فصلنامه علوم محیطی، دوره یازدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲

۱-۱۲

تحلیل آماری روزهای یخبندان تهران طی دوره ٥٦ ساله به‌منظور آشکارسازی نوسانات آب و هوایی

محمود احمدی[۱*]، پرستو عظیمی[۲]

[۱] استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

[۲] کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

تاریخ دریافت: ۹۱/۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۲/۳/۸

چکیده

طی دهه‌های اخیر اثرات محیطی و اقتصادی ـ اجتماعی تغییر اقلیم و بررسی روند آن در داده‌های حدی مورد توجه اقلیم‌شناسان و علوم زیست محیطی بوده است. در این میان بررسی و مطالعات تغییرات دما و عوامل مؤثر بر آن در مقیاس جهانی حاکی از آن است که روند دمای کمینه، بیشینه و دمای متوسط در حال افزایش است. یکی دیگر از این متغیرها تغییرات وقوع و فراوانی روزهای یخبندان است. هدف از این پژوهش بررسی روند تغییرات تعداد روزهای دوره یخبندان در تهران، به‌منظور آشکار سازی تغییر آب و هواست. به‌منظور شناخت رفتار خطی و غیر خطی عناصر اقلیمی، روند بلندمدت روزهای یخبندان طی یک دوره آماری ۵۷ ساله استخراج و پس از آماده‌سازی داده‌ها مدل‌های آماری متعدد برای پیش‌بینی سری‌های زمانی مورد استفاده قرار گرفت. مدل‌های به‌کار رفته شامل سری زمانی ARIMA، رگرسیون سری‌های زمانی، و ضریب همبستگی است. نتایج نشان داد از سال ۱۹۵۱ تا ۱۹۷۵ روند تغییرات نامنظم است و از مدل خاصی پیروی نمی‌کند، ولی از سال ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۷ این روند با ضریب اطمینان بالا تعداد روزهای یخبندان را کاهشی نشان می‌دهد، و می‌توان گفت به‌دلیل افزایش گرمایش شهری و ایجاد جزیره گرمایی، وقوع آن روند کاهشی دارد.

کلمات‌کلیدی: تغییر آب و هوا، روزهای یخبندان، مدل‌های آماری، تهران.

Statistical Analysis of the Number of Freezing Days in Tehran During 56 Years to Investigation of Variation of Climate Change

Mahmoud Ahmadi[1*], Prastoo Azimi[2]

[1] *Assistant professor, Faculty of Erath Science, Shahid Beheshti University*

[2] *MSc.Student in Physical Geography, Shahid Beheshti University*

Abstract

During last decades the environmental and economic effects of climate changes have been very important for environmental scientists. According to temperature fluctuation studies, the minimum, maximum, and average temperatures are to be increased. So, the objective of this study is the investigation of variations of the number of freezing days during a 57 years data set and modeling the data by multivariable statistics methods. The applied models were ARIMA time-series, Regressions, and Correlation coefficient. The results showed that the variations of temperature were very disorder from 1951 to 1975 and they were not following a specific model. However, it showed the decreasing in freezing days during 1976-2007 which could be due to urban warming and crating island effect in this duration.

Keywords: Climate Change, Freezing Days, Statistical Models, Tehran.

* Corresponding author. *E-mail Address*: matin.borghei@gmail.com

۱- مقدمه

یکی از عوامل مهم و اساسی در زندگی انسان آب و هواست. از این رو جغرافی‌دانان همواره به‌عنوان یکی از اجزای اصلی چشم‌اندازهای جغرافیایی بدان می‌نگرند و مطالعه ویژگی‌های آن را به‌صورت یک علم دقیق مد نظر قرار داده‌اند [۱]. گرمایش جهانی، تغییر آب و هوا و پیامدهای آن بر زندگی، و فرایند توسعه در جوامع انسانی یکی از بزرگ‌ترین مسائل جامعه جهانی است که در دو دهه اخیر توجه بسیاری از محافل علمی و سیاسی جهان را به خود جلب کرده است [۱۴]. در این میان بررسی و مطالعات تغییرات دما و عوامل مؤثر بر آن در مقیاس جهانی حاکی از آن است که روند دمای کمینه، بیشینه و دمای متوسط در حال افزایش است [۱۶]. یخبندان و سرمازدگی از جمله پدیده‌های جوی است که گاه به‌دلیل زیان‌های شدید و گاه به‌دلیل اثرات تغییر اقلیم بر آن، همواره مورد بررسی و تحقیق متخصصان علوم مختلف قرار گرفته است [۱۳].

بنا به تعریف، «یخبندان» به وضعیتی گفته می‌شود که در آن دمای سطح زمین و اشیایی که در تماس با آن قرار دارند به صفر یا کم‌تر از صفر درجه سیلسیوس کاهش یابد [۱۵]. توده‌های یخی به‌عنوان یکی از حساس‌ترین شاخص‌های تغییر اقلیم شناخته می‌شوند که عمدتاً طی دوره سرد شدن اقلیم افزایش می‌یابند (مانند دوره کوتاه یخبندان)، و در طول گرم شدن آب و هوا در مقیاس‌های متوسط زمانی شروع به پس‌رفت می‌کنند. به‌طور کلی تغییرات شبانه‌روزی دما (DTR) که متأثر از تغییرات روزانه تشعشع خورشید است، نوسانات زیادی دارد [۹]. در لایه هوای نزدیک سطح زمین مجموعه عناصری فعال‌اند که اثر زیادی بر تغییرات دما دارند؛ نظیر: میزان ابرناکی، میزان رطوبت جو، مه، بارش، باد، خصوصیات سطح زمین، و پوشش گیاهی. در محیط‌های شهری نیز عواملی نظیر افزایش جمعیت، اندازه شهر، آلودگی، افزایش گازهای گلخانه‌ای و غیره در میزان DTR مؤثرند [۱]. یکی از عمده‌ترین پیامدهای این عوامل بالارفتن دمای کره زمین طی قرن بیستم به میزان ۰/۶ درجه سانتی‌گراد است [۷]. کارل و همکاران نشان دادند که تمام شاخص‌های دمایی (دمای کمینه، بیشینه و میانگین) در اکثر دنیا روند صعودی طی کرده‌اند. ژانگ و همکاران [۱۹]، روند دما و بارش فصلی و سالانه را در سراسر کانادا، طی قرن بیستم، مطالعه کرده‌اند. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که از سال ۱۹۰۰ تا ۱۹۹۹ میانگین دمای سالانه در نواحی جنوبی کشور کانادا با متوسط حدود ۰/۹درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. محققان کاهش پوشش برف و یخ روی اقیانوس را در ۴۰ سال گذشته با افزایش تغییرات پارامترهای مختلف در هر دهه بررسی کرده و اهمیت پوشش ابر آسمان را طی فرایند گرمایش جهانی، که در آینده رخ خواهد داد، به‌طور کمّی آشکار ساخته‌اند. هم‌چنین بررسی اثر تغییر اقلیم بر دما، بارش و سطح پوشش برف، و نیز روند تغییرات آنها در دوره تاریخی ۲۰۰۲-۱۹۵۸ میلادی در حوضه رودخانه تاریم چین که توسط چان چن و همکاران مورد پژوهش قرار گرفت نشان می‌دهد که افزایش جهشی دما و بارش در اواسط دهه ۱۹۸۰، با استفاده از روش‌های تعیین روند ناپارامتریک مشاهده می‌شود، ولی تغییر سطح پوشش برف قابل توجه نیست [۱۷]. در مطالعه‌ای تحت عنوان «تعیین نقاط تغییر دمای جو بالای تهران به‌منظور بررسی تغییرات احتمالی اقلیم با استفاده از مدل‌های خطی پویا»، علاوه بر تعیین این نقاط، متوسط درجه حرارت سالانه براثر تغییر در سری‌های زمانی معادل ۷۰۰میلی‌بار در ایستگاه مهرآباد تهران اندازه‌گیری شد [۱۰]. مطالعه گسترده در سطح ۳۳ ایستگاه کشور نشان داد که در شهرهایی که شدیداً توسعه یافته‌اند، میانگین دمای بیشینه روند افزایشی داشته است [۵].

نتایج حاصل از تحلیل آماری و تعیین تغییرات بلندمدت اقلیمی برای ایستگاه هواشناسی زنجان، با دوره آماری ۴۵ساله، نشان داد که میانگین سالانه دمای شهر زنجان افت‌وخیز فراوان و دامنه‌ای وسیع داشته است [۱۲]. به‌منظور آشکارسازی تغییرات احتمالی اقلیم محلی، نوسانات زمانی روزهای یخبندان مشهد، طی دوره آماری ۱۹۵۱تا۲۰۰۰ مورد مطالعه قرار گرفت؛ در انتهای دوره مشخص شد تعداد روزهای یخبندان در شهر مشهد روند صعودی معنی‌دار دارد [۸]. بررسی روند تغییرات دما در دشت مشهد با استفاده از سه روش آماری نشان می‌دهد که طی دوره آماری ۱۹۵۱تا۲۰۰۰، کمینه دمای ماهانه روند صعودی داشته است [۱۱]. نتایج حاصل از بررسی تغییرات حدی دما در شهر اهواز نشان‌دهنده افزایش دما

در این شهر است [۱]. بررسی روند افزایش روزهای گرم شهر تهران نیز نشان داد که در طول سال ۳۴٪ روزها دمای بالای ۳۲درجه دارد[۳]. با توجه به این که در زمینه تحلیل آماری روزهای یخبندان تاکنون مطالعه جدی انجام نشده این پژوهش به این امر مهم توجه دارد.

۲- مواد و روش‌ها

برخی سری‌های اقلیمی، ازجمله دما یا یخبندان از توزیع نرمال (به هنجار) تبعیت نمی‌کنند. لذا کاربرد روش‌های آماری به‌منظور شناخت رفتار خطی و غیر خطی عناصر اقلیمی، یکی از بهترین روش‌های ارزیابی روند تغییرات عناصر اقلیمی در بلندمدت است [۱۸]. در بررسی تغییرات زمانی داده‌ها، ممکن است دامنه تغییرات به حدی باشد که نتیجه‌ای از آن حاصل نشود. در چنین وضعیتی استفاده از روش میانگین متحرک را می‌توان به‌عنوان گزینه‌ای مناسب مطرح کرد [۴]. در رگرسیون سری‌های زمانی متغیر و مستقل وجود دارد که معرف زمان ــ سال، ماه یا ... است. متغیر زمان را می‌توان به‌عنوان متغیر مستقل در معادله رگرسیون قرار داد، که در این بررسی نیز از این رگرسیون استفاده شده است. این اصل یکی از پیش‌شرط‌های آزمون رگرسیون خطی، نرمال بودن توزیع داده‌هاست [۶] از این روش می‌توان برای آزمودن روند دما استفاده کرد؛ اما باید توجه داشت که در تعیین روند یا عدم روند داده‌های دما باید از طریق آزمون β عمل کرد. در این مطالعه داده‌های دما با این آزمون نیز بررسی شد.

روش کار در این پژوهش، مبتنی بر کار کتابخانه‌ای و تحلیل آماری بوده است. بدین‌منظور ابتدا آمار روزهای یخبندان تهران طی یک دوره آماری، از ۱۳۲۹ تا ۱۳۸۵ (به‌مدت ۵۶ سال) با استفاده از نرم‌افزار اقلیمی استخراج شد [۲]. پس از آماده‌سازی داده‌ها، مدل‌های متعدد برای پیش‌بینی سری‌های زمانی مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش از مدل سری زمانی آریما (ARIMA)، رگرسیون سری‌های زمانی، و ضریب همبستگی از طریق نرم‌افزار SPSS و Excel استفاده شد. با این روش می‌توان روند تغییرات را به‌آسانی مشخص نمود.

یکی از مدل‌هایی که می‌توان برای پیش‌بینی سری‌های زمانی از آن استفاده کرد، مدل آریما (ARIMA) است. این مدل دارای ۳ محدوده بحرانی P، D، و R است که P معرف «خودهمبستگی[1]» (AR)، R معرف میانگین متحرک، و D معرف اختلاف است. ابتدا پارامترهای مدل با استفاده از خودهمبستگی (اتورگرسیو) و خودهمبستگی جزئی تعیین شد. از آنجا که سری زمانی وابسته به زمان است لازم است تفاوت آن مشخص شود.

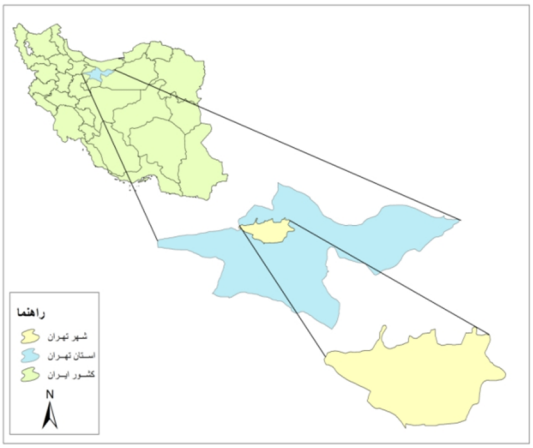
داده‌های آماری به دست آمده نشان داد میانگین دمای روزهای یخبندان هر سال معرف وضعیت آن سال است، و نمی‌توان از این عنصر روند خوبی دریافت. لذا پس از استخراج تعداد روزهای یخبندان و متوسط دما برای هر سال، عدد مربوطه در یکدیگر ضرب و متوسط تعداد روز و دما به دست آمد. این داده‌ها مورد پردازش اصلی قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- منطقه مورد مطالعه

شهر تهران در موقعیت '۲,°۵۱ تا '۳۶,°۵۱ طول شرقی، و '۳۴,°۳۵ تا '۵۰,°۳۵ عرض شمالی قرار گرفته، و ارتفاع آن از ۲۰۰۰ متر در مرتفع‌ترین نقاط شمال تا ۱۲۰۰ متر در مرکز و ۱۰۵۰ متر در جنوب متغیر است. تهران در بین دو وادی‌کوه و کویر، و در دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه البرز گسترده شده است. از جنوب به کوه‌های ری و بی‌بی شهربانو و دشت‌های هموار شهریار و ورامین، و از شمال توسط کوهستان محصور شده است. ایستگاه هواشناسی سینوپتیک مهرآباد تهران با موقعیت جغرافیایی '۴۱,°۳۵ عرض شمالی و '۱۹,°۵۱ طول شرقی، و ارتفاع ۱۱۹۱ متر از سطح دریا در مرکز نیمه شمالی کشور قرار گرفته است. اقلیم شهر تهران متأثر از کوهستان در شمال (نسیم توچال) و دشت در جنوب است. غیر از شمال تهران که تحت تأثیر کوهستان است، اقلیم آن تا حدودی معتدل و مرطوب است. اقلیم سایر مناطق شهر تقریباً گرم و خشک و در زمستان‌ها اندکی سرد است. رشته کوه البرز همچون سدی از نفوذ بسیاری از توده‌های هوا جلوگیری می‌کند، و این موجب خشک‌تر شدن اقلیم شهر از یک سو، و از سوی دیگر برخورداری آن از آرامش نسبی شده است. از نظر تقسیمات کلی اقلیمی، خصوصیات آب و هوایی منطقه مذکور جزو ناحیه اقلیمی نیمه‌خشک بوده و از خرداد تا شهریور تقریباً خشک بوده و بقیه ماه‌های سال تقریباً مرطوب است و میانگین درجه حرارت سالانه طی دوره

آماری ۱۷/۲ درجه سانتی‌گراد است. دمای متوسط دی‌ماه به‌عنوان سردترین ماه ۳/۳ درجه سانتی‌گراد است [۱]. شکل ۱ موقعیت شهر تهران را در ایران نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت شهر تهران

۳-۲- شرح یافته‌ها

یافته‌های پژوهش، براساس داده‌های جدول شماره ۱ نشان می‌دهد که بیشترین تعداد روزهای یخبندان مربوط به سال ۱۳۵۲ با ۸۶ روز، و کم‌ترین آن مربوط به سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۸۲ به‌ترتیب ۱۱ و ۱۲ روز است. با توجه به طول دوره آماری طی ۲۷ سال اخیر روند روزهای یخبندان کاهش معنی‌داری دارد که می‌تواند ناشی از تغییر اقلیم شهر تهران باشد.

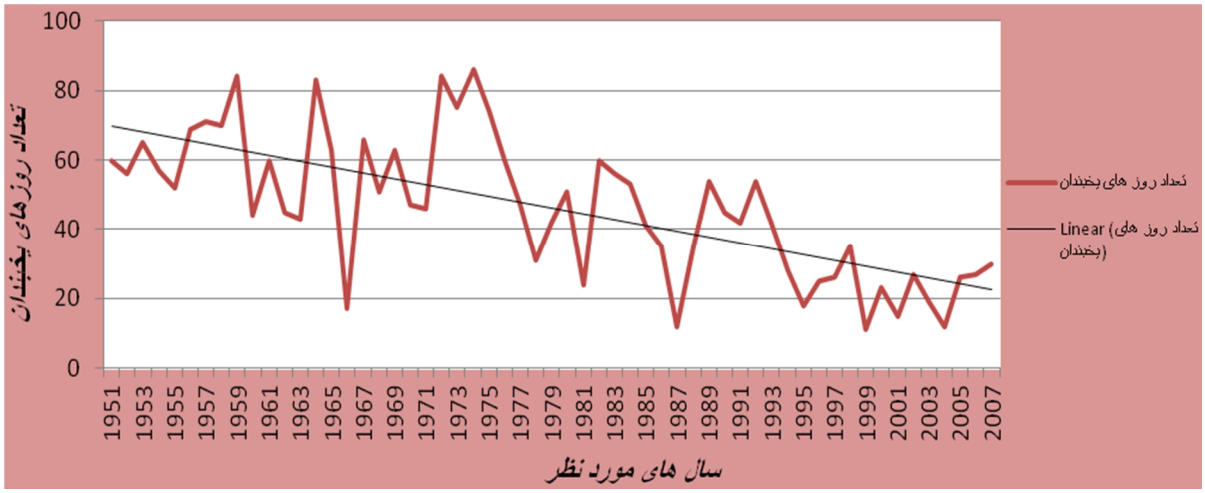
در شکل ۲ میانگین روزهای یخبندان شهر تهران طی دوره آماری ۱۳۲۹ تا ۱۳۸۵ بررسی شد. این شکل به‌وضوح حاکی از آن است که روزهای یخبندان حول یک خط غیر افقی نوسان دارد. به‌منظور بررسی معنی‌داری آماری، درجه شیب خط نیز مورد آزمون قرار گرفت.

جدول ۱- داده‌های روزهای یخبندان از سال ۱۹۵۱- ۲۰۰۷

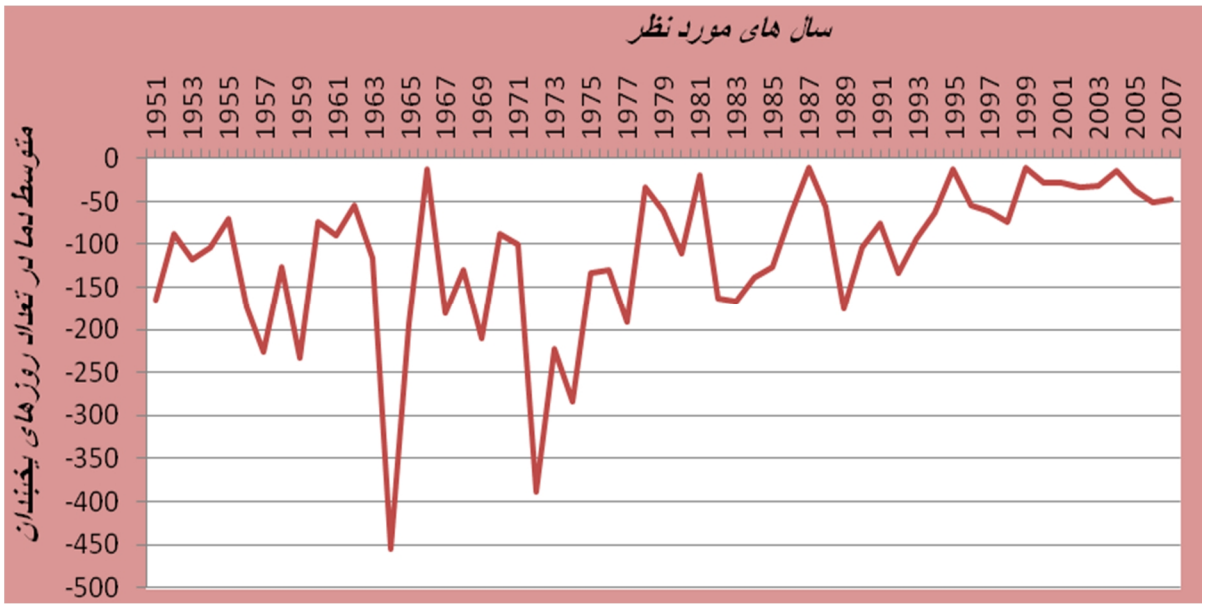
سال	تعداد روزهای یخبندان	متوسط دما در تعداد روز	متوسط دمای روزهای یخبندان (درجه سانتی گراد)	سال	تعداد روزهای یخبندان	متوسط دما در تعداد روز	متوسط دمای روزهای یخبندان (درجه سانتی گراد)	سال	تعداد روزهای یخبندان	متوسط دما در تعداد روز	متوسط دمای روزهای یخبندان (درجه سانتی گراد)	سال	تعداد روزهای یخبندان
	۶۰	-۳	-۱۶۴	۱۹۶۵	۶۳	-۳	-۱۹۲	۱۹۷۹	۴۲	-۱	-۶۱	۱۹۹۳	۴۲
۱۹۵۲	۵۶	-۲	-۸۸	۱۹۶۶	۱۷	-۱	-۱۲	۱۹۸۰	۵۱	-۲	-۱۱۱	۱۹۹۴	۲۸
۱۹۵۳	۶۵	-۲	-۱۱۸	۱۹۶۷	۶۶	-۳	-۱۸۱	۱۹۸۱	۲۴	-۱	-۲۰	۱۹۹۵	۱۸
۱۹۵۴	۵۷	-۲	-۱۰۳	۱۹۶۸	۵۱	-۳	-۱۲۹	۱۹۸۲	۶۰	-۳	-۱۶۳	۱۹۹۶	۲۵
۱۹۵۵	۵۲	-۱	-۷۱	۱۹۶۹	۶۳	-۳	-۲۱۰	۱۹۸۳	۵۶	-۳	-۱۶۶	۱۹۹۷	۲۶
۱۹۵۶	۶۹	-۳	-۱۷۳	۱۹۷۰	۴۷	-۲	-۸۷	۱۹۸۴	۵۳	-۳	-۱۳۸	۱۹۹۸	۳۵
۱۹۵۷	۷۱	-۳	-۲۲۶	۱۹۷۱	۴۶	-۲	-۱۰۰	۱۹۸۵	۴۱	-۳	-۱۲۶	۱۹۹۹	۱۱
۱۹۵۸	۷۰	-۲	-۱۲۶	۱۹۷۲	۸۴	۵	-۳۸۹	۱۹۸۶	۳۵	-۲	-۶۵	۲۰۰۰	۲۳
۱۹۵۹	۸۴	-۳	-۲۳۳	۱۹۷۳	۷۵	-۳	-۲۲۳	۱۹۸۷	۱۲	-۱	-۱۰	۲۰۰۱	۱۵
۱۹۶۰	۴۴	-۲	-۷۳	۱۹۷۴	۸۶	-۳	-۲۸۴	۱۹۸۸	۳۵	-۲	-۵۷	۲۰۰۲	۲۷
۱۹۶۱	۶۰	-۲	-۹۰	۱۹۷۵	۷۴	-۲	-۱۳۴	۱۹۸۹	۵۴	-۳	-۱۷۵	۲۰۰۳	۱۹
۱۹۶۲	۴۵	-۱	-۵۵	۱۹۷۶	۶۰	-۲	-۱۳۰	۱۹۹۰	۴۵	-۲	-۱۰۴	۲۰۰۴	۱۲
۱۹۶۳	۴۳	-۳	-۱۱۵	۱۹۷۷	۴۷	-۴	-۱۹۱	۱۹۹۱	۴۲	-۲	-۷۶	۲۰۰۵	۲۶
۱۹۶۴	۸۳	-۵	-۴۵۵	۱۹۷۸	۳۱	-۱	-۳۴	۱۹۹۲	۵۴	-۲	-۱۳۴	۲۰۰۶	۲۷
												۲۰۰۷	۳۰

در شکل ۳ رابطه سال‌های مورد نظر و ضرب متوسط دما در تعداد روزهای یخبندان نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که هرچه به سمت سال‌های اخیر پیش می‌رویم، از مقدار منفی متوسط دما در تعداد روزهای یخبندان کاسته می‌شود و به سمت صفر و مثبت سیر می‌کند.

پس از این مرحله، با به‌کارگیری رگرسیون سری‌های زمانی به‌منظور آشکارسازی تغییرات دمایی، معین شد برمبنای رگرسیون پردازش شده بین روزهای یخبندان و زمان مشخص‌شده رابطه‌ای معنی‌دار برقرار است. سپس به‌منظور اطمینان از عدم تخطی از پیش‌فرض‌های رگرسیون، تحلیل‌های لازم انجام و ۴/۷ درصد واریانس متغیر استخراج شد. نتایج به دست آمده نشان داد (جدول ۳) متغیرهای مورد مطالعه به‌لحاظ آماری معنی‌دارند. از آنجا که میزان معنی‌داری کم‌تر از ۰/۰۵ است فرض صفر رد می‌شود. معادله رگرسیون خطی نیز با توجه به این جدول عبارت است از: $y = -۰/۸۴۲ + ۱۷۱۳/۰۴۶$ که در این رابطه y روزهای یخبندان و x معرف زمان است.



شکل ۲- روند بلند مدت روزهای یخبندان ایستگاه مهرآباد تهران



شکل ۳- روند بلندمدت متوسط دما در تعداد روزهای یخبندان

جدول ۲- خلاصه مدل آماری

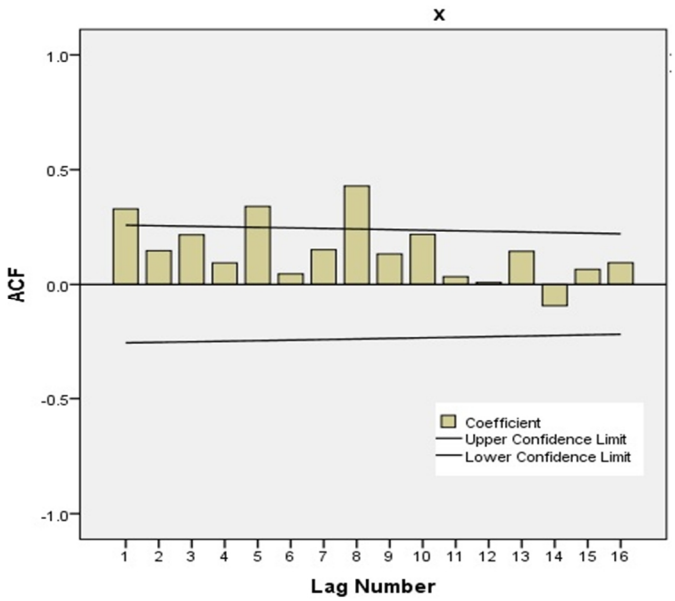
مدل	R	مجذور R	مجذور R تعدیل یافته	برآورد خطای معیار
۱	۰/۶۹	۰/۴۷	۰/۴۶	۱۴/۸۰

جدول ۳- ضرایب آماری

مدل	غیر استاندارد کردن ضرایب		استانداردکردن ضرایب	T	سطح معنی داری
	B	خطای معیار	β		
محتوا	۱۷۱۳/۰۴	۲۳۵/۹۰	-۰/ ۶۹	۷/۲۶	۰/۰۰۰
X	-۰/۸۴۲	۰/۱۱		-۷/۰۶	۰/۰۰۰

در جدول ۲ میزان همبستگی (R) و ضریب تبیین ارائه شده است؛ با توجه به نتایج ثبت شده میزان همبستگی مثبت و نسبتاً قوی است و R تعدیل‌شده نیز مقدار مناسبی است. نتایج مدل آریما براساس شکل‌های موجود نشان داد مقادیر به دست آمده نزولی است و بین آنها رابطه معنی‌داری وجود دارد.

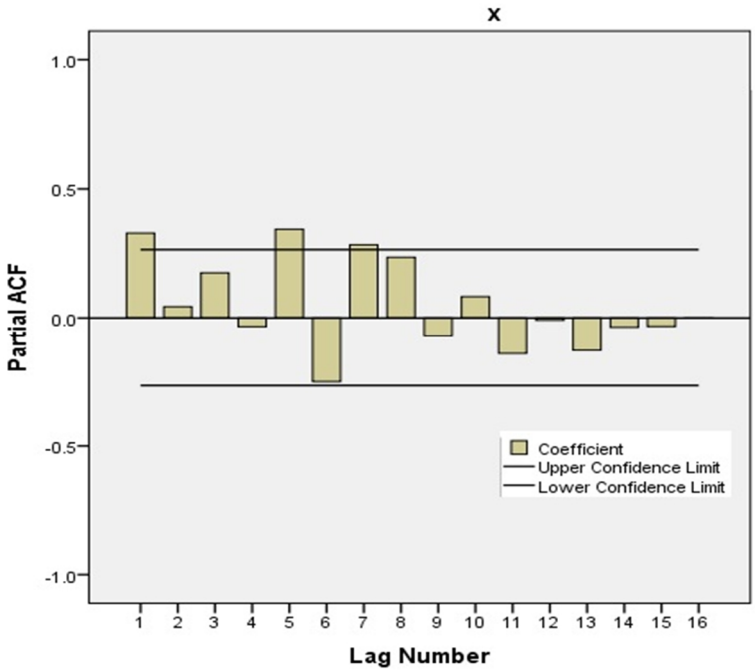
به‌منظور کسب اطمینان از مدل آریما برای همبستگی بین زمان و روزهای یخبندان لازم است ابتدا خودهمبستگی و خودهمبستگی جزیی را تحلیل کنیم. این تابع رابطه خطی موجود میان مشاهدات سری زمانی را که با k تأخیر واحد زمانی جدا شده‌اند، اندازه‌گیری می‌کند. مقدار rk همیشه بین ۱ و ۱- است. مقادیری از rk که به عدد ۱ نزدیک‌اند نشان‌گر تمایل شدید مشاهدات جداشده با k تأخیر واحد زمانی به حرکت با یکدیگر در مسیر خطی و با شیب مثبت است؛ و مقادیری از rk که به ۱- نزدیک‌اند نشان‌گر تمایل مشاهدات جداشده با k تأخیر واحد زمانی به حرکت با یکدیگر در مسیر خطی و با شیب منفی است. در این نمودار هرچه فاصله بین سال‌ها (log number) بیشتر باشد انتظار می‌رود همبستگی بین داده‌ها کم‌تر شود. تحلیل شکل‌های ۴ و ۵ نشان داد که داده‌های بین محدوده ۵+ و ۵- تداعی‌کننده همبستگی زیاد متغیرها و طی شدن مسیر کاهشی، و شیب نزولی نوسانات روزهای یخبندان است.



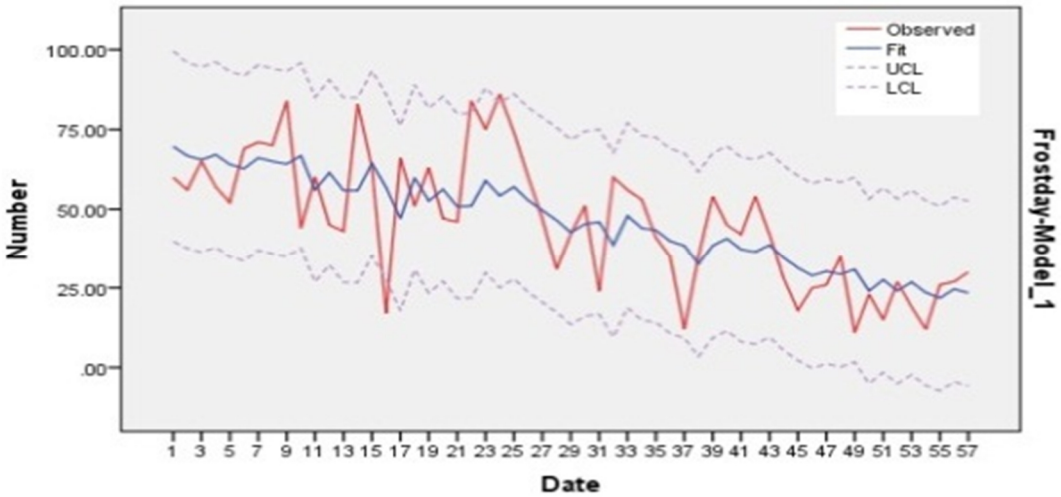
شکل ۴- تابع خودهمبستگی

روند این اشکال تأییدی است بر منفی بودن تعداد روزهای یخبندان. اگر تابع خودهمبستگی جزئی قطع نشود و در عوض با حالتی یکنواخت کاهش یابد، در این صورت تابع خودهمبستگی جزئی افول می‌کند. تابع خودهمبستگی جزئی ممکن است به‌صورت نمایی (با نوسان یا بدون نوسان) افول کند. این نمودار روند کاهشی را در پایین خط نشان می‌دهد و مؤید انجام رگرسیون مورد نظر است.

در شکل ۶ نتایج مدل آریما به‌صورت مدل نهایی نمایش داده شده و براساس مشاهدات می‌توان روند نزولی را از آن استنباط کرد (ARIMA(0,0,1. این شکل که با استفاده از ۵۷ داده به دست آمده، حاکی از آن است که تقریباً از سال‌های ۱۳۷۵ به بعد تعداد روزهای یخبندان به‌طور محسوس روند کاهشی داشته است. خطوط حداقل و حداکثر نسبت به خط برازش یافته نیز مؤید این نکته است.



شکل ۵- تابع خودهمبستگی جزئی



شکل ۶- نتایج مدل آریما

با توجه به این که متوسط دمای روزهای یخبندان در هر سال جداگانه قابل بررسی است و در زمینه آشکارسازی روند نوسانات آب و هوایی نمی‌تواند چندان کمکی به ما بکند، تعداد روزهای یخبندان هرسال در متوسط دمای آن سال ضرب و مجموع اعداد به دست آمده در سری زمانی مورد استفاده قرار گرفت (جدول‌های ۴ تا ۶).

در جدول ۶ معنی‌داری (sig) برابر با ۰/۰۰۱ است و نشان می‌دهد تا حدود ۹۹/۹۹ درصد رابطهٔ بررسی‌شده معنی‌دار است.

نتایج حاصل از بررسی مذکور (شکل ۷) نشان داد تا سال ۱۹۷۶ تغییرات نامنظم و روند خاصی مشاهده نمی‌شود اما از سال ۱۹۷۷ به بعد، با توجه به این که متغیر مربوطه به شکل منفی خودنمایی می‌کند تعداد روزهای یخبندان به شکل چشمگیری کاهش یافته است. روند افزایشی مشاهده شده در شکل ۶ نشان می‌دهد مؤید کاهش تدریجی روند یخبندان در سال‌های منتهی به ۲۰۱۰ است و پیش بینی میشود احتمالا" این روند کماکان در سال‌های بعد نیزادامه خواهد داشت.

جدول ۴- مدل فیت شده آماری و پارامترهای آریما

آمار متناسب	میانگین	حداقل	حداکثر	محاسبه شده بقرار هر صدی ۵	۱۰	۲۵	۵۰	۷۵
ثابت								
R-squared	۲۳۰.	۲۳۰.	۲۳۰.	۲۳۰.	۲۳۰.	۲۳۰.	۲۳۰.	۲۳۰.
RMSE	۷۹.۳۴۹	۷۹.۳۴۹	۷۹.۳۴۹	۷۹.۳۴۹	۷۹.۳۴۹	۷۹.۳۴۹	۷۹.۳۴۹	۷۹.۳۴۹
MAPE	۱۰۴.۶۲۲	۱۰۴.۶۲۲	۱۰۴.۶۲۲	۱۰۴.۶۲۲	۱۰۴.۶۲۲	۱۰۴.۶۲۲	۱۰۴.۶۲۲	۱۰۴.۶۲۲
MaxAPE	۱.۱۷۳E۳	۱۱۷۳.۱۳۸	۱۱۷۳.۱۳۸	۱.۱۷۳E۳	۱.۱۷۳E۳	۱.۱۷۳E۳	۱.۱۷۳E۳	۱.۱۷۳E۳
MAE	۵۲.۶۱۰	۵۲.۶۱۰	۵۲.۶۱۰	۵۲.۶۱۰	۵۲.۶۱۰	۵۲.۶۱۰	۵۲.۶۱۰	۵۲.۶۱۰
MaxAE	۳۱۱.۲۱۳	۳۱۱.۲۱۳	۳۱۱.۲۱۳	۳۱۱.۲۱۳	۳۱۱.۲۱۳	۳۱۱.۲۱۳	۳۱۱.۲۱۳	۳۱۱.۲۱۳
هنجار شده BIC	۸.۹۶۰	۸.۹۶۰	۸.۹۶۰	۸.۹۶۰	۸.۹۶۰	۸.۹۶۰	۸.۹۶۰	۸.۹۶۰

جدول ۵- مدل آماری

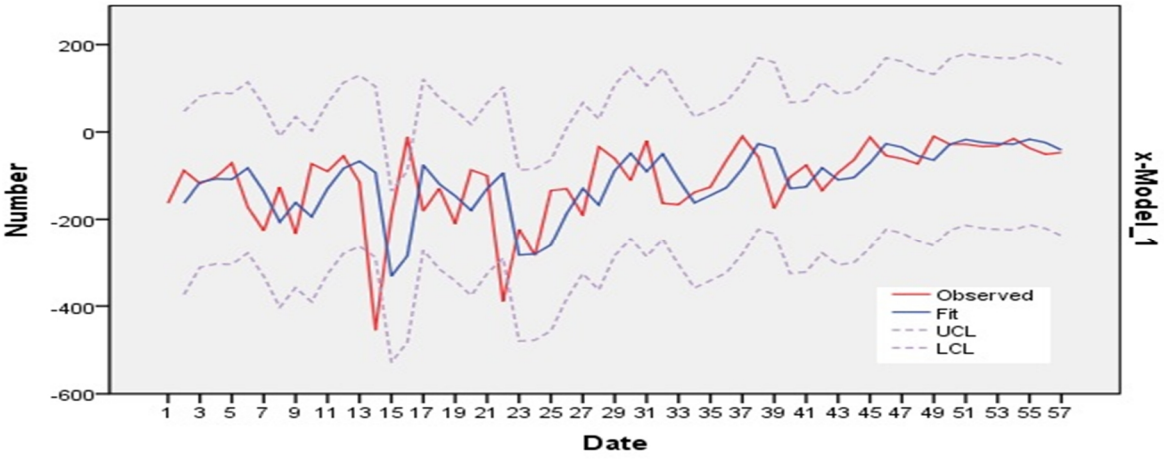
Model	Number of Predictors	Model Fit statistics: Stationary R-squared	R-squared	RMSE	MAPE	MAE	MaxAPE	MaxAE	Normalized BIC	Ljung-Box Q(18): Statistics	DF	Sig.	Stationary R-squared
		۲۳۰.	۲۳۰.	۷۹.۳۴۹	۱۰۴.۶۲۲	۵۲.۶۱۰	۳E ۱۷۳. ۱	۳۱۱.۲۱۳	۸.۹۶۰	۲۸.۵۹۹	۱۷	۸۳۰.	۲۳۰.

جدول ۶- مدل پارامترهای آریما

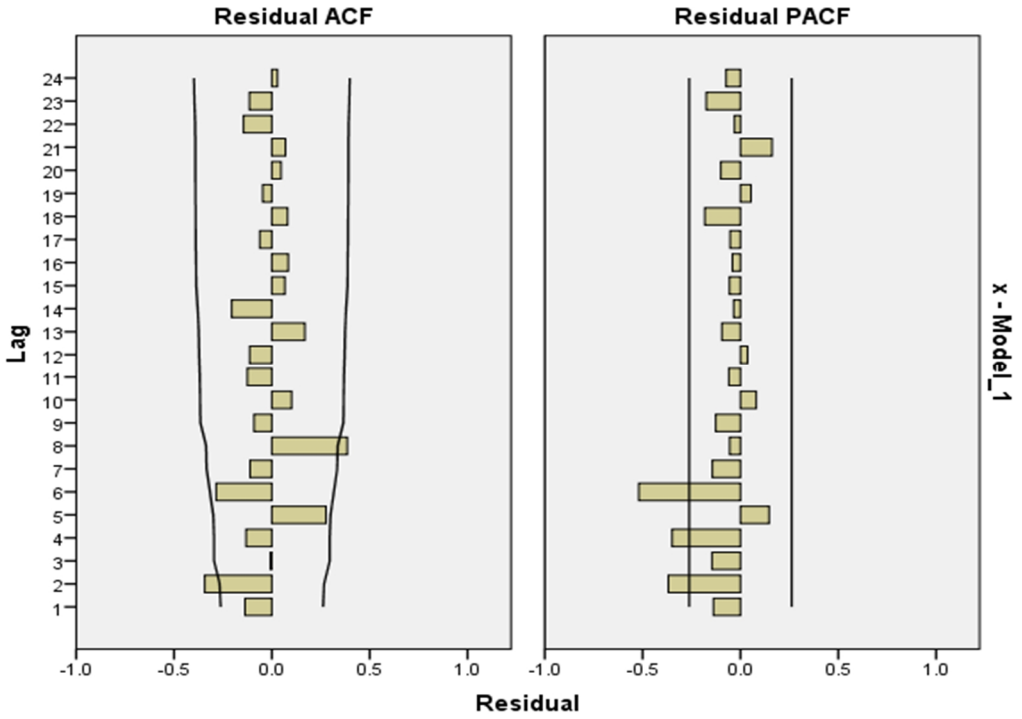
					Estimate	SE	t	Sig.
x-Model_1	x	No Transformation	Constant		-۴.۹۶۸E۳	۱.۴۸۵E۳	-۳.۳۴۶	۰۰۱.
			AR	Lag 1	.۱۵۷	.۱۳۴	۱.۱۶۶	۲۴۹.
	year	No Transformation	Numerator	Lag 0	۲.۴۵۳	۷۵۰.	۳.۲۷۰	۰۰۲.

در شکل ۸ نتایج باقی‌مانده مدل آریما برای آزمون مدل نشان داده شده است. در واقع این شکل نشان‌گر خطای خودهمبستگی جزیی است و بدین ترتیب ضمن تأیید مدل انجام‌شده قبلی، نشان می‌دهد که تا مقطعی از زمان داده‌های ما از خط پیروی نمی‌کند اما پس از آن روند حرکت معنی‌دار به خود می‌گیرد.

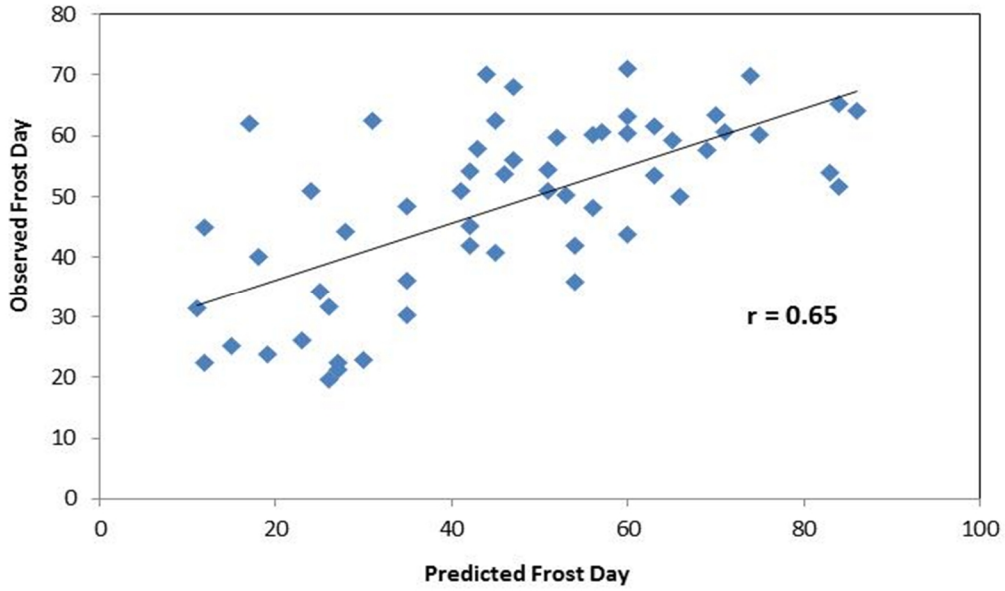
در شکل ۹ در نهایت مقادیر برآورد شده از مدل آریما و مقادیر اندازه‌گیری شده پلات شدند، که با ضریب همبستگی مناسب و معنی‌داری نشان می‌دهد. همبستگی در این نمودار مثبت و نسبتاً قوی است. ($p=<0.001$)



شکل ۷- نمودار برازش یافته آریما

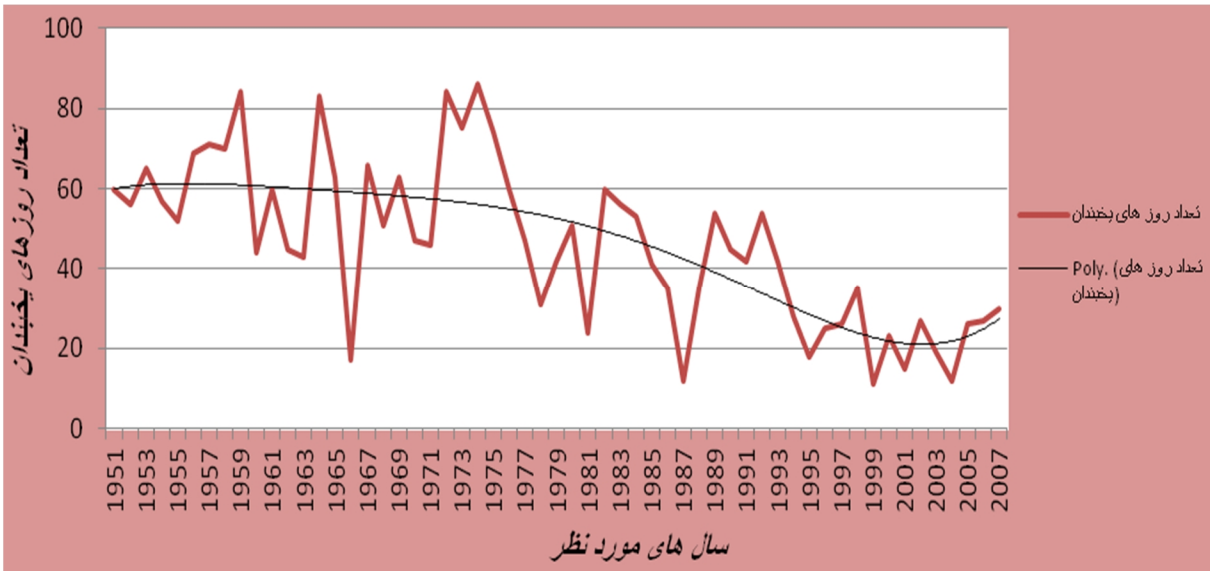


شکل ۸- باقی‌مانده مدل آریما



شکل ۹- پیش‌بینی نتایج مدل آریما

در بررسی اشکال به دست آمده، یک حرکت کلی به‌صورت نزولی مشاهده می‌شود که نمایان‌گر کاهش روزهای یخبندان و گرم‌شدن تدریجی دمای شهر تهران است. در واقع با پیشروی سری زمانی دما افزایش یافته و روزهای یخبندان کاهش داشته است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- نمودار چندجمله‌ای روزهای یخبندان و زمان طی شده.

٤- نتیجه‌گیری

تحلیل آماری داده‌های اقلیمی تهران هر یک به‌نوبه خود می‌تواند کمک بسیار بزرگی به شناخت رفتار عناصر اقلیمی در زمینه‌های مختلف کند. این پژوهش با رویکرد آماری، تغییرات تعداد روزهای یخبندان را که دما به کم‌تر از صفر درجه می‌رسد، در یک دوره آماری نسبتاً بلندمدت مورد بررسی قرار داد. نتایج به دست آمده مشخص کرد از سال ۱۹۵۲ تا سال ۱۹۷۶ تغییرات نامنظمی در اشکال ترسیمی مشاهده می‌شود، ولی از سال ۱۹۷۷ تا پایان سال ۲۰۱۰ تغییرات به‌لحاظ تعداد روزهای یخبندان از روند نزولی برخوردار است و از نظم‌پذیری بیشتری تبعیت می‌کند. این امر ناشی از گسترش بی‌رویه شهری و تشکیل جزیره گرمایی در شهر ۷۰۰کیلومتر مربعی تهران، به‌عنوان مهم‌ترین کانون متمرکز جمعیتی است. اگرچه این روند در تاسیسات، پوشش گیاهی شهری، و آسایش اقلیمی ساکنین شهر مؤثر است، عدم نشست برف در سطح شهر طی سال‌های اخیر و تشکیل بارش‌های پردامنه ــ و مهم‌تر از همه ایجاد سیلاب‌های شهری ــ از مشکلات متعدد مدیریت شهری است. این امر در بلندمدت موجب صرف هزینه بیشتر خواهد شد و به سازه‌های زیربنایی شهری خسارات جبران‌ناپذیری وارد می‌کند. لازم است در این زمینه، به‌خصوص در زمینه مدیریت سیلاب‌های شهری، براساس این رویکرد سیستم زه‌کشی شهری مورد توجه ویژه قرار گیرد. نتایج این تحقیق با نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام شده در سال ۱۳۸۰ (در مورد نوسانات روزانه دما و ...) انطباق دارد. این روش جدید می‌تواند منشاء تحقیقات دیگردر مناطق متعدد با درصد معنی‌داری بیشتر قرار گیرد.

پی‌نوشت

1- Auto-Regressive

منابع

[1] Abbasipahlevan Reyhan. Tehran Climate Change Assessment Based on Daily Fluctuations in Temperature (DTR); Ms.C: Shahid Beheshti University; **2010.**

[2] Ahmadi Mahmood. Software climate stations in Iran; **2012**.

[3] Ahmadi Mahmood, Barati Gholamreza. Analysis warm metropolitan Tehran Urban and Regional Management role in reducing the thermal stresses, The first seminar Spatial Analysis on environmental hazards Tehran Metropolis University Award; **2011**.

[4] Alizadeh Amin. Principles of Applied Hydrology: Publication of Astan Quds Razavi, Fourteenth Edition, Iran; Mashahd; **2003.**

[5] Asakere, Hossein. Statistical analysis of time series of temperature in Iran; Ph.D: Esfehan University; **2002.**

[6] Batacharia, Gouri, k. Jonson, Richard. Concepts and Statistical Methods, Shahrashub morteza, Mikaeili fattah; Center for Academic Publication: Iran, Tehran, **2000**.

[7] Bonsal B, Zhang R X, Vincet L A, Hogg W D. Characteristics of daily and Extreme temperature Canada climate; **14**, 45, 1959-1979.

[8] Ebrahimi hosein, Alizade Amin, Javanmard, Hila. Check the temperature change in Mashhad plain as the profile of climate change in the region; Geographical Research Journal; **2005**; **79**: 1-14.

[9] Hejarizade zahra, Parvin Nader. Temperature and precipitation Changes over the past half-century Tehran; Geography and Regional Planning Journal; fall & winter number; **2010**: 43-56.

[10] Rahimzade Fatemeh, Asgari Ahmad. Attitu-dinal differences between the minimum and maximum temperature rise rate and reduce the amplitude of the circadian temperature; Geographical Research Journal; **2004**; **73**: 154-171.

[11] Shakiba, Alireza; Khalili,eynallah; Dasht bozorgi,amene; Trend analysis of temperature changes based on extreme indexes in Ahwaz city; Geographical perspective Journal; **2010**; **4**(8): 96-126.

[12] Shahabfar Alireza, Mohamadniya Sohrab, Motamedi mohammad; Detection of Local Climate Change To help assess the volatility of frost days Case Study: Mashhad; Geographical Journal Land; **2004**; **1**(3).

[13] Sedghi H; Perspective on how research Reducing waste Due frostbite. Agriculture products; Frost and freezing agricultural products Articles set; USDA Plant Protection Organization; **2000**.

[14] Kazemirad Ladan, Climate Change and Global Warming; MSC of the natural environment department; Publication information environ-mental Research Institute; **2011**.

[15] Meteorological Institute. Reduce frost damage to crops in the provinces of East Azerbaijan and West; The final report of the research project, the nation's weather Institue; **2005**.

[16] Moradiyan, Alimohhamad; Check makeup pressure systems during the most severe frosts in 10 years in Iran; Ms.c; Shahid Beheshti University; **2011**.

[17] Noormohhamadi Mohhamad. Determine the change in temperature of the upper atmosphere in Tehran To possible changes in climate using dynamic linear model; Ms. c; Shahid Beheshti University; Department of Mathematics and Statistics; **2000.**

[18] WMO, Climate Change. Technical; Note No 79. **1966**.

[19] Zhang X, et al. trends in middle-east climate extremes indicesfrom 1950 to 2003. J. Geophys, Res; 110, 2005JD 006181.