نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال پنجم، شماره چهارم، تابستان ۱۳۹۵

ISSN 2251-7480

مدیریت تقاضای آب آبیاری در دشت اردلان با تأکید بر سیاست قیمت‌گذاری

محمد مهدی مظفری[1*]

۱*) استادیار؛ گروه مدیریت صنعتی؛ دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)؛ قزوین؛ ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: zafarnima@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۱۰/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۰۲

چکیده

بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب در کشور است، لذا ارائه شیوه‌های جامع مدیریت منابع آب و تدوین سیاست‌های صحیح در جهت افزایش بهره‌وری آب در این بخش ضروری می‌باشد. بدین‌منظور، در مطالعه حاضر برای ارزیابی اثرات سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر مدیریت تقاضای آب در دشت اردلان از یک سیستم مدل‌سازی اقتصادی مشتمل بر مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) و رهیافت حداکثر آنتروپی (ME) استفاده شد. داده‌های موردنیاز مربوط به سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ بود. نتایج نشان داد که قدرمطلق کشش قیمتی تقاضای آب برای یونجه و گوجه‌فرنگی که نیاز آبی بالاتری دارند، بیشتر از سایر محصولات منتخب است و تقاضای کشاورزان برای نهاده آب در تولید این محصولات باکشش‌تر است. افزون بر این، نتایج نشان داد که افزایش قیمت آب آبیاری (تحت سناریوهای ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ریال نسبت به شرایط سال پایه) منجر به کاهش سطح زیرکشت گندم آبی، یونجه، گوجه‌فرنگی و آفتابگردان و افزایش سطح زیرکشت جو آبی و هندوانه در الگوی کشت منطقه می‌شود. همچنین، اعمال این سیاست منجر به کاهش ۲/۰۴ تا ۷/۸۳ درصد آب مصرفی در الگوی کشت و کاهش ۱/۹۶ تا ۷/۶۵ درصد درآمد ناخالص کشاورزان در دشت اردلان می‌شود. در پایان، اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری و بکارگیری راهبرد تغییر الگوی کشت به صورت توأم با آن، جهت کاهش تقاضای آب آبیاری و پایداری منابع آب دشت اردلان توصیه شد.

کلید واژه‌ها: برنامه‌ریزی ریاضی مثبت؛ پایداری منابع آب؛ دشت اردلان؛ سیاست قیمت‌گذاری

مقدمه

کمیابی منابع آب و عدم توانایی انسان در تولید آن، موجب شده تا فاصله بین عرضه و تقاضای آب، به ویژه در دهه‌های اخیر به شدت زیاد شود و در اغلب مناطق دنیا کمبود عرضه آب به وجود آید (صبوحی و همکاران، ۱۳۸٦؛ مظفری، ۱۳۹٤). در بسیاری از مناطق ایران نیز آب کافی در زمان مورد نیاز برای فعالیت‌های کشاورزی وجود ندارد و این امر سبب شده تا آب محدودکننده‌ترین نهاده تولید محسوب شود (حسین‌زاد، ۱۳۸۳؛ پرهیزکاری، ۱۳۹۲). افزون بر آن، حدود ۹۰ درصد از منابع آبی قابل استحصال کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، ولی میزان بازدهی آب مصرفی در بخش کشاورزی بسیار پایین بوده و حدود یک سوم آن به مصرف نهایی رسیده و مابقی به هدر می‌رود (وزارت نیرو، ۱۳۹۲). مدیریت ضعیف آبیاری در اغلب نقاط کشور، منجر به افزایش تقاضا برای این نهاده حیاتی و هدررفتن مقادیر قابل ملاحظه‌ای از آن گردیده است (ترکمانی و شجری، ۱۳۸۷). در مواقعی که عرضه آب دچار بحران می‌شود، مدیریت تقاضای آب

Archive of SID

www.SID.ir

(یعنی کاهش تقاضا در مصرف آن) مورد توجه قرار می‌گیرد. بر این اساس، تداوم افزایش شکاف میان عرضه و تقاضای آب در آینده، توجه جدی به مبانی برنامه‌ریزی اقتصادی منابع آب و تخصیص بهینه آن را اجتناب‌ناپذیر کرده و مدیریت صحیح منابع آب را ضروری می‌سازد (بخشی و همکاران، ۱۳۹۰).

در زمینه پایداری منابع آب، سیاست‌های مدیریت عرضه و تقاضای آب مکمل یکدیگر می‌باشند و تا زمانی که آب به عنوان یک کالای اقتصادی در نظر گرفته نشود و به آن بهای لازم داده نشود، اکثر زارعین به منظور آبیاری مزارع خود از روش‌های سنتی استفاده خواهند کرد که این امر افزایش تلفات آب را در پی خواهد داشت (پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۲). در زمینه سیاست‌گذاری نیز، امروزه تلاش‌های زیادی برای کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی و بهبود تخصیص آن در بین فعالیت‌های مختلف صورت گرفته است. برای بهبود کارایی تخصیص آب، اقتصاددانان افزایش قیمت نهاده آب را پیشنهاد می‌کنند، ولی سیاست‌گذاران به دلایل اقتصادی، فرهنگی و سیاسی این پیشنهاد را رد می‌کنند (He *et al.*, 2006). به طور کلی، مدیریت مطلوب تقاضا از طریق قیمت‌گذاری می‌تواند با تأمین قسمتی از نیازهای مالی بخش آب، موجبات تقویت نقش اقتصادی آب در توسعه را فراهم کرده و ضمن استفاده کارآتر، بهره‌وری نهاده‌های کشاورزی، از جمله آب را نیز بهبود بخشد. از این رو، قیمت‌گذاری آب به عنوان یک ابزار مناسب مدیریتی، جهت ایجاد سازگاری بین فعالیت‌های عملی و واقعی بهره‌برداران از آب و خدمات وابسته به آن با اهداف و استراتژی‌های توسعه ملی مطرح است (احسانی و همکاران، ۱۳۹۱). قیمت‌گذاری آب ابزاری اقتصادی است، بدین مفهوم که کشاورزان با افزایش قیمت آب روی یک منحنی تقاضا (با شیب منفی) واکنش نشان داده و مصرف آب آبیاری را کاهش می‌دهند. از این رو، آب ذخیره شده را می‌توان بین مصارف دیگر از جمله استفاده در تولید محصولات با ارزش‌تر و همچنین، اهداف مربوط به حفظ محیط‌زیست مطابق با ترجیحات جامعه، مجدداً توزیع نمود. تخصیص مجدد منابع آب می‌تواند موجب افزایش کارایی استفاده از این نهاده کمیاب شود (Gomez-Limon *et al.*, 2002; Gomez-Limon and Martinez, 2005).

طی سال‌های اخیر محققین متعددی با استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی مسائل مربوط به عرضه و تقاضای آب آبیاری و سیاست‌های تأثیرگذار بر آن را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این راستا، یکی از ابزارهای توانمند در زمینه بررسی سیاست‌های مربوط به بخش کشاورزی و مدیریت منابع آب، به خصوص سیاست‌های مربوط به عرضه و تقاضای آب آبیاری، روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت[1] (PMP) است. کشاورزی اتحادیه اروپا طی سال‌های گذشته شاهد استفاده و کاربرد الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی مثبت در سطح منطقه‌ای، ملی و کل اتحادیه به منظور تحلیل اصلاحات سیاست مشترک کشاورزی[2] (CAP) بوده است (Schmid and Sinabell, 2005). با توجه به این که در مطالعه حاضر نیز برای تحلیل اثرات سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری در دشت اردلان از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) استفاده شده است، لذا در ادامه به مهم‌ترین مطالعات داخلی و خارجی انجام شده با این رهیافت اشاره می‌شود.

صبوحی و همکاران (۱۳۸۶) در تحقیقی به منظور بررسی واکنش کشاورزان استان خراسان به سیاست‌های تغییر قیمت و مقدار آب در دسترس از مدل PMP استفاده کردند. نتایج نشان داد که در شرایط وجود سیاست‌های انحرافی (پرداخت یارانه) و نقص بازار (عوارض جانبی) با افزایش قیمت آب آبیاری منافع اجتماعی افزایش و منافع خصوصی کاهش می‌یابد. ترکمانی و شجری (۱۳۸۶) در مطالعه‌ای به منظور تحلیل اثرات سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر میزان تقاضای بهره‌برداران آب‌های سطحی در دشت زرقان استان فارس از روش برنامه‌ریزی ریاضی

[1]- Positive Mathematical Programming
[2]- Common Agriculture Policy

Archive of SID
www.SID.ir

مطلوبیت چند معیاری[1] و تکنیک شبیه‌سازی استفاده کردند. نتایج نشان داد که کشاورزان منطقه مورد مطالعه در شرایط افزایش قیمت آب آبیاری و در نرخ‌های بالاتر آب‌بها با تغییر الگوی کشت و گرایش به سمت تولید محصولات کم‌آب‌تر و سازگار با روش‌های کم‌آبیاری و همچنین محصولات دیم میزان کل تقاضای آب آبیاری و متوسط مصرف آب در هر هکتار را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهند، لذا کشش قیمتی تقاضای آب در سطوح بالای آب‌بها برای این گروه از کشاورزان بیشتر می‌باشد. معین-الدینی (۱۳۸۹) در پژوهشی با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت واکنش زارعین استان کرمان نسبت به سیاست‌های قیمتی و سهمیه‌بندی آب آبیاری بررسی کرد. نتایج نشان داد که افزایش هزینه آب آبیاری و کاهش آب دردسترس در پذیرش کم‌آبیاری توسط کشاورزان کرمانی مؤثر می‌باشند. بخشی و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی با بهره‌گیری از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) اثرات سیاست‌های جایگزین قیمت‌گذاری آب آبیاری در دشت مشهد مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از آن بود که اثر سیاست‌های جایگزین بسته به گروه بهره‌برداری نماینده متفاوت است و سیاست‌های قیمت‌گذاری آب و مالیات بر محصول در مقایسه با سیاست مالیات بر نهاده‌های مکمل، مؤثرتر و مناسب‌تر می‌باشند. پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی جهت شبیه‌سازی رفتار کشاورزان شهرستان زابل نسبت به سیاست‌های قیمت-گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری از مجموعه مدل‌های PMP و SWAP[2] استفاده کردند. نتایج نشان داد که اعمال سیاست‌های فوق در شهرستان زابل به ترتیب منجر به کاهش مجموع سطح زیرکشت محصولات زراعی به میزان ۹/۵٤ و ۵/۱٤ درصد و کاهش میزان آب مصرفی به میزان ٦/۲۳ و ۷/۰۱ درصد نسبت به سال پایه می‌شود. در پایان، سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری با توجه به صرفه‌جویی ۱۸/۹ میلیون مترمکعب آب، به عنوان راهکاری مناسب برای پایداری منابع آب شهرستان زابل پیشنهاد شد. در خارج از کشور نیز Gomez-Limon و همکاران (۲۰۰٤) در مطالعه‌ای با استفاده از تابع مطلوبیت چندصفتی و برنامه-ریزی ریاضی خطی به برآورد تابع تقاضای آب آبیاری و بررسی اثرات سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری پرداختند. نتایج نشان داد که قیمت‌گذاری آب در منطقه مورد بررسی، تأثیر جدی در کاهش درآمد کشاورزان داشته، اما مصرف آب را در سطح اراضی کشاورزی حدود ۱۰ درصد کاهش داده است. He و همکاران (۲۰۰٦) در تحقیقی به منظور بهبود کارایی تخصیص آب در سطح مزارع و اتخاذ سیاست‌های جایگزین قیمت‌گذاری آب آبیاری در مصر و مراکش از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) استفاده کردند. نتایج نشان داد که مالیات بر محصول در هر دو کشور می‌تواند یک سیاست جایگزین برای قیمت‌گذاری آب آبیاری باشد. Cortignani و Severini در تحقیقی برای حفاظت از منابع آبی اتحادیه اروپا در منطقه‌ای از مدیترانه به بررسی سیاست‌های آب آبیاری با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) پرداختند. نتایج نشان داد که اعمال سیاست‌های کاهش آب دردسترس به میزان ۵ و ۱۰ درصد و افزایش قیمت آب به میزان ۲ و ۳ برابر، بر کاهش مقدار مصرف آب آبیاری موثر است. Frija و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای به منظور برآورد تابع تقاضای آب کشاورزان و تحلیل اثرات سیاست‌های قیمتی آب آبیاری و بررسی اثرات این سیاست‌ها بر تقاضای نهاده‌های کشاورزی، از روش برنامه‌ریزی ریاضی تحلیل پوششی داده‌ها استفاده کردند. نتایج نشان داد که سطح کارایی فنی کشاورزان عامل مهمی در اثرگذاری بر کشش تقاضای آب می‌باشد. همچنین، نتایج نشان داد که اگر قیمت آب آبیاری افزایش یابد، الگوی کشت کشاورزان در جهت استفاده کمتر از نهاده آب و استفاده بیشتر از نهاده زمین تغییر می‌کند. Gallego-Ayala (۲۰۱۱) در تحقیقی به منظور تعیین قیمت آب آبیاری و تحلیل اثرات سیاست-های مختلف قیمت‌گذاری آب بر الگوی کشت و مصرف

[1]- Multi-Attribute Utility Theory
[2]- State Wide Agricultural Production

Archive of SID

www.SID.ir

نهاده‌ها، از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) و رهیافت تحلیل سلسه مراتبی[1] (AHP) استفاده کرد. در این مطالعه سیاست‌ها به صورت قیمت‌گذاری حجمی[2]، سطح زیرکشت و سیستم تعرفه دو بخشی[3] آب مورد بررسی قرار گرفتند. به کمک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت قیمت بهینه نهاده آب در هر روش قیمت‌گذاری محاسبه شد و سپس اولویت‌بندی معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی در هر روش با استفاده از رهیافت تحلیل سلسله مراتبی صورت گرفت. نتایج به دست آمده دامنه تغییرات ناچیزی را در تعیین قیمت بهینه برای نهاده آب و میزان مصرف نهاده‌ها در الگوی کشت ارائه شده توسط روش‌های مورد بررسی نشان داد. در پژوهشی دیگر Howitt و همکاران (۲۰۱۲) به منظور واسنجی مدل‌های اقتصادی و تحلیل سیاست‌های کاربردی در زمینه مدیریت منابع آب در کالیفرنیا، از مدل برنامه‌ریزی مثبت (PMP) و تابع تولید با کشش جانشینی ثابت[4] (CES) استفاده کردند. نتایج نشان داد که انعطاف بیشتر بازار آب هم‌زمان با به‌کارگیری سیاست‌های قیمت‌گذاری آب آبیاری می‌تواند زیان‌های درآمدی حاصل از خشکسالی را تا ۳۰ درصد کاهش دهد. Lalehzari و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی به منظور تخصیص منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی جهت پایداری برنامه‌های آبیاری و تدوین الگوی بهینه کشت تحت شرایط کم‌آبی در استان خوزستان از روش برنامه‌ریزی چندهدفه استفاده کردند. این روش جهت دستیابی به دو هدف اصلی حدکثرسازی درآمد ناخالص کشاورزان و حداکثرسازی کارایی آب مصرفی در سطح مزارع معرفی شد. نتایج به دست آمده از مدل پیشنهادی حاکی از نامناسب بودن به‌کارگیری تکنیک کم‌آبیاری طی دوره میانی رشد محصولات صیفی خربزه و گوجه‌فرنگی بود. افزون بر این، نتایج نشان داد که به کارگیری تکنیک بهینه‌سازی چندهدفه در راستای تعیین الگوی بهینه کشت می‌تواند تا حد زیادی در بهبود و توسعه برنامه‌ریزی آبیاری در منطقه موثر باشد.

طی سال‌های اخیر، بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در دشت‌های استان قزوین، به ویژه دشت‌های قزوین، آوج و اردلان روندی صعودی داشته، به‌طوری که اغلب آن‌ها از این نظر در شرایط بحرانی به سر می‌برند. افزون بر این، تمایل کشاورزان قزوینی به توسعه سطح زیرکشت محصولات زراعی و استحصال شدیدتر منابع آب از چاه‌های موجود، تقاضا برای حفر چاه‌های جدید را افزایش داده است. پایین بودن آب‌بهای پرداختی توسط کشاورزان نیز باعث رایگان تلقی‌شدن این نهاده و مصرف بی‌رویه آن در سطح مزارع شده که این امر علاوه بر تهدید منابع آب موجود، سبب ایجاد آثار مخرب زیست‌محیطی، فرسایش و تخریب بافت خاک شده است (صبوحی و پرهیزکاری، ۱۳۹۲). آمارهای موجود نشان می‌دهد که حجم بهره‌برداری از آبخوان‌های استان قزوین در حال حاضر ۱۴۵۸/۶۶ میلیون مترمکعب در سال است که ۲۰۰ میلیون مترمکعب آن بیش از ظرفیت ذخایر آب‌های زیرزمینی می‌باشد. این میزان برداشت اضافی باعث کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی در دشت‌های این استان شده است، به‌طوری که حفر چاه و بهره‌برداری‌های جدید از منابع آب در آن‌ها ممنوع اعلام شده است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان قزوین، ۱۳۹۳). با توجه به کاهش عرضه آب‌های سطحی و برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی از دشت‌های حاصلخیز استان قزوین، اتخاذ برنامه‌های سیاستی مناسب در جهت مدیریت تقاضای آب در سطح مزارع ضروری و حائز اهمیت است. به همین منظور، در مطالعه حاضر تلاش شد تا با استفاده از یک سیستم مدل‌سازی اقتصادی مشتمل بر مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) و رهیافت حداکثر آنتروپی[5] (ME)، اثرات سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر مدیریت تقاضای آب در دشت اردلان استان قزوین ارزیابی و تحلیل شود.

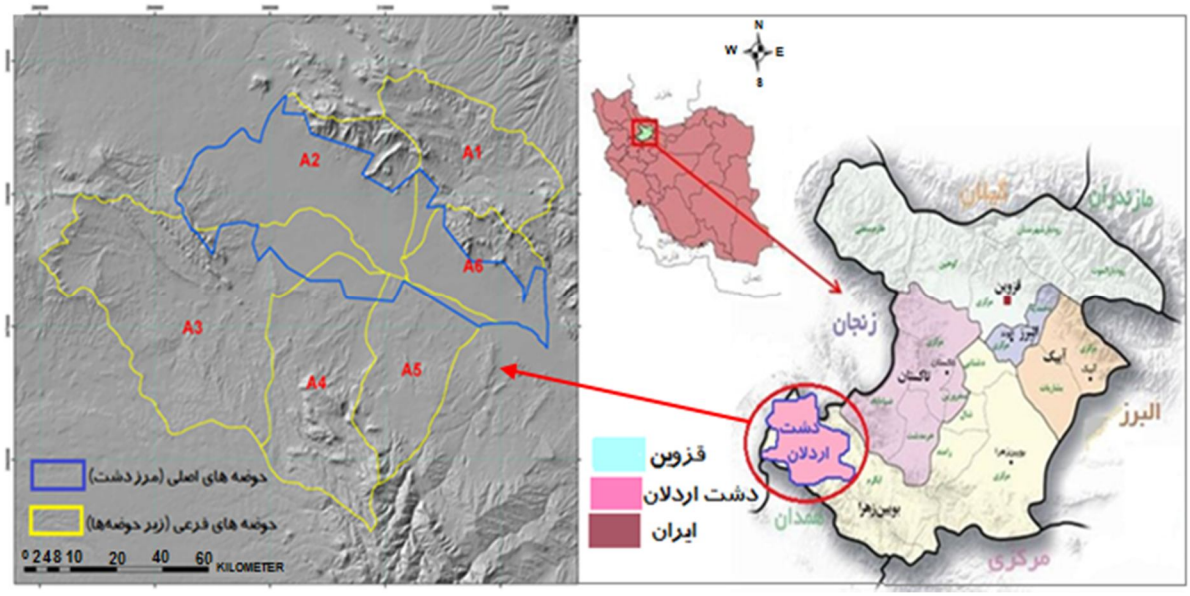
[1]- Analytic Hierarchy Process
[2]- Volumetric Tariff
[3]- Two-Part tariff System
[4]- Constant Elasticity of Substitution
[5]- Maximum Entropy

Archive of SID
www.SID.ir

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دشت اردلان با مساحتی معادل ۶۲۷۵۱ هکتار یکی از دشت‌های مستعد در زمینه تولید محصولات زراعی است که با مختصات جغرافیایی ۴۹ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه عرض شمالی در جنوب غرب استان قزوین واقع شده است. این دشت با فاصله ۱۴۰ کیلومتر از مرکز استان قزوین، در حد فاصل بین شهرستان آوج و استان همدان واقع شده و بخش شمالی آن با مناطق روستایی استان زنجان هم‌جوار است (مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، ۱۳۹۳). استفاده از آب‌های سطحی در این دشت به صورت فصلی بوده (از طریق جریانات آب سطحی رودخانه خررود) و در فصول گرم سال که کمبود آب برای آبیاری وجود دارد، آب مورد نیاز کشاورزان از طریق چاه‌های حفرشده تأمین می‌گردد. به دلیل معتدل بودن آب و هوا، دشت اردلان قابلیت کشت انواع محصولات کشاورزی را دارا می‌باشد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به گندم آبی، جو آبی، یونجه، گوجه‌فرنگی و هندوانه اشاره کرد (سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین، ۱۳۹۳). میانگین بارش سالانه در محدوده این دشت حدود ۲۳۵ میلی‌متر است. ماه‌های مرداد و شهریور کم‌باران‌ترین و ماه‌های فروردین و اردیبهشت پرباران‌ترین ماه‌های سال در این منطقه می‌باشند (سازمان هواشناسی استان قزوین، ۱۳۹۳). به طور کلی، دشت اردلان به لحاظ وضعیت منابع آبی دارای دو حوضه اصلی (A_2 و A_6) و چهار زیر حوضه فرعی (A_1، A_3، A_4 و A_5) است که حوضه‌های اصلی، محدوده مرزی این دشت را نشان می‌دهند. از آن‌جایی که این دشت در تولید محصولات زراعی و درآمدزایی استان قزوین و استان‌های هم‌جوار (همدان و زنجان) اهمیت ویژه‌ای دارد، توجه به پایداری منابع آب (به ویژه آب‌های زیرزمینی) در آن امری ضروری و مهم به نظر می‌رسد. شکل ۱، موقعیت قرارگیری دشت اردلان و حوضه‌های آبی آن را در جنوب غرب استان قزوین نشان می‌دهد:



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و زیرحوضه‌های آن (سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین، ۱۳۹۳)

برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)

برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) یک روش تحلیل تجربی است که از تمام اطلاعات موجود فارغ از این که به چه میزان کمیاب هستند، استفاده می‌کند و در تحلیل‌های سیاستی منطقه‌ای و بخشی اهمیت ویژه‌ای دارد. کارشناسان و برنامه‌ریزان بخش کشاورزی معتقدند

www.SID.ir

که شبیه‌سازی عکس‌العمل احتمالی کشاورزان در شرایط اجرای سیاست‌های مختلف می‌تواند کمک موثری در جهت اتخاذ تصمیمات صحیح‌تر قلمداد شود (Arfini, 2003؛ صبوحی و پرهیزکاری، ۱۳۹۲). نیاز روز افزون به استفاده از این الگو و شبیه‌سازی توابع رفتاری تحت شرایط فنی، اقتصادی، سیاسی و اخیراً زیست‌محیطی با توجه به امتیازات و مزیت‌هایی که نسبت به روش‌های برنامه‌ریزی هنجاری دارد، توسعه کاربرد آن را در واسنجی مدل‌های اقتصادی منجر شده است (Rohm and Dabbert, 2003؛ پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹٤).

مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط Howitt معرفی شد (صبوحی و همکاران، ۱۳۸۵). این مدل در تجزیه و تحلیل سیاست‌های کشاورزی مفید بوده و به طور گسترده‌ای برای واسنجی مدل‌های اقتصادی استفاده می‌شود. رویکرد PMP به طور معمول مستلزم تغییر تابع هدف با استفاده از مقادیر دوگان محدودیت‌های واسنجی است، به طوری که فعالیت‌های مشاهده شده، داده‌های سال پایه را به دست دهد (Howitt *et al.*, 2012؛ پرهیزکاری، ۱۳۹٤). ایده کلی در مدل PMP استفاده از اطلاعات موجود در متغیرهای دوگان محدودیت‌های واسنجی است که جواب مسئله برنامه‌ریزی خطی را به سطح فعالیت‌های موجود محدود می‌کنند. مقادیر دوگان برای تصریح تابع هدف غیرخطی‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند که سطح فعالیت‌های مشاهده شده را مجدداً از طریق جواب بهینه مسئله برنامه‌ریزی جدیدی که فاقد محدودیت‌های واسنجی است، بازسازی می‌کند (Meyer *et al.*, 1993؛ پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۲). به طور کلی، مدل PMP ارائه شده در این تحقیق دارای سه مرحله به شرح زیر است:

مرحله اول: حل مدل برنامه‌ریزی خطی کمکی[1] (LP) و برآورد مقادیر دوگان یا قیمت‌های سایه‌ای

این مرحله شامل حل یک مدل برنامه‌ریزی خطی کمکی (LP) در جهت حداکثر نمودن درآمد ناخالص کشاورزان با توجه به محدودیت‌های منابع و واسنجی است. در این مرحله پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی مقادیر دوگان یا قیمت‌های سایه‌ای برای محدودیت‌های منابع و واسنجی به دست می‌آیند (Howitt *et al.*, 2009؛ مظفری و همکاران، ۱۳۹٤). شکل ریاضی این مرحله از واسنجی مدل PMP را می‌توان برای منطقه مورد مطالعه به صورت زیر نشان داد:

$$Max\ \pi = \sum_{j=1}^{5}\left(p_j Y_j - \sum_{i=1}^{4} a_{ji} w_{ji} \right) x_j \qquad (۱)$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^{5} a_{ij} x_j \le b_i \qquad \forall i = 1,2,3,4 \qquad [\lambda] \quad (۲)$$

$$x_j \le \bar{x}_j + \varepsilon \qquad \forall j = 1,2,...,5 \qquad [\rho] \quad (۳)$$

$$x_j \ge 0 \qquad \forall j = 1,2,...,5 \qquad (٤)$$

رابطه (۱) به عنوان تابع هدف مدل برنامه‌ریزی خطی، شامل حداکثرکردن مجموع درآمد ناخالص کشاورزان دشت اردلان است. در این رابطه، π درآمد ناخالص کشاورزان، j محصولات منتخب (گندم آبی، جو آبی، یونجه، گوجه‌فرنگی، هندوانه و آفتابگردان) و i نهاده‌ها یا عوامل تولید (زمین، آب، نیروی‌کار و سرمایه) است. p_j قیمت بازاری محصول j، Y_j عملکرد محصول j، w_{ji} هزینه نهاده i برای تولید محصول j در واحد سطح (هکتار) و x_j سطح زیرکشت محصول j است. a_{ji} بیانگر ضرایب لئونتیف[2] است که نسبت استفاده هر عامل تولید به زمین را نشان می‌دهد (Medellan-Azuara *et al.*, 2010; Howitt *et al.*, 2012). رابطه (۲)، محدودیت منابع را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد و برای نهاده‌های آب، زمین، نیروی‌کار و سرمایه تعریف می‌شود. در این رابطه b_i کل منابع دردسترس برای تولید محصولات منتخب است. رابطه (۳)، محدودیت واسنجی مدل را

[1]- Liner Programming

[2]- Leontief Coefficients

Archive of SID

www.SID.ir

نشان می‌دهد که در آن، $\bar{x}_j$ مقدار مشاهده شده فعالیت j در سال پایه و ε مقدار مثبت کوچکی است (Medellan-Azuara *et al.*, 2011; Howitt *et al.*, 2012). اضافه کردن محدودیت واسنجی به مدل باعث می‌شود که جواب بهینه‌ی برنامه‌ریزی خطی دقیقاً سطح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه را به دست دهد (Heckelei, 2002؛ پرهیزکاری، ۱۳۹۲).

پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی برای تعیین قیمت سایه‌ای مجموعه محدودیت‌های مدل، قیمت‌های سایه‌ای یا مقادیر دوگان تعریف می‌شوند. λ در رابطه (۲)، قیمت سایه‌ای یا مقادیر دوگان محدودیت سیستمی و ρ در رابطه (۳)، قیمت سایه‌ای یا مقادیر دوگان محدودیت واسنجی را نشان می‌دهد. رابطه (٤) نیز بیانگر محدودیت غیرمنفی‌بودن سطح فعالیت‌ها (یا سطح زیرکشت محصولات) است و تضمین می‌کند که روش فوق به لحاظ فیزیکی امکان‌پذیر بوده و قابلیت اجرا در منطقه مورد مطالعه را دارد (Howitt *et al.*, 2012؛ پرهیزکاری، ۱۳۹٤).

مرحله دوم: برآورد تابع تولید غیرخطی درجه دوم به کمک رهیافت حداکثر آنتروپی (ME)

در این مرحله، مقادیر دوگان به دست آمده از مرحله اول برای واسنجی پارامترهای تابع تولید غیرخطی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای ایجاد یک تابع هدف غیرخطی در مدل PMP می‌توان بر حسب نیاز از شکل تبعی کاب- داگلاس، کشش جانشینی ثابت، لئونتیف تعمیم‌یافته، کوادراتیک یا درجه دوم، ترانسدنتال، ترانسلوگ و یا دیگر اشکال تبعی برای تابع تولید یا عملکرد استفاده نمود (Howitt, 1995). در این مطالعه مطابق با الگوی ارائه شده توسط Howitt and Msangi (2002)برای برآورد تابع هدف و واسنجی مدل تجربی مورد استفاده از تابع تولید غیرخطی درجه دوم به صورت زیر استفاده شد:

$$Y_j = \sum_{i=1}^{4} a_{ij} x_{ij} - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{4} \sum_{k=1}^{4} q_{ijk} x_{ij} x_{kj} \qquad \forall j = 1,2,...,5 \quad (۵)$$

در رابطه فوق که مربوط به یک تابع تولید غیرخطی درجه دوم است، Y_j عملکرد محصول j، a_{ij} ضریب جزء ثابت تابع تولید، q_{ijk} ضریب جزء درجه دوم تابع تولید و x_{kj} مصرف نهاده k (که جایگزین نهاده i است) در تولید محصول j می‌باشد (Howitt and Msangi, 2002).

با توجه به مطالعات اخیر انجام شده، در حال حاضر کامل‌ترین روش جهت واسنجی توابع تولید و هزینه در مدل‌های PMP براساس روش حداکثر آنتروپی (ME) استوار است (Hawitt, 2005; Caplo and Paris, 2008). به همین منظور، برای برآورد پارامترهای تابع تولید غیرخطی در این مطالعه از روش فوق استفاده شد. تخمین پارامترهای a_{ij} و q_{ijk} تابع تولید به کمک روش حداکثر آنتروپی قبل از هر چیز نیاز به تعریف نقاط پشتیبان دارد. در روش حداکثر آنتروپی تعیین نقاط پشتیبان تا حد زیادی اختیاری است، اما دو نکته اساسی در تعیین این نقاط بایستی مورد توجه قرار گیرد: اول این‌که با توجه به محدودیت‌های الگوی ارائه شده امکان ورود نقاط پشتیبان به الگو وجود داشته باشد و دوم این‌که نقاط پشتیبان در تخمین خنثی باشند، مگر در حالتی که فرد تصمیم‌گذار بخواهد اطلاعات خاصی را از این طریق وارد مدل یا الگو نماید. با توجه به دو شرط فوق، برای تعیین نقاط پشتیبان از شرایط مشتق‌گیری مرتبه اول تابع هدف استفاده می‌شود (Hawitt, 2005). شرط مرتبه اول پس از جای‌گذاری تابع تولید غیرخطی در تابع هدف مدل برنامه‌ریزی خطی و برابر صفر قراردادن مشتق آن نسبت به x_{ij}، به صورت زیر قابل تعریف است (Howitt and Msangi, 2002):

$$\frac{\partial \pi}{\partial x_{ij}} = p_j \left[a_{ij} - \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{4} q_{ijk} x_{kj} \right] - w_i - \lambda_i = 0 \quad (٦)$$

شرایط مرتبه اول برای الگوی تابع تولید ارائه شده را می‌توان به عنوان تساوی تولید نهایی فیزیکی هر نهاده برای هر محصول با نسبت هزینه نهایی کل هر واحد از نهاده (قیمت نهاده به علاوه قیمت سایه‌ای) به قیمت

Archive of SID

www.SID.ir

محصول تشریح کرد. رابطه (۷) شکل ریاضی تعریف فوق را نشان می‌دهد (Howitt and Msangi, 2002):

$$\frac{w_i + \lambda_i}{p_j} = a_{ij} - \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{4} q_{ijk} x_{kj} \qquad (۷)$$

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، روابط (٦) و (۷) شرایطی را برآورد می‌کنند که نشان می‌دهد ارزش تولید نهایی هر نهاده استفاده شده در تولید محصولات با هزینه نهایی آن برابر است. بنابراین، نقاط پشتیبان برای پارامتر برداری a_{ij} طوری تعیین می‌شوند که در اطراف نسبت $w_i + \lambda_i$ به p_j تمرکز یابند (Howitt and Msangi, 2002). در این حالت، می‌توان از نقاط پشتیبان ارائه شده در رابطه (۸) برای بردار a_{ij} استفاده نمود:

$$Za_{ij} = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \\ 0 \\ -1 \\ -2 \end{bmatrix} \frac{w_i + \lambda_i}{p_j} \qquad \forall_{ij} \qquad (۸)$$

در ارتباط با عناصر جزء دوم تابع تولید غیرخطی واسنجی شده نیز لازم است که عناصر قطری ماتریس q_{ijk} از عناصر غیرقطری آن مجزا گردند. در این حالت، نقاط پشتیبان مربوط به عناصر قطری ماتریس q_{ijk} در اطراف نسبت $w_i + \lambda_i / p_j$ (یعنی سمت راست رابطه ۷) به $\bar{x}_{ij}$ به دست می‌آیند و عناصر غیرقطری آن در اطراف صفر تمرکز می‌یابند (Howitt and Msangi, 2002; Howitt, 2005). بنابراین، در این حالت می‌توان از نقاط پشتیبان ارائه شده در رابطه (۹) برای ماتریس q_{ijk} استفاده نمود:

$$Zq_{ijk} = \begin{bmatrix} 0.001 \\ 0.1 \\ 0.25 \\ 0.75 \\ 1 \end{bmatrix} \frac{w_i + \lambda_i}{\frac{p_j}{\bar{x}_{ij}}} \qquad \forall_{ijk} \qquad (۹)$$

علاوه بر برقراری شرایط مرتبه اول جهت اطمینان از این‌که الگوی بهینه‌سازی به دست آمده به نحو صحیح برای یک بهینه منحصر به فرد برآورد می‌شود، باید محدودیت‌های متقارن، مثبت و نیمه معین بودن ماتریس q_{ijk} را نیز در تابع تولید غیرخطی درجه دوم مد نظر قرار داد. برای این منظور، در این مطالعه از روش فاکتورگیری یا تجزیه چولسگی[1] استفاده شد. در این رهیافت، ماتریس q_{ijk} در تابع تولید درجه دوم غیرخطی به حاصل‌ضرب یک ماتریس پایین مثلثی یا سه گوش (L) و ماتریس ترانهاده آن (L') تبدیل می‌شود (Howitt and Msangi, 2002; Howitt, 2005). این رابطه را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$q_{ijk} = L * L' \qquad (۱۰)$$

در این مطالعه از پنج نقطه پشتیبان برای برآورد تابع تولید با روش حداکثر آنتروپی استفاده شد. احتمال وقوع نقاط پشتیبان بردار a_{ij} با pa_{ij} (یعنی $za_{ij} = pa_{ij}$) و احتمال وقوع نقاط پشتیبان ماتریس q_{ijk} با pq_{ijk} (یعنی $zq_{ijk} = pq_{ijk}$) نشان داده شد. با توجه به شرایط فوق، ارزش تخمینی مربوط به عناصر بردار a_{ij} و ماتریس q_{ijk} با استفاده از روابط زیر قابل محاسبه است (Howitt and Msangi, 2002; Howitt, 2005):

$$a_{ij} = \sum_{p=1}^{5} za_{pij}\, pa_{pij} \qquad (۱۱)$$

$$q_{ijk} = \left[\sum_{p=1}^{5} zq_{pijk}\, pq_{pijk}\right] \times \left[\sum_{p=1}^{5} zq_{pijk}\, pq_{pijk}\right]' \qquad (۱۲)$$

با توجه به دو محدودیت فوق تابع حداکثر آنتروپی را جهت برآورد تابع تولید درجه دوم در این مطالعه می‌توان به صورت زیر نشان داد:

[1] Cholescky Decomposition

Archive of SID

www.SID.ir

$$Max\ H(p) = -\sum_{j=1}^{5}\sum_{i=1}^{4}\sum_{p=1}^{5} pa_{pij}\ Ln\ pa_{pij} - \sum_{j=1}^{5}\sum_{i=1}^{4}\sum_{k=1}^{4}\sum_{p=1}^{5} pq_{pijk}\ Ln\ pq_{pijk} \quad (۱۳)$$

Subject to:

$$\frac{w_i + \lambda_i}{p_j} = a_{ij} - \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{4} q_{ijk} x_{kj} \quad (۱۴)$$

$$a_{ij} = \sum_{p=1}^{5} za_{pij}\, pa_{pij} \quad (۱۵)$$

$$q_{ikj} = \left[\sum_{p=1}^{5} zq_{pikj}\, pq_{pikj}\right] \times \left[\sum_{p=1}^{5} zq_{pikj}\, pq_{pikj}\right]' \quad (۱۶)$$

$$\sum_{p=1}^{5} pa_{pij} = 1 \qquad pa_{pij} \geq 0 \quad (۱۷)$$

$$\sum_{p=1}^{5} pq_{pkij} = 1 \qquad pq_{pkij} \geq 0 \quad (۱۸)$$

$$q_{ijk} = q_{kji} \qquad \forall ijk \quad (۱۹)$$

در روابط فوق H بیانگر بی‌نظمی یا آنتروپی است. محدودیت‌های روابط (۱۴)، (۱۵) و (۱۶) در بالا به طور کامل تشریح شدند. روابط (۱۷) و (۱۸) نشان می‌دهند که در روش حداکثر آنتروپی مجموع احتمالات بایستی برابر با یک باشد. رابطه (۱۹) نیز محدودیت متقارن بودن ماتریس q را نشان می‌دهد (Howitt and Msangi, 2002; Howitt, 2005).

مرحله سوم: تبیین مدل PMP واسنجی شده‌ی نهایی

در این مرحله، با استفاده از تابع تولید غیرخطی واسنجی‌شده در مرحله دوم و مجموعه محدودیت‌های منابع (به استثنای محدودیت واسنجی)، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به صورت روابط زیر ساخته می‌شود. این مدل غیرخطی واسنجی شده به طور صحیح سطوح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه و مقادیر دوگان محدودیت‌های سیستمی منابع را بازسازی می‌کند:

$$Max\ \pi = \sum_{j=1}^{5}\left(p_j\left[\sum_{i=1}^{4} a_{ij}x_{ij} - \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{4}\sum_{k=1}^{4} q_{ijk}x_{ij}x_{kj}\right] - \sum_{i=1}^{4} w_{ij}x_{ij}\right) \quad (۲۰)$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^{5} x_{ij} \leq b_j \qquad \forall i = 1,2,3,4 \quad (۲۱)$$

$$x_{ij} \geq 0 \qquad \forall i = 1,2,3,4\ ,\ \forall j = 1,2,...,5 \quad (۲۲)$$

رابطه (۲۰) تابع هدف غیرخطی مدل را نشان می‌دهد که شامل تابع تولید غیرخطی واسنجی‌شده و تابع هزینه خطی برای نهاده‌های مصرفی آب، زمین، نیروی‌کار و سرمایه (مجموع بذر، کود و سم مصرفی) است. رابطه (۲۱) محدودیت نهاده‌های سیستمی آب، زمین، نیروی‌کار و سرمایه را برای تولید محصولات منتخب زراعی در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. منظور از عامل سرمایه، مجموع نهاده‌های بذر، کود و سمی است که کشاورز قبل از هر چیز برای کشت محصولات زراعی به آن‌ها نیاز دارد. این عامل عموماً بر اساس دو واحد ارزش ریالی و مقدار وزنی اندازه‌گیری می‌شود. منظور از واحد ارزش ریالی برای نهاده سرمایه، مجموع هزینه یا قیمت خرید نهاده‌های کود، بذر و سم مصرفی در واحد سطح توسط کشاورز است. واحد وزنی نیز برای این نهاده، بیانگر مجموع مقادیر مصرفی بذر، کود و سم در واحد سطح توسط کشاورز است که می‌توان این مقدار را برحسب تن در هکتار یا کیلوگرم در هکتار در نظر گرفت. در این تحقیق با استناد به مطالعات Medellan-Azuara و همکاران (۲۰۱۰)، Howitt و همکاران (۲۰۱۲)، پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۳) و مظفری و همکاران (۱۳۹۴) از واحد وزنی (کیلوگرم در هکتار) برای نهاده سرمایه استفاده شد. رابطه (۲۲) نیز محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها است.

مطابق با روش ارائه شده توسط Howitt (۱۹۹۵) و Howitt و Msangi (۲۰۰۲) جهت برآورد تابع تقاضای آب آبیاری و محاسبه کشش قیمتی تقاضا برای نهاده آب از فرم تابع حداکثرسازی سود و قواعد مشتق‌گیری به صورت زیر استفاده شد:

Archive of SID

www.SID.ir

$$\pi = p(\alpha' x - \frac{1}{2} x' Q x) - c' x \qquad (۲۳)$$

در رابطه فوق، x نهاده تولید، p قیمت محصول، c' هزینه نهاده مصرفی و عبارت $\alpha' x - \frac{1}{2} x' Q x$ شکل ماتریسی تابع تولید غیرخطی است. با مشتق‌گیری از رابطه فوق نسبت به x و برقراری شرایط مرتبه اول رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$\frac{\delta \pi_i}{\delta x} = p'_j(\alpha - Qx) - c = 0 \qquad (۲٤)$$

$$-Qx = \frac{c}{p_i} - \alpha \qquad (۲۵)$$

بر اساس رابطه (۲۵)، تابع تقاضای مشتق شده به صورت رابطه زیر به دست می‌آید:

$$x^* = Q^{-1}\alpha - Q^{-1}\frac{c}{p_i} \qquad (۲٦)$$

حال اگر ماتریس G_i و a_i را که شیب و عرض از مبدأ تابع تقاضای نهاده iام می‌باشند، به صورت زیر تعریف کنیم:

$$G_i = Q^{-1}\frac{1}{p_i} \qquad (۲۷)$$

$$a_i = Q^{-1}\alpha \qquad (۲۸)$$

تابع تقاضا برای نهاده iام به صورت رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$x^* = a_i - G_i c \qquad (۲۹)$$

با توجه به روابط بالا کشش قیمتی تقاضای نهاده iام به صورت زیر قابل تعریف است:

$$\eta_i = G_i \frac{c}{x^*_i} \qquad (۳۰)$$

پس از واسنجی مدل PMP ارائه شده فوق، به منظور بررسی اثرات سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر مدیریت تقاضای آب در دشت اردلان استان قزوین، قیمت نهاده آب که شامل مجموع هزینه‌های استحصال و انتقال آب است، تحت سناریوهای مختلف افزایش داده شد (افزایش ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ریال قیمت نهاده آب نسبت به سال پایه یا شرایط فعلی) و اثرات یا پیامدهای اعمال هر سناریو به صورت مجزا بر الگوی کشت، میزان آب مصرفی و درآمد ناخالص کشاورزان منطقه مورد مطالعه تحلیل و ارزیابی شد.

جامعه آماری، داده‌های مورد نیاز و روش تحلیل داده‌ها

جامعه آماری مطالعه حاضر شامل کلیه کشاورزان دشت اردلان است که در مزارع خود به کشت محصولات منتخب زراعی (گندم آبی، جو آبی، یونجه، گوجه‌فرنگی، هندوانه و آفتابگردان) می‌پردازند. با توجه به این که مطالعه حاضر در سطح منطقه‌ای به بررسی اثرات سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر مدیریت تقاضای آب می‌پردازد و داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز به صورت اسنادی در دسترس می‌باشند، لذا در این مطالعه مبادرت به امر نمونه‌گیری نشد. داده‌های موردنیاز از نوع مقطعی و مربوط به سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ (سال پایه) می‌باشند که در دو بخش داده‌های مربوط به محصولات کشاورزی و داده‌های مربوط به منابع آب گردآوری شدند. داده‌های بخش زراعی با مراجعه به سازمان جهاد کشاورزی و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین و داده‌های مربوط به منابع آب با مراجعه به شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان قزوین جمع‌آوری شدند. برای تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده و حل مدل برنامه‌ریزی ارائه شده نیز از نرم‌افزار کاربردی GAMS[1] نسخه ۲٤/۱ استفاده شد.

جدول ۱، داده‌ها و اطلاعات مربوط به سطح زیرکشت، عملکرد و نیاز آبی محصولات منتخب زراعی دشت اردلان را در سال پایه ۹۳-۱۳۹۲ نشان می‌دهد. داده‌های مربوط به نیاز آبی محصولات منتخب زراعی نیز با همکاری کارشناسان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع

[1]- General Algebraic Modeling System

Archive of SID

www.SID.ir

طبیعی و شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین و با لحاظ نمودن کلیه شرایط اقلیمی (دما، رطوبت، بارش، میزان تبخیر و تعرق و ...)، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین، راندمان آبیاری در سطح اراضی منطقه مورد مطالعه محاسبه و برآورد شد. با توجه داده‌های آماری جدول ۱، ملاحظه می‌شود که محصولات گندم آبی و آفتابگردان به ترتیب دارای بیشترین و کمترین سطح زیرکشت و یونجه و جو نیز به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان مصرف آب در هر هکتار از اراضی منطقه مورد مطالعه (دشت اردلان) می‌باشند.

به لحاظ وضعیت منابع آبی، کشاورزان محدوده مطالعاتی دشت اردلان از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی به صورت تلفیقی برای آبیاری اراضی فاریاب خود استفاده می‌کنند. با توجه به فصلی بودن رودخانه‌ها و جریانات منتهی به این دشت، در فصل‌های گرم سال کشاورزان منطقه مورد مطالعه از منابع آب زیرزمینی جهت آبیاری مزارع خود بهره می‌گیرند (با استحصال از چاه‌ها و قنوات موجود در منطقه)، لذا چاه‌ها، قنوات و چشمه‌های موجود در این منطقه نقش مهم و به سزایی را در پایداری و تداوم فعالیت‌های کشاورزی دارند. منابع آب‌های سطحی نیز در این منطقه بیشتر از طریق آوردها و جریانات حاصل از رودخانه‌های خررود و ابهررود (که به صورت غیردائمی و در فصل‌های سرد سال جریان دارند) تأمین می‌شود. مطابق با گزارش‌های اخیر سازمان هواشناسی استان قزوین، میزان متوسط بارش سالانه در محدوده مطالعاتی دشت اردلان ۲۳۵ میلی‌متر است که ۱۱ میلی‌متر کمتر از متوسط بارندگی در سطح استان قزوین است. براساس گزارش‌های کارشناسان شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین، حدود ۱۳ حلقه چاه عمیق، ۲٤ حلقه چاه نیمه‌عمیق، ۷۱ چاه کم عمق شخصی، ٦ دهانه قنات با طول‌های ۲۳۵ تا ۱۷٤۰ متر و ۱۹ چشمه آب با دبی کم تا متوسط در محدوده مطالعاتی دشت اردلان واقع شده‌اند که بخش عمده‌ای از منابع آب دردسترس کشاورزان این منطقه را تأمین می‌نمایند.

جدول ۲، منابع تأمین‌کننده آب آبیاری و میزان کل منابع آب دردسترس کشاورزان دشت اردلان را طی سال پایه (۹۳-۱۳۹۲) نشان می‌دهد:

جدول ۱. اطلاعات آماری مربوط به محصولات منتخب زراعی دشت اردلان در سال پایه ۹۳-۱۳۹۲

محصولات منتخب	سطح زیرکشت (ha)	عملکرد (kg/ha)	نیاز خالص آبی (m^3/ha)	سرمایه* (kg/ha)	نیروی‌کار (نفر-روز/ha)
گندم آبی	۹٦۱	٤۳٥۰	۳۱۲۰	٤٥۰	۲٤
جو آبی	۸۳۰	٤۰۸۷	۲٤۹۰	٤۱۰	۲۲
یونجه	٦۸٤	۱۱٤٦۰	۷۲۹۰	٦۳٥	۲۷
گوجه‌فرنگی	٤۹۰	۳۷۸۲۰	٦٦۱۰	٦۷۰	٤۱
هندوانه	٥۱۷	٤۲٥٥۰	٥٦۳۰	٦٤۹	۳۲
آفتابگردان	٤۳٥	۲۱۲٥	٥۱۹۰	٥۷۰	۳٤

*: مجموع نهاده‌های بذر، کود و سمی است که کشاورز برای کشت محصولات در واحد سطح نیاز دارد.

مأخذ: سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین، ۱۳۹۳

با توجه به اطلاعات جدول ۲، ملاحظه می‌شود که منابع آب سطحی (با حدود ۲۸٤/٦ میلیون متر مکعب) سهم بالایی را نسبت به منابع آب زیرزمینی (۲٥۰/۱ میلیون مترمکعب) در تأمین آب آبیاری مورد نیاز کشاورزان دشت اردلان دارا می‌باشند. احداث چاه‌های دولتی (عمیق و نیمه‌عمیق) و کم‌عمق شخصی (دارای

Archive of SID

www.SID.ir

مجوز بهره‌برداری) در این منطقه، اهمیت منابع آب زیرزمینی را به خصوص در فصول کم‌آب و گرم سال (بهار و تابستان) در جهت تأمین آب آبیاری اراضی تحت کشت بازگو می‌کند.

نتایج و بحث

در مطالعه حاضر پس از تخمین تابع تولید به کمک روش حداکثر آنتروپی و استفاده از قواعد مشتق‌گیری و برقراری شرط مرتبه اول، کشش قیمتی تقاضا برای نهاده آب به دست آمد. جدول ۳ این مقادیر را برای محصولات منتخب دشت اردلان طی سال پایه ۹۳-۱۳۹۲ نشان می‌دهد:

با توجه به نتایج جدول ۳، ملاحظه می‌شود که قدر مطلق کشش قیمتی تقاضای آب برای محصولاتی که نیاز آبی بالاتری دارند (یونجه و گوجه‌فرنگی)، بیشتر است. کشش قیمتی آب، درصد تغییرات مصرف آب به قیمت این نهاده را نشان می‌دهد و بیانگر آن است که با افزایش در قیمت نهاده آب (هزینه‌های استحصال و انتقال آب)، مصرف یا میزان تقاضای این نهاده توسط کشاورزان به چه میزانی تغییر می‌کند. با توجه به نتایج به دست آمده، ملاحظه می‌شود که تقاضای کشاورزان برای نهاده آب

جدول ۲. مجموع منابع آب دردسترس کشاورزان دشت اردلان طی سال پایه ۱۳۹۳-۱۳۹۲ (برحسب میلیون مترمکعب)

نوع منبع آب	حجم آب سطحی	حجم آب زیرزمینی	حجم کل آب در دسترس	سهم تأمین آب* (درصد)
چاه‌های عمیق	۰	۹۰/٦	۹۰/٦	١٦/٩
چاه‌های نیمه‌عمیق	۰	٦٨/٣	٦٨/٣	١٢/٧
چاه‌های کم‌عمق شخصی	۰	٦٩/٥	٦٩/٥	١٣/٣
قنوات و چشمه‌ها	۰	٢١/٧	٢١/٧	٤/١٠
کانال‌ها و سدهای انحرافی	٩٦/٢	۰	٩٦/٢	١٧/٨
رودخانه و آب تجمیع یافته	١٨٨/٤	۰	١٨٨/٤	٣٥/٢
مجموع	٢٨٤/٦	٢٥٠/١	٥٣٤/٧	١٠٠

*: منظور سهم هر یک از منابع (چاه‌ها، قنات‌ها، کانال‌ها و...) در تأمین حجم کل آب دردسترس منطقه است.
مأخذ: گزارش‌های شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین، ۱۳۹۲

جدول ۳. کشش قیمتی تقاضای نهاده آب در تولید محصولات منتخب دشت اردلان

محصولات منتخب الگوی کشت	کش قیمتی تقاضا برای نهاده آب
گندم آبی	-۰/٦١٧
جو آبی	-۰/٦٩٢
یونجه	-۱/۱۲۸
گوجه‌فرنگی	-۱/۰۲٤
هندوانه	-۰/۹۸۳
آفتابگردان	-۰/۹۱۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

برای نهاده آب تخصیصی در تولید محصول یونجه باکشش‌تر می‌باشد، بدین معنی که تقاضای کشاورزان یونجه‌کار برای نهاده آب نسبت به تغییر قیمت این نهاده عکس‌العمل بیشتری را به همراه دارد. این بخش از یافته-

Archive of SID
www.SID.ir

های تحقیق حاضر همسو با نتایج مطالعه بیات (۱۳۹۱) است. وی در پژوهش خود به این نتیجه رسید که مقدار محاسبه شده برای کشش قیمتی تقاضای نهاده آب در تولید محصولات زراعی دشت ورامین مقادیری منفی می‌باشد و کشاورزان یونجه‌کار در این دشت تحت شرایط اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری حساس‌تر از سایر کشاورزان عمل می‌کنند.

پس از محاسبه کشش قیمتی تقاضای نهاده آب، اثرات سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری تحت سناریوهای کاربردی مختلف بر مدیریت تقاضای آب، الگوی کشت و درآمد ناخالص کشاورزان دشت اردلان تحلیل و ارزیابی شد. لازم به ذکر است که در این مطالعه قیمت نهاده آب که شامل هزینه‌های استحصال و انتقال این نهاده است، با توجه به داده‌های آماری سازمان جهاد کشاورزی و نظرات کارشناسان شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین ۴۳۰ ریال در مترمکعب در نظر گرفته شد.

نتایج به دست آمده از حل مدل برنامه‌ریزی ارائه شده که شامل تغییرات الگوی کشت پس از اعمال سناریوهای افزایش تدریجی قیمت نهاده آب آبیاری از ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ریال نسبت به شرایط سال پایه (۹۳-۱۳۹۲) می‌باشد، در جدول ٤ آورده شده است:

با توجه به نتایج جدول ٤، ملاحظه می‌شود که پس از اعمال سناریوهای مختلف افزایش قیمت نهاده آب، سطح زیرکشت جو آبی از ۸٤۸ به ۹٤۸ هکتار و هندوانه از ۵۳۱ به ۵۹٤ هکتار افزایش می‌یابد. این میزان، افزایش سطح زیرکشتی معادل با ۲/۲۹ تا ۱٤/۲ درصد را برای جو آبی و ۲/۷۱ تا ۱٤/۹ درصد را برای هندوانه به همراه دارد. اعمال سیاست قیمت‌گذاری تحت سناریوهای ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ریال، کاهش سطح زیرکشت سایر محصولات را در پی دارد. به طوری که سطح زیرکشت گندم آبی از ۹۳۷ به ۷۹۸ هکتار، یونجه از ٦۵۱ به ۵۸۳ هکتار، گوجه‌فرنگی از ٤٦۸ به ۳۷۱ و آفتابگردان از ٤۰۱ به ۳۱٦ هکتار می‌رسد. این میزان تغییرات، کاهش سطحی معادل با ۲/٤۹ تا ۱٦/۹ درصد را برای گندم آبی، ٤/۸۲ تا ۱٤/۷ درصد را برای یونجه، ٤/٤۸ تا ۲٤/۲ درصد را برای گوجه‌فرنگی و ۷/۸۱ تا ۲۷/۳ درصد را برای آفتابگردان در پی دارد.

جدول ٤. میزان و درصد تغییرات سطح زیرکشت محصولات منتخب دشت اردلان تحت شرایط قیمت‌گذاری آب آبیاری

محصولات منتخب	الگوی سال پایه (ha)	میزان تغییرات	سناریوهای مختلف افزایش قیمت نهاده آب (بر حسب ریال)				
			۲۰۰	٤۰۰	٦۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰
گندم آبی	۹٦۱	مقدار	۹۳۷	۹۰٤	۸۷۳	۸۳٤	۷۹۸
		درصد	-۲/٤۹	-۵/۹۳	-۹/۱٦	-۱۳/۲	-۱٦/۹
جو آبی	۸۳۰	مقدار	۸٤۸	۸۷٤	۸۹۹	۹۲٦	۹٤۸
		درصد	۲/۲۹	۵/۳۰	۸/۳۱	۱۱/۵	۱٤/۲
یونجه	٦۸٤	مقدار	٦۵۱	٦۳٤	٦۱۸	٦۰۲	۵۸۳
		درصد	-٤/۸۲	-۷/۳۱	-۹/٦٤	-۱۱/۹	-۱٤/۷
گوجه‌فرنگی	٤۹۰	مقدار	٤٦۸	٤٤۵	٤۱۸	۳۹٤	۳۷۱
		درصد	-٤/٤۸	-۹/۱۸	-۱٤/۷	-۱۹/٦	-۲٤/۲
هندوانه	۵۱۷	مقدار	۵۳۱	۵٤٤	۵٦۰	۵۷۸	۵۹٤
		درصد	۲/۷۱	۵/۲۲	۸/۳۱	۱۱/۷	۱٤/۹
آفتابگردان	٤۳۵	مقدار	٤۰۱	۳۸۲	۳۵۹	۳۳۱	۳۱٦
		درصد	-۷/۸۱	-۱۲/۱	-۱۷/٤	-۲۳/۹	-۲۷/۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

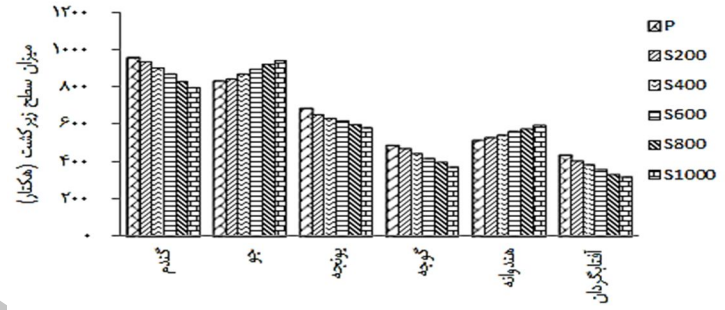
Archive of SID

www.SID.ir

به طور کلی، نتایج این بخش حاکی از آن است که با افزایش قیمت آب، الگوی کشت به نفع محصولاتی که میزان درآمد بیشتری را به ازای هر واحد آب تولید می‌کنند، تغییر می‌کند. محصول جو آبی با توجه به درآمد متوسط و نیاز آبی پایین‌تری که نسبت به سایر محصولات الگو دارد، در شرایط اعمال سیاست قیمت‌گذاری با افزایش سطح زیرکشت همراه است. محصول هندوانه نیز اگرچه که نیازآبی بیشتری نسبت به گندم و جو آبی دارد، ولی به علت درآمد بالایی که در واحد سطح حاصل می‌نماید با افزایش سطح زیرکشت در الگو همراه است. افزون بر این، نتایج حاکی از آن است که با افزایش قیمت آب محصول آفتابگردان نسبت به سال پایه بیشترین میزان کاهش سطح زیرکشت را نشان می‌دهد و حساس‌ترین محصول تحت شرایط اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری است. این امر بیانگر آن است که کشاورزان دشت اردلان با افزایش قیمت آب تمایلی به کاشت آفتابگردان ندارند و به سمت توسعه سطح زیرکشت هندوانه و جو آبی متمایل می‌شوند. این بخش از نتایج، همسو با یافته‌های مطالعات معین‌الدینی (۱۳۸۹)، پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۳) و مطالعه Frija و همکاران (۲۰۱۱) در خارج کشور است. آن‌ها در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری منجر به تغییر الگوی کشت در جهت کاهش سطح زیرکشت محصولات آب‌بر و توسعه سطح زیرکشت محصولات کم‌آب می‌شود.

شکل ۲، به صورت مقایسه‌ای سطح زیرکشت محصولات منتخب را پس از اعمال سناریوهای مختلف قیمت‌گذاری آب آبیاری نسبت به شرایط سال پایه نشان می‌دهد:

جدول ۵، تغییرات میزان آب مصرفی و تقاضای نهاده آب آبیاری توسط کشاورزان را تحت شرایط متفاوتی از اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری نشان می‌دهد:



شکل ۲. مقایسه سطح زیرکشت محصولات منتخب دشت اردلان پس از اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب

جدول ۵. تغییرات میزان آب مصرفی در الگوی کشت محصولات منتخب دشت اردلان تحت شرایط قیمت‌گذاری آب آبیاری

محصولات منتخب	آب مصرفی در سال پایه*	سناریوهای مختلف افزایش قیمت نهاده آب (بر حسب ریال)				
		۲۰۰	٤۰۰	٦۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰
گندم آبی	۲/۹۹۸	۲/۹۲۳	۲/۸۲۰	۲/۷۲٤	۲/٦۰۲	۲/٤۸۹
جو آبی	۲/۰٦٦	۲/۱۱٤	۲/۱۷٦	۲/۲۳۸	۲/۳۰٥	۲/۳٦۰
یونجه	٤/۹۸٦	٤/۷٤٥	٤/٦۲۱	٤/٥۰٥	٤/۳۸۸	٤/۲٥۰
گوجه‌فرنگی	۳/۲۳۹	۳/۰۹۳	۲/۹٤۱	۲/۷٦۳	۲/٦۰٤	۲/٤٥۲
هندوانه	۲/۹۱۲	۲/۹۸۹	۳/۰٦۲	۳/۱٥۲	۳/۲٥٤	۳/۳٤٤
آفتابگردان	۲/۲٥۷	۲/۰۸۱	۱/۹۸۲	۱/۸٦۳	۱/۷۱۸	۱/٦٤۰
مجموع آب مصرفی**	۱۸/٤٥۸	۱۷/۹٤۷	۱۷/٦۰٥	۱۷/۲٤٦	۱٦/۸۷۳	۱٦/٥۳۷

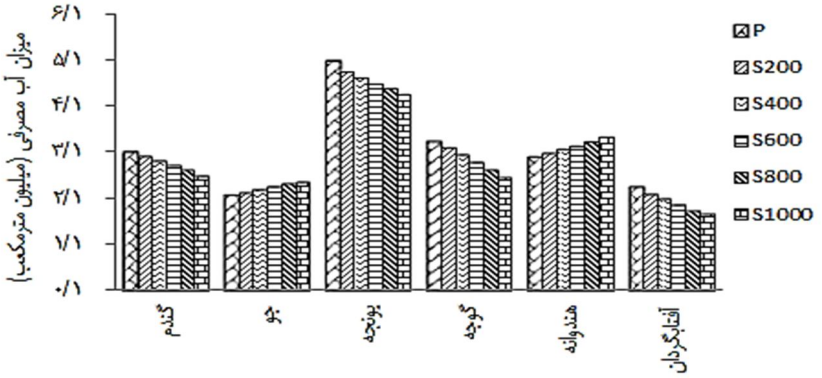
* و **: بر حسب میلیون مترمکعب

www.SID.ir

با توجه به نتایج جدول ۵، ملاحظه می‌شود که با کاهش سطح زیرکشت محصولات گندم آبی، یونجه، گوجه‌فرنگی، هندوانه و آفتابگردان پس از اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری، میزان منابع آب تخصیصی برای این محصولات نیز به تناسب کاهش سطح زیرکشت، کاهش پیدا می‌کند. این میزان کاهش آب مصرفی در الگوی کشت محصولات منتخب تحت سناریوهای بالاتر قیمت‌گذاری آب آبیاری بیشتر می‌باشد. این در حالی است که میزان آب مصرفی برای تولید محصولات جو آبی و هندوانه که تحت سناریوهای مختلف سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری با افزایش سطح زیرکشت همراه می‌باشند، افزایش یافته است. لذا، میزان تغییرات آب مصرفی در منطقه مورد مطالعه متناسب با سطح زیرکشت محصولات منتخب تغییر می‌کند. افزون بر این، نتایج جدول ۵ حاکی از آن است که پس از تغییرات به وجود آمده در میزان آب مصرفی برای کشت هر یک از محصولات منتخب، مجموع میزان آب مصرفی در الگوی کشت تحت سناریوهای ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ریال افزایش قیمت نهاده آب از ۱۷/۹۴۷ به ۱۶/۵۳۷ میلیون مترمکعب می‌رسد که کاهشی معادل با ۲/۰۴ تا ۷/۸۳ درصد را برای مجموع میزان آب مصرفی در الگوی کشت منطقه به همراه دارد. این امر حاکی از آن است که اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری از طریق اثرگذاری بر میزان تقاضای آب، کشاورزان دشت اردلان را در جهت کاهش منابع آب مصرفی در سطح مزارع و تخصیص حجم آب صرفه-جویی شده برای توسعه سطح زیرکشت محصولات اقتصادی‌تر در منطقه موردنظر تشویق می‌کند. نتایج به دست آمده در این بخش با نتایج مطالعات معینی‌الدینی (۱۳۸۹) و پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۳) هم‌خوانی و قرابت دارد. آن‌ها در مطالعات کاربردی خود به این نتیجه دست یافتند که اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر میزان آب مصرفی کشاورزان در واحد سطح اراضی موثر بوده و کشاورزان استان کرمان و دشت سیستان را در جهت استفاده بهینه از منابع آب سطحی و استحصال کمتر منابع آب زیرزمینی تشویق می‌کند.

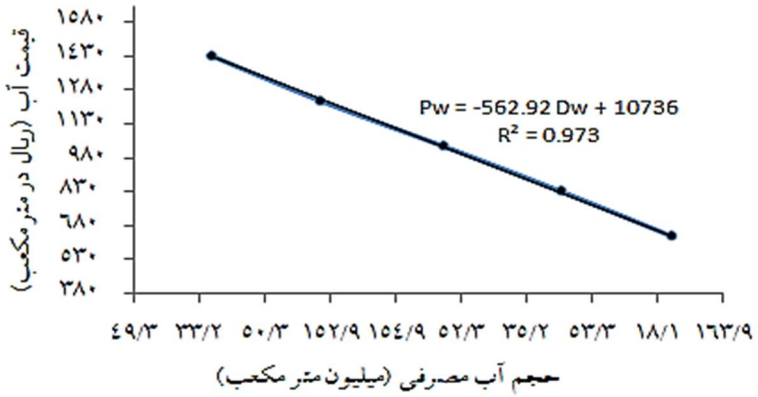
شکل ۳، به صورت مقایسه‌ای میزان آب مصرفی در سطح اراضی محصولات منتخب را پس از اعمال سناریوهای مختلف قیمت‌گذاری آب آبیاری نسبت به شرایط سال پایه نشان می‌دهد:

شکل ٤، روند تغییرات مجموع منابع آب مصرفی در الگوی کشت محصولات منتخب زراعی را تحت سناریوهای ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ریال افزایش قیمت نهاده آب آبیاری نسبت به شرایط سال پایه نشان می‌دهد. این شکل، بیانگر تابع تقاضای برآورد شده برای کشاورزان طی سال پایه و در شرایط اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری است و نشان می‌دهد که با افزایش قیمت نهاده آب، میزان تقاضای کشاورزان برای آب آبیاری در واحد سطح اراضی کاهش پیدا می‌کند.



شکل ۳. مقایسه میزان آب مصرفی در الگوی کشت دشت اردلان پس از اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ٤. تابع تقاضای آب کشاورزان دشت اردلان در سال پایه (۹۳-۱۳۹۲) تحت شرایط قیمت‌گذاری آب آبیاری

نتایج به دست آمده در این بخش، با نتایج به دست آمده از مطالعه ترکمانی و شجری (۱۳۸٦) در خصوص برآورد تابع تقاضای آب آبیاری کشاورزان دشت زرقان استان فارس هم‌خوانی دارد. نتایج این تحقیق همانند یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که کشاورزان دشت زرقان در شرایط افزایش قیمت آب آبیاری به سمت تولید محصولات کم‌آب‌تر و سازگار با روش‌های کم‌آبیاری متمایل می‌شوند و میزان کل تقاضای آب آبیاری و متوسط مصرف آب در هر هکتار از اراضی خود را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهند. مطالعات Gomez-Limon و همکاران (۲۰۰٤) و Cortignani و Severini (۲۰۰۹) در خارج از کشور نیز به نتایج مشابهی با یافته‌های تحقیق حاضر دست داده است. نتایج تحقیق اول حاکی از آن است که قیمت‌گذاری آب در منطقه مورد بررسی، تأثیر جدی در کاهش درآمد کشاورزان داشته و مصرف آب را در سطح اراضی کشاورزی حدود ۱۰ درصد کاهش داده است. نتایج تحقیق دوم نیز که در منطقه‌ای از مدیترانه انجام شده، بیانگر آن است که افزایش قیمت آب آبیاری به میزان دو تا سه برابر نسبت به شرایط فعلی، بر کاهش مقدار مصرف آب آبیاری موثر است و منجر به کاهش تقاضای کشاورزان منطقه برای آب آبیاری می‌شود.

علاوه بر الگوی کشت، میزان آب مصرفی و تقاضای آب، درآمد ناخالص کشاورزان یکی دیگر از متغیرهای تأثیرپذیر از سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری است. به همین منظور، در این تحقیق اثرات افزایش قیمت آب تحت سناریوهای کاربردی ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ریال علاوه بر الگوی کشت و تقاضای کشاورزان برای نهاده آب بر درآمد ناخالص کشاورزان نیز تحلیل و ارزیابی شد.

جدول ٦ نتایج به دست آمده در این زمینه را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج این جدول، ملاحظه می‌شود که با افزایش قیمت آب آبیاری درآمد ناخالص کشاورزان در واحد سطح اراضی گندم آبی، یونجه، گوجه‌فرنگی و آفتابگردان با روندی کاهشی و در واحد سطح اراضی جو آبی و هندوانه با روندی افزایش همراه است. علت افزایش مجموع درآمد ناخالص کشاورزان در واحد سطح محصولات جو آبی و هندوانه، افزایش سطح زیرکشت آن‌ها تحت شرایط اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری است. به طور کلی، نتایج جدول ٦ حاکی از آن است که با تغییرات ایجاد شده در الگوی بهینه کشت تحت سناریوهای ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ریال افزایش قیمت آب، مجموع درآمد ناخالص کشاورزان از ٦۱۰۳٦/۹۵ به ۵۷٤۹٤/۳۲ میلیون ریال کاهش می‌یابد. علت این امر افزایش قیمت نهاده آب نسبت به شرایط سال پایه و به تناسب آن افزایش هزینه‌های تولید در الگوی کشت محصولات منتخب زراعی است.

Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۵، به صورت مقایسه‌ای مجموع درآمد ناخالص کشاورزان را پس از اعمال سناریوهای مختلف قیمت‌گذاری آب آبیاری نسبت به شرایط سال پایه نشان می‌دهد:

بررسی‌های به عمل آمده حاکی از آن است که این بخش از نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های به دست آمده از مطالعات ترکمانی و شجری (۱۳۸٦)، بخشی و همکاران (۱۳۹۰) و پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۳) در داخل کشور و با نتایج تحقیقات Gomez-Limon و همکاران (۲۰۰٤) و He و همکاران (۲۰۰٦) در خارج از کشور همسو و هم‌جهت می‌باشد. نتایج به دست آمده از تحقیقات مذکور حاکی از آن است که اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری به دلیل کاهش تقاضای کشاورزان برای نهاده آب و به تناسب آن کاهش سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی، منجر به کاهش سطح زیرکشت محصولات و کاهش درآمد ناخالص کشاورزان شده است.

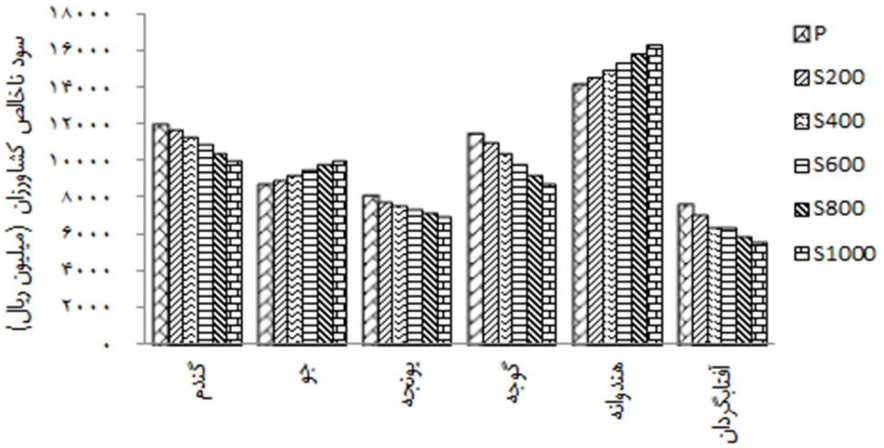
جدول ۷، درصد تغییرات مجموع آب مصرفی و مجموع درآمد ناخالص کشاورزان را در الگوی کشت محصولات منتخب زراعی پس از اعمال سناریوهای مختلف قیمت‌گذاری آب آبیاری نشان می‌دهد:

جدول ٦. تغییرات درآمد ناخالص کشاورزان در الگوی کشت دشت اردلان تحت شرایط قیمت‌گذاری آب آبیاری

محصولات منتخب	درآمد ناخالص در سال پایه*	سناریوهای مختلف افزایش قیمت نهاده آب (بر حسب ریال)				
		۲۰۰	٤۰۰	٦۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰
گندم آبی	۱۲۰٤٤/٦۹	۱۱۷٤۳/۸۹	۱۱۳۳۰/۲۸	۱۰۹٤۱/۷٤	۱۰٤٥۲/۹٤	۱۰۰۰۱/۷۳
جو آبی	۸۷٥۲/۹۳	۸۹٥۳/۳۰	۹۲۱٦/۹٤	۹٤۸۰/٥۸	۹۷٦٥/۳۱	۹۹۹۷/۳۲
یونجه	۸۱۰۳/۷۸	۷۷۱۲/۸۱	۷٥۱۱/٤۰	۷۳۲۱/۸٤	۷۱۳۲/۲۸	٦۹۰۷/۱۷
گوجه‌فرنگی	۱۱٥۰۲/۸٥	۱۰۹۸٦/۳۹	۱۰٤٤٦/٤٦	۹۸۱۲/٦۳	۹۲٤۹/۲۳	۸۷۰۹/۳۰
هندوانه	۱٤۲۱۰/٤۲	۱٤٥۹٥/۲۲	۱٤۹٥۲/٥٤	۱٥۳۹۲/۳۲	۱٥۸۸۷/۰۸	۱٦۳۲٦/۸٦
آفتابگردان	۷٦٤۲/٦۹	۷۰٤٥/۳۳	٦۷۱۱/٥۱	٦۳۰۷/٤۱	٥۸۱٥/٤۷	٥٥٥۱/۹۳
مجموع درآمد ناخالص**	٦۲۲٥۷/۳٦	٦۱۰۳٦/۹٥	٦۰۱٦۹/۱٥	٥۹۲٥٦/٥٤	٥۸۳۰۲/۳۲	٥۷٤۹٤/۳۲

* و **: بر حسب میلیون ریال

مأخذ: یافته‌های تحقیق



شکل ۵. مقایسه درآمد ناخالص کشاورزان دشت اردلان پس از اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷. درصد تغییرات مجموع آب مصرفی و درآمد ناخالص کشاورزان پس از اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب

افزایش قیمت آب (ریال در مترمکعب)	تغییرات آب مصرفی در الگوی کشت (درصد)	تغییرات درآمد ناخالص کشاورزان در الگوی کشت (درصد)
۲۰۰	-۲/۰٤	-۱/۹٦
٤۰۰	-۳/٤۲	-۳/۳٥
٦۰۰	-٤/۸٥	-٤/۸۲
۸۰۰	-٦/٤۳	-٦/۳٥
۱۰۰۰	-۷/۸۳	-۷/٦٥

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج جدول ۷، ملاحظه می‌شود که سیاست قیمت گذاری آب آبیاری با ایجاد تغییرات در الگوی کشت محصولات منتخب زراعی بر میزان منابع آب مصرفی و درآمد ناخالص کشاورزان اثر می‌گذارد، به طوری که با افزایش قیمت نهاده آب به میزان ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ریال نسبت به شرایط سال پایه، مجموع میزان آب مصرفی در الگوی کشت ۲/۰٤ تا ۷/۸۳ درصد نسبت به شرایط سال پایه (قبل از اعمال سیاست قیمت‌گذاری) کاهش می‌یابد. میزان درآمد ناخالص کشاورزان نیز پس از اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری تحت سناریوهای ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ریال افزایش قیمت آب نسبت به شرایط سال پایه ۱/۹٦ تا ۷/٦٥ درصد کاهش می‌یابد. اگر چه که اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری تمایل کشاورزان را در جهت کاهش سطح زیرکشت اغلب محصولات منتخب زراعی (گندم آبی، یونجه، گوجه‌فرنگی و آفتابگردان) سوق می‌دهد و کاهش درآمد ناخالص کشاورزان این منطقه را در الگوی کشت محصولات منتخب نسبت به شرایط سال پایه به همراه دارد، اما منجر به کاهش تقاضای کشاورزان برای آب آبیاری شده و صرفه‌جویی این نهاده کمیاب را در واحد سطح اراضی زیرکشت منطقه به دنبال دارد و از این طریق به پایداری منابع آب دشت اردلان کمک شایانی می‌نماید.

نتیجه‌گیری

طی سال‌های اخیر، بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در دشت‌های استان قزوین، به ویژه دشت‌های قزوین، آوج و اردلان روندی صعودی داشته؛ به‌طوری که اغلب آن‌ها از این نظر در شرایط بحرانی به سر می‌برند. افزون بر این، تمایل کشاورزان قزوینی به توسعه سطح زیرکشت محصولات زراعی و استحصال شدیدتر منابع آب از چاه-های موجود، تقاضا برای حفر چاه‌های جدید را افزایش داده است. پایین بودن آب‌بهای پرداختی توسط کشاورزان نیز باعث رایگان تلقی‌شدن این نهاده و مصرف بی‌رویه آن در سطح مزارع شده که این امر علاوه بر تهدید منابع آب موجود، اثرات مخرب زیست‌محیطی و فرسایش خاک را نیز به همراه داشته است. با توجه به کاهش عرضه آب‌های سطحی و برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی از دشت‌های حاصلخیز استان قزوین، اتخاذ برنامه‌های سیاستی مناسب در جهت مدیریت تقاضای آب در سطح مزارع ضروری و حائز اهمیت است. با توجه به اهمیت این موضوع، در مطالعه حاضر با استفاده از یک سیستم مدل‌سازی اقتصادی مشتمل بر مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) و رهیافت حداکثر آنتروپی (ME)، اثرات سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر مدیریت تقاضای آب در دشت اردلان استان قزوین ارزیابی و تحلیل شد. نتایج نشان داد که قدرمطلق کشش قیمتی تقاضای آب در الگوی کشت دشت اردلان برای محصولات یونجه و گوجه‌فرنگی که نیاز آبی بالاتری دارند، بیشتر است. لذا، تقاضای کشاورزانی که به تولید یونجه آبی و گوجه‌فرنگی می‌پردازند، برای نهاده آب نسبت به تغییر قیمت این نهاده

Archive of SID

www.SID.ir

عکس‌العمل بیشتری را به همراه دارد. نتایج حاصل از اعمال سناریوهای ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ریال افزایش قیمت نهاده آب آبیاری نسبت به شرایط سال پایه نیز حاکی از افزایش تمایل کشاورزان دشت اردلان برای توسعه سطح زیرکشت محصولات جو آبی و هندوانه و کاهش تمایل آن‌ها برای کشت سایر محصولات منتخب الگو (گندم آبی، یونجه، گوجه‌فرنگی و آفتابگردان) است. به طور کلی، نتایج حاصل از اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری در محدوده مطالعاتی دشت اردلان بیانگر آن است که با افزایش قیمت نهاده آب، الگوی کشت کشاورزان به نفع محصولاتی که میزان درآمد بیشتری را به ازای هر واحد آب مصرفی تولید می‌کنند، تغییر می‌کند. بخش دیگری از نتایج به دست آمده در این تحقیق حاکی از آن است که مجموع میزان آب مصرفی در الگوی کشت محصولات منتخب زراعی دشت اردلان پس از اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری حدود ۲/۰۴ تا ۷/۸۳ درصد نسبت به شرایط سال پایه کاهش می‌یابد. کاهش مجموع درآمد ناخالص کشاورزان این دشت نیز به میزان ۱/۹۶ تا ۷/۶۵ درصد نسبت به شرایط سال پایه از دیگر نتایج به دست آمده از سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری است. به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری در محدوده مطالعاتی دشت اردلان اگرچه که منجر به کاهش اندکی در درآمد ناخالص حاصل از الگوی کشت می‌شود، اما از طریق اثرگذاری بر میزان تقاضای آب، کشاورزان دشت اردلان را در جهت کاهش منابع آب مصرفی در سطح مزارع و تخصیص حجم آب صرفه‌جویی شده برای توسعه سطح زیرکشت محصولات اقتصادی‌تر در الگوی کشت تشویق می‌کند. از این رو، اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری و اولویت دادن به آن در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌های سیاستی توسط مسئولان ذی‌ربط در بخش مدیریت منابع آب استان قزوین به عنوان راهبردی مناسب و کاربردی جهت کاهش تقاضای آب آبیاری و حفظ و پایداری منابع آب دشت اردلان توصیه می‌شود. به‌کارگیری راهبرد تغییر الگوی کشت متناسب با اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری و حذف یا به حداقل رساندن سطح زیرکشت محصولات با حساسیت بالا (مانند آفتابگردان) تحت شرایط اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری در الگوی زراعی دشت اردلان نیز توصیه سیاستی دیگری در جهت پایداری و تداوم تولید محصولات زراعی به مسئولان اجرایی بخش کشاورزی استان قزوین است.

فهرست منابع

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 (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۲): ۲۴۵-۲۳۷.

بیات، ع. ۱۳۹۱. اثر بخشی هزینه‌های حفاظت از منابع آب زیرزمینی دشت ورامین. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ۷۲ صفحه.

بخشی، ع.، دانشور کاخکی، م و مقدسی، ر. ۱۳۹۰. کاربرد مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به منظور تحلیل اثرات سیاست‌های جایگزین قیمت‌گذاری آب در دشت مشهد. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۵(۳): ۲۹۴-۲۸۴.

پرهیزکاری، ا. ۱۳۹۲. تعیین ارزش اقتصادی آب آبیاری و پاسخ کشاورزان به سیاست‌های قیمتی و غیرقیمتی در استان قزوین. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ۱۳۵ صفحه.

پرهیزکاری، ا.، صبوحی، م. و ضیائی، س. ۱۳۹۲. شبیه‌سازی بازار آب و تحلیل اثرات سیاست اشتراک‌گذاری آب آبیاری بر الگوی کشت تحت شرایط کم‌آبی. اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۷(۳): ۲۵۲-۲۴۲.

Archive of SID

www.SID.ir

پرهیزکاری، ا.، صبوحی، م.، احمدپور، م. و بدیع برزین، ح. ۱۳۹۳. شبیه‌سازی واکنش کشاورزان به سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری (مطالعه موردی: شهرستان زابل). نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۸(۲): ۱۷۶- ۱۶۷.

پرهیزکاری، ا. ۱۳۹٤. تعیین ارزش اقتصادی آب آبیاری و تحلیل اثرات خشکسالی بر الگوی کشت و درآمد ناخالص کشاورزان (مطالعه موردی: دشت قزوین). گزارش نهایی طرح تحقیقاتی بنیاد ملی نخبگان، شماره مصوب طرح: ۹۳۱۱۱-۳۰-۳۰-۲، ۲۱۷ صفحه.

پرهیزکاری، ا.، تقی‌زاده رنجبری، ح.، شوکت فدایی، م. و محمودی، ا. ۱۳۹٤. ارزیابی خسارت‌های اقتصادی انتقال بین حوضه‌ای آب بر الگوی کشت و وضعیت درآمدی کشاورزان در حوضه مبدأ (مطالعه موردی: انتقال آب الموت‌رود به دشت قزوین). مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۹(۳): ۳۳۳-۳۱۹.

ترکمانی، ج. و شجری، ش. ۱۳۸۷. مدیریت تقاضای آب آبیاری: کاربرد روش مطلوبیت چندمعیاری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(٤٤): ٤۰۱-۳۸۷.

حسین زاد، ج. ۱۳۸۷. نقش سیاست‌های قیمتی در مدیریت تقاضای آب کشاورزی. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشکده عمران، دانشگاه تبریز.

سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین. ۱۳۹۳. اداره تولید و بهبودات گیاهی.

سازمان هواشناسی استان قزوین. ۱۳۹۳. گزارشات هواشناسی، وضعیت بارندگی‌های سالانه استان قزوین.

شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان قزوین. ۱۳۹۱. مطالعات پایه منابع آب، ۵۳ صفحه.

صبوحی، م. و پرهیزکاری، ا. ۱۳۹۲. تحلیل اثرات اقتصادی و رفاهی تشکیل بازار آب آبیاری در استان قزوین. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۷(٤): ۳۳۸-۳۵۰.

صبوحی، م.، سلطانی، غ. و زیبایی، م. ۱۳۸٦. بررسی اثر تغییر قیمت آب آبیاری بر منافع خصوصی و اجتماعی با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ۲۱(۱): ۷۱-۵۳.

صبوحی، م.، سلطانی، غ.، زیبایی، م. و ترکمانی، ج. ۱۳۸۵. تعیین راهبردهای مناسب کم‌آبیاری با هدف حداکثرسازی منافع اجتماعی. مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه، ٥٦: ۱٦۷-۲۰۲.

مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین. ۱۳۹۳. پروژه مطالعات توسعه و عمران دشت اردلان. تهیه و تدوین: مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، صفحات ۷۳-٥٤.

مظفری ، م.م. ۱۳۹٤. تعیین برنامه سیاستی مناسببرای حفاظت منابع آب در دشت قزوین. حفاظت منابع آب و خاک، ۵ (۲): ٤٦-۲۹.

مظفری، م.م.، پرهیزکاری، ا.، حسینی خدادادی، م. و پرهیزکاری، ر. ۱۳۹٤. تحلیل اقتصادی اثرات تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر تولیدات بخش کشاورزی و منابع آب دردسترس (مطالعه موردی: اراضی پایین دست سد طالقان). نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۹(۱): ۸۵-٦۸.

معین‌الدینی، ز. ۱۳۸۹. بررسی واکنش زارعین به سیاست‌های قیمتی و سهمیه‌بندی آب آبیاری در استان کرمان، پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل.

وزارت نیرو .۱۳۹۲. مبانی تعیین آب بها، حق النظاره و حق اشتراک، سازمان مدیریت منابع آب ایران، معاونت امور آب، ٤۷ صفحه.

Arfini, F., Donati, M. and Paris, Q. 2003. A national PMP model for policy evaluation in agriculture using micro data and administrative information, Paper Pressed at the International Confrance Agricultural Policies, pp: 17-35.

Archive of SID

www.SID.ir

Caplo, S. and Paris, Q. 2008. Assessing the effectiveness of voluntary solid waste reduction policies: Methodology and a Flemish case study, Waste Management, 28(8): 1449-1460.
Cortignani, R. and Severini, S. 2009. Modeling farm-level adoption deficit irrigation using positive mathematical programming, Agricultural Water Management, 96 (1): 1785-1791.
Frija, A., Wossink, A., Buysse, J., Speelman, S. and Van Huylenbroeck, G. 2011. Irrigation pricing policies and its impact on agricultural inputs demand in Tunisia: ADE A-Dased methodology. Journal of Environmental Management, 92: 2109-2118.
Gallego- Ayala, J. 2011. Selecting irrigation water pricing alternatives using a multi-methodological approach, Mathematical and Computer Modelling, 96(1): 124- 137.
Gomez- Limon, J.A., Arriaza, M. and Berbel, J. 2002. Conflicting implementation of agricultural and water policies in irrigated areas in the EU. J, Agricultural Economic, 53(4): 259-281.
Gomez- Limon, J.A. and Riesgo, L. 2004. Irrigation water pricing: differential impacts on irrigated farms. Agricultural Economics, 31(1): 47–66.
Gomez- Limon J.A. and Martinez, Y. 2005. Multi-criteria modelling of irrigation water market at basin level: A Spanish case study. Eur. J. Oper. Res, Pp: 1-24.
Heckelei, T. 2002. Calibration and estimation of programming models for agricultural supply analysis, university of Bonn, Pp: 159.
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(2): 320–337.
Howitt, R. 1995. Positive mathematical programing, American Journal of Agricaltural Economic, 77(2): 329-342.
Howitt, R. E. 2005. Agricultural and Environmental Policy Models: Calibration, Estimation, and Optimization. Department of Agricultural and Resource Economics, University of California, Davis, USA.
Howitt, R. E. and S. Msangi. 2002. Consistency of GME Estimates through Moment Constraints. Forthcoming Working Paper, Department of Agricultural and Resource Economics, University of California at Davis, USA.
Howitt, R., Medellin-Azuara, J. and MacEwan, D. 2009. Estimating the economic impacts of agricultural yield related changes for California. Final Paper, a Paper from California Climate Change Center, 29P.
Howitt, R., Medellin-Azuara, J., MacEwan, D. and Lund, R. 2012. Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. Science of the Environmental Modelling and Software, 38: 244-258.
Lalehzari, R., Boroomand Nasab, S.,Moazed, H. and Haghighi, A. 2015. Multiobjective management of water allocation to sustainable irrigation planning and optimal cropping pattern, Journal of Irrigation and Drainage Engineering., 10.1061/ (ASCE) IR, 1943- 4774.0000933, 05015008.
Medellan-Azuara, J., Harou, J. and Howitt, R. 2010. Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation, Science of the Total Environment, 408(1): 5639-5648.
Meyer, A., Tsui, A.S. and Hinings, C.R. 1993. Configurational approaches to organizational analysis. Academy of Management Journal, 36(3): 1175–1195.
Rohm, O. and Dabbert, S. 2003. Integrating agricualture enviromental programms into regional production models: an extension of posotive mathematical programming, American Journal of Agricultural Economics, 85(1): 254-280.
Schmid, E. and Sinabell, F. 2005. Using the Positive Mathematical Programming Method to Calibrate Linear Programming Models, Institute for Sustainable Economic Development, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna.

Archive of SID
www.SID.ir

ISSN 2251-7480

Irrigation water demand management in Ardalan plain with emphasis on pricing policy

Mohammad Mahdi Mozaffari

1*) Associate Professor Department of Industrial Management, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
*Corresponding author email: zafarnima@yahoo.com

Archive of SID

Received: 15-01-2016 Accepted: 21-04-2016

Abstract

Agricultural sector is the largest consumer of water in the country. Therefore, offering comprehensive methods of water resources management and planning the right policies in order to increase water productivity in this sector seems to be necessary. For this purpose, in the present study an economic modeling inclusive of Positive Mathematical Programming (PMP) and the approach of Maximum Entropy (ME) to assess the impacts of irrigation water pricing policy on the management of water demand in Ardalan plain was used. The required data are related to the agronomical year 2013. The results showed that absolute value of demand price elasticity for alfalfa and tomatoes that have a higher water requirement is more than other selected products and farmers' demand for water in the production of these products is more elasticity. In addition, the results showed that increasing the price of irrigation water (under scenarios of 200 to 1000 rials compared to the condition of base year) leads to the reduction of the area of irrigated wheat, alfalfa, tomato and sunflower and increase in the area of irrigated barley and watermelon in the cropping pattern of the region. Also, applying this policy leads to the reduction of consumption water in the cropping pattern from 2.04 to 7.83 percent and the reduction of farmers' gross profit from 1.96 to 7.65 percent in Ardalan plain. Finally, applying the irrigation water pricing policy and using the cropping pattern change strategy along with it was recommended to reduce the demand of irrigation water and sustainability of water resources in Ardalan plain.

Keywords: Ardalan plain; positive mathematical programming; pricing policy; sustainability of water resources

www.SID.ir