

مدل سازی و پیش بینی بارش ماهانه با استفاده از مدل های سری زمانی در ایستگاه

سینوپتیک مهرآباد تهران

عبدالرسول زارعی*

*-دانشیار، گروه مهندسی مرتع و آب‌خیزداری (مهندسی طبیعت)، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا، شهر فسا، ایران. (نویسنده

مسئول) *Email: Ar_Zareiee@fasau.ac.ir*

چکیده

بارش یکی از عناصر اقلیمی بسیار موثر بر زندگی بشر می باشد. بنابراین پیش‌بینی نزولات جوی به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای کمی برای هر منطقه در راستای کمک به مدیریت درست منابع آب مهم است. در این مطالعه با استفاده از داده‌های ۶۳ ساله (۱۹۵۱-۲۰۱۴) ایستگاه تهران و همچنین مدل های سری زمانی اقدام به مدل سازی و پیش بینی بارش در نرم افزار ITSM گردید. بر اساس نتایج بدست آمده از نمودار های خود همبستگی و خود همبستگی جزئی بهترین مدل فیت شده بر داده‌ها مدل $MA(13,1)$ بر گرفته از روش Innovations بود. نتایج نشان داد که نمودار خود همبستگی باقیمانده ها برای این مدل حاکی از ناهمبسته بودن باقیمانده ها است. بر این اساس ضرایب $Z_{(t-1)}$ جز در تاخیر های ۱، ۱۲ و ۱۳ معنی دار نیستند که در مدل صفر در نظر گرفته شدند. همچنین P-value آماره آزمون Ljung-Box در تاخیر های مختلف بزرگتر از سطح معنی داری ۰/۰۵ بود که حاکی از ناهمبسته بودن باقیمانده ها است. در نهایت بر اساس الگوی برازش شده مقدار بارش ایستگاه تهران تا سال ۲۰۲۰ پیش بینی شد.

واژه‌های کلیدی: بارندگی، مدل های سری زمانی، تهران، پیش بینی، مدل سازی

مقدمه

یکی از روش هایی که در پیش بینی های زمانی مورد استفاده قرار می گیرد، سری زمانی است. یک سری زمانی مجموعه مشاهداتی است که بر اساس زمان و در فواصل مساوی از آن مرتب شده باشند، سری های زمانی به لحاظ نوع متغیرها می توانند به دو صورت پیوسته و گسسته باشند (Mehdizadeh, 2020; Le et al. 2020; Zarei et al., 2020; Zarei and Moghimi, 2019a; Zarei and Moghimi, 2019b). از طرفی پیش بینی بارش در هر ماه یا هر سال و برای هر منطقه به عنوان یکی از مهمترین پارامترهای جوی و منبع اصلی تامین کننده آبهای سطحی و زیرزمینی برای برنامه ریزی در امورات مختلف زندگی اجتماعی انسان، از اهمیت ویژه ای در استفاده بهینه از منابع آب برخوردار است. دقت پیش بینی های هیدرولوژی و منابع آب می تواند اطلاعات مفیدی را برای برنامه ریزی، کاربری اراضی و مدیریت منابع آب در دسترس ما قرار دهد. طبیعت ذاتی یک سری زمانی وابسته یا هم بسته بودن مشاهدات آن در طول زمان است، بنابراین ترتیب مشاهدات دارای اهمیت است. وقتی مشاهدات متوالی نامستقل هستند، مقادیر آینده را می توان از مشاهدات گذشته، پیش بینی نمود. اگر یک سری زمانی را بتوان کاملاً پیش بینی کرد آن را ناتصادفی گویند. لیکن بیشتر سری های زمانی تصادفی هستند که در آنها آینده فقط تا حدی به وسیله مقادیر گذشته تعیین می شود. برای سری های تصادفی پیش بینی های کامل غیر ممکن بوده و بایستی این ایده به جای آن قرار گیرد که برای یک توزیع احتمالی پیش بینی مقادیر آینده وابسته به آگاهی از مقادیر گذشته آن است (Höbling et al. 2020). اخیراً پژوهشگران به منظور تحلیل تغییرات پارامترهای اقلیمی تلاش نموده اند تا این پارامترها را الگوسازی و سپس شبیه سازی نمایند (Zarei and Mahmoudi, 2019).

سری های زمانی از دیرباز در منابع علمی جهان دارای کاربردهای زیادی بوده است. از این گونه پژوهش ها و مطالعات می

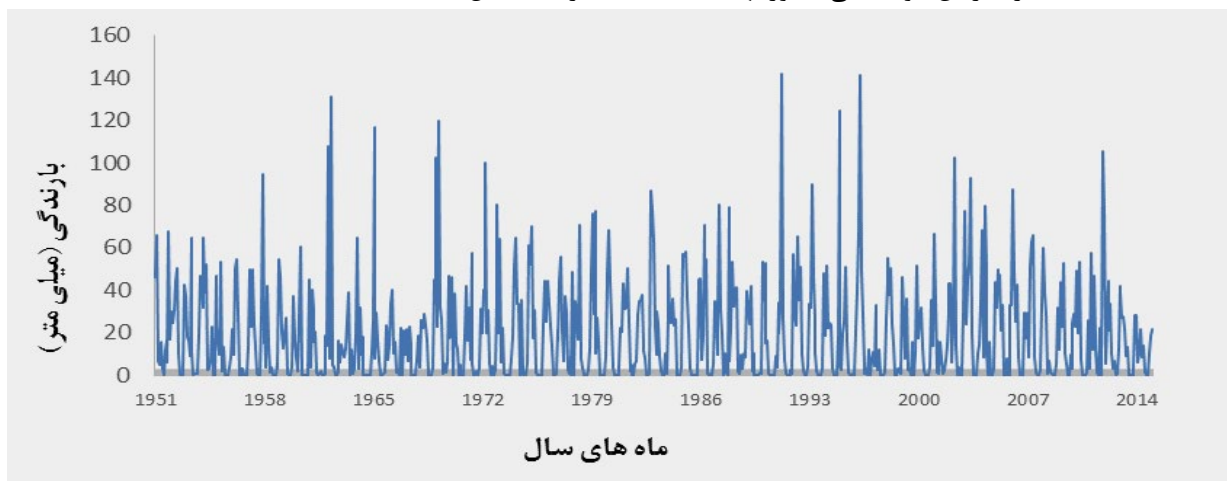
توان به کارهای (Zarei, 2018; Zarei et al. 2016) اشاره نمود. در کشور ایران به لحاظ سابقه کوتاه در بهره گیری از روش های اندازه گیری مستقیم داده های جوی، از این روش ها کمتر استفاده شده است (خردمندنی و عساکره، ۱۳۸۰). جمشیدی (۱۳۸۶) با استفاده از مدل های سری زمانی اقدام به الگو سازی دما و بارش در ایستگاه مهرآباد تهران نمود. رسولی (۲۰۰۲) در پیش بینی دمای ماهانه شهر تبریز از مدل های سری زمانی استفاده نمود. خردمندنی و عساکره در سال ۱۳۸۰ برای پیش بینی درجه حرارت متوسط ماهانه منطقه جاسک از الگوسازی SARIMA استفاده نمودند. احمدی (۱۳۸۴) در تحقیقی مقدار باران سالانه ایستگاه های هواشناسی استان خراسان را با استفاده از سری های زمانی و الگوی SARIMA پیش بینی نمود. میر موسوی و همکاران (۱۳۹۳) به تحلیل الگوهای سری زمانی بارش در ایستگاه هواشناسی خوی پرداختند. نتایج بررسی آنها نشان داد که از میان سه الگوی برازش داده شده، الگوی (۱، ۱، ۰) آریما، الگوی برتری برای بارش سالانه می باشد که بر اساس آن تا سال ۲۰۱۵ میلادی با اطمینان ۹۵ درصد، بارش خوی پیش بینی شد. شریفان و همکاران (۱۳۸۶) طی یک الگوسازی که برای چهار ایستگاه فاضل آباد، گرگان، مراوه تپه و ترشکلی در استان گلستان انجام دادند به این نتیجه رسیدند که برای پیش بینی بارندگی ماهانه استان گلستان الگوی SARIMA الگوی مناسبی است. کمالی و همکاران (۲۰۰۶) از طریق الگوسازی سری زمانی به روش باکس و جنکینس جریان ماهانه ورودی به سد شهید عباسپور را پیش بینی نمودند. جهاننیده و شیروانی (۱۳۹۰) جهت پیش بینی خشکسالی در استان فارس الگوی ARIMA را برای سری های زمانی شاخص SPI دوازده ماهه مناسب تشخیص دادند.

با توجه به موارد فوق الذکر هدف تحقیق حاضر را می توان بررسی و تعیین بهترین مدل سری زمانی قابل برازش بر داده های بارندگی ماهانه ایستگاه تهران و به دنبال آن استفاده از مدل تعیین شده جهت پیش بینی بارش در این ایستگاه بیان نمود. در این راستا از داده های بارندگی ماهانه ایستگاه تهران استفاده شد.

مواد و روش ها

ایستگاه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، ایستگاه سینوپتیک مهرآباد تهران با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی می باشد. متوسط بارندگی سالانه این ایستگاه ۲۳۱/۲ میلی متر و متوسط دمای سالانه آن ۱۸/۲۵ درجه سانتی گراد می باشد. این ایستگاه دارای ارتفاع ۱۱۹۰/۸ متر از سطح دریا می باشد. بر اساس شاخص دمارتن اقلیم این ایستگاه خشک معتدل می باشد. در این مطالعه از آمار بارندگی ماهانه این ایستگاه به مدت ۶۵ سال (از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۴) که از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد استفاده گردید (شکل ۱).



شکل ۱- بارندگی ماهانه ایستگاه تهران

کنترل کیفی داده ها

به منظور کنترل کیفی داده ها اقدام به بررسی نرمال بودن داده ها، همگنی داده ها، تصادفی بودن داده ها و همچنین بررسی وجود داده ها پرت شد. لازم به ذکر است که در این راستا کلیه محاسبات و بررسی ها به کمک بسته های نرم افزاری lawstat و mannkendal انجام شد.

مانا کردن داده ها و تبدیل سری آنها به سری خوش فرم

در تحقیق حاضر نامانایی در واریانس داده ها را با استفاده از تبدیل توانی باکس-کاکس (معادله ۱) و نامانایی در میانگین داده ها با استفاده از تفاضلی کردن داده ها برطرف شد. جهت انجام موارد مذکور از نرم افزار ITSM استفاده شد.

$$T(Z_i) = Z_i^\lambda = \frac{Z_i^\lambda - 1}{\lambda} \quad (1)$$

که در آن Z_i مقدار اولیه در زمان t ، λ پارامتر تبدیل و Z_i^λ مقدار تبدیل یافته می باشد. تبدیل باکس-کاکس برای رفع نامانایی در واریانس نیاز به وجود اطلاعات غیر صفر دارد. این در حالی است که بارندگی ماهیانه در بسیار از مواقع صفر می باشد، در راستای حل این مشکل می توان عدد ثابتی را به کل داده ها اضافه نمود (Marie et al. 2021). در این بررسی اقدام به اضافه نمودن عدد ثابت به کل داده ها در جهت حل این مشکل شده است. لازم به ذکر است که اضافه نمودن این مقدار ثابت و مثبت به همه عناصر سری، در واریانس بی تاثیر است. در نهایت بعد از الگوسازی و پیش بینی، مقادیر به مقیاس اصلی برمی گردند.

مرحله بعد اقدام به تعیین مؤلفه روند در سری زمانی و همچنین حذف آن در جهت ایستا کردن داده ها شد. جهت تعیین مؤلفه روند، یک خط را بر داده ها برازش می دهیم، شیب این خط برابر با مؤلفه روند می باشد. بدیهی است در صورتی که شیب این خط صفر باشد و خط افقی باشد، داده ها فاقد مؤلفه روند بوده و ایستا می باشند. در این راستا به کمک نرم افزار ITSM اقدام به اعمال یک بار Difference بر داده ها شد. سپس با توجه به ماهانه بودن داده ها اقدام به حذف اثر تناوب کردید. به این ترتیب داده ها به صورت سری خوش فرم درآمده و آماده استفاده جهت مدل سازی و همچنین پیش بینی داده ها شدند.

شناسایی نوع و مرتبه مدل

برای تعیین و شناسایی نوع و مرتبه مدل از توابع خود همبستگی و خود همبستگی جزئی و به ترتیب نمودارهای ACF و PACF استفاده شد. تابع خود همبستگی (ACF) با تأخیر k به عنوان تابعی برای بیان وابستگی زمانی در ساختار یک سری زمانی به شرح زیر می باشد:

$$\rho_k = \frac{\sum_{i=1}^{n-k} (Z_i - \bar{Z})(Z_{i+k} - \bar{Z})}{\sum_{i=1}^n (Z_i - \bar{Z})^2} \quad (2)$$

که در آن ρ_k مقدار تابع خودهمبستگی سری زمانی با تأخیر k ، Z_i و Z_{i+k} مقادیر متغیرها یا داده های سری زمانی در مرحله زمانی i و مرحله با تأخیر زمانی k و \bar{Z} مقدار میانگین مربوط به متغیرها می باشد.

روش دیگر برای عنوان نمودن وابستگی زمانی در ساختار یک سری زمانی، تعریف تابع خودهمبستگی جزئی است. اگر ϕ_k تابع خودهمبستگی جزئی سری زمانی با تأخیر k باشد رابطه تابع خودهمبستگی جزئی (PACF) عبارت است از:

$$\phi_k(K) = \frac{\rho_k - \sum_{i=1}^{k-1} \phi_i(k-1)\rho_{k-i}}{1 - \sum_{i=1}^{k-1} \phi_i(k-1)\rho_i} \quad (3)$$

که در آن ϕ_k مقدار تابع خودهمبستگی جزئی سری زمانی با تأخیر k می باشد.

بررسی نوع مدل ها

به طور کلی ۳ مدل با مرتبه های مختلف می توانند بر داده ها برازش داده شوند که در آزمون های انتخاب مدل مورد بررسی قرار گرفتند :

مدل (Auto Regressive) AR

این مدل بر روی جملات خود رگرسیون گیری را اعمال می کند، البته این رگرسیون گیری روی مقادیر گذشته Z_t انجام می گیرد. ساختار اصلی آن مدل با مرتبه P عبارت است از:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t \quad (4)$$

که در آن $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ ضرایب و پارامترهای مدل AR و a_t مقدار تصادفی و مستقل از زمان باقیمانده است که از توزیع نرمال با میانگین صفر تبعیت می کند.

مدل (Moving Average) MA

ساختار اصلی این مدل با مرتبه q عبارت است از:

$$Z_t = \theta_1 a_{t-1} + \theta_2 a_{t-2} + \dots + \theta_q a_{t-q} + a_t \quad (5)$$

که در آن $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p$ ضرایب و پارامترهای مدل MA و a_t مقدار تصادفی و مستقل از زمان باقیمانده است که از توزیع نرمال با میانگین صفر تبعیت می کند.

مدل (Auto Regressive-Moving Average) ARMA

این مدل از ترکیب نمودن مدل های AR با مرتبه P و مدل MA با مرتبه q ایجاد می شود و به صورت مدل ARMA با مرتبه (p, q) ارائه می گردد. ساختار لی این مدل عبارت است از :

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t + \theta_1 a_{t-1} + \theta_2 a_{t-2} + \dots + \theta_q a_{t-q} \quad (6)$$

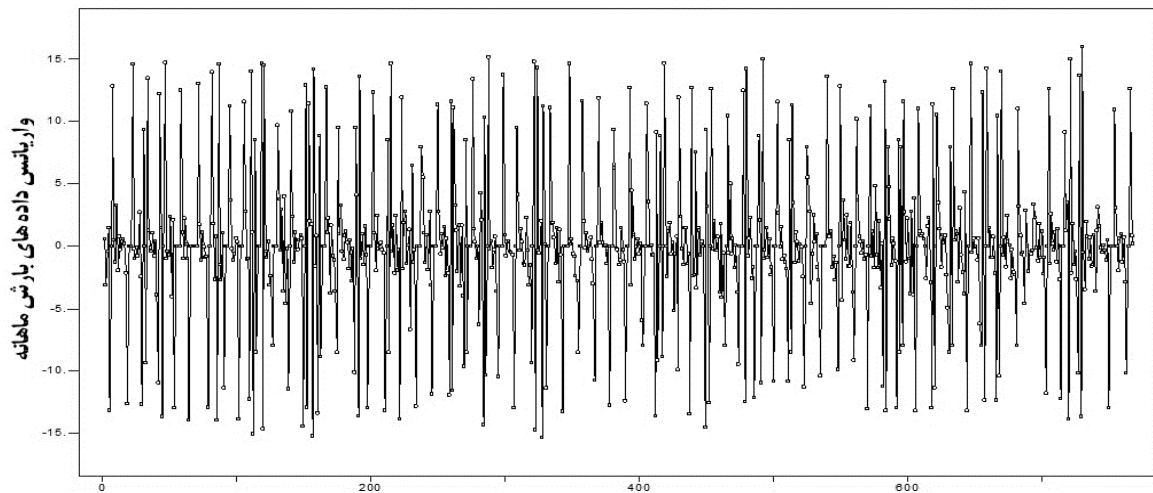
که در آن $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p$ ضرایب و پارامترهای مدل MA ، $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ ضرایب و پارامترهای مدل AR و a_t مقدار تصادفی و مستقل از زمان باقیمانده است که از توزیع نرمال با میانگین صفر تبعیت می کند.

انتخاب مدل مناسب بر اساس آزمون AICC و انجام پیش بینی

در این مرحله بر اساس شاخص آکائیکی (AICC) در مدل های مختلف، بهترین مدل با بهترین فیت شدگی بر روی داده ها انتخاب و مدل سری زمانی بر آن فیت شد. لازم به ذکر است هرچه مقدار شاخص آکائیکی کمتر باشد مدل فیت شدگی بیشتری دارد. سپس با استفاده از مدل ARAR اقدام به پیش بینی داده های بارش برای ۷۰ ماه آینده در ایستگاه مورد بررسی شد. به منظور بررسی صحت پیش بینی، اقدام به حذف داده ای ۵۰ ماه اخیر در ایستگاه مورد بررسی و پیش بینی آنها با استفاده از مدل شد. حال از مقایسه مقادیر پیش بینی شده با مقادیر واقعی سطح اطمینان پیش بینی صورت گرفته توسط مدل، بررسی گردید.

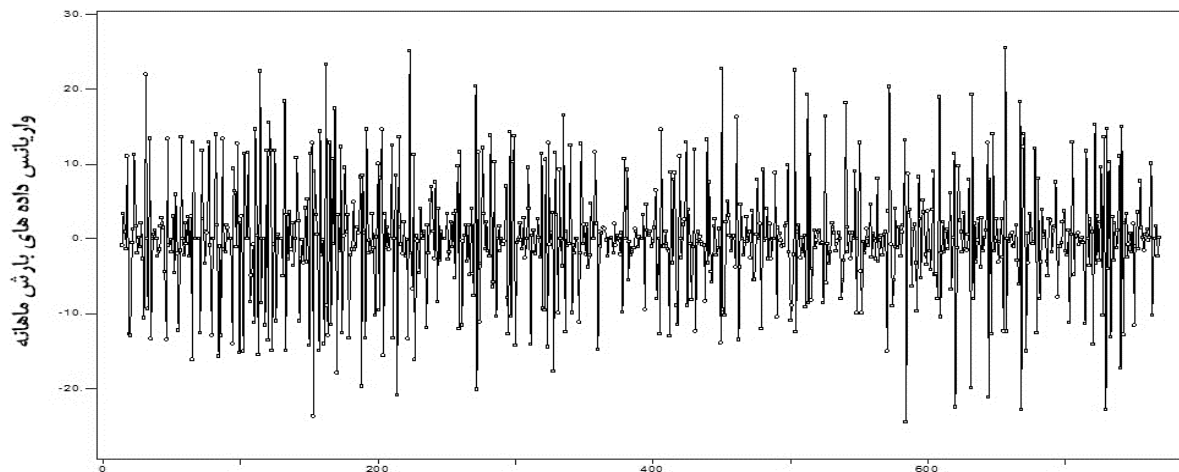
نتایج

در تحقیق حاضر به منظور حذف نامانایی در واریانس داده ها از تبدیل توانی باکس-کاکس استفاده شده که شکل کلی سری داده ها پس از اعمال تبدیل توانی در شکل ۲ ارائه شده است. در مرحله بعد به منظور حذف روند در داده ها از عملگر تفاضلی استفاده شد و به اندازه k برابر با ۱ بار از داده ها نابلا گرفته شد. در انتها به منظور خوش فرم کردن سری داده ها اقدام به حذف تناوب در داده ها شد، داده های مورد بررسی به دلیل ماهانه بودن دارای تناوب ۱۲ بودند. شکل سری داده ها پس از حذف تناوب و تبدیل سری به سری خوش فرم در شکل ۳ ارائه شده است.



ماه های سال (شروع از ژانویه ۱۹۵۱ تا دسامبر ۲۰۱۴)

شکل ۲- سری داد های بارش ماهانه پس از تبدیل توانی باکس- کاکس



ماه های سال (شروع از ژانویه ۱۹۵۱ تا دسامبر ۲۰۱۴)

شکل ۳- سری داد های بارش ماهانه پس از حذف تناوب

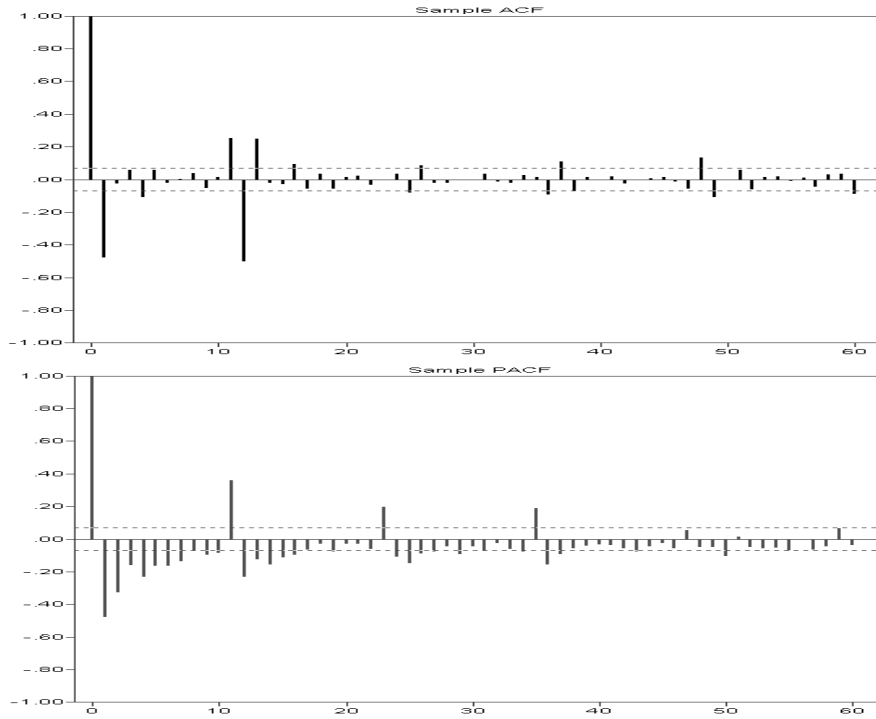
در ادامه به منظور مشخص نمودن مرتبه p و q در مدل های AR ، MA ، $ARMA$ و از نمودار های خود همبستگی (ACF) و خود همبستگی جزئی $(PACF)$ استفاده شد. به طوری که مقدار مناسب p برابر با ۱۳ و مقدار مناسب q برابر با ۲۶ تعیین شد (شکل ۴).



چهارمین کنفرانس ملی حفاظت خاک و آبخیزداری با محوریت گرد و غبار

تهران- پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

۲۸ بهمن ماه ۱۳۹۹



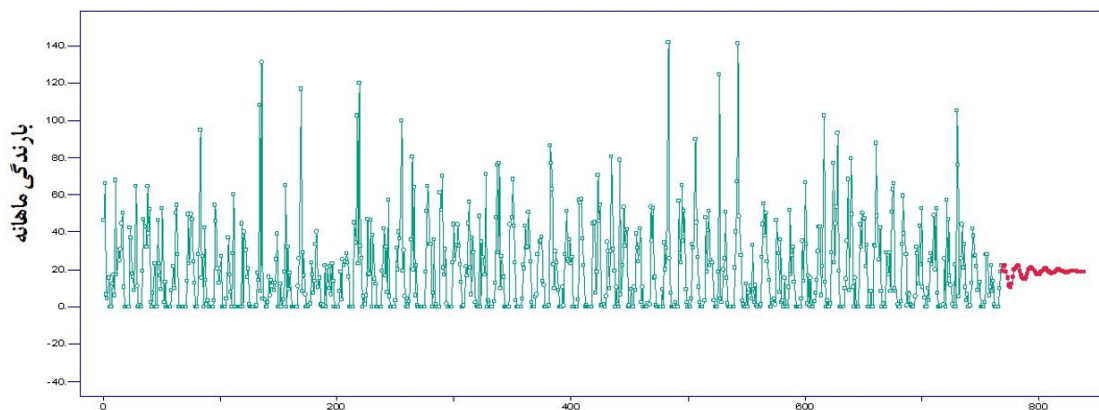
شکل ۴- نمودارهای خود همبستگی (ACF) و خود همبستگی جزئی (PACF) در سری داده ها

در مرحله بعد اقدام به فیت کردن مدل های مختلف بر روی داده ها شد و از بین مدل های مورد بررسی مدل $MA(13,1)$ بر مبنای روش Innovations دارای کمترین مقدار شاخص آکائیگی بود و به عنوان بهترین مدل انتخاب شد (جدول ۱).

جدول ۱- مدل های مختلف فیت شده بر سری داده ها

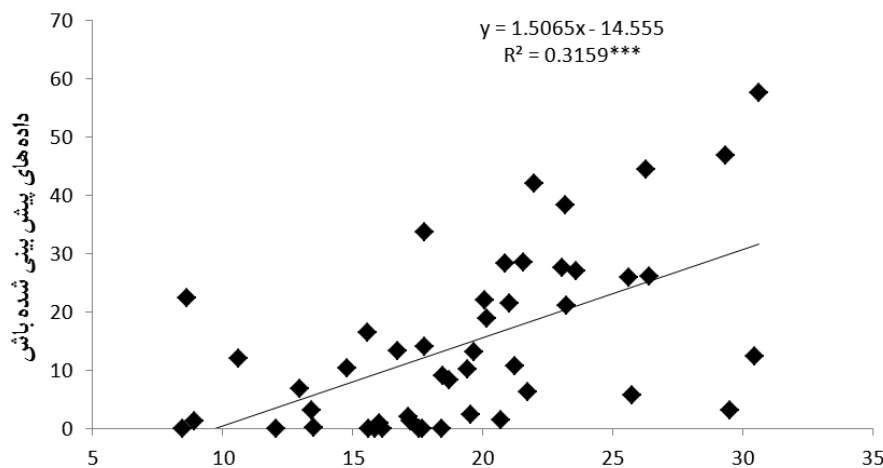
نام مدل	روش	مدل فیت شده	شاخص آکائیگی
MA (13,1)	Hannan-Rissanen	$X(t) = Z(t) - 1.021 Z(t-1) + .05094 Z(t-4) - .9231 Z(t-12) + .9064 Z(t-13)$	0.4388E+04
MA (13,1)	Innovations	$X(t) = Z(t) - 1.023 Z(t-1) - 1.007 Z(t-12) + 1.030 Z(t-13)$	0.4348E+04
AR (26,1)	Yule-Walker	$X(t) = -.8131 X(t-1) - .7071 X(t-2) - .5947 X(t-3) - .5944 X(t-4) - .5002 X(t-5) - .4508 X(t-6) - .3738 X(t-7) - .3304 X(t-8) - .2956 X(t-9) - .2567 X(t-10) - .1573 X(t-11) - .7485 X(t-12) - .5977 X(t-13) - .4805 X(t-14) - .3505 X(t-15) - .2891 X(t-16) - .2227 X(t-17) - .1899 X(t-18) - .1811 X(t-19) - .1468 X(t-20) - .1196 X(t-21) - .09174 X(t-22) - .2582 X(t-24) - .2116 X(t-25) - .08194 X(t-26) + Z(t)$	0.45918E+04
AR (26,1)	Burg	$X(t) = -.8156 X(t-1) - .7096 X(t-2) - .5940 X(t-3) - .5915 X(t-4) - .4979 X(t-5) - .4472 X(t-6) - .3709 X(t-7) - .3252 X(t-8) - .2909 X(t-9) - .2559 X(t-10) - .1600 X(t-11) - .7516 X(t-12) - .6027 X(t-13) - .4882 X(t-14) - .3570 X(t-15) - .2929 X(t-16) - .2245 X(t-17) - .1889 X(t-18) - .1791 X(t-19) - .1423 X(t-20) - .1135 X(t-21) - .08797 X(t-22) - .2586 X(t-24) - .2127 X(t-25) - .08297 X(t-26) + Z(t)$	0.45917E+04
ARIMA (26,13,1)	Hannan-Rissanen	$X(t) = -.8313 X(t-1) - .7627 X(t-2) - .6709 X(t-3) - .6638 X(t-4) - .5809 X(t-5) - .5423 X(t-6) - .4698 X(t-7) - .4047 X(t-8) - .3656 X(t-9) - .3149 X(t-10) - .2063 X(t-11) - .1127 X(t-12) - .05938 X(t-13) - .05068 X(t-25) + Z(t) - 1.000 Z(t-12)$	0.4391E+04

پس از این مرحله اقدام به برازش دادن مدل بر داده های مورد بررسی شد و در نهایت با استفاده از روش ARAR اقدام به پیش بینی بارندگی برای ۶۰ ماه (از ژانویه ۲۰۱۵ تا دسامبر ۲۰۲۰) در ایستگاه مورد بررسی شد (شکل ۵). لازم به ذکر است که در راستای بررسی صحت پیش بینی ها، اقدام به حذف داده های ۴ سال (۴۸ ماه) اخیر از سری داده ها شد، سپس اقدام به فیت کردن مدل بر داده ها و پیش بینی داده های حذف شده گردید، حال از مقایسه داده های پیش بینی شده با داده های واقعی صحت مدل بررسی شد به طوری که بر اساس آزمون مقایسه میانگین سری داده های واقعی و پیش بینی شده در سطح ۰/۰۰۱ تفاوت معنی داری نداشتند، ضمن اینکه ضریب همبستگی بین دو سری داده (R^2) معادل ۰/۳۱ بدست آمد که در سطح ۰/۰۰۱ معنی دار است. این موضوع نشان دهنده دقت مناسب مدل در پیش بینی بارش می باشد (شکل ۶).



شکل ۵- پیش بینی بارش ماهانه در ایستگاه مورد بررسی (پیش بینی از ژانویه ۲۰۱۵ تا دسامبر ۲۰۲۰)

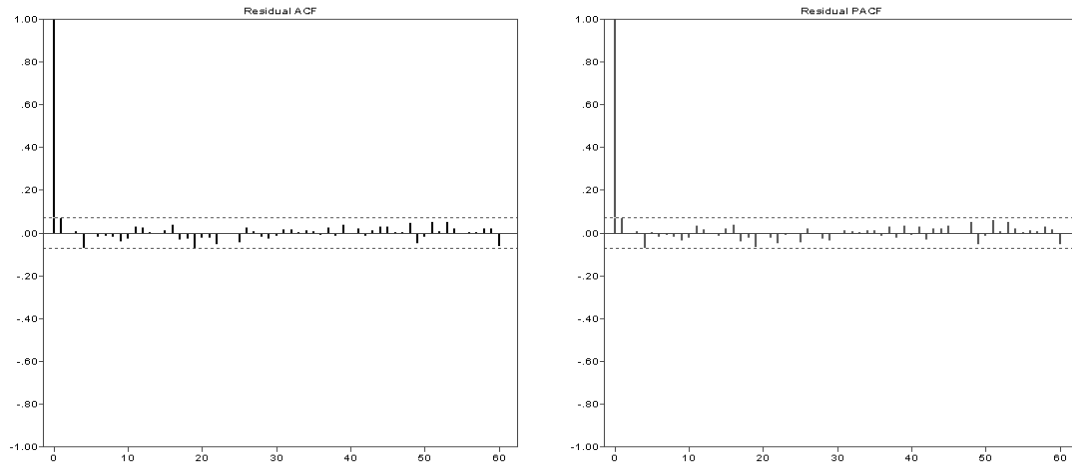
شکل ۵- پیش بینی بارش ماهانه در ایستگاه مورد بررسی



شکل ۶- ضریب همبستگی بین داده های بارش واقعی و پیش بینی شده (ضریب همبستگی در سطح ۰/۰۰۱ معنی دار است).

سرانجام به منظور بررسی میزان قابلیت اطمینان به مدل پیش بینی داده ها از سه آزمون استفاده شد که عبارتند از: (۱) تصادفی بودن داده ها بعد از فیت کردن مدل و پیش بینی آنها بر اساس روش Ljung ، به طوری که بر این اساس با توجه به اینکه p-value این روش معادل ۰/۲۴ بدست آمد و در سطح ۰/۰۵ معنی دار بود پس داده ها تصادفی می باشند که مبین قابل اطمینان بودن مدل می باشد. (۲) استفاده از مرتبه white noise (مقدار تصادفی و مستقل از زمان باقیمانده است که از توزیع نرمال با میانگین صفر تبعیت می کند) مدل می باشد که مرتبه به دست آمده در این مدل برابر صفر شد که خود مبین قابل اطمینان بودن مدل می باشد. (۳) استفاده از Residual ACF و Residual PACF در مدل پیش بینی داده ها است که با توجه

به اینکه در هر دو مورد تعداد Lag Time های خارج از محدوده صفر کمتر از 0.05 می باشد پس مدل قابل اطمینان می باشد (شکل ۷). نتایج تحقیق معصوم سماکوش و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی و تحلیل سری های زمانی در بررسی بارش فصلی در ایران نشان داد که بهترین مدل سری زمانی فیت شده در ایستگاه تهران مدل ساریما با مرتبه (۲، ۰، ۱) بوده است که با نتایج تحقیق حاضر متفاوت است که دلیل این امر تفاوت در ماهیت داده های مورد بررسی (ماهانه و فصلی) می باشد.



شکل ۷- Residual PACF و Residual ACF در مدل بیش بینی داده ها

بحث و نتیجه گیری

تحلیل پدیده های تصادفی در قلمرو علم آمار و احتمال از زیر مجموعه های علم هیدرولوژی و هواشناسی قرار می گیرد. به دلیل اینکه فرآیندهای مربوط به هواشناسی تصادفی هستند بنابراین آمار و احتمال اساس تجزیه و تحلیل پدیده های مذکور می باشد. بر این اساس سری های زمانی مورد استفاده قرار می گیرند. سری زمانی به طور ساده عبارت از یک متغیر وابسته به زمان می باشد. با توجه به ماهیت اتفاقی و غیرقطعی مسائل اقلیمی و هواشناسی، استفاده از مدل های اتفاقی و سری های زمانی به عنوان یکی از روش های توصیه شده در پیش بینی های می تواند مورد استفاده قرار گیرد. طبیعی است وجود داده های آماری مناسب در منطقه مورد مطالعه به عنوان ورودی مدل ها در پردازش مسائل و دریافت خروجی ها قابل اعتماد، امری بسیار مهم و تاثیر گذار می باشند. در بررسی حاضر با استفاده از داده های ۶۳ ساله (۱۹۵۱-۲۰۱۴) ایستگاه تهران و همچنین مدل های سری زمانی اقدام به مدل سازی و پیش بینی بارش در نرم افزار ITSM گردید. بر اساس نتایج بدست آمده از نمودار های خود همبستگی و خود همبستگی جزئی بهترین مدل فیت شده بر داده ها مدل $MA(13,1)$ بر گرفته از روش Innovations بود. در نهایت با استفاده از روش ARAR اقدام به پیش بینی بارندگی برای ۶۰ ماه (از ژانویه ۲۰۱۵ تا دسامبر ۲۰۲۰) در ایستگاه مورد بررسی شد. مقایسه داده های پیش بینی شده با داده های واقعی ضریب همبستگی بین دو سری داده (R^2) را معادل 0.31 نشان داد که در سطح 0.001 معنی دار است. این موضوع نشان دهنده دقت مناسب مدل در پیش بینی بارش می باشد. از طرفی در داده های پیش بینی شده با توجه به تصادفی بودن داده ها، صفر بودن مرتبه white noise و همچنین با توجه به اینکه تعداد Lag Time های خارج از محدوده صفر بر اساس Residual ACF و Residual PACF در مدل بیش بینی داده ها، کمتر از 0.05 می باشد پس مدل پیش بینی قابل اطمینان برآورد شد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می دانند که از سازمان هواشناسی کشور به دلیل در اختیار قرار دادن آمار و اطلاعات اقلیمی تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

- احمدی، ف.، ۱۳۸۴. پیش بینی بارندگی سالانه در استان خراسان با استفاده از سری زمانی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد. صفحه ۲۸۴.
- جمشیدی، وحید. ۱۳۸۶. آنالیز دما و بارندگی شهر تهران با استفاده از سری زمانی، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.
- جهانپنده مرضیه، شیروانی امین. ۱۳۹۰. پیش بینی خشکسالی بر پایه نمایه بارش استاندارد شده با استفاده از مدل های سری های زمانی در استان فارس. مجله پژوهش آب ایران، شماره ۹، دوره ۵، صفحات ۱۹-۲۸.
- خردمندنیا منوچهر، عساکره حسین. ۱۳۸۰. الگوسازی ARIMA برای متوسط درجه حرارت سالانه هوا در جاسک. سمینار احتمال و فرآیندهای تصادفی. شماره ۳، صفحات ۱۲۱-۱۳۲.
- شریفیان، حسین، قهرمان، بیژن. ۱۳۸۶. ارزیابی پیش بینی باران با بکارگیری تکنیک SARIMA در استان گلستان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۴، شماره ۳، صفحات ۱۸-۲۷.
- معصوم پور سماکش، جعفر. جلیلیان، عبدالله. یاری، احترام. ۱۳۹۶. تحلیل سری های زمانی بارش های فصلی در ایران. پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۳، دوره ۴۹، صفحات ۴۵۸-۴۷۵.
- میرموسوی سیدحسین، جلالی مسعود، آبختی گروسی هوشنگ، خائفی ندا. ۱۳۹۳. تحلیل الگوهای سری زمانی بارش در ایستگاه هواشناسی خوی. نشریه فضای جغرافیایی، شماره ۴۷، دوره ۱۴، صفحات ۱ الی ۱۷.
- Hölbling, D., Abad, L., Dabiri, Z., Prasicek, G., Tsai, T.T. and Argentin, A.L., 2020. Mapping and analyzing the evolution of the Butangbunasi landslide using Landsat time series with respect to heavy rainfall events during Typhoons. *Applied Sciences*, 10(2), p.630.
- Kamali, A., Mahmoudian Shushtari, M., and Kamali, I.N. 2006. The forecast monthly inpu Abbaspour reservoir using time series Box-Jenkins. 7th International seminar on river engineering. January, Ahvaz, Iran.
- Le, T.T., Pham, B.T., Ly, H.B., Shirzadi, A. and Le, L.M., 2020. Development of 48-hour precipitation forecasting model using nonlinear autoregressive neural network. In CIGOS 2019, Innovation for Sustainable Infrastructure (pp. 1191-1196). Springer, Singapore.
- Marie, M., Yirga, F., Haile, M., Ehteshammajd, S., Azadi, H. and Scheffran, J., 2021. Time-series trend analysis and farmer perceptions of rainfall and temperature in northwestern Ethiopia. *Environment, Development and Sustainability*, pp.1-21. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01192-0>
- Mehdizadeh, S., 2020. Using AR, MA, and ARMA time series models to improve the performance of MARS and KNN approaches in monthly precipitation modelling under limited climatic data. *Water Resources Management*, 34(1), pp.263-282.
- Rasuli, A.A. 2002. Modeling of climate parameters in north-west country. Forecasting monthly temperature of Tabriz city (Iran) by ARIMA model. *Journal of Sociology Science*, (8).
- Zarei, A.R., Shabani, A. and Mahmoudi, M.R., 2020, Evaluation of the Influence of Occurrence Time of Drought on the Annual Yield of Rain-Fed Winter Wheat Using Backward Multiple Generalized Estimation Equation. *Water Resources Management*, 34:2911-2931.
- Zarei AR., Mahmoudi MR (2019) Investigating the ability of periodically correlated (PC) time series models to forecast the climate index. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, pp.1-17. <https://doi.org/10.1007/s00477-019-01751-6>.
- Zarei, AR., Moghimi, MM (2019a) Modified version for SPEI to evaluate and modelling the agricultural drought severity. *International journal of biometeorology*, 63(7): 911-925.
- Zarei, AR., Moghimi, MM (2019b) Environmental assessment of semi-humid and humid regions based on modeling and forecasting of changes in monthly temperature. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(3):1457-1470.
- Zarei, A.R., 2018. Evaluation of drought condition in arid and semi-arid regions, using RDI index. *Water resources management*, 32(5), pp.1689-1711.
- Zarei, AR., Moghimi, MM., Mahmoudi, MR. (2016) Modelling and prediction of seasonal drought, using RDI index and time series models (Case study: Tehran synoptic station). *journal desert ecosystem engineering* 5(11): 107-118.