نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال پنجم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۴

ISSN 2251-7480

تعیین برنامه سیاستی مناسب برای حفاظت منابع آب در دشت قزوین

محمد مهدی مظفری[1*]

۱) استادیار؛ گروه مدیریت صنعتی؛ دانشکده علوم اجتماعی؛ دانشگاه بین‌الملل امام خمینی (ره)؛ قزوین؛ ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: Mozaffari@soc.ikiu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰٦/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۱۰/۰٦

چکیده

حفاظت از منابع آب سطحی و زیرزمینی نیازمند ارائه راهکارها و سیاست‌های مناسبی است که لازمه آن شناخت بیشتر رفتار کشاورزان می‌باشد. به همین منظور، در این مطالعه برای بررسی رفتار کشاورزان در استفاده از آب‌های سطحی و زیرزمینی و تعیین برنامه سیاستی مناسب برای حفاظت منابع آب دشت قزوین، از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) و رهیافت تابع تولید با کشش جانشینی ثابت (CES) استفاده شد. راهکارهای مورد بررسی شامل افزایش قیمت آب آبیاری و کاهش منابع آب در دسترس بود که هر یک تحت سناریوهای مختلف ارزیابی شدند. داده‌های مورد نیاز در این مطالعه مربوط به سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ است که از طریق مراجعه به ادارات ذی‌ربط در استان قزوین جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که هر دو راهکار مورد بررسی در این تحقیق منجر به صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری شده، اما میانگین تغییرات بازده برنامه‌ای با به‌کارگیری سیاست کاهش آب آبیاری در دسترس و افزایش قیمت آب آبیاری به‌ترتیب ۱۵/۹۴ و ۲۷/۶۱ درصد کاهش می‌یابد. میزان بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری نیز در شرایط اعمال سیاست‌های فوق، به ترتیب بین ۰/۴۳۵ تا ۰/۳۳۱ و ۰/۴۳۴ تا ۰/۲۳۰ هزار ریال در مترمکعب تغییر می‌کند. به همین منظور، اعمال سیاست کاهش آب آبیاری در دسترس با توجه به کاهش کمتر بازده برنامه‌ای و بهره‌وری اقتصادی آب بیشتر، برای حفاظت منابع آب سطحی و زیرزمینی دشت قزوین پیشنهاد شد.

کلید واژه‌ها: حفاظت منابع آب؛ برنامه‌ریزی ریاضی مثبت؛ راهکار سیاستی مناسب؛ دشت قزوین

مقدمه

رشد جمعیت و گسترش سطح زیرکشت محصولات آبی (فاریاب) طی دهه‌های اخیر بهره‌برداری از منابع آب در سراسر جهان را افزایش داده و باعث افزایش مقدار تقاضای آب از مقدار عرضه آن و در نتیجه کمیابی منابع آب شده است. یکی از بحران‌های مهمی که در آینده نزدیک بشر را تهدید خواهد نمود و به موضوع تنش‌زا در بین ملت‌ها تبدیل خواهد شد، مسئله کمبود آب است. لذا، حفاظت از منابع آب موجود و استفاده بهینه و کارا از این منابع امری ضروری و مهم تلقی می‌گردد (Hellegers, 2002).

درزمینه مدیریت منابع آب بزرگ‌ترین چالشی که در کشور وجود دارد، سهم بسیار بالای بخش کشاورزی در مصرف آب و عملکرد و تولید پایین محصول به ازای سطح و میزان آب مصرفی است (شاهرودی و چیذری، ۱۳۸۵؛ پرهیزکاری، ۱۳۹۲؛ پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹٤). براساس گزارشات وزارت نیرو بیش از ۹۰ درصد آب کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌شود (وزارت نیرو، ۱۳۹۲). پایداری منابع آب در ایران بیش از هر چیز تحت تأثیر بهره‌برداری از منابع آب در بخش کشاورزی قرار

دارد. منابع تأمین کننده‌ی نیاز آبی در این بخش به دو دسته منابع آب سطحی و زیرزمینی تقسیم می‌شوند. با توجه به نوسانات موجود در منابع آب سطحی، این منابع علی‌رغم حجم بالا نمی‌توانند منبع مطمئنی برای تأمین آب موردنیاز محصولات در بخش کشاورزی به شمار روند (پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۲). به همین دلیل، ذخایر آب زیرزمینی در تأمین منابع آب کشاورزی از دو جنبه‌ی افزایش عرضه منابع آب و تثبیت عرضه آب حائز اهمیت می‌باشند (Tsur, 1990)، اما باید توجه داشت که برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی موجب برهم خوردن توازن سیستم، عدم پایداری و کاهش ذخیره سفره‌های آب زیرزمینی شده و در نهایت توسعه پایدار کشاورزی را ناممکن می‌سازد. بنابراین، برای دستیابی به توسعه پایدار بخش کشاورزی، برقراری توازن میان تغذیه و برداشت منابع آب زیرزمینی از اهمیت بسیاری برخوردار است (بلالی، ۱۳۸۹). امروزه در اغلب نقاط کشور به دلایل مختلفی از جمله استحصال بی‌رویه و غیرمنطقی از منابع آب موجود، به ویژه آب‌های زیرزمینی، بروز مشکلاتی نظیر خشکسالی و عدم رعایت اصول حفاظت در بهره‌برداری از منابع آب، برخی از منابع آبی کشور از بین رفته‌اند و یا اینکه در معرض خطر نابودی قرار دارند (زارع مهرجردی، ۱۳۸٦). در صورتی که افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت‌های کشور ادامه یابد، علاوه بر شوری آب منجر به تهی‌شدن کامل دشت‌ها از منابع آب خواهد شد و کلیه سرمایه‌گذاری‌های انجام شده و امکانات معیشتی به وجود آمده در این دشت‌ها از بین خواهدرفت. این امر همچنین، مشکلات زیست محیطی زیادی را به دنبال خواهد داشت (غزالی و اسماعیلی، ۱۳۹۰).

در سال‌های اخیر، با توجه به اهمیت نهاده آب در بخش کشاورزی، مطالعات داخلی و خارجی متعددی پیرامون مسائل مربوط به پایداری و حفاظت منابع آب و سیاست‌گذاری‌های مؤثر بر آن صورت گرفته است. در مطالعه‌ای با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی قطعی[1] (DLP) و برنامه‌ریزی خطی با محدودیت تصادفی[2] (CCLP) اثر سناریوهای مختلف ریسک‌گریزی بر واکنش کشاورزان در ارتباط با الگوی کشت و مصرف آب آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در سطح ریسک ۱۰ درصد، نتایج هر دو مدل فوق یکسان است. همچنین، براساس نتایج تحلیل حساسیت، میزان مصرف آب در حالت بهینه به صورت ۳۰ درصد آب زیرزمینی و ۲۰ درصد آب سطحی تعیین شد (Sati *et al.*, 2006). در تحقیقی به منظور ارزیابی تأثیر سناریوهای مختلف سیاست‌های پایداری منابع آب و کشاورزی ایتالیا و شبیه‌سازی واکنش کشاورزان نسبت به مجموعه‌ای از شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی از مدل برنامه‌ریزی خطی چند جانبه[3] (MALP) استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که تنوع سیستم‌های آبیاری و اثرات مختلفی که ممکن است سیاست‌های قیمت‌گذاری آب داشته باشند، به سناریوهای هر سیاست، بازار و تکنولوژی کشاورزی بستگی دارد (Bartolini *et al.*, 2007). در تحقیقی دیگر، مدیریت مصرف آب آبیاری و کود نیترات در سطح مزارع فاریاب آمریکا مورد بررسی قرار گرفت و برای ارزیابی اثرات سیاست‌های اقتصادی بر میزان مصرف آب و نیتروژن از تخمین تابع تولید و روش برنامه‌ریزی پویا استفاده شد. نتایج نشان داد که سیاست‌های مرتبط با مدیریت منابع آب بر کاهش انتشار نیتروژن دلالت دارند و روش آبیاری سنتی، بهترین راهکار برای حفاظت منابع آب و کنترل آلودگی ناشی از انتشار کودهای ازته در منطقه مورد مطالعه است (Knapp and Schwabe, 2008). در مطالعه‌ای جهت بررسی اثرات سیاست‌های قیمتی آب آبیاری بر تقاضای سایر نهاده‌های کشاورزی از روش تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد که سطح کارایی فنی کشاورزان، عامل مهمی در اثرگذاری بر کشش

[1]- Deterministic Linear Programming
[2]- Chance-Constrained Linear Programming
[3]- Multi Attribute Linear Programming

تقاضای آب می‌باشد. همچنین، نتایج نشان داد که با افزایش قیمت آب آبیاری، الگوی کشت کشاورزان در جهت استفاده کمتر از نهاده آب و استفاده بیشتر از نهاده زمین تغییر می‌کند (Frija *et al.*, 2011). در پژوهشی داخلی با بهره‌گیری از مدل برنامه‌ریزی خطی[1] (LP) نقش سیاست‌های قیمتی در مدیریت تقاضای آب آبیاری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که قیمت واقعی آب آبیاری در صورت کنترل قیمت محصولات کشاورزی تأثیر قابل توجهی بر کاهش بهره‌برداری از منابع آب و تغییر الگوی کشت در جهت جایگزینی محصولات کم‌آب به جای محصولات آب‌بر خواهد داشت (حسین‌زاد، ۱۳۸۷). در مطالعه‌ای دیگر عوامل مؤثر بر استفاده بهینه از منابع آب در سطح مزارع چغندرقند در شهرستان مرودشت بررسی شد. نتایج نشان داد که بهره‌وری متوسط مصرف آب با به‌کارگیری روش‌های مناسب آبیاری بهبود یافته و میزان اتلاف آب در سطح مزارع چغندرقند با رعایت اصول حفاظت آب، روش آبیاری مناسب و افزایش آگاهی کشاورزان کاهش یافته است (مظاهری و ترکمانی، ۱۳۸۸). در پژوهشی با بهره‌گیری از نظریه بازی مدیریت منابع آب زیرزمینی حوزه آبریز اترک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد زمانی که به اهداف اقتصادی و محیطی وزن‌های یکسانی داده شود، بهترین سناریوی بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در حوزه اترک بین ٦٤ تا ۱۱۷ میلیون مترمکعب در سال است. همچنین، نتایج نشان داد که تصمیم‌گیری بهینه در بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی وابسته به اهمیت وزن‌های دو گروه هدف است (صبوحی و مجرد، ۱۳۸۹). در مطالعه‌ای با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت اثرات سیاست‌های جایگزین قیمت‌گذاری آب آبیاری در دشت مشهد ارزیابی و تحلیل شد. نتایج نشان داد که اثر سیاست‌های جایگزین بسته به گروه بهره‌بردار نماینده متفاوت بوده و اثرات آن بر درآمد، تقاضای آب و الگوی کشت هر گروه بهره‌بردار گسترده می‌باشد. سیاست قیمت‌گذاری آب و مالیات بر محصول در مقایسه با سیاست مالیات بر نهاده مکمل، موثرتر و مناسب‌تر می‌باشند. همچنین، نتایج نشان داد که دو سیاست مالیات بر نهاده و محصول در نرخ‌های معینی می‌توانند به عنوان سیاست‌های جایگزین سیاست قیمت‌گذاری آب به کار روند. در تحقیقی با استفاده از روش برنامه‌ریزی پویا تأثیر سیاست قیمت‌گذاری آب بر حفظ منابع آب زیرزمینی از طریق ارتباط بین تعادل آب زیرزمینی و بخش کشاورزی در دشت بهار همدان بررسی شد. نتایج نشان داد که سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری در سطوح مختلف، تأثیر معنی‌داری در کاهش تقاضا برای منابع آب زیرزمینی در بخش کشاورزی دشت بهار همدان دارد (بلالی و همکاران، ۱۳۹۰).

دشت قزوین که منطقه مورد مطالعه در این تحقیق است، بزرگ‌ترین حوزه آبخیز دریاچه نمک و یکی از دشت‌های مستعد کشور برای تولید محصولات کشاورزی است که همانند بسیاری از دشت‌های کشور بیلان آب زیرزمینی در آن منفی است. سالانه بیش از ۲۰۰ میلیون مترمکعب اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی این دشت صورت می‌پذیرد (شرکت آب منطقه‌ای قزوین، ۱۳۹۳؛ پرهیزکاری، ١٣٩٤). مجموع تغذیه آبخوان دشت قزوین ۱۲٦۰/۵ میلیون مترمکعب در سال است، درحالی که مجموع تخلیه این آبخوان به ١٤٥٨/٦٦ میلیون مترمکعب نیز می‌رسد. استفاده از آب‌های سطحی در این دشت به صورت فصلی بوده و در فصول گرم سال که کمبود آب برای آبیاری وجود دارد، آب مورد نیاز از طریق چاه‌های حفرشده تأمین می‌گردد. این عامل باعث کاهش سالیانه ۱/٦ متر سفره‌های آب زیرزمینی و نشست زمین در حدود ۲۵ سانتی‌متر شده است (وزارت نیرو، ۱۳۹۲). طی سال‌های اخیر، بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در این دشت روند صعودی داشته، به‌طوری که بخش جنوبی آن که منتهی به شهرستان‌های تاکستان و بوئین‌زهرا می‌باشد، در شرایط بحرانی به سر می‌برد. افزون بر این، تمایل

[1] Linear Programming

کشاورزان به توسعه کشت محصولات آبی، تقاضا برای حفر چاه‌های جدید را در این دشت افزایش داده است. پایین‌بودن نرخ آب بهای پرداختی توسط کشاورزان نیز باعث رایگان تلقی‌شدن این نهاده کمیاب و مصرف بی‌رویه آن در سطح مزارع شده که این امر علاوه بر تهدید منابع آب سطحی و زیرزمینی، آثار مخرب زیست‌محیطی، فرسایش و تخریب بافت خاک را نیز به همراه داشته است (شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین، ۱۳۹۳؛ پرهیزکاری و صبوحی ، ۱۳۹۲). به طور کلی، افزایش دمای هوا و کاهش بارندگی طی سال‌های اخیر، افزایش سطح زیرکشت محصولات آبی برای تأمین غذای جمعیت درحال رشد، حفر چاه‌های غیرمجاز، برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در دشت قزوین و کاهش سهمیه منابع آب سطحی این دشت از ذخیره آب سد طالقان ایجاب می‌کند تا مدیریت تقاضای آب در سطح مزارع بیشتر از گذشته مورد توجه قرارگیرد. علاوه بر این، از آن‌جایی که دشت قزوین در تولید محصولات زراعی و درآمدزایی استان قزوین و استان‌های هم‌جوار آن (تهران، البرز، همدان، مازندران و گیلان) اهمیت ویژه‌ای دارد، توجه به پایداری منابع آب (به ویژه آب‌های زیرزمینی) در آن امری ضروری و مهم به نظر می‌رسد. به همین منظور، در تحقیق حاضر تلاش شد تا با بهره‌گیری از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت[1] (PMP) و رهیافت تابع تولید با کشش جانشینی ثابت[2] (CES)، رفتار کشاورزان دشت قزوین در استفاده از منابع آب سطحی و زیرزمینی ارزیابی شود و برنامه سیاستی مناسبی برای پایداری و حفاظت منابع آب در این دشت ارائه گردد.

مواد و روش‌ها

برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP):

مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط هوویت[3] معرفی شد (صبوحی و همکاران، ۱۳۸۵؛ پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۲). 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. این 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 PMPدارای سه مرحله به شرح زیر است:

مرحله اول: طرح مدل برنامه‌ریزی خطی (LP) و برآورد قیمت‌های سایه‌ای

این مرحله شامل حل یک مدل برنامه‌ریزی خطی در جهت حداکثرنمودن سود منطقه‌ای کشاورزان با توجه به محدودیت‌های منابع و واسنجی می‌باشد. در این مرحله پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی مقادیر قیمت‌های سایه-ای برای محدودیت‌های منابع و واسنجی به دست می‌آید (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:

$$Max\,\Pi = \sum_{i=1}^{5}\left(p_i Y_i - \sum_{j=1}^{4} a_{ji} c_{ji} \right) x_i \qquad (۱)$$

Subject to:

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

$$x_i \le \tilde{x}_i + \varepsilon \quad \forall i = 1,2,...,5 \quad [\lambda_i^c] \qquad (۳)$$

$$x_i \ge 0 \quad \forall i = 1,2,...,5 \qquad (٤)$$

[1]- Positive Mathematical Programming
[2]- Constant Elasticity of Substitution
[3]- Howitt

رابطه (۱) به عنوان تابع هدف مدل برنامه‌ریزی خطی، شامل حداکثرکردن مجموع سود ناخالص کشاورزان دشت قزوین می‌باشد. در این رابطه، Π سود ناخالص کشاورزان، iمحصولات منتخب (گندم آبی، جو آبی، ذرت دانه‌ای، یونجه و کلزا) و j نهاده‌ها یا عوامل تولید (زمین، آب، نیروی‌کار و سرمایه) می‌باشد. p_i قیمت بازاری محصول i، Y_i عملکرد محصول i، c_{ji} هزینه نهاده j برای تولید محصول i در واحد سطح (هکتار) و x_i سطح زیرکشت محصول i می‌باشد. a_{ji} بیانگر ضرایب لئونتیف است که نسبت استفاده‌ی هر عامل تولید به زمین را نشان می‌دهد و از رابطه $a_{ji} = \tilde{x}_i / \tilde{x}_{i,Land}$ به دست می‌آید (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_jکل منابع دردسترس برای تولید محصولات منتخب است. رابطه (۳)، محدودیت واسنجی مدل را نشان می‌دهد که در آن، $\tilde{x}_i$ مقدار مشاهده شده فعالیت i 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 (هکلی، ۲۰۰۲).

پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی برای تعیین قیمت سایه‌ای محدودیت‌های مدل، مقادیر دوگان تعریف می‌شوند. λ_i^jدر رابطه (۲)، قیمت سایه‌ای یا مقادیر دوگان محدودیت سیستمی و λ_i^cدر رابطه (۳)، قیمت سایه‌ای یا مقادیر دوگان محدودیت واسنجی را نشان می‌دهد. رابطه (٤) نیز بیانگر محدودیت غیرمنفی‌بودن سطح فعالیت‌ها می‌باشد (Howitt *et al.*, 2012؛ پرهیزکاری، ۱۳۹٤).

مرحله دوم: برآورد تابع تولید CES و تابع هزینه غیرخطی (درجه دوم)

در این مرحله، ضرایب تابع تولید و هزینه‌ای که جهت واسنجی در مرحله سوم مدل PMP لازم می‌باشند، تخمین زده می‌شوند. فرم کلی تابع تولید CES را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$Y_i = \tau_i \left[\sum_j \beta_{ij} h_{ij}^{\rho_i} \right]^{\upsilon/\rho_i} \qquad (۵)$$

در رابطه فوق، Y_iمیزان تولید محصول i، h_{ij}عامل تولید j برای محصول i و τ_i پارامتر مقیاس است که به کمک رابطه (۹) محاسبه می‌شود. β_{ij} پارامتر تولید است که نسبت استفاده از عوامل تولید را نشان می‌دهد. در واقع، این پارامتر سهم نهاده j برای تولید محصول i را نشان می‌دهد. υ ضریب بازده ثابت نسبت به مقیاس می‌باشد و تابع CES مستلزم آن است که این ضریب برابر با یک شود. ρ_i نیز متغیری است که بر حسب کشش جانشینی محصولات (σ_i) تعریف می‌گردد و برای محاسبه آن از رابطه $\rho_i = (\sigma - 1)/\sigma$ استفاده می‌شود (Howitt *et al.*, 2012). باید توجه شود که علت استفاده از تابع تولید CES در این مطالعه آن است که مدل PMP پس از شامل شدن این تابع، ناتوانی‌هایی را که در مدل‌های پیشین خود داشته رفع می‌نماید و به کمک یک تابع هدف غیرخطی (درجه دو یا بیشتر) به تحلیل سیاست‌ها در بخش کشاورزی می‌پردازد. افزون بر این، تخمین مدل PMP توأم با رهیافت تابع تولید CES کمک می‌کند تا جانشینی بین نهاده‌ها افزایش یافته و مدل برنامه‌ریزی با جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات به صورت کلی (کلان) از سطح مناطق مورد مطالعه، به پیش‌بینی تأثیر سیاست‌ها بپردازد (Howitt *et al.*, 2012؛ پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۲).

در مطالعه حاضر، تابع تولید با کشش جانشینی ثابت (CES) با توجه به چهار نهاده زمین، آب، نیروی‌کار و سرمایه به صورت زیر تعریف می‌شود (Howitt *et al.*, 2012):

$$Y_i = \tau_i [\beta_{i1} h_{i1}^{\rho_i} + \beta_{i2} h_{i2}^{\rho_i} + \beta_{i3} h_{i3}^{\rho_i} + \beta_{i4} h_{i4}]^{\upsilon/\rho_i} \qquad (٦)$$

برای تخمین اولین پارامتر تابع تولید فوق از رابطه زیر استفاده می‌شود (Howitt *et al.*, 2012):

$$\beta_1 = \frac{1}{1+\frac{h_1^{(-1/\sigma)}}{c_1}\left(\sum_L \frac{c_L}{h_L^{(-1/\sigma)}}\right)} \qquad (۷)$$

در رابطه فوق، h_L عامل تولید Lام و C_L هزینه عامل تولید Lام می‌باشد. پس از محاسبه اولین پارامتر تابع تولید، برای تخمین سایر پارامترهای این تابع می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد (Howitt *et al.*, 2012):

$$\beta_L = \frac{c_L\ h_1^{(-1/\sigma)}}{c_1\ h_L^{(-1/\sigma)}} \cdot \beta_1 \qquad (۸)$$

با استفاده از تعریف تابع تولید CES، می‌توان پارامتر مقیاس را به صورت زیر نوشت (Howitt *et al.*, 2012):

$$\tau_i = \frac{\left(\frac{Y_i}{x_i}\right).\widetilde{x}_i}{\left[\sum_{j=1}^{4}\beta_j h_j^{\rho}\right]^{\upsilon/\rho_i}} \qquad (۹)$$

مراحل تخمین بالا برای توابع تولید تمام محصولات قابل تعمیم است. قابلیت مدل واسنجی شده فوق در این است که روند تخمین پارامترها در آن برای تمام محصولات به طور خودکار انجام می‌شود (Howitt *et al.*, 2012).

در مرحله‌ی دوم مدل PMP علاوه بر تخمین تابع تولید CES، مقادیر دوگان برای به دست آوردن یک تابع هزینه‌ی متغیر غیرخطی مربوط به نهاده زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند (Medellan-Azuara *et al.*, 2010). علت استفاده از این شکل تبعی در مطالعه حاضر آن است که نتایج به **دست آمده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت با تابع هزینه** غیرخطی انعطاف‌پذیری رفتاری و شبیه‌سازی واقعی‌تری را نسبت به مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت با تابع هزینه خطی ساده (معمولی) فراهم می‌کند و این موضوع از ایجاد ناپیوستگی ناگهانی و غیرمحتمل در رهیافت‌های شبیه‌سازی جلوگیری می‌کند (Howitt, 1995؛ پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹٤). همچنین، استفاده از شکل تبعی غیرخطی برای تابع هزینه در مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت نسبت به شکل تبعی خطی معمولی، توان شبیه‌سازی رفتاری را تحت شرایط به‌کارگیری تکنیک‌های مختلف اقتصادی، سیاسی و اخیراً زیست‌محیطی تقویت می‌کند. علاوه بر این، با توجه به این که در برخی موارد داده‌ها و اطلاعات مناسب برای تصمیمات رفتاری پیچیده محدود است، استفاده از شکل غیرخطی تابع هزینه نسبت به فرم خطی آن امکان حل مسائل پیچیده را که حتی با روش‌های اقتصادسنجی نیز قابل حل نیستند، به وجود می‌آورد. در واقع با افزایش داده‌های دردسترس، استفاده از تابع هزینه در حالت غیرخطی برنامه‌ریزان را قادر به حل مسائل تصمیم‌گیری و تحلیل برنامه‌های سیاستی در همه سطوح فعالیت‌ها می‌سازد (Howitt, 2005).

به طور کلی، عمومیت کاربرد تابع هزینه غیرخطی در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مثبت علاوه بر ویژگی نسبتاً آسان تخمین پارامترهای آن، این است که برای هر سطح فعالیت موردنظر قابلیت محاسبه و برآورد جداگانه را دارد (Howitt, 2005؛ پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹٤). بر این اساس، شکل تابع هزینه غیرخطی ارائه شده به صورت زیر می‌باشد:

$$TC_i(x_{i,Land}) = \alpha_i\ x_{i,Land} - \frac{1}{2}\gamma_i\ x_{i,Land}^2 \qquad (۱۰)$$

در رابطه فوق، TC_i هزینه مربوط به نهاده زمین برای تولید محصول i در منطقه مورد نظر، α_i پارامتر رهگیری و γ_i شیب تابع هزینه غیرخطی است (Medellan-Azuara *et al.*, 2011). برای محاسبه ضرایب تابع هزینه درجه دوم از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$\gamma_i = \frac{p_i\ Y_i}{\eta_i \widetilde{x}_{i,Land}} \qquad (۱۱)$$

$$\alpha_i = \omega_{i,Land} + \lambda_{i,Land}^{c} + \gamma_i \widetilde{x}_{i,Land} \qquad (۱۲)$$

در روابط فوق، η_i کشش عرضه محصول i، $\omega_{i,Land}$ هزینه نهاده زمین برای تولید محصول i و $\lambda^c_{i,Land}$ قیمت سایه‌ای واسنجی‌شده برای نهاده زمین در مرحله اول مدل PMP می‌باشد (Medellan-Azuara *et al.*, 2011).

مرحله سوم: تبیین مدل PMP واسنجی شده نهایی با استفاده از یک تابع هدف غیرخطی

در این مرحله از مدل PMP، با استفاده از تابع تولید و هزینه واسنجی‌شده در مرحله دوم و مجموعه محدودیت‌های منابع (به استثنای محدودیت واسنجی)، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به صورت زیر ساخته می‌شود:

$$Max\ \Pi = \sum_{i=1}^{5} p_i (\tau_i [\beta_{i1} h_{i1}^{\rho_i} + \beta_{i2} h_{i2}^{\rho_i} + \beta_{i3} h_{i3}^{\rho_i} + \beta_{i4} h_{i4}]^{v/\rho_i}) - \sum_{i=1}^{5} \sum_{j \neq Land}^{4} (\omega_{ij} x_{ij}) - \sum_{i=1}^{5} (\alpha_i x_{i,Land} - \frac{1}{2} \gamma_i x_{i,Land}^2) \qquad (۱۳)$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^{5} x_i \leq A \qquad (۱٤)$$

$$\sum_{i=1}^{5} w_i x_i \leq W_S \qquad (۱۵)$$

$$\sum_{i=1}^{5} w_i x_i \leq W_R \qquad (۱٦)$$

$$\sum_{i=1}^{5} k_i . x_i \leq TK \qquad (۱۷)$$

$$\sum_{i=1}^{5} La_i . x_i \leq TLa \qquad (۱۸)$$

$$x_i \geq 0 \quad \forall i = 1,2,...,4 \qquad (۱۹)$$

رابطه (۱۳)، تابع هدف غیرخطی مدل PMP ارائه شده می‌باشد که شامل تابع تولید منطقه‌ای (Y_i)، تابع هزینه درجه دوم برای نهاده زمین و تابع هزینه خطی برای سایر نهاده‌ها (آب، سرمایه و نیروی‌کار) است. ω_{ij} در این رابطه قیمت یا هزینه مربوط به نهاده j برای تولید محصول i می‌باشد. این متغیر برای نهاده آب مربوط به هزینه استحصال هر مترمکعب آب زیرزمینی است. رابطه (۱٤)، محدودیت سطح زیرکشت محصولات زراعی را نشان می‌دهد که در آن، A کل سطح زیرکشت در منطقه مورد مطالعه است. روابط (۱۵) و (۱٦)، محدودیت‌های مربوط به میزان آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌باشند که w_i در این روابط نیاز آبی محصول i، W_S کل منابع آب سطحی دردسترس و W_R کل آب زیرزمینی قابل استحصال در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. رابطه (۱۷)، بیانگر محدودیت سرمایه می‌باشد که در آن، k_i ضریب فنی هزینه در واحد سطح محصول i و TK کل سرمایه دردسترس در منطقه مورد مطالعه است. منظور از سرمایه، مجموع نهاده‌های بذر، کود و سم مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه می‌باشد که مقدر آن برحسب کیلوگرم در هکتار و ارزش آن برحسب ریال در هکتار بیان شد. درواقع، سمت چپ این محدودیت نیاز فعالیت‌های تولیدی به سرمایه است که معادل هزینه‌های متغیر برای تولید محصول در هر هکتار می‌باشد. سمت راست این محدودیت نیز مجموع میزان کل سرمایه قابل تخصیص به فعالیت‌های زراعی در منطقه مورد مطالعه است. رابطه (۱۸)، محدودیت نیروی‌کار را نشان می‌دهد که در آن، La_i نیروی‌کار موردنیاز در تولید محصول i و TLa کل نیروی‌کار دردسترس در منطقه مورد مطالعه است. رابطه (۱۹) نیز بیانگر غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها (مقادیر x_i) است و تضمین می‌کند که روش مورد استفاده فوق به لحاظ فیزیکی امکان‌پذیر و قابل اجرا است.

پس از واسنجی مدل PMP ارائه شده در محیط نرم‌افزاری GAMS، ابتدا واکنش کشاورزان دشت قزوین نسبت به اعمال سیاست افزایش قیمت آب آبیاری تحت سناریوهای ۱۰، ۲۰، ۳۰، ٤۰ و ۵۰ درصد مورد بررسی قرار گرفت. سپس، رفتار کشاورزان نسبت به اعمال سیاست کاهش منابع آب دردسترس تحت سناریوهای ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۳۵ درصد تحلیل و ارزیابی شد. پس از اعمال هر یک از راهکارهای فوق تحت سناریوهای مختلف، میزان

تغییرات الگوی کشت، سود ناخالص کشاورزان و میزان مصرف آب آبیاری در اراضی زراعی دشت قزوین محاسبه شد و در پایان براساس معیارهای بازده برنامه‌ای و بهره-وری اقتصادی آب آبیاری راهکار سیاستی مناسبی برای حفاظت منابع آب سطحی و زیرزمینی این دشت ارائه شد.

بررسی وضعیت کنونی منابع آب استان قزوین

آب‌های سطحی

آب‌های سطحی در استان قزوین عمدتاً در دو حوضه آبریز سفیدرود و رودشور جاری هستند. حوضه آبریز سفیدرود از رودخانه‌های طالقان‌رود و الموت‌رود که با هم شاهرود را تشکیل می‌دهند، سرچشمه می‌گیرد و برآورد سالانه آن حدود ۷۵۰ میلیون مترمکعب می‌باشد. حوضه آبریز رودشور نیز شامل رودخانه‌های فصلی حاجی‌عرب، خررود، ابهررود و رودخانه‌های کوچک دامنه‌های جنوبی البرز می‌باشد. رودخانه حاجی‌عرب از کوه‌های جنوبی خرقان در استان قزوین سرچشمه گرفته و با حجم آبی در حدود ۱۶ میلیون مترمکعب جریان دارد. خررود و ابهررود از کوه‌های جنوبی استان زنجان سرچشمه می‌گیرند و با آبدهی سالانه ٥٤ میلیون مترمکعب در دشت قزوین تخلیه می‌شوند. برآورده سالانه رودخانه‌های دامنه جنوبی البرز نیز حدود ۲۵۰ میلیون مترمکعب در سال است (سازمان کل مطالعات و بررسی‌های اقتصادی، ۱۳۹۳).

آب‌های زیرزمینی

براساس مطالعات انجام شده طی سال‌های اخیر، در استان قزوین تعداد ۹۲٦۸ حلقه چاه، ۳٦۸ رشته قنات و ۱۸۷۲٤ چشمه وجود دارد (شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین، ۱۳۹۳). جدول ۱، اطلاعات و آمار مربوط به تعداد چشمه‌ها، قنات‌ها و چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق موجود در استان قزوین را نشان می‌دهد. جدول ۲ نیز میزان برداشت منابع آب زیرزمینی دشت قزوین را در مقایسه با میزان برداشت کل استان در سال ۹۳-۱۳۹۲ نشان می‌دهد.

جدول ۱. مشخصات منابع آب زیرزمینی استان قزوین

نوع منبع زیرزمینی	تعداد هر منبع	متوسط دبی*	حداکثر دبی**
چاه عمیق شخصی	۲۸٦۳ (حلقه)	٤۳	۱۳۷
چاه نیمه‌عمیق شخصی	٤٦۸۰ (حلقه)	۱۲	٦٥
چاه عمیق دولتی	۱۷۲٥ (حلقه)	٤۹	۱۱۸
قنات	۳٦۸ (رشته)	۲۳	۲۳۸
چشمه	۱۸۷۲٤ (عدد)	۳	۸

* و **: بر حسب لیتر در ثانیه

مأخذ: گزارشات سازمان آب منطقه‌ای استان قزوین، ۱۳۹۳

جدول ۲- میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی دشت قزوین در مقایسه با میزان برداشت کل استان در سال ۹۳-۱۳۹۲ (برحسب میلیون مترمکعب)

نوع منبعزیرزمینی	برداشت در سطح استان	برداشت از آبخوان دشت قزوین	سهم آبخوان از کل استان
چاه عمیق شخصی	۹٤٦/۲۳	٦۷۲/٤	٪ ۷۱
چاه نیمه‌عمیق شخصی	۲۱۸/٤۱	۱۳۳/٦۷	٪ ٦۱
چاه عمیق دولتی	٦۸۳	٤٦۷	٪ ٦۸
قنات	۳۰٤	۱۸٦	٪ ٦۱
چشمه	۳/۱٤	۰/۹۳	٪ ۲۹
مجموع برداشت	۲۱٥٤/۷۸	۱٤٦۰	٪ ٦۸

مأخذ: گزارشات سازمان آب منطقه‌ای استان قزوین، ۱۳۹۳

به طور کلی، در سطح آبخوان‌های استان قزوین میانگین نوسانات کاهش سطح ایستابی سالانه ٤٧ سانتی‌متر بوده و بررسی تغییرات سالانه حجم مخزن آبخوان‌های استان، حاکی از کاهش حدود ١١٦/٦ میلیون مترمکعب آب در سال است. با توجه به برداشت‌های بی‌رویه آب در سال‌های اخیر، وضعیت بهره‌برداری از آبخوان‌های قزوین و آوج در جنوب این استان ممنوع اعلام شده است (بانک کشاورزی، اداره کل مطالعات و بررسی‌های اقتصادی، ١٣٩٣).

جدول ٣، داده‌ها و اطلاعات مربوط به محصولات عمده زراعی دشت قزوین را در سال پایه ٩٣-١٣٩٢ نشان می‌دهد. بخشی از داده‌ها از طریق مراجعه مستقیم به ادارات زیربط در استان قزوین (سازمان جهاد کشاورزی و شرکت آب منطقه‌ای استان) جمع‌آوری شد. داده‌های مربوط به نیاز آبی محصولات منتخب نیز با استفاده از نرم‌افزار نیاز آبی NETWAT و گزارشات شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین (١٣٩٢) برای منطقه مورد مطالعه محاسبه شد. با توجه به این جدول، ملاحظه می‌شود که محصولات جو و کلزا 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 می‌باشند.

جدول ٣. داده‌ها و اطلاعات آماری مربوط به محصولات زراعی دشت قزوین طی سال پایه ٩٣-١٣٩٢

محصولات منتخب	سطح زیرکشت (ha)	عملکرد (kg/ha)	قیمت (rial/kg)	نیاز آبی (m^3/ha)	سرمایه* (kg/ha)	نیروی‌کار (نفر-روز/ha)
گندم آبی	١٠٢٥٠	٤٦٠٠	٧٥٠٠	٢٨٧٠	٣٨٣	٢٤
جو آبی	١١٥٠٠	٤٢٥٠	٦٩٠٠	٢٣٥٠	٣٧٠	٢٢
ذرت دانه‌ای	٦٧٤٠	١٠٦٣٨	٧٢٥٠	٦٤٠٠	٤٥٩	٢٩
یونجه	٤٣٢٠	١٢١٠٠	٤٣٠٠	٨٣٦٠	٥٢٢	٢١
کلزا	٢٦٥٠	٢٣٠٠	١٦٥٠٠	٣٥٠٠	٣٩٤	٢٨

*: منظور از سرمایه مجموع کودشیمیایی، سم و بذری است که کشاورز برای کشت محصول به آن نیاز دارد.

مأخذ: سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین، ١٣٩٣

نتایج و بحث

یکی از برنامه‌های سیاستی یا راهکارهای مدیریتی که امروزه در زمینه پایداری و حفاظت منابع آب در اغلب نقاط خشک و کم‌آب دنیا به کار گرفته می‌شود، افزایش قیمت آب آبیاری است. با توجه به این که کشاورزان در کوتاه‌مدت قادر به تغییر نوع تکنولوژی آبیاری نیستند، با اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری انتظار می‌رود که الگوی کشت به نفع محصولاتی که به ازای هر واحد مصرف آب (مترمکعب) درآمد بیشتری را تولید می‌کنند، پیش رود. لازم به ذکر است که برای تحلیل اثرات افزایش قیمت آب آبیاری تحت سناریوهای مختلف، براساس گزارشات شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین، قیمت یا هزینه استحصال و بهره‌وری هر مترمکعب آب زیرزمینی در سال پایه ٩٣-١٣٩٢ به میزان ٤٨٧ ریال در نظرگرفته شد.

جدول ٤، نتایج حاصل از اعمال سیاست افزایش قیمت آب آبیاری را تحت سناریوهای ١٠، ٢٠، ٣٠، ٤٠ و ٥٠ درصد نشان می‌دهد. با توجه به نتایج این جدول، ملاحظه می‌شود که با افزایش قیمت آب آبیاری، الگوی کشت به نفع محصولاتی که میزان درآمد بیشتری را به ازای هر واحد آب آبیاری (مترمکعب) تولید می‌نمایند، تغییر می‌کند. در بین محصولات منتخب دشت قزوین، یونجه و کلزا دارای سود ناخالص بیشتری نسبت به محصولات غله‌ای گندم و جو آبی می‌باشند و به ازای هر واحد آب مصرفی سود ناخالص بیشتری را نسبت به سایر محصولات ایجاد

می‌کنند. به همین دلیل با افزایش قیمت آب آبیاری، کشاورزان به کشت این محصولات تمایل پیدا می‌کنند. سطح زیرکشت جو به علت نیاز آبی کمتر این محصول و صرفه اقتصادی بالاتری که نسبت به آب مصرفی دارد، با افزایش قیمت آب تحت سناریوهای مختلف افزایش می‌یابد اما، با افزایش قیمت آب آبیاری محصولات گندم و ذرت دانه‌ای با کاهش سطح زیرکشت مواجه می‌شوند. این حساسیت برای محصول گندم بیشتر می‌باشد و نشان می‌دهد که با افزایش قیمت آب آبیاری، کشاورزان تمایلی به کاشت محصول گندم ندارند. افزون بر آن، نتایج نشان می‌دهد که با افزایش قیمت آب آبیاری تحت سناریوهای ۱۰ تا ۵۰ درصد، میزان آب مصرفی توسط کشاورزان از ۱۸۳/۲ به ۱۸۰/۰ میلیون مترمکعب کاهش می‌یابد.

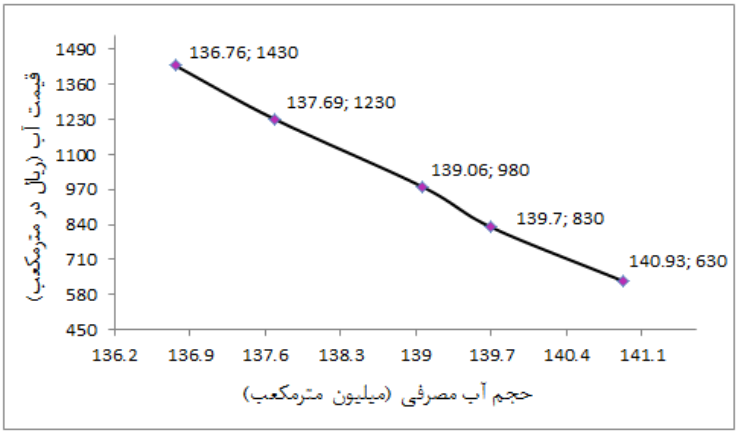
جدول ٤. نتایج حاصل از اعمال سیاست افزایش قیمت آب آبیاری تحت سناریوهای مختلف در دشت قزوین

محصولات منتخب	الگوی سال پایه (هکتار)	افزایش قیمت آب آبیاری تحت سناریوهای مختلف				
		۱۰ درصد	۲۰ درصد	۳۰ درصد	٤۰ درصد	۵۰ درصد
گندم آبی	۱۰۲۵۰	۹۳۲۲	۸۱٤۰	۷۲۱۷	٦۰۸۹	۵۲۳۷
جو آبی	۱۱۵۰۰	۱۲۵۰٤	۱۳۸۲۰	۱٤۷۸٤	۱٦۰۱۹	۱٦۹٤۸
ذرت دانه‌ای	٦۷٤۰	٦٤۳۱	٦۱٦٦	۵۹۰۲	۵٦۳٦	۵۳۷۰
یونجه	٤۳۲۰	۳۷۹۲	۳۸۵٤	۳۹۹۰	٤۰۱۲	٤۰۸۹
کلزا	۲٦۵۰	۳٤۱۱	۳٤۸۰	۳۵٦۷	۳۷۰٤	۳۸۱٦
آب مصرفی*	۱٤٤۹٦۸	۱٤۰۹۳٦	۱۳۹۷۰۰	۱۳۹۰٦۹	۱۳۷٦۹۵	۱۳٦۷٦٦

*: برحسب هزار مترمکعب

مأخذ: یافته‌های تحقیق

شکل ۱، تابع تقاضای آب آبیاری را برای کشاورزان دشت قزوین طی سال پایه ۹۳-۱۳۹۲ نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، ملاحظه می‌شود که با افزایش قیمت آب آبیاری، میزان آب مصرفی (تقاضا برای آب آبیاری) توسط کشاورزان در واحد سطح محصولات منتخب کاهش می‌یابد.



شکل ۱. تابع تقاضای آب آبیاری کشاورزان دشت قزوین در سال ۹۳-۱۳۹۲

افزون بر قیمت‌گذاری آب آبیاری، راهکار مدیریتی دیگری که امروزه در جهت حفظ و پایداری منابع آب در مناطق خشک و کم‌آب به کار گرفته می‌شود، سیاست کاهش منابع آب دردسترس است. این برنامه سیاستی

اغلب با شب خاموشی دستگاه‌های پمپاژ آب از چاه‌ها و سهمیه‌بندی منابع آب سطحی ذخیره شده در پشت سدها اعمال می‌گردد و بدین طریق منابع آب دردسترس کشاورزان در دوره زمانی مشخصی کاهش پیدا می‌کند. با اعمال سیاست کاهش آب آبیاری دردسترس در دشت قزوین انتظار می‌رود که الگوی کشت به نفع محصولاتی که میزان درآمد ثابتی را به ازای میزان کمتر آب (و یا درآمد بیشتری را به ازای میزان ثابت آب) ایجاد می‌کنند، پیش برود. جدول ۵، نتایج اعمال سیاست کاهش آب آبیاری دردسترس را تحت سناریوهای ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۳۵ درصد نشان می‌دهد. نتایج این سیاست تا حدی مشابه به نتایج سیاست افزایش قیمت آب آبیاری است.

جدول ۵. نتایج حاصل از اعمال سیاست کاهش آب دردسترس تحت سناریوهای مختلف در دشت قزوین

محصولات منتخب	الگوی سال پایه (هکتار)	کاهش آب آبیاری دردسترس				
		۵ درصد	۱۰ درصد	۲۰ درصد	۳۰ درصد	۳۵ درصد
گندم آبی	۱۰۲۵۰	۹۹۲۱	۹۸۷۳	۹۶۱۲	۹۴۳۵	۹۱۹۰
جو آبی	۱۱۵۰۰	۱۱۸۷۰	۱۱۸۴۱	۱۱۷۸۲	۱۱۷۲۴	۱۱۶۶۸
ذرت دانه‌ای	۶۷۴۰	۶۴۸۳	۶۲۷۹	۶۰۳۴	۵۸۸۶	۵۷۰۹
یونجه	۴۳۲۰	۴۴۳۷	۴۴۲۳	۴۴۱۳	۴۳۹۸	۴۳۶۴
کلزا	۲۶۵۰	۲۶۴۳	۲۶۱۹	۲۶۱۹	۲۶۰۸	۲۵۹۱
آب مصرفی*	۱۴۴۹۶۸	۱۴۴۲۰۳	۱۴۲۵۴۳	۱۳۹۹۵۰	۱۳۸۱۹۵	۱۳۵۸۸۶

*: برحسب هزار مترمکعب

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج جدول ۵، ملاحظه می‌شود که با اعمال سیاست کاهش آب آبیاری دردسترس تحت سناریوهای کاربردی مختلف، ابتدا الگوی کشت به نفع محصولات جو و یونجه تغییر می‌کند، اما با کاهش میزان مصرف آب از آنجایی که میزان آب مورد نیاز برای کشت محصولات منتخب الگو تأمین نمی‌شود، کل سطح زیرکشت محصولات کاهش می‌یابد و بخشی از اراضی در الگوی کشت به صورت کشت‌نشده باقی می‌ماند؛ به گونه‌ای که با اعمال سناریوی ۳۵ درصد کاهش آب آبیاری دردسترس، سطح اراضی کشت نشده به ۱۹۳۸ هکتار می‌رسد. با توجه به نتایج به دست آمده، تفاوت سیاست کاهش آب آبیاری دردسترس با سیاست افزایش قیمت آب آبیاری را از لحاظ تأثیر بر الگوی کشت می‌توان در کیفیت و میزان تغییر سطوح زیرکشت محصولات جو و یونجه دریافت. براساس نتایج جدول ۵، مشاهده می‌شود که علاوه بر اعمال سیاست افزایش قیمت آب آبیاری، با کاهش آب آبیاری دردسترس نیز، سطح زیرکشت محصولات یونجه و جو با افزایش همراه می‌باشد، با این تفاوت که در سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری سطح زیرکشت این دو محصول با شدت بیشتری نسبت به حالت اعمال سیاست کاهش آب دردسترس افزایش می‌یابد.

نتایج حاصل از اعمال سیاست‌های افزایش قیمت آب آبیاری و کاهش منابع آب دردسترس نشان داد که هر دو راهکار فوق با ایجاد تغییراتی در الگوی کشت، منجر به مصرف حجم آب کمتری نسبت به سال پایه می‌شوند و از این طریق به پایداری منابع آب موجود در منطقه کمک قابل توجهی می‌نمایند، اما با توجه به محدودیت نهاده آب در دشت قزوین و اهمیت بالای آن برای تولید محصولات منتخب زراعی، انتخاب راهکار مناسب‌تر و در اولویت قراردادن دیگر راهکارها برای حفاظت منابع آب زیرزمینی این دشت توأم با تحقق تابع هدف مسئله (حداکثرسازی

سود کشاورزان) امری ضروری می‌باشد. برای این منظور، تغییرات بازده برنامه‌ای پس از اعمال هر یک از سیاست‌های افزایش قیمت آب آبیاری و کاهش منابع آب دردسترس نسبت به سال پایه بررسی شد و میانگین تغییرات بازده برنامه‌ای مربوط به هر راهکار محاسبه گردید. جداول ٦ و ٧ تغییرات بازده برنامه‌ای را پس از اعمال راهکارهای سیاستی افزایش قیمت آب آبیاری و کاهش منابع آب دردسترس نشان می‌دهند:

جدول ٦. تغییرات بازده برنامه‌ای پس از اعمال سیاست افزایش قیمت آب آبیاری

افزایش قیمت آب تحت سناریوهای مختلف (درصد)	بازده برنامه‌ای الگوی بهینه کشت (هزار ریال)	تغییرات بازده برنامه‌ای نسبت به سال پایه (درصد)
۱۰	٦۱۰۲۸٤۰۵	-۵/۸۳
۲۰	۵٤۲٤٦۷٤۰	-۱٦/۲۹
۳۰	٤۷۵۰۱٤۲۸	-۲٦/۷۱
٤۰	٤۰۳۱۹۵۲۰	-۳۷/۷۸
۵۰	۳۱٤۷۱۱٦٤	-۵۱/٤٤

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۷. تغییرات بازده برنامه‌ای پس از اعمال سیاست کاهش آب آبیاری دردسترس

کاهش آب دردسترس تحت سناریوهای مختلف (درصد)	بازده برنامه‌ای الگوی بهینه کشت (هزار ریال)	تغییرات بازده برنامه‌ای نسبت به سال پایه (درصد)
۵	٦۲۷۰۱۸۲۰	-۳/۲۵
۱۰	٦۰۱۸۹۲۷۳	-۷/۱۳
۲۰	۵٤٦٦۱۹٤۳	-۱۵/٦۵
۳۰	٤۹۷۱۸۰۱۵	-۲۳/۲۹
۳۵	٤۵۰۹٦۲۷۸	-۳۰/٤۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج به دست آمده در جداول فوق، ملاحظه می‌شود که منفی بودن مقادیر مربوط به تغییرات بازده برنامه‌ای حاکی از کاهش بازده نسبت به سال پایه می‌باشد. در واقع، مقادیر منفی به دست آمده برای تغییرات بازده برنامه‌ای نشان می‌دهد که اگرچه کاربرد برنامه‌های سیاستی افزایش قیمت آب آبیاری و کاهش منابع آب دردسترس منجر به صرفه‌جویی بخشی از منابع آب مصرفی در دشت قزوین می‌شود، اما با تغییرات ایجاد شده در الگوی کشت محصولات زراعی بازده برنامه‌ای نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج جداول ٦ و ۷، ملاحظه می‌شود که بازده برنامه‌ای در حالت به کارگیری سیاست کاهش آب دردسترس به میزان کمتری نسبت به راهکار سیاستی افزایش قیمت آب آبیاری کاهش می‌یابد.

جدول ۸، میانگین تغییرات بازده برنامه‌ای را پس از به کارگیری هر یک از راهکارهای افزایش قیمت آب آبیاری و کاهش منابع آب دردسترس در محدوده مطالعاتی دشت قزوین نشان می‌دهد:

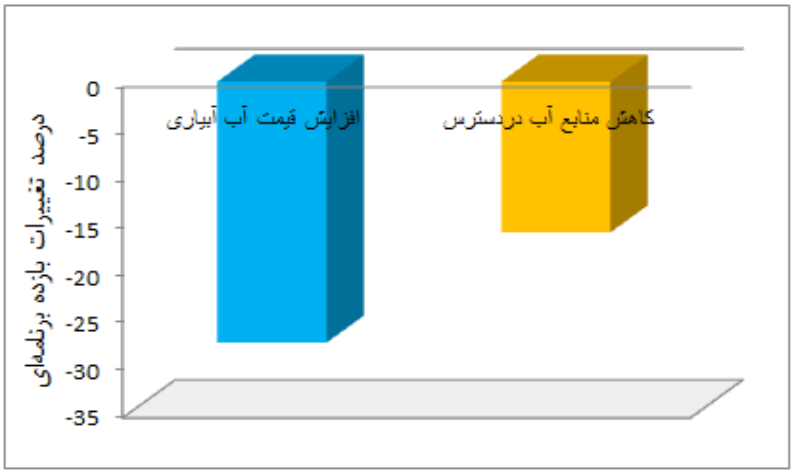
جدول ۸. میانگین تغییرات بازده برنامه‌ای پس از اعمال راهکارهای مورد بررسی

راهکار حفاظت از منابع آب موجود	میانگین تغییرات بازده برنامه‌ای (درصد)
افزایش قیمت آب آبیاری	-۲۷/٦۱
کاهش منابع آب دردسترس	-۱۵/۹٤

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج به‌دست آمده در جدول ۸ حاکی از آن است که میانگین تغییرات بازده برنامه‌ای در حالت به‌کارگیری سیاست کاهش آب آبیاری دردسترس ۱۵/۹٤ درصد و در حالت به‌کارگیری سیاست افزایش قیمت آب آبیاری ۲۷/٦۱ درصد نسبت به شرایط سال پایه کاهش می‌یابد. به همین منظور، سیاست کاهش آب آبیاری دردسترس با توجه به کاهش کمتر بازده برنامه‌ای حاصل از الگوی کشت، برای حفاظت از منابع آب سطحی و زیرزمینی دشت قزوین راهکار مناسب‌تری می‌باشد. این در حالی است که سیاست افزایش قیمت آب آبیاری به علت کاهش ۲۷/٦ درصدی بازده برنامه‌ای برای حفاظت و پایداری منابع آب دشت قزوین توصیه نمی‌شود، چرا که به‌کارگیری این سیاست، سود ناخالص کشاورزان را تا حد زیادی کاهش می‌دهد و این امر توسعه بخش کشاورزی استان قزوین را با مشکلات عدیده مواجه خواهد ساخت.

شکل ۲، به صورت مقایسه‌ای میانگین تغییرات بازده برنامه‌ای را پس از به‌کارگیری هر یک از برنامه‌های سیاستی افزایش قیمت آب آبیاری و کاهش منابع آب دردسترس در دشت قزوین نشان می‌دهد:



شکل ۲. مقایسه تغییرات بازده برنامه‌ای مربوط به راهکارهای مورد بررسی

جدول ۹ نتایج حاصل از محاسبه شاخص بهره‌وری اقتصادی نهاده آب آبیاری را تحت شرایط اعمال سناریوهای مختلف برنامه‌های سیاستی افزایش قیمت آب و کاهش منابع آب دردسترس در محدوده مطالعاتی دشت قزوین نشان می‌دهد. با توجه به نتایج این جدول، ملاحظه می‌شود که میزان شاخص بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری (نسبت بازده ناخالص به حجم آب مصرفی) پس از اعمال سناریوهای مختلف سیاست افزایش قیمت آب از ۰/٤۳٤ تا ۰/۲۳۰ (هزار ریال به مترمکعب) تغییر می‌کند، در حالی که میزان محاسبه شده برای این شاخص در حالت به‌کارگیری سیاست کاهش منابع آب دردسترس از ۰/٤۳۵ تا ۰/۳۳۱ (هزار ریال به مترمکعب) تغییر می‌کند. بدین معنی که میزان بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری در محدوده مطالعاتی دشت قزوین تحت شرایط اعمال سیاست کاهش منابع آب دردسترس نسبت به شرایط اعمال سیاست افزایش قیمت آب آبیاری در سطوح بالاتری می‌باشد و لذا بهره‌وری اقتصادی آب در شرایط اعمال سیاست کاهش آب دردسترس در مقایسه با سیاست قیمت‌گذاری آب بیشتر است. به همین منظور، اعمال برنامه سیاستی کاهش منابع آب دردسترس کشاورزان (از طریق شب خاموشی دستگاه‌های استحصال و پمپاژ آب از چاه‌ها) راهکار مناسب‌تری در جهت پایداری و حفاظت منابع آب در محدوده مطالعاتی دشت قزوین به شمار می‌رود.

جدول ۹. محاسبه بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری پس از اعمال برنامه‌های سیاستی تحت سناریوهای مختلف

افزایش قیمت آب تحت سناریوهای مختلف (درصد)	بهره‌وری اقتصادی آب (هزار ریال به مترمکعب)	کاهش آب دردسترس تحت سناریوهای مختلف (درصد)	بهره‌وری اقتصادی آب (هزار ریال به مترمکعب)
۱۰	۰/٤۳٤	۵	۰/٤۳۵
۲۰	۰/۳۸۸	۱۰	۰/٤۲۲
۳۰	۰/۳٤۱	۲۰	۰/۳۹۰
٤۰	۰/۲۹۳	۳۰	۰/۳۵۹
۵۰	۰/۲۳۰	۳۵	۰/۳۳۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در مطالعه حاضر برای بررسی رفتار کشاورزان در استفاده از آب‌های سطحی و زیرزمینی و انتخاب راهکار مناسب برای حفاظت منابع آب دشت قزوین، از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) و رهیافت تابع تولید با کشش جانشینی ثابت (CES) استفاده شد. راهکارهای مورد بررسی شامل افزایش قیمت آب آبیاری و کاهش منابع آب دردسترس بود که هر یک تحت سناریوهای مختلف ارزیابی شدند. داده‌های موردنیاز مربوط به سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ بود که از طریق مراجعه به ادارات ذیربط در استان قزوین جمع‌آوری شد. حل مدل نیز در محیط نرم‌افزاری GAMS نسخه ۲٤/۱ صورت گرفت. واسنجی مدل ارائه شده در سه مرحله پیاپی انجام شد. در مرحله اول، برای رسیدن به داده‌های سال پایه و محاسبه قیمت‌های سایه‌ای محدودیت‌ها، یک مدل برنامه‌ریزی خطی حل شد. در مرحله دوم، ضرایب تابع هزینه درجه دو و تابع تولید با کشش جانشینی ثابت برای هر یک از محصولات زراعی تخمین زده شد. در مرحله سوم، مدل ارائه شده با گنجاندن تابع هزینه درجه دو و تابع تولید محصولات زراعی در یک تابع هدف غیرخطی واسنجی شد. نتایج حاصل از اعمال سیاست‌های افزایش قیمت آب آبیاری و کاهش منابع آب دردسترس نشان داد که هر دو راهکار سیاستی فوق با تغییر در الگوی کشت، منجر به صرفه‌جویی آب نسبت به سال پایه می‌شوند، اما با توجه به محدودیت نهاده آب در دشت قزوین و به منظور تحقق هدف مسئله (حداکثرسازی سود کشاورزان)، برای انتخاب راهکار مناسب‌تر از معیارهای تغییرات بازده برنامه‌ای و بهره‌وری اقتصادی نهاده آب استفاده شد. با توجه به نتایج به دست آمده، در بین راهکارهای مورد بررسی، سیاست کاهش آب دردسترس با توجه به کاهش کمتر میانگین سود ناخالص کشاورزان (۱۵/۹٤ درصد نسبت به سال پایه) و بهره‌وری اقتصادی بیشتر و بالاتر تحت سناریوهای کاربردی مختلف (۰ تا ۰/۳۳۱ هزار ریال به مترمکعب)، به عنوان راهکار مناسب‌تر برای حفاظت منابع آب سطحی و زیرزمینی دشت قزوین انتخاب شد و به‌کارگیری سیاست افزایش قیمت آب آبیاری با توجه به کاهش چشم‌گیر بازده برنامه‌ای کشاورزان دشت قزوین (کاهش ۲۷/٦۱ درصد نسبت به سال پایه) و بهره‌وری اقتصادی پایین‌تر نهاده آب (۰/٤۳٤ تا ۰/۲۳۰ هزار ریال به مترمکعب) برای پایداری منابع آب در منطقه مورد مطالعه توصیه نشد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، با توجه نتایج به دست آمده در این تحقیق اعمال سیاست کاهش آب آبیاری دردسترس، ضمن کاهش میزان آب دردسترس، کشاورزان را به مدیریت صحیح منابع آب تشویق می‌کند. لذا، پیشنهاد می‌شود که این سیاست برای صرفه‌جویی و ذخیره منابع آب در فصول پرآب و رفع نیازهای موجود در فصول کم‌آب در محدوده مطالعاتی دشت قزوین مورد استفاده قرارگیرد. همچنین، توصیه می‌شود که محصولات زراعی‌ای که نسبت به آب مصرفی، سود ناخالص کمتری

را حاصل می‌کنند و تبع بهره‌وری اقتصادی پایین‌تری را پس از مصرف نهاده آب در واحد سطح به همراه دارند، از الگوی کشت فعلی منطقه حذف شوند و محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر، نیاز آبی کمتر و بهره‌وری اقتصادی بیشتر در الگوی کشت جایگزین آن‌ها گردند. افزون بر این، به منظور تغذیه آبخوان‌هایی که طی سال‌های اخیر در بخش‌های جنوبی دشت قزوین با افت سطح آب‌های زیرزمینی مواجه شده‌اند، استفاده از روش‌هایی مانند کم‌آبیاری و تجهیز مزارع به سیستم‌های نوین آبیاری همزمان با اعمال سیاست کاهش منابع آب دردسترس پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

در پایان نویسنده مقاله بر خود واجب می‌داند مراتب صمیمانه‌ترین سپاسگزاری‌های خود را از آقای دکتر ابوذر پرهیزکاری و سرکار خانم مهنا پرهیزکاری به سبب کمک‌های بی‌شائبه‌شان در گردآوری اطلاعات موردنیاز این تحقیق، تحلیل نتایج نرم‌افزاری و تدوین و نشر آن با کیفیت مناسب ابراز دارند.

فهرست منابع

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

بلالی، ح. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر سیاست‌های قیمتی و کشاورزی بر حفظ منابع آب‌هی زیرزمینی، مطالعه موردی دشت بهار. پایان‌نامه دکتری رشته اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

بلالی، ح.، خلیلیان، ص. و یوسفی، ع. ۱۳۹۰. بررسی راهبردهای منابع آب در اقتصاد ایران با استفاده از الگوی تعادل عمومی. مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۵ (۱): ۱۲۳-۱۰۹.

پرهیزکاری، ا. و صبوحی، م. ۱۳۹۱. تعیین الگوی بهینه کشت در جهت پایداری منابع آب با در نظرگرفتن حداقل و حداکثر منابع موجود در منطقه (رهیافتی از مدل برنامه‌ریزی خطی فازی). سومین کنفرانس مدیریت جامع منابع آب، ۱۲ و ۱۳ شهریور ماه، دانشگاه ساری، دانشکده منابع طبیعی.

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

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

پرهیزکاری، ا.، مظفری، م.م.، شوکت فدایی، م. و محمودی، ا. ۱۳۹٤. ارزیابی کم‌آبیاری توأم با کاهش آب در دسترس راهکاری برای حفاظت منابع آب در دشت قزوین. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۵ (۱): ٦۷-۸۰.

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): ۲۵۲-۲٤۲.

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

زارع مهرجردی، م. ۱۳۸٦. ارزش‌گذاری آب‌های زیرزمینی در بخش کشاورزی: مطالعه موردی شهرستان کرمان. رساله دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

سازمان کل مطالعات و بررسی‌های اقتصادی. ۱۳۹۳. خلاصه سیمای آب و هوا، اقلیم و منابع آب استان قزوین.

شرکت مدیریت منابع آب ایران. ۱۳۹۳. دفتر مطالعات پایه منابع آب، گروه آب‌های زیرزمینی.

شاهرودی، ع. و چیذری، م. ۱۳۸۵. تحلیل حیطه‌های رفتاری کشاورزان استان خراسان رضوی در زمینه مدیریت بهینه آب کشاورزی: مقایسه مشارکت کنندگان و غیرمشارکت کنندگان در تعاون آب‌بران. فصلنامه علوم ترویج و آموزش کشاورزی، ۸(۱): ۲۴۵-۲۳۴.

شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین. ۱۳۹۳. گزارش سالانه منابع آب منطقه‌ای استان قزوین.

صبوحی، م.، سلطانی، غ.، زیبایی، م. و ترکمانی، ج. ۱۳۸۵. تعیین راهبردهای مناسب کم‌آبیاری با هدف حداکثرسازی منافع اجتماعی. مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۵۶: ۱۶۷-۲۰۲.

صبوحی، م. و مجرد، ع. ۱۳۸۹. کاربرد نظریه بازی در مدیریت منابع آب زیرزمینی حوضه آبریز اترک. مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۴(۱): ۱-۱۲.

غزالی، س. و اسماعیلی، ع. ۱۳۹۰. درونی‌سازی تأثیرات جانبی برداشت آب از چاه‌های کشاورزی اطراف دریاچه پریشان مطالعه موردی: محصول گندم. مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۵(۲): ۱۶۱-۱۷۱.

مظاهری، م. و ترکمانی، ج. ۱۳۸۸. عوامل مؤثر بر استفاده بهینه از آب در سطح مزارع: مطالعه موردی چغندرقند در شهرسان مرودشت. ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، ۲۰ و ۲۱ اردیبهشت ماه، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی.

مظفری، م.م.، پرهیزکاری، ا.، حسینی خدادادی، م. و پرهیزکاری، ا. تحلیل اقتصادی اثرات تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر تولیدات بخش کشاورزی و منابع آب دردسترس (مطالعه موردی: اراضی پایین‌دست سد طالقان). نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۹(۱): ۸۵-۶۸.

وزارت نیرو. ۱۳۹۲. گزارشات شرکت مدیریت منابع آب ایران.

وزارت نیرو .۱۳۹۲. مبانی تعیین آب بها، حق النظاره و حق اشتراک، سازمان مدیریت منابع آب ایران، معاونت امور آب، ۴۷ صفحه.

Bartolini, F., Bazzani, G.M., Gallerani, V., Raggi, M. and Viaggi, D. 2007. The impact of water and agriculture policy scenarios on irrigated farming systems in Italy: an analysis based on farm level multi-attribute linear programming models. Agricultural Systems, 93: 90–114.

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. Jurnal of Environmental Management, 92: 2109-2118.

Heckelei, T. 2002. Calibration and estimation of programming models for agricultural supply analysis, university of Bonn, 159p.

Hellegers, P. 2002. Treating water in irrigate agriculture as an economic good. Preceding the conference of irrigation water policies, June, Agadir, Morocco.

Howitt, R.E. 1995. Positive mathematical programming, American Journal of Agricultural Economic, 77: 329-342.

Howitt, R.E. 2005. Agricultural and environmental policy models: calibration, estimation, and optimization. Deport of Agricultural and Resource Economics, University of California, 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.

Knapp, K. and Schwabe, K. 2008. Irrigated agriculture and climate change: The influence of water supply variability and salinity on adaptation. Ecological economics, 77(1): 149-157.

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: 5639–5648.

Medellan-Azuara, J., Harou, J. Howitt, R. 2011. Predicting farmer responses to water pricing, rationing and subsidies assuming profit maximizing investment in irrigation technology. Science of the agricultural water management, 108: 73–82.

Meyer, A., Tsui, A.S. and Hinings, C.R. 1993. Configurational approaches to organizational analysis. Academy of Management Journal, 36: 1175-1195.

Sati, L.D., Sakkas, S., Cayli, R. and Demir, G. 2006. Similarity in tyrosine phosphorylation patterns in human sperm bound to hyaluronic acid and to zona pellucida of oocytes. Fertility and Sterility, 86(3): 351-367.

Tsur, Y. 1990. The stabilization role of groundwater when surface water supplies are Uncertain: the implications for groundwater development. Water Resources Research, 26: 811-818.

ISSN 2251-7480

Determination of the appropriate policy programming to conservation of water resources in Qazvin plain

Mohammad Mahdi Mozaffri[*1]

1*) Associate Professor Department of Industrial Management, Imam Khomeini International University Qazvin, Iran, Corresponding author email: Mozaffari@soc.ikiu.ac.ir

Received: 01-09-2015 Accepted: 27-12-2015

Abstract

Conservation of surface water and groundwater resources need to be applied appropriate strategies and policies in this context that more understanding of farmers' behavior is vital. Therefore, in present study used of positive mathematical programming (PMP) and production function with constant elasticity of substitution (CES) approach to investigate farmers' behavior in surface water and groundwater usage and determination the appropriate policy programming to conservation of Qazvin plain water resources. The investigated strategies include increasing the price of irrigation water and reducing the availability water resources that each under the various scenarios was investigated. The required data in this study are related to year 2011-2012 that by referring to the relevant departments in Qazvin province was collected. The results showed that each two investigated approaches in this study leads to saving irrigation water, but the changes mean of gross margin by applying the availability water reducing policy and increasing the price of irrigation water policy 15/94 and 27/61 percent decrease respectively. The economic irrigation water productivity also in condition of above policy implementation changes of 0/435 to 0/331 and 0/434 to 0/230 the thousands of cubic meters respectively. Therefore, the reducing water availability policy according to the less reduction of the gross margin resulting from cropping pattern and more economic water productivity was proposed to conservation of Qazvin plain surface water and groundwater resources.

Keywords: appropriate policy programming, conservation of water resources, positive mathematical programming, Qazvin plain