تأثیر قیمت و سهمیه‌بندی آب در راستای مدیریت منابع آب زیرزمینی دشت کبودرآهنگ

مهدی الهی، محمدحسن وکیل‌پور[۱] *و حامد نجفی‌علمدارلو

دانشجویی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

mehdi.elahi@modares.ac.ir

دکتری گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

vakilpoormh@modares.ac.ir

استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

hamed_najafi@modares.ac.ir

چکیده

برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی در بخش کشاورزی اگرچه سبب افزایش سطح زیر کشت و تولیدات کشاورزی شده اما از طرفی سبب افت سطح ایستابی و تخلیه آبخوان‌ها شده است؛ به‌گونه‌ای که اکثر دشت‌های ایران در حال حاضر ازنظر استخراج آب زیرزمینی جزو دشت‌های ممنوعه می‌باشند. لذا اعمال سیاست‌های مدیریت صحیح منابع آب زیرزمینی ضروری است. به همین منظور، در مطالعه حاضر با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) و رهیافت حداکثر آنتروپی (ME) به ارزیابی اقتصادی سیاست‌های مختلف بخش کشاورزی در راستای مدیریت منابع آب زیرزمینی در دشت کبودرآهنگ پرداخته شد. داده‌ها و اطلاعات موردنیاز با مراجعه به سازمان‌های ذی‌ربط و با استفاده از تکمیل ۱۴۱ پرسشنامه به روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای توسط کشاورزان دشت کبودرآهنگ در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ تکمیل و جمع-آوری گردید. نتایج تحقیق نشان داد که اعمال سناریوهای افزایش قیمت، سهمیه‌بندی آب زیرزمینی و سناریوهای سهمیه‌بندی توأم با افزایش قیمت (تلفیقی) در سطوح ۱۰%، ۲۰%و ۳۰% موجب کاهش سطح زیر کشت، کاهش سود ناخالص کشاورزان و کاهش آب مصرفی می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که سناریوی افزایش قیمت آب زیرزمینی چندان تأثیرگذار نیست و تنها هزینه کشاورزان را افزایش می‌دهد، اما سیاست سهمیه‌بندی و تلفیقی به عنوان یک سیاست مؤثر توصیه می‌شود. سناریوهای سهمیه‌بندی نسبت به دو سناریوی دیگر دارای بازده اقتصادی بیشتری به ازای هر مترمکعب آب مصرفی بود و به‌عنوان سناریوی برتر در این تحقیق معرفی گردید. در پایان پیشنهاد می‌شود که الگوی کشت به سمت محصولاتی مانند گندم و سیب‌زمینی سوق داده شود که نسبت به آب مصرفی، سود ناخالص بیشتری را حاصل کرده و به‌عبارتی‌دیگر بازده اقتصادی بیشتری دارند.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی ، حداکثر آنتروپی ، بازده اقتصادی، الگوی کشت

---

[۱]- آدرس نویسنده مسئول: تهران، گروه اقتصاد کشاورزی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

*- دریافت: آذر ۱۳۹۶ و پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۷

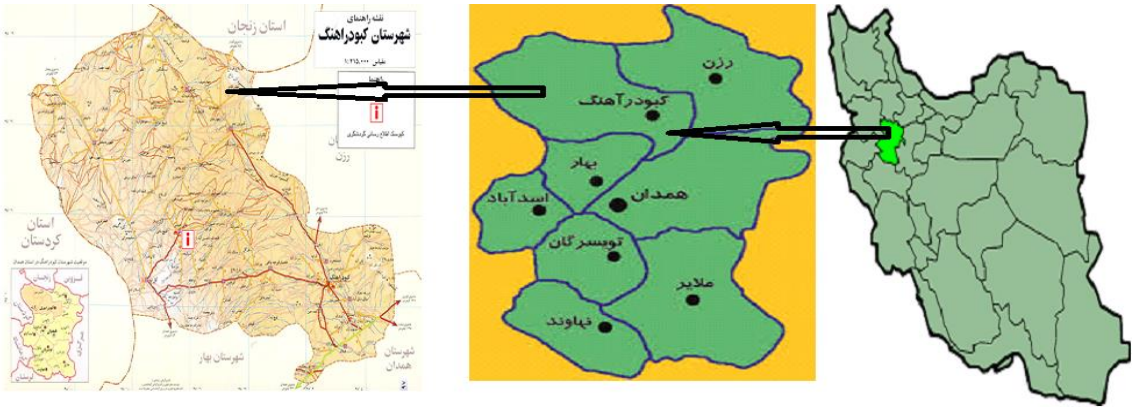
مقدمه

کشاورزی اصلی‌ترین و مهم‌ترین منبع تأمین مواد غذایی دنیا به شمار می‌رود، ازاین‌رو نقش بسزایی در تأمین امنیت غذایی، اجتماعی و سیاسی کشورهای جهان دارد (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). از طرفی دیگر سیاست‌های کلان کشور در خصوص امنیت غذایی و تسریع رشد اقتصادی باعث بهره‌برداری و مصرف بی‌رویه منابع آب در کشاورزی شده است (لاله‌زاری و طباطبایی، ۲۰۱۵؛لاله‌زاری و همکاران، ۲۰۱۳).

مسئله مهمی که درزمینه‌ی بهره‌برداری از منابع محدود آب وجود دارد، عدم تعادل در عرضه و تقاضای آب موردنیاز اراضی تحت کشت، در اغلب نقاط کشور می‌باشد. عرضه و تقاضای نامتعادل آب در بخش کشاورزی به‌عنوان یک محدودیت اساسی، بازده تولید محصولات را با یک‌روند کاهشی در بلندمدت مواجه می‌کند (باریکانی و همکاران، ۱۳۹۱). از طرفی برداشت بیش‌ازحد از ذخایر آب‌های زیرزمینی نیز موجب کاهش سطح این آب‌ها شده است (نجفی‌علمدارلو و همکاران، ۱۳۹۲). درواقع برداشت بی‌رویه از این منابع موجب برهم خوردن توازن سیستم، عدم پایداری شده و درنهایت توسعه پایدار کشاورزی را ناممکن می‌سازد؛ بنابراین، برای دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی، برقراری توازن میان تغذیه و برداشت منابع آب زیرزمینی از اهمیت بسیاری برخوردار است (بلالی، ۱۳۸۹). لذا فراهم نمودن شرایطی که پایداری منابع آب را تضمین نماید، نیازمند اتخاذ سیاست‌هایی است که کمترین فشار را بر منابع آبی در سطح منطقه‌ای، ملی و جهانی داشته باشد (حسنی، ۱۳۹٤). درواقع به علت برداشت بیش‌ازحد این منابع و عدم مدیریت صحیح آن‌ها سطح بیشتر سفره‌های آب زیرزمینی افت زیادی داشته است. دشت کبودرآهنگ یکی از دشت‌های استان همدان می‌باشد که وسعت این دشت ۳٤٤۸ کیلومترمربع و مساحت حوزه آبریز آن ۱۱۸٦ کیلومترمربع است که با دارا بودن منابع آب و خاک مستعد نقش بسزایی در تولید مواد و محصولات کشاورزی استان داشته است (جهاد کشاورزی استان همدان، ۱۳۹٦). میزان افت متوسط سالیانه‌ای آب زیرزمینی در این دشت برابر ۱/۵۰ متر، همچنین میانگین تغییر حجم آبخوان متوسط سالانه ٦۸/٦۵- میلیون مترمکعب می‌باشد (دفتر مطالعات پایه منابع آب ایران،۱۳۹٦). دشت کبودرآهنگ در آذرماه سال ۱۳۷۲ به علت منفی شدن بیلان و بروز افت مداوم در سطح آب، توسط وزارت نیرو بر اساس ماده ٤ قانون توزیع عادلانه آب ممنوع اعلام گردید. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

ازاین‌رو برای جلوگیری از برداشت بی‌رویه منابع آب زیرزمینی، اتخاذ سیاست‌های مناسب برای مدیریت صحیح منابع آب زیرزمینی ضروری است. ازجمله سیاست‌های که می‌تواند به این موضوع کمک کند، سیاست‌های قیمتی و غیر قیمتی می‌باشد. سیاست‌های قیمتی مانند افزایش قیمت آب آبیاری و سیاست‌های غیر قیمتی مانند سیاست‌های سهمیه‌بندی آب کشاورزی می‌باشد. مسائل و مشکلات روزافزون در رابطه با بخش آب در داخل و خارج ایران موجب شده است مطالعات مختلفی در این زمینه صورت گیرد که عمدتاً از الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی[1] (PMP) که قابلیت بالای در شبیه‌سازی محدودیت‌های دنیای واقعی و عکس‌العمل زارعین در تجزیه‌وتحلیل سیاست‌های بخش کشاورزی برخوردارند، استفاده‌شده است.

1. Positive Mathematical Programming



Kabudarahang Hamedan province Iran

شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه (دشت کبودرآهنگ)

از مطالعاتی که با استفاده از PMP به بررسی سیاست‌های قیمتی در راستای مدیریت منابع آب پرداخته‌اند، می‌توان به مطالعه‌ی، هی و همکاران[1] (۲۰۰۶) اشاره کرد که در بررسی خود با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی به گزینه‌های گوناگون سیاست‌گذاری جهت قیمت‌گذاری را که می‌تواند به بهبود تخصیص آب آبیاری منجر شود، به کاربردند. آنان سیاست‌های قیمت‌گذاری آب، مالیات برنهاده مکمل و مالیات ستانده را مقایسه نمودند. نتایج نشان می‌دهد که سیاست‌های آبیاری در راستای هدایت کشاورزان به کشت محصولات با نیاز آبی کم و در شرایطی که دولت نمی‌تواند آب را قیمت‌گذاری کند می‌تواند مؤثر واقع شود. مدلین آزرورا و همکاران[2] (۲۰۰۷) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل برنامه‌ریزی مثبت به برآورد ارزش اقتصادی آب آبیاری در حوضه‌های شمالی مکزیک پرداختند. نتایج نشان داد که با گسترش بازارهای آب می‌توان سطح فعلی آب یا میزان آب در دسترس را کاهش داد و از این طریق در مصرف آب صرفه‌جویی کرد. لاتینوپولس[3] (۲۰۰۸) در مطالعه خود به بررسی اثرات قیمت‌گذاری آب آبیاری بر اساس رهیافت تصمیم‌گیری چندمعیاره و تعیین تابع تقاضای آب کشاورزان شمال یونان پرداخت. نتایج اصلی این مطالعه نشان داد، اگر قیمت آب به‌عنوان یک ابزار سیاستی اجرا شود پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را به دنبال خواهد داشت که ازجمله آن می‌توان به صرفه‌جویی ۱۴ درصد منابع آب و کاهش ۱۲ درصد درآمد کشاورزان و کاهش اشتغال اشاره نمود که هر یک از این اثرات در میان‌مدت و بلندمدت می‌تواند اثرات جدی اقتصادی به همراه داشته باشد. اسپیلمن و همکاران[4] (۲۰۰۹)، به ارزیابی اثر قیمت‌گذاری آب آبیاری بر کشاورزان خرده‌پا در آفریقای جنوبی پرداختند. در این تحقیق، اثرات قیمت‌گذاری آب بر میزان استفاده‌ی آب و همچنین میزان تولید محصولات مختلف بررسی شد. نتایج تحقیق نشان دادند که تقاضا برای آب، نسبت به تغییرات کم در قیمت آب کاملاً حساس است. علاوه بر آن، در اثر قیمت‌گذاری آب، میزان سود کشاورزان کاهش می‌یابد که این کاهش بیش از همه بر کشاورزان فقیر تأثیرگذار است. گالیگو آیالا[5] (۲۰۱۲) به‌منظور تعیین قیمت آب آبیاری در کشور اسپانیا از رهیافت PMP و تحلیل سلسله مراتبی استفاده کرد. در این مطالعه سیاست‌ها به‌صورت قیمت‌گذاری حجمی، سطح زیر کشت و سیستم تعرفه دوبخشی آب موردبررسی قرار گرفت. سپس بر اساس نتایج مدل PMP با توجه به سه معیار اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی قیمتی که هر سه معیار مذکور را در حد بالایی پوشش دهد، با استفاده از رهیافت سلسله مراتبی تعیین نمود. در

1. He, et al.
2. Medellín-Azuara and et al.
3. Latinopoulos
4. Spielman, et al.
5. Gallego-Ayala.

پایان محقق قیمت به‌دست‌آمده در هر روش قیمت‌گذاری آب را به‌عنوان قیمت بهینه در آن روش معرفی نمود.

مظفری (۱۳۹۵) به ارزیابی اثرات سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر مدیریت تقاضای آب در دشت اردلان با استفاده از یک سیستم مدل‌سازی اقتصادی مشتمل بر مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) و رهیافت حداکثر آنتروپی[1] (ME) پرداخت. نتایج نشان داد که افزایش قیمت آب آبیاری (تحت سناریوهای ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ریال نسبت به شرایط سال پایه) منجر به کاهش سطح زیر کشت گندم آبی، یونجه، گوجه‌فرنگی و آفتابگردان و افزایش سطح زیر کشت جو آبی و هندوانه در الگوی کشت منطقه می‌شود. همچنین، اعمال این سیاست منجر به کاهش ۲/۰٤ تا ۷/۸۳ درصد آب مصرفی در الگوی کشت و کاهش ۱/۹٦ تا ۷/٦٥ درصد درآمد ناخالص کشاورزان در دشت اردلان می‌شود. ورزیری و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) و رهیافت حداکثر آنتروپی (ME) به بررسی قیمت‌گذاری اقتصاد آب آبیاری بر الگوی کشت در دشت دهگلان پرداختند. نتایج نشان داد که هزینه استخراج هر مترمکعب آب معادل ٦۳٤/۳ ریال است. درنتیجه، اختلاف بین هزینه استخراج هر مترمکعب آب آبیاری باارزش اقتصادی آن در دشت برابر با ۱۸۷۸/۳ ریال به‌دست آمد و با اعمال سیاست قیمت آب و افزایش قیمت آن تا مرز ارزش اقتصادی، منجر به کاهش مصرف آب و سطح زیر کشت تمامی محصولات به‌ویژه کاهش سطح زیر کشت محصولاتی می‌شود که بازده ناخالص آن‌ها بیش‌ترین کاهش را در قبال این سیاست داشته‌اند. همچنین مطالعاتی که با استفاده از PMP به بررسی سیاست‌های غیر قیمتی به مدیریت منابع آب پرداخته‌اند، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

بنلی و همکاران[2] (۲۰۰۳) در مطالعه خود با استفاده از یک مدل بهینه‌سازی اقتصادی برای بررسی اثرات کم‌آبیاری بر تولید محصولات در تایلند موردبررسی قراردادند. نتایج نشان داد که به‌کارگیری تکنیک کم‌آبیاری ۲۵ درصد، حجم آب مصرفی از ٤۲ به ۲۰ میلیون مترمکعب کاهش می‌یابد. کورتیگنانی و سورینی[3] (۲۰۰۸) در تحقیق خود برای مدل‌سازی پذیرش استراتژی کم‌آبیاری در سطح مزرعه با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی نشان دادند که افزایش هزینه‌های آب به‌منظور پذیرش تکنیک‌های کم‌آبیاری علاوه بر ایجاد انگیزه، کشاورزان را وادار به صرفه‌جویی آب از طریق تغییر روش آبیاری کامل به روش کم‌آبیاری درزمانی که قابلیت دسترسی به آب کاهش و یا قیمت محصولات آبیاری شده افزایش می‌یابد، می‌نماید. کورتیگنانی و سورینی (۲۰۰۹) در تحقیقی برای حفاظت از منابع آبی اتحادیه اروپا در منطقه‌ای از مدیترانه به بررسی سیاست‌های آب آبیاری با استفاده از مدل برنامه‌ریزی مثبت پرداختند.

نتایج نشان داد که اعمال سیاست‌های کاهش آب در دسترس به میزان پنج و ۱۰ درصد و افزایش قیمت آب به میزان دو و سه برابر، بر کاهش مقدار مصرف آب آبیاری مؤثر است. معین‌الدینی (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی واکنش زارعین را نسبت به سیاست‌های قیمتی و سهمیه‌بندی آب آبیاری در استان کرمان بررسی کرد. نتایج نشان داد که افزایش هزینه‌های آب آبیاری و کاهش آب در دسترس در پذیرش کم‌آبیاری مؤثر است. موسوی و قرقانی (۱۳۹۰) با انجام تحقیقی به کمک مدل برنامه‌ریزی اثباتی به ارزیابی سیاست‌های آب کشاورزی در شهرستان اقلید استان فارس پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که با اتخاذ سیاست کاهش در موجودی آب مصرفی به میزان ۱۰ درصد و دو برابر نمودن قیمت آب، الگوی بهینه کشت نسبت به حالت مبنا تغییر چندانی نمی‌کند. یزدانی و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی آثار اقتصادی سیاست غیر قیمتی کاهش عرضه آب در دشت قزوین با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی پرداختند. نتایج نشان داد که اعمال سیاست‌های سهمیه‌بندی آب آبیاری باعث کاهش سطح زیر کشت و کاهش مصرف آب

1. Generalized Maximum Entropy
2. Benli et al
3. Cortiganani and Severini

می‌شود. همچنین نشان داد که با افزایش محدودیت منابع آب، بازده اقتصادی آب افزایش‌یافته که این امر بیانگر افزایش ارزش کمیابی منابع آب و علامت‌دهی آن به تولیدکنندگان بخش کشاورزی برای تخصیص آب به محصولات باارزش اقتصادی بالاتر در شرایط کمبود منابع آب است. اسعدی (۱۳۹٦) در مطالعه خود، با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) و رهیافت حداکثر آنتروپی (ME) به بررسی اثرات استراتژی کم‌آبیاری در راستای مدیریت منابع آب شبکه آبیاری دشت قزوین پرداخت. نتایج سناریوی برتر نشان داد که با اعمال راهبرد کم‌آبیاری در مراحلی از رشد محصولات که عملکرد، کمترین حساسیت نسبت به تنش آبی و حداقل کاهش محصول را دارد، در تنش کم‌آبی در محصولات گندم ۱٦، جو ۱٦، ذرت علوفه‌ای ۱٦، ذرت دانه‌ای ۱٦ و چغندر ۱۱ به‌صورت ۵٪ کم‌آبیاری در مرحله رسیدن اعمال و در یونجه ۱ به‌صورت ۵٪ کم‌آبیاری در مرحله رشد رویشی، در بهترین شرایط، علی‌رغم کاهش سطح زیر کشت و صرفه‌جویی در مصرف آب به ترتیب، به میزان ٦/۲ و ۵/۲ درصد، درآمد مزرعه ۰/٤ درصد نسبت به سال پایه افزایش‌یافته است.

بررسی مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که سیاست‌های قیمتی و غیر قیمتی ابزار مهمی در جهت مدیریت منابع آب می‌باشند. با توجه به برهم خوردن توازن سیستم، عدم پایداری و کاهش ذخیره سفرهای آب زیرزمینی، اجرای طرح احیای و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی از سوی وزارت نیرو در دستور کار گرفته است. وضع قیمت آب زیرزمینی به‌عنوان یک ابزار سیاستی و به‌صورت غیرمستقیم می‌تواند نقش مؤثری در کنترل بهره-برداری از منابع آب زیرزمینی داشته باشد (حسین‌زاد و همکاران، ۱۳۹۵). سیاست قیمت‌گذاری آب عنوان یک ابزار مناسب مدیریتی، جهت ایجاد سازگاری بین فعالیت‌های علمی و واقعی بهره‌برداران از آب و خدمات وابسته به آن با اهداف و استراتژی‌های توسعه ملی مطرح می‌باشد (احسانی و همکاران، ۱۳۹۱). در سال‌های اخیر یکی از مهم‌ترین برنامه‌های اجرایی طرح وزارت نیرو، مسدود کردن چاه‌ها غیرمجاز است که بخشی قابل‌توجهی از آب استحصالی آن‌ها در بخش کشاورزی مصرف می‌شود. تعقیب این سیاست به معنی کاهش آب در دسترس بخش کشاورزی در آینده نه‌چندان دور خواهد بود کاهش تخصیص آب به‌طور طبیعی اثرات تولید و اقتصادی بر بهره داران بخش کشاورزی خواهد داشت (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۵). این سناریو، نیز می‌تواند به‌صورت اثرات خشک‌سالی و نصب کنتور بر چاه‌ها کشاورزی ایجاد گردد. از سوی دیگر یکی از مهم‌ترین اهداف و راهبردهایی که وزارت نیرو در جهت حفظ و پایداری منابع آب و جلوگیری از برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی دنبال می‌کند، استفاده از سناریویی‌های همزمان، از طریق کاهش مصرف (سیاست مستقیم) و همچنین افزایش قیمت آب (سیاست غیرمستقیم) می‌باشد.

باوجود وضعیت بحرانی منابع آب زیرزمینی در دشت کبودرآهنگ، تاکنون مطالعه‌ای در خصوص مدیریت منابع آب زیرزمینی در این منطقه صورت نگرفته است. لذا هدف اصلی این مطالعه، بررسی و تحلیل اثرات اعمال سیاست‌های قیمتی، غیر قیمتی و همچنین تلفیقی از این دو سیاست در این دشت می‌باشد. سیاست‌های فوق در قالب سناریوی افزایش قیمت آب، سهمیه‌بندی آب کشاورزی و سناریوی تلفیقی (افزایش قیمت توأم با سهمیه‌بندی آب آبیاری) بر روی الگوی کشت، سود ناخالص کشاورزان در منطقه کبودرآهنگ می‌باشد. همچنین مقایسه سناریوهای فوق و تعیین استراتژی مناسب بر اساس شاخص‌های پایداری منابع آب می‌باشد.

روش تحقیق

در سال‌های اخیر، مدل‌های اقتصادی گوناگونی برای حل مسائل مربوط به بخش کشاورزی توسعه‌یافته‌اند. برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) ازجمله مدل‌های است که برای تحلیل سیاست‌ها و حل مسائل در سطح تجمیعی مورداستفاده قرار می‌گیرد (مدلین آزرورا و همکاران،

۲۰۱۲). این مدل اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط هاوویت معرفی شد (هاوویت، ۱۹۹۵). ساختار این مدل‌ها به نحوی است که با توجه به توابع هدف و کلیه محدودیت‌هایی که شامل می‌شوند، بیشتر برای ارزیابی تأثیر تغییرات احتمالی به وجود آمده در شرایط بازار، تحلیل سیاست‌های کشاورزی و بررسی پیامدهای اقتصادی سیاست‌ها کاربرد دارند (پاریس و آرفینی[1]، ۲۰۰۰). به‌طورکلی، مدل‌های PMP در ساختار خود دارای مراحل سه‌گانه مشابهی می‌باشند (پاریس و هاوویت،۱۹۹۸; هاوویت، ۲۰۰۵ ;هاوویت و همکاران[2]، ۲۰۱۲).

در مرحله اول، یک مدل برنامه‌ریزی خطی معمولی با تابع حداکثر سازی سود کشاورزان منطقه و محدودیت‌های کالیبراسیون به همراه محدودیت‌های منابع باهدف برآورد قیمت‌های سایه‌ای سطح زیر کشت محصولات، تشکیل می‌شود. با فرض حداکثر سازی بازده برنامه‌ای، در مرحله نخست، الگوی اولیه به‌صورت رابطه‌ی زیر تصریح می‌شود. این الگو با استفاده از محدودیت‌های کالیبراسیون، مقادیر سال پایه را بازتولید می‌نماید.

$$\begin{aligned} &\text{Max } Z=p^{\prime} x-c^{\prime} x \\ &\text{s.t.} \\ &Ax \le b[\lambda] \\ &x \le \bar{x}+\varepsilon[\rho] \\ &x \le 0 \end{aligned} \qquad (1)$$

در اینجا z ارزش تابع هدف، p ماتریس (n×1) متشکل از قیمت‌های محصول، x ماتریس (n×1) سطوح فعالیت‌های تولیدی، c ماتریس (n×1) هزینه حسابداری هر واحد از فعالیت‌ها، A ماتریس (m×n) ضرایب فنی، b ماتریس (m×1) از مقادیر منابع در دسترس، $\bar{x}$ ماتریس (n×1) طوح مشاهداتی فعالیت‌های تولیدی، شامل اعداد اثباتی کوچک برای جلوگیری از وابستگی خطی بین محدودیت‌های ساختاری و کالیبراسیون، λ ماتریس (m×1) از متغیرهای دوگان به محدودیت‌های منابع و ρ تریس (n×1) از متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های کالیبراسیون هستند.

در مرحله دوم، مقادیر دوگان به‌دست‌آمده از مرحله اول جهت تخمین پارامترهای تابع هدف غیرخطی مورداستفاده قرار می‌گیرند، به‌گونه‌ای که سطوح فعالیت مشاهداتی در دوره‌ی پایه توسط الگوی غیرخطی مذکور و بدون استفاده از محدودیت‌های کالیبراسیون بازتولید می‌شود. تابع هدف غیرخطی در مرحله دوم، از طریق قرار دادن یک تابع غیرخطی و یا یک تابع هزینه‌ی غیرخطی در تابع هدف مدل مرحله اول به‌دست می‌آید. البته باید اشاره کرد که در هریک از این حالت‌ها، تفسیر متغیر دوگان مربوط به محدودیت‌های کالیبراسیون متفاوت است. با توجه به کاربرد اشکال مختلف تابع تولید و هزینه در مرحله دوم PMP، روش‌های متعددی جهت تخمین پارامترهای این توابع ارائه‌شده است (هاوویت، ۲۰۰۵). ضرایب تابع هزینه‌ی غیرخطی و یا تابع عملکرد غیرخطی که ممکن است در غالب تابع لئونتیف تعمیم‌یافته، تابع تولید با کشش جانشینی ثابت، تابع تولید درجه‌ی دوم، ترانسدنتال، ترانسلوگ و یا حداکثر آنتروپی باشد، از مرحله دوم به دست می‌آید بر اساس مطالعات اخیر، در حال حاضر کامل‌ترین روش برای تخمین تابع هزینه غیرخطی در مدل PMP بر اساس روش حداکثر آنتروپی (ME) استوار است (هاوویت، ۲۰۰۵).

برای برآورد تابع هزینه غیرخطی از روش حداکثر آنتروپی استفاده‌شده است که توسط پاریس و هاوویت برای واسنجی کردن تابع هزینه‌ی نهایی توسعه‌یافته است. این رهیافت اجازه تصریح پارامترهای تابع هزینه غیرخطی بر اساس یک نوع معیار اقتصادسنجی را فراهم می‌کند. به‌علاوه امکان واردکردن بیشتر از یک مشاهده از سطوح فعالیت‌ها در تصریح پارامترها وجود داشته و نیاز به تصمیم در جهت اتخاذ محدودیت‌های قبلی بر روی پارامترها را کاهش می‌دهد (پاریس و هاوویت، ۱۹۹۸). فرمولاسیون حداکثر آنتروپی جهت برآورد پارامترهای مدل بر اساس آنچه هکلی و بریتز[3] (۲۰۰۰) ارائه نمودند، به‌صورت زیر می‌باشد.

1. Paris and Arfini
2. Howitt, et al
3. Heckelei and Britz

$$Max\ H(p) = -\sum_{k=1}^{k}\sum_{i=1}^{n} pd_{k,i}\, lnpd_{k,i} - \sum_{k=1}^{k}\sum_{i=1}^{n}\sum_{i=1}^{n} pq_{k,i,j} lnpq_{k,i,j} \quad (۲)$$

$$s.t$$

$$d_i + \sum_{=1}^{n} q_{i,j}x_j^* = c_i + \quad _i, \qquad \forall_{i,j}\ i = 1, \dots\dots, n \quad j = 1, \dots . n \quad (۳)$$

$$d_i + \sum_{k=1}^{k} pd_{k,i} zd_{k,i} \qquad \forall_{i,j}\ i = 1, \dots\dots, n \quad k = 1, \dots . k \quad (٤)$$

$$q_{i,j} + \sum_{k=1}^{k} pq_{k,i,j} zq_{k,i,j} \qquad \forall_{i,j}\ i = 1, \dots\dots, n \quad k = 1, \dots . k \quad (٥)$$

$$\sum_{k=1}^{k} pd_{k,i} = 1, \ \forall_{i,j} = 1, \dots\dots, n \quad k = 1, \dots . k \quad (٦)$$

$$\sum_{k=1}^{k} pq_{k,i,j} = 1, \ \forall_{i,j}\ i,j = 1, \dots\dots, n \quad k = 1, \dots . k \quad (٧)$$

رابطه (۲) بیان‌کننده شرط اول تخمین ضرایب تابع هزینه متغیر است. محدودیت‌های رابطه‌ی (۳) و (٤) پارامترهای بردار d و ماتریس Q را که به ترتیب اجزای ثابت و شیب تابع هزینه متغیر غیرخطی هستند، معرفی می‌کنند. محدودیت‌های روابط (۵) و (٦) نیز مجموعه احتمالات d و Q را بیان می‌کنند و درنهایت رابطه (۷) محدودیت شرط تقارن عناصر ماتریس Q را تضمین می‌کند.

گام سوم، تابع هزینه‌ی غیرخطی برآورد شده در مرحله دوم، در تابع هدف مسئله‌ی مورداستفاده قرار می‌گیرد و تابع هدف غیرخطی مذکور در یک مسئله‌ی برنامه‌ریزی غیرخطی شبیه به مسئله اولیه به‌استثناء محدودیت‌های کالیبراسیون، همراه با سایر محدودیت‌های سیستمی مورداستفاده قرار می‌گیرد.

$$\begin{aligned} &\text{Max} \quad Z = p'x - \text{d}'\text{x} - \tfrac{1}{2} x'\,\hat{Q}\,x \\ &\text{S.T:} \quad \text{Ax} \le \text{b} \\ &\text{x} \le 0 \end{aligned} \quad (۸)$$

در اینجا بردار d′ و ماتریس $\hat{Q}$، پارامترهای کالیبره شده‌ی تابع هدف غیرخطی را نشان می‌دهند. اکنون الگوی غیرخطی کالیبره شده فوق، به شکلی صحیح، سطوح فعالیت‌های مشاهداتی در سال پایه و مقادیر دوگان محدودیت‌های منابع را بازتولید می‌نماید و جهت شبیه‌سازی تغییرات در پارامترهای مطلوب، قابل کاربرد خواهد بود (هاوویت، ۲۰۰۵). برای برآورد تابع هزینه غیرخطی به روش حداکثر آنتروپی استفاده‌شده است، ه توسط پاریس و هاوویت برای برآورد همه پارامترهای بردار d و ماتریس Q پیشنهادشده است (پاریس و هاوویت، ۱۹۹۸). این مدل‌ها امکان برازش توابع تولید یا هزینه را با کاربرد روش‌های اقتصادسنجی و برنامه‌ریزی ریاضی امکان‌پذیر می‌کنند. رابطه (۸) مدلی است که در مرحله سوم PMP در این مطالعه مورداستفاده قرارگرفته است. لذا با توجه موضوع پژوهش و هدف‌های آن، مهم‌ترین محدودیت‌های این تحقیق شامل محدودیت‌های منابع آب ($\sum_{i=1}^{n} WC_i\, X_i \le$ GW) در این رابطه، WC_i میزان آب استفاده‌شده برای تولید محصول i، X_i ، سط زیر کشت محصول i، همچنین GW مقدار آب زیرزمینی برای فعالیت‌های زراعی منطقه موردمطالعه است. محدودیت سطح زیر کشت ($\sum_{i=1}^{n} X_i \le Tland$) که در این رابطه Tland کل زمین‌های اختصاص‌یافته به کشت محصولات مدنظر منطقه موردمطالعه است. محدودیت نیروی‌کار ($\sum_{i=1}^{n} L_i X_i \le TLabor$) که L_i میزان نیروی کار موردنیاز بای تولید

محصول i می‌باشد. محدودیت کودهای شیمیایی (کود ازت و کود فسفات) و محدودیت سموم (قارچ‌کش، علف‌کش و شره‌کش) ($\sum_{i=1}^{n} F_i X_i \leq TF$) می‌باشد. که F_i بیانگر کود و سموم شیمیایی مختلف شامل کودهای فسفات، ازت و سموم شیمیایی (علف‌کش، قارچ‌کش و حشره‌کش) برحسب کیلوگرم و TF کل انواع مختلف کود و سم قابل‌دسترس می‌باشد. محدودیت ماشین‌آلات ($\sum_{i=1}^{n} M_i X_i \leq Tmachine$) در رابطه مذکور M_i میزان ماشین‌آلات موردنیاز برحسب ساعت برای تولید محصول i، و $Tmachine$ کل ظرفیت ماشین‌آلات موجود در منطقه برحسب ساعت است. محدودیت کالیبراسیون ($X \leq \bar{x} + \varepsilon$) (که سطح فعالیت‌ها را به سطوح مشاهده‌شده دوره پایه مقید می‌کند) به مجموعه محدودیت‌های منابع یک الگوی برنامه‌ریزی خطی معمول، مقادیر دوگان مربوط به محدودیت‌های مذکور که بیانگر قیمت سایه‌ای محصولات تولیدشده می‌باشد، محاسبه گردید.

در این مطالعه با استفاده از سیاست‌های قیمتی، غیر قیمتی و تلفیقی از این دو سیاست به مدیریت منابع آب زیرزمینی در دشت کبودرآهنگ می‌پردازیم. سناریوهای به کار گرفته‌شده در این مطالعه به‌صورت زیر در نظر گرفته‌شده است تا اثرات آن در منطقه موردمطالعه بررسی گردد.

سناریوی (۱): افزایش ۱۰ درصدی قیمت آب،

سناریوی (۲): افزایش ۲۰ درصدی قیمت آب،

سناریوی (۳): افزایش ۳۰ درصدی قیمت آب.

سناریوی (٤): کاهش ۱۰ درصدی برداشت آب زیرزمینی،

سناریوی (۵): کاهش ۲۰ درصدی برداشت آب زیرزمینی،

سناریوی (٦): کاهش ۳۰ درصدی برداشت آب زیرزمینی

سناریوی (۷): تغییرات همزمان ۱۰ درصدی افزایش قیمت آب و کاهش ۱۰ درصدی برداشت آب زیرزمینی،

سناریوی (۸): تغییرات همزمان ۲۰ درصدی افزایش قیمت آب و کاهش ۲۰ درصدی برداشت آب زیرزمینی،

سناریوی (۹): تغییرات همزمان ۳۰ درصدی افزایش قیمت آب و کاهش ۳۰ درصدی برداشت آب زیرزمینی.

پس از بررسی تغییرات سود ناخالص کشاورزان و میزان منابع آب مصرفی تحت سناریوهای مختلف قیمت‌گذاری، کاهش آب در دسترس و سناریوی تلفیقی می‌توان به کمک شاخص اقتصادی نسبت سود به آب مصرفی که به‌صورت رابطه (۹) است، مناسب‌ترین راهکار برای مدیریت بهره‌برداری از منابع آب را تعیین نمود.

$$\Psi = \frac{\sum_{i=1}^{n} \pi_i x_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i x_i} \times 100 \qquad (۹)$$
$$0 \leq \Psi \leq 100$$

که در آن:

Ψ شاخص سود به آب مصرفی، w_i نیاز آبی محصول i، x_i سطح زیر کشت محصول i و π_i سود حاصل از هر هکتار محصول i می‌باشد.

داده‌ها و اطلاعات موردنیاز این مطالعه، مراجعه به سازمان و نهادهای مربوطه و از طریق تکمیل ۱٤۱ پرسشنامه توسط کشاورزان دشت کبودرآهنگ در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ گردآوری شد. محدوده مذکور دارای ۱۲۸ روستا، ۱۰ دهستان (علی‌صدر، گل‌تپه، مهربان سفلی، حاجی‌لو، راهب، سبزدشت، کوهین، سرداران، مهربان علیا و شیرین‌سو) و ۳ بخش (گل‌تپه، شیرین‌سو و مرکزی) است. به‌منظور انتخاب بهره‌برداران از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای استفاده‌شده است. بدین‌صورت که دشت کبودرآهنگ برحسب دهستان‌ها به ناحیه همگن تقسیم‌بندی گردید و این نواحی به‌عنوان خوشه اصلی مطالعه در نظر گرفته شد. در مرحله بعد به‌منظور انتخاب تعداد خوشه‌های موردبررسی از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد. در این مرحله ۵ خوشه به‌عنوان خوشه‌های موردمطالعه انتخاب شد. سپس با توجه به لیست روستاهای هر دهستان از هر خوشه روستاهایی به صورت تصادفی به‌عنوان روستاهای موردبررسی تعیین شد. از میان تعداد روستاهای موجود در آن نواحی درمجموع ۳۳ روستا انتخاب گردید. پس از انتخاب روستاها، پرسشنامه‌های موردنظر به صورت نمونه‌گیری تصادفی توسط ۱٤۱ بهره‌بردار تکمیل شد. برای تجزیه‌وتحلیل اطلاعات تحقیق حاضر نیز از بسته نرم‌افزاری GAMS استفاده گردیده است.

نتایج و بحث

اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت و عملکرد محصولات منتخب زراعی کبودرآهنگ در سال پایه ۹۵-۱۳۹٤ در جدول (۱) نشان داده‌شده است. با توجه به آمار و اطلاعات ارائه‌شده در جدول (۱) ملاحظه می‌شود که محصول جو، ۳٦/۷ درصد از الگوی کشت فعلی منطقه را تشکیل می‌دهد. همچنین در این جدول سیمای کلی برداشت از آب زیرزمینی نیز نشان داده شده است.

جدول ۱- سطح زیر کشت و عملکرد محصولات زراعی و وضعیت آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه

محصولات	سطح زیرکشت (هکتار)	عملکرد در هکتار (کیلوگرم)
گندم	۵۰۰۰	۴۳۹۵
جو	۱۰۰۰۰	۴۷۸۰
یونجه	۷۵۰۰	۱۲۸۳۰
سیب‌زمینی	۲۷۵۰	۳۷۱۲۵
ذرت علوفه‌ای	۳۵۰	۴۶۳۵۰
هندوانه	۹۰۰	۳۶۰۷۵
خیار	۷۰۰	۲۲۸۷۰
نوع منبع زیرزمینی	**تعداد**	**تخلیه (میلیون مترمکعب)**
چاه عمیق	۲۱۴۹	۲۸۵/۶۱
چاه نیمه عمیق	۱۵۹۵	۳۰/۴۱
قنات	۱۹۲	۱۳/۷۶
چشمه	۲۹۸	۶/۰۲

مصرف کل (میلیون مترمکعب)	مصرف (میلیون مترمکعب)		
	صنعت	شرب	کشاورزی
۳۲۳/۷۷	۱۹/۰۶	۱۷/۳۶	۲۸۷/۳۵

مأخذ: دفتر مطالعات پایه منابع آب ۱۳۹۶، یافته‌های تحقیق

جدول (۱) نشان می‌دهد که ۸۸/۷۵ درصد آب در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، ۵/۳٦ درصد در بخش شرب و ۵/۸۸ درصد در بخش صنعت مصرف می‌شود. امروزه برنامه‌های سیاستی یا راهکارهای مدیریتی درزمینه‌ی پایداری و حفاظت منابع آب در اغلب نقاط خشک و کم آب دنیا به کار می‌رود.

نتایج حاصل از سناریوی افزایش قیمت

در این بخش، نتایج تجربی حاصل از شبیه‌سازی الگوی برنامه‌ریزی مثبت در خصوص اثرات افزایش قیمت آب، تحت سه سناریوی ۱۰ درصد، ۲۰ درصد و ۳۰ درصد افزایش قیمت آب تشریح شده است. لازم به ذکر است که قیمت آب‌بها در حال حاضر در این دشت صفر می‌باشد، لذا ما در این تحقیق سناریوهای موجود را بر اساس قیمت سایه‌ای به‌دست‌آمده در مدل لحاظ می‌کنیم. قیمت سایه‌ای به‌دست‌آمده ۳۲۹۱ ریال می‌باشد، سپس در مرحله بعد ۱۰ درصد از قیمت سایه‌ای آب را به‌عنوان آب‌بهای پرداختی توسط کشاورزان در نظر می‌گیریم. لذا قیمت آب به ازای هر مترمکعب مصرفی پس از اعمال سناریوی ۱۰ درصد افزایش، معادل ۳۲۹ ریال، پس از ۲۰ درصد افزایش، معادل ٦۵۸ ریال و ۳۰ درصد افزایش، معادل ۹۸۷ ریال شده است که در هزینه‌های مصرفی در مدل لحاظ گردیده است.

نتایج حل الگوی برنامه‌ریزی ناشی از افزایش قیمت در جدول (۲) نشان داد که با افزایش قیمت آب زیرزمینی، سطح زیر کشت محصولات گندم، یونجه و سیب‌زمینی افزایش می‌یابد. همچنین سطح زیر کشت محصولات جو، ذرت علوفه‌ای و خیار کاهش می‌یابد. محصول هندوانه نیز در الگوی کشت تغییر نمی‌کند و تقریباً

در سناریوهای افزایش قیمت آب زیرزمینی ثابت می‌ماند. سطح زیر کشت کل در سناریوهای ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۰/۰۱، ۰/۰۲ و ۰/۰۳ کاهش پیدا می‌کند. کشاورزان پس از افزایش قیمت آب سعی می‌کنند محصولاتی که صرفه اقتصادی بیشتری دارند در الگو حفظ کنند. محصولاتی مانند هندوانه، یونجه و سیب‌زمینی علا رغم آنکه محصولات آب‌بری هستند به سبب اینکه سودآوری بیشتری دارند سطح زیر کشت این محصولات افزایش می‌یابد. بازده ناخالص کشاورزان نیز در سناریوهای ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۰/۵۸، ۱/۱٤ و ۱/۷۵ درصد کاهش پیدا می‌کند. در سناریوی (۳) تغییرات در بازده ناخالص کشاورزان نسبت به سناریوهای (۱) و (۲) با شیب تندتری همراه است که این امر ناشی از افزایش هزینه‌های بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی می‌باشد. همچنین افزایش قیمت آب باعث می‌شوند که مصرف آب هم کاهش جزئی پیدا کند. در کل اعمال سناریوهای افزایش قیمت در دشت کبودرآهنگ بیشتر هزینه کشاورزان را بیشتر نموده و سود ناخالص آنها را کاهش می‌دهد و کم‌تر باعث صرفه‌جویی منابع آب زیرزمینی می‌شود. نتایج تأثیر سناریوهای قیمت‌گذاری منطبق با یافته‌های ورزیری و همکاران (۱۳۹٦)، نجفی-علمدارلو و همکاران (۱۳۹۲) و گومز-لیمون و همکاران (۲۰۰٤) است که باعث کاهش سطح زیر کشت، کاهش بازده ناخالص و کاهش مصرف آب می‌شود.

نتایج حاصل از سناریوهای سهمیه‌بندی آب زیرزمینی

جدول (۳) سناریوهای ناشی از سهمیه‌بندی آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج حاصل در جدول (۳) محصولات جو، گندم، یونجه، سیب‌زمینی، ذرت‌علوفه‌ای، هندوانه و خیار در الگوی کشت سال پایه (سناریوی ۱) به ترتیب ۳٦/۷، ۱۸/٤، ۲۷/٦، ۱۰/۱، ۱/۳، ۳/۳، ۲/٦ درصد را دشت کبودرآهنگ شامل می‌شوند. با کاهش در عرضه منابع آب در دسترس بهره‌برداران (سناریوی ٤، ۵ و ٦) در بخش کشاورزی دشت کبودرآهنگ، کل سطح زیر کشت به ترتیب به میزان ۷/٤۹، ۱۵/۲٦ و ۲۳/۰۳ درصد کاهش می‌یابد. سود ناخالص حاصل از فعالیت‌های کشاورزی نیز در این دوره زمانی نیز به ترتیب ۱/۹۵، ۵/۱۹ و ۹/۷٤ درصد کاهش‌یافته است. در سناریوی (٤)، سطح زیر کشت محصول‌های ذرت علوفه-ای، یونجه، خیار، جو و هندوانه به ترتیب ۲٦/۹، ۲۵/۲، ۱۱/۱٤، ۱۰، ۲/۸ درصد نسبت به سال پایه کاهش می‌یابند. در مقابل محصولات سیب‌زمینی و گندم به ترتیب ۱۸/٦۹، ۱۰/۷٤ درصد نسبت به سال پایه افزایش می‌یابند. همچنین با اعمال سناریوی (٤) مقدار آب صرفه‌جویی شده نسبت به سال پایه ۲۱۸۲۸ هزار مترمکعب می‌باشد. بر اساس نتایج مندرج در جدول (۳) با کاهش ۲۰ درصدی در عرضه منابع آب در دسترس بهره‌برداران (سناریوی ۵) در بخش کشاورزی دشت کبودرآهنگ، سطح زیر کشت محصول‌های یونجه، ذرت‌علوفه‌ای، جو، خیار و هندوانه به ترتیب ۵۰/٤۵، ٤٦/۸٦، ۲٤/۷۷، ۲٤/۲۹ و ۱٤/۳۳ درصد نسبت به سال پایه کاهش می‌یابند. در مقابل محصولات سیب‌زمینی و گندم به ترتیب ۳۹/۵، ۲۹/۸ درصد نسبت به سال پایه افزایش می‌یابند. همچنین با اعمال سناریوی (۵) مقدار آب صرفه‌جویی شده نسبت به سال پایه ٤۳٦۷۰ هزار مترمکعب می‌باشد. با کاهش ۳۰ درصد مقدار آب در دسترس کشاورزان (سناریوی ٦) دشت کبودرآهنگ، کل سطح زیر کشت محصولات زراعی به ۲۰۹۳۸ هزار هکتار یعنی به میزان ۲۳ درصد کاهش می‌یابد. سود ناخالص حاصل از فعالیت‌های کشاورزی نیز در این دوره زمانی ۱۳۸۱/۹ میلیارد ریال بوده که نسبت به سال پایه ۹/۷- درصد کاهش‌یافته است. کشاورزان پس از کاهش ۳۰ درصدی آب در دسترس عکس‌العمل شدیدتری جهت تغییر الگوی کشت سعی می‌کنند محصولاتی که نسبت به سایر محصولات صرفه اقتصادی بیشتری دارند را در الگوی کشت حفظ کنند و در عوض سطح زیر کشت محصولاتی را که از آب‌بری بالاتر و درعین‌حال از سود ناخالص پایین‌تر برخورد دارند را به میزان بیشتری کاهش دهند. در سناریوی (٦)، سطح زیر کشت محصول‌های یونجه، ذرت علوفه‌ای، جو، خیار و هندوانه به ترتیب ۷۵/۷، ٦٦/٦، ۳۹/۵، ۳۷/٤،

۲۵/۸ درصد نسبت به سال پایه کاهش می‌یابند. در مقابل محصولات سیب‌زمینی و گندم به ترتیب ۶۰/۳، ۴۸/۸ درصد نسبت به سال پایه افزایش می‌یابند. با کاهش ۳۰ درصدی آب در دسترس کشاورزان محصول گندم و سیب‌زمینی ۵۶/۶ درصد در الگوی کشت را به خود اختصاص می‌دهند. همچنین با اعمال سناریوی (۶) مقدار آب صرفه‌جویی شده نسبت به سال پایه ۶۵۵۰۵ هزار مترمکعب می‌باشد. نتایج اعمال سناریوهای سهمیه‌بندی آب زیرزمینی منطبق با یافته-های یزدانی و همکاران (۱۳۹۵)، پرهیزکاری و همکاران (۱۳۹۳) و کورتیگنانی و سورینی (۲۰۰۹) می‌باشد که باعث کاهش مصرف آب زیرزمینی و به‌عنوان راهکاری مناسب برای پایداری منابع آب می‌باشد.

جدول ۲- تأثیر سناریوهای افزایش قیمت آب زیرزمینی بر الگوی کشت، بازده ناخالص و حجم آب مصرفی کشاورزان

محصول	میزان و درصد تغییرات و درصد در الگوی کشت	الگوی سال پایه (هکتار)	افزایش قیمت آب آبیاری تحت سناریوهای مختلف		
			سناریو ی ۱	سناریوی ۲	سناریوی ۳
گندم	میزان	۵۰۰۰	۵۰۰۶	۵۰۱۵	۵۰۲۳
	درصد	–	۰/۱۲	۰/۳	۰/۴۶
	درصد در الگوی کشت	۱۸/۳۸	۱۸/۴۱	۱۸/۴۴	۱۸/۴۷
جو	میزان	۱۰۰۰۰	۹۹۹۱	۹۹۸۰	۹۹۷۰
	درصد	–	-۰/۰۹	-۰/۲	-۰/۳
	درصد در الگوی کشت	۳۶/۷۶	۳۶/۷۳	۳۶/۷	۳۶/۶۶
سیب‌زمینی	میزان	۲۷۵۰	۲۷۵۰	۲۷۵۱	۲۷۵۱
	درصد	–	۰	۰/۰۴	۰/۰۴
	درصد در الگوی کشت	۱۰/۱۱	۱۰/۱۱	۱۰/۱۲	۱۰/۱۲
یونجه	میزان	۷۵۰۰	۷۵۰۲	۷۵۰۴	۷۵۰۷
	درصد	–	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۹
	درصد در الگوی کشت	۲۷/۵۷	۲۷/۵۸	۲۷/۵۹	۲۷/۶۱
ذرت‌علوفه‌ای	میزان	۳۵۰	۳۴۸	۳۴۵	۳۴۳
	درصد	–	-۰/۵۷	-۱/۴۳	-۲
	درصد در الگوی کشت	۱/۲۹	۱/۲۸	۱/۲۷	۱/۲۶
هندوانه	میزان	۹۰۰	۸۹۹	۹۰۰	۹۰۰
	درصد	–	-۰/۱۱	۰	۰
	درصد در الگوی کشت	۳/۳۱	۳/۳۱	۳/۳۱	۳/۳۱
خیار	میزان	۷۰۰	۶۹۸	۶۹۷	۶۹۵
	درصد	–	-۰/۲۶	-۰/۴۳	-۰/۷۱
	درصد در الگوی کشت	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۶	۲/۵۵
سود ناخالص	میزان*	۱۵۳۱	۱۵۲۲/۱	۱۵۱۳/۶	۱۵۰۴/۲
	درصد	–	-۰/۵۸	-۱/۱۴	-۱/۷۵
مقدار آب مصرف‌شده	میزان**	۲۱۸۳۵۰	۲۱۸۳۱۹	۲۱۸۳۱۸	۲۱۸۳۱۴
	درصد	–	-۰/۰۱۴	-۰/۰۱۵	-۰/۰۱۶
تغییرات کل سطح زیر کشت	میزان	۲۷۲۰۰	۲۷۱۹۸	۲۷۱۹۵	۲۷۱۹۳
	درصد	–	-۰/۰۱	-۰/۰۲	-۰/۰۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق (*میلیارد ریال، **هزار مترمکعب)

جدول ۳- تأثیر سناریوهای سهمیه‌بندی آب زیرزمینی بر الگوی کشت، بازده ناخالص و حجم آب مصرفی کشاورزان

محصول	میزان و درصد تغییرات و درصد در الگوی کشت	الگوی سال پایه (هکتار)	کاهش آب در دسترس تحت سناریوهای مختلف		
			سناریوی ۴	سناریوی ۵	سناریوی ۶
گندم	میزان	۵۰۰۰	۵۵۳۷	۶۴۸۸	۷۴۳۸
	درصد	–	۱۰/۷۴	۲۹/۷۶	۴۸/۷۶
	درصد در الگوی کشت	۱۸/۳۸	۲۲	۲۸/۱۵	۳۵/۵۳
جو	میزان	۱۰۰۰۰	۸۹۹۹	۷۵۲۳	۶۰۴۷
	درصد	–	-۱۰/۰۱	-۲۴/۷۷	-۳۹/۵۳
	درصد در الگوی کشت	۳۶/۷۶	۳۵/۷۶	۳۲/۶۴	۲۸/۸۸
سیب‌زمینی	میزان	۲۷۵۰	۳۲۶۴	۳۸۳۶	۴۴۰۹
	درصد	–	۱۸/۶۹	۳۹/۴۹	۶۰/۳۳
	درصد در الگوی کشت	۱۰/۱۱	۱۲/۹۷	۱۶/۶۴	۲۱/۰۶
یونجه	میزان	۷۵۰۰	۵۶۱۲	۳۷۱۶	۱۸۲۱
	درصد	–	-۲۵/۱۷	-۵۰/۴۵	-۷۵/۷۲
	درصد در الگوی کشت	۲۷/۵۷	۲۲/۳۰	۱۶/۱۲	۸/۷۰
ذرت‌علوفه‌ای	میزان	۳۵۰	۲۵۶	۱۸۶	۱۱۷
	درصد	–	-۲۶/۸۶	-۴۶/۸۶	-۶۶/۵۷
	درصد در الگوی کشت	۱/۲۹	۱/۰۲	۰/۸۱	۰/۵۶
هندوانه	میزان	۹۰۰	۸۷۵	۷۷۱	۶۶۸
	درصد	–	-۲/۷۸	-۱۴/۳۳	-۲۵/۷۸
	درصد در الگوی کشت	۳/۳۱	۳/۴۸	۳/۳۴	۳/۲۰
خیار	میزان	۷۰۰	۶۲۲	۵۳۰	۴۳۸
	درصد	–	-۱۱/۱۴	-۲۴/۲۹	-۳۷/۴۳
	درصد در الگوی کشت	۲/۵۷	۲/۴۷	۲/۳۰	۲/۱۰
سود ناخالص	میزان*	۱۵۳۱	۱۵۰۱/۱	۱۴۵۱/۴	۱۳۸۱/۹
	درصد	–	-۱/۹۵	-۵/۱۹	-۹/۷۴
مقدار آب مصرف‌شده	میزان**	۲۱۸۳۵۰	۱۹۶۵۲۲	۱۷۴۶۸۱	۱۵۲۸۵۷
	درصد	–	-۰/۱۰	-۰/۲۰	-۰/۳۰
تغییرات کل سطح زیر کشت	میزان	۲۷۲۰۰	۲۵۱۶۴	۲۳۰۵۰	۲۰۹۳۷
	درصد	–	-۷/۴۹	-۱۵/۲۶	-۲۳/۰۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق (*میلیارد ریال، **هزار مترمکعب)

نتایج حاصل از سناریوهای سهمیه‌بندی توأم افزایش قیمت آب زیرزمینی (تلفیقی)

جدول (٤) نتایج تأثیر همزمان سهمیه‌بندی آب زیرزمینی و افزایش قیمت آب زیرزمینی (سناریوی ۷، ۸ و ۹) در بخش کشاورزی دشت کبودرآهنگ، کل سطح زیر کشت به ترتیب به میزان ۷/۵۲، ۱۵/۳۳ و ۲۳/۱٤ درصد کاهش می‌یابد. سود ناخالص حاصل از فعالیت‌های کشاورزی نیز در این دوره زمانی نیز به ترتیب ۲/٤۹، ٦/۱۹ و ۱۱/۰۸ درصد کاهش‌یافته است. با اجرای سناریوی تلفیقی، سطح زیر کشت محصول‌های یونجه، ذرت‌علوفه‌ای، جو، خیار و هندوانه کاهش می‌یابند. در مقابل محصولات سیب‌زمینی و گندم افزایش می‌یابند. کشاورزان پس از اعمال سناریوی (۹) عکس‌العمل شدیدتری جهت تغییر الگوی کشت سعی می‌کنند محصولاتی که نسبت به سایر محصولات صرفه اقتصادی بیشتری دارند را در الگوی کشت حفظ کنند و در عوض سطح زیر کشت محصولاتی را که از آب‌بری بالاتر و درعین‌حال از سود ناخالص پایین‌تر برخورد دارند را به میزان بیشتری کاهش دهند. مقدار آب صرفه‌جویی شده در سناریوهای ۷، ۸ و ۹ به ترتیب برابر

۲۱۸۵۳، ٤٣٦٨٨ و ٦٥٥١٨ هزار مترمکعب می‌باشد. نتایج اعمال سناریوهای تلفیقی افزایش قیمت توأم با سهمیه‌بندی آب زیرزمینی منطبق با یافته‌های حسین‌زاد و همکاران (۱۳۹۵) و استابن و آلبیاک۱ (۲۰۱۱) که باعث کاهش مصرف آب‌های زیرزمینی می‌شود.

جدول ۴- تأثیر سناریوهای سهمیه‌بندی توأم با افزایش قیمت آب زیرزمینی بر الگوی کشت، بازده ناخالص و حجم آب مصرفی کشاورزان

محصول	میزان و درصد تغییرات و درصد در الگوی کشت	الگوی سال پایه (هکتار)	افزایش قیمت و کاهش آب در دسترس تحت سناریوهای مختلف		
			سناریوی ۷	سناریوی ۸	سناریوی ۹
گندم	میزان	۵۰۰۰	۵۶۰۵	۶۶۲۴	۷۶۴۲
	درصد	–	۱۲/۱	۳۲/۴۸	۵۲/۸۴
	درصد در الگوی کشت	۱۸/۳۸	۲۲/۲۸	۲۸/۷۶	۳۶/۵۵
جو	میزان	۱۰۰۰۰	۸۹۲۴	۷۳۷۱	۵۸۲۰
	درصد	–	-۱۰/۷۶	-۲۶/۲۹	-۴۱/۸
	درصد در الگوی کشت	۳۶/۷۶	۳۵/۴۸	۳۲	۲۷/۸۴
سیب‌زمینی	میزان	۲۷۵۰	۳۲۶۸	۳۸۴۶	۴۴۲۴
	درصد	–	۱۸/۸۴	۳۹/۸۶	۶۰/۸۷
	درصد در الگوی کشت	۱۰/۱۱	۱۲/۹۹	۱۶/۷۰	۲۱/۱۶
یونجه	میزان	۷۵۰۰	۵۶۱۳	۳۷۱۹	۱۸۲۵
	درصد	–	-۲۵/۱۶	-۵۰/۴۱	-۷۵/۶۷
	درصد در الگوی کشت	۲۷/۵۷	۲۲/۳۱	۱۶/۱۵	۸/۷۳
ذرت‌علوفه‌ای	میزان	۳۵۰	۲۵۵	۱۸۵	۱۱۵
	درصد	–	-۲۷/۱۴	-۴۷/۱۴	-۶۷/۱۴
	درصد در الگوی کشت	۱/۲۹	۱/۰۱	۰/۸۰	۰/۵۵
هندوانه	میزان	۹۰۰	۸۶۸	۷۵۸	۶۴۸
	درصد	–	-۳/۵۶	-۱۵/۷۸	-۲۸
	درصد در الگوی کشت	۳/۳۱	۳/۴۵	۳/۲۹	۳/۱
خیار	میزان	۷۰۰	۶۱۹	۵۲۴	۴۲۹
	درصد	–	-۱۱/۵۷	-۲۵/۱۴	-۳۸/۷۱
	درصد در الگوی کشت	۲/۵۷	۲/۴۶	۲/۲۸	۲/۰۵
سود ناخالص	میزان*	۱۵۳۱	۱۴۹۲/۹	۱۴۳۶/۲	۱۳۶۱/۳
	درصد	–	-۲/۴۹	-۶/۱۹	-۱۱/۰۸
مقدار آب مصرف‌شده	میزان**	۲۱۸۳۵۰	۱۹۶۴۹۷	۱۷۴۶۶۲	۱۵۲۸۳۲
	درصد	–	-۱۰/۰۱	-۲۰/۰۱	-۳۰/۰۱
تغییرات کل سطح زیر کشت	میزان	۲۷۲۰۰	۲۵۱۵۴	۲۳۰۲۹	۲۰۹۰۶
	درصد	–	-۷/۵۲	-۱۵/۳۳	-۲۳/۱۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق (*میلیارد ریال، **هزار مترمکعب)

محاسبه‌ی شاخص بازده اقتصادی آب

جدول (۵) بازده اقتصادی هر مترمکعب آب (تومان) در سناریوی مختلف را نشان می‌دهد. سناریوهای ۱، ۲ و ۳ مربوط به سناریوهای افزایش قیمت آب زیرزمینی می‌باشند. در سناریوی ۱ یعنی افزایش ۱۰ درصدی قیمت آب نسبت به دو سناریوی دیگر بازده اقتصادی بیشتری را دارد. در کل سناریوهای افزایش قیمت نسبت به سال پایه دارای بازده اقتصادی کمتری می‌باشد.

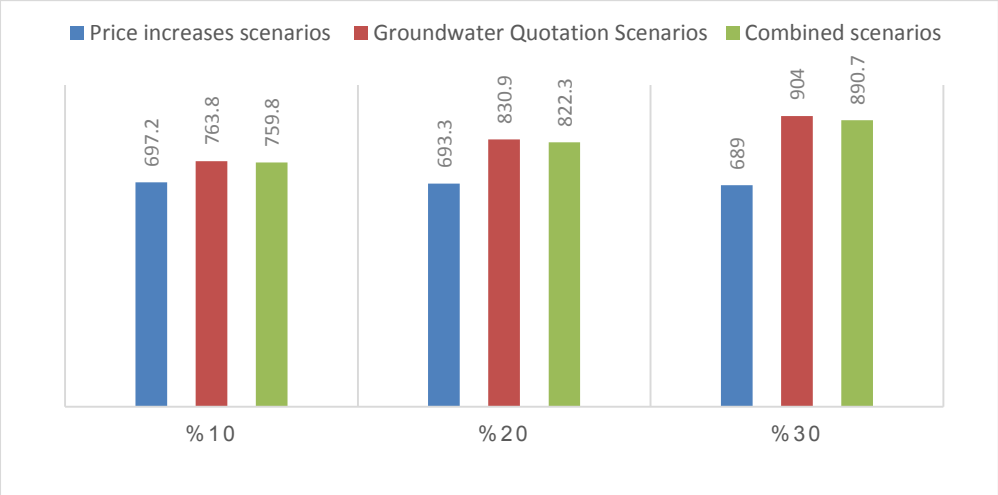
1. Esteban and Albiac

جدول ۵- بازده اقتصادی هر مترمکعب آب (تومان) در سناریوهای کاهش مصرف آب زیرزمینی

	سناریوی سال پایه	سناریوی ۱	سناریوی ۲	سناریوی ۳	سناریوی ۴	سناریوی ۵	سناریوی ۶	سناریوی ۷	سناریوی ۸	سناریوی ۹
بازده اقتصادی هر مترمکعب آب*	۷۰۱/۱	۶۹۷/۲	۶۹۳/۳	۶۸۹	۷۶۳/۸	۸۳۰/۹	۹۰۴	۷۵۹/۸	۸۲۲/۳	۸۹۰/۷

مأخذ: یافته‌های تحقیق (* بر حسب تومان)

سناریوهای ٤، ٥ و ٦ بازده اقتصادی هر مترمکعب آب (تومان) در سناریوهای سهمیه‌بندی آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. در این سیاست، سناریوی ٦، یعنی کاهش ۳۰ درصد آب در دسترس بیشترین بازده اقتصادی در هر مترمکعب آب را دارد. مقدار بالاتر بازده اقتصادی در سناریوی ٦ نسبت به سناریوهای ٤ و ٥ نشان‌دهنده افزایش ارزش کمیابی منابع آب است، یعنی هر چه کمیابی منبع افزایش یابد، ارزش اقتصادی نیز افزایش می‌یابد. سناریوهای ۷، ۸ و ۹ بازده اقتصادی هر مترمکعب آب (تومان) در سناریوی همزمان سهمیه‌بندی آب زیرزمینی و افزایش قیمت آب را نشان می‌دهد. در این سیاست، سناریوی ۹، یعنی سناریوی همزمان کاهش ۳۰ درصد آب در دسترس و افزایش ۳۰ درصدی قیمت آب، بیشترین بازده اقتصادی در هر مترمکعب آب را دارد. در کل سناریوی ٦ یعنی کاهش ۳۰ درصدی منابع آب زیرزمینی دارای بیشترین بازده اقتصادی می‌باشد و به‌عنوان سناریوی برتر معرفی می‌گردد. شکل (۲) مقایسه بازده اقتصادی در سناریوهای مختلف بخش کشاورزی را نشان می‌دهد.



شکل ۲- مقایسه بازده اقتصادی در سناریوهای مختلف در سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در مطالعه حاضر به‌منظور مدیریت منابع آب زیرزمینی و جلوگیری از برداشت بی‌رویه از این منابع در دشت کبودرآهنگ، به بررسی سیاست‌های قیمتی و غیر قیمتی در دشت کبودرآهنگ پرداخته شد. در این مطالعه اعمال سناریوهای افزایش قیمت آب، سهمیه‌بندی آب زیرزمینی و افزایش قیمت آب توأم با سهمیه‌بندی در سه سطح ۱۰، ۲۰، و ۳۰ درصد در قالب ۹ سناریو بر روی الگوی کشت، مصرف آب و سود ناخالص کشاورزان بررسی گردید. نتایج تحقیق نشان داد که اعمال سناریوهای مستقیم، غیر قیمتی (سهمیه‌بندی) و غیرمستقیم، قیمتی (افزایش قیمت و تلفیقی) باعث کاهش مصرف آب، کاهش زیر کشت و کاهش سود ناخالص کشاورزان می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که سناریوی افزایش قیمت آب زیرزمینی چندان تأثیرگذار نیست و تنها هزینه کشاورزان را افزایش می‌دهد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق سناریوهای سهمیه‌بندی، نسبت به سناریوهای افزایش قیمت آب و تلفیقی در این دشت کاراتر است. سناریوی

سهمیه‌بندی ضمن آنکه باعث کاهش مصرف آب و سطح زیر کشت می‌شود، بازده اقتصادی هر مترمکعب آب نسبت به سناریوهای دیگر بیشتر بوده است. در ضمن در سناریوهای سهمیه‌بندی، سناریوی ٦ یعنی کاهش ۳۰ درصدی، بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی با ۹۰٤ تومان بازده اقتصادی نسبت به سایر سناریوهای دیگر دارای بیشترین بازده اقتصادی می‌باشد و به‌عنوان سناریوی برتر معرفی گردید. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که در سناریوهای سهمیه‌بندی و افزایش قیمت توأم با سهمیه‌بندی آب زیرزمینی سطح زیر کشت محصولات گندم و سیب-زمینی افزایش می‌یابد که نشان‌می‌دهد کشاورزان پس از کاهش مصرف آب الگوی کشت را به‌سوی محصولاتی که نسبت به ازای هر مترمکعب آب، صرفه اقتصادی بیشتری دارند، سوق می‌دهند و سطح زیر کشت محصولات یونجه، جو، ذرت‌علوفه‌ای، خیار و هندوانه که سود ناخالص کم-تری دارند، کاهش می‌یابد.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده پیشنهاد می‌شود اعمال سناریوهای سهمیه‌بندی و تلفیقی نسبت به سناریوی افزایش قیمت باعث می‌شود که آب بیشتری صرفه‌جویی شود اما سطح زیر کشت و درآمد ناخالص کشاورزان نیز شدیدتر کاهش می‌یابد ولیکن در چنین مواردی سیاست-های در اولویت قرار بگیرد که کاهش درآمد کشاورزان را جبران کند و هزینه‌ها را کاهش دهد. افزایش درآمد از طریق افزایش قیمت این محصولات و همچنین معرفی ارقام اصلاح‌شده و درنتیجه افزایش عملکرد این محصولات امکان‌پذیر است. اعمال سناریوهای سهمیه‌بندی و تلفیقی باعث می‌شود که سطح زیر کشت محصولاتی مثل یونجه و جو کم شود از طرفی چون این محصولات خوراک دام هستند استفاده از رقم‌های اصلاح‌شده و مقاوم می‌تواند یکی از راهکارهای مؤثر باشد. از طرفی دیگر اعمال سناریوهای قیمتی و غیر قیمتی سبب کاهش سطح زیر کشت شد که به‌معنی کاهش اشتغال‌زایی در بخش کشاورزی به‌ویژه در مناطق روستایی می‌باشد، لذا این سیاست‌ها پیامدهای اجتماعی نیز در پی خواهند داشت؛ بنابراین چاره‌اندیشی بر مقابله با آن از طریق توسعه اشتغال‌زایی در صنایع جایگزین باید در دستور کار سیاست‌گذاران قرار گیرد. با توجه افت سطح آب‌های زیرزمینی در سال‌های اخیر در دشت کبودرآهنگ استفاده از روش‌های نوین آبیاری همزمان با اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد. تغییر الگوی کشت به سمت محصولاتی مانند گندم و سیب‌زمینی که نسبت به آب مصرفی، سود ناخالص بیشتری را حاصل می‌کنند یعنی بازده اقتصادی بیشتری دارند سوق داده شود. سیاست افزایش قیمت آب زیرزمینی چندان تأثیرگذار نیست و تنها فشار به کشاورزان را افزایش می‌دهد، اما سیاست سهمیه‌بندی و تلفیقی به عنوان یک سیاست مؤثر توصیه می‌شود. همچنین با توجه به نتایج که نشان داد سناریوی سهمیه‌بندی و تلفیقی که نسبت به افزایش قیمت باعث صرفه‌جویی بیشتر آب زیرزمینی می-شود پیشنهاد می‌شود که دولت و سازمان‌های مربوطه با راهکارهای ازجمله نصب کنتورهای هوشمند و از طریق کم کردن ساعت کار موتورهای آبی برای استخراج آب از چاه‌های کشاورزی مانع برداشت اضافی توسط کشاورزان شوند.

فهرست منابع

۱. احسانی، م. خالدی، ه. ۱۳۸۲. بهره‌وری آب کشاورزی. نشریه کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۸۲، ص: ۱۰۹.

۲. احسانی، م. دشتی، ق. حیاتی، ب. قهرمان‌زاده، م. ۱۳۹۱. برآورد ارزش اقتصادی آب در تولید جو در شبکه آبیاری دشت قزوین. نشریه دانش آب و خاک، (۱)۲، ص: ۲۷-۱٤.

۳. اداره جهاد کشاورزی استان همدان، ۱۳۹٦.

٤. اسعدی، م، ع. ١٣٩٦. تحلیل اقتصادی راهبردکم‌آبیاری جهت مدیریت منابع آب کشاورزی دشت قزوین. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

٥. باریکانی، ا. احمدیان، م. خلیلیان، ص. چیذری، ا. ١٣٩١. استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب سطحی و زیرزمینی در تعیین الگوی بهینه کشت دشت قزوین. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ٢٠(٧٧): ص ٢٩-٥٦.

٦. بلالی، ح. ١٣٨٩. بررسی تأثیر سیاست‌های قیمتی و کشاورزی بر حفظ منابع آب‌های زیرزمینی: مطالعه موردی دشت بهار. رساله دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. ١٩٢ ص.

٧. پرهیزکاری، ا. صبوحی، م. ضیائی، س. ١٣٩٢. شبیه‌سازی بازار آب و تحلیل اثرات سیاست اشتراک گذاری آب آبیاری بر الگوی کشت تحت شرایط کم‌آبی. اقتصاد و توسعه کشاورزی، (٣)٢٧. ١-١٢.

٨. حسنی، ی. ١٣٩٤. برنامه‌ریزی تخصیص بهینه منابع آب و ارزیابی سیاست‌های آب کشاورزی با رویکرد مدیریت یکپارچه منابع آب (مطالعه موردی: دشت قزوین). رساله دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

٩. حسین‌زاد، ج. فرنام‌نیا، ه. حیاتی، ب. عابدی، س. ١٣٩٥. تاثیر سیاست‌های کاهش مصرف منابع آب زیرزمینی بر حجم این منابع، درآمد و الگوی کشت کشاورزان در حوضه آبریز دریاچه ارومیه. کنفرانس دوسالانه اقتصاد کشاورزی، کرمان، ایران.

١٠. دفتر مطالعات پایه منابع آب ایران، ١٣٩٦. http://wrbs.wrm.ir/SC.php?type=static&id=104

١١. مظفری، م. ١٣٩٥. مدیریت تقاضای آب آبیاری در دشت اردلان با تاکید بر سیاست قیمت گذاری. حفاظت منابع آب و خاک، (٤)٥: ص ٤٧-٦٨.

١٢. معین‌الدینی، ز. ١٣٨٩. بررسی واکنش زارعین به سیاست‌های قیمتی و سهمیه‌بندی آب آبیاری در استان کرمان، پایان‌نامه جهت اخذ کارشناسی ارشد رشته اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران.

١٣. موسوی، س. قرقانی، ف. ١٣٩٠. ارزیابی سیاست‌های آب کشاورزی از منابع آب زیرزمینی، مدل برنامه‌ریزی اثباتی: مطالعه موردی شهرستان اقلید استان فارس. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، (٤)١١: ٨٢-٦٥.

١٤. نجفی علمدارلو، ح. احمدیان، م. خلیلیان، ص. ١٣٩٢. ارزیابی اقتصادی سیاست قیمت‌گذاری آب زیرزمینی در دشت ورامین. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ٣ (٥): ص ١٣٧-١٥٤.

١٥. ورزیری، آ. وکیل‌پور، م. مرتضوی، ا. ١٣٩٥. بررسی اثر قیمت‌گذاری اقتصادی آب آبیاری بر الگوی کشت در دشت دهگلان. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، (٣)٨، ص: ٨١-١٠٠.

١٦. یزدانی، س. محمودی، ا. یاوری، غ. شوکت فدایی، م. نظری، م. میرزایی، م. ١٣٩٥. تحلیل آثار اقتصادی سیاست غیرقیمتی کاهش عرضه آب در دشت قزوین. فصلنامه پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، (٢١)٦، ص: ٨٩-٩٨.

17. Benli, B., and Kodul, s. (2003). Anon-Linear Model for Farm optimization with adequate and limited water supplies application to the south-east Anatolain project (GAP) region. Agricultural water management, 62: 187-203.

18. Cortignani R. and Severini S. (2008). Introducing deficit irrigation crop techniques derived by crop growth into a positive mathematical programming model. In: paper prepared for presentation at the XIIth EAAE congress people, food and environments: global trends and European Strategies, No: 1-12.

19. Cortignani, R. & Severini, S. (2009). Modeling farm-level adoption of deficit irrigation using Positive Mathematical Programming. Agricultural Water Management, 96(12), 1785-1791.

20. Esteban, E, & Albiac, J. (2011). Groundwater and ecosystems damages: questioning the Gisser– Sánchez effect. Ecological Economics, 70, pp 2062- 2069.
21. Gallego-Ayala, J. (2012). Selecting irrigation water pricing alternatives using a multi-methodological approach. Mathematical and Computer Modelling, 55(3), 861-883.
22. Gómez-Limón, J. A., & Riesgo, L. (2004). Water pricing: Analysis of differential impacts on heterogeneous farmers. Water Resources Research, 40(7).
23. He L., Tyner W.E., Doukkali R. and Siam G. (2006). Policy options to improve water allocation efficiency: analysis on Egypt and Morocco. Water International, 31, 320–337.
24. Heckelei T. and Britz W. (2000). Positive Mathematical Programming with Multiple Data Points: A Cross-Sectional Estimation Procedure. Cahiers' Economies ET Sociologies Regales, 57: 28-50.
25. Howitt, R. E. (2005). Agricultural and environmental policy models: Calibration, estimation and optimization. University of Carlifornia. UCDavis.
26. Howitt, R. E., Medellín-Azuara, J., MacEwan, D., & Lund, J. R. (2012). Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. Environmental Modelling & Software, 38, 244-258.
27. Lalehzari R., Tabatabaei S.H. and Kholghi M. (2013). Simulation of nitrate transport and wastewater seepage in groundwater flow system. International Journal of Environmental Science and Technology, 10: 1367-1376.
28. Lalehzari, R., & Tabatabaei, S. H. (2015). Simulating the impact of subsurface dam construction on the change of nitrate distribution. Environmental Earth Sciences, 74(4), 3241-3249.
29. Latinopoulos, D.(2008). Estimating the potential impacts of irrigation water pricing using multicriteria decision making modelling. An application to Northern Greece. Water resources management, 22:1761-1782.
30. Medellin-Azuara J., Lund J.R. and Howitt R.E. (2007). Water supply analysis for restoring the Colorado River Delta, Mexico, Journal of Water Resources Planning and Management, 133:462–471.
31. Medellín-Azuara, J., Howitt, R. E., & Harou, J. J. (2012). Predicting farmer responses to water pricing, rationing and subsidies assuming profit maximizing investment in irrigation technology. Agricultural water management, 108, 73-82.
32. Paris, Q. & Arfini, F, (2000). Funzioni di costo di frontiera, auto-selezione, rischio di prezzo, PMP e Agenda 2000. Rivista di economia agraria, 55(2): 211-242.
33. Paris, Q. & Howitt, R. E. (1998). An analysis of ill-posed production problems using maximum entropy. American journal of agricultural economics, 80(1), 124-138.
34. Spielman, D., J. Ekboir, and K. Davis.(2009). The art and science of innovation systems inquiry: Applications to SubSaharan African agriculture. Technol. Soc. 31: 399-405.

Effect of Water Pricing and Allocation on Management of Groundwater Resources in Kabudarahang Plain

M. Elahi, M. H. Vakilpoor [1] * and H. Najafi Alamdarlo

Masters Student, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Tarbeiat Modares University, Tehran, Iran.
mehdi.elahi@modares.ac.ir
PhD, Department of Agricultural Economics, faculty of Agriculture, Tarbeiat Modares University, Tehran, Iran.
vakilpoormh@modares.ac.ir
Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, faculty of Agriculture, Tarbeiat Modares University, Tehran, Iran.
hamed_najafi@modares.ac.ir

Abstract

Excessive withdrawal of groundwater resources in the agricultural sector has led to an increase in cultivated land area and agricultural production, however, it has led to dropping of groundwater levels and drainage of aquifers. Consequently, most of Iran's plains are now considered as forbidden plains for underground water extraction. Therefore, proper policies for management of groundwater resources are essential. For this purpose, the present study aimed to evaluate the effects of economic policies of the agricultural sector on management of ground water resources in Kabodarahang Plain, by using a Positive Mathematical Programming (PMP) and Maximum Entropy (ME). The data and information was collected by referring to the relevant organizations and completing 141 questionnaires with multi-stage cluster sampling by farmers in 2016. The results showed that application of various senarios such as price increases, groundwater allocation , and combination of quotation scenarios simultaneously with increasing prices (combined) at levels of 10%, 20%, and 30% cause reduction in cropped area, decreased net profit of farmers, and reduced water consumption. Also, the results showed that the groundwater price increases scenario was not much effective and only increased the farmers' expenses, but the allocation/quotation polices and the combined policy are recommended as effective policies. Another result revealed that the quotation scenario, compared to the other scenarios, has higher economic returns per cubic meter of water consumption, thus it has been introduced as the best scenario in this research. Finally, it is suggested that the cropping pattern be directed towards products such as wheat and potato that have more gross profit for the water consumed and thus have more economic returns.

Keywords: Positive Mathematical Programming, Maximum Entropy, Economic Returns, Cropping pattern

1- Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, faculty of Agriculture, Tarbeiat Modares University, Tehran, Iran.
* - Received: December 2017 and Accepted: May 2018