

روند تغییرپذیری فرین‌های دما با استفاده از شاخص‌های تغییر اقلیم در ایران

بهلول علیجانی - استاد اقلیم‌شناسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
احمد روشنی^۱ - دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
فاطمه پرک - دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
روح‌الله حیدری - کارشناس ارشد آمار، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۵/۱۷ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۷/۲۶

چکیده

در این پژوهش، تغییرپذیری فرین‌های دما در دهه‌های اخیر در ایران بررسی شده است. برای انتخاب ایستگاه‌ها به پراکندگی مکانی مناسب و طولانی مدت بودن سری داده‌ها و میزان داده‌های گمشده توجه شده است. سپس، ۶۰ سری روزانه دما در دوره زمانی ۱۹۶۱-۲۰۰۶ برای تحلیل انتخاب شده و ۱۸ شاخص از مجموعه شاخص‌های تغییر اقلیم مورد تایید گروه بین‌المللی (WMO-CCL/CLIVAR)، استفاده شده است. برای تشخیص تغییرپذیری روندها، آزمون من‌کندال و مدل رگرسیون خطی و برای تعیین خود همبستگی خطاهای رگرسیون نیز آزمون دوربین واتسون به‌کارگیری شده است. نتایج مطالعه نشان دهنده افزایش دمای هوا در ایستگاه‌هاست. شاخص‌های میانگین حداقل دما، میانگین حداکثر دما، شب‌های گرم، شب‌های گرمسیری و تداوم دوره‌های گرم روند افزایشی را در کل کشور نشان می‌دهند و شاخص‌های محدوده دمای روزانه (DTR) و تداوم دوره‌های سرد در بیشتر نقاط کشور دارای روند منفی هستند. به طور کلی، طول فصل رویش و روزهای گرم، در بیشتر مناطق کشور در حال افزایش و شب‌های سرد با کاهش همراه است. روندهای حاکی از سردشدگی تنها در منطقه زاگرس جنوبی و به ویژه ایستگاه شهرکرد دیده می‌شود. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که دما در بیشتر مناطق کشور در حال افزایش است و مقدار این افزایش در مناطق مرکزی که دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک هستند، از شدت بیشتری برخوردار است.

کلیدواژه‌ها: تغییرپذیری اقلیم، فرین‌های اقلیمی، دما و ایران.

مقدمه

دمای جهان در طی قرن گذشته در حدود ۰/۷۴ درجه سلسیوس افزایش پیدا کرده است (IPCC^۱، ۲۰۰۷، ۳۰). در مطالعات اخیر، به افزایش احتمالی امواج گرمایی، بارش‌های سنگین، زمستان‌های سخت و رخداد طوفان‌های تابستانی بر روی خشکی‌ها به علت تغییرات اقلیمی اشاره شده است (زانگ^۲ و همکاران، ۲۰۰۵: ۱۱). در دهه‌های گذشته، تحلیل‌های بلند مدت تغییر اقلیم که با استفاده از داده‌های دما انجام می‌شدند، بیشتر بر روی تغییرپذیری در ارزش میانگین متمرکز بوده‌اند و تحلیل داده‌های فرین کمتر مورد توجه قرار می‌گرفت (جونز و موبرگ^۳، ۲۰۰۳: ۲۰۶). از سوی دیگر، این باور مطرح است که تغییرات اقلیمی بیشتر جنبه‌های هوا و اقلیم به ویژه رخدادهای فرین دما را تحت تأثیر قرار می‌دهد (رادینووی و کوری^۴، ۲۰۰۹: ۲۰۰؛ لهنر^۵ و همکاران، ۲۰۰۶: ۲۹۳). بنابراین، اثرات گسترده اجتماعی-اقتصادی فرین‌ها (ریو^۶ و همکاران، ۲۰۰۴: ۱۴۵)، ضرورت توجه بیشتر به چنین مطالعاتی را نشان می‌دهد. ارزیابی تغییرات فرین‌های دما و بارش در قرن گذشته، در بخش‌های زیادی از جهان انجام شده است (مودلسی^۷ و همکاران، ۲۰۰۳؛ نیو^۸ و همکاران، ۲۰۰۱؛ موبرگ و جونز^۹، ۲۰۰۵؛ کلین تانک و کونن^{۱۰}، ۲۰۰۳؛ الکساندر^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۶). اثرات گسترده اجتماعی-اقتصادی فرین‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک همانند ایران به دلیل برخورداری از اقلیم بسیار آسیب‌پذیر و شکننده، بیشتر است و تغییرات ناگهانی آنها ممکن است رخدادهای ویرانگر را به دنبال داشته باشد. تغییرپذیری مکانی و زمانی از ویژگی‌های ذاتی اقلیم ایران به شمار می‌رود و اثرات مخرب اقتصادی-اجتماعی بلایای اقلیمی از جمله سیلاب‌ها و خشکسالی‌ها در سال‌های اخیر در ایران بسیار زیاد بوده است (ناظم السادات و کوردری^{۱۲}، ۲۰۰۰: ۵۹؛ بارلو^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۲: ۶۹۷؛ ناظم السادات و قاسمی^{۱۴}، ۲۰۰۴: ۴۰۱۶). مطالعه رسولی (۲۰۰۴)، با موضوع تحلیل مکانی بادهای سرد در جنوب غرب ایران و کاویانی و همکارش (۲۰۰۴)، در مورد دماهای موثر در کشور تغییرپذیری و ناپایداری اقلیم را در کشور نشان می‌دهد.

1 Intergovernmental Panel on Climate Change

2 Zhang

3 Jones & Moberg

4 Radinovi & Curi

5 Lehner

6 Ryoo

7 Mudelsee

8 New

9 Moberg & Jones

10 Klein Tan & K'onnen

11 Alexander

12 Nazemosadat & Cordery

13 Barlow

14 Nazemosadat & Ghasemi

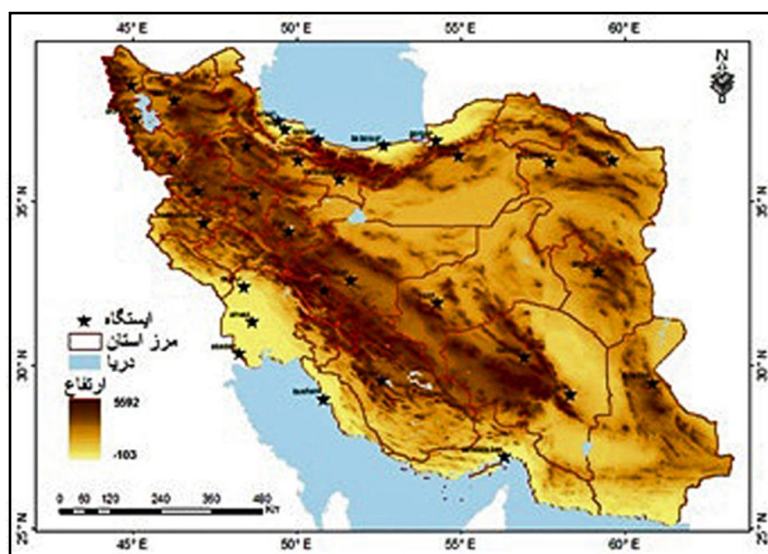
پیامد گرم شدن جهانی در ایران شامل افزایش فراوانی رخداد‌های فرین به ویژه موج‌های سرد و گرم، بارش‌های سیل آسا و خشکسالی‌های شدید دراز مدت است (رحیم زاده و همکاران، ۲۰۰۹: ۳۴۲)، در سال‌های گذشته تحقیقات مختلفی، تغییرپذیری میانگین دما را در ایران بررسی نموده‌اند (علیجانی، ۱۳۷۸؛ جهادی طرقي، ۱۳۷۸؛ رسولی، ۲۰۰۲؛ رحیم زاده و عسگری، ۲۰۰۳ و ۱۳۸۳؛ پدرام و همکاران، ۲۰۰۵؛ منتظری و مسعودیان ۱۳۸۹، اسدی و حیدری، ۱۳۹۰). بعلاوه، رحیم‌زاده و دیگران (۲۰۰۹)، تغییرپذیری فرین‌های دما و بارش را در ایران مورد توجه قرار دادند و تقوی و محمدی (۲۰۰۷)، بیان کردند که فراوانی رخداد‌های سرد و گرم به ترتیب با کاهش و افزایش همراه بوده است. کاری (۱۳۸۰)، نیز تغییرات معنی‌دار امواج گرمایی و دوره‌های سرد در تهران را تایید نموده است. هدف این پژوهش ارائه تحلیل دقیق‌تری از پراکندگی مکانی-زمانی فرین‌های دما در گستره سرزمینی ایران است.

مواد و روش‌ها

برای ترسیم تصویری دقیق از تغییرپذیری فرین‌های دما با توجه به مشکلات آماری موجود (رحیم زاده و همکاران؛ ۲۰۰۹: ۳۳۰)، در انتخاب ایستگاه‌ها به پراکندگی مکانی مناسب در گستره کشور، طولانی مدت بودن سری داده‌ها و میزان داده‌های گمشده توجه شده است. اگر نوسانات زمانی در سری داده‌های اقلیمی تنها ناشی از عوامل اقلیمی باشند، سری همگن فرض می‌شود. مهم‌ترین عوامل عدم همگنی تغییر در وسایل اندازه‌گیری، تغییر در محل ایستگاه و میزان داده‌های مفقود هستند (کولینز^۱ و همکاران، ۲۰۰۰: ۲۷۸). برای جلوگیری از اثرات ناهمگنی در نتایج، معیارهایی همچون عدم تغییر مکان ایستگاه، فقدان داده کمتر از پنج درصد و تداوم زمانی کافی در انتخاب ایستگاه‌ها استفاده شده است و در صورت نداشتن معیارهای فوق سری مربوطه از تحلیل حذف شده است؛ به عنوان مثال: ایجاد وقفه در داده‌های ایستگاه خرم‌آباد به دلیل تغییر مکان در ۱۹۸۰ سبب حذف آن از تحلیل شد. پس از طی مراحل فوق، داده‌های روزانه دما در ۳۰ ایستگاه سینوپتیک در دوره زمانی ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۶ از آرشیو سازمان هواشناسی کشور استخراج شده است (شکل ۱). از بیش از ۵۰ شاخص تغییر اقلیم مورد تایید گروه بین‌المللی ETCCDI، مجموعه ۱۸ شاخص برای تعیین فرین‌های دما انتخاب شده است (نیکولز و موری^۲، ۱۹۹۹: ۲۴) (جدول ۱).

1 Collins

2 Nicholls & Murray



شکل ۱ منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه

جدول (۱) شاخص‌های انتخاب شده برای تحلیل فرین‌های دما در ایران

شاخص	نام تشریحی	تعریف	واحد
TXMean	حداکثر سالانه دما	میانگین سالانه TX*	درجه سانتیگراد
TNMean	حداقل سالانه دما	میانگین سالانه TN*	درجه سانتیگراد
FD	روزهای سرمازدگی	تعداد سالانه اگر $TN < 0^{\circ}C$	روز
ID	روزهای یخبندان	تعداد سالانه اگر $TX < 0^{\circ}C$	روز
GSL	طول فصل رویش	تعداد سالانه حداقل ۶ روز با میانگین دمایی $T > 5^{\circ}C$ و از اولین دوره از جولای دارای ۶ روز با $T < 5^{\circ}C$	روز
DTR	محدوده دمای روزانه	میانگین سالانه اختلاف بین TX and TN	درجه سانتیگراد
SU25	روزهای تابستان	تعداد سالانه اگر $TX > 25^{\circ}C$	روز
TR20	شب‌های گرمسیری	تعداد سالانه اگر $TN > 20^{\circ}C$	روز
TX90P	روزهای گرم	درصد روزهایی که $TX > 90th\ percentile$	درصد
TX10P	روزهای سرد	درصد روزهایی که $TX < 10th\ percentile$	درصد
TN90P	شب‌های گرم	درصد روزهایی که $TN > 90th\ percentile$	درصد
TN10P	شب‌های سرد	درصد روزهایی که $TN < 10th\ percentile$	درصد
TXx	بیشینه حداکثر دما	بیشینه سالانه TX	درجه سانتیگراد
TXn	کمینه حداکثر دما	کمینه سالانه TX	درجه سانتیگراد
TNx	بیشینه حداقل دما	بیشینه سالانه TN	درجه سانتیگراد
TNn	کمینه حداقل دما	کمینه سالانه TN	درجه سانتیگراد
WSDI	تداوم دوره گرم	تعداد سالانه حداقل ۶ روز متوالی اگر $TX > 90th\ percentile$	روز
CSDI	تداوم دوره سرد	تعداد سالانه حداقل ۶ روز متوالی اگر $TN < 10th\ percentile$	روز

*TX = بیشینه دما، TN = کمینه دما

برای تشخیص روند در سری های زمانی از آزمون روند من کندانال (tau)^۱، با فرض نفی "عدم وجود روند در سری زمانی" استفاده شده است. آزمون من کندانال (tau)، از جمله آزمون های ناپارامتریک است و از نقاط قوت آن می توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی کنند، اشاره نمود (طبری، ۲۰۱۱: ۳۱۴).

مراحل انجام این آزمون به شرح زیر است: در ابتدا محاسبه اختلاف بین تک تک مشاهدات با همدیگر و اعمال تابع علامت^۲ و استخراج پارامتر S به شرح زیر:

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(x_j - x_k)$$

که n تعداد مشاهدات سری، و X_k و X_j به ترتیب داده های j ام و k ام سری می باشند. تابع علامت نیز به شرح زیر قابل محاسبه است:

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

$$\text{VAR}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{t=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18}$$

سپس محاسبه واریانس از رابطه:

که n تعداد داده های مشاهده شده و m معرف تعداد سری هایی است که در آنها حداقل دو داده هم رتبه وجود دارد. t نیز بیانگر فراوانی داده های با رتبه یکسان است. سپس استخراج آماره Z به کمک یکی از روابط زیر:

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s > 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases}$$

در یک آزمون دو دامنه جهت روندیابی سری داده ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می شود که رابطه $|Z| \leq Z_{\alpha/2}$ برقرار باشد، که α سطح معنی داری است که برای آزمون ۹۵ درصد در نظر گرفته شده است و $Z_{\alpha/2}$ آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی دار α است که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از $\alpha/2$ استفاده شده است. در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند سری داده ها صعودی و در صورت منفی بودن آن، روند نزولی در نظر گرفته می شود. علاوه بر این، در آزمون من کندانال نیاز هست که داده ها به لحاظ سریالی مستقل باشند. اگر داده ها دارای همبستگی سریالی مثبت باشند، من کندانال میزان معنی داری روند را

1 MannKendall tau

2 Sign Function

بیش از حد برآورد خواهد کرد و از سوی دیگر اگر داده‌ها دارای همبستگی سریالی منفی باشند، میزان معنی‌داری کمتر برآورد خواهد شد (طبری، ۲۰۱۱: ۳۱۴). سپس مدل رگرسیون خطی برای محاسبه روند به ازای دهه به کار برده شده است و برای تعیین خود همبستگی خطاهای رگرسیون، آزمون دوربین واتسون^۱ (کنجی^۲، ۲۰۰۶: ۱۶۹) استفاده شده است. این آزمون بر مبنای مدل اتورگرسیو درجه یک^۳ $\epsilon_t = \varphi \epsilon_{t-1} + u_t$ قرار دارد. آزمون دوربین واتسون براساس اختلاف بین باقیمانده‌های همجوار $\epsilon_t - \epsilon_{t-1}$ عمل می‌کند که از رابطه: $d = \frac{\sum_{t=2}^n (\epsilon_t - \epsilon_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n \epsilon_t^2}$ به دست می‌آید.

بحث و نتایج

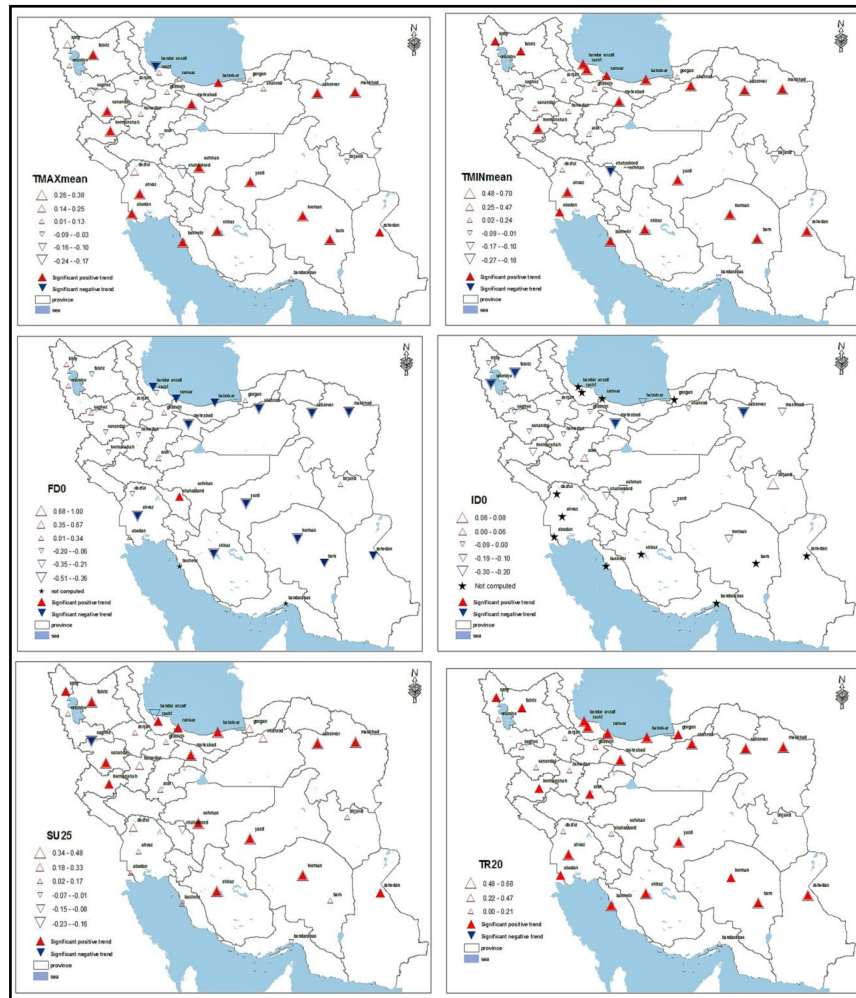
نگاهی کلی به نتایج پژوهش نشان می‌دهد میانگین حداقل (TMINmean) و حداکثر دما (TMAXmean)، در بیشتر نقاط کشور حدود یک درجه سانتیگراد در دهه در حال افزایش است. علاوه بر این، به جز در بخش‌های جنوبی کشور که فاقد روز یخبندان (FD0) هستند، روزهای یخبندان در مناطق دیگر در حال کاهش است و بیشتر روندهای منفی معنی‌دار در البرز مرکزی و شرقی و زاگرس جنوبی قابل مشاهده است و این روندها در ایستگاه‌های واقع در اطراف کویر و بیابان‌های مرکزی ایران همچون یزد، کرمان، سبزواری و شاهرود به ترتیب به میزان ۱/۵، ۱/۵، ۱/۲ و ۱/۱ روز در دهه از شدت بیشتری برخوردارند. روند مثبت معنی‌دار به جز در ایستگاه شهرکرد به میزان ۱/۲ روز در دهه، که می‌تواند به علت ارتفاع زیاد و یا قرارگیری در منطقه بیشینه بارش در رشته کوه زاگرس باشد، در بقیه نقاط دیده نمی‌شود. تسلط روندهای مثبت معنی‌دار در دو شاخص SU25 و TR20 در کل گستره مطالعاتی دیده می‌شود و بیشتر ایستگاه‌های واقع در مناطق خشک و نیمه خشک مرکزی روندهای مثبت معنی‌دار را در تعداد روزهای تابستانی نشان می‌دهند. این روندها در شرق و غرب زاگرس و شمال و جنوب البرز و در تمام عرض‌های جغرافیایی قابل مشاهده هستند و از عدم نقش آفرینی ناهمواری‌ها در وردایی روزهای تابستانی حکایت دارند. بیشترین میزان افزایش در SU25 به ترتیب در بابل و سبزواری به میزان ۱/۶ و ۱/۵ روز در دهه و کمترین مقدار در انزلی و سقز به میزان ۲/۰۹ و ۱/۰۱ روز در دهه دیده می‌شود. شاخص TR20 نیز در ۲۱ ایستگاه دارای روند مثبت معنی‌دار است افزایش چشمگیری در تعداد شب‌های گرمسیری بویژه از اوایل دهه ۱۹۸۰ در نواحی مرکزی یا جنوبی کشور مشاهده می‌شود و اهواز و قزوین به ترتیب بیشترین تغییرپذیری افزایشی و کاهشی را با ۱/۵ و ۱/۳ روز در دهه دارا هستند. تقریباً بیشتر مناطق واقع در جنوب عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و همچنین سواحل دریای خزر روزهای با حداکثر دمای روزانه (TX)، کمتر از صفر (ID)، را تجربه نکرده‌اند و روندهای منفی بیشتر بر جهت رشته کوه‌های زاگرس و البرز منطبق هستند، البته روندهای منفی معنی‌دار بیشتر در شمال کشور مشاهده می‌شوند. روند مثبت تنها در دو ایستگاه اراک و بیرجند به مقدار ۱/۷ و ۲/۰۴ روز در دهه وجود دارد. در شاخص-

1 Durbin Watson test

2 Kanji

3 The first order autoregressive error model

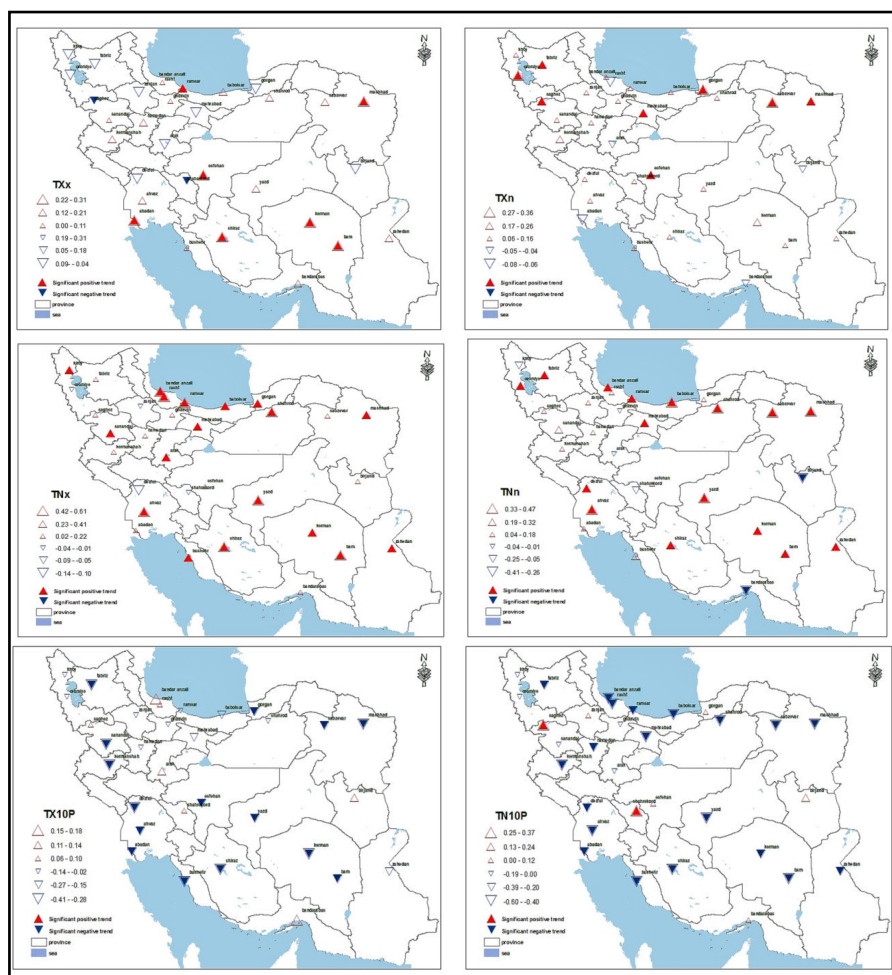
های TN_x و TX_x نیز روندهای مثبت معنی دار تسلط دارند. شاخص TN_x در ۱۸ ایستگاه دارای روند مثبت معنی دار است که بیشترین افزایش آن به بندرانزلی و شاهرود به میزان $1/6$ و $1/3$ درجه سانتیگراد در دهه تعلق دارد. تحلیل روند در شاخص TX_x نیز از افزایش دماهای فرین بیشینه در بیشتر مناطق و به ویژه در نیمه جنوبی حکایت دارد و روندهای نزولی معنی دار تنها در برخی مناطق از جمله زاگرس قابل مشاهده است. به طور کلی می توان گفت که بیشینه و کمینه دمایی در منطقه به سوی دماهای بالاتر تمایل دارد و این تمایل در دماهای کمینه بیشتر است.



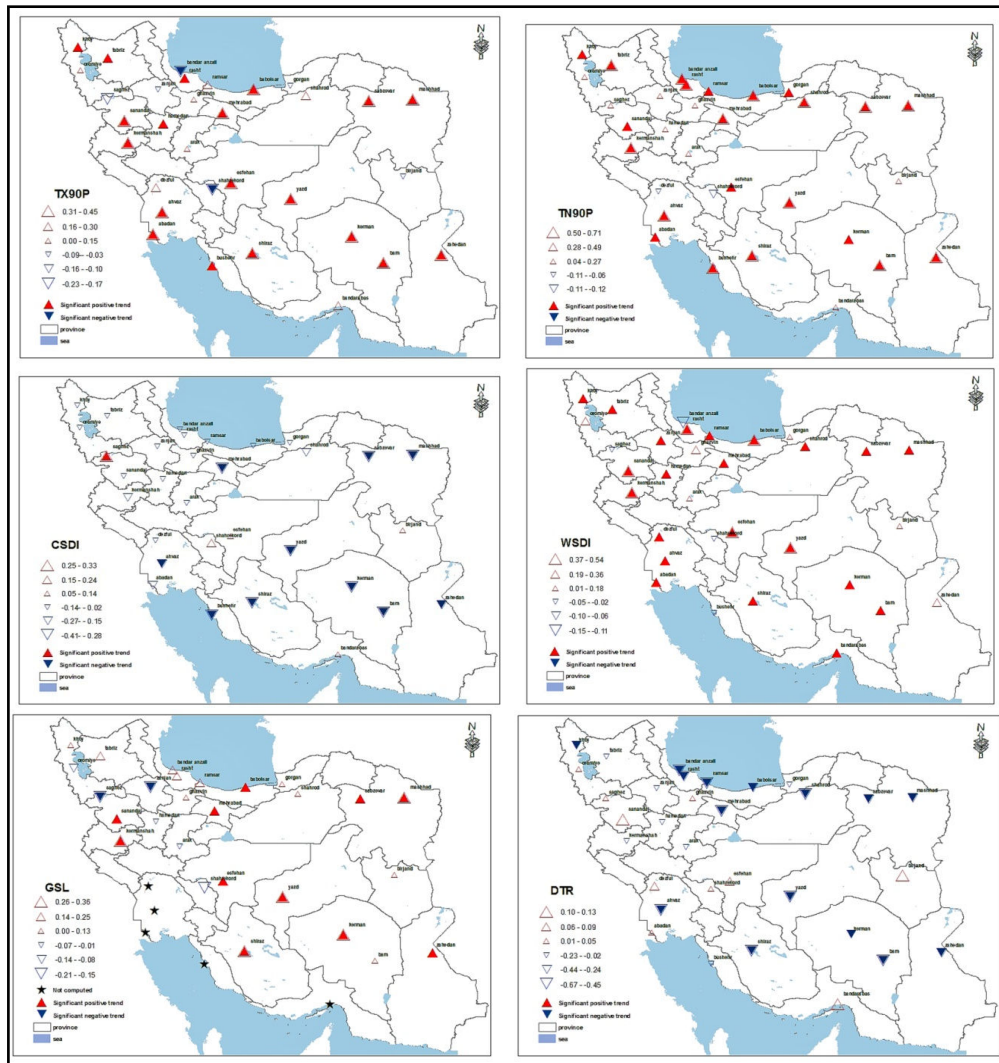
شکل ۲ روند در شاخص های $TR20$, $SU25$, IDO , FDO , $Tmin\ mean$, $Tmax\ mean$

تسلط روندهای افزایشی در شاخص های TN_n و TX_n نشان دهنده افزایش فراوانی رخداد دماهای بیشینه و کمینه فرین در کشور است. این امر به ویژه در شاخص TN_n نمود بیشتری دارد به طوری که روندهای منفی معنی دار فقط در بندرعباس و بیرجند با $1/5$ و $2/3$ درجه سانتیگراد در دهه دیده می شود و روندهای منفی ضعیفی نیز در زاگرس مرکزی وجود دارد. روندهای مثبت عمدتاً معنی دار در بین عرض های جغرافیایی 29 تا 33 درجه و بالاتر از 36 درجه از پراکندگی مناسبی

برخوردارند. میزان تغییرپذیری مثبت در ایستگاه اهواز در جنوب و بابلسر در شمال کشور به ترتیب به مقدار $2/1$ و $1/9$ درجه سانتیگراد در دهه می‌رسد. در شاخص شب‌های سرد $TN10p$ و به ویژه روزهای سرد $TX10p$ روندهای منفی معنی‌دار دارای تسلط می‌باشند. شاخص روزهای سرد در کرمانشاه با $1/28$ درصد در دهه رو به کاهش است و شاخص شب‌های سرد نیز در نواحی جنوبی و شمالی کشور و به ویژه در اهواز و بوشهر به مقدار $1/98$ و $1/4$ درصد در دهه با کاهش همراه است. از سوی دیگر، این شاخص در سقز و شهرکرد نیز با مقدار $0/93$ و $0/8$ درصد در دهه در حال افزایش می‌باشد. تحلیل‌های آماری نشان می‌دهند که شاخص روزهای گرم $TX90p$ و شب‌های گرم $TN90p$ در بیشتر مناطق دارای روند افزایشی هستند. در شاخص شب‌های گرم تغییرپذیری منفی معنی‌داری مشاهده نمی‌شود و محاسبات نشان دهنده افزایش آن در 22 ایستگاه به ویژه در بم و تهران به مقدار $0/99$ و $0/9$ درصد در دهه است. ایستگاه اصفهان نیز با $1/013$ درصد در دهه و ایستگاه شهرکرد با $1/32$ درصد در دهه بیشترین مقدار افزایش و کاهش را در روزهای گرم نشان می‌دهند.



شکل ۳ روند در شاخص‌های $TX10p$, $TN10p$, TNx , TNn , TXx , TXn



شکل ۴ روند در شاخص های $GSL, DTR, CSDI, WSDI, TX90p, TN90p$

روندهای مثبت معنی دار تداوم دوره گرم $WSDI$ در اکثر ایستگاهها دیده می شود و در یزد به میزان $1/37$ روز در دهه و سپس در اصفهان از شدت بیشتری برخوردار هستند. در برخی از ایستگاهها از جمله در انزلی و شهرکرد روندهای منفی ضعیفی وجود دارد. طول دوره سرد $CSDI$ در اکثر ایستگاهها روندهای منفی معنی داری را نشان می دهد. ایستگاه شهرکرد که با روند کاهشی در تداوم دوره گرم همراه بود، اینک افزایش در تداوم دوره های سرد به میزان $1/13$ روز در دهه را نشان می دهد. هر چند ایستگاه سقز دارای روند منفی در تداوم دوره های گرم است اما، افزایش معنی دار تداوم دوره های سرد به میزان $1/4$ روز در دهه تنها در این ایستگاه دیده می شود. دامنه دمای روزانه (DTR) نشان دهنده تسلط روندهای منفی معنی دار در بیشتر مناطق است و نشان دهنده کاهش دامنه تغییرات بین دماهای فرین حداکثر و حداقل روزانه است. روندهای ضعیف

مثبتی نیز در برخی ایستگاه‌ها دیده می‌شود، که معنی دار نیستند. بیشترین روند کاهشی در رامسر، شیراز و بم به مقدار ۱/۱، ۱/۰۳ و ۰/۹۵ درجه سانتیگراد در دهه قابل مشاهده است. در مناطق جنوبی برخی ایستگاه‌ها دارای مقادیر بیش از ۳۶۰ روز در طول دوره رشد هستند، بنابراین روندیابی در این مناطق به دلیل عدم معنی دار بودن انجام نشده است. در مناطق دیگر کشور روندهای مثبت معنی دار در تعداد روزهای دوره رشد (GSL) به ویژه در شیراز، کرمان و کرمانشاه مشاهده شده است و در زنجان و سقز نیز روندهای معنی دار منفی وجود دارد.

نتیجه گیری

این پژوهش تغییرپذیری فرین‌های روزانه بارش و دما را در ایران و در دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۰۶ بررسی نموده است. با استفاده از داده‌های طولانی مدت و پراکندگی مکانی مناسب ایستگاه‌ها و پس از کنترل کیفیت و بررسی همگنی، روش‌شناسی معتبری برای بررسی شاخص‌های دما و بارش مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج مشاهده شده در این مطالعه با بسیاری از یافته‌های پیشین در خصوص تغییرات در مقادیر فرین دما و بارش روزانه انطباق دارد و نیز در برخی شاخص‌ها نتایج جدیدی را ارائه می‌دهد. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که به طور کلی دما در کشور دارای روند افزایشی است و این افزایش در همراهی با رخداد جهانی سال‌های گرم (ترنبرث و همکاران، ۲۰۰۷)، در سال‌های اخیر از شدت بیشتری برخوردار است. بنابراین میانگین حداقل دما در اکثر مناطق به جز در آذربایجان دارای روند افزایشی است و میانگین حداکثر دما نیز در اکثر ایستگاه‌ها به ویژه در ایران مرکزی نشان دهنده روند صعودی است. شب‌های گرم، شب‌های گرم‌سیری و تداوم دوره‌های گرم نیز در دو مقیاس ایستگاهی و منطقه‌ای روندهای افزایشی به مقدار یک روز در دهه را نشان می‌دهند و تداوم دوره‌های سرد در ایران مرکزی و البرز دارای روند منفی معنی دار است که با نتایج مطالعات IPCC منطبق است. روندهای منفی معنی دار DTR در کشور و به ویژه در زاگرس با نتایج مطالعات پیشین در خاورمیانه و جنوب غرب آسیا (زانگ و همکاران، ۲۰۰۵: ۱۰؛ کلین تانک و همکاران، ۲۰۰۶: ۹)، انطباق دارد. طول فصل رویش نیز به جز در زاگرس شمالی و جنوب آذربایجان در بقیه نقاط دارای روند افزایشی است. شب‌های سرد در حال کاهش است و این کاهش در ایران مرکزی، البرز و مناطق جنوبی از شدت بیشتری برخوردار است. شاخص TNx نیز دارای روندهای افزایشی در زاگرس، ایران مرکزی و البرز است. روزهای گرم در زاگرس، ایران مرکزی و البرز با روند افزایشی همراه است که نتایج مطالعات زانگ و همکاران (۲۰۰۵) را تایید می‌کند. روند سرد شدگی تنها در منطقه زاگرس جنوبی و به ویژه ایستگاه شهرکرد دیده می‌شود. ID0 و روزهای سرد نیز در ایران مرکزی با کاهش و روزهای تابستانی در البرز و ایران مرکزی با افزایش همراه است. به طور کلی بیشترین تغییرپذیری در ایران مرکزی قابل مشاهده است، در

این منطقه اکثر شاخص‌ها دارای روند معنی‌دار هستند و پس از آن البرز و زاگرس بیشترین تغییرپذیری را نشان می‌دهند و آذربایجان نیز دارای کمترین تغییرپذیری در مقیاس منطقه‌ای است.

References

- Alexander, L., & et al., 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *J. Geophys. Res.*, 111, D05109, doi:10.1029/2005JD006290.
- Alijani, B. 1997. Temporal changes of Tehran temperature. In Conference Proceedings of first regional on Climate Change, (pp. 22–24). Tehran.
- Asadi, A., & Heydari, A., 2011. Analysis of temperature and precipitation changes of Shiraz during the period of 1951-2005. *Geography and Environmental Planning Journal*, 41, 39-42.
- Barlow, M., Cullen, H., & Lyon, B., 2002. Drought in central and Southwest Asia: La Niña, the Warm Pool and Indian Ocean precipitation. *Journal of Climate*, 15 (7), 697–700.
- Collins, D., Della-Marta, P., Plummer, N., & Trewin, B. 2000. Trends in annual frequencies of extreme temperature events in Australia. *Australian Meteorological Magazine*, 49, 277–292.
- IPCC. 2007. Assessment Report 4, Climate Change 2007: Synthesis Report. IPCC.
- Jahadi Toroghi, M., 2000. Variation of temperature and precipitation of Mashhad during 1951–1994. *Iranian Quarterly Geographical Research Journal*, 54, 151–165.
- Jones, P. D., & Moberg, A., 2003. Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001. *J. Clim.*, 16, 206 – 223.
- Kanji, G. K., 2006. 100 Statistical Tests (Vol. 3rd Edition). London : SAGE Publications Ltd .
- Kary, S., 2010. Spatial and Temporal analysis of heat waves and cold spells in Tehran urban area. Tehran: M.S. Thesis, Tarbiat Moalem University.
- Kaviani, M., Gayour, H., & Payandeh, N., 2004. Evaluating the effective temperature over Iran. *Quarterly Journal of Geographical Researches*, 80, 13540–13549.
- Klein Tank, A. M., & Können, G. P., 2003. Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946–99. *J. Climate*, 16, 3665–3680.
- Klein Tank, A., Peterson, T., Quadir, D., Dorji, S., Zou, X., Tang, H., et al., 2006. Changes in daily temperature and precipitation extremes in Central and South Asia. *Journal of Geophysical Research*, 111 : D16105, DOI: 10, 1029/2005JD006316.
- Lehner, B., Döll, P., Alcamo, J., Henrichs, T., & Kaspar, F., 2006. Estimating the Impact of Global Change on Flood and Drought Risks in Europe: A Continental, Integrated Analysis. *Climatic Change* (2006) 75: 273–299, DOI: 10.1007/s10584-006-6338-4
- Moberg, A., & Jones, P. D., 2005. Trends In Indices For Extremes In Daily Temperature and Precipitation In Central And Western Europe 1901–99. *Int. J. Climatol*, 25, 1149–1171.
- Montazeri, M. & Masodian, A., 2010. Temperature Advection Patterns Analysis of Iran in Cold Years. *Physical Geography Research*, 74, 79-94.
- Mudelsee, M., Bönngen, M., Tetzlaff, G., & Grunewald, U., 2003. No upward trends in the occurrence of extreme floods in central Europe. *Nature*, 425, 166–169.
- Nazemosadat, M., & Cordery, I., 2000. On the relationships between ENSO and autumn rainfall in Iran. *International Journal of Climatology*, 20, 47–61.
- Nazemosadat, M., & Ghasemi, A., 2004. Quantifying the ENSO-related shifts in the intensity and probability of drought and wet periods in Iran. *Journal of Climate*, 17 (20), 4005–4018.
- New, M., Todd, M., Hulme, M., & Jones, P., 2001. Precipitation measurements and trends in the Twentieth Century. Review Article. *Int. J. Climatol*, 21, 1889–1922.

- Nicholls, N., & Murray, B., 1999. Workshop on indices and indicators for climate extremes: Asheville, NC, USA, 3–6 June 1997. Breakout Group B: Precipitation. *Climatic Change* , 42, 23–29.
- Pedram, M., Rahimzadeh, F., Sahraian, F., & Noohi, K., 2005. Change in the frost free season length and number of frost days in the west and east Azerbaijan provinces. 1st International Conference on Climate Change and the Middle East: Past, Present and Future . Istanbul Technical University, (pp. 20–23). Istanbul.
- Radinovi, c., & Curi, c. M., 2009. Deficit and surplus of precipitation as a continuous function of time. *Theor. Appl. Climatol* , doi:10.1007/s00704-009-0104-2.
- Rahimzadeh, F., & Asgari, A., 2003. A Survey on Recent climate change over IRAN. In *Proceeding of 14th Global Warming International Conference & Expo* , (pp. 27–30). Boston.
- Rahimzadeh, F., & Asgari, A., 2005. A look at difference of increase rates of minimum with maximum temperature and at decrease rates of Diurnal Temperature Range (DTR) in Iran. *Iranian Quarterly Geographical Research Journal* , 73 , 153–171.
- Rahimzadeh, F., Asgari, A., & Fattahi, E., 2009. Variability of extreme temperature and precipitation in Iran during recent decades. *Int. J. Climatol* , 29, 329–343.
- Rasooli, A., 2002. Analysis of time series of Tabriz air temperature. *Iranian Nivar Journal* , 46 , 7–26.
- Rasooli, A., 2004. Spatial modeling the wind cooling in the north- west of Iran. *Quarterly Journal of Geographical Researches* , 80, 13559–13579.
- Ryoo, S., Kown, W., & Jhun, J., 2004. Characteristics of wintertime daily and extreme minimum temperature over South Korea. *Int. J. Climatol.* 24: 145–160, DOI: 10.1002/joc.990.
- Tabari, H., & Hosseinzadeh Talaee, Parisa., 2011. Temporal variability of precipitation over Iran: 1966–2005. *Journal of Hydrology*.396, 313-320. doi:10.1016/j.jhydrol.2010.11.034
- Taghavi, F., & Mohammadi, H., 2007. Studying the return period of climatic extreme events in order to understand their environmental effects. *J. Environ. Stud* , 43, 11–20.
- Trenberth, K., Jones, P., Ambenje, P., Bojariu, R., Easterling, D., Klein Tank, A., et al., 2007. Observation: surface and atmospheric climate change. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change . UK, New York: Cambridge university press.
- Zhang, X., Aguilar, E., Sensoy, S., Melkonyan, H., Tagiyeva, U., Ahmed, N., et al., 2005. Trends in the Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003. *J. Geophys. Res* , 110 (D22104).