

واکاوی روند تغییرات الگوی دمای ساعتی فصل سرد ایران به عنوان شناسه‌ای از تغییرات اقلیمی

حمزه احمدی*

۱- دانش آموخته دکتری آب و هواشناسی کشاورزی، دانشگاه حکیم سبزواری، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، سبزوار، ایران.

(دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۲، بازنگری: ۱۳۹۷/۰۶/۱۳، پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۰۱، انتشار آنلاین: ۱۳۹۸/۰۳/۰۱)

چکیده

در میان کمیت‌های اصلی هواشناسی، دمای هوا مهم‌ترین کمیتی است که می‌تواند در آشکارسازی اثرات تغییرات آب و هوایی نقش آفرینی کند. در این مطالعه با رهیافتی آماری - تحلیلی روند تغییرات دمای ساعتی در ایران واکاوی شده است. پایگاه داده‌ای با حجم ۳۲۵۲۸۰۰ داده ساعتی دمای هوا، برای ۲۸ ایستگاه همدید (سینوپتیک) در فصل سرد سال، در بازه‌ی زمانی ۳۰ ساله از ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۴ تنظیم و پالایش شده است. با استفاده از روش درونیابی خطی، داده‌های سه ساعته دمای هوا به دمای ساعتی تبدیل و برای آشکارسازی روند تغییرات دمای ساعتی، از روش ناپارامتری من - کندال استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در ماه نوامبر تعداد محدودی از ایستگاه‌ها روند افزایشی معنی‌داری را تجربه می‌کنند اما در ماه دسامبر در بیشتر ایستگاه‌ها روند کاهشی معنی‌دار مشاهده می‌شود. در نیمه دوم فصل سرد در ماه‌های فوریه و مارس، بیشترین روند افزایشی معنی‌دار وجود دارد. در ماه مارس تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای روندی مثبت و افزایشی در وضعیت دمای ساعتی هستند و این روند افزایشی در ساعات کمینه شبانه و صبحگاهی بیشتر مشاهده می‌شود. به طور میانگین بیش از ۵ ساعت از شبانه‌روز، روند افزایشی در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ معنی‌داری در بیشتر ایستگاه‌ها مشاهده شد. در مناطق مشکین شهر، کرج، گل‌مکان، تهران، تبریز، فسا، یاسوج، خوی، مهاباد، سنندج، سمنان و بابلسر، تقریباً در کل ساعات شبانه‌روز، روند افزایشی مشاهده می‌شود. حتی در ایستگاه‌های بسیار سرد مانند اهر، سراب، سقز و شهرکرد، ۴ تا ۵ ساعت از شبانه‌روز روند افزایشی معنی‌دار در دمای ساعتی مشاهده می‌شود. بنابراین اثرات تغییرات اقلیمی در قالب دماهای ملایم در فصل سرد، به خصوص در انتهای زمستان، کاملاً آشکار است و پیامدهایی مانند ظهور زود هنگام مراحل فنولوژی درختان میوه، کاهش سهم برف و تغییر نوع بارش به همراه دارد.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، روند، دمای ساعتی، دورن‌یابی خطی

مقدمه

ارتباط با گرم شدن ناشی از پارامترهاست، به احتمال زیاد در تغییر هستند (احمدی و رادمنش، ۱۳۹۳). افزایش بررسی‌ها در مورد پیامدهای تغییر اقلیم از طریق دمای هوا به عنوان یکی از مهم‌ترین سنجه‌های اقلیمی حائز اهمیت است زیرا دمای هوا بر تمام سامانه‌های طبیعی و فعالیت‌های بشری تأثیر می‌گذارد (رن و همکاران، ۲۰۱۶). دمای هوا مهم‌ترین سنجه اقلیمی است که با هر گونه تغییرات در آن، حیات در کره زمین دچار دگرگونی می‌شود. مطالعات نشان داده است که افزایش دمای هوا چرخه‌های اقلیمی و هیدرو اقلیمی را تسریع می‌کند و به تبع آن حجم و شدت بارش‌ها، رژیم‌های رودخانه‌ای، رطوبت خاک و مقدار تبخیر - تعرق را تحت تأثیر قرار می‌دهد. دما از محسوس‌ترین عناصر اقلیمی است که ارتباط تنگاتنگی با یک سلسله از واکنش‌های زنجیره‌ای

تغییرات اقلیمی در عصر حاضر یکی از مسائل چالش برانگیز مرتبط با مسائل زیست محیطی محسوب می‌شود. مطالعات اخیر نشان داده است که دمای هوا در زمان‌های محلی خاص، روندهای متفاوتی از خود نشان می‌دهد. به طور نمونه کمینه‌های روزانه دمای هوا نسبت به پیشینه‌ها در سراسر جهان تمایل بیشتری به افزایش بیشتر نشان می‌دهند (رن و همکاران، ۲۰۱۶). براساس گزارش پنجم هیات بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) میانگین هانی دمای هوا تا ۰/۸۵ درجه سلسیوس در دوره ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۲ افزایش یافته است (هیات بین‌الدول تغییر اقلیم، ۲۰۱۳). بررسی تغییرات اقلیمی از طریق سنجه‌های اقلیمی همیشه مورد توجه اقلیم‌شناسان بوده است. درک ما از تأثیرات بشر روی محیط، به ویژه آنهایی که در

معنی دار در دماهای کمینه مطلق مشاهده شده است. کگن هاف و همکاران (۲۰۱۶) در ارزیابی روند دمای روزانه در جورجیا روندی گرمایشی برای دماهای کمینه و بیشینه ماهانه و شب‌های سرد مشخص کردند. کالویرو (۲۰۱۶) در بررسی روند دمای روزانه و ماهانه از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۲ در نیوزلند بر اساس آزمون من - کندال، نشان داد که روند افزایشی در بیشینه و کمینه دمای هوا در ایام سرد سال وجود دارد. رین و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی روند دماهای سه‌ساعته مشخص کردند که افزایش دما در فصل زمستان، به خصوص ساعات شبانه، حائز اهمیت است و دوره‌های زمانی اخیر نسبت به گذشته گرمتر هستند. همچنین استاویچ^۱ (۲۰۱۷) با بررسی تغییرات دماهای حدی در سبیری در دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰ نتیجه گرفت که روندی افزایشی در دماهای حدی وجود دارد و کمینه‌های دما در اثر تغییرات اقلیمی تمایل به گرم‌تر شدن دارند.

در مطالعات داخلی، مسعودیان (۱۳۸۳) با ارزیابی روند دمای ایران در نیم سده گذشته، نشان داد که دمای شبانه ایران با آهنگ ۳ درجه در هر صد سال و دمای روزانه با آهنگ ۱ درجه در هر صد سال، در حال افزایش است. هلالی (۱۳۸۷) در بررسی درجه ساعت‌های رشد برای محصول گندم مشخص کرد که با توجه به روند افزایشی دمای ساعتی، درجه ساعت‌های رشد گندم نیز افزایش یافته است. غریبی (۱۳۹۱) نشان داد که روند افزایشی در داده‌های دمای هوای ساعتی، موجب روند افزایشی در واحدهای گرمایی و در نتیجه زمستان‌های گرمتر شده است. رضایی بنفشه و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی روند دمای روزانه در حوضه دریاچه ارومیه نشان دادند که شب‌های گرم از روند افزایشی معنی‌داری برخوردار هستند. ورشایان و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی روند تغییرات مقادیر دمای کمینه روزانه مشخص کردند که در اغلب ایستگاه‌ها روند معنی‌دار افزایشی در مقادیر حدی دمای کمینه وجود دارد. قیامی شمامی و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی آشکارسازی تغییر اقلیم در غرب ایران با توجه به تغییرات دما نتیجه گرفتند که روند افزایشی در دماهای کمینه

زیست اقلیمی دامنه‌دار دارد (سبزی پرور و همکاران، ۱۳۹۲). به دلیل اینکه دما از عناصر اساسی شکل‌گیری اقلیم است، تغییرات آن می‌تواند ساختار آب و هوای هر محل را دگرگون سازد. از همین رو بررسی روند دما در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی بخش بزرگی از ادبیات هواشناسی و اقلیم‌شناسی را به خود اختصاص داده است (مسعودیان، ۱۳۸۳).

با توجه به اهمیت تغییرات اقلیمی در محیط طبیعی کره زمین، آشکارسازی اثرات این پدیده مهم اقلیمی کانون توجه مطالعات مختلف جهانی و داخلی بوده است. ویگگ و گلاویکی (۲۰۰۲) با بررسی روند تغییرات کمینه و بیشینه دما در لهستان مشخص کردند که روند افزایشی معنی‌داری در دماهای کمینه و بیشینه، به خصوص در فصل سرد وجود دارد. پلامر و همکاران (۱۹۹۹) و کولینز و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که روند افزایش معنی‌داری در میانگین دمای هوا در ماه‌های خنک و سرد سال وجود دارد. مطالعه هیوز (۲۰۰۳) در استرالیا نشان می‌دهد که از سال ۱۹۵۱ افزایش ۰/۱ تا ۰/۲ درجه سلسیوس در میانگین دمای هوا دیده می‌شود. کوثری و همکاران (۲۰۱۳) به آشکارسازی روند زمانی - مکانی دمای بیشینه در ایران در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۵ - ۱۹۶۰ پرداختند. نتایج آنها نشان داد که فراسنج اقلیمی دمای هوا در ایران در مقیاس‌های زمانی مختلف از روند افزایشی معنی‌داری برخوردار بوده است. سدیک و رمان (۲۰۱۴) با ارزیابی روند تغییرات کمینه و بیشینه دما در بنگلادش مشخص کردند که نمایه اقلیمی دمای هوا نقش مؤثری در آشکارسازی تغییرات اقلیمی ایفا می‌کند و در سال‌های اخیر روند افزایشی در دمای کمینه و بیشینه کاملاً آشکار است. چنگ و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی روند گرمایش جهانی در مناطق ساحلی قطر نشان دادند که روند افزایشی در دمای خنک شبانه وجود دارد و گرمایش جهانی در این گرم شدن به شدت تأثیرگذار بوده است. رومل و همکاران (۲۰۱۶) تغییرات دمایی در سبیری را در دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰ بررسی کردند. آنها با استفاده از روش من - کندال نتیجه گرفتند که دمای هوا از سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ روند افزایشی داشته و بیشترین روندهای افزایشی

طریق زمستان‌های گرم‌تر و تغییرات زودهنگام در مراحل فنولوژی درختان، بیشتر نشان داده است. هر گونه تغییر در الگوی دمای هوا می‌تواند شرایط زیستی بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری را تغییر دهد؛ بنابراین ارزیابی تغییرات دمای ساعتی به عنوان شاخص زنده‌ای از تغییرات آب و هوایی برای اعمال تصمیمات مدیریتی و برنامه‌های راهبردی حائز اهمیت زیادی است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در کشور تحقیق جامعی در زمینه تغییرات دمای ساعتی در بلند مدت انجام نشده و بیشتر مطالعات بر پایه دمای ماهانه و سالانه بوده است. از این رو تحقیق حاضر در نظر دارد با استفاده از آمار دمای ساعتی بلندمدت، روند تغییرات این فراسنج مهم اقلیمی را در گستره ایستگاه‌های هواشناسی کشور، به خصوص ایستگاه‌های واقع در مناطق سردسیر و مرتفع، در فصل سرد سال واکاوی کند.

مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر در ابتدا آمار دمای هوا به صورت گزارش‌های همدید (سینوپ) سه ساعته برای نیمه سرد سال از اوایل ماه نوامبر تا اواخر مارس، از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۴ میلادی از سازمان هواشناسی کشور تهیه و پالایش شد. این مجموعه داده برای ۲۸ ایستگاه همدید کشور که در مناطق سردسیر کشور واقع شده‌اند، تنظیم شد (شکل ۱). پایگاه داده‌ای که برای ۲۸ ایستگاه تنظیم شده، ۳۲۵۲۸۰۰ داده ثبت شده ساعتی را در بر می‌گیرد. در واقع برای هر ایستگاه در هر ماه، ۷۲۰ تا ۷۲۴ داده ساعتی وجود دارد که برای پنج ماه سرد سال، حدود ۳۶۲۰ داده ثبت شده می‌شود. اگر این آمار ساعتی برای بازه‌ی زمانی ۳۰ ساله در نظر گرفته شود، مجموع آن برابر با ۱۰۸۶۰۰ داده ساعتی برای هر ایستگاه می‌شود؛ بنابراین برای ۲۸ ایستگاه هواشناسی مورد مطالعه، مجموع داده‌های این پایگاه به سه میلیون و دویست و پنجاه و دو هزار و هشتصد داده ساعتی می‌رسد.

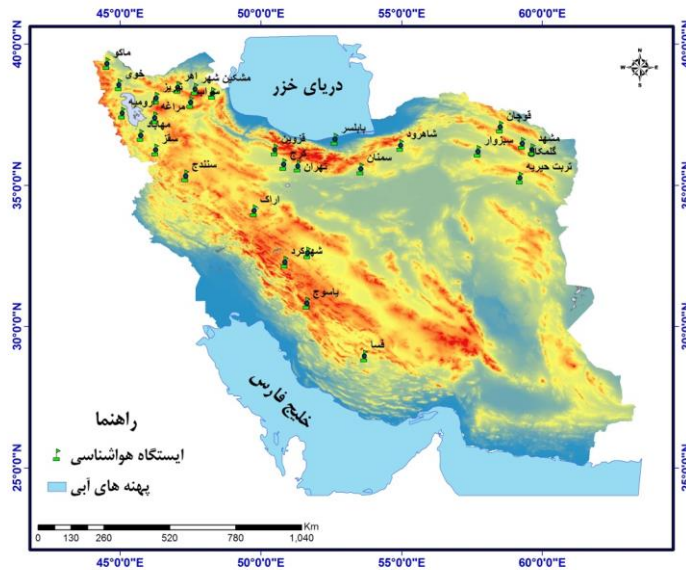
داده ساعتی در ایستگاه‌های هواشناسی به صورت گزارش همدید سه ساعته برای ۸ بار در شبانه روز ثبت می‌شود. برای ارزیابی تغییرات بهتر دمای ساعتی سعی شد که دمای هر

وجود دارد و ایام سرد سال بیشترین تغییرات را دارند. علیجانی و همکاران (۱۳۹۱) نیز با بررسی روند تغییرپذیری فرین‌های دما با استفاده از شاخص‌های تغییر اقلیم در ایران، مشخص کردند که دما از روند افزایشی برخوردار بوده و این روند افزایشی در دماهای کمینه شبانه بیشتر است. همچنین سبزی‌پرور و همکاران (۱۳۹۲) در ارزیابی روند دما در برخی مناطق خشک و نیمه خشک کشور مشخص کردند که روند افزایش دما برای میانگین‌های کمینه شبانه مشهودتر است. احمدی و رادمنش (۱۳۹۳) با ارزیابی روند تغییرات میانگین دمای ماهانه و سالانه نیمه شمالی کشور در نیم قرن اخیر، نشان دادند که در بیشتر ایستگاه‌ها روند افزایشی وجود دارد. در مطالعه دیگر، جهانبخش اصل و همکاران (۱۳۹۳) با تحلیل روند دما و بارش‌های حدی در تبریز، روند تغییرات شاخص‌های مربوط به شب‌های گرم را معنی‌دار معرفی کردند. احمدی و همکاران (۱۳۹۴) نیز در آشکارسازی تغییر اقلیم با استفاده از شاخص‌های حدی بارش در خراسان، نقش عامل عرض جغرافیایی را نسبت به عامل ارتفاع در تغییر اقلیم منطقه بارزتر دانستند. نصرآبادی (۱۳۹۵) با واکاوی روند تغییرات ماهانه و سالانه فراسنج‌های اقلیمی در سبزواری، به روند افزایشی قابل توجهی در کمیت دما، به خصوص دمای کمینه، رسیدند. علیزاده چوبری و نجفی (۱۳۹۵) نیز در بررسی روند تغییرات دمای هوا و بارش در مناطق مختلف ایران مشخص کردند که دماهای کمینه، بیشینه و میانگین روزانه در بیشتر مناطق ایران روندهای افزایشی داشته‌اند. همچنین نتیجه گرفتند که روند افزایشی دمای کمینه بیشتر از دمای بیشینه است. احمدی (۱۳۹۶) اثرات تغییرات آب و هوایی بر مناطق کشت درخت سیب در ایران را براساس آمار دمای ساعتی بررسی کرده است. نتایج مطالعه او نشان می‌دهد که دماهای ساعتی در مناطق سردسیر و سیب‌خیز از روندی افزایشی برخوردار است و بررسی تغییرپذیری آب و هوا براساس آمار دمای ساعتی حائز اهمیت است.

مطالعات جهانی نشان داده که تغییرات دمایی یکی از عمده‌ترین اثرات تغییر اقلیم است. امروزه این تغییرات دمایی اثرات خود را بر محیط طبیعی، به ویژه بخش کشاورزی، از

بازه سه ساعته به طور مستقل انجام می‌شود. در واقع براساس داده سه ساعته موجود برای ۱۶ ساعت دیگر در شبانه‌روز دمای ساعتی مشخص شده است. این محاسبات با استفاده از امکانات برنامه‌نویسی نرم افزار اکسل برای هر ساعت از شبانه‌روز مشخص شده است.

ساعت مشخص شود و به این منظور از روش درون‌یابی خطی برای تعیین دمای هر ساعت استفاده شد. در روش درون‌یابی خطی دمای سه ساعت قبل با دمای سه ساعت بعد با هم جمع می‌شود و سپس با تقسیم بر بازه‌ی سه ساعته، یک سوم به دمای قبلی افزوده می‌شود (احمدی، ۱۳۹۶؛ فلاح قالمهری و احمدی، ۱۳۹۷). شایان گفتن است که این رویکرد فقط برای



شکل ۱- پراکنش و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (1)$$

$$\text{Sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{VAR}(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q (t_p - 1)(2t_p + 5) \right] \quad (3)$$

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

در این روابط، t تعداد داده‌های مشاهده شده و m معرف تعداد سری‌هایی است که در آنها حداقل یک داده تکراری وجود دارد. همچنین n تعداد داده مشاهده‌ای (طول دوره آماری)، X_i و X_j به ترتیب i امین و j امین داده مشاهده‌ای، q

روش ناپارامتری من - کندال

برای واکاوی روند تغییرات دمای ساعتی از روش ناپارامتری من - کندال استفاده شد. این روش که ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) تکامل یافت، به طور گسترده‌ای در مباحث علوم محیطی و هواشناسی کاربرد دارد و یکی از روش‌های ناپارامتری مهم برای آزمون روند سری‌های زمانی محسوب می‌شود. از مزایای این روش می‌توان به دو مورد اشاره کرد: (الف) نیازی به تطبیق داده‌ها با توزیع آماری نیست و (ب) در مقایسه با سایر آزمون‌های متداول دارای قدرت زیادی است (دین پژوه، ۱۳۸۹: ۲۴). در این آزمون فرض صفر (H_0) و فرض مقابل (H_1) به ترتیب معادل بدون روند و وجود روند در سری زمانی داده‌های مشاهده‌ای است. روابط مربوطه برای تعیین مقادیر آماره من - کندال ($M-K$) به صورت زیر است:

تعداد گروه‌های ایجاد شده (با داده‌های برابر و بیشتر از دو عضو)، t_p تعداد داده‌های برابر در p امین گروه و Z_M آماره من - کندال است. مقدار Z_M منفی بیان‌گر روند کاهشی و مقدار مثبت آن نشان‌دهنده روند افزایشی در سری داده‌هاست. اگر سطح معنی‌دار $0/05$ باشد، فرض صفر رد می‌شود و سری زمانی پارامتر مورد مطالعه دارای روند معنی‌دار و در غیر این صورت فاقد روند ارزیابی می‌شود (سبزی پرور و شادمانی، ۱۳۹۰).

صورت متوالی از ساعت (۰۰) تا ساعت ۲۳ نیمه شب برای ماه نوامبر در جداول (۱ و ۲) مشخص شده است. نتایج نشان داد که در ماه نوامبر در ایستگاه مشکین شهر در ساعات ۰۰، ۰۱، ۰۲، ۰۳، ۰۴ و ۰۵ بامداد، روند افزایشی در دمای ساعتی در سطح $0/05$ و $0/01$ معنی‌دار است. در بین دیگر ایستگاه‌های مورد مطالعه، در ایستگاه یاسوج روند کاهشی برای ساعات ۰۰، ۰۱ و ۰۲ در سطح $0/05$ معنی‌دار مشاهده شد. در دیگر ایستگاه‌ها روند کاهی یا افزایشی معنی‌داری مشاهده نشد اما شیب مثبت در الگوی بلندمدت در بیشتر ایستگاه‌ها حائز اهمیت است. در ماه نوامبر مقدار تغییرات نسبت به دیگر ماه‌ها کمتر مشاهده می‌شود.

نتایج و بحث

روند تغییرات دمای ساعتی در ۲۴ ساعت شبانه‌روز به

جدول ۱- نتایج روش ناپارامتری من - کندال بر سری زمانی دمای ساعتی ماه نوامبر از ساعت ۰۰ تا ۱۱ قبل از ظهر

ساعت ایستگاه	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
مشکین شهر	*۲/۴	*۲/۶	*۲/۵	*۲/۴	*۲/۱	*۲/۱	۱/۶	۰/۵۲	-۰/۴۶	-۱	-۱/۲	-۰/۸۶
یاسوج	-۲/۲	-۲/۲	-۲/۲	-۱/۷۷	-۱/۲۷	-۰/۲۲	۰/۸۹	۰/۱۱	-۰/۴۲	-۰/۶۵	-۰/۸۸	-۰/۷۳
* معنی‌داری در سطح $0/05$ ** معنی‌داری در سطح $0/01$												

جدول ۲- نتایج روش ناپارامتری من - کندال بر سری زمانی دمای ساعتی ماه نوامبر از ساعت ۱۲ ظهر تا ۱۱ شب

ساعت ایستگاه	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳
شهرکرد	-۰/۹۵	-۱/۴۳	-۱/۹۷	-۲/۴۵	-۲/۷۴	-۲/۹۷	-۲/۹۹	-۲/۹۷	-۲/۶۰	-۲/۴۸	-۲/۵۷	-۲/۳۳
یاسوج	-۱/۹۰	-۱/۳۹	-۱/۸۴	-۲/۲	-۲/۴	-۲/۷	-۲/۵	-۲/۹	-۲/۷	-۲/۵	-۲/۶	-۲/۵
* معنی‌داری در سطح $0/05$ ** معنی‌داری در سطح $0/01$												

در ماه دسامبر فقط در ایستگاه‌های اصفهان، تربت حیدریه و یاسوج روند معنی‌دار مشاهده شد. در ایستگاه اصفهان در ساعات ۶ و ۷ و در ایستگاه تربت حیدریه در ساعت ۲۱ روند کاهشی معنی‌دار در سطح $0/05$ مشاهده شده است. در ایستگاه‌های اردبیل، بابل، خوی، کرج، تهران، مراغه و مشکین شهر در تمام ساعات شبانه‌روز، شیب افزایشی در سری

دمای ساعتی دیده می‌شود. در ایستگاه‌های دیگر بین ۳ تا ۴ ساعت از شبانه‌روز در الگوی بلندمدت شیب افزایشی وجود دارد. در این ماه از سال به عنوان یکی از سردترین ماه‌ها، روند تغییرات کاهشی معنی‌دار در ایستگاه‌های عرض‌های جنوبی وجود دارد. در بیشتر ایستگاه‌های منتخب، روند معنی‌داری مشاهده نشد اما شیب مثبت در ساعاتی از شبانه

در ماه دسامبر فقط در ایستگاه‌های اصفهان، تربت حیدریه و یاسوج روند معنی‌دار مشاهده شد. در ایستگاه اصفهان در ساعات ۶ و ۷ و در ایستگاه تربت حیدریه در ساعت ۲۱ روند کاهشی معنی‌دار در سطح $0/05$ مشاهده شده است. در ایستگاه‌های اردبیل، بابل، خوی، کرج، تهران، مراغه و مشکین شهر در تمام ساعات شبانه‌روز، شیب افزایشی در سری

روز دیده می شود. بنابراین در ماه دسامبر در دمای ساعتی هوا بیشتر روند کاهشی معنی دار وجود دارد.

جدول ۳- نتایج روش ناپارامتری من - کندال بر سری زمانی دمای ساعتی ماه دسامبر از ساعت ۰۰ تا ۱۱ قبل از ظهر

ساعت ایستگاه	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
اصفهان	-۰/۵۹	-۰/۸۵	-۱/۲۵	-۱/۶۷	-۱/۲۲	-۱/۵۲	*-۲	*-۲	-۱/۷۹	-۱	-۰/۹۴	-۰/۹۳
یاسوج	-۱/۷۰	-۲/۳۰	-۲/۵۸	-۲/۵۸	-۲/۴۴	-۱/۷۳	-۰/۷۹	-۰/۵۶	-۰/۱۹	۰/۳۱	۰/۶۵	۰/۹۹
* معنی داری در سطح ۰/۰۵ ** معنی داری در سطح ۰/۰۱												

جدول ۴- نتایج روش ناپارامتری من - کندال بر سری زمانی دمای ساعتی ماه دسامبر از ساعت ۱۲ ظهر تا ۱۱ شب

ساعت ایستگاه	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳
ترت حیدریه	۰/۲۴	-۰/۰۷	-۰/۴۱	-۰/۷۱	-۰/۸۶	-۱/۱۵	-۱/۳۹	-۱/۶۹	-۱/۹۶	-۲	-۱/۹۷	-۱/۸۳
* معنی داری در سطح ۰/۰۵ ** معنی داری در سطح ۰/۰۱												

مشاهده می شود و روند افزایشی معنی دار در ساعات بامدادی حائز اهمیت است. در ساعات ۱۲ ظهر تا ۱۱ شب، ایستگاه های کرج، یاسوج و مشکین شهر روند افزایشی معنی داری در سطح ۰/۰۵ را تجربه می کنند (جدول ۶). در ایستگاه های دیگر روند معنی دار دیده نمی شود اما شیب مثبت و افزایشی در الگوی بلندمدت سری داده ها حائز اهمیت است. بنابراین با اتکا بر این نتایج، ماه ژانویه به عنوان سردترین ماه در ساعاتی از شبانه روز، به خصوص ساعات شبانگاهی، از روند افزایشی در دمای ساعتی برخوردار است.

در ماه ژانویه به عنوان سردترین ماه سال در ایران، روند افزایشی معنی دار و غیر معنی دار در بیشتر ایستگاه ها دیده می شود. این شرایط در ایستگاه های بسیار سرد در شمال غرب مانند اردبیل و مشکین شهر حائز اهمیت است. مطابق جدول (۵) در ایستگاه های اردبیل و مشکین شهر از ساعت ۰۰ تا ۵ صبح روند افزایشی معنی دار در سطح ۰/۰۵ وجود دارد. در ایستگاه مشکین شهر در ساعات ۱۹، ۲۰ و ۲۱ شبانه نیز روند افزایشی در دمای ساعتی هوا در سطح ۰/۰۵ معنی دار می شود. این شرایط در ایستگاه کرج نیز در ساعات ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰

جدول ۵- نتایج روش ناپارامتری من - کندال بر سری زمانی دمای ساعتی ماه ژانویه از ساعت ۰۰ تا ۱۱ قبل از ظهر

ساعت ایستگاه	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
اردبیل	*۱/۹۷	*۲	*۲/۱	*۲/۱	*۲/۱	*۲	۱/۹۶	۱/۶۳	۱/۸۰	۱/۷۴	۱/۶۶	۱/۵۲
مشکین شهر	*۲/۳	*۲/۴	*۲/۵	*۲/۶	*۲/۳۰	*۲/۲	۱/۷۰	*۱/۹۸	۱/۸۴	۱/۵۶	۱/۴۲	۱/۲۷
مشهد	۱	۱	۱/۱	۱/۱۷	۱	۱/۲	۱/۲۶	۱/۱۵	۱	۰/۸۹	۰/۷۵	۰/۷۲
مهاباد	۱/۱۷	۱	۰/۹۲	۰/۶۹	۰/۷۵	۰/۸۳	۱	۱	۱	۱	۰/۹۲	۰/۹۸
یاسوج	۰/۶۲	۰/۴۸	۰/۴۲	۰/۰۵	۰/۵۴	۰/۹۹	۱	۱/۲۰	۱/۳۳	۱/۴۲	۱/۷۹	*۲
* معنی داری در سطح ۰/۰۵ ** معنی داری در سطح ۰/۰۱												

جدول ۶- نتایج روش ناپارامتری من - کندال بر سری زمانی دمای ساعتی ماه ژانویه از ساعت ۱۲ ظهر تا ۱۱ شب

ساعت ایستگاه	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳
کرج	۰/۶۱	۰/۷۵	۰/۸۹	۱/۱۲	۱/۹۱	*۲/۱۴	*۲/۲	*۲/۱	*۲/۱	*۱/۹۸	*۲	۱/۹۷
گلمکان	۰/۴۵	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۵۵	۰/۹۲	۱/۱۷	۱/۵۲	۱/۴۶	۱/۴۰	۱/۴۷	۱/۴۰	۱/۲۶
ماکو	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۴۹	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۳۵	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۴۱	۰/۴۹	۰/۴۱	۰/۴۶
مراغه	۱/۵۳	۱/۴۴	۱/۴۲	۱	۱	۱	۰/۹۶	۰/۹۳	۰/۹۶	۰/۹۰	۱	۱
مشکین شهر	۱/۱۳	۱/۲۲	۱/۱۰	۱	۱/۳۹	۱/۷۳	۱/۸۱	*۲	*۲	*۲/۱	۱/۹۶	*۲
یاسوج	*۲/۱	۱/۷۰	۱/۳۳	۰/۹۳	۰/۸۵	۰/۸۵	۱	۰/۹۰	۰/۸۵	۰/۸۲	۰/۷۸	۰/۶۸

* معنی داری در سطح ۰/۰۵ ** معنی داری در سطح ۰/۰۱

دیگر ساعات در سطح ۰/۰۵ معنی دار است (جدول‌های ۷ و ۸). بنابراین در ماه‌های انتهایی فصل سرد (فوریه و مارس)، روند افزایشی دماهای ساعتی از فراوانی بیشتری نسبت به ماه‌های ابتدایی (نوامبر تا ژانویه) برخوردارند. در واقع در نیمه دوم نیمه سرد سال، در الگوی بلندمدت دمای ساعتی روند افزایشی وجود دارد که می‌تواند در پیوند احتمالی با گرمایش جهانی باشد.

در انتهای ایام سرد سال، روند تغییرات دماهای ساعتی حائز اهمیت است؛ به طوری که در ماه مارس شیب تغییرات دمای ساعتی در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه در کشور، مثبت و افزایشی مشاهده می‌شود. در واقع هر قدر به انتهای دوره سرد سال نزدیک شویم، مقدار روند افزایشی دمای ساعتی افزایش می‌یابد. در این ماه از سال، تمام ایستگاه‌ها در چند ساعت از شبانه روز، روند افزایشی در دمای ساعتی را تجربه می‌کنند. در این ماه از سال، روند افزایشی دمای هوا در ساعات کمینه شبانه نزدیک به صبح بیشتر مشاهده شده است. در ماه مارس روند افزایشی دمای ساعتی هوا، بیشتر از دیگر ماه‌های نیمه سرد سال مشاهده می‌شود؛ به طوری که در بیشتر ایستگاه‌ها به طور میانگین بیشتر از ۵ ساعت از شبانه‌روز روند افزایشی معنی دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ است. در ایستگاه‌های مشکین شهر، کرج، گلمکان، تهران، تبریز، فسا، یاسوج، خوی، مهاباد، سنندج، سمنان و بابلس بیشتر یا کل ساعت‌های

در ماه‌های نیمه دوم سرد سال (فوریه و مارس) الگوی تغییرات دمای ساعتی متفاوت‌تر از ماه‌های ابتدایی مشاهده می‌شود. در این ماه‌ها تعداد بیشتری از ایستگاه‌ها در ساعات بیشتری از شبانه روز، روند افزایشی معنی دار در دمای هوا ساعتی را تجربه می‌کنند. نتایج نشان داد که در ماه فوریه در بررسی‌های اولیه، در تمام ایستگاه‌ها، شیب مثبتی در الگوی بلندمدت سری دمای ساعتی وجود دارد و ایستگاه‌های بیشتری روند افزایشی معنی دار و غیر معنی‌داری را تجربه می‌کنند؛ به طوری که در ایستگاه ارومیه در ساعات ۶ و ۷، در ایستگاه خوی در ساعت ۶ بامداد، در ایستگاه سنندج ساعات ۰۰، ۰۱، ۰۲، ۰۳، ۰۴، ۰۵، ۰۶، ۰۷، ۰۸، ۰۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲ و ۲۳ روند افزایشی در سطح ۰/۰۵ معنی دار شده است. در ایستگاه یاسوج در ساعت ۱۸ روند افزایشی در سطح ۰/۰۱ معنی دار می‌شود. در ایستگاه فسا ساعات، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲ و ۲۳، در ایستگاه اصفهان روند افزایشی برای ساعت ۱۳، در ایستگاه قزوین در ساعات ۶، ۷، ۸ و ۹، در ایستگاه قوچان در ساعات ۳، ۴، ۵ و ۶ و در ایستگاه مراغه ساعات ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶، روند تغییرات در سطح ۰/۰۵ معنی دار می‌شود. در ایستگاه مشکین شهر در ساعات شبانه روند معنی دار در سطح ۰/۰۵ وجود دارد. در ایستگاه یاسوج در تمام ساعات شبانه روز روند افزایشی دمای ساعتی مشاهده می‌شود؛ به طوری که از ساعت ۹ تا ۱۸ در سطح ۰/۰۱ و در

جدول ۷- نتایج روش ناپارامتری من - کندال بر سری زمانی دمای ساعتی ماه فوریه از ساعت (۰۰) تا (۱۱) قبل از ظهر

ساعت ایستگاه	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
ارومیه	۰/۸۶	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۷۶	۱/۲۳	۱/۵۰	*۲	*۲	۱/۹۱	۱/۶۰	۱/۳۹	۱/۲۵
خوی	۱/۶۲	۱/۳۷	۱/۱۶	۱/۲۹	۱/۴۶	۱/۷۷	*۲	۱/۶۳	۱/۴۰	۱	۱/۱۵	۱/۱۲
سنندج	*۲	۱/۸۰	۱/۵۷	۱/۴۰	۱/۵۴	۱/۶۹	۱/۷۱	۱/۸۰	۱/۸۶	۱/۸۶	۱/۸۶	۱/۸۹
فسا	۱/۸۶	۱/۸۰	۱/۸۰	۱/۶۹	*۲/۱	*۲/۲	*۲	*۲/۲	*۲/۱	*۲/۱	*۲/۱	*۲/۱
قزوین	۱/۵۲	۱/۵۴	۱/۶۳	۱/۵۹	۱/۶۶	۱/۹۴	*۲/۲	*۲/۲	۲*	*۲	۱/۸۰	۱/۷۴
قوچان	۰/۹۹	۱/۱۷	۱/۶۶	*۲/۱	*۲	*۲	*۲	۱/۸۰	۱۱/۷۴	۱/۷۱	۱/۶۶	۱/۶۳
کرج	*۲/۱	*۲/۱	*۲	۱/۹۶	۱/۸۹	۱/۶۳	۱/۶۰	۱/۶۷	۱/۷۱	۰/۵۹	۱/۶۰	۱/۶۳
مراغه	۱/۶۴	۱/۶۲	۱/۵۹	۱/۶۲	۱/۸۴	۱/۹۰	*۲	*۲	*۲/۲	*۲/۲	*۲/۳	*۲/۳
مشکین شهر	۲*۵	*۲/۵	*۲/۵	*۲/۶	*۲/۳	*۲/۱	۱/۸۴	۱/۷۳	۱/۷۰	۱/۴۴	۱/۵۰	۱/۳۹
یاسوج	*۲/۱	۱/۶۰	۱/۲۳	۰/۹۹	۱	۰/۹۲	۱/۳۳	۱/۸۰	*۲/۲	*۲/۵	*۲/۷	*۳/۱

* معنی داری در سطح ۰/۰۵ ** معنی داری در سطح ۰/۰۱

جدول ۸- نتایج روش ناپارامتری من - کندال بر سری زمانی دمای ساعتی ماه ژانویه از ساعت ۱۲ ظهر تا ۱۱ شب

ساعت ایستگاه	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳
اصفهان	۱/۸۹	*۱/۹۸	۱/۹۰	۱/۸۷	۱/۶۹	۱/۲۷	۱	۱	۰/۹۶	۰/۹۲	۰/۸۵	۰/۶۵
سنندج	۱/۷۱	۱/۶۹	۱/۷۱	۱/۶۹	*۲/۱	*۲/۳	*۲/۷	*۲/۴	*۲/۳	*۲/۳	*۲/۲	*۲/۲
فسا	*۲/۱	*۲	۱/۸۳	۱/۷۰	۱/۸۰	۱/۶۰	۱/۴۲	۲*	*۲	*۲/۱۸	*۲/۱	*۲
کرج	۱/۴۶	۱/۵۴	۱/۴۶	۱/۴۹	۱/۸۹	۱/۹۴	۱/۵۴	۱/۸۰	*۲/۴۰	*۲/۱	*۲/۶	*۲/۴
مراغه	*۲/۳	*۲/۲	*۲/۳	*۲	*۲	۱/۸۴	۱/۷۰	۱/۶۷	۱/۶۲	۱/۵۹	۱/۶۴	۱/۶۲
مشکین شهر	۱/۳۰	۱/۳۹	۱/۴۳	۱/۳۶	۱/۵۰	*۱/۹۸	*۲/۱	*۲/۳	*۲/۳	*۲/۴۷	*۲/۴	*۲/۵
یاسوج	*۳/۱	*۳/۱	*۲/۹	*۲/۶	*۲/۶	*۲/۵	*۲/۵	*۲/۲	*۲/۲	*۲/۲	*۲/۱	*۲/۲

* معنی داری در سطح ۰/۰۵ ** معنی داری در سطح ۰/۰۱

۱۰). در ایستگاه‌های بسیار سرد مانند اهر، سراب، سقز و شهر کرد ۴ تا ۵ ساعت از شبانه‌روز روند افزایشی معنی دار در وضعیت دمای ساعتی مشاهده می‌شود.

شبانه‌روز روند افزایشی معنی دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ دیده می‌شود. وضعیت روند تغییرات در ایستگاه‌های یاسوج و مشکین‌شهر از نظر آماره Z در سطح بالایی است (جداول ۹ و

جدول ۹- نتایج روش ناپارامتری من - کندال بر سری زمانی دمای ساعتی ماه مارس از ساعت ۰۰ تا ۱۱ قبل از ظهر

ایستگاه	ساعت	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
اردبیل		*۲/۴	*۲/۴	*۲/۳	*۲/۲	*۲/۱	۱/۷۱	۱/۵۷	۱/۵۷	۱/۵۴	۱/۴۳	۱/۴۰	۱/۵۲
ارومیه		۱/۸۳	۱/۷۴	۱/۷۴	۱/۷۴	*۲/۱	*۲/۳	*۲/۴	*۲/۱	*۱/۹۸	۱/۷۷	۱/۷۱	۱/۶۳
بابلسر		*۲/۶	*۲/۷	*۲/۵	*۲/۲	*۲/۱	*۲/۱	*۲/۱	۱/۹۴	۱/۷۷	۱/۷۱	۱/۷۱	۱/۷۷
تبریز		۱/۸۴	۱/۸۳	۱/۷	۱/۷۶	۱/۹۴	*۲	*۱/۹۷	*۲	*۲	*۲	*۲	*۲
ترت حیدریه		۱/۸۳	۱/۶۹	۱/۶۶	۱/۶۹	۱/۹۷	۱/۶۹	*۲/۴	*۲/۴	*۲/۶	*۲/۶	*۲/۶	*۲/۷
تهران		*۲	*۲	۱/۹۰	۱/۸۰	*۲	*۲/۱	*۲/۲	*۲/۱	*۲/۱	*۲	*۲	*۲
خوی		*۲/۲	۲*۴	*۲/۳	*۲	*۲/۲	*۲/۴	*۲/۲	*۲/۱	۱/۸۱	۱/۶۹	۱/۵۴	۱/۴۶
سبزوار		۱/۹۱	*۲	*۲	*۲/۱	*۲	۱/۹۷	۱/۸۶	۱/۸۰	۱/۶۹	۱/۶۳	۱/۶۳	۱/۶۳
سراب		۰/۹۲	۰/۹۵	۰/۹۴	۰/۹۸	۱/۳۷	۱/۶۳	۱/۸۹	۱/۸۹	۱/۸۶	۱/۸۳	۱/۸۳	*۲
سقز		۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۴۵	۰/۷۸	۱/۳۲	۱/۵۶	۱/۹۴	*۱/۹۷	۱/۹۱	۱/۸۶	۱/۸۳	۱/۹۴
سمنان		۱/۹۱	۱/۹۰	۱/۷۶	۱/۷۹	*۲/۱	*۲/۲	*۲/۳	*۲/۵	*۲/۶	*۲/۶	*۲/۶	*۲/۶
سنندج		۱/۱۷	۱/۱۷	۱/۲۲	۱/۵۷	*۲	*۲/۳	*۲/۲	*۲/۳	*۲/۴	*۲/۳	*۲/۳	*۲/۳
شاهرود		۱/۸۹	۱/۸۶	۱/۹۰	۱/۸۶	۱/۸۶	*۲	*۲	*۲	*۲	*۲/۱	*۲	*۲/۱
شهرکرد		-۰/۵۴	-۱/۳۲	-۰/۴۳	-۱/۷۱	-۰/۸۳	-۰/۱۸	۰/۶۹	۱	۱/۹۱	*۲/۲	*۲/۴	*۲/۶
اراک		۱/۸۳	۱/۸۳	۱/۸۰	۱/۹۸	*۲/۱	*۲/۴	*۲/۷	*۲/۵	*۲/۶	*۲/۵	*۲/۶	*۲/۶
فسا		۱/۲۳	۱	۱	۱/۱۵	۲	*۲/۷	*۲/۷	*۳	*۲/۹	*۲/۸	*۲/۷	*۲/۷
قزوین		۱/۹۰	۱/۸۱	۱/۶۷	۱/۵۰	*۲	*۲/۱	*۲/۳	*۲/۴	*۲/۴	*۲/۵	*۲/۴	*۲/۳
قوچان		۰/۴۴	۰/۷۸	۱/۴۳	*۲/۱	*۲/۴	*۲/۶	*۲/۷	*۲/۷	*۲/۷	*۲/۸	*۲/۸	*۲/۷
کرج		*۲/۶	*۲/۵	*۲/۴	*۲/۵	*۲/۳	*۲/۲	*۲/۱	۱/۷۷	۱/۶۹	۱/۶۹	۱/۶۳	۱/۸۰
گلمکان		*۲/۵	*۲/۵	*۲/۲	۱/۹۰	*۲/۱	*۲	*۲/۱	*۲/۱	*۲/۲	*۲/۳	*۲/۲	*۲/۲
ماکو		*۲	*۲/۱	*۲/۱	*۲/۱	*۲/۲	*۲	۱/۹۱	۱/۸۳	۱/۴۹	۱/۲۳	۱/۲۰	۱/۱۷
مراغه		*۲/۴	*۲/۳	*۲/۲	*۲/۲	*۲/۴	*۲/۴	*۲/۵	*۲/۵	*۲/۵	*۲/۴	*۲/۵	*۲/۵
مشکین شهر		*۲/۷	*۲/۷	*۲/۹	*۳/۱۲	*۲/۶۱	*۲/۱۶	۱/۹۳	۱/۶۰	۱/۶۰	۱/۱۷	۱/۱۷	۱/۲۹
مشهد		*۲/۱	*۲/۳	*۲/۴	*۲/۴	*۲/۶	*۲/۵	*۲/۵	*۲/۶	*۲/۴	*۲/۵	*۲/۵	*۲/۴
مهاباد		*۲/۲	*۲/۱	*۲/۱	*۲	*۲/۲	*۲	*۲/۲	*۲/۲	۲*۲	*۲	۱/۸۹	۱/۷۴
یاسوج		۰/۱۲	-۰/۰۷	-۰/۰۹	-۰/۰۱	۱	*۲	*۲/۳	*۲/۴	*۲/۵	*۲/۶	*۲/۶	*۲/۶

* معنی داری در سطح ۰/۰۵ ** معنی داری در سطح ۰/۰۱

جدول ۱۰- نتایج روش ناپارامتری من - کندال بر سری زمانی دمای ساعتی ماه مارس از ساعت ۱۲ ظهر تا ۱۱ شب

ساعت ایستگاه	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳
اردبیل	۱/۵۲	۱/۶۹	۱/۳۲	۱/۲۰	۱/۴۶	۱/۹۱	*۲	*۲	*۲/۱	*۲/۲	*۲/۳	*۲/۴
ارومیه	۱/۴۹	۱/۲۳	۱	۱/۲۹	۱/۵۷	۱/۸۰	۱/۹۴	*۲	۱/۹۷	*۲	*۲	۱/۸۳
اصفهان	۱/۹۳	*۲	*۲/۲	*۲/۳	*۲/۵	*۲/۴	*۲/۳	*۲/۳	*۲/۲	*۲/۳	*۲/۱	*۲
اهر	۱/۸۴	۱/۸۶	۱/۸۳	۱/۸۴	۱/۹۱	*۲	۱/۷۲	۱/۹۱	۱/۹۱	۱/۸۳	۱/۸۹	۱/۸۹
بابلسر	۱/۷۹	۱/۹۴	*۲/۱	*۲/۱	*۲/۴	*۲/۷	*۲/۸	*۲/۷	*۲/۸	*۲/۵	*۲/۵	*۲/۶
تبریز	*۲	*۲	*۲	*۲	*۱/۹۷	*۲/۱	*۲	*۲/۱	*۲	*۲	*۲	۱/۹۴
تربت حیدریه	*۲/۷	۲**۷	*۲/۶	*۲/۵	*۲/۵	*۲/۴	*۲/۳	*۲/۳	*۲/۲	*۲/۱	*۲/۱	۱/۹۴
تهران	*۲/۱	*۲/۱	*۲/۱	*۲/۲	*۲/۱	*۲/۱	*۱/۹۶	۱/۹۱	۱/۸۶	۱/۵۹	۱/۹۴	۱/۹۴
خوی	۱/۵۲	۱/۵۷	۱/۵۷	۱/۷۴	۱/۸۹	*۲	۱/۹۷	۱/۹۳	*۲	*۲/۱	*۲/۱	*۲
سبزوار	۱/۷۳	۱/۷۱	۱/۶۳	۱/۵۹	۱/۶۹	۱/۷۱	۱/۷۱	۱/۷۴	۱/۷۰	۱/۵۴	۱/۶۹	۱/۷۷
سراب	*۲	*۲	*۲	*۲	۱/۹۷	۱/۷۷	۱/۶۶	۱/۵۲	۱/۴۳	۱/۴۰	۱/۲۶	۱
سقز	۱/۹۱	*۲	*۲/۱	*۲/۲	*۲/۲	۱/۱۷	۰/۹۸	۰/۷۸	۰/۵۵	۰/۴۶	۰/۵۵	۰/۲۷
سمنان	*۲/۵	*۲/۵	*۲/۵	*۲/۴	*۲/۳	*۲/۳	*۲/۲	*۲/۲	*۲/۱	*۲	۱/۹۷	۱/۹۷
سنندج	*۲/۲	*۲/۲	*۲/۳	*۲/۳	*۲/۳	*۲/۱	*۲	۱/۸۰	۱/۵۶	۱/۳۶	۱/۲۶	۱/۱۵
شاهرود	*۲/۱۴	*۲/۱	*۲/۱	*۲	۱/۹۰	۱/۸۶	۱/۹۱	۱/۸۹	۱/۹۱	*۲	*۲	*۲
شهرکرد	*۲/۷	*۲/۹	*۲/۸	*۲/۷	*۲/۷	*۲/۶	*۲/۶	*۲/۴	*۲/۳	*۲	۱/۲۹	-۰/۰۱
اراک	*۲/۴	*۲/۵	*۲/۴	*۲/۳	*۲/۵	*۲/۵	*۲/۵	*۲/۵	*۲/۴	*۲/۲	*۲/۲	*۲/۱
فسا	*۲/۷	*۲/۷	*۲/۷	*۲/۶	*۲/۷	*۲/۶	*۲/۶	*۲/۵	*۲/۲	*۲	۱/۸۶	۱/۶۶
قزوین	*۲/۲	*۲	۱/۹۰	۱/۷۴	۱/۷۹	۱/۸۴	*۲	*۲	*۲	۱/۸۴	*۲	۱/۹۳
قوچان	*۲/۷	*۲/۶	*۲/۶	*۲/۴	۱/۹۷	۱/۱۲	۰/۳۸	۰/۴۴	۰/۵۲	۰/۷۵	۰/۵۸	۰/۳۴
کرج	*۲/۱۷	*۲/۱۱	*۲	*۲/۱۴	*۲/۵	*۲/۱	۱/۷۶	۱/۹۰	*۲/۶	۰/۷۹	۱/۷۷	*۲/۵
گلمکان	*۲/۲	*۲/۳	*۲/۳	*۲/۳	*۲/۲	*۲/۴	*۲/۲	*۲/۳	*۲/۵	*۲/۴	*۲/۷	*۲/۹
ماکو	۱/۱۵	۱/۱۵	۱/۱۷	۱/۱۵	۱/۵۰	۱/۷۴	*۲	*۲/۱	*۲/۱	۲*۱	*۲/۱	*۲/۱
مراغه	*۲/۶	*۲/۵	*۲/۵	*۲/۴	*۲/۳	*۲/۲	*۲/۲	*۲/۳	*۲/۳	*۲/۳	*۲/۴	*۲/۴
مشکین شهر	۱/۱۶	۱/۴۲	۱/۴۴	۱/۶۹	۱/۷۶	*۲/۲	*۲/۳	*۲/۴	*۲/۴	*۲/۵	*۲/۵	*۲/۶
مشهد	*۲/۳	*۲/۱	*۲/۱۷	*۲/۱	*۲	*۲/۱	*۲	*۱/۹۷	*۲/۱	*۲/۳	*۲/۲	*۲/۲
مهاباد	۱/۶۰	۱/۵۹	۱/۵۷	۱/۶۳	۱/۷۱	۱/۸۰	*۲	*۲/۲	*۲/۳	*۲/۲	*۲/۴	*۲/۳
یاسوج	*۲/۵	*۲/۴	*۲	*۲/۱	*۲	۱/۹۴	۱/۸۶	۱/۷۹	۱/۷۴	۱/۹۴	۱/۹۸	۱/۲۰

* معنی داری در سطح ۰/۰۵ ** معنی داری در سطح ۰/۰۱

نتیجه گیری

در مطالعه حاضر روند تغییرات الگوی دمای ساعتی فصل سرد ایران به عنوان شناسه‌ای از تغییرات آب و هوایی بر مبنای آمار بلندمدت ایستگاه‌های هواشناسی در کشور واکاوی شد. نتایج نشان داد که روند افزایشی در الگوی بلندمدت دمای ساعتی در ایستگاه‌های واقع در مناطق بسیار سرد و مرتفع بسیار قابل توجه است. ایستگاه‌هایی مانند مشکین شهر، شهرکرد، سنندج، اردبیل، ماکو، خوی، قوچان و کرج که در کمربند کوهستانی و نواحی اقلیمی سردسیر قرار گرفته‌اند، شیب صعودی زیادی برای دمای هوا در مقیاس زمانی ساعتی را تجربه می‌کنند. روند افزایشی دمای ساعتی هوا در نیمه دوم فصل سرد (فوریه و مارس) پررنگ‌تر است. در واقع در ماه‌های انتهای فصل سرد (فوریه و مارس)، مقدار روند تغییرات افزایشی دمای ساعتی از شیب بیشتری نسبت به ماه‌های ابتدایی یعنی نوامبر، دسامبر و ژانویه برخوردار است. پیامد گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی بر وضعیت رفتار سری زمانی دمای ساعتی هوا در ماه‌های پایانی فصل سرد آشکار است. در ماه مارس در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه، در بیش از نیمی از ساعات شبانه‌روز، به ویژه ساعات همراه با کمینه شبانه، روند افزایشی معنی‌داری مشاهده می‌شود. در ایستگاه‌های بسیار سرد کشور مانند اهر، سراب، سقز و شهرکرد در ماه مارس، چهار تا پنج ساعت از شبانه‌روز، روند افزایشی معنی‌داری در دمای ساعتی مشاهده شد. این نتایج از نظر ظهور زمستان‌های ملایم به خصوص در انتهای دوره فصل سرد، با توجه به روند افزایشی در الگوی دمای ساعتی با نتایج مطالعات احمدی (۱۳۹۶) و غریبی (۱۳۹۱) مطابقت دارد. همچنین از نظر وجود روند افزایشی برای دمای هوا در بلندمدت، در بیشتر مناطق کشور همسویی خوبی با مطالعات سبزی پرور و همکاران (۱۳۹۲)، علیزاده چوبری و نجفی (۱۳۹۵)، مسعودیان (۱۳۸۳)، نصرآبادی (۱۳۹۵) و ورشاپیان و همکاران (۱۳۹۰) دیده می‌شود.

در اواسط و انتهای فصل سرد، یکی از نشانه‌های بارز اثرات تغییرات آب و هوایی در پیوند احتمالی با گرمایش جهانی در کشور است. وجود نشانه‌های بارزی مانند کاهش سهم برف، تغییر بخش اعظمی از ریزش‌های جوی از حالت جامد به مایع، ظهور زود هنگام مراحل فنولوژیکی جوانه زنی و گلدهی درختان میوه، تغییر زمان رخداد سرما و یخبندان، همگی می‌تواند پیامدهای احتمالی ناشی از گرم شدن زمستان‌ها به ویژه در انتهای فصل سرد در کشور باشد. بنابراین بررسی الگوی بلندمدت تغییر پذیری و تغییرات آب و هوایی بر اساس داده‌های مشاهده‌ای تاریخی در مقیاس ساعتی، می‌تواند در درک رفتار فراسنج‌های اقلیمی برای اتخاذ تصمیمات راهبردی و عملیاتی در بخش‌های مختلف حائز اهمیت باشد.

منابع

- ۱- احمدی، ح.، ۱۳۹۶، بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی درخت سیب در ایران، پایان نامه دکتری، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار.
- ۲- احمدی، م.، ح. لشکری، ق. کیخسرو و م. آزادی، ۱۳۹۴، واکاوی عناصر هواشناسی ایستگاه‌های شمال شرق کشور به عنوان نمایه‌ای از تغییر اقلیم، فصلنامه علوم محیطی، شماره ۱: ص ۱۴-۱.
- ۳- احمدی، ف. و ف. رادمنش، ۱۳۹۳، بررسی روند تغییرات متوسط دمای ماهانه و سالانه نیمه شمالی کشور در نیم قرن اخیر، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، شماره ۴: ص ۸۶۵-۸۵۵.
- ۴- احمدی، م.، ح. لشکری و ق. کیخسرو، ۱۳۹۴، آشکارسازی تغییر اقلیم با استفاده از شاخص‌های حدی بارش در خراسان بزرگ، پژوهش‌های دانش زمین، شماره ۲۳: ص ۳۴-۵۲.

- ۵- جهانبخش اصل، س.، ع. م. خورشید دوست، ی. دین‌پژوه و ف. سرافروزه، ۱۳۹۳، تحلیل روند و تخمین دوره‌های بازگشت دما و بارش‌های حدی در تبریز، شماره ۵۰: ص ۱۰۷-۱۳۳.
- ۶- رضایی بنفشه، م.، ف. سرافروزه و ط. جلالی، ۱۳۹۰، بررسی روند دما و بارش‌های روزانه حدی در حوضه دریاچه ارومیه، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، شماره ۳۸: ص ۷۴-۴۳.
- ۷- دین‌پژوه، ی.، ۱۳۸۹، بررسی روند تبخیر-تعرق پتانسیل ماهانه گیاه مرجع در زابل، مجله علمی و فنی نیوار، شماره ۷۰ و ۷۱: ص ۲۳-۳۴.
- ۸- سبزی پرور، ع. ا. و م. شادمانی، ۱۳۹۰، تحلیل روند تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از آزمون من - کندال و اسپیرمن در مناطق خشک ایران، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۴): ۸۳۴-۸۲۳.
- ۹- سبزی پرور، ع. ا.، ز. سیف و ف. قیامی، ۱۳۹۲، تحلیل روند دما در برخی از ایستگاههای مناطق خشک و نیمه خشک کشور، جغرافیا و توسعه، ۳۰: ۱۳۸-۱۱۷.
- ۱۰- علیجانی، ب.، ا. روشنی، ف. پرک و ر. حیدری، ۱۳۹۱، روند تغییرپذیری فرین‌های دما با استفاده از شاخص‌های تغییر اقلیم در ایران، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۲: ۲۸-۱۷.
- ۱۲- عزیزاده چوبری، ا. و م. س. نجفی، ۱۳۹۵، روند تغییرات دمای هوا و بارش در مناطق مختلف ایران، فیزیک زمین و فضا، ۴۳(۳): ۵۶۹-۵۸۴.
- ۱۳- غریبی، خ.، ۱۳۹۱، بررسی فنولوژی گلدهی و احتمال وقوع خسارت در زیتون بر مبنای پارامترهای دمایی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی کرج، گروه باغبانی.
- ۱۴- فلاح قاهره‌ری، غ. و ح. احمدی، ۱۳۹۷، واکاوی الگوی انباشت سرمایی مناطق سردسیر ایران بر اساس مدل‌های UTAH، CH و CP، جغرافیا و توسعه، ۵۱: ۱۲۰-۹۹.
- ۱۵- قیامی شامی، ف.، ص. معروفی، ع. ا. سبزی پرور، ح. زارع ایبانه و م. حیدری، ۱۳۹۰، آشکارسازی تغییر اقلیم در غرب ایران با توجه به تغییرات دما، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۶: ۲۵-۱۰.
- ۱۶- مسعودیان، ا.، ۱۳۸۳، بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته، پژوهش‌های جغرافیایی، ۵۴، ۴۵-۲۹.
- ۱۷- نصرآبادی، ا.، ۱۳۹۵، واکاوی روند تغییرات ماهانه و سالانه فراسنج‌های اقلیمی در سبزواری، دو فصلنامه آب و هواشناسی کاربردی، ۱: ۵۲-۳۷.
- ۱۸- ورشایان، و.، ع. خلیلی، ن. قهرمان و س. حجام، ۱۳۹۰، بررسی روند تغییرات مقادیر حدی دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در چند نمونه اقلیمی ایران، مجله فیزیک زمین و فضا، ۱: ۱۷۹-۱۶۹.
- ۱۹- هلالی، ج.، ۱۳۷۸، بررسی روابط مقادیر درجه روز رشد (GDD) و درجه ساعات رشد (GDH) محصول گندم در دو نمونه اقلیمی ایران، پاران نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی آب و خاک، گروه هواشناسی کشاورزی، دانشگاه تهران.
- 20- Cheng, W. L., A. Saleem and R. Sadr, 2015, Recent warming trend in the coastal region of Qatar. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-13.
- 21- Collins, D. A., P. M. Della-Marta, N. Plummer & B. C. Trewin, 2000, Trends in annual frequencies of extreme temperature events in Australia, *Australian Meteorological Magazine*, 49(4), 277-292.
- 22- Hughes, L., 2003, Climate change and Australia: trends, projections and impacts, *Austral Ecology* 28:423-443.
- 23- IPCC, 2013, Summary for policymakers, In: Stocker, T. F., D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex & P. M. Midgley (Eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge.
- 24- Keggenhoff, I., M. Elizbarashvili, A. Amiri-Farahani & L. King, 2014, Trends in daily

Australian region and New Zealand during the twentieth century, *Weather and Climate Extremes*: 183-202 .

30- Ruml, M., E. Gregorić, M. Vujadinović, S. Radovanović, G. Matović, A. Vuković & D. Stojičić, 2017, Observed changes of temperature extremes in Serbia over the period 1961– 2010, *Atmospheric Research*, 183, 26-41.

31- Siddik, M. A. Z. & M. Rahman, 2014, Trend analysis of maximum, minimum and average temperatures in Bangladesh: 1961–2008, *Theoretical and applied climatology*, 116(3-4): 721-730.

32- Wibig, J. & B. Glowicki, 2002, Trends of minimum and maximum temperature in Poland, *Climate Research*, 20(2): 123-133.

33- Ren, Y., D. Parker, G. Ren & R. Dunn, 2016, Tempo-spatial characteristics of sub-daily temperature trends in mainland China, *Climate Dynamics*, 46(9-10), 2737-2748.

temperature and precipitation extremes over Georgia, 1971–2010, *Weather and climate extremes*, 4, 75-85.

25- Kendall, M., 1975, *Multivariate analysis*, Charles Griffin Book, London, 218 p.

26- Kousari, M. R., H. Ahani & R. Hendi Zadeh, 2013, Temporal and spatial trend detection of maximum air temperature in Iran during 1960-2005, *Global and Planetary*, 111: 97-110.

27- Mann, H. B., 1945, Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, *Journal of the Econometric Society* 13(3): 245-259.

28- Mondal, A., D. Khare & S. Kundu, 2015, Spatial and temporal analysis of rainfall and temperature trend of India, *Theoretical and Applied Climatology*, 122(1-2): 143-158.

29- Plummer, N., M. J. Salinger, N. Nicholls, R. Suppiah, K. J. Hennessy, R. M. Leighton & J. M. Lough, 1999, Changes in climate extremes over the

Trend Analysis of Cold Season Hourly Temperatures over Iran as an Index for Changing Climate

Hamzeh Ahmadi^{*1}

1-PhD Graduate ,Department of Climatology, Faculty of Geography and Environmental Science, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

(Received: 12 Jun 2018, Revised: 04 Sep 2018, Accepted: 22 May 2019, Published online: 22 May 2019)

Abstract

The temperature is the most important climate parameter with a major role in detecting the effects of climate change. This study built on a statistical-analytical approach to analyze the hourly temperature variations in Iran. A database with 3,252,800 hourly air temperature records for 28 synoptic stations in the cold season was developed and refined for the 30-year period from 1985 to 2014. Using the linear inference method, the three-hourly synopses of air temperature were converted into hourly temperature. The Non-Parametric Mann-Kendall method was used to reveal the hourly temperature changes. The results showed that a limited number of stations experienced a significant increase in November, whilst a significant decrease was found in most stations in December. The most significant increase is found in the second half of the cold season in February and March. In March, all the stations had a positive and increasing pattern in terms of hourly temperature, and this increase was observed in the minimum hours of the night and morning. On average, more than 5 hours a day, an increasing trend was observed at 0.05 and 0.01 levels at most stations. There is an increasing trend in nearly the whole 24 hours in Meshkinshahr, Karaj, Golmakan, Tehran, Tabriz, Fasa, Yasuj and Khoy.

Keywords: Climate change, Hourly temperature, Trend, Linear interpolation.

* Corresponding author:

Email Address: hamzehahmadi2009@gmail.com