کاربرد مبانی آب مجازی در افزایش ارزش اقتصادی منابع آب کشاورزی (مطالعه موردی: دشت اراک)

هاجر فضل الهی [۱]، روح الله فتاحی [۲] ، کیومرث ابراهیمی [۳]*

تاریخ ارسال: ۱۳۹۷/۰۸/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۲۰

مقاله پژوهشی برگرفته از رساله دکتری

چکیده

امروزه ارزش اقتصادی منابع آب به عنوان شاخصی مهم در مصرف بهینه و مدیریت عرضه و تقاضای آب بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. در مقاله حاضر با ارتقاء و کاربرد یک مدل ریاضی موجود تعیین ارزش اقتصادی آب، اثر آب مجازی در افزایش ارزش اقتصادی منابع آب بررسی شده است. این بررسی برای دشت اراک و محصولات استراتژیک گندم، جو، یونجه و ذرت علوفه‌ای در سه حالت وزن‌دهی مساحت تحت کشت، حجم آب مصرفی و درآمد محصول انجام شد. اطلاعات لازم شامل اطلاعات هواشناسی، کشاورزی، احجام آب مصرفی و مقادیر هزینه‌ها و درآمدها برای سال زراعی ۱۳۹۵- ۱۳۹۴ تهیه و به کار رفت. نتایج نشان داد که ارزش اقتصادی منابع آب کشاورزی دشت اراک در هر سه حالت مختلف وزن‌دهی، با لحاظ آب مجازی که به جایگزینی محصولات منجر شد، افزایش می‌یابد. به طوری که با کشت ذرت علوفه‌ای به جای یونجه در سه روش وزن‌دهی مساحت تحت کشت، حجم آب مصرفی و درآمد محصول، به ترتیب ۳۶، ۲۸ و ۴۰/۵ درصد افزایش در ارزش اقتصادی منابع آب ایجاد می‌شود. افزایش ارزش اقتصادی منابع آب از راهکارهای نیل به توسعه پایدار و تأمین امنیّت غذایی است.

واژه‌های کلیدی: آب مجازی، ارزش اقتصادی آب، مدل ریاضی، وزن دهی

[۱] دکتری مهندسی آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد، ایران (hajarfazlolahi@yahoo.com)
[۲] دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد، ایران (fatahi2@gmail.com)
[۳] * استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران، ایران (Ebrahimik@ut.ac.ir) (نویسنده مسئول)

مقدمه

از آنجا که کاهش منابع آب، افزایش حجم سرمایه-گذاری در تأمین منابع آب جدید را در پی دارد و معمولاً کشورهای درحال توسعه قادر به تأمین این هزینه‌ها نیستند، لذا لحاظ شاخص ارزش اقتصادی آب به عنوان عاملی مؤثر در مصرف بهینه و مدیریت صحیح عرضه و تقاضای منابع آب مطرح می‌شود(Sawyer et al., 2005). از طرفی آب را می توان به عنوان یک دارایی طبیعی در نظر گرفت و ارزش آن را به توانایی‌اش در ایجاد جریان‌های کالا و خدمات در طول زمان نسبت داد. ارزش-های استخراجی از آب معمولاً به دو صورت ارزش‌های استفاده ای و ارزش‌های غیراستفاده‌ای تقسیم می‌شود. در تحقیق حاضر ارزش استفاده‌ای آب که از کاربرد مستقیم آب برای مصرف آن یا خدماتش ناشی می‌شود، مدنظر است (معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۹۰). همچنین در مقایسه‌ی ارزش آب، قیمت آب و هزینه آب باید گفت که اصطلاح ارزش آب به معنی ارزش ذاتی به کاربرده می شود، قیمت آب شاخصی است که برای تبادل و انتقال آب مورد استفاده قرار می‌گیرد و هزینه آب برای استحصال، انتقال و توزیع آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. مهم‌ترین نقش قیمت آب را می‌توان توزیع مناسب آب بین متقاضیان و مصارف مختلف ذکر کرد، لذا تعیین قیمت آب باعث می‌شود که آب بین متقاضیان متناسب با فایده یا ارزش تولید نهایی توزیع گردد (زارع و همکاران،۱۳۹۱). ماورای محدودیت آب، محدودیت‌های مالی و زمانی، عوامل مهم دیگری می-باشند که امکان بهره برداری کارا از منابع موجود را با مشکل مواجه می‌سازد. به همین دلیل در سال‌های اخیر در کنار مدیریت عرضه(تأمین منابع آب)، مسئولان و برنامه‌ریزان حوزه‌ی آب، مدیریت تقاضا و حفظ منابع آبی را در دستور کار خود قرار داده‌اند. به نحوی که در حوزه مدیریت جدید (تقاضای آب) مفاهیم جدیدی نظیر ردپای آب و آب مجازی ارائه شده است (پوران و همکاران، ۱۳۹۶). در نظر گرفتن مفهوم آب مجازی محصولات کشاورزی در کنار ارزش اقتصادی منابع آب می تواند کمک شایانی در زمینه مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی باشد. مفهوم آب مجازی نگرشی جدید به مصارف غیرمستقیم و پنهان آب در چرخه تولید و ارائه خدمات به نسل بشر است. این مفهوم نخستین بار در سال ۱۹۹۳ توسط آلن[1] مطرح شد. به بیان ساده آب مجازی، جمع کل آب مورد نیاز برای تولید مقدار معینی از محصول خاصی، با توجه به شرایط اقلیمی، مکانی، زمان و راندمان تولید می‌باشد. امنیت غذایی و حفاظت محیط زیست استفاده از آب مجازی را تشویق می‌کند. در واقع کشورهای کم آب با وارد کردن محصولات پرمصرف آب از سایر کشورها، آب مورد نیاز این محصولات را ذخیره کرده، سپس می‌توانند این آب را در فعالیت‌های اقتصادی دیگری که عایدات بیشتری نصیب آنها خواهد کرد، بکار ببرند چنین سیاستی فشار را از منابع آب این کشورها برداشته و آب می تواند به جای اینکه در تولید منابع غذایی به کار رود، در مدیریت خشکسالی‌ها ذخیره شود. با توجه به اهمیت مفهوم آب مجازی در کشاورزی و ارتباط آب مجازی با میزان بهره‌وری آب، افزایش بهره‌وری آب کشاورزی، می تواند به عنوان ابزاری کارآمد در صرفه جویی آب مجازی باشد. منبع آب مجازی می‌تواند آب سبز (بخشی از تبخیر و تعرق که در طول فصل کشت مستقیما از بارندگی تامین می‌شود و یا آب آبی (بخشی از تبخیر و تعرق که از منابع آب سطحی یا زیرزمینی تامین می‌شود) باشد (سالاری و همکاران،۱۳۹۳). عابدی و تهامی پور (۱۳۹۵) با استفاده از رهیافت پایه به تعیین میزان آب مجازی مصرفی و شاخص‌های مرتبط با آن برای محصولات عمده کشاورزی استان زنجان برای سال ۱۳۹۲ پرداختند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که صادرات محصولات مورد مطالعه، حجمی معادل ۲۶/۵۳ میلیون

[1] Allan

مترمکعب صادرات آب مجازی را در پی داشته است. همچنین، ۹۵ درصد از آب مجازی صادراتی مربوط به محصولات باغی و ۵ درصد آن متعلق به محصولات زراعی است. علاوه بر آن، شدت مصرف آب در بخش کشاورزی استان زنجان ۲۴ درصد از منابع آب تجدید شونده استان برآورد گردید. پوران و همکاران(۱۳۹۶) به محاسبه ارزش اقتصادی آب مجازی با رویکرد حداکثرسازی بهره‌وری آب آبیاری پرداختند و برای این منظور از یک الگوی برنامه-ریزی خطی فازی(FLP) استفاده کردند. نتایج تحقیق مذکور نشان داد که اولاً ارزش اقتصادی محتوی آب آبی[۱] (مجموع آبهای سطحی و زیرزمینی) محصولات استان-های آذربایجان غربی، بوشهر، اصفهان، ایلام و سمنان با هدف حداکثر شدن بهره‌وری آب کشاورزی به ترتیب مساوی ۱۴۶۱۵، ۴۰۶۰۸، ۷۲۴۰، ۴۶۷۳ و۳۹۲۷۴ ریال به ازای هر مترمکعب آب آبی صرف شده در امور کشاورزی است. ثانیاً ارزش اقتصادی محتوی آب خاکستری محصولات استان اصفهان ۷۲۲۰ریال و استان آذربایجان غربی ۴۳۳۰ ریال به ازای هر مترمکعب آب خاکستری صرف شده در امور کشاورزی است. به طورکلی، هرچه استان‌ها وضعیت آبی نامساعدتری داشته باشند، ارزش اقتصادی محتوی آب محصولات آن‌ها بیشتر است. ثالثاً بهره وری آب ۱۲ محصول زراعی مورد مطالعه در استان‌های منتخب در اثر تغییر الگوی کشت محصولات زراعی، افزایش یافته است. Hanasaki, et al. (2010) وضعیت صادرات و واردات آب مجازی محصولات عمده کشاورزی و دامی را در مقیاس جهانی با استفاده از مدل هیدرولوژیکی H08 مورد بررسی قرار دادند. این مدل قادر است آب سبز و آب آبی را به گونه هم زمان در مناطق گوناگون برآورد کند. نتایج این پژوهش نشان داد که صادرات آب مجازی پنج محصول جو، ذرت، برنج، سویا و گندم و سه محصول دامی گوشت گاو، گوشت خوک و مرغ ۵۴۵ کیلومتر مکعب در سال می‌باشد. Duarte, et al. (2016) تحلیلی از جریان آب مجازی در جهان در طولانی مدت را با بررسی عوامل اصلی موثر ارائه دادند. این مطالعه به افزایش در مبادلات آب مجازی اشاره دارد که مربوط به افزایش ناگهانی تجارت محصولات کشاورزی و مواد غذایی در جهان از سال ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۰ است. گرچه مبدأ و مقصد آب مجازی تغییر کرده است ولی آمریکای شمالی به عنوان شبکه اصلی صادر کننده آب مجازی باقی مانده است. از سوی دیگر، اروپا و آسیا با وابستگی زیاد به منابع آب های خارجی، به عنوان واردکنندگان اصلی آب مجازی ظاهر می شوند.

همانطور که مشاهده می شود محاسبه مقدار آب مجازی محصولات می‌تواند مدیران را در سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی بهینه منابع آب یاری دهد. از طرفی با توجه به شرایط کنونی مصرف آب کشاورزی در کشور ما، نیاز به بهبود وضعیت اقتصادی کشاورزان، ارتقاء کمیت و کیفیت محصولات و پایش کاربرد آب، انتخاب روش‌های درست تعیین ارزش اقتصادی آب و تهیه یک ابزار رایانه‌ای که پشتوانه سریع مدیریت مناسب برنامه ریزی کشاورزی باشد، است. در مقاله حاضر به کمک ارتقاء یک مدل ریاضی موجود تعیین ارزش اقتصادی آب، علاوه بر تعیین ارزش اقتصادی آب، با در نظر گرفتن مفهوم آب مجازی سناریویی ارائه شد که بتواند ارزش اقتصادی آب را در منطقه افزایش دهد. تمرکز مقاله حاضر بر بررسی تغییرات ارزش اقتصادی منابع آب پس از اعمال چنین سناریویی با مطالعه موردی دشت اراک است. دشت اراک به دلیل وجود اطلاعات کافی مورد نیاز و به روز انتخاب شد.

[۱] Blue water

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

دشت اراک واقع در استان مرکزی، در طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و عرض ۳۴ درجه و ۵ دقیقه شمالی واقع شده است. سطح زیر کشت محصولات زراعی این دشت بر اساس گزارش سازمان جهاد کشاورزی استان مرکزی (۱۳۹۵) برابر با ۵۵۰۰۰ هکتار است که از این میزان ۳۵۸۰۰ هکتار را محصولات آبی و ۱۹۲۰۰ هکتار را محصولات دیم تشکیل داده است. در میان محصولات آبی، چهار محصول اصلی گندم، جو، یونجه و ذرت علوفه ای بیش از ۸۳ درصد از کل سطح محصولات را به خود اختصاص داده‌اند.

داده‌های مورد استفاده

برای انجام تحقیق حاضر اطلاعات جامع و کامل هواشناسی سال زراعی ۱۳۹۵- ۱۳۹۴ از دشت اراک از سازمان هواشناسی استان مرکزی و اطلاعات کشاورزی شامل محصولات تحت کشت و سطح زیر کشت هر محصول از سازمان جهاد کشاورزی استان دریافت شد. لازم به ذکر است که در تعیین ارزش اقتصادی آب مبتنی بر نوع محصول، باید مقدار تولید محصولات کشاورزی و نسبت تولید محصول به آب مصرفی مشخص شود.

معرفی مدل

مدل پایه‌ای که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت مدل رایانه‌ای تهیه شده توسط امیدی و ابراهیمی(۱۳۹۱) در محیط برنامه‌نویسی FORTRAN 90 است. این مدل ابتدا در سال ۱۳۹۱ برای سه منطقه از کرمان (امیدی و ابراهیمی، ۱۳۹۱) و سپس در سال ۱۳۹۳ برای دشت قزوین بکار رفته و اصلاح شد (چیمه و همکاران، ۱۳۹۳). در سال ۱۳۹۴ نیز این مدل برای استان مرکزی به کار گرفته شد (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۴). مدل از سه بخش اصلی ورودی ها، محاسبات، و خروجی ها تشکیل شده است. در بخش ورودی مدل، اطلاعات کامل منطقه مورد مطالعه، محصولات تحت کشت، مساحت تحت کشت، حجم آب مصرفی و قیمت محصولات وارد می شود. در بخش محاسبات نیز تمامی روابط و چگونگی روش قیمت گذاری آب در مدل لحاظ شده است و در نهایت ارزش اقتصادی آب برای هر گیاه محاسبه و در بخش خروجی ارائه می شود.

کاربست و ارتقاء مدل

در پژوهش حاضر ابتدا مدل برای منطقه مورد مطالعه منطبق و به کار گرفته و سپس ارتقاء داده شد. در بخش ورودی‌ها، اطلاعات هواشناسی و اطلاعات مربوط به محصولات و قیمت آن‌ها به مدل ارائه شد. در بخش محاسبات روش قیمت‌گذاری آب به مدل ارائه شده و در نهایت ارزش اقتصادی منابع آب برای هر گیاه محاسبه می‌شود.

در روش تعیین ارزش اقتصادی آب بر اساس محصول، ارزش آب بر حسب هر واحد محصول تولیدی، تعیین می‌شود. در این روش با داشتن تابع تولید محصول، تابع تولید آب تعیین شده و ارزش اقتصادی آب بدست می‌آید. تابع تولید محصول بصورت زیر تعریف می‌شود (برای مطالعه بیشتر مراجعه شود به: Aguadelo, 2001):

$$Y=f(X_1, X_2, W) \quad (۱)$$

در آن، Y مقدار محصول تولیدی، Xi نهاده ورودی برای تولید محصول و W آب مصرفی برای تولید محصول است؛ به عبارت دیگر X و W نهاده‌های تولید هستند .حال اگر P نماینده ارزش نهاده‌ها و محصول باشد می توان گفت که ارزش هر نهاده با ارزش محصول تولیدی و تغییرات مقدار محصول بر اثر تغییرات مقدار نهاده به کار رفته در تولید محصول رابطه مستقیم دارد که به صورت زیر است (Agudelo, 2001):

$$P_{X1}= P_Y \times \frac{\partial Y}{\partial X1} \quad (۲)$$

$$P_{X2}= P_Y \times \frac{\partial Y}{\partial X2} \quad (۳)$$

یونجه و ذرت علوفه‌ای به ترتیب برابر ۲۵۶، ۲۶۲، ۱۲۷ و ۱۰۸ در نظر گرفته شد(جهاد کشاورزی استان مرکزی، ۱۳۹۵). شکل نهایی رابطه (۵) به شکل رابطه (۶) به دست می‌آید (به نقل از: امیدی و ابراهیمی، ۱۳۹۱)

$$Ymp = CH \times CN \times CL \times G \times (F \times y_0) + [(1-F) \times yc] \quad (۶)$$

محاسبه میزان تبخیر و تعرق(ETm)

در پژوهش حاضر با استفاده از اطلاعات هواشناسی لازم و به کمک نرم افزارCropwat نسخه ۸ میزان تبخیر و تعرق مرجع در منطقه مورد مطالعه محاسبه و با کاربرد رابطه (۷) تبخیر و تعرق هر گیاه به دست آمد. مقادیر محاسبه شده از رابطه (۷) میزان آب مصرفی گیاه در طول روز می باشد که با داشتن طول دوره رشد و مساحت تحت کشت مقدار آب مصرفی در مزرعه بدست می‌آید:

$$ETm = Kc \times Eto \quad (۷)$$

در رابطه فوق ETm تبخیر و تعرق گیاه مورد نظر، Kc ضریب گیاهی و ETo تبخیر و تعرق گیاه مبناء می باشد.

میزان عملکرد واقعی

پس از محاسبه عملکرد محصولات منطقه، محاسبه عملکرد واقعی ($\frac{\partial Y}{\partial W}$) ممکن می‌شود. واکنش عملکرد در مقابل مصرف آب از لحاظ کمی تحت عنوان ضریب واکنش عملکرد بیان می‌شود که رابطه نسبی میان کاهش عملکرد محصول ($1-\frac{Ya}{Ym}$) به کاهش نسبی تبخیر و تعرق ($1-\frac{ETa}{ETm}$) را بیان می‌کند و با نماد(Ky) نشان داده می‌شود. همانطور که پیش از این در رابطه ۱ مشاهده شد، تعیین ارزش اقتصادی نهاده آب نیازمند محاسبه عملکرد واقعی آب می‌باشد. با مشتق‌گیری از رابطه ۸ رابطه ۹ بدست می‌آید(برای مطالعه بیشتر مراجعه شود به: FAO, 33):

$$\frac{Ya}{Ym} = Ky\left(1 - \frac{ETa}{ETm}\right) \quad (۸)$$

$$\frac{\partial Ya}{\partial ETa} = \frac{Ky \times Ym}{ETm} \quad (۹)$$

رابطه(۹) را می‌توان به شکل رابطه (۱۰) نیز نمایش داد.

$$\frac{\partial Ya}{\partial Wa} = \frac{Ky \times Ym}{ETm} \quad (۱۰)$$

و سپس رابطه تعیین ارزش اقتصادی آب به شکل رابطه (۱۱) خواهد بود:

$$P_W = P_Y \times (Ky \times Ym)/ETm \quad (۱۱)$$

در این روابط، Ya عملکرد واقعی، Ym حداکثر عملکرد، Ky فاکتور حساسیت آبیاری محصول، Eta تبخیر و تعرق واقعی، Etm حداکثر تبخیر و تعرق و P_W و P_Y به ترتیب ارزش آب و محصول هستند. لازم به ذکر است با مقایسه‌ای که بین مقادیر عملکرد محصولات بدست آمده توسط مدل و مقادیر واقعی عملکرد محصولات که از طریق سازمان جهاد کشاورزی استان مرکزی بدست آمد این مقادیر به هم نزدیک بوده و اختلاف معناداری نداشتند.

تعیین قیمت محصولات

قیمت محصولات مورد مطالعه برای دشت اراک براساس قیمت اعلام شده توسط دفتر نظارت راهبردی نهاد ریاست جمهوری و همچنین بازار محصولات در سال زراعی ۱۳۹۵- ۱۳۹۴ بدست آمد که برای گندم، جو، یونجه خشک وذرت علوفه‌ای به ترتیب برابر با ۱۳۵۰۰، ۱۲۰۰۰، ۱۱۷۰۰ و ۲۲۰۰ ریال بر کیلوگرم است.

تعیین دمای میانگین

میانگین دمای منطقه در طول دوره کشت هر محصول، با استفاده از اطلاعات سازمان هواشناسی و همچنین تقویم زراعی ارائه شده توسط سازمان جهاد کشاورزی استان مرکزی برای هر گیاه محاسبه شد.

در مدل ریاضی به کار رفته جهت تعیین میانگین ارزش اقتصادی آب، پس از تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی بر اساس نوع محصول، از سه روش وزن دهی استفاده می‌شود (Easter, 2005). این سه روش عبارت اند از:

۱. وزن‌دهی بر اساس مساحت تحت کشت هر محصول.
۲. وزن‌دهی بر اساس میزان آب مصرفی هر محصول.
۳. وزن‌دهی بر اساس میزان درآمد حاصل از هر محصول.

پس از بدست آمدن ارزش اقتصادی میانگین آب برای منطقه، موضوع آب مجازی مورد بررسی قرار گرفت تا مشخص شود با در نظر گرفتن آب مجازی هر یک از محصولات چگونه می توان سناریویی ارائه داد که ارزش اقتصادی آب در منطقه افزایش یابد. در این راستا ابتدا باید نیاز آبی محصولات مشخص شود که این پارامتر قبلا با استفاده از اطلاعات هواشناسی لازم و به کمک نرم افزارCropwat نسخه ۸ و با کاربرد رابطه (۷) محاسبه شده و وارد مدل می‌شود. از طرفی میزان عملکرد گیاهان نیز توسط روابط موجود در مدل محاسبه شده است. پس می‌توان آب مجازی مربوط به هر یک از محصولات را با کمک رابطه ۱۲ محاسبه نمود(Chapagain and Hoekstra, 2003):

$$VWCi = \frac{CWRi}{Yi} \qquad (۱۲)$$

که در آن VWCi آب مجازی گیاه i برحسب مترمکعب بر تن می‌باشد. Yi میزان عملکرد گیاه (تن در هکتار) و CWRiنیاز آبی گیاه بر حسب متر مکعب بر هکتار است. پس از محاسبه آب مجازی مربوط به هر یک از محصولات، میزان سوددهی هر محصول به صورت نسبت سود به هزینه محاسبه می‌شود. برای این منظور درآمد حاصل از هرمحصول با توجه به میزان عملکرد و قیمت آن محصول بدست می‌آید، همچنین هزینه‌های تولید هر هکتار از محصولات از طریق سازمان جهاد کشاورزی استان مرکزی دریافت و با استفاده از سطح زیر کشت محصولات کل هزینه تولید هر محصول محاسبه شد. سپس از رابطه (۱۳) برای محاسبه سوددهی محصولات استفاده شد:

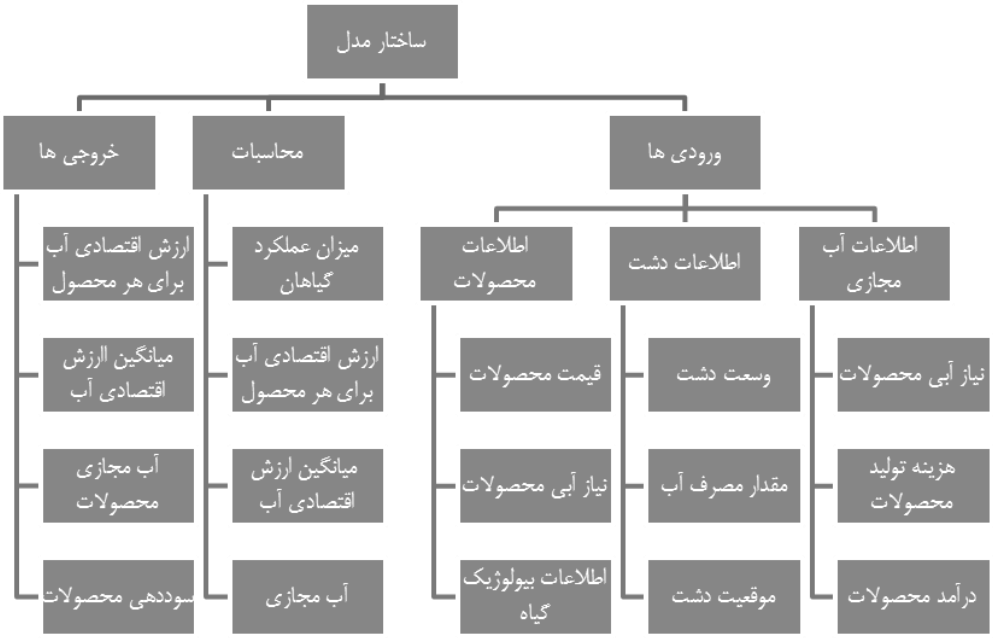
$$P = Btotal / Ctotal \qquad (۱۳)$$

که در آن Btotal کل درآمد حاصل برحسب ریال، Ctotal کل هزینه صورت گرفته برحسب ریال و P سوددهی محصول می باشند. در نهایت سناریویی ارائه شد که با استفاده از آن ارزش اقتصادی آب در منطقه افزایش یابد. برای ارائه چنین سناریویی مقادیر آب مجازی و سوددهی محصولات به طور همزمان مدنظر قرار گرفته شد تا با در نظر گرفتن هردو عامل، بهترین روش جایگزینی محصولات به گونه‌ای که بیشترین افزایش را در ارزش اقتصادی آب ایجاد نماید مشخص شود. در شکل ۱ ساختار مدل پس از توسعه نشان داده شده است. همانطور که از شکل ۱ مشخص است مدل در قسمت ورودی اطلاعات مربوط به محصولات شامل قیمت، نیاز آبی و سایر اطلاعات بیولوژیک، اطلاعات دشت مانند وسعت، موقعیت و میزان مصرف آب و اطلاعات مربوط به آب مجازی را دریافت کرده و با استفاده از روابط تشریح شده در بالا، ابتدا میزان عملکرد محصولات و سپس ارزش اقتصادی آب برای هر محصول و میانگین ارزش اقتصادی آب را از سه روش وزن‌دهی برای دشت مورد مطالعه محاسبه می‌کند. سپس با استفاده از روابط ذکر شده در بالا آب مجازی و سوددهی محصولات محاسبه می شود. در نهایت به عنوان خروجی ارزش اقتصادی آب برای هر محصول، میانگین ارزش اقتصادی آب برای منطقه، آب مجازی و سوددهی محصولات را ارائه می‌دهد.

نتایج و بحث

در بخش نتایج در جداول ۱ و ۲ ارزش اقتصادی آب برای محصولات و منطقه مورد مطالعه بدون لحاظ آب مجازی و در جدول ۴ ارزش اقتصادی منابع آب با در نظر گرفتن آب مجازی ارائه شده است. نتایج اجرای مدل مربوط به میزان عملکرد هر محصول و ارزش اقتصادی آب برای هر

محصول در دشت اراک و همچنین وزن محاسبه شده برای هر محصول در سه روش وزن دهی می‌باشد در جدول ۱ ارائه شده است. مطابق جدول ۱ در تمامی روش‌های وزن دهی محصول ذرت علوفه ای کمترین و محصول گندم بیشترین وزن را به ترتیب برابر ۸/۲۴، ۵/۱، ۶/۶ و ۳۵/۲۶، ۴۵/۱، ۳۷/۹ درصد به خود اختصاص داده‌اند. هرچند که میزان سطح زیرکشت مربوط به ذرت علوفه‌ای کمتر از سایر محصولات (۲۰۰۰ هکتار) است اما به علت اهمیت این گیاه در بخش خوراک دام و طیور و همچنین تمایل روزافزون کشاورزان به کاشت این محصول، تأثیر این محصول بر اقتصاد منطقه مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین در جدول ۱ سطح زیر کشت، عملکرد و قیمت محصولات ارائه شده است.



شکل ۱- ساختار مدل توسعه یافته

جدول (۱): ارزش اقتصادی آب برای هر محصول در دشت اراک

محصول	سطح زیر کشت (هکتار)	عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	قیمت محصول (ریال بر کیلوگرم)	ارزش اقتصادی آب (ریال بر مترمکعب)	درصد وزنی بر حسب درآمد	درصد وزنی بر حسب آب مصرفی	درصد وزنی برحسب مساحت
گندم	**۱۱۵۰۰**	۴۸۳۰	۱۳۵۰۰	**۵۶۰۰**	**۳۵/۲۶**	**۴۵/۱**	**۳۷/۹**
جو	**۹۸۰۰**	۵۰۰۰	**۱۲۰۰۰**	**۵۳۶۰**	۲۷/۶۵	۲۶/۱۵	۳۲/۳
یونجه	۷۰۵۰	۷۴۶۰	**۱۱۷۰۰**	**۱۲۱۰۰**	۲۸/۸۴	۲۳/۶۴	۲۳/۲
ذرت علوفه ای	**۲۰۰۰**	۳۹۸۸۰	**۲۲۰۰**	**۲۱۴۰۰**	**۸/۲۴**	**۵/۱**	**۶/۶**

همان طور که از جدول ۱ مشخص است، گندم و جو بیشترین سطح زیر کشت و به ترتیب برابر ۱۱۵۰۰ و ۹۸۰۰ هکتار را در منطقه داشته و ذرت علوفه‌ای کمترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است. کمترین میزان سطح زیر کشت و قیمت فروش مربوط به ذرت برابر ۶/۶ درصد وزنی بر حسب مساحت و ۲۲۰۰ ریال به ازای هر کیلوگرم است و میزان درآمد حاصل از این محصول۸/۲۴ درصد از کل درآمد منطقه می‌باشد.

همچنین سهم ذرت علوفه‌ای از مصرف آب در منطقه فقط ۵/۱ درصد است که نسبت درآمد به حجم آب مصرفی این گیاه ۱/۶ است. این در حالی است که این نسبت برای گندم و جو به ترتیب ۰/۷۸ و ۱/۰۵ و برای یونجه برابر ۱/۲ می‌باشد که کمتر از ذرت علوفه‌ای است. این نتایج بیانگر بازده بالای ذرت علوفه‌ای به ازای حجم آب مصرفی می‌باشد. پس اولویت‌بندی بازده محصولات نسبت به حجم آب مصرفی به ترتیب ذرت علوفه‌ای، یونجه، جو و گندم می‌باشد.

از طرفی در جدول ۱ مشاهده می‌شود که ارزش اقتصادی بدست آمده آب از روش نوع محصولات از میان چهار محصول انتخاب شده در منطقه، برای ذرت علوفه‌ای بیشترین ارزش و برابر ۲۱۴۰۰ و برای جو کمترین ارزش و برابر ۵۳۶۰ ریال بر مترمکعب می‌باشد. از آنجا که در روش تعیین ارزش اقتصادی آب براساس نوع محصول، ارزش اقتصادی آب بدست آمده رابطه مستقیم با قیمت محصول و تابع تولید محصول دارد افزایش ارزش اقتصادی آب با بالا رفتن قیمت محصول و مقدار عملکرد بالقوه محصول امری بدیهی است. ذرت علوفه‌ای با وجود اینکه کمترین قیمت محصول یعنی ۲۲۰۰ ریال برای هر کیلوگرم را داراست، اما عملکرد بسیار بیشتری در هر هکتار نسبت به سه محصول دیگر دارد و به همین دلیل بیشترین ارزش آب را بدست آورده است. برای جو و یونجه قیمت محصول به هم نزدیک‌تر و به ترتیب برابر ۱۱۷۰۰ و ۱۲۰۰۰ ریال در کیلوگرم است امّا عملکرد یونجه تقریبا ۱/۵ برابر عملکرد جو است و ارزش آب برای جو کمترین مقدار و برابر ۵۳۶۰ ریال بر مترمکعب است. با وجود اینکه گندم بیشترین قیمت محصول را دارد با توجه به اینکه عملکرد آن نسبت به یونجه تفاوت قابل توجه ای دارد ارزش آب برای این محصول کمتر از ارزش آب برای یونجه که برابر ۱۲۱۰۰ ریال بر مترمکعب است، می‌باشد. ولی با توجه به تفاوت کمی که بین عملکرد جو و گندم وجود دارد، گندم به دلیل دارا بودن قیمت محصول بیشتر، ارزش آب بیشتر و برابر ۵۶۰۰ ریال بر مترمکعب دارد. با توجه به این توضیحات می‌توان گفت در انتخاب محصولات برای داشتن ارزش اقتصادی آب بیشتر می‌بایست هر دو عامل موثر یعنی قیمت و عملکرد محصول به طور همزمان مدنظر قرار گیرد. پس از اعمال وزن‌دهی بر روی ارزش-های به دست آمده آب، میانگین ارزش اقتصادی آب دشت اراک برای ۴ محصول مورد مطالعه محاسبه و در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول (۲): میانگین ارزش اقتصادی آب دشت اراک

ارزش اقتصادی آب (ریال بر مترمکعب)			مساحت تحت کشت (هکتار)	کل حجم آب مصرفی خالص (میلیون مترمکعب)
روش محصول با وزن دهی مساحت تحت کشت	روش محصول با وزن دهی حجم آب مصرفی	روش محصول با وزن دهی درآمد محصول		
۸۰۹۰	**۷۸۹۰**	**۸۷۳۰**	۳۰۳۵۰	۴۶۳

براساس جدول ۲ بیشترین ارزش اقتصادی آب محاسبه شده برای روش محصول با وزن‌دهی درآمد و برابر ۸۷۳۰ ریال بر مترمکعب و کمترین مقدار هم مربوط به روش محصول با وزن‌دهی حجم آب مصرفی و برابر ۷۸۹۰ ریال بر مترمکعب است. به دلیل ارزان و به صرفه بودن روش حجم آب مصرفی، برای کشاورز و همچنین از آنجا که در این روش به دلیل کاربرد حجم خالص مصرف آب گیاه، اثر راندمان آبیاری در تعیین ارزش اقتصادی آب در منطقه حذف می‌شود، این روش مناسب تر است. این نتایج با نتایج امیدی و ابراهیمی، ۱۳۹۱، چیمه و همکاران، ۱۳۹۳ و اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۴ مطابقت دارد. در مقاله حاضر پس از محاسبه ارزش اقتصادی آب در دشت اراک به محاسبه آب مجازی و سوددهی مربوط به هریک از محصولات در منطقه پرداخته شد. در جدول ۳ نتایج مربوط به این بخش ارائه شده است.

جدول (۳): آب مجازی و سوددهی محصولات

محصول	آب مجازی(متر مکعب بر تن)	سوددهی
گندم	۲۴۰۸	۲/۴۹
جو	۲۲۴۱	۲/۵۶
یونجه	۸۶۵	۲/۲۵
ذرت علوفه ای	۱۲۳	۲/۲۳

با توجه به اینکه آب مجازی مربوط به ذرت علوفه‌ای برابر ۱۲۳ متر مکعب برای هر تن محصول است و بسیار کمتر از آب مجازی مربوط به یونجه که برابر ۸۶۵ متر مکعب برای هر تن محصول است می باشد و سوددهی هردو تقریبا یکسان است ، می‌توان به جای کشت یونجه ذرت علوفه ای کشت کرد. به این ترتیب با توجه به نیاز آبی ذرت علوفه‌ای با کل حجم آب مصرفی یونجه می‌توان سطح زیر کشت ذرت در منطقه را به میزان ۹۲۶۶ هکتار افزایش داد. لازم به ذکر است که علی‌رغم اینکه آب مجازی مربوط به گندم و جو بسیار بیشتر از یونجه و ذرت علوفه‌ای است اما به دلیل استراتژیک بودن این محصولات جایگزینی آن‌ها پیشنهاد نمی‌شود. نتایج مربوط به سناریوی جایگزینی محصول ذرت به جای یونجه و مقایسه ارزش اقتصادی آب در منطقه قبل و بعد از انجام آن در جدول ۴ آمده است.

جدول (۴): تغییرات ارزش اقتصادی آب در دشت اراک با در نظر گرفتن سناریوی آب مجازی

حالت	ارزش اقتصادی آب بر اساس روش محصول با وزن دهی مساحت تحت کشت (ریال بر مترمکعب)	ارزش اقتصادی آب بر اساس روش محصول با وزن دهی حجم آب مصرفی (ریال بر مترمکعب)	ارزش اقتصادی آب بر اساس روش محصول با وزن دهی درآمد محصول (ریال بر مترمکعب)	مساحت تحت کشت (هکتار)	کل حجم آب مصرفی خالص (میلیون متر مکعب)
بدون در نظر گرفتن سناریوی آب مجازی	**۸۰۹۰**	**۷۸۹۰**	**۸۷۳۰**	۳۰۳۵۰	۴۶۳
با در نظر گرفتن سناریوی آب مجازی	**۱۱۰۰۰**	**۱۰۱۰۰**	**۱۲۲۶۰**	۳۲۵۶۵	۴۶۳
درصد تغییرات	**۳۶**	**۲۸**	**۴۰/۵**	-	-

همانطور که از جدول ۴ مشاهده می‌شود ارزش اقتصادی آب در منطقه مورد مطالعه در هر سه حالت وزن دهی پس از لحاظ تغییرات الگوی کشت ناشی از در نظر گرفتن آب مجازی افزایش می‌یابد و در این حالت به ترتیب در روش‌های وزن‌دهی درآمد محصول، مساحت تحت کشت و حجم آب مصرفی ، ارزش اقتصادی آب از ۸۷۳۰ ، ۸۰۹۰ و ۷۸۹۰ به ۱۲۲۶۰، ۱۱۰۰۰ و ۱۰۱۰۰ ریال بر مترمکعب افزایش می‌یابد و این به معنای افزایشی برابر ۴۰/۵، ۳۶ و ۲۸ درصد در ارزش اقتصادی آب است. به این ترتیب با کاربرد اصلاحات ناشی از آب مجازی و میزان سوددهی محصولات در منطقه می‌توان طوری الگوی کشت را اصلاح کرد که ارزش اقتصادی آب در منطقه افزایش یابد.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر مدل تعیین ارزش اقتصادی آب برای منطقه اراک با در نظر گرفتن مفهوم آب مجازی تکمیل و به کار گرفته شد تا علاوه بر تعیین ارزش اقتصادی آب در حالت عادی، بتوان با در نظر گرفتن آب مجازی و سوددهی محصولات، کشت محصولات در منطقه را در جهت افزایش ارزش اقتصادی آب تغییر داد. تعیین ارزش اقتصادی آب با سه روش محصول با وزن‌دهی مساحت، درآمد و حجم خالص آب مصرفی انجام شد. براساس نتایج، در میان روش‌های مورد بررسی، روش قیمت گذاری براساس محصول با وزن‌دهی حجم آب مصرفی خالص کمترین ارزش اقتصادی آب را به دست می‌دهد و این از دیدگاه کشاورزان مطلوب‌ترین حالت می‌باشد. از طرف دیگر با وجود نرم‌افزارهای تخمین حجم آب خالص، محاسبه حجم آب مصرفی خالص هر محصول بسیار کم هزینه و سریعتر از روش قیمت‌گذاری براساس حجم ناخالص مصرفی است. علاوه براین استفاده از این روش می‌تواند تا حدی باعث کاهش مصرف آب شود. ارزش اقتصادی آب در دشت اراک در هر سه حالت وزن‌دهی، با ارائه سناریوی جایگزینی محصولات و افزایش سطح زیر کشت محصول ذرت علوفه‌ای افزایش می‌یابد. به طوری که با کشت ذرت علوفه‌ای به جای یونجه به ترتیب در روش وزن‌دهی مساحت تحت کشت، حجم آب مصرفی و درآمد محصول، به ترتیب ۳۶، ۲۸ و ۴۰/۵ درصد افزایش در ارزش

اقتصادی منابع آب مشاهده می‌شود. برنامه‌های صرفه-جویی در مصرف آب، بهبود بهره‌وری محصول و افزایش ارزش اقتصادی آب بهترین راه برای رسیدن به امنیت غذا و آب است. در این راستا فعال کردن نقش کشاورزان و آببران با ارائه اطلاعات کافی در زمینه الگوهای کشت بهینه برای نیل به بازده بالا و افزایش ارزش اقتصادی آب به میزان زیادی کمک می‌کند. همانطور که در این پژوهش نیز مشاهده شد با در نظر گرفتن مفهوم آب مجازی و میزان سوددهی محصولات در منطقه می‌توان طوری الگوی کشت را تغییر داد که ارزش اقتصادی آب در منطقه افزایش یابد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از دانشگاه شهرکرد، دانشگاه تهران، شرکت آب منطقه‌ای اراک، سازمان جهاد کشاورزی و اداره کل هواشناسی استان مرکزی- اراک به دلیل تامین امکانات و داده‌های مورد نیاز جهت انجام این پژوهش و تهیه مقالات مربوطه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

اسماعیلی موخر فردویی، م. ع.، ک. ابراهیمی، ش. عراقی نژاد و ع. هورفر. ۱۳۹۴. ارزیابی راندمان مالی کشاورزان با تکیه بر تعیین ارزش اقتصادی آب. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، دوره ۲-۴۷، شماره ۱، ص ۱۵۰-۱۴۱.

امیدی، ف. و ک. ابراهیمی. ۱۳۹۱. معرفی و بررسی لزوم کاربرد راندمان اقتصادی به همراه راندمان فیزیکی در آبیاری مطالعه موردی استان کرمان. اقتصاد کشاورزی و توسعه. شماره۷۷، ص ۲۰۰-۱۷۹.

پوران، ر.، ح. راغفر، ع. قاسمی و ف. بزازان. ۱۳۹۶. محاسبه ارزش اقتصادی آب مجازی با رویکرد حداکثرسازی بهره‌وری آب آبیاری. مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، سال ششم، شماره ۱۲ ، ص ۲۱۲-۱۸۹.

چیمه، ط.، ک. ابراهیمی، ع. هورفر و ش. عراقی نژاد. ۱۳۹۳. ارزیابی ارزش اقتصادی آب کشاورزی با رویکرد قیمت گذاری بر اساس نوع محصول در دشت قزوین. پژوهش آب در کشاورزی. شماره ۲۸، ص ۱۸۱ – ۱۷۱.

زارع مهرجردی، م.ر.، ع. رضایی و م. ضیاءآبادی. ۱۳۹۱. ارزش‌گذاری آب‌های زیرزمینی با رویکرد کیفیت؛ مطالعه موردی انار کاران شهرستان میبد. مهندسی آبیاری و آب ایران، سال سوم ، شماره ۱۰، ص ۱۸-۱۱.

سالاری، س.، ف. کاراندیش و ع. درزی نفتچالی. ۱۳۹۳. تحلیل مکانی و زمانی تغییرات آب مجازی گندم در استان سیستان و بلوچستان. مهندسی آبیاری و آب ایران، سال پنجم، شماره هجدهم، ص ۹۴-۸۱.

عابدی، س. و م. تهامی پور. ۱۳۹۵. اندازه‌گیری و تحلیل تراز تجاری آب مجازی در بخش کشاورزی استان زنجان. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، شماره ۴، ص۸۱۴-۸۰۵.

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور. ۱۳۹۰. راهنمای تعیین ارزش اقتصادی آب برای مصارف کشاورزی، نشریه شماره۶۶۶. ۹۲ص.

Agudelo, J.I. 2001. The economic valuation of water, principle and method. Value of water research report, IHE Delft, Netherlands, No 5, 48p.

Chapagain, A. K. and, A. Y. Hoekstra .2003. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to trade of livestock and livestock products, Value of water Research Report Series No.13, UNESCO-IHE, pp. 49-76.

De Wit, C., J. Goudriaan and H. Van Laar. 1978. Penning de Vries FWT, Rabbinge R., H. Van Keulen, W. Louwerse, L. Sibma and C. De Jonge.1978. Simulation of assimilation, respiration and transpiration of crops. Simulation Monographs, Pudoc, Wageningen.

Doorenbos, J. and A.H. Kassam .1979. Yield response to water. FAO irrigation and drainage paper No. 33, Italy, 193p.

Duarte R., V. Pinillab and A. Serrano. 2016. Understanding agricultural virtual water flows in the world from aneconomic perspective: A long term study. Ecological Indicators 61: 980–990.

Hanasaki, N., T. Inuzuka, S. Kanae, and T. Oki. 2010. An estimation of global virtual water flow and sources of water withdrawal for major crops and livestock products using a global hydrological model, Hydrology Journal, 384:232-244.

Sawyer, D. G. Perron and M. Trudeau. 2005. Analysis of Economic Instruments for Water Conservation. Brock University.

Increasing the Agricultural Water Resources of Economic Values, Involving the Bases of Virtual Water, Case Study: Arak Plain, IRAN

Hajar Fazlolahi[1], Rohallah Fatahi[2], Kumars Ebrahimi[3*]

Abstract

Optimal water consumption and the supply & demand management would require a better focus on the economy of water resources. This study evaluates the effects of virtual water on the economic value of water resources using a mathematical model. The model has been applied to the Arak Plain, central Iran, for four strategic crops of wheat, barley, alfalfa and corn with three weighting methods of "cultivated area", "water consumption volume", and "income". Meteorological and agricultural data, water consumption data as well as incomes and expenses of the water section in 2015-2016 were used in this research. Results show that the economic value of agricultural water resources in the Arak Plain increased for all the three weighting methods by considering the virtual water that led to substituting the products. Replacing alfalfa with sorghum would increase the economic value of water resources by 36.0%, 28.0%, and 40.5%, using the three weighting methods of "cultivated area", "water consumption volume", and "income", respectively. Increasing the economic value of water resources is one of the main ways towards sustainable development and food security.

Keywords: mathematical model, virtual water, water economic value, weighting

[1] Irrigation and Drainage Engineering Ph.D., Shahrekord University, Iran (hajarfazlolahi@yahoo.com)
[2] Associate Professor Department of Irrigation Engineering, Shahrekord University, Iran (fatahi2@gmail.com)
[3*] Professor Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran, Iran (Ebrahimik@ut.ac.ir)
(*Corresponding Author)