نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۴، جلد۶، زمستان ۱۳۹۱، ص. ۳۰۵-۲۹۷

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 6, Winter 2013, p. 297-305

برآورد ضریب جریان بازگشتی از کشاورزی به کمک الگوریتم بهینه‌سازی دسته ذرات

ایمان سبززاده[۱*]، سعید علیمحمدی[۲]

چکیده

سهم عمده‌ای از منابع آبی در کشورمان به مصارف بخش کشاورزی اختصاص داده می‌شود. بنابراین آگاهی از مقادیر پارامترهای مرتبط با این نیاز برای برنامه‌ریزی منابع آب هر حوضه آبریز اهمیت بسزایی دارد. هدف از این تحقیق تخمین بهترین مقدار ضریب جریان بازگشتی (Return Flow) از نیاز کشاورزی و سهم جریان ورودی به منابع سطحی و زیرزمینی از این جریان بازگشتی است. این امر با استفاده از واسنجی خودکار مدل برنامه‌ریزی منابع آب MODSIM و تلفیق آن با الگوریتم بهینه‌سازی دسته ذرات، صورت می‌پذیرد. تابع هدف واسنجی هم شامل عبارت جریان سطحی و هم تراز آبخوان است. ضریب بازگشتی نیاز کشاورزی حوضه گاوشان در غرب ایران، به عنوان مطالعه موردی، ۳۳/۷٪ بدست آمد. همچنین نتایج نشان داد سهم جریان سطحی و آب زیرزمینی از این مقدار بازگشتی به ترتیب برابر ۱۴/۵ و ۸۵/۵ درصد است. واسنجی مدل‌های برنامه‌ریزی منابع آب یکی از روش‌های مناسب برای تخمین ضرایب جریان برگشتی در سطح حوضه آبریز می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: جریان‌های بازگشتی، واسنجی خودکار مدل برنامه‌ریزی منابع آب

مقدمه [۱ ۲]

به بخشی از آب اختصاص داده شده به یک نیاز که بعد از مصرف، دوباره به جریان سطحی و یا زیرزمینی باز می‌گردد، جریان برگشتیمی‌گویند. مقداراین جریان را معمولاً به صورت ضریبی از جریان اختصاص داده شده بیان می‌کنند و به آن ضریب جریان برگشتی[۳] اطلاق می‌شود. یکی از مسائل پیچیده در مدل‌سازی منابع و مصارف آب در مقیاس حوضه آبریز، تعیین مقادیر (حجمی) جریان برگشتی می‌باشد. مطابق آمارهای وزارت نیرو،در کشورمان بیش از۹۲٪ منابع آبی، در هر سال به بخش کشاورزی اختصاص می‌یابد. نتیجه‌ای که از این موضوع می‌توان گرفت آن است که در یک حوضه آبریز نیاز کشاورزی سهم مهمی در بیلان آن حوضه دارد و دانستن بهترین مقدار پارامترهای مرتبط با آن برای مدل‌سازی و برنامه‌ریزی منابع آب آن حوضه نیز از اهمیت بسزایی برخوردار است.

در زمینه تخمین ضرایب جریان بازگشتی از مصارف اصلی (شرب، صنعت و کشاورزی) در سطح حوضه آبریز تحقیقات اندکی صورت گرفته است. این تحقیقات بیشتر بر روی میزان نفوذ به آب زیرزمینی متمرکز بوده و عمدتاً با استفاده از مدل‌های آب زیرزمینی انجام شده‌اند. نکته دیگر اینکه از اصطلاح جریان برگشتی کمتر استفاده شده و به جای آن واژه‌هایی همچون‌تغذیه به کار برده شده است. همچنین این تحقیقات با استفاده از داده‌های مشاهداتی برای یک بازه زمانی محدود، اکثراً کمتر از یکسال، انجام شده و تعمیم آن‌ها برای یک بازه بلندمدت، با توجه به دستورالعمل‌های موجود در کشور برای پروژه‌های برنامه‌ریزی منابع آب، منطقی نیست. درزی و همکاران (۱۳۸۵) ضریب بازگشت به آب زیرزمینی برای شبکه آبیاری نکوآباد را با استفاده از واسنجی مدل GV4 تخمین زده‌اند. در این تحقیق ضریب نفوذ آب کشاورزی برای منطقه راست و چپ نکوآباد به ترتیب ۳۰٪ و ۲۵٪ بدست آمده است. سامانی و همکاران (۱۳۸۹) میزان نفوذ آب باران به آبخوان اوان واقع در شمال غرب استان خوزستان را از روش‌های بیلان کلیماتولوژی تورنت وایت و بیلان شیمیایی کلرید در آب زیرزمینی و در خاک را به صورت حجمی محاسبه کردند. نتیجه این تحقیق نشاندهنده این موضوع بود که بیشترین تغذیه آبخوان دشت اوان از آب‌های برگشتی از کشاورزی صورت می‌گیرد. Chiew and McMahon (1991) از یک مدل تلفیقی آب سطحی و آب زیرزمینی برای پیش‌بینی رابطه بین بارش، آبیاری، تغذیه و بالا آمدن سطح آب استفاده کردند. در برخی تحقیقات انجام شده با تلفیق مدل‌های آب سطحی و زیرزمینی به بررسی اندرکنش این دو و میزان تغذیه هر کدام از آب‌های برگشتی پرداخته شده است. یکی از این

۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی عمران، مهندسی آب، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)، تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: sabzzadehiman@gmail.com)
۲- استادیار دانشکده مهندسی آب و محیطزیست، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)، تهران

3- Return Flow Fraction

پژوهش‌ها توسط Ramireddygari et al. (2000) انجام شده است. در این پژوهش با ترکیب مدل جریان سطحی POTYLDR و مدل آب زیرزمینی MODFLOWبه بررسی اثرات سازه‌های موجود در سطح حوضه و مصارف آب کشاورزی بر جریان رودخانه و تراز آب زیرزمینی در یک حوضه آبریز در ایالت کانزاس پرداخته شد. نتیجه این تحقیق نشان از آن داشت که سازه‌های سطح حوضه پیک رواناب‌ها و تراز آب زیرزمینی را کاهش و تبخیر را افزایش می‌دهد. نتیجه مهم دیگر این پژوهش نشاندهنده آن است که مصارف بخش کشاورزی نقش مهمی در بیلان حوضه برای مدیریت منابع آبی در سطح حوضه آبریز دارد. در پژوهش‌هایی که به کمک مدل‌های مدیریت حوضه آبریز انجام شده است، در جایی که نیاز بوده این ضرایب در مدل‌سازی وارد شوند، آن‌ها را برابر یک مقدار فرضی انتخاب کرده‌اند. کریمی و اردکانیان (۱۳۸۵) در تحقیق خود برای توسعه مدل شبیه‌ساز حوضه آبریز FEWREM، ضریب بازگشتی نیاز کشاورزی را ۰/۲۵ و ضریب بازگشتی نیاز شرب و صنعت را ۰/۵ در نظر گرفته‌اند. طالبی‌حسین‌آباد و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی تأثیر آب بازگشتی در برآورد آب تجدیدپذیر استان خراسان رضوی ضریب بازگشتی نیاز کشاورزی را بین ۲۰ تا ۳۰ و ضریب بازگشتی نیاز شرب را بین ۶۹ تا ۸۰ درصد فرض کرده‌اند. سخت بودن و در مواردی ناممکن بودن واسنجی مدل‌های مدیریت حوضه آبریز از علل نبود یک تحقیق در زمینه تخمین ضرایب جریان بازگشتی از طریق واسنجی این مدل‌ها می‌باشد.

یکی از پیچیدگی‌های مدیریت جامع منابع آب، تعداد زیاد عوامل دخیل در اتخاذ یک تصمیم برای سامانه منابع آب است. بنابراین از مدل‌های برنامه‌ریزی منابع آب مانند MODSIM استفاده می‌شود. این مدل از سال ۱۹۷۸ (Shafer and Labadie, 1978) در دانشگاه ایالتی کالارادو توسعه و تاکنون بروزرسانی شده است. مدلMODSIM از روش برنامه‌ریزی شبکه جریان برای بهینه‌سازی تخصیص آب در هر گام زمانی بین مصرف‌کننده‌های مختلفبهره می‌برد. هدف از توسعه MODSIM معرفی یک ابزار توانمند بود که قادر باشد بهره‌برداری فیزیکی و ساختارهای حاکم بر تخصیص و استفاده از آب را در سطح حوضه آبریز شبیه‌سازی کند (Assata, et al., 2008). یکی از ویژگی‌های مهم و منحصر بفردی که توسعه‌دهندگان این مدل در آن گنجانده‌اند، قابلیت ویژه‌سازی[1] مدل است. این کار با کدنویسیبه زبان C# یا VB در درون مدل انجام می‌شود. در این مقاله از این قابلیت برای وارد کردن الگوریتم بهینه‌سازی دسته ذرات (PSO[2]) (Kennedy and Eberhart, 1995)، در مدل استفاده واین الگوریتم با مدل MODSIM تلفیق شده است. اغلب مدل‌های توسعه یافته در بخش مهندسی آب دارای پارامترهای زیادی می‌باشند که بطور مستقیم قابل اندازه‌گیری نیستند. این امر واسنجی این مدل‌ها را ضروری ساخته شده است. در زمینه واسنجی پارامترهای مدل‌های مرتبط با منابع آب و مدل‌های هیدرولوژیکی پژوهش‌های بیشماری انجام شده است (Wang, 1991؛ Madsenand Torsten, 2001؛ Bekele andNicklow, 2007؛ Shurtz, 2009؛ Cho and Ha, 2010؛ Dong, 2007؛ Huang and Lei, 2010). این پژوهش‌ها در نوع الگوریتم مورد استفاده، مدل انتخاب شده برای واسنجی، تابع هدف و موارد دیگر با هم تفاوت دارند.

از پارامترهای ورودی مدل MODSIM در شبیه‌سازی حوضه آبریز، می‌توان به ضرایب جریان بازگشتی از نیازها و همچنین سهم جریان ورودی به آب سطحی و زیرزمینی از این آب بازگشتی، اشاره کرد. هدف از این تحقیق بدست آوردن این ضرایب، برای نیاز کشاورزی در حوضه آبریز گاوشان در غرب کشور، به کمک الگوریتم PSO از طریق واسنجی خودکار مدل برنامه‌ریزی منابع آب MODSIM می‌باشد. وجه تمایز تحقیق حاضر، تخمین پارامترهایی است که علاوه بر MODSIM به نحوی از پارامترهای دیگر مدل‌های شبیه‌ساز حوضه آبریز نیز می‌باشند. همچنین ضرایب جریان بازگشتی در محاسبات بیلان یک حوضه آبریز کاربرد دارند. در مطالعات انجام شده در زمینه واسنجی دیگر مدل‌ها، پارامترهای یک مدل خاص بدست آمده‌اند و معمولاً آن پارامترها مختص آن مدل بوده و قابل تعمیم برای مدل‌های دیگر نمی‌باشند.

مواد و روش‌ها

حوضه آبریز گاوشان از زیرحوضه‌های حوضه آبریز مرزی غرب، در بین استان‌های کردستان، کرمانشاه و همدان قرار دارد. شکل ۱ موقعیت زیرحوضه گاوشان را نشان می‌دهد. مساحت این زیرحوضه ۲۸۴۰ کیلومترمربع و جهت جریان در آن از شرق به غرب می‌باشد. رودخانه گاوه‌رود، در این زیرحوضه، یکی از سرشاخه‌های اصلی رود بزرگ سیروان در غرب کشور است. سد گاوشان، با ظرفیت بیش از ۵۰۰ میلیون مترمکعب، و سد سلیمانشاه نیز در این حوضه قرار دارند. دوره شبیه‌سازی از سال آبی ۷۷-۱۳۷۶ تا ۸۲-۱۳۸۱ و به صورت ماهانه (۷۲ گام زمانی) است. ساخت دو سد در این زیرحوضه نشان از پتانسیل بالای تولید رواناب حوضه دارد.

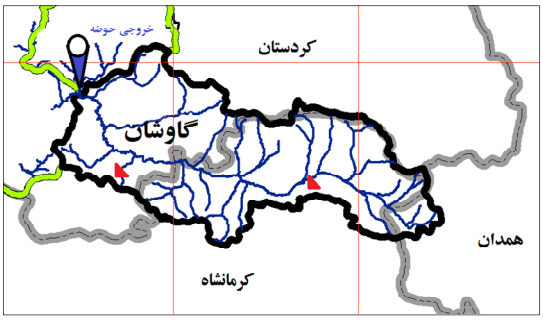
اساس مدل‌سازی انجام شده در MODSIM بر اساس شکل ۲ است. این شکل شماتیک جریان‌ها و نیازها را برای یک حوضه آبریز نشان می‌دهد. شکل ۳ مدل زیرحوضه گاوشان در MODSIM را نشان می‌دهد. آبخوان زیرحوضه به صورت یک مخزن با حجم مشخص در نظر گرفته شده است. حجم آبخوان از روی محاسبات بیلان آب زیرزمینی تعیین شده و برابر حجم مفید آبخوان قرار داده

1- Customizing
2- Particle Swarm Optimization

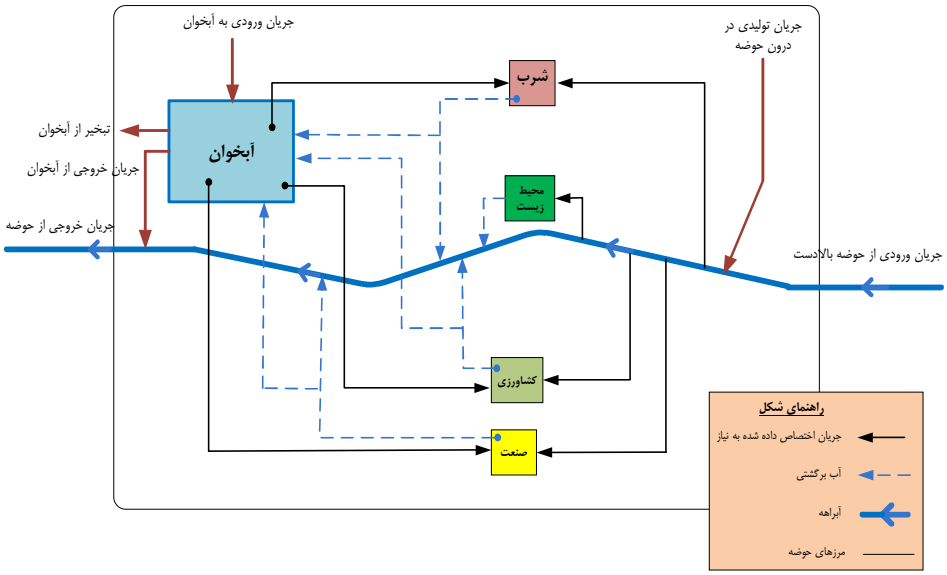
شده است.

میانگین جریان‌ها و نیازهای زیرحوضه گاوشان در جدول ۱ ارائه شده است. علاوه بر نیازهای شرب و کشاورزی، نیاز صنعت و زیست‌محیطی نیز مدل شده‌اند و با توجه به گزارش‌های منابع و مصارف، نوع این نیازها و تغییرات کم مقدار آن در طول سال به ترتیب برابر ۵ و ۱ هزارمترمکعب‌برماه در نظر گرفته شده‌اند.

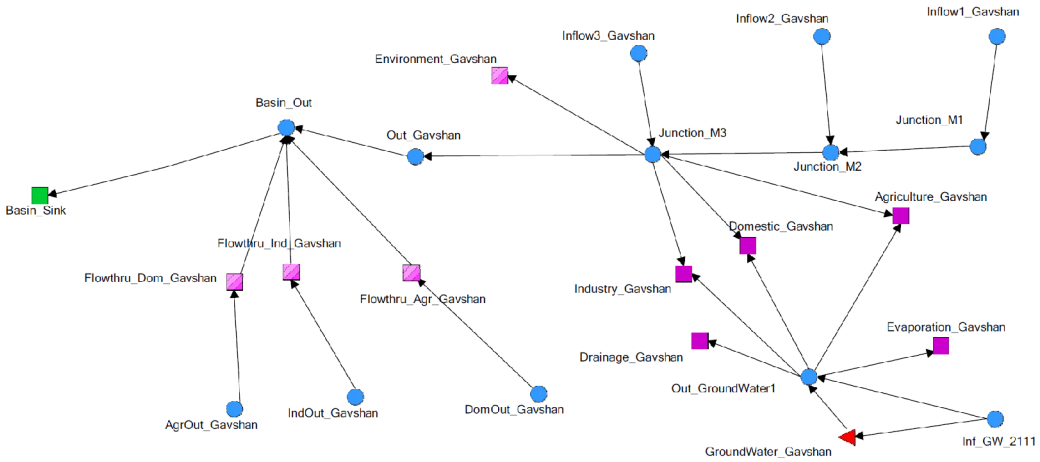
در این تحقیق از الگوریتم بهینه‌سازی PSO آشفته برای تخمین پارامترهای مدل MODSIM، شامل ضریب جریان بازگشتی از نیاز کشاورزی در یک زیرحوضه و سهم آب سطحی و زیرزمینی از جریان بازگشتی، استفاده شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی زیرحوضه گاوشان



شکل ۲- شماتیک جریان‌ها و نیازها در یک حوضه آبریز



شکل ۳- مدل‌سازی زیرحوضه گاوشان در MODSIM

جدول ۱- میانگین جریان‌های ماهانه ورودی و نیازهای آبی حوضه آبریز گاوشان (هزارمترمکعب)

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
جریان ورودی به حوضه	۲۳۳۰	۳۳۹۷	۵۱۰۶	۵۹۲۵	۹۶۳۹	۲۳۹۴۳	۴۴۸۴۶	۲۳۴۵۶	۱۶۶۳۳	۱۲۶۶۵	۱۰۳۹۹	۶۶۶۸
نیاز کشاورزی	۳۹۷۳	۱۹۲۵	۸۰۹	۱۰۰	۰	۴۰۰۹	۶۳۶۴	۱۶۴۹۱	۲۸۱۴۰	۲۵۳۶۹	۲۱۷۲۷	۱۳۸۰۶
نیاز شرب	۳۱۰	۲۶۹	۲۲۱	۲۱۷	۲۳۴	۲۴۳	۲۷۶	۳۳۲	۳۸۸	۴۳۹	۴۵۴	۳۶۶
جریان ورودی به آبخوان	۱۰۳	۱۸۴	۲۷۱	۵۱۸	۱۳۱۳	۱۵۳۳	۲۷۴۴	۴۹۱	۴۹۲	۵۷۱	۵۵۵	۱۷۹

علاوه بر ضرایب مربوط به نیاز کشاورزی، ضرایب متناظر برای نیازهای شرب و صنعت نیز از پارامترهای مدل می‌باشند که به علت حجم بالای مقادیر نیاز کشاورزی نسبت به دیگر نیازها، ثابت در نظر گرفته شده‌اند.

زمان تأخیر و محل برگشت جریان‌های برگشتی دو عامل مهم دیگر می‌باشند. در این تحقیق با انجام آزمون و خطا، روی هیدروگراف خروجی حوضه و تراز متوسط آب زیرزمینی، مشخص گردید که جریان بازگشتی از نیازها با یک ماه تأخیر[1] به آب زیرزمینی اضافه می‌شود. همچنین محل جریان‌های برگشتی آب زیرزمینی و جریان سطحی تعیین شده است.

برای اجرای واسنجی یا بهینه‌سازی چندهدفه چند رویکرد وجود دارد. راه ساده‌تر وزن دادن به توابع هدف است. به این صورت می‌توان چند تابع هدف را با هم ترکیب و به یک تابع تبدیل کرد. Madsen (2003)، Zhang, Srivivasan, and Van Liew (2008) و Tolson and Shoemaker (2008) نمونه‌هایی از مطالعات انجام گرفته به این روش هستند. تابع هدف واسنجی، حداقل کردن مقدار RMSE[2] بین جریان مشاهداتی و محاسباتی در خروجی حوضه و RMSE تراز مشاهداتی و محاسباتی آبخوان انتخاب شده است. به طور معمول این تابع یکی از توابع پرکاربرد در واسنجی مدل‌ها است (Solomatine and Wagener, 2011). رابطه ۱ تابع هدف واسنجی را نشان می‌دهد.

$$f(\theta)=w_1\times\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Q_c(i)-Q_o(i))^2}+w_2\times\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(H_c(i)-H_o(i))^2} \quad (۱)$$

در این رابطه θ مجموعه پارامترهای مدل (ضریب جریان بازگشتی نیاز کشاورزی و سهم جریان سطحی از جریان بازگشتی)؛ Q_o جریان مشاهداتی در ایستگاه خروجی حوضه؛ Q_c جریان محاسباتی در خروجی حوضه؛ H_o تراز متوسط مشاهداتی آبخوان حوضه؛ H_c تراز متوسط محاسباتی آبخوان؛ i اندیس گام زمانی؛ n تعداد کل گام‌های زمانی (برابر ۷۲ گام زمانی ماهانه) و w_1 و w_2 ضرایب ایجاد تعادل بین ترم‌های تابع هدف است. با توجه به ماهیت ضرایب جریان بازگشتی محدوده متغیرها بین صفر و یک در نظر گرفته شده است.

در این تحقیق با انجام تحلیل حساسیت مقدار w_2، ضریب RMSE تراز آبخوان در تابع هدف، برابر ۱۰۰ و w_1برابر یک بدست آمد. پارامترهای الگوریتم PSO در جدول (۲) نشان داده شده‌اند. تعداد جمعیت و تعداد تکرارهای الگوریتم با استفاده از آنالیز حساسیت تعیین شده‌اند. دیگر پارامترهای این الگوریتم، بر اساس توصیه‌های مراجع مختلف انتخاب شده‌اند (Xiaohui, 2010؛Cervantes, 2005).

جدول ۲- پارامترهای الگوریتم PSO

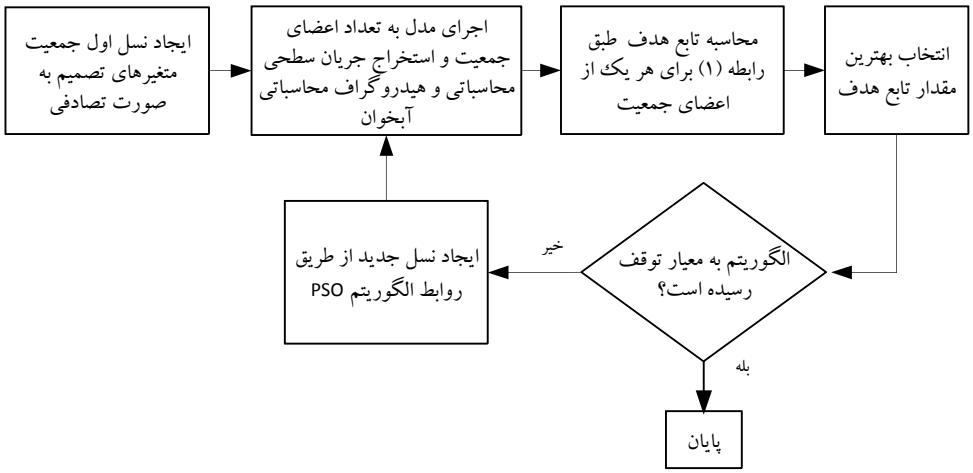
تعداد تکرار	۲۰۰
تعداد جمعیت	۲۰
وزن اینرسی	۱/۲ تا ۰/۱
مقدار فاکتور مقیاس	۰/۱ تا ۱
پارامتر شناخت	۱
پارامتر اجتماعی	۳
سرعت ماکزیمم	۱
سرعت آستانه	۱

بعد از نهایی کردن پارامترهای PSO و ضرایب تابع هدف، با استفاده از قابلیت ویژه‌سازی MODSIM و نوشتن کدهای الگوریتم PSO در درون آن، واسنجی مدل انجام شد. شکل ۴ روند انجام یکبار واسنجی توسط PSO را نشان می‌دهد. معیار دیگری، علاوه بر حداکثر تعداد تکرار، برای توقف الگوریتم تعبیه شده است. این معیار ثابت بودن مقدار تابع هدف در ۱۰ تکرار آخر می‌باشد. Abdelhalim and Habib (2009) نیز در تحقیق خود همین معیار را در نظر گرفته‌اند. برای یکبار اجرای واسنجی باید مدل به اندازه تعداد تکرار ضرب در تعداد جمعیت اجرا شود. در نتیجه به طور متوسط حدود ۱۴ ساعت زمان برای هر بار واسنجی لازم بود.

نتایج

نمودار هیدروگراف جریان سطحی خروجی از حوضه و تراز متوسط آبخوان، بعد از واسنجی مدل، در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. شکل ۷ و ۸ نمودار پراکنش داده‌های جریان سطحی و تراز آبخوان را نشان می‌دهند.

1- Lag
2- Root Mean Square Error

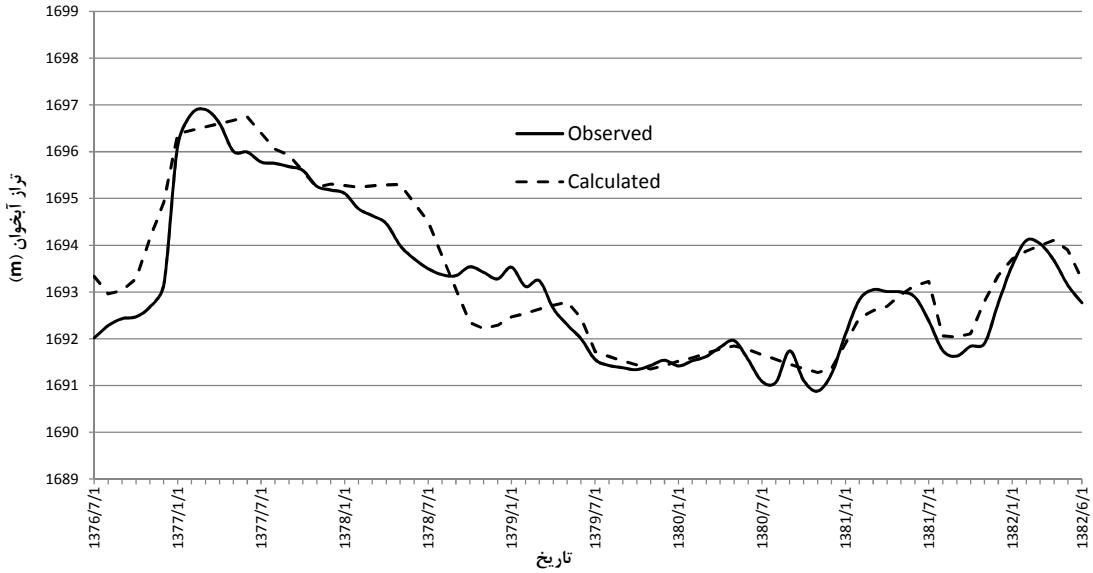


شکل ۴- روند انجام واسنجی

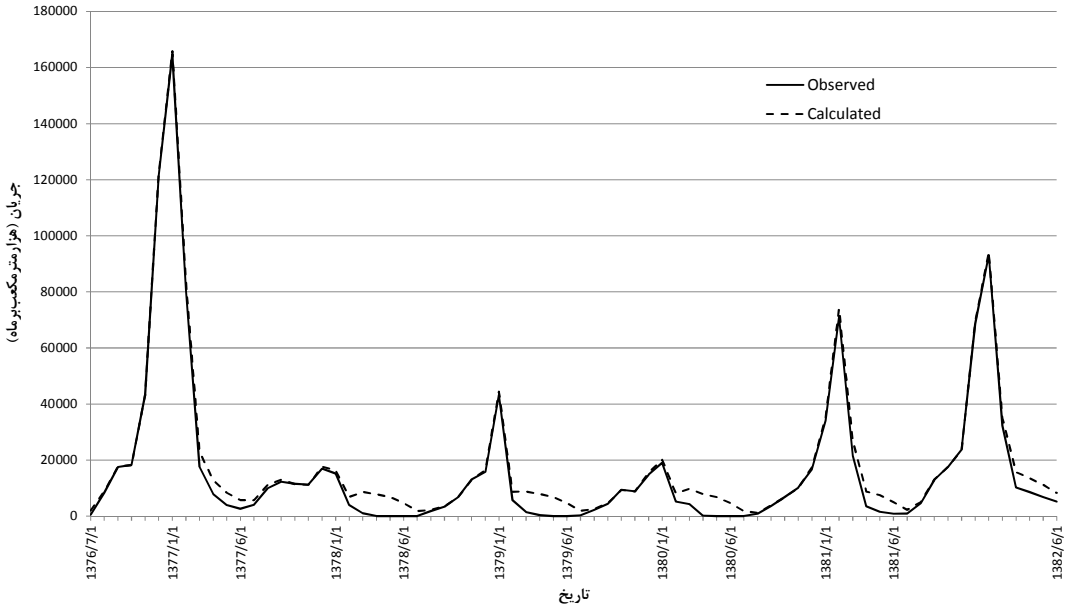
با توجه به اینکه مقادیر جریان سطحی و تراز آبخوان از لحاظ بزرگی اختلاف زیادی با هم دارند، نمودارهای پراکنش داده‌ها نیز ارایه شده است.مقدار ضریب جریان بازگشتی نیاز کشاورزی برای زیرحوضه مورد مطالعه ۳۳/۷٪، مقدار تغذیه آب زیرزمینی از آب بازگشتی (سهم آب زیرزمینی از آب بازگشتی از نیاز کشاورزی) نیز برابر ۱۴/۵٪ بدست آمد. این مقدار برای آب سطحی در خروجی حوضه ۸۵/۵٪ حاصل شد.

بحث و نتیجه‌گیری

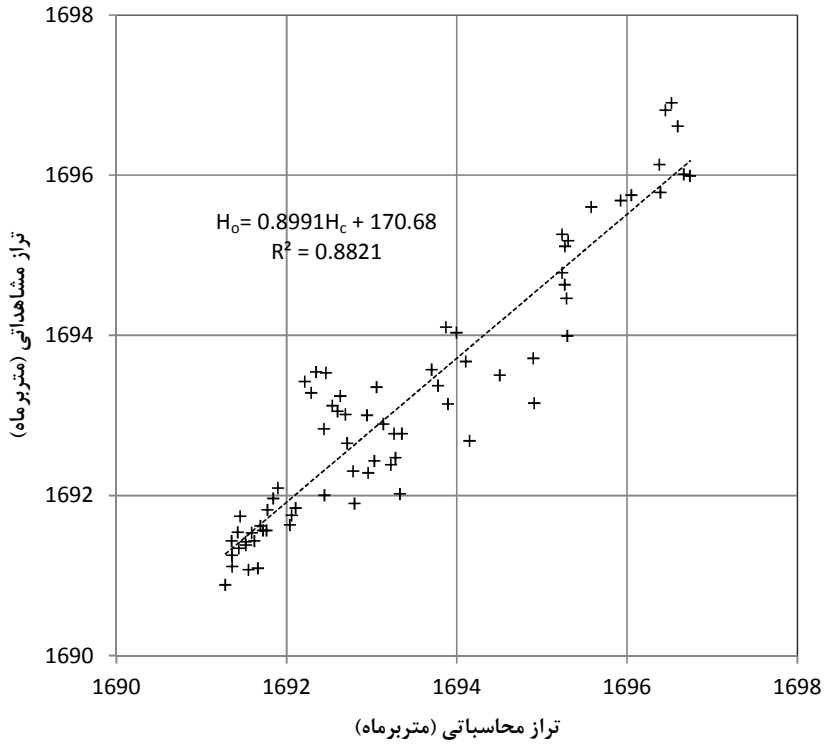
در این تحقیق با واسنجی مدل برنامه‌ریزی منابع آب MODSIM، از طریق کدنویسی الگوریتم PSO در درون این مدل، ضریب مربوط به جریان بازگشتی از نیاز کشاورزی برای حوضه آبریز گاوشان، به عنوان مطالعه موردی، در غرب کشور تخمین زده شد. مقدار بدست آمده در این تحقیق برای ضریب بازگشتی نیاز کشاورزی (حدود ۳۴٪) یک مقدار نسبتاً منطقی است. زیرا تلفات آب در کشاورزی نسبت به دیگر نیازهای آبی در سطح یک حوضه آبریز بیشتر و اغلب آن ناشی از تبخیر می‌باشد.



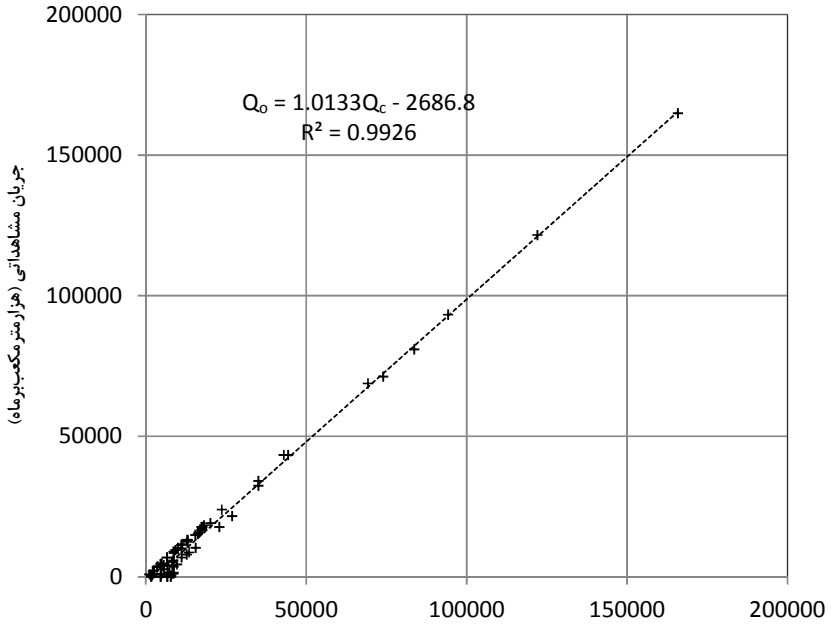
شکل ۵- هیدروگراف مشاهداتی و محاسباتی آبخوان



شکل ۶- هیدروگراف مشاهداتی و محاسباتی جریان خروجی از حوضه



شکل ۷- نمودار پراکنش داده‌های تراز آبخوان



شکل ۸- نمودار پراکنش داده‌های جریان سطحی

در مورد ضرایب مربوط به سهم جریان سطحی و زیرزمینی از آب بازگشتی نمی‌توان قضاوتی انجام داد. زیرا این مقدار به عواملی چون نوع خاک و آب و هوای حوضه آبریز مورد مطالعه وابسته است. سهم جریان ورودی به آب سطحی بیشتر از جریان ورودی به آب زیرزمینی می‌باشد. این‌گونه می‌توان نتیجه گرفت که شرایط آب و هوایی و نوع خاک در سطح حوضه به نحوی است که اکثر (نزدیک به ۸۵٪) جریان‌های برگشتی به آب سطحی وارد می‌شوند. با توجه به کوهستانی بودن حوضه آبریز گاوشان نتیجه بدست آمده قابل توجیه است.

نمودارهای پراکنش (شکل ۸ و شکل ۹) نشان می‌دهند که همبستگی بین داده‌های جریان سطحی بیشتر از داده‌های تراز آبخوان است. حساسیت زیاد مقادیر تراز آبخوان به ضرایب جریان بازگشتی (به دلیل حجم کم آبخوان) علت این امر می‌باشد.

به طور قطع فرضیاتی که در رابطه با اجزای مختلف واسنجی و مدل‌سازی انجام شده است، روی نتایج اثرگذار بوده است. سری‌های جریان ورودی به حوضه با استفاده از یک مدل بارش رواناب حاصل شده‌اند و واسنجی پارامترهای آن مدل قبل از استفاده باید انجام بگیرد. آب زیرزمینی در یک محیط متخلخل و ناهمگن و با چهارچوب نامشخص جریان دارد، در حالی که در مدل‌سازی به صورت یک محیط همگن و با ابعاد مشخص مدل شده است. لازم به توضیح است که اکثر مدل‌های مشابه MODSIM نیز آبخوان را به صورت یک مخزن مدل می‌کنند و این نحوه مدل‌سازی مختص مدلMODSIM نیست.

فرض شده است که آب برگشتی به آبخوان با یک دوره تأخیر به آن وارد می‌شود، برای تخمین ضریب جریان بازگشتی حوضه‌های دیگر باید مطالعه‌ی لازم در مورد این پارامتر انجام پذیرد یا از روش مورد استفاده در این تحقیق استفاده شود.

ضرایب جریان بازگشتی پارامترهایی با مقدار نامعلوم و غیرقابل اندازه‌گیری می‌باشند و برای هر حوضه آبریز با توجه به ساختار نیازها و الگوی مصرف، نوع آب و هوا و شرایط جغرافیایی مقادیر متفاوتی دارند. واسنجی مدل‌هایی مانند MODSIM که در شبیه‌سازی یک حوضه آبریز این ضرایب را در نظر می‌گیرند، راه مناسبی برای بدست آوردن بهترین تخمین از این ضرایب است.

مراجع

Abdelhalim, M. B., and Habib, S. E. (2009) Particle Swarm Optimization for HW/SW Partitioning. In A. Lazinica, *Particle Swarm Optimization* (pp. 49-76). Croatia: In-Tech.

Assata, H., van Beek, E., Borden, C., Gijsbers, P., Jolma, A., Kaden, S., . . . Wood, D. (2008), Generic Simulation Models For Facilitating Stakeholder Involvement In Water Resources Planning And Management:A Comparison, Evaluation, and

K., Perkins, S. P., and Govindaraju, R. S. (2000), Development and application of a comprehensive simulation model to evaluate impacts of watershed structures and irrigation water use on streamflow and groundwater: the case of Wet Walnut Creek Watershed, Kansas, USA. *Journal of Hydrology, 236*, 223-246.

Samani, S., Kalantari, N., and Rahimi, M. (1389), Recharge calculation of Avan aquifer from precipitation and irrigation return flow, first conference on applicational researches of Iran water resources.

Shafer, J. M., and Labadie, J. W. (1978). Synthesis and calibration of a river basin water management model. Colorado Water Resources Recearch Institute. Ft. Collins: Colorado State University.

Shurtz, M. K. 2009. Automated Calibration of the GSSHA Watershed Model:A Look at Accuracy and Viability for Routine Hydrologic Modeling. Brigham Young University.

Solomatine, D., and Wagener, T. 2011. Hydrological Modeling. Elsevier.

Talebihosseinabad, F., Velayati, S., Davari, K., Sanaeinejad,. S., and Hosseini, S. (1390), Return flow effect on renewable water estimation (case study: Khorasam Razavi province), fourth conference on Iran water resources management, Amirkabir Un. Of technology, Iran.

Tolson, B. A., and Shoemaker, C. A. 2008. Efficient prediction uncertainty approximation in the calibration of environmental simulation models. Water Resources Research, 44, 1029-1048.

Wang, Q. J. 1991. The Genetic Algorithm and Its application to Calibrating Conceptual Rainfall-Runoff Models. Water Resources Research, 27(9), 2467-2471.

Xiaohui, H. (2010). Particle Swarm Optimization. Retrieved October 8, 2011, from Swarm Intelligence: http://www.swarmintelligence.org/index.php

Zhang, X., Srivivasan, R., and Van Liew, M. 2008. Multi-Site Calibration ot the SWAT Model fro Hydrologic Modeling. Transactions of the ASABE, 51(6), 2039-2049.

Identification of Future Needs. (Jakeman, Voinov, Rizzoli, and Chen, Eds.) In: Environmental Modelling, Software and Decision Support (3): The State of the Art and New Perspective, 229-246.

Bekele, E. G., and Nicklow, J. W. 2007. Multi-objective automatic calibration of SWAT using NSGA-II. Journal of Hydrology, 341, 165-176.

Cervantes, A. (2005). Info-PSO. Retrieved October 8, 2011, from http://tracer.uc3m.es/tws/pso/

Chiew, F., and McMahon, T. (1991). Groundwater Recharge from Rainfall and Irrigation in the Campaspe River Basin. Australian Journal of Soil Research, 29(5), 651-670.

Cho, J. H., and Ha, S. R. 2010. Parameter optimization of the QUAL2K model for a multiple-reach river using an influence coefficient algorithm. Science of the Total Environment, 408(8), 1985-1991.

Darzi, F., Safavi, A., and Bahraini, Gh. (1385), Return flow modeling of Najafabad aquifer from Nekouabad irrigation network, Second conference on water resources management. Isfahan Un. Of technology, Iran.

Dong, S.-H. 2007. Genetic Algorithm Based Parameter Estimation of Nash Model. Water Resources Management, 22(4), 525-533.

Huang, Y., and Lei, L. 2010. Multiobjective Water Quality Model Calibration Using a Hybrid Genetic Algorithm and Neural Network–Based Approach. Journal of Environmental Engineering, 136(10).

Karimi, A., and Ardakanian, R. (1385), Application of finite elements concept in water resources management: FEWREM model and software, Iran water resources research, 2(2), 1-14.

Kennedy, J., & Eberhart, R. C. (1995). Particle swarm optimization. *in Proc. of IEEE International Conference on Neural Networks*, *4*, pp. 1942-1948.

Madsen, H. 2003. Parameter estimation in distributed hydrological catchment modeling using automatic calibration with multiple objectives. Advances in Water Resource, 205-216.

Madsen, H., and Torsten, J. 2001. Automatic calibration of the MIKE SHE integrated hydrological modelling system. 4th DHI Software Conference, 6-8 June. Helsingor, Denmark: Scanation Conference Centre.

Ramireddygari, S. R., Sophocleous, M. A., Koelliker, J.

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۱۹
تاریخ پذیرش: ۹۱/۷/۱۰

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 6, Winter 2013, p. 297-305

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۴، جلد۶، زمستان ۱۳۹۱، ص. ۳۰۵-۲۹۷

Estimation of Agriculture Return Flow Fraction Using Particle Swarm Optimization Algorithm

I. Sabzzadeh[1]*, S. Alimohammadi[2]

Abstract

In our country, the main portion of water resources is allocated to agriculture uses. Therefore for each river basin water resources planning, it is essential to know value of agriculture parameters. The goal of this research is estimation of best value of agriculture return flow fraction and return flow contribution to surface and groundwater. This is accomplished by automatic calibration of water resource planning model, MODSIM, and integration this model with Particle Swarm Optimization algorithm. Objective function of calibration includes surface discharge and also groundwater level terms. The return flow fraction of agriculture demand for Gawshan Basin in the West portion of Iran, as a case study, was obtained 33.7%. Also results indicate that agriculture return flow fraction contribute to surface groundwater inflow is equal 14.5 and 85.5 percent, respectively .Calibration of water resources planning models is a good approach to estimate return flow fractions at river basin wide.

Key words: Return flows, Calibration of water resources planning model

1- MSc of Water Engineering, Power and Water University of Technology
(Corresponding Author, Email: sabzzadehiman@gmail.com)
2- Assistant Professor of Water and Environment Faculty-Water and Power University of Technology