



انشقاق رویکردی موثر در شبیه سازی بارندگی ماهانه در مناطق خشک و نیمه خشک

مینا حسین پور طهرانی، دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی، مهندسی آب، دانشگاه فردوسی

کامران داوری، استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی

بیژن قهرمان، استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی

پست الکترونیکی: mihp_tehrani@yahoo.com

چکیده :

یکی از اهداف مهم در هیدرولوژی استوکاستیک، تولید مصنوعی توالی های بارندگی است به گونه ای که مشابهت های آماری مقادیر تاریخی و مشاهده شده وجود داشته باشد. نیاز اساسی در شبیه سازی استوکاستیک بارندگی، مشابهت تابع توزیع و ویژگی های آماری مقادیر توالی های تولید شده با مقادیر تاریخی است. آنچه که در مدیریت سیستم های مخازن از اهمیت زیادی برخوردار است وابستگی فصلی و ماهانه به مقادیر درون سالی است چرا که عدم وابستگی های ماهانه به مقادیر درون سالی در شبیه سازی منجر به تولید مقادیر نادرستی می شود که سیاست های بهره برداری و کاربران پایین دست سد را دچار مشکل می کند. این مقاله با تأمین هدف ذکر شده به شبیه سازی استوکاستیکی توالی های فصلی بارندگی می پردازد. بارندگی ماهانه و سالانه در ایستگاه درگز بعنوان ایستگاه بارانسنجی سد ایلانجق واقع در خراسان شمالی، با استفاده از مدل های استوکاستیکی به طور مناسبی شبیه سازی شده است. فرآیند مارکف مرتبه اول برای تولید جریان سالانه و روش خرد شدن موسوم به انشقاق برای تولید بارندگی ماهانه استفاده شده است.

کلید واژه ها شبیه سازی بارندگی، مدل ماهانه، روش انشقاق، مدل سالانه، مارکف مرتبه اول

کد مقاله : ۱۰۹۱۹ - (پوستر)



انشقاق رویکردی موثر در شبیه سازی بارندگی ماهانه در مناطق خشک و نیمه خشک

مینا حسین پور طهرانی، دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی، مهندسی آب، دانشگاه فردوسی^{*}
کامران داوری، استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی
بیژن قهرمان، استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی
mihp_tehrani@yahoo.com، ۰۹۱۲۱۱۹۸۳۶۰^{*}

چکیده

یکی از اهداف مهم در هیدرولوژی استوکاستیک، تولید مصنوعی توالی های بارندگی است به گونه ای که مشابهت های آماری مقادیر تاریخی و مشاهده شده وجود داشته باشد. نیاز اساسی در شبیه سازی استوکاستیک بارندگی، مشابهت تابع توزیع و ویژگی های آماری مقادیر توالی های تولید شده با مقادیر تاریخی است. آنچه که در مدیریت سیستم های مخازن از اهمیت زیادی برخوردار است وابستگی فصلی و ماهانه به مقادیر درون سالی است چرا که عدم وابستگی های ماهانه به مقادیر درون سالی در شبیه سازی منجر به تولید مقادیر نادرستی می شود که سیاست های بهره برداری و کاربران پایین دست سد را دچار مشکل می کند. این مقاله با تأمین هدف ذکر شده به شبیه سازی استوکاستیکی توالی های فصلی بارندگی می پردازد. بارندگی ماهانه و سالانه در ایستگاه درگز بعنوان ایستگاه بارانسنجی سد ایلانجق واقع در خراسان شمالی، با استفاده از مدل های استوکاستیکی به طور مناسبی شبیه سازی شده است. فرآیند مارکف مرتبه اول برای تولید جریان سالانه و روش خرد شدن موسوم به انشقاق برای تولید بارندگی ماهانه استفاده شده است.

کلید واژه ها: شبیه سازی بارندگی - مدل ماهانه - روش انشقاق - مدل سالانه - مارکف مرتبه اول

۱- مقدمه

از آنجایی که بارندگی بعنوان یکی از ورودی های مهم به سیستم های منابع آب محسوب می گردند، تهیه مدل های استوکاستیکی مناسب جهت تعیین بهره برداری بهینه سیستم ضروری است. چنانچه در داشتن داده های تاریخی به اندازه کافی، محدودیت وجود داشته باشد، تولید مصنوعی جریان متوالی، به طور مستقیم و یا با استفاده از داده های طولانی مدت بارندگی مرتبط با مدل های بارندگی - رواناب به طور غیر مستقیم امکانپذیر است. عموماً داده های ثبت شده بارندگی نسبت به دبی رودخانه بیشتر است و همین امر باعث گردیده تا پارامترهای تخمینی از داده های ثبت شده بارندگی، نسبت به

آن هایی که از جریان رودخانه به دست می آیند، به واقعیت نزدیک تر باشد. همچنین با تغییرات به وجود آمده در حوضه رودخانه نظیر شهر سازی و جنگل زدایی، الگوهای رواناب تغییر می کند و بنابراین تنها مدل های بارندگی - رواناب می تواند موثر واقع باشد. در چنین شرایطی تولید جریان های متوالی آینده نیازمند داده های بارندگی و مدل سازی مناسب جهت تولید بارندگی متوالی است. از طرفی وابستگی های فصلی به درون سالی به دلیل وجود دوره های درون سالی خشکی یا دوره های با جریان های زیاد در مدیریت سیستم مخزن نقش مهمی ایفا می کند. راه مرسوم جهت نشان دادن وابستگی های درون فصلی در سری های جریان یا بارندگی ماهانه، تولید مقادیر سالانه با توجه به تابع توزیع داده های واقعی و سپس تجزیه آن ها به مقادیر ماهانه با وابستگی دراز مدت می باشد (1). مدل های مختلفی برای تولید مصنوعی سری های زمانی هیدرولوژیکی وجود دارند. از جمله می توان به مدل های ترکیب نظیر اتورگرسیو با میانگین متحرک موسوم به ARMA (2)، مدل های تجزیه زمانی موسوم به مدل Thomas and Fiering (1962) (3) و Box and Jenkins (1970) (4) و مدل های تجزیه مکانی موسوم به Valencia and Schaake (1973) (5)، Mejfa and Rousselle (1976) (6) و Lane (1979) (7) اشاره کرد. اگر چه مدل های ARMA در اکثر تحقیقات مورد استفاده قرار می گیرند اما به دلیل آنکه جزء مدل های هیدرولوژیکی با حافظه کوتاه مدت به شمار می روند در مطالعات هیدرولوژیکی با وابستگی طولانی مدت کاربرد ندارند. در مقابل مدل های تجزیه به دلیل داشتن حافظه بلند مدت هیدرولوژیکی در تولید داده های با طول زیاد اما با داشتن پارامترهایی بیشتر از مدل ARMA، پیشنهاد می شوند (2).

این مقاله شرحی است بر توسعه مدل استوکاستیکی عمومی برای تولید بارندگی ایستگاه بارنسجی در گز که به صورت سری های زمانی گسسته ماهانه در برنامه ریزی سالانه بهره برداری از مخزن سد ایلانجق واقع در خراسان شمالی مورد استفاده قرار می گیرند. ابتدا بارندگی های متوالی سالانه با استفاده از مدل مناسبی که از سال های گذشته به دست آمده و بعنوان مبنایی جهت تعیین ساختار وابستگی سالانه مشاهده شده انتخاب و تولید می شود. سپس، بارندگی سالانه تولید شده، به اجزای فصلی مختلف در هر سال تجزیه می شود. این مسئله تضمین کننده آنست که جریان در سال خشک و یا تر با جریان فصلی مرتبط با همان سال مشابهت داشته باشد.

۲- مواد و روشها

۲-۱ منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل دو سد مخزنی ایلانجق و شورکال می باشد که به ترتیب بر روی رودخانه زنگلانلو و شورکال و درونگر که جزء حوضه آبریز دشت درگز محسوب می شوند، واقع در خراسان شمالی است. حوضه آبریز دشت درگز به وسعت ۳۱۲۹ کیلومتر مربع در شمال ارتفاعات الله اکبر قرار گرفته است. رودخانه زنگلانلو از کوه های جنوب شرقی ناحیه درگز سرچشمه گرفته و پس از عبور از قسمت شرقی ناحیه درگز در شمال روستای شمسی خان وارد ترکمنستان می شود. در جهت بهره برداری بهینه از منابع آب رودخانه، سد های مخزنی شورکال و ایلانجق به همراه تونل و کانال های آبی و دیگر تأسیسات وابسته پیشنهاد گردیده است. سد ایلانجق به عنوان مطالعه موردی در این تحقیق مد نظر است. هر دو سد به منظور تأمین آب کشاورزی و آب شرب طراحی گردیده اند (۸).

۲-۲ مدل تولید بارندگی سالانه و ماهانه

۲-۱-۲ مدل سالانه

به طور معمول مقادیر سالانه بارندگی یا از پایداری کمی برخوردارند و یا فاقد پایداری اند و در اغلب موارد از تابع توزیع نرمال پیروی می کنند. چنانچه مقادیر سالانه فاقد پایداری باشند، با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو و تابع توزیع مناسب می توان تولید بارندگی سالانه نمود و چنانچه از دوام و ماندگاری کمی برخوردار باشند فرآیند مارکوف ۱ گزینه مناسبی است (9):

$$X_t = rX_{t-1} + (1-r)^{1/2} \epsilon_t \quad (1)$$

که X_t مقدار بارندگی استاندارد شده در سال t و با میانگین صفر و انحراف معیار ۱، ϵ_t تابع توزیع نرمالی است که به صورت تصادفی و با میانگین صفر و انحراف معیار ۱ تولید شده است و Γ ضریب همبستگی با تأخیر ۱ می باشد. بر حسب X_t و با فرض تابع توزیع گوسی، مقدار بارندگی سالانه x برابر است با:

$$x = \bar{x} + sX_t \quad (2)$$

که \bar{x} و s به ترتیب میانگین و انحراف معیار بارندگی سالانه x هستند. چنانچه داده های بارندگی سالانه دارای چولگی باشند، چولگی با استفاده از مدل تبدیل Wilson-Hilferty موسوم به (W-H) نشان داده می شود، لذا t با مقدار t جایگزین می گردد:

$$t = \frac{2}{3} \left(1 - \frac{t}{36} \right)^3 \quad (3)$$

که t تابع توزیع نرمال تصادفی با میانگین صفر و انحراف معیار ۱ و چولگی t است که به چولگی مقادیر سالانه مطابق رابطه زیر مرتبط می شود:

$$\frac{1 - t^3}{1 - t^{3/2}} \quad (4)$$

اگر چه تبدیل W-H چندان دقیق نیست و مقدار میانگین به طور دقیق برابر صفر و میانگین به طور دقیق برابر یک نمی باشد، اما این اختلافات قابل چشم پوشی است و قرار گیری مقادیر ضریب همبستگی با تأخیر یک و ضریب چولگی داده شبیه سازی شده در محدوده تابع توزیع نرمال اعتبار مدل تبدیل را نشان می دهد.

۲-۲-۲ مدل ماهانه

Selvalingam and Miura (1978) با استفاده از مدل Thomas and Fiering (1971) و با تولید متغیر تصادفی با تابع توزیع گاما به تولید بارندگی ماهانه در سه ایستگاه در تایلند پرداخت (9). اگر چه مدل به خوبی ویژگی سه گشتاور

ابتدایی را به طور ماهانه حفظ کرده است اما مقادیر تولید شده صفر نسبت به مقادیر گزارش شده تاریخی در فصول خشک کمتر و در فصول تر بیشتر است. (Delleur and Kavvas (1978) مدل اتورگرسو با میانگین متحرک موسوم به مدل ARIMA را برای تولید سری زمانی میانگین بارندگی در ۱۵ حوضه در هندوستان و ایلینویز و کنتاکی واقع در ایالت متحده به کار برد. مدل $ARIMA(1,0,1)$ به عنوان مناسب ترین مدل برای تولید و پیش بینی بارندگی ماهانه استاندارد شده بر مبنای سری مجذور مربعات انتخاب شد اما (Chander et al (1979) به دلیل نامحتمل بودن بالای تبدیل با استفاده از سری مجذور مربعات جهت تولید بارندگی ماهانه استاندارد شده از تبدیل پارامتری قابل انعطاف تر که توسط Box and Cox (1964) ارائه شده است استفاده کردند (9). Valencia and Schaake (1973) با استفاده از رابطه $Y = A X + Z$ مبادرت به تولید مقادیر ماهانه بارندگی کردند. در این معادله Y بردار بارندگی ماهانه (۱ ۱۲)، X برابر مقادیر بارندگی سالانه، A بردار ضریب ثابت (۱ ۱۲) و Z بردار باقیمانده (۱ ۱۲) با میانگین صفر می باشد. به طور کلی، بردار باقیمانده Z از تابع توزیع نرمال پیروی نمی کند و لذا لزوم استفاده از تبدیل Box and Cox (1964) ضروری است (9). با توجه به مطالعات Srikanthan and McMahon(1982) این مدل تجزیه به خوبی روش های ساده تر تجزیه در تولید متوالی جریان و بارندگی موثر نیست و نمی تواند ویژگی های فصلی را مانند سایر روش های تجزیه به خوبی حفظ کند. با توجه به مطالب بالا و به دلیل اینکه در مطالعه حاضر برنامه ریزی بهره برداری در مخزن با هدف عمومی کردن بهره برداری در سال های آتی صورت می گیرد، تولید داده های بارندگی به طور سالانه در مقیاس زیاد نمی تواند از طریق مدل ARMA پاسخگوی مدل باشد و لذا یکی از روش های تجزیه موسوم به انشقاق به عنوان روش تولید بارندگی ماهانه انتخاب گردید. با وجود این که این روش، گزینه معقولی برای مدل های عمومی شبیه سازی ماهانه است و تا حدودی وابستگی درون سالی به جریان فصلی شبیه سازی شده از آن حفظ می گردد، نتایج توالی جریان تنها نشانگر تقریبی از متغیر های درون سالی در داده های تاریخی است.

۲-۲-۲-۱ روش خرد شدن موسوم به انشقاق^۱

Srikanthan and McMahon(1982) پیشنهاد روشی به نام انشقاق را جهت تجزیه مقادیر بارندگی سالانه با استفاده از مدل مارکف مرتبه اول ارائه دادند که در مطالعه حاضر از این روش جهت تولید داده های بارندگی استفاده شد. به طور کلی تولید داده های مصنوعی با روش ذکر شده به این صورت است که ابتدا مقادیر ماهانه تاریخی بر مقادیر سالانه مربوطه تقسیم و به عبارتی نرمال می شود به طوری که مجموع بارندگی در هر سال برابر یک گردد. متعاقباً از یک دوره آماری بلند مدت سالانه بعنوان مثال ۳۰۰ سال، ۳۰۰ مجموعه مجزا با ۱۲ مقدار برای هر سال به دست می آید. به این صورت که ابتدا مقادیر تصادفی بین صفر و یک با توجه به تابع توزیع ماهانه داده های تاریخی به عنوان داده های ماهانه نرمال شده با طول آماری بلند مدت و به صورت ماهانه تولید می گردد. از ضرب مقادیر سالانه ای که از رابطه ۱ با همان طول آماری تولید شده و مقادیر تصادفی ماهانه نرمال، مقادیر ماهانه واقعی به دست می آید. با توجه به منطقه مورد مطالعه که جزء مناطق خشک و نیمه خشک می باشد و دو گیاه گندم و جو در این منطقه در ابتدای فصل زراعی (مهر ماه) کاشته شده و در بقیه ماه های موجود در ۶ ماهه اول سال زراعی در خواب زمستانی هستند، لذا فصول پاییز و زمستان در نحوه بهره برداری چندان موثر نیستند و محقق این دو فصل را به عنوان یک فصل ۶ ماهه در نظر گرفته و لذا سه فصل زمستان و بهار و تابستان به عنوان فصول مورد مطالعه مدنظر قرار گرفته است. در این مطالعه جهت حفظ کردن اثر درون فصلی بر مقادیر

^۱ Fragment

ماهانه، مقادیر فصلی بر مقادیر سالانه و متعاقباً مقادیر ماهانه بر مقادیر فصلی تقسیم می‌شوند و لذا شبیه سازی در دو مرحله فصلی و ماهانه صورت می‌پذیرد که در ذیل آمده است:

الف- نرمال کردن داده های فصلی و ماهانه

۱- تقسیم داده‌های فصلی تاریخی بر مقادیر سالانه تاریخی به طوری که مجموع فصلی تبدیل شده در هر سال، برابر یک شود، ۲- تقسیم داده‌های ماهانه تاریخی مربوط به یک فصل مشخص بر مقدار فصلی مرتبط، به طوری که مجموع مقادیر ماهانه تبدیل شده در هر فصل، برابر یک شود.

ب- تولید مقادیر سالانه، فصلی و ماهانه

۱- تعیین تابع توزیع سالانه بارندگی و تولید تصادفی مقادیر سالانه با طول دوره آماری بلند مدت به عنوان مثال ۳۰۰ سال با توجه به تابع توزیع سالانه، ۲- تولید تصادفی مقادیر فصلی بین صفر و یک بعنوان مقادیر نرمال تصادفی فصلی با طول دوره آماری ۳۰۰ سال به گونه ای که این اعداد اولاً در دامنه نوسانات فصول نرمال شده از مرحله الف باشند و ثانیاً جمع مقادیر فصلی نرمال شده مربوط به یک سال مشخص، برابر یک شود، ۳- ضرب مقادیر فصلی نرمال که به طور تصادفی تولید شده اند در مقادیر سالانه ای که به طور تصادفی تولید شده اند، ۴- تولید تصادفی مقادیر ماهانه بین صفر و یک بعنوان مقادیر نرمال تصادفی ماهانه با طول دوره آماری ۳۰۰ سال به گونه ای که این اعداد اولاً در دامنه نوسانات ماهانه نرمال شده از الف باشند و ثانیاً جمع مقادیر ماهانه نرمال شده مربوط به یک فصل مشخص، برابر یک شود، ۵- ضرب مقادیر ماهانه نرمال که به طور تصادفی تولید شده اند در مقادیر فصلی تولید شده.

۲-۳ شبیه سازی بارندگی ماهانه و سالانه در ایستگاه درگز

روش به کار رفته برای شبیه سازی بارندگی ماهانه و سالانه، استفاده از مدل مارکف مرتبه اول با مدل تبدیلی W-H جهت تولید بارندگی سالانه و تجزیه مدل سالانه به مقادیر ماهانه با استفاده از روش انشقاق می‌باشد. ایستگاه بارانسنجی در گز بعلت نزدیکترین ایستگاه به مخزن سد ایلانجق با ۱۵ سال آمار قابل قبول و ضریب تغییرات سالانه ۳/۶۵ که از ویژگی های مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد بعنوان ایستگاه بارانسنجی طرح قرار گرفت. با توجه به آنکه منطقه مورد مطالعه جزء مناطق خشک و نیمه خشک در ایران محسوب می‌گردد، الگوی بارش زمستانه و بهاره و عدم بارش در فصل تابستان دور از انتظار نیست. از داده های سالانه برای ایستگاه بارانسنجی مورد مطالعه، میانگین، انحراف معیار، ضریب چولگی و ضریب همبستگی با تأخیر یک محاسبه می‌شوند. جهت کم کردن وابستگی مقادیر تصادفی در تولید داده های سالانه، تولید مقادیر سالانه در ۱۵ مرتبه تکرار می‌شوند. بارندگی سالانه تولید شده با استفاده از روش انشقاق به بارندگی ماهانه تبدیل می‌شود.

۳- ارزیابی مدل های تولید

۳-۱ مدل سالانه

پارامترهای محاسبه شده برای ارزیابی مدل های تولید بارندگی عبارتند از میانگین، انحراف معیار، ضریب چولگی، ضریب همبستگی با تأخیر یک، مقادیر حدی حداکثر و حداقل و محدوده تطبیقی^۱ مطابق رابطه ۵ می باشد. با توجه به اینکه که تولید داده ها سالانه با طول آماری بلند مدت است، انتظار می رود که پارامتر محدوده تطبیقی جواب های قابل قبولی را ارائه نکند.

$$R = \max_k D_k - \min_k D_k \quad (5)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (6)$$

$$D_k = \sum_{i=1}^k x_i - \bar{x} \quad (7)$$

که R محدوده تطبیقی، \bar{x} میانگین مقادیر بارندگی، x_i میزان بارندگی سالانه، و n تعداد داده های سالانه است. به منظور مقایسه مناسب، مقادیر حدی و محدوده تطبیقی در رابطه ۵ و ۷ با تقسیم میانگین بارندگی سالانه استاندارد می شود. پارامترهایی که در مقایسه مقادیر تولید شده با مقادیر تاریخی مورد ارزیابی قرار می گیرند، از میانگین مقادیر تولید شده از ۱۵ تکرار می باشند. برای آزمون سطح اطمینان مقادیر شبیه شده بارندگی در ایستگاه بارانسنجی درگز، ویژگی های آماری نظیر میانگین، انحراف معیار، ضریب چولگی و ضریب همبستگی با تأخیر یک مورد نظر قرار گرفته اند.

جدول ۱- آزمون سطح اطمینان پارامترهای مدل شبیه سازی شده سالانه با طول آماری ۳۰۰ سال برای ایستگاه درگز

شماره تکرار	میانگین	انحراف معیار	ضریب		حداکثر	حداقل	حدود تطبیقی
			چولگی	همبستگی			
1	209.50	51.34	-0.08	0.38	1.63	0.29	6.86
2	201.72	47.06	0.09	0.31	1.72	0.48	7.79
3	203.47	50.46	-0.07	0.39	1.67	0.11	7.33
4	201.73	49.71	-0.23	0.43	1.73	0.14	8.93
5	201.52	51.09	0.03	0.33	1.68	0.34	6.04
6	202.44	48.33	0.23	0.31	1.75	0.44	7.92
7	208.32	49.06	0.05	0.32	1.79	0.31	7.84
8	201.09	43.50	-0.16	0.25	1.62	0.29	6.22
9	205.95	51.42	-0.13	0.40	1.68	0.23	7.07
10	205.76	44.64	0.03	0.27	1.59	0.41	5.21
11	202.62	49.83	-0.07	0.39	1.72	0.25	5.39
12	202.93	50.50	0.02	0.35	1.57	0.30	5.87
13	204.53	49.84	-0.01	0.32	1.57	0.23	5.22
14	203.36	50.72	0.05	0.34	1.65	0.35	8.44
15	197.76	51.19	0.01	0.39	1.75	0.30	7.39
میانگین	203.51	49.24	-0.02	0.35	0.67	0.30	6.9
انحراف معیار	2.86	2.34	0.11	0.05	0.07	0.10	1.15
سطح اطمینان ۹۵٪	(198.83-208.20)	(45.40-53.09)	(-0.19-0.16)	(0.26-0.43)	(1.56-1.79)	(0.14-0.46)	(5.02-8.79)

مقادیر خارج از محدود اطمینان ۹۵٪

جدول ۱ نتایج آزمون سطح اطمینان را برای مقادیر شبیه سازی شده با طول آماری ۳۰۰ سال نشان می دهد. از ۱۵ تکرار و ۷ عامل ارزیابی تنها ۸ مورد (۷ درصد) در محدوده اطمینان قرار ندارد و بقیه در محدوده اطمینان قرار گرفته اند که نشانگر

¹ Adjusted range

صحت مدل می باشد. جدول ۲ مقایسه پارامترهای سالانه تاریخی و شبیه سازی شده با طول آماری ۳۰۰ سال را نشان می دهد. پارامترهای شبیه سازی شده که با مقادیر تاریخی مقایسه شده اند از میانگین پارامترهای ایجاد شده از ۱۵ تکرار به دست آمده اند. با مقایسه پارامترهای شبیه سازی شده و تاریخی در این جدول مشاهده می شود که به جز پارامتر محدوده تطبیقی با طول آماری ۳۰۰ سال که نسبت به مقادیر تاریخی تفاوت مقداری زیادی دارد، در بقیه موارد، مقادیر عددی و ویژگی های آماری در شبیه سازی با طول آماری متفاوت به مقادیر تاریخی نزدیک است. نتایج به دست آمده از محدوده تطبیقی نشان می دهد که طول دوره شبیه سازی شده در پارامتر محدوده تطبیقی تأثیر زیادی دارد به گونه ای که هر چه طول دوره شبیه سازی شده بیشتر باشد تفاوت این دو مقدار بیشتر می شود اما انحراف معیار مقادیر ایجاد شده با طول آماری بیشتر کمتر می گردد.

جدول ۲- مقایسه پارامترهای سالانه تاریخی و شبیه سازی شده

مقایسه پارامترهای سالانه تولید شده و تاریخی			
پارامتر	مدل	میانگین	انحراف معیار
میانگین	تاریخی ۱۵ سال	205	
	شبیه سازی شده ۳۰۰ سال	203.51	2.86
انحراف معیار	تاریخی ۱۵ سال	57.16	
	شبیه سازی شده ۳۰۰ سال	49.24	2.34
ضریب چولگی	تاریخی ۱۵ سال	0.23	
	شبیه سازی شده ۳۰۰ سال	-0.02	0.11
ضریب همبستگی	تاریخی ۱۵ سال	0.34	
	شبیه سازی شده ۳۰۰ سال	0.35	0.05
حداکثر	تاریخی ۱۵ سال	1.4	
	شبیه سازی شده ۳۰۰ سال	1.67	0.07
حداقل	تاریخی ۱۵ سال	0.59	
	شبیه سازی شده ۳۰۰ سال	0.30	0.10
محدوده تطبیقی	تاریخی ۱۵ سال	0.95	
	شبیه سازی شده ۳۰۰ سال	6.90	1.15

میانگین مقادیر شبیه سازی شده در ۱۵ تکرار- در ردیف های مشابه نیز به همین منوال است.

انحراف معیار شبیه سازی شده در ۱۵ تکرار- در ردیف های مشابه نیز به همین منوال است.

۳-۲ مدل ماهانه

جهت ارزیابی مدل تولید بارندگی ماهانه، میانگین، انحراف معیار، ضریب چولگی و ضریب همبستگی با تأخیر یک و مقادیر حدی و فراوانی نسبی عدم بارندگی در هر ماه محاسبه گردید. ضریب همبستگی برای ماه t و ماه $t-1$ بسته می شود. مقادیر حدی ماهانه مانند مقادیر حدی سالانه با تقسیم به میانگین ماهانه نرمال می شوند. به همین دلیل برای ماه های با بارندگی کم، نظیر ماه های فصل تابستان مقادیر حدی کمتر از یک می شود (جدول ۳). در مدل ماهانه که با استفاده از روش انشقاق ایجاد شده است با توجه به روش ارائه شده در تولید بارندگی ماهانه قید شده است که مقادیر تولیدی نایستی از حداکثر مقدار واقعی بیشتر و از حداقل مقدار واقعی کمتر باشد و لذا تمامی مقادیر تولیدی در محدوده مقادیر حداکثر و

حداقل مقادیر واقعی قرار دارند. از آنجاییکه بارندگی ماهانه معمولاً با چولگی همراه است، آزمون دقیق آماری برای سطح اطمینان امکانپذیر نمی باشد (9). تمامی ماهها با تابع توزیع نرمال برازش خوبی دارند. با توجه به اینکه یکی از اهداف سد ایلاتنجق، تأمین آب کشاورزی است و گیاه پیشنهادی گندم و جو در ابتدای سال زراعی در پایین دست سد کاشته و در خرداد برداشت می شود و گیاه سورگوم در ماه اردیبهشت کاشته و در شهریور ماه برداشت می شود، ماه مهر بعنوان نماینده دو گیاه جو و گندم، ماه اردیبهشت بعنوان نماینده هر سه گیاه و ماه شهریور بعنوان نماینده گیاه سورگوم انتخاب شده است. آزمون سطح اطمینان این سه ماه در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که بغیر از ۵ مورد (۶ درصد)، میانگین و انحراف معیار مقادیر شبیه سازی شده در ۱۵ تکرار در حدود اطمینان مورد نظر قرار گرفته اند. نزدیکی مقادیر شبیه سازی شده و تاریخی در جداول ۳ و ۴ حاکی از آنست که مدل به طور قابل قبولی پارامترهای ماهانه را حفظ کرده است. یاد آور می شویم که بعلت سادگی و قابل قبول بودن روش انشقاق جهت تولید داده های ماهانه، این روش به عنوان یکی از روش های با محاسبات سریع می تواند جایگزین سایر روش های تولید داده گردد.

جدول ۳ - مقایسه پارامترهای آماری مقادیر بارندگی ماهانه تاریخی و مقادیر شبیه سازی شده

ماه	مدل	میانگین	انحراف معیار	ضریب چولگی	ضریب همبستگی	مقادیر حدی	
						حداکثر	حداقل
مهر	تاریخی	6.97	5.03	0.52	0.32	2.37	0.00
	شبیه سازی	8.34 (0.35)	5.64 (0.36)	0.65 (0.1)	0.12 (0.07)	3.32 (0.28)	0.00 (0.00)
آبان	تاریخی	22.07	17.35	0.71	-0.24	9.04	0.00
	شبیه سازی	24.04 (0.84)	16.96 (0.56)	0.75 (0.16)	-0.01 (0.07)	9.87 (1.00)	0.02 (0.01)
آذر	تاریخی	23.43	15.23	1.33	0.27	9.19	0.36
	شبیه سازی	28.18 (0.82)	18.59 (0.84)	0.82 (0.11)	0.16 (0.06)	10.95 (0.99)	0.24 (0.05)
دی	تاریخی	19.37	12.28	1.15	-0.15	7.32	0.79
	شبیه سازی	18.85 (0.70)	10.37 (0.42)	0.74 (0.13)	0.19 (0.06)	6.37 (0.58)	0.29 (0.08)
بهمن	تاریخی	27.20	19.71	1.04	0.21	10.98	0.57
	شبیه سازی	27.29 (1.17)	17.04 (0.85)	0.81 (0.15)	0.05 (0.06)	10.57 (1.25)	0.30 (0.07)
اسفند	تاریخی	35.68	16.73	0.04	0.26	8.90	1.29
	شبیه سازی	28.81 (0.73)	15.97 (0.61)	0.88 (0.14)	0.03 (0.07)	10.59 (1.05)	0.51 (0.10)
فروردین	تاریخی	34.00	20.84	0.28	0.13	10.19	0.36
	شبیه سازی	25.32 (0.72)	17.32 (0.82)	1.30 (0.18)	-0.01 (0.04)	11.81 (1.31)	0.30 (0.08)
اردیبهشت	تاریخی	28.23	29.15	0.72	0.47	11.56	0.00
	شبیه سازی	17.22 (0.94)	14.68 (1.00)	1.33 (0.26)	-0.10 (0.04)	9.36 (1.70)	0.01 (0.00)
خرداد	تاریخی	9.93	14.32	2.05	-0.34	7.46	0.00
	شبیه سازی	18.43 (0.91)	15.75 (1.03)	1.40 (0.22)	0.00 (0.06)	10.48 (1.49)	0.01 (0.01)
تیر	تاریخی	3.30	5.82	2.14	-0.14	2.94	0.00
	شبیه سازی	3.46 (0.11)	3.62 (0.18)	1.63 (0.25)	0.13 (0.06)	2.34 (0.36)	0.00 (0.00)
مرداد	تاریخی	0.90	1.81	2.09	-0.18	0.86	0.00
	شبیه سازی	3.36 (0.18)	3.60 (0.29)	1.65 (0.19)	0.10 (0.05)	2.21 (0.29)	0.00 (0.00)
شهریور	تاریخی	1.60	2.35	1.43	0.08	0.93	0.00
	شبیه سازی	3.38 (0.29)	3.67 (0.22)	1.86 (0.27)	0.04 (0.07)	2.62 (0.39)	0.00 (0.00)

انحراف معیار پارامترهای مختلف مقادیر شبیه سازی شده

جدول ۴-آزمون سطح اطمینان پارامترهای آماری بارندگی ماهانه برای ایستگاه درگز

شماره تکرار	مهر		اردیبهشت		شهریور	
	میانگین (mm)	انحراف معیار (mm)	میانگین (mm)	انحراف معیار (mm)	میانگین (mm)	انحراف معیار (mm)
1	8.27	6.00	16.02	14.33	*4.02	*4.10
2	8.14	5.38	16.27	13.07	3.50	3.85
3	7.76	5.48	17.88	16.33	3.26	3.60
4	7.95	5.26	17.15	14.40	3.28	3.50
5	8.51	5.83	16.86	13.95	3.60	3.90
6	8.15	5.35	17.93	15.70	*2.77	*3.27
7	8.87	*6.49	18.02	14.73	3.00	3.38
8	8.70	5.74	16.15	13.33	3.41	3.74
9	8.62	6.20	16.52	15.72	3.23	3.66
10	8.78	5.69	17.92	14.59	3.24	3.58
11	8.46	5.43	16.97	13.66	3.67	3.76
12	8.36	5.45	17.70	15.65	3.32	3.79
13	8.61	5.69	19.48	16.02	3.53	3.80
14	7.76	5.22	17.08	14.23	3.38	3.65
15	8.13	5.41	16.32	14.47	3.43	3.45
میانگین	8.34	5.64	17.22	14.68	3.38	3.67
انحراف معیار	0.35	0.36	0.94	1.00	0.29	0.22
سطح اطمینان ٪۹۵	(7.76-8.92)	(5.05-6.24)	(15.67-18.76)	(13.04-16.32)	(2.90-3.85)	(3.32-4.02)

مقادیر خارج از محدود اطمینان ۹۵

۴-جمع بندی و نتیجه گیری

در مطالعه سیستم‌های بهره برداری مخزن گزینه‌های مختلفی از مدل‌های سری زمانی هیدرولوژیکی استوکاستیکی جهت ارزیابی سناریوهای مختلف بهره برداری از سیستم‌های منابع آب بکار گرفته می‌شود، اما همگی این مدل‌ها برای منطقه مورد مطالعه نمی‌تواند موثر باشد. مدل‌هایی برای ایجاد جریان متوالی مناسب هستند که اولاً ویژگی‌های آماری داده‌های تولید شده را نسبت به داده‌های اصلی حفظ کرده و ثانیاً همبستگی بارندگی‌های ایجاد شده با بارندگی مشاهده شده مطابقت داشته باشد. نا دیده گرفتن وابستگی‌های فصلی به درون سالی نیز در شبیه‌سازی می‌تواند مقادیری را تولید و شبیه‌سازی کند که با مقادیر اتفاق افتاده فاصله زیادی داشته باشد و همین امر، سیاست‌های بهره‌برداری از مخزن را تحت

تأثیر قرار داده و سبب افت درآمد بهره‌برداری مخزن و به مخاطره انداختن احتمالی کاربرهای پایین دست می‌شود. با توجه به سیاست بهره‌برداری مخزن سد ایلانجق و به طور سالانه و در گام‌های زمانی ماهانه صورت می‌گیرد و از آنجاییکه بارندگی در برنامه ریزی بهره‌برداری از مخزن بعنوان یکی از پارامترهای ورودی به سیستم محسوب می‌شود، تولید بارندگی در سال‌های آتی و در گام‌های زمانی ماهانه ضرورت دارد. برای ایستگاه بارانسنجی در گز که در نزدیکی سد تحت مطالعه است، ابتدا مقادیر سالانه بارندگی با استفاده از روش مارکف مرتبه اول ایجاد شد. همچنین با استفاده از روش انشقاق بارندگی ماهانه به طور موفقیت آمیزی تولید گردید. سادگی و سرعت بالای آن در محاسبه از مزایای این روش به حساب می‌آید. مهم‌ترین مشکل این روش ناتوانی در نگهداشتن همبستگی ماهانه میان اولین ماه از سال $t+1$ با آخرین ماه از سال t می‌باشد ولی با توجه به اینکه برنامه ریزی در مطالعه حاضر در مقیاس سالانه است نیازی به برقراری رابطه همبستگی میان آخرین ماه از سال t با اولین ماه از سال $t+1$ نیست.

۵-مراجع

- [1] Srikanthan, R., Sharma, A., and McMahon, T.A., (2006). "Comparison of two nonparametric alternatives for stochastic generation of monthly rainfall", Journal of Hydrologic Engineering. 11(3): 222-229
- [2] Ochoa Rivera, J.C., Andreu, J., and Garcia Bartual, R., (2007). "Influence of inflow modeling on management simulation of water resources system", Journal of Water Resources. Planning and Management, ASCE, 133:2(106)
- [3] McMahon, T.A., and Miller, A.J., (1971). "Application of the Thomas and Fiering model to skewed hydrology data". Water Resources. Research, 7: 1338-1340.
- [4] Tunncliffe-Wilson, G., (1973). "Discussions on Box-Jenkins seasonal forecasting". J. Roy. Statist. Soc., A136: 337-352.
- [5] Valencia, D., and Schaake, J.C., (1973). "Disaggregation processes in stochastic hydrology". Water Resources. Research., 9: 580-585.
- [6] Mejfa, J. M., and Rousselle, J. (1976). "Disaggregation models in hydrology revisited." Water Resources. Research., 12(2), 185-186.
- [7] Lane, W.L. (1979). "Applied stochastic techniques (LAST computer package), user's manual, Division of Planning Technical Services, Bureau of Reclamation, Denver.
- [8] [مهندسین مشاور آب پوی. (۱۳۸۴). "گزارش برنامه ریزی منابع آب طرح بهره‌برداری از منابع آب و خاک رودخانه‌های مرزی زنگلانلو و شورکال، جلد ششم، مشهد.
- [9] Srikanthan, R., and McMahon, T.A., (1982). "Simulation of annual and monthly rainfalls-a preliminary study at five Australian station", Journal of Applied methodology, 21: 1472-1478.