

بررسی آثار اقتصادی و رفاهی بازار آب: رویکرد مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت^۱

فاطمه اسمعیل‌نیا بالاگتایی*، احمد سرلک**، هادی غفاری⁺

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۲۷

چکیده

هدف این مقاله شناخت اثرات اقتصادی و رفاهی تشکیل بازار آب در منطقه ورامین است. تغییرات سطح زیرکشت محصولات آبی، سود ناخالص در دو حالت (وجود بازار آب و عدم وجود بازار آب) طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۵ با استفاده از نرم‌افزار گمز و به روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت محاسبه و مقایسه گردید. نتایج نشان می‌دهد برقراری بازار آب، تاثیر مثبت و افزایشی بر مجموع سود ناخالص کشاورزان منطقه خواهد داشت. همچنین، کشت محصولات نظیر گندم، برنج، جو، خیار و ماشک، گوجه و سیر از سودآوری بیشتری برخوردار بوده و می‌توان سطح زیرکشت بیشتری را به خود اختصاص دهند. بر اساس نتایج، پیشنهاد می‌شود دولت با سرمایه‌گذاری و ارائه تسهیقات مالی زمینه مشارکت بخش خصوصی را فراهم کند.

طبقه‌بندی JEL: Q13, Q24, Q25

واژگان کلیدی: بازار آب، برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، منطقه ورامین.

^۱ مقاله مستخرج از رساله دکتری فاطمه اسمعیل‌نیا بالاگتایی به راهنمایی دکتر احمد سرلک در دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک و از اولویت‌های پژوهشی شرکت آب منطقه‌ای تهران می‌باشد که با حمایت‌های مالی و معنوی آن سازمان انجام شده است.
* دانشجوی دکتری اقتصاد، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران، پست الکترونیکی:

ftmhesmaelnia@gmail.com

** گروه اقتصاد، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران (نویسنده مسئول)، پست الکترونیکی:

a-sarlak@iau-arak.ac.ir

ghafari@pnu.ac.ir

⁺ دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، پست الکترونیکی:

۱. مقدمه

صرف‌نظر از اهمیت آب به عنوان مایه حیات و اولین نیاز زندگی انسان، مهم‌ترین نعمت الهی، تامین‌کننده معیشت انسان‌ها و... آب یک کالای اقتصادی محسوب می‌شود و یکی از مهم‌ترین ویژگی هر کالای اقتصادی، قابلیت مبادله و خرید و فروش آن در بازار است. توسعه بخش‌های کشاورزی، صنعت، ساختمان و خدمات به سهم خود تقاضا برای آب را افزایش می‌دهند. اگر این افزایش در حجم تقاضا به شکل صحیحی مدیریت نشود، ممکن است بخش آب با افزایش تقاضای اضافی مواجه و به ناچار با تعارضات و مشکلات مرتبط با تخصیص آب به شکل گسترده‌تری روبه‌رو شود. از دیگر مشکلات موجود در بخش آب می‌توان به پایین بودن بهره‌وری تولید، انتقال و توزیع آب شرب در کشور اشاره کرد. لذا بازار آب به عنوان یکی از راهکارهای تخصیص بهینه منابع آب مورد توجه این پژوهش قرار گرفته است. تخصیص مبتنی بر بازار، کارایی اقتصادی را هم از نظر فردی و هم از نظر اجتماعی در نظر می‌گیرد و عرضه آب را برای مصارفی که ارزش اقتصادی آب در آن بالاست، بدون نیاز به توسعه منابع جدید، تأمین و تضمین می‌نماید. کمیابی آب می‌تواند از طریق مدیریت منابع آب، به کمک انتخاب نسبی محصولات و الگوی کشت کشاورزان کاهش یابد (آل و شاه^۱، ۲۰۰۱). با تشکیل بازار آب، مدیریت تقاضا، تخصیص بهینه، پایداری منابع و تسریع در برنامه‌های خصوصی‌سازی و مشارکت مردمی در صنعت آب قوت می‌یابد.

دشت ورامین در حوزه مرکزی ایران قرار دارد و با ۸۰ هزار هکتار اراضی قابل کشت مقدار تخلیه سالانه آب زیرزمینی آن برابر با ۴۱۴ میلیون متر مکعب است. مقدار افت ارتفاع سالانه آب زیرزمینی به طور متوسط ۱/۴ متر بوده و در چند سال اخیر بیش از ۲ متر کاهش یافته است (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۰). در سال ۱۳۹۴ نیاز آبی ناخالص الگوی کشت وضع موجود در منطقه ورامین حدود ۷۰۰ میلیون مترمکعب و مصارف واقعی آب کشاورزی حدود ۶۳۰ میلیون مترمکعب (۹۰ درصد تامین نیاز) بوده که ۲۰۰ میلیون مترمکعب آن از طریق رودخانه جاجرود و سد لتیان و ۴۳۰ میلیون مترمکعب آن از طریق آب‌های سطحی و پساب تامین شده است (شرکت آب منطقه‌ای تهران، ۱۳۹۴).

^۱ Al-Weshah

تشکیل بازار آب و تنظیم عرضه و تقاضا به مدیریت موثر منابع آب در منطقه کمک خواهد کرد و با توجه به تجربیات تشکیل آن در مناطق مختلفی از جهان نظیر حوزه ماری دارلینگ در استرالیا و تگزاس در آمریکا، حوزه‌های مختلفی در اسپانیا و فرانسه انتظار کاهش مصرف بی‌رویه آب، افزایش راندمان تولید در بخش کشاورزی و کاهش هزینه‌های استحصال آب در این بخش مورد انتظار است. در این دشت، در حال حاضر، بازارهای کوچک آب و تبادلات محلی یا محلی-دولتی به صورت سنتی وجود دارد و همین امر یکی از دلایل انتخاب دشت ورامین بوده است. بر این اساس فرضیه‌های این تحقیق عبارتند از: تشکیل بازار آب دشت ورامین باعث افزایش سود ناخالص کشاورزان منطقه شده است؛ تشکیل بازار آب دشت ورامین باعث افزایش بهره‌وری در تولید محصولات و کاهش هزینه‌های استحصال آب شده است.

از مهم‌ترین وجه تمایز مطالعه حاضر با سایر مطالعات انجام شده، می‌توان به معرفی بازار آب براساس مبانی نظری و پیشینه تحقیق، شناسایی متغیرهای اثرگذار نظیر سطح زیر کشت، حقایق کشاورزان، میزان تولیدات، سود ناخالص طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۵ در منطقه ورامین اشاره نمود. همچنین به منظور تعیین روابط علی معلولی بین آن‌ها به کمک نرم افزار محاسبات ریاضی GAMS با استفاده از مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به تعیین حداکثر سود تولیدی پرداخته شد. سپس، نتیجه ایجاد چنین بازاری به لحاظ رفاهی در سطح منطقه ورامین برای نخستین بار مشخص گردید. همچنین، نوآوری مطرح شده به لحاظ کاربردی نیاز مبرم منطقه جهت بررسی امکان‌سنجی ایجاد این بازار است.

مقاله حاضر در پنج بخش سازمان‌دهی شده است. در ادامه، ادبیات موضوع و مطالعات تجربی مورد بررسی قرار می‌گیرد. بخش سوم به معرفی روش پژوهش اختصاص دارد. در بخش چهارم برآورد و تجزیه و تحلیل مدل ارائه می‌گردد. نتیجه‌گیری و پیشنهادها بخش پایانی مقاله را تشکیل می‌دهد.

۲. ادبیات موضوع و مطالعات تجربی

بر اساس نظریه اقتصادی، کاراترین ساز و کار تخصیص منابع، در یک بازار رقابت کامل اتفاق می‌افتد که در آن علائم قیمتی به مثابه دست نامرئی، بنگاه‌ها و اشخاص حداکثرکننده سود و مطلوبیت را به خرید، فروش و تعقیب فعالیت‌هایی که در آن مزیت نسبی دارند، تشویق می‌کند

(لیانگ^۱، ۲۰۱۳). فرض می‌شود که آب یک کالای خصوصی و بدون اثرات خارجی بوده و حقوق مالکیت آن در واحدهای استاندارد (همگن) قابل مبادله است (نظری، ۱۳۹۵: ۱۰۵). تشکیل بازار آب پیامدهای مثبتی مانند افزایش کارایی مصرف آب، افزایش درآمد مشارکت کنندگان در بازار، کاهش ریسک درآمد مشارکت‌کنندگان در بازار، توجیه‌پذیری سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، افزایش مشارکت مردمی به واسطه تشکیل تشکل‌ها و انجمن‌ها و نیز کاهش هزینه‌های دولت دارد.

آداپا، بولار و سوزا^۲ (۲۰۱۶) در مقاله‌ای به بررسی وضعیت منابع آب در استرالیا و منابع آب جایگزین در این کشور پرداخته‌اند. مورا و مورال^۳ (۲۰۱۵) در تحقیقی به بررسی تجربه ایجاد بازار آب در اسپانیا پرداخته‌اند. آن‌ها نشان دادند سیاست‌های بازار آب در اتحادیه اروپا بیشتر به کاربردهای ابزارهای اقتصادی در ارتقای کمی تخصیص و بازدهی اقتصادی در استفاده از منابع کمیاب تاکید دارد. الانصاری، ال‌ابراهیم، السامان و ناتسون^۴ (۲۰۱۴) در تحقیقی بیان کردند مدیریت تقاضای آب، کاهش بیشتر در مصرف آب را تضمین خواهد کرد. علاوه بر این، این امر کمک خواهد کرد دفع آب در طبیعت به حداقل رسیده و منجر به استفاده کارآمد از منابع آب در دسترس گردد.

هوویت، مدلین، مسوان و لوند^۵ (۲۰۱۲) با استفاده از مدل PMP به بررسی نقش بازارهای انتقال آب در کالیفرنیا پرداخته‌اند و در مدل PMP خود از تابع هزینه نمایی و تابع تولید با کشش‌های جانشینی ثابت بهره گرفتند. استفاده از این نوع مدل برای تحلیل سیاست ارزیابی انتقال آب تحت شرایط خشکسالی نشان داد که با تخصیص آب بر اساس مکانیزم بازار زیان‌های درآمدی حاصل از خشکسالی تا ۳۰ درصد کاهش می‌یابد. ایجاز قرشی و رنجان^۶ (۲۰۱۰) در تحقیقی سعی کردند روش‌هایی را مورد بررسی قرار دهند که جوابگوی خواسته‌های مالی کشاورزان نیز باشد. به این منظور با تعیین ارزش خالص سالانه و چندساله طرح کشاورزی در حوضه آبریز مورومبیج، چارچوب تحلیلی کلی را تدوین کردند و سپس

¹ Liang

² Adapa & Bhullar & Souza

³ Mora & Moral

⁴ Al-Ansari & Alibrahim & Alsaman & Knutsson

⁵ Howitt & Medeline & Macewan & Lund

⁶ Ejaz Qurashi & Ranjan

ارزش کلی آب در حوضه را به دست آوردند. مدیلین، هارو و هوویت^۱ (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای در حوضه ریودوژانیرو برزیل علاوه بر بررسی تابع تقاضای آب کشاورزی، به بررسی تفاوت ارزش بنگاه آب و منطقه تحت چهار سناریو: تغییرات فنی، تغییرات شرایط جوی گرم-خشک، تغییرات قیمت محصولات کشاورزی و هزینه‌های آب کشاورزان پرداختند. چاکراورتی، هاچمن، اومستا و زیلبرمن^۲ (۲۰۰۸) در تحقیقی نشان داده‌اند موسسات با قدرت بازار در تولید و استفاده نهایی به طور قابل توجهی رفاه بالاتری نسبت به دخالت انحصار در توزیع و رژیم رقابتی ایجاد می‌نمایند؛ با این حال، اگر هدف سیاستی به حداکثر رساندن اندازه شبکه می‌باشد انحصار در توزیع ترجیح داده می‌شود.

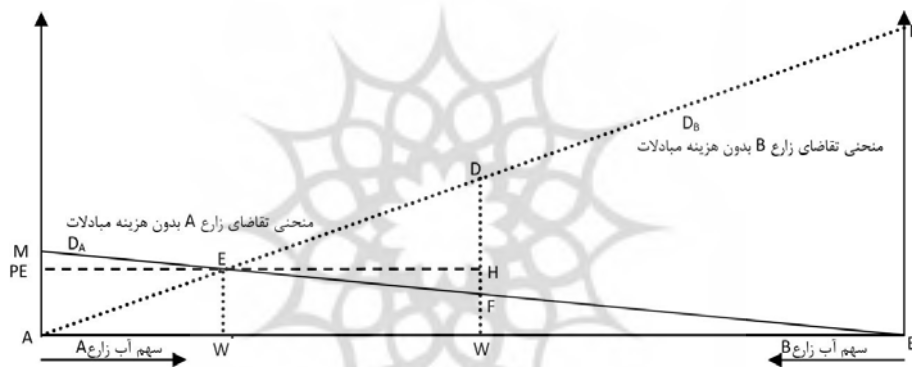
نظری (۱۳۹۵) در مقاله‌ای ضمن تبیین مبانی نظری بازار آب، به تشریح الزامات اجرای آن در عمل و شناسایی مواردی پرداخت که منجر به ناکارایی و شکست بازار آب می‌گردد. بر این اساس، پیشنهادها و راه‌حل‌های سیاست عمومی به منظور اصلاح این ناکارایی‌ها مطابق با تجارب جهانی و داخلی و با تأکید بر شرایط اقتصادی، اجتماعی و حقوقی حاکم بر مدیریت منابع آب کشور ارائه نمود. چیمه، ابراهیمی، هورفر و عراقی نژاد (۱۳۹۳) تحقیقی با عنوان «ارزیابی اقتصادی آب کشاورزی با رویکرد قیمت‌گذاری براساس نوع محصول در دشت قزوین» به عمل آورده‌اند. نتایج نشان داده در میان دیدگاه‌های مختلف وزن‌دهی، روش قیمت‌گذاری براساس نوع محصول در دشت قزوین، دیدگاه محصول^۰ حجم آب مصرفی، مناسب‌ترین روش بهبود کارایی در این منطقه به شمار می‌رود. کرامت‌زاده، چیدری و شرزه‌ای (۱۳۹۰) با بهره‌گیری از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت نقش بازار آب را در تعیین ارزش اقتصادی نهاده آب در اراضی پایین دست سد شیرین دره بجنورد مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان داده است ارزش اقتصادی نهاده آب در سناریوهای مختلف نرمال و خشکسالی معادل ۴۱۶ و ۵۷۱ ریال می‌باشد. خواجه روشنایی، دانشور کاخکی، محتشمی و برزادران (۱۳۸۹) از روش تابع تولید برای تعیین ارزش اقتصادی محصول گندم در شهرستان مشهد استفاده نموده‌اند. در این روش به منظور برآورد ضرایب تابع تولید دو مدل کلاسیک آنتروپی مورد استفاده قرار گرفته است.

¹ Medellín-Azuara & Harou & Howitt

² Chakravorty & Hochman & Umestu & Zilberman

۱-۲. مکانیزم مبادله در بازار کشاورزی

بر اساس یک تعادل جزئی در بخش کشاورزی، اگر فرض کنیم که در یک منطقه مطابق با نمودار (۱) دو (گروه) زارع A و B به ترتیب با AW و BW واحد سهم آب از منابع آبی مختلف در اختیار داشته باشند. در صورتی که امکان مبادله آب بین این دو زارع وجود نداشته باشد، هر یک از دو زارع سهم آب خود را جهت تولید محصولات خود مورد استفاده قرار می‌دهند. در این حالت، ارزش کل تولید زارع A و B به ترتیب معادل مساحت‌های AMFW و BNDW و ارزش تولید نهایی آنها به ترتیب معادل FW و DW می‌باشد.



نمودار ۱. مکانیزم مبادله آب در یک بازار آب در حالت عدم وجود هزینه مبادلات

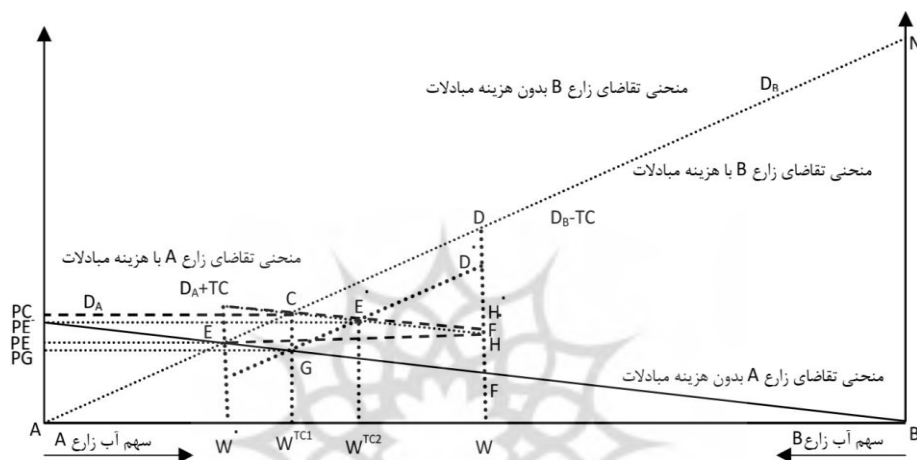
منبع: پاجول، راگی و ویاگی (۲۰۰۶).

با فرض تشکیل بازار و امکان مبادله آب بین دو زارع بدون هیچ‌گونه هزینه مبادله‌ای وجود داشته باشد. در این حالت با توجه به ارزش تولید نهایی بیشتر آنها، زارع B نسبت به زارع A، زارع B با خرید آب و زارع A با فروش آب می‌توانند سود خود را افزایش دهند. اگر زارع B اقدام به خرید WW^* واحد آب از زارع A نماید، ارزش کل خود را به میزان $WDEW^*$ واحد پولی درآمد کسب نموده و وی برای خرید این میزان آب به اندازه W^*EHW واحد پولی پرداخت نموده و از این مبادله به میزان EHD واحد پولی سود می‌برد. این مبادله برای زارع A نیز سودآور است؛ زیرا در صورت فروش آب به میزان WW^* واحد، به اندازه W^*EHW واحد

پولی درآمد کسب نموده و در اثر خارج کردن این مقدار آب از جریان تولید و یا مصرف (جهت فروش) فقط به اندازه W^*EFW واحد پولی از منفعت کل کاسته می‌شود. با فرض عدم وجود هزینه مبادله هر دو زارع سود برده و سود کل مبادله معادل FDE واحد پولی می‌باشد. با فرض هزینه مبادلات در بازار آب به صورت متغیر به ازای هر واحد حجم مبادله معادل TC واحد باشد، میزان تمایل به فروش فروشنده آب (زارع A) کمتر شود. این مهم بیانگر آن است که میزان تقاضای آب زارع فروشنده آب (زارع A) افزایش یافته و مطابق نمودار (۲) از حالت DA به سمت بالا منتقل شده و به $DA+TC$ می‌رسد. زارع خریدار آب (زارع B) نیز در حالت وجود هزینه مبادلات تمایل کمتری به خرید آب داشته؛ بنابراین منحنی تقاضای زارع B نیز در حالت وجود هزینه مبادلات از حالت D_B به سمت پایین منتقل شده و به $DB-TC$ می‌رسد.

در حالت لحاظ هزینه مبادلات در مکانیزم مبادله بازار آب برای هر دو طرف مبادله، دو زارع A و B با سهم آب قبلی (به ترتیب با AW و BW واحد سهم آب) دارای ارزش تولید نهایی نهاده آب معادل WF و WD می‌باشند که تفاوت در ارزش تولید نهایی نهاده آب زمینه ایجاد مبادله سودآور را برای طرفین فراهم می‌کند. در این حالت، اگر زارع B اقدام به خرید WW^{TC2} واحد آب از زارع A نماید، ضمن هزینه نمودن $WHÉ W^{TC2}$ واحد پولی جهت خرید آب، ارزش تولید کل خود را به $WDÉ W^{TC2}$ میزان واحد پولی افزایش می‌دهد که در نهایت از این مبادله میزان $H \acute{D} \acute{E}$ واحد پولی سود می‌برد. زارع A نیز با فروش آب به میزان WW^{TC2} به $WDÉ W^{TC2}$ واحد درآمد کسب نموده و در اثر خارج کردن این میزان آب از جریان تولید به اندازه $WFÉ W^{TC2}$ واحد پولی از ارزش تولید وی کاسته شده است، زارع A نیز از این مبادله به میزان $F \acute{H} \acute{E}$ واحد سود می‌برد. بنابراین، در نتیجه، تشکیل بازار آب و فراهم شدن امکان مبادله بین دو زارع در حالت لحاظ هزینه مبادلات در مکانیزم مبادله بازار آب نیز هر دو زارع سود برده و سود کل مبادله معادل $F \acute{D} \acute{E}$ واحد پولی می‌باشد. در مکانیزم مبادله بازار آب اولاً میزان مشارکت (حجم مبادلات) در بازار آب و سود کل حاصل از بازار را کاهش خواهد داد و ثانیاً باعث افزایش قیمت تعادلی نهاده آب در بازار می‌گردد. نمودار (۲) نشان می‌دهد که اگر هزینه مبادلات برای یک طرفه مبادله یعنی برای خریدار یا فروشنده به تنهایی لحاظ گردد، سود کل حاصل از بازار به ترتیب معادل $F \acute{D} C$ و $F \acute{D} G$ واحد پولی

خواهد شد که از کل سود حالت عدم وجود هزینه مبادله کمتر و از سود حالت لحاظ هزینه مبادله برای طرفین مبادله بیشتر می‌شود. ولی قیمت نهاده آب در حالت لحاظ هزینه مبادله برای خریدار یا فروشنده به ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد.



نمودار ۲. مکانیزم مبادله آب در یک بازار آب در حالت وجود هزینه مبادلات

منبع: پاچول و همکاران (۲۰۰۶).

۳. روش تحقیق

اطلاعات این تحقیق به روش کتابخانه‌ای و اسنادی و با کمک پایگاه‌های اطلاعاتی وزارت نیرو، سازمان جهاد کشاورزی، اداره امور آب شهرستان ورامین، شرکت آب منطقه‌ای تهران و شبکه‌های کامپیوتری جمع‌آوری گردید. همچنین، این پژوهش با مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت^۱ و نرم افزار GAMS طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰ انجام پذیرفت.

۳-۱. تصریح مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت

روش مرسوم برای شبیه‌سازی تصمیمات تولیدکنندگان این است که الگویی را که محدودیت‌ها، فرصت‌ها و اهداف شرایط موجود را منعکس می‌کند، ایجاد نموده و سپس تحت

^۱ Positive Mathematical Programming Model

فروض ناشی از اجرای سیاست مورد نظر حل گردد. این روش که روش برنامه‌ریزی مثبت (PMP) نامیده می‌شود، توسط هوویت در سال ۱۹۹۵ به طور رسمی معرفی گردید. روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) یک روش تحلیل تجربی است و از تمام اطلاعات شرایط موجود جهت الگوی کالیبره استفاده می‌کند، در وضعیتی که داده‌های سری زمانی اندک باشد؛ به‌ویژه در تحلیل‌های سیاستی، منطقه‌ای و بخشی اهمیت ویژه‌ای دارد (روهام و دابرت^۱، ۲۰۰۳؛ آرفینی، دوناتی و پاریس^۲، ۲۰۰۳). به طور کلی یک مدل برنامه‌ریزی اثباتی در سه مرحله به صورت زیر انجام می‌شود (پاریس و هوویت^۳، ۱۹۹۸؛ هوویت، ۱۹۹۵).

مرحله اول: تبیین یک مدل برنامه‌ریزی خطی معمولی^۴ (LP) با تابع هدف حداکثرسازی سود کشاورزان منطقه و محدودیت‌های کالیبراسیون به همراه محدودیت‌های منابع جهت برآورد قیمت‌های سایه‌ای سطح زیر کشت محصولات:

$$\text{Max } z = \sum_{j=1}^n (P_j Y_{ij} - C_j) X_j \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_j \quad [\lambda] \quad (2)$$

$$X_j \leq \bar{X}_j + \varepsilon \quad (3)$$

که Z ارزش تابع هدف، P_j قیمت محصول Y_j ، Y_j عملکرد محصول Y_j ، C_j هزینه حسابداری تولید هر هکتار محصول Y_j ، X_j سطح زیر کشت محصول Y_j ، a_{ij} قیمت سایه‌ای مربوط به محدودیت‌های منابع و ρ قیمت سایه‌ای مربوط به محدودیت‌های کالیبراسیون می‌باشد.

مرحله دوم: برآورد ضرایب تابع هدف غیرخطی با استفاده از قیمت‌های سایه‌ای مدل (LP) مرحله قبل و اطلاعات الگوی کشت موجود منطقه:

¹ Roham & Dabbert

² Arfini & Donati & Paris

³ Paris & Howitt

⁴ Linear Programming

⁵ Shadow Price

تابع هدف غیرخطی در مرحله دوم از طریق قرارداد یک تابع عملکرد غیرخطی و یا یک تابع هزینه غیرخطی در تابع هدف مدل LP به دست می‌آید. در اغلب مطالعات انجام شده با استفاده از روش PMP یک تابع هزینه متغیر درجه دوم به صورت زیر استفاده شده است.

$$VC(X_j) = a_j X_j + \frac{1}{2} b_j X_j^2 \quad (۴)$$

که a_j پارامتر جزء خطی تابع هزینه محصول Z_j و b_j پارامتر جزء درجه دوم تابع هزینه محصول Z_j می‌باشد. هزینه نهایی متغیر^۱ (MVC) مربوط به تابع هزینه متغیر فوق برای هر محصول به صورت زیر می‌باشد:

$$MVC(X_j) = \frac{dVC(X_j)}{dX_j} = a_j + b_j X_j \quad (۵)$$

مرحله سوم: تبیین یک مدل برنامه‌ریزی درجه دوم^۲ یا مدل غیرخطی از طریق قرارداد ضرایب برآوردی تابع هزینه در تابع هدف مدل LP بدون محدودیت‌های کالیبراسیون:
در این مرحله تابع هدف می‌باشد به صورت زیر اجرا می‌گردد:

$$\text{Max } z = \sum_{j=1}^n \left(P_j Y_j X_j - a_j X_j - \frac{1}{2} b_j X_j^2 \right) \quad (۶)$$

s.t:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_j \quad [\lambda] \quad (۷)$$

$$X_j \leq 0 \quad (۸)$$

۲-۳. ساز و کار بازار آب: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
زمانی که سهم آب زارع مشخص و معین باشد، زارعین در یک بازار آب معاملات نقدی شرکت می‌کنند که دارای تابع هدف به صورت زیر می‌باشند:

$$\text{Max}_w \pi_M(w) = \pi(w) + P_w (A - w) - (B_w * tcb) - (S_w * tcs) \quad (۹)$$

که w مقدار آبی است که در فرآیند تولید مصرف می‌شود، A سهم آب کشاورز، P_w قیمت بازاری آب، $\pi_M(w)$ تابع سود کل تولیدکنندگان، $\pi(w)$ سود حاصل از مصرف مقدار w واحد از آب برای کشاورز (تابع سود مقید)، $P_w (A - w)$ درآمد یا هزینه حاصل از خرید و فروش،

^۱ Marginal Variable Cost

^۲ Quadratic Programming

اگر $w > A$ باشد، درآمد فروش و اگر $w < A$ باشد؛ هزینه خرید محسوب می‌شود، S_w و B_w به ترتیب میزان آب خریداری شده و میزان آب فروخته شده tcb و tcs به ترتیب هزینه مبادلات خرید و فروش آب است (کالاتراوا و گریدو^۱، ۲۰۰۵). همان‌گونه که در روابط فوق ملاحظه می‌شود افزایش سهم آب (A) باعث تغییر میزان مصرف بهینه نشده بلکه میزان آب فروخته شده فروشندگان را افزایش و از طرف دیگر، میزان آب خریداری شده خریداران را کاهش می‌دهد، در نتیجه سود آن‌ها را افزایش می‌دهد (وینبرگ، کلینگ و ویلن^۲، ۱۹۹۳).

تابع سود مقید $\pi(w)$ نیز به صورت زیر می‌باشد:

$$\pi(w) = \{Max_z P \cdot Q(w, z) - \dot{c}z / \forall w\} \quad (10)$$

که z بردار نهاده‌های تولید به‌جز نهاده آب، P قیمت محصول، $Q(w, z)$ تابع تولید، $\dot{c}z$ بردار هزینه‌های نهاده‌های تولید به‌جز آب می‌باشد (کالاتراوا و گریدو، ۲۰۰۵). برای تشکیل تابع سود مقید $\pi(w)$ از تابع تولید آب زمان‌دار (DWPE)^۳ محصولات مختلف که رابطه بین تبخیر^۴ تعریق گیاه و عملکرد متناظر با آن می‌باشد، به‌عنوان تابع تولید استفاده می‌گردد (قهرمان و سپاسخواه^۴، ۲۰۰۴). توابع تولید محصولات با استفاده از روابط زیر و با همکاری مؤسسه تحقیقات خاک و آب وزارت جهاد کشاورزی پس از بررسی فرم‌های مختلف تابعی و انتخاب مناسب‌ترین فرم که تابعی درجه دوم از مصرف آب می‌باشند استخراج شده و برای شرایط اقلیمی منطقه کالیبره گردیده است.

$$\frac{Y_{ai}}{Y_{mi}} = \prod_{s=1}^S \left[1 - ky_{si} \left(1 - \frac{ET_{asi}}{ET_{msi}} \right) \right] = \prod_{s=1}^S \left[1 - ky_{si} \left(1 - \frac{W_{asi}}{W_{msi}} \right) \right] \quad (11)$$

$$\frac{Y_{ai}}{Y_{mi}} = 1 - \prod_{s=1}^S \left[ky_{si} \left(1 - \frac{ET_{asi}}{ET_{msi}} \right) \right] = 1 - \prod_{s=1}^S \left[ky_{si} \left(1 - \frac{W_{asi}}{W_{msi}} \right) \right] \quad (12)$$

که در این روابط Y_{ai} عملکرد واقعی گیاه ام؛ Y_{mi} عملکرد حداکثر گیاه ام؛ ky_{si} ضریب حساسیت عملکرد گیاه ام در مرحله S ام رشد گیاه؛ ET_{msi} تبخیر^۴ تعرق واقعی گیاه ام در مرحله S ام رشد گیاه؛ W_{asi} نیاز آبی واقعی گیاه ام در مرحله S ام رشد گیاه جهت حصول

¹ Calatrava and Garrido

² Weinberg & Kling & Wilen

³ Dated water production function

⁴ Ghahraman & Sepaskhah

عملکرد واقعی گیاه W در مرحله S رشد گیاه برای تأمین تبخیر^۰ تعرق واقعی و W_{msi} نیاز آبی حداکثر گیاه W در مرحله S رشد گیاه جهت حصول عملکرد حداکثر گیاه و همچنین عمق آب کاربردی حداکثر گیاه W در مرحله S رشد گیاه برای تأمین تبخیر^۰ تعرق حداکثر می‌باشد. در روابط فوق، تبخیر و تعرق نسبی $(\frac{ET_a}{ET_m})$ به وسیله آب کاربردی به نیاز آبی پتانسیل $(\frac{W_a}{W_m})$ جایگزین شده است و در پایان تابع عملکرد محصولات مختلف به صورت فرم کلی درجه دوم زیر استخراج گردیده است:

$$Y_{ai} = f(W_{asi}) = a_0 + a_1W + a_2W^2 \quad (13)$$

یک تولیدکننده ریسک‌گزیر باید مطلوبیت انتظاری خود را که مواجه با یک قیمت آب و عرضه آب نامطمئن به صورت زیر می‌باشد حداکثر نماید. یعنی این‌که:

$$\text{Max}_w E[U(\pi(w; A, P_w))] = E[U(\pi(w) - P_w(W - A))] \quad (14)$$

که $U(0)$ تولید مطلوبیت کشاورز، P_w قیمت آب، A سهم آب و $\pi(w)$ تابع سود مقید که بستگی به میزان مصرف آب در فرایند تولید دارد. با مشتق‌گیری از تابع مطلوبیت و شرایط مرتبه اول (F.O.C) داریم:

$$\dot{\pi}(w) > E(P_w) \quad \text{for } w > A \quad \text{اگر خریدار آب} \quad (15)$$

$$\dot{\pi}(w) < E(P_w) \quad \text{for } w < A \quad \text{اگر فروشنده آب} \quad (16)$$

در شرایط عدم اطمینان قیمت آب، خریداران آب $w > A$ مقدار آب کمتری $\dot{\pi}(w) > E(P_w)$ نسبت به شرایط اطمینان قیمت آب $\dot{\pi}(w) = E_M$ مصرف می‌نمایند، فروشنده آب نیز در شرایط عدم اطمینان مقدار آب کمتری نسبت به شرایط اطمینان کامل خواهد فروخت (کالاتراوا و گریدو، ۲۰۰۵).

۴. برآورد مدل و تجزیه و تحلیل آن

پژوهش حاضر با استفاده از روش کالیبراسیون که در سه مرحله انجام می‌شود به برآورد ضرایب تابع هزینه غیرخطی در تابع هدف زیر پرداخته شده است.

(۱۷)

$$\text{Max } \pi = \sum_r \sum_c [A_{cr} (P_{cr} Y_{cr} (WU_{cr}) + SI_{cr} - PW_{r0} WU_{r0} - TC_{cr} - VC_{cr}(A_{cr})]$$

که A_{cr} سطح زیر کشت محصول c در منطقه r بر حسب هکتار، P_{cr} قیمت محصول c در منطقه r بر حسب ریال به‌ازای هر کیلوگرم، Y_{cr} عملکرد محصول c در منطقه r بر حسب کیلوگرم در هر هکتار که تابعی است از میزان آب مصرف، WU_{cr} محصول c در منطقه r بر حسب مترمکعب در هکتار، SI_{cr} قیمت محصول c در منطقه r بر حسب ریال در هر هکتار، PW_{r0} هزینه تأمین آب در منطقه r از منبع o بر حسب ریال به‌ازای هر مترمکعب، WU_{r0} آب مصرفی منطقه r از منبع o بر حسب متر مکعب در هکتار و TC_{cr} کل هزینه متغیر تولید محصول c در منطقه r بر حسب ریال در هر هکتار می‌باشد. VC_{cr} هزینه غیرخطی متغیر محصول c در منطقه r است که تابعی از سطح زیر کشت می‌باشد.

$$VC_{cr}(A_{cr}) = \beta_{cr} A_{cr} + \frac{1}{2} \beta_{cr} A_{cr}^2 + \frac{1}{2} \beta_{cgr} A_{cgr}^2 \quad (۱۸)$$

که β_{cr} پارامترهای جزء خطی تابع هزینه محصول c در منطقه r ، β_{cgr} پارامترهای جزء درجه دوم تابع هزینه محصول c در منطقه r و β_{cgr} پارامترهای جزء درجه دوم تابع هزینه محصول c از محصول هم گروه و مشابه g در منطقه r می‌باشد.

پارامترهای تابع هزینه غیرخطی متغیر فوق بر اساس سه مرحله بیان شده و تبیین یک مدل LP با تابع هدف رابطه (۱۷) و محدودیت‌های مختلف نهاده‌ها و محدودیت‌های کالیبراسیون زیر برآورد می‌گردد. محدودیت‌های کالیبراسیون به‌صورت زیر می‌باشند:

$$A_{cr} \leq CA_{cr}(1 + \varepsilon_1) \quad [\gamma_{cr}] \quad (۱۹)$$

$$\sum_c A_{cr} \leq \sum_c CA_{cgr}(1 + \varepsilon_2) \quad [\rho_{gr}] \quad (۲۰)$$

که CA_{cr} سطح زیر کشت محصول c در منطقه r ، CA_{cgr} سطح زیر کشت فعلی محصول c در منطقه r ، A_{cgr} سطح زیر کشت محصول c از گروه محصولات مشابه g در منطقه r ، CA_{cgr} سطح زیر کشت فعلی می‌باشد.

جدول (۱) مجموع سطح اراضی زیر کشت در سال پایه و با وجود بازار آب و بدون وجود بازار آب را نشان می‌دهد. با توجه به جدول (۱) در مناطق قشلاق شمس‌آباد و ماملو وجود بازار

۱۳۲ فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی (سال دوازدهم، شماره ۲ «پیاپی ۴۲» تابستان ۱۳۹۷)

آب شاهد میزان سطح زیر کشت اضافه شده خواهیم بود. ولی منطقه اول یعنی باقر آباد با توجه به جواب‌های نرم‌افزار در می‌یابیم که وجود بازار آب در افزایش سطح زیر کشت تاثیری ندارد.

جدول ۱. سطح اراضی زیر کشت در سال پایه و با وجود بازار آب و بدون وجود بازار آب (هکتار)

مناطق مورد مطالعه	مجموع اراضی در سال پایه ۱۳۹۰	سطح اراضی در نبود بازار آب	سطح اراضی با وجود بازار آب	میزان اراضی اضافه شده	درصد تغییرات اراضی آبی
باقرآباد	۱۷۸۹۰	۱۶۵۴۲	۱۶۳۵۴	-۱۸۸	-۱/۱
قشلاق شمس‌آباد	۲۵۴۶۵	۲۳۵۶۴	۲۴۱۵۲	۵۸۸	۲/۳
ماملو	۳۵۶۵۲	۳۵۲۱۴	۳۶۰۰۱	۷۸۷	۲/۲

منبع: یافته‌های تحقیق

در جدول (۲)، ۱۰ محصول آبی داریم که با توجه به جواب‌های به‌دست آمده محصولات برنج، گندم، جو، خیار و ماشک، گوجه و سیر با وجود بازار آب سطح اراضی بیشتری را می‌توانند در بر بگیرند. اما با توجه به آمار فوق محصولاتمانند لوبیا، یونجه، سیب زمینی و صیفی‌جات بدون بازار آب وضعیت بهتری نسبت به وضعیت با بازار آب داشته و به ترتیب ۱/۳ و ۰/۹ و ۲/۲ و ۳/۴ بیش‌تر از با وجود بازار آب تغییرات اراضی آبی داشته‌اند.

جدول ۲. مجموع اراضی در سال پایه ۱۳۹۰ به تفکیک محصولات (هکتار)

محصولات آبی	مجموع اراضی در سال پایه	سطح اراضی در نبود بازار آب	سطح اراضی با وجود بازار آب	میزان اراضی اضافه شده	درصد تغییرات اراضی آبی
برنج	۵۵۱۲۴	۵۰۲۱۴	۵۲۸۴۵	۲۶۳۱	۴/۸
گندم	۳۵۶۵۸	۲۹۵۶۳	۳۱۲۵۶	۴۵۱	۱/۲
جو	۱۲۳۵۱	۱۲۲۳۵	۱۳۲۵۶	۱۰۲۱	۸/۲
لوبیا	۶۵۴۷	۶۴۱۲	۶۳۲۵	-۸۷	-۱/۳
یونجه	۱۸۳۵۱	۱۷۸۵۶	۱۷۶۸۹	-۱۶۷	-۰/۹
خیار و ماشک	۲۵۶۴۳	۲۵۴۸۶	۲۶۳۲۴	۸۳۸	۳/۲

محصولات آبی	مجموع اراضی در سال پایه	سطح اراضی در نبود بازار آب	سطح اراضی با وجود بازار آب	میزان اراضی اضافه شده	درصد تغییرات اراضی آبی
گوچه	۳۷۴۵۶	۳۷۵۶۸	۳۸۷۹۵	۱۲۲۷	۳/۲
سیب زمینی	۲۳۶۴	۲۳۰۰	۲۲۴۶	-۵۴	-۲/۲
صیفی جات	۴۶۳۲	۴۶۶۰	۴۴۹۸	-۱۶۲	-۳/۴
سیر	۳۲۶۴۲	۳۲۶۵۷	۳۳۶۵۹	۱۰۰۲	۳

منبع: یافته‌های تحقیق

در جدول (۳) با توجه به جواب‌های تابع هدف نتیجه می‌گیریم وجود بازار آب بر سود ناخالص در منطقه باقر آباد به مقدار $۵۸۰۵/۵۷۸$ واحد تاثیر مثبت دارد. برای منطقه قشلاق شمس آباد وجود بازار آب به اندازه $۱۰۸۴۰/۷۵۰$ واحد بر سود ناخالص تاثیر مثبت دارد که بیشترین تاثیر را هم در بین مناطق موجود دارد. به عبارت دیگر، سود ناخالص با وجود بازار آب بر منطقه سوم تاثیر فاحشی نسبت به باقی مناطق می‌گذارد. در منطقه ماملو وجود بازار آب با مقدار $۸۴۵۴/۴۱۳$ واحد بر سود ناخالص تاثیر مثبت دارد.

جدول ۳. مقایسه سود ناخالص در سال پایه به تفکیک مناطق (هکتار)

مناطق مورد مطالعه	سود ناخالص در سال پایه	سود ناخالص در نبود بازار آب	سود ناخالص با وجود بازار آب
باقر آباد	۵۸۲۹/۴۴۲	۵۷۱۰/۱۲۵	۵۸۰۵/۵۷۸
قشلاق شمس آباد	۱۱۰۷۹/۳۸۴	۱۰۶۴۹/۸۴۳	۱۰۸۴۰/۷۵۰
ماملو	۸۶۹۳/۰۴۶	۸۲۱۵/۷۷۹	۸۴۵۴/۴۱۳

منبع: یافته‌های تحقیق

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مطالعه حاضر به منظور بررسی اثرات رفاهی اقتصادی در دشت ورامین، از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) و توابع تولید منطقه‌ای محصولات کشاورزی و داده‌های مقطعی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۵ استفاده شد. نتایج مدل PMP ارائه شده با توجه به قابلیت بالای آن در تحلیل سیاست‌های کشاورزی، با گنجاندن توابع تولید منطقه‌ای و تابع هزینه غیرخطی نشان داد که با

تشکیل بازار آب در کشور ما بهره‌وری از آب خصوصا در بخش کشاورزی بسیار پایین بوده و با توجه به شرایط بسیار بحرانی کمبود آب، لازم است تمهیدات لازم از جانب دولت و مردم در این خصوص اتخاذ گردد. این امر مستلزم ارزشمند نمودن قیمت آب است که یکی از راهکارها، ورود بخش خصوصی به طرح‌های بهره‌برداری از پروژه‌های آبی است. فرضیه اصلی تحقیق مبنی بر این که با توجه به شرایط منطقه جهت مدیریت بهینه تقاضای آب در اراضی ورامین، بازار آب رقابتی بهترین جایگزین می‌باشد. همان‌طور که مشاهده گردید، سود ناخالص به‌عنوان یکی از معیارهای رفاه کشاورزان در منطقه مورد مطالعه با وجود بازار آب افزایش یافت. بنابراین، فرضیه اصلی تحقیق مورد تأیید قرار گرفت.

فرضیه دوم تحقیق مبنی بر این که بازار آب دشت ورامین باعث افزایش بهره‌وری در تولید محصولات نمونه مورد مطالعه می‌شود، تأیید شد؛ زیرا با وجود بازار آب شاهد افزایش در سطح زیر کشت محصولاتی نظیر گندم، برنج، جو، خیار و ماشک، گوجه و سیر خواهیم بود. به‌طور کلی مهم‌ترین پیشنهادها کاربردی به شرح زیر می‌باشد:

- تشکیل و تقویت نهاد بازارهای آب در تخصیص منابع آب کشاورزی به‌منظور مشارکت مؤثر و کارآمد بهره‌برداران و نیز کاهش هزینه‌های تصدی‌گری بخش آب، ارتقای بهره‌وری از آب در دسترس و بازتخصیص آن، تشویق کشاورزان برای سرمایه‌گذاری در بخش آب و استفاده از تکنولوژی‌های آب‌اندوز، به‌عنوان یکی از مؤثرترین روش تعیین ارزش حقیقی آب (به‌ویژه در مناطقی که با پدیده کمپابی شدید مواجه‌اند).
- ایجاد تشکلهای محلی آب‌بران که تمایل و تقاضای بهره‌برداران و جایگاه حقوقی و قانونی را داشته باشند، به‌منزله بستر پرورش‌دهنده و نهادهای ناظر بر بازارهای محلی آب. نتایج تحقیق نشان داد با توجه به شرایط منطقه (محدودیت آب، سطح زیر کشت، هزینه تولید، نوع محصول کشت شده و ...) جهت مدیریت بهینه تقاضای آب در اراضی ورامین، کشاورزان گندم‌کار منطقه باید محصولات صادرات‌گرا و تجاری مانند زیره سبز، پنبه، نخود و لوبیا و ... را که قیمت هر کیلوی آنها بیشتر از گندم است، جایگزین کشت گندم کنند. هم‌چنین به سایر محققان پیشنهاد می‌شود که کشاورزان گندم‌کار و جوکار منطقه مورد مطالعه را به دو گروه کشاورزان بالادست و پایین‌دست سد تقسیم نموده و تأثیر افزایش در کشت تقاضا را بر مدیریت تقاضای آب و تخصیص منابع توسط این دو دسته از زارعین بررسی نمایند.

منابع

- بی‌نام (۱۳۹۴). گزارش شرکت آب منطقه‌ای تهران، معاونت طرح و توسعه، دفتر پساب و بازار آب شرکت آب منطقه‌ای تهران.
- بی‌نام (۱۳۹۰). گزارش شرکت مدیریت منابع آب تهران.
- چیمه، طیبه، ابراهیمی، کیومرث، هورفر، عبدالحسین، عراقی نژاد، شهاب (۱۳۹۳). ارزیابی ارزش اقتصادی آب کشاورزی با رویکرد قیمت گذاری بر اساس نوع محصول در دشت قزوین. نشریه پژوهش آب در کشاورزی (علوم خاک و آب)، ۲۸ (۱): ۱۸۱-۱۷۱.
- خواجه روشنایی، نرجس، دانشور کاخکی، محمود، محتشمی برزادران، غلامرضا (۱۳۸۹). تعیین ارزش اقتصادی آب در روش تابع تولید با بکارگیری مدل‌های کلاسیک و آنتروپی (مطالعه موردی: محصول گندم در شهرستان مشهد). نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۴ (۱): ۱۱۳-۱۱۹.
- کرامت‌زاده، علی، چیدری، امیرحسین، شرزده‌ای، غلامعلی (۱۳۹۰). نقش بازار آب در تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با رهیافت برنامه‌ریزی PMP (مطالعه موردی اراضی پایین‌دست سد شیرین دره بجنورد). مجله تحقیقات و توسعه کشاورزی ایران. ۲۴ (۱): ۴۴-۲۹.
- نظری، محمدرضا (۱۳۹۵). بازار آب در تئوری و عمل: شکست بازار و سیاست عمومی. نشریه آب و توسعه پایدار، ۳ (۱): ۱۱۴-۱۰۳.
- Adapa, S & Bhullar, N & Souza, S.V. (2016). A systematic review and agenda for using alternative water sources for consumer markets in Australia. *Journal of Cleaner Production*, 124(15): 14-20.
- Al-Ansari, N & Alibrahim, N. & Alsaman, M & Knutsson, S. (2014). Water demand management in Jordan. *Engineering*, 6(1): 19-26.
- Al- Weshah, R. A. (2001). Optimal use of irrigation water in the Jordan valley: A case Study. *Water Resources Management*, 14(5):327-338.
- Arfini, F & Donati, M & Paris, Q. (2003). A national PMP model for policy evaluation in agriculture using micro data and administrative information. Paper presented at the International Conference Agricultural Policy reform and the WTO: Where are we heading Capri (Italy), June 2003, 1-27.
- Calatrava, J & Garrido, A. (2005). Modeling water markets under uncertain water supply, *European Review of Agricultural Economics*, 32(2):119-142.

- Chakravorty, U & Hochman, E & Umestu .C & Zilberman, D. (2008). Water allocation under distribution losses: Comparing alternative institutions. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 33(2):463° 475.
- Ejaz Qurashi, M & Ranjan, R. (2010). An Empirical Assessment of the Value of Irrigation Water: The Case of Murrumbidgee Catchment. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 54(1): 99° 118.
- Ghahraman, B & Sepaskhah, A.R. (2004). Linear and non- linear models for allocation of a limited water supply. *Irrigation and drainage*, 53(1): 39° 54.
- Howitt, R.E. (1995). A Calibration Method for Agricultural Economic Production Models. *Journal of Agricultural Economics*, 46(2):147° 159.
- Howitt, R.E & Medeline, A & Macewan, D & Lund, J. R. (2012). Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. *Environmental Modelling & Software*, 38: 244-258.
- Liang, T.G. (2013). Trading and Economic Efficiency in Selected Victorian Water Markets in Australia. Thesis presented for the degree of Doctor of Philosophy, Murdoch University.
- Medellín-Azuara, J & Harou, J & Howitt, R.E. (2010). Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation. *Science of the Total Environment*, 408(23):5639° 5648.
- Mora, N.H & Moral, L.D. (2015). Developing markets for water reallocation: Revisiting the experience of Spanish water Mercantilización. *Geoforum*, 62:143° 155.
- Paris, Q & Howitt, R.E. (1998). An Analysis of Ill-Posed Production Problems Using Maximum Entropy. *American Journal of Agricultural Economics*, 80(1):124-138.
- Pujol, J & Raggi, M & Viaggi, D. (2006). The potential impact of markets for irrigation Water in Italy and Spain: a comparison of two study areas. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 5(3): 361-380.
- Roham, O & Dabbert, S. (2003). Integrating Agri -Environmental Programs into Regional production Models: an Extension of Positive Mathematical Programming. *American Journal of Agricultural Economics*, 85(1): 254-265.
- Weinberg, M & Kling, C .L & Wilen, J. E. (1993). Water markets and water quality. *American Journal of Agriculture Economics*, 75(2): 278-291.