استفاده از مدلهای اتفاقی درشبیه‌سازی جریان رودخانه و پیش‌بینی دبی متوسط سالانه رودخانه توسط تحلیل سری‌های زمانی

رضا جاویدی صباغیان [1] - محمدباقر شریفي [2]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران-آب دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد،
کارشناس شرکت مهندسین مشاور طوس آب
rezajs_civil_eng@yahoo.com

[2] عضو هیأت علمي گروه مهندسي عمران دانشگاه فردوسي مشهد
mbsharif@ferdowsi.um.ac.ir

چکیده

تحلیل پدیده‌های تصادفی در قلمرو علم آمار و احتمال از زیرمجموعه‌های علم هیدرولوژی قرار می‌گیرد. به‌دلیل اینکه فرآیندهای مربوط به شاخه آب تصادفی هستند بنابراین آمار و احتمال اساس تجزیه و تحلیل پدیده‌های مذکور است. بر این اساس سری‌های زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. سری زمانی به‌طور ساده عبارت از یک متغیر هیدرولوژیک وابسته به زمان می‌باشد.

در این مقاله سری زمانی ۵۰ساله مربوط به دبی متوسط سالانه يك نمونه رودخانه فرضی بررسی شده است، تا بتوان با استفاده از تحلیل هیدرولوژیکی این نمونه در مقیاس فرضی و عددی، به تحلیلی عینی در مقیاس واقعی و کاربردی دست یافت.

اولین مرحله در تجزیه و تحلیل سری زمانی، رسم داده‌ها و به‌دست آوردن آماره‌های نمونه است. سپس در مرحله بعد، وجود مؤلفه‌های روند [1] و دوره‌ای [2] و حذف آنها از سری زمانی و برازش مدل ایستا بر سری زمانی بررسی می‌گردد.

مرحله بعد، بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از روش ضریب چولگی و نرمال‌سازی آنها با لگاریتم‌گیری از داده‌ها می‌باشد. میانگین داده‌ها از داده‌ها کسر می‌گردد تا سری زمانی با میانگین صفر به دست آید. تابع خودهمبستگی (ACF) [3] و تابع خود همبستگی جزئی (PACF) [4] نمونه برای داده‌ها به ازای $K = 1,...,7$ رسم می‌شود و پس از مقایسه با مقادیر توابع نظیر مذکور، مدل‌های خودبرگشتی (AR) [5]، میانگین متحرک (MA) [6] و ترکیبی از خودبرگشتی و میانگین متحرک (ARMA و ARIMA) [7]، مرتبه مدل شناسایی و مدل انتخاب می‌گردد.

پس از انجام کلیه مراحل تجزیه و تحلیل سری زمانی و ایجاد مؤلفه‌های باقیمانده (noise) و الگوگیری از مدل انتخابی و انجام آزمونهای Kolmogrov-Smirnov نهایتاً یک نمونه ۵۰ساله تولید می‌گردد.

بدین ترتیب عمل Generation انجام می‌شود و با توجه به داده‌های ۵۰ سال قبل، داده‌های مربوط به ۵۰ سال آتی ایجاد می‌گردند که این روش نیز نظیر روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، برای تولید داده‌ها، مناسب می‌باشد و دقت آن وابسته به نوع مدل استفاده‌شده و کاربرد مدل مربوطه و پارامترهای مدل دارد.

نتیجه این بررسی در این مقاله، تولید داده‌هایی برای شرایط آینده با توجه به وجود داده‌های موجود برای تصمیم‌گیری کارآمد و مفید در شرایط آینده است که به عنوان مثال می‌توان به تخمین و پیش‌بینی دبی سیلاب رودخانه در رودخانه‌های سیلابی اشاره نمود. هر چند دانش هیدرولوژی به دلیل وجود عدم قطعیت‌ها مدعی بر قطعیت پیش‌بینی در این روش‌ها نیست و این روش‌ها با توجه به دقت مربوطه دارای برتری نسبی در مقایسه با یکدیگر هستند.

فرآیند انجام کار نیز با استفاده از نرم افزار MINITAB انجام شده است.

کلمات کلیدی: سری زمانی (Time Series)، تولید (Generation)، پیش‌بینی (Forecast)، مدلهای ARIMA، ACF و PACF

---

[1] Trend
[2] Periodic
[3] Auto Correlation Function
[4] Partial Auto Correlation Function
[5] Auto Regressive
[6] Moving Average
[7] Auto Regressive – Moving Average

۱. مقدمه

داده‌هایی که از مشاهده یک پدیده در طول زمان به دست می‌آیند بسیار متداول هستند. به‌عنوان نمونه در هواشناسی بیشترین و کمترین درجه‌حرارت روزانه، در کشاورزی ارقام سالیانه مربوط به محصول و میزان فرسایش خاک و کمیات مشابه با آن موردنظر هستند. این مثال‌ها و ده‌ها مثال دیگر، همه نمونه‌هایی از سری‌های زمانی هستند.

سری زمانی به‌طور ساده عبارت از یک متغیر هیدرولوژیک وابسته به زمان، نظیر دبی یک رودخانه است. وقتی سری‌های زمانی در عمل مورد تحلیل قرار می‌گیرند، مقدار محدودی داده ثبت‌شده یا یک نمونه وجود دارد. تمام تشخیص‌های ممکن از این فرآیند تشکیل جامعه آماری را می‌دهند. هدف مطالعات هیدرولوژیک درک و توصیف کمی جامعه آماری و همینطور فرآیند ایجادکننده این جامعه آماری، براساس تعداد محدودی نمونه است[۱].

سری‌های زمانی به لحاظ نوع متغیرها می‌توانند پیوسته (نظیر میزان دبی جریان در یک رودخانه دائمی) یا گسسته (نظیر بارندگی روزانه) باشند. برای اهداف کاربردی و محاسباتی، اگر سری‌های زمانی پیوسته توسط فاصله‌های زمانی ثبت شوند آنگاه سری زمانی گسسته به دست می‌آید[۱].

از منظر معین یا احتمالی بودن نیز، اکثر سری‌های زمانی مورد مطالعه در هیدرولوژی به صورت احتمالی و غیرقطعی هستند و پارامترهای توصیف‌شده آن‌ها توسط واژه‌های آماری یا احتمالی پارامترهای با خواص استوکاستیکی می‌باشند[۲]. زیرا حداقل به یک متغیر تصادفی بستگی دارند هرچند که در بعضی محاسبات علت‌ومعلولی، نتیجه محاسبات به صورت صریح ارائه می‌شود ولی نتیجه مذکور کم و بیش احتمالی است. به‌عنوان مثال پیش‌بینی دقیق میزان بارندگی سالانه یا ماهانه، با استفاده از برخی قوانین طبیعت غیرممکن است و فقط می‌توان ابزار آماری را به‌کار گمارد و با استفاده از مدل‌های آماری و بر اساس داده‌های گذشته پیش‌بینی‌هایی را در مورد آینده انجام داد.

۲. تشریح مسأله و داده‌های مربوطه

مقادیر داده‌های مربوط به دبی ۵۰ساله مربوط به یك نمونه رودخانه فرضی در جدول ۱ داده شده است و هدف، تولید دبی مربوط به ۵۰ سال آینده این رودخانه می‌باشد که در این مقاله، این کار توسط برازش مدل بر داده‌ها و به کمک سری‌های زمانی انجام گردیده است.

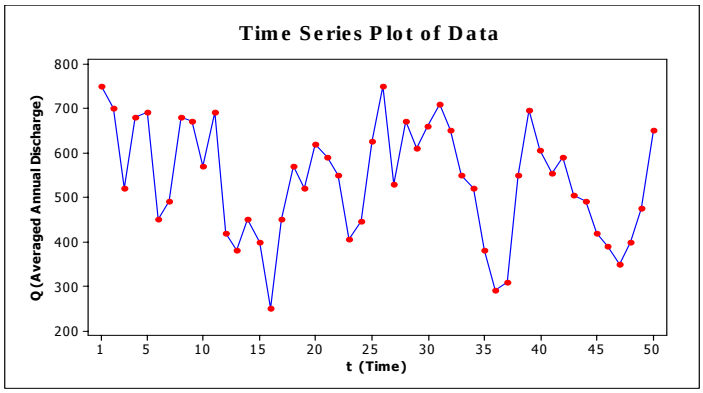
جدول ۱. مقادیر داده‌ها (دبی‌های موجود ۵۰ سال اول رودخانه)

Time(Year)	Main Data (MCM)	Time(Year)	Main Data (MCM)
1	750	26	750
2	700	27	530
3	520	28	670
4	680	29	610
5	690	30	660
6	450	31	710
7	490	32	650
8	680	33	550
9	670	34	520
10	570	35	380
11	690	36	290
12	420	37	310
13	380	38	550
14	450	39	695
15	400	40	605
16	250	41	555
17	450	42	590
18	570	43	505
19	520	44	490
20	620	45	420
21	590	46	390
22	550	47	350
23	405	48	400
24	445	49	475
25	625	50	650

۳. روش‌شناسی

۳. ۱. تجزیه و تحلیل سری زمانی و تعیین آماره‌های نمونه

اولین مرحله در تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی، رسم سری زمانی داده‌ها است. با استفاده ازبرنامه Mini Tab، سری زمانی مطابق شکل ۱ رسم گردیده است و مقدار آماره‌های نمونه به‌دست آمده است.



شکل ۱. سری زمانی مربوط به داده‌های ۵۰ساله کنونی

پس از رسم منحنی سری زمانی در مرحله اول مقادیر آماره‌های مربوط به داده‌ها نیز مشخص می‌گردد[۳].

۳. ۲. بررسی وجود مؤلفه‌های روند (**Trend**) و دوره‌ای (**Periodic**)

مرحله دوم در تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی، تعیین مؤلفه روند در سری زمانی و همچنین حذف آن در جهت ایستا کردن داده‌ها می‌باشد و پس از بررسی ایستایی داده‌ها، مدل‌های مناسب به داده‌ها برازش داده می‌شوند.

نرم افزار برای تعیین مؤلفه روند، یک خط را بر داده‌ها برازش می‌دهد. شیب این خط برابر با مؤلفه روند می‌باشد. بدیهی است درصورتی‌که شیب این خط صفر باشد و خط افقی باشد، داده‌ها فاقد مؤلفه روند بوده و ایستا می‌باشند[۴].

با بررسی صورت‌گرفته مشخص گردید که داده‌ها دارای یک روند نزولی می‌باشند. معادله خط برازش‌داده‌شده بر داده‌ها به صورت رابطه ۱ می‌باشد:

$$Y_t = 592.9 - 2.17479t \qquad (۱)$$

این امر مبین ناایستایی مدل می‌باشد. بنابراین ضروری است با استفاده از یک روش مناسب، سری زمانی موجود به سری ایستا تبدیل گردد.

برای این منظور، میزان تابع روند در هر زمان محاسبه گردیده و مقدار داده‌های سری زمانی از داده‌های متناظر در معادله خط روند کسر گردیده و این تفاضل به عنوان مقدار جدیدی برای سری زمانی در نظر گرفته می‌شود.

خاصیت این روش این است که میانگین داده‌ها صفر می‌باشد و روند داده‌ها نیز حذف می‌گردد. در این سری زمانی حالت دوره‌ای (Periodic) نیز وجود ندارد، زیرا داده‌ها ماهانه نبوده و سالانه می‌باشند.

۳. ۳. بررسی وضعیت نرمال بودن داده‌ها

مرحله سوم در تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی، بررسی نرمال بودن داده‌ها می‌باشد که از طریق دو آزمون نیکویی برازش یا (Kolmogrov-Smirnov) و آزمون κ^2 صورت می‌گیرد که در این مقاله فقط به آزمون نیکویی برازش پرداخته شده است.

نرمال بودن داده‌ها به این دلیل اهمیت دارد که تئوری سری‌های زمانی بر اساس نرمال بودن داده‌ها توسعه یافته است و درصورتی‌که داده‌ها نرمال نباشند بایستی با استفاده از روش‌های مختلف آنها را نرمال‌سازی نمود، ازجمله روش‌های نرمال‌سازی داده‌ها استفاده از روش لگاریتم‌گیری از داده‌ها می‌باشد[۴و۵].

در این روش مقدار $D_{\max}$ که از رابطه ۲ به‌دست می‌آید، باید از مقدار C که حد آستانه تعریف شده است، کمتر باشد تا فرض نرمال بودن داده‌ها تأیید شود:

$$D_{\max} = \sup_{x \in R}(F_n - F) \qquad (۲)$$

$D_{\max}$: حداکثر تفاوت داده‌ها از مقدار متناظر در توزیع نرمال

F : مقدار تابع تجمعی داده‌ها در نمودار توزیع تجمعی

F_n : مقدار تابع تجمعی نرمال داده‌ها در نمودار توزیع تجمعی نرمال

با توجه به اینکه در سطح اعتماد ۹۵%، $C = \frac{1.36}{\sqrt{n}} = 0.1923$، ازطرفی طبق محاسبات مربوط به حداکثر اختلاف داده‌ها از مقدار متناظر در توزیع نرمال $D_{\max} = 0.082$، لذا $D_{\max} < C$ می‌باشد، بنابراین فرض نرمال بودن داده‌ها تأیید می‌شود. همچنین چون داده‌ها حول خط مستقیم هستند می‌توان گفت داده‌ها از آزمون نرمال پیروی می‌کنند.

n : تعداد داده‌ها که در این مقاله برابر با ۵۰ است.

C : مقدار حد آستانه برای آزمون نرمال‌سازی

استانداردسازی داده‌ها نیز با کسر میانگین از داده‌ها امکان‌پذیر است، که درواقع داده‌های حذف‌روندشده دارای میانگین صفر می‌باشند. رابطه ۳ بیانگر استانداردسازی داده‌ها می‌باشد:

$$Z_t = y_t - \mu \quad (۳)$$

y_t : داده‌های اولیه

Z_t : داده‌های استانداردشده

μ : میانگین داده‌ها

۳. ۵. شناسایی نوع و مرتبه مدل و بررسی مدل‌های آماری

برای تعیین و شناسایی نوع و مرتبه مدل بایستی ابتدا بر روی نمودارهای ACF و PACF قضاوت نمود. به‌طور معمول مدل‌های AR، MA و ARMA قابل‌انتخاب می‌باشند. دلیل استفاده گسترده از این مدل‌ها را می‌توان مربوط به توانایی آنها در ایجاد همبستگی بین مقادیر زمان حال با زمان‌های پیشین و همچنین سادگی ساختار این مدل‌ها دانست[۱].

۳. ۵. ۱. بررسی توابع خودهمبستگی (ACF) و خودهمبستگی جزئی (PACF)

یک روش برای بیان وابستگی زمانی در ساختار یک سری زمانی، تعریف تابع خودهمبستگی می‌باشد. رابطه تابع خودهمبستگی (ACF) با تأخیر k به صورت رابطه ۴ نشان داده می‌شود:

$$\rho_k = \frac{\sum_{i=1}^{n-k}(z_i - \bar{z})(z_{i+k} - \bar{z})}{\sum_{i=1}^{n}(z_i - \bar{z})^2} \qquad -1 \le \rho_k \le 1 \quad (۴)$$

ρ_k : مقدار تابع خودهمبستگی سری زمانی با تأخیر k

z_i و z_{i+k} : مقادیر متغیرها یا داده‌های سری زمانی در مرحله زمانی i و مرحله با تأخیر زمانی k

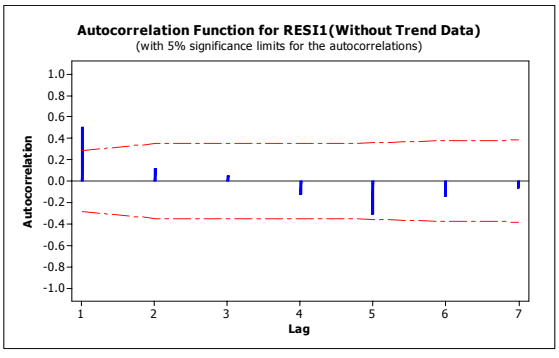
$\bar{z}$: مقدار میانگین مربوط به متغیرها

روش دیگر برای عنوان نمودن وابستگی زمانی در ساختار یک سری زمانی، تعریف تابع خودهمبستگی جزئی می‌باشد. اگر ϕ_k تابع خودهمبستگی جزئی سری زمانی با تأخیر k باشد، رابطه تابع خودهمبستگی جزئی (PACF) به صورت رابطه ۵ نشان داده می‌شود:

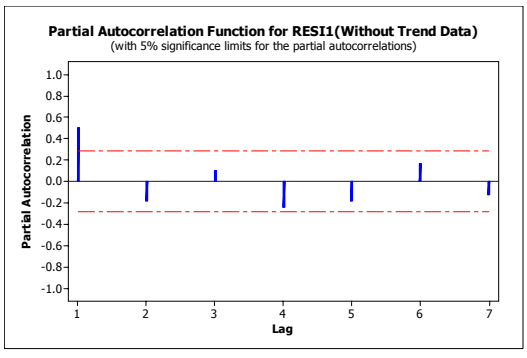
$$\phi_k(k) = \frac{\rho_k - \sum_{i=1}^{k-1}\phi_i(k-1)\rho_{k-1}}{1 - \sum_{i=1}^{k-1}\phi_i(k-1)\rho_i} \quad (۵)$$

ϕ_k : مقدار تابع خودهمبستگی جزئی سری زمانی با تأخیر k

در شکل‌های ۲ و ۳ به‌ترتیب نمودارهای ACF و PACF برای داده‌های حذف‌روندشده به ازای ۷ مرتبه تأخیر نمایش داده شده‌اند:



شکل ۲. نمودار تابع ACF مربوط به داده‌های حذف‌روندشده



شکل ۳. نمودار تابع PACF مربوط به داده‌های حذف‌روندشده

با توجه به نمودارهای ACF و PACF مربوط به داده‌های حذف‌روندشده و پس از بررسی جداگانه این نمودارها برای هریک از مدل‌های AR(1) و AR(2) و MA(1) و MA(2) و ARMA(1,1) و ARMA(1,2) و ARMA(2,1) و ARMA(2,2)، مدلی برای برازش بر داده‌ها انتخاب می‌گردد که در آزمون‌های ذیل صدق کند:

۱- در نمودار تابع PACF آن برای انتخاب مرتبه مدل، اختلاف معنی‌دار مقدار تأخیر با عدد صفر و تجاوز آن از محدوده رابطه $\pm 2/\sqrt{N}$ بررسی گردد.
۲- معیاری به نام معیار آکائیک (AIC)، نیز در مورد مدل‌ها بررسی شود که در بندهای بعد توضیح داده می‌شود.

۳. ۵. ۲. بررسی نوع مدل‌ها

به‌طور کلی ۳ مدل با مرتبه‌های مختلف می‌توانند بر داده‌ها برازش داده شوند و در آزمون‌های انتخاب مدل مورد بررسی قرار گیرند که در بندهای زیر ساختار کلی این مدل‌ها به اختصار تشریح می‌شوند:

۳. ۵. ۲. ۱. ساختار کلی مدل **AR** (**Auto Regressive**)

این مدل ازمدل‌های متداول در استوکاستیک است و همانگونه که از نام آن مشخص می‌باشد، بر روی جملات خود رگرسیون‌گیری را اعمال می‌کند، و البته این رگرسیون‌گیری روی مقادیر گذشته z_t انجام می‌گیرد. این مدل برای سری‌های زمانی ایستا و ناایستا قابل کاربرد می‌باشد و ساختار اصلی آن مطابق رابطه ۶ می‌باشد:

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + ... \ \phi_p z_{t-p} + a_t \qquad (۶)$$

ϕ_p و ... و ϕ_2 و ϕ_1 : ضرایب و پارامترهای مدل AR

a_t : مقدار تصادفی و مستقل از زمان باقیمانده (noise) که از توزیع نرمال با میانگین صفر تبعیت می‌کند.

این مدل درصورتی‌که $\sum_{j=0}^{\infty} \phi_j$ همگرا باشد، فرآیند ایستا خواهد بود.

۳. ۵. ۲. ۲. ساختار کلی مدل **MA** (**Moving Average**)

فرم عمومی مدل با مرتبه q به صورت رابطه V می‌باشد:

$$z_t = a_t + \theta_1 a_{t-1} + \theta_2 a_{t-2} + ...\theta_q a_{t-q} \qquad (۷)$$

θ_q و ... و θ_2 و θ_1 : ضرایب و پارامترهای مدل MA

۳. ۵. ۲. ۳. ساختار کلی مدل **ARMA** (**Auto Regressive-Moving Average**)

از ترکیب نمودن مدل Auto Regressive با مرتبه p و مدل Moving Average با مرتبه q مدل ARMA با مرتبه (p,q) ایجاد می‌گردد. ساختار کلی مدل مطابق رابطه ۸ می‌باشد:

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + ...\phi z_{t-pp} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \theta_p a_{t-p} \qquad (۸)$$

پارامترهای مربوط به این مدل نیز همانند مدل‌های AR و MA تعریف می‌گردند.

۳. ۳. بررسی آزمون بر اساس معیار **AIC**

آزمون و معیار آکائیک (AIC) یکی از روش‌های مقایسه مدل‌های مختلف می‌باشد. این روش بر این مبنا استوار است که از بین مدل‌های مناسب، مدلی که دارای کمترین مقدار ضریب آکائیک باشد به‌عنوان بهترین مدل انتخاب می‌شود[۵].

مقادیر ضرایب AIC و پارامترهای مدل به همراه واریانس داده‌های حذف‌روندشده یا باقیمانده برای هر مدل توسط نرم‌افزار Mini Tab محاسبه گردیده و در جدول ۲ درج شده‌اند:

جدول ۲. مقادیر ضرایب AIC و پارامترهای مدل برای انتخاب مدل نهایی

Model_Parameter	ϕ_1	ϕ_2	θ_1	θ_2	Residual's Variance	AIC Coefficient
AR(1)	0.5424				10947.2	467.04
AR(2)	0.6549	-0.2181			10475.1	466.84
MA(1)			-0.5783		10617.8	465.51
MA(2)			-0.7028	-0.1571	10306.1	466.02
ARMA(1,1)	0.2407		-0.4431		10333.8	466.16
ARMA(1,2)	0.8896		0.4792	0.5836	9553.74	464.23
ARMA(2,1)	1.4740	-0.5982	0.9614		9852.24	465.77
ARMA(2,2)	0.9889	-0.1504	0.5000	0.5943	8925.94	462.84

۳. ۴. انتخاب مدل مناسب به همراه مرتبه آن بر اساس آزمون **AIC** و سایر معیارها

از بین مدل‌های ۸گانه بررسی‌شده بر اساس تمامي معیارهای مذکور، مدل ARMA(2,1) به دلیل تجاوز پارامتر مدل از عدد يك، مدل ARMA(1,1) نیز به دلیل طولانی بودن گام‌های سعی و خطا و مدل‌های ARMA(1,2) و

ARMA(2,2) نیز به دلیل زیاد بودن پارامترهای مدل از گزینش حذف می‌گردند. مدل MA(1) نیز نسبت به مدل MA(2) دارای ضریب AIC کمتر بوده و از انتخاب‌های موجود خارج می‌گردد. از بین سه مدل باقیمانده AR(1)، AR(2) و MA(1)، مدل AR(1) دارای واریانس و ضریب AIC بیشتر نسبت مدل AR(2) می‌باشد و حذف می‌گردد. از بین دو مدل MA(1) و AR(2)، مدل AR(2) براي توليد داده‌ها مناسب‌تر بوده و به عنوان مدل نهایی انتخاب می‌گردد.

۳. ۵. توليد نهايي سري زماني ۵۰سال آينده

در انتها با تخمین پارامترهای مدل AR(2) با توجه به جدول ۲ و نیز محاسبه مقادیر باقیمانده (noise) که از توزیع نرمال با میانگین صفر تبعیت می‌کنند، با استفاده از داده‌های ۵۰ سال اول و قرارگیری در مدل رابطه ۹، داده‌های ۵۰ سال آتی تولید می‌گردند. در جدول ۳ مقادیر دبی‌های تولیدشده ۵۰ سال آینده درج گردیده‌اند:

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + a_t \quad (۹)$$

جدول ۳. دبی‌های پیش‌بینی‌شده ۵۰ سال آینده

Time(Year)	Discharge(MCM)	Time(Year)	Discharge(MCM)
51	576	76	607
52	427	77	439
53	342	78	423
54	364	79	544
55	314	80	512
56	459	81	393
57	460	82	527
58	391	83	438
59	432	84	396
60	510	85	384
61	444	86	436
62	297	87	443
63	444	88	410
64	531	89	319
65	453	90	398
66	461	91	567
67	301	92	586
68	415	93	477
69	327	94	285
70	374	95	334
71	502	96	330
72	629	97	365
73	581	98	262
74	596	99	330
75	478	100	334

۴. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱- استفاده ازمدلهای اتفاقی و سری‌های زمانی با توجه به ماهیت اتفاقی و غیرقطعی مسائل مهندسی آب و مدیریت منابع آب، به‌عنوان یکی از روش‌های توصیه‌شده در پیش‌بینی‌های پدیده‌های تصادفی نظیر سیلابها می‌باشند.

۲- وجود داده‌های آماری و هیدرولوژیکی مربوط به حوزه آبریز و رودخانه در یک دوره زمانی، به‌عنوان ورودی مسائل، برای پردازش مسائل پیش‌بینی و دریافت خروجی‌ها، امری اجتناب‌ناپذیر است.

۳- نوع مدل انتخابی (AR یا MA یا ARMA) به‌عنوان تابع پیش‌بینی و پردازش در مسائل، بسیار مهم و قابل‌توجه می‌باشد و بر روی دقت جوابهای خروجی کاملاً مؤثر می‌باشد.

۴- بررسی مؤلفه‌های روند Trend و دوره‌ای Periodic در آغاز حل مسائل پیش‌بینی به کمک سری زمانی درخورتوجه است.

۵- نرمال‌سازی داده‌های آماری ورودی به‌عنوان یکی از شرایط حل مسائل پیش‌بینی به کمک سری زمانی بایستی مورد نظر قرار گیرد.

۶- یکی از معیارهایی که می‌تواند در تأیید روش انتخابی برای آنالیز مسأله مفید باشد، مقایسه معادلات خط روندی که برداده‌های ورودی و نیز خروجی‌های پیش‌بینی‌شده برازش داده شده است، می‌باشد که باید به لحاظ شیب خط روند با یکدیگر ، انطباق تدریجی داشته باشند.

۵ . منابع

[1] Salas et. Al , (1996) . " Applied Time Series in Hydrology " , Mc Graw Hill .

[2] Sveinsson, O.G.B., Salas, J.D., Lane, W.L., and Frevert, D.K., (2003). " Progress in Stochastic Analysis, Modeling, and Simulation " , ASCE Journal of Irrigation and Drainage , (7): 165-175 .

[3] Daniel, P. Loucks, Jery, R. Stedinger, and Douglas A. Haith , (2005). " Water Resource Systems Planning And Analysis " , Mc Graw Hill , (7): 50 -70.

[4] نیرومند، ح. ع. و بزرگ نیا، ا. (۱۳۷۲)." مقدمه‌ای بر تحلیل سری‌های زمانی (ترجمه) ". انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

[5] فاطمی قمی، م. ت. (۱۳۷۳). " پیش‌بینی و تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی (ترجمه) ". انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران).

Random Modeling Application in River Flow Simulation and Estimation of Mean Annual River Discharge by Time Series Analysis

Reza Javidi Sabbaghian
M.Sc. Civil-Water Engineering college student, Ferdowsi University of Mashhad;
Senior Expert, Toossab Consulting Engineers Company
rezajs_civil_eng@yahoo.com

Mohammad bagher Sharifi
Associated Proffesor, Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of Engineering
mbsharif@ferdowsi.um.ac.ir

Abstract:

Related 50 years time series of the mean annual discharge is considered in this paper as a theoretical sample enabling achievement of applied and objective analysis in real and applied scale using hydrological analysis in objective and numerical scales.

The first step in analyzing the time series is plotting the data and obtaining the sample records. The next step is consideration of trend and periodic components and their omission from the time series and fitting the static model on the time series.

The next stage, is consideration of the data normalization, using skewness coefficient method and their normalization through logarithm differentiation of data. Arithmetic mean of data is deducted from the data to obtain zero average of the time series. Sample ACF (Auto Correlation Function) and PACF (Partial Auto Correlation Function) for the data for K= 1 to7 is drawn and then by comparison of ACF and PACF of AR, MA, ARMA and ARIMA models, the model rank is recognized and selected.

After accomplishment of all analytical stages of the time series and establishment of noise components and patterning of the selected model and finally by practicing KS tests a 50 years sample is estimated and produced.

In this way, forecast and generation actions are done and considering last 50 years data, the data for the next 50 years will be generated. This method is suitable to forecast same as artificial neural system methods, and its accuracy depends upon the applied model and its parameters.

The procedure is accomplished using MINITAB software.

Key words : Time series, Generation, Forecast, ARIMA, ACF and PACF models.