

بررسی خشکسالی، ترسالی و پیش بینی تغییرات اقلیم منطقه بیرجند با استفاده از مدل های آماری

دکتر علیرضا بنی واهب - استاد یار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تربت حیدریه

دکتر بهلول علیجانی - استاد گروه جغرافیا، دانشگاه تربت معلم تهران

پذیرش مقاله: ۸۲/۸/۳

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اقلیم ایستگاه سینوپتیک بیرجند و شناخت نوسانات اقلیمی، به ویژه خشکسالی ها و ترسالی ها و ارائه مدلی مناسب جهت پیش بینی نوسانات اقلیمی صورت گرفته است. آمار ماهانه بارش و دمای بیرجند در دوره آماری (۱۹۵۵-۲۰۰۱) استخراج گردید. با استفاده از روش رگرسیون داده های ناقص برآورد و همگنی داده ها توسط آزمون توالی ها بررسی شد. با استفاده از مدل های باکس-جنکینز سری های زمانی بارش و درجه حرارت بررسی و بهترین مدل برازش داده شد. صحت و دقت مدل ها بر اساس آمارهای SBC, AIC و تحلیل نمودار توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی تأیید گردید. مدل مناسب بارش ماهانه $(0, 1, 1) \times (0, 1, 1)$ و میانگین درجه حرارت ماهانه $(0, 1, 1) \times (0, 1, 1)$ بدست آمد. شدت و تداوم خشکسالی ها و ترسالی ها با استفاده از نمره Z (استاندارد) به صورت فصلی و سالانه باتوجه به جدول شماره (۲) هایم و کوتیل مورد بررسی قرار گرفت. به عنوان نمونه تداوم خشکسالی های چهار تا پنج سال در فصل زمستان دو مورد بوده که از خشکسالی شدید در این دوره ها حکایت دارد. از مجموع ۴۷ سال فصل زمستان ۲۸ فصل خشک و ۱۹ فصل مرطوب را داراست.

واژگان کلیدی: تغییرات اقلیمی، خشکسالی و ترسالی، آریمای، بیرجند.

مقدمه

از دیرباز مطالعات اقلیمی در زمینه بلایای طبیعی زمانی که اثرات شدیدی داشته مورد توجه بوده است. ایران به دلیل قرار گیری در کمربند خشکسالی دنیای قدیم و مجاورت با پرفشار جنب حاره دارای اقلیمی خشک و نیمه خشک می باشد و در نتیجه در اکثر سال ها دچار خشکسالی های شدید شده است. آئین های باران خواهی که سابقه هفت هزار ساله در ایران دارد، مؤید این نکته می باشد (پاپلی ۱۳۷۸، ص ۱۸۶).

در شرق ایران خشکسالی ها اثرات منفی زیادی بر جای گذاشته است. مهاجرت بیش از ۱۸۰۰۰۰ نفر از جنوب خراسان (قاینات) به شمال خراسان رخ داده است.

در سال های اخیر نیز خشکسالی در کشور خسارات زیادی ببار آورده است. در سال های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ پدیده خشکسالی به ترتیب ۳/۵ و ۲/۶ میلیارد دلار خسارت وارد نموده است (مرکز ملی خشکسالی ۲۰۰۲، ص ۸۰). منابع آبی سطحی و زیرزمینی جنوب خراسان طی چند سال اخیر دچار کاهش شدیدی شده و با افزایش شوری و املاح، کیفیت آب کاهش یافته است. اکثر قنوات خشک شده و سطح منابع زیرزمینی کاهش یافته، به طوری که در بیشتر دشت های منطقه از نظر حفر چاه، ممنوعه اعلام شده است (توسلی ۱۳۶۵، ص ۱۰). کمترین تغییر در میزان بارش و درجه حرارت ضربه های شدیدی به بخش های کشاورزی و اقتصادی می زند. پیش بینی اقلیمی جهت استفاده در برنامه ریزی های کلان کشور خصوصا در رابطه با بلایای طبیعی ضروری بنظر می رسد. از اینرو به منظور شناسایی نوسانات اقلیمی و پیش بینی احتمالی آنها، بارش و دمای ماهانه ایستگاه هواشناسی بیرجند که دارای طولانی ترین دوره آماری می باشد، مورد مطالعه قرار گرفت.

پیشینه تحقیق

مطالعات زیادی در زمینه پیش بینی اقلیمی با استفاده از روش های کمی در سطح جهان انجام شده است. در اروپا واید (۱۹۹۹، ص ۵۱۳)^۱ دوره های خشکسالی اسپانیا را با استفاده از زنجیره مارکوف بررسی نموده است و باری (۲۰۰۱، ص ۳۸۱)^۲ ناحیه بندی اقلیمی و بررسی خشکسالی ها و ترسالی ها و پیش بینی اقلیمی را با استفاده از روش های مختلف مانند: شاخص خشکسالی پالم، زنجیره مارکوف، میانگین متحرک، اتورگرسو و آریما^۳ استفاده نموده است. مارتین (۱۹۹۹، ص ۱۹۷)^۴ در منطقه المازورا در سواحل مدیترانه ای اسپانیا روی جهت باد و تأثیر آن در اقلیم منطقه از آزمون همگنی و مدل های پیش بینی اتورگرسو، آرما و آریما استفاده نموده است. همچنین استرلا (۲۰۰۰، ص ۱۵۹۹)^۵ در ناحیه والنسیا در کشور اسپانیا در طول چهار سال دوره آماری، چهار دوره خشکسالی را تشخیص داده است. بلوت ساس (۲۰۰۱، ص ۹۵)^۶ میانگین درجه حرارت را در سطح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتو پاسکال در لایه های مختلف بر فراز اروپا بررسی نموده و مدل فصلی آریما را جهت پیش بینی بکار برده است. در ایالات متحده آمریکا کوری (۱۹۸۹، ص ۹۱)^۷ بارش ایالت های آیوا، ایلینوی و آرکانزاس را توسط روش های تجزیه و تحلیل طیفی بررسی نموده و جهت پیش بینی بارش از مدل باکس - جنکینز استفاده نموده است. در آسیا گانگولی (۲۰۰۲، ص ۷۹۶)^۸ بر روی حوضه داخلی گنگ و اوتارپرادش بنگلادش مطالعه نموده و یک سیستم هشدار دهنده با استفاده از سیستم های سنجش از دور و

1- Vide

2- Barry

3- Autoregressive, ARIMA

4- Martin

5- Estrela

6- Bloutsos

7- Currie

8- Ganguly

روش های آماری مانند آریما جهت پیش بینی و شناخت بلاای طبیعی مثل سیل و خشکسالی طراحی نموده است. متلکا^۱ (۱۹۹۷، ص ۴۲) نوسان اقلیم کره زمین و ارتباط از دور انسو و شاخص دوره ای کواسی و دمای سطح آب در ناحیه استوائی اقیانوس آرام را بررسی نموده است. وی مدل آریمای فصلی (۰،۱،۱) × (۱،۱،۱) را برای بررسی سری زمانی درجه حرارت برازش داده و بر اساس شاخص نوسان جنوبی و نوسان آتلانتیک شمالی بارش و درجه حرارت را پیش بینی کرده است.

در قاره آفریقا چوبوکی^۲ (۱۹۹۵، ص ۱۸۷) سه دوره ناهنجاری های رطوبتی اقلیم و روابط بین آتلانتیک و مراکش را تشخیص داده و الگوی تغییرات اقلیمی را روی نقشه تعیین نموده است. جهت پیش بینی از ضریب همبستگی و اتورگرسیو استفاده نموده است. اشل^۳ (۲۰۰۱، ص ۴۵) با استفاده از فشار سطح اقیانوس آرام و با استفاده از مدل های پیش بینی آماری نوسان آتلانتیک شمالی را بررسی و بهترین مدل را جهت پیش بینی اتورگرسیو تشخیص داده است. مطالعات انجام شده روی ایران بسیار اندک است و نیاز به مطالعات بیشتری دارد. علیجانی (۱۳۷۸، ص ۱۴۳) در دو ایستگاه تهران و بوشهر بارش سالانه را طی سال های ۱۹۹۶-۱۸۹۴ بررسی نموده است. سری های زمانی کاملاً تصادفی و با توزیع نرمال می باشند. روش های زنجیره مارکوف، اتورگرسیو، تحلیل طیفی و آزمون کندال مورد استفاده قرار گرفته است و هیچگونه روندی دیده نشده و ضریب تغییر پذیری طی ۱۰۳ سال، ۳۰ درصد بوده که تقریباً ثابت است و خشکسالی ۱۳۷۷ صرفاً یک دندانه تصادفی در سری زمانی بارش بوده است. عساکره (۱۳۸۰) سری های زمانی درجه حرارت سه ایستگاه را بررسی کرده و مدل های آریمای زیر را بدست آورده است: بوشهر (۰،۱،۱)، جاسک (۰،۱،۲) و مشهد (۰،۱،۱). رمضانی (۱۳۸۰، ص ۱۱۷) سری های زمانی بارش چهار ایستگاه در استان مازندران را بررسی نموده است. به عنوان نمونه برای ایستگاه بابلسر مدل فصلی (۰،۱،۱) × (۰،۱،۱) همراه با تبدیل لگاریتم طبیعی پیشنهاد می نماید. ترابی (۱۳۸۰، ص ۸۰) سری های زمانی بارش، حداقل و حداکثر درجه حرارت را روی پنج ایستگاه در سطح کشور بررسی کرده و به عنوان نمونه مدل (۲،۱،۲) × (۰،۰،۱) برای بارش ایستگاه بابلسر ارائه نموده است. شهابفر (۱۳۸۰، ص ۹۲) مدل پیش بینی بارش سالانه مشهد را آریمای (۰،۳،۳) تشخیص داده است.

بررسی خشکسالی و ترسالی بیرجند

ایستگاه هواشناسی بیرجند در نیمه جنوبی استان خراسان در ارتفاع ۱۴۹۱ متری قرار گرفته است. در دوره مطالعه ۴۷ ساله میانگین بارش سالانه ۱۷۰/۳۹ میلی متر و دمای سالانه ۱۶/۲۵ درجه سانتی گراد می باشد. به منظور ارزیابی شناخت بیشتر از شرایط اقلیمی و به ویژه خشکسالی های منطقه، مقادیر بارش سالانه و فصلی ایستگاه به صورت نمودارهای نمرات استا ندارد در شکل شماره (۱) ترسیم شده است.

نمرات استا ندارد بارش سالانه ایستگاه بر اساس جدول هایم و کوتیل (۱۹۹۶، ص ۷۳) به شش طبقه تقسیم شد (جدول شماره ۱). بالاترین بارش سالانه ۳۸۲ میلی متر (نمره Z استا ندارد ۳/۵۶) در سال ۱۹۵۷ و کمترین مقدار آن در سال ۱۹۷۳، ۶۴/۷ میلی متر (نمره Z استا ندارد -۱/۷۹) رخ داده است. تعداد سال های خشک ۲۳ سال و مرطوب ۲۴ سال بوده است.

^۱-Metelka
- Chbouki
- Eshel

تداوم خشکسالی های یکساله و دو تا سه ساله به ترتیب پنج و چهار مورد و تداوم دوره ترسالی دو تا سه ساله شش مورد بوده است. فراوانی خشکسالی های فصلی به شرح زیر است:

فصل زمستان دارای ۲۸ فصل خشک و ۱۹ فصل مرطوب می باشد. میزان تداوم خشکسالی چهار تا پنج ساله دو مورد بوده است.

فصل بهار ۲۷ فصل خشک و ۲۰ فصل مرطوب دارد. میزان تداوم خشکسالی چهار تا پنج ساله دو مورد بوده است. فصل پائیز ۲۴ فصل خشک و ۲۳ فصل مرطوب و میزان تداوم خشکسالی چهار تا پنج ساله، دو مورد بوده است.

جدول ۱- طبقه بندی هایم و کوتیل

دوره خشک	نمره استاندارد Z	دوره مرطوب	نمره استاندارد Z
خشکی شدید	$Z < -1.5$	مرطوب شدید	$1.5 < Z$
خشکی متوسط	$-1.5 \leq Z \leq -0.5$	مرطوب متوسط	$0.5 \leq Z \leq 1.5$
خشکی ضعیف	$-0.5 < Z < 0$	مرطوب ضعیف	$0 < Z < 0.5$

جدول ۲- آماره های AIC و SBC

آماره ها	درجه حرارت	بارش
AIC	2684	4621
SBC	2701	4634

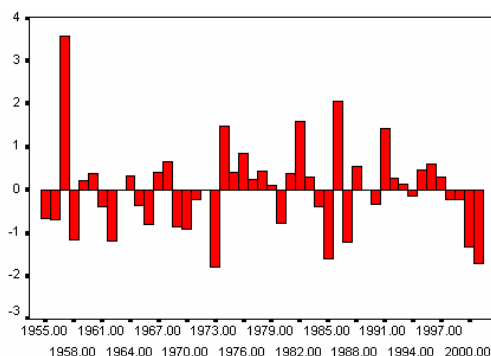
داده ها و روش کار

به منظور پیش بینی وضعیت خشکسالی ها مراحل زیر انجام گرفت:

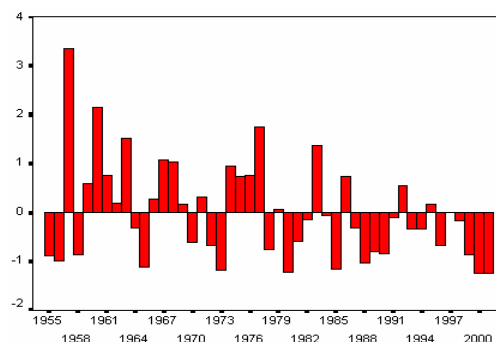
- ۱- بارش و میانگین دمای ماهانه ایستگاه طی ۴۷ سال دوره آماری (۲۰۰۱-۱۹۵۵) مورد استفاده قرار گرفته است. برآورد داده های مفقود شده به روش رگرسیون و همگنی داده ها با روش ران تست انجام شد.
- ۲- نمودار پراکنندگی هر یک از سری های زمانی ترسیم و تغییرات واریانس مورد بررسی قرار گرفت. جهت ایستا شدن، تفاضل گیری فصلی و غیرفصلی انجام گرفت.
- ۳- برای تعیین پارامترهای فرمول (Q, q, P, p) از طریق توابع و نمودارهای خودهمبستگی (Acf) و خود همبستگی جزئی (Pacf) استفاده شد. با توجه به کیفیت بیرون زدگی ضرایب همبستگی تأخیرها از خط معنی داری نوع مدل و مرتبه آن تعیین شد مشکانی (۱۳۷۱، ص ۱۴۳). برای جلوگیری از خطای بیش از حد برازاندن مدل^۱ از آماره های AIC^۲ و SBC^۳ استفاده شد و توسط باقیمانده های مدل فرض استقلال و تصادفی بودن سری ها به اثبات رسید (بزرگنیا ۱۳۶۶، ص ۹۷) (نیرومند ۱۳۷۹، ص ۵۴۹).

- Overfitting
- Akaikes Information Criterion
- Schwartzs Bayesian Criterion

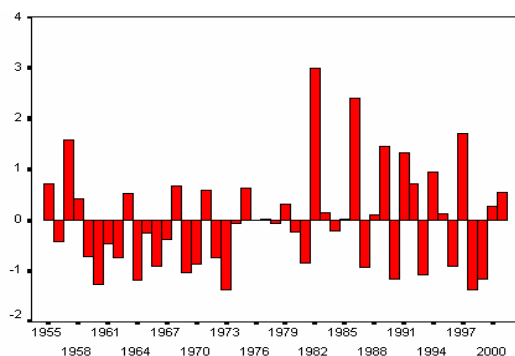
شکل های شماره (۱)



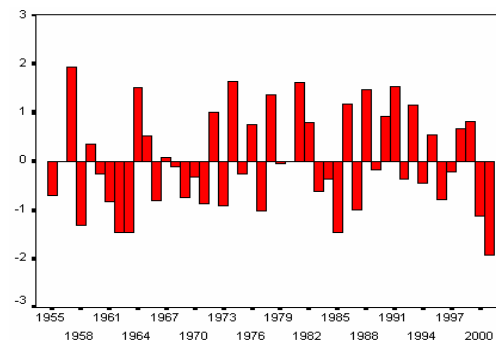
نمره Z استاندارد بارندگی سالانه ایستگاه



نمره Z استاندارد بارندگی فصل بهار ایستگاه



نمره Z استاندارد بارندگی فصل پاییز



نمره Z استاندارد فصل زمستان ایستگاه

مدل بندی و پیش بینی بارش ماهانه

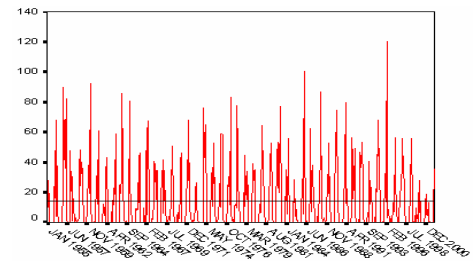
۱- مجموع بارش ماهانه ایستگاه بیرجند از ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۱ به مدت ۴۷ سال توسط نرم افزارهای SPSS و EXCEL به صورت سری زمانی تبدیل و نمودار سری زمانی رسم گردید (شکل شماره ۲). با توجه به نمودار، روندی در سری های زمانی مشاهده نشد. توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی ترسیم شد (شکل های شماره ۳ و ۴). طبق این نمودارها تغییرات منظم فصلی در سری زمانی مشاهده می شود. با هر دوازده مشاهده یک بار، الگوی تغییرات سری تکرار می گردد و میراثی سریع در خود همبستگی ها دیده نمی شود. در نتیجه سری ایستا نیست و دارای تغییرات فصلی ۱۲ ($S=12$) می باشد.

۲- جهت ایستا شدن سری زمانی تفاضل گیری فصلی و غیر فصلی انجام گرفت و نمودار تغییرات سری زمانی بارش ماهانه پس از یک بار تفاضل گیری فصلی و غیر فصلی ترسیم گردید (شکل شماره ۵). در مراحل ایستا شدن

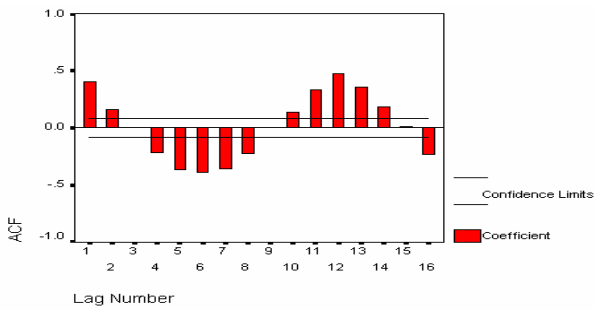
سری زمانی تفاضل گیری فصلی و غیرفصلی مرتبه اول کمترین واریانس را نشان داده است و با توجه به نمودار توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی (شکل های شماره ۶ و ۷) بهترین مدل برازش شده، مدل میانگین متحرک با تفاضل گیری مرتبه اول فصلی و غیرفصلی می باشد: $(0, 1, 1) * (0, 1, 1)$.

۳- برای تعیین پارامترها، مدل بر سری زمانی برازش داده شد و برای تأیید مدل از نمودار تابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی باقیمانده ها استفاده شد (شکل های شماره ۹ و ۱۰). خودهمبستگی ها در محدوده صفر قرار گرفتند و فرض استقلال و تصادفی بودن داده ها پذیرفته شد (شکل های شماره ۱۱ و ۱۲). نمودار نرمال و هیستوگرام فراوانی باقیمانده های مدل را نشان می دهد. جهت جلوگیری از خطای بیش از حد برازاندن مدل آماره های SBC و AIC محاسبه و در جدول شماره (۲) درج گردیدند (بزرگنیا ۱۳۸۱، ص ۷۳ و آذر ۱۳۷۹، ص ۱۵۱).

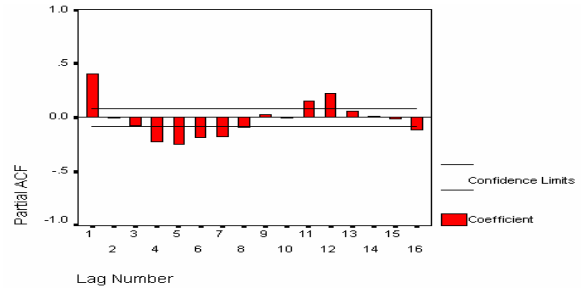
شکل ۲- نمودار سری های زمانی داده های اصلی بارش ماهانه بیرجند



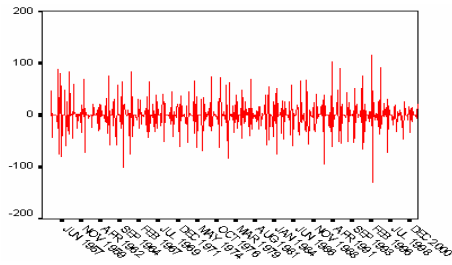
شکل ۳- نمودار تابع خود همبستگی سری زمانی بارش بیرجند



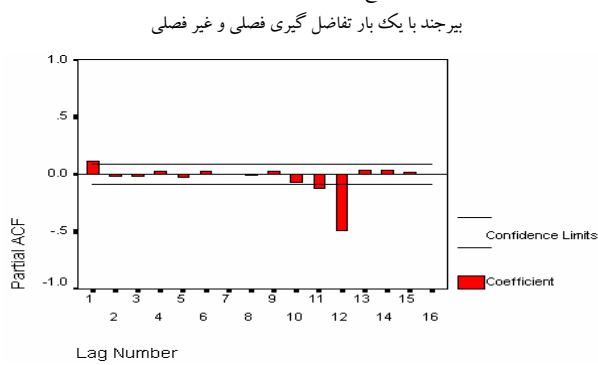
شکل ۴- نمودار تابع خود همبستگی جزئی سری زمانی بارش بیرجند



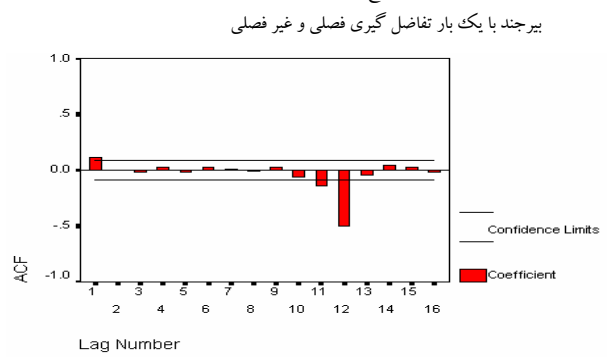
شکل ۵- نمودار تغییرات سری زمانی بارش ماهانه بیرجند با یک بار تفاضل گیری فصلی و غیر فصلی



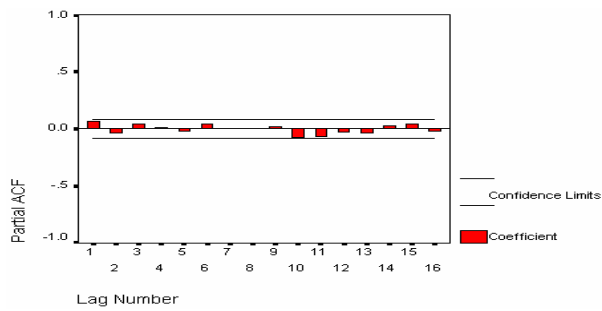
شکل ۶- نمودار تابع خود همبستگی سری زمانی بارش ماهانه بیرجند با یک بار تفاضل گیری فصلی و غیر فصلی



شکل ۷- نمودار تابع خود همبستگی جزئی سری زمانی بارش ماهانه بیرجند با یک بار تفاضل گیری فصلی و غیر فصلی

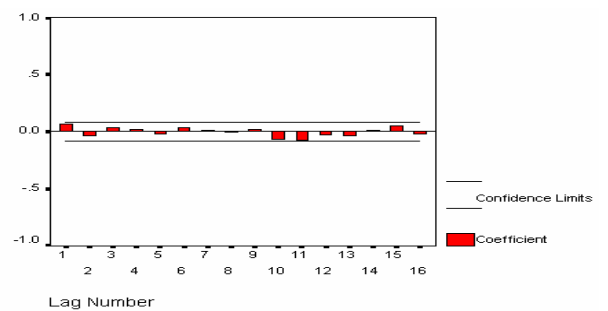


شکل ۸- نمودار تابع خود همبستگی باقیمانده های بارش ماهانه بیرجند



شکل ۹- نمودار تابع خود همبستگی باقیمانده های بارش ماهانه بیرجند

پیش



$$\nabla \nabla_{12} y_t = \theta_1(B) \Theta_1(B)^{12} a_t$$

به منظور انطباق مدل با داده های واقعی سری زمانی مدل فوق بسط داده می شود:

$$(1-B)(1-B^{12})y_t = (1-\theta_1 B)(1-\Theta_1 B^{12})a_t$$

$$(1-B-B^{12}+B^{13})y_t = (1-\theta_1 B-\Theta_1 B^{12}+\theta_1 \Theta_1 B^{12})a_t$$

$$y_t - B y_t - B^{12} y_t + B^{13} y_t = a_t - \theta_1 B a_t - \Theta_1 B^{12} a_t + \theta_1 \Theta_1 B^{12} a_t$$

$$y_t - y_{t-1} - y_{t-12} + y_{t-13} = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \Theta_1 a_{t-12} + \theta_1 \Theta_1 a_{t-13}$$

شکل نهائی مدل به صورت زیر تعریف می گردد:

$$y_t - y_{t-1} - y_{t-12} + y_{t-13} = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \Theta_1 a_{t-12} + \theta_1 \Theta_1 a_{t-13}$$

$$\theta_1 = 0.538 \quad \Theta_1 = 0.564$$

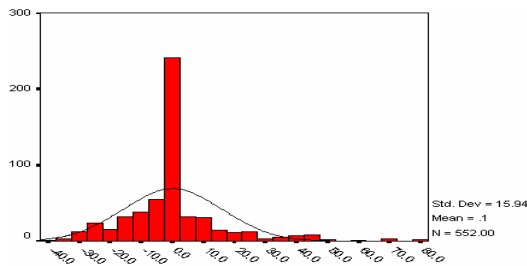
در صورت اعمال ضرایب

مدل نهائی به شکل زیر خواهد بود:

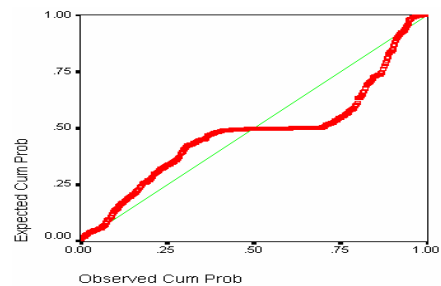
$$y_t = y_{t-1} + y_{t-12} - y_{t-13} + a_t - 0.538 a_{t-1} - 0.564 a_{t-12} + 0.303 a_{t-13}$$

مقادیر پیش بینی شده بارندگی ماهانه ایستگاه بیرجند تا سال ۲۰۱۱ در جدول شماره (۳) درج شده است.

شکل ۱۱- نمودار هیستوگرام فراوانی باقیمانده های مدل سری زمانی بارش ماهانه بیرجند



شکل ۱۰- نمودار احتمال نرمال باقیمانده های بارش ماهانه بیرجند



پیش بینی دمای ماهانه

برای تعیین مدل مناسب میانگین درجه حرارت ایستگاه بیرجند، در ابتداء نمودار توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی ترسیم و بر مبنای آن تفاضل گیری فصلی و غیرفصلی مرتبه (۱) صورت پذیرفت. با توجه به حالت های قطع و افول^۱ در خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی مدل $(1, 1, 0) \times (1, 1, 1)$ انتخاب گردید. فرض استقلال و تصادفی بودن داده ها و همچنین خطای بیش از حد برآوردن بررسی و نمودار

احتمال و هیستوگرام باقیمانده ها ترسیم شد (شکل های شماره ۱۳ تا ۱۸) و بر اساس شاخص ها مدل نهائی به صورت زیر استخراج گردید:

$$\phi_1(B)\nabla\nabla_{12}y_t = \theta_1(B)\Theta_1(B)^{12}a_t$$

که در آن

$$\phi_1 = 0.051 \quad \theta_1 = 0.620 \quad \Theta_1 = 0.658$$

پس از بسط مدل و جایگذاری ضرایب محاسبه شده، مدل نهائی پیش بینی دما به شرح زیر می باشد:

$$y_t = y_{t-1} + 0.051y_{t-1} - 0.051y_{t-2} + y_{t-12} + y_{t-13} - \\ 0.051y_{t-13} - 0.051y_{t-14} + a_t - 0.620a_{t-1} - 0.658a_{t-12} + \\ 0.408a_{t-13}$$

مقادیر پیش بینی شده میانگین درجه حرارت ماهانه ایستگاه بیرجند تا سال ۲۰۱۱ در جدول شماره (۴) محاسبه شده است

نتیجه گیری:

خشکسالی های اخیر استان خراسان موجب خسارات زیادی شده است. به منظور جلوگیری از تکرار این نوع خسارات سنگین شناخت این نوسانات در طول دوره آماری و پیش بینی آنها در بر نامه ریزی های کلان کشور لازم است. بدین جهت ایستگاه بیرجند به عنوان ایستگاه معرف منطقه انتخاب و بررسی شد. جهت بررسی تغییرات اقلیمی در بیرجند ابتداء بارش و دمای ماهانه استا ندارد شد. از روی این نمرات شدت خشکی به شش طبقه تقسیم و نمودارهای آن ترسیم و نتایج کلی زیر حاصل شد:

۱- تغییرات بارش منطقه بیرجند وجود خشکسالی های شدید و گاه طولانی مدت را نشان می دهد.

۲- از مجموع دوره مورد بررسی در فصل زمستان ۲۸ مورد خشکسالی دیده شده که از این تعداد ۱۶ مورد خشکسالی شدید و متوسط بوده است.

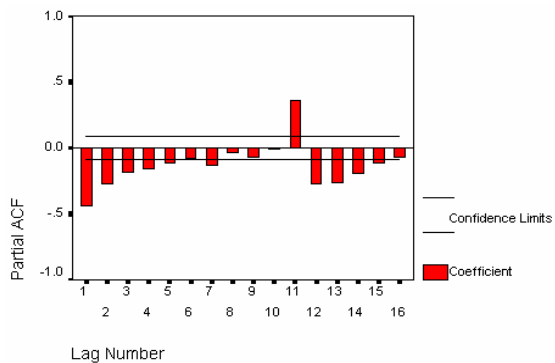
۳- بر اساس نتایج نمودارهای خود همبستگی و خود همبستگی جزئی، سری های زمانی بارش و دمای ماهانه روندی را نشان نداده اند اما تغییرات فصلی منظم دارند.

۴- به منظور پیش بینی تکرار خشکسالی ها از مدل های باکس جنکینز استفاده شد که در نهایت برای بارش ماهانه مدل $(0,1,1) \times (1,1,0)$ و برای دمای ماهانه مدل $(0,1,1) \times (1,1,1)$ برآزش شدند. مدل های بدست آمده از دقت بالایی برخوردار هستند. نتایج بدست آمده نشان می دهد که می توان از آنها برای پیش بینی تغییرات بارش و دمای بیرجند استفاده کرد. پس از پیش بینی با مقایسه مقادیر بدست آمده و با توجه به آستانه ها، درجه های مختلف خشکی و شدت آنها را تعیین نمود.

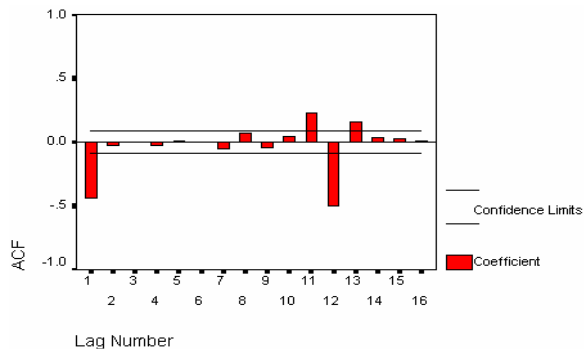
جدول ۳- مقادیر پیش بینی شده بارش ماهانه بیرجند

سال ماه	۲۰۱۱	۲۰۱۰	۲۰۰۹	۲۰۰۸	۲۰۰۷	۲۰۰۶	۲۰۰۵	۲۰۰۴	۲۰۰۳	۲۰۰۲	میانگین ۴۷ساله
ژانویه	۲۵,۶۲	۲۵,۶۲	۲۵,۶۲	۲۵,۶۲	۲۵,۶۲	۲۵,۶۲	۲۱,۸۵	۲۱,۲۰	۱۷,۸۲	۱۴,۲۹	۲۵,۵۱
فوریه	۳۳,۲۸	۳۳,۲۷	۳۳,۲۸	۳۳,۲۹	۳۳,۲۹	۳۵,۶۱	۳۴,۷۰	۳۲,۳۹	۲۴,۵۳	۲۱,۹۸	۳۴,۵۵
مارس	۳۶,۴۹	۳۶,۴۹	۳۶,۴۹	۳۶,۴۹	۳۶,۴۹	۳۶,۴۹	۳۷,۸۹	۳۷,۴۵	۳۷,۲۰	۳۴,۶۵	۴۷,۵۱
آوریل	۱۱,۴۱	۱۱,۴۱	۱۱,۴۱	۱۱,۴۱	۱۱,۴۱	۱۱,۴۱	۱۱,۵۴	۱۱,۵۳	۱۱,۵۳	۱۱,۴۸	۱۶,۵۷
مه	۰,۷۵	۰,۷۵	۰,۷۵	۰,۷۵	۰,۷۵	۰,۷۵	۰,۷۵	۰,۷۵	۰,۷۵	۱,۹۲	۵,۸۷
ژوئن	۰,۹۴	۰,۹۴	۰,۹۵	۰,۹۵	۰,۹۴	۱,۰۵	۱,۱۸	۱,۲۲	۱,۲۵	۰,۷۵	۱,۰۵
ژوئیه	۰,۲۲	۰,۲۲	۰,۲۲	۰,۲۲	۰,۳۱	۰,۳۱	۰,۳۱	۰,۳۱	۰,۲۲	۰,۰۲	۰,۳۱
اوت	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۱۳
سپتامبر	۰,۶۵	۰,۶۵	۰,۶۵	۰,۶۴	۰,۶۴	۰,۶۴	۰,۶۴	۰,۶۴	۰,۳۴	۰,۲۵	۰,۸۹
اکتبر	۰,۹۲	۰,۹۲	۰,۹۲	۰,۹۲	۱,۰۳	۱,۰۳	۱,۰۳	۱,۰۳	۱,۳۱	۱,۲۹	۲,۸۹
نوامبر	۶,۷۰	۶,۷۰	۶,۷۰	۶,۷۰	۶,۸۲	۶,۸۴	۶,۸۵	۶,۹۳	۶,۲۲	۵,۲۲	۵,۴۵
دسامبر	۲۹,۲۷	۲۹,۲۷	۲۹,۲۷	۲۹,۲۷	۲۹,۲۷	۲۹,۲۷	۲۹,۲۷	۲۹,۲۷	۲۸,۵۳	۲۷,۴۲	۲۴,۵۳

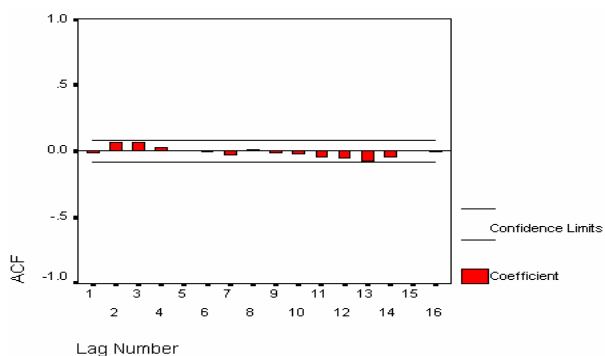
شکل ۱۳- نمودار تابع خود همبستگی جزئی سری زمانی میانگین دمای بیرجند با یکبار تفاضل گیری فصلی و غیر فصلی



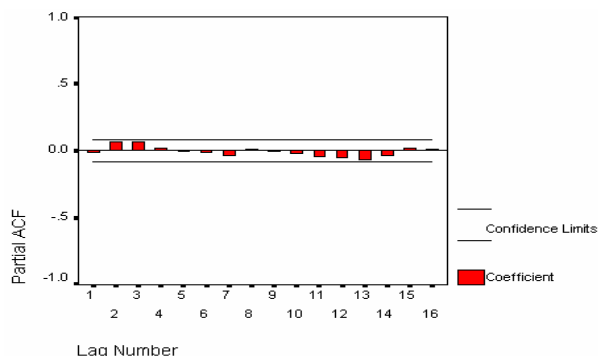
شکل ۱۲- نمودار تابع خود همبستگی سری زمانی میانگین دمای بیرجند با یکبار تفاضل گیری فصلی و غیر فصلی



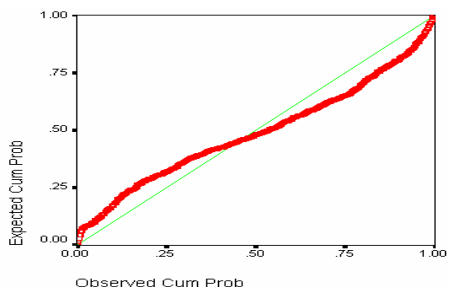
شکل ۱۵- نمودار تابع خود همبستگی باقیمانده های میانگین دمای ماهانه بیرجند



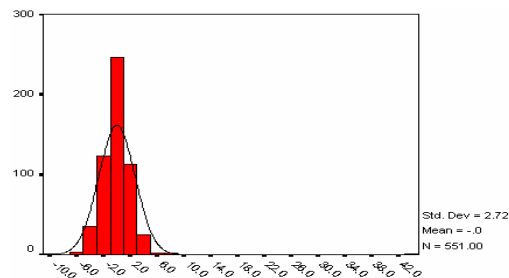
شکل ۱۴- نمودار تابع خود همبستگی جزئی باقیمانده های میانگین دمای ماهانه بیرجند



شکل ۱۷- نمودار احتمال نرمال باقیمانده های مدل سری دمای ماهانه بیرجند



شکل ۱۶- نمودار هیستوگرام فراوانی باقیمانده های مدی سری زمانی مدل سری زمانی میانگین دمای ماهانه بیرجند



جدول ۴- مقادیر پیش بینی شده میانگین دمای ماهانه بیرجند

سال ماه	۲۰۱۱	۲۰۱۰	۲۰۰۹	۲۰۰۸	۲۰۰۷	۲۰۰۶	۲۰۰۵	۲۰۰۴	۲۰۰۳	۲۰۰۲	میانگین ۴۷ساله
ژانویه	۳,۵۲	۳,۵۲	۳,۵۲	۳,۵۲	۳,۵۲	۳,۵۲	۳,۵۲	۳,۹۸	۴,۱	۴,۳	۳,۶۱
فوریه	۵,۶۵	۵,۶۵	۵,۶۵	۵,۶۵	۵,۶۵	۵,۶۶	۵,۶۶	۵,۶۶	۶,۰۳	۶,۰۴	۵,۹۵
مارس	۱۱,۵۱	۱۱,۵۱	۱۱,۵۱	۱۱,۵۱	۱۱,۵۱	۱۱,۵۱	۱۲,۱	۱۲,۵۲	۱۲,۲	۱۲,۳	۱۰,۲۵
آوریل	۱۷,۱۵	۱۷,۱۵	۱۷,۱۵	۱۷,۱۵	۱۷,۱۵	۱۷,۱۵	۱۷,۱۵	۱۷,۱۲	۱۷,۲۴	۱۷,۴۳	۱۶,۹۳
مه	۲۱,۵۴	۲۱,۵۴	۲۱,۵۴	۲۱,۵۴	۲۱,۵۲	۲۱,۵۲	۲۱,۵۳	۲۱,۵۲	۲۲,۲۱	۲۱,۰۵	۲۲,۱۵
ژوئن	۲۶,۸۵	۲۶,۸۵	۲۶,۸۵	۲۶,۸۵	۲۶,۸۴	۲۶,۸۴	۲۶,۸۵	۲۶,۸۵	۲۶,۹۲	۲۷,۱	۲۶,۶۱
ژوئیه	۲۷,۴۳	۲۷,۴۳	۲۷,۴۳	۲۷,۴۳	۲۷,۴۳	۲۷,۴۳	۲۷,۴۳	۲۷,۴۳	۲۷,۵۲	۲۷,۴۹	۲۷,۶۲
اوت	۲۵,۹۲	۲۵,۹۲	۲۵,۹۲	۲۵,۹۲	۲۵,۹۲	۲۵,۸۴	۲۵,۸۴	۲۵,۸۴	۲۵,۹۲	۲۵,۹۳	۲۵,۸۸
سپتامبر	۲۲,۶۳	۲۲,۶۳	۲۲,۶۳	۲۲,۶۳	۲۲,۶۳	۲۲,۶۳	۲۲,۶۳	۲۲,۶۳	۲۲,۶۳	۲۲,۶۵	۲۲,۲۶
اکتبر	۱۷,۹۵	۱۷,۹۵	۱۷,۹۵	۱۷,۹۵	۱۷,۹۴	۱۷,۹۳	۱۷,۹۴	۱۷,۹۴	۱۸,۲۰	۱۸,۶۰	۱۶,۲۳
نوامبر	۱۰,۸۸	۱۰,۸۸	۱۰,۸۸	۱۰,۸۸	۱۰,۸۵	۱۰,۸۵	۱۰,۸۵	۱۰,۸۵	۱۱,۰۴	۱۱,۵۰	۱۰,۸۱
دسامبر	۷,۹۵	۷,۹۵	۷,۹۵	۷,۹۵	۷,۹۵	۷,۹۵	۸,۰۲	۸,۰۲	۸,۴۲	۸,۳۵	۶,۶۳

منابع و مأخذ:

- ۱- آذر، عادل و دیگران (۱۳۷۹)، آمار و کاربرد آن در مدیریت (جلد دوم)، سمت، ۳۹۰ صفحه.
- ۲- بزرگنیا، ابوالقاسم (۱۳۶۶)، تجزیه و تحلیل سریهای زمانی و پیش بینی، آستان قدس رضوی، معاونت فرهنگی، ۱۹۰ صفحه.
- ۳- بزرگنیا، ابوالقاسم و دیگران (۱۳۸۱)، سریهای زمانی، دانشگاه پیام نور، ۱۵۸ صفحه.
- ۴- پاپلی یزدی، محمد حسین و دیگران (۱۳۷۸)، آئینهای بارانخواهی در زمان خشکسالی ها، فصلنامه تحقیقات جغرافیائی ویژه هوا - اقلیم، سال چهارم، شماره ۳ و ۴، شماره پیاپی ۵۴، ۵۵ پائیز و زمستان، صفحات ۱۸۶ - ۲۱۱.
- ۵- ترابی، سیما (۱۳۸۰)، بررسی و پیش بینی تغییرات دما و بارش در ایران، دانشگاه تبریز، رساله دکتری، ۲۰۱ صفحه.
- ۶- توسلی و دیگران (۱۳۶۵)، خلاصه ای از منابع و مسائل آب استان خراسان، وزارت نیرو و شرکت آب منطقه ای خراسان، ۳۲۵ صفحه.
- ۷- رمضانی، نبی... (۱۳۸۰)، تحلیل و پیش بینی خشکسالیها و ترسالیهای استان مازندران، دانشگاه تربیت معلم، پایان نامه کارشناسی ارشد، صفحه ۱۱۷.
- ۸- شهابفر، علیرضا و دیگران (۱۳۸۰)، ارزیابی و روشهای نیکوئی برازش توابع توزیعیهای آماری و استفاده از سریهای زمانی جهت پیش بینی بارندگی سالانه شهر مشهد، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای و مقابله با بحران آب، دانشگاه زابل، جلد سوم، ۳۹۵ صفحه.
- ۹- عساکره، حسین (۱۳۸۰)، تجزیه و تحلیل آماری - اقلیمی، سریهای زمانی دما در ایران، دانشگاه اصفهان، رساله دکتری.
- ۱۰ - علیجانی، بهلول (۱۳۷۸)، بررسی تغییرات زمانی بارش در ایران، دهمین کنگره جغرافیائی. جغرافیا و توسعه در دهه سوم انقلاب اسلامی، دانشگاه امام حسین (ع)، صفحه ۱۴۳.
- ۱۱- مشکانی، محمد رضا (۱۳۷۱)، تحلیل سریهای زمانی پیش بینی و کنترل، دانشگاه شهید بهشتی، صفحه ۱۴۳.
- ۱۲- نیرومند، حسینعلی (۱۳۷۹)، تحلیل آماری چند متغیره کاربردی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۷۴۰ صفحه.

13-Barry, R.G. etal. 2001. Synoptic and Dynamic Climatology. Routledge .P.620.

14-Bloutsos, A.A. etal. 2001. Arima modeling of mean Temperature at the 1000/500 hpa layer over europe. P.95. www.cyf-kr.edu.pl/Zinied2w/paper009.html.

15-Chbouki,N.etal.1995.spatio - temporal patterns of Drought in Morocco . International journal of climatology,vol.15, P.187-205

16-Currie,R.G.etal.1989.comments on power spectra and Coherence of Drought in the interior Plains, International Journal of Climatology ,Vol .9, P.91 - 100.

17-Eshel, G. etal. 2001. forecasting the north Atlantic Oscillation using Pacific surface pressure. P.45. Journal of climate. geosci.uchicago.edu/gidon/papers/nao/nao1/html.

18- Estrela ,M.J. 2000. Multi - Annual Drought Episodes in the Mediterranean (Valencia Region) from 1950 - 1996 .International Journal of climatology,Vol .20 . P. 1599 - 1618

- 19-Gangully,A.R.2002.Forecasting Rainfall and Floods Advances and way forward.P.32.Web.mit.edu/auroop/www/interests.html.
- 20-Kutić , H . 1996 . Circulation and extreme rainfall conditions in the eastern Mediterranean during the last century . International Journal climatology ,Vol.16, P.73-92 .
- 21- Martin , M . 1999 . Analysis and Modelling of time series of surface wind speed and direction .International Journal of climatology ,Vol.19 , P.197-209.
- 22- Metalka , R . L . 1997.Analysis of secular time series of climatological characteristics . Doctoral thesis.P.42.
www.chmi.cz/poboc/HK/ok/PUBLIKACE/DISERT/Diser.htm.
- 23-National Drought mitigation Center 2002. Drought and Climate Change.P.8.
www.aqu.org/meeting/fmO2/fmO2/fmO2-pdf
- 24-Vide, J.M.1999.Regionalization of peninsular Spain Based on the length of Dry Spells. International Journal of climatology , Vol . 19 , P.513-536