نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۲، بهمن - اسفند ۱۳۹۷، ص. ۱۵۵۲-۱۵۴۰

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 12, Feb.-Mar. 2019, p. 1540-1552

کاربرد مدل هیدرواکونومیک در بررسی سناریوهای قیمت آب کشاورزی و اثرهای بین بخشی آن‌ها (مطالعه موردی: شبکه‌های آبیاری پایاب سد زاینده‌رود)

داود رجبی[۱]، سید فرهاد موسوی[۲*]، عباس روزبهانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۲۲

چکیده

بررسی اثرهای تغییر قیمت آب کشاورزی به عنوان یک سناریوی مهم اقتصادی در مدیریت تقاضای آب کشور محسوب می‌شود. این در حالی است که اعمال هر سیاستی در این بخش، اثرهای بین بخشی (اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) دارد. شناسایی این آثار می‌تواند اطلاعات مناسبی را در جهت تعیین قیمت بهینه برای این نهاده مهم در اختیار مدیران و سیاستگذاران بخش مذکور قرار دهد. در این مقاله، با استفاده از مدل هیدرواکونومیک، شرایط موجود اقتصاد کشاورزی شبکه‌های آبیاری شش‌گانه پایاب سد زاینده‌رود در سال پایه زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ شبیه‌سازی گردید و در راستای تخصیص بهینه آب، اثر سناریوهای منتخب قیمت آب در شبکه‌های آبیاری مذکور بر شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مورد آزمون قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که اثر سناریوهای منتخب (افزایش قیمت آب آبیاری) بر شاخص‌های درآمد تولیدکنندگان، اشتغال بخش کشاورزی و مصرف آب کاهشی و بر شاخص تعادل انرژی ثابت و یا افزایشی می‌باشد. در نهایت، و با در نظر گرفتن درجه اهمیت و رتبه‌بندی آثار بین بخشی سناریوهای منتخب، قیمت آب در شرایط فعلی (بر مبنای قانون تثبیت آب‌بهای زراعی) به عنوان قیمت مناسب در شبکه‌های آبیاری نکوآباد، مهیار و جرقویه و بُرخوار (به ترتیب ۲۲۵، ۱۹۵ و ۲۰۵ ریال بر متر مکعب) انتخاب شد. در شبکه‌های آبیاری آبشار، رودشت و سنتی، معادل ارزش اقتصادی آب (به ترتیب ۳۲۴۹، ۳۰۰۲ و ۳۴۳۸ ریال بر متر مکعب) به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: روش TOPSIS، مدل اقتصادی، مدل منابع آب، مدل هیدرواکونومیک

مقدمه

استفاده از اصول و رویکردهای اقتصادی در جهت استفاده بهینه از منابع آب از اهمیت بالایی برخوردار است. این اعتقاد وجود دارد که با به‌کارگیری آن‌ها می‌توان به طور مؤثری به تخفیف مشکل کمیابی منابع آب کمک نمود. به طوری که رویکردهای مبتنی بر اصول اقتصادی، یکی از کارآترین و انعطاف‌پذیرترین روش‌ها برای غلبه بر چالش‌های منابع آب در بخش کشاورزی به شمار می‌رود (Medellín-Azuara et al., 2010; Jeder et al., 2014). در ایران، به‌نظر می‌رسد که سازوکاری مناسب، علمی و فراگیر جهت تعیین قیمت آب (آب‌بها) در بخش‌های مختلف مصرف، از جمله بخش کشاورزی- که به عنوان بخش کلیدی و زیربنایی در توسعه کشور است وجود ندارد و تصمیماتی که در رابطه با تخصیص منابع آب (تعیین قیمت آب) در این بخش گرفته شده، اغلب مبتنی بر اطلاعات محدود در رابطه با این متغیر مهم اقتصادی بوده است (هزاره و همکاران، ۱۳۹۵). این در حالی است که در اسناد بالادستی منابع آب کشور (از جمله راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب، برنامه دوم تا پنجم توسعه اقتصادی و اجتماعی و سند فرابخشی مدیریت منابع آب)، تخصیص آب بر اساس قیمت مناسب و ارزش اقتصادی آن در قالب مدیریت به‌هم پیوسته منابع آب، از جمله مهم‌ترین نیازها در بخش کشاورزی به شمار می‌رود.

این مهم، در محدوده مورد نظر این تحقیق (حوضه آبریز زاینده‌رود) که با افت شدید منابع آب زیرزمینی، رقابت شدید بین مصارف مختلف (شرب، کشاورزی، صنعت، زیست‌محیطی و انتقال‌های بین‌حوضه‌ای) و اثرپذیری شدید میزان آب قابل دسترس شبکه‌های آبیاری از مصارف مختلف می‌باشد، بسیار حادتر است.

نکته حایز اهمیت این است که علی‌رغم تمام مزایایی که ابزارهای اقتصادی، از جمله تعیین قیمت کارای آب در مدیریت بهینه

۱- دانشجوی دکتری مهندسی و مدیریت منابع آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان
۲- استاد گروه مهندسی و مدیریت منابع آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان
۳- استادیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: fmousavi@semnan.ac.ir)

تقاضای آن در بخش کشاورزی دارند، امری ضروری است که در استفاده از آن‌ها احتیاط لازم صورت گیرد. دلیل این ضرورت به ماهیت چندوجهی بودن مسایل و مشکلات منابع آب در بخش مذکور برمی‌گردد. به طوری که اعمال هر سیاستی، از جمله سیاست قیمتی (موضوع تحقیق حاضر) در بخش کشاورزی، تنها بر تقاضای آب اثر نمی‌گذارد، بلکه آثار اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی خاص خود را خواهد داشت. به همین منظور، در این مطالعه از مدل بین بخشی هیدرواکونومیک برای دست‌یابی به قیمت کارای آب و اثرهای بین بخشی آن استفاده شد.

زمان شروع استفاده از مدل هیدرواکونومیک در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان مربوط به دهه‌های ۶۰ و ۷۰ میلادی می‌باشد که در ادامه می‌توان به مطالعه نوئل و هاویت در زمینه تخصیص بهینه منابع آب به مصارف مختلف اشاره کرد (Noel and Howitt, 1982). ووکس و هاویت در زمینه انتقال بین‌حوضه‌ای و بازار آب (Vaux and Howitt., 1984)، لفکوف و گورلیک شبیه‌سازی شرایط هیدرولوژیک و بررسی اثر سناریوهای اقلیمی بر شوری آب زیرزمینی، کیفیت خاک و درآمد کشاورزان (Lefkoff and Goerlic, 1990)، و ودولا و موجومدار در زمینه تخصیص بهینه آب سطحی به محصولات زراعی مختلف در ایالت‌های کالیفرنیا و کلرادو (Vedula and Mujumdar, 1992) از این مدل استفاده کرده‌اند.

تعیین راهکارهای بهینه آبیاری به منظور بیشینه کردن تولید در بخش کشاورزی، در کنار جلوگیری از آلودگی منابع آب زیرزمینی، از جمله مطالعاتی هستند که در ادامه بهره‌برداری از مدل و ساختار هیدرواکونومیک توسط پرالتا و همکاران در محدوده‌های مطالعاتی با شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک مورد پژوهش قرار گرفتند (Peralta et al., 1994).

در استرالیا نیز راجرز و همکاران به‌منظور بررسی ارتباط بین تغییرات موجودی آب قابل دسترس و رشد بخش کشاورزی، از مدل هیدرواکونومیک بهره بردند (Rogers et al., 1993). در ادامه، بیر و همکاران، مطالعه مذکور را با محاسبه ارزش آب آبیاری و بررسی اثرپذیری آن از تغییرات هیدرولوژیک تکمیل نموده و ارتباط بین تغییرات موجودی آب قابل دسترس و رشد بخش کشاورزی و اثر آن بر ارزش آب آبیاری کشور مذکور را مورد بررسی قرار دادند (Beare et al., 1998). کای و همکاران از مدل هیدرواکونومیک برای مدیریت رودخانه سیری دریا جهت برطرف کردن مشکلات زیست‌محیطی حاصل از آب شور رودخانه مذکور، انعکاس روابط متقابل بخش‌های هیدرولوژی، اقتصادی و تعیین عواقب اقتصادی و زیست‌محیطی حاصل از سیاست‌های مختلف در آسیای مرکزی استفاده کرده‌اند (Cai et al., 2002). در مطالعات انجام شده دیگر در این زمینه، وارلا- اُرتگا و همکاران از مدل هیدرواکونومیک جهت نشان دادن اثر خشک‌سالی بر تخصیص بهینه منابع آب در بخش‌های اقتصادی، از جمله بخش کشاورزی، بررسی و تجزیه تحلیل سیاست‌های مختلف تخصیص آب و گزینه‌های مدیریتی تحت سناریوهای مختلف اقلیمی استفاده کردند (Varela-Ortega et al., 2011). هاشمی شاهدانی و همکاران با استفاده از ساختار توسعه یافته اقتصادی- بهره‌برداری، مطالعه‌ای را تحت عنوان توزیع بهینه آب در کانال‌های اصلی آبیاری از نظر اقتصادی در شرایط کم‌آبی در دشت قزوین انجام دادند (Hashemy-Shahdany et al., 2017). مدل اقتصادی به‌کار رفته در ساختار این تحقیق، مدل PMP[1] بود. به طوری‌که تلفیق این مدل با مدل بهره‌برداری، زمینه ایجاد بهره‌برداری بهینه از نظر اقتصادی را در دشت مذکور فراهم آورده و میزان کم منابع آب در شرایط خشک‌سالی نسبت به سال نرمال در دشت مذکور را با در نظر گرفتن ارزش اقتصادی آب و شرایط اقتصاد کشاورزی مربوط به هر یک از زیرمحدوده‌های زراعی ده‌گانه پایاب کانال‌های اصلی این شبکه آبیاری تقسیم نمود.

با در نظر گرفتن موارد فوق، هدف از مطالعه حاضر، تلاش در جهت تلفیق مدل برنامه‌ریزی منابع آب (MODSIM) با مدل اقتصادی (PMP) در قالب ساختار هیدرواکونومیک می‌باشد تا از این رهگذر علاوه بر شبیه‌سازی شرایط موجود اقتصاد کشاورزی شبکه‌های آبیاری پایاب سد زاینده‌رود (در راستای دست‌یابی به ارزش اقتصادی محصولات واقع در الگوی کشت موجود شبکه‌های آبیاری)، سازوکار تعیین قیمت مناسب آب به تفکیک شبکه‌های آبیاری مذکور فراهم گردد. هم‌چنین، اثرهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی حاصل از سیاست مذکور قابل رصد باشد.

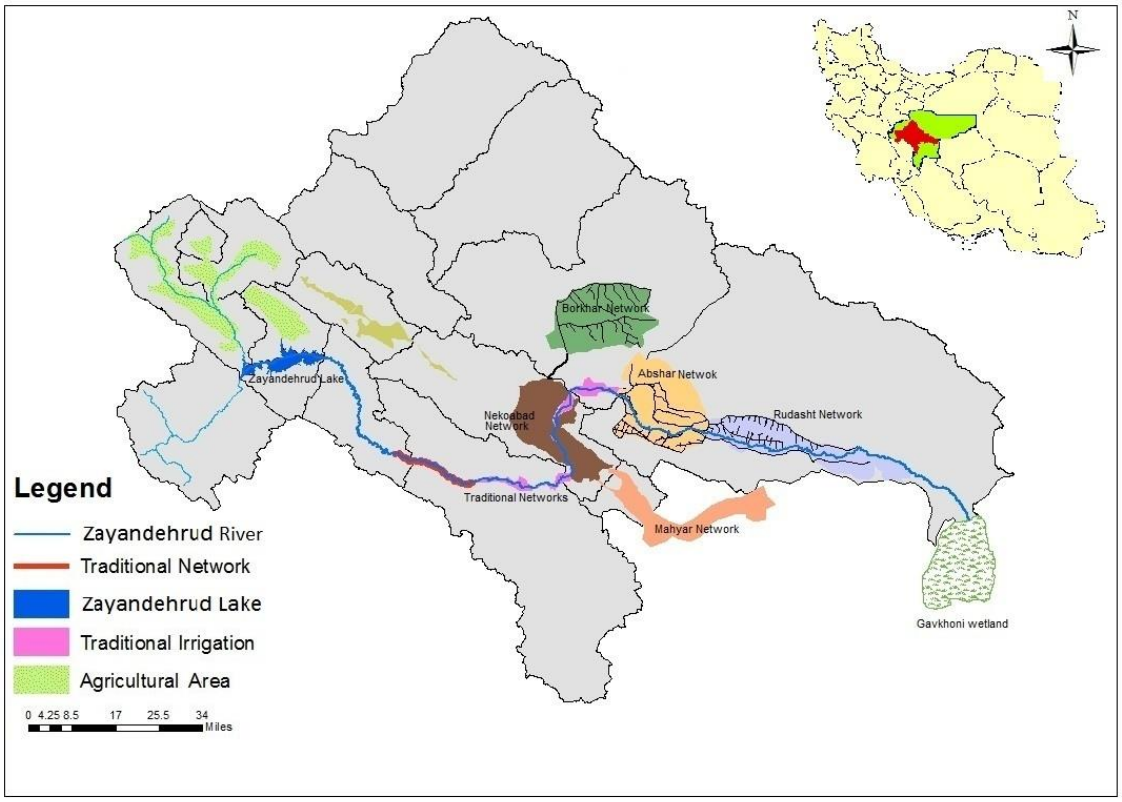
مواد و روش‌ها

تبیین تجربی مدل هیدرواکونومیک در حوضه آبریز زاینده‌رود

اولین گام برای ایجاد مدل هیدرواکونومیک، موقعیت مکانی محدوده موردنظر (شبکه‌های آبیاری تحت پوشش سد زاینده‌رود) می‌باشد. موقعیت مکانی شبکه‌های آبیاری پایاب این سد به شرح زیر می‌باشد (شکل ۱):

در سطح محدوده مطالعاتی، شش زیرمحدوده وجود دارد. زیرمحدوده‌های این حوضه عبارتند از شبکه سنتی زاینده‌رود (از سد زاینده‌رود تا سد انحرافی نکوآباد)، شبکه مدرن مهیار و جرقویه (محل آبگیری از بند ذوب آهن)، شبکه مدرن چپ و راست نکوآباد (محل آبگیری از سد انحرافی نکوآباد)، شبکه مدرن بُرخوار (محل آبگیری از دریچه انتهایی شبکه سمت چپ نکوآباد)، شبکه مدرن چپ و راست آبشار (محل آبگیری از سد انحرافی آبشار در شهر اصفهان) و شبکه مدرن رودشت شمالی و جنوبی (محل آبگیری از سد انحرافی رودشت).

1- Positive Mathematical Programming



شکل ۱- موقعیت مکانی شبکه‌های آبیاری تحت پوشش سد زاینده‌رود

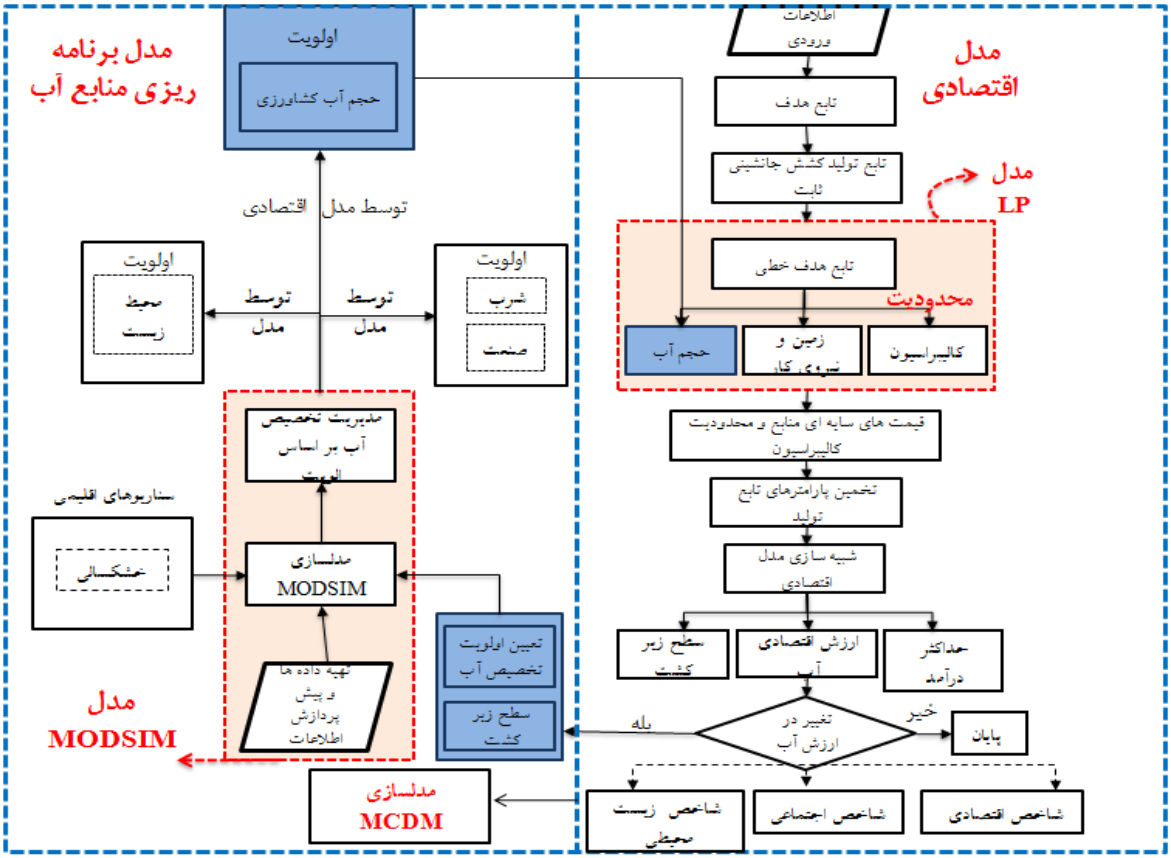
در ادامه، برای درک روش‌شناسی تحقیق حاضر و ساختار مدل مفهومی آن، شکل ۲ تهیه گردید.

همان‌گونه که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، این ساختار از دو جزء اصلی شامل: مدل اقتصادی (بهینه‌سازی) و مدل هیدرولوژیک (شبیه‌سازی) تشکیل شده است که ارتباط متقابلی با هم دارند. هدف اصلی از کاربرد مدل اقتصادی، شبیه‌سازی الگوی کشت موجود محدوده‌های کشاورزی منتهی به شبکه‌های آبیاری شش‌گانه پایاب سد زاینده‌رود به منظور به دست آوردن ارزش اقتصادی آب محصولات زراعی می‌باشد. کار مدل اقتصادی، شبیه‌سازی الگوی کشت بر اساس آمار و اطلاعات موجود می‌باشد. تا به کمک این شبیه‌سازی بتوان به الگوی کشت بهینه دست یافت. جزء دوم این مدل نیز به شبیه‌سازی سیستماتیک جریان خروجی از سد زاینده‌رود، ارزیابی اثرهای هیدرولوژیک حاصل از عملیات کشاورزی و مدیریت اولویت‌محور و عرضه و تقاضای آب می‌پردازد. پل ارتباطی بین دو مدل، سطح زیر کشت محصولات زراعی و حجم آب شبیه‌سازی شده توسط مدل هیدرولوژیک می‌باشد.

تحویل و توزیع بهینه آب به هر یک از شبکه‌های آبیاری موردنظر توسط ساختار فوق صورت می‌گیرد. به این صورت که در ابتدا و در طول اجرای شبیه‌سازی توسط مدل اقتصادی در هر یک از شبکه‌های مذکور به صورت جداگانه، مقادیر بهینه آب سطحی، سطح زیر کشت بهینه و ارزش اقتصادی آب برای هر یک از محصولات زراعی واقع در الگوی کشت موجود در هر شبکه، مقدمات ارتباط مدل اقتصادی را با مدل هیدرولوژی فراهم می‌آورد.

با فراهم شدن شرایط مرزی لازم جهت اجرای مدل هیدرولوژی، شبیه‌سازی میزان آب قابل دسترس و تحویل و توزیع آن بر اساس ارزش اقتصادی آب به هر یک از شبکه‌های آبیاری مذکور و محصولات زراعی آن توسط مدل هیدرولوژی (مدل برنامه‌ریزی منابع آب) صورت می‌گیرد.

با تغییر حجم آب تخصیصی به هر محصول به عنوان یک محدودیت در مدل اقتصادی، الگوی کشت موجود (سطح زیر کشت) و ارزش اقتصادی آب در هر شبکه، دستخوش تغییر گردید. در ادامه، مدل هیدرولوژیک به منظور آزمون امکان‌پذیری سناریوی مذکور و ارزیابی اثرات حاصل از تخصیص آب، مجدداً اجرا شد. بدین صورت که بعد از اجرای دو مدل به صورت پی در پی، بازخورد و بازیافت اطلاعات بعد از اجرای ساختار شکل ۲ در راستای رسیدن به استفاده بهینه از آب تجدید و اصلاح می‌شوند.



شکل ۲- ساختار مدل توسعه یافته هیدرواکونومیک تحقیق حاضر

این چرخه تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که همگرایی بین دو مدل مذکور حاصل شود. این همگرایی زمانی اتفاق می‌افتد که ارزش اقتصادی آب محصولات زراعی بین دو تکرار متوالی ثابت بماند و یا به تبع آن الگوی کشت بهینه موجود منتج از مدل اقتصادی در دو تکرار متوالی مذکور دست‌خوش تغییرات، قرار نگیرد.

مدل اقتصاد کشاورزی

مطابق با جزء سمت راست ساختار مدل مفهومی (شکل ۲)، این مدل شامل سه مرحله به شرح زیر می‌باشد.

مرحله اول مدل اقتصادی

در این مرحله، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطی با در نظر گرفتن محدودیت‌های زمین، نیروی کار خانوادگی، حجم آب و نیز محدودیت‌های واسنجی، به‌منظور شبیه‌سازی شرایط موجود کشاورزی در محدوده مطالعاتی ارایه شده است. مدل برنامه‌ریزی مذکور با هدف حداکثرسازی درآمد کشاورزان به شرح روابط ۱ تا ۴ می‌باشد (Howitt et al., 2012):

$$\max_{land} \sum_i p_i \hat{y}_i X_{iland} - \sum_i p_h a_{ih} X_{iland} \quad (۱)$$

$$\begin{cases} \text{Land}: \sum_i X_{iland} \le B_{land}, \\ \text{Family labor}: \sum_i a_{ifl} X_{iland} \le B_{fl}, \end{cases} \quad (۲)$$

$$\left\{ \text{Surface Water}: \sum_i X_{iswm} \le B_{swm}, \right. \quad (۳)$$

$$X_{iland} \le \hat{X}_{iland} \quad (۴)$$

که p_i قیمت محصول iام، $\hat{y}_i$ عملکرد محصول در هکتار، (X_{iland}) سطح زیرکشت تخصیص داده شده به محصول i، p_h هزینه هر واحد از نهاده h مورد استفاده در تولید محصول i و a_{ih} نهاده‌های مورد استفاده در واحد هکتار و برابر است با $\left(X_{ih}/X_{iland}\right)$، B_{land} و B_{fl} به ترتیب کل سطح زمین در دسترس و کل نیروی کار خانوادگی در معادله ۲ می‌باشند. معادله ۳ تضمین می‌کند که مقدار کل آب‌های سطحی مورد استفاده (X_{iswm}) در ماه یا سال m، کم‌تر یا مساوی

میزان کل آب سطحی در دسترس (B_{sw_m}) برای آبیاری محصولات زراعی در همان ماه و یا سال می‌باشد که با استفاده از ضریب گیاهی (k_c)، محاسبه تبخیر و تعرق برای هر محصول زراعی i و سطح بارش واقعی (P_n^a) در هر روز سال (n) محاسبه می‌گردد. در معادله ۴، $\hat{X}_{iland}$ عبارت است از مساحت کل زمین تخصیص داده شده به محصول زراعی i که توسط محقق مشاهده گردیده است. این محدودیت باعث حفظ الگوهای کشت مشاهده شده در منطقه و استفاده از اطلاعات آن جهت تخمین قیمت‌های سایه‌ای منابع غیر بازاری و محدود می‌گردد.

مرحله دوم مدل اقتصادی

در این مرحله، پارامترهای تابع تولید از نوع کشش جانشینی ثابت (CES[1]) با استفاده از قیمت‌های سایه‌ای نهاده‌های تولید (منابع محدود و محدودیت واسنجی)، به‌دست آمده از مرحله اول، تخمین زده می‌شود. شایان ذکر است که تابع تولید مذکور برای محصولات زراعی آبی بوده و به‌صورت رابطه ۵ می‌باشد:

$$q_i^{ir} = A_i\left(\sum_h b_{ih-1}X_{i\,h-1}^{\gamma} + b_w\left(X_{isw} + P_i^a\right)^{\gamma}\right)^{\frac{\varepsilon_i}{\gamma}} \quad (۵)$$

که توان ir در q_i^{ir}، مخفف تابع تولید آبی می‌باشد. مقدار A_i پارامتر کارایی می‌باشد که مقدار آن بزرگ‌تر از صفر و در این‌جا از مقالات مرجع برابر ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود. هم‌چنین، $\gamma = \frac{\sigma - 1}{\sigma}$ و σ کشش جانشینی میان نهاده‌ها، εi پارامتر بازده نسبت به مقیاس و مقادیر هر دوی آن‌ها از مقالات مرجع برابر ۱ لحاظ شده است. b_{ih-1} پارامترهای تابع تولید می‌باشد که توسط خروجی مرحله اول مدل اقتصادی (قیمت‌های سایه‌ای نهاده‌های تولید) محاسبه شده است. b_w سهم آب سطحی (X_{isw}) یا بارش P_i^a از اطلاعات اخذ شده در منطقه مورد مطالعه به‌دست آمده است.

مرحله سوم مدل اقتصادی

در مرحله آخر، با استفاده از تابع تولید تخمینی مرحله دوم و لحاظ آن در تابع هدف مرحله اول مدل اقتصادی (معادله ۱)، مدل برنامه-ریزی جدیدی با همان محدودیت‌های مدل مرحله اول و با حذف محدودیت‌های واسنجی جهت دست‌یابی به مجموعه بهینه از نهاده-های حداکثر کننده درآمد خالص و ارزش اقتصادی آن‌ها ارایه شده است.

1- Constant Elasticity of Substitution

مدل هیدرولوژی (مدل برنامه‌ریزی منابع آب)

مطابق با ساختار ارایه شده در شکل ۲، مدل منابع آب ساختار یکپارچه هیدرواکونومیک، مدل MODSIM می‌باشد. MODSIM یک مدل مبتنی بر اقلیم است که به طور سیستماتیک جریان‌های طبیعی آب و مصارف آن و هم‌چنین مدیریت زیربنایی برای تعادل عرضه و تقاضای آب در داخل آن شبیه‌سازی می‌شود. ساختار مدل مذکور به‌منظور تخصیص آب بر پایه رسیدن به یک تعادل مناسب، متشکل از الگوریتم برنامه‌نویسی خطی است که نیازهای کمبود آب مصارف مختلف را با در نظر گرفتن یکسری محدودیت‌ها، حداقل می‌کند که محدودیت‌های مذکور عبارتند از محدودیت‌های وابسته به اولویت نیاز مصارف مختلف و هم‌چنین عرضه از منابع گوناگون.

محاسبه درجه اهمیت و رتبه‌بندی شاخص‌ها

درجه اهمیت نسبی شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست-محیطی مرتبط با تخصیص و قیمت منابع آب، متناسب با شرایط و ویژگی‌های هر کشور، استان و محدوده متفاوت می‌باشد. بنابراین، اعمال هر گونه سیاستی تحت تأثیر درجه اهمیت شاخص‌های مذکور قرار می‌گیرد. با توجه به این مهم، چهار شاخص منتخب در سطح شبکه‌های آبیاری (که در ادامه به آن‌ها پرداخته خواهد شد) در نظر گرفته شد. به منظور تعیین وزن و درجه اهمیت متقابل شاخص‌های مذکور با یکدیگر، از تجربیات و نظرات ۲۰ نفر از مدیران و متولیان شبکه‌های آبیاری و زهکشی و از دانش خبرگان و کارشناسان محلی از طریق پرسش‌نامه استفاده گردید. در نهایت و بعد از آگاهی یافتن از اثر سناریوهای قیمتی و درجه اهمیت نسبی دو به دویی شاخص‌های مذکور، رتبه‌بندی قیمت‌ها در جهت دست‌یابی به قیمت مناسب آب صورت گرفت. برای دست‌یابی به این مهم از فرایند تحلیل سلسه مراتبی (AHP) به همراه روش تصمیم‌گیری چند شاخصه TOPSIS استفاده گردید.

روش TOPSIS توسط هوانگ و یون ارایه شده است. در این روش، گزینه‌ها بر اساس شباهت به حل ایده‌آل رتبه‌بندی می‌شوند (Hwang and Yoon, 1981). هر چه یک گزینه شبیه‌تر به حل ایده‌آل باشد، رتبه بیش‌تری دارد. این روش تصمیم‌گیری از پشتوانه ریاضی قوی برخوردار است و دانستن و رعایت مفروضات، محدوده و شرایط اعتبار قوانین و صحت فرمول‌های پیشنهادی، محدوده دقت نتایج و شرایط قابل قبول بودن جواب‌ها بسیار حایز اهمیت است (عطائی، ۱۳۸۸؛ نوری و شریفی، ۱۳۸۹). مزایای این روش نسبت به سایر اولویت‌بندی‌ها عبارت است از: تصمیم‌گیری با وجود معیارهای مثبت و منفی امکان‌پذیر است، برای تعیین بهترین گزینه می‌توان تعداد قابل توجهی معیار را بررسی نمود، که ساده و دارای سرعت مناسب است، به راحتی می‌توان معیارهای کیفی را کمی کرد و

تصمیم‌گیری با وجود معیارهای کیفی و کمی میسر است، خروجی سیستم به صورت کمی است و علاوه بر تعیین گزینه برتر، رتبه سایر گزینه‌ها به صورت عددی بیان می‌شود و تأثیر ضریب اهمیت معیارها بر رتبه‌بندی گزینه‌ها به صورت عددی قابل مشاهده می‌باشد.

اگر در یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره، n معیار و m گزینه وجود داشته باشد، به منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از روش TOPSIS، مراحل روش به این شرح می‌باشد: تشکیل ماتریس تصمیم، بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم (روش شباهت به گزینه ایده‌آل یا معیارهای مثبت و منفی)، تعیین بردار وزن معیارها، تعیین ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده وزن‌دار، یافتن حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل، محاسبه فاصله از حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل و محاسبه شاخص شباهت.

شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی

در راستای دست‌یابی به اهداف این مطالعه، از سری شاخص‌های معرفی شده در مطالعه گومز- لیمون و سانچز- فرناندز، با تطبیق بر واحد پولی ایران، به شرح زیر استفاده گردید (Gómez-Limón and Sanchez-Fernandez, 2010):

۱- شاخص اقتصادی

شاخص درآمد تولیدکنندگان کشاورزی: این شاخص بیانگر میزان سود ناخالصی است که در نتیجه تولید هر یک از محصولات زراعی واقع در الگوی کشت موجود در هر یک از شبکه‌های آبیاری موردنظر در هر هکتار به‌دست می‌آید و واحد آن ریال بر هکتار می‌باشد.

۲- شاخص اجتماعی

شاخص اشتغال کشاورزی: این شاخص، میزان اشتغال در هکتار را در سطح شبکه آبیاری موردنظر نشان می‌دهد و نمایان‌گر توزیع درآمد و ایجاد اشتغال می‌باشد. واحد شاخص مذکور ساعت بر هکتار می‌باشد.

۳- شاخص‌های زیست‌محیطی

۳-۱ شاخص مصرف آب آبیاری: برای محاسبه این شاخص از میزان آب موردنیاز فعالیت‌های مختلف کشاورزی که تابعی از قیمت آب است، استفاده می‌شود و واحد آن متر مکعب بر هکتار می‌باشد.

۳-۲ شاخص تعادل انرژی: این شاخص از تقسیم کل محتوای انرژی محصولات زراعی به عنوان انرژی خروجی، بر کل محتوای انرژی نهاده‌های تولیدی، به عنوان انرژی ورودی به محیط‌زیست (خاک) به‌دست می‌آید و واحد آن کیلوژول بر هکتار است. شایان ذکر است که برای محاسبه محتوای انرژی خروجی، توسط هر یک از محصولات زراعی و هم‌چنین مجموع محتوای انرژی ورودی مربوط به نهاده‌های تولیدی محصولات مذکور، از ضرایب تبدیل گروه‌بندی محصولات کشاورزی و معادل انژری نهاده‌های تولیدی در مطالعه هاتیرلی و همکاران بهره برده شد (Hatirli et al., 2006).

نتایج و بحث

بهره‌برداری از ساختار توسعه یافته هیدرواکونومیک تحقیق حاضر از ماژول اقتصادی آن آغاز می‌شود و با اجرای مدل اقتصادی ساختار مذکور، شرایط مرزی لازم جهت شبیه‌سازی مدل هیدرولوژی فراهم می‌گردد.

به همین منظور، در ابتدا، شرایط اقتصاد کشاورزی هر یک از شبکه‌های آبیاری شش‌گانه تحقیق حاضر با استفاده از داده‌ها و اطلاعات شرایط موجود کشاورزی هر یک از آن‌ها توسط مدل PMP شبیه‌سازی گردید. شایان ذکر است که آمار و اطلاعاتی که به منظور شبیه‌سازی و واسنجی مدل اقتصادی (PMP) مورد استفاده قرار گرفت به دو دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول، آمار و اطلاعاتی هستند که از طریق پرسش‌نامه از کشاورزان و ذی‌نفعان هر شبکه به طور جداگانه جمع‌آوری گردید (هزینه اجاره زمین، کود، سم، آب، ماشین و نیروی کار در واحد هکتار هر یک از محصولات زراعی واقع در الگوی کشت) و دسته دوم، آمار و اطلاعاتی هستند که از سازمان‌ها و نهادهای مربوطه (قیمت نهاده‌ها، قیمت محصولات زراعی و عملکرد آن‌ها، حجم آب مصرفی محصولات و حجم آب ورودی به هر یک از شبکه‌های آبیاری) اخذ گردید.

با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، ارزش اقتصادی آب (ریال بر متر مکعب) به تفکیک محصولات زراعی واقع در الگوی کشت موجود هر شبکه آبیاری در واحد هکتار مطابق جدول ۱ به‌دست آمد، تا از این گذر، بازه علمی لازم به منظور تعیین سناریوهای قیمتی در ادامه تحقیق فراهم گردد.

مدل برنامه‌ریزی منابع آب

از مدل MODSIM به منظور شبیه‌سازی سیستماتیک جریان طبیعی آب خروجی از سد زاینده‌رود، حجم آب قابل دسترس سد مذکور و تحویل و توزیع آب به هر یک از شبکه‌های آبیاری بر پایه ارزش اقتصادی آب در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳، با در نظر گرفتن شرایط خشک‌سالی، استفاده گردید.

به همین منظور، کاربست مدل MODSIM با توجه به منابع موجود آب (سد زاینده‌رود به عنوان تنها منبع عرضه) و مصارف موجود (نیازهای شرب، صنعت، کشاورزی و زیست‌محیطی،) و به منظور فراخوانی داده‌ها و اطلاعات لازم به این مدل به صورت شکل ۳ برای سناریوی اقلیمی خشک‌سالی در محیط نرم‌افزار MODSIM طراحی گردید.

جدول ۱- ارزش اقتصادی آب (ریال بر متر مکعب) محصولات واقع در الگوی کشت موجود در شبکه‌های آبیاری

نام محصول	سنتی	مهیار جرقویه	رودشت	برخوار	آبشار	نکوآباد
گندم	۳۱۴۰	۳۲۵۱	۲۷۲۹	۳۲۹۳	۳۲۲۶	۳۳۰۳
جو	۳۲۱۶	۳۳۱۵	–	۳۴۱۷	–	۳۴۳۲
برنج	۳۴۸۳	۳۶۵۳	–	–	–	۳۶۰۵
سیب‌زمینی	–	–	–	–	–	۳۵۹۲
پیاز	–	۳۵۹۳	۳۶۳۱	–	۳۳۰۱	۳۶۰۳
یونجه	۳۲۴۵	۳۳۲۱	–	۳۳۸۱	–	۳۳۱۰
ذرت علوفه‌ای	–	۳۶۲۹	–	۳۶۶۱	–	۳۵۳۴
خربزه	–	–	۲۶۶۸	۲۸۹۲	۱۸۳۵	–
انواع کدو	–	–	۳۵۵۳	–	۳۵۵۰	–
باقلا	–	–	۳۵۶۳	–	۳۵۸۶	–
شبدر	–	–	۲۴۴۶	–	۲۴۷۹	–
هندوانه	۳۰۷۹	–	–	–	–	–
طالبی و گرمک	–	۳۵۱۱	–	۳۳۶۶	–	–
چغندرقند	–	–	–	۳۳۶۵	–	–
میانگین ارزش اقتصادی	۳۱۴۰	۳۳۷۰	۳۰۰۲	۳۴۰۷	۳۲۴۹	۳۴۳۸

در این مدل، اولویت نیازها تعیین‌کننده چگونگی تخصیص آب به مصارف مختلف و اولویت عرضه نیز دیکته کننده تغییر عرضه آب از یک منبع به منبع دیگر در موقع کمبود آب می‌باشد. در این پژوهش، به منظور برنامه‌ریزی و تحویل و توزیع بهینه آب سد زاینده‌رود (تنها منبع عرضه آب)، اولویت آن برابر یک و اولویت نیازهای شرب، زیست‌محیطی و صنعت به ترتیب و بر اساس اسناد بالادستی، ۱، ۲ و ۲ در نظر گرفته شد.

هر یک از محصولات واقع در الگوی کشت شبکه‌های آبیاری شش‌گانه پایاب سد زاینده‌رود به عنوان یک نیاز مستقل در کاربست مدل مذکور در نظر گرفته شد. بنابراین، به منظور تحویل و توزیع بهینه آب به هر یک از محصولات موردنظر، اولویت تحویل و توزیع شبکه‌های آبیاری موردنظر بر اساس میانگین وزنی ارزش اقتصادی آب محصولات زراعی واقع در الگوی کشت آن‌ها که توسط مدل اقتصادی در بند قبلی مورد تخمین قرار گرفت (جدول ۱)، ۱۰ الی ۹۹ در نظر گرفته شد و حجم آب موجود و قابل برنامه‌ریزی در سال شاخص بر اساس اولویت نیازهای قید شده فوق به مصارف مختلف تخصیص داده شد. به این صورت که در ابتدا، نیاز مصارف شرب، زیست‌محیطی و صنعت به ترتیب اولویت آن‌ها برطرف گردید. بعد از برطرف شدن کامل نیاز مصارف مذکور تحت شرایط خشک‌سالی که اولویت تخصیص آن‌ها به صورت برون‌زا و توسط اسناد بالادستی منابع آب کشور تعیین شده بود، باقی‌مانده آب موجود (سهم بخش کشاورزی)، بر اساس ارزش اقتصادی آب محصولات واقع در الگوی کشت موجود شبکه‌های آبیاری تخصیص داده شد.

از آن‌جا که تخصیص آب مطابق شرایط فوق توسط مدل MODSIM موجب تغییر در محدودیت حجم آب قابل دسترس مدل PMP شبکه‌های آبیاری شده و به عنوان یک سناریو برای مدل مذکور محسوب می‌شود، بنابراین نتایج حاصل از سناریوی مذکور موجب تغییر الگوی کشت موجود شبکه‌های آبیاری و ارزش اقتصادی آب محصولات مذکور می‌گردد. به دلیل این‌که در تحقیق حاضر، اجرای دو مدل اقتصادی و هیدرولوژی، در قالب مدل هیدرواکونومیک، به صورت پی‌درپی، بازخورد و بازیافت اطلاعات، در راستای رسیدن به استفاده بهینه از آب به دفعات زیاد تجدید و اصلاح می‌گردد، از ذکر همه نتایج در این پژوهش خودداری نموده و به ذکر نتایج ارتباط اول بین دو مدل و نتایج حاصل از همگرایی آن‌ها که مقصود و موردنظر این پژوهش می‌باشد، بسنده شد.

انتخاب سناریوی قیمتی مناسب در شبکه‌های آبیاری

قیمت بهینه آب، در شرایط بازار و از تقاطع منحنی‌های عرضه و تقاضای آن به‌دست می‌آید. از آن‌جا که منابع آب محدوده مطالعاتی در شرایط بازار رقابتی عرضه نمی‌گردد، بنابراین انتخاب سناریوهای قیمتی در شبکه‌های آبیاری مذکور، به نحوی باید صورت گیرد که آزمون این سناریوها ما را به سمت قیمت بهینه آب (در شرایط بازار رقابتی) سوق دهد. با توجه به این مهم و به منظور انتخاب سناریوهای قیمتی موردنظر در این شبکه‌ها از اطلاعات زیر استفاده گردید:

الف) هزینه تمام شده تأمین آب کشاورزی: هزینه مذکور، حداقل قیمتی است که عرضه کننده آن (شرکت آب منطقه‌ای استان

اصفهان) تمایل دارد آب را به ازای هر متر مکعب به فروش برساند. این قیمت به عنوان یکی از نقاط تشکیل دهنده منحنی عرضه آب می‌باشد که از این طریق حداقل مقدار سناریوی قیمتی آب مشخص می‌گردد.

ب) متوسط وزنی ارزش اقتصادی آب محصولات واقع در الگوی کشت موجود شبکه‌های آبیاری: این مقدار، نمایان‌گر حداکثر قیمتی است که بهره‌برداران حاضرند به ازای هر متر مکعب آن را پرداخت کنند. قیمت مذکور تشکیل‌دهنده یکی از نقاط روی منحنی تابع تقاضای آب به شمار می‌رود. آگاهی از هزینه تمام شده و ارزش اقتصادی آب، به عنوان حداقل و حداکثر بازه قیمتی، شرایط لازم به منظور دست‌یابی به قیمت کارای آب و بررسی هر چه دقیق‌تر اثرهای بین بخشی آن، برای متولیان و مدیران بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری موردنظر را فراهم می‌آورد.

با در نظر گرفتن موارد مطرح شده فوق، هفت سناریوی قیمتی به تفکیک شبکه‌های آبیاری به شرح زیر (جدول ۲) نوشته شد. به طوری‌که در ابتدا متوسط وزنی تعرفه آب کشاورزی در هر یک از شبکه‌های آبیاری شش‌گانه به عنوان اولین سناریوی قیمتی در نظر گرفته شد. بقیه سناریوهای قیمتی بر اساس هزینه تمام شده تأمین آب کشاورزی و متوسط وزنی ارزش اقتصادی هر متر مکعب آب تحویلی به هر یک از شبکه‌های آبیاری موردنظر، به‌طوری که با فاصله عددی مشخص از یکدیگر فاصله بین این دو را پوشش دهد، در نظر گرفته شد.

جدول ۲- سناریوهای قیمت آب (ریال بر متر مکعب) در شبکه‌های آبیاری شش‌گانه حوضه زاینده‌رود

سناریو	سنتی	مهیار جرقویه	رودشت	برخوار	آبشار	نکوآباد
۱	۱۱۷	۱۹۵	۲۹۲	۲۰۵	۲۴۱	۲۲۵
۲	۶۳۱	۶۷۶	۶۱۰	۶۸۳	۶۵۳	۶۸۵
۳	۷۱۲	۷۱۲	۷۱۲	۷۱۲	۷۱۲	۷۱۲
۴	۱۲۶۲	۱۳۵۲	۱۲۲۱	۱۳۶۷	۱۳۰۷	۱۳۷۱
۵	۱۸۹۲	۲۰۲۷	۱۸۳۱	۲۰۵۰	۱۹۶۰	۲۰۵۶
۶	۲۵۲۳	۲۷۰۳	۲۴۴۲	۲۷۳۴	۲۶۱۴	۲۷۴۲
۷	۳۴۳۸	۳۳۷۰	۳۰۰۲	۳۴۰۷	۳۲۴۹	۳۴۳۸

مطابق اطلاعات جدول ۲، سناریوهای قیمت آب در شبکه آبیاری سنتی از ۱۱۷ ریال بر متر مکعب (متوسط تعرفه آب) شروع و به ۳۴۳۸ ریال بر متر مکعب (متوسط وزنی ارزش اقتصادی آب محصولات واقع در الگوی کشت این شبکه) ختم شد. شایان ذکر است که از بین سناریوهای قیمت آب در شبکه آبیاری سنتی (هم‌چنین در سایر شبکه‌های آبیاری)، ۷۱۲ ریال بر متر مکعب (سناریوی ۳)، هزینه تأمین آب از سد زاینده‌رود می‌باشد. سایر اعداد مندرج در جدول ۲ اعدادی هستند که فاصله بین تعرفه و هزینه تأمین آب و هم‌چنین هزینه تأمین آب و متوسط وزنی ارزش اقتصادی آب را پوشش می‌دهند (یعنی به طور مثال اعداد ۶۳۱، ۱۲۶۲، ۱۸۹۲ و ۲۵۲۳ در شبکه سنتی). سناریوهای قیمت آب مربوط به سایر شبکه‌های آبیاری در جدول ۲ نیز به روش مشابه به‌دست آمد.

از آن‌جا که پرداختن به اثرهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی سناریوهای قیمتی به تفکیک هر شش شبکه آبیاری، موجب حجیم شدن متن مقاله می‌گردد، بنابراین از آوردن نتایج در همه شبکه‌ها صرف‌نظر شده و اثر سناریوهای قیمتی بر شاخص‌های بین بخشی در شبکه آبیاری نکوآباد به عنوان نمونه به شرح جدول ۳ ارایه شد. شایان ذکر است که شاخص‌های جدول ۳ در نرم‌افزار GAMS و با در نظر گرفتن مدل اقتصادی مورد محاسبه قرار گرفتند. در ادامه، نتایج رتبه‌بندی قیمت‌ها به تفکیک هر شبکه ارایه شد.

جدول ۳- اثر سناریوهای قیمت منتخب آب بر شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی شبکه آبیاری نکوآباد

سناریوهای قیمت آب (ریال بر متر مکعب)	درآمد تولیدکنندگان (میلیون ریال بر هکتار)	اشتغال کشاورزی (ساعت بر هکتار)	مصرف آب آبیاری (میلیون متر مکعب)	تعادل انرژی (کیلوژول بر هکتار)
۲۲۵	۱۴۷/۵۲	۱۷۴/۱۰	۱۴۵/۱۱	۱/۸۳
۶۸۵	۱۴۶/۹۹	۱۷۲/۲۵	۱۴۲/۲۰	۱/۸۳
۷۱۲	۱۴۷/۰۶	۱۷۲/۴۸	۱۴۲/۵۷	۱/۸۳
۱۳۷۱	۱۴۵/۰۴	۱۶۶/۴۶	۱۳۳/۲۲	۱/۸۴
۲۰۵۶	۱۴۲/۵۵	۱۶۰/۴۴	۱۲۳/۸۹	۱/۸۵
۲۷۴۲	۱۳۹/۵۸	۱۵۴/۴۱	۱۱۴/۵۵	۱/۸۵
۳۴۳۸	۱۳۶/۱۴	۱۴۸/۳۸	۱۰۵/۲۱	۱/۸۴

مطابق با اطلاعات جدول ۳ و با افزایش قیمت آب تا مرز ارزش اقتصادی آن (یعنی به طور مثال از ۲۲۵ تا ۳۴۳۸ ریال بر متر مکعب)، روند شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی نزولی شد (ستون‌های دوم تا چهارم جدول ۳). به عبارت دیگر، اگر متولیان و برنامه‌ریزان منابع آب در محدوده مطالعاتی تحقیق حاضر، سیاست افزایش قیمت آب را پیش بگیرند، شاخص درآمد تولیدکنندگان و اشتغال کشاورزی کاهش خواهد یافت. علت این مهم این است که افزایش قیمت آب منجر به کاهش مصرف و به تبع آن کاهش سطح زیر کشت و عملکرد محصولات زراعی شبکه آبیاری می‌گردد و از این طریق اثر منفی بر منافع اقتصادی حاصل از فعالیت‌های کشاورزی را در پی خواهد داشت. علت کاهش اشتغال را می‌توان از دو جنبه مورد بررسی قرار داد. جنبه اول این‌که افزایش قیمت آب باعث کاهش سطح زیر کشت محصولات واقع در الگوی کشت محدوده‌های مطالعاتی موردنظر می‌گردد. با کاهش سطح زیر کشت، تقاضای نیروی‌کار نیز که به عنوان یکی از نهاده‌های تولیدی در بخش کشاورزی به شمار می‌رود کاهش می‌یابد. جنبه دوم این‌که، افزایش قیمت آب باعث کاهش تولید، عملکرد و در نهایت کاهش سود ناخالص در منطقه می‌گردد. بر این اساس، بهره‌برداران به منظور دست‌یابی به حداکثر سود، اقدام به کاهش هزینه‌های متغیر خود می‌نمایند که این موضوع به کاهش در تقاضای نیروی‌کار در واحد هکتار به عنوان یک عامل هزینه منجر می‌شود.

اثر سناریوهای منتخب بر شاخص‌های زیست‌محیطی به صورت معکوس عمل کرده است. به عبارت دیگر و با توجه به توضیحات ارایه شده در بالا، با افزایش قیمت آب، مصرف آب آبیاری کاهش یافته و شاخص تعادل انرژی ثابت شده و یا افزایش یافته است. یعنی، مصرف نهاده‌های کشاورزی به نسبت کم‌تر از تولید محصولات نهایی، تحت تأثیر سیاست‌های مذکور در این شبکه قرار گرفت.

در نهایت، قیمت مناسب و بهینه آب، مطابق با درجه اهمیت شاخص‌های بین بخشی و نتایج حاصل از رتبه‌بندی آن‌ها، به شرح جدول ۴ به‌دست آمد. از آن‌جا که درجه اهمیت هر یک از این شاخص‌ها، متناسب با شرایط و ویژگی‌های هر کشور، استان و محل متفاوت می‌باشد، بر این اساس، در این قسمت از تحقیق، با استفاده از فرایند تحلیل سلسه مراتبی (AHP) درجه اهمیت هر یک از معیارها مورد محاسبه قرار گرفت. در جهت رسیدن به این مهم، درجه اهمیت هر یک از شاخص‌های مذکور، با استفاده از تجربیات و نظرات متولیان و سیاست‌گذاران مدیریت منابع آب کشور و دانش خبرگان و کارشناسان بخش کشاورزی تعیین گردید.

جدول ٤- درجه اهمیت شاخص‌های بین بخشی آب (بر حسب درصد) از دیدگاه مدیران شبکه‌های آبیاری و خبرگان محلی

مصرف آب	درآمد تولیدکنندگان	اشتغال کشاورزی	تعادل انرژی
۲۲/۱۳	۲۰	۱۳/۲۰	۹/۳۵

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، شاخص‌های مصرف آب (۲۲/۱۳ درصد)، درآمد تولیدکنندگان (۲۰ درصد)، اشتغال کشاورزی (۱۳/۲ درصد) و تعادل انرژی (۹/۳۵ درصد) به ترتیب دارای بیش‌ترین اهمیت می‌باشند. نتایج نشان‌دهنده این واقعیت است که شاخص‌های زیست‌محیطی بیش‌ترین اهمیت را نسبت به سایر شاخص‌ها در محدوده مطالعاتی موردنظر دارند.

میزان نزدیکی نسبی و نتایج حاصل از رتبه‌بندی سناریوهای قیمتی توسط روش TOPSIS متناسب با اثرهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در شبکه‌های شش‌گانه مطابق اطلاعات جداول ۵، ۶ و ۷ می‌باشد (جداول، خروجی نرم‌افزار می‌باشند).

جدول ٥- نتایج رتبه‌بندی سناریوهای قیمت آب در شبکه‌های آبیاری نکوآباد و آبشار

نکوآباد				آبشار			
شماره سناریو	d+ (فاصله از ایده‌آل مثبت)	d- (فاصله از ایده‌آل منفی)	cl+ (امتیاز نسبی)	رتبه	شماره سناریو	d+ (فاصله از ایده‌آل مثبت)	d- (فاصله از ایده‌آل منفی)	cl+ (امتیاز نسبی)	رتبه
۱	۰/۰۱۶۶	۰/۰۴۴۰	۰/۷۲۵۶	۱	۱	۰/۰۳۵۴	۰/۰۰۸۵	۰/۱۹۳۳	۷
۲	۰/۰۱۷۱	۰/۰۳۷۲	۰/۶۸۵۳	۲	۲	۰/۰۲۵۲	۰/۰۱۲۷	۰/۳۳۵۹	۶
۳	۰/۰۱۷۱	۰/۰۳۶۸	۰/۶۸۲۵	۳	۳	۰/۰۲۳۷	۰/۰۱۳۹	۰/۳۶۹۵	۵
۴	۰/۰۲۰۷	۰/۰۲۷۴	۰/۵۶۹۴	۴	۴	۰/۰۱۳۶	۰/۰۲۳۰	۰/۶۲۸۰	۴
۵	۰/۰۲۷۸	۰/۰۱۹۵	۰/۴۱۲۳	۵	۵	۰/۰۰۹۶	۰/۰۲۷۰	۰/۷۳۸۹	۳
۶	۰/۰۳۵۹	۰/۰۱۵۳	۰/۲۹۸۵	۶	۶	۰/۰۰۷۵	۰/۰۳۱۱	۰/۸۰۴۸	۲
۷	۰/۰۴۴۰	۰/۰۱۶۶	۰/۲۷۴۳	۷	۷	۰/۰۰۸۵	۰/۰۳۵۴	۰/۸۰۶۸	۱

جدول ٦- نتایج رتبه‌بندی سناریوهای قیمت آب در شبکه‌های آبیاری برخوار و رودشت

برخوار					رودشت			
شماره سناریو	d+ (فاصله از ایده آل مثبت)	d- (فاصله از ایده آل منفی)	cl+ (امتیاز نسبی)	رتبه	شماره سناریو	d+ (فاصله از ایده آل مثبت)	d- (فاصله از ایده آل منفی)	cl+ (امتیاز نسبی)	رتبه
۱	۰/۰۱۹۲	۰/۰۷۱۴	۰/۷۸۸۱	۱	۱	۰/۰۳۸۰	۰/۰۱۸۳	۰/۳۲۴۹	۷
۲	۰/۰۱۹۶	۰/۰۶۴۶	۰/۷۶۶۹	۲	۲	۰/۰۳۰۶	۰/۰۱۶۵	۰/۳۴۹۹	۶
۳	۰/۰۱۹۷	۰/۰۶۳۹	۰/۷۶۶۹	۳	۳	۰/۰۲۸۴	۰/۰۱۶۸	۰/۳۷۱۵	۵
۴	۰/۰۲۷۵	۰/۰۴۸۳	۰/۶۳۷۲	۴	۴	۰/۰۱۹۰	۰/۰۲۳۵	۰/۵۵۳۶	۴
۵	۰/۰۴۰۵	۰/۰۳۳۷	۰/۴۵۴۳	۵	۵	۰/۰۱۵۶	۰/۰۳۰۴	۰/۶۶۰۸	۳
۶	۰/۰۵۶۱	۰/۰۲۱۵	۰/۲۷۶۸	۶	۶	۰/۰۱۶۳	۰/۰۳۴۴	۰/۶۷۸۷	۱
۷	۰/۰۷۱۴	۰/۰۱۹۲	۰/۲۱۱۹	۷	۷	۰/۰۱۸۳	۰/۰۳۸۰	۰/۶۷۵۱	۲

جدول ۷- نتایج رتبه‌بندی سناریوهای قیمت آب در شبکه‌های آبیاری مهیار و جرقویه و سنتی

مهیار و جرقویه					سنتی			
شماره سناریو	d+ (فاصله از ایده‌آل مثبت)	d- (فاصله از ایده‌آل منفی)	cl+ (امتیاز نسبی)	رتبه	شماره سناریو	d+ (فاصله از ایده‌آل مثبت)	d- (فاصله از ایده‌آل منفی)	cl+ (امتیاز نسبی)	رتبه
۱	۰/۰۲۵۹	۰/۰۴۹۸	۰/۶۵۷۹	۱	۱	۰/۰۵۶۹	۰/۰۲۱۹	۰/۲۷۸۴	۶
۲	۰/۰۲۵۷	۰/۰۴۲۰	۰/۶۲۰۴	۲	۲	۰/۰۴۲۸	۰/۰۲۱۵	۰/۳۳۴۷	۷
۳	۰/۰۲۵۶	۰/۰۴۱۴	۰/۶۱۷۵	۳	۳	۰/۰۴۰۷	۰/۰۲۲۵	۰/۳۵۶۳	۵
۴	۰/۰۲۷۲	۰/۰۳۱۱	۰/۵۳۳۶	۴	۴	۰/۰۲۷۹	۰/۰۳۳۶	۰/۵۴۵۶	۴
۵	۰/۰۳۳۱	۰/۰۲۴۳	۰/۴۲۳۱	۵	۵	۰/۰۲۲۸	۰/۰۴۳۰	۰/۶۵۳۴	۳
۶	۰/۰۴۱۵	۰/۰۲۱۸	۰/۳۴۴۳	۶	۶	۰/۰۲۱۳	۰/۰۵۰۱	۰/۷۰۲۰	۲
۷	۰/۰۵۰۱	۰/۰۲۵۷	۰/۳۳۹۷	۷	۷	۰/۰۲۱۹	۰/۰۵۶۹	۰/۷۲۱۸	۱

مطابق با نتایج به‌دست آمده در جداول ۵ الی ۷، قیمت‌های کم آب در شرایط فعلی (یعنی ۲۲۵، ۱۹۵ و ۲۰۵ ریال بر متر مکعب) به عنوان قیمت مناسب به ترتیب در شبکه‌های آبیاری نکوآباد، مهیار و جرقویه و برخوار انتخاب گردید. این در حالی‌است که قیمت‌های بیش‌تر آب، هم‌چون ارزش اقتصادی آب، وضعیت مناسبی در رتبه-بندی قیمت‌ها در شبکه‌های آبیاری مذکور نداشتند (مطابق با اطلاعات جداول ۵، ۶ و ۷، رتبه ارزش آب در شبکه‌های آبیاری نکوآباد، مهیار و جرقویه و برخوار برابر ۷ می‌باشد). علت این مهم را می‌توان به مجموع اثرهای مثبت و منفی افزایش قیمت آب بر معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی شبکه‌های آبیاری مذکور نسبت داد. غلبه اثرهای منفی افزایش قیمت آب بر اثرهای مثبت آن در این شبکه‌ها سبب شده است که سناریوهای اول و دوم قیمت آب به عنوان سناریوهای برتر (قیمت‌های کم‌تر آب) انتخاب شوند. لازم به ذکر است که در مطالعات گالگو-آیالا نیز این مهم به وقوع پیوسته و قیمت کم به عنوان سناریوی برتر در تحقیقات وی انتخاب شده است (Gallego-Ayala, 2012).

این در حالی است که در شبکه‌های آبیاری آبشار، رودشت و سنتی، ارزش اقتصادی آب (یعنی ۳۲۴۹، ۳۰۰۲ و ۳۴۳۸ ریال بر متر مکعب) به عنوان یکی از سناریوهای برتر قیمت آب در این شبکه‌ها انتخاب گردید. دلیل این مهم، غلبه اثرهای مثبت افزایش قیمت آب در این شبکه‌ها بر اثرهای منفی آن می‌باشد.

نتیجه‌گیری

انتخاب قیمت مناسب برای آب آبیاری، به عنوان یکی از ابزارهای مهم اقتصادی در بخش کشاورزی برای مدیریت تقاضای آب به شمار می‌رود. مسلماً، اعمال هر سیاستی در این بخش، اثرهای بین بخشی (اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) متناسب با خود را دارد. شناسایی این آثار می‌تواند اطلاعات مناسبی را در جهت تعیین قیمت کارا برای این نهاده مهم در اختیار مدیران و سیاست‌گذاران قرار دهد. نتایج حاصل از مطالعه حاضر نیز مؤید این مطلب مهم می‌باشد. اما نکته‌ای که باید مدنظر قرار گیرد این است که با وجود اهمیت تعیین قیمت مناسب آب آبیاری، لازم است در به‌کارگیری این سیاست توسط متولیان و سیاست‌گذاران آن در مناطق مختلف احتیاط لازم صورت گیرد. علت این مهم آن است که اعمال سیاست مذکور دارای اثرهای

بین بخشی متقابلی می‌باشد (اثرهای منفی اقتصادی و اجتماعی و اثرهای مثبت زیست‌محیطی) که عدم درک این آثار، به همراه درجه اهمیت آن‌ها، می‌تواند عواقب نامطلوبی در مدیریت منابع آب به همراه داشته باشد.

مطابق با نتایج به‌دست آمده، در شبکه‌های آبیاری نکوآباد، مهیار و جرقویه و بُرخوار، قیمت‌های کم آب در شرایط فعلی (به‌ترتیب ۲۲۵، ۱۹۵ و ۲۰۵ ریال بر متر مکعب) به عنوان قیمت مناسب انتخاب گردید و قیمت‌های بیش‌تر آب، نظیر ارزش اقتصادی آب، علی‌رغم انتظار معمول مدیران و متولیان شبکه به عنوان قیمت مناسب شبکه‌های موردنظر، توسط نتایج ناشی از این مطالعه برگزیده نشد. این مهم در شبکه‌های آبیاری آبشار، رودشت و سنتی اتفاق افتاد و ارزش اقتصادی آب (یعنی ۳۲۴۹، ۳۰۰۲ و ۳۴۳۸ ریال بر متر مکعب) به عنوان یکی از سناریوهای برتر قیمت آب در این شبکه‌ها پیشنهاد گردید.

نتایجی که از این تحقیق به‌دست آمد، بر خلاف نظر برخی متولیان و سیاست‌گذاران کنونی مدیریت منابع آب کشور می‌باشد که بدون توجه به تفکیک محدوده‌های مطالعاتی (با شرایط و خصوصیات اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی متفاوت) و درک نتایج آن، افزایش قیمت آب در بخش کشاورزی ایران را تنها راهکار حل مسایل و مشکلات و مصرف بهینه این منبع حیاتی می‌دانند و اثرهای بین بخشی سیاست مذکور را نادیده می‌گیرند؛ بخصوص آثار منفی این سیاست بر درآمد و اشتغال بخش کشاورزی که علی‌رغم دارا بودن پتانسیل‌های فراوان اشتغال‌زایی و نقش حیاتی در رشد و توسعه کشور، با فقر دست و پنجه نرم می‌کند.

منابع

عطائی،م. ۱۳۸۸. تصمیم‌گیری چندمعیاره. انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

نوری،م و شریفی،م.ب. ۱۳۸۹. بررسی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و کاربرد آن‌ها در مدیریت منابع آب. پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد.

هزاره،ر.، حسنی،ی و شایان مهر،س. ۱۳۹۵. ارزیابی آثار سیاست‌های مختلف بخش کشاورزی بر شاخص‌های بهره‌وری آن. مجله پژوهش آب ایران. ۱۰. ۴: ۷۳-۸۳.

Beare,S.C., Bell,R and Fisher,B.S. 1998. Determining the value of water: The role of risk, infrastructure constraints, and ownership. American Journal of Agricultural Economics. 80.5: 916-940.

Cai,X. 2008. Implementation of holistic water resources- economic optimization models for river basin management reflective experiences. Environmental Modelling and Software. 23.1: 2-18.

Cai,X., McKinney,D and Lasdon,L. 2002. Integrated hydrologic-agronomic-economic model for river basin management. Journal of Water Resources Planning and Management. 129.1: 4-17.

Gómez-Limón,J.A and Sanchez-Fernandez,G. 2010. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. Ecological Economics. 69.5: 1062-1075.

Gallego-Ayala,J. 2012. Selecting irrigation water pricing alternatives using a multi-methodological approach. Mathematical and Computer Modelling. 55.3-4: 861-883.

Jeder,H., Khalifa,A.B and Sghaier,M. 2014. Economic analysis of water demand in public irrigation systems in Tunisia using FSSIM model. New Meditteranean. 8.4: 321-338.

Hashemy Shahdany,S.M., Hasani,Y., Majidi,Y and Maestre,J. 2017. Modern operation of main irrigation canals suffering from water scarcity based on an economic perspective. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 143.3: 136-147.

Hatirli,S.A., Ozkan,B and Fert,C. 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. Renewable Energy. 31.4: 427-438.

Hwang,C.L and Yoon,K. 1981. Multiple attributes decision making methods and applications. Springer, Berlin, 22, 12-19.

Howitt,R.E., Medellín-Azuara,J., MacEwan,D and Lund,J.R. 2012. Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. Environmental Modelling and Software. 38: 244-258.

Lefkoff,L.J and Gorelick,S.M. 1990. Simulating physical processes and economic behavior in saline, irrigated agriculture: Model development. Water Resources Research. 26.7: 1359-1369.

Medellín-Azuara,J., Harou,J.J and Howitt,R.E. 2010. Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation. Science of the Total Environment. 408.23: 5639-5648.

Noel,J.E and Howitt,R.E. 1982. Conjunctive multibasin management: An optimal control approach. Water Resources Research. 18.4: 753-763.

Peralta,R., Hegazy,M and Musharrafieh,G. 1994. Preventing pesticide contamination of groundwater while maximizing irrigated crop yield. Water Resources Research. 30.11: 3183-3193.

Rogers,P., Hurst,C and Harshadeep,N. 1993. Water resources planning in a strategic context: Linking the water sector to the national economy. Water Resources Research. 29.7: 1895-1906.

Varela-Ortega,C., Blanco-Gutiérrez,I., Swartz,C.H and Downing,T.E. 2011. Balancing groundwater conservation and rural livelihoods under water and climate uncertainties: An integrated hydro-economic modeling framework. Global Environmental Change. 21.2: 604-619.

Vaux,H.J and Howitt,R.E. 1984. Managing water scarcity: an evaluation of interregional transfers. Water Resources Research. 20.7: 785-792.

Vedula,S and Mujumdar,P. 1992. Optimal reservoir operation for irrigation of multiple crops. Water Resources Research. 28.1: 1-9.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 12, Feb.-Mar. 2019, p. 1540-1552

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۲، بهمن - اسفند ۱۳۹۷، ص. ۱۵۵۲-۱۵۴۰

Application of Hydro-Economic Model in Assessing Pricing Scenarios of Agricultural Water and Their Inter-sectoral Effects (Case Study: Irrigation Districts in Downstream of Zayandehrud Dam)

D. Rajabi[1], S.F. Mousavi[2*] and A. Roozbahani[3]
Recived: Jun.07, 2018 Accepted: Aug.13, 2018

Abstract

Investigation of the effects of changes in irrigation water price is one of the primary economic measures in managing water demands in Iran. However, imposing any policy in this sector would result in inter-sectoral (economic, social and environmental) consequences. Identification of these consequences helps the water managers and authorities to find the optimum price for this valuable input. In this article, using the hydro-economic model, the current agricultural economic conditions within the six irrigation districts located in downstream of Zayandehrud Dam, Isfahan, Iran, was simulated for the base year of 2014-2015. Along with the optimal water allocation, effects of specific pricing scenarios in these irrigation districts on economic, social and environmental indices were then assessed. Results of the study revealed that effects of pricing scenarios (increasing the irrigation water price) have negative impacts on the farmers' revenue, employment in agricultural sector and water consumption, and positive or fixed impacts on energy balance index. Finally, by considering the importance of inter-sectoral consequences of selected pricing scenarios, the existing water price (based on the stabilization of agricultural water price law) is selected as suitable water price in Nekoabad, Mahyar and Jarghouyeh, and Borkhar Irrigation Districs (225, 195 and 205 Rials/m^3, respectively). Meanwhile, this important item (the economic value of water) was obtained as 3249, 3002 and 3438 Rials/m^3 in Abshar, Rudasht and Traditional Irrigation Districts, respectively.

Keywords: Economic model, Hyroeconomic model, TOPSIS approach, Water resources model

1- PhD Candidate, Department of Water Resources Engineering and Management, Faculty of Civil Engineering, Semnan University
2- Professor, Department of Water Resources Engineering and Management, Faculty of Civil Engineering, Semnan University
3- Assistant Professor, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Aburaihan Campus, University of Tehran
(*- Corresponding Author Email: fmousavi@semnan.ac.ir)