

تحلیل اثرات اقتصادی و رفاهی تشکیل بازار آب آبیاری در استان قزوین

محمود صبوحي*^۱ - ابوذر پرهیزکاری^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۸/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۱۵

چکیده

بازار آب به عنوان ابزاری اقتصادی سبب توسعه‌ی تمرکززدایی و تخصیص بهینه منابع آب بین مصرف‌کنندگان می‌شود. به همین منظور، در مطالعه حاضر اثرات اقتصادی و رفاهی تشکیل بازار آب در استان قزوین مورد بررسی قرار گرفت و پتانسیل انتقال آب تحت شرایط کم‌آبی در سطح شهرستان‌های این استان ارزیابی شد. برای نیل به اهداف فوق، از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) و توابع تولید منطقه‌ای محصولات کشاورزی (SWAP) استفاده شد. جهت دستیابی به نتایج کاربردی، تابع تولید با کشت جانشینی ثابت و تابع هزینه به شکل نمایی در مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت گنجانده شد. داده‌های موردنیاز مربوط به سال ۹۱-۱۳۹۰ بود که با مراجعه مستقیم به ادارات ذی‌ربط در استان قزوین جمع‌آوری شد. حل مدل در شش مرحله پیاپی و در محیط نرم‌افزاری GAMS نسخه ۲۳/۹ صورت گرفت. پس از حل مدل، تغییرات سطح زیرکشت محصولات آبی، سود ناخالص کشاورزان و نیروی کار مازاد در سطح منطقه‌ای و در دو حالت (وجود بازار آب و عدم وجود بازار آب) محاسبه شد. نتایج نشان داد که با برقراری بازار آب در استان قزوین مجموع اراضی آبی ۱/۲ درصد، مجموع سود ناخالص کشاورزان ۱/۸۶ درصد و مجموع نیروی کار بکارگرفته‌شده در بخش کشاورزی ۱/۸۱ درصد افزایش می‌یابد. در پایان، با توجه به نقش حمایتی و سازنده بازارهای آب منطقه‌ای، مهیا شدن زمینه و شرایط لازم برای برقراری و استفاده بهینه از مکانیسم این نوع نهادها در استان قزوین پیشنهاد شد.

واژه‌های کلیدی: بازار آب، برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، تجمیع مکانی، مدل SWAP، قزوین

می‌کند (۱۹).

مقدمه

بازار آب به عنوان ابزاری اقتصادی سبب توسعه‌ی تمرکززدایی، تخصیص بهینه منابع آب بین مصرف‌کنندگان و کاهش آثار کمبود آب می‌شود. بر این اساس، ویژگی اصلی 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 تبع، مطلوبیت منطقی بیشتری از منابع آب در مصارف خود به دست می‌آورند (۱۴). بازار آب می‌تواند همانند هر نهاد دیگری، با حفظ حقوق مالکیت و در پی آن، برقراری بعضی ضوابط برای بهره‌برداران، اجازه‌ی مبادله‌ی داوطلبانه آب در مقابل یک مقدار 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 که امکان دستیابی به کارایی بیشتر در تخصیص آب و حداکثر شدن رفاه اجتماعی را فراهم می‌کند (۱۳).

ایجاد بازارهای آب در بخش کشاورزی یک راه حل امیدبخش جهت افزایش کارایی اقتصادی آب می‌باشد که کشاورزان با

مسئله مهمی که امروزه در زمینه بهره‌برداری از منابع محدود آب وجود دارد، عدم تعادل در عرضه و تقاضای آب مورد نیاز اراضی تحت کشت، به ویژه در زمان بروز تنش‌های کم آبی و خشکسالی‌های دوره‌ای در اغلب نقاط کشور می‌باشد. عرضه و تقاضای نامتعادل آب در بخش کشاورزی به عنوان یک محدودیت اساسی، بازده تولید محصولات را با یک روند کاهشی در بلندمدت مواجه می‌سازد (۲). ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب کشاورزی در مدیریت اقتصادی منابع آب هر منطقه نقش مهمی را ایفا می‌کند (۱). اقتصاددانان کشاورزی معتقدند که در صورت وجود یک سیستم حقوق مالکیت خصوصی با قابلیت انتقال منابع آبی، ایجاد و توسعه بازار آب سبب افزایش ضریب اطمینان دسترسی به آب و کاهش ریسک کشاورزان گردیده و به نحو مطلوبی مدیریت و تخصیص بهینه آب را منعکس

۱، ۲- به ترتیب دانشیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زایل

(Email: Msabuhi39@yahoo.com

*) نویسنده مسئول:

کشاورزان با مسئله کمبود آب مواجه می‌باشند. با توجه به مطالب فوق، لزوم برقراری ابزارهای سیاستی همچون تشکیل بازار آب با ویژگی‌های ذکر شده در جهت تخصیص بهینه منابع آب بین مصرف‌کنندگان بخش کشاورزی و کاهش آثار کمبود آن در استان قزوین احساس می‌گردد.

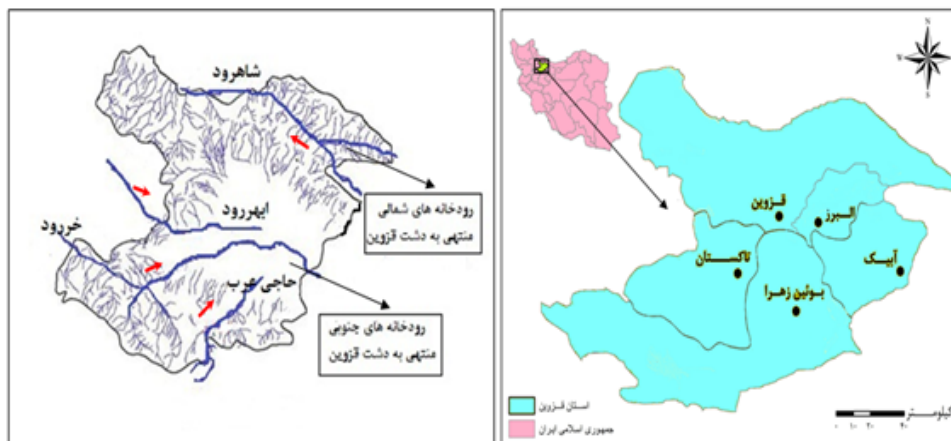
در زمینه تشکیل بازار آب در بخش کشاورزی و نقش تعیین‌کننده آن در ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب، مطالعات محدودی در داخل کشور صورت گرفته که از این جمله می‌توان به مطالعه صدر (۸) در ارتباط با بررسی ویژگی‌های بازار آب، تقاضای نهاده آب در بخش کشاورزی، عرضه آب کشاورزی، هزینه قرارداد و انتقال آب اشاره کرد. وی، تدوین و تثبیت حقوق مالکیت و دادوستد آب را یکی از شرایط لازم تشکیل بازار آب می‌داند. بهلول‌وند و صدر (۳) در مطالعه‌ای به برآورد تابع تقاضای آب و سنجش رقابت بازار آب در منطقه مجن شهرستان شاهرود پرداخته و ارزش تولید متوسط نهاده آب طی سال‌های ۸۱، ۸۲ و ۸۳ به ترتیب ۲۲۴۴، ۲۳۳۸ و ۱۸۸۷ ریال برای محصول سبب‌زمینی برآورد کردند. کیانی (۱۰) در مطالعه‌ای به برآورد توابع عرضه و تقاضای آب آبیاری در منطقه مجن شهرستان شاهرود پرداخت. نتایج این تحقیق نشان داد که درآمد سالانه خریداران و فروشندگان آب بعد از مبادله به ترتیب ۹/۵ و ۷۲ درصد افزایش یافته و بازار آب باعث کاهش ریسک درآمدی خریداران و فروشندگان و ایجاد انگیزه سرمایه‌گذاری بخش خصوصی گردیده است. همچنین، نتایج نشان داد که جهت گسترش دامنه بازارهای آب لازم است تا هزینه‌های مبادله کاهش یابند. کیانی (۱۱) در تحقیقی پیرامون بازار آب نشان داد که مبادله آب بین زارعین در دشت ساوه باعث افزایش سود زارعین در مواقع کمبود آب، افزایش تقاضای نیروی کار و کاهش تبعات منفی ناشی از کمبود آب بر روی اشتغال می‌شود. کرامت‌زاده و همکاران (۹) 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 دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که ارزش اقتصادی نهاده آب در سناریوهای مختلف نرمال و خشکسالی معادل ۴۱۶ و ۵۷۱ ریال می‌باشد. نیکویی و نجفی (۱۲) در مطالعه‌ای تحت عنوان آثار رفاهی بازار آب کشاورزی در ایران به شبیه‌سازی یک بازار آب برای تحلیل جنبه‌های اقتصادی و رفاهی متأثر از کاربرد آن در شهرستان اصفهان پرداختند. نتایج نشان داد که پس از برقراری بازار آب و امکان کاهش محدودیت آب، کشاورزان با تخصیص زمین بین محصولات مختلف، بازده برنامه‌ای خود را افزایش داده و به فروش آب مازاد و خرید آب مورد نیاز خود می‌پردازند. در این شرایط رفاه کشاورزان به طور معنی‌داری افزایش خواهد یافت. پرهیزکاری و همکاران (۴) در تحقیقی به شبیه‌سازی بازار آب و تحلیل اثرات سیاست اشتراک‌گذاری آب آبیاری بر الگوی کشت در حوزه رودخانه شاهرود پرداختند.

فرصت‌های ایجاد شده در آن از طریق بهبود شیوه‌های مدیریت تأمین آب، برای اجاره و فروش آب اقدام نموده و در جهت تبدیل جریان‌های سطحی و نفوذهای عمیق آن در راستای تأمین آب قابل فروش در بازار تلاش خواهند نمود که این امر منجر به کاهش مصرف کشاورزان از منابع آب‌های زیرزمینی می‌شود (۲۲). مکانیسم بازار برخلاف نقش و سابقه طولانی آن در مدیریت و تخصیص سایر منابع، در حوضه مدیریت و تخصیص منابع آب کمتر مورد توجه سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان بخش کشاورزی قرار گرفته است (۳). بهره‌برداران از منابع آب در کشور به گونه‌ای شکل گرفته که باعث شده بازار مناسبی برای این نهاده توسعه پیدا نکند که بتواند قیمت اقتصادی آب را تعیین و مبنای معامله قرار دهد. در عمل نیز تخصیص آب بین بهره‌برداران در اغلب نقاط کشور تحت مدیریت دولت بوده و به جای معیارهای اقتصادی غالباً براساس ضوابط و قوانین سیاسی- اجتماعی صورت می‌گیرد. این شکل مدیریت منابع آب منجر به تخصیص غیربهینه آن در سطح کشور شده است (۹).

استان قزوین با مساحتی معادل ۱۵۸۲۱ کیلومتر مربع، در حوزه مرکزی ایران قرار دارد. سالانه بیش از ۲۰۰ میلیون مترمکعب اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی این دشت صورت می‌پذیرد. در واقع، مجموع تغذیه آبخوان‌های این استان ۱۲۶۰/۵ میلیون مترمکعب است، درحالی که مجموع تخلیه از آن‌ها به ۱۴۵۸/۶۶ میلیون مترمکعب نیز می‌رسد. میانگین بارش باران نیز در این استان ۲۳۴/۱ میلی‌متر بوده که حدود ۸ درصد کمتر از متوسط بارندگی در کشور است (۵).

طی سال‌های اخیر، به وجود آمدن شکاف بین قیمت واقعی آب و قیمتی که کشاورزان به عنوان آب‌بها پرداخت می‌کنند، سبب مصرف بی‌رویه آب آبیاری در استان قزوین شده است. در واقع، پرداخت بهای کم برای نهاده آب توسط کشاورزان، مصرف بی‌رویه آب و کاهش راندمان آن را در پی داشته است (۱). نظر به اینکه در این استان، آب‌های سطحی از طریق بارندگی و تشکیل رودخانه‌های فصلی حاصل می‌شوند، در فصول گرم سال کاهش بارندگی و عدم وجود این منابع موقت (رودخانه‌های فصلی) سبب شده تا آب آبیاری موردنیاز برای کشاورزان از طریق برداشت آب‌های زیرزمینی تأمین شود. این عامل در طول زمان باعث افت سطح آب‌های زیرزمینی و منفی‌شدن بیلان آب در اغلب نقاط این استان، به‌ویژه در بخش‌های جنوبی دشت قزوین شده است (۵). شکل ۱، موقعیت منطقه مورد مطالعه و جریانات آب سطحی در آن را نشان می‌دهد:

به طور کلی، عدم وجود بازارهای آب محلی و منطقه‌ای در حوضه رودخانه‌های فصلی استان قزوین (شاهرود، اهررود، خررود و حاجی‌عرب) سبب شده که همه‌ساله در فصول پرآب حجم زیادی از آب آبیاری بدون استفاده از دسترس کشاورزان خارج شود. درحالی‌که، در فصول گرم سال به علت کاهش جریان آب رودخانه‌ها، اغلب



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و جریانات آب سطحی در آن (۶)

ویکتوریای شمالی کشور استرالیا منافع اقتصادی بالقوه‌ای را در مبادله آب بین بهره‌برداران کشاورزی پیش‌بینی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که این مبادلات در بلندمدت آثار ارزشمندی در غلبه بر بحران‌هایی خشکسالی شدید برای مصرف‌کنندگان آب از جمله بهره‌برداران کشاورزی در بر خواهد داشت. هوویت و همکاران (۱۸) با استفاده از مدل PMP به بررسی نقش بازارهای انتقال آب در کالیفرنیا پرداختند 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 براساس مکانیزم بازار زیان‌های درآمدی حاصل از خشکسالی تا ۳۰ درصد کاهش می‌یابد.

مطالعات بررسی شده نشان می‌دهند که تشکیل بازار آب، به ویژه در سطح محلی یا منطقه‌ای علاوه بر ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب آبیاری سبب افزایش بازده برنامه‌های کشاورزان شده و از هدررفت آب‌های اضافی ممانعت می‌کند. لذا، هدف اصلی مطالعه حاضر بررسی اثرات اقتصادی و رفاهی تشکیل بازارهای آب محلی یا منطقه‌ای در استان قزوین و ارزیابی پتانسیل انتقال آب آبیاری تحت شرایط خشکی و کم‌آبی در سطح شهرستان‌های این استان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نتیجه اعمال یک سیاست و اثرگذاری آن تا حد زیادی وابسته به نحوه عکس‌العمل بهره‌برداران نسبت به سیاست اعمال شده می‌باشد. عکس‌العمل بهره‌برداران نیز تحت تأثیر شرایط مزرعه، نگرش و ویژگی‌های فردی آن‌ها قرار دارد. با توجه به اینکه امکان آزمون سیاست‌های مختلف در محیط آزمایشگاهی وجود ندارد، هر فرد سیاست‌گذار در بخش کشاورزی به دنبال آن است که بتواند با اطمینان بالایی از نتایج اجرای سیاست‌های موردنظر و عکس‌العمل

نتایج نشان داد که با تشکیل بازارهای آب محلی و انجام معاملات بین مناطق مورد مطالعه، منافع اقتصادی کشاورزان نسبت به سال پایه بیشتر شده و مجموع سطح زیرکشت محصولات آبی از ۹ تا ۳۷ درصد افزایش می‌یابد.

از مطالعات خارجی انجام شده در زمینه بازار آب می‌توان به مطالعه یانگ^۱ (۲۳) در خصوص مبادلات بازاری آب اشاره کرد. وی معتقد است که مبادلات آب در بخش کشاورزی می‌تواند به صورت اختیاری یا داوطلبانه صورت گیرد. در این حالت، طرفین معامله تنها در صورتی در آن وارد خواهند شد که در مقایسه با سایر فرصت‌های موجود، برای آن‌ها بهترین نتیجه را در بر داشته باشد. علاوه بر این، چانه‌زدن در دادوستد آب می‌تواند به صورت فرآیندی درآمدی که نتایج مطلوب آن عاید هر دو طرف مبادله گردد. لاو و وان سکوالویک (۲۰) با انجام تحقیقی در آفریقای جنوبی نشان دادند که هزینه‌های حاصل از انتقال مالکیت یا هزینه‌های معامله و هزینه‌های نقل و انتقال آب می‌تواند به طور معنادار و موثری بر ظرفیت هر بازار در ارتباط با کارایی عملکرد آن موثر باشد. در صورتی که بازارهای آب بخواهند توانمندی‌های بالقوه خود را بروز دهند، باید به حداقل کردن این هزینه‌ها بپردازند. گومز لیمون و مارتینز (۱۴) 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 کارآمد عمل خواهد کرد. زمان و همکاران (۱۵) در ناحیه

1- Young

مرحله اول: تقسیم‌بندی مناطق و جمع‌آوری داده‌های سال پایه

استان قزوین منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر است که براساس آخرین تقسیمات کشوری، شامل شهرستان‌های قزوین، تاکستان، آبیک، بوئین‌زهرا و البرز می‌باشد. به علت وجود رودخانه‌های فصلی، چاه‌های نیمه‌عمیق و قنات‌ها در شهرستان‌های فوق، کشاورزی اغلب به صورت آبی در این مناطق صورت می‌گیرد. به طور کلی، حدود ۱۵ درصد از اراضی استان قزوین مجهز به شبکه آبیاری نوین بوده و ۸۵ درصد اراضی این استان به صورت سطحی آبیاری می‌شوند. راندمان عمومی آبیاری نیز در مناطق مورد مطالعه، از ۳۷ درصد برای شهرستان بوئین زهرا تا ۴۵ درصد برای شهرستان قزوین متغیر است (۵). داده‌های مورد نیاز این تحقیق نیز مربوط به سال پایه ۹۱-۱۳۹۰ می‌باشد که از طریق مراجعه به ادارات ذی‌ربط در استان قزوین جمع‌آوری شد.

مرحله دوم: حل مدل برنامه‌ریزی خطی و تعیین قیمت‌های سایه‌ای

این مرحله شامل حل یک مدل برنامه‌ریزی خطی در جهت حداکثر نمودن سود منطقه‌ای کشاورزان با توجه به محدودیت‌های منابع و محدودیت‌های واسنجی می‌باشد. در این مرحله پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی مقادیر قیمت‌های سایه‌ای برای محدودیت‌های منابع و واسنجی به دست می‌آید (۱۷). شکل ریاضی این مرحله از واسنجی مدل PMP را می‌توان برای مناطق مورد مطالعه به صورت زیر نشان داد:

$$Max \Pi = \sum_{i=1}^6 \sum_{g=1}^5 \left(v_{ig} yld_{ig} - \sum_{j \neq water}^4 a_{ij} c_{ij} \right) \quad (1)$$

$$* x_{ig, Land} - \sum_{g=1}^5 \sum_{j=water}^4 water_{gw} \bar{w}_{gw}$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^7 a_{ij} x_{ij} \leq b_{gj} \quad \forall g, j \quad [\mu] \quad (2)$$

$$x_{ij} \leq \tilde{x}_{ij} + \varepsilon \quad \forall g, i, j \quad [\lambda] \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall g, i, j \quad (4)$$

رابطه ۱، به عنوان تابع هدف مدل برنامه‌ریزی خطی، شامل حداکثر کردن مجموع سود منطقه‌ای کشاورزان می‌باشد. در این رابطه Π بیانگر سود کشاورزان، g بیانگر مناطق مورد مطالعه ($g=1, 2, \dots, 5$)، i بیانگر محصولات هر منطقه ($i=1, 2, \dots, 6$)، j بیانگر نهاده‌ها یا عوامل تولید ($j=1, 2, \dots, 4$)، $x_{ig, Land}$ بیانگر سطح زیرکشت

بهربرداران نسبت به آن‌ها آگاه شود (۱۵). امروزه این امر به کمک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) فراهم شده است. به عبارت دیگر، پیش از آن که تصمیم به سیاست‌گذاری گرفته شود، شبیه‌سازی عکس‌العمل احتمالی کشاورزان از طریق برنامه‌ریزی ریاضی مثبت می‌تواند کمک مؤثری در جهت اتخاذ تصمیمات صحیح تر تلقی شود (۱۶). ایده کلی در این مدل، استفاده از اطلاعات موجود در متغیرهای دوگان محدودیت‌های واسنجی است که جواب مسئله برنامه‌ریزی خطی را به سطح فعالیت‌های موجود محدود می‌کنند. این مقادیر دوگان برای تصریح تابع هدف غیرخطی‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند که سطح فعالیت‌های مشاهده شده را مجدداً از طریق جواب بهینه‌ی مسئله برنامه‌ریزی جدیدی که فاقد محدودیت‌های واسنجی است، بازسازی می‌کند (۷).

تعیین سطح تجمیع مکانی (فضایی) برای تعریف دامنه‌ی کاری مدل PMP و تجزیه و تحلیل سیاست‌های کشاورزی حائز اهمیت است. در واقع، تعیین این سطح به جای تحلیل سیاست‌ها در یک بعد وسیع، در کیبسی از ویژگی‌های محلی یا منطقه‌ای را با مجموعه داده‌های کوچک‌تر لحاظ نموده و سیاست‌های مورد نظر را در سطح مناطق تعیین شده مورد بررسی قرار می‌دهد (۲۱). رهیافت مناسب برای تعیین سطح تجمیع مکانی، استفاده از مدل تولید محصولات کشاورزی ایالتی یا منطقه‌ای (SWAP) است.

مدل SWAP به عنوان زیرساخت مدل‌های شبکه آبی، برای ایجاد ارتباط بین متغیرهای اقتصادی و مدل‌های هیدرولوژیکی (مدل‌های آبی)، بهینه‌سازی میزان مصرف آب در بخش کشاورزی و تشکیل بازارهای آب محلی و منطقه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل، برای تجزیه و تحلیل سیاست‌ها در سطح خرد (یا منطقه‌ای) بر منابع ناهمگون و یا نهاده‌های خاص تمرکز دارد و در برآورد توابع تولید محصولات کشاورزی، به جای استفاده از داده‌های خام، از نتایج بهینه‌سازی اقتصادی استفاده می‌کند. با توجه به اینکه در مدل SWAP از داده‌های صریح و واقعی استفاده می‌شود، این مدل می‌تواند در تحلیل سیاست‌ها علاوه بر محدودیت‌های سرمایه‌ای و مالی، محدودیت‌های فیزیکی را نیز در خود بگنجانند. به طور کلی، در مدل SWAP فرض می‌شود که رفتار حداکثرسازی سود ناخالص کشاورزان در سطح منطقه‌ای و در یک شرایط تعادلی کوتاه مدت، منجر به تخصیص منابع مطابق آنچه که در سال پایه مشاهده شده، می‌شود (۱۸). مراحل گام به گام واسنجی مدل SWAP در ادامه تشریح می‌شود:

$$Y_{gi} = \tau_{gi} [\beta_{gi1} h_{gi1}^{\rho_i} + \beta_{gi2} h_{gi2}^{\rho_i} + \beta_{gi3} h_{gi3}^{\rho_i} + \beta_{gi4} h_{gi4}^{\rho_i}]^{v/\rho_i} \quad (5)$$

در رابطه فوق، Y_{gi} میزان تولید محصول i در منطقه g ، h_{ij} عامل تولید j برای تولید محصول i در منطقه g ، τ_{gi} پارامتر مقیاس و تولید j برای تولید محصول i در منطقه g نشان می‌دهد. U ضریب بازده ثابت نسبت به مقیاس می‌باشد و تابع تولید CES با ضرایب ثابت مستلزم آن است که این ضریب برابر با یک شود. ρ_i نیز متغیری است که بر حسب کشش جانشینی بین نهاده‌ها (σ) تعریف می‌گردد و برای محاسبه مقدار عددی آن از رابطه $\rho_i = (\sigma - 1) / \sigma$ استفاده می‌شود (۱۸) و (۲۱).

پس از تخمین تابع تولید و گرفتن مشتق اول از آن، پارامترهای β_{ij} به صورت زیر قابل محاسبه می‌باشند:

$$\sum_{j=1}^4 \beta_j = 1 \quad (6)$$

$$\beta_1 = \frac{1}{1 + \frac{w_1^{(-1/\sigma)}}{c_1} \left(\sum_L \frac{c_L}{w_L^{(-1/\sigma)}} \right)} \quad (7)$$

$$\beta_L = \frac{1}{1 + \frac{w_1^{(-1/\sigma)}}{c_1} \left(\sum_L \frac{c_L}{w_L^{(-1/\sigma)}} \right)} \quad (8)$$

$$\beta_L = \frac{c_L w_1^{-1/\sigma}}{c_1 w_L^{-1/\sigma}} \cdot \beta_1 \quad (9)$$

در روابط فوق، w_L میزان نهاده یا عامل تولید L ام و c_L هزینه نهاده یا عامل تولید L ام می‌باشد. با استفاده از تعریف تابع تولید CES، می‌توان پارامتر مقیاس را برای هر منطقه و محصول محاسبه و هر یک را در سطح پایه ارزیابی نمود. برای این منظور از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\tau_{ij} = \frac{\left(\frac{q_i}{x_i} \right) \cdot \tilde{x}_i}{\left[\sum_{j=1}^4 \beta_j w_j^{\rho} \right]^{v/\rho_i}} \quad \forall g, i, j \quad (10)$$

مراحل تخمین بالا برای تمام محصولات و مناطق مورد مطالعه قابل تعمیم است. قابلیت مدل واسنجی شده در مطالعه حاضر در این

محصول i در منطقه g و a_{ij} بیانگر ضرایب لئونتیف است که نسبت استفاده‌ی هر عامل تولید به زمین را نشان می‌دهد و از رابطه ریاضی $(a_{irm} = \tilde{x}_{ij} / \tilde{x}_{ij, land})$ به دست می‌آید. در واقع، a_{ij} بیانگر ضرایب فنی منابع مورد استفاده در هر منطقه می‌باشد. v_{ij} قیمت محصول i در منطقه g ، عملکرد عملکرد محصول i در منطقه g ، c_{ij} هزینه نهاده j برای تولید محصول i در منطقه g ، $water_{gw}$ مقدار آب مورد استفاده در منطقه g و w_{gw} هزینه استحصال و یا قیمت هر مترمکعب آب آبیاری در منطقه g می‌باشد. رابطه ۲، محدودیت منابع را در هر منطقه نشان می‌دهد و برای نهاده‌های آب، زمین، سرمایه (شامل بذر، کود و مواد شیمیایی) و نیروی کار تعریف می‌شود. در این رابطه b_{gj} کل منابع در دسترس نهاده j در منطقه g می‌باشد.

رابطه ۳، محدودیت واسنجی مدل را نشان می‌دهد که در آن \tilde{x}_{ij} مقدار مشاهده شده فعالیت مورد استفاده در سال پایه و E مقدار مثبت کوچکی را نشان می‌دهد که برای جلوگیری از به وجود آمدن وابستگی خطی بین محدودیت‌های سیستمی (رابطه ۲) و محدودیت واسنجی (رابطه ۳) بکار می‌رود. باید توجه داشت که به ازای هر یک از محصولات مورد استفاده، یک محدودیت واسنجی به مدل اضافه می‌شود. اضافه کردن محدودیت واسنجی به مدل باعث می‌شود که جواب بهینه برنامه‌ریزی خطی دقیقاً سطح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه را به دست دهد. μ در رابطه ۲، قیمت سایه‌ای محدودیت سیستمی و λ در رابطه ۳، قیمت سایه‌ای محدودیت واسنجی را نشان می‌دهد.

رابطه ۴، بیانگر محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها می‌باشد که امکان اجرای الگوی کشت را در هر یک از مناطق مورد مطالعه بازگو می‌کند. در واقع، این رابطه نشان می‌دهد که سطح زیرکشت محصولات نمی‌تواند مقادیر منفی را شامل شود.

مرحله سوم: برآورد تابع تولید منطقه‌ای و تخمین ضرایب CES

در این مرحله پارامترهای بازده ثابت نسبت به مقیاس تابع تولید CES برای هر منطقه و محصول به کمک روش توسعه یافته هوویت (۲۰۱۲) برآورد می‌شوند. تابع تولید CES این امکان را ایجاد می‌کند که یک نرخ جانشینی ثابت بین نهاده‌های تولید و ضرایب لئونتیف (با نسبتی ثابت) و ضرایب تابع کاب-داگلاس (با جایگزینی واحد) به وجود آید (۱۸).

فرم کلی تابع تولید CES مورد استفاده در این مطالعه با توجه به چهار نهاده زمین، آب، نیروی کار و سرمایه به صورت زیر قابل تخمین می‌باشد:

موازی بالقوه در میزان تقاضا با توجه به عوامل برونزا و y_{ig} میزان تولید محصول i در منطقه g با استفاده از نهاده j است.

با توجه به میزان تولید هر محصول در سال پایه (\tilde{y}_{gi}) ، می‌توان میزان تولید نسبی هر محصول را در مناطق مورد مطالعه محاسبه کرد. برای این منظور از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$PP_{gi} = \frac{\tilde{y}_{gi}}{\sum_{g=1}^5 \tilde{y}_{gi}} \begin{cases} \forall i = 1, 2, \dots, 6 \\ \forall g = 1, 2, \dots, 5 \end{cases} \quad (15)$$

با در اختیار داشتن قیمت بازاری (منطقه‌ای) و میزان تولید نسبی هر محصول، می‌توان قیمت موزون آن را با استفاده از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$WP_{gi} = \sum_{g=1}^5 v_{gi} PP_{gi} \begin{cases} \forall i = 1, 2, \dots, 6 \\ \forall g = 1, 2, \dots, 5 \end{cases} \quad (16)$$

هزینه بازاریابی منطقه‌ای هر محصول، مابه التقات قیمت بازاری (منطقه‌ای) و قیمت موزون آن می‌باشد که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$rmc_{gi} = v_{gi} - WP_{gi} \begin{cases} \forall i = 1, 2, \dots, 6 \\ \forall g = 1, 2, \dots, 5 \end{cases} \quad (17)$$

با توجه به تعاریف ارائه شده‌ی فوق و میزان انعطاف‌پذیری قیمت محصولات (χ_i) ، می‌توان برای تخمین پارامترهای تابع تقاضای محصولات کشاورزی از روابط زیر استفاده کرد (۱۸):

$$\alpha_i^2 = \frac{\chi_i WP_{gi}}{\sum_{g=1}^5 \tilde{y}_{gi}} \quad \forall i = 1, 2, \dots, 6 \quad (18)$$

$$\alpha_i^1 = WP_{gi} - \alpha_i^2 \sum_{g=1}^5 \tilde{y}_{gi} \quad \forall i = 1, 2, \dots, 6 \quad (19)$$

مرحله ششم: ساختن مدل برنامه‌ریزی نهایی و تبیین مدل

PMP واسنجی شده

در این مرحله، با استفاده از تابع هزینه‌ی نمایی واسنجی شده، تابع تولید منطقه‌ای برآورد شده و محدودیت‌های منابع، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به صورت روابط زیر ساخته می‌شود:

است که روند تخمین پارامترها در آن برای تمام محصولات و مناطق به طور خودکار انجام می‌شود (۱۸).

مرحله چهارم: برآورد تابع هزینه نمایی و تخمین پارامترهای آن

مرحله چهارم برآورد مدل PMP شامل تخمین تابع هزینه غیرخطی و محاسبه پارامترهای آن می‌باشد. برای این کار از تابع هزینه کل زمین استفاده می‌شود که شکل کلی آن به صورت زیر است:

$$TC_{gi}(x_{gi}) = \delta_{gi} e^{\gamma_{gi} x_{gi}} \begin{cases} \forall g = 1, 2, \dots, 5 \\ \forall i = 1, 2, \dots, 6 \end{cases} \quad (11)$$

در رابطه بالا، TC_{gi} بیانگر هزینه کل زمین برای تولید محصول i در منطقه g ، δ_{gi} پارامتر رهگیری و γ_{gi} پارامتر گاما است که تابعی از کشش عرضه محصول i در منطقه g می‌باشد (η_{gi}) . هر یک از پارامترها فوق، با رگرس کردن (بازگشت دادن) قیمت‌های سایه‌ای واسنجی شده بر مقادیر مشاهده شده سطح فعالیت‌ها به دست می‌آیند (۲۱):

$$\gamma_{gi} = \frac{p_{ig}}{\eta_{gi} x_{gi}} \begin{cases} \forall g = 1, 2, \dots, 5 \\ \forall i = 1, 2, \dots, 6 \end{cases} \quad (12)$$

$$\delta_{gi} = \frac{AC_{gij} + \lambda_{gi}^{land}}{\gamma_{gi} e^{\gamma_{gi} x_{gi}}} \begin{cases} \forall g = 1, 2, \dots, 5 \\ \forall i = 1, 2, \dots, 6 \end{cases} \quad (13)$$

توابع هزینه نمایی برای ایجاد تناسب بین کشش‌های جانشینی، نسبت به توابع درجه دوم از قابلیت بیشتری برخوردار بوده و بدون اینکه هزینه نهایی تولید هر واحد محصول افزایش یابد، این کار را انجام می‌دهند (۱۸).

مرحله پنجم: برآورد تابع تقاضای محصولات کشاورزی

براساس قیمت‌های درون‌زا

برآورد تابع تقاضای محصول کشاورزی براساس قیمت آن (که یک متغیر درون‌زا است)، روش مناسبی برای محاسبه مازاد مصرف‌کننده است. درواقع، تابع تقاضای برآورد شده برای هر محصول، میزان تمایل به پرداخت مصرف‌کننده را در سطح معینی از قیمت و تولید آن محصول نشان می‌دهد (۱۸). شکل ریاضی این تابع را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$p_{gi} = \psi \alpha_i^1 - \alpha_i^2 \left(\sum_{g=1}^5 \sum_{j=1}^4 y_{igj} \right) \quad \forall i = 1, 2, \dots, 6 \quad (14)$$

در رابطه فوق، p_{ig} قیمت محصول i در منطقه g ، α_i^1 و α_i^2 به ترتیب عرض از مبدأ و شیب تابع تقاضای محصول i ، ψ تغییرات

خرید و فرش توأم آب پردازد. رابطه ۲۴ نشان می‌دهد که مجموع آب خریداری شده و فروخته شده ($T_w \cdot xwt_{ghw}$) بین مناطق g و h ، کمتر و یا مساوی با حداکثر حجم آب داد و ستد شده ($Water_{gh,Max}$) بین این مناطق می‌باشد. رابطه ۲۵، بیانگر محدودیت کسری آب یا کم‌آبایی می‌باشد. در مطالعه حاضر، با توجه به اهمیت نهاده آب در تولید محصولات زراعی استان قزوین و به منظور اجرایی بودن استراتژی کم‌آبایی، تنش آبی ۲۰ درصد در مدل پیشنهادی لحاظ شد. امکان کاهش نیاز آبی گیاهان به بیش از ۲۰ درصد با توجه به شرایط منطقه غیرممکن و با مشکلات عدیده همراه خواهد بود. رابطه ۲۶ نیز محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها و حجم آب داد و ستد شده بین مناطق را نشان می‌دهد.

روش جمع‌آوری داده‌ها

در مطالعه حاضر جامعه آماری شامل کشاورزان شهرستان‌های قزوین، تاکستان، بوئین‌زهرا، آبیک و البرز در استان قزوین می‌باشد. داده‌های مورد نیاز برای انجام این مطالعه نیز مربوط به سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ است که شامل هزینه‌های تولید، هزینه آب مصرفی، منابع آب در دسترس، سطح زیرکشت، میزان عملکرد، نیاز آبی و قیمت منطقه‌ای محصولات می‌باشد. داده‌ها مورد نیاز از نوع اطلاعات اسنادی و ثبت شده در دستگاه‌های دولتی ذی‌ربط می‌باشند که از طریق مراجعه مستقیم به هر یک از سازمان‌ها و ادارات مربوطه در استان قزوین و شهرستان‌های آن (قزوین، تاکستان، بوئین‌زهرا، آبیک و البرز) جمع‌آوری شد. داده‌های مربوط به بخش زراعت از طریق مراجعه به سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین و و هر یک از ادارات جهاد کشاورزی شهرستان‌های ذی‌ربط و داده‌های مربوط به آب از طریق مراجعه به اداره منابع آب و شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین جمع‌آوری شد.

نتایج و بحث

سطح زیرکشت محصولات آبی در سال پایه ۹۱-۱۳۹۰ و در سطح هر یک از شهرستان‌های استان قزوین در جدول ۱ نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود، بیشترین سطح زیرکشت محصولات آبی مربوط به شهرستان‌های بوئین‌زهرا و تاکستان می‌باشد و گندم آبی با بیش از ۵۰ هزار هکتار بیشترین سهم را در تولید محصولات زراعی استان قزوین به خود اختصاص داده است. جدول ۲، میانگین عملکرد محصولات آبی را در سطح شهرستان‌های قزوین نشان می‌دهد. تغییرات محسوس عملکرد به علت وجود تفاوت در شرایط توپوگرافی، نوع خاک و درصد شوری خاک در سطح اراضی هر شهرستان می‌باشد.

$$\begin{aligned} \text{Max } \Pi = & \sum_{i=1}^6 \left(\psi \alpha_i^1 \left(\sum_{g=1}^5 y_{gi} \right) + \frac{1}{2} \alpha_i^2 \left(\sum_{g=1}^5 y_{gi} \right)^2 \right) \\ & + \sum_{g=1}^5 \sum_{i=1}^6 (m_{gi} (y_{gi})) - \sum_{g=1}^5 \sum_{i=1}^6 (\delta_{gi} \exp(\gamma_{gi} x_{gi,L})) \\ & - \sum_{g=1}^5 \sum_{i=1}^6 (\omega_{gi,Supply} x_{gi,Supply} + \omega_{gi,Labor} x_{gi,Labor}) \\ & - \sum_{g=1}^5 \sum_{j=water}^4 (wat_{gw} \bar{w}_{gw}) - \sum_{g=1}^5 \sum_{j=water}^4 (trc d_{gh} xwt_{ghw}) \end{aligned} \quad (20)$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^6 x_{igj} \leq A_{igj} \quad \forall g, j \neq water \quad (21)$$

$$water_{gw} \leq watcons_{gw} + \sum_{h=1}^5 xwt_{ghw} - \sum_{g=1}^5 xwt_{ghw} \quad (22)$$

$$\left(\sum_{h=1}^5 xwt_{ghw} \right) \left(\sum_{g=1}^5 xwt_{ghw} \right) = 0 \quad (23)$$

$$T_w \cdot xwt_{ghw} \leq Water_{gh,Max} \quad (24)$$

$$\frac{x_{ig,water}}{x_{ig,land}} \geq 0.80 a_{ig,land} \bar{\omega}_{gi} \quad (25)$$

$$x_{igj}, xwt_{igj} \geq 0 \quad \forall g, i, j \quad (26)$$

رابطه ۲۰، تابع هدف غیرخطی مدل PMP را نشان می‌دهد. در این رابطه، $x_{gi,Supply}$ میزان عرضه آب و $\omega_{gi,Supply}$ هزینه عرضه یا انتقال آب، $x_{gi,Labor}$ مقدار نیروی کار مورد استفاده و $\omega_{gi,Labor}$ هزینه مربوط به نیروی کار (دستمزد) را برای تولید محصول i در منطقه g نشان می‌دهد. xwt_{ghw} حجم آب انتقال یافته و یا داد و ستد شده بین مناطق g و h ، trc هزینه انتقال آب داد و ستد شده بین مناطق g و h فاصله یا مسافت بین مناطق g و h است. رابطه ۲۱، محدودیت مربوط به نهاده‌های مورد استفاده (به جز آب) است که A_{igj} در آن مقدار منابع در دسترس هر منطقه را نشان می‌دهد. رابطه ۲۲، محدودیت مربوط به نهاده آب است که $watcons_{gw}$ در آن حجم آب لازم در هر منطقه را برای تولید محصولات زراعی نشان می‌دهد. این محدودیت بیانگر آن است که مجموع میزان آب لازم برای کشت محصولات و میزان آب وارد شده (خریداری شده) و صادرات شده (فروخته شده) در یک منطقه، مساوی یا بیشتر از کل حجم آب موجود در آن منطقه است. رابطه ۲۳، محدودیت تبادل آب را به صورت همزمان بین مناطق نشان می‌دهد. این محدودیت بیانگر آن است که یک منطقه نمی‌تواند به

جدول ۱- سطح زیرکشت محصولات آبی استان قزوین در سال پایه (بر حسب هکتار)

مجموع سطح هر محصول	شهرستان مورد مطالعه					محصولات آبی
	البرز	آبیک	بوئین زهرا	تاکستان	قزوین	
۵۰۲۷۵	۸۲۵۹	۱۲۲۹۲	۱۴۹۴۱	۱۰۱۰۶	۴۶۷۷	گندم آبی
۲۶۲۷۸	۳۰۴۸	۴۰۸۸	۱۰۸۳۰	۴۹۱۲	۳۴۰۰	جو آبی
۶۹۲۶	۱۵۴۷	۱۳۵۶	۱۶۸۰	۱۲۵۳	۱۰۹۰	ذرت دانه‌ای
۱۲۲۵۷	۹۸۱	۱۵۵۰	۲۰۶۵	۵۶۳۰	۲۰۳۱	گوجه‌فرنگی
۵۲۶۹	۶۹۰	۷۳۷	۱۵۳۰	۹۷۵	۱۳۳۷	چغندر قند
۱۶۵۱۳	۱۰۷۵	۱۱۵۰	۶۲۸۳	۳۴۸۵	۴۵۲۰	یونجه
۱۱۷۵۱۸	۱۵۶۰۰	۲۱۱۷۳	۳۷۳۲۹	۲۶۳۶۱	۱۷۰۵۵	مجموع اراضی

مأخذ: سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین

جدول ۲- عملکرد محصولات کشاورزی استان قزوین در سال پایه (بر حسب کیلوگرم/هکتار)

محصولات آبی	شهرستان مورد مطالعه				
	البرز	آبیک	بوئین زهرا	تاکستان	قزوین
گندم آبی	۴۲۸۰	۴۵۷۴	۴۳۴۶	۴۷۰۰	۴۳۴۷
جو آبی	۴۸۴۰	۴۶۰۰	۴۴۰۰	۵۳۵۲	۴۵۳۰
ذرت دانه‌ای	۱۱۹۸۷	۱۱۲۶۰	۱۱۵۷۰	۱۱۸۲۶	۱۰۳۱۲
گوجه‌فرنگی	۱۷۸۶۳	۱۷۷۲۰	۱۶۰۱۸	۱۷۶۸۲	۱۸۳۳۴
چغندر قند	۲۴۸۳۷	۲۴۳۰۰	۲۲۸۷۰	۲۳۷۴۵	۲۴۳۶۰
یونجه	۱۱۸۴۰	۱۲۰۵۰	۱۱۷۰۰	۱۲۲۳۰	۱۱۷۶۰

مأخذ: سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین

در جدول ۵، حجم آب آبیاری داد و ستد شده بین مناطق مورد مطالعه در سال پایه ۹۱-۱۳۹۰ نشان داده شده است. با توجه به گزارشات سازمان آب منطقه‌ای استان قزوین، این مقادیر براساس برآورد آبی رودخانه‌ها و کانال‌های انتقال آب بین شهرستان‌های استان قزوین محاسبه شده و در تخمین حجم آورد رودخانه‌های فصلی، کل منابع آب قابل انتقال بین شهرستان‌های این استان بدون احراز بارش‌های احتمالی لحاظ شده است.

جدول ۳، میزان آب قابل دسترس حاصل از منابع آبی مختلف (چاه‌های عمیق و نیمه عمیق، کانال‌ها، سدها، رودخانه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌ها) را برای سال پایه ۹۱-۱۳۹۰ تحت شرایط متفاوت آب و هوایی، در سطح شهرستان‌های استان قزوین نشان می‌دهد.

جدول ۴، ماتریس قابلیت داد و ستد آب آبیاری را بین شهرستان‌های استان قزوین نشان می‌دهد. این جدول بر مبنای صفر و یک تنظیم شده است. عدد صفر عدم داد و ستد آب و عدد یک امکان داد و ستد آب را بین مناطق مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول ۳- کل منابع آب قابل دسترس در استان قزوین در سال پایه ۹۱-۱۳۹۰ (بر حسب میلیون مترمکعب)

منبع آب / شهرستان	شهرستان مورد مطالعه				
	البرز	آبیک	بوئین زهرا	تاکستان	قزوین
چاه‌های عمیق شخصی	۳۴/۹۵	۲۷/۸۱	۴۸/۳۶	۳۵/۳۰	۲۶/۱۸
چاه‌های نیمه عمیق شخصی	۲۲/۸۰	۲۶/۴۰	۲۳/۶۵	۱۸/۸۳	۱۴/۹۶
چاه‌های عمیق دولتی	۱۶/۷۵	۲۳/۴۶	۲۷/۱۶	۲۰/۸۳	۱۸/۳۷
کانال‌ها و سدهای انحرافی	۵۰/۵۴	۴۸/۳۹	۲۴/۷۸	۳۵/۶۵	۳۸/۶۲
رودخانه و آب تجمع یافته	۵۴/۳۹	۴۳/۶۸	۴۳/۱۷	۶۴/۴۹	۶۶/۸۹
قنات و چشمه	۱۰/۳۷	۲۱/۴۶	۳۲/۲۴	۱۷/۴۳	۲۲/۹۳
کل منابع آب در دسترس	۱۸۹/۸۰	۱۹۱/۲۰	۲۰۰/۰۰	۱۹۲/۵۳	۱۸۷/۹۵

مأخذ: گزارشات سازمان آب منطقه‌ای استان قزوین

جدول ۴- ماتریس امکان‌سنجی داد و ستد آب آبیاری بین مناطق مورد مطالعه

واردات/صادرات	قزوین (A ₁)	تاکستان (A ₂)	بوئین‌زهرا (A ₃)	آبیک (A ₄)	البرز (A ₅)
قزوین (A ₁)	۰	۱	۰	۰	۱
تاکستان (A ₂)	۱	۰	۱	۰	۰
بوئین‌زهرا (A ₃)	۰	۱	۰	۱	۱
آبیک (A ₄)	۰	۰	۱	۰	۱
البرز (A ₅)	۱	۰	۱	۱	۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۵- حجم آب داد و ستد شده بین مناطق مورد مطالعه در سال پایه (بر حسب میلیون مترمکعب)

مناطق مورد مطالعه	حجم آب وارد شده	حجم آب صادر شده	خالص داد و ستد
قزوین (A ₁)	۵۸/۲۹	۱۲۴/۷	-۵۶/۴۱
تاکستان (A ₂)	۸۴/۱۶	۱۰۸/۰	-۲۳/۸۴
بوئین‌زهرا (A ₃)	۱۱۳/۷	۴۳/۱۸	۷۰/۵۲
آبیک (A ₄)	۳۵/۱۸	۷۵/۳۰	-۴۰/۱۲
البرز (A ₅)	۶۸/۵۴	۱۸/۶۹	۴۹/۸۵

مأخذ: گزارشات سازمان آب منطقه‌ای استان قزوین

مدل پیشنهادی).

۲- در حالتی که انتقال آب بین مناطق مورد مطالعه مطابق با ماتریس امکان‌سنجی داد و ستد آب آبیاری (جدول ۴) صورت گرفته است (یعنی با در نظر گرفتن جمله آخر تابع هدف مدل پیشنهادی).

پس از حل مدل پیشنهادی در محیط نرم‌افزاری GAMS و در دو حالت ارائه شده فوق، علاوه بر الگوی بهینه کشت، مجموع سود ناخالص کشاورزان و مجموع نیروی کار بکارگرفته شده در بخش کشاورزی در هر یک از مناطق مورد مطالعه محاسبه و تعیین شد.

جدول ۶، میزان و درصد تغییرات مجموع اراضی آبی مناطق مورد مطالعه را نسبت به سال پایه (۹۱-۱۳۹۰) و در دو حالت برقراری داد و ستد (تشکیل بازار آب) و عدم برقراری داد و ستد آب آبیاری (نبود بازار آب) بین مناطق مورد مطالعه نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۶، ملاحظه می‌شود که تشکیل بازار آب در شرایط بحرانی سبب افزایش مجموع سطح زیرکشت محصولات آبی در شهرستان‌های تاکستان، بوئین‌زهرا و البرز به میزان ۵۴۵، ۶۹۶ و ۸۶۷ هکتار نسبت به حالت نبود بازار آب می‌شود، اما در شهرستان‌های قزوین و آبیک منجر به کاهش مجموع سطح زیرکشت اراضی آبی به میزان ۲۷۲ و ۵۰۱ هکتار می‌شود. افزون بر آن، ملاحظه می‌شود که مجموع اراضی آبی استان قزوین در شرایط عدم برقراری بازار آب ۱۱۵۶۸۳ هکتار است در حالی که، این میزان با تشکیل بازار آب ۱۳۳۵ هکتار افزایش یافته و به ۱۱۷۰۱۸ هکتار می‌رسد که حاکی از افزایش ۱/۲ درصدی مجموع اراضی آبی استان قزوین است.

افزون بر آن، در مطالعه حاضر با توجه به مرحله اول مدل SWAP (در بخش مواد و روش‌ها) حجم آب وارداتی به استان قزوین از طریق کانال انتقال آب سد طالقان (که در خارج از موقعیت جغرافیایی استان قزوین قرار دارد)، در مدل پیشنهادی لحاظ نشد و تنها مقادیر آب زراعی داد و ستد شده بین شهرستان‌های قزوین، تاکستان، بوئین‌زهرا، آبیک و البرز در سال پایه مد نظر قرار گرفت.

با توجه به جدول ۵، ملاحظه می‌شود که شهرستان‌های قزوین، تاکستان و آبیک بیش از حجم آب وارداتی خود، آب آبیاری را به سایر شهرستان‌ها صادر نموده و خالص داد و ستد آن‌ها به ترتیب ۵۶/۴۱، ۲۳/۸۴ و ۴۰/۱۲ میلیون مترمکعب می‌باشد. شهرستان‌های بوئین‌زهرا و البرز نیز با خالص داد و ستد ۷۰/۵۲ و ۴۹/۸۵ میلیون مترمکعب، حجم آب وارداتی بیشتری را نسبت به سایر شهرستان‌ها به خود اختصاص می‌دهند.

باید توجه داشت که در مطالعه حاضر، آنچه که شرط وجود و یا عدم وجود بازار آب منطقه‌ای را بین شهرستان‌های استان قزوین امکان‌پذیر می‌کند، جمله آخر در تابع هدف مدل پیشنهادی می‌باشد. با توجه به این قید و به منظور تعیین اثرات تشکیل بازارهای آب محلی یا منطقه‌ای، مدل ارائه شده در این مطالعه در دو حالت متفاوت زیر حل و الگوی بهینه کشت در هر دو حالت تعیین و با الگوی فعلی مقایسه شد:

۱- در حالتی که هیچ‌گونه داد و ستد آبی بین مناطق مورد بررسی صورت نگرفته است (یعنی بدون در نظر گرفتن جمله آخر تابع هدف

جدول ۶- مجموع اراضی آبی در مناطق مورد مطالعه در حالت وجود و عدم وجود بازار آب (برحسب هکتار)

مناطق مورد مطالعه	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
قزوین (A ₁)	۱۷۰۵۵	۱۶۲۴۰	۱۵۹۶۸	-۲۷۲	-۱/۷
تاکستان (A ₂)	۲۶۳۶۱	۲۵۰۹۸	۲۵۶۴۳	۵۴۵	۲/۲
بوئین‌زهر (A ₃)	۳۷۳۲۹	۳۸۱۰۰	۳۸۷۹۶	۶۹۶	۱/۸
آبیک (A ₄)	۲۱۱۷۳	۲۰۷۶۵	۲۰۲۶۴	-۵۰۱	-۲/۵
البرز (A ₅)	۱۵۶۰۰	۱۵۴۸۰	۱۶۳۴۷	۸۶۷	۵/۳
مجموع	۱۱۷۵۱۸	۱۱۵۶۸۳	۱۱۷۰۱۸	۱۳۳۵	۱/۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۷- مجموع سطح زیرکشت محصولات آبی استان قزوین در حالت وجود و عدم وجود بازار آب (برحسب 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
گندم آبی	۵۰۲۷۵	۴۹۸۷۰	۵۰۹۱۱	۱۰۴۱	۲/۱
جو آبی	۲۶۲۷۸	۲۵۸۵۶	۲۶۱۸۵	۳۲۹	۱/۳
ذرت دانه‌ای	۶۹۲۶	۶۸۵۰	۶۷۵۹	-۹۱	-۱/۴
گوجه‌فرنگی	۱۲۲۵۷	۱۱۹۸۶	۱۱۹۱۰	-۷۶	-۰/۶
چغندر قند	۵۲۶۹	۵۰۲۷	۵۲۷۰	۲۴۳	۴/۶
یونجه	۱۶۵۱۳	۱۶۰۹۴	۱۵۹۸۳	-۱۱۱	-۰/۷
مجموع	۱۱۷۵۱۸	۱۱۵۶۸۳	۱۱۷۰۱۸	۱۳۳۵	۱/۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

اراضی آبی شهرستان‌های آبیک و قزوین می‌شود، چرا که این محصولات درصد بالایی از الگوی کشت آن‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که با اعمال تنش آبی ۲۰ درصد در شرایط خشکی، کشاورزان قزوینی محدودیت آب را نسبت به حالت فعلی بیشتر احساس کرده؛ لذا به سمت محصولاتی نظیر گندم، جو آبی و چغندر که نیاز آبی کمتری دارند متمایل می‌شوند و از سطح زیرکشت محصولات آب‌بری مانند گوجه‌فرنگی، ذرت دانه‌ای و یونجه می‌کاهند. به همین دلیل درصد تغییرات مجموع اراضی تحت کشت این محصولات منفی شده است. درصد بالای تغییرات مجموع سطح زیرکشت محصول چغندر قند نیز، علاوه بر نیاز آبی کمتر این محصول نسبت به گوجه‌فرنگی، ذرت دانه‌ای و یونجه، عملکرد مناسب آن در واحد سطح و صرفه اقتصادی بالای حاصل از کشت آن است (به علت وجود کارخانه‌های تولید قند در منطقه). افزون بر آن، جدول ۷ نشان می‌دهد که با برقراری بازار آب محلی و داد و ستد عادلانه و منطقی آب آبیاری بین شهرستان‌های استان قزوین، مجموع اراضی تحت کشت گندم آبی، جو آبی و چغندر قند نسبت به حالتی که هیچ‌گونه داد و ستدی صورت نمی‌گیرد، به ترتیب ۱۰۴۱، ۳۲۹ و ۲۴۳ هکتار افزایش و مجموع اراضی تحت کشت محصولات آب‌بر ذرت دانه‌ای، گوجه‌فرنگی و یونجه به ترتیب ۹۱، ۷۶ و ۱۱۱ هکتار کاهش

همچنین، مشاهده می‌شود که تنش آبی ۲۰ درصد طی دوره رشد محصولات آبی منجر به کاهش مجموع اراضی آبی استان قزوین از ۱۱۷۵۱۸ هکتار در سال پایه به ۱۱۷۰۱۸ هکتار در حالت برقراری بازار آب می‌شود. به طور کلی، صرفه‌جویی و ذخیره حجم زیادی از آب آبیاری در اثر ایجاد تنش آبی ۲۰ درصد از یک سو و مدیریت بر داد و ستد متعادل و بهینه آب در بین مناطق با به وجود آمدن بازار آب از سوی دیگر، منجر به افزایش مجموع سطح زیرکشت محصولات آبی استان قزوین به میزان ۱۳۳۵ هکتار شده است.

میزان و درصد تغییرات مجموع سطح زیرکشت هر یک از محصولات آبی استان قزوین تحت شرایط بحرانی (اعمال تنش آبی ۲۰ درصد در شرایط خشکی) در دو حالت برقراری و عدم برقراری بازار آب در جدول ۷ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۷، ملاحظه می‌شود که برقراری بازار آب در استان قزوین سبب کاهش مجموع سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای، گوجه‌فرنگی و یونجه و افزایش مجموع سطح زیرکشت گندم آبی، جو آبی و چغندر قند می‌شود. مجموع اراضی تحت کشت محصولات آبی برابر با همان میزانی است که در جدول ۶ به دست آمد. با توجه به جداول ۶ و ۷، ملاحظه می‌شود که منفی بودن درصد تغییرات مجموع سطح زیرکشت محصولات گوجه‌فرنگی، ذرت دانه‌ای و یونجه سبب کاهش مجموع

۱۳۴/۷ و ۷۵/۳۰ میلیون مترمکعب از این شهرستان‌ها می‌باشد. چرا که با خروج حجم آب صادراتی، کشاورزان این دو شهرستان محدودیت آب آبیاری را به میزان بیشتری نسبت به حالت نبود بازار آب احساس نموده و سطح زیرکشت محصولات آبیاری نظیر گوجه‌فرنگی، ذرت دانه‌ای و یونجه را که در عمل سود اقتصادی بالاتری نسبت به گندم و جو آبی دارند، می‌کاهند و به سمت محصولات با نیاز آبی کمتر متمایل می‌شوند، اما کشاورزان شهرستان‌های تاکستان، بوئین‌زهرا و البرز پس از برقراری بازار آب با واردات حجم آبی ۸۴/۱۶، ۱۱۳/۷ و ۶۸/۵۴ میلیون مترمکعب، محدودیت آب را در مقایسه با حالت نبود بازار آب، به میزان کمتری احساس می‌کنند؛ لذا به سمت محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر، ولو آبر پیش می‌روند. این امر سبب افزایش سود ناخالص آن‌ها شده است. افزون بر آن، جدول ۸ نشان می‌دهد که با برقراری بازار آب و داد و ستد عادلانه آب آبیاری بین مناطق مورد مطالعه، مجموع سود ناخالص کشاورزان استان قزوین در حدود ۶۵۱۱۴۲ هزار ریال نسبت به حالتی که هیچ‌گونه داد و ستدی بین مناطق صورت نمی‌گیرد (یعنی در شرایط نبود بازار آب)، افزایش پیدا می‌کند که این میزان حاکی از افزایش ۱/۸۶ درصدی تغییرات مجموع سود ناخالص کشاورزان استان قزوین است.

می‌یابد که این امر به پایداری منابع آب موجود در منطقه کمک می‌نماید. براساس نتایج به دست آمده از مدل SWAP، با تغییر مجموع اراضی سطح زیرکشت محصولات آبی هر یک از مناطق مورد مطالعه، میزان سود ناخالص کشاورزان نیز متناسب با آن تغییر می‌کند. در جدول ۸، میزان و درصد تغییرات مجموع سود ناخالص کشاورزان شهرستان‌های مورد مطالعه پس از اعمال تنش آبی ۲۰ درصد تحت شرایط خشکی در دو حالت برقراری و عدم برقراری بازار آب نشان داده شده است.

با توجه به جدول ۸، ملاحظه می‌شود که با برقراری بازار آب در استان قزوین، میزان سود ناخالص کشاورزان نسبت به حالتی که هیچ‌گونه داد و ستدی بین مناطق مورد مطالعه صورت نمی‌گیرد، بیشتر است. درواقع، نتایج مدل SWAP نشان می‌دهد که با برقراری بازار آب منطقه‌ای یا محلی، میزان مجموع سود ناخالص کشاورزان شهرستان‌های قزوین و آبیک نسبت به حالت نبود بازار آب به ترتیب ۲۴۳۱۲۱ و ۱۰۴۶۲۷ هزار ریال کاهش و میزان مجموع سود ناخالص کشاورزان شهرستان‌های تاکستان، بوئین‌زهرا و البرز به ترتیب ۳۶۹۱۱۹، ۲۸۶۲۳۶ و ۳۴۳۵۳۰ هزار ریال افزایش می‌یابد. علت کاهش مجموع سود ناخالص کشاورزان قزوین و آبیک منفی بودن درصد تغییرات مجموع اراضی این دو شهرستان پس از اعمال تنش آبی ۲۰ درصد تحت شرایط خشکی و خروج حجم آبی به میزان

جدول ۸- مجموع سود ناخالص کشاورزان مناطق مورد مطالعه در حالت وجود و عدم وجود بازار آب (بر حسب ۱۰۰ هزار ریال)

مناطق مورد مطالعه	سود ناخالص در سال پایه	سود ناخالص در نبود بازار آب	سود ناخالص با وجود بازار آب	میزان سود اضافه شده	درصد تغییرات سود ناخالص
قزوین (A ₁)	۵۷۳۰/۳۱۶	۵۲۸۱/۲۳۷	۵۰۳۸/۱۱۶	-۲۴۳/۱۲۱	-۴/۸۲
تاکستان (A ₂)	۹۷۳۴/۹۸۴	۹۸۰۷/۶۳۱	۱۰۱۷۶/۷۴	۳۶۹/۱۱۹	۳/۶۳
بوئین‌زهرا (A ₃)	۸۵۳۷/۹۲۳	۸۶۳۲/۴۵۵	۸۹۱۸/۶۹۱	۲۸۶/۲۳۶	۳/۲۱
آبیک (A ₄)	۶۱۵۷/۰۵۹	۵۲۳۶/۱۴۹	۵۱۳۱/۵۲۲	-۱۰۴/۶۲۷	-۲/۰۴
البرز (A ₅)	۵۴۰۸/۳۰۶	۵۴۷۴/۸۳۳	۵۸۱۸/۳۶۸	۳۴۳/۵۳۰	۵/۹۰
مجموع	۳۵۵۶۸/۵۸۸	۳۴۴۳۲/۲۹۵	۳۵۰۸۲/۴۳۷	۶۵۱/۱۴۲	۱/۸۶

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۹- مجموع نیروی کار بکارگرفته شده در بخش کشاورزی استان قزوین در شرایط برقراری و عدم برقراری بازار آب (بر حسب هزار نفر- روز)

مناطق مورد مطالعه	نیروی کار در سال پایه	نیروی کار در نبود بازار آب	نیروی کار با وجود بازار آب	نیروی کار اضافه شده	درصد تغییرات نیروی کار
قزوین (A ₁)	۵۴۵/۷۶۸	۵۳۹/۱۶۰	۴۹۷/۸۳۳	-۳۱/۳۲۷	-۶/۲۹
تاکستان (A ₂)	۸۴۳/۵۵۲	۸۱۶/۲۰۴	۸۳۸/۶۵۰	۲۲/۴۴۶	۲/۶۸
بوئین‌زهرا (A ₃)	۱۱۹۴/۵۲۸	۱۰۵۲/۶۲۰	۱۱۰۶/۳۱۲	۵۲/۶۹۲	۴/۷۵
آبیک (A ₄)	۶۷۷/۵۳۶	۶۵۳/۴۹۶	۶۱۸/۲۰۸	-۲۵/۲۸۸	-۴/۱۰
البرز (A ₅)	۴۹۹/۲۰۰	۴۵۰/۸۳۷	۴۸۶/۳۱۸	۴۵/۴۸۱	۹/۳۵
مجموع	۳۷۶۰/۵۸۴	۳۴۸۲/۳۱۷	۳۵۴۷/۳۲۱	۶۴/۰۰۴	۱/۸۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

مسئولین بخش را با مشکلات عدیده مواجه ساخته است. با توجه به شرایط موجود، جهت درمان ماندن از مشکلات کمبود آب در سال‌های آبی و کاهش بیلان منفی آب‌های زیرزمینی این استان دو راهکار اساسی و قابل اجرا پیشنهاد می‌شود. راهکار اول، تشکیل بازارهای آب منطقه‌ای و داد و ستد آب آبیاری بین شهرستان‌های استان قزوین و راهکار دوم، ایجاد تنش آبی ۲۰ درصد طی دوره رشد محصولات کشاورزی است. در مطالعه حاضر به منظور استفاده توأم از هر دو راهکار فوق، از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) و توابع تولید منطقه‌ای محصولات کشاورزی (SWAP) استفاده شد. مدل پیشنهادی، با گنجاندن توابع تولید منطقه‌ای و تابع هزینه نمایی در شش مرحله پیاپی و در محیط نرم‌افزاری GAMS نسخه ۲۳/۹ حل شد. نتایج نشان داد که پس از اعمال تنش آبی ۲۰ درصد، با تشکیل بازارهای آب منطقه‌ای و داد و ستد آب آبیاری بین مناطق مورد مطالعه، مجموع اراضی آبی استان قزوین ۱/۲ درصد، مجموع سود ناخالص کشاورزان این استان ۱/۸۶ درصد و مجموع نیروی کار بکارگرفته شده در بخش کشاورزی ۱/۸۱ درصد افزایش یافت.

به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که تشکیل بازارهای آب منطقه‌ای علاوه بر ایجاد تعادل در داد و ستد آب بین مناطق مورد مطالعه، سبب تخصیص بهینه منابع آب و به دنبال آن افزایش اراضی آبی، ایجاد اشتغال و افزایش رفاه اجتماعی کشاورزان می‌شود. در پایان نیز با توجه به نقش حمایتی و سازنده بازارهای آب منطقه‌ای، پیشنهاد می‌شود که شرایط لازم برای برقراری و استفاده بهینه از مکانیسم این نوع نگاه‌ها نه تنها در استان قزوین، بلکه در سایر مناطقی از کشور که قابلیت داد و ستد آب را دارند، مهیا شود. در زمینه فنی-مدیریتی نیز پیشنهاد می‌شود که به منظور مقایسه هزینه‌های برقراری بازارهای آب منطقه‌ای با منافی که پس از برقراری برای کشاورزان حاصل می‌نمایند، تحلیل‌های اقتصادی مناسبی صورت گیرد.

در جدول ۹، میزان نیروی کار بکارگرفته شده در بخش کشاورزی پس از اعمال تنش آبی ۲۰ درصد تحت شرایط خشکی در دو حالت برقراری و عدم برقراری بازارهای آب منطقه‌ای در استان قزوین نشان داده شده است. با توجه به جدول ۹، ملاحظه می‌شود که برقراری بازار آب محلی یا منطقه‌ای در استان قزوین پس از اعمال تنش آبی ۲۰ درصد در شرایط خشکی، کاهش نیروی کار بکارگرفته شده در شهرستان‌های قزوین و آبیک را به میزان ۳۱۳۲۷ نفر-روز و افزایش نیروی کار بکارگرفته شده در شهرستان‌های تاکستان، بوئین‌زهرا و البرز را به میزان ۲۲۴۴۶، ۵۲۶۹۲ و ۴۵۴۸۱ نفر-روز، نسبت به حالتی که هیچ‌گونه داد و ستد آبی بین مناطق صورت نگرفته، در پی داشته است. علت کاهش نیروی کار بکارگرفته شده در شهرستان‌های قزوین و آبیک پس از اعمال تنش آبی ۲۰ درصد و تشکیل بازارهای آب منطقه‌ای، تمایل کشاورزان به سمت کشت محصولات با نیاز آبی کمتر (مانند گندم و جو) می‌باشد. این در حالی است که محصولات کم‌آبی نظیر گندم و جو در مقایسه با ذرت دانه‌ای، گوجه‌فرنگی و یونجه طی دوره رشد خود نیاز به تعداد نفر-روز کمتری در واحد سطح دارند. به طور کلی، نتایج جدول ۹ نشان می‌دهد که تشکیل بازارهای آب منطقه‌ای سبب بکارگیری نیروی کار مازادی به میزان ۶۴۰۰۴ نفر-روز در استان قزوین شده و این میزان حاکی از افزایش ۱/۸۱ درصدی فعالیت نیروی کار این استان در بخش کشاورزی است. این امر، نقش حمایتی بازارهای آب منطقه‌ای را در زمینه ایجاد اشتغال و بکارگیری نیروی کار مازاد بخش کشاورزی نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در دو دهه‌ی اخیر، افزایش سطح زیرکشت محصولات آبی در استان قزوین (برای تأمین نیاز غذایی جمعیت رو به رشد)، منجر به بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی این استان شده و

منابع

- ۱- احسانی م.، دشتی ق.، حیاتی ب. و قهرمان زاده م. ۱۳۸۹. برآورد ارزش اقتصادی آب شبکه آبیاری دشت قزوین: کاربرد رهیافت دوگان. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۵(۲): ۲۴۵-۲۳۷.
- ۲- باریکانی ا. و خلیلیان ص. ۱۳۹۰. مدیریت پویای سفره آب زیرزمینی در بخش کشاورزی: مطالعه موردی دشت قزوین. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران.
- ۳- بهلول‌وند ع. و صدر ک. ۱۳۸۶. نقش و اهمیت تشکلهای آب‌بران در تشکیل بازارهای آب، مطالعه موردی، بازار آب مجن. مجله اقتصاد کشاورزی، ۱(۲): ۸۰-۶۳.
- ۴- پرهیزکاری ا.، صوحی م. و ضیائی س. ۱۳۹۲. شبیه‌سازی بازار آب و تحلیل اثرات سیاست اشتراک‌گذاری آب آبیاری بر الگوی کشت تحت شرایط کم‌آبی. مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۷(۳): ۲۴۲-۲۵۲.
- ۵- سازمان آب منطقه‌ای استان قزوین. ۱۳۸۹. دفتر مطالعات پایه منابع آب.
- ۶- سازمان کل مطالعات و بررسی‌های اقتصادی. ۱۳۹۰. خلاصه سیمای آب و هوا و منابع آب استان قزوین.

- ۷- صبحی م. ۱۳۸۵. بهینه سازی الگوهای کشت با توجه به مزیت نسبی حوضه آبریز در تولید محصولات زراعی: مطالعه موردی استان خراسان. پایان نامه دکتری. دانشگاه شیراز.
- ۸- صدر ک. ۱۳۸۲. نقش نهاد بازار و بخش عمومی در مدیریت و توسعه پایدار منابع آب. دفتر اقتصاد آب وزارت نیرو.
- ۹- کرامت‌زاده ع.، چیذری ا. و شرزه‌ای غ. ۱۳۹۰. نقش بازار آب در تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (مطالعه موردی: اراضی پایین دست سد شیرین دره بجنورد). مجله تحقیقات و توسعه کشاورزی ایران، ۲-۴۲(۱): ۲۹-۴۴.
- ۱۰- کیانی غ. ۱۳۸۸. نقش بازار در تخصیص منابع آب (مطالعه موردی: بازار آب مجن). پایان نامه دکتری، دانشگاه تهران.
- ۱۱- کیانی غ. ۱۳۸۹. منافع بالقوه تشکیل بازارهای آب، مطالعه موردی منطقه ساوه. نشریه علوم محیطی، ۶(۴): ۶۵-۷۲.
- ۱۲- نیکوئی ع. و نجفی ب. ۱۳۹۰. آثار رفاهی برقراری بازار آب کشاورزی در ایران، مطالعه موردی: شبکه‌های آبیاری اصفهان. نشریه اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال نوزدهم، شماره ۷۶، زمستان ۱۳۹۰.
- 13- Easter K.W. and Hearne R. 1995. Water Markets and Decentralized Water resources Management - International Problems and Opportunities, *Water Resources Bulletin*, 31(1): 9-20.
- 14- Gomez-Limon J.A. and Martinez Y. 2006. Multi-criteria modeling of irrigation water market at basin level: A Spanish case study, *European journal of operational research*, 173(1): 313-336.
- 15- He L., Tyner W.E., Doukkali R. and Siam G. 2006. Policy options to improve water allocation efficiency: analysis on Egypt and Morocco. *Water International*, 31, 320-337.
- 16- Howitt R.E. 2005. PMP based production models- development and integration. *The Future of Rural Europe in the Global Agricultural Food System*, NO: 23 -21.
- 17- Howitt R.E., Medellin-Azuara J. and MacEwan D. 2009. Estimating the economic impacts of agricultural yield related changes for California, a Paper from California Climate Change Center, 29P.
- 18- Howitt R.E., Medellin-Azuara J., MacEwan D. and Lund R. 2012. Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management, *Science of the environmental modeling and software*. 38: 244-258.
- 19- Johansson R. 2002. Pricing irrigation water: a literature survey. *The World Bank Working Paper*, Washington. D.C.
- 20- Louw D. and Van Schalkwyk H. 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.
- 21- Medellan-Azuara J., Harou J.J. and Howitt R.E. 2010. Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation 408 (3): 5639-5648.
- 22- Wichelns D. 1999. An economic model of water logging and salinization in arid regions, *ecological economics*, 30(2): 475- 491.
- 23- Young R. 1986. Why are there so few transactions among water users, *American journal of agricultural economics?* 68(5): 1143-1151.
- 24- Zaman A.M., Malano H.M. and Avidson B.D. 2009. An integrated water trading-allocation model, applied to a water market in Australia, *agricultural water management*, 96: 149 -159.