Archive of SID

اثرات بالقوه ایجاد بازار آب بر ارتقاء بهره‌وری و کاهش منازعات مربوط به آب در استان فارس

منصور زیبایی[1] مرضیه ملک ورنوسفادرانی[2]

۱- استاد بخش اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شیراز
(نویسنده مسئول) ۳۲۲۸۷۲۰۴ (۰۷۱) zibaei@shirazu.ac.ir
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، بخش اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شیراز

(دریافت ۹۵/۷/۱ پذیرش ۹۵/۸/۱)

چکیده

افزایش تقاضا برای آب در بیشتر مناطق و روند کاهشی منابع آب تجدیدپذیر، سبب ایجاد محدودیت‌های جدّی در دسترسی به منابع آبی و لزوم مدیریت پایدار و مناسب این منابع شده است. به‌همین دلیل، در حال حاضر تلاش برنامه‌ریزان بخش آب به‌سمت مدیریت تقاضا معطوف شده است. برای اجرای این سیاست، ابزارهای مختلفی وجود دارند که از جمله آنها می‌توان به بازار آب اشاره کرد. از این رو در مطالعه حاضر به نقش بازار آب بر مدیریت منابع آب پرداخته شد. این مطالعه از دو بخش تشکیل شده است. در بخش نخست، ایجاد بازار آب با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی در سطح مزرعه و دشت، شبیه‌سازی شد. در بخش دوم اثرات ایجاد بازار آب و سیاست سهمیه‌بندی مقدار برداشت آب بررسی شد. سیاست سهمیه‌بندی، مقدار برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی را کاهش می‌دهد. داده‌های مورد نیاز با روش نمونه‌گیری خوشه‌ای تصادفی دو مرحله‌ای فراهم آمد. در مرحله اول بر اساس میزان دسترسی به منابع آب، روستاهای نمونه انتخاب شدند. در مرحله دوم با استفاده از روش نمونه‌گیری سیستماتیک، مزارع نمونه انتخاب شدند، سپس برای جمع‌آوری داده‌های نهاده ستاده، مقدار منابع در دسترس و سایر اطلاعات مورد نیاز از کشاورزان نمونه، مصاحبه به‌عمل آمد. نتایج نشان داد که حجم آب مبادله شده، ۹/۵ درصد کل آب مصرفی است. متوسط بهبود درآمد کشاورزان بین ۱۵ تا ۴۲ درصد متغیر است. بنابراین انگیزه کافی برای همه کشاورزان برای ورود به بازار آب وجود دارد. از آنجایی که ایجاد بازار آب مانند اجرای بسیاری از سیاست‌ها و اقدامات آب اندوز، بدون طراحی اقدامات پیشگیرانه مکمل، با افزایش مصرف آب همراه است که این موضوع با هدف ملی کاهش در مصرف آب سازگار نیست، اثرات مشترک سیاست سهمیه‌بندی برداشت آب و ایجاد بازار آب در قالب سناریو ۲، شبیه‌سازی شدند. در این سناریو، میزان کل آب سالانه برای مزارع نماینده گروه‌های ۱ و ۲ به‌ترتیب ۳۰ و ۲۰ درصد کاهش یافت. نتایج نشان داد که با کاهش آب مصرفی، درآمد کشاورزان تنها ۸ تا ۱۱ درصد کاهش می‌یابد. در حقیقت می‌توان از طریق اجرای همزمان سیاست سهمیه‌بندی برداشت آب و ایجاد بازار آب، هدف کاهش مصرف آب را بدون آن که افت چشمگیری در میزان درآمد کشاورزان دیده شود، محقق ساخت. آب صرفه‌جویی شده می‌تواند به‌منظور اهداف حفاظتی و تأمین بخشی از حقابه محیط زیستی به‌کار گرفته شود. در این زمینه نصب کنتور، تحویل حجمی آب و به‌طور کلی ایجاد یک روش حسابداری مناسب آب در سطح مزرعه و حوضه آبریز، پیش نیاز اجرای سیاست‌ها و اقدامات آب اندوز از جمله ایجاد بازار آب است.

واژه‌های کلیدی: بازار آب، بهره‌وری، منازعات، برنامه‌ریزی ریاضی

۱- مقدمه

تقاضای در حال افزایش و عرضه محدود و در حال کاهش، عدم تعادل منابع و مصارف آب را در بسیاری از دشت‌های کشور به دنبال داشته است. واقع شدن بیش از ۷۰ درصد مساحت کشور در اقلیم خشک و نیمه خشک، تغییر اقلیم و خشکسالی‌های متعدد، باعث شده جهت‌گیری‌ها از سمت سیاست‌های طرف عرضه به سمت سیاست‌های مدیریت تقاضا و حفاظت از منابع محدود آب گرایش یابد. سیاست‌های طرف تقاضا باید با درک منطقی از اهداف بهره‌برداران، شناخت دقیق مشکلات آنها و پی بردن به فرایند تصمیم‌سازی آنها، موجبات کاهش تقاضا و مصرف آب را فراهم سازد. اما کاهش تقاضای آب در بخش کشاورزی باید به گونه‌ای باشد که نه تنها بر تولیدات کشاورزی و درآمد کشاورزان اثر منفی نگذارد بلکه حتی‌الامکان با افزایش بهره‌وری آب، تولیدات بخش کشاورزی و درآمد کشاورزان افزایش یابد. بنابراین چالش عمده‌ای که بخش کشاورزی با آن روبرو است، این است که باید مصرف آب را کاهش دهد و همزمان باید تولید بیشتری را عرضه نماید و درآمد

www.SID.ir

Archive of SID

بالاتری را برای کشاورزان رقم زند. اگر توجه به مسائل محیط زیستی نیز مد نظر قرار گیرد، قطعاً بر پیچیدگی موضوع افزوده خواهد شد. مبحث محیط زیستی آب باید از نظر حفظ زیست بوم‌ها و آلاینده‌های تهدیدکننده سلامت آنها مورد توجه جدی قرار گیرد. این امر منازعات مربوط به آب را افزایش داده، اتخاذ استراتژی‌های تطبیقی را دشوار می‌سازد. برای اجرای سیاست‌های طرف تقاضا، ابزارهای مختلفی وجود دارند که از جمله آنها می‌توان به بازار آب اشاره کرد [۱].

بازار آب در دو دهه گذشته در چندین کشور توسعه یافته و درحال توسعه معرفی شده است. بازار آب به‌عنوان یک ابزار اقتصادی است، که می‌تواند استفاده بهینه برای آب را از طریق انتقال آب به مصرف‌کنندگانی که بازده نهایی آب آنها بالاتر است، بهبود بخشد. قیمت‌های بازار آب به‌عنوان علامت اقتصادی است که بازده نهایی را بیان می‌کند و از طرف دیگر محرّکی برای کشاورزان است تا بهره‌وری استفاده آب خود را بالا ببرند [۲].

همچنین بازار آب به‌عنوان یک گزینه مناسب برای نظام تخصیص و کنترل اداری منابع آب معرفی شده است. بازار آب می‌تواند با انتقال آب به سمت مصارف با ارزش افزوده بیشتر موجب افزایش کارایی مصرف آن شود [۳].

از طرف دیگر بازار آب یک راهکار برای بهبود استفاده آب از طریق تخصیص مجدد بین مصرف کنندگان است. قیمت‌های بازاری، حقوق آب را به‌صورت کارآمد تضمین می‌کند و منجر به هزینه‌های مبادلاتی پایین و بهبود کارایی آب می‌شود [۴].

بازارهای آب از جمله ابزارهایی هستند که بر خلاف نقش و سابقه طولانی که در تخصیص منابع و کالاها ایفا کرده‌اند، در حوزه تخصیص منابع آب مورد کم توجهی سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان قرار گرفته‌اند. البته تشدید کمیابی اخیر آب در بیشتر مناطق دنیا موجب به‌کارگیری این ابزار سیاستی شده است [۵].

در عین حال، تشکیل بازار آب در برخی مناطق با پدیده تمرکز و اعمال نفوذ حقابه‌داران بر قیمت آب مواجه شده است. از این رو فرایند تعیین قیمت و آثار توزیعی آن، برای کشاورزان متقاضی اهمیت زیادی برای اجرای سیاست مدیریت تقاضای آب دارد.

با توجه به نقش حیاتی بخش کشاورزی در اقتصاد ایران، و در حالی که حدود ۷ درصد تولید ناخالص ملی و ۱۷/۹درصد نیروی کار را شامل می‌شود، واقعی شدن هزینه‌های فرصت یکی از منافع وجودی بازار آب است. در واقع می‌توان با محوری شدن رویکرد بازار آب در برنامه‌های مدیریت منابع آب، ایجاد انگیزه در تغییر کاربری و حذف مصارف غیرضروری و تشویق مصارف با ارزش را انتظار داشت. بنابراین بررسی نقش بازار آب در افزایش بهره‌وری و مدیریت پایدار منابع آب از اهمیت زیادی برخوردار است که در این مطالعه به آن پرداخته شد.

از مطالعاتی که با استفاده از مدل‌های ریاضی به بررسی بازار آب در ایران پرداخته‌اند، می‌توان به مطالعه کیانی و همکاران در سال ۱۳۸۶ اشاره کرد. ایشان توابع عرضه و تقاضای بازار آب را در شرایط عدم حتمیت مدل‌سازی نمودند. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که گرچه مبادله آب بین کشاورزان علاوه بر اینکه از ارزش تولید نهایی آب اثر می‌گیرد، از ریسک و عدم حتمیت هم اثر می‌گیرد و در نتیجه بررسی در شرایط حتمیت منجر به تصمیمات غلطی برای سیاست‌گذاری می‌شود [۳].

مطالعه بهلولوند در سال ۱۳۸۵ تحت عنوان برآورد تابع تقاضای آب کشاورزی و بررسی مکانیسم بازار در قیمت‌گذاری آب کشاورزی در منطقه مجن انجام شده است [۶]. هدف برآورد تابع تقاضای آب کشاورزی و تشریح مکانیسم بازار در قیمت‌گذاری و تخصیص منابع آب و تبیین شرایط لازم برای تشکیل بازارهای کارآمد و موفّق می‌باشد. این مطالعه نشان می‌دهد که قیمت‌گذاری آب از طریق بازار آب مجن، سبب اصلاح الگوی تخصیص آب شده است و ضمن ایجاد انگیزه کافی در سطح کشاورزان جهت مشارکت در سرمایه‌گذاری در تأسیسات آب‌رسانی، سبب کاهش هدر رفت آب طی فرایندهای استحصال، انتقال، توزیع و مصرف آب شده است. این نتایج اهمیّت و ضرورت به کارگیری بازار آب را در تخصیص آب کشاورزی آشکار می‌سازد. کیانی در سال ۱۳۸۸ در مطالعه‌ای منافع بالقوه تشکیل بازارهای آب را در منطقه ساوه برآورد کرده است [۳]. در این مطالعه با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی خطی منافع بالقوه تشکیل بازار آب در منطقه ساوه برآورد شده است. این مطالعه با استفاده از مدل مزرعه، سود بهینه را به‌دست آورده و در مدل منطقه به‌کار برده است و با استفاده از مدل منطقه، منافع بازار آب را برآورد کرده است. نتایج نشان می‌دهد که مبادله آب بین ۲۴ روستای این منطقه باعث افزایش سود کشاورزان، خصوصاً در دوره کمبود آب می‌شود. همچنین بازار آب می‌تواند باعث افزایش تقاضای نیروی کار و کم شدن اثرات منفی کاهش منابع آب بر روی اشتغال شود. به‌علاوه نتایج نشان می‌دهد که به‌منظور گسترش دامنه بازارهای آب لازم است هزینه‌های مبادله آب کاهش یابند.

از جمله مطالعات خارج از کشور که با مدل‌های ریاضی به بررسی موضوع بازار آب پرداخته‌اند می‌توان به مطالعه دینر و لتی[1] در سال ۱۹۹۱ در کالیفرنیا، ساتیاسی[2] در سال ۱۹۹۷، تسور و

[1] Dinar and Letey
[2] Satyasia

www.SID.ir

Archive of SID

دینر[1] در سال ۱۹۹۷، لاو و اشالکوک[2] در سال ۲۰۰۰ در آفریقای جنوبی، گاریدو[3] در سال ۲۰۰۰ در اسپانیا، درآپر و همکاران[4] در سال ۲۰۰۳، کنرادی و هنگ[5] در سال ۲۰۰۴، پیترسون و همکاران[6] در سال ۲۰۰۴، بچتا و همکاران[7] در سال ۲۰۰۴ در تونس، کالاتراوا و گاریدو[8] در سال ۲۰۰۵ در ناحیه جنوب اسپانیا، پوجال و همکاران[9] در سال ۲۰۰۵ در ایتالیا و اسپانیا، زکری و ایستر[10] در سال ۲۰۰۵ در تونس، زکری و همکاران[11] در سال ۲۰۰۶ در عمان و منجاتانا و همکاران[12] در سال ۲۰۰۹ در هند اشاره نمود [۲ و ۷-۲۱]. از تجربه ایجاد بازار آب در کشورهای پیشرفته می‌توان دریافت:

۱- توسعه بازار حتی در سیستم‌های هیدرولوژیکی پیچیده امکان پذیر است.

۲- در صورت طراحی خوب بازارهای آب، منافع ملموسی در سیستم‌های دچار محدودیت دسترسی آب به‌دست می‌آید.

۳- ویژگی‌های اقتصادی و فیزیکی عمومی وجود دارد که بر اساس آنها می‌توان پیشنهاد داد که در کجا تجارت آب، بیشترین منابع را ایجاد می‌کند.

۴- علی‌رغم وجود این ویژگی‌های عمومی، طراحی بازار آب مستلزم آگاهی از ویژگی‌های خاص و تاریخی مدیریت منابع آب محلی است.

۵- پیش‌نیازهای عمومی برای بازار آب مؤثر عبارت‌اند از:

برقراری سهمیه مؤثر بر کل برداشت پایدار آب؛

- ایجاد حقابه[13] که به‌خوبی تصریح، مانیتور و اجرا شود به گونه‌ای که آب بران به‌طور دقیق بدانند که چه می‌توانند بخرند و چه می‌توانند بفروشند.

- داشتن یک چارچوب حکمرانی و قانونمند که در داخل آن تجارت آب صورت گیرد.

- اجرای عناصر اساسی مدیریت مناسب آب نظیر تحویل حجمی و حسابداری آب

۶- اندازه‌گیری و توجه به پیامدهای محیط زیستی و اجتماعی که بازار آب می‌تواند ایجاد کند.

[1] Tsur and Dinar
[2] Louw and Schalkwvk
[3] Garrido
[4] Draper et.al.
[5] Conradie and Hong
[6] Peterson et.al.
[7] Bachta et.al.
[8] Calatrava and Garrido
[9] Pujol et.al
[10] Zekri and Easter
[11] Zekri et.al.
[12] Manjunatha et.al.
[13] Entitlement

۲- روش تحقیق

این مطالعه از دو بخش تشکیل شده است. در بخش نخست، ایجاد بازار آب با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی در سطح مزرعه و منطقه (دشت)، شبیه‌سازی شد. در مدل ریاضی به‌کار گرفته شده، امکان انتخاب همزمان الگوی کشت بهینه، استراتژی مناسب آبیاری و روش‌های نوین آبیاری فراهم شد. دلیل اصلی برای استفاده از مدل مزرعه، تعیین قیمت سایه‌ای آب در انواع مزارع نماینده است که در نهایت به‌عنوان اطلاعات لازم در مدل منطقه، مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدل منطقه، یک مدل تجمیع شده از انواع مزارع است که برای بررسی منافع و اثرات بالقوه‌ی حاصل از ایجاد بازار آب و دادن اجازه خرید و فروش و اجاره آب به کشاورزان، بر اقتصاد منطقه به‌کار می‌رود. قسمت دوم اثرات ایجاد بازار آب و سیاست سهمیه‌بندی مقدار برداشت آب را با هم بررسی می‌کند. سیاست سهمیه‌بندی مقدار برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی را کاهش می‌دهد. داده‌های مورد نیاز با روش نمونه‌گیری خوشه‌ای تصادفی دو مرحله‌ای فراهم آمد، در مرحله اول بر اساس میزان دسترسی به منابع آب، روستاهای نمونه انتخاب شدند. در مرحله دوم با استفاده از روش نمونه‌گیری سیستماتیک، مزارع نمونه انتخاب شدند. سپس برای جمع‌آوری داده‌های نهاده- ستاده، مقدار منابع در دسترس و سایر اطلاعات مورد نیاز از کشاورزان نمونه، مصاحبه به عمل آمد.

۲-۱- مدل مزرعه

در گذشته در تأمین آب کشاورزی محدودیت اساسی وجود نداشت و در طراحی و تبیین برنامه کشت، کمتر موردی وجود داشت که آب موجود به‌عنوان بزرگ‌ترین عامل بازدارنده زراعی مطرح شده باشد، اما امروزه با افزایش روزافزون تقاضا برای مصارف آب شهری و صنعتی، سهم تخصیص یافته آب به بخش کشاورزی که مصرف کننده عمده آب می‌باشد، به سرعت رو به کاهش است. بنابراین از مهم‌ترین اهداف بخش کشاورزی، فراهم آوردن شرایطی است که محصول در برابر آب مصرفی به حداکثر برسد. به‌عبارت دیگر، تغییرات اساسی در مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری لازم است تا کارایی مصرف آب اختصاص یافته به بخش کشاورزی بهینه شود و این مسئله نیازمند ابتکار و نوآوری است. در راستای افزایش و بهبود کارایی مصرف آب، توجه به اعمال روش کم آبیاری مشاهده می‌شود [۲۲]. کم آبیاری روشی است که در آن میزان مصرف آب آبیاری، نسبت به سطوح آبیاری کامل کاهش می‌یابد و یک تنش رطوبتی ملایم که حداقل تأثیر سوء را بر تولید محصولات زراعی داشته باشد، اعمال می‌شود. در شرایط خشکسالی و کم آبی، روش کم‌آبیاری می‌تواند با تولید حداکثری محصول به ازای هر واحد آب

www.SID.ir

Archive of SID

آبیاری، سبب افزایش سود اقتصادی محصول شود. هدف اساسی کم‌آبیاری، افزایش راندمان مصرف آب با افزایش کفایت آبیاری است [۱۲ و ۲۳]. به‌دلیل اهمیّت ذکر شده منابع آبی و هدف تخصیص بهینه منابع آبی لازم است استراتژی‌های آبیاری متفاوتی برای هر محصول در نظر گرفته شود. در انتخاب استراتژی‌های مناسب توجه به بیشینه کردن محصول تولیدی به ازای مصرف هر چه کمتر آب ضروری است. از این رو کم آبیاری به‌عنوان یک راهبرد عملی و روشی اقتصادی در حصول الگوی بهینه مصرف آب به شمار می‌رود [۲۴]. با توجه به منابع محدود (آب و زمین) می‌توان استراتژی‌های کم آبیاری را نیز مانند استراتژی‌های آبیاری کامل برای گیاهان مختلف، در مدل‌های تخصیص بهینه آب و زمین به‌کار برد. بر این اساس در طراحی مدل حاضر استراتژی‌های کم آبیاری نیز لحاظ شده است. با توجه به اینکه از ابتدای ماه آبان تا اوایل بهمن‌ماه بیشتر نیاز آبی گیاه از طریق بارندگی تأمین می‌شود، به این دلیل از آبان تا اوایل بهمن‌ماه به‌عنوان یک دوره در نظر گرفته شده است و کم‌آبیاری در این دوره لحاظ نشده است. دیگر دوره‌ها (D) برای انطباق با دوره‌های رویشی گیاه به‌صورت ۱۰ روزه در نظر گرفته شد. از این رو متغیرهای مدل بر اساس استراتژی‌های مختلف آبیاری، همراه با تنش آبی و بدون تنش آبی و در نظر گرفتن سیستم آبیاری بارانی و استفاده از لوله برای انتقال آب تقسیم‌بندی شدند. هدف در نظر گرفته شده در طراحی مدل مزرعه، حداکثرسازی سود خالص کشاورزی است. تابع تولید مورد استفاده در این مطالعه برای تعیین عملکرد واقعی محصول در هکتار (Y_a) بر اساس تحقیقات میر و همکاران[1] در سال ۱۹۹۳ به‌صورت زیر در نظر گرفته شد

$$\frac{Y_a}{Y_p} = \prod_{i=1}^{n}\left[1 - KY_i\left[1 - \frac{W_a}{W_p}\right]_i\right] \qquad (۱)$$

که در این رابطه

Y_a مقدار محصول واقعی در شرایط واقعی (شرایط تنش آبی)؛ Y_p حداکثر محصول تولیدی در شرایط بدون تنش آبی؛ KY_i ضریب واکنش عملکرد نسبت به تنش آبی در مرحله رشد i (استقرار، اوایل دوره رویشی، اواخر دوره رویشی، گل‌دهی، شکل‌گیری عملکرد محصول و رسیدن) که از پژوهش‌های گذشته به‌دست آمده است؛ n تعداد مراحل رشد و W_p حداکثر آب مورد نیاز گیاه که از طریق رابطه زیر به‌دست می‌آید

$$W_{pi} = \frac{IN_j}{Ea} \times A_j \times 10 \qquad (۲)$$

که در این رابطه

IN_j مقدار آب خالص مورد نیاز گیاه j ام (mm/10day)، Ea راندمان کاربرد آب در مزرعه (اعشار)، عدد ۱۰ برای تبدیل میلی‌متر به مترمکعب در هکتار(m^3/ha) است.

مقدار IN_j از رابطه زیر به‌دست می‌آید

$$IN_j = ET_{crop_j} - P_e \qquad (۳)$$

که در این رابطه

P_e بارندگی مؤثر در ۱۰ روز i ام، مقدار آن با استفاده از نرم‌افزار CROPWAT و از روش USDA برای ماه‌هایی که در آن بارندگی اتفاق می‌افتد، به‌دست می‌آید [۲۴].

ET_{crop} تبخیر- تعرق گیاه j ام (mm/10day) است که از رابطه زیر محاسبه می‌شود

$$ET_{crop_i} = k_c . ET_0 \qquad (۴)$$

که در آن

ET_0 تبخیر- تعرق بالقوه سطوح گیاهی مرجع (mm/10day) و K_c ضریب گیاهی است.

تبخیر-تعرق سطوح گیاهی مرجع به روش پنمن- فائو، با استفاده از داده‌های هواشناسی استان فارس برای دشت فیروزآباد محاسبه شد. ضریب گیاهی در مراحل مختلف رشد گیاه برای محصولات مختلف متفاوت است. این ضریب از نرم‌افزار CROPWAT و پژوهش آلن و همکاران[2] در سال ۱۹۹۸ به‌دست آمد [۲۶].

W_a مقدار آب آبیاری مورد نیاز گیاه که در دوره‌های مختلف رشد مقدار آن در شرایط آبیاری کامل برابر $W_a=W_p$ ودر شرایط اعمال کم‌آبیاری از رابطه ۵ به‌دست می‌آید

$$W_{ai} = (1-h)W_{pi} \qquad (۵)$$

که در این رابطه

h مقدار کاهش نسبی مصرف آب در کل دوره رشد (کوچک‌تر یا مساوی یک) است. رابطه بالا در هریک از مراحل مختلف رشد اعمال می‌شود. در این قسمت استراتژی‌های کم آبیاری به گونه‌ای تعریف شده است که اگر کم‌آبیاری در یک دوره اتفاق افتد در سایر

[1] Meyer et. al.

[2] Allen et. al.

www.SID.ir

Archive of SID

دوره‌های آبیاری به صورت کامل در نظر گرفته شده است به‌طوری که اگر در یک دوره $h>0$ کم‌آبیاری باشد در سایر دوره‌های رشد $h=0$ (آبیاری کامل $W_a=W_p$) می‌باشد. در واقع در این حالت کم آبیاری فقط در یک دوره رشد به مقدار h اعمال می‌شود. بر این اساس مقدار Y_a و W_{ai} در کل دوره رشد برای استراتژی‌های مختلف آبیاری محاسبه شده است.

پس از محاسبات لازم، عملکرد واقعی با در نظر گرفتن تنش برای گیاهان مختلف با استفاده از نرم‌افزار اکسل محاسبه شد.

۲-۱-۱- تعریف متغیرهای مدل

اولین گام در ساختن مدل برنامه‌ریزی ریاضی تعریف متغیرهای تصمیم‌گیری یا فعالیت‌ها است. مدل به‌کار گرفته شده در مطالعه حاضر مدل برنامه‌ریزی ریاضی است که X_i متغیر مربوط به محصولات مختلف در منطقه است که تقسیم‌بندی این محصولات بر اساس استراتژی‌های آبیاری و راندمان آبیاری متفاوت (بر اساس سیستم آبیاری) است. بر اساس نظر کارشناسان راندمان آبیاری با استفاده از سیستم آبیاری بارانی، ۶۵ درصد، راندمان آبیاری برای لوله‌های پلاستیکی (جهت انتقال آب)، ۴۵ درصد و برای سیستم آبیاری سنتی ۳۵ درصد در نظر گرفته شد. میزان تنش‌ها به‌صورت ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد در مراحل مختلف رشد از جمله استقرار، رشد، گلدهی، شکل‌گیری عملکرد و رسیدن اعمال شد. با توجه به مطالب فوق متغیرهای مطالعه به‌صورت زیر می‌باشد:

۱- گندم ۱ تا گندم ۶۳ به‌ترتیب گندم در شرایط آبیاری کامل، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد تنش آبی در مراحل اواخر رشد گیاه، گلدهی، شکل‌گیری عملکرد و رسیدن به‌ترتیب با راندمان ۳۵، ۶۵ و ۴۵ درصد می‌باشد.

۲- جو ۱ تا جو ۶۳ به‌ترتیب جو در شرایط آبیاری کامل، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد تنش آبی در مراحل اواخر رشد گیاه، گلدهی، شکل‌گیری عملکرد و رسیدن به ترتیب با راندمان ۳۵، ۶۵ و ۴۵ درصد می‌باشد.

۳- ذرت ۱ تا ذرت۳۳ به‌ترتیب ذرت در شرایط آبیاری کامل، ۱۰ و ۲۰ درصد تنش آبی در مراحل استقرار، اواخر رشد گیاه، گلدهی، شکل‌گیری عملکرد و رسیدن به‌ترتیب با راندمان ۳۵، ۶۵ و ۴۵ درصد می‌باشد.

۴- کلزا ۱ تا کلزا ۳۰ به‌ترتیب کلزا در شرایط آبیاری کامل، ۱۰، ۲۰، ۳۰ درصد تنش آبی در مراحل اوایل رشد رویشی گیاه، گلدهی و رسیدن به‌ترتیب با راندمان ۳۵، ۶۵ و ۴۵ درصد می‌باشد.

۵- از آنجا که برنج حساسیت بالایی نسبت به کم آبیاری دارد این گیاه به‌صورت آبیاری کامل وارد مدل شد.

۲-۱-۲- تابع هدف مدل

بعد از تعیین متغیرهای مدل باید هدف مدل تعیین شود. هدف در نظر گرفته شده حداکثرسازی سود ناخالص کشاورز است. ضرایب تابع هدف، سود ناخالص هر فعالیت است که به‌صورت کسر هزینه‌های متغیر (خرید نهاده‌های تولید از جمله بذر، کود (خرید آزاد و دولتی)، سم، نیروی کار) از درآمد حاصل از کشت محصول j محاسبه شد

(۶)

$$MaxZ = \sum_{j=1}^{m} X_{Sj} * (GM_{Sj} - \sum_{D=1}^{27} Pw * (water_{jD} / 0.35)) + \sum_{j=1}^{m} X_{Bj} * (GM_{Bj} - \sum_{D=1}^{27} Pw * (water_{jD} / 0.65)) + \sum_{j=1}^{m} X_{Lj} * (GM_{Lj} - \sum_{D=1}^{27} Pw * (water_{jD} / 0.45))$$

که در آن

X_{Sj} سطح زیر کشت محصولات با سیستم آبیاری سنتی (راندمان ۳۵ درصد)، X_{Bj} سطح زیر کشت محصولات با سیستم آبیاری بارانی (راندمان ۶۵ درصد)، X_{Lj} سطح زیر کشت محصولات با سیستم آبیاری با استفاده از لوله جهت انتقال آب (راندمان ۴۵ درصد)، $Water_{jD}$ نیاز آبی محصول j ام در دوره D ام، Pw قیمت آب، D دوره‌های ده روزه رویشی گیاه، GM_{Sj} بازده برنامه‌ای هر هکتار محصول j ام مربوط به سیستم آبیاری سنتی، GM_{Bj} بازده برنامه‌ای هر هکتار محصول j ام مربوط به سیستم آبیاری بارانی و GM_{Lj} بازده برنامه‌ای هر هکتار محصول j ام مربوط به سیستم آبیاری با استفاده از لوله است.

استفاده از سیستم آبیاری بارانی و استفاده از لوله نیازمند سرمایه‌گذاری و پرداخت هزینه است. برای این منظور معادل یکنواخت سالانه محاسبه و از بازده ناخالص (GM) کسر شد.

۲-۱-۳- تعیین محدودیت‌های مدل

تابع هدف را باید به شروطی که همان محدودیت‌های موجود در مدل (محدودیت دسترسی نهاده‌ها) است، حداکثر کرد. محدودیت‌ها را می‌توان به‌صورت زیر منظم کرد:

۱- محدودیت زمین

$$\Sigma Xj * Landuse_{jD} \le Land_D \qquad (۷)$$

که در آن

X_j سطح زیر کشت محصول j، $Landuse_{jD}$ زمین مورد نیاز محصول j ام در دوره D ام و $Land_D$ کل زمین در دسترس در دوره

www.SID.ir

Archive of SID

D ام است. این محدودیت بیان می‌کند که کل سطح زیر کشت نباید از مقدار زمین موجود بیشتر شود.

۳- محدودیت نیروی کار

تقاضا برای نیروی کار در فعالیت‌های تولیدی محصولات زراعی تابع عملیات مراحل مختلف کاشت، داشت و برداشت است و به‌دلیل تنوع کشت محصولات و متفاوت بودن دوره رشد آنها، تأمین نیروی کار مورد نیاز در دوره‌های مختلف متفاوت خواهد بود. لذا نیروی کار مورد نیاز فعالیت‌های مختلف در دوره‌های مختلف به‌صورت زیر در مدل در نظر گرفته شد

$$\sum X_j * Rlab_{jD} \le Alab_D \qquad (۸)$$

$Rlab_{jD}$ مقدار نیروی کار مورد نیاز برای کشت محصول j ام در دوره D ام در واحد سطح و $Alab_D$ مقدار نیروی کار در دسترس (کل نیروی کار خانوادگی+کل نیروی استخدام شده) در دوره D ام است. این محدودیت بیان می‌کند که کل نیروی کار برای کشت محصولات در مزرعه نباید از اختیارات نیروی کار مزرعه بیشتر شود.

۴- محدودیت آب مصرفی

از آنجایی که دوره کشت و نیاز آبی محصولات و میزان موجودی آب منطقه در ماه‌های مختلف سال با یکدیگر متفاوت است، محدودیت آب به‌صورت دوره‌های ده روزه در نظر گرفته شد. در واقع محدودیت آب بیانگر آن است که جمع مقدار آب مورد نیاز هر یک از گیاهان در دوره‌های مختلف تقسیم بر راندمان آبیاری توزیع و انتقال نمی‌تواند از کل آب در دسترس بهره‌بردار بیشتر شود. سمت راست منبع آب در اختیار کشاورز است که بر اساس متوسط آبدهی چاه در هر دوره در اندازه مزرعه ضربدر روزهای آبدهی، ضربدر ساعات آبدهی در شبانه روز محاسبه شد تا مقدار آب در دسترس بر حسب مترمکعب به‌دست آید

$$\sum X_{SJ} * (Rwater_{JD} / 0.35) + \sum X_{BJ} * (Rwater_{JD} / 0.65) + \sum X_{LJ} * (Rwater_{JD} / 0.45) \le Awater_D \qquad (۹)$$

که در این رابطه

$Rwater_{JD}$ مقدار آب مورد نیاز محصول j ام در دوره D ام در واحد سطح، X_{SJ} سطح زیرکشت محصولات با سیستم آبیاری سنتی (راندمان ۳۵ درصد)، X_{BJ} سطح زیرکشت محصولات با سیستم آبیاری بارانی (راندمان ۶۵ درصد) ، X_{LJ} سطح زیرکشت محصولات با سیستم آبیاری استفاده از لوله (راندمان ۴۵ درصد) و $Awater_D$ کل مقدار آب در دسترس (کل مقدار موجود+سهمیه آب مزرعه) در دوره D ام است. این محدودیت بیان می‌کند که کل آب مصرفی برای کشت محصولات مزرعه نباید از کل آب موجود بیشتر شود.

۴-۱- مدل منطقه

بعد از همگن‌سازی مزارع، تابع هدف بر اساس مجموع درآمدهای مزارع نماینده تعریف شد

(۱۰)

$$MAX \quad Z = \sum_{k=1}^{6} X_{jK} * GM_k - \sum_{k=1}^{6} BW_k * P_{bw} + \sum_{k=1}^{6} SW_k * \mu$$

که در آن

Z کل بازده ناخالص مزارع است که هدف حداکثر کردن آن است، GM_k بازده ناخالص مزرعه نماینده گروه K است که با روش برنامه‌ریزی ریاضی به‌دست می‌آید، k گروه همگن مورد نظر، X_{jK} سطح زیر کشت محصول j ام در مزرعه K ام و μ قیمت فروش آب است. هزینه فرصت استفاده آب، کمترین هزینه فرصت آب در دهه‌های کم آبی که از نتایج حاصل از مدل‌های مزرعه نماینده هر گروه همگن به‌دست آمد و P_{bw} قیمت خرید آب، قیمتی که توسط کشاورز پرداخت می‌شود و به‌صورت زیر محاسبه شد

$$P_{bw} = \mu + P_w + \text{Transaction Cost} \qquad (۱۱)$$

در این معادله Transaction Cost هزینه انتقال است که بر پایه مطالعات موجود در زمینه بازار آب که توسط هرنه و ایستر[1] در سال ۱۹۹۷ انجام شده، ۱۰ درصد قیمت آب فرض می‌شود. به این ترتیب در این مدل قیمت پرداخت شده برای آب، شامل قیمت سایه‌ای آب به‌علاوه قیمت آب در نظر گرفته شده برای مدل مزرعه به‌علاوه هزینه انتقال آب است، BW_k مقدار آب خریداری شده توسط مزرعه k ام و SW_k مقدار آب فروش رفته توسط مزرعه k ام است.

[1] Hearne and Easter

www.SID.ir

Archive of SID

تابع هدف با توجه به محدودیت‌های زیر حداکثر می‌شود

(۱۲)

$$\sum_{j=1}^{m} X_{Kj} * GM_{Kj} - \sum_{K=1}^{6} P_{bw} * BW_K + \sum_{K=1}^{6} \mu * SW_K \geq \text{Pro}fit_K$$

$$(\sum_{j=1}^{m} (water_{DjK} / 0.35) * X_{Sjk}) + (\sum_{j=1}^{m} (water_{Djk} / 0.65) * X_{Bjk}$$

$$+ (\sum_{j=1}^{m} (water_{Djk} / 0.45) * X_{Ljk})$$

$$+ Nuse_{Dk} - bw_{Dk} = Awater_{Dk}$$

$$\sum_{D=1}^{27} Awater_{DK} + WS_k \leq Twater_k$$

$$\sum_{D=1}^{27} bw_{Dk} = WB_k$$

$$\sum_{k=1}^{6} bw_{DK} \leq \sum_{k=1}^{6} Nuse_{Dk}$$

$$\sum_{k=1}^{6} WB_k = \sum_{k=1}^{6} WS_k$$

اولین محدودیت به‌منظور حصول اطمینان خاطر از اینکه هیچ کشاورزی از مبادله آب زیان نخواهد دید در مدل منطقه اعمال شد. اعداد سمت راست محدودیت ($Profit_K$) از اجرای مدل‌های مزرعه نماینده گروه‌های همگن کشاورزان به‌دست آمدند. در واقع سود حاصل از مزرعه در حالت عدم وجود بازار آب است.

دومین محدودیت بیانگر آن است که مجموع آب مصرفی در سیستم‌های مختلف آبیاری و آب مازاد استفاده نشده برابر با مجموع کل آب در دسترس و آب خریداری شده در هر یک از دوره‌های ده روزه گروه‌های همگن است. سومین محدودیت بیان کننده این است که کل آب مصرفی در سیستم‌های مختلف آبیاری و کل آب فروش رفته در هر یک از دوره‌های همگن باید از کل آب در دسترس هر گروه کمتر باشد.

که در روابط بالا

$Water_{DjK}$ میزان آب مورد نیاز محصول jام در دوره رویشی Dام در مزرعه Kام، $Twater_K$ کل آب در دسترس مزرعه Kام، $Awater_{DK}$ کل آب در دسترس مزرعه Kام در دوره Dام، $Nuse_{DK}$ میزان آب مازاد استفاده نشده در دوره Dام مزرعه Kام، bw_{DK} میزان آب خریداری شده دوره Dام در مزرعه Kام، WB_k کل مقدار آب خریداری شده در مزرعه Kام، WS_k کل مقدار آب فروش رفته در مزرعه Kام است.

معادله آخر بیانگر آن است که کل آب فروش رفته در منطقه با کل آب خریداری شده در منطقه یکسان است.

۵- نتایج و بحث

در بخش دوم، نخست با اجرای مدل مزرعه، وضعیت مزارع نماینده بدون وجود بازار آب شبیه سازی شده است و الگوی زراعی همراه با میزان آب مصرفی و درآمد آنها به‌دست آمد. سپس برای بررسی منافع بالقوه حاصل از ایجاد بازار آب، مدل منطقه با استفاده از قیمت‌های سایه‌ای هر متر مکعب آب فراهم آمده از مدل مزرعه، اجرا شد.

با اجرای مدل مزرعه، الگوی کشت بهینه و درآمد برای مزارع نماینده گروه‌های همگن در جدول ۱ گزارش شده است. مزارع نماینده گروه‌های ۱ و ۲ شامل مزارع روستاهای بدون محدودیت آب است. الگوی کشت، وجود استراتژی‌های کم آبیاری و سیستم‌های آبیاری نوین در مزارع نماینده با محدودیت بیشتر آب را نشان می‌دهد. در مزارع نماینده گروه‌های با دسترسی بیشتر آب، برنج در الگوی کشت آن‌ها وجود دارد. کل اراضی مزارع نماینده در گروه‌های همگن ۵ و ۶ که با محدودیت بیشتر آب روبرو هستند، کاملاً زیر کشت نرفته‌اند. اما در بقیه مزارع به‌خاطر دسترسی بیشتر آب، سطح زیر کشت افزایش یافته است. هدف مدل دشت، حداکثر کردن سود کشاورزان حاصل از کشت محصولات و مبادله آب بوده است. نتایج حاصل از اجرای مدل دشت در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه شده است. منفعت حاصل از ورود به بازار آب شامل دو بخش است:

۱- منفعتی که از افزایش سطح زیر کشت محصولات و یا کشت محصولات پر درآمد نصیب کشاورز شده است. چون در صورت تشکیل بازار آب، کشاورز می‌تواند با خرید آب مورد نیاز، کمبود آب آبیاری را جبران نموده و سطح زیر کشت محصولات خود را افزایش دهد و یا محصولاتی با درآمد بالاتر کشت نماید.

۲- منفعت دیگر، سود حاصل از فروش آب است. نتایج در جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، همه مزارع نماینده، افزایش سود داشته‌اند. در بین آنها مزرعه نماینده گروه ۶ بیشترین افزایش سود را به‌خاطر افزایش سطح زیر کشت داشته است. مزرعه نماینده گروه ۱ کمترین افزایش سود را در بین کشاورزان داشته است.

میزان آب خریداری شده و حجم آب فروخته شده برای مزارع نماینده نیز در جدول ۲ گزارش شده است. بیشترین میزان آب خالص فروخته شده به ترتیب مربوط به مزارع نماینده ۱ و ۲ است. این مزارع در اکثر دهه‌هایی از سال که مزارع نماینده‌های دیگر با کمبود شدید آب مواجه بودند، مازاد آب داشته‌اند. بنابراین آب کافی برای شرکت در تجارت آب برای این مزارع در دسترس بوده است. بیشترین آب خریداری شده به‌ترتیب مربوط به مزارع نماینده

www.SID.ir

Archive of SID

۵ و ۶ است. زیرا قیمت خرید آب کمتر از هزینه فرصت آب در دهه‌های کم آبی این مزارع بوده است و کشاورزان در این قیمت و

Table 1: Optimum crop patterns obtained from the implementation of the farm model for the representative farms in coordinated groups

جدول ۱- الگوی بهینه کشت برای مزارع نماینده گروه‌های همگن حاصل از اجرای مدل مزرعه

Villages with no water shortage روستاهای بدون محدودیت آب				Villages with water shortage روستاهای با محدودیت متوسط آب				Villages with severe water shortage روستاهای با محدودیت زیاد آب			
Group 1		Group 2		Group 3		Group 4		Group 5		Group 6	
Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)
				Wheat 21	0.696	Wheat 21	5.194			Wheat 42	7.05
Wheat 21	2.5	Wheat 21	9	Wheat 63	2.304	Wheat 22	1.806	Wheat 42	3.507	Barley 16	1.272
Cholza 11	0.803	Cholza 1	2.01	Barley 16	1.548	Barley 16	3.969	Barley 16	1.346	Barley 21	2.728
Cholza 11	1.697	Cholza 11	3.99	Barley 21	0.452	Barley 21	1.031	Barley 21	0.654	Cholza 11	0.319
Corn 12	3.390	Corn 1	0.097	Cholza 11	1	Cholza 11	1	Cholza 11	0.443	Corn 12	8.116
Corn 23	0.61	Corn 12	12.903	Corn 12	5.455	Corn 1	0.005	Corn 12	3.597	Corn 15	0.103
Rice	1	Rice	2	Corn 23	0.045	Corn 12	12.095	Corn 22	0.189	Corn 16	0.052
				Rice	0.5	Rice	0.9				
Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)	
79752325		223991487		72175403		155309750		42964100		88975904	

Table 2 : Results of water exchange among the farms representing the homogeneous groups under the scenario of no water extraction control

جدول ۲- نتایج حاصل از مبادله آب بین مزارع نماینده گروه‌های همگن در حالت عدم وجود سیستم کنترل برداشت

	Villages without water restrictions روستاهای با محدودیت زیاد آب		Villages with moderate water restrictions روستاهای با محدودیت متوسط آب		Villages with Server water restrictions روستاهای بدون محدودیت آب	
	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6
Farmer's profits prior to entrance into the water market (10 IRRials) سود زارع قبل از ورود به بازار آب (۱۰ ریال)	79752325	23991487	72175403	155309750	42964100	88975904
Farmer's profits after entrance into the water market (10 IRRials) سود زارع پس از ورود به بازار آب (۱۰ ریال)	91715173	264309955	84445221	181712407	55853330	126345784
Volume of water sold (m^3) حجم آب فروخته شده (متر مکعب)	4575	4491	4506	4495	4213	4219
Volume of water purchased (m^3) حجم آب خریداری شده (متر مکعب)	0	0	154	490	3443	22412
Net volume of water sold (m^3) حجم آب خالص فروخته شده (متر مکعب)	4575	4491	4352	4005	770	-18193
Profit increment due to the water market (10 IRRials افزایش سود ناشی از بازار آب (۱۰ ریال)	11962848	40318468	12269818	16402657	12889230	37369880
Profit increment due to the water market (%) افزایش سود ناشی از بازار آب (درصد)	15	18	17	17	30	42

www.SID.ir

Archive of SID

Table 3: Optimum crop patterns obtained from implementation of the farm model under the scenario of no water abstraction control

جدول ۳- الگوی بهینه کشت حاصل از اجرای مدل منطقه در حالت عدم وجود سیستم کنترل برداشت

Villages with no water shortage روستاهای بدون محدودیت آب				Villages with water shortage روستاهای با محدودیت متوسط آب				Villages with severe water shortage روستاهای با محدودیت زیاد آب			
Group 1		Group 2		Group 3		Group 4		Group 5		Group 6	
Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)
Wheat 1	2.5	Wheat 1	9	Wheat 43	3	Wheat 1	4.959	Wheat 16	0.63	Wheat 16	1.085
Cholza 11	2.5	Cholza 11	6	Barley 16	0.944	Wheat 22	2.041	Wheat 22	3.916	Wheat 22	11.329
Corn 12	4	Corn 12	13	Barley 21	1.056	Barley 16	2.898	Barley 16	2	Barley 16	4
Rice	1	Rice	2	Cholza 11	1	Barley 21	2.102	Cholza 11	0.453	Cholza 11	1.586
				Corn 12	5.5	Cholza 11	1	Corn 12	3.891	Corn 12	8.753
				Rice	0.5	Corn 12	12.1				
						Rice	0.9				
Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)	
91715173		264309955		84445221		181712407		55853330		126345784	

حتی بالاتر از آن تمایل به خرید آب دارند. نتایج حاصل از الگوی کشت بهینه در جدول ۳ گزارش شده است. در مزارع نماینده هر شش گروه، تغییر الگوی کشت به چشم می‌خورد. با ایجاد بازار آب منافع اقتصادی قابل توجهی حاصل می‌شود. در حقیقت با ایجاد بازار آب، امکان خرید آب برای مزارع که با محدودیت شدید آب روبرو بوده و از خاک حاصلخیز بهره‌مند هستند، فراهم می‌شود که افزایش سطح زیرکشت آنها را به دنبال دارد. مزارع با امکان آبی مازاد نیز می‌توانند از طریق فروش آب مازاد، درآمد کل خود را افزایش دهند. ایجاد بازار آب به‌طور غیرمستقیم موجب می‌شود تا کشاورزان از طریق پوشش انهار، تسطیح اراضی و استفاده از سیستم‌های آبیاری نوین، راندمان آبیاری خود را ارتقاء بخشند و آب ذخیره شده را مورد مبادله قرار دهند. نظر به اینکه کشاورزان کارآتر حاضر به پرداخت بهاء بیشتر به ازای دریافت یک مترمکعب آب می‌باشند، ایجاد بازار آب و برقراری سیستم خرید و فروش آب از طریق انتقال آب به سمت مصارف با ارزش افزوده بیشتر، کارایی استفاده از آب را افزایش می‌دهد. نتایج مربوط به بازدهی و میزان مصرف آب در مزارع نماینده در حالت‌های بدون بازار آب و وجود بازار آب در جدول ۴ نشان داده شده است. با توجه به نتایج حاصله، بازدهی آب در حالت وجود بازار آب نسبت به قبل افزایش پیدا کرده است. تغییرات میزان مصرف آب در جدول ۳ گزارش شده است. با توجه به نتایج، مصرف آب در مزارع نماینده ۳، ۴، ۵ و ۶ افزایش یافته و در مزارع نماینده گروه ۱ و ۲ کاهش یافته است. بنابراین در چهار مزرعه با ایجاد بازار آب، مصرف آب افزایش یافته است و میزان افزایش در مجموع بیش از ۳۷ هزار مترمکعب است. در نتیجه فرضیه دوم که بیانگر تعدیل تقاضای آب با ایجاد بازار آب است، به‌طور قاطع رد می‌شود. نکته مهم در مورد مدیریت آب، این است که هر چند بازار آب، موجب افزایش درآمد کشاورزان می‌شود و بازدهی هر مترمکعب آب را افزایش می‌دهد، اما نه تنها موجب تعدیل تقاضای آب نمی‌شود بلکه موجب مصرف بیشتر آب می‌شود؛ بنابراین در صورتی که با سیاست‌های مکملی تقاضای آب همراه نشود، می‌تواند بحران آب را تشدید کند. همانگونه که اشاره شد چالش عمده‌ای که بخش کشاورزی با آن روبرو است، این است که نه تنها باید مصرف آب را کاهش داد بلکه همزمان باید تولید بیشتری عرضه نمود و درآمد بالاتری را برای کشاورزان رقم زد. با توجه به نتایج ارائه شده در قسمت قبلی این مطالعه، سیاست ایجاد بازار آب، سود کشاورزان را افزایش می‌دهد ولی همزمان مصرف کل آب منطقه افزایش می‌یابد که با مدیریت تقاضای آب در تناقض است. از این رو برای مدیریت مصرف آب باید به همراه ایجاد بازار آب، سیاست کنترل برداشت آب برای کشاورزان اجرا شود.

در این راستا به رسمیت شناختن حق مالکیت آب گام اساسی و ضروری است. مالکیت آب باید از مالکیت زمین جدا شده و سند آب که مقدار مالکیت بر منابع آب را مشخص می‌کند، برای بهره‌برداران صادر شود. لازمه این امر، تحویل حجمی آب و نصب کنتور برای نظارت بر مالکیت آب است. استفاده از تکنولوژی جدید برای قرائت کنتور از راه دور، با کاهش هزینه اجرا، کارایی این اقدام را افزایش خواهد داد. مهم‌ترین ویژگی حق مالکیت، قابلیت انتقال آن است یعنی کشاورزان باید بتوانند حقابه خود را به دیگران منتقل کنند یا این که آن را برای سال‌های بعد نگهداری نمایند. در چنین شرایطی دولت نیز می‌تواند به‌عنوان خریدار آب صرفه‌جویی

www.SID.ir

Archive of SID

شده اقدام نماید. میزان آب تخصیص یافته با توجه به وضعیت سفره آب زیرزمینی دشت متفاوت و با توجه به تغییرات بارندگی سالانه می‌تواند شناور باشد. در صورتی که وضعیت آبخوان مناسب باشد، حقابه می‌تواند دو نوع باشد، حقابه نوع اول، با توجه به میزان ذخیره و عمق لایه آبدار و روند و گرایشات حاکم بر آن تعیین می‌شود و می‌تواند برای چند سال ثابت باشد. اما حقابه نوع دوم با توجه به مشخص شدن میزان بارندگی در اواخر زمستان قبل از تصمیم‌گیری در مورد کشت محصولات صیفی که نیاز آبی بالایی دارند، تعیین خواهد شد و شناور می‌باشد.

بنابراین در این قسمت از مطالعه، اثرات ایجاد بازار آب و سیاست تعیین حقابه با هم بررسی شد. به این گونه که برای مزارع نماینده ۱ و ۲، ۳۰ درصد و برای مزارع نماینده ۳ و ۴، ۲۰ درصد کاهش حقابه آب، لحاظ شد. اما برای مزارع نماینده ۵ و ۶ به علت محدودیت دسترسی به آب کاهش حقابه آب در نظر گرفته نشد.

الگوی کشت بهینه و مطابق با آن درآمد مربوطه برای مزارع نماینده در شرایط کاهش حقابه آب یا به عبارت دیگر کنترل برداشت در جدول ۵ گزارش شده است. با توجه به نتایج فراهم آمده، سود کشاورزان نماینده ۱، ۲، ۳ و ۴ به‌خاطر کنترل برداشت آب کاهش یافته است. الگوی کشت مزارع به سمت استراتژی‌های کم آبیاری و روش‌های آبیاری نوین به‌خاطر محدودیت بیشتر آب گرایش یافته است. برنج به‌دلیل نیاز آبی بیشتر آن از الگوی کشت حذف شده و سطح زیر کشت مزارع کاهش یافته است. درصد کاهش سود کشاورزان برای مزارع نماینده ۱ و ۲ به‌ترتیب ۲۹/۶ و ۲۸/۵ درصد و مزارع نماینده گروه‌های ۳ و ۴ به ترتیب ۱۸/۷ و ۱۳/۲ درصد است و برای جبران کاهش سود کشاورزان بازار آب با هدف افزایش سود کشاورزان ایجاد می‌شود. نتایج حاصل از اجرای مدل منطقه در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج الگوی کشت گویای استفاده بیشتر از استراتژی‌های کم آبیاری و سیستم آبیاری نوین است. در واقع با به‌کارگیری سیاست کنترل برداشت آب برای کشاورزان و نظارت بر برداشت آب توسط آنها، تقاضای آب تعدیل شده است. از طرف دیگر استراتژی‌های کم آبیاری و سیستم آبیاری نوین گزینه‌ای مناسب برای جلوگیری از کاهش سود

Table 4: Results of water exchange efficiency and consumption under the no control on water extraction scenario

جدول ۴- نتایج مربوط به بازدهی و مصرف آب بین مزارع نماینده در حالت عدم وجود سیستم کنترل برداشت

	Villages with no water shortage روستاهای بدون محدودیت آب		Villages with average water shortage روستاهای با محدودیت متوسط آب		Villages with severe water shortage روستاهای با محدودیت زیاد آب	
	Group 1	**Group 2**	**Group 3**	**Group 4**	**Group 5**	**Group 6**
Farmer's profits prior to entrance into the water market (10 IRRials per m^3) بازدهی آب قبل از بازار آب (۱۰ ریال بر مترمکعب)	1311	1329	1235	1289	992	1052
Farmer's profits after entrance into the water market (10 IRRials per m^3) بازدهی آب پس از ورود به بازار آب (۱۰ ریال بر مترمکعب)	1536	1552	1426	1492	1167	1071
Volume of water consumed prior to entrance into the water market (m^3) آب مصرف شده قبل از بازار آب (مترمکعب)	125784	348628	111863	239221	73051	146401
Volume of water consumed after entrance into the water market (m^3) آب مصرف شده پس از ورود به بازار آب (مترمکعب)	115221	329617	111946	242011	80809	203070
Variation in water consumption as a result of the water market (m^3) تغییرات در آب مصرف شده ناشی از بازار آب (مترمکعب)	-10563	-19010	83	2790	7758	56669
Total increase in water consumption at the regional level as a result of the water market (m^3) افزایش در کل آب مصرف شده منطقه ناشی از بازار آب (مترمکعب)	37727					

www.SID.ir

Archive of SID

Table 5: Optimum crop patterns obtained from implementation of the farm model under the scenario of water abstraction control

جدول ۵- الگوی بهینه کشت حاصل از اجرای مدل مزرعه در حالت وجود سیستم کنترل برداشت

Villages with no water shortage روستاهای بدون محدودیت آب				Villages with water shortage روستاهای با محدودیت متوسط آب				Villages with severe water shortage روستاهای با محدودیت زیاد آب			
Group 1		Group 2		Group 3		Group 4		Group 5		Group 6	
Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)
				Wheat 22	3	Wheat 21	0.546	Wheat 42	3.507	Wheat 42	7.05
Wheat 22	1.837	Wheat 21	2.047	Barley 16	1.289	Wheat 22	6.454	Barley 16	1.346	Barley 16	1.272
Wheat 63	0.663	Wheat 22	6.953	Barley 42	0.129	Barley 16	3.627	Barley 21	0.654	Barley 21	2.728
Cholza 11	2.5	Cholza 11	6	Barley 63	0.582	Barley 21	1.373	Cholza 11	0.443	Cholza 11	0.319
Corn 12	4.413	Corn 12	11.981	Cholza 11	1	Cholza 11	1	Corn 12	3.597	Corn 12	8.116
				Corn 12	5.213	Corn 12	9.312	Corn 22	0.189	Corn 15	0.103
				Corn 20	0.036	Rice	0.9			Corn 16	0.052
Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)	
56136818		160112504		58669619		134752302		41908643		86854153	

Table 6: Optimum crop patterns obtained from implementation of the regional farm model under water extraction control

جدول ۶- الگوی بهینه کشت حاصل از اجرای مدل منطقه در حالت وجود سیستم کنترل برداشت

Villages with no water shortage روستاهای بدون محدودیت آب				Villages with water shortage روستاهای با محدودیت متوسط آب				Villages with severe water shortage روستاهای با محدودیت زیاد آب			
Group 1		Group 2		Group 3		Group 4		Group 5		Group 6	
Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)	Crop محصول	Cultivated area (ha) سطح زیر کشت (هکتار)
Wheat 22	2.5	Wheat 22	9	Wheat 22	3	Wheat 22	7	Wheat 16	0.636	Wheat 16	0.774
Cholza 11	2.5	Cholza 11	6	Barley 16	1.337	Barley 16	2.477	Wheat 22	4.035	Wheat 22	11.218
Corn 12	4.678	Corn 12	14.619	Barley 21	0.663	Barley 21	2.523	Barley 16	1.328	Barley 16	3.566
Rice	0.322	Rice	0.381	Cholza 11	1	Cholza 11	1	Barley 21	0.672	Barley 21	0.434
				Corn 12	5.4	Corn 12	9.41	Corn 12	2.270	Corn 12	5.443
						Rice	0.9				
Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)		Profit (10 Rials)	
86854153		41908643		157660193		70403534		206545130		70732391	

کشاورزان و افزایش سطح زیر کشت مزرعه و حفظ عملکرد محصول است. با توجه به نتایج، از آنجایی که مزارع نماینده ۵ و ۶ کمترین بازده آب را دارند فروشنده آب هستند. در واقع بازار سبب انتقال آب به سمت مصارف با بازدهی بیشتر می‌باشد. تنها مزارع نماینده ۵ و ۶ فروشنده خالص آب هستند و دلیل فروش آب در این مزارع بازدهی پایین آب نسبت به سایر مزارع است که موجب کاهش سود کشاورزان و افزایش سطح زیر کشت مزرعه و حفظ عملکرد محصول است. نتایج حاصل از اجرای همزمان سیاست ایجاد بازار آب و سهمیه‌بندی برداشت آب از سفره‌های زیرزمینی نشان می‌دهد که بازدهی هر مترمکعب آب و سود مزارع نماینده در تمامی موارد افزایش یافته است. از مزایای اجرای همزمان این دو سیاست این است که برخلاف سناریو ایجاد بازار به تنهایی که موجب افزایش مصرف آب می‌شود در این حالت، میزان آب مصرفی در مزارع نماینده به میزان ۲۱۵۰۰۰ مترمکعب کاهش یافته است. کاهش سود ناشی از محدود کردن میزان برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی در مزارع نماینده گروه‌های ۱ و ۲، قبل از ورود به بازار آب بین ۲۸ تا ۲۹ درصد بوده است که پس از ورود این مزارع به بازار میزان کاهش سود مزارع نماینده به ۸ تا ۱۱ درصد تقلیل یافته است. بنابراین سیاست کاهش مصرف آب که از مهم‌ترین اهداف بخش مدیریت منابع آب است به‌دلیل ایجاد بازار آب و در

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه افزایش بازدهی هرمترمکعب با کاهش قابل توجه سود کشاورزان همراه نشده است و در حقیقت سیاست ایجاد بازار آب و سهمیه‌بندی برداشت از سفره‌های زیرزمینی، منافع اجتماعی و کشاورزان را با هم تأمین نموده است.

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بررسی روند و گرایش حاکم بر منابع و مصارف آب نشان داد که چالش عمده بخش کشاورزی این است که نه تنها باید مصرف آب کاهش یابد بلکه همزمان باید محصولات زراعی و باغی بیشتری عرضه شود و درآمد بالاتری برای کشاورزان ایجاد شود. ارزیابی سیاست‌های مدیریت تقاضای آب نشان می‌دهد که این سیاست‌ها به دلیل عدم وجود انگیزه کافی، مهیا نبودن بستر علمی و عملی برای صرفه‌جویی و فقدان سامانه مدیریت تصمیم از کارایی لازم برخوردار نیستند، به گونه‌ای که در بسیاری از موارد، به‌کارگیری سیاست‌های مدیریت تقاضای آب، موجب کاهش مصرف آب نشده است. نتایج این مطالعه نشان داد که اگر سیاست ایجاد بازار آب به تنهایی به‌کار گرفته شود، هر چند موجب افزایش درآمد کشاورزان و بازدهی هر مترمکعب آب می‌شود، اما افزایش مصرف آب را به‌دنبال دارد که در تضاد جدی با سیاست‌های مدیریت تقاضای آب است. پیشنهاد اصلی این مطالعه این است که سیاست ایجاد بازار آب و سیاست کنترل میزان برداشت با هم اجرا شود. در این صورت اولاً انگیزه کشاورزان برای کاهش مصرف آب از طریق به‌کارگیری روش‌های نوین آبیاری، پوشش انهار، تسطیح اراضی، استراتژی‌های کم آبیاری و تغییر الگوی کشت افزایش چشمگیری خواهد یافت. ثانیاً با افزایش بازدهی هر مترمکعب آب اثر کاهش مصرف آب بر درآمد کشاورزان ناچیز خواهد بود که این امر تمایل کشاورزان را در استفاده از سیاست‌های مدیریت تقاضای آب تقویت خواهد کرد.

۷- مراجع

References

1. Bohlolvand, K. (2006). "Estimation of agricultural water demand function and investigating the role of market mechanism on water pricing." MSc. Thesis, College of Economic and Policy, Shahid Beheshti University, Tehran. (In Persian)
2. Bohlolvand, K., and Sadr, K. (2007). "Measuring the state of competition in the Mojen water market." *Agricultural Economics*, 1 (2), 63-79. (In Persian)
3. Kiani, Gh. (2006). "Potential gains from water markets: A case study of Saveh ditrict." *Environmental Science*, 1(2), 63-80. (In Persian)
4. Mohsenpour, R. (2008). "Assessing the consequences of drought at farm level: A case study of Marvdasht district." MSc Thesis, College of Agriculture, Shiraz University. (In Persian)
5. Allen, R.G., Pereira, L.S. Raes, D., and Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration irrigation drain*, United Nations, Rome, Italy.
6. Bachta, M.S., Ben Mimoum, A., Zaibet, L., and Albouchi, L. (2004). *Simulation of a water market in Tunisia: A case study of GIC Melsa-Kairouan*, Project INCO-WADEMED.
7. Calatrava, J., and Garrido, A. (2005). "Modelling water market under uncertain water supply." *European Review of Agricultural Economics*, 32(2), 119-142.
8. Conradie, B., and Hong, D. (2004). "A review of mathematical programming models of irrigation water values." *Water SA*, 30(3), 287-292.
9. Dinar, A., and Letey, J. (1991). "Agricultural water marketing, allocative efficiency, and drainge reduction." *Environmental Economics and Management*, 20, 210-223.
10. Draper, A.J., Jenkis, M.W., Krby, K.W., and Lund, J.R. (2003). "Economic engineering optimazation for California water management." *Water Resour.*, 129, 155-164.
11. English, M. (1990). "Deficit irrigation an analytical framework." *J. Irrig. Drainage ASCE*, 116, 399-412.
12. Garrido, A. (2000). "A mathematical programming model applied to the study of water markets within the Spanish agricultural sector." *Annals of Operations Research*, 94, 105-123.

www.SID.ir

Archive of SID

13. Hearne, R., and Easter, K.W. (1997). "The economic and financial gains from water markets in Chile." *Agricultural Economics*, 15, 187-199.
14. Johansson, R.C. (2002). "Pricing irrigation water: A literature survey." The world Bank, Working Paper, Washington D.C.
15. Kirda, C. (2004). "Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance." *FAO Deficit Irrigation Practices, Water Reports*, 22, 3-10.
16. Kirda, C., and Kanber, R. (1999). "Water no longer a plentiful resource, should be used Bsparingly in irrigated agriculture." In: Kirda, C. Moutonnet, P. Hera, C. and Nielsen, D.R. (Eds). *Crop yield response to deficit irrigation, dordrecht*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
17. Louw, D.B., and van Schalkwvk, H.D. (2000). "Water market an alternative for central water allocation." *Agricultural Economics Association of South Africa*, 39, 484-494.
18. Manjunatha, A.V., Speelman, S., Huylenbroeck, V., and Chandrakanth, M.G. (2009). "Impact of groundwater markets in peninsular India on water use efficiency: A Data Envelopment Analysis approach." *International Association of Agricultural Economists Conference*, Beijing, China.
19. Meyer, S.J., Hubbard, K. and Wilhite, D.A. (1993). "A crop-specific drought index for corn: Model development and validation." *Agronomy Journal*, 85, 388-395.
20. Morris, J. (2002). *Sustainable development: Promoting progress or perpetuating poverty*?, Profile Books, London, August.
21. Peterson, D., Dwyer, G., Appels, G., and Fry, J. (2004). "Modelling water trade in the southern Murrary-Darling Basin. Staff." Working Paper, Productivity Commission, Canberra.
22. Pujol, J., Raggi, M., and Viaggi, D. (2005). "Agricultural water markets: Exploring limits and opportunities in Italy and Spain." *DEIAgra Working Papers*, 1, 1-13.
23. Satyasai, K. (1997). "Terms of transactions in groundwater market." *Indian Journal of Agricultural Economics*, 52, 751-760.
24. Tsur, Y., and Dinar, A. (1997). "The relative efficiency and implementation costs of alternative methods for pricing irrigation water." *The World Bank Economic Review*, 11(2), 243-262.
25. Zekri, S., and Easter, W. (2005). "Estimating the potential gains from water markets: A case study from Tunisia." *Agricultural Water Management*, 161-175.
26. Zekri, S., Kotagama, H., and Boughanmi, H. (2006). "Temporary water markets in Oman." *Agricultural and Marine Sciences*, 11, 77-84.

www.SID.ir