جغرافیا و پایداری محیط، شمارهٔ ۲۰، پاییز ۱۳۹۵
صص. ۶۷-۵۵

بررسی راهکارهای سازه‌ای و غیر سازه‌ای مدیریت پایدار منابع آب دشت همدان – بهار

سید احسان فاطمی* - استادیار مهندسی آب، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
علی بهراملو - کارشناس ارشد مهندسی آب، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
محمد حسین ادیب راد - استادیار مهندسی آب، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

وصول: ۱۳۹۵/۰۱/۳۰ **پذیرش:** ۱۳۹۵/۰۵/۲۸

چکیده

منابع تامین‌کنندهٔ آب شرب شهر همدان شامل سدّ اکباتان و منابع آب زیرزمینی دشت همدان - بهار است. با توجّه به بحران آب موجود در منطقه، در این پژوهش، امکان تأمین آب شرب شهر در افق‌های زمانی میان‌مدّت (سال ۱۴۱۰) و بلندمدّت (سال ۱۴۳۰) بررسی شده است. برای این منظور، اقدام به مدل‌سازی سیستم منابع و مصارف حوضهٔ سدّ اکباتان و منبع زیرزمینی تأمین‌کنندهٔ آب شرب به کمک نرم‌افزار ویپ با استفاده از آمار ۴۰ ساله گردید. ابتدا شرایط واقعی مصارف و منابع حوضهٔ آبریز در شرایط فعلی و دو حالت برداشت آب غیرمجاز و مجاز از منبع آب زیرزمینی مدل شد. نتایج نشان داد که در وضع برداشت مجاز آب از منابع زیرزمینی، مقادیر کمبود سالانهٔ آب شرب همدان حدود ۲/۸٪ است. همچنین این مقدار در سایر بخش‌های مصرفی در محدودهٔ مجاز قرار گرفت. سپس با داشتن مصارف سرانه و برآورد جمعیّت شهری در افق‌های زمانی مذکور، ابتدا میزان تقاضای آب شرب محاسبه و با ثابت در نظر گرفتن تقاضای آبی در سایر بخش‌ها، مدل‌سازی حوضهٔ آبریز در افق‌های زمانی تحقیق انجام شد. بر اساس نتایج، شهر همدان با منابع آب و روند رشد جمعیّت موجود، در سال‌های ۱۴۱۰ و ۱۴۳۰ به ترتیب با ۱۹/۶٪ و ۳۴/۳٪ کمبود مواجه خواهد شد. با توجّه به ثابت بودن منابع آب و کمبودهای قابل توجّهی که در افق‌های تحقیق به دست آمد، جهت مقابله با این کمبودها، با مدیریت عرضه و تقاضا، راهکارهای سازه‌ای و غیر سازه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که راهکارهای سازه‌ای به تنهایی پاسخگو نبوده و ضروری است که در کنار راهکار سازه‌ای، راهکارهای غیر سازه‌ای به عنوان راهکار پایدار و اثرگذار ملاک عمل قرار گیرد.

***واژگان کلیدی:** تقاضای آبی، مدل ویپ، سدّ اکباتان، مدل‌سازی منابع و مصارف آب، پایداری حوضهٔ آبریز.*

*. نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۳۱۰۱۳۸۲۴
E-mail: se.fatemi@razi.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدّمه

ایران جزء کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان است که به دلیل رشد جمعیّت، گسترش شهرنشینی و توسعهٔ بخش‌های کشاورزی و صنعت، پیوسته با افزایش تقاضای آب مواجه بوده است. تداوم افزایش میزان تقاضا باعث افزایش شکاف میان عرضه و تقاضای آب در آینده خواهد شد (یزدان‌پناه و همکاران، ۱۳۸۷). با افزایش رشد جمعیّت، مصارف صنعتی و داخلی در کشورهای درحال‌توسعه، بسیار سریع‌تر از تقاضای آب در بخش کشاورزی رشد می‌یابند (ابریشم‌چی و همکاران، ۲۰۰۷). استفاده از مدل‌سازی در مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب، امروزه با توسعهٔ ابزارهای محاسباتی و پیچیده‌ترشدن مسائل مرتبط، به مدل‌های کامپیوتری بسیار وابسته شده است. نقش این مدل‌ها، تعیین روش‌های گوناگون موجود جهت رسیدن به اهداف برنامه‌ریزی و مدیریت و ارزیابی تأثیرات آنها است. مدل ویپ[1] در سال ۱۹۹۰ توسّط مؤسّسهٔ محیط‌زیست استکهلم ارائه شده است. ویپ یک مدل جامع و پیشرفتهٔ شبیه‌سازی سیستم‌های منابع آب است که در مدیریت منابع آب حوضه‌های آبریز کاربرد گسترده‌ای دارد. این نرم‌افزار از نقطه‌نظر ابزار تحلیلی، می‌تواند تمام ابعاد مدیریت آب و چاره‌اندیشی‌های متفاوت را ارزیابی کند و مصارف چندمنظوره و رقابتی را در یک سیستم منابع آب مدل نماید (سعیدی‌نیا و صمدی بروجنی، ۱۳۸۷).

موهی و موسی[2] (۲۰۱۶) پژوهشی را با هدف بررسی سناریوهای مختلف برای رسیدن به خودکفایی در بخش آب تا سال ۲۰۲۵ با کمک نرم‌افزار ویپ انجام دادند. مقایسهٔ نتایج نشان داد که تا سال ۲۰۲۵ کمبود ۲۶٪ در بخش‌های مختلف مصرف آب وجود خواهد داشت اگر با روند فعلی به مصرف منابع آب پرداخته شود. برای رفع این نقیصه راهکارهای مختلف از جمله اصلاح الگوی کشت، استفاده از روش‌های نوین آبیاری، اصلاح شبکهٔ آب‌رسانی و زمان‌بندی آبیاری محصولات کشاورزی ارائه شد و این سناریوها با نرم‌افزار ویپ مدل گردید. در این شرایط، آنها توانستند کمبودهای آبی را در سال ۲۰۲۵ به محدودهٔ مجاز برسانند. ژی[3] و همکاران (۲۰۱۵) نیز پژوهشی را به منظور بررسی وضعیّت منابع آب در حوضهٔ بهنا[4] در کشور چین تا سال ۲۰۲۰ و با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف اجتماعی و توسعهٔ شهرنشینی انجام دادند. آنها نیز همانند پژوهش قبلی، با در نظر گرفتن استراتژی‌های مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی شهری از سه سناریوی شهرنشینی، تعدیل ساختار صنعتی و تغییر سیاست تخصیص منابع آب در مدل ویپ استفاده کردند. نتایج نشان داد که این مدل، به خوبی توانایی مدل‌سازی استراتژی‌های مختلف و برآورد آنها را در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدّت، میان‌مدّت و بلندمدّت را دارد و به خوبی می‌تواند در ارائهٔ راهکارهای مدیریت منابع آب در حال و آینده مفید واقع شود. آلفرا[5] و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای به بررسی اثرات افزایش سریع رشد جمعیّت و توسعهٔ بخش کشاورزی، بر افزایش میزان تقاضا برای منابع آبی جدید در درّهٔ اردن پرداختند. آنها در این پژوهش، گزینه‌های جایگزین تأمین آب در درّهٔ اردن را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که ادامهٔ روند کنونی مصرف، در آینده منجر به افزایش فاصلهٔ بین عرضه و تقاضا در شهر عمان خواهد شد، در حالی که بخش کشاورزی، خروجی‌های خود را حفظ می‌کند. موتیگا[6] و همکاران (۲۰۱۰) طی پژوهشی در حوضهٔ اواسونیرو[1] در کنیا برای به حداقل

1- Water Evaluation and Planning System (WEP)
2- Mohie & Moussa
3- Xue
4- Bhna
5- Alfarra
6- Mutiga

Archive of SID

www.SID.ir

رساندن تعارضات بر سر مصرف آب در حوضه، هماهنگی بین عرضه و تقاضا، منابع آب را توسّط مدل ویپ مورد بررسی قرار دادند. آنها نتیجه گرفتند که بیشترین مقدار تقاضا و در نتیجه دلیل کشمکش‌ها مربوط به بخش کشاورزی بوده و پیشنهاد کردند برای حلّ این مشکل، کشت دیم در منطقه توسعه یابد.

سامبوم[۲] و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از مدل ویپ مطالعه‌ای را روی دریاچهٔ ژوریس[۳] جهت بررسی وضعیّت منابع آب در آینده (آب در دسترس و مقدار نیاز) تحت سناریوهای تغییر اقلیم و رشد جمعیّت تا سال ۲۰۵۰ انجام دادند. فرق این پژوهش با مطالعات قبلی در نظر گرفتن سناریوی تغییر اقلیم است. نتایج نشان داد که فشار بر منابع آب دریاچهٔ ژوریس افزایش خواهد یافت که این امر سبب به وجود آمدن رقابت بیشتر بین بخش کشاورزی و بخش شرب و صنعت شهری می‌شود. همچنین کاهش جریانات ورودی با توجّه به تغییرات آب‌وهوایی، این وضعیّت را تشدید می‌کند. هولرمن[۴] و همکاران (۲۰۱۰) نیز در مطالعه‌ای به منظور تجزیه و تحلیل آیندهٔ آب در کشور بنین، تحت سناریوهای مختلف توسعهٔ اقتصادی -اجتماعی و تغییر اقلیم تا سال ۲۰۲۵، با استفاده از مدل ویپ به مدل‌سازی بیلان آب پرداختند. در بنین[۵]، سرانهٔ سالیانهٔ موجودیت آب از حدّ بحرانی تجاوز نکرده است، امّا در طی فصل‌های خشک، کم‌آبی رخ می‌دهد. نتایج نشان داد که تنش بر روی منابع آب بنین افزایش می‌یابد؛ بنابراین، با وجود محدودیت‌های مالی و تکنولوژیکی، توسعه و کشف منابع آب زیرزمینی و مخزنی به‌ویژه در مناطق روستایی ضروری است.

مهتا[۶] و همکاران (۲۰۰۸) مطالعه‌ای جهت برنامه‌ریزی و مدیریت یکپارچهٔ سامانه‌های هیدرولوژیکی این منطقه انجام داده‌اند و در آن از مدل ویپ جهت شبیه‌سازی تغییرات آب‌وهوایی و کاربری اراضی و واکنش مدیریت منابع آب نسبت به آنها به صورت سناریوی ترکیبی استفاده نموده‌اند. نتایج این پژوهش نشان داده است که افزایش متوسّط درجه حرارت باعث تغییر در زمان‌بندی الگوی پیش‌بینی‌شده در مورد انباشت برف و رواناب شده است و پس از آن در تأمین نیازهای آبی و تولید برق نیز تغییرات قابل توجّهی به وجود آمده است. آرانز و مک کارتنی[۷] (۲۰۰۷) از مدل ویپ برای تحلیل و مدل‌سازی و همچنین سناریونویسی تخصیص آب در حوضهٔ آبخیز اولیفانتس[۸] استفاده کرد. پس از اجرای مدل، نتیجهٔ به دست آمده نشان داد که حتّی در سال نرمال خیلی از سایت‌های متقاضی آب (۱۵ سایت از ۳۳ سایت) نیازشان برآورده نمی‌شود و این مشکل در آینده نیز به سبب افزایش تقاضای آب تشدید خواهد شد. لذا با اعمال شیوه‌های مدیریتی سعی بر این شد که این عدم تأمین، جبران گردد. لی وایت[۹] و همکاران (۲۰۰۲) مطالعه‌ای به منظور بررسی سناریوهای مدیریت تقاضا و تخصیص آب، در حوضهٔ آبریز رودخانه اولیفان در کشور آفریقای جنوبی انجام داده‌اند، در این مطالعه، اثرات مدیریت تقاضا به‌ویژه در بخش کشاورزی مورد بررسی قرارگرفته است. پورکی[۱۰] و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی حوضهٔ رودخانهٔ ساکرامنتو در کالیفرنیا برای تعیین تأثیر تغییرات آب‌وهوایی بر مدیریت آب کشاورزی پرداختند. این بررسی، نشان داد که به طور کلّی نیاز آبی در بخش کشاورزی نسبت به سال‌های

1- Ewaso Ng'iro
2- Samboum
3- Guiers
4- Hollerman
5- Bennin
6- Mehta
7- Arranz & McCartney
8- Olifants
9- Levite
10- Purkey

Archive of SID

www.SID.ir

گذشته پایین آمده و پمپاژ آب‌های زیرزمینی کاهش یافته است، در ضمن اختصاص آب‌های سطحی به بخش‌های دیگر مصرف نیز افزایش داشته است.

فاطمی و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای به منظور ارزیابی اثرات نیاز زیست‌محیطی در مصب ورودی به دریای خزر، با استفاده از مدل‌های ویپ و ونسیم[1] به مدل‌سازی سدهای بوستان، گلستان و وشمگیر که به صورت سری روی رودخانهٔ گرگان‌رود واقع شده‌اند، پرداختند. بررسی‌ها نشان داد که نتایج هر دو مدل در مدیریت منابع و مصارف حوضهٔ آبریز گرگان‌رود بسیار به هم نزدیک بوده است. کریمی و ابریشم‌چی (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای به بررسی تخصیص منابع آب حوضهٔ آبریز زرّینه‌رود، با شرایط موجود و آیندهٔ سیستم، طیّ طرح‌های توسعه‌ای در مدل ویپ پرداختند. نتایج حاکی از کاهش شاخص‌های اطمینان‌پذیری زمانی و حجمی تأمین نیازهای سیستم حوضهٔ زرّینه‌رود در شرایط توسعهٔ کامل و بهره‌برداری از طرح‌ها است. حافظ‌پرست مودت و همکاران (۱۳۸۷) نیز مطالعه‌ای را جهت بررسی وضعیّت منطقهٔ دشت تاکستان به لحاظ سناریوهای مختلف تخصیص آب از منابع سطحی زیرزمینی به مصارف موجود قبل از احداث سدّ نهب و بعد از احداث سد، توسّط مدل‌های لینگو[2] و ویپ بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که با احداث سدّ نهب، در شرایط آبیاری سطحی افزایش سطح زیر کشت به ۱۰۰۰۰ هکتار و در شرایط آبیاری تحت فشار به ۱۶۰۰۰ هکتار خواهد رسید. حافظ پرست مودت و فاطمی (۱۳۹۵) به محاسبهٔ شاخص‌های پایداری آب و پایداری حوضهٔ آبریز گاماسیاب با استفاده از نرم‌افزار ویپ و در محیط اکسل پرداختند. سرانجام بهترین راهکارهای اجرایی در این حوضه با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره و روش برنامه‌ریزی سازشی در هر سناریو محاسبه گردید.

محدودهٔ مورد مطالعه در این پژوهش، حوضهٔ آبریز سدّ اکباتان و منابع زیرزمینی تأمین آب شرب شهری است. شهر همدان با مشکل کم‌آبی روبه‌روست، این امر، علاوه بر آسیب‌رساندن به بخش کشاورزی در برخی سال‌ها مشکلاتی را در زمینهٔ تأمین آب آشامیدنی ایجاد می‌کند. به دلیل کافی نبودن منابع آب سطحی این محدوده، جهت تأمین آب شرب شهر از منبع زیرزمینی نیز استفاده می‌شود. با توجّه به مسائل یادشده، باید یکی از اهداف بلندمدّت مدیریت راهبردی آب شهر، برقراری تعادل بین تقاضای آب و منابع موجود آب با کمترین هزینه و در راستای توسعهٔ پایدار باشد که این امر، جز با شناخت دقیق عوامل مؤثّر بر مصرف آب، پیش‌بینی مصرف و مدیریت تقاضا متناسب با عوامل تأثیرگذار بر مصرف، محقّق نخواهد شد؛ لذا دستیابی به همهٔ این پرسش‌ها، مستلزم مدل‌سازی سیستم منابع و مصارف حوضهٔ آبریز است.

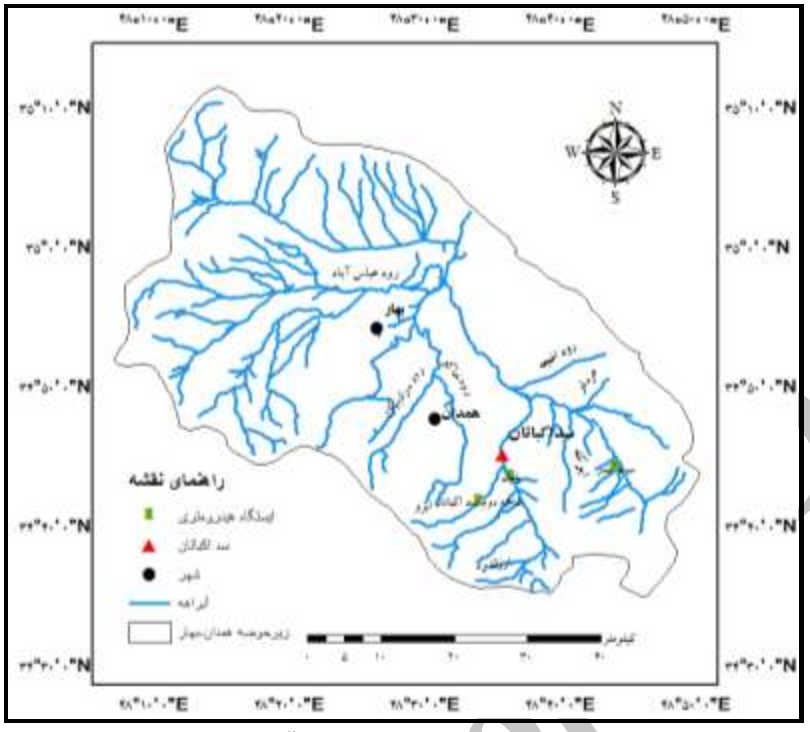
مواد و روش‌ها

محدودهٔ جغرافیایی حوضهٔ آبریز سدّ اکباتان که شامل دو رودخانهٔ اصلی آبشینه و ابرو است بین طول‌های شرقی ۴۸ ° ۲۸ تا ۴۸ ° ۴۲ و عرض‌های شمالی ۳۴ ° ۳۴ تا ۳۴ ° ۴۵ واقع است (شکل ۱). زیرحوضهٔ رودخانهٔ آبشینه به مساحت ۱۶۵ کیلومترمربع و رودخانهٔ ابرو به مساحت ۴۸ کیلومترمربع تشکیل شده و در مجموع، مساحتی برابر ۲۱۳ کیلومترمربع را داراست. در این حوضهٔ آبریز، در مجموع ۹ روستا با جمعیّتی نزدیک به ۹۰۰۰ نفر وجود دارد که از آب رودخانه‌های حوضه استفاده می‌کنند. این حوضه، منطقه‌ای کوهستانی است که کوه الوند با بلندای ۳۵۸۰ متر از سطح دریا با روند عمومی شمال باختر - جنوب خاور عارضهٔ اصلی آن به شمار می‌رود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان همدان، ۱۳۹۴).

1- VENSIM
2- LINGO

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. موقعیّت جغرافیایی حوضهٔ آبریز سدّ اکباتان

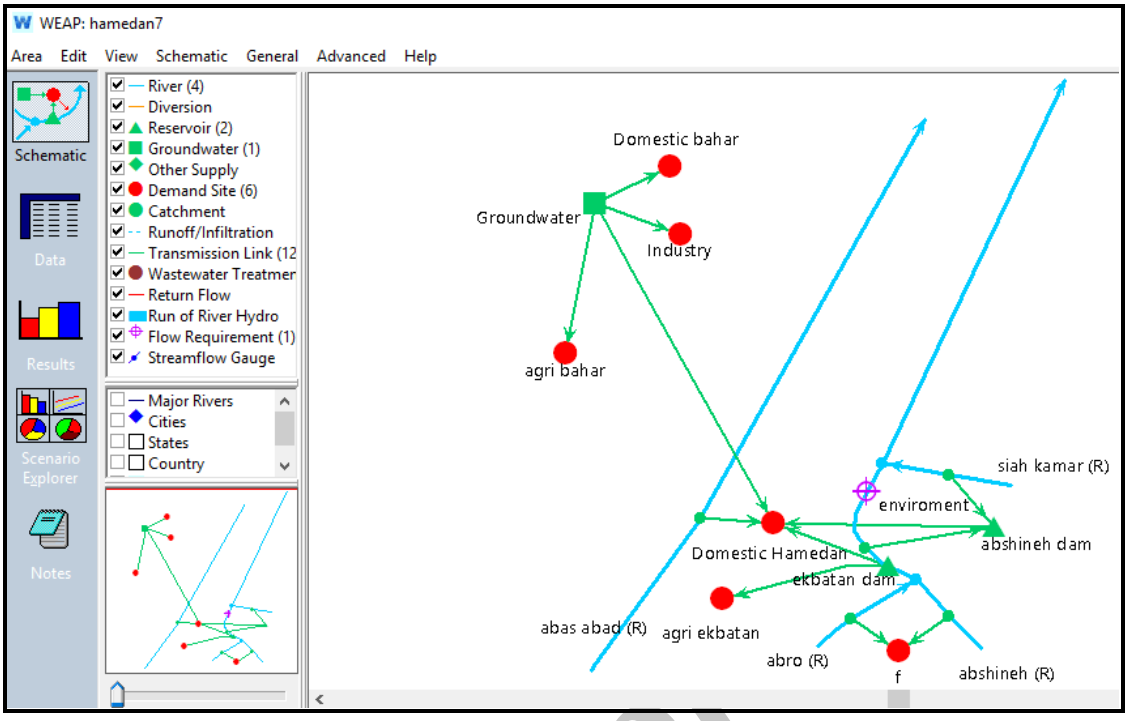
در پایین‌دست سدّ اکباتان سدّی خارج از بستر به نام آبشینه احداث شده است که این سد نیز جهت تأمین آب شرب شهر همدان ساخته شده است. منبع سطحی دیگری که آب شرب شهر را تأمین می‌کند رودخانهٔ عباس‌آباد است که به دلیل حقابهٔ باغداران بالادست این رودخانه، تنها در شش ماه دوّم سال از آب این رودخانه جهت تأمین آب شرب شهر استفاده می‌کنند. در حال حاضر، طبق آمار و ارقام سازمان آب و فاضلاب و آب منطقه‌ای استان (۱۳۹۴)، حدود ۴۰٪ تا ۶۰٪ از آب مورد نیاز شرب شهر از طریق آب‌های سطحی (آب‌های سدّ اکباتان، سدّ آبشینه و آب‌های بهنگام) و مابقی نیز از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود؛ یعنی به طور کلّی حدود ۴۹ میلیون مترمکعب[1] در سال، آب مورد نیاز کل است.

حال با توجّه به افزایش روزافزون جمعیّت و به تبع آن افزایش مصرف آب شرب، این پرسش مطرح است که در آینده چه حجمی از این نیاز شرب را می‌توان از آب‌های سطحی تأمین کرد؟ و آیا می‌توان فشار بیشتری به آب‌های زیرزمینی جهت تأمین آب شرب شهر وارد کرد یا خیر؟ به نحوی که افت سطح آب زیرزمینی بیشتر از وضع کنونی نگردد. در نهایت، میزان آب شرب تأمین‌شده توسّط سیستم سطحی و زیرزمینی تا چه حد اطمینان‌پذیری دارد. در این پژوهش، افزون بر بررسی تأمین نیاز آب شرب شهر همدان، به بررسی تأمین نیازهای شرب شهر بهار، مصارف صنعت شهر همدان، مصارف کشاورزی حوضهٔ سدّ اکباتان و مصارف کشاورزی حوضهٔ دشت بهار پرداخته شده است که پیکربندی منابع و مصارف مربوط به این نیازها در شکل ۲ آمده است.

جهت مدل‌سازی سیستم منابع و مصارف حوضهٔ آبریز سدّ اکباتان، ابتدا مقادیر مورد نیاز آب شرب، صنعت و کشاورزی در شرایط فعلی (۱۳۹۵) و همچنین منابع تأمین‌کنندهٔ این نیازها با مراجعه به شرکت آب منطقه‌ای، شرکت آب و فاضلاب و سازمان جهاد کشاورزی مشخّص شد.

1- Million Cubic Meters (MCM)

www.SID.ir



شکل ۲. مدل‌سازی سیستم منابع و مصارف حوضه سدّ اکباتان در نرم‌افزار ویپ

منابع و مصارف آب در حوضهٔ مورد مطالعه با استفاده از مدل ویپ که یک مدل شبیه‌سازی هیدرولوژیکی است و می‌تواند فرآیندهای هیدرولوژیکی را به وسیلهٔ یک سیستم توزیع آب محاسبه نماید، آنالیز شده است. مدل تعبیه‌شده در ویپ تمامی اثرات غیرخطّی فرآیندهای هیدرولوژیکی و برداشت آب جهت مصارف مختلف را لحاظ می‌نماید.

برای این منظور، از آمار آبدهی بلندمدّت (۱۳۹۱-۱۳۵۲) منابع آب استفاده شده است، بدین ترتیب، با استفاده از سری بلندمدّت ۴۰ سالهٔ آبدهی، ابتدا شرایط کنونی مدل‌سازی شد.

تعریف سناریوهای مدیریت منابع آب در منطقه

با تعریف سناریوهای مختلف مدیریتی برای گام‌های زمانی ۱۴۱۰ و ۱۴۳۰، سیستم منابع و مصارف حوضهٔ آبریز، مدل شده و راهکارهای مختلف مدیریتی ارائه شده است.

در این پژوهش، ۵ سناریو مدیریتی به شرح ذیل لحاظ و اثرات آنها بررسی شده است:

۱- افزایش جمعیّت؛ ۲- افزایش راندمان آبیاری؛ ۳- استفاده از آب انتقالی خارج از حوضه؛ ۴- کاهش تلفات شبکهٔ آب‌رسانی؛ ۵- تعدیل مصرف سرانه.

در سیستم مخزن سدّ اکباتان در این پژوهش، قواعد بهره‌برداری زیر در نظر گرفته شده است:

۱- اختصاص ذخیرهٔ آب موجود بین کاربری‌های مختلف؛

۲- به حداقل رساندن ریسک کمبود آب و خطر سیل؛

۳- حفظ و مدیریت منابع زیست‌محیطی (از جمله خاک و آب‌وهوا).

حجمی از مخزن که در انتهای هر گام زمانی قابل رها شدن است (S_r)، برابر کلّ حجم ذخیره و قسمتی از حجم حائل است (هارما[1]، ۲۰۱۰). نحوهٔ محاسبهٔ این پارامتر، در رابطهٔ ۱ ارائه شده است:

1- Harma

Archive of SID
www.SID.ir

$$S_r = S_C + S_f + b \times S_b$$ رابطهٔ ۱

که در آن:

S_f ظرفیت کنترل سیل، S_c ظرفیت ذخیره، S_b ظرفیت حائل، b ضریب حائل (همه برحسب میلیون مترمکعب)

ظرفیت حائل، بخشی از مخزن است که در شرایط کمبود می‌توان از آن استفاده کرد در این شرایط، مقدار آب قابل‌برداشت توسّط ضریب حائل تعیین می‌گردد (سعیدی‌نیا و صمدی بروجنی، ۱۳۸۷).

میزان حجم ذخیرهٔ مخزن جهت بهره‌برداری طبق رابطهٔ ۲ است:

$$S_o = S_b + R_f + UpStream_f$$ رابطهٔ ۲

که در آن S_o میزان حجم ذخیرهٔ مخزن جهت بهره‌برداری، S_b میزان حجم ذخیرهٔ مخزن در ماه ابتدای مدل‌سازی، R_f میزان آب بازگشتی از مصارف مختلف به داخل مخزن سد و بالادست[1] میزان جریان ورودی از بالادست به داخل مخزن سد هستند؛ همچنین معادلهٔ پیوستگی مخزن سد نیز طبق رابطهٔ ۳ است:

$$I_u = O_{down} + O_{de} + E + L$$ رابطهٔ ۳

که در آن، I_u مقدار جریان ورودی از بالادست به داخل حجم مخزن سد، O_{down} مقدار آبی که به پایین‌دست سد جریان می‌یابد، O_{de} مقدار آب انتقال‌یافته به بخش‌های مختلف مصرفی، E مقدار تبخیر و L مقدار نشت آب از مخزن سد است.

داده‌های ورودی مدل

در این مدل، به طور کلّی دو سری داده شامل مقادیر نیاز و منابع آب وارد شده که در مورد هرکدام اطّلاعات لازم از ادارات آب و فاضلاب و آب منطقه‌ای جمع‌آوری و به طور جداگانه ارائه شده است. اطّلاعات مربوط به مقادیر نیاز شامل مقدار مصرف آب سالیانه در هر بخش و درصد نیاز ماهیانهٔ آب است.

مقدار نیاز زیست‌محیطی طبق روش تنانت[2] (۱۹۷۶) در نظر گرفته شده است. در این روش، هدف اصلی حفظ شرایط زیست ماهیان رودخانه بوده و حداقل میزان رهاسازی آب به صورت درصد مشخّصی از میانگین سالانهٔ دبی رودخانه محاسبه می‌گردد. این مقدار، در ماه‌های مهر تا اسفند برابر با ۱۰٪ دبی رودخانه و در ماه‌های فروردین تا شهریور برابر با ۳۰٪ دبی سالانهٔ رودخانه است.

منابع آب شامل منابع آب سطحی و زیرزمینی است. منابع آب سطحی شامل آمار بلندمدّت ۴۰ ساله آبدهی رودخانه‌های آبشینه و ابرو که ورودی سدّ اکباتان را شامل می‌شوند و همچنین آمار آبدهی بلندمدّت ۴۰ سالهٔ رودخانهٔ عباس‌آباد است. سدّ آبشینه که در سال ۱۳۸۵ احداث شده و همچنین رودخانهٔ سیاه کمر به دلیل تأسیس ایستگاه آب‌سنجی آن در سال ۱۳۷۶ دارای آمار کمتری هستند. با توجّه به خارج از بستر بودن سدّ آبشینه و داشتن حجم کلّی ذخیرهٔ معادل ۵ میلیون مترمکعب آن و همچنین فصلی‌بودن رودخانهٔ سیاه کمر تأثیر کمتری در مدل‌سازی سیستم منابع آب این حوضه دارند. تنها منبع آب زیرزمینی تأمین‌کنندهٔ آب

1- Upstream
2- Tennant

Archive of SID

www.SID.ir

شرب شهر همدان آبخوان، دشت همدان - بهار است. مقدار برداشت مجاز برای قرارگیری در سال مجاز آبی و جلوگیری از بیلان منفی، سالانه ۲۱۹ میلیون مترمکعب آب از آن است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان همدان، ۱۳۹۴).

کالیبراسیون مدل

به دلیل در نظر گرفته نشدن واسنجی خودکار در نرم‌افزار ویپ، واسنجی به صورت دستی انجام شد. با توجّه به اینکه در حوضهٔ آبریز این پژوهش، ایستگاه آب‌سنجی مورد نیاز در پایین‌دست سدّ اکباتان وجود نداشت و از دیگر سو، سدّ اکباتان در سال ۱۳۵۲ مورد بهره‌برداری قرار گرفته، کالیبراسیون این حوضه با استفاده از داده‌های مشاهده‌ای و محاسبه‌ای حجم مخزن سدّ اکباتان انجام شد.

نتایج

در حال حاضر و با در نظر گرفتن شرایط موجود و با توجّه به برداشت بیش از حد (حدود ۲۳۹ میلیون مترمکعب) از منابع آب زیرزمینی دشت، مقادیر نیاز و کمبود آنها در جدول ۱ آمده است. محدوده مجاز متوسّط درازمدّت کمبود سالانه در بخش‌های مصرف شرب و صنعت ۲٪ تا ۳٪ و محدودهٔ مجاز کمبود برای مصارف کشاورزی ۶٪ تا ۷٪ است (فاطمی و جلالی، ۱۳۸۷).

با توجّه به نتایج جدول ۱ در شرایط آبی غیرمجاز (برداشت ۲۳۹ میلیون مترمکعب آب زیرزمینی) هیچ کمبود غیرمجازی وجود نداشته است؛ امّا در این شرایط در هر سال برداشت از آب زیرزمینی بیش از حدّ مجاز (سالانه ۲۰ میلیون مترمکعب) بوده و پایداری منابع آب زیرزمینی را دچار مشکل خواهد نمود.

با لحاظ نمودن برداشت مجاز سالانه از منابع آب زیرزمینی حوضه، برای جلوگیری از بیلان منفی (۲۱۹ میلیون مترمکعب) نتایج بدون اعمال راهکارهای سیاستی (سازه‌ای و غیر سازه‌ای) در سال آبی مجاز در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱. مقدار نیاز و درصد کمبود برای مصارف مختلف در سال آبی غیرمجاز

بخش مصرف	مقدار تقاضا (میلیون مترمکعب)	مقدار عرضه (میلیون مترمکعب)	کمبود (درصد)
شرب همدان	۴۹/۱۵	۴۸/۹۸	٪۰/۳۴
شرب بهار	۴/۰۷	۴/۰۵	٪۰/۵
صنعت	۳/۱۹	۳/۱۸	٪۰/۳۱
کشاورزی بهار	۲۱۱/۴۴	۲۱۱/۳۵	٪۰/۰۴
کشاورزی اکباتان	۱۰/۵	۱۰/۴۴	٪۰/۵۷

جدول ۲. مقادیر آب مورد نیاز و تأمین‌شده مصارف مختلف قبل از اعمال راهکارهای سازه‌ای و غیر سازه‌ای (میلیون مترمکعب)

بخش مصرف	مقدار تقاضا		مقدار قابل عرضه		کمبود (درصد)	
	۱۴۱۰	۱۴۳۰	۱۴۱۰	۱۴۳۰	۱۴۱۰	۱۴۳۰
شرب همدان	۷۵/۶۵	۱۱۶/۸۹	۶۰/۸۵	۷۶/۷۵	٪۱۹/۵۶	٪۳۴/۳۳
شرب بهار	۵/۴۸	۷/۴۷	۴/۳۸	۵/۰۲	٪۱۹/۹۲	٪۳۲/۷۹
صنعت	۳/۱۹	۳/۱۹	۲/۵۵	۲/۱۳	٪۲۰	٪۳۲/۲۲
کشاورزی بهار	۲۱۱/۴۴	۲۱۱/۴۴	۱۹۳/۵۳	۱۸۱/۰۲	٪۸/۴۷	٪۱۴/۳۸
کشاورزی اکباتان	۱۰/۵	۱۰/۵	۶/۲۸	۴/۳۹	٪۴۰	٪۵۸/۱۹

Archive of SID

www.SID.ir

همان‌طور که ملاحظه می‌گردد در شرایط برداشت مجاز از آب زیرزمینی نتایج تأمین مصارف مختلف در افق‌های میان‌مدّت و بلندمدّت با کمبودهای شدیدی مواجه شده است که برای رفع این مشکل، نیاز به ارائهٔ راهکارهای مدیریتی مختلفی است که در سناریوهای زیر اجرا شده است:

با لحاظ نمودن برداشت مجاز سالانه و با ثابت در نظر گرفتن نیاز آبی بخش‌های کشاورزی و صنعت و همچنین با لحاظ کردن نرخ افزایش رشد جمعیّت (۱۳۹۰)، پس از اعمال راهکارهای سازه‌ای شامل افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی، استفاده از آب انتقالی خارج از حوضه و همچنین اعمال راهکار کاهش تلفات شبکهٔ آب‌رسانی شهری، مقادیر نیاز و مقدار کمبود آنها طبق جدول ۳ تعیین شد.

- در حال حاضر تلفات شبکهٔ آب‌رسانی شهری ۳۲٪ است؛ یعنی حدود یک‌سوّم آب تصفیه‌شده در شبکهٔ توزیع به هدر می‌رود؛ این در حالی است که استاندارد جهانی برای نشت در شبکه‌های آب‌رسانی ۱۰٪ تا ۱۲٪ می‌باشد. در این راهکار، تلفات شبکهٔ آب‌رسانی شهری ۱۰٪ در نظر گرفته شده است.

- قرار است از سدّ در حال ساخت تالوار که در حوضهٔ آبریز مشترک سه استان همدان، زنجان و کردستان در حال احداث است، سالانه حدود ۶۰ میلیون مترمکعب آب به استان همدان انتقال یابد که طبق نظر کارشناسان آب منطقه‌ای پیش‌بینی‌شده سالانه حدود ۲۰ میلیون مترمکعب آن به مصرف شرب شهر همدان برسد.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، پس از اعمال راهکارهای سازه‌ای در سال ۱۴۱۰ کمبود قابل توجّهی در بخش‌های مختلف مصرفی وجود نداشته و درصدهای کمبود در محدودهٔ مجاز قرار می‌گیرند؛ امّا در سال ۱۴۳۰، به دلیل افزایش تقاضا مقادیر کمبود در بخش‌های مختلف مصرفی افزایش یافته و از محدودهٔ مجاز تجاوز نموده است. اگرچه شرایط در سال ۱۴۱۰ بهبود می‌یابد و کمبودها در بخش شرب شهر همدان و بخش کشاورزی حوضهٔ دشت بهار در محدودهٔ مجاز قرار گرفتند؛ امّا در سایر بخش‌ها کمبودها همچنان در محدودهٔ غیرمجاز قرار داشتند. در سال ۱۴۳۰ نیز بخش‌های مختلف مصرفی بازهم با مشکل تأمین آب مواجه است و در همهٔ بخش‌ها به‌جز بخش کشاورزی حوضهٔ دشت بهار، کمبودها از محدودهٔ مجاز بیشتر بودند و این مطلب، بیانگر این است که حتّی با اعمال هم‌زمان سه راهکار سازه‌ای مطرح‌شده همچنان بحران آب در افق‌های زمانی آینده وجود دارد و برای رفع آن بایستی راهکارهای مکمّل دیگری در نظر گرفته شود.

تأثیر راهکارهای غیر سازه‌ای

راهکارهای غیر سازه‌ای اغلب دارای هزینهٔ کمتری نسبت به راهکارهای سازه‌ای بوده و اثرات زیادی در کاهش مصرف و صرفه‌جویی بیشتر دارند. با در نظر گرفتن سه سناریو اوّل و اعمال سناریوی تعدیل مصرف سرانه، نتایج درصدهای کمبود به شرح جدول ۴ به دست آمد.

جدول ۳. مقادیر آب مورد نیاز و تأمین‌شده مصارف مختلف پس از اعمال راهکارهای سازه‌ای (میلیون مترمکعب)

بخش مصرف	مقدار تقاضا		مقدار قابل عرضه		کمبود سالانه (درصد)	
	۱۴۱۰	۱۴۳۰	۱۴۱۰	۱۴۳۰	۱۴۱۰	۱۴۳۰
شرب همدان	۵۸/۹۹	۹۱/۱۵	۵۸/۵۲	۸۱/۰۱	۰/۷۹	٪۱۱/۱۲
شرب بهار	۴/۲۷	۵/۸۴	۴/۰۳	۴/۵۳	٪۵/۶۲	٪۲۲/۴۳
صنعت	۳/۱۹	۳/۱۹	۳/۰۱	۲/۴۷	٪۵/۶۴	٪۲۲/۵۷
کشاورزی بهار	۱۹۳	۱۹۳	۱۹۰/۸۵	۱۸۳/۷۲	٪۱/۱۱	٪۴/۸
کشاورزی اکباتان	۱۰/۵	۱۰/۵	۹/۲۲	۶/۵۲	٪۱۲/۱۹	٪۳۷/۹

Archive of SID

www.SID.ir

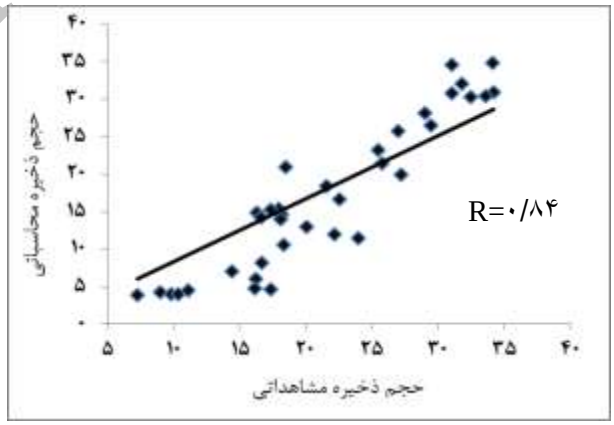
جدول ۴. مقادیر آب مورد نیاز و تأمین‌شدهٔ مصارف مختلف پس از اعمال راهکارهای سازه‌ای و غیر سازه‌ای (میلیون مترمکعب)

بخش مصرف	مقدار تقاضا		مقدار قابل عرضه		کمبود سالانه (درصد)	
	۱۴۱۰	۱۴۳۰	۱۴۱۰	۱۴۳۰	۱۴۱۰	۱۴۳۰
شرب همدان	۴۵/۶۸	۷۰/۵۹	۴۵/۶۸	۶۸/۳۹	٪۰	٪۳/۱۱
شرب بهار	۳/۳	۴/۵۱	۳/۲۷	۳/۹۵	٪۰/۹	٪۱۲/۴۱
صنعت	۳/۱۹	۳/۱۹	۳/۱۶	۲/۷۹	٪۰/۹۴	٪۱۲/۵۳
کشاورزی بهار	۱۹۳	۱۹۳	۱۹۲/۶۶	۱۸۸/۷۷	٪۰/۱۷	٪۲/۱۹
کشاورزی اکباتان	۱۰/۵	۱۰/۵	۱۰/۳	۸/۲۲	٪۱/۹	٪۲۱/۷۱

طبق بخش‌نامهٔ وزارت نیرو در شهرهای بالای ۵۰۰ هزار نفر مقدار سرانهٔ مصرف آب برای هر نفر در شبانه‌روز باید ۲۲۵ لیتر باشد که در حال حاضر، این مقدار ۲۴۲ لیتر است. همچنین برای شهر بهار نیز این مقدار حدود ۲۰۰ لیتر است؛ امّا در حال حاضر، ۲۱۹ لیتر مصرف می‌شود. در این راهکار، فرض شده که با توجّه به استانداردهای جهانی مصرف آب، در بخش شرب حدود ۲۰٪ کاهش مصرف به وجود بیاید و سرانهٔ مصرف آب در شهر همدان به ۲۰۰ لیتر در روز و برای شهر بهار به ۱۸۰ لیتر در روز برسد.

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، با اعمال راهکار تعدیل مصرف در بخش شرب هیچ‌گونه کمبود غیرمجازی در هیچ‌یک از بازه‌های زمانی این پژوهش به وجود نیامده و در سایر بخش‌های مصرفی نیز کمبودها تا حدّ بسیار زیادی جبران شده و آب مورد نیاز هر بخش تأمین شده است.

کالیبراسیون مدل بر اساس برازش حجم آب ذخیره‌شدهٔ مشاهداتی در مخزن سدّ اکباتان نسبت به حجم آب ذخیره‌شدهٔ محاسبه‌شده توسّط نرم‌افزار انجام شد نتایج مربوط به واسنجی نشان داد که مقدار ضریب رگرسیون به دست آمده برابر ۰/۸۴ است و همچنین مقادیر خطای استاندارد[1]، خطای میانگین مربعات[2] و خطای جذر میانگین مربعات[3] به دست آمده برای این داده‌ها به ترتیب برابر ۰/۸۹، ۱۷/۸ و ۴/۲ است. جهت اطمینان بیشتر، این نتایج با جدول توزیع آماری t نیز مورد بررسی قرار گرفت، طبق این نتایج، مقدار پارامتر t محاسبه‌شده برای داده‌های موجود برابر ۲ است همچنین مقدار t در سطح ۵٪ و ۱٪ با درجهٔ آزادی ۳۵ به ترتیب برابر ۲/۰۳ و ۲/۷۲ است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود فرض درستی واسنجی در سطح ۵٪ و ۱٪ تأیید گردید. نمودار مربوط به کالیبراسیون نیز در شکل ۳ آمده است.



شکل ۳. برازش حجم ذخیرهٔ مشاهداتی و محاسباتی مخزن سدّ اکباتان (میلیون مترمکعب)

1- Standard Error (SE)
2- Mean Square Error (MSE)
3- Root Mean Square Error (RMSE)

Archive of SID
www.SID.ir

بحث

همان‌طور که ملاحظه شد، با اعمال هم‌زمان سه راهکار سازه‌ای مطرح‌شده و راهکار تعدیل مصرف، در سال ۱۴۱۰ هیچ‌گونه مشکلی از لحاظ کمبود تأمین آب در بخش‌های مختلف مصرفی نداشتیم، در سال ۱۴۳۰ اگرچه در بخش‌های شرب شهر بهار، کشاورزی حوضهٔ سدّ اکباتان و بخش صنعت مقادیر کمبود سالانه از محدودهٔ مجاز بیشتر بودند؛ امّا در بخش کشاورزی حوضهٔ دشت بهار و همچنین در بخش شرب شهر همدان، این مقادیر در محدودهٔ مجاز قرار داشتند و مشکل خاصّی برای این بخش‌ها اتّفاق نمی‌افتاد.

حال با مقایسهٔ روند و نتایج حاصل از این پژوهش، می‌توان به ضعف یا قوّت این مطالعه پی برد، در درجهٔ اوّل با مطالعهٔ کارهای صورت‌گرفته در زمینهٔ منابع و مصارف آب مشاهده می‌شود که عمدهٔ کاربرد این نرم‌افزار برای مطالعهٔ وضعیّت منابع و مصارف در حال و افق‌های زمانی مختلف در آینده است؛ به عنوان مثال، ژی و همکاران (۲۰۱۵) کارایی این مدل را در بخش‌های مختلف منابع آب و اعمال سناریوهای مختلف در زمینهٔ آب بیان نمودند؛ از طرف دیگر، مطالعهٔ موهی و موسی (۲۰۱۶)، فاطمی و همکاران (۲۰۱۳) و سایر مطالعاتی که در بخش پیشینه به آنها اشاره شده است نشان می‌دهند که با اعمال سیاست‌های مختلف مدیریتی به خوبی می‌توان بحران آب را در افق‌های زمانی مختلف در آینده مهار کرد.

از دیگر سو، نحوهٔ انتخاب راهکارهای مدیریتی مطرح است، در درجهٔ اوّل باید گفت که هر راهکار با توجّه به شرایط منطقهٔ مورد مطالعه و پتانسیل‌های آن منطقه بایستی انتخاب شود مثلاً راهکار انتقال آب از خارج از حوضهٔ آبریز فقط مختصّ زمانی است که برنامه‌ریزی در این رابطه صورت گرفته باشد و پتانسیل این کار وجود داشته باشد. در این پژوهش نیز تمامی راهکارها با مطالعه و سنجش دقیق انتخاب شده و با توجّه به اینکه راهکارهای سازه‌ای مطرح شده در این پژوهش به تنهایی کارگشا نبودند، اقدام به استفادهٔ هم‌زمان راهکارهای سازه‌ای و غیر سازه‌ای شد تا بتوان بحران آب را مهار کرد.

نتایج حاصل از این پژوهش با پژوهش‌های ژی و همکاران (۲۰۱۵)، موهی و موسی (۲۰۱۵)، موتیگا و همکاران (۲۰۱۰)، مهتا و همکاران (۲۰۰۸) و سایر مطالعات داخلی و خارجی همخوانی دارد و به خوبی توانسته با استفاده از سناریوهای مختلف مدیریتی بحران کمبود آب را در افق‌های زمانی میان‌مدّت و بلندمدّت مهار کند و در محدودهٔ مجاز قرار دهد.

نتیجه‌گیری

هدف از انجام پژوهش، ارائهٔ مدیریت پایدار منابع آب در حوضهٔ آبریز سدّ اکباتان است. برای این منظور، به مدل‌سازی شرایط حال حاضر، شرایط به وجودآمده در افق‌های زمانی میان‌مدّت و بلندمدّت سیستم منابع و مصارف منطقهٔ مطالعاتی فوق پرداخته شد. در مرحلهٔ اوّل ابتدا شرایط حال حاضر حوضه و منابع و مصارف آن با مدل ویپ شبیه‌سازی گردید و با توجّه به کمبودهای به وجودآمده در بخش‌های مختلف مصرفی، اقدام به تعریف سناریو و اعمال آن به افق‌های زمانی میان‌مدّت و کوتاه‌مدّت شده است. در گام نخست، اقدام به تعریف راهکارهای سازه‌ای به صورت جداگانه گردید و به دلیل راهگشانبودن راهکارها به صورت مجزّا، سه راهکار استفاده از آب انتقالی خارج حوضه، افزایش راندمان آبیاری و کاهش تلفات شبکهٔ آب‌رسانی به صورت هم‌زمان در مدل استفاده گردید. نتایج نشان داد با وجود استفاده از راهکارهای مطرح‌شده، بحران آب در سال ۱۴۱۰ تا حدودی کم شده امّا این بحران، همچنان به صورت جدّی برای سال ۱۴۳۰ وجود دارد و باید از راهکارهای مکمّل دیگری نیز هم‌زمان با راهکارهای سازه‌ای مطرح‌شدهٔ قبلی بهره برد.

Archive of SID

www.SID.ir

با در نظر گرفتن راهکار فرهنگ‌سازی جهت کاهش مصرف سرانه (راهکار غیر سازه‌ای تعدیل مصرف) در کنار سه راهکار مطرح‌شدهٔ قبلی ملاحظه شد که در افق ۱۴۱۰ در تمامی بخش‌های مصرفی مقادیر کمبود سالانه در محدودهٔ مجاز قرار دارند و کمبود خاصّی در این افق ایجاد نشد. در سال ۱۴۳۰ نیز اگرچه مقادیر کمبود در بخش‌های مصرفی شرب شهر بهار، صنعت و کشاورزی حوضهٔ سدّ اکباتان در محدودهٔ غیرمجاز قرار داشتند؛ امّا در بخش کشاورزی حوضهٔ دشت بهار و شرب شهر همدان که هدف اصلی این پژوهش بود با ارائهٔ راهکارهای مختلف بحران آب تا سال ۱۴۳۰ رفع گردید.

با توجّه به اینکه آب انتقالی از سدّ تالوار در بعضی از مواقع سال بیشتر از مقدار نیاز و گاهی کمتر از مقدار تقاضا بود، می‌توان نتیجه گرفت که با اختصاص یک منبع جداگانه برای آب انتقالی از این سد می‌توان اقدام به ذخیره‌سازی مازاد آن کرد و در مواقع نیاز آن را به سامانهٔ منابع آب تزریق نمود؛ همچنین با توجّه به مصرف بیش‌ازحدّ آب توسّط بخش کشاورزی و وجود چاه‌های غیرمجاز، بایستی با نظارت بیشتر در منطقه نسبت به مسدودنمودن چاه‌های غیرمجاز اقدام گردد تا با این کار، از برداشت غیرمجاز آب از منبع آب زیرزمینی جلوگیری به عمل آید و فشار بیشتری به این منبع وارد نگردد.

منابع

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

حافظ پرست مودت، مریم؛ فاطمی، سیّد احسان (۱۳۹۵) محاسبهٔ شاخص‌های پایداری آب و پایداری حوضهٔ آبریز در راستای حفظ توسعهٔ پایدار (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبریز گاماسیاب)، **مجلّهٔ جغرافیا و پایداری محیط**، ۶ (۱۸)، صص. ۳۳-۲۱.

سعیدی‌نیا، مهری؛ صمدی بروجنی، حسین؛ عرب، داودرضا؛ زارعی، علیرضا (۱۳۸۷) بررسی میزان آب قابل انتقال از سرشاخه‌های کارون به حوضه‌های مجاور با استفاده از مدل WEAP، **سوّمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران**، دانشگاه تبریز.

شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان همدان (۱۳۹۴) **مطالعات زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک و مطالعات تکمیلی هیدرولوژی و مدیریت منابع آب**، طرح افزایش ارتفاع سدّ اکباتان، مطالعات مرحلهٔ دوّم، وزارت نیرو.

فاطمی، سیّد احسان؛ جلالی، محمدرضا (۱۳۸۷) شبیه‌سازی و بررسی برهم‌کنش مخازن سری ابوالعباس و جره با رویکرد سیستمی، **چهارمین کنگرهٔ ملّی مهندسی عمران**، تهران، دانشگاه تهران.

کریمی، فاطمه؛ ابریشم‌چی، احمد (۱۳۹۵) ارزیابی طرح‌های توسعه منابع آب حوضه زرّینه‌رود با مدل WEAP، **ششمین کنفرانس ملّی مدیریت منابع آب ایران**، کردستان، دانشگاه کردستان.

یزدان‌پناه، طلا؛ خداشناس، سعیدرضا؛ داوری، کامران؛ قهرمان، بیژن (۱۳۸۷) مدیریت منابع آب حوضهٔ آبریز با استفاده از مدل WEAP، مطالعهٔ موردی حوضهٔ ازغند، **مجلّهٔ علوم و صنایع کشاورزی**، ویژهٔ آب‌وخاک، ۲۲ (۱)، صص. ۲۲۲-۲۱۳.

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 (1-4), pp.1-11.

Alfarra, A., Kemp, E., Hotzl, H., Sader, N., Sonneveld, B. (2012) Modelling Water Supply and Demand for Effective Water Management Allocation in the Jordan Valley, **Agricultural**

Archive of SID

www.SID.ir

Science and Applications (JASA), 1 (1), pp. 1-7

Arranz, Z. R., McCartney, M. P. (2007) **Evaluation of Historic, Current and Future Water Demand in the Olitants River Catchment South Africa,** International Water Management Institute, report 118.

Fatemi, S. E., Vafaie, F., Bressers, H. (2013) Assessment of Environmental Flow Requirement Effects at an Estuary, **ICE-Water Management,** 166 (8), pp. 411-421.

Harma, K. J. (2010) Changing with the Flow: An Analysis of Water Supply and Demand in a Subwatershed of the Okangan Basin, **British Columbia, Master Thesis, Resource Management: An introduction to methods, Models and Application. UNESCO**.

Hollerman, B., Giertz, S., Diekkruger, B. (2010) Bennin 2025- Balancing Future Water Availability and Demand Using the WEAP, Water Evaluation and Planning System, **Water Resource Mange**, 24, pp. 3591-3613.

Levite, H., Sally, H., Cour, J. (2002) **Water Demand Scenarios in a Water-Stressed Basin in South Africa**, 3rd WARSFA/Water Symposium, Arusha, Tanzania.

Mehta, V., purkey, D., Young, C., Joyce, B., Yates, D. (2008) **Application of the Water Evaluation and Planning (WEAP) System for Integrated Hydrologic and Scenario-Based Water Resources Systems Modelling in the Western Sierra Nevada**, American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco.

Mohie, E. D. O., Moussa. A. (2016) Water Management in Egypt for Facing the Future Challenges, **Advanced Research**, 7 (3), pp. 403-412.

Mutiga, J. K., Mavengano, S. T., Zhangbo, S., Woldai, T., Becht, R. (2010) Water Allocation as a Planning Tool to Minimize Water Use Conflicts in the Upper Ewaso Ng'iro North Basin, Kenya, **Water Resource Manage,** 24, pp. 3939-3959.

Purkey, D. R., Joyce, B., Vicuna, S., Hanemann, M. W., Dale, L. L., Yates, D., Dracup, J. A. (2008) Robust Analysis of Future Climate Change Impacts on Water for Agriculture and Other Sectors: A Case Study in the Sacramento Valley, **Climatic Change**, 87 (Supply 1), S. 109-122.

Samboum, D., Weihrauch, D., Hellwing, V., Diekkruger, B., Hollermann, B., Gaye, A. (2015) **Assessment of Water Availability and Demand in Lake Guiers, Senegal**, American Geophysical Union Fall meeting, San Francisco.

Tennant, D. L. (1976) In-Stream Flow Regimens for Fish, Wildlife, Vecreation and Related Environmental Resource. **Fisheries** (1), pp. 6-10.

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 & Coastal Management,** 106, pp. 97-109.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir