Archive of SID

Geography and Sustainability of Environment 31 (2019) 15-28

Geography and Sustainability of Environment
journal homepage: http://ges.razi.ac.ir/

Print ISSN: 2322-3197
Online ISSN: 2676-5683

The Application of Simulation – optimization Approaches in Water Transmission Line of Bistoun Dam to Have Integrated Planning of Water Resource

Sara Heshmati[1], Rasoul Ghobadiyan[1*], Seyed Ehsan Fatemi[1]

[1] *Department of Water Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran*

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:
Received 30 January 2019
Accepted 4 May 2019
Available online 18 September 2019

Keywords:
Bisotun Dam, LINGO, Optimization, Simulation, Sustainable Development, WEAP.

Citation: Heshmati, S., Ghobadiyan, R., Fatemi, S. E. (2019). The Application of Simulation – optimization Approaches in Water Transmission Line of Bistoun Dam to Have Integrated Planning of Water Resource. *Geography and Sustainability of Environment, 9* (2), 15-28. doi: 10.22126/GES.1970.1155

ABSTRACT

Considering severe water scarcity in current century, integrated water resources management is regarded really necessary in order to sustain water resources and economic development. The present study aims to introduce the optimal planning method of water resource distribution in Bisotun dam (out of river bed) for agriculture, industry and environmental sectors. Biseton reservoir dam is capable for water transformation from Gamasiab River through steal pipe with 3500 lit/s capacity during 6 months (late October to April) considering water supply for agriculture, industry and environment needs in the east of Kermanshah. However, simulation and optimal scenarios were selected using (LINGO) and Water Evaluation and Planning System Programming (WEAP) models considering two scenario; with built dam and its upstream and without them for agriculture, industry and environmental needs. The results revealed that in both scenarios, the transformed water to dam was constant for industry and agriculture 37 and 14 million m^3, respectively. In contrast, considering the Biston dam, there is about 2 million m^3 surplus water for environmental needs. Thus, the reserved upper stream through Bisotunn dam cause reduction in down discharge flow of Gamasiab River in rainy season which can consequently be allocated about 42 million m^3 water for environment sector. Adversely, during dry months, the reserved water from these dams is flowed down stream for environment needs. It is concluded that environmental water needs can be supplied during dry months.

*. Corresponding author E-mail address: rsghobadian@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

جغرافیا و پایداری محیط
وبگاه نشریه: http://ges.razi.ac.ir/
شاپای چاپی: ۳۱۹۷-۲۳۲۲
شاپای الکترونیکی: ۵۶۸۳-۲۶۷۶

کاربرد رویکردهای شبیه‌سازی – بهینه‌سازی خط انتقال آب سد بیستون به‌منظور برنامه‌ریزی یکپارچهٔ منابع آب

سارا حشمتی[۱]، رسول قبادیان[۱*]، سید احسان فاطمی[۱]

[۱] گروه مهندسی آب، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

مشخّصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچهٔ مقاله:
دریافت ۱۰ بهمن ۱۳۹۷
پذیرش ۱۴ اردیبهشت ۱۳۹۸
دسترسی آنلاین ۲۷ شهریور ۱۳۹۸

کلیدواژه‌ها:
بهینه‌سازی، توسعهٔ پایدار، شبیه‌سازی، سد بیستون، ویپ و لینگو.

استناد: حشمتی، سارا؛ قبادیان، رسول؛ فاطمی، سید احسان (۱۳۹۸). کاربرد رویکردهای شبیه‌سازی - بهینه‌سازی خط انتقال آب سد بیستون به‌منظور برنامه‌ریزی یکپارچهٔ منابع آب. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۹ (۲)، ۱۵-۲۸.
doi: 10.22126/GES.1970.1155

چکیده

در قرن حاضر، با توجّه به کمبود منابع تجدیدپذیر، مدیریت جامع منابع آب به‌منظور بهره‌برداری پایدار و توسعهٔ اقتصادی امری ضروری است. هدف از پژوهش حاضر انتخاب بهینهٔ برنامه‌ریزی منابع آب و تأمین بیشترین نیازهای آبی صنعت و کشاورزی با درنظرگرفتن مسائل زیست‌محیطی در حوضهٔ سد بیستون (خارج از بستر) واقع در استان کرمانشاه است. طرح سدّ مخزنی بیستون، شامل انتقال آب از رودخانهٔ گاماسیاب به‌کمک لولهٔ فولادی با دبی ۳۵۰۰ لیتر بر ثانیه در ۶ ماه از سال (آبان تا اردیبهشت) به‌منظور تأمین نیازهای آبی صنایع و کشاورزی برای شرق شهر کرمانشاه با لحاظ نیاز زیست‌محیطی رودخانهٔ گاماسیاب است؛ در این راستا، بهینه‌سازی و شبیه‌سازی منابع و مصارف سد بیستون با نرم‌افزارهای لینگو و ویپ در دو حالت (با درنظرگرفتن سدهای در حال ساخت بالادست و بدون درنظرگرفتن آن‌ها) انجام شد؛ همچنین در هر دو روش سه نیاز زیست‌محیطی، صنعت و کشاورزی لحاظ شد. درنهایت، نتایج نشان داد که با توجّه به اینکه در هر دو حالت، آب انتقالی به سد ثابت است، تأمین نیازهای صنایع و کشاورزی تقریباً یکسان است که به‌ترتیب ۳۷ و ۱۴ میلیون متر مکعب در سال است، درحالی‌که تأمین نیاز زیست‌محیطی با درنظرگرفتن سدهای بالادست به‌طور متوسّط دو میلیون متر مکعب در سال بیشتر و به ۴۲ میلیون متر مکعب در سال افزایش می‌یابد؛ البتّه انتظار می‌رود با درنظرگرفتن سدهای بالادست، مقدار آبدهی رودخانهٔ گاماسیاب کم و به‌دنبال آن تأمین نیاز زیست‌محیطی کاهش یابد؛ امّا نتایج نشان داد با توجّه به اینکه انتقال آب به سد بیستون تنها در ماه‌های پرآب سال انجام می‌شود، سدهای بالادست آب را در ماه‌های پرآب ذخیره می‌کنند و در طول ماه‌های خشک با انتقال آب به رودخانهٔ گاماسیاب تأمین نیاز زیست‌محیطی رودخانه بیشتر خواهد شد؛ بنابراین نقش این سدها در افزایش تأمین آب زیست‌محیطی مؤثّر است.

*. رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: rsghobadian@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدّمه

بهره‌برداری از سیستم‌های منابع آب براساس مدل‌های مختلفی صورت می‌گیرد. این مدل‌ها به دو دستهٔ کلّی مدل‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی تقسیم می‌شوند. استفاده از مدل‌های بهینه‌سازی، اهداف مورد نظر در احداث این سیستم‌ها را به‌طور مطلوب تأمین می‌کند. یکی از بزرگ‌ترین معایب این روش‌ها، محدودیت استفاده در سیستم‌های بزرگ منابع آب، به‌دلیل طولانی‌بودن زمان اجرای مدل و گاهی اوقات، دست‌نیافتن به نتیجهٔ مناسب است؛ به‌همین دلیل، استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی، راه‌حلّ دیگری برای بهره‌برداری از سیستم‌های منابع آب است (فرهنگی و بزرگ حداد، ۱۳۸۹). مدل‌های شبیه‌سازی امکان مقایسهٔ بین گزینه‌های مختلف را فراهم می‌نمایند؛ امّا بهترین گزینه را معرّفی نمی‌کنند. به‌منظور فراهم‌آوردن گزینهٔ مطلوب، مدل‌های شبیه‌سازی - بهینه‌سازی به‌کار گرفته می‌شوند. باوجود قابلیت‌های بسیار مدل‌های شبیه‌ساز منابع آب، اتّصال یک مدل بهینه‌ساز به مدل‌های شبیه‌سازی می‌تواند کارآمد باشد (شوریان[1] و همکاران، ۲۰۰۸).

از میان مدل‌های شبیه‌سازی موجود، استفاده از مدل ویپ[2] (سیستم برنامه‌ریزی و ارزیابی آب) به‌دلیل قابلیت لازم برای در نظر گرفتن توأم فرایندهای مهمّ تأثیرگذار در سیستم‌های طبیعی و انسانی مدیریت منابع آب در سطح حوضهٔ رودخانه، فراگیرتر است؛ همچنین استفاده از آن برای حلّ مسائل مشابه در نقاط مختلف جهان با توجّه به دسترسی آسان، انتخابی مناسب است. مؤسّسهٔ محیط‌زیست استکهلم[3] مدل ویپ را به‌منظور تخصیص آب شهری و روستایی با ابعاد مختلف توسعه داد؛ همچنین در این مدل، با درنظرگرفتن اولویّت‌های تخصیص، قابلیت شبیه‌سازی -بهینه‌سازی حقابه‌ها فراهم است (جنیفر[4] و همکاران، ۲۰۱۰). نرم‌افزار ویپ برنامه‌ای کاربرپسند است که با رویکرد یکپارچه برای برنامه‌ریزی منابع آب طراحی شده است (لوکس[5] و همکاران، ۲۰۰۵). سادگی کار با این نرم‌افزار موجب شده که کاربران زیادی بتوانند از آن استفاده کنند. درواقع چارچوبی جامع، انعطاف‌پذیر و کاربردوست برای برنامه‌ریزی و تجزیهٔ سیاست‌ها است و به‌همین دلیل، هرروز بر تعداد متخصّصانی که از آن استفاده می‌کنند افزوده می‌شود (حافظ‌پرست مودت و همکاران، ۱۳۸۷).

در حوضهٔ گرگان‌رود نیز استفاده از مدل ویپ برای تخصیص بهینهٔ آب انجام شده است. نتایج استفاده از این مدل برای تخصیص منابع آب سدهای گلستان و وشمگیر در این حوضه (استان گلستان)، نشان داد که تخصیص متعادل آب برای نیازهای کشاورزی، صنعت، آبزی‌پروری و زیست‌محیطی با توجّه به اهداف مورد نظر، لازمهٔ ۵٪ کاهش اعتمادپذیری سیستم است و در این حالت، نیاز صنعت حاشیهٔ سد وشمگیر به‌میزان ۹/۵ میلیون متر مکعب قابل تأمین است (دهقان و همکاران، ۱۳۹۴).

از پژوهش‌های انجام‌یافته درزمینهٔ ترکیب مسائل بهینه‌سازی و شبیه‌سازی می‌توان به پژوهش مرکز توسعهٔ آب تگزاس[6] در آمریکا اشاره کرد که در اوایل دههٔ ۷۰ مدلی را طرّاحی کرده که قابلیت مدل‌سازی بهره‌برداری از سیستم‌های منابع آب، به روش‌های بهینه‌سازی و شبیه‌سازی - بهینه‌سازی، با بهره‌گیری از تکنیک برنامه‌ریزی خطی است. در این مدل بهره‌برداری در دوره‌های زمانی با تکنیک برنامه‌ریزی خطّی انجام می‌شود. به این ترتیب که در هرماه اطّلاعات مربوط به مخازن، نیازهای پایین‌دست و هیدرولوژی منطقه، در مدل وارد شده و خروجی‌های آن دوره به‌مثابهٔ ورودی‌های دورهٔ بعد دوباره وارد مدل می‌شود. به این ترتیب، مسئلهٔ بهره‌برداری چندساله به مسائل

1- Shourian
2- Water Evaluation and Planning System Programming (WEAP)
3- Stockholm Environmental Institute
4- Jeniffer
5- Loucks
6- Texas water development board

www.SID.ir

Archive of SID

بهره‌برداری ماهانه تبدیل می‌شود. به‌همین علّت است که این مدل در گروه مدل‌های ترکیبی شبیه‌سازی - بهینه‌سازی می‌گنجد (سردجویک[1]، ۲۰۰۴).

از دیگر پژوهش‌ها، مدل‌سازی رودخانهٔ نایواشا[2] در کنیا است، بدین‌منظور آلفارا[3] (۲۰۰۴) برای رفع مشکل تخصیص بهینهٔ منابع آب ناشی از افزایش جمعیّت واقع در رودخانهٔ دریاچهٔ نایواشا کنیا با نرم‌افزار ویپ مدل‌سازی کرد. نتایج این پژوهش نشان داد که اصلی‌ترین مشکل موجود مربوط به بخش کشاورزی بود، به‌طوری‌که در مناطقی منابع آب بیش از حدّ نیاز تخصیص یافته بود، درحالی‌که در مناطق دیگر، با کمبود منابع آب بخش کشاورزی مواجه بودند؛ وی نتیجه گرفت که مشکل اصلی، مدیریت ناصحیح تخصیص منابع آب است، نه کمبود آن. با استفاده از این قبیل مدل‌ها می‌توان سناریوهایی از مصارف منابع آب و تغییر در دبی را به‌دلیل ساخت سد یا تغییرات بارش مدّ نظر قرار داد؛ برای مثال لی[4] (۲۰۱۵) با استفاده از مدل ویپ وضعیّت آیندهٔ آب را در منطقه‌ای از چین با لحاظ سناریوهای مختلف ازجمله نیاز آب شهری، رشد اقتصادی و نیاز بخش صنعت را در دورهٔ زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۰ بررسی کرد و نشان داد که بحران منابع آب در منطقهٔ یادشده در آینده افزایش خواهد یافت و برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح‌تر و بهتر منابع آبی به‌منظور کمک به تصمیم‌گیرندگان در این زمینه و کاهش خطرات آتی را مطرح کرد.

دامنهٔ استفاده از این مدل‌ها برای حلّ مشکلات منابع آب در دورهٔ خاصّی در خاورمیانه نیز گسترش یافته است. بونزی[5] و همکاران (۲۰۱۶) منابع آب رودخانهٔ اردن برای دورهٔ ۲۰۱۰ تا ۲۰۵۰ را با نرم‌افزار ویپ شبیه‌سازی کردند و نتیجه گرفتند که زیرساخت‌های انتقال آب برای آشامیدن محدود است و حتّی ظرفیت آب‌شیرین‌کن‌های بزرگ به‌دلیل ظرفیت محدود و زمان‌بربودن جوابگو نیست و توزیع مناسب آب برای نیازهای مختلف اولویّت بیشتری دارد؛ همچنین موراد و عمران[6] (۲۰۰۴) با استفاده از مدل ویپ و لحاظ‌نمودن سناریوهای میزان دسترسی به فنّاوری‌های برتر، تغییرات اقلیمی، همکاری منطقه‌ای، جنگ و کمبود آب در سوریه را تا سال ۲۰۵۰ ارزیابی کردند که نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که هیچ‌یک از این سناریوها نمی‌تواند مشکل کمبود آب در این کشور را به‌طور کامل حل کند و همچنان مدیریت توزیع مناسب و مصرف بهینهٔ آب مهم‌ترین راه‌حل خواهد بود.

با توجّه به نتایج بررسی منابع اشاره‌شده، رویکرد اصلی در استفاده از مدل‌های ویپ[7] و لینگو[8] توزیع و بهره‌برداری بهینه از منابع آب با درنظرگرفتن نیاز زیست‌محیطی با توجّه به قابلیت‌های این دو مدل است (نوذری ۱۳۹۶). فاطمی و همکاران (۱۳۹۵) مدل ویپ براساس معادلات پایهٔ بیلان آبی عمل کرده و آن را می‌توان در سیستم‌های شهری و کشاورزی، حوضه‌های مستقل یا سیستم‌های رودخانه‌ای مرزی پیچیده به‌کار برد. در مدل لینگو نیز براساس برنامه‌ریزی خطّی، قابلیت لازم برای بهینه‌سازی بهره‌برداری از منابع آب در بخش‌های مختلف و سناریوهای متفاوت را دارد. با توجّه به این قابلیت‌ها، هدف از انجام پژوهش حاضر بهینه‌سازی و شبیه‌سازی بهره‌برداری از منابع آب رودخانهٔ گاماسیاب با استفاده از دو مدل ویپ و لینگو است که در دو حالت با و بدون درنظرگرفتن سدهای در حال ساخت بالادست به‌منظور تأمین نیازهای زیست‌محیطی، کشاورزی و صنعت انجام یافت.

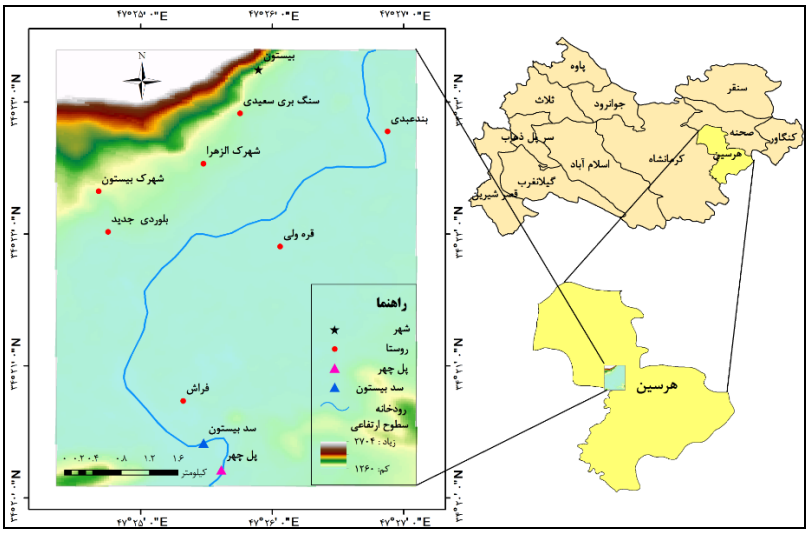
1- Srdjevic
2- Naivasha
3- Alfarra
4- Li
5- Bonzi
6- Mourad & Omran
7- WEAP
8- LINGO

www.SID.ir

Archive of SID

معرّفی منطقهٔ مورد بررسی

طرح سد مخزنی بیستون (مخزن خارج از بستر) و سامانه های انتقال مرتبط با آن در غرب کشور، در استان کرمانشاه و در محدودهٔ مختصات جغرافیایی ″۳۵ ′۱۶ °۴۷ تا ″۵۷ ′۳۰ °۴۷ طول شرقی و ″۵۸ ′۱۳ °۳۴ تا″۰۲ ′۲۵ °۳۴ عرض شمالی در جنوب شرقی شهرستان کرمانشاه واقع شده است (شکل ۱). راه دسترسی به موقعیّت سد مخزنی بیستون از جادهٔ آسفالتهٔ کنگاور – بیستون - کرمانشاه و در فاصلهٔ سه کیلومتری به شهرک صنعتی فرامان ازطریق جادهٔ دسترسی فرعی تا حوالی روستای کورانی سفلی صورت می‌پذیرد. جنس این سد سنگریزه‌ای با هستهٔ رسی است (جدول ۱). هدف از احداث این سد، تأمین نیازهای صنعتی و کشاورزی است که مقدار نیاز کشاورزی با الگوی زراعی cp_2 شامل ۱۴۰۰ هکتار سطح زیر کشت ۱۴/۵۵ میلیون متر مکعب برآورد شد؛ همچنین نیاز صنعت با درنظرگرفتن شرایط توسعهٔ آتی که شامل نیاز پروسه‌های تولید به‌همراه شرب و بهداشت پرسنل است، ۴۰ میلیون متر مکعب برآورد شده است. نیازهای کشاورزی و صنعت به‌ترتیب ۱۵٪ و ۳۵٪ آب برگشتی دارند؛ این آب برگشتی به تأمین نیاز زیست‌محیطی رودخانهٔ گاماسیاب کمک نخواهد کرد. نیاز زیست‌محیطی رودخانهٔ گاماسیاب به‌روش تنانت[1] محاسبه و درکل ۴۶/۱ میلیون متر مکعب محاسبه شد (جدول ۲).



شکل ۱. موقعیّت منطقهٔ مورد مطالعه در استان کرمانشاه

جدول ۱. مشخّصات طرح سد مخزنی بیستون (مهندسین مشاور آبدان‌فراز، ۱۳۹۳)

سطح حوضهٔ آبریز رودخانه در ساختگاه بیستون	۳۶/۹ کیلومتر مربع
نوع سد	سنگریزه‌ای با هستهٔ رسی
رقوم کف رودخانه در محلّ سد	۱۳۰۷ متر ارتفاع از سطح دریا
ارتفاع سد از بستر رودخانه	۴۰ متر
ارتفاع سد از پی	۴۵ متر
عرض تاج سد	۸ متر
طول تاج سد	۷۵۰ متر
رقوم تاج سد	۱۳۴۷ متر ارتفاع از سطح دریا
رقوم نرمال بهره‌برداری از سد	۱۳۴۴ متر ارتفاع از سطح دریا
حداقل تراز بهره‌برداری از سد	۱۳۱۷ متر ارتفاع از سطح دریا
حجم مخزن در رقوم نرمال بهره‌برداری	۲۱/۵۸ میلیون متر مکعب
حجم مخزن در رقوم حداقل تراز بهره‌برداری	۰/۳۸ میلیون متر مکعب
حجم رسوبات ۵۰ ساله	۲/۵ میلیون متر مکعب

1- Tennant

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. مقدار نیازهای آبی

نوع نیاز در ماه‌های مختلف	واحد نیاز آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
تبخیر	میلی‌متر	۱۸۸/۴	۹۹	۵۵/۱	۴۶/۴	۴۴/۷	۷۷	۱۲۷/۶	۱۶۵/۶	۲۴۷/۲	۳۰۵/۷	۲۹۷/۸	۲۵۹/۴
صنعت	میلیون متر مکعب	۳۳/۳	۳۳/۳	۳۳/۳	۳۳/۳	۳۳/۳	۳۳/۳	۳۳/۳	۳۳/۳	۳۳/۳	۳۳/۳	۳۳/۳	۳۳/۳
کشاورزی	میلیون متر مکعب	۰/۶۲	۰/۲۱	۰/۱۲	/۰۹۹	۰/۱۲	/۱۵	۰/۵	۲/۱۶	۳/۳۳	۳/۶۴	۲/۵۵	۱
زیست‌محیطی	میلیون متر مکعب	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲

مواد و روش‌ها

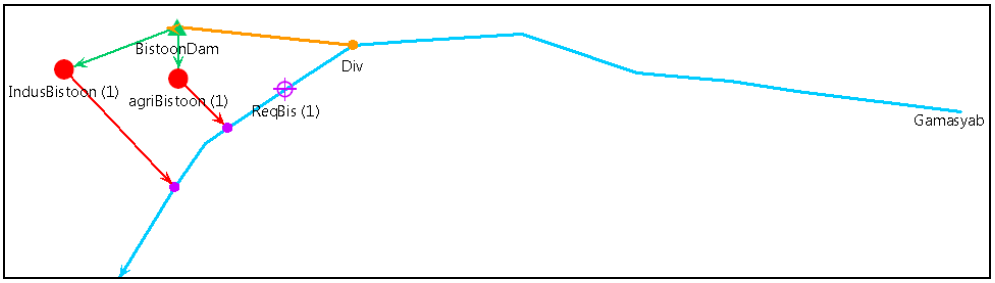
به‌منظور انجام این پروژه، داده‌های مورد نظر جمع‌آوری شد که این داده‌ها عبارت‌اند از: ۱- آمار آبدهی رودخانهٔ گاماسیاب واقع در ایستگاه پل‌چهر طی ۴۱ سال (از سال ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۰) در دو مرحله؛ یک مرحله با درنظرگرفتن سدهای بالادست و در مرحلهٔ دوم بدون درنظرگرفتن سدهای در حال ساخت بالادست؛ ۲- اطّلاعات سد (مقدار تبخیر، تراز نرمال، حجم مرده و غیره)؛ ۳- داده‌های مربوط به مقدار سه نیاز کشاورزی، صنعت و زیست‌محیطی؛ ۴- اطّلاعات مربوط به سیستم انحراف آب.

سد مخزنی بیستون دارای حجم ۳۲/۵۸ میلیون متر مکعب متناظر با تراز نرمال ۱۳۵۰ متر از سطح دریا و تعیین تراز حداقل ۱۳۱۷ متر از سطح دریا با حجم تنظیمی آن برابر ۵۱/۴۸ میلیون متر مکعب است که آب از رودخانهٔ گاماسیاب به‌کمک لولهٔ فولادی با حجم ۳/۵ متر مکعب برثانیه به سد پمپاژ می‌شود.

در نوشتار پیش رو ابتدا شبیه‌سازی سد و نیازهای پایین‌دست با مدل ویپ انجام شد. ویپ می‌تواند طیف گسترده‌ای از اجزای طبیعی و مهندسی از این سیستم‌ها، ازجمله بارش‌رواناب، جریان پایه و تغذیهٔ آب‌های زیرزمینی از بارش را شبیه‌سازی کند. به‌طور ساده روش کار با این مدل مطابق رابطهٔ ۱ است:

$$S_{t+1}=S_t+I_t-R_t-E_t \qquad \text{رابطهٔ ۱}$$

که در آن S_{t+1}: حجم مخزن در دورهٔ بعد؛ S_t: حجم مخزن؛ I_t: جریان ورودی به مخزن؛ R_t: جریان خروجی از مخزن و E_t: میزان تبخیر از مخزن است. پژوهش یادشده شامل رودخانهٔ گاماسیاب و تونل انحراف به سد همراه با دو نیاز کشاورزی و صنعت که به‌طور مستقیم آب مورد نیاز خود را از سد می‌گیرند به‌همراه نیاز زیست‌محیطی رودخانهٔ گاماسیاب در ویپ شبیه‌سازی شد. نحوهٔ ورود و پردازش داده در این مدل در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. شماتیکی از منبع و مصارف با اولویّت یکسان از محدودهٔ طرح در نرم‌افزار ویپ

www.SID.ir

Archive of SID

پس از شبیه‌سازی در ویپ برای به‌دست‌آوردن بیشترین مقدار بهره‌وری سد، یعنی حداکثر تأمین نیازها با حداقل هزینهٔ بهینه‌سازی در محیط نرم‌افزار لینگو انجام می‌شود. روش کار با این مدل مطابق رابطهٔ ۲ و ۳ است:

رابطهٔ ۲

$$S_{t+1} = S_t+Q_t-RR_t-E_t-Spill$$
$$S_{min}<=S_t<=S_{max}$$
$$S_{t+1} = S_t$$

رابطهٔ ۳

$$E_t = ((S_t+S_{t+1})/2)*((A+B)/2)$$

که در آن S_{t+1}: حجم مخزن در انتهای دورهٔ شبیه‌سازی؛ S_t: حجم مخزن در ابتدای دورهٔ شبیه‌سازی؛ Qt: جریان ورودی به مخزن؛ RR_t: جریان خروجی از مخزن؛ E_t: میزان تبخیر از مخزن؛ Spill: مقدار سرریز مخزن و A,B: ضرایبی هستند که در نرم‌افزار اکسل به‌کمک منحنی حجم – سطح - ارتفاع سد برای محاسبهٔ تبخیر به‌دست آمده است (B = /۰۰۵/ A=28. در مدل لینگو کاربر می‌تواند با برنامه‌نویسی، مدل‌های متنوّعی را با افزودن و کاستن متغیّرها طرّاحی کند؛ همچنین لینگو می‌تواند فایل‌های ذخیره‌شده با اکسل را خوانده و ارتباط برقرار کند. انتقال آب از رودخانهٔ گاماسیاب به سد بیستون به‌کمک لولهٔ فولادی با دبی ۳/۵ متر مکعب بر ثانیه در طول ۶ ماه از سال (آذر تا اردیبهشت) صورت می‌گیرد. هدف از احداث این سد، تأمین نیازهای کشاورزی و صنعتی شرق کرمانشاه با درنظرگرفتن نیاز زیست‌محیطی رودخانهٔ گاماسیاب است که شبیه‌سازی و بهینه‌سازی این سد به‌ترتیب با نرم‌افزارهای ویپ و لینگو با سه نیاز کشاورزی، صنعت و زیست‌محیطی به‌صورت شکل ۲ انجام شد. در این پروژه، حداقل رهاسازی آب از سد به‌منظور حفظ حیات آبزیان و محیط‌زیست منطقه محاسبه شده است. براساس این، نیاز آبی محیط‌زیست در ۶ ماه اوّل برآورد شد؛ بدین‌منظور داده‌های سد، رودخانه و نیازها از سال ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۰ مدل‌سازی شد. پس از اجرای مدل‌های یادشده، نتایج به‌دست‌آمده مقایسه شده و تصمیم برای انتخاب بهترین راهکار برای حداکثر تأمین نیازهای آبی صورت می‌گیرد.

نتایج

در پژوهش حاضر بهینه‌سازی و شبیه‌سازی سد خارج از بستر بیستون در دو مرحله (با و بدون درنظرگرفتن سدهای در حال ساخت بالادست) به‌منظور تأمین نیازهای کشاورزی، صنعتی و زیست‌محیطی با اولویّت یکسان انجام شد. مقایسهٔ نتایج به‌دست‌آمده از مدل‌های ویپ و لینگو نشان داد نتایج حاصل از این دو مدل باهم متفاوت هستند (جدول‌های ۳ و ۴). دلیل این امر به‌طور عمده ناشی از محاسبهٔ حجم تبخیر در نرم‌افزارها است که برمبنای آن نیاز زیست‌محیطی نیز به‌طور کامل تأمین نمی‌شود (جدول ۲). برآورد کلّ کمبود نیازهای آبی صنایع، کشاورزی و زیست‌محیطی با نرم‌افزارهای ویپ و لینگو بدون درنظرگرفتن سدهای در حال ساخت بالادست به‌ترتیب ۲۱/۳۳٪ و ۲۰/۴۵٪ و با درنظرگرفتن سدهای در حال ساخت بالادست به‌ترتیب ۱۵/۷۲٪ و ۱۴/۶۵٪ است. نتایج نشان داد که با توجّه به اینکه در هردو حالت آب انتقالی به سد ثابت است، تأمین نیازهای صنایع و کشاورزی کمابیش یکسان است؛ امّا تأمین نیاز زیست‌محیطی با درنظرگرفتن سدهای بالادست بیشتر می‌شود که البتّه انتظار می‌رود با درنظرگرفتن سدهای بالادست مقدار آبدهی رودخانهٔ گاماسیاب کم و به‌دنبال آن تأمین نیاز زیست‌محیطی کاهش یابد؛ امّا براساس نتایج نوشتار پیش رو، در حالت اوّل سدهای بالادست آب را در ماه‌های پرآب ذخیره کرده و در ماه‌های خشک، آب ذخیره‌شده را به پایین‌دست منتقل کرده و تأمین نیاز زیست‌محیطی به‌طور متوسّط دو میلیون متر مکعب افزایش یافته است (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. نیازهای آبی بدون درنظرگرفتن سدهای بالادست رودخانهٔ گاماسیاب (میلیون متر مکعب)

مدل	نیاز آبی	تقاضا	عرضه	کمبود	درصد عرضه	درصد کمبود
لینگو	کشاورزی	۱۴/۵۵	۱۴/۳۵	/۲	۹۸/۵	۱/۵
	زیست‌محیطی	۴۶/۱۰	۴۰/۳۲	۵/۷۸	۸۷/۴۶	۱۲/۵۴
	صنعت	۴۰	۳۷/۴۶	۲/۵۴	۹۳/۶۵	۶/۳۵
ویپ	کشاورزی	۱۴/۵۵	۱۴/۳۲	۰/۲۳	۹۸/۴۱	۱/۵۹
	زیست‌محیطی	۴۶/۱۰	۴۰/۲۹	۵/۸۱	۸۷/۳۹	۱۲/۶۱
	صنعت	۴۰	۳۷/۱۵	۲/۸۵	۹۲/۸۷	۷/۱۳

جدول ۴. نیازهای آبی با درنظرگرفتن سدهای بالادست رودخانهٔ گاماسیاب (میلیون متر مکعب)

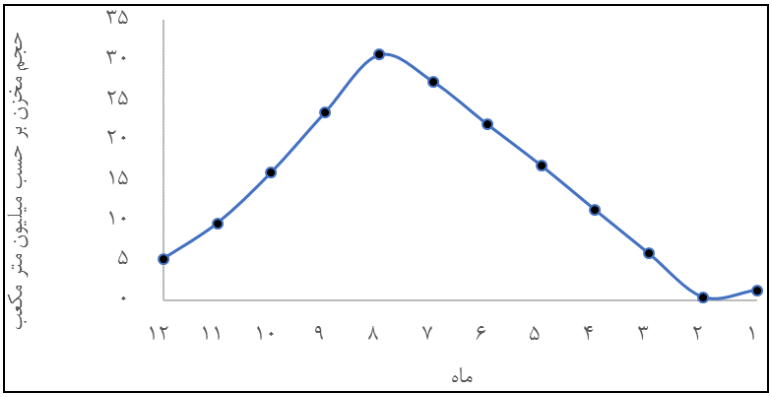
مدل	نیاز آبی	تقاضا	عرضه	کمبود	درصد عرضه	درصد کمبود
لینگو	کشاورزی	۱۴/۵۵	۱۴/۳۶	۰/۱۹	۹۸/۶۹	۱/۳۱
	زیست‌محیطی	۴۶/۱۰	۴۲/۷۴	۳/۳۶	۹۲/۷۱	۷/۲۹
	صنعت	۴۰	۳۷/۱	۲/۴۲	۹۳/۹۵	۶/۰۵
ویپ	کشاورزی	۱۴/۵۵	۱۴/۳۴	۰/۲۱	۹۸/۵۵	۱/۴۵
	زیست‌محیطی	۴۶/۱۰	۴۲/۷۳	۳/۳۷	۹۲/۶۸	۷/۳۲
	صنعت	۴۰	۳۷/۲۲	۲/۷۸	۹۳/۰۵	۶/۹۵

در مرحلهٔ بعد، میزان آب خروجی از مخزن برای بازه‌های زمانی مختلف ارزیابی شد. به این منظور، از منحنی فرمان سد کمک گرفته شد. منحنی فرمان بهره‌برداری سد، دستورالعملی است که ارائهٔ آن این امکان را برای بهره‌بردار ایجاد می‌کند تا در هر مرحلهٔ زمانی، با توجّه به مشخّصات مخزن و کلّ حجم آب در دسترس، درخصوص میزان خروجی مخزن تصمیم‌گیری کند. براساس این منحنی مشخّص شد که به‌طور متوسّط در هشتمین ماه سال آبی یعنی اردیبهشت‌ماه سد کمابیش پر است که دلیل آن زیادبودن بارندگی بوده و به‌تبع آن، آب کمتری از سد برداشت می‌شود (شکل ۳).

بهره‌برداری از منابع آب سد براساس دوره‌های زمانی روزانه، ماهانه و سالانه و به‌صورت تجمّعی محاسبه می‌شود. به این منظور، با استفاده از مدل‌های مورد اشاره، مجموع مصارف و میزان آب کنترل‌شده با مخزن سد براساس رابطهٔ ۴ و ۵ محاسبه شد؛ البتّه میزان تبخیر محاسبه‌شده براساس رابطهٔ ۵ در لینگو نسبت به ویپ کمتر به‌دست آمد، امّا مقدار خروجی از سد در ویپ افزایش یافت (جدول ۵ و ۶):

رابطهٔ ۴ مقدار سرریز از سد - مقدار آب خروجی از سد = تنظیم سد

رابطهٔ ۵ مقدار تبخیر از سد - مقدار آب ورودی به سد = مقدار آب خروجی از سد



شکل ۳. منحنی فرمان سد مخزنی بیستون

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. بیلان پروژهٔ سد بیستون بدون درنظرگرفتن سدهای بالادست رودخانهٔ گاماسیاب (میلیون متر مکعب)

مدل	ورودی	تبخیر	تنظیم	خروجی	سرریز
لینگو	۵۴/۱۸	۲/۳۷	۵۱/۸۱	۵۱/۸۱	۰
ویپ	۵۴/۲	۲/۷۳	۵۱/۴۷	۵۱/۴۷	۰

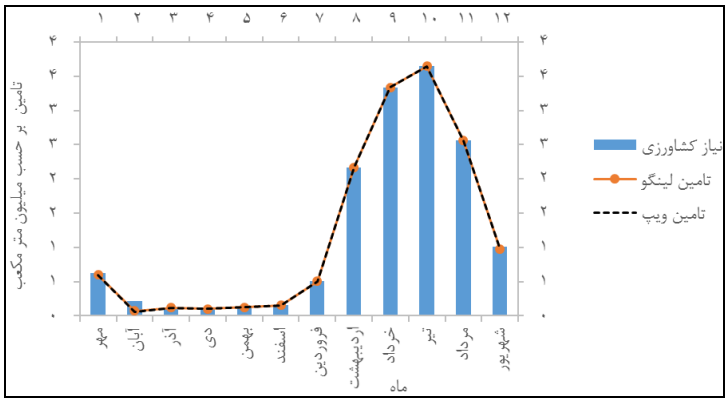
جدول ۶. بیلان پروژهٔ سد بیستون با درنظرگرفتن سدهای بالادست رودخانهٔ گاماسیاب (میلیون متر مکعب)

مدل	ورودی	تبخیر	تنظیم	خروجی	سرریز
لینگو	۵۴/۳۲	۲/۳۸	۵۱/۹۴	۵۱/۹۴	۰
ویپ	۵۴/۳۲	۲/۷۴	۵۱/۵۸	۵۱/۵۸	۰

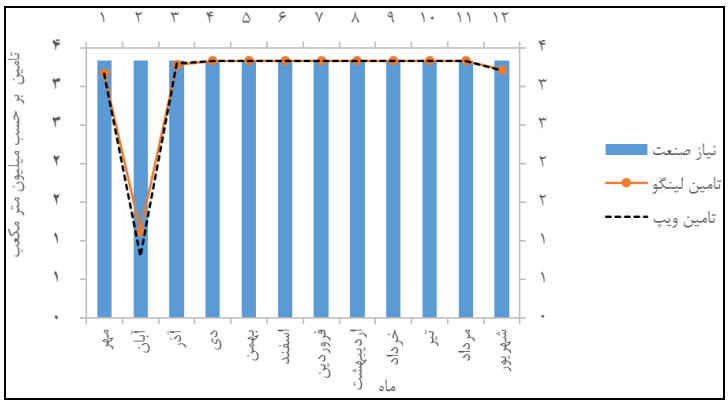
مقدار کلّ نیاز کشاورزی پایین‌دست سد ۱۴/۵۵ میلیون متر مکعب برآورد شد که براساس نتایج به‌دست‌آمده از مدل‌های WEAP و LINGO مقادیر تأمین آن‌ها به‌ترتیب ۱۴/۳ و ۱۴/۳ میلیون متر مکعب است؛ به‌عبارت دیگر، درصدهای کمبود نیاز کشاورزی در دو مدل حدود ۱٪ محاسبه شد (جدول ۳ و ۴ و شکل۴).

مقدار کلّ نیاز صنعت پایین‌دست سد ۴۰ میلیون متر مکعب برآورد شد که براساس نتایج حاصل از مدل‌های ویپ و لینگو مقادیر تأمین آن‌ها به‌ترتیب ۳۷/۱ و ۳۷/۴ میلیون متر مکعب است؛ به‌عبارت دیگر، درصدهای کمبود نیاز صنعت در دو مدل تقریباً ۶/۵٪ محاسبه شد (جدول ۲ و ۳ و شکل ۵).

مقدار کلّ نیاز زیست‌محیطی (براساس روش تنانت) رودخانهٔ گاماسیاب ۴۶/۱۰ میلیون متر مکعب برآورد شد که طبق نتایج حاصل از مدل‌های ویپ و لینگو، مقادیر تأمین آن‌ها بدون درنظرگرفتن سدهای در حال ساخت بالادست تقریباً ۴۰ میلیون متر مکعب است؛ به‌عبارت دیگر، درصدهای کمبود نیاز زیست‌محیطی در دو مدل ۱۲٪ محاسبه شد (جدول ۳ و شکل ۶).



شکل ۴. مقایسهٔ تأمین نیاز کشاورزی



شکل ۵. مقایسهٔ تأمین نیاز صنعت

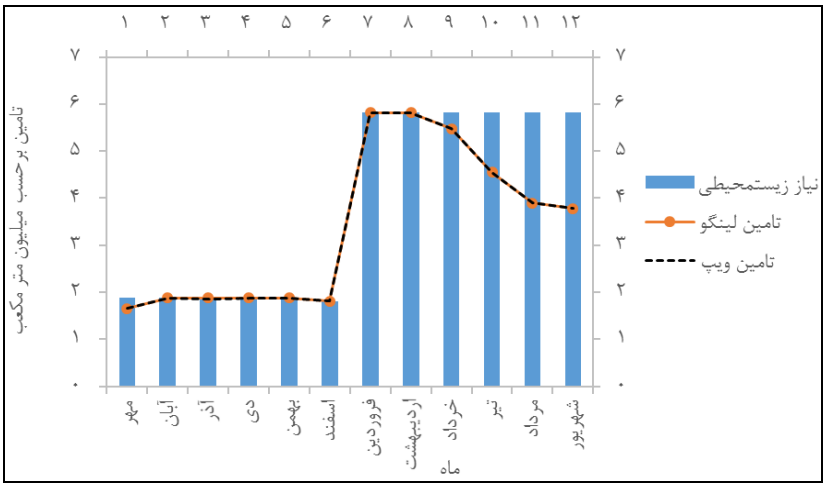
www.SID.ir

Archive of SID

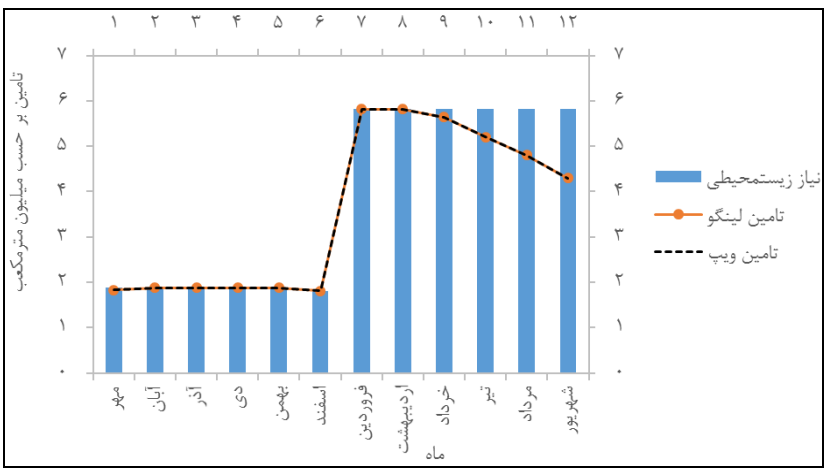
با درنظرگرفتن سدهای بالادست، مقدار آبدهی رودخانهٔ گاماسیاب کم خواهد شد و بـه‌دنبـال آن انتظـار مـی‌رود تأمین نیاز زیست‌محیطی این رودخانه کاهش یابـد؛ امّـا براسـاس نتـایج نوشـتار پـیش رو در حالـت اوّل سـدهـای بالادست آب را در ماه‌های پرآب ذخیره کرده و در ماه‌های خشک، آب ذخیره‌شده را به پایین‌دسـت منتقـل کـرده و تأمین نیاز زیست‌محیطی به‌طور متوسّط دومیلیون متر مکعب در سال افزایش یافته است (جدول ۴ و شکل ۷).

نتایج نشان داد به‌دلیل ثابت‌بودن آب انتقالی (۳۵۰۰ لیتر بر ثانیه) در دو حالت با و بدون سـد، تـأمین نیـازهـای صنعت و کشاورزی یکسان بوده که به‌ترتیب ۳۷ و ۱۴ میلیون مترمکعـب در سـال اسـت، درحـالی‌کـه تـأمین نیـاز زیست‌محیطی با در نظر گرفتن سدهای بالادست به‌طور متوسط دو میلیـون متـر مکعـب در سـال بیشـتر و بـه ۴۲ میلیون متر مکعب در سال افزایش می‌یابد.

درادامه نمودارهای احتمالاتی ترسیم شد. به‌منظور ترسـیم نمودارهـای احتمـالاتی از توزیـع احتمـالاتی ویبـول استفاده شد؛ به‌نحوی‌که در تمامی نمودارهای محور افقی احتمال ویبـول برحسـب درصـد و محـور عمـودی تـأمین نیازها (به‌صورت صعودی) برحسب میلیون متر مکعب است. به‌طور تقریبی می‌توان نتیجه گرفت کـه درصـد تـأمین نیازهای صنعت و کشاورزی به‌ترتیب ۹۲٪ و ۹۸٪ است که با توجّه به اینکه اولویّـت آن‌هـا یکسـان اسـت، درنتیجـه مقادیر عرضهٔ آب برای آن‌ها تقریباً یکسان خواهـد بـود؛ همچنـین درصـد تـأمین نیـاز زیسـت‌محیطـی بـا و بـدون درنظرگرفتن سدهای بالادست به‌ترتیب ۹۲٪ و ۸۷٪ است (جدول ۲ و ۳ و شکل ۸).



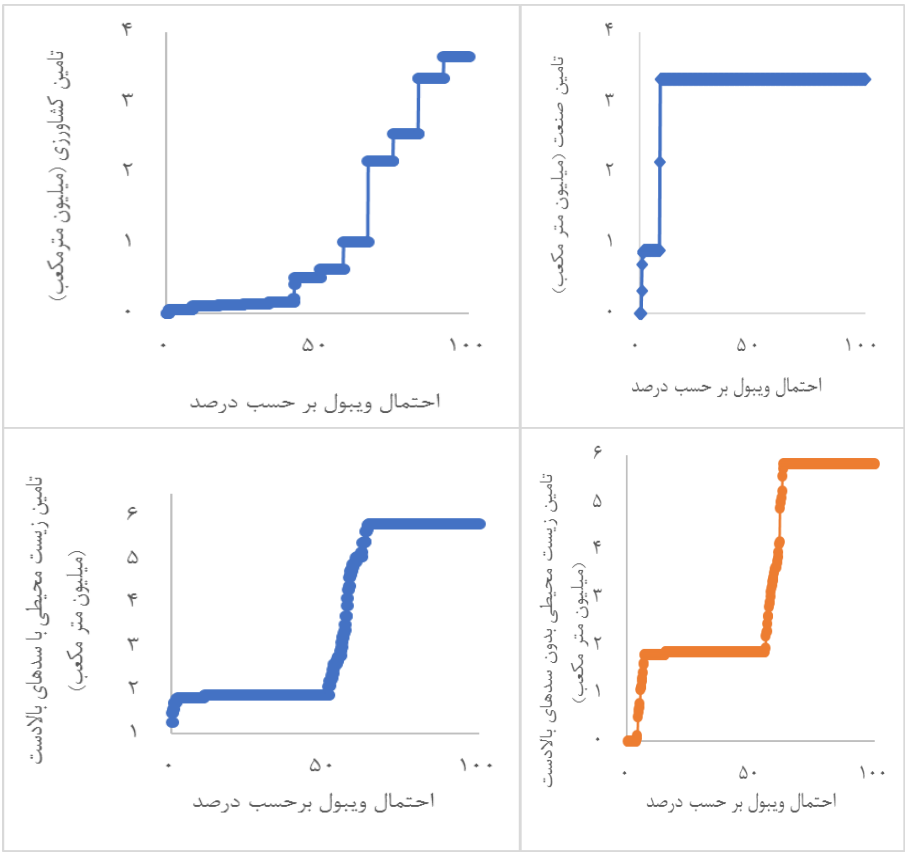
شکل ۶. مقایسهٔ تأمین نیاز زیست‌محیطی بدون درنظرگرفتن سدهای بالادست رودخانهٔ گاماسیاب



شکل ۷. مقایسهٔ تأمین نیاز زیست‌محیطی با درنظرگرفتن سدهای بالادست رودخانهٔ گاماسیاب

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸. نمودارهای احتمالاتی به‌دست‌آمده از توزیع وییول

بحث

به‌طوری‌که نتایج پژوهش پیش رو نشان داد، توزیع جامع منابع آب رودخانهٔ گاماسیاب در سه بخش کشاورزی، صنعت و زیست‌محیطی در دو حالت با و بدون لحاظ سدهای بالادست با استفاده از دو مدل ویپ و لینگو قابل محاسبه است. در این راستا سناریوهای مختلف ازجمله داشتن یا نداشتن سد در مسیر رودخانه و میزان و نوع مصرف باید بررسی شود؛ به این منظور، مدل‌هایی برای تجزیه و تحلیل دقیق این سناریوها به‌کار گرفته می‌شوند که متداول‌ترین آن‌ها دو مدل ویپ و لینگو هستند که باهم قابلیت لازم برای برنامه‌ریزی و مطالعهٔ منابع با سناریوهای مختلف مصرف در زمان حال و بازه‌های زمانی مختلف را دارند. کاربرد مدل‌های ویپ و لینگو در این نوشتار، توزیع جامع منابع آب برای تخصیص بهینهٔ آب در بخش‌های صنعت و کشاورزی با درنظرگرفتن نیاز زیست‌محیطی رودخانهٔ گاماسیاب است. براساس نتایج این پژوهش، ضمن تأمین نیازهای صنعت و کشاورزی با سد خارج از بستر بیستون، نیازهای زیست‌محیطی رودخانهٔ گاماسیاب نیز قابل تأمین است. همان‌طور که ملاحظه شد، با درنظرگرفتن سدهای بالادست حوضهٔ گاماسیاب، تأمین نیاز زیست‌محیطی دومیلیون متر مکعب در سال بیشتر می‌شود و با توجّه به ثابت‌بودن آب انتقالی به سد خارج از بستر بیستون مقدار تأمین نیازهای صنعت و کشاورزی بدون تغییر تأمین خواهد شد.

با مقایسهٔ نتایج نوشتار پیش رو با کارهای متداول دیگر در نقاط مختلف دنیا و حتّی سال‌های اخیر در ایران، می‌توان به مزایا و محدودیت‌های لازم در این زمینه نیز واقف شد و با درنظرگرفتن سناریوهای مختلف می‌توان میزان منابع آب و مصارف آن را در سه بخش اصلی صنعت، کشاورزی و زیست‌محیطی با به‌کارگیری دو مدل مورد اشاره، تجزیه و تحلیل کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

ابریشم‌چی[1] و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از مدل ویپ، مدیریت تخصیص منابع آب را در بخش‌های صنعتی، محیط‌زیست، ذخیره برای مصارف بعدی، افزایش راندمان آبیاری و تغییرات اولویّت تخصیص آب با توجّه به گسترش زمین‌های آبی و افزایش برداشت از آب‌های زیرزمینی در حوزهٔ سرشاخه‌های بالادست و اثرات توسعهٔ منابع آب و بهینه‌سازی آن را بر روی مصارف کشاورزی، صنعتی و شهری در پایین‌دست سد یادشده نیز ارزیابی کردند و نتیجه گرفتند که این مدل قابلیت تحلیل سناریوهای مدیریت منابع آب در مقیاس حوضهٔ آبخیز، سد و بازه‌های مختلف رودخانه در اراضی کم‌شیب و دشتی را دارد.

نکتهٔ مهم در مورد این مدل‌ها، قابلیت آن‌ها برای مدیریت توزیع منابع آب در شرایط تغییرات منابع آب ازجمله خشک‌سالی یا تغییر در تقاضا همچون افزایش جمعیّت یا توسعهٔ زمین‌های آبی است. پژوهش‌های ژو[2] و همکاران (۲۰۱۵) در این راستا بیانگر قابلیت مدل‌های ویپ و لینگو برای مدیریت توزیع پایدار منابع آب در بخش‌های مختلف به‌ویژه تأمین نیاز زیست‌محیطی با اعمال سناریوهای مختلف ازجمله شرایط خشک‌سالی و افزایش تقاضا در بخش‌های دیگر است؛ همچنین حافظ‌پرست مودت و فاطمی (۱۳۹۵)، با استفاده از مدل ویپ، تأمین نیازهای آبی حوضه گاماسیاب با در نظر گرفتن تأمین نیاز زیست‌محیطی منطقه شامل سناریوهای مختلف ازجمله شرایط کم‌آبی انجام دادند. نتایج به‌دست‌آمده بیانگر قابلیت این مدل برای مدیریت صحیح منابع آب همراه با پایداربودن حوضهٔ بالادست است.

دامنهٔ استفاده از این مدل‌ها در ایران برای مدیریت منابع آب با محوریت تأمین نیاز زیست‌محیطی رو به گسترش است. دلیل این امر قابلیت این مدل‌ها در پیش‌بینی تغییرات تقاضا در سناریوهای مختلف همچون کاهش منابع آب (خشک‌سالی) و افزایش تقاضای آب (شرایط افزایش جمعیّت یا گسترش زمین‌های آبی) است. یکی دیگر از عوامل تغییر در منابع آب، انتقال آب از حوضه‌ای به حوضهٔ دیگر است که در ایران متداول است؛ در چنین شرایطی به‌حداقل‌رساندن پیامدهای زیست‌محیطی ضروری است که با استفاده از مدل‌های ویپ می‌توان این کار را انجام داد؛ برای نمونه زمانی و همکاران (۱۳۹۶)، با استفاده از مدل ویپ امکان تأمین تقاضای آب زیست‌محیطی را در چنین شرایطی برای منطقه‌ای در سیستان و بلوچستان بررسی کردند؛ نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که در صورت انتقال آب با لوله، حداقل نیاز زیست‌محیطی همراه با افزایش راندمان آبیاری قابل تأمین خواهد بود؛ همچنین آشفته (۱۳۹۷) درزمینهٔ بهره‌برداری بهینه از آب مخزن قرنقو (آذربایجان شرقی) به‌منظور تأمین نیازهای آبی سد برپایهٔ حداقل‌سازی کمبودها در دوحالت با و بدون در نظر گرفتن شرایط تغییر اقلیم از مدل لینگو استفاده کرد. نتایج نشان داد تأمین نیازها با در نظر گرفتن شرایط تغییر اقلیم ۲۰٪ کاهش می‌یابد.

استفاده از این مدل‌ها همچنین در طرّاحی و ساخت بهینهٔ سدهای خاکی نیز انجام شده است. قدوسی و همکاران (۱۳۹۷) به‌منظور حداقل‌سازی حجم مصالح مورد نیاز در ساخت سدهای خاکی غیر همگن و بهینه‌سازی ابعاد هندسی آن تعدادی قید مانند محدودهٔ پارامترهای مورد بررسی و ضرایب اطمینان شیروانی‌های بالادست و پایین‌دست را مدّ نظر قرار دادند. آن‌ها پارامترهای بهینه را با استفاده از برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار لینگو محاسبه کردند. در حوضه‌های بهشت‌آباد و کوهرنگ نیز به‌منظور بررسی وضعیّت منابع آب، از مدل ویپ استفاده شد و میزان آب قابل انتقال از حوضه‌های کوهرنگ و بهشت‌آباد به حوضهٔ زاینده‌رود با درنظرگرفتن شرایط حوضهٔ مبدأ حدود ۲۲۰ میلیون متر مکعب در سال برآورد شد (سعیدی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۰).

حیات‌الغیب مقدم و آشفته (۱۳۹۸) با استفاده از مدل ویپ میزان آب تأمین‌نشده را برای خرّم‌آباد در فصل

1- Abrishamchi
2- Xue

www.SID.ir

Archive of SID

تابستان و در شرایط خشک‌سالی ۰/۱۷ میلیون متر مکعب برآورد کردند که در آینده با رشد ۸۷ درصدی ۱/۳۳ میلیون متر مکعب خواهد بود؛ بنابراین، نتایج این مطالعه و پژوهش‌های مشابه قابلیت مؤثّر استفاده از دو مدل ویپ و لینگو در مدیریت صحیح منابع آب با حفظ تأمین نیاز زیست‌محیطی منطقه را نشان می‌دهد؛ به‌عبارت دیگر، مزیت اصلی آن‌ها توزیع و تخصیص منابع آب برای بخش‌های مختلف و درنظرگرفتن سهم زیست‌محیطی است که می‌تواند کمک شایانی به توسعهٔ پایدار منابع آب کند.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، بهینه‌سازی و شبیه‌سازی سد بیستون با نرم‌افزارهای لینگو و ویپ در دو حالت، یکی با درنظرگرفتن سدهای در حال ساخت بالادست و دیگری بدون درنظرگرفتن سدهای یادشده بررسی شد. در هردو حالت، سه نیاز زیست‌محیطی، صنعت و کشاورزی لحاظ شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده در هردو حالت با و بدون درنظرگرفتن سدهای بالادست، آب انتقالی به سد خارج از بستر بیستون ثابت است. محاسبات مرتبط با استفاده از مدل‌های ویپ و لینگو نیز نشان داد که توزیع و تأمین نیازهای صنایع و کشاورزی تقریباً یکسان است که به‌ترتیب ۳۷ و ۱۴ میلیون متر مکعب در سال است. با لحاظ سدهای بالادست تأمین نیاز آب بخش زیست‌محیطی رودخانهٔ گاماسیاب به‌طور متوسّط دومیلیون متر مکعب در سال بیشتر و به ۴۲ میلیون متر مکعب در سال افزایش می‌یابد. دلیل این افزایش، ذخیرهٔ آب در سدهای بالادست است که در ماه‌های پرآب (که نیاز بخش کشاورزی کمتر است) ذخیره شده و موجب تأمین نیاز زیست‌محیطی رودخانه می‌شود؛ بنابراین نقش این سدها در افزایش تأمین آب زیست‌محیطی مؤثّر است، همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که دو مدل ویپ و لینگو قابلیت شبیه‌سازی و بهینه‌سازی منابع و مصارف آبی را با درنظرگرفتن نیاز زیست‌محیطی، مدیریت جامع منابع آب و افزایش بهره‌وری دارند.

منابع

آشفته، پریسا سادات (۱۳۹۷) بررسی شاخص انعطاف‌پذیری سامانهٔ مخزن در شرایط تغییر اقلیم در تأمین بهینهٔ آب. *تحقیقات آب‌وخاک ایران*، ۴۹ (۲)، ۲۶۹-۲۷۹.

حافظ‌پرست مودت، مریم؛ خلقی، مجید؛ فاطمی، سید احسان (۱۳۸۷) ارزیابی و برنامه‌ریزی منابع آب دشت تاکستان با استفاده از مدل‌های WEAP و LINGO. *چهارمین کنگرهٔ ملّی مهندسی عمران*، تهران: دانشگاه تهران.

حافظ‌پرست مودت، مریم؛ فاطمی، سید احسان (۱۳۹۵) محاسبهٔ شاخص‌های پایداری آب و پایداری حوضهٔ آبریز در راستای حفظ توسعهٔ پایدار. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۶ (۱۸)، ۲۱-۳۳.

حیات‌الغیب مقدم، سیده حدیث؛ آشفته، پریسا سادات (۱۳۹۸) مدیریت بهینهٔ منابع آب سطحی با WEAP با لحاظ رویکرد بیزی ناشی از تغییر اقلیم. *تحقیقات آب‌وخاک ایران*، ۵۰ (۲)، ۴۹۵-۵۰۴.

دهقان، زهرا؛ دلبری، معصومه؛ محمدرضاپور، امالبنی (۱۳۹۴) برنامه‌ریزی تخصیص منابع آب تحت سناریوهای مدیریتی در حوضهٔ گرگان‌رود. *نشریهٔ دانش آب‌وخاک*، ۲۵ (۳)، ۱۱۷-۱۳۲.

زمانی، یاسین؛ حمیدیانپور، محسن؛ میرشکار، حسین (۱۳۹۶) تأمین نیاز آبی زیست‌محیطی با مدیریت منابع آب و ارزیابی سناریوهای مختلف (مورد پژوهشی منطقهٔ پیشین حوضهٔ بلوچستان جنوبی). *دومین کنفرانس ملّی هیدرولوژی ایران*، شهرکرد: دانشگاه شهرکرد.

سعیدی‌نیا، مهری؛ صمدی بروجنی، حسین؛ ملکی، عباس؛ ایزدی، عزیزالله (۱۳۹۰) بررسی تأثیر خشک‌سالی هیدرولوژیکی بر منابع آب زیرزمینی و توسعهٔ کشاورزی در حوضهٔ بهشت‌آباد با استفاده از مدل ویپ. *پژوهش حفاظت آب‌وخاک*، ۱۸ (۳)، ۱۷-۳۷.

www.SID.ir

Archive of SID

فاطمی، سید احسان؛ بهراملو، علی؛ ادیب‌راد، محمدحسین (۱۳۹۵) بررسی راهکارهای سازه‌ای و غیر سازه‌ای مدیریت پایدار منابع آب دشت همدان – بهار. *جغرافیا و پایداری محیط، ۶* (۲۰)، ۵۵-۶۷.

فرهنگی، مهسا؛ بزرگ حداد، امید (۱۳۸۹) ارزیابی معیارهای تخصیص در مدل‌های مدیریت سیستم مخازن در شرایط کم‌آبی. *پژوهش آب ایران*، ۴ (۷)، ۳۳-۴۶.

قدوسی، حسام؛ وکیلی‌تنها، فهیمه؛ شاه‌وردی، کاظم (۱۳۹۷) کاربرد الگوریتم فراکاوشی sce و مدل lingo11 در بهینه‌سازی ابعاد سدهای خاکی. *تحقیقات آب‌وخاک ایران*، ۲ (۴۹)، ۲۳۳-۲۴۲.

مهندسین مشاور آبدان‌فراز (۱۳۹۳) طرح سد مخزنی بیستون و سامانه‌های انتقال، *شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان کرمانشاه*.

نوذری، حامد (۱۳۹۶) مدیریت بهره‌برداری از آب مخزن سد امیرکبیر به‌کمک روش پویایی سیستم و مدل برنامه‌ریزی غیر خطّی. *تحقیقات آب‌وخاک ایران*، ۴۸ (۲)، ۳۳۵-۳۴۷.

Refrences

Abdan Faraz Consulting Engineers (2015). Bistoon Reservoir Dam and transmission systems, Kermanshah Regional. *Water Authority company*. (In Persian)

Abrishamchi, A., Alizadeh, H., Tajrishi, M. (2007). Water resource management scenario analysis in the Iran, using the WEAP Model. *American Journal of Hydrological Science and Technology*, *23* (1), 1-11.

Alfarra, A. (2004). Modelling water resource management in Lake Naivasha. *International Institute for Geo-information Science and Earth Observation*, *29* (1), 115-124.

Ashofteh, P. (2018). Evaluation of the flexibility of reservoir system in terms of climate change in optimal supply of water. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, *49* (2), 269-279. doi: 10.22059/ijswr.2017.226689.667624. (In Persian)

Bonzi, C., Brian, J., Katja, T. (2016). Analysing stakeholder driven scenarios with a transboundary water planning tool for IWRM in the Jordan River Basin, Integrated Water Resources Management: Concept, Research and Implementation. *Springer International Publishing*, *27* (3), 413-433.

Dehghan, Z., Delbari, M., Mohammadrezapour, O. (2015). Planning Water Resources Allocation under Various Managerial Scenarios in Gorganroud Basin. *Water and Soil Science*, *25* (3), 117-132. (In Persian)

Farhangi, M., Bozorg hadad, O. (2010). Evaluation of performance indices of reservoir system management models in drought events. *Iranian water researches Journal*, *4* (7), 33-46. (In Persian)

Fatemi, S., Bahramloo, A., Adeb Rad, M. (2016). Studying the Structural and Non-structural Solutions for Sustainable Water resources Management of Hamedan-Bahar Plainn. *Geography and Sustainability of Environment*, *6* (20), 55-67. (In Persian)

Ghoddosi, H., Vakili Tanha, F., Shahverdi, K. (2018). Application of SCE Meta Heuristic Method and LINGO11 Model for Optimization of Earth Dams Dimensions (Case Study Barzok Dam). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, *49* (2), 233-242. doi: 10.22059/ijswr. 2017.216401.667541.

Hafezparast Mavaddat, M., Fatemi, S. E. (2016). Calculating Sustainability Indices of Water and Basin to Maintain Sustainability Development (Case Study: Gamasiab Basin Watershed). *Geography and Sustainability of Environment*, *6* (18), 21-33. (In Persian)

Hafezparast Mavaddat, M., kholghi, M. Fatemi, S. E. (2008). Assessment and planning of the vineyard plain water resources using WEAP and LINGO models. *4th National Congress of Civil Engineering.* Tehran: University of Tehran. (In Persian)

Hayatolgheib Moghadam, S., Ashofteh, P. (2019). Optimal Management of Surface Water Resources by WEAP Considering Bayesian Approach under Climate Change Conditions. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, *50* (2), 495-504. doi: 10.22059/ ijswr.2018.257866. 667911. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

Jeniffer, K. M., Shadrack T., Mavengano S. Z., Tsehaie W., Robert. B. (2010). Water allocation as a planning tool to minimize water use conflicts in the upper EwasoNgiro North basin. *Kenya.Water Resource Management*, *24* (3), 3939-3959.

Li, X. (2015). Application of Water Evaluation and Planning (WEAP) model for water resources management strategy estimation in coastal Binhai New Area, China. *Ocean & Coastal Management*, *6* (10), 97-109.

Loucks, D. P., Beek, E. V., Stedinger, J. R., Dijkman. J. P. M. (2005). *Water resources systems planning and management: an introduction to mentions, models and application,* 2, 18-30. http://www.WEAP21.org//.

Mourad, K. A., Omran A. (2004) Assessment of future Syrian water resources supply and demand by the WEAP model. *Hydrological Sciences Journal*, *2* (61), 393-401.

Nozari, H. (2017). Management of operation of Amirkabir Dam water using System Dynamics and Nonlinear Planning Method. *Iranian Journal of Soil and Water Research, 48* (2), 335-347. doi: 10.22059/ijswr.2017.62635. (In Persian)

Saeedinia, M., Samadi Brojani, H., Maleki, A., Eazadi, A. (2012). Evaluation of Drought Effect on the Ground Water Resource and Agricultural Development in the Behesht Abad Basin Using WEAP Model. *Journal of Water and Soil Conservation*, *18* (3), 17-37. (In Persian)

Shourian, M., Mousavi, S., Menhaj, M., Jabbari, E. (2008a). Neural network based simulation-optimization model for water allocation planning at basin scale. *Journal of Hydroinformatics*, *10* (4), 331-343.

Srdjevic, B., Medeiros, Y. D. P., Faria, A. S. (2004) An objective multi-criteria evaluation of water management scenario. *Water Resources Management*, *3* (18), 35-54.

Xue, L., Yue, Z., Chunli, Sh., Jian, Sh., Zhong Ling, W., Yuqia, W. (2015). Application of Water Evaluation and Planning (WEAP) Model for Water Resources Management Strategy Estimation in Coastal Binhai New Area, China. *Ocean & CoastalManagement, 10* (6), 97-109.

Yilmaz, B., Harmancioglu, N. (2010). An Indicator Based Assessment for Water Resources Management in Gediz River Basin, Turkey. *Water Resources Management, 24* (15), 4359-4379.

Zamani, Y., Hamidiyanpor, M., Mirshekar, H. (2017). Providing water environmental requirement by management and evaluation of different scenarios (the research case of the southern Baluchistan basin). *The second National Conference of Hydrology in Iran*, Shahrekord: Shahrekord University. (In Persian)

www.SID.ir