

بررسی نقطه‌ی شکست و روند تغییرات دامنه شبانه‌روزی دمای هوای شهر مشهد

شیده شمس^۱ - سید محمد موسوی بایگی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۰۵

چکیده

اختلاف دامنه‌ی شبانه‌روزی دمای هوا یک متغیر هواشناسی است که نقش مؤثری در تعیین اقلیم هر منطقه دارد. این مطالعه به بررسی تغییرات دامنه شبانه‌روزی دمای هوا در مقیاس‌های سالانه، فصلی، ماهانه و روزانه‌ی شهر مشهد پرداخته است. آزمون‌های SNHT، Buishand، Pettitt، Von-Neumann و کندال-تاو برای این منظور مورداستفاده قرار گرفت. نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه حاکی از وجود روند کاهشی DTR در طی ۶۰ سال گذشته (۲۰۱۰-۱۹۵۱) در ایستگاه مشهد است. با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که شیب تغییرات در سری زمانیدامنه‌ی تغییرات شبانه‌روزی دمای هوای سالانه (DTR) کاهشی است (۰/۲۹- درجه‌ی سانتی‌گراد در سال). بیشترین میزان تغییرات DTR در فصل پاییز (۰/۴۳- درجه‌ی سانتی‌گراد در سال) و کمترین آن وابسته به فصل بهار (۰/۱۵- درجه‌ی سانتی‌گراد در سال) است. همچنین از نیمه‌ی دوم دهه‌ی ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ همان‌گونه که انتظار می‌رفت تغییرات DTR روندی کاهشیاست. بررسی آماری اختلاف دمای حداکثر و حداقل ماهانه نیز نشان داد که در طی سال‌های آماری ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰ DTR روندی کاهشی دارند. نقطه‌ی شکست در این سری‌های زمانی نیز همانند سری‌های فصلی و سالانه در حوالی سال ۱۹۸۵ رخ داده است. روند کاهشی اختلاف دمای شبانه‌روز حاکی از افزایش بیشتر دمای حداقل در برابر دمای حداکثر است. این امر می‌تواند بر بخش کشاورزی اثرات قابل توجهی اعمال کند. لذا در یک مدیریت صحیح کشاورزی بایستی چنین مواردی را مدنظر قرار داد.

واژه‌های کلیدی: دمای حداکثر، دمای حداقل، آزمون‌های همگنی، مشهد

مقدمه

می‌دهد که تغییرات دمایی از اواخر قرن بیستم (یک چهارم آخر) با سرعتی بیش از دوره قبل افزایش یافته است (۲۹)، به نحوی که دهه‌های پایانی قرن بیستم به عنوان گرم‌ترین سال‌ها در طی ۴۰۰ سال گذشته شناخته شده‌اند (۱۹). همچنین به نقل از سایت NASA، گرم‌ترین ده سال ثبت شده با بیشترین دمای رخ داده از سال ۱۹۹۸ تا کنون ثبت شده است، که نه مورد از این ده سال در قرن اخیر به وقوع پیوسته است، که این آمار در ۱۵۰ سال گذشته منحصر به فرد بوده است (۵).

بررسی‌های بسیاری در خصوص میزان تغییرات دما صورت گرفته است. الگوهای گردش عمومی جو (GCM) و سناریوهای استفاده شده توسط^۴ IPCC (A1، A2، A1FI، B1، B2)، پیش‌بینی نموده‌اند که دمای کره‌ی زمین در دهه‌ی ۲۱۰۰ بین ۱/۱ و ۶/۴ درجه‌ی سانتی‌گراد گرمتر از دهه‌ی ۱۹۰۰ خواهد بود. این روند با تغییراتی در شدت و میزان بارش‌ها همراه خواهد بود (۶). با این حال میزان این تغییر دما در مناطق مختلف تفاوت زیادی خواهد داشت (۲۶). نکته شایان توجه و نگران کننده آن است که روند افزایش دما

دما یکی از مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی می‌باشد که در پراکنش و تغییر دیگر پارامترهای اقلیمی نقش مهمی ایفا می‌نماید. همچنین دما یک مولفه‌ی اساسی برای پهنه‌بندی‌های اقلیمی به شمار می‌رود، از این رو بیشترین نمود تغییرات اقلیمی در سطح کره‌ی زمین وابسته به این پارامتر می‌باشد.

دمای جهانی سطح زمین در قرن گذشته بر اساس گزارش آکادمی ملی آیالات متحده آمریکا (۱۶) دارای افزایش ۰/۴ تا ۰/۸ درجه سانتی‌گرادی بوده است. لذا با توجه به آن که گرمایش جهانی هوا تأثیر بسیار زیادی بر حیات در کره زمین دارد، بخش بزرگی از تحقیقات اقلیم‌شناسی در سراسر دنیا به بررسی روند دما در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی، تغییرات گذشته و پیش‌بینی دمای سال‌های آتی اختصاص داده شده است. مطالعات صورت گرفته نشان

۱ و ۲- دانشجوی دکترای هواشناسی کشاورزی و استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*- نویسنده مسئول: (Email: mousavi500@yahoo.com)

3- NationalAcademy

ایران در طی ۵۰ سال گذشته یک درجه‌ی سانتی‌گراد گرم‌تر شده است. در حالی که بررسی‌های جهانی میزان افزایش دما را ۰/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد در هر ۱۰۰ سال نشان داده‌اند. در این صورت آهنگ گرم شدن در ایران ۴ برابر متوسط جهانی است (۱۵).

نتایج حاصل از بررسی خوش‌اخلاق و همکاران (۱۲) حاکی بر وجود روند افزایشی دمای حداقل در ۲۰ ایستگاه سینوپتیکی کشور است. آن‌ها نشان دادند که نوسانات و تغییرات در مناطق ایران اختلافات زیادی دارد، به طوری که ایستگاه‌های شمال-غرب و نواحی کوهستانی منفرد کشور تغییرات شدید مکانی و زمانی دارند، اما تغییرات در ایستگاه‌های مرکزی و جنوبی ملایم‌تر بوده است. ورشاپیان و همکاران (۳۱) نیز با بررسی دماهای حدی (ماکزیمم و مینیمم)، هشت ایستگاه سینوپتیک در ایران نشان دادند که اغلب ایستگاه‌ها روند افزایشی معنی‌داری خصوصاً در دمای حداقل دارند. خوش‌اخلاق و همکاران (۱۲) نشان دادند که الگوی تغییرات دمای حداقل مطلق در کشور در طول دوره‌ی آماری یکسان نیست. با این حال حداقل دما در سطح کشور در طول دوره‌ی آماری مورد بررسی (۲۰۰۵-۱۹۵۶)، روندی افزایشی را طی کرده است.

در بررسی انجام شده توسط رحیم‌زاده و عسگری (۲۱) نشان داده شده است که دمای حداقل در اغلب ایستگاه‌های ایران (به استثنای ارومیه) روندی افزایشی دارد. نرخ این تغییرات از سال ۱۹۶۰ بیشتر شده است. همچنین دمای حداکثر نیز روندی افزایشی دارد که شیب آن کمتر از دمای کمینه است. نتایج این بررسی DTR روندی کاهشی و متوسط دمای سالانه روندی افزایشی دارد (۲۱). روند افزایش دمای حداقل در ایستگاه‌های مشهد و سبزوار نیز از دمای حداکثر بیشتر است (۳).

مطالعات صورت گرفته بر دمای حداکثر و حداقل سواحل جنوبی دریای خزر در دوره‌ی آماری سال‌های ۱۹۵۵ تا ۱۹۹۴، نشان داد که روند دمای حداقل در اکثر ایستگاه‌های این منطقه افزایشی و روند دمای حداکثر کاهشی است. لذا از دامنه‌ی نوسان دما (DTR) در ناحیه کاسته شده است. همچنین این تغییرات در این منطقه در فصول تابستان و زمستان بیشتر از بهار و پاییز به چشم می‌خورد (۲). امیدوار و خسروی (۱۸) نیز نشان دادند که افزایش دمای حداقل در سری زمانی سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۵۶، موجب افزایش متوسط دما در شهرهای بندرعباس، بوشهر و آبادان شده است.

مطالعه‌ی ۱۱ ایستگاه سینوپتیک در ایران نیز نشان داد که DTR در ۸۲ درصد ایستگاه‌ها در اکثر ماه‌های سال روندی کاهشی و معنی‌دار داشته است. میانگین این شیب کاهشی در حدود ۰/۴۵- درجه‌ی سانتی‌گراد در دهه محاسبه شد. بر اساس نتایج حاصله از این بررسی روند کاهشی تغییرات DTR در شمال و مرکز بیشتر از ایستگاه‌های جنوبی بود (۲۲).

گرم شدن کره‌ی زمین و به تبع آن تغییرات اقلیمی و محیطی

در اواخر قرن بیستم در عرض‌های میانی نیم‌کره‌ی شمالی (که کشور ایران در آن واقع شده) از سایر نقاط جهان بیشتر بوده است (۲۵).

بررسی اقلیم‌های گذشته نشان می‌دهد که در طول زمان، اقلیم مناطق مختلف کره‌ی زمین از دوران‌های یخبندان تا دوران‌های گرم تغییرات بسیار زیادی داشته است. بنابراین این فرض که اقلیم کره‌ی زمین در حال تغییر و نوسان است، دانشمندان بسیاری را بر آن داشته تا در خصوص تغییرات مشاهده شده در پارامترهای اقلیمی به بحث و بررسی بپردازند.

گریسر و همکاران (۸) با بررسی دمای ۱۰۰ ساله‌ی اروپا روند افزایشی دمای منطقه را نشان دادند. یوو هاشینو (۳۳) نشان دادند دمای سالانه‌ی ۴۶ ایستگاه در ژاپن، طی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۱۹۹۶ افزایشی بین ۰/۴۷ تا ۳/۶۹ درجه سانتی‌گراد داشته‌است. همچنین کومارو همکاران (۱۳) نیز افزایش ۰/۴ درجه سانتی‌گرادی را در فصل زمستان در مناطق مختلف ایتالیا نشان دادند.

بررسی رفتار تغییرات دمای حداکثر و حداقل حاکی از واکنش‌های متفاوت این دو پارامتر در طی زمان است. به نحوی که نرخ تغییرات دمای حداقل به طرز محسوسی بیشتر از نرخ تغییرات دمای حداکثر است (۱۱). این امر موجب کاهش اختلاف دمای حداکثر و حداقل (دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما، DTR^1) می‌شود. دیوید و همکاران (۷) نشان دادند که نرخ افزایش دمای حداقل در اکثر مناطق بیشتر از دمای حداکثر است، که به ترتیب ۰/۸۸ و ۱/۸۶ درجه‌ی سانتی‌گراد در سال. این امر موجب کاهش DTR با نرخ ۰/۸۴ درجه‌ی سانتی‌گرادی در سال شده است. با این حال نرخ افزایشی دمای حداکثر و حداقل در برخی از مناطق دنیا مانند زلاندنو و نواحی آلپ در اروپای مرکزی تقریباً با یکدیگر برابر است (۲۴). مارنگو و کامارگو (۱۴) نیز از بررسی سری‌های بلند مدت دمای حداکثر و حداقل ایستگاه‌های جنوب برزیل به این نتیجه رسیدند که روند دمای حداقل افزایشی شیب داشته اما روند دمای حداکثر دارای شیب ملایم بوده است.

در مقیاس‌های محلی نشان داده شده است که عواملی چون توسعه‌ی شهری، آبیاری مزارع و باغات و بیابان‌زایی نیز در کاهش DTR نقش مؤثری را ایفا می‌کنند (۱۰ و ۲۱). بررسی‌های انجام شده نشان داده‌است که بیشترین میزان تغییرات DTR در فصل زمستان و کمترین مقدار آن در فصل تابستان است. این امر حاکی از اثر فصول بر افزایش دمای حداکثر و حداقل است (۷).

طرح آشکار سازی تغییر اقلیم در ایران نشان داد که در اکثر ایستگاه‌های ایران دما دارای روندی افزایشی می‌باشد (۱). نوریان (۱۷) نشان دادند که دما در ایستگاه‌های هواشناسی زمینی و دریایی ایران نسبت به قرن گذشته ۰/۴۵ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش یافته است. همچنین مسعودیان در سال ۱۳۸۷ بیان کرد که متوسط دمای

حاصل شود.

سپس توالی داده‌ها مد نظر قرار گرفت. به نحوی که در مواردی که برای بیشتر از ۴ روز متوالی دمای یکسان ثبت شده بود، آمار این روزها حذف گردیده و سپس این مقادیر با روش‌های آماری شبیه‌سازی شدند. علاوه بر آن بررسی گردید که در طی ۵۰ سال آماری موجود همواره دمای حداکثر از دمای حداقل بیشتر باشد. در گام بعدی اختلاف دمای هر روز با روز بعد از محاسبه شده و روزهایی که اختلاف دمایی بیش از ۸ درجه سانتی‌گراد بود مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های این روزهای با دمای حداکثر، حداقل و دمای خشک روزهای قبل و بعد از آن مقایسه گردید، تا از صحت این آمار نیز اطلاع حاصل شود. در صورت عدم تأیید صحت، داده‌ی مورد نظر حذف و مجدداً شبیه‌سازی شد.

آزمون‌های همگنی

پیش از بررسی نقاط شکست و آزمون‌های روندیابی، سری داده‌های مورد مطالعه توسط آزمون فیشر، Fisher (۳۲)، مورد بررسی قرار گرفت تا از استقلال داده‌ها اطمینان حاصل شود. سپس آزمون‌های همگنی زیر به منظور تعیین نقاط شکست مورد استفاده قرار گرفت. به منظور بررسی نقاط شکست در سری داده‌ها ۴ تست زیر مورد استفاده قرار گرفت:

۱- Standard normal homogeneity test (SNHT) (۱۳)

۲- Petite's test (۲۰)

۳- Buishand's test (۴)

۴- von Neumann's ratio test (۲۷)

در سه تست اول، فرض‌های موجود می‌تواند وجود یک تغییر در سری زمانی را اثبات نماید، بنابراین این امکان را می‌دهد تا این نقطه‌ی تغییر تعیین شود. در تست چهارم (VNRT)، درصد عدم تصادفی بودن داده‌ها را بیان می‌کند، که می‌تواند نشانه‌ای از وجود روندی معنی‌دار در سری زمانی موجود باشد. همچنین بایستی خاطر نشان نمود که روش SNHT، به نقاط تغییر در ابتدای دوره‌ی آماری حساسیت بیشتری دارد، در حالی که روش Buishand و Pettitt در میانه‌ی سری زمانی، از دقت بالاتری برخوردار می‌باشند.

در مطالعات اقلیمی آزمون‌های آماری روندیابی مورد استفاده قرار می‌گیرند، تا بتوان نوسانات اقلیمی سری‌های زمانی طولانی مدت پارامترهای مختلف آب و هوایی را مورد بررسی قرار داد (۳۳:۹). بدین منظور دو روش پارامتری و ناپارامتری مورد استفاده قرار می‌گیرند. فرض اولیه در آزمون‌های پارامتری تصادفی بودن داده‌ها و تبعیت کردن آن‌ها از یک توزیع آماری مشخص می‌باشد. در حالی که در آزمون‌های ناپارامتری شرط نرمال بودن داده‌ها وجود ندارد؛ که در این میان روش‌های ناپارامتری کاربرد وسیع‌تری داشته و بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند (۳۰).

ناشی از آن، همچون ذوب برف‌ها و یخ‌ها در نقاط مختلف کره‌ی زمین، بالا آمدن سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها، افزایش مخاطرات طبیعی (افزایش در شدت و فراوانی طوفان‌ها سیل‌ها و خشکسالی‌ها) و ... زنگ خطری است جدی برای حیات آینده انسان بر روی کره‌ی زمین که می‌تواند آثار مخرب زیادی را به همراه آورد. از این رو بررسی شرایط اقلیمی حال و آینده برای مناطق مختلف با اهمیاست. زیرا بشر می‌تواند با اجرای برخی سیاست‌ها و استفاده از دستاوردهای جدید از میزان خسارات ناشی از تغییر اقلیم کاسته و اثر گذاری خود بر نوسانات اقلیمی را نیز کاهش دهد.

با توجه به این نکته که ایران در محدوده‌ای واقع است که نرخ افزایش دما در آن بیش از سایر مناطق است. لزوم مطالعه و تحقیق در خصوص چگونگی تغییرات دما (و به تبع آن تغییر اقلیم)، بیش‌تر از پیش آشکار می‌شود. علاوه بر آن با توجه به آن که دما در محیط‌های شهری بیشترین تأثیر را از فعالیت‌های بشر دارد، و نیز اهمیت این پارامتر در تعیین اقلیم، تحقیق حاضر به تحلیل اختلاف دمایی بیشینه و کمینه در بازه‌ی زمانی ۱۹۵۱-۲۰۱۰ در مقیاس‌های زمانی سالانه، فصلی، ماهانه و روزانه در ایستگاه سینوپتیک مشهد می‌پردازد.

داده‌ها و روش

تحقیق حاضر تغییرات دامنه تغییرات‌شبانه‌روزی دما ایستگاه سینوپتیک مشهد را مورد بررسی قرار داده است. بدین منظور آمار روزانه‌ی دمای حداکثر و حداقل ایستگاه سینوپتیک مشهد (عرض جغرافیایی ۳۶ ۱۶ شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ ۳۸ شرقی) از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰ از اداره کل هواشناسی شهرستان مشهد اخذ شد. به منظور کنترل کیفیت داده‌ها، چهار روش مورد استفاده قرار گرفت (۲۸). داده‌هایی که اطمینانی به صحت آن‌ها نبود از سری آماری داده‌ها حذف گردیده و به کمک نرم‌افزار SPSS مورد بازسازی قرار گرفت. پس از اصلاح داده‌های دمای حداکثر و حداقل دامنه‌ی تغییرات شبانه‌روزی دما محاسبه شده و در نهایت سری‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه با کمک داده‌های روزانه به دست آورده شد.

روش‌های کنترل کیفیت داده‌ها

پیش از شروع بررسی در ابتدا کیفیت و صحت داده‌ها با ۴ روش مورد بررسی قرار گرفت (۲۸). نخستین آزمون، چک کردن داده‌های بیشینه و کمینه برای سری‌های دمای حداکثر و حداقل بود. در این پژوهش بررسی گردید که داده‌هایدمایی از حد معینی تجاوز نموده باشند و یا از مرز مشخصی کمتر نباشند (gross errors). این محدوده برای دمای حداکثر و حداقل به ترتیب بازه‌های ۴۰ تا ۵°C- و ۲۵ تا ۲۰°C- انتخاب شده و مورد بررسی قرار گرفت. دماهایی که در محدوده‌ی انتخابی قرار نداشتند تک تک با سایر آمارهایدمایی همان روز و روزهای بعد مورد مطالعه قرار گرفته تا از صحت آن‌ها اطمینان

نتایج و بحث

آزمون‌های همگنی و روندیابی

پیش از انجام آزمون روندیابی استقلال سری زمانی داده‌ها توسط آزمون فیشر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله گویای استقلال داده‌ها بود. لذا با توجه به استقلال داده‌ها استفاده از آزمون کندال-تاو برای بررسی روندیابی در سری زمانی داده‌ها پذیرفته شد.

سری داده‌های سالانه

نتایج حاصل از آزمون‌های همگنی حاکی از وجود نقطه‌ی شکست در سری زمانی مورد بررسی می‌باشد. آزمون‌های SNHT و Buishand این نقطه‌ی شکست را برای سال ۱۹۸۵ برآورد نمودند در حالی که آزمون Pettitt تغییر را در سال ۱۹۸۶ نشان داد. نقطه‌ی شکسته‌دست‌آمده در سری زمانی اختلاف دمایی حداکثر و حداقل تقریباً همزمان با تغییر دمایی حداقل می‌باشد، که نشان می‌دهد با شروع به افزایش دمایی حداقل اختلاف میان دمایی حداکثر و حداکثر نیز دچار تغییر شده و کاهش یافته است. متوسط اختلاف دمایی حداکثر و حداقل از سال ۱۹۵۰ تا سال ۱۹۸۵، ۱۴/۶ درجه‌ی سانتی‌گراد بوده که نسبت به میانگین همین پارامتر بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۰، کاهش در حدود ۱/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد داشته و به ۱۲/۹ درجه‌ی سانتی‌گراد رسیده است.

با توجه به این که آزمون‌های فوق نقطه‌ی شکست را سال ۱۹۸۵ تشخیص دادند، آزمون کندال-تاو بر سری‌های زمانی ۱۹۵۱-۱۹۸۵، ۱۹۸۵-۲۰۱۰ و ۱۹۵۱-۲۰۱۰ انجام شده و نتایج به‌دست‌آمده با یکدیگر مقایسه گردید (جدول ۱). با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده می‌شود که شیب تغییرات اختلاف دمایی حداکثر و حداقل در سه سری زمانی مورد بررسی به ترتیب برابر با ۰/۰۶۱، ۰/۰۱۹- و ۰/۰۲۹- می‌باشد، که این شیب‌ها در سه سری زمانی به جز سری زمانی ۱۹۸۵-۲۰۱۰، در سطح ۹۵٪ معنی‌دار می‌باشند (شکل ۱). شمس و موسوی‌بایگی (۲۸) نشان دادند در ایستگاه سینوپتیک مشهد در بازه‌ی زمانی ۱۹۵۱-۲۰۱۰ روند افزایش دمایی حداقل بیشتر دمایی حداکثر می‌باشد، بنابراین انتظار می‌رود که دامنه‌ی تغییرات دمایی شبانه‌روزی هوا رو به کاهش رود، که نتایج حاصل از این مطالعه با گزارش آنان همخوانی دارد.

بررسی تغییرات دمایی فصلی

تمامی آزمون‌های همگنی وجود نقطه‌ی شکست در سری داده‌های دامنه‌ی تغییرات شبانه‌روزی دمایی هوا (DTR) در تمامی فصول سال را نشان می‌دهند. آزمون‌های SNHT، Buishand و Pettitt نقطه‌ی شکست در فصول زمستان، بهار، تابستان و پاییز را به ترتیب در سال‌های ۱۹۸۷، ۱۹۸۶، ۱۹۸۵ و ۱۹۸۵ نشان دادند (جدول ۲). با مقایسه‌ی نتایج حاصل از این بررسی با مطالعه‌ی صورت گرفته

در این مطالعه پس از بررسی همگنی داده‌ها و تشخیص نقطه‌ی تغییر، روند تغییرات دما توسط آزمون کندال-تاو مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا کل دوره‌ی آماری مورد بررسی قرار گرفت، سپس با توجه به نقطه‌ی تغییر به‌دست‌آمده، سری داده‌ها به دو سری دیگر تقسیم شده و روند دما در آن سری‌ها نیز مطالعه شد. بدین گونه می‌توان تشخیص داد که تغییرات معنی‌دار دما، بیشتر وابسته به کدام دوره‌ی زمانی می‌باشد. علاوه بر آن شیب تغییرات با استفاده از برآوردگر سن محاسبه شد.

در این مطالعه‌ی سری آماری داده‌های اختلاف دمایی حداکثر و حداقل (DTR) در مقیاس‌های زمانی سالانه، فصلی و ماهانه توسط آزمون‌های همگنی و نیز روندیابی کندال-تاو مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین سری روزانه نیز توسط آزمون کندال-تاو بررسی شده و شیب تغییرات و معنی‌داری این تغییرات در روزهای مختلف سال تعیین گردید.

آزمون کندال-تاو

در آزمون کندال-تاو فرض صفر H_0 تصادفی بودن و عدم وجود روند معنی‌دار در سری زمانی داده‌ها را بیان می‌کند و فرض H_1 نیز نشان دهنده‌ی وجود روند معنی‌دار در سری داده‌ها می‌باشد. به منظور انجام این آزمون، سری زمانی داده‌ها به ترتیب صعودی رتبه‌بندی می‌شوند. سپس آماره‌ی T کندال بر اساس معادله‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$T = \frac{4P}{n(n-1)} \quad (1)$$

در این معادله، T آماره‌ی کندال-تاو؛ n، تعداد سال‌های آماری و P حاصلجمع تعداد رتبه‌های بزرگتر از هر رده‌ی n_i که بعد از آن قرار دارد می‌باشد. برای محاسبه‌ی P نیز از رابطه‌ی زیر استفاده می‌شود:

$$P = \sum_{i=1}^n n_i \quad (2)$$

سپس برای تعیین معنی‌دار بودن T رابطه‌ی زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

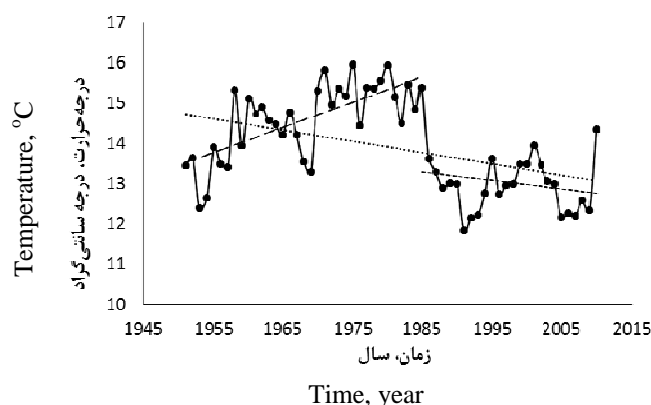
$$T(t) = \pm tg \sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}} \quad (3)$$

در این رابطه، N برابر با تعداد سال‌ها در سری آماری مورد بررسی، tg سطح احتمال معنی‌دار بودن آزمون می‌باشد، که برای فاصله‌ی اطمینان ۹۵ درصدی برابر ۱/۹۶ است و $T(t)$ مقدار ناحیه‌ی بحرانی کندال برای سری زمانی مورد بررسی است.

در صورتی که $-T(t) < T < T(t)$ باشد، بدین معنی است که سری زمانی داده‌های مورد بررسی تصادفی بوده و روند معنی‌داری در آن مشاهده نمی‌شود. هنگامی که $-T(t) > T$ باشد، روند منفی در سری زمانی مشاهده شده است، همچنین در صورتی که $T(t) < T$ باشد نیز روند مثبت نشان داده شده است.

آماري می‌باشد. با این حال این روند کاهش‌ی تنها در دو فصل تابستان و پاییز (شیب سن به دس آمده ی $-0/036$ و $-0/043$) در سطح آماری 95% معنی‌دار بود. همچنین در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۵۱ تا نقطه‌ی شکست نیز روند تغییرات DTR روندی افزایشی می‌باشد. این روند افزایشی تنها در دو فصل بهار و تابستان معنی‌دار می‌باشند، که شیب افزایشی به‌دست‌آمده برای این دو فصل به ترتیب $0/065$ و $0/078$ درجه‌ی سانتی‌گراد در سال است.

توسط شمس و موسوی‌بایگی (۲۸) مشاهده می‌شود که با تغییر در روند دمای حداقل، اختلاف میان دمای حداکثر و حداقل نیز به طور واضحی تغییر نموده است، به نحوی که نقاط تغییر این دو سری دمایی با هم برابر می‌باشند. سپس آزمون کندال-تاو بر سری زمانی سال‌های ۱۹۵۱-۲۰۱۰ و همچنین ۱۹۵۱ تا نقطه‌ی شکست و از نقطه‌ی شکست تا ۲۰۱۰ تست شد. نتایج حاصله از آزمون کندال-تاو برای فصول مختلف همگی حاکی از شیب کاهش‌ی روند تغییرات DTR در کل دوره‌ی



شکل ۱- نمودار تغییرات دامنه‌ی شبانه‌روزی دمای هوای (اختلاف دمای حداکثر و حداقل) سالانه
Fig 1- Changes in yearly diurnal temperature range (DTR)

جدول ۱- خلاصه‌ی نتایج به‌دست‌آمده از آزمون کندال-تاو بر اختلاف دمای حداکثر و حداقل

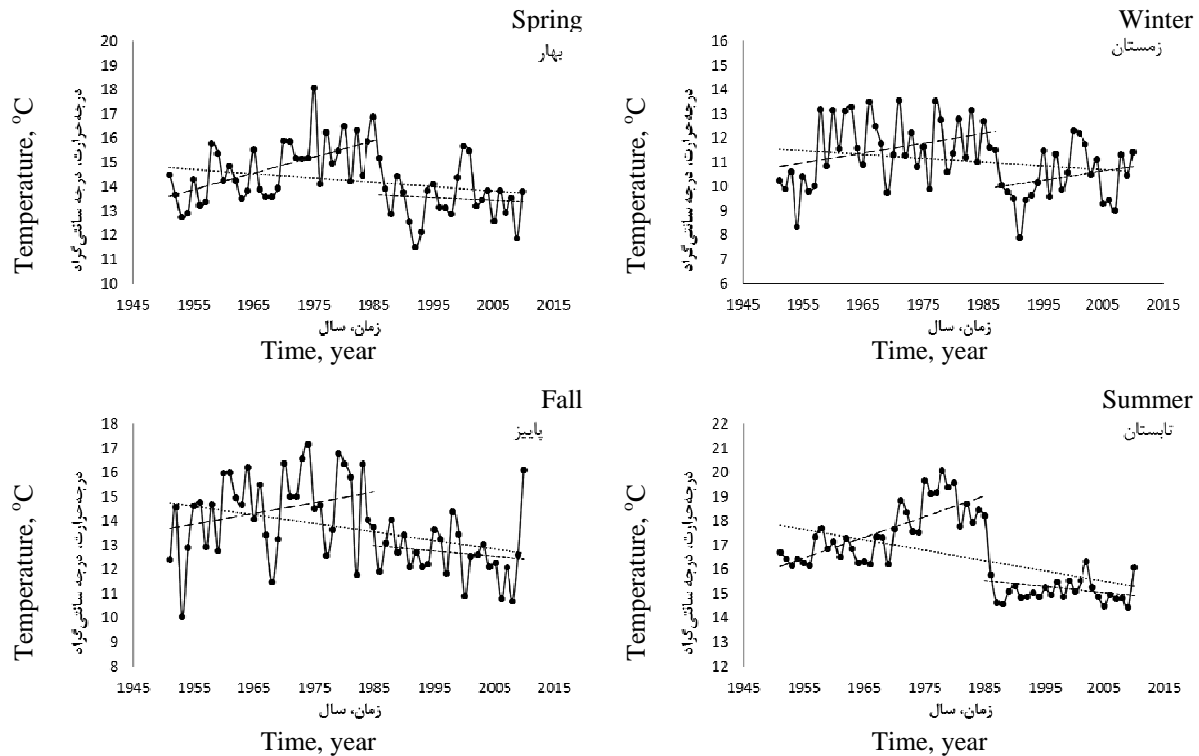
Table 1- Summary of the result of Kendall-tau test on yearly DTR

دوره‌ی آماری Period	متوسط دوره Average of the period	Kendall's tau	p-value	Sen's Slope
1951-2010	13.9	-0.264	0.003	-0.029
1951-1985	14.6	0.480	<0.0001	0.061
1985-2010	12.9	-0.113	0.438	-0.019

جدول ۲- نتایج حاصل از آزمون کندال-تاو بر اختلاف دمای حداکثر و حداقل فصلی

Table 2- Summary of the result of Kendall-tau test on seasonal DTR

	دوره‌ی آماری Period	متوسط دوره Average of the period	Kendall's tau	p-value	Sen's Slope
زمستان Winter	1951-2010	11.09	-0.150	0.091	-0.016
	1951-1987	11.55	0.204	0.078	0.039
	1987-2010	10.40	0.094	0.540	0.045
بهار Spring	1951-2010	14.26	-0.156	0.079	-0.015
	1951-1986	14.79	0.410	0.000	0.065
	1986-2010	13.52	-0.087	0.564	-0.015
تابستان Summer	1951-2010	16.56	-0.309	0.001	-0.036
	1951-1985	17.59	0.537	<0.0001	0.078
	1985-2010	15.23	-0.083	0.571	-0.008
پاییز Fall	1951-2010	13.70	-0.273	0.002	-0.043
	1951-1985	14.45	0.193	0.106	0.042
	1985-2010	12.71	-0.188	0.189	-0.043



شکل ۲- نمودار تغییرات دامنهی شبانه‌روزی دمای هوای (اختلاف دمای حداکثر و حداقل) در فصول مختلف سال
Fig 2- Changes inseasonalydiurnaltemperaturerange (DTR)

با توجه به افزایش بیشتر دمای حداقل دور از انتظار نمی‌باشد. با این حال بررسی روند DTR در زیر دوره‌های ۱۹۵۱-۱۹۸۷ و ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۰ نشان داد که تغییرات این پارامتر در این زیر دوره‌ها دارای روندی افزایشی می‌باشد، اما این روند در سطح آماری مورد بررسی (۹۵٪) معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۳). بر خلاف آن چه که انتظار می‌رفت در هیچ یک از زیر دوره‌های مورد بررسی روند تغییرات DTR کاهشی نبود، بررسی بیشتر نشان داد که روند تغییرات دمای حداکثر در بازه‌ی آماری سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۱۰، از روند تغییرات دمای حداقل در این بازه‌ی آماری کمی بیشتر می‌باشد، که این امر روند افزایشی DTR را توجیه می‌نماید.

بررسی همگنی اختلاف دمای حداکثر و حداقل در دو ماه فوریه و مارس نقطه‌ی شکست معنی‌داری را نشان نداد، همچنین آزمون روندیابی کندال-تاو نیز وجود روند معنی‌داری را در این سری‌های زمانی نشان نداد (جدول ۳).

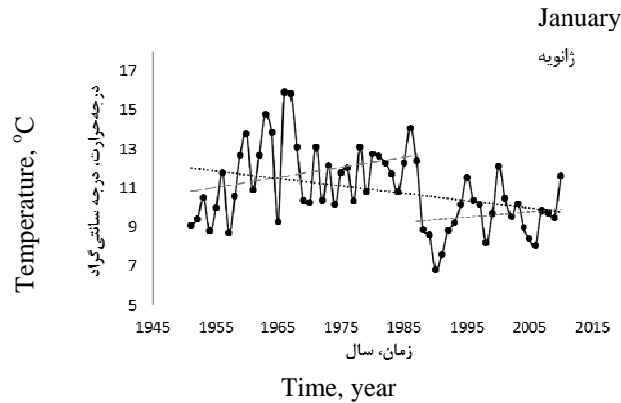
بررسی نتایج حاصل از این بخش با نتایج به‌دست‌آمده از آزمون‌های روندیابی بر سری داده‌های فصل زمستان DTR نشان می‌دهد که نسبت به دو ماه ژانویه و فوریه ماه مارس اثر کمتری را بر روند اختلاف دمای حداکثر و حداقل فصل زمستان داشته است.

علاوه بر آن اختلاف دمای حداکثر و حداقل از نقطه‌ی شکست تا سال ۲۰۱۰ کاهش یافته است (به استثنای زمستان)، با این حال این روند افزایشی در هیچ یک از فصول سال معنی‌دار نبود (جدول ۲). لذا می‌توان نتیجه گرفت که کاهش دامنهی شبانه‌روزی دمای هوا در کل دوره‌ی آماری ناشی از کاهش ناگهانی دامنه در نقطه‌ی شکست می‌باشد که در اثر شروع به افزایش دمای حداقل رخ داده است (۷).

مقایسه‌ی نتایج حاصله در این بخش، با نتایج حاصله از آزمون‌های همگنی و کندال-تاو بر سری داده‌های سالانه حاکی از هماهنگی میان دست آوردها می‌باشد، به نحوی که در سری داده‌های فصلی نیز در کل دوره‌ی آماری روند کاهشی اختلاف دمای حداکثر و حداقل مشاهده شده و در زیر دوره‌ها نیز به ترتیب روند افزایشی و کاهشی مشاهده می‌شود.

بررسی ماهانه تغییرات دمایی

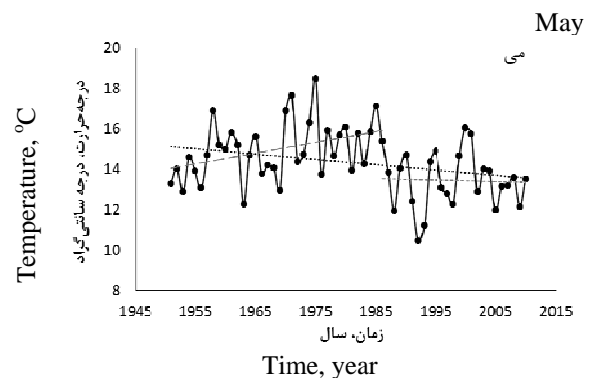
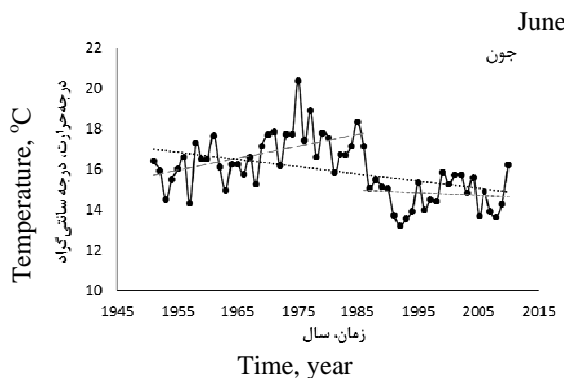
نتایج حاصل از اعمال آزمون‌های همگنی بر متوسط DTR ماه ژانویه، حاکی از وجود نقطه‌ی شکست در سری زمانی بود. که هر سه آزمون SNHT، Pettitt و Buishand سال ۱۹۸۷ را به عنوان نقطه‌ی شکست نشان دادند (جدول ۳). آزمون روندیابی کندال-تاو نشان داد که اختلاف دمای حداکثر و حداقل در طی سال‌های ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰ کاهش معنی‌داری داشته است (شیب $-0/036$)، که این امر



شکل ۳- نمودار تغییرات دامنه‌ی شبانه‌روزی دمای هوای (اختلاف دمای حداکثر و حداقل) در ماه ژانویه
Fig 3- Changes indurnaltemperaturerange (DTR) in January

کاهش یافته است که این روند نزولی در سطح آماری ۹۵٪ معنی‌دار می‌باشد (شیب کاهشی $-0/024$ و $-0/035$). شمس و موسوی‌بایگی (۲۸) نشان دادند از سال ۱۹۵۱ تا ۱۹۸۶ روند افزایشی و معنی‌داری در سری داده‌های اختلاف دمای حداکثر و حداقل وجود دارد، به نحوی که در این بازه‌ی زمانی دمای حداکثر افزایشی بیشتر از دمای حداقل داشته است. با این حال روند کاهش DTR ماه‌های می و جون، از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰ معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۳). مقایسه‌ی نتایج حاصله از سری داده‌های ماهانه و فصلی نیز با یکدیگر هماهنگی قابل قبولی دارد، و تأثیر بیشتر DTR بهاره از دو ماه می و جون دور از انتظار نمی‌باشد.

اختلاف دمای حداقل و حداکثر در ماه آوریل نیز نقطه‌ی شکست معنی‌داری را نشان نمی‌دهد، همچنین آزمون روندیابی کندال تاو نیز برای تغییرات DTR در ماه آوریل نیز روند معنی‌داری را تشخیص نداد (جدول ۳). نتایج حاکی از این است که در این ماه تغییرات دمای حداکثر و حداقل تقریباً مشابه می‌باشند و لذا اثری بر اختلاف میان این دو پارامتر باقی نمی‌گذارند. نتایج حاصله از آزمون‌های همگنی نشان می‌دهد که سال ۱۹۸۶ نقطه‌ی شکستی برای اختلاف دما در دو ماه می و جون می‌باشد. آزمون روندیابی کندال-تاو نشان می‌دهد که به طور کلی اختلاف دمای حداکثر و حداقل از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰ در دو ماه می و جون



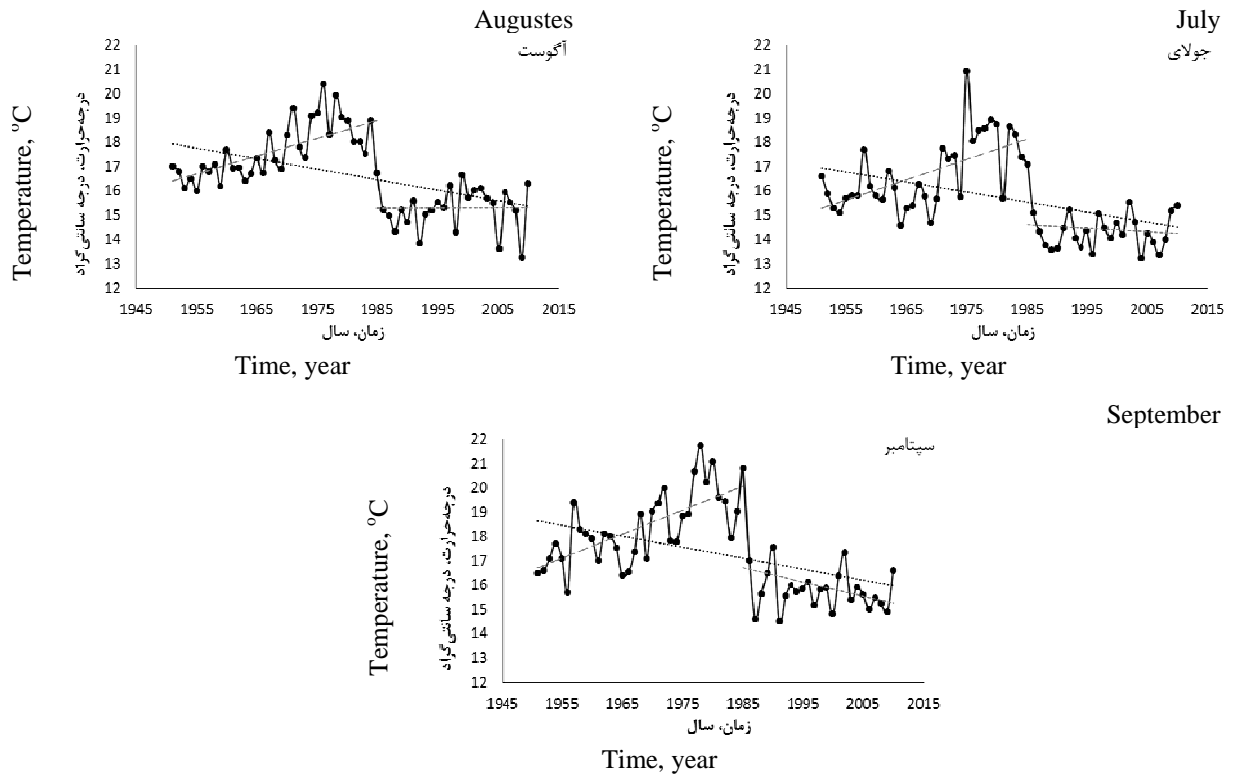
شکل ۴- نمودار تغییرات دامنه‌ی شبانه‌روزی دمای هوای (اختلاف دمای حداکثر و حداقل) در ماه‌های می و جون
Fig 4- Changes indurnaltemperaturerange (DTR) in May and June

تغییرات را برای ماه‌های جولای، آگوست و سپتامبر به ترتیب $-0/037$ ، $-0/035$ و $-0/043$ تخمین زد. با این حال در طی سال‌های ۱۹۵۱ تا ۱۹۸۵ اختلاف دمای حداکثر و حداقل روند افزایشی معنی‌داری را نشان می‌دهد که این روند افزایشی در ماه‌های جولای تا سپتامبر به ترتیب $0/085$ ، $0/072$ و $0/1$ درجه‌ی سانتی‌گراد در هر سال به دست آمد. از سال ۱۹۸۵ تا سال ۲۰۱۰ مجدداً اختلاف دمای

آزمون‌های همگنی مورد استفاده نقطه‌ی شکست در سری داده‌های اختلاف دمای حداکثر و حداقل در ماه‌های جولای، آگوست و سپتامبر را سال ۱۹۸۵ تعیین نمودند (جدول ۳). نتایج حاصله از بررسی‌های آزمون روندیابی کندال-تاو در سه ماه فصل تابستان نشان می‌دهد که اختلاف میان دمای حداکثر و حداقل در کل دوره‌ی آماری (۱۹۵۱-۲۰۱۰) روندی کاهشی دارد، که برآوردگر سن شیب این

از مطالعات فصلی گویای هم‌هنگی کامل میان‌نتایج دست آمده می‌باشد.

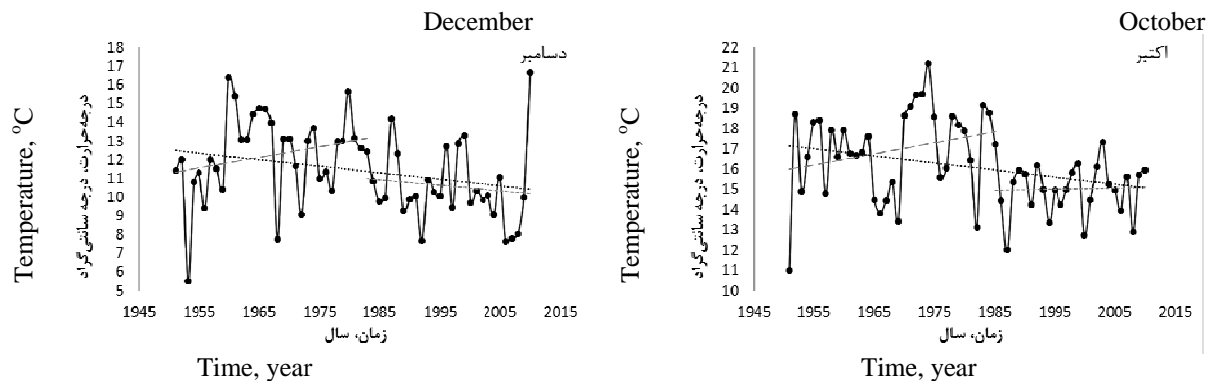
حداکثر و حداقل روندی نزولی را طی می‌کند با این حال شیب تغییرات دما در طی این مدت بر اساس آزمون کندال-تاو معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۳). نتایج حاصله از بررسی‌های ماهانه با نتایج حاصله



شکل ۵- نمودار تغییرات دامنه‌ی شبانه‌روزی دمای هوای (اختلاف دمای حداکثر و حداقل) در ماه‌های جولای، آگوست و سپتامبر
 Fig 5- Changes indiurnal temperature range (DTR) in July, August and September

Pettitt سال ۱۹۸۵ به دست آمد.

آزمون Von-Neumann وجود یک نقطه‌ی شکست در سری زمانی اختلاف داده‌های دمای حداکثر و حداقل ماه اکتبر را تأیید نمود، که این نقطه‌ی تغییر بر اساس سه آزمون SNHT، Buishand و



شکل ۶- نمودار تغییرات دامنه‌ی شبانه‌روزی دمای هوای (اختلاف دمای حداکثر و حداقل) در ماه‌های اکتبر و دسامبر
 Fig 6- Changes indiurnal temperature range (DTR) in October and November

جدول ۳- نتایج حاصل از آزمون کندال-تاو بر اختلاف دمای حداکثر و حداقل ماهانه

Table 3: Summary of the result of Kendall-tau test on monthly DTR

	دوره‌ی آماری	متوسط دوره	Kendall's tau	p-value	Sen's Slope
	Period	Average of the period			
ژانویه January	1951-2010	10.90	-0.228	0.010	-0.036
	1951-1987	11.76	0.218	0.060	0.059
	1987-2010	9.62	0.094	0.540	0.031
فوریه February	1951-2010	11.1	-0.100	0.262	-0.017
مارس March	1951-2010	11.28	0.041	0.651	0.006
آوریل April	1951-2010	12.50	0.078	0.382	0.01
می May	1951-2010	14.33	-0.182	0.041	-0.024
	1951-1986	14.98	0.289	0.013	0.056
	1986-2010	13.45	-0.047	0.764	-0.018
جون June	1951-2010	15.93	-0.273	0.002	-0.035
	1951-1986	16.76	0.389	0.001	0.053
	1986-2010	14.80	-0.033	0.836	-0.008
جولای July	1951-2010	15.71	-0.330	0.000	-0.037
	1951-1985	16.72	0.367	0.002	0.085
	1985-2010	14.41	-0.009	0.965	-0.002
اگوست August	1951-2010	16.65	-0.295	0.001	-0.035
	1951-1985	17.65	0.456	0.001	0.072
	1985-2010	15.30	0.089	0.541	0.02
سپتامبر September	1951-2010	17.31	-0.301	0.001	-0.043
	1951-1985	18.39	0.493	<0.0001	0.1
	1985-2010	15.98	-0.182	0.204	-0.036
اکتبر October	1951-2010	16.10	-0.218	0.014	-0.04
	1951-1985	16.96	0.143	0.223	0.041
	1985-2010	15.03	0.022	0.896	0.007
نوامبر November	1951-2010	13.55	-0.184	0.038	-0.037
دسامبر December	1951-2010	11.46	-0.246	0.006	-0.046
	1951-1983	12.34	0.112	0.369	0.039
	1983-2010	10.57	-0.132	0.337	-0.048

در این بررسی وجود یک نقطه‌ی شکست معنی‌دار در سری زمانی رد شد. نتایج آزمون روندیابی نشان می‌دهد که اختلاف دمای حداکثر و حداقل در ماه نوامبر از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰ روندی کاهشی و معنی‌دار داشته است، که برآوردگر سن شیب این تغییرات را ۰/۰۳۷ درجه‌ی سانتی‌گراد در هر سال تخمین زده است.

سال ۱۹۸۳ به عنوان نقطه‌ی شکست در سری داده‌های اختلاف دمای حداکثر و حداقل ماه دسامبر تعیین شده است (جدول ۳). متوسط اختلاف دمای حداکثر و حداقل ماه دسامبر در طی سال‌های ۱۹۵۱-۲۰۱۰، ۱۱/۴۶ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد، که با شکسته شدن این دوره‌ی آماری به سال‌های ۱۹۵۱-۱۹۸۳ و ۱۹۸۳-۲۰۱۰، مقدار متوسط این پارامتر در زیر دوره‌های تعیین شده به ۱۲/۳۴ و ۱۰/۵۷ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌رسد که اختلاف بالای میان DTR در دو دوره را نشان می‌دهد. آزمون کندال-تاو نیز روند کاهشی و معنی‌دار DTR را در طی دوره‌ی ۱۹۵۱-۲۰۱۰ نشان می‌دهد، که این

همان‌گونه که در جدول (۳) مشاهده می‌شود میانگین اختلاف دمای حداکثر و حداقل در طی سال‌های ۱۹۵۱-۲۰۱۰، ۱۹۵۱-۱۹۸۵ و ۱۹۸۵-۲۰۱۰ به ترتیب ۱۶/۱۰، ۱۶/۹۶ و ۱۵/۰۳ می‌باشد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود از سال ۱۹۸۵ اختلاف بین دمای حداکثر و حداقل کاهش شدیدی داشته است (شکل ۶) که این کاهش موجب می‌شود که تغییرات DTR در طی سال‌های ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰، روندی کاهشی و معنی‌دار داشته باشد که بر اساس برآوردگر سن شیب این تغییرات ۰/۰۴ تخمین زده شده است. در حالی که تغییرات دما در طی سال‌های ۱۹۵۱-۱۹۸۵ و ۱۹۸۵-۲۰۱۰، روندی افزایشی را نشان می‌دهد که در سطح آماری ۹۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد.

آزمون‌های SNHT و Von-Neumann وجود نقطه‌ی شکست معنی‌داری را در سری زمانی اختلاف دمای حداکثر و حداقل ماه نوامبر نشان ندادند، همچنین دو آزمون Pettitt و Buishand سال‌های ۱۹۸۱ و ۱۹۹۰ را به عنوان نقطه‌ی شکست شناسایی نمودند. بنابراین

روند کاهشی دارای شیب $-0/046$ بوده و در اثر کاهش DTR در دوره دوم می‌باشد. با این حال آزمون کندال-تاو روند معنی‌داری را در زیر دوره‌های مورد بررسی نشان نداد.

مقایسه‌ی نتایج به‌دست‌آمده از بررسی آماری ماه‌های فصل پاییز با نتایج حاصل از روندیابی فصلی، هماهنگی میان روند در فصل پاییز و ماه‌های اکتبر و دسامبر را نشان می‌دهد. علاوه بر آن با مشاهده نتایج حاصله از بررسی شمس و موسوی بایگی (۷) نشان داده می‌شود که اختلاف دمای حداکثر و حداقل بیشتر تحت تأثیر دمای حداقل بوده و با افزایش دمای حداقل اختلاف میان دمای حداکثر و حداقل نیز کاهش یافته و نقطه‌ی شکست در این پارامتر با نقاط تغییر سری داده‌های دمای حداقل تقریباً مشابه می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه مشخص می‌گردد که شیب تغییرات در سری زمانیدامنه‌ی تغییرات شبانه‌روزی دمای هوا (DTR) سالانه از روندی کاهشی ($-0/029$ -درجه‌ی سانتی‌گراد در سال) برخوردار می‌باشد، که این امر با توجه به نتایج حاصله از بررسی شمس و موسوی بایگی (۲۸) بنابر بیشتر بودن نرخ افزایش دمای حداقل نسبت به حداکثر قابل انتظار می‌باشد. و به نحوی تأیید کننده‌ی سایر مطالعات صورت گرفته می‌باشد، که در آن‌ها نشان داده شده است که دمای حداقل از روندی افزایشی با شیبی بیشتر از دمای حداکثر برخوردار بوده است.

بررسی آماری موجود و تشخیص نقاط شکست در سری‌های زمانی نشان داد که افزایش دمای حداقل در حدود ۱۰ سال زودتر از دمای حداکثر شروع شده و روند افزایشی آن از دمای حداکثر بیشتر می‌باشد. در سری زمانی داده‌های دمای حداکثر سالانه مشاهده شد که روند دما از سال ۱۹۵۱ تا نقطه‌ی شکست روندی افزایشی می‌باشد، در حالی که متوسط دمای حداقل سالانه از ابتدای بازه‌ی آماری تا نقطه‌ی شکست روندی کاهشی را نشان می‌دهد، این امر موجب نرخ افزایشی تغییرات DTR سالانه گردیده است. از سوی دیگر

منابع

شیب تغییرات دمای حداقل از نقطه‌ی شکست تا سال ۲۰۱۰ روندی افزایشی داشته که شیب این روند بیشتر از شیب افزایشی متوسط دمای حداکثر سالانه از نقطه‌ی شکست تا سال ۲۰۱۰ می‌باشد، و بنابراین همان‌گونه که انتظار می‌رود تغییرات DTR نیز روندی کاهشی را خواهد داشت.

بیشترین میزان تغییرات DTR در فصل پاییز ($-0/043$ -درجه‌ی سانتی‌گراد در سال) و کمترین آن وابسته به فصل بهار ($-0/015$ -درجه‌ی سانتی‌گراد در سال) می‌باشد. با توجه به بررسی صورت گرفته توسط شمس و موسوی بایگی (۷) نقطه‌ی شکست سری‌های زمانی DTR در فصول مختلف مشابه نقاط شکست در سری زمانی داده‌های دمای حداقل می‌باشد. با توجه به شیب کاهشی دمای حداقل از سال ۱۹۵۱ تا حوالی ۱۹۸۵، در این دوره DTR روندی افزایشی را نشان می‌دهد. همچنین از نیمه‌ی دوم دهه‌ی ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ همان‌گونه که انتظار می‌رفت روند تغییرات DTR روندی کاهشی می‌باشد. چرا که در این بازه‌ی زمانی روند افزایشی دمای حداقل بیشتر از حداکثر بوده و در نتیجه اختلاف میان آن‌ها کاهش یافته است، هر چند این کاهش در سطح آماری ۹۵ درصد معنی‌دار نگردید. بررسی آماری اختلاف دمای حداکثر و حداقل ماهانه نیز نشان داد که در طی سال‌های آماری ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰ DTR روندی کاهشی داشته است و نقطه‌ی شکست در این سری‌های زمانی نیز همانند سری‌های فصلی و سالانه در حوالی سال ۱۹۸۵ رخ داده است. همچنین روند تغییرات DTR در زیر دوره‌ها نیز با روند تغییرات در مقیاس‌های فصلی و سالانه همخوانی نسبی دارد.

روند کاهشی اختلاف دمای شبانه‌روز حاکی از افزایش بیشتر دمای حداقل در برابر دمای حداکثر می‌باشد. این امر می‌تواند بر بخش کشاورزی اثرات قابل توجهی را داشته باشد. از جمله مواردی که می‌توان به آن اشاره نمود تغییر زمان فصل کشت گیاه می‌باشد. لذا در یک مدیریت صحیح کشاورزی بایستی به چنین نکاتی توجه نموده و بررسی‌ها و پیش‌بینی‌های لازم را انجام داد.

- 1- AziziGh., Karimiahmadabadi M., and Sabokkhiz, Z. 2005. Temperature trend and atmospheric CO₂ concentration over Iran in recent decades. Journal of geographical sciences, 4(5): 25-44. (in Persian with English abstract).
- 2- AziziGh., and Roushani, M. 2008. Using mann-kendall test to recognize of climate change in Caspian Sea southern coasts. Geographical research quarterly, 40(64): 13-28. (in Persian with English abstract).
- 3- Bannayan, M., Mohamadian, A., and Alizadeh, A. 2010. On Climate Variability in North-East of Iran. Journal of Water and Soil, 24(1): 118-131. (in Persian with English abstract).
- 4- Buishand, T.A. 1981. The analysis of homogeneity of long-term rainfall records in the Netherlands. KNMI Scientific Report WR 81-7, De Bilt, Netherlands.
- 5- Cole, S., and McCarthy, L. 2015. 2014 warmest year in modern record. Available at: <http://climate.nasa.gov/news/2221/>. (visited 28 Dec 2015).
- 6- Darren L., Eikeluedeling Y., and Zhang M. 2009. Climate changes sensitivity Assessment of a Highly Agricultural water shed using SWAT. Journal of Hydrology, 374: 1- 41.

- 7- David R.E., Horton, B., Philip D. Jones B.D., Peterson T.C., Karl T.R., Parker D.E., Salinger M.J., Razuvayev V., Plummer N., Jamason P., and Folland C.K. 1997. Maximum and minimum temperature trends for the Globe. *Science*, 277: 364-367.
- 8- Grieser J., Tromel S., and Schonwiese C.D. 2002. Statistical time series decomposition into significant components and application to European temperature. *Theoretical and Applied Climatology*, 71: 171-183.
- 9- Haan C.T. 1977. *Statistical Methods in Hydrology*. Iowa State University, Amesterdam.
- 10- Karl T.R., Jones P.D., Knight R.W., Kukla G., Plummer N., Razuvayev V., Gallo K.P., Lindsay J., Charlson R.J., and Peterson T.C. 1993. Asymmetric trends of daily maximum and minimum temperature. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 74: 1007-1023.
- 11- Karl T.R., Kukla G., Razuvayev V.N., Changery M.J., Quayle R.G., Heim Jr. R.R., David R., Easterling D.R., and Fu C.B. 1991. Global warming: Evidence for asymmetric diurnal temperature change. *Geophysical Research Letters*, 18: 2253-2256.
- 12- Khoshakhlagh F., Gharibi E., and Shafiei Z. 2011. The study of the lowest temperature changes in Iran. *Geography and environmental planning (University of Isfahan)*, 22(2): 199-216. (in Persian with English abstract).
- 13- Kumar P.V., Bindi M., Crisci A., and Maracchi G. 2005. Detection of variations in air temperature at different time scales during the period 1889-1998 at Firenze, Italy. *Climate Change*, 72: 123-150.
- 14- Marengo J.A., and Camargo C.C. 2008. Surface air Temperature Trends in Southern Brazil for 1960- 2002. *International Journal of Climatology*, 28: 893- 904.
- 15- Masudian S.A., and Kaviyani M.R. 2008. *Iran climatology*. Isfahan University, Isfahan. (in Persian).
- 16- National Academy. 2000. *National Research Council Reconciling Observations of National Academy*, Washington D.C.
- 17- Noorian, A.M. 1997. Global climate change and global warming. *Nivear*, 81: 1-3. (in Persian with English abstract).
- 18- Omidvar K., and Khosravi Y. 2010. Investigation of Change of Some Climatic Elements in North Coast of Persian Gulf Using Kendal Test. *Geography and Environmental Planning*, 21(2): 33-46. (in Persian with English abstract)
- 19- Parvin N. 2012. The temperature variability detection of the azerbaijanharbi province in recent decades. *Geography*, 10(33): 195-209. (in Persian with English abstract).
- 20- Pettitt A.N. 1979. A non-parametric approach to the change-point detection. *Applied Statistics*, 28: 126-135.
- 21- Rahimzadeh F., and Asgari A. 2004. A look at the difference between increase rates of minimum and maximum temperature and the decrease rates of diurnal temperature range (DTR) in Iran. *Geographical research*, 73: 155-171. (in Persian with English abstract).
- 22- Sabziparvar A., Mirgaloybayat R., and Ghyami Shamami F. 2011. Evaluation of the possible changes in diurnal temperature range (DTR) trend in some arid climates of Iran since last five decades. *Iranian Journal of Physics Research*, 11(1): 27-37. (in Persian with English abstract).
- 23- Salas J.D. 1999. Analysis and modeling of hydrologic time Series. Chapter 19. In: D.R. Maidment (ed.), *Handbook of Hydrology*, McGraw Hill Book Company. 200 pp.
- 24- Salinger M.J. 1995. Southwest Pacific temperatures: Trend in maximum and minimum temperature. *Atmospheric Research*, 37: 87-99.
- 25- Salinger M.J. 2005. Climate Variability and Change Past, Present and Future - An Overview. *Climate Change*, 70: 9-29.
- 26- Saunders M.A. 1999. Earth's future climate. *Philosophical Transactions of royal society London*, 357: 3459-3480.
- 27- Serra C., Burgueno A., and Lana X. 2001. Analysis of maximum and minimum daily temperatures recorded at fabra observatory (Barcelona, ne Spain) in the period 1917-1998. *International Journal of Climatology*, 21: 617-636.
- 28- ShamsSh., and Mousavi Baygi M. 2014. The Investigation of Mashhad Extremum Temperature in Different Scales. *Journal of Water and Soil*, 28(1): 46-60. (in Persian with English abstract).
- 29- Shepard Ch. 2004. Sea surface temperature 1871-2099 in 14 cells around the United Kingdom. *Marine Pollution Bulletin*, 49: 12-16.
- 30- Takeuchi Z.X., and Ishidiara H. 2003. Monitoring Trend Step Changes in Precipitation in Japanese Precipitation. *Journal of Hydrology*, 279: 144-150.
- 31- Varshavian V., Khalili A., Ghahreman N., and Hajjam S. 2011. Trend analysis of minimum, maximum, and mean daily temperature extremes in several climatic regions of Iran. *Journal of the Earth and Space Physics*, 37(1): 169-179. (in Persian with English abstract).
- 32- Wilks D.S. 1995. *Statistical method in the atmospheric sciences*. Academic Press.
- 33- Yue S., and Hashino M. 2003. Temperature Trends in Japan: 1900-1996. *Theoretical and Applied Climatology*, 75: 15-27.

Investigation of Breakpoint and Trend of Daily Air Temperature Range for Mashhad, Iran

Sh. Shams¹- S.M. Moosavi Baygi^{2*}

Received: 19-11-2013

Accepted: 24-04-2016

Introduction: Air temperature as an important climatic factor can influence variability and distribution of other climatic parameters. Therefore, tracking the changes in air temperature is a popular procedure in climate change studies. According to the national academy in the last decade, global temperature has raised 0.4 to 0.8°C. Instrumental records show that, with the exception of 1998, the 10 warmest year (during the last 150 years), occurred since 2000, and 2014 was the warmest year. Investigation of maximum and minimum air temperature temporal trend indicates that these two parameters behave differently over time. It has been shown that the minimum air temperature raises noticeably more than the maximum air temperature, which causes a reduction in the difference of maximum and minimum daily air temperature (daily temperature range, DTR). There are several factors that have an influence on reducing DTR such as: Urban development, farms' irrigation and desertification. It has been shown that DTR reduction occurs mostly during winter and is less frequent during summer, which shows the season's effect on the temperature trend. Considering the significant effects of the climatological factors on economic and agricultural management issues, the aim of this study is to investigate daily air temperature range for yearly, seasonal and monthly time scales, using available statistical methods.

Materials and Methods: Daily maximum and minimum air temperature records (from 1950 to 2010) were obtained from Mashhad Meteorological Organization. In order to control the quality of daily T_{max} and T_{min} data, four different types of quality controls were applied. First of all, gross errors were checked. In this step maximum and minimum air temperature data exceeding unlikely air temperature values, were eliminated from data series. Second, data tolerance was checked by searching for periods longer than a certain number of consecutive days with exactly the same temperatures. Third, a revision of internal consistence was done, verifying that daily T_{max} always exceeds daily T_{min} . Fourth, the temporal coherency was tested by checking if consecutive temperature records differ by more than 8 degrees. The homogeneity of the series was tested by means of the Standard Normal Homogeneity test, the Buishand range and the Pettitt tests, on yearly, seasonal and monthly time scales. Breakpoint can be detected by means of these methods. In addition, Von Neumann ratio test was used to explore the series' randomness. Having investigated data's randomness in this study, series' trend was determined by the Kendal-Tau test. Furthermore, the slope of the series' trend was calculated using the Sen's slope method.

Results and Discussion: Results indicated a decreasing trend in DTR during last 60 years (1951-2010) in Mashhad climatological station. Moreover, the results revealed that the slope of yearly DTR was decreasing (-0.029 °C per year), which indicates that minimum air temperature values raise more maximum air temperature values. A breakpoint was detected during 1985. During 1951-1985, the average amount of DTR was 14.6°C, while this parameter reduced to 12.9°C for the period 1985-2010. The Kendall-Tau test was used to obtain the significance of trend during 1951-2010, 1951-1985 and 1985-2010. The results showed that during 1951-2010, DTR significantly reduced at a rate of 0.29°C per decade. However, between 1951 and 1985, DTR trend increased at a rate of 0.61°C per decade, while DTR trend between 1985 and 2010 reduced at a rate of 0.19 °C per decade, which was not significant (P-value=5%). In the seasonal DTR series, the highest trend's slope was calculated for the summer data (-0.43 °C in a decade), while the lowest one accrued in spring (-0.15°C in a decade). From 1951 to 1985, DTR had an increasing trend, due to minimum air temperature's downward trend. But from the late 1980 to 2010, as it was expected, downward DTR trend was observed, because during this period minimum air temperature increases more than the maximum air temperature, thus the difference between T_{max} and T_{min} was reduced. Monthly DTR analysis also revealed a decreasing trend from 1951 to 2010, except for March and April, which had a non-significant increasing trend. In monthly DTR series, as it was expected, similar to the yearly and seasonal time series, the breakpoints accrued around 1985 in 8 out of 12 months. During

1 and 2 -PhD Student and Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

(* - Corresponding Author Email: mousavi500@yahoo.com)

February, March, April and November no significant breakpoint was detected .

Conclusion: DTR decreasing trend indicated that minimum air temperature increase was greater than maximum. This can cause a significant effect on the agricultural sector, hence in an appropriate agricultural management, these points should be considered. For example, changing the sowing time is one of the decisions which a manager can make.

Keywords: Homogeneity tests, Mashhad, Maximum temperature, Minimum temperature