شناسایی و تحلیل روند بارش سالانه ایستگاه اهواز به منظور ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر بارش و مدلسازی آن به منظور پیش بینی رفتار آتی

سارا بنی نعیمه[1*]- میثم مهری چروده[2]

[1*]کارشناس ارشد اقلیم شناسی در برنامه ریزی محیطی amiri.sara63@gmail.com
[2]مهندس منابع طبیعی mehri1334@gmail.com

چکیده

هدف پژوهش حاضر شناسایی رفتار بارش سالانه ایستگاه اهواز بصورت توصیفی، تحلیل روند آن به منظور ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر بارش ایستگاه و مدلسازی آن به منظور پیش بینی رفتار آتی آن خواهد بود. ابتدا به تحلیل روند بارش سالانه با دو روش گردید. در روش اول با استفاده از روشهای آماری ناپارامتری (من کندال و سنس استیمیتور) اقدام به تحلیل روند بارش سالانه گردید. نتایج تحلیل روند نشان داد که در سری بارش سالانه ای ایستگاه اهواز یک روند کاهشی ضعیف دیده می شود.در گام بعد از روش رتبه ای من کندال جهت شناسایی نقاط جهش و تغییر ناگهانی در سری بارش استفاده گردید. نتایج روش رتبه ای نشان داد که در ایستگاه اهواز یک جهش معنی دار در سری بارش سالانه بصورت کاهشی دیده می شود که آغاز جهش برای سری در سال ۱۳۶۹ آغاز شده است.در روش دوم از میانگین متحرک به دو منظور استفاده گردید. ابتدا تحلیل روند در سری بارش سالانه ایستگاهها با استفاده از روش میانگین متحرک آزمون گردید. نتایج تحلیل روند نشان داد که تنها در ایستگاه اهواز یک روند کاهشی در سری بارش دیده می شود. در مرحله بعد جهت شناسایی چر خه های معنی دار در سری بارش سالانه از میانگین متحرک در بازه های زمانی مختلف استفاده گردید.نتایج نشان داد با بررسی بازه های مختلف در میانگین متحرک در ایستگاه اهواز هیچگونه چرخه معنی داری در سری بارش سالانه مشاهده نمی گردد و هیچ الگوی چرخه ای خاصی نمی توان انتظار داشت.

کلید واژه‌ها: روند بارش، اهواز ،اثرات تغییر اقلیم ، مدل های سری زمانی

مقدمه

نقش اقلیم و شرایط هواشناختی در حیات تمامی جانداران کاملاً بدیهی است و این امر زمانی آشکارتر می‌شود که اقلیم و پدیده‌های آن دارای نوسان و تغییرات شدیدی شوند؛ که در این صورت موجودات زنده در مقابله، کنترل و سازگاری با این نوسان‌های دچار مشکل خواهند شد. چنین ویژگی در هر نوع آب و هوایی می‌تواند بروز کند که البته در مناطق خشک و نمیه خشک به مراتب بیشتر است. انسان پیوسته تلاش‌هایی را در جهت شناخت محیط پیرامون خود، کنترل تا حد ممکن و یا سازگاری با آن انجام داده است. بارش پدیده‌ای اقلیمی است که به دلیل پیوند با اجزاء مختلف دستگاه اقلیم، رفتاری پیچیده دارد. رخداد بارش نیازمند تأمین شرایط متعددی است. مهیائی رطوبت، مهیائی ناپایداری عمیق، سرمایش و... شرایط لازم اما نه کافی برای رخداد بارش به‌شمار می‌آیند. بارش به لحاظ ایجاد جریانات سطحی ،تاثیر برسفره های آب زیر زمینی و به عنوان منبع مهم در تغذیه رودخانه ها و چشمه ها از اهیمت ویژه ای برخوردار است و از مهمترین عناصر اقلیمی است که در تعیین نقش و پراکندگی دیگر عناصر اقلیمی می تواند موثر باشد . بدنبال گرم شدن زمین،الگوی گردش عمومی و الگوی زمانی-مکانی بارش نیز تغییریافته و الگوی بارش جهانی نیز تغییر خواهد کرد .اما از هم اکنون نمی توان چگونگی این تغییرات را به وضوح مشخص کرد. در ایران بارش یکی ازمتغییرهای اساسی برای ارزیابی مهیایی بلقوه منابع آب است اما توزیع زمانی و مکانی بسیار ناموزون است و به همین دلیل توزیع منابع آب کشور نیز یکنواخت نیست. هرچه تغییرات مکانی بارش کوچکتر باشد همگنی و یک دستی منابع آب بیشتر می شود. از سوی دیگر،هرچه تغییر پذیری زمانی بارش کمتر باشد منابع آب نیز با ثبات تر خواهد بود و عرضه دائمی آب امکان پذیر می شود. به همین دلیل بارش نیز به عنوان یکی از عناصر اقلیمی مهم از اهمیت خاصی برخوردار است یکی از روش های مطالعاتی بررسی تغییرات بارندگی و پیش بینی آن ، روش های آماری می باشد. تحلیل سریهای زمانی یکی از شاخه های آماری است که در رشته های مختلف علوم مانند ژئوفیزیک ،اقصاد ،هواشناسی ،اقلیم شناسی و غیره کاربرد فراوانی دارد. تحلیل سریهای زمانی معمولا دو هدف را دنبال می کند: درک یا الگوسازی فرایندهایی که تصادفی به نظر می رسند و پیش بینی مقادیر آینده که بر مبنای گذشته آن صورت می گیرد . به منظور الگوسازی سری های زمانی می بایست توصیفی دقیقی از رفتارهای بلند مدت به صورت آماری –ترسیمی ارائه گردد. برای پیش بینی سری زمانی و تعیین مدل پیش بینی فنون مختلفی وجود دارد. این فنون را می توان به دودسته کمی و کیفی تفکیک کرد. روش های کمی شامل مدل های میانگین متحرک ساده و موزون ،مدل هموار سازی نمایی ساده و هالت –وینترز ،مدل باکس–جنکینز،طوفان مغزی و گروه اسمی می باشد (آذرومومنی،۲۵:۱۳۸۷). چنانچه تحلیل گر بر اساس رفتار مشاهده شده از سری و تحلیل اجزای آن بتواند مقادیر آینده را با استفاده از مبانی ریاضی پیش بینی کند، از مدل های کمی برای پیش بینی سری زمانی سود می جوید، بررسی تغییرات بلند مدت (روند) عناصر اقلیمی بنیادی اساسی در تحلیل سری های زمانی اقلیمی است(عساکره،۱۳۸۶: ۳).

مواد و روشها

جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات دو گام اساسی در نظر گرفته می شود. در گام اول اقدام به تحلیل روند بارش سالانه در ایستگاه مورد مطالعه بر اساس دو روش ناپارامتری(من کندال و سنس استیمیتور) و میانگین متحرک(در بازه های مختلف)می گردد. سپس از طریق آزمون رتبه ای من کندال اقدام به تعیین نقاط جهش در سری بارش سالانه (درصورت وجود)می گردد تا از طریق آن بتوان جابجایی در بارش های سالانه مشخص شود. در گام دوم و پس از تحلیل روند اقدام به مدلسازی بارش سالانه و استخراج مدلهای نهایی بر اساس استراتژی باکس-جنکینز است.

تحلیل روند بارش

ابتدا اقدام به تحلیل روند بارش سالانه می گردد که با استفاده از روش‌های ناپارامتری و میانگین متحرک در بازه های مختلف انجام می گیرد. در روش ناپارامتری از دو روش من کندال و سنس استیمیتور انجام می گیرد. در روش دوم که از میانگین متحرک استفاده می گردد، این میانگین در بازه های یک، سه، پنج و هفت ساله محاسبه و ترسیم می گردد.

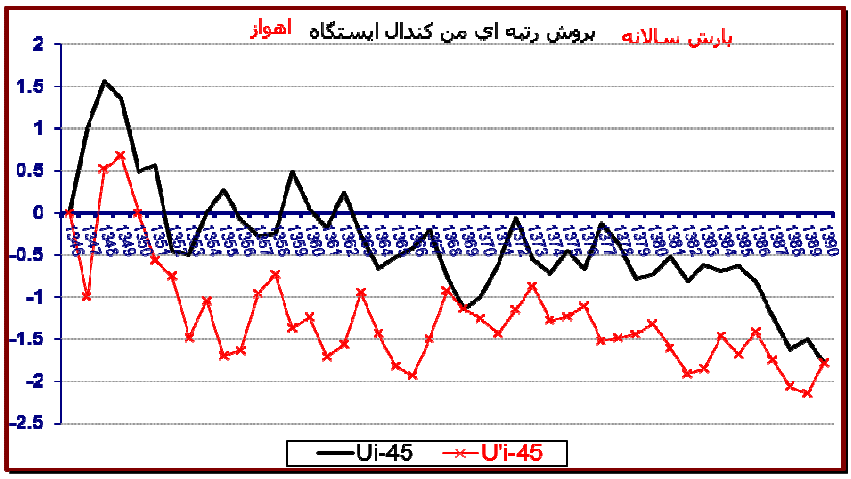
روشهای ناپارامتریک

نتایج روش من کندال و مقدار آماره z نشان داد که در ایستگاه مورد مطالعه روند معنی داری مشاهده نمی شود. نتایج آماره سنس و شیب خط در کران های بالا و پایین در ایستگاه اهواز یک روند معنی دار ضعیف بصورت کاهشی مشاهده می شود. نتایج تحلیل بارش سالانه توسط روشهای آماری ناپارامتری در جدول ۱ آمده است.

جدول(۱): آزمون تحلیل روند بارش سالانه ایستگاه اهواز و شیب روند آن با استفاده از روشهای آماری ناپارامتری

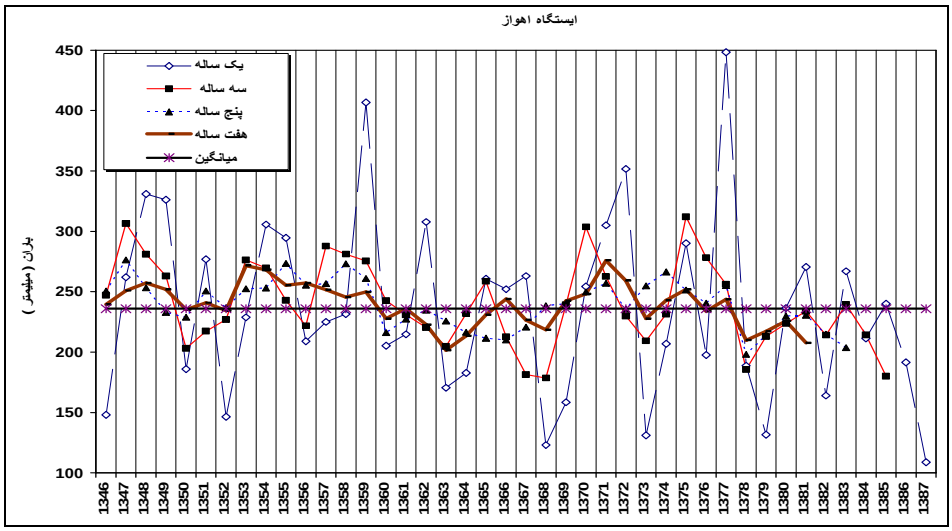
Time series	Mann-Kendall trend		Sen's slope estimate					
	Test Z	Signific	Q	Qmin99	Qmax99	Qmin95	Qmax95	B
اهواز	-1.77	+	-1.62	-4.16	0.74	-3.53	0.25	256.11

در مرحله بعد جهت شناسایی نقاط جهش در سری بارش سالانه ایستگاه و همچنین تشخیص جابجایی در بارش سری از آزمون رتبه ای من کندال استفاده گردید و نتایج آن در قالب نمودارهایی آمده است. نتایج روش رتبه ای نشان داد که در ایستگاه اهواز یک جهش معنی دار در سری بارش سالانه بصورت کاهشی دیده می شود که آغاز جهش برای سری در سال ۱۳۶۹ آغاز شده است. نمودارهای رتبه ای من کندال در شکل‌های ۱ آمده است.



شکل(۱):جهش و تغییر ناگهانی در بارش سالانه ایستگاه اهواز

در بخش دوم تحلیل روند از میانگین متحرک در بازه های یک ساله، سه، پنج و هفت ساله برای تعیین و تحلیل روند استفاده می گردد. نمودارهای میانگین متحرک در شکل ۲ آمده است. همانطور که از نمودار نیز پیداست با توجه به منحنی ۷ ساله در ایستگاه اهواز در دو دهه گذشته یک روند منفی و کاهشی در سری بارش دیده می شود. با بررسی بازه های مختلف در میانگین متحرک در ایستگاه اهواز هیچگونه چرخه معنی داری در سری بارش سالانه مشاهده نمی گردد و هیچ الگوی چرخه ای خاصی برای آن نمی توان انتظار داشت.



شکل (۲) : میانگین متحرک بارش سالانه ایستگاه اهواز

مدلسازی بارش ایستگاه اهواز

جهت انتخاب نوع مدل روند، سری های زمانی بارش سالانه ایستگاه با آزمون لایلی فورس سنجش گردیده و نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است . ایستگاه اهواز آماره آزمون لایلی فورس (L) بزرگتر از ارزش های بحرانی جدول(L_C) بوده و فرض نرمالی سری های زمانی تایید می گردد. در طرف دیگر، ارزش های P در ایستگاه کوچکتر از ۰/۰۵ نبوده و بنابر این معنی داری بهنجاری تایید می گردد.بنابراین، با تأیید بهنجاری سری های زمانی استفاده از آز مون های پارامتری برای تشخیص روند ممکن می گردد.

جدول(۲): آزمون بهنجاری سری‌های زمانی بارش سالانه ایستگاه مورد مطالعه

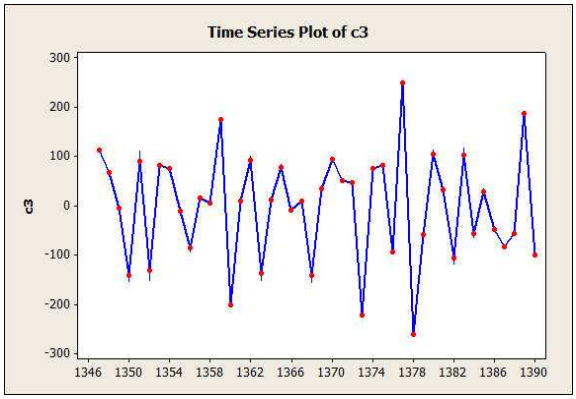
ردیف	ایستگاه	L_C	L	P	H
۱	اهواز	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۳	۰

بررسی استقلال سری های زمانی با استفاده از آزمون پارامتریک لجانگ باکس انجام گرفته است .آزمون فوق جزء آزمون های خودهمبستگی بشمار می آید .آماره های آزمون لجانگ- باکس در جدول 3 نشان داده شده است.

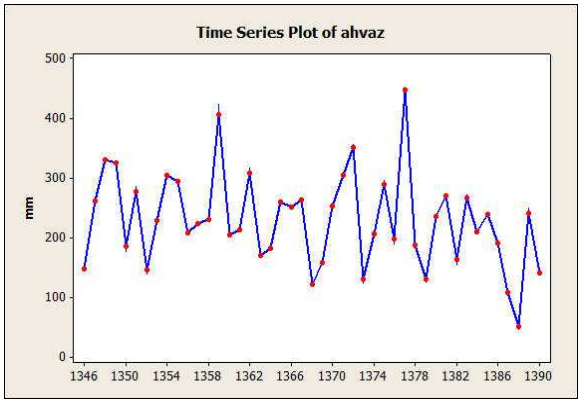
جدول(۳): آزمون استقلال سری های زمانی بارش سالانه ایستگاه با استفاده از آزمون لجانگ باکس

ردیف	ایستگاه	CV	Qstat	P	H
۱	اهواز	۱۴/۳	۸/۳	۰/۰۸	۰
		۲۸/۷	۱۴/۴	۰/۱۵	۰

پس از آزمون بهنجاری سری ها نمودار سری زمانی بارش سالانه ایستگاه ترسیم می گردد تا ایستایی یا ناایستایی بررسی گردد. برای ایستایی واریانس علاوه بر نمودار سری زمانی از آزمون بارتلت استفاده گردیده است. در گام بعد هر گونه ناایستایی سری با استفاده از تفاضل گیری مرتبه یک سبب حذف روند فصلی از سری زمانی گردیده است. نمودارهای سری زمانی(سمت راست) و نمودار های تفاضل گیری شده(سمت چپ) برای ایستگاه اهواز درشکل۳و۴ آمده است.

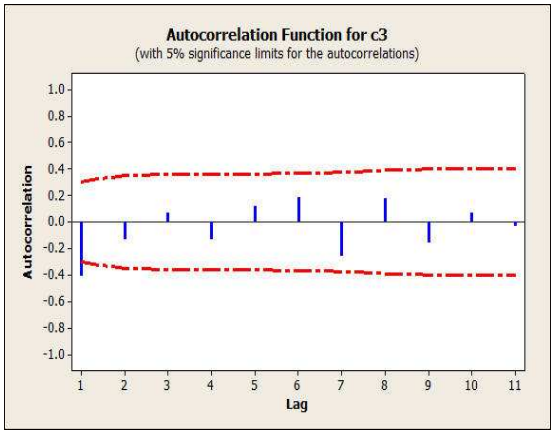


شکل(۳): سری زمانی بارش سالانه ایستگاه اهواز

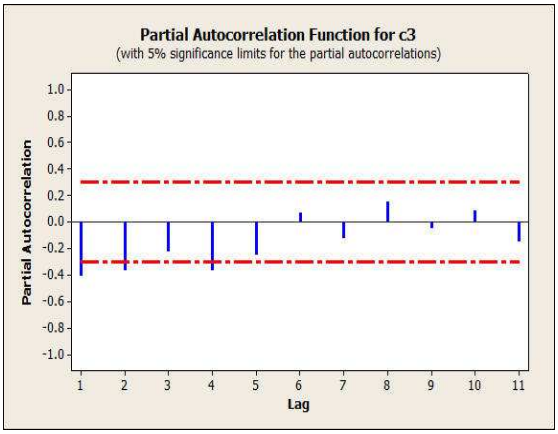


شکل (۴) :سری تفاضل گیری شده بارش سالانه اهواز با مرتبه

در اولین مرحله از فرایند مدلسازی، مدل اولیه تشخیص داده می شود .ابراز تشخیص مدل اولیه، نمودار خودهمبستگی و خودهمبستگی جزیی می باشد .بنابراین نمودارها ی ACF و PACF سری ها رسم می گردد تا مولد اولیه مولد داده ها تشخیص گردد. پس از تشخیص اولیه الگوی مولد داده ها، پارامترهای آن شناسایی گردیده و در نهایت مناسبت مدل ارزیابی می گردد. نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزیی برای ایستگاه در شکل ۵ و۶آمده است.



شکل(۵): نمودار PACF سری زمانی بارش



شکل(۶):نمودار ACFسری زمانی بارش اهواز

مدل اولیه با استفاده از نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزیی سری تفاضل گیری شده تشخیص و برازش داده شده است. پارامترهای الگوی برازش د اده شده نیز با روش درست نمائی ماکزیمم برآورد گردیده است .در نهایت، مناسبت الگوی برازش داده شده نیز با روش تجزیه و تحلیل مانده ها بررسی گردیده و مدل نهایی مبنای پیش بینی رفتار آتی سری قرار گرفته است. نتایج فرایند مدلسازی سری بارش سالانه ایستگاه مورد مطالعه با استراتژی باکس و جنکیز در جدول ۴ آمده است.

جدول(۴): نتایج فرایند مدلسازی سری بارش سالانه ایستگاه مورد مطالعه با استراتژی باکس و جنکیز

ایستگاه	آزمون ایستایی		ابراز تشخیص مدل آزمایشی		نوع مدل آزمایشی	روش برآورد پارامترهای مدل
اهواز	میانگین	واریانس	ACF	PACF	ARIMA(1,1,3)	Maximum Likelihood
	Diff-1	*				

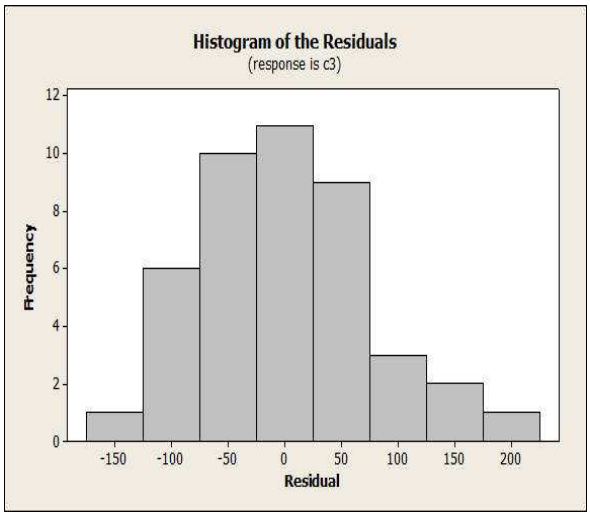
در مرحله بعد مدل های بدست آمده را برای سری باید برازش دهیم ولی ابتدا در مورد وجود یا عدم وجود روند قطعی در مدل تصمیم گیری کرد.برای این کار ابتدا مدل را با جمله ثابت برازش می دهیم و سپس با توجه به آماره t و p- value در مورد حضور یا عدم حضور جمله ثابت در مدل تصمیم میگیریم. با توجه به پارامترهای مدل برازش شده به سری زمانی، مشاهده می گردد که آماره t کمتر از۲ بوده و نیازی به لحاظ کردن جمله ثابت در مدل نیست. مقدارp- value نیز بیش از ۰/۰۵ می باشد. بنابراین فرضیه صفر را نمی‌توان ردکرد و به معنی عدم وجود روند قطعی در مدل می باشد. در گام بعد بر روی پارامترهای مدل قضاوت می شود. در این گام چنانچه مقدارp- value در هر یک از اجزای مدل برازش داده شده بیش از ۰/۰۵ باشد باید یک مرتبه از آن را کاهش داد و دوباره مدل ها را با مرتبه های جدید برازش داد. همانطور که در جدول زیر مشاهده می گردد میزان p- value در مدل کمتر از ۰/۰۵ می باشد.

جدول(۵): پارامترهای مدل برازش شده به سری زمانی

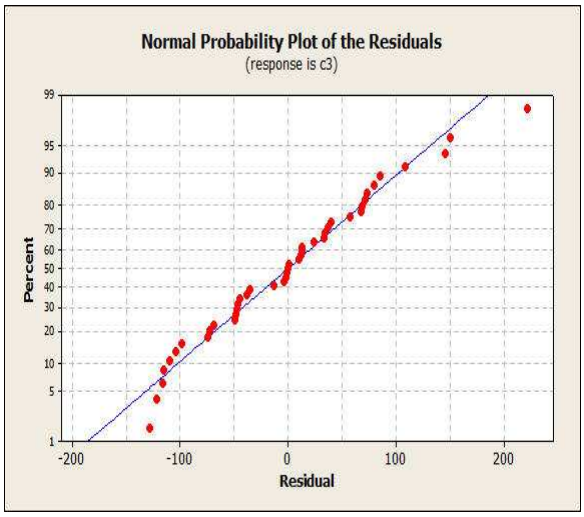
ایستگاه اهواز

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	-1.0019	0.0207	-48.36	0.000
MA	1	0.8384	0.1951	4.30	0.000
MA	2	0.9475	0.0979	9.68	0.000
MA	3	-0.8104	0.1279	-6.34	0.000
Constant		-0.4136	0.7792	-0.53	0.599

در مرحله بعد باید به بررسی مناسبت مدل های برازش داده شده و برازش جامع آن‌ها پرداخت. برای اینکار همانطور که ذکر گردید از دو روش مکمل یکدیگر استفاده می گردد. در این پژوهش از تجزیه و تحلیل باقیمانده های مدل که رایج تر است، استفاده می گردد. این تجزیه و تحلیل به کمک نمودارهای مربوط به باقیمانده ها و همچنین آزمون پرت مونتو انجام می‌گیرد. برای بررسی فرض نرمال بودن باقیمانده های مدل نمودار احتمال نرمال باقیمانده ها و نمودار هیستوگرام باقیمانده ها ترسیم گردید. در نمودار احتمال نرمال، نقاط در امتداد خط قطری گسترده شده اند که تطابق این دو بیانگر توزیع نرمال می باشد. نمودار هیستوگرام نیز با توزیع ستونی مقادیر توزیع نرمال داده ها را نشان می دهد.

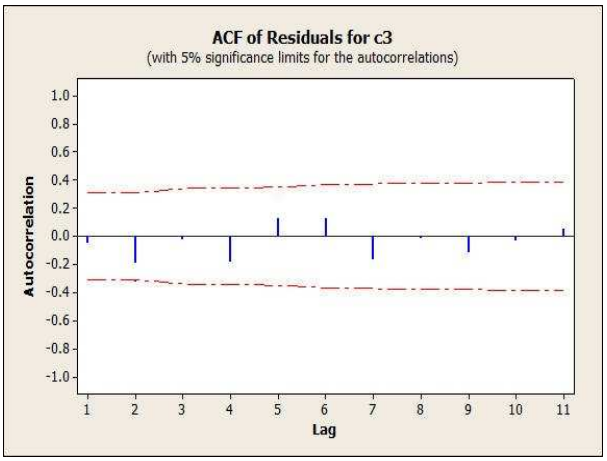


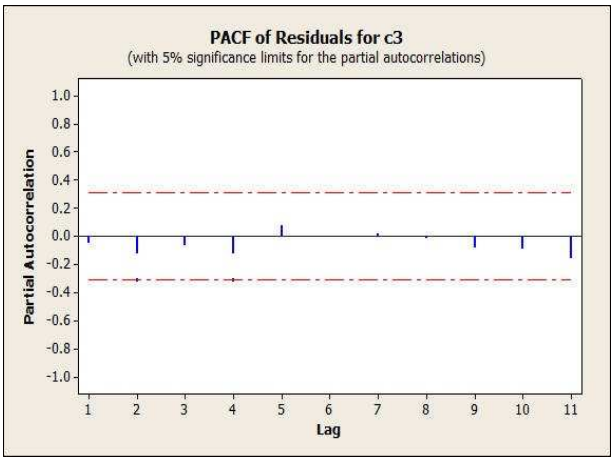
شکل(۷):هیستوگرام باقیمانده های مدل برازش شده



شکل(۸): احتمال نرمال باقیمانده های مدل برازش شده اهواز

برای بررسی فرض استقلال باقیمانده ها نیز نمودارACF وPACF باقیمانده ها ترسیم گردید. با نگاهی به نمودارها مشاهده می گردد که هیچ یک از خود همبستگی ها معنی دار نیستند که این خود به معنی ناهمبسته بودن و تصادفی بودن باقیمانده هاست. اگر مدل برازش داده شده مناسب باشد، انتظار می رود نمودار باقیمانده ها در برابر زمان در اطراف سطح افقی صفر پراکندگی مستطیلی بدون روندی رانشان دهد. چنانچه رفتار این نمودار شبیه رفتار یک فرایند تصادفی محض با میانگین صفر و واریانس ثابت باشد، آنگاه می توان مدل برازش داده شده را تایید نمود. با توجه به نمودارهای ترسیم شده در مدل صحت مدل برازش داده شده تایید می گردد.





شکل(۹): نمودار ACFباقیمانده ها سری بارش اهواز

شکل(۱۰): نمودار PACFباقیمانده ها سری بارش اهواز

روش دیگر و رسمی تر برای بررسی مناسبت مدل که بر مبنای خودهمبستگی های باقیمانده ها می باشد آزمون پرت-مانتو می باشد که نتایج محاسبات در جدول زیر آمده است. همانطور که مشاهده میگردد مقدار$p - value$ برای تاخیر بیش از ۰/۰۵ می باشد.

جدول (۶): آزمون پرت-مانتو بر مبنای خود همبستگی های باقیمانده ایستگاه اهواز

ایستگاه اهواز

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	14.0	27.5	35.9	*
DF	7	19	31	*
P-Value	0.552	0.694	0.648	*

پس از شناسایی مدل آزمایشی و پس از اینکه مناسبت مدل آزمون گردید اقدام به برآورد و پیش بینی ده سال آینده سری گردید.

جدول (۶):. پیش بینی بارش سالانه ایستگاه مورد مطالعه در دوره آتی

ایستگاه / سال	اهواز
1391	233.4
1392	408.7
1393	207.3
1394	216.7
1395	309.8
1396	172.4
1397	184.7
1398	262.8
1399	254.1
1400	264.9

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

نتایج روش رتبه ای نشان داد که در ایستگاه اهواز یک جهش معنی دار در سری بارش سالانه بصورت کاهشی دیده می شود که آغاز جهش برای سری در سال ۱۳۶۹ آغاز شده است. در روش دوم از میانگین متحرک به دو منظور استفاده گردید. ابتدا تحلیل روند در سری بارش سالانه ایستگاهها با استفاده از روش میانگین متحرک آزمون گردید. نتایج تحلیل روند نشان داد که در ایستگاه اهواز یک روند کاهشی در سری بارش دیده می شود. در مرحله بعد جهت شناسایی چر خه های معنی دار در سری بارش سالانه از میانگین متحرک در بازه های زمانی مختلف استفاده گردید. نتایج نشان داد که با بررسی بازه های مختلف در میانگین متحرک در ایستگاه اهواز هیچگونه چرخه معنی داری در سری بارش سالانه مشاهده نمی گردد و هیچ الگوی چرخه ای خاصی برای آن نمی توان انتظار داشت.

پس از بررسی تحلیل روند و شناسایی چر خه های معنی دار بارش اقدام به مدلسازی سری سالانه بارش درایستگاه به روش باکس-جنکینز گردید. جهت انتخاب نوع مدل روند، بهنجاری سری های زمانی بارش سالانه ایستگاه با آزمون لایلی فورس سنجش گردید. در ایستگاه اهواز آماره آزمون لایلی فورس (L) بزرگتر از ارزش های بحرانی جدول(LC) بوده و فرض نرمالی سری های زمانی تایید می گردد. در طرف دیگر، ارزش های P در ایستگاه کوچکتر از ۰/۰۵ نبوده و بنابراین معنی داری بهنجاری تایید می گردد. پس از آزمون بهنجاری سری ها نمودار سری زمانی بارش سالانه ایستگاه ترسیم می گردد تا ایستایی یا ناایستایی بررسی گردد. برای ایستایی واریانس علاوه بر نمودار سری زمانی از آزمون بارتلت استفاده گردیده است. در گام بعد هر گونه ناایستایی سری با استفاده از تفاضل گیری مرتبه یک سبب حذف روند فصلی از سری زمانی گردیده است. در اولین

مرحله از فرایند مدلسازی، مدل اولیه تشخیص داده می شود. ابراز تشخیص مدل اولیه، نمودار خودهمبستگی و خودهمبستگی جزیی می باشد. بنابراین نمودارهای ACF و PACF سری ها رسم می گردد تا مولد اولیه مولد داده ها تشخیص گردد. پس از تشخیص اولیه الگوی مولد داده ها، پارامترهای آن شناسایی گردیده و در نهایت مناسبت مدل ارزیابی گردید. مدل اولیه با استفاده از نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزیی سری تفاضل گیری شده تشخیص و برازش داده شده است. پارامترهای الگوی برازش د اده شده نیز با روش درستنمائی ماکزیمم برآورد گردیده است .در نهایت، مناسبت الگوی برازش داده شده نیز با روش تجزیه و تحلیل مانده ها بررسی گردیده و مدل نهایی مبنای پیش بینی رفتار آتی سری قرار گرفت. نکته جالب در مدل برازش داده شده این بود که ایستگاه اهواز از طریق مدل(3,1,1) مدلسازی گردید. این نکته جالب به این معنی است که در ایستگاه اهواز با مدل مشترک خودهمبستگی بارش در سری سالانه مشابهت فراوانی دارد.در مرحله بعد مدل های بدست آمده برای سری باید برازش داد ولی ابتدا در مورد وجود یا عدم وجود روند قطعی در مدل تصمیم گیری کرد. برای این کار ابتدا مدل با جمله ثابت برازش داده شد و سپس با توجه به آماره t و p-value در مورد حضور یا عدم حضور جمله ثابت در مدل تصمیم گرفته شد. با توجه به پارامترهای مدل برازش شده به سری زمانی، مشاهده گردید که آماره t کمتر از۲ بوده و نیازی به لحاظ کردن جمله ثابت در مدل نیست. مقدار p-value نیز بیش از ۰/۰۵ می باشد. در گام بعد بر روی پارامترهای مدل قضاوت می شود. در این گام چنانچه مقدار p-value در هر یک از اجزای مدل برازش داده شده بیش از ۰/۰۵ باشد باید یک مرتبه از آن را کاهش داد و دوباره مدل ها را با مرتبه های جدید برازش داد. در روش بعد با استفاده از آزمون پرتمونتو و همچنین نمودار باقیمانده های مدل به بررسی مناسبت مدلهای بکار گرفته شده اقدام گردید که در نهایت همه مناسبت مدلهای بکارگرفته شده برای مدلسازی بارش در ایستگاه اهواز را تایید کردند. همچنین نتایج تحلیل روند به روشهای مختلف نشان داد در سری بارش سالانه ایستگاه اهواز یک روند کاهشی منفی دیده می شود .

پیشنهادات

۱- یک پایگاه داده ای از داده های اقلیمی استان در سازمانهای زیربط ایجاد شده و با استفاده از اصول آماری یک کنترل کیفی بر روی آنها انجام گیرد.
۲- حداقل دوره آماری برای مطالعات تغییرات عناصر اقلیمی ۳۰ سال در نظر گرفته شود.
۳- برای بررسی میزان تغییر اقلیم هر دو مبحث تغییر میانگین و تغییر سالانه سری بررسی گردد تا میزان تغییرات بخوبی آشکار گردد.

نتایج بررسی حاضر می تواند به طور مستقیم و غیر مستقیم در تمامی بخش هایی که به نحوی با اقلیم سروکار دارند و یا اقلیم بخشی از تصمیمات آنها را تحت تأثیر قرار می دهد، مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

با تشکر از سازمان آب و برق خوزستان واحد آب معاونت مطالعات پایه و منابع آب و دفتر تحقیقات واستانداردهای شبکه های ابیاری و زهکشی .

منابع

۱- بداق جمالی، ج.جوانمرد، س. و شیر محمدی، ر.۱۳۸۱. پایش و پهنه بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان با استفاده از نمایه استاندارد شده بارش، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۷،۴-۲۴.

۲- علیزاده، امین، (۱۳۸۱). اصول هیدرولوژی کاربردی،چاپ ششم، انتشارات آستان قدس رضوی.

۳- کارآموز، محمد، ۱۳۸۶، مدیریت جامع خشکسالی در حوزه های آبریز، دانشکده فنی مهندسی تهران.

۴- فرج زاده، منوچهر(1374) ، تحلیل و پیش بینی خشکسالی در ایران، رساله دکترای اقلیم شناسی، دانشکده علوم انسانی،دانشگاه تربیت مدرس.

۵- مسعودیان، سید ابوالفضل، ۱۳۷۷، بررسی نظام تغییرات زمانی مکانی بارش در ایران، پایان نامه دوره دکتری، دانشگاه اصفهان

۶- کاویانی، محمدرضا، (۱۳۷۴). توربین های بادی و ارزیابی پتانسیل انرژی باد در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال دهم، شماره ۳۶.

۷- فرجزاده اصل، منوچهر، (۱۳۷۴)، «تحلیل و پیش‌بینی خشکسالی در ایران»، رساله‌ی دکتری دانشگاه تربیت مدرس.

۸- خوش‌اخلاق، فرامرز، (۱۳۷۷)، «تحقیق در خشکسالی‌های فراگیر ایران با استفاده از تحلیل سینوپتیکی»، رساله‌ی دکتری، دانشگاه تبریز.

۹- شکیبا، علیرضا، ۱۳۸۸، تحلیل روند تغییرات دمایی شهرستان اهواز بر اساس شاخص های حدی، فصل نامه چشم انداز جغرافیایی، سال چهارم، شماره هشتم.

10- ۹-Alijani, B. (2005). Analyses and Prediction of precipitation in Iarestan region using Markov

11- chain models. The Iranian Journal of Research in Geography (Quarterly), 7 (2):11-34

12- ۱۰- Bakker, E.J. 1992. Rainfall and risk in India’s agriculture. An ex-ante evaluaton of rainfall insurance. Groningen Theses in Economics, Management and Organization. Wolters-Noordhoff, Groningen.

13- ۱۱-Boogaard, H.L., Van Diepen, C.A., Rotter, R.P., Cabrera, J.M.C.A., and Van Laar, H.H. 1998. User’s guide for the OFOST 7.1 crop