اقتصادکشاورزی و توسعه، سال نوزدهم، شماره ۷۶، زمستان ۱۳۹۰

آثار رفاهی برقراری بازار آب کشاورزی در ایران
مطالعه موردی شبکه‌های آبیاری اصفهان

علیرضا نیکوئی*، دکتر بهاءالدین نجفی**

تاریخ دریافت: ۸۹/۲/۱ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱/۲۱

چکیده

بازار آب کشاورزی ابزاری مناسب در جهت تخصیص بهینه منابع آب بین بهره‌برداران کشاورزی و کاهش آثار کمبود آب است. این مطالعه به شبیه‌سازی یک بازار آب برای تحلیل جنبه‌های اقتصادی و رفاهی متأثر از کاربرد آن در شهرستان اصفهان پرداخته است. با توجه به بستر لازم نقل و انتقال آب در شبکه‌های آبیاری شهرستان اصفهان، نمونه‌ای تصادفی از ۱۴۱ بهره بردار کشاورزی این شهرستان در سال زراعی ۱۳۸۵-۸۶ به عنوان جامعهٔ مورد مطالعه انتخاب شد. مزیتهای استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) در تجزیه و تحلیل‌های سیاستی باعث شد که در این مطالعه پاسخ رفتاری کشاورزان به برقراری این بازار و پیامدهای

* دانشجوی دوره دکترای دانشگاه شیراز و مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان (نویسنده مسئول) e-mail: anikooie@yahoo.com

** استاد بخش اقتصاد کشاورزی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شیراز

آن با استفاده از این روش شبیه‌سازی شود. نتایج مطالعه نشان داد که پس از برقراری بازار آب و امکان کاهش محدودیت آب، کشاورزان به افزایش بازده برنامه‌ای خود با تغییر تخصیص زمین بین محصولات مختلف، اختصاص بهینهٔ آب و فروش آب مازاد بر نیاز و یا خرید آب مورد نیاز خود اقدام خواهند کرد. در این شرایط رفاه بهره‌برداران کشاورزی به صورت معنی‌داری افزایش خواهد یافت.

طبقه‌بندی JEl: C61, D60, Q2

کلیدواژه‌ها:

بازار آب کشاورزی، رفاه، برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، تحلیل سیاستی

مقدمه

از هنگامی که بشر به فکر استفاده از آب و خاک برای تولید مواد غذایی افتاد، همواره مسئله‌آب و روش درست بهره برداری از آن مهم و مورد توجه بوده است. امروزه‌با بهره‌برداری فراوان و بی رویه از منابع آبهای سطحی و زیرزمینی، مسئله کمبود آب جنبه بحرانی پیدا کرده است (بی نام، ۱۳۸۰). در زمانهای گذشته، افزایش تقاضای آب با توسعه منابع جدید آب بر طرف می‌شد. ولی در شرایط حاضر، هزینه‌های اقتصادی و محیطی معنی داری که برای توسعه منابع آب وجود دارد این مقوله را ناپایدار کرده است و توسعه نامحدود نمی‌تواند به شکل اولیه ادامه یابد. این مسئله در نظامهایی که در آنها تخصیص منابع آب به صورت ضعیفی صورت گرفته، جدیتر است (بی نام، ۱۳۷۷).

معرفی بازار آب ابزاری در توسعهٔ تمرکززدایی، تخصیص بهینه منابع آب بین مصرف‌کنندگان و کاهش آثار کمبود آب تلقی می‌شود. به این ترتیب ویژگی اصلی‌ای که موجب معرفی بازار آب می‌شود، توانایی آن در تخصیص مجدد آب بین مصارف گوناگون

است به نحوی که این تخصیص متوجه آنهایی خواهد بود که ارزشهای بالقوه بالاتری از آب ایجاد می‌کنند و به طبع، مطلوبیت منطقی بیشتری از منابع آب در مصارف خود به‌دست می‌آورند (Gomez-Limon and Martinez, 2006). این بازار می‌تواند همانند هر بنگاه دیگری، با حفظ حقوق مالکیت و در پی آن، برقراری بعضی ضوابط برای بهره‌برداران، اجازهٔ مبادلهٔ داوطلبانه آب در مقابل یک پرداخت اقتصادی (قیمت) را بدهد. براساس این تعریف، بازار آب در دنیای واقعی یک بازار همگن نیست و زنجیره‌ای از ساختارهای تشکیلاتی مختلف در آن پیدا می‌شود. این بازار به مدیریت آب امکان ورود مصرف‌کنندگان آب در آن را به‌وجود می‌آورد.

به این ترتیب، این ابزار اقتصادی امکان دستیابی به کارایی بیشتر در تخصیص آب و حداکثر شدن رفاه اجتماعی را فراهم می‌کند (Easter and Hearn, 1995). با این وصف، تلاشهای گسترده‌ای در جهت تحلیل بازار آب برای خلق سیمای مناسبی از این ابزار اقتصادی آغاز شده است. نتایج این بررسیها نشان داد که توجه کافی به قیمتها و در نتیجه فرایند بهینه تخصیص آب و سرمایه گذاری‌های وابسته، از طریق بازار آب امکان پذیر است (Easter et al., 1995 ; Colby Saliba and Bush, 1987 ؛Yong, 1986).

یانگ (Yong, 1986) معتقد است مبادلات بازاری آب، مبادلاتی داوطلبانه و اختیاری می‌باشد که طرفین معامله تنها در صورتی در آن وارد خواهند شد که در مقایسه با دیگر فرصتهای موجود برای آنها، بهترین نتیجه را در بر داشته باشد. در مقابل، تخصیص اداری و نظارتی، اغلب موجب به‌وجود آمدن درگیریهایی می‌گردد، چرا که اعطای حق استفاده از آب به یک مصرف‌کننده موجب محدود شدن دیگر مصرف‌کنندگان می‌شود. برخلاف کشمکشهای سیاسی که با شکست یک ناحیه مغلوب در مقابل یک ناحیه پیروز همراه است، چانه زدن در داد و ستد آب می‌تواند به صورت فرایندی درآید که نتایج مطلوب آن عاید هر دو طرف گردد. نتایج مطالعهٔ لاو و ون سکوالویک (Louw & Vanschalkwyk, 2002) در آفریقای جنوبی نشان داد که هزینه‌های حاصل از انتقال مالکیت یا هزینه‌های معامله و هزینه‌های نقل و انتقال آب می‌تواند به طور معنا دار و مؤثری برظرفیت هر بازار در ارتباط با

کارایی عملکردش تأثیرگذار باشد. در صورتی که بازارهای آب بخواهد تمامی توانمندیهای بالقوه خود را بروز دهد می‌باید به حداقل کردن این هزینه‌ها بپردازد.

گومز-لیمون و مارتینز (Gomez-Limon & Martinez, 2006) در اسپانیا نتیجه گرفتند که دستیابی به جنبه‌های مثبت برقراری بازار آب نیاز به یک ساختار اجتماعی و قانونی مناسب دارد. در این زمینه، استقرار بنگاههای نقل و انتقال آب می‌تواند مفید باشد. علاوه بر تغییرات ساختاری که برای برقراری یک بازار آب لازم است، تغییر تدریجی دیدگاههای کشاورزان ضروری است. در این راستا آنها باید بدانند که آب هم مانند سایر کالاهای اقتصادی، قابل نقل و انتقال و مبادله در بازار است. تنها وقتی که این شرایط فراهم گردد، می‌توان گفت که بازار آب به صورت کارا عمل خواهد کرد.

زمان و همکاران (Zaman etal., 2009) منافع اقتصادی بالقوه‌ای را در مبادلهٔ آب بین بهره‌برداران کشاورزی در ناحیهٔ ویکوتوریای شمالی کشور استرالیا پیش بینی کردند. نتایج مطالعهٔ آنها نشان داد که این مبادلات در بلندمدت آثار ارزشمندی در غلبه بر بحرانهای خشکسالی‌شدید برای‌مصرف‌کنندگان آب از جمله‌بهره‌برداران کشاورزی در بر خواهد داشت.

با توجه به اینکه ایران کشوری خشک و نیمه‌خشک است، مسئله بحران آب و تخصیص بهینه منابع آب در آن همواره اهمیت زیادی داشته است. مطالعات مختلف نشان می‌دهد که بیش از ۹۳ درصد کل آبهای کشور در بخش کشاورزی به مصرف می‌رسد (بی نام،۱۳۸۰). در سالهای اخیر با وقوع تغییرات اقلیمی و خشکسالی در کشور، بحران حاکم بر منابع آب جدیتر شده است. بنابراین، لزوم برقراری ابزارهای سیاستی همچون برقراری بازار آب با ویژگیهای ذکر شده در جهت تخصیص بهینه منابع آب بین مصرف‌کنندگان کشاورزی و کاهش آثار کمبود آن احساس می‌گردد.

با وجودی که خرید و فروش آب به صورت غیر رسمی توسط بهره‌برداران بخش کشاورزی از زمانهای گذشته وجود داشته است، ولی تلاشی توسط سازمانهای آب منطقه‌ای در برقراری یک مکانیسم رسمی نقل و انتقال آب صورت نگرفته است. در عین حال، بررسی پیشینه مطالعات نیز نشان از نبود مطالعه ای در این خصوص دارد.

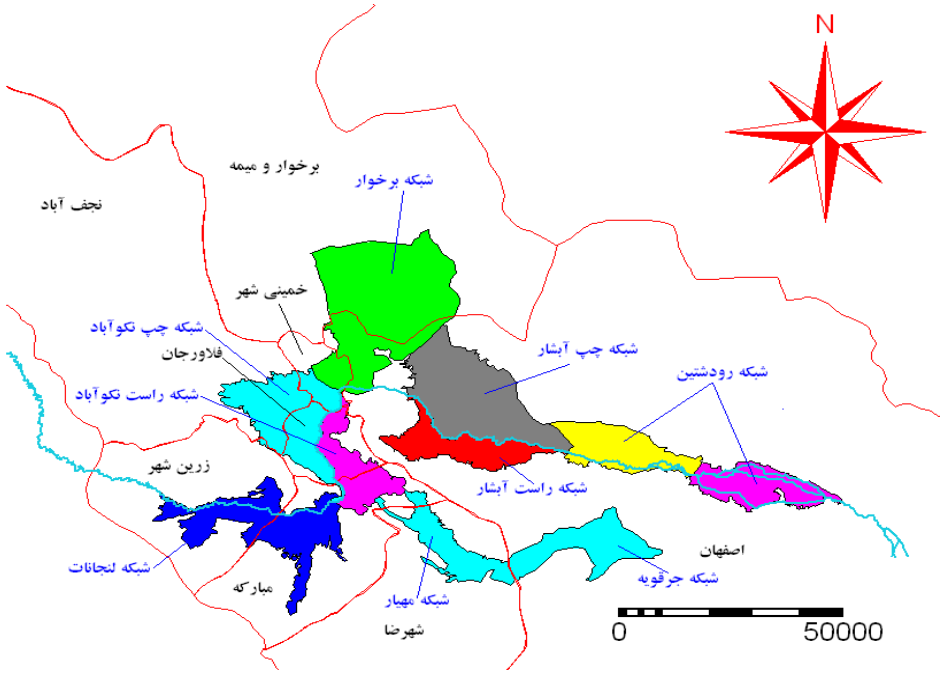
هدف این مطالعه، شبیه‌سازی یک بازار محلی در حوضهٔ رودخانه زاینده رود اصفهان برای تحلیل جنبه‌های اقتصادی و رفاهی متأثر از کاربرد این ابزار اقتصادی می‌باشد. این حوضه مهمترین منبع تأمین آب بخش میانی فلات مرکزی ایران تلقی می‌گردد. کاهش عرضه آبهای سطحی و زیر زمینی ناشی از خشکسالی، امنیت اقتصادی کشاورزان این منطقه را متزلزل ساخته است. به این ترتیب، معرفی ابزارهایی درخصوص تخصیص بهینه این منبع حیاتی، از راهکارهای اساسی مقابله با بحران و افزایش رفاه کشاورزان منطقه است. در وضعیت کنونی، با توجه به قوانین و حقوق بهره‌برداری و محدودیتهای موجود، تنها تغییر ممکن در محدودیت منبع آب برای گروههای مختلف بهره برداری کشاورزی، تغییر سهمیهٔ آب تحویلی توسط شرکت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری می‌باشد. این تغییر در زمانهای ترسالی به افزایش بیشتر سهمیه و در خشکسالی به کاهش سهمیه ختم خواهد شد. در این حالت، کشاورزان در صورت عدم‌استفاده از سهمیهٔخود که در زمانهای‌خاص و به مدت‌مشخص به آنها تحویل می‌گردد، این سهمیه را از دست داده و بنابراین انگیزهٔ کافی برای تغییرات مصرف آب را نداشته و تخصیص آب‌برای‌برخی از محصولات‌حتی‌بیش از نیاز واقعی‌گیاه و به‌صورت غیر بهینه صورت می‌گیرد.

براساس آنچه گفته شد، فرض بر آن است که برقراری بازار آب می‌تواند در ایجاد انگیزهٔ تخصیص بهینهٔ آب مؤثر باشد. بررسیهای صورت گرفته نشان داد که شرکت بهره برداری از شبکه‌های آبیاری محدوده مطالعه، در صورت فراهم شدن بسترهای قانونی و فنی، امکان تغییر بین فصلی (بین ماهی) در کل سهمیه آب تخصیصی به گروههای بهره برداری را قبل از شروع سال زراعی دارد. بستر قانونی شامل اجازه حضور شبکه بهره برداری و نگهداری به عنوان بانک آب و قانونی کردن فروش یا معاوضه آب تخصیصی در یک فصل (ماه) با فصل (ماه) دیگر به این شرکت یا بهره برداران دیگر است. حضور این شرکت، مسئله فاصله مزارع در نقل و انتقال آب را نیز که یکی از مسائل اساسی در بازار آب است، حل خواهد کرد. روش‌کار این گونه خواهد بود که امکان عدم تحویل آب (خرید سهمیه) در یک نقطه از شبکه و تحویل در نقطه دیگه (فروش موجودی) وجود خواهد داشت. این حضور نیازمند فراهم شدن بسترهای فنی نیز هست. در این زمینه، بستر فنی شامل پیاده‌سازی بانک

اطلاعاتی موجودی آب بهره برداران، ساختن گیتها و راه اندازی تجهیزات اندازه گیری حجمی آب برای متقاضیان ورود به این بازار است.

مواد و روشها

در مطالعه حاضر حوضه آبخیز زاینده رود اصفهان به عنوان منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شد. وسعت این حوضه ۴۱۳۵۰ کیلومتر مربع و رودخانه زاینده رود اصفهان پر آب ترین رود آن و منبع اصلی تأمین آب کشاورزی می‌باشد. بخش عمده‌ای از اراضی کشاورزی استان اصفهان در امتداد این رودخانه واقع شده است (Droogers and Torabi, 2002). در این حوضه، بخش عمده‌ای از مجموع اراضی فاریاب کشاورزی ۴۳۳۳۱۲ هکتاری استان اصفهان (بی نام، ۱۳۸۶) از طریق ۹ شبکه آبیاری منشعب از رودخانه زاینده‌رود، آبیاری می‌شود (مأمن پوش و میران زاده، ۱۳۸۶). شکل ۱ وضعیت رودخانه زاینده رود و شبکه‌های آبیاری مربوط را نشان می‌دهد.



شکل ۱. محدوده شبکه‌های آبیاری رودخانه زاینده رود و تقسیمات سیاسی مرتبط با آنها در استان اصفهان

این شبکه‌های آبیاری در محدوده شهرستانهای اصفهان، خمینی شهر، فلاورجان، نجف‌آباد، زرین‌شهر، برخوار و میمه، مبارکه و شهرضا از استان اصفهان قرار دارد و عبارت از شبکه مهیار، جرقویه، نکوآباد راست و چپ، آبشار راست و چپ، رودشتین، لنجانات و برخوار است. شهرستان اصفهان که محدوده ۵ شبکه از ۹ شبکه آبیاری یعنی شبکه‌های آبیاری جرقویه، آبشار راست و چپ، رودشتین و بخشی از شبکه برخوار را در بر می‌گیرد، یکی از مهمترین شهرستانهای استان اصفهان از نظر تولید محصولات کشاورزی با سطحی برابر ۸۹۵۰۲ هکتار اراضی فاریاب کشاورزی است (بی نام، ۱۳۸۶) که این سطح ۲۰ درصد کل اراضی فاریاب استان را تشکیل می‌دهد. اهمیت بخش کشاورزی در این شهرستان در کنار حضور شبکه‌های آبیاری، که بستر مناسبی برای استقرار بنگاه نقل و انتقال آب با کمترین هزینه‌های جنبی و مسائل و مشکلات اداری است، باعث شد که این شهرستان به عنوان منطقه مورد نظر برای تجزیه و تحلیل آثار رفاهی برقراری بازار آب در حوضه زاینده رود، انتخاب گردد.

روش تحقیق در نظر گرفته شده برای جمع آوری داده‌های این مطالعه به شیوهٔ پیمایشی و براساس آنچه متضمن رسیدن به اهداف این مطالعه است، در نظر گرفته شد. به این ترتیب اطلاعات مورد نیاز از طریق نمونه گیری تصادفی[1] و تکمیل پرسشنامه به صورت مصاحبهٔ حضوری با ۱۴۱ بهره‌بردار کشاورزی شهرستان اصفهان در سال زراعی ۱۳۸۵-۸۶ به‌دست آمد.

کشاورزان جمعیت نمونه به عنوان بنگاههای منفرد در نظر گرفته شدند که همگن‌سازی آنها، براساس رفتاری که نسبت به مصرف آب داشتند، ضروری است. در این باره، همگن بودن تکنولوژی (امکان تولید محصولات مشابه، نوع منابع، سطح تکنولوژی و ظرفیتهای مدیریتی) و تناسب مالی (انتظار سود متناسب در هر گروه) مد نظر قرار گرفت. در هر گروه همگن فرض شد که تفاوت در انتخاب ترکیب محصولات بین زارعان، اصولاً ناشی از تفاوت در معیارهای مدیریتی، شرایط فیزیکی خاک و محدودیت دسترسی به منابع مهمی همچون آب و زمین آنهاست. بر این اساس، درصد محصولات در این ترکیب الگوی کشت و بازدهٔ

1. Random Sampling

برنامه‌ای آنها، مبنای طبقه‌بندی کشاورزان قرار گرفت. بنابراین، می‌توان فرض کرد که همهٔ کشاورزان یک گروه در مقابل تغییر سیاستها، رفتار مشابهی نشان می‌دهند و این رفتار، بین گروههای مختلف متفاوت است. سپس تحلیل خوشه‌ای[1] برای تشخصیص گروه‌های همگن و شبیه‌سازی آثار سیاست برقراری بازار آب مورد استفاده قرار گرفت. براساس این تحلیل، سه گروه همگن بهره برداری کشاورزی در جمعیت نمونه مطالعه در شهرستان اصفهان تشخیص داده شدند.

به منظور تأمین اهداف مطالعه، از روش برنامه ریزی ریاضی (MP)[2] استفاده گردید. این روش ابزار مهمی است که به صورت گسترده برای تجزیه و تحلیل‌ها در کشاورزی و اقتصاد مورد استفاده قرار می‌گیرد. مهمترین دلیل استفاده از MP، امکان این مدل در برقراری یک رابطه صحیح بین عناصر اقتصادی و زیست فیزیکی و اجزای اکولوژیکی مزرعه می‌باشد (Hazell and Norton, 1986). از بین گروههای مختلف مدلهای برنامه ریزی ریاضی، کارایی مدلهای برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)[3] در توضیح واکنش تولیدکنندگان به تغییرات خارجی‌بیشتر بوده و به‌کارگیری‌آنها برای سیاستگذاری در سطح وسیعی مورد توجه قرار گرفته است (Lauwers et al., 2007; Schmit and Sinabell, 2005; Arfini and Paris, 1995)، ولی با مشکلات و محدودیتهایی روبه‌روست (Buysse et al., 2007). گزینه جامع دیگری توسط افراد مختلفی مورد استفاده قرار گرفته و بر مشکلات استفاده از روش PMP فائق آمده است (Howitt et al., 2001؛ Heckelei, 2002؛ Howitt and Msangi, 2002؛ Heckelei and Hendrik, 2003 و Heckelei and Britz, 2005). این نوع مدلهای برنامه‌ریزی ریاضی با کاربرد روش حداکثر انتراپی جامع (GME) [4] (که توسط گلان و همکاران (Golan et al., 1996) معرفی و به روش حداقل مربعات معمولی (OLS)[5] و سایر

1. Cluster Analysis
2. Mathematical Programming
3. Positive Mathematical Programming
4. Generalized Maximum Entropy
5. Ordinary Least Square

براوردگرهای اقتصادسنجی نسبت داده شده است، راهکار جدیدی برای پژوهشهای تجربی ایجاد کرده اند. با توجه به این مزیتها، در مطالعه حاضر، با درنظر گرفتن توابع ویژه تکنولوژیک تولید هر محصول براساس روش هویت و مسانگی (Howitt & Msangi, 2002)، از یک مدل برنامه ریزی ریاضی مثبت که نهاده‌های متغیر و ثابت را به فعالیتهای تولیدی مختلف اختصاص می‌دهد استفاده گردید که شامل سه مرحله زیر است:

مرحله اول: در این‌مرحله، ارزشهای‌سایه‌های منابع ثابت، از حل یک سیستم برنامه‌ریزی خطی ساده به شکل زیر به‌دست آمد (Heckelei and Wolff, 2003):

$$\max_{x_{ik},b_{ij},l_i} Z_1 = \sum_{g=1}^{M}\sum_{i=1}^{N} p_{gi} y_{gi} l^*_{gi} - \sum_{g=1}^{M}\sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{K} q_{gk} x_{gik} l^*_{gi} \qquad (۱)$$

$$\text{Subject to } \sum_{i=1}^{N} b_{gij} = b_{gj}\left[\lambda_{gj}\right] \qquad (۲)$$

در روابط ۱ و ۲، Z_1 بازده برنامه‌ای تابع هدف، x میزان نیاز محصولات به نهاده‌های مختلف، p قیمت جاری محصولات و q قیمت جاری نهاده‌ها می‌باشد. اندیسهای g، i، j و k به ترتیب گروه بهره‌برداری (۳ گروه)، محصولات (۱۰ نوع محصول)، نهاده‌های ثابت (۱ نهاده) و نهاده‌های متغیر (۴ نهاده) است. همچنین l^* متغیر تصمیم است که عبارت از میزان تخصیص زمین به نهاده‌ها و گروههای مختلف می‌باشد. قیمت سایه‌ای[1]، سطح استفاده و موجودی قابل استفاده نهاده‌های ثابت نیز به ترتیب با λ_{gj}، b_{gij} و b_{gj} نشان داده شده اند.

مرحله دوم: ادامه حل مدل در روش معرفی شدهٔ هویت و مسانگی (۲۰۰۲) مستلزم تخمین بردار ضرایب تکنیکی توابع تولید محصولات می‌باشد. به این منظور در مرحله دوم، انتقال نهاده‌ها به مقادیر ستانده‌ها به وسیله تابع زیر بیان شد:

$$y_{gi} = f_{gi}(x_{gik}, b_{gij} \mid \theta^*_{gi}) \qquad (۳)$$

که در آن y_{gi} مقادیر عرضه محصولات برای بهره‌بردار g ام، x_{gik} سطح استفاده از نهاده‌های متغیر و θ_{gi} بردار ضرایب تکنیکی محصولات تولیدی می‌باشد. شرایط لازم برای این تابع تولید

1. Shadow Price

که دربرگیرنده محدودیتهای منابع، ارزش تولید نهایی (VMP)[1] نهاده‌های متغیر و معادلات قیمت سایه‌ای نهاده‌های ثابت است، به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\sum_{i=1}^{N} b_{gij} = b_{gj} \qquad (۴)$$

$$\frac{\partial Z_1}{\partial x_{gik}} = p_{gi} \frac{\partial f_{gi}(x_{gik}, b_{gij} \mid \theta^*_{gi})}{\partial x_{gik}} - q_{gk} = 0 \qquad (۵)$$

$$\frac{\partial Z_1}{\partial b_{gij}} = p_{gi} \frac{\partial f_{gi}(x_{gik}, b_{gij} \mid \theta^*_{gi})}{\partial b_{gij}} - \lambda_{gj} = 0 \qquad (۶)$$

در سیستم روابط ۳ تا ۶، x، b، y، q و p به صورت برونزا براساس اطلاعات جمع‌آوری شده، وجود داشتند. حل این سیستم با تخمین پارامترهای نامشخص θ^* تکمیل گردید. روش GME امکان حل این سیستم را برای تخمین پارامترهای نامشخص در اختیار قرار داد. مزیت قابل توجه این روش، انتخاب شکل توابع تولید با انعطاف‌پذیری بیشتر و مدلهای پیچیده‌تر است (Paris and Howitt, 1998). در روش GME فرض بر آن است که فرایند ایجاد داده‌ها به وسیله انحرافاتی تصادفی در اطراف متغیرهای برونزای مدل توزیع شده است. در این حالت، انحرافات متناظر e^x_{gikt}، e^b_{gijt} و e^y_{git} برای هر مشاهده به ترتیب در اطراف متغیرهای برونزای x_{gik}، b_{gij} و y_{gi} به صورت زیر به‌دست خواهد آمد (Heckelei and Wolff, 2003).

$$e^x_{gikt} = v^x_{gik} w^x_{gikt} \qquad e^b_{gijt} = v^b_{gij} w^b_{gijt} \qquad e^y_{git} = v^y_{gi} w^y_{git}$$

که در اینجا بردارهای ۳×۱ v^x_{gikt}، v^b_{gijt} و v^y_{git} بیان کننده بازه حمایتی پایین، مرکزی و بالاست و براساس سابقه مورد انتظار درخصوص پارامترهای مورد تخمین معرفی گردید. همچنین بردارهای ۳×۱ w^x_{gikt}، w^b_{gijt} و w^y_{git} احتمالات متناظر این بازه‌های حمایتی برای هر مشاهده می‌باشد. حداکثر احتمال ممکن برای بازه‌های معرفی شده براساس قاعده انتراپی در روش GME به‌دست آمد. با معرفی اندیسهای مشاهدات به صورت t=1,2,…,T برنامه کامل GME به صورت زیر به‌دست آمد (Heckelei and Wolff, 2003):

1. Value of Marginal Product

$$\max_{w^x_{gikt}, w^b_{gijt}, w^y_{git}, \theta_{gi}} H\left(w^x_{gikt}, w^b_{gijt}, w^y_{git}\right)$$

$$= -\sum_{g=1}^{M}\sum_{i=1}^{N}\left[\sum_{t=1}^{T}\sum_{k=1}^{K} w^{x'}_{gikt} \ln w^x_{gikt} + \sum_{t=1}^{T}\sum_{k=1}^{K} w^{b'}_{gijt} \ln w^b_{gijt} + \sum_{t=1}^{T} w^{y'}_{git} \ln w^y_{git}\right] \quad (۷)$$

Subject: to

$$\frac{\partial Z}{\partial x_{gik}} = p_{git} \frac{\partial f_{gi}((x^{\circ}_{gikt} - v^x_{gi} w^x_{gikt}), (b^{\circ}_{gij} - v^b_{gi} w^b_{gijt}) \mid \theta^*_{gi})}{\partial x_{gik}} - q_{gkt} = 0 \quad (۸)$$

$$\frac{\partial Z}{\partial b_{gij}} = p_{git} \frac{\partial f_{gi}((x^{\circ}_{gikt} - v^x_{gi} w^x_{gikt}), (b^{\circ}_{gij} - v^b_{gi} w^b_{gijt}) \mid \theta^*_{gi})}{\partial b_{gij}} - \lambda_{gjt} = 0 \quad (۹)$$

$$(y^{\circ}_{git} - v^y_{gi} w^y_{git}) = f_{gi}((x^{\circ}_{gikt} - v^x_{gi} w^x_{gikt}), (b^{\circ}_{gij} - v^b_{gi} w^b_{gijt}) \mid \theta^*_{gi}) \quad (۱۰)$$

$$\sum_{u=1}^{3} w^y_{gitu} = 1 \qquad \sum_{u=1}^{3} w^b_{gijtu} = 1 \qquad \sum_{u=1}^{3} w^x_{giktu} = 1 \quad (۱۱)$$

تابع هدف ۷ شکل معمول مجموع اندازه‌های انتراپی برای احتمالات متناظر بازه‌های حمایتی روابط ۸ تا ۱۰ می‌باشد. روابط ۸ و ۹ به ترتیب شرط حداکثر شدن سود برای نهاده‌های متغیر و ثابت است. رابطه ۱۰ معرف تابع تولید برای محصولات در نظر گرفته شده در مدل است. رابطه ۱۱ نیز متضمن آن است که مجموع احتمالات متناظر با بازه‌های معرفی شده برای هر مشاهده حداکثر برابر یک باشد.

شکل تابعی برای بیان تکنولوژی تولید در مطالعه حاضر به صورت تابع تولید CES[1] انتخاب شد که در آن چهار نهاده متغیر نیروی کار، آب، سرمایه و میزان مصرف حاصل خیزکننده‌ها در نظر گرفته شده است. این تابع تأثیر استفاده از نهاده‌های مذکور را در محصولات مورد کشت در گروههای بهره‌بردارای شهرستان اصفهان نشان می‌دهد و شکل کلی آن به صورت زیر است:

$$y_{gi} = \alpha_{gi}\left(\sum_{k=1}^{4} \beta_{gik} x_{gik}^{\ \gamma_{gi}}\right)^{\nu_{gi}\gamma_{gi}} \quad (۱۲)$$

1. Constant Elasticity of Substitution

در این رابطه α ضریب تکنولوژی یا پارامتر کارایی، β ضریب فنی یا پارامتر توزیع نهاده‌های متغیر است که بیان‌کننده سهم نسبی عوامل در تولید محصول می‌باشد، γ پارامتر جانشینی محصولات است که بیان‌کننده ارزش کشش جانشینی نهاده‌هاست. ν نیز پارامتر بازده نسبت به مقیاس است. اندیسهای این پارامترها قبلاً تعریف شده‌اند. برای این تابع قیدهایی بر پارامترهای مربوطه (که متضمن براورد آنها در محدودهٔ تعریف شده برای توابع است) در مدل GME به شکل زیر در نظر گرفته شد:

$$\alpha_{gi}\geq 0 \qquad 0\leq \beta_{gik}\leq 1 \qquad \sum_{k=1}^{4}\beta_{gik}=1 \qquad \sigma_{gi}=\frac{1}{1-\gamma_{gi}}\geq 0 \qquad o\leq \nu_{gi}\leq 1$$

مدل GME تدوین شده براساس روابط ۵ تا ۹ و شکل تابع تولید ۱۰ همراه با قیدهای مربوطه، با استفاده از شیوه حل مسائل بهینه‌سازی غیرخطی حل گردید.

مرحله سوم: در این مرحله، از ضرایب تخمینی مربوط به توابع تولید در مرحله دوم، در مدل اصلی حداکثرکننده سود استفاده گردید. به این ترتیب مدل نهایی به شکل روابط ۱۳ تا ۲۱ طراحی شد:

$$\max_{x_{ik},l_i,ETA_{is}} Z_{s1}=\sum_{g=1}^{M}\sum_{i=1}^{N}p_{gi}\left[\alpha_{gi}\left(\sum_{k=1}^{4}\beta_{gik}x^{*}{}_{sgik}{}^{\gamma_{gi}}\right)^{\nu_{gi}\gamma_{gi}}\right]l^{*}{}_{s1gi}-\sum_{g=1}^{M}\sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{K}q_{sgk}x^{*}{}_{sgik}l^{*}{}_{s1gi} \qquad (۱۳)$$
$$-\sum_{g=1}^{M}\sum_{s=1}^{12}WMV^{*}{}_{sgm}WMPR_{sm}$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^{N}l^{*}{}_{s1gi}\leq l_g \qquad (۱۴)$$

$$ETA_{sgim}=ETAG_{sgim}EF_{gim} \qquad (۱۵)$$

$$ETAG_{sgi}=\sum_{m=1}^{12}ETAG_{sgim} \qquad (۱۶)$$

$$ETAG_{sgim}l^{*}{}_{sgi}\leq TAW_{gm} \qquad (۱۷)$$

$$\forall\ \ k=3(water) \qquad x^{*}{}_{sgik}=ETAG_{sgi} \qquad (۱۸)$$

$$\sum_{i=1}^{N}p_{gi}\left[\alpha_{gi}\left(\sum_{k=1}^{4}\beta_{gik}x^{*}{}_{sgik}{}^{\gamma_{gi}}\right)^{\nu_{gi}\gamma_{gi}}\right]l^{*}{}_{s1gi}-\sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{K}q_{sgk}x_{sgik}l^{*}{}_{s1gi}-\sum_{m=1}^{12}WMV^{*}{}_{sgm}WMPR_{sm}\geq$$

$$\sum_{i=1}^{N} p_{gi} y_{gi} l^{*}_{gi} - \sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{K} q_{gk} x_{gik} l^{*}_{gi} \qquad (۱۹)$$

$$\left[\alpha_{gi} \left(\sum_{k=1}^{4} \beta_{gik} x^{*}_{sgik}{}^{\gamma_{gi}} \right)^{\nu_{gi}\gamma_{gi}} \right] \le Max(Y_{git}) \qquad (۲۰)$$

$$\left[\alpha_{gi} \left(\sum_{k=1}^{4} \beta_{gik} x^{*}_{sgik}{}^{\gamma_{gi}} \right)^{\nu_{gi}\gamma_{gi}} \right] \ge (Y_{git})(1-0.20) \qquad (۲۱)$$

متغیرهای تصمیم این مدل عبارت از میزان تخصیص زمین به محصول کشت شده توسط گروههای بهره‌برداری در شهرستان اصفهان (l^{*})، میزان بهینه مصرف نهاده‌ها برای هر محصول (x^{*}) و حجم آب انتقال یافتهٔ هر ماه در بازار آب (WMV^{*}) به منظور تأمین حداکثر سود برای تمامی گروهها بر مبنای تابع هدف مدل (رابطه ۱۳) می‌باشند. ETA مصرف خالص آب (تبخیر و تعرق) واقعی، EF کارایی مصرف آب، $ETAG$ مجموع آب مصرفی ناخالص و $WMPR$ قیمت آب می‌باشند.

در مدل بالا رابطه ۱۴ بیان‌کننده محدودیت زمین در گروههای بهره‌برداری منطقه مورد مطالعه است، رابطه ۱۵ به محاسبه میزان آب مصرفی خالص در ماههای مختلف براساس آب مصرفی ناخالص مورد استفاده می‌پردازد، رابطه ۱۶ مجموع آب مصرفی هر محصول در ماههای مختلف را به‌دست می‌آورد و رابطه ۱۷ این مجموع را بر منابع آب در دسترس (TAW) در هر ماه محدود می‌نماید. در رابطه ۱۸ مشخص شده است که نهاده آب ($x_{gik(\text{water})}$) در تابع تولید، معادل مجموع آب مصرفی ناخالص ($ETAG_{sgi}$) در مدل می‌باشد. رابطهٔ ۱۹ تأمین کنندهٔ هدف حفظ بازدهٔ برنامه‌ای هر بهره‌بردار در سطح بازدهٔ جاری است. مجموعه روابط ۱۵ تا ۱۹ با اندیس g، امکان مبادله آب را فراهم می‌کنند. روابط ۲۰ و ۲۱ عملکرد تولید محصولات در مدل را به حداکثر سابقهٔ عملکرد در منطقه و حداقل ۲۰ درصد کمتر از عملکرد موجود محدود می‌سازند. همچنین اندیسهای m و s نشاندهندهٔ ماههای مختلف سال و راهبرد در نظر گرفته شده هستند و سایر اندیسها و پارامتها قبلاً توضیح داده شده‌اند.

همان‌گونه که گفته شد، هدف اصلی مدل مذکور، تعیین نقش بالقوه‌ای است که بازارهای آب می‌توانند در تخصیص مجدد آب در وضعیت محدودیتهای موجود آب و در پی ارتقای رفاه بهره‌برداران کشاورزی ایفا نمایند. تعیین این نقش با تجزیه و تحلیل سناریوهای محدودیت آب به شرح زیر مورد آزمون قرار گرفته است.

مبنای ۱: حالت عدم معامله آب:

– راهبرد پایه: حالت بدون تجارت با اعمال محدودیت بر تمامی عرضه‌ها و حقوق آب و متوسط قیمت سایه‌ای آب معادل قیمت سایه‌ای جاری آب برای هر گروه بهره‌برداری می‌باشد.

– راهبرد ۱ تا ۱۰: حالت بدون تجارت با اعمال محدودیت بر تمامی عرضه‌ها و حقوق آب و متوسط قیمت سایه‌ای آب به ترتیب ۰/۵ تا ۵ برابر معادل قیمت سایه‌ای جاری آب برای هر گروه بهره‌برداری تغییر کند.

مبنای ۲: حالت مشابه قبل اما محدودیت عدم مبادله دیگر وجود ندارد:

– راهبرد پایه: حالت مبادله آب، متوسط قیمت سایه‌ای آب معادل قیمت سایه‌ای جاری آب برای هر گروه بهره‌برداری و قیمت آب در بازار آب ۱/۵ برابر ارزش وزنی قیمت سایه‌ای آب در منطقه و هر ماه می‌باشد.

– راهبرد ۱ تا ۱۰: حالت مبادلهٔ آب و متوسط قیمت سایه‌ای آب به ترتیب ۰/۵ تا ۵ برابر معادل قیمت سایه‌ای جاری آب برای هر گروه بهره‌برداری تغییر می‌نماید و به تناسب آن، قیمت آب در بازار آب نیز معادل ۱/۵ برابر ارزش وزنی قیمت سایه‌ای آب در منطقه و هر ماه و هر راهبرد تغییر می‌کند.

با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده، الگوریتم‌های لازم برای مجموع سه مرحله به همراه سایر محاسبات مورد نیاز، در بسته نرم افزاری GAMS نوشته شد و به شیوه حل مسائل بهینه‌سازی نتایج مورد نظر به‌دست آمد (Brooke et al., 1988).

پس از اجرای مدل فوق در قالب راهبردهای مختلف، مقادیر مختلفی از قیمت، تقاضا و عرضهٔ آب در حالتهای با و بدون معاملهٔ آب به‌دست خواهد آمد که مبنای براورد توابع عرضه و تقاضای تجویزی آب قرار گرفت. در متون اقتصاد خرد، مازاد رفاه مصرف‌کننده عبارت از سطح زیر منحنی تقاضا بالاتر از قیمتی که او می‌پردازد و مازاد رفاه عرضه‌کننده عبارت است از سطح بالای منحنی عرضه (هزینهٔ نهایی یا MC) تا سطحی از قیمت که او دریافت می‌کند (Perloff, 2001). بر این اساس، آثار رفاهی ناشی از تغییرات قیمت برای هر یک از گروه‌های بهره‌برداری را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\Delta W_g = \int_{P_0^{dg1}}^{P^{dg1}} Q_{dg1}(p_{dg1})dp_{dg1} - \left[\int_{P_0^{dg2}}^{P^{dg2}} Q_{dg2}(p_{dg2})dp_{dg2} + \int_{P_0^{sg2}}^{P^{sg2}} Q_{sg2}(p_{sg2})dp_{sg2}\right] \quad (۲۲)$$

در رابطهٔ ۲۲، Q مقدار عرضه یا تقاضای آب (مترمکعب) و P قیمت آب (ریال) می‌باشد. همچنین اندیسهای dg1 و dg2 به ترتیب تقاضای آب در حالتهای مبنای ۱و ۲ و اندیسهای sg1 و sg2 به ترتیب عرضهٔ آب در این حالتها برای گروههای بهره‌برداری g است.

یادآوری می شود در تخمین آثار رفاهی و انتخاب مدل عرضه و تقاضای مناسب آب، از بسته‌های نرم افزاری Eviews و Mathcad استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگیهای گروههای همگن بهره برداری در جدول ۱ نشان داد شده است. چنانکه ملاحظه می‌شود، در گروه ۱ بهره‌برداری، ویژگیهای منطقه‌ای و منابع موجود اجازهٔ کشت محصولات گندم، جو، برنج، ذرت، پنبه، چغندرقند، خیار، سیب زمینی، پیاز و گوجه فرنگی با مجموع سطح ۱۳ هکتار و میانگین سطح زیر کشت، عملکرد در هکتار و قیمت فروش به شرح این جدول را می‌دهد. همچنین در این گروه ۶/۵ هکتار از اراضی موجود به صورت آیش رها شده است. از آنجا که مهمترین عامل محدودکننده در منطقه نهادهٔ آب است، بهره‌برداری این

میزان آیش نشاندهندهٔ محدودیت آب برای این گروه است. ویژگیهای مزرعه‌ای و محدودیتهای موجود باعث شده است در گروه ۲ بهره‌برداری در حدود ۲/۶ هکتار از اراضی به صورت آیش رها شود و تنها ۲ محصول گندم و جو با مجموع سطح ۱۲/۹۳ هکتار به شرح عملکرد و قیمتهای دریافتی جدول ۱ قابل کشت باشد. همچنین در گروه ۳، تمامی سطح اراضی معادل ۴/۹ هکتار به کشت محصولات گندم، جو، آفتابگردان، پنبه، هندوانه، خیار و گوجه فرنگی به شرح جدول ۱ اختصاص یافته که نشانهٔ نبود محدودیت آب و زمین در این گروه است.

مقایسهٔ عملکرد دو محصول گندم و جو در جدول ۱ که بین گروههای بهره‌برداری به عنوان محصولات مشترک تلقی می‌گردد، نشاندهندهٔ آن است که بهره‌برداران در تولید این محصولات در هریک از گروههای بهره‌برداری بسته به محدودیتهای موجود، با مدیریتهای گوناگون عمل کرده و بنابراین عملکردهای متفاوتی به‌دست آورده‌اند. بنابراین در صورت تغییر در محدودیت نهادهٔ آب، که مهمترین عامل محدودکنندهٔ کشت بین گروههای مختلف است، می‌توان انتظار تغییر الگوی کشت محصولات در این گروهها و ارتقای عملکرد محصول تا عملکرد پتانسیل را داشت.

جدول ۱. ویژگیهای گروههای بهره‌برداری شهرستان اصفهان

(تفکیک شده توسط آزمون تحلیل خوشه‌ای)

گروه بهره‌برداری	محصول	سطح زیر کشت (متر مربع)	میانگین عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد پتانسیل (کیلوگرم در هکتار)	قیمت محصول (۱۰ ریال)
۱	گندم	۳۴۷۰۰	۵۶۰۶	۹۰۰۰	۲۱۲
	جو	۵۹۴۰۰	۴۷۶۰	۷۰۰۰	۱۸۳
	برنج	۵۳۰۰	۵۹۱۱	۷۰۰۰	۶۳۵
	ذرت	۲۰۰۰	۷۵۰۰	۷۵۰۰	۴۵۷
	پنبه	۱۰۰۰۰	۳۲۵۴	۵۰۰۰	۵۱۵
	چغندرقند	۵۰۰۰	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰	۵۱
	خیار	۲۰۰۰	۱۸۷۵۰	۳۰۰۰۰	۱۷۵
	سیب زمینی	۳۷۰۰	۳۶۳۳۳	۵۰۰۰۰	۲۰۸
	پیاز	۴۴۰۰	۵۹۱۹۲	۸۰۰۰۰	۶۹
	گوجه فرنگی	۳۵۰۰	۳۵۸۷۵	۷۰۰۰۰	۱۱۹
	کل	۱۳۰۰۰۰	–	–	–
	آیش	۶۵۰۰۰	–	–	–
۲	گندم	۲۹۳۰۰	۵۷۰۵	۷۰۰۰	۲۱۱
	جو	۱۰۰۰۰۰	۴۵۴۳	۴۸۰۰	۱۸۴
	کل	۱۲۹۳۰۰	–	–	–
	آیش	۲۶۴۳۶	–	–	–
۳	گندم	۸۸۰۰	۴۴۵۰	۶۵۰۰	۲۲۱
	جو	۲۰۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۱۷۵
	آفتابگردان	۴۸۰۰	۲۴۲۵	۳۰۰۰	۷۱۵
	پنبه	۹۴۰۰	۳۳۱۳	۵۰۰۰	۵۵۲
	هندوانه	۳۰۰۰	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰	۱۰۰
	خیار	۱۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۵۰
	گوجه فرنگی	۲۰۰۰	۴۵۰۰	۴۵۰۰	۱۱۱
	کل	۴۹۰۰۰	–	–	–
	آیش	۰	–	–	–

مأخذ: یافته‌های تحقیق

آثار اجرای این سیاست، با شبیه‌سازی صورت گرفته توسط مدل برنامه‌ریزی این مطالعه در راهبرد پایهٔ حالتهای مبنای ۱ و ۲ (که با عناوین امکان مبادله و عدم مبادلهٔ آب نام گرفتند)، برای گروههای مختلف بهره‌برداری به‌دست آمد. نتایج بررسی قیمتهای آب در جدول ۲ نشان داد که پس از اجرای سیاست بازار آب، قیمت سایه‌ای آب در تمام گروههای بهره‌برداری افزایش می‌یابد. دلیل این امر را می‌توان به منعطف شدن تبادل آب مربوط دانست به این شکل که در ماههایی که مازاد آب موجود توسط گروهها در الگوی کشت مورد استفاده وجود داشت و در شرایط قبلی امکان فروش این مازاد برایشان وجود نداشت، در شرایط جدید می‌توانند آن را مبادله کنند. بنابراین، میانگین وزنی هزینه فرصت آب (قیمت سایه‌ای) با ایجاد گزینه فروش در پیش روی آنها نسبت به حالت انعطاف‌ناپذیر (عدم مبادله) بالاتر می‌رود که این امر برای تمامی گروهها صادق است. به عبارت دیگر، در حالت نبود امکان معامله آب، تخصیص مجدد اختیاری و داوطلبانه آب امکان پذیر نخواهد بود و گروههای بهره‌برداری نیز امکان افزایش عرضه آب را برای خود از طریق معامله یا هر منبع دیگری نخواهند داشت. تنها گزینه برای بخش کشاورزی، بهبود کارایی مصرف آب یا آبیاری سطوح کمتری از زمینها با استفاده از آب موجود خواهد بود.

در عین حال، گروه ۱ که با محدودیت شدید آب نسبت به زمینهای قابل کشت خود مواجه است، از قیمت سایه‌ای آب بالاتری نسبت به دو گروه دیگر برخوردار بوده و همین امر منجر به آن می‌شود که زمینهٔ خرید آب برای این گروه از دو گروه دیگر فراهم گردد. به این ترتیب گروههای ۲ و ۳ با میانگین وزنی ۵۴۰ و ۴۹۰ ریال اقدام به فروش آب مازاد بر نیاز خود در الگوی کشت جدید می‌نمایند.

جدول ۲. قیمت آب در گروههای بهره‌برداری در حالت مبادله، عدم مبادلهٔ آب و بازار آب

(واحد: ۱۰ ریال بر مترمکعب)

گروه بهره برداری	قیمت سایه‌ای عدم مبادله آب	قیمت سایه‌ای با مبادلهٔ آب	میانگین وزنی قیمت آب فروش رفته
۱	۳۸	۶۳	۰
۲	۱۷	۲۱	۵۴
۳	۲۲	۲۸	۴۹

مأخذ: یافته‌های تحقیق

حجم آب مبادله شده در ماههای مختلف سال بسته به الگوهای کشت و نیاز آبی محصولات، متفاوت است. جدول ۳ مبادلات آب بین گروههای مختلف را در ماههای مختلف سال نشان می‌دهد. چنانکه ملاحظه می‌شود، بیشترین حجم مبادلهٔ آب در ماههای ۱، ۲، ۳ و ۱۲ صورت می‌گیرد. همچنین گروه ۱ در مجموع ۱۶۳۱۶ مترمکعب آب از گروههای ۲ و ۳ خریداری می‌کند. این مبادلات آب به منظور اجرای الگوی جدید کشت در گروههای بهره‌برداری صورت می‌گیرد.

جدول ۳. حجم آب مبادله شده (مترمکعب) بین گروههای بهره‌برداری در ماههای مختلف سال

ماه	گروه بهره‌برداری*		
	۱	۲	۳
۱	+۴۰۷۱	-۲۱۰۵	-۱۹۶۶
۲	+۴۹۲۲	-۲۶۱۱	-۲۳۱۱
۳	+۴۱۰۶	-۱۸۹۷	-۲۲۰۹
۴	-۱۴۳۹	۰	۱۴۳۹
۵	-۶۵	۰	+۶۵
۶	+۸۰	۰	-۸۰
۷	-۳۶۲	۰	+۳۶۲
۸	+۸۶۳	۰	-۸۶۳
۹	+۱۷۲	۰	-۱۷۲
۱۱	+۲۹۷	۰	-۲۹۷
۱۲	+۳۶۷۱	-۱۷۳۰	-۱۹۴۱
کل	**+۱۶۳۱۶**	**-۸۳۴۳**	**-۷۹۷۳**

مأخذ: یافته‌های تحقیق

* علامت - به معنی عرضه کنندهٔ آب و + به معنی تقاضاکنندهٔ آب است.

نتایج حاصل از تغییرات الگوی کشت در جدول ۴ مشاهده می‌گردد. از آنجا که الگوی برنامه‌ریزی اجرا شده برای این مطالعه، یک الگوی برنامه‌ریزی واقعی است، در حالت عدم امکان مبادله، سطح زیرکشت محصولات نزدیک به سطح جاری کشت آنها در گروههای مختلف است. بنابراین، اعتبار مدل با خلق مجدد اطلاعات پایهٔ این مطالعه تأیید شده و می‌توان به نتایج تحلیل سیاستی آن اعتماد کرد. براساس این جدول، در حالت امکان مبادلهٔ آب، سطح زیر کشت گندم و سیب زمینی در گروه ۱ بهره‌برداری به ترتیب در حدود ۹/۲ و ۱/۸ هکتار افزایش می‌یابد و از سطح زیر کشت سایر محصولات کاسته می‌شود. در عین حال مجموع سطح زیر کشت محصولات تا ماکزیمم محدودیت زمین این گروه ارتقا می‌یابد و تمامی اراضی آیش به زیر کشت می‌رود. این در حالی است که در گروه ۲ از سطح زیر کشت جو کاسته و به سطح زیر کشت گندم اضافه می‌شود. در این گروه علی رغم به زیر کشت رفتن بخشی از اراضی آیش، ۰/۴ هکتار از اراضی همچنان به این صورت باقی می‌ماند. برخلاف گروههای ۱ و ۲، در گروه ۳ که در حالت عدم مبادلهٔ آب تمامی اراضی به زیر کشت می‌رود، با ایجاد امکان مبادلهٔ آب، در حدود ۰/۴۸ هکتار از اراضی به صورت آیش رها می‌شود و امکان اصلاح خاک جهت حصول عملکرد بالاتر فراهم می‌گردد. همچنین به سطح زیر کشت پنبه و هندوانه اضافه و از سطح زیر کشت سایر محصولات به شرح جدول ۴ کاسته می‌شود.

جدول ٤. الگوی کشت محصولات گروههای بهره‌برداری‌در حالت‌مبادله و عدم مبادلهٔ آب

گروه بهره‌برداری	نام محصول	سطح زیر کشت (مترمربع)		
		عدم مبادله آب	مبادلهٔ آب	تغییرات
۱	گندم	۳۴۳۱۸	۱۲۶۵۲۴	۹۲۲۰۶
	جو	۵۸۷۴۷	۲۹۶۴۱	-۲۹۱۰۶
	برنج	۵۲۴۲	۲۶۴۵	-۲۵۹۷
	ذرت	۱۹۷۸	۹۹۸	-۹۸۰
	پنبه	۹۸۹۰	۴۹۹۰	-۴۹۰۰
	چغندرقند	۴۹۴۵	۲۴۹۵	-۲۴۵۰
	خیار	۱۹۷۸	۹۹۸	-۹۸۰
	سیب زمینی	۴۲۷۵	۲۲۷۶۷	۱۸۴۹۲
	پیاز	۴۳۵۲	۲۱۹۶	-۲۱۵۶
	گوجه فرنگی	۳۵۴۵	۱۷۴۶	-۱۷۹۹
	کل	۱۲۹۲۷۰	۱۹۵۰۰۰	۶۵۷۳۰
	آیش	۶۵۷۳۰	۰	-۶۵۷۳۰
۲	گندم	۳۰۸۸۰	۸۳۹۳۱	۵۳۰۵۱
	جو	۹۸۹۰۰	۴۹۹۰۰	-۴۹۰۰۰
	کل	۱۲۹۷۸۰	۱۳۳۸۳۱	۴۰۵۱
	آیش	۲۵۹۵۶	۲۱۹۰۵	-۴۰۵۱
۳	گندم	۸۷۷۴	۴۳۹۱	-۴۳۸۳
	جو	۱۹۹۹۹	۹۹۸۰	-۱۰۰۱۹
	آفتابگردان	۴۷۶۶	۲۳۹۵	-۲۳۷۱
	پنبه	۹۴۶۱	۲۱۴۰۰	۱۱۹۳۹
	هندوانه	۳۰۳۳	۴۵۰۳	۱۴۷۰
	خیار	۹۸۹	۴۹۹	-۴۹۰
	گوجه فرنگی	۱۹۷۸	۹۹۸	-۹۸۰
	کل	۴۹۰۰۰	۴۴۱۶۶	-۴۸۳۴
	آیش	۰	۴۸۳۴	۴۸۳۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در توضیح تغییرات ایجاد شده در الگوی کشت باید گفت که عدم امکان مبادله ایجاب می‌کند که تنظیم الگوی کشت توسط کشاورزان براساس حداکثر نیاز آبی محصولات در آن مرحله از رشد صورت گیرد که محدودیت آبی (پیک مصرف) وجود دارد. در این شرایط، رعایت نکردن این الگو، به کم آبیاری و در نتیجه کاهش عملکرد محصول ختم خواهد شد. اختلاف عملکرد واقعی با عملکرد پتانسیل محصولات در جدول ۱ نیز این نکته را تأیید می‌کند. در شرایط امکان مبادله، می‌توان با تجدید نظر در الگوی کشت، به تنظیم برنامه کشت براساس آبیاری کامل هم اندیشید. بر این اساس، کم آبی برای زارعان گروه ۱ به صورت نسبی و مرتبط با نیاز آبی محصولات در الگوی کشت انتخابی در زمانهای مختلف است. در این گروه، هر چند کل سهمیه مربوط نسبت به سایر گروهها کمتر است، ولی مقایسه مجموع نیاز آبی الگوی کشت آن در ماههای مختلف نشان می‌دهد که در برخی از ماهها مازاد نیاز وجود دارد[۱]. این مازاد در صورت عدم مبادله به مصرف بیش از نیاز و در صورت وجود امکان مبادله به فروش سهمیه ختم می‌شود و در حالت بدون مبادله، در بعضی از ماهها با محدودیت شدید آب مواجه می‌شود که اجازه تغییر الگو را نمی‌دهد. در شرایط امکان مبادله، این محدودیت برطرف می‌شود و بنابراین، به شکلی که مدل نشان می‌دهد، این امکان وجود دارد که بتوان از بخشی از سطح محصول برنج با نیاز آبی بالا صرف‌نظر کرد و به گسترش سطح زیر کشت محصولاتی چون گندم و سیب‌زمینی پرداخت. با انجام این عمل امکان آبیاری کامل و افزایش عملکرد محصولات نیز به‌وجود خواهد آمد[۲]. شبیه‌سازی صورت گرفته نشان داد که این تغییر اقتصادی خواهد بود. همچنین به دلیل اینکه آب ارزش اقتصادی واقعی خود را در شرایط ایجاد بازار آب پیدا کرده، توجیه اقتصادی لازم برای تولید برخی از محصولات در

۱. جزئیات نیاز آبی محصولات و مجموع نیاز الگوهای گروههای همگن نزد نویسندگان مقاله موجود است.

۲. جزئیات عملکرد محصولات در الگوی کشت شبیه‌سازی شده گروههای همگن نزد نویسندگان مقاله موجود است.

گروه ۳ وجود ندارد و در عوض، این گروه آب را به کشاورزانی که امکان استفاده با بهره‌وری بیشتر از آب برای آنها وجود دارد (گروه ۱) می‌فروشد و بدینسان منافع اقتصادی خود را حداکثر می‌کند.

با تغییر الگوی کشت بنا بر آنچه گفته شد، مجموع نهاده‌های متغیر مصرفی نیز تغییر خواهد کرد. جدول ۵ تغییرات مصرف نهاده‌ها را پس از اجرای سیاست برقراری بازار آب نشان می‌دهد. براساس این جدول، با افزایش ۲۶ و کاهش ۶ و ۱۸ درصدی به ترتیب برای گروههای ۱ تا ۳، به طور کلی میزان سرمایه لازم برای اجرای الگوی کشت در حالت مبادلهٔ آب نسبت به حالت عدم مبادله ۷ درصد افزایش می‌یابد. درعین حال، با وجودی که مصرف کود شیمیایی در گروه ۳ برابر ۱۲ درصد کاهش می‌یابد، ولی به دلیل افزایش ۸۹ و ۱۵ درصدی این نهاده در گروههای ۱ و ۲، مجموع مصرف کود شیمیایی در سه گروه ۴۵ درصد افزایش می‌یابد. نکتهٔ جالب توجه اینکه نهادهٔ کارگر علاوه بر افزایش آن در گروههای ۱ و ۲، در گروه ۳ با وجود کاهش سطح زیر کشت، سرمایه و کود شیمیایی در آن افزایش می‌یابد. این مطلب نشاندهندهٔ آن است که کشاورزان این گروه به دلیل محدودیت زمین، با برقراری بازار آب به جای استفادهٔ بیشتر از آب و سرمایه، از نیروی کار به عنوان جایگزینی برای آنها جهت حصول بهره‌وری بالاتر استفاده کرده و با گرایش به محصولات کاربری چون هندوانه و پنبه، زمینهٔ فروش آب بیشتر را فراهم می‌کنند. به این ترتیب مصرف آب در این گروه نسبت به حالت عدم مبادله ۲۱ درصد کاهش می‌یابد. با کاهش مصرف آب در گروه ۲ به میزان ۱۴ درصد نسبت به وضعیت عدم مبادله، مصرف کل آب بین ۳ گروه ۶ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که علی رغم افزایش ۱۸ درصدی مصرف آب در گروه ۱ پس از برقراری بازار آب، کاهش مصرف آب در نتیجهٔ تخصیص بهینهٔ آن را خواهیم داشت.

جدول ۵. مصرف نهاده‌های متغیر گروههای بهره‌برداری در حالت مبادله و عدم مبادلهٔ آب

نهاده	گروه بهره برداری	عدم مبادله آب	با مبادلهٔ آب	تغییرات (درصد)
سرمایه (۱۰ ریال)	۱	۱۷۷۸۰۴۷	۲۲۳۶۵۳۸	۲۶
	۲	۱۵۴۲۳۷۷	۱۴۵۴۰۷۱	-۶
	۳	۵۱۷۶۹۸	۴۲۶۸۷۶	-۱۸
	کل	**۳۸۳۸۱۲۲**	**٤١١٧٤٨٥**	**۷**
کود شیمیایی (کیلوگرم)	۱	۹۲۸۶	۱۷۵۲۸	۸۹
	۲	۷۲۸۰	۸۴۰۳	۱۵
	۳	۳۴۹۷	۳۰۶۶	-۱۲
	کل	**۲۰۰٦۳**	**۲۸۹۹۸**	**٤٥**
کارگر (نفرروز)	۱	۳۳۹	۴۵۲	۳۳
	۲	۱۲۷	۱۵۱	۲۰
	۳	۱۵۲	۱۹۲	۲۶
	کل	**٦١٨**	**۷۹٥**	**۲۹**
آب (مترمکعب)	۱	۵۴۵۶۸	۶۴۴۴۰	۱۸
	۲	۹۷۸۸۴	۸۴۳۰۷	-۱۴
	۳	۳۷۹۹۱	۲۹۹۳۳	-۲۱
	کل	**۱۹۰٤٤۳**	**۱۷۸٦۸۰**	**-٦**

مأخذ: یافته‌های تحقیق

تغییرات ایجاد شده در الگوی کشت و مصرف نهاده‌های مختلف به همراه امکان فروش آب بر اثر برقراری بازار آب بازدهٔ برنامه‌ای گروههای مختلف بهره‌برداری را متحول می‌سازد. جدول ۶ این تغییرات در حالتهای مبادله و عدم مبادله را نشان می‌دهد. مطابق این جدول، پس از برقراری بازار آب، بازدهٔ برنامه‌ای از حداقل ۴۱ درصد در گروه۲ تا حداکثر

۱۳۱ درصد افزایش می‌یابد، به طوری که مجموع بازدهٔ برنامه‌ای سه گروه پس از برقراری بازار آب ۱۰۳ درصد ارتقا می‌یابد.

جدول ٦. بازدهٔ برنامه‌ای گروههای بهره‌برداری در حالت مبادله و عدم مبادلهٔ آب

گروه بهره برداری	عدم مبادله آب (۱۰ ریال)	با مبادلهٔ آب (۱۰ ریال)	تغییرات (درصد)
۱	۹۱۸۹۸۱۵	۲۱۲۲۶۸۸۲	۱۳۱
۲	۲۹۴۰۸۹۵	۴۱۳۸۹۱۴	۴۱
۳	۱۸۰۲۹۶۴	۲۹۲۰۷۱۳	۶۲
کل	۱۳۹۳۳۶۷۵	۲۸۲۸۶۵۰۹	۱۰۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

همان‌گونه که گفته شد، به منظور بررسی آثار رفاهی، بـراورد توابـع عرضـه و تقاضـای آب در حالتهای مبادله و عدم مبادلهٔ آب لازم است. بـرای بـراورد ایـن توابـع، مقـادیر مختلـف مصرف آب در مقابل قیمتهای آب مصرفی و فروش رفته با شبیه‌سـازی صـورت گرفتـه توسـط راهبردهای ۱ تا ۱۰ مبانی ۱ و ۲ به‌دست آمد. سپس با انجام آزمونهای مناسب، بهترین مدلی که توضیح دهندهٔ رابطهٔ بین قیمت و مقدار آب در توابع عرضـه و تقاضـا بـوده، تخمـین زده شـد. جدول ۷ اطلاعات حاصل از این تخمین را نشان می‌دهد.

براسـاس نتـایج حاصـل از بـراورد توابـع عرضـه و تقاضـا بـه شـرح جـدول ۷، مـازاد تقاضاکنندگان و عرضه‌کنندگان آب در دامنهٔ قیمتهای تعادلی شبیه‌سازی شده برای گروههـای مختلف بهره‌برداری در شبکه‌های آبیاری شهرستان اصفهان به‌دست آمد. جدول ۸ آثار رفـاهی حاصل از برقراری بازار آب را نشان می‌دهد. براساس این جدول، بـا برقـراری بـازار آب، رفـاه کل گروههای بهره‌برداری درحدود ۱۷ میلیون ریال که معادل ۱۴ درصد نسبت به مبنـای عـدم مبادلهٔ آب است، ارتقا می‌یابد.

جدول ۷. نتایج براورد توابع تقاضا و عرضهٔ آب در گروههای بهره‌برداری شهرستان اصفهان*

گروه بهره‌برداری	مبنا	نوع تابع	عرض از مبدأ	توان اول قیمت آب	توان دوم قیمت آب	توان سوم قیمت آب	آماره‌ها F	آماره‌ها R^2
۱	عدم مبادله	تقاضا	۵۱۷۵۲	–	−۰/۵	۰/۰۰۳	۲۹۴/۶۵	۰/۹۹۷
	مبادله	تقاضا	۷۰۷۲۰	–	۰/۲۷۳	−۰/۰۰۱	۲۷۳/۴۳	۰/۹۹۶
۲	عدم مبادله	تقاضا	۹۵۵۴۱	−۳۰۴/۴۷۶	–	۰/۰۱۵	۴۸۳/۲۸	۰/۹۹۸
	مبادله	تقاضا	۷۶۸۶۹	−۱۲۶/۵۳۷	–	۰/۰۰۶	۵۴۴/۲۱	۰/۹۹۸
		عرضه	۱۲۵۰۵	۲/۱۴۱	–	−۰/۰۰۰۰۱	۳۴۰/۹۴	۰/۹۹۷
۳	عدم مبادله	تقاضا	۳۰۴۱۲	−۱۵۳/۲۲۰	–	۰/۰۰۷	۳۶۳/۴۳	۰/۹۹۷
	مبادله	تقاضا	۳۳۰۲۶	−۹۴/۳۴۷	–	۰/۰۰۴	۳۷۳/۱۸	۰/۹۹۷
		عرضه	۳۲۴۲	–	۰/۴۳۸	−۰/۰۰۲	۴۲۵/۷۶	۰/۹۹۸

مأخذ: یافته‌های تحقیق

* نتایج ارائه شده، مناسبترین مدل تقاضای آب است. کلیهٔ ضرایب و آمارهٔ F در سطح آماری کمتر از ۵ درصد معنی‌دار می‌باشند.

جدول ۸. آثار رفاهی برقراری بازار آب در شبکه‌های آبیاری شهرستان اصفهان

گروه بهره‌برداری	مبنا: عدم مبادلهٔ آب — مازاد رفاه تقاضاکننده (۱۰ ریال)	مبنا: مبادلهٔ آب — مازاد رفاه تقاضاکننده (۱۰ ریال)	مبنا: مبادلهٔ آب — مازاد رفاه عرضه‌کننده (۱۰ ریال)	آثار رفاهی: مقدار (۱۰ ریال)	آثار رفاهی: درصد
۱	۴۸۶۷۰۰۰	۵۷۱۴۰۰۰	۰	۸۴۷۰۰۰	۱۷
۲	۵۷۵۱۰۰۰	۵۶۹۲۰۰۰	۴۵۳۱۰۰	۳۹۴۱۰۰	۷
۳	۱۷۰۳۰۰۰	۲۰۵۵۰۰۰	۱۲۲۶۰۰	۴۷۴۶۰۰	۲۸
کل	۱۲۳۲۱۰۰۰	۱۳۴۶۱۰۰۰	۵۷۵۷۰۰	۱۷۱۵۷۰۰	۱۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

در کشورهای خشک و نیمه خشکی همچون ایران که با بحران آب مواجه هستند، برقراری بازار آب ساز و کاری کارا برای تخصیص آب در تولید کشاورزی است. این مطالعه به وضوح نشان داد که قدرت بازار آب نقش مؤثری در منافع اقتصادی و رفاه بهره‌برداران کشاورزی دارد و نتایج سایر مطالعات صورت گرفته در این خصوص را (مانند مطالعه ایستر و هیرن، ۱۹۹۵؛ لاو و ون سکوالویکف، ۲۰۰۲ و گومز-لیون و مارتینز، ۲۰۰۶) برای کاربرد در ایران مورد تأیید قرار می‌دهد. سابقهٔ بارندگی در سالهای اخیر نشان می‌دهد که ایران مستعد خشکسالی می‌باشد. در این شرایط (یا کمیابی آب ناشی از رشد مصرف) ناگزیر باید آب مورد تخصیص مجدد قرار گیرد. مطابق ارزیابی زمان و همکاران (۲۰۰۹) و نتایج حاصل از این مطالعه، برقراری این نظام در ایران نیز می‌تواند منافع بالقوه‌ای برای کاربرد در شرایط خشکسالی به همراه داشته باشد.

علاوه بر این، به این نکته باید توجه کرد که حجم انتقال بهینه تنها وقتی به‌دست خواهد آمد که یک نظام قدرتمند بتواند کنترل همه‌جانبه مسائل در راه رسیدن به نقل و انتقال مؤثر را در دست بگیرد. نتایج نشان داد که نظام فرض شده در این مطالعه می‌تواند به خوبی این نقش را ایفا کند. افزون بر این باید گفت که دستیابی به جنبه‌های مثبت برقراری چنین نظامی، نیاز به یک ساختار فنی، اجتماعی و قانونی مناسب دارد. در این زمینه پیشنهاد استقرار بنگاههای نقل و انتقال آب مطابق آنچه گومز- لیمون و مارتینز (۲۰۰۶) برای اسپانیا پیشنهاد کردند، می‌تواند مفید باشد. به وسیلهٔ این بنگاه‌ها، که به شکل یک بانک آب عمل می‌کنند و با نظارت و وساطت شبکه‌های بهره برداری از منابع آب تحت پوشش سازمانهای آب منطقه‌ای و مشارکت بهره‌برداران کشاورزی ایجاد می‌گردند، مصرف‌کنندگان می‌توانند مقدار آب تخصیصی مازاد بر نیاز را بفروشند و یا تقاضای آب بیشتری داشته باشند. در این حالت مطمئن خواهیم شد که نقل و انتقال آب به صورت خودکار، کارا و با یک قیمت رقابتی صورت خواهد گرفت. دراین شرایط، تغییر تدریجی دیدگاه کشاورزان نسبت به آب به عنوان یک کالای اقتصادی قابل

مبادله در بازار ضروری است. علاوه بر این، با توجه به اینکه مطالعه لاو و ون سکوالویک (۲۰۰۲) نشان دادکه هزینه‌های نقل و انتقال به صورت معنی‌داری بر کارایی چنین بنگاهی تأثیر دارد، پیشنهاد می‌گردد که تحلیل اقتصادی درخصوص هزینه‌های فنی-اداری برقراری این بنگاه و مقایسه آن با منافع ایجاد شده برای مجموع بهره برداران تحت پوشش این شبکه، در مطالعات بعدی صورت گیرد. همچنین برقراری این نظام در سایر اراضی تحت پوشش شبکه‌های آبیاری در کشور مورد آزمون قرار گیرد.

منابع

۱. بی نام (۱۳۷۷)، استراتژیهای مدیریت ملی منابع آب در ایران، *فصلنامه آب و توسعه*، سال هشتم، شماره ۱۷، صفحه ۵۱-۶۴.

۲. بی نام (۱۳۸۰)، گزارش وضعیت بحرانی منابع آب در حوزهٔ زاینده‌رود، انتشارات شرکت آب منطقه‌ای اصفهان و چهار محال و بختیاری.

۳. بی نام (۱۳۸۶)، سطح زیر کشت، تولید و عملکرد محصولات زراعی استان اصفهان در سال ۸۵-۱۳۸۴، قابل دسترس در : www.esfahan.agri-jahad.ir متعلق به مدیریت طرح و برنامه، سازمان جهادکشاورزی استان اصفهان.

۴. مأمن پوش، ع.ر. و م. میران‌زاده (۱۳۸۶)، عرضه و تقاضای آب در شبکه‌های آبیاری زاینده‌رود، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشگاه صنعتی اصفهان.

5. Arfini, F. and Q. Paris (1995), A positive Mathematical programming Model for Regional Analysis of Agricultural Policies, The Regional Dimension in agricultural Economics and Policies, EAAE, Proceeding of the 40th Seminar, June 26-28, Ancona, 17-35.

6. Brooke, A., D. Kendrick and A. Meeraus (1988), GAMS: A Users's Guide, The Scientific Press.

7. Buysse, J., G. Van Huylenbroeck and L. Lauwers (2007), Normative, Positive and Econometric Mathematical Programming as Tools for Incorporation of Multifunctionality in Agricultural, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120: 70–81.

8. Colby Saliba, B. and D. B. Bush (1987), Water Markets in Theory and Practice – Market Transfers, Water Values and Public Policy, Boulder, CO, Westview Press.

9. Droogers, P. and M. Torabi (2002), Field Scale Scenarios for Water and Salinity Management by Simulation Modeling, IAERI-IWMI Research Reports 12.

10. Easter, K. W. and R. Hearne (1995), Water Markets and Decentralized Waterresources Management - International Problems and Opportunities, *Water Resources Bulletin*, 31(1): 9-20.

11. Easter, K., M. Rosegrant and A. Dinar (1998), Markets for Water: Potential and Performance, Boston: Kluwer Academic Press.

12. Golan, A., G. Judge and D. Miller (1996), Maximum Entropy Econometrics, Wiley, Chichester UK.

13. Gomez-Limon, J. A. and Y. Martinez (2006), Multi-criteria Modelling of Irrigation Water Market at Basin level: A Spanish Case Study, *European Journal of Operational Research*, 173(1): 313-336.

14. Hazell, P.B.R. and R.D. Norton (1986), Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture, Macmillan Publishing Company, New York.

15. Heckelei, T. and W. Hendrik (2003), Estimation of Constrained Optimization Models for Agricultural Supply Analysis Based on Generalized Maximum Entropy, *European Review of Agricultural Economics*, 30: 27-50.

16. Heckelei, T.(2002), Calibration and estimation of programming models for agricultural supply analysis, Habilitationsschrift, Bonn.

17. Heckelei, T. and W. Britz (2005), Models based on positive mathematical programming: state of the art and further extensions, In: Arfini, F. (Ed.) Modelling Agricultural Policies: State of the Arte, New, Challenges, Monte Universita Parma, Parma, 48–74.

18. Heckelei, T. and H. Wolff (2003), Estimation of constrained optimization models for agricultural supply analysis based on generalized maximum entropy, *Eur. Rev. Agric. Econ.*, 30: 27–50.

19. Howitt, R.E. and S. Msangi (2002), Reconstructing Disaggregate Production Function, AAEA-WAEA Annual Meeting, California, July, 28-31.

20. Howitt, R.E., K.B. Ward and S. Msangi (2001), Statewide Water and Agricultural Production Model, Written as Appendix N to the report for the California Value Integrated Network (CALVIN) model (at: http://cee.engr.ucdavis. edu/ faculty/ lund/ CALVIN/).

21. Lauwers, L., G. Van Huylenbroeck and J. Van Meensel (2007), Positive mathematical programming for agriculture and environmental policy analysis: review and practice, In: Weintraub,

A., Bjorndal, T., Epstein, R., Romero, C. (Eds.), Management of Natural Resources: A Handbook of Operations Research Models, Algorithms, and Implementations, Kluwer Academic Publishers, Kluwer's International Series in Operations Research and Management Science (Series Editor: Hillier, F.S.).

22. Louw, D. B. and H. D. Van Schalkwyk (2002), Efficiency of water allocation in South Africa: water markets as an alternative. Paper presented at the conference "Irrigation Water Policies: Micro and Macro Considerations", Agadir, Morocco, June 15-17.

23. Paris, Q. and R.E. Howitt (1998), Analysis of Ill-Posed production Problems using Maximum Entropy, *American Journal of Agricultural Economics*, 80: 124-138.

24. Perloff, J.M. (2001), Microeconomics, Addison Wesley Longman, Inc. USA.

25. Schmit, E. and F. Sinabell (2005), Using the Positive Mathematical Programming Method to Calibrate Linear Programming Models, (BOKU) Discution Paper, Institute for Sustainable Economic Development.

26. Young, R. (1986), Why Are There so Few Transactions Among Water Users, *American Journal of Agricultural Economics*, 68(5): 1143-1151.

27. Zaman, A.M., H.M. Malano and B. Davidson (2009), An Integrated Water Trading–Allocation Model, Applied to a Water Market in Australia, *Agricultural Water Management*, 96: 149 – 159.