

داریوش رحیمی: استادیار گروه جغرافیا دانشگاه اصفهان

حسنعلی غبور: استاد گروه جغرافیا دانشگاه اصفهان

شماره مقاله: ۸۰۵

شماره صفحه پیاپی ۱۶۷۶۴-۱۶۷۴۶

D.Rahimi  
H.Gayoor

E.mail: dariush111353@yahoo.com

## تحلیل دبی رودخانه کارون با تبدیل باکس- کاکس و سری‌های زمانی

### چکیده:

بررسی بیلان آب و توزیع زمانی متغیرهای هیدرولوژی و عناصر اقلیمی مؤثر بر آن، از جمله زمینه‌های تحقیقاتی هیدرولوژیست‌هاست. به منظور تحلیل متغیرهای ذکر شده تکنیک‌هایی مانند سری‌های زمانی، تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای استفاده می‌شود. رودخانه کارون به ویژه در بخش کوهستانی آن طی سال‌های اخیر با سیلاب‌های بزرگ، خسارات هنگفت اقتصادی و محیطی همراه بوده که جهت ارزیابی تحلیلی مناسب از چگونگی روند تغییرات آن، فرایندهای هیدرولوژیک آن بررسی شده است. در این تحقیق، تلاش شده با استفاده از تبدیل باکس-کاکس، روش سری‌های زمانی و به کمک شاخص‌های AIC, BIC مدل مناسب برآورد و روند داده‌ها در آینده مشخص شود. بر این اساس، مدل‌های ARMA(۱و۴) در مورد ایستگاه شالو، \* $(۳, ۰, ۳)$  \* $(۲, ۱, ۱)$  ARIMA ایستگاه ارمند، \* $(۳, ۰, ۰)$  \* $(۳, ۰, ۰)$  ARIMA ایستگاه بارز و \* $(۳, ۰, ۰)$  ARIMA در ایستگاه مرغک برای برآورد و تعیین روند مناسب تشخیص داده شد. سپس دوره آماری ۱۳۸۳-۷۹ به عنوان شاهد و به منظور واسنجی دقت مدل انتخاب و داده‌های ثبت شده (شاهد) و برآوردی مدل مقایسه شدند که با وجود همبستگی مثبت بین مقادیر ثبت شده و برآوردی، سیر صعودی در دبی رودخانه کارون تایید گردید.

واژه‌های کلیدی: خود همبستگی جزئی، سری زمانی، دبی، حوضه کارون شمالی، روند

**مقدمه:**

از جمله رویدادهای محیطی قرن حاضر، افت و خیزهای قابل تامل دبی رودها در پاسخ به تحولات اقلیمی است (عساکره، ۱۳۸۶). بررسی بیلان آب و توزیع زمانی متغیرهای هیدرولوژی و عناصر اقلیمی مؤثر بر آن، از جمله زمینه‌های تحقیقاتی هیدرولوژیست‌هاست. به منظور تحلیل متغیرهای ذکر شده از تکنیک‌هایی مانند سری‌های زمانی، تحلیل عاملی، تحلیل خوشه‌ای و مدل‌های گردش جو استفاده می‌شود رومرو همکاران (Romero et al., 1999). شناخت تحولات از نظر رفتار در بستر زمان، یکی از مهمترین شیوه‌های بررسی افت و خیزهای دبی محسوب می‌گردد. این رفتار شناسی با استفاده از داده‌های مشاهده شده یک دوره زمانی طولانی مربوط به یک سیستم رودخانه با استفاده از توابع آماری نظیر فراوانی، انتقال و... امکان پذیر است (اسلامیان، ۱۳۸۱).

شاید مهمترین مبحث در علم هیدرولوژی، برآورد عناصر آن در بستر زمان باشد که شیوه‌های گوناگونی برای برآورد و شناخت آنها ارائه شده است. مسأله برآورد شامل محاسبات حالات گذشته، حال و آینده سیستم در حضور موانع است که به ترتیب به تعدیل، تصفیه و پیشگویی مسائل منجر می‌شود (نجفی، ۱۳۸۱). در این مبحث، همانند سازی فرآیندها در بستر زمان مطرح است که با توجه به متغیرهای هیدرولوژی در بستر زمان متفاوت و متشابه هستند. برآورد مقدار، پیش بینی زمان رخداد آنها به روش‌های دقیق و در عین حال مطمئن نیاز دارد. سری‌های زمانی از رایجترین شیوه‌ها در زمینه تعیین برآورد و روند محسوب می‌گردد. تحلیل سری‌های زمانی به طور نظری و عملی از سال‌های ۱۹۷۰ به بعد برای پیش بینی و کنترل به سرعت توسعه پیدا کرد. این تحلیل‌ها معمولاً به داده‌های مربوط می‌شود که مستقل نبوده، به طور متوالی به هم وابسته‌اند (نیرومندوبزرگ نیا، ۱۳۸۵).

سالز و همکاران (Salas, et al) (۱۹۸۰) در تحلیل مطالعات هیدرولوژی و اقلیمی به کمک سری‌های زمانی مدل (ARIMA) را مناسب دانسته، معتقدند که نتایج بهینه مطالعات مذکور در این مدل به دست می‌آید. مطالعاتی که سینگ (Singh) (۱۹۹۹) و

تحلیل دبی رودخانه کارون با تبدیل باکس- کاکس و سری‌های زمانی ۱۳۷

ستهل و دیموت (Stahl and Demuth) (۱۹۹۹) در زمینه طبقه بندی سیلاب در دوره‌های خشکسالی، سن و همکاران (Sen et al.) (۱۹۹۹) در مورد نوسانات سالانه سطح آب دریا، ساز و جلون (Sanz and del Jalon) (۲۰۰۵) در خصوص طبقه بندی رژیم رودخانه، کیت پتی و همکاران (Kitpati et al.) (۲۰۰۵) و پالکی و همکاران (Palecki et al.) (۲۰۰۵) که با استفاده از سری‌های زمانی کیفیت آب دریاچه‌ها و رخداد طوفان‌های بزرگ را تحلیل کردند، از این نمونه‌ها هستند.

مطالعات تورکش و همکاران (Turkes, et al.) (۱۹۹۶) درباره ی تغییرپذیری روند دمای سالانه ترکیه، لیت پیکسوتو (Leite, S. Mand, et al.) (۱۹۹۶) با استفاده از مدل‌های اتورگرسو تغییرات دما را بررسی و تغییرات دهه‌ای را در دوره زمانی تایید نمود، سن زکایی (SenZekai) (۱۹۹۸) با تاکید بر اهمیت تعداد داده‌ها در دقت برآوردها مشخص کرد که مدل آریما در بررسی داده‌های اقلیمی روش مناسبی است. خردمندیا و عساکره (۱۳۸۰) با استفاده از مدل سری‌های زمانی نوسان‌های دمای ایستگاه جاسک را معین نمودند. ترابی (۱۳۸۰) با استفاده از روش سری‌های زمانی و مدل آریما، پنج ایستگاه معرف در پنج ناحیه اقلیمی ایران را مطالعه کرده و نتیجه گرفته است که مقادیر حداقل و حداکثر دما، بجز در مناطق نیمه خشک ایران در سایر مناطق تغییرات دمایی داشته است. طاهری (۱۳۷۷) مدل بندی و پیش بینی دما و بارندگی یازده ایستگاه کشور را با استفاده از مدل اتورگرسو میانگین متحرک ضربی تا پایان سال ۲۰۰۰ انجام داده است و جهانبخش و همکاران (۱۳۸۲) با استفاده از مدل آریما متوسط ماهانه دمای تبریز را بررسی و پیش‌بینی نمودند. سلطانی و همکاران (۲۰۰۷) از مدل سری‌های زمانی برای بارش‌های ایران استفاده نموده، معتقدند که مدل (ARIMA) برای تعیین روند بارش‌های فصلی مناسب هستند.

حوضه آبی کارون شمالی با بارش سالانه بین ۲۵۰ تا ۱۶۰۰ میلی متر طی دوره (۱۳۷۹-۱۳۴۹)، بارش حداکثر ۲۴ ساعته ۱۵۰ میلی‌متر، دبی متوسط ۳۰۵ متر مکعب (۱۳۳۵-۱۳۷۸) و دبی اوج بیش از ۸۰۰۰ متر مکعب (سال آبی ۱۳۷۷-۱۳۷۶) در محل پل شالو از جایگاه

ویژه‌ای در مدیریت منابع آب کشور برخوردار است. با توجه به نیاز شدید آبی مناطق همجوار حوضه (ایران مرکزی) و نیاز روز افزون انرژی الکتریسیته در کشور این حوضه در اسناد چشم انداز توسعه و آمایش بیست ساله کشور از اهمیتی بالایی برخوردار است (وزارت نیرو، ۱۳۸۲).

بررسی مقادیر دبی در طی دوره آماری ۱۳۳۵-۱۳۷۸ نشان از افزایش آن دارد؛ به گونه ای که طی دهه‌های ۷۰ و ۸۰ شمسی سیلاب‌های رخ داده از بزرگی بالاتری نسبت به دهه‌های قبل از آن برخوردار بوده‌اند. برای نمونه، طی دوره ۱۳۳۵-۱۳۴۷ شمسی تنها یک سیلاب با دبی بالاتر از ۴۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه در ایستگاه پل شالو به ثبت رسیده؛ ولی در دوره ۱۳۷۰-۱۳۸۳ تعداد این سیلاب‌ها بالغ بر ۶ سیلاب با دبی بالاتر از ۴۰۰۰ متر مکعب در ثانیه (با بزرگی ۵۰۰۰ تا ۸۰۰۰ متر مکعب در ثانیه) بوده است.

برای بررسی چگونگی روند دبی و تغییرات آن به عنوان یک عامل موثر در مدیریت و برنامه ریزی منابع آب حوضه کارون شمالی نوسان‌های و تغییرات دبی در بستر زمان با استفاده از الگوی سری‌های زمانی بررسی می‌شود. شایان ذکر است که برای رعایت اختصار ایستگاه شالو به صورت کامل بررسی و در مورد سایر ایستگاه تنها مدل به دست آمده و مقادیر برآوردی آن ارائه می‌شود.

### موقعیت:

حوضه آبی کارون شمالی با وسعت ۲۳۲۸۴ کیلومتر مربع در نقطه خروجی دریاچه سد کارون (۳) دارای موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۸ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی بخش اعظمی از حوضه آبریز خلیج فارس را تشکیل می‌دهد. این حوضه از نظر تقسیمات اداری در استان‌های چهارمحال و بختیاری (زیر حوضه‌های بهشت آباد، کوهرنگ، لردگان، بازفت و بخشی از زیر حوضه‌های ونک و خرسان)، اصفهان (زیر حوضه‌های ونک و خرسان) فارس (زیر حوضه خرسان) و کهگیلویه و بویر احمد (زیر حوضه رودخانه خرسان) واقع شده است.

تحلیل دبی رودخانه کارون با تبدیل باکس- کاکس و سری‌های زمانی ۱۳۹

(مرکز تحقیقات منابع طبیعی، ۱۳۷۸). تصویر شماره (۱) موقعیت زیر حوضه‌ها را در رودخانه کارون شمالی نشان می‌دهد.

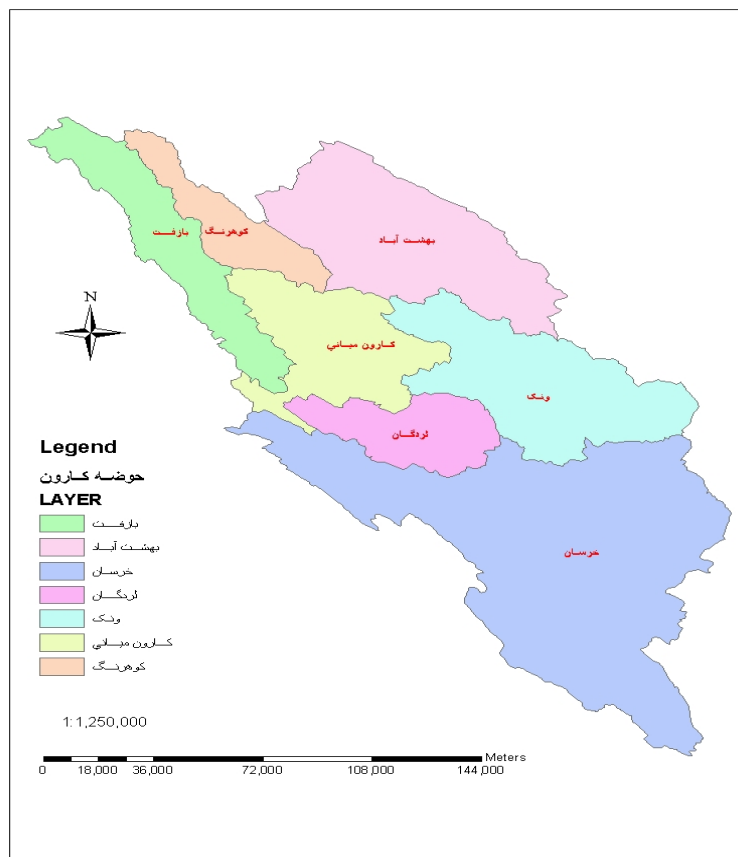
## مواد و روش‌ها:

### مواد:

برای بررسی و شناخت روند تغییرات دبی در حوضه کارون شمالی، داده‌های حداکثر دبی روزانه ایستگاه‌های پل شالو، بارز و ارمند در دوره آبی ۱۳۳۵-۱۳۷۸ و مرغک در دوره (۱۳۴۸-۱۳۷۸)، انتخاب و استفاده شده است (وزارت نیرو، تماب). شایان ذکر است که دوره مذکور به عنوان دوره بررسی و سال‌های ۷۹ تا ۸۳ به عنوان سال‌های نمونه در ایستگاه‌ها انتخاب گردید. علاوه بر آن، سال ۸۳ ایستگاه پل شالو و بارز به علت آبیگری سد کارون ۳ و ایستگاه‌های ارمند و مرغک نیز در اثر سیلاب تخریب شده‌اند.

### روش:

به منظور بررسی موضوع مورد بحث، ابتدا داده‌های سالانه ایستگاه پل شالو در نرم افزار Excel و به صورت متنی \*.txt ذخیره شد. سپس با استفاده از توابع مختلف مانند مانای و نامانای، واکاوی نویزها، تعیین رتبه و مشخص نمودن شاخص‌ها، مدل مناسب برآوردی سری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری ASTSA (نرم افزار اختصاصی در محاسبات سری‌های زمانی) ارائه و در پایان، نتایج آن تحلیل می‌شود. برای تبیین مدل و مباحث مطرح در این پژوهش مشخصات سری‌های زمانی به صورت اجمالی مورد اشاره قرار می‌گیرد.



تصویر شماره (۱) موقعیت زیر حوضه‌های رودخانه کارون شمالی (ماخذ نگارندگان)

طبق تعریف، سری زمانی به مجموعه‌ای از متغیرهای تصادفی  $\{x_\tau : \tau = 1, 2, \dots\}$  (که به وسیله اندیس  $\tau$  زمان) اندیس گذاری شده گفته می‌شود (Stephan.2003). مدل اصلی سری زمانی به صورت زیر است:

رابطه (۱)

$$x_\tau = \mu_\tau + \varepsilon_\tau$$

که در آن:  $\mu_\tau$  = تابع مشخص از ( $\tau$ ) روند و  $\varepsilon_\tau$  = خطاها که به صورت یک فرآیند تصادفی با میانگین صفر هستند.

از آنجا که در تحلیل سری زمانی نهایتاً یک مدل وجود دارد که پارامترهای این مدل باید برآورد گردند، لذا ایستا نمودن داده‌ها و تعیین تابع توزیع یا چگالی توأم مشاهدات مورد نیاز است. برای ایستا نمودن از طریق فرآیندهای برای همه  $\tau$  ها و  $X$  استفاده می‌گردد.

رابطه (۲)

$$E(x_{\tau})\mu, \text{COV}(x_{\tau}, x_{\tau+h}) = \gamma(h) = \text{COV}(x_{\tau}, x_{\tau+h})$$

همچنین به منظور برآورد داده‌ها از مدل‌های میانگین متحرک ( $MA^1$ )، اتورگرسیو ( $AR^2$ ) و آرما ( $ARMA^3$ ) استفاده می‌شود در صورتی که داده‌ها دارای روند باشند (رسم نمودار  $T$  و  $\tau$ )؛ روند مناسب با برازش داده‌ها انتخاب می‌شود و در برخی از مواقع، برای برازش روند از روش هموارسازی نیز استفاده می‌گردد.

از دیگر مراحل انجام کار در سری‌های زمانی واکاوی نویزهاست که اولین گام در واکاوی نویزها از بین بردن روند داده‌هاست که به این منظور از رابطه زیر استفاده می‌شود:

رابطه (۳)

$$\mu\tau = X_{\tau} - \hat{\mu}_{\tau}$$

در رابطه فوق داریم:

$\mu_{\tau}$  میانگین مشاهدات،  $\hat{\mu}_{\tau}$  مقادیر برآورد شده از مدل برای روند داده‌ها و  $X_{\tau}$  داده‌ها. تعیین رتبه مدل ( $P$  و  $q$ ) از اقدامات دیگر سری‌های زمانی است. بدین ترتیب، از نمودارهای  $ACF^4$  و  $PACF^5$  استفاده می‌شود.

نمودار خود همبستگی ( $ACF$ ): این نمودار در تابع خود همبستگی  $MA(q)$  به فرم کلی زیر است.

- 
- 3-Moving Average
  - 4-Autoregressive
  - 5-Autoregressive&Moving average
  - 6-Autocorrelation function
  - 7-Partial autocorrelation function

رابطه (۴)

$$x_{\tau} = \mu + \omega_{\tau} - \sum_{j=1}^{q_1} \phi_j \omega_{\tau-j}$$

از این نمودار برای تعیین مرتبه (q) استفاده می‌گردد. این نمودار بر خود همبستگی بین داده‌ها استوار است و مرتبه مدل (q) مرحله ای است که بعد از آن، مشاهدات داخل بازه ۹۵ درصد اطمینان قرار می‌گیرند. لذا مدل مناسب داده‌ها مدل (MA) مرتبه (q) است.

نمودار خود همبستگی جزئی (PACF): در شرایطی که رتبه (q) تعیین نشود، از نمودار خود همبستگی جزئی (PACF) برای تعیین مرتبه (P) استفاده می‌شود که در این شرایط از مدل (AR) استفاده می‌گردد.

و مدل (AR) در فرم کلی عبارت از رابطه زیر است:

رابطه (۵):

$$x_{\tau} = \mu_{\tau} + \sum_j^P \phi_j (x_{\tau-j} - \mu) + \omega_{\tau}$$

طبق این نمودار (PACF) مرتبه P تعیین می‌شود و مرتبه مدل (P) مرحله ای است که بعد از آن مشاهدات داخل بازه ۹۵ درصد اطمینان قرار می‌گیرند و لذا مدل (AR(P) مناسب است. اما در شرایطی که هیچ کدام از داده‌ها خارج از محدود ۹۵ درصد اطمینان نباشند، از مدل (ARMA(P و q) با ساختار زیر استفاده می‌گردد. مدل کلی ARMA به قرار زیر است:

$$x_{\tau} = \mu_{\tau} + \sum_{j=1}^P \phi_j (x_{\tau-j} - \mu) + \omega_{\tau} - \sum_{j=1}^q A_j \omega_{\tau-j} \quad \text{رابطه (۶)}$$

در این شرایط برای تعیین مرتبه و مدل مناسب از شاخص (BIC<sup>۶</sup>) استفاده و شاخص مذکور از رابطه زیر محاسبه می‌شود:



رابطه (۷)

$$BIC = -LnLn(\mu, \phi, \tau, \sigma^2) + \frac{(P + q + 2)Lnn}{n}$$

که در آن داریم:

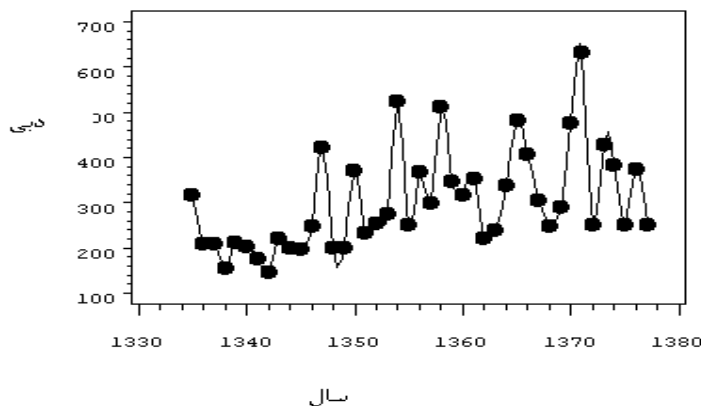
BIC: شاخص اطلاعات بیزی؛  $\mu$ : میانگین مشاهدات؛  $\sigma$ : انحراف از معیار؛

$\phi$ : ضریب مدل AR؛  $\tau$ : ضریب مدل MA

طبق شاخص مذکور رتبه مدل  $q$  و  $P$ ، کمترین میزان BIC است. سپس با استفاده از مدل تعیین شده پیش بینی‌ها و روندها تعیین و در پایان داده‌های برآوردی و ثبت شده به منظور واسنجی مدل مقایسه می‌شوند.

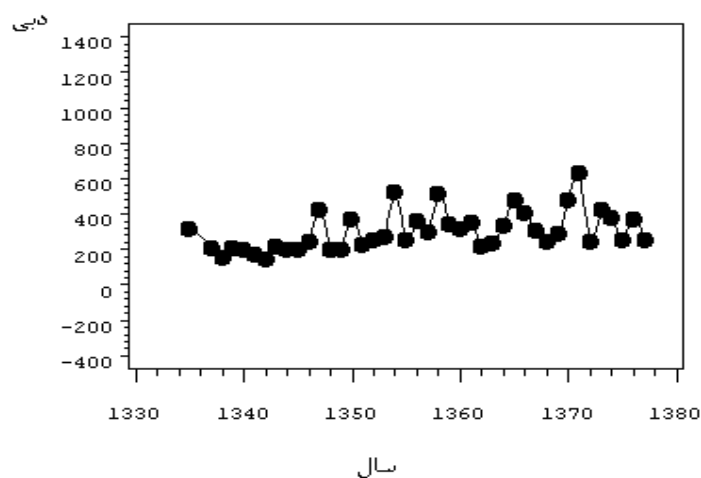
### بحث و نتایج:

همان گونه که در ابتدا اشاره شد سری‌های زمانی یکی از روش‌های تحلیل چند متغیره هستند. این شیوه در شناخت عملکرد پدیده‌های طبیعی در بستر زمان و اصل همانند سازی دارای کارکرد زیادی است. نمایش نوسان‌های دبی در زمان، اولین مرحله در استفاده از مدل سری‌های زمانی به شمار می‌آید. در واقع، با نمایش داده بر روی محور  $X$ ها نوع تغییرات داده‌ها و مانای و نامانا بودن داده‌ها مشخص می‌شود.



نمودار (۱) توزیع زمانی دبی در ایستگاه پل شالو (ماخذ نگارندگان)

طبق نمودار شماره (۱) داده‌های دبی ایستگاه پل شالو در بستر زمان ناماننا بوده که بدین ترتیب ایجاد مانای از اقدامات اولیه محسوب می‌شود. بنابراین، با توجه به پویایی داده‌ها، مانا نمودن داده‌ها به کمک روش‌های مختلف مورد آزمون شد. طبق این آزمون‌ها که در محیط نرم افزار ASTSA انجام گردید، تفاضل گیری در مدل جمعی با یک تفاضل گیری برای ایستا کردن داده‌ها انتخاب شده است نمودار شماره (۲).



نمودار شماره (۲) پراکنش داده‌های تفاضل گیری شده دبی در مقابل زمان در ایستگاه پل شالو (ماخذ نگارندگان)

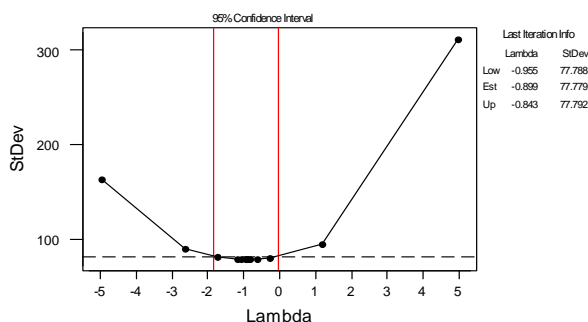
نمودار شماره (۲) حاکی از ثابت نبودن واریانس داده‌ها بوده است که بدین ترتیب، عملیات تثبیت واریانس به کمک تبدیل باکس - کاکس صورت گرفت.

$$\begin{cases} \frac{x^{\lambda} - 1}{\lambda} & \lambda \neq 0 \\ \text{Ln}(\lambda) & \lambda = 0 \end{cases}$$

میزان  $t$  مناسب طبق نمودار باکس - کاکس (نمودار شماره (۳)) و تبدیل ارائه شده

برابر با  $t = -0.25$  تشخیص داده شد.

تحلیل دبی رودخانه کارون با تبدیل باکس- کاکس و سری‌های زمانی ۱۴۵

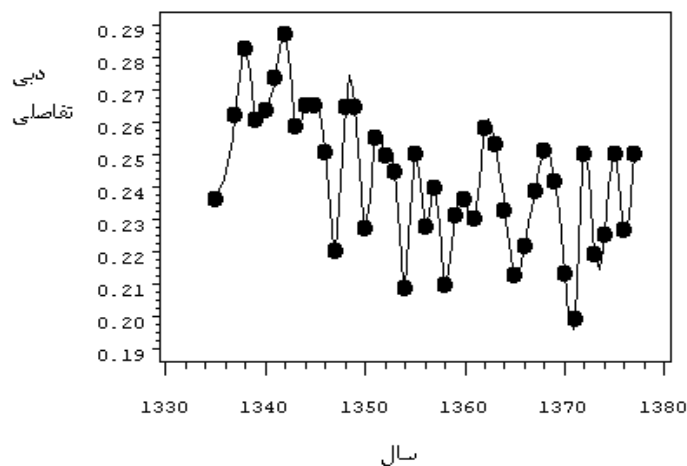


نمودار (۳) باکس - کاکس داده‌ها (ماخذ: نگارندگان)

لذا برای تثبیت واریانس، داده‌های ایستا به توان  $t$  رسیدند ( $x_t = x_t^{-0/25}$ ). با این تبدیل به کمک رابطه شماره (۸) نمودار شماره (۴) که در برگیرنده داده‌های تبدیل شده است، ترسیم گردید.

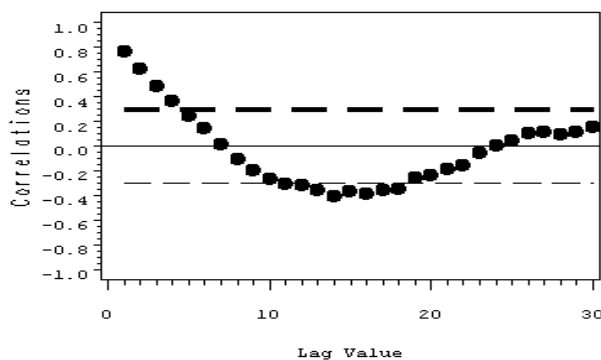
$$\text{رابطه شماره (۸) که: } ntebi = \frac{1}{\sqrt[4]{x_t}}$$

$ntebi$ : داده‌های دبی بدون روند (بعد از کاکس - باکس)  $x_t$ : داده‌ها در زمان  $t$

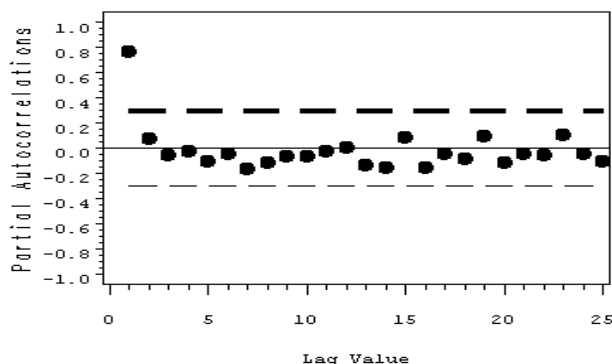


نمودار (۴) پراکنش داده‌های تبدیل یافته با تبدیل مناسب باکس - کاکس در ایستگاه پل شالو (ماخذ نگارندگان)

با توجه به بی روند شدن داده‌ها به منظور تعیین رتبه مدل از نمودارهای ACF و PACF استفاده شد. نمودارهای شماره (۵ و ۶) ایستگاه پل شالو در همین راستا ترسیم گردید. نمودار (۵) خود همبستگی درونی (ACF) داده‌ها با رتبه  $q$  تعیین شدند. در این نمودار با آنکه چهار مورد از مشاهدات (نمودار شماره ۵) خارج از محدوده ۹۵ درصد اطمینان است، ولی تمایل کلی نمودار این مشخصه را نشان نمی دهد. بنابراین، نمودار خود همبستگی جزئی داده‌ها برای رتبه (P) ترسیم می‌شود. لذا نمودار (۶) خود همبستگی جزئی (PACF) داده‌ها ترسیم و علاوه بر آن شاخص BIC داده‌ها نیز تعریف می‌گردد. نمودار شماره (۶) نشان دهنده انطباق داده‌ها با مدل (AR) و رتبه (۱ و ۴) و شاخص BIC که برابر با  $-7/88$  است، نشان دهنده انطباق داده‌ها با مدل ARIMA است.



نمودار (۵) تعیین مرتبه (q) با استفاده از ACF ایستگاه پل شالو (ماخذ نگارندگان)



نمودار (۶) تعیین رتبه (P) با استفاده از PACF ایستگاه پل شالو (ماخذ نگارندگان)

تحلیل دبی رودخانه کارون با تبدیل باکس- کاکس و سری‌های زمانی ۱۴۷

بر این اساس، طبق معیار BIC و شاخص  $AIC^v = -175.96$  مدل ARIMA (4,1) مدل مناسبی برای برآورد داده‌ها تشخیص داده شد. فرم محاسباتی مدل ARIMA(4,1) به شرح رابطه شماره (۹) است. مقادیر مدل روند دبی - زمان در سطح ایستگاه برابر با جدول شماره (۱) می باشد. با توجه به تعیین روند، مدل و رتبه آن مقادیر داده های دبی پیش بینی می شوند:

رابطه شماره (۹)

$$x_t = 0/0712 + (0/9)x_{t+1} + (0/24)x_{t+C} + (0/093)x_{t+C} + (-0/28)x_{t+C} + \omega_t + (-0/72)\omega_{t+1}$$

جدول شماره (۱) ضرایب مؤثر در مدل سری زمانی مقادیر دبی سالانه ایستگاه پل شالو

پارامتر	$\mu_1$	$MA_{(1)}$	$AR_{(1)}$	$AR_2$	$AR_4$	$AR_4$
برآورد	۰/۰۷۱۲	-۰/۷۲	۰/۹	۰/۲۴	۰/۰۹۳	-۰/۲۸
خطای برآورد	۰/۰۶۱۵	۰/۱۱۷	۰/۱۴۷	۰/۲۱۴	۰/۲۱۶	۰/۱۵۶
واریانس	-	۰/۰۰۱۹				

(ماخذ نگارندگان)

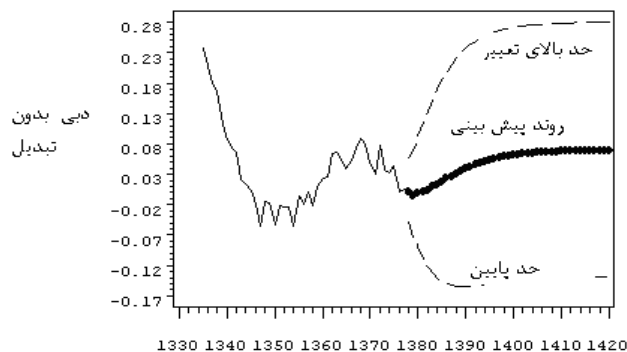
برای انطباق داده‌ها در چارچوب داده‌های واقعی از رابطه شماره (۱۰) برای سال  $t+1$

ام استفاده می شود:

رابطه شماره (۱۰)

$$t+1 = .046 \times t - .0023 \times t^2 + .000032 \times t^3$$

در ادامه، مقدار دبی مورد نظر برای پیش بینی با تبدیل  $(ndebi)^{-4}$  حاصل می گردد.



سال

### نمودار (۷) پیش بینی مقادیر دبی در ایستگاه پل شالو (ماخذ نگارندگان)

عموماً دبی‌ها در حوضه کارون شمالی از سال‌های ۱۳۴۷ به بعد (به ویژه در دهه ۱۳۷۰ همواره از روندی صعودی برخوردار است. برای نمونه، می‌توان به مقادیر دبی سیلاب لحظه‌ای ۵۴۰۳ مترمکعب حوضه در فروردین ۱۳۷۷، یا دبی ۸۷۸۳ متر مکعبی اسفندماه و سال ۱۳۷۶ که برای اولین بار اتفاق افتاده‌اند، اشاره کرد. براساس نمودار (۷) دبی در حوضه کارون شمالی (ایستگاه پل شالو) در آینده دارای روندی صعودی هستند؛ بدین معنا که در سال‌های آینده دبی‌هایی با مقادیر بیشتر در حوضه کارون شمالی رخ خواهد داد. مدل و مقادیر دبی پیش‌بینی شده برای سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۳ در سایر ایستگاه‌های به شرح جدول شماره (۲) است:

جدول شماره (۲) مدل و مقادیر برآوردی دبی سالانه در ایستگاه‌های آبسنجی ارمند، بارز و

### مرغک (متر مکعب) (ماخذ نگارندگان)

سال‌های پیش‌بینی					نوع مدل	نوع داده	ایستگاه
۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳			
۶۹۰	۶۳۷.۶۵	۹۱۷.۲۷	۴۷۶.۳۴	۹۵۲.۶۷	ARIMA(۱، ۱، ۲)* (۳، ۰، ۳)* ۴	دبی	ارمند
۱۱۹۲	۵۶۴	۱۱۴۶.۶	۸۵۳	۱۱۹۹.۵	ARIMA(، ۱، ۰)* (۳، ۰، ۰)* ۳	دبی	بارز
۳۰۳۰	۴۷۹	۲۵۶۵	۳۳۰۱	۲۴۷۴.۵	ARIMA(، ۰، ۰)* (۳، ۱، ۱)* ۴	دبی	مرغک

نتیجه:

بررسی بیلان آب و توزیع زمانی متغیرهای هیدرولوژی و عناصر اقلیمی مؤثر بر آن، از جمله زمینه‌های تحقیقاتی هیدرولوژیست‌ها است. همان‌گونه که در مباحث قبل اشاره شد، مدل ARIMA، مدل مناسبی برای تحلیل بیشتر متغیرهای هیدرولوژی و اقلیمی با استفاده از سری‌های زمانی است. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته دبی در ایستگاه‌های رودخانه کارون از مدل ARIMA تبعیت می‌نماید. در ایستگاه‌های منتخب رودخانه کارون شمالی مقادیر دبی در مرتبه  $(q,p)$  مدل ARIM ضریبی چهار فصل، دارای برازش مناسبی و از روند افزایشی برخوردار هستند (نمودار شماره ۷)؛ بدین معنا که در سال‌های آینده باید منتظر دبی‌های با حجم بالاتر و بزرگی بیشتری در این حوضه بود. برای تعیین کارایی مدل ارائه شده و تایید وجود روند افزایشی در مقادیر دبی برآوردی، آنها را با مقادیر ثبت شده انطباق داده، علاوه بر آن، مقدار ضریب همبستگی بین هر دو مقدار برآوردی و مشاهده شده با زمان (سال‌های ثبت شده) محاسبه شد. میزان ضریب همبستگی در سه ایستگاه ارمند، بارز و مرغک به ترتیب برابر با ۰/۲۸، ۰/۱۷ و ۰/۲۴۳ است. مثبت بودن ضریب همبستگی هرچند در مقادیر پایین به عنوان تایید وجود روند صعودی در مقادیر دبی ثبت شده در نظر گرفته شده است، با توجه به نتایج استخراج شده از مطالب بالا، و به دلیل اهمیت حوضه آبی کارون شمالی در برنامه‌های توسعه کشور، به ویژه در خصوص تامین آب برای سایر بخش‌ها و تولید انرژی برق آبی، رخداد سیلاب‌های با دبی بالا، به خصوص در سال‌های آینده خسارات بیشتری را در بخش‌های زیر بنایی حوضه به دنبال خواهد داشت. بدین ترتیب، لحاظ نمودن این روند در انجام محاسبات، به ویژه طراحی سازه‌های آبی و عمرانی، از جمله موارد اساسی در انجام محاسبات هیدرولوژیک به حساب می‌آید. بنابراین، یکی از مواردی که در محاسبات رخدادهای هیدرولوژیک این حوضه باید به صورت جدی در نظر گرفته شود، بازنگری و احتیاط در به کارگیری شیوه‌های محاسباتی حاضر، به ویژه تجربی است. استفاده از تکنیک‌های آماری نظیر: گامبل، پیرسون و سایر تکنیک‌ها با ضرایب ثابت، افزایش خطا و ریسک پذیری سازه‌های آبی (آبخیزداری) و فرسایش شدیدتر خاک را به دنبال

دارد. بدین ترتیب، استفاده از تکنیک‌های آماری مستلزم کالیبره نمودن مجدد آنها و لحاظ کردن ضریب افزایش مقادیر دبی در بستر بوده تا بتواند با ریسک پذیری کمتر و اطمینان بالاتر سازه‌های آبی و اقدامات حفاظتی مکانیکی در این حوضه شکل دهد.

#### منابع

- ۱-اسلامیان، سعید و سعید سلطانی کوپایی، تحلیل فراوانی سیل ۱۳۸۱، انتشارات اردکان، چاپ اول
- ۲- باکس، جی، ای و جی. ام، جنکینز، مشکاتی، محمدرضا. (۱۳۷۱). تحلیل سری زمانی، پیش بینی و کنترل، تهران، دانشگاه شهید بهشتی
- ۳- ترابی، سیما. (۱۳۸۰). بررسی و پیش بینی تغییرات دما و بارش در ایران، پسعید جهان بخش، ایان نامه دکتری، دانشگاه تبریز،
- ۴- جهانخوش، سعید و باباپور ناصر. (۱۳۸۲). بررسی و پیش بینی متوسط دما با استفاده از مدل ARIMA، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۰.
- ۵- خردمندنیا، منوچهر و حسین عساکره. (۱۳۸۰). الگو سازی ARIMA برای متوسط دمای سالانه هوا در جاسک، سومین کنفرانس احتمال و فرایندهای تصادفی، دانشگاه پیام نور
- ۶- طاهری، محمد. (۱۳۷۷). مدل بندی میزان دما و بارش ۱۱ ایستگاه هواشناسی ایران و پیش بینی تا پایان سال ۲۰۰۰، تهران: سازمان هواشناسی کشور.
- ۷- عساکره، حسین. (۱۳۸۶). تغییر اقلیم، انتشارات دانشگاه زنجان.
- ۸- مرکز تحقیقات منابع طبیعی و آبخیزداری. (۱۳۷۸). طرح تهیه شناسنامه حوضه آبخیز کارون، استان چهارمحال و بختیاری، مرکز تحقیقات منابع طبیعی و آبخیزداری.
- ۹- نیرومند، حسینعلی و ابولقاسم بزرگ نیا. (۱۳۸۵). سری‌های زمانی، تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ دوم.
- ۱۰- نجفی، محمد رضا. (۱۳۸۱). سیستم‌های هیدرولوژیکی، دانشگاه تهران.
- ۱۱- وزارت نیرو، آمار دبی، ۱۳۳۵ تا ۱۳۷۸ شرکت تهاب.
- ۱۲- وزارت نیرو. (۱۳۸۲). توسعه بلند مدت منابع آب کشور، معاونت امور آب.
- 13-Leite,S.Mand,JP,Peixoto(1996):The Autoregressive Model of Climateological Time Series An Application to the Longest Time Series in Portugal.*International Journal of Climatology*,Vol.16PP.1165-1173.
- 14-Kitpati S, Fuji S, Shimizu Y. 2005. Development of an integrated analysis procedure for three-ways layout field surveys data in lakes.*Water Science and Technology* **52**(9): 283-294.
- 15- Palecki MA, Angel JR, Hollinger SE. 2005. Storm precipitation in the United States. Part I: meteorological characteristics. *Journal of Applied Meteorology* **44**(6): 933-946.
- 16-Romero R, Summer G, Ramis C, Genoves A. 1999. A classification of the atmospheric circulation patterns producing significant daily rainfall in the Spanish Mediterranean area. *International Journal of Climatology* **19**: 765-785.
- 17-Salas JD, Delleur JW, Yevjevich VM, Lane WL. 1980. Applied Modeling of Hydrologic Time Series. *Water Resources Publications:Littleton, CO*



- 18-Sanz DB, del Jalon DG. 2005. Characterisation of streamflow regimes in central Spain, based on relevant hydrobiological parameters. *Journal of Hydrology* **310**(1-4): 266-279.
- 19-Sen Zekai,(1998):Small Sampel Estimation of the Variance of Time Averages in Climate Time Series, *International Journal of Climatology*,Vol.18PP.1725-1732.
- 20- Sen Z, Kadioglu M, Batur E. 1999. Cluster regression model and level fluctuation features of Van Lake, Turkey. *Annales Geophysicae* **17**:273-279.
- 21-Singh CV. 1999. Principal components of monsoon rainfall in normal,flood and drought years over India. *International Journal of Climatology* **19**: 639-952
- 22-S.Soltani,R. Modarres and S. S. Eslamian,(2007), The use of time series modeling for the determination of rainfall climates of Iran, *International Journal of Climatology* , Int. J. Climatol. 27: 819-829 (2007).
- 23-Stahl K, Demuth S. 1999. Methods for regional classification of streamflow drought series: cluster analysis. *Technical report to the ARIDE project, No. 1. University of Freiburg, Germany.*
- 24-Stephan,Rath.2003,Applide Time SeriesAnalysis ,NewYork.*International Journal of Climatology*,Vol.16PP.1165-1173.
- 25-Turkes,M.M.S.U.tku.(1996):Observed Change Temperature in Turkey. *International Journal of Climatology*,Vol.16PP.463-477.

