

جغرافیا و توسعه شماره ۳۰ بهار ۱۳۹۲

وصول مقاله : ۱۳۹۰/۱/۶

تأیید نهایی : ۱۳۹۱/۴/۱۰

صفحات : ۱۳۸ - ۱۱۷

تحلیل روند دما در برخی از ایستگاه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور

دکتر علی‌اکبر سبزی پرور^۱، زهرا سیف^۲، فرشته قیامی^۳

چکیده

تغییر اقلیم و افزایش دما از مسایل مهم زیست‌محیطی بشر به حساب می‌آید. با بررسی روند تغییرات میانگین دمای هوا می‌توان تغییرات اقلیمی در منطقه را ردیابی نمود. پژوهش‌های انجام شده در جهان به طور عمده بیانگر افزایش تدریجی دمای متوسط است. در این تحقیق به منظور شناسایی تغییرات زمانی پارامترهای دمایی (حداقل، حداکثر و متوسط) از مشاهدات ۱۰ ایستگاه سینوپتیک در دوره ۱۳۸۴-۱۳۳۵ در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور استفاده شده است. در این تحقیق از روش رگرسیون خطی و نیز با توجه به ماهیت غیرخطی بودن عناصر اقلیمی از روش ناپارامتریک من-کندال بهره گرفته شده است، که معنی داری در هر دو روش، نتایج تقریباً یکسانی را نشان می‌دهد.

نتایج در دوره‌ی مشترک آماری نشان داد که در دمای حداکثر، حدود ۷۰ درصد ایستگاه‌ها و در دمای متوسط و حداقل حدود ۹۰ درصد ایستگاه‌ها شاهد روند معنی‌دار مثبت سالانه بودند. بیشترین تغییرات در بین پنج دهه‌ی مورد مطالعه، به میزان ۴۹ درصد در دهه‌های سوم و چهارم به وقوع پیوسته است. روند افزایشی دما به خصوص برای میانگین‌های ماهیانه دمای حداقل شبانه مشهودتر بود. نتایج نشان داد که استثنائاً در شهر بیرجند، در بعضی ماه‌ها روند معنی‌دار منفی به وقوع پیوسته است. کلیدواژه‌ها: روند دمایی، رگرسیون خطی، آزمون من-کندال، تغییر اقلیم.

مقدمه

تغییر اقلیم، تغییر معنی‌دار در متوسط داده‌های هواشناسی در طی یک دوره‌ی زمانی معین است که علل وقوع آن به عوامل کیهانی، زمینی و انسانی نسبت داده می‌شود (عزیزی، ۱۳۸۳: ۱۲۳). در دهه‌های اخیر، نقش علل انسانی در تغییر نوسانات اقلیمی در برخی مناطق کره‌ی زمین بیش از گذشته خود را نشان داده است. نقش انسان و فعالیت‌های متنوع او در زمینه‌های مختلف بسیار بارز است و روند تغییرات مسیری را دنبال می‌کند که نتایج بعدی آن به طور کامل برای اقلیم‌شناسان روشن نیست.

از این رو مسأله‌ی تغییر اقلیم و تمایل به گرم شدن کره‌ی زمین و پیامدهای اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی ناشی از آن علاوه بر صاحبان علم، افکار دولت‌مردان و سیاست‌مداران را نیز در سراسر دنیا به خود جلب کرده است. دما از محسوس‌ترین عناصر اقلیمی است که ارتباط تنگاتنگ با سایر عناصر اقلیمی دارد و تغییرات آن باعث یک سلسله واکنش‌های زنجیره‌ای زیست‌محیطی دامنه‌دار می‌گردد (زابل عباسی و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۴). منابه^۱ (۱۹۷۵) دمای جهان را به عنوان معیار عمومی برای پایداری اقلیم جهانی معرفی می‌کند (Hansen, 2006: 14290). بر همین اساس این پارامتر به عنوان یکی از عناصر اقلیمی، شاخص مناسبی برای ردیابی تغییر اقلیم است (عساکره، ۱۳۸۳: ۱۱). عساکره و غیور به تحقیق در تغییرات بلندمدت (روند) و کوتاه‌مدت (فازها و چرخه‌ها) عناصر دمایی سطح زمین پرداخته‌اند که بیشتر به بیان مطالعات و نظریات مربوط به تغییرات دمایی کره‌ی زمین پرداخته شده است. نتایج مأخوذه نشان‌دهنده‌ی این نکته است که تغییر در غلظت گازهای گلخانه‌ای جو عامل اصلی در تغییرات بلندمدت دمای سده‌ی اخیر بوده، اما

تغییرات کوتاه‌مدت به عوامل طبیعی نسبت داده می‌شود. از سوی دیگر دانشمندان گرمایش ۵۰ سال اخیر را ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای به علت فعالیت‌های انسانی می‌دانند (عساکره و غیور، ۱۳۸۲: ۲۵۰). آنچه مسلم است میزان گازهای گلخانه‌ای در دوره‌های آتی حتی با در نظر گرفتن مطلوب‌ترین سناریوهای اقتصادی-اجتماعی و محیط زیست برای کره‌ی زمین افزایش خواهد یافت (مساح‌پوایی و سادات‌آشفته، ۱۳۸۶: ۲۰). هانسن و همکاران تأکید می‌نمایند که روند گرمایش ملایم جهانی، همراه با نوسان‌های بزرگ بعد از سال ۱۹۷۵ با سرعت گرمایشی ۰/۲ درجه سانتی‌گراد در هر دهه ادامه یافته است (Hansen, 2006: 14290). نیمکره‌ی شمالی بین سال‌های ۱۹۴۶ تا ۱۹۷۵ دارای روند کاهشی دما بوده است ولی در نیمکره‌ی جنوبی عکس این جریان اتفاق افتاده است (Turkesh, 2002: 947)

در مورد تغییر اقلیم و روند افزایش دما تحقیقات بسیار گسترده‌ای در ایران و جهان انجام گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعات زیر اشاره نمود. پروئدور^۲ و همکاران (۱۹۹۷) از دماهای ایستگاه‌های زمینی و تصاویر ماهواره‌ای در مقیاس فصلی و سالانه به منظور شناخت تغییرات و نوسانات دمای یونان استفاده نموده‌اند. طبق نتایج تحقیق دمای اکثر ایستگاه‌های هواشناسی یونان در دوره‌ی ۱۹۹۳-۱۹۵۱ دارای روند منفی زمستانه بوده‌اند و میانگین دماهای تابستانه و سالانه نیز روند منفی داشته‌اند. البته روند اخیر تا نیمه‌ی اول دهه‌ی ۱۹۷۰ تداوم داشته است. از ۱۹۷۵ میانگین دمای تابستانه دارای روند افزایشی بوده، که تصاویر ماهواره‌ای نیز گرمایش معنی‌دار دوره‌ی اخیر را تأیید می‌کند. موریسی و گراهام^۳ نیز طی تحقیقات خود اواسط دهه‌ی ۱۹۷۰ را به عنوان نقطه

2-Proedor
3-Morrissey

1-Manabe

قرار دادند. نتایج آنها نشان داد تغییر رفتار سری‌های بارش در ایستگاه‌های کشور یکنواخت نبوده و گویای الگوی متفاوتی در کشور می‌باشد. به طوری که در بعضی ایستگاه‌ها شاهد روند معنی‌دار مثبت و منفی بوده و در بعضی ایستگاه‌ها تغییرات معنی‌دار نبوده است (عسگری و رحیم‌زاده، ۱۳۸۵: ۶۷-۸۰). نتایج بررسی تغییرات زمانی- مکانی دمای شمال غرب ایران در ۱۹ ایستگاه سینوپتیک نشان داد که روند تغییرات دمای میانگین سالیانه در بیشتر مناطق شمال غرب به تدریج افزایش یافته است و از حیث تغییرات بارشی، نواحی سردتر و مرتفع‌تر نظام بارشی متغیّرتری را تجربه نموده‌اند. اکثر مناطق شمال غرب کشور با روند افزایشی دما مواجه بوده و این گرمایش از غرب به شرق بارزتر است. تنها در نوار باریکی از غرب منطقه‌ی مورد مطالعه روند کاهشی دما به صورت معنی‌داری اتفاق افتاده است (زه‌دهی و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۹۸-۱۸۳). عزیز و همکاران ضمن مطالعه‌ی روند دمای چند دهه‌ی اخیر ایران به ارتباط این روند با افزایش گاز CO₂ جو پرداختند. آنها با بررسی روی داده‌های ۱۲ ایستگاه هواشناسی برای تعیین صحت داده‌ها از آزمون خود همبستگی مرحله‌ی اول و ران تست استفاده کردند و از آزمون ناپارامتریک من-کندال جهت تعیین میزان، جهت و معنی‌داری روند استفاده نمودند. نتایج آنها نشان داد که در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه روند افزایشی دما با شدت‌های مختلف مشاهده می‌گردد، که ممکن است از افزایش میزان CO₂ جو متأثر گردیده باشد (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۴: ۴۳-۲۵). همچنین در تحقیقی دیگر عزیز و روشنی به مطالعه‌ی تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال پرداختند. نتایج به دست آمده از تحلیل‌ها نشان داد که در اکثر ایستگاه‌ها، دمای حداقل روند مثبت (افزایشی) و دمای حداکثر روند منفی (کاهشی) نشان می‌دهد (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۷: ۲۸-۱۳).

تغییر در سری زمانی بارش و دما معرفی نمودند (Morrissey, 1996: 1207-1219) همچنین یو و هاشینو^۱ در تحقیقی روند دمای ماهانه، فصلی و سالانه‌ی ژاپن را در صد سال گذشته بررسی کرده‌اند. بر اساس نتایج این تحقیق دمای سالانه‌ی ۴۶ ایستگاه که روند آنها با آزمون من-کندال^۲ ارزیابی شده در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۱۹۹۶ بین ۰/۵۱ تا ۲/۷۷ درجه سلسیوس افزایش یافته است. در همین دوره دمای فصلی بین ۰/۴۷ تا ۳/۶۹ درجه سلسیوس افزایش داشته است که بیش‌ترین افزایش در فصل زمستان و بهار دیده شده است. همین ویژگی در دمای ماهانه هم دیده می‌شود اما مقدار افزایش دمای ماهانه در طی دوره‌ی مورد بررسی بین ۰/۱۷ تا ۴/۱۲ درجه سلسیوس بوده است (Yue & Hashino, 2003: 24). ریتز و رینهارد^۳ روند بلندمدت دمای ماهانه در سوییس را طی قرن بیستم و برای ۳۰ سال آخر آن مورد آنالیز قرار دادند. نتایج روندهای دهه‌ای میانگین ۰/۱۳۵+ سانتی‌گراد در طی قرن بیستم و ۰/۷۵+ سانتی‌گراد در آخرین سه دهه را نشان می‌دهد. این روندها بیش از دو برابر از روند میانگین دما در نیمکره‌ی شمالی بالاتر است (Rebetez and Reinhard, 2008: 27-34).

تورتی و دسیاتو^۴ با استفاده از اطلاعات هواشناسی ۴۹ ایستگاه از سرتاسر ایتالیا سطح معنی‌داری دمای میانگین، حداقل و حداکثر را طی سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۴ بررسی کردند. نتایج، یک روند منفی در طی سال‌های ۱۹۹۰-۱۹۶۱ و یک روند مثبت در طی سال‌های ۲۰۰۴-۱۹۸۱ و یک افزایش غیر معنی‌دار را به طور متناوب در میانگین دمایی روزانه در طی کل دوره نشان داد (Toreti and Desiato, 2008: 51-58). عسگری و رحیم‌زاده در تحقیقی تغییرات ویژگی‌های بارش را در ۳۴ ایستگاه سینوپتیک کشور مورد بررسی

1-Yue & Hashino
2-Mann Kendall
3-Rebetez and Reinhard
4-Toreti and and Desiato

مقطع زمانی مورد مطالعه در این ایستگاه‌ها یک دوره‌ی ۵۰ ساله بین سال‌های ۱۹۵۶ تا ۲۰۰۵ میلادی می‌باشد. علت انتخاب ایستگاه‌ها کیفیت مطلوب داده‌ها در مقایسه با سایر ایستگاه‌های همجوار، طول دوره‌ی آماری مناسب، پراکندگی مکانی و تشابه اقلیمی ایستگاه‌ها با یکدیگر بوده است.

اطلاعات مورد نیاز از مرکز آمار سایت رسمی هواشناسی وابسته به سازمان هواشناسی کشور تهیه شده است (سایت رسمی سازمان هواشناسی کشور). کمبود اطلاعات در بعضی موارد معدود با داده‌سازی از روی اطلاعات موجود بازسازی شد و در نهایت برای بررسی و صحت همگنی اطلاعات تجربی با توزیع‌های آماری منتخب و سنجش نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. این آزمون همگنی در نرم‌افزار SPSS16 اجرا گردید که نتایج آن مؤید همگن بودن داده‌های موجود بود.

در جدول ۱ مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌ها و نیز نوع آب و هوا برحسب طبقه‌بندی یونسکو آمده است. موقعیت ایستگاه‌ها نیز در شکل ۱ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که محاسبات برای ایستگاه مرزی گرگان نیز انجام شد. ولی به دلیل رفتار دو جانبه‌ی این ایستگاه که در برخی طبقه‌بندی‌های اقلیمی نیمه‌خشک و در برخی مرطوب از خود نشان داده است، نتایج برای این ایستگاه بحث نمی‌گردد.

روش اصلی روندیابی در این تحقیق بر اساس آزمون آماری من - کندال می‌باشد که جهت بررسی بیشتر توسط آزمون رگرسیون خطی نیز معنی‌داری آن مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.

به‌طور کلی پیامدهایی نظیر خشکسالی‌ها، سیلاب‌های شدید و ناگهانی، امواج هوای سرد و گرم و وقوع طوفان‌های مخرب از جمله آثار و شواهد ناهنجاری‌های اقلیمی است که کره‌ی زمین را با بحران‌های مختلف مواجه کرده است. بدین ترتیب بدون شناخت و آگاهی از وضعیت اقلیمی حال و آینده، مدیران و برنامه‌ریزان قادر به اجرای برنامه‌های مختلف نخواهند بود (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۷: ۲۸-۱۳).

در مطالعه‌ی حاضر با توجه به اهمیت پدیده‌ی تغییر و ارتباط تغییرات جهانی با تغییرات منطقه‌ای و محلی سعی شده پارامترهای میانگین دما، حداقل دما و حداکثر دما که از مهم‌ترین پارامترهای مرتبط با تغییر اقلیم و اثرگذار بر فعالیت‌های اکولوژیکی می‌باشند، تغییرات آنها، معنی‌داری و عدم معنی‌داری روند این دماها و وجود شیب ناگهانی مثبت یا منفی در دوره‌های دمایی مورد مطالعه در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور مورد بررسی و تحلیل قرار گیرند.

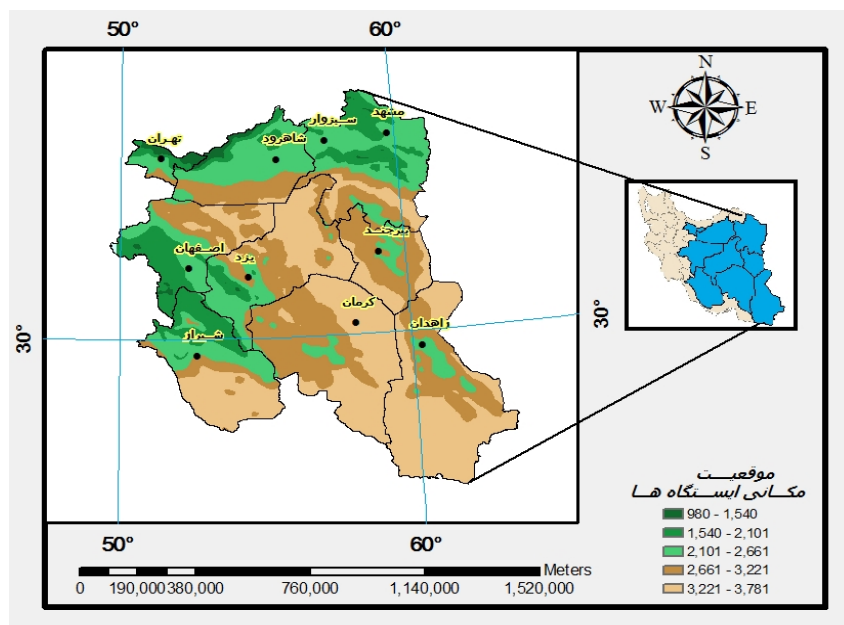
داده‌ها و روش‌ها

اولین گام جمع‌آوری اطلاعات کافی در مورد پارامترهای دمایی می‌باشد. طول دوره‌ی آماری عامل بسیار مهمی در بررسی‌های آماری می‌باشد. به طوری که هر اندازه طول دوره‌ی آماری بیشتر و در واقع آمار طولانی‌مدت از یک پارامتر در اختیار باشد، تجزیه و تحلیل انجام شده از دقت و اعتبار بیشتری برخوردار خواهد بود. منطقه‌ی مطالعاتی به طور تقریبی برخی از شهرهای واقع در نیمه‌ی شرقی کشور ایران را شامل می‌شود و ۱۰ ایستگاه با آمار بلندمدت در آن مدنظر قرار گرفته است. محاسبات و تحلیل بر روی میانگین دمای حداقل، حداکثر و متوسط انجام شده است.

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه‌ها	ارتفاع (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نوع آب و هوا (یونسکو)
اصفهان	۱۵۵۰	'E۴۰° ۵۱	'N۳۷° ۳۲	خشک
بیرجند	۱۴۹۱	'E۱۲° ۵۹	'N۵۲° ۳۲	خشک
تهران (مهرآباد)	۱۱۹۰	'E۱۹° ۵۱	'N۴۱° ۳۵	خشک
زاهدان	۱۳۷۰	'E۵۳° ۶۰	'N۲۸° ۲۹	خشک
سبزوار	۹۷۷	'E۴۳° ۵۷	'N۱۲° ۳۶	خشک
شاهرود	۱۳۴۵	'E۵۷° ۵۴	'N۲۵° ۳۶	خشک
شیراز	۱۴۸۴	'E۳۶° ۵۲	'N۳۲° ۲۹	نیمه خشک
کرمان	۱۷۵۳	'E۵۸° ۵۶	'N۱۵° ۳۰	خشک
مشهد	۹۹۹	'E۳۸° ۵۹	'N۱۶° ۳۶	نیمه خشک
یزد	۱۲۳۷	'E۱۷° ۵۴	'N۵۴° ۳۱	خشک

مأخذ: سایت رسمی سازمان هواشناسی کشور و یونسکو*



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی ایستگاه‌های مورد مطالعه

مأخذ: نگارندگان

برازش دهیم. در این روش معادله خط برازنده طوری تشکیل می‌شود که مجموع مربعات توان‌های دوم انحراف عمودی از خط برازش شده حداقل شود. برآورد کردن ضرایب با روش حداقل مربعات صورت گرفت (رابطه‌ی ۱).

رگرسیون خطی

جهت شناخت رفتار خطی و ترسیم خط روند و محاسبه شیب آن از رگرسیون خطی بر اساس حداقل مربعات استفاده شده است (غیور و عساکره، ۱۳۸۲: ۱۴). هدف از رگرسیون خطی این است که با برآورد کردن شیب و عرض از مبدأ مدل خطی ساده‌ای را به داده‌ها

که T آماره کندال و P (رابطه ۵) مجموع تعداد رتبه‌های بزرگ‌تر از ردیف n_i که بعد از آن قرار می‌گیرند بوده و از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید. n نیز تعداد کل سال‌های آماری مورد استفاده است که در اینجا همان ۵۰ سال در نظر گرفته می‌شود.

$$P = \sum_{i=1}^n ni \quad (۵)$$

به منظور سنجش معنی‌دار بودن آماره T از رابطه‌ی ۶ استفاده می‌شود:

$$(T)_t = \pm tg \sqrt{\frac{4n+10}{9n(n-1)}} \quad (۶)$$

که tg برابر مقدار بحرانی نمره‌ی نرمال یا استاندارد (Z) با سطح احتمال آزمون است و با سطح احتمال ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶ می‌باشد. در صورت اعمال این مقدار و با استفاده از رابطه‌ی ۶، مقدار (T)_t معادل با ۰/۱۹ ± می‌شود. با توجه به مقدار بحرانی به دست آمده برای (T)_t، حالات مختلفی خواهیم داشت: اگر $(T)_t > T$ یا $(T)_t < -T$ باشد، هیچ‌گونه روند مهمی در سری داده‌ها مشاهده نمی‌شود و سری‌ها تصادفی هستند. همچنین اگر $(T)_t < -T$ یا $(T)_t > T$ باشد، نشان‌دهنده‌ی روند منفی در سری‌ها و در صورتی که $(T)_t > +T$ یا $(T)_t < -T$ باشد روند مثبت در سری‌ها غالب خواهد بود (Mitchell at all, 1996: 195). برای تعیین جهت روند، نوع و زمان تغییر نیاز به آزمون گرافیکی من-کندال می‌باشد. در این آزمون آماره U_i نشان‌دهنده‌ی مقدار و جهت روند می‌باشد. در این روش داده‌ها را رتبه‌بندی می‌کنیم و آماره t_i (نسبت رتبه I به رتبه‌های ماقبل) را محاسبه می‌کنیم. حال فراوانی تجمعی این آماره را به دست می‌آوریم و در

$$a = Y - \beta X \quad (۱)$$

در فرمول بالا Y نماد دما برحسب درجه سانتی‌گراد و X زمان بر حسب سال می‌باشد. برای محاسبه‌ی شیب خط روند (β) از رابطه‌ی ۲ استفاده گردید. در این رابطه X زمان برحسب سال، Y دما برحسب درجه سانتی‌گراد، \bar{Y} و \bar{X} میانگین‌های حسابی آنها می‌باشند.

$$\beta = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sum (X - \bar{X})^2} \quad (۲)$$

برای اطمینان از تصادفی نبودن شیب خط و معنی‌دار بودن آن، همچنین محاسبه‌ی خطای استاندارد شیب (SE) نیز رابطه‌ی ۳ به کار گرفته شده است. در این رابطه n تعداد کل سال‌های دوره‌ی آماری را نشان می‌دهد.

$$SE(\beta) = \sqrt{\frac{12 \sum (Y - a - \beta)^2}{(n-2)n(n^2-1)}} \quad (۳)$$

برای به دست آوردن معنی‌داری یا عدم معنی‌داری داده‌ها توسط رگرسیون خطی نیز می‌توان از نرم‌افزار SPSS16 استفاده نمود.

آزمون من-کندال

این آزمون به وسیله‌ی سازمان جهانی هواشناسی در سال ۱۹۸۸ پیشنهاد شد که در بررسی معنی‌داری روند سری داده‌های اقلیمی در مطالعات زیادی استفاده شده است. در ابتدا این آزمون برای مشخص کردن غیر پارامتریک بودن سری‌ها به کار می‌رود. بدین ترتیب که سری‌های آماری به ترتیب صعودی مرتب و رتبه‌بندی می‌شوند؛ در این آزمون تصادفی بودن داده‌ها با عدم وجود روند مشخص می‌گردد. در صورت وجود روند، داده‌ها غیر تصادفی بوده و برای تصادفی بودن داده‌ها از آزمون آماره کندال (رابطه‌ی ۴) استفاده شده است.

$$T = \left[\frac{4P}{n(n-1)} \right] - 1 \quad (۴)$$

یافته‌های پژوهش

الف- نتایج دمایی

با بررسی حداکثر، حداقل و متوسط دماهای موجود و مقایسه آنها با یکدیگر و در شهرهای مختلف و ماه‌های مختلف نتایج زیر به دست آمد (جدول شماره ۲). این نتایج با ویژگی‌های دمایی ذکر شده در کار علیجانی (علیجانی، ۱۳۷۴: ۶۰) تا حدودی هماهنگی دارد. به این صورت که با پیشروی به سمت شرق و جنوب مقادیر دمای هوا افزایش می‌یابد که البته در این میان استثناهایی وجود دارد.

در میان دماهای حداکثر، متوسط و حداقل بیشترین مقادیر اقلیمی در یزد که در منطقه‌ی خشک است و کمترین مقدار در مشهد که در منطقه‌ی نیمه‌خشک است رخ داده است. حداقل دمای شهر مشهد در سردترین سال دمایی این شهر یعنی سال ۱۹۷۲ اتفاق افتاده است، حال آنکه گرم‌ترین سال دمایی شهر یزد در سال ۲۰۰۱ اتفاق افتاده که متفاوت از سالی است که حداکثر دمای این شهر در آن رخ داده است.

در تمام شهرها به جز موارد کم و استثناء تمام دماهای حداقل در ماه ژانویه و حداکثرهای دما در ماه ژوئیه رخ داده است. بیشترین حداکثر دمای رخ داده در زاهدان می‌باشد. همچنین شهرهای مشهد و شیراز علی‌رغم قرارگیری در منطقه‌ی نیمه‌خشک از لحاظ دمایی با شهرهای منطقه خشک قرابت نزدیکی دارند و کاملاً در یک دامنه قرار می‌گیرند.

نهایت پارامترهای امید ریاضی، واریانس و شاخص من-کندال را محاسبه می‌کنیم (روابط ۷، ۸ و ۹).

$$E_i = \frac{n_i(n_i - 1)}{4} \quad (7)$$

$$V_i = \frac{n_i(n_i - 1)(2n_i + 5)}{72} \quad (8)$$

$$U_i = \frac{(\sum t_i - E_i)}{\sqrt{V_i}} \quad (9)$$

در روابط ۷ و ۸، n_i ترتیب زمانی شماره داده‌های سال می‌باشد و تابع توزیع آماره t_i دارای مقادیر متوسط (E) و واریانس (Var) می‌باشد (Sneyers, 1990: 2-15) (Saleshi, 2004: 973-983)

برای بررسی تغییرات و معنی‌دار بودن آنها باید شاخص U_i نیز تعیین شود. برای به دست آوردن آن کافی است داده‌های مورد نظر را برعکس سری قبل مرتب کنیم و تمام محاسبات گفته شده قبلی را روی آن اجرا کنیم. چنانچه دو منحنی U و U' با یکدیگر در محدوده ۹۵ درصد اطمینان در داخل محدوده‌ی بحرانی ($\pm 1/96$) همدیگر را قطع کنند، نشانه‌ی زمان آغاز تغییر ناگهانی (جهش) و در صورتی که خارج از محدوده‌ی بحرانی همدیگر را قطع نمایند، بیانگر وجود روند در سری‌های زمانی است. این آزمون به وسیله‌ی سازمان جهانی هواشناسی در سال ۱۹۸۸ پیشنهاد شد و در بررسی معنی‌داری روند سری داده‌های اقلیمی در مطالعات زیادی استفاده شده است.

جدول ۲: میانگین‌های اقلیمی آماره‌های دمایی ایستگاه‌های مورد بررسی طی دوره‌ی ۵۰ ساله (درجه سانتی‌گراد)

نام ایستگاه	بیرجند	اصفهان	کرمان	مشهد	سبزوار	شاهرود	شیراز	تهران	یزد	زاهدان
مقادیر مختلف آماره‌های دمایی حداکثر در کل دوره										
کمترین دما	۴/۸	۳/۱	۳/۹	-۱/۱	-۰/۹	۰/۶	۷/۵	۱/۲	۵/۸	۷/۵
بیشترین دما	۴۰	۳۹/۷	۳۸/۲	۳۶/۹	۴۰	۳۷/۱	۴۰/۱	۳۹	۴۲/۶	۳۹/۵
میانگین دما	۲۴/۵	۲۳/۳	۲۴/۶	۲۱/۲	۲۴/۲	۲۰/۷	۲۵/۷	۲۲/۷	۲۶/۶	۲۶/۷
مقادیر مختلف آماره‌های دمایی متوسط در کل دوره										
کمترین دما	-۰/۷	-۳	-۳/۱	-۸/۵	-۶/۹	-۴/۸	۲	-۴/۱	-۰/۸	۱/۴
بیشترین دما	۳۰/۲	۳۱/۷	۲۹/۲	۲۸/۹	۳۳	۲۹/۵	۳۲/۱	۳۲/۴	۳۵/۵	۳۰/۶
میانگین دما	۱۶/۵	۱۶/۳	۱۵/۶	۱۴/۲	۱۷/۴	۱۴/۷	۱۷/۷	۱۷/۳	۱۹/۱	۱۸/۴
مقادیر مختلف آماره‌های دمایی حداقل در کل دوره										
کمترین دما	-۶/۱	-۹/۱	-۱۰/۲	-۱۵/۹	-۱۲/۸	-۱۰/۱	-۳/۹	-۹/۷	-۷/۸	-۶/۳
بیشترین دما	۲۲/۶	۲۳/۹	۲۱/۵	۲۱/۸	۲۶/۱	۲۳/۱	۲۴/۲	۲۶/۶	۲۸/۳	۲۲/۳
میانگین دما	۸/۴	۹/۳	۶/۷	۷/۱	۱۰/۶	۸/۶	۹/۸	۱۲	۱۱/۷	۱۰/۱

مأخذ: نگارندگان

که نشان از هماهنگی روش رگرسیون و روش کندال دارد. از جداول ۳، ۴ و ۵ نتایجی حاصل می‌شود که در ادامه به آن پرداخته شده است.

شهرهای کرمان، مشهد، سبزوار، شیراز، تهران، یزد و زاهدان در پارامتر حداکثر دمایی مشاهده شده به طور سالانه دارای روند معنی‌دار می‌باشند که این معنی‌داری در ماه آوریل نیز در تمام این شهرها دیده می‌شود. بیشترین روند معنی‌داری سالانه برای پارامتر حداکثر دمایی مشاهده شده نیز در شهر مشهد وجود دارد (جدول شماره‌ی ۳). همچنین در تمام شهرهای مورد مطالعه به جز بیرجند برای پارامتر حداقل دما

ب- نتایج آزمون رگرسیون خطی و مقدار آماره کندال

در جداول ۳، ۴ و ۵ نتایج به دست آمده توسط رگرسیون خطی با بیان شیب خط و معنی‌داری آن که توسط نرم‌افزار SPSS16 به دست آمده بیان می‌شود. تغییرات سالیانه سه آماره‌ی مورد بررسی نیز در شکل‌های ۲ الی ۴ نشان داده شده است. همچنین مقدار آماره کندال به دست آمده و معنی‌داری آن بررسی می‌شود. لازم به ذکر است نتایج نشان می‌دهد در اکثر موارد شیب رگرسیون خطی و معنی‌داری آن با معنی‌داری به دست آمده از آماره کندال یکسان است

روند معنی‌دار سالانه وجود دارد. عدم وجود روند در این شهر به جز یک یا دو ماه در سال در بقیه‌ی ماه‌های سال نیز کاملاً مشهود است. همچنین شهرهای تهران، شیراز و سبزواری در تمامی ماه‌های سال نیز برای پارامتر حداقل دمای برداشت شده دارای روند معنی‌دار می‌باشند (جدول شماره‌ی ۴).

در مورد پارامتر متوسط دمای مشاهده شده با وجود روند سالانه در تمام شهرهای مورد مطالعه، در ماه مارس و فوریه هیچ‌گونه روندی برای هیچ کدام از شهرها وجود ندارد (جدول شماره‌ی ۵).

جدول ۳: معنی‌داری و شیب روند دماهای حداکثر در مقیاس ماهانه بر اساس رگرسیون خطی و آماره کندال

نام ایستگاه	بیرجند	اصفهان	کرمان	مشهد	سبزواری	شاهرود	شیراز	تهران	یزد	زاهدان
ژانویه	T	-۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۰۰	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۱۳
	S	-۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	-۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
فوریه	T	-۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۲	-۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۱۰	-۰/۰۲
	S	-۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۳	-۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰
مارس	T	-۰/۳*	-۰/۰۹	۰/۰۰	۰/۰۷	۰/۰۵	-۰/۰۶	-۰/۰۲	۰/۰۲	-۰/۰۱
	S	-۰/۰۴	-۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۲	-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۰	-۰/۰۲
آوریل	T	-۰/۰۵	۰/۲۴*	۰/۲۳*	۰/۲*	۰/۲۳*	۰/۰۸	۰/۲۳*	۰/۲۱*	۰/۲۳*
	S	۰/۰۱۲	۰/۰۵*	۰/۰۵*	۰/۰۶*	۰/۰۶*	۰/۰۱	۰/۰۵*	۰/۰۴*	۰/۰۵*
می	T	-۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۱۴	۰/۰۳	۰/۰۹	-۰/۰۷	۰/۱۴	-۰/۰۶	۰/۰۴
	S	-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۳*	۰/۰۰	۰/۰۱
ژوئن	T	-۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۰۸	۰/۲۵*	۰/۰۴	۰/۱۲
	S	-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۳*	۰/۰۳*	۰/۰۱	۰/۰۳*	۰/۰۱	۰/۰۱
ژوئیه	T	۰/۲۱*	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۱۵	-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۳۱*	۰/۰۲	۰/۱۲
	S	-۰/۰۲	۰/۰۳*	۰/۰۲	۰/۰۳*	۰/۰۲*	۰/۰۱	۰/۰۳*	۰/۰۱	۰/۰۱
اوت	T	-۰/۰۴	۰/۳*	۰/۱۵	۰/۲۴*	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۲۹*	۰/۱۴	۰/۱۳
	S	-۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲*	۰/۰۳*	۰/۰۲	۰/۰۴*	۰/۰۲	۰/۰۲
سپتامبر	T	-۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۲۶*	۰/۲۳*	۰/۰۹	۰/۲۹*	۰/۱۴	۰/۳*
	S	-۰/۰۲	۰/۰۳*	۰/۰۲	۰/۰۳*	۰/۰۳*	۰/۰۱	۰/۰۳*	۰/۰۲	۰/۰۳*
اکتبر	T	-۰/۱۷	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱۷	۰/۱۲	-۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۱۲
	S	-۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۳*	۰/۰۴	-۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱
نوامبر	T	۰/۰۲	۰/۱۲	۰/۲۴*	۰/۱۳	۰/۱۵	-۰/۰۳	۰/۱	۰/۰۵	۰/۱۹*
	S	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۵*	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۴*
دسامبر	T	۰/۰۷	۰/۱۴	۰/۲۳*	۰/۱۰	۰/۱۲	-۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۰۳	۰/۱۸
	S	۰/۰۲	۰/۰۴*	۰/۰۶*	۰/۰۳	۰/۰۳	-۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۴

مأخذ: نگارندگان

- ۱- T نشان‌دهنده‌ی مقدار آماره کندال می‌باشد و S بیانگر مقدار شیب خطی است.
- ۲- علامت * در کنار هر عدد بیانگر معنی‌دار بودن پارامتر در بازه‌ی زمانی مشخص شده می‌باشد.
- ۳- معنی‌داری در سطح ۹۵٪ در نظر گرفته شده است.

جدول ۴: معنی‌داری و شیب روند دماهای حداقل در مقیاس ماهانه بر اساس رگرسیون خطی و آماره کندال

نام ایستگاه	بیرجند	اصفهان	کرمان	مشهد	سبزوار	شاهرود	شیراز	تهران	یزد	زاهدان
ژانویه	T	۰/۱۹-	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۳۱*	۰/۴۲*	۰/۲۸*	۰/۳*	۰/۳۴*	۰/۲۳*
	S	-۰/۰۲۷	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۹۱*	۰/۰۹۱*	۰/۰۵۲*	۰/۰۴۵*	۰/۰۸۴*	۰/۰۴۱*
فوریه	T	-۰/۱۳	-۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۱۶	-۰/۲۸*	-۰/۱۳	۰/۲۹*	۰/۲۶*	۰/۱۵
	S	-۰/۰۲۴	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۵	-۰/۰۳	۰/۰۴۴*	۰/۰۶۳*	۰/۰۳
مارس	T	۰/۲۲*	-۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۱۴	-۰/۲۷*	-۰/۱۴	۰/۳۸*	۰/۲۶*	۰/۱۳
	S	-۰/۰۴*	-۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۳	-۰/۰۳	۰/۰۴۶*	۰/۰۵۹*	۰/۰۲
آوریل	T	-۰/۱۱	۰/۲۸*	۰/۱۲	-۰/۳۱*	۰/۳۶*	۰/۳۶*	۰/۵۱*	۰/۴۳*	۰/۳۵*
	S	-۰/۰۰۷	۰/۰۳۹*	۰/۰۱۷	۰/۰۴۴*	۰/۰۴۴*	۰/۰۵۷*	۰/۰۵۲*	۰/۰۸۳*	۰/۰۳۵*
می	T	-۰/۱	۰/۱	۰/۱۹	-۰/۳۲*	-۰/۳۲*	۰/۲۲*	۰/۵*	۰/۳۴*	-۰/۲۸*
	S	-۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۵*	-۰/۰۵*	۰/۰۳۶*	۰/۰۲۳*	۰/۰۴۸*	۰/۰۳۸*
ژوئن	T	۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۴*	۰/۴۶*	۰/۴۳*	۰/۵۴*	۰/۴۶*	-۰/۴۱*
	S	۰/۰۰	۰/۰۲۵*	۰/۰۲	۰/۰۷۵*	۰/۰۷۵*	۰/۰۶*	۰/۰۲۶*	۰/۰۶۷*	۰/۰۴۷*
ژوئیه	T	-۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۴۴*	۰/۴۵*	۰/۳۷*	۰/۵۱*	۰/۴*	-۰/۲۶*
	S	-۰/۰۱۳	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۷۵*	۰/۰۷۶*	۰/۰۶۱*	۰/۰۷۷*	۰/۰۵۸*	۰/۰۴۷*
اوت	T	-۰/۱	۰/۰۷	۰/۰۸	-۰/۴۳*	-۰/۴۹*	۰/۴*	۰/۵۹*	۰/۵۶*	۰/۳*
	S	-۰/۰۱۴	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۷۶*	۰/۰۹۱*	۰/۰۶۹*	۰/۰۸۹*	۰/۰۷۷*	۰/۰۴۸*
سپتامبر	T	-۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۶	-۰/۳۷*	-۰/۵۲*	۰/۴۶*	۰/۴۴*	۰/۵۳*	-۰/۳۲*
	S	-۰/۰۲۴	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۹۱*	۰/۰۸۹*	۰/۰۷۹*	۰/۰۷۶*	۰/۰۷۸*	۰/۰۵۷*
اکتبر	T	-۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۱۹	-۰/۳۸*	۰/۴*	۰/۳۸*	۰/۴۴*	۰/۴۵*	-۰/۳۷*
	S	-۰/۰۱۳	۰/۰۲	۰/۰۳۹*	۰/۰۸۹*	۰/۰۸۴*	۰/۰۷۸*	۰/۰۸۴*	۰/۰۸۳*	۰/۰۶۹*
نوامبر	T	۰/۰۲	۰/۱۶	۰/۲۷*	۰/۴۳*	۰/۵۱*	۰/۴۱*	۰/۴۸*	۰/۴۴*	۰/۴۶*
	S	۰/۰۰۵	۰/۰۲	۰/۰۵۹*	۰/۰۹۹*	۰/۰۹۹*	۰/۰۸۲*	۰/۰۷۷*	۰/۰۹۲*	۰/۰۸۱*
دسامبر	T	-۰/۰۱	۰/۱۹	۰/۳۴*	۰/۳۹*	۰/۴۴*	۰/۳۴*	۰/۴۲*	۰/۳۹*	۰/۳۳*
	S	۰/۰۰۴	۰/۰۳	۰/۰۷۸*	۰/۰۶۳*	۰/۰۹۴*	۰/۰۶	۰/۰۷۶*	۰/۰۹*	۰/۰۷۱*

مأخذ: نگارندگان

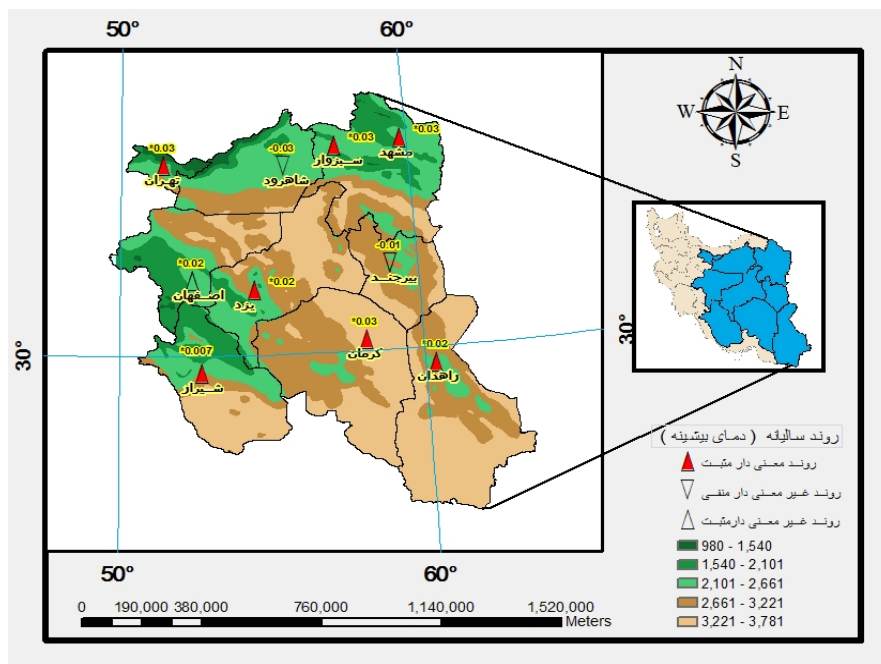
- ۱- T نشان‌دهنده‌ی مقدار آماره کندال می‌باشد و S بیانگر مقدار شیب خطی است.
- ۲- علامت * در کنار هر عدد بیانگر معنی‌دار بودن پارامتر در بازه‌ی زمانی مشخص شده می‌باشد.
- ۳- معنی‌داری در سطح ۹۵٪ در نظر گرفته شده است.

جدول ۵: معنی‌داری و شیب روند دماهای متوسط در مقیاس ماهانه بر اساس رگرسیون خطی و آماره کندال

نام ایستگاه		بیرجند	اصفهان	کرمان	مشهد	سبزوار	شاهرود	شیراز	تهران	یزد	زاهدان
ژانویه	T	-۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۱۴	۰/۲۱*	۰/۲۵*	۰/۱۳	۰/۲۲*	۰/۲*	۰/۱۳	۰/۱۷
	S	-۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۳۳*	۰/۰۵۴*	۰/۰۳	۰/۰۳
فوریه	T	-۰/۱۲	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۰۱	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۱	-۰/۰۱
	S	-۰/۰۲۶	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۱
مارس	T	۰/۲۱*-	-۰/۰۶	-۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۰۴	-۰/۰۴
	S	-۰/۰۴۲	-۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	-۰/۰۱
آوریل	T	-۰/۰۴	۰/۲۷*	۰/۰۲	۰/۲۷*	۰/۲۸*	۰/۲۲*	۰/۳۷*	۰/۳۳*	۰/۲۵*	۰/۲۲*
	S	۰/۰۰۷	۰/۰۴۴*	۰/۰۳۵*	۰/۰۵*	۰/۰۵*	۰/۰۳۶*	۰/۰۶۶*	۰/۰۶۲*	۰/۰۴۸*	۰/۰۴۲*
می	T	-۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۲۱*	۰/۲۱*	۰/۰۷	۰/۳۶*	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۲۱*
	S	-۰/۰۱۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳۳*	۰/۰۳۳*	۰/۰۱	۰/۰۵۶*	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳۴*
ژوئن	T	-۰/۰۸	۰/۱۹*	۰/۱۲	۰/۳۶*	۰/۳۹*	۰/۳*	۰/۵۲*	۰/۲۹*	۰/۲۵*	۰/۲۷*
	S	-۰/۰۰۸	۰/۰۲۱*	۰/۰۲	۰/۰۵۳*	۰/۰۵۳*	۰/۰۳۷*	۰/۰۵۱*	۰/۰۳۹*	۰/۰۲۴*	۰/۰۲۸*
ژوئیه	T	-۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۴۶*	۰/۳۱*	۰/۲۲*	۰/۴۸*	۰/۲۷*	۰/۱۶	۰/۲۲*
	S	-۰/۰۱۹	۰/۰۲۳*	۰/۰۲	۰/۰۵۳*	۰/۰۴۸*	۰/۰۳۴*	۰/۰۵۴*	۰/۰۳۱*	۰/۰۳*	۰/۰۲*
اوت	T	-۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۳۷*	۰/۴*	۰/۳۳*	۰/۵*	۰/۴۱*	۰/۲۶*	۰/۲۳*
	S	-۰/۰۱۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۴۸*	۰/۰۶۲*	۰/۰۴۶*	۰/۰۶۳*	۰/۰۴۹*	۰/۰۳۶*	۰/۰۲۴*
سپتامبر	T	-۰/۱۲	۰/۲۱*	۰/۱۵	۰/۴۴*	۰/۴۴*	۰/۳۸*	۰/۴۳*	۰/۴۱*	۰/۳*	۰/۲۲*
	S	-۰/۰۱۹	۰/۰۲۴*	۰/۰۳	۰/۰۶۲*	۰/۰۶۱*	۰/۰۴۶*	۰/۰۵*	۰/۰۴۸*	۰/۰۴۱*	۰/۰۲
اکتبر	T	-۰/۱	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۳۳*	۰/۳۲*	۰/۱۵	۰/۴۲*	۰/۲۹*	۰/۲۸*	۰/۱۵
	S	-۰/۰۲۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۶۱*	۰/۰۶۱*	۰/۰۳۵*	۰/۰۵۲*	۰/۰۵۱*	۰/۰۴۵*	۰/۰۲
نوامبر	T	۰/۰۱	۰/۱۵	۰/۳*	۰/۲۸*	۰/۳۶*	۰/۲۲*	۰/۴۳*	۰/۲۸*	۰/۳۳*	۰/۳*
	S	۰/۰۰۷	۰/۰۲۶*	۰/۰۵۳*	۰/۰۶۸*	۰/۰۶۸*	۰/۰۴	۰/۰۴۹*	۰/۰۵۵*	۰/۰۶*	۰/۰۵۸*
دسامبر	T	۰/۰۲	۰/۱۷	۰/۳۷*	۰/۲۷*	۰/۳۲*	۰/۰۹	۰/۳۳*	۰/۲۱*	۰/۲۴*	۰/۲۵*
	S	۰/۰۱۳	۰/۰۳۴*	۰/۰۶۸*	۰/۰۶۳*	۰/۰۶۳*	۰/۰۲	۰/۰۵۶*	۰/۰۵۲*	۰/۰۵۴*	۰/۰۴۸*

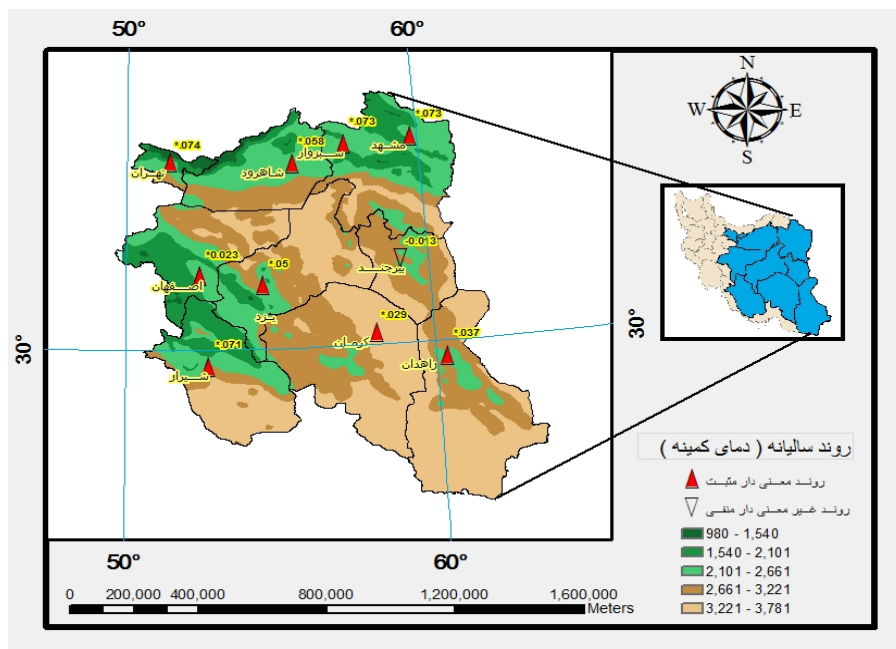
مأخذ: نگارندگان

- ۱- T نشان‌دهنده مقدار آماره کندال می‌باشد و S بیانگر مقدار شیب خطی است.
- ۲- علامت * در کنار هر عدد بیانگر معنی‌دار بودن پارامتر در بازه‌ی زمانی مشخص شده می‌باشد.
- ۳- معنی‌داری در سطح ۹۵٪ در نظر گرفته شده است.



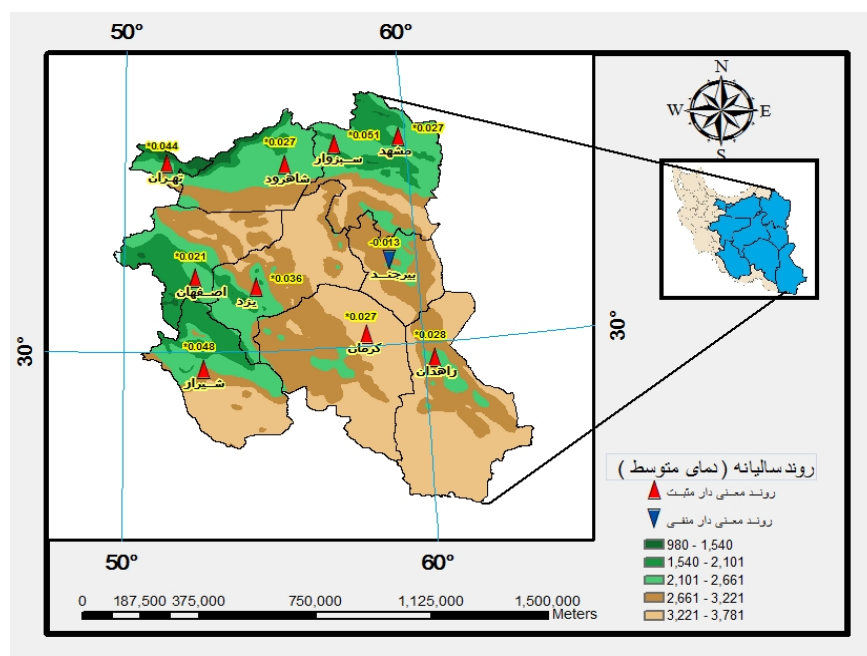
شکل ۲: معنی داری و شیب روند دمای حداکثر سالیانه

مأخذ: نگارندگان



شکل ۳: معنی داری و شیب روند دمای حداقل سالیانه

مأخذ: نگارندگان



شکل ۴: معنی‌داری و شیب روند دمای متوسط سالیانه

مأخذ: نگارندگان

و 'U' رسم شود. این نمودارها برای هر پارامتر و در مقیاس سالانه و ماهانه رسم گردید که نتایج آن رسم بیش از ۴۰۰ نمودار و تحلیل آنها بود که در این جا تنها به نتایج آن در قالب پنج جدول پرداخته می‌شود. در برخی موارد برای تشخیص درست‌تر از نمودار میانگین متحرک ۵ ساله نیز استفاده شده است. در این تحقیق وجود هرگونه روند با حرف T (مخفف Trend)، جهش ناگهانی در تقاطع مؤلفه‌های U و 'U' با حرف A (مخفف Abrupt)، افزایش یک عنصر با حرف I (مخفف Increase) و کاهش آن با D (مخفف Decrease) مشخص شده است (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۷: ۲۸-۱۳). همچنین نتایج سالیانه آزمون گرافیکی کندال برای هر یک از آماره‌ها در نقشه‌های ۷ الی ۹ ارائه شده است.

نتایج به‌دست آمده بر اساس رگرسیون خطی در شهرهای یزد، تهران، مشهد، اصفهان و سبزوار با نتایج به‌دست آمده در تحقیق شیرغلامی و همکاران نزدیک می‌باشد ولی در نتایج روند دمای سالیانه تنها در شهر اصفهان نتایج دقیقاً یکسان با نتایج کار شیرغلامی ارزیابی شد و در سایر موارد نتایج متفاوت مشاهده شد (شیرغلامی و قهرمان، ۱۳۸۴: ۲۳-۹).

با توجه به مطالعات عزیزی و همکاران به طور کلی وجود روندهای کلی سالیانه و یکسان در دو تحقیق مشاهده نشد (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۷: ۲۸-۱۳).

ج- نتایج آزمون گرافیکی من-کندال

پس از به دست آوردن آماره کندال برای تعیین جهت و سال شروع روند یا جهش ناگهانی باید نمودارهای U

جدول ۶: نوع و زمان تغییر دمای حداکثر در مقیاس ماهانه طی دوره ۵۰ ساله

ماه	زاهدان	یزد	تهران	شیراز	شاهرود	سبزوار	مشهد	کرمان	اصفهان	بیرجند
ژانویه	AD 66	-	AD 60	AI 76	AD 63	AD 59	AD 60	-	-	AD 67
فوریه	AD 63	AI 2001	AD 60	-	AD 64	AD 58	AD 63	AD 62	-	AD 63
مارس	-	AD 64	AD 66	AD 71	AD 64	AD 58	AD 58	AD 58	AD 64	TD 70
آوریل	TI 96	TI 77	TI 74	TI 77	-	TI 70	TI 69	TI 78	TI 87	-
می	-	-	-	AI 95	-	-	-	-	-	-
ژوئن	-	-	-	TI 69	-	-	AI 94	-	-	AD 78
ژوئیه	-	-	-	TI 75	-	-	-	-	-	TD 66
اوت	-	-	AD 59, AI 94	TI 77	AI 93	AI 92	TI 93	AD 59	TI 99	-
سپتامبر	TI 94	TI 89	AD 59	TI 80	-	TI 85	TI 95	-	-	-
اکتبر	-	AD 59	-	AI 97	AD 60	-	-	-	-	AD 73
نوامبر	TI 68	AI 63	AI 59	AI 59	-	AI 62	AI 62	TI 79	-	-
دسامبر	-	AI 83	-	-	AD 65	-	-	TI 85	-	-

TD: روند کاهشی، TI: روند افزایشی، AD جهش منفی، AI: جهش مثبت
مأخذ: نگارندگان

جدول ۷: نوع و زمان تغییر دمای حداقل در مقیاس ماهانه طی دوره ۵۰ ساله

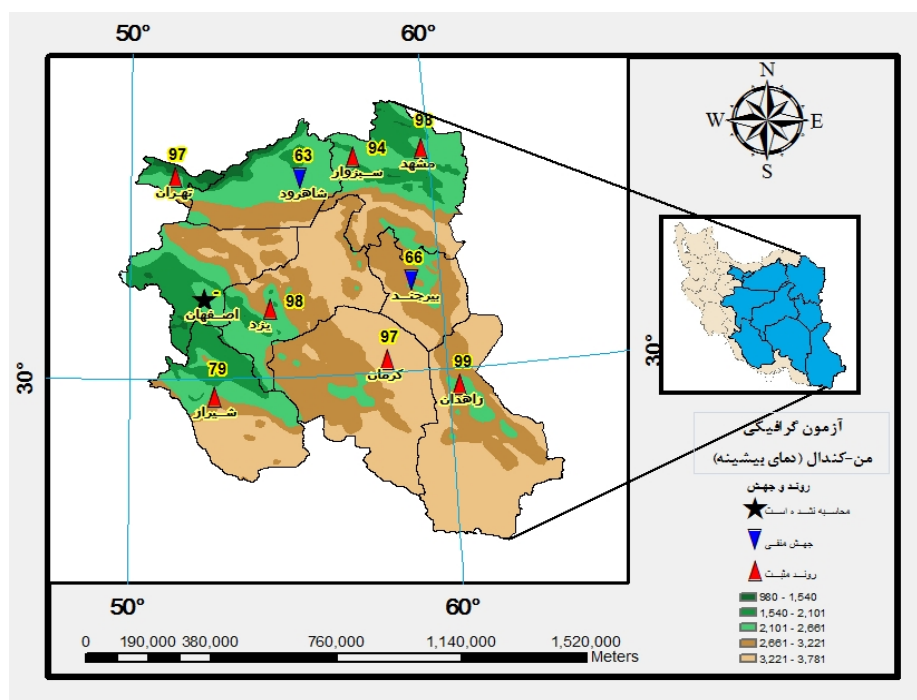
ماه	زاهدان	یزد	تهران	شیراز	شاهرود	سبزوار	مشهد	کرمان	اصفهان	بیرجند
ژانویه	TI 75	TI 2000	TI 91	TI 90	TI 98	TI 89	TI 92	AD 58	-	AD 66
فوریه	TI 87	AD 2001	TI 94	TI 91	AI 2000	TI 91	AI 99	AD 63	-	AD 70
مارس	TI 94	AD 58	TI 98	TI 86	AI 2000	TI 97	AD 58	AD 57	-	TD 65
آوریل	TI 96	TI 80	TI 75	TI 80	TI 83	TI 74	TI 87	-	TI 71	-
می	TI 80	TI 86	TI 80	TI 82	TI 87	TI 72	TI 92	AI 96	AI 56	AD 78
ژوئن	TI 81	TI 93	TI 79	TI 82	TI 83	TI 71	TI 88	AI 2000	AI 62	-
ژوئیه	TI 80	TI 96	TI 74	TI 85	TI 79	TI 73	TI 88	AI 97	-	AD 69
اوت	TI 79	TI 96	TI 86	TI 83	TI 87	TI 77	TI 92	AD 57	-	AD 72
سپتامبر	-	TI 96	TI 77	TI 88	TI 88	TI 79	TI 93	-	-	AD 67
اکتبر	AD 57	TI 93	TI 84	TI 87	TI 95	TI 80	TI 94	AI 98	-	-
نوامبر	-	TI 86	TI 78	TI 83	TI 83	TI 73	TI 85	TI 88	-	-
دسامبر	-	TI 90	TI 96	TI 88	-	TI 84	TI 91	TI 86	-	-

TD: روند کاهشی، TI: روند افزایشی، AD جهش منفی، AI: جهش مثبت
مأخذ: نگارندگان

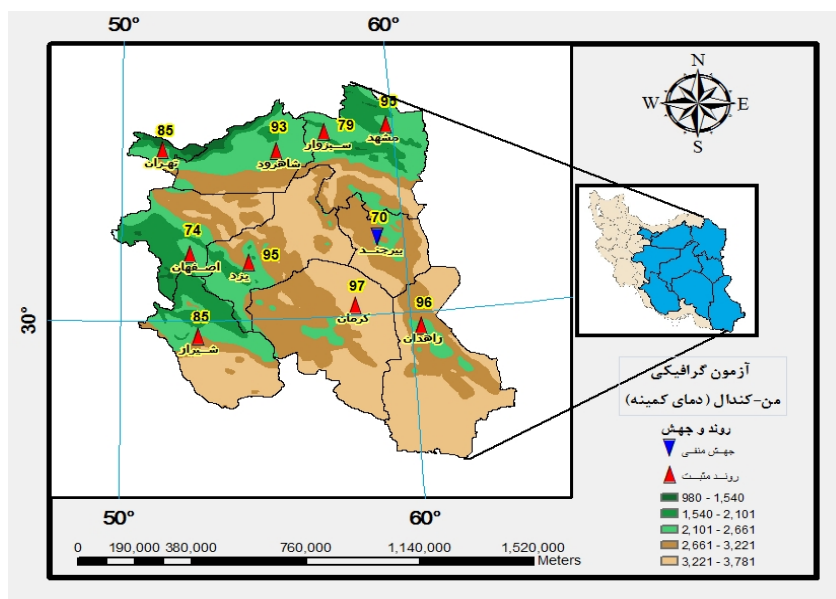
جدول ۸: نوع و زمان تغییر دمای متوسط در مقیاس ماهانه طی دوره ۵۰ ساله

ماه	بیرجند	اصفهان	کرمان	مشهد	سبزوار	شاهرود	شیراز	تهران	یزد	زاهدان
ژانویه	AD ₆₇	-	-	TI ₉₆	TI ₉₃	AD ₅₇	TI ₈₀	TI ₉₃	AI ₂₀₀₁	-
فوریه	AD ₆₆	AD ₆₃	AD ₆₂	AD ₆₃	AI ₉₈	AD ₆₂	AI ₉₇	AD ₅₆	AI ₂₀₀₁	-
مارس	TD ₇₁	AD ₇₁	AD ₅₇	AD ₅₈	AI ₂₀₀₀	AD ₅₉	AI ₂₀₀₀	AI ₉₉	-	AD ₅₉
آوریل	-	TI ₇₆	-	TI ₇₂	TI ₇₂	TI ₇₇	TI ₇₇	TI ₇₅	TI ₇₇	TI ₉₇
می	-	-	AI ₉₄	TI ₈₂	TI ₇₃	-	TI ₈₀	-	AI ₉₇	TI ₇₅
ژوئن	-	AI ₂₀₀₀	-	TI ₈₇	TI ₇₁	TI ₈₃	TI ₇₉	TI ₈₂	TI ₉₇	TI ₇₆
ژوئیه	AD ₆₉	-	-	TI ₈₈	TI ₇₄	TI ₇₅	TI ₈₃	TI ₇₃	AI ₂₀₀₁	TI ₇₆
اوت	AD ₇₁	-	-	TI ₉₁	TI ₇₉	TI ₈₈	TI ₈₁	TI ₈₈	TI ₂₀₀₀	TI ₉₃
سپتامبر	AD ₆₈	TI ₈₆	-	TI ₈₉	TI ₈₂	TI ₈₈	TI ₈₆	TI ₈₃	TI ₉₅	TI ₉₆
اکتبر	-	-	-	TI ₉₅	TI ₉₄	AI ₂₀₀₀	TI ₈₉	TI ₉₆	TI ₉₇	-
نوامبر	-	-	TI ₈₆	TI ₇₉	TI ₆₉	TI ₈₃	TI ₇₈	TI ₇₇	TI ₇₈	TI ₇₉
دسامبر	-	-	TI ₈₇	TI ₈₅	TI ₇₆	-	TI ₈₆	TI ₈₆	TI ₈₅	TI ₈₄

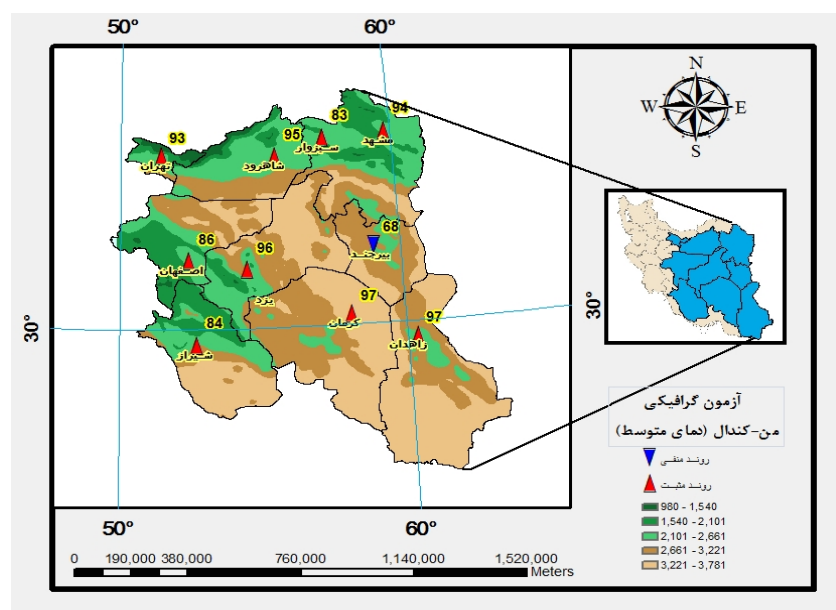
TD: روند کاهش، TI: روند افزایشی، AD: جهش منفی، AI: جهش مثبت
 مأخذ: نگارندگان



شکل ۵: نتایج آزمون گرافیکی کندهال برای دمای حداکثر در مقیاس سالیانه
 مأخذ: نگارندگان



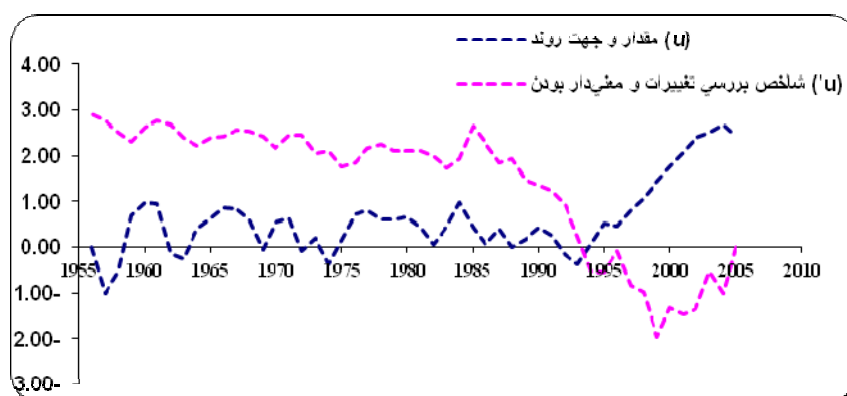
شکل ۶: نتایج آزمون گرافیکی کندال برای حداقل دمای حداقل در مقیاس سالیانه
 مأخذ: نگارندگان



شکل ۷: نتایج آزمون گرافیکی کندال برای دمای متوسط در مقیاس سالیانه
 مأخذ: نگارندگان

از سال ۱۹۹۳ میلادی و پس از تلاقی با خط شاخص بررسی تغییرات، شروع و تا سال مورد بررسی در این پژوهش ادامه داشته است.

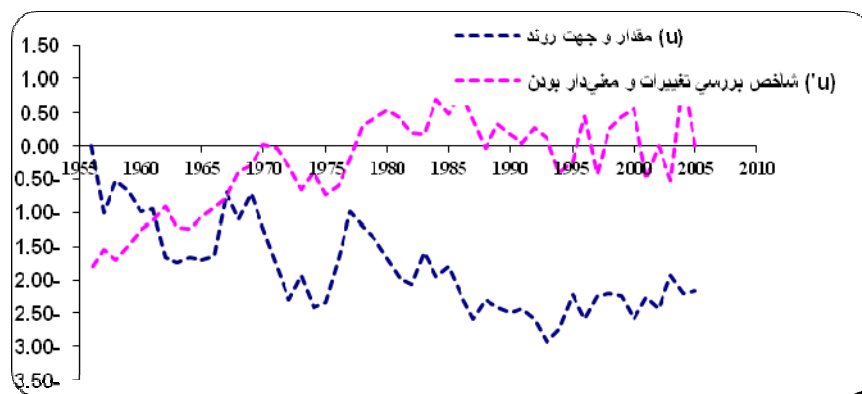
در شکل شماره ۸ به عنوان یک نمونه، روند مثبت معنی‌داری پارامتر حداکثر دما، در شهر مشهد و در ماه اوت نشان داده شده است؛ همان‌گونه که مشاهده می‌شود طبق تعریف آماره کندال، روند معنی‌دار مثبت



شکل ۸: روند معنی‌داری مثبت دما در ماه اوت در شهر مشهد طی سال‌های مورد مطالعه
مأخذ: نگارندگان

معنی‌دار منفی از سال ۱۹۶۶ و پس از تلاقی با خط شاخص بررسی تغییرات، شروع و تا سال مورد بررسی در این پژوهش ادامه داشته است.

در شکل شماره ۹ به عنوان یک نمونه، روند منفی معنی‌داری پارامتر حداکثر دما، در شهر بیرجند و در ماه جولای نشان داده شده است؛ همان‌گونه که مشخص می‌باشد و طبق تعریف آماره کندال، روند



شکل ۹: روند معنی‌داری منفی دما در ماه جولای در شهر بیرجند طی سال‌های مورد مطالعه
مأخذ: نگارندگان

را نشان می‌دهد. همچنین تفکیک دوره‌های آماری نشان می‌دهد که میزان تغییرات سالیانه در دو دهه‌ی اول و دوم دوره‌ی مورد بررسی به ترتیب ۰.۴٪ و ۰.۱۳٪ و در دوده‌ی سوم و چهارم دوره ۰.۲۱٪ و ۰.۲۸٪ و در دهه‌ی آخر بیشترین تغییرات یعنی ۰.۳۴٪ را به خود اختصاص داده است که نشان می‌دهد به مرور زمان تغییرات سالیانه افزایش یافته است. بررسی‌های ماهیانه در این زمینه نیز به تفکیک در جداول ۹ و ۱۰ آمده است.

در دو جدول آخر (۹ و ۱۰) به بررسی کلی تعداد این روندها در کل دوره و در دهه‌های مجزا پرداخته شده است. بر اساس جداول ۹ و ۱۰ از مجموع ۱۰ ایستگاه تحت بررسی ۲۹ مورد تغییرات به صورت روند معنی‌دار و غیر معنی‌دار در جهت مثبت یا منفی مشاهده شد که از این میزان ۲۵ مورد (۸۶٪) بیانگر روند مثبت می‌باشد که بخش اعظم تغییرات را به خود اختصاص داده و یک مورد (۴٪) روند منفی و ۳ مورد (۱۰٪) شیب در جهت منفی که بیانگر کاهش دما است

جدول ۹: فراوانی مورد مطالعه در دهه‌های و درصد تغییرات عناصر اقلیمی در ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره‌ی آماری

واحد مقایسه		روند منفی	روند مثبت	کاهشی	افزایشی	کل تغییرات
ژانویه	تعداد	۰	۱۱	۱۰	۲	۲۳
	درصد	۰	۴۸	۴۳	۹	۱۰۰
فوریه	تعداد	۰	۴	۱۶	۶	۲۶
	درصد	۰	۱۵	۶۲	۲۳	۱۰۰
مارس	تعداد	۳	۴	۱۶	۴	۲۷
	درصد	۱۱	۱۵	۵۹	۱۵	۱۰۰
آوریل	تعداد	۰	۲۴	۰	۰	۲۴
	درصد	۰	۱۰۰	۰	۰	۱۰۰
می	تعداد	۰	۱۱	۱	۵	۱۷
	درصد	۰	۶۵	۶	۲۹	۱۰۰
ژوئن	تعداد	۰	۱۵	۱	۴	۲۰
	درصد	۰	۷۵	۵	۲۰	۱۰۰
ژوئیه	تعداد	۱	۱۴	۲	۲	۱۹
	درصد	۵	۷۴	۱۱	۱۱	۱۰۰
اوت	تعداد	۰	۱۷	۵	۲	۲۴
	درصد	۰	۶۵	۲۳	۱۲	۱۰۰
سپتامبر	تعداد	۰	۱۹	۳	۰	۲۲
	درصد	۰	۸۳	۱۷	۰	۸
اکتبر	تعداد	۰	۱۱	۴	۳	۱۸
	درصد	۰	۵۲	۳۳	۱۴	۸
نوامبر	تعداد	۰	۱۷	۰	۵	۲۲
	درصد	۰	۷۴	۰	۲۶	۸
دسامبر	تعداد	۰	۱۴	۱	۱	۱۶
	درصد	۰	۸۲	۱۲	۶	۶
سالیکانه	تعداد	۱	۲۵	۳	۰	۲۹
	درصد	۴	۸۶	۱۰	۰	۱۰۰
دوره	تعداد	۴	۱۶۱	۵۹	۳۴	۲۵۸
	درصد	۲	۶۲	۲۳	۱۳	۱۰۰

مأخذ: نگارندگان

جدول ۱۰: فراوانی و درصد وقوع زمان تغییرات عناصر ماهانه و سالانه ایستگاه‌های منتخب

واحد مقایسه		دهه اول	دهه دوم	دهه سوم	دهه چهارم	دهه پنجم	کل تغییرات
		(۱۹۶۵-۱۹۵۶)	(۱۹۷۵-۱۹۶۶)	(۱۹۸۵-۱۹۷۶)	(۱۹۹۵-۱۹۸۶)	(۲۰۰۵-۱۹۹۶)	
ژانویه	تعداد	۶	۵	۲	۶	۴	۲۳
	درصد	۲۶	۲۲	۹	۲۶	۱۷	۱۰۰
فوریه	تعداد	۱۳	۲	۰	۴	۷	۲۶
	درصد	۵۰	۸	۰	۱۵	۲۷	۱۰۰
مارس	تعداد	۱۴	۵	۰	۲	۶	۲۷
	درصد	۵۲	۱۹	۰	۷	۲۲	۱۰۰
آوریل	تعداد	۰	۹	۱۰	۲	۳	۲۴
	درصد	۰	۳۸	۴۲	۸	۱۲	۱۰۰
می	تعداد	۱	۳	۶	۵	۲	۱۷
	درصد	۶	۱۸	۳۵	۲۹	۱۲	۱۰۰
ژوئن	تعداد	۱	۳	۹	۴	۳	۲۰
	درصد	۵	۱۵	۴۵	۲۰	۱۵	۱۰۰
ژوئیه	تعداد	۰	۹	۵	۲	۳	۱۹
	درصد	۰	۴۷	۲۶	۱۱	۱۶	۱۰۰
اوت	تعداد	۳	۲	۶	۱۰	۳	۲۴
	درصد	۱۳	۸	۲۵	۴۲	۱۲	۱۰۰
سپتامبر	تعداد	۲	۲	۶	۱۰	۲	۲۲
	درصد	۹	۹	۲۷	۴۶	۹	۱۰۰
اکتبر	تعداد	۳	۱	۲	۷	۵	۱۸
	درصد	۱۷	۵	۱۱	۳۹	۲۸	۱۰۰
نوامبر	تعداد	۵	۳	۱۱	۳	۰	۲۲
	درصد	۲۲	۱۴	۵۰	۱۴	۰	۱۰۰
دسامبر	تعداد	۱	۰	۷	۷	۱	۱۶
	درصد	۶	۰	۴۴	۴۴	۶	۱۰۰
سالانه	تعداد	۱	۴	۶	۸	۱۰	۲۹
	درصد	۳	۱۴	۲۱	۲۸	۳۴	۱۰۰
دوره	تعداد	۴۹	۴۴	۶۴	۶۲	۳۹	۲۵۸
	درصد	۲۱	۱۷	۲۴	۲۳	۱۶	۱۰۰

مأخذ: نگارندگان

نتیجه

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در اکثر موارد با کاهش عرض جغرافیایی، تغییرات دمایی افزایش می‌یابد. در اکثر شهرها و در طول دوره‌ی دراز مدت آماری، در هر سه پارامتر مورد مطالعه دمای حداقل، متوسط و حداکثر برداشت شده روند مثبت یا افزایش دما مشاهده می‌شود. تنها استثناء در این بین، شهر بیرجند می‌باشد که در اکثر موارد روند و جهش‌های کاهشی را نشان می‌دهد. از میان آماره‌های مورد مطالعه، دمای کمینه در منطقه‌ی مورد مطالعه تغییرات معنی‌دار بیشتری از خود داشت. بررسی سه پارامتر دمایی شهر مشهد با دو روش مورد بررسی (رگرسیون خطی و من-کندال) نتایج تقریباً مشابهی را با تحقیقات دیگران از لحاظ معنی‌داری نشان داد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۸-۵). نتایج کلی تحقیق نیز حاکی از این است که اغلب تغییرات در جهت روند مثبت می‌باشد و به دنبال آن گاهی جهش‌های ناگهانی در جهت کاهشی مشاهده می‌گردد. بیشترین تغییرات، پس از تغییرات کلی سالانه در ماه‌های مارس (اسفند) و آوریل (فروردین) اتفاق افتاده است و با تقسیم‌بندی زمان وقوع این تغییرات ۵۰ ساله به ۵ دهه‌ی مجزا می‌توان به این اشاره کرد که بیشتر تغییرات در دهه‌های سوم و چهارم اتفاق افتاده است که حدود ۴۹ درصد تغییرات را در بر می‌گیرد. باید به این نکته نیز توجه داشت که بررسی افزایش دما تنها پارامتر قابل بررسی در زمینه تغییر اقلیم نمی‌باشد بلکه به‌عنوان یکی از آگاهی دهنده‌ها در این زمینه مورد توجه است. در این زمینه باید به نقش دراز مدت تغییرات بارندگی، ابرناکی، تابش‌های طول موج بلند و کوتاه و سایر پارامترهای اقلیمی نیز پرداخته شود. همچنین با بررسی تکمیلی و مطالعه فصلی این پارامترها در فصول

کشت می‌توان برنامه‌ریزی مناسبی برای عملیات-های کشاورزی انجام داد. زیرا افزایش دما می‌تواند با کاهش مقدار رطوبت خاک، تغییر در سرعت تبادل گازها از پوشش گیاهی و خاک، کاهش میزان دبی رودخانه‌ها و سطح آب زیرزمینی، خسارات جبران‌ناپذیر به زمین‌های زراعی وارد کند.

منابع

- ۱- ابراهیمی، حسین؛ امین علیزاده؛ سهیلا جوانمرد (۱۳۸۵). بررسی وجود تغییرات دما در دشت مشهد به عنوان نمایه تغییر اقلیم در منطقه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۹. اصفهان.
- ۲- زابل‌عباسی، فاطمه؛ مرتضی اثمیری؛ شراره ملبوسی (۱۳۸۶). تحلیل مقدماتی سری‌های زمانی دمای هوای شهر مشهد کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم بر مدیریت منابع آب. ۲۴ بهمن.
- ۳- زاهدی، مجید؛ بهروز ساری‌صراف؛ جاوید جامعی (۱۳۸۶). تحلیل تغییرات زمانی- مکانی دمای منطقه شمال غرب ایران، مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۱۰. زاهدان.
- ۴- سایت رسمی سازمان هواشناسی کشور (تاریخ دسترسی فروردین ۱۳۸۸) www.weather.ir/Farsi
- ۵- شیرغلامی، هادی؛ بیژن قهرمان (۱۳۸۴). بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالانه در ایران، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال نهم. شماره اول. اصفهان.
- ۶- عزیزی، قاسم (۱۳۸۳). تغییر اقلیم، تهران. نشر قومس.
- ۷- عزیزی، قاسم؛ محمود روشنی (۱۳۸۷). مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال، مجله پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۶۴. تهران.

- 15- Hansen, J., Sato, M. Ruedy, R. Lo, K. Lea, D. and Elizade. M (2006). Global temperature change, Science, 39.
- 16- Manabe, Syukuro, Richard T. Wetherald (1975). The Effects of Doubling the CO₂ Concentration on the climate of a General Circulation Model. Journal of Atmospheric Sciences, 32.
- 17- Mitchell, J. M., Chairman, J. R., Dzerdzeevskii, B., Flohn, H., Hofmeyer, W. L., Lamb, H. H., Rao, K. N. and Wallen, C. C (1996). Climatic Change Note, WMO, 195.
- 18- Morrissey, M.L. and Graham, N.E (1996). Recent Trends in Rain Gauge Precipitation Measurements from the Tropical Pacific, Bulletin of the American Meteorological Society, 77.
- 19- Proedor, M. et al (1997). Spatial and Temporal Variability of the Seasonal Rainfall in Greece, Climate Dynamics, 13.
- 20- Rebetez, M. and Reinhard, M (2008). Monthly air temperature trend in Switzerland 1901-2000 and 1975-2004, Theor. Appl. Climatol, 91.
- 21- Seleshi, Y. and Zanke, U (2004). Recent changes in rainfall and rainy days in Ethiopia, International Journal of Climatology, 24.
- 22- Sneyers, R (1990). On the statistical analysis of series of observation, WMO Technical Note, 415.
- 23- Toreti, A. and Desiato, F (2008). Temperature trend over Italy from 1961- 2004, Theor. Appl. Climatol, 91.
- 24- Turkesh, M., Sumer, M. U. and Demir, S (2002). Re-Evaluation of Trends and Changes in Mean, Maximum and Minimum Temperatures of Turkey for the Period 1929-1999, International Journal of Climatology.
- 25- Yue, S. and Hashino. M (2003). Temperature trends in Japan: 1900-1996. Theor. Appl. Climatol, 75.
- ۸- عزیزی، قاسم؛ مصطفی کریمی احمدآباد؛ زهرا سبک‌خیز (۱۳۸۴). روند دمایی چند دهه اخیر ایران و افزایش CO₂، نشریه علوم جغرافیایی دانشگاه تربیت معلم. شماره ۵، جلد ۴. تهران.
- ۹- عساکره، حسین (۱۳۸۳). تحلیلی آماری بر تغییرات میانگین سالانه دمای شهر زنجان طی دهه‌های اخیر، مجله نیوار. بهار و تابستان. شماره ۵۳ و ۵۲. تهران.
- ۱۰- عساکره، حسین؛ حسنعلی غیور (۱۳۸۲). بررسی آماری روند بلندمدت بارش سالانه اصفهان، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم. ۲۹ مهر الی اول آبان. دانشگاه اصفهان.
- ۱۱- عسگری، احمد؛ فاطمه رحیم‌زاده (۱۳۸۵). مطالعه تغییرپذیری بارش دهه‌های اخیر ایران، مجله پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۸. تهران.
- ۱۲- علیجانی، بهلول (۱۳۷۴). آب و هوای ایران، تهران. انتشارات دانشگاه پیام نور.
- ۱۳- غیور، حسنعلی؛ حسین عساکره (۱۳۸۲). کاربرد مدل‌های فوریه در برآورد دمای ماهانه و آینده‌نگری آن، مطالعه موردی: دمای مشهد، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم. دانشگاه اصفهان.
- ۱۴- مساح‌بوانی، علیرضا؛ پریسا سادات‌آشفته (۱۳۸۶). بررسی اهمیت موضوع تغییر اقلیم در جهان و تأثیر آن بر سیستم‌های مختلف، کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم بر مدیریت منابع آب. ۲۴ بهمن.