فصلنامه علمی- پژوهشی مطالعات اقتصادیِ کاربردی ایران
سال ششم، شماره‌ی ۲۱، بهار ۱۳۹۶
صفحات: ۱۸۹-۲۱۲
DOI: 10.22084/aes.2017.1803

محاسبه ارزش اقتصادی آب مجازی با رویکرد حداکثرسازی بهره‌وری آب آبیاری

رقیه پوران[1*]
حسین راغفر[2]
عبدالرسول قاسمی[3]
فاطمه بزازان[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۸

چکیده

استفاده نامطلوب از آب و کاهش متوسط بارش همراه با تغییرات اقلیمی سبب کاهش منابع آبی کشور طی سال‌های مختلف شده است. بعلاوه، با وجود مصرف بیش از نیمی از این منابع در بخش کشاورزی، همواره نرخی بین ۱ تا ۳ درصد قیمت محصولات بایت مصرف آب از کشاورزان دریافت شده و برداشت از چاه‌ها بدون هیچ پرداختی صورت می‌گیرد. پژوهش حاضر، ضمن در نظر گرفتن بحث «آب مجازی» و محتوی آب محصولات به اشکال «آب سبز»، «آب آبی» و «آب خاکستری»، به محاسبه ارزش اقتصادی آب مجازی محصولات کشاورزی با رویکرد حداکثرسازی بهره‌وری آب پرداخته است. نمونه مورد بررسی شامل پنج استان ایلام، بوشهر، آذربایجان غربی، اصفهان و سمنان و ۱۲ محصول در پنج گروه از محصولات زراعی (غلات، حبوبات، محصولات صنعتی، سبزیجات و محصولات جالیزی) است. برای ارزیابی هدف پژوهش از یک الگوی برنامه‌ریزی خطی فازی (FLP) استفاده شده است. نتایج نشان داد که؛ (۱) ارزش اقتصادی محتوی آب آبی (مجموع آب‌های سطحی و زیرزمینی) محصولات استان‌های آذربایجان غربی، بوشهر، اصفهان، ایلام و سمنان با هدف حداکثر شدن بهره‌وری آب کشاورزی به ترتیب ۱۴۶۱۵، ۴۰۶۰۸، ۷۲۴۰، ۴۶۷۳ و ۳۹۲۷۴ ریال به ازای هر مترمکعب آب آبی صرف شده در امور کشاورزی است. (۲) ارزش اقتصادی محتوی آب خاکستری محصولات استان اصفهان ۷۲۲۰ ریال و استان آذربایجان غربی ۸۳۳۰ ریال به ازای هر مترمکعب آب خاکستری صرف شده در امور کشاورزی است. به‌طورکلی، هرچه استان‌ها وضعیت آبی نامساعدتری داشته باشند، ارزش اقتصادی محتوی آب محصولات آنها بیشتر است. (۳) بهره‌وری آب ۱۲ محصول زراعی موردمطالعه در استان‌های منتخب افزایش‌یافته است.

کلیدواژه‌ها: بهره‌وری آب، آب مجازی، ارزش اقتصادی آب آبیاری.

طبقه‌بندی JEL : C61, Q19, Q25.

۱. دانشجوی دکتری توسعه اقتصادی دانشگاه الزهرا (* نویسنده مسئول) **Email:** pouran.roghaye@gmail.com
۲. دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه الزهرا **Email:** raghhg@yahoo.uk.ir
۳. دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی **Email:** ghasemia@hotmail.com
۴. دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه الزهرا **Email:** fbazzazan@alzahra.ac.ir

۱. مقدمه

ایران یکی از کشورهای واقع در کمربند خشک کره زمین است که با مشکل کم‌آبی، خشک‌سالی‌های متناوب و سیل‌های مخرب و ویران‌گر مواجه است. رشد فزاینده جمعیت و تخریب‌های ناشی از آن و نیاز روزافزون به محصولات کشاورزی، دامی و محدودیت آب و نیز خاک حاصلخیز به عنوان بستر اصلی تولیدات کشاورزی، مسأله کم‌آبی را به‌گونه‌ای بسیار جدی فرا روی کشور قرار داده است. در حال حاضر، در بخش کشاورزی ایران آب زیرزمینی به‌طور رایگان در اختیار کشاورزان قرار می‌گیرد و از آب سطحی نیز که از طریق کانال و خطوط انتقال آب به دست کشاورزان می‌رسد، معادل یک تا سه درصد قیمت محصول آب‌بهاء دریافت می‌شود که بسیار ناچیز است «به نقل از دائمی؛ ۱۳۹۴[1]». بر اساس اطلاعات ارائه شده توسط دفتر مطالعات پایه منابع آب کشور در سال ۱۳۹۰ کل مصرف آب در بخش‌های مختلف تولیدی معادل ۹۶/۳ میلیارد مترمکعب بوده است. در این میان، بخش کشاورزی با ۸۸/۹ درصد، بیشترین سهم را از کل مصارف آب داشته است (محمدخانی، ۱۳۹۴: ۲۰).

یکی دیگر از نکات مهم در ارتباط با منابع آب، جمعیت است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد رشد سریع جمعیت یکی از عوامل مهم اثرگذار بر کاهش سرانه آب تجدیدشونده کشور در طول هشتاد سال گذشته بوده است. به طوری که، جمعیت حدود ۱۰ میلیون نفری ایران در سال ۱۳۰۰، در سال ۱۳۹۰ بالغ بر ۷۵ میلیون نفر شده است. این در حالی است که طی دوره مشابه، سرانه منابع آب تجدیدپذیر از حدود ۱۴۰۰۰ مترمکعب به ۱۶۰۰ مترمکعب رسیده است (باقری، ۱۳۹۴: ۵). بر اساس شاخص فالکن‌مارک[2]، کشورهای با سرانه آب زیر ۱۷۰۰ مترمکعب در مرحله تنش آبی قرار دارند (براون[3]، ۲۰۱۱: ۱۰۳ و شاهدی و طالبی، ۱۳۹۲: ۷۴). بنابراین، می‌توان گفت روند گذشته، کشور را از منظر منابع آبی به وضعیت بحرانی دچار کرده است.

وضعیت کنونی بهره‌برداری از منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی، شرایط را به سمتی هدایت کرده است که اکثر دشت‌ها توسط وزارت نیرو به عنوان دشت‌های ممنوعه اعلام و صدور مجوز جدید بهره‌برداری از آن‌ها ممنوع شده است. این مسأله ضرورت توجه بیشتر به موضوع مدیریت آب و استفاده بهتر از آن را می‌طلبد (سیدان، ۱۳۸۰: ۲). لذا سازمان‌دهی مناسب مدیریت تقاضا و تنظیم الگوی مصرف آب به صورت پایدار، می‌تواند یکی از راه‌کارهای راهگشای تعدیل در اتلاف آب باشد. با توجه به آن‌چه بیان شد، ماورای محدودیت آب، محدودیت‌های مالی و زمانی، عوامل مهم دیگری می‌باشند که امکان بهره‌برداری کاراتر از منابع موجود را با مشکل مواجه می‌سازد. به همین دلیل در سال‌های اخیر در کنار مدیریت عرضه (تأمین منابع آب)، مسئولان و برنامه‌ریزان حوزه آب، مدیریت تقاضا و حفظ منابع آبی

1. http://www.iribnews.ir/fa/news/94809
2. Falkenmark Index
3. Brown

را در دستور کار خود قرار داده‌اند. به نحوی که در حوزه مدیریت جدید (تقاضای آب) مفاهیم جدیدی نظیر «ردپای آب»[1] و «آب مجازی»[2] ارائه شده است.

اصطلاح «آب مجازی» اولین بار توسط آلن[3] (۱۹۹۷ و ۱۹۹۹) به کار رفت و به معنی حجم آبی است که در تولید یک واحد از کالا (اعّم از کشاورزی و غیرکشاورزی) به کار می‌رود (گریدو[4] و همکاران، ۲۰۱۰: ۲۰). آلن مبادله آب مجازی را به عنوان راه‌کاری جهت مدیریت کم‌آبی در کشورهای خشک و نیمه‌خشک خاورمیانه پیشنهاد کرد. ردپای آب به معنی مجموع کالاها و خدمات مصرف شده ضرب در محتوی آب مجازی آن‌هاست (هوسترا و چپاگین[5]، ۲۰۰۴: ۲۲). بنابراین ردپای آب محصولات کشاورزی در هر منطقه همان حاصل‌ضرب محتوی آب مجازی هریک از محصولات کشاورزی و مقدار تولید همان محصول در منطقه موردنظر است. در مطالعات اخیر، «ردپای آب» به تبع آن «آب مجازی» به سه نوع تقسیم می‌شود؛ ردپای آب آبی[6]، سبز[7] و خاکستری[8]. بر اساس این طبقه‌بندی، محتوی آب محصولات کشاورزی نیز به سه نوع سبز، آبی و خاکستری طبقه‌بندی شده است. مکونن و هوسترا[9] (۲۰۱۱ و ۲۰۱۰) اقدام به محاسبه ردپای آب و آب مجازی گروهی از محصولات کشاورزی در مناطق مختلف کشورهای جهان نمودند. بر طبق این مطالعات به‌وضوح دیده می‌شود که محتوی آب مجازی و ردپای آب یک محصول معین در مناطق مختلف، متفاوت است. توجه به این مسأله در مدیریت منابع آب کشورها بسیار مهم است.

به علاوه، به موازات ایجاد مشکل کم‌آبی، بحث بهره‌وری آب از سوی سیاست‌گذاران حوزه آب و کشاورزی مطرح شده است و این مسأله در سال‌های اخیر به عنوان هدف قرار گرفته است. بر اساس اسناد بالادستی و مستندات قانونی در بخش آب، ارتقای بهره‌وری و توجه به ارزش اقتصادی، امنیتی و سیاسی آب در استحصال، عرضه و نگهداری و مصرف آن از سیاست‌های کلی نظام در خصوص منابع آب به شمار می‌رود. این هدف در سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ و سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف نیز تأکید شده است (عبدالمنافی و مظاهری، ۱۳۹۵: ۲۲).

لذا، هدف این پژوهش، محاسبه ارزش اقتصادی آب مجازی منتخبی از محصولات زراعی با هدف حداکثرسازی بهره‌وری آب، با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی فازی است.

1. Water Footprint
2. virtual water
3. Allan
4. Garrido
5. Chapagain, A. K. and Hoekstra, A. Y.
6. blue water footprint
7. green water footprint
8. grey water footprint
9. Mekonnen, M. M. and Hoekstra

۲. ادبیات موضوع

۲-۱. مبانی نظری تحقیق

طبقه‌بندی‌های مختلفی از روش‌های قیمت‌گذاری آب کشاورزی وجود دارد. در ادامه به ۲ نوع از این طبقه‌بندی‌ها اشاره می‌شود.

الف) طبقه‌بندی یوهانسون (۲۰۰۸)[1]: سه دسته از روش‌های قیمت‌گذاری آب کشاورزی را به صورت؛ ۱- روش‌های حجمی، ۲- روش‌های غیرحجمی و ۳- روش‌های بازارمحور.

- **روش‌های حجمی:** در این روش، با استفاده از اندازه‌گیری حجم آب مصرفی، قیمت آب را تعیین می‌شود. این امر مستلزم اطلاعات در خصوص حجم آب استفاده شده توسط هر مصرف‌کننده و یا راه‌های دیگری است که بتوان به میزان مصرف آب پی برد. دستگاه‌های اندازه‌گیری آب با نگه‌داری و مراقبت روزمره و قرائت دوره‌ای حجم مصرفی آب، قیمت‌گذاری حجمی را آسان می‌سازند. اگر حجم آب تحویل‌شده از منبع آبی بر حسب ساعت در طول فصل برداشت محصول کاهش یابد، انتظار می‌رود که قیمت مؤثر هر واحد آب به تناسب افزایش یابد. این روش قیمت‌گذاری بلوکی نامیده می‌شود. در مناطقی که دارای تکنولوژی پیچیده پایش هستند، قیمت‌گذاری مرحله‌ای[2] (روش حجمی چندنرخی) و قیمت‌گذاری تعرفه‌ای دوبخشی (قیمت‌گذاری هزینه نهایی حجمی به اضافه حق اشتراک ثابت) دیده می‌شود (یوهانسون، ۲۰۰۸: ۱۲).

- **روش‌های غیرحجمی:** در بسیاری موارد قیمت‌گذاری حجمی عملی یا مطلوب نمی‌باشد. در چنین مواردی قیمت‌گذاری غیرحجمی مورد استفاده قرار می‌گیرد. چندین نوع از این روش‌های قیمت‌گذاری در خدمات آبیاری متداول هستند؛ قیمت‌گذاری بر حسب محصول، قیمت‌گذاری بر حسب نهاده کشاورزی، قیمت‌گذاری بر حسب مساحت و قیمت‌گذاری بر حسب بهبود امور مربوط به آبیاری[3] از این دسته هستند. در روش‌های قیمت‌گذاری بر حسب محصول، قیمت آب بر حسب هر واحد محصول که توسط بهره‌بردار آب[4] تولید می‌شود، تعیین می‌گردد. در روش‌های قیمت‌گذاری بر حسب نهاده، قیمت آب مصرفی به صورت مالیات بر نهاده‌ها از بهره‌برداران آب دریافت می‌شود. دریافت بهای آب به ازای هر کیلوگرم کود شیمیایی خریداری شده می‌تواند مثالی از این روش قیمت‌گذاری باشد. متداول‌ترین روش غیرحجمی قیمت‌گذاری آب آبیاری، روش قیمت‌گذاری بر حسب مساحت است. تحت این سازوکار قیمت‌گذاری، بهره‌برداران آب قیمت آب مصرفی را بر حسب هر واحد مساحت آبیاری شده که غالباً به نوع و میزان محصول آبیاری شده، روش آبیاری و فصل بستگی دارد، پرداخت می‌نمایند. برای سیستم‌های نسبتاً پیچیده، بخش‌هایی از قیمت‌گذاری حجمی را با قیمت‌گذاری بر حسب مساحت ترکیب

1. Johansson
2. Tiered pricing
3. Betterment levy pricing
4. Water user

می‌کنند. این روش گردشی[1] برای تخصیص عادلانه آب آبیاری، جریان عرضه آب را بر حسب روز، زمان و مدت عرضه متناسب با مساحت زمین آبیاری شده، تعیین می‌کند. قیمت‌گذاری بر اساس بهبود امور ذی‌ربط به منظور حفظ ارزش تلویحی آب آبیاری از طریق اخذ آب‌بها بر حسب هر واحد سطح و بر اساس افزایش ارزش زمین به کار می‌رود. این امر اساساً به عنوان رویکرد هدانیک[2] برای ارزش‌گذاری محصول خدمات آبیاری محسوب می‌شود (یوهانسون، ۲۰۰۸: ۱۳).

- **روش‌های بازاری:** از دیر باز عقیده بر این بوده است که بازارها ابزاری برای تخصیص آب فراهم می‌آورند که مطابق با ارزش واقعی آن است، و به بهبود کارایی و صرفه‌جویی منجر می‌شود. به علاوه، بازارها سازوکار انعطاف‌پذیرتری را برای تخصیص آب نسبت به ابزارهای اداری فراهم می‌آورند. همچنین، بازارهای آب مورد بی‌اعتمادی مسئولان سنتی آب قرار می‌گیرند و بنابراین، علی‌رغم مفید بودن، در بسیاری از مناطق کمتر به کار گرفته می‌شوند. کاربرد عمومی بازارهای رسمی آب در کشورهای کمتر توسعه‌یافته، جای تردید دارد. در این کشورها مشخصه‌هایی وجود دارد که با تولید و توزیع آب پیوند خورده است و تحقق بازارهای رقابتی را دشوار ساخته است. نارسایی‌های بازار شامل آثار خارجی، ملاحظات مربوط به تغذیه مجدد منابع، اطلاعات غیردقیق، هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری ثابت و کاهش هزینه متوسط هزینه‌های تحویل هستند.

بازارهای آب در طیفی از بازارهای رسمی و غیررسمی متمایز می‌شوند. دادوستدهای غیررسمی نوعاً شامل فروش مازاد آب زیرزمینی و آب سطحی کشاورزان به مزرعه یا شهر هم‌جوار برای یک دوره زمانی مشخص می‌باشند. برای فعالیت بازارهای رسمی آب باید حقابه قابل خرید و فروش وجود داشته باشد. حقابه یا مجوز آب قابل‌انتقال عبارت است از مجوزی که استفاده یا فروش مقداری از پیش تعیین‌شده آب را به قیمتی که بازار تعیین می‌کند، امکان‌پذیر می‌سازد. اگر سازمان‌های عمومی آب به واگذاری حقابه‌ها تمایل نداشته باشند، این کار دشوار می‌شود. لیکن شماری از دولت‌ها اخیراً قوانینی را تصویب کرده‌اند که بر اساس آن مالکیت حقابه قابل‌انتقال خواهد بود. بدین‌ترتیب کارایی بازارهای غیررسمی می‌تواند گسترش یابد، درحالی‌که ماهیت نامحدود آن‌ها تنظیم و کنترل می‌شود (یوهانسون، ۲۰۰۸: ۱۵).

ب) طبقه‌بندی یانگ و لومیس (۲۰۱۴)[3]: این طبقه‌بندی ناظر به روش‌های قیاسی و استقرایی است. روش‌های قیاسی، فایده‌ها را از مدل‌های ساخته شده از رفتار تولیدکننده استنتاج می‌کنند و معمولاً حداکثرسازی سود را مفروض می‌گیرند. این روش‌ها از بودجه‌های حسابداری ساده تا مدل‌های بهینه‌سازی پیچیده رفتار بنگاه را شامل می‌شود. در مقابل، روش‌های استقرایی بر رفتار اقتصادی مشاهده

1. Rotational
2. hedonic
3. Young and Loomis

شده تکیه داشته و روش‌های آماری را برای نسبت دادن داده‌ها به مدل‌های رفتار تولیدکننده به کار می‌گیرند.

روش‌های قیاسی از مزیت سادگی، انعطاف‌پذیری و توانایی تحلیل فرضیه‌های سیاست‌گذاری برخوردارند. آن‌ها در اصول قادرند مفروضات جایگزین در مورد قیمت‌ها، نرخ بهره و فن‌آوری تولید را ترکیب کرده و امکان آزمون تأثیر مفروضات شرایط ناشناخته آینده را درباره نتایج تحلیل مسیر سازند. البته این سادگی با برخی ضعف‌ها همراه خواهد بود. روش پسماند (که بیشترین استراتژی‌های قیاسی ارزش‌گذاری آب بر آن مبتنی هستند) با کم کردن هزینه از درآمدهای پیش‌بینی شده، ارزش را تخمین می‌زند. حذف هزینه برخی نهاده‌ها منجر به تخمین بیش از حد فایده‌ها می‌شود. ازجمله این نهاده‌ها، نهاده‌هایی با مالکیت تولیدکننده هستند که در بهترین حالت، محاسبه پیچیده‌ای نیاز دارند. نتیجه کلی این است که هرچه بنگاه‌ها پیچیده‌تر و نقش آب در فرآیند تولید کوچکتر باشد، احتمال خطا بیشتر بوده و روش‌های قیاسی کاربرد کمتری دارد.

بسیاری از پژوهش‌گران روش‌های استقرایی را برای تعیین منافع تولیدکننده ترجیح می‌دهند که مبتنی بر مشاهدات رفتار در موقعیت‌های واقعی تولید است. روش ارزش‌گذاری ضمنی از اطلاعات معاملات بازار املاک استفاده می‌کند، درحالی‌که تحلیل‌های تابع تولید ممکن است بر اساس داده‌های آزمایشی واقعی، بررسی‌های مصاحبه‌ای، یا گزارش‌های ثانویه از سازمان‌های دولتی باشد. آن‌ها در بعضی موارد می‌توانند برای تحلیل سیاست‌های قبلی و آزمایش‌های طبیعی به کار روند. اما ارزیابی فرضیه‌های سیاست‌گذاری ممکن است مستلزم مفروضاتی باشد که مشاهدات تاریخی موجود، آن‌ها را منعکس نکند.

مشهورترین روش‌های استقرائی یا مشاهده محور عبارتند از:

- **ارزش‌گذاری آب آبیاری بر اساس مشاهده معاملات بازاری آب:** ارزش‌گذاری آب کشاورزی در این روش از طریق تحلیل مستقیم مبادلات حقابه‌ها میان خریداران و فروشندگان در بازارهای آزاد بابت اجاره‌های کوتاه‌مدت و خریدهای بلندمدت انجام می‌شود. تقریباً این روش در بیشتر نقاط دنیا متداول نیست و قیمت‌های بازاری حقابه ممکن است توسط مداخلات عمومی، دچار انحراف شده باشد (یانگ و لومیس به نقل از هنسن[1] و همکارانش، ۲۰۱۲: ۱۰۲).

- **روش ارزش‌گذاری ضمنی:** طبق این روش، ارزش‌گذاری آب کشاورزی بر اساس قیمت فروش زمین‌های قابل آبیاری و غیرقابل آبیاری انجام می‌شود. از آن‌جا که این قیمت‌ها به شرایط آب و هوایی و کیفیت خاک بستگی دارند، یکسان نیستند. بنابراین ارزش‌گذاری آب بر اساس این روش نیاز به تهیه اطلاعات از مالکان اراضی دارد. به علاوه، بازار املاک جزئی از بازار سرمایه بوده و مطالعات انجام شده به روش ارزش‌گذاری ضمنی تابع نوسانات حاصل از تغییر سیاست‌های اقتصاد کلان و تأثیرات آنها بر

1. Hansen

عواملی از قبیل نرخ بهره و سطح عمومی قیمت‌ها می‌باشد. در کشورهای درحال‌توسعه، بازار املاک ممکن است به درستی عمل نکرده یا اطلاعات لازم برای تفکیک فایده‌های حقابه یا کیفیت آب موجود نباشد. لذا این روش برای مطالعات در حوزه‌های وسیع کاربرد کمی دارد (یانگ و لومیس به نقل از شورای منابع آب ایالات‌متحده[1]، ۱۹۸۳: ۸۹).

- **روش ارزش‌گذاری دارایی هدانیک:** پالم‌کوئیست (۱۹۸۹) مدلی عمومی برای تحلیل هدانیک بازار زمین‌های کشاورزی ارائه داد. در این مدل، قیمت گزارش‌شده فروش زمین تابعی از اندازه زمین کشاورزی، ارزش ساختمان‌های کشاورزی، مسافت زمین با نزدیک‌ترین شهر و نرخ حقابه بود. از این طریق ارزش زمین به ارزش حقابه‌ها ارتباط دارد. بعدها مطالعات بیشتری انجام شد که به بررسی ارزش آب از طریق ارزش دارایی (زمین) پرداختند. ازجمله مطالعات پتری و تایلور[2] (۲۰۰۷)، موخرجی و شوآب[3] (۲۰۱۲)، لاتینوپولوس[4] و همکارانش (۲۰۰۴)، اسماعیلی و شهسواری (۲۰۱۱) و کاخکی و همکارانش (۲۰۱۰).

- **ارزش‌گذاری اقتصادسنجی از طریق اطلاعات اولیه:** در این روش، با برآورد تابع تولید کشاورزی (مانند تابع کاب- داگلاس) به روش اقتصادسنجی ارزش آب به عنوان یکی از نهاده‌های تولید سنجیده می‌شود. سایر نهاده‌های موجود در تابع تولید نیز می‌تواند، نیروی کار، بذر، کود شیمیایی، ماشین‌آلات کشاورزی، آفت‌کش‌ها و غیره باشد. به علاوه، جمع‌آوری اطلاعات کافی بسیار پرهزینه است و استفاده از رفتارهای گذشته، انعطاف‌پذیری کمتری برای ساختن الگوهای ارزیابی فایده‌های سیاست‌های پیشنهادی دارد (یانگ و لومیس به نقل از حسین و یانگ[5]، ۱۹۸۵: ۱۰۲۲). برای آب آبیاری می‌توان ارزش آب را محاسبه نمود. مور با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی، تابع درآمد چندمحصولی را برازش نمود که آب یکی از نهاده‌های آن تابع محسوب می‌شد وی درآمد نهایی آب را شاخص خوبی برای تمایل به پرداخت کشاورزان می‌دانست.

روش‌های قیاسی ارزش‌گذاری آب عبارتند از:

- **روش پسماند و تغییرات آن:** این روش کاربرد زیادی در قیمت‌گذاری سایه‌ای آب آبیاری از الگوهای تصمیم‌گیری اقتصادی فردی ساخته شده توسط بنگاه‌ها و خانوارها، دارد. دقت نتایج حاصل از این روش به عوامل مختلفی ازجمله؛ تصریح درست تابع تولید فیزیکی، نهاده‌های تحت مالکیت (نهاده‌های غیرشخصی یا غیر قراردادی)، جمع‌آوری اطلاعات، افق زمانی کوتاه‌مدت یا بلندمدت و الگوهای کشت غلات بستگی دارد.

1. The U.S water Resources Council's
2. Petrie and Taylor
3. Mukherjee and schwabe
4. Latinopoulos
5. Hussain and young

کاربرد این روش بدون درک مفروضات و داده‌های قابل کاربرد آن منجر به نتایج درستی می‌گردد. پژوهش‌گران همچنین ممکن است هزینه تمامی نهاده‌ها را به‌طور کامل به حساب نیاورده و ارزش درست را بیش از اندازه تخمین بزنند. قیمت‌گذاری صحیح نهاده‌ها و ستانده‌ها مخصوصاً نهاده‌هایی که در مالکیت خصوصی تولیدکننده هستند، از چالش‌های این روش است (یانگ و لومیس به نقل از براون[1]، ۲۰۱۴: ۹۵).

- **روش برنامه‌ریزی ریاضی:** در حال حاضر استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی از متداول‌ترین روش‌ها در ارزش‌گذاری اقتصادی آب است و مزایای بسیاری دارد. به‌طورکلی برنامه‌ریزی ریاضی نسبت به بودجه‌بندی ساده، مدل‌سازی واقعی‌تری از تصمیم‌گیری‌های آبیاری را ممکن می‌سازد. روش تغییر در خالص سود اقتصادی به قضاوت‌ها یا اطلاعاتی در مورد فروض اولیه انواع محصولات و سطح زیر کشت هر یک از آنها، میزان واکنش هر محصول به مقادیر مختلف و زمان‌بندی آب و تکنولوژی توزیع آب کشاورزی نیاز دارد. یک مدل واقعی‌تر از رفتار کشاورز باید این‌گونه ملاحظات را به شکل درون‌زا وارد مدل کند. برنامه‌ریزی ریاضی توابع اهداف را با توجه به محدودیت منابع، بیشینه یا کمینه می‌کنند که اشکال این توابع به صورت خطی، درجه دوم و غیره می‌باشد. مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی عمدتاً به منظور برخورداری از تجزیه و تحلیلی گسترده و سیستماتیک به کار می‌روند. ساختار این مدل‌ها برای تخصیص بهینه منابع محدود، مناسب است (میلز[2]، ۱۹۸۴: ۸۷). کارگزاران اقتصادی بهینه‌کننده هستند و عناصر اساسی تئوری اقتصاد خرد و سایر نظریات اقتصادی نظیر تئوری جدید هزینه مبادله نهادی[3] به راحتی در این مدل‌ها می‌تواند در نظر گرفته شود (بویسی[4] و همکاران، ۲۰۰۷: ۷۳).

اخیراً بازگشتی به کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی برای بخش کشاورزی شده است. هکیلی و بریتز[5] (۲۰۰۵) این توجه را ناشی از سه دلیل می‌دانند؛ اول، علاوه بر قیمت‌های حمایتی، طیف وسیعی از سایر ابزارهای سیاستی توسط سیاست مشترک کشاورزی معرفی شده است. دوم، مسأله چندنقشی بودن کشاورزان[6] است. سوم، مدل‌های برنامه‌ریزی این امکان را می‌دهند که محدودیت‌های فنی‌ای در نظر گرفته شوند که اغلب مانع از نتایج نامنسجم می‌شوند. برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP)[7] اولیه‌ای که توسط هویت[8] (۱۹۹۵) معرفی شد، تا حد زیادی عامل این تمایل اخیر به مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی است. مدل‌های PMP برای غلبه بر ویژگی هنجاری مدل‌های سنتی برنامه‌ریزی ریاضی معرفی شدند. در مدل‌های PMP حداکثرسازی یک تابع سود مقعر در نظر گرفته می‌شود و پارامترهای MC در شرایط غیرخطی

1. Brown
2. Mills
3. the new institutional transaction cost theory
4. Buysse and *et al.*
5. Heckelei and Britz
6. farmers' multi-functionality
7. Positive Mathematical Programming (PMP)
8. Howitt

از تابع هزینه متغیر به‌کار می‌روند. بنابراین، این مدل‌ها قادر به بازتولید دقیق وضعیت مشاهده‌شده و مرجح هستند و در ارزیابی سیاست‌ها و ارائه راه‌حل‌های قابل‌اعتماد بسیار مفیدند (فراگوسو و مارکوز[1]، ۲۰۱۳: ۸۲).

- **الگوی داده- ستانده:** الگوی پیچیده‌ای است که ارزش اقتصادی کوتاه‌مدت آب را برآورد می‌کند و دانش تخصصی خاصی نیاز دارد. در ضمن استفاده از این الگو مستلزم آن است که هزینه‌های فرصت تمامی داده‌های اولیه غیر از آب (از قبیل نیروی انسانی، سرمایه و منابع طبیعی) از ارزش‌افزوده کسر گردد تا قیمت تمام‌شده آن تخمین زده شود (حسینی و کریمی، ۱۳۸۱: ۷۸).

- **الگوی محاسباتی تعادل عمومی:** این الگوها بسیار پیچیده و بر پایه الگوی داده-ستانده قرار دارد. به علاوه، دانش اقتصادی ویژه‌ای نیاز دارد که امکان استفاده از آن را تنها به متخصصان این گرایش از اقتصاد محدود می‌کند (حسینی و کریمی، ۱۳۸۱: ۸۱).

۲-۲. پیشینه پژوهش

در داخل و خارج کشور تاکنون توجهی به تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با رویکرد بهره‌وری آب و محتوی آب نهفته در آن‌ها نشده است؛ شهیب‌زادا[2] (۲۰۰۲) اقدام به قیمت‌گذاری آب کشاورزی در پاکستان به روش اقتصادسنجی نمود. پتری و تایلور[3] (۲۰۰۷) آب کشاورزی منطقه جنوب ایالات‌متحده را به روش هدانیک قیمت‌گذاری کردند. گالیوتو[4] و همکارانش (۲۰۱۳)، شبیل[5] و همکارانش (۲۰۱۰) و دونو[6] و همکارانش (۲۰۱۰) با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی اقدام به تعیین نرخ تعرفه آب آبیاری به ترتیب، برای جنوب ایتالیا، تونس و منطقه مدیترانه نمودند. محققان دیگری نیز همچون؛ ویشلنز[7] (۲۰۱۰) در ایالات‌متحده، نیکوم و اوگورا[8] (۲۰۱۰) و کانی‌میتسو[9] (۲۰۰۶) در ژاپن و کره‌جنوبی به قیمت‌گذاری آب کشاورزی پرداخته‌اند.

در داخل کشور نیز محققان بسیاری به تعیین قیمت آب کشاورزی در مناطق مختلف کشور پرداخته‌اند و نرخ‌های متفاوتی برای آب کشاورزی محاسبه نموده‌اند. برخی مطالعات در این زمینه عبارت‌اند از؛ دهقانیان و شاهنوشی (۱۳۷۳) با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی خطی برای مزرعه دانشکده کشاورزی مشهد، قیمت آب کشاورزی را ۲۳۵ ریال برآورد نمودند. پس از آن گروهی از محققان با استفاده از همین روش، نتایجی برای مناطق مختلف به دست آورند. ترکمانی و همکارانش (۱۳۷۶) قیمت آب

1. Fragoso and Marques
2. Sahibzada
3. Petrie and Taylor
4. Galioto
5. Chebil
6. Dono
7. Wichelns
8. Nickum and Ogura
9. Kunimitsu

کشاورزی را برای اراضی تحت پوشش سد طالقان ۶ ریال، احمدپور و صبوحی (۱۳۸۸) برای منطقه دشتستان ۸۴/۹۳ ریال، و کرامت‌زاده و همکارانش (۱۳۹۰) برای اراضی پایین‌دست سد شیرین دره بجنورد دو نرخ ۴۱۶ و ۵۷۱ را به‌دست آوردند. حسین زاد و اسلامی (۱۳۸۳) با استفاده از تابع تولید درجه دوم تعمیم‌یافته برای تولید گندم مراغه، ارزش اقتصادی آب را ۳۹۰ ریال برآورد نمودند. چیذری و میرزایی (۱۳۷۸) و دشتی و همکارانش (۱۳۸۹) از روش تابع تولید کاب- داگلاس و برآورد اقتصادسنجی بهره گرفته و به‌ترتیب، قیمت آب باغ‌های پسته شهرستان رفسنجان را ۸۵ ریال و قیمت آب کشاورزی دامغان را ۴۰۳/۲ ریال برآورد کردند. حیاتی و همکارانش (۱۳۸۸) به برآورد قیمت واقعی آب در تولید گندم و جو در استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی پرداختند. آنها با بهره‌گیری از رهیافت تابع تولید قیمت واقعی آب در کشت گندم را به‌ترتیب ۱۲۲۴/۱۴، ۲۸۸۲/۲۴ و ۴۵۶/۳۰ ریال بر مترمکعب و در کشت جو ۷۰۳/۰۱، ۱۳۴۳/۶۷ و ۱۱۲/۶۷ ریال بر مترمکعب برای استان‌های فوق برآورد نمودند. در سال‌های اخیر رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه و فازی نیز برای تعیین قیمت آب کشاورزی به‌کار رفته است. کرامت زاده و همکارانش (۱۳۸۵) با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی چندهدفه، قیمت آب کشاورزی منطقه شیروان برزو در استان خراسان شمالی را بین ۱۰۷ و ۱۲۹۶ ریال ارزیابی کردند. در جدیدترین مطالعه، شاهنوشی و همکارانش (۱۳۹۲) با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی فازی قیمت آب کشاورزی در مناطق کم‌آب مرکزی ایران را ۱۰۴۰۰ ریال برآورد نمودند.

هدف پژوهش حاضر برای ارزش‌گذاری اقتصادی آب مجازی محصولات کشاورزی با رویکرد حداکثرسازی بهره‌وری آب است با توجه به بررسی‌های یوهانسون و یانگ و لومیس پیرامون روش‌های مختلف قیمت‌گذاری آب آبیاری و مطالعات تجربی انجام شده در این زمینه، روش تحقیق مطالعه حاضر از نوع کاربردی است که با کمک الگوی برنامه‌ریزی خطی فازی (FLP)[1] انجام شده است. چرا که از میان روش‌های مطرح شده، تنها روش برنامه‌ریزی ریاضی است که قابلیت بهینه‌سازی دارد. فازی بودن روش تحقیق مطالعه حاضر نیز از این واقعیت نشأت گرفته است که منابع آب، حجم تولیدات، عملکرد و قیمت محصولات کشاورزی طی سال‌های مختلف از نوسان برخوردار بوده است. لذا، بهترین روشی که می‌تواند این نوسانات را در الگوی برنامه‌ریزی ریاضی بگنجاند، فازی نمودن الگو است.

۳. تجزیه و تحلیل و ارائه الگوی پژوهش

بر اساس اطلاعات بیلان آب وزارت نیرو، وضعیت استان‌های کشور از نظر شاخص‌های آسیب‌پذیری منابع در ۱۲ ماهه سال آبی ۸۸- ۸۷[2] به گونه‌ای است که ۳ استان در شرایط «کمبود آبی شدید»، ۱۷

1. Fuzzy Linear Programming

۲. جدیدترین سالنامه آماری آب کشور است که در سال ۱۳۹۲ منتشر شده است و مبنای اطلاعات ان سال ۸۸- ۱۳۷۸ است. زیرا مدیریت لحظه‌ای و سالانه آب به سادگی امکان‌پذیر نیست.

استان در شرایط «کمبود آبی»، ۶ استان در شرایط «تنش آبی» و ۴ استان در شرایط «قابل‌تحمل» قرار داشته و هیچ‌یک از استان‌ها در وضعیت «نرمال» واقع نشده‌اند. در این مطالعه از هر یک از گروه‌های معرفی شده در جدول (۳)، استان‌هایی انتخاب شده‌اند که اطلاعات آب مجازی محصولات آنها نیز موجود باشد. لذا استان‌های ایلام، بوشهر، آذربایجان غربی، اصفهان و سمنان انتخاب شده‌اند.

جدول ۳: طبقه‌بندی استان‌های کشور بر اساس شاخص‌های آسیب‌پذیری منابع در سال آبی ۸۸- ۸۷

نرمال	قابل‌تحمل	تنش آبی	کمبود آبی		کمبود آبی شدید
-	سمنان	اصفهان	آذربایجان شرقی	اردبیل	ایلام
	سیستان و بلوچستان	تهران	آذربایجان غربی	چهارمحال و بختیاری	بوشهر
	قم	خراسان رضوی	خراسان شمالی	فارس	کهکیلویه و بویر احمد
	مرکزی	کرمان	خراسان جنوبی	کرمانشاه	
		مازندران	قزوین	گیلان	
		هرمزگان	کردستان	همدان	
			گلستان	خوزستان	
			لرستان	زنجان	
			یزد		

منبع: سالنامه آماری آب کشور، ۱۳۹۲: ۲۶۷.

از طرف دیگر، برای اطمینان از دسترسی اطلاعات موردنیاز محصولات کشاورزی، محصولات مورد بررسی براساس گروه‌های شش‌گانه آمارنامه جهادکشاورزی در نظر گرفته شده است. در بخش محصولات زراعی، جداول مربوط به برآورد سطح، میزان تولید و عملکرد در هکتار محصولات مهم در قالب گروه‌های شش‌گانه: ۱- غلات (گندم، جو، شلتوک و ذرت دانه‌ای)، ۲- حبوبات (نخود، لوبیا، عدس و سایر حبوبات)، ۳- محصولات صنعتی (پنبه، کتان و کنف، توتون و تنباکو، چغندرقند، نیشکر، سویا، کلزا و سایردانه‌های روغنی)، ۴- سبزیجات (سیب‌زمینی، پیاز، گوجه‌فرنگی، سبزیجات گلخانه‌ای و سایرسبزیجات)، ۵- محصولات جالیزی (خربزه، هندوانه، خیار، خیار گلخانه‌ای و سایرمحصولات جالیزی)، ۶- نباتات علوفه‌ای (یونجه، شبدر، ذرت علوفه‌ای و سایر نباتات علوفه‌ای) درج گردیده است. با توجه به اینکه آمار و اطلاعات ردپای آب هیچ‌یک از نباتات علوفه‌ای معرفی شده در آمارنامه جهاد کشاورزی، موجود نمی‌باشد، در مرحله تجزیه و تحلیل اطلاعات و برآورد مدل، به این نوع محصولات اشاره نشده است. به عبارت دیگر، مطالعه به پنج گروه از محصولات (غلات، حبوبات، محصولات صنعتی، سبزیجات و محصولات جالیزی) محدود شده و از میان آنها ۱۲ محصول؛ گندم، جو، شلتوک، ذرت، نخود، لوبیا، عدس، چغندرقند، سیب‌زمینی، پیاز، هندوانه و خیار انتخاب شده‌اند.

۳-۱. الگوی برنامه‌ریزی خطی فازی

براساس الگوی تصمیم‌گیری متقارن بلمن و زاده[1] (۱۹۷۰) و الگوی خطی کلاسیک، فرض کنید تصمیم‌گیرنده یک سطح دلخواه Z (که تمایل دارد به آن دست یابد) برای تابع هدف قرار داده است و محدودیت‌ها نیز به‌عنوان مجموعه‌های فازی در نظر گرفته شده‌اند. آن‌گاه الگوی برنامه‌ریزی خطی فازی به‌صورت رابطه (۱) خواهد شد (آذر و فرجی، ۱۳۸۹: ۱۸۷-۱۸۴):

$$\begin{aligned} C^T X &\gtrsim Z \\ AX &\lesssim b \\ X &\geq 0 \end{aligned} \qquad (۱)$$

در رابطه فوق، علائم $\gtrsim$ و $\lesssim$ به‌ترتیب گونه‌های فازی شده علائم $\geq$ و $\leq$ می‌باشند که تفسیر زبانی آنها «اساساً بزرگ‌تر یا مساوی» و «اساساً کوچک‌تر یا مساوی» می‌باشد. در رابطه (۱) X ماتریس متغیرهای تصمیم، C^T ترانهاده ماتریس ضرایب متغیرهای تصمیم در تابع هدف و Z ماتریس مقادیر تابع هدف، A ماتریس ضرایب فنی در توابع محدودیت و b ماتریس اعداد سمت راست در محدودیت‌های مسئله است. این الگو کاملاً متقارن است و هیچ تفاوتی بین تابع هدف و محدودیت‌ها وجود ندارد. بنابراین می‌توان با در نظر گرفتن $\left(-\begin{smallmatrix} Z \\ b \end{smallmatrix}\right) = d$ و $\left(-\begin{smallmatrix} C \\ A \end{smallmatrix}\right) = B$ الگوی فوق را به صورت رابطه (۲) نوشت:

$$\begin{aligned} -C^T X &\lesssim -Z \\ AX &\lesssim b \\ X &\geq 0 \end{aligned} \quad \Longrightarrow \quad \begin{aligned} BX &\lesssim d \\ X &\geq 0 \end{aligned} \qquad (۲)$$

این الگو دارای $m+1$ ردیف است که هریک با یک مجموعه فازی با تابع عضویت $\mu_i(x)$ نمایش داده می‌شوند. تابع عضویت مجموعه فازی «تصمیم» الگوی فوق به‌صورت رابطه (۳) خواهد شد:

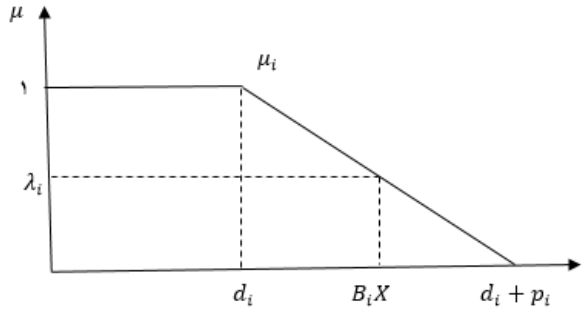
$$\mu_{\bar{D}} = min\{\mu_i(x)\} = min\{\mu_0(x), \mu_1(x), \dots, \mu_m(x)\} \qquad (۳)$$

که در آن $\mu_i(X)$ بیانگر درجه‌ای است که X نامساوی فازی $B_i X \lesssim d_i$ را اقناع می‌نماید (B_i، ردیف iام از B است). حال فرض کنید تصمیم‌گیرنده به‌دنبال جواب بهینه قطعی در مجموعه فازی «تصمیم» فوق باشد، آن‌گاه:

$$\max_{X \geq 0} \min_i \{\mu_i(X)\} = \max_{X \geq 0} \mu_{\bar{D}}(X) \qquad (۴)$$

1. Bellman and Zadeh

یعنی حداکثرسازی جواب مجموعه فازی «تصمیم» به‌عنوان جواب بهینه در نظر گرفته می‌شود. حال محدودیت‌های فازی را به‌صورتی که در نمودار (۱) نشان داده شده است، در نظر بگیرید.



نمودار ۱: نمایش نموداری محدودیت فازی کوچکتر مساوی

در نمودار (۱)، d_i نقطه شروع اقناع کامل محدودیت iام، p_i انحراف مجاز از محدودیت iام و B_iX مقدار محدودیت iام برحسب جواب X می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، اگر مقدار محدودیت (B_iX) کوچک‌تر از d_i باشد، درجه اقناع محدودیت، کامل (برابر یک) است و اگر مقدار محدودیت بزرگ‌تر از $d_i + p_i$ باشد، این مقدار برابر صفر خواهد بود. همچنین، اگر مقدار محدودیت در فاصله $[d_i,\ d_i + p_i\ ]$ قرار گیرد، درجه اقناع محدودیت را می‌توان از تشابه مثلث‌های ترسیم شده در نمودار (۱) به‌دست آورد:

$$\mu_i(X) = \begin{cases} 1 & B_iX \le\ d_i \\ \dfrac{(\ d_i + p_i\ ) - B_iX}{p_i} & d_i\ < B_iX <\ \ d_i + p_i \\ 0 & B_iX \ge\ \ d_i + p_i \end{cases} \qquad (۵)$$

مقدار $\frac{(\ d_i+p_i\ )-B_iX}{p_i}$ را می‌توان با یک متغیر جدید (λ_i) نشان داد، به‌طوری‌که:

$$\lambda_i \le \frac{(\ d_i + p_i\ ) - B_iX}{p_i} \quad \Rightarrow \quad \lambda_i p_i + B_iX \le\ d_i + p_i \qquad (۶)$$

λ_i بیانگر درجه اقناع محدودیت iام می‌باشد که سعی در حداکثرسازی آن است. بنابراین الگوی برنامه‌ریزی مسأله به‌صورت رابطه (۷) زیر خواهد شد:

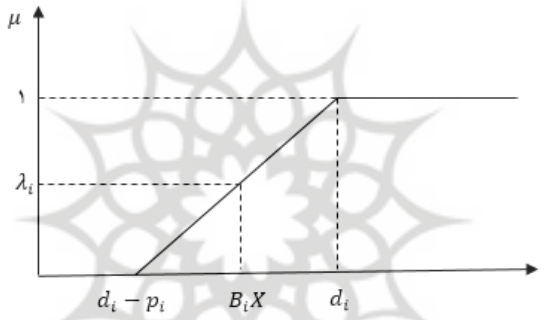
$$\begin{aligned} &\max\ \ w_i\lambda_i \\ &S.to{:}\ \lambda_i p_i + B_iX \le\ d_i + p_i \qquad i = 0, 1, \dots, m \\ &\lambda_i \le\ 1 \qquad\qquad i = 0, 1, \dots, m \\ &X \ge 0 \end{aligned} \qquad (۷)$$

در این الگو، w_i بیانگر ضریب اهمیت انحراف از محدودیت iام می‌باشد. همچنین، اگر $\lambda = \min\{\lambda_i\}$ قرار داده شود، آن‌گاه الگوی برنامه‌ریزی خطی فوق به‌صورت رابطه (۸) خواهد شد:

$$\begin{aligned} &\max \lambda \\ &S.to: \lambda_i p_i + B_i X \leq d_i + p_i \qquad i = 0, 1, \dots, m \\ &X \geq 0\ ,\ \lambda \leq 1 \end{aligned} \tag{۸}$$

این الگو، یک الگوی برنامه‌ریزی خطی کلاسیک است که پس از حل، بردار (X^* و λ^*) جواب بهینه خواهد بود. این الگو فقط یک متغیر و یک محدودیت از الگوی برنامه‌ریزی خطی کلاسیک بیشتر دارد و از لحاظ محاسباتی بسیار کاراست.

برای فرموله‌سازی محدودیت‌های بزرگ‌تر یا مساوی فازی نیز می‌توان به طریق مشابه عمل نمود. بدین منظور نمودار زیر را در نظر بگیرید.



نمودار ۲: نمایش نموداری محدودیت فازی بزرگتر مساوی

با توجه به نمودار (۲) داریم:

$$\mu_i(X) = \begin{cases} 0 & B_iX \leq d_i - p_i \\ \dfrac{B_iX - (d_i - p_i)}{p_i} & d_i - p_i < B_iX < d_i \\ 1 & B_iX \geq d_i \end{cases} \tag{۹}$$

مقدار $\frac{B_iX-(d_i-p_i)}{p_i}$ را می‌توان با یک متغیر جدید (λ_i) نشان داد، به‌طوری‌که:

$$\lambda_i \leq \frac{B_iX - (d_i - p_i)}{p_i} \quad \Rightarrow \quad B_iX - \lambda_i p_i \geq d_i - p_i \tag{۱۰}$$

۳-۲. الگوی برنامه‌ریزی ریاضی پژوهش حاضر

با توجه به مطالب بخش ۳-۱ و هدف پژوهش، تابع هدف مسأله برنامه‌ریزی ریاضی حداکثرسازی بهره‌وری آب در نظر گرفته شده‌است. بهره‌وری مصرف آب برابر با نسبت عملکرد محصول به مقدار آب مصرفی است (کلانتری و شعبانعلی قمی، ۱۳۹۰: ۱۰۴).

$$\text{بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)} = \frac{\text{عملکرد (کیلوگرم)}}{\text{مقدار آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)}} \quad (۱۱)$$

این امر باعث می‌شود که در واقع دو متغیر مهم در تابع هدف منظور شود. از یک طرف متغیر «عملکرد» که همواره حداکثر شدن آن دغدغه مسؤولین و کشاورزان است و از طرف دیگر، «آب مصرفی» کشاورزان که حداقل مصرف آن منجر به حصول هدف حداکثر بهره‌وری آب کشاورزی می‌شود.

البته نباید از نظر دور داشت که مطالعات مختلف به اهدافی نظیر حداکثر شدن درآمد، حداکثر شدن سود و یا حداقل نمودن هزینه کشاورزان نیز توجه داشته‌اند. در این مطالعه نیز این اهداف در قالب سناریوهای مختلف به الگو اضافه شده و نتایج آنها در ادامه مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

محدودیت‌های الگوی برنامه‌ریزی پژوهش نیز عبارتند از:

۱. آب: امروزه آب به‌عنوان مهم‌ترین عامل تولید محصولات کشاورزی مطرح است. از آن‌جا که بر اساس مطالعات جدید، محتوی آب محصولات را می‌توان برحسب آب آبی، آب سبز و آب خاکستری تقسیم نمود، در این مطالعه نیز محدودیت آب بر اساس این طبقه‌بندی به ۳ محدودیت تجزیه شده است:

- **آب سبز:** عدد سمت راست محدودیت آب سبز همان میزان رطوبت موجود در خاک برای هریک از استان‌ها است. از آن‌جا که اطلاعات مربوط به این متغیر در دسترس نمی‌باشد، محاسبه آن نیز نیازمند دانش خاصی است و به‌سادگی میّسر نیست، از این محدودیت صرف‌نظر شده است.
- **آب آبی:** عدد سمت راست این محدودیت برابر با مجموع آب‌های سطحی و زیرزمینی مصرف شده در بخش کشاورزی هریک از استان‌ها است.
- **آب خاکستری:** عدد سمت راست این محدودیت نیز برابر است با حجم آب‌های تصفیه شده فاضلاب‌ها که صرف امور آبیاری کشاورزی استان‌ها می‌شود.

نحوه‌ی محاسبه ضرایب فنی محدودیت‌های آب آبی، خاکستری و سبز به این ترتیب است که ابتدا اطلاعات مربوط به ردپای آب محصولات (مترمکعب/ تن) بر میزان تولید آنها تقسیم شده و سپس، عدد حاصل یک‌بار دیگر بر عملکرد محصولات تقسیم شد تا میزان محتوی آب محصولات کشاورزی به ازای سطح زیرکشت محصولات حاصل شود. قابل ذکر است که اطلاعات آماری مربوط به محتوی آب

محصولات کشاورزی (ردپای آب) به تفکیک سبز، آبی و خاکستری برای استان‌های مختلف کشور از مطالعه مکونن و هوسترا (۲۰۱۰) اقتباس شده است. به‌علاوه، اطلاعات مربوط به موجودی منابع آب سطحی، زیرزمینی و نیز آب‌های تصفیه حاصل از فاضلاب از سال‌نامه آب وزارت نیرو (۱۳۹۲) گرفته شده است.

۲. سرمایه: به پیروی از مطالعه قاسمی و پیکانی (۱۳۸۲)، این محدودیت همان سرمایه‌هایی در نظر گرفته شده است که برای انجام هزینه‌های تولید در مراحل مختلف کاشت، داشت و برداشت محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این محدودیت در حقیقت تلفیقی از محدودیت‌های ماشین‌آلات و نیروی‌کار نیز است. ضرایب فنی مربوط به این محدودیت عبارت است از حاصل‌جمع متوسط هزینه‌های کاشت، داشت و برداشت محصولات کشاورزی در استان‌های مختلف کشور که از آمارنامه‌های هزینه تولید وزارت جهاد کشاورزی استخراج شده است. عدد سمت راست این محدودیت نیز از کالیبره کردن متوسط هزینه تولید محصولات کشاورزی توسط متغیر سطح زیر کشت محصولات کشاورزی به‌دست می‌آید.

از آن‌جا که اطلاعات تفکیک شده‌ای بابت هزینه نیروی‌کار، ماشین‌آلات، سموم و کودهای شیمیایی به ازای تک‌تک محصولات در هر استان موجود نیست، از متوسط هزینه‌های کاشت، داشت و برداشت به عنوان نماینده‌ای از تمام این محدودیت‌ها که در طبقه‌بندی سایر نهاده‌های مورد نیاز برای کشت محصولات قرار می‌گیرد، استفاده شده است. این متغیر در بردارنده هزینه متوسط استفاده از نیروی‌کار، ماشین‌آلات، سموم و کودهای شیمیاتی برای کشت هر محصول است.

۳. خودمصرفی زارعین: این محدودیت به صورت حداقل سطح زیر کشت محصولات کشاورزی طی بازه زمانی ۹۱- ۱۳۸۵ در نظر گرفته شده است.

۴. سطح زیرکشت: کل اراضی قابل‌کشت در دسترس برای کشت محصولات کشاورزی هر استان نیز به‌عنوان محدودیت سطح زیر کشت در الگو به‌کار گرفته شده است.

اطلاعات مربوط به متغیرهای سطح زیرکشت، میزان تولید و عملکرد، قیمت و هزینه متوسط محصولات کشاورزی از آمارنامه‌های وزارت جهاد کشاورزی طی سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۱ اقتباس شده است.

۴. نتایج و بحث

به‌منظور تشکیل الگوی فازی، مقادیر حداقل، میانگین و حداکثر هر متغیر طی دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۸۵ در نظر گرفته شده، سپس به روش ذکر شده در قسمت ۳-۲ محدودیت‌های فازی نوشته شده و برآورد الگو تحت دو سناریو در نرم‌افزار *LINGO11.0* انجام شده است.

- **سناریوی اول؛** هدف حداکثرسازی بهره‌وری آب کشاورزی در کنار محدودیت‌های آب آبی، حداقل هزینه تولید و حداقل سطح زیر کشت.
- **سناریوی دوم؛** هدف حداکثرسازی بهره‌وری آب کشاورزی در کنار محدودیت‌های آب آبی، آب خاکستری، حداقل هزینه تولید و حداقل سطح زیر کشت.

نتایج برآورد ارزش اقتصادی آب کشاورزی به تفکیک آب‌های آبی و خاکستری براساس محتوی آب محصولات کشاورزی در قالب دو سناریوی اول و دوم، برای پنج استان کشور در جدول (۴) خلاصه شده است. در قالب سناریوی اول، ارزش اقتصادی آب آبی (مجموع آب‌های سطحی و زیرزمینی) استان‌های سمنان، اصفهان، آذربایجان غربی، ایلام و بوشهر با هدف حداکثرشدن بهره‌وری آب کشاورزی به‌ترتیب حدود ۳۹۲۷۴، ۷۲۴۰، ۱۴۶۱۵، ۴۶۷۳ و ۴۰۶۰۸ ریال به ازای هر مترمکعب آب آبی صرف شده در امور کشاورزی است. سناریوی دوم برای استان‌های بوشهر، ایلام و سمنان فاقد جواب بهینه بود. در قالب این سناریو، برای استان‌های اصفهان و آذربایجان غربی نیز ارزش اقتصادی آب آبی صفر شده است. همچنین، ارزش اقتصادی آب خاکستری (آب‌های حاصل از تصفیه فاضلاب) استان اصفهان ۷۲۲۰ ریال و استان آذربایجان غربی ۸۳۳۰ ریال به ازای هر مترمکعب آب خاکستری صرف شده در امور کشاورزی است.

جدول ۴: ارزش اقتصادی آب کشاورزی به تفکیک آب‌های آبی و خاکستری

وضعیت برخورداری آب	استان	ارزش اقتصادی آب آبی (ریال)	مازاد منابع آب آبی (مترمکعب)	ارزش اقتصادی آب خاکستری (ریال)
قابل‌تحمل	سمنان	۳۹۲۷۳.۹۴	۶۹۳.۹۴۰۶	*
تنش آبی	اصفهان	۷۲۳۹.۳۴۴	۴۹۰۵۴.۸۵	۷۰۲۲
کمبود آبی	آذربایجان غربی	۱۴۶۱۴.۸۳	۹۱۸۴.۱۸۹	۸۳۳۰
کمبود آبی شدید	ایلام	۴۶۷۲.۲۶۹	۱۲۹.۰۶۴۱	*
	بوشهر	۴۰۶۰۷.۴۳	۱۵۵۸۱۴.۹	*

* مدل فاقد جواب بهینه است

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، ارزش اقتصادی آب آبی (مجموع آب‌های سطحی و زیرزمینی) در استان‌های دارای کمبود آبی شدید (ایلام و بوشهر) و کمبود آبی (آذربایجان غربی) به نسبت بالاتر از استان‌های دارای وضعیت تنش آبی (اصفهان) و قابل‌تحمل (سمنان) است.

به‌علاوه، بر اساس هدف حداکثرسازی آب آبی، استان‌های مختلف با مازاد منابع آب آبی مواجه خواهند بود. بر طبق این جدول میزان مازاد منابع آب آبی حاصل از الگوی کشت بهینه، در استان‌های سمنان، اصفهان، آذربایجان غربی، ایلام و بوشهر با هدف حداکثر شدن بهره‌وری آب کشاورزی به ترتیب حدود ۶۹۴، ۴۹۰۵۵، ۹۱۸۴۰، ۱۳۰ و ۱۵۵۸۱۴ مترمکعب آب است. به عبارت دیگر، سیاست

تعیین الگوی کشت بهینه تحت هدف حداکثرسازی سود می‌تواند منجر به حفظ بخشی از منابع آب شده و از هدررفت آب جلوگیری کند.

در جدول (۵) میزان بهره‌وری آب هریک از محصولات کشاورزی براساس الگوی کشت فعلی و الگوی کشت بهینه حاصل از حداکثر شدن بهره‌وری آب مقایسه شده است. بهره‌وری آب این محصولات براساس فرض ثابت ماندن سطح زیرکشت محصولات و میزان آب کشاورزی در دسترس کشاورزان محاسبه شده است. ملاحظه می‌شود که در اثر تغییر الگوی کشت محصولات زراعی، بهره‌وری آب عمده محصولات زراعی منتخب نسبت به الگوی کشت فعلی آن‌ها، به میزان قابل‌توجهی افزایش یافته است. این امر به آن معناست که چنان‌چه هدف‌گذاری تولیدات کشاورزی از حداکثرسازی تولید (آن‌چه در حال حاضر در میان کشاورزان مرسوم است) به سمت حداکثرسازی بهره‌وری آب تغییر یابد، قطعاً شاهد مصرف بهینه آب‌های کشاورزی خواهیم بود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۵: مقایسه بهره‌وری آب محصولات زراعی بر اساس الگوی کشت فعلی و الگوی کشت بهینه (کیلوگرم بر مترمکعب)

محصولات	سمنان		اصفهان		آذربایجان غربی		ایلام		بوشهر	
	فعلی	بهینه	فعلی	بهینه	فعلی	بهینه	فعلی	بهینه	فعلی	بهینه
لوبیا	۱/۱	۱۵۹/۱	۰/۴	۷۲/۳	۰/۶	۴۰/۹	۱/۸	۲/۴	۹/۵	۲۴۵۸/۶
نخود	۰/۲	۱۶۲/۱	۱/۵	۴۱/۱	۰/۳	۵۴	۰/۸	۷۲	۴۲/۷	۲۱/۳
عدس	۱/۱	۷۹۲۳/۸	۰/۲	۹۳/۶	۰	۴/۴	۲/۲	۱۴۷/۳	۶/۶	۵/۸
چغندرقند	۳۷/۹	۳۳/۱	۶/۵	۷۰/۵	۲۳۷	۳۸۷/۴	۷۳/۲	۰/۵	–	–
گندم	۴	۶/۱	۰/۸	۳۲/۲	۱/۱	۹/۲	۳/۴	۳/۶	۱۱/۳	۳/۸
شلتوک	۰	۳۹۳۰/۲	۱	۴۷/۹	۴۷/۵	۴۴/۹	۱۴۶/۵	۱۷۶۵/۵	–	–
جو	۳/۷	۸/۵	۰/۸	۱۰/۲	۰/۷	۶/۷	۲/۱	۰/۷	۸/۶	۰
ذرت	۵	۷۹۳/۹	۱/۵	۴۱/۱	۲/۵	۲۴/۴	۷/۷	۶۰/۸	۴۲/۷	۲۱/۳
سیب‌زمینی	۲۸/۷	۳۰/۹	۳/۴	۲۴/۸	۸/۳	۱۱/۸	۲۵/۶	۲۵/۶	۷۵/۷	۸۸۵/۲
پیاز	۳۱/۱	۳۷/۲	۱۰/۹	۵۰/۷	۱۴/۵	۲۵/۵	۴۴/۹	۷/۱	۱۳۳/۳	۷۶/۵
هندوانه	۲۳/۳	۲/۶	۸/۹	۶۲/۵	۹/۸	۷	۳۰/۱	۳۰۲۴/۸	۱۷۱/۸	۹/۱
خیار	۱۸/۳	۱/۹	۵/۷	۴۱/۱	۷/۳	۲۱/۶	۲۲/۶	۱۵۹/۵	۱۱۵/۶	۳۶/۵

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۴. نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج حاصل از این پژوهش را در ۲ نکته می‌توان خلاصه نمود؛ (۱) نتایج حاصل از ارزش‌گذاری اقتصادی محتوی آب مجازی محصولات در استان‌های مختلف نشان داد که هرچه استان‌ها وضعیت آبی نامساعدتری داشته باشند، ارزش اقتصادی محتوی آب محصولات آنها بیشتر است. (۲) الگوی کشت بهینه حاصل از حداکثرسازی بهره‌وری آب محصولات مختلف در استان‌های منتخب موجب افزایش بهره‌وری آب نسبت به الگوی کشت فعلی محصولات خواهد شد.

با بهره‌گیری از روش فوق می‌توان ارزش اقتصادی آب هر استان و الگوی کشت بهینه آنها را متناسب با محتوی آب کشاورزی محصولات و بهره‌وری آب این محصولات تعیین نمود. مسأله آب و نحوه توزیع آن در حال حاضر به مسأله‌ای بسیار مهم در سیاست‌های کلان کشور و بخش‌های اقتصادی، به‌خصوص بخش کشاورزی تبدیل شده است. هدف پژوهش حاضر پرداختن به یکی از ابعاد این مسأله کلان بوده است. لذا در راستای نتایج حاصل از پژوهش، پیشنهاداتی برای تصمیم‌گیران و سیاست‌گذاران حوزه‌های مربوطه ارائه می‌شود.

۱) با توجه به روند نوسانی رو به کاهش منابع آب، سیاست تولید محصولات کشاورزی در راستای حفظ و ذخیره منابع آبی بایستی در جهت اولویت دادن به کشت محصولاتی باشد که ضمن افزایش بهره‌وری آب، همسو با محتوی آب مجازی محصولات کشاورزی باشد. همچنین، از آن‌جا که بیش از نیمی از منابع آبی کشور در بخش کشاورزی صرف می‌شود، به‌منظور جلوگیری از هدررفت منابع آبی توصیه می‌شود به جای سیاست‌گذاری سلیقه‌ای محصولات کشاورزی به تولید چنین محصولاتی متمرکز شده و در آن‌ها به خودکفایی برسیم.

۲) با توجه به نتایج پژوهش ارزش اقتصادی محتوی آب محصولات کشاورزی در استان‌های مختلف متفاوت است. بنابراین بجاست که دولت بابت توزیع آب به بخش کشاورزی استان‌های مختلف، قیمت‌های متفاوتی دریافت کند. این در حالی است که به گفته مسؤولین مربوطه تاکنون کشاورزان بابت برداشت از منابع زیرزمینی هیچ پرداختی نداشته‌اند و میزان پرداخت آن‌ها به آب‌های سطحی نیز، تنها ۱ تا ۳ درصد از قیمت محصول بوده است.

۳) بنا به ارزش‌های اقتصادی متفاوت برای محتوی آب محصولات کشاورزی، قیمت تمام‌شده محصولات کشاورزی در استان‌هایی که از وضعیت متفاوت آبی برخوردارند، متفاوت خواهد بود. لذا به نظر می‌رسد می‌بایست در تعیین قیمت تمام‌شده و تضمینی محصولات کشاورزی، به نسبت ارزش محتوی آب مجازی نهفته در آن‌ها اصلاحاتی ایجاد شود.

منابع

احمدپور، محمود و صبوحی‌صابونی، محمود (۱۳۸۷). «قیمت‌گذاری آب در بخش کشاورزی با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی بازه‌ای: مطالعه موردی منطقه دشستان»، *اقتصاد کشاورزی*، ۳(۳)، ۱۴۱-۱۲۱.

آذر، عادل و فرجی، حجت (۱۳۸۹)؛ علم مدیریت فازی، مرکز مطالعات مدیریت و بهره‌وری (وابسته به دانشگاه تربیت مدرس)، چاپ چهارم.

اطلاعات سیستم هزینه تولید براساس سال زراعی و محصول به تفکیک نام استان (۹۰-۱۳۸۵)، سیستم هزینه تولید، وزرات جهاد کشاورزی.

آمارنامه کشاورزی (۱۳۹۲)؛ جلد اول: محصولات زراعی: سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱، وزارت جهاد کشاورزی.

آمارنامه کشاورزی (۱۳۹۱)؛ جلد اول: محصولات زراعی: سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰، وزارت جهاد کشاورزی.

آمارنامه کشاورزی (۱۳۹۰)؛ جلد اول: محصولات زراعی: سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹، وزارت جهاد کشاورزی.

آمارنامه کشاورزی (۱۳۸۹)؛ جلد اول: محصولات زراعی: سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸، وزارت جهاد کشاورزی.

آمارنامه کشاورزی (۱۳۸۸)؛ جلد اول: محصولات زراعی: سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷، وزارت جهاد کشاورزی.

آمارنامه کشاورزی (۱۳۸۷)؛ جلد اول: محصولات زراعی: سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶، وزارت جهاد کشاورزی.

آمارنامه کشاورزی (۱۳۸۶)؛ جلد اول: محصولات زراعی: سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵، وزارت جهاد کشاورزی.

باقری، علی (۱۳۹۴). «آشنایی با اصول هیدرولوژی در بستر مدیریت یکپارچه منابع آب»، کارگاه آموزش حقوق آب، دانشگاه تربیت مدرس.

ترکمانی، جواد؛ سلطانی، غلامرضا و اسدی، هرمز (۱۳۷۶). «تعیین آب‌بها و بررسی ارزش بازده نهایی آب کشاورزی»، *آب و توسعه (فصلنامه امور آب وزارت نیرو)*، شماره ۱۷، ۱۳-۵.

چیذری، امیرحسین و میرزایی، احمد (۱۳۷۸). «روش قیمت‌گذاری و تقاضای آب کشاورزی باغ‌های پسته شهرستان رفسنجان»، *فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه*، شماره ۲۶، ۱۱۳-۹۹.

حیاتی، باب‌اله؛ شهبازی، حبیب؛ کاووسی کلاشمی، محمد و خداوردی‌زاده، محمد (۱۳۸۸). «برآورد قیمت واقعی آب در تولید گندم و جو: رهیافت تابع تولید (مطالعه موردی استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی)». *مجله دانش کشاورزی پایدار*، ۱۹/۱(۱)، ۱۵۵-۱۴۳.

دشتی، قادر؛ امینیان، فرید؛ حسین‌زاد، جواد و حیاتی، باب‌اله (۱۳۸۹). «برآورد ارزش اقتصادی آب در تولید محصول گندم (مطالعه موردی: منابع زیرزمینی شهرستان دامغان)». *مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار*، ۲(۱)، ۱۳۱-۱۲۱.

دهقانیان، سیاوش و ناصر شاهنوشی (۱۳۷۳). «برآورد تابع تقاضای تجویزی آب و تعیین الگوی کشت براساس قیمت سایه‌ای آب: مطالعه موردی در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد»، *مجله علوم و صنایع کشاورزی*، ۸(۲)، ۱۰۹-۹۷.

سالنامه آماری آب کشور ۸۸- ۱۳۸۷»، وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا.

سیدان، هادی (۱۳۸۰). «صادرات آب یا آبرسانی به مناطق خشک»، *نشریه خراسان*، ۱۳۸۰/۳/۱۰، ۲.

شاهدی، مهری و طالبی حسین‌آباد، فاطمه (۱۳۹۲). «ارائه چند شاخص کاربردی به‌منظور بررسی تعادل منابع آب و پایداری توسعه، مطالعه موردی: حوزه آبریز قره‌قوم»، *نشریه آب و توسعه پایدار*، ۱(۱)، ۷۹-۷۳.

کرامت‌زاده، علی؛ چیذری، امیرحسین و شرزه‌ای، غلامعلی (۱۳۹۰). «نقش بازار آب در تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP): مطالعه موردی اراضی پایین‌دست سدشیرین دره بجنورد»، *مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، دوره ۲- ۴۲(۱)، ۴۴-۲۹.

کرامت‌زاده، علی؛ چیذری امیرحسین و میرزایی، احمد (۱۳۸۵). «تعیین ارزش اقتصادی آب با استفاده از الگوی کشت بهینه تلفیق زراعت و باغداری: مطالعه موردی سد بارز و شیروان»، *مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه*، سال چهاردهم، شماره ۵۴، ۶۰-۳۵.

عبدالمنافی، نرجس‌السادات و مظاهری، مهدی (۱۳۹۵). «با نمایندگان مردم در مجلس دهم ۱۵. نگاهی بر وضعیت کلی بخش آب»، معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، شماره مسلسل ۱۴۸۴۶.

قاسمی، عبدالرسول، پیکانی، غلامرضا (۱۳۸۲). «تعیین الگوی قیمت‌گذاری کارا برای محصولات استراتژیک زراعی»، *فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی*، شماره ۲۷، ۱۳۸-۱۰۹.

«قیمت‌گذاری آب آبیاری؛ بررسی ادبیات موضوع»، ترجمه سید شمس‌الدین حسینی و بلود کریمی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۶۴

محمدخانی، محمدرضا (۱۳۹۴). «حساب ردپای آب در برخی محصولات منتخب: ردپای آب سبز، آبی و خاکستری در تولید و مصرف»، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی، شماره مسلسل: ۱۴۷۵۷.

Allan, J. A. (2003). "Virtual water-the water, food, and trade nexus useful concept or misleading metaphor?" *Water International*, 28, 106- 113.

Allan, J. A. (1993). "Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible, In: ODA, priorities for water resources allocation and management", *ODA*, London, 13-26.

Brown, T. (2014). "Supply- side methods. In primer on non-market valuation", 2nd edition, eds. Champ, P., K Boyle and T. Brown. Kluwer Academic Publisher, Norwell, MA.

Brown, A. and Matlock, M. (2011). "A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies", University of Arkansas, The Sustainability Consortium.

Buysse, J.; Van Huylenbroeck, G. and Lauwers, L. (2007). "Normative, positive and econometric mathematical programming as tools for incorporation of multi-functionality in agricultural policy modelling". *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120, 70-81.

Chebil, A.; Frija, A. and Thabet, C. (2010). "Irrigation water pricing between governmental policies and farmers' perception: Implications for green-houses horticultural production in Teboulba (Tunisia)", *Agricultural Economics Review*, 11(2), 44-54.

Dono, G.; Giraldo, L. and Severini, S. (2010). "Pricing of irrigation water under alternative charging methods: Possible shortcomings of a volumetric approach", Agricultural Water Management, 97(11), 1795-1805

Esmaeili, A., and Shahsavari, Z. (2011). "Valuation of Irrigation Water in South-Western Iran Using a Hedonic Pricing Model". *Applied Water Science*, 1, 119-124.

Fragoso, R. and Marques, C. (2013). "The Economic Impact of Alternative Water Pricing Policies in Alentejo Region", CEFAGE-UE Working Paper.

Galioto, F.; Raggi, M. R. and Viaggi, D. (2013). "Pricing policies in managing water resources in agriculture: An application of contract theory to unmetered water". *Water*, 5, 1502- 1516.

Hansen, K.; Howitt, R. and Wiliams, J. (2012). "An econometric test of water market structure in the Western United State paper presents at the Allied Social Science Association Annual Meeting", Chicago, II.

Heckelei, T. and Britz, W. (2005). "Models based on positive mathematical programming: state of art and further extensions. In: Arfini, F. (ed.) Modelling Agricultural Policies: State of Art, New Challenges". *Monte Universita Parma, Parma*, 48-74.

Howitt, R. (1995). "Positive Mathematical Programming", *American Journal of Agricultural Economics*, 77(2), 329-342.

Hussain, R. Z. and Young, R. A. (1985). "Estimates of Economic value productivity of irrigation water in Pakistan from a farm surveys", *Water Resources Bulletin*, 26 (6), 1021-1027.

Johansson, R. C. (2008). "Pricing Irrigation Water: An Literature Survey", the World Bank Washington, D.C. http://www.dpe.agri-jahad.ir/statistics.

Kakhki, M. D.; Shahnoushi, N. and Khajehroshanaee, N. (2010). "Valuation of Water and its Sensitive Analysis in Agricultural Sector: A Hedonic Pricing Approach", *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 5 (1), 20-24.

Kunimitsu, Y. (2006). "Pricing for irrigation water on Japanese paddy-fields: applicability of stochastic choice model. In K. Aravossis et al. (Ed.)," *Environmental Economics and Investment Assessment, Ecology and the Environment*, 98, 285-293. WIT press. 368 pp.

Mekonnen, M. M. and Hoekstra, A. Y. (2010). "The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products (vol. 1: main report)", Value of Water Research Report Series No. 47, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Mekonnen, M. M. and Hoekstra, A. Y. (2011). "The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products (Vol. 1: main report)", Value of Water Research Report Series No. 50, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Mekonnen, M. M. and Hoekstra, A. Y. (2010). "The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products (Vol. 2: appendixes)", Value of Water Research Report Series No. 47, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Mills, G. (1984). "Optimization in Economic Analysis". George Allen & Unwin Ltd, London.

Moore, M. R. (1999). "Estimating Irrigators' Ability-to-Pay for Reclamation Water," *Land Economics*, 75(4), 562-578.

Mukherjee, M. and Schwabe, K. (2012). "Valuing access to multiple water supply sources in irrigated agricultural with a hedonic pricing with Hedonic pricing model". Paper presented at the 2012 agricultural and applied economics association annual meeting, Seattle, WA.

Nickum, J. E. and O. Chisa, (2010). "Agricultural Water Pricing in Japan and Korea". Sustainable Management of Water Resources in Agriculture. www.oecd.org/water.

Petrie, R. A. and Taylor, L. O. (2007). "Estimating the value of water use permits: A hedonic approach applied to farmland in the southeastern United States". *Land Economics*, 83(3), 302-318.

Sahibzada, Sh. A. (2002). "Pricing Irrigation Water in Pakistan: An Evaluation of Available Options", *The Pakistan Development Review*, 41(3), 209-241.

Shahnoushi, N.; Saghaian, S., Reed, M. and Hayatghelbi, F. (2013). "Value of Water in an Arid Area of Central Iran", *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 3 (9), 407-2013.

Wichelns, D. (2010). "Agricultural Water Pricing: United States", Sustainable Management of Water Resources in Agriculture, www.oecd.org/water.

Yong, R. A. and Loomis, J. B. (2014). "Determining economic value of water: concepts and methods". RFF press. 2nd edition.

Yong, R. A. and Loomis, J. B. (1983). "Economic and Environmental Principles for Water and Related Land Resources Implementation Studies", the U.S water Resources Council's.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی