

آشکارسازی تغییر اقلیم محلی به کمک بررسی نوسانات زمانی روزهای یخبندان (مطالعه موردی مشهد)

علیرضا شهاب‌فر

کارشناس ارشد پژوهشکده اقلیم‌شناسی، سازمان هواشناسی کشور

سهراب محمدنیا قرایی

کارشناس ارشد پژوهشکده اقلیم‌شناسی، سازمان هواشناسی کشور

محمد معتمدی

استادیار گروه جغرافیای دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیروان

چکیده

در این تحقیق به منظور آشکارسازی تغییرات احتمالی اقلیم محلی، نوسانات زمانی روزهای یخبندان مشهد طی دوره آماری ۲۰۰۰-۱۹۵۱ مورد مطالعه قرار گرفت. در بررسی‌های اولیه مشخص شد که میانگین سالانه دما و دمای حداقل مطلق طی دوره یاد شده، روند صعودی دارند که این امر با روند نزولی تعداد روزهای یخبندان همخوانی مناسبی از خود نشان می‌دهد.

پس از انجام آزمون همگنی بارتلت همگن بودن داده‌های مورد مطالعه اثبات شد، با هدف آشکار شدن روند در این داده‌ها از ضریب بحرانی کندال استفاده شد و معلوم شد در مجموع روزهای یخبندان سالانه شهر مشهد دارای روند نزولی است.

پس از انجام آزمون‌های بعدی نیز نتیجه گرفته شد که این روند تا حدودی مداوم بود چون در بعضی سال‌ها به هم خورده است. در نهایت معادله همبستگی تعداد روزهای یخبندان مشهد و سال‌های دوره آماری به صورت رابطه $Y=107/35-0/53X$ محاسبه شد که این همبستگی نیز معنی‌دار بوده و بیانگر تغییرات ۲۹/۵- روزه در تعداد روزهای یخبندان طی دوره ۵۰ ساله مورد مطالعه می‌باشد. چنین استنباط شد که داده‌های مذکور روند خطی مداوم شدیدی از خود نشان نداده، بلکه بیشتر رفتار نوسانی داشته است. در نهایت نیز با استفاده از آزمون Mann-Kendall، دو روند صعودی و دو روند نزولی معنی‌دار مشاهده شد. در انتهای دوره نیز یک نقطه تغییر دیده شد که معنی‌دار نبود و به طور کلی از حدود سال ۱۹۷۶ به بعد تعداد روزهای یخبندان در مشهد یک روند نزولی را پیش گرفته است.

در مرحله بعد به منظور برازش یک مدل سری زمانی مناسب بر داده‌های مورد مطالعه از روش Box-Jenkins استفاده شد و با استفاده از منحنی‌های $P-P^1$ و اعمال تفاضل‌گیری از مرتبه اول، داده‌ها نرمال شدند و سپس با تحلیل منحنی‌های ACF^2 و $PACF^3$ خاصیت ایستایی داده‌ها و حذف واریانس نیز بررسی و لحاظ گردید و در نهایت مدل سری زمانی $ARIMA(1, 1, 0)$ برای سری مورد مطالعه، مناسب تشخیص داده شد و به منظور آزمون برازش از روش رگرسیون بهره‌گیری شد و در حد اعتماد ۰/۰۰۵+ صحت مدل مورد تایید قرار گرفت به گونه‌ای که این مدل توانست تعداد روزهای یخبندان سال ۲۰۰۱ مشهد را با خطایی در حدود ۳/۳ درصد پیش‌بینی کند.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، روزهای یخبندان، نوسان، روند.

مقدمه

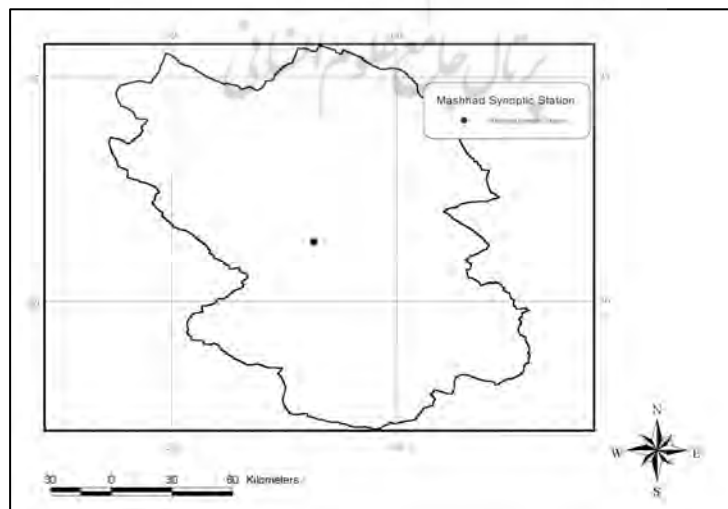
شواهد نشان می‌دهند از گذشته‌های دور تاکنون شرایط اقلیمی جهان بارها دچار تغییرات و تحولات کلی گشته است به‌ویژه در دوران کوتاه‌تر که کوتاهترین و جدیدترین دوره زمین‌شناسی است این تغییرات چشمگیرتر بوده به گونه‌ای که موجب دگرگونی کلی در سیمای کره زمین شده است. در سال‌های اخیر در محافل علمی جهان موضوع تغییر اقلیم بیشتر مورد بحث قرار گرفته است. به‌ویژه در ارتباط با فعالیت‌های مختلف انسان در سطح کره زمین که عمدتاً به افزایش میزان گاز کربنیک و سایر گازهای گلخانه‌ای منجر شده است که یکی از عمده‌ترین پیامدهای آن بالا رفتن میانگین دمای کره زمین می‌باشد. در این ارتباط چنانچه بخواهیم از دیدگاه منطقه‌ای به این موضوع پردازیم نتایج بسیار جالبی به‌دست خواهد آمد.

شهر مشهد که به‌علت داشتن موقعیت خاص زیارتی و سیاحتی از رشد و توسعه فراوانی در ارتباط با جمعیت، فضای شهری، صنعت و غیره برخوردار است همانند سایر کلان‌شهرها تغییرات خاصی در آن ایجاد شده است، نظیر تغییر در الگوی بارش، ایجاد جزیره حرارتی، تغییر در روند نوسانات درجه حرارت و می‌باشد که این امر در برنامه‌ریزی‌های کلان شهری بسیار مفید و حائز اهمیت است.

اولین گام در این راستا آشکارسازی و چگونگی تغییر اقلیم شهری می‌باشد که برای آن روش‌های آماری مختلفی توسط دانشمندان و محققان در سراسر جهان ارائه شده است، این روش‌ها توسط گروه‌های مختلف تخصصی در سازمان هواشناسی جهانی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته‌اند که همواره در قالب اسناد و مدارک علمی برای استفاده کاربردی سایر محققین چاپ و منتشر می‌گردد گام بعدی در این ارتباط ارائه مدل‌ها و راهکارهای علمی است که قادر باشند با تقریب مناسب و درحد اعتماد قابل قبولی وضعیت عناصر اقلیمی را در آینده ارائه نمایند. در این مقاله سعی می‌شود با روش‌های ساده و درعین حال معتبر، این امر تحقق یابد.

ایجاد بانک‌های اطلاعاتی اولیه

به منظور آشکارسازی روند تغییرات زمانی روزهای یخبندان شهر مشهد آمار درجه حرارت از ایستگاه سینوپتیک مشهد استخراج گردید. ایستگاه سینوپتیک مشهد از لحاظ جغرافیایی در موقعیت با عرض



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه سینوپتیک مشهد بر روی نقشه شهر مشهد

جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی در بخش میانی استان خراسان قرار گرفته است.

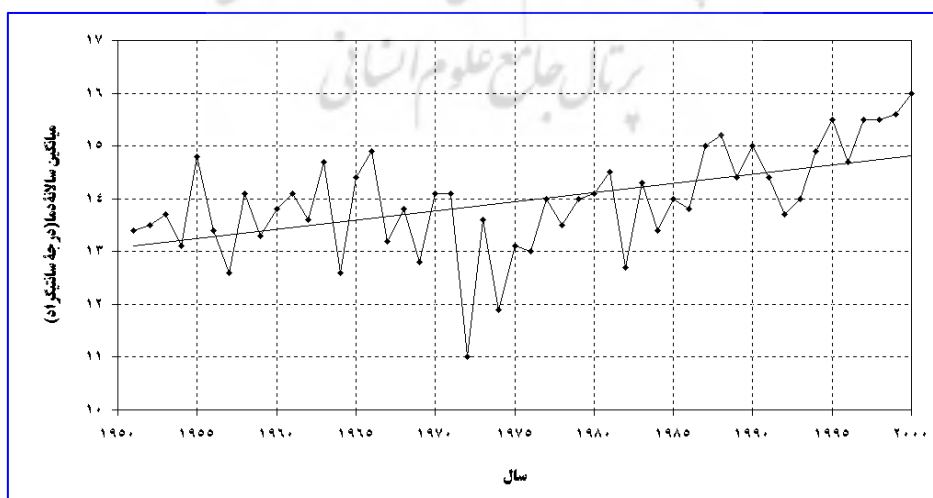
در این ایستگاه از سال ۱۹۵۰ آمار مربوط به اکثر پارامترهای اقلیمی نظیر درجه حرارت، بارندگی و ... ثبت شده است که برای انجام این تحقیق از آمار مربوط به دوره آماری ۱۹۵۱-۲۰۰۰ استفاده شده است. این آمار از آن جهت که توسط سازمان هواشناسی کشور جمع‌آوری و تصحیح شده است، مورد اعتماد بوده و بدون هیچگونه تغییری به کار گرفته شده است.

تحلیل آماری اولیه داده‌ها

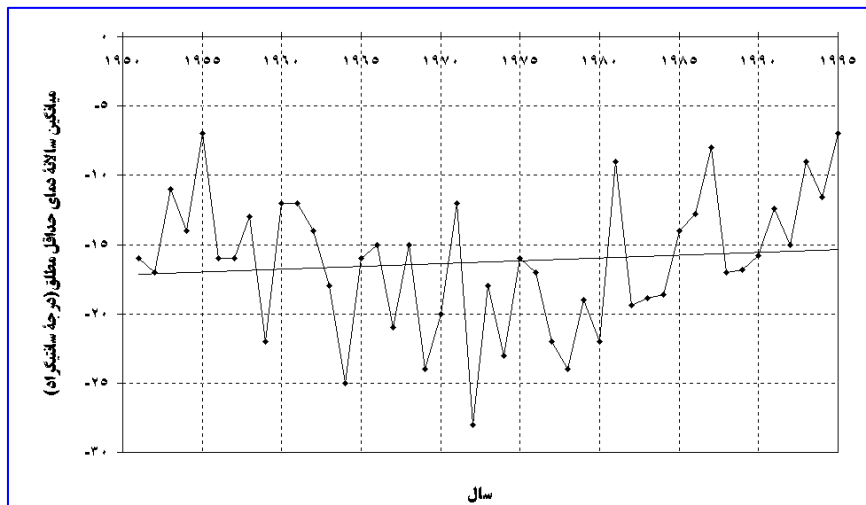
به منظور بررسی و اثبات تغییرات احتمالی روزهای یخبندان مشهد و برزاش یک مدل سری زمانی برای آن، آمار تعداد روزهای یخبندان برای دوره آماری ۱۹۵۱-۲۰۰۰ مربوط به ایستگاه سینوپتیک مشهد مورد مطالعه قرار گرفت. از آنجا که آمارهای دریافتی اصلاح شده بوده و نیاز به تصحیح نداشت، بدون اعمال هیچگونه تصحیحی از آنها استفاده شد.

در گام نخست به منظور انجام یک تحلیل آماری اولیه روی داده‌های موجود، نمودارهای مربوط به میانگین سالانه دما، میانگین سالانه دمای حداقل مطلق و تعداد روزهای یخبندان به ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ و ۴ رسم شده‌اند.

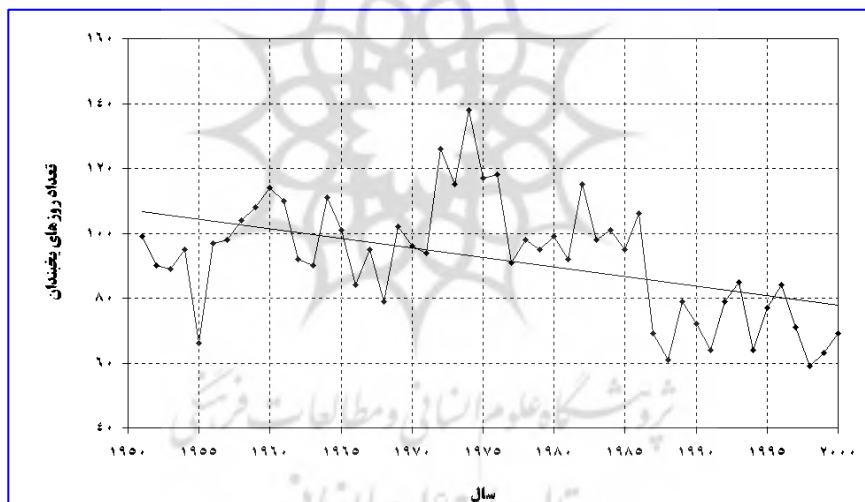
همانطور که در شکل ۲ دیده می‌شود میانگین سالانه دما روند صعودی دارد که به منظور درک بهتر این نکته، خط روند نیز برای آن رسم شده است که با محور افقی زاویه مثبت ایجاد کرده است. در شکل ۳ نیز ملاحظه می‌شود که میانگین سالانه دمای حداقل مطلق نیز روند صعودی دارد و یک همبستگی کلی بین میانگین سالانه دما و دمای حداقل مطلق به خوبی قابل مشاهده است. به طور کلی روزی که در آن، دما در هر لحظه از روز به زیر صفر درجه سانتیگراد رسیده باشد، روز یخبندان تلقی می‌شود و با توجه به این تعریف، در شکل ۴ می‌بینیم که بر اثر وجود روند صعودی دمای شهر مشهد تعداد روزهای یخبندان نیز روند نزولی یافته‌اند و وجود یک زاویه منفی بین خط روند و محور افقی نیز مبین این نکته است.



شکل ۲- نمودار تغییرات میانگین سالانه دمای شهر مشهد در طول دوره آماری ۱۹۵۱-۲۰۰۰



شکل ۳- نمودار تغییرات میانگین سالانه دمای حداقل مطلق شهر مشهد در طول دوره آماری ۱۹۵۱-۲۰۰۰



شکل ۴- نمودار تغییرات تعداد روزهای یخبندان شهر مشهد در طول دوره آماری ۱۹۵۱-۲۰۰۰

تجزیه و تحلیل آمار تعداد روزهای یخبندان شهر مشهد

در بررسی تغییرات زمانی داده‌ها و به عبارت کلی‌تر، سری‌های زمانی، یک دست بودن داده‌ها شرط اصلی به حساب می‌آید. بدین جهت با استفاده از آزمون بارتلت یکنواختی داده‌های موجود بررسی شد. به این منظور سری آماری تعداد روزهای یخبندان شهر مشهد به ده دوره مساوی تقسیم شد و سپس میانگین و واریانس هر دوره محاسبه گردید و از تقسیم بالاترین واریانس بر پایین‌ترین واریانس ضریب بارتلت محاسبه شد. هرگاه ضریب به دست آمده کمتر از ضریب موجود در جدول مربوط (جدول ۲ میشل - III) باشد با احتمال ۹۵ درصد داده‌ها همگن هستند یا به عبارت دیگر واریانس دوره‌های زمانی با هم برابرند (ویلک، ۱۹۹۹، ص

(۲۸۵). در این تحقیق ضریب محاسبه شده برابر $۷/۴۳$ و ضریب جدول $۱۳/۷$ است. بنابراین سری یکنواخت بوده و از نظر آماری قابل تجزیه و تحلیل می‌باشد.

در بررسی تغییرات زمانی داده‌های آماری، هدف اصلی شناسایی وجود هر نوع ماهیت یا ویژگی خاص به غیر از حالت تصادفی بودن آنهاست. اگر داده‌های زمانی تحت کنترل فرآیند خاصی قرار نگیرند با همدیگر رابطه‌ای نداشته و مستقل از همدیگر می‌باشند که در این حالت آمار تصادفی نامیده می‌شوند. اما در بیشتر موارد سری‌های زمانی آب و هوایی روند خاصی پیدا می‌کنند که عموماً ویژگی غیر تصادفی گفته می‌شود. این ویژگی غیر تصادفی بودن به صورت ثبات مداوم آماری، تغییر دوره‌ای و فصلی، تغییر تدریجی خطی (روند)، تغییر ناگهانی و یا نوسانات زمانی ظاهر می‌شود (علیچانی، ۱۳۷۸، ص ۶۷).

برای تشخیص بین تصادفی بودن یا نبودن تعداد روزهای یخبندان شهر مشهد از آزمون غیر پارامتری کندال استفاده شده و به این منظور ابتدا تعداد روزهای یخبندان شهر مشهد به صورت صعودی تنظیم شد و سپس رتبه‌های هر سال از ۱ تا ۵۰ تعیین گردید (جدول ۱). سپس با استفاده از رابطه زیر ضریب کندال محاسبه شد:

$$t = \frac{4P}{N(N-1)}, P = \sum n_i$$

که در این معادله، n_i تعداد سال‌های بعد از سال مورد نظر است که رتبه آنها بیشتر از آن سال می‌باشد، N تعداد کل سال‌های مورد مطالعه است که در مورد تحقیق حاضر ۵۰ سال می‌باشد. ضریب کندال برای تعداد روزهای یخبندان شهر مشهد با این روش برابر $۱/۳۲۵$ محاسبه گردید.

همچنین ضریب بحرانی کندال برای سری مورد مطالعه برابر $۰/۱۶۳$ به دست آمد. اگر ضریب محاسبه شده بیشتر از ضریب بحرانی باشد سری زمانی روند مثبت و اگر کمتر از آن باشد روند منفی است و در صورت قرار گرفتن در محدوده آن، سری داده‌ها ماهیت تصادفی دارند (تارکش و همکاران، ۲۰۰۲، ص ۲۵). با توجه به مقادیر محاسبه شده، سری داده‌های مورد مطالعه، ماهیت تصادفی نداشته و روند نزولی دارند.

تا این مرحله مشخص شد که سری داده‌ها دارای روند نزولی است اما مشخص نیست که آیا این روند بطور مداوم ادامه دارد یا نه. برای ارزیابی میزان تداوم روند داده‌ها، ضریب خود همبستگی سری مورد مطالعه، محاسبه گردید و ضرایب همبستگی مربوط به تأخیر یک ساله برابر با $۰/۶۳$ ، دو ساله برابر با $۰/۵۴$ و سه ساله برابر با $۰/۴۲$ به دست آمد. به منظور تشخیص معنی‌دار بودن ضرایب حاصله، ضریب بحرانی از رابطه زیر محاسبه شد:

$$r = \frac{-1 \pm Z \sqrt{N-1}}{N-1}$$

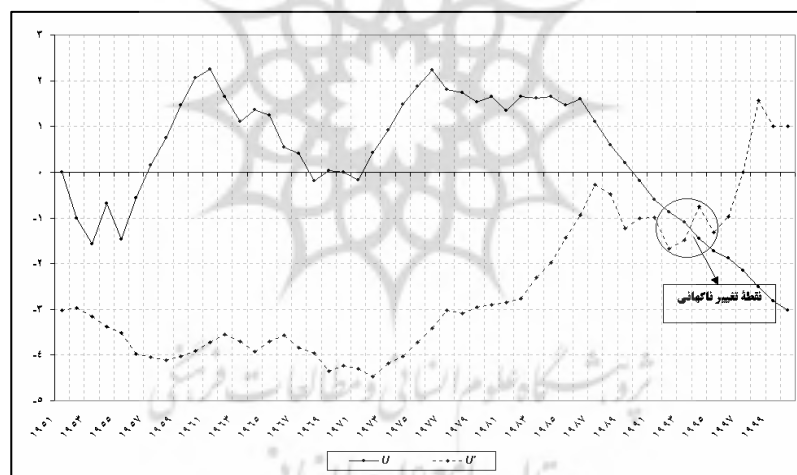
که در آن Z نمره استاندارد درصد احتمال یک طرفه در جدول منحنی نرمال است که با احتساب نمره $۱/۶۴۵$ برای احتمال ۹۵ درصد، مقدار T برابر با $۰/۲۲$ محاسبه شد (شریفی، ۱۳۸۰، ص ۵۶). بنابراین سری زمانی مورد مطالعه تا اندازه‌ای روند کاهشی مداوم دارد یعنی اینکه این روند در سال‌هایی یا سالی به هم خورده است.

برای تشخیص نقطه چشم‌گیر این روند نزولی، توزیع فراوانی رتبه‌های سری داده‌ها براساس روش Mann-Kendall در شکل ۵ رسم شده است. در این شکل منحنی (u) توزیع افزایشی سال‌های مورد نظر (u') توزیع فراوانی معکوس منحنی (u) را نشان می‌دهد (رحیم‌زاده و همکاران، ۱۳۷۶، ص ۳۴) طبق شکل ۵ در طول دوره آماری موجود، دو روند نزولی معنی‌دار و دو روند صعودی معنی‌دار مشاهده می‌گردد و در یک نقطه نیز تغییر ناگهانی به وجود آمده است که در حد اعتماد ۹۵٪ معنی‌دار نیست.

جدول ۱- رتبه‌های سال‌های دوره مورد مطالعه براساس روند صعودی^۱

سال	۱۹۵۱	۱۹۵۲	۱۹۵۳	۱۹۵۴	۱۹۵۵	۱۹۵۶	۱۹۵۷	۱۹۵۸	۱۹۵۹	۱۹۶۰
رتبه	۱۶	۳۱	۳۳	۲۳	۴۵	۲۱	۱۸	۱۲	۱۰	۷
سال	۱۹۶۱	۱۹۶۲	۱۹۶۳	۱۹۶۴	۱۹۶۵	۱۹۶۶	۱۹۶۷	۱۹۶۸	۱۹۶۹	۱۹۷۰
رتبه	۹	۲۸	۳۲	۸	۱۴	۳۵	۲۴	۳۷	۱۳	۲۲
سال	۱۹۷۱	۱۹۷۲	۱۹۷۳	۱۹۷۴	۱۹۷۵	۱۹۷۶	۱۹۷۷	۱۹۷۸	۱۹۷۹	۱۹۸۰
رتبه	۲۷	۲	۵	۱	۴	۳	۳۰	۱۹	۲۵	۱۷
سال	۱۹۸۱	۱۹۸۲	۱۹۸۳	۱۹۸۴	۱۹۸۵	۱۹۸۶	۱۹۸۷	۱۹۸۸	۱۹۸۹	۱۹۹۰
رتبه	۲۹	۶	۲۰	۱۵	۲۶	۱۱	۴۳	۴۹	۳۸	۴۱
سال	۱۹۹۱	۱۹۹۲	۱۹۹۳	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹	۲۰۰۰
رتبه	۴۶	۳۹	۳۴	۴۷	۴۰	۳۶	۴۲	۵۰	۴۸	۴۴

۱ - آمار نامه سازمان هواشناسی کشور، سال‌های ۱۹۵۱-۲۰۰۰



شکل ۵- نمودار U و U' مربوط به تعداد روزهای یخبندان شهر مشهد

به منظور مشخص نمودن تغییر کل روزهای یخبندان شهر مشهد در دوره مورد مطالعه، ضریب همبستگی و معادله رگرسیون روزهای یخبندان و سال‌های دوره آماری محاسبه شد و مقدار ضریب همبستگی برابر با $0/۲۳$ و معادله رگرسیون به صورت $y = 107/35 - 0.59x$ به دست آمد و مشخص شد که سری زمانی با سال‌های دوره مطالعه همبستگی معنی‌داری دارد و کل مقدار تغییرات آن $۲۹/۵$ روز است.

نوسانات زمانی تعداد روزهای یخبندان مشهد

به منظور نشان دادن نوسانات زمانی تعداد روزهای یخبندان در مشهد میانگین متحرک ۹ ساله به کار برده شد و در این روش موج‌های بلند مدت تغییرات مشاهده می‌شود. برای مقایسه این موج‌ها با تغییرات واقعی تعداد روزهای

یخبندان منحنی تغییرات میانگین متحرک ۹ ساله به همراه تغییرات واقعی آن نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل (۶) دیده می‌شود، میانگین متحرک، تغییرات چشمگیر واقعی را تا اندازه‌ای صاف نموده است و در مجموع دو موج نسبتاً بلند کامل و یک موج ناقص در انتهای دوره وجود دارد. یک فراز کامل تقریباً در نیمه اول دوره و یک فراز ناقص در نیمه دوم دیده می‌شود. فرود این تغییرات در اوایل دهه ۷۰ مشاهده می‌شود. هر یک از این موج‌های بلند، موج‌های کوتاه و کم دامنه‌ای را نیز نشان می‌دهند. در مجموع دوره دوم گرمتر از نیمه اول است. به طوری که تقریباً بیشترین روزهای یخبندان در نیمه اول با کمترین تعداد روزهای یخبندان در نیمه دوم منطبق شده است.

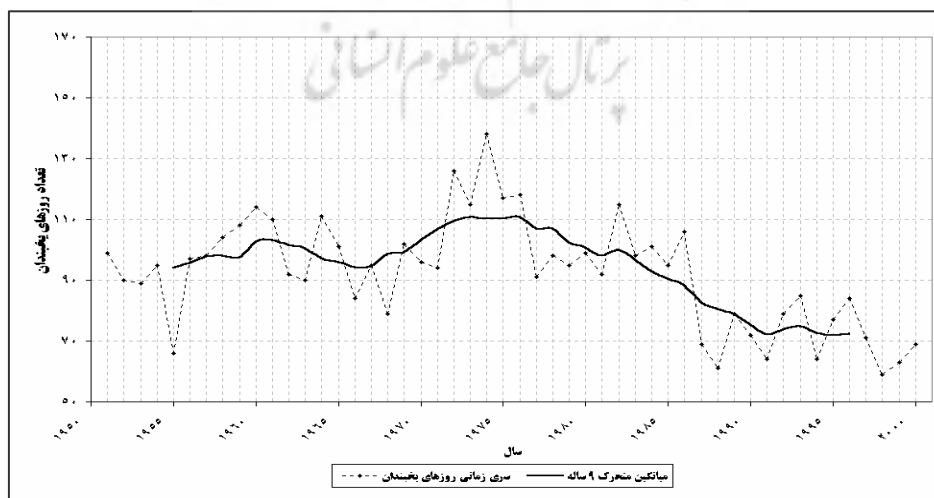
در مجموع روند عمومی کاهش یافته و فقط یک موج کم عمق در دهه ۶۰ مشاهده می‌شود. به طوری که سال ۱۹۶۰ بالای فراز و سال ۱۹۶۷ فرود را نشان می‌دهد. منحنی میانگین متحرک در دهه‌های ۷۰ و ۸۰ حالت کاهشی یکنواخت‌تری دارد.

در یال فروکش موج دوم، روند کاهش تعداد روزهای یخبندان در سال ۱۹۹۴ تغییر کرده است و شیب تغییرات کمتر شده است. اما در مجموع تعداد روزهای یخبندان از سال ۱۹۷۴ یک روند کاهشی را پیش گرفته است.

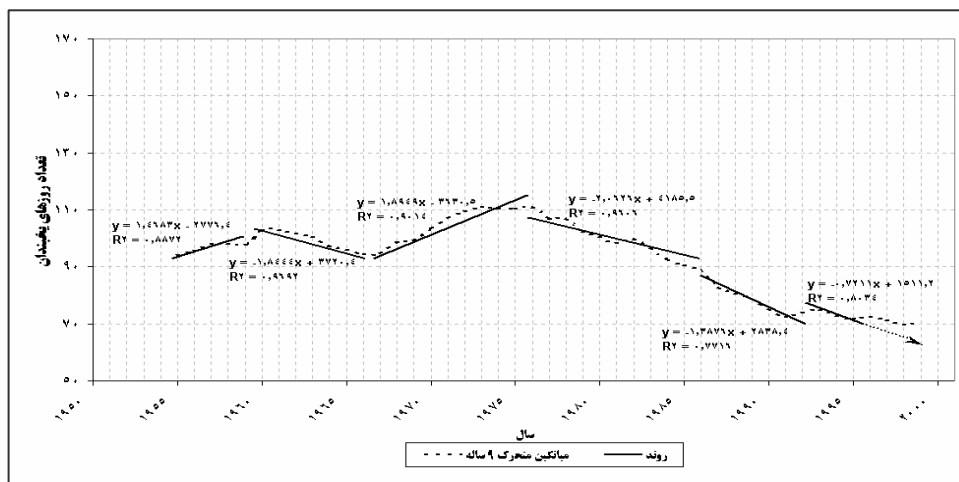
به منظور نمایش دقیق‌تر ویژگی نوسانی تعداد روزهای یخبندان مشهد با استفاده از روش رگرسیون ماهیت روند داده‌ها استخراج شد و در نتیجه ویژگی نوسانی به وضوح معلوم گشت. روندهای استخراج شده بر اساس میانگین متحرک ۹ ساله تهیه شده و در شکل ۷ نمایش داده شده است. همان‌طور که در شکل ۷ نیز ملاحظه می‌شود تمامی روندها از ۱۹۷۴ به بعد شیب منفی دارند که این شیب در سال ۱۹۸۶ و ۱۹۹۴ تغییر کرده و به سمت مقادیر تعداد روزهای یخبندان کمتر در حال حرکت می‌باشد.

برازش یک مدل سری زمانی مناسب بر داده‌ها:

پس از تجزیه و تحلیل روند تغییرات روزهای یخبندان شهر مشهد در طول دوره آماری ۲۰۰۰-۱۹۵۱، در این مرحله سعی خواهد شد با استفاده از روش Box-Jenkins یک مدل سری زمانی مناسب برای داده‌ها برازش داده شود. بنابراین در مرحله اول بایستی داده‌ها نرمال شوند و به این منظور در شکل ۸ نمودار P-P مربوط به سری زمانی مورد



شکل ۶- منحنی توأم میانگین متحرک ۹ ساله و سری زمانی واقعی تعداد روزهای یخبندان مشهد



شکل ۷- منحنی توأم میانگین متحرک ۹ ساله و روند تعداد روزهای یخبندان در مشهد

مطالعه، نمایش داده شده است و همانطور که ملاحظه می‌شود، داده‌ها از توزیع مناسبی برخوردار نیستند و باید با اعمال یک روش مناسب، داده‌ها را به صورت توزیع نرمال نزدیک کرد (قیامی و شهاب‌فر، ۱۳۸۰، ص ۳۴۷).

به منظور نرمال کردن داده‌ها، روش‌های مختلفی آزمون شد و در نهایت با اعمال عملیات تفاضلی با تأخیر یک‌ساله داده‌ها تقریباً از توزیع نرمال تبعیت کردند که شکل ۹ نیز مؤید این نکته است. مرحله بعدی بررسی ایستایی و حذف واریانس داده‌ها می‌باشد که با توجه به نمودارهای ACF, PACF که به ترتیب در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ رسم شده‌اند سری ایجاد شده تقریباً از حالت ایستایی، برخوردار است.

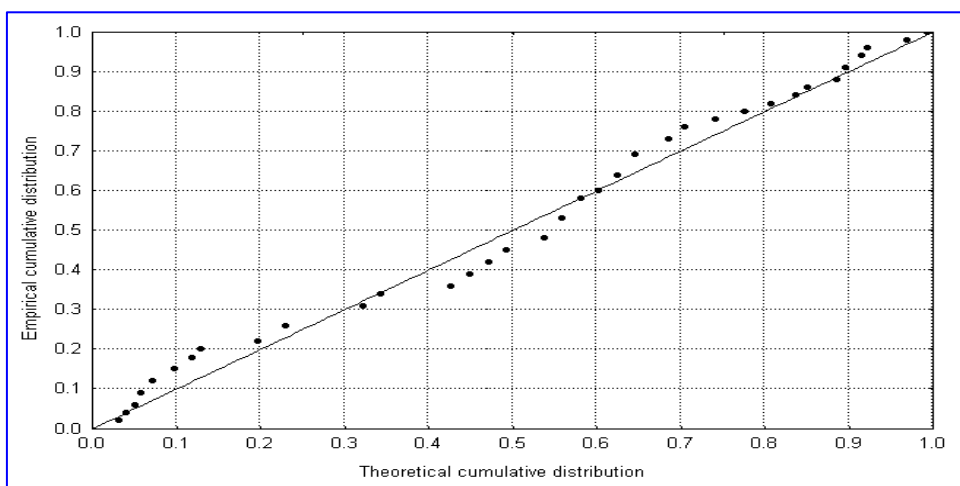
در مرحله نهایی بایستی نوع مدل سری زمانی که بهترین برازش را بر داده‌ها دارد، تعیین شود. بنابراین با توجه به نمودارهای PACF و ACF، مدل سری زمانی $(1,1,0)$ ARIMA برای داده‌های مورد مطالعه، مناسب تشخیص داده شد و برای درک بهتر آن منحنی مقادیر مشاهده شده به همراه مقادیر برازش داده شده در شکل ۱۲ نمایش داده شده است.

پس از آنکه مدل $ARIMA(1,1,0)$ برای سری زمانی برازش داده شد، معادله آن پس از تعیین ضرایب و مقادیر ثابت به صورت رابطه زیر ارائه گردید:

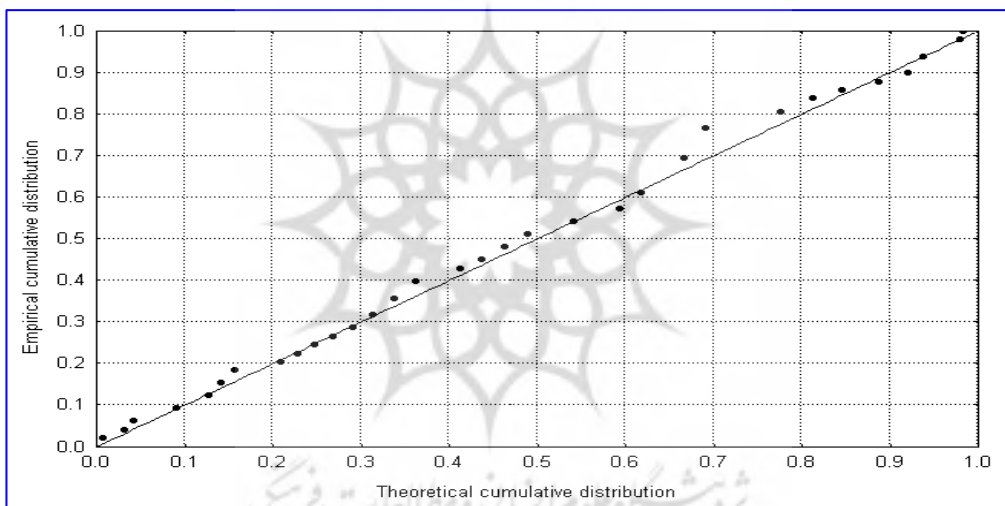
$$Z_t = -0.4157 Z_{t-1} + 0.988X$$

به منظور آزمون برازش مدل سری زمانی از روش رگرسیون بهره‌گیری شد. در شکل (۱۳) مقادیر تعداد روزهای یخبندان مشاهده شده و محاسبه شده در مقابل یکدیگر رسم شده‌اند و بهترین خطی که شامل تمامی نقاط بوده و یا اینکه کمترین فاصله را داشته باشد، رسم شده است که معادله این خط رگرسیون به صورت $Y=0.988X$ و $R^2=0.86$ می‌باشد، بنابراین نتیجه‌گیری شد که مدل سری زمانی ارائه شده در حد اعتماد مورد قبولی بر داده‌ها برازش دارد.

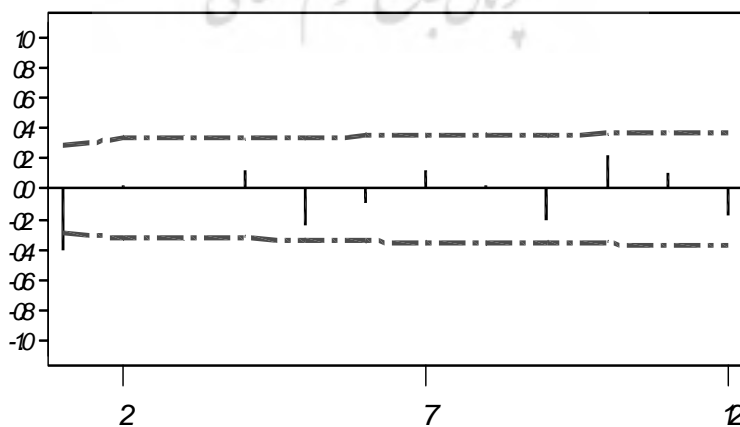
با استفاده از این رابطه، به منظور تعیین میزان دقت مدل به دست آمده، تعداد روزهای یخبندان مشهد در سال ۲۰۰۱ توسط مدل محاسبه گردید که مقدار آن برابر ۶۰ روز است و مقدار واقعی آن ۵۸ روز می‌باشد که این امر بیانگر وجود خطایی در حدود ۳/۳ درصد در مدل ارائه شده است.



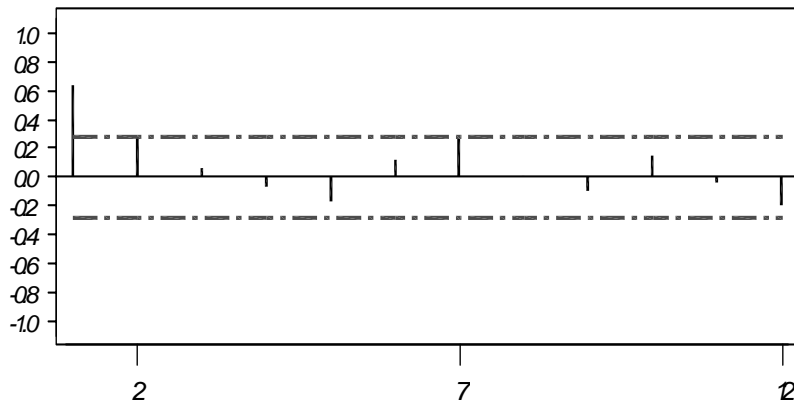
شکل ۸- منحنی P-P سری زمانی در حالت اولیه



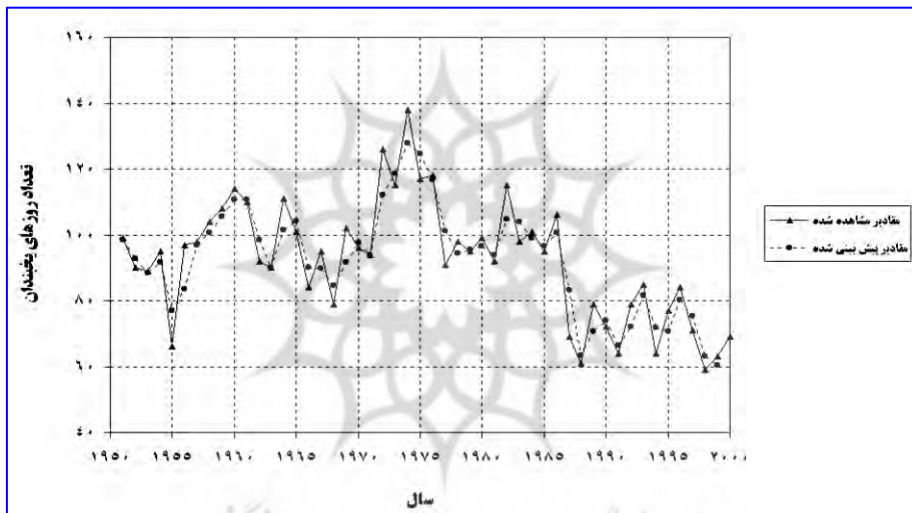
شکل ۹- منحنی P-P سری زمانی در حالت نرمال شده



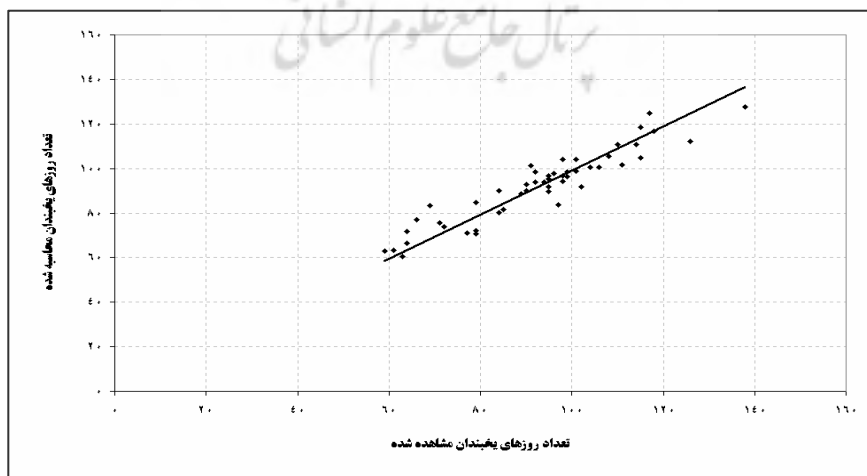
شکل ۱۰- منحنی ACF سری زمانی



شکل ۱۱- منحنی PACF سری زمانی



شکل ۱۲- منحنی توأم مقادیر مشاهده شده و مقادیر برازش داده شده



شکل ۱۳- خط رگرسیون رسم شده برای تعداد روزهای یخبندان مشاهده شده و محاسبه شده توسط مدل

نتایج

مطالعه حاضر نشان می‌دهد که روند کل تعداد روزهای یخبندان سالانه مشهود در حال کاهش است که این امر مبین افزایش دمای مشهود بوده و از نشانه‌های آن گرمای نسبی زیادی است که در سال‌های اخیر شاهد آن بوده‌ایم.

با توجه به نمودار روزهای یخبندان مجموعاً دو موج بلند کامل و یک موج ناقص در انتهای دوره وجود دارد، به طوری که نمودار نشان می‌دهد دوره اول سردتر از دوره دوم می‌باشد که نقطه اوج آن سال ۱۹۷۴ است. در رابطه با سال‌هایی که مجموع روزهای یخبندان آن بالاتر از میانگین می‌باشد می‌توان علل خاصی را برای آن بر شمرده از جمله عوامل اقلیمی بزرگ مقیاس مانند تغییر در الگوی بادهای سیاره‌ای و از عوامل مهم منطقه‌ای ورود توده هوای سرد و پرفشار قطبی قاره‌ای (dp) که در فصل سرد از طریق شمال و شمال‌شرق کشور بخصوص مرزهای شمالی خراسان وارد استان می‌شود و در سال‌هایی که این سیستم قوی بوده زبانه‌های آن حتی از مرزهای داخل استان نیز فراتر رفته به طوری که تا جنوب و جنوب غرب کشور نیز گسترش یافته است. در برخی شرایط خاص در فاصله دورتری از کشور آنتی سیکلون‌ها به صورت مانع عمل نموده که اثرات آن تا حدودی در وضعیت جوی کشور و استان تاثیر داشته است. البته شرایط مانع در مقیاس‌های محلی نیز اتفاق می‌افتد در این حالت ممکن است آنتی سیکلون به مدت چند روز بر روی محل مستقر شده و حرکت سیکلون‌ها را بسمت شمال و جنوب منطقه منحرف نماید که از عوارض آن استقرار توده هوای سرد، افزایش روزهای یخبندان و فقدان بارندگی در منطقه است. اما در مجموع دوره دوم گرمتر از دوره اول می‌باشد که از دلایل آن به جز کاهش ورود سیستم‌های پرفشار به منطقه، می‌توان به توسعه گسترده شهر مشهد، افزایش بی‌رویه جمعیت شهرنشین، احداث ساختمان‌های مسکونی و تجاری متراکم، گسترش تاسیسات حرارت‌زا، افزایش وسایط نقلیه موتوری و نهایتاً ایجاد جزیره حرارتی اشاره کرد که نتیجه آن افزایش گازهای گلخانه‌ای، افزایش دمای شهر و کاهش روزهای یخبندان می‌باشد. از سوی دیگر علیرغم روند کاهش روزهای یخبندان در طی دوره مطالعه میزان همبستگی روزهای یخبندان چندان زیاد نیست، بنابراین روند خطی ویژگی غالب تعداد روزهای یخبندان مشهود نمی‌باشد و در طی دوره مطالعه نوسان‌های کوتاه مدت مشاهده می‌شود و به عبارت دیگر ویژگی عمده تعداد روزهای یخبندان مشهود ماهیت نوسانی بودن آن است.

تقدیر و تشکر

نگارندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از جناب آقای دکتر علیجانی که در انجام این تحقیق نهایت همکاری را داشتند تقدیر و تشکر نمایند. همچنین از جناب آقای دکتر بداق جمالی ریاست محترم پژوهشکده اقلیم‌شناسی که امکانات لازم برای انجام این تحقیق را فراهم نمودند تقدیر و تشکر نمایند.

منابع

- ۱- رحیم‌زاده، ف.، رستمی‌فر، ف.، تحلیل سری‌های زمانی اقلیمی، معاونت پژوهشی سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۷۶.
- ۲- شریفی، م. جزوه درسی هیدرولوژی مهندسی پیشرفته، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۰.
- ۳- علیجانی، ب. "تغییرات زمانی دمای تهران"، اولین کنفرانس تغییر اقلیم، ۱۳۷۸.
- ۴- قیامی، ع.، شهاب‌فر، ع. "ارزیابی روش‌های نکویی برازش توابع توزیع‌های آماری بر سری سالانه بارندگی شهر مشهد"، اولین کنفرانس ملی راهکارهای مقابله با کم‌آبی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ۱۳۸۰.
- 5- Turkes, M., Sumer, U.M., Demer, I. "Re- evaluation of Trends and Changes in Mean, Maximum and Minimum Temperature of Turkey for the Period 1929-1999" Int. J. of Climatology, 2002.
- 6- Wilk. D.S., Statistical Methods in the Atmospheric Sciences, Academic Press, New York, 1999.