بررسی اثر قیمت گذاری اقتصادی آب آبیاری بر الگوی کشت در دشت دهگلان

آزیتا ورزیری[1]، محمدحسن وکیل‌پور [2*]و سید ابوالقاسم مرتضوی[3]

تاریخ دریافت: 95/4/3 تاریخ پذیرش: 95/6/20

چکیده

ایران با میانگین بارش 260 میلی‌متر در سال جزء کشورهای دارای منابع آب محدود است. به همین دلیل، برای مدیریت تقاضای آب می‌توان از سیاست قیمت‌گذاری بهره جست، اما قیمت‌گذاری مناسب آب آبیاری در هر منطقه، نیازمند تعیین ارزش اقتصادی آب با توجه به شرایط و محصولات زراعی منطقه مورد نظر می‌باشد. بدین منظور، در این پژوهش به تعیین ارزش اقتصادی آب و بررسی تأثیر اعمال سیاست قیمت در قالب 10 سناریو بر الگوی کشت بر اساس مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی و روش بیش‌ترین آنتروپی پرداخته شد. آمار و داده های مورد نیاز با استفاده از تکمیل پرسش‌نامه به وسیله کشاورزان دشت دهگلان در سال 92-1391 گردآوری شد. بمنظور انتخاب بهره‌برداران از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای استفاده شد و در نهایت، پرسش‌نامه‌های مورد نظر به وسیله 162 بهره‌بردار تکمیل شد. نتایج نشان دادند که هزینه استخراج هر مترمکعب آب معادل 634/3 ریال است. در نتیجه، اختلاف بین هزینه استخراج هر مترمکعب آب آبیاری با ارزش اقتصادی آن در این دشت برابر با 1878/3 ریال بدست 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 بویژه کاهش سطح زیر کشت محصولاتی می‌شود که بازده ناخالص آن‌ها بیش‌ترین کاهش را در قبال این سیاست داشته‌اند.

طبقه‌بندی JEL: **C6, D78, Q25**

واژه‌های کلیدی: ارزش اقتصادی، برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی، بیش‌ترین آنتروپی، آب آبیاری، دشت دهگلان.

1- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

2- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

3- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

*- نویسنده مسئول مقاله: vakilpoormh@modares.ac.ir

پیشگفتار

بخشی وسیع از گستره ایران در شرایط آب‌وهوایی خشک و نیمه‌خشک واقع شده است، به گونه‌ای که از مقایسه میانگین بارندگی سالانه کشور (260 میلی‌متر) با میانگین بارندگی سالانه در سطح کره زمین (860 میلی‌متر) مشاهده می‌شود که میانگین بارندگی در ایران کم‌تر از یک سوم میانگین بارندگی در سطح دنیاست (علیزاده، 1382). با توجه به رشد جمعیت در ایران، سرانه منابع آب تجدید شونده سالانه که در سال 1335 هفت‌هزار مترمکعب بوده، در سال 1375 به دو هزار مترمکعب کاهش یافته و پیش‌بینی می‌شود که تا سال 1400 به حدود هشتصد مترمکعب کاهش یابد که پایین‌تر از مرز کم آبی (هزار مترمکعب) می‌باشد. با توجه به تقسیم‌بندی سازمان ملل متحد، در سال مزبور ایران نه‌تنها شرایط تنش و فشار ناشی از کمبود آب را تجربه خواهد کرد بلکه وارد شرایط کمیابی شدید آب می‌شود (مهندسین مشاور هکمتان آب، 1386). وجود خلأ بین توان تأمین و شدت تقاضای آب، بیانگر این مهم است که تقاضای آب بحران‌آفرین بوده و یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های قرن حاضر بشریت بشمار می‌رود که می‌تواند منشأ بسیاری از تحولات مثبت و منفی جهان قرار گیرد. بنابراین، با توجه به تنگناهای موجود در راستای بهره‌برداری، تخصیص، استفاده بهینه و جلوگیری از اتلاف این منبع ارزشمند و مبارزه با مشکل کم‌آبی بویژه در بخش کشاورزی، اتخاذ سیاست‌ها و راهبردهای درازمدت که از لوازم مدیریت کارآمد منابع آب می‌باشد، ضروری بوده تا با تأمین آب با کیفیت مشخص، در زمان و مکان معین و تخصیص آن بین بخش‌ها و مصارفی که بالاترین بازده نهایی را تولید می‌کنند، موجب بهبود مدیریت آب کشاورزی شده و توازن بین عرضه و تقاضای آن برقرار گردد (چیذری و همکاران، 1384).

یکی از مسائل مهم مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب کشور افزون بر مدیریت عرضه و تأمین آب مورد نیاز بخش‌های گوناگون، مدیریت تقاضای آب به عنوان رویکرد نوین می‌باشد که بتازگی تلاش برنامه‌ریزان به آن معطوف شده است. برای اجرای سیاست‌های مدیریت تقاضای آب ابزارهایی گوناگون وجود دارد که از آن‌جمله می‌توان به بازارهای آب و تعیین قیمت و ارزش اقتصادی نهاده آب در بخش کشاورزی اشاره کرد که باعث می‌شود آب بین متقاضیان متناسب با فایده یا ارزش تولید نهایی توزیع شده و انگیزه لازم برای مصرف کنندگان جهت صرفه‌جویی در مصرف آب و جلوگیری از اتلاف آن ایجاد می‌شود چرا که ارزان و رایگان بودن آب ممکن است باعث زیاده‌روی در مصرف آب شده و انگیزه را برای حفاظت و استفاده اقتصادی آن تضعیف کند و این امر سایر کشاورزان و مصرف‌کنندگان را نیز از مصرف محروم می‌نماید. از سوی دیگر، اگر قیمت آب بیش از ارزش تولید نهایی آن باشد، کشاورزان از آن استفاده نخواهند کرد و چنین قیمتی برای آب مغایر با هدف رشد کشاورزی و افزایش درآمد کشاورزان می‌باشد (ایستر، 1999).

قیمت گذاری مناسب آب آبیاری در هر منطقه، نیازمند تعیین ارزش اقتصادی آب با توجه به شرایط و محصولات زراعی منطقه مورد نظر می‌باشد. در کشور به دلیل نبود بازار کاملی برای نهاده آب، دولت عرضه کننده اصلی آن بوده و بنابراین، تعیین قیمت مناسب برای تخصیص بهینه این نهاده مستلزم بکار گیری روش‌های غیر بازاری تعیین ارزش اقتصادی هر واحد آب است. این مطالعه در پی تعیین ارزش اقتصادی آب و بررسی تأثیر سیاست قیمت آب کشاورزی بر الگوی کشت در دشت دهگلان است. دشت دهگلان در استان کردستان و شرق شهرستان سنندج قرار دارد. مساحت حوزه آبریز این دشت 2550 کیلومترمربع و مساحت دشت 876/2 کیلومترمربع می‌باشد. با توجه به رشد جمعیت و توسعه اجتماعی و اقتصادی، رونق بیش از پیش کشاورزی، افزایش برداشت و مصرف منابع آب در بخش‌های شهری و روستایی و نیز توسعه صنایع متوسط و کوچک، سبب افزایش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی منطقه و در نتیجه، افت سطح آب زیرزمینی و عدم تعادل در منابع و مصارف آب این دشت را در پی داشته است (مهندسین مشاور هکمتان آب، 1386). هم‌چنین، این دشت یکی از دشت‌های حاصلخیز و قطب کشاورزی مکانیزه استان بشمار می‌آید، که نقشی مهم در اقتصاد کشاورزی پیشرو استان ایفا می‌کند. انتخاب دشت دهگلان از این لحاظ دارای اهمیت است که این دشت به دلیل برداشت بیش از حد از سفره آب زیرزمینی و منفی شدن بیلان آب این منطقه با مشکل جدی کمبود منابع آب روبه‌رو خواهد شد. با توجه به این‌که بخش کشاورزی درصد بالایی از مصرف آب منطقه را به خود اختصاص داده است لازم است تأثیر سیاست‌های قیمتی را بر مقدار مصرف آب در بخش کشاورزی سنجید تا از این راه بتوان به اهداف بلندمدت در حفظ منابع آب و افزایش امنیت غذایی دست یافت.

پرهیزکاری و همکاران (1393) به شبیه‌سازی واکنش کشاورزان به سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری مطالعه موردی شهرستان زابل پرداختند. این‌کار با بهره‌گیری از مدل تولید محصولات کشاورزی منطقه‌ای (SWAP)[1] و برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)[2] انجام گرفت. نتایج نشان دادند که اعمال سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری در شهرستان زابل منجر به کاهش مجموع سطح زیر کشت محصولات زراعی به میزان 9/54 و 5/14 درصد و کاهش میزان آب مصرفی به میزان 6/23 و 7/01 درصد نسبت به سال پایه می‌شود. در پایان نیز، سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری با توجه به صرفه‌جویی 18/9 میلیون مترمکعب آب، به عنوان راهکاری مناسب برای پایداری منابع آب شهرستان زابل پیشنهاد شد.

[1] - State Wide Agricultural Production (SWAP)
[2] - Positive Mathematical Programming (PMP)

رهنما و همکاران (1391) به برآورد ارزش اقتصادی آب با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی در شهرستان قوچان پرداختند. در این پژوهش بهره‌برداران به گروه بهره‌برداران(کم‌تر از 5 هکتار) و (بیش‌تر از 5 هکتار) تقسیم شدند که واکنش هر گروه از بهره‌برداران نماینده تحت تأثیر سه سناریوی کاهش در منابع آب(کاهش 30، 40 و 70 درصدی برای بهره‌برداران گروه 1 و کاهش 10، 25 و 75 درصدی برای بهره‌برداران گروه 2) و افزایش در قیمت آب (افزایش 70، 80 و 100 درصدی برای بهره‌برداران گروه 1 و افزایش 75، 80 و 100درصدی برای بهره‌برداران گروه 2) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج پژوهش نشان دادند که در سناریوی کاهش در منابع آب ارزش اقتصادی آب به ترتیب 1100، 1340 و 3120 ریال برای بهره‌برداران گروه 1 و در بهره‌برداران گروه 2 ارزش اقتصادی آب به ترتیب، برابر 100، 1260 و 4730 ریال بدست آمده است. هم‌چنین سطح زیر کشت محصولاتی مانند گندم، جو، سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی نسبت به سناریوهای موجود دچار تغییراتی کم‌تر شده است.

بخشی و همکاران (1390) در پژوهشی از روش برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) اثرات گوناگون کاربرد سیاست‌های قیمت‌گذاری آب و هم‌چنین، سیاست‌های جایگزین آن (مالیات بر نهاده‌های مکمل نهاده‌ی آب و مالیات بر محصول) در دشت مشهد را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دادند سیاست قیمت‌گذاری آب و مالیات بر محصول در مقایسه با سیاست مالیات بر نهاده مکمل، مؤثرتر و مناسب‌تر می‌باشند.

فلاحتی و همکاران (1390) بمنظور قیمت‌گذاری اقتصادی آب در بخش کشاورزی از روش رمزی استفاده کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که قیمت فروش آب در بخش کشاورزی در استان همدان کم‌تر از قیمت رمزی مربوطه است. قیمت رمزی در بخش کشاورزی به مقدار 85/69 ریال در هر مترمکعب بدست آمده است. هم‌چنینُ نتیجه می‌شود که قیمت آب در بخش کشاورزی 85/84 درصد قیمت پیشنهادی رمزی است.

بلالی و همکاران (1389) در پژوهشی به بررسی تأثیر قیمت‌گذاری آب آبیاری بر حفظ و بهره‌برداری منابع آب زیرزمینی و شرایط اقتصادی بخش کشاورزی در دشت همدان-بهار با بهره‌گیری از مدل برنامه‌ریزی پویا می‌باشد. نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان دادند که در صورت ادامه شرایط فعلی حاکم بر قیمت آب آبیاری در منطقه مورد مطالعه، آبخوان با بیلان منفی بیش از 171 میلیون مترمکعب و با کاهش ارتفاع سطح آب زیرزمینی معادل 4/28 متر در انتهای دوره برنامه‌ریزی پنج‌ساله مواجه خواهد شد. با افزایش قیمت آب آبیاری در قالب سیاست‌های کشاورزی با وجود کاهش نسبی منافع اقتصادی در بخش کشاورزی بیلان منفی آب آبخوان تعدیل

یافته به‌گونه ای که در ازای قیمت 1500 ریال برای هر مترمکعب آب بیلان حجم آب آبخوان به صفر رسیده و مثبت می‌شود.

نیکویی و زیبایی (1388) در مطالعه خود از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت برای کاربرد در بخشی از حوضه زاینده‌رود واقع در شهرستان اصفهان استفاده کردند. بر اساس نتایج بدست آمده که از اعمال سناریوهای گوناگون کاهش عرضه آب بر مدل بدست آمد، روش مقابله، بسته به شدت بحران و مقدار محدودیت‌های اعمال شده، متفاوت است.

گالگو-آیالا[1] (2012) بمنظور تعیین قیمت آب آبیاری در کشور اسپانیا از رهیافت اسپانیا از رهیافت PMP و تحلیل سلسله مراتبی استفاده کرد. پژوهشگر در این مطالعه پس مدل‌سازی الگوی کشاورزی منطقه با استفاده از مدل اولیه PMP تأثیر سیاست‌های گوناگون قیمت‌گذاری آب را بر الگوی کشت و مصرف نهاده‌ها مورد بررسی قرار داد. سپس بر اساس نتایج مدل PMP با توجه به سه معیار اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی قیمتی که هر سه معیار یاد شده را در حد بالایی پوشش دهد، با استفاده از رهیافت سلسله مراتبی تعیین کرد. در پایان پژوهشگر قیمت بدست آمده در هر روش قیمت‌گذاری آب را به عنوان قیمت بهینه در آن روش معرفی کرد.

کورتیگنانی و سورینی[2] (2009) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) به بررسی تأثیر افزایش هزینه تأمین آب، کاهش آب قابل دسترس و تغییر در قیمت محصولات کشاورزی را با در نظر گرفتن فناوری کم آبیاری بر الگوی کشت در کشور ایتالیا پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهند که افزایش هزینه‌های آب باعث ایجاد انگیزه در استفاده از فناوری کم آبیاری نمی‌شود، ولی کشاورزان در زمانی که آب در دسترس کاهش می‌یابد و یا این‌که هزینه تأمین آب افزایش می‌یابد، در راستای صرفه‌جویی و ذخیره آب تمایل به استفاده از روش کم آبیاری دارند.

ریزگو[3] (2006) اثر سیاست قیمت‌گذاری آب بر بخش کشاورزی اسپانیا را در قالب مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی چند ضابطه‌ای مورد بررسی قرار داد. در این مطالعه اثر سناریوهای سیاستی کشاورزی، سیاست‌های کلی اروپا و سیاست قیمت‌گذاری آب بر شاخص‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی با استفاده از روش تئوری مطلوبیت چندخاصیتی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بدست آمده از پژوهش نشان می‌دهند که قیمت‌گذاری آب در سطح هزینه پوشش کامل نسبت به شرایط عادی در منطقه که قیمت آب صفر می‌باشد، می‌تواند در حدود 50 درصد مصرف تقاضای آب را کاهش دهد.

---

[1]- Gallego-Ayala
[2]- Cortignani & Severini
[3]- Riesgo

هی[1] (2004) بمنظور بهبود کارایی تخصیص آب آبیاری، سیاست‌های قیمت‌گذاری آب را در کشورهای مصر و مراکش مورد بررسی قرار داد. در این مطالعه برای کالیبراسیون مدل‌ها از برنامه‌ریزی ریاضی مثبت استفاده شده است و سه گزینه سیاستی قیمت‌گذاری آب، مالیات بر نهاده‌های مکمل آب و مالیات بر محصول مورد آزمون قرار گرفته است. گومز-لیمون و همکاران[2] (2004) در مطالعه‌ای از روش تابع برآورد تابع تقاضای آب آبیاری، اثر سیاست قیمت‌گذاری آب را بر کاهش آب آبیاری مطالعه کردند. نتایج حاکی از آن است که قیمت‌گذاری آب در منطقه مورد مطالعه، تأثیر جدی در کاهش درآمد کشاورزان داشته و مصرف آب نیز در حدود 9 درصد کاهش نشان داد. وارد[3] (2003) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی، به ارزیابی واکنش تولیدکنندگان به سیاست‌های قیمت‌گذاری آب در بخش کشاورزی پرداخته است.

قیمت گذاری مناسب آب آبیاری در هر منطقه، نیازمند تعیین ارزش اقتصادی آب با توجه به شرایط و محصولات زراعی منطقه مورد نظر می‌باشد. در کشور به دلیل نبود بازار کاملی برای نهاده آب، دولت عرضه کننده اصلی آن بوده و بنابراین، تعیین قیمت مناسب جهت تخصیص بهینه این نهاده مستلزم بکارگیری روش‌های غیر بازاری تعیین ارزش اقتصادی هر واحد آب است. این مطالعه درصدد تعیین ارزش اقتصادی آب و بررسی تأثیر سیاست قیمت آب کشاورزی بر الگوی کشت در دشت دهگلان است. دشت دهگلان در استان کردستان و شرق شهرستان سنندج واقع شده است. مساحت حوزه آبریز این دشت 2550 کیلومترمربع و مساحت دشت 876/2 کیلومترمربع می‌باشد. با توجه به رشد جمعیت و توسعه اجتماعی و اقتصادی، رونق بیش از پیش کشاورزی، افزایش برداشت و مصرف منابع آب در بخش‌های شهری و روستایی و نیز توسعه صنایع متوسط و کوچک، سبب افزایش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی منطقه و در نتیجه، کاهش سطح آب زیرزمینی و نبود تعادل در منابع و کاربردهای آب این دشت را در پی داشته است (مهندسین مشاور هکمتان آب، 1386). هم‌چنین، این دشت یکی از دشت‌های حاصلخیز و قطب کشاورزی مکانیزه استان بشمار می‌آید که نقشی مهم در اقتصاد کشاورزی پیشرو استان ایفا می‌کند. انتخاب دشت دهگلان از این لحاظ دارای اهمیت است که این دشت به دلیل برداشت بیش از حد از سفره آب زیرزمینی و منفی شدن بیلان آب این منطقه با مشکل جدی کمبود منابع آب روبه‌رو خواهد شد. با توجه به این‌که بخش کشاورزی درصد بالایی از مصرف آب منطقه را به خود اختصاص داده است، لازم است تأثیر سیاست‌های قیمتی را بر مقدار مصرف آب در بخش کشاورزی سنجید تا از این راه بتوان به اهداف بلندمدت در حفظ منابع آب و افزایش امنیت غذایی دست یافت.

[1]- He
[2] - Gomez-Limon et al
[3] - Ward

روش پژوهش

از آن‌جایی که یکی از هدف‌های سیاست‌گزاران و برنامه‌ریزان بخش کشاورزی آگاهی از نتایج اجرای سیاست‌های گوناگون و واکنش کشاورزان به آن‌ها می‌باشد، بنابراین به دنبال مدل‌هایی هستند که بتوانند با اطمینان بالایی آن‌ها را به این هدف برسانند. روش برنامه‌ریزی اثباتی که یک روش تحلیل تجربی است و از تمام داده‌های شرایط موجود برای ساختن الگوی کالیبره استفاده می‌کند. در وضعیتی که داده‌های سری زمانی اندک باشد بویژه در تحلیل‌های سیاستی منطقه‌ای و بخشی اهمیتی ویژه دارد (آرفینی، 2003). نیاز روزافزون به الگو و شبیه‌سازی توابع رفتاری در شرایط فنی، اقتصادی، سیاسی و بتازگی زیست‌محیطی، استفاده از الگوهای PMP که فاقد معایب[1] الگوهای برنامه‌ریزی هنجاری بوده و دارای توانایی کالیبراسیون می‌باشد را تقویت کرده است (هاویت، 2005). روش PMP بر این فرض استوار است که رفتار کشاورزان عقلایی است و تخصیص زمین و سطوح تولید نتیجه یک فرایند تصمیم‌گیری دقیق است که به وسیله کشاورز با هدف بیشینه سازی سود در انواع گوناگون قیود دنبال شده است. این قیود ممکن است به روشنی در داده‌های نمونه آشکار نشده باشد، اما به حتم در تصمیم‌های نهایی کشاورز در رابطه با تخصیص سطح زیر کشت و تولید محصول بازتاب یافته است. روی هم رفته، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی در سه مرحله به صورت زیر انجام می‌شود (هاویت، 2005): در مرحله نخست، یک مدل برنامه‌ریزی خطی معمولی (LP) با تابع بیشینه سازی سود کشاورزان منطقه و محدودیت‌های کالیبراسیون[2] به همراه محدودیت‌های منابع با هدف برآورد قیمت‌های سایه‌ای سطح زیر کشت محصولات، تشکیل می‌شود. در مرحله نخست، با فرض بیشینه سازی بازده برنامه‌ای، الگوی اولیه به صورت زیر تصریح می‌گردد. این الگو با استفاده از محدودیت‌های کالیبراسیون مقادیر سال پایه را باز تولید می‌کند.

$$
\begin{aligned}
&MaxZ = p'x - c'x \\
&s.t: \\
&Ax \le b.....[\lambda] \\
&x \le \bar{x} + \varepsilon.....[\rho] \\
&x \ge 0
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

1- از جمله معایب الگوهای برنامه‌ریزی هنجاری می‌توان به تخصیص بیش از حد (excessive specialization)، مشکل معتبرسازی (validation) و عدم انعطاف‌پذیری (flexibility) نسبت به تغییر پارامترها اشاره کرد که با رهیافت PMP عیوب یاد شده برطرف می‌شود.

2- محدودیت‌هایی که سطح فعالیت مدل را به سطح زیر کشت کنونی منطقه محدود می‌کند.

که در این تابع، Z ارزش تابع هدف، p، ماتریس ($n\times l$) قیمت‌های مشاهده شده محصولات،x ماتریس ($n\times l$) سطوح فعالیت‌های تولیدی، c' ماتریس ($n\times l$) از هزینه متغیر هر واحد از فعالیت، A ماتریس ($m\times n$) ضرایب فنی در محدودیت‌های منابع، b ماتریس ($m\times l$) مقادیر منابع در دسترس و $\bar{x}$ ماتریس ($n\times l$) از سطوح مشاهده شده فعالیت‌های تولید می‌باشد. مقدار r مرتبط با محدودیت‌های کالیبراسیون (مجموعه محدودیت دوم)، سبب تمایز این محدودیت‌ها از محدودیت‌های فیزیکی منابع (مجموعه محدودیت نخست) می‌شود و اطمینان می‌دهد که مقادیر دوگان منابع قابل تخصیص، بیان‌کننده ارزش‌های نهایی محدودیت‌های منابع است. دو مجموعه محدودیت یاد شده منجر به تولید دو مجموعه از مقادیر دوگان خواهد شد. λ، ارزش سایه‌ای دوگان مرتبط با محدودیت‌های فیزیکی منابع و بردار عناصر ρ شامل مقادیر دوگان مربوط به مجموعه محدودیت کالیبراسیون است.

در مرحله دوم، مقادیر دوگان بدست آمده از مرحله نخست برای برآورد پارامترهای تابع هدف غیرخطی بکار می روند؛ به گونه‌ای که سطوح فعالیت مشاهده شده در دوره پایه به وسیله الگوی غیرخطی یاد شده و بدون استفاده از محدودیت‌های کالیبراسیون بازتولید شود. تابع هدف غیرخطی در مرحله دوم از راه قرار دادن یک تابع غیرخطی و یا یک تابع هزینه غیرخطی در تابع هدف مدل مرحله نخست بدست می‌آید. ضرایب تابع هزینه غیرخطی و یا تابع عملکرد غیرخطی که ممکن است به صورت شکل تابعی لئونتیف تعمیم‌یافته، تابع تولید با کشش جانشینی ثابت، تابع تولید درجه دوم، ترانسندنتال و ترانسلوگ باشد، از مرحله دوم بدست می‌آید. از آن‌جایی که در بیش‌تر مطالعات اولیه در زمینه PMP، از تابع هزینه متغیر چند محصولی دارای شکل تابعی درجه دوم استفاده شده است و هم‌چنین، بمنظور تفهیم بهتر مدل، در این بخش مراحل بر اساس تابع هزینه توضیح داده خواهد شد. فرض می‌شود تابع هزینه چند محصولی دارای شکل تابعی درجه دوم، مشابه رابطه (2) باشد (بخشی، 1388).

$$C^{v}(x)=d'x+\frac{1}{2}x'Qx \qquad (2)$$

$d'=$ بردار ($n\times l$) از پارامترهای جزء خطی تابع هزینه. Q= ماتریس مثبت، نیمه معین و متقارن با ابعاد ($n\times n$) از پارامترهای جزء درجه دوم تابع هزینه (هاویت، 1995).

$$MC^{v}=VC^{v}(x)'_{xo}=d+Q_{xo}=c+p \qquad (3)$$

$VC^{v}(x)$بردار گرادیان ($l\times n$) از مشتقات مرتبه نخست $C^{v}(x)$برای $x=x_0$می‌باشد. در گام سوم، تابع هزینه غیرخطی برآورد شده در مرحله پیش در تابع هدف مسأله مورد استفاده قرار

می‌گیرد و تابع هدف غیر خطی یاد شده در یک مسأله برنامه‌ریزی غیرخطی شبیه به مسئله اولیه به استثنای محدودیت‌های کالیبراسیون، ولی همراه با سایر محدودیت‌های سیستمی بکار می‌رود.

$$\begin{aligned} &MaximizeZ = p'x - \hat{d}'x - \frac{1}{2}x'\hat{Q}x \\ &st: Ax \le b.....[\lambda] \\ &x \ge 0 \end{aligned} \qquad (4)$$

در این‌جا بردار $\hat{d}'$ و ماتریس $\hat{Q}$ پارامترهای کالیبره شده تابع هدف غیرخطی را نشان می‌دهند. اکنون مدل غیرخطی کالیبره شده بالا بدرستی سطوح فعالیت‌های مشاهده شده در وضعیت پایه و مقادیر دوگان محدودیت‌های منابع را باز تولید می‌کند و جهت شبیه‌سازی تغییرات در پارامترهای مورد نظر آماده است (هاویت، 1995). روش کالیبراسیون ذکر شده در مطالعات متعددی در سطح مزرعه، ناحیه، بخش و کشور در کشورهای توسعه یافته همانند آلمان، فنلاند و ایتالیا و هم‌چنین، کشورهای در حال توسعه هم‌چون مصر، ترکیه و مراکش بکار گرفته شده است، اما نکته‌ای که می‌بایست به آن توجه کرد این است که رابطه (3) حاصل مشتق‌گیری شرایط مرتبه نخست $\frac{\partial c(x)}{\partial x}$ است، یک سیستم n معادلاتی بدست می‌دهد که دارای [n+ (n+1)/2] پارامتر می‌باشد، در حالی که تعداد مشاهده‌ها (c,x_0,p)بسیار اندک است. این مسئله باعث می‌شود تا درجه آزادی این برآورد منفی شود و نتوان همه این پارامترها را برآورد کند. به چنین مسائلی که تعداد پارامترهایی که باید محاسبه شوند بیش از تعداد معادله‌هاست، مسائل بد-وضعیت (ill-posed) گفته می‌شود. برای حل این سیستم معادله‌ها، تعداد نامحدودی از مجموعه پارامترها وجود دارند که شرایط مورد نظر را برآورده می‌کنند و به کالیبراسیون مناسب مدل منجر می‌شوند، اما هر مجموعه از این پارامترها واکنش‌هایی متفاوتی از بهره‌برداران را نتیجه می‌دهد (بخشی، 1390). از این‌رو، واکنش عرضه هر محصول به ماتریس کامل وابسته است. به بیان دیگر، با توجه به این‌که نتایج مدل کالیبره شده به مشتق‌های مرتبه دوم تابع هدف بستگی دارد، می‌بایست که پارامترهای تابع هزینه یعنی بردار d و ماتریس Q به درستی برآورد شود. در این شرایط استفاده از روش بیش‌ترین آنتروپی می‌تواند مفید باشد (گولان و همکاران، 1996).

یکی از نکات اصلی در روش PMP محاسبه تابع هدف غیرخطی است. برای تابع هدف غیرخطی می‌توان توابع عملکرد حاصل شده از توابع تولید کاب داگلاس، CES و یا سایر توابع تولید را محاسبه کرد. هم‌چنین، می‌توان به جای تابع عملکرد یک تابع هزینه غیرخطی برآورد کرد. به منظور برآورد ضرایب تابع هزینه و یا تولید غیرخطی روش‌هایی متعدد معرفی شده است، اما بر اساس مطالعات گوناگون در حال حاضر کامل‌ترین روش جهت کالیبراسیون مدل‌های PMP بر

اساس روش بیش‌ترین آنتروپی استوار است (هاویت، 2005). استفاده از روش ME برای کالیبراسیون مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی به گونه ای معنی‌دار سبب افزایش علاقه‌مندی عمومی اقتصاددانان کشاورزی به تکنیک‌های آنتروپی شده است. این روش به وسیله گولان و همکاران (1996)، معرفی و به OLS و سایر برآورد کننده‌های اقتصادسنجی نسبت داده شده است. ایده اصلی در کاربرد روش ME بر مبنای تئوری بیش‌ترین آنتروپی کلاسیک قرار دارد. در چارچوب این روش، ضرایب رگرسیون به عنوان متغیرهای تصادفی مجزا با یک بازه حمایتی و احتمال ممکن برای تحقق هر یک از اعداد موجود در این بازه، در نظر گرفته می‌شوند. این بازه به عنوان یک بازه بسته و محدود شده‌است که در آن از بدست آمدن ضرایب رگرسیون کاذب جلوگیری می‌شود. بر مبنای روش ME بیش‌ترین احتمال ممکن برای این بازه بدست می‌آید. مجموع حاصل‌ضرب احتمال تحقق اعداد بازه در هر عدد، ضرایب رگرسیونی را تشکیل می‌دهند. فرض کنید که تابع تولید درجه دوم بکار رفته برای هر محصول بر اساس رابطه (5) باشد. باید توجه داشت که اکنون مقادیر نهاده‌ها x_{ij} به عنوان کل مقدار نهاده برای هر مزرعه، ناحیه یا سایر واحدهای الگوسازی تعریف شده‌اند و نهاده‌ها بر حسب مقدار در هکتار اندازه‌گیری نشده‌اند. این بدین علت است که در این الگو، زمین نیز یک نهاده همانند سایر نهاده‌ها که شرایط نهایی تخصیص آن را مشخص می‌کند در تابع تولید برای محصول معین در نظر گرفته می‌شود. به بیان دیگر و در تضاد با الگوی PMP اولیه، اکنون عملکرد محصول در هکتار به عنوان یک متغیر درونزا می‌باشد. با تعریف زیرنویس K به عنوان یک جانشین برای زیرنویس i تابع تولید برای محصول j به صورت زیر می‌باشد (بخشی، 1388).

$$y_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_{ij} - 0.5\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} q_{igk}x_{ij}x_{jk} \qquad (5)$$

که در آن y_j، نشان‌دهنده‌ی عملکرد محصول j است. الگوی بهینه‌سازی که تابع تولید مبتنی بر رابطه (6) را برای محصول j با نهاده‌های i استفاده می‌کند به صورت زیر تعریف می‌شود (هاویت، 2005):

$$\pi = \sum_{j=1}^{m}\left(p_j\left[\sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_{ij} - 0.5\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} q_{ijk}x_{ij}x_{jk}\right] - \sum_{i=1}^{n} w_i x_{ij}\right) \qquad (6)$$

که در آن π، بازده برنامه‌ای، p_j قیمت محصول j، w_i، قیمت هر واحد از نهاده‌های تولیدی و b_i مقدار منابع موجود می‌باشد. هم‌چنین، a و q به ترتیب ضرایب جزء ثابت و درجه دوم تابع تولید می‌باشند که باید با استفاده از رهیافت بیش‌ترین آنتروپی برآورد شوند. بمنظور برآورد تابع تولید یاد شده با استفاده از رهیافت بیش‌ترین آنتروپی در ابتدا لازم است که نقاط پشتیبان تا حدود زیادی اختیاری باشد، ولی همان‌گونه که هاویت (2005) بیان می‌دارد، در تعیین این نقاط باید به دو نکته توجه کرد، 1- با توجه به محدودیت‌های الگوی امکان ورود نقاط پشتیبان در داخل

الگو وجود داشته باشد، 2- در برآورد خنثی باشند، مگر در حالتی که فرد بخواهد داده‌های خاصی را از این راه وارد الگو کند. بمنظور تعیین نقاط پشتیبان پارامترهای یاد شده از شرایط مرتبه نخست استفاده می‌شود. شرایط مرتبه نخست برای این الگو عبارتند از:

$$\frac{\partial \pi}{\partial x_{ij}} = p_j\left[a_{ij} - \sum_{k=1}^{n} q_{ijk} x_{jk}\right] - w_i - \lambda_i = 0 \qquad (7)$$

محدودیت مرتبه نخست برای الگوی تابع تولید می‌تواند به عنوان تساوی تولید نهایی فیزیکی هر نهاده در هر محصول با نسبت هزینه نهایی کل هر واحد از نهاده (قیمت نهاده به علاوه هزینه فرصت) به قیمت محصول تشریح شود (هاویت، 2005).

$$\frac{w_i + \lambda_i}{p_j} = a_{ij} - \sum_{k=1}^{n} q_{ijk} x_{jk} \qquad (8)$$

همان‌گونه که مشخص است معادله‌های (7) و (8) شرایطی را برآورد می‌کنند که ارزش تولید نهایی هر نهاده استفاده شده در تمام محصولات با هزینه نهایی آن برابر باشد. با فرض این‌که داده‌های عملکردهای محصول یک منبع داده‌ای است که کشاورزان می‌توانند آن‌ها را به درستی به خاطر بیاورند. هاویت (2002) پیشنهاد می‌کند که از این داده‌ها بمنظور اطمینان در کالیبراسیون دقیق‌تر تابع تولید الگو استفاده شود. بنابراین، قید تولید کل به صورت رابطه (9) در کنار قیود مرتبه نخست در برآورد پارامترها لحاظ می‌شود.

$$y_j \times x_{j,land} = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_{ij} - 0.5 \sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{n} q_{ijk} x_{ij} x_{jk} \qquad (9)$$

بمنظور اطمینان از این که الگوی بهینه‌سازی بدست آمده شرایط مرتبه نخست را برای یک بهینه منحصر به فرد برآورد می‌کند، باید محدودیت‌های تقارن و مثبت معین بودن در مورد ماتریس تابع تولید درجه دوم لحاظ گردد. به همین منظور، از رهیافت تجزیه چولسکی[1] استفاده می‌شود. در این رهیافت، ماتریس Q در تابع تولید درجه دوم به حاصل‌ضرب یک ماتریس پایین مثلثی (L) و ترانهاده آن یعنی L' تبدیل می‌شود که می‌توان آن را به صورت رابطه (10) نشان داد (هاویت، 2005).

$$Q = LL' \qquad (10)$$

لذا، اگر t نقطه پشتیبان در نظر گرفته شود و احتمال وقوع نقاط پشتیبان za_i با pa_i و احتمال وقوع نقاط پشتیبان zl_{ij} با pl_i نشان داده شود، در این صورت عناصر بردار a و ماتریس q با استفاده از روابط (11) و (12) بدست می‌آیند:

[1]- Cholescky Decomposition

$$a_{ij} = \sum_{p=1}^{t} za_{pij}\, pa_{pij} \quad (11)$$

$$q_{ikj} = \left(\sum_{p=1}^{t} zl_{pkij}\, pl_{pijk}\right) \times \left(\sum_{p=1}^{t} zl_{pijk}\, pl_{pijk}\right) \quad (12)$$

در رابطه زیر مقادیر za_{pij} و zl_{pikj} به صورت زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$za_{pij}\left[0.001,0.1,0.25,0.75,1\right]\frac{y_i}{2\times loc_{ji}} \quad (13)$$

$$zl_{pij} = \left[0.001,0.1,0.25,0.75,1\right]\frac{w_i + \lambda_i}{p_i} \quad (14)$$

$$j = j'$$

$$zl_{pij} = \left[-2,-1,0,1,2\right]\frac{w_i + \lambda_i}{4\times p_i} \quad (15)$$

$$zq_{pij} = 0 \quad (16)$$

$$j \prec j'$$

در رابطه (13) loc_{ji} به عنوان ماتریس ضرایب فنی می‌باشد. در نهایت، تابع بیش‌ترین آنتروپی که در این مطالعه برای برآورد توابع تولید استفاده می‌شود به صورت زیر است:

$$MaxH(p) = -\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}\sum_{p=1}^{t} pa_{pij} \ln pa_{pijk} \quad (17)$$

$$subject.to$$

$$\frac{w_i + \lambda_i}{p_i} = a_{ij} - \sum_{k=1}^{n} q_{ijk} x_{jk} \quad (18)$$

$$yield_j \times x_{j,land} = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_{ij} - 0.5\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} q_{ijk} x_{ij} x_{jk} \quad (19)$$

$$a_{ij} = \sum_{p=1}^{t} za_{pij}\, pa_{pij} \quad (20)$$

$$q_i k_j = \left(\sum_{p=1}^{t} zl_{pijk}\, pl_{pijk}\right) \times \left(\sum_{p=1}^{t} zl_{pijk}\, pl_{pijk}\right) \quad (21)$$

$$\sum_{p=1}^{t} pa_{paj} \geq 0 \quad (22)$$

$$\sum_{p=1}^{t} pa_{pijk} = 1 \quad (23)$$

$$pa_{pijk\geq 0}$$

در این روابط H بیانگر آنتروپی الگو است که باید بیشینه شود. روابط (22) و (23) بیان می‌دارند که جمع احتمالات بایستی برابر با یک باشد. سایر متغیرهای الگو در بخش‌های گذشته تعریف شده‌اند. در مرحله سوم رهیافت PMP بردار a_{ij} و ماتریس q_{ijk} در تابع تولید غیرخطی جایگذاری می‌شود و تابع یاد شده به همراه محدودیت‌های منابع الگوی برنامه‌ریزی غیرخطی را بدست می‌دهد (بخشی، 1388) که به صورت زیر قابل نمایش است:

$$Max\pi = \sum_{j=1}^{m}\left[p_j\left(\sum_{i=1}^{n}\left[a_{ij} - 0.5\sum_{k=1}^{n} q_{ijk}x_{ij}x_{jk}\right]x_{ij}\right) - \sum_{i=1}^{n} w_i x_{ij}\right]$$
$$st\sum_{j=1}^{m} x_{ij} \le b_i \qquad (24)$$
$$x_{ij} \ge 0$$

در دنیای واقعی محدودیت‌های بسیاری در فرایند تولید تأثیرگذار خواهند بود که در عمل بازتاب همه آن‌ها در مدل برنامه‌ریزی دشوار و یا برخی ناممکن است. با توجه به این که مدل‌های اقتصادی، الگوی ساده شده دنیای واقعی می‌باشد که تا حد ممکن روابط بین متغیرها را نشان می‌دهد و هدف، آزمون فرضیه‌های پژوهش در مورد این متغیرها است، لذا با توجه به موضوع پژوهش و هدف‌های آن، مهم‌ترین محدودیت‌های این مطالعه شامل محدودیت منابع آب، محدودیت سطح زیر کشت، محدودیت عامل سرمایه، محدودیت کودشیمیایی و سموم، محدودیت نیروی کار، محدودیت بازار است.

محاسبه هزینه هر مترمکعب آب

امروزه بمنظور بررسی تأثیر سیاست قیمت آب، هزینه استفاده از آب در تابع هدف در دو بخش هزینه بهره‌برداری و استخراج (آب‌های زیرزمینی) و تعرفه یا قیمت هر واحد آب در نظر گرفته شده است. رابطه یاد شده به صورت معادله (25) نشان داده شده است.

$$CW_i = CWE_i + WP \qquad (25)$$

متغیرهاکه در آن WP تعرفه یا قیمت آب و CWE_i، هزینه بهره‌برداری و استخراج منابع آب زیرزمینی برای محصولات است. هزینه بهره‌برداری و استخراج منابع آب زیرزمینی به دو دسته تقسیم می‌شود: 1- هزینه‌های سرمایه‌گذاری که دربرگیرنده حفر چاه، تجهیزات، اتصالات نصب و متعلقات آن است. 2- هزینه‌های بهره‌برداری که نگهداری، مدیریت، انرژی و تعمیرات را در بر می‌گیرد. برای تبدیل هزینه‌های سرمایه‌گذاری به هزینه یکنواخت سالانه، از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$EUAC = P(A/P,i,n) - SV(A/F,i,n) \qquad (26)$$

که در آن $EUAC$ هزینه یکنواخت سالانه[1]، P ارزش فعلی هزینه‌های سرمایه‌گذاری، $(A/P,i,n)$ ضریب تبدیل ارزش فعلی هزینه‌های سرمایه‌گذاری به یکنواخت سالانه، SV ارزش اسقاط تجهیزات و دستگاه‌ها و $(A/F,i,n)$ ضریب تبدیل ارزش آینده اسقاط به یکنواخت سالانه می‌باشد (اسکونژاد، 1375). پس از محاسبه معادل یکنواخت سالانه هزینه‌های سرمایه‌گذاری با نرخ بهره 18 درصد، می‌توان مقدار یاد شده را با هزینه‌های بهره‌برداری سالانه جمع کرد که مقدار بدست آمده

[1] -Equivalent Uniform Annual Cost

برابر با هزینه سالانه مصرف آب می‌باشد. با محاسبه میزان استحصال آب از هر حلقه چاه می‌توان از رابطه زیر هزینه هر متر مکعب آب را بدست آورد:

$$\text{هزینه استحصال هر متر مکعب آب} = \frac{\text{هزینه سالیانه آب}}{\text{میزان استحصال سالیانه آب}} \quad (27)$$

جامعه آماری پژوهش شامل اراضی آبی واقع در دشت دهگلان می‌باشد. در این پژوهش داده‌های مورد نیاز از راه تکمیل 162 پرسش‌نامه به وسیله کشاورزان دشت دهگلان برای سال زراعی 92-1391 و هم‌چنین، مراجعه به سازمان‌ها و نهادهای مربوطه گردآوری شد. بمنظور انتخاب بهره‌برداران از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای استفاده شد. بدین صورت که دشت دهگلان بر حسب دهستان‌ها به 5 ناحیه همگن تقسیم‌بندی گردید و این نواحی به عنوان خوشه اصلی مطالعه در نظر گرفته شد. بمنظور انتخاب تعداد خوشه‌های مورد بررسی از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد. در این مرحله 4 خوشه به عنوان خوشه‌های مورد مطالعه انتخاب شد. در مرحله بعد با توجه به لیست بهره‌بردارن از چاه در هر دهستان(خوشه) که از سازمان جهاد کشاورزی استان بدست آمد، تعداد 41 بهره‌بردار از خوشه اول (دهستان حومه)، 41 بهره‌بردار از خوشه دوم (قروچای)، 40 بهره‌بردار از خوشه سوم (دهستان سیس) و 40 بهره‌بردار از خوشه چهارم (دهستان بلبان آباد) انتخاب گردید جهت تعیین حجم نمونه در هر مرحله از رابطه (28) استفاده شده است.

$$n = \frac{Npq}{(N-1)D = pq} \quad (28)$$

در معادله‌ی بالا n حجم نمونه، N حجم جامعه، p، q، هم‌چنین، مقدار D برابر است با:

$$D = \frac{B^2}{4} \quad (29)$$

که در رابطه بالا B کران خطای برآورد (اشتباه قابل قبول در برآورد مقدار کل یا میانگین صفت مورد بررسی) می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج محاسبه هزینه تمام شده آب کشاورزی در منطقه مورد مطالعه

در این بخش به تبدیل هزینه‌های سرمایه‌گذاری استحصال آب به سال 1392 پرداخته که از راه مصاحبه با شرکت‌های مرتبط با حفر و فروش تجهیزات چاههای کشاورزی گردآوری شد و هم‌چنین، هزینه‌های نگهداری و انرژی مربوط به چاههای منطقه برای استحصال آب، از راه میانگین‌گیری از داده‌های پرسش‌نامه‌های تکمیلی تعیین شد. نتایج بدست آمده از برآورد

هزینه‌های سرمایه‌ای (ثابت) در جدول (1) و در جدول (2) میانگین هزینه‌های نگهداری و انرژی (متغیر) نشان داده شده است. با توجه به جدول‌هاییاد شده مجموع میانگین هزینه‌های متغیر و ثابت سالانه برای استحصال آب از چاه 9197/191 ده هزار ریال خواهد بود. با توجه به داده‌های پرسش‌نامه‌های تکمیلی، میانگین آب استحصالی برای هر چاه 144976متر مکعب در سال محاسبه شد. بنابراین، هزینه تمام شده استحصال هر متر مکعب آب 634/3 ریال می‌باشد.

634/3 = 144976 / 91971910 = هزینه استحصال هر مترمکعب آب (ریال)

ارزش اقتصادی آب کشاورزی

ارزش اقتصادی آب بیانگر سود ناخالص کشاورزان منطقه در ازای افزایش یک واحد موجودی آب تخصیص داده شده می‌باشد. مقدار ارزش اقتصادی هر نهاده تولیدی نظیر آب بستگی به مقدار موجودی منبع و مقدار مصرف آن در فعالیت‌های تولیدی دارد. اگر منطقه در منبع آبی با کمبود آب روبه‌رو شود، در این حالت این منطقه قابلیت استفاده از مقدار بیش‌تری از منابع آب را خواهد داشت و افزودن منابع آب به مقدار موجودی آن منطقه، سود منطقه را افزایش داده و بیانگر وجود ارزش اقتصادی برای نهاده آب در آن‌جاست، ولی اگر منطقه‌ای تمام موجودی آب خود را مصرف نکند و بخشی از آن مازاد باشد، سود کشاورزان منطقه با افزودن منابع آبی به موجودی آب آن‌ها به دلیل داشتن آب مازاد افزایش نیافته و بیانگر عدم وجود ارزش اقتصادی است که در این حالت ارزش آب برای کشاورزان منطقه معادل ارزش اقتصادی آخرین واحد قبلی مصرف شده می‌باشد. در این بخش به تعیین ارزش اقتصادی هر واحد آب مصرفی (مترمکعب) پرداخته می‌شود. ارزش اقتصادی آب به ازای هر مترمکعب در مدل برنامه‌ریزی ریاضی، 2512/6 ریال محاسبه شد. این رقم نشان‌دهنده این است که هر واحد اضافی نهاده آب مصرفی در منطقه یاد شده می‌تواند 2512/6 ریال، سود ناخالص کشاورزان را افزایش دهد. با افزایش قیمت آب، به دلیل کاهش مصرف آن و در پی آن کاهش عملکرد محصولات، با فرض ثابت بودن سایر شرایط بازده اقتصادی کشاورزان کاهش می‌یابد، بنابراین، کشاورزان بمنظور واکنش به این تغییرات الگوی کشت خود را به سوی محصولات دیم که سود اقتصادی پایینی دارند، تغییر می‌دهند. از سوی دیگر، کشاورزان الگوی کشت آبی را انتخاب می‌کنند که منافع اقتصادی بالایی در مقابل سایر محصولات داشته باشند (گالکو-آیالا و همکاران، 2011).

نتایج مربوط به تغییر در الگوی کشت در نتیجه اعمال سناریوهای گوناگون قیمت‌گذاری آب در جدول 3 نشان داده شده است. در این بخش واکنش کشاورزان در برابر سیاست قیمت‌گذاری آب در منطقه تشریح می‌گردد. توجه به این نکته ضروری است که کشاورزان صرفا یک واکنش ثابت را

نشان نمی‌دهند، نتایج بدست آمده از مدل در جدول 4 نشان می‌دهد که با افزایش قیمت آب، سطح زیر کشت جو با وجود نیاز آبی کم، بیش‌ترین کاهش را داشته است. دلیل این موضوع را می‌توان این گونه توجیه کرد که این سیاست منجر به افزایش هزینه‌ها می‌گردد که این خود به دلیل پایین بودن بازده اقتصادی این محصول منجر به کاهش بیش‌تری در سود ناخالص این محصول می‌شود و باعث کاهش سطح زیر کشت شده است. سیب‌زمینی و کلزا کم‌ترین تغییرات را در قبال این سیاست داشته‌اند. در واقع سیب‌زمینی به‌دلیل داشتن سود اقتصادی بالا، تغییرات در بازده برنامه‌ای آن نسبت به سایر محصولات کم‌تر است. از دلایل گرایش کشاورزان این منطقه برای کشت محصول سیب‌زمینی می‌توان به سود نسبتا بالای آن در بیش‌تر سال‌های زراعی و بعضا صادرات آن به بازارهای خارج از کشور اشاره کرد. محصول کلزا به دلیل پایین بودن نیاز آبی و سود اقتصادی مناسب در قبال این سیاست کم‌ترین تأثیر را می‌پذیرد، اما محصولاتی هم‌چون یونجه، هویج، گندم، پیاز، خیار و لوبیا نسبت به سیب‌زمینی سودی کم‌تر و نسبت به محصول کلزا نیاز آبی بالاتری دارند، در نتیجه، واکنش این محصولات در برابر سیاست افزایش قیمت آب نسبت به محصول سیب‌زمینی بیش‌تر و نسبت به محصول جو کم‌تر خواهد بود.

همان‌گونه که پیش‌تر بیان شد، از مهم‌ترین سیاست‌های تأثیرگذار بر مصرف آب در بخش کشاورزی، سیاست قیمت‌گذاری آب می‌باشد. هدف اصلی فعالیت‌های کشاورزی به عنوان یک فعالیت اقتصادی بحث سودآوری است، از این رو، طبیعی است که واحدهای تولیدی کشاورزی در مقابل تغییر متغیرهای اقتصادی واکنش نشان دهند (بلالی، 1389). با افزایش قیمت آب هزینه نهایی استفاده از این نهاده افزایش یافته و همین مسئله سبب می‌گردد که ترکیبی از مصرف آب را انتخاب کنند که به ازای هر واحد آب مصرفی منافع بیش‌تری بدست آید. از این رو، افزایش هزینه بهره‌برداری نهاده آب از راه قیمت‌گذاری می‌تواند با فرض ثابت بودن سایر عوامل منجر به کاهش مصرف و تقاضای آب گردد (جانسون، 2004). نتایج بدست آمده در جدول 5 این موضوع را مورد تأیید قرار می‌دهد.

نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر اعمال قیمت آب آبیاری بر الگوی کشت و مصرف آب انجام شده است. نتایج نشان دادند که دلیل اصلی بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی هزینه پایین استفاده از این منبع و ارزان بودن آن برای بهره‌برداران است. همین مسئله باعث استخراج بی‌رویه منابع آب زیرزمینی است. بر اساس مطالعات (نجفی علمدارلو و همکاران، 1392) و (اسدی و

همکاران، 1386) افزایش هزینه کاربرد و استفاده از این نهاده از راه ابزارهای سیاستی نظیر وضع قیمت آب می‌تواند نقشی مؤثر در کنترل بهره‌برداری و تخلیه آبخوان داشته باشد.

در این پژوهش هزینه استخراج هر مترمکعب آب معادل با 634/3 ریال برآورد شد در حالی که ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب در این دشت معادل 2512/6 ریال تعیین گردید و همان‌گونه که مشاهده شد، اختلاف زیادی بین این دو مبلغ وجود دارد. از آن‌جا که نهاده آب درآمدی بیش از مقدار هزینه آن برای کشاورزان ایجاد می‌کند، پیشنهاد می‌شود قیمت‌گذاری و دریافت آب‌بها با در نظر گرفتن ارزش اقتصادی آن در منطقه انجام گیرد زیرا قیمت‌گذاری بر اساس ارزش اقتصادی سبب ایجاد انگیزه صرفه‌جویی و مصرف کم‌تر آب در میان کشاورزان خواهد شد. البته، توجه به این نکته ضروری است که این سیاست منجر به کاهش سود ناخالص کشاورزان و تولید محصولات کشت شده در منطقه نیز خواهد شد. در نتیجه، افزایش تدریجی قیمت آب بمنظور ایجاد تعادل بین منافع و هزینه‌های ناشی از اعمال این سیاست اثرات اجتماعی و اقتصادی بهینه‌تری به همراه دارد. برای رسیدن به این هدف پیشنهاد می‌شود، نخست یک سیاست دریافت آب‌بهای تدریجی اجرا شده تا کشاورزان بتدریج بتوانند وضعیت خود را با شرایط جدید وفق دهند و سپس برنامه‌ریزی و اجرای این سیاست‌ها نیز با مشارکت آنان انجام گیرد.

منابع

- اسدی، ه. سلطانی، غ.ر. ترکمانی، ج. (1386). قیمت گذاری آب کشاورزی در ایران مطالعه موردی اراضی زیر سد طالقان. مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه. (58) :90-61.

- اسکونژاد، م. (1375). اقتصاد مهندسی یا ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر. چاپ بیست و هفتم.

- بخشی، م. ر. (1388). بررسی آثار حذف یارانه کودهای شیمیایی و اعمال سیاست پرداخت مستقیم بر الگوی کشت و مصرف نهاده‌ها. رساله دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه تهران.

- بخشی، ع. دانشور کاخکی، م. مقدسی، ر. (1390). به بررسی کاربرد مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به منظور تحلیل اثرات سیاست‌های جایگزین قیمت‌گذاری آب در دشت مشهد. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی). 25(3) :294-284.

- بلالی، ح. (1389). بررسی تأثیر سیاست‌های قیمتی و کشاورزی بر حفظ منابع آب‌های زیرزمینی مطالعه موردی: دشت بهار. پایان‌نامه دکتری رشته اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

- پرهیزکاری، ا. صبوحی، م. احمدپور، م. بدیع برزین، ح. (1393). شبیه‌سازی واکنش کشاورزان به سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری (مطالعه موردی: شهرستان زابل). نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی. 28(2) :176-164.
- چیذری، ا. ح. شرزه‌ای، غ. ع. کرامت‌زاده، ع. (1384). تعیین ارزش اقتصادی آب با رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی (مطالعه موردی: سد بارزو شیروان). مجله تحقیقات اقتصادی. (71) :176-164.
- رهنما، ع. کهنسال، م، ر. و دوراندیش، آ. (1391). برآورد ارزش اقتصادی آب با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت در شهرستان قوچان. مجله اقتصاد کشاورزی، جلد 6، شماره‌ی 4، صفحات 150-133.
- علیزاده، ا. (1382). اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ شانزدهم، دانشگاه امام رضا(ع)، مشهد مقدس.
- شیفر، ر. آت ل. مندنهال، و. (1389). مقدمه‌ای بر بررسیهای نمونه‌ای. ترجمه ناصر ارقامی؛ احمد سنجری؛ سید ابوالقاسم بزرگ‌نیا. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. چاپ سوم.
- مهندسین مشاور هکمتان آب. (1386). آماربرداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی محدوده مطالعاتی قروه-دهگلان.
- نجفی علمدارلو، ح. احمدیان، م. خلیلیان، ص. (1392). ارزیابی اقتصادی سیاست قیمت‌گذاری آب زیرزمینی در دشت ورامین. تحقیقات اقتصاد کشاورزی. 5(3) : 154-137.
- نیکویی، ع. زیبایی، م. (1388). سیستم حمایت تصمیم در مدیریت بحران منابع آب کشاورزی با تأکید بر کم‌آبیاری: مطالعه موردی در حوضه آبخیز زاینده‌رود. هفتمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، تهران.
- Arfini F. Donati M. Paris Q. 2003. A national PMP model for policy evaluation in agriculture using micro data and administrative information. Paper pressed at the international Confrance Agricultural policies, EAAE. Proceeding of the 40th seminar, june 26-28. Ancona, Italy. 17-35.
- Cortignani R. and Severini S. 2009. Modeling farm-level adoption of deficit irrigation using Positive Mathematical Programming. Agricultural Water Management. 96:1785-1791.
- Easter K, W. Rosegratant M,W. Dinar, A. 1999. Formal and Informal Markets for Water: Institutions, Performance, and Constraints. The World Bank Research Observer. Vol, 14(1):99-116.
- Gallego-Ayala J. 2012. Selecting irrigation water pricing alternatives using a multimethodological approach. Mathematical and Computer Modelling, article in press.
- Golan A. Judge G. Miller D.1996. Maximum Entropy Econometrics: Robust Estimation with limited Data. New York: John Wiley and sons.

- Gomez-Limon J, A. Martinez Y. 2006. Multi-criteria modeling of irrigation water market at basin level: A Spanish case study. European Journal of Operational Research. 173: 313-336.
- He L. 2004. Improving Irrigation Water Allocation Effiency: Analysis of Aternative Policy Option in Egypt and Morocco, PhD thesis, Purdue University, USA.
- Hellegers P. 2002. Treating Water in Irrigated Agricultureas an Economic Good. Presented on the conference ofIrrigation Water Policies, June, Agadir, Morocco.
- Howitt R. 1995, a. Calibration Method for Agricultural Economics Production Models, American Journal of Agricaltural Economic. 46(2): 147-159.
- Howitt R, E. Msangi S. 2002. Reconstructing Disaggregate Production Function, AAEA-WAEA Annual Meeting, California, July, 28-31.
- Howitt R. 2005. Agricultural and Environmental Policy Models: Calibration, Estimation and Optimization, unpublished, 2005, available at: www.ageecon.ucdavis.edu.
- Johanson J, W. 2003. Water conservation Policy Alternatives for the Southern Portion of the Ogalala Aquifer. P.h.D thesis, Department of Agricultural and Applied Economic. Texas Tech University.
- Riesgo L. Gomez-Limo J, A. 2006. Multi- criteria policy scenario analysis for public regulation of irrigated agriculture. Agricultural System 91: 1-28.
- Ward Kristen, B. 2003. Evaluating Producer Response to Water Policies in Agriculture: The Role of Input substitution, spatial hetrogeneity and input quality. Ph.D Dissertation, university of california Davice, USA.

پیوست‌ها

جدول 1- هزینه‌های سرمایه‌گذاری (ثابت) استحصال آب (ده هزار ریال).

شرح	هزینه	ارزش اسقاط	طول عمر	استهلاک سالانه
حفر چاه (100 متر)	10000	0	15	1964
لوله جدار	1600	0	15	314/24
پمپ شناور	3000	500	10	646/25
کابل و ترانس امتیاز و تابلوی برق	20000	5000	15	3928
لوله 6 اینچ	1500	200	15	291/32
اتصالات نصب	500	0	15	98/2
کل	36600	5700	-	7242/01

منبع: یافته‌های پژوهش بر اساس مصاحبه با شرکت‌های مرتبط با حفر و فروش تجهیزات چاههای کشاورزی.

جدول 2- هزینه‌های نگهداری و انرژی (متغیر) استحصال آب (ده هزار ریال).

شرح	بیشینه	کمینه	میانگین
هزینه نگهداری(تعمیرات)	3500	150	1029/32
هزینه انرژی	2000	750	925/861
کل	-	-	1955/181

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول 3- درصد تغییر در الگوی کشت محصولات گوناگون در نتیجه اعمال سناریوهای گوناگون قیمت‌گذاری آب.

قیمت آب (ریال)	یونجه	گندم	سیب‌زمینی	جو	هویج	خیار	پیاز	کلزا	لوبیا
187/83	-4/03	-3/10	-0/73	-5/90	-3/53	-2/70	-2/96	-1/70	-2/60
375/66	-8/07	-6/2	-1/47	-11/81	-7/06	-5/40	-5/92	-3/41	-5/21
563/49	-12/11	-9/30	-2/21	-17/71	-10/59	-8/10	-8/89	-5/12	-7/82
751/32	-16/14	-12/40	-2/94	-23/62	-14/12	-10/80	-11/85	-6/83	-10/43
939/15	-20/18	-15/50	-3/68	-29/53	-17/65	-13/50	-14/82	-8/54	-13/03
1126/98	-24/22	-18/60	-4/42	-35/43	-21/18	-16/20	-17/78	-10/25	-15/64
1314/81	-28/25	-21/71	-5/15	-41/34	-24/71	-18/90	-20/74	-11/95	-16/88
1502/64	-32/29	-24/81	-5/89	-47/24	-28/24	-21/60	-23/71	-14/22	-
1690/47	-36/33	-27/91	-6/63	-53/15	-31/77	-24/30	-26/67	-	-
1878/3	-40/36	-31/01	-7/36	-59/06	-35/30	-27/002	-29/64	-	-

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول 4- درصد تغییر در مصرف آب در نتیجه اعمال سناریوهای گوناگون قیمت‌گذاری آب.

قیمت آب (ریال)	یونجه	گندم	سیب‌زمینی	جو	هویج	خیار	پیاز	کلزا	لوبیا
187/83	-4/06	-3/17	-0/76	-6/56	-3/82	-3/28	-3/48	-1/01	-3/44
375/66	-8/13	-6/34	-1/53	-13/12	-7/65	-6/57	-6/97	-4/12	-6/88
563/49	-12/19	-9/52	-2/30	-19/69	-11/48	-9/86	-10/45	-6/03	-9/32
751/32	-16/26	-12/69	-3/07	-26/25	-15/31	-13/14	-13/94	-8/24	-11/76
939/15	-20/32	-15/86	-3/83	-32/81	-19/14	-16/43	-17/43	-9/05	-13/20
1126/98	-24/39	-19/04	-4/60	-39/37	-22/97	-19/72	-20/91	-11/07	-16/64
1314/81	-28/45	-22/21	-5/37	-45/94	-26/80	-23/00	-24/40	-12/18	-17/14
1502/64	-32/52	-25/38	-6/14	-52/50	-30/63	-26/29	-27/89	-12/29	-
1690/47	-36/59	-28/56	-6/90	-59/06	-34/45	-29/58	-31/37	-	-
1878/3	-40/65	-31/73	-7/67	-65/63	-38/28	-32/86	-34/86	-	-

منبع: یافته‌های پژوهش