

## نقش بازار آب در تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) (مطالعه موردی: اراضی پایین دست سد شیرین دره بجنورد)

علی کرامت زاده<sup>۱\*</sup>، امیرحسین چیدری<sup>۲</sup> و غلامعلی شریزه ای<sup>۳</sup>  
۱، دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، ۲، استادیار دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی دانشگاه تهران، ۳، دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه تهران  
(تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۲۱ - تاریخ تصویب: ۸۹/۱۰/۲۹)

### چکیده

در این مطالعه از روش برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) جهت تعیین الگوی کشت بهینه و معادله تقاضای آب مناطق مختلف اراضی پایین دست سد شیرین دره بجنورد که شامل شش منطقه می‌باشد، استفاده گردیده و پس از تدوین الگوی کشت بهینه میزان پرداخت مورد انتظار کشاورزان هر منطقه برای نهاده آب برآورد گردیده است. میزان عرضه آب نیز با توجه به شرایط مختلف آب و هوایی در سناریوهای مختلف ترسالی، نرمال و خشکسالی از مجموع منابع مختلف آب نظیر سد، چاه و رودخانه محاسبه شده است. سپس از تلاقی عرضه و معادله تقاضای کل آب، قیمت تعادلی نهاده آب بدست آمده و نوع مشارکت کشاورزان در بازار فرضی آب نیز از مقایسه میزان پرداخت مورد انتظار و قیمت تعادلی بازار برحسب خریدار و فروشنده آب مشخص شده و حجم مبادلات و ارزش مبادلات مورد انتظار در قیمت تعادلی بازار آب نیز محاسبه گردیده است. همچنین در این مطالعه به بررسی تأثیر افزایش قیمت آب بر درآمد کشاورزان، تقاضای نیروی کار، مصرف کود و سموم شیمیایی و درآمد دولت نیز پرداخته شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ارزش اقتصادی نهاده آب در سناریوهای مختلف نرمال و خشکسالی بترتیب معادل ۴۱۶ و ۵۷۱ ریال می‌باشد. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات تحقیق حاضر نیز از بسته نرم‌افزاری GAMS بر اساس اطلاعات پرسشنامه ای سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ استفاده گردیده است.

**واژه‌های کلیدی:** تقاضای آب، عرضه آب، بازار آب، قیمت تعادلی نهاده آب، سد شیرین دره بجنورد. (طبقه‌بندی JEL: Q12 و Q25).

### مقدمه

نوع مصرفی، لازم است هزینه‌هایی متحمل شد و این هزینه‌ها بر روی عرضه اقتصادی آب تأثیر می‌گذارد، بنابراین مقدار عرضه اقتصادی بر عکس عرضه فیزیکی آب همیشه محدود می‌باشد. از طرف دیگر اهمیت آب برای جامعه و ارتقای کیفیت زندگی انسانها ایجاب می‌کند که هر فرد از حق دسترسی مناسب آب به

مهم‌ترین مسأله در مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب کشور، برقراری تعادل بین عرضه و تقاضای اقتصادی آب می‌باشد. منظور از عرضه اقتصادی، مقدار آب موجود با کیفیت مشخص، در زمان و مکان معین برای مصرف معین می‌باشد. از آنجا که جهت تأمین آب هر

به همین جهت اگر قیمت آب به روش مناسب و دقیق تعیین گردد هم مانع هدر رفتن و اتلاف آن شده و هم باعث افزایش درآمد کشاورزان می‌گردد (Easter et al., 1999).

اقتصاد دانان کشاورزی معتقدند که در صورت وجود یک سیستم حقوق مالکیت خصوصی با قابلیت انتقال منابع آبی، ایجاد و توسعه بازار آب سبب افزایش ضریب اطمینان در دسترسی به آب و کاهش ریسک کشاورزان گردیده و بنحو مطلوبی مدیریت و تخصیص بهینه آب را منعکس می‌کند (Johansson, 2002; Garrido, 1998). بازارهای آب در بخش کشاورزی یک راه حل امید بخش جهت افزایش کارایی اقتصادی آب می باشد که کشاورزان با فرصتهای ایجاد شده در آن از طریق بهبود شیوه های مدیریت تأمین آب، برای اجاره و فروش آب اقدام نموده و در جهت تبدیل جریانهای سطحی و نفوذهای عمیق آن در راستای تأمین آب قابل فروش در بازار تلاش خواهد نمود که منجر به کاهش فشار کشاورزان به منابع آبهای زیرزمینی می‌شود (Wichelns, 1999).

مکانیسم بازار برخلاف نقش و سابقه طولانی که در مدیریت و تخصیص منابع و کالاها ایفا کرده در حوزه مدیریت و تخصیص منابع آب مورد کم توجهی سیاست- گزاران و برنامه ریزان قرار گرفته است. البته با تشدید کمیابی آب در بیشتر مناطق دنیا بکارگیری این ابزار سیاست بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (Bohlovand & Sadr, 2007). ولی از لحاظ تاریخی بهره‌برداری از منابع آب در کشور به‌گونه‌ای شکل گرفته است که باعث شده بازار مناسبی برای این نهاد توسعه پیدا نکند، تا بتواند قیمت اقتصادی آب را معین و مبنای معامله قرار دهد، در عمل نیز تخصیص آب بین بهره‌برداران در اکثر نقاط کشور تحت مدیریت دولت و غالباً بر اساس ضوابط سیاسی - اجتماعی بجای معیارهای اقتصادی صورت می‌گیرد. لیکن این نوع مدیریت منابع آب منجر به تخصیص غیربهینه آن در سطح کشور شده است (Keramatzadeh et al., 2007).

در ارتباط با تقاضای آب و ارزش اقتصادی آن مطالعات پراکنده ای در داخل کشور نظیر مطالعه soltani (1993)، Asadi (1997)، Mirakbari (2001)،

قیمتی که توان مالی پرداخت آنرا داشته باشد، برخوردار شود. از این رو باید بین نیاز آبی و تقاضا تفکیک قایل شد چرا که تصمیم‌گیری در مورد تقاضا متأثر از اصول اقتصادی است. به عبارت دیگر، مفهوم مناسب در ارتباط با مدیریت آب مفهوم تقاضای اقتصادی است؛ زیرا هر نوع مصرف و هر مصرف‌کننده ای از مصرف آب نفع یا مطلوبیتی بدست می‌آورد که در تقاضای اقتصادی آب منعکس می‌گردد. بدیهی است که هر چه نفع حاصل بیشتر باشد تقاضای اقتصادی نیز بیشتر می‌باشد. بنابراین در مقابل عرضه اقتصادی آب تقاضای اقتصادی مطرح بوده و همانطوری که گفته شد مسئله اصلی در مدیریت منابع آبی در هر کشور و منطقه ای ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب می‌باشد (Spulber & Sabbaghi, 1999). در برقراری این تعادل مانند هر کالا و نهاده‌ای، قیمت یا ارزش آب نقش تعیین‌کننده‌ای به عهده دارد و اگر این قیمت بدرستی تعیین گردد انتظار می‌رود که بسیاری از مسایل موجود در مدیریت منابع آب بر طرف گردد (Gibbons, 1987). بنابراین یکی از مسایل مهم و نیازهای اساسی مدیریت و بهره‌برداری منابع آب کشور علاوه بر مدیریت عرضه و تأمین آب موردنیاز بخشهای مختلف، مدیریت تقاضای آب بعنوان رویکرد جدید می باشد که اخیراً تلاش برنامه ریزان بخش آب به آن معطوف گشته است. برای اجرای سیاستهای مدیریت تقاضای آب ابزارهای مختلفی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به بازارهای آب و تعیین قیمت و ارزش اقتصادی نهاد آب در بخش کشاورزی اشاره نمود که باعث می‌شود آب بین متقاضیان متناسب با فایده یا ارزش تولید نهایی توزیع شده و انگیزه لازم برای مصرف‌کنندگان جهت صرفه جویی در مصرف آب و جلوگیری از اسراف یا اتلاف آن ایجاد می‌شود، چرا که ارزان و رایگان بودن آب ممکن است باعث زیاده روی در مصرف آب شده و انگیزه را برای حفاظت و استفاده اقتصادی آن تضعیف کند و این امر سایر کشاورزان و مصرف‌کنندگان را نیز از مصرف محروم می‌نماید. از سوی دیگر اگر قیمت آب بیش از ارزش تولید نهایی آن باشد، کشاورزان اقدام به استفاده از آن نخواهند کرد و چنین قیمتی برای آب مغایر با هدف رشد کشاورزی و افزایش درآمد کشاورزان می‌باشد.

حال بیان می‌کنند که قیمت گذاری آب جهت آگاهی کشاورزان از کمیابی منابع آب موثر بوده و می‌تواند آنها را به سمت تکنولوژیهای صرفه جویی و ذخیره آب بدون تغییر الگوی کشت سوق دهد. - Martinez & Gomez (2000) Limon (2000)، بیان کرده اند که مهمترین ویژگی بازار آب که ایجاد آن را توجیه می‌کند توانایی آن در تخصیص آب بین مصارفی است که بالاترین ارزش افزوده را دارند. Garrido (2000) به ارزیابی سناریوهای مختلف انتقال آب بین کشاورزان و مناطق مختلف آبیاری در قیمت تعادلی ناشی از بازارهای مختلف آب پرداخته و بیان می‌کند با توجه به اینکه طراحی و اجرای مکانیزم بازار یک فرایند پرهزینه و زمان بر می‌باشد لذا بررسی و ارزیابی فرضیه های اساسی در مورد اینکه آیا منافع رفاهی دست یافتنی است یا نه، اینکه ساختار نهادهای مختلف چقدر بزرگ باشد، بسیار تعیین کننده می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد بازارهای آب خیلی به سطح هزینه های مبادلات<sup>۱</sup> و کاهش نسبی سهم آب بعلت دوره های مختلف خشکسالی در میان مناطق وابسته است. Arriaza et al. (2002) با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی به برآورد توابع تقاضای نهاده آب گروه‌های مختلف کشاورزان در جنوب اسپانیا پرداخته و با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف عرضه ثابت و پرونزی آب، ارزش تولید نهایی گروه‌های مختلف کشاورزان برای نهاده آب را برآورد نموده و از نامساوی بودن آن بین گروه‌های مختلف، نوع مشارکت در بازار را مشخص نموده و در جهت مبادله آب و انتقال آن بین گروه‌ها استفاده کرده است. ایشان پس از برآورد قیمت تعادلی آب از طریق تلاقی منحنی عرضه و تقاضای آب در بازار، حجم مبادلات و ارزش مبادلات را محاسبه نموده و به بررسی اثرات اقتصادی و اجتماعی ایجاد بازار آب در منطقه پرداخته اند. Pujol et al. (2005)، در راستای پاسخگویی به این سوال که بازارهای آب چقدر در بهبود کارایی یا راندمان مصرف آب نقش دارند، به بررسی فرصتها و محدودیتهای بازارهای آب کشاورزی در اسپانیا و ایتالیا پرداخته و با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی دو حالت وجود بازار آب و عدم وجود بازار آب را با یکدیگر مقایسه نموده اند. نتایج ایشان

Hoseinzad (2004) و Keramatzadeh et al. (2006) انجام گردیده است. در زمینه بازار آب نیز فقط چندین مطالعه محدود انجام شده نظیر مطالعه Sadr (2003) که به بررسی ویژگیهای بازار آب، تقاضای نهاده آب بخش کشاورزی، عرضه آب کشاورزی و هزینه قرارداد و انتقال و نحوه تخصیص آب و تعیین قیمت آن پرداخته و تدوین و تثبیت حقوق مالکیت و دادوستد آب را یکی از شرایط لازم تشکیل بازار آب می‌داند. مطالعه Bohlolvand & Sadr (2007) در بازار آب منطقه مجن شهرستان شاهرود که به برآورد تابع تقاضای آب و سنجش درجه رقابت بازار آب پرداخته و ارزش تولید متوسط نهاده آب را در تولید محصولات در سالهای ۸۱، ۸۲ و ۸۳ به ترتیب ۲۲۴۴، ۲۳۳۸، ۱۸۸۷ ریال برای سیب زمینی برآورد کرده اند، مطالعه Kiani (2008) که به برآورد توابع عرضه و تقاضای آب منطقه مجن شهرستان شاهرود پرداخته بیان کرده که درآمد سالانه خریداران و فروشندگان آب بعد از مبادله به ترتیب ۹/۵ و ۷۲ درصد افزایش یافته و بازار آب باعث کاهش ریسک درآمدی خریداران و فروشندگان و ایجاد انگیزه سرمایه گذاری بخش خصوصی گردیده است و مطالعه Kiani (2009) در دشت ساوه نشان می‌دهد که مبادله آب بین زارعین می‌تواند باعث افزایش سود خصوصاً در دوره کمبود آب، افزایش تقاضای نیروی کار و کاهش تبعات منفی کاهش عرضه منابع آب بر روی اشتغال گردد. Rinaudo et al. (1997)، به توسعه بازارهای آب به عنوان یک گزینه جهت افزایش بهره وری و کارایی اقتصادی در بخش آبیاری پاکستان اشاره کرده و به بررسی کارکرد بازارها و ارزیابی تأثیر آن بر تولیدات کشاورزی و محیطی می‌پردازد. این محققین بیان می‌کنند که اولین واکنش کشاورزان به ناکافی بودن عرضه آب ایجاد چاههای آب خصوصی و دومین واکنش آنها توسعه بازارهای آب می‌باشد. Berbel & Gomez (2000) Limon (2000)، با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی به بررسی اثرات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی سیاست قیمت گذاری آب کشاورزی در اسپانیا پرداخته و بیان می‌کنند که افزایش قیمت آب باعث کاهش قابل توجهی در درآمد کشاورزان شده و این به منزله انتقال درآمد از بخش کشاورزی به بخش دولتی است. با این

طریق ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب و برقراری امکان خرید و فروش آب در مدل، ارزش اقتصادی آب کشاورزی برآورد گردیده است. منطقه مورد مطالعه اراضی پایاب سد شیرین دره بجنورد در استان خراسان شمالی با حجم مخزن ۶۵/۸، حجم حقا به ۱۸/۳، حجم آب مازاد ۱۶/۲ میلیون مترمکعب و کل اراضی آبخور سد از شبکه ۵۴۵۱ هکتار با اطلاعات سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

با توجه به اینکه اساس مسایل اقتصاد کشاورزی استفاده بهینه از منابع محدود می‌باشد لذا برای رسیدن به این مهم از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مخصوصاً مدل‌های بهینه‌سازی می‌توان استفاده نمود. بطور کلی مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی به دو نوع مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی دستوری (هنجاری)<sup>۵</sup> (NMP) و مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی<sup>۶</sup> (PMP) قابل تقسیم بندی هستند که نحوه بهینه‌سازی مسائل تولید بر اساس هر یک از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مذکور در شکل (۱) و (۲) نشان داده شده است. با توجه به شکل مشخص می‌گردد که در مدل‌های NMP هیچ تضمینی برای رسیدن به شرایط موجود وجود ندارد و مدلساز با تأکید بر محدودیتهای وارد شده به حداکثر سازی تابع هدف می‌پردازند، ولی در مدل‌های PMP فرض می‌شود که کشاورزان در شرایط موجود و با توجه به قیمت محصول و نهاده‌ها بطور بهینه عمل می‌کنند، زیرا محدودیت‌های بسیاری در شرایط واقعی تصمیم کشاورزان و تصمیم‌گیران را تحت تأثیر قرار می‌دهد که مدلساز قادر به لحاظ تمام آنها در مدل نیست ولی کشاورز و تصمیم‌گیران در زمان تصمیم‌گیری در شرایط واقعی آنها را در نظر می‌گیرند. بطور کلی مدل‌های NMP برای حالتی که یک پیشنهاد یا دستوری ارائه شود مناسب می‌باشند ولی مدل‌های PMP برای تحلیل سیاستها در شرایط موجود مفید می‌باشند (Buysse et al., 2007). مدل‌های PMP در کشاورزی بیشتر برای ارزیابی تأثیر تغییرات احتمالی در شرایط

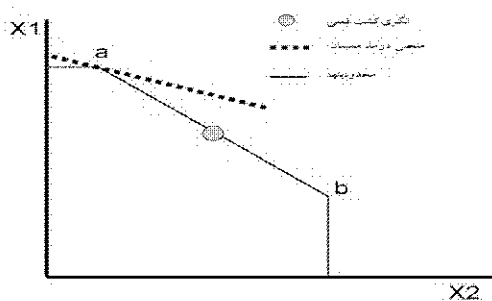
نشان می‌دهد که در اثر سیاست ایجاد بازار آب سود ناخالص کشاورزان منطقه به میزان ۳۰ درصد افزایش یافته است. Calatrava & Garrido (2005)، در جنوب اسپانیا تصمیمات مشارکت کشاورزان در بازارهای آب را در شرایط عدم اطمینان مدل بندی نموده و سود حاصل از تجارت آب را در شرایط دو نوع بازار آب مختلف، بازار بانک آب<sup>۱</sup> و بازارهای غیرمتمرکز<sup>۲</sup>، ارزیابی نموده اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که قیمت‌های بازار بانک آب بیشتر از قیمت بازارهای غیرمتمرکز و شرایط بدون بازار<sup>۳</sup> می‌باشد. Gomez-Limon & Martinez (2006)، در مطالعه‌ای دیگر در اسپانیا با استفاده از متدولوژی تصمیم‌گیری چندمعیاره، تابع مطلوبیت چند مشخصه<sup>۴</sup> (MAUF) جمعی کشاورزان را بدست آورده و با در نظر گرفتن ضریب کمیابی آب بین صفر و یک در سناریوهای مختلف، میزان آب قابل مبادله، کل سود ناخالص و کل نیروی کار را در سطوح مختلف کمیابی آب محاسبه نموده است. نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش کمیابی آب میزان انتقالات آب ابتدا افزایش و سپس کاهش و سود ناخالص و تقاضای نیروی کار نیز کاهش می‌یابند. پژوهشگران زیادی بر این مهم اتفاق نظر دارند که بازارهای آب به کاهش ناکارایی که توسط مدیریت دولتی تا به حال ایجاد شده، کمک می‌کند (Randall, 1981; Easter & Hearne, 1995). با توجه به اینکه بازارهای واقعی آب بسختی قابل دسترسی است؛ لذا بیشتر مطالعات به تجزیه و تحلیل بازارهای آب در حالت فرضی می‌پردازند. برای این مهم نیز از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی برای تحلیل رفتار اقتصادی کشاورزان و ساختار مختلف بازارهای آب استفاده می‌نمایند که در بیشتر این مطالعات از روش برنامه‌ریزی ریاضی هنجاری استفاده شده است. ولی در مطالعه حاضر به منظور سازگاری بیشتر مدل‌های ریاضی با شرایط واقعی از روش برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) جهت برآورد توابع تقاضای آب استفاده گردیده و با محاسبه میزان عرضه آب در شرایط مختلف آب و هوایی و بارندگی، از

1. Water Bank Market (WB)
2. Decentralized Water Markets (DM)
3. Non Market (NM)
4. Multi Attribute Utility Function (MAUF)

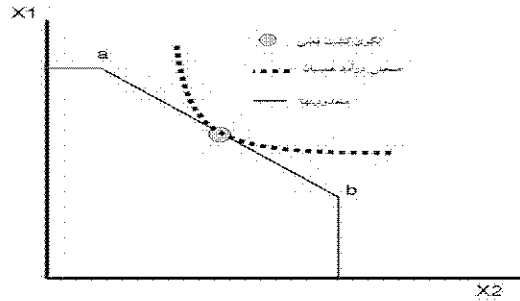
5. Normative Mathematical Programming (NMP)  
6. Positive Mathematical Programming (PMP)

Severini, 2008 and 2009; Iglesias and Blanco, 2008)

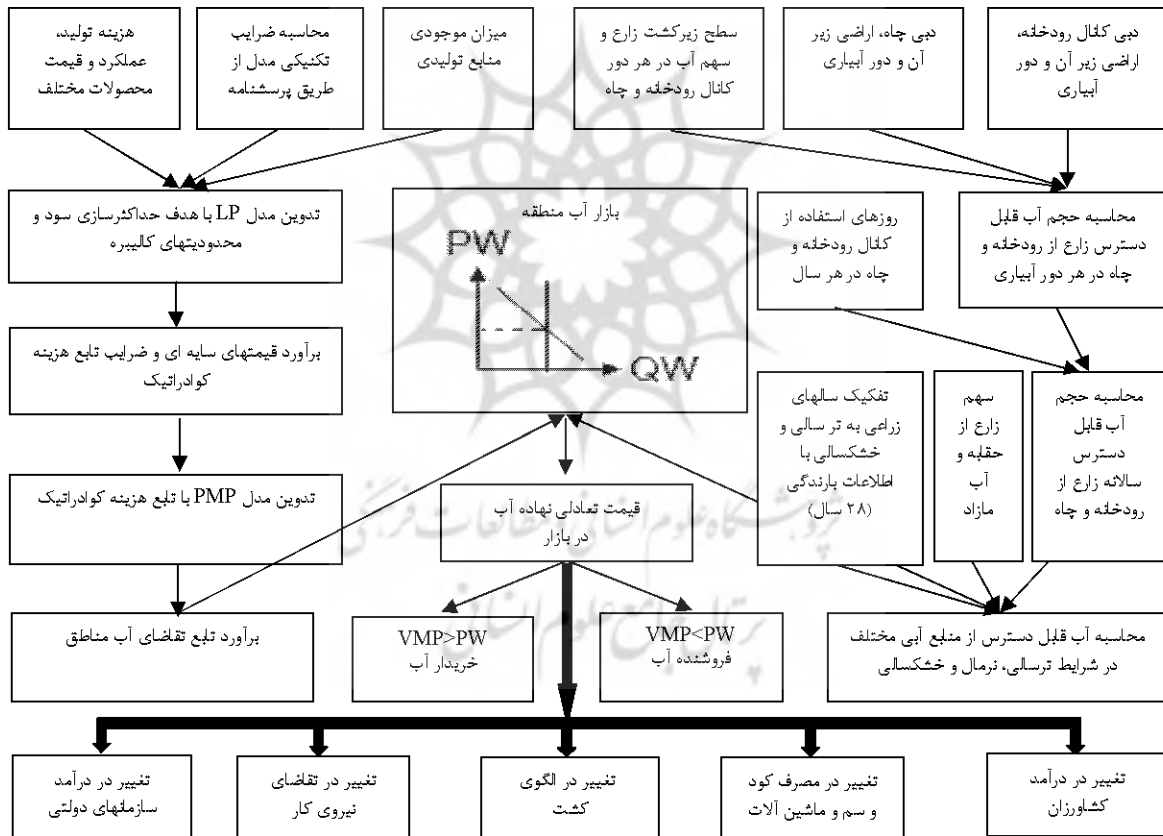
بازار و سیاست‌های کشاورزی بر روی الگوی کشت کشاورزان، مصرف آب و پیامدهای اقتصادی آن صورت گرفته است (Blanco et al., 2004; Cartignani &



شکل ۲- مدل NMP در یک بنگاه با هدف حداکثرسازی سود دو فعالیت تولیدی



شکل ۱- مدل PMP در یک بنگاه با هدف حداکثرسازی سود دو فعالیت تولیدی



شکل ۳- فلوجارت مدل برنامه‌ریزی ریاضی و نقش بازار در محاسبه ارزش اقتصادی آب

آنها در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی بسیار مشکل و در برخی موارد حتی غیرممکن نیز می‌باشد لذا استفاده از مدل‌های NMP بویژه در راستای تحلیل سیاست‌ها، نتایج قابل اطمینانی ارائه نمی‌نمایند. بر این اساس در این مطالعه از مدل PMP که با استفاده از الگوی کشت موجود تدوین گردیده و محدودیت‌های مذکور را در بر

از آنجا که در فرآیند تصمیم‌گیری تولید محصولات بویژه محصولات کشاورزی که با مخاطره همراه می‌باشد، عوامل زیادی نظیر نوع تخصص، سطح سواد، شرایط سنی، سابقه کشت، نوع مدیریت، شرایط مالی و اجتماعی، شرایط سلامت جسمی و روحی، مشکلات خانوادگی و غیره موثر می‌باشند که لحاظ نمودن تمام

(۷) محدودیت کود و سموم شیمیایی مناطق

$$\sum_c CH_{cr} \cdot A_{cr} \leq TCH_{fr}$$

(۸) محدودیت ماشین‌آلات مناطق

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

(۹) محدودیت کالیبراسیون محصولات

$$A_{cr} \leq CA_{cr}(1 + \varepsilon_1)$$

(۱۰) محدودیت کالیبراسیون گروه محصولات مشابه

$$\sum_c A_{cgr} \leq \sum_c CA_{cgr}(1 + \varepsilon_2)$$

که در روابط فوق:

$c$  مربوط به محصولات (گندم آبی، پنبه، برنج، خیار پاییزه، گوجه فرنگی، ذرت، جوآبی و کلزا)،  $r$  مربوط به مناطق (MOH, HKG, BGI, KAP, EKO و EGS) که در ادامه توضیح داده می‌شوند،  $o$  مربوط به منابع تأمین آب (حقله سد، آب مازاد سد، رودخانه و چاه)،  $A_{cr}$  سطح زیرکشت محصولات در مناطق مختلف،  $P_{cr}$  قیمت محصولات در مناطق مختلف،  $Y_{cr}$  عملکرد محصولات در هکتار در مناطق مختلف،  $SI_{cr}$  درآمد فرعی محصولات در هکتار در مناطق مختلف،  $WU_{ro}$  مقدار آب مصرفی در هکتار،  $PW_{ro}$  هزینه تأمین هر واحد آب و  $TC_{cr}$  متوسط هزینه کل محاسباتی محصولات در هکتار،  $TA_r$  کل اراضی قابل آبیاری مناطق مختلف (هکتار)،  $mc$  محصولات کشت اصلی شامل گندم آبی، پنبه، گوجه فرنگی، جو آبی و کلزا،  $rc$  محصولات تناوبی شامل گندم آبی، جو آبی و کلزا،  $sc$  محصولات کشت مجدد (دوم) شامل برنج، ذرت و خیار پاییزه می‌باشد که این محصولات پس از برداشت محصولات تناوبی یعنی گندم آبی، جوآبی و کلزا بلافاصله در همان سال زراعی بجای آنها کشت می‌شوند،  $v$  سناریوهای مختلف کمیابی نهاده آب می‌باشد که شامل سال زراعی ترسالی، نرمال و خشکسالی می‌باشد،  $TW_{rov}$  کل آب قابل دسترس مناطق از منابع آبی مختلف در شرایط مختلف آب و هوایی (ترسالی، نرمال و خشکسالی)،  $EF_{ro}$  راندمان کل آبیاری (شامل راندمان انتقال، توزیع و مصرف) منابع آبی در مناطق مختلف (درصد)،  $WR_{erv}$  نیاز آب آبیاری خالص محصولات در مناطق و شرایط مختلف آب و هوایی (میلیون مترمکعب بر هکتار)،  $ETC_{cm}$  نیاز آبی خالص ماهانه محصولات مختلف در

می‌گیرد استفاده می‌گردد. بطور کلی مراحل تعیین ارزش اقتصادی آب با استفاده از مکانیسم بازار و نحوه تشخیص نوع مشارکت کشاورزان در بازار آب در شکل (۳) ترسیم گردیده است.

همانگونه که در شکل (۳) نشان داده شده است در مطالعه حاضر برای مدلسازی تابع تقاضای آب هر منطقه و سناریوهای مختلف بازار آب از مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) که برای کالیبره کردن مدل‌های تابع تولید و هزینه غیرخطی ارایه شده (Howitt, 1995; Arfini & Paris, 1995) استفاده می‌گردد. مدل PMP در این مطالعه برای کالیبره کردن تابع هزینه و با فرض اینکه نرخ جایگزینی بین محصولات مشابه (واقع در یک گروه) از نرخ جایگزینی بین محصولات گروه‌های مختلف بیشتر است استفاده شده، که در سه مرحله به شرح زیر اجرا گردیده است:

مرحله (I) تبیین یک مدل برنامه‌ریزی خطی معمولی (LP) جهت برآورد قیمت‌های سایه ای سطح زیر کشت هر یک از محصولات و گروه محصولات مشابه با یکدیگر که تابع هدف آن بصورت زیر می‌باشد:

$$(1) \quad Max \pi = \sum_r \sum_c (A_{cr} \cdot P_{cr} \cdot Y_{cr}) + SI_{cr} - PW_{ro} \cdot WU_{ro} - TC_{cr}$$

در مدل LP تابع هدف فوق با توجه به محدودیت‌های زیر حداکثر می‌شود:

$$(2) \quad \sum_{mc} A_{mc r} \leq TA_r \quad \text{محدودیت زمین زراعی مناطق}$$

(۳) محدودیت زمین محصولات کشت مجدد

$$\sum_{sc} A_{sc r} \leq \sum_{rc} A_{rc r}$$

(۴) محدودیت آب مناطق

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

$$\sum_o WU_{ro} \cdot EF_{ro} \geq \sum_c WR_{erv} \cdot A_{cr}$$

$$WR_{erv} = \sum_m ETC_{cm} - 0.75 R_{rmv}$$

$$(5) \quad \sum_c K_{cr} \cdot A_{cr} \leq TK_r \quad \text{محدودیت سرمایه مناطق}$$

$$(6) \quad \sum_c L_{crs} \cdot A_{cr} \leq TL_{sr} \quad \text{محدودیت نیروی کار مناطق}$$

بیان می‌کنند که سرمایه، نیروی کار، کود و سم و ماشین‌آلات مصرفی از میزان موجودی آنها در هر منطقه بیشتر نباشد. محدودیت رابطه شماره (۹) محدودیت کالیبراسیون هر یک از محصولات قابل کشت در منطقه می‌باشد که بیان می‌کند سطح زیر کشت هر محصول از سطح زیر کشت موجود خیلی بیشتر نباشد. محدودیت رابطه شماره (۱۰) نیز محدودیت کالیبراسیون گروه محصولات مشابه می‌باشد که بیان می‌کند مجموع سطح زیرکشت کل محصولات مشابه از مجموع سطح زیرکشت موجود محصولات مشابه خیلی بیشتر نباشد.  $\varepsilon_1$  و  $\varepsilon_2$  نیز اعداد مثبت بسیار کوچکی هستند که برای جلوگیری از وابستگی خطی و عدم ظهور قیمت سایه ای صفر در مدل لحاظ می‌شود و از آنجا که نرخ جایگزینی بین محصولات یک گروه از جایگزینی محصولات گروه‌های مختلف بیشتر است لذا  $\varepsilon_2 < \varepsilon_1$  می‌باشد.

مرحله II) برآورد ضرایب تابع هزینه درجه دوم با استفاده از قیمت‌های سایه ای و اطلاعات الگوی کشت موجود منطقه

از آنجایی که استفاده از تابع هزینه درجه دوم شرایط استخراج تابع هزینه نهایی افزایشی را فراهم می‌کند، لذا از تابع هزینه درجه دوم استفاده می‌گردد که فرم کلی آن بصورت زیر می‌باشد (Cartignani & Severini, 2008 & 2009; Rohm & Dabbert, 2003):

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

از آنجایی که با استفاده از تنها یک مشاهده و بدون اطلاعات اضافی نمی‌توان مدل‌های بهتری تدوین نموده و ضرایب قابل اطمینانی را برآورد کرد لذا می‌توان با استفاده از اطلاعات قبلی و به کمک روش ماکزیمم آنتروپی<sup>۱</sup> برآوردهای قابل اطمینانی از ضرایب تابع هزینه بدست آورد، ولی استفاده از روش ماکزیمم آنتروپی بدون اطلاعات قبلی و تنها با یک مشاهده تفاوتی با روش معمولی PMP ندارد (Heckelei & Britz, 2005 & Cortignani & Severini, 2009). در مطالعه حاضر نیز با توجه به اینکه تنها یک مشاهده وجود داشته و

مناطق مختلف (میلیون مترمکعب بر هکتار)،  $R_{imv}$  متوسط بارندگی ماهانه مناطق مختلف در شرایط مختلف آب و هوایی (میلیون مترمکعب بر هکتار)،  $K_{cr}$  هزینه‌های نقدی هر هکتار محصولات مختلف در مناطق مختلف (میلیون ریال)،  $TK_r$  کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری نقدی قابل دسترس مناطق مختلف (میلیون ریال در سال)،  $s$  بیانگر فصول مختلف سال شامل بهار، تابستان، پاییز و زمستان،  $L_{crs}$  نیروی کار مورد نیاز هر هکتار محصولات مختلف در مناطق مختلف و فصول مختلف سال (نفر روزکار)،  $TL_{sr}$  کل نیروی کار قابل دسترس مناطق مختلف در فصول مختلف سال (نفر روزکار)،  $f_{kود}$  و سموم شیمیایی شامل کودهای شیمیایی فسفات، ازته، پتاسه، کود حیوانی و سموم شیمیایی،  $TCH_{fr}$  کل انواع مختلف کود و سم قابل دسترس مناطق مختلف (کیلوگرم)،  $CH_{crf}$  انواع مختلف کود و سم موردنیاز هر هکتار محصولات مختلف در مناطق مختلف (کیلوگرم)،  $t$  ماشین‌آلات کشاورزی شامل تراکتور و کمباین،  $TM_{fr}$  کل انواع مختلف ماشین‌آلات قابل دسترس مناطق مختلف (ساعت)،  $M_{off}$  انواع مختلف ماشین‌آلات موردنیاز هر هکتار محصولات مختلف در مناطق مختلف (ساعت)،  $CA_{cr}$  سطح زیرکشت موجود محصولات،  $g$  گروه محصولات مشابه شامل (گروه غلات شامل گندم، جو و ذرت؛ گروه دانه های روغنی شامل پنبه و کلزا؛ گروه سبزیجات شامل خیار و گوجه فرنگی) و  $CA_{cgr}$  سطح زیرکشت موجود محصولات مختلف در گروه مشابه می‌باشند.

محدودیت رابطه شماره (۲) بیانگر آن است که مجموع سطح زیر کشت محصولات اصلی بیشتر از کل اراضی قابل آبیاری در هر منطقه نباشد. محدودیت رابطه شماره (۳) باعث می‌شود که مجموع سطح زیر کشت محصولات کشت مجدد بیشتر از محصولات تناوبی در هر منطقه نباشد زیرا محصولات کشت مجدد بعد از برداشت محصولات تناوبی کشت می‌گردند. محدودیت رابطه شماره (۴) بیانگر آن است که آب مصرفی بایستی از یک طرف از کل آب قابل دسترس در هر منطقه کمتر باشد و از طرف دیگر نیاز آبی محصولات را که معادل مابه تفاوت تیخیر تعرق گیاه و میزان بارندگی می‌باشد تأمین نماید. محدودیت روابط شماره (۵) الی (۸) نیز

1. Maximum Entropy

نیروی کار، کود و سم شیمیایی و ماشین آلات که بصورت روابط (۲) الی (۸) می‌باشند حداکثر می‌شود. همانگونه که در شکل (۳) نیز نشان داده شده است، پس از تعیین الگوی کشت بهینه با استفاده از مدل PMP با تغییر قیمت آب منابع آبی مختلف، میزان تقاضای مناطق مختلف با توجه به الگوی کشت بهینه آنها از منابع آب استخراج گردیده و سپس با داشتن میزان تقاضای آب مناطق مختلف و قیمت نهاده آب، توابع تقاضای نهاده آب با توجه به شکل‌های مختلف تابعی نظیر خطی، لگاریتمی، خطی- لگاریتمی و لگاریتمی- خطی برآورد گردیده است که شکل ریاضی آنها بصورت زیر می‌باشد:

(۱۶) شکل تابعی خطی تابع تقاضا

$$Q_w = a \cdot P_w + b$$

(۱۷) شکل تابعی لگاریتمی تابع تقاضا

$$\ln(Q_w) = a \cdot \ln(P_w) + b$$

(۱۸) شکل تابعی خطی - لگاریتمی تابع تقاضا

$$Q_w = a \cdot \ln(P_w) + b$$

(۱۹) شکل تابعی لگاریتمی - خطی تابع تقاضا

$$\ln(Q_w) = a \cdot P_w + b$$

کشاورزان نهاده آب را تا جایی تقاضا می‌کنند که ارزش تولید نهایی حاصل از بکارگیری آن با قیمت نهاده آب برابر باشد، بر این اساس ارزش تولید نهایی نهاده آب مناطق مختلف در سطح میزان آب قابل دسترس از منابع آبی مختلف برآورد گردیده است. در صورت نابرابری ارزش تولید نهایی نهاده آب در مناطق مختلف امکان مبادله آب و سود ناشی از مبادله برای طرفین مبادله بوجود می‌آید. قیمت تعادلی نهاده آب در بازار نیز در سطحی است که تقاضای کل آب با میزان موجودی آب برابر باشد. سپس از مقایسه ارزش تولید نهایی حاصل از مصرف آب در مناطق مختلف با قیمت تعادلی نهاده آب نوع مشارکت کشاورزان مناطق در بازار مشخص گردیده است، بعبارت دیگر مناطق خریدار آب و مناطق فروشنده آب مشخص شده و سود حاصل از مبادله آب نیز محاسبه شده است. همچنین در این مطالعه به بررسی تأثیر قیمت گذاری آب بر تقاضای

اطلاعات قبلی در دسترس نبوده است لذا با استفاده از روش Rohm & Dabbert یک تابع هزینه نهایی افزایشی برای محصولات مختلف برآورد گردیده که میزان قیمت سایه‌ای سطح زیرکشت از طریق کشت نکردن محصول نهایی بدست آمده است. براین اساس پارامترهای تابع هزینه با استفاده از نتایج مدل LP در مرحله اول بصورت زیر برآورد می‌گردد:

$$\alpha_{cr} = TC_{cr} \quad (12)$$

$$\beta_{cr} = \frac{\lambda_{cr}}{CA_{cr}} \quad (13)$$

$$\gamma_{gr} = \frac{\rho_{gr}}{\sum_c CA_{ogr}} \quad (14)$$

که VC هزینه متغیر،  $\lambda_{cr}$  قیمت سایه ای سطح زیرکشت محصول نام در منطقه نام و  $\rho_{gr}$  قیمت سایه‌ای سطح زیرکشت محصولات گروه نام در منطقه نام می‌باشند که قیمت‌های سایه ای مذکور بترتیب با لحاظ کردن محدودیتهای کالیبراسیون روابط (۹) و (۱۰) در مدل LP بدست می‌آیند.

مرحله III) تبیین یک مدل برنامه‌ریزی درجه دوم<sup>۱</sup> از طریق قراردادن ضرایب برآوردی تابع هزینه در تابع هدف مدل LP

در این مطالعه با استفاده از ضرایب تابع عملکرد محصول<sup>۲</sup> که از نتایج مطالعات موسسه خاک و آب وزارت جهاد کشاورزی بعد از کالیبره نمودن برای شرایط منطقه استخراج گردیده و ضرایب برآوردی تابع هزینه درجه دوم با استفاده از روش کالیبراسیون در مرحله دوم، مدل PMP نهایی جهت حداکثر سازی سود کشاورزان تدوین گردیده که تابع هدف آن بصورت می‌باشد:

$$Max \pi = \sum_c \sum_o [A_{cr} \cdot (P_{cr} \cdot Y_{cr}(WU_{cr}) + SI_{cr}) - PW_{ro} \cdot WU_{ro} - VC_{cr}(A_{cr})] \quad (15)$$

بعد از برآورد پارامترهای تابع هزینه با قرار دادن رابطه (۱۱) در رابطه (۱۵) مدل PMP حاصل با توجه به محدودیت‌های زمین زراعی، تناوب زراعی، آب، سرمایه،

1. Quadratic Programming

2. Crop Yield Function



نیروی کار، میزان مصرف کود و سموم شیمیایی و درآمد دولت نیز پرداخته شده که در ادامه ارائه می‌گردد.

### نتایج و بحث

در جدول (۱) اطلاعات کلی از مناطق مورد مطالعه نظیر روستاهای هر منطقه، تعداد بهره برداران، زمین زراعی، نوع منبع آبی، سهم آب و درصد بهره بردارانی که تمایل به فروش یا تمایل به خرید دارند ارائه گردیده است.

همانگونه که در این جدول ملاحظه می‌گردد کل اراضی قابل کشت مناطق مختلف معادل ۵۴۵۱ هکتار و تعداد کل بهره برداران مناطق ۲۳۸۰ نفر می‌باشد که ۱۳ درصد آنها تمایل به فروش آب و ۹۰ درصد تمایل به خرید آب دارند.

نتایج الگوهای کشت بهینه مدل‌های PMP و NMP در مناطق مختلف اراضی زیر سد شیرین دره در شرایط نرمال و مقایسه آنها با شرایط موجود نیز در جدول (۲) ارائه گردیده است.

همانگونه که در این جدول ملاحظه می‌گردد و همچنین بر اساس توضیحات شکل (۱) الگوی کشت مدل PMP نسبت به شرایط موجود تغییرات زیادی نداشته و سود کل منطقه را به میزان ۳ درصد افزایش داده است. این مدل در واقع بیانگر شرایط موجود بوده و جهت تحلیل سیاستها و برآورد توابع تقاضای آب مناطق و نوع مشارکت کشاورزان در مبادله آب و تأثیر مبادله آب و قیمت تعادلی بر درآمد کشاورزان، درآمد دولت و تقاضای نیروی کار بکار می‌رود. ولی الگوی کشت مدل NMP بدون توجه به الگوی کشت موجود و محدودیت‌های کالیبره سعی می‌نماید بر اساس محدودیت‌های وارد شده که در قسمت متدولوژی

تحقیق نیز بیان گردید و شامل محدودیت‌های سطح زیرکشت، تناوب زراعی، آب، سرمایه، کود و سم شیمیایی و ماشین آلات می‌باشند، سود کشاورزان مناطق مختلف را حداکثر نماید. با توجه به اینکه محصولات پنبه، ذرت، جوآبی و یونجه در الگوی کشت موجود وجود دارد ولی بر اساس محدودیت‌های مدل NMP در الگوی کشت بهینه وارد نمی‌شود. در مجموع سود کل کشاورزان مناطق بر اساس الگوی کشت بهینه مدل NMP با سطح زیر کشت کمتر، ۳۲ درصد نسبت به شرایط موجود افزایش خواهد یافت.

جدول (۳) میزان آب قابل دسترس از منابع آبی مختلف را در شرایط مختلف آب و هوایی و احتمال وقوع هر شرایط که بر اساس اطلاعات سالهای گذشته و سال مورد مطالعه سناریوسازی شده است نشان می‌دهد، همانگونه که در این جدول ارائه شده است کل آب قابل دسترس از منابع آبی مختلف در شرایط ترسالی، نرمال و خشکسالی بترتیب معادل ۶۳/۵۲، ۵۱/۸۱ و ۳۲/۹۵ میلیون مترمکعب می‌باشد که احتمال وقوع شرایط مختلف بترتیب معادل ۱۸، ۶۱ و ۲۱ درصد می‌باشد.

اطلاعات این جدول همچنین نشان می‌دهد که میزان آب قابل دسترس از سد بصورت حقایبه بر اساس اطلاعات گذشته در شرایط خشکسالی و ترسالی تغییر نمی‌کند زیرا با ذخیره آب در پشت سدها تا اندازه ای از تغییر حقایبه جلوگیری شده است. همچنین علیرغم افزایش هزینه استخراج در شرایط خشکسالی به علت افت سطح آب سفره های زیرزمینی میزان استخراج آب از چاه نیز تا حدودی ثابت می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات مناطق مورد مطالعه

مناطق	نام روستاها	تعداد بهره‌بردار	زمین (هکتار)	منابع آبی	سهم آب (ha)	درصد تمایل به فروش	درصد تمایل به خرید
MOH	محمد آباد	۵۳۴	۹۸۰	حقایبه سد	۹۰۰۰	۲۵	۸۰
HKG	حصه گاه- کوشکی-	۲۷۸	۵۶۳	حقایبه سد- آب مازاد سد	۷۵۰۰	۱۸	۹۵
BGI	بازاره- قارناس- اینجانلو	۲۸۴	۷۰۰	حقایبه سد- آب مازاد سد	۷۵۰۰	۲۲	۸۷
KAP	کیکانلو- پیش قلعه	۵۷۲	۱۵۴۸	آب مازاد سد- چاه- رودخانه	۸۹۲۱	۰	۸۴
EKO	اسفیدان- کشک آباد-	۳۵۷	۱۰۳۳	آب مازاد سد- چاه- رودخانه	۹۹۵۶	۱۴	۱۰۰
EGS	عشق آباد- گزآباد-	۳۵۵	۶۲۷	آب مازاد سد- چاه- رودخانه	۷۱۳۰	۷	۱۰۰
جمع کل		۲۳۸۰	۵۴۵۱	-	۸۳۳۵	۱۳	۹۰

جدول ۲- نتایج الگوی کشت مدل‌های PMP و NMP در مناطق مختلف اراضی زیر سد شیرین دره و مقایسه آن با شرایط موجود (واحد: هکتار)

مدل	محصول	MOH	HKG	BGI	KAP	EKO	EGS	جمع
الگوی کشت شرایط موجود	گندم آبی	۴۴۲	۳۵۸	۳۵۹	۱۰۰۱	۳۹۲	۲۴۴	۲۷۹۶
	پنبه	۵۲۱	۱۴۵	۳۱۸	۵۰۰	۱۷۱	۸۷	۱۷۴۲
	برنج	۲۳۵	۱۰۸	۱۳۹	.	.	.	۴۸۲
	خیار پاپیژه	۱۹۹	.	.	.	.	.	۱۹۹
	گوجه‌فرنگی	.	۳۰	.	.	۹۵	.	۱۲۵
	ذرت	.	.	.	۴۸۰	.	.	۴۸۰
	جوآبی	.	.	.	.	۲۰۷	۶۸	۲۷۵
الگوی کشت مدل PMP در شرایط نرمال	کلزا	.	.	.	.	.	۱۹۰	۱۹۰
	یونجه	۱۴	۸	۱۰	۲۲	۱۴	۹	۷۷
	جمع سطح زیر کشت (ha)	۱۴۱۱	۶۴۹	۸۲۶	۲۰۰۳	۸۷۹	۵۹۸	۶۳۶۶
	سود ناخالص (TGM) (میلیون ریال)	۲۱۴۰۹	۸۳۷۹	۱۱۰۱۱	۱۱۰۶۴	۷۳۵۹	۵۴۷۲	۶۴۶۹۳
	گندم آبی	۸۹۵	۴۷۰	۲۳۹	۱۲۰۸	۴۲۸	۲۲۵	۳۴۶۵
	پنبه	.	۲	۷۷	۳۰۱	.	.	۳۸۰
	برنج	۱۸۸	۱۰۴	۱۳۵	.	.	.	۴۲۷
الگوی کشت مدل NMP در شرایط نرمال	خیار پاپیژه	۱۴۷	.	.	.	.	.	۱۴۷
	گوجه‌فرنگی	۸۵	۲۸	.	.	۹۴	.	۲۰۷
	ذرت	.	.	.	۴۵۷	.	۲۳۹	۶۹۶
	جوآبی	.	۵۸	۳۸۲	.	۴۸۱	۲۲۴	۱۱۴۵
	کلزا	.	.	.	.	.	۱۶۵	۱۶۵
	جمع سطح زیر کشت (ha)	۱۳۱۵	۶۶۲	۸۳۳	۱۹۶۶	۱۰۰۳	۸۵۳	۶۶۳۲
	سود ناخالص (TGM) (میلیون ریال)	۱۹۵۵۱	۸۹۹۷	۱۱۰۹۵	۱۱۲۶۸	۷۸۸۶	۶۷۷۰	۶۶۵۶۷
درصد تغییر در سود ناخالص (TGM)								
		-۹	۷	۱	۲	۷	۲۴	۳
الگوی کشت مدل NMP در شرایط نرمال	گندم آبی	۴۵۱	۸۱	۲۳۹	۳۱۷	۲۶۴	.	۴۵۱
	برنج	۱۶۸	.	۲۳۹	.	۹۲	۵۷	۱۶۸
	خیار پاپیژه	۲۸۳	۱۱۶	.	۵۴۷	۱۷۲	۱۳	۲۸۳
	گوجه‌فرنگی	۱۴۸	۱۵۴	۶	.	۶۷	۱۵۹	۱۴۸
	کلزا	.	۳۵	.	۲۳۰	.	۷۰	.
	جمع سطح زیر کشت (ha)	۱۰۵۱	۳۸۷	۴۸۵	۱۰۹۴	۵۹۵	۲۹۸	۳۹۱۰
	سود ناخالص (TGM) (میلیون ریال)	۲۱۰۱۲	۹۲۴۵	۱۲۲۵۹	۲۱۱۴۵	۱۲۱۹۰	۷۷۷۸	۸۵۶۲۹
درصد تغییر در سود ناخالص (TGM)								
		۲	۱۰	۱۱	۹۱	۶۶	۴۴	۳۲

جدول ۳- میزان آب قابل دسترس از منابع آبی مختلف در شرایط مختلف آب و هوایی مناطق اراضی زیر سد شیرین دره (واحد: میلیون مترمکعب)

منبع آبی	شرایط مختلف	MOH	HKG	BGI	KAP	EKO	EGS	جمع
حقابه سد	در تمام شرایط	۸/۸۲	۳/۵۵	۳/۰۸	.	-/۷۲	.	۱۶/۱۷
	ترسالی	.	۱/۰۲	۲/۹۸	۱۱/۷۱	۷/۲۱	۴/۷۴	۲۷/۶۷
	نرمال	.	-/۶۶	۱/۹۷	۷/۷۴	۴/۷۷	۳/۱۴	۱۸/۲۸
آب مازاد سد	خشکسالی	.	-/۱۸	-/۳۴	۱/۳۴	-/۸۲	-/۵۴	۳/۱۶
	در تمام شرایط	.	.	.	۳/۶۸	۲/۹۵	۲/۲۱	۸/۸۴
	ترسالی	.	.	.	۵/۱۹	۴/۵۴	۱/۱۱	۱۰/۸۴
چاه	نرمال	.	.	.	۴/۰۸	۳/۵۷	-/۸۷	۸/۵۲
	خشکسالی	.	.	.	۲/۲۹	۲	-/۴۹	۴/۷۸
	ترسالی	۸/۸۲	۴/۵۷	۶/۰۶	۲/۵۸	۱۵/۴۲	۸/۰۷	۶۳/۵۲
کل آب قابل دسترس	نرمال	۸/۸۲	۴/۲۲	۵/۰۵	۱۵/۵	۱۲	۶/۲۲	۵۱/۸۱
	خشکسالی	۸/۸۲	۳/۶۶	۳/۴۲	۷/۳۱	۶/۴۹	۳/۲۴	۳۲/۹۵

می‌گردد قیمت نهاده آب تأثیر منفی و معنی داری بر مقدار تقاضای آب مناطق مختلف داشته است. تمامی ضرایب در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی دار شده و دارای  $R^2$  قابل قبولی نیز می‌باشد.

جدول (۴) نتایج برآورد توابع تقاضای آب مناطق مختلف را که از نوع الگوی لگاریتمی-خطی است و به عنوان شکل مناسب تابع تقاضای آب پذیرفته شده است نشان می‌دهد. همان طور که در این جدول ملاحظه

جدول ۴- پارامترهای برآورد شده تابع تقاضای لگاریتمی - خطی آب در مناطق مختلف زیر سد شیرین دره (Log(WU)=a(PW)+b)

پارامترها	MOH	HKG	BGI	KAP	EKO	EGS	ALL
B	۳/۵۳۸	۳/۰۷۹	۲/۵۷۴	۳/۶۳۳	۳/۶۴۵	۲/۷۹۳	۵/۰۴۱
در شرایط نرمال	(۸/۹۹۹)	(۸/۱۰۴)	(۹/۱۵۸)	(۱۲/۸۵۹)	(۶/۵۶۲)	(۶/۰۲)	(۱۷/۰۶۸)
A	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۴	-۰/۰۰۴	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۲
	(-۶/۵۶۸)	(-۹/۵۱۶)	(-۹/۴۵)	(-۲۰/۸۳۲)	(-۱۰/۴۸۶)	(-۷/۰۷۱)	(-۱۲/۳۱۸)
$R^2$	۰/۶۶	۰/۸۰	۰/۷۹	۰/۹۵	۰/۸۳	۰/۶۸	۰/۸۶
b	۴/۰۶۲	۲/۸۱۸	۲/۶۰۸	۳/۷۹۱	۳/۷۳۴	۳/۱۲	۵/۰۷۵
در شرایط خشکسالی	(۶/۹۴۸)	(۸/۰۵۸)	(۸/۷۵۵)	(۱۰/۴۶۶)	(۷/۴۶۹)	(۶/۶۶۴)	(۱۶/۳۹۹)
A	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۵	-۰/۰۰۴	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۲
	(-۶/۰۸۱)	(-۸/۶۵۷)	(-۸/۷۹۴)	(۱۷/۰۵۹)	(۱۲/۰۲۷)	(-۹/۰۶۳)	(-۱۱/۷۳۷)
$R^2$	۰/۶۳	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۷۹	۰/۸۶

اعداد داخل پرانتز مقدار آماره t می‌باشند

الگوی لگاریتمی-خطی با خطی-لگاریتمی مقایسه شده و با توجه به معنی دار نشدن ضریب برآوردگر جدید در حالت پذیرش شکل تابعی لگاریتمی-خطی (جدول ۵) الگوی لگاریتمی-خطی به عنوان شکل مناسب تابع تقاضای آب پذیرفته شده است.

جهت انتخاب شکل مناسب تابع تقاضا ابتدا بر اساس مقایسه آماره  $R^2$  بین شکلهای تابعی خطی با خطی لگاریتمی و لگاریتمی با لگاریتمی خطی شکلهای تابعی خطی لگاریتمی و لگاریتمی خطی به عنوان شکلهای تابعی برتر شناخته شده و سپس از طریق آزمون J

جدول ۵- نتایج مقایسه اشکال تابعی تقاضا با استفاده از آزمون J

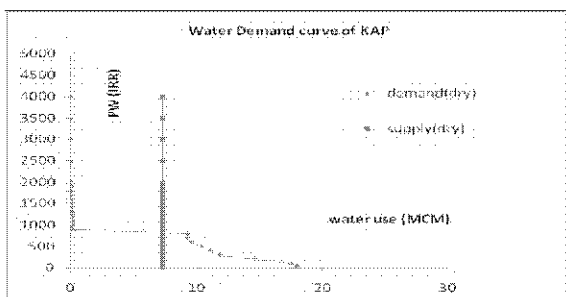
نتیجه آزمون	سطح معنی داری ضریب برآوردگر جدید	فرضیه جایگزین	فرضیه صفر
رد فرضیه صفر	۰	پذیرش شکل تابعی لگاریتمی-خطی	پذیرش شکل تابعی خطی-لگاریتمی
پذیرش فرضیه صفر	۰/۴۶۱	پذیرش شکل تابعی خطی-لگاریتمی	پذیرش شکل تابعی لگاریتمی-خطی
رد فرضیه صفر	۰	پذیرش شکل تابعی لگاریتمی-خطی	پذیرش شکل تابعی خطی-لگاریتمی
پذیرش فرضیه صفر	۰/۷۱۲	پذیرش شکل تابعی خطی-لگاریتمی	پذیرش شکل تابعی لگاریتمی-خطی

مصرف خود را با افزایش قیمت بطور قابل توجهی کاهش می‌دهند.

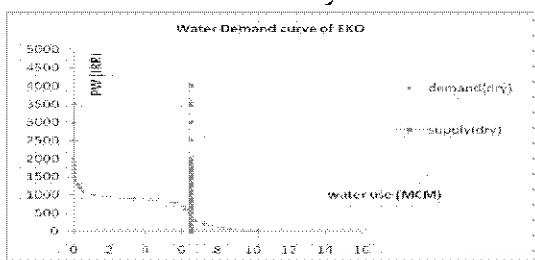
جدول (۶) قیمت تعادلی و پرداخت مورد انتظار کشاورزان مناطق مختلف برای نهاده آب را در سطح حداکثر میزان آب قابل دسترس مناطق مختلف که معادل ارزش تولید نهایی نهاده آب می‌باشد، نشان می‌دهد. همانگونه که در این جدول ملاحظه می‌گردد قیمت تعادلی آب در بازار معادل ۴۱۶ و ۵۷۱ ریال بترتیب در شرایط نرمال و خشکسالی می‌باشد. پرداخت

شکلهای (۴) الی (۱۱) منحنیهای تقاضای آب مناطق مختلف از منابع مختلف را در ازای تغییر قیمت آب و همچنین میزان عرضه آب را در شرایط خشکسالی نشان می‌دهد. منحنی تقاضای کل مناطق نیز از مجموع افقی منحنیهای تقاضای تک تک مناطق استخراج شده است. این منحنیها نشان می‌دهد که در تمامی مناطق در قیمت‌های پایین کشش قیمتی تقاضا بالا و در قیمت‌های بالاتر کشش قیمتی پایین می‌باشد. این مهم بیانگر آن است که کشاورزان در قیمت‌های پایین میزان

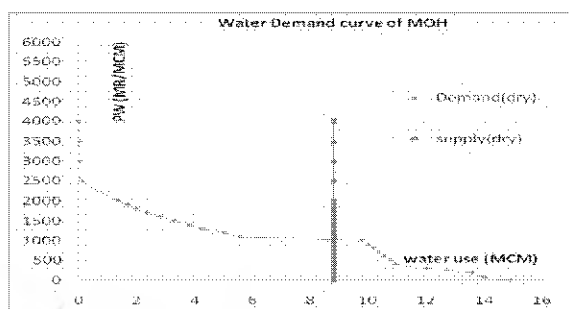
مورد انتظار کشاورزان برای نهاده آب در مناطق مختلف بین ۲۲۷ الی ۷۱۳ ریال به ازای هر مترمکعب در حالت سال زراعی نرمال و بین ۳۹۵ الی ۷۸۹ ریال به ازای هر مترمکعب در حالت خشکسالی می‌باشد که پرداخت این مهم بیانگر آن است که ایجاد مبادله آب بین مناطق برای طرفین مبادله سودآور خواهد بود.



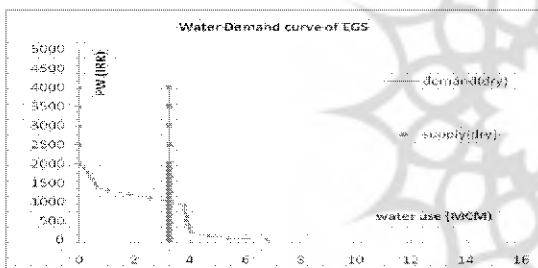
شکل ۷- منحنی تقاضای آب و میزان عرضه آب در منطقه KAP



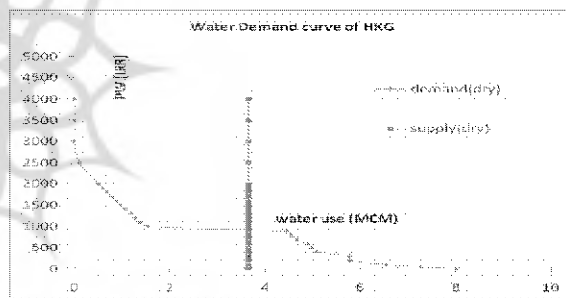
شکل ۸- منحنی تقاضای آب و میزان عرضه آب در منطقه EKO



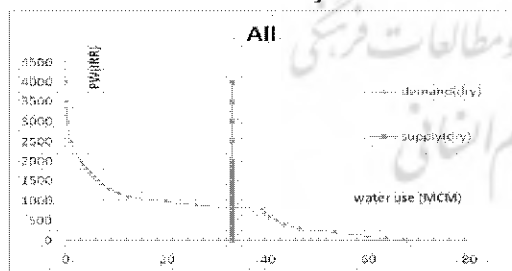
شکل ۴- منحنی تقاضای آب و میزان عرضه آب در منطقه MOH



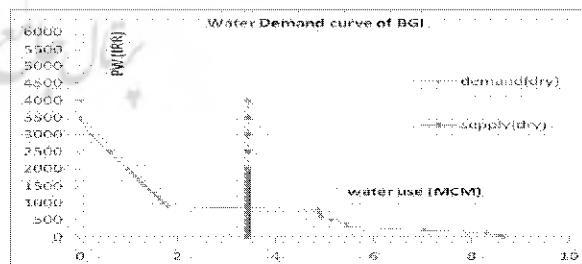
شکل ۹- منحنی تقاضای آب و میزان عرضه آب در منطقه EGS



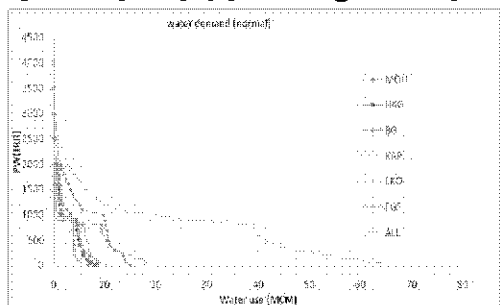
شکل ۵- منحنی تقاضای آب و میزان عرضه آب در منطقه HKG



شکل ۱۰- منحنی تقاضای کل و عرضه کل آب مناطق



شکل ۶- منحنی تقاضای آب و میزان عرضه آب در منطقه BGI



شکل ۱۱- منحنی تقاضای آب هر یک از مناطق

در بین مناطق نیز بیشترین و کمترین حجم مبادلات بترتیب مربوط به مناطق KAP با ۱۶ درصد و EGS با یک درصد کل آب مصرفی می‌باشد. همچنین اطلاعات این جدول نشان می‌دهد که بر اساس نتایج این مدل در شرایط نرمال کل ارزش مبادلات آب معادل ۵۲۱۶ میلیون ریال بوده و ایجاد بازار آب بین منطقه ای رفاه کل مناطق را به میزان ۲۶۴۰ میلیون ریال افزایش خواهد داد که بیشترین و کمترین افزایش در رفاه نیز مربوط به مناطق MOH با ۹۰۵ میلیون ریال و EGS با ۴ میلیون ریال می‌باشد.

اطلاعات جدول (۷) همچنین نشان می‌دهد که در شرایط خشکسالی کل حجم مبادلات نسبت به شرایط نرمال از ۲۴ درصد به ۲۲ درصد کل آب مصرفی کاهش یافته است. بر اساس نتایج این مدل در شرایط خشکسالی کل ارزش مبادلات معادل ۴۱۳۶ میلیون ریال و کل افزایش در رفاه نیز معادل ۱۱۸۲ میلیون ریال می‌باشد که نسبت به شرایط نرمال کاهش یافته است. به عبارت دیگر در شرایط خشکسالی کشاورزان مناطق مختلف تمایل کمتری به فروش آب داشته و اکثر مناطق به عنوان خریدار در بازار مشارکت می‌نمایند که منجر به کاهش حجم مبادلات و ارزش کل مبادلات گردیده است.

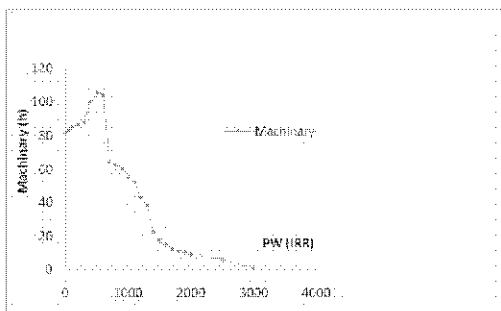
شکل (۱۲) رابطه قیمت آب و سود کل کشاورزان منطقه را نشان می‌دهد که بیان می‌کند با افزایش قیمت نهاده آب، سود ناخالص کل منطقه (TGM) کاهش می‌یابد که در سطوح پایین قیمت میزان کاهش با نرخ بیشتری اتفاق می‌افتد ولی همانگونه که در جدول (۷) نشان داده شد ایجاد بازار آب و امکان مبادله آب بین کشاورزان مناطق مختلف رفاه کل کشاورزان مناطق را افزایش می‌دهد.

همچنین نتایج جدول (۶) نشان می‌دهد که بالاترین پرداخت مورد انتظار را کشاورزان منطقه MOH در شرایط نرمال و کشاورزان منطقه BGI در شرایط خشکسالی دارند. این مهم بیانگر آن است که در شرایط نرمال کشاورزی در منطقه MOH و در شرایط خشکسالی در منطقه BGI سودآوری بیشتری نسبت به سایر مناطق دارد. از آنجایی که کشاورزان مناطق MOH و HKG از بیشترین حبابه سد شیرین دره استفاده می‌کنند که در شرایط خشکسالی با ذخیره شدن آب در مخزن سد ریسک کمبود آب قابل دسترس را کاهش می‌دهد، لذا پرداخت مورد انتظار کشاورزان این منطقه در شرایط مختلف تقریباً ثابت می‌باشد. از طرف دیگر با توجه به اینکه کشاورزان مناطق BGI، KAP، EKO و EGS از آب مازاد سد و آب رودخانه استفاده می‌نمایند که در شرایط خشکسالی بشدت کاهش می‌یابند. لذا پرداخت مورد انتظار آنها در شرایط نرمال پایین و در شرایط خشکسالی بطور قابل توجهی افزایش می‌یابد. اطلاعات این جدول نشان می‌دهد که در شرایط نرمال و خشکسالی مناطق KAP و EKO به عنوان فروشنده و سایر مناطق به عنوان خریدار در بازار مشارکت خواهند نمود.

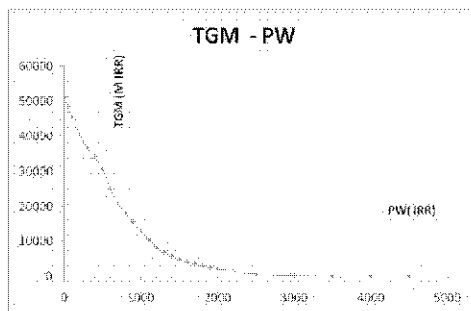
جدول (۷) حجم و ارزش مبادلات انتظاری آب را در بازار آب فرضی اراضی زیر سد شیرین دره به تفکیک مناطق مختلف در شرایط مختلف آب و هوایی (نرمال و خشکسالی) نشان می‌دهد. همانگونه که در این جدول ملاحظه می‌گردد کل حجم مبادلات در بازار آب بین منطقه ای در شرایط نرمال معادل ۱۲/۵۲۹ میلیون مترمکعب می‌باشد که ۲۴ درصد از کل آب قابل دسترس مناطق را تشکیل می‌دهد. به عبارت دیگر در شرایط نرمال ۲۴ درصد از آب مورد استفاده مناطق مختلف از طریق بازار آب بین منطقه ای تأمین می‌گردد.

جدول ۶ - قیمت تعادلی و پرداخت انتظاری کشاورزان مناطق مختلف برای نهاده آب و نوع مشارکت آنها در بازار آب (واحد: ریال به ازای هر مترمکعب)

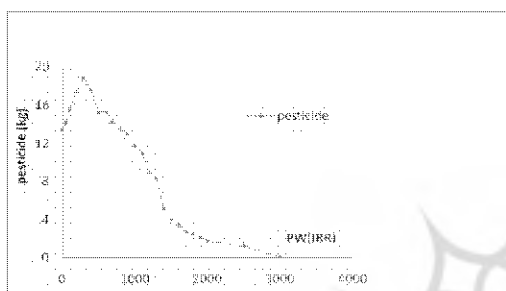
خشکسالی		نرمال		مناطق
نوع مشارکت	پرداخت انتظاری	نوع مشارکت	پرداخت انتظاری	
خریدار	۷۱۸	خریدار	۷۱۳	MOH
خریدار	۶۷۹	خریدار	۶۷۹	HKG
خریدار	۷۸۹	خریدار	۵۹۹	BGI
فروشنده	۳۹۵	فروشنده	۲۲۷	KAP
فروشنده	۴۱۹	فروشنده	۲۹۹	EKO
خریدار	۶۲۰	خریدار	۴۴۱	EGS
۵۷۱		۴۱۶		قیمت تعادلی بازار آب



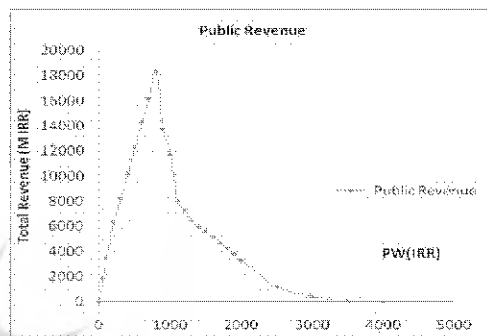
شکل ۱۵- رابطه قیمت آب و بکارگیری ماشین آلات کشاورزی



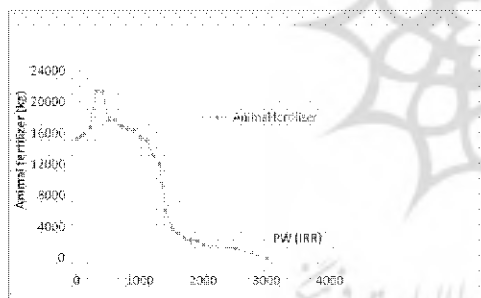
شکل ۱۲- رابطه قیمت آب و سود کل کشاورزان منطقه



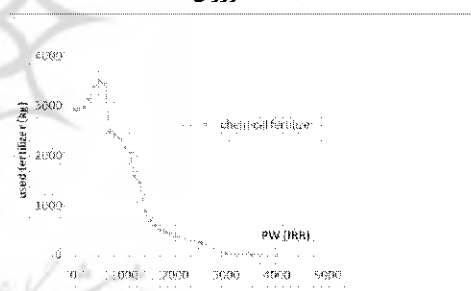
شکل ۱۶- رابطه قیمت آب و مصرف سموم



شکل ۱۳- رابطه قیمت آب و درآمد دولت از محل فروش آب به کشاورزان



شکل ۱۷- رابطه قیمت آب و مصرف کود حیوانی



شکل ۱۴- رابطه قیمت آب و مصرف کودهای شیمیایی

جدول ۷- قیمت تعادلی، نوع مشارکت، حجم و ارزش مبادلات و رفاه مناطق در بازار آب فرضی بین منطقه‌ای در شرایط مختلف آب و هوایی

مناطق	قیمت تعادلی (ریال)	نوع مشارکت	حجم مبادلات (MCM)	سهم مبادلات (درصد)	ارزش مبادلات (میلیون ریال)	تغییر در رفاه (میلیون ریال)
MOH	۷۱۳	خریدار	۶/۷۲۷	۱۳	۲۸۰۱	۹۰۵
HKG	۶۷۹	خریدار	۳/۷۴۳	۷	۱۵۵۸	۴۴۱
BGI	۵۹۹	خریدار	۱/۷۰۹	۳	۷۱۱	۱۴۹
KAP	۲۲۷	فروشنده	۸/۱۲۱	۱۶	۳۳۸۱	۸۶۲
EKO	۲۹۹	فروشنده	۴/۴۰۸	۹	۱۸۳۵	۲۷۹
EGS	۴۴۱	خریدار	۰/۳۵۰	۱	۱۴۶	۴
بازار آب بین منطقه‌ای						
	۴۱۶		۱۲/۵۲۹	۲۴	۵۲۱۶	۲۶۴۰
MOH	۷۱۸	خریدار	۴/۱۲۹	۱۳	۲۳۵۹	۲۸۲
HKG	۶۷۹	خریدار	۰/۹۹۷	۳	۵۷۰	۵۱
BGI	۷۸۹	خریدار	۱/۵۷۹	۵	۹۰۲	۱۶۱
KAP	۳۹۵	فروشنده	۴/۰۴۷	۱۲	۲۳۱۲	۴۰۵
EKO	۴۱۹	فروشنده	۳/۱۹۱	۱۰	۱۸۲۴	۲۷۰
EGS	۶۲۰	خریدار	۰/۵۲۳	۲	۳۰۴	۱۳
بازار آب بین منطقه‌ای						
	۵۷۱		۷/۲۳۸	۲۲	۴۱۳۶	۱۱۸۲

زیادی به میزان مصرف آب دارد زیرا با کاهش میزان مصرف آب مصرف این نهاده‌ها نیز کاهش می‌یابد. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بر اساس تعادل تقاضای آب و میزان عرضه در شرایط مختلف آب و هوایی، قیمت تعادلی آب در بازار آب شبیه سازی شده معادل ۴۱۶ و ۵۷۱ ریال بترتیب در شرایط نرمال و خشکسالی برآورد گردیده است. همانگونه که در قسمت نتایج نیز ارایه شد ایجاد بازار آب باعث افزایش رفاه کشاورزان مناطق مختلف اراضی زیر سد شیرین دره بجنورد خواهد گردید ولی افزایش قیمت آب بدون ایجاد بازار آب باعث کاهش درآمد کشاورزان و افزایش درآمد دولت و افزایش مصرف نهاده‌های تولید در سطوح پایین قیمت و کاهش مصرف آنها در سطوح بالای قیمت می‌گردد. لذا پیشنهاد می‌گردد در راستای استفاده بهینه از این منبع ارزشمند، افزایش درآمد کشاورزان و کاهش اثرات منفی زیست محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی، قیمت گذاری منابع آب بطور تدریجی به سطح ارزش اقتصادی افزایش یافته و شرایط استفاده از مکانیسم بازار برای تخصیص بهینه آن مهیا گردد.

از آنجایی که بخش عمده ای از آب مصرفی منطقه مورد مطالعه از طریق سد تأمین می‌شود که بصورت حبابه و آب مازاد از طرف شرکت آب منطقه‌ای بر اساس سطح زیرکشت به کشاورزان واگذار می‌گردد و کشاورزان مناطق مختلف نیز بعد از دریافت سهم آب خود از سد، سهم آب خود را با یکدیگر در بازار آب مبادله می‌نمایند. لذا در شکل (۱۳) به رابطه قیمت آب و درآمد حاصل از تأمین آب کشاورزان منطقه توسط این شرکت دولتی پرداخته شده است که نشان می‌دهد درآمد دولت از محل واگذاری آب به کشاورزان تا سطح قیمت ۸۰۰ ریال به ازای هر مترمکعب افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابد.

از آنجایی که افزایش قیمت آب بر میزان مصرف سایر نهاده‌های تولید نیز تأثیرگذار است لذا در شکل‌های (۱۴) الی (۱۷) به بررسی رابطه بین قیمت آب و مصرف کودهای شیمیایی، ماشین آلات، سموم شیمیایی و کود حیوانی پرداخته شده است. این شکل‌ها نشان می‌دهند که با افزایش قیمت آب میزان مصرف نهاده‌های تولید مذکور ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. این مهم نشان می‌دهد که مصرف نهاده‌های تولید مذکور بستگی

## REFERENCES

1. Arfini, F. & Paris, Q. (1995). *A positive mathematical programming model for regional analysis of agricultural policies*. In: Sotte, F. (Ed.), *The Regional Dimension in Agricultural Economics and Policies*, EAAE, Proceedings of the 40th Seminar, June 26–28, Ancona, Italy, pp. 17–35.
2. Asadi, H. (1997). *Agricultural water pricing in Iran: case study Taleghan Dam*. M.Sc. Thesis, University of Shiraz, Iran. (In Farsi).
3. Berbel, J. & Gomez-Limon, J.A. (2000). The impact of water-pricing policy in Spain: an analysis of three irrigated areas. *Agricultural Water Management*, 43, 219-238.
4. Blanco, M., Iglesias, E., & Sumpsi, J. M. (2004). Environmental and socioeconomic effect of water pricing policies: key issues in the implementation of the Water framework Directive. In: proceeding of the *13th Annual EAERE Conference*, Budapest.
5. Bohlolvand, A. & Sadr, K. (2007). Measuring the state of competition in the Mojen water market. *Journal of Economics and Agriculture*, 1(2), 63-80. (In Farsi).
6. Buysse, J., Huylenbroeck, G. V. & Lauwers, L. (2007). Normative, positive and econometric mathematical programming as tools for incorporation of multifunctionality in agricultural policy modeling. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120, 70–81.
7. Calatrava, J. & Garrido, A. (2005). Modeling water markets under uncertain water supply. *European Review of Agricultural Economics*, 32(2), 119-142.
8. Cortignani, R. & Severini, S. (2008). Introducing deficit irrigation crop techniques derived by crop growth into a positive mathematical programming model. In: proceeding of the *XIIIth EAAE Congress*, Ghent, 2008.
9. Cortignani, R. & Severini, S. (2009). Modeling farm-level adoption of deficit irrigation using Positive Mathematical Programming. *Agricultural Water Management*, 2009, doi:10.1016/j.agwat.2009.07.016.
10. Easter, K. W., Rosegrant, M. W. & Dinar, A. (1998). *Markets for Water: Potential and Performance*. Norwell, M. A: Kluwer Academic Publishers.

12. Easter, K. W., Rosegrant M. W. & Dinar, A. (1999). Formal and Informal Markets for Water: Institutions, Performance, and Constraints. *The World Bank Research Observer*, 14(I): 99-116.
13. Garrido, A. (1998). Economics of water allocation and the feasibility of water markets in agriculture, In: *Sustainable Management of Water in Agriculture: Issues and Policies* (The Athens Workshop, OCDE, Paris, 1998).
14. 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.
15. Gibbons, D.C. (1987). *The economic value of water*. Resources for the Future, inc., Washington D.C., USA.
16. Gomez-Limon, J. A. & Martinez, Y. (2006). Multi-criteria modeling of irrigation water market at basin level: A Spanish case study. *European Journal of Operational Research*, 173, 313-336.
17. Hoseinzad, J. (2004). Determining the best method for Agricultural water pricing (case study Alavian Dam). Ph.D. dissertation, University of Tehran, Iran. (In Farsi).
18. Howitt, R.E., 1995. Positive Mathematical Programming. *American Journal of Agricultural Economics* 77, 329-342.
19. Iglesias, E., Blanco, M. (2008). New directions in water resources management: the role of water pricing policies. *Water Resources Research*, 44, W06417, doi:10.1029/2006WR005708.
20. Johansson, R. (2002). Pricing irrigation water: a literature survey. *The World Bank Working Paper*, Washington, D.C.
21. Keramatzadeh, A., Chizari, A. H. & Mirzaei, A. (2006). Determine the Economic Value of Irrigation Water with Optimal Cropping Pattern for Integrated-farm. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 54, 35-61. (In Farsi).
22. Keramatzadeh, A., Chizari, Yousefi, A. & Balali, H. (2007). Optimal allocation of water and priority of different regions in water use. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 54, 35-61. (In Farsi).
23. Kiani, G. H. (2008). *The role of market in water resources allocation (case study: Mojen water market)*. Ph. D. dissertation, University of Tehran, Iran. (In Farsi).
24. Kiani, G. H. (2009). Potential gains from water market construction. Saveh region case study. *Environmental science*, 6 (4): 65-72.
25. Heckeley, T., Britz, W., 2005. *Model based on Positive Mathematical Programming: state of the art and further extensions*. In: Arfini, F. (Ed.), *Modelling Agricultural Policies: State of the Art and New Challenges*. Monte Universita' Parma Editore, Parma, Italy, pp. 48-73.
26. Mirakbari, Z. (2001). *Estimating the economic value of irrigation water in field crop production: Case study Varamin region*. M.Sc. Thesis, University of Tehran, Iran. (In Farsi).
27. Pujol, J., Raggi, M. & Viaggi, D. (2005). Agricultural water markets: exploring and opportunities in Italy and Spain. *Working paper* No. DEIAgraWP-05-001.
28. Randall, A. (1981). Property entitlements and pricing policies for a maturing water economy. *The Australian Journal of Agricultural Economics*, 25 (3), 195-220.
29. Rinaudo, J., Strosser, P. & 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.
30. 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.
31. Sadr, K. (2003). *The role of market institution and public sector in management and sustainable development of water sector*. Power ministry of Iran. (In Farsi).
32. Soltani, G. R. (1993). Determining the water price and optimal allocation of water among sub-region of dams: case study Doroodzan Dam. In: *Proceeding of the second symposiums of agricultural policy of Iran*, University of Shiraz, Iran. (In Farsi).
33. Spulber, N. & Sabbaghi, A. (1999). *Economics of water resources from regulation to Privatization*. (translated by Mohamadi, T.). Budget and Program Organization Publishers. (In Farsi).
34. Wichelns, D. (1999). An economic model of water logging and Stalinization in arid Regions. *Ecological Economics*, 30, 475-491.
35. Zhang, L., Wang, J. & Huang, J. (2006). Groundwater Entrepreneurs in China: Selling Water to Meet the Demand for Water. In: *Proceeding of the International Association of Agricultural Economists Conference*, Gold Coast, Australia, August 12-18.