Archive of SID

مجله پژوهش آب ایران
جلد ۹/ شماره ۲/ پیاپی ۱۷/ تابستان ۱۳۹۴ (۱۰۱ ۱۱۰)

سامانه تصمیم‌یار منابع آب حوضه آبریز براساس محاسبه شاخص‌های کمی (مطالعه موردی: حوضه آبریز ارس)

مریم حافظ‌پرست[1*] و شهاب عراقی‌نژاد[2]

چکیده

در این مطالعه با استفاده از سامانه تصمیم‌یار مدیریت منابع آب که امکان تصمیم‌گیری براساس برآورد معیارهای زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی را با محاسبه شاخص‌های کمی حاصل از خروجی مستقیم مدل برنامه‌ریزی منابع آب، برای سناریوهای اقلیمی فراهم می‌کند، حوضه آبریز ارس بررسی شد. این سامانه با شبیه‌سازی تخصیص آب سطحی برای تقاضاهای کشاورزی، شرب و صنعت اثرات گزینه‌های مدیریتی پیشنهادی در شرایط مختلف را که بر تعادل عرضه و تقاضای آب تأثیرگذار هستند تحلیل می‌کند. برای بررسی عملکرد گزینه‌های مدیریتی با اندازه‌گیری نه شاخص پیشنهادی از ابزار ارزیابی و شبیه‌سازی Mike Basin و اتصال آن با نرم‌افزار صفحه گسترده Excel استفاده شد و برای تعیین بهترین گزینه مدیریتی، از تحلیل چندمعیاره و روش تاپسیس استفاده شد. نتایج نشان داد که گزینه کاهش تلفات و افزایش راندمان در سناریوی خوش‌بینانه و گزینه کاهش تلفات و کاهش سطح زیرکشت به‌ترتیب در سناریوی ادامه وضع موجود و سناریوی بدبینانه نسبت به سایر گزینه‌ها برتری دارند. علاوه بر این، گزینه‌های عدم انتقال آب به حوضه دریاچه ارومیه و کاهش سطح زیرکشت به تنهایی پایین‌ترین رتبه را درگزینه‌های پیشنهادی کسب کردند.

واژه‌های کلیدی: تصمیم‌گیری چندمعیاره، سامانه تصمیم‌یار، Topsis، Mike Basin

ارجاع: حافظ‌پرست م. و عراقی‌نژاد ش. ۱۳۹۴. سامانه تصمیم‌یار منابع آب حوضه آبریز براساس محاسبه شاخص‌های کمی (مطالعه موردی: حوضه آبریز ارس). مجله پژوهش آب ایران. ۱۷:۱۰۱-۱۱۰.

۱- استادیار گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی دانشگاه رازی، کرمانشاه.
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج.
* نویسنده مسئول: m.hafezparast@razi.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۲۵

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

میزان آب در دسترس از منطقه‌ای به منطقه دیگر، شامل منطقه‌های بیابانی تا جنگل‌های استوایی به طور کامل متفاوت است. در بسیاری از منطقه‌ها در دسترس بودن آب از نظر کمی و کیفی به شدت تحت تأثیر کاهش و یا افزایش بارندگی و تغییرات دمایی ناشی از تغییرات آب و هوا و تغییر اقلیم است. (گزارش سازمان ملل متحد، ۲۰۰۸). از این‌رو مدیریت یکپارچه منابع و مصارف آب به عنوان فرآیندی که به توسعه هماهنگ و مدیریت منابع آب و زمین و منابع مرتبط، با هدف به حداکثر رساندن رفاه اجتماعی و اقتصادی در یک شیوه عادلانه بدون به خطر انداختن پایداری اکوسیستم‌های حیاتی می‌پردازد امری ضروری است (سازمان ملل متحد- آب، ۲۰۰۷). از جمله مدل‌های موفق در امر مدل‌سازی مدیریت یکپارچه منابع آب در ارتباط با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی می‌توان به مدل WSM DSS (نسل دوم سامانه‌های تصمیم‌یار) و MIKE BASIN (نسل اول سامانه‌های تصمیم‌یار) اشاره کرد (WSMP، ۲۰۰۲). امکان دسترسی به مدل WSM DSS وجود ندارد بنابراین مدل MIKE BASIN با افزودن ابزار تحلیل تصمیم در نسل دوم سامانه‌های تصمیم‌یار قرار می‌گیرد که البته دسترسی به این مدل نیز با هماهنگی شرکت DHI و گرفتن لایسنس تخصصی ممکن است. به همین دلیل استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با وجود گزینه‌های متعدد تصمیم‌گیری در ترکیب با مدل MIKE BASIN در راستای تحقق هدف‌های رویکرد مدیریت یکپارچه منابع آب و قرار گرفتن در گروه نسل دوم سامانه‌های تصمیم‌یار اجتناب‌ناپذیر است. برای بررسی عملکرد گزینه‌های مدیریتی در حوضه‌های آبریز از شاخص‌ها استفاده می‌شود. در این پژوهش از شاخص‌هایی استفاده شده است که به طور مستقیم از خروجی مدل و یا با انجام پس‌پردازش روی خروجی‌های کمی حاصل می‌شود. این فرآیند یک سامانه تصمیم‌یار تشکیل می‌دهد که تصمیم‌گیرندگان را در سیاست‌گذاری حمایت می‌کند. اولین نسل سامانه‌های تصمیم‌یار که از اجزای مختلفی از جمله پایگاه داده، مدل‌ها و GIS تشکیل شده بودند در اواسط دهه ۱۹۹۰ ارائه شدند. دنشام وگودچایلد (۱۹۸۹) اتصال GIS به DSS را برای توسعه DSS مکانی معرفی کردند. مک‌کینی و همکاران (۱۹۹۹) همین روش را برای سامانه سدهای مخزنی و تولید برق‌آبی به کاربردند. در زمینه سیستم‌های تصمیم‌یار که برنامه‌ریزی منابع آب را در یک حوضه آبریز در ارتباط با GIS و به صورت مکانی و یا همراه با تحلیل تصمیم‌گیری انجام داده‌باشند، می‌توان کریستنسن (۲۰۰۴) را نام برد که مدل هیدرولوژیکی Mike-SHE را با Mike Basin و با استفاده از سیستم open MI متصل کرد. لیمهیز و همکاران (۲۰۰۹) ارزیابی اثرات توسعه مخزن‌های کوچک مقیاس بر منابع آب حوضه ولتا در غرب آفریقا را با اتصال مدل هیدرولوژیکی- اقلیمی (MM5/Wasim-ETH) و Mike Basin ارزیابی‌کرد. ییلماز و هارمانسیوگلو (۲۰۱۰) شاخص‌های کمی حاصل از خروجی WEAP را برای حوضه گدیز در کشور ترکیه محاسبه و گزینه‌های مدیریتی را با روش تصمیم‌گیری چندمعیاره SAW رتبه‌بندی کرده است. گیانی و گیوپونی (۲۰۱۱) شاخص‌هایی برای ارزیابی یکپارچه منابع‌آب و تغییراقلیم در شمال حوضه آبریز دانوب و براهماپوترا توسعه دادند. گنگ و واردلاو (۲۰۱۳) مدیریت یکپارچه حوضه آبریز را براساس فرآیند تصمیم‌گیری چندمعیاره و با تعریف شاخص‌های کمی و با مدل بهینه‌سازی تخصیص آب بررسی کردند و گزینه‌های مدیریت تقاضا در منطقه مطالعاتی را با روش CP اولویت‌بندی‌کردند. آنچه که در این پژوهش به مطالعات پیشین اضافه شده است ایجاد یک سامانه تصمیم‌یار از نسل دوم است که با ترکیب دو مدل MIKE BASIN و MCDM می‌تواند علاوه بر محاسبه‌های مربوط به تعادل عرضه و تقاضا در حوضه آبریز در تصمیم‌گیری و انتخاب بهترین گزینه مدیریتی، سیاست‌گذاران را در رسیدن به اجرای مدیریت یکپارچه منابع آب در حوضه آبریز یاری رساند. از طرف دیگر نوع شاخص‌های به کار رفته در این پژوهش در ارزیابی جامع زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی مهم است و این شاخص‌ها براساس منابع پژوهشی بسیاری جمع‌آوری و در این پژوهش به کار رفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

حوضه آبریز ارس در شمال غرب کشور قرار دارد و یک حوضه مرزی مشترک با کشورهای ترکیه، آذربایجان و ارمنستان است. همچنین از نظر تقسیمات سیاسی کشور بخش‌هایی از سه استان آذربایجان‌غربی، آذربایجان‌شرقی

www.SID.ir

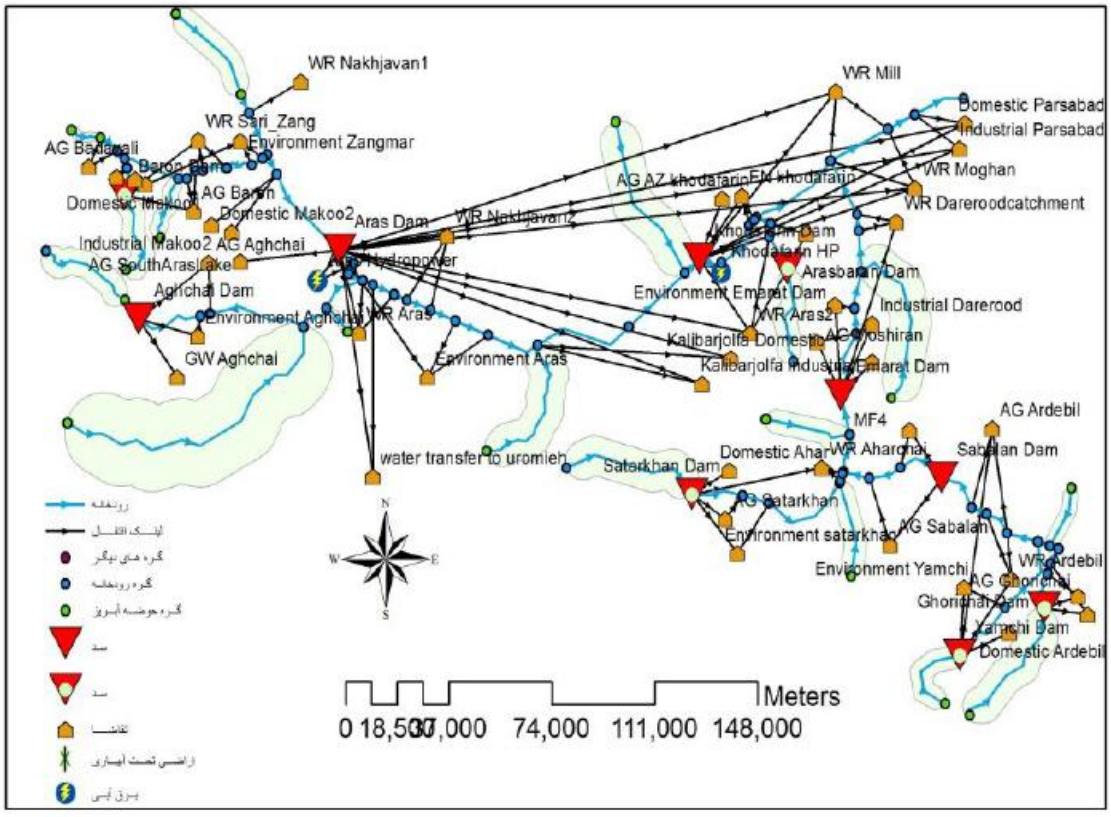
Archive of SID

و اردبیل را در برمی‌گیرد (شکل ۱). مساحت این حوضه برابر ۳۹۵۳۴ کیلومترمربع و از نظر جغرافیایی نیز در محدوده‌ای بین ° ۴۲ ۱ ۴۴ تا ° ۳۳ ۴۲ ۴۸ طول شرقی و ° ۱۰ ۴۶ ۳۷ تا ° ۷ ۴۷ ۳۹ عرض شمالی قرار دارد. براساس اطلاعات موجود، جمعیت حوضه ارس، ۳۱۱۲۲۳۲ نفر در سال ۱۳۸۵ بوده است. نرخ رشد جمعیت در سال ۱۳۸۵ در این حوضه ۰/۶ درصد بوده است.

مدل Mike Basin

این مدل در مؤسسه DHI و در سال ۱۹۹۷ توسعه داده شده و دارای رابطه‌های ریاضی معرف وضعیت حوضه است که شامل رودخانه اصلی و شاخه‌های آن، هیدرولوژی حوضه در زمان و مکان و تقاضاهای آبی مختلف است. این مدل در ارتباط با Arc Gis ابزار توانمندی را برای مدیریت منابع آب در اختیار کاربر قرار می‌دهد (مؤسسه هیدرولوژی دانمارک، ۲۰۰۳). استفاده از این نرم‌افزار باید با هماهنگی شرکت DHI و گرفتن لایسنس تخصصی انجام شود. شماتیک منابع و تقاضاها در محیط Mike Basin در شکل ۲ و اجزای آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

شکل ۱ موقعیت حوضه آبریز ارس در استان‌های کشور



شکل ۲ شماتیک منابع و تقاضاها در مدل Mike Basin

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ اجزای سیستم منابع و مصارف حوضه آبریز ارس

سد	تقاضا کشاورزی	تقاضا شرب	تقاضا صنعت	زیست محیطی
ارس	حقابه نخجوان۱ و ۲	اردبیل	دره رود	قوری چای
بارون	ساری زنگ	اهر	پارساباد	یامچی
آق چای	بداولی	دره رود	کلیبرجلفا	سبلان
ارسباران	بارون	پارساباد	ماکو۱و۲	ستارخان
خدافرین	ارس ۳			عمارت
عمارت	آق چای	ماکو		ارسباران
سبلان	ارس ۲، ۱	کلیبر		ارس
ستارخان	میل و مغان			زنگمار
قوریچای	حقابه دره رود			آق چای
یامچی	مشیران			بارون
ستارخان	حقابه اهرچای			خدافرین
	قوری چای			
	حقابه اردبیل			
	سبلان			
	ستارخان			
	آذربایجان خدافرین			

سناریوهای مرجع

سه سناریوی مرجع با ترکیب سناریوهای آب در دسترس و میزان تقاضا شبیه‌سازی شده که در جدول ۲ مشخص شده است. مطالعه اثرات تغییراقلیم بر حوضه آبریز کورا-ارس توسط زیب (۲۰۱۰) نشان می‌دهد جریان رودخانه‌ها تا سال ۲۰۳۰ برابر ۶/۷ درصد کاهش می‌یابد. در این پژوهش افزایش دما برای ۳۰ سال آینده تعیین نشده است بنابراین تقاضاهای کشاورزی در هر سه سناریو مانند وضع موجود درنظر گرفته شد. سناریو ادامه وضع موجود شامل حفظ میانگین درازمدت آب دردسترس و تقاضاست. در این سناریو داده‌های ماهانه جریان رودخانه‌ها برای ۳۴ سال، از سال ۱۳۸۵-۱۳۵۱ از زمان بهره‌برداری سد ارس برای دوره شبیه‌سازی درنظر گرفته شد. محاسبات تقاضای آب با فرض درنظر گرفتن الگوی کشت یکسان و اراضی کشاورزی ثابت برای تمام محدوده مطالعاتی ثابت است. سناریو بدبینانه اشاره به کاهش منابع آب در دسترس و افزایش تقاضا دارد. بنابراین در این سناریو سری‌زمانی ماهانه جریان رودخانه‌ها در سناریوی ادامه وضع موجود به اندازه ۶/۷ درصد کاهش و میزان تقاضای شرب براساس نرخ رشد جمعیت، ۰/۶درصد افزایش و اراضی کشاورزی و الگوی کشت و تقاضای کشاورزی ثابت درنظر گرفته شده‌اند. سناریو خوش‌بینانه نشان دهنده افزایش آب در دسترس و تقاضای آب ثابت است. در این سناریو جریان رودخانه‌ها در سناریوی ادامه وضع موجود به میزان ۶/۷ درصد افزایش و میزان دما، بارندگی و سطح‌های کشاورزی ثابت و مانند سناریوی ادامه وضع موجود درنظر گرفته شده است.

جدول ۲ سناریوهای مرجع

سناریو ادامه وضع موجود	داده‌های ماهانه جریان رودخانه از سال ۱۳۸۵-۱۳۵۱ برای دوره شبیه‌سازی درنظر گرفته شد. تقاضای آب با درنظر گرفتن الگوی کشت و اراضی کشاورزی معادل وضع موجود درنظر گرفته شد.
سناریو بدبینانه	براساس پژوهش انجام شده جریان رودخانه‌ها ۶/۷ درصد کاهش داده شد. تقاضاهای شرب براساس نرخ رشد جمعیت۰/۶درصد افزایش و تقاضاهای کشاورزی ثابت است.
سناریو خوش‌بینانه	براساس پژوهش انجام شده جریان رودخانه‌ها ۶/۷ درصدافزایش داده شد. تقاضاهای کشاورزی ثابت درنظر گرفته شد.

www.SID.ir

Archive of SID

گزینه‌های پیشنهادی

هدف اصلی این گزینه‌ها که در جدول ۳ نشان داده شده‌اند، افزایش تأمین آب با توجه به راندمان آبیاری و یا کاهش تقاضا است. براساس مطالعات انجام شده روی کانال‌های توزیع آب و مسیرهای انتقال آب تا مزرعه‌ها، میزان نشت از کانال‌های آبیاری حدود ۳۰٪ است. از این‌رو در سناریوهای مرجع، کلیه شبکه‌های انتقال آب به اراضی کشاورزی با تلفات ۳۰٪ درنظر گرفته شده‌اند و به همین دلیل در گزینه ۱ سیستم با درنظر گرفتن ۳۰٪ تلفات در شبکه‌های انتقال به اراضی کشاورزی و بدون اعمال هیچ‌گونه تغییری شبیه‌سازی شده است. در گزینه ۲ فرض شده که با پوشش و تعمیر کانال‌ها و نهرها تلفات نشت ۱۵٪ کاهش داشته باشد و بنابراین در کلیه شبکه‌های انتقال آب به اراضی کشاورزی، تلفات نشت در شبیه‌سازی ۱۵٪ است. گزینه ۳ با توجه به راندمان پایین آبیاری در اراضی کشاورزی این حوضه که معادل ۳۰٪ تخمین زده شده است، با آموزش کشاورزان و تغییر سامانه‌های آبیاری و یا بهبود مصرف آب در مزرعه، امکان افزایش راندمان آبیاری بر طبق مطالعات میدانی انجام شده (مهاب قدس، ۱۳۸۹) به میزان ۱۰٪ وجود دارد. این تغییرات در مقدار نیاز آبی اراضی کشاورزی در شبیه‌سازی درنظر گرفته شد. از آنجایی که رضایت عمومی حوضه مبدأ برای انتقال بین‌حوضه‌ای آب مهم است و بیشتر افراد در حوضه مبدا به طور عموم با انتقال آب به حوضه‌های مجاور مخالف هستند، اثر انتقال و یا عدم انتقال آب به حوضه دریاچه ارومیه در گزینه ۴ بررسی شده است.

در گزینه ۵ با توجه به میزان درصد کمبود بالا در بخش‌هایی از حوضه و میزان نارضایتی کشاورزان و با توجه به مطالعات انجام شده در منطقه، در ۵ مورد از تقاضاهای کشاورزی (شامل اراضی کشاورزی بارون، ستارخان، اردبیل، قوری‌چای و سبلان) کاهش سطح زیرکشت تا حد مجاز درصدکمبود درازمدت۱۰٪ انجام شده است (شرکت مهاب قدس، ۱۳۸۹). گزینه‌های ۶، ۷ و ۸ ترکیب گزینه‌های ۲، ۳ و ۵ است. در نتایج اولیه مشخص شد که عدم انتقال آب به حوضه دریاچه ارومیه به میزان ۳۰۰ میلیون‌مترمکعب (گزینه ۴) بر بهبود شاخص‌های پایداری حوضه آبریز ارس تأثیر زیادی نداشته‌است بنابراین در ترکیب گزینه‌های پیشنهادی، این گزینه درنظر گرفته نشد.

جدول ۳ گزینه‌های مدیریتی قابل اجرا در حوضه آبریز ارس

گزینه‌ها	اقدامات
گزینه ۱: بدون تغییر	هیچگونه تغییری در سیستم داده نشود
گزینه ۲: کاهش تلفات نشت از کانال‌ها	پوشش و تعمیر کانال‌ها و شبکه‌های توزیع آب
گزینه ۳: افزایش راندمان	تغییر در سیستم‌های آبیاری و آموزش کشاورزان
گزینه ۴: عدم انتقال بین‌حوضه‌ای	انتقال آب به حوضه دریاچه ارومیه انجام نشود
گزینه ۵: کاهش سطح زیر کشت	کاهش سطوح زیرکشت در منطقه‌های با کمبود شدید
گزینه ۶: ترکیب گزینه‌های (۲ و ۳)	کاهش تلفات و افزایش راندمان
گزینه ۷: ترکیب گزینه‌های (۲ و ۵)	کاهش تلفات و کاهش سطح زیرکشت
گزینه ۸: ترکیب گزینه‌های (۳ و ۵)	افزایش راندمان و کاهش سطح زیرکشت

تعیین شاخص‌ها

با توجه به گزینه‌های پیشنهادی، ۹ شاخص براساس پایداری زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی براساس جدول ۴ درنظر گرفته شد. با اجرای مدل شبیه‌سازی، خروجی‌ها به‌صورت خودکار توسط اتصال انجام شده بین Mike Basin و Excel وارد این نرم‌افزار می‌شود و این بدین معناست که فقط شاخص‌هایی درنظرگرفته شده‌اند که براساس ارزیابی کمی گزینه را بررسی می‌کند. روش محاسبه گزینه‌ها براساس دو رویکرد انجام شده است. رویکرد اول استفاده از مقادیر میانگین سری‌های زمانی است که به‌صورت سالانه در دوره شبیه‌سازی به دست می‌آیند، مانند شاخص نرخ مصرف آب سطحی برای اراضی کشاورزی، آب خارج از دسترس، کمبود آب آبیاری و ارزش کل تولید که از این روش محاسبه شده‌اند. در مورد شاخص نسبت سود به هزینه یک تفاوت وجود دارد که این شاخص از تقسیم کل سود (درآمد حاصل از کشت) به

www.SID.ir

Archive of SID

کل هزینه (کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری) به دست می‌آید. رویکرد دوم شامل ارزیابی همبستگی زمانی سری‌زمانی شاخص‌ها با اندازه‌گیری عملکرد اطمینان‌پذیری، برگشت‌پذیری و آسیب‌پذیری است (جامعه مهندسین عمران آمریکا، ۱۹۹۸).

این فرآیند برای هر شاخص C، که سری‌زمانی آن با C_t نشان داده می‌شود و t نشان‌دهنده طول دوره شبیه‌سازی است، قابل محاسبه است. برای محاسبه این شاخص‌ها بایستی حد بالا و پایین محدوده مورد قبول تعریف‌شود. این حدود براساس قضاوت تصمیم‌گیرندگان تعیین می‌شود. اطمینان‌پذیری (RE) احتمال اینکه مقدار C_t در محدوده قابل قبول قرار گیرد به صورت معادله ۱ محاسبه می‌شود.

$$RE(C) = \frac{\text{تعدادمقادیررضایت بخش هر شاخص}(Ct)}{\text{کل دوره شبیه سازی}} \quad (۱)$$

برگشت‌پذیری (RS) شاخصی است که سرعت بازگشت از شرایط نارضایت بخش را نشان می‌دهد یا به عبارتی احتمال اینکه مقدار رضایت‌بخش C_{t+1} پس از مقدار شکست C_t ظاهر شود که در معادله ۲ آمده است.

$$RE(C) = \frac{\text{تعدادمقادیررضایت بخش هر شاخص}(Ct+1)\text{ که پس از شکست}(Ct)\text{ظاهر شود}}{\text{کل دوره شبیه سازی}} \quad (۲)$$

آسیب‌پذیری (VU) نشان‌دهنده بزرگی و یا مدت زمان شکست در یک سری‌زمانی است. بزرگی شکست مقداری است که C_t از حد بالا و یا حد پایین مقدار رضایت بخش تجاوز کند که در معادله ۳ آمده‌است. شاخص پایداری که محدوده آن از صفر برای بدترین مقدار تا یک برای بهترین مقدار است، با ضرب مقادیر اطمینان‌پذیری، برگشت‌پذیری و آسیب‌پذیری-۱ محاسبه شده‌اند. برای پایداری، معیارهای اطمینان‌پذیری و برگشت‌پذیری حداکثر و آسیب‌پذیری حداقل است. بنابراین شاخص پایداری کشاورزی (ASI) و شاخص پایداری زیست‌محیطی (ESI) با توجه به معادله ۴ محاسبه می‌شوند. (S/D) نسبت تأمین به تقاضا در شاخص پایداری کشاورزی برای تقاضاهای کشاورزی و در شاخص پایداری زیست‌محیطی برای تقاضاهای زیست‌محیطی است. محدوده قابل‌قبول برای تأمین تقاضای کشاورزی بین ۰/۸ و ۱ و برای تقاضای زیست‌محیطی حد بالا و پایین ۱ درنظر گرفته شده است که در واقع باید کل نیاز برطرف شود. معادله ۱ برای محاسبه شاخص‌های اطمینان‌پذیری تأمین آب شرب و انتقال آب به حوضه دریاچه ارومیه نیز به کار می‌رود که البته حد بالا و پایین آن ۱ درنظرگرفته می‌شود.

$$VU(C) = \frac{\text{جمع مقادیرشکست هر شاخص}(Ct)}{\text{تعداد کل شکست‌ها برای هر شاخص}(Ct)} \quad (۳)$$

$$ASI = RE_{(Si\,/\,Di)} * RS_{(Si\,/\,Di)} * \left(1 - VU_{(Si\,/\,Di)}\right) \quad (۴)$$

جدول ۴ شاخص‌های ارزیابی پایداری در حوضه آبریز ارس

معیار	شاخص	تعریف
زیست‌محیطی	۱: شاخص پایداری کشاورزی	جمع زمانی نسبت تأمین به تقاضا در سری‌زمانی (تقاضاهای کشاورزی) براساس میزان عملکرد که حد قابل قبول بین ۰/۸ و ۱ است.
	۲: شاخص پایداری‌زیست محیطی	جمع زمانی نسبت تأمین به تقاضا در سری‌زمانی (تقاضاهای زیست‌محیطی) براساس میزان عملکرد که حد قابل قبول ۱ است.
	۳: نرخ مصرف آب سطحی برای اراضی کشاورزی	درصد پتانسیل آب سطحی تخصیص داده‌شده به اراضی کشاورزی (میانگین سالانه مدنظر است) (اثر آب برگشتی اراضی کشاورزی بر کیفیت آب)
	۴: آب خارج از دسترس	میزان خروج آب از آخرین نقطه رودخانه ارس در حوضه آبریز ارس (میانگین سالانه مدنظر به میلیون مترمکعب)
اجتماعی	۱: اطمینان‌پذیری تأمین آب شرب	اطمینان‌پذیری تأمین لینک‌های انتقال آب شرب که مقدار تأمین به تقاضا معادل ۱ است.
	۲: کمبود آب برای اراضی کشاورزی	نشان‌دهنده میزان کمبود آب سالانه برای اراضی کشاورزی براساس (میلیون مترمکعب) که نشان دهنده میزان نارضایتی کشاورزان است.
	۳: انتقال آب به حوضه دریاچه ارومیه	اطمینان‌پذیری تأمین گره انتقال آب به حوضه دریاچه ارومیه
اقتصادی	۱: نسبت سود به هزینه	نسبت کل سود به کل هزینه (B/C) در اثر اجرای هرگزینه برای کل دوره شبیه‌سازی
	۲: ارزش کل تولید	ارزش تولید کل سالانه کشاورزی (میانگین سالانه مدنظر است به میلیون ریال)

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

ماتریس ارزیابی شاخص‌ها

ماتریس ارزیابی براساس ۹ شاخص و ۸ گزینه در جدول ۵، محاسبه و بهترین مقادیر با رنگ تیره نشان داده شده است. ورودی‌های ماتریس با شرایط هیدرولوژیکی- اقلیمی متفاوت هستند و در واقع برای سه سناریو، سه ماتریس ارزیابی به دست می‌آید که نه فقط ارزیابی براساس شاخص‌ها را آماده می‌کند بلکه زیربنایی در جهت فرآیند تصمیم‌گیری احتمالی است. ارزیابی عملکرد گزینه‌ها در سناریوی ادامه وضع موجود نشان می‌دهد گزینه‌های ۱ و ۴ نسبت به گزینه‌های دیگر تأثیر کمتری دارند و گزینه‌های ۲ و ۷ نسبت سود به هزینه بهتری دارند و گزینه‌های ۳، ۵، ۶ و ۷ که سبب کاهش نیاز به آب می‌شود نیاز به تحلیل عمیق‌تری دارند. با توجه به افزایش آب در دسترس در سناریوی خوش‌بینانه نتایج با عملکرد بهتری ظاهر می‌شوند و در سناریوی بدبینانه با کاهش آب در دسترس و افزایش تقاضا، نتایج نسبت به دو سناریوی قبل عملکرد پایین‌تری دارند. مقادیر شاخص پایداری کشاورزی از هم‌پوشانی مقادیر اطمینان‌پذیری، برگشت‌پذیری و آسیب‌پذیری-۱ حاصل می‌شود و بین صفر و یک تغییر می‌کند و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده عملکرد بهتری است.

از آنجا که در این پژوهش مقادیر حداکثر شدت کمبود در دوره‌های خشک متوالی که با شاخص آسیب‌پذیری نشان داده می‌شود بسیار بالاست و تعداد پیروزی‌های پس از شکست که در شاخص برگشت‌پذیری محاسبه می‌شود در دوره‌های خشک کم است، در این صورت با وجود بالا بودن مقدار اطمینان‌پذیری تأمین در تقاضاهای کشاورزی مقدار شاخص پایداری کشاورزی (ASI) که از حاصل‌ضرب اطمینان‌پذیری، برگشت‌پذیری و آسیب‌پذیری حاصل می‌شود عملکرد پایینی را نشان می‌دهد. هرچه میزان آب در دسترس بیشتر باشد و دوره‌های خشک کمتر اتفاق افتد این شاخص وضعیت بهتری دارد. بنابراین می‌توان انتظار داشت که در سناریوی خوش‌بینانه با افزایش آب در دسترس مقدار این شاخص بهبود یابد که بیشترین مقدار آن با اجرای گزینه ۶ حاصل شده و به ۰/۲۴ رسیده است. به همین ترتیب شاخص پایداری زیست‌محیطی نیز که از همین حاصل‌ضرب حاصل می‌شود به‌دلیل وجود دوره‌های خشک متوالی در سری زمانی آبدهی رودخانه‌های منطقه مطالعاتی عملکرد پایینی را نشان می‌دهد. بدترین وضعیت پایداری زیست‌محیطی در سناریوی بدبینانه با کاهش آب در دسترس و افزایش تقاضا و در گزینه ۱ که وضعیت کنونی سیستم بدون هیچ تغییری را نشان می‌دهد. بدتر از آن گزینه ۴ است که شرایط کنونی برقرار و به‌علاوه انتقال آب به حوضه دریاچه ارومیه نیز انجام شود که این عدد به ۰/۰۹ رسیده و از حد ایده‌آل آن که یک است بسیار فاصله گرفته است. مقدار شاخص نرخ مصرف آب سطحی در تقاضاهای کشاورزی که به‌ترتیب ۰/۳۹۷، ۰/۴۲۲ و ۰/۴۴ در سناریوهای خوش‌بینانه، ادامه وضع موجود و بدبینانه است با اجرای گزینه ۸ به میزان ۰/۳۱۴، ۰/۳۳۲ و ۰/۳۴۹ کاهش می‌یابد. این شاخص در هر گزینه مدیریتی کمبود دارد که البته بیشترین کاهش آن در گزینه ۸ به وجود می‌آید که مقادیر کمتر این شاخص برای پایداری بیشتر حوضه آبریز مؤثر است. شاخص آب خارج از دسترس که در آخرین نقطه خروجی رودخانه ارس پس از اجرای هر گزینه در هر سناریو برآورد شده‌است هرچه کمتر باشد به پایداری حوضه ارس کمک بیشتری می‌کند. زیرا مصرف آب در داخل حوضه انجام می‌شود و از آن خارج نمی‌شود و اما با اجرای گزینه‌های مدیریتی مسلما این شاخص افزایش داشته و هرچه مدیریت تقاضا انجام شود میزان آب خروجی از حوضه در آخرین نقطه افزایش می‌یابد. این شاخص از این نظر که بر خلاف اثر مثبت گزینه‌های مدیریتی از جنبه دیگر پایداری حوضه را بررسی می‌کند مهم است. همان‌طور که در جدول ۵ نیز مشخص است بهترین مقدار این شاخص در وضعیت کنونی حوضه که مدیریت تقاضا انجام نشده است و گزینه ۵ که کاهش سطح زیرکشت را به همراه دارد مشخص شده است. شاخص‌های اطمینان‌پذیری تأمین آب شرب و انتقال به حوضه دریاچه ارومیه در همه گزینه‌ها عملکرد بالایی را نشان می‌دهند. مقدار شاخص کمبود آب آبیاری در سناریوهای بدبینانه، ادامه وضع موجود و خوش‌بینانه به‌ترتیب مقدار کمبود را ۴۹۵/۸، ۳۹۶/۸ و ۳۳۱/۷۹ میلیون‌مترمکعب نشان می‌دهد که با اجرای گزینه ۸ این کمبود به میزان ۱۵۳/۷۹، ۱۰۵/۴۸ و ۸۲/۴۵ کاهش می‌یابد. انتظار می‌رود که با اجرای گزینه‌های مدیریتی مقدار این شاخص به شکل قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد، اما آنچه که در برآورد این شاخص مهم است تعیین مؤثرترین گزینه مدیریتی و یا تلفیق گزینه‌های مدیریتی

www.SID.ir

Archive of SID

برای حوضه ارس است. زیرا اجرای هر گزینه مدیریتی مستلزم هزینه، وقت و تجهیزات است که به راحتی برای یک منطقه عملی نمی‌شود. بنابراین مطالعه دقیق بر روی این گزینه‌های مدیریتی و بررسی آن‌ها از جنبه‌های مختلف زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی و تعیین مقادیر شاخص‌ها مهم است. این شاخص که یکی از مهم‌ترین شاخص های تعادل عرضه و تقاضا است و در بسیاری از پژوهش‌ها و پروژه‌های برنامه‌ریزی منابع آب به تنهایی معیار اصلی تصمیم‌گیری است در این پژوهش در هر سه سناریو با اجرای گزینه ۸ کمترین مقدار و یا بهترین مقدار را دارد. مقادیر شاخص سود به هزینه با اجرای گزینه‌های ۲ و ۷ به حداکثر عملکرد خود معادل ۱/۵، ۱/۳ و۱/۲۳ به‌ترتیب در سناریوهای خوش‌بینانه، ادامه وضع موجود و بدبینانه می‌رسد و آخرین شاخص که ارزش کل تولید را با اجرای هر گزینه نشان می‌دهد در هر سه سناریو با اجرای گزینه ۲ که پوشش کانال‌های آبیاری است بهترین مقدار را دارد.

جدول ۵ ماتریس ارزیابی شاخص‌های پایداری در حوضه آبریز ارس

معیارها		زیست‌محیطی				اجتماعی			اقتصادی	
سناریو	شاخص / گزینه	پایداری کشاورزی	پایداری زیست‌محیطی	نرخ مصرف* آب سطحی	آب خارج از* دسترس	اطمینان‌پذیری تأمین آب شرب	کمبود* آب	اطمینان‌پذیری تأمین گره انتقال آب	نسبت سود به هزینه	ارزش کل تولید
ادامه وضع موجود	۱	۰/۱۴	۰/۱۱۷	۰/۴	**۰/۳۷۸**	۰/۹۷	۳۹۶/۸	۰/۹۶۷	۱/۲۶	۳۹۵۲۰
	۲	۰/۱۶۹	۰/۱۲	۰/۴۲۲	۰/۴۵۷	۰/۹۸۱	۲۵۹/۱	۰/۹۷۲	**۱/۳**	**۴۱۲۲۷/۲**
	۳	۰/۱۶۷	۰/۱۱۴	۰/۳۳۵	۰/۴۶۸	۰/۹۸۱	۱۸۳/۲۷	۰/۹۷۵	۱/۱۴	۳۲۷۵۳/۶
	۴	۰/۱۴۹	۰/۱۱۶	۰/۴۰۸	۰/۴۰۷	۰/۹۷	۳۶۳/۶۵	–	۱/۲۷	۳۹۹۲۰
	۵	۰/۱۶۷	۰/۱۲۲	۰/۴۰۳	۰/۳۷۹	۰/۹۷۹	۲۸۰/۶۵	۰/۹۶۷	۱/۲۶	۳۹۳۴۴
	۶	**۰/۱۸۹**	**۰/۱۲۹**	۰/۳۴۴	۰/۵۳۹	۰/۹۸۷	۱۱۳/۰۸	**۰/۹۷۸**	۱/۱۶	۳۳۶۴۰
	۷	۰/۱۸	۰/۱۱۷	۰/۴۱۹	۰/۴۵۹	۰/۹۸۹	۱۵۳/۱۷	۰/۹۷۲	**۱/۳**	۴۰۹۲۶/۴
	۸	۰/۱۸۳	۰/۱۱۳	**۰/۳۳۲**	۰/۴۷۱	**۰/۹۹۱**	**۱۰۵/۴۸**	۰/۹۷۵	۱/۱۳۴	۳۲۴۳۳/۶
خوش‌بینانه	۱	۰/۱۶۲	۰/۱۱۷	۰/۳۸۷	۰/۴۳	۰/۹۷۶	۳۳۱/۷۹	۰/۹۷۲	۱/۴۸	۴۰۳۲۳/۲
	۲	۰/۱۷۳	**۰/۱۴۳**	۰/۴	۰/۵۱۶	۰/۹۸۵	۲۱۵/۴۴	۰/۹۷۸	**۱/۵۱**	**۴۱۷۶۳/۲**
	۳	۰/۱۷۸	۰/۱۴	۰/۳۱۸	۰/۵۲۸	۰/۹۸۴	۱۵۵/۰۸	۰/۹۷۸	۱/۳۲	۳۳۱۳۷/۶
	۴	۰/۱۵۸	۰/۱۲۸	۰/۳۸۹	۰/۴۶۳	۰/۹۷۶	۳۰۷/۷	–	۱/۴۸۷	۴۰۶۱۷/۶
	۵	۰/۱۷۴	۰/۱۲	۰/۳۸۴	**۰/۴۱۴**	۰/۹۸۵	۲۲۱/۱۸	۰/۹۷۲	۱/۴۷۷	۴۰۰۷۶/۸
	۶	**۰/۲۴**	۰/۱۵	۰/۳۲۶	۰/۶	۰/۹۸۹	۸۵/۲۵	**۰/۹۸۱**	۱/۳۴۴	۳۳۹۷۴/۴
	۷	۰/۱۸۳	۰/۱۳۸	۰/۳۹۷	۰/۵۲	۰/۹۹۳	۱۱۶/۹۱	۰/۹۷۸	**۱/۵۱**	۴۱۳۵۲
	۸	۰/۱۸۸	۰/۱۳۸	**۰/۳۱۴**	۰/۵۳۲	**۰/۹۹۳**	**۸۲/۴۵**	۰/۹۷۸	۱/۳۱۹	۳۲۷۴۴
بدبینانه	۱	۰/۱۳۲	۰/۰۹۵	۰/۴۱۸	**۰/۳۲۲**	۰/۹۵۹	۴۹۵/۸	۰/۹۵۳	۱/۱۸۶	۳۸۲۹۹/۲
	۲	۰/۱۵۵	۰/۱۰۸	۰/۴۴	۰/۳۹۲	۰/۹۲۴	۳۲۶/۹	۰/۹۶۹	**۱/۲۳**	**۴۰۳۶۸**
	۳	۰/۱۵۷	۰/۱۰۹	۰/۳۵	۰/۴۰۲	۰/۹۶۷	۲۴۲/۵۳	۰/۹۶۹	۱/۰۸۹	۳۲۰۳۰/۴
	۴	۰/۱۳۳	۰/۰۹	۰/۴۲۳	۰/۳۵	۰/۹۵۹	۴۵۹/۴۲	–	۱/۱۹۳	۳۸۷۵۶/۸
	۵	۰/۱۴۴	۰/۱۰۵	۰/۴۱۷	**۰/۳۲۲**	۰/۹۶۴	۳۸۸	۰/۹۵۳	۱/۱۸۷	۳۸۰۱۶
	۶	**۰/۱۷۸**	۰/۱۱۴	۰/۳۶۳	۰/۴۷	۰/۹۷۵	۱۵۴/۰۸	**۰/۹۷۵**	۱/۱۱۳	۳۳۱۳۹/۲
	۷	۰/۱۷۲	۰/۱۱۶	۰/۴۴	۰/۳۹۴	۰/۹۷۸	۲۱۶/۲۳	۰/۹۶۹	**۱/۲۳**	۴۰۱۱۲
	۸	۰/۱۷۲	**۰/۱۲**	**۰/۳۴۹**	۰/۴۰۴	**۰/۹۷۹**	**۱۵۳/۷۹**	۰/۹۶۹	۱/۰۹۱	۳۱۸۳۶/۸

شاخص‌هایی که ستاره‌دار هستند باید حداقل شوند.

www.SID.ir

Archive of SID

تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)[1]

تصمیم‌گیری چندمعیاره به طور گسترده‌ای در سابقه تحقیقاتی برنامه‌ریزی منابع آب استفاده می‌شود. در این پژوهش، برای رتبه‌بندی گزینه‌های مدیریت تقاضا با وجود نه شاخص و سه سناریو و هشت گزینه ماتریس سه بعدی تصمیم‌گیری با روش Topsis اولویت‌بندی شده است. در این روش بهترین گزینه، گزینه ای‌ست که به طور هم‌زمان هم نزدیک‌ترین نقطه به نقطه ایده‌آل و هم دورترین نقطه تا نقطه ایده‌آل منفی باشد. مراحل انجام این روش شامل تعیین مجموعه‌ای از گزینه‌های ممکن، استاندارد نمودن شاخص‌ها و سپس اختصاص وزن به هر شاخص به گونه‌ای که وزن‌ها بین صفر و یک باشند و مجموع آن‌ها برابر یک است. محاسبه پارامترهای V_{ij} که از ضرب شاخص‌های استاندارد شده در وزن‌های مربوطه به دست می‌آیند. درنظر گرفتن ماکزیمم مقدار $v+j$ و مینیمم مقدار $v-j$ برای هر شاخص استاندارد وزن‌دار شده و درنهایت محاسبه فاصله هر گزینه تا نقطه ایده‌آل و نقطه ایده‌آل منفی به‌ترتیب بر طبق رابطه‌های ۵ و ۶ و محاسبه فاصله نسبی هر گزینه تا نقطه ایده‌آل (c_{i+}) براساس رابطه ۷ و تعیین رتبه‌بندی نزولی گزینه‌ها بر حسب پارامتر c_{i+} انجام می‌شود گزینه ای مقدار c_{i+} آن بیشتر باشد، گزینه برتر است.

$$s_{i+} = \left[\sum_j (v_{ij} - v_{+j})^2\right]^{0.5} \quad (۵)$$

$$s_{i-} = \left[\sum_j (v_{ij} - v_{-j})^2\right]^{0.5} \quad (۶)$$

$$c_{i+} = \frac{s_{i-}}{s_{i+} + s_{i-}} \quad (۷)$$

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۶، برای سناریو ادامه وضع موجود و بدبینانه گزینه مدیریتی ۸، شامل افزایش راندمان و کاهش سطح زیرکشت اولویت اول را به دست آورده است. گزینه‌های ۴ و ۵ شامل عدم انتقال آب به حوضه دریاچه ارومیه و کاهش سطح زیرکشت به‌تنهایی گزینه‌های مناسبی برای برطرف‌کردن تنش آبی در منطقه نیستند و اما در سناریو خوش‌بینانه ترتیب گزینه‌ها متفاوت است و گزینه ۷ شامل کاهش تلفات و کاهش سطح زیرکشت به‌عنوان گزینه برتر انتخاب شده است. با توجه به رتبه‌بندی، گزینه‌های ۲ و ۳ در سناریوهای هواشناسی- هیدرولوژیکی دارای میانگین پایینی هستند.

جدول ۶ رتبه‌بندی گزینه‌ها برای سناریوهای مرجع

رتبه گزینه‌ها	سناریو ادامه وضع موجود	سناریو خوش‌بینانه	سناریو بدبینانه
۱	گزینه ۸	گزینه ۷	گزینه ۸
۲	گزینه ۷	گزینه ۸	گزینه ۷
۳	گزینه ۶	گزینه ۶	گزینه ۶
۴	گزینه ۳	گزینه ۳	گزینه ۳
۵	گزینه ۲	گزینه ۵	گزینه ۲
۶	گزینه ۵	گزینه ۲	گزینه ۴
۷	گزینه ۴	گزینه ۴	گزینه ۵
۸	گزینه ۱	گزینه ۱	گزینه ۱

نتیجه‌گیری

مهم‌ترین نکاتی که از تحلیل سناریوهای هواشناسی- هیدرولوژیکی در حوضه آبریز ارس استخراج می‌شود نشان از این دارد که حوضه آبریز در سال‌های خشک متوالی در هر سه سناریو به شدت در تنش آبی است. شاخص اطمینان‌پذیری در تأمین تقاضاهای کشاورزی و زیست‌محیطی به تنهایی وضعیت تأمین مطلوبی دارد و اما برآورد شاخص‌های آسیب‌پذیری و برگشت‌پذیری در کل دوره شبیه‌سازی نشان می‌دهد که شاخص پایداری کشاورزی و پایداری زیست‌محیطی که از حاصل‌ضرب شاخص اطمینان‌پذیری، برگشت‌پذیری و آسیب‌پذیری-۱ حاصل می‌شود، فاصله زیادی از حد ایده‌آل این شاخص دارند و وجه تمایز شاخص‌های به کاربرده شده در این پژوهش نسبت به پژوهش‌های مشابه در همین نکته است که ارزیابی شاخص‌های اطمینان‌پذیری، برگشت‌پذیری و آسیب‌پذیری به تنهایی نمی‌توانند نشان دهنده وضعیت مطلوب و یا نامطلوب تعادل عرضه و تقاضا در حوضه باشند، بلکه بهتر است از شاخص ترکیبی که توسط گروه انجمن مهندسین عمران آمریکا (۱۹۹۸) ارائه شده است، استفاده شود. این شاخص‌ها، وجود تنش آبی در حوضه را به خوبی نشان می‌دهند و بنابراین سیاست‌های مدیریت تقاضای آب برای حل بحران‌های آب و رسیدن به توسعه پایدار را ضروری می‌کند. براساس محاسبه این شاخص‌ها

1- Multi Criteria Decision Making

www.SID.ir

Archive of SID

در ۸ گزینه پیشنهادی، گزینه کاهش تلفات نشت از کانال‌ها که با پوشش نهرها و کانال‌ها حاصل می‌شود، همراه با افزایش راندمان آبیاری به وسیله آموزش کشاورزان و تشویق آن‌ها برای به‌کارگیری روش‌های آبیاری تحت‌فشار به‌جای استفاده از روش‌های سنتی آبیاری، مؤثرترین راهکار مدیریت تقاضا و اجرای تعادل عرضه و تقاضا در این حوضه است. به‌عبارت دیگر گزینه‌های پیشنهادی، سیاست‌های اصلی و درازمدت توسعه اجتماعی- اقتصادی در حوضه آبریز ارس هستند. به‌علاوه مقدار عددی این شاخص‌ها به تنهایی مهم هستند که برای مقایسه با حالت ایده‌آل با تغییر سناریوها و یا گزینه‌های پیشنهادی به راحتی از سامانه تصمیم‌یار ارائه شده محاسبه می‌شوند. از آن‌جا که انتقال آب به حوضه دریاچه ارومیه در حال حاضر موضوع بحث تصمیم‌گیرندگان در بخش آب است و بررسی این موضوع به‌صورت یکپارچه با محاسبه شاخص‌های کمی پایداری اجتماعی- اقتصادی و زیست‌محیطی در حوضه ارس که مبدا انتقال می‌باشد مهم است. نتایج این پژوهش نشان داد که انتقال ۳۰۰ میلیون مترمکعب آب از این حوضه اثر نامطلوبی در پایداری معیارهای زیست‌محیطی- اقتصادی و اجتماعی نخواهد داشت. البته بررسی مقادیر بیشتر انتقال آب مستلزم برآورد دوباره شاخص‌ها در این سامانه تصمیم‌یار است.

منابع

۱. شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس. ۱۳۸۹. بهنگام‌سازی طرح جامع آب کشور در حوضه‌های ارس، سفیدرود، گرگانرود، اترک، ارومیه. گزارش تلفیق ارس. ۱۴۱ ص.

2. American Society of Civil Engineers (ASCE) .1998. Sustainability Criteria for Water Resources Systems. (Task Committee on Sustainability Criteria, Water Resources Planning and Management Division, ASCE and Working Group.
3. Christensen F. 2004. Coupling between the River Basin Management Model (MIKE BASIN) and the 3D Hydrological Model (MIKE SHE) with use of the Open MI System. 6th International Conference on Hydroinformatics. 8 p. Singapore.
4. Danish Institute of Hydrology. MIKE BASIN. 2003. A versatile decision support tool for integrated water resources management and planning, Danish Institute of Hydrology Water and Environment, Denmark. 62 p.
5. Densham P. J. and Goodchild M. F. 1989. Spatial decision support systems: a research agenda. GIS/LIS '89. Proc. annual conference, Orlando. 2:707-716.
6. Geng G. and Wardlaw R. 2013. Application of Multi Criterion Decision Making Analysis to Integrated Water Resources Management. Journal of Water Resources Management. 27(8):3191-3207
7. Giannini V. and Giupponi C. 2011. Integration by identification of indicators. Journal of Advances in Science & Research. 7, 55-60. www.adv-sci-res.net/7/55/2011/
8. Leemhuis C. Jung G. Kasei R. and Liebe J. 2009: The Volta Basin Water Allocation System: assessing the impact of small-scale reservoir development on the water resources of the Volta basin, West Africa, Advances Geo science, 21, 57-62, doi:10.5194/adgeo-21-57.
9. McKinney D. Cai X. Rosegrant M. W. Ringler C. and Scott C. 1999. Modeling water resources management at the basin level: review and future directions. SWIM Paper 6. International Water Management Institute. 59 p.
10. UN-Water. 2008. Status Report on Integrated Water Resources Management and Water Efficiency Plans. 53 p.
11. UN-Water. GWP. 2007. Roadmapping for Advancing Integrated Water Resources Management (IWRM) Processes.
12. WSMP. 2002. Water Strategy Man Project, Systematic typology of comprehensive problematique. Deliverable Report no. 4, Publishable report of the project Contract no.VK1-CT-2001-00098. http://environ.chemeng.ntua.gr/wsm
13. Yilmaz B. and Harmancioglu N. B. 2010. An indicator based assessment for water resources management in Gediz River Basin, Turkey. Water Resources Management. 24(15):4359-4379.
14. Zeeb S. 2010. Adaptation to Climate Change in the Kura-Aras River Basin. Snapshot Draft for Discussion. 46 p.

www.SID.ir