

نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشگاه تبریز)، سال 16، شماره 39، بهار 1391، صفحات 109-127

تاریخ پذیرش نهایی: 1390/408

تاریخ دریافت: 1389/110

## پژوهشی آماری پیرامون تحلیل نوسانات و پیشبینی سری زمانی دماهای فرین بالایی تهران

یوسف قویدل رحیمی<sup>۱</sup>

### چکیده

در این پژوهش داده‌های بیشینه سالانه دماهای روزانه ایستگاه سینوپتیک مهرآباد تهران طی بازه آماری 195 تا 2010 میلادی به مدت 60 سال مورد تحلیل قرار داده شده است. از روش تحلیل رگرسیون و آماره من- کندال برای آزمون معناداری روندهای تغییرات سریهای دمایی استفاده شده است. با توجه به متوسط دماهای فرین بیشینه بلندمدت و مقایسه آن با متوسط 6 دهه موجود در سری آماری معلوم شد که دمای 3 دهه 80،50 و 90 پایینتر از متوسط بلندمدت 60 ساله و در عوض دمای سه دهه 70،60 و دهه اول قرن 21 بالاتر از حد متوسط بلندمدت قرار داشته‌اند. در این ارتباط دهه 80 سردترین دهه و دهه اول قرن 21 با توجه به کمینه و دامنه بالاتر از دهه‌های 60 و 70 گرمترین دهه‌های ایستگاه مهرآباد تهران هستند. نتایج کلی این تحقیق مبین وجود نوسانات فصلی در سری دماهای فرین حداکثر تهران است که روند این نوسانات معنادار نیستند. روند تغییرات دماهای فرین حداکثر تهران مثبت بوده که این امر به معنا افزایش شدت گرمای تابستان می‌باشد.

نتایج حاصل از پیشبینی دماهای فرین بیشینه تهران نشان می‌دهد که دمای فرین حداکثر تهران در سال‌های 2018 به بیش از 43.25 درجه سانتیگراد صعود خواهد کرد. نتایج نیکویی برازش مدل نشان داد که مدل حالت- وینترز مدل خوبی برای پیشبینی آتی دماهای فرین حداکثر تهران می‌باشد. **واژگان کلیدی:** دماهای فرین بیشینه، روند دهه‌ای، آزمون من-کندال، روش سری زمانی حالت - وینترز، تهران.

<sup>۱</sup>استادیار گروه اقلیم‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس. Email: [ghavidel@modares.ac.ir](mailto:ghavidel@modares.ac.ir)

<sup>۱</sup>استادیار گروه اقلیم‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس.

## مقدمه

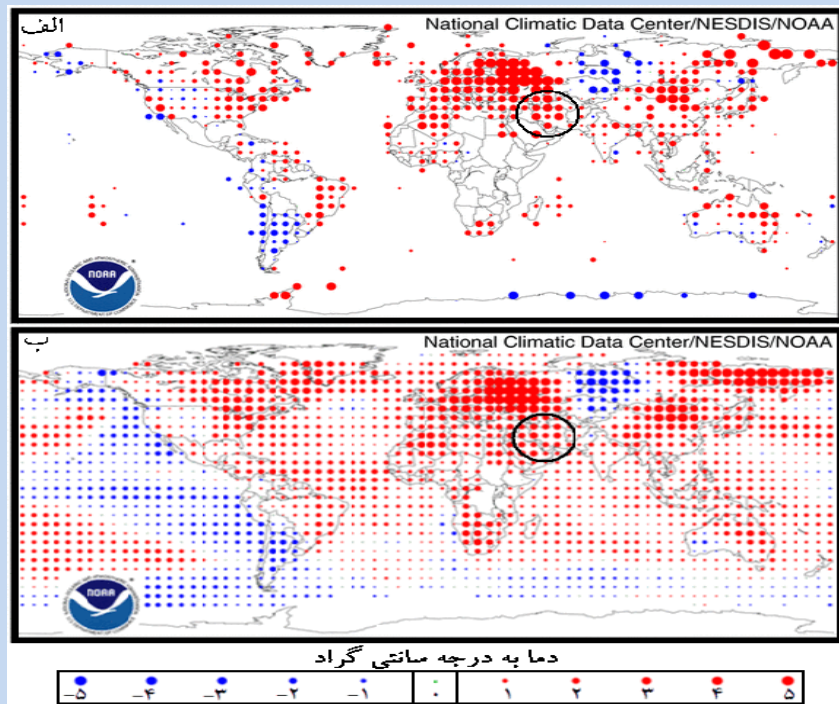
در طی سالهای اخیر دانشمندان به منظور تجزیه و تحلیل الگوهای اقلیمی توجه ویژه‌ای به سربهای دمایی معطوف می‌دارند. دما از مهمترین عناصر اقلیمی بوده و در تعیین نقش و پراکنش دیگر عناصر اقلیمی نیز موثر است. نیز دما از عوامل اصلی و اساسی در پهنه‌بندی و طبقه‌بندی اقلیمی بوده و بر این اساس نوسانات و تغییرپذیری دما بسیار حایز اهمیت بوده و به این دلیل پیشینی دما خصوصاً دماهای فرین بیشینه دارای اهمیت فوق‌العاده‌ای در عصر حاضر است (علیچانی و همکار، 2013: 22). در سالهای اخیر اقلیم‌شناسی دماهای فرین اهمیت فزاینده علمی و کاربردی پیدا کرده و ابعاد و اثرات مختلف دماهای فرین بویژه دماهای فرین بیشینه، مورد توجه طیف وسیعی از دانشمندان قرار گرفته است. از منظر آماری مقادیر فرین چنین تعریف شده است: «در مقایسه با میانگین به مقادیر حدی یا افراطی بالا (بیشینه) و حدی یا افراطی پایین (کمینه) مقادیر فرین گفته میشود» (Reiss and Thomas, 2007: p19).

نتایج بررسی دما روند افزایش دمای آناتولی شرقی و کاهش آن در نواحی ساحلی ترکیه را در دو دهه اخیر نشان میدهد (Turkes et al, 1996: p466). کاربرد مدل‌های اتورگرسو در بررسی تغییرات دما در کشور پرتغال مورد بررسی قرار داده شده و نشان داده که تغییر پذیری قابل توجهی در بازه‌های سالانه و دهه‌های دمای آن کشور وجود دارد (Leite et al, 1996: p1173). زکایی معتقد است به علت وجود خود همبستگی در داده‌های دما، روش آریما از معتبرترین روشهای بررسی تغییرات اقلیمی میباشد (Zekai, 1998, p. 1730). ارتباط الگوی نوسانات اطلس شمالی با دماهای فرین تابستانه و زمستانی بلگراد مورد بررسی قرار گرفته و تأثیر الگوی مذکور بر وقوع و تشدید دماهای فرین مورد تأیید قرار گرفته است (Unkasevic and Tosic, 2009: p. 27). تغییرات روند 124 ساله دماهای فرین هنگ کنگ و جنوب چین مطالعه و هر دوی دماهای فرین سرد و گرم روند معناداری از خود نشان داده‌اند (Lee et al, 2011: p. 147).

در ارتباط با تحلیل روند تغییرات زمانی و پیشینی دما در ایران مورد مطالعات زیادی انجام گرفته که در اینجا نمیتوان همه آنها را ذکر کرد. از میان انبوه مطالعات انجام

گرفته میتوان به تجزیه و تحلیل آماری - اقلیمی سریهای زمانی دما در ایران (عساکره، 1380:1)، بررسی تغییرات دمای متوسط سالانه در ایران (شیرغلامی و همکار، 1384:8)، شبیهسازی و پیشبینی اثر ناهنجاریهای دمایی کره زمین بر دمای سالانه تبریز با استفاده از شبکههای عصبی (علیجانی و همکار 35:1384)، مطالعه نوسانات دما و بارش سالانه در منطقه شمال غرب ایران (میرموسوی، 87:1387)، پیش بینی دماهای فرین بیشینه و کمینه اصفهان بر اساس روش حالت وینتر تا سال 2015 (خورشیددوست و همکاران 31:1388)، بررسی نوسانات دمایی با استفاده از مدل سریهای زمانی و توزیع احتمالاتی کرمانشاه (جلالی و همکار 115:1388) و بررسی تغییر دماهای فرین سواحل شمالی خلیج فارس با استفاده از آزمون کندال (امیدوار و همکار، 33:1389) را به عنوان نمونه نام برد. جدیدترین کار در زمینه تحلیل سریهای زمانی دما در ایران، تحلیل طیفی دادههای دمای سالانه زنجان نشان داده که دمای زنجان دارای چرخه ای 2/5 ساله است که با چرخه های کشف شده در عناصر اقلیمی دیگر نقاط زمین هماهنگی دارد (عساکره، 11:1389).

مطالعه مرکز ملی تحقیقات جوی-اقیانوسی نشان داده که گرمایش نیمکره شمالی زمین در سال 2010 در مقایسه با دو دوره پایه 1971 تا 2000 و 1961-1990 در جولای به عنوان گرمترین ماه سال تشدید شده است. با توجه به شکل 1 دمای گرمترین ماه ایران (و تهران) در بازههای زمانی 30 ساله 1961-1990 و 1974-2000 با افزایشی بین 2 تا 5 درجه سانتیگراد مواجه شده است.



شکل شماره 1) تغییرات دمایی ماه جولای در سال 2010 نسبت به متوسط دوره 1961-1990 (الف) و متوسط دوره 1971-2000 (ب)

منبع شکل: مرکز ملی داده‌های اقلیمی NOAA

سوالاتی که با توجه به شکل 1 برای تهران قابل طرح هستند، عبارتند از: روند بلندمدت دماهای فرین بیشینه چگونه است؟ آیا روند دماهای فرین بیشینه معنادار است؟ با توجه به روند افزایشی دماهای فرین بیشینه در سال 2010، دورنمای دماهای بیشینه 10 سال بعدی (2020) تهران چگونه خواهد بود؟

تهران کلان‌شهری پر جمعیت است که نوسانات و تغییرات احتمالی آب و هوا خصوصاً دماهای فرین آن جمعیت کثیر ساکن در این کلانشهر را مستقیماً تحت تأثیر قرار میدهد. این پژوهش با هدف مطالعه آماری دماهای فرین بیشینه تهران انجام گرفته و در صد

واکاوای تغییرات دماهای فرین بیشینه، تبیین روند بلندمدت نوسانات و پیشبینی مقادیر دماهای فرین بیشینه در 10 سال آتی است.

### مواد و روشها

دادههای مربوط به دماهای حداکثر روزانه اتفاق افتاده در هر یک از سالهای 1951 تا 2010 ایستگاه مهرآباد، برای مطالعه انتخاب گردید. ایستگاه مهرآباد به عنوان ایستگاه شاخص تهران در مختصات 35 درجه و 41 دقیقه عرض شمالی و 51 درجه و 19 درجه طول شرقی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا 1198 متر میباشد. منبع اخذ دادههای دمای بیشینه ایستگاه مهرآباد، سازمان هواشناسی کشور بوده است.

پس از کنترل کیفی (آزمون کفایت دادهها و ران تست) و اطلاع از صحت دادهها مراحل مختلف تحلیل آماری انجام گرفته است که به ترتیب شامل ترسیم و تحلیل روند بلندمدت و دههای و اعمال آزمون ناپارامتری من-کندال برای دورههای بلندمدت و دههای بوده و پس از آن با استفاده از روش سری زمانی هالت-وینتر مقادیر 10 سال بعدی دماهای فرین پایین ایستگاه تهران تا سال 2020 پیشبینی شده است.

به منظور تحلیل نوسانات دههای دمای فرین بیشینه تهران دوره 60 ساله آماری به 6 دوره تقسیم شد که دوره اول از 1951 تا 1959، دوره دوم از 1960 تا 1969، دوره سوم از 1970 تا 1979، دوره چهارم از 1980 تا 1989، دوره پنجم از 1990 تا 1999 و دوره ششم از سال 2000 تا انتهای سری (2010) را شامل میشوند. همچنین نوسانات و روند کل سری و سری 1990 تا سال 2010، مورد تحلیل قرار گرفتند.

برای محاسبه ناهنجاریهای دمای بیشینه مهرآباد از معادله 1 استفاده شده است:

$$A_{ET} = C_{T \max} - \bar{C}_{T \max} \quad (1)$$

در معادله فوق:  $A_{ET}$  ناهنجاری دمای فرین بیشینه،  $C_{T \max}$  دمای بیشینه به ثبت هر سال در بازه زمانی 60 ساله و  $\bar{C}_{T \max}$  میانگین بلندمدت (60 ساله) دمای بیشینه ایستگاه

هستند. از آزمون ناپارامتری من-کندال جهت آزمون معناداری روند و آشکارسازی جهش در سریهای زمانی استفاده میشود. اجرای آزمون رتبه‌های من-کندال در چند مرحله انجام میگیرد. به این ترتیب که ابتدا دادهها را رتبه‌بندی کرده و آماره  $t_i$  را که نسبت رتبه  $i$  به رتبه‌های ماقبل خودش است، مورد محاسبه قرار میگیرد. در وهله بعدی فراوانی تجمعی آماره  $t_i$  (معادله 2) مورد محاسبه قرار میدهند. در گامهای بعدی به ترتیب آماره‌های  $E_i$  که معرف امید ریاضی،  $V_i$  یا واریانس و  $U_i$  که شاخص مقایسه‌های آزمون من-کندال است، مورد محاسبه قرار میدهند. معادله آماره‌های فوق به شرح زیر میباشند:

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

$$E_i = \frac{n_i(n_i - 1)}{4} \quad (3)$$

$$V_i = \frac{n_i(n_i - 1)(2n_i + 5)}{72} \quad (4)$$

$$U_i = \frac{(\sum t_i - E_i)}{\sqrt{V_i}} \quad (5)$$

در معادلات فوق  $n_i$  ترتیب زمانی دادهها است. برای ترسیم نمودار من-کندال و آشکارسازی معنیداری یا غیرمعنیدار بودن روند سری زمانی باید آماره‌های قرینهای تحت عناوین  $t'_i$ ،  $E'_i$ ،  $V'_i$  و  $U'_i$  نیز مورد محاسبه قرار گیرند. معادله آماره‌های فوق به شرح زیر میباشند:

$$t'_i = \sum_{i=1}^n t_i \quad (6)$$

$$E'_i = \frac{[N - (n_i - 1)](N - n_i)}{4} \quad (7)$$

$$V'_i = \frac{[[N - (n_i - 1)](N - n_i)][2(N - n_i)] + 5}{72} \quad (8)$$

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

در معادلات فوق  $N$  طول دوره آماری یا حجم نمونه است. محل تلاقی  $U_i$  و  $U'_i$  در محدوده اطمینان 95 درصدی، بیانگر تغییرات معنیدار سری زمانی اقلیمی بوده و رفتار  $U_i$  بعد از محل تلاقی وضعیت نزولی یا صعودی سری اقلیمی را مشخص میکند (زاهدی و همکاران 1386).

سری زمانی میتواند علاوه بر میانگین شامل مؤلفه‌های روند، سیکل یا مؤلفه چرخهای، مؤلفه فصلی و نوسانات نامنظم نیز باشد. پیشبینی سری زمانی دماهای پیشینه تهران به صورت ضربی به شکل معادله زیر محاسبه شده است:

$$Y_t = T \times C \times S \times I \quad (11)$$

در معادلات فوق:  $Y_t$  سری زمانی پیشبینی شده،  $T$  مؤلفه روند،  $C$  مؤلفه چرخهای،  $S$  مؤلفه فصلی،  $I$  نوسانات نامنظم در طول سری (خرمی و همکار، 46) هستند. پیشبینی مدل حالت-وینترز بر مبنای میانگین توزینی مقادیر جاری و قبلی داده‌های ثبت شده سری زمانی است. در میانگین توزینی بیشترین میزان وزن به جدیدترین مشاهده سری زمانی داده شده و به ترتیب برگشت به داده‌های قبلی تر سری زمانی وزنهای کمتر میشوند.

برای پیشبینی در این مدل لازم است مؤلفه‌های  $\bar{X}_t$ ،  $T_t$  و  $F_t$  که به ترتیب عبارتند از مؤلفه‌های سطح (یا میانگین)، روند و فصلی برآورد شوند. معادلات روش پیشبینی حالت-وینترز که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته‌اند به شرح زیر نشان داده میشوند:

$$\bar{X} = a(\bar{X}_{t-1} + T_{t-1}) + (1-a)(X_t / F_{t-s}) \quad (12)$$

$$T_t = \beta T_{t-1} + (1-\beta)(X_t - \bar{X}_{t-1}) \quad (13)$$

$$F_t = \gamma F_{t-s} + (1-\gamma)(X_t / \bar{X}_t) \quad (14)$$

در معادلات فوق:  $X_t$  جدیدترین مشاهده و  $\alpha$ ،  $\beta$  و  $\gamma$  ضرایب مربوط به هموارسازی نمایی در مدل حالت - وینتر هستند که مقدار عددی آنها بین صفر و یک متغیر است. اگر سری زمانی مشتمل بر دوره زمانی در سال یا دوره خاصی باشد، مؤلفه فصلی مربوط به آن در سال یا دوره قبل با  $F_{t-s}$  نشان داده خواهد شد. با رسیدن به زمان  $n$  مقادیر آتی سری  $(y_{n+h})$  بر مبنای معادله زیر قابل پیشبینی هستند (شیرازی، 3941383).

$$\hat{y}_{n+h} = \bar{y}_n + hT_n + F_{t-s} \quad (15)$$

### نتایج

ویژگیهای آماری به دماهای فرین بیشینه ایستگاه مهرآباد بعد از داده کاوی در جدول 1 درج گردیده است. با توجه به متوسط دماهای فرین بیشینه بلندمدت و مقایسه آن با متوسط 6 دهه موجود در سری آماری معلوم شد که دمای 3 دهه 80،50 و 90 پایینتر از متوسط بلندمدت 60 ساله قرار داشته و در عوض دمای سه دهه 70،60 و دهه اول قرن 21 بالاتر از حد متوسط بلندمدت قرار داشته‌اند. در این ارتباط دهه 80 سردترین دهه و دهه اول قرن 21 با توجه به کمینه و دامنه بالاتر از دهه‌های 60 و 70 گرمترین دهه‌های ایستگاه مهرآباد تهران هستند.

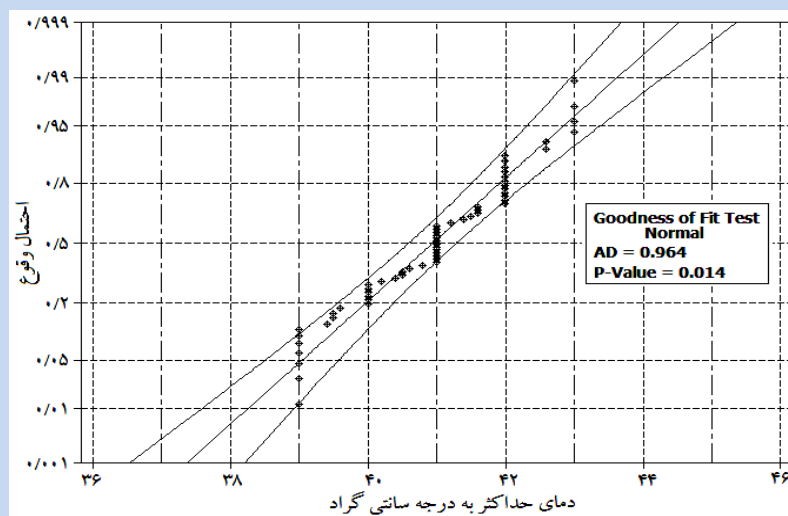
جدول شماره 4) فراسنجهای توصیفی داده‌های دمای فرین بیشینه ایستگاه مهرآباد تهران در ادواره مختلف

2000-2010	1990-1999	1980-1989	1970-1979	1960-1969	1950-1959	1990-2010	1950-2010	دوره آماری شاخص آماری
414	4084	4033	414	41	4066	4113	4095	میانگین
1/12	1/12	0/815	1/17	1/05	1/5	1/13	1/16	انحراف معیار
2/71	2/75	2/02	2/84	2/57	3/69	2/75	2/83	ضریب تغییر
394	39	39	39	39	39	39	39	کمینه
43	426	416	43	42	43	43	43	بیشینه
3/6	3/6	2/6	4	3	4	4	4	دامنه
-042	-027	-009	-047	-071	016	-029	-014	چولگی
-073	-077	-1/21	-039	-012	-1/43	-082	-081	کشیدگی



شاخصهای پراکندگی سریهای 8 گانه، گویای ثبات و انتظام زمانی دمای فرین بیشینه در دهه 80 میلادی و بیثباتی و بینظمی زمانی توزیع دمای فرین بیشینه در دهه 70 میلادی هستند.

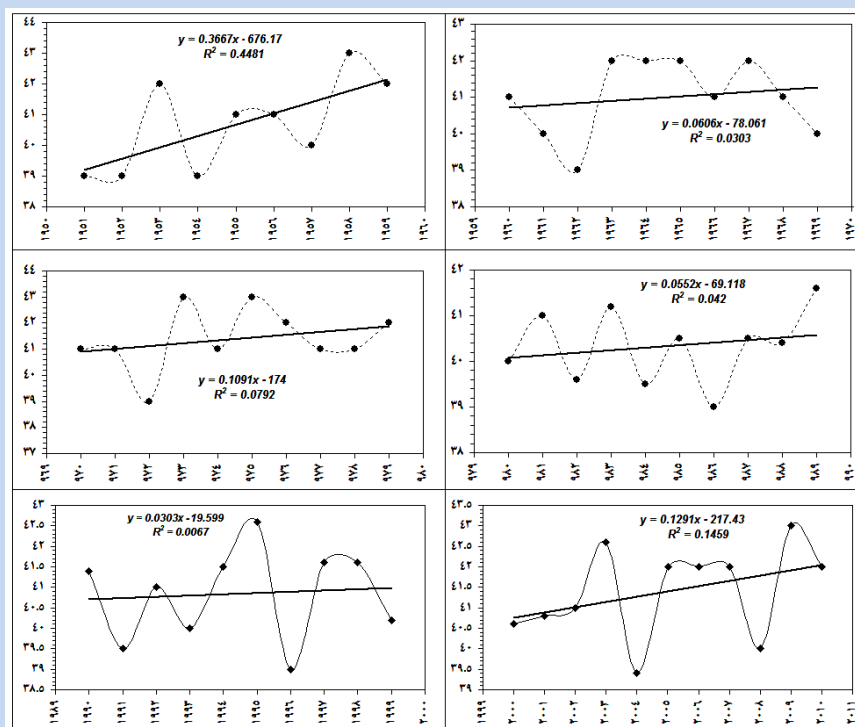
مقایسه دو دوره آماری بلندمدت 1954-2010 و 1990-2010 مبین روند افزایش 0/18 درجه سانتیگرادی دمای بیشینه در دوره 21 ساله اخیر است. بایستی توجه داشت که با توجه به تغییرات جزئی دما، رقم 0/18+ درجه سانتیگراد رقم قابل توجهی محسوب می گردد. یکی از مهمترین نکات جدول 1 مقادیر نسبتاً بالای چولگی دماهای فرین بیشینه در تمام سریها است که نشاندهنده اولاً عدم تقارن (انحراف از تقارن در یک توزیع)، ثانیاً چوله به چپی در اکثر سریها غیر از سری مربوط به دهه 50 است. مقادیر چولگی کل سری 60 ساله نشانگر قرینگی تقریباً نرمال دماهای حداکثر ایستگاه مهرآباد تهران (شکل 2) میباشد.



شکل شماره 2) توزیع احتمال آماری نرمال سری دادههای دمای بیشینه ایستگاه مهرآباد تهران

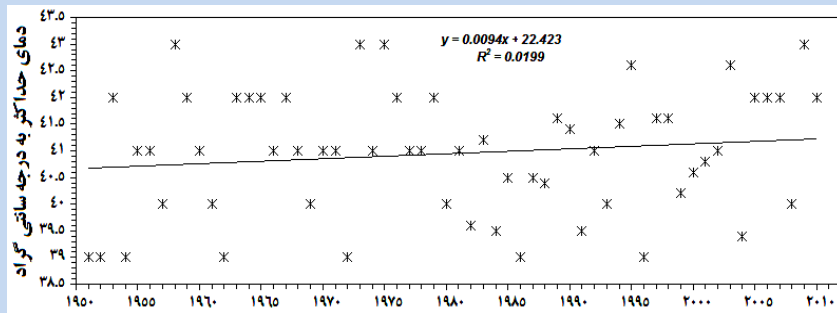
مقادیر کشیدگی سریهای دماهای فرین بیشینه کمتر از صفر بوده و بنابراین سریهای ششگانه کوتاهتر از حد نرمال میباشند.

به منظور آگاهی از وضعیت زمانی نوسانات دهه‌های دما، روند دمای فرین بیشینه ایستگاه مهرآباد در 6 دهه اخیر در شکل 3 ترسیم و مورد تحلیل قرار داده شد. همانگونه که ملاحظه میشود، روند تغییرات زمانی دهه 50 میلادی و دهه اخیر بسیار شدیدتر از دهه‌های دیگر میباشد.



شکل شماره 3) روند خطی نوسانات دهه‌های دماهای فرین بیشینه ایستگاه مهرآباد تهران 60 سال اخیر

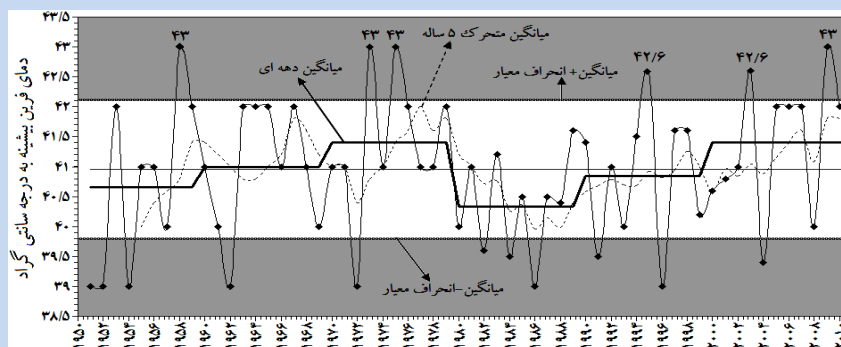
روند تغییرات بلندمدت دمای فرین بیشینه تهران با استفاده از رگرسیون خطی برای 60 سال اخیر در شکل 4 ترسیم شده است.



شکل شماره 4) روند تغییرات بلندمدت خطی دمای فرین بیشینه ایستگاه مهرآباد تهران

همانطور که ملاحظه میشود روند کلی تغییرات زمانی دمای بیشینه تهران به صورت ملایم و تدریجی رو به بالا و صعودی است. با توجه به میانگین بلندمدت 4095 و انحراف معیار بلندمدت 1/16 برای دمای فرین بیشینه تهران، خط کنترل پایین (میانگین - انحراف معیار) با دمای 3979 درجه سانتیگراد و خط کنترل بالایی (میانگین + انحراف معیار) با دمای 4211 درجه سانتیگراد به عنوان آستانه‌های ناهنجاری مثبت و منفی دمای فرین بیشینه تهران شناخته میشوند.

بر این اساس محدوده نرمال دمای فرین بیشینه تهران دماهای واقع بین 3979 تا 4211 درجه سانتیگراد هستند (شکل 5).

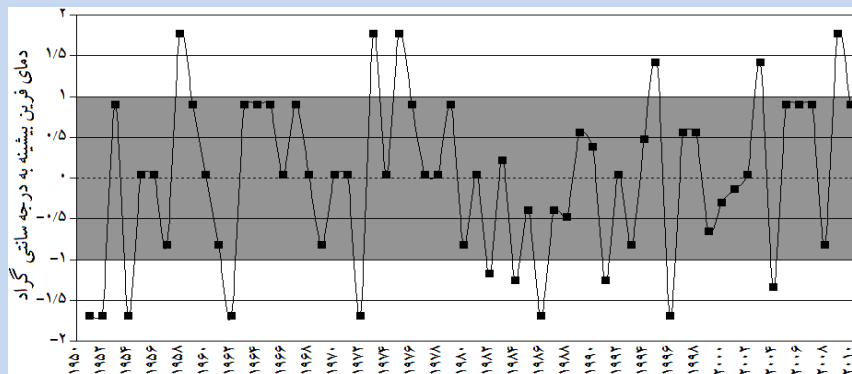


شکل شماره 6) ناهنجاریهای دمای فرین بیشینه ایستگاه مهرآباد در 60 سال اخیر و میانگینهای دههای و متحرک 5 ساله آن

ناهنجاریهای دمایی مثبت دمای فرین بیشینه تهران ارقام دمایی روزانه بالاتر از 4211 درجه سانتیگراد و ناهنجاریهای دمایی منفی دمای فرین بیشینه مقادیر دمایی کمتر از 3979 درجه سانتیگراد هستند (بخش خاکستری رنگ شکل 5).

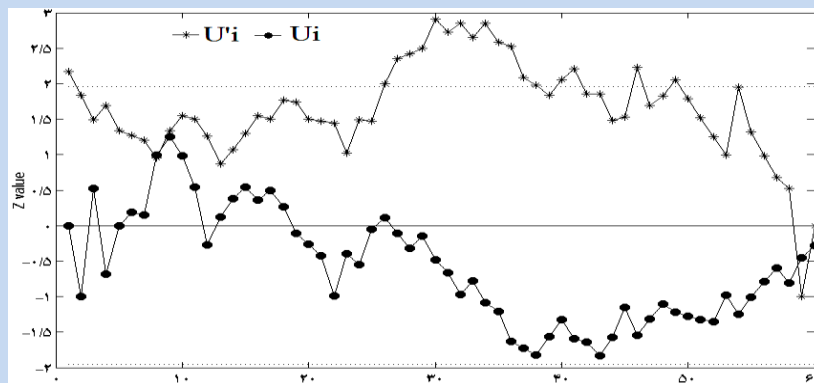
در شکل 5 ناهنجاریهای دمای فرین بیشینه تهران با میانگین متحرک 5 ساله (خط مقطع) کاملاً هموار و نرمال شده است. ناهنجاریهای مثبت شدید دمای فرین بیشینه تهران در 6 نقطه که ارقام آنها مشخص شده و بین 426 تا 43 درجه سانتیگراد در نوسان بوده‌اند، در قسمت بالای نمودار کاملاً مشخص می‌باشند.

با توجه به محدوددهای نرمال و آستانه‌های فرین بالا و پایین دماهای فرین بیشینه تهران و همچنین نرمات استاندارد شده دماهای فرین بیشینه که محدوده نرمال واقع بین 3979 تا 4211 درجه سانتیگراد را با نرمات استاندارد شده بین  $\pm 1$  نشان می‌دهد (شکل 6)، معلوم می‌شود که دماهای فرین بیشینه ثبت شده ایستگاه مهرآباد در اکثر سالها در محدوده نرمال (قسمت خاکستری رنگ شکل 6) قرار داشته و فقط در سال‌های 1958، 1973، 1975، 1995، 2003 و 2009 در محدوده ناهنجاری مثبت شدید قرار گرفته است.



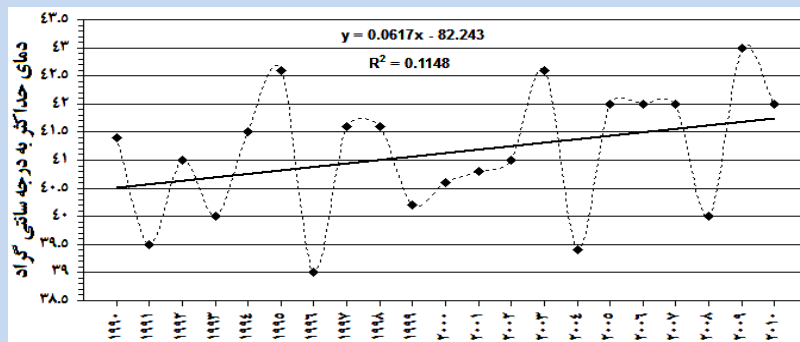
شکل شماره 6) ناهنجاری های استاندارد شده دمای فرین بیشینه تهران در بازه زمانی 1951-2010

خط ضخیم در شکل 5 معرف میانگینهای دههای و خط نازک میانگین بلندمدت هستند. خط نقطهچین داخل محدوده نرمال، میانگین بلندمدت استاندارد شده، ارقام منفی ناهنجاریهای منفی و اعداد مثبت ناهنجاریهای مثبت دماهای فرین بیشینه ایستگاه مهرآباد تهران هستند. با اعمال روش ناپارامتری من-کندال معلوم گردید که روند تغییرات زمانی و به عبارتی ناهنجاریهای زمانی دمای فرین بیشینه تهران علیرغم نشان دادن روند افزایشی معنادار نیست (شکل 7). تغییرات زمانی دمای فرین بیشینه مندرج در شکل 7 نشان داد که علیرغم تغییرات میانگین بلند مدت و حتی عبور از آستانه  $+1/96$  در برخی ادوار تاریخی 60 سال گذشته، روند تغییرات زمانی دمای فرین بیشینه ایستگاه مهرآباد تهران معنادار نیستند.



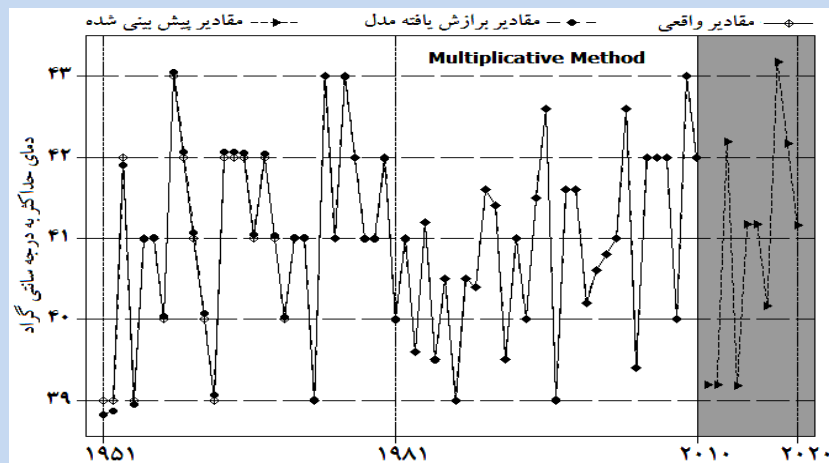
شکل شماره (7) نمودار من-کندال برای آشکارسازی روند تغییرات زمانی دمای فرین بیشینه ایستگاه مهرآباد

نتایج اعمال روش من-کندال نشان داد که روند بازه 21 ساله ایستگاه مهرآباد از سال 1990 تا 2010 میلادی علیرغم روند افزایش خطی و حدود  $1/5$  درصد تغییر در طول 21 سال اخیر (شکل 8) معنادار نیست.



شکل شماره 8) روند تغییرات زمانی دمای فرین بیشینه ایستگاه مهرآباد تهران 20 سال اخیر

با توجه به روند دماهای فرین بیشینه تهران در بازه 60 ساله 1951 تا 2010 و همچنین روند افزایشی 21 سال اخیر، با استفاده از روش سری زمانی حالت-وینتر و بر مبنای تأثیر ضربی مؤلفه‌های روند و تغییرات فصلی، دمای فرین بیشینه 20 سال آتی تا 2020 میلادی برای تهران مورد پیشبینی قرار داده شد که نتیجه اجرای مدل پیشبینی حالت-وینتر در شکل 9 نشان داده شده است.



شکل شماره 9) پیشبینی دماهای فرین بیشینه تهران تا سال 2020 میلادی با استفاده از مدل حالت-وینتر

بر مبنای خروجیهای مدل پیشبینی حالت-وینتر دمای سالهای 2011 تا 2014 در پایبنتر از آستانه نرمال، دمای سالهای 2015 تا 2017 و 2020 در محدوده نرمال و دمای سالهای 2013 تا 2018 و 2019 میلادی بالاتر از آستانه بالایی قرار خواهد گرفت. بر اساس پیشبینی مدل سال 2018 با دمای بالغ بر 4325 درجه سانتیگراد گرمترین سال در بین دماهای واقعی و پیشبینی شده ایستگاه مهرآباد خواهد بود. همانگونه که از مقایسه نقاط پیشبینی و نقاط برازش یافته مدل و همچنین نمودارهای شکل 10 معلوم است، در اکثر موارد به استثنای مقادیر ابتدایی سری دماهای فرین بیشینه تهران، نقاط کاملاً بر هم منطبق شده به طوری که نمیتوان مقادیر واقعی را از مقادیر برازش یافته از مدل تشخیص داد که این امر نشاندهنده دقت عمل مدل پیشبینی میباشد. لازم به یادآوری است که مقادیر هموار نمایی برای فراسنج های آلفا (سطح)، گاما (روند) و دلتا (مؤلفه تغییرات فصلی) به صورت پیش فرض اصلی مدل و برای هر سه مؤلفه برابر  $0/2$  در نظر گرفته شده است. معیارهای سنجش دقت مدل که در این مطالعه برای میانگین مطلق انحرافات<sup>1</sup> برابر  $0/022$ ، مجذور میانگین مطلق انحرافات<sup>2</sup> برابر  $0/001$  و درصد میانگین مطلق خطاها<sup>3</sup> برابر  $0/05$  برآورد شدهاند نشان میدهند که اعتبار و دقت مدل در حد ایدهآلی قرار دارد.

### بحث و نتیجهگیری

نتایج این تحقیق نشان داد که توزیع احتمال وقوع و دوره بازگشت دادههای فرین بیشینه ایستگاه مهرآباد به عنوان ایستگاه شاخص تهران از قانون توزیع نرمال پیروی میکند. با توجه به متوسط دماهای فرین بیشینه بلندمدت و مقایسه آن با متوسط 6 دهه موجود در سری آماری معلوم گردید که دمای 3 دهه 80،50 و 90 پایین تر از متوسط بلندمدت 60 ساله بوده و در عوض دمای سه دهه 70،60 و دهه اول قرن 21 در بالاتر از حد متوسط بلندمدت قرار داشتهاند. در این ارتباط دهه 80 سردترین دهه و دهه اول قرن 21 با توجه به کمینه و دامنه بالاتر از دهههای 60 و 70 گرمترین دهههای ایستگاه مهرآباد تهران هستند.

1- Mean Absolute Deviation (MAD)

2- Mean Squared Deviation (MSD)

3- Mean Absolute Percent of Errors (MAPE)

مقایسه دو دوره آماری بلندمدت 1954-2010 و 1990-2010 نشانگر روند افزایش 0/18 درجه سانتیگرادی دمای بیشینه در دوره 21 ساله اخیر است. بایستی توجه داشت که با توجه به تغییرات جزئی دما، رقم 0/18+ درجه سانتیگراد رقم قابل توجهی محسوب می‌گردد. روند کلی تغییرات زمانی دمای بیشینه تهران به صورت ملایم و تدریجی رو به بالا و صعودی است. روند تغییرات زمانی دهه 50 و دهه اول قرن 21 میلادی بسیار شدیدتر از دهه‌های دیگر می‌باشند. دماهای فرین بیشینه ثبت شده ایستگاه مهرآباد در اکثر سالها در محدوده نرمال قرار داشته و فقط در سالهای 1958، 1973، 1975، 1995، 2003 و 2009 در محدوده ناهنجاری مثبت شدید قرار گرفته‌اند. استفاده از روش ناپارامتری من-کندال مشخص نمود که روند تغییرات زمانی و به عبارتی ناهنجاریهای زمانی دمای فرین بیشینه تهران علیرغم نشان دادن روند افزایشی معنادار نیست. همچنین تغییرات زمانی دمای فرین بیشینه نشان داد که علیرغم تغییرات در میانگین بلندمدت و حتی عبور از عدد آستانه 1/96+ در برخی ادوار 60 سال گذشته، روند تغییرات زمانی دمای فرین بیشینه ایستگاه مهرآباد تهران معنادار نیست. در این رابطه معلوم گردید که روند بازه 21 ساله ایستگاه مهرآباد از سال 1990 تا 2010 میلادی نیز با وجود داشتن روند افزایش خطی و حدود 1/5 درصد تغییر در طول 21 سال اخیر معنادار نبوده و صرفاً نوسانات فصلی را نشان میدهند. بر اساس خروجی های مدل پیش بینی حالت-وینتر دمای سال های 2011 تا 2014 در پایبنتر از آستانه نرمال، دمای سالهای 2015 تا 2017 در محدوده نرمال و دمای سالهای 2013 تا 2019 میلادی در بالاتر از آستانه بالایی قرار خواهند داشت. بر مبنای پیشبینی مدل، سال 2018 با دمای بالغ بر 43/25 درجه سانتیگراد گرمترین سال در بین دماهای واقعی و پیشبینی شده ایستگاه مهرآباد خواهد بود. معیارهای سنجش دقت مدل پیشبینی حالت-وینتر و توزیع نرمال ماندهها و هیستوگرام توزیع فراوانی دادهها، نشان دادند که اعتبار و دقت روش مورد استفاده برای پیشبینی در حد ایدهآلی قرار داشته و مقادیر پیشبینی شده با فاصله اطمینان بالایی قابل وقوع هستند.

بایستی توجه داشت که علیرغم معنا دار نبودن روند تغییرات، دماهای فرین بیشینه تهران، روند افزایشی دارند که این امر به معنای شدت یافتن گرمای سوزان و خشک تهران



در سالهای آتی بوده و تبعات خاص بهداشتی- درمانی، اقتصادی- اجتماعی و سیاسی به دنبال خواهد داشت. با توجه به افزایش قیمت آب و حاملهای انرژی و گرمایش هوا در 10 سال آتی، یکی از تبعات بارز گرمایش هوای تهران در دوره گرم سال افزایش شدید مصرف آب و برق و به تبع از آن افزایش هزینههای مشترکان است. بعد بحرانی مسأله زمانی است که سالهای مذکور با خشکسالی توأم شوند که در این صورت حتی با هزینههای بالای آب و برق هم امور عادی زندگی دچار اختلال میشود و در صورت عدم برنامه‌ریزی دقیق ممکن است، بحرانهای شدید اجتماعی-اقتصادی، سیاسی و زیستمحیطی گریبان گیر مردم تهران شود. همچنین روند افزایشی دماهای فرین بیشینه زمانی که با هوای آلوده توأم شود، کلانشهر تهران را به صورت مکانی گرم و آلوده برای مردم در خواهد آورد که در چنین شرایط گرم و خشک و آلودهای مسلماً مرگ و میرها و بیماریها به شدت افزایش یافته و بحرانی بیسابقه در تهران به وقوع خواهد پیوست.

مسأله افزایش دماهای فرین بیشینه تهران را باید موضوعی بسیار مهم و درخور توجه قلمداد نموده و با آن به صورت دقیق و علمی و نه انتفاعی برخورد نمود تا در صورت وقوع بحران بتوان از آن به سلامت و با کمترین صدمات جانی و مالی و زیست محیطی عبور نمود.

## منابع

- 1- امیدور، کمال؛ خسروی، یونس (1389)، «بررسی تغییر برخی عناصر اقلیمی در سواحل شمالی خلیج فارس با استفاده از آزمون کندال»، *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی* شماره 38
- 2- جلالی، مسعود؛ خنجر، سیامک (1388)، «بررسی نوسانات دمایی با استفاده از مدل سریهای زمانی و توزیع احتمالاتی: مطالعه موردی شهرستان کرمانشاه»، *فضای جغرافیایی*، شماره 27.
- 3- خرمی، مصطفی؛ بزرگنیا، ابوالقاسم (1386)، «تجزیه و تحلیل سریهای زمانی با نرم‌افزار *MiniTab* 14.2»، انتشارات سخن گستر، مشهد.
- 4- خورشیددوست، علیمحمد؛ صنیعی، راحله و قویدل، یوسف (1385)، «پیشبینی دماهای کرانگین اصفهان با استفاده از روش سریهای زمانی»، *فضای جغرافیایی*، شماره 26
- 5- زاهدی، مجید؛ ساری صراف، بهروز و جامعی، جاوید (1386)، «تحلیل تغییرات زمانی-مکانی دمای منطقه شمال غرب ایران»، *جغرافیا و توسعه*، شماره 10.
- 6- شیرازی، محمود (1383)، «روشهای آمار کاربردی (با رویکرد آمار در پژوهش)»، انتشارات شکوه اندیشه، تهران.
- 7- شیرغلامی، هادی؛ قهرمان، بیژن (1384)، «بررسی تغییرات دمای متوسط سالانه در ایران»، *علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی* شماره 9.
- 8- عساکره، حسین (1380)، «تجزیه و تحلیل آماری- اقلیمی سریهای زمانی دما در ایران»، رساله دکتری اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه اصفهان.
- 9- عساکره، حسین (1389)، «تحلیل چرخه‌های میانگین دمای سالانه زنجان»، *جغرافیا و توسعه*، شماره 19.
- 10- علیجانی، بهلول؛ قویدل، یوسف (1384)، «مقایسه تغییرات دمای سالانه تبریز با ناهنجاریهای دمایی کره زمین با استفاده از روشهای رگرسیون خطی و شبکه عصبی»، *جغرافیا و توسعه* شماره 6.
- 11- میرموسوی، سیدحسین (1387)، «مطالعه نوسانات دما و بارش سالانه در منطقه شمال غرب ایران»، *پژوهشهای جغرافیای طبیعی*، شماره 66.

- 12- Lee, T.C.; T.H., Chan; L, Ginn; M.C., Wong, (2011), “Long-Term Trends in Extreme Temperatures in Hong Kong and Southern China”, *Advances in Atmospheric Sciences*, 28 (1).
- 13- Leite, S, Mand, J, Peixoto, (1996), “The Autoregressive Model of Climatological Time Series an Application to the Longest Time Series in Portugal”, *International Journal of Climatology*, 16: 1165-1173.
- 14- Reiss, R.; M., Thomas, (2007), “*Statistical Analysis of Extreme Values*”, Birkhäuser Press, Berlin.
- 15- Turkes, M; S.U., tku, (1996), “Observed Change Temperature in Turkey”, *International Jouranl of Climatology*, 16:463-477.
- 16- Unkasevic, M; I, Tomic, (2009), “Changes in Extreme Daily Winter and Summer Temperatures in Belgrade”, *Theoretical and Applied Climatology*, 97: 27-38.
- 17- Zekai, S, (1998), “Small Sample Estimation of the Variance of Time Averages in Climate Time Series”, *International Journal of Climatology*, 18:1725-1732.