اکوهیدرولوژی
دورهٔ ۸، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص ۴۷۳-۴۶۱

تعیین قیمت آب کشاورزی بر اساس معیارهای توسعهٔ پایدار (مطالعهٔ موردی: شبکهٔ آبیاری قزوین)

نیما تعذری[۱]، محمدابراهیم بنی‌حبیب[۲*]، سید مهدی هاشمی شاهدانی[۳]، یوسف حسنی[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آب، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۲. استاد گروه مهندسی آب، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۳. دانشیار گروه مهندسی آب، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۴. دکتری اقتصاد کشاورزی و منابع طبیعی، وزارت نیرو، ایران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۹/۱۱/۱۱، تاریخ تصویب ۱۴۰۰/۰۳/۰۳)

چکیده

انتخاب قیمت مناسب برای آب کشاورزی و بررسی آثار بین بخشی اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ناشی از آن، به‌عنوان یکی از ابزارهای مهم اقتصادی در بخش کشاورزی برای مدیریت تقاضای آب در شرایط فعلی کشور به شمار می‌رود. به همین منظور، پژوهش حاضر اقدام به برآورد قیمت آب کشاورزی و بررسی تأثیرات بین بخشی آن بر اساس معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در شبکهٔ آبیاری قزوین کرده است. ابتدا شرایط موجود اقتصاد کشاورزی در محدودهٔ شبکه و توسط مدل اقتصادی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، توسط نرم‌افزار GAMS، شبیه‌سازی شده و واکنش‌های احتمالی کشاورزان به سناریوهای قیمتی منتخب و آثار بین بخشی آنها آزمایش شد. درنهایت، از درجهٔ اهمیت و رتبه‌بندی آثار شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، توسط فرایند تاپسیس، برای دستیابی به قیمت مناسب و کارای آب در شبکهٔ آبیاری یادشده بهره برده شد. نتایج نشان داد حداکثر و حداقل ارزش اقتصادی آب در شبکهٔ آبیاری به‌ترتیب مربوط به محصولات زراعی کلزا و یونجه است که به‌ترتیب برابر ۳۱۴۲ و ۲۱۷۷ ریال بر متر مکعب است. همچنین، متوسط ارزش اقتصادی آب در این شبکه ۲۷۳۱ ریال بر متر مکعب برآورد شد. نتایج سناریوهای قیمتی آب توسط مدل اقتصادی نشان داد افزایش قیمت آب آبیاری باعث کاهش سود ناخالص محصولات زراعی در شبکه آبیاری می‌شود. همچنین، اعمال سناریوهای قیمتی منجر به افزایش بیکاری در منطقهٔ مطالعاتی می‌شود. در نتیجه، قیمت‌های ۲۴۹۰ و ۲۷۳۱ به عنوان دو قیمت مناسب در شبکهٔ آبیاری تعیین شد. در واقع، قیمت‌های بیشتر به عنوان بهترین قیمت‌ها انتخاب شدند.

کلیدواژگان: ارزش اقتصادی آب، برنامهٔ ریاضی مثبت، توسعهٔ پایدار، قیمت آب آبیاری.

* نویسندهٔ مسئول

Email: banihabib@ut.ac.ir

مقدمه

در حال حاضر، دنیا با مشکل کم‌آبی مواجه است. این مشکل در کشورهای خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران حادتر است. احداث و توسعهٔ شبکه‌های آبیاری با پیشی گرفتن میزان تقاضا از عرضهٔ آب در مناطق خشک و کم‌آب، منجر به تعریف ملاک‌های مختلفی برای تقسیم آب، میان متقاضیان و توزیع آن به مصارف مختلف شده است. با تشدید دوره‌های کم‌آبی متوالی، استراتژی توزیع آب سطحی در شبکه‌های آبیاری باید برای افزایش بهره‌وری در بعد اقتصادی تعریف شود. به این منظور، بهره‌گیری از سیاست‌ها و اصول اقتصادی اهمیت زیادی دارد و به‌عنوان یکی از ابزارهای کم‌هزینه در کنار سایر اصلاحات مورد نیاز، می‌تواند منجر به هدف افزایش بهره‌وری شود. بنابراین، با هدف اینکه نهادهٔ آب باید به‌صورت بهینه و کارا مصرف شود، به‌منظور بهره‌برداری از نهادهٔ آب در مناطق مختلف نیاز است سیاست‌گذاری‌های کارآمدتری در بهره‌برداری نوین شبکه‌های آبیاری استفاده شود. نکتهٔ بسیار اساسی در اجرای این سیاست‌گذاری‌ها این است که آثار آن مطابق رویکردهای توسعهٔ پایدار ارزیابی شود و تأثیرات بین بخشی این سیاست‌ها بر اساس معیارهای مورد نظر تعیین شود تا به‌واسطهٔ آن نتایج حاصل از این سیاست‌گذاری‌ها قابل پیش‌بینی باشد.

ازجمله سیاست‌ها و رویکردهای مهم اقتصادی، مدیریت تقاضای منابع آب با استفاده از سیاست تعیین قیمت مناسب و کارای آن در بخش کشاورزی و آگاهی یافتن به آثار و نتایج آن در این بخش است. این در حالی است که بهره‌گیری از سیاست یادشده در کشوری مثل ایران که استفاده از سیاست‌های سازه‌ای مربوط به افزایش عرضهٔ آب، کارایی مؤثر خود را از دست داده است، لازم و ضروری است. بر همین اساس، می‌توان به مطالعهٔ گالگو و همکاران (۲۰۱۱) به‌عنوان تحقیق پیشرو در این زمینه، با موضوع پیاده‌سازی روش‌های مختلف قیمت‌گذاری آب در شبکه‌های آبیاری و بررسی واکنش احتمالی کشاورزان در واکنش به سیاست‌های یادشده اشاره کرد. در مطالعهٔ یادشده ساختار توسعه‌یافتهٔ جامعی به‌منظور دستیابی به قیمت مناسب آب آبیاری در شبکه‌های آبیاری کشور اسپانیا تهیه و تدوین شده است [۱]. در تحقیق مشابهی گالگو (۲۰۱۲) واکنش‌های احتمالی کشاورزان در برابر سناریوهای قیمتی در سطح شبکه‌های آبیاری در مناطق خشک کشاورزی کشور تونس را بررسی کرده و تأثیر آن بر صرفه‌جویی از این نهادهٔ مهم (در قالب استفاده از فناوری‌های نوین) را ارزیابی کرد. نتایج پژوهش یادشده بیانگر آن است که انتخاب قیمت مناسب و بهینهٔ آب می‌تواند عامل مهمی در تشویق کشاورزان در صرفه‌جویی از آب به‌حساب آید، ولی تأثیر زیادی بر انتخاب الگوی کشت ندارد [۲]. در مطالعهٔ دیگری کاظم عطار و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی تأثیر قیمت‌گذاری آب در افزایش بهره‌وری محصولات کشاورزی در شبکهٔ آبیاری دشت قزوین با کمک سامانه‌های نوین آبیاری پرداختند. به این منظور، آنها با استفاده از اطلاعات موجود شامل هزینه‌های احداث شبکه، هزینه‌های جاری و سایر هزینه‌ها قیمت تمام‌شدهٔ هر متر مکعب آب در شبکهٔ آبیاری دشت قزوین بر اساس روش اقتصاد مهندسی برای سال ۱۳۹۸ را حدود ۸۲۹۵ ریال برآورد کردند. سپس، با توجه به الگوی کشت موجود در شبکه، حجم آب مورد نیاز محصولات و هزینه و درآمد مرتبط با آنها، بهره‌وری اقتصادی هر یک از محصولات موجود در شبکه در ۴ سناریوی مختلف را بررسی کردند [۳]. در مطالعهٔ دیگری حسنی و شاهدانی (۱۳۹۸) پژوهشی با موضوع تعیین قیمت آب کشاورزی در شبکهٔ رودشت اصفهان انجام دادند. نتایج تحقیق آنها بیانگر آن است که اعمال سناریوهای قیمتی منتخب، موجب تغییر الگوی کشت موجود شبکهٔ آبیاری رودشت، توسط کشاورزان می‌شود. به بیان دیگر، با افزایش قیمت آب در قالب سناریوهای یادشده، سطح زیر کشت محصولات زراعی با درصدهای متفاوتی کاهش یافته است [۴]. همچنین، در پژوهشی شرافت‌پور و همکاران (۱۳۹۸) الگوی بهینهٔ کشت شبکهٔ نکوآباد حوضهٔ زاینده‌رود را با استفاده از مدل اقتصادی برنامه‌ریزی مثبت تعیین کردند. در مطالعهٔ یادشده میزان آب قابل دسترس در شرایط خشکسالی با استفاده از مدل منابع آبی شبیه‌سازی و این حجم آب بر اساس ارزش اقتصادی آب محصولات تخصیص داده شده است. با توجه به این تخصیص، درصد تغییرات الگوی کشت بهینهٔ شبکهٔ نکوآباد به دست آمد که نتایج آن نشان داد سطح کشت محصول پیاز و جو کمترین تغییرات و یونجه بیشترین تغییرات در شرایط خشکسالی را دارند [۵].

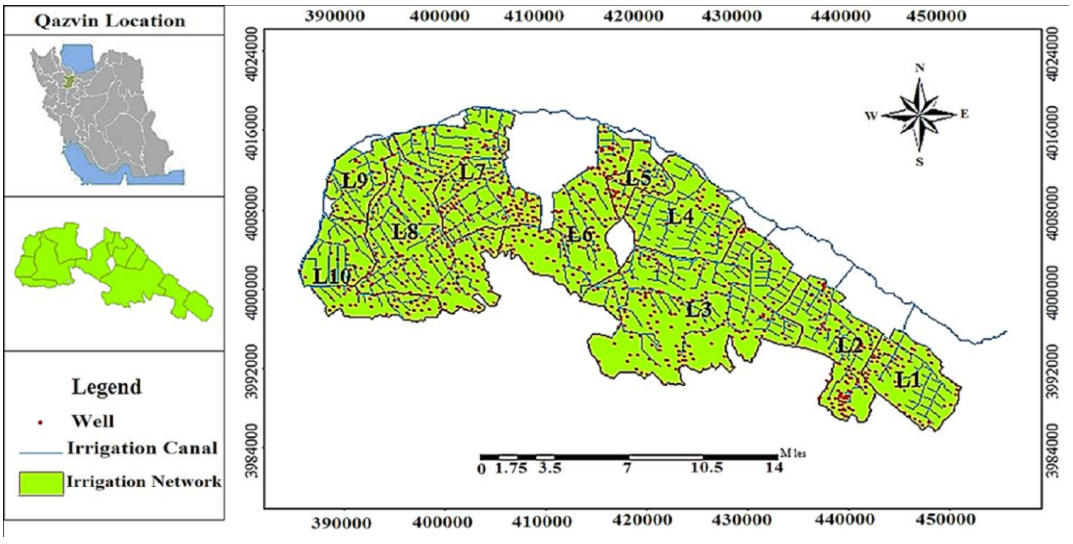
جمع‌بندی نتایج حاصل از مطالعات مورد نظر در زمینهٔ موضوع تحقیق حاضر، گویای این واقعیت است که درجهٔ اهمیت شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، متناسب با شرایط و ویژگی‌های هر کشور و محدوده‌ای متفاوت است. همچنین، تعیین قیمت مناسب آب آبیاری اثر معکوسی بر بخش‌های اقتصادی (کاهش سودآوری)، زیست‌محیطی و اجتماعی (کاهش تقاضای نیروی کار) و به‌عکس را به همراه خواهد داشت. با توجه به اهمیت موضوع مطالعه‌شده و با در نظر گرفتن موارد یادشده، در این مطالعه برای اولین‌بار در ایران به بررسی پیاده‌سازی تعیین قیمت آب کشاورزی بر اساس معیارهای توسعهٔ پایدار در شبکهٔ آبیاری قزوین پرداخته شد تا به‌واسطهٔ آن، امکان بررسی اثر سناریوهای مختلف قیمت آب و ارزیابی آثار بین بخشی آن فراهم شده و از این راه قیمت مناسب آب کشاورزی در محدودهٔ مطالعاتی مورد نظر تعیین شود.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مطالعه‌شده

شبکهٔ آبیاری و زهکشی قزوین در استان قزوین و در فاصلهٔ ۱۵۰ کیلومتری غرب شهر تهران بین ´۲۰ °۳۶ عرض شمالی و ´۴۰ °۴۹ طول شرقی و ´۰۰ °۳۶ عرض شمالی و ´۳۵ °۵۰ طول شرقی واقع شده است. شبکهٔ آبیاری و زهکشی با هدف انتقال آب رودخانهٔ طالقان از محل سد انحرافی زیاران به دشت قزوین احداث شده و حدود ۸۰ هزار هکتار ناخالص از اراضی دشت را زیر پوشش قرار می‌دهد. کانال اصلی شبکه به طول ۹۴ کیلومتر با ظرفیت ۳۰ مترمکعب بر ثانیه ساخته شده است. شبکهٔ دارای ۱۲ رشته کانال درجهٔ ۲ به ظرفیت ۰/۶ تا ۷/۴ مترمکعب در ثانیه است که طول آنها درمجموع حدود ۲۱۴ کیلومتر می‌شود. قدمت بهره‌برداری از شبکه، سوابق مطالعاتی فراوان (از سال ۱۳۴۶ تا کنون) و از همه مهم‌تر، وجود امکانات فنی و نهادی مناسب در شبکه به منظور مطالعات اقتصادی، ازجمله تحویل آب بر مبنای حجم به میراب‌ها، زیرساختارها و ابزارهای اندازه‌گیری مناسب به عنوان پیش‌نیاز توزیع و تخصیص و قیمت‌گذاری آب و وجود تشکل‌های آبران از مواردی هستند که به انتخاب این شبکه از بین ۱۷ شبکهٔ آبیاری و زهکشی در کشور، برای مطالعه در تحقیق حاضر منجر شد.

در جدول ۱ مقادیر نیازهای آبی هر محصول به همراه بازدهی آبیاری در شبکهٔ آبیاری قزوین آورده شده است. مطابق جدول یادشده، بازدهی آبیاری تمام محصولات حدود ۴۱ درصد در نظر گرفته شده است. بیشترین نیاز خالص آبیاری حدود ۸۹۸۰ مترمکعب در هر هکتار و مربوط به چغندر قند است. همچنین، با اعمال بازدهی آبیاری محصول نیاز ناخالص آبیاری حدود ۲۱۹۰۲ مترمکعب در هر هکتار خواهد بود. محصول جو کمترین نیاز آبی در بین محصولات بررسی‌شده را دارد، به طوری که نیاز خالص و ناخالص آبیاری آن به‌ترتیب برابر ۲۵۰۰ و ۶۰۹۸ مترمکعب در هر هکتار است.



شکل ۱. شمایی از شبکهٔ آبیاری قزوین، کانال های توزیع آب سطحی و چاه‌های بهره‌برداری

جدول ۱. نیاز ناخالص آب محصولات واقع در الگوی کشت شبکهٔ آبیاری قزوین

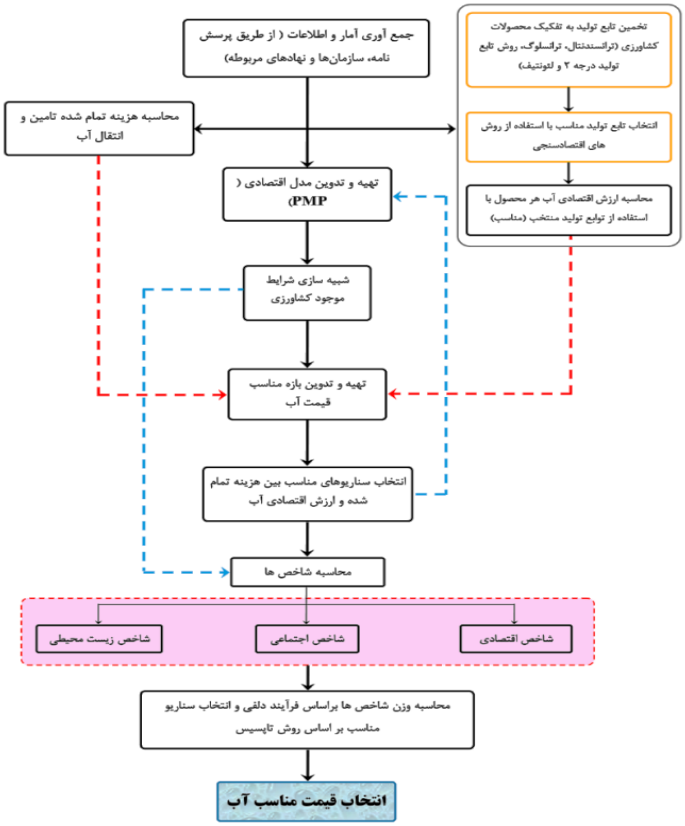
ردیف	نام محصول	نیاز خالص آبیاری (مترمکعب در هکتار)	بازدهی آبیاری* (درصد)	نیاز ناخالص (مترمکعب در هکتار)
۱	گندم	۳۳۷۰	۴۱	۸۲۲۰
۲	جو	۲۵۰۰	۴۱	۶۰۹۸
۳	کلزا	۲۸۰۰	۴۱	۶۸۲۹
۴	ذرت علوفه‌ای	۷۳۴۰	۴۱	۱۷۹۰۲
۵	یونجه	۸۸۶۰	۴۱	۲۱۶۱۰
۶	چغندر قند	۸۹۸۰	۴۱	۲۱۹۰۲
۷	گوجه‌فرنگی	۸۰۰۰	۴۱	۱۹۵۱۲

منبع: شرکت آب منطقه‌ای قزوین

*: بر اساس مطالعات شرکت مشاور پندام

فلوچارت تحقیق

مطابق شکل ۲ مراحل انجام این تحقیق سه بخش مختلف دارد. بخش اول شامل تهیهٔ مدل اقتصادی است که در این مرحله بعد از جمع‌آوری آمار و اطلاعات از طریق پرسشنامه‌های تدوین‌شده، هزینهٔ تأمین آب، انتقال آب و ارزش اقتصادی آب محاسبه شده و مدل PMP تدوین شد. بعد از تدوین مدل اقتصادی، در ادامهٔ شبیه‌سازی وضعیت موجود کشاورزی انجام شد و مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت، در این بخش سناریوهایی برای هزینهٔ تمام‌شده و ارزش اقتصادی آب تدوین شد. در بخش دوم آثار مختلف قیمتی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بررسی شد. در بخش سوم، وزن شاخص‌ها بر اساس فرایند مدل تصمیم‌گیری TOPSIS محاسبه شد. در نهایت، بعد از محاسبهٔ وزن‌ها قیمت مناسب آب انتخاب شد.



شکل ۲. فلوچارت انجام تحقیق شامل مراحل و روند انجام این تحقیق

برآورد ارزش اقتصادی آب از روش تابع‌های تولید

روش‌هایی که برای تعیین ارزش اقتصادی آب استفاده می‌شود را به دو دستهٔ قیاسی و استقرایی می‌توان دسته‌بندی کرد. روش‌های قیاسی بیشتر شامل روش پسماند، روش‌های هزینهٔ جایگزین، مدل داده – ستانده، تعادل عمومی محاسباتی و برنامه‌ریزی ریاضی می‌شود. روش‌های استقرایی نیز شامل تحلیل‌هایی مبتنی بر تابع تولید و هزینه، تقاضای استخراجی از مشاهدات بازار آب و روش ارزش‌گذاری ضمنی است [۶]. در مطالعهٔ حاضر از روش استقرایی و در بین روش‌های استقرایی، استفاده از روش تابع تولید انتخاب شد. دلایل انتخاب مدل یادشده این است که روش تابع تولید به دلیل داشتن پشتوانهٔ نظری و همچنین، فراهم آوردن امکان آزمون آماری پارامترهای برآوردشده و عدم نیاز به محدودیت حجم آب قابل دسترس برای برآورد ارزش اقتصادی آب از اولویت خاصی برخوردار است و در صورتی که با داده‌های درست برازش شود، می‌تواند به برآورد قابل قبولی از ارزش آب برسد که با توجه به تابع برآوردشده قدرت پیش‌بینی نیز دارد. طبق تعریف تابع تولید، چنانچه بازار محصول و عوامل تولید رقابتی باشد، ارزش اقتصادی هر نهاده از حاصل ضرب تولید نهایی آن در قیمت هر واحد محصول به دست می‌آید. ارزش اقتصادی نهاده در تولید محصول، به‌صورت معادلهٔ ۱ محاسبه می‌شود [۷]:

$$P_y MP_w = Pw \qquad (۱)$$

در رابطهٔ یادشده P_y بیانگر قیمت آب است. بنابراین، بر اساس رابطهٔ یادشده می‌توان Pw تولید نهایی آب و MP_w قیمت محصولات، ارزش اقتصادی هر نهاده از جمله نهادهٔ آب را در جریان تولید محاسبه کرد که تولید نهایی آب از مشتق‌گیری تابع تولید نسبت به نهادهٔ آب به دست می‌آید (معادلهٔ ۲) [۷]:

$$pw = \frac{\partial y}{\partial w} \qquad (۲)$$

با توجه به اینکه در معادلهٔ ۲، ارزش یا قیمت به‌دست‌آمده، تابعی از تولید نهایی نهاده، مشتق تابع تولید است، پس ارزش اقتصادی نهاده از تولید اولیه نیز تأثیر می‌پذیرد و هر نوع تغییر در شکل و فرم تابع تولید، که بر پارامترهای برآوردشده اثر بگذارد، بر ارزش اقتصادی محاسبه‌شده برای نهاده نیز تأثیر خواهد گذاشت. در این‌زمینه تلاش در انتخاب فرم درست تابع امری ضروری برای تعیین ارزش واقعی هر نهاده و ازجمله آب است. به‌طور کلی، توابعی که برای بیان روابط بین متغیر وابسته و مستقل به کار می‌روند، به دو گروه توابع انعطاف‌پذیر و توابع انعطاف‌ناپذیر تقسیم می‌شوند. توابع انعطاف‌ناپذیر محدودیت‌هایی را بر پارامترهای الگو اعمال می‌کنند، به‌طوری که اطلاعات و آمار جمع‌آوری‌شده نمی‌توانند به‌صورت آزاد رفتار عوامل اقتصادی را بازگو کنند (چمبرز، ۱۹۸۷) توابع انعطاف‌پذیر به خلاف توابع انعطاف‌ناپذیرند. با توجه به این مهم، در مطالعهٔ حاضر، از توابع تولید انعطاف‌پذیر استفاده شد. با توجه به تنوع توابع انعطاف‌پذیر باید در عمل فرم مناسبی را از میان این گروه از توابع انتخاب کرد، که به‌عنوان مبنای محاسبات قرار گیرد. به همین منظور، سه فرم تابعی ترانسلوگ، درجهٔ دوم و لئونتیف تعمیم‌یافته که در کارهای علمی بیشتر مورد توجه محققان بخش کشاورزی قرار گرفته‌اند، انتخاب شد. این توابع پس از برآورد بهترین فرم تابع، با استفاده از آزمون‌های اقتصادسنجی و فرض‌های کالسیک شناسایی شدند و درنهایت، ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب در تولید محصولات مختلف محاسبه شد. متغیرهای استفاده‌شده در الگوهای تجربی شامل مقدار تولید برحسب کیلوگرم (y)، مصرف آب برحسب مترمکعب (wat)، مقدار بذر برحسب کیلوگرم (sed)، تعداد نیروی کار برحسب نفر روز (lab)، مقدار مصرف سموم شیمیایی برحسب لیتر (pes) و مقدار مصرف کود شیمیایی برحسب کیلوگرم (fer) است.

به منظور تعیین ارزش اقتصادی آب سه تابع ترانسلوگ، درجهٔ دوم تعمیم‌یافته و لئونتیف تعمیم‌یافته به‌ترتیب به صورت زیر معرفی می‌شوند:

تابع تولید ترانسلوگ (معادلهٔ ۳) [۶]:

$$\ln Y = a_0 + \sum_{i=1}^{7} a_i \ln(x_i) + 1/2 \sum_{i=1}^{7} \beta_i (\ln(x_i))^2 + \sum_{i=1}^{7}\sum_{j=1}^{7} \gamma_{ij} \ln(x_i)\ln(x_j) \qquad (۳)$$

تابع درجهٔ ۲ تعمیم‌یافته (معادلهٔ ۴) [۶]:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^{7} a_i (x_i) + 1/2 \sum_{i=1}^{7} \beta_i (x_i)^2 + \sum_{i=1}^{7}\sum_{j=1}^{7} \gamma_{ij} (x_i)(x_j) \qquad (۴)$$

تابع لئونتیف تعمیم‌یافته (معادلهٔ ۵) [۶]:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^{7}\beta_i \left(x_i\right)^{1/2} + 1/2\sum_{i=1}^{7}\sum_{j=1}^{7}\gamma_{ij}\left(x_i\right)^{1/2}\left(x_j\right)^{1/2} \qquad (۵)$$

تهیه و تدوین مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)

- **مرحلهٔ اول مدل اقتصادی**

در این مرحله نوعی 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 محدودهٔ مطالعاتی استفاده شده است. مدل برنامه‌ریزی یادشده با هدف حداکثر سازی درآمد کشاورزان بر اساس معادلات ۶ــ ۱۰ است [۴]:

$$\max_{land} \sum_i p_i \hat{y}_i X_{iland} - \sum_i p_h a_{ih} X_{iland} \qquad (۶)$$

$$\text{Land}: \sum_i X_{iland} \le B_{land} \qquad (۷)$$

$$\text{Family labor}: \sum_i a_{i\,fl} X_{iland} \le B_{fl} \qquad (۸)$$

$$\text{Surface Water}: \sum_i X_{iswm} \le B_{swm}, \qquad (۹)$$

$$X_{iland} \le \hat{X}_{iland} \qquad (۱۰)$$

در معادله‌های یادشده، p_i قیمت محصول iام، $\hat{y}_i$ عملکرد محصول در هکتار، (X_{iland}) زمین تخصیص‌داده‌شده به محصول i، p_h هزینهٔ هر واحد از نهادهٔ h مورد استفاده در تولید محصول i و a_{ih} نهاده‌های استفاده‌شده در واحد هکتار هستند $\left(X_{ih}/X_{iland}\right)$. B_{land} و B_{fl} به‌ترتیب بازتاب کل زمین در دسترس و نیروی کار خانوادگی در معادله‌های ۲ و ۳ هستند. معادلهٔ ۴ تضمین می‌کند که مقدار کل آب‌های سطحی استفاده‌شده (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 است که با استفاده از ضریب گیاهی (k_c)، محاسبهٔ تبخیر - تعرق برای هر محصول زراعی i و سطح بارش واقعی (P_n^a) در هر روز سال (n) محاسبه می‌شود. درخور یادآوری است که محاسبهٔ میزان کل آب قابل دسترس، بر اساس نیاز آبی محصولات واقع در الگوی کشت شبکه توسط نرم‌افزار کراپ وات[1] و با در نظر گرفتن مقادیر بازدهی تحویل و توزیع آب در شبکهٔ آبیاری و بازدهی مصرف آب در مزرعه محاسبه شد. شایان یادآوری است که اطلاعات مورد نیاز برای محاسبهٔ آب سطحی در دسترس از دفتر بهره‌برداری شرکت آب منطقه‌ای اصفهان و در فرایند انجام این تحقیق جمع‌آوری شد. در معادلهٔ ۵، $\hat{X}_{iland}$ عبارت است از: مساحت کل زمین تخصیص‌داده‌شده به محصول زراعی i که توسط محقق مشاهده شده است. این محدودیت باعث حفظ الگوهای کشت مشاهده‌شده در منطقه و استفاده از اطلاعات آن برای تخمین قیمت‌های سایه‌ای منابع غیر بازاری و محدود می‌شود. در ارتباط با سایر محدودیت‌های مدل‌سازی، توضیح اینکه از آنجا که مدل اقتصادی استفاده‌شده در این مقاله بر اساس آمار و اطلاعات موجود کشاورزی مربوط به شبکهٔ آبیاری واسنجی می‌شود و شرایط موجود اقتصاد کشاورزی آن را شبیه‌سازی می‌کند، بنابراین در نظر گرفتن و یا نگرفتن محدودیت‌های بازاری ازجمله نیروی کار، کود شیمیایی و ماشین‌آلات در مدل اقتصادی (آن هم با قید کوچک‌تر و مساوی) تغییری در نتایج آن ایجاد نمی‌کند. از طرف دیگر، از آنجا که سیاست افزایش قیمت آب (افزایش هزینه‌های تولید) در این مقاله موجب کاهش سطح زیر کشت محصولات زراعی می‌شود، به نظر می‌رسد که استفاده از محدودیت‌های یادشده به‌منظور آزمون سیاست‌ها و سناریوهای کشاورزی هم بدون مانع است.

- **مرحلهٔ دوم مدل اقتصادی**

در این مرحله پارامترهای تابع تولید از نوع کشش جانشینی ثابت با استفاده از قیمت‌های سایه‌ای نهاده‌های تولید (منابع محدود و محدودیت واسنجی) به‌دست‌آمده از مرحلهٔ اول تخمین زده می‌شود. شایان یادآوری است که تابع تولید یادشده برای محصولات زراعی آبی بوده و به صورت معادلهٔ ۱۱ است [۴]:

$$q_i^{ir} = A_i\left(\sum_h b_{ih-1} X_{i\,h-1}^{\gamma} + b_w\left(X_{isw} + P_i^a\right)^{\gamma}\right)^{\frac{\varepsilon_i}{\gamma}} \qquad (۱۱)$$

در معادلهٔ یادشده توان *ir* در q_i^{ir}، مخفف تابع تولید آبی است. A_i نشان‌دهندهٔ سهم پارامترهای منطقه‌ای و b_{ih}

1. Cropwat

پارامترهای تابع تولید؛ $\gamma = \frac{\sigma - 1}{\sigma}$، σ کشش جانشینی میان نهاده‌ها و ε_i پارامتر بازده به مقیاس است، که مقادیر آنها به‌ترتیب برابر ۰/۵، ۱ و ۱ در نظر گرفته شده است. b_{ih-1} پارامترهای تابع تولید است که توسط خروجی مرحلهٔ اول مدل اقتصادی (قیمت‌های سایه‌ای نهاده‌های تولید) محاسبه شده است. b_w سهم آب سطحی (X_{isw}) یا بارش P_i^a از اطلاعات اخذشده در منطقهٔ مطالعه‌شده به دست آمده است.

- **مرحلهٔ سوم مدل اقتصادی**

در مرحلهٔ آخر، با استفاده از تابع تولید تخمینی مرحلهٔ دوم و لحاظ آن در تابع هدف مرحلهٔ اول مدل اقتصادی (معادلهٔ ۱)، مدل برنامه‌ریزی جدیدی با همان محدودیت‌های مدل مرحلهٔ اول و با حذف محدودیت‌های واسنجی برای دستیابی به مجموعهٔ بهینه از نهاده‌های حداکثرکنندهٔ درآمد خالص و ارزش اقتصادی آنها ارائه شده است.

محاسبهٔ وزن معیارها و رتبه‌بندی شاخص‌ها

تأثیرات سناریوهای قیمتی آب بر شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بررسی و تجزیه‌وتحلیل شد. در این بند از تحقیق ضروری است که درجهٔ اهمیت هر یک از شاخص‌های یادشده به‌منظور دستیابی به قیمت مناسب آب آبیاری منطقهٔ مطالعاتی مشخص شود. با توجه به این مهم، درجهٔ اهمیت هر یک از شاخص‌های بین بخشی آب با بهره‌گیری از روش دلفی[1] به دست آمد. شایان یادآوری است که درجهٔ اهمیت یادشده با استفاده از دیدگاه‌ها، تجربیات و نظرات متولیان و مدیران منابع آب و از دانش خبرگان و کارشناسان بخش کشاورزی منطقهٔ مطالعاتی تعیین شد. شایان یادآوری است که در این مورد از ۱۶ نفر از مدیران و کارشناسان خبره با سطح تحصیلات عالی و تجربهٔ بیش از ۱۰ سال استفاده شد. با توجه به تأثیرات بین بخشی (شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) سناریوهای قیمتی وزن نسبی شاخص‌های مورد نظر و همچنین، آگاهی از آثار منفی و مثبت افزایش قیمت آب، رتبه‌بندی آنها با استفاده از روش شباهت به حل ایده‌آل (تاپسیس) انجام شد.

معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تحقیق حاضر

معیارهایی که به‌عنوان معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مد نظر این تحقیق عبارت‌اند از:

- **معیار اقتصادی**

تعریف این معیار عبارت است از: اختلاف درآمد ناخالص کل مزرعه از تمام هزینه‌های متغیر [۸].

- **معیار اجتماعی[2]**

در این مطالعه از میزان اشتغال در مزرعه به‌عنوان معیار اجتماعی استفاده می‌شود [۸].

- **معیار زیست‌محیطی**

در این تحقیق کاهش مصرف آب به واسطهٔ اعمال سیاست بهره‌برداری در محدودهٔ مطالعاتی به‌عنوان شاخص زیست‌محیطی در نظر گرفته شده است [۸].

نتایج و بحث

برآورد ارزش اقتصادی آب محصولات زراعی با استفاده از روش تابع تولید

ارزش اقتصادی آب محصولات واقع در الگوی موجود محدودهٔ مطالعاتی مورد نظر با استفاده از روش تابع تولید و به شرح جدول ۲ به دست آمد. از آنجا که برآورد ارزش اقتصادی آب به روش یادشده، دارای مراحل مختلف (بر اساس متدولوژی ارائه‌شده در بخش مواد و روش‌ها) است، به‌منظور جلوگیری از حجیم شدن این قسمت از مقاله، نتایج نهایی این ضرایب در جدول ۲ آورده شده است. درنهایت و در مرحلهٔ سوم، با استفاده از ضرایب به‌دست‌آمده از تابع ترانسلوگ، ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب محصول زراعی گندم ۲۳۵۷ ریال بر مترمکعب به دست آمد. همان‌گونه که در ابتدای این بند به آن اشاره شد، خلاصهٔ نتایج به‌دست‌آمده از روش تابع تولید به شرح جدول ۲ شده است.

تعرفه و هزینهٔ تمام‌شدهٔ آب در شبکهٔ آبیاری

تعرفهٔ هر مترمکعب آب تحویلی به شبکهٔ آبیاری قزوین به تفکیک محصولات زراعی واقع در الگوی کشت آن بر مبنای قانون تثبیت آب‌بهای زراعی (بر اساس این قانون که مصوب مجلس شورای اسلامی در سال ۱۳۶۹ است،

1. Delphi

2. Social Indicator Index

تعرفهٔ آب در شبکه‌های آبیاری مدرن ۳ درصد درآمد محصول و در شبکه‌های نیمه‌مدرن و سنتی به‌ترتیب برابر ۲ و ۱ درصد آن است)، مطابق جدول ۳ به دست آمد.

با توجه به جدول ۳، متوسط تعرفهٔ به‌دست‌آمده ۷۱۸ ریال بر مترمکعب است. این در حالی است که شرکت بهره‌برداری از منابع آب استان قزوین هر مترمکعب آب را به مبلغ ۷۸۰ ریال (با در نظر گرفتن ارزش‌افزوده) به کشاورزان می‌فروشد. بر اساس نتایج تحقیقات میدانی و مصاحبه با مدیران و متولیان آب در محدودهٔ مطالعاتی، علاوه بر اینکه اختلاف بین تعرفهٔ واقعی و موجود آب سبب مصرف غیراصولی آب توسط کشاورزان در محدودهٔ مطالعاتی شده، به عدم تفاهم بین شرکت‌های متولی آب در سطح شبکهٔ آبیاری نیز منجر شده است.

در ادامه و به‌منظور آگاهی از میزان تعرفهٔ آب (زیاد، کم و یا مناسب بودن تعرفهٔ آب یادشده)، اقدام به محاسبهٔ هزینهٔ تمام‌شدهٔ آب نیز شد. به‌طوری که هزینهٔ تمام‌شدهٔ هر مترمکعب آب کشاورزی با در نظر گرفتن هزینه‌های سرمایه‌ای (با نرخ بهرهٔ ۱۰ درصد) و بهره‌برداری و نگهداری، انتقال و توزیع آب (کانال درجهٔ ۱ و ۲ و همچنین، چاه‌های تلفیقی) ۱۳۴۱ ریال، هزینهٔ تأمین هر مترمکعب آب (بدون در نظر گرفتن هزینه‌های شبکه) ۴۲۵ ریال و مجموع هزینه‌های تمام‌شدهٔ تأمین، انتقال و توزیع آب ۱۷۶۶ به دست آمد.

با مقایسهٔ هزینهٔ تمام‌شده و تعرفهٔ آب در قالب جدول ۴، به این نتیجه می‌رسیم که متوسط تعرفهٔ آب در شبکهٔ آبیاری، قادر به پوشش دادن هزینه‌های تمام‌شدهٔ آب نیست. به بیان دیگر، متوسط تعرفهٔ آب فقط می‌تواند ۴۱ درصد هزینهٔ تمام‌شدهٔ آب را جبران کند. بنابراین، ضمن اینکه فاصله بین این دو مقدار به‌عنوان یارانه به نهادهٔ آب پرداخت می‌شود (توسط دولت)، بلکه این مهم به مصرف بی‌رویهٔ هر چه بیشتر آب توسط کشاورزان در این شبکه دامن می‌زند.

جدول ۲. نتایج برآورد ارزش اقتصادی آب محصولات مختلف با استفاده از تابع تولید

عنوان	محصولات							میانگین وزنی ارزش اقتصادی آب
	گندم	جو	چغندر قند	کلزا	گوجه‌فرنگی	ذرت علوفه‌ای	یونجه	
سطح زیر کشت (هکتار)	۱۹۹۷۱	۱۹۰۶	۵۹۸	۲۲۷۳	۱۵۷۷	۱۰۴۶	۲۵۱۶	-
نوع تابع	ترانسلوگ	درجهٔ دوم تعمیم‌یافته	لئونتیف تعمیم‌یافته	ترانسلوگ	درجهٔ دوم تعمیم‌یافته	درجهٔ دوم تعمیم‌یافته	ترانسلوگ	-
ارزش اقتصادی	۲۳۵۷	۲۷۳۰	۲۷۸۴	۳۱۴۲	۳۱۲۰	۲۸۰۸	۲۱۷۷	۲۷۳۱

منبع: نتایج تحقیق

جدول ۳. تعرفهٔ آب کشاورزی به تفکیک محصولات زراعی واقع در الگوی کشت شبکهٔ آبیاری در سال ۱۳۹۷ـ ۱۳۹۸

ردیف	نام محصول	سطح زیر کشت (هکتار)	درصد از کل سطح زیر کشت	متوسط تولید در هکتار (تن)	قیمت یک کیلوگرم (ریال)	آب‌بهای یک هکتار (ریال)	نیاز خالص (مترمکعب در هکتار)	آب‌بهای یک مترمکعب (ریال)
۱	گندم	۱۹۹۷۱	۶۷	۴۴۰۰	۱۳۰۰۰	۱۱۱۳۹۳۶	۴۲۱۰	۵۴۴
۲	جو	۱۹۰۶	۶	۴۰۰۰	۱۰۳۰۰	۷۶۵۷۵	۳۶۹۰	۳۰۴
۳	چغندر قند	۵۹۸	۲	۵۴۰۰۰	۳۱۲	۹۸۳۰۹	۸۸۵۰	۹۳۹
۴	کلزا	۲۲۷۳	۸	۲۰۵۰	۲۸۶۶۵	۱۳۰۲۴۸	۴۲۱۰	۳۸۳
۵	گوجه‌فرنگی	۱۵۷۷	۵	۵۶۰۰۰	۱۶۰۰۰	۱۵۳۹۳۲۴	۷۸۸۰	۳۰۰۶
۷	ذرت علوفه‌ای	۱۰۴۶	۳	۵۰۰۰۰	۲۱۰۰	۱۳۷۰۸۷	۶۸۹۰	۵۴۹
۸	یونجه	۲۵۱۶	۸	۱۲۰۰۰	۹۰۰۰	۳۸۲۷۳۶	۱۱۰۲۰	۵۹۲
متوسط آب‌بها: ۷۱۸ ریال بر مترمکعب								

منبع: شرکت آب منطقه‌ای و نتایج تحقیق

جدول ۴. اطلاعات مربوط به هزینهٔ تمام‌شده و تعرفهٔ آب در شبکهٔ آبیاری قزوین (سال پایه ۱۳۹۷ـ ۱۳۹۸)

شرح	گندم	جو	چغندرقند	کلزا	گوجه‌فرنگی	ذرت علوفه‌ای	یونجه	متوسط
تعرفهٔ آب (ریال بر مترمکعب)	۵۴۴	۳۰۴	۹۳۹	۳۸۳	۳۰۰۶	۵۴۹	۵۹۲	۷۱۸
هزینهٔ تمام‌شدهٔ آب (ریال بر مترمکعب)	۱۷۶۶	۱۷۶۶	۱۷۶۶	۱۷۶۶	۱۷۶۶	۱۷۶۶	۱۷۶۶	۱۷۶۶
هزینهٔ تمام‌شده /تعرفهٔ آب (درصد)	۳۱	۱۷	۵۳	۲۲	۱۷۰	۳۱	۳۴	۴۱

منبع: نتایج تحقیق

شبیه‌سازی الگوی کشت شبکهٔ آبیاری بر اساس پتانسیل‌های موجود

برای رسیدن به نتایج تحقیق حاضر، با استفاده از آمار و اطلاعات ارائه‌شده در جدول‌های ۱ و ۲ (به همراه آمار و اطلاعات مربوط به میزان مصرف و هزینهٔ نهاده‌های تولید)، شرایط موجود کشاورزی شبکهٔ آبیاری شبیه‌سازی شد. مقایسهٔ نتایج حاصل از اجرای مدل در این مرحله برای سطوح و ترکیب فعالیت‌ها زراعی با سطوح مشاهده‌شدهٔ این فعالیت‌ها در سال پایه در قالب جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵. نتایج شبیه‌سازی مدل اقتصادی و مقایسهٔ آن با شرایط موجود (سال زراعی ۱۳۹۷ـ ۱۳۹۸)

ردیف	نام محصول	سطح زیر کشت در سال پایه (هکتار)	سطح زیر کشت در مدل PMP (هکتار)
۱	گندم	۱۹۹۷۱	۱۹۹۷۱/۰۱۲
۲	جو	۱۹۰۶	۱۹۰۶/۰۱۳
۳	چغندر قند	۵۹۸	۵۹۸/۰۱
۴	کلزا	۲۲۷۳	۲۲۷۳/۰۲۱
۵	گوجه‌فرنگی	۱۵۷۷	۱۵۷۷/۰۱۱
۶	ذرت علوفه‌ای	۱۰۴۶	۱۰۴۶/۰۰۲
۷	یونجه	۲۵۱۶	۲۵۱۶/۰۴۱

منبع: نتایج تحقیق

مطابق با اطلاعات جدول یادشده، تفاوت فراوانی بین مقادیر مشاهده‌شده در سال پایه و مقادیر حاصل از کالیبراسیون سطح زیر کشت محصولات مختلف وجود ندارد. بنابراین، کالیبراسیون مدل با دقت زیادی انجام شده است و پارامترهای تابع تولید غیرخطی به گونه‌ای برآورد شده که بازتولید صحیح و درست وضعیت پایه را به همراه داشته است. این امر بیانگر توانایی مدل PMP در تولید دوبارهٔ مقادیر سال پایه و شبیه‌سازی رفتار کشاورزان بر مبنای اطلاعات اقتصاد کشاورزی و پتانسیل‌های بومی منطقه است.

دلیل شبیه‌سازی شرایط موجود کشاورزی شبکهٔ آبیاری توسط مدل PMP، این است که توسط آن بتوان با در نظر گرفتن ارزش اقتصادی، هزینهٔ تمام‌شده و تعرفهٔ آب محصولات واقع در الگوی کشت محدودهٔ مطالعاتی، آثار سناریوها و سیاست‌های مختلف قیمتی را مورد آزمون قرار داد و آثار بین بخشی آنها را به منظور دستیابی به تعرفهٔ مناسب آب که در ادامه به آنها پرداخته می‌شود، بررسی کرد.

اعمال سناریوهای قیمتی

قیمت بهینهٔ آب در شرایط بازار و از تقاطع منحنی‌های عرضه و تقاضای آن به دست می‌آید. از آنجا که آب در شبکهٔ آبیاری قزوین در شرایط بازار رقابتی عرضه نمی‌شود. بنابراین، قیمت بهینهٔ آب در شرایط بازار رقابت کامل نیز در این شبکه وجود ندارد. با توجه به این مهم و به‌منظور دستیابی به قیمتی معادل با قیمت بازار آب، به‌ناچار باید از سناریوهای قیمتی در قالب مدل اقتصادی بهره جست.

به‌طوری که انتخاب سناریوهای یادشده به گونه‌ای صورت گیرد که آزمون آنها توسط مدل PMP ما را به سمت قیمت بهینهٔ آب (تعرفهٔ مناسب آب) سوق دهد. با توجه به این مسئله و به‌منظور دستیابی به سناریوهای قیمتی در محدودهٔ مد نظر این تحقیق، از اطلاعات ذیل استفاده شد:

الف) هزینهٔ تمام‌شدهٔ آب کشاورزی: هزینهٔ تمام‌شدهٔ آب، حداقل قیمت آب است که عرضه‌کنندهٔ آن (شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین) تمایل دارد آن را به ازای هر مترمکعب به فروش برساند. این قیمت به‌عنوان یکی از نقاط تشکیل‌دهندهٔ منحنی عرضهٔ آب است (با این روش حد پایین عدد سناریوی قیمتی آب در محدودهٔ مطالعاتی مشخص می‌شود).

ب) ارزش اقتصادی آب محصولات واقع در الگوی کشت موجود شبکهٔ آبیاری قزوین: ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب، نمایانگر حداکثر قیمتی است که بهره‌برداران حاضرند به ازای هر مترمکعب آن پرداخت کنند. قیمت یادشده نیز تشکیل‌دهندهٔ یکی از نقاط روی منحنی تابع تقاضای آب به شمار می‌رود (از این طریق ماکزیمم عدد سناریوی قیمتی آب در محدودهٔ مطالعاتی مشخص می‌شود).

ج) تعرفهٔ آب: قیمتی است که توسط دولت و بر مبنای قانون تثبیت آب‌بهای زراعی تعیین می‌شود. استفاده از قیمت یادشده در این قسمت از تحقیق، به‌منظور پی بردن به اختلاف قیمت یادشده با هزینهٔ تمام‌شده و ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب تحویلی به شبکهٔ آبیاری مورد نظر و تجزیه‌وتحلیل هر چه بیشتر سناریوهای قیمتی است.

استفاده از هزینهٔ تمام‌شدهٔ آب و متوسط وزنی ارزش اقتصادی آب محصولات واقع در الگوی کشت شبکهٔ آبیاری (جدول ۶)، سازوکاری را فراهم می‌آورد تا به‌واسطهٔ آن بازهٔ علمی لازم برای تعیین سناریوهای مختلف قیمت آب (دستیابی به تعرفهٔ مناسب آب) ایجاد شود، زیرا اگر این قیمت با در نظر گرفتن هزینهٔ تمام‌شدهٔ آب (حداقل قیمت آب) و بر اساس ارزش اقتصادی آن (حداکثر قیمت آب) تعیین شود، علاوه بر اینکه منجر به تخصیص آب متناسب با فایده و ارزش نهایی آن می‌شود، موجب بهبود کیفیت محیط زیست، تأمین مالی و بازپرداخت تمام یا قسمتی از هزینه‌ها، ایجاد انگیزه برای صرفه‌جویی در مصرف آب و جلوگیری از اسراف یا اتلاف آن نیز می‌شود.

اگر قیمت آب کمتر از هزینهٔ تمام‌شدهٔ آن باشد، باعث تشویق کشاورزان به کاشت گیاهان پرمصرف و بهره‌وری کم آب کشاورزی خواهد شد و اگر بیشتر از ارزش اقتصادی آن باشد، به دلیل افزایش هزینه‌های تولید، کشت محصولات کشاورزی صرفهٔ اقتصادی نخواهد داشت و چنین قیمتی مغایر با هدف توسعهٔ کشاورزی و افزایش درآمد کشاورزان است. به بیان دیگر، آگاهی از هزینهٔ تمام‌شده و ارزش اقتصادی آب (به‌عنوان حداقل و حداکثر بازهٔ قیمتی)، شرایط لازم به‌منظور دستیابی به تعرفهٔ کارای آب را فراهم می‌آورد و زمینهٔ مساعدی را برای بررسی هرچه دقیق‌تر آثار بین بخشی سناریوها و سیاست‌های یادشده مد نظر متولیان، سیاست‌گذاران و مدیران منابع آب فراهم می‌آورد. با علم به موارد یادشده، از مقادیر متوسط تعرفهٔ آب (۷۱۸)، هزینهٔ تمام‌شدهٔ آب (۱۷۶۶ ریال بر مترمکعب)، متوسط ارزش اقتصادی آب (۲۷۳۱ ریال بر مترمکعب) و سه عدد انتخابی بین این دو مقدار (۲۰۰۷، ۲۲۴۹، ۲۴۹۰) به‌عنوان سناریوهای قیمتی برای رسیدن به هدف تحقیق بهره‌برداری شد. شایان یادآوری است که سه سناریوی قیمتی ۲۰۰۷، ۲۲۴۹، ۲۴۹۰ طوری انتخاب شد که فاصلهٔ بین دو مقدار ۱۷۶۶و ۲۷۳۱ را پوشش دهد.

جدول ۶. تغییرات شاخص اقتصادی درنتیجهٔ اعمال سناریوهای قیمتی

عنوان	سناریوهای قیمتی (ریال بر مترمکعب)					
	۷۱۸*	۱۷۶۶**	۲۰۰۷	۲۲۴۹	۲۴۹۰	۲۷۳۱***
شاخص اقتصادی سود ناخالص (میلیون ریال)	۶۰/۷۰	۵۲/۷۵	۵۱/۲۸	۴۹/۹۰	۴۸/۶۰	۴۷/۳۸
شاخص اجتماعی اشتغال (ساعت بر هکتار)	۱۴۴/۵۸	۱۱۹/۰۲	۱۱۴/۶۲	۱۱۰/۲۱	۱۰۵/۸۲	۱۰۱/۴۲
شاخص زیست‌محیطی مصرف آب (میلیون مترمکعب)	۲۶۸/۸۴	۱۸۶/۷۴	۱۷۶/۴۸	۱۶۶/۲۱	۱۵۵/۹۸	۱۴۵/۷۶

*: آب‌بهای موجود شبکهٔ آبیاری تعرفهٔ آب **: هزینهٔ تمام‌شدهٔ تأمین و انتقال آب ***: میانگین وزنی ارزش اقتصادی آب

محاسبهٔ وزن شاخص‌ها

آثار سناریوهای قیمتی آب بر شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بررسی و تجزیه‌وتحلیل شد. در این بند از تحقیق ضروری است که درجهٔ اهمیت هر یک از شاخص‌های یادشده به‌منظور دستیابی به قیمت مناسب آب آبیاری منطقهٔ مطالعاتی مشخص شود. با توجه به این مهم، درجهٔ اهمیت هر یک از شاخص‌های بین بخشی آب با بهره‌گیری از روش دلفی (delphi) به شرح جدول ۷ به دست آمد. شایان یادآوری است که درجهٔ اهمیت یادشده با استفاده از دیدگاه‌ها، تجربیات و نظرات متولیان و مدیران منابع آب و از دانش خبرگان و کارشناسان بخش کشاورزی منطقهٔ مطالعاتی تعیین شد. شایان یادآوری است که در این مورد از ۱۶ نفر از مدیران و کارشناسان خبره با سطح تحصیلات عالی و تجربهٔ بیش از ۱۰ سال استفاده شد (جدول ۷).

مطابق جدول ۷، شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی با ۴۱ و ۲۳ درصد به‌ترتیب بیشترین و کمترین درجهٔ اهمیت را در منطقهٔ مطالعاتی دارند. بنابراین، نتایج گویای این واقعیت است که شاخص اقتصادی بیشترین درجهٔ اهمیت را نسبت به سایر شاخص‌ها در شبکهٔ آبیاری دارد. دلیل این موضوع را می‌توان به کم بودن درآمد و سود در بخش کشاورزی نسبت داد. از سوی دیگر، درجهٔ اهمیت زیاد مصرف آب به‌عنوان شاخص زیست‌محیطی نشان‌دهندهٔ اهمیت آن در شبکهٔ آبیاری است که باید در تعیین قیمت مناسب آب آبیاری (تعرفهٔ آب)، این اثر مهم بین بخشی مورد توجه قرار گیرد.

رتبه‌بندی سناریوهای قیمت آب

با توجه به آثار بین بخشی (شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) سناریوهای قیمتی (جدول ۶)، وزن نسبی شاخص‌های مورد نظر در جدول ۷ و همچنین، آگاهی از تأثیرات منفی و مثبت افزایش قیمت آب، رتبه‌بندی آنها با استفاده از روش شباهت به حل ایده‌آل (تاپسیس) انجام شد که برای دستیابی به قیمت‌های مناسب آب آبیاری در شبکه‌های آبیاری قزوین به شرح جدول ۸ به دست آمد.

جدول ۷. وزن نسبی معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی (واحد: درصد)

عنوان شاخص	شاخص زیست‌محیطی مصرف آب	شاخص اجتماعی اشتغال	شاخص اقتصادی سود ناخالص
وزن نسبی شاخص	۳۶	۲۳	۴۱

منبع: نتایج تحقیق

جدول ۸. تغییرات شاخص اقتصادی درنتیجهٔ اعمال سناریوهای قیمتی

عنوان	سناریوهای قیمتی (ریال بر مترمکعب)					
	۷۱۸*	۱۷۶۶**	۲۰۰۷	۲۲۴۹	۲۴۹۰	۲۷۳۱***
رتبهٔ سناریو	۶	۵	۴	۳	**۱**	**۲**
ضریب ارجحیت	۰/۳۶۶	۰/۵۹۷	۰/۶۱۹	۰/۶۳۰	**۰/۶۳۶**	**۰/۶۳۴**

*: آب‌بهای موجود شبکهٔ آبیاری تعرفهٔ آب **: هزینهٔ تمام‌شدهٔ تأمین و انتقال آب ***: میانگین وزنی ارزش اقتصادی آب

از نتایج جدول ۸ می‌توان نتیجه گرفت که لزوماً بیشترین قیمت نمی‌تواند بهترین قیمت در شبکهٔ آبیاری قزوین باشد و قیمت آبی می‌تواند انتخاب شود که در آن معیارهای توسعهٔ پایدار انتخاب‌شده از جمله مسائل اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مورد نظر قرار گرفته باشد. درنتیجه، قیمت ۲۴۹۰ که در آن هم مصرف آب بر اساس مسائل زیست‌محیطی کاهش داشته و هم به درآمد کشاورز و مسائل اجتماعی در آن دیده شده است، به‌عنوان قیمت مناسب آب کشاورزی در شبکهٔ آبیاری قزوین انتخاب می‌شود. جمع‌بندی نتایج و بحث تحقیق حاضر در قالب موارد ذیل ارائه می‌شود:

- حداکثر و حداقل ارزش اقتصادی آب در شبکهٔ آبیاری به‌ترتیب مربوط به محصولات زراعی کلزا (۳۱۴۲) و یونجه (۲۱۷۷) است و متوسط ارزش اقتصادی آب در این شبکه ۲۷۳۱ ریال بر متر مکعب برآورد شد.

- متوسط تعرفهٔ آب و هزینهٔ تمام‌شدهٔ آب در محدودهٔ مطالعاتی به‌ترتیب برابر ۷۱۸ و ۱۷۶۶ ریال بر متر مکعب است، به طوری که با مقایسهٔ هزینهٔ تمام‌شده و تعرفهٔ آب، متوسط تعرفهٔ آب قادر به پوشش دادن هزینه‌های تمام‌شدهٔ آن نیست.
- از مقادیر متوسط تعرفهٔ آب (۷۱۸ ریال بر متر مکعب)، هزینهٔ تمام‌شدهٔ آب (۱۷۶۶ ریال بر متر مکعب)، متوسط ارزش اقتصادی آب (۲۷۳۱ ریال بر متر مکعب) و سه اعداد انتخابی بین این دو مقدار (۲۰۰۷، ۲۲۴۹، ۲۴۹۰) به عنوان سناریوهای قیمتی برای رسیدن به هدف تحقیق بهره‌برداری شد. شایان یادآوری است که سه سناریوی قیمتی ۲۰۰۷، ۲۲۴۹، ۲۴۹۰ طوری انتخاب شد که فاصلهٔ بین دو مقدار ۱۷۶۶ و ۲۷۳۱ را پوشش دهد.
- آزمون سناریوهای قیمتی آب توسط مدل اقتصادی نشان داد کشاورزان در برابر افزایش قیمت آب در قالب سناریوهای یادشده واکنش نشان می‌دهند. واکنش یادشده منجر به تغییر شاخص‌های بین بخشی آب به شرح ذیل شد:

- افزایش قیمت آب آبیاری سبب کاهش سود ناخالص محصولات زراعی در شبکهٔ آبیاری شد.

- اثر سناریوهای مختلف قیمتی بر شاخص اشتغال شبکهٔ آبیاری مورد نظر این تحقیق، منفی به دست آمد. به بیان دیگر، اعمال سناریوهای قیمتی منجر به افزایش بیکاری در منطقهٔ مطالعاتی می‌شود. یعنی با افزایش قیمت آب تا مرز ارزش اقتصادی آب، کاهش در میزان اشتغال در فعالیت‌های کشاورزی مربوط به شبکهٔ آبیاری اتفاق می‌افتد.

- افزایش قیمت آب در شبکهٔ آبیاری (با فرض ثابت بودن سایر شرایط)، منجر به کاهش مصرف آب شده است. به بیان دیگر، تأثیر این سناریوها بر شاخص زیست‌محیطی مثبت است و با افزایش قیمت آب در محدودهٔ مطالعاتی مورد نظر، مقدار مصرف آب کاهش می‌یابد.

- شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی با ۴۱ و ۲۳ درصد به‌ترتیب بیشترین و کمترین درجهٔ اهمیت را در منطقهٔ مطالعاتی دارند. بنابراین، نتایج گویای این واقعیت است که شاخص اقتصادی بیشترین درجهٔ اهمیت را نسبت به سایر شاخص‌ها در شبکهٔ آبیاری دارد.
- مطابق با نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر، دو عدد ۲۴۹۰ و ۲۷۳۱ به عنوان دو قیمت مناسب در شبکهٔ آبیاری انتخاب شد. این در حالی است که قیمت‌های بیشتر به عنوان بهترین قیمت‌ها انتخاب شد. این در حالی است که قیمت‌های کمتر همچون آب‌بها موجود شبکهٔ آبیاری وضعیت مناسبی در رتبه‌بندی قیمت‌ها نداشتند.

نتیجه‌گیری

نتیجهٔ رتبه‌بندی قیمت‌ها را متناسب با آثار اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و همچنین، درجه اهمیت هر یک از شاخص‌های یادشده نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با برآورد قیمت بر اساس شاخص‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی قیمت ۲۴۹۰ به‌عنوان قیمت مناسب در شبکهٔ آبیاری تعیین شد. درواقع، قیمت‌های بیشتر به‌عنوان بهترین قیمت‌ها انتخاب شد. این در حالی است که قیمت‌های کمتر همچون آب‌بهای موجود شبکهٔ آبیاری وضعیت مناسبی در رتبه‌بندی قیمت‌ها نداشتند که علت این امر را می‌توان در تأثیر میزان مصرف آب دانست، زیرا در قیمت‌های کمتر میزان مصرف آب نسبت به قیمت‌های بیشتر تقریباً ۱/۵ تا ۲ برابر است از طرف دیگر بیشترین قیمت نیز که همان به‌اصطلاح میانگین وزنی ارزش اقتصادی آب در منطقه است نتوانسته به‌عنوان سناریو اول مطرح شود که این مسئله نشان می‌دهد لزوماً بیشترین قیمت نمی‌تواند قیمت مناسبی باشد، چون از یک‌طرف باعث کم شدن اشتغال و از طرفی، پایین آمدن سطح درآمد کشاورزان می‌شود که این امر می‌تواند باعث بروز مشکلاتی ازجمله بیکاری و کمبود درآمد و یا به وجود آمدن مشکلاتی مانند مهاجرت به شهرها شود. بنابراین، قیمتی می‌تواند مؤثر و مقبول باشد که در آن هم شاخص‌های زیست‌محیطی تأثیرگذار باشد و هم از طرف کشاورزان قابل قبول باشد.

منابع

[1]. Gallego-Ayala J, Gómez-Limón JA, Arriaza M. Irrigation water pricing instruments: A sustainability assessment. Spanish journal of agricultural research. 2011 Agu(4):981-99.

[2]. Gallego-Ayala J. Selecting irrigation water pricing alternatives using a multi-methodological approach. Mathematical and Computer Modelling. 2012 Oct. 55(3):861-883.

[3]. Kazem Attar H, Noory H, Ebrahimian H. Effect of water pricing on persuading farmers to use modern irrigation systems and increasing the economic productivity of irrigation water (Case study: Qazvin Plain Irrigation Network). Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 2019 July-August. 14(2)616-625.[in Persian].

[4]. Hassani Y, Hashemy Shahdany SM. Agricultural Water Distribution under Drought Conditions Based on Economic Priorities: Case Study of Qazvin Irrigation District. Irrigation and Drainage. 2019 Oct. 68(3) 443-451.

[5]. Sherafatpour Z, Roozbahani A, Hasani Y. Agricultural water allocation by integration of hydro-economic modeling with Bayesian networks and random forest approaches. Water Resources Management. 2019 Jan. 33(7)2277-2299.

[6]. Young RA, Loomis JB. Determining the economic value of water: concepts and methods. Routledge; 2014 Jul 23

[7]. Chambers RG. Applied production analysis: a dual approach. Cambridge University Press; 1988 Jul 29.

[8]. Gómez-Limón JA, Sanchez-Fernandez G. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. Ecological economics. 2010 Mar 15; 69 (5): 1062-75.