بررسی کارایی مدل AWBM با استفاده از الگوریتم ژنتیک و الگوریتم تکامل رقابتی جوامع در شبیه‌سازی فرآیند بارش- رواناب (مطالعه موردی: زیر حوضه آبخیز قره‌سو)

آتنا خلیلی‌نفت‌چالی[1*]، محسن پوررضا بیلوندی[2]

۱) دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۲) دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

* نویسنده مسئول: Atenakhalili@birjand.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۸ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۲**

چکیده

با توجه به اهمیت مهار آب‌های سطحی به ویژه در ایران که مسئله کمبود آب در پهنه وسیعی از کشور وجود دارد؛ نیاز به شناسایی و مدل‌کردن واکنش حوضه به بارش به منظور برنامه‌ریزی بلندمدت از پتانسیل‌های حوضه به شدت احساس می‌شود. در این مطالعه برای شبیه‌سازی فرآیند بارش- رواناب از مدل AWBM تحت روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک و الگوریتم تکامل رقابتی جوامع در زیر حوضه قره‌سو واقع در شمال‌غربی حوضه کرخه استفاده شده است. بدین منظور از داده‌های بارندگی، تبخیر و تعرق پتانسیل و رواناب ایستگاه هیدرومتری قره‌سو بهره گرفته شد. برای مقایسه نتایج، آماره‌های ریشه متوسط خطای مربعات (RMSE)، ضریب همبستگی (R2) و ضریب کارایی ناش (NSE) مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که هر دو روش بهینه‌سازی در این حوضه دارای معیارهای ارزیابی قابل قبولی می‌باشند؛ اما روش الگوریتم ژنتیک با ضریب تبیین ۰/۷ ، ضریب ناش- ساتکلیف ۰/۶۷ و میزان خطای ۸/۷۵ در مرحله صحت‌سنجی جواب بهتری را حاصل نمود. همچنین مشاهده شد که این الگوریتم در شبیه‌سازی مقادیر کمینه بهتر از مقادیر بیشینه عمل می‌کند.

واژه های کلیدی: مدل AWBM، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم تکامل رقابتی جوامع، زیرحوضه قره‌سو.

مقدمه

رواناب حاصل از بارندگی و ذوب برف از منابع اصلی آب در ایران است و با توجه به خصوصیات آب و هوایی خشک تا نیمه‌خشک آن، برای تامین آب مورد نیاز کشاورزی، صنعتی و شرب از اهمیت خاصی برخوردار است (درصد زیادی از حجم بارندگی در مناطق مختلف کشور تحت تأثیر عواملی مانند، تشکیلات و ساختار زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، شیب زمین و شکل حوضه آب‌خیز به رواناب سطحی تبدیل می‌شود (افشار، ۱۳۶۴). به سبب پیامدهای ویرانگر و آسیب‌های بی‌شمار از رواناب و سیل و از سوی دیگر پیچیدگی و دشواری مسایل مربوط به فرآیند بارش- رواناب، روش‌ها و مدل‌های زیادی برای برآورد آن‌ها پیشنهاد شده است (منهاج، ۱۳۸۱). در بسیاری ازحوضه‌های آبخیز که نیازمند برنامه‌ریزی منابع آب هستند، ایستگاه‌های هیدرومتری برای اندازه‌گیری وجود ندارد، یا اینکه آمار ایستگاه‌های اندازه‌گیری ناقص است و به نظر نمی‌رسد که در آینده نزدیک کلیه مناطق دارای ایستگاه‌های اندازه‌گیری شوند. بنابراین روش یا روش‌هایی که به کمک آنها بتوان میزان رواناب حاصل از بارندگی در حوضه‌های فاقد آمار یا دارای آمار ناقص را تخمین زد، از اهمیت قابل توجهی برخوردار می‌گردند. یکی از این روش‌ها استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی می‌باشد. مدل‌ها این امکان را می‌دهند تا با شبیه‌سازی فرآیند رواناب - بارش، هرزآب حاصل از بارندگی در حوضه‌های فاقد آمار یا دارای آمار ناقص با کمترین هزینه و حداقل زمان ارزیابی شود (زرین و همکاران، ۱۳۸۷). برای پدیده بارش- رواناب و فرآیندهای پیآمد آن، پژوهشگران از مدل‌های گوناگونی برای شبیه‌سازی استفاده کرده‌اند. محمدصالحی و همکاران (۱۳۸۵) با بهره‌گیری از مدل ریاضیِ مبتنی بر سامانه اطلاعات جغرافیائی، فرآیند بارش-رواناب را برای حوضه آبریز امامه شبیه‌سازی کرد، و مدل با دقت بالایی حجم و زمان اوج سیل را برآورد نمود. Weber (۲۰۰۷) در تحقیقی پیرامون یک حوضه از مدل SimHyd استفاده کرده و در ارائه گزارش به این نکته اشاره می‌کند که کاربرد این مدل برای حوضه‌هایی که دارای ترکیبی از اراضی شهری و اراضی کشاورزی می‌باشند، مناسب است. Sharifi و Boyd (۱۹۹۴) مدل بارش- رواناب ۳ پارامتره AWBM و SFB را در استرالیا مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که مدل AWBM بهتر از مدل SFB رواناب را شبیه‌سازی می‌کند. سنایی‌نیا (۱۳۷۹) مدل AWBM را در ارزیابی بعضی از حوضه‌های کشور مورد استفاده قرار داد و نتیجه گرفت که این مدل برای برآورد رواناب نتایج خوبی می‌دهد. به منظور بررسی فرآیند بارش- رواناب و سیل تاکنون روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است، ولی تا آنجا که ما می‌دانیم تا کنون مقایسه‌ای روی کارآمدی روش‌های بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک و تکامل رقابتی جوامع با مدل AWBM در این زیرحوضه انجام نشده است. هدف این پژوهش مقایسه کارآمدی این دو الگوریتم در شبیه‌سازی فرآیند ـــ بارش رواناب در حوضه قره‌سو می‌باشد.

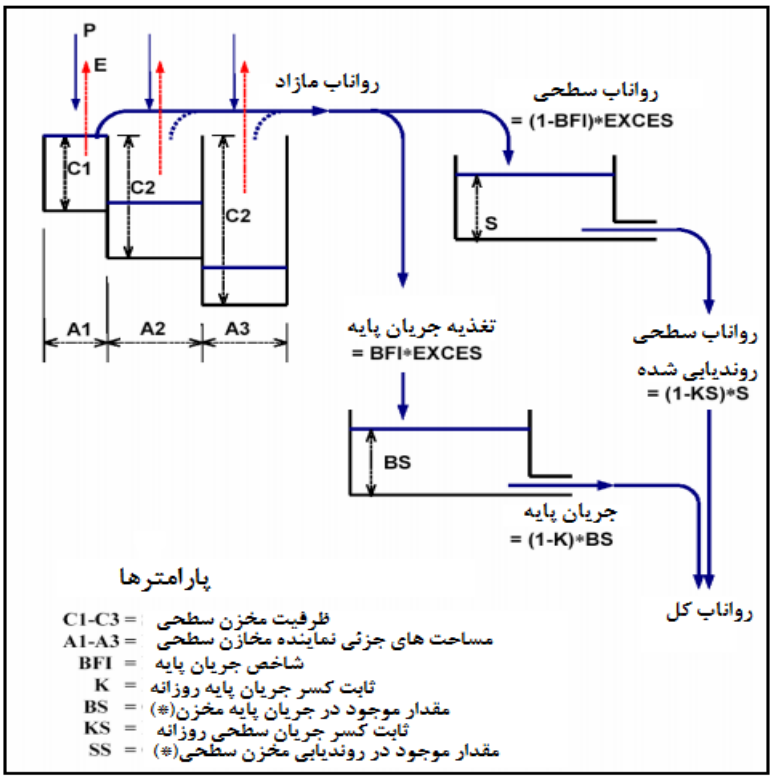
مواد و روش‌ها

ساختار مدل بارش رواناب AWBM

مدل AWBM بر اساس نظریه جریان از سطوح جزئی اشباع که مشابه نظریه جریان سطحی اشباع است، توسعه داده شده است. به طور کلی در مدل با در نظر گرفتن سه سطح ذخیره در یک حوضه آبخیز اقدام به شبیه‌سازی ضریب رواناب می شود. در مدل AWBM بیلان آب در هر مساحت جزئی در هر مرحله زمانی (روز یا ساعت) محاسبه می‌شود. به نحوی که در هر مرحله بارش با توجه به ذخیره رطوبتی در هر یک از سطوح سه‌گانه ذخیره آب (رطوبت) در خاک و با لحاظ مقدار تبخیر و تعرق بیلان آب با استفاده از رابطه (۱) بدست می‌آید (Sharifi and Boyd, 1994).

رابطه ۱ $$\text{Store n} = \text{Store} + \text{rain} - \text{evap}$$

در این مدل فرض می‌شود که رواناب از دو منبع اصلی رواناب سطحی و آب پایه تأمین می‌شود شکل (۱).



شکل ۱: ساختار مدل بارش رواناب AWBM (سلمانی و همکاران، ۱۳۹۳)

پارامترهای مدل

سه پارامتر مدل عبارتند از:

۱- شاخص جریان پایه

۲- ثابت خشکیدگی روزانه جریان

۳- ظرفیت‌های ذخیره سطحی و سطوح متناظر با این ظرفیت‌ها

ذخیره اول در مدل نشان‌دهنده مکان‌هایی در سطح حوضه است که دارای کمترین میزان نفوذپذیری بوده و به سرعت از آب پر می‌شوند. سطح ذخیره دوم حالت بینابینی داشته و سطح ذخیره سوم که در مدل در انتها پر می‌شود نمایانگر جاهایی در سطح حوضه می‌باشد که بیشترین میزان نفوذپذیری را دارا می‌باشند و به عبارتی در شکل‌گیری رواناب کمترین سهم را دارند. مقادیر اولیه پارامترهای مدل در جدول (۱) آورده شده است.

روش‌های بهینه‌سازی

الگوریتم ژنتیک

الگوریتم‌های ژنتیک از اصول انتخاب طبیعی داروین برای یافتن فرمول بهینه جهت پیش‌بینی یا تطبیق الگو استفاده می‌کنند. الگوریتم‌های ژنتیک اغلب گزینه خوبی برای تکنیک‌های پیش‌بینی بر مبنای رگرسیون هستند. در هوش مصنوعی الگوریتم ژنتیک یا (GA) یک تکنیک برنامه‌نویسی است که از تکامل ژنتیکی به عنوان یک الگوی حل مسئله استفاده می‌کند. مسئله‌ای که باید حل شود دارای ورودی‌هایی می‌باشد که طی یک فرایند الگوبرداری شده از تکامل ژنتیکی به راه‌حل‌ها تبدیل می‌شود؛ سپس راه‌حل‌ها به عنوان کاندیداها توسط تابع ارزیابی (Fitness Function) مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و چنانچه شرط خروج مسئله فراهم شده باشد الگوریتم خاتمه می‌یابد. الگوریتم ژنتیک بطور کلی یک الگوریتم مبتنی بر تکرار است که اغلب بخش‌های آن به صورت فرایندهای تصادفی انتخاب می‌شوند.

جدول ۱: مقادیر اولیه پارامترهای مدل AWBM

پارامتر	توصیف	واحد	مقدار قراردادی	مقدار حداقل	مقدار حداکثر
A1	سطح جزئی مخزن سطحی اول	بی بعد	۰/۱۳۴	۰	۱
A2	سطح جزئی مخزن سطحی دوم	بی بعد	۰/۴۳۳	۰	۱
C1	ظرفیت مخزن سطحی اول	میلی متر	۰	۰	۵۰
C2	ظرفیت مخزن سطحی دوم	میلی متر	۰	۰	۲۰۰
C3	ظرفیت مخزن سطحی سوم	میلی متر	۰	۰	۵۰۰
BFI	شاخص دبی پایه	بی بعد	۰	۰	۱
KBase	خشکیدگی دبی پایه	درصد	۰	۰	۱
KSurf	خشکیدگی جران سطحی	درصد	۰	۰	۱

الگوریتم تکامل رقابتی جوامع

روش SCE یک الگوریتم جست و جوی سراسری است که Duan و همکاران (۱۹۹۲) آن را معرفی کردند و برگرفته از بهترین ویژگی‌های چند الگوریتم موجود از جمله الگوریتم ژنتیک و معرفی مفهوم ترکیب جوامع است. در این روش، جست و جو از یک جمعیت تصادفی از نقاط درون فضای امکان‌پذیر شروع می‌شود. این جمعیت به جوامع مختلفی تقسیم شده که هر

کدام بر اساس ابعاد مسائله دارای تعداد نقاط خاصی است. هر جامعه براساس فرایندهای تولید مثل که از شکل هندسی پیچیده‌ای استفاد می‌کنند، جست و جو را در جهت‌های مناسب هدایت می‌کند. در دوره‌های تناوب تکامل، تمام جوامع دوباره بر زده می‌شوند و جمعیت دیگری با خصوصیات مناسب‌تر به وجود می‌آید و در نهایت جمعیت به دست آمده دوباره در یکسری از جوامع دسته‌بندی می‌شود با ادامه جستجو، تمام جمعیت تمایل دارد به سمت همسایگی بهینه سراسری حرکت کند.

تابع هدف و معیار ارزیابی

اندازه‌گیری خوبی برازش به تابع هدف معروف است و مقادیر بهینه پارامترها مقادیری هستند که مقدار حداقل تابع را می‌دهند. برای هر حوضه، مقدار تابع هدف به مقادیر تعیین شده پارامترها بستگی دارد. نقطه‌ای که تابع هدف به ازای پارامترهای مربوط حداقل می‌شود به نام نقطه بهینه پارامترها می‌باشد. رایج‌ترین تابع هدف استفاده شده برای واسنجی مدل‌های هیدرولوژیکی ضریب کارایی Nash-sutcliffe است که حالتی استاندارد از تابع حداقل مربعات خطاست و از رابطه زیر قابل محاسبه است:

رابطه ۲:
$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(QI.obs - Qobs)^2}{\sum_{i=1}^{n}(QI.obs - \bar{Q}obs)^2}$$

که در آن: $QI.obs$ جریان شبیه‌سازی شده، $Qobs$ جریان مشاهده شده و $\bar{Q}obs$ میانگین جریان مشاهده شده می‌باشد. برای سنجش میزان همبستگی بین دو مقدار اندازه‌گیری شده و برآورده شده نیز از ضریب تبیین استفاده شده است که از رابطه زیر قابل محاسبه است:

رابطه ۳:
$$R^2 = \frac{(\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(Y_i - \bar{Y}))^2}{(\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2\,(Y_i - \bar{Y})^2)}$$

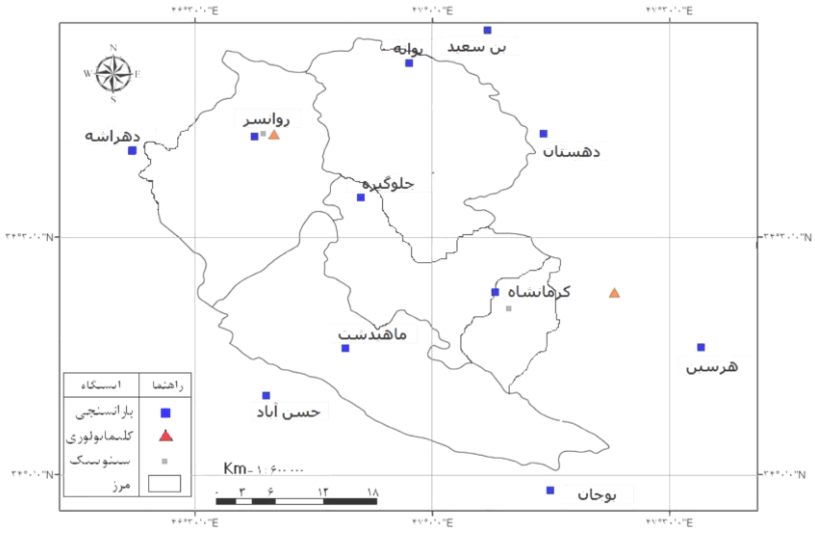
n برابر با تعداد کل داده ها، E_{si} سطح آب تخمین زده شده، E_{oi} داده مشاهده‌ای با $\bar{x}$ و $\bar{Y}$ متوسط مقادیر x_i و Y_i هستند. ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) نیز یک تابع تناسب یا تابع هدف است و در واقع مجذور میانگین مربعات خطاست و معیاری از خطای مطلق بین دبی شبیه‌سازی و مشاهده‌ای است که از رابطه زیر قابل محاسبه است:

رابطه ۴:
$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{(\sum(E_{si} - E_{oi})^2)}{n - 1}}$$

معرفی حوضه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی این تحقیق، زیرحوضه قره‌سو با مختصات ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵۴ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی، واقع در استان کرمانشاه و در شمال غربی حوضه کرخه می‌باشد. این

حوضه با ایستگاه هیدرومتری قورباغستان در خروجی آن، از زیرحوضه‌های مهم حوضهٔ آبخیز کرخه است. وسعت حوضه مورد نظر ۵۳۵۴ کیلومتر مربع بوده و همچنین متوسط بارش در کل حوضه بین ۳۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر متغیر می باشد. ارتفاع این حوضه حداقل ۱۱۸۰ متر و حداکثر به ۳۳۴۶ متر می‌رسد. شکل (۲) نمایش شماتیکی از زیرحوضه قره‌سو در کشور ایران می‌باشد.



شکل ۲: موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی در داخل و خارج حوضه قره‌سو (گل‌محمدی و مساح‌بوانی، ۱۳۹۰)

جمع‌آوری داده‌ها و تجزیه و تحلیل آنها

در این مطالعه از داده‌های بارندگی، تبخیر تعرق پتانسیل و رواناب روزانه موجود در زیرحوضه قره‌سو برای سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۸ به منظور شبیه‌سازی بارش- رواناب در این حوضه استفاده شده است. ابتدا داده‌ها به دو دسته تقسیم شدند. ۷۰ درصد داده‌ها برای واسنجی و ۳۰ درصد باقیمانده برای صحت‌سنجی بکار گرفته شد. سپس این داده‌ها به ترتیب روز در یک فایل Excel طبقه‌بندی شده و وارد نرم‌افزار RRL شدند. این نرم‌افزار حاوی چندین مدل توده‌ای معمول بارش - رواناب و روش‌های بهینه‌سازی می‌باشد. در محیط نرم‌افزار با انتخاب هر کدام از مدل‌ها فرآیند مدل‌سازی آغاز می‌شود. در پنجره مختلف نرم‌افزار امکان دستیابی به امکاناتی چون واسنجی، صحت‌سنجی و شبیه‌سازی فراهم می‌باشد. در تحقیق حاضر دو روش واسنجی الگوریتم ژنتیک و الگوریتم تکامل رقابتی جوامع و تابع هدف اولیه ضریب ناش- ساتکلیف مورد استفاده قرار گرفت. خصوصیات آماری پارمترهای مورد استفاده در این تحقیق در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲: خصوصیات آماری پارمترهای مورد استفاده

پارامتر	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف از معیار
بارندگی روزانه (mm)	۰	۶۱/۶۷	۱/۲	۴/۱۸
تبخیر تعرق پتانسیل روزانه (mm)	-۱/۰۲	۸/۷۱	۴/۱۱	۲/۳۴
دبی روزانه (m/day)	۰/۰۲	۵۱۹	۱۳/۳۹	۲۶/۶۴

نتایج و بحث

برای بهینه‌سازی پارامترها واسنجی به صورت اتوماتیک انجام شد و برای رسیدن به بهترین تابع هدف ۸۰۰۰ بار هر یک از الگوریتم‌های ژنتیک و تکامل رقابتی جوامع به اجرا در آمدند و در نهایت خروجی جریان‌های شبیه‌سازی شده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند جدول (۳). نتایج نشان داد که هر دو الگوریتم برای شبیه‌سازی جریان در حوضه قره‌سو مناسب می‌باشند اما الگوریتم ژنتیک در مقایسه با الگوریتم تکامل رقابتی جوامع با ضریب تبیین ۰/۷۱ ، ضریب ناش- ساتکلیف ۰/۶۹ و میزان خطای ۲۴/۲۲ در مرحله واسنجی و ضریب تبیین ۰/۷، ضریب ناش- ساتکلیف ۰/۶۷ و میزان خطای ۸/۷۵ در مرحله صحت‌سنجی نتایج بهتری را حاصل می‌نماید و توصیه می‌شود از این الگوریتم استفاده شود.

جدول ۳: معیار ارزیابی الگوریتم ژنتیک و الگوریتم تکامل رقابتی جوامع

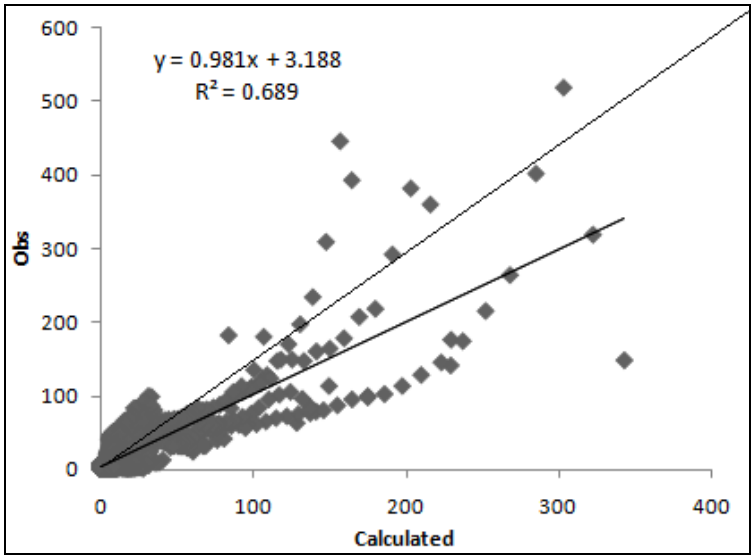
مدل بهینه سازی	مرحله	R^2	NS	$RMSE$
GA	Calibration	۰/۷۱	۰/۶۹	۲۴/۲۲
	Verification	۰/۷۰	۰/۶۷	۸/۷۵
SCE-UA	Calibration	۰/۶۵	۰/۶۶	۸۹/۹۲
	Verification	۰/۶۱	۰/۶۷	۳۵/۸۸

در جدول (۴) ضرایب اصلاحی برای پارامترها به روش الگوریتم ژنتیک و الگوریتم تکامل رقابتی جوامع درشبیه‌سازی رواناب روزانه ایستگاه هیدرومتری قره‌سو آورده شده است. با مقایسه این جدول و جدول (۱) مشخص می‌شود که مقدار بهینه C1 در الگوریتم ژنتیک صفر شده است که نشان‌دهنده حساس نبودن پارامتر ظرفیت مخزن سطحی اول در منطقه قره‌سو با این الگوریتم می‌باشد. همانطور که ملاحظه می‌شود ظرفیت ذخیره سوم در هر دو الگوریتم بیشترین میزان را دارد که نشان می‌دهد این حوضه دارای قابلیت نفوذ و ذخیره بالایی می‌باشد و رواناب زیادی در آن تولید نمی‌شود. همچنین در هر دو روش بهینه سازی مقدار پارامترهای سطح جزئی مخزن سطحی اول و سطح جزئی مخزن سطحی دوم با مقدار پیش فرض برابر است که این امر نشان می‌دهد این پارامترها تاثیری در فرآیند شبیه‌سازی نداشته‌اند.

جدول ۴: مقادیر اولیه پارامترهای مدل AWBM

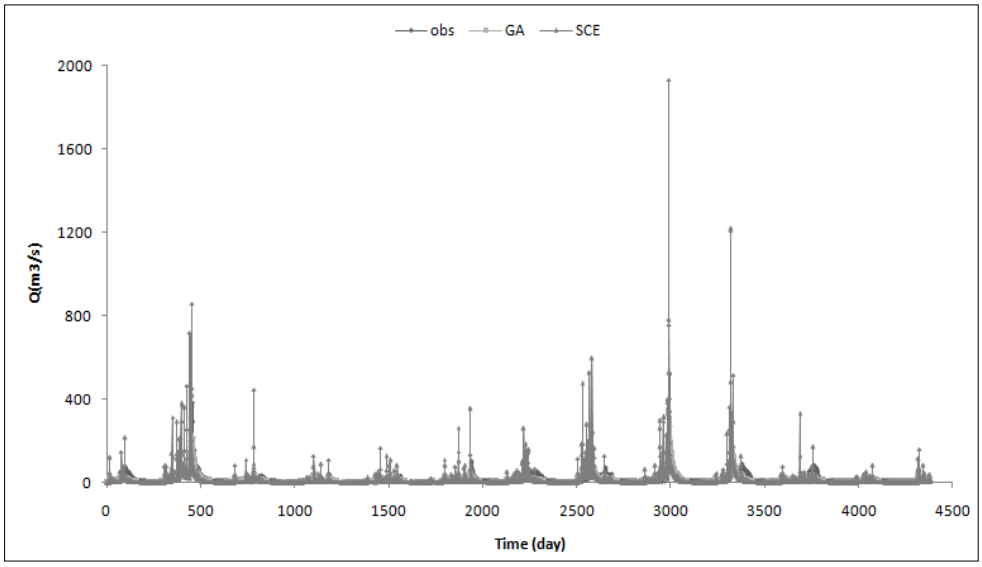
پارامتر	توصیف	واحد	روش الگوریتم ژنتیک	روش الگوریتم تکامل رقابتی جوامع
A1	سطح جزئی مخزن سطحی اول	بی بعد	۰/۱۳۴	۰/۱۳۴
A2	سطح جزئی مخزن سطحی دوم	بی بعد	۰/۴۳۳	۰/۴۳۳
C1	ظرفیت مخزن سطحی اول	میلی متر	۰	۳/۶
C2	ظرفیت مخزن سطحی دوم	میلی متر	۱۸۳/۵	۱۲۱/۸
C3	ظرفیت مخزن سطحی سوم	میلی متر	۲۰۷/۸	۲۱۱/۱
BFI	شاخص دبی پایه	بی بعد	۰/۸۴۳	۰
KBase	خشکیدگی دبی پایه	درصد	۰/۹۳۷	۰/۱
KSurf	خشکیدگی جریان سطحی	درصد	۰/۹۷۳	۰/۹۵۴

در شکل (۳) رابطه بین مقادیر رواناب شبیه‌سازی و رواناب مشاهده‌ای تحت روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک نشان داده شده است و رابطه‌ای از طریق برازش منحنی برای محاسبه رواناب ارائه شده است که این خط به خط ۱:۱ نزدیک می‌باشد. شکل نشان می‌دهد که دقت این الگوریتم در شبیه‌سازی مقادیر کمینه خوب می‌باشد اما توانایی قابل قبولی برای شبیه‌سازی جریان‌های با دبی بالا را ندارد.



شکل ۳: رابطه بین مقادیر رواناب روزانه شبیه‌سازی و مشاهده‌ای در الگوریتم ژنتیک

مقایسه رفتار بین رواناب مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک و الگوریتم تکامل رقابتی جوامع در شکل (۴) نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود روند کلی رواناب شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای با هر دو روش بهینه‌سازی یکسان می‌باشد و همبستگی زیادی بین آن‌ها برقرار است.



شکل ۴: مقایسه رواناب شبیه‌سازی شده و رواناب مشاهده‌ای در زیرحوضه قره‌سو

منابع

افشار، ع. (۱۳۶۴) . هیدرولوژی مهندسی، چاپ مرکز نشر دانشگاهی، ص ۴۵۹.

زرین، ه.، مقدم‌نیا، ع.، نام‌درست، ج. و صادقی، ح. ر. (۱۳۸۷). ارزیابی عملکرد مدل AWBM در شبیه‌سازی فرآیند بارش - رواناب در حوضه‌های فاقد آمار (مطالعه موردی :استان سیستان و بلوچستان). سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز، دانشکده عمران، ۲۳ مهر ۱۳۸۷، تبریز. ایران.

سلمانی، ح.، بهره‌مند، ع. ر.، چناری، ک. ص. و رستمی خلج، م. (۱۳۹۳). ارزیابی کارایی مدل‌های بارش -رواناب AWBM، Sacramento و تانک در شبیه‌سازی رواناب رودخانهٔ اراز کوسهٔ حوضهٔ آبخیز گرگان‌رود استان گلستان. مجله اکوهیدرولوژی، دوره۱، شماره ۳، ص ۲۲۱-۲۰۷.

سنائی‌نیا، غ، (۱۳۷۹). ارزیابی مدل شبیه‌سازی AWBM (بارش – رواناب). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری زهکشی، دانشگاه آزاد اسلامی (واحد علوم و تحقیقات).

گل‌محمدی، م. و مساح بوانی، ع. (۱۳۹۰). بررسی تغییرات شدت و دوره بازگشت خشکسالی حوضه قره سو در دوره‌های آتی تحت تاثیر تغییراقلیم. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، دوره ۲۵، شماره۲، ص ۳۲۶-۳۱۵.

محمدصالحی، پ.، رائینی، م.، شکوهی، ع. ر. و ضیاءتبار احمدی، م. خ. (۱۳۸۵). تدوین مدل ریاضی هیدرولیکی - هیدرولوژیکی مبتنی بر شبیه‌سازی فرآیند بارش- رواناب در حوضه آبریز امامه. همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب، ۱۲ تا ۱۴ اردیبهشت ۱۳۸۵، اهواز.

منهاج، م. ب. (۱۳۸۱). مبانی شبکه‌های عصبی (هوش محاسباتی). جلد اول، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ص ۷۱۵.

Duan, Q., Gupta, V. K. and Sorooshian, S. (1992). Effective and efficient global optimization for conceptual Rainfall_runoff models. Water Resources Research, 28(4), pp: 1015_1031.

Cosgrove, W. and Rijsberman, F. (2000). World water vision: making water everybody's business. London:Earthscan PublicatioNSE.

Weber, T. (2007). Modeling the catchments of Botany Bay. Sydney metropolitan catchment management authority, 18.

Sharifi, F. and Boyd, M.J. (1994). A Comparision of the SFB and AWBM Rainfall-Runoff Models. 5th Congress of The International Assosiation of Hydrologeologists/ International Hydrology & Water Resources Symposium of The INSEitution of Engineers, Australia, ADELAIDE, 21-25 November, pp: 491-495.

Evaluation of the efficiency of AWBM model using genetic algorithm and shuffled complex evolution algorithm in simulation of rainfall-runoff process (Case study: Qarasu basin)

Athena Khalili Naft Chali [*1], Mohsen PourrezaBilondi [2]

1) PhD student in Water Resources Engineering, Birjand University, Birjand, Iran.

2) Associate Professor, Department of Water Engineering, Birjand University, Birjand, Iran.

[*] **Correspondence author:** Atenakhalili@birjand.ac.ir

Received Data: 2021. 10. 20 **Accepted Data: 2022. 05.12**

Abstract

In arid region in Iran with the shortage of water in a large part of the country, given the importance of controlling surface water, it is needed to identify and model the basin response to rainfall for long-term planning of the potential of the basin. In this study, the AWBN is employed to model rainfall-runoff process, using genetic and shuffled complex evolution algorithms as optimization approaches in Qarasu basin located in the northwest of Karkheh basin. For this purpose, rainfall, potential evapotranspiration and runoff data were used. To compare the results, the statistics of root mean square error, correlation coefficient and Nash–Sutcliffe efficiency were assessed. The results showed that both optimization methods in this basin have acceptable evaluation criteria, but the genetic algorithm method with correlation coefficient 0.7, Nash-Sutcliffe efficiency 0.67 and an root mean square error 8.75 in the validation period give a better solution. It was also observed that this algorithm performs better in simulating low flows than high flows.

Keywords: AWBM model, genetic algorithm, shuffled complex evolution algorithm, Qarasu basin.