Archive of SID

مجله پژوهش آب ایران
جلد ۱۳/ شماره ۱/ پیاپی ۳۲/ بهار ۱۳۹۸ (۱۱۵-۱۲۶)

مدل برنامه‌ریزی یکپارچه منابع آب برای بررسی و پیش‌بینی تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه از حوضه‌های آبریز ترکیه، عراق و ایران

محمد ابراهیم بنی‌حبیب[۱*]، سجاد نجفی مرغملکی[۲] و محمد هادی شبستری[۳]

چکیده

هورالهویزه با مساحتی معادل ۳۰۰۰ کیلومترمربع در مرز ایران و عراق قرار گرفته است که از این میزان حدود یک‌سوم آن در ایران قرار دارد که با نام هورالعظیم شناخته می‌شود. در دهه‌های اخیر با اجرای طرح‌های متعدد سدسازی و شبکه‌های آبیاری زهکشی در حوضهٔ هورالهویزه و منحرف‌کردن رودخانهٔ دجله، هورالهویزه وضعیت مطلوبی ندارد و این تالاب که خود روزی منبع گیرش ریزگردها بوده، امروزه به یک منبع تولید ریزگرد تبدیل شده است. هدف در این پژوهش بررسی و مدل‌سازی منابع آب حوضه هورالهویزه با استفاده از نرم‌افزار WEAP و همچنین اجرای رویکردهای مختلفی همچون رویکرد توسعه (A_3 و B_2) و عدم توسعه (A_1 و B_1) روی منابع تغذیه‌کنندهٔ هورالهویزه در وضعیت فعلی و آینده (سال ۲۰۴۲) برای بررسی و پیش‌بینی تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه است. براساس نتایج به‌دست آمده بهترین حالت برای احیا ماندن هورالهویزه، اجرای رویکردهای A_1 و B_1 با شاخص عدم تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی ۲/۵ و ۹ درصد به‌ترتیب در حوضه‌های سد کرخه و دجله است. همچنین این مطالعه نشان داد که علاوه بر سدهای متعدد ساخته‌شده در حوضه‌های کرخه و دجله، الگوی کشت نامناسب و استفاده از سیستم‌های سنتی آبیاری هم روی عدم تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه تأثیرگذار بوده است.

واژه‌های کلیدی: پروژه GAP، حقابهٔ زیست‌محیطی، ریزگرد، مدل WEAP، هورالهویزه، هورالعظیم.

ارجاع: بنی‌حبیب م. ا. نجفی مرغملکی س. و شبستری م. ه. ۱۳۹۸. مدل برنامه‌ریزی یکپارچه منابع آب برای بررسی و پیش‌بینی تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه از حوضه‌های آبریز ترکیه، عراق و ایران. مجله پژوهش آب ایران. ۳۲: ۱۱۵-۱۲۶.

۱- دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.
۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.
*** نویسنده مسئول**: banihabib@ut.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۲۰

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تالاب بین‌النهرین با مساحتی بالغ بر ۹۰۰۰ کیلومترمربع، یکی از تالاب‌های بزرگ جهـان کـه از سـه تالاب اصلی هور مرکزی، هورالحمار و هورالهویزه تشکیل شده است (زیبانچی و همکاران، ۱۳۸۸). در دهه‌های اخیر با اجرای طرح‌های متعدد سدسازی و شبکه‌های آبیاری زهکشی در کشورهای ترکیه، عراق و ایران و همچنین سیاست‌های غلط حکومت بعث عراق در بحث منحرف‌کردن آب رودخانهٔ دجله، هورالهویزه وضعیت مطلوبی ندارد و این تالاب که خود روزی منبع گیرش ریزگردها بوده، در سال‌های اخیر به یک منبع تولید ریزگرد تبدیل و باعث بروز مشکلات اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و سلامت انسان در مناطق تحت تأثیر شده است؛ به‌گونه‌ای که بسیاری از استان‌های کشورمان تحت تأثیر این پدیده قرارگرفته‌اند؛ از این‌رو احیا بودن هورالهویزه می‌تواند قسمتی از مشکلات مربوط به این پدیده را کاهش دهد. نرم‌افزاری که در این پژوهش برای شبیه‌سازی منابع آب حوضهٔ هورالهویزه، مورد استفاده قرار گرفته، مدل ویپ (WEAP[1]) است. از مدل WEAP در کشورهای مختلف در طرح‌ها مختلف تحقیقاتی و کاربردی استفاده شده است. لی و همکاران (۲۰۱۵) از مدل WEAP برای ارزیابی استراتژی‌های مدیریت منابع آب در منطقه ساحلی Binhai چین استفاده کردند. در این مطالعه برای بررسی وضعیت آب در دسترس منطقه تا سال ۲۰۲۰ برای مصارف مختلف، از مدل WEAP با اجرای سه رویکرد افزایش جمعیت شهری، تعدیل ساختار صنعتی و تغییر سیاست تخصیص منابع آب استفاده شد. نتایج نشان داد فشار بر منابع آب در آینده افزایش خواهد یافت و تأمین منابع آب در این منطقه با مشکل روبه‌رو خواهد شد. دهقان و همکاران (۱۳۹۴) برای تعیین مقدار آب تخصیص‌یافته برای بخش صنعت از سدهای گلستان و وشمگیر در حوضهٔ گرگان‌رود (استان گلستان) از مدل WEAP استفاده کردند. پس از بررسی‌های انجام‌شده و مدل کردن حوضهٔ گرگان‌رود و به‌دست آوردن درصد حجم آب قابل تخصیص برای نیازهای کشاورزی، صنعت، آبزی‌پروری و زیست‌محیطی با توجه به اهداف مورد نظر، نتایج به‌دست آمده، نشان داد که در برنامه‌ریزی جدید تخصیص منابع آب گرگان‌رود می‌توان با پذیرفتن ۵ درصد کاهش اعتمادپذیری سیستم، نیاز صنعت حاشیه سد وشمگیر را به میزان ۹/۵ میلیون مترمکعب تأمین کرد. کرمانشاهی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهش خود برای ارزیابی تأثیر مدیریت مصرف آب آبیاری بر منابع آب دشت نیشابور از مدل WEAP استفاده کردند. در این مطالعـه وضـعیت منـابع آب و تقاضـاهای آبیاری دشت نیشابور با استفاده از مدل WEAP بررسی شد. در این پژوهش رویکردهایی بـا عنـاوین تغییـر الگـوی کشت، کاهش سطح زیرکشت و سناریوی ترکیبی (ترکیب این دو راهکار) مطرح شد و سپس برای یک دوره ۲۰ ساله شبیه‌سـازی انجـام گرفـت. نتـایج نشان دادند که با اعمال این سناریوها، میانگین سالانه نیاز آبیاری به‌ترتیب حدود ۹، ۱۰ و ۱۸ درصد کمتر خواهد شد و متعاقباً از رقم میـانگین کسـری سالانه مخزن به‌ترتیب ۱۳، ۸ و ۱۸درصد کاسته می‌شود. یزدان‌پناه و همکاران (۱۳۸۶) با مطالعه‌ای در حوضهٔ ازغند واقع در خراسان رضوی نشان دادند که با تغییر الگوی کشت و با کاهش سطح زیرکشت اراضی کشاورزی، می‌توان به وضعیت تعادل آب زیرزمینی دست یافت. همچنین با استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری تحت‌فشار در صورت کاهش سطح زیرکشت اراضی کشاورزی تا حدودی می‌توان ذخیره آب زیرزمینی را افزایش داد؛ ولی در صورتی که استفاده از سیستم‌های تحت‌فشار با افزایش سطح زیرکشت همراه باشد، باعث افت شدید آب زیرزمینی خواهد شد. میرزایی و همکاران (۱۳۸۶) تخصیص بهینهٔ آب آبیاری را بین محصولات و بین زارعان در مناطق مختلف برای رسیدن به حداکثر بازدهی از مسائل مهم در مدیریت آبیاری برمی‌شمارد. در این پژوهش تخصیص بهینهٔ آب و الگوهای کشت در دشت تجن با توجه به تغییرات در درآمدهای مورد انتظار محصولات کشاورزی و افزایش قیمت آب تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد که بهینه‌سازی الگوهای کشت و تخصیص آب به بخش کشاورزی به افزایش سود مالی در این بخش کمک قابل‌توجهی می‌کند.

با توجه به وضعیت موجود هورالهویزه و ارتباط تنگاتنگ آن با پدیدهٔ گردوغبار که این روزها به یکی از مشکلات اصلی جامعه بدل شده، احیا بودن این تالاب به امری ضروری تبدیل شده است. در این پژوهش به بررسی تأمین یا عدم تأمین حقابه هورالهویزه در سال‌های آتی با استفاده از مدل WEAP پرداخته‌شده است. بررسی تأمین یا عدم

1- Water Evaluation and Planning System

www.SID.ir

Archive of SID

تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه در وضعیت مختلف بهره‌برداری با کشورهای ایران، عراق و ترکیه از نوآوری‌های پژوهش حاضر به شمار می‌آید. هدف از این پژوهش، بررسی وضعیت حاکم بر منابع آب سطحی حوضه‌های سد کرخه، رودخانه دجله و تالاب مرزی هورالهویزه در سه کشور ایران، عراق و ترکیه و شبیه‌سازی آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار WEAP و همچنین اجرای رویکردهای مختلفی همچون رویکرد توسعه و عدم توسعه بهره‌برداری از منابع آب با سه کشور ایران، عراق و ترکیه (در وضعیت فعلی و آینده) برای بررسی و پیش‌بینی تأمین یا عدم تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه

هورالهویزه با مساحتی معادل ۳۰۰۰ کیلومترمربع، یکی از تالاب‌های بزرگ جهان که در مرز ایران و عراق بین انتهای شاخه‌های دلتای شرق دجله و انتهای رودخانه کرخه واقع شده است (زیبانچی و همکاران، ۱۳۸۸). قسمتی از آب رودخانهٔ دجله بعد از وارد شدن به این تالاب، از انتهای تالاب با خروجی‌های تالاب تخلیه می‌شود و به اروندرود (شط‌العرب) می‌ریزد. این تالاب در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه تا ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقه قرار دارد (شکل ۱). حجم کل تالاب حدوداً معادل ۳۸۷۷ میلیون مترمکعب است و حجم مخزن محدودشده در خاک ایران تقریباً ۱۵۳۵ میلیون مترمکعب است (اسکافی و همکاران، ۱۳۹۳). منابع آبی تأمین‌کنندهٔ هورالهویزه (هورالعظیم) شامل انشعابات رودخانهٔ کرخه (هوفل، نیسان و کرخهٔ نور)، رودخانهٔ طیب[1] و دویرج[2] از ایران و انشعابات دجله (کهلا و مشاره) از عراق است.

داده‌های ورودی

با بررسی‌های انجام شده و اطلاعات به‌دست آمده، شماتیک شبکهٔ آبراهه‌های حوضهٔ رودخانه کرخه و دجله به‌صورت شکل ۲ در محیط نرم‌افزار WEAP ترسیم شد. در ادامه تمامی مصارف و برداشت‌ها از رودخانه کرخه در پایین‌دست سد کرخه، اعم از کشاورزی، شرب و صنعت به تفکیک محدوده‌های مطالعاتی و در حوضهٔ دجله به‌علت نداشتن اطلاعات مجزا در هر محدودهٔ مطالعاتی، مصارف و برداشت‌ها به تفکیک کشورهای موجود در حوضهٔ (ترکیه و عراق)، وارد مدل شد مهندیس مشاور بهان سد، ۱۳۹۱؛ آلتینبیلک، ۱۹۹۷).

شبیه‌سازی و واسنجی مدل WEAP در حوضهٔ سد کرخه

برای شبیه‌سازی حوضهٔ پایین‌دست سد کرخه در یک دورهٔ ۴۶ سال (۲۰۱۲-۱۹۶۷)، دبی عبوری از ایستگاه هیدرومتری K_1 (جدول ۱) به‌عنوان سرشاخهٔ حوضه در مدل در نظر گرفته شد. علت این انتخاب را می‌توان این‌گونه بیان کرد که این ایستگاه قبل ایجاد سد و همچنین بعد از احداث سد کرخه فعال بوده و در نزدیک‌ترین فاصله از سد کرخه است؛ به‌گونه‌ای که دبی ثبت‌شده در این ایستگاه از سال ۲۰۰۳ به بعد همان آب رهاشده از سد کرخه است. بعد از واردکردن مقادیر دبی عبوری از ایستگاه K_1 به‌عنوان دبی سرشاخه منطقه موردمطالعه (مهندسی مشاور بهان سد، ۱۳۹۱)، تمامی مصارف و برداشت‌ها از رودخانه کرخه در پایین‌دست سد کرخه و همچنین تمامی آبراهه‌ها و رواناب‌های ایجاد شده در سطح حوضهٔ پایین‌دست سد کرخه به مدل اضافه شد.

در ادامه برای بالا بردن دقت و کاهش خطای شبیه‌سازی، این مدل در دو مقطع مورد واسنجی و صحت‌سنجی قرار گرفت. مقطع اول در ایستگاه هیدرومتری K_2 (شکل ۲) و واسنجی مقطع دوم در نزدیکی هورالعظیم با چهار ایستگاه هیدرومتری K_3، K_4، K_5 و K_6 (شکل ۲) که هرکدام روی انشعابات رودخانهٔ کرخه در نزدیکی هورالعظیم قرار دارند، انجام شد. برای برآورد میزان خطای واسنجی و صحت‌سنجی در مدل شبیه‌سازی از شاخص میانگین قدر مطلق خطای نسبی (MARE[3]) استفاده شده است (معادله (۱)).

$$MARE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{|Q_{ci}-Q_{oi}|}{Q_{oi}} \qquad (۱)$$

در این معادله، Q_{ci} دبی محاسبه‌شده با مدل در سال iام، Q_{oi} دبی مشاهداتی ایستگاه آب‌سنجی در سال iام و n تعداد داده‌ها است. واسنجی با استفاده از با تغییر پارامترهایی مرتبط با مصارف انجام شد.

1- Tib
2- Dwairej
3- Mean Absolute Relative Error

www.SID.ir

Archive of SID

شبیه‌سازی و واسنجی مدل WEAP در حوضهٔ دجله

حوضهٔ دجله از دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه توروس در شرق ترکیه سرچشمه می‌گیرد و بعد از عبور از مرز سوریه وارد خاک عراق می‌شود. برای شبیه‌سازی ماهانهٔ حوضهٔ دجله در یک دورهٔ آماری ۱۸سال (۱۹۷۵-۱۹۵۸)، دبی عبوری از ایستگاه هیدرومتری T_1 (شکل ۲) در منطقه فیشخابور- توسان در ورودی عراق با اضافه‌کردن حجم مصارف و برداشت‌ها از رودخانه دجله و سرشاخه‌های آن در ترکیه به‌عنوان دبی سرشاخه رودخانه دجله در نظر گرفته شد. بعد از لحاظ کردن تمامی مصارف و برداشت‌ها اعم از کشاورزی، شرب و صنعت به تفکیک کشورهای واقع در حوضهٔ دجله، برای بالا بردن دقت و کاهش خطای شبیه‌سازی، مدل ایجادشده با ایستگاه هیدرومتری T_8 واقع در کشور عراق واسنجی و صحت‌سنجی شد.

شکل 1- موقعیت جغرافیایی هورالهویزه (هورالعظیم) (ریکاسویز، 2002)

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورداستفاده در منطقه مورد مطالعه (صالح، ۲۰۱۰)

	نام ایستگاه	نام رودخانه	مختصات جغرافیایی	طول دورهٔ آماری
T_1	PaishKhabur-Tusan	دجله	37°04′00″N/42°23′00″E	ژانویه ۱۹۵۸- سپتامبر ۱۹۷۵
T_2	Manquba	کزیر[1]	36°18′00″N/43°33′00″E	فوریه ۱۹۴۳- جولای ۱۹۹۴
T_3	Eski Kelek	زاب بزرگ	36°16′00″N/43°39′00″E	ژانویه ۱۹۳۲ - سپتامبر ۱۹۹۰
T_4	Altun Kupri-Goma	زاب کوچک	35°45′41″N/44°08′52″E	اکتبر ۱۹۳۲ - می ۱۹۸۷
T_5	Injana	ادهیم[2]	34°30′00″N/44°31′00″E	اکتبر ۱۹۴۵ - سپتامبر ۱۹۹۷
T_6	discharge site	دیاله[3]	35°06′01″N/45°42′02″E	ژانویه ۱۹۳۰ - سپتامبر ۱۹۹۱
T_7	Gharraf Canal	دجله	32°31′55″N/45°47′25″E	دسامبر ۱۹۴۰- مارس ۲۰۰۵
T_8	Kut Barrage	دجله	32°29′00″N/45°50′00″E	اکتبر ۱۹۳۱ - نوامبر ۲۰۰۵
K_1	پای پل	کرخه	32°25′00″N/48°09′00″ E	اکتبر ۱۹۶۲ - سپتامبر ۲۰۱۲

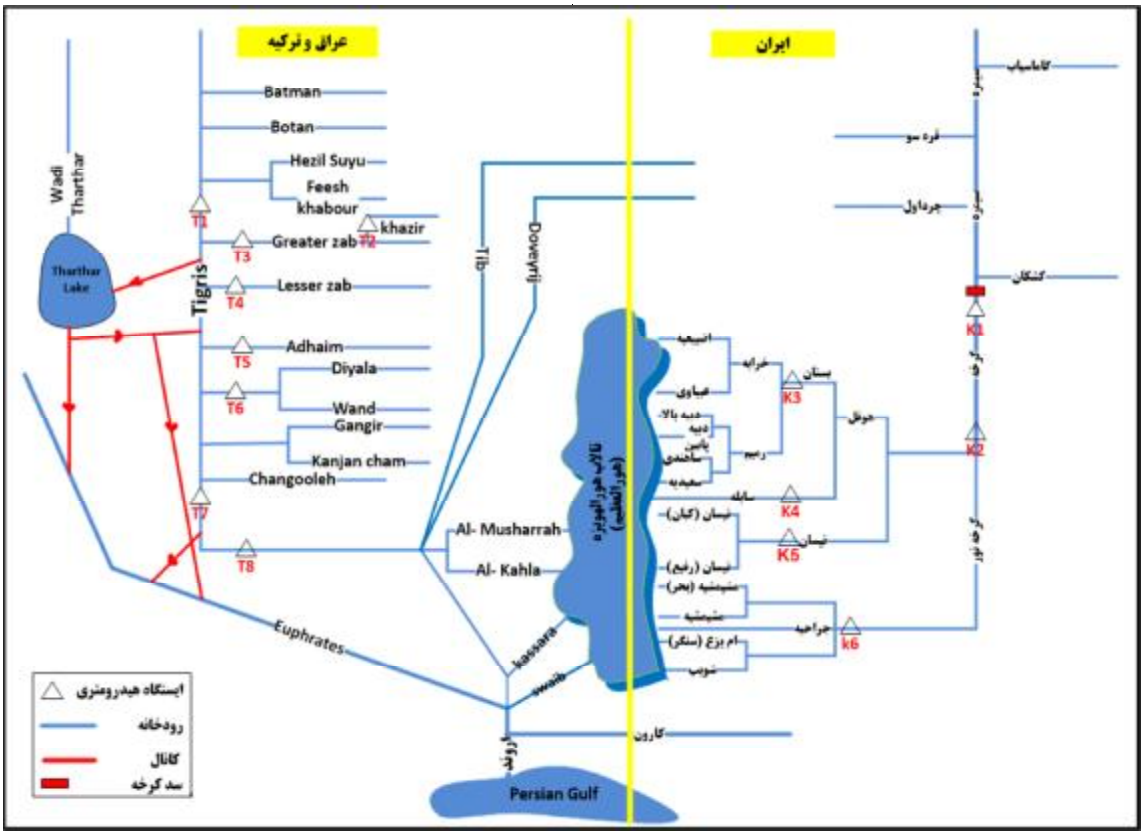
1- Khazir
2- Adhaim
3- Diyala

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۱-

	نام ایستگاه	نام رودخانه	مختصات جغرافیایی	طول دورهٔ آماری
K_2	حمیدیه	کرخه	31°30′00″N/48°26′00″ E	اکتبر ۱۹۶۲ - سپتامبر ۲۰۱۲
K_3	پل بستان- ام ۱۲	بستان	31°43′00″N/47°59′00″ E	اکتبر ۲۰۰۳ - سپتامبر ۲۰۱۲
K_4	پل سابله- ام ۹	سابله	31°41′00″N/47°54′00″ E	اکتبر ۲۰۰۳ - سپتامبر ۲۰۱۲
K_5	پل رفیع- ام ۶	نیسان	31°36′00″N/47°51′00″ E	اکتبر ۲۰۰۴ - سپتامبر ۲۰۱۲
K_6	یزد نو	کرخه نور	31°52′00″N/47°92′00″ E	اکتبر ۲۰۰۵ - سپتامبر ۲۰۱۲



شکل ۲- شماتیکی از رودخانه‌ها و ایستگاه‌های هیدرومتری حوضهٔ کرخه و دجله

معرفی رویکردها

حوضهٔ سد کرخه

مطابق با جدول ۲ روی مدل شبیه‌سازی‌شده سه رویکرد A_1 (پیش‌بینی آب ورودی به هورالعظیم در وضعیت عدم توسعهٔ حوضهٔ سد کرخه تا سال ۲۰۴۲)، A_2 (بررسی آب ورودی به هورالعظیم تا سال ۲۰۱۲) و A_3 (پیش‌بینی آب ورودی به هورالعظیم در وضعیت توسعهٔ حوضهٔ سد کرخه تا سال ۲۰۴۲) اجرا شد و میزان آب وارده به هورالعظیم با حداقل دبی موردنیاز برای رهاسازی به هورالعظیم که براساس مطالعات صورت‌گرفته با شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران در سال ۱۳۸۹، ۱۲۷۱ میلیون مترمکعب بر سال است، مقایسه شد (شرکت توسعه منابع آب و توسعه ایران، ۱۳۸۹). لازم است گفته شود که رویکرد A_2 یک رویکرد آماری یا به‌عبارت دیگر یک رویکرد تحلیل حساسیت است که با اجرای آن یک دید کلی از میزان آب وارده به تالاب تا سال ۲۰۱۲ به‌دست می‌آید.

حوضهٔ رودخانه دجله

برای بررسی تأمین یا عدم تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه از رودخانهٔ دجله، دو رویکرد B_1 (بررسی وضعیت حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه در وضعیت عدم توسعهٔ حوضهٔ رودخانه دجله تا سال ۲۰۴۲) و B_2

www.SID.ir

Archive of SID

(پیش‌بینی تأمین یا عدم تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه در وضعیت توسعه حوضهٔ رودخانه دجله تا سال ۲۰۴۲) روی مدل شبیه‌سازی‌شده اجرا شد و با حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه که ۲۱۰ مترمکعب بر ثانیه برآورد شده است، مقایسه شد (عراق، ۲۰۰۸).

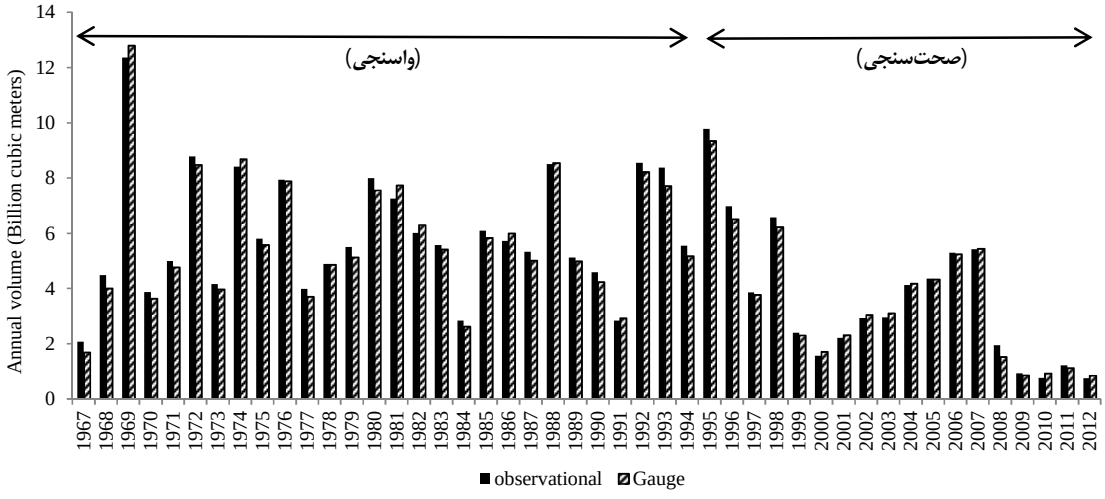
جدول ۲- رویکردهای مختلف اجرا شده روی مدل شبیه‌سازی منطقه مورد مطالعه

رویکرد	توضیحات	حوضهٔ
A_1	پیش‌بینی آب ورودی به هورالعظیم در وضعیت عدم توسعه بهره‌برداری در حوضهٔ سد کرخه تا سال ۲۰۴۲	پایین‌دست سد کرخه
A_2	بررسی آب ورودی به هورالعظیم تا سال ۲۰۱۲ (رویکرد تحلیل حساسیت یا رویکرد آماری)	
A_3	پیش‌بینی آب ورودی به هورالعظیم در وضعیت توسعه بهره‌برداری در حوضهٔ سد کرخه تا سال ۲۰۴۲	
B_1	بررسی وضعیت حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه در وضعیت عدم توسعه بهره‌برداری در حوضهٔ رودخانه دجله تا سال ۲۰۴۲	دجله
B_2	پیش‌بینی تأمین یا عدم تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه در وضعیت توسعهٔ بهره‌برداری در حوضهٔ رودخانه دجله تا سال ۲۰۴۲	

نتایج و بحث

بررسی نتایج واسنجی و صحت‌سنجی مدل WEAP در حوضه سد کرخه

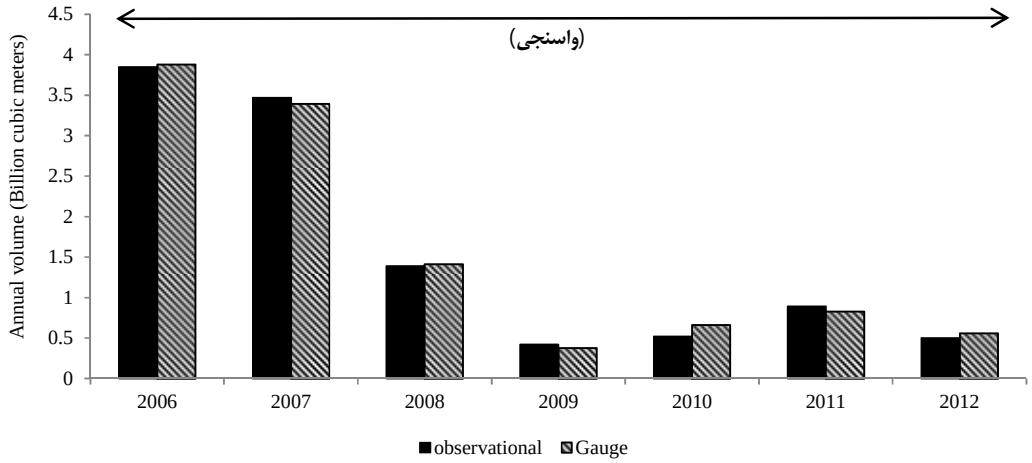
برای ارزیابی میزان دقت مدل شبیه‌سازی‌شده در حوضهٔ سد کرخه و برآورد میزان خطای شبیه‌سازی، مدل WEAP در دو مقطع واسنجی و صحت‌سنجی شد. همان‌گونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، واسنجی مدل در ایستگاه K_2 در یک دورهٔ آماری ۲۸ سال (۱۹۶۷-۱۹۹۴) و صحت‌سنجی آن طی دوره ۱۸ سال بعد از آن (۱۹۹۵- ۲۰۱۲) انجام و مقدار میانگین قدر مطلق خطای نسبی (MARE) با توجه به رابطهٔ (۱) طی دوره واسنجی و صحت‌سنجی به‌ترتیب برابر ۰/۰۵۷ و ۰/۰۶۶ برآورد شد. همان‌گونه که در شکل ۴ دیده می‌شود، واسنجی مدل شبیه‌سازی‌شده حوضهٔ سد کرخه در مقطع دوم با مجموع چهار ایستگاه هیدرومتری K_3، K_4، K_5 و K_6 در یک دورهٔ آماری ۷ سال (۲۰۰۶-۲۰۱۲) به‌علت تازه احداث بودن ایستگاه‌های هیدرومتری و نداشتن آمار درازمدت آبدهی، انجام و مقدار میانگین قدر مطلق خطای نسبی (MARE) با توجه به معادلهٔ (۱) برابر ۰/۰۷۷ برآورد شد.



شکل ۳- واسنجی و صحت‌سنجی مدل شبیه‌سازی‌شده حوضهٔ سد کرخه در مقطع اول (ایستگاه هیدرومتری K_2)

www.SID.ir

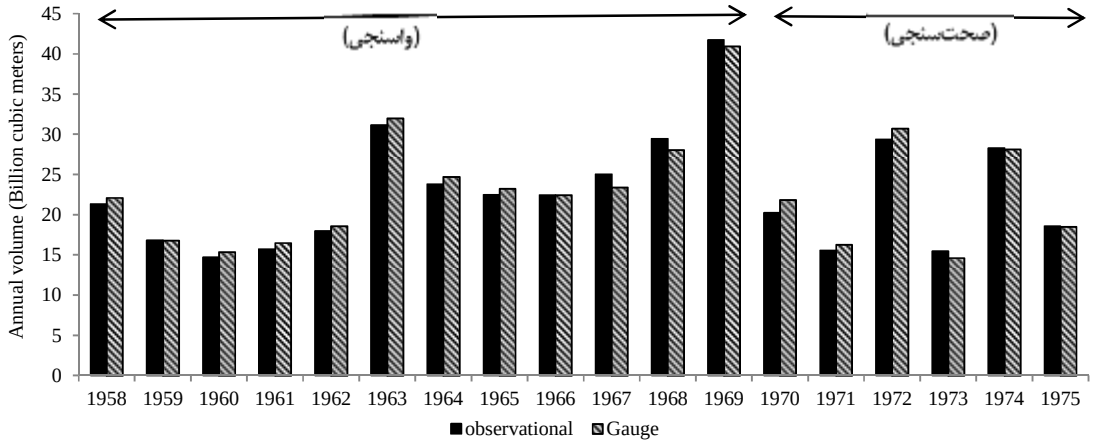
Archive of SID



شکل ۴- واسنجی مدل شبیه‌سازی‌شده حوضهٔ سد کرخه در مقطع دوم (مجموع چهار ایستگاه هیدرومتری)

بررسی نتایج واسنجی و صحت‌سنجی مدل WEAP در حوضهٔ دجله

مطابق شکل ۵ شبیه‌سازی مدل WEAP در حوضهٔ رودخانهٔ دجله در ایستگاه هیدرومتری T_8 طی یک دوره ۱۲ سال (۱۹۶۹-۱۹۵۸) واسنجی و در ادامه در یک دوره ۶ سال (۱۹۷۵-۱۹۷۰) صحت‌سنجی شد و مقدار میانگین قدرمطلق خطای نسبی (MARE) با توجه به رابطهٔ (۱) طی دورهٔ واسنجی و صحت‌سنجی به‌ترتیب برابر ۰/۰۳۳ و ۰/۰۳۷ برآورد شد.



شکل ۵- واسنجی و صحت‌سنجی مدل شبیه‌سازی‌شده حوضهٔ دجله در ایستگاه هیدرومتری T_8 در منطقهٔ کوت (Kut)

بررسی نتایج رویکردهای اجراشده در مدل شبیه‌سازی WEAP

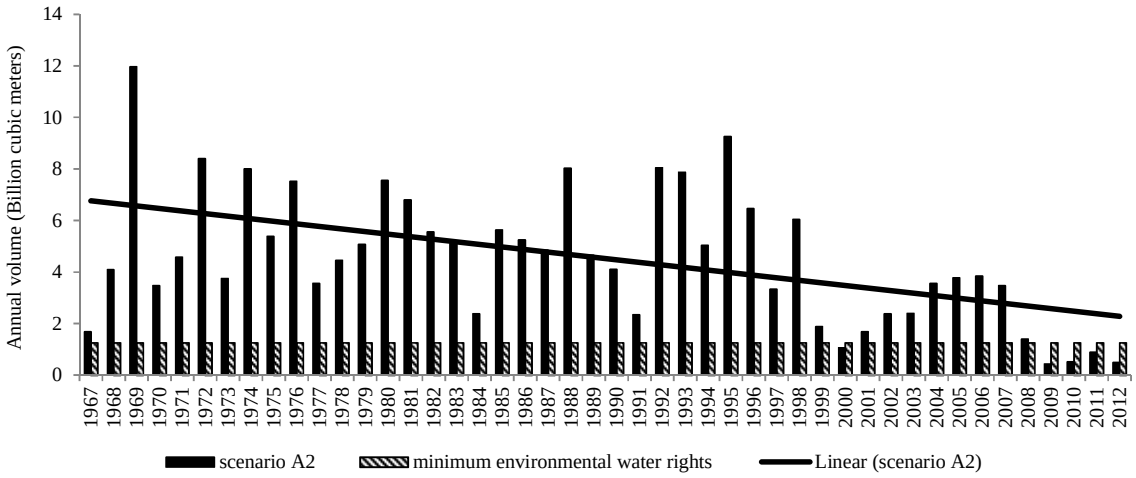
حوضهٔ سد کرخه

مطابق شکل ۶ در رویکرد A_2 طی دورهٔ آماری سال ۱۹۶۷ تا ۲۰۱۲ فقط در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۹-۲۰۱۲ حقابهٔ زیست‌محیطی هورالعظیم تأمین نشده است که علت آن در سال ۲۰۰۰ می‌تواند کاهش نزولات جوی در حوضهٔ آبریز کرخه و در دورهٔ ۲۰۰۹ -۲۰۱۲ علاوه بر کاهش نزولات جوی، کاهش میزان آب رهاسازی‌شده از سد کرخه است؛ اما به‌صورت کلی از سال ۱۹۶۷-۲۰۱۲ میزان آب ورودی به هورالعظیم روند نزولی را در پیش داشته است که علت این امر، می‌تواند ساخت سدهای متعدد در بالادست هورالعظیم در حوضهٔ کرخه و در راستای آن توسعه شبکه‌های آبیاری زهکشی در پایین‌دست سدها

www.SID.ir

Archive of SID

باشد (شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، ۱۳۸۸). مطابق جدول ۳ درصد عدم تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی هورالعظیم براساس منحنی تداوم جریان حجم آب سالانه رها شده برای هورالعظیم در رویکرد A_2 حدود ۱۱ درصد است که اگر تمهیدات لازم در راستای کاهش مصارف مختلف به‌ویژه کشاورزی صورت نگیرد، این پارامتر می‌تواند در سال‌های آتی رقم بالاتری را به خود اختصاص دهد.



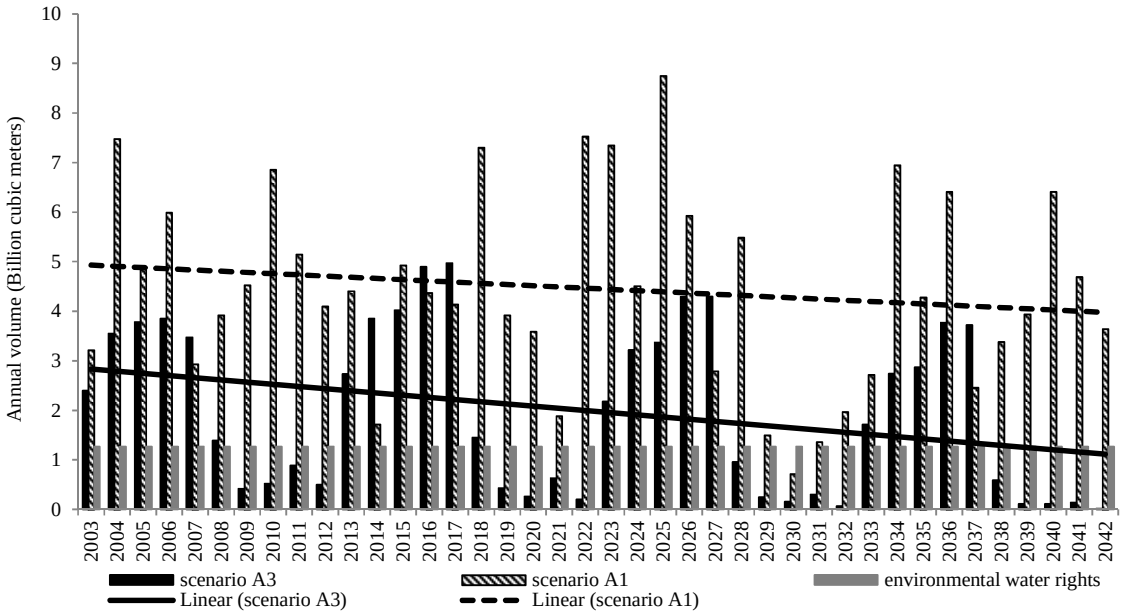
شکل ۶- مقایسه میزان آب ورودی به هورالعظیم در رویکرد A_2 (میلیارد مترمکعب) با حقابهٔ زیست‌محیطی تالاب

در رویکرد A_3 با تکرار سیکل هیدرولوژیکی (۲۰۰۳-۲۰۱۲) از سال ۲۰۱۳ تا سال ۲۰۴۲، مشاهده می‌شود که نمودار مربوط به رویکرد A_3 با یک فرم خاصی (شکل ۷) در حال تکرار بوده که علت این امر همان تکرار دورهٔ آماری ۱۰ سال بعد از احداث سد کرخه است؛ اما علت این‌که در دورهٔ آماری ۲۰۱۳ -۲۰۲۲ حجم آب بیشتری نسبت به دوره ۲۰۰۳-۲۰۱۲ وارد تالاب شده، این است که از سال ۲۰۰۹ با کاهش نزولات جوی در حوضهٔ کرخه و در راستای آن کاهش آب رهاسازی از سد کرخه برای تأمین حداقل حقابهٔ زیست‌محیطی تالاب در اراضی پایین‌دست سد کرخه، محدودیت کشت لحاظ و این امر باعث شد آب بیشتری وارد تالاب شود. نمودار مربوط به رویکرد A_3 به‌خوبی نشان می‌دهد که اگر وضعیت و سیاست‌های حاکم بر حوضهٔ کرخه در مورد احداث سدهای متعدد و توسعهٔ شبکه‌های آبیاری پایین‌دست سد به همین نحو ادامه پیدا کند و تجدیدنظری در آن‌ها صورت نگیرد همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، در ۴۵ درصد از مواقع طی این دورهٔ آماری حقابهٔ زیست‌محیطی هورالعظیم تأمین نخواهد شد که به‌عنوان مثال یکی از علل آن می‌تواند توسعهٔ شبکه‌های آبیاری برای زیر آب بردن ۳۲۰۰۰۰ هکتار از اراضی دشت خوزستان در پایین‌دست سد کرخه باشد که این اتفاق می‌تواند مشکلات متعددی را به‌ویژه در بحث ریزگردها برای کشور به همراه داشته باشد. در رویکرد A_1 اگرچه مقدار عددی شاخص عدم تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی تالاب به حداقل مقدار خود رسیده است؛ اما باز هم در حدود ۲/۵ درصد از مواقع طی این دورهٔ آماری حقابهٔ زیست‌محیطی تالاب با صرف‌نظر از تأثیر سد کرخه و طرح‌های توسعه آبیاری زهکشی پایین‌دست آن، تأمین نشده است. این موضوع می‌تواند این‌گونه تحلیل شود که حتی اگر سد کرخه و طرح‌های توسعه آبیاری زهکشی پایین‌دست آن اجرایی نمی‌شد، بازهم در بعضی مواقع امکان عدم تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی هورالعظیم وجود داشت که علت آن، می‌تواند الگوی کشت حاکم بر منطقه و استفاده از روش‌های آبیاری سنتی در منطقه موردمطالعه باشد. با مقایسهٔ میزان آب ورودی به هورالعظیم در دو رویکرد A_3 و A_1 طی یک دوره ۴۰ سال (۲۰۰۳-۲۰۴۲) مطابق شکل ۷، در اکثر سال‌ها میزان آب ورودی به هورالعظیم در رویکرد A_1 بیشتر از رویکرد A_3 است که علت این امر، صرف‌نظر کردن از طرح‌های توسعه کشاورزی و سد کرخه در رویکرد A_1 است. همچنین اختلاف حجم آب ورودی به هورالعظیم در دو رویکرد نام

www.SID.ir

Archive of SID

برده، طی دورهٔ ۴۰ سال (۲۰۰۳-۲۰۴۲) حدوداً ۹۹ میلیارد مترمکعب است که خود بیان‌کنندهٔ میزان تأثیر سد کرخه و طرح‌های توسعه کشاورزی در منطقهٔ مورد مطالعه بر میزان حجم ورودی به هورالعظیم در این دوره ۴۰ سال است.



شکل ۷- مقایسه میزان حجم آب ورودی به هورالعظیم در دو رویکرد A_3 و A_1 با حقابهٔ زیست‌محیطی تالاب (میلیارد مترمکعب)

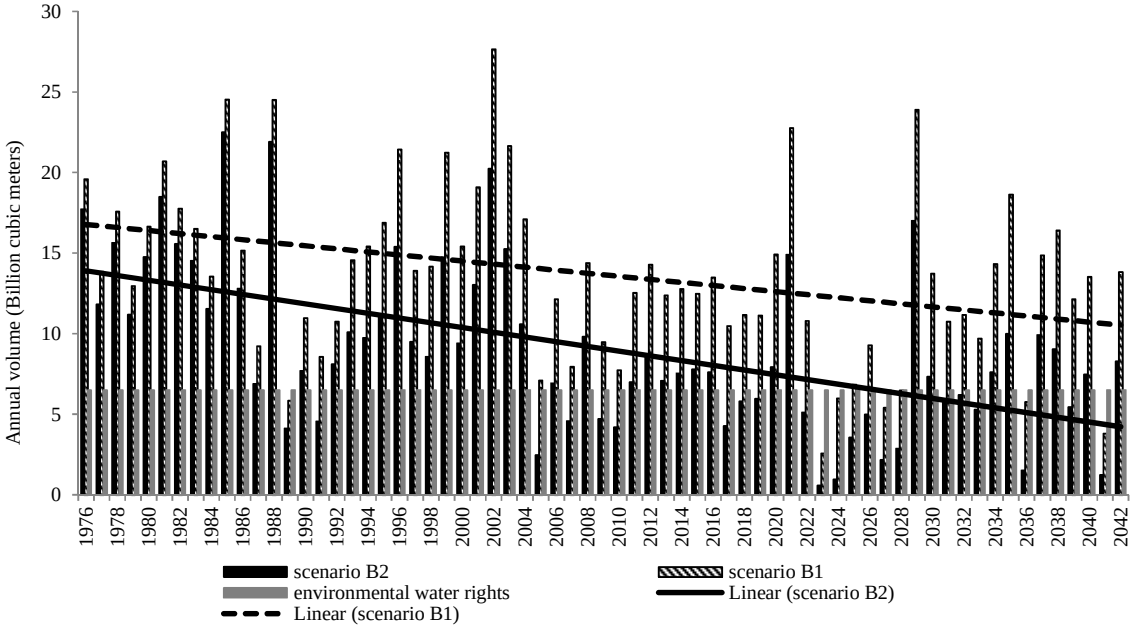
حوضهٔ رودخانه دجله

براساس نتایج به‌دست آمده از مدل شبیه‌سازی‌شده، در رویکرد B_2 از سال ۱۹۷۶ -۲۰۰۲ حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه در اکثر مواقع قابل تأمین بوده است (شکل ۸)؛ اما با تصمیمات حکومت وقت عراق بیشتر از دوسوم حجم آب رودخانهٔ دجله قبل از رسیدن به تالاب منحرف و آن یک‌سوم باقیمانده براساس نظرات کارشناسان محلی برای تأمین حقابهٔ اراضی کشاورزی افراد بعثی که در نزدیکی تالاب ساکن بودند، رها می‌شد؛ اما بعد از سال ۲۰۰۲ با تخریب بندهای انحرافی با مردم و حکومت وقت، دوباره تالاب‌ها شکل احیاشده‌ای را به خود گرفتند. از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱ نوسانات زیادی در راستا احیای تالاب‌های سه‌گانه به‌خصوص هورالهویزه انجام شد که دلیل آن را می‌توان خشک‌سالی، سدهای ساخته‌شده در بالادست رودخانه و انحراف آب از منابع تغذیه‌کننده و خود هورالهویزه با کشاورزان محلی بیان کرد (اسکافی و همکاران، ۱۳۹۳). به‌طورکلی با مشاهدهٔ نمودار مربوط به رویکرد B_2 در شکل ۸، می‌توان این‌گونه بیان کرد که اگر وضعیت حاکم بر حوضهٔ رودخانهٔ دجله به همین منوال ادامه پیدا کند و کشورهای ترکیه و عراق به احداث سدهای متعدد و اجرای طرح‌ها توسعهٔ آبیاری بپردازند (آلتینبیلک، ۱۹۹۷؛ عراق، ۲۰۰۸)، در حدود ۳۳ درصد از مواقع حقابهٔ تالاب تأمین نمی‌شود (جدول ۳) که این امر می‌تواند مشکلات فراوانی را برای کشورهای ایران و عراق در پی داشته باشد. برای جلوگیری از این رخداد، حوضهٔ رودخانهٔ دجله، نیازمند یک طرح مدیریت جامع آب است که طبق آن تمامی کشورهای شامل این حوضه، موظف به انجام تعهدات خود در راستای تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه باشند که این تعهدات می‌تواند به‌عنوان‌مثال تغییر الگوی کشت، بهینه‌سازی مخازن سدها، رهاسازی حقابهٔ کشورهای پایین‌دست، توقف طرح‌های سدسازی، صرفه‌جویی در میزان مصرف آب به‌ویژه در بخش کشاورزی و موارد دیگر باشد؛ اما در رویکرد B_1 با حذف سدسازی‌های انجام شده و طرح‌های توسعهٔ کشاورزی موجود در حوضهٔ دجله مشاهده می‌شود که فقط در ۹ درصد از مواقع حقابهٔ تالاب تأمین نمی‌شود (جدول ۳) که علت آن می‌تواند الگوی کشت حاکم بر حوضهٔ یا سیستم‌های آبیاری سنتی موجود در کشور عراق باشد که در صورت اصلاح این موارد، به‌یقین شاخص عدم تأمین حقابهٔ تالاب به کمترین مقدار خود خواهد رسید.

www.SID.ir

Archive of SID

به‌طورکلی با مقایسهٔ حجم سالانهٔ آب دجله در ورودی هورالهویزه در دو رویکرد اجراشده طی دورهٔ آماری ۱۹۷۶-۲۰۴۲، در تمامی سال‌ها حجم آب در دسترس برای تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه در رویکرد B_1 بیشتر از رویکرد B_2 است که علت این امر صرف‌نظر کردن از سدهای احداث‌شده و یا برنامه‌ریزی‌شده در حوضهٔ رودخانه دجله است. همچنین اختلاف حجم آب در دسترس در دو رویکرد اجراشده طی دورهٔ آماری ذکرشده حدود ۳۰۷/۵ میلیارد مترمکعب است که این عدد خود نشان‌دهندهٔ تأثیر احداث سدهای متعدد در حوضهٔ دجله طی دورهٔ آماری یادشده است.



شکل ۸- مقایسهٔ میزان حجم سالانه آب رودخانهٔ دجله در ورودی هورالهویزه در دو رویکرد B_1 و B_2 با حقابه تعیین‌شده هورالهویزه (میلیارد مترمکعب)

جدول ۳- مقایسه شاخص عدم تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه در رویکردهای مختلف

شاخص عدم تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی					
	کرخه			دجله	
رویکرد	A_1	A_2	A_3	B_1	B_2
درصد عدم تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی	۲/۵	۱۱	۴۵	۹	۳۳

همچنین نتایج به‌دست آمده از اجرای رویکرد B_2 در حوضهٔ آبریز دجله با پژوهش آلتینبیلک (۱۹۹۷) مقایسه شد. براساس پژوهش نامبرده، میزان آب خروجی از رودخانه دجله به اروندرود در سال ۲۰۴۰ حدوداً برابر با ۹/۵ میلیارد مترمکعب پیش‌بینی شد که با نتایج به‌دست آمده از مدل شبیه‌سازی‌شده WEAP در این پژوهش (۸ میلیارد مترمکعب) با در نظر گرفتن وضعیت کاملاً مناسب از نظر تأمین حداکثری حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه تقریباً همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

بررسی وضعیت حاکم بر منابع آب سطحی حوضهٔ رودخانه دجله و سد کرخه و همچنین پیش‌بینی وضعیت تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه (هورالعظیم) در وضعیت فعلی و آینده تا سال ۲۰۴۲ با اجرای رویکردهای (A_1، A_3) و (B_1، B_2) به‌ترتیب در حوضهٔ سد کرخه و حوضهٔ رودخانه دجله انجام شد. نتایج نشان داد که در صورت اجرای رویکرد A_3، در ۴۵ درصد از مواقع حقابهٔ زیست‌محیطی هورالعظیم تأمین نشده است که علت این امر می‌تواند توسعهٔ شبکه‌های آبیاری برای زیر آب بردن

www.SID.ir

Archive of SID

۳۲۰ هزار هکتار از اراضی دشت خوزستان در پایین‌دست سد کرخه باشد. همچنین با اجرای رویکرد A_1 مشخص شد که تنها در سال ۲۰۳۰ حقابهٔ زیست‌محیطی هور تأمین نمی‌گردد و در بقیه دوره مازاد بر حقابه هورالعظیم وارد آن می‌شود. علاوه بر دو رویکرد A_3 و A_1 با اجرای رویکرد B_2 روی حوضهٔ رودخانه دجله مشخص شد که اگر یک طرح مدیریت جامع آب در حوضهٔ دجله انجام نشود، حداقل در ۳۳ درصد از مواقع حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه تأمین نمی‌گردد. نتایج این رویکرد با پژوهش آلتینبیلک (۱۹۹۷) نسبتاً هماهنگ است. از طرف دیگر، با بررسی نتایج به‌دست آمده از رویکرد B1 (عدم توسعهٔ بهره‌برداری در حوضهٔ دجله) می‌توان بیان کرد که فقط در حدود ۹ درصد از مواقع تا سال ۲۰۴۲ حقابهٔ زیست‌محیطی هورالهویزه تأمین نمی‌شود. برای جلوگیری از این رخداد، تغییر سیاست الگوی کشت در منطقه موردمطالعه و جایگزین کردن الگوی کشت مناسب با وضعیت اقلیمی و هیدرولوژیکی منطقه، به‌روزرسانی سیستم‌های آبیاری، عدم استفاده از روش‌های سنتی آبیاری، بهینه‌سازی مخازن سدهای موجود در منطقه موردمطالعه و تغییر در میزان آب رهاسازی از آن‌ها بسته به وضعیت زمانی حاکم در راستای تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی تالاب می‌تواند پیشنهاد مناسبی باشد. از روش مورد استفاده در این پژوهش می‌توان برای بررسی و پیش‌بینی تأمین یا عدم تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی هور مرکزی و هورالحمار که هم‌اکنون وضعیتی مشابه با هورالهویزه را دارند، استفاده کرد و در صورت عدم تأمین حقابهٔ زیست‌محیطی این تالاب‌ها، برای پیشگیری از مشکلات جانبی آن‌ها تمهیدات لازم در نظر گرفته شود.

منابع

۱. اسکافی پ، دامن‌پاک ا، و چنگیزی ع، ۱۳۹۳. بررسی اثر تغییرات هیدرولوژیکی تالاب‌های بین‌النهرین بر ایجاد پدیده گردوغبار (مطالعه موردی تالاب هورالعظیم در جنوب غرب ایران)، کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط‌زیست و گردشگری، تبریز. ۱-۱۴.

۲. دهقان ز، دلبری م، و محمدرضاپور ا، ا، ۱۳۹۴. برنامه‌ریزی تخصیص منابع آب تحت سناریوهای مدیریتی در حوضه گرگان‌رود. نشریه دانش آب و خاک. ۲۵: ۱۱۷-۱۳۲.

۳. زیبانچی م، ناصری ع، جعفرزاده حقیقی فرد ن، ا، و بینا م، ۱۳۸۸. تشریح یک مدل بیلان کمی و کیفی در تعیین حقابه تالاب‌ها (تالاب هورالعظیم)، سومین همایش تخصصی مهندسی محیط‌زیست، تهران. ۱-۸.

۴. شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، ۱۳۸۸. طرح سیستمی حوضهٔ آبریز رودخانه کرخه، مطالعات مصارف آب، جلد سوم، ۲۷۷: ۲۷۰-۲۷۵.

۵. شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، ۱۳۸۹. طرح سیستمی حوضهٔ آبریز کرخه، مطالعات اقتصادی و زیست‌محیطی، جلد چهارم، ۳۴۶: ۱۲۷-۱۳۰.

۶. شرکت مهندسان مشاور بهان سد، ۱۳۹۱ الف. گزارش نهایی منابع آب سطحی (کمی و کیفی) حوضهٔ آبریز کرخه، جلد چهارم، ۳۱۵: ۳۶-۳۹.

۷. شرکت مهندسان مشاور بهان سد، ۱۳۹۱ ب. مطالعات به‌هنگام‌سازی طرح جامع آب کشور در حوضهٔ آبریز کرخه، جلد هفتم، ۸۵: ۱-۶۵.

۸. کرمانشاهی س، داوری ک، هاشمی‌نیا س، م، فریدحسینی ع، و انصاری ح، ۱۳۹۱. کاربرد مدل WEAP در ارزیابی تأثیر مدیریت مصرف آب آبیاری بر منابع آب دشت نیشابور، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۷: ۴۹۵-۵۰۵.

۹. میرزایی ا، کوپاهی م، و کرامت‌زاده ع، ۱۳۸۶. اثر استراتژی‌های قیمتی آب بر تخصیص آب آبیاری (مطالعه موردی دشت تجن استان مازندران)، ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، مشهد، ۱-۱۹.

۱۰. یزدان‌پناه ط، خداشناس س، ر، داوری ک، و قهرمان ب، ۱۳۸۶. مدیریت منابع آب حوضه‌آبریز با استفاده از مدل WEAP (مطالعه موردی حوضه ازغند)، مجله علوم و صنایع کشاورزی، ویژه آب و خاک، ۲۲: ۲۱۳-۲۲۱.

11. Altinbilek H. D. 1997. Water and land resources development in southeastern Turkey. International Journal of Water Resources Development. 13: 311-32.

12. Iraq N. 2008. Management Plan for the Al-Hawizeh Marsh Ramsar Site of Iraq. Second

www.SID.ir

Archive of SID

Draft. Volume 2: Management Issues and Recommendation .Sulaimani, Iraq. Nature Iraq.

13. Li X. Zhao Y. Shi C. Sha J. Wang Z.-L. and Wang Y. 2015. Application of Water Evaluation and Planning (WEAP) model for water resources management strategy estimation in coastal Binhai New Area, China. Ocean & Coastal Management. 106: 97-109.
14. Rekacewicz P. 2002. From wetlands to dry lands: the destruction of the Mesopotamian marshlands. Collection Vital Water Graphics, UNEP/GRID-Arendal, 168 tags
15. Saleh D. K. 2010. Stream gage descriptions and streamflow statistics for sites in the Tigris River and Euphrates River Basins, Iraq: U.S. Geological Survey Data Series 540. 146 p.

www.SID.ir