
- Kendall, M. (1975). *Multivariate analysis*. Charles Griffin.
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrical: Journal of the Econometric Society*, 245-259.
- Moustris, K. P., Nastos, P. T., Bartzokas, A., Larissi, I. K., Zacharia, P. T., & Paliatsos, A. G. (2015). Energy consumption based on heating/cooling degree days within the urban environment of Athens, Greece. *Theoretical and Applied Climatology*, 122(3-4), 517-529.
- Radhi, H. (2009). Evaluating the potential impact of global warming on the UAE residential buildings—a contribution to reduce the CO 2 emissions. *Building and Environment*, 44(12), 2451-2462.
- Reichler, T., & Kim, J. (2008). How well do coupled models simulate today's climate? *Bulletin of the American Meteorological Society*, 89(3), 303.

- Roeckner E, Brokopf R, Esch M, Giorgetta M, Hagemann S, Kornblueh L, Manzini E, Schlese U Schulzweida U .(2006) .Sensitivity of simulated climate to horizontal and vertical resolution in the ECHAM5 atmosphere model. *J Clim* 19:3771–3791.
- Rosenthal, D. H., Gruenspecht, H. K., & Moran, E. A. (1995). Effects of global warming on energy use for space heating and cooling in the United States. *The Energy Journal*, 77-96.
- Sen, P. K., (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau. *Journal of the American Statistical Association*. 63. pp. 1379-1389.
- Terzi, F., & Kaya, H. S. (2008). Analyzing urban sprawl patterns through fractal geometry: The case of Istanbul metropolitan area.
- Thiel, H., (1950). A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis: part3. *Proceeding of Koninklijke Nederland's Academies van Wetenschappen A*. 53, pp. 1397-1412.
- Tian, W. (2013). A review of sensitivity analysis methods in building energy analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 411-419.
- Van Hateren, J. H. (2013). A fractal climate response function can simulate global average temperature trends of the modern era and the past millennium. *Climate Dynamics*, 40(11-12), 2651-2670.
- Zhao, H. X., & Magoulès, F. (2012). A review on the prediction of building energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3586-3592.
- Modeling the temperature of the heating hour (HDH) of the dawn of Iran's dry and desert regions.