تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال ششم، شماره ۳، پائیز ۱۳۸۹
Volume 6, No. 3, Fall 2010 (IR-WRR)
۹۶-۹۹

یادداشت فنی

برآورد خودکار مشخصات حوضه با استفاده از خصوصیات هیدروگراف مشاهده‌ای، HEC-HMS، الگوریتم ژنتیک و AutoIt

کاظم شاهوردی[۱*] و جمال محمدولی سامانی[۲]

چکیده

مهمترین هدف در واسنجی مدل‌های مفهومی بارندگی-رواناب (CRR) پیدا کردن مقادیر بهینه برای مدل می‌باشد که با استفاده از آن بتوان بهترین منحنی را برای هیدروگراف‌های مشاهده شده و محاسبه شده برازش داد. با وجود عمومیت این مدل‌ها، در صورتی که نتوان یک مقدار بهینه منحصر به فرد برای پارامترهای آن با استفاده از واسنجی خودکار به دست آورد، کاربرد آن مدل‌ها بسیار مشکل خواهد بود. همچنین استفاده از هیدروگراف‌های واحد مصنوعی برای محاسبه سیلاب طراحی در حوضه‌هایی که فاقد آمار می‌باشند امری اجتناب‌ناپذیر است. در سال‌های اخیر نشان داده شده است که در مسائل بهینه‌سازی ترکیبی استفاده از الگوریتم‌های فراکاوشی نتایج بسیار مطلوبی را به دست می‌دهد. در این مطالعه دو مدل متفاوت الگوریتم Univariate-Gradient به عنوان بهینه‌ساز کلاسیک با جستجوی موضعی و الگوریتم ژنتیک به عنوان بهینه‌ساز سراسری برای واسنجی مدل هیدروگراف‌های واحد اشنایدر، کلارک و SCS در نرم‌افزار HEC-HMS بکار برده شده است. سیل فراگیر ۱۴ لغایت ۱۸ بهمن سال ۱۳۷۱ رودخانه مهران-ایستگاه دژگان واقع در استان هرمزگان بمنظور مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که تلفیق الگوریتم ژنتیک و روش اشنایدر برای پیش‌بینی مشخصات حوضه‌ها روش مناسبی بوده و با استفاده از این روش، هیدروگراف مشاهده‌ای و تابع هدف می‌توان مشخصات حوضه را بدست آورد. برای انجام خودکار عمل شبیه‌سازی و بهینه‌سازی از AutoIt استفاده شده است.

کلمات کلیدی: مدل‌های مفهومی بارندگی- رواناب، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم Univariate-Gradient، هیدروگراف واحد اشنایدر، کلارک، SCS.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳ تیر ۱۳۸۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۶ مهر ۱۳۸۹

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی سازه‌های آبی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- استاد گروه مهندسی سازه‌های آبی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

*- نویسنده مسئول

Technical Note

Automated Simulation of Basin Characteristics Using HEC-HMS, Genetic Algorithm, and AutoIt on Observed Hydrograph Properties

K.Shahverdi [1] and J.M.V.Samani [2]*

Abstract

The main objective in calibration of conceptual Rainfall-Runoff models is to find a set of optimal model parameters that provide the best fitness between the observed and the estimated flow hydrographs. These models are general, but when there is a lack of data, their application will be too difficult. In basins without data using the synthetic unit hydrograph for calculation of design flood is inevitable. Recently, it is shown that the use of the heuristic algorithms in combinational optimization problems is very suitable. In this research, two different algorithms, Univariate-Gradient as a classic optimizer, and Genetic Algorithm as a throughout optimizer, were used for calibrating snyder, Clark, and SCS unit hydrograph models in HEC-HMS software. The flood of Bahman 14-18, 1371 (Shamsi Calendar) in Dejgan station, Mehran River, Hormozgan Province, was used in this study. Results showed that the combination of GA and Snyder method is appropriate for forecasting the basin characteristics. The basin characteristic can be obtained using this method, observed hydrograph, and fitness function. "AutoIt" software was used for automated running of simulation and optimization.

Keywords: Conceptual Rainfall-Runoff models, Genetic Algorithm, Univariate-Gradient Algorithm, Snyder, Clark and SCS Unit Hydrograph.

1- M. Sc. student, Dept. of Water Structure Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: k_shahverdi@modares.ac.ir

2- Professor, Dept. of Water Structure Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

*- Corresponding Author

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

مدل‌سازی ریاضی کیفی و کمی آب در سیستم‌های منابع آب یک ابزار ضروری برای طراحی، بهره‌برداری و نگهداری از این سیستم‌ها می‌باشد. در سالهای اخیر با رشد و توسعه کامپیوتر سرعت محاسبات ریاضی و در نتیجه آن مدل‌سازی ریاضی افزایش یافته و در نتیجه مدل‌های شبیه‌ساز عددی برای شبیه‌سازی مسائلی پیچیده بکار گرفته شده‌اند و نتایج حاصل از آنها نیز رضایت‌بخش می‌باشد. فرایند بارش-رواناب با توجه به تغییرات زمانی و مکانی بارندگی، رطوبت خاک و تبخیر و تعرق، فرآیندی بسیار پیچیده می‌باشد. پارامترهای دیگری که در این فرآیند موثر می‌باشند شامل پوشش گیاهی، کاربری اراضی، شیب حوضه و کانال و خصوصیات زهکشی اراضی می‌باشد. مدل‌های بارندگی-رواناب مفهومی بعلت پیش‌بینی میزان جریان با توجه به مقدار بارندگی روی حوضه، وسیله‌ای مناسب برای پیش‌بینی سیل منطقه مورد توجه قرار گرفته‌اند. همچنین استفاده از هیدروگرافهای واحد مصنوعی برای محاسبه سیلاب طراحی در حوضه‌های فاقد آمار امری اجتناب‌ناپذیر است (علیزاده، ۱۳۸۳). بعلت پیچیدگی سیستم‌های مورد مطالعه و ساده‌سازی اجتناب‌ناپذیر مدل‌های ریاضی که این سیستم‌ها را تشریح می‌کنند، برخی پارامترها می‌توانند بصورت تجربی بدون اینکه نیاز به واسنجی داشته باشند، تعیین شوند در صورتی که برخی دیگر از پارامترها که به این طریق تعیین می‌شوند مفهوم فیزیکی اندکی داشته و نیاز به واسنجی دارند. این مساله ما را بر آن می‌دارد تا برخی پارامترها را واسنجی کنیم. برای این منظور می‌توان از روش‌های بهینه‌سازی مانند (GA Genetic Algorithm) (خلقی، ۱۳۸۷) و EA (Evolutionary Algorithm) (Tang et al., 2007) استفاده کرد. هدف اصلی از انجام تحقیق حاضر، برآورد خودکار مشخصات حوضه با استفاده از خصوصیات هیدروگراف مشاهده‌ای و هیدروگراف واحد مصنوعی اشنایدر، کلارک و SCS و مقایسه آنها می‌باشد. برای انجام بهینه‌سازی از الگوریتم ژنتیک که به عنوان یک روش بهینه‌سازی غیرکلاسیک، بر مبنای مکانیزم طبیعی انتخاب و تولید مثل جوابهای بهینه را جستجو می‌کند، استفاده شد (قدمی و همکاران، ۱۳۸۸).

۲- روش تحقیق

در این تحقیق سیل فراگیر ۱۴ لغایت ۱۸ بهمن سال ۱۳۷۱ در استان هرمزگان در رودخانه مهران-ایستگاه دژگان مورد استفاده قرار گرفت که به لحاظ گستردگی و حجم سیلاب از تاریخی‌ترین سیلابهای منطقه بوده و استان هرمزگان در این ایام با یکی از تلخ‌ترین بلایای طبیعی طی سالهای اخیر مواجه گردیده است. از این سیل ۱۲ هیدروگراف و ۱۶ نمودار موجود می‌باشد که علاوه بر آن ۴۵ ایستگاه باران‌سنجی بارندگی این ایام را در سطح حوضه ثبت کرده‌اند. در این حوضه در رودخانه مهران- ایستگاه دژگان حداکثر دبی لحظه‌ای برای سیل سال ۱۳۷۱، ۴۶۸۲ متر مکعب در ثانیه ثبت شده است.

برای تعیین بهینه پارامترهای هیدورگراف‌های مصنوعی از ابزار واسنجی HEC-HMS استفاده شد و با توجه به خصوصیات فیزیوگرافی حوضه و همچنین توصیه‌های موجود در تعیین مقادیر پارامترهای مدل جهت تعیین متغیرهای تصمیم اقدام شد. سپس مقادیر تعیین شده به عنوان حدس اولیه واسنجی لحاظ شد و با انتخاب روش Univariant Gradiant به عنوان روش جستجو و در نظر گرفتن بهترین برازش ممکن به عنوان تابع هدف پارامترهای مدل واسنجی شدند. با توجه به اینکه مهمترین هدف از شبیه‌سازی فرایند بارش-رواناب، برآورد حداکثر دبی سیلاب برای طراحی سازه‌های آبی می‌باشد، به منظور تعیین مناسب پارامترهای مدل به نحوی که بتواند دبی حداکثر را برآورد کند، تابع هدف به صورت رابطه ۱ تعریف شد:

$$z = 100\left|\frac{q_{s(peak)} - q_{o(peak)}}{q_{o(peak)}}\right| \qquad (۱)$$

که در آن $q_{s(peak)}$ دبی حداکثر برآورد شده، $q_{o(peak)}$ دبی حداکثر مشاهده شده و z تابع هدف می‌باشد. بعلت متفاوت بودن پارامترهائی که هر کدام از روش‌های شبیه‌سازی بکار می‌گیرند متغیرهای تصمیم‌گیری نیز متفاوت می‌باشد. این متغیرها در روش اشنایدر شماره منحنی حوضه (CN)، زمان پیک اشنایدر (t_p)، پارامتر پیک اشنایدر (c_p) و نگهداشت اولیه (I_a) و در روش کلارک شماره منحنی، زمان تمرکز حوضه (t_c)، نگهداشت اولیه و ضریب ذخیره و در روش SCS شماره منحنی، نگهداشت اولیه و زمان تاخیر (t_l) می‌باشد. در مرحله بعد، از الگوریتم ژنتیک برای برآورد پارامترها استفاده گردید. بدین منظور ابتدا مشخصات حوضه وارد نرم‌افزار HEC-HMS گردید و بعد از معرفی پارامترهای الگوریتم ژنتیک برنامه Auto It اجرا گردید. با اجرای این برنامه ابتدا HEC-HMS فرآیند بارش-رواناب را شبیه‌سازی کرده و سپس الگوریتم ژنتیک با استفاده تابع هدف و مقایسه هیدروگرف مشاهده‌ای و هیدروگراف شبیه‌سازی شده مقادیر بهینه متغیرهای تصمیم را محاسبه می‌کند. این عملیات تا زمانی انجام می‌شود که اختلاف دبی حداکثر هیدروگراف مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده به حداقل برسد.

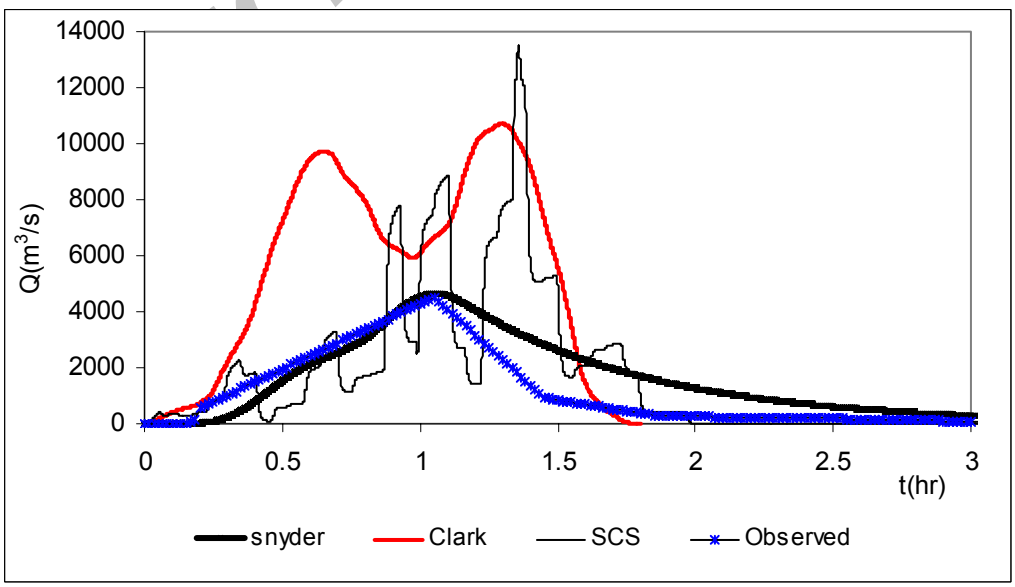
Archive of SID

www.SID.ir

۳- نتایج و بحث

مقادیر متغیرهای تصمیم در هیدروگراف مشاهده‌ای یعنی CN، نگهداشت اولیه، زمان اوج اشنایدر، پارامتر اشنایدر، زمان تمرکز، ضریب ذخیره و زمان تاخیر به ترتیب برابر با ۷۸، ۱۹/۱، ۱۷/۹، ۰/۳، ۲۰ ، ۰/۵ و ۹/۸ می‌باشد. نتایج حاصل از واسنجی با استفاده از ابزار واسنجی HEC-HMS با حدسهای اولیه متفاوت برای متغیرهای تصمیم نشان داد که این روش به حدس اولیه حساس بوده و برای حدسهای اولیه متفاوت نتایج واسنجی متفاوت خواهد بود و در صورتی که حدس‌های اولیه نزدیک به مقادیر واقعی باشند نتایج حاصل نیز به واقعیت نزدیک‌تر خواهد بود. از این رو استفاده از این ابزار برای واسنجی پارامترها در حوضه‌های فاقد آمار روش مناسبی نخواهد بود. بمنظور واسنجی خودکار مشخصات حوضه با استفاده از الگوریتم ژنتیک و Auto It مقادیر اولیه در محدوده‌های بزرگی استفاده شد. در روش اشنایدر، مقادیر اولیه‌ای که برای CN مورد استفاده قرار گرفت بین ماکزیمم و مینیمم مقدار آن یعنی ۰-۱۰۰ بوده و مقادیر حاصل از شبیه‌سازی خودکار ۷۸ برآورد شد. مقدار نگهداشت اولیه در این روش برابر با ۲۰ میلیمتر بدست آمد و مقادیر اولیه مورد استفاده بمنظور جستجوی سراسری بین ۱-۱۰۰ میلیمتر انتخاب شد. برای برآورد زمان اوج اشنایدر محدوده ۱-۵۰ ساعت برای انجام جستجوی سراسری در نظر گرفته شد که پس از شبیه‌سازی این مقدار برابر با ۲۰ ساعت بدست آمد همچنین پارامتر اوج اشنایدر نیز برابر با ۰/۱۹ بدست آمد و محدوده در نظر گرفته شده برای جستجو بین ۰/۱-۱ انتخاب شد. همانطور که از این مقادیر که در جدول ۱ آورده شده است، مشاهده می‌شود، متغیرهای تصمیم در روش اشنایدر کمتر از مقادیر واقعی ولی نزدیک به آن است. متغیرهای تصمیم برآورد شده با روش کلارک و SCS نیز در جدول ۱ آورده شده است. همانطور که در این جدول دیده می‌شود در روش کلارک مقادیر CN، نگهداشت اولیه، زمان تمرکز و ضریب ذخیره به ترتیب برابر با ۷۰، ۱۹، ۱۹ و ۰/۷ بدست آمد که در آن مقدار CN و ضریب ذخیره با مقادیر مشاهده شده اختلاف زیادی دارند ولی نگهداشت اولیه و زمان تمرکز نزدیک به مقادیر مشاهده شده می‌باشند. در روش SCS متغیرهای تصمیم CN، نگهداشت اولیه و زمان تاخیر می‌باشد که به ترتیب برابر با ۸۵، ۱۹ و ۹/۹ برآورد شده‌اند که مقادیر CN و زمان تاخیر بیشتر از مقادیر مشاهده شده و نگهداشت اولیه کمتراز مقدار متناظر برآورد شده است. همچنین مقادیر دبی اوج نیز برای روش‌های اشنایدر، کلارک و SCS به ترتیب برابر با ۴۵۶۰، ۱۰۵۸۸ و ۱۳۲۵۰ مترمکعب بر ثانیه برآورد شده‌اند و مقدار آن در هیدروگراف مشاهده‌ای برابر با ۴۶۸۲ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد.

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود مقدار دبی اوج در روش اشنایدر تقریباً با مقدار آن در هیدروگراف مشاهده‌ای برابر می‌باشد در صورتی که مقدار دبی اوج در روشهای کلارک و SCS به ترتیب ۲/۵ و ۳/۵ برابر مقدار مشاهده شده برآورد شده است. بنابراین روش اشنایدر متغیرهای تصمیم را بخوبی برآورد کرده است در صورتی که روشهای دیگر برآورد خوبی را نداشته‌اند ولی میانگین‌گیری از مقادیر بدست آمده از این دو روش برای پارامترهای مشترک مانند CN و نگداشت اولیه نتایج خوبی را بدست می‌دهد.



شکل ۱ – هیدروگراف‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی شده با روشهای اشنایدر، کلارک و SCS

www.SID.ir
Archive of SID

جدول ۱- نتایج بهینه‌سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک و روشهای اشنایدر، کلارک و SCS

	روش اشنایدر				روش کلارک				روش SCS		
پارامتر	CN	نگهداشت اولیه (mm)	زمان اوج اشنایدر (hr)	پارامتر اشنایدر	CN	نگهداشت اولیه (mm)	زمان تمرکز (hr)	ضریب ذخیره	CN	نگهداشت اولیه (mm)	Lag (hr)
حد پائینی	۵۰	۱	۱	۰/۱	۵۰	۱	۱	۰/۱	۵۰	۱	۱
حد بالائی	۹۵	۱۰۰	۵۰	۱	۹۵	۱۰۰	۵۰	۱	۹۵	۱۰۰	۵۰
مقدار اولیه	۷۰	۲۰	۲۰	۱	۹۵	۲۰	۲۰	۱	۹۵	۲۰	۲۰
مقدار بهینه شده	۷۸	۱۶/۷	۱۴/۲	۰/۲	۷۰	۱۹	۱۹	۰/۷	۸۵	۱۹/۴	۹/۹

۴- خلاصه نتایج

نکته اصلی این تحقیق ارائه روشی برای برآورد مشخصات هیدرولوژیکی حوضه‌های فاقد آمار می‌باشد که نتایج حاصل دیگر این تحقیق را می‌توان بطور خلاصه بصورت زیر برشمرد:

۱- واسنجی روش هیدروگراف‌های واحد مورد مطالعه توسط ابزار واسنجی HEC-HMS بدون در دست بودن حدس‌های اولیه از پارامترهای مدل عملاً غیر ممکن می‌باشد. زیرا این روش به حدس اولیه حساس بوده و جستجوی آن بصورت موضعی می‌باشد.

۲- الگوریتم ژنتیک یک روش فراکاوشی بسیار مناسب برای بهینه کردن تابع هدف می‌باشد که فضای جستجوی آن بصورت سراسری بوده و به حدس اولیه حساس نمی‌باشد و بدون توجه به حدس اولیه نتایج مطلوبی بدست می‌دهد.

۳- به نظر می‌رسد روش اشنایدر به عنوان یک شبیه‌ساز ریاضی برای شبیه‌سازی هیدروگراف مربوطه و پارامترهای حوضه با توجه به روابط نسبتاً ساده تجربی استفاده شده در آن، روش مناسبی برای برآورد متغیرهای تصمیم باشد.

۴- برآورد پارامترهائی مثل CN و نگهداشت اولیه، که بعنوان متغیرهای تصمیم در هر دو روش کلارک و SCS مورد استفاده قرار می‌گیرند، و میانگین‌گیری از آنها نیز نتایج قابل قبولی را بدست می‌دهد.

۵- با داشتن هیدروگراف‌ها و رویدادهای متعدد و متنوع بارش- رواناب می‌توان با بکارگیری GA نتایج مطلوب‌تر و عمومی‌تری بدست آورد، اما به دلیل محدودیت داده‌ها از یک رویداد در این تحقیق استفاده گردید.

۶- تفاوت نتایج روشهای مختلف برآورد در این است که روشهای اشنایدر، کلارک و SCS دارای مبانی مختلف کاربردهای خاصی در حوضه‌های با ویژگی‌های مختلف (مانند مساحت حوضه) آنهاست که برای تعمیم این روش نیاز به بررسی‌های جامع‌تر خواهد بود.

۶- مراجع

خلقی، پ. (۱۳۸۷)، "استفاده از روشهای الگوریتم ژنتیک و بهینه‌سازی دسته ذرات در حل معکوس مدل‌سازی آلودگی آب زیرزمینی"، *هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران*.

قدمی، س. م.، قهرمان، ب.، شریفی، م. ب. و رجبی، ح. (۱۳۸۸)، "بهینه‌سازی بهره‌برداری از سیستم‌های چند مخزنی منابع آب با استفاده از الگوریتم ژنتیک"، *مجله تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۲*، ص۱۵-۱.

علیزاده، ا. (۱۳۸۳)، "*اصول هیدرولوژی کاربردی*"، دانشگاه فردوسی مشهد، ۶۳۱ص.

Tang, Y., Reed, P. M. and Kollat, J. B. (2007), "Parallalezation Strategies for Rapid and Robust Evolutionary Multi-objective Optimization in Water Resources Applications", *Adv. Water resource*, pp. 335-353.

Archive of SID

www.SID.ir