

جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۱۷، زمستان ۱۳۹۴

وصول مقاله: ۱۳۹۲/۸/۲۶

تأیید نهایی: ۱۳۹۳/۱۰/۲۳

صفحات: ۱۸ - ۱

## پیش‌بینی وضعیت آینده رود با استفاده از سری‌زمانی

### مورد شناسی: شرق جلگه اصفهان

دکتر صدیقه کیانی سلمی<sup>۱</sup>، دکتر سید هدایت‌الله نوری<sup>۲</sup>، امید صدرزاده خویی<sup>۳</sup>

#### چکیده

پیش‌بینی میزان آب در دسترس، یکی از مؤلفه‌های مهم و تأثیرگذار در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب بوده و برآورد آن در مقیاس‌های زمانی مختلف، از اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌ریزی کشاورزی برخوردار است. یکی از روش‌های مطالعاتی پیش‌بینی، روش سری‌های زمانی است؛ برای این منظور، و مدل‌های مختلفی ارائه شده‌اند که از آن جمله می‌توان مدل‌های سری زمانی MA، ARIMA و AR را برشمرد. در این تحقیق، عملکرد هریک از مدل‌های یاد شده در برآورد و تخمین مقادیر آبی میزان آب زاینده رود طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۱ به صورت ۷۲ سری داده‌ ماهانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدل سری زمانی AR12 عملکرد بهتری نسبت به سایر مدل‌ها دارد و روند تغییرات سری زمانی را با خطای کمتری شبیه‌سازی می‌کند. کلید واژگان: پیش‌بینی، زاینده‌رود، سری زمانی، منابع آب، AR، ARIMA، ARMA.

---

s.kiani@kashanu.ac.ir  
hedayat.nouri@gmail.com

۱- استادیار گروه جغرافیا و اکوتوریسم، دانشگاه کاشان (نویسنده مسؤول)

۲- دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشگاه اصفهان

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع (مدیریت سیستم و بهره‌وری)، دانشگاه پیام نور عسلویه

## مقدمه

آب ماده‌ای است حیات‌بخش که زندگی بدون آن ممکن نیست. این افسانه دیرپا در قرن بیست و یکم به بزرگترین چالش فراروری دولت‌ها و ملت‌ها تبدیل گردیده؛ به گونه‌ای که بحران آب در سده ۲۰۰۰ بیش از پیش خودنمایی خواهد کرد. با این حساب آموزش، توسعه، ساخت و سرمایه‌گذاری در بخش آب و حفاظت از آن نه تنها یک ضرورت، بلکه مقوله بسیار مناسبی برای سرمایه‌گذاران دوراندیش است (بزی، ۱۳۸۹: ۳) و در ایران با توجه به اقلیم خشک، روند افزایش دما و مشکلات ناشی از آن، ضرورت برنامه‌ریزی برای آینده بیش از پیش احساس می‌شود (جلالی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۱۵). به‌منظور مدیریت صحیح منابع آب، آگاهی از میزان آب در دسترس و به دنبال آن برنامه‌ریزی برای استفاده بهینه از منابع آبی با هدف رسیدن به توسعه پایدار حائز اهمیت فراوان است (قهرمان و همکاران، ۱۳۹۰: ۷۵). این مسئله در مناطق روستایی با پیشه کشاورزی اهمیتی فزاینده می‌یابد و با توجه به کمبود این منبع ارزشمند و حیاتی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک حرکت به سمت شیوه‌های استفاده با راندمان بالاتر امری ضروری خواهد بود (انصاری‌اردلی و همکاران، ۱۳۸۷: ۳۷۱).

منطقه شرق اصفهان کاملاً به جریان آب زاینده رود وابسته است. این رود زنده و زاینده که به‌عنوان رودی دائمی به مرکز ایران رونق، طراوت و زندگی می‌بخشد؛ به دلایل متعددی برخلاف روند چند صدساله خود، در سال‌های اخیر دچار بحران شده که نتیجه آن را می‌توان در قطعی‌های متناوب مشاهده نمود. رخدادی که مردم منطقه را دچار مشکلات فراوانی نموده است و به تبع آن ساکنان منطقه شرق اصفهان (که بر مبنای آمار اخذ شده از جهاد کشاورزی شهرستان ۹۰ درصد به کشاورزی وابسته‌اند)، دچار مصائب عدیده ناشی از عدم وجود منابع آب سطحی و به تبع آن افت منابع آب زیرزمینی گردیده‌اند؛ بنابراین، برای تدوین برنامه‌ای کاربردی در خصوص کشاورزی منطقه، تخمین میزان آبدی زاینده رود طی سال‌های آتی

ضروری است. یکی از ابزارهای مهم در مدل‌سازی و پیش‌بینی فرآیندهای هیدرولوژیکی، استفاده از مدل‌سازی و تحلیل سری‌های زمانی است. سری‌های تولید شده جریان رودخانه با استفاده از مدل‌های سری زمانی در مطالعات مختلفی نظیر خشکسالی، سیلاب، طراحی سیستم‌های مخازن و اهداف فراوان دیگر قابل استفاده است (ناوه و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۲۹۹). بدین منظور در پژوهش حاضر اقدام به برآورد میزان آبدی زاینده رود تا سال ۱۳۹۴ با استفاده از مدل سری زمانی شده است.

## اهمیت و ضرورت پژوهش

آب در نواحی خشک ارزش و اعتباری دوچندان دارد؛ به طوری که در برخی نواحی ایران، یگانه عامل دوام استقرار جمعیت، دسترسی به میزان مناسبی از آب است (شریفی‌کیا، ۱۳۸۹: ۱۵۵). بر کسی پوشیده نیست، مدیریت منابع آب از جمله موارد مهم و کلیدی در برنامه‌ریزی و توسعه پایدار یک منطقه بوده که بر بسیاری از زمینه‌های سیاستگذاری مانند انرژی، سلامت، امنیت غذایی و حفاظت طبیعی تأثیرگذار است. از طرفی یافته‌های دانشمندان نشان دهنده افزایش دمای زمین و روند صعودی آن طی قرن کنونی است. افزایش دما و تغییر اقلیم، موجب تأثیر بر اکوسیستم‌های زمینی و چرخه آب می‌شود و می‌تواند بر سیستم‌های تأمین آب در یک منطقه تأثیرگذار باشد (یزدانی، ۱۳۹۰: ۱). این تغییرات، سبب تشدید ناهنجاری‌های هیدرولوژیکی؛ همچون خشکسالی و سیلاب، تغییر چرخه آب و تغییر در آب‌های جاری می‌شود و نیز تغییر رژیم آبدی مناطق مختلف را به دنبال خواهد داشت (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۵). منطقه مورد مطالعه نیز از این امر مستثنی نیست و پس از بروز خشکسالی و قطع جریان آب زاینده رود، شاهد افت منابع آب زیرزمینی و به دنبال آن اختلال در عملکردهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی خود بوده است. یکی از راهکارهای مدیریت شرایط کم‌آبی و بحران منابع آب، پیش‌بینی جریان‌ات آب

بیانگر آن است که نمی‌توان وجود روند افزایش دما را در مقیاس جهانی به اثر گلخانه‌ای نسبت داد. کاستلنو مندنز و همکاران با استفاده از مدل سری زمانی در قالب روش باکس-جنکینز رواناب ماهانه و روزانه رودخانه سالاس در کشور اسپانیا را پیش‌بینی نمودند. رحیم‌زاده (۱۳۶۹) میانگین دمای ماهانه و بارندگی ایستگاه تهران را با استفاده از روش سری‌های زمانی مدل بندی نموده و مقادیر دما را برای سال‌های آتی با استفاده از مدل به‌دست آمده پیش‌بینی کرده است. جهانبخش (۱۳۸۲) با استفاده از مدل ARIMA به بررسی و پیش‌بینی دمای ماهانه تبریز اقدام نموده و بر اساس نتایج مدل دمای ماهانه ایستگاههای تبریز را تا سال ۲۰۱۰ پیش‌بینی کرده است. جاناتان (۱۳۷۸) ضمن مروری بر کاربرد تحلیل سری‌های زمانی در رشته‌های علوم مختلف؛ مانند: ژئوفیزیک، اقتصاد، مهندسی، ارتباطات، هواشناسی، اقلیم‌شناسی و ... نشان داد، تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی دو هدف را دنبال می‌کند: درک و مدل‌سازی ساز و کار تصادفی و سیستماتیک که منجر به رخداد مشاهدات یک سری می‌شود و پیش‌بینی مقادیر آینده سری که بر مبنای گذشته آن صورت می‌گیرد. آذر (۱۳۷۷) گزارش کرد که برای پیش‌بینی سری زمانی و تعیین مدل پیش‌بینی، فنون مختلفی وجود دارد که این فنون را می‌توان به دو دسته کمی و کیفی تفکیک کرد. کمی، مدل‌های میانگین متحرک ساده و موزون، هموارسازی نمایی ساده و هالت وینترز، باکس جنکینز، خود همبستگی میانگین متحرک تلفیقی (ARIMA) و مدل‌های اقتصادسنجی و کیفی روش‌های دلفی، طوفان مغزی و گروه اسمی را شامل می‌شود. چنانچه تحلیل‌گر براساس رفتار مشاهده شده از سری زمانی و تجزیه و تحلیل اجزای آن بتواند مقادیر آینده را با استفاده از مبنای ریاضی پیش‌بینی کند، از مدل‌های کمی برای پیش‌بینی سری زمانی، بهره می‌گیرد.

باکس و جنکینز<sup>۱</sup> در مطالعه خود، علت استفاده از مدل سازی آماری مدل‌های میانگین متحرک تجمعی

پیش بینی وضعیت آینده زاینده‌رود با استفاده از سری‌زمانی ...

سطحی است. پیش‌بینی فرآیندهای آب و هوایی ابزار مناسبی در اختیار مدیران حوضه‌های مختلف قرار می‌دهد تا با در نظر گرفتن نتایج حاصل، سیاست‌های آینده را در جهت بهینه نمودن مصرف و بهره‌وری حداکثر طرح‌ریزی کنند (فروز و همکاران، ۱۳۹۱: ۷۷). بدین‌رو در تحقیق حاضر اقدام به برآورد میزان آینده زاینده رود تا سال ۱۳۹۴ گردیده است.

### سوابق پژوهش

استفاده از روش سری‌های زمانی به‌منظور بررسی داده‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی در مطالعات متعددی صورت گرفته است که در این قسمت به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌شود.

پادایلا و همکاران (۱۹۹۶) مدل‌های استوکاستیکی ARMA را برای تحلیل سری‌های زمانی دبی سه چشمه کارستی، اسپانیا و فرانسه به‌کار گرفتند نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که می‌توان از مدل‌های استوکاستیکی به منظور پیش‌بینی دبی استفاده کرد (Padilla, 1996:917). تورکش و همکاران (۱۹۹۶) تغییرپذیری روند میانگین دمای سالانه در ترکیه را مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج بررسی آن‌ها در مقیاس ناحیه‌ای، روند افزایش دمای آناتولی شرقی و روند کاهش آن را در نواحی ساحلی ترکیه در دو دهه اخیر نشان می‌دهد. بورلاندو و همکاران (۱۹۹۶) از مدل‌های ARMA جهت پیش‌بینی همزمان بارندگی‌های ساعتی استفاده کرده و مقادیر به‌دست آمده را با داده‌های باران سنجی مقایسه کردند. آنها در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که پیش‌بینی‌ها با افزایش تداوم بارندگی، روند دقیق‌تری داشته و اختلاف میزان باران پیش‌بینی، با کوتاه‌تر شدن دوام بارندگی، از مقدار واقعی متناظر خود بیشتر می‌شود. لیتو پیکسوتو (۱۹۹۶) کاربرد مدل‌های اتورگرسیو را در بررسی تغییرات دما با استفاده از بلندترین سری‌های زمانی مورد بررسی قرار داده است. مطالعه وی نشان می‌دهد که مقادیر تغییرپذیر قابل توجهی در مقیاس‌های سالانه و دهه‌ای وجود دارد. نتیجه دیگر این تحقیق

به بخش مفید و قابل فهم آن دست یافت (کیانی مهر، ۱۳۹۲: ۴). با استفاده از مدل‌های سری زمانی تولید داده‌های مصنوعی هیدرولوژیک، پیش‌بینی وقایع هیدرولوژیک، تشخیص روند و پرش در داده‌ها، تکمیل خلاء آماری و تطویل دوره آماری امکانپذیر خواهد بود. مدل‌های سری زمانی از دو بخش یا مؤلفه اصلی شامل مؤلفه تصادفی و مؤلفه مدل تشکیل شده‌اند که مؤلفه مدل با استفاده از ارقام مشاهداتی و مؤلفه تصادفی با استفاده از روش‌های مختلف استوکاستیک بدست می‌آید؛ لذا ساختار مدل‌های سری زمانی می‌تواند با ساختار سری‌های هیدرولوژیک در صورت انتخاب درست مدل و محاسبات صحیح آن سازگاری و مطابقت ویژه‌ای داشته باشد (Salas J.D, 1993: 23). فرآیند کلی پیش‌بینی روند منابع آب سطحی با استفاده از مدل سری زمانی شامل مراحل ذیل است:

- آماده سازی داده‌ها<sup>۱</sup>
- تغییر شکل و تبدیل داده‌ها
- انتخاب تجزیه کلاسیکی و یا روش تفاضل‌گیری
- پیدا کردن یک مدل برای داده‌ها
- ACF و PACF نمونه‌ای
- استفاده از عملگرهای تفاضل‌گیری
- انتخاب بهترین مدل
- PACF باقی‌مانده‌ها
- پیش‌بینی نهایی

۱- در مرحله آماده‌سازی داده‌ها برای هر یک از روستاها، میزان آب دریافتی به تعداد هر یک از سهم بران در قالب دریچه‌های مختلف و طی ۳۶۵ روز سال (سال‌های ۸۵ تا ۹۱) محاسبه گردید؛ برای مثال اگر حبابه گیر X در روز اول فروردین ماه ۳۰ لیتر بر ثانیه آب دریافت کرده است، به صورت ذیل حجم کل آب دریافتی در روز مربوطه و به همین ترتیب از جمع روزها برای ماه و سپس سال محاسبه گردید.

$30 * 24 * 60 * 3/14 =$  حجم کل آب دریافتی حبابه دار در روز مربوطه  
این میزان برای هر ماه و از جمع حبابه گیران هر روستا برای روستا و از جمع روستاها برای هر کانال و از تفکیک کانال‌ها برای هر دهستان محاسبه شد که نتیجه آن دستیابی به ۷۲ سری داده به تفکیک ماه‌های مختلف در طی ۶ سال و برای ۱۶۳ روستا در قالب ۱۰ دهستان است.

خود همبسته را وجود خود همبستگی در داده‌های اقلیمی با دارا بودن اثر فصل و یا روند، ذکر کرده و پیشنهاد کردند که به منظور تعیین اثر خود همبستگی‌ها (نظیر خود همبستگی موجود در داده‌های اقلیمی) از روش‌های ضریبی اتورگرسیو و میانگین متحرک فصلی استفاده شود. در تحقیق حاضر با استفاده از مدل سری زمانی اقدام به برآورد میزان آب سطحی در اختیار تا سال ۱۳۹۴، به‌عنوان بستر مورد نیاز برای برنامه‌ریزی کشاورزی در منطقه استفاده شده است.

## مواد و روش

توجه به پدیده‌ها و عوارض موجود در سیستم‌ها از یک طرف و پیچیدگی آن‌ها از طرف دیگر، محافل علمی را به ساده‌سازی سیستم‌ها متمایل ساخته است تا با شناخت روابط ساده و کارآمد بتوانند با صرف هزینه و زمان کمتر مسائل پیچیده را مورد ارزیابی قرار دهند و آنها را کنترل و مدیریت نمایند (هوک، ۲۰۰۷، ۲۴۱). به علت پیچیدگی و عدم دانش کافی در مورد فرآیندهای فیزیکی در چرخه هیدرولوژیک، ساخت مدل‌های آماری و گسترش آن‌ها برای بیان این فرآیندها همیشه مورد توجه مهندسين بوده است. اساس بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها در فرآیندهای هیدرولوژیک و تصمیمات بهره‌برداری از منابع آب بر پایه پیش‌بینی و تحلیل سری‌های زمانی است (آزاد طلاپه و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۱۳). استفاده از سری‌های زمانی امروزه به‌عنوان ابزار مناسب برای پیش‌بینی‌های مختلف به‌کار می‌رود. سری زمانی مجموعه‌ای از مشاهدات است که بر حسب زمان مرتب شده‌اند و چنانچه این مشاهدات به‌طور منظم و در فاصله‌های مساوی ثبت و یا اندازه‌گیری شده باشد، یک سری زمانی گسسته به‌دست می‌آید (نیرومند و همکاران، ۱۳۸۷: ۲۵). مدل، نمادی از واقعیت است که مهم‌ترین ویژگی دنیای واقعی را به‌صورت ساده و کلی بیان نموده و ابزارهایی عملی هستند که می‌توان به کمک آنها به درکی از واقعیت البته نه در کل آن، بلکه

### معرفی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز زاینده رود در محدوده جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۱ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی واقع گردیده است. مساحت این حوضه در حدود ۱۶۵۵۰ کیلومتر مربع از کل مساحت ۴۱۵۲۴ کیلومتر مربعی حوضه آبخیز زاینده رود را تشکیل می دهد. دهستان های مورد مطالعه در پژوهش حاضر عبارتند از: دهستان های جی، کرارج، برآن

شمالی، برآن جنوبی، قهاب شمالی و قهاب جنوبی، امامزاده عبدالعزیز، رودشت، رودشت شرقی و دهستان گاوخونی، که جمعاً دارای ۱۶۴ روستا است. منطقه مورد مطالعه طبق نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۸۵ دارای ۱۳۵۴۴۷ نفر جمعیت است که در قالب ۳۴۷۸۶ خانوار توزیع شده اند (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۵). شکل شماره (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را نمایش می دهد.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

منبع: نگارندگان

بسیار زیاد بوده و در نتیجه کشت و کار و کشاورزی متکی بر آبیاری است. اصفهان از لحاظ موقعیت جغرافیایی، از سه سوی (شرق، شمال و جنوب) در محاصره کویر قرار گرفته و جبهه غربی آن نیز با

### بحث

بسیاری از مناطق ایران و از جمله استان اصفهان، در منطقه خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد. در این گونه مناطق بارندگی بسیار کم و میزان تبخیر

جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، سال پنجم، شماره ۱۷، زمستان ۱۳۹۴

آن تخلیه می‌کنند (پایمزد و همکاران، ۱۳۸۹: ۴۵). حدود یک سوم طول مسیر رودخانه زاینده‌رود آبیگر و دو سوم آن آبخور رودخانه است که پل زمانخان واقع در جبهه غربی شهر سامان، در حد فاصل این دو منطقه احداث شده است (حسینی‌ابری، ۱۳۷۹: ۵). حوزه آبخور زاینده‌رود تا حاشیه غربی مرداب گاوخونی (۱۱۷ کیلومتری شرق اصفهان) در دو سوی رودخانه ادامه دارد (همان، ۱۳۸۲: ۱۰۶). این رودخانه در قسمت شرق و در خروجی شهر اصفهان دارای دو سد یا بند است. سد اول که به بند آبشار مشهور بوده و در ۵ کیلومتری اصفهان واقع است، دارای دو کانال آبشار راست و آبشار چپ می‌باشد. سد یا بند بعدی با فاصله ۳۰ کیلومتری از بند آبشار، بند رودشت یا سد مروان نامیده می‌شود که خود به سه کانال رودشت شمالی چپ، رودشت شمالی راست و رودشت جنوبی تقسیم می‌گردد. توزیع آب در کل منطقه از طریق این کانال‌ها که دارای دریاچه‌های متعدد (۴۱۶ دریاچه) است صورت می‌پذیرد. طی تاریخ گذشته، شهر اصفهان و حومه جدایی‌ناپذیر آن در همه حالات (سال‌های خشک یا مرطوب) همواره ۶ سهم از ۳۳ سهم کل آب زاینده‌رود (۱۸ درصد) را به خود اختصاص می‌داده که از طریق نهرهای متعدد و شعب آنها هم در سطح باغات و مزارع شهر (۱۵۸ باغ و مزرعه حقایبه‌دار) و هم در حوزه پیرامون آن توزیع می‌شده است. شکل شماره (۲) رودخانه زاینده‌رود از سرچشمه تا گاوخونی را به تصویر کشیده است.

طبق اطلاعات اخذ شده، از سال‌های ۱۳۸۵ تا کنون با یک روند نزولی از جریان این رود استثنایی روبرو هستیم به طوری که ۲۱۹ روز در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶، ۸۴ روز در سال ۱۳۸۷، ۳۲ روز در سال ۱۳۸۸، ۷۶ روز در سال ۱۳۸۹، ۴۰ روز در سال ۱۳۹۰ و ۸۷ روز در سال ۱۳۹۱ در رودخانه آب جریان داشته و مابقی روزهای سال فاقد جریان آب سطحی در منطقه مورد مطالعه بوده است (شرکت میراب زاینده‌رود، ۱۳۹۰).

متوسط ۵۰ ساله بارندگی حدود ۱۲۵ میلی‌متر و تبخیر بیش از ۳۰۰۰ میلی‌متر جزء مناطق صحرایی است؛ بنابراین، اصفهان را باید شهری کویری به شمار آورد (حسینی‌ابری، ۱۳۸۲: ۱۰۵).

در محدوده مورد مطالعه در سال‌های اخیر خشکسالی‌هایی رخ داد که باعث قطع جریان رودخانه زاینده‌رود و همچنین پایین رفتن سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی و به دنبال آن از رونق افتادن کشاورزی و در نتیجه مهاجرت کشاورزان به شهرها و مناطق دیگر شده است (میرحاج، ۱۳۸۵: ۳). یافته‌های مطالعه یزدانی با عنوان «بررسی اثرات اقلیم بر حوضه آبخیز زاینده‌رود» مبین تغییرات کاهش بارش در دوره زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ به میزان ۷/۸۸ و در دوره زمانی ۲۰۴۰ تا ۲۰۶۹، ۳۷/۲۴ میلی‌متر نسبت به دوره پایه ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰ است. نتایج بیانگر آن است افزایش محتمل دما در حوزه آبخیز زاینده‌رود و کاهش میزان بارندگی موجب تأثیرات منفی بر منابع آب سطحی خواهد شد. به طوری که در دوره زمانی سوم، میزان جریان بیش از ۳۰ درصد کاهش می‌یابد؛ بنابراین، لازم است تمهیداتی مناسب برای کاهش اثرات منفی بر جریان‌های سطحی منطقه صورت گیرد (یزدانی، ۱۳۹۰: ۱). این امر به خصوص در عرصه روستایی شرق اصفهان به دلیل وابستگی شدید مردم کشاورز منطقه به منابع آب سطحی اهمیتی مضاعف می‌یابد و لازم است در این خصوص تدابیر لازم برای مدیریت بحران پیش‌رو صورت پذیرد.

#### - تحلیل وضعیت منابع آب سطحی

رودخانه زاینده‌رود با طول ۳۵۰ کیلومتر از کوه‌های زاگرس سرچشمه گرفته و به باتلاق گاوخونی ختم می‌شود. میانگین بارندگی سالانه در حوضه از حدود ۵۰ میلی‌متر در منتهی‌الیه مناطق کویری جنوب شرقی تا بیش از ۱۵۰۰ میلی‌متر در ارتفاعات کوه‌رنگ متغیر است (ولی، ۱۳۸۸: ۷۱) بر روی این رودخانه سد مخزنی چادگان با حجم کل ۱۴۶۰ میلیون متر مکعب احداث گردیده که چهار رودخانه اصلی (پلاسجان، زاینده‌رود، سمندگان و حیدری) آب خود را در پشت



شکل ۲: مسیر زاینده رود از سرچشمه تا تالاب گاوخونی

منبع: نگارندگان

روندی کاهشی را طی کرده است (شرکت میراب زاینده رود، ۱۳۹۱) این روند کاهشی در شکل شماره (۳) قابل رؤیت است.

در جدول شماره (۱) حجم آب تحویل شده به تفکیک ماه و سال ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، حجم آب ورودی و تحویل شده

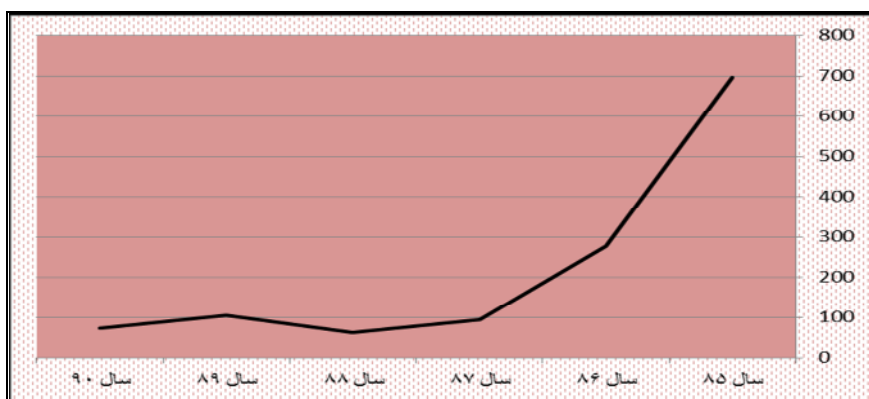
جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، سال پنجم، شماره ۱۷، زمستان ۱۳۹۴

جدول ۱: حجم آب سطحی تحویلی به شبکه های منطقه به تفکیک سال و ماه (میلیون متر مکعب)

سال	ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	جمع
۸۵	آبشار راست	۴۶/۱	۳۹/۹	۲۵/۷	۲۵	۲۶/۸	۲۶/۷	۷	۱۶/۵	۱۸/۶	۰	۰	۰	۲۳۲/۳
	آبشار چپ	۳۶/۲	۳۱/۷	۲۱	۱۸/۸	۲۲/۹	۲۲/۸	۶	۱۲/۶۹	۱۵/۲	۰	۰	۰	۱۸۷/۳۹
	رودشت شمالی	۴۹/۷	۴۷/۸	۳۰	۰	۰	۰	۰	۲/۸	۲۳	۰	۰	۰	۱۵۳/۳
	رودشت جنوبی	۳۹	۳۹/۳۲	۲۴/۶	۰	۰	۰	۰	۲/۱	۱۸/۴	۰	۰	۰	۱۲۲/۳۲
	جمع	۱۷۱	۱۵۸/۶۲	۱۰۱/۳	۴۳/۸	۴۹/۷	۴۹/۵	۱۳	۳۴/۰۹	۷۵/۲	۰	۰	۰	۶۹۶/۳۱
۸۶	آبشار راست	۱۳/۵	۱۵/۴	۱۱/۵	۸/۵	۱۱/۹۸	۱۲/۰۲	۴/۵	۵/۷۳	۵/۸	۰	۰	۰	۸۸/۹۷
	آبشار چپ	۱۳/۶	۱۶/۶	۱۴/۷۳	۸/۶	۱۲/۸	۱۱/۸	۴/۸	۷/۱۴	۶/۹	۰	۰	۰	۹۶/۹۷
	رودشت شمالی	۲۲/۸	۲۲/۸	۲۰/۱	۰	۰	۰	۰	۷/۲	۱۲/۳۶	۰	۰	۰	۴۵/۱۲
	رودشت جنوبی	۰	۱۵/۶	۱۴/۴	۰	۰	۰	۰	۵/۱	۱۰/۲۴	۰	۰	۰	۴۵/۴
	جمع	۴۹/۹	۷۰/۴	۶۰/۷۳	۱۷/۱	۲۴/۷۸	۲۳/۸۲	۹/۳	۲۵/۱۷	۳۵/۳	۰	۰	۰	۲۷۶/۴۶
۸۷	آبشار راست	۹/۰۲	۷/۵	۳/۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۹/۷۲
	آبشار چپ	۹/۴	۶/۵	۴/۱۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰/۰۸
	رودشت شمالی	۱۲/۲	۱۲/۶	۶/۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۱/۷
	رودشت جنوبی	۹/۸	۷/۸	۴/۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۲/۲
	جمع	۴۰/۴۲	۳۴/۴	۱۸/۸۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹۳/۷
۸۸	آبشار راست	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵/۴	۶	۰	۰	۰	۱۱/۴
	آبشار چپ	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶/۲	۷/۱	۰	۰	۰	۱۲/۳
	رودشت شمالی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹/۳	۱۰/۳	۰	۰	۰	۱۹/۶
	رودشت جنوبی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۸/۴	۱۰/۱	۰	۰	۰	۱۸/۵
	جمع	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۹/۳	۳۳/۵	۰	۰	۰	۶۲/۸
۸۹	آبشار راست	۸/۰۵	۶/۹۲	۵/۲۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۰/۲۶
	آبشار چپ	۸/۸۴	۹/۲۲	۵/۰۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۳/۱
	رودشت شمالی	۱۴/۵۲	۱۵/۱۳	۴/۵۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۴/۲۱
	رودشت جنوبی	۱۲/۱۲	۱۲/۴۲	۳/۳۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۷/۸۸
	جمع	۴۳/۵۳	۴۳/۶۹	۱۸/۲۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۵/۴۵
۹۰	آبشار راست	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴/۵۷	۸/۲۷	۰	۰	۰	۱۲/۸۴
	آبشار چپ	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵/۵۶	۹/۶۹	۰	۰	۰	۱۵/۲۵
	رودشت شمالی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶/۱۴	۱۶/۲۷	۰	۰	۰	۲۲/۴۱
	رودشت جنوبی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶/۶۱	۱۵/۱۴	۰	۰	۰	۲۱/۷۵
	جمع	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۲/۸۸	۴۹/۳۷	۰	۰	۰	۷۲/۲۵

منبع: شرکت میراب زاینده رود، ۱۳۹۱





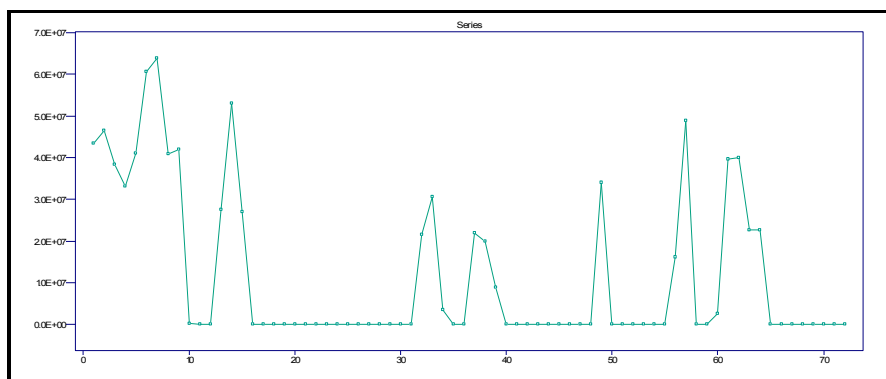
شکل ۳: روند کاهشی حجم آب تحویلی زاینده رود

منبع: نگارندگان

پدیده و روندها در جهان خارج است ( شایان، ۱۳۸۵: ۱۰۳) اولین گام در مراحل کاربردی مبحث سری زمانی، رسم نمودار داده‌ها بر حسب زمان است. این کار اغلب مهمترین خواص یک سری مانند روند، تغییرات فصلی، ناپیوستگی‌ها و مشاهدات دور افتاده را مشخص می‌نماید. با توجه به شکل شماره (۴) داده‌ها ایستا در میانگین نبوده و روندی منحنی وار در آن‌ها مشاهده می‌شود.

### - پیش‌بینی روند منابع آب سطحی با استفاده از مدل سری زمانی

یکی از مهمترین نیازهای عصر حاضر، آگاهی از میزان آب در اختیار برای هر گونه برنامه‌ریزی است. امروزه روش‌های چندی وجود دارد که این پیش‌بینی را برای بشر میسر کرده و یکی از آنها استفاده از مدل سری‌های زمانی است. مدل‌ها ابزارهایی برای تحلیل واقعیات و ساده کردن پیچیدگی‌های موجود در جهان واقعی هستند. هدف مدل‌ها افزایش دریافت ما درباره



شکل ۴: نمودار داده‌های آب دریافتی بر حسب زمان

منبع: نگارندگان

همکاران، ۱۳۹۰: ۷۵) و به‌ویژه برای حذف روند و مؤلفه فصلی و به‌دست آوردن ثبات تقریبی داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. داده‌های مربوط به کانال‌های منطقه با توجه به نمودارشان، ایستا در میانگین نبوده و روندی منحنی‌وار در آنها مشاهده می‌شود؛ بنابراین، نالیستا در واریانس و اتوکواریانس نیز خواهند بود. پی لازم است با استفاده از یک یا چند تبدیل داده‌ها ایستا گردد.

$$\text{میانگین داده‌ها} = 0.11182 \times 10^{11}$$

$$\text{واریانس نمونه} = 0.335575 \times 10^{15}$$

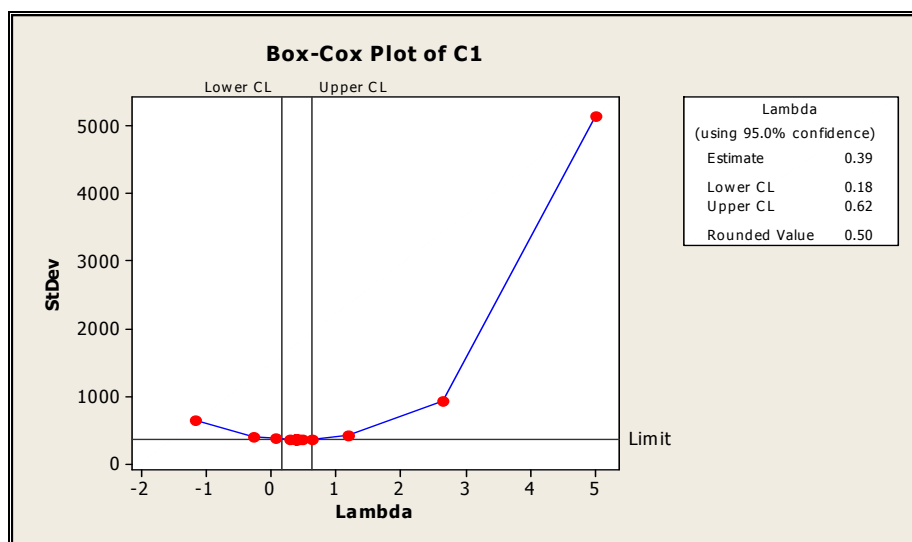
$$\text{انحراف از میانگین} = 0.403373 \times 10^7$$

### ✓ تغییر شکل و تبدیل داده‌ها

تغییرات روی داده‌ها به‌منظور ایستا کردن داده‌های سری زمانی به‌کار می‌رود. ایستا کردن به معنی ایجاد نوعی تعادل در نوسانات سری است (قهرمان و

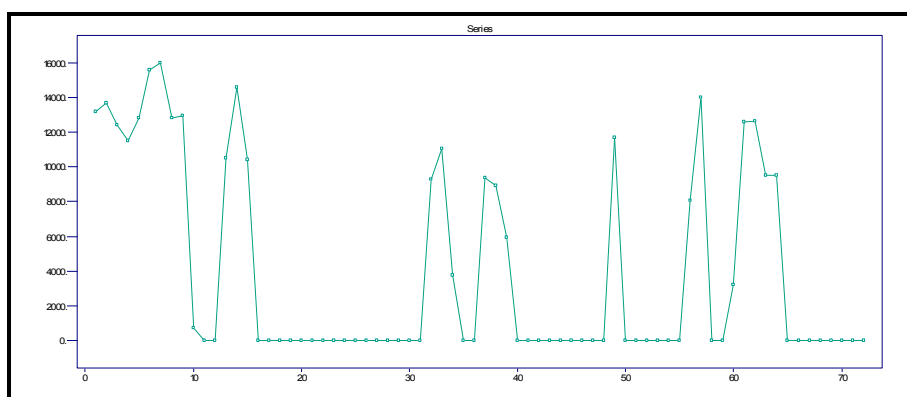
می‌توان تغییرات را به صورت ثابت درآورده و داده‌های تبدیل یافته را هموار کرد. شکل شماره (۶) نمودار هموار شده داده‌ها را نمایش می‌دهد.

در تبدیل COX-BOX با انتخاب  $\lambda$  مناسب تغییرات به صورت ثابت در می‌آیند. به‌ویژه در حالتی که داده‌ها همگی مثبت باشند و انحراف استاندارد آن‌ها با سطح افزایش می‌یابند، با انتخاب  $\lambda=0.0$



شکل ۵: نمودار COX-BOX

منبع: نگارندگان



شکل ۶: نمودار هموار شده داده‌ها

منبع: نگارندگان

### ✓ تجزیه کلاسیکی و روش تفاضل‌گیری - روش تجزیه کلاسیکی

هر مجموعه‌ای از داده‌های سری زمانی می‌تواند به صورت مدل تجزیه کلاسیک ثبت شود که نحوه دستیابی به آن در معادله شماره (۱) آورده شده است.

$$A = T + C + S + R \quad (1)$$

در این روش ابتدا مؤلفه‌های روند و مؤلفه‌های فصلی برآورد و سپس این دو مقدار از داده‌ها کم می‌شود. برای حذف مؤلفه روند و نمود فصلی، با توجه به برآزش منحنی خطی به روند داده‌ها، معادله درجه دو انتخاب

تعداد داده‌ها = ۷۲

$$\text{میانگین نمونه} = 0.3379 \times 10^4$$

$$\text{واریانس نمونه} = 0.314324 \times 10^8$$

$$\text{انحراف از میانگین} = 0.119854$$

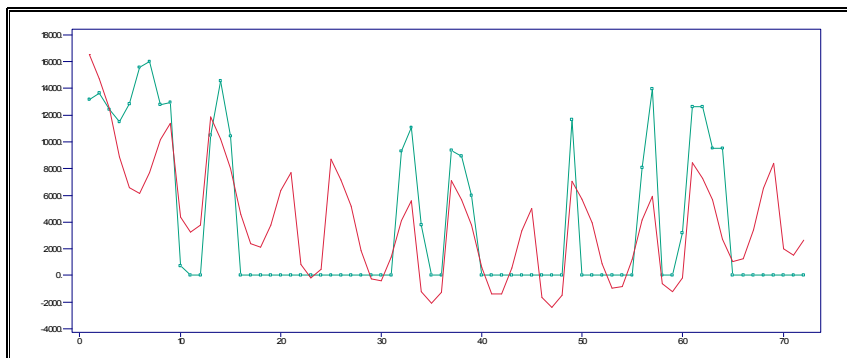
چنانچه در شکل شماره (۶) ملاحظه می‌گردد، داده‌ها دارای مؤلفه فصلی با دوره ۱۲ ماهه به همراه روندی منحنی‌وار است.

پیش بینی وضعیت آبدی زاینده رود با استفاده از سری زمانی ....

معادله شماره (۲):

$$\begin{aligned} & * 5.1321 = \text{سری زمانی آبهای سطحی} \\ & * 10.3 = \text{زمان} - 0.46412 \text{ (زمان با توان ۲)} \\ & * 10.5 = 0.11548 \end{aligned}$$

می‌گردد. با این روش روند از داده‌ها حذف شده و با حذف مؤلفه روند، دنباله باقیمانده‌ها به عنوان مجموعه داده‌های اصلی ذخیره می‌شود. اطلاعات به دست آمده از برازش غیر خطی مدل به صورت معادله شماره (۲) است.



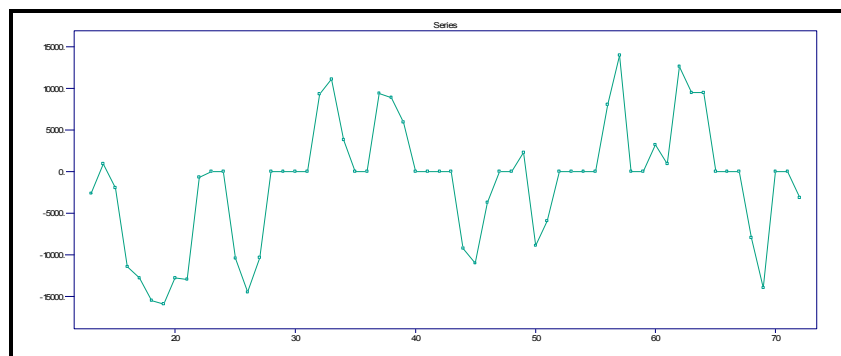
شکل ۷: نمودار کلاسیک روند داده‌ها

منبع: نگارندگان

### - روش تفاضل‌گیری

تفاضل‌گیری یک روش برای حذف مؤلفه روند و نمود فصلی است. برای حذف مؤلفه روند خطی در این مرحله، از یک بار تفاضل‌گیری  $(Y_t = X_t - X_{t-1})$  استفاده شده است. برای حذف مؤلفه فصلی با دوره تناوب  $d$  برابر با ۱۲ ماه یعنی طول مدت فرودین سال گذشته تا فروردین سال بعد از تفاضل‌گیری در تأخیر  $d$  استفاده  $(Y_t = X_t - X_{t-d})$  و با  $\lambda = 0.5$ ، از داده‌ها لگاریتم گرفته شد و سپس، از تفاضل‌گیری با تأخیر ۱۲ بهره‌برداری شد.

با توجه به شکل شماره (۷) مشخص است که روش کلاسیک با اینکه پرش‌ها را به خوبی تخمین می‌زند، اما در بعضی مواقع در دوره‌های دارای سکون، روند ساختگی ایجاد کرده است. به عبارت دیگر، در اولین اوج داده‌ها آن را حسیض پیش‌بینی نموده است و به درستی نتوانسته پیش‌بینی روند انجام دهد؛ در نتیجه، روش تفاضل‌گیری برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد. زمانی روش تفاضل‌گیری به کار گرفته می‌شود که روش کلاسیک نتوانسته باشد به خوبی روند سری زمانی را مشخص کند.



شکل ۸: نمودار روند لگاریتمی داده‌ها

منبع: نگارندگان

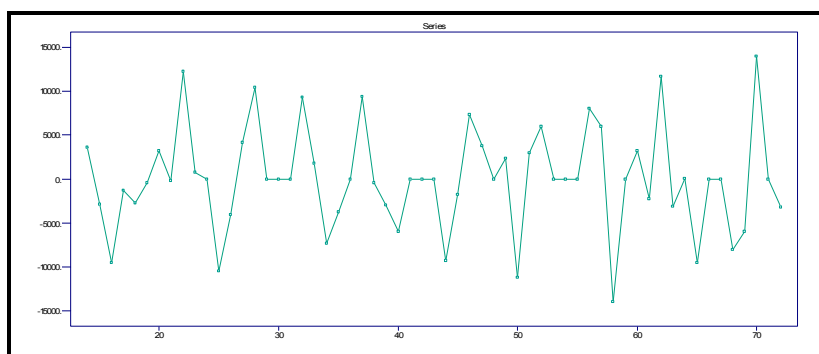
نتایج ارائه شده در شکل شماره (۸) نشانگر از بین رفتن کامل مؤلفه روند و کم شدن واریانس ناشی از عملکرد مناسب روش تفاضل‌گیری است. برای دستیابی به یک سری کاملاً ایستا، دو بار از عملگر تفاضل‌گیری استفاده شد که اطلاعات زیر منتج از آن است.

تعداد داده‌ها = ۶۰

میانگین نمونه =  $0.1289 \times 10^4$

واریانس نمونه =  $0.520274 \times 10^8$

$0.167169 \times 10^4$  = انحراف از میانگین



شکل ۹: نمودار روند شده داده‌ها پس از تفاضل‌گیری مجدد

منبع: نگارندگان

### ACF و PACF نمونه‌ای

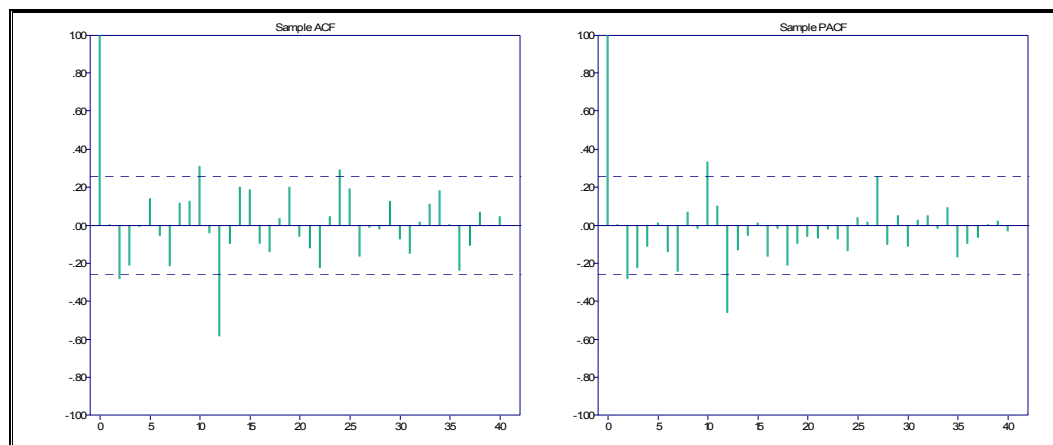
تحلیل رفتن و رو به کاهش گذاشتن سریع مقدار ACF با افزایش  $h$  (افزایش لگ تأخیر زمانی یا وقفه در سری زمانی) دلالت بر کوتاهی دوره وابستگی در سری زمانی دارد و تحلیل رفتن آرام مقدار ACF، دلالت بر وابستگی در سری زمانی دارد. در هر یک از این دو مورد ممکن است لازم شود قبل از برازش مدلی مناسب، داده‌ها مجدداً تغییر داده شود.

تعداد داده‌ها = ۵۹

میانگین نمونه =  $-۸/۹۴۵۶$ واریانس نمونه =  $۰/۳۴۰۷۰۳ \times ۱۰^۸$ انحراف از میانگین =  $۰/۴۹۳۳۵۶ \times ۱۰^۳$ 

### ✓ پیدا کردن یک مدل برای داده‌ها

ACF نمونه‌ای (تابع خود همبستگی) و PACF نمونه‌ای (تابع خود همبستگی جزئی) و آماره AICC (میزان خطا) ابزارهای مختلفی برای جستجوی یک مدل مناسب است (نظیفی، ۱۳۹۱: ۱۲۶).



شکل ۱۰: نمودار ACF و PACF برای تعیین مدل مناسب

منبع: نگارندگان

و خود همبستگی جزئی معنی‌داری دارد. در نمودار مشخص است که هم برای ACF و هم برای PACF تنها ۳ مورد از خطوط کرانه خارج قرار گرفته‌اند و این ۳ درصد جزء ۵ درصد مجاز برای خارج از کرانه بودن است و ۹۵ درصد داده‌ها داخل خطوط کرانه قرار دارد که دلیلی بر صحت مدل است.

خطوط افقی نمودار PACF، ACF نمونه‌ای کرانه‌های  $\pm 1.96/\sqrt{n}$  است (شکل شماره ۱۰). کرانه‌های  $\pm 1.96/\sqrt{n}$  فاصله اطمینان برای تعریف نوفه سفید یا White Noise می‌باشد. زمانی که در این فاصله اطمینان مقادیر خود همبستگی تعریف شود، بدین معنی است که مدل تخمین زده شده همبستگی

## - استفاده از عملگرهای تفاضل گیری

این روش استفاده مکرر از عملگرهای تفاضل گیری روی  $\{X_t\}$  است. در این روش به جای برآورد مؤلفه روند و مؤلفه فصلی، این مؤلفه‌ها به وسیله عملگرهای خاص حذف می‌گردد.

اگر مؤلفه روند یک تابع درجه  $K$  باشد، می‌توان آن را با  $k$  بار تفاضل گیری حذف نمود و مؤلفه فصلی با دوره تناوب  $d$  با عملگر تفاضل گیری در تأخیر  $d$  حذف خواهد شد. لازم به ذکر است در روندهای خطی برای حذف روند از یکبار تفاضل گیری و در روندهای درجه ۲ از دوبار تفاضل گیری استفاده می‌شود.

در شکل شماره (۹) هم برای ACF و هم برای PACF مقادیر خارج از باند ( $\pm 0.29$ ) مشخص شده است. این مقادیر و تعداد آنها محقق را در انتخاب مدل‌های پیشنهادی یاری می‌دهد. اگر نمودار ACF

نتایج حاصل از برازش  $MA(4)$  عبارت است از:

$$x(t) = Z(t) - 0.2509 Z(t-2) - 0.1311 Z(t-3) - 0.02686 Z(t-4) - 0.02621 Z(t-5) \\ - 0.1020 Z(t-6) - 0.07854 Z(t-7) + 0.3114 Z(t-8) + 0.02224 Z(t-9) \\ + 0.1687 Z(t-10) - 0.06546 Z(t-11) - 0.5819 Z(t-12)$$

برازش مدل  $AR(12)$  نیز نتایج ذیل را به بار آورده است:

$$X(t) = -0.08291 X(t-1) - 0.1854 X(t-2) - 0.2094 X(t-3) - 0.05167 X(t-4) - 0.09223 X(t-5) \\ - 0.1050 X(t-6) - 0.1412 X(t-7) + 0.1293 X(t-8) - 0.05480 X(t-9) \\ + 0.1835 X(t-10) + 0.04215 X(t-11) - 0.4614 X(t-12) + Z(t) \\ \text{آکائیک (خطا)} = 0.117999 \times 10^4$$

و در آخر برازش مدل  $ARMA(12,12)$  نشانگر یافته‌های زیر است:

$$X(t) = 0.04012 X(t-1) - 0.02092 X(t-2) - 0.1559 X(t-3) + 0.2910 X(t-4) + 0.1812 X(t-5) \\ + 0.007917 X(t-6) + 0.04812 X(t-7) + 0.04579 X(t-8) - 0.05913 X(t-9) \\ + 0.07185 X(t-10) - 0.11142 X(t-11) - 0.3292 X(t-12) + Z(t) \\ - 0.2040 Z(t-1) - 0.2540 Z(t-2) + 0.07266 Z(t-3) - 0.3453 Z(t-4) \\ - 0.2581 Z(t-5) - 0.02179 Z(t-6) - 0.1076 Z(t-7) + 0.3285 Z(t-8) \\ + 0.1073 Z(t-9) + 0.1045 Z(t-10) + 0.04323 Z(t-11) - 0.3880 Z(t-12)$$

$$\text{آکائیک (خطا)} = 0.12890 \times 10^4$$

با مقایسه میزان AIC با  $AR(12)$  مدل با کمترین مقدار خطا به عنوان بهترین مدل انتخاب گردید و با استفاده از آن حجم آب سطحی تحویلی از زاینده رود برای سال‌های آتی پیش‌بینی می‌گردد.

نمونه‌ای (برای  $h > q$ ) بین کران‌های  $\pm 1.96/n$  قرار گیرد، در این حالت یک مدل  $MA(q)$  پیشنهاد می‌شود. در حالی که اگر نمودار PACF نمونه‌ای (برای  $h > p$ ) بین کران‌های  $\pm 1.96/n$  قرار گیرد، یک مدل  $AR(p)$  پیشنهاد می‌شود. با توجه به نمودارهای ACF و PACF داده‌های منابع آب سطحی دو مدل  $AR(12)$  و  $ARMA(12,12)$  پیشنهاد می‌شود.

## - انتخاب بهترین مدل

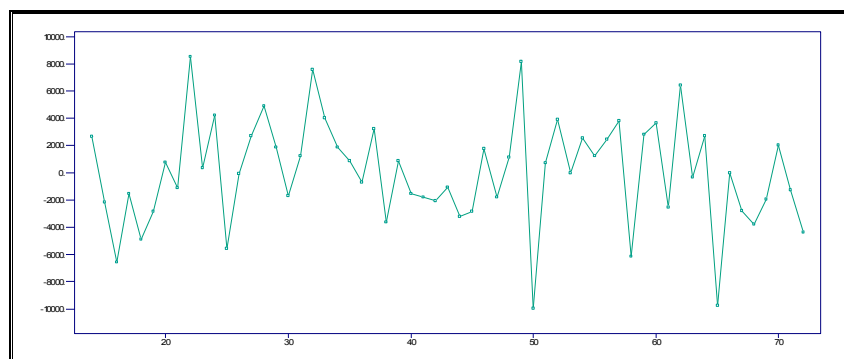
هدف نهایی پژوهش انتخاب مدل با کمترین خطاست. با توجه به نمودارهای ACF و PACF مدل‌های مناسب، مدل‌های  $AR(12)$ ،  $MA(12)$  و یا  $ARMA(12,12)$  خواهد بود که هر یک جداگانه امتحان شده و نهایتاً بهترین مدل انتخاب خواهد شد.

$$X(t) = -0.08291 X(t-1) - 0.1854 X(t-2) - 0.2094 X(t-3) - 0.05167 X(t-4) \\ - 0.09223 X(t-5) - 0.1050 X(t-6) - 0.1412 X(t-7) + 0.1293 X(t-8) \\ - 0.05480 X(t-9) + 0.1835 X(t-10) + 0.04215 X(t-11) - 0.4614 X(t-12) \\ + Z(t)$$

$$\text{آکائیک (خطا)} = 0.117999 \times 10^4$$

توضیح داده و مقادیر آتی را پیش‌بینی نماید. برای بررسی اختصاصی مدل، سری باقیمانده‌ها بررسی می‌گردد. چنانچه بیش از ۲٪ باقیمانده‌ها خارج از کران‌های  $\pm 1.96$  قرار داشته باشند، مدل برازش شده مناسب تلقی می‌شود.

در جغرافیا نیز مانند دیدگاه مدل‌های سری زمانی یک متغیره، میزان دریافت آب را می‌توان تابعی از مقادیر گذشته خود در نظر گرفت؛ به عبارت دیگر، مقادیر دریافت آب سطحی در دوره‌های قبل حاوی کلیه اطلاعات لازم مربوط به عوامل تعیین کننده سری بوده و لذا قادر خواهد بود دوره جاری را به خوبی

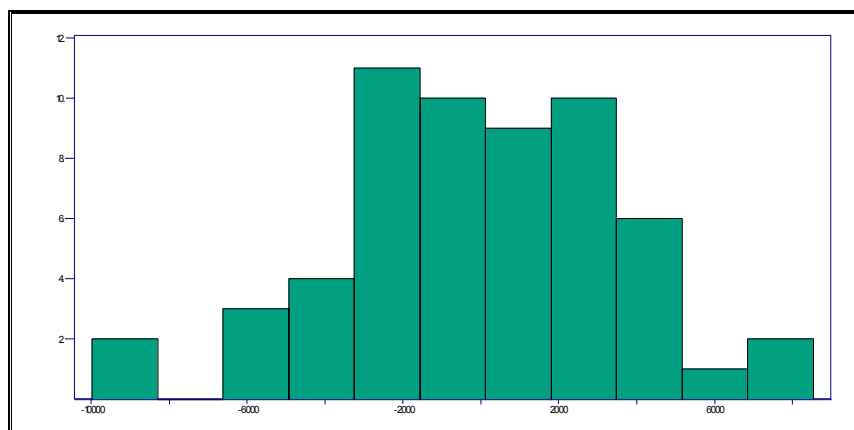


شکل ۱۱: نمودار باقیمانده‌ها

منبع: نگارندگان

برازش شده است. میانگین نزدیک صفر هیستوگرام باقیمانده‌ها تأیید مجددی بر برازش مناسب مدل بر روی داده‌ها است.

چنانچه از شکل شماره (۱۲) مشهود است، تنها ۲ باقیمانده خارج از حدود  $\pm 1.96$  قرار گرفته که جزو ۵٪ مجاز خارج از حدود و حاکی از مناسب بودن مدل



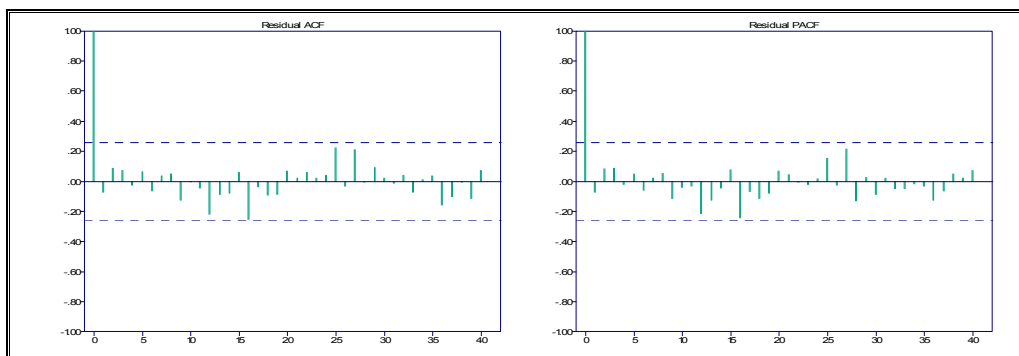
شکل ۱۲: منحنی توزیع نرمال داده‌ها

منبع: نگارندگان

نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود، همبستگی ها در این مورد خارج از کران های  $\pm 1.96/\sqrt{n}$  شده نیستند.

### -PACF باقی مانده ها

داده های میزان آب سطحی تحویل شده نمودار ACF و PACF باقیمانده ها در شکل شماره (۱۳)



شکل ۱۳: نمودار ACF و PACF باقیمانده ها

منبع: نگارندگان

در مدل به کار برده شده در پژوهش حاضر پس از ایستا کردن داده ها، ایجاد تعادل، حذف روند و مؤلفه فصلی، با کاربرد عمل تفاضل گیری داده ها تقریباً ثابت شد. با کاهش واریانس، هماهنگی درونی داده ها بیشتر شد و در مرحله بعد با بهره گیری از ACF و PACF نمونه ای و آماره AICC مدل مناسب پیش بینی انتخاب گردید. نتایج تحلیل صورت گرفته از مدل حاکی از عملکرد بهتر AR12 نسبت به سایر مدل ها بوده چرا که روند تغییرات سری زمانی را با خطای کمتری شبیه سازی کرده است. پس از طی فرآیند تحقیق و به کارگیری مدل سری زمانی، توانایی پیش بینی میزان آب سطحی دریافتی از زاینده رود تا افق سال ۱۳۹۴ حاصل گردید. نتایج این پیش بینی برای سال های آتی در جدول شماره (۲) ارائه گردیده است و همانطور که ملاحظه می گردد، روند جریان آب سطحی در منطقه کاهشی خواهد بود.

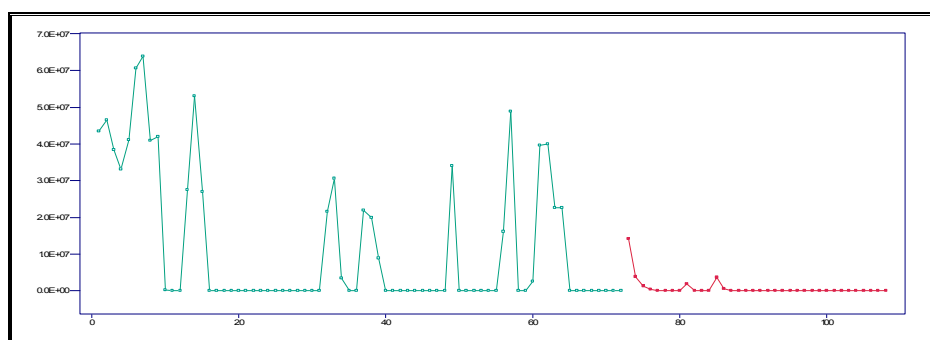
### نتیجه گیری

سری زمانی به مجموعه ای از مشاهدات  $X_t$  گفته می شود که هر یک در زمان به خصوص  $t$  ثبت شده اند. هدف این مطالعه روش هایی برای استخراج اطلاعات از داده های سری زمانی است. برای این کار باید پارامترها برآورد شود، آزمون نیکویی برازش انجام شود و با استفاده از مدل برازش شده اطلاعات بیشتری از مکانیزم تولید کننده سری کسب شود. در واقع پیش بینی برای مقادیر آینده سری انجام می شود. هرگاه در میانگین و واریانس یک سری زمانی، تغییر منظمی وجود نداشته باشد و تغییرات دوره ای اکید حذف شده باشد، آن را ایستا یا مانا می نامیم. در تجزیه و تحلیل های سری زمانی برای استفاده از نظریه ایستایی لازم است که سری های نایستا را به سری ایستا تبدیل کنیم و به وسیله یک فرآیند تصادفی ایستا تغییر در باقیمانده ها را الگوسازی نماییم.

جدول ۲: پیش‌بینی حجم آب تحویلی سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴

سال	پیش‌بینی	سال	پیش‌بینی	سال	پیش‌بینی	سال	پیش‌بینی
۹۲	فروردین	۱/۹۸*۱۰ <sup>۱۴</sup>	۹۳	فروردین	۱/۳۹*۱۰ <sup>۱۳</sup>	۹۴	فروردین
۹۲	اردیبهشت	۱/۵*۱۰ <sup>۱۳</sup>	۹۳	اردیبهشت	۲/۹۸*۱۰ <sup>۱۳</sup>	۹۴	اردیبهشت
۹۲	خرداد	۱/۶۶*۱۰ <sup>۱۳</sup>	۹۳	خرداد	.	۹۴	خرداد
۹۲	تیر	۰.۱۷۸	۹۳	تیر	.	۹۴	تیر
۹۲	مرداد	۱/۵*۱۰ <sup>۱۳</sup>	۹۳	مرداد	.	۹۴	مرداد
۹۲	شهریور	.	۹۳	شهریور	.	۹۴	شهریور
۹۲	مهر	.	۹۳	مهر	.	۹۴	مهر
۹۲	آبان	.	۹۳	آبان	.	۹۴	آبان
۹۲	آذر	۳/۴۱*۱۰ <sup>۱۳</sup>	۹۳	آذر	.	۹۴	آذر
۹۲	دی	.	۹۳	دی	.	۹۴	دی
۹۲	بهمن	.	۹۳	بهمن	.	۹۴	بهمن
۹۲	اسفند	.	۹۳	اسفند	.	۹۴	اسفند

منبع: محاسبات نگارنده حاصل از پیش‌بینی سری زمانی، ۱۳۹۱



شکل ۱۴: نمودار پیش‌بینی میزان تحویل آب سطحی

منبع: نگارندگان

### منابع

- آذر، عادل؛ مؤمنی، منصور (۱۳۷۷). آمار و کاربرد آن در مدیریت، چاپ اول، تهران، انتشارات سمت.
- آزاد طلائی، نسرین؛ بهمنش، جواد؛ منتصری، مجید (۱۳۹۱). پیش‌بینی تبخیر-تعرق پتانسیل با استفاده از مدل‌های سری زمانی (مطالعه موردی: ارومیه)، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۷، شماره ۱، صص ۲۱۳-۲۲۳.
- انصاری اردلی، علیرضا؛ محمدی، یاسر؛ رحیمیان، مهدی (۱۳۸۷). تحلیل عوامل مؤثر بر عدم پذیرش سیستم‌های نوین آبیاری شهرستان اردل، استان چهارمحال و بختیاری، مجموعه مقالات اولین همایش ملی مدیریت و توسعه کشاورزی پایدار در ایران.
- بزی، خدارحم؛ خسروی، سمیه، جوادی، معصومه، حسین‌نژاد، مجتبی (۱۳۸۹). بحران آب در خاورمیانه (چالش‌ها و راهکارها)، مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، ایران، زاهدان.
- پایمزد، شهلا؛ مرید، سعید؛ مقدسی، مهنوش (۱۳۸۸). برنامه‌ریزی غیرخطی و سیستم‌های پویا در تخصیص آب
- با توجه به این که آب در محدوده مورد مطالعه به‌عنوان یک منبع محدود و کمیاب مطرح است و امکان مقابله با این کمبود از طریق افزایش مداوم عرضه وجود ندارد، توجه به مصرف بهینه منابع و حرکت در راستای بهره‌برداری پایدار از منابع موجود ضروری است؛ بنابراین، به نظر می‌رسد راه حل اساسی به منظور بهره‌برداری پایدار از منابع آبی موجود با توجه به روند رو به کاهش آن در سال‌های آتی اتخاذ سیاست‌ها و تدابیر لازم در جهت افزایش بهره‌وری مصرف آب به‌ویژه در بخش کشاورزی است. با توجه به این که بخش کشاورزی مهمترین بخش مصرف کننده آب در کشور است، به نظر می‌رسد اقداماتی که در این بخش جهت پایداری مصرف آب انجام می‌شود، بیشترین تأثیر را در اصلاح الگوی مصرف آب خواهد داشت.



مرکز آمار ایران (۱۳۸۵). نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن.

میرحاج، مهدی (۱۳۸۵). بررسی نقش تغییرات اقلیمی در کاهش یا تشدید بلایای جوی با تأکید بر خشکسالی (مطالعه موردی حوضه آبخیز زاینده رود)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.

ناوه، هادی؛ خلیلی، کیوان؛ اعلمی، محمدتقی؛ بهمنش، جواد (۱۳۹۱). پیش‌بینی جریان رودخانه با استفاده از مدل غیر خطی سری زمانی دو-خطی (مطالعه موردی: رودخانه‌های باراندوز چای و شهر چای ارومیه) نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۶، شماره ۵. صص ۱۲۹۹-۱۳۰۷.

نظیفی، مینو؛ فتاحی، شهرام؛ صمدی، سعید (۱۳۹۱). مدل‌سازی و پیش‌بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از مدل انتقالی گارچ مارکف، فصلنامه تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی، شماره ۹، صص ۱۱۷-۱۴۱. ولی، عباسعلی (۱۳۸۸). ارزیابی عملکرد شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی بار رسوب با استفاده از عوامل ژئومورفولوژی در حوضه آبخیز، رساله دکتری جغرافیای طبیعی، گرایش ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان.

نیرومند، حسینعلی، بزرگ نیا، ابوالقاسم، (۱۳۸۷). سری‌های زمانی، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.

یزدانی، محمدرضا (۱۳۹۰). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب (آب‌های سطحی حوزه آبخیز زاینده رود) رساله دکتری، گرایش اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان.

Burlando, P. Montana A. and Raze, R. 1996. Forecasting of storm rainfall by mbined use of radar, rain gages and linear models, Atmospheric Research, 42:pp 199-216.

Castellano-Mendez, M., Gonzalez- Manteiga, W., Febrero- Bande, M., Prada-Sanchez, J. M. and R. Lozano-Calderon (2004)

Hook, J.M.(2007) complexity selforganization and variation in behavior in meandering rivers. Journal of geomorphology. 91.

Modelling of monthly and daily behavior of the run off the Xallas river using Box-Jenkins and Neural networks methods, J. Hydrol.296:pp 38-58.

Padilla, A. Puldo-Bosch, A. Cavache, M. and Vallejos, A. (1996). The ARMA model applied to the flow of Karst Spiring. Water resources bulletin. 32:pp 917-928.

Salas J.D. (1993). Analysis and modeling of hydrological time series. In: Handbook of Hydrology, edited by David R. Maidment. McGraw-Hill, New York.

پیش‌بینی وضعیت آبدهی زاینده‌رود با استفاده از سری‌زمانی ....

کشاورزی (مطالعه موردی: حوضه زاینده رود اصفهان)، مجله آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۱، جلد ۴، صص ۴۴-۵۲.

جانانان، د (۱۳۷۸). تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی، ترجمه حسینعلی نیرومند، چاپ دوم، مشهد: انتشارات دانشگاه مشهد.

جلالی، اروچ؛ خنجر؛ سیامک (۱۳۸۸). بررسی نوسانات دمایی با استفاده از مدل سری‌های زمانی و توزیع احتمالاتی (مطالعه موردی: شهرستان کرمانشاه)، مجله علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، سال نهم، شماره ۲۷، صص ۱۱۵-۱۳۲.

جهانبخش، سعید، (۱۳۸۲). بررسی و پیش‌بینی متوسط دمای ماهانه تبریز با استفاده از مدل آریماء، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال هیجدهم، شماره ۳، شماره پیاپی ۷۰، صص ۳۴-۴۶.

حسینی‌ابری، سید حسن (۱۳۷۹). زاینده‌رود از سرچشمه تا مرداب، چاپ اول، اصفهان: انتشارات گلها.

حسینی‌ابری، سید حسن (۱۳۸۲). زاینده رود و اصفهان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال هیجدهم، شماره ۳، شماره پیاپی ۷۰، صص ۱۰۵-۱۱۸.

شایان، سیاوش؛ شریفی، محمد (۱۳۸۵). مدل به‌عنوان تکنیکی در ژئومورفولوژی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال بیست و یکم، شماره ۱، شماره پیاپی ۸۰، صص ۱۰۲-۱۲۰.

شرکت میراب زاینده رود (۱۳۹۱). واحد آمار.

شریفی کیا، محمد (۱۳۸۹). پایش تغییرهای تراز آبی در دریاچه هامون، مبتنی بر تحلیل سری زمانی تصاویر سنجنش از دوری، برنامه ریزی و آمایش فضا، شماره ۳، صص ۱۵۵-۱۷۶.

شیخ الاسلامی، سیدرضی؛ فرزین، سعید، حسن زاده، یوسف (۱۳۹۰). تحلیل آشوب‌پذیری سری زمانی بارش ماهانه دریاچه ارومیه، فصلنامه پیام، سال نهم، شماره ۳۲-۳۱، صص ۲۵-۳۴.

فیروزی، فاطمه، نگارش، حسن؛ خسروی، محمود (۱۳۹۱). مدل‌سازی، پیش‌بینی و بررسی روند بارش در ایستگاههای منتخب استان فارس، فصلنامه علمی پژوهش برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال دوم، شماره ۷، صص ۷۷-۹۱.

قهرمان، نوذر؛ قره‌خانی، ابودر (۱۳۹۰). ارزیابی مدل‌های تصادفی سری زمانی در برآورد تبخیر از تشت (مطالعه موردی: ایستگاه شیراز)، مجله پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۲۵، شماره ۱، صص ۷۵-۸۱.

کیانی مهر، خدیجه (۱۳۹۲). مدلسازی نروفازی سری زمانی بارش رواناب ناورود، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه کاشان.

