بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالانه در ایران

هادی شیر غلامی و بیژن قهرمان[۱]

چکیده

پژوهش‌های انجام شده در سطح جهان به طور عمده بیانگر افزایش تدریجی در دمای متوسط است. با این وجود گزارش‌هایی مبنی بر کاهش درجه حرارت نیز وجود دارد. در این پژوهش روند تغییرات دراز مدت دمای متوسط سالانه در ۳۴ ایستگاه سینوپتیک ایران (۲ ایستگاه در اقلیم سرد و مرطوب، ۱۴ ایستگاه در اقلیم معتدل و مرطوب، ۱۱ ایستگاه در اقلیم استپی و ۷ ایستگاه در اقلیم بیابانی- بر اساس اقلیم‌بندی کوپن) با دوره آماربرداری حداقل ۳۰ ساله، به روش کمترین مربعات خطا و روش من- کندال مورد بررسی قرار گرفت (روش والد - وولفوویتز منجر به نتایج متفاوتی شد).

نتایج نشان داد که در ۵۹٪ ایستگاه‌ها تغییرات دما دارای روند مثبت و در ۴۱٪ ایستگاه‌ها دارای روند منفی می‌باشد. با درنظر گرفتن سطح معنی‌داری، سه ناحیه روند مثبت، منفی و بدون روند در ایران تشخیص داده شد. به نظر نمی‌رسد که توزیع جغرافیایی این ایستگاه‌ها از یک الگوی مشخص تبعیت کنند. نتایج بررسی در دوره مشترک آماری (۱۹۶۸-۱۹۹۸) نشان داد که در ۶۸٪ ایستگاه‌ها روند مثبت و در۳۲٪ روند منفی حاکم است. توزیع جغرافیایی ایستگاه‌ها در این حالت با حالت قبل بعضاً تفاوت‌هایی را نشان می‌دهد و در این حالت نیز نمی‌توان الگوی جغرافیایی خاصی را بر آنها مترتب نمود. در این حالت و در سطح معنی‌داری ۵ درصد، ۴۴، ۱۵ و ۴۱ درصد از ایستگاه‌ها به ترتیب روند مثبت، منفی و بدون روند را از خود نشان دادند. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت که بیشتر مناطق در سال‌های آتی با افزایش دما روبه‌رو خواهد بود. هرچند شیب خط روند دراز مدت دمای متوسط سالانه در برخی از ایستگاه‌های به لحاظ آماری معنی‌دار نشده است، ولی مثبت بودن این شیب بیانگر افزایش دماست.

واژه‌های کلیدی: *درجه حرارت، اقلیم، روند زمانی، ایران*

---

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.2.5]

مقدمه

گرچه تمامی علل تغییر یا عدم تغییر آب و هوای دنیا کاملاً شناخته نشده است، بحث درباره تغییر آب و هوا مطمئناً مورد توجه بسیاری از پژوهشگران بوده و خواهد بود. اقلیم به عنوان متوسط شرایط آب و هوایی در منطقه خاص و معین توصیف می‌شود و تغییر اقلیم عبارت است از تغییر معنی‌دار در متوسط داده‌های هواشناسی در طی یک دوره معین زمانی. این دوره زمانی معمولاً ده ساله و یا بیشتر می‌باشد (۱۹).

اقلیم نیز مانند هوا در طی زمان تغییر می‌کند. با این وجود به‌نظر می‌رسد که بتوان بعضی از تغییرات را پیش‌بینی کرد ولی احتمالاً بعضی دیگر از این تغییرات برای بشر امروزی ناشناخته خواهد بود. به نظر می‌رسد که پنج عامل غلظت گازهای گلخانه‌ای، میزان اوزون در استراتوسفر، افشانه‌ها در تراپوسفر، افشانه‌ها در استراتوسفر و فعالیت‌های خورشیدی (لکه‌های خورشیدی) عمده‌ترین عوامل برای توجیه تغییرات درجه حرارت‌های دیده شده در قرن اخیر و دهه‌های پیش باشد(۲۶). سه عامل اول به شدت به فعالیت‌های بشر مربوط است و دو تای آخر از جمله عوامل طبیعی محسوب می‌شوند. آزمون‌های آماری روی آمارهای این قرن مشخص ساخته است که با اطمینان ۹۹٪ گرم شدن هوا، ناشی از فعالیت‌های بشر می‌باشد(۲۸). روند متوسط دمای جهانی بین سال‌های ۱۹۷۵ تا ۱۹۹۷ و حتی تغییرات ناحیه‌ای در این روند به خوبی با تغییرات گازهای گلخانه‌ای توضیح داده می‌شود(۱۵). تغییر اقلیم احتمالاً می‌تواند به عواملی چون تغییر در تابش خورشیدی، تغییر در زاویه محور زمین و جابه‌جایی در مدار آن مربوط شود.

مدل‌های اتمسفریک پیش‌بینی نموده‌اند که چهره سیاره ما به‌طور بی‌سابقه‌ای تحت تأثیر تغییر اقلیم واقع خواهد شد (۲۷). امروزه به طور وسیع پذیرفته شده که هر تغییر در سیستم اقلیمی برای مدیریت منابع آب و منابع طبیعی مهم است. سیکل هیدرولوژیکی در اثر تغییر اقلیم و افزایش درجه حرارت تغییر می‌نماید که نتیجه آن افزایش شدت بارندگی و رواناب حاصل از آن و افزایش نیاز رطوبتی خاک می‌باشد. به علاوه تغییراتی که توسط انسان در محیط اطراف در سطح جهانی انجام می‌شود نیز روی سیکل جهانی هیدرولوژیکی تأثیر متقابل خواهد داشت (۱۶، ۱۸ و ۲۹). تقریباً می‌توان گفت که تمامی فرضیه‌های تغییرات اقلیمی، یکی از مهم‌ترین بحث‌های خود را در رابطه با مقدار یا پراکنش گرما و سرمای جو زمین قرار داده‌اند (۱). با این وجود توجه به این نکته حائز اهمیت است که پراکنش گرما منطقاً علتی برای تفاوت اقلیمی به‌شمار می‌آید ولی تغییر اقلیم موضوع متفاوتی می‌باشد. به طور کلی درجه حرارت در سطح زمین وتغییرات آن، نمودی از تغییرات اقلیمی است که تقریباً تمامی نظریه‌های تغییر اقلیم به نوعی، از آن یاد می‌کنند. با بررسی روند تغییرات درجه حرارت می‌توان تغییرات اقلیمی را ردیابی نمود (۱).

به‌طور کلی نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری‌های مستقیم حاکی از آن است که دامنه تغییرات به دست آمده در اقلیم صد سال گذشته بسیار بیشتر از آن چیزی است که قبلاً تصور می‌شد. در بخش‌های وسیعی از زمین در اواخر قرن نوزدهم و دهه‌های نخستین قرن بیستم، دما روند افزایشی داشته است (۲).

شواهد متقاعد کننده‌ای وجود دارد که در حال حاضر و در قرن کنونی (قرن ۲۱) آب و هوای کره زمین نسبت به قرن پیش ۰/۵ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر شده است (۴). تغییرات ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی [زمینی] و کشتی‌ها نشان می‌دهد که تا اوایل قرن بیستم هوای سطح زمین و دریا نسبت به سده‌های گذشته به‌طور متوسط ۰/۴۵ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر شده است (۶).

تجزیه وتحلیل دمای سطح زمین در جهان نشان داد که مقدار این پارامتر در قرن گذشته به میزان۰/۴ تا ۰/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است به‌طوری‌که در دو دهه گذشته دمای متوسط بر روی اقیانوس‌ها به میزان ۰/۲ و بر روی خشکی‌ها به میزان ۰/۳ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است (۲۲). بررسی‌های انجام شده روی روند دمای هوا در اسلواکی نشان داد که در طی سال‌های ۱۹۰۱ تا ۱۹۹۰ دمای هوا در کل کشور به‌طور متوسط ۰/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است(۱۷). این افزایش

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.2.5]

در ماه‌های گرم سال به میزان ۰/۵ درجه سانتی‌گراد است. با این وجود مقدار افزایش در ماه‌های سرد سال گزارش نشده است. هس (۱۴) نشان داد که دردورهٔ زمانی ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ در منطقه خشک شمال‌شرقی نیجریه متوسط ماهانه دمای حداکثر و حداقل روزانه به میزان ۱/۵ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش یافته است. هم چنین با استفاده از اندازه‌گیری دمای سطح زمین در مریلند آمریکا و با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای، مشخص شد که در طی سال‌های ۱۹۸۲ تا ۱۹۹۸ در ماه‌های ژانویه و ژوئیه میزان دما روند افزایش به میزان ۰/۴۳ درجه سانتی‌گراد در دهه را دارا بوده است و میانگین سالانه اختلاف دمای حداکثر و حداقل به میزان ۰/۱۶ درجه در دهه کاهش نشان داده است (۲۰).

برخلاف گزارش‌های فوق که نشان دهنده افزایش درجه حرارت بود، گزارش‌هایی حاکی از کاهش درجه حرارت نیز وجود دارد. پرز و همکاران(۲۴) اطلاعات دما را در بسیاری از نقاط جهان برای دوره ۱۹۵۸–۱۹۹۸ تحلیل کردند و برای نیم کره شمالی روند مثبت دما را برای اغلب نقاط اروپا، آمریکای شمالی و آتلانتیک (در نوار ^{o}N ۵۰–۳۰) و روند منفی را برروی ایسلند، گرینلند و سواحل شرقی کانادا شامل خلیج هودسون به دست آوردند. باکس (۹) با تحلیل ۳۴ ایستگاه ساحلی و سه ایستگاه در یخچال‌ها واقع در گرینلند، روند سرد شدن را در دوره ۱۹۵۵–۱۹۸۴ نتیجه گرفت. چنین روند سرد شدن در شمال و شمال غرب آتلانتیک، عرض‌های میانی در پاسیفیک شمالی برای دوره ۱۹۵۱–۱۹۹۹ نیز گزارش شده است(۲۳). آنجل (۷) در اداره اقلیم شناسی ایلینویز نشان داد که بخش‌هایی از این ایالت هیچ نشانه‌ای از گرم شدن را در چندین دهه اخیر نشان نمی‌دهند و حتی برخی از مناطق آن یک روند سرد شدن را به ویژه در بخش‌های جنوبی آن نشان می‌دهند. سیری، استاو و همکاران (نقل از چاتوپادهیا و هولم(۱۰)) نیز روند منفی دما را در شمال ^{o}N ۲۳ در هندوستان گزارش کرده‌اند (دوره تحت بررسی در مقاله چاتوپادهیا و هولم گزارش نشده است). آمار ۱۲۲ ساله (۱۸۷۸–۱۹۹۹) ایستگاه هواشناسی دانشگاه پیزا در ایتالیا هیچ علائمی از تغییر در میانگین دمای سالانه نشان نداد(۲۱).

با توجه به متفاوت بودن روند درجه حرارت در نقاط مختلف جهان و با توجه به این که هیچ مطالعه جامعی در ایران تغییرات روند دما را برای کل کشور ایران بررسی نکرده است، هدف این مقاله بررسی روند دراز مدت درجه حرارت متوسط سالانه در نقاط مختلف ایران می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تعریف روند و محاسبه آن

هر سری زمانی یک متغیر تصادفی از دو مؤلفه استوکاستیکی و قطعی تشکیل می‌شود. مؤلفه قطعی در چنین سری زمانی یکی از سه شکل روند، تناوب و جهش را به خود می‌گیرد (۲۵). حالت تناوب عموماً در مقیاس سالیانه وجود ندارد. افزون بر این دلیلی نیز برای وجود جهش در سری زمانی درجه حرارت گزارش نشده است. بنابراین این مقاله تنها به شکل روند در مؤلفه قطعی سری زمانی میانگین درجه حرارت سالیانه در ایستگاه‌های سینوپتیک ایران پرداخته است.

به منظور بررسی وجود روند در یک سری زمانی از روش‌های متعدد آماری می‌توان بهره جست (۸، ۱۳ و ۲۵). گرچه اخیراً از آنالیز رگرسیون به روش کمترین مربعات خطا در بررسی روند پارامترهای اقلیمی به مقدار بیشتری استفاده شده‌است (مثلاً ۱۰)، ولی ما از دو روش متفاوت دیگر نیز استفاده کردیم تا حساسیت نتایج نسبت به روش انتخابی نیز مورد بررسی قرار گیرد. با این وجود باید توجه نمود که این روش‌ها طبقه‌بندی شده نیستند و برای استفاده از آنها پیش شرط‌هایی در مراجع آورده نشده است. از آنجایی که روش شیب خط در مطالعات گسترده‌تر است، ما نیز بررسی‌ها را به طور عمده بر این روش متکی کردیم و از دو روش دیگر برای مقایسه در انتهای مقاله استفاده نمودیم.

روند خطی (۱۳) به‌طور کلی در این روش عرض از مبدأ وشیب خط رگرسیون را به وسیله حداقل نمودن خطا بین دو متغیر مستقل (زمان، X) و وابسته (مقدار پارامتر، Y) به دست می‌آورند و سپس آماره $t=b/s_b$ که در آن b عرض از مبدأ خط

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.2.5]

برازش داده شده و s_b انحراف معیار داده‌ها (رابطه ۱) است، تعریف می‌شود.

$$S_b^{۲} = \frac{S^{۲}}{\sum (X - X_i)^{۲}} \qquad [۱]$$

که در آن s^2 از رابطه (۲) به دست می‌آید:

$$S^{۲} = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^{۲} / (n-۲) \qquad [۲]$$

فرضیه‌های صفر و مقابل به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$H_{۰} : b = ۰ \quad , \quad H_{۱} : b \neq ۰ \qquad [۳]$$

اگر قدر مطلق $t=b/s_b$ از $t_{۱-\frac{\alpha}{۲}, n-۲}$ از جدول t-student بزرگ‌تر باشد، فرض $H_{۰}$ رد خواهد شد، در این صورت شیب خط اختلاف معنی‌داری با صفرخواهد داشت و از آن به عنوان روند در سری زمانی یاد می‌شود.

آزمون من-کندال (۲۵): اگر y_t سری مقادیر سالانه عامل مورد نظر (دما در این‌جا) به طوری‌که $t = ۱,۲,...,N$ باشد (N تعداد سال‌های آماری است)، هر مقدار y_t' (به طوری‌که $t = ۱,۲,..., N-۱$ با کلیه مقادیر بعدی از y_t (به طوری که $t = t' + ۱, t' + ۲,..., N$) مقایسه می‌شود و سری جدید z_k با مقادیر ۱+، ۰ و ۱- به ترتیب در ازای $y_t > y_t'$، $y_t = y_t'$ و $y_t < y_t'$ ساخته می‌شود به طوری که در آن $k = (t'-۱)(۲N - t')/۲ + (t - t')$ می‌باشد. آماره من- کندال (u_c) از رابطه ۴ به دست می‌آید که در آن S مجموع کلیه z_kها (رابطه ۵)، V(S) پراش S (رابطه ۶)بوده و مقدار m برحسب این که S منفی یا مثبت باشد، به ترتیب ۱+ یا ۱- خواهد بود.

$$u_c = \frac{S + m}{\sqrt{V(S)}} \qquad [۴]$$

$$V(S) = \frac{۱}{۱۸}\left[N(N-۱)(۲N+۵) - \sum_{i=۱}^{n} e_i (e_i - ۱)(۲e_i + ۵) \right] \qquad [۵]$$

که در آن n تعداد گروه‌های جفتی و e_i تعداد مشاهدات در i امین گروه می‌باشد. در این روش فرض می‌شود که در ازای S=۰، آماره u_c=۰ خواهد بود. سپس اگر $|u_c| > u_{۱-\alpha/۲}$، به طوری که $u_{۱-\alpha/۲}$ چندک $۱-\alpha/۲$ از توزیع نرمال استاندارد است، باشد فرض روند نمی‌تواند رد شود.

آزمون والد- وولفوویتز (۸): برای یک سری به طول N (که $X_۱, X_۲, ..., X_N$ است) آماره $R = \sum_{i=۱}^{N-۱} x_i x_{i+۱} + x_۱ x_N$ در صورتی‌که اعضای نمونه مستقل باشند، از توزیع نرمال با میانگین و پراش زیر تبعیت می‌کند:

$$\overline{R} = \left(S_۱^{۲} - S_۲\right)/(N-۱) \qquad [۶]$$

$$Var(R) = (S_۲^{۲} - S_۴)/(N-۱) - \overline{R}^{۲} + (S_۱^{۴} - ۴S_۱^{۲}S_۲ + ۴S_۱S_۳ + S_۲^{۲} - ۲S_۴)/(N-۱)(N-۲) \qquad [۷]$$

که در آن $S_r = Nm_r'$ و m_r' گشتاور r ام نمونه حول مبدأ است. مقدار $u = \frac{R - \overline{R}}{\sqrt{Var(R)}}$ از توزیع نرمال استاندارد (میانگین صفر و پراش یک) تبعیت می‌کند و برای آزمون فرضیه استقلال در سطح α می‌توان $|u|$ را با $u_{\alpha/۲}$ متناظر با احتمال تجاوز $\alpha/۲$ مقایسه نمود.

انتخاب ایستگاه

طول دوره آماری عامل بسیار مهمی در بررسی‌های آماری می‌باشد. به‌طوری‌که هر اندازه طول دوره آماری بیشتر و در واقع آمار طولانی مدت از یک پارامتر در اختیار باشد، تجزیه و تحلیل انجام شده از دقت و اعتبار بیشتری برخوردارخواهد بود. ایستگاه‌های سینوپتیک در ایران در مقایسه با ایستگاه‌های کلیماتولوژی از طول دوره آماری بیشتری برخوردارند. بنابراین نخست لیست کلیه ایستگاه‌های سینوپتیک از پژوهشکده اقلیم شناسی مشهد اخذ شد. بر اساس آمار ارائه شده، تعداد کل ایستگاه‌های سینوپتیک ایران ۱۶۰ ایستگاه می‌باشد. دوره آماری این ایستگاه‌ها با هم یکسان نبوده و به طور کلی بین ۱۰ تا ۴۸ سال (مختوم به سال ۱۹۹۸ که جمع آوری آمار مقدور بود) متغیر است. به‌طور مسلم بررسی روند با طول دوره آماری کم قابل اعتماد نمی‌باشد، از این رو حداقل طول دوره آماری ۳۰ سال انتخاب شد. این دوره در بررسی‌های اقلیم‌شناسی نیز غالباً مورد توجه است. بنابراین از میان کلیه ایستگاه‌های سینوپتیک،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.2.5]

تعداد ۳۴ ایستگاه که دارای شرایط مذکور بودند انتخاب گردید. این تعداد ایستگاه در حال حاضر بیشترین تعدادی است که با توجه به کمیت آمار می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد.

در شکل ۱ ایستگاه‌های انتخابی روی نقشه اقلیمی به روش کوپن (۵) مشخص و ارائه شده است. به طور کلی ما توانستیم ۲ ایستگاه (۶٪ از کل ایستگاه‌ها) در اقلیم سرد و مرطوب، ۱۴ ایستگاه (۴۱٪) در اقلیم معتدل و مرطوب، ۱۱ ایستگاه (۳۲٪) در اقلیم استپی و ۷ ایستگاه (۲۱٪) در اقلیم بیابانی که ویژگی‌های لازم برای ادامه بررسی‌ها را داشتند انتخاب کنیم.

محاسبه روند

به منظور محاسبه روند دراز مدت دمای متوسط سالانه، نخست دمای متوسط ماهانه از متوسط‌گیری بین دمای حداقل و حداکثر ماهانه به دست می‌آید و سپس دمای متوسط سالانه نیز از متوسط‌گیری بین دمای متوسط ماهانه برای هریک از ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه حاصل خواهد شد. به منظور انجام آزمون روند، ابتدا سال‌های آماری در یک ستون و دمای متوسط سالانه در ستون دیگر در محیط اکسل۹۷ وارد شدند و سپس شیب خط و عرض از مبدأ خطی که با روش کمترین مربعات خطا به دست آمده بود، معین گردید. به منظور انجام آزمون معنی‌دار بودن شیب خط با عدد صفر، یا آزمون روند آماره t (معادله $t = \frac{b}{s_b}$) محاسبه گردید.

آزمون روند یا معنی‌دار بودن تفاوت شیب خط با صفر در سه مرحله به قرار زیر انجام می‌گردد:

الف) برای کل طول دورهٔ آماری: یعنی طول دوره آماری از سالی که ایستگاه مورد نظر دارای آمار می‌باشد تا سال ۱۹۹۸در نظر گرفته می‌شود.

ب) دوره آماری مشترک: به منظور نگرش یکسان به وضعیت روند دمای متوسط سالانه در هر یک از ایستگاه‌ها، یک دوره آماری مشترک انتخاب می‌شود. این دوره آماری مشترک طولانی‌ترین دوره‌ای خواهد بود که کلیه ایستگاه‌ها دارای آمار باشند و از سال ۱۹۶۸ تا ۱۹۹۸ انتخاب گردید.

ج) دوره‌های آماری متوالی: به منظور بررسی چگونگی تغییرات روند دمای متوسط سالانه در دوره‌های آماری متوالی، از ابتدا به ترتیب نسبت به حذف هریک از سال‌ها اقدام و روند در دوره‌های متوالی با طول کوتاه‌تر محاسبه می‌گردد. کوتاه‌ترین طول دوره باقیمانده ۵ سال درنظر گرفته شد.

نتایج و بحث

کل دوره آماری

شیب خط روند درازمدت دمای متوسط سالیانه در ایستگاه‌های سینوپتیک مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. به‌طور کلی نتایج نشان داد که از مجموع ۳۴ ایستگاه تحت بررسی، در۲۰ ایستگاه شیب خط روند دراز مدت دمای متوسط سالانه مثبت و در ۱۴ ایستگاه منفی می‌باشد. به بیان دیگر در ۵۹ درصد ایستگاه‌های مورد بررسی شیب خط مذکور مثبت و در۴۱ درصد نیز منفی است. با این وجود این نسبت در اقلیم‌های چهارگانه یکسان نبود. جهت پرهیز از اطاله کلام ما نتایج را در جدول ۲ خلاصه کردیم. به‌طور کلی ایستگاه‌ها در اقلیم‌های مختلف نیز تمایل به افزایش دما را نشان می‌دهند. جدول ۲ نشان می‌دهد که در مجموع اقلیم بیابانی بالاترین روند مثبت (۷۱٪) و اقلیم‌های مرطوب (معتدل و سرد) بالاترین روند منفی (۵۰٪) را دارا هستند.

با این وجود چنانچه معنی‌دار بودن شیب‌ها مد نظر قرار گیرد، نتیجه‌گیری‌ها متفاوت خواهد بود. نتایج به دست آمده در ایستگاه‌های سینوپتیک مورد بررسی در کل دوره آماری نشان داد که از مجموع ۳۴ ایستگاه مورد مطالعه، ۱۳ ایستگاه (۳۸٪) فاقد روند معنی داری در سطح ۵ درصد است. ولی ۲۱ ایستگاه باقیمانده (۶۲٪) روند معنی‌داری را از خود نشان دادند به‌طوری‌که در۱۲ ایستگاه (۳۵٪) روند مثبت و در ۹ ایستگاه (۲۷٪) نیز روند منفی می‌باشد (جدول ۳). مطالعات قبلی عمدتاً حاکی از روند مثبت درجه حرارت در کلیه ایستگاه‌های مطالعه شده در نقاط مختلف جهان بود(۶ و ۱۴). هم چنین برخی از پیش‌بینی‌های انجام شده نیز افزایش دما در آینده را

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.2.5]

جدول۱. شیب خط روند درازمدت دمای متوسط سالیانه در کل دوره و دوره مشترک آماری (۱۹۶۸-۱۹۹۸) در ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه در اقلیم‌های مختلف ایران

ایستگاه	کل دوره	دوره مشترک	ایستگاه	کل دوره	دوره مشترک
اقلیم بیابانی (Bw)			رامسر	۰/۰۱	۰/۰۲
آبادان	۰/۰۱	۰/۰۲*	رشت	۰/۰۲	۰/۰۵*
اهواز	۰/۰۳*	۰/۰۶*	زنجان	-۰/۰۳*	-۰/۰۲
بندر عباس	۰/۰۳*	۰/۰۲	شیراز	۰/۰۳*	۰/۰۶*
بوشهر	۰/۰۲*	۰/۰۴*	قزوین	-۰/۰۳*	-۰/۰۱
زابل	۰/۰۰	۰/۰۰	کرمانشاه	۰/۰۲*	۰/۰۵*
کرمان	-۰/۰۲	۰/۰۳*	گرگان	-۰/۰۱	-۰/۰۱
یزد	۰/۰۲*	۰/۰۴*	مشهد	۰/۰۳*	۰/۰۸*
			همدان	-۰/۰۲	۰/۰۲
اقلیم استپی(Bs)			**اقلیم سرد و مرطوب(D)**		
اصفهان	۰/۰۲*	۰/۰۲			
بم	۰/۰۳*	۰/۰۳*	سنندج	۰/۰۰	۰/۰۱
بیرجند	۰/۰۳*	۰/۰۳*	شهرکرد	۰/۰۳	-۰/۰۴*
تربت حیدریه	-۰/۰۱	-۰/۰۲			
تهران	۰/۰۳*	۰/۰۵*			
زاهدان	۰/۰۰	۰/۰۱			
سبزوار	۰/۰۶*	۰/۰۷*			
سمنان	۰/۰۱	۰/۰۲			
شاهرود	۰/۰۱	۰/۰۵*			
فسا	۰/۰۴*	-۰/۰۵*			
کاشان	-۰/۰۳	-۰/۰۳*			
اقلیم معتدل و مرطوب(C)					
اراک	-۰/۰۳*	-۰/۰۲			
ارومیه	-۰/۰۴*	۰/۰۱			
بابلسر	۰/۰۲*	۰/۰۳*			
تبریز	۰/۰۲*	۰/۰۴*			
خرم آباد	-۰/۰۵*	-۰/۰۷*			

*: معنی‌دار در سطح ۵ درصد

پیشگویی می‌نمود (۳۰)، گرچه گزارش‌هایی مبنی بر کاهش دما نیز وجود دارد. به طور کلی این بررسی نشان داد که امکان دارد در برخی از نقاط به صورت محلی خلاف چنین روند کلی دیده شود. احتمالاً خصوصیات خرد اقلیمی ممکن است موجب چنین پدیده‌ای شده باشد. نتایج این بررسی با سایر مطالعات مبنی بر این که یک ناحیه عمومی از یک روند یک جهته برخوردار نباشد نیز تأیید می‌شود. آنجل (۷) نشان داد که نه تنها بخش‌هایی از ایلینویز هیچ نشانه‌ای از گرم شدن را در چندین دهه اخیر نشان ندادند بلکه برخی از بخش‌های آن از یک روند سرد شدن نیز برخوردار بودند. نویسندگان دلیل آن را گزارش نکردند و تنها به عوامل محتملی چون تغییر در توزیع و مقدار سولفات (ذرات ریز ناشی از سوختن سوخت‌های فسیلی مثل زغال سنگ)، تغییر کاربری از مراتع و جنگل‌ها به اراضی کشاورزی، افزایش در مقدار پوشش ابری آسمان و تغییراتی در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.2.5]

جدول۲. تعداد و تراکم ایستگاه‌های سینوپتیک با روند مشخص برای دمای متوسط سالیانه در اقلیم‌های مختلف ایران

اقلیم	جهت روند	کل دوره		دوره مشترک	
		تعداد	تراکم	تعداد	تراکم
بیابانی (*۷)	مثبت	۵	۷۱	۶	۸۱
	منفی	۲	۲۹	۱۴	۱۴
استپی (۱۱)	مثبت	۷	۶۴	۷	۶۴
	منفی	۴	۳۶	۴	۳۶
معتدل و مرطوب (۱۴)	مثبت	۷	۵۰	۹	۶۴
	منفی	۷	۵۰	۵	۳۶
سرد و مرطوب (۲)	مثبت	۱	۵۰	۱	۵۰
	منفی	۱	۵۰	۱	۵۰
تعداد کل ایستگاه‌ها (۳۴)	مثبت	۲۰	۵۹	۲۳	۶۸
	منفی	۱۴	۴۱	۱۱	۳۲

* : تعداد ایستگاه‌ها

جدول۳. تعداد و تراکم ایستگاه‌های سینوپتیک با روند معنی‌داری مشخص در سطح ۵ درصد برای برای دمای متوسط سالیانه در اقلیم‌های مختلف ایران

اقلیم	جهت روند	کل دوره		دوره مشترک	
		تعداد	تراکم	تعداد	تراکم
بیابانی (*۷)	مثبت	۳	۴۲/۸۶	۵	۱۴/۳
	منفی	۱	۱۴/۳	۰	۰۰/۰۰
	بدون روند	۳	۴۲/۸۶	۲	۲۸/۵۷
استپی (۱۱)	مثبت	۴	۳۶/۳۶	۴	۳۶/۳۶
	منفی	۲	۱۸/۱۸	۳	۲۷/۲۷
	بدون روند	۵	۴۵/۴۵	۴	۳۶/۳۶
معتدل و مرطوب (۱۴)	مثبت	۵	۳۵/۷۱	۶	۴۲/۵۶
	منفی	۵	۳۵/۷۱	۱	۷/۱۴
	بدون روند	۴	۲۸/۵۸	۷	۵۰/۰۰
سرد و مرطوب (۲)	مثبت	۰	۰۰/۰۰	۰	۰۰/۰۰
	منفی	۱	۵۰/۰۰	۱	۵۰/۰۰
	بدون روند	۱	۵۰/۰۰	۱	۵۰/۰۰
تعداد کل ایستگاه‌ها (۳۴)	مثبت	۱۲	۳۵/۲۹	۱۵	۴۴/۱۲
	منفی	۹	۲۶/۴۷	۵	۱۴/۷۱
	بدون روند	۱۳	۳۸/۲۳	۱۴	۴۱/۱۷

* : تعداد ایستگاه‌ها

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.2.5]

دمای سطح آب در پاسیفیک و آتلانتیک اشاره کرده‌اند. در هندوستان نیز نشانه‌هایی از سرد شدن گزارش شده است (۱۰). نویسندگان ۲۷ ایستگاه را در محدوده زمانی ۱۹۴۰-۱۹۹۰ گرفته و روند دما را در چهار فصل زمستان، مانسون، قبل از مانسون و بعد از آن را بررسی کردند. ما توانستیم سه ناحیه را که در تمامی فصول روند دمای منفی داشت از شکل ۱ مقاله نامبردگان استخراج کنیم. نویسندگان هیچ توجیحی برای روند منفی دمای سالانه و فصلی این سه ناحیه ارائه نکرده‌اند. در سودان نیز روند دمای متوسط سالانه ۲ ایستگاه از ۱۳ ایستگاه تحت مطالعه (۱۹۴۱-۱۹۹۶) منفی بود (۱۱). گرینلند و کیتل (۱۲) ایستگاه‌هایی را در ایالت متحده آمریکا تحلیل کردند (۱۹۵۷-۱۹۹۰). در مقیاس سالانه ۴ ایستگاه از کل ۱۸ ایستگاه روند منفی داشت. با این وجود از آن‌جایی‌که روش‌های آماری قطعی نمی‌باشند، امکان دارد که با تغییر روش در تحلیل‌ها، نتایج نیز تغییر کند.

نتایج بررسی در هر یک از اقلیم‌ها در جدول ۳ خلاصه شده است. به‌طور کلی بیشترین روندمعنی‌داری مثبت در ایستگاه‌های با اقلیم بیابانی دیده شده است، به‌طوری‌که در ۴۲/۸۶٪ از ایستگاه‌های مورد بررسی روند مثبت وجود دارد و کمترین آن نیز در اقلیم سرد و مرطوب (۰٪) دیده می‌شود. بیشترین روند معنی‌داری منفی در اقلیم سرد و مرطوب (۵۰٪) و کمترین آن نیز در اقلیم بیابانی (۱۴/۳٪) وجود دارد. هم چنین اقلیم سرد و مرطوب دارای بیشترین ایستگاه‌هایی است که در آنها روند دراز مدت دمای متوسط صفر می‌باشد (۵۰٪) و اقلیم معتدل و مرطوب نیز کمترین رقم (۲۸/۴۵٪) را از این لحاظ به خود اختصاص داده‌است. به‌طور کلی در ۵۷٪ ایستگاه‌ها روند مثبت و در ۴۳٪ نیز روند منفی وجود دارد. به طور مشخص نتیجه به دست آمده برای ایستگاه مشهد با نتایج کریم‌زاده و قهرمان (۳) مطابقت دارد.

برای این که مشخص شود که روند محاسبه شده تحت تأثیر یک یا چند واقعه استثنایی نبوده است، تعداد مواقعی که دمای سالانه بیشتر یا کمتر از میانگین بود شمارش شد. ممکن است تفاوت این دو مقدار شاخصی از چنین وقایع استثنایی تلقی شود. به منظور بی‌بعد کردن برای قابل مقایسه بودن در ایستگاه‌ها (طول دوره آماری ایستگاه‌ها متفاوت است)، ما این تفاوت را بر تعداد سال‌های آماری ایستگاه مربوطه تقسیم کردیم. نتایج نشان داد که این شاخص بی‌بعد شده به‌طور متوسط تنها ۶/۵ درصد است. با این وجود حداکثر انحراف ۹/۵ درصد و مربوط به اقلیم سرد و مرطوب بود که تنها ۲ ایستگاه داشت. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که روند محاسبه شده تحت تأثیر چنین وقایعی قرار نگرفته است. با این حال نتایج در دهه‌های گوناگون نوسانات بیشتری داشت (اطلاعات نشان داده نشد). این نوسانات را بایستی به طول دوره آماری کم (۱۰ سال) منتسب کرد و بنابراین قابل تحلیل نمی‌باشد.

در شکل ۲ پهنه‌بندی روند معنی‌داری دمای متوسط سالانه در کل دوره آماری انجام شده است. بر اساس این پهنه‌بندی می‌توان گفت، مناطقی از استان‌های آذربایجان غربی، گیلان، مازندران، یزد، اصفهان، فارس و بخش‌هایی از شمال و مرکز استان خراسان روند دما مثبت می‌باشد. روند دما در استان هرمزگان، بخش‌هایی از استان مرکزی، زنجان و آذربایجان غربی منفی می‌باشد. در استان سمنان، گلستان، کرمان و سیستان وبلوچستان نیز روند صفر می‌باشد.

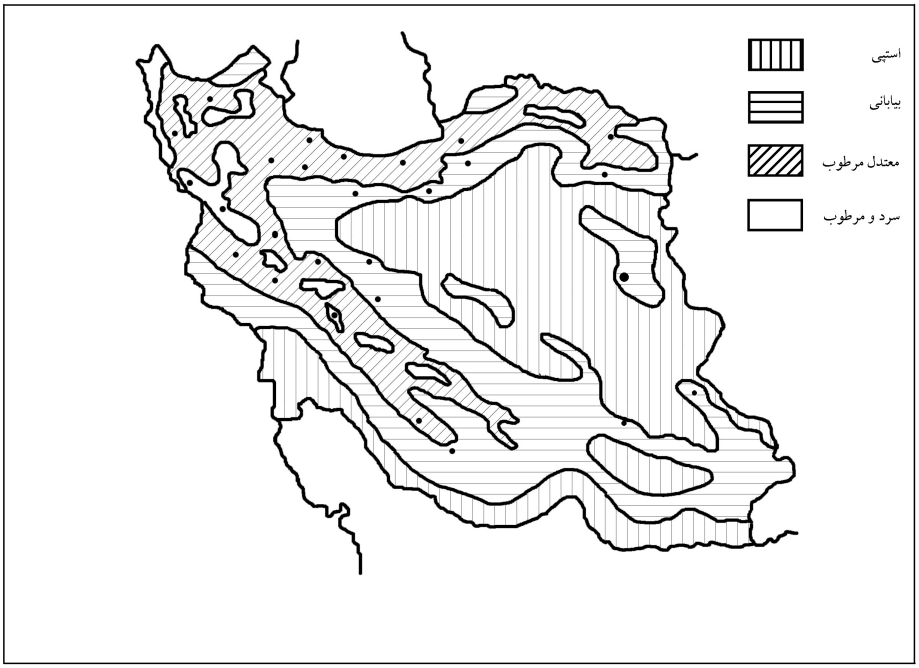
دوره مشترک آماری

همان‌گونه که قبلاً بیان شد، با توجه به این که دوره آماری ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه با یکدیگر متفاوت است، به منظور نگرش یکسان درتمام ایستگاه‌های سینوپتیک، یک دوره مشترک آماری انتخاب شد. این دوره مشترک که درواقع طولانی‌ترین دوره‌ای است که همه ایستگاه‌ها در آن دارای آمار می‌باشند، از سال ۱۹۶۸ تا ۱۹۹۸ و به طول ۳۱ سال می‌باشد.

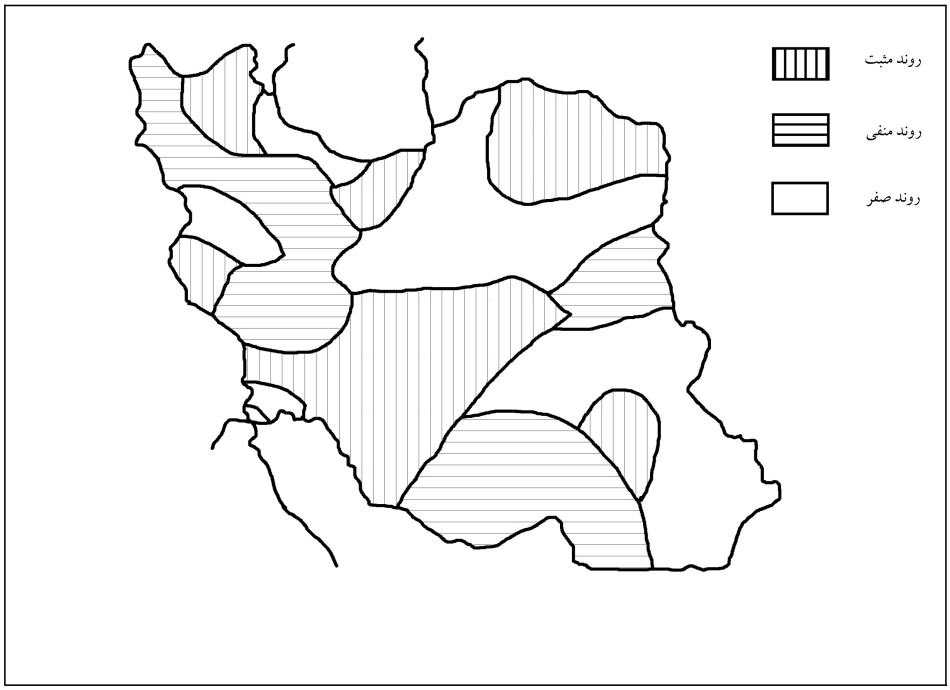
نتایج به دست آمده در ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه در دوره مشترک آماری نشان داد که تغییر طول دوره آماری از کل دوره به دوره مشترک (۱۹۶۸ تا ۱۹۹۸) بعضاً سبب تغییر در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.2.5]



شکل۱. موقعیت ایستگاه‌های انتخابی و نواحی اقلیمی ایران



شکل۲. پهنه بندی روند دمای متوسط سالانه در کل دوره آماری در ایران

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.2.5]

شیب خط روند دراز مدت شده است (جدول ۱). به طوری‌که از مجموع ۳۴ ایستگاه مورد مطالعه، در۲۳ ایستگاه شیب خط روند دراز مدت دمای متوسط سالانه مثبت و در ۱۱ ایستگاه نیز منفی می‌باشد. به بیان دیگر در ۶۸ درصد ایستگاه‌های مورد بررسی شیب خط مذکور مثبت و در۳۲ درصد نیز منفی است. نکته قابل توجه این که شیب منفی موجود در سه ایستگاه (کرمان، ارومیه، همدان؛ جدول ۱) در کل دوره آماری به مثبت تغییر پیدا کرده است. هم‌چنین شیب خط در ایستگاه‌های موجود در اقلیم استپی پس از تغییر دوره آماری بدون تغییر باقی مانده‌است. ما از بیان نتایج مربوط به اقلیم‌های مختلف در متن مقاله خودداری کردیم. جدول ۲ این نتایج را نشان می‌دهد.

می‌توان در منابع نیز شواهدی مبنی بر این که تغییر طول دوره آماری موجب تغییر شیب خط روند می‌شود را یافت. باکس (۹) در گرینلند روند گرم شدن عمومی را در دوره‌های ۱۸۸۵-۱۹۴۷ و ۱۹۸۴-۲۰۰۱ گزارش کرد در حالی‌که دوره‌های ۱۹۵۵-۱۹۸۴ و ۱۹۶۱-۱۹۹۰ دوره‌های سرد شدن بودند. گرینلند و کیتل (۱۲) نشان دادند که شیب خط درجه حرارت سالانه دو ایستگاه واقع در نیومکزیکو با اقلیم بیابانی و پورتوریکو با اقلیم حاره‌ای بارانی در دوره زمانی ۱۹۵۷-۱۹۹۰ به ترتیب مثبت و منفی بود. در حالی‌که با افزایش دوره آماری در این دو ایستگاه (اضافه کردن آمار سال‌های قدیمی‌تر) به ترتیب به ۷۶ و ۶۲ سال، علامت این شیب‌ها تغییر کرد.

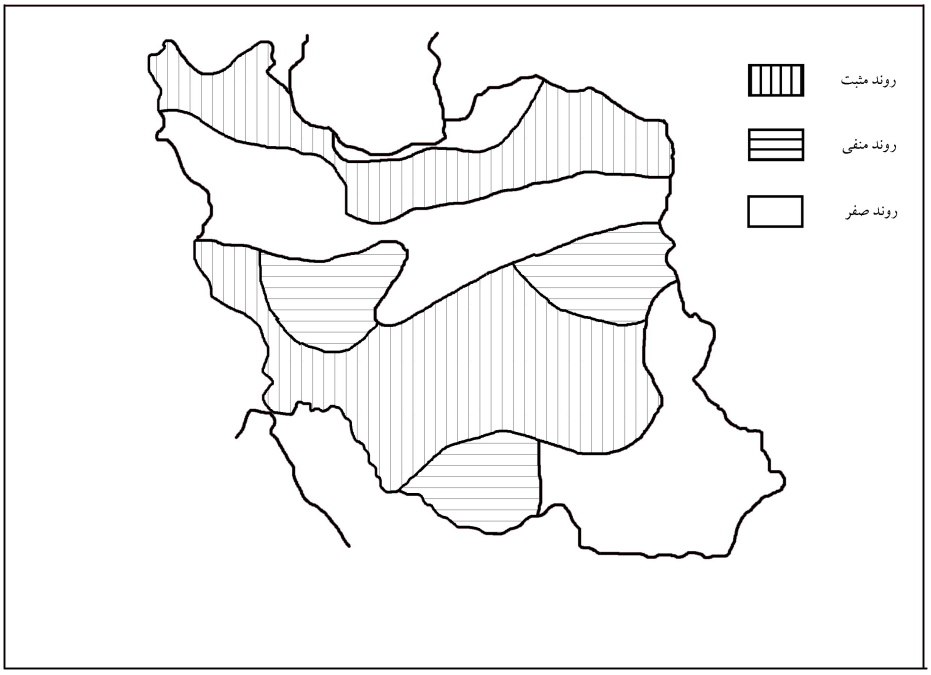
بررسی روند تغییرات دما در دوره مشترک آماری نشان داد که تغییر طول دوره آماری از کل دوره به دوره مشترک (۱۹۶۸ تا ۱۹۹۸) بعضاً سبب تغییر در وجود یا عدم وجود معنی‌دار روند نیز شده است. جدول ۳ یک مقایسه تطبیقی بین تحلیل روند در دو دوره زمانی را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که در این حالت نیز در ۲۰ ایستگاه (۵۹٪) روند معنی‌دار مشاهده شده است که در این میان در ۱۵ ایستگاه (۴۴٪) روند معنی‌دار مثبت، در ۵ ایستگاه (۱۵٪) روند معنی‌دار منفی و در بقیه نیز روند صفر حاکم می‌باشد. علاوه براین که تعداد ایستگاه‌هایی که در آنها روند دما معنی‌دار بوده کمتر شده است. نتایج نشان می‌دهد که بعضا جابه‌جایی‌هایی نیز اتفاق افتاده است به‌طوری‌که برخی از ایستگاه‌ها که در کل دوره آماری روند در آنها معنی‌دار نبوده، تغییر دوره آماری باعث معنی‌دار شدن روند در آنها شده است به طوری‌که در مجموع ۵ ایستگاه که در کل دوره آماری فاقد روند بوده‌اند دارای روند شده‌اند که از این تعداد در ۴ ایستگاه روند مثبت دیده می‌شود.

در دوره مشترک آماری نیز همانند کل دوره آماری، اقلیم بیابانی دارای بیشترین (۷۱/۴۳٪) واقلیم سرد و مرطوب دارای کمترین (۰٪) روند معنی‌داری مثبت می‌باشند. هم چنین بیشترین روند معنی‌داری منفی نیز در اقلیم سرد و مرطوب (۵۰٪) و کمترین آن در اقلیم بیابانی (۰٪) دیده می‌شود. ولی در دوره مشترک آماری دو اقلیم سرد و مرطوب (۵۰٪) و معتدل و مرطوب (۵۰٪) دارای بیشترین و اقلیم بیابانی (۲۸/۵۷٪) دارای کمترین روند صفر می‌باشند (جدول ۳).

در شکل ۳ پهنه‌بندی روند دما برای دوره مشترک آماری نشان داده شده است. مقایسه این شکل با شکل ۲ تأثیر جابه‌جایی در روند مرتبط با طول دوره آماری را نشان می‌دهد. علی‌رغم این تغییر ظاهری، نتایج در ایستگاه‌های تحت مطالعه حاکی از تنها تغییر در ۵ ایستگاه (تقریباً ۱۵٪) بود. توزیع جغرافیایی این ایستگاه‌ها در شمال غرب و جنوب شرق بوده و شامل ۲ ایستگاه در اقلیم معتدل و مرطوب (ارومیه و همدان) و یک ایستگاه در هریک از اقالیم دیگر (کرمان در بیابانی، زاهدان در استپی و سنندج در سرد و مرطوب) می‌باشد. مثبت شدن روند دما در دوره مشترک، وجه مشترک این تغییر می‌باشد. همان‌گونه که در شکل ۳ مشخص شده است، در بیشتر مناطق شمالی و هم چنین مناطق مرکزی از جمله استان‌های کرمان و فارس روند دما مثبت است. در مناطق مرکزی و استان‌های آذربایجان غربی، سمنان و بخش‌های مرکزی و جنوبی استان خراسان روند منفی دما دیده می‌شود. در سایر مناطق نیز روند دما صفر می‌باشد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.2.5]



شکل۳. پهنه بندی روند دمای متوسط سالانه در دوره مشترک(۱۹۶۸-۱۹۹۸) آماری در ایران

روند دمای متوسط با طول دوره‌های متغیر

بررسی روند دمای متوسط با طول دوره‌های متغیر (از سال مشخص تا ۱۹۹۸) انجام گردید. بدین ترتیب که از ابتدا نسبت به حذف سال‌های آماری و کوتاه نمودن طول دوره‌های آماری (حداقل طول دوره ۵ سال) اقدام و روند دو پارامتر فوق‌الذکر محاسبه گردید.

بررسی‌ها نشان داد که رفتار پارامتر دمای متوسط در دوره‌های مختلف آماری متغیر بوده به گونه‌ای که در طی دوره‌های متوالی وجود و یا عدم وجود روند در مقادیر مرتبا در حال تغییر است (جدول ۴). بررسی این جدول مشخص می‌سازد که رفتار ایستگاه‌های تحت بررسی با پدیده روند یکسان نمی‌باشد. به طوری که روند در بعضی از ایستگاه‌ها یک‌جهته است. در چنین ایستگاه‌هایی (۲۲ مورد) تنها روند "معنی‌داری" مثبت حکم فرماست، گرچه سال شروع آن کاملاً متفاوت است، تنها مورد خلاف در این دسته ایستگاه بندر عباس با روند معنی‌دار منفی دما از سال تأسیس می‌باشد. بنابراین نباید از نظر دور داشت که در سال‌های مختلف امکان تغییر جهت روند، ولو غیر معنی‌دار، کاملاً ممکن می‌باشد (اطلاعات نشان داده نشد). از میان کلیه ایستگاه‌ها، ایستگاه همدان تنها ایستگاهی است که در هیچ سال روند معنی‌داری از خود نشان نداده است. با این وجود، روند در این ایستگاه برای کل دوره آماری مثبت و برای دوره مشترک منفی می‌باشد (جدول ۱). یازده ایستگاه بقیه از رفتار نوسانی برخوردار بودند که از این تعداد در ۱۰ مورد معنی داری منفی اولیه به مثبت تبدیل شده است؛ ایستگاه اصفهان رفتار مخالفی با ۱۰ ایستگاه دیگر دارد. بنابراین نتیجه عمده‌ای که می‌توان از این مبحث گرفت این است که ۳۱ ایستگاه از ۳۴ ایستگاه انتخابی روند معنی دار مثبت دما را، چه از ابتدا و چه در سال‌های بعدی، تثبیت نموده‌اند.

این که به چه دلیل در طول سالیان متوالی احتمال تغییر جهت در شیب خط روند، ولو غیر معنی دار، وجود دارد ممکن است به دلیل رفتار نوسانی پارامتر باشد. این رفتار نوسانی را می‌توان به‌طور مشخص در تغییرات میانگین متحرک ۵ ساله مشاهده شد. با توجه به این که میانگین متحرک پنج ساله

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.2.5]

جدول۴. اولین سالی که در ایستگاه مشخصی روند تغییرات متوسط دمای سالیانه معنی‌دار می‌شود.

ایستگاه	سال شروع دوره	اولین سال با روند معنی‌دار مثبت	منفی	ایستگاه	سال شروع دوره	اولین سال روند معنی‌دار مثبت	منفی
اقلیم بیابانی (Bw)				رامسر	۱۹۶۵	۱۹۷۲	---
آبادان	۱۹۵۱	۱۹۶۷	---	رشت	۱۹۵۶	۱۹۵۶	---
اهواز	۱۹۵۷	۱۹۵۷	---	زنجان	۱۹۵۵	۱۹۸۹	۱۹۵۵
بندر عباس	۱۹۵۷	---	۱۹۵۷	شیراز	۱۹۵۱	۱۹۵۱	---
بوشهر	۱۹۵۱	۱۹۵۱	---	قزوین	۱۹۵۹	۱۹۷۳	۱۹۵۹
زابل	۱۹۶۳	۱۹۹۱	---	کرمانشاه	۱۹۵۱	۱۹۵۱	---
کرمان	۱۹۵۱	۱۹۷۸	۱۹۵۵	گرگان	۱۹۵۶	۱۹۹۱	---
یزد	۱۹۵۳۰	۱۹۵۳	---	مشهد	۱۹۵۱	۱۹۵۱	---
				همدان	۱۹۵۵	---	---
اقلیم استپی(Bs)				**اقلیم سرد و مرطوب(D)**			
اصفهان	۱۹۵۱	۱۹۵۱	۱۹۸۷				
بم	۱۹۵۷	۱۹۵۷	---	سنندج	۱۹۶۰	۱۹۷۱	---
بیرجند	۱۹۵۶	۱۹۸۱	۱۹۵۶	شهرکرد	۱۹۶۰	۱۹۹۲	۱۹۶۰
تربت حیدریه	۱۹۵۹	۱۹۹۱	۱۹۷۳				
تهران	۱۹۵۱	۱۹۵۱	---				
زاهدان	۱۹۵۱	۱۹۵۵	---				
سبزوار	۱۹۵۵	۱۹۵۵	---				
سمنان	۱۹۶۶	۱۹۷۲	---				
شاهرود	۱۹۵۴	۱۹۶۱	---				
فسا	۱۹۶۷	۱۹۹۲	۱۹۶۷				
کاشان	۱۹۶۷	۱۹۹۰	---				
اقلیم معتدل و مرطوب (C)							
اراک	۱۹۵۸	۱۹۸۹	۱۹۵۸				
ارومیه	۱۹۵۳	۱۹۷۱	۱۹۵۳				
بابلسر	۱۹۵۱	۱۹۵۱	---				
تبریز	۱۹۵۱	۱۹۵۱	---				
خرم آباد	۱۹۵۱	۱۹۸۱	۱۹۵۱				

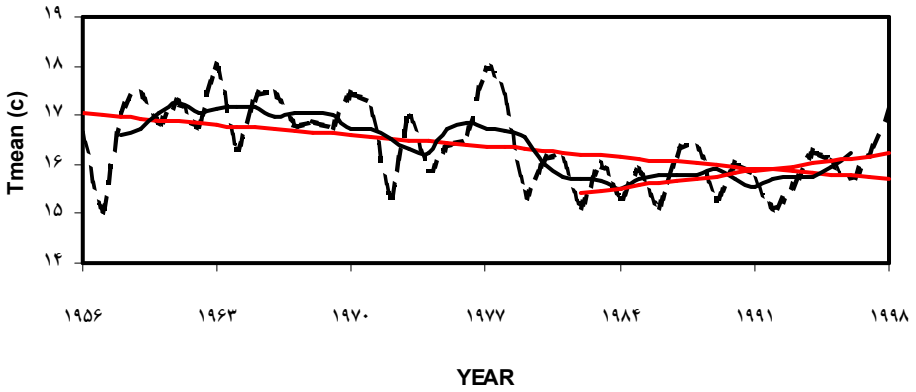
سیکل‌هایی بالاتر و پایین‌تر از میانگین دراز مدت در طول دوره می‌باشد، بنابراین برحسب این که خط ترسیم شده برای روند دراز مدت در هر یک از دوره‌های آماری در کدام جهت این سیکل‌ها تقویت شود، مثبت و یا منفی خواهد بود (شکل ۴).

حساسیت نتایج به نوع روش به‌کار رفته

علاوه بر روش تحلیل شیب خط، دو روش دیگر (والد-وولفوویز (۸) و من-کندال (۲۵)) نیز مورد استفاده قرار گرفت. انجام محاسبات مشخص ساخت که بین دو روش شیب خط و من-کندال در کل طول دوره آماری ایستگاه‌ها روند تغییرات دما در ایستگاه‌های تحت مطالعه به‌طور کامل مشابه می‌باشد. با این حال تنها در سه ایستگاه (فسا در اقلیم استپی و اراک و قزوین در اقلیم معتدل و مرطوب) تفاوت معنی‌دار روند دما بین دو روش شیب خط و من - کندال دیده شد. بنابراین در هر سه ایستگاه روش شیب خط روند معنی‌داری منفی را نشان داد ولی در روش من-کندال روند تنها منفی بود. از طرف دیگر بین این دو روش و برای طول دوره مشترک آماری، دو ایستگاه قزوین و گرگان (در اقلیم معتدل و مرطوب) تفاوت داشتند. بنابراین روند در هیچ کدام از این ایستگاه‌ها و در هیچ کدام از دو روش معنی‌دار نبود و بنابراین تفاوت قابل صرف‌نظر کردن می‌باشد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.2.5]



شکل ۴. بررسی روند دمای متوسط سالانه در ایستگاه سینوپتیک بیرجند (اقلیم استپی) در کل دوره آماری. خط مستقیم روند دراز مدت، خط پر میانگین متحرک پنج ساله و خط منقطع نوسانات سالانه می‌باشد.

تشابه ضعیفی بین دو روش والد – وولفوویتز با هرکدام از دو روش شیب خط و من–کندال وجود داشت به طوری که در طول کل دوره آماری بدون درنظر گرفتن معنی‌داری تنها ۵۹٪ اشتراک در نتایج داشتند. با این وجود اتخاذ دوره مشترک آماری این اشتراک در نتایج را به حد ۶۸٪ بهبود بخشید.

نتیجه‌گیری

در بسیاری از ایستگاه‌ها میانگین دما در سال‌های اخیر بیشتر از میانگین دما در دوره‌های پیش بود. این یافته با منابع (مثلاً کریم‌زاده و قهرمان (۳) برای مشهد و لاپین(۱۷) برای منطقه دانوب در اسلواک) هم‌آهنگی دارد. غالب ایستگاه‌های تحت مطالعه روند ازدیاد درجه حرارت را نشان دادند. با این وجود از آنجایی‌که تقریباً تمامی ایستگاه‌های سینوپتیک ایران در فرودگاه‌ها و حومه شهرها قرار دارند، نمی‌توان به طور یقین این یافته را به تغییر اقلیم و گرم شدن عمومی منتسب کرد. تغییر کاربری در حومه شهرها در طول زمان از کشاورزی و مرتع به مسکونی دلیل عمده‌ای برای افزایش دما به مرور زمان خواهد بود. با این حال نمی‌توان این دو عامل را از یکدیگر تفکیک کرد و هنوز هم مبنای بسیاری از مطالعات برآورد نیاز آبی کشاورزی ایستگاه‌های سینوپتیک در ایران است. این تغییر کاربری و گسترش شهرها به طور بطئی صورت می‌پذیرد. بنابراین چنین تغییرات خزنده‌ای قاعدتاً نمی‌تواند موجب جهش در درجه حرارت شود. با این وجود ایجاد تأسیساتی در یک منطقه نیز ممکن است موجب جهش و یا روند در درجه حرارت نشود (به طور مثال تاسیسات هیدروالکتریک در منطقه دانوب در اسلواک، لاپین)(۱۷).

دو روش از سه روش مورد بررسی (شیب خط و من–کندال) نتایج یکدیگر را تقریباً به طور کامل تأیید کردند. بر این اساس با توجه به نتایج به دست آمده در خصوص روند دراز مدت متوسط دمای سالانه می‌توان گفت که بیشتر مناطق در سال‌های آتی با افزایش دما روبه‌رو خواهد بود. هرچند شیب خط روند دراز مدت دمای متوسط سالانه در برخی از ایستگاه‌های به لحاظ آماری معنی‌دار نشده است، ولی مثبت بودن این شیب بیانگر افزایش دما می‌باشد. این امر به خصوص در سال‌های نزدیک به پایان دوره آماری بیشتر نمایان شده است. با این وجود علی‌رغم این که نتایج روش والد – وولفوویتز با دو روش دیگر نسبتا ناهم‌آهنگ بود، ولی دلیلی مبنی بر برتری یک روش نسبت به یک روش دیگر وجود ندارد. بنابراین از آنجایی که ۲ روش از ۳ روش هم را به طور کامل تأیید کردند، ممکن است بتوان نسبت به نتایج به دست

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.2.5]

آمده امیدوار بود. افرون براین ما اعتقاد داریم که روش شیب خط نسبت به دو روش دیگر برتری دارد. در هر دو روش والد- وولفوویتز و من-کندال طول دوره آماری لزوماً بایستی پیوسته باشد. در حالی‌که در صورت وجود داده‌های مفقود که عموماً در کشورهای در حال توسعه یک قاعده و نه یک استثنا محسوب می‌شود، روش شیب خط به آسانی می‌تواند استفاده شود.

نتایج این بررسی نشان داد که نتایج به طور مشخص ممکن است به سال‌های شروع و ختم دوره آماری حساسیت داشته باشد. از این‌رو در هر عمل مقایسه‌ای باید به این نکته توجه کرد و نتایج را به صورت مجزا در نظر نگرفت.

اعلام افزایش دما در آینده فقط به عنوان یک پیش آگاهی قابل توجه است ولی در موارد خاص می‌باید سایر پارامترهای اقلیمی نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. به عنوان مثال می‌توان روند دراز مدت بارندگی را نیز در مقایسه با روند دراز مدت دمای متوسط سالانه مورد بررسی قرار داد. هم چنین در رابطه با کشاورزی، بررسی روند دراز مدت درجه حرارت در فصول زراعی نیز می‌تواند دیدگاه بهتری را در جهت برنامه‌ریزی در آینده فراهم نماید. (منابع به طور مشخص نشان دادند که شیب تغییر دما در فصول مختلف متفاوت است.) با این وجود افزایش درجه حرارت ممکن است آثار منفی و یک جهته‌ای در نیاز افزاینده برای برطرف کردن کمبود رطوبت خاک، کاهش میزان آب در لایه‌های بالایی خاک، کاهش سطح آب زیرزمینی و دبی رودخانه‌ها برجای گذارد.

منابع مورد استفاده

۱. براتیان، ع. و ف. رحیم زاده. ۱۳۷۷. پارامترهای مؤثر بر تغییر اقلیم. مجله نیوار (۳۷): ۴۷ – ۵۸.

۲. کاویانی، م. ر. ۱۳۷۵. تغییرات محیطی زمین از بدو سنجش‌های مستقیم هواشناسی. خلاصه مقالات اولین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم مرکز ملی اقلیم شناسی، سازمان هواشناسی کشور، تهران، ۱-۳ خرداد، صفحه ۳۹ تا۴۰.

۳. کریم زاده مقدم، م. و ب. قهرمان. ۱۳۸۰. نگرشی آماری بر افزایش تدریجی تبخیر- تعرق گیاه مرجع در مشهد و پیامدهای احتمالی آن. جلد دوم، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راه‌کارهای مقابله با بحران آب ، دانشگاه زابل، ۱۸-۱۹ اسفند، صفحه ۹۵-۱۰۸.

۴. کریمیان، ف. ۱۳۷۵ . هوای طوفانی پیش‌رو. آب و خاک و ماشین ۱۸: ۳۹-۴۳.

۵. کوچکی، ع. و م. نصیری محلاتی. ۱۳۷۱. *اکولوژی گیاهان زراعی*. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۶. نوریان، ع. م. ۱۳۷۸. تغییر اقلیم جهانی و گرم شدن هوا. مجله نیوار ۸۱ :۱-۳.

7. Angel, J. 2004. Climate Change and Variability in Illinois. Illinois State Water Survey, Illinois University, USA.
8. Bobee, B. and F. Ashkar. 1991. The Gamma Family and Derived Distribution Applied in Hydrology. Water Resources Pub., USA.
9. Box, J.E. 2002. Survey of Greenland and instrumental temperature records: 1873–2001. Int. J. Climatol. 22:1829 - 1847.
10. Chattopadhyay, N. and M. Hulme. 1997. Evaporation and potential evapotranspiration in India under conditions of recent and future climate change. Agric. Forest Meteorol. 87:55-73.
11. Elagib, N. A. and M. G. Mansell. 2000. Climate impacts of environmental degredation in Sudan. GeoJ. 50:311-327.
12. Greenland, D. and T. G. F. Kittel. 2002. Temporal variability of climate at the US long-term ecological research (LTER) sites. Clim. Res. 19:213-231.
13. Haan, C. T. 1977. Statistical Methods in Hydrology. The Iowa Sate Univ. Press, Ames, USA.
14. Hess, T.M. 1998. Trends in reference evapo–transpiration in North East arid zone of Nigeria 1981-91. J. Arid. Environ. 38:99-115.
15. Hunt, B.G. 1998. Natural climatic variability as an explanation for historical climatic fluctuations. Climatic Change 38: 133-57.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.2.5]

16.Karl, T. R., R.W. Knight, D.R. Easterling and R.G. Guayle. 1996. Indices of climate change for the United States. Bull. Am. Meteorol. Soc. 77(2):279-292.
17.Lapin M. 1995. Climatological Monitoring of Territory Affected by Construction of the Danube Hydroelectric Power Project and Evaluation of Initial Impact. Gabcyvo Part of the Hydroelectric Power Project - Environmental Impact Review. Faculty of Natural Sciences, Comenius University, Bratislava Slovak.
18.Lettenmaier, D.P., E.F. Wood and J.R. Wallis. 1994. Hydro-climatological trends in the continental United State. J. Climatol. 7:586-607.
19.Mander, W.J. 1994. Dictionary of Global Climatic Change. 2nd Revised ed., VCL Press, London.
20.Menglin, J. R. and E. Dickinson. 2002. New observational evidence for global warming from satellite. Geophys. Res. Let. 29(10):39-42.
21.Moonen, A. C., L. Ercoli, M. Mariotti and A. Masoni. 2002. Climate change in Italy indicated by agrometeorological indices over 122 years. Agric. Forest Meteorol. 111:13-27.
22.National Academy. 2000. National Research Council Reconciling Observations of Global Temerature Change. National Academy Press, Washington D.C.
23.Nicholls, N., G. V. Gruza, J. Jouzel, T. R. Karl, L. A. Ogallo and D. E. Parker. 1996. Observed Climate Variability and Change. pp. 133-192. *In*: J. J. Houghton, L. G. Meiro Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell (Eds.), The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessement Report of the Intergovermental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
24.Perez, J. F., L. Gimeno, P. Ribera, D. Gallego, R. Garia and E. Hernandez. 2000. Influence of the North Atlantic oscillation on winter equavalent temperature. AGU Chapman Conference of "The North Atlantic Oscillation", University of Vigo (Orense campus), Orense, Galicia, Spain.
25.Salas, J.D. 1992. Analysis and modeling of hyolrologic time Series. *In*: D.R. Maidment (Ed.), Handbook of Hydrology. McGraw Hill Book Company, U S A.
26.Santer, B. D., K. E. Taylor, T. M. Wigley. 1996. A search for human influences on the thermal structure of the atmosphere. Nature 382: 39-46.
27.Tol, R. S. J. 1994. Greenhouse statistics - time series analysis. Theor. and Appl. Climatol. 49: 91-102.
28.Tolba, M. K. 1989. Greenhouse and climate change. Rev. of Geophys. 27(1):45-48.
29.Vorosmarty, C. J., P. Green, J. Salisbury and R. B. Lammers. 2000. Global water resource: Vulnerability from climate change and population grow. Bull. Am. Met. Soc. 289:284-288.
30.Zhang, X., L. A .Vincent, W.D. Hogg and A. Niitsoo. 2000. Temperature and precipitation trends in Canada durig the last century. Atm. Ocean 38:305-429.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2025-07-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.1.2.5]