پیش‌بینی دبی با استفاده از تحلیل سری‌های زمانی با مدل SARIMA در شرایط خشکسالی مطالعه موردی: ایستگاه دبی‌سنجی پیرسلمان در رودخانه جامیشان

سارا حشمتی*[۱] مریم حافظ پرست مودت[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲- استادیار گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۵

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۸

چکیده

تامین نیازهای آبی به دلیل کاهش منابع آب و افزایش جمعیت به مراتب مشکل‌تر و محدودتر از گذشته است. از سویی کاهش نزولات جوی و محدودیت شدید منابع آب، ضرورت پیش‌بینی بارش و دبی ناشی از آن را در بازه‌های زمانی ماهانه و سالانه در مقیاس حوضه آبریز و زیرحوضه‌های آن را دو چندان می‌نماید. اساس این کار ارزیابی جوی و پیش‌بینی بارندگی در سری‌های زمانی است. یکی از فرضیات کلیدی در سری‌های زمانی ایستا بودن آنها است. با این وجود، بسیاری از سری‌های هیدرولوژیکی بنا به دلایل مختلف مانند روند، پرش و تناوب ناایستا هستند. هدف از این پژوهش ارزیابی ایستایی سری زمانی بارندگی به منظور انتخاب مناسب‌ترین مدل جهت پیش‌بینی دبی جریان رودخانه جامیشان در ایستگاه آب‌سنجی پیرسلمان بود. حوضه جامیشان در شمال‌شرقی استان کرمانشاه در بالادست رودخانه دینور قرار دارد. به این منظور داده‌های بارندگی ماهانه در یک دوره ۲۵ ساله (۱۳۶۵-۱۳۹۰) استفاده شد. از آنجایی که سری زمانی ناایستا است و عوامل ناایستایی آن حذف نگردید در نهایت پارامترهای مدل غیر فصلی SARIMA با استفاده از نرم‌افزار MINITAB جهت پیش‌بینی باران ماهانه محاسبه گردید. برای صحت سنجی مدل از معیار نرمال بودن و مستقل بودن باقی مانده‌ها استفاده شد و در نهایت مقادیر دبی رودخانه پیر سلمان به کمک مدل $SARIMA(۳,۰,۱)\times(۳,۰,۱)_{۱۲}$ نسبت به مدل‌های دیگر با داشتن میانگین خطای کمتر در پیش‌بینی برآورد گردید.

واژه‌های کلیدی: ایستگاه پیرسلمان، پیش‌بینی دبی، سری‌زمانی، مدل SARIMA

مقدمه

به مجموعه‌ای از مشاهدات که بر حسب زمان یا کمیت دیگری مرتب شده باشد یک سری زمانی گفته می‌شود. داده‌های سری زمانی برخلاف نمونه‌های تصادفی 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 پیش‌بینی تغییرات سری‌های زمانی بر اثر عوامل طبیعی یا عوامل دیگر می‌باشد. بنابراین بایستی اجزای تشکیل دهندهٔ آن را شناخت و آنها را اندازه‌گیری کرد. هدف از سری‌زمانی تعیین قانونمندی و شناسایی رفتار آن جهت پیش‌بینی در آینده می‌باشد از چنین سری‌هایی برای پیش‌بینی دبی بر اساس بارندگی و توزیع آن در شرایط مختلف از جمله خشکسالی استفاده می‌گردد.

این امر برای کشور ما که در آن متوسط بارندگی حدود ۲۵۰ میلی‌متر یعنی کمتر از یک سوم متوسط بارندگی جهان هست و از نظر پراکنش زمانی و مکانی نیز شرایط نامطلوبی ندارد، اهمیت بیشتری دارد. از نظر توزیع مکانی، میانگین بارندگی در نقاط مختلف کشور بین ۵۰ میلی‌متر (بخش وسیعی از حاشیه کویر و نواحی جنوب شرقی) تا ۱۶۰۰ میلی‌متر (نواحی شمال و ارتفاعات غربی) متفاوت است، به طوری که ۷۳ درصد سطح کشور بارندگی کمتر از

[1]s.heshmati74@yahoo.com نویسنده مسئول: سارا حشمتی

۲۵۰ میلی‌متر، ۲۶ درصد بالای ۲۵۰ میلی‌متر و یک درصد سطح کشور بالای ۱۰۰۰ میلی‌متر، بارندگی دارد. از نظر توزیع زمانی نیز وضعیت مطلوب نیست به طوری که بخش قابل توجهی از بارش در نواحی خشک به صورت رگبار در چند روز محدود از سال می‌بارد و دامنه نوسانات بارندگی در طول یک دوره آماری بسیار بالاست (احمدی، ۱۳۸۴).

در مباحث آب شناختی همانند بارندگی و رواناب با فرآیندهای تصادفی سر و کار داریم. مجموعه متغیرهای فرآیند تصادفی ممکن است وابسته و یا مستقل از هم باشند. اگر فقط مقادیر غیر صفر مد نظر باشد، سری از نوع غیرمتناوب و در غیر اینصورت متناوب می‌باشد. باران‌های ساعتی، روزانه، ماهانه و یا سالانه از این نوع سری هستند. از طرف دیگر اگر قوانین احتمال حاکم بر فرآیند در طول زمان تغیر نکند، سری از نوع ایستا می‌باشد و این ایستایی می‌تواند در میانگین، واریانس و کوواریانس تعریف شود (شریفان و قهرمان، ۱۳۸۶). ساختار مدل‌های سری زمانی می‌تواند با ساختار سری‌های هیدرولوژیکی در صورت انتخاب درست مدل و محاسبات صحیح آن سازگاری و مطابقت ویژه‌ای داشته باشد. مدل‌های مختلف آماری شامل آریما[۲]، آرما[۳]، میانگین متحرک[۴] و خودهمبسته[۵] هستند. این مدل‌ها برخوردار از پارامترهای گوناگونی به عنوان انتخاب‌های ممکن برای شرایط مختلف دارند. اگر یک فرایند تصادفی محض دارای میانگین صفر و واریانس مشخص و دارای یک الگوی رگرسیون چندگانه باشد به آن فرایند اتورگرسیو گفته می‌شود.

فرایندهای اتورگرسیو میانگین متحرک یک سری زمانی دارای فرایند ایستا است و با نماد اختصاری نشان داده می‌شود ARMA(p,q) که در آن q مرتبه میانگین متحرک و P مرتبه اتورگرسیو است. اتورگرسیو تلفیق شده دارای میانگین متحرک با نماد اختصاری مرتبه تفاضلی است و برای تبدیل سری ناایستا به سری ایستا بکار می‌رود (فولادوند، ۱۳۸۹). دودانگه و همکاران (۱۳۹۱)، به مقایسه روش‌های مختلف تحلیل سری‌های زمانی در پیش‌بینی دبی ماهانه حوضه آبریز کرخه پرداختند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که روش آنالیز روند بهترین پیش‌بینی و پس از آن مدل‌های مختلف خودهمبسته با میانگین متحرک با اختلاف جزیی در اولویت بعدی قرار دارند و نیز بررسی معیار اطلاعاتی آکاییکه[۶] در مدل‌های اخیر نشانداد که مرتبه‌های بالاتر، دقت بالاتری در مدلسازی دارند ولی در زمینه پیش‌بینی مقادیر آینده مرتبه‌های پایین‌تر مدل موفق‌تر هستند.

ملکیان و همکاران (۱۳۹۳)، با استفاده از مدل‌های سری زمانی و انفیس[۷] اقدام به پیش‌بینی یک ماه بعد ذخایر آب‌های زیر زمینی شیراز نمودند که نتایج حاصله حاکی از کارایی مدل خطی ARIMA (2,1,2) نسبت به مدل انفیس است. خلیلی و همکاران (۱۳۹۶) داده‌های دمای حداقل در ایستگاه‌های مرتفع را جهت ترمیم و گسترش سری‌های زمانی به‌کار برد این بررسی منجر به تکمیل سری آماری دمای کمینه ایستگاه مورد مطالعه گردید. بی‌خوابی آرانی و آقا شریعتمداری (۱۳۹۷) سیگنال‌های سری زمانی تابش خورشیدی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل که روزهای سال را بر اساس رفتار سری زمانی تابش طبقه‌بندی می‌کند، می‌تواند به عنوان گامی اساسی در تصمیم‌گیری جهت نصب سلواهای خورشیدی منطقه باشد.

از مدل‌های آریما جهت پیش‌بینی همزمان بارندگی‌های ساعتی با داده‌های باران سنجی نیز استفاده می‌گردد. تحقیقات در این زمینه بیانگر این است که با افزایش تداوم بارندگی، پیش‌بینی‌ها روند دقیق‌تری داشته و با کوتاه‌تر شدن دوام بارندگی، اختلاف میزان باران پیش‌بینی شده از مقدار واقعی متناظر خود بیشترمی‌شود (Burlando et al., 1996).

[2] Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA)
[3] Auto Regressive Moving Average (ARMA)
[4] Moving Average (MA)
[5] Auto Regressive (AR)
[6] Akaike information criterion(AIC)
[7] adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS)

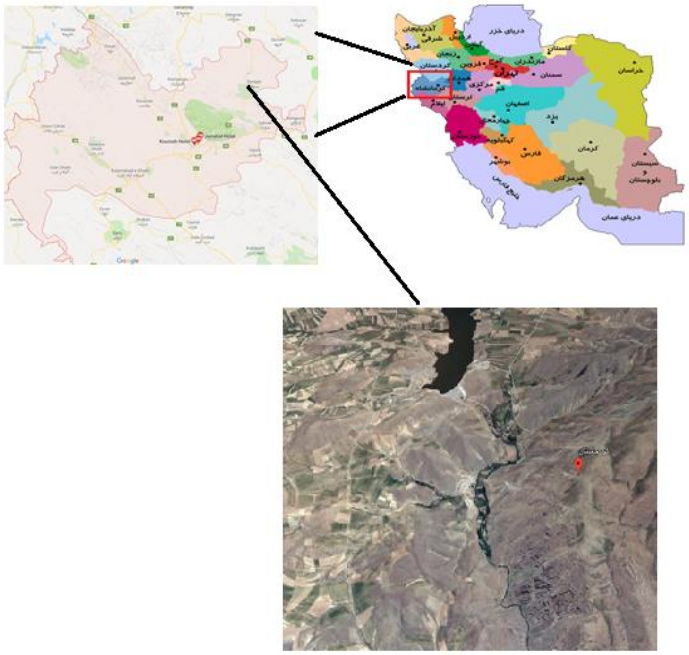
Haltiner و Salas (1988) از یک مدل فصلی در مدلسازی دو متغیره جریان ماهانه استفاده کردند. آنها پارامترهای مدل را از دو روش حداکثر درست‌نمایی و گشتاورها به دست آورده و با یکدیگر مقایسه کردند. پیش‌بینی بارندگی و شناسایی الگوی آن نسبت به زمان در برنامه‌ریزی و مدیریت آن نقش بزرگی داشته و محققین مختلفی با استفاده از روش‌های مختلف به پیش‌بینی آن پرداخته‌اند که می‌توان به تحقیقات Saplioglu و همکاران (2010) اشاره کرد.

هدف از انجام این تحقیق که با استفاده از داده‌های آب‌سنجی ایستگاه پیر سلمان (سرشاخه رودخانه بیستون) ابتدا بررسی ایستایی سری زمانی سپس انتخاب مناسب‌ترین مدل جهت پیش‌بینی دبی بود. پیش‌بینی مقادیر باران ماهانه با دوره ۲۵ ساله پس از تعیین پارامترهای مدل غیر فصلی SARIMA و با استفاده از نرم‌افزار MINITAB انجام شد. صحت سنجی مدل با استفاده از معیار آزمون و خطا و روش آزمون باقی مانده‌ها انجام یافت. در نهایت مقادیر دبی رودخانه پیر سلمان در راستای آینده‌نگری مخاطرات طبیعی پیش‌بینی شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

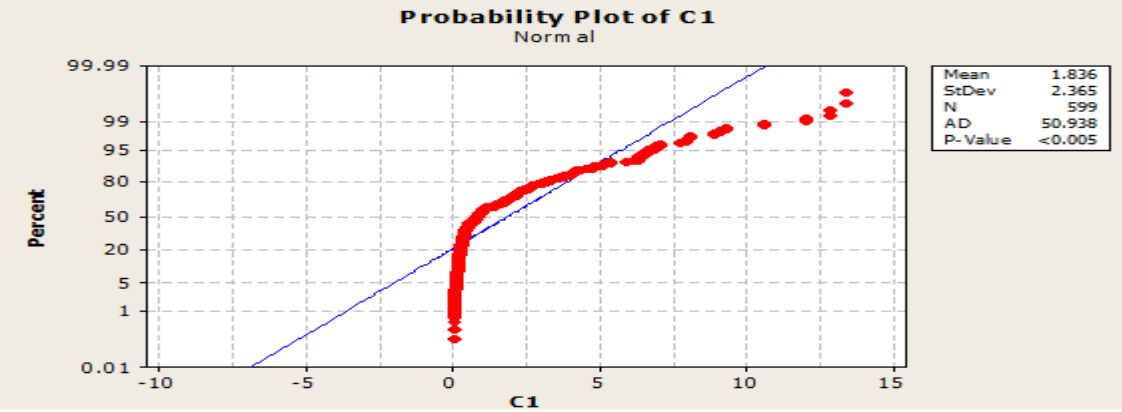
ایستگاه هیدرومتری پیر سلمان جهت ثبت اطلاعات رودخانه جامیشان می‌باشد که در شمال‌شرق استان کرمانشاه در شهرستان سنقر قرار گرفته است. وسعت حوضه آبریز منطقه ۵۲۴ کیلومتر مربع و مشخصات جغرافیایی آن بین ۴۷ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۵۷ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی می‌باشد. رودخانه جامیشان از منابع عمده تامین آب رودخانه منتهی به سراب گزنهله خواهد بود.



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان کرمانشاه و ایران

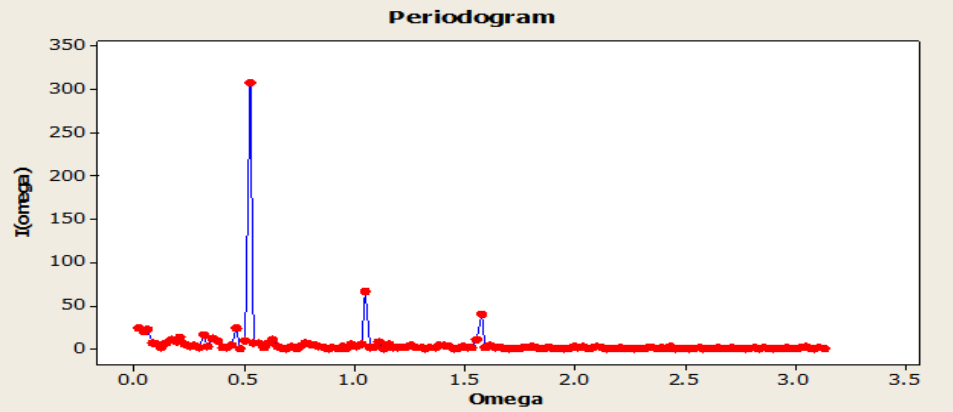
روش پیش‌بینی دبی با استفاده از مدل‌های ایستا و ناایستا

در این پژوهش ابتدا نرمال بودن داده‌ها در نرم افزار MINITAB مورد بررسی قرار گرفت با توجه به مقدار P-value که کمتر از ۰/۰۵ است داده‌ها نرمال نیستند (شکل ۲).



شکل (۲): بررسی نرمال بودن داده‌ها

پس از چک کردن نرمال بودن داده‌ها آزمون ایستایی صورت گرفت. آزمون ایستایی با رسم کرولوگرام انجام می‌شود. هدف از آزمون ایستایی مشخص کردن این موضوع است که آیا مقادیر میانگین و واریانس نسبت به زمان تغییر می‌کنند یا خیر؟ تقریباً در همه روش‌های آنالیز سری‌های زمانی خطی یا غیرخطی، سری زمانی ایستا فرض می‌شود. در حالی که اغلب سری‌های زمانی بنا به دلایل مختلف نظیر روند، تناوب و یا پرش ناایستا هستند.



شکل (۳): بررسی تناوب داده‌ها در نرم‌افزار MINITAB

با بررسی تناوب داده‌ها در نرم‌افزار MINITAB (رسم کرولوگرام) مشخص شد داده‌ها دارای تناوب هستند (شکل ۳).

برای بررسی روند سری زمانی از دو آزمون کندال و نقاط چرخش استفاده شد

۱- آزمون نقاط کندال

$$\begin{aligned} &E(P) = (N-1) \times N \\ &\zeta = ((4 \times P)/N(N-1)) \\ &VAR(\zeta) = (2(2 \times N + 5)/9 \times N(N-1)) \\ &Z = \zeta/(VAR(\zeta)) \times 0.5 \end{aligned} \qquad (۱)$$

E (P): نقاط چرخش مورد انتظار است که شامل داده‌های که از داده‌های قبل و بعد از خود بزرگتر یا کوچکتر باشند. N: تعداد داده‌ها، ζ و Z پارامترهای مدل هستند. مقدار E(P) = ۱۵۰، ζ=۰/۰۸ و Z=۰/۱۴ به دست آمد. مقدار Z بین دو بازهی +۱/۹۶ و -۱/۹۶ است در نتیجه روند ندارد.

۲- آزمون نقاط چرخش

$$E(P) = 2 \times (N - 2)/3$$
$$VAR(P) = 16 \times N - (29/90) \quad (۲)$$
$$Z = P - E(P)/[VAR(P)].5$$

E(P): نقاط چرخش مورد انتظار است که شامل داده‌های که از داده‌های قبل و بعد از خود بزرگتر یا کوچکتر باشند. N: تعداد داده‌ها، ζ و Z پارامترهای مدل هستند مقدار E(P)= ۱۵/۲۳، VAR(P) =۴/۱۲ و Z= ۰/۳۳ به دست آمد. مقدار Z بین دو بازه‌ی +۱/۹۶ و -۱/۹۶ است و در نتیجه روند ندارد.

سری زمانی به دلیل دارا بودن تناوب ناایستا می‌باشد که به کمک استاندارد کردن و روش تفاضل و تاخیر داده‌ها سعی بر ایستا کردن داده‌ها شد، سپس مجددا وضعیت تناوب در MINITAB چک شد. با توجه به شکل (۴) مشخص شد سری همچنین دارای تناوب است. در مرحله بعد مدل‌های مختلف SARIMA بر روی ۵۰ درصد اول داده‌های استاندارد برازش داده شد. مدل خودهمبستگی میانگین متحرک تلفیق شده فصلی یا (SARIMA) با ترکیب مدل‌های فصلی و غیرفصلی، مدل‌های موسوم به آریمای فصلی مکثر ۲ را که به SARIMA معروف است معرفی شد. در کل مدل به صورت SARIMA (p,d,q)(P,D,Q) نامیده می‌شود که عبارت (p,d,q) بخش غیرفصلی مدل و عبارت (P,D,Q)s بخش فصلی مدل است که به صورت رابطه‌ی زیر بیان می‌گردد.

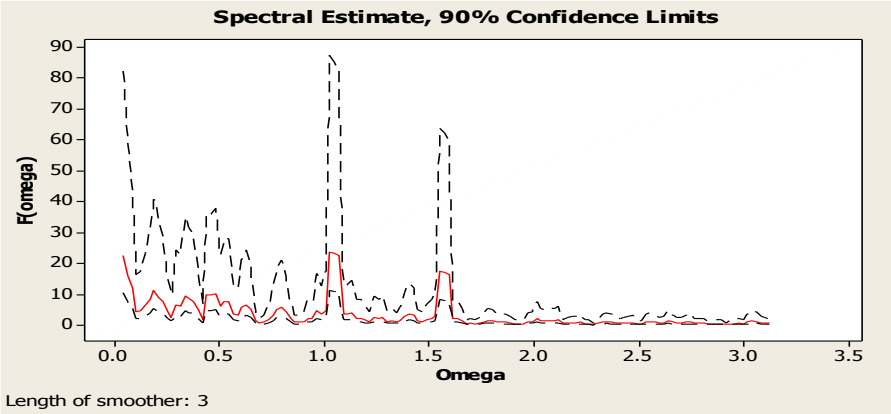
$$\varphi\, p(B) \times \varphi P(Bs) \times \nabla d \times \nabla s \times D \times Zt \;=\; q(B) \times Q(Bs) \quad (۳)$$

p درجه خودهمبستگی غیرفصلی، d درجه تفاضل‌گیری، q درجه میانگین متحرک غیر فصلی، P درجه خود همبستگی فصلی، D درجه تفاضل‌گیری فصلی، Q درجه میانگین متحرک فصلی، S طول فصل است خرمی و بزرگ نیا (۱۳۸۶). شریفان و قهرمان (۱۳۸۶) طی یک مدل‌سازی که برای چهار ایستگاه فاضل‌آباد، گرگان، مراوه تپه و ترشکلی در استان گلستان انجام دادند به این نتیجه رسیدند که برای پیش بینی بارندگی ماهانه استان گلستان SARIMA مدل مناسبی می‌باشد. کمالی و همکاران (۱۳۸۵) از طریق مدل‌سازی سری‌های زمانی به روش مدل باکس و جنکینز[8]، جریان ماهانه ورودی به سد شهید عباسپور را پیش‌بینی کردند نتایج نشان داد به علت تصادفی بودن فاکتورهای موثر در وقوع و شدت خشکسالی بررسی این پدیده به عنوان فرآیند استوکستیک امکان پذیر است.

نتایج و بحث

هدف از این تحقیق انتخاب مناسب‌ترین مدل جهت پیش‌بینی دبی جریان رودخانه جامیشان در ایستگاه آب‌سنجی پیرسلمان بود. حوضه جامیشان در شمال‌شرقی استان کرمانشاه در بالادست رودخانه دینور قرار دارد. به این منظور داده‌های بارندگی ماهانه در یک دوره ۲۵ ساله (۱۳۶۵-۱۳۹۰) استفاده شد. از آنجا که طبق شکل (۴) سری زمانی ناایستا است و عوامل ناایستایی آن حذف نگردید در نهایت پارامترهای مدل غیر فصلی SARIMA با استفاده از نرم‌افزار MINITAB جهت پیش‌بینی باران ماهانه محاسبه گردید. در این پژوهش ابتدا نرمال بودن سری زمانی مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد داده‌ها نرمال نیستند. سپس ایستایی سری مورد ارزیابی قرار گرفت. بنابراین روند داده‌ها بررسی شد که نتایج حاصل بیان‌گر عدم وجود روند در سری‌زمانی است. یکی از دلایل نا ایستا بودن سری، وجود ترم تناوب در سری زمانی است. جهت بررسی تناوب به کمک نرم افزار MINITAB تناوب نگار سری رسم شد که وجود پیک نشان‌دهنده‌ی ترم تناوبی است (تعداد پیک‌ها برابر با تعداد ترم‌های تناوبی است). برای حذف تناوب از روش استاندارد کردن استفاده گردید مجددا تناوب نگار رسم و مشخص شد که سری همچنان دارای ترم تناوبی است (شکل ۴).

[8] Box-Jenkins



شکل (۴): تناوب داده‌های استاندارد شده

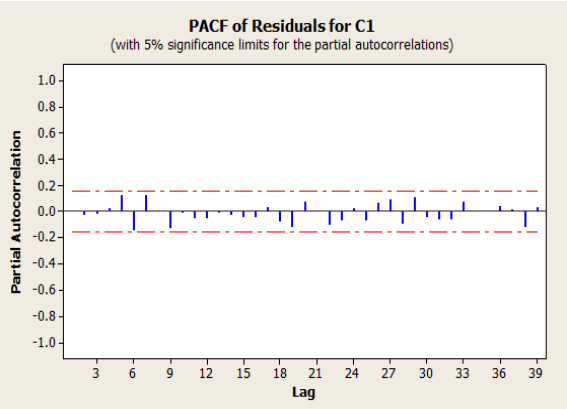
برای حذف تناوب از روش استاندارد کردن استفاده گردید سپس مجددا تناوب نگار رسم و مشخص شد که سری همچنان دارای ترم تناوبی است.

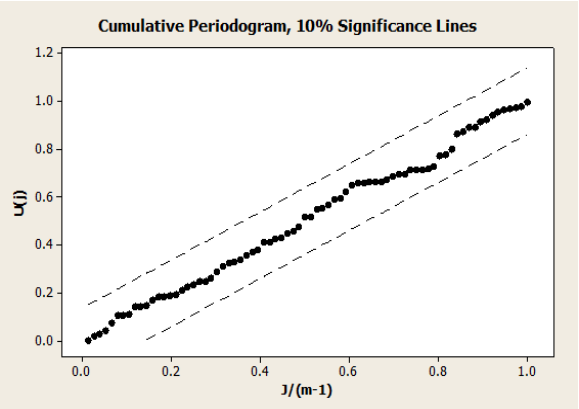
در نتیجه با توجه به وجود ترم تناوب سری زمانی مربوط به بارندگی در ایستگاه آب‌سنجی پیرسلمان نا ایستا بوده لذا جهت پیش‌بینی مدل‌های نا ایستای SARIMA مورد استفاده قرار گرفت. در این راستا باید شش پارامتر را آن قدر تغییر دهیم تا یک مدل مناسب به سری برازش داده شود که چند نمونه از مدل‌های آن در جدول (۱) درج گردیده است. یکی از ملاک های مناسب بودن مدل، استقلال باقیمانده‌های حاصل از برازش مدل به سری مشاهدات می‌باشد. برای بررسی این موضوع از نمودار همبستگی نگار سری باقیمانده‌های حاصل از برازش کمک گرفته شده است. همان طور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود، تقریبا همه مقادیر سری باقیمانده‌های حاصل از برازش مدل، در داخل حدود اطمینان قرار گرفته‌اند همچنین برای ارزیابی مناسب بودن مدل فیلترهای دیگری نیز وجود دارد، از جمله اینکه نمودار باقیمانده‌ها نسبت به رتبه نرمال بایستی به صورت یک خط راست باشد و این نتیجه نشان‌دهنده‌ی مناسب بودن مدل $SARIMA(۳,۰,۱)\times(۳,۰,۱)_{۱۲}$ است.

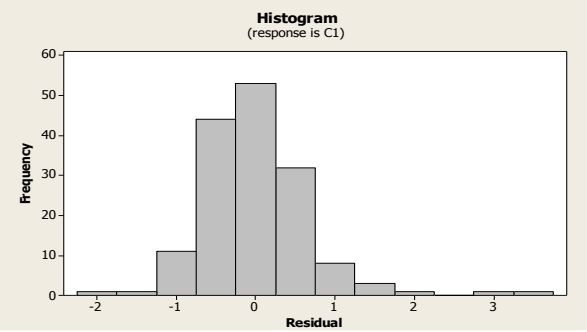
جدول (۱): مدل‌های نا ایستای SARIMA

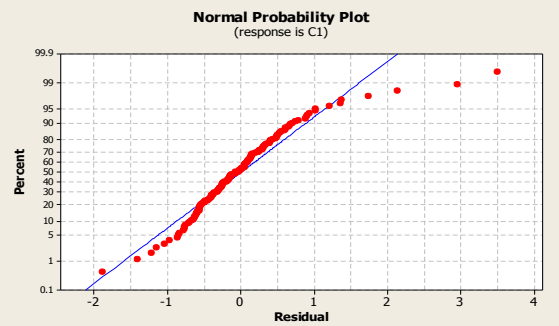
شماره مدل	مدل برازش داده شده	MS
۱	$(۱.۰.۱)\times(۱.۰۱)_{۱۲}$	۳/۴۴
۲	$(۱.۱.۰)\times(۱.۱.۰)_{۱۲}$	۵/۳۵
۳	$(۱.۰.۱)\times(۱.۰۱)_{۶}$	۶/۴۱
۴	$(۱.۱.۰)\times(۱.۱.۰)_{۶}$	۵/۷۵
۵	$(۱.۰.۰)\times(۱.۰.۰)_{۱۲}$	۳/۷۵
۶	$(۳.۰.۱)\times(۳.۰.۱)_{۱۲}$	۳/۴۲

باقیمانده‌های مربوط به مدل‌های گفته شده در جدول فوق همگی دارای توزیع نرمال، بدون همبستگی و بدون تناوب هستند شکل (۵).









شکل (۵): نمودارهای باقیمانده‌های مدل برازش داده شده

از میان مدل‌های فوق مدلی که دارای کمترین مقدار MS (۳/۴۲) باشد انتخاب می‌شود. بنابراین مدل $(۳,۰,۱)\times(۳,۰,۱)_{۱۲}$ قابل پذیرش می‌باشد. گراف‌های مربوط به این مدل در شکل (۵) نشان داده شده است. همان گونه که مشخص است باقیمانده‌ها دارای توزیع نرمال، عدم همبستگی و همین‌طور بدون تناوب هستند. برای صحت‌سنجی مدل از ۵۰ درصد دوم داده‌ها استفاده شد. بعد از صحت‌سنجی بین مقادیر ثبت شده و پیش‌بینی شده رگرسیون گرفته و مقدار R، ۵۹ درصد به دست آمد همچنین مقادیر RMSE، MSE، MAD محاسبه گردید (جدول ۲). روش دیگر صحت‌سنجی نمودار باقی‌مانده‌ها است اگر ضرایب تعیین شده برای مدل مناسب باشد نمودار همبستگی نگار باقی-مانده‌ها در هیچ یک از تاخیرها قطع نخواهد کرد که با توجه به شکل (۵) ضریب همبستگی در هیچ تاخیری خط اطمینان را قطع نکرده در نتیجه مدل مناسبی انتخاب شده است.

جدول (۲): مقایسه معیارهای ارزیابی خطا برای مدل‌های پیش‌بینی

معیارهای خطا	مقادیر محاسبه شده
R	۰/۵۹
MAD	۲/۴۱۵
MSE	۱۰/۸۶
RMSE	۳/۲۹

سری زمانی یکی از مباحث مهم آماری است که دارای سطح غنی از ساختارهای گوناگون در مدل‌سازی پیش‌بینی بارندگی است. از الگوهای سری‌زمانی پر کاربرد الگوهای SARIMA هستند. که اقلیم‌شناسان به آن توجه زیادی نشان

داده‌اند. در این گونه الگوها قضاوت شخصی و تجربه در انتخاب مدل بهینه و برآورد پارامترها مهم است. در واقع انتخاب بهترین مدل، قالب مشخصی ندارد و با سعی و خطا انجام می‌گیرد.

بررسی ایستایی سری‌های زمانی هیدرولوژیکی قبل از مدل‌سازی سری‌های زمانی ضروری بوده و تحلیل ایستایی سری‌های هیدرولوژیکی می‌تواند در شناخت و تفسیر فرآیندهای هیدرولوژیکی و ارتباط آن با روند و تغییرات اقلیمی موثر باشد. ناایستایی نشان‌گر عدم ایستایی در سری‌های زمانی کوتاه مدت جریان رودخانه بوده که می‌تواند به دلیل وجود روند کاهشی جریان رودخانه و یا کاهش بارندگی، وقوع خشکسالی و افزایش درجه حرارت در سال‌های اخیر باشد که این موضوع با تحقیق میرعباسی و دین‌پژوه (۱۳۸۹)، Dinpashoh و همکاران (2011) Tabari و Hosseinzadeh (2011) که روند کاهشی جریان رودخانه‌ها و روند افزایشی تبخیر و تعرق و درجه حرات را نشان داده‌اند، همخوانی دارد. بررسی این تغییرات و ارتباط آن با اثرات احتمالی تغییرات اقلیم و تاثیر آن بر خشک شدن رودخانه می‌تواند مورد مطالعه قرار گیرد. یغمایی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از مدل ARIMA ماکزیمم و مینیمم درجه حرارت شهرستان گرگان را پیش‌بینی کردند و نشان دادند که درجه حرارت در سال‌های آتی روند افزایشی دارد. معروفی و همکاران (۱۳۹۳) مدل SARIMA را جهت پیش‌بینی خشکسالی در ناحیه مرکزی استان همدان، به عنوان یک مدل مناسب انتخاب کردند. طبق نتایج حاصل از پژوهش آن‌ها خشکسالی در این منطقه رو به افزایش است.

در اینجا این نکته حائز اهمیت است که آنچه از واژه پیش‌بینی بارندگی در مطالعات هیدرولوژی مدنظر است، ارائه مقادیری است که دارای بیشترین احتمال وقوع می‌باشند و به هیچ وجه به معنی ارائه دقیق مقادیر بارندگی در آینده نیست زیرا با توجه به تغییرپذیری‌های شدید زمانی و مکانی پارامترهای اقلیمی، چنین ادعایی صحیح نمی‌باشد . به هر روی، پژوهشگران بر این باورند که مقادیر پیش‌بینی، با وجود عدم اطمینان حاکم بر آن، تاثیر بسیار مثبتی بر مدیریت منابع آب خواهند داشت.

نتیجه گیری

هدف از این پژوهش انتخاب مناسب‌ترین مدل جهت پیش‌بینی دبی جریان رودخانه جامیشان در ایستگاه آب‌سنجی پیرسلمان است. لذا ابتدا ایستایی سری زمانی بارندگی در ایستگاه آب‌سنجی پیرسلمان مورد ارزیابی قرار گرفت. به این منظور داده‌های بارندگی ماهانه در یک دوره ۲۵ ساله (۱۳۶۵-۱۳۹۰) استفاده شد. از آنجایی که سری زمانی به دلیل وجود ترم تناوب ناایستا است و عوامل ناایستایی آن حذف نگردید در نهایت پارامترهای مدل غیر فصلی SARIMA با استفاده از نرم‌افزار MINITAB جهت پیش‌بینی باران ماهانه محاسبه گردید. برای صحت سنجی مدل از معیار نرمال بودن و مستقل بودن باقی مانده‌ها استفاده شد و در نهایت مقادیر دبی رودخانه پیر سلمان به کمک مدل $SARIMA(۳,۰,۱)\times(۳,۰,۱)_{۱۲}$ نسبت به مدل‌های دیگر با داشتن میانگین خطای کمتر در پیش‌بینی برآوردگردید.

منابع

۱. احمدی، ف. (۱۳۸۴). بررسی و پیش بینی بارندگی سالانه استان خراسان بر اساس سری‌های زمانی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گرایش مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۲۸۴.
۲. بی‌خوابی آرانی، ف. و ز. آقا شریعت مداری (۱۳۹۷). تحلیل خود متشابه سری زمانی روزانه تابش خورشید با هدف طبقه بندی روزهای هواشناسی تیپ. تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۸: ۱۳۵-۱۴۳.
۳. خرمی، م. و ا. بزرگ‌نیا (۱۳۸۶). تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی با نرم افزار MINITAB. انتشارات سخن گستر، ص ۳۳۶.

۴. خلیلی، ع.، ج. رحیمی و ج. بذرافشان (۱۳۹۶). ارزیابی روش‌های مختلف و پیشنهاد یک روش جدید برای بازسازی خلاهای آماری داده‌های دمای کمینه روزانه در ایستگاه‌های ارتفاعی ایران. نشریه تحقیقات آب و خاک ایران. شماره ۴۸، ۲۳۹-۲۳۱.
۵. دودانگه، ا.، ج. عابدی کوپائی و ع. گوهری (۱۳۹۱). کاربرد مدل‌های سری زمانی به منظور تعیین روند پارامترهای اقلیمی در آینده در راستای مدیریت منابع آب. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی علوم آب و خاک، سال شانزدهم، ۴۷-۵۹.
۶. شریفان، ح. و ب. قهرمان (۱۳۸۶). ارزیابی پیش بینی باران با به کارگیری تکنیک SARIMA در استان گلستان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی جلد ۱۴(۳):۱۷۳-۱۵۸.
۷. فولادوند، ح. (۱۳۸۹). پیش بینی ماهانه تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع در استان فارس. مجله دانش آب و خاک، ج۲۰/۱-۴: ۱۶۹-۱۵۷.
۸. کمالی، ج. و ا. محمودیان شوشتری (۱۳۸۵). پیش بینی جریان ماهانه ورودی به سد مخزنی شهید عباسپور با استفاده از مدل‌های سری زمانی Box-Jenkins. هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه. سازمان آب و برق خوزستان، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۹. میرعباسی نجف آبادی، ر. و ی. دین پژوه (۱۳۸۹). تحلیل روند تغییرات آبدهی رودخانه‌های شمال غرب ایران در سه دهه اخیر. نشریه دانش آب و خاک تبریز،جلد ۲۴، شماره ۴، مهر- آبان ۱۳۸۹، ص ۷۶۸-۷۵۷.
۱۰.ملکیان،آ.، ب. چوبین، ف. ساجدی حسینی و ا. رحمتی (۱۳۹۳). پیش بینی سطح ایستابی با استفاده از سری‌های زمانی و سیستم استنباط فازی- عصبی تطبیقی. نشریه تحقیقات آب و خاک ایران. شماره ۴۵، ۲۸-۱۹.
۱۱.معروفی، ص.، ب. ختار، م. صادقی‌فر، ن. پارسافر و ع. ایلدورمی (۱۳۹۳). پیش بینی و خشکسالی با استفاده از سری زمانی SARIMA در ناحیه مرکزی استان همدان، نشریه پژوهش آب در کشاورزی. جلد ۲۸، شماره ۱، ص ۲۲۵- ۲۱۳.
۱۲.یغمایی، ف.، ک. عبداله نژاد، ا. هزارجریبی و م. بابانژاد (۱۳۹۲). برازش مدل‌های آماری به ماکزیمم و مینیمم درجه حرارت شهرستان گرگان، مجله پژوهش‌های آب و خاک. جلد بیستم، شماره دوم.۸۴- ۶۵.

13. Burlando P., Montana A. and Raze R. *(1996). Forecasting of storm rainfall by combined use of radar, rain gages and linear models*. Atmospheric Research, *42: 199-216.*
14. Dinpashoh Y. Jhajharia D. Fakheri-Fard A. Singh V.P. and Kahya E. *(2011). Trends in reference crop evapotranspiration over Iran*. Journal of Hydrology. 399: 422–433.
15. Haltiner J.P. and Salas J.D. *(1988). Development and testing of a multivariate*, seasonal ARMA(1,1) model. Journal of Hydrology. *104(1-4):247-272.*
16. Saplioglu K., Cimen M. and Akman B. *(2010). Daily precipitation prediction in Isparta station by artificial neural network: Ohrid*. Republic of Macedonia.
17. Tabari A. and Hosseinzadeh-Talaee P. *(2011). Recent trends of mean maximum and minimum air temperatures in the western half of Iran*. Journal of Meteorological Atmosphere Physics. *111:121–131*.

Forecasting flow discharge through time series analysis using SARIMA model for drought conditions, a case study of Jamishan River

Sara Heshmati[1*] Maryam Hafezparast[2]
1.Ms student of Water Resources, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran
2. Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran

Received: 2018/08
Accepted: 2018/11

Abstract

Nowadays, water supply is more limited and providing water is more difficult due to increasing population and demand for water. Thus, due to rainfall shortage and impacts of drought, the need for forecasting monthly and annual rainfall and flow discharge through time series analysis is acutely felt. One of the key assumption in time series is their static condition. However, hydrological time series are sometimes dynamic due to independent occurrences and variations. The objective of this study was to evaluate a suitable forecast model for water flow discharge through evaluating whether time series data of rainfall in Jamishan river, Kermanshah, Iran were static. The 25-year data of monthly rainfall (1988-2013) were used and assumed to be a dynamic series. Non-seasonal parameters of SARIMAS model were analyzed through MINTAB software. The accuracy, reliability, normality and independence of data were also evaluated. Finally, water flow discharge was modeled and predicted by SARIMA (3,0,1) x $(3,0,1)_{12}$ which showed minimum mean error.

Keywords: Discharge Forecasting, Time series, SARIMA model, Pirsalman Station