

آشکارسازی تغییرپذیری دمای دهه‌های اخیر استان آذربایجان غربی

دکتر نادر پروین^۱

چکیده

هدف از این تحقیق مطالعه انحراف احتمالی دمای استان آذربایجان غربی از حالت نرمال است. بدین منظور ابتدا سری‌های زمانی متوسط دمای حداقل ماهانه ایستگاههای هواشناسی سینوپتیک منتخب منطقه طی سال‌های (۲۰۰۵-۱۹۶۱) جمع‌آوری و تنظیم گردید. نواقص آماری برخی از سری‌ها با روش جرم مضاعف برطرف گردید. به منظور بررسی و شناخت تغییرات سری‌های زمانی از آماره t آزمون کندال و روش آماری-گرافیکی من-کندال استفاده شد و نوع و زمان تغییر داده‌ها مشخص گردید. بر اساس بررسی نمودارهای گرافیکی تغییرات مؤلفه‌های u و u متوسط دمای حداقل منطقه طی نیم قرن اخیر دستخوش تغییراتی شده است. این تغییرات از نوع نوسانات کوتاه مدت اقلیمی و روند است که در اکثر سری‌های زمانی عمدتاً از دهه ۱۹۹۰ به ویژه سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۰ بیشتر مشهود است.

کلیدواژگان: تغییرپذیری دما، روند، روش ناپارامتریک، آذربایجان غربی.

۱. استادیار دانشگاه پیام نور، مرکز سقز

مقدمه

دانشمندان بر این باورند که طی ۱۰۰ سال گذشته، کره زمین به طور غیرطبیعی حدود ۰/۷۴ درجه سانتیگراد گرمتر شده است. در این بین، دهه‌های پایانی قرن بیستم، گرم‌ترین سال‌های ۴۰۰ سال اخیر بوده است. گزارش‌ها حاکی از آن است که ۱۰ مورد از گرم‌ترین سال‌های جهان تنها از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۰۷ به ثبت رسیده است که این میزان در ۱۵۰ سال گذشته بی‌سابقه بوده است. به نظر می‌رسد فعالیت‌های صنعتی در ایجاد این مشکل بسیار مؤثر است و به گرم شدن کره زمین کمک می‌کند. آنها همچنین انتظار دارند که در طول ۱۰۰ سال آینده متوسط دمای زمین ۱/۵ تا ۳/۵ درجه سانتیگراد افزایش یابد. این مقدار می‌تواند آب و هوای زمین را به طور بی‌سابقه‌ای تغییر دهد. به هم خوردن اندکی از تعادل اقلیم جهان سبب شده متوسط درجه حرارت کره زمین تمایل به روند افزایش را نشان دهد (IPCC; 2001a). به طوری که، هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم در سال ۲۰۰۱ گزارش داد که اقلیم در حال تغییر و گرمایش جهانی در حال وقوع است (دراکوپ و ویکنا، ۲۰۰۵). این پدیده به علت افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر می‌باشد (دیتینگر و همکاران، ۲۰۰۴، ۲۸۴). بسیاری از بلایای طبیعی به طور مستقیم و غیرمستقیم در ارتباط با تغییر اقلیم قابل توجه هستند. به طور کلی دو روش آماری پارامتریک و ناپارامتریک به منظور بررسی وجود یا عدم وجود روند و تحلیل سری‌های زمانی و تغییر اقلیم ارائه می‌گردد که روش‌های ناپارامتریک کاربرد نسبتاً وسیع‌تر و چشم‌گیرتری دارند (تاکیوچی و ایشیداری، ۲۰۰۳، ۱۴۵). روند دما و بارش در سرتاسر جهان یکسو نیست. تغییرات اقلیم الزاماً به معنی تغییر توأمان بارش و دما نمی‌باشد (کلارک، ۲۰۰۳، ۱۹۵). از طرفی، اثبات وجود روند معنی‌دار در یک سری زمانی بارش به تنهایی نمی‌تواند دلیل قاطعی بر وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه باشد بلکه فرض رخداد آن را تقویت می‌نماید (سیرانو و همکاران، ۱۹۹۹، ۸۶). از اینرو، با توجه به اهمیت موضوع بررسی و تحلیل وضعیت دمای استان آذربایجان غربی جایگاه ویژه‌ای داشته و شناخت رفتار سری زمانی دما و کشف وجود تغییرات احتمالی در آن هم به روش آماری مطمئن و معمول در محافل علمی جهان ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین، هدف از این تحقیق شناخت رفتار سری‌های زمانی دمای دوره‌ای ایستگاه‌های استان آذربایجان غربی است تا تصویری روشن از تغییرات رفتار داده‌ها و نوع و زمان تغییرات احتمالی آن حاصل آید. چرا که بدون شناخت و آگاهی از وضعیت دمایی

حال و آینده، مدیران و برنامه‌ریزان قادر به اجرای برنامه‌های مختلف نخواهند بود.

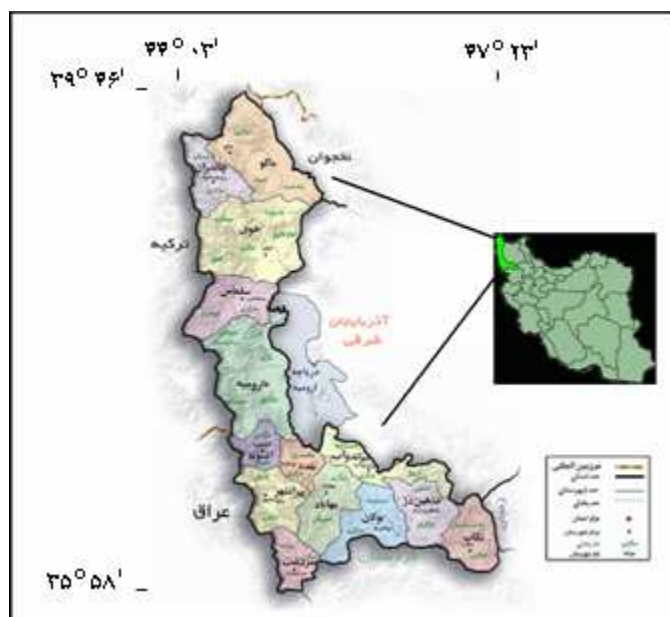
پیشینه تحقیق

تا کنون مطالعات فراوانی پیرامون تغییرات عناصر اقلیمی انجام شده است. در غالب این مطالعات روش‌های آماری پارامتریک و ناپارامتریک به ویژه روش من-کندال به کرات مورد استفاده قرار گرفته است (زویرس و استورچ، ۲۰۰۴؛ها و همکاران، ۲۰۰۵؛ تورکی و ارکن، ۲۰۰۵؛ میر و همکاران، ۲۰۰۶؛ ولفمیر و مولر، ۲۰۰۶؛ اورلند و همکاران، ۲۰۰۶؛ دجوتق و همکاران، ۲۰۰۶ وها وها، ۲۰۰۶). مارنگو و کامارگو (۲۰۰۸، ۹۰۲) از بررسی سری‌های بلندمدت دمای حداکثر و حداقل ایستگاههای جنوب برزیل به این نتیجه رسیدند که روند دمای حداقل افزایش شیب داشته اما روند دمای حداکثر دارای شیب ملایم بوده است.

از جمله مطالعات داخلی در خصوص بررسی تغییر اقلیم به روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک کارهای طباطبایی و حسینی (۱۳۸۲)، رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۸۳)، کتیرایی بروجردی و همکاران (۱۳۸۴)، زاهدی و همکاران (۱۳۸۶)، حجام و همکاران (۱۳۸۷) و... قابل ذکر است. بر اساس مطالعه عزیزی و روشنی (۱۳۸۷، ۲۶) بر روی دما و بارش ایستگاههای سواحل جنوب دریای خزر طی دوره ۹۴-۱۹۵۵ با استفاده از روش من-کندال چنین نتیجه شد که، زمان شروع بیشتر تغییرات ناگهانی و از هر دو نوع روند و نوسان بوده است. بعلاوه، در اکثر ایستگاهها دمای حداقل روند مثبت و دمای حداکثر روند منفی را نشان می دهد.

منطقه مورد مطالعه

استان آذربایجان غربی با ۴۳۶۶۰ کیلومتر مربع مساحت در شمال غربی ایران واقع است (شکل ۱). از نظر تقسیمات کلی اقلیمی، خصوصیات آب و هوایی این منطقه جزو ناحیه اقلیمی نیمه خشک است. خرداد ماه و فصل تابستان تقریباً خشک بوده و بقیه ماههای سال مرطوب است. میزان متوسط بارش سالانه در سطح استان ۳۷۵ میلیمتر و میانگین درجه حرارت سالانه منطقه ۱۱/۲ درجه سانتیگراد است.



شکل ۱. نقشه استان آذربایجان غربی

بخش مهمی از ریزش‌های جوی به صورت جامد و برف است. درجه حرارت بطور متوسط بین ۳۸ تا ۳۰- درجه سانتیگراد متغیر بوده و دمای متوسط ژانویه به عنوان سردترین ماه زیر صفر درجه سانتیگراد است. بیشترین تمرکز فصلی بارش سالانه در فصل بهار محاسبه شده است. سهم تابستان از بارش سالانه در کل بسیار ناچیز (حدود ۳/۵ درصد) است و اعتبار و ثبات بارشهای تابستانه بسیار کم است.

مواد و روش کار

در این مطالعه داده‌های بلندمدت متوسط دمای حداقل ماهانه، سالانه، دوره‌های سرد (اکتبر، نوامبر- دسامبر- ژانویه- فوریه- مارس) و گرم (آوریل- می- ژوئن- ژولای- اگوست- سپتامبر) ایستگاههای هواشناسی سینوپتیک دارای آمار بلندمدت منتخب منطقه (ارومیه، خوی مهاباد، پیرانشهر، سردشت، تکاب و ماکو) طی دوره آماری موجود (۲۰۰۵-۱۹۵۶) از سایت اینترنتی سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. توزیع مکانی ایستگاههای منتخب به گونه‌ای بود که کل منطقه را پوشش می‌داد. با استفاده از روش جرم مضاعف برخی از نواقص آماری

سری‌ها بازسازی شد.

به منظور امکان استفاده از آزمون‌های پارامتریک و ناپارامتریک نمودارهای توزیع فراوانی داده‌ها همراه با نمودار منحنی نرمال ترسیم و مورد بررسی قرار گرفت. جهت حصول اطمینان، آزمون نیکویی برازش نیز بر روی داده‌ها انجام شد و تابع تجمعی احتمال داده‌ها با تابع تجمعی احتمال مفروض (توزیع نرمال) مقایسه گردید و فرض نرمال بودن سری‌های زمانی آزمون گردید. و در نهایت، انجام آزمون‌های رتبه‌ای یا ناپارامتریک مناسبتر تشخیص داده شد.

برای اطلاع از تصادفی بودن داده‌ها و احتمال وجود هرگونه روند در سری‌های زمانی از آماره آزمون ناپارامتریک کندال استفاده شد. سپس، نمودار توابع مختلفی به نمودار پراکنش متغیرهای دمایی برازش داده شد. از آنجا که معیار R Square یا مربع ضریب همبستگی خطی با رابطه

$$R^2 = \frac{SSR}{SST}$$

بیشترین مقدار داشت، مدل Cubic (مدل درجه ۳) با معادله:

$$y = b_0 + b_1x^1 + b_2x^2 + b_3x^3$$

برای کل سری داده‌ها پذیرفته شد و نمودار مدل مذکور بر روی نمودار پراکنش داده‌ها ترسیم گردید. اما از آنجا که رابطه متغیرها در نمودارهای پراکنش به شکل منحنی دیده می‌شد در این صورت برای بررسی این رابطه و جهت آن استفاده از ضریب همبستگی بین متغیرها و زمان معیار چندان مناسبی نبود (شرکت آمارپردازان، ۱۳۷۷، ۲۴۶). از اینرو، از آزمون رتبه‌ای استفاده شد. این قبیل آزمون‌ها بسیار زیاد بوده و هر یک توانایی‌ها و ضعف‌های خاص خود را دارند. یکی از این آزمون‌ها جهت بررسی انحراف احتمالی و نوع و زمان تغییر در سری‌های اقلیمی دما و بارش به روش ناپارامتری من- کندال معروف است که در این مقاله نیز استفاده گردید.

مراحل اجرای آزمون به طور اختصار به شرح زیر است: ابتدا آزمون تصادفی بودن داده‌ها به روش من- کندال (پیشنهادی سازمان هواشناسی جهانی) نیز برای وجود یا عدم وجود هر گونه روند در داده‌ها انجام شد. برای انجام این آزمون ابتدا سری‌های آماری رتبه‌بندی می‌شوند و برای میزان تغییر یا روند از رابطه $T = \frac{4p}{n(n-1)} - 1$ استفاده می‌شود که در آن T آماره من- کندال و n تعداد کل سؤلهای آماری و p حاصل جمع تعداد رتبه‌های بزرگتر از هر رده n_i که بعد از آن قرار دارد و از رابطه $P = \sum_{i=1}^n n_i$ بدست می‌آید. برای سنجش معنی‌دار بودن

آماره T از رابطه $(T)_i = \pm t g \sqrt{\frac{4n+10}{9n(n-1)}}$ محاسبه می‌شود که، مقدار ناحیه بحرانی برای ۴۵ و ۱۹ سال آمار ایستگاههای منطقه به ترتیب معادل ± 0.20 و ± 0.33 شد. برای مثال اگر $\langle T \rangle - 0.20 > 0.20$ باشد، هیچگونه روند مهمی در سری‌ها مشاهده نمی‌شود و سری‌ها تصادفی هستند. همچنین اگر $\langle T \rangle_i$ یا $T < -0.20$ باشد، نشان‌دهنده روند منفی در سری و در صورتیکه $\langle T \rangle_i$ یا $T > 0.20$ باشد، روند مثبت در سری غالب خواهد بود. برای تعیین جهت روند، نوع و زمان تغییر نیاز به آزمون گرافیکی کندال می‌باشد. بدین منظور معمولاً از جدول ویژه‌ای استفاده می‌شود. به طوریکه، ابتدا داده‌ها را رتبه‌بندی نموده و آماره t_i (نسبت رتبه i به رتبه‌های ماقبل) محاسبه می‌شود، سپس، فراوانی تجمعی آماره $(\sum t_i)$ را به دست می‌آوریم. در ادامه، امید ریاضی، واریانس و شاخص من_کندال بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه می‌شوند.

$$E_i = \frac{n_i(n_i - 1)}{4} \quad (۴)$$

$$V_i = \frac{n_i(n_i - 1)(2n_i + 5)}{72} \quad (۵)$$

$$U_i = \frac{(\sum t_i - E_i)}{\sqrt{V_i}} \quad (۶)$$

زمانی مقادیر u معنی‌دار است که روند افزایشی یا کاهش‌ی در آن مشاهده شود و این بستگی دارد که مقدار آن به ترتیب از صفر بزرگتر یا کوچکتر ($u_i > 0$ یا $u_i < 0$) باشد. در روابط شماره ۵ و ۶ ترتیب زمانی داده‌ها می‌باشد. این شاخص دارای توزیع نرمال است، لذا جهت شناسایی معنی‌دار بودن از جدول منحنی نرمال استفاده می‌شود.

برای بررسی تغییرات باید شاخص u_i نیز تعیین شود. مراحل محاسبه u_i بدین شرح است: داده‌ها را رتبه‌بندی نموده و آماره t_i (نسبت رتبه i به رتبه‌های ما بعد) را مشخص کرده و سپس فراوانی تجمعی $(\sum t_i)$ محاسبه می‌شود. امید ریاضی، و شاخص u_i به صورت فرمولهای زیر محاسبه می‌شوند:

$$E'_i = \frac{[N - (n_i - 1)](N - n_i)}{4} \quad (۷)$$

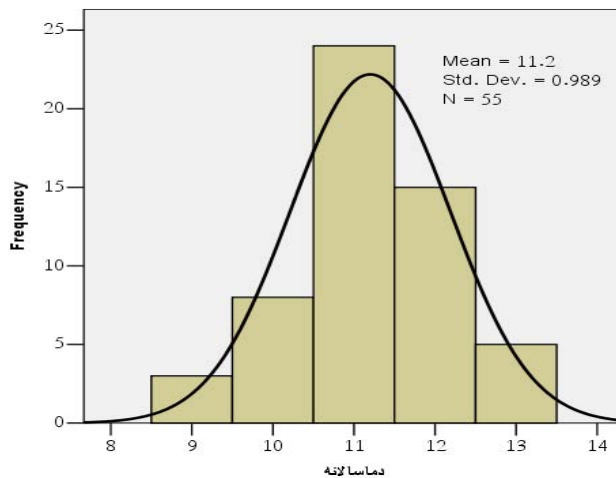
$$V'_i = \frac{[N - (n_i - 1)](N - n_i)[2(N - (n_i - 1))] + 5}{72} \quad (۸)$$

$$U'_i = \frac{-(\sum t'_i - E'_i)}{\sqrt{V'_i}} \quad (9)$$

در روابط شماره ۷ و ۸ N حجم نمونه آماری مورد مطالعه است (تورکس، ۱۹۹۹، ۳۶۷). از نقطه نظر آماری، زمان تغییر در یک سری زمانی جایی است که از آن به بعد توزیع آماری دیگری بر داده‌ها حاکم شود (ها وها، ۲۰۰۶، ۶۱۰). محل تلاقی دو نمودار U و U' بیانگر نقطه چشم‌گیر تغییر و وجود روند می‌باشد به طوریکه، اگر خطوط مذکور در داخل محدوده بحرانی (± 1.96) هم‌دیگر را قطع کنند نشانه زمان آغاز جهش و تغییر ناگهانی در داده‌هاست و در صورتیکه خارج از محدوده بحرانی هم‌دیگر را قطع نمایند بیانگر وجود روند در سری زمانی است (سیورس، ۱۹۹۰، ۶). رفتار U_i بعد از محل تلاقی وضعیت روند (کاهشی یا افزایشی) سری را نشان می‌دهد. عدم تلاقی دو شاخص معرف عدم وقوع تغییر در سری زمانی می‌باشد (تورکس و همکاران، ۲۰۰۲، ۹۵۳).

بحث و نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، پس از ترسیم و بررسی نمودارهای توزیع فراوانی داده‌های دما چنین استنباط شد که، کلیه نمودارهای مربوط به سری‌ها تقریباً شبیه نمودار توزیع نرمال بودند (شکل ۲).



شکل ۲. نمودار توزیع فراوانی داده‌های دمای حداقل سالانه ایستگاه ارومیه همراه با نمودار منحنی نرمال

یکی از فرض‌های اساسی در اغلب پردازش‌های آماری تصادفی بودن مشاهدات است و انحراف از فرض تصادفی بودن می‌تواند به دلیل تغییر تدریجی خطی (روند افزایشی یا کاهش)، تغییر ناگهانی، وجود رفتارهای دوره‌ای و یا افزایش تغییرپذیری، نوسانات زمانی و برخی علل دیگر باشد (شهابفر و همکاران، ۱۳۸۲، ۷۶). همچنانکه از جدول ۱ پیداست، نتایج حاصل از آماره آزمون کندال نشان می‌دهد که فرض صفر (تصادفی بودن داده‌ها) در برخی از سری‌ها (متوسط دمای حداقل آگوست، متوسط دمای حداقل سالانه و متوسط دمای حداقل دوره سرد) به شدت رد می‌شود. بنابراین، احتمال وجود روند در سری‌های مذکور قوت گرفت. از طرفی، حاکمیت وضعیت روند بر برخی از سری‌های زمانی دما (متوسط دمای حداقل جولای، آگوست، سپتامبر و متوسط دمای حداقل سالانه) با شدت و ضعف‌هایی برای منطقه شمال و جنوب تقریباً مشابه است.

به طوریکه، وجود روند در دمای حداقل آگوست و سالانه ۷۱٪ از ایستگاه‌های سطح استان به اثبات رسید. از سوی، برخلاف شمال استان، دما حداقل در دوره سرد سال در اکثر ایستگاه‌های جنوب استان روند مثبت را تجربه کرده است. نتیجه دیگر اینکه، ایستگاه پیرانشهر و ارومیه به ترتیب بیشترین و کمترین احتمال وجود روند را در سری‌های دمای ماهانه، سالانه و دوره‌های سرد و گرم داشته‌اند.

اولین مرحله در بررسی رابطه میان دو تغییر رسم نمودار پراکنش یا نمودار تغییرات مقادیر این دو متغیر در ارتباط با یکدیگر است. از اینرو، به منظور تحلیل همبستگی بین سری‌های اقلیمی با متغیر زمان، نمودار پراکنش داده‌ها بررسی گردید. نتایج بررسی حاکی از آن بود که هیچ‌گونه رابطه خطی بین زوج‌های مرتب تغییر دما و زمان وجود ندارد زیرا پراکندگی نقاط در نمودار پراکندگی بسیار زیاد بود و پیوند بین متغیرها با زمان بسیار ضعیف بود.

جدول ۱. مقادیر آزمون آماره کندال برای متوسط دمای حداقل و بارش

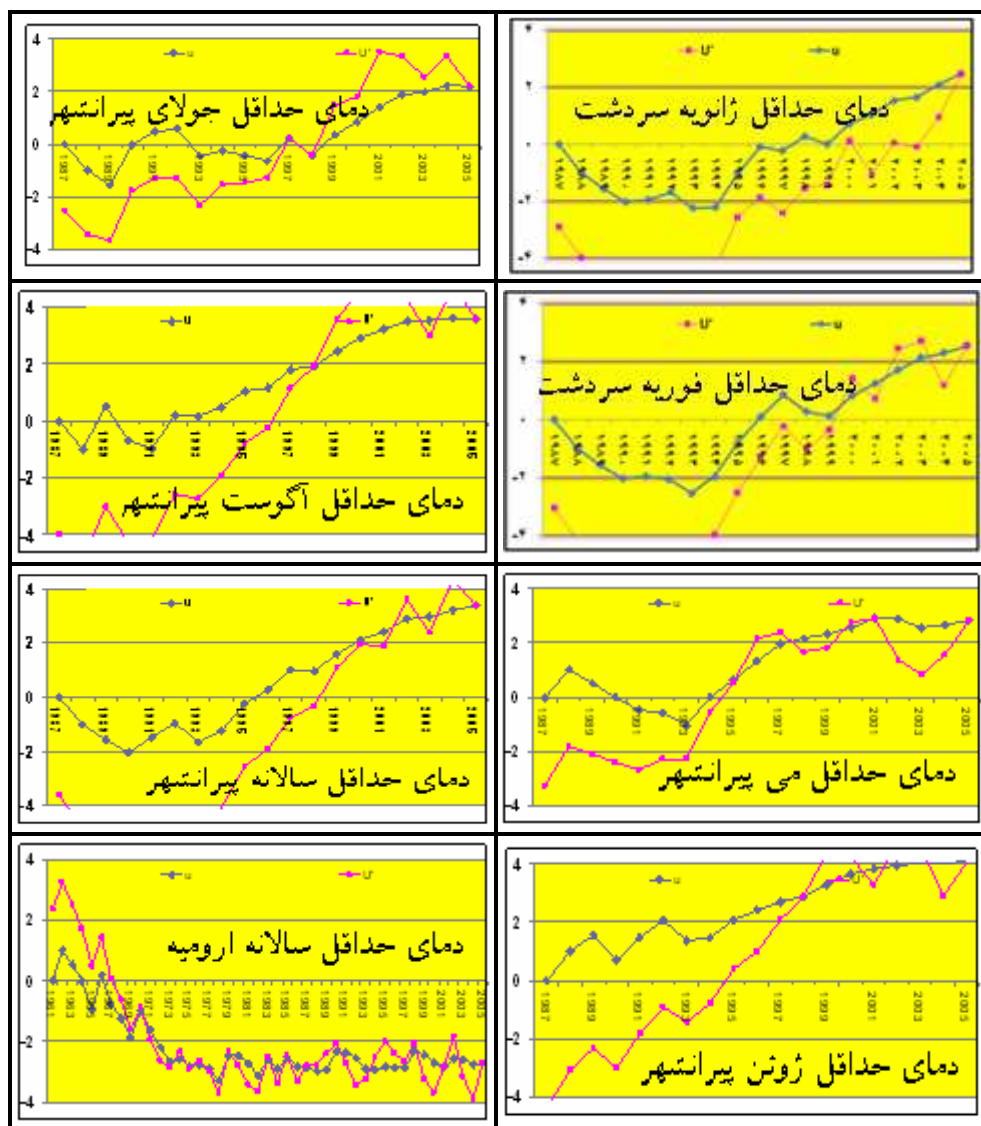
شاخص	ماکو	خوی	ارومیه	مهاباد	سردشت	پیرانشهر	تکاب
متوسط دمای حداقل ژانویه	۰/۲۵	-۰/۰۸	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۴۲	۰/۳۳	۰/۳۲
متوسط دمای حداقل فوریه	۰/۳۰	-۰/۰۵	۰/۱۸	-۰/۱۳	۰/۴۳	۰/۱۹	۰/۱۹
متوسط دمای حداقل مارس	۰/۳۰	-۰/۰۱	۰	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۳۰	۰/۱۷
متوسط دمای حداقل آوریل	۰/۰۵	۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۰۹	۰/۳۱	۰/۲۰
متوسط دمای حداقل می	۰/۱۱	۰/۱۸	-۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۲۹	۰/۴۷	-۰/۰۵
متوسط دمای حداقل ژوئن	۰/۱۹	۰/۲۷	-۰/۰۴	۰/۳۱	۰/۲۲	۰/۶۸	۰/۲۹
متوسط دمای حداقل جولای	-۰/۰۳	۰/۲۵	-۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۳۷	-۰/۱۰
متوسط دمای حداقل آگوست	۰/۳۷	۰/۳۴	-۰/۰۶	۰/۵۹	۰/۳۹	۰/۶۰	۰/۱۸
متوسط دمای حداقل سپتامبر	۰/۳۰	۰/۳۱	-۰/۱۵	۰/۳۹	۰/۲۴	۰/۶۸	۰/۳۰
متوسط دمای حداقل اکتبر	۰/۳۱	۰/۱۷	۰/۰۲	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۰۹
متوسط دمای حداقل نوامبر	۰/۱۰	۰/۱۲	-۰/۲۸	۰/۱۲	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۰۱
متوسط دمای حداقل دسامبر	۰/۰۴	-۰/۰۲	-۰/۰۶	-۰/۰۳	۰/۲۳	۰/۱۷	۰/۱۷
متوسط دمای حداقل سالانه	۰/۳۸	۰/۲۶	۰/۰۷	۰/۳۸	۰/۲۴	۰/۵۷	۰/۳۸
متوسط دمای حداقل دوره سرد	۰/۳۲	-۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۳۷	۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۳۷
متوسط دمای حداقل دوره گرم	۰/۲۳	-۰/۳۴	-۰/۰۷	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۶۸	۰/۲۴

همچنانکه از نمودارهای شکل ۳ و جدول ۲ پیداست، نمودارهای تغییرات مؤلفه‌های u و u' متوسط دمای حداقل ایستگاههای منتخب سطح استان نشان داد که، متوسط دمای حداقل ماههای فوریه، مارس، آوریل، اکتبر و دسامبر بدون هیچ‌گونه جهش و تغییر معنی‌داری روند طبیعی خود را تجربه کرده است. اما این وضعیت برای سایر ماهها کاملاً متفاوت است.

به طوریکه، در جنوب استان در اکثر ماههای فصل تابستان و دمای حداقل سالانه یک تغییر ناگهانی در سالهای ۲۰۰۳-۲۰۰۵ اتفاق افتاده و حاکمیت روند آن مثبت است. از نظر مقیاس زمانی و مکانی دوره‌های سرد و گرم نیز چنین نتیجه‌گیری شد که، به استثناء منطقه مرکزی استان، غالب مناطق روند افزایش دمای حداقل را نشان می‌دهند. به طوریکه، افزایش متوسط دمای حداقل در اواخر دهه ۱۹۹۰ تا سالهای ۲۰۰۵ شیب تندی داشته است و در این فاصله چندین جهش معنی‌دار مثبت به ویژه در سالهای ۱۹۹۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۵ اتفاق افتاده است.

در مجموع از بررسی رفتار تغییرات مؤلفه‌های نمودار u و u' مربوط به متوسط دمای حداقل منطقه طی حدود نیم قرن اخیر چنین نتیجه‌گیری شد که، از نظر مقیاس توزیع زمانی و مکانی، تغییرات

متوسط دمای حداقل کل استان عمدتاً طی اواخر دهه ۱۹۹۰ و در برخی از ماههای دهه اول ۲۰۰۰ دستخوش تغییرات ناگهانی مثبت شده و روند حاکم بر آن نیز معنی‌دار است. اما این وضعیت برای مرکز استان کاملاً برخلاف دیگر مناطق است. به طوریکه، طی دو دهه مذکور جهش معنی‌داری در متوسط دمای حداقل غالب ماههای منطقه مرکزی استان از نوع منفی است. در اینجا به دلیل محدودیت تنها با به تصویر کشیدن چند نمودار اکتفا شده است. اما به منظور امکان مقایسه وضعیت دمای حاکم در گذشته در جدول ۲ خلاصه نتایج عددی مقادیر کلیه نمودار تغییرات مؤلفه‌های u و u' متوسط دمای حداقل ایستگاههای سطح استان [علامت جم (جهش ناگهانی مثبت)، جن (جهش ناگهانی منفی)، ر (روند + یا -)] آورده شده است.



شکل ۴. نمودار تغییرات مولفه‌های U و U^* متوسط دمای حداقل برخی از ایستگاههای استان

جدول ۲. خلاصه نتایج عددی مقادیر نمودار تغییرات مؤلفه‌های u و u متوسط دمای حداقل

متوسط دمای	ماکو	خوی	ارومیه	مهاباد	سردشت	پیرانشهر	تکاب
حداقل ژانویه					جم ۲۰۰۵+	جم ۲۰۰۳+	
حداقل می			جن ۱۹۸۵- ۸۷-۹۳ +۹۳			جم ۲۰۰۱-۹۷- ۲۰۰۵-۲۰۰۱ +	
حداقل ژوئن		جم ۲۰۰۰- ۲-۳-۲۰۰۲ +۲۰۰۵	جن ۹۶			جم ۲۰۰۱-۹۸- ۲۰۰۵-۲۰۰۴ +	جم ۲۰۰۱- +۲۰۰۵
حداقل جولای	جم ۲۰۰۱- +۲۰۰۵		جن ۷۱- ۷۴-۷۶ +۹۸-۸۱			جم ۲۰۰۵+	
حداقل آگوست	جم ۲۰۰۳- +۲۰۰۵	جم ۲۰۰۰- +۲۰۰۵	جن ۹۶+	جم ۲۰۰۳- +۲۰۰۵	جم ۲۰۰۳- +۲۰۰۵	جم ۲۰۰۳- +۲۰۰۵	
حداقل سپتامبر		جم ۲۰۰۱- +۲۰۰۵	جن ۷۷- ۷۸-۲۰۰۰ +	جم ۲۰۰۵+		جم ۲۰۰۱- ۲۰۰۵-۲۰۰۲ +	
حداقل نوامبر			جن ۷۵ تا ۲۰۰۵ چندین				
حداقل سالانه	جم ۲۰۰۵- +	جم ۲۰۰۱- ۲۰۰۳- +۲۰۰۵	جن ۹۷+	جم ۲۰۰۵+		جم ۲۰۰۱- ۲۰۰۵-۲۰۰۳ +	جم ۲۰۰۵+
حداقل دوره سرد				جم ۲۰۰۵+	جم ۲۰۰۲- +۲۰۰۵	جم ۲۰۰۲- +۲۰۰۵	جم ۲۰۰۵+
حداقل دوره گرم		جم ۲۰۰۲- +۲۰۰۵	جن ۹۷+			جم ۱۹۹۸- ۲۰۰۵-۲۰۰۳ +	

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

به طور کلی، پس از جمع‌آوری داده‌های مربوط به متوسط دمای حداقل ایستگاههای منتخب منطقه مورد مطالعه طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۶۱ به منظور بررسی و شناخت تغییرات سری‌های زمانی مذکور آماره آزمون کندال برای کلیه ماهها، دوره‌های سرد و گرم و سالانه محاسبه شد و نمودارهای تغییرات مولفه‌های u و u' مربوطه ترسیم گردید و نتایج ذیل حاصل شد: طی دهه‌های اخیر، حاکمیت وضعیت روند بر برخی از سری‌های زمانی دما (متوسط دمای حداقل جولای، آگوست، سپتامبر و متوسط دمای حداقل سالانه) به اثبات رسید. بر اساس بررسی رفتار تغییرات مؤلفه‌های نمودار u و u' متوسط دمای حداقل ماههای فوریه، مارس، آوریل، اکتبر و دسامبر سطح استان مصون از جهش ناگهانی بوده و همچنان روند طبیعی خود را طی می‌کند.

وضعیت نمودارهای تغییرات مولفه‌های u و u' مربوطه به متوسط دمای حداقل برای مرکز استان و مناطق حاشیه‌ای استان کاملاً متفاوت نشان می‌دهد. به طوری‌که، در منطقه مرکزی (ارومیه) غالب تغییرات ناگهانی معنی‌داری در سال‌های دهه‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۰ اتفاق افتاده و حاکمیت روند آن منفی است. اما در سایر مناطق استان چندین جهش معنی‌دار با حاکمیت روند مثبت به ویژه در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵ اتفاق افتاده است و روند تغییرات نمودار u نیز با شیب زیادی افزایش متوسط دمای حداقل را در ماههای مختلف در این مناطق نشان می‌دهد.

از آنجا که تغییر اقلیم وضعیتی برگشت‌ناپذیر بوده و بیشتر گرمای زمین ناشی از تولید گازهای گلخانه‌ای است و بسیاری از گازهای گلخانه‌ای نیز از فعالیت‌های روزانه حاصل می‌شود، پیشنهاد می‌گردد که مسئولان مرتبط راههای دیگری برای تولید انرژی به منظور کمک به کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای در نظر گیرند و در مدیریت منابع آب منطقه چاره‌جویی کنند.

منابع

۱. حجام، سهراب؛ خشخو، یونس و شمس‌الدین‌وندی، رضا (۱۳۸۷)، «تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری» پژوهش‌های جغرافیایی، ۱۵۷-۱۶۸؛
۲. رحیم‌زاده، فاطمه؛ خوشکام، محبوبه و عسگری، احمد (۱۳۸۳)، «بررسی تغییرات سری‌های رطوبت در ایستگاه‌های سینوپتیک کشور» نیوار، ۵۴-۱۹: ۵۵-۳۹؛
۳. زاهدی، مجید و ساری صراف، بهروز (۱۳۸۶)، «تحلیل تغییرات زمانی - مکانی دمای منطقه شمال-غرب ایران» جغرافیا و توسعه، ۱۰: ۱۹۸-۱۸۳؛
۴. شرکت آمارپردازان؛ (۱۳۷۷) «راهنمای کاربران SPSS 6.0 for Windose»، ج دوم، مرکز فرهنگی انتشاراتی حامی، تهران، ۵۳۳؛
۵. شهابفر، علیرضا؛ محمدنیاقرائی، شهاب و جاودانی‌خلیفه، ناصر (۱۳۸۲)، «بررسی تغییرات زمانی روزهای یخبندان در مشهد» سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم. دانشگاه اصفهان، ۸۱-۷۴؛
۶. عزیزی، قاسم و روشنی، محمود (۱۳۸۷)، «مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من - کندال» پژوهش‌های جغرافیایی، ۲۸-۱۳؛
۷. طباطبایی، سیدعلی و حسینی، مهرداد (۱۳۸۲)، «بررسی تغییر اقلیم در شهر سمنان بر اساس پارامترهای بارش ماهیانه و متوسط دمای ماهیانه» سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم. دانشگاه اصفهان ۱۳۸۲، ۹۸-۹۱؛
۸. کتیرایی بروجردی پیام؛ حجام، سهراب و ایران‌نژاد، پریسا (۱۳۸۴)، «بررسی روند تغییرات بارندگی در ایران طی دوره ۱۹۶۰ الی ۲۰۰۱» رساله دکتری هواشناسی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات؛
9. Clarke, T.S., (2003), **Regional Climate Change: "Trend Analysis of Temperature and Precipitation Series at Canadian Sites"**, *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 48: 194-210;
10. Dejongh , M.I. Verhoest, C.N., & Troch, D.F., (2006), "Analysis of a 105-Year Time Series of Precipitation Observed at Uccle, Belgium" *Int. J. Climatol*, 26: 2023-2039;
11. Dettinger, M.D. Cayan, D.R. Meyer, M. & Jeton A.E., (2004), "Simulated hydrologic responses to climate variations and change in the Merced, Carson, and American River basins, Sierra Nevada, California, 1900-2099." *Climate Change*, 62: 283-317;
12. Dracup, J.A. & Vicuna, S., (2005), "An Overview of Hydrology and

- Water Resources Studies on Climate Change: the California E experience." Proc. EWRI 2005: Impacts of Global Climate Change;
13. Ha, J.K, Ha, E., (2006), "Climatic Change and Inter annual Fluctuation in the Long-term Record of Monthly Precipitation for Seoul" Int. J. Climatol, 26: 607-618;
 14. Ha, J.K. Park, S. & Kim, K., (2005), "On inter annual characteristics of Climate Prediction Center merged analysis precipitation over the Korean peninsula during the summer monsoon season". International journal of climatology, 25, 99-116;
 15. IPCC: (2001b), "Climate change 2001: The Scientific Basis;, Contribution of Working Group Ito the Third Assessment Report of the Intergovernmental panel on Climate Change(IPCC)" Houghton, J.T. Dinggs. Y. Noguier, M.P.J. Linden, V.X. Maskell, D.K. & Johnson, C.A., "Cambridge University Press, Cambridge, UK. 881;
 16. Marengo, J.A. & Camargo, C.C., (2008), "Surface air Temperature Trends in Southern Brazil for 1960- 2002" Int. J. Climatol, 28: 893- 904;
 17. Miro,J. J., Estrela, J.M., & Millan, M., (2006), " Summer Temperature Trends In A Mediterranean Area (Valencia Region)" Int. J. Climatol, 26: 1051- 1073;
 18. Overland, J. M.,Percival, B. D., & Mofjeld, O. H., (2006) " Shortb Communication Change in the Arctic Influence on Bering sea Climate During the Twentieth Century" Int. J. Climatol, 26: 531- 539;
 19. Serrano, A. Mateos, V.L. & Garcia, J.A., (1999), "Trend Analysis of Monthly Precipitation Over the Iberian Peninsula for the Period 1921- 1995" phys. Chem. EARTH (B), 24: 85-90;
 20. Sueyers, R., (1990), "On the Statistical Analysis of Series of Observation" WMO, 415: 2-15;
 21. Takeuchi, Z.X.Xu.K. & Ishidiaira. H., (2003), "Monitoring Trend Step Changes in Precipitation in Japanese Precipitation" Journal of hydrology. 279: 144-150;
 22. Turgay, P. & Ercan, K. (2005), "Trend Analysis in Turkish Precipitation data", Hydrological processes published online in Wiley Inter science (www. Inter science. Wiley.com);
 23. Turkes, M. Sumer, U.M. & Demir, I., (2002), "Re- Evaluation of Trends and Changes in mean. Maximur and Minimum Temperatures of Turkey for the Period 1929-1999" Int. J. Climatol, 22:947-977;
 24. Turkes, M., (1999), "Vulnerability of Turkey to desertification with respect to precipitation and aridity condition" Trkish Journal of Engineering and Environmental Science 23: 363-380;
 25. Wulfmeyer, V. & Muller, H. I., (2006), "The Climate Station of the University of Hohenheim: Analyses of air Temperature and Precipitation time Sires since 1878" Int. J. Climatol, 26: 113 – 138;
 26. Zweirs, W.F. & Storch, V.H., (2004), "On the Static's in Climate Research" Int. J. Climatol, 24: 665- 680.