نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال هفدهم، شماره ۴۴، بهار ۹۶

# تعیین بهترین مدل سری زمانی در پیش‌بینی بارندگی سالانه ایستگاه‌های منتخب استان آذربایجان غربی

دریافت مقاله: ۹۵/۲/۲۲ پذیرش نهایی: ۹۶/۱/۱۶

صفحات:۱۰۵-۸۷

**سمیه سلطانی گردفرامرزی**: استادیار گروه مرتع وآبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان،[۱]
Email:ssoltani@ardakan.ac.ir
**عارف صابری**: دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان
Email:Aref.sabri.2714@gmail.com
**مرتضی قیصوری**: دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان
Email: m.gheysouri@gmail.com

**چکیده**

**بارندگی یکی از مهمترین اجزای چرخه آب بوده و به عنوان یکی از مهمترین مولفه های ورودی به چرخه‌های هیدرولوژیکی بشمار می‌رود که در سنجش خصوصیات اقلیمی هر منطقه، نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند. در این پژوهش برای پیش‌بینی بارندگی سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک مهاباد، ارومیه و ماکو در استان آذربایجان غربی در دوره آماری ۹۲-۱۳۶۳، از سری زمانی آریما استفاده شد. برای بررسی ایستایی مدل توابع خودهمبستگی (ADF) و خودهمبستگی جزیی (PACF) بکار رفت و با روش تفاضل‌گیری داده‌های ناایستا به داده ایستا تبدیل شدند. با ایستا کردن داده‌ها از مدل‌های تصادفی برای پیش‌بینی میانگین بارندگی سالانه استفاده گردید. با در نظر گرفتن معیارهای ارزیابی مدل شامل آماره T، P-VALUE کمتر از ۰/۰۵ و معیار اطلاعات بیزی (BIC)، مدل ARIMA (1,0,0)، مدل ARIMA (0,1,1) و مدل ARIMA (0,1,1) به ترتیب در ایستگاه‌های ارومیه، ماکو و مهاباد به عنوان مدلی مناسب جهت پیش‌بینی بارندگی سالانه تعیین و بارش به مدت سه سال (۹۵-۱۳۹۲) پیش بینی شد. نتایج نشان دهنده افزایش بارش است که براساس آمار بارندگی موجود در سال‌های مربوطه، نتایج مدل برازش یافته قابل قبول است.**

**کلیدواژگان**: پیش‌بینی، خودهمبستگی، بارندگی سالانه، سری زمانی، آریما

---

[۱]. **نویسنده مسئول**: یزد، اردکان، دانشگاه اردکان،دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی،کدپستی ۸۹۵۱۸-۹۵۴۹۱

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.5.1 ]

**مقدمه**

یکی از بزرگترین معضلات بشر در عصر حاضر و در آینده کمبود منابع آبی و عدم توزیع مناسب منابع آبی خواهد بود. پیش‌بینی و برآورد نزولات جوی در هر منطقه به عنوان یکی از مهمترین پارامترهای اقلیمی، به برنامه‌ریزان برای دستیابی به الگوهای مناسب برداشت از ذخایر آبی و به کشاورزان در راستای مدیریت کشت و کار، به خصوص کشت دیم کمک شایانی می‌کند. همچنین احتمال بروز خسارات جبران ناپذیر ناشی از وقوع خشک-سالی و سیلاب‌ها را تا حدودی کاهش می‌دهد. به مجموعه‌ای از مشاهدات که بر حسب زمان یا کمیت دیگری مرتب شده باشد سری زمانی گفته می‌شود. بر خلاف نمونه-های تصادفی از یک جامعه که مستقل از یکدیگر هستند، داده‌های سری زمانی از هم مستقل نبوده و به طور متوالی به هم وابسته‌اند و این وابستگی بین مشاهدات متوالی است. همین وابستگی بین مشاهدات متوالی مورد توجه محققان قرار گرفته و بیشترین کاربرد را در پیش بینی دارد (عبداله‌نژاد، ۱۳۹۴). مدل‌های سری‌زمانی، مدل‌هایی تجربی و ابزاری قدرتمند برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی رفتار تصادفی سیستم‌های هیدرولوژیکی از قبیل بارش هستند (نایل و مومانی، ۲۰۰۹). ویسی‌پور و همکاران (۱۳۸۹) مدل آریما را در پیش‌بینی روند بارش و دمای شهرستان کرمانشاه به کار بردند و نشان دادند برای پیش‌بینی باران فقط در مقیاس ده روزه استفاده از باران‌های ده روزه و در مقیاس ماهانه و سالانه استفاده از داده‌های ماهانه از دقت بیشتری برخوردار هستند. قهرمان و قره‌خانی (۱۳۹۰) مدل‌های تصادفی سری‌زمانی میانگین متحرک، اتورگرسیون و آریما را برای برآورد تبخیر از تشتک تبخیر مورد استفاده قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که مدل سری زمانی آریما عملکرد بسیار بهتری نسبت به سایر مدل های سری زمانی دارد. دودانگه و همکاران (۱۳۹۱) به منظور تعیین روند پارامترهای اقلیمی در آینده در راستای مدیریت منابع آب از مدل‌های سری زمانی استفاده کردند و کاربرد این مدل‌ها را در مطالعات منابع آب سودمند دانستند. معروفی و همکاران (۱۳۹۳) مدل سری زمانی ساریما را جهت پیش‌بینی خشک‌سالی در ناحیه مرکزی استان همدان، به عنوان یک مدل مناسب انتخاب کردند. گلابی و همکاران (۱۳۹۳) دقت مدل‌های باکس-جینکنز را مورد مقایسه قرار دادند و بارندگی سه ایستگاه منتخب (اهواز، آبادان و دزفول) را با استفاده از مدل آریما پیش‌بینی کردند. خزایی و میرزایی (۱۳۹۳) پارامترهای اقلیمی بارش، تبخیر و دبی حوضه آبخیز زهره را با کمک تحلیل سری‌های زمانی پیش‌بینی کردند. نتایج حاکی از دقت قابل قبول مدل ساریما در مدل‌سازی متغیرهای دما و تبخیر بود. سلیقه و همکاران (۱۳۹۴)

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.5.1 ]

روند و چرخه‌های سری زمانی بارش سالانه حوضه‌های آبریز حله و مند را بررسی و تحلیل کردند. نتایج آنها حاکی از روند کاهشی بارش در تمامی ایستگاه‌های حوضه مورد مطالعه بود. عبدالله نژاد (۱۳۹۴) برای انتخاب مناسب‌ترین روش جهت تخمین مجموع بارندگی از مدل‌های سری زمانی اتورگرسیون، میانگین متحرک و مدل‌های تلفیقی اتورگرسیو با میانگین متحرک و مدل‌های فصلی طی دوره آماری ۱۹۷۶-۲۰۱۲ در ایستگاه هاشم‌آباد گرگان استفاده کرد و به این نتیجه رسید که مدل ساریما از سایر مدل‌های سری زمانی عملکرد بهتری داشته و روند تغییرات سری زمانی را با خطای کمتری شبیه‌سازی می‌کند. جهانبخش اصل و ترابی (۱۳۸۳) با استفاده از روش سری‌های زمانی و مدل آریما پنج ایستگاه معرّف در پنج ناحیهٔ اقلیمی ایران را در فاصله سال‌های ۱۹۵۱ تا ۱۹۹۵ مورد مطالعه قرار داد و نتیجه گرفت که مقادیر حداقل و حداکثر دما، به جز مناطق نیمه خشک گرم ایران (ایستگاه‌های حاشیه کویر و مناطق کم ارتفاع جنوبی)، سایر مناطق از جمله نواحی دریای خزر و نواحی کوهستانی تغییرات دمایی داشته‌اند و مجموع بارندگی ماهانه به جز در مناطق حاشیه‌ای کویرهای مرکزی تغییرات آماری معناداری ندارند. زو و همکاران (۲۰۱۰) از مدل آریما و شبکه عصبی برای پیش‌بینی ظرفیت آب و نمک موجود در خاک استفاده کردند و نشان دادند که مدل آریما در پیش‌بینی، بهتر از مدل شبکه عصبی عمل می‌کند. نایل و مومانی (۲۰۰۹) به مدل‌سازی سری زمانی بارش در جوردان پرداختند و مدل بهینه برای دستیابی به این هدف را مدل آریما (۱،۱،۰)(۰،۰،۱) دانستند. آگیلرا و همکاران (۲۰۰۷) با ترکیب مدل آریما با مدل مولفه اصلی، مدلی کاربردی برای پیش‌بینی داده‌های دو طرف طول جغرافیایی ارائه دادند و آنرا برای پیش‌بینی خطر پدیدهٔ ال نینو مناسب دانستند. راف و کاتریم (۲۰۰۳) به آنالیز سری زمانی بارش در جنوب میشیگان پرداختند و مدل آریما را بدین منظور پیشنهاد کردند. بورلاندو و و مونتانا (۱۹۹۶) از مدل‌های آریما جهت پیش‌بینی بارندگی‌های ساعتی در زمان وقوع آنها استفاده کردند و مقادیر بدست آمده را با داده‌های باران‌سنجی مقایسه کردند. آنها در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که با افزایش مدت دوام بارندگی، پیش‌بینی‌ها روند دقیق‌تری داشتند و با کوتاه‌تر شدن دوام بارندگی، اختلاف میزان باران پیش‌بینی از مقدار واقعی متناظر خود بیشتر می‌شود. هدف از انجام این پژوهش تعیین مدلی مناسب جهت پیش بینی بارش در شهرهای مهاباد، ارومیه و ماکو در استان آذربایجان‌غربی می‌باشد و با توجه به تغییرات اقلیمی و سیر نزولی بارش در سطح استان سعی بر آن شده است که با پیش‌بینی بارش در سه سال آینده، مدیریت بهتری برای استفاده از منابع آب در عرصه‌های کشاورزی و غیر کشاورزی صورت گیرد.

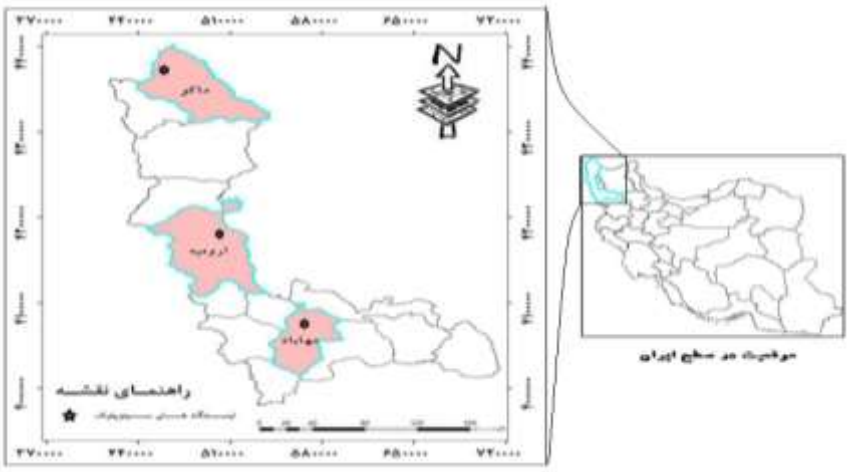
[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.5.1 ]

## داده و روش کار

### منطقه مورد مطالعه

استان آذربایجان غربی در شمال‌غربی ایران قرار دارد و از شمال به جمهوری آذربایجان و ترکیه، از مغرب به کشورهای ترکیه و عراق، از شرق به استان آذربایجان شرقی و استان زنجان و از جنوب به استان کردستان محدود است. مساحت استان برابر ۳۷/۰۵۹کیلومتر مربع است که سیزدهمین استان بزرگ کشور محسوب می‌شود و ۲/۲۵ درصد مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد. در این مطالعه از داده‌های بارندگی سالانه ایستگاه سینوپتیک ارومیه، مهاباد و ماکو استفاده شده است. دلیل انتخاب این ایستگاه‌ها طول دوره آماری مشترک ۳۰ ساله و پراکنش مکانی مناسب آنها در استان می‌باشد. شهر ارومیه در غرب دریاچه ارومیه، در دامنه کوه سیر و و در میان دشت ارومیه قرار گرفته است. هوای ارومیه در تابستان نسبتاً گرم و در زمستان سرد می‌باشد. این شهرستان دارای مساحت ۵۲۷۴/۶۷ کیلومتر مربع می باشد و در سطح ارتفاعی ۱۳۲۸ متر از سطح دریا واقع شده است. ماکو یکی از شهرهای استان آذربایجان غربی در شمال غربی ایران که در دره‌ای بنا شده که رودخانه زنگمار از آن می‌گذرد و شهر را به دو بخش شمالی و جنوبی تقسیم می‌کند. این شهرستان دارای مساحت ۴۳۳۹/۰۶ کیلومتر مربع و سطح ارتفاعی ۱۴۱۱/۲ متر از سطح دریا با آب و هوای نیمه خشک می باشد. شهرستان مهاباد در جنوب استان و در دامنه رشته جبال لند شیخان کوهستانی و خوش آب و هوا قرار دارد. این شهرستان با مساحت ۲۵۹۱ کیلومتر مربع و ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. در شکل (۱) موقعیت سه شهرستان در سطح استان نشان داده شده است.




**شکل (۱). موقعیت منطقه مورد مطالعه**

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.5.1 ]

## روش کار

### سری زمانی

هدف از تحلیل سری زمانی توصیف، تشریح و پیش‌بینی مقادیر آینده یک فرآیند است (چتفیلد، ۱۹۹۶). توصیف فرآیند شامل رسم نمودار داده‌ها، تشخیص ایستائی و ناایستائی آن و بررسی خود همبستگی سری است. پیش‌بینی شامل برآورد مقادیر آینده سری بر مبنای داده-های مشاهده شده است(نیرومند، ۱۳۷۶). سری‌های زمانی به دو نوع سری ایستا و ناایستا تقسیم می‌شوند. یک سری وقتی ایستاست که تغییر منظمی در میانگین و واریانس آن وجود نداشته و تغییرات دوره‌ای اکید در آن حذف شده باشد. سری‌های ناایستا را می‌توان با تفاضلی نمودن یا پایدار نمودن واریانس آن به سری‌های ایستا تبدیل نمود (بروکویل و دیویس، ۱۹۹۶). تغییراتی که در سری‌های زمانی به دست می‌آید، می‌تواند بر اثر عوامل طبیعی یا عوامل دیگر باشد و بنابراین بایستی اجزای تشکیل دهنده آن را شناخت و آنها را اندازه‌گیری کرد.

مدل‌های سری زمانی در حقیقت مدل‌های تصادفی هستند که در مورد سری زمانی که شامل Nمشاهده از یک جامعه نامتناهی است، بوسیله یک فرایند تصادفی بوجود آمده است. انواع مدل‌های سری‌های زمانی عبارتند از : مدل اتورگرسیون، مدل میانگین متحرک، مدل ترکیبی. برخی از فرایندها وجود دارند که نه تنها واجد شرایط خود همبستگی هستند، بلکه دارای ویژگی‌های میانگین متحرک نیز می‌باشند. در چنین مواردی از مدل‌های ترکیبی مدل‌های اتورگرسیون و میانگین متحرک و مدل‌های اتورگرسیون میانگین متحرک تجمعی استفاده می-شود. اولین گام در مدل‌سازی تعیین یا شناسایی مدل بر اساس ویژگی‌های سری مشاهداتی است (فتحی و همکاران، ۱۳۸۸).

### مدل سازی سری زمانی

### مدل خود همبسته- میانگین متحرک تلفیق شده ARIMA(p,d,q)

در این مدل با استفاده از توابع خود همبستگی[1] ACF و خودهمبستگی جزئی[2] PACF مدل-های سری‌زمانی مناسب به داده‌ها برازش داده می‌شود و با استفاده از رفتار این دو تابع خواص ایستایی و فصلی بودن داده‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. مدلی که به فراوانی استفاده می‌شود مدل آریما است (باکس و همکاران، ۲۰۱۵). دو شکل کلی مدل‌های آریما، عبارتند از آریمای

[1] - Autocorrelation Function
[2] - Partial Autocorrelation Function

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.5.1 ]

غیرفصلی (p,d,q) و آریمای فصلی ضربی (P,D,Q) × (p,d,q) است که q و p به ترتیب، پارامترهای اتورگرسیو و میانگین متحرک غیرفصلی و P و Q پارامترهای اتورگرسیون و میانگین متحرک فصلی است. دو پارامتر دیگر یعنی d و D پارامترهای تفاضلی برای ایستا کردن سری-زمانی است. عملگر تفاضلی مورد استفاده برای سری‌های زمانی پویا عبارتند از $\Delta = 1 - B$ (B عملگر جهش به عقب است) و $\Delta^d = (1-B)^d$ برای تفاضل‌گیری فصلی است. این شکل از مدل‌های آریمای غیرفصلی به شکل رابطه (۱) نوشته می‌شود:

رابطه (۱) $$\Phi(B)Z_t = \Phi(B)(1-B)Z_t = \theta(B)at$$

که Zt ، سری های مشاهد ه شده

Φ(B)، رتبه چند جمله ایp و θ (B) رتبه چند جمله ای q است. برای سری‌های زمانی فصلی که اغلب به صورت چرخه‌ای هستند، تفاضل‌گیری فصلی به کار برده می‌شود که در اینجا مدل فصلی- ضربی را در رابطه (۲) خواهیم داشت :

رابطه (۲) $$\varphi_p(B)\Phi_p(B^s)\Delta^d\Delta_s^D\left(z_t - \overline{Z}\right) = \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)a_t$$

که $\Theta q$ وΦp به ترتیب

چند جمله‌ای‌های فصلی Q وP هستند. رتبه مدل‌های آریمای فصلی - ضربی به شکل (P,D,Q)*(p,d,q)می‌باشد.

**برآورد پارامتر**

بعد از مشخص شدن مدل، باید برآورد مؤثر از پارامترها صورت گیرد. پارامترها باید دو شرط ایستایی و معکوس پذیری را برای اتورگرسیون و میانگین متحرک داشته باشند. پارامترها باید از نظر معنی داری مورد آزمون قرار گیرند که در ارتباط با مقادیر خطای برآوردها و برآورد مقادیر t می باشد (باکس و همکاران،۲۰۱۵). اگر θ برآورد نقطه ای از پارامتر مورد نظر $S_\theta$ خطای برآوردباشد، مقدار $t$ به صورت رابطه (۳) خواهد بود:

رابطه (۳) $$t = \frac{\theta}{s_\theta}$$

اگر فرض صفر با در نظر گرفتن احتمال خطای برابر یا بیشتر از $\alpha$=0/05 شود در این صورت پارامتر ،معنی دار خواهد بود و در مدل باقی می‌ماند.

**آزمون نکوئی برازش**

آزمون‌های نکوئی برازش صحت مدل‌ها را با استفاده از ابزارهایی بررسی می‌کنند. برای بررسی صحت مدل‌های برازش داده شده به داده‌ها، باقیمانده‌های مدل از نظر نرمال بودن

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.5.1 ]

خودهمبستگی مورد بررسی قرار گرفت. دراین پژوهش از نرم افزار SPSS و Minitab برای بررسی نرمال بودن داده‌ها و همگنی استفاده شد و همچنین از آماره T و P-VALUE و معیار اطلاعات بیزی [1] برای بررسی ارتباط داده‌های مشاهداتی و پیش‌بینی شده مورد بررسی قرار گرفت. بررسی مناسبت مدل از دو روش که مکمل یکدیگر هستند استفاده می‌شود (احمدی، ۱۳۸۳).

- تجزیه و تحلیل باقیمانده‌های مدل برازش داده شده (تصادفی یا ناهمبسته بودن باقیمانده‌ها اثبات می‌شود).
- تجزیه و تحلیل مدل‌هایی که پارامتر بیشتری دارند.

در صورتی که چند مدل مناسب تشخیص داده شده باشد از معیار آکائیک استفاده می‌شود. در تجزیه و تحلیل باقیمانده‌های مدل برازش داده شده، فرض نرمال بودن باقیمانده‌ها، فرض ثابت بودن واریانس باقیمانده‌ها، فرض استقلال باقیمانده‌ها، نمودار باقیمانده‌ها در برابر زمان، آزمون پرت – مانتو[2] برای هر یک از مدل‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. فرض نرمال بودن باقی مانده‌ها در صورتی پذیرفته می‌شود که نقاط تقریباً در امتداد یک خط راست قرار گرفته و از توزیع یکنواختی برخوردار باشد. به عنوان یک روش رسمی‌تر برای آزمون فرضیه ناهمبسته بودن باقیمانده‌ها از آزمون پرت مانتو که بر مبنای آماره اصلاح شده باکس – پیرسن[3] می‌باشد، استفاده می‌شود. آزمون پرت مانتو به صورت رابطه (۴) می‌باشد (عبدالله نژاد، ۱۳۹۴).

رابطه(۴) $$Q(LBQ)-n(n+2)\sum_{h=1}^{k}(n-h)^{-1}\rho_h^2$$

که درآن، n تعداد مشاهدات، Q آماره آزمون که اصلاح شده آن LBQ لجانگ باکس[4] است.تحت فرض $H_0$ تقریباً دارای توزیع کیدو[5] است. شرط اول: هر گاه مقدار آمارهQ از مقدار متناظر در جدول کیدو بیشتر باشد فرض $H_0$ رد می‌شود یعنی داده‌ها همبسته هستند. شرط دوم: همچنین بایستی مقدار شاخص تصحیح از مقدار $\propto$ بزرگتر باشد.

[1] - Bayesian Information Creterion (BIC)
[2] - Pert-Manto test
[3] - Box-Pierson
[4] - Box Logang
[5] - Ķ Distribution

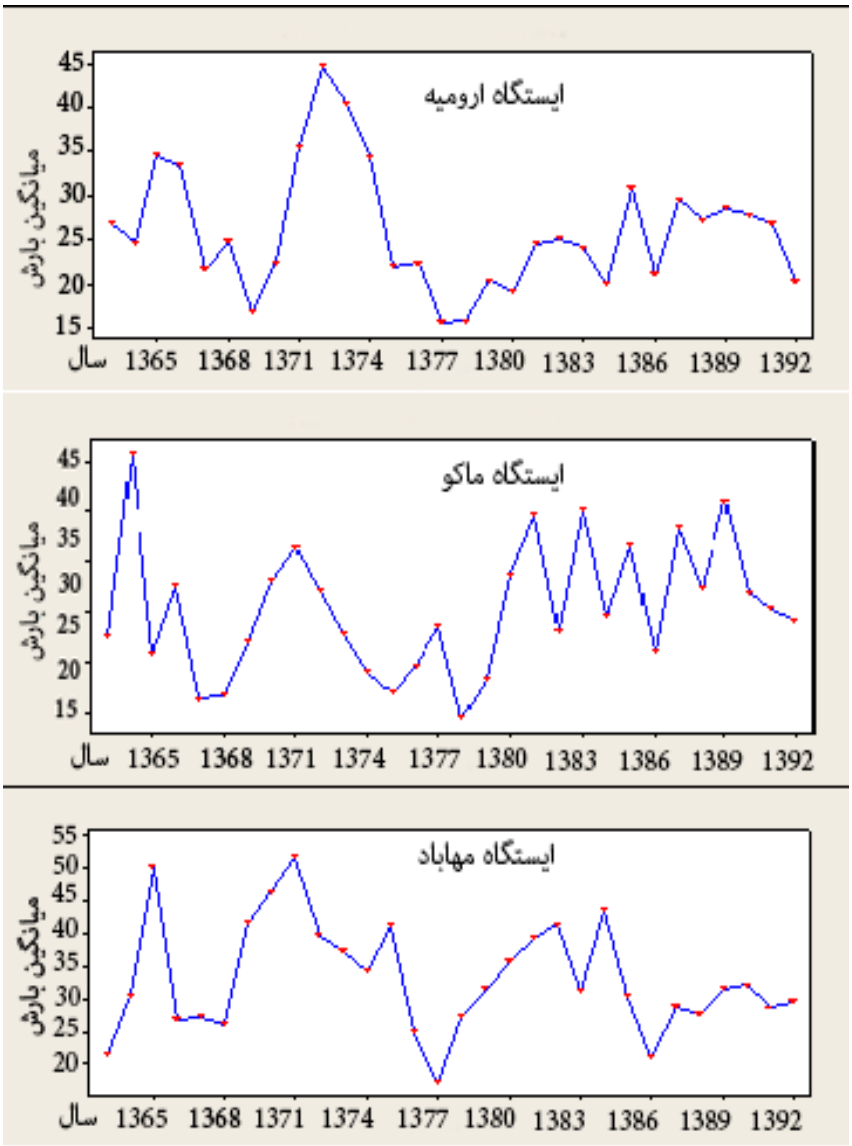
[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.5.1 ]

**نتایج تحقیق**

در این پژوهش با استفاده از اطلاعات مربوط به سال‌های گذشته بارندگی در ایستگاه-های سینوپتیک شهر ارومیه، ماکو و مهاباد، اقدام به مدل‌سازی روند تغییرات بارندگی در طول زمان شده است. استفاده از مدل‌های به دست آمده می‌تواند راهنمای تعین اولویت‌ها و استراتژی‌های اساسی در مدیریت منابع آبی کشور باشد. مدل‌های سری‌زمانی در مناطق دارای داده‌های هیدرولوژیکی با مدت آماری مناسب، کاربرد دارند. تعداد زیادی از مدل‌های سری زمانی در بررسی تغییرات و شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی کارایی دارند. ازجمله این مدل‌ها می‌توان به مدل های رایج آرما و آریما اشاره کرد . جهت شناسایی داده‌های پرت در این مطالعه اقدام به رسم نمودار روند داده‌ها شد. نمودار روند مربوط به تغییرات بارش ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه در شکل (۲) آورده شده است. در قدم اول باید داده‌ها را از لحاظ ایستایی و ناایستایی میانگین، بررسی کرد. در داده های غیر فصلی و سالانه با یک بار تفاضل گیری درجه اول نایستایی میانگین (روند) حذف می‌گردد. در پژوهش حاضر با تفاضل گیری درجه اول داده‌ها ایستا شدند (شکل ۳). نمودارهای همبستگی نگار و خود همبستگی جزیی نگار برای بارش ایستگاه مهاباد، ارومیه و ماکو قبل از تفاضل گیری و بعد از تفاضل گیری در شکل‌های (۴) و (۵) ارائه شده است که می‌توان از طریق آن‌ها ضرایب مناسب برای p,q را استخراج کرد.

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]

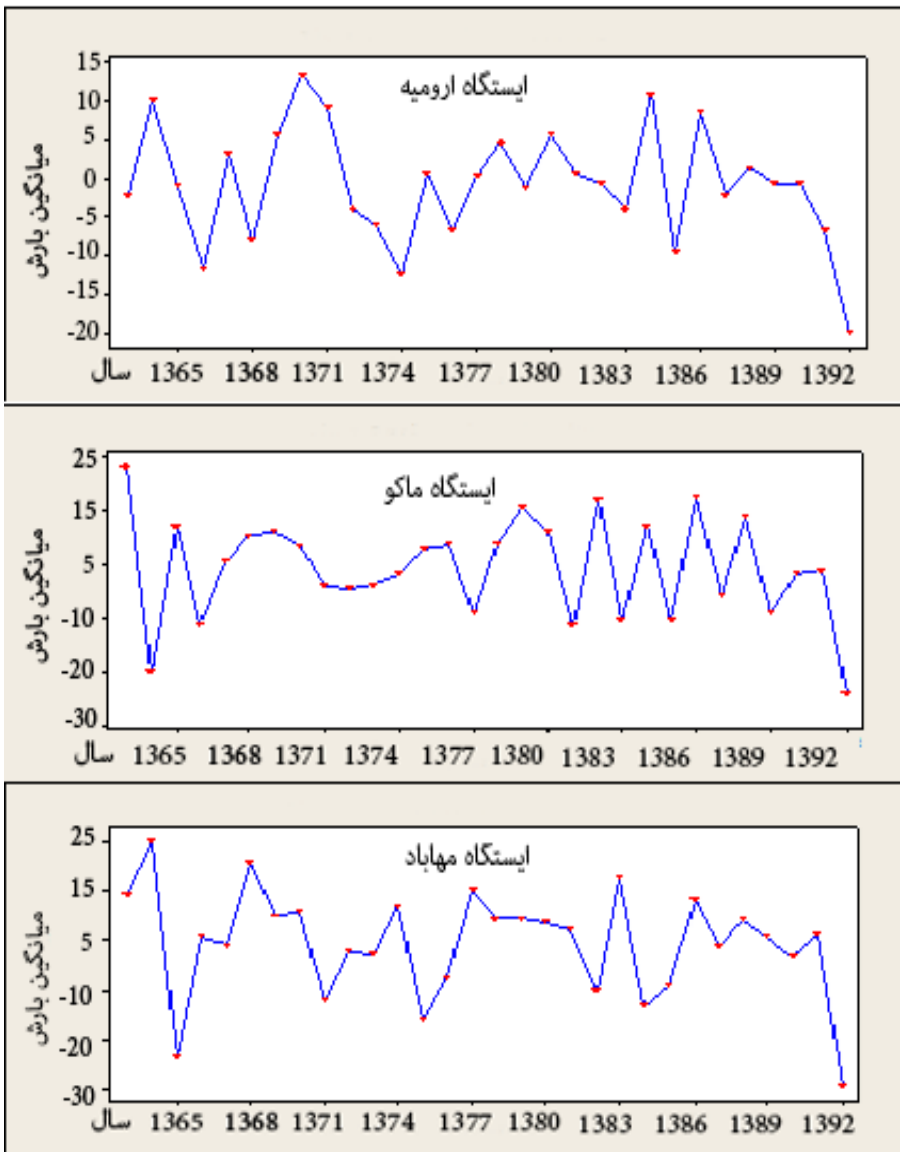
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.5.1 ]




شکل (۲). نمودار روند تغییرات میانگین بارش سالانه ارومیه، ماکو و مهاباد

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]

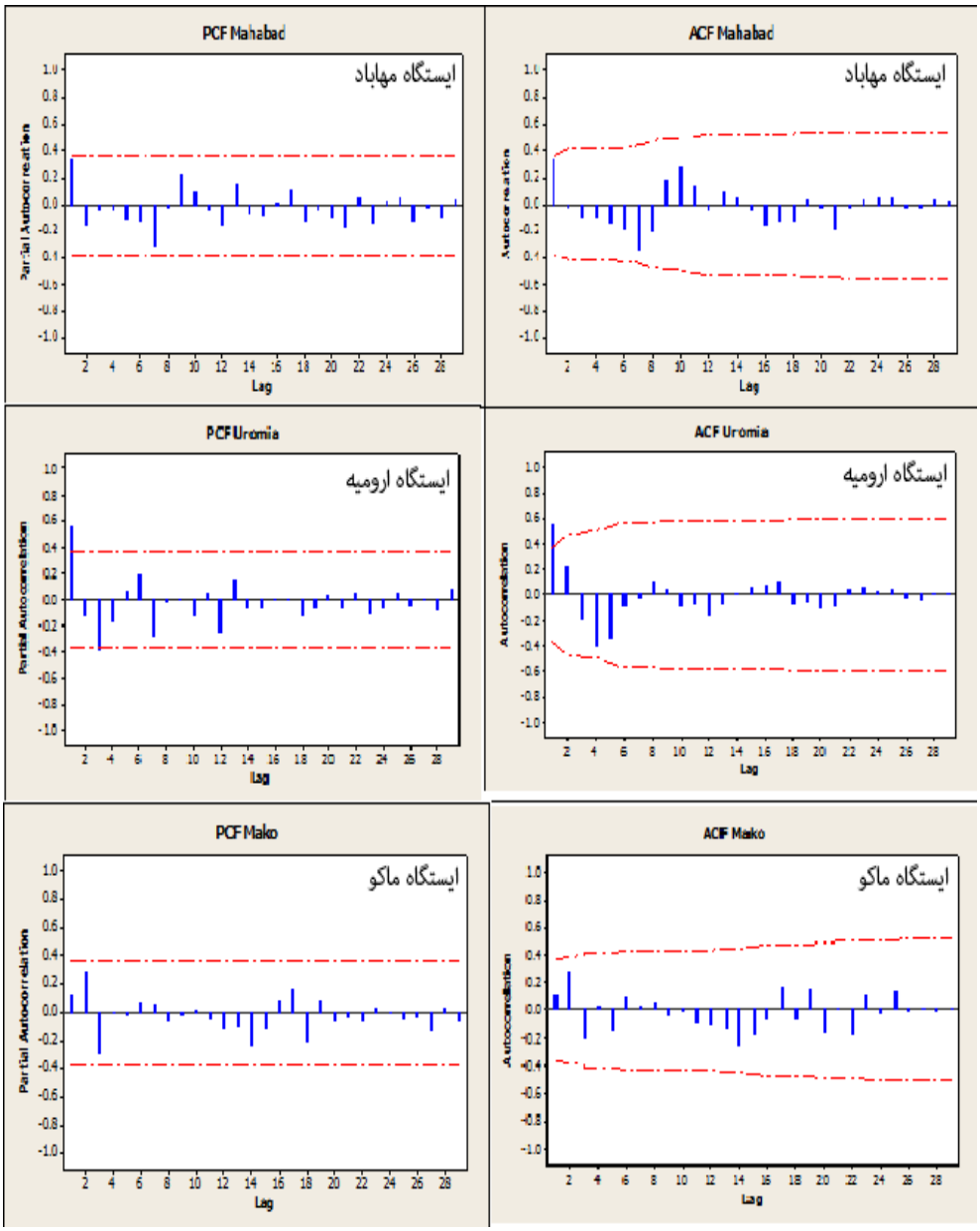
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.5.1 ]




**شکل (۳). نمودار روند تغییرات میانگین بارش سالانه مهاباد پس از تفاضل گیری درجه اول در ایستگاههای ارومیه، ماکو و مهاباد**

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]

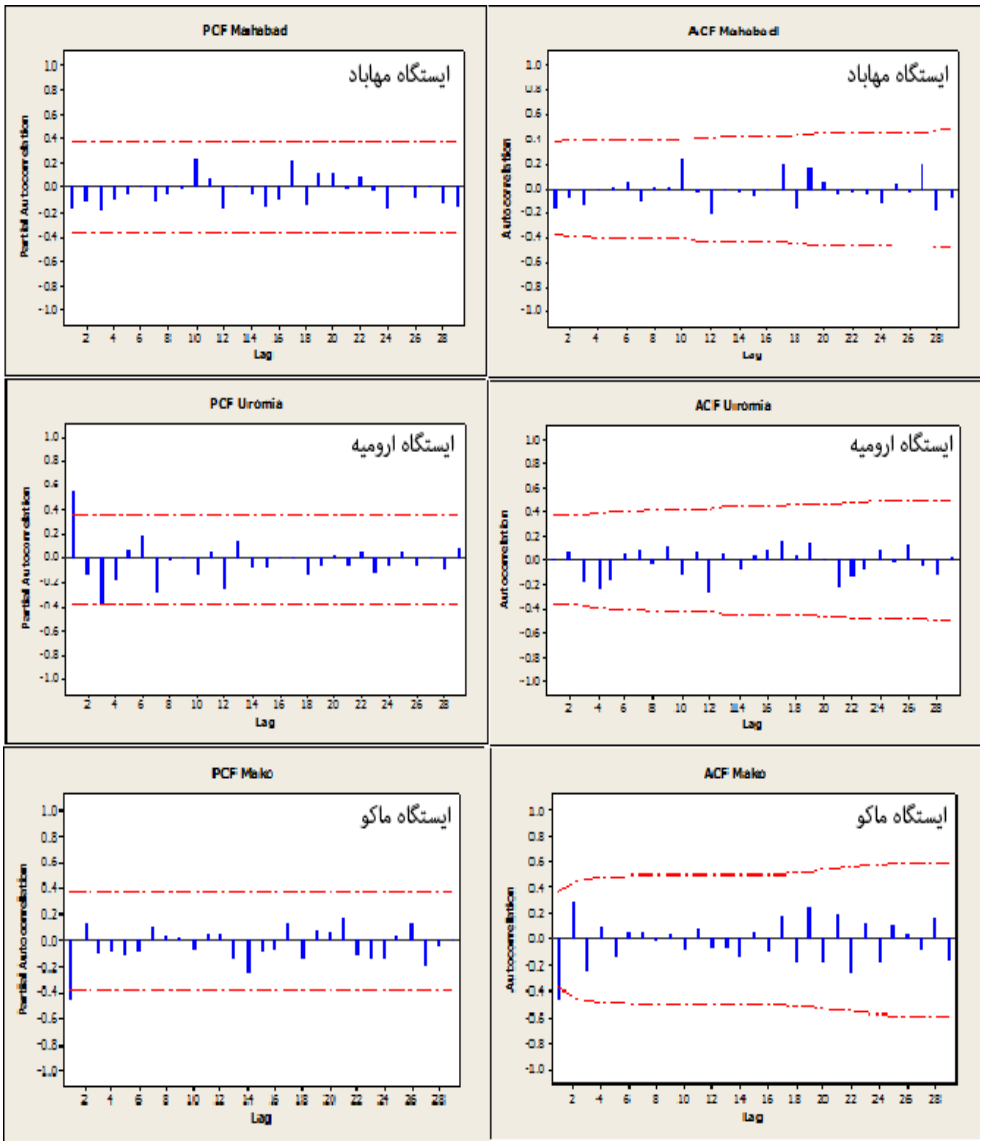
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.5.1 ]




**شکل (۴). نمودار خودهمبستگی و خودهمبستگی جزیی قبل از تفاضل گیری به ترتیب در ایستگاههای مهاباد، ارومیه و ماکو**

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.5.1 ]




**شکل(۵). نمودار خودهمبستگی و خودهمبستگی جزیی بعد از تفاضل گیری در ایستگاههای مهاباد، ارومیه و ماکو**

همانطور که از نمودار خودهمبستگی شکل (۴) مشخص است مقدار خودهمبستگی به آرامی و به صورت سینوسی نزول می‌کند. این نحوه‌ی نوسان به دلیل وجود روند در سری مربوطه است و در هر سه ایستگاه مورد مطالعه روند یکسانی مشاهده گردید. ولی نمودار خودهمبستگی

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.5.1 ]

پس از تفاضل گیری درجه‌ی اول (شکل ۵) فقط میل به تناوب دارد. با توجه به بررسی‌های انجام شده، نتایج مدل‌های برازش داده شده در جدول (۱) آورده شده است.

**جدول (۱). برازش مدل های تصادفی برای سری داده های ایستا شده میانگین سالانه بارش**

| مدل | پارامتر | P-value | | | T | | | BIC | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | مهاباد | ارومیه | ماکو | مهاباد | ارومیه | ماکو | مهاباد | ارومیه | ماکو |
| ARIMA (۱،۱،۰) | AR1 | ۰/۲۷۹ | ۰/۵۸ | ۰/۰۰<br>۰/۸۰ | -۱/۱۰ | -۰/۵۶ | -۴/۸۱ | ۴/۸۱ | ۴/۱۲ | ۴/۲۲ |
| ARIMA (۱،۱،۱) | AR1<br>MA1 | ۰/۰۵<br>۰/۰۰ | ۰/۰۴<br>۰/۰۰ | ۰/۰۰<br>۰/۴۹ | ۲/۰۵<br>۱۰/۰۳ | ۲/۱۵<br>۴/۲۷ | -۹/۶۱<br>-۲/۰۷ | ۴/۶۹ | ۴/۲۵ | ۴/۳۲ |
| ARIMA (۱،۰،۱) | AR1<br>MA1 | ۰/۷۴۷<br>۰/۵۸۶ | ۰/۱۰<br>۰/۷۸ | ۰/۵۸<br>۰/۷۱ | ۰/۳۳<br>-۰/۵۵ | ۱/۶۸<br>-۰/۲۸ | ۰/۵۶<br>۰/۳۷ | ۴/۵۴ | ۳/۹۶ | ۴/۱۴ |
| ARIMA (۰،۱،۰) | MA1 | ۰/۰۴ | ۰/۰۰۱ | ۰/۵۳ | -۲/۱۶ | ۳/۵۳ | ۰/۶۳ | ۴/۳۹ | ۳/۸۲ | ۴/۰۰ |
| ARIMA (۰،۱،۱) | MA1 | ۰/۰۰ | ۰/۶ | ۰/۰۰ | ۸/۶۹ | ۰/۵۱ | ۸/۷۰ | ۴/۷۳ | ۴/۱۱ | ۴/۲۱ |
| ARIMA (۰،۱،۳) | MA1<br>MA2<br>MA3 | ۰/۰۱<br>۰/۰۶<br>۰/۳۲ | ۰/۰۰<br>۰/۲۵<br>۰/۰۰ | ۰/۰۰<br>۰/۳۵<br>۰/۰۷ | ۲/۷۹<br>۱/۹۰<br>۱/۰۱ | ۲/۹۸<br>-۱/۱۷<br>۳/۰۷ | ۳/۶۶<br>-۰/۹۵<br>-۱/۸۷ | ۴/۸۵۵ | ۴/۱۶ | ۴/۴۰ |
| ARIMA (۱،۱،۳) | AR1<br>MA1<br>MA2<br>MA3 | ۰/۸۴<br>۰/۶۴<br>۰/۵۲<br>۰/۴۸ | ۰/۲۷<br>۰/۰۱<br>۰/۰۰<br>۰/۰۰ | ۰/۰۰<br>۰/۲۶<br>۰/۰۱<br>۰/۰۰ | -۰/۲۰<br>۰/۴۷<br>۰/۶۵<br>۰/۷۰ | ۱/۱۱<br>۲/۶۹<br>-۳/۰۴<br>۳/۵۰ | -۷/۴۸<br>-۱/۱۵<br>۲/۸۰<br>۳/۳۴ | ۴/۸۵ | ۴/۲۶ | ۴/۵۲ |
| ARIMA (۲،۱،۱) | AR1<br>AR2<br>MA1 | ۰/۰۷<br>۰/۳۷<br>۰/۱۲ | ۰/۴۹<br>۰/۹۰<br>۰/۵۳ | ۰/۰۴<br>۰/۶۵<br>۰/۲۰ | -۱/۸۹<br>-۰/۹۱<br>-۱/۵۷ | -۰/۶۹<br>۰/۱۲<br>-۰/۶۲ | -۲/۱۶<br>-۰/۴۵<br>-۱/۳۰ | ۴/۸۵ | ۴/۳۶ | ۴/۶۰ |
| ARIMA (۱،۲،۱) | AR1<br>MA1 | ۰/۲۳<br>۰/۰۰ | ۰/۷<br>۰/۰۰ | ۰/۰۰<br>۰/۰۰ | -۱/۲۱<br>۶/۶۷ | ۰/۳۶<br>۴/۵۶ | -۴/۶۲<br>۹/۰۱ | ۵/۶۳ | ۴/۴۴ | ۵/۰۲ |

جدول (۱) مقایسه مدل‌های مختلف سری‌های زمانی برای داده‌های ایستا شده بارش سالانه ایستگاه سینوپتیک مهاباد، ارومیه و ماکو در طول دوره آماری ۳۰ساله (۹۲-۱۳۶۳) را نشان می‌دهد. در این جدول MA[1] (میانگین متحرک)، AR[1] (اتورگرسیون) و BIC[2] (معیار اطلاعات

[1] - Moving Average

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.5.1 ]

بیزی) می‌باشد. با توجه به جدول (۱) برای ایستگاه مهاباد تنها در مدل (۰،۱،۱) ARIMA مقدار قدر مطلق آماره T بیش از مقدار ۲ بوده و P-VALUE کمتر از ۰/۰۵ و در ایستگاه ارومیه مدل (۱،۰،۰) ARIMA و ایستگاه ماکو مدل (۰،۱،۱) ARIMA دارای بهترین نتیجه می‌باشد. هرچند معیار اطلاعات بیزی (BIC) در سایر مدل ها یکسان یا کمتر دیده می‌شود، ولی به دلیل مناسب نبودن سایر شرایط (بالا بودن P-VALUE و کم بودن مقدار آماره T) در انتخاب مدل مناسب در نظر گرفته نشده است. در بررسی مناسب بودن مدل‌ها از آزمون پرت مانتو نیز استفاده شد که در جدول (۲) پارامترهای مربوط به این آزمون در هر سه ایستگاه مورد مطالعه آورده شده است. با توجه به پارامترهای مربوطه مقدار P-VALUE در تمامی تاخیرها بیشتر از ۰/۰۵ می‌باشد، بنابراین نتایج نشان دهنده خودهمبستگی باقی مانده‌ها است.

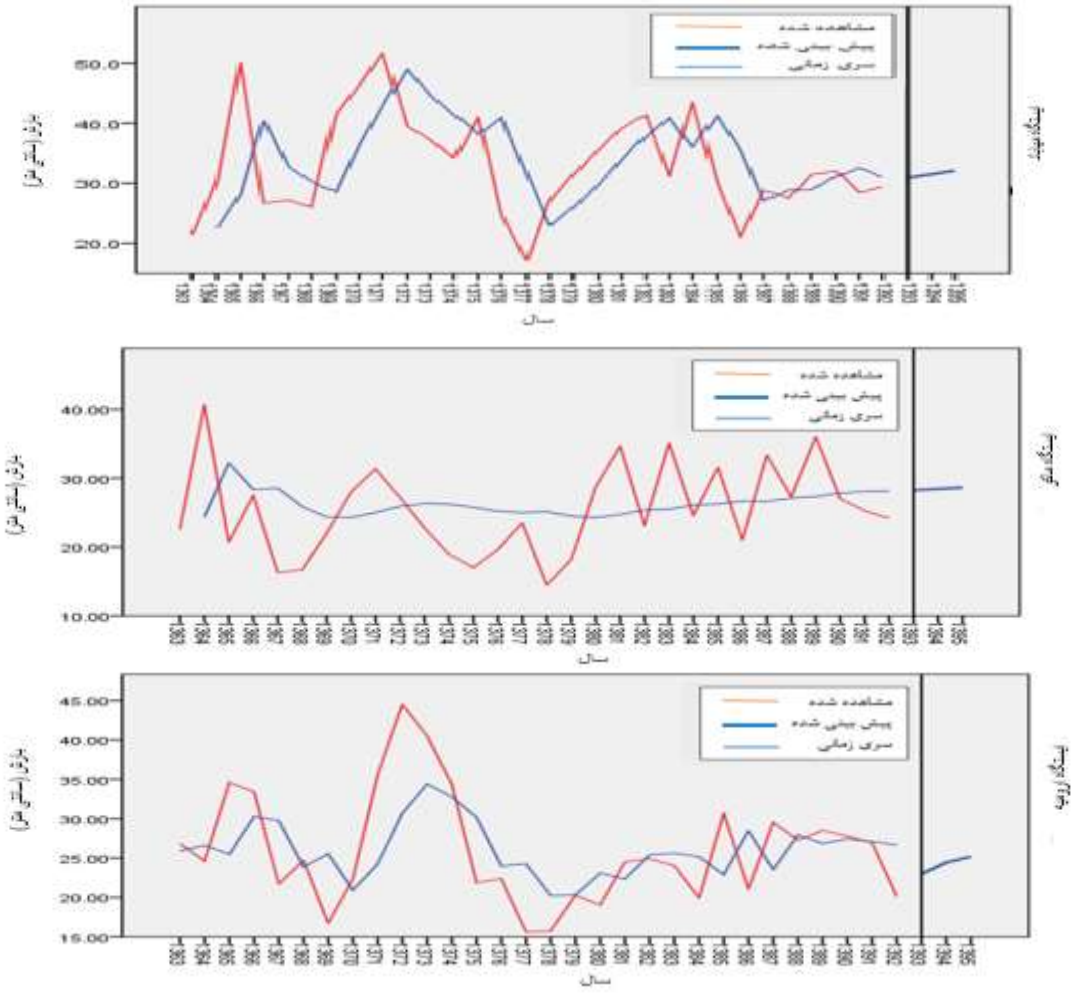
**جدول (۲). نتایج آزمون پرت مانتو در مدل‌های مناسب بر روی داده های ایستا شده میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه**

| مدل(۰،۱،۱) ARIMA در ایستگاه مهاباد | | | | |
|---|---|---|---|---|
| گام تاخیر | ۱۲ | ۲۴ | ۳۶ | ۴۸ |
| آمار مربع کای | ۱۴/۲ | ۲۳/۱ | – | – |
| درجه آزادی | ۱۰ | ۲۲ | – | – |
| P-VALUE | ۰/۱۶۲ | ۰/۳۹۷ | – | – |
| **مدل(۱،۰،۰) ARIMA در ایستگاه ارومیه** | | | | |
| گام تاخیر | ۱۲ | ۲۴ | ۳۶ | ۴۸ |
| آمار مربع کای | ۱۴/۲ | ۲۲/۲ | – | – |
| درجه آزادی | ۱۰ | ۲۲ | – | – |
| P-VALUE | ۰/۱۶۵ | ۰/۴۴۹ | – | – |
| **مدل(۰،۱،۱) ARIMA در ایستگاه ماکو** | | | | |
| گام تاخیر | ۱۲ | ۲۴ | ۳۶ | ۴۸ |
| آمار مربع کای | ۸ | ۲۷/۴ | – | – |
| درجه آزادی | ۱۰ | ۲۲ | – | – |
| P-VALUE | ۰/۶۳۱ | ۰/۱۹۶ | – | – |

[1] - Auto regression
[2] - Bayesian Information Creterion

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.5.1 ]

با توجه به مدل برازش داده شده بر داده‌های میانگین بارش سالانه در هر سه ایستگاه مورد مطالعه، مقدار بارش برای ۳ سال آماری (۹۵-۱۳۹۲) پیش بینی شد که در شکل (۶) مقادیر مشاهده‌ای و پیش‌بینی شده توسط مدل مناسب نشان داده شده است.




**شکل (۶). نمودار مقادیر پیش بینی شده و مشاهده ای برای داده های ایستا شده میانگین بارش سالانه بر اساس مدل مناسب در هر ایستگاه**

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.5.1 ]

با توجه به نمودار شکل (۶) مشاهده شد که روند تغییرات بارش در تمام سال‌ها تقریباً از یک چرخه سینوسی تبعیت می‌کند که در سال‌های ۱۳۶۴ و ۷۵- ۱۳۷۱ با روند افزایشی همراه بوده است، سپس روند کاهشی وجود داشته و در سال ۹۵-۱۳۹۳ که پیش بینی بارش انجام شده است، نیز روند افزایشی مشاهده می‌شود. هرچند ذکر این نکته لازم است که منظور از پیش بینی بارندگی تعیین مقادیر با بیشترین احتمال وقوع است و به هیچ وجه به معنی ارائه دقیق مقادیر بارندگی نیست. با این وجود محققین معتقدند که مقادیر پیش بینی با وجود عدم اطمینان تاثیر بسیار مثبتی بر مدیریت منابع آب خواهند داشت.

## خلاصه و نتیجه گیری

استفاده از مدل‌های سری‌زمانی با توجه به ماهیت اتفاقی و غیرقطعی مسائل مهندسی آب و مدیریت منابع آب، به عنوان یکی از روش‌های توصیه شده در پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی از جمله بارش می‌باشند. تخمین میزان بارش در سال‌های آتی مدیریت بهتری برای استفاده از منابع آب در عرصه‌های کشاورزی و غیر کشاورزی فراهم می‌سازد. از طرفی بارش بر متغیر هیدرولوژیکی دبی، رواناب و رسوب حاصل از بارش موثر بوده و اطلاع از میزان آن در مدیریت کنترل سیلاب، خشکسالی، رسوب و آب‌های زیرزمینی و .... نقش اساس دارد. در پژوهش حاضر، به منظور مدل‌سازی داده‌های بارش، از مدل‌های مختلف سری زمانی استفاده شد. نتایج نشان داد که با یک بار تفاضل‌گیری سری داده‌های ناایستا به سری زمانی ایستا تبدیل می‌شوند. در این راستا دودانگه و همکاران و قره خانی و قهرمان (۱۳۹۰) نتایج مشابهی گزارش کردند. با توجه به توابع خودهمبستگی و خود همبستگی جزئی محدوده تغییرات اتورگرسیون و میانگین متحرک، تعیین و با استفاده از معیارهای ارزیابی مناسب، بهترین مدل استخراج شد. در نهایت با کاربرد مدل‌های مناسب انتخابی، پیش‌بینی بارش برای آینده در هر سه ایستگاه منتخب انجام گرفت. نتایج این تحقیق با نتایج بسیاری از محققین همخوانی دارد. برای مثال رویز و همکاران (۱۳۸۸) برای پیش‌بینی جریان سالانه رودخانه‌های آجی‌چای و نهندچای در حوضه دریاچه ارومیه، مدل آریما را به عنوان بهترین مدل انتخاب نمودند. هم چنین بشری و وفاخواه (۱۳۸۹) به مقایسه روش های مختلف تحلیل سری‌های زمانی در پیش‌بینی دبی ماهانه حوضه آبریز کرخه پرداختند و مدل‌های سری زمانی آریما را به عنوان مدل مناسب معرفی کردند. دودانگه و همکاران (۱۳۹۱) نیز مدل سری زمانی آریما با پارامترهای متفاوت را به منظور مدل‌سازی رطوبت نسبی، تبخیر، دمای هوا، سرعت باد و ساعات آفتابی پیشنهاد دادند. خزائی و میرزائی (۱۳۹۳) مدل سری زمانی ساریما را برای مدل-

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.5.1 ]

سازی متغیرهای دما و تبخیر نسبت به بارش و دبی مناسبتر گزارش کرده و دقت بالاتر دما و تبخیر را تغییرات منظم این متغیرها در طولانی مدت دانستند. عبدالله نژاد (۱۳۹۴) به منظور پیش بینی بارش ماهانه ایستگاه هاشم آباد گرگان مدل ساریما را نسبت به سایر مدل‌های سری زمانی با توجه به فصلی بودن بارش ماهانه مناسب دانست. با توجه به نتایج بدست آمده و بررسی منابع، می‌توان مدل‌های سری زمانی را روش مناسبی در مدل‌سازی پارامترهای اقلیمی پیشنهاد نمود.

## منابع و مواخذ


۱. احمدی، فیروز (۱۳۸۳). **پیش‌بینی بارندگی سالانه استان خراسان با استفاده از سری زمانی،** پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۸۴ صفحه.

۲. بشری، مهدی، وفاخواه، مهدی (۱۳۸۹). **مقایسه روش‌های مختلف تحلیل سری‌های زمانی در پیش‌بینی دبی ماهانه حوضه آبخیز کرخه**. فصلنامه مهندسی آب و آبیاری، شماره ۲: ۷۵-۸۶.

۳. جهانبخش اصل، سعید، ترابی، سیما (۱۳۸۳). **بررسی و پیش‌بینی تغییرات بارندگی و دما در ایران**. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۴: ۱۲۵-,۱۰۴

۴. خزایی، مجید، میرزایی، محمدرضا (۱۳۹۳). **پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی به کمک تحلیل سری-های زمانی حوضه آبخیز زهره**. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۳۴: ۲۳۳-۲۵۰.

۵. دودانگه، اسماعیل، عابدی کوپائی، جهانگیر، گوهری، سید علیرضا (۱۳۹۱). **کاربرد مدل های سری زمانی به منظور تعیین روند پارامترهای اقلیمی در آینده در راستای مدیریت منابع آب،** فصلنامه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، شماره ۵۹: ۵۹-۷۴.

۶. سلیقه، محمد، عساکره، حسین، ناصرزاده، محمدحسین، بلیانی، یدالله (۱۳۹۴). **تحلیل روند و چرخه‌های سری زمانی بارش سالانه حوضه‌های آبریز حله و مند**. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۳۷: ۲۴۵-۲۷۲.

۷. عبدالله‌نژاد، کامل (۱۳۹۴). **مدل های سری زمانی در پیش‌بینی بارندگی ماهانه (مطالعه موردی: ایستگاه هاشم آباد گرگان)**. مجله آمایش جغرافیایی فضا، فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه گلستان، سال پنجم، شماره هفدهم، ۱۵-۲۵.

۸. فتحی، پرویز، محمدی، یوسف، همایی، مهدی (۱۳۸۸). **مدلسازی هوشمند سری زمانی آورد ماهانه ورودی به سد وحدت سنندج**. آب و خاک، جلد ۲۳، شماره ۱: ۲۰۹-۲۲۰.


[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.5.1 ]

۹. قهرمان، نوذر، قره خانی، ابوذر (۱۳۹۰). **ارزیابی الگوهای تصادفی سری زمانی در برآورد تبخیر از تشت (مطالعه موردی: ایستگاه شیراز)**. مجله پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۲۲، شماره ۱: ۳۲-۸۱.

۱۰. گلابی، محمدرضا، آخوند علی، علی محمد، رادمنش، فریدون، کاشفی پور، محمد (۱۳۹۳). **مقایسه دقت پیش بینی مدل های باکس -جینکنز در مدل سازی بارندگی فصلی (مطالعه موردی: ایستگاههای منتخب استان خوزستان)**. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره سوم، ۷۲-۶۱

۱۱. معروفی، صفر، ختار، بهناز، صادقیفر، مجید، پارسافر، نصرالدین، ایلدورمی، علیرضا (۱۳۹۳). **پیش بینی خشک‌سالی با استفاده از سری زمانی SARIMA و شاخص SPI در ناحیه مرکزی استان همدان**. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۲۸، شماره ۱، ۲۰۱-۲۲۵.

۱۲. نیرومند، حسینعلی (۱۳۷۶). **تحلیل سریهای زمانی، روشهای یک متغیری و چند متغیری**، (ترجمه). دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۳. ویسی پور، حسین، معصوم پور، جعفر، صحنه، بهمن، یوسفی، یدالله (۱۳۸۹). **تحلیل پیش بینی روند بارش و دما با استفاده از مدلهای سری زمانی (ARIMA)**. مجله علمی پژوهشی جغرافیا، چاپ دوازدهم، ۷۷-۶۹.

Aguilera A. M. Escabias M. Valderrama M. (2007). ***Forecasting binary longitudinal data by a functional PC-ARIMA model.*** Computational statistical & data analysis, (52): 3187-3197.

Borland P. Montana A. (1996). ***Forecasting of storm rain full by combined use of rider, rain gages and linear models***, Atmospheric research, 42:199-216.

Box G.E. Jenkins G.M. Reinsel G.C. Ljung G.M. (2015). ***Time series analysis: forecasting and control***. John Wiley & Sons.

Brockwell P.J. Davis R.A. (1996). ***Introduction to time series and forecasting.*** Springer Verlag, New York, Inc.

Chatfield C. (1996). ***The analysis of time series: an introduction***. 5th edition. Chapman and Hall.UK.

Matalas N. C. (1967). ***Time series analysis***. Water Resources Research, 3(3):817-829.

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.5.1 ]

McKerchar A.I. Delleur J.W. (1974).***Application of seasonal parametric linear stochastic models to monthly flow data***. Water Resources Research, (10): 246-255.

Naill P.E. Momani M. (2009. ***Time Series Analysis Model for Rainfall Data in Jordan: Case Study for Using Time Series Analysis***. American Journal of EnvironmentalSciences, 5(5): 599-604.

Ruhf R. Cutrim E.M. (2003). ***Cutrim. Time seriesanalysis of 20 years of hourly precipitation in southwest Michigan***. Journal of Great Lakes Research, 29(2): 256-267.

Zou P. Jingsong, Y. Jianrong F. Guangming L. Dongshun L. (2010). ***Artificial neural network and time series models for predicting soil salt and water content***. Agricultural water management, 97: 2009-2019.

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.44.5.1 ]