نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۳ / شماره ۳/ ۱۳۹۸
Archive of SID
10.22092/jwra.2019.126123.655

# اثر روش‌های قیمت‌گذاری و سهمیه بندی آب آبیاری بر الگوی کشت و تقاضای آب در دشت سیستان

**حسین بدیع برزین، محمود هاشمی تبار [۱]* و سید مهدی حسینی**

دانشجوی دکترا اقتصاد کشاورزی، دانشکده علوم زیست محیطی و کشاورزی پایدار، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
**hossein.badi89@gmail.com**
استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده علوم زیست محیطی و کشاورزی پایدار، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
**mhashemitabar@gmail.com**
استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده علوم زیست محیطی و کشاورزی پایدار، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
**shseyedmahdi46@gmail.com**

## چکیده

**از آن‌جا که بخش کشاورزی بزرگترین مصرف کننده آب است، ارائه شیوه‌های مدیریت منابع آب و تدوین سیاست‌های صحیح در این بخش به منظور افزایش بهره‌وری این نهاده ضروری به نظر می‌رسد. در مطالعه حاضر، تحلیل اقتصادی اثرات سهمیه‌بندی و قیمتی آب آبیاری بر الگوی کشت و مدیریت تقاضای آب در دشت سیستان با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)[۲] در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ مورد بررسی قرار گرفت. برای تحقق این هدف، در این مطالعه یک سامانه مدل‌سازی اقتصادی شامل مدل تولید محصولات کشاورزی منطقه‌ای (SWAP)[۳] به کار رفت و برای حل این سامانه مدل-سازی از نرم‌افزار کاربردی GAMS نسخه ۲۴/۱ استفاده شد. نتایج نشان داد که اعمال سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه-بندی آب آبیاری منجر به کاهش مجموع سطح زیرکشت محصولات منتخب و کاهش بازده ناخالص کشاورزان دشت سیستان می‌شود. این در حالی است که سیاست‌های مذکور به ترتیب منجر به صرفه‌جویی ۴/۵۹۴ تا ۲۴/۴۵۶ و ۷/۱۲۳ تا ۲۹/۴۸۴ میلیون مترمکعب آب مصرفی در الگوی کشت منطقه می‌شود. کاهش مجموع سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی تحت سناریوهای مختلف سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری، به خصوص محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر مانند هندوانه، خربزه و پیاز میزان مجموع بازده ناخالص کشاورزان سیستانی از ۱۴۲۵۶۹۴ به ۱۲۹۲۶۷۷ میلیون ریال می‌رسد که کاهش میزان سود ناخالصی معادل با ۲/۱۷ تا ۹/۳۳ درصد را در الگوی زراعی منطقه به همراه دارد. بدین ترتیب اعمال سیاست سهمیه-بندی آب آبیاری با توجه به صرفه‌جویی حدود ۳۰ میلیون مترمکعب آب در دسترس کشاورزان، در مقایسه با سیاست قیمت‌گذاری آب راهکار مناسب‌تری برای حفظ و صیانت از منابع آب موجود در دشت سیستان است.**

**واژه‌های کلیدی:** مدیریت منابع آب، مدل SWAP، برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، صرفه‌جویی در آب

---

[۱] – آدرس نویسنده مسئول: دانشکده علوم زیست محیطی و کشاورزی پایدار، دانشگاه سیستان و بلوچستان

* – دریافت:خرداد ۱۳۹۸ و پذیرش: مهر ۱۳۹۸

2- Positive Mathematical Programming
3- State Wide Agricultural Production

www.SID.ir

Archive of SID

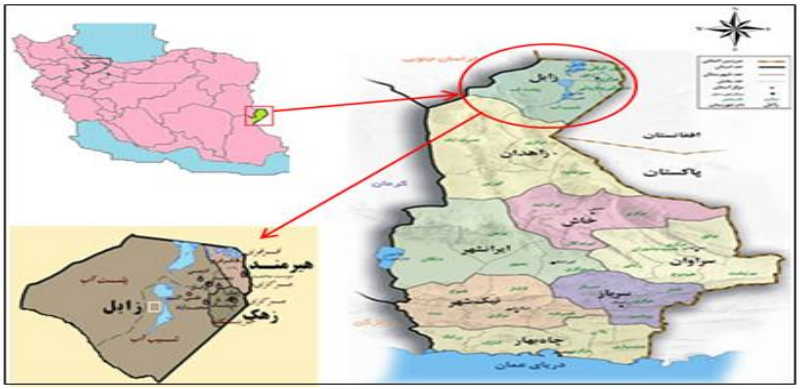
**مقدمه**

کشاورزی یکی از ارکان اساسی و زیربنایی اقتصاد کشور می‌باشد که علاوه بر تأمین نیازهای غذایی، موجب کسب درآمد و ایجاد اشتغال برای بخش عمده‌ای از نیروی کار جامعه می‌شود (عسگری پور و باقری، ۱۳۸۹). یکی از نهاده‌های محدود کننده در بخش کشاورزی که تغییرات قیمت آن الگوی کشت و نوع فعالیت‌ها را در مناطق مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد، آب می‌باشد (بدیع برزین و همکاران،۱۳۹۷). در هر منطقه با توجه به میزان آب قابل دسترس، نوع منابع آبی، نوع فعالیت‌ها و محصولات کشت شده، واکنش کشاورزان در قبال تغییرات قیمتی مناطق مختلف یکسان نیست؛ بنابراین یکی از اهداف اصلی برنامه‌های راهبردی مدیریت منابع آب ملی و سیاست‌های کشاورزی استفاده بهینه از منابع آب محدود است که پیش از هر چیز برای ایجاد هماهنگی در اجرای برنامه‌های توسعه کشاورزی و پایداری اقتصادی صورت می گیرد (صبوحی و پرهیزگاری،۱۳۹۱). تولید در بخش کشاورزی فرآیندی پیچیده می‌باشد و به موازات پیدایش روش‌ها و تکنولوژی‌های جدید همواره در حال تغییر و تحول است. در این راستا، تولید محصولات کشاورزی تحت تأثیر عوامل گوناگونی قرار می‌گیرد که این عوامل هر یک به تنهایی بدون ارزش بوده و در تقابل با یکدیگر معنا می‌یابند (فلاحی و خلیلیان، ۱۳۸۸). بر این اساس، تداوم افزایش شکاف میان عرضه و تقاضای آب در آینده، توجه جدی به مبانی برنامه‌ریزی اقتصادی منابع آب و تخصیص بهینه آن را اجتناب‌ناپذیر کرده و مدیریت صحیح منابع آب را ضروری می‌سازد (پرهیزکاری، ۱۳۹۲). کارشناسان بخش کشاورزی معتقدند که در صورت عدم محدودیت آب، ۵۰-۳۰ میلیون هکتار از زمین‌های کشور قابل کشت خواهد بود. مقدار آبی که هم اکنون در کشور استحصال می‌شود حدود ۹۰ میلیون مترمکعب است (معادل سه درصد کل آب استحصالی جهان)، ولی بیش از ٦٥ درصد این آب به دلیل بهره‌برداری نامناسب و بازده پایین آبیاری در کشور به هدر می‌رود (تیموری و باقرزاده، ۱۳۸۷). در زمینه سیاست‌گذاری، امروزه تلاش‌های زیادی برای کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی و بهبود تخصیص آن در بین فعالیت‌های مختلف صورت گرفته است. برای بهبود کارایی تخصیص آب، اقتصاددانان افزایش قیمت نهاده آب را پیشنهاد می‌کنند ولی سیاست‌گذاران به دلایل اقتصادی، فرهنگی و سیاسی این پیشنهاد را رد می‌کنند (هی و همکاران، ٢٠٠٦). به طور کلی، مدیریت مطلوب تقاضا از طریق قیمت‌گذاری می‌تواند با تأمین قسمتی از نیازهای مالی بخش آب، موجبات تقویت نقش اقتصادی آب در توسعه را فراهم کرده و ضمن استفاده کارآتر، بهره‌وری نهاده‌های کشاورزی از جمله آب را نیز بهبود بخشد. از این رو، قیمت‌گذاری آب به عنوان یک ابزار مناسب مدیریتی، جهت ایجاد سازگاری بین فعالیت‌های عملی و واقعی بهره‌برداران از آب و خدمات وابسته به آن با اهداف و استراتژی‌های توسعه ملی مطرح می‌باشد (احسانی و همکاران، ۱۳۹۱).

سیستان که منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر است، با طول جغرافیایی ٦٠ درجه و ١٥ دقیقه تا ٦١ درجه و ٥٠ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ٣٠ درجه و ٥ دقیقه تا ٣١ درجه و ٢٨ دقیقه شمالی در بخش شمال شرق استان سیستان و بلوچستان واقع شده و با مساحتی معادل با ١٥١٩٧ کیلومتر مربع در حدود ٨/١ درصد از خاک این استان را به خود اختصاص داده است. شکل ١- موقعیت جغرافیایی منطقه سیستان و شهرستان‌های واقع در آن را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID




**شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه سیستان و شهرستان‌های واقع در آن**

منطقه سیستان به لحاظ تقسیمات کشوری دارای سه شهرستان (زابل، زهک و هیرمند)، هفت شهر، ۱۸ دهستان و بیش از ۹۸۵ روستا و آبادی است. به لحاظ شرایط اقلیمی، آب و هوای حاکم بر منطقه سیستان در تمام طبقه-بندی‌های اقلیمی صورت گرفته از نوع گرم و خشک است. میانگین دمای سالانه ۲۱ درجه سانتی‌گراد، میانگین رطوبت نسبی ۳۸ درصد و متوسط بارندگی در منطقه سیستان حدود ۵۸ میلی‌متر (حدود ۲۵ درصد بارندگی در کشور و حدود هفت درصد متوسط بارندگی جهانی) است که این مقدار بارش تأثیر چندانی در بهبود وضعیت کشاورزی منطقه سیستان ندارد. این در حالی است که میزان تبخیر و تعرق سالانه در منطقه سیستان ۸۰ برابر میزان بارندگی (بین ٤٥۰۰ تا ۵۰۰۰ میلی‌متر) در این منطقه برآورد شده است (سازمان هواشناسی استان سیستان و بلوچستان، ۱۳۹۵). دشت سیستان که منطقه مورد مطالعه در این تحقیق است، دارای بیش از ۱۳۵ هزار هکتار اراضی قابل کشت می‌باشد. از این سطح، سالانه بر حسب میزان آب تخصیصی تنها در حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد زیرکشت محصولات زراعی و باغی قرار می‌گیرد. عدم وجود منابع آب مطمئن علت اصلی کاهش سطح زیرکشت محصولات در این منطقه است کاهش نزولات آسمانی به دلیل شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه سیستان و به دنبال آن خشک شدن اغلب جریانات سطحی و رودخانه‌های فصلی به خصوص رودخانه هیرمند، کم‌آب شدن تالاب بین‌المللی هامون و چاه‌نیمه‌ها و کم شدن چشمه‌های آب شیرین از یک سو و توسعه سطح فعالیت-های زراعی (گندم، جو، خربزه، هندوانه و غیره) با هدف کسب حداکثر سود اقتصادی توسط کشاورزان سیستانی از سوی دیگر سبب شده که طی سال‌های اخیر منابع آب زیرزمینی این منطقه بیش از ظرفیت مجاز برداشت شود و نقش مهمی را در تأمین آب آبیاری کشاورزان این منطقه داشته باشد. افزون بر این، استفاده از روش‌های سنتی آبیاری (کرتی، غرقابی، جوی و پشته‌ای و غیره) و عدم به‌کارگیری سیستم‌های نوین آبیاری به دلیل خرده‌پا بودن اغلب زارعین منطقه، سطح درآمدی پایین آن‌ها و فقدان تسهیلات مالی مناسب برای کشاورزان در جهت تجهیز مزارع به سیستم-های نوین آبیاری (قطره‌ای و بارانی) سبب شده که منابع اندک آب موجود و دردسترس کشاورزان نیز به صورت غیر کارا و با راندمان پایین در سطح اراضی مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، غیر بهینه الگوهای زراعی در سطح مزارع و مناطق با کشاورزی آبی در دشت سیستان از عوامل چالش برانگیز دیگری است که افزون بر تهدید منابع آبی این منطقه، منجر به تخریب و فرسایش خاک اراضی شده است. استفاده بیش از حد از کودها و سموم شیمیایی جهت افزایش میزان عملکرد محصولات منتخب زراعی در واحد سطح اراضی در راستای محقق شدن اهداف اقتصادی زارعین این منطقه نیز از دیگر معضلات و مسائلی است که منجر به آلودگی منابع آب و خاک و تخریب اکوسیستم‌های گیاهی و جانوری شده است و اثرات سوء زیست‌محیطی را

www.SID.ir

Archive of SID

به همراه داشته است (اداره جهاد کشاورزی شهرستان زابل،١٣٩٤).

با توجه به رخداد وقایع و مشکلات فوق در محدوده مطالعاتی دشت سیستان طی سال‌های اخیر از یک-سو و کم آب یا خشک شدن منابع آبی موجود در این منطقه (مانند رودخانه هیرمند، چاه‌نیمه‌ها و تالاب بین‌المللی هامون) از سوی دیگر، ارائه یک روش اقتصادی مشتمل بر مدل‌سازی ریاضی را جهت ارزیابی اثرات سیاست‌های مورد استفاده جهت مدیریت منابع آب (قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری) بر تولیدات کشاورزی، منابع آب دردسترس کشاورزان و بازده ناخالص حاصل از الگوی کشت در دشت سیستان مسئله‌ای مهم و اجتناب‌پذیر می‌باشد که در این مطالعه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. در مطالعه حاضر نیز برای تحلیل اثرات سیاست قیمت گذاری آب آبیاری در دشت سیستان از رهیافت برنامه ریزی ریاضی مثبت (PMP) استفاده شده است. بر این اساس مطالعاتی در داخل و خارج کشور انجام گرفته است. کرامت زاده و همکاران (١٣٩٠) در تحقیقی با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به بررسی نقش بازار آب در تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی در اراضی پایین دست سد شیرین دره بجنورد پرداختند. نتایج نشان داد که ارزش اقتصادی نهاده آب در سناریوهای مختلف نرمال و خشکسالی به ترتیب معادل ٤١٦ و ٥٧١ ریال می‌باشد و ایجاد بازار آب رفاه کشاورزان مناطق مختلف اراضی زیر سد شیرین دره بجنورد را افزایش می‌دهد. پرهیزکاری و همکاران (١٣٩٦) در پژوهشی با استفاده از مدل‌های برنامه-ریزی ریاضی به ارزیابی اثرات تغییر اقلیم ناشی از کاهش بارش بر منابع آب در دسترس و تولیدات کشاورزی در حوضه آبخیز شاهرود پراختند. نتایج نشان داد که تغییر اقلیم ناشی از کاهش بارش منجر به کاهش منابع آب در دسترس، افزایش ارزش اقتصادی آب آبیاری، کاهش مجموع سطح زیر کشت محصولات آبی و کاهش سود ناخالص کشاورزان در حوضه آبخیز شاهرود شده است. بیش‌ترین کاهش منابع آب در دسترس نیز در سناریوی تغییر اقلیم شدید و به مقدار ٣٠/٠٣ میلیون مترمکعب به‌دست آمد. در خارج کشور کورتیگنانی و سورینی (٢٠٠٩) در تحقیقی برای حفاظت از منابع آبی اتحادیه اروپا در منطقه‌ای از مدیترانه به بررسی سیاست‌های آب آبیاری با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش هزینه‌های آب انگیزه استفاده از روشهای آبیاری جدید را ایجاد نمی‌کند. در عوض، کشاورزان در صورت کاهش آب یا کاهش قیمت محصولات زراعی آبیاری، با جابجایی از آبیاری کامل به سمت کم آبیاری، موجب صرفه جویی در مصرف آب می‌شود. هویت و همکاران (٢٠١٢) در مطالعه‌ای به منظور واسنجی مدل‌های اقتصادی در زمینه مدیریت منابع آب و کشاورزی در کالیفرنیا، از مدل برنامه-ریزی ریاضی مثبت و تابع تولید با کشش جانشینی ثابت استفاده کردند. نتایج به دست آمده نشان داد که انعطاف بیشتر به وجود آمده در اثر تشکیل بازار آب می‌تواند زیان-های درآمدی حاصل از خشکسالی را تا ٣٠ درصد کاهش دهد.

لاله‌زاری و همکاران (٢٠١٥) در تحقیقی به منظور تخصیص منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی جهت پایداری برنامه‌های آبیاری و تدوین الگوی بهینه کشت تحت شرایط کم‌آبی در استان خوزستان از روش برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه استفاده کردند. این روش جهت دستیابی به دو هدف اصلی حدکثرسازی درآمد ناخالص کشاورزان و حداکثرسازی کارایی آب مصرفی در سطح مزارع معرفی شد. نتایج به دست آمده از مدل پیشنهادی حاکی از نامناسب بودن به‌کارگیری تکنیک کم-آبیاری طی دوره میانی رشد محصولات صیفی خربزه و گوجه‌فرنگی بود. افزون بر این، نتایج نشان داد که به کارگیری تکنیک بهینه‌سازی چندهدفه در راستای تعیین الگوی بهینه کشت می‌تواند تا حد زیادی در بهبود و توسعه برنامه‌ریزی آبیاری در منطقه موثر باشد. مطالعات بررسی شده فوق نشان می‌دهند که مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) ابزار مهم و مناسبی برای توسعه سیاست‌های کاربردی در زمینه مدیریت منابع آب و بخش کشاورزی

www.SID.ir

Archive of SID

است و طی سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققان داخلی و خارجی قرار گرفته است.

به همین منظور، در تحقیق حاضر برای تحلیل سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری و ارزیابی اثرات بالقوه آن‌ها بر مدیریت منابع آب، الگوی کشت، تولید محصولات منتخب کشاورزی و وضعیت درآمدی کشاورزان (بازده ناخالص حاصل از الگوی کشت) دشت سیستان از روش فوق استفاده شده است.

## مواد و روش

برنامه ریزی ریاضی مثبت یک روش تحلیل تجربی است که از تمام اطلاعات موجود فارغ از این که به چه میزان کمیاب هستند، استفاده می کند و در تحلیل های سیاستی منطقه‌ای و بخشی اهمیت ویژه‌ای دارد .کارشناسان و برنامه‌ریزان بخش کشاورزی معتقدند که شبیه‌سازی عکس العمل احتمالی کشاورزان در شرایط اجرای سیاست‌های مختلف می‌تواند کمک موثری درجهت اتخاذ تصمیمات صحیح تر قلمداد شود (صبوحی و همکاران،۱۳۸۵)؛ بنابراین پایه و اساس برنامه ریزی ریاضی مثبت بصورت مراحل ذیل می باشد:

### مرحله اول: جمع‌آوری داده‌های سال پایه

در این تحقیق پس از ارائه مدل برنامه‌ریزی پیشنهادی در سطحی تجمیعی (تجمیع مکانی یا فضایی)، واکنش کشاورزان شهرستان زابل نسبت به سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری بررسی می‌شود. به همین منظور، داده‌های مورد نیاز که مربوط به سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ می‌باشند از طریق مراجعه مستقیم به ادارات ذی‌ربط (سازمان جهاد کشاورزی و سازمان آب منطقه‌ای) در شهرستان زابل و استان سیستان و بلوچستان جمع‌آوری می‌شوند. با توجه به این‌که مدل پیشنهادی به صورت تجمیعی یا مکانی به بررسی اثرات سیاست‌های اعمال شده می‌پردازد، لذا جمع‌آوری داده‌ها نیز به صورت منطقه‌ای و با کمک اطلاعات ثبت شده در نهادهای دولتی صورت می-گیرد.

### مرحله دوم: حل مدل برنامه‌ریزی خطی و تعیین مقادیر دوگان یا قیمت‌های سایه‌ای محدودیت‌ها

این مرحله شامل حل یک مسئله برنامه‌ریزی خطی جهت حداکثرنمودن سود ناخالص کشاورزان با توجه به محدودیت‌های منابع و واسنجی می‌باشد. در این مرحله پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی مقادیر قیمت‌های سایه‌ای (ارزش دوگان) برای محدودیت‌های منابع و واسنجی به دست می‌آید (هوویت و همکاران، ۲۰۱۲؛ پرهیزکاری و صبوحی، ۱۳۹۲). شکل ریاضی این مرحله را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$Max Z = \sum_{r=1}^{3} \sum_{i=1}^{6} \left( p_{ri} y_{ri} - \sum_{j \neq land} \alpha_{rij} c_{rij} \right) x_{rij}$$

$$Subject\ to:$$

(۱)

$$\sum_{i=1}^{6} \alpha_{rij} x_{rij} \leq b_{rj} \qquad [\lambda_1] \qquad \forall r, j$$

(۲)

$$x_{ri} = \tilde{x}_{ri} + \varepsilon \qquad [\lambda_2] \qquad \forall r, j$$

(۳)

$$x_{ri} \geq 0 \qquad \forall r, j$$

(٤)

رابطه ۱، تابع هدف مدل برنامه‌ریزی خطی است که در آن، $Z$ بازده برنامه‌ای، اندیس‌های $r$، $i$ و $j$ به ترتیب بیانگر مناطق مورد مطالعه (زابل، زهک و هیرمند)، محصولات (گندم، جو، یونجه، پیاز، خربزه و هندوانه) و نهاده‌ها (زمین، آب آبیاری، نیروی‌کار و سرمایه) می‌باشند. $p_{ri}$ قیمت محصول $i$در منطقه $r$، $y_{ri}$ عملکرد محصول $i$ در منطقه $r$، $x_{ri}$ سطح زیرکشت محصول $i$ در منطقه $r$، $c_{rij}$ هزینه نهاده $j$ برای تولید محصول $i$ در منطقه $r$ (به جز زمین)، $\alpha_{rij}$ ضرایب فنی (لئونتیف) نهاده‌ی $j$ برای تولید محصول $i$ در منطقه $r$، $\tilde{x}_{ri}$ سطح زیر کشت مشاهده شده محصول $i$ در منطقه $r$، $b_{rj}$ مقادیر دردسترس نهاده $j$

www.SID.ir

Archive of SID

در منطقه $r$ و $\varepsilon$ مقدار مثبت کوچکی است که برای جلوگیری از به وجود آمدن وابستگی خطی بین محدودیت-های سیستمی و واسنجی به کار می‌رود (۲۳). ضریب لئونتیف در رابطه ۱، اشاره به سطح مشاهده شده از نهاده‌ی $j$ برای تولید محصول $i$ نسبت به سطح زیرکشت مشاهده شده در سال پایه دارد که به صورت زیر تعریف می‌شود (هوویت و همکاران، ۲۰۱۲؛ مدلین-آزورا و همکاران، ۲۰۱۲؛ پرهیزکاری و صبوحی، ۱۳۹۳):

$$\alpha_{rij} = \frac{\tilde{x}_{rij}}{\tilde{x}_{ri,Land}} \qquad \forall r, i, j \qquad (۵)$$

رابطه ۲، محدودیت منابع یا عوامل تولید را نشان می‌دهد و برای نهاده‌های مصرفی آب، زمین، نیروی‌کار و سرمایه تعریف می‌شود. رابطه ۳، محدودیت واسنجی را نشان می‌دهد که با اضافه شدن آن به مدل، جواب بهینه برنامه‌ریزی خطی دقیقاً سطح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه را به دست دهد. $\lambda_1$ در رابطه ۲ قیمت سایه‌ای محدودیت سیستمی و $\lambda_2$ در رابطه ۳ قیمت سایه‌ای محدودیت واسنجی را نشان می‌دهد. رابطه ٤، نیز بیانگر محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها است و تضمین می‌کند که مدل برنامه‌ریزی ارائه شده در شرایط فعلی منطقه قابلیت اجرایی شدن دارد.

**مرحله سوم: برآورد تابع تولید CES فرعی**

تابع تولید CES فرعی که تابع کشش جانشینی ثابت لانه‌ای یا تو در تو نیز نامیده می‌شود، به منظور جایگزینی نهاده سرمایه و آب در مدل SWAP استفاده می-شود. با بکارگیری این تابع، سرمایه‌گذاری در آبیاری به صورت جزئی می‌تواند جانشین آب مصرفی شود. در این صورت، تابع تولید کشش جانشینی ثابت لانه‌ای، این محدودیت را تحت عنوان نهاده‌ی مرکب آب مؤثر بیان می-کند که به صورت زیر تعریف می‌شود (مدلین-آزورا و همکاران، ۲۰۱۲؛ پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۳):

$$we_{ri} = \tau_{ri}\left\{\left[\beta_{1ri} w_{ri}\right]^{\rho_i} + \left[(1-\beta_{1ri}) wc_{ri}\right]^{\rho_i}\right\}^{1/\rho_i} \quad \forall r, i \qquad (٦)$$

در رابطه فوق، $we_{ri}$ نهاده مرکب آب مؤثر برای تولید محصول $i$در منطقه $r$، $\tau_{ri}$ پارامتر مقیاس محصول $i$در منطقه $r$، $w_{ri}$ مقدار آب مصرفی برای تولید محصول $i$ در منطقه $r$، $\beta_{1ri}$ سهم نسبی نهاده آب در فرآیند تولید محصول $i$ در منطقه $r$ و $wc_{ri}$ میزان سرمایه‌گذاری انجام شده برای آبیاری محصول $i$در منطقه $r$می‌باشد. $\rho_i$ نیز پارامتری بر حسب کشش جانشینی بین سرمایه‌گذاری آبیاری و کل آب مصرفی برای تولید محصول $i$ می‌باشد ($\sigma_i$) که از رابطه زیر به دست می‌آید (مدلین-آزورا و همکاران، ۲۰۱۲؛ پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۳):

$$\rho_i = \frac{(\sigma_i - 1)}{\sigma_i} \qquad \forall i = 1,2,...,6 \qquad (۷)$$

برای تخمین پارامترهای تابع تولید کشش جانشینی ثابت لانه‌ای، از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$\tau_{ri} = \frac{\tilde{we}_{ri}}{\left[\beta_{1ri} w_{ri}^{\rho_i} + (1-\beta_{1ri}) wc_{ri}^{\rho_i}\right]^{1/\rho_i}} \qquad \forall r, i \qquad (۸)$$

$$\beta_{1ri} = \frac{1}{1 + \left(c_{ri,wc}\tilde{w}_{ri} \Big/ \tilde{wc}_{ri} c_{ri,w}\right)} \qquad \forall r, i \qquad (۹)$$

در روابط فوق، $\tilde{we}_{ri}$، $\tilde{w}_{ri}$ و $\tilde{wc}_{ri}$ به ترتیب مقدار مشاهده شده برای نهاده‌های آب مؤثر، آب مصرفی و سرمایه‌گذاری در تکنولوژی آبیاری برای تولید محصول $i$ در منطقه $r$در سال پایه است. $c_{ri,wc}$ و $c_{ri,w}$ به ترتیب هزینه سرمایه‌گذاری در آبیاری و هزینه آب مصرفی برای تولید محصول $i$ در منطقه $r$ است (مدلین-آزورا و همکاران، ۲۰۱۲؛ پرهیزکاری و همکاران، ۱۳۹۳).

**مرحله چهارم: برآورد تابع تولید CES اصلی**

در این مرحله پارامترهای بازده ثابت نسبت به مقیاس تابع تولید CES اصلی برای هر منطقه و محصول برآورد می‌شوند. تابع تولید CES اصلی این امکان را ایجاد می‌کند که یک نرخ جانشینی ثابت بین نهاده‌های تولید و

www.SID.ir

Archive of SID

ضرایب لئونتیف با نسبتی ثابت و ضرایب تابع کاب-داگلاس با جایگزینی واحد به وجود آید (مدلین-آزورا و همکاران، ۲۰۱۰؛ پرهیزکاری و صبوحی، ۱۳۹۲). فرم ریاضی تابع تولید CES اصلی مورد استفاده در این مطالعه به صورت زیر است:

$$Y_{ri} = \tau_{ri} [\beta_{ri1} x_{ri1}^{\rho_i} + \beta_{ri2} x_{ri2}^{\rho_i} + ... + \beta_{rij} x_{rij}^{\rho_i}]^{\upsilon/\rho_i} \quad (10)$$

در رابطه فوق، $Y_{ri}$ میزان تولید محصول $i$ در منطقه $r$، $x_{rij}$ عامل تولید $j$ برای تولید محصول $i$ در منطقه $r$، $\tau_{ri}$ پارامتر مقیاس و $\beta_{rij}$ پارامتر تولید است که سهم نهاده $j$ را برای تولید محصول $i$ در منطقه $r$ نشان می‌دهد. $\upsilon$ ضریب بازده ثابت نسبت به مقیاس می‌باشد و تابع تولید CES با ضرایب ثابت مستلزم آن است که این ضریب برابر با یک شود. برای تخمین پارامترهای $\beta_{rij}$ و $\tau_{ri}$ از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$\beta_{rij} = \frac{1}{1 + \left( \left( \tilde{x}_{rij}^{-1/\sigma_i} / CS_{rij} \right) \sum_{j=land} \left( \tilde{x}_{rij}^{1/\sigma_i} / CS_{rij} \right) \right)} \quad (11)$$

در رابطه فوق، $CS_{rij}$ هزینه فرصت نهاده $j$ برای تولید محصول $i$ در منطقه $r$ می‌باشد که با استفاده از مقادیر دوگان محدودیت‌های سیستمی و واسنجی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$CS_{rij} = c_{rij} + \lambda_1 + \lambda_2 \quad \forall r, i, j \quad (12)$$

رابطه ۱۱ برای تخمین $\beta_{rij}$ مربوط به نهاده زمین (که جزء ثابت تابع تولید است) مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای تخمین $\beta_{rij}$ مربوط به سایر نهاده‌ها (آب، نیروی‌کار و سرمایه) از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\beta_{\substack{rij \\ j \neq land}} = CS_{rij} \left( \frac{\beta_{rij}}{CS_{rij}} \right) * \left( \frac{\tilde{X}_{rij}}{\tilde{X}_{rij}} \right)^{-1/\sigma_i} \quad (13)$$

با استفاده از تعریف تابع تولید CES، می‌توان پارامتر مقیاس را برای هر منطقه و محصول محاسبه و هر یک را در سطح پایه ارزیابی نمود. برای این منظور از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\tau_{ri} = \frac{(yld_{ri} / \tilde{x}_{ri}) x_{ri}}{\left[ \sum_{j=1}^{4} \beta_j x_j^{\rho} \right]^{\frac{\upsilon}{\rho}}} \quad \forall r, j \quad (14)$$

در رابطه فوق، $yld_{ri}$ عملکرد مشاهده شده در سال پایه برای محصول $i$ در منطقه $r$ می‌باشد (مدلین-آزورا و همکاران، ۲۰۱۰؛ پرهیزکاری و صبوحی، ۱۳۹۳). مراحل تخمین بالا برای توابع تولید تمام مناطق و محصولات قابل تعمیم است.

**مرحله پنجم: برآورد تابع هزینه نمایی[4] مدل PMP و تخمین پارامترهای آن**

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

$$TC_{ri}(x_{ri}) = \delta_{ri} e^{\gamma_{ri} x_{ri}} \quad \forall r = 1,2,...,5 \quad , \quad i = 1,2,...,6 \quad (15)$$

در رابطه بالا $TC_{ri}$ بیانگر هزینه کل تولید محصول $i$ در منطقه $r$، $\delta_{ri}$ پارامتر رهگیری، $\gamma_{ri}$ پارامتر کشش تابع هزینه محصول $i$ در منطقه $r$ می‌باشد. این پارامترها با بازگشت دادن قیمت‌های سایه‌ای واسنجی شده بر مقادیر مشاهده شده به دست می‌آیند (مدلین-آزورا و همکاران، ۲۰۱۰). برای برآورد مدل PMP در هر منطقه و برای هر

[3]- Exponential Cost Functions (ECF)

www.SID.ir

Archive of SID

محصول نیاز است که تابع هزینه نهایی در مدل وارد شود. تابع هزینه نهایی با مشتق‌گیری از تابع هزینه کل نسبت به عامل سطح زیر کشت ( $x_{ri}$ ) حاصل می‌شود. رابطه (۱۶) این تابع را به وضوح نشان می‌دهد:

$$MC_{ri} = \frac{\partial TC_{ri}}{\partial x_{ri}} = \delta_{ri}\gamma_{ri}e^{\gamma_{ri}x_{ri}} \qquad \forall r = 1,2,...,5 \ , \quad \forall i = 1,2,...,6$$

(۱۶)

به کمک روابط (۱۵) و (۱۶) می‌توان ضریب کشش جانشینی بین نهاده‌ها را به صورت زیر نشان داد:

$$\eta = \frac{\partial x_{ri}}{\partial TC_{ri}} \cdot \frac{TC_{ri}}{x_{ri}}$$

(۱۷)

با معکوس کردن رابطه (۱۶) و جای‌گذاری آن در رابطه (۱۷)، ضریب کشش جانشینی بین نهاده‌ها به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\frac{\partial x_{ri}}{\partial TC_{ri}} = \frac{1}{\delta_{ri}\gamma_{ri}e^{\gamma_{ri}x_{ri}}} \quad \rightarrow \quad \eta = \frac{TC_{ri}}{x_{ri}} \cdot \frac{1}{\delta_{ri}\gamma_{ri}e^{\gamma_{ri}x_{ri}}}$$

(۱۸)

با قرار دادن $TC_{ri}$ در رابطه (۱۸) و ساده نمودن تساوی حاصل، مقدار عددی ضریب کشش به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\eta = \frac{1}{\delta_{ri}\gamma_{ri}e^{\gamma_{ri}x_{ri}}} \cdot \frac{\delta_{ri}e^{\gamma_{ri}x_{ri}}}{x_{gij}} \quad \rightarrow \quad \eta = \frac{1}{\gamma_{ri}x_{ri}} = (\gamma_{ri}x_{ri})^{-1}$$

(۱۹)

$$\gamma_{ri} = \frac{p_{ri}y_{ri}}{\eta_{ri}x_{ri}} \qquad \forall r,i$$

(۲۰)

$$\alpha_{rij} = c_{rij} \qquad \forall r,i,j \neq land$$

(۲۱)

$$\alpha_{rij} = c_{ri,land} + \lambda_{2,land} + \gamma_{ri}\tilde{x}_{ri,land} \qquad \forall r,i,j = land$$

(۲۲)

کاربرد توابع هزینه نمایی در مدل‌های PMP در مقایسه با کاربرد توابع هزینه خطی و درجه دوم، دارای حداقل دو مزیت می‌باشد: ۱- برخلاف مدل‌های PMP سنتی که در آن‌ها تابع عرضه خطی دارای کشش‌های جانشینی متفاوتی می‌باشد، تابع عرضه حاصل از مدل PMP واسنجی شده با تابع هزینه نمایی دارای کشش جانشینی ثابت است. ۲- توابع هزینه نمایی برای ایجاد تناسب بین کشش‌های جانشینی از قابلیت بیشتری برخوردار می‌باشند و بدون اینکه هزینه نهایی تولید هر واحد از محصول افزایش یابد این کار را انجام می‌دهند (هوویت و همکاران، ۲۰۱۲).

**مرحله ششم: ساختن مدل برنامه‌ریزی نهایی**

در این مرحله با جایگزینی تابع هزینه‌ی نمایی و توابع تولید CES اصلی و فرعی واسنجی شده در تابع هدف مسئله توأم با در نظرگرفتن محدودیت‌های منابع، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به صورت زیر ساخته می‌شود:

$$Max \ \Pi = \sum_{r=1}^{3}\sum_{i=1}^{6}\varphi_{ri}p_{ri}Y_{ri} - \sum_{r=1}^{3}\sum_{i=1}^{6}\delta_{ri}e^{\gamma_{ri}x_{ri}} - \sum_{r=1}^{3}\sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{4}(c_{jir}x_{jir})$$

$$Subject\ to:$$

(۲۳)

$$\sum_{i=1}^{9}\alpha_{rij}x_{rij} \leq b_{rj} \qquad \forall r,j$$

(۲۴)

$$we_{ri} = \tau_{ri}\left\{\left[\beta_{1ri}w_{ri}\right]^{\rho_1} + \left[(1-\beta_{1ri})wc_{ri}\right]^{\rho_1}\right\}^{1/\rho_1} \quad \forall r,i$$

(۲۵)

$$we_{ri} \geq 0 \qquad \forall r,i$$

(۲۶)

$$x_{ri} \geq 0 \qquad \forall r,i$$

(۲۷)

رابطه ۲۳، تابع هدف غیرخطی مدل PMP است که شامل تابع تولید CES اصلی، تابع هزینه زمین و تابع هزینه خطی برای سایر نهاده‌ها (آب، نیروی‌کار و سرمایه) می‌باشد. رابطه ۲۴ محدودیت منابع را برای نهاده‌های زمین، آب، نیروی‌کار و سرمایه نشان می‌دهد. رابطه ۲۵ تابع تولید CES فرعی است که محدودیت نهاده مرکب آب مؤثر برای تولید محصولات زراعی را در هر منطقه نشان می‌دهد. رابطه ۲۶ غیرمنفی بودن میزان نهاده مرکب آب موثر و رابطه ۲۷ غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جامعه آماری مطالعه حاضر شامل کلیه کشاورزان دشت سیستان است که در اراضی خود به کشت محصولات منتخب گندم، جو، یونجه، پیاز، خربزه و هندوانه می‌پردازند. با توجه به در دست بودن داده‌های مورد استفاده به صورت تجمیعی و یا منطقه‌ای (مجموعه داده‌های اسنادی و ثبت شده در سازمان‌های مربوطه و ذی‌ربط)، در این مطالعه مبادرت به امر نمونه‌گیری نمی‌شود و تلاش شد تا اثرات بالقوه سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب ابیاری بر تولیدات بخش کشاورزی، منابع آب دردسترس و سود ناخالص کشاورزان دشت سیستان ارزیابی شود. در این تحقیق متغیرهای سطح زیرکشت محصولات منتخب، تولیدات کشاورزی، هزینه‌های تولید، میزان مصرف نهاده‌ها و قیمت محصولات منتخب به صورت مقطعی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ جمع آوری شده است. داده‌های بخش کشاورزی با مراجعه مستقیم به سازمان جهاد کشاورزی استان سیستان و بلوچستان و داده‌های مربوط به کل منابع آب و میزان آب مصرفی محصولات کشاورزی در واحد سطح اراضی، از طریق مراجعه به شرکت آب منطقه‌ای استان سیستان و بلوچستان جمع‌آوری شدند.

**جدول ۱- فهرست علائم مورد استفاده در مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت**

| | | |
|---|---|---|
| $P_i$ **قیمت بازاری محصول،** | $Y_i$ **عملکرد محصول** $i$**،** | $C_{ji}$ **هزینه نهاده** $j$ **برای محصول** $i$ **در واحد سطح (هکتار)** |
| $X_i$ سطح زیرکشت محصول $i$ | $a_{ij}$ بیانگر ضریب لئونتیف است که نسبت استفاده هر عامل تولید به زمین | $\delta_{ri}$ پارامتر رهگیری (مقدار ثابت فرض شده بر هر محصول) |
| Z: بازده ناخالص سالانه حاصل از کل فعالیت‌های زراعی آبی. | $L_{cs}$ : نیاز نیروی‌کار در واحد سطح برای محصول $i$ | $N$ : سود خالص انتظاری برای محصولات |
| $X_{cs}$ : مساحت زمین کشت شده برای هر محصول | $TL$ : میزان نیروی کار | $CS_{rij}$ ، هزینه فرصت نهاده $j$ |
| $x_{ij}$: مصرف نهاده i (شامل نهاده‌های زمین، آب، کودشیمیایی، سم، ماشین آلات و نیروی کار) | $N_{cs}$ : سود خالص برای محصول $i$ | $W_{cs}$: مقدار آب مورد نیاز برای محصول |
| $W_s$ : میزان آب انتظاری در دسترس برای آبیاری | $f_{ct}$ : مقدار کود مورد نیاز از نوع $t$ برای محصول $i$ | $q_{ijk}$: ضریب جزء درجه دوم تابع تولید. |

مآخذ: (هوویت و همکاران، ۲۰۱۲)

**بحث و نتایج**

داده‌ها و سطح زیرکشت محصولات زراعی، باغی و گلخانه‌ای در استان سیستان و بلوچستان و منطقه مورد مطالعه درجدول زیر نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که بیشترین سطح زیر کشت در دشت سیستان مربوط به محصولات زراعی می‌باشد (سازمان جهاد کشاورزی استان سیستان و بلوچستان، ۱۳۹٤).

**جدول ۲- مجموع سطح زیرکشت محصولات زراعی و باغی منطقه سیستان در سال پایه (۹۵-۱۳۹۴)**

| نوع محصولات بر حسب کشت | سطح زیرکشت (هکتار) | | درصدی از کل استان |
|---|---|---|---|
| | استان سیستان و بلوچستان | دشت سیستان | |
| محصولات زراعی | ۱۹۱۳۰۸ | ۸۱۶۴۲ | ۴۲/۶ |
| محصولات باغی | ۶۷۹۵۲ | ۱۰۵۸ | ۱/۵۶ |
| محصولات گلخانه‌ای | ۲۳۶ | ۶۳ | ۲۶/۷ |
| مجموع | ۲۵۹۴۹۶ | ۸۲۷۶۳ | ۳۱/۸ |

مأخذ: سازمان جهاد کشاورزی استان سیستان و بلوچستان، ۹۵-۱۳۹۴

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- محصولات زراعی دشت سیستان طی سال پایه ۹۵-۱۳۹۴

| محصول زراعی | الگوی سال پایه (ha) | عملکرد (kg/ha) | نیاز آبی ($m^3$/ha) | قیمت (ریال/kg) | سرمایه* (kg/ha) | نیروی‌کار (نفر-روز) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| گندم آبی | ۴۰۶۹۸ | ۳۴۰۶ | ۳۵۲۰ | ۹۱۶۷ | ۱۳۷۰ | ۲۳ |
| جو آبی | ۲۲۱۵۷ | ۲۸۵۲ | ۳۱۴۰ | ۸۶۸۳ | ۱۳۰۰ | ۲۱ |
| یونجه | ۷۲۹۴ | ۹۸۵۸ | ۷۸۵۳ | ۵۱۳۳ | ۱۵۳۰ | ۲۹ |
| پیاز | ۴۵۱۳ | ۱۸۱۵۴ | ۷۳۶۰ | ۷۶۳۴ | ۱۴۲۰ | ۳۷ |
| خربزه | ۳۷۲۵ | ۲۱۰۷۳ | ۸۱۶۰ | ۶۴۶۷ | ۱۶۳۵ | ۲۸ |
| هندوانه | ۳۲۵۵ | ۲۰۶۹۵ | ۸۴۶۱ | ۶۱۳۳ | ۱۸۶۰ | ۳۱ |

مأخذ: سازمان جهاد کشاورزی استان سیستان و بلوچستان،۹۵ ۱۳۹۴

با توجه به جدول ٤- ملاحظه می‌شود که در اثر افزایش قیمت آب آبیاری از ۱۰ تا ٤۰ درصد سطح زیرکشت کلیه محصولات الگو نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد. به طوری که محصول جو با ۰/۹٦ تا ۳/۲۷ درصد کاهش سطح کمترین و محصول پیاز با ۱/٤۲ تا ۱۲/٤ درصد کاهش سطح بیشترین تغییرات را در الگوی کشت دشت سیستان به خود اختصاص می‌دهند. تغییرات الگوی کشت پس از شبیه‌سازی حاکی از آن است که میزان پذیرش کشاورزان سیستانی در اعمال سناریوهای افزایش قیمت آب آبیای برای محصولات مختلف متفاوت می‌باشد. به طور کلی، با توجه به جدول مشاهده می‌شود که با افزایش قیمت آب آبیاری به میزان ۱۰ تا ٤۰ درصد، مجموع سطح زیرکشت محصولات زراعی ۱/۱۹ تا ٦/۲۷ درصد نسبت به شرایط سال پایه کاهش می‌یابد. افزون بر این، نتایج نشان می‌دهد که با افزایش ۱۰ تا ٤۰ درصدی قیمت آب آبیاری و کاهش مجموع سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی، سود ناخالص کشاورزان دشت سیستان ۱/۳۸ تا ۸/٦۱ درصد نسبت به شرایط سال پایه کاهش می‌یابد. علت کاهش بازده ناخالص کشاورزان در الگوی کشت، کاهش سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی به خصوص محصولات پربازده ولو آب‌بر مانند پیاز، هندوانه و خربزه می‌باشد. در واقع، با افزایش قیمت هر مترمکعب آب ابیاری نسبت به شرایط سال پایه، کشاورزان سیستانی از تخصیص نهاده آب بین فعالیت‌هایی که نیازآبی بالای دارند، می‌کاهند و بیشتر به سمت کشت محصولاتی که نیاز آبی کمتری دارند متمایل می‌شوند.

در جدول ۵ همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، افزایش قیمت آب آبیاری به میزان ۱۰ تا ٤۰ درصد منجر به کاهش مصرف آب در سطح مزارع کلیه محصولات منتخب زراعی دشت سیستان می‌شود؛ به عبارت دیگر، نتایج گویای آن است که با افزایش قیمت آب آبیاری، حجم آب مصرفی برای کلیه محصولات الگو کاهش می‌یابد. با افزایش قیمت آب آبیاری به میزان ۱۰ تا ٤۰ درصد، حجم آب صرفه‌جویی شده در الگوی کشت دشت سیستان از ٤٥۹٤ به ۲٤٤٥٦ هزار مترمکعب می‌رسد که می‌توان این میزان آب صرفه-جویی شده را برای افزایش سطح زیرکشت محصولات با بازده بیشتر تخصیص داد و یا این‌که برای کشت محصولات باغی با صرفه اقتصادی بالاتر از آن استفاده کرد. به طور کلی، نتایج جدول ۷ حاکی از آن است که سیاست افزایش قیمت آب آبیاری کشاورزان دشت سیستان را در جهت صرفه‌جویی منابع آب موجود در منطقه تشویق می‌کند.

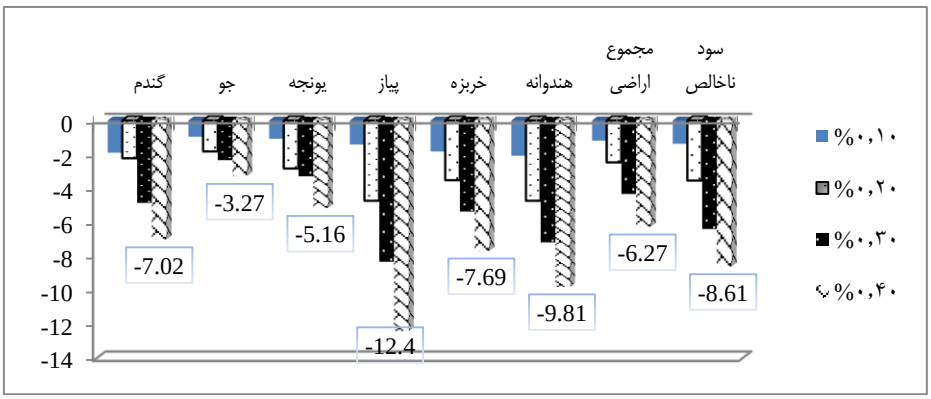
www.SID.ir

Archive of SID

**جدول ۴- اثرات اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری در دشت سیستان**

| محصول | الگوی سال پایه (هکتار) | میزان تغییرات | افزایش قیمت آب آبیاری تحت سناریوهای مختلف | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ٪۱۰ | ٪۲۰ | ٪۳۰ | ٪۴۰ |
| گندم | ۴۰۶۹۸ | میزان | ۴۰۲۱۴ | ۳۹۷۹۰ | ۳۸۷۲۰ | ۳۷۸۴۱ |
| | | درصد | -۱/۱۹ | -۲/۲۳ | -۴/۸۶ | -۷/۰۲ |
| جو | ۲۲۱۵۷ | میزان | ۲۱۹۴۴ | ۲۱۷۵۳ | ۲۱۶۳۸ | ۲۱۴۳۲ |
| | | درصد | -۰/۹۶ | -۱/۸۲ | -۲/۳۴ | -۳/۲۷ |
| یونجه | ۷۲۹۴ | میزان | ۷۲۱۵ | ۷۰۸۷ | ۷۰۵۴ | ۶۹۱۷ |
| | | درصد | -۱/۰۸ | -۲/۸۳ | -۳/۲۹ | -۵/۱۶ |
| پیاز | ۴۵۱۳ | میزان | ۴۴۴۹ | ۴۳۰۰ | ۴۱۳۷ | ۳۹۵۳ |
| | | درصد | -۱/۴۲ | -۴/۷۳ | -۸/۳۳ | -۱۲/۴ |
| خربزه | ۳۷۲۵ | میزان | ۳۶۵۷ | ۳۵۹۳ | ۳۵۲۵ | ۳۴۳۸ |
| | | درصد | -۱/۸۳ | -۳/۵۲ | -۵/۳۷ | -۷/۶۹ |
| هندوانه | ۳۲۵۵ | میزان | ۳۱۸۷ | ۳۱۰۱ | ۳۰۲۱ | ۲۹۳۶ |
| | | درصد | -۲/۰۸ | -۴/۷۳ | -۷/۱۹ | -۹/۸۱ |
| مجموع اراضی | ۸۱۶۴۲ | میزان | ۴۷۹۴۵ | ۴۷۵۰۲ | ۴۶۸۶۱ | ۴۵۸۶۴ |
| | | درصد | -۱/۱۹ | -۲/۴۷ | -۴/۳۴ | -۶/۲۷ |
| سود ناخالص* | ۱۴۲۵۶۹۴ | میزان | ۱۴۰۶۰۱۹ | ۱۳۷۵۲۲۴ | ۱۳۳۴۴۵۰ | ۱۳۰۲۹۴۲ |
| | | درصد | -۱/۳۸ | -۳/۵۴ | -۶/۴۰ | -۸/۶۱ |

* سود ناخالص حاصل از الگوی کشت بر حسب میلیون ریال می‌باشد




**نمودار ۱- میزان اثرات سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری را تحت سناریوهای مختلف در دشت سیستان نشان می‌دهد**

**جدول ۵- میزان آب مصرفی و صرفه‌جویی شده پس از اعمال سیاست قیمت‌گذاری (هزار مترمکعب)**

| محصول | آب مصرفی در سال پایه | حجم آب مصرفی با افزایش قیمت آب آبیاری | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ٪۱۰ | ٪۲۰ | ٪۳۰ | ٪۴۰ |
| گندم | ۱۴۳۲۵۶ | ۱۴۱۵۵۳ | ۱۴۰۰۶۰ | ۱۳۶۲۹۴ | ۱۳۳۲۰۰ |
| جو | ۶۹۵۷۳ | ۶۸۹۰۴ | ۶۸۳۰۴ | ۶۷۹۴۳ | ۶۷۲۹۶ |
| پیاز | ۵۷۲۷۹ | ۵۶۶۵۹ | ۵۵۶۵۴ | ۵۵۳۹۵ | ۵۴۳۱۹ |
| یونجه | ۳۳۲۱۵ | ۳۲۷۴۴ | ۳۱۶۴۸ | ۳۰۴۴۸ | ۲۹۰۹۴ |
| خربزه | ۳۰۳۹۶ | ۲۹۸۴۱ | ۲۹۳۱۸ | ۲۸۷۶۴ | ۲۸۰۵۴ |
| هندوانه | ۲۷۵۴۵ | ۲۶۹۶۵ | ۲۶۲۳۷ | ۲۵۵۶۰ | ۲۴۸۴۱ |
| آب مصرفی | ۳۶۱۲۶۱ | ۳۵۶۶۶۷ | ۳۵۱۲۲۴ | ۳۴۴۴۰۵ | ۳۳۶۸۰۵ |
| حجم آب صرفه‌جویی شده | | ۴۵۹۴ | ۱۰۰۳۸ | ۱۶۸۵۶ | ۲۴۴۵۶ |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به جدول ٦- ملاحظه می‌شود که در اثر اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری تحت سناریوهای ١٠ تا ٤٠ درصد در دشت سیستان، میزان آب دردسترس کشاورزان نسبت به شرایط سال پایه کاهش پیدا می‌کند. این سیاست طی سال‌های اخیر با رخداد بلایای طبیعی مانند خشکسالی و کم آبی از یک سو و با انتقال حجم بیشتری از منابع آب حاصل از جریانات سطحی رودخانه شاهرود به ذخایر آبی چاه‌نیمه‌ها جهت مصارف شرب و دیگر فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی از سوی دیگر محقق شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، ملاحظه می‌شود که کاهش منابع آب دردسترس کشاورزان پس از اجرایی شدن سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری منجر به کاهش سطح زیرکشت کلیه محصولات منتخب زراعی دشت سیستان شده است. با این تفاوت که کاهش سطح زیرکشت بیشتر برای محصولاتی مانند پیاز، هندوانه، خربزه و یونجه که نیاز آبی بیشتری را در واحد سطح دارند، محسوس‌تر است؛ در حالی که محصولات غله‌ای گندم و جو آبی در این دشت پس از اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب ابیاری با کاهش کمتری مواجه می‌شوند. درواقه اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب ابیاری کشاورزان دشت سیستان را به سمت کاهش سطح زیرکشت محصولات آب بر سوق داده و تمایل آن‌ها را برای حفظ و یا کاهش کمتر محصولات غله‌ای گندم و جو آبی می‌افزاید. بخش دیگری از نتایج به دست آمده حاکی از آن است که با اعمال سناریوهای ١٠ تا ٤٠ درصد سیاست سهمیه‌بندی آب ابیاری میزان مجموع سطح زیرکشت محصولات منتخب در الگوی بهینه زراعی از ٨١٦٤٢ به ٧٥٣٥٩ هکتار می‌رسد که کاهش سطح زیرکشتی به میزان ١/١٩ تا ٦/٢٧ درصد را در الگوی زراعی منطقه مورد مطالعه به دنبال دارد. با کاهش مجموع سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی تحت سناریوهای مختلف سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری، به خصوص محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر مانند هندوانه، خربزه و پیاز میزان مجموع بازده ناخالص کشاورزان سیستانی از ١٤٢٥٦٩٤ به ١٢٩٢٦٧٧ میلیون ریال می‌رسد که کاهش میزان سود ناخالصی معادل با ٢/١٧ تا ٩/٣٣ درصد را در الگوی زراعی منطقه به همراه دارد.

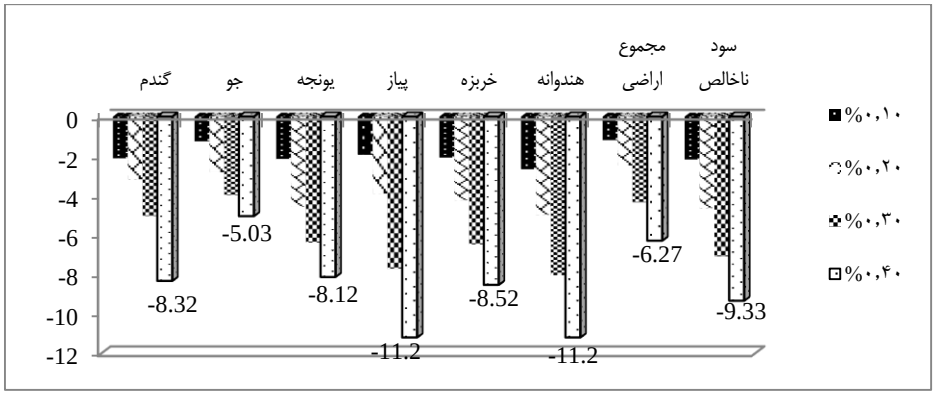
**جدول ۶- اثرات اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری بر سود ناخالص حاصل از الگوی کشت در دشت سیستان**

| محصول | الگوی سال پایه (هکتار) | میزان تغییرات | افزایش قیمت آب آبیاری تحت سناریوهای مختلف | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ٪١٠ | ٪٢٠ | ٪٣٠ | ٪٤٠ |
| گندم | ۴۰۶۹۸ | میزان | ۳۹۸۳۹ | ۳۹۴۰۷ | ۳۸۶۵۰ | ۳۷۳۱۲ |
| | | درصد | -۲/۱۱ | -۳/۱۷ | -۵/۰۳ | -۸/۳۲ |
| جو | ۲۲۱۵۷ | میزان | ۲۱۸۸۰ | ۲۱۵۳۴ | ۲۱۲۷۷ | ۲۱۰۴۲ |
| | | درصد | -۱/۲۵ | -۲/۸۱ | -۳/۹۷ | -۵/۰۳ |
| یونجه | ۷۲۹۴ | میزان | ۷۱۳۸ | ۶۹۶۲ | ۶۸۲۹ | ۶۷۰۱ |
| | | درصد | -۲/۱۴ | -۴/۵۵ | -۶/۳۷ | -۸/۱۲ |
| پیاز | ۴۵۱۳ | میزان | ۴۴۲۶ | ۴۳۳۷ | ۴۱۶۵ | ۴۰۰۷ |
| | | درصد | -۱/۹۳ | -۳/۸۹ | -۷/۷۰ | -۱۱/۲ |
| خربزه | ۳۷۲۵ | میزان | ۳۶۴۸ | ۳۵۶۷ | ۳۴۸۴ | ۳۴۰۷ |
| | | درصد | -۲/۰۷ | -۴/۲۳ | -۶/۴۶ | -۸/۵۲ |
| هندوانه | ۳۲۵۵ | میزان | ۳۱۶۸ | ۳۰۹۳ | ۲۹۹۳ | ۲۸۹۰ |
| | | درصد | -۲/۶۶ | -۴/۹۷ | -۸/۰۳ | -۱۱/۲ |
| مجموع اراضی | ۸۱۶۴۲ | میزان | ۸۰۰۹۹ | ۷۸۹۰۰ | ۷۷۳۹۸ | ۷۵۳۵۹ |
| | | درصد | -۱/۱۹ | -۲/۴۷ | -۴/۳۴ | -۶/۲۷ |
| سود ناخالص* | ۱۴۲۵۶۹۴ | میزان | ۱۳۹۴۷۵۶ | ۱۳۵۹۶۸۴ | ۱۳۲۴۷۵۵ | ۱۲۹۲۶۷۷ |
| | | درصد | -۲/۱۷ | -۴/۶۳ | -۷/۰۸ | -۹/۳۳ |

* سود ناخالص حاصل از الگوی کشت بر حسب میلیون ریال می‌باشد. مآخذ: یافته‌های تحقیق

www.SID.ir

Archive of SID




**نمودار ۲- میزان اثرات سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری را تحت سناریوهای مختلف در دشت سیستان نشان می‌دهد**

جدول ۷ نشان می‌دهد که سهمیه‌بندی آب آبیاری به میزان ۱۰ تا ۴۰ درصد منجر به کاهش مصرف آب در سطح مزارع کلیه محصولات منتخب زراعی دشت سیستان می‌شود؛ به عبارت دیگر، نتایج گویای آن است که با سهمیه‌بندی آب آبیاری و به تبع کاهش منابع آب دردسترس کشاورزان دشت سیستان، حجم آب مصرفی برای کلیه محصولات الگو کاهش می‌یابد. با کاهش منابع آب دردسترس به میزان ۱۰ تا ۴۰ درصد، حجم آب صرفه‌جویی شده در الگوی کشت دشت سیستان از ۷۱۲۳ به ۲۹۴۸۴ هزار مترمکعب می‌رسد که می‌توان این میزان آب صرفه-جویی شده را برای افزایش سطح زیرکشت محصولات با بازده بیشتر تخصیص داد و یا این‌که برای کشت محصولات باغی با صرفه اقتصادی بالاتر از آن استفاده کرد. به طور کلی، نتایج حاکی از آن است که سیاست سهمیه‌بندی آب ابیاری نیز همانند سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری، کشاورزان دشت سیستان را در جهت صرفه‌جویی منابع آب موجود در منطقه تشویق می‌کند و در این راستا نسبت به سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری اثرگذارتر است؛ چرا که حجم آب ذخیره شده یا استفاده نشده در شرایط اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری بیشتر از شرایط اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب است.

**جدول ۷- میزان آب مصرفی و صرفه‌جویی شده پس از اعمال سیاست سهمیه‌بندی (هزار مترمکعب)**

| محصول | آب مصرفی در سال پایه | حجم آب مصرفی با سهمیه‌بندی آب آبیاری | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ٪۱۰ | ٪۲۰ | ٪۳۰ | ٪۴۰ |
| گندم | ۱۴۳۲۵۶ | ۱۴۰۲۳۳ | ۱۳۸۷۱۲ | ۱۳۶۰۴۸ | ۱۳۱۳۳۸ |
| جو | ۶۹۵۷۳ | ۶۸۷۰۳ | ۶۷۶۱۶ | ۶۶۸۰۹ | ۶۶۰۷۱ |
| پیاز | ۵۷۲۷۹ | ۵۶۰۵۴ | ۵۴۶۷۲ | ۵۳۶۲۸ | ۵۲۶۲۳ |
| یونجه | ۳۳۲۱۵ | ۳۲۵۷۳ | ۳۱۹۲۰ | ۳۰۶۵۴ | ۲۹۴۹۱ |
| خربزه | ۳۰۳۹۶ | ۲۹۷۶۷ | ۲۹۱۰۶ | ۲۸۴۲۹ | ۲۷۸۰۱ |
| هندوانه | ۲۷۵۴۵ | ۲۶۸۰۴ | ۲۶۱۶۹ | ۲۵۳۲۳ | ۲۴۴۵۲ |
| آب مصرفی | ۳۶۱۲۶۱ | ۳۵۴۱۳۸ | ۳۴۸۱۹۹ | ۳۴۰۸۹۳ | ۳۳۱۷۷۸ |
| حجم آب صرفه‌جویی شده | | ۷۱۲۳ | ۱۳۰۶۳ | ۲۰۳۶۸ | ۲۹۴۸۴ |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

**نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات**

بر اساس یافته‌ها و نتایج جداول سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری در تحقیق حاضر می‌توان نتیجه گرفت که در اثر افزایش قیمت آب آبیاری از ۱۰ تا ۴۰ درصد سطح زیرکشت کلیه محصولات الگوی دشت سیستان نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد و تغییرات الگوی کشت پس از شبیه‌سازی حاکی از آن است که میزان پذیرش کشاورزان سیستانی در اعمال سناریوهای افزایش قیمت آب آبیای برای محصولات مختلف متفاوت می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که مجموع سطح زیرکشت

www.SID.ir

Archive of SID

محصولات زراعی دشت سیستان در شرایط اعمال سیاست قیمت‌گذاری ۱/۱۹ تا ٦/۲۷ درصد نسبت به شرایط سال پایه کاهش می‌یابد که این امر منجر به کاهش ۱/۳۸ تا ۸/٦۱ درصدی سود ناخالص کشاورزان دشت سیستان نسبت به شرایط سال پایه می‌شود. علت کاهش بازده ناخالص کشاورزان در الگوی کشت، کاهش سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی به خصوص محصولات پربازده ولو آب‌بر مانند پیاز، هندوانه و خربزه است. در واقع، با افزایش قیمت هر مترمکعب آب ابیاری نسبت به شرایط سال پایه، کشاورزان سیستانی از تخصیص نهاده آب بین فعالیت‌هایی که نیازآبی بالای دارند، می‌کاهند و به سمت توسعه سطح زیرکشت محصولاتی که نیاز آبی کمتری دارند متمایل می‌شوند. افزون بر این، افزایش قیمت آب آبیاری به میزان ۱۰ تا ٤۰ درصد منجر به کاهش مصرف آب در سطح مزارع کلیه محصولات منتخب زراعی دشت سیستان می‌شود. نتایج گویای آن است که با افزایش قیمت آب آبیاری، حجم آب مصرفی برای کلیه محصولات الگو کاهش می‌یابد. با افزایش قیمت آب آبیاری به میزان ۱۰ تا ٤۰ درصد، حجم آب صرفه‌جویی شده در الگوی کشت دشت سیستان از ٤٥۹٤ به ۲٤٤٥٦ هزار مترمکعب می‌رسد که می‌توان این میزان آب صرفه‌جویی شده را برای افزایش سطح زیرکشت محصولات با بازده بیشتر تخصیص داد. بخش دیگری از یافته‌های به دست آمده در این تحقیق نشان داد که کاهش منابع آب دردسترس کشاورزان پس از اجرایی شدن سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری منجر به کاهش سطح زیرکشت کلیه محصولات منتخب زراعی دشت سیستان می‌شود. با این تفاوت که کاهش سطح زیرکشت بیشتر برای محصولاتی مانند پیاز، هندوانه، خربزه و یونجه که نیاز آبی بیشتری را در واحد سطح دارند، محسوس‌تر است؛ در حالی که محصولات غله‌ای گندم و جو آبی در این دشت پس از اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب ابیاری با کاهش کمتری مواجه می‌شوند. درواقع اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری کشاورزان دشت سیستان را به سمت کاهش سطح زیرکشت محصولات آب بر سوق داده و تمایل آن‌ها را برای حفظ و یا کاهش کمتر محصولات غله‌ای گندم و جو آبی می‌افزاید. بخش دیگری از نتایج نشان داد که با اعمال سناریوهای ۱۰ تا ٤۰ درصد سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری میزان مجموع سطح زیرکشت محصولات منتخب در الگوی بهینه زراعی از ۸۱٦٤۲ به ۷٥۳٥۹ هکتار می‌رسد که کاهش سطح زیرکشتی به میزان ۱/۱۹ تا ٦/۲۷ درصد را در الگوی زراعی منطقه مورد مطالعه به دنبال دارد. با کاهش مجموع سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی تحت سناریوهای مختلف سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری، به خصوص محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر مانند هندوانه، خربزه و پیاز میزان مجموع بازده ناخالص کشاورزان سیستانی از ۱٤۲٥٦۹٤ به ۱۲۹۲٦۷۷ میلیون ریال می‌رسد که کاهش میزان سود ناخالصی معادل با ۲/۱۷ تا ۹/۳۳ درصد را در الگوی زراعی منطقه به همراه دارد. نتایج گویای آن بود که با سهمیه‌بندی آب آبیاری و به تبع کاهش منابع آب دردسترس کشاورزان دشت سیستان، حجم آب مصرفی برای کلیه محصولات الگو کاهش می‌یابد. با کاهش منابع آب دردسترس به میزان ۱۰ تا ٤۰ درصد، حجم آب صرفه‌جویی شده در الگوی کشت دشت سیستان از ۷۱۲۳ به ۲۹٤۸٤ هزار مترمکعب می‌رسد که می‌توان این میزان آب صرفه‌جویی شده را برای افزایش سطح زیرکشت محصولات با بازده بیشتر تخصیص داد و یا این‌که برای کشت محصولات گیاهان دارویی با صرفه اقتصادی بالاتر همچون به لیمواز آن استفاده کرد. به طور کلی، نتایج به دست آمده در این تحقیق حاکی از آن است که سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری همانند سیاست قیمت‌گذاری آب، کشاورزان دشت سیستان را در جهت صرفه‌جویی منابع آب موجود در منطقه تشویق می‌کند و در این راستا نسبت به سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری اثرگذارتر است؛ چرا که حجم آب ذخیره شده یا استفاده نشده در شرایط اعمال سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری بیشتر از شرایط اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب است. نتایج نشان داد که سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری در مقایسه با سیاست قیمت‌گذاری آب منجر به صرفه‌جویی حجم بیشتری از منابع آب موجود

www.SID.ir

Archive of SID

در منطقه سیستان می‌شود و در تشویق کشاورزان به مدیریت صحیح منابع آب موثرتر می‌باشد، لذا پیشنهاد می‌شود که این سیاست به عنوان ابزاری موثر در زمینه پایداری منابع آب موجود در دشت سیستان به کارگرفته شود. سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری، تأثیر پایدارتری بر حفظ منابع آب در منطقه مورد مطالعه دارد. لذا، برای کاهش منابع آب دردسترس و تخصیص آب کاهش یافته به تولید محصولات زراعی مازاد، اعطای تسهیلات لازم (وام‌های با سود کم، تسهیلات بلاعوض، کمک هزینه خرید سیستم‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای) به کشاورزان در جهت تجهیز مزارع به شیوه‌های نوین آبیاری می باشد. با توجه به انعطاف‌پذیری بالایی که سیستم مدل‌سازی اقتصادی پیشنهاد شده در این تحقیق دارد، توصیه می‌شود که محققان دیگر در تحقیقات آتی خود از این سیستم مدل‌سازی جامع و کاربردی جهت تحلیل آثار بالقوه دیگر سیاست‌های کاربردی در راستای پایداری منابع آب در دسترس کشاورزان (مانند تکنیک‌های کم‌آبیاری، سیاست شب خاموشی دستگاه‌های پمپاژ آب‌های زیرزمینی، سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری توام با اعمال قیمت‌های تضمینی برای محصولات منتخب زراعی و غیره) استفاده شود. اعمال سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری منجر به کاهش سطح زیرکشت محصول علوفه‌ای یونجه در الگوی منتخب زراعی دشت سیستان می‌شود. با توجه به پتانسیل بالای منطقه سیستان در تولید دام‌های سبک و سنگین (گوسفند و گاو سیستانی) و نیاز به محصول علوفه‌ای جهت تغذیه دام‌ها و احشام دامداران، توصیه می‌شود که با توجه به کاهش محسوس سطح زیرکشت یونجه در الگوی زراعی منطقه تحت شرایط سیاست‌گذاری، جایگزین مناسبی برای این محصول در الگوی کشت گنجانده شود. کشت محصولاتی مانند جو آبی و یا شبدر که از حساسیت کمتری نسبت به سیاست‌های بخش مدیریت پایدار منابع آب برخوردارند، برای این منظور پیشنهاد می‌شود.

## فهرست منابع


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

۲. اداره جهاد کشاورزی شهرستان زابل، ۱۳۹۳. بخش بهبود و تولیدات گیاهی.

۳. اداره منابع آب شهرستان زابل، ۱۳۹۵. دفتر مطالعات پایه منابع آب

٤. بدیع برزین، ح.، پرهیزکاری، ا.، خمری،ع ،و غفاری مقدم، ز،۱۳۹۷. اثرات تشکیل بازارهای آب منطقه‌ای بر تعادل بخشی عرضه و تقاضای آب آبیاری در منطقه سیستان. *نشریه تحقیقات منابع آب ایران*، شماره۲ صص ۳۰۳-۲۹۱.

۵. پرهیزکاری، ا.، صبوحی، م. و ضیائی، س. ۱۳۹۲. شبیه‌سازی بازار آب و تحلیل اثرات سیاست اشتراک‌گذاری آب آبیاری بر الگوی کشت تحت شرایط کم‌آبی. مجله *اقتصاد و توسعه کشاورزی*، ۲۷(۳): ۱-۱۲.

٦. پرهیزکاری، ا. و صبوحی، م. ۱۳۹۳. تحلیل اقتصادی اثرات توسعه تکنولوژی و مکانیزاسیون بر تولید بخش کشاورزی استان قزوین. *مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ۵(٤): ۲۳-۱.

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


www.SID.ir

Archive of SID


۸. پرهیزکاری, ا., محمودی, ا .و شوکت فدایی, م. ۱۳۹۶. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب در دسترس و تولیدات کشاورزی در حوضه آبخیز شاهرود. *فصلنامه علمی -پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی*, ۹(۳۳), ۲۳-۵۰.

۹. باقرزاده، آ. و امیر تیموری، س. ۱۳۸۷. بررسی جایگاه آب در کشاورزی ایران و قیمت گذاری آن. *سومین کنفرانس مدیریت منابع آب*.

۱۰. سازمان مدیریت منابع آب ایران، معاونت امور آب و فاضلاب سیستان و بلوچستان، ۱۳۹۵.

۱۱. صبوحی، م.، سلطانی، غ. و زیبایی، م. ۱۳۸۶. بررسی اثر تغییر قیمت آب آبیاری بر منافع خصوصی و اجتماعی با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت. *مجله علوم و صنایع کشاورزی*، ۲۱(۱): ۷۱-۵۳.

۱۲. صبوحی، م.، و پرهیزکاری، ا. ۱۳۹۲. تحلیل اثرات اقتصادی و رفاهی تشکیل بازار آب آبیاری در استان قزوین. *پژوهش های اقتصاد و توسعه کشاورزی*, ۲۷(۴), ۳۳۸-۳۵۰.

۱۳. عسگری پور، ع. ر. و باقری، ا. ۱۳۸۹. اصلاح الگوی کشت راهبردی در جهت تحقق توسعه پایدار کشاورزی. *همایش کشاورزی در افق ۱۴۰۴*.

۱۴. 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.

۱۵. فلاحی، ا. و خلیلیان، ص. ۱۳۸۸. مقایسه اهمیت فراورده‌های نفتی و برق با سایر عوامل تولید در بخش کشاورزی ایران، *مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ۱(۲):۱۹-۱.

۱۶. کرامت‌زاده، ع.، چیذری، ا. و شرزه‌ای، غ. ۱۳۹۰. نقش بازار آب در تعیین ارزش اقتصادی آب با رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (مطالعه موردی: اراضی پایین‌دست سد شیرین دره بجنورد). *مجله تحقیقات و توسعه کشاورزی ایران*، ۲-۴۲(۱): ۲۹-۴۴.

17. Cortignani R. and Severini S. 2009. Modeling Farm-Level Adoption of Deficit Irrigation Ysing Positive Mathematical Programming. *Agricultural Water Management*, 96: 1785-1791.
18. He L., Tyner W.E., Doukkali R. and Siam G. 2006. Policy options to improve water allocation efficiency: analysis on Egypt. Water International, 31, 320–337.
19. Howitt R.E., Medellin-Azuara J., MacEwan D. and Lund R. 2012. Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. Science of the environmental modeling and software, 38: 244-258.
20. Lalehzari, R., Boroomand Nasab, S., Moazed, H. and Haghighi, A. 2015. Multi objective management of water allocation to sustainable irrigation planning and optimal cropping pattern, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 10.1061/ (ASCE) IR, 1943-4774.
21. Medellan-Azuara J., Harou J.J. and Howitt R.E. 2010. Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation, Science of the total environment, 408: 5639–5648.
22. Medellan-Azuara J., Harou J.J. and Howitt R.E. 2012. 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.


www.SID.ir

Archive of SID

# Effect of Pricing and Rationing Strategies of Irrigation Water on Cropping Pattern and Water Demand in Sistan Plain

**H. badie barzin, M. Hashemitabar [1 *], and S. M. Hosseini**
PhD student of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.
**hossein.badi89@gmail.com**
Assistant Professor of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.
**mhashemitabar@gmail.com**
Assistant Professor of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.
**shseyedmahdi46@gmail.com**

## Abstract

Since agricultural sector is the largest consumer of water, it is crucial to introduce effective policies to manage water resources in this sector. In the present study, the economic analysis of allocation and pricing of irrigation water on cropping pattern and water demand management in Sistan plain was investigated by use of a positive mathematical programming model (PMP). In this regard, an economic modeling system including a state wide agricultural production model (SWAP) was used. The GAMS software version 24.1 was used to solve the proposed modeling system. The results showed that the use of pricing and allocation policies for irrigation water led to a decrease in the total area of designated cropping products and a reduction in the farm gross margins in Sistan plain. However, the aforementioned policies resulted in savings of 4.594 to 46.256 and 7.123 to 29.484 million cubic meters of water consumed in the region as a result of applying allocation and pricing, respectively. Decrease in total area of cultivation of selected crops under different scenarios of irrigation water quotas policy, especially higher economical crops such as watermelon, melon, and onion. Total gross yield of Sistani farmers would be reduced from 1425694 to 1292677 million Rials, reducing the gross profit by 2.17% to 9.33% in the region's agricultural pattern. Thus, applying the policy of water allocation could save about 30 million cubic meters of water available to farmers. Compared to pricing policy, the use of water allocation policy is recommended due to its superior effect on preserving water resources in the Sistan plain.

**Keywords:** Sustainable water resources management, SWAP Model, Positive mathematical programming, Water saving

[1] -Corresponding author: University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
*-Received: May 2019 , and Accepted: October 2019

www.SID.ir