نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۱، ص. ۱۹۶-۱۸۳

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 26, No. 3, Fall 2012, p. 183-196

مدیریت منابع آب و امنیت غذائی حوضه زاینده رود: کاربرد روش تحلیل یکپارچه حوضه آبریز رودخانه

علیرضا نیکوئی[۱*]- منصور زیبایی[۲]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۲/۲
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۸/۹

چکیده

کشاورزی فاریاب، مساعدت مهمی به افزایش عرضه مواد غذایی داخلی در کشورهای در حال توسعه داشته و نقش اصلی را در امنیت غذایی این کشورها بازی می‌کند. طراحی خوب سیاستهای مدیریت منابع آب پتانسیل ویژه ای برای بهبود کارائی تخصیص و استفاده از آب و همچنین مساعدتی به اهداف امنیت غذایی خواهد داشت. مطالعه جاری، یک الگوی برنامه‌ریزی ریاضی اقتصادی- هیدرولوژیکی یکپارچه در مقیاس حوضه آبریز رودخانه را به منظور استفاده پایدار از منابع آب و پاسخگوئی به اهداف امنیت غذائی، ارائه می‌کند. هدف این الگو حداکثر کردن ارزش حال خالص منافع اقتصادی و زیست محیطی برای یک دوره ۱۰ ساله مشروط به ساختارهای هیدرولوژیکی، اگرونومیکی، نهادی و اقتصادی حوضه بود. از طریق این الگو، سیاست تخصیص و استفاده بهینه از آب در مقابل سیاست پایه برای دو سناریوی عرضه آب نرمال و خشکسالی در حوضه زاینده رود در مرکز ایران به عنوان محدوده مطالعاتی ارزیابی شد. داده‌های مورد نیاز این الگو به سه شیوه تحقیق پیمایشی، مطالعات و گزارشات اسنادی و استفاده از نظرات کارشناسان و خبرگان، جمع آوری شد. نتایج نشان داد که کاربرد چنین برنامه‌ای نه تنها راندمان مصرف آب در حوضه را بهبود می‌بخشد، بلکه ارتقای امنیت غذائی از طریق افزایش سهم مناطق پائین دست رودخانه در تولید محصولات غذائی پایه در شرایط کاهش عرضه آب را نیز به همراه دارد. روش مورد استفاده و نتایج به دست آمده می‌توانند در کشف سیاستهای مناسب برای مدیریت منابع آب تحت شرایط کم آبی، به کار برده شوند. این روش می‌تواند موجب بهبود ابتکار عمل در مدیریت پایدار منابع آب و همچنین تامین امنیت غذائی نسلهای فعلی و آینده شود.

واژه های کلیدی: مدیریت منابع آب، الگوی یکپارچه حوضه آبریز، امنیت غذائی، زاینده رود
طبقه بندی JEL : C6/Q25

مقدمه

امنیت غذایی به معنای دست رسی مستمر تمام مردم یک جامعه در تمام اوقات به غذایی کافی به منظور یک زندگی سالم و فعال است (۳). در این راستا، تولید غذای کافی و درآمد مناسب در کشورهای در حال توسعه به شکلی که بتواند تغذیه بهتری برای فقرا فراهم آورده و رنج آنها را کاهش دهد، چالشی بزرگ در برابر سیاستگذاران بخش کشاورزی می‌باشد (۳۴). توجه به بخش کشاورزی هدف ویژه برنامه-های امنیت غذایی در بسیاری از کشورها می‌باشد (۲۵). با این وجود، خشکسالی‌های شدید و تغییرات اقلیمی[۳] در دهه اخیر، چالشهای زیادی را در مقابل برنامه‌ریزان کشورها جهت استفاده پایدار از منابع آب، حفظ محیط زیست و تولید مواد غذایی کافی، قرار داده و این امر منجر به یک بحران جهانی شده است (۳۶، ۳۹ و ۴۲). در چنین شرایطی کشورهای مختلف، با چالش تولید غذایی بیشتر با آب کمتر و در راستای تامین اهداف امنیت غذائی روبرو هستند (۳۴). از این روست که استفاده پایدار از منابع آب، چالش قرن بویژه در کشورهای خشک و نیمه خشک به حساب می‌آید (۴۳).

ایران با میانگین بارندگی سالانه کمتر از ۳۰۰ میلیمتر در پهنه بندی خشک و نیمه خشک جهانی قرار دارد (۱۱ و ۱۸). با وجودی که این میانگین در حدود یک سوم متوسط بارندگی جهانی است، افزایش تقاضای آبی کشور را می‌توان به صورت افزایش میزان اراضی در چرخه تولیدات کشاورزی آبی، تقلیل آیش گذاری آبی، تغییرات الگوی کشت به سمت محصولات با نیاز آبی بالا، و افزایش چشمگیر محصولات کشت دوم به خوبی مشاهده کرد (۶). افزون بر این، پیش بینی می‌شود که جمعیت کشور از حدود ۷۴ میلیون نفر در سال ۱۳۹۰

۱و۲- دانشجوی دکتری و استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
(*- نویسنده مسئول: (Email: anikooie@yahoo.com

3 -Climate changes

Archive of SID
www.SID.ir

(۱۶)، به حدود ۹۰ میلیون نفر در سال ۱۴۰۰ هجری شمسی افزایش یابد، در حالی که سرانه منابع آب تجدید شونده در ایران یک چهارم سرانه جهانی است (۱۱). اگر به چالشهای یاد شده، پدیده تغییرات اقلیمی، که در جهان و همچنین در ایران رو به گسترش است، نیز اضافه گردد (۱۷و ۱۸)، مشخص خواهد شد که رقابت کنونی مصارف آب در بخشهای شرب شهری و روستائی، کشاورزی، صنعت، و محیط زیست، روبه فزونی خواهد گذاشت که این امر، عدم تعادل بین منابع و مصارف را در بسیاری از حوضه‌های آبریز کشور، رقم خواهد زد.

تحولات اقلیمی و جمعیتی ایران در کنار شرایط حاکم بر دنیا باعث شده است که برقراری امنیت غذایی در برنامه‌های توسعه و سند چشم انداز کشور مورد توجه قرار گیرد (۳ و ۱۳). محدودیت شدید حاکم بر منابع آب موجود و پیش بینی خشکسالی در آینده، احتمال به خطر افتادن معاش و رفاه اقتصادی کشاورزان را بالا برده‌است. طراحی خوب سیاستهای مدیریت منابع آب، پتانسیل ویژه‌ای برای بهبود تخصیص‌های آب به مصارف مختلف بوجود خواهد آورد. ضمن اینکه می‌تواند بر اهداف امنیت غذایی ایران و فقر زدائی در کنار رفع سوء تغذیه، که به طور نسبی در ایران بویژه در مناطق روستایی بالا است (۴۰)، اثر گذار باشد. یک نظام مدیریت آب کارآمد که بتواند پاسخگوی اهداف برنامه یاد شده باشد، بایستی در برگیرنده هر دو جنبه ارتقاء کارایی در اداره منابع آب موجود به جای ایجاد منابع جدید (مدیریت عرضه) و حفاظت بهتر از آب در دسترس (مدیریت تقاضا) باشد (۹، ۳۱ و ۳۵). با آگاهی از اینکه آب به عنوان بخش جدایی ناپذیر اکوسیستم، یک منبع طبیعی و همچنین، یک کالای اقتصادی و اجتماعی به حساب می آید، مدیریت عرضه و تقاضائی که بتواند پاسخگوی اهداف سیاستی مورد نظر باشد بایستی بر پایه مدیریت یکپارچه منابع آب[1] طراحی شود (۲۱). این شیوه مدیریت به عنوان نظام مدیریتی منابع آب در قرن ۲۱ مورد قبول قرار گرفته است (۳۳).

در خصوص ره یافتهای اصلاح الگوی مصرف آب در ایران، اعتقاد بر آن است که این اصلاحات مدیریت تقاضای آب در بخش کشاورزی بایستی به شکلی باشد که علاوه بر کاهش مصرف، کارائی مصرف آب با بهبود راندمان آبیاری و استفاده آب برای محصولات کشاورزی با ارزش اقتصادی بالاتر را نیز ارتقاء دهد (۱۲ و ۳۲). اصلاح الگوی کشت محصولات به سمت الگوی بهینه، از جمله سیاستهائی است که در جهت مدیریت تقاضای آب به منظور حفاظت، ارتقاء کارائی اقتصادی و بهبود بهره وری استفاده از آب، مورد توجه قرار گرفته‌اند (۱، ۸ و ۱۴). بر اساس ماده ۱۴۳ و ۱۴۵ قانون برنامه توسعه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (۱۳) و تبصره ۶ ماده ۶ و ماده ۲۶ قانون ارتقاء بهره وری بخش کشاورزی (۱۲) نیز دولت مکلف است، منابع آب کشور را با نگرش مدیریت جامع و توأمان عرضه و تقاضا در کل چرخه آب با رویکرد توسعه پایدار در واحدهای طبیعی حوزه‌های آبریز به گونه‌ای برنامه‌ریزی و مدیریت نماید که ساختار مصرف آب با استفاده از روشهای مدیریت تقاضای آب کشاورزی از جمله الگوی مصرف بهینه آب کشاورزی، اصلاح شود (۳۲). در چارچوب این راهبرد، چالش موجود در بخش کشاورزی آن است که کاهش تقاضای آب نباید به گونه‌ای باشد که بر تولیدات بخش کشاورزی و درآمد زارعین اثر منفی گذاشته و حتی‌الامکان با افزایش بهره‌وری آب، تولیدات بخش کشاورزی و درآمد زراعین در جهت حفظ امنیت غذائی افزایش یابد (۵).

حوضه آبریز رودخانه زاینده رود به عنوان یکی از مهمترین مناطق تولید کشاورزی در مرکز ایران، از جمله مناطقی است که با چالشهای یاد شده مواجه بوده است. بررسی پیشینه مطالعات صورت گرفته در رابطه با این حوضه (۲، ۱۹، ۲۰، ۲۷، ۳۸ و ۴۴) نشان داد که این منطقه نیازمند برنامه‌ای جهت مقابله با این چالشها می‌باشد. مطالعه جاری به طراحی و توسعه الگوی جامع برنامه‌ریزی عرضه و تقاضای آب در سطح یک حوضه آبریز جهت پاسخگوئی به اهداف امنیت غذائی و در چارچوب یک مدیریت جامع منابع آب در حوضه زاینده رود پرداخت. اهداف خاص این مطالعه در استفاده از این الگو و منطقه مورد مطالعه عبارت از: (الف) طراحی برنامه بلند مدت و بهینه تخصیص (عرضه) و استفاده از آب (تقاضا) با تاکید بر حفظ امنیت غذائی و (ب) برآورد و مقایسه اثرات خشکسالی در شرایط پایه (موجود) با گزینه‌ی سیاستی جایگزین، بود.

مواد و روش ها

تحقق اهداف این مطالعه در راستای تجزیه و تحلیل گزینه‌های سیاستی، با استفاده از توسعه یک الگوی جامع برنامه ریزی ریاضی اقتصادی–هیدرولوژیکی در سطح حوضه رودخانه که قادر به برقراری پیوندی یکپارچه بین اجزاء هیدرولوژیکی، گیاهی، اقتصادی، و نهادی می‌باشد، صورت پذیرفت (شکل ۱). ساختار اصلی این الگو، مبتنی بر مطالعات اخیر صورت گرفته در خصوص تجزیه و تحلیل حوضه رودخانه می‌باشد (برای نمونه: ۲۲، ۲۹ و ۳۷). این ساختار، بر اساس مشخصات و ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه، اصلاح و توسعه داده شد (به بخش ضمیمه مراجعه شود).

هدف الگو

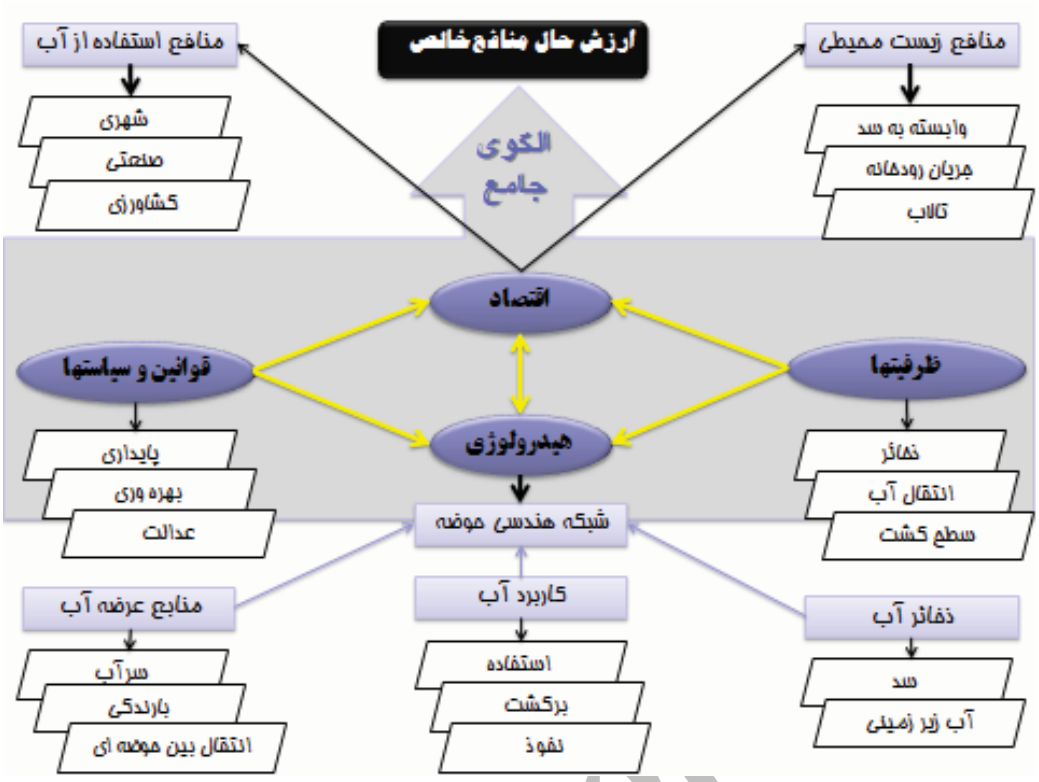
هدف الگو، حداکثر کردن ارزش حال خالص تنزیل شده[2] مربوط به جمع ارزش اقتصادی استفاده و عدم استفاده از آب در طول یک دوره مشخص زمانی (در این مطالعه ۱۰ سال)، مشروط به محدودیتهای هیدرولوژیکی و اقتصادی از جمله مقادیر اولیه ای برای ذخایر سدها و آبهای زیر زمینی است. حل بهینه تابع هدف منجر به مشخص شدن مقادیر بهینه سطح زمین (هکتار) و حجم آب (متر مکعب) می‌شود.

1- Integrated Water Resources Management (IWRM)

2 -Discounted Net Present Value

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- عملکرد الگوی یکپارچه اقتصادی-هیدرولوژیکی حوضه رودخانه

اقتصاد

هر دو منافع اقتصادی و زیست محیطی آب در منافع کل الگو به حساب آورده می شوند. از بعد منافع اقتصادی، ارزش استفاده از آب در بخشهای کشاورزی، شرب و صنعت مشخص می‌گردند. در این خصوص، منافع کل با جمع ارزش تمایل به پرداخت برای مصارف اقتصادی تعریف می‌شود (۲۹). هزینه کل شامل هزینه‌های انرژی، بهره‌برداری و نگهداری، تصفیه آب، و برداشت آب (بوسیله پمپاژ و یا انحراف آبهای سطحی) در هر گره‌ی مصرف کننده آب، می‌باشد (۲۲). منافع زیست محیطی حاصل از رودخانه نیز بوسیله تمایل به پرداخت برای استفاده از خدمات تفرجی و زیست محیطی مرتبط با آب توسط بازدیدکنندگان از سایتهای زیست محیطی و یا علاقه‌مندان محیط زیست برای حفظ و یا بهبود خدمات تفرجی از قبیل ماهیگیری، قایقرانی، تماشای منظره رودخانه، پیک نیک، تماشای پرندگان و غیره، اندازه گیری می‌شود (۳۰).

هیدرولوژی

هیدرولوژی حوضه از قاعده توازن آب[1] برای هر دو جریانهای سالانه و ذخایر آب استفاده می‌کند (۴۱). جریانهای سالانه به صورت منابع عرضه هیدرولوژیکی، ذخائر آب، روابط عملکردی و جغرافیائی جریان رودخانه و آب برداشت شده جهت مصارف مختلف، تعریف می شوند. جریانهای بوجود آمده بوسیله سیلاب حاصل از بارندگی و آب شدن برفها، عرضه‌های هیدرولوژیکی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. عرضه‌ها به درون رودخانه شامل دو منبع جریانهای سطحی و انتقال بین حوضه‌ای آب به وسیله لوله، کانالها و یا تونل داخل کوهها می‌باشند. این جریانها به عنوان جریان ورودی کل در واحدهای هیدرولوژیکی مختلف به حساب می‌آیند.

به منظور مشخص شدن روابط جغرافیائی بین منابع و مصارف مختلف آب موجود در حوضه، قبل از هر چیز ترسیم نقشه شماتیک روابط بین آنها (شبکه گره‌ها) در حوضه ضروری است. با استفاده از چنین نقشه‌ای، ارتباط جغرافیایی بین گره‌های اصلی موجود در حوضه بر اساس قاعده توازن آب به الگو معرفی می‌شود. آب می‌تواند به دو شیوه برداشت سطحی از جریان رودخانه و پمپاژ به مصرف تبدیل شود. از طرف دیگر بخشی از آب برداشتی، مورد مصرف قرار گرفته، بخش دیگر به زمین نفوذ کرده و مابقی به صورت جریان برگشتی به رودخانه باز می‌گردد (۲۴). سدها و سفره های آب زیر زمینی به عنوان دو منبع بالقوه ذخیره آب به شمار می روند. ذخیره سالانه آب سدها، پارامترهائی شامل ذخیره سال قبل آن، تبخیر از سطح منبع، و خالص ورودی- خروجی از سدها را، به یکدیگر پیوند می زند. پارامترهایی که

1 -Mass balance

Archive of SID

www.SID.ir

منابع آب زیرزمینی را تحت تأثیر قرار می دهند، پیچیده تر از سد هستند. ویژگی یکپارچگی و کامل بودن مقیاس الگوی این مطالعه اجازه داد تا از روش ارائه شده توسط وارد و همکاران (۴۱) در مطالعه جاری برای به دست آوردن این پارامترها استفاده گردد.

ظرفیتها

جمع سطح زیر کشت تولید محصولات محصولات زراعی و باغی در هر گره کشاورزی، از کل زمین موجود به تفکیک موقعیت گره و زمان مورد نظر، نمی‌تواند بیشتر باشد. در این مطالعه حداکثر زمین قابل دسترس برای هر گره کشاورزی به عنوان محدودیت بالایی زمین قابل دسترس لحاظ شد. علاوه بر این، با برقراری محدودیتهای بالائی بر روی گره‌های انتقال آب به مناطق مورد مصرف، ظرفیت انتقال آب در الگو مد نظر قرار گرفت. حداکثر ظرفیت منابع ذخیره آب نیز به همین شیوه در الگو دخالت داده شد.

قوانین (نهادها) و سیاستها

محدودیتهای نهادی بر اساس حقوق آب و قوانین موجود در حوضه رودخانه که توسط شرکت توزیع آب لحاظ می شود، تعریف می‌گردند. حقوق آب عبارت از توافقی است که درباره توزیع یک مقدار مشخص آب به مصرف کنندگان موجود در حوضه و از طریق زمان بندی، صورت گرفته و یا خواهد گرفت. این توافق براساس یک نظامنامه با پیشنه تاریخی شبیه نظامنامه توزیع آب زاینده رود براساس طومار شیخ بهائی (۴)، و یا قرارداد منعقد شده فی مابین شرکت توزیع منابع آب با بهره‌برداران برای واگذاری حق اشتراک شبکه‌های آبیاری جدید، صورت می‌پذیرد. این حق ممکن است که در زمانهای خشکسالی‌های دوره‌ای یا بلند مدت تحت تأثیر قرار گیرد. برای دخالت دادن این قواعد در الگوی مطالعه جاری، محدودیتهای بیشینه یا کمینه بر روی آب برداشتی و یا حتی بر روی میزان برداشت سطحی یا زیرزمینی آب در گره های مورد مطالعه بر قرار شد. شبیه همین محدودیتها، بر روی منابع ذخیره آب از جمله سدها و سفره‌های آب زیرمینی جهت استفاده پایدار از این منابع برقرار گردید.

گزینه‌های سیاستی

در مطالعه جاری گزینه‌های سیاستی به شرح زیر مورد آزمون قرار گرفت:

سیاست پایه: این سیاست بر مبنای الگوی کشت جاری مناطق کشاورزی مورد مطالعه بود. هیچگونه محدودیتی برای تامین امنیت غذائی تحت این سیاست اعمال نشد.

برنامه ریزی تخصیص و استفاده بهینه از آب: در این سیاست الگوی برنامه‌ریزی یکپارچه اقتصادی-هیدرولوژیکی، به منظور استخراج نتایجی از الگوی بهینه تخصیص و استفاده از آب مورد آزمون قرار گرفت. مبنای در نظر گرفته شده برای انجام تحلیل سیاستی چنین الگوی بهینه‌ای تامین امنیت غذایی بود. امنیت غذائی بر پایه این فرض بنا نهاده شد که الگوی تخصیص و استفاده از آب در حوضه زاینده رود بایستی تامین کننده حداقل نیازهای تولیدی به محصولات استراتژیک شامل گندم، جو، علوفه، سیب زمینی و دانه‌های روغنی باشد.

سناریوهای عرضه آب

این سناریوها بر اساس داده‌های تاریخی حاصل از جریانهای عرضه آب در حوضه، در نظر گرفته شد. دوره برنامه‌ریزی هر سناریو یک دوره ۱۰ ساله بود که به شرح زیر برای تجزیه و تحلیل گزینه-های سیاستی مطالعه جاری در نظر گرفته شد:

سناریو عرضه آب نرمال: ۱۰۰ درصد میانگین متحرک وزنی عرضه بلند مدت آب در گذشته، برای این سناریو لحاظ شد.

راهبرد عرضه آب خشکسالی: بر اساس راهبرد کمیابی آب، برابر با ۵۰ درصد میانگین متحرک وزنی عرضه بلند مدت آب لحاظ شد.

جمع آوری اطلاعات

به طور کلی روش مورد استفاده برای جمع آوری داده‌های این پژوهش بر سه شیوه تحقیق پیمایشی[1]، مطالعات اسنادی[2] و استفاده از نظرات کارشناسان و خبرگان[3] بنا نهاده شد. محدوده‌های مطالعاتی کشاورزی شامل ۶ واحد هیدرولوژیک منطبق با تقسیم بندی صورت گرفته برای حوضه‌های آبریز کشور، حوضه آبخیز زاینده رود درنظر گرفته شد. این واحدها عبارت از ناحیه بن و سامان (BSD)، مبارکه و سمیرم سفلی (MSD)، نجف آباد (NAD)، مهیار شمالی (NMD)، اصفهان-برخوار (EBD)، و کوهپایه سگزی (KSD) بودند. مجموعه اطلاعات جمع آوری شده برای این محدوده‌ها و سایر مناطق حوضه، داده‌های ورودی به الگوی برنامه‌ریزی مطالعه جاری جهت دستیابی به اهداف تعیین شده را، تشکیل دادند. بخش عمده‌ای از اطلاعات مورد استفاده در مطالعه جاری بر مبنای اطلاعات اسنادی موجود بود. منابع اصلی این اطلاعات عبارت از داده های سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان (۷)، شرکت آب منطقه ای اصفهان (۱۰) و مرکز آمار ایران (۱۵ و ۱۶) بودند. این داده‌ها به علاوه سایر اطلاعات مورد نیاز برای استفاده در الگوی تحلیل یکپارچه اقتصادی-هیدرولوژیکی حوضه رودخانه در سه گروه داده های اقتصادی، هیدرولوژیکی و نهادی قابل تقسیم بودند.

1- Survey research
2- Documentary study
3- Experts knowledge

Archive of SID

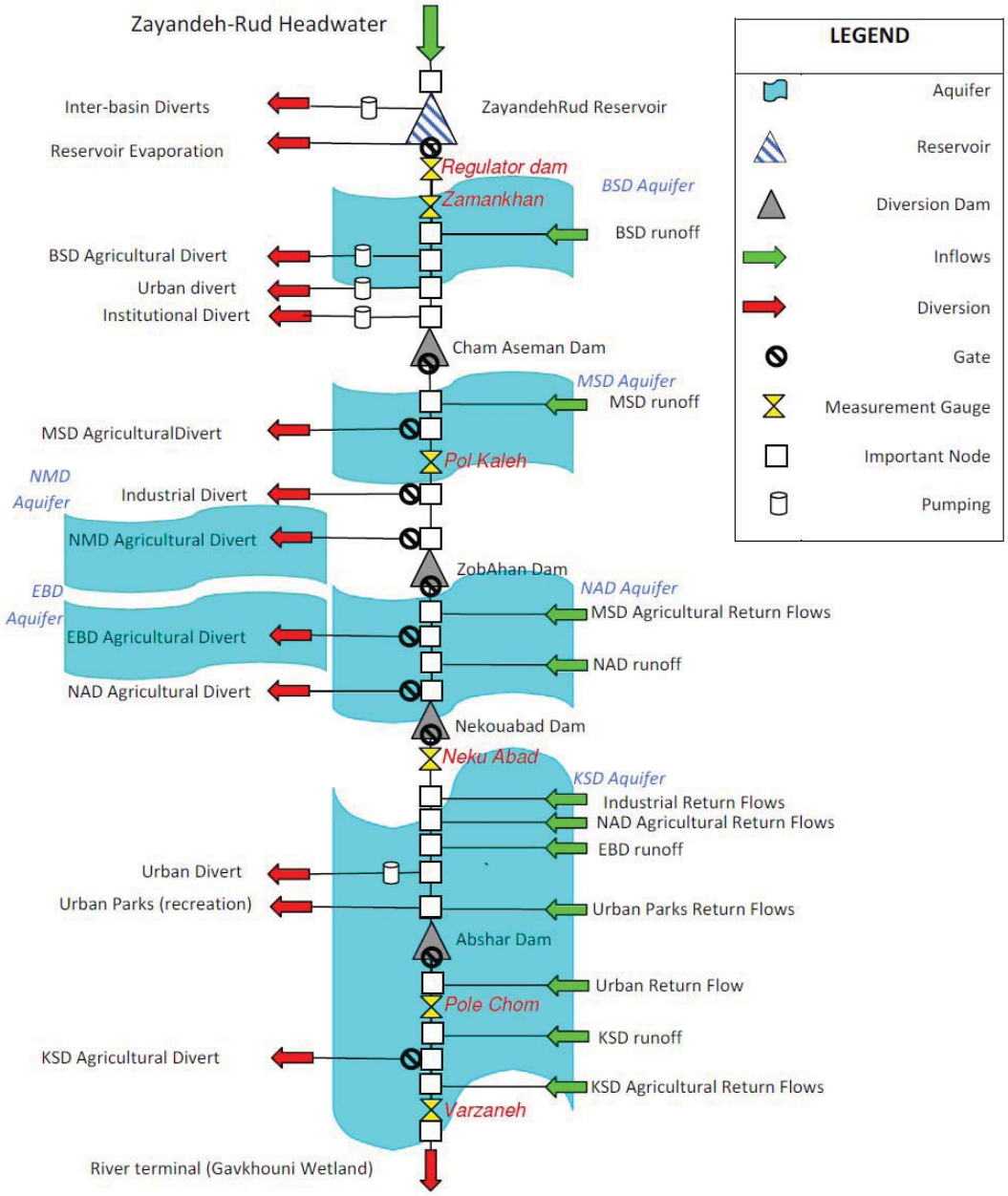
www.SID.ir

حل الگو

با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده، الگوریتم های لازم برای رسیدن به الگوی برنامه‌ریزی تحلیل یکپارچه حوضه رودخانه در چارچوب برنامه ریزی ریاضی، در بسته نرم افزاری GAMS نوشته شد (۲۳). سپس، به روش حل CONOPT موجود در این بسته نرم افزاری مربوط به الگوهای برنامه ریزی غیر خطی پویا[1] برای هر گزینه سیاستی و هر راهبرد عرضه آب به صورت جداگانه اجرا شد و نتایج مورد نظر به دست آمد.

نتایج و بحث

از آنجا که اساس تجزیه و تحلیل نتایج الگوی این مطالعه بایستی بر اساس سناریوهای عرضه آب نرمال و خشکسالی صورت می‌گرفت، یک سال نرمال آبی به عنوان سال پایه مد نظر قرار گرفت.



شکل ۲- شبکه گره ها و جریانهای ورودی/ خروجی به/از رودخانه زاینده رود

1- Dynamic Non-Linear Programming (DNLP)

www.SID.ir

بـر پایـه اطلاعـات حاصـل از بررسـی آمـار دراز مـدت ورودی جریانهـای آب بـه سـد زاینـده رود (بـه عنـوان منبـع اصـلی عرضـه هیدرولوژیکی حوضه زاینده رود) سـال زراعـی ۸۴-۱۳۸۳ بـه عنـوان آخرین سال نرمال آبی در دوره بررسی ۳۰ ساله منتهی بـه سـال ۸۸-۱۳۸۷ بود. این سال به عنوان سال پایـه در نظـر گرفتـه شـد و سـایر اطلاعات (به جز اطلاعات قیمتـی و هزینـه ای) بـر مبنـای آن جمـع آوری شد. شکل ۲، نقشه شماتیک جریانهای آب در حوضه زاینده رود را نشان می‌دهد. با استفاده از این نقشه، روابط هیدرولوژیک موجود در حوضه در الگو دخالت داده شد. در ادامـه بـه بحـث و تحلیـل گزینـه سیاستی پایه شامل ادامه اتخاذ استراتژیهای عرضه و تقاضای جـاری، در مقابل گزینه‌ی جایگزین شامل تخـصیص و اسـتفاده بهینـه از آب جهت تامین امنیت غذائی، پرداخته می‌شود.

سطح زیر کشت

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که الگوی برنامه‌ریزی ایـن مطالعـه، نسخه متفاوتی را برای مناطق مختلف در راستای تأمین امنیت غذایی و ارتقای کارایی اقتصادی تجویز می‌کند. بر اساس نتایج ایـن الگـو در جدول ۱، امکان افزایش سطح زیر کشت محصولات غـذایی پایـه تـا نزدیک ۲۰ درصد بیش از شرایط پایه وجود دارد. در عین حـال سـطح زیر کشت سایر محصولات نیـز در ایـن شـرایط در حـدود ۲۳ درصـد ارتقاء پیدا می‌کند. بیشترین مساعدت را به افزایش سطح محـصولات پایه در درجه اول واحدهای مطالعاتی نجف آباد (۲۰۸۷۶هکتار)، سپس اصفهان-برخوار (۷۴۳۷ هکتـار) داشـته و سـایر نـواحی، در مکانهـای بعدی قرار دارند.

در سناریوی کاهش عرضه آب به مقدار ۵۰ درصد شرایط نرمـال، امکان افزایش سطح زیر کشت محصولات استراتژیک تا بیش از ۳/۶ برابر سطح آنها در شرایط پایه عرضـه کـاهش یافتـه آب، در صـورت کاربرد توصیه‌های الگوی این مطالعـه وجـود دارد. ایـن امکـان طبـق توصیه الگو به شرط کاهش ۲۳ درصدی در سـطح سـایر محـصولات اتفاق می‌افتد. نکتـه جالـب توجـه در ایـن میـان آن اسـت کـه واحـد کوهپایه- سگزی سهمی در حدود ۵۶ درصـد از کـل افـزایش سـطح محصولات مناطق مورد مطالعه را به عهده می‌گیرد. سایر منـاطق بـه ترتیب اولویـت عبارتنـد از برخـوار و میمـه (۱۶/۵ درصـد)، مبارکـه و سمیرم سفلی (۱۰ درصد)، مهیار شمالی (۶/۵ درصـد) و بـن و سـامان (۳/۵ درصد).

امنیت غذایی

بر اساس توصیه الگوی برنامه‌ریزی مورد بررسـی (جـدول ۲)، در شرایط عرضه نرمال آب، امکان افزایش ۱۷ درصدی در میـزان تولیـد محصولات استراتژیک در راستای امنیت غـذایی وجـود دارد. در عـین حال می توان تولید محصولات دیگر را نیز بیش از ۸۰ درصد شـرایط پایه افزایش داد.

جدول ۱- سطح زیر کشت محصولات به تفکیک سناریوهای عرضه آب و گزینه ی سیاستی در حوضه زاینده رود (هکتار در سال)

		کل		تغییرات نسب به پایه	
سناریوی عرضه آب		نرمال	خشکسالی	نرمال	خشکسالی
گزینه سیاستی		پایه	پایه	بهینه	بهینه
منطقه	نوع محصول				
بن و سامان	غذائی اساسی*	۸۰۳	۱۵۸	۸۹۰	۲۷۴
	سایر محصولات	۱۲۷۳	۹۷۶	-۲۴۸	-۷۳
مبارکه و سمیرم سفلی	غذائی اساسی	۱۲۶۵۰	۸۰۶	۱۰۷۹	۷۷۴۴
	سایر محصولات	۱۲۱۶۱	۶۵۵۸	۱۲۵۵۹	-۴۰۰۴
مهیار شمالی	غذائی اساسی	۶۲۰۵	۳	۶۸۳	۵۱۶۳
	سایر محصولات	۴۵۶	۱۸۲	-۴۴۵	-۱۸۲
نجف آباد	غذائی اساسی	۱۴۳۶۳	۳۳۲۶	۲۰۸۷۶	۸۸۷۲
	سایر محصولات	۲۴۹۷۷	۱۷۷۴۴	-۱۳۵۸۱	-۱۴۰۱۴
اصفهان و برخوار	غذائی اساسی	۱۹۰۰۹	۶۶۴۰	۷۴۳۷	۱۳۱۶۱
	سایر محصولات	۹۵۰۰	۵۵۱۸	۴۸۱۹	-۴۸۷۶
کوهپایه و سگزی	غذائی اساسی	۵۳۲۶۰	۱۰۹۸۰	-۹۶۴۵	۴۴۶۶۶
	سایر محصولات	۱۰۵۱۹	۴۳۷۵	۱۰۲۰۶	-۴۱۰۴
کل	غذائی اساسی	۱۰۶،۲۸۹	۲۱،۹۱۳	۲۱،۳۲۰	۷۹،۸۸۱
	سایر محصولات	۵۸،۸۸۷	۳۵،۳۵۳	۱۳،۳۱۰	-۲۷،۲۵۲
	کل	۱۶۵،۱۷۶	۵۷،۲۶۶	۳۴،۶۳۰	۵۲،۶۲۹

* محصولات غذائی اساسی عبارتند از: گندم، جو، دانه های روغنی، سیب زمینی و تولیدات علوفه ای

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار افزایش تولید این گروه محصولات تحت این برنامه در همه نواحی اتفاق می افتد ولی سهم دو ناحیه کوهپایه–سگزی و نجف‌آباد به ترتیب با ۴۸ و ۴۳ درصد از کل تولید، نسبت به سایر مناطق بیشتر است. الگوی برنامه ریزی مورد استفاده همچنین افزایش ۲ برابری را برای تولید محصولات استراتژیک در ناحیه کوهپایه–سگزی در راستای تأمین اهداف امنیت غذایی در شرایط عرضه کاهش یافته آب به مقدار ۵۰ درصد شرایط نرمال (خشکسالی) ترتیب می‌دهد. علاوه بر این تولید محصولات پایه در سایر مناطق نیز در این سناریوی عرضه آب افزایش می‌یابد به شکلی که نهایتاً کل تولید چنین محصولاتی در نواحی مورد مطالعه نزدیک به ۱/۵ برابر شرایط پایه خشکسالی می‌گردد. این افزایش تولید، همچنین به بهای کاهش تولید سایر محصولات به مقدار ۲۳ درصد کمتر از شرایط پایه خواهد بود.

هیدرولوژی

اتخاذ استراتژی بهینه مسلماً اثرات قابل توجهی بر استفاده از آب در بخش کشاورزی خواهد داشت. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که براساس برنامه‌ریزی یکپارچه صورت گرفته تحت اتخاذ سیاست تامین امنیت غذایی، تغییرات ایجاد شده در الگوی کشت بر اساس بهینه سازی صورت گرفته باعث می‌شود تا حجم کل آب آبیاری به میزان ۸۹۸ میلیون مترمکعب کاهش یابد. این درحالی است که حجم آب مصرف شده افزایشی ۴۷ میلیون مترمکعبی را نشان می‌دهد. این نتیجه حکایت از بهبود راندمان آبیاری به مقدار قابل توجهی دارد. کاهش حجم آب آبیاری برآیند کاهش حجم آبیاری در مناطق مبارکه و سمیرم سفلی، نجف آباد، اصفهان–برخوار و تا حدودی مهیار شمالی و بن و سامان و در عین حال افزایش حجم آب آبیاری در واحد مطالعاتی کوهپایه–سگزی است. در هر صورت نگاهی به تغییرات ایجاد شده در حجم آب مصرفی و حجم آب آبیاری در جدول ۳ حکایت از افزایش راندمان آبیاری در همه مناطق دارد.

اتخاذ سیاست استراتژی بهینه در شرایط کم آبی، می‌تواند کاهش حجم آب آبیاری و افزایش حجم آب مصرف شده را به همراه داشته باشد. در این خصوص با اجرای یک برنامه‌ریزی یکپارچه می‌توان حجم آب آبیاری کل مناطق را تا ۳۴۹ میلیون مترمکعب کاهش داد در حالی که مصرف آب را فقط ۵ میلیون کم کرد.

این نکته حکایت از امکان افزایش راندمان مصرف آب در مناطق مورد مطالعه دارد. بیشترین مساعدت را در این خصوص واحد نجف آباد می‌کند، در عین حال مساعدت ایجاد شده توسط واحد نجف آباد به واحد کوهپایه و سگزی که در پایین دست قرار دارد این امکان را می‌دهد که حجم آب آبیاری را در شرایط خشکسالی افزایش دهد.

جدول ۲- تولید کل محصولات کشاورزی به تفکیک سناریوهای عرضه آب و گزینه‌ی سیاستی در حوضه زاینده رود (تن در سال)

سناریوی عرضه آب		کل		تغییرات نسب به پایه	
گزینه سیاستی		نرمال	خشکسالی	نرمال	خشکسالی
منطقه	نوع محصول	پایه	پایه	بهینه	بهینه
بن و سامان	غذائی اساسی	۴،۱۷۳	۱،۴۲۹	۸،۴۳۵	۱،۷۰۱
	سایر محصولات	۵،۹۳۹	۵،۰۴۶	۱۴،۲۸۶	۱۲،۷۴۲
مبارکه و سمیرم سفلی	غذائی اساسی	۷۵،۵۵۲	۹،۶۹۷	۱،۷۷۵	۴۶،۷۹۹
	سایر محصولات	۱۰۳،۴۲۱	۷۴،۵۷۷	۶۱۷،۰۸۶	-۳۶،۸۸۶
مهیار شمالی	غذائی اساسی	۳۲،۴۲۵	۴	۲۲۹	۲۴،۴۸۶
	سایر محصولات	۸،۱۳۷	۳،۷۰۶	-۷،۷۸۶	-۳،۷۰۶
نجف آباد	غذائی اساسی	۲۱۲،۰۷۵	۱۰۸،۵۵۳	۷۵،۰۲۷	۵۲،۳۹۰
	سایر محصولات	۳۹۹،۱۱۷	۳۳۱،۰۸۷	-۱۱۷،۴۰۹	-۲۵۴،۸۵۴
اصفهان و برخوار	غذائی اساسی	۱۵۲،۲۵۴	۵۵،۵۳۴	۵،۱۲۰	۶۱،۰۸۲
	سایر محصولات	۱۴۶،۵۲۳	۱۰۰،۴۹۰	۲۲۵،۹۸۰	-۸۹،۸۴۶
کوهپایه و سگزی	غذائی اساسی	۵۷۹،۰۸۶	۱۴۴،۱۵۵	۸۴،۷۹۸	۲۹۰،۱۲۷
	سایر محصولات	۱۹۱،۶۸۶	۱۲۶،۱۸۴	-۴۲،۳۰۴	-۱۲۱،۸۱۱
کل	غذائی اساسی	۱،۰۵۵،۵۶۵	۳۱۹،۳۷۲	۱۷۵،۳۸۵	۴۷۶،۵۸۶
	سایر محصولات	۸۵۴،۸۲۳	۶۴۱،۰۹۰	۶۸۹،۸۵۳	-۴۹۴،۳۶۰

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- حجم آب به تفکیک منطقه، آبیاری و مصرفی، سناریوهای عرضه آب و گزینه‌ی سیاستی در حوضه زاینده رود (میلیون متر مکعب در سال)

		کل		تغییرات نسب به پایه	
سناریوی عرضه آب		نرمال	خشکسالی	نرمال	خشکسالی
گزینه سیاستی		پایه	پایه	بهینه	بهینه
منطقه	حجم آب				
بن و سامان	آبیاری	۳۹	۲۴	-۸	-۱۳
	مصرفی	۱۱	۷	۲	۰
مبارکه و سمیرم سفلی	آبیاری	۵۸۴	۲۳۸	-۲۶۵	-۹۳
	مصرفی	۱۸۰	۷۵	۲۳	-۱۹
مهیار شمالی	آبیاری	۱۰۴	۵	-۳۶	۴۶
	مصرفی	۳۶	۲	-۱۳	۱۶
نجف آباد	آبیاری	۱،۱۳۰	۶۵۹	-۵۰۴	-۴۶۹
	مصرفی	۳۳۵	۲۰۱	-۵۹	-۱۱۵
اصفهان و برخوار	آبیاری	۵۳۵	۲۱۴	-۱۶۳	-۱۲
	مصرفی	۱۹۲	۷۹	۵	-۱
کوهپایه و سگزی	آبیاری	۱،۲۲۶	۲۵۸	۷۷	۱۹۳
	مصرفی	۴۳۱	۹۶	۸۹	۱۱۵
کل	آبیاری	۳،۶۱۸	۱،۳۹۹	-۸۹۸	-۳۴۹
	مصرفی	۱،۱۸۵	۴۶۱	۴۷	-۵
	کل	۴،۸۰۳	۱،۸۶۰	-۸۵۱	-۳۵۴

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که با اتخاذ استراتژی بهینه در شرایط عرضه نرمال آب تحت الگوی این مطالعه، نه تنها می‌توان کل مصارف آبهای سطحی را کاهش داد، بلکه این برنامه قادر به کاهش مصرف آبهای زیر زمینی نیز می‌باشد. در این خصوص به جز ناحیه کوهپایه-سگزی و تا حدودی مهیارشمالی که بر اساس الگوی بهینه در جهت افزایش مصارف زیر زمینی حرکت می‌کند، سایر مناطق، مصرف از هر دو منبع را کاهش می‌دهند. نکته قابل توجه آن است که این برنامه نه تنها باعث کاهش مصارف از منابع سطحی و زیر زمینی می‌شود بلکه مساعدت قابل توجهی به مصرف در بخش محیط زیست به مقدار ۱۷۵ میلیون متر مکعب دارد.

اقتصاد

نگاهی کلی به نتایج حاصل از پیاده سازی استراتژی بهینه تحت الگوهای برنامه‌ریزی یکپارچه و سناریوهای عرضه آب نرمال و خشکسالی در جدول ۵، نشان می‌دهدکه به طور کلی ارزش خالص منافع سالانه با اتخاذ چنین استراتژی در همه موارد قابل افزایش است. در این خصوص در شرایط عرضه نرمال آب امکان افزایش منافع خالص سالانه به بیش از ۱۴/۵ درصد، وجود دارد. بیشترین مساعدت را در این خصوص بخش کشاورزی می‌نماید. علاوه بر این تحت سناریوی خشکسالی نیز امکان افزایش منافع سالانه نسبت به منافع کنونی در این شرایط وجود دارد، این در حالی است که منافع هر یک از نواحی نیز به طور جداگانه افزایش می‌یابد.

نتیجه گیری و پیشنهادها

در تحلیل‌های صورت گرفته برای مطالعه جاری، رسالت برنامه‌ی پیشنهادی در احاطه بر چالش تامین امنیت غذائی از طریق منابع تولید داخلی، در شرایط نرمال عرضه آب و همچنین خشکسالی، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این راستا، سیاست ترویج الگوی کشت بهینه، سیاستی بود که مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که فراهم آوردن شرایط برای برقراری چنین برنامه ریزی مساعدت قابل توجهی به ارتقاء کارائی اقتصادی استفاده از آب خواهد کرد. این نتیجه گیری، با نتایج سایر مطالعات صورت گرفته در ایران در خصوص الگوی بهینه کشت مطابقت دارد (برای نمونه: ۱، ۸ و ۱۴). اتخاذ این برنامه، امکان افزایش کل سطح زیرکشت محصولات را به مقدار قابل توجهی، فراهم می‌نماید.

نتیجه گیری مهم دیگر آن است که با اتخاذ چنین استراتژی، مساعدت ویژه‌ای از طرف مناطق بالا دست رودخانه (در این مطالعه، واحد مطالعاتی نجف آباد) به افزایش حجم آب آبیاری مناطق پائین دست آن (در این مطالعه، واحد مطالعاتی کوهپایه و سگزی) در شرایط خشکسالی بوجود خواهد آمد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- حجم آب به تفکیک مصارف، منابع تامین، سناریوهای عرضه آب و گزینه‌ی سیاستی در حوضه زاینده رود (میلیون متر مکعب در سال)

		کل		تغییرات نسب به پایه	
سناریوی عرضه آب		نرمال	خشکسالی	نرمال	خشکسالی
گزینه سیاستی		پایه	پایه	بهینه	بهینه
مصرف کننده	منبع تامین				
شرب	سطحی	۳۳۰	۳۲۷	-۷	-۲۹
صنعت	سطحی	۱۰۴	۱۰۳	-۱	-۲۵
محیط زیست	سطحی	۲۵۸	۹۱	۱۷۵	۷۵
انتقال بین حوضه ای کشاورزی	سطحی	۱۵۶	۱۵۶	۰	۰
بن و سامان	سطحی	۰	۰	۰	۰
	زیرزمینی	۳۹	۲۴	-۸	-۱۳
مبارکه و سمیرم سفلی	سطحی	۱۷۱	۳۲	-۸۹	-۳۲
	زیرزمینی	۴۱۴	۲۰۶	-۱۷۵	-۶۱
مهیار شمالی	سطحی	۷۵	۱	-۴۷	۲۰
	زیرزمینی	۲۹	۴	۱۰	۲۵
نجف آباد	سطحی	۳۰۵	۱۸۸	-۸۶	-۱۳۵
	زیرزمینی	۸۲۵	۴۷۱	-۴۱۸	-۳۳۴
اصفهان و برخوار	سطحی	۸۰	۲۶	۰	-۷
	زیرزمینی	۴۵۵	۱۸۸	-۱۶۳	-۵
کوهپایه و سگزی	سطحی	۵۶۵	۸۷	-۴۲	۱۰۲
	زیرزمینی	۶۶۰	۱۷۲	۱۱۹	۹۲
کل	سطحی	۲۰۴۵	۱۰۱۱	-۹۷	-۳۲
	زیرزمینی	۲۴۲۲	۱۰۶۵	-۶۳۴	-۲۹۶
	کل	۴۴۶۶	۲۰۷۶	-۷۳۱	-۳۲۸

جدول ۵- ارزش خالص سالانه منافع به تفکیک مصارف، سناریوهای عرضه آب و گزینه‌ی سیاستی در حوضه زاینده رود (میلیارد ریال در سال)

	کل		تغییرات نسب به پایه	
سناریوی عرضه آب	نرمال	خشکسالی	نرمال	خشکسالی
گزینه سیاستی	پایه	پایه	بهینه	بهینه
مصرف کننده				
شرب	۲۱،۹۸۰	۲۱،۹۷۷	-۹	-۲۱۶
صنعت	۱۳،۷۲۲	۱۳،۷۲۱	-۲	-۷۸۳
محیط زیست وابسته سد	۸۰	۷۹	-۱	۰
محیط زیست وابسته جریان آب	۲۱۲	۸۷	۷	۲۹
کشاورزی	۳،۵۹۷	۲،۵۷۷	۵،۸۳۵	۱،۴۱۱
بن و سامان	۳۴	۲۹	۵۶۲	۵۷۴
مبارکه و سمیرم سفلی	۴۴۶	۳۰۹	۴۵۶	۲۲۸
مهیار شمالی	۳۰	۷	۱۵	۲۸۸
نجف آباد	۱،۷۹۰	۱،۵۱۷	۸۳	۲۲
برخوار و میمه	۴۷۹	۳۲۲	۱۴۹	۲۱
کوهپایه و سگزی	۸۱۷	۳۹۴	۱۷۱	۲۸
کل منافع خالص سالانه	۳۹،۵۹۱	۳۸،۴۴۱	۵،۸۳۰	۴۴۱

۱- مقادیر مشخص شده با علامت + نشان دهنده منافع، مقادیر با علامت منفی نشاندهنده هزینه ها

Archive of SID

www.SID.ir

براساس این الگو، امکان افزایش سطح زیر کشت محصولات استراتژیک، از چند درصد در شرایط خشکسالی تا چند برابر در شرایط نرمال، نسبت به سطح پایه نیز وجود دارد. بر این اساس، سهم مناطق پائین دست رودخانه در افزایش سطح زیر کشت و مقدار تولید محصولات غذائی پایه، و در راستای آن، امنیت غذائی به مقدار قابل ملاحظه ای توسعه می‌یابد. نتایج این مطالعه همچنین نشان می‌دهد که اتخاذ استراتژی بهینه، تغییر نسبت حجم آب آبیاری به حجم آب مصرف شده در تمامی مناطق را به همراه دارد. بنابراین بهینه سازی صورت گرفته باعث می‌شود تا حجم کل آب آبیاری در حوضه به میزان بسیار قابل توجهی نسبت شرایط پایه، و حجم آب مصرف به نسبت بسیار کمتری افزایش یابد. با توجه به اینکه بخش کشاورزی در حدود ۸۰ درصد از منابع محدوده مطالعاتی را مصرف می‌کند، می‌توان نتیجه گرفت که چنین الگوئی بهبود راندمان مصرف آب در حوضه را، به مقدار قابل توجهی افزایش داده و شرایط پایدارتری را، از نظر مصرف منابع آب، برقرار می‌کند. نکته دیگر آن است که این برنامه نه تنها کل مصارف آبهای سطحی را نسبت به شرایط پایه کاهش می‌دهد، بلکه قادر به کاهش مصرف آبهای زیر زمینی نیز، می‌باشد که از این حیث نیز بر پایداری استفاده از منابع آب موثر است. این نتایج، ادعای مطالعات گذشته در زمینه استفاده از الگوهای برنامه‌ریزی یکپارچه در سطح حوضه آبریز (برای نمونه: ۲۲، ۲۹ و ۳۷) در خصوص اینکه این روش می‌تواند موجب بهبود ابتکار عمل در مدیریت پایدار منابع آب و همچنین تامین امنیت غذائی نسلهای فعلی و آینده شود را نسبت به سایر روشهای مورد استفاده (برای نمونه: ۱۹، ۲۶، ۲۸ و ۴۴) تائید می‌کند. بر اساس نتایج به دست آمده پیشنهاد می‌شود که:

استراتژی بهینه مورد آزمون در مطالعه جاری، که نه تنها منافع منطقه‌ای را بهبود می‌بخشد، بلکه باعث ارتقاء کارائی اقتصادی کل حوضه و رفع مشکل محدودیت آب در مناطق پائین دست رودخانه می‌شود، توسط مسئولین سازمان جهاد کشاورزی اصفهان، مورد ترویج قرار گیرد.

براساس ماده ۱۴۳ و ۱۴۵ قانون برنامه پنجم توسعه و همچنین تبصره ۶ ماده ۶ و ماده ۲۶ قانون ارتقاء بهره وری کشاورزی، نیازهای قانونی اجرای چنین برنامه‌ای موجود است. پیشنهاد می‌شود که بسته های حمایتی، فرهنگ‌سازی، و آموزشهای لازم در جهت اجرای برنامه بهینه این مطالعه برای راهبردهای مختلف عرضه آب، به ویژه در شرایط خشکسالی به منظور ارتقاء کارائی اقتصادی و اطمینان از امنیت غذائی، توسط دو وزارت‌خانه نیرو و جهاد کشاورزی، فراهم شود.

با توجه به توانمندی‌های الگوی اقتصادی–هیدرولوژیکی یکپارچه در مقیاس حوضه آبریز مورد استفاده در مطالعه جاری، برای آزمون سیاستها و پوشش اهداف کلان ملی–منطقه ای و همچنین، در کنار هم قرار دادن مباحث مختلف اقتصادی و هیدرلوژیکی، پیشنهاد می‌شود که چنین الگوئی برای سایر حوضه های آبریز کشور، جهت ایجاد ابتکار عمل برای مدیران مربوطه، به کار برده شود.

ضمیمه – الگوی یکپارچه تحلیل حوضه زاینده رود

الگوی برنامه ریزی ریاضی این مطالعه قادر به برقراری روابط متقابل فیزیکی بین مصارف مختلف (آبیاری، شهری، صنعتی، تفریحی و زیست محیطی)، ذخائر (سدها و سفره های آب زیر زمینی)، جریانها (انحراف، پمپاژ، برداشت، مصرف و بازگشت آب) و ضایعات (در سطح کرت یک مزرعه، انتقال و تبخیر از سطح سدها) در سطح حوضه رودخانه می‌باشد. این الگو شامل قسمتهای تابع هدف، اقتصاد، هیدرولوژی، ظرفیت‌ها (تخصیص زمین و انتقال آب)، و نهادها (قوانین) به شرح زیر می‌باشد:

تابع هدف

با معرفی *DNPV* به عنوان ارزش حال خالص تنزیل شده در طول زمان *t*، *NBu* به عنوان منافع خالص استفاده از آب، *NBe* به عنوان منافع زیست محیطی آب و *r* به عنوان نرخ تنزیل، تابع هدف الگو به صورت زیر است:

$$\underset{L,X}{Max}:$$

$$DNPV^{s,p} = \sum_{u}\sum_{t}\frac{NBu_{u,t}^{s,p}}{(1+r_u)^t} + \sum_{e}\sum_{t}\frac{NBe_{e,t}^{s,p}}{(1+r_e)^t} \quad (۱)$$

که در اینجا *Max* هدف نهایی مدل که بیشینه سازی *DNPV* است را بیان می کند. زیر نویسهای *L* و *X* به ترتیب متغیرهای تصمیم آب و زمین را نشان داده و اشاره به آن دارد که حل بهینه تابع هدف منجر به مشخص شدن مقادیر بهینه سطح زمین (هکتار) و حجم آب (متر مکعب) خواهد بود. بالانویسهای *s* و *p* نیز به ترتیب سناریوهای عرضه آب و گزینه های سیاستی (پایه و جایگزین) را مشخص کرده و نشان می دهد که مدل به صورت جداگانه برای ترکیب سناریو و سیاستهای در نظر گرفته شده حل می گردد. اندیس *u* به عنوان مناطق (گره‌های) وابسته به مصرف آب و اندیس *e* به عنوان گره های زیست محیطی، اشاره به آن دارند که هر دو منافع اقتصادی و زیست محیطی آب در منافع کل به حساب آورده می شوند.

اقتصاد

روابط زیر منافع خالص مصارف کشاورزی، شرب و صنعت که به ترتیب با اندیسهای *agr*، *urb* و *ind* مشخص می شوند، را نشان می‌دهند.

Archive of SID

www.SID.ir

$$NBu_{u,t}^{s,p} = TBu_{u,t}^{s,p} - TCu_{u,t}^{s,p} \quad \forall u \ni agr,urb,ind \qquad (۲)$$

که در اینجا TBu_u و TCu_u منافع و هزینه‌های کل حاصل از تحویل آب به این مصارف می‌باشند.

در مصارف کشاورزی، منافع کل برای اراضی آبیاری شده بوسیله مساعدتی که آب روی درآمد خالص مزارع دارد، به صورت روابط زیر در الگو وارد می شوند.

$$TBu_{agr,t}^{s,p} = \sum_{j}\sum_{k} GM_{apply_{agr},j,k,t}^{s,p} \; L_{apply_{agr},j,k,t}^{s,p} \qquad (۳)$$

$$GM_{apply_{agr},j,k,t}^{s,p} = Price_j \, Yield_{apply_{agr},j,k,t} - Cost_{apply_{agr},j,k,t} \qquad (۴)$$

که در اینجا، محصولات با اندیس j و تکنولوژی آبیاری مورد استفاده برای هر محصول با اندیس k مشخص می‌شود. همچنین، GM بازده ناخالص (ریال)، $Price$ قیمت واحد محصول (ریال بر هر کیلو گرم)، $Yield$ عملکرد محصول (کیلو گرم در هکتار)، و $Cost$ هزینه‌های محاسباتی تولید (ریال در هکتار) است. منافع آب شهری نیز با استفاده از فرم تابع درجه دوم به صورت زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$$TBu_{urb,t}^{s,p} = \beta_{urb}^{intersept} + \beta_{urb}^{linear} \; X_{apply_{urb},t}^{s,p} + \beta_{urb}^{quadratic} \; (X_{apply_{urb},t}^{s,p})^2 \qquad (۵)$$

که در اینجا β ها پارامترها و بالانویسهای آنها به ترتیب جزء ثابت (*Intercept*)، خطی(*Linear*) و درجه دوم (*quadratic*) را برای استفاده منفعت آور آب در هر گره مصرف آب شرب ($apply_{urb}$) در زمان t را نشان می‌دهد. یک تابع منفعت سالانه آب صنعت نیز، به شکل زیر در الگوی مطالعه جاری در نظر گرفته می‌شود:

$$TBu_{ind,t}^{s,p} = \beta_{ind}^{intersept} + \beta_{ind}^{linear} \; X_{apply_{ind},t}^{s,p} + \beta_{ind}^{quadratic} \; (X_{apply_{ind},t}^{s,p})^2 \qquad (۶)$$

که تمام اندیسها و پارامترها، قبلاً تعریف شده اند.

هزینه کل شامل هزینه‌های انرژی، بهره‌برداری و نگهداری، تصفیه آب، و برداشت آب (بوسیله پمپاژ و یا انحراف آبهای سطحی) در هر گره‌ی مصرف کننده آب، می‌باشد (۳۷ و ۴۱). این هزینه برای تحویل آب به مصرف کنندگان یاد شده با استفاده از رابطه زیر بدست می آید:

$$TCu_{u,t}^{s,p} = \sum_{pump} (\delta ue_{pump,u}^{p} + \delta ut_{pump,u}^{p}) \; X_{pump,u,t}^{s,p} + \sum_{divert} (\delta ue_{divert,u}^{p} + \delta ut_{divert,u}^{p}) \; X_{divert,u,t}^{s,p} \qquad (۷)$$

که در آن *pump* گره پمپاژ از سفره‌های آب زیر زمینی و *divert* گره برداشت آب سطحی را در گره های کاربرد آب نشان می‌دهند. همچنین، δue هزینه انرژی، بهره‌برداری و نگهداری آب و δut به عنوان هزینه تصفیه آب برای هر واحد برداشت آب سطحی یا پمپاژ آب زیر زمینی (ریال بر متر مکعب) می‌باشد. لازم به ذکر است که تحویل آب شهری نیازمند هزینه‌های زیادی برای تصفیه جهت سالم سازی آن برای مصارف انسانی است در حالی که این هزینه‌ها به مصارف آب شهری (و صنایعی که از شبکه آب شهری تغذیه می-شوند) و آب انحرافی برای صنایع بزرگ تعلق نمی‌گیرد.

منافع زیست محیطی در الگوی مطالعه جاری با استفاده از رابطه زیر بدست می آید:

$$NBe_{e,t}^{s,p} = \beta_{e}^{intersept} + \beta_{e}^{linear} \; X_{e,t}^{s,p} + \beta_{e}^{quadratic} \; (X_{e,t}^{s,p})^2 \quad \forall e \ni res,env,wet \qquad (۸)$$

که در اینجا، اندیسهای *res*، *env* و *wet* به ترتیب برای خدمات زیست محیطی حاصل از سد، جریان رودخانه و تالاب، می‌باشند. همچنین، X_e گره های زیست محیطی در محدوده مطالعاتی و β ها پارامترهای عرض از مبداء، خطی و درجه دوم تابع می‌باشند.

هیدرولوژی

جریانهای سالانه به صورت منابع عرضه آب، ذخائر آب، روابط عملکردی و جغرافیائی جریان رودخانه و آب برداشت شده جهت مصارف مختلف، تعریف می شوند. رابطه زیر کل جریان ورودی الگو را در گره های داده شده اندازه گیری می‌کند:

$$X_{inflow,t}^{s} = Source_{inflow} \; PCT^{s} \qquad (۹)$$

که در اینجا زیر نویس *inflow* گره های عرضه آب و *source* حجم آب به متر مکعب عرضه شده بوسیله منابع مختلف آب می‌باشند. همچنین PST^{s} عبارت از درصد تامین آب نسبت به میانگین وزنی بلند مدت جریانهای عرضه آب ورودی، در راهبرد عرضه آب s ام، می‌باشد. روابط زیر ارتباط جغرافیایی بین گره‌های اصلی موجود در حوضه را بر اساس قاعده توازن آب به الگو معرفی می‌کند:

$$X_{gauge,t}^{s,p} = \sum_{i} \Delta_{gauge,i} \; X_{i,t}^{s,p} \qquad (۱۰)$$

$$X_{divert,t}^{s,p} = \sum_{i} \Delta_{divert,i} \; X_{i,t}^{s,p} \qquad (۱۱)$$

$\forall i \ni inflow, gauge, divert, return, gwriver, rivergw, rel$

که در اینجا Δ_{gauge} و Δ_{divert} عناصر ماتریسهایی هستند که موقعیت جغرافیایی جریان آب در گره i را به ترتیب به گره های دریچه اندازه گیری (*gauge*) و برداشت آب سطحی (*divert*) متصل می‌کنند. عناصر ماتریس Δ می‌تواند ۱+ (جایی که گره جریان های ورودی بلافاصله در بالای *gauge* یا *divert* قرار دارند)، ۱− (جایی که گره جریان های برداشت آب بلافاصله در بالای *gauge* یا *divert* قرار دارند) و یا صفر (جایی که گره بالا و پایین هیچ تأثیری روی *gauge* یا *divert* مورد نظر ندارند) باشند. سایر جریانهای در نظر گرفته شده در الگو شامل، جریان آب برگشتی از هر گره آب برداشتی (*return*)، جریان سر ریز سفره‌های آب زیر زمینی به رودخانه (*gwriver*)، جریان تغذیه سفره‌های آب زیر زمینی توسط رودخانه (*rivergw*) و خالص ورودی و خروجی از سد (*rel*) می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

مجموع کل آب برداشت شده در الگو عبارت است از:

$$X^{s,p}_{apply,t} = \sum_{divert} \Delta_{divert,apply} X^{s,p}_{divert,t} + \sum_{pump} \Delta_{pump,apply} X^{s,p}_{pump,t} \quad (۱۲)$$

که در اینجا *apply* بیانگر گره برداشت آب، و پارامترهایی که اینجا و در روابط بعدی با علامت Δ مشخص شده اند عبارت از ماتریس واحدی است که گره های مشخص شده با زیرنویس خود را به یکدیگر متصل می‌کنند. رابطه زیر ارتباط اجزاء آب برداشت شده را نشان می دهد.

$$X^{s,p}_{apply,t} = \sum_{use} \Delta_{use,apply} X^{s,p}_{use,t} + \sum_{seepage} \Delta_{seepage,apply} X^{s,p}_{seepage,t} + \sum_{return} \Delta_{return,apply} X^{s,p}_{return,t} \quad (۱۳)$$

که در آن، *use* معرف مصرف، *seepage* معرف نفوذ و *return* معرف جریان برگشتی آب به رودخانه می‌باشد.

ذخیره سالانه آب سدها ($Z_{res,t}$)، پارامترهایی شامل، ذخیره سال قبل آن ($Z_{res,t-1}$)، تبخیر از سطح منبع (*evp*)، و خالص ورودی- خروجی از سدها (*rel*) را، به یکدیگر به شکل زیر پیوند می زند:

$$Z^{s,p}_{res,t} = Z^{s,p}_{res,t-1} - \sum_{rel} \Delta_{res,rel} X^{s,p}_{rel,t} - \sum_{evp} \Delta_{res,evp} X^{s,p}_{evp,t} \quad (۱۴)$$

توازن آب برای منابع آب زیر زمینی، Z_{gws}، بوسیله رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Z^{s,p}_{gws,t} = Z^{s,p}_{gws,t-1} + \sum_{addaq} \Delta_{addaq,gws} X^{s,p}_{addaq,t} \quad (۱۵)$$

که در اینجا جزء اول سمت راست، رابطه ذخیره منابع آب با یک سال تأخیر نسبت به سال t می‌باشد به شکلی که در شروع (سال صفر)، $Z_{gws,0}$ وضعیت نقطه شروع منبع را مشخص می‌کند. متغیر $X_{addaq,t}$ نیز حجم آب سالانه اضافه شده به سفره های زیر زمینی در سال *t* را نشان می‌دهد.

ظرفیتها

در الگوی مطالعه جاری، محدودیت بالایی و پایینی[1] بر روی ذخایر آب منبع سد به شکل زیر برقرار می گردد.

$$Z^{s,p}_{res,t} \le UZ_{res} \quad (۱۶)$$

$$Z^{s,p}_{res,t} \ge LZ_{res} \quad (۱۷)$$

این روابط تضمین می کنند که میزان موجودی واقعی منبع سد در هر دوره از ظرفیت واقعی آن که به صورت محدودیت بالایی *UZ* یا محدودیت پایین *LZ* تعریف می شوند، تجاوز نکرده و یا کمتر نشود.

حداکثر ظرفیت انتقال آب از طریق تجهیزات مربوط شامل کانالهای اصلی و فرعی آبیاری، لوله ها و غیره از طریق رابطه زیر به الگوی مطالعه جاری معرفی شد.

$$X^{s,p}_{divert,t} \le \overline{X}^{capacity}_{divert_u} \quad (۱۸)$$

برای کشاورزی فاریاب کل زمین بکار گرفته شده در تولید محصول به صورت زیر بیان می شود:

$$\sum_j \sum_k L^{s,p}_{apply_{agr},j,k,t} \le L^{RHS}_{apply_{agr},t} \quad (۱۹)$$

این رابطه بیان می‌کند که جمع سطح زیر کشت تولید محصولات محصولات زراعی و باغی در هر گره، از کل ظرفیت زمین موجود به تفکیک موقعیت مناطق کشاورزی و زمان مورد نظر، نمی‌تواند بیشتر باشد. در این مطالعه حداکثر زمین قابل دسترس برای هر گره کشاورزی فاریاب به عنوان محدودیت بالایی زمین قابل دسترس لحاظ می‌شود.

قوانین و نهادها

برای دخالت دادن قوانین و نهادها در الگوی مطالعه جاری، محدودیتهای بیشینه یا کمینه بر روی آب برداشتی و یا بر روی میزان برداشت سطحی یا زیرزمینی آب در گره های مورد مطالعه برقرار می‌شود. این روابط به صورت زیر تعریف می‌شوند.

$$X^{s,p}_{i,t} \le \overline{X}^{ins_{upper}}_{i,t} \quad (۲۰)$$

$$X^{s,p}_{i,t} \ge \overline{X}^{ins_{lower}}_{i,t} \quad (۲۱)$$

$$\forall i \ni apply_u, pump_u, divert_u, gauge$$

که در اینجا $\bar{X}$ عبارت از یک حجم آب ثابت است که به صورت برون زا و بر اساس حقوق و قوائد توزیع آب موجود، به مدل معرفی می‌شود. شبیه همین محدودیتها، بر روی منابع ذخیره آب از جمله سدها و سفره‌های آب زیرمینی جهت استفاده پایدار از این منابع به شکل زیر برقرار می‌شود:

$$Z^{s,p}_{q,t} \le \overline{Z}^{ins_{upper}}_{q,t} \quad (۲۲)$$

$$Z^{s,p}_{q,t} \ge \overline{Z}^{ins_{upper}}_{q,t} \quad (۲۳)$$

$$\forall q \in res, gws$$

که در اینجا، $\bar{Z}$ عبارت از یک حجم ثابت ذخیره آب است که می‌تواند با توابع تضمین کننده عملکرد پایدار منابع ذخیره آب جایگزین شود.

1- Upper and lower bound

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱- اسدی ه. و سلطانی غ. ۱۳۷۹. بررسی واکنش مصرف کنندگان آب خانگی و کشاورزی نسبت به نرخ آب. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۸(۳۲): ۱۸۶-۱۶۷.

۲- جمالی س.، ابریشمچی ا. و تجریشی م. ۱۳۸۶. ساخت مدل های پیش بینی جریان رودخانه و بهره برداری از مخزن سد زاینده رود با استفاده از سیستم استنباط فازی. آب و فاضلاب، ۱۸(۴):۳۴-۲۵.

۳- خالدی ک. و فریادرس و. ۱۳۹۰. شبیه سازی امنیت غذایی بر مبنای تغییر منابع تولید و سیاست های تجاری. اقتصاد کشاورزی، ۵(۱):۷۹-۶۷.

۴- حسینی ابری س.ح. ۱۳۸۸. رابطه طومار شیخ بهایی با تقسیم سنتی آب زاینده رود؟ جغرافیا و مطالعات محیطی، ۱(۲): ۱۴-۵.

۵- زیبائی م.، ملک ورنوسفادرانی م.، و شهسواری ز. ۱۳۹۲. اثر بخشی سیساتهای مدیریت تقاضای آب با تاکید بر نقش بازار آب. مجله اقتصاد کشاورزی، زیر چاپ.

۶- زیبایی م.، سلطانی غ. و بخشوده م. ۱۳۸۴. مدیریت تقاضای آب کشاورزی در سطح مزرعه، مطالعه موردی: دشت فیروزآباد، پنجمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران - دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان.

۷- سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان. ۱۳۸۹. اطلاعات مربوطه به عملکردها، هزینه‌ها، قیمتها، و سطح زیر کشت محصولات، اداره آمار و فن آوری اطلاعات، سازمان جهاد کشاورزی، اصفهان.

۸- سلطانی غ. و صبوحی م. ۱۳۸۷. بهینه سازی الگوهای کشت در سطح حوضه آبریز با تاکید بر منافع اجتماعی و واردات خالص آب مجازی: مطالعه موردی منطقه خراسان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۴۳): ۳۱۳-۲۹۷.

۹- شجری ش. ۱۳۸۸. ارائه یک رویکرد سیستمی برای تجزیه و تحلیل گزینههای سیاستی آب در راستای بهبود مدیریت تقاضای آب آبیاری در اراضی کشاورزی زیر سد درود زن. پایان نامه دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۱۰- شرکت آب منطقه ای اصفهان. ۱۳۸۹. اطلاعات مربوط به منابع آب سطحی و زیر زمینی در حوضه زاینده رود. معاونت برنامه ریزی، شرکت آب منطقه ای، اصفهان.

۱۱- کاووسی ا. و مشکاتی س.م. ۱۳۸۶. پهنه بندی و تحلیل فضایی بارش اقلیمی ایران. محیط شناسی، ۳۳(۴۳): ۴۰-۳۱.

۱۲- مجلس شورای اسلامی. ۱۳۸۹. قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی مصوب ۸۹/۴/۲۳.

۱۳- مجلس شورای اسلامی. ۱۳۸۹. قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران مصوب ۸۹/۱۰/۱۵.

۱۴- محسنی ا. و زیبایی م. ۱۳۸۸. تحلیل پیامدهای افزایش سطح زیر کشت کلزا در دشت نمدان استان فارس: کاربرد مدل برنامه ریزی ریاضی مثبت. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳(۴۷): ۷۸۴-۷۷۳.

۱۵- مرکز آمار ایران. ۱۳۸۹. اطلاعات اقتصادی. از سایت http://www.cbi.ir/default_en.aspx (دسترسی در تاریخ ۱۳۸۹/۱۰/۲۰).

۱۶- مرکز آمار ایران ۱۳۹۰. اطلاعات منتخب جمعیت خانوارهای شهری و روستائی. از سایت http://www.amar.org.ir/default.aspx?tabid=52 (دسترسی در تاریخ ۱۳۹۰/۱۰/۲۰).

۱۷- مساح بوانی ع. و مرید س. ۱۳۸۴. اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب و تولید محصولات کشاورزی مطالعه موردی: حوضه زاینده رود اصفهان، تحقیقات منابع آب ایران، ۱(۱): ۴۷-۴۰ .

۱۸- ناظم السادات س.م.ج.، سامانی ن.، باری ا. و مولایی نیکو م. ۱۳۸۵. نیروی موثر پدیده النینیو - نوسانات جنوبی (ENSO) بر ایجاد تغییر اقلیم در ایران: با استفاده از تحلیل داده های بارش. مجله ایرانی علوم و تکنولوژی، ۳۰(۴): ۵۶۵-۵۵۵.

۱۹- نیکوئی ع.، ترکمانی ج. و مامن پوش ع. ۱۳۸۹. مدیریت مصرف آب در سطوح متفاوت شوری در راستای تحقق اهداف چندگانهٔ کشاورزان حوضهٔ زاینده رود. مجلهٔ آبیاری و زهکشی، ۴ (۱): ۱۵۵-۱۴۳.

۲۰- وردی نژاد و.، سهرابی ملایوسف ت.، حیدری ن.، عراقی نژاد ش. و مامن پوش ع. ۱۳۸۸. بررسی عرضه و تقاضا و برآورد بهره وری آب کشاورزی در حوزه آبریز زاینده رود مطالعه موردی: شبکه آبیاری سمت راست آبشار. مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۳(۲): ۹۹-۸۸.

21- Al Radif A. 1999. Integrated water resources management (IWRM): an approach to face the challenges of the next century and to avert future crises. Desalination, 124(1-3): 145-153.

22- Brinegar H.R., and Ward F.A. 2009. Basin impacts of irrigation water conservation policy. Ecological Economics, 69(2), 414-426.

23- Brooke A., Kendrick D., and Meeraus A. 1988. GAMS: A Users's Guide. The Scientific Press.

24- Cai X. 2008. Implementation of holistic water resources-economic optimization models for river basin

Archive of SID

www.SID.ir

management- Reflective experiences. Environmental Modelling and Software, 23: 2-18.
25- FAO. 2006. Food security strategies: The Asian experience [Electronic Version]. FAO Agricultural Policy and Economic Development Series, 3. Availabe at http://www.fao.org/docrep/W7442E/W7442E00.htm (visited 21 Febrery 2011).
26- Farhadi Bansouleh B. 2009. Development of a spatial planning support system for agricultural policy formulation related to land and water resources in Borkhar & Meymeh district, Iran. Production ecology and resource Conservation. Wageningen, the Netherlands., Wageningen.
27- Ganji A., Khalili D., Karamouz M., Ponnambalam K., and Javan M. 2008. A fuzzy stochastic dynamic nash game analysis of policies for managing water allocation in a Reservoir System. Water Resour Manage, 22: 51–66.
28- Ganji A., Karamouz M., and Khalili D. 2007. Development of stochastic dynamic Nash game model for reservoir operation II. The value of players' information availability and cooperative behaviors. Advances in Water Resources, 30: 157–168.
29- Gürlük S., and Ward F.A. 2009. Integrated basin management: Water and food policy options for Turkey. Ecological Economics, 68, 2666-2678.
30- Haab T.C., and McConnell K.E. 2002. Valuing environmental and natural resources : the econometrics of non-market valuation. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
31- Harou J.J., Pulido-Velazquez M., Rosenberg D.E., Medellin-Azuara J., Lund J.R., and Howitt R.E. 2009. Hydro-economic models: Concepts, design, applications, and future prospects. Journal of Hydrology, 375(3-4): 627-643.
32- Iranian Ministry of Energy. 2003. Long-Term Development Strategies for Iran's Water resources. Availabe at http://www.wrm.ir/en/files/Development.pdf (visited 21 July 2011).
33- Jonker L. 2007. Integrated water resources management: The theory-praxis-nexus, a South African perspective. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 32(15-18): 1257-1263.
34- Kijne J.W., Barker R., and Molden D. (Editors), 2003. Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement. 1. CABI Publishing In association with the International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka, London, UK.
35- Letcher R.A., Croke B.F.W., and Jakeman A.J. 2007. Integrated assessment modelling for water resource allocation and management: A generalised conceptual framework." Environmental Modelling & Software, 22(5): 733-742.
36- OECD, Ed. 2006. Water and Agriculture Sustainability, Markets and Policies, OECD Publishing.
37- Pulido-Velazquez M., Andreu J., Sahuquillo A., and Pulido-Velazquez D. 2008. Hydro-economic river basin modelling: The application of a holistic surface-groundwater model to assess opportunity costs of water use in Spain. Ecological Economics, 66(1): 51-65.
38- Salemi H.R., Mamanpoush A., Miranzadeh M., Akbari M., Torabi M., Toomanian N., Murray-Rust H., Droogers P., and Sally H. 2000. Water management for sustainable irrigated agriculture in the Zayandeh Rud Basin, Esfahan Province, Iran, Reports 1, Iranian Agricultural Engineering Research Institute, Esfahan Agricultural Research Center and International Water Management Institute.
39- Stakhiv E.Z. 1998. Policy implications of climate change impacts on water resources management. Water Policy, 1(2): 159-175.
40- Ul Hassan M., Qureshi A.S., and Heydari N. 2007. A Proposed Framework for Irrigation Management Transfer in Iran: Lessons from Asia and Iran. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI Working Paper 118).
41- Ward F.A., Booker J.F., and Michelsen A.M. 2006. Integrated economic, hydrologic, and institutional analysis of policy responses to Mitigate Drought Impacts in Rio Grande Basin. Journal of Water Resources Planning and Management, 132(6): 488-502.
42- Wilhite D.A., Ed. 2005. Drought and Water Crises Science, Technology, and Management Issues, CRC Press, Taylor & Francis Group, USA.
43- Wilson A., and Tyrchniewicz A. 1995. Agriculture and sustainable development: policy analysis on the Great Plains. Manitoba, Canada, International Institute for Sustainable Development (IISD).
44- Zahraie B., and Hosseini M. 2009. Development of reservoir operation policies considering variable agricultural water demands. Expert Systems with Applications, 36(3): 4980-4987.

Archive of SID

www.SID.ir