بررسی روند تعداد روزهای یخبندان در استان خراسان شمالی

فاطمه ربانی
کارشناس ارشد اقلیم شناسی E-mail:rabbani80sep@yahoo.com
فریبا کرمی
کارشناس ارشد اقلیم شناسی E-mail:yukabed@yahoo.com

چکیده

در سالهای اخیر درمحافل علمی جهان موضوع تغییر اقلیم بیشتر مورد بحث قرار گرفته است. در این تحقیق تغییرات احتمالی نوسانات زمانی تعداد روزهای یخبندان استان خراسان شمالی طی دوره آماری ۲۰۰۵- ۱۹۷۸ مورد مطالعه قرار گرفت. در بررسی های اولیه به منظور آشکار شدن روند در این داده ها از ضریب بحرانی کندال استفاده و معلوم گردید که تعداد روزهای یخبندان طی دوره یاد شده دارای روندی نزولی است که این امر با روند افزایشی میانگین سالانه دما یاد شده همخوانی داشته است.

در مراحل بعدی به منظور برازش یک مدل سری زمانی مناسب برای داده های مورد مطالعه از روش باکس- جنکینس استفاده گردید. ابتدا سری مورد مطالعه با اعمال تفاضل گیری ایستا گردید. سپس با رسم منحنی های خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی خاصیت ایستایی و حذف واریانس بررسی و در نهایت مدل سری زمانی ARIMA (۰,۰,۲) مناسب تشخیص داده شد. داده های محاسبه شده در سطح ۰/۹۵ مورد تأیید قرار گرفتند. به منظور آزمون برازش، با استفاده از روش رگرسیون مشخص گردید که مدل سری زمانی در حد اعتماد مورد قبولی بر داده ها برازش دارد. این مدل نشان داد که تعداد روزهای یخبندان طی سالهای آتی همچنان با نوساناتی دارای روندی نزولی می باشد.

واژگان کلیدی: : روزهای یخبندان، خراسان شمالی، سری زمانی، خود همبستگی.

مقدمه

همانگونه که می دانیم، سیستم اقلیمی متشکل از خرده سیستم هایی شامل هوا کره، آب کره، سنگ کره، زیست کره و یخ کره است. تغییر در روند سیستم، واکنش و عملکرد هر یک از خرده سیستم ها طی زمان یا مکان باعث دگرگونی (تغییرات زمانی) و تنوع (تغییرات مکانی) اقلیم می شود (عساکره، ۱۳۸۰، ص۱۱). اسناد تاریخی نشان می دهد که آب و هوا در طول هزاران و میلیونها سال گذشته دگرگونی های بنیادی داشته است (کاویانی و علیجانی، ۱۳۷۴، ص۳۹۷). در سالهای اخیر درمحافل علمی جهان موضوع تغییر اقلیم بیشتر مورد بحث قرار گرفته است (شهاب فر، ۱۳۸۳، ص۸۰). افت و خیزهای اقلیمی در مقیاس دهه ای حاصل برهمکنش نیروهای مختلف محیطی است. در حالیکه اثرات سده ای اقلیم بخصوص طی قرن اخیر نتیجه عملکرد نیروهای بشری قلمداد می شوند (استوکرو میساک[1]، ۱۹۹۲). تغییر اقلیم یکی از معضلات کنونی جامعه بشری است و تهدید و بلایی برای سیاره زمین به شمار می آید. یکی از روشهای مطالعاتی بررسی تغییرات دمایی و پیش بینی، روشهای آماری می باشد.

[1] -Stocker and Mystak

تجزیه وتحلیل سری زمانی بطور نظری و عملی با کار جورج ای پی باکس[1] و ام.جینکینس[2] در(۱۹۷۰) تحت عنوان " تجزیه و تحلیل سریهای زمانی، پیش بینی وکنترل " بسرعت توسعه پیدا کرده است. داده هایی که ازمشاهدات یک پدیده در طول زمان بدست می آیند، بسیار متداول هستند. در کشاورزی ارقام سالانه مربوط به محصول و تولید دام، فرسایش خاک و... در هواشناسی بیشترین و کمترین درجه حرارت روزانه، باران سالانه و شاخصهای خشکسالی و سرعتهای باد در ساعات مختلف بدست آورده می شود. (نیرومند، ۱۳۷۱، ص۱۱). برحسب تعریف سریهای زمانی به داده های مرتب شده بر حسب زمان وقوعشان گفته می شود (عساکره، ۱۳۸۰، ص۸). به بیانی دقیقتر، سری زمانی نمونه ایست که از یک فرایند تصادفی در طول زمان جمع آوری شده است (شرکت آمار پردازان، ۱۳۷۷، ص۱۴۳). تجزیه و تحلیل سریهای زمانی معمولاً دوهدف را دنبال می کند: درک یا مدل کردن مکانیسم تصادفی که منجر به مشاهده سری می شود، پیش بینی مقادیر آینده سری که بر مبانی گذشته آن صورت می گیرد (نیرومند، ۱۳۷۱، ص۱۱).

مطالعات تغییرات اقلیمی بر اساس روشهای تحلیل سریهای زمانی از اوایل قرن بیستم آغاز شده است. ازاین قبیل مطالعات میتوان به کارهای انجام شده بوسیله جونس و همکاران (۱۹۸۶)، کاتسولیس وکامبتزیدیس[3] (۱۹۸۹) و ودوارد و گری[4] (۱۹۹۳) اشاره نمود. یکی از مهمترین تحقیقات دهه ۱۹۸۰، بررسی تغییرات جهانی دما در سطح قاره ها و اقیانوسها طی سده اخیر بوسیله جونس و همکاران[5] (۱۹۸۸) بوده است. در این بررسی با استفاده از شبکه بندی ۸۰گانه که بر اساس طول دوره آماری و مشخصات اقلیمی انجام شده بود میانگین نیمکره شمالی، نیمکره جنوبی و کل کره زمین را بررسی و با استفاده از مدلهای ARIMA (۹,۱,۲) میزان افزایش دمای کره زمین طی سده اخیر را حدود ۳۸ درجه سلسیوس و با فاصلهٔ اطمینان ۹۵ درصد بین ۲۵/ تا ۵۱/ درجه سلسیوس برآورد نموده اند.

در سالهای اخیر در ایران نیز محققان در ارتباط با تغییرات و نوسانات آب و هوایی تحقیقات متعددی را انجام داده اند. دمای هوا به تنهایی و در اغلب موارد به همراه سایر عناصر اقلیمی بر بسیاری از فعالیتهای روزمره جوامع انسانی نظیر آسایش انسان وعملیات کشاورزی و محیط های طبیعی مانند گونه های گیاهی و اجتماعات جانوری تأثیرات بارزی را برجا می گذارد (رسولی، ۱۳۸۱). جهادی طرقی (۱۳۸۷) روند و تغییرات دما و بارندگی مشهد را با استفاده از سریهای زمانی در طول دوره آماری ۱۹۵۱ تا ۱۹۹۴ بررسی نمود. در این تحقیق مشخص شده است که دو عنصر عمده اقلیمی یعنی دما و بارش شهر مشهد از روند افزایشی برخوردار بوده است. عساکره و خردمند نیا (۱۳۸۱) با استفاده از متوسط ماهانه ۱۰۴ ساله دما در جاسک و بر اساس خود همبستگی (ACF)، خود همبستگی جزئی (ACFP) و مقایسه معیاراطلاع اکائیک (AIC) الگو SARIMA را به عنوان مدل نهایی انتخاب نمودند.

در جهت مدلسازی از سریهای زمانی، در اغلب موارد متخصصان از انواع متنوع مدلهای ریاضی و آماری بهره می گیرند بطوریکه همبستگی های موجود مابین زمان و مشاهدات مدنظر می باشد. مدلهای سری زمانی عبارتند از:

۱- مدل همبسته خود تصادفی AR(p) : اساس این مدل برپایه زنجیره مارکف درزنجیره زمانی بنا شده است. یک سری زمانی از زنجیره مارکف تبعیت می کند اگر هر داده ثبت شده سری زمانی درزمان t با زمان قبل، و یا زمان

[1] -Box ,G,E,P
[2] -Jenkins,M
[3] -Katsoulis and Kambetzidis
[4] -Woodward and Gray
[5] -Jones et al

قبل از خود مرتبط باشد.

۲- مدل میانگین متحرک MA(q) : در این مدل تغییر در زمان t از روی مقدار تصادفی همان لحظه بعلاوه q برابر مقدار تصادفی مربوط به زمانهای قبل از t برآورد می شود.

۳- مدل خود همبسته میانگین متحرک ARMA(p,q) : هرگاه دو مدل قبلی در یکدیگر ادغام شوند، مدل ARMA با مرتبه های q و p تصادفی مربوط به زمانهای قبل از t برآورد می شود.

۴- مدل خود همبسته میانگین متحرک تلفیق شده ARIMA(p,d,q) : ازآنجا که برای استفاده از مدل های فوق باید فرایند ایستایی برقرار باشد، از این رو باکس و همکاران (۱۹۹۴) در شرایط ناایستایی، مدل ARIMA را با در نظر گرفتن مرتبه تفاضلی d ارائه نمودند.

۵- مدل خود همبسته- میانگین متحرک تلفیق شده فصلی SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)): هرگاه در یک سری بعد از هر فاصله زمانی مشخص (s)، شباهت هایی پیدا شود. سری دارای رفتار فصلی یا تناوبی با دوره تناوب s می شود. برای ساخت این چهار مرحله شناسایی مدل، برازش الگو، تشخیص درستی الگو و پیش بینی باید انجام گیرد (شریفیان و قهرمان، ۱۳۸۶، سایت sid).

مواد و روش ها

در این مطالعه به منظور آشکارسازی روند تغییرات زمانی روزهای یخبندان، آمار سالانه دما و تعداد روزهای یخبندان ایستگاه سینوپتیک بجنورد (تنها ایستگاه سینوپتیک استان خراسان شمالی) طی سالهای ۱۹۷۸ الی ۲۰۰۵ استخراج گردید. جهت بررسی تغییرات احتمالی روزهای یخبندان از روشهای آماری (سری زمانی) استفاده و بدین جهت نرم افزارهای Spss و Excel بکار گرفته شده است. ایستگاه سینوپتیک بجنورد از لحاظ جغرافیایی درطول جغرافیایی ۵۷ درجه و۳۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی درشمال شرق ایران واقع شده است. این آمار از آن جهت که توسط سازمان هواشناسی کشور جمع آوری و تصحیح شده است مورد اعتماد بوده و بدون هیچگونه تغییری بکار گرفته شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مراحل کار

۱- بررسی روند تغییرات تعداد روزهای یخبندان و نوسانات آن در طول دوره آماری.

۲- رسم نمودار سری زمانی.

۳- بررسی ایستایی سری زمانی. در صورتیکه سری نا ایستا باشد باید عمل حذف ناایستایی را بر روی مشاهدات انجام شود. معمولیترین تبدیل ها برای رفع نا ایستایی، تبدیلات پایدارسازی واریانس و تفاضلی کردن آن است.

۴- پس از آنکه مرتبه ناایستایی مشخص شد نمودارهای ACF و PACF رسم می گردند.

۵- الگو مناسب برازش و تشخیص داده می شود.

تحلیل آماری اولیه داده ها

در بررسی تغییرات زمانی داده های آماری، هدف اصلی شناسایی وجود هر نوع ماهیت یا ویژگی خاص به غیر از حالت تصادفی بودن آنهاست. اگر داده ها زمانی تحت کنترل فرایند خاصی قرار نگیرند با همدیگر رابطه ای نداشته و

مستقل از همدیگر می باشند که در این حالت آمار تصادفی نامیده می شوند. اما در بیشتر موارد سری های زمانی آب و هوایی روند خاصی پیدا می کنند که عموماً ویژگی غیر تصادفی گفته می شود (علیجانی، ۱۳۷۸، ص۶۷). برای تشخیص بین تصادفی بودن یا نبودن تعداد روزهای یخبندان شهر بجنورد از آزمون کندال استفاده گردید. ضریب کندال با استفاده از رابطه زیر برای تعداد روزهای یخبندان شهر بجنورد برابر۰/۲۸۵ محاسبه گردید.

$$p = \Sigma n_i \quad , \quad t = [\,(\frac{4p}{n(n_1)}) - 1]$$

که در این معادله، n_i تعداد سالهای بعد از سال مورد نظر است که رتبه آنها بیشتراز آن سال می باشد، n تعداد کل سالهای مورد مطالعه است.

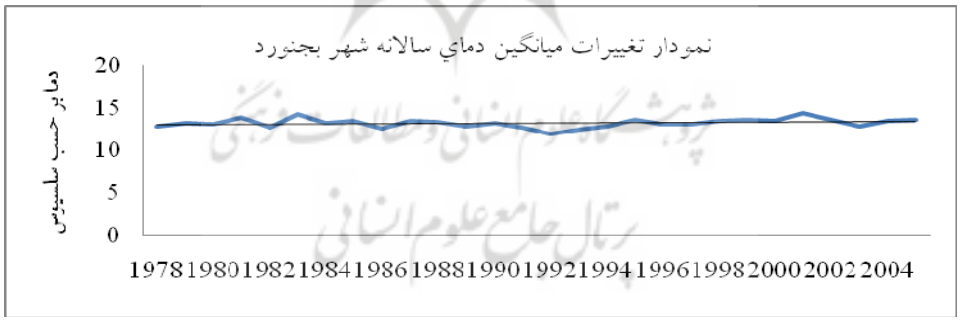
در مرحله بعد مقدارz با توجه به رابطه زیر برابر۲/۷۳- بدست آمده است. چنانچه z بزرگتر از ۱/۹۶ و یا کوچکتر از ۱/۹۶- باشد داده ها دارای روند می باشند. در غیر اینصورت داده ها تصادفی و بدون روند است. از آنجائیکه مقدار محاسبه شده کوچکتر از ۱/۹۶- می باشد، سری داده های مورد مطالعه دارای روند نزولی است.

$$z = \frac{t}{[\mathrm{var}(t)]^{0.5}}$$

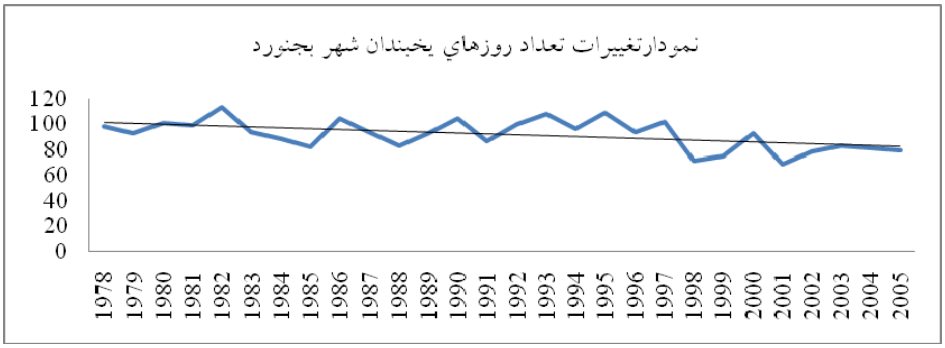
شکل های (۱) و (۲) تغییرات سالانه دما وتعداد روزهای یخبندان ارائه شده است. همانطور که در شکل (۱) ملاحظه می شود میانگین سالانه دما در بجنورد روندی صعودی دارد که به منظور درک بهتر این نکته، خط روند برای آن رسم شده است که با محور افقی زاویه مثبت ایجاد کرده است.

طبق تعریف افت زیاد دما تا نقطهٔ انجماد و یا زیر نقطهٔ انجماد را یخبندان می گویند (نصوحی، ۱۳۸۰). با توجه به تعریف مذکور بر اثر وجود روند صعودی دمای شهربجنورد تعداد روزهای یخبندان نیز روند نزولی یافته است (شکل شماره ۲) و وجود یک زاویه منفی بین خط روند و محور افقی مبین این نکته است.

شکل شماره (۱)



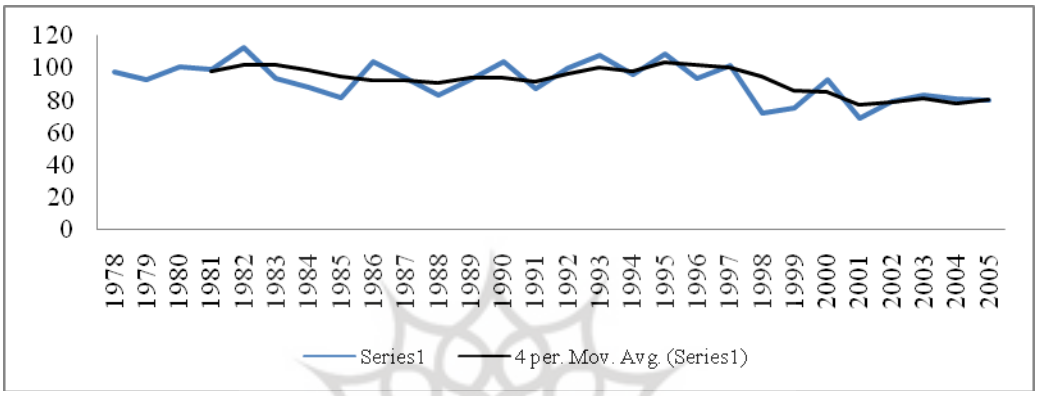
شکل شماره(۲)



نوسانات زمانی تعداد روزهای یخبندان شهر بجنورد:

جهت بررسی نوسانات تعداد روزهای یخبندان شهر بجنورد میانگین متحرک ۴ ساله بکار برده شده است. شکل شماره ۳ نمودارمیانگین متحرک ۴ ساله را به همراه نمودار تعداد روزهای یخبندان نشان میدهد. همانطور که ملاحظه می شود میانگین متحرک تغییرات واقعی را تا اندازه ای صاف نموده است و در مجموع دو فرود یکی درنیمه اول و دیگری در نیمه سوم دوره و یک فراز ناقص درمیانه این دو نیمه مشاهده میشود که این فراز گویای افزایش نسبی تعداد روزهای یخبندان بین سالهای ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۷ می باشد. در مجموع روند عمومی کاهش بوده و از سال ۱۹۹۸ به بعد روند کاهش شدید تر از نیمه اول بوده است.

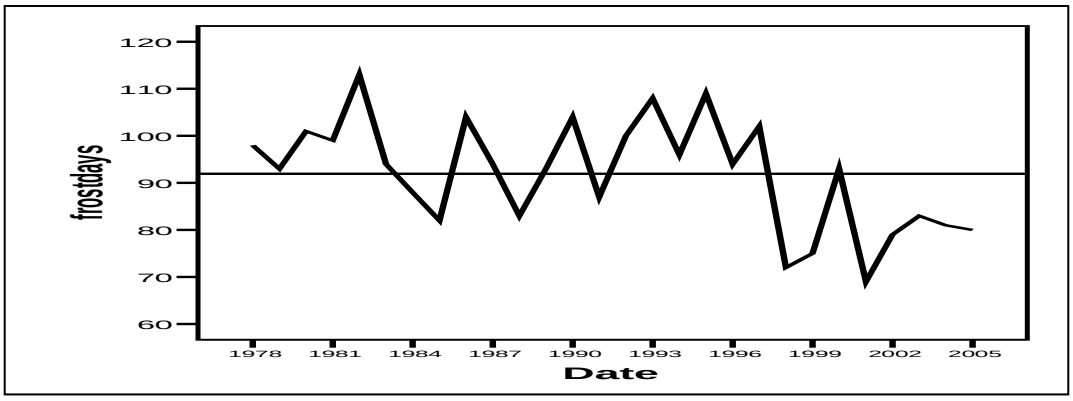
شکل شماره (۳)



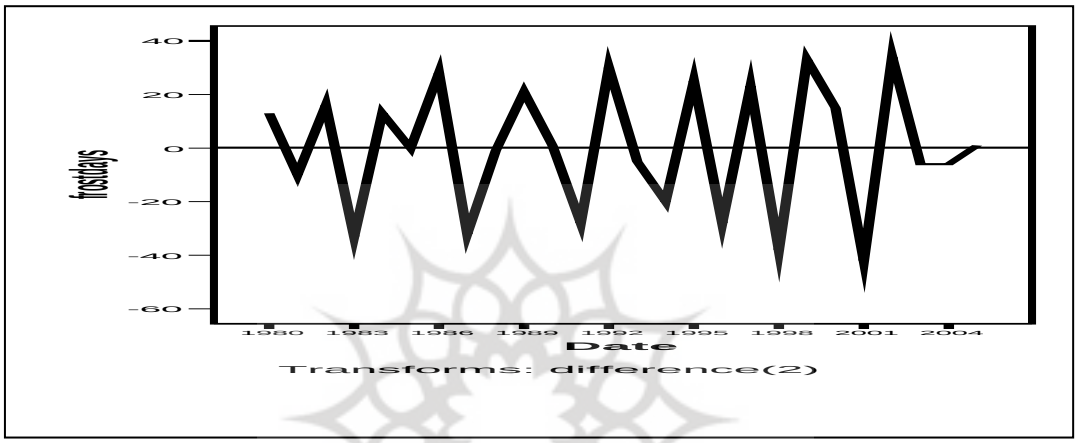
برازش یک مدل سری زمانی مناسب بر داده ها:

پس از تجزیه و تحلیل روند تغییرات روزهای یخبندان در این مرحله سعی خواهد شد با استفاده از روش باکس – جکینز یک مدل سری زمانی مناسب برای داده ها برازش داده شود. اولین مرحله در تحلیل مجموعه ای از داده ها این است که نمودار مشاهدات را نسبت به زمان رسم کنیم. این کار اغلب مهمترین خواص یک سری زمانی مانند روند، تغییرات فصلی، ناپیوستگیها و مشاهدات دور افتاده را آشکار می سازد (نیرومند و بزرگ نیا،۱۳۸۴). شکل شماره (۴) نمودار سری زمانی تعداد روزهای یخبندان ایستگاه بجنورد را درفاصله زمانی ۲۰۰۵– ۱۹۷۸ نشان میدهد. این نمودار نشان می دهد سری زمانی ناایستاست و داده ها از توزیع مناسبی برخوردار نیستند و باید با اعمال یک روش مناسب، داده ها را به توزیع نرمال نزدیک کرد. بنابراین با دو بار تفاضل گیری (d =۲)، سری فوق سطح ثابتی می یابد زیرا تنها تحت این شرط است که سری مذکور کمترین واریانس و ثابت ترین سطح را پیدا خواهد کرد (شکل شماره ۵). منظور از ایستا کردن سری ایجاد نوعی تعادل در نوسانات مشاهدات سری است. اینکار با اعمال تبدیلاتی بر روی متغیر سری انجام می گیرد. همانطور که مشاهده می شود پس از تفاضلگیری مشاهدات بطور تصادفی در اطراف محور افقی $X_t = 0$ نوسان می کنند (خط تعادل فرضی). شکل شماره (۶) منحنی Q-Q سری زمانی نرمال شده را نشان می دهد. با توجه به نمودار سری ایجاد شده تقریباً ازحالت ایستایی برخورداراست.

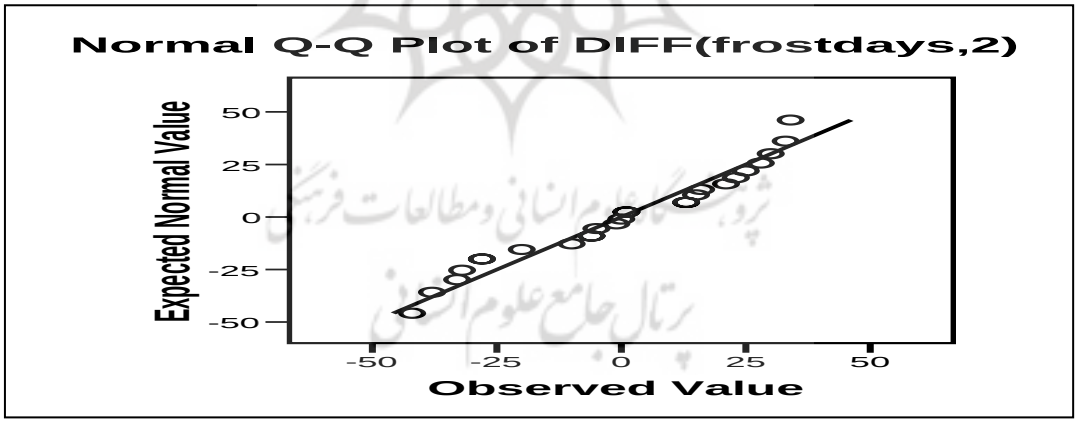
شکل شماره (۴)



شکل شماره(۵)



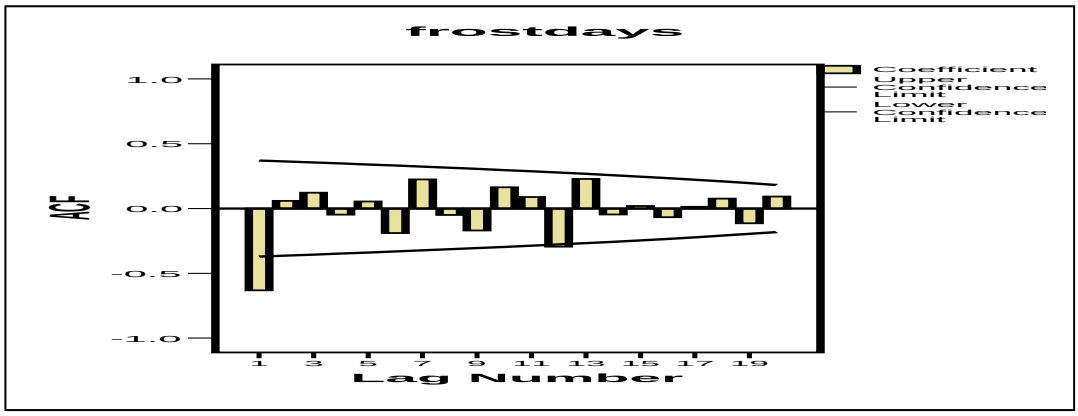
شکل شماره (۶)



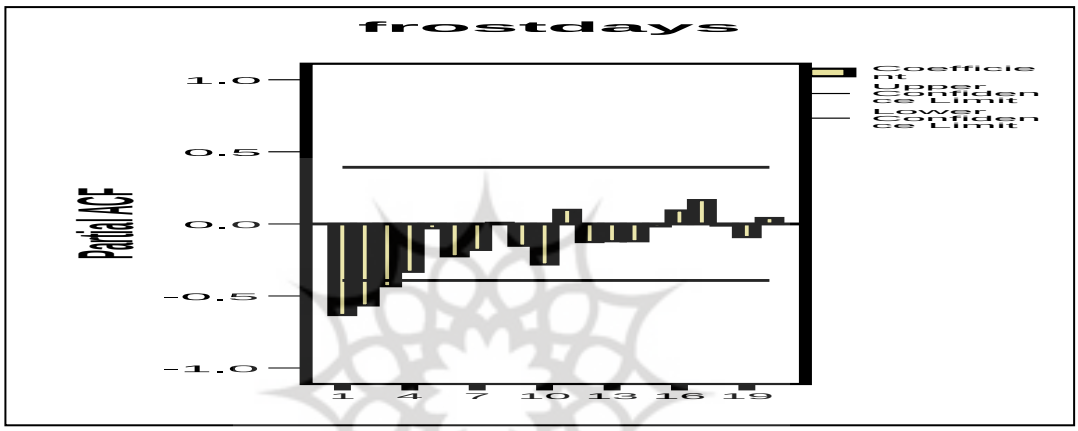
بعد از اینکه سری به حالت ایستا تبدیل شد نمودارهای تشخیص مرتبه رسم میگردند (شکلهای شماره ۷ و ۸). شکل ۷، نمودار تابع خودهمبستگی (ACF) سری تفاضلی تعداد روزهای یخبندان سالانه ایستگاه بجنورد را نشان می دهد. همانطور که ملاحظه می شود نمودار بطور نمایی تنزل می کند.

شکل شماره ۸ نمودار ضریب خود همبستگی جزئی (PACF) سری تفاضلی شده ایستگاه بجنورد را نشان می دهد. برای شناخت مرتبه های p وq اگر ACF در وقفه های q,...,۱ دارای نقاط اوج باشد و پس ازوقفه q منقطع شود و PACF نیز به صورت نمایی یا امواج سینوسی افول نماید، یک الگوی MA(q) پیشنهاد می شود.

شکل شماره (۷)

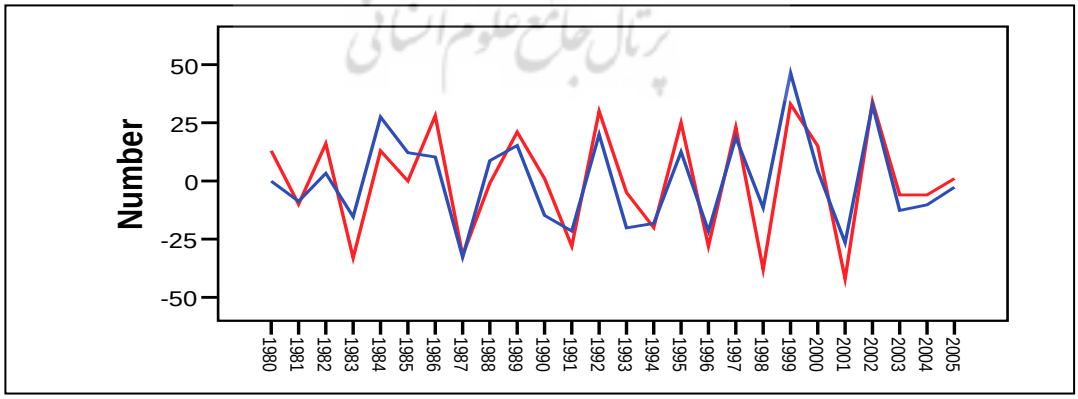


شکل شماره (۸)



در مرحله نهایی باید نوع مدل سری زمانی که بهترین برازش را با داده ها دارد، تعیین شود. بنابراین با توجه به نمودارهای ACF و PACF ، مدل سری زمانی ARIMA(۰,۰,۲) برای داده های مورد مطالعه، مناسب تشخیص داده شد و برای درک بهتر آن منحنی مقادیر مشاهده شده به همراه مقادیر برازش داده شده در شکل شماره ۹ نمایش داده شده است.

شکل شماره (۹)

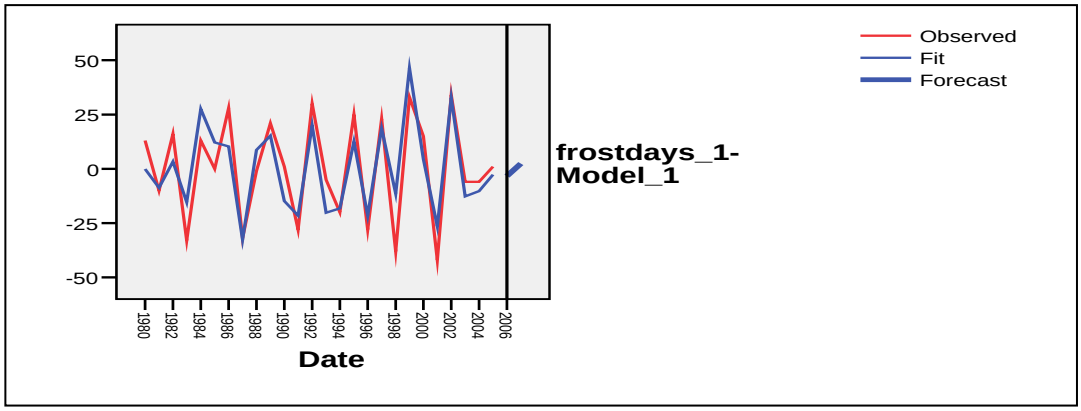


پس از آنکه مدل ARIMA(۰,۰,۲) برای سری زمانی برازش داده شد، معادله آن پس از تعیین ضرایب و مقادیر ثابت به صورت ضابطه زیر ارائه گردید:

$$X_t = -0.077 - (1.706)\, Z_{t-1} - (-0.707)\, Z_{t-2}$$

با استفاده از این رابطه، تعداد روزهای یخبندان برای سالهای ۲۰۰۶ و۲۰۰۷ پیش بینی گردید (شکل شماره ۱۰) همانطور که ملاحظه میگردد تعداد روزهای یخبندان همچنان با نوساناتی دارای روندی نزولی می باشد.

شکل شماره (۱۰)



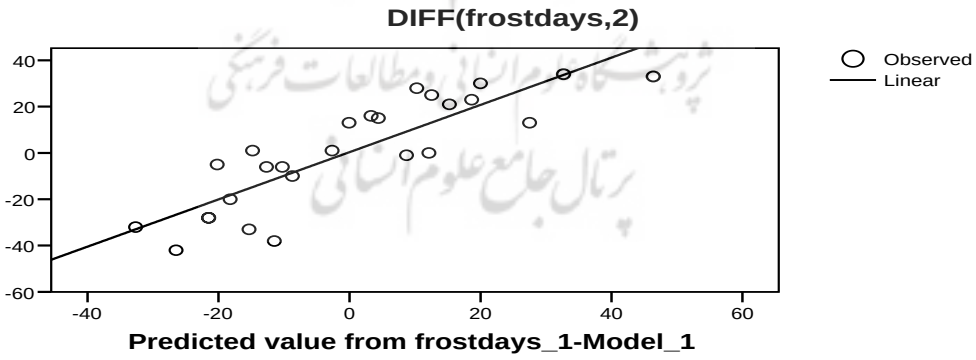
میانگین و انحراف معیار مقادیر محاسبه شده به ترتیب ۰/۱۸- و ۱۹/۸۳ می باشد که با استفاده از توزیع t استیودنت در سطح ۰/۹۵ درصد مقادیر محاسبه شده قابل اطمینان است.

به منظور آزمون برازش سری از روش رگرسیون استفاده شده است. در شکل(۱۱) مقادیر سری مشاهده شده و محاسبه شده در مقابل یکدیگر رسم شدند و بهترین خطی که شامل تمامی نقاط بوده و یا اینکه کمترین فاصله را داشته باشد، رسم شده است. معادله خط مذکور به صورت زیر می باشد:

$$Y=0.342+1.02X_i \qquad ,R^2=0.740$$

بنابراین می توان نتیجه گرفت که مدل سری زمانی در حد اعتماد مورد قبولی بر داده ها برازش دارد.

شکل شماره (۱۱)



نتایج

تغییر اقلیم یکی از معضلات کنونی جامعه بشری است و تهدید و بلایی برای سیاره زمین به شمار می رود. با توجه به اینکه استان خراسان شمالی در فصول سرد تحت نفوذ توده هواهای سردی است که از مرزهای شمال شرقی کشور وارد می شود، بدین جهت در این بررسی سعی شده روند تعداد روزهای یخبندان در این استان مورد بررسی قرار گیرد.

در بررسی های اولیه با استفاده از ضریب کندال مشخص شد که تعداد روزهای یخبندان دارای روندی نزولی است در حالیکه روند دمای سالانه بتدریج در حال افزایش می باشد. بررسی افت و خیز های دوره ای تعداد روزهای یخبندان با استفاده از میانگین متحرک نشان میدهد که روند خطی ویژگی غالب تعداد روزهای یخبندان بجنورد نمی باشد و در طی دوره آماری مورد مطالعه نوسانهای کوتاه مدت مشاهده می شود.

مطالعه حاضر نشان میدهد که روند کل تعداد روزهای یخبندان سالانه بجنورد در حال کاهش است که این امر مبین افزایش دما (شکل شماره۱) میباشد. در مورد علل افزایش دما در سالهای اخیر میتوان به توسعه شهری، افزایش جمعیت، ایجاد جزیره حرارتی و در نهایت افزایش گازهای گلخانه ای اشاره نمود.

پس از تجزیه و تحلیل روند تغییرات روزهای یخبندان در مرحله بعد با استفاده از روش باکس- جکینز مدل ARIMA(۰,۰,۲) برای پیش بینی مناسب تشخیص داده شده است. به منظور آزمون برازش، از روش رگرسیون بهره گیری و مشخص گردید که مدل سری زمانی در حد اعتماد مورد قبولی بر داده ها برازش دارد. این مدل نشان داد که تعداد روزهای یخبندان طی سالهای آتی همچنان با نوساناتی دارای روندی نزولی می باشد.

منابع

۱- جاناتان دی.کراید، ترجمه حسینعلی نیرومند (۱۳۷۱): تجزیه وتحلیل سریهای زمانی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- جهادی طرقی، م (۱۳۷۸): تعیین روند دما و بارش شهر مشهد طی دوره آماری ۹۴-۱۹۵۱، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۵۴ و ۵۵، صفحات ۱۵۱-۱۶۵.

۳- رسولی، علی اکبر (۱۳۸۱): تحلیل مقدماتی سری های زمانی دمای هوای شهر تبریز، مجله نیوار، پاییز و زمستان.

۴- شریفیان، حسین، قهرمان، بیژن (۱۳۸۶): ارزیابی پیش بینی باران با بکارگیری SARIMA در استان گلستان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد چهاردهم، شماره سوم، مرداد - شهریور.

۵- شهابفر، علیرضا ومحمدنیا قرایی، سهراب ومعتمدی، محمد (۱۳۸۳): آشکارسازی تغییر اقلیم محلی به کمک بررسی نوسانات زمانی روزهای یخبندان (مطالعه موردی مشهد)، فصلنامه جغرافیای سرزمین،سال اول، شماره ۳.

۶- شرکت آمارپردازان (۱۳۷۷): راهنمای کاربران Spss 0.6، انتشارات حامی،جلد دوم.

۷- عساکره، حسین(۱۳۸۰): تجزیه و تحلیل آماری و اقلیمی سریهای زمانی آمار در ایران، پایان نامه دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه اصفهان، گروه جغرافیا.

۸- عساکره، حسین، خردمندنیا، منوچهر، (۱۳۸۱): مدلسازی برای متوسط درجه حرارت ماهانه (مطالعه موردی: الگوسازی متوسط درجه حرارت ماهانه جاسک)، نیوار شماره ۴۶ و۴۷، صفحات ۴۱-۵۴.

۹- کاویانی، محمدرضا و علیجانی، بهلول (۱۳۷۴): مبانی آب و هواشناسی، تهران، انتشارات سمت.

۱۰- علیجانی، بهلول(۱۳۷۸): تغییرات زمانی دمای تهران، اولین کنفرانس تغییر اقلیم.

۱۱- نصوحی، غلامحسین (۱۳۸۰): هواشناسی در کشاورزی، ناشر:مولف.

۱۲- نیرومند، حسینعلی و بزرگ نیا، ابوالقاسم (۱۳۸۴): سریهای زمانی (رشته آمار)، انتشارات دانشگاه پیام نور.

13- 13-Jones, P. D., Wigley, T. M. L. and Wright, P. B. (1986): C :Global Temperature Variation Between 1861 and 1984.Nature322:430-432.

14- Katsoulis, Basil. D. and Kambetzidis, harry, D. (1989): Analysis of the Long- Term Precipitation series AT ATHENS, GREECE. Climate Change. 14: 263-290.

15- Stocker, Thomas. F and Mystak, Lawrence. A. (1992): Climate Fluctuation on the Century Time Scale: A Review of High-Resolution Proxy Data and Possible Mechanisms. Climatic change. 20: 227-250.
16- Woodward, Wayne. A and Gray, H.L. (1993): Global Warming and the Problem of Testing for Trend in Time series Data. Journal of Climate. 6. 953-962.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی