

مقاله پژوهشی

بررسی طرح های انتقال آب بین حوضه ای با استفاده از مدل WEAP (مطالعه موردی: تونل بهشت آباد)

مهري سعیدی نیا^{۱*}، حسین صمدی بروجنی^۲ و روح الله فتاحی^۳

چکیده

در این تحقیق سعی شده است با انجام مدل سازی ماهانه منابع آب، با استفاده از مدل WEAP، اثرات طرح های انتقال آب بین حوضه ای کارون شامل تونل های ۱ و ۲ کوهرنگ (در دست بهره برداری)، تونل ۳ کوهرنگ (در دست اجرا) و تونل بهشت آباد (در دست مطالعه) بر وضعیت منابع آب سطحی حوضه های بهشت آباد و کوهرنگ بررسی شود. مدل برای یک دوره ۱۰ ساله (۱۹۹۵ تا ۲۰۰۴ میلادی) واسنجی و برای یک دوره ۳۰ ساله اجرا گردید (طول دوره شبیه سازی). نتایج نشان می دهد خروجی رودخانه های بهشت آباد و کوهرنگ در افق آینده با فرض اینکه طرح های توسعه منابع آب تعریف شده به مرحله بهره برداری برسند به طور متوسط نسبت به شرایط عدم توسعه حوضه بالادست، ۲۷ درصد کاهش خواهد یافت. همچنین با در نظر گرفتن حداقل نیاز زیست محیطی رودخانه پایین دست، آب مازاد حوضه برای انتقال به فلات مرکزی با درجه اعتماد مناسب تأمین آب شرب و صنعت، ۲۲۰ میلیون مترمکعب در سال است. نتایج مدل سازی نشان داد که حجم مفید مورد نیاز برای ذخیره آب و تنظیم آن برابر ۶۰۰ میلیون مترمکعب به دست می آید که با رقم پیشنهادی مشاور طرح که در حدود ۱۸۰۰ میلیون متر مکعب است، اختلاف فاحش دارد.

واژه های کلیدی: انتقال آب بین حوضه ای، حوضه های بهشت آباد و کوهرنگ، مدل WEAP

ارجاع: سعیدی نیا م. صمدی بروجنی ج. و فتاحی ر. ۱۳۸۷. بررسی طرح های انتقال آب بین حوضه ای با استفاده از مدل WEAP (مطالعه موردی: تونل بهشت آباد). مجله پژوهش آب ایران. ۲(۳): ۴۴-۳۳.

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.
۲- عضو هیات علمی گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
۳- عضو هیات علمی گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
* نویسنده مسئول mehri_saeedinia@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۰۷/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۲/۲۲

مقدمه

توزیع غیر یکنواخت آب در طول مکان و زمان، وجود بیشترین تقاضای آب در زمان وقوع کمترین بارندگی، عدم توازن بین عرضه و تقاضای آب و خصوصاً افزایش تقاضای آب، محدودیت منابع آب و در بعضی مکانها کاهش آن با تنزل کیفیت آبهای سطحی و زیر زمینی، اتلاف زیاد آب در بخش کشاورزی و حتی در بخش شهری، مدیریت منابع آب کشور را پیچیده کرده است. با این مشکلات، یکی از اهداف بلند مدت مدیریت راهبردی آب کشور برقرار کردن تعادل بین تقاضای آب و منابع آب موجود با کمترین هزینه ممکن است. حوضه کارون شمالی واقع در استان چهارمحال و بختیاری از سال های قبل مورد توجه خاص بوده و طرح های انتقال آب بین حوضه ای در آن مطالعه یا اجرا شده است. تونل های ۲۱ کوه‌رنگ از جمله طرح های انتقال آب در دست بهره برداری و تونل سوم کوه‌رنگ به عنوان طرح در دست اجرا و طرح انتقال آب بهشت آباد به فلات مرکزی به عنوان یک طرح مطالعاتی مطرح است.

در مورد ارزیابی اثرات طرح های انتقال آب بین حوضه ای کارون شمالی مطالعات زیادی صورت گرفته و مطالب زیادی منتشر شده است. ولی برای تعیین میزان آب قابل انتقال از سرشاخه های کارون به حوضه های مجاور تا کنون یک ارزیابی جامع منابع آب در مورد این طرح ها انجام نشده است که امروزه به دلیل پیچیدگی و تعداد مصرف کنندگان، انجام ارزیابی منابع آب در مورد این طرح ها با استفاده از مدل های شبیه سازی منابع آب مقدور است. لذا در این مطالعه برای شبیه سازی منابع آب در حوضه مورد مطالعه که شامل حوضه های بهشت آباد و کوه‌رنگ است، از بین مدل های مختلفی که قابل دسترس است از نرم افزار^۱ WEAP استفاده شده است.

مدل WEAP در سال ۱۹۹۰ توسط مؤسسه محیط زیست استکهلم^۲ توسعه یافت و تاکنون طی دو نسخه WEAP 99 که تحت سیستم عامل DOS بوده و WEAP21 که تحت عامل Windows بوده به بازار عرضه شده است. WEAP یک نرم افزار جامع و پیشرفته شبیه سازی سیستمی منابع آب است که در مدیریت منابع آب

حوضه های آبریز کاربرد گسترده ای دارد. WEAP از نقطه نظر ابزار تحلیلی، تمام ابعاد مدیریت آب و چاره اندیشی های متفاوت را می تواند ارزیابی کند و مصارف چند منظوره و رقابتی را در یک سیستم منابع آب مدل کند.

مدل WEAP در کشورهای مختلف در طرح های مختلف تحقیقاتی و کاربردی مورد استفاده قرار گرفته است، به عنوان نمونه در بررسی علل کاهش حجم دریاچه آرال و یا در منطقه کیتیوی کنیا برای بررسی و تحلیل تأثیر مخازن ذخیره ای بر وضعیت منابع آب، مدل WEAP به کار رفته است (راسکین و همکاران، ۱۹۹۲؛ وان لون و دروگرز، ۲۰۰۶). طی تحقیقی در حوضه دریاچه ناپوآشا در کنیا برای بررسی سیستم حوضه این دریاچه در یک قالب جامع نگر از نرم افزار WEAP با هدف یافتن علل و نوع مشکلات آبی استفاده شده است (آلفارا، ۲۰۰۴). در حوضه اولیفان آفریقای جنوبی هم برای بررسی جامع وضعیت عرضه و تقاضای آب در منطقه، مدل WEAP مورد استفاده قرار گرفت. در این منطقه سناریوهایی با محوریت مدیریت تقاضا مطرح و بررسی گردید (هربرتسون و تیت، ۲۰۰۱).

در ایران هم در حوضه های کرخه و ایزه به منظور بررسی تأثیر توسعه منابع آب و تأمین تقاضا در بخش های مختلف کشاورزی، شرب و صنعت با توجه به رشد نیاز آنها در آینده از این مدل استفاده گردید (سیفی و همکاران، ۱۳۸۵؛ علیزاده، ۱۳۸۵). در تحقیق دیگر در دشت گرمسار، وضعیت شبکه آبیاری این دشت توسط مدل WEAP مورد ارزیابی قرار گرفت و در نهایت توسط مدل سطح زیر کشت مناسب و راهکارهای مناسب برای رسیدن به این سطح زیر کشت ارائه شد (حافظ پرست، ۱۳۸۵).

مواد و روش ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

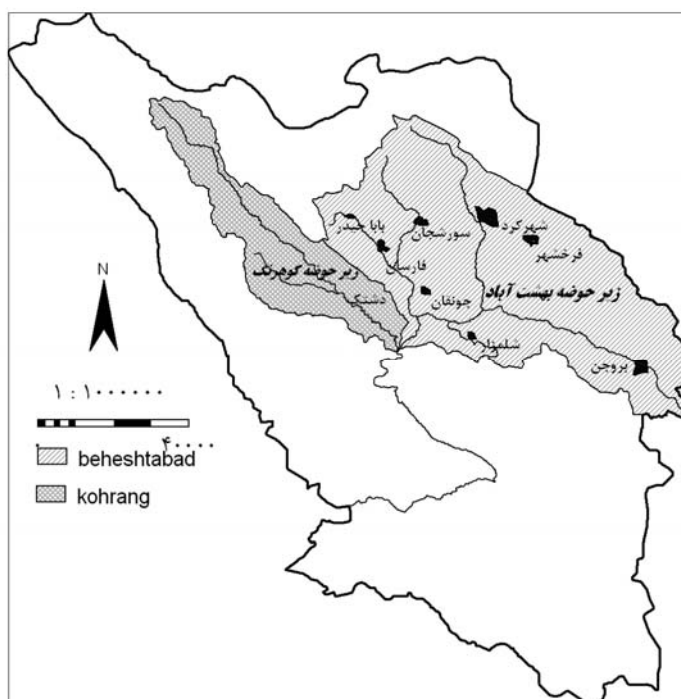
با توجه به اهداف این تحقیق، محدوده مورد مطالعه شامل حوضه های آبریز کوه‌رنگ و بهشت آباد در موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه تا ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی است. این حوضه ها تماماً در محدوده استان چهارمحال و بختیاری واقع هستند. حوضه بهشت آباد با ۳۸۶۰ کیلومتر مربع وسعت، وسیعترین زیرحوضه در حوضه

¹ Water evaluation and planning

² Stockholm Environment Institute (SEI)

کوهرنگ برای انتقال آب به حوضه زاینده رود احداث شده است و اکنون طرح انتقال آب بهشت آباد در دست مطالعه است. ظرفیت آب انتقالی در تونل های ۱، ۲ و ۳ کوهرنگ به ترتیب ۲۷۰، ۳۰۰، ۲۵۰ میلیون متر مکعب در سال است و ظرفیت آب انتقالی در طرح بهشت آباد در مطالعات اولیه این طرح برابر ۱۱۰۰ میلیون متر مکعب در نظر گرفته شده که این رقم معادل متوسط درازمدت آبدهی دو حوضه بهشت آباد و کوهرنگ (پس از کسر سهم تونل های قبلی کوهرنگ) است. چون در این رقم سهم برداشت های آبی حوضه در بالادست و همچنین سهم زیست محیطی رودخانه در پایین دست در نظر گرفته نشده است، لذا در سالهای اخیر انتقادات زیادی به این طرح وارد شده است (سعیدی نیا و همکاران، ۱۳۸۷).

آبخیز کارون شمالی است که از ۸ واحد هیدرولوژیک به نام های سورشجان، جونقان - فارسان، شهرکرد، بروجن - فرادنبه، کیار شرقی، کیار غربی، سپید دشت و بهشت آباد تشکیل شده است (مهندسین مشاور یکم، ۱۳۷۹). وسیعترین دشت های استان چهارمحال و بختیاری در این زیر حوضه واقع شده و از لحاظ تمرکز جمعیت حدود ۶۰ درصد جمعیت استان در حوضه بهشت آباد ساکن هستند. حوضه آبریز کوهرنگ که وسعت آن ۱۲۳۰ کیلومترمربع است از جمله سرشاخه های حوضه کارون به شمار می رود. این حوضه به دلیل بارندگی زیاد، دارای بیشترین آبدهی ویژه است ولی به دلیل کوهستانی بودن دارای حدود ۳ درصد جمعیت استان است. در شکل ۱ نمایی از منطقه مورد مطالعه و موقعیت آن نسبت به استان نشان داده شده است. در سال های گذشته در این حوضه تونل های ۱، ۲ و ۳

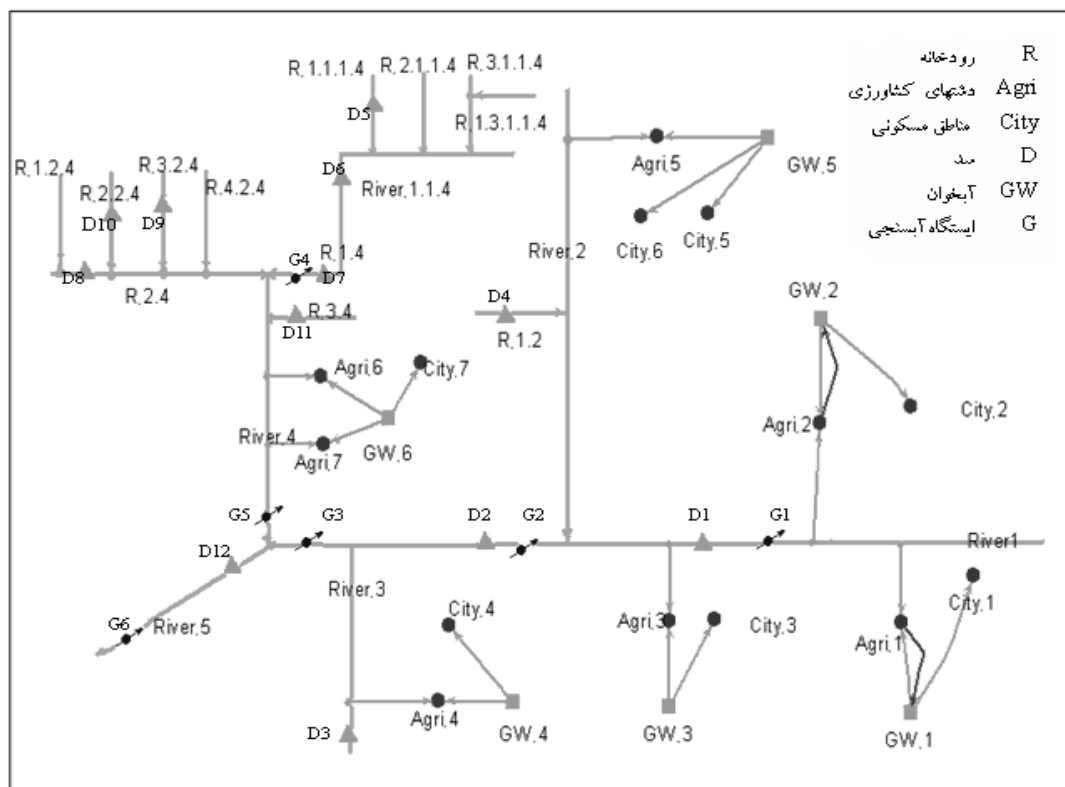


شکل ۱- نمایی از زیر حوضه های بهشت آباد و کوهرنگ و موقعیت آن نسبت به استان

ایستگاه های آب سنجی و کمان های مختلف شامل شبکه انتقال آب از منابع عرضه آب به سایت های تقاضا، شبکه برگشت آب و بازه های مختلف رودخانه استفاده شده است. شکل ۲ اجزای مدل را به صورت شماتیک در حوضه های مورد مطالعه نشان می دهد.

پیکربندی سیستم منابع آب

در مدل WEAP برای مدل سازی حوضه از یک ساختار شبکه گره - کمان استفاده می شود. در این تحقیق برای مدل سازی حوضه های بهشت آباد و کوهرنگ از گره های مختلف نظیر سایت های تقاضای شرب و کشاورزی، مخازن سدها، آبخوان ها، نیاز زیست محیطی،



شکل ۲- شماتیک پیگیربندی سیستم منابع آب حوضه های بهشت آباد و کوهرنگ

جدول ۱- منابع اطلاعاتی برای استخراج داده های اولیه مورد نیاز

مدل		ردیف
منبع اخذ اطلاعات و داده ها	نوع داده ها	
شرکت آب منطقه ای استان	دبی ماهانه رودخانه ها	۱
شرکت آب منطقه ای استان	داده های پیژومتریکی	۲
فایل اطلاعاتی سازمان مدیریت منابع آب ایران	برداشت از آبخوان ها	۳
گزارش مشاور یکم (۱۳۷۹)	سطوح زیر کشت و نیاز آبی	۴
شرکت آب و فاضلاب	نیاز آبی شرب	۵
اداره برنامه ریزی و مدیریت	اطلاعات جمعیت	۶
شرکت آب و فاضلاب و جهاد کشاورزی	اطلاعات مخازن سدها	۷
سازمان هواشناسی	اطلاعات هواشناسی	۸

در مطالعه حاضر سال ۲۰۰۴ میلادی (۸۴-۱۳۸۳) به عنوان سال پایه انتخاب شد و دوره آماری ۳۰ ساله (۲۰۰۴ تا ۲۰۳۳) برای انجام شبیه سازی ها انتخاب گردید. داده های دوره آماری مذکور به صورت قطعی و بر اساس آمار سالهای گذشته در نظر گرفته شده است، لذا داده های مربوط به

تشکیل فایل ورودی مدل

نحوه استفاده از مدل WEAP به این صورت است که یک سال پایه (شرایط موجود)^۱ در نظر گرفته شده و اطلاعات مورد نیاز برای این سال وارد مدل می شود. سال پایه، الزاماً بهترین تخمین از سال های موجود نیست بلکه سالی است که داده های سالم با دقت مورد نیاز موجود باشد. در ادامه سال پایه، یک دوره آماری چند ساله به مدل داده می شود تا در این دوره آماری بتوان شبیه سازی لازم را انجام داد و نتایج مورد نظر را به دست آورد.

^۱- Current account

واسنجی عبارتند از: نسبت تغذیه طبیعی، هدایت هیدرولیکی آبخوانها و آبدهی ویژه. داده های اولیه این پارامترها با توجه به مطالعات انجام گرفته از گزارشات مشاور یکم اخذ شد. در این تحقیق مبنای واسنجی این است که درصد خطای محاسباتی اطلاعات آب های زیرزمینی و سطحی نسبت به مقادیر مشاهداتی در دوره ده ساله واسنجی در یک حد قابل قبول (کمتر از ۱۰٪) باشد. با انجام سعی و خطا و تغییر پارامترهای واسنجی (با توجه به اینکه منبع دقیقی جهت کسب اطلاعات مربوط به پارامترهای فوق وجود ندارد، لذا نمی توان به اعتبار هر یک از این ارقام اعتماد کرد، لذا، پارامترها به گونه ای تغییر پیدا کردند که تا حدودی با داده های به دست آمده از گزارشات مشاور یکم همخوانی را داشته باشد و علاوه بر این همخوانی لازم بین دبی خروجی از رودخانه و داده های ثبت شده در ایستگاه های هیدرومتری و همچنین بین تراز ایستابی محاسباتی و مقادیر ثبت شده توسط پیژومترها ایجاد شود) بالاخره دقت مدل به حد مورد نظر رسید و مدل واسنجی شد. در جدول ۲ دامنه تغییرات پارامترهای واسنجی آمده است.

منابع آب سطحی زیر حوضه ها، داده های آبهای زیر زمینی، مقادیر تقاضای آب، اولویت مصرف کنندگان و مشخصات فیزیکی مخازن سدها از منابع اطلاعاتی موجود (جدول ۱) استخراج گردید.

شایان ذکر است که قبل از تشکیل فایل ورودی مدل، داده های ایستگاه های هیدروکلیماتولوژی موجود، مورد تست همگنی قرار گرفت و با روش رگرسیون بازسازی و تکمیل گردید. در کنار نیازهای شرب، صنعت و کشاورزی، لازم است نیاز زیست محیطی رودخانه، آن هم با اولویت اول در برنامه ریزی منابع آب، لحاظ شود. در این تحقیق نیاز زیست محیطی رودخانه معادل ۲۰ درصد آبدهی رژیم طبیعی رودخانه در هر ماه در نظر گرفته شده است.

واسنجی مدل

در این تحقیق برای واسنجی مدل یک دوره ۱۰ ساله از سال آبی ۱۳۷۵-۱۳۷۴ لغایت ۱۳۸۴-۱۳۸۳ انتخاب شد. علت انتخاب این بازه زمانی، وجود داده های مربوط به ایستگاه های آب سنجی و آمار برداشت آب از منابع سطحی و زیرزمینی است. بعد از تشکیل فایل ورودی مدل، لازم است مدل بر مبنای اطلاعات دبی ایستگاه های هیدرومتری و داده های پیژومتری یک دشت های مختلف موجود در محدوده مطالعاتی، واسنجی شود. مهمترین پارامترهای

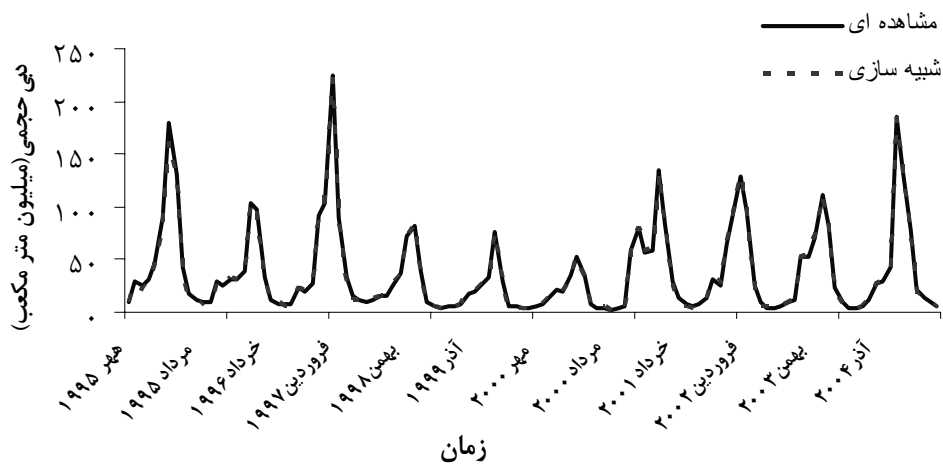
جدول ۲- دامنه تغییرات پارامترهای واسنجی

گره زیرزمینی	نام اختصاری	نسبت تغذیه طبیعی		هدایت هیدرولیکی		آبدهی ویژه	
		قبل از واسنجی	بعد از واسنجی	قبل از واسنجی	بعد از واسنجی	قبل از واسنجی	بعد از واسنجی
کیار شرقی	GW 3	۰/۲۴	۰/۱۷	۶	۵/۳	۰/۰۳	۰/۰۳
شلمزار	GW 4	۰/۱۵	۰/۰۸	۴/۲	۳	۰/۰۲۲	۰/۰۲۵
فارسان-جونقان	GW 6	۰/۳۸	۰/۲۷	۴/۷	۴	۰/۰۲۲	۰/۰۲
سپید دشت	GW 2	۰/۲۸	۰/۱۸	-	-	۰/۰۳	۰/۰۳
شهر کرد	GW 5	۰/۴	۰/۲۵	-	-	۰/۰۴۷	۰/۰۴۷
بروجن - فرادنبه	GW 1	۰/۲۷	۰/۱۳	-	--	۰/۰۳	۰/۰۳

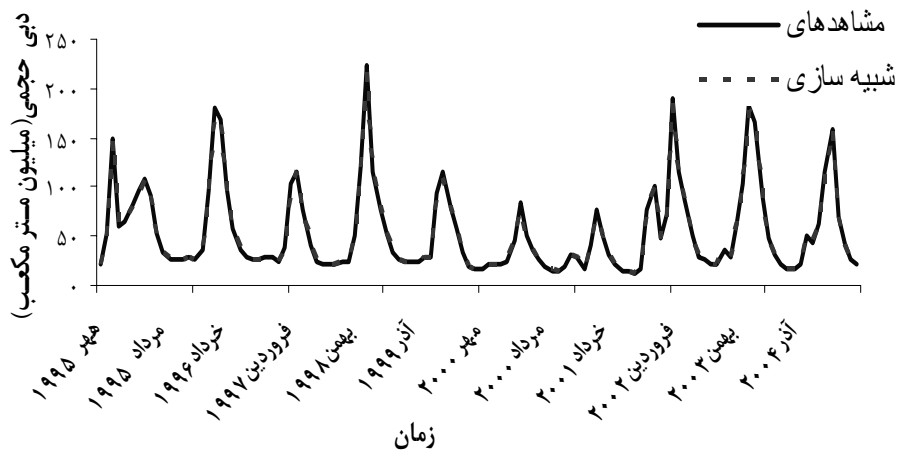
که در آن: Q_{obs} دبی مشاهداتی، Q_{cal} دبی محاسباتی است. همچنین در مورد مقادیر حجم مخازن زیر زمینی نتایج مشابه به دست آمده مشاهداتی و محاسباتی به طور نمونه برای دشت شهرکرد در شکل ۵ ارائه شده و بر این اساس متوسط خطای مدل برای دشت های مختلف در جدول ۴ ذکر شده است. شایان ذکر است که مقادیر مشاهداتی مربوط به ذخیره آب های زیر زمینی با توجه به قرائت ماهانه پیزومترهای موجود در دشت و میانگین گیری به روش تیسسن به دست آمده است.

به عنوان نمونه منحنی تغییرات آبدهی ماهانه مشاهداتی و محاسباتی در محل ایستگاههای بهشت آباد و کاج (محل خروجی حوضه های بهشت آباد و کوهرنگ) در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. بر این اساس خطای مربوط به برآورد دبی ماهانه در محل ایستگاه های هیدرومتری محدوده مطالعاتی مطابق رابطه زیر محاسبه و نتیجه کلی در جدول ۳ ارائه شده است.

$$E = \left| \frac{Q_{cal} - Q_{obs}}{Q_{obs}} \right| \times 100 \quad (1)$$



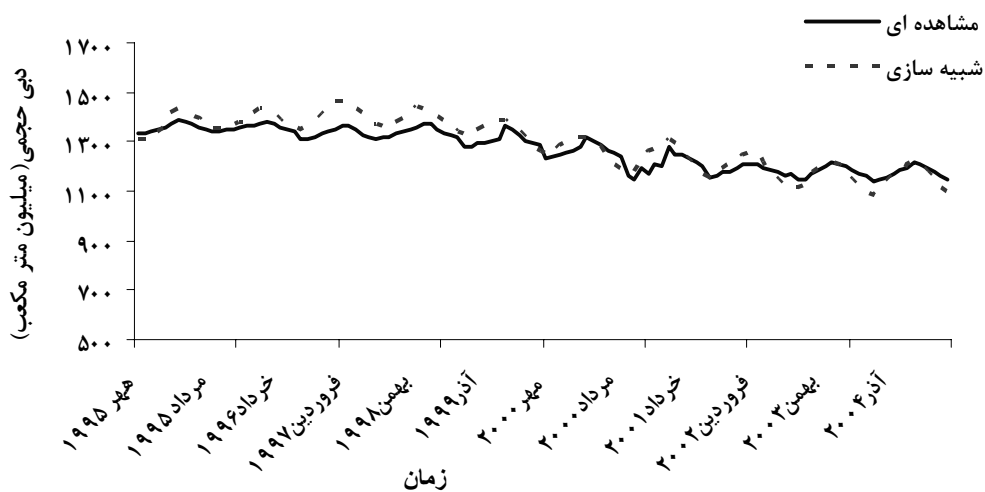
شکل ۳- خروجی رودخانه بهشت آباد



شکل ۴- خروجی رودخانه کوهرنگ

جدول ۳- متوسط خطای مدل در برآورد حجم آبدهی رودخانه‌های محدوده مطالعاتی

ردیف	نام واحد هیدرولوژیک	نام رودخانه	ایستگاه آبنجی و نام اختصاری در مدل	متوسط خطا (%)
1	بروجن-فرادنبه	کیار (River 1)	G1- تنگ دهنو	۱/۲۵
2	کیار شرقی		G2- پل خراجی	۵/۵۲
3	شلمزار		G3- کوه سوخته	۶/۳۵
4	سورشجان	گرگک (R.1.4)	G4- تنگ پردنجان	۷/۴۳
5	جونقان	جونقان (River 4)	G5- درکش ورکش	۳/۰۸
6	بهشت آباد	بهشت آباد (River 5)	G6- بهشت آباد	۲/۵۹
7	کوهرنگ	کوهرنگ (River 6)	G7- کاج	۱/۰۴



شکل ۵- مقایسه حجم مخزن مشاهده ای و شبیه سازی در دشت شهر کرد در حالت واسنجی

جدول ۴- پارامترهای آبخوان‌های مورد مطالعه در حالت کالیبراسیون و متوسط خطای مدل در برآورد حجم آبخوان

ردیف	نام دشت	حجم اولیه آبخوان (میلیون مترمکعب)	ضریب نفوذ به دشت*	ضریب آبدهی ویژه دشت (%)	میانگین حجم آبخوان ماهها		متوسط خطا (%)
					مشاهده‌ای	محاسبه‌ای	
1	بروجن (GW 1)	۲۰۱	۰/۱۳	۳	۲۰۰/۹	۲۰۴/۳	۴/۹۴
2	سفیددشت (GW2)	۹۲/۶	۰/۱۸	۳	۶۴/۴	۶۱/۵	۶/۰۳
3	فارسان (GW 6)	۸۸/۱	۰/۲۷	۲/۲	۸۵/۸	۸۶/۶	۲/۶۶
4	کیار (GW 3)	۱۹۱/۴	۰/۱۷	۳	۱۷۸/۸	۱۸۱/۳	۴/۵
5	شهرکرد (GW 5)	۱۳۳۲/۱	۰/۲۵	۴/۷	۱۳۱۳/۷	۱۲۹۷/۸	۵/۲
6	شلمزار (GW 4)	۸۲	۰/۸	۲/۲	۸۴/۳	۸۶/۷	۵/۶۶

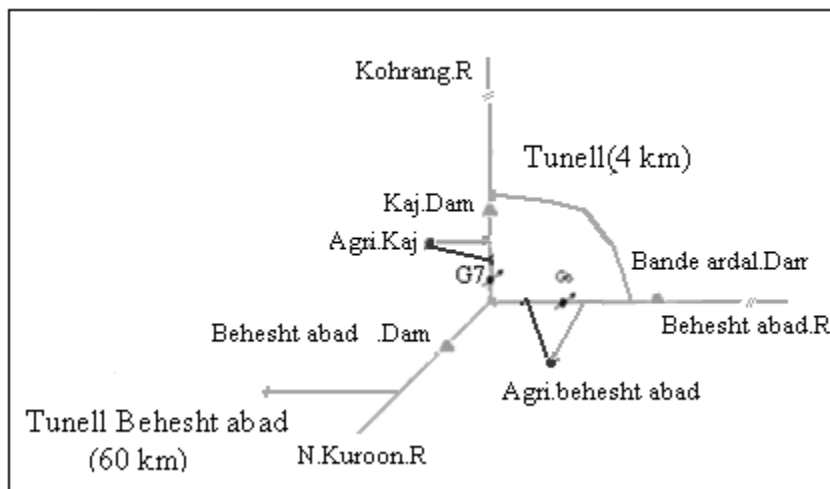
* ضریبی که با ضرب کردن آن در بارندگی منطقه، میزان تغذیه طبیعی بدست می‌آید.

نتایج و بحث

با توجه به واسنجی انجام گرفته، مدل WEAP برای سناریوی توسعه نهایی حوضه مورد مطالعه در یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۰۴ تا ۲۰۳۳) اجرا شد و نتایج مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. در سناریوی نهایی توسعه، فرض شده بود که در حوضه بهشت آباد سدهای مخزنی آلج، بیدکل، دره باد، گوجان، بیدکان، بابا حیدر، گهرو، خراجی، سورک، چشمه زنه و بهشت آباد بهره برداری شدند و همچنین طرح های تغذیه مصنوعی دشت های سفید دشت، کیار و شهر کرد نیز در مدار بهره برداری قرار گرفته باشند. همچنین در سناریوی توسعه فرض شده طرح های توسعه باغ های شناسایی شده نیز اجرا شده و در حال بهره برداری باشند. با توجه به هدف این تحقیق که ارزیابی منابع آب حوضه های بهشت آباد و کوهرنگ است، لذا در سناریوی توسعه نهایی حوضه، طرح های انتقال آب بین حوضه های تونل های اول، دوم و سوم کوهرنگ و طرح انتقال آب بهشت آباد به فلات مرکزی در مدل تعریف شد. طرح انتقال آب بهشت آباد به فلات مرکزی در دو گزینه مختلف به مدل داده شد:

گزینه اول: مطابق همان گزینه پیشنهادی مشاور طرح که شامل احداث یک سد مخزنی بزرگ در پایین دست تلاقی دو رودخانه بهشت آباد و کوهرنگ و احداث یک تونل به طول حدود ۶۵ کیلومتر با ظرفیت ۵۰ مترمکعب در ثانیه برای انتقال آب از مخزن بهشت آباد به حوضه زاینده رود (حوالی شهر باغبهداران) است.

گزینه دوم: تغییر سایت احداث سد به بالادست روستای کاج و احداث یک تونل ۴ کیلومتری از محل بند اردل برای انتقال آب زمستانه بهشت آباد به پشت مخزن این سد. دلیل مطرح شدن گزینه دوم این است که در گزینه دوم، برخلاف گزینه اول، روستاهای بهشت آباد و کوهرنگ به زیر آب نرفته و ضمناً می توان در مواقع کم آبی که کیفیت آب رودخانه بهشت آباد به دلیل تمرکز بالای جمعیت در سطح حوضه بهشت آباد افت می کند، از ورود این منابع آب به مخزن سد ممانعت کرد و این امر موجب حفظ کیفیت آب مخزن برای تأمین مصارف آب شرب مناطق مرکزی می شود، مطابق شکل ۶.



شکل ۶- اجزای مدل دربخش خروجی زیر حوضه های بهشت آباد و کوهرنگ

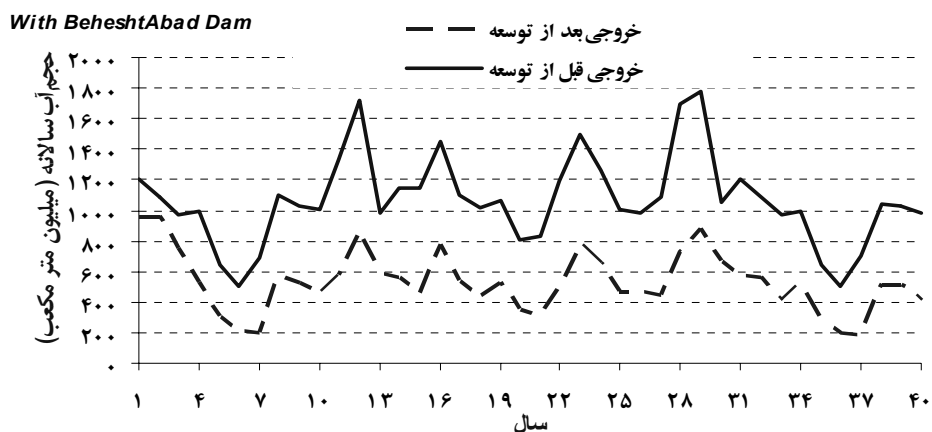
می دهد میانگین درازمدت خروجی دو رودخانه مذکور در شرایط توسعه حوضه بالادست نسبت به آبدهی رودخانه قبل از توسعه (و تنها لحاظ کردن اثر تونل های ۱، ۲ و ۳ کوهرنگ) ۲۷ درصد کاهش یافته است. ولی در برآورد آب

بر اساس نتایج مدل، میزان آب خروجی سالانه دو رودخانه مورد مطالعه (بهشت آباد و کوهرنگ) در شرایط بدون توسعه و در حالت توسعه نهایی مدل در طول دوره ۳۰ ساله شبیه سازی در شکل ۷ نشان داده شده است. نتایج نشان

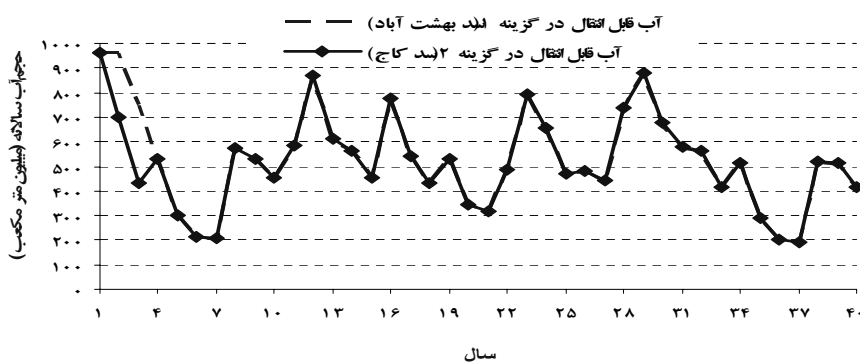
۰/۹۵) در هر دو گزینه ۲۰۱ معادل ۴۷۰ میلیون مترمکعب در سال به دست می‌آید. در گزینه دوم نیز هدف اصلی، عبور ماکسیمم آب عبوری مد نظر قرار گرفت. در این حالت با در نظر گرفتن رفع نیاز زیست محیطی (۲۰ درصد آبدهی رودخانه) همان رقم گزینه اول به دست آمد، در واقع هدف اصلی در این سناریو تغییر محل انتقال آب، با توجه به در نظرگرفتن شرایط حوضه مبدا (استان چهارمحال و بختیاری) است. به عبارت دیگر در حالت دوم ابتدا آب توسط یک تونل به محل دیگر منتقل و سپس به حوضه مقصد انتقال پیدا می‌کند. رقم به دست آمده به عنوان حداکثر آب قابل انتقال در طرح انتقال آب بهشت آباد مطرح است. البته با توجه به خطرات احداث تونل بهشت‌آباد در زهکش کردن آب زیرزمینی منطقه مسیر تونل و خشک شدن چشمه‌های محدوده آبگیر تونل، در صورت جایگزین شدن گزینه تونل با خط لوله انتقال آب لازم است قطر بهینه لوله در میزان آب قابل انتقال در نظر گرفته شود. همچنین خروجی‌های مدل در رابطه با وضعیت بهره‌برداری مخزن سد بهشت آباد مورد بررسی قرار گرفت که بر اساس آن تغییرات حجم آب مخزن در ماه‌های مختلف دوره شبیه‌سازی در نمودار شکل ۹ ارائه شده است و در نمودار ۱۰ تغییرات حجم آب قابل انتقال به ازای حجم مفید مخزن سد بهشت‌آباد نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود به ازای حجم مفید بیشتر از ۶۰۰ میلیون متر مکعب، حجم آب انتقالی تقریباً ثابت می‌ماند. بر اساس این نمودار می‌توان گفت حجم مفید مورد نیاز برای تنظیم آب در طرح انتقال آب بهشت‌آباد معادل ۶۰۰ میلیون متر مکعب است که این رقم با آنچه مشاور در طرح اولیه در نظر گرفته است (یعنی رقم بیش از ۲ میلیارد متر مکعب) اختلاف قابل توجه دارد. با توجه به منحنی حجم ارتفاع مخزن در دو گزینه بهشت آباد و کاج، امکان ایجاد این مخزن با حجم مفید ۶۰۰ میلیون مترمکعب در هر دو گزینه وجود دارد. شایان ذکر است کاهش حجم مخزن سد در طرح انتقال آب بهشت آباد از رقم پیشنهادی مشاور (که بیش از ۲ میلیارد متر مکعب است) به رقم پیشنهادی این تحقیق، باعث خواهد شد بارگذاری ناشی از مخزن کاهش یابد و این امر ریسک وقوع زمین‌لرزه‌های القایی در منطقه طرح را که یکی از مناطق زلزله‌خیز کشور است، کاهش خواهد داد.

قابل انتقال لازم است نیاز زیست‌محیطی رودخانه پایین‌دست و همچنین نیاز آبی مناطق پایین دست (در منطقه خوزستان) در نظر گرفته شود. در سال‌های اخیر ارزش اقتصادی آب به ویژه در مناطق کم آب کشور به خوبی تبیین شده و به منظور انتقال هرچه بیشتر آب به این مناطق، این کشتش وجود دارد که در هزینه‌های طرح انتقال آب، سرمایه‌گذاری در امر مدیریت تقاضای آب در منطقه مقصد (خوزستان و چهارمحال و بختیاری) دیده شود. ولی نمی‌توان نیاز زیست محیطی رودخانه پائین دست را نادیده گرفت و باید این نیاز با اولین اولویت تأمین شود. روش‌های مختلفی در این ارتباط وجود دارد که یکی از ساده‌ترین آنها روش تنانت^۱ است که نیاز زیست‌محیطی رودخانه را در سه حالت مختلف به صورت زیر محاسبه می‌کند: الف) حفظ زیستگاه در بدترین شرایط: نیاز زیست محیطی معادل ۰/۱ متوسط درازمدت آبدهی رودخانه، ب) حفظ زیستگاه با کیفیت متوسط: نیاز زیست محیطی معادل ۰/۳ متوسط درازمدت آبدهی رودخانه و ج) حفظ زیستگاه با کیفیت عالی: نیاز زیست محیطی معادل ۰/۶ متوسط درازمدت آبدهی رودخانه. وزارت نیرو در سال ۱۳۸۶ برای یکی از طرح‌های موجود در منطقه مورد مطالعه (طرح سبزه‌کوه) نیاز زیست محیطی رودخانه پایین‌دست را معادل ۲۰ درصد مقدار رژیم طبیعی آبدهی رودخانه در نظر گرفت. با این فرض مدل برای دو گزینه طرح انتقال آب بهشت آباد اجرا شد که براساس آن، میزان آب قابل انتقال در طول دوره ۳۰ ساله مطابق نمودار ۸ بدست آمد. این نتایج نشان می‌دهد مقدار آب قابل انتقال در دو گزینه تقریباً یکسان به دست آمده، در گزینه شماره ۱، حجم آب قابل انتقال به ازای احتمال وقوع ۹۰ و ۹۵ درصد به ترتیب برابر ۳۱۳ و ۲۲۲ میلیون مترمکعب در سال (جدول بخش قبل) و در گزینه شماره ۲ این احجام به ترتیب ۲۴۰ و ۲۲۰ میلیون مترمکعب در سال به دست آمده است. این نتایج با این فرض بود که تنظیم آب توسط سد مخزنی طرح انتقال آب در مقیاس یک ساله انجام پذیرد. اگر در بهره‌برداری از مخزن این سد، با جیره‌بندی و تنظیم آب در مقیاس چند ساله، مبادرت به انتقال آب شود، حجم آب قابل انتقال با درجه اعتماد مناسب تأمین آب شرب و صنعت (یعنی درجه اطمینان

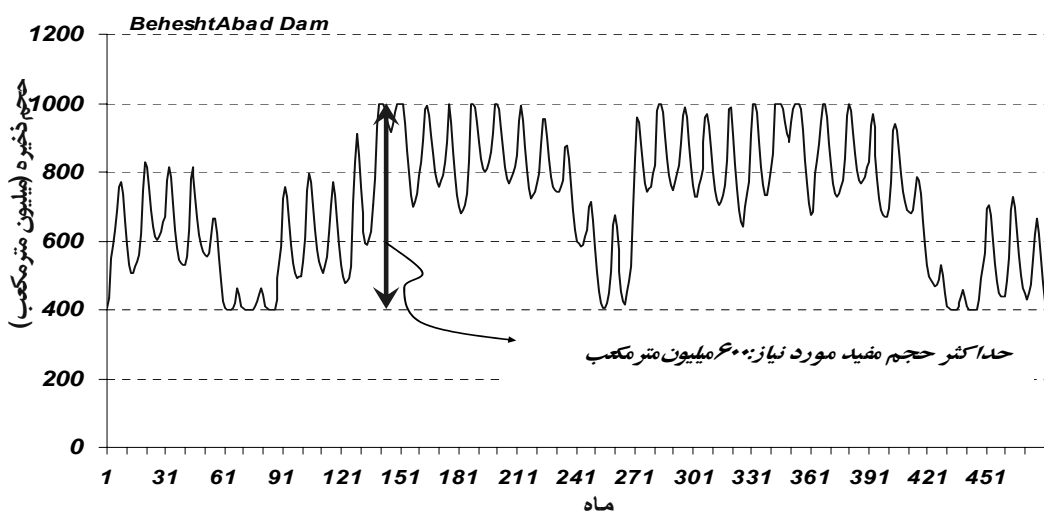
^۱ Tenant



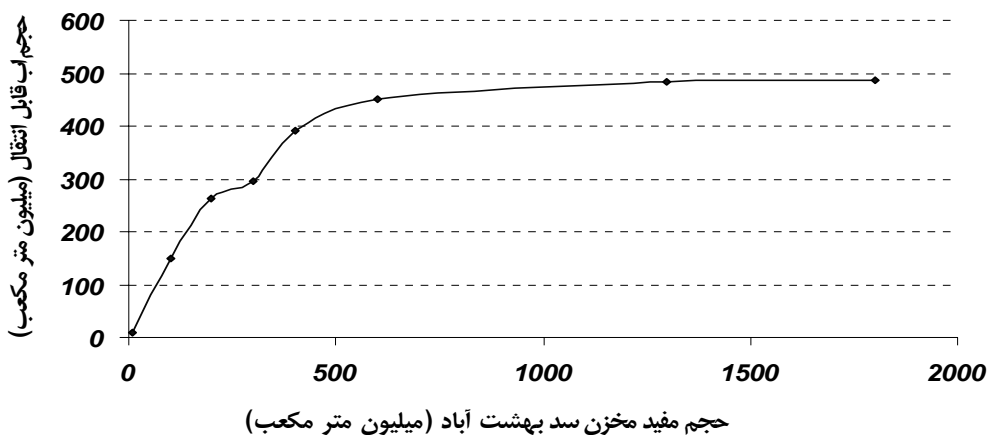
شکل ۷- تغییرات خروجی سالانه آب دو رودخانه کوهرنگ و بهشت آباد در دو حالت با و بدون توسعه در حوضه



شکل ۸- حجم آب قابل انتقال در دو گزینه سد بهشت آباد و سد کاج با لحاظ کردن نیاز زیست محیطی رودخانه پائین دست



شکل ۹- تغییرات حجم ذخیره آب در مخزن سد بهشت آباد در ماه های مختلف شبیه سازی



شکل ۱۰- تغییرات حجم آب قابل انتقال به ازای حجم مفید مخزن سد بهشت آباد با توجه به نتایج مدل سازی

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق که از طریق مدل سازی جامع منابع آب حوضه‌های بهشت‌آباد و کوه‌رنگ با استفاده از مدل WEAP انجام گرفت، به شرح زیر است:

(۱) ظرفیت انتقال آب با توجه به نتایج مدل و با لحاظ کردن حداقل نیاز زیست‌محیطی رودخانه پایین دست، به ازای احتمال وقوع مناسب برای تأمین آب شرب و صنعت، معادل ۲۲۰ میلیون متر مکعب در سال به دست می‌آید. در صورتی که در نظر باشد با مخزن سد، حداکثر آب حوضه را در مقیاس چندساله کنترل کرد، این رقم در نهایت به ۴۷۰ میلیون متر مکعب در سال می‌رسد.

(۲) نتیجه فوق با فرض احداث تونل است. اگر به دلیل تأثیر احداث تونل در زهکش شدن آب زیرزمینی محدوده مسیر تونل و خشک شدن چشمه‌های منطقه گزینه انتقال آب از طریق لوله مورد توجه قرار گیرد، لازم است تأثیر انتخاب قطر بهینه لوله در ظرفیت آب قابل انتقال در نظر گرفته شود.

(۳) نتایج مدل نشان می‌دهد حجم مفید مورد نیاز برای ذخیره‌سازی و تنظیم آب حداکثر برابر ۶۰۰ میلیون متر مکعب به دست می‌آید که این رقم کمتر از یک سوم رقمی است که مشاور طرح در مطالعات در نظر گرفته است.

(۴) در صورتی که سایت احداث سد بهشت آباد به بالادست روستای کاج تغییر یابد در کارکرد طرح انتقال تغییر قابل ملاحظه به وجود نمی‌آید. در این صورت می‌توان از ورود

منابع آب بهشت‌آباد در مواقع کم آبی که به دلیل تمرکز جمعیت زیاد در این حوضه در معرض آلودگی شدید است، جلوگیری کرد.

(۵) پیشنهاد می‌شود به دلیل حساسیت زیاد طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای، در روند مطالعات، تجارب و معیارهای جهانی مد نظر قرار گیرد.

منابع

۱- حافظ پرست م. ۱۳۸۵. برنامه ریزی منابع آب با استفاده از مدل WEAP در بخشی از حوضه آبریز حبله رود. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، اصفهان.

۲- سعیدینیا م. صمدی بروجنی ح. عرب، د و زارعی ع. ۱۳۸۷. بررسی میزان آب قابل انتقال از سرشاخه‌های کارون به حوضه‌های مجاور با استفاده از مدل WEAP. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تبریز.

۳- سیفی ک. نظری فر م. ه. رشیدی م. و مومنی ر. ۱۳۸۵. مدیریت تقاضای آب در جهت پایداری مدیریت منابع آب (مطالعه موردی شهرستان ایذه). دومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. اصفهان.

۴- علیزاده ح. ۱۳۸۵. ارزیابی تأثیر هیدرولوژیکی سناریوهای تخصیص آب در سطح حوضه با استفاده از

- نرم افزار WEAP. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی عمران. دانشگاه صنعتی شریف.
- ۵- مهندسین مشاور یکم. ۱۳۷۹. مطالعات طرح جامع احیاء و توسعه کشاورزی و منابع طبیعی حوضه آبخیز شمالی رودخانه کارون. معاونت برنامه و بودجه وزارت جهاد کشاورزی.
- 6- Alfarra A. 2004. Modeling water Resource management in Lake Naivasha. Thesis submitted to the International Institute for Geo-information Science and Earth Observation
- 7- Herbertson P.W. and Tate E. L. 2001. Tools for water use and demand management in South Africa. World Meteorological Organization. Technical Reports in Hydrology and Water Resources, No. 73.
- 8- Raskin P. Hansen. E . Zhu J and Iwra M. 1992. Simulation of water supply and demand in the Aral sea region J. of water International .17:55-67.
- 9- Van Loon A. and Droogers P. 2006. water Evaluation and Planning System, Kitui – Kenya. WatManSup research report NO.2.