

تحلیل تأثیرات اقتصادی و اجتماعی ایجاد و توسعه بازار آب در بخش کشاورزی (مطالعه موردی اراضی پایین دست سد شیرین دره بجنورد)

علی کرامت‌زاده

گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان (نویسنده مسئول)
alikeramatzadeh@yahoo.com

امیرحسین چیزری

گروه اقتصاد کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی
dr.chizari@gmail.com

غلامعلی شرزه‌ای*

گروه اقتصاد، دانشگاه تهران
gasharzei@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۹

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۴/۲۲

چکیده

در مطالعه حاضر به بررسی بازار آب و تحلیل تأثیرات اقتصادی و اجتماعی ناشی از آن در مناطق مختلف اراضی پایاب سد شیرین دره استان خراسان شمالی پرداخته شده است. در این مطالعه نخست، با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی به برآورد توابع تقاضای آب، شبیه‌سازی بازار آب و تعیین قیمت تعادلی آب در شرایط مختلف خشک‌سالی و نرمال می‌پردازیم، سپس، تأثیرات اقتصادی و اجتماعی ناشی از اعمال قیمت تعادلی آب در منطقه مورد مطالعه را بررسی می‌کنیم. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ایجاد بازار آب رفاه کل مناطق را به میزان ۲۶۴۰ و ۱۱۸۲ میلیون ریال، مجموع کل سود حاصل از کشت محصولات را به میزان ۱۲ و ۲۳ درصد و اشتغال ناشی از تغییر الگوی کشت را نیز به میزان ۶۲ و ۳۲ درصد در شرایط نرمال و خشک‌سالی افزایش خواهد داد. نتایج این مطالعه از اطلاعات سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ با تکمیل ۱۸۷ پرسش‌نامه و با استفاده از بسته نرم‌افزاری GAMS استخراج شده است.

کلیدواژه‌ها: تقاضای آب، عرضه آب، بازار آب، قیمت تعادلی نهاده آب، سد شیرین دره.

طبقه‌بندی JEL: Q12 و Q25.

* تهران، خیابان کارگر شمالی، تقاطع جلال‌آل احمد، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران، طبقه چهارم.

۱. مقدمه

وجود خلأ بین توان تأمین و شدت تقاضای آب از یک طرف، و افزایش روزافزون تقاضای آب به علت رشد جمعیت شهرنشینی، بهبود شیوه های زندگی، افزایش نیاز به مواد غذایی و پیدایش نیازهای جدید مصرف آب از طرف دیگر، بیانگر این مهم است که تقاضای آب بحران آفرین است و یکی از بزرگ ترین چالش های قرن حاضر بشر محسوب می شود که می تواند منشأ بسیاری از تحولات مثبت و منفی جهان باشد. بنابراین، با توجه به تنگناهای موجود در استفاده بهینه از این منبع ارزشمند، خصوصاً در بخش کشاورزی، اتخاذ سیاست ها و راهبردهای درازمدت ضروری است تا با تأمین آب و تخصیص آن بین بخش ها و مصارفی که بالاترین بازده نهایی را تولید می کنند، مدیریت آب کشاورزی بهبود یابد و بین عرضه و تقاضای آن تعادل برقرار شود. در برقراری این تعادل، مانند هر کالا و نهاده ای، قیمت یا ارزش آب نقش تعیین کننده ای دارد و اگر این قیمت به درستی تعیین شود، انتظار می رود که بسیاری از مسائل موجود در مدیریت منابع آب برطرف شود (Gibbons, 1987). ایجاد بازار آب و تعیین قیمت آب باعث می شود که آب بین متقاضیان متناسب با فایده یا ارزش تولید نهایی آن توزیع شود و انگیزه لازم در مصرف کنندگان برای صرفه جویی در مصرف آب و جلوگیری از اسراف یا اتلاف آن ایجاد شود (Easter et al., 1999). به نظر اقتصاددانان کشاورزی، در صورت وجود سیستم حقوقی مالکیت خصوصی با قابلیت انتقال منابع آبی، ایجاد و توسعه بازار آب سبب افزایش ضریب اطمینان در دسترسی به آب و کاهش ریسک کشاورزان می شود و به نحو مطلوبی مدیریت و تخصیص بهینه آب را منعکس می کند (Garrido, 1998; Johansson, 2002).

بهلولوند و صدر (۱۳۸۵) با برآورد تابع تقاضای آب در منطقه مجن شهرستان شاهرود نشان دادند که در مجموع ۳۰ درصد آب مصرفی زارعان از محل مبادلات بازار آب تأمین می شود و بیان کردند که قیمت گذاری آب از طریق بازار آب سبب اصلاح الگوی تخصیص و کاهش هدررفت آب می شود. کیانی (۱۳۸۷) نیز به برآورد توابع عرضه و تقاضای آب می پردازد و بیان می کند که به طور متوسط ۲۲ - ۲۸ درصد از آب مصرف شده از طریق بازار تأمین می شود. رینادو^۱ و همکاران (۱۹۹۷) با بررسی عملکرد بازار آب در پاکستان نشان دادند که نرخ مبادلات آب چاه های الکتریکی، دیزلی و مکانیکی نیز به ترتیب برابر با ۰/۰۰۴، ۰/۰۰۸ و ۰/۰۰۷ دلار بر مترمکعب است. هرن و ایستر^۲ (۱۹۹۷) به بررسی منافع اقتصادی و مالی حاصل از مبادلات انجام شده در کشور شیلی پرداختند و نشان دادند که منافع اقتصادی هر سهم در هر سال معادل ۷۹۰ دلار و، بر اساس تحلیل مالی، مازاد خالص فروشندگان و خریداران به ترتیب معادل ۱۱۵۶ و ۳۰۴۷ دلار برای هر

1. Rinaudo
2. Hearne and Easter

مترمکعب در سال است. گاریدو^۱ (۲۰۰۰) به ارزیابی سناریوهای مختلف انتقال آب بین کشاورزان داخل یک منطقه همچنین، بین کشاورزان مناطق مختلف آبیاری در قیمت تعادلی ناشی از بازارهای مختلف آب در بخش کشاورزی اسپانیا پرداخته است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که میزان مشارکت در بازارهای آب به میزان زیادی به سطح هزینه‌های مبادلات بستگی دارد. آریازا^۲ و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی به برآورد توابع تقاضای نهاده آب گروه‌های مختلف کشاورزان در جنوب اسپانیا پرداختند و با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف عرضه ثابت و برون‌زای آب، ارزش تولید نهایی گروه‌های مختلف کشاورزان برای نهاده آب را برآورد و از نامساوی بودن آن بین گروه‌های مختلف، نوع مشارکت در بازار را مشخص کردند و به بررسی تأثیرات اقتصادی و اجتماعی ایجاد بازار آب در منطقه پرداختند. کالاتراوا و گاریدو^۳ (۲۰۰۵) در جنوب اسپانیا تصمیمات مشارکت کشاورزان در بازارهای آب را ارزیابی و بیان کردند اگر سهم آب کشاورز بیشتر (کمتر) از مقدار آب مصرف شده در پروسه تولید باشد، کشاورز، به‌منزله فروشنده (خریدار)، در بازار مشارکت خواهد کرد. زکری و ایستر^۴ (۲۰۰۵) با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی به شبیه‌سازی بازار آب و ارزیابی منافع اقتصادی حاصل از ایجاد بازار آب بین کشاورزان همچنین، بین کشاورزان و شرکت‌های تأمین‌کننده آب شهری در کشور تونس با در نظر گرفتن چهار سناریوی مختلف میزان آب پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که حجم مبادلات بین کشاورزان محدود است و تأثیر ناچیزی در درآمد آنها دارد، ولی حجم انتقال آب از کشاورزان به شرکت‌های تأمین‌کننده آب شهری بالاست و سود کشاورزان را حدود ۷/۹ درصد افزایش می‌دهد. گومز لیمون و مارتینز^۵ (۲۰۰۶) برای تحلیل تأثیرات اقتصادی و اجتماعی ناشی از ایجاد بازار آب با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره^۶ (MCDM) به شبیه‌سازی بازار آب نقدی آبیاری در اسپانیا پرداختند و بیان کردند که بازار آب باعث می‌شود نهاده آب از مصارف با بهره‌وری پایین به سمت مصارف با بهره‌وری بالا منتقل شود.

اهمیت بالای بخش کشاورزی در تولید نیازهای غذایی و اشتغال‌زایی از یک طرف، و آسیب‌پذیر بودن فعالان این بخش، به‌ویژه کشاورزان، از طرف دیگر، بیانگر آن است که سیاست‌های اجرایی در این بخش از حساسیت بالایی برخوردار است و باید ضریب اطمینان بالایی داشته باشد؛ بنابراین، قبل از اجرای سیاست‌هایی نظیر سیاست قیمت‌گذاری منابع آب و ایجاد بازار آب باید

-
1. Garrido
 2. Arriaza
 3. Calatrava & Garrido
 4. Zekri & Easter
 5. Gomez limon & Martinez
 6. Multi Criteria Decision Making (MCDM)

مطالعات دقیقی در زمینه تحلیل واکنش رفتار کشاورزان و تأثیر سیاست‌ها در آنان انجام گیرد. برای این مهم از رهیافت‌های نوین همانند برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی^۱ (PMP) استفاده می‌شود که هاویت^۲ (۱۹۹۵) این رهیافت را برای غلبه بر مشکلات الگوهای برنامه‌ریزی هنجاری^۳ (NMP) در تحلیل سیاست‌ها معرفی کرده است. وارد^۴ (۲۰۰۳) با استفاده از رهیافت مذکور به ارزیابی واکنش کشاورزان به سیاست‌های قیمت‌گذاری آب در بخش کشاورزی پرداخته است. روهم و دابرت^۵ (۲۰۰۳)، با در نظر گرفتن کشت جانشینی بیشتر بین وارپته‌های یک محصول در مقایسه با نرخ جانشینی محصولات با یکدیگر، مدل استاندارد ارائه‌شده هاویت (۱۹۹۵) را بسط دادند و بیان کردند که نتایج این مدل در مقایسه با مدل استاندارد به شرایط واقعی نزدیک‌تر است. کورتیگنانی و سورینی^۶ (۲۰۰۹) با استفاده از مدل PMP به بررسی تأثیر افزایش هزینه تأمین آب، کاهش آب در دسترس و تغییر در قیمت محصولات کشاورزی در الگوی کشت در ایتالیا پرداختند. تمامی این محققان بیان می‌کنند که مدل‌های PMP در زمینه تحلیل سیاست‌ها و ارزیابی آنها نتایج واقعی و سازگارتری را ارائه می‌دهند.

۲. تعریف بازار آب و مباحث قانونی

بازار آب به مکانیسمی از تخصیص آب بر مبنای مبادله حبابه برای مصرف آب گفته می‌شود که به تخصیص بهینه آب می‌انجامد (Pujol et al., 2005). به طور کلی، بازار آب ترتیبی است که از طریق آن دارندگان مجوز بهره‌برداری از منابع آب، بر اساس قواعد مشخصی، حقوق خود را با یکدیگر یا با متقاضیان جدید مبادله می‌کنند.

بر اساس ماده ۱۵۲ قانون مدنی ایران، اگر فردی با حفر چاه یا احداث نهر به منبع مشترکی دسترسی یابد، نسبت به آب استخراج‌شده مالکیت خصوصی پیدا می‌کند و می‌تواند همه یا بخشی از آب حیات‌شده را بفروشد. همچنین، بر اساس ماده ۱۰۶ قانون سوم توسعه اقتصادی - اجتماعی کشور و مستندات اجرایی ماده ۱۷ قانون چهارم توسعه، بر لزوم تقویت بازارهای آب محلی و تسهیل مبادلات تأکید شده است، ولی بر اساس مواد ۲۷ و ۲۸ قانون توزیع عادلانه آب، مالکیت آب وابسته به زمین است و مبادله دائم یا موقت حبابه آب‌های سطحی مهارشده دولت بدون موافقت وزارت نیرو جرم محسوب می‌شود. برای اتخاذ دیدگاهی جامع در چارچوب مقررات موجود، به

-
1. Positive Mathematical Programming (PMP)
 2. Howitt
 3. Normative Mathematical Programming (NMP)
 4. Ward
 5. Roham & Dabbert
 6. Cortignani & Severini

تفکیک منابع آب سطحی و زیرزمینی، جدول ۱ ارائه می‌شود. بر اساس اطلاعات این جدول، اگر چه مبادلهٔ حقاچه بدون مبادلهٔ زمین محدودیت قانونی دارد، اما در برخی موارد از جمله استفاده نکردن صاحب حقاچه، با اجازهٔ وزارت نیرو، امکان مبادلهٔ آن وجود دارد. بنابراین، حتی بر اساس مواد ۲۷ و ۲۸ نیز، تغییر کاربری و خرید و فروش حقاچه با مجوز و هماهنگی وزارت نیرو مجاز شناخته شده است، البته در مناطقی که مبادلهٔ آب منجر به استفادهٔ کاراتر از منابع آب و رشد اقتصادی آن منطقه می‌شود. حتی در مورد منابع آب زیرزمینی در دشت‌های ممنوعه نیز به صورت کنترل‌شده با هماهنگی دولت، بر اساس مواد ۲۷، ۱۶ و ۷ قانون توزیع عادلانهٔ آب، شرایط دادوستد، تغییر کاربری و جابه‌جایی چاه‌ها و قنوت امکان‌پذیر است. آب‌های استحصالی از منابع آب سطحی مهارنشده نیز، در صورت وجود تقاضا، مبادله پذیرند و منع قانونی برای آنها وجود ندارد. مبادلهٔ حقاچه حاصل از منابع سطحی مهارشدهٔ دولت نیز با موافقت وزارت نیرو به صورت دائم یا موقت امکان‌پذیر است.

جدول ۱. وضعیت خرید و فروش آب منابع سطحی و زیرزمینی از نظر قانونی

نوع منبع	تغییر کاربری	جابه‌جایی	خرید و فروش
آب سطحی مهارشده	با مجوز دولت (مواد ۲۴ بنده ۰، ز؛ ۲۷، بند ط ۲۹ و ق. ت. س. *)	-	با مجوز دولت (مواد ۲۴ بنده ۰، و، ز؛ ۲۷، بند ط ۲۹ و ق. ت. س. *)
آب سطحی مهارنشده	با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی محدودیتی وجود ندارد.		
چشمه	با مجوز دولت (بند ط مادهٔ ۲۹)		با مجوز دولت (بند ط مادهٔ ۲۹)
قنات	با مجوز دولت (بند ط مادهٔ ۲۹)	با مجوز دولت (مادهٔ ۱۶ و بند ط مادهٔ ۲۹)	با مجوز دولت (بند ط مادهٔ ۲۹)
چاه	با مجوز دولت (مادهٔ ۷ و بند ط مادهٔ ۲۹)	با مجوز دولت (مادهٔ ۱۶ و بند ط مادهٔ ۲۹)	با مجوز دولت (مادهٔ ۷ و بند ط مادهٔ ۲۹)

* ق. ت. س. : قانون تشویق سرمایه‌گذاری

منبع: وزارت نیرو

بنابراین، بر مبنای این مصوبات، ضمن رعایت موارد قانونی، حفظ حقوق سایر حقاچه‌داران و توجه به جنبه‌های زیست‌محیطی ایجاد بازار آب امکان‌پذیر است و بایستی اقدامات لازم برای

تسهیل مبادله حقایق، تغییر کاربری منابع آب، ارائه اطلاعات و کمک به رفع اختلافات احتمالی، به منظور پیشبرد اهداف بازار آب، اتخاذ شود. بر این اساس، در مطالعه حاضر به بررسی بازار آب و تحلیل تأثیرات اقتصادی و اجتماعی آن در بخش کشاورزی پرداخته می‌شود.

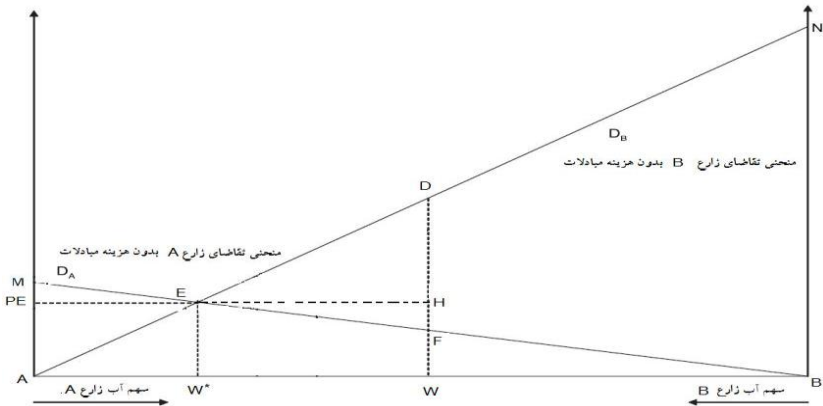
۳. مشخصات منطقه تحقیق

منطقه مورد مطالعه در استان خراسان شمالی قرار دارد که با میانگین بارندگی سالانه ۲۹۴ میلی‌متر و سرانه آب ۲۹۹۵ مترمکعب در سال از دشت‌های ممنوع و بحرانی به حساب می‌آید. این استان دارای ۵ سد مخزنی در دست بهره‌برداری با حجم آب درخور تنظیم سالیانه ۱۶۳ میلیون مترمکعب و ۷۹۸۳ هکتار اراضی پایاب، ۳۱۸۶ حلقه چاه، ۲۶۳۵ دهنه چشمه و ۶۲۷ رشته قنات است؛ به طوری که، سهم آب‌های زیرزمینی و سطحی از کل منابع آب تجدیدشونده استان به ترتیب ۳۲ و ۶۸ درصد است. مطالعه حاضر در اراضی پایاب سد شیرین دره با حجم حقایق ۱۸/۴ میلیون مترمکعب، حجم آب مازاد ۲۲/۴ میلیون مترمکعب و کل اراضی آبخور سد از شبکه ۵۱۳۰ هکتار انجام یافته است (بی‌نام، ۱۳۸۶؛ بی‌نام، ۱۳۸۰).

۴. روش‌شناسی تحقیق

بر اساس یک تعادل جزئی در بخش کشاورزی، اگر فرض کنیم که در منطقه دو (گروه) زارع A و B به ترتیب با AW و BW واحد سهم آب از منابع آبی مختلف مطابق نمودار ۱ باشند، در صورتی که امکان مبادله آب بین این دو زارع وجود نداشته باشد، هر یک از دو زارع سهم آب خود را برای تولید محصولات خود استفاده می‌کنند. در این حالت ارزش کل تولید زارع A و B به ترتیب معادل مساحت‌های AMFW و BNDW و ارزش تولید نهایی آنها به ترتیب معادل FW و DW است. تفاوت در ارزش تولید نهایی این دو (گروه) زارع به سطح فناوری تولید آنها بستگی دارد که به سطح مهارت، تجربه، دانش فنی، سطح زیر کشت و ... وابسته است. تفاوت در سطح ارزش تولید نهایی نهاده آب زمينه مبادله آب را بین این دو گروه فراهم می‌کند. حال اگر بازار تشکیل شود و امکان مبادله آب بین دو زارع بدون هیچ گونه هزینه مبادله‌ای وجود داشته باشد، در این حالت، با توجه به ارزش بیشتر تولید نهایی آب زارع B نسبت به زارع A، زارع B با خرید آب و زارع A با فروش آب می‌توانند سود خود را افزایش دهند. اگر زارع B اقدام به خرید WW^* واحد آب از زارع A کند، ارزش تولید کل خود را به میزان $WDEW^*$ واحد پولی افزایش می‌دهد که برای خرید این مقدار آب $WHEW^*$ واحد پولی هزینه کرده است و در نهایت از این مبادله میزان HDE واحد پولی سود می‌برد. زارع A نیز با فروش آب به میزان WW^* واحد به میزان $WHEW^*$ واحد پولی درآمد

کسب می‌کند و در اثر خارج کردن این مقدار آب از جریان تولید فقط به اندازه $WFEW^*$ واحد پولی از ارزش تولید وی کاسته شده است؛ زارع A نیز از این مبادله به میزان FHE واحد پولی سود می‌برد. بنابراین، در نتیجه تشکیل بازار آب و فراهم شدن امکان مبادله بین دو زارع، با فرض نبود هزینه مبادله هر دو زارع سود می‌برند و سود کل مبادله معادل FDE واحد پولی است. این مبادله تا زمانی ادامه می‌یابد که ارزش تولید نهایی نهاده آب برای هر دو زارع یکسان شود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که مبنای مبادله در بازار آب تفاوت در ارزش تولید نهایی نهاده آب است که مکانیزم بازار از طریق انتقال آب از مصارف با ارزش تولید نهایی کمتر به مصارف با ارزش تولید نهایی بیشتر منجر به تخصیص بهینه نهاده آب می‌شود و سود کل مصرف‌کنندگان را نیز حداکثر می‌کند.



منبع: (Pujol et al., 2006)

نمودار ۱. مکانیزم مبادله آب در بازار آب در حالت نبود هزینه مبادلات

از آنجا که در جهان واقعی مبادلات دارای هزینه‌هایی مانند هزینه جست‌وجوی طرفین مبادله، هزینه مذاکره، هزینه احراز هویت قانونی مالک حقابه، هزینه ثبت مبادله و هزینه تضمین مبادله است، بنابراین، باید در مکانیزم مبادله در بازار آب هزینه مبادلات نیز لحاظ و تأثیر آن در عملکرد بازار بررسی شود. با لحاظ هزینه مبادلات در مکانیزم مبادله بازار آب میزان تمایل به فروش فروشنده آب کمتر می‌شود؛ به عبارت دیگر، میزان تقاضای آب افزایش می‌یابد و منحنی تقاضا به سمت بالا منتقل می‌شود و زارع خریدار آب نیز در حالت وجود هزینه مبادلات تمایل کمتری به خرید آب خواهد داشت و منحنی تقاضای آن به سمت پایین منتقل می‌شود. بنابراین، در حالت لحاظ هزینه مبادلات در مکانیزم مبادله بازار آب اولاً، میزان مشارکت (حجم مبادلات) در بازار آب و سود کل حاصل از بازار کاهش می‌یابد؛ ثانیاً، قیمت تعادلی نهاده آب در بازار افزایش می‌یابد. لحاظ

هزینه مبادلات در مکانیزم مبادله آب در بازار آب به دو صورت ثابت (به ازای هر مبادله) و متغیر (به ازای هر واحد حجم مبادلات) است که در اکثر مطالعات بازار آب هزینه مبادلات را به صورت متغیر به ازای میزان آب مبادله شده در نظر می گیرند (Riesgo and Gomez Limon, 2006).

۱.۴. رهیافت برنامه ریزی ریاضی اثباتی (PMP)

رهیافت برنامه ریزی ریاضی اثباتی، که یک روش تحلیل تجربی است، سعی می کند با استفاده از همه اطلاعات الگویی را طراحی کند که محدودیت ها، فرصت ها و اهداف شرایط موجود را منعکس کند، سپس، تحت فروض ناشی از اجرای سیاست مورد نظر به بررسی تأثیر تغییر عوامل مختلف مدل پردازد (Arfini et al., 2003; Roham and Dabbert, 2003). به طور کلی، یک مدل برنامه ریزی اثباتی در ۳ مرحله به صورت زیر انجام می شود (Howitt, 1995; Paris and Howitt, 1998):
مرحله I) تبیین مدل برنامه ریزی خطی معمولی^۱ (LP) با محدودیت های کالیبراسیون برای برآورد قیمت های سایه ای:

تابع هدف مدل LP عبارت است از:

$$(۱) \text{Max } \pi = \sum_r \sum_c [A_{cr} (P_{cr} Y_{cr} (WU_{cr}) + SI_{cr} - PW_{ro} \cdot WU_{ro} - TC_{cr})]$$

که C مربوط به محصولات شامل گندم آبی، پنبه، برنج، خیار پاییزه، گوجه فرنگی، ذرت، جو آبی، کلزا، یونجه و انگور است؛ I مربوط به مناطق شامل MOH (محمدآباد)، HKG (حصه گاه - کوشکی - قلندر تپه)، BGI (بازاره - قارناس - اینجانلو)، KAP (کیکانلو - پیش قلعه)، EKO (اسفیدان - کشک آباد - بوربور - چشمه گاه) و EGS (عشق آباد - گزآباد - شش خانه) و O مربوط به منابع تأمین آب شامل حقابه سد، آب مازاد سد، رودخانه و چاه است. A سطح زیر کشت بر حسب هکتار، P قیمت محصول بر حسب ریال به کیلوگرم، Y عملکرد محصول بر حسب کیلوگرم در هکتار و به صورت تابع درجه دوم از مقدار آب مصرفی، WU آب مصرفی محصول بر حسب مترمکعب در هکتار، SI درآمد فرعی محصول بر حسب ریال در هکتار، PW هزینه تأمین آب بر حسب ریال بر مترمکعب، WU آب مصرفی بر حسب مترمکعب در هکتار و TC کل هزینه متغیر تولید محصول بر حسب ریال در هکتار است.

تابع هدف فوق با توجه به محدودیت های زیر حداکثر می شود:

۱. محدودیت زمین

$$(۲) \sum_{mc} A_{cr} \leq TA_r$$

$$(۳) \sum_{sc} A_{cr} \leq \sum_{rc} A_{cr}$$

که TA_r کل اراضی درخور آبیاری منطقه r ام بر حسب هکتار است و در مجموع تعداد ۱۲ سطر محدودیت برای زمین زراعی در مدل در نظر گرفته شده است.

۲. محدودیت آب

$$WU_{rov} \leq TW_{rov}$$

$$(۴) \sum_o WU_{rov} \cdot EF_{ro} \geq \sum_c WR_{crv} \cdot A_{cr}$$

$$WR_{crv} = \sum_m ETC_{crm} - 0.75R_{rmv}$$

که v بیانگر سناریوهای مختلف کمیابی نهاده آب شامل سال زراعی نرمال و خشک‌سالی، m بیانگر ماه‌های مختلف سال شامل Feb, Jan, Dec, Nov, Oct, Sep, Aug, Jul, Jun, May, Apr, شامل Mar به ترتیب معادل فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور، مهر، آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند، TW_{rov} کل آب در دسترس منطقه r ام از منبع آبی o ام در شرایط آب و هوایی v ام بر حسب مترمکعب، EF راندمان کل آبیاری (شامل راندمان انتقال، توزیع و مصرف آب) بر حسب درصد، WR نیاز آب آبیاری خالص محصول بر حسب مترمکعب، ETC نیاز آبی خالص ماهانه محصول بر حسب مترمکعب و R متوسط بارندگی در منطقه بر حسب مترمکعب است. برای محدودیت آب به تعداد محصولات، تعداد مناطق، تعداد منابع آبی، شرایط مختلف آب و هوایی یعنی در مجموع تعداد ۱۸۰ سطر محدودیت در نظر گرفته شده است.

۳. محدودیت نیروی کار

$$(۵) \sum_c L_{crs} \cdot A_{cr} \leq TL_{sr}$$

که s بیانگر فصول مختلف سال شامل بهار، تابستان، پاییز و زمستان، L نیروی کار مورد نیاز هر هکتار محصول بر حسب نفرروز کار و TL کل نیروی کار درخور حسب نفرروز کار است. بر حسب تعداد مناطق و تعداد فصول سال، در مجموع تعداد ۲۴ سطر محدودیت نیروی کار در مدل‌ها لحاظ شده است.

۴. محدودیت سم و کود شیمیایی

$$(۶) \sum_c CH_{crf} \cdot A_{cr} \leq TCH_{fr}$$

که f بیانگر کود و سموم شیمیایی مختلف شامل کودهای فسفاته، ازته، پتاسه، کود حیوانی و سموم شیمیایی، CH انواع مختلف کود و سم مورد نیاز محصول بر حسب کیلوگرم و TCH کل انواع مختلف کود و سم در دسترس است. تعداد سطر محدودیت کود و سم نیز بر اساس انواع مختلف

کودهای شیمیایی و دامی و تعداد مناطق، در مجموع ۳۰ سطر محدودیت است.

۵. محدودیت ماشین‌آلات کشاورزی

$$(۷) \sum_c M_{cr} \cdot A_{cr} \leq TM_{tr}$$

که t بیانگر ماشین‌آلات کشاورزی شامل تراکتور و کمباین، M ماشین‌آلات مختلف مورد نیاز هر هکتار محصول بر حسب ساعت و TM کل ساعات در دسترس انواع مختلف ماشین‌آلات کشاورزی است. بر حسب انواع ماشین‌آلات و تعداد مناطق در مجموع تعداد ۱۲ محدودیت مرتبط با ماشین‌آلات کشاورزی در مدل‌های ریاضی در نظر گرفته شده است.

۶. محدودیت سرمایه‌گذاری نقدی

$$(۸) \sum_c K_{cr} \cdot A_{cr} \leq TK_r$$

K هزینه‌های نقدی مورد نیاز هر هکتار محصول بر حسب میلیون ریال و TK کل سرمایه‌گذاری نقدی در دسترس است. برای این محدودیت نیز تعداد ۶ سطر محدودیت در مدل‌ها لحاظ شده است.

۷. محدودیت کالیبراسیون

$$(۹) A_{cr} \leq CA_{cr} (1 + \varepsilon_1) \quad [\lambda_{cr}]$$

$$(۱۰) \sum_c A_{cgr} \leq \sum_g CA_{cgr} (1 + \varepsilon_2) \quad [\rho_{cgr}]$$

که g مربوط به گروه محصولات مشابه شامل گروه غلات (گندم، جو و ذرت)، گروه دانه‌های روغنی (پنبه و کلزا)، گروه برنج (برنج)، گروه سبزیجات (خیار و گوجه‌فرنگی)، گروه یونجه (یونجه) و گروه انگور (انگور)، CA سطح زیر کشت فعلی محصول، λ_{cr} ارزش سایه‌ای محدودیت سطح زیر کشت محصول c در منطقه Γ ، ρ_{cgr} ارزش سایه‌ای محدودیت سطح زیر کشت محصول c از گروه محصولات مشابه g در منطقه Γ و ε_1 و ε_2 اعداد مثبت بسیار کوچکی که برای جلوگیری از هم‌بستگی خطی و ظهور نداشتن قیمت سایه‌ای صفر در مدل لحاظ می‌شوند.

مرحله (II) برآورد ضرایب تابع هدف غیرخطی از طریق قیمت‌های سایه‌ای مدل LP:

تابع هدف غیرخطی در مرحله دوم از طریق قراردادن یک تابع هزینه غیرخطی در تابع هدف

مدل LP به دست می‌آید. فرم کلی تابع هزینه غیرخطی به صورت زیر است:

$$(۱۱) VC_{cr}(A_{cr}) = \alpha_{cr} \cdot A_{cr} + \frac{1}{2} \beta_{cr} \cdot A_{cr}^2 + \frac{1}{2} \gamma_{cgr} \cdot A_{cgr}^2$$

که α_{cr} پارامترهای جزء خطی، β_{cr} پارامترهای جزء درجه دوم تابع هزینه محصول c در منطقه Γ و γ_{cgr} پارامترهای جزء درجه دوم تابع هزینه محصول c از محصولات هم‌گروه و

مشابه گام در منطقه ۱۲ام است.

ضرایب تابع هزینه غیرخطی ملحوظ در مدل به صورت زیر برآورد می‌شوند:

$$(۱۲) \alpha_{cr} = C_{cr}$$

$$(۱۳) \beta_{cr} = \frac{\lambda_{cr}}{CA_{cr}}$$

$$(۱۴) \gamma_{cgr} = \frac{\rho_{cgr}}{\sum_g CA_{cgr}}$$

که C_{cr} هزینه تولید محاسبه شده محصول c ام در منطقه ۱۲ام است و λ_{cr} و ρ_{cgr} نیز از روابط (۹) و (۱۰) به دست می‌آیند.

مرحله III) تبیین یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی از طریق قراردادن ضرایب برآوردی تابع هزینه در تابع هدف مدل LP بدون محدودیت‌های کالیبراسیون: در این مرحله، تابع هدف مدل برنامه‌ریزی غیرخطی شامل تابع هزینه درجه دوم به صورت زیر است:

$$(۱۵) \text{Max } \pi = \sum_r \sum_c [A_{cr} \cdot (P_{cr} \cdot Y_{cr}(WU_{cr}) + SI_{cr}) - PW_{ro} \cdot WU_{ro} - VC_{cr}(A_{cr})]$$

تابع هدف مدل برنامه‌ریزی درجه دوم نیز با توجه به محدودیت‌های منابع (روابط ۲ - ۸) و بدون محدودیت‌های کالیبراسیون (روابط ۹ و ۱۰) حداکثر می‌شود. حال مدل غیرخطی کالیبره شده به طور صحیحی سطح زیر کشت موجود و ارزش سایه‌ای منابع را بازتولید می‌کند و برای شبیه‌سازی بازار آب و بررسی واکنش کشاورزان به اجرای سیاست‌های مختلف، نظیر سیاست قیمت‌گذاری منابع آبی، مناسب است.

۲.۴. شبیه‌سازی بازار آب

پس از تبیین مدل PMP مدل بازار آب منطقه به صورت زیر شبیه‌سازی شده است. هزینه مبادلات آب بین مناطق نیز به صورت مساوی بین خریدار و فروشنده و معادل ۱۰ درصد (بر اساس نتایج مطالعات مختلف Zekri and Easter, 2005; Hearne and Easter, 1997) هزینه تأمین آب در نظر گرفته شده است. بر این اساس، تابع هدف مدل شبیه‌سازی بازار آب بین منطقه‌ای به صورت زیر است:

$$(۱۶) \text{Max } TRS = \sum_r \sum_o \left[RS_r (\gamma \cdot TW_{ro} + WB_{ro} - WS_{ro}) - PW_{ro} \cdot TW_{ro} - (MPW_o + 0.5TC_{ro}) \cdot WB_{ro} \right] + (MPW_o - 0.5TC_{ro}) \cdot WS_{ro}$$

که TRS کل رفاه مناطق، RS_r رفاه منطقه ۱۲ام، γ ضریب کمیابی آب، WB_{ro} آب خریداری شده منطقه ۱۲ام از منبع آب o ام، WS_{ro} آب فروخته شده منطقه ۱۲ام از منبع آب o ام، PW_{ro} هزینه تأمین

آب منبع o در منطقه r ، MPW_{ro} قیمت تعادلی آب منبع o بین مناطق و TC_{ro} هزینه مبادله آب منبع o در منطقه r است.

مدل بازار آب بین منطقه‌ای با توجه به محدودیت‌های زیر شبیه‌سازی و حداکثر شده است:

$$(17) WU_{ro} - WB_{ro} + WS_{ro} \leq TW_{ro}$$

$$(18) WB_{ro} \leq \sum_{r'} WS_{r'o} \quad \text{for } r \neq r'$$

$$(19) \sum_r WB_{ro} = \sum_r WS_{ro}$$

$$(20) \sum_r WU_{ro} \cdot EF_o \geq \sum_c WR_{crv} \cdot A_{cr}$$

$$(21) RPW_{ro} - \lambda_{ro}^* (TW_{ro}) \geq 0$$

$$(22) MPW_o = \text{Min}(r, RPW_{ro}) + PW_{ro} + TC_{ro}$$

$$(23) RS_r(WU_{ro}) - (MPW_{ro} + 0.5TC_{ro}) \cdot WB_{ro} + (MPW_{ro} - 0.5TC_{ro}) \cdot WS_{ro} - RS_r(TW_{ro}) \geq 0$$

که در این روابط RPW_{ro} تمایل به پرداخت منطقه r برای منبع آب o است و سایر متغیرها قبلاً توضیح داده شده است. رابطه (۱۷) بیانگر آن است که مجموع آب مصرفی هر منطقه با خالص آب مبادله شده بایستی کوچک‌تر مساوی کل آب در دسترس هر منطقه باشد. روابط (۱۸) و (۱۹) بیانگر آن است که کل آب خریداری شده هر منطقه با کل آب فروخته شده سایر مناطق برابر است؛ همچنین، کل مقدار آب خریداری شده در منطقه با کل آب فروخته شده در منطقه برابر است. رابطه (۲۰) بیان می‌کند که خالص آب مصرفی باید بزرگ‌تر مساوی آب آبیاری مورد نیاز فعالیت‌های مختلف تولیدی کشاورزی باشد. بر اساس روابط (۲۱) و (۲۲) قیمت تعادلی آب در بازار بایستی اولاً، منعکس‌کننده ارزش سایه‌ای نهاده آب و ثانیاً، از حداقل تمایل به پرداخت مناطق مختلف برای نهاده آب به علاوه هزینه تأمین و هزینه مبادلات بیشتر باشد. رابطه (۲۳) بیان می‌کند که در اثر سیاست ایجاد بازار آب نباید رفاه مصرف‌کننده نسبت به حالت قبل از ایجاد بازار کاهش یابد. به عبارت دیگر، این محدودیت تضمین می‌کند که سیاست ایجاد بازار آب به افزایش رفاه کشاورزان و مناطق مختلف منجر می‌شود و در صورت افزایش نیافتن رفاه، ایجاد بازار آب و مبادله آب صورت نخواهد گرفت.

۳.۴. شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی

بعد از اجرای مدل شبیه‌سازی بازار آب، در تحلیل نتایج ایجاد بازار آب به محاسبه شاخص‌های مختلف اقتصادی نظیر تغییر سود کشاورزان، رفاه جامعه، درآمد دولت (درآمد ناشی از تعرفه‌های آب

اعمال شده) و شاخص‌های اجتماعی نظیر اشتغال کل و اشتغال فصلی در منطقه پرداخته شده است.

۵. نتایج و بحث

میزان آب در دسترس مناطق از منابع آبی مختلف سد، چاه و رودخانه در شرایط مختلف بارندگی نرمال و خشک‌سالی در جدول ۲ ارائه شده است. همان گونه که در این جدول ملاحظه می‌شود، همه مناطق به جز مناطق KAP و EGS از حقایق سد برخوردارند و آب مازاد سد نیز به همه مناطق، به جز منطقه MOH، اختصاص می‌یابد. از بین مناطق مختلف فقط مناطق KAP، EKO و EGS علاوه بر آب سد از سایر منابع آبی نظیر چاه و رودخانه استفاده می‌کنند. بر این اساس، در کل مناطق اراضی زیر سد شیرین‌دره بجنورد میزان ۵۱/۸۱ و ۳۲/۹۵ میلیون مترمکعب آب از منابع آبی مختلف به ترتیب در شرایط نرمال و خشک‌سالی در دسترس است.

جدول ۲. میزان آب در دسترس مناطق از منابع آبی و در شرایط مختلف آب و هوایی

ردیف	مناطق	شرایط	حقیق	آب مازاد	چاه	رودخانه	جمع کل
۱	MOH	نرمال	۸/۸۲	۰	۰	۰	۸/۸۲
		خشک‌سالی	۸/۸۲	۰	۰	۰	۸/۸۲
۲	HKG	نرمال	۳/۵۵	۰/۶۸	۰	۰	۴/۲۲
		خشک‌سالی	۳/۵۵	۰/۱۸	۰	۰	۳/۶۶
۳	BGI	نرمال	۳/۰۸	۱/۹۷	۰	۰	۵/۰۵
		خشک‌سالی	۳/۰۸	۰/۳۴	۰	۰	۳/۴۲
۴	KAP	نرمال	۰	۷/۷۴	۳/۶۸	۴/۰۸	۱۵/۵
		خشک‌سالی	۰	۱/۳۴	۳/۶۸	۲/۲۹	۷/۳۱
۵	EKO	نرمال	۰/۷۲	۴/۷۷	۲/۹۵	۳/۵۷	۱۲
		خشک‌سالی	۰/۷۲	۰/۸۲	۲/۹۵	۲	۶/۴۹
۶	EGS	نرمال	۰	۳/۱۴	۲/۲۱	۰/۸۷	۶/۲۲
		خشک‌سالی	۰	۰/۵۴	۲/۲۱	۰/۴۹	۳/۲۴
جمع		نرمال	۱۶/۱۷	۱۸/۲۸	۸/۸۴	۸/۵۲	۵۱/۸۱
		خشک‌سالی	۱۶/۱۷	۳/۱۶	۸/۸۴	۴/۷۸	۳۲/۹۵

منبع: شرکت آب منطقه‌ای خراسان شمالی و یافته‌های تحقیق

نتایج بررسی اطلاعات پتانسیل بازار آب بر اساس سؤالات مختلف پرسش‌نامه در مناطق مختلف اراضی زیر سد شیرین‌دره نیز در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس اطلاعات این جدول متوسط حجم آب در دسترس در مناطق مختلف اراضی زیر سد شیرین‌دره در شرایط نرمال معادل ۸۵۰۲

مترمکعب برای هر هکتار است. بر اساس نتایج اطلاعات پرسش‌نامه‌ای، ۴۱ درصد بهره‌برداران بیان کرده‌اند که آب در دسترس در شرایط نرمال برای فعالیت‌های مختلف کشاورزی کافی است و به طور متوسط ۱۳ درصد بهره‌برداران تمایل به فروش آب در قیمت متوسط ۸۹۹ ریال به ازای هر مترمکعب دارند. همچنین، از بین بهره‌برداران مصاحبه‌شده ۵۹ درصد آنها بیان کرده‌اند که در شرایط نرمال برای فعالیت‌های مختلف کشاورزی با کمبود آب مواجه‌اند و به طور متوسط ۹۰ درصد بهره‌برداران تمایل به خرید آب در قیمت متوسط ۴۹۹ ریال به ازای هر مترمکعب دارند. همچنین، اطلاعات این جدول نشان می‌دهد که ۷۲ درصد بهره‌برداران تمایل به خرید آب در قیمت بین ۳۰۰ - ۵۰۰ ریال به ازای هر مترمکعب آب دارند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که پتانسیل ایجاد بازار آب در منطقه وجود دارد و بازار آب می‌تواند منجر به تخصیص بهینه آب در منطقه شود.

نتایج مربوط به الگوی کشت تحت دو شرایط خشک‌سالی و نرمال برای مناطق مختلف اراضی زیر سد شیرین‌دره بجنورد در حالت نبود بازار آب در جدول ۴ درج شده است. همان‌گونه که در این جدول ملاحظه می‌شود، مدل PMP به بازتولید شرایط موجود منطقه برای تحلیل سیاست‌های تغییر قیمت آب و ایجاد بازار آب می‌پردازد.

بر اساس اطلاعات مندرج در این جدول، مدل PMP در شرایط نرمال در مجموع کشت ۶۷۲۰ هکتار از اراضی زیر سد شیرین‌دره را پیشنهاد می‌کند که در شرایط خشک‌سالی با ۴۹۳۹ هکتار کشت محصولات پنبه، ذرت و یونجه پیشنهاد نمی‌شود.

نتایج تبیین مدل بازار آب شامل الگوی کشت، تمایل به پرداخت انتظاری، قیمت تعادلی، نوع مشارکت در بازار آب و حجم و ارزش مبادلات در بازار آب بین‌منطقه‌ای در دو شرایط نرمال و خشک‌سالی است. نتایج الگوی کشت در حالت وجود بازار آب در دو شرایط نرمال و خشک‌سالی به شرح جدول ۵ است.

همان‌گونه که در این جدول ملاحظه می‌شود، ایجاد بازار آب از طریق تغییر الگوی کشت کشاورزان مناطق مختلف منجر به تغییر سود حاصل از کشت محصولات کشاورزان می‌شود؛ به نحوی که، افزایش در مجموع کل سود حاصل از کشت محصولات در شرایط سال زراعی خشک سالی بیشتر از شرایط نرمال است و به ترتیب به میزان ۱۲ و ۲۳ درصد است. نتایج این جدول همچنین بیان می‌کند که در اثر اجرای سیاست ایجاد بازار آب در دو شرایط نرمال و خشک‌سالی، مجموع سطح زیر کشت کل مناطق اراضی زیر سد به ترتیب ۱۴ و ۱۰ درصد کاهش یافته است.

نتایج تمایل به پرداخت انتظاری، قیمت تعادلی، نوع مشارکت و حجم و ارزش مبادلات در بازار آب بین‌منطقه‌ای در دو شرایط نرمال و خشک‌سالی نیز در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۳. اطلاعات پتانسیل بازار آب در مناطق مختلف اراضی زیر سد شیرین دره

مناطق	گروه‌ها	حجم آب		کافی بودن آب		تمایل به فروش		قیمت		کمبود آب		تمایل به خرید		قیمت		تمایل به	
		درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد
MOH	گروه	۲۴	۹۰۰۰	۱۹	۷	۲۶	۷	۹۷۸	۳	۱۱	۲۱	۷۷	۷۰۳	۲۰	۷۴	۲۱	۷۴
	گروه	۹	۹۰۰۰	۷۵	۳	۲۵	۳	۱۱۲۱	۳	۲۵	۱۱	۸۸	۷۵۷	۱۱	۸۸	۱۱	۸۸
HKG	گروه	۱	۷۵۰۰	۱۴	۰	۰	۰	۷۰۰	۷	۸۶	۹	۱۰۰	۶۲۹	۷	۸۶	۹	۱۰۰
	گروه	۷	۷۵۰۰	۵۵	۴	۲۷	۴	۶۵۹	۶	۴۵	۱۲	۹۱	۵۳۲	۱۱	۸۲	۱۲	۹۱
BGI	گروه	۷	۷۵۰۰	۸۳	۲	۲۵	۲	۶۴۶	۱	۱۷	۶	۷۵	۵۲۵	۶	۷۵	۶	۷۵
	گروه	۱۲	۷۵۰۰	۷۸	۳	۱۷	۳	۶۶۵	۳	۲۲	۱۴	۹۱	۵۸۲	۱۲	۸۳	۱۴	۹۱
KAP	گروه	۰	۷۶۲۴	۰	۰	۰	۰	۱۲۰۰	۱۶	۱۰۰	۱۱	۷۱	۳۴۳	۹	۵۷	۱۱	۷۱
	گروه	۰	۹۶۲۰	۰	۰	۰	۰	۱۲۰۰	۲۹	۱۰۰	۲۷	۹۲	۳۶۲	۲۳	۷۷	۲۷	۹۲
EKO	گروه	۴	۹۰۲۰	۲۰	۰	۰	۰	۱۰۰۰	۱۷	۸۰	۲۱	۱۰۰	۴۸۰	۲۱	۱۰۰	۲۱	۱۰۰
	گروه	۴	۱۲۲۹۹	۵۰	۴	۵۰	۴	۷۰۰	۴	۵۰	۸	۱۰۰	۷۵۰	۸	۱۰۰	۸	۱۰۰
EGS	گروه	۵	۹۸۲۳	۵۰	۱	۱۰	۱	۹۵۰	۵	۵۰	۱۰	۱۰۰	۱۵۵	۱	۱۰	۱۰	۱۰۰
	گروه	۲	۵۶۳۳	۱۱	۱	۶	۱	۹۶۷	۱۶	۸۹	۱۸	۱۰۰	۱۷۲	۵	۲۸	۱۸	۱۰۰
متوسط کل مناطق		۷۶	۸۵۰۲	۴۱	۲۵	۱۳	۲۵	۸۹۹	۱۱۱	۵۹	۱۶۸	۹۰	۴۹۹	۱۳۵	۷۲	۱۶۸	۹۰

منبع: یافته‌های تحقیق

* R=ریال

** در قیمت ۳۰۰ - ۵۰۰ ریال بر مترمکعب

جدول ۴. نتایج الگوی کشت مدل PMP در شرایط سال زراعی نرمال و خشک‌سالی در حالت نبود بازار آب (واحد: هکتار)

مدل	محصول	MOH	HKG	BGI	KAP	EKO	EGS	جمع
الگوی کشت مدل PMP در شرایط نرمال	گندم آبی	۸۹۵	۴۷۰	۲۳۹	۱۲۰۸	۴۲۸	۲۲۵	۳۴۶۵
	پنبه	۰	۲	۷۷	۳۰۱	۰	۰	۳۸۰
	برنج	۱۸۸	۱۰۴	۱۳۵	۰	۰	۰	۴۲۷
	خیار پاییزه	۱۴۷	۰	۰	۰	۰	۰	۱۴۷
	گوجه‌فرنگی	۸۵	۲۸	۰	۰	۹۴	۰	۲۰۷
	ذرت	۰	۰	۰	۴۵۷	۰	۲۳۹	۶۹۶
	جوآبی	۰	۵۸	۳۸۲	۰	۴۸۱	۲۲۴	۱۱۴۵
	کلزا	۰	۰	۰	۰	۰	۱۶۵	۱۶۵
	یونجه	۰	۰	۰	۱۴	۱۱	۰	۲۵
	انگور	۰	۵	۲	۲۵	۱۹	۱۲	۶۳
جمع سطح زیر کشت (ha)		۱۳۱۵	۶۶۷	۸۳۵	۲۰۰۵	۱۰۳۳	۸۶۵	۶۷۲۰
سود ناخالص (TGM) (میلیون ریال)		۱۸۵۵۱	۸۰۶۷	۱۰۱۲۵	۱۰۹۳۲	۸۱۱۳	۶۹۲۶	۶۲۷۱۴
الگوی کشت مدل PMP در شرایط خشک‌سالی	گندم آبی	۷۶۹	۲۲۶	۰	۱۱۳۱	۳۶۲	۱۶۹	۲۶۵۷
	برنج	۱۷۱	۸۵	۱۱۳	۰	۰	۰	۳۶۹
	خیار پاییزه	۱۲۸	۰	۰	۰	۰	۰	۱۲۸
	گوجه‌فرنگی	۷۳	۲۰	۰	۰	۶۷	۰	۱۶۰
	جوآبی	۰	۱۹۲	۴۵۰	۰	۶۰۴	۲۰۰	۱۴۴۶
	کلزا	۰	۰	۰	۰	۰	۱۵۷	۱۵۷
	انگور	۰	۲	۱	۱۸	۰	۱	۲۲
جمع سطح زیر کشت (ha)		۱۱۴۱	۵۲۵	۵۶۴	۱۱۴۹	۱۰۳۳	۵۲۷	۴۹۳۹
سود ناخالص (TGM) (میلیون ریال)		۱۶۲۷۶	۶۱۵۵	۷۴۹۸	۵۷۷۷	۷۳۹۱	۴۸۴۹	۴۷۹۴۷

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۵. نتایج الگوی کشت در شرایط سال زراعی نرمال و خشک‌سالی در حالت وجود بازار آب (واحد: هکتار)

مدل	محصول	MOH	HKG	BGI	KAP	EKO	EGS	جمع
در شرایط نرمال	گندم آبی	۶۱۰	۰	۵۵۵	۰	۰	۲۲۵	۱۳۹۰
	پنبه	۰	۲	۱۴۳	۱۰۸۷	۰	۰	۱۲۳۲
	برنج	۶۱۰	۱۷۹	۰	۰	۰	۰	۷۸۹
	خیار پاییزه	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
	گوجه‌فرنگی	۸۵	۲۹	۰	۰	۵۱۵	۰	۶۳۰
	ذرت	۰	۰	۰	۰	۰	۲۱۷	۲۱۷
	جوآبی	۰	۵۲۷	۰	۰	۴۸۶	۳۹۰	۱۴۰۳
	کلزا	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
	یونجه	۰	۰	۰	۱۴	۱۱	۰	۲۵
انگور	۰	۵	۲	۲۵	۲۰	۱۲	۶۴	
جمع سطح زیر کشت (ha)		۱۳۰۶	۷۴۲	۷۰۰	۱۱۲۶	۱۰۳۴	۸۴۴	۵۷۵۲
تغییر در سطح زیر کشت (درصد)		-۱	۱۱	-۱۶	-۴۴	۰	-۲	-۱۴
سود ناخالص (TGM) (میلیون ریال)		۲۴۸۰۸	۹۹۹۴	۴۳۴۸	۸۹۲۲	۱۶۱۴۴	۶۱۴۵	۷۰۳۶۱
تغییر سود نسبت به حالت نبود بازار		۳۴	۲۴	-۵۷	-۱۸	۹۹	-۱۱	۱۲
در شرایط خشک‌سالی	گندم آبی	۴۳۷	۰	۰	۹۵۳	۰	۵۱۹	۱۹۰۹
	برنج	۰	۲۱۶	۲۶۳	۰	۰	۰	۴۸۰
	خیار پاییزه	۴۴۵	۰	۰	۰	۰	۰	۴۴۶
	گوجه‌فرنگی	۷۳	۲۴	۰	۰	۱۲۵	۰	۲۲۳
	جوآبی	۰	۲۱۶	۲۶۳	۰	۹۰۸	۰	۱۳۸۷
	کلزا	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰	۰/۸
	انگور	۰	۲	۱	۱۸	۰	۱	۲۱
جمع سطح زیر کشت (ha)		۹۶۳	۴۵۹	۵۲۷	۹۴۷	۱۰۳۳	۵۱۳	۴۴۴۳

تغییر در سطح زیر کشت (درصد)	-۱۶	-۱۳	-۷	-۱۸	۰	-۳	-۱۰
سود ناخالص (TGM) (میلیون ریال)	۱۸۸۰۷	۹۴۱۰	۱۳۲۴۳	۴۸۳۶	۸۰۵۷	۴۴۱۰	۵۸۷۶۲
تغییر سود نسبت به حالت نبود بازار	۱۶	۵۳	۷۷	-۱۶	۹	-۹	۲۳

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۶. قیمت تعادلی، نوع مشارکت، حجم و ارزش مبادلات و رفاه مناطق در بازار آب بین‌منطقه‌ای

مدل	مناطق	قیمت تعادلی (ریال)	نوع مشارکت	حجم مبادلات (MCM)	سهام مبادلات	ارزش مبادلات (میلیون ریال)	تغییر در رفاه (میلیون ریال)
شرایط نرمال	MOH	۴۹۴	خریدار	۳/۲۳۳	۶/۶	۸۵۵	۲۷۱
	HKG	۳۱۴	خریدار	۰/۴۴۶	۰/۹	۱۱۸	۵
	BGI	۳۵۳	خریدار	۱/۳۳۵	۲/۷	۳۵۳	۱۰
	KAP	۲۱۴	عدم مشارکت	۰	۰	۰	۰
	EKO	۱۲۶	فروشنده	۵/۰۱۳	۱۰/۳	۱۳۲۶	۵۳۱
	EGS	۲۲۷	عدم مشارکت	۰	۰	۰	۰
بازار آب بین‌منطقه‌ای		۲۶۴	-	۵/۰۱۳	۱۰/۳	۲۶۵۱	۸۱۷
شرایط خشک‌سالی	MOH	۶۱۷	خریدار	۱/۲۳۰	۳/۸	۶۰۴	۸۲
	HKG	۴۸۱	عدم مشارکت	۰	۰	۰	۰
	BGI	۷۱۲	خریدار	۰/۸۶۴	۲/۶	۴۲۴	۹۲
	KAP	۲۹۸	فروشنده	۲/۰۶۵	۶/۳	۱۰۱۴	۲۷۸
	EKO	۳۵۹	فروشنده	۰/۷۰۹	۲/۲	۳۴۸	۷۱
	EGS	۶۲۳	خریدار	۰/۶۸۰	۱/۲	۳۳۴	۴۲
بازار آب بین‌منطقه‌ای		۴۹۱	-	۲/۷۷۴	۸/۵۰	۲۷۲۴	۵۶۵

منبع: یافته‌های تحقیق

همان گونه که در این جدول ملاحظه می‌شود، قیمت تعادلی نهاده آب در بازار آب بین منطقه‌ای در شرایط نرمال و خشک سالی به ترتیب معادل ۲۶۴ و ۴۹۱ ریال به ازای هر مترمکعب برآورد شده است. تمایل به پرداخت انتظاری مناطق مختلف نیز بین ۱۲۶ - ۴۹۴ ریال به ازای هر مترمکعب در شرایط نرمال و بین ۲۹۸ - ۷۱۲ ریال به ازای هر مترمکعب در شرایط خشک سالی برآورد شده است. بنابراین، بر اساس نتایج مدل بازار آب بین منطقه‌ای در شرایط نرمال، مناطق MOH، HKG و BGI به منزله خریدار آب و منطقه EKO به منزله فروشنده آب در بازار آب مشارکت خواهند کرد، مناطق KAP و EGS نیز با توجه به پایین بودن تمایل پرداخت انتظاری از قیمت تعادلی بایستی به منزله فروشنده مشارکت کنند، ولی به علت برآورده شدن تقاضای خریداران آب از طریق فروش آب منطقه EKO در بازار آب مشارکت نخواهند کرد. در شرایط خشک سالی نیز مناطق MOH، BGI و EGS به منزله خریدار آب و مناطق KAP و EKO به منزله فروشنده آب در بازار آب مشارکت خواهند کرد؛ منطقه HKG نیز در بازار آب مشارکت نخواهد داشت. همچنین، اطلاعات جدول ۶ نشان می‌دهد که کل حجم مبادلات در بازار آب بین منطقه‌ای در شرایط نرمال و خشک سالی به ترتیب معادل ۱۰/۳ و ۸/۵ درصد از کل آب مصرفی مناطق است. کل ارزش مبادلات آب نیز در شرایط نرمال و خشک سالی به ترتیب معادل ۲۶۵۱ و ۲۷۴۴ میلیون ریال است و ایجاد بازار آب بین منطقه‌ای رفاه کل مناطق را به میزان ۸۱۷ و ۵۶۵ میلیون ریال به ترتیب در شرایط نرمال و خشک سالی افزایش خواهد داد. تأثیر اجتماعی ایجاد بازار آب در مناطق مختلف اراضی زیر سد شیرین دره نیز، بر اساس توضیحات قبلی، از طریق شاخص‌های اشتغال کل و اشتغال فصلی ناشی از الگوی کشت مناطق مختلف مطابق جدول ۷ سنجیده می‌شود.

جدول ۷. تغییرات اشتغال مناطق در اثر ایجاد بازار آب در مناطق

مختلف اراضی پایین دست سد شیرین دره (واحد: درصد)

مناطق	شرایط نرمال				شرایط خشک سالی				
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	کل	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
MOH	-۲۱	۴۸	۱۵	۰	۳۱	۲۸	۵۶	-۲۵	۰
HKG	۱۳	۳۰	-۹	-۷	۹	۵۵	۱۰۱	۲۲	-۱۸
BGI	۵۳	-۳۳	۶۱	-۶	۱۸	۹۸	۱۳۲	-۴۱	-۳۸
KAP	-۸۷	۱۳۱	۴۰	-۱	۴۴	۱۶	۱۴	-۱۵	۳
EKO	۱۴۷	۳۸۹	۲۸۳	۷	۲۶	۱۵	۸۸	۴۹	۰
EGS	۱۵	۲۱۰	۴۲	۱۱۳۳	۵۰	۱۴	۵۱	۱۹	-۳۱
جمع	۵	۹۱	۸۳	۲۳	۶۲	۲۲	۶۲	۴	-۲

منبع: یافته‌های تحقیق

همان گونه که ملاحظه می‌شود، اشتغال ناشی از الگوی کشت در کل اراضی زیر سد شیرین‌دره در اثر ایجاد بازار آب در شرایط نرمال و خشک‌سالی به ترتیب ۶۲ و ۳۲ درصد افزایش خواهد یافت، که بیشترین اشتغال در شرایط نرمال در منطقه EKO و در شرایط خشک‌سالی در منطقه BGI ایجاد خواهد شد.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به طور کلی، نتایج شبیه‌سازی بازار آب نشان می‌دهد که مجموع سطح زیر کشت کل مناطق اراضی زیر سد در حالت وجود بازار آب به میزان ۱۴ و ۱۰ درصد به ترتیب در شرایط نرمال و خشک‌سالی کاهش خواهد یافت، ولی مجموع کل سود حاصل از کشت محصولات افزایش می‌یابد؛ به نحوی که، افزایش در مجموع کل سود حاصل از کشت محصولات در شرایط سال زراعی خشک‌سالی بیشتر از شرایط نرمال و به ترتیب به میزان ۱۲ و ۲۳ درصد است. اشتغال ناشی از تغییر الگوی کشت در کل اراضی زیر سد شیرین‌دره در اثر ایجاد بازار آب در شرایط نرمال و خشک‌سالی نیز به ترتیب ۶۲ و ۳۲ درصد افزایش خواهد یافت.

از آنجا که نتایج تأثیرات اقتصادی شبیه‌سازی بازار آب در بین مناطق بیانگر تأثیر مثبت ایجاد بازار آب در رفاه کشاورزان مناطق مختلف، از طریق تخصیص بهینه منابع محدود آب، است و از طرف دیگر بررسی محدودیت‌ها و جایگاه قانونی نشان داد که امکان مبادله در مواد قانونی به طور مطلق سلب نشده است، بنابراین، پیشنهاد می‌شود با تصویب قوانین جدید و اصلاح برخی از قوانین موجود ایجاد، توسعه و تقویت بازار آب در مناطق مختلف به طور جدی مورد توجه سیاست‌گذاران صنعت آب کشور قرار گیرد. همچنین، در تشکیل بازار آب و کاهش تصدی دولت در صنعت آب از تشکل‌های مردمی حمایت شود تا با واقعی شدن ارزش آب انگیزه ورود بخش خصوصی به صنعت آب برای مدیریت کارای منابع آبی افزایش یابد. علاوه بر این، بررسی بازارهای آب نشان داد که عواملی نظیر انحصار، افزایش هزینه مبادلات و عوارض خارجی منفی باعث شکست بازار و کاهش کارایی آن می‌شود؛ بنابراین، استفاده از سیاست‌های مناسب و تدوین قوانین لازم در جلوگیری و کاهش آن ضروری است.

منابع

۱. بهلولوند، ع. و صدر، ک. (۱۳۸۵). برآورد تقاضای آب کشاورزی و بررسی مکانیسم بازار در قیمت گذاری آب کشاورزی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته علوم اقتصادی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
۲. بی‌نام. (۱۳۸۰). مطالعات مرحله دوم طرح شبکه آبیاری و زهکشی سد شیرین‌دره. سازمان آب منطقه‌ای استان خراسان شمالی.

۳. بی نام. (۱۳۸۶). سیمای آب استان خراسان شمالی. سازمان آب منطقه ای استان خراسان شمالی، معاونت برنامه ریزی و بهبود مدیریت.
۴. کیانی، غ. (۱۳۸۷). نقش بازار در تخصیص منابع آب (مطالعه موردی: بازار آب مجن). رساله دکتری رشته اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
5. Arfini, F.; Donati, M. and Paris, Q. (2003). "A national PMP model for policy evaluation in agriculture using micro data and administrative information". Paper presented at the *International Conference Agricultural Policy reform and the WTO: Where are we heading ?* Cari, Italy.
 6. Arriaza, M.; Gomez-Limon, J.A. and Upton, M. (2002). "Local water markets for irrigation in southern Spain: A Multicriteria approach". *The Australian Journal of Agricultural Resource Economics*, 46(1): 21-43.
 7. Calatrava, J. and Garrido, A. (2005). "Modeling water markets under uncertain water supply". *European Review of Agricultural Economics*, 32(2): 119-142.
 8. Cortignani, R. and Severini, S. (2009). "Modeling farm-level adoption of deficit irrigation using Positive Mathematical Programming. Agric". *Water Manage.* doi:10.1016/j.agwat.2009.07.016.
 9. Easter, K.W.; Rosegrant M. W. and Dinar, A. (1999). "Formal and Informal Markets for Water: Institutions, Performance, and Constraints". *The World Bank Research Observer*, Vol, 14(I): 99-116.
 10. Garrido, A. (1998). "Economics of water allocation and the feasibility of water markets in agriculture", *Sustainable Management of Water in Agriculture*, Issues and Policies (The Athens Workshop, OCDE, Paris).
 11. Garrido, A. (2000). "A mathematical programming model applied to the study of water market within the Spanish agricultural sector". *Annals of Operations Research*, 94:105-123.
 12. Gomez-Limon, J.A. and Martinez, Y. (2006). "Multi-criteria modeling of irrigation water market at basin level: A Spanish case study". *European Journal of Operational Research*, 173: 313-336.
 13. Gibbons, D.C. (1987). "The economic value of water". *Resources for the Future*, inc., Washington D.C., USA.
 14. Hearne, R.R. and Easter, W.K. (1997). "The Economic and Financial Gains from Water Markets in Chile". *Agricultural Economics*, 15:187-99.
 15. Howitt, R.E. (1995). "Positive Mathematical Programming". *American Journal of agricultural Economics*, 77, 329-342.
 16. Johansson, R. (2002). "Pricing irrigation water: a literature survey". *The World Bank Working Paper*, Washington, D.C.
 17. Paris, Q.; Howitt, R.E. (1998). "An Analysis of Ill-Posed Production Problems Using Maximum Entropy". *American Journal of Agricultural Economics*, 80: 124-138.
 18. Pujol, J.; Raggi. M. and Viaggi, D. (2006). "The potential impact of markets for irrigation water in Italy and Spain: a comparison of two study areas". *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 50: 361-380.
 19. Riesgo, L. and Gomez-Limo, J.A. (2006). "Multi-criteria policy scenario analysis for public regulation of irrigated agriculture". *Agricultural Systems*, 91:1-28.
 20. Rinaudo, J.; Strosser, P. and Rieu, T. (1997). "Linking water market functioning,

- access to water resource and farm production strategies: examples from Pakistan”. *Irrigation and Drainage Systems*, 11: 261-280.
21. Rohm, O. and Dabbert, S. (2003). “Integrating agri-environmental programs into regional production models: an extension of Positive Mathematical Programming”. *American Journal of Agricultural Economics*, 85 (1), 254–265.
 22. Ward, K.B. (2003). Evaluating producer response to water policies in agriculture: The role of input substitution, spatial heterogeneity and input quality. PhD dissertation, University of California, Davis, USA.
 23. Zekri, S. and Eeaster, E. (2005). “Estimating the potential gains from water markets: A case study from Tunisia”. *Agricultural Water management*, 72: 161-175.